技術大全

Summa Technologiae

スタニスワフ・レム

ジョアンナ・ジリンスカ英訳、訳：山形浩生+Grok

Grok

技術大全
Summa Technologiae

スタニスワフ・レム[*1]　ジョアンナ・ジリンスカ英訳、訳：山形浩生 +Grok[*2*3]

2025 年 9 月 8 日

[*1] ©1964/1967 Stanisław Lem
[*2] https://cruel.org/
[*3] ©2002-2025 山形浩生　本翻訳は委員会内部利用のためのものであり、委員会関係者以外の不適切な利用はこれを禁止するものなのである。

目次

ドイツ語版への序文 1

第 1 章　ジレンマ 5

第 2 章　第 2 章　二つの進化 11
類似性 13
相違点 16
第一原因 24
いくつかの素朴な問い 28

第 3 章　宇宙の中の文明 31
問題の定式化 31
方法の定式化 32
宇宙の文明の統計 34
宇宙の破滅理論 36
奇跡のメタ理論 38
人間の独自性 40
知性：偶然か必然か？ 42
仮説 44
特別意見（Votum Separatum） 47
将来の展望 49

第 4 章　電子知能 53
地球への帰還 53
メガバイト爆弾 55
ビッグゲーム 58
科学の神話 61
知性増幅器 64
ブラックボックス 66
ホメオスタシス装置の道徳 68
電脳支配の危険性 70
サイバネティクスと社会学 72
信念と情報 75
実験的形而上学 79

電脳の抱く信念 83
機械の中の幽霊 85
情報という難問 88
疑念と二律背反 91

第 5 章　全能への序論 101
カオス以前 101
カオスと秩序 104
スキュラとカリュブディス：抑制について 106
設計者の沈黙 108
方法論的狂気 110
新しいリンネ：系統学について 113
モデルと現実 114
剽窃と創造 116
模倣論について 118

第 6 章　幻影環境 121
幻影環境の基礎 121
幻影機械 123
周縁および中央幻影環境 127
幻影環境の限界 129
脳操作学 132
テレプレゼンスと幻影複製 135
人格と情報 137

第 7 章　世界の創造 145
情報農業 146
言語エンジニアリング 165
超越の工学 174
宇宙生成工学 177

第 8 章　進化へのツッコミ 183
種の再構築 184
生命の構築 190
死の構築 197
意識の構築 198
エラーに基づく構築物 201
バイオニクスとバイオサイバネティクス 203
設計者の目から見ると 205
人間の再構築 212
サイボーグ化 213
自己進化機械 214
超能力現象 216

結論 219

参考文献 221

おまけ：30 年後 225

訳者解説 241

1. はじめに 241
2. 著者と本書について 241
3.『技術大全』の概略：技術をマジ「進化」させよう！ 241
4. 詳細あらすじ 244
5. 構成へのつっこみ 246
6. 半分以上が脱線 247
7. 本書の重要性と未紹介の理由 250
8. テキストについて 253
9. 翻訳について 254

付記： 255

ドイツ語版への序文

すべての歴史的時代は、未来についての支配的な考え方という形で独自の未来を持つ。その考え方というのは、いわば鏡に映し出された現在の姿だ。だが予測的思考は、それとはちがう鏡を使う。歴史的変化が徐々にしか進まず、一世代の寿命を超える時間枠で進行する限り、その鏡は平らだった。未来は現在の延長、つまりその忠実な反映以外にはありえなかった。時には凸面鏡が使われ、いまの問題の重要性を小さく見せた。時には凹面鏡が使われ、すべてを拡大した。私たちの世紀でも事情は変わらない——ただし鏡の選択は制度化された。なぜなら、集団的努力が最も完全な結果をもたらすという支配的な見解に従い、すべてを制度化することが流行したからだ。そのため、未来学が生まれた。

最初の未来学者たちは、大きなものの大きな国、アメリカ合衆国で活動し、現在の姿を拡大する巨大な鏡を掲げた。ヨーロッパの未来学者たちも同じことをした。これらの研究者の熱狂は伝染性があった。なんでも肥大させて誇張させるのを特徴とする未来の描写により、未来学は有名になった。2000 年に向けられた力強い鏡は、すべてを誇張した：繁栄、国民所得、生産、技術の発明活動、科学。これらの鏡はまた、紛争——たとえば、終末論に熱心な未来学者 H・カーンが特に取り組んだ核の紛争——も誇張した。これらの華麗な鏡は今日、跡形もなく消えている。ベルやカーンが唱えた悪名高い「ポスト産業」社会はどこにあるのか？　今日、米国が持つ最大のものはその財政赤字（700 億ドル）である。フリッツ・バーデが描いた食糧で満ちた世界はどこにあるのか？　最近では、この人々は現在の危機を特に拡大する新しい鏡を見ろと勧めている。その鏡はあまりにも倍率が高すぎて、世界の終わりを示している。

これらの試みはすべて、未来は予測可能だという確信に基づいている。この見解は、カール・ポパーの言う歴史主義に近い。歴史主義の考えでは、歴史には信頼できる法則が存在し、したがって予測可能だ。未来学はこれを前提としている。

16 年前、この本を書いたときには、未来学という言葉はまだ前代未聞で、私は歴史が予測不可能だと考えていた。5 年後、10 年後、50 年後に何が起こるかを確定することはできない。だから、私が自らに課した課題はパラドックスに等しかった：予測できないものを予測すること。私はポパーと同じで、反歴史主義者だ。彼は、歴史は種の自然進化の経過と同じく予測不可能だと考える。この点で私は彼に同意する。

歴史と進化はまったく同じ種類のゲームだ。どちらも、プレーヤー、ゲームが行われる物理的環境条件、さらにはゲームのルール自体が変化する。歴史では人間が互いに戦い、進化では種が互いに競争するが、両者の主な敵は自然だ。進化と歴史は、自然の予測不可能性ゆえに奇妙なパートナーとのゲームなのだ。自然は時に敵対的、時に好意的であるように見える。しかし、それは自然が「すべてに無関心」な非人格的パートナーだからだ。生きているプレーヤーの勝利も敗北も、自然にとっては等しくどうでもいい。

種の進化的未来は、惑星の物理と生命の動態という二つの独立した変数の結果となる。これらの変数は完全に独立しているわけではないが、その相互依存性自体が変数であり、しかもしばしばランダムな変数だ。そのため、ある種の将来的な成功や滅亡を予測することはできない。

人間の歴史的未来も同様に予測不可能だ。それどころか進化の経過よりもさらに予測が難しいとさえ言える。なぜなら、進化には歴史よりも変数が少ないからだ。進化ゲームの不変要素は、生命が「つかめるものはつかむ」というルールで、生き残りをかけて戦う戦略だ。一方、歴史では、人間の戦略は文化的要因や行動可能性の技術的変数によって修正される。この変数と要因は、かつて「進歩」と呼ばれた。しかし、それは常に誇張だった(ユダヤ人収容所や広島を見よ)。進化の不変要素はゲームの総収支だ：生き物の総量は、地球の天文条件（太陽光、大気、水域など）に依存する一定量であり、ひとつが生まれるためには他が死ななければならない。

引用したポパーの言葉を、彼とは少し異なる形で表現してみよう。

確かに、歴史や進化において、未来について確実かつ正確に知ることはできない。だからといって、まったく何もわからないとか推測できないとかいう意味ではない。たとえ偶然のゲームであっても、あちこちでの発展の可能性は調べられる。こうした可能性は、予測の中で決して確実なものにはならない。それらは必然的に、実現の確率が不確定な可能性にとどまる。しかし、遠い可能性の輪郭を認識するのは、何もないよりはましだ。

可能性を探るというのは、存在しないものの思考モデルを構築することだ。思考モデルを構築するには、何らかの出発パターンが必要だ。未来学は伝統的に鏡を用い、これまでの成果や、地球の政治、科学、経済、技術の現状をパターンとして選んだ。しかし、これらの成果はあまりにも貧弱だし、これらの状態はあまりにも不安定で、未来に延長して広範なビジョンの基盤にするわけにはいかない。「未来がどうなるかについて、人間の過去や現在の見解、希望、恐怖からは何も学べない。」

モデルを見つけるには、文明、社会、文化を超える必要がある。思考モデルは自然進化の中に求めるべきだ――そうすることで、誇大妄想と人間嫌悪から同時に距離を保てる。進化的思考モデルというのは、進化が生き物の構築に用いた技術的パターンや生産指示にとどまるものではない。最も重要な教訓は、進化全体から引き出せるものだ。つまり、進化の建設的知識そのものではなく、それを集めた手順を学ぶことだ。知識とは真の情報だ。進化は、建設的意図を持って集められ検証された情報の、何十億年にもわたる栽培だ。この課題を一般化して、進化的手法によってあらゆる情報を栽培することはできないか？

あらゆる種類の知識を？　これは課題を定めているのではなく、ただ質問を投げかけているだけだ。しかし、このように投げかけられた質問は、すでに新しい可能性の空間を生み出す。

ここで述べたことは、新しい発見でもないし、その予告ですらないと思っている。これは、私が未来を覗くために掲げる鏡を打ち砕くのに用いた手順を明確にするための、一例にすぎない。私たちは衰退の時代に生きており、その衰退に絶望する。なぜなら、時代が終わる時点では、次の時代が不確実ゆえに常に脅威的な闇として現れるからだ。この闇を完全に照らすことはできないが、思考を制限する概念的視野が及ぶ限り、推測によってその闇を突き抜けることはできる。本書は、人類の輝かしい未来への信仰の告白でもないし、恐ろしい終焉の予言でもない。これは私が試みた危険な試みだ。なぜそんなことをやったかといえば、それをやらないと代わりに生じるのは無為と理性の使用の放棄だから

だ。理性の放棄には常に早すぎると私は思うのだ。

こう言えば、未来学の派手な著作がいろいろ出てきた後でも、私がこの本に何も変更を加えなかった理由も明らかだろう。

クラクフ、1976 年 3 月
(フリードリッヒ・グリーゼ独訳より)

第 1 章

ジレンマ

これから未来について語ろう。だが、今この瞬間の儚さに惑う者にとって、未来の出来事について語ることは、かなり不適切な行為ではないだろうか？　実際、自分たちの抱える過剰な問題にすら対処しきれていないのに、遠い子孫の問題を探求することは、実に滑稽な衒学趣味のように思える。少なくとも、自分たちは楽観性をもたらすような戦略を見つけようとしているのだとか、あるいは真理への愛に基づいて行動しており、そうした真理への愛が未来においてもっとはっきりあらわれるのだといった、言い訳めいた主張ができればいいのだが（本書のビジョンでは、そのような未来は、気候が制御された後の話となるので、比喩的にも実際的にもあらゆる嵐から解放されているだろう)。しかし、私の議論の正当性は、何があっても好ましい展開を保証するような、学問的情熱だの揺るぎない楽観主義だのに根差すわけではない。私の行う正当化はもっと単純で、冷静であり、おそらくもっと慎ましいものでもある。なぜなら、明日について書くために出発する私は、ただ自分が可能なことをやっているだけだからだ――それがどれほど上手くできるにせよ、私にはそれしか能力がないのだ。そして、もしそうであるなら、私の労働は、世界が存在し、それが続いていくという事実に基づいているため、他のどんな種類の仕事に比べても、勝るものでもないし劣るものでもないのだ。

このように私の意図が不適切でないことを示した上で、この本の主題と方法について見よう。私はここでは、今日わかっている前提から推測・演繹できる文明のさまざまな側面に焦点を当てる。それらが実際に実現する可能性がどれほど低くてもだ。本書の仮説的構築の基礎にあるのは技術、つまり知識の状態や社会的適性によって条件づけられた、集団的に決定された目標を達成する手段である――そしてそこには当初誰も特定していなかった目標も含める。

個別技術――現実のものも可能なものも――の仕組みそのものには、あまり興味がない。もし人間の創造的活動が、神のような方法で無知による汚染から解放されていれば、その仕組みを詳しく調べたりはしなかっただろう。つまりもし今、あるいは未来において、創世記の方法論的精度に匹敵する純粋な形で目標を達成できたなら、「光あれ」と言うだけで、望まない余計なものなしに光そのものが最終産物として得られたなら、そんな仕組みを考える必要はない。しかし、前述した目標の分裂、あるいは一つの目標が別の、しばしば望ましくない目標に置き換わるというのは、実に古典的な現象である。不満を抱く者は、神の仕事にすら同様の乱れを見ることができる――特に、知的存在のプロトタイプが創造され、ホモ・サピエンスモデルが生産段階に移って以来それは顕著だ。しかし、この考察の側面は神学技術者たちに委ねよう。人間は自分が実際に何をしているのか、ま

るでわかっていない、と言えば十分だ。この点を極端な例で説明しよう：今日、地球上の生命の完全破壊は十分に可能なことだが、原子エネルギーの発見者の誰もそんなものを目指したりはしていなかったのだ。

したがって、技術は必然的に私にとって興味の対象となる。なぜなら、ある文明は社会が望んだものすべてを包含するが、誰の計画にも含まれていなかったありとあらゆるものも含むからだ。しばしば、技術は偶然から生まれる——たとえば、賢者の石を探していたのに代わりに陶器を発明したように——が、技術に向けたすべての原因的努力における意図、つまり意識的な目的の役割は、知識の増大とともに増す。驚きによる部分がますます減ることで、そうした驚きがまさに黙示録的な規模に達することもある。これが先に述べたことである。

ほとんどすべての技術は、両刃の剣の性質を持ってしまう。これはヒッタイトの戦車に取り付けられた鎌や、ことわざにあるような鋤を剣に打ち直した例が物語る通り。すべての技術は、実際には、自分の環境を支配しようとする、あらゆる生き物が持つ生得的な傾向、または少なくとも生存のための闘争において環境に屈しないという傾向を、人工的に拡張したものである。ホメオスタシス——均衡状態を目指す、あるいは絶え間ない変化にもかかわらず存続を続けることを指す、洗練された名称——は、重力に抵抗する石灰質やキチン質の骨格、移動を可能にする脚、翼、ひれ、食べることを可能にする牙、角、顎、消化システム、そして食べられることからの防御となる甲殻や擬態形状を生み出してきた。最終的に、ホメオスタシスは、生物をその環境から独立させる努力として、体温調節を実現した。このようにして、全体としてのエントロピー増大世界の中に、エントロピー減少の小島が生まれた。生物学的進化はこのプロセスに限定されない。なぜなら、それはもはや小島ではなく、生物、門、綱、植物や動物の種からなるホメオスタシスの島を丸ごと構築するからだ。このようにして、惑星の表面と大気を形作る。生命圏、すなわち生物圏は、協力と相互の貪欲さを包含し、闘争と切り離せない同盟を形成する——生態学者が調べるすべての階層が示す通りだ。これらの階層、特に動物の形態の中には、頂点に立つ大型捕食者のピラミッドが見られる。彼らはより小さな動物を食べ、その小さな動物はさらに小さなものを食べる。生命と呼ばれる状態の最底辺、基盤には、陸と海に遍在する緑の変換器があり、太陽エネルギーを生化学的エネルギーに変換する。一兆の短命な葦を通じて、形は変わるが決して完全に消滅しない生命の塊を維持している。

技術を自分の器官とすることで、人のホメオスタシス活動は人間を地球の支配者にした。しかし、人間が強力なのは、自分自身のような擁護者の目から見た場合だけだ。気候変動、地震、そしてまれだが隕石落下の本当の危険に直面すると、実は人間なんて、最後の氷河期の頃と同じくらい無力なのだ。もちろん人間は、さまざまな災害で被害を受けた人々を助ける方法を編み出してきた。一部の災害を予測さえできる——ただしあまり正確にはできないが。惑星規模のホメオスタシスにはまだ遠く、恒星のホメオスタシスなど夢のまた夢だ。ほとんどの動物と異なり、人は環境に適応するのではなく、自分のニーズに合わせて環境を変える。星に対してもこれを行える日が来るだろうか？ 遠い未来、太陽の内部変換を遠隔で操る技術が生まれ、太陽質量の持続期間に比べれば短命な生物が、数十億年にわたるその火を自由に操れるようになるだろうか？　私は可能だと思うが、これはいささか過剰に称賛される人間の天才を崇拝するために言うのではなく、むしろ逆に、対比の可能性を開くためだ。これまで人はいかなる意味でも自分を拡大してこなかった。しかし、他に対して善と悪を行う能力は著しく増大した。星を点灯・消灯できる者は、生

物の住む惑星全体を消滅させることもでき、こうして天文技術者から星を破壊する者――つまり宇宙規模の犯罪者――に変貌しかねない。もし前者が可能なら（それがどれほどありそうになく、実現の可能性が低くても）、後者もまた可能だ。

言っておくが、このような非確実性は、善のオルムズドが悪のアーリマンに必ず勝利するという私の信念に由来するものではない。私はどんな約束も信用しないし、いわゆるヒューマニズムに基づく保証も信じない。技術に対処する唯一の方法は、別の技術を用いることだ。人は 100 年前よりも自分の危険な傾向についてよく知っており、次の 100 年ではその知識はさらに進むだろう。そして人間はその知識を利用するだろう。

科学技術の発展の加速はあまりにも顕著で、専門家でなくてもわかる。この加速で引き起こされる生活環境の変動性は、人間の慣習や規範を調整するホメオスタシス的なシステムの形成に悪影響を及ぼす要因の一つだと私は考えている。未来の世代の生活全体が親の世代の生活の繰り返しではなくなったら、経験豊富な年長者が若者にどのような教訓や指針を提供できるだろうか？　活動のモデルやその理想が、絶え間ない変化という要素によって乱されるこの状況は、実はもう一つの、もっと顕著で、即座に深刻な結果をまちがいなくもたらすプロセスによって隠されている。このプロセスとは、自己励起型の正のフィードバックシステム――負帰還の部分はきわめて小さいもの――つまり東西システムの振動加速をもたらす。これは近年では世界的な危機とデタント（緊張緩和）の間を揺れ動いている。

言うまでもなく、この知識の蓄積や新技術の出現の加速が起きているからこそ、現在のテーマを真剣に検討する機会も生じている。変化が急速かつ急激に起こっているという事実は誰も疑問視していない。2000 年が現在と非常に似ていると主張する者は、即座に笑いものになるだろう。しかし、現在の（理想化された）状態を未来に投影する試みが常にばかげていると見なされていたわけではない。19 世紀後半の視点から 2000 年代を描いたベラミーのユートピア（1960 年）はその例だ (訳注：ベラミー『顧みれば』のこと。原著は 1888 年刊)。ベラミーは、考えられる各種の発明品の中で、同時代の人々にまだ知られていないものはすべて意図的に無視した。正当なる人文主義者として、彼は技術進化による変化が社会の機能や個人の精神に大きな影響を与えないと考えていた。今日では、孫の世代を待たずともこうした予言のナイーブさはわかる。今、「信じられる明日の未来像」として描かれているものを数年間引き出しにしまっておくだけで、誰でもその滑稽さを楽しめる。

こうして、変化の急速な速度は、本書のこのような考察の原動力となる一方で、あらゆる予言の持続可能性を下げる。ここでは、無垢な普及者を非難しているわけではない。責任はその学識ある師たちにある。著名なイギリス人物理学者で、オペレーションズリサーチ（数学的戦略の初期研究）の創始者の一人である P・M・S・ブラケットは、1948 年の著書で、1960 年までの原子兵器とその軍事的影響の未来を描いて見せたが、それは想像を絶するほど当たらなかった。私でさえ、オーストリアの物理学者ティリングの 1946 年の本を知っていた。彼は水素爆弾の理論を最初に公に記述していたのだ。それなのにブラケットは核兵器がキロトン級を超えないと考えていた。メガトン級の爆弾など（ちなみに当時この用語は存在しなかった）破壊する価値のある目標を持たないと考えたせいだ。今日では、ベガトン（10 億トンの TNT）[訳注：本当はギガトンのはずだが、million の次が billion なのでレムか訳者がベガトンとまちがえたかねつ造したか。] の話がますます増えている。宇宙工学の予言者たちも同様に失敗した。もちろん、逆の誤りもあった。1955 年頃、星で観察される水素からヘリウムへの核融合が、近い将来に工業エネルギーを生み出すと

信じられていた。現在の推定では、マイクロ核融合電池の生産は 1990 年代、またはそれ以降にずれ込むとされている。しかし、問題は特定の技術の発展そのものではなく、その発展の知られざる結果にある。

ここまで、進歩に関するあらゆる予測にケチをつけてきた。これは、未来を覗き込むという一連の大胆な試みを行おうとしている自分たちが乗っている枝を、切り落とすに等しい行為だとも言える。このような試みがどれほど絶望的かを示したのだから、別のことに取り組む方が賢明かもしれない。しかし、そう簡単に諦めるつもりはない。露呈したリスクは、実はさらなる議論を刺激できる。それにたとえ巨大な誤りをいくつも犯したとしても、同じようにまちがえた素晴らしい仲間たちがいることにはなる。予測が無意味な作業になってしまう原因はいくらでもあるが、その中で特に芸術家にとって不快ないくつかの誤りを挙げてみよう。

まず、既存の技術に突然の転換をもたらす変革は、時にゼウスの頭からアテナが飛び出すように、専門家を含めすべての人を驚かせる形で現れる。20 世紀は、たとえばサイバネティクスといった新たな覇権の出現によって、すでに何度も驚かされてきた。手段の乏しさに魅了され、同様の操作が構成の芸術に対する重大な罪の一つだと――正しく――考える芸術家は、デウス・エクス・マキナ（機械仕掛けの神）のような仕掛けを嫌う。しかし、歴史がそんなお手軽なやり方を平気で使うのだから、どうしろというのか？

さらに、人間は常に新しい技術の進路を直線的に未来へと延長する傾向がある。19 世紀のユートピア主義者や製図者が描いた「気球に満ちた世界」や「すべてが蒸気駆動の世界」は、今日では非常に滑稽に思える。同様に、現代では宇宙空間を「船」や勇敢な「乗組員」「見張り船員」「舵手」などで満たしたがる。そういうふうに書いてはいけないわけではないが、この種の文章はファンタジーの一ジャンルに属している。これは 19 世紀の歴史小説を「逆転」させた形式なのだ。かつて現代の君主の動機や心理的特徴をファラオにあてはめたように、今日では 30 世紀の海賊や盗賊が描写されているわけだ。このように楽しむのはもちろんかまわないが、それはこれが遊びにすぎないことを忘れない限りの話だ。しかし、歴史はこのような単純化とは無関係だ。歴史は直線的な発展の道を示さず、非線形な進化の曲がりくねったジグザグを用いる。これは、エレガントな設計の慣習を、残念ながら放棄しなければならないことを意味する。

第三に、文学作品には始まり、中盤、終わりがある。プロットの絡み合い、時間の織り交ぜといった小説を現代化するための手法は、いまのところこの構造を解体してはいない。一般に、人はどんな現象も閉じた枠組みに当てはめる傾向がある。1930 年代の思想家が次のような仮想の状況を提示されたと想像しよう。1960 年に世界は二つの敵対する部分に分裂し、それぞれが相手を消滅させる恐ろしい兵器を持つ。結果はどうなるか？

この思想家はまちがいなく、完全な消滅か完全な武装解除と答えるだろう（ただし、このアイデアがあまりにも劇的で信じがたいとして、このアイデアは弱いと付け加えるだろう）。しかし、これまでのところ、この種の予測はあまり成果を上げていない。「恐怖の均衡」が生まれてから 15 年以上が経った。これは最初の原子爆弾の製造に要した時間の 3 倍だ。ある意味で世界は、自分がすぐに回復するか、すぐに死ぬと信じる病人のようだ。短期間の浮き沈みを経ながら、うめき声を上げつつ老齢まで生き続ける可能性には思い至らない。しかし、この比喩は少々短絡的だ……この人物の病気を完全に治す薬を発明しない限りは。ただしそうなれば、それがこの人物に新しい問題をもたらすことになるだろう。たとえば人工心臓を与えても、それが曲がるパイプで小さな台車に繋がれていること

になったりするわけだ。これはもちろんナンセンスだが、完全な治療の代償という話がしたいわけだ。抑圧からの解放（たとえば、人類が限られた石油や石炭資源から独立するための原子エネルギー）は代償を伴う。その返済の額や期間、方法は通常、驚くべき形で現れる。平和目的での原子エネルギーの大量利用は、放射性廃棄物という巨大な問題を伴い、人類はまだその対処法を知らない。核兵器の発展は、今日の軍縮提案や「殲滅提案」が時代遅れになる状況を急速にもたらす可能性がある。それが良い方向か悪い方向かの判断は難しい。全体の脅威が増すかもしれない（たとえば、内部攻撃力が大きくなり、鉄筋コンクリートのシェルターが必要になる）が、実現の可能性は下がるかもしれない——あるいはその逆だ。他の組み合わせも可能だ。いずれにせよ、グローバルなシステムは不安定なままである。それは戦争に傾く可能性があるというだけではない（これは何も目新しくない)。むしろ主に、システム全体が進化しているからだ。現代は、キロトンの時代よりもやや「恐ろしい」ように見える。今日ではメガトンがあるからだ。だがこれは過渡期にすぎない。一般の信念に反して、爆薬の威力やその運搬速度の増加、または「対ミサイルミサイル」の開発がこの進化の唯一の方向だと考えるべきではない。軍事技術はますます高度化し、従来の戦艦や爆撃機、戦略や参謀だけでなく、グローバルな対立という概念自体が時代遅れになりつつある。それがどのように進化するかはわからない。代わりに、オラフ・ステープルドンの小説を簡単に紹介しよう (『最初と最後の人間』の話)。その「プロット」は人類文明の 20 億年にわたる。

火星人、つまりゼリー状の「知的な雲」に集まるウイルス種が地球を攻撃する。人々は長い間、自分が相手にしているのが宇宙的災厄だと思っていて、それが知的な生命体だとは気がつかずに戦う。「勝利か敗北」の二択には至らない。数世紀の闘争の後、ウイルスは深い変形を遂げ、人間の遺伝子型に入り込み、これが新たなホモ・サピエンスの出現につながる。

これは、未知の規模の歴史的現象の美しいモデルだと思う。この現象が起こる確率はどうでもいい。その構造に私は興味がある。歴史は「始まり、中盤、終わり」という三部構成の閉じた枠組みを扱わない。小説では、登場人物の人生が「終」の言葉の前に特定のイメージに固定され、作者に美的喜びを与える。小説では、幸せであれ不幸であれ、構成のレベルで物事を閉じる終わりが必要だ。しかし、人類の歴史は、そのような決定的な終結や「最終の終わり」を知らず、願わくば知ることもないと願いたい。

第 2 章

第 2 章　二つの進化

古代の技術が生まれたプロセスを理解するのは難しい。その実用的特徴や目的論的構造は議論の余地がないが、個々の設計者や発明者がいたわけではない。初期の技術の起源をつきとめようとするのは危険な作業だ。成功した技術は、かつて神話や迷信を「理論的基礎」としていた。それらの適用には、魔法の儀式が先行していた（薬草は、採取や使用時に唱えられる呪文によってその効能を持つとされた）、あるいは技術そのものが儀式の形となり、実際的要素と神秘的要素が不可分に結びついていた（造船の儀式では、製造プロセスが一種の典礼の形をとった）。最終的な目標の意識に関しては、今日、集団的課題の構造は、個人が達成する課題の実現に近いものとなったりする。しかし昔は話がちがい、古代社会の技術的目標は比喩的にしか語れなかった。

旧石器時代から新石器時代への移行、すなわち文化的意義において原子力革命に匹敵する新石器革命は、農耕というアイデアが石器時代の「アインシュタイン」の頭に突然ひらめき、彼が同時代人にその新技術の利点を「説得」した結果ではなかった。それは非常にゆっくりとした、這うような変革であり、複数の世代の寿命をまたがるものだった――見つけた植物を栄養として利用することから、遊牧的な狩猟採集、そして定住へ。単一の世代の生涯内で起こる変化はほとんど気づかれないほどでしかない。言い換えれば、各世代は、日の出や日没と同じくらい「自然」な、一見するとまったく変わらない技術に遭遇した。こうした技術的実践の出現方法は、完全に消滅したわけではない。すべての偉大な技術の文化的意義は、個々の世代の寿命をはるかに超えて広がるため、体系的、習慣的、倫理的な未来志向の結果や、人類を押し進める方向は、誰かの意識的な意図の対象ではないだけでなく、そのような意義の存在やその性質の定義を効果的に拒むのだ。この恐ろしい文（といっても恐ろしいのは内容ではなく文体のほうだ）により、人類の技術進化の勾配に関するメタ理論という議論が開かれることとなる。「メタ」と言うのは、現在のところ、その方向性の描写や結果の決定ではなく、もっと一般的で包括的な現象に関心があるからだ。誰が何を引き起こすのか？　技術が人類を引き起こすのか、それとも人類が技術を引き起こすのか？　技術は人類を望むところ――たとえ破滅であっても――に導くのか、それとも人類の追求に技術を従属させられるのか？　しかし、その追求を駆動するのは技術的思考でしかないのでは？　それは常に同じなのか、それとも「人類＝技術」の関係そのものが歴史的に変化するのか？　本当に変換するなら、この未知の要素はどこに向かうのか？　文明の戦略的余地を握るのは誰か：豊富に利用可能な技術的手段の武器庫から自由に選ぶ人類か、それとも自動化を通じて人類をその領域から排除するプロセスを成功裏に終える技術か？　今や将来において、実現が不可能な、考えうる技術は存在す

るのか？　その可能性を決定するのは何か――世界の構造か、それとも人類自身の限界か？　人類文明は、技術的方向性以外に、何か別の方向に発展する可能性はあるのか？　宇宙における人類の軌跡は典型的か？　それは標準か、それとも異常か？

これらの問いに対する答えを探そう――だがその探求が常に明確な結果をもたらすわけではない。出発点として、ピエール・ド・ラティルが 1956 年の著書『機械による思考』で示した、エフェクター、すなわち行動可能システムの分類を示す図表を用いる。彼はエフェクターを大きく三種類に分類している。第一種の「決定されたエフェクター」には、単純な道具（ハンマーなど）、複雑な道具（計算機や古典的な機械）、および環境と連動するがフィードバックを持たない道具（たとえば自動火災探知機）が含まれる。第二種の「組織化されたエフェクター」には、フィードバックシステムが含まれる。すなわち、動作に組み込まれた決定論を持つ機械（蒸気機関の自己調整装置など）、外部からプログラムできる変更可能な行動目標を持つ機械（たとえば電気頭脳）、そして自己組織化が可能な自己プログラミング機械である。動物や人間は後者のクラスに属する。

さらに、高い自由度を持つシステムも存在する。それは、目標達成のために自らを変える能力を持つシステムだ。（ド・ラティルはこれを「誰の」自由と呼んでいる。人間にはその組織や身体の素材が「与えられている」のに対し、このより高次のクラスのシステムは、単に構成素材のレベルでの自由を持つだけでなく、自身のシステム的組織を根本的に変形できるのだ。生物学的進化を遂げる生物種がその例だ。）ド・ラティルが仮定するさらに高次のクラスのエフェクターは、自身を「構築する」素材の選択においても自由を持つ。この最高の自由度を持つエフェクターの例として、ド・ラティルはホイルの理論で示された宇宙物質の自然発生のメカニズムを挙げる。技術進化はこの種のシステムがはるかに仮説的でなく、検証しやすいものであることは明らかだ。それは「内部から」プログラム可能な、つまり自己組織化するフィードバックシステムのすべての特性を示し、（進化する生物種のように）全体の変形に関する自由と、構成素材の選択の自由（技術は宇宙に含まれるすべてのものを利用できる）を持つ。

ド・ラティルが提案した、自由度の増大に応じたシステムの分類を要約したが、その分類に関する議論の余地のある詳細をいくつか省いた。議論を進める前に、この分類はここで示した形では完全ではないことを付け加えておくべきだろう。さらに別の自由度を持つシステムを想像できる。なぜなら、宇宙に含まれる素材からの選択は、必然的に宇宙が持つ「部品カタログ」に限定される。しかし、提供されるものに満足せず、「カタログ外」の素材、つまり宇宙に存在しない素材を創り出すシステムも考えられる。神智学者なら、このような「最大の自由度を持つ自己組織化システム」を神と呼ぶかもしれない。しかし、こうした仮説はここでは必要ない。なぜなら、今日の限られた知識だけに基づいても、そういう「カタログ外」の部品（たとえば、宇宙が「通常」含まない素粒子）の創出が可能だと断言できるからだ。なぜか？　宇宙は可能なすべての物質構造を実現しているわけではない。たとえば、宇宙は星の中だろうとどこだろうと、タイプライターを創ったりはしないが、タイプライターの「潜在性」は宇宙に含まれている。同様に、宇宙の空間と時間の中に、（少なくともまだ）実現していない物質とエネルギーの状態を含む現象も存在できるはずだと推測できるのだ。

類似性

進化の起源については確かなことは何も知られていない。しかし、新種の出現の動学――その誕生から発展の頂点、そして衰退に至る過程――についてはかなりよくわかっている。進化の道筋は種の数に近いほど存在し、それらには多くの共通の特徴がある。新種は気づかれずに世界に現れる。その出現は既存のものからの借用のように見え、その借用は設計者の創造的惰性を物語るかのようだ。初期には、種のその後の発展を支える内部組織の大変革がすでに起こっていることを示す兆候はほとんどない。最初の個体は通常小さく、原始的な特徴を多く持つ。それはまるで誕生を急ぎすぎて、不確実さに満ちていたかのように思える。しばらくの間、新種は半ば隠れた状態で停滞し、すでに世界の課題に最適に適応している既存の種と競争するのがやっとだ。その後、環境のわずかな変革（種の環境には地質学的世界だけでなく、そこに生息するすべての他の種も含まれる）によって引き起こされた全体のホメオスタシス的均衡の変化をきっかけに、新たな拡大が始まる。すでに占有されている領域に進出すると、新たに生まれた種は生存競争において競争相手に対する優位性を公然と示す。未開拓の空いた空間に入ると、進化の拡散が爆発的に起こり、一気に多様な変種の出現が始まる。これらの変種では、種の原始性の残滓が消えるとともに、外見や新たな機能をますます大胆に支配する、新しいシステム的解決策が現れる。こうした道のりを経て、新種は発展の頂点に達する。この過程を通じて、種は時代全体に名を刻む。陸上、海中、空中での支配の期間は長く続く。その後、ホメオスタシス的均衡が再び乱されるが、これはまだ敗北を意味しない。種の進化動学により、これまで観察されなかった新たな特徴が獲得される。中心的な系統では、個体が大きくなる。まるで巨大化が脅威に対する保護を提供するとでも言うようだ。進化の拡散が再び起こり、今回はしばしば過剰な特化を特徴とする。

進化の側枝は、競争が比較的弱い環境に浸透しようとする。時折、この後者の戦略が積み重なると成功が生じる。そして、絶滅に対する中心種の防御戦略として現れた巨体の痕跡がすべて消え、同時に逆の努力（一部の進化系統は急速に矮小化に向かう）が失敗に終わると、進化の側枝の末裔は、競争の周辺領域で好条件に恵まれ、ほとんど変化せずに存続する。こうしてその側枝の生命体は、その種の原始的な豊かさと力の最後の証となる。

やや大仰な文体をお許しいただきたい。ここでのレトリックは、事例による裏付けをまったく使っていない。この曖昧さはすべて、生物学的進化と技術的進化という二つの進化を同時に語っているために生じたものだ。

実際、生物学的進化と技術的進化の主な特徴には、驚くべき類似性が数多く見られる。最初の両生類が魚に似ていたり、哺乳類が小さなトカゲに似ていただけではない。最初の飛行機、最初の自動車、最初のラジオは、それ以前の形態を模倣することで登場した。最初の鳥は羽毛を持つ飛行トカゲであり、最初の自動車は軸を切り落とした馬車そっくりだった。飛行機はグライダー（あるいは鳥そのもの）から「模倣」され、ラジオは既存の電話から派生した。これらの原型は一般に小型だったし、原始的な設計には多くの改善の余地があった。最初の鳥、馬やゾウの祖先はかなり小さかった。最初の蒸気機関車は普通の荷車と大差ない大きさで、最初の電気機関車はさらに小さかった。生物学的または技術的な設計の新しい原理は、最初は熱狂よりも哀れみを誘う。古代の機械車両は馬車よりも遅く、最初の飛行機は自重を地面からかろうじて離陸させただけだったし、ラジオ放送の

音は、蓄音機の金属的な音と比べてすら楽しめるものではなかった。同様に、最初の陸上動物はもはや泳ぐのが得意ではなくなっていたのに、歩行の技術もまだ習得していなかった。羽毛を持つトカゲ——始祖鳥——は飛ぶというよりはばたいたにすぎない。これらの特徴が完成する過程で、やっと前に述べた「進化の拡散」が起こった。鳥が空を征服し、草食哺乳類がステップを支配したように、内燃機関の車両は道路を支配し、ますます特化した多様な種類を生み出した。「生存競争」において、自動車は駅馬車を駆逐しただけでなく、バス、トラック、ブルドーザー、消防車、戦車、オフロード車など、数十もの交通手段を「生み出した」。飛行機は、空中という「生態学的ニッチ」を支配し、おそらくさらに急速に発展し、すでに確立された形状や駆動方式を何度も変えた（ピストンエンジンはターボエンジンに、次にターボピストンエンジンに、そして最終的にジェットエンジンに置き換えられた。短距離では、飛行機はヘリコプターという強力なライバルに直面した）。注目すべきは、捕食者の戦略が獲物の戦略に影響を与えるように、古典的な飛行機がヘリコプターの侵入に対して自衛するという点だ。それは、推力の方向を変えることで垂直離着陸が可能な VTOL の原型を生み出すことで行われる。これは、機能の最大限の普遍性をめぐる闘争であり、進化学者にとっては常識だ。

先に議論した 2 つの交通手段は、まだ発展の頂点に達していないため、その後期形態について語ることはできない。有人熱気球の場合は話が異なる。空気より重い機械の脅威にさらされた熱気球は、衰退前の進化の枝の典型的な「ゾウ化症」を示した。1930 年代の最後の飛行船は、白亜紀のアトラントサウルスやブロントサウルスに容易に比較できる。蒸気駆動の貨物列車の最後の例も、ディーゼルや電気機関車に取って代わられる前に巨大なサイズに達した。下降進化の兆候を探すなら、ラジオや映画に目を向けよう。テレビとの競争は、ラジオ受信機の突然の「変種の拡散」を引き起こし、それらが新しい「生態学的ニッチ」の中に現れた。こうして、小型ポケットラジオや、ハイファイステレオサウンド、統合型ハイファイレコーダーなど、過剰な特化を受けたラジオが生まれた。映画自体も、テレビとの戦いの中で、スクリーンのサイズを大幅に拡大し、観客を「包み込む」傾向（ビデオラマ、サーカラマ）さえ示している。機械車両のさらなる発展を想像することもでき、車輪駆動を時代遅れにするかもしれない。現在の自動車が最終的に「エアークッション車両」(ホバークラフト) に置き換えられるとしたら、たとえば小型の内燃機関駆動の芝刈り機が、古典的な自動車の「側枝」に生き残る最後の子孫になる可能性が高い。その設計は、自動車時代の遠い名残となるわけだ。それはインド洋の群島に生息する特定のトカゲが中生代の大型爬虫類の最後の子孫であるのと同じだ。

生物進化と技術進化の動学が持つ形態的類似性は、ゆっくりと上昇し、頂点から下降する曲線となるグラフで表現できるが、これが両者の類似性すべてを網羅するわけではない。さらに驚くべき他の収斂も見出せる。たとえば個別の生物には、適応価値では説明できない、非常に独特な特徴が数多く存在する。よく知られた雄鶏のとさかや、クジャクやキジのような雄鳥の華やかな羽毛、さらには化石爬虫類の帆のような脊椎突起がそうした例だ[*1]。同様に、ある技術の産物の大多数は、その機能や目的では説明できない、見た目には余分または非機能的な特徴を持つ。ここには生物学的および技術的構築プロセス内部で起こる侵入との非常に興味深く、かつやや滑稽な類似性を指摘できる。前者では性的選択の基準の侵入、後者ではファッションの侵入だ。分析を明確にするため、現代の自動車

[*1] Davitashvili, *Teoria Polowogo Otbora*

の例に限定すると、車の主要な特徴はその時代の技術状態によって設計者に強制される。たとえば、後輪駆動とフロントエンジンを使用する場合、エンジニアはプロペラシャフトのトランスミッショントンネルを車内に配置する必要がある。しかし、車両の「システム的」構成の設計を変更しないという要件と、車両の受け手の要求や好みの間には、「創造的自由」の広大な空間が存在する。なぜなら、受け手にはさまざまな形状や色の車両、窓の形状やサイズ、追加の装飾、クロームメッキなどが提供されるからだ。生物進化では、ファッションの圧力による製品の差別化に対応するのは、二次的性徴の多様な形状だ。これらの特徴は当初、偶然の変化、つまり突然変異の結果だった。それらの所有者が性的パートナーとして優先されたことで、そうした特徴が後の世代で固定された。こうして車のテール、クロームメッキの装飾、奇抜な形状の冷却パイプ、ヘッドライトやリアライトに対応するものが、交尾の色、冠、異常な突起、そして性的に魅力的な脂肪組織の独特な分布や顔の特徴に見出される。

もちろん、「性的ファッション」の鈍重さは、技術よりも生物進化でずっと大きい。自然という設計者は、毎年そのモデルを変更できないからだ。しかし、この現象の本質、つまり「非実用的」「重要でない」「非目的論的」な要因が、生き物や技術的産物の形状と発展に与える独特な影響は、ランダムに選んだ多くの例で検出・検証できる。

この二つの大きな進化の樹には、さらに目立たない類似性も見出せる。たとえば、生物進化にはミミクリ（擬態）がある。ある種が別の種の外見に適応し、「模倣者」に利益をもたらす現象だ。無毒の昆虫が、遠縁だが危険な種そっくりに見えることがある。さらには、昆虫とは無関係な生物の単一部位を「装う」ことさえある——一部の蝶の翅にある驚くべき「猫の目」が想起されるだろう。技術進化にも擬態の類似性が見られる。19 世紀の金属加工や鍛冶の大部分は、植物の形態を模倣した結果として生まれた（橋の構造、手すり、街灯、フェンス、さらには古い機関車の煙突の「冠」は、すべて植物のデザインを「装った」）。万年筆、ライター、ランプ、タイプライターなどの日常的な物体は、今日では航空宇宙産業——高速技術の産業——で設計されたかのような流線型形状を持ち、擬態している。しかし、この種の擬態には、生物学的対応物に見られる深い正当性がない。ここでは、支配的な技術が下位の二次的技術に影響を与えている。ファッションもこの点で大きな役割を果たす。いずれにせよ、ある形状が設計者の供給によってどの程度決定され、購入者の需要によってどの程度決定されたかを判断するのは通常不可能だ。ここには原因が結果となり、結果が原因となる循環的プロセスがあり、多数の正および負のフィードバックが働いている。生物学における生き物や、技術文明における後続の工業製品は、これらの高次のプロセスの小さな要素にすぎない。

いまの主張は、両進化の類似性の起源も明らかにする。両者は、ほぼ同数の自由度と類似した動学法則を持つ物質的プロセスだ。これらのプロセスは自己組織化システムの中で行われ、地球の生物圏全体にも、人類の技術活動の全体にも当てはまる。この種のシステムは、「進歩」、つまりホメオスタシス能力の増大を特徴とし、超安定な均衡を直接の目標とする[*2]。

生物学からの事例活用は、今後の考察でも有用で生産的なものとなる。これら二つの進化の間には、類似性とともに、重要な相違点もあり、それを徹底的に検討することで、完全な設計者とされる自然の限界や欠点、そして技術の急速な発展が人間の手にもたらす予

[*2] Smith, *Theory of Evolution* 参照。

期せぬ機会（および危険）を明らかにするかもしれない。ここで「人間の手」と言ったのは、少なくとも現時点では、技術進化が人間なしでは成り立たず、「人類によって補完される」ことで完全な存在となるからだ。おそらくここに最大の違いがある。生物進化は疑いなく非道徳的プロセスだが、技術進化についてはそう言えない。

相違点

生物進化と技術進化の最初の違いは遺伝的なものであり、それを動かすのが何かという問題がその中心となる。生物進化の「原因」は自然であり、技術進化の原因は人間だ。生物進化の「出発点」を説明する試みは、今なお大きな困難を引き起こしている。生命の起源の問題は、本書の議論において重要な位置を占める。なぜなら、その解決には、地球の遠い過去に関する所与の歴史的事実の原因を特定するだけではすまないからだ。本書が関心を持つのは事実そのものではなく、それが技術のさらなる発展に及ぼす結果である。技術の進展は、生命そのものと同じくらい複雑な現象について正確な知識を得ない限り、これ以上の進歩が不可能な状況に至っている。別にこれは、人類が生命細胞を「模倣」したがっているということではない。人類は空を飛べるが、そのために鳥の飛行メカニズムを模倣はしない。ここで重要なのは模倣ではなく、理解なのだ。そして、生命の起源を「設計者の視点」から理解しようとするこの試みこそが、非常に大きな困難を引き起こしているのだ。

伝統的な生物学は、信頼できる仲裁者として熱力学を参照する。熱力学は、大きな複雑性から小さい複雑性への移行が普通なのだと宣言する。しかし、生命の出現はこの逆のプロセスだった。「最小複雑性閾値」という仮説――これを超えると物質システムが外部の擾乱にもかかわらず現在の組織を維持し、さらにはそれを子孫に不変のまま伝える――を一般法則として受け入れるとしても、この仮説は遺伝的レベルでは何も説明しない。ある時点で、ある生命体がこの閾値を初めて超えたに違いない。ここで最も重要なのは、これが「偶然」と呼ばれるものによるものか、因果的必然性によるものかである。言い換えれば、生命の「始まり」は例外的な出来事（宝くじに当たるようなもの）だったのか、典型的な出来事（宝くじに外れるようなもの）だったのか？

生命の自発的発生について語るとき、生物学者はそれが段階的なプロセスで、複数の段階から成り、最初の細胞の出現に至る各段階にはそれぞれ別の決定論的名確率があったと述べる。たとえば、原始の海での電気放電によるアミノ酸の形成はかなり確率が高く、ペプチドの形成はそれよりやや確率が低いが、それでも起こる可能性は十分にあった。酵素――生命の触媒、生化学反応の操縦者――の自発的合成は、それぞれかなり異常な出来事だった（それが生命の出現に必要だったとしても）。確率が支配する領域では、統計的法則に直面することになる。熱力学はそうした法則の一つだ。熱力学の観点から、火にかけた鍋の水は沸騰するが、これは絶対に確実ではない。天文学的に低い確率とはいえ、水が火の上で凍る可能性もある。熱力学的観点から見て最もありそうもない現象も、十分に待てば必ず起こる――生命の進化は数十億年という「十分に長い」時間をかけた――という議論はもっともらしいが、数学的推論にかけると、そうもいえない。確かに、熱力学はアミノ酸溶液中のタンパク質の自発的形成を許容するが、酵素の生命起源を許容しない。地球全体がタンパク質溶液の海で、その半径が実際の 5 倍だったとしても、生命を生み出すために必要な、高度に特化した酵素の偶然の出現に十分な質量はなかっただろう。可能

な酵素すべての数は、宇宙全体の星の数よりも多い。原始の海のタンパク質が自発的に生じるのを待たねばならなかったなら、永遠にかかっただろう。したがって、生命起源の特定の段階創発を説明するには、非常にありそうもない現象——先に述べた宇宙の宝くじで「大当たりを引きあてる」こと——を仮定するしかない。

正直に言おう。科学者を含む人間がみな、肉と骨の生き物ではなく知的なロボットだったなら、生命の起源に関するこの確率論的仮説を受け入れる科学者の数は片手で数えられるほどだろう。このような科学者が多いのは、この仮説の真実性への一般的な確信によるものではなく、人が生きているという単純な事実によるもので、人間自体が生命起源を支持する、間接的ながらも説得力のある証拠なのだ。20 億年、40 億年という時間は、種の形成と進化には十分だが、統計的可能性の袋から繰り返し盲目的に「引く」ことで生命細胞を形成するには十分ではない。

このような形でこの問題を考えると、科学的方法論（典型的な現象を扱い、予測不可能に近い偶然の現象を扱わない）の観点から単にあり得ないだけでなく、かなり議論の余地のない判定が下されてしまう。それは、「生命を設計する」試みや、「非常に複雑なシステムを設計する」試みは、こうしたシステムの出現が極めて稀な偶然によって決定されるため、すべて無駄であると宣言することになってしまう。

幸い、これは誤ったアプローチだ。この考えは、これまで知られているシステムが 2 種類しかないという事実に基づいている。すなわち、これまでに人間が構築した非常に単純なシステム（機械など）と、すべての生き物のような極めて複雑なシステムだ。中間的なつながりの欠如のため、システムが均衡を目指す過程で生じるシステム的法則の段階的な出現を考慮せず、熱力学的説明に過度に固執するはめになってしまうのだ。振り子が止まることで均衡が達成される時計の例のような形で状況が制約されている場合、生命生成が始まる惑星や、科学者が自己組織化システムを構築する実験室のような、複数の動的可能性を持つシステムに外挿する材料はどうしても不十分になる。

こうしたシステムは、今日ではまだ比較的単純だが、人類が見つけ出した間接的なリンクだ。たとえば生き物という形でのその出現は、「偶然の宝くじの大当たり」ではない。むしろ、多くの異なる要素と傾向を持つシステム内で、動的平衡の必然的な状態の現れだ。したがって、自己組織化のプロセスは特異なものではなく、むしろ典型的であり、生命の出現は、宇宙に広く存在するホメオスタシス的組織化プロセスの一つの可能な実現にすぎない。このプロセスは、宇宙の熱力学的平衡を全く乱さない。なぜなら、この平衡は全体的であり、より軽い（したがって単純な）元素からより重い（したがって複雑な）元素の形成のような多くの現象の発生を許容するからだ。

こうして、極めて単純なメカニズムの知識に基づく思考の素朴な方法論的拡張である「モンテカルロ型の宇宙ルーレット仮説」は、「宇宙汎進化主義」の理論に置き換えられる。この理論は、極めて稀な状況の到来を受動的に待つ運命にある存在だった人類を、驚異的な可能性の過剰の中から選択を行える設計者に変える。ますます複雑になる自己組織化システムを構築するための命令 (いまのところまだかなり一般的なものだが) には、そうした可能性が含まれているのだ。

これまでの議論から想定される「準生物学的進化」が、宇宙でどのくらいの頻度で発生するのか、そしてそれらが本当に「精神」と人間理解が呼んでいるものの出現に至るかどうかは、また別の問題となる。しかし、これはまた別の議論の主題だ。その議論では、天体物理学的観測の分野から広範な事実の集合を引き出す必要がある。

偉大な設計者である自然は、何十億年もの間実験を行い、ひとたび得られた素材（この点はまだ議論の余地がある）から可能なすべてのものを発展させてきた。母なる自然と父なる偶然の息子である人間は、その不屈の活動を覗き見ながら、この死ぬほど真剣なゲームの意味を、各種の断定的な形で何世紀にもわたり考えてきた。もし人間がこの先もこの問いを永遠に問い続けるなら、確かに無意味な活動だ。しかし、彼が自らその問いに答え始め、自然の複雑な秘密を引き継ぎ、自分の姿に似せて技術進化を始めるなら、話は別だ。

ここで論じている二つの進化の第二の違いは方法論、つまり「いかに」という問題に関するものだ。生物進化は二つの段階に分けられる。第一の段階は、無生物から「始まり」、生きている細胞——その周囲から明確に区別されるもの——の出現までをカバーする。第二の段階、つまり種の出現については、その法則や一般的な振る舞い、そして多くの具体的な道筋がよくわかっているが、この第一の段階については確かなことはほとんど言えない。この初期段階は、その範囲とそこで起こった現象の多様性の両方の面で、これまでずっと過小評価されてきた。今日では、この段階が全進化時間の少なくとも半分、つまり約 20 億年にわたったと推定されているが、一部の専門家はまだその期間が短かすぎると思っている。重要なのは、この時期に生物学的素材の基本構成要素である細胞が生まれ、10 億年前の三葉虫から今日のヒナギク、ヒドラ、ワニ、人間に至るまで同じ基本構造を示したことだ。この構成素材の普遍性は驚くべきもので、実際には理解するのがかなり難しい。ゾウリムシの細胞、哺乳類の筋肉、植物の葉、カタツムリのリンパ腺、昆虫の腹部腺の細胞はすべて、核が持つ基本構成要素——遺伝情報の伝達を可能にする分子レベルで完成されたメカニズム——や、ミトコンドリアやゴルジ体の酵素系を持つ。これらの細胞はそれぞれ、動的ホメオスタシスの可能性、選択的専門化、さらには多細胞生物の階層的構築の可能性を含んでいる。生物進化の基本法則の一つは、その活動の短期的計画であり、すべての変化は現在の適応ニーズに直接応える。進化は、数百万年後に初めて機能するような仕掛けをあらかじめ導入しておくような変化は起こせない。「何百万年後に何が起こるか」など知りようがない。なぜならそれは「試行錯誤」で働く盲目の設計者だからだ。エンジニアとは異なり、進化は生命の欠陥のある機械を「止めて」、その設計原理を再考して根本的に再設計したりはできない。

だからこそ、その「原初の先見性」には驚かされるし、衝撃を受けるのだ。それは多くの幕で構成されるドラマの序章ですでに示され、他のどの素材とも異なる、非常に汎用性があり柔軟な構成素材を創造した。前に述べたように、進化はいきなり根本的な再構築は行えないので、その遺伝メカニズム——超安定性と、変化（したがって発展）がないと起こらない突然変異の偶発的要素、性の分離、生殖能力、そして中枢神経系で最も明確に現れる生きた組織の特性——これらすべてが、数十億年前の始生代の細胞にすでに挿入されていたと言える。瞬間的な事態、つまり当時存在した原生生物の世代——物理化学的プロセスの流動的均衡の中で存在し続け、その動的構造を他者に伝えることだけが可能な、粘液のような微視的タンパク質の滴——の存続にのみ関心を持つ、非人間的で無意識の設計者によって、これほどの先見性が示されたのだ！

この段階の初期のドラマは、実際の種の進化のための準備となったが、まったく痕跡が残っていないため何もわからない。数百万年にわたり、現存の生命体や最も古い化石とは大きく異なる、さまざまな原生命の形態が生まれ、その後消滅した可能性が高い。より大きな「ほぼ生きている」集合体が繰り返し現れ、発展するのに時間がかかった（おそらく

数百万年単位）と考えられ、生存競争の後期段階で、より普遍的で適応力のある存在によって生態学的ニッチから必然的に駆逐されただろう。これは、自己組織化する物質がたどる道の初期の変動と多様化の理論的可能性、あるいは確率性を表す。絶滅が進行することは、究極の普遍性を設計するという考えに相当する。生き残った一握りの設計に比べ、滅亡した設計の数はまちがいなく何千倍も多い。

技術進化の構築方法は完全に異なる。比喩的に言えば、自然は生物学的構成素材の中に、ずっと後に実現されるすべての可能性をあらかじめ想定せざるを得なかった。一方、人間は技術を始動させてから、それを放棄して新しいものに移る傾向があった。材料の選択が比較的自由だし、高低の温度、金属や鉱物、気体、固体、液体を自由に選択できるため、進化が成し得た以上のことを達成できるように見えた。進化は、始生代の海や海洋に現れた、温かい水溶液、粘着性のある多粒子物質など、比較的限られた元素に常に制限されていた。しかしこうした限られた初期キットから可能なすべてのものを完全に絞り出した。結局のところ、現時点では、生きている物質の「技術」は、社会的に獲得された理論的知識のすべての資源に支えられた人間の工学をはるかに凌駕している。

言い換えれば、人類の技術の普遍性は最小限だ。技術進化はこれまで、生物進化とは逆の方向に進んできた。すなわち、狭く特化した装置のみを創造してきた。人間の手はほとんどの道具のモデルだったが、毎回その動きやジェスチャーの一つ――指の握り、腕や肘の関節の動きによる縦軸周りの一本の指の回転、拳――がそれぞれペンチ、ドリル、ハンマーとして模倣された。いわゆる汎用工作機械は、実際にはかなり高度に特化している。自動化工場の建設――ようやく始まったばかり――でさえ、単純な生き物を特徴づける行動の可塑性に欠ける。普遍性を実現するには、適応的自己プログラミングが可能な自己組織化システムの理論のさらなる発展に期待するしかないようだ。それらの人間との機能的類似性は、もちろん偶然ではない。

この道の終点は、一部が主張するような、デジタル機械の電気回路内で人間や他の生き物の設計を「複製」することではない。現時点では、生命の技術は人類の技術をはるかにしのぐ。それに追いつかなければならない――その結果を真似るのではなく、一見比類なきその完全性を超えるのだ。

進化の方法論に関する別の章では、理論と実践、抽象的知識と実現した技術の関係を扱う。この関係は、生物進化には存在しない。なぜなら、自然は明らかに「何をしているか知らない」からだ。自然は、与えられた物質的条件から勝手に生じるものを、ただ単に実現するだけだ。人間がこの物事の状態を受け入れるのは簡単ではなかった。それを受け入れたら、人間自身が母なる自然の「望まれざる」「偶発的な」子でしかないことになってしまうからだ。

だがこれは単なる一章ではなく、巨大な図書館だ。その内容を要約しようとする試みはかなり絶望的に思える。このような説明のあまりの深さをに直面したら、徹底的に簡潔を目指さねばならない。原技術者たちは理論的知識を持たなかった。なぜなら、そもそもそんな理論が可能だと知らなかったからだ。何千年もの間、理論的知識は実験なしに、魔法的な思考――誤って適用された帰納法の一形態――を通じて発展した。条件付きの反応、つまり「A ならば B」というタイプの反応が、その動物的前身である。もちろん、この種の反応や魔法には観察が先行する必要がある。実際に機能している技術と、その時代の誤った理論的知識とが矛盾することもよくあった。その場合、両者を調和させるための擬

似説明の連鎖が続いた（たとえば、ポンプで水を 10 メートル以上引き上げられないという事実は、自然が真空を恐れるためと「説明」された）。現代の理解では、知識は世界の法則の検証であり、技術はこれらの法則を利用して人間のニーズを満たす方法だ――そのニーズは、ファラオのエジプト時代と本質的に変わらない。技術の課題は、人々を衣食住で支え、場所から場所への移動を提供し、病から守ることだ。知識は、原子、粒子、恒星に関する事実に注目する。人間そのもの、少なくとも結果の直接的な有用性によって駆動される形での人間そのものには関心を持たない。かつての理論的探求の有益性に対する無関心は、今日よりも純粋だったことは指摘しよう。経験から、今では最も実際的に見ても「役に立たない」知識は存在しないことがわかっている。なぜなら、いつ、どの世界に関する情報が役立つか、さらには特に必要で価値あるものになるかがわからないからだ。最も「役に立たない」植物学の分野の一つである地衣類学――菌類を扱う――は、ペニシリンの発見後に文字通り不可欠であることがわかった。研究者・観念学者、事実のたゆまぬ収集者、記述者、分類者は、昔はそのような成功を期待していなかった。しかし、人間――その非実際性がときおり好奇心と一致するまれな存在――は、農業理論や身体の仕組みよりも、星を数え、宇宙の構造を研究することに興味を持った。観察の収集者やコレクターの、時に狂気じみた努力から、現象や事物のシステム的法則に即して事実を一般化する法則的科学の偉大な建物がゆっくりと現れた。理論的知識が技術的実践に大きく遅れている限り、人間の工学的努力は、進化が用いる「試行錯誤」の方法と多くの点で似ている。進化が動物や植物の突然変異「プロトタイプ」の適応能力を「試す」ように、エンジニアは新しい発明、飛行装置、車両、機械の実際の能力をテストし、しばしば簡略化モデルを構築する。この、誤った解決策を実証的に排除し、その活動を繰り返すという方法が、19 世紀の発明――炭素繊維の電球、蓄音機、エジソンのダイナモ、そしてそれ以前の機関車や蒸気船――の出現を支えた。

これにより、発明家は才能、常識、こだわり、ペンチ、ハンマーだけで目標を達成できるという考えが広まった。しかし、これは物事を発明する無駄の多い贅沢な方法だ。それは生物進化の数十億年にわたる経験的実践――新しい条件がもたらす生命維持の問題に対する「誤った解決策」が無数の犠牲者を出し続けた――とほぼ同じくらい無駄が多い。技術の「実証時代」の本質は、理論的解決の欠如よりも、むしろそうした理論的解決が派生的に生じたという性格にあった。最初に蒸気機関があり、次に熱力学があった。飛行機が先にあり、飛行理論が後だった。橋を先に作り、後にその計算方法を学んだ。技術的実証主義はいけるところまでは発展すると言える。エジソンは「原子エンジン」のようなものを発明しようとしたが、これは――できなかったし、できようもなかった――なぜなら、ダイナモは試行錯誤で作れるが、原子炉は無理だからだ。

技術的実証主義は、考えの浅い実験から別の実験に盲目的に飛び移ることではない。実証主義の発明家は通常、アイデアを持っている。自分がすでに達成したこと（または他人が以前に達成したこと）のおかげで、目の前の道の先の短い区間が見えるのだ。彼の行動の順序は負のフィードバックによって調整される（実験が失敗したら、そのたびにそれが誤った道であることが示される）。その結果、彼のたどる道はジグザグだが、確実にどこかへ向かい、明確な方向を持つ。理論的知識を獲得すると、突然の飛躍が可能になる。第二次世界大戦中、ドイツ人は超音速ロケットの弾道飛行の理論を持っていなかった。彼らは V2 ロケットの形状を、複数の経験的試行（空気力学トンネルでの簡略化モデルで実施）から導き出した。正しい公式を知っていれば、もちろんそうした各種模型を作る必要はな

かっただろう。

進化は、遺伝情報に刻まれた「実証的」知識以外の「知識」を持たない。この知識は二重である。まず、未来の有機体のすべての可能性を事前に定義し決定する知識（すなわち、組織が生命プロセスを円滑に進めるためにどのように機能するか、個別の組織や器官が他のものとどのように関わるか、また有機体全体が環境に対してどのように振る舞うかを示す「生得的知識」、つまり本能、防御メカニズム、向性など）。第二に、種に基づかない、個体に特有の「潜在的」知識があり、これは事前に決定されておらず、有機体が神経系（脳）を持つことで生涯にわたって獲得できる。進化は、最初の種類の知識をある程度蓄積できる――が、ある程度にすぎない。なぜなら、現代の哺乳類の構造は、それに先行する海や陸の脊椎動物の構築に関する百万年にわたる「経験」を反映しているからだ。同時に、進化は時に生物学的問題に対する優れた解決策を途中で「失う」。そのため、特定の動物（または人間）の設計計画は、これまでに特定されたすべての最適な解決策の単なる総和ではない。ゴリラの筋力、両生類や低級魚の再生能力、齧歯類の持続的な歯の更新メカニズム、陸と水の両方に適応する哺乳類の普遍的適応性を人間が欠いているという事実がその証拠だ。だから、生物進化の「知恵」を過大評価すべきではない。進化はしばしば種全体を発展の袋小路に導き、有益な解決策だけでなく、衰退につながる誤った解決策も同様に繰り返す傾向があった。進化の知識は経験的で短期的だ。その見かけの完全性は、進化が横断した広大な時間と空間の結果である。全体的に、成功よりも失敗が多かった。人間の知識は、まだ経験的時期からやっと脱し始めた段階でしかない――しかもすべての分野でそれが起きているわけではなく、生物学や医学でそのプロセスが最も遅い。しかし、今日すでに、忍耐と持続性、そして直感の閃きだけで実現できるものは、原則としてすでに達成されていることに気づいている。それ以外のすべて――つまり、最高の理論的思考の明晰さを必要とするもの――はまだ先にある[*3]。

[*3] 技術進化のツリーモデルを描こうとする試みは、興味深い結果をもたらす可能性がある。その全体の形状は、生物進化を表すために描くツリー（すなわち、均一な主幹とますます密になる樹冠）に似ている可能性が高い。問題は、現在の知識の増大が、生物学では起こらない技術における種間交雑によって引き起こされている点だ。人間の活動の任意に選んだ領域は、相互受精が可能である（サイバネティクスと医学、数学と生物学などの「交雑種」が存在する）。しかし、固定された生物種は交雑によって繁殖できない。その結果、技術進化の速度は、生物進化よりもはるかに高い一定の加速を特徴とする。さらに、技術進化における長期予測は、完全に予期せぬ突然の転換の発生により難しい（たとえば、サイバネティクスの出現はそれが起こる前に予測できなかった）。ある時点で出現する「技術的種」の数は、すべての既存の種の関数であり、これは生物進化については言えない。技術進化の突然の転換は、生物学的突然変異と同等ではない。なぜなら、前者ははるかに大きな意義を持つからだ。たとえば、物理学は現在、ニュートリノの研究に大きな期待を寄せている。ニュートリノは長い間知られていたが、最近になってその宇宙の多くのプロセス（たとえば、星の形成）に対する遍在する影響や、しばしば決定的な役割が理解された。平衡状態から外れる時点（たとえば、超新星爆発前）の特定の種類の星は、ニュートリノ放出が可能で、これは総光度放出を大幅に超える。これは、ベータ崩壊現象によって条件づけられたニュートリノ放出が光放射のエネルギーよりはるかに小さい太陽のような定常星には当てはまらない。しかし、天文学は現在、超新星の研究に特に期待を寄せている。超新星は、宇宙全体の発展、元素（特に重い元素）の出現、そして生命の起源において独自の役割を果たすようだ。このため、望遠鏡や反射鏡といった従来の装置を使わないニュートリノ天文学が、現在優勢な光学天文学に取って代わる可能性がある。（電波天文学もまた別の潜在的競争相手だ。）

ニュートリノの問題はおそらく多くの他の秘密を含んでいる。この分野の研究は、未知のエネルギー源の発見につながるかもしれない。（これは、電子-陽電子対がニュートリノ-反ニュートリノ対に変換される、またはいわゆるニュートリノ制動放射を特徴とする、非常に高いエネルギー準位の変化を伴う。）宇宙全体の姿は根本的に変形するかもしれない。ニュートリノ粒子の数が、一部で主張されているほど多い場合、宇宙の進化は、特定の空間に不均等に分布する銀河の島々によってではなく、空間を均等に満たすニュートリノガスによって条件づけられるだろう。

これらの問題は有望でありつつも議論の余地がある。それらは、知識の発展がどれほど予測不可能かを

最後に扱わねばならない問題は、技術進化の道徳的側面に関するものだ。その生産性はすでに厳しい批判を招いている。なぜなら、技術進化は人間活動の二つの主要な領域——自然の制御と人類の制御——の間のギャップを広げているからだ。この観点から見ると、原子エネルギーは人間の手に渡るには早すぎた。宇宙への最初の一歩も時期尚早だった。それは、特に初期の宇宙航行が莫大な資源を要求し、もともと不公平だった地球のグローバルな収入をさらに枯渇させたためである。医療の進歩による死亡率の低下は、出生制御の欠如により、人口の急増を招き、それを止めることができない。生活を容易にする技術は、命を貧しくする道具となりつつある。なぜなら、マスメディアは精神的財の従順な複製者から文化的ジャンクの生産者に変わりつつあるからだ。文化的には、技術はよくても不毛だとされる。「よくても」と言うのは、技術が促進する人類の統一が、過去数世紀の精神的遺産や現在進行中の創造的努力を犠牲にして行われるからだ。技術に支配された芸術は、経済的法則に支配され始め、インフレや価値の低下の兆候を示す。技術者たちのお題目である普遍アクセスを実現するために簡単にアクセス可能でなければならない大量娯楽の技術的プールの上には、わずかな創造的タイプしか生き残れない。彼らの努力は、機械化された生活のステレオタイプを無視したり嘲笑したりすることに集中している。要するに、技術進化は善よりも悪を多くもたらし、人間は自らが創造したものの囚人となっている。知識の増大は、自身の運命を決定する可能性の面では縮小を伴う。

ここでは、技術進展を非難する立場を、慎重かつ簡潔に報告したと思う。

この見解に反論すべきか、そもそも反論できるのか？　技術が善にも悪にも使われうると説明すべきか？　誰かや何かに矛盾するものを要求はできないことを指摘し、それが技術についてもいえるのだと説明すべきか？ たとえば生命の保護（それによる成長と衰退)、エリート文化が同時に大衆文化でもあるようなもの、山を動かせるがハエ一匹傷つけないエネルギーなどを要求できないことを指摘すべきか？

示し、宇宙の本質を決定する多くの基本法則をすでに確実に知っており、今後の発見はほぼ完成したこの絵に細部を埋めるだけだと仮定するのは誤りであることを示す。現在の状況は次のようだ：我々は多くの技術分野について確固たる知識を持つが、これは地球文明の物質的基盤を構成する広く使用されている技術にのみ適用される。しかし、ミクロおよびマクロ宇宙の本質、新しい技術の出現の展望、宇宙生成論や惑星生成論については、数十年前よりもさらに知らないことが多い。その理由は、これらの分野で多くの対立する仮説や理論が競合しているからだ（たとえば、地球の拡大に関する仮説、超新星の惑星や元素の創造における役割、超新星の種類に関するもの)。

科学的進歩のこの結果は、見た目だけの逆説だ。なぜなら、無知には二つの異なる意味があるからだ。第一に、我々が知らないこと、そしてその無知の存在すら気づいていないこと（ネアンデルタール人は電子の本質について何も知らず、その存在の可能性すら感じていなかった)。これは、いわば「完全な」無知だ。第二に、無知は問題の存在を認識しているが、その解決に関する知識が欠けている状態も意味する。進歩はまちがいなく第一のタイプの無知、つまり「完全な」無知を減らすが、第二のタイプの無知、つまり答えのない質問の集合を増やす。この最後の主張は、人間の活動の領域にのみ適用されるものではない。すなわち、人間の理論的・認知的実践の評価ではない。それはある程度、宇宙全体にも適用される(なぜなら、知識の増大による質問の増殖は、この宇宙の特定の構造を意味するからだ)。

現在の発展段階では、こうした「無限小-迷宮的」な特性が、存在するすべてのものの内在的特徴だと仮定しがちだ。しかし、このような仮定を発見的存在的テーゼとして受け入れるのはかなり危険だ。人間の歴史的発展は、類似のテーゼを「確実な真理」として定式化するには短すぎる。多くの事実とその間のつながりの知識は、「認知的頂点」に導く可能性があり、その後、答えのない質問の数は増えるのではなく減少し始める（これまで継続的に増えてきたように)。100 まで数えられる人にとって、100 京と無限の間には実際的な違いはない。宇宙の研究者としての人間は、無限を自由に操る数学者というより、算数を学んだばかりの人に近い。さらに、宇宙の構造の「有限の」公式（もしそれが存在するなら）を、前に議論した「認識論的頂点」に達したときに発見するかもしれない。しかし、質問の数の絶え間ない増加はまだ問題を決定しない。なぜなら、たとえば 1000 億年以上の継続的発展を遂げた文明だけがそのような「認知的頂点」に達するのかもしれないからだ。したがって、この問題に関するこれまでのすべての前提は根拠がない。

これはおそらくあまり賢明ではない。まず発端から、技術にはさまざまなアプローチがあると述べよう。一見、技術は人間と自然の活動の結果である。物質世界が黙って同意するものを具現化するからだ。したがって、技術はさまざまな目標を達成するための道具と見なされ、その選択はその文明の発展段階や社会システムに依存し、道徳的判断の対象となる。しかし、判断の対象となるのはこの選択であり、技術そのものではない。したがって、技術を非難したり称賛したりするのではなく、どの程度その発展を信頼でき、どの程度その方向に影響を与えられるかを検討するのが課題となる。

これ以外のあらゆる議論は、技術進化を発展の逸脱、誤った致命的方向と見なすという（暗黙に受け入れられた）誤った前提に基づく。

しかし、これは本当ではない。実際、その発展の方向は、産業革命の前も後も、誰もプログラムしていなかった。この方向は、力学、つまり「古典的機械」から始まり、機械的観点で構想された天文学が模倣主義設計者の例として機能し、熱、化学燃料エンジン、熱力学、電気へと進んだ。認知レベルでは、単一の法則から統計的法則へ、厳格な因果性から確率へ、そして今理解しているように、単純さ（自然には単純なものはないという意味で「人工的」な）から複雑さ（その増大により、制御が次の重要な課題となることが明らかになった）への移行だった。

見ての通り、これは単純なものから精巧で複雑な解決策への移行だった。この旅の個々のステップ――発見、発明――を別々に孤立して分析すると、それらが幸運な偶然、事故、運の結果に見える。しかし、全体として見れば、地球の文明を仮想的な宇宙の文明と比較すると、この旅は極めて確率的で典型的に見えるだろう。

この生成能力が、何世紀もの活動の累積的効果として、望ましい結果とともにまちがいなく有害な結果を示すことは避けられないと考えるしかない。

だからこそ、悪の源としての技術糾弾に続くべきものは、謝罪ではなく、事前制御の時代が終わっているという事実の理解なのだ。今後の人間行動には道徳的ルールを伴わせ、非道徳的な技術が提示する選択肢の中からの選択方法に影響を与えるべきだ。技術は手段と道具を提供するが、それを善や悪に使う功罪は人類にある。

これはかなり一般的な見解だ。これは簡潔な導入としては機能するが、それ以上のものではない。前述の区別は、特に長期的には維持できない。それは人間が技術を構築するからではなく、技術が人間やその見解、道徳観を含むものを構築するからだ。もちろん、これは技術の生産基盤である社会システムを通じて行われるが、私の現在の関心は別のところにある。技術は直接的に作用し、実際そうしている。人々は物理学と道徳の直接的関係を見ることに慣れていないが、そのような関係は存在する、あるいは存在しうる。空虚に聞こえないようにするために言っておくと、行為の道徳的判断はまずその不可逆性に依存する。もし死者を復活させることができれば、殺人は――否定的な行為と見なされ続けるものの――怒りで誰かをひっぱたいても犯罪でないのと同じく、犯罪ではなくなる。技術は通常考えられているよりも攻撃的だ。感情的生活や、後に扱う人格の合成と変形に関する問題への影響は、現在は現象の空集合にすぎない。この空集合は、将来の進歩によって埋められる。今日揺るぎないと考えられている多くの道徳的命令は、その時滅び、新しい問題や新しい倫理的ジレンマが生じるだろう。

これは、超歴史的な道徳が存在しないことを示唆する。現象は持続のスケールによって異なるが、最終的には山脈も崩れて砂になる。それが世界のあり方だ。一時的な存在である人間は、永遠という概念を熱心に使う。特定の精神的財、偉大な芸術作品、道徳システ

ムは永遠と描かれる。しかし、自己欺瞞に陥ってはならない。それらはすべていずれ死ぬ。秩序をカオスに、内的必然性をランダム性に置き換える話ではない。道徳はゆっくり変化するが、確かに変化する。したがって、2 つの道徳規範の時間的隔たりが大きいほど、それらを比較するのは難しい。現代人はシュメール人に近いが、新石器時代のレヴァロワ文化の人々の道徳は我々を恐怖させるだろう。

ニュートンの絶対的参照枠や現象の絶対的同時性がないのと同じように、超歴史的判断のシステムが存在しないことをこれから示してみよう。これは、過去や未来の現象に関する価値判断を禁じるものではない。人間は常に、自分の立場や実際の能力を超えた価値判断を行ってきた。これは、すべての時代が独自の立場を持っているので、それに同意するにせよ反対するにせよ、まず理解しなければならないという意味にすぎない。

第一原因

我々は技術進化が加速する時代に生きている。これは、最後の氷河期から旧石器時代、新石器時代、古代、中世に至る人間の過去全体が、今日の人類を未知の未来へと運ぶ跳躍のための準備期間、力を蓄える期間だったということだろうか？

動的文明のモデルは西洋で生まれた。歴史を学ぶと驚かされるのだが、さまざまな民族が「技術的スタート」の縁まできながら、そこで立ち止まってしまったことがわかる。現代の製鉄業者でも、クトゥブ・ミナールの耐腐食性の鉄柱を粉末冶金で作り上げたインドの職人の忍耐から学べるものがある——この技術は現代になってやっと再発見された。火薬や紙の中国による発明は誰もが知っている。科学に不可欠な思考ツールである数学は、アラブの学者によって発展した。しかしこれらの革命的な発明は、文明の推進力を生み出したり、急速な進歩を開始したりすることはなかった。今日、世界全体が西洋の発展モデルを採用している。技術は、この技術を生み出した文化よりも古く複雑な文化を誇る民族によって輸入されている。これは魅力的な問いを投げかける：もし西洋が技術革命を起こさず、ガリレオ、ニュートン、スティーブンソンのような人々を産業革命に動員しなかったら、何が起こっていただろうか？

これは「第一原因」についての問いだ。技術進化の起源は軍事的紛争にあるのでは？技術進化の原動力としての戦争の影響は有名で、広く認識されている。軍事技術は、かつて他の知識領域と隔絶したものとなっていた専門的性格を失い、普遍的になった。弩砲や破城槌はまだ軍事ツールにすぎなかったが、火薬はすでに産業用途（たとえば鉱業）に使用できた。輸送技術はさらにその傾向が強い。車輪付きの荷車からロケットまで、平和的目標に役立つように改良できない輸送手段はない。さらに原子、サイバネティクス、宇宙航行技術は、軍事と平和の可能性のほぼ完全な統合を示している。

しかし、人間の好戦的傾向を技術進化の駆動力と見なすことはできない。それらは確かに技術進化を加速し、当時の理論的知識が提供する資源の大きな応用として機能することが多かったが、加速要因と開始要因とは区別する必要がある。すべての軍事ツールは、ガリレオやアインシュタインの物理学、18 世紀と 19 世紀の化学、熱力学、光学、原子論の

おかげで生まれたが、これらの理論的探究分野に軍事的起源を見つけようとしても無駄だ。技術進化の経路は、一度始まると、まちがいなく加速したり減速したりする。アメリカは1969年頃に最初の月面着陸に200億ドルを投資すると決定した。もしその日付を20年ほど先に延ばしてもよかったら、アポロ計画の実行ははるかに低コストですんだだろう。なぜなら、初期段階の原始的な技術は、技術が成熟したときに同じ目標を達成するために必要な資源と比べて、不均衡なほど多量の資源を要求するからだ。

しかし、アメリカが200億ドルではなく2000億ドルを投資しようと決めたとしても、6か月以内に月面着陸はできなかっただろう。星間旅行に何十億ドルを費やそうとも、当分はそんなものが実現不能なのと同じだ。巨額の投資と努力の集中によって、技術進化の速度の限界に達することは可能だが、それ以上いくら支出しても何の影響もない。この自明に近い主張は、生物進化に適用される類似のルールに対応する。生物進化もまた、どのような状況でも超えられない最大速度があるのだ。

しかしここで検討しているのは「第一原因」であって、すでに進行中のプロセスの最大速度ではない。この目的で技術の起源に遡ろうとしてもかなり絶望的な作業に終わってしまう。この旅は事実のみを認めるが、その原因を説明しない歴史の深みに入り込むだけなのだ。技術進化の巨大な樹――その根は最後の氷河期にまで遡り、樹冠は未来の千年紀に広がり、旧石器時代や新石器時代の文明の初期段階では世界中でほぼ同じだったその成長――が、なぜ西洋で本格的な開花を迎えたのか？

レヴィ＝ストロース（1952）はこの問いに答えようとしたが、定性分析に留まり、現象が複雑だったために数学的分析は不可能だった。彼は、確率論を用いて技術進化の出現を統計的に、遺伝的な説明を提示した。

蒸気、電気、さらに化学合成、原子の技術は、多数の探究から生じた。当初は互いに独立していたこれらの探究は、アジアから地中海地域の精神を刺激する、長い、時に複雑な道をたどった。数百年間にわたり、「隠れた」知識の蓄積が起こり、アリストテレス主義のドグマの廃止、すべての認知的活動の指針としての経験実証主義の採用、技術的実験が社会的に重要な現象へと転換したこと、力学的物理学の普及といった出来事で頂点に達した。これらのプロセスには、すでに社会的需要が存在していた発明の出現が伴った。この最後の現象は非常に重要だ。なぜなら、どの民族にも潜在的なアインシュタインやニュートンがいたが、適切な土壌、適切な条件、個々の活動の成果を増幅する集団的共鳴が欠けていたからだ。

レヴィ＝ストロースによれば、ある集団が加速的進歩の道に入るのは、特定の連続した出来事のシーケンスのおかげだ。アイデアとその社会的実現（最初の蒸気機械の建設、石炭エネルギー産業や熱力学の出現など）の「増殖」の係数には、ある種の臨界量が存在し、それを超えると、最終的にその増殖によって条件づけられた発見が急速に増加する。これは、中性子増殖の係数には一定の臨界量が存在して、それを超えると重金属のかたまり内で連鎖反応が生じるのと同様だ。我々は今、文明のこのような連鎖反応、あるいは「技術的爆発」に相当するものを体験しており、いまやそれが全面的に拡大しつつある。レヴィ＝ストロースによれば、ある社会がこのような道に入り、連鎖反応を開始するかどうかは純粋に偶然だ。確率論的観点から見れば、サイコロを振るプレイヤーが十分に長くプレイすればすべての目が6になるシーケンスを期待できるように、すべての社会集団は、少なくとも原則として、急速な物質的進歩の道に入る平等な機会を持つ。

レヴィ＝ストロースの関心は本書とはちがうことは指摘しておく。彼は、極度に異なる

文明が、技術的でないものも含めて、等しく正当であり、それらに価値判断を適用すべきではない、つまり、前に述べた「ゲーム」で幸運だったために一部が「より高い」と見なされるべきではないことを示そうとしていた。このモデルは、方法論的簡潔さゆえに美しい。ある一つの発見がいかに重要であっても、その技術生成の社会的効果となると、宙に浮いてしまう理由が説明できる——インドの粉末冶金や中国の火薬の場合のように。連鎖反応を開始するために必要な後続のリンクがそこになかったというわけだ。この仮説は、東洋が技術的リーダーシップにおいて西洋よりも「運が悪かった」だけだと明確に示している。したがって、もし西洋が歴史の舞台から不在だったとしても、東洋が遅かれ早かれその道をたどっただろうという理屈が導かれる。この命題の正しさについては後で議論しよう。ここでは、技術文明出現の確率モデルに焦点を当てる。

本書が検討している主な対比対象である生物進化に話を戻すと、進化の過程で、変種、種、科が別々の大陸で、時には並行して現れたことを認識しなければならない。旧世界では草食動物に捕食者が発生したが、新世界でもそれとは無関係だが、類似の環境や気候条件を通じて進化が祖先に作用したため、旧世界のものに対応する類似に形成された形態が存在するのだ。一方、門の進化は、専門家の大多数によれば、単系統的となりがちだ。脊椎動物は全地球で一度だけ現れ、魚も、両生類、爬虫類、哺乳類も同様だ。これはいくつかの問いを投げかける。見ての通り、身体組織の大幅な変形、この種の「設計者の偉業」は、惑星規模で一度だけ起こったのだ。

この現象も統計的法則に従うと考えられる。哺乳類や魚の出現は、あまりに低確率の現象であり、多くの原因と状況の収束が必要な「大当たり」ともいうべき非常に稀な現象だった。現象が稀であればあるほど、それが繰り返される可能性は低い。両方の進化に見られるもう一つの共通の特徴もある。両者は、より高次の形態と低次の形態、より複雑なものとそうでないものを生み出し、それらが**今日まで生き残っている**。一方で、魚は両生類より先に現れ、両生類は爬虫類に先行したが、今日、これらのすべてのクラスの代表者が存在する。他方、家族や部族制度は奴隷制や封建制に先行し、それらは資本主義に先行した。これらがすべて同時に存在しているわけではないが、最近まで、こうしたちがったシステム、特に最も原始的なものは世界に共存していた。その残滓は、南の海のいくつかの群島でまだ発見できる。

生物進化では、この現象は簡単に説明できる。変化は常に必要性によって引き起こされる。環境の要求がなく、単細胞生物の存在を許す環境であれば、次の 1 億年や 5 億年にわたって原生動物の世代を生産し続ける。

しかし、社会システムの変形は何によって引き起こされるのか？　生産手段、つまり技術の変化がその原動力であることがわかっている。したがって、伝統的な技術を使い続ける社会システムは、はるか新石器時代まで遡るものであっても、明らかに変化しない。

この問題を一気に解決することはできない。しかし、「連鎖反応」という確率仮説は、その反応が起こる社会構造の特殊性を考慮していないと結論していいだろう。非常に似た生産基盤を持つシステムでも、文化的上部構造がかなり違っていることがある。洗練された社会的儀式、時には痛ましく複雑な家族生活や部族生活の行動規範——受け入れられ、厳格に課される規範——の豊富さは偶然によるものだ。人類学者は、さまざまな文明間の無数の内部依存関係に魅了されるが、社会学者兼サイバネティクス学者に取って代わられねばならない。後者は、すべてのそのような実践の内部の文化的・意味的意味を意識的に無視し、超安定均衡を目指すフィードバックシステムとしてその構造を検証し、その動的課

題がこの均衡の永続を保証する制御にあると見なすのだ。

これらの構造や相互依存する人間関係の一部は、思考と行動の自由に課す制限を通じて、科学的・技術的進歩を阻害してしまう可能性が高い。また、発明を直接支援しないまでも、少なくともそのための空間を、限定的であっても開く構造もあるかもしれない。ヨーロッパの封建制の基本特性が、19 世紀の日本の封建制と驚くほど似ていたのは確かだ。しかし、この同じシステムのアジアモデルとヨーロッパモデルは、実際の社会的ダイナミクスにおいて二次的、さらには三次的役割を果たす固有の違いも見せている。そうした違いは最終的には、ヨーロッパ人が新しい技術で封建制を破壊し、その廃墟の上に産業資本主義の基盤を構築したという結果をもたらしたのだ[*4]。

この観点からすると、技術的連鎖反応は、均一な出来事の連続（たとえば、ある種の連続する発見）によって開始されたのではなく、出来事の 2 つのシーケンスの重なりによって開始されたと見なされる。最初のシーケンス（サイバネティクス的に理解される上部構造）は、第二のシーケンス（個人の経験的・技術的関心の出現）よりも高次の統計的特性を持つ。これら 2 つのシーケンスが交差することで、技術進化の可能性が生じる。この出会いが起こらなければ、新石器文明が究極的な閾値として、決して越えられないものとなっていたかもしれない。

この簡単な概要は確かにやたらに単純化したものだが、その問題点を明らかにするためには、さらなる研究を重ねるしかない[*5]。

[*4] Koestler, *Lotus and the Robot* 参照

[*5] 技術生成の問題に対するランダムな統計的アプローチは、ジョン・フォン・ノイマンによって基礎が築かれたゲーム理論の、現在人気のある応用と一致する。本書でも実はそのようなモデルを何度か参照してきた。しかし、この問題の本当の複雑さは、確率的スキーマに収まるものではない。高度に組織化されたシステムでは、ごく小さな構造的変化が重大な結果をもたらしかねない。さらに、ここでは「増幅」の問題が浮上する。「空間的増幅」を考えよう、これはてこがモデルだ。「小さな動き」がてこの助けを借りて「大きな動き」に変わるわけだ。また、「時間的増幅」もあり、その例は胚発生に見られる。我々にはまだ、個人の行動とトポロジー的に構想された社会構造の関係を研究する「トポロジー社会学」のような分野を持っていない。そうした社会構造はおそらく「増幅」効果を持つだろう。つまり、個人の思考や行動が社会で増殖する好条件を見つけ、雪だるま式に拡大することさえあるのだ（サイバネティクスは、社会や脳のような非常に複雑なシステムで起こるこの種の現象――たとえば脳ではてんかんなど――にようやく関心を示し始めている）。これは逆にも機能する――ある構造は孤立した行動を「消滅」させる。私はこの問題について『対話（Dialogi）』(1957) で触れている。

もちろん、行動の自由は、**所与の**社会構造内での個人の位置に依存する（王は奴隷よりも多くの自由を持つ）。このような差別化はかなり自明で、システムダイナミクスの分析に新しいものを何ももたらさない。逆に、**異なる**構造はさまざまな方法で個人の行動（たとえば学術的思考）を促進または阻害する。この問題は、実は社会学、心理社会学、情報理論当分先だろう。レヴィ＝ストロースが提案した確率モデルは、文字通りに受け取るならまちがっている。その価値は、科学技術の歴史に客観的手法を導入しようと提唱した点にある。この分野は、かつて「人間の精神は、歴史を通じて失敗と成功を経験し、ついに自然の書を読み解くことを学んだ」といった、「人文学的」な問題解決のモードに支配されていた。

レヴィ＝ストロースが「情報ハイブリッド化」、つまり国際的な精神的財の交換の重要性を強調しているのはまちがいなく正しい。単一の文化は、特定の戦略を採用する孤独なプレイヤーだ。異なる文化の連合が現れると、戦略的強化（または経験の交換）が起こり、「技術的勝利」の可能性が大幅に高まる。レヴィ＝ストロースを引用しよう：「ある文化が、我々が文明と呼ぶさまざまな発明の複雑な集合体を統合する可能性は、それと共同で、通常は無意識に、共通の戦略を構築する他の文化の数と多様性に依存する。数と多様性…」[レヴィ＝ストロース、『人種と歴史』、41 ページ 邦訳ページ調べてません]。

しかし、この種の協力は常に可能とは限らない。また、文化が「閉じる」、つまり孤立するのは、地理的位置（島国日本やヒマラヤの壁の背後のインドのように）によるだけではない。文化は構造的レベルで「閉じる」ことがあり、技術的進歩への道を無意識にブロックする。地理的位置はまちがいなく大きな意義を持つ。これは特にヨーロッパで顕著で、多国籍文化が近接して発生し、互いに大きな影響を及ぼした（たとえば、戦争の歴史が示すように…）。しかし、このような偶然の要素は満足のいく説明ではない。普遍的に有効な方法論的ルールは、統計的規則性を可能な限り決定論に還元すべきだと述べる。初期の失敗に直面して試行を再開すること（たとえば、アインシュタインとその共同研究者が量子力学を「決定」し

いくつかの素朴な問い

分別ある人はみな未来の計画を立てる。その人は、教育、職業、生活様式に関して、一定の制約内で選択の自由を持つ。仕事を変えたり、その気になればある程度は行動も変えられる。文明は話がちがう。少なくとも 19 世紀末までは、文明は誰の計画にも含まれていなかった。文明はひとりでに現れ、新石器時代や産業革命の技術的飛躍を通じて加速し、何千年も停滞した。ある文化は成長し衰退し、他の文化がその廃墟の上に形成された。文明は、科学的発見とその社会的活用の連続により、発展が加速の道に入る特定の瞬間を「自分では知らない」。この発展は、ホメオスタシスの増加、使用されるエネルギーの増大、個人や集団を病気や自然災害などの脅威からますます効率的に保護するという形で現れる。それは、自然や社会的力を、制御活動を通じて飼いならすものだが、同時に人間の運命を制御し、形作る。文明は好き勝手に行動するのではなく、その行動をむしろ強いられる。なぜサイバネティクスを発展させるべきなのか？　それは、近いうちに「情報障壁」にぶつかる可能性があるからだ。これは、過去 200 年間の肉体労働の領域で起こったような精神の革命が起きないかぎり、科学の発展を阻害する。なるほど、そういうことか！　したがって、人類は自分のやりたいことをするのではなく、文明力学の現在の段階に要求されることをするのだ。科学者は、これが発展の勾配の客観的活動が効いてくるところだと言うだろう。しかし、文明は個人が未来の道について選択の自由を持つように、選択の自由を得られないのか？　だがその自由が実現するにはどのような条件が必要か？　社会は基本的な問題の技術から独立しなければならない。各文明が対処しなければならない基本的な問題――食料、衣類、輸送、そして生命の開始、財の分配、健康と財産の保護――は消えなければならない。それらは空気のように見えなくなる必要がある

ようとした無駄な試みを思い出そう）は時間の無駄ではない。なぜなら、統計は（必ずしもそうではないが）現象の規則性のぼやけた近接像、霧のような絵にすぎず、正確な反映ではない**場合がある**からだ。統計は、天候や曜日などに依存する事故の数を予測できる。しかし、単一のアプローチは、視界不良、ブレーキの故障、過剰な速度といった**決定論的**原理によって引き起こされる個々の事故をより効果的に防げる。

火星から来た生物が、地球の高速道路で「自動車体」を持つ「車両液体」の循環を観察すると、これを純粋に統計的現象と考えるかもしれない。この生物は、スミス氏――毎日車で仕事に行く――が途中で突然引き返すことを「非決定論的」現象と見なすだろう。しかし、彼はブリーフケースを家に忘れたために引き返している。これは現象の「隠れたパラメータ」だ。別の人は重要な会議を思い出したために目的地に着かず、また別の人はエンジンが過熱しているのに気づいたためだ。したがって、さまざまな純粋に決定論的要因が、多数の基本現象の平均的行動の全体像を提供する――その集団は均質に見えるにすぎない。火星の生物は、地球のエンジニアに道路を広げるよう提案するかもしれない。それにより「車両液体」の循環が促進され、事故の数が減少するからと言って。

見ての通り、統計的概観はまた、実際的に有用な理論を概説できる。しかし、「隠れたパラメータ」を考慮に入れると、それらを根本的に改善できる。スミス氏は常にブリーフケースを車に置くべきだと助言され、別の運転手は重要な会議を日記にメモし、3 人目は事前に車の安全点検を行うべきだと言われる。目的地に到達しない車の割合が固定されているという謎は、隠れたパラメータを特定すれば消える。同様に、人間の文化形成戦略の多様性の謎も、そのトポロジーと情報的側面を検証すれば消える。ロシアのサイバネティクス学者ゲルファンドが正しく観察したように、極めて複雑な現象でも、関連するパラメータと無関係なパラメータを選り分けられる。我々はしばしば、新しい無関係なパラメータを必死に特定しようと調査を続ける！ たとえば、太陽活動のサイクルと経済的繁栄のサイクルとの相関研究（ハンティントンが行ったような）がその例だ。そのような相関が存在しないわけではない――実際に見つかっている。むしろ、そのような相関が多すぎるのだ。ハンティントンは著書で非常に多くの相関を引用しており、進歩の駆動要因の問題は相関の海に溺れてしまう。

無関係な変数を考慮から外すことは、関連する変数を調査することと少なくとも同じくらい重要だ。もちろん、どの変数が関連し、どれが無関係かは事前にわからない。しかし、動的かつトポロジー的アプローチを使えば、この場合に不適切な分析的方法を棄却できる。

――これまで人類の歴史で唯一いくらでもあった空気の豊富さのように。まちがいなくこれは達成可能だ。しかし、これは予備的条件にすぎない。なぜなら、その時初めて「これからどうする？」という問いが完全な強度で現れるからだ。社会は個人に人生の意味を与える。しかし、文明にその意味や具体的な人生の内容を与えるのは誰なのか、何なのか？

その価値のヒエラルキーはだれが決めたのか？　それは文明自身が決める。文明が自由の領域に入ると、意味や内容はそれ自身から生じる。この自由をどう考えたらいいだろうか？　もちろん、これは災害、貧困、不幸からの自由だ。しかし、慣れ親しんだ不平等や満たされない憧れや欲望の不在が幸福を意味するのか？　もしそうなら、生産できる最大限の財を消費する文明が、そのような価値ある理想に到達するだろう。しかし、地球上にそのような消費者パラダイスができても人類が幸福になるかどうかについては広く疑問が持たれている。意識的に禁欲主義を目指したり、ルソーの「自然への回帰」の新版を宣言したりしろという話ではない。そんなのはおめでたいうえに愚かだ。そのような消費者「パラダイス」は、すべての願いや気まぐれを即座に満たすことで、精神的停滞や、フォン・ヘルナーが地球外文明の統計で「心理的生命の消滅者」と呼ぶ「退化」をかなり迅速にもたらしかねない。しかし、この誤った理想を拒否するなら、何が残るのか？　創造的労働の文明か？　しかし、人類はあらゆる労働を機械化、自動化、自己活性化するために全力を尽くしている。進歩の指標は、人間と技術の分離、またはサイバネティクス的意味での後者の完全な疎外であり、これは精神的領域も含まれる。明らかに、創造的でない精神労働のみが自動化可能だ。しかし、その証拠はどこにあるのか？　はっきり言おう：証拠はないし、それ以上にあるはずがない。そのような「不可能」という根拠のない主張は、聖書の「人は常に額に汗してパンを食べるべし」という主張と同様に、何の価値もない。もし仕事自体を価値あるものと考えるから働くのではなく、生きる世界の性質が人々に働くよう強制し、常に強制し続けると主張して、それ故に常に何か仕事はあるのだと主張するなら、それはろくな慰めにはなるまい。

逆に、機械が人間と同じくらい、またはそれ以上にうまくできることを人間がなぜやるのか？　今日の人間は必要性からそうしている。なぜなら、いまの世界は極めて不完全な形で構築されており、多くの大陸では人間の労働が機械の労働よりも安価で経済的に使えるからだ。しかし本書は遠い将来の展望について話している。ある時点で人々が「もうたくさん！　これこれの労働分野は自動化できるが自動化しないことにする。人間の労働を救うために技術を止める。そうすれば人間が不要だと感じないようにする」と言うべきなのか？　何世紀にもわたる自由のための闘いの果てに、これは奇妙な自由であり、自由の奇妙な使い方だ。

このような問いは、実に当たり前に思えるが、実は非常に素朴だ。なぜなら、我々は絶対的な意味での自由――行動に関する絶対的な選択の自由や、すべての行動からの自由（「完全自動化」による）――を決して得ることはないからだ。最初の自由は、昨日自由だと思われたものが今日ではそうでないため、得られない。基本的なニーズを満たすための行動の強制から解放されれば、さらなる選択肢を選べるようになるが、これは唯一の歴史的出来事ではない。選択の状況は、その後到達する高いレベルでも繰り返される。しかし、それは常に限られた選択肢からの選択であり、したがって毎回獲得される自由は相対的だ。すべての制約が突然人間から離れ、ついに得た全知全能だけを残すことは不可能だからだ。もう一つの望ましくない自由もまたフィクションだ。それは、技術の完全な疎外――そのサイバネティクス的力によって人類をすべての活動領域から排除する合成文明を

生み出す――の結果とされる。

自動化による失業の恐れは、特に高度に発展した資本主義国では正当化される。しかし、「過剰な消費者繁栄」による失業の恐れを正当化することはできない。サイバネティクスの、蜜の流れるコケーニュの国のビジョンは、人間の労働を機械の労働に置き換えることで人間のすべての選択肢を閉ざすと仮定するので誤っている。実際にはその逆なのだ。そのような置き換えはまちがいなく起こるが、今日ではほのかなアイデアしか持てない新しい可能性を開く。それは、労働者や技術者がデジタルマシンのプログラマーに置き換わるという狭い意味では起こらない。なぜなら、未来の世代や未来のマシンはプログラマーを必要としなくなるからだ。したがって、これは古い仕事のカテゴリーを、新しく異なる、しかし本質的に古いものと同様の仕事に置き換える単なる交換ではなく、類人猿から人間への変形に匹敵する根本的な変革だ。人間は自然と直接競争はできない。自然は人間が単独で対抗するには複雑すぎる。比喩的に言えば、人間は自分と自然の間に一連の中間者を構築する必要があり、それぞれが知性の増幅者として前のものよりも強力な役割を果たす。これは、力ではなく思考を強化し、将来、人間の精神がアクセスできない世界の物質的特性を制御可能にする方法だ。確かにこれらの中間者は、ある意味で人間の設計者よりも「賢い」だろうが、「賢い」はまだ「反逆的」を意味しない。推測として、人間のこのような強化された活動が自然の仕事に匹敵する領域も出てくるだろう。その時でも、人間は制約を受けるし、その制約の物質的な面は――未来の技術によって条件づけられるので――予測できないが、心理的効果は少なくとも部分的に把握できる。なぜなら、我々自身が人間だからだ。この理解の糸は、千年や百万年後に人間が動物の遺産、不完全で一時的な身体を、より完全な設計のために放棄し、我々にとって異質なほど高次の存在に変わるときにのみ断ち切られる。だから本書の未来の展望は、種の自己進化の始まりの素描に留まるだろう。

第 3 章

宇宙の中の文明

問題の定式化

文明が向かう方向をこれまでどのように探ってきたのか？　それは、文明の過去と現在を検証することによってだ。なぜ技術進化を生物進化と比較してきたのか？　それは生物進化が、非常に複雑なシステムの制御とホメオスタシスを改善するプロセスとして知られている唯一のものだからだ。このプロセスは人間の介入――観察結果や結論を歪める可能性がある――から自由だ。人間は、自分の未来や待ち受ける可能性を知ろうとする者が、自分自身や環境を研究するように行動してきた。しかし、少なくとも原理的には、もう一つの方法がある。若者は他人の運命から自分の運命を読み解くことができる。他人を観察することで、どのような道が待ち受けており、どのような選択が登場するか、そしてその選択がどのような制約を受けるかがわかる。自然の創造物――貝、魚、植物――の死すべき運命を観察する若いロビンソンは、無人島で自分の時間的有限性を推測したかもしれない。しかし、遠くの船の光や煙、島の上空を飛ぶ飛行機から、待ち受ける可能性についてもっと多くを知っただろう。そうしたものの存在から、自分と似た存在が作り出した文明の存在を演繹したことだろう。

人類は、孤独な惑星に取り残されたロビンソンだ。その好奇心は、生存条件によって厳しい試練を受けてきたが、そのような試練だって挑戦する価値はあるのだ。他の文明からの宇宙活動の兆候を見つければ、我々自身の運命について何かわかるだろう。もしこれに成功すれば、限られた地球の経験に基づく推測だけに頼る必要はなくなる。宇宙全体から得られる事実が、広大な参照平面を提供してくれる。さらに、「文明の因子分解曲線」上の人類の位置をマッピングできる。こうして、人類が平均的な現象なのか、風変わりな現象なのか、宇宙内での発展の規範なのか、単なる異常なのかもわかる。

太陽系規模での生命生成に関する情報を得るまでには、今後わずか数年――多くても数十年――しかかからないと推測される。太陽系内に高度に発展した他の文明が存在する確率はほぼゼロだ。19 世紀末に一般的だった、火星や金星の住民に我々の存在を知らせる試みは、現在行われていない。それは不可能だからではなく、無駄だからだ。それらの惑星に生命体が存在しないか、存在しても技術を生み出していない。さもなければ、短波輻射によって惑星規模で観察可能な人類の存在をすでに発見していただろう。テレビがあるおかげで、VHF 波（大気を自由に通過できる）の地球からの電波輻射は、その波長の電磁波の太陽からの総輻射に匹敵するものとなっているのだ。

だから太陽系内で人類と発展レベルを競える文明があれば、まちがいなく人間の存在に

気づき、光、電波、物質を介して接触を図るだろう。しかし、そのような文明は存在しない。この問題は魅力的だが、今は本書の関心事ではない。なぜなら、ここでは文明一般についてではなく、地球の発展レベルを超えた文明だけを探究しているからだ。それらの存在から、人類の未来について結論を導き出せる。外宇宙の観察に基づく答えが得られたら、現在の推測的分析のほとんどは無益なものになってしまう。他の知的生命体と通信できる、または少なくともその活動を遠くから観察できるロビンソンは、複雑な推測の不確実さに苦しむ必要がなくなる。当然、この状況には危険も伴う。あまりにも明確で決定的な答えは、我々が発展の決定論の奴隷であり、選択の無制限な自由を意味するますます大きな自由を持つ存在ではないことを示しかねない。ある集団の中で、異なる銀河の道が収束するなら、この自由はますます非現実的なものになる。

だから宇宙全体に拡張した新たな探究の章を開始するというアイデアは、魅力的であると同時に危険だ。人類を「下等な存在」、つまり動物と区別するのは、文明だけでなく、自分の限界――最大のものは死すべき運命――の認識だ。我々より高次の存在がどのように我々を超えるのかはわからない。いずれにせよ、関心があるのは科学的原理に基づく事実とその解釈であり、空想作品ではない。だから地球や他の天体について予言された無数の「未来」を描いた、SF というかなり多産なジャンルの作家たちによる作品は考慮しない。文学は科学的手法や数学的・方法論的原理、確率論を適用する習慣がないのはご存じのとおり――SF 文学もその例外ではない。これは、SF が科学的真理を裏切っていると非難したいのではなく、あらゆる恣意性に近づかないのがどれほど重要かを強調したいのだ。本書は、天体物理学の観察素材と科学者の方法――芸術家の方法とはほとんど共通点がない――に頼る。芸術家が化学者よりもリスクを取る傾向があるからではなく、科学者の理想――表現しようとするものを自分の経験の世界から完全に分離し、客観的事実と結論を主観的感情から浄化すること――が芸術家には馴染まないからだ。言い換えれば、科学者に近づくほど、人間性を抑え、自然そのものに語らせる。逆に、芸術家になればなるほど、その芸術家は自分のユニークな存在の偉大さと脆さを押し付ける。そのような純粋な立場にお目にかかることがないという事実は、その完全な実現が不可能であることを示している。というのもすべての科学者には芸術家の要素があり、すべての芸術家には科学者の要素が多少はあるからだ。しかし、本書が扱うのは発展の方向についてであり、到達不可能な最終点についてではないのだ。

方法の定式化

前述の領域に特化した学術的著作は近年増加しているが、主に専門誌で発表されており、入手が難しい。このギャップを埋めるのが、ロシアの天体物理学者 I・シクロフスキーの著書『宇宙、生命、知性』(1962) である。私が知る限り、これは地球外文明の問題を扱った初の単著であり、その存在と発展、文明間の通信の可能性、銀河系や他の恒星系での出現頻度に関する問いが、本論である宇宙論のおまけとして登場するにとどまらず、本書の主要な主題となっている。他の専門家と異なり、シクロフスキー教授はこの問題を可能な限り最大のスケールで扱い、太陽系での生命生成には 1 章のみを割いている。彼の著書は特に重要で、多数の天文学者――特に電波天文学者――の意見や計算結果を提示している。彼らはみな、確率的手法を用いて宇宙の文明「密度」を計算し、現在の観測や理論との整合性を試みている。

ここでの関心のため、シクロフスキーが引用する広範な資料の中から、「宇宙の技術進化」に関連するものだけを利用する。また、英国、米国、ドイツの学者が計算の基礎とした初期条件となる前提についても議論する。これらの前提はかなりの程度、恣意的で仮説的であるため、このアプローチは正当化される。

現在の天文学は、星の周囲に惑星が存在するかどうかを、直接的（たとえば視覚的）に、あるいは間接的に判断できない――ただし、最も近い星で、惑星の質量が木星を超える場合を除く。その場合には、数十光年離れた位置にあるそのような物体の存在を、恒星の軌道の摂動から推測できる。このような状況なのに、「異星人文明」の探求について科学的に見える結果が得られるというのは、かなり驚くべきことに思えるかもしれない。しかし、この種の学術的作業の基礎となる推論の基本要素について、少なくとも一部は受け入れないわけにはいかない。

宇宙空間の「異星人」の存在を確認する方法は二つある。まず、彼らが発する信号（電波、光、または「異星人」のロケット探査機のような物質的信号）を受信すること。次に、なにか「奇跡」を見ることだ。シクロフスキーはこの後者の用語を、説明不可能な現象を指すために使用する。たとえば惑星の景観を横切る高速道路が地質学的観点から説明不可能なのと同じように、天文学的観点から説明不可能な現象ということだ。地質学者が高速道路の存在から知的生命体の存在を推測するように、天文学者も、知識が予測する期待から逸脱し、「自然な」方法では説明できない逸脱を発見した場合、自分の使っている装置の視野内に意図的活動の兆候があると結論づけねばならない。

「奇跡」は、宇宙空間に生命の存在を知らせるための意図的な信号ではない。それらは、高度に発展した文明の存在の副産物にすぎない。たとえば、大都市の存在に伴う何マイルにもわたって空を照らす輝きのように。簡単な計算によれば、そのような現象は、恒星の力に匹敵するエネルギー消費のおかげで、数十光年、場合によっては数百光年離れた場所からでも見える。簡単に言えば、「天体工学」の兆候だけが天文学的に観察可能だ。

ほぼすべての論者（ダイソン、セーガン、フォン・ヘルナー、ブレイスウェル、そしてシクロフスキー自身）は、ある発展段階での「天体工学」の出現が、どのような形であれ、絶対に確実だと主張する。地球のエネルギー使用量が年 1/3 パーセント（現在の成長を考えると控えめな見積もり）で増加すると仮定すれば、2500 年後には世界のエネルギー生産量は現在の 100 億倍を超え、4500 年には太陽全体の 1/10000 のエネルギーに達する。海洋の水素をエネルギーに変換したとしても、それは数千年しか持続しない。天体物理学者はここでいくつかの選択肢を見ている。ダイソンは、太陽のすべての力を利用する「ダイソン球」、つまり太陽の周囲を地球の軌道半径で囲む非常に薄い壁の空の球を構築することを提唱する。建築材料は主に木星のような大きな惑星から持ってくる。この球の内面は太陽に向けられ、すべての太陽輻射（毎秒 4×1033 エルグ）を受け取る。シクロフスキーは、太陽エネルギーを別のやり方で利用する可能性や、未来のエンジニアの要求に応じて太陽内部の核変換の過程に影響を与える可能性も検討している。当然ながら、未来の千年紀でエネルギー使用が大幅に増加し続けるかどうかはわからないが、今日、膨大なエネルギーの潜在的な使い道はわかっている。星や銀河間旅行（その旅行期間は人間の寿命に等しい）のために考えられる唯一の手段である光子ロケットは、この規模の力を必要とする。これはもちろん一例にすぎない。

太陽は多くの点でごく平均的な星であり、その年齢においても平均的なので、太陽に似ているがもっと古く、惑星系を持つ星の数は、太陽より若い星の数とほぼ同じだと仮定で

きる。これにより、地球よりも発展が進んだ地球外文明の数は、遅れている文明の数と同じであるという結論に至る。

我々が平均的な地位にあるという確信に基づく議論は、これまでまったく欠点が見つかっていない。太陽の銀河系内での位置自体が「平均的」(縁でも中心に近すぎるわけでもない) であり、銀河系自体、つまり我々の銀河は、膨大な星雲カタログに代表される数十億の他の典型的な螺旋銀河の一つだ。このため、地球の文明を典型的で、平凡で、ありふれたものと見なすのは正当化される。ブレイスウェルとフォン・ヘルナーは、銀河系では 150 の星のうち 1 つだけが惑星を持つという前提から、宇宙の「文明密度」について独立した統計的計算を行った。銀河系には約 1500 億の星があるから、約 10 億の惑星系がその中を周回しているはずだ。これはかなり控えめな見積もりだ。10 億の惑星のそれぞれがどこかの時点で生命の進化を経験し、それが一定時間後に「心理的生命段階」に達すると仮定すると、この段階 (つまり技術時代) の持続期間が母星の寿命 (文明が生命を維持するために必要なエネルギーを星から受け取れる期間) にのみ依存する場合、2 つの文明間の平均距離は 10 光年未満になるという計算になる。

この数学的に完璧な結論は、事実によって裏付けられていない。この文明密度であれば、地球はすでに近くの星から信号を受信しているはずだ——それも 1960 年以来、アメリカのグリーンバンク天文台でドレイク率いる天文学者グループが使用している特殊な装置など使う必要もないはずだ。彼らの装置は、地球が今日使っている送信装置で、10 光年離れた距離から送信する信号を受信できるだけの効率性を持っているのだ。もちろん、アメリカの電波望遠鏡は、27 メートルのアンテナが向いている方向から十分強い信号が送られていれば、その 100 倍遠くからの信号でも受信できたはずだ。だからこうした装置が何も受信しないということは、エプシロン・エリダニやタウ・ケチといった星の周囲に「文明の真空」が存在するという事実だけでなく、その向こうの宇宙からも、地球の方向に強い信号が届いていないことはっきり示している。ドレイク率いる科学者グループは、アメリカ人天文学者コッコーニとモリソンが提唱したアイデアを採用し、史上初の星間「地球外文明の探査」を試みた。科学者たちは、「人工的」信号を受信するために特別に構築された装置を使用し、銀河系の星や星間物質が生成する「銀河ノイズ」からそれを選り分けられるようにした。これは科学的実験であり、地球に届く電波に何らかの規則性を探すというものだ。送信波のパケットが変調されている、つまり知的生命体によって送られた情報キャリアであることを意味するような規則性を見つけようというわけだ。この初の実験では (今後も続くだろうが) 天体物理学者たちの期待は空振りに終わった。日々、週ごとに、彼らの装置は死んだ物質が生成する単調な宇宙ノイズしか記録しなかった。

宇宙の文明の統計

すでに述べたように、宇宙の文明にその母星と同じ寿命——つまり、一度形成された文明が数十億年にわたって存在しなければならない——を割り当てると、宇宙の「文明密度」に関する結論が必然的に導かれ、任意の 2 つの居住世界は数光年しか離れていないことになる。この結論は、電波による宇宙探査の否定的な結果、他の種類の信号 (「異星人」のロケット探査機など) の不在、そして何よりも「奇跡」、つまり天体工学的活動による現象の完全な不在を包含するすべての観測事実によって否定されている。このため、ブレイスウェル、フォン・ヘルナー、シクロフスキーは、星の持つ長い寿命に比べて文明の寿

命が短いのだという仮説を受け入れるしかなくなった。文明の平均寿命が「わずか」1 億年であるなら、統計的に最も確率の高い 2 つの文明間の距離は（両者の存在がどうしても時間的に分離されてしまうから）約 50 光年になる。これも極めて疑わしい。そこで、前述の著者たちの多くは、文明の平均寿命を 2 万年未満と見積もる仮説を採用している。これが本当なら、高度に発展した 2 つの世界は 1000 光年で隔てられていることになる。これならやっと、人類の探査と発見の試みが失敗に終わっているのも仕方ないことになる。

したがって、銀河系内で生命生成（「精神的生命」の出現につながる）可能だと考えられる惑星の数が多ければ多いほど、観測結果と矛盾しないためには、個別文明の平均寿命を短く設定しなければならない。現在、銀河系の 1500 億の星のうち、約 10 億が生命を生み出せる惑星を持つとされている。しかし、この数を 10 分の 1 に減らしても、確率　計算の結果は大きく変わらない。これはまったく不可解に思える。なぜなら、文明に達するまで生命の進化には数百万年もかかるのに、なぜその素晴らしいスタートの後、「精神的生命」がわずか数十世紀で絶滅しなければならないのか理解しにくいからだ。百万年でさえ、平均的な文明が発展を続けられる時間のごくわずかな割合にすぎない（というのも母星が数十億年にわたって放射エネルギーを安定供給するのだから）と気づけば、この不思議な現象 (その説明は今のところ我々の好奇心を満足させない) も納得できるようになる。

ここでの考察から見て、知的生命は宇宙では稀な現象らしい。重要なのは、ここでの議論は生命一般についてのものではなく、人類の存在と並行して存在する生命についてのものだという点だ。なぜなら、人が興味を持つのは、銀河の全寿命（約 150 億年）にわたって現れては消えた無数の文明ではなく、我々と同時代に存在する文明だからだ。

「精神的生命」の一時性を説明すべき事実だと考えるフォン・ヘルナーは、その理由として 4 つの可能性を挙げる：(1) 惑星上のすべての生命の絶滅、(2) 高度に組織化された生命のみの絶滅、(3) 精神的または肉体的退化、(4) 科学的・技術的関心の喪失。

各原因に恣意的な確率係数を割り当て、フォン・ヘルナーは文明の平均寿命を 6500 年、文明間の距離を 1000 光年と推定する。彼の計算はまた、我々が最初に接触する文明の最も確率の高い年齢が 1 万 2000 年であるという結論も引き出してくれる。地球の発展段階に一致する文明との（最初の）接触の確率はわずか 0.5 パーセントだ。フォン・ヘルナーは、同じ惑星での文明の繰り返し出現と消失の可能性も考慮に入れている。

これらの結果を考慮すると、アメリカの地球外文明探査の不首尾も納得できる。信号を受信できたとしても、質問を投げかけてから 2000 年待たなければならないのであれば、情報交換はあまり有望には見えない。

フォン・ヘルナーは、銀河内での生命の分布の統計的特性を考慮すると、地球外文明の局所的なクラスターが現れて「正のフィードバック」が生じる可能性を考える。このような局所的な「精神的生命の群衆」において、返答を待つ期間が文明の全寿命の比較的小さな割合になると、文明間の情報交換が成功する可能性がある。これにより、経験の交換によって文明の寿命が延びる。シクロフスキーはこのプロセスを、好条件の環境での生物の急速な繁殖になぞらえる。銀河のどこかでこのプロセスが起こると、それがますます広範囲をカバーし、銀河の文明の数を増やしながらその軌道に引き込むはずだ。これは「超有機体」の形成につながる。最も驚くべきこと、そして正直に言って完全に不可解なのは、この可能性がまだ実現していないことだ。フォン・ヘルナーの破滅仮説が宇宙全体に広く適用されると仮定してみよう。ここで想定される規則の統計的特性のため、長寿命の文明が（たとえ稀であっても）少なからず存在する可能性は高まる。どの文明も 100 万年ま

で存続できないと仮定するのは、統計的規則を致命的な決定論、急速な絶滅の悪魔的必然性に変えるに等しい。仮にそれが本当だとしても、少なくともそのような長寿命の百万年文明のいくつかは、母星から遠く離れた星域をずっと前に征服しているはずだ。言い換えれば、そのようなごく一部の文明は、銀河の発展における決定的要因となっていただろう。提唱された「正のフィードバック」はその時、現実のものになっていたはずだ。それどころか、そのようなフィードバックはすでに何世紀にもわたって完全に機能するようになっているはずだ。だったら、なぜそのような文明からの信号がないのか？　なぜ彼らの巨大な天体工学的活動の兆候が見えないのか？　なぜ彼らが作り出した無数の情報収集プローブや、星系のはるか隅々にまで浸透する自己増殖マシンが虚空を満たしていないのか？

言い換えれば、なぜ「奇跡」が見られないのか？

宇宙の破滅理論

銀河系は典型的な螺旋銀河であり、太陽は典型的な星であり、地球はおそらく典型的な惑星だ。しかし、地球上で起こる文明現象を宇宙全体にどの程度外挿できるのか？　我々が空を見上げるとき、そこに自殺的な知性の力によってすでに灰と化した世界や、そのような終焉に向かっている世界だらけの深淵を見ていると本当に信じるべきなのか？
フォン・ヘルナーは、「心理的生命の自己破壊」仮説に 65 パーセントの確率を割り当てている。銀河系に似た数十億の銀河があり、その構成素材や動的法則の類似性により、すべての銀河で類似の惑星や心理的生命の進化が起こると仮定すると、1 兆の文明が発展し、短期間で絶滅する――天文学的スケールでは一瞬に等しい――という事態に直面する。私はこのような統計的悪夢を受け入れることができない。それはあまりにも恐ろしいからではなく、あまりにも単純すぎるからだ。したがって、フォン・ヘルナーの、宇宙が原子的屠殺場を生み出す機械であるという仮説が破滅主義だといって非難すべきではない。情緒的反応は科学的分析に一切関わりを持つべきでないのだから、道徳的嫌悪からそれを拒絶すべきではない。しかし、この仮説は異なる惑星の軌跡が非常に似通っているという、かなりありそうもない前提をおいている。血塗られた戦争の歴史を持つ地球や、不道徳で暗い性質の側面を持つ人間が、宇宙の例外であるとか、宇宙が我々よりも本質的に完全な存在で満たされているとは思えない。しかし検証されたプロセスを未検証のものに外挿するのは――宇宙論、天文学、物理学では非常に有用だが――銀河間社会学の試みを、独自の「荒唐無稽さへの還元」に容易に変えてしまいかねない。

例として、第三帝国のジェノサイド政策がドイツ系ユダヤ人を絶滅計画から除外していた場合、あるいはヒトラー独裁が特定の物理実験の価値や、ドイツの支配者が望んだ「奇跡の兵器」を開発する可能性を認識していた場合、世界の運命はまったく異なるものになっていたかもしれない点を挙げよう。ヒトラーがよく見ていた「予言的夢」のようなものにより、そういう事態が生じることもあり得た。さらに、アインシュタインがユダヤ人でなくてもよかった。いずれにせよ、1940 年代にナチス国家の資源が原子エネルギー研究に向けられる状況は容易に想像できる。ドイツの科学者たちはファシストの手に水素爆弾を渡すのはためらっただろうが、こうした良心の呵責は克服可能であることは他から知られている。(戦後、ハイゼンベルクに対する非難に関するすべての疑問を考慮しても、この問題を詳しく調べると、彼が本当に世界初のマイクロ核融合電池を構築しようとしていた

のではという印象は否定できないし、それは彼の学術的野心の産物というだけではなかった可能性も否定できない)。実際の事態の展開は、ご存じのようにまったく異なっていた。原子爆弾は、第三帝国からの移民の手と知性によって最初にアメリカで製造された。もしその人々がドイツに留まっていたら、ヒトラーは彼が夢見たこの恐ろしい兵器を手に入れていたかもしれない。このようなあやふやな推測をこれ以上進めるつもりはない。重要なのは、少数の出来事の展開がドイツの急速な敗北と、その瓦礫の上に残された 2 つの潜在的対抗者――社会主義と資本主義――の出現につながったことを示すことだ。ドイツが核の優位性で世界支配を獲得できたかどうかにかかわらず、核という戦争技術の重要な側面は、惑星の均衡を変えていただろう。おそらく多くの戦争が起こり、人類は壊滅するが統一されたかもしれない。これらの推測は、単なる思弁的哲学として見れば無益で無関係だが、宇宙に外挿すると意義を持つ。なぜなら、断片化された集団の統一の歴史的プロセスにおいて、1 つの大きな覇権的リーダーの出現は、2 つの同程度の対抗者の同時出現と同じくらい頻繁に起こり得るからだ。遠くない将来に社会進化プロセスをデジタルマシンでモデル化できるようになるので、この問題にも光が当たるだろう。ここでは、相互の敵対心や孤立主義が技術進化の進行によって排除される、惑星社会の統一という現象についての話をしている。自然を飼いならす方が、グローバルな規模での社会的調整よりも簡単であるため、技術進化が社会進化を追い越すことが、そうした統一プロセスの動的特徴として典型的なものとなるかもしれない。社会的な力の調整が自然の力の調整に比べて遅れる可能性が、宇宙のすべての文明で常に一定でなければならないと決めつける必要はない。しかし、この遅れのスケール――地球の社会的現象の重要なパラメータ――により、人類の惑星統一という進行中のプロセスは、2 つの大きな敵対的連合が同時に出現する形で形成されてきた。こうした発展が必ずしも完全な絶滅に終わる必要はないし、そこまで言わずとも、かなりの数の「世界」(モデルについて話していることを忘れないで！）では、力の分布が地球のものと大きく異なるため、対抗者間の相互破壊的な戦闘の可能性すら生じないと思ってよかろう。そのような戦闘はまた、劇的でない可能性もある。初期の衰退の後、惑星のすべての社会の統一が起こるかもしれない。

その後どうなるか？　フォン・ヘルナー仮説の支持者は、他の要因が作用して技術的持続期間を短縮すると言うだろう。たとえば、今日世界の多くの部分が向かっている快楽的・消費主義的な目標の性質により、「退化的」傾向が現れるだろう。発展の「快楽的飼いならし」や「技術的加速」の周期的停止の可能性については後で話す。しかし、フォン・ヘルナーはこうした他の原因に 35 パーセントの確率しか与えていない。本書はそれに対し、フォン・ヘルナーの自己破壊が宇宙のほとんどの文明の存在的ルールであるという仮説を、数学とモデル化に基づく明確な可能性として理論的に否定した。フォン・ヘルナー仮説が本書で想定したよりも真実に近いとしても、彼の「法則」は統計的なものだから、すでに述べたように、その法則の確率的性質のためにいくつかの例外は必ず出てくる。銀河の 10 億の惑星のうち 9 億 9000 万においては、技術時代が短期間しか続かないと本質的に特徴づけられていると想像しよう。残りの 1000 万のうち、10 万、あるいはわずか 1000 だけが「文明必滅の法則」を逃れると想像しよう。その場合、1000 の惑星が何億年にもわたって文明を発展させるだろう。この場合それは、地球の生物進化のユニークな宇宙版ということになる。生物進化と同じような形でその活動が現れてくるからだ。進化中に絶滅した動物種の数は、生き残った種の数に比べると桁違いに多い。しかし、生き残った各々の種は多くの新しい種を生み出した。ここから、生物学的なものと同様に、宇宙と

文明のスケールで働く「進化的放射」の存在を仮定できる。この仮説には「牧歌的」な要素を含める必要さえない。確かに、10 億年規模の文明が恒星の拡張中に互いに接触し、戦うことはあるだろうが、その場合、彼らの戦争は人間から見ると、星座全体の消失行為、破壊的放射のビームによる巨大な噴火、あるいは何らかの天体工学的活動（平和的または破壊的）の「奇跡」のように見えるだろう。

こうして話はまたさっきの問いに戻ってくる：なぜ「奇跡」が見られないのか？　前段落では、フォン・ヘルナーが提唱したよりもさらに「破滅的」な文明発展のアイデアを受け入れる準備ができていたことに注意してほしい。彼は、宇宙の文明が自己破壊するだけでなく、人類が到達した段階（天文学的に見えない段階）に似た発展段階でそれを行うと主張している。これはもはや社会生成現象に確率的手法を適用しているのではなく、現代人の不安（もちろん、博学な天体物理学者にも当てはまる呼称）を宇宙の普遍性の仮面で装っているように思えてしまう。

天体物理学ではこの問いに答えられない。では、別の場所でその答えを探そう。

奇跡のメタ理論

ここで天体工学的活動の現れとして簡潔に記述した「奇跡」は、具体的にどのような形を取り得るのか？　シクロフスキーは、この種の「可能な奇跡」の例として、人工的に引き起こされた超新星爆発や、特定の稀な星のスペクトルにテクネチウム元素のスペクトル線が存在することを挙げる。テクネチウムは自然には存在しない（地球上では人工的に生成される）——実際、自然に存在することはできず、数千年で崩壊する——ため、星の放射にその存在があるとすれば、天体工学者が星の炎にそれを「振りかける」ことによってのみ引き起こされると結論できる。ちなみに、星の放射で元素のスペクトル線を視覚化するには、その元素が天文学的に見ればごくわずかな量——数百万トン——あればすむ。

この仮説や「超新星の人工爆発」に関する仮説は、シクロフスキーが部分的に冗談として提示しているものだ。しかし、その理由はかなり深刻だ。科学の基本的な方法論的原則の一つは「オッカムの剃刀」、つまり「必要以上にモノを増やしてはならない」（*entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem*）である。仮説を構築する際、必要以上の「モノ」を導入してはいけない。ここでの「モノ」とは、理論に導入される他のものに還元できない基本概念を指す。この原則は非常に広く守られているので、すべての科学的議論にそれがあるのに、気づくのが難しいほどだ。新しい概念を理論モデルに導入していいのは、知識の基礎を構成する少数の命題が危機に瀕している特別な状況に限られる。たとえば、ある原子崩壊の事例で質量保存の法則が危うくなり（質量の一部が痕跡なく「消滅」しているように見えた）、この法則を救うために「ニュートリノ」という純粋に仮説的な粒子の概念をパウリが導入した——その存在は後に実験で証明された。オッカムの剃刀、つまり思考の経済の原則は、科学者に可能な限り単純な方法で現象を説明し、「追加のモノ」、つまり不必要な仮説を導入しないよう要求する。この原則の広範な使用は、すべての科学を統一しようとする推進力に現れる。これは、多様性を物理学で用いるような基本概念に還元することで説明しようとする活動に現れる。さまざまな科学は時にこの還元主義に反対してきた。たとえば、生物学者は長い間、生命現象を説明するには「エンテレケイア」や「生命力」の概念が必要だと主張していた。生命生成や意識の出現を説明する必要から解放するための超自然的創造行為も、そのような「追加の仮説」だ。時間が経つと、

このような概念はオッカムの原則に違反し、余分なものとして拒絶される。星空を眺める天文学者は、ある理論モデル（たとえば、星の進化モデルやその内部設計のモデル）を参照して説明できる多くの現象や、まだ説明されていない他の現象を見る。銀河の核領域からの星間水素の大量流出や、一部の外銀河星雲の巨大な電波放射は、まだ理論的説明が見つかっていない。しかし、科学者は「これは我々に理解できない、だから知的生命体の活動の証だ」と宣言したがらない。そのような行動は、自然な形でそのような現象を説明する試みを閉ざしてしまうので、あまりにも危険だ。海辺を一人で歩いていて、対称的に配置された岩の集まりを見つけ、その対称性に驚かされた場合、それは何かの現象の結果なのだと考えがちで、それを検討するのが科学にとって有益だと信じがちだ。たとえば、満ち潮の流体力学的な力が道の形であらわれているのではないか？　しかし、誰かがその道を前に歩き、気まぐれで岩をそのように配置したのだと決めつければ、物理学や地質学の知識では何も証明できない。だから科学者は、ある螺旋星雲の最も「規範に反する」銀河的振る舞いでさえ、自然の働きの徴候であり、知性の介入の結果ではないと考える傾向がある。

「奇跡」についての仮説はいくらでも増やせる。たとえば、宇宙輻射は銀河全体に分布する巨大な「量子飛行機」の放出効果の結果だという説もある。その飛行経路はあらゆる方向で広大な空間を横切るというのだ。数百万年にわたって光子ロケットがさまざまな遠隔惑星から離陸すると仮定すれば、銀河から地球に届く電波輻射の一部を、その放出がドップラー効果（そのような波の推定発生源、つまりロケットが光速に近い速度で移動するために生じる）の結果として電波にまでなったものと考えることができる。ある星団から秒速数百キロの速度で突然「飛び出す」星は、星の伴星の自然爆発による「カタパルト」効果でそのように加速した可能性がある――だがその伴星は天体工学的活動によって消滅した可能性もある。最後に、超新星爆発の一部は、それ自体が人工的に引き起こされた可能性がある。だがオッカムの剃刀はそのような仮説を受け入れることを冷酷に禁じる。ちなみに、SF の大きな罪の一つは、「追加のモノ」、つまり科学がまともに扱えない仮説を増やしたがる点にある。地球上の生命の発展（または低等哺乳類から人間の祖先への変換）が外部からの影響の結果として起こったという想定の SF 作品は多い。かつて「異星人」のロケットが地球に着陸して、その「異星人」は、この太陽の下なら「生命の育成」の条件が揃っていると判断し、地球に生命の最初の種を植えたというわけだ。もしかしたらそれは良い行いをしているつもりだったのかもしれないし、実験だったのかもしれない、あるいは星からの訪問者の一人がロケットに戻る際に、生命の芽を含む試験管を落とした「ミス」だったのかもしれない……このようなアイデアは無限に発展させられる。しかし、「地球外訪問理論」なしでも生命の発生は説明できるのだから、オッカムの観点からこれらは余分なものとして禁じられている。それでも、そのような提案を完全に排除することはできない（シクロフスキーは著書でこれに触れている）。人間自身がいつか他の惑星での生命の伝播に関与しないとは誰にも断言はできない。先に言及したアメリカの天文学者セーガンは、地球の藻類を金星に散布して植民に適した環境にしようと提唱している。だから方法論的分析の結果は明らかだ。宇宙で天体工学的活動の兆候を探す科学者は、実際にはすでにそれを見ているかもしれないのだが、科学そのものによって、それを別個の現象として分類することが禁じられている。つまりそれを、自然界から切り離して知性を起源とするものだと考えることを禁じられているのだ。このジレンマに出口はないのか？

技術以外の方法では説明できない「明確な奇跡」は考えられないのか？

もちろん考えられる。しかし、そのような奇跡が共通して持たなければならないものは（膨大で天文学的に観察可能な力の使用はもちろんだが）、人間の行動と少なくとも大まかに似た行動の過程だ。ここで「奇跡」を探す動機は何だっただろうか？　現在の能力の拡大を見つけようという試みだ。言い換えれば、本書では進歩というものを、水平線に沿って進むものだと理解し、未来というものを、ますます大きく強力なものの時代と理解した。洞窟人が地球や他の惑星の未来に何を期待しただろうか？　大きくてよくできた燧石だ。古代人は他の惑星で何を見ることを望んだだろうか？　非常に長いオールを持つガレー船かもしれない。ここに本書の考え方の誤りがあるのか？　高度に発展した文明は、最大のエネルギーなど要らず、必要なのは最良の制御方法なのかもしれない。最近発見されたマイクロ核融合電池や原子爆弾と、星との類似性は、人類が進むべき道筋を解明したということなのか？　最高の文明は最も人口密度の高い文明と同義なのか？　おそらくそうではない。もしそうでないなら、その社会静止状態（sociostasis）は、エネルギー要求の増大と同義である必要はない。原始人が自分で起こした火の周りで何をしたか？　燃えるものをすべて投げ込み、炎に驚嘆し、叫びながら踊り、自身の力の現れに驚いたのだ。しかし、今の人類もその原始人と似たり寄ったりでは？　おそらく。さまざまな発展の道——人類による永遠の物質と空間の征服という英雄的アイデアに似た拡張的なものも含む——を片っ端から説明して否定してしまうのではなく、その存在を受け入れるべきだ。だから正直に言おう。我々は「どんな文明でもいいから」見つけたいのではなく、主に人間的な文明を見つけたい。人類は自然に科学的実験の法と秩序を導入し、そのような現象に基づいて自分に似た存在を見つけようとする。しかし、そのような現象は見られない。それは存在しないからか？　この問いに対する星々の沈黙には、深く悲しいものがある——その沈黙はあまりにも絶対的で、永遠のようだ。

人間の独自性

ロシアの科学者バウムシュテインは、前述の問題についてシクロフスキーとは反対の立場をとる。彼は、一度形成された文明の寿命はほぼ無限、つまり数十億年に及ぶと主張する。同時に、彼は生命誕生が極めて稀だと考える。彼はその論拠を次のように説明する。タラの卵が成熟した魚に成長する確率は極めて小さい。しかし、そのような卵の数が非常に多い（1 回の産卵で約 300 万個）ため、少なくとも 1 つか 2 つの卵が魚に成長する確率はほぼ 1 に近い。彼はこの現象——単一の試行では極めて稀だが、すべての試行を合計すると非常に確率が高い——が、生命誕生や人類誕生のプロセスと同じだという。彼は自分の計算結果——ここでは詳述しない——に基づき、銀河系の 10 億の惑星のうち、生命誕生（「精神的生命」を生み出したもの）をもたらしたのは数個、実際には地球だけかもしれないと結論づける。バウムシュテインはここで確率論を用い、ある現象の発生確率が非常に低い場合、その現象が起こるには初期条件の頻繁な繰り返しが必要だと述べる。たとえば、1 人のプレイヤーが 10 個のサイコロを振ってすべて 6 を出す確率は非常に低い。しかし、10 億人のプレイヤーが同時にサイコロを振れば、少なくとも 1 人がすべて 6 を出す確率ははるかに高くなる。人間の発展は多くの要因によって条件づけられた。たとえば、すべての脊椎動物の共通祖先である魚が現れなければならなかった。小脳の爬虫類の覇権が哺乳類の時代に取って代わられ、哺乳類から霊長類が発展した。霊長類から人間への発展は、氷河期の影響を大きく受けたはずだ——氷河期は突然選択圧を増し、有機体に

制御能力に関する膨大な要求を突きつけた。これが「第二の秩序のホメオスタシス制御装置」である脳の動的発展につながった[*1]。

この議論は正しいが、1 つ重要な但し書きがつく。著者は確かに、ある有機体が大きな孤立した月（干満を引き起こし、沿岸地域での植生の出現に好条件を生む）を持つ惑星でのみ現れた可能性や、「頭脳化」、つまり原始人の脳の成長が、氷河期の影響で大きく加速した（氷河期は、太陽の輻射エネルギー減少によって引き起こされ、数百億年ごとに起こるとされる）ことを証明した。要するに、著者は人類誕生が稀にしか発生しないことを証明したが、その証明は**文字通りのもの**でしかない、それは他の太陽の惑星で、**地球の人間のような**生物が出現したという仮説がどれほどありそうもないかを示したにすぎない。

この議論は、宇宙での生命誕生や生物進化の頻度の問題をまったく解決しない。数百万の散らばった卵から 1 匹のタラが成長するという確率的モデルは、ここではもはや適用できない。3 百万の卵から 1 匹の生物が現れるのはよいが、卵から魚が現れないことはその卵が消滅したというのと同じことだ。一方、霊長類からホモ・サピエンス種が現れなくても、地球上で知的生命体の出現の可能性が否定されるわけではない。たとえば、齧歯類から知的生命体が現れた可能性がある。サイコロゲームの確率モデルは、進化のような自己組織化システムには当てはまらない。確率モデルは勝つか負けるかだけを認識する「オール・オア・ナッシング」の原理に基づくゲームだ。一方、進化はあらゆる妥協をしたがる。陸で「負け」れば、水や空で有機体を増殖させ、動物の全系統が死滅すれば、進化的放射によってその場所はすぐに他の有機体に占領される。進化は負けを認めるプレイヤーではないし、障害を克服するか死ぬかという対戦相手でも、壁に衝突するか突き抜けるかの硬いミサイルでもない。それは障害を避けて流れを変える川のようなものだ。地球上に経路や川床の形が類似した川が二つとないように、宇宙に同一の進化的川（または樹）が 2 つ存在する可能性は非常に低い。したがって、バウムシュテインは当人が意図したものとはちがったものを証明している。彼は、地球の進化が他の惑星系で**繰り返される**、または現在の人間の形に至るすべての詳細まで忠実に繰り返される可能性の低さを示しているのだ。

しかし、生物学におけるどの形成影響が偶発的（たとえば、地球の大きな月の存在）で、どの影響がホメオスタシスシステムの法則の必然的結果なのかは実際にはわからない。最も困惑するのは、進化が何百万年も後に、すでに去った環境への適応プロセスを繰り返す「無意識の自己剽窃」とも言える「繰り返し」だ。クジラは、少なくとも外見上、このような二次的模倣の結果として魚に似ている。同様のことが一部のカメにも起こった——かつて甲羅を持っていたが完全に失い、何万世代も後にゼロから再び作り出した。カメの甲羅は「一次的」なものも「二次的」なものも非常に似ているが、最初の甲羅は内側の骨格から、2 番目は硬化した皮膚組織から発達した。この事実自体からわかるように、類似したデザインの形態の出現においては環境の形成影響が重要な要因なのだ。すべての進化の駆動要因は、第一に世代から世代へ受け継がれる遺伝情報の変換、第二に環境の変化にあると考えられている。シクロフスキーは、遺伝情報の伝達に対する宇宙的要因の影響を強調する。彼は、宇宙線の強度（突然変異の数を調整する）が変動し、生命を生み出す惑星が超新星に近づくとそれが強まるという、極めて独創的な仮説を提唱する。そのときの宇宙線の強度は、銀河の平均強度 (「通常」の強度) を数十倍、場合によっては数百倍超える。ある種類の有機体が、遺伝情報を破壊するこのような宇宙線に対して示す抵抗力は驚くべ

[*1] Baumsztejn, “Wozniknowienije obitajemoj planiety” 参照.

きものだ。たとえば、昆虫は哺乳類の致死量の数百倍の放射線に耐えられる。さらに、寿命の長い有機体では、この放射が短命の有機体よりもはるかに大きく突然変異の頻度を高める（これが有機界での潜在的な「メトセラ (長命種)」に対する「負の選択」にいくらか影響した可能性がある)。シクロフスキーは、中生代の大型爬虫類の大量絶滅が、地球が爆発直前の超新星に偶然近づいたために引き起こされたという仮説を提唱する。したがって、環境要因は、選択圧だけでなく遺伝形質の突然変異の頻度も決定するため、一般に考えられているよりも普遍的なのだ。一般に進化の速度は、環境条件が何億年もほぼ同一であるとき、最小限、ほぼゼロに近づく。そのような環境の例としては、何より海洋がある。そこでは特定の動物形態（特に魚）は白亜紀やジュラ紀以来変わっていない。したがって、地球よりも気候的・地質的に安定した惑星――生命現象を「好む」「楽園」と我々には思えるような惑星――は、実際にはホメオスタシスの停滞領域になる可能性がある。なぜなら、生命は「進歩」への内在的傾向によって進化するのではなく、絶対的な危険に直面してのみ進化するからだ。逆に、変動星や連星の周囲で起こるあまりにも急激な変動は、生命の出現の可能性を排除するか、突然の絶滅の脅威を常にもたらすようだ。

したがって、多くの天体で進化が起こると期待できる。問題は、それが常に、あるいはほぼ常に知性の出現で頂点に達する必要があるのか、それとも知性はプロセスの動的規則性に対してある程度外部的な偶然なのか、ということだ。知性というのはむしろ、突然開生じた発展の道をまったく計画なしに歩むものなのだろうか？　残念ながら、宇宙はこの問いに答えてくれず、おそらくこの先も当分は答えられないだろう。こうして本書の議論は、地球上に戻るしかなくなる。とういうのも、その地球上で起こっている出来事から得られる知識しか持っていないからだ。

知性：偶然か必然か？

「知性のない」動物や植物でも、環境要因――たとえば季節――による変化に適応できる。進化のホメオスタシス解決策のカタログは膨大だ。葉の一時的喪失、胞子の散布、冬眠、昆虫の変態――これらはわずかな例のつまみ食いにすぎない。しかし、遺伝情報によって決定される制御メカニズムは、過去の数千世代にわたってその生物自体を選択してきた種類の変化にのみ対処できる。その種にまだ知られていない、したがって遺伝的に固定されていない新しい解決策を見つける必要が生じたときには、本能的行動の正確さは効果を失う。植物、細菌、昆虫は「第一の秩序のホメオスタシス装置」として、変化への反応方法が組み込まれている。サイバネティクスの言語を用いると、このようなシステム（または存在）は、存在とその種の存続を維持するために、制御によって克服すべき可能な変化の範囲について「事前にプログラムされている」と言える。このような変化は主にリズム的（昼夜の変化、季節、潮の干満）か、少なくとも一時的（捕食者の接近により、逃げるか「死んだふり」をするなどの生まれつきの防御メカニズムが動員される）だ。予見できない本能を「プログラム」することで有機体を環境の均衡から外すような変化に対しては、「第一の秩序の調整装置」の答えは不十分であり、危機を引き起こす。一方で、適応していない有機体の死亡率が突然増加し、同時に選択圧が新しい形態（突然変異体）を優遇する。これにより、最終的に生存に必要な反応が「遺伝的プログラム」に刻まれる可能性がある。他方、「第二の秩序のホメオスタシス装置」、つまり脳を持つ有機体には特別な機会が生じる。脳は状況に応じて「行動計画」を変更する（「学習による自己プログラ

ム」）能力を持つ。おそらく特定のタイプ、速度、変化の順序（科学者がラットなどの動物の知性を研究する迷路にちなんで「迷路的」と呼べる）があり、これは遺伝的に決定された調整装置や本能の進化的可塑性では対応できない。これにより、中枢神経系の拡大プロセス、つまりさまざまな状況の**テストモデルを生成する**任務を持つ「第二の秩序」のホメオスタシス装置が優遇される。有機体は、変化した環境に適応する（ラットが迷路の出口を見つけることを学ぶ）か、環境を自身に適応させる（人間が文明を築く）――これを「自分で」行い、事前に用意された行動計画に頼らない。当然、第 3 の可能性――状況の誤ったモデルを作成し、適応を達成できずに絶滅する――も存在する。

第一のタイプの有機体は「すべてを事前に知っている」。第二のタイプはまだ何をすべきかを学ばなければならない。有機体は、第一の解決策の快適さの代償として狭さを強いられ、第二の解決策の代償をリスクで支払う。遺伝情報を伝達する「チャネル」は容量が限られており、その結果、事前に計画された活動の数はあまり多くはなれない。これが制御の「狭さ」ということだ。知識に頼るのであれば、有機体が特にエラーに陥りやすい初期期間の存在が前提となる。このようなエラーのコストは高く、生命の喪失を含む場合もある。このため、動物界では両方の種類の制御装置が生き残っている。環境によっては、典型的な行動を「ゆりかごから」学ぶほうが、試行錯誤の困難やコストに対処するよりも経済的な選択肢となる。ちなみに、これが本能の「驚異の完全性」の由来だ。こういう話は結構だが、それが脳形成の一般法則にとって何を意味するのか？　進化は最終的に、霊長類の大きな脳のような強力な「第二の秩序のホメオスタシス装置」を必ず生み出す必要があるのか？　それとも、惑星で「決定的な変化」が起こらなければ、脳は必要ないので出現しないのか？

このように投げかけられた問いに答えるのは簡単ではない。進化の浅薄な理解は通常、進歩の素朴な考えにつながる。哺乳類は爬虫類よりも「大きな脳」を持ち、それは「より大きな知性」を意味し、だからこそ後者が前者に取って代わったとされる。しかし、哺乳類は爬虫類が覇権を握る間も、数百億年にわたり周辺的で小さな形態として共存していた。最近、イルカが他の海洋生物と比べて驚くべき知性を持つことが再確認された。それにもかかわらず、イルカは水の王国を支配しなかった。人は、知性を「それ自体が価値あるもの」として過大評価する傾向がある。アシュビーはここで興味深い例をいくつも挙げている[*2]。「愚かな」ラットは学習を嫌い、遭遇した食べ物を慎重に試す。「賢い」ラットは、食べ物が常に同じ場所と時間にあることを学び、生存の可能性が高いように見える。しかし、その食べ物が毒であれば、「何も学べない」本能的な不信感のおかげで「愚かな」ラットが「賢い」ラットを生存競争で打ち負かす。一方の「賢い」ラットは満腹して死ぬ。したがって、すべての環境が「知性」を優遇するわけではない。一般的に、地球環境では経験の外挿（その「移転」）は非常に有用だ。しかし、この特性が不利になる他の環境もある。経験豊富な戦略家は経験の浅い者を打ち負かせるが、完全に予測不可能な「知性的でない」行動をする完全な初心者に負けることもある。進化が情報伝達のあらゆる領域で非常に「経済的」であるのに、なぜ人間の脳――20 世紀の今日でも大きな文明の問題にうまく対処する装置で、10 万年前の原始的で「野蛮な」祖先の脳と解剖学的・生物学的に同一――のような高い「過剰」を持つ装置を生み出したのかは謎だ。この「知性の潜在力」、文明を築くために初期から準備されていたように見えるこの過剰性は、突然変異圧と選択

[*2] Ashby, *Introduction to Cybernetics*.

圧の 2 つのベクトル間の確率的進化ゲームの過程でどのように生じたのか？

進化論はこの問いに対する確固たる答えを持ち合わせていない。経験から見て、ほぼすべての動物の脳は、科学者が実験で提示する日常では遭遇しない課題を解決する能力に現れる、かなりの「過剰」を特徴としている。脳質量の普遍的増加はもう一つの事実だ。現代の両生類、爬虫類、魚、そして全体的に動物界のすべての代表者は、古生代や中生代の祖先よりも大きな脳を持つ。この意味で、すべての動物は進化の過程で「賢く」なった。この普遍的傾向は、進化プロセスが十分に長ければ、脳質量が最終的に「臨界量」を超え、社会生成の急速な進展を開始することを証明するようだ。

それでも、「知性への引力」を進化プロセスの構造的傾向だと思い込むのは控えるべきだ。「材料」の使用や「構築プロセス」の初期段階に関連する個別要因は、進化の将来の能力を早期に制限し、「第二の秩序のホメオスタシス装置」がまったく現れないようにその発展の閾値を決定するかもしれない。昆虫がその好例で、地球上で最も古く、最も活力があり、繁殖力の高い動物系統の一つだ。現在、地球上には 70 万種以上の昆虫が存在し、脊椎動物全体の 8000 種と比較される。昆虫は動物界全体の 4 分の 3 以上を占めるが、知性を生み出さなかった。彼らは脊椎動物とほぼ同じ期間存在しているので、統計的観点（それが決定的なら）から、10 倍の個体数により「第二の秩序のホメオスタシス装置」を生み出す機会が 10 倍あるはずだ。それが起こらなかった事実は、確率計算が精神形成の決定基準ではないことを明確に示す。したがって、精神形成は可能だが必然ではない。より良い解決策の一つだが、すべての場合においてではなく、すべての世界で最も最適なものではない。知性を構築するには、進化が、強すぎない重力、比較的一定で強すぎない宇宙線輻射、単なる周期的でない環境の変動性など、多様な要因を利用できる必要がある。それらの要因が惑星表面に集まるのは、例外的なできごとではないだろう。だからいろいろな否定要因はあっても、宇宙で知性を見つけるのは不可能ではない。ただしその現れ方のいくつかの形は、現代の人間にはまったく予想もつかないものかもしれない。

仮説

このように、状況はパラドキシカルだ。地球文明の未来を探る努力の中で、天体物理学から予想外の支援を得た。この分野は、統計的分析を用いて宇宙における知的生命の発生頻度を検証する。だが本書はその研究結果にすぐさま疑問を投げかけた。天体物理学者は、「自然」現象と「人工」現象を区別する主要な領域ではるかに高い専門知識を持っているんだから、こっちにはそんな疑問を投げかける権利なんかないのだ、という人もいるだろう。このもっともらしい非難には答える価値がある。その回答は、ある程度はこれまでの議論の各部分にすでに散りばめられている。あとはそれを体系化するだけだ。

まず、電波天文学はまだ発展段階にあることを指摘すべきだ。地球外探査の試みは続けられており（ソビエト連邦などでは、シクロフスキー教授の共同研究者の一人によって実施される予定だ）。今後数年で天体工学や信号活動を実際に検出できれば、それは確かに大きな意義を持つ。しかし、肯定的なデータの完全な不在のほうが、さらに大きな意義を持つだろう。特に、試みが長く続き、使用される機器がより高感度になるほどその度合いは強まる。十分に長い時間が経過した後、このような現象の不在は、宇宙における生命誕生と精神誕生の理論を見直すきっかけとなるだろう。今はまだその時期ではない。しかし、仮説は現在の知識の状態に制約される。本書は天体物理学者と同じく、「奇跡」や宇

宙からの信号が存在していないことを受け入れる。したがって、疑問視すべきなのは、観測された素材そのものではなく、その解釈のほうだ。以下に挙げる 3 つの仮説は、それぞれこの「精神的生命の真空」を説明する。

I. 文明は宇宙でまれにしか発展せず、しかし長く続く。各銀河には 20 未満の文明しか生まれず、数十億の星につき 1 つの「精神的生命」を持つ惑星しかない。この仮説は、惑星系がどのように典型的に形成され、生命がどのように発展するかについての普遍的に受け入れられた理論と矛盾するため、天体物理学者とともに本書もこれを拒否する。しかし、可能性は低いものの、この仮説が絶対にまちがっているとは言えないことを指摘したい。銀河や星の年齢が異なるように、我々の銀河より古い銀河では、装置がさらに進化すれば観測可能な天体工学的活動が起こっていたはずだ。ここでは、天体物理学者と同様に、まれではあるがすべての文明、またはほぼすべての文明が技術的方向に発展すると想定している――このプロセスは、十分な時間が経てば天体工学を生み出すのだ。

II. 文明は宇宙で頻繁に発展するが、短命である。これは（1）「自己破壊的」傾向、（2）「退化的」傾向、または（3）いまの人類には全く理解できない、文明の発展の特定の段階で作用する理由による。シクロフスキーは彼の著書でこれらの仮説に最も多くの注意を割いている。これらの仮説の基礎的前提を概説したい。それは 2 つの主要なものに還元される：（1）文明の大多数の発展の**方向**が地球と同じ、つまり技術的であるという前提、（2）各種文明の発展**速度**が、少なくとも 100 万年のばらつきは無視できる天文学的スケールでは似ているという前提。したがって、ほぼすべての文明が**直進化的**（orthoevolutionary）に発展するという前提が基礎にある。地球で過去約 200 年間観察されている技術進歩の加速が動的に一定のプロセスであり、破壊的影響（「退化」、「文明の自殺」など）によってのみ停止すると暗黙に仮定されている。指数関数的成長はすべての文明の重要な動的特性であり、天体工学的活動の出現に直線的に導く。これらの前提どちらにも疑問の余地はある。しかし、技術的方向が「精神的生命」の発展法則の現れであるかどうかを判断するデータは不足している。発展法則の表れではないかもしれない。しかし、オッカムの剃刀に従い、事実に基づかない「不必要なモノ」、つまり仮説を導入したくない。したがって、本書は人間自身とその歴史を宇宙における標準的、通常的、典型的な現象とみなすので、これが典型的な方向だと仮定する。

2 番目の前提については異なる。歴史は産業革命以来、文明の着実な指数関数的成長を示してきたが、これが変わるかもしれないということが、確固たる重要な事実により示されている。技術進化の速度の天文学的スケールでの一貫性を疑問視すると、新たな解決策の可能性が現れる。ここで、観測された（またはむしろ観測されていない…）事実に適合する第 3 の仮説群について考えよう。

III. 文明は宇宙で頻繁に発展し、長く続くが、直進化的には発展しない。存在が短命なのではなく、指数関数的成長を特徴とする特定の段階のみが短命だ。この拡張段階は天文学的観点から見れば短く、2 万年未満だ（後で分かるかもしれないが、さらに短い可能性もある）。この初期期間の後、発展プロセスの動的特性が変わる。しかし、この変化は「自己破壊」や「退化」とは無関係だ。この時点から、さまざまな文明の道は大きく分岐する可能性がある。この多様化を条件づける影響については後で議論する。この議論は、むやみな推測の禁止に反する罪ではない。なぜなら、発展のダイナミクスを変える要因は、現代世界にすでに胚芽の形で存在しているからだ。それらは社会外・システム外の性質を持ち、我々が生きる世界の構造そのもの、つまりそのあり方から単純に派生する。文

明が特定の発展段階に達した後に示す可能性のある行動変化については議論しよう。ある程度の範囲内で、未来の戦略に関して選択の自由があるため、その文明に何が起こるかを明確に予測することはできない。多くの選択肢から、事実と一致するもの、つまり長く存在する多数の居住世界と、それらが天文学的に観測できない事実を調和させるものだけを選ぼう。

この方法で得られる理論は、一方で天体物理学者の要求（「奇跡」や宇宙信号の不在を受け入れる）を満たし、他方でフォン・ヘルナーの仮説の破滅的定式化を回避する。フォン・ヘルナーの仮説から導かれる「絶滅の統計的必然性」をなぜ拒否したのかを再び思い出そう。銀河のすべての文明の発展方向と速度が似ており、文明の平均寿命が数千年である場合、百万年にわたって存在する文明が規範からの逸脱として存在しないわけではない。フォン・ヘルナーの統計はガスの統計に似ている。室温のガスの粒子の大多数は毎秒数百メートルの速度を持つが、はるかに高い速度を持つまれな粒子も存在する。しかし、少数の高速粒子の存在は、穏やかなガスの振る舞いに何の影響も与えない。一方、銀河の集合に「異常な」寿命を持つ少数の文明が存在したら、銀河全体に影響を与える。なぜなら、それらの文明はますます広い星域への巨大な拡張的放射を引き起こすからだ。その場合、天体工学の兆候が見えるはずだが、今は見えていない。フォン・ヘルナーは、彼の統計が人間の寿命のように限定的で短命な現象を含むと暗黙に仮定している。平均寿命 60 年からの統計的逸脱は存在するが、誰も 200 年や 300 年生きることはできない。しかし、数十年生きたら死ぬという人間の普遍的死亡率は有機体の特性に由来する――社会的有機体にはそれはあてはまらない。発展するすべての文明は、（たとえば原子力の発見や、我々が知らない他の変形に関連する）いくつかの「危機」を経験するかもしれない。しかし、生物学的集団で観察できる逆比例を期待すべきだ。そのような集団では、**最も長く**生きた個体が死亡する確率が高い。一方、長寿の文明は、短命の文明よりも「死亡率が低く」、妨害のリスクにさらされにくい。なぜなら、より多くの知識を獲得し、それによって自身のホメオスタシスを制御するからだ。文明の普遍的絶滅は、したがって、根拠のない追加の前提だ。フォン・ヘルナーは、計算に取りかかる前にこの前提を数学的計算機に導入する。本書はこの前提をかなり根拠がないと考える。したがって、宇宙での「精神的生命の真空」の別の説明へと導いてくれるのは、楽観主義（宇宙では本当に場違いかもしれない）ではなく、方法論なのだ[*3]。

[*3] 信号や天体工学的現象の**識別不可能性**に基づいて、宇宙における文明の発展可能性についての結論を導くのは、古代バビロニアに無線電信があったという「結論を導く」のと同じかもしれない（考古学者は遺跡から電線を見つけられていないので、地元住民が電波を使用していたに ß 違いない…）。

先に提示された非難に対する回答は次の通りである。第 4 章の注 1 で議論されているように、文明の指数関数的成が長期にわたって続くことはできない。数千年にわたる技術発展の短い期間の後、文明が絶滅するという仮説は、ばかばかしい決定論を前提とする。（すべての文明が迅速に絶滅しなければならないと仮定する。なぜなら、99.999 パーセントの文明が絶滅したとしても、残りの 0.1 パーミルの文明は、短期間、つまり数千年で銀河全体に広がる大規模な拡張的放射を形成するからだ。）

したがって、第 3 の仮説――心理的生命が極めてまれに発生する（銀河ごとに 1〜3 個）というもの――が残る。これは、宇宙全体の条件の均一性という宇宙論の基本的前提、したがって地球、太陽、そして我々自身が標準的で、したがってかなり頻繁な現象であるという非常に確率の高い結論と矛盾する。このため、文明が宇宙から「孤立」し、その活動が天文学的スケールで容易に観測できないとする仮説が最も確率が高いようだ。したがって、この仮説が本書を書く過程で支配的な仮説として選ばれた。

特別意見（Votum Separatum）

地球に戻るつもりだったが、もう少し空高くに留まることにしよう。なぜなら、前の問題について私自身の意見を述べたいからだ。この発言は驚きを呼ぶかもしれない。なぜなら、これまでさまざまな仮説と議論を交わしつつも、ずっと私自身の立場を述べてきたように見えるからだ。しかし、あわてて説明しておくと、私は裁判官の役割を果たしてきた——確かに自ら任命した裁判官だが、法の条項を守る者だ。ここで言いたいのは、私が科学的正確さの厳格な規則をしっかり守ってきたということで、それはオッカムの剃刀でさまざまな推測を切り捨てる形で現れた。これは賢明な行動だったと思う。しかし、利用可能な証拠にもかかわらず、時には賢明でないこともやりたくなる。だからここで私個人の見解を述べ、その後で方法論の謙虚な奉仕者に戻ることを約束する。

というわけで、地球外文明に戻ろう……。科学が自然に問いかける質問が、人間のスケール（その現象を、感覚を通じて直接把握できるもので近似する能力、人間が日常経験を通じて発達させた能力を指す）に一致した現象に関するものである限り、自然の答えは合理的だと感じられた。しかし、物質は波か粒子かという質問が実験を通じて明確な二択として設定されたとき、その答えは理解できず、受け入れがたいものだった。したがって、地球外文明は頻繁かまれか、長寿か一時的かという質問に対して、明らかな矛盾に満ちた理解しがたい答えが出てきたら、その矛盾は現状そのものではなく、自然に正しい種類の質問を投げかける人間能力の欠如を明らかにしているのだ。人間は、自然の観点から「無意味」に思える多くの質問を投げかけ、自分の貴重な枠組みに適合する明確な答えを期待する。要するに、ほしいのは秩序そのものではなく、特定の種類の秩序だ：経済的（オッカムの剃刀！）、明確（さまざまな解釈を許さない）、普遍的（宇宙全体に適用される）、自律的（観察者がいるかどうか、誰が観察しているかに依存しない）、不変（自然の法則自体が時間経過で変わらない）。しかし、これらはすべて学術的仮定であり、啓示された真理ではない。宇宙は人類のために作られたのではなく、人類も宇宙のために作られたわけではない。人類は、宇宙が無限に生み出してきた星の変換や産物の副産物だ。知的生命体に各種の兆候を通じて出会いたいから、地球外探査と観測は続ける必要がある。しかし、これはただの希望にすぎず、それ以上ではない。なぜなら、いつか発見する知性は、我々の概念からあまりにも異なるため、知性とさえ呼びたくないかもしれないからだ。

親愛なる読者はそろそろうんざりしてきたかもしれない。自然は確かに不明確な答えを与えるが、筆者のおまえは自然じゃないだろう！　それなのにおまえは、地球外文明について明確な立場を述べる代わりに、自然の法則や秩序について語り、最終的には意味論に逃げ込んだ——まるで宇宙の知的生命体の存在が、我々が「知性」と理解するものに依存しているとでも言わんばかりだ！ これは純粋な主観主義、いやもっとひどい！ 単に何も知らないと正直に認める方が誠実ではないか？

当然、私は確かに信頼できる知識を欠いていると答えよう。そんな知識などどこからも得られないからだ？　また、私がまちがっていて、近未来の「社会宇宙的」接触が私とその議論を笑いものにする可能性もある。しかし、説明させてほしい。宇宙で知性の存在を見ない理由は、それが存在しないからではなく、その行動が我々の期待を裏切るからだと私は考える。そしてその行動は 2 つの方法で説明できる。第 1 に、知性が 1 つだけではなく、さまざまな「知性の形態」が存在すると仮定できる。あるいは、知性が我々のもの

と全く同じ 1 つの形態だけ存在すると仮定するのであれば、それが進化の過程で元の状態とは似ても似つかないものになるほど変化するかどうかを調べることもできる。

気質や性格などで互いに異なる人間の集団は、1 番目の状況の例だ。

2 番目の状況の例は、赤ん坊、子供、大人、そして最終的に老人として人間が見つけるさまざまな連続した状態に見られる。

2 番目の状況は、一部の事実がそのような「宇宙の現状」の解釈を支持するため、別個に検討する。事実に基づいた検討をするので、調査を進める支援を方法論から受けられると期待できる。

残念ながら、1 番目の状況は事実に基づいていない。それは純粋な推測、「もしも なら」の推論だ。だからこそ議論する際に私はいろいろ留保条件をつけたのだ。

では、こうしたさまざまな「知性形態」に戻ろう。文明の発展における異なる可能な方向、技術的でないものも含めて考えることすらあえて提案しない——なぜなら、「技術」や「知性」についてはいくらでも議論できるからだ。いずれにせよ、異なる知性の形態は、それが人の知性より「愚か」や「賢い」ことを意味しない。知性とは、歴史的に獲得した知識に基づく活動を通じて、環境の擾乱に対処できる第二の秩序のホメオスタシス制御装置と考えよう。人間の知性は、地球環境が多くの独自の特性を持つため、技術時代をもたらした。石炭紀、つまり太陽エネルギーが炭化中の沈んだ森に蓄えられた地質学的期間がなければ、産業革命は可能だっただろうか？　他の変換の過程で生じた石油の埋蔵量がなければ可能だっただろうか？　「それがどうした」という声が聞こえる。「石炭紀を経なかった惑星では、太陽エネルギーや原子エネルギーなど他の種類のエネルギーを使えるはずだ……。いずれにせよ、本題から逸れている。知性についての話じゃなかったのか？」

いや、これは**まさに**知性についての話なのだ！ しかし、石炭の時代や電気の時代がなければ、原子の時代に到達することは不可能だった。あるいは環境がちがえば、少なくとも他の惑星のアインシュタインやニュートンのカレンダーを並べ替えるだけではすまない、ちがった発見の順序が必要だっただろう。社会の制御能力を超える高レベルの擾乱がある環境では、知性は環境を支配する欲望として拡張的に現れるのではなく、環境に服従する欲望として現れるかもしれない。私がここで言っているのは、物理的技術の前に生物学的技術が出現したような状況だ。そのような世界の生物は、自分に都合のよいように環境を変形する代わりに、与えられた環境で機能するように自身を変形する——人間がするように。「だが、そんなのはもはや知的な行動じゃない。そんなのは知性じゃない！」という反論が聞こえる。「すべての生物種は進化の過程でこのように振る舞う…」

生物種は自分が何をしているか知らないのだ、と私は答える。それは自分を支配せず、進化に支配され、進化は自然選択の祭壇にその無数の犠牲を投じる。私は意識的活動、計画され指向された自己進化、「適応の後退」について述べていた。これは知的な活動に見えないだろう。なぜなら、人間は周囲の物質への英雄的攻撃を好むからだ。しかし、これは我々の人間中心主義のあらわれにすぎない。居住世界の条件が異なるほど、その世界内のさまざまな知性の多様性は大きくなる。この世に針葉樹しかないと考える人は、最も濃いオークの森でも「木」を見つけられないだろう。人間文明についてどんな肯定的なことを言えるにせよ、1 つ確かなことがある。それは、発展が調和的ではなかったということだ。数時間で惑星の生物圏を壊滅させる能力を持ちながら、比較的厳しい冬に直面すると崩壊の危機にある！　これは「自分の巣を汚す」ためではない。確かに、発展の不均衡は宇宙規範である。もし「1 つの知性」ではなく無数の種類があり、「宇宙的知性定数」が単

なるフィクションであれば、かなりの文明密度を考慮しても、信号の不在はより理解しやすくなる。したがって、知性のタイプの多様性があり、それぞれが「自身の惑星の問題」に巻き込まれ、異なる思考や行動の方法、異なる目標によって分離された異なる軌道を進む。知られているように、人は群衆の中でも孤独でいられる。しかし、これは群衆が実際には存在しないということか？　この孤独は単なる「意味論的誤解」の結果なのか？[*4]

将来の展望

1966 年現在 (再販時加筆：そして 1974 年現在も)、地球外文明の存在について具体的なことは何もわかっていない。しかし、この問題はますます研究と計画の対象となっている。「異星人」やその接触に関する学術会議が、アメリカとソ連で開催されている。もちろん、「異星人」が実在するかという問いが依然として根本的だ。実証データがないため、答えの選択は個人の見解や科学者の「好み」に依存しているように見えるかもしれない。しかし、宇宙に完全な「精神的生命の真空」が存在することは、自然に関する我々の知識全体と矛盾すると徐々に認識するようになった科学者は次第に増えてきた。この知識は「異星人」の存在を**明示的に**仮定しないが、**暗黙には**そうしている。なぜなら、自然科学の研究は、星の誕生、惑星誕生、生命誕生を、宇宙における正常、つまり平均的で「典型的」な現象と見なすからだ。我々が感知できるメタ銀河に「異星人」が存在しないことを実証的に証明できたら（そのような証明の方法や、それがそもそも可能かどうかにかかわらず)、生命と知性が宇宙で発生する頻度に関する各種の孤立した仮説を無効にするだけでなく、自然知識の基盤そのものに対する深刻な方法論的脅威となる。このような真空の存在を認めることは、選択された物質現象から他のものへの連続的移行――すべての知識の揺るぎ

[*4] ここで議論されたすべての仮説は、シクロフスキーが提案した宇宙モデル、つまり銀河の「赤い」膨張段階の後に「青い」収縮段階が来る「振動する」宇宙を前提としている。この「宇宙エンジン」の一回のサイクルは約 200 億年かかる。他にもいくつかの宇宙論モデルが存在する。たとえば、リトルトンが概説したモデルがある。これは「完全な宇宙論原理」の条件を満たし、観測可能な宇宙の状態が常に同じである、つまり、今日我々が見ている銀河の膨張と同じ光景を観測者が常に目にすることを前提とする。このモデルは天体物理学のレベルで多くの困難に直面しており、物質が無から生成される（部屋の体積に相当する空間で、1 億年に 1 回の割合で水素原子が生じる）と仮定するという問題もある。通常、宇宙論モデルを議論する際には生物学的議論は用いないが、無限に古く一定の宇宙は別の矛盾を導入すると認識すべきだ。もし宇宙が現在と似た状態で無限の時間存在していたなら、無限の数の文明が生じていたはずだ。文明の存在に対する制約がどれほど大きく恐ろしいものであっても、ランダムに選んだそのごくわずかな割合が天体工学の段階を超え、知的生命体の存在を母星の限られた寿命から独立させると仮定できる。ここからは、宇宙に現在無限の数の文明が存在するはずだ（無限のごくわずかな割合もまた無限だから）という結論が十分に導ける。この矛盾もまた、宇宙の状態が時間とともに変化するという仮説を間接的に受け入れる方向に導く。

ちなみに、生命誕生は、中心星をエネルギー源とする惑星系内でのみ起こる必要はない。ハーロー・シャプレーが『アメリカン・スカラー』で観察したように（シャプレー、「地殻を持つ星と自己温暖化する惑星」)、星と惑星の間には流動的な移行が存在し、非常に小さな星や非常に大きな惑星も存在する。また、宇宙には「中間」の天体――つまり、表面（地殻）が一定で、ゆっくり冷却する内部によって加熱される古くて非常に小さな星――が多数存在する可能性が高い。シャプレーは、このような天体でも、ホメオスタシス、つまり生命のさまざまな形態が生じ得ると仮定する。この種の生命は、物理的条件の多くの重要な違いにより、惑星型の生命とは似ていないだろう。このような「星惑星」の質量は、地球の質量に比べてかなり大きく（さもなければ急速に冷却してしまう)、またこれらの惑星には独自の太陽がない。恒久的な暗闇に閉じ込められた孤立した天体であり、そこに生じる生命形態はおそらく視覚を発達させないだろう。

このかなり説得力のある仮説を深掘りしなかったのは、本書の焦点が生命や文明のすべての可能な形態の発見ではなく、地球の進化と似た進化をする形態の発見にあったからだ。本書は、宇宙を人間文明の可能な未来の方向を予測する審判者として参照しているのだ。

ない基盤を構成し、科学で広く受け入れられている外挿に基づく――が世界では許されないことを認めることに等しい。言い換えれば、世界のどこかでは、仮定された一般法則に我々の理解を超えた亀裂が存在することになってしまう。このような認識は、今日広く真実と受け入れられている多くの理論の改訂を求めるだろう。シクロフスキーが 1964 年のビュラカン会議で述べた言葉を思い出そう。「私にとって、最大かつ最も真実の『奇跡』は、『宇宙の奇跡』が存在しないことを証明する能力だろう。観測可能な宇宙を構成する 10^{21} の星（約 10^{10} の銀河、それぞれに 10^{10} から 10^{11} の星を含む）のうち、惑星系を持つ星の割合がかなり高いにもかかわらず、十分に発展した文明に囲まれた星が一つもないという [可能性のある] 事実の重要性を完全に理解できるのは、専門の天文学者だけだ」

その会議で、若いロシアの天体物理学者カルダシェフは、仮説的な文明を 3 つのタイプに分類した：(1) 地球のような文明、年間エネルギー使用量が 4×10^{19} エルグ、(2) エネルギー使用量が 4×10^{33} エルグに近づく文明、(3)「超文明」、つまりエネルギー使用量が 4×10^{44} エルグで銀河を支配する文明。彼は、地球の例に基づき、第 1 種の文明の発展に数十億年かかると推定した。第 1 種から第 2 種への移行には数千年しかかからない（過去数世紀の地球でのエネルギー生産の増加ペースに基づく推定）。一方、第 2 種から第 3 種への移行には 2000 万年から 1 億年かかるとした。この後者の推定は、他の専門家から批判を受けた。なぜなら、このような「精神生成のペース」では、ほぼすべての銀河がすでに独自の「超文明」を発展させていなければならず、空は非常に激しい「天体工学」活動の場となり、「宇宙の奇跡」で溢れているはずだからだ――これは現在確実に起こって**いない**。したがって、（いずれかの）文明の発展は非常に低確率でまれな現象であり、特定の銀河でのみ文明が発展する（つまり、この銀河系では地球だけかもしれない）、または何らかの現象（おそらく障壁？）や人類には未知の複数の現象がエネルギーの成長（したがって技術の成長）を妨げていると結論せざるを得ない。

もちろん、この謎には比較的単純な解決策があるかもしれない。すでに述べたように、発展の道はある段階（地球が現在ある段階）まで共有され、その後、発展の方向の放射を通じて分岐する。「レースを始めた」者のごくわずかな割合だけが、初期の発展の指数関数的ペースを続けられる。この発展の障壁は確率的性質を持ち、**破滅論的**決定論で特徴づけられた神秘的な「禁止」とは根本的に異なる。統計に根ざした同様のアプローチは、宇宙を再び成長のための遊びと闘争の場と見なし――困難で危険だが価値ある闘争――とみなす。一方、決定論的アプローチは、人間の認知や感情的努力では克服できない神秘的な執行猶予を表す。

この問題に対する前述の解決策は、確率的精神（単なる「気休め」ではなく）で行われたものであり、今日最も適切なものと思われ、方法論的にも支持される。

次のルールはほぼ反駁できない結論として提唱できる：惑星生成――ご存じのとおり宇宙でまちがいなくかなり典型的な現象――から始まり、生命誕生（そしてその後の精神誕生、文明の発展とその方向）のプロセスのさらなる収束は、この道のある時点で消失するのだ。しかし、すでに進行中の分岐の明確な「点」があるのか、それとも地球「モデル」で設定された方向から、その後の逸脱が起こる多くの段階があるのかはわからない。統計的には、惑星系の数は生命を生み出すものよりもはるかに多く、生命を生み出すものは文明を生み出すものよりも多い――そして、技術的成果が宇宙全体で観測可能な文明に至るまでこれが続く。

無理もないことだが、科学者はこんな仮説にあまり時間をかけたりせず、文明間の通信

の物理的・技術的側面に焦点を当てる。この後者の問題については、簡単に触れる価値がある。まず、光子船による有人星間飛行の予測は、現在のところ「流行」ではなく、理論的研究の対象でもない。なぜなら、フォン・ヘルナーが提供したようなエネルギー収支分析が、推進力として対消滅を使用しても、そのような旅に必要なエネルギーの主要な問題が解決できないことを示しているからだ。人間の寿命内で、つまり光速に近い速度で、銀河から銀河へ飛ぶために対消滅させなければならない物質の量は、月の質量にほぼ等しい。このような飛行は当面不可能だし、今後数百年も不可能なままだろう。しかし、「光速に近い」船は、希薄ではあるが、等しく高速な車両にとって魅力的な潜在的燃料となる星間物質を使うことで、質量不足の少なくとも一部を補える可能性が指摘されている。もしかしたら他のエネルギー源が発見されるかもしれない。いずれにせよ、宇宙航行学が直面する困難は、たとえば永久機関の構築を不可能にするものとは異なる。宇宙航行学は自然の法則によって禁止されていないし、銀河船の元の質量が月に近い必要があるという証拠があっても、それは極端な技術的困難が指摘されるが、根本的な不可能性ではない。それでも月は実際に存在する。だから、地球の未来の世代が十分に頑固なら、太陽系の惑星誕生が人類のために親切にも準備してくれた名誉ある衛星たる月を、適切な旅に送り出すかもしれない。

次に、科学者が最も関心を寄せる問題、つまり「異星人」との電波（またはレーザー）接触の問題は、実現するにはかなりの物的投資が必要だと判明している。(「地球外探査」を可能にする大量の装置や、場合によっては送信局の建設が必要だ。経済的理由ですべての文明が受信だけに取り組んでいたら、誰も誰の声も聞かないと多くの人がすでに指摘している。）この種の投資は、現在の原子力研究への投資よりもさらに大きくならなければならない。

まちがいなく、科学者はまだ、伝統的に SF の領域に属する問題に資金を提供するために、公共の財源に十分深く手を突っ込みたがる支配者の世代を「育成」する必要がある。電波接触は、物的側面以外にも、興味深い情報特性を持つ。問題は、送信されたメッセージが情報チャネルの容量をより正確に使用するほど（つまり、送信の過剰が減少するほど)、それがノイズに似始めることだ。この状況では、符号化システムを知らない受信者は、受け取った情報を解読するだけでなく、宇宙背景雑音から抽出して正確に**情報として**認識するのが非常にむずかしくなるだろう。したがって、すでに今日、電波望遠鏡を通じて、**ノイズとして**「超文明」が行う「星間会話」の断片を受け取っている可能性は排除できない。そのような文明――もし我々がそれらを発見するとしても――は、送信チャネルの全容量を使用しない、比較的単純で明確に秩序づけられ、繰り返し可能な構造の特別な「コールサイン」の形をとる、まったく異なる性質の信号を送信しなければならない。このような「コールサイン」は、文明の総情報送信のごく一部にすぎないため、大量の専門受信装置の構築が再び極めて重要な問題（そして、前に述べたように、極めて高価な問題）となる。

すると依然として部分的にさえ解決できない唯一の謎は、「宇宙の奇跡」の不在だ。この問題はある種のパラドックスを伴う。これまで「奇跡」の「モデル」として提唱されてきたもの、たとえばダイソン球は、前述のようにどこでも建設されていないようだ。ちなみに、銀河や星で起こる現象のきわめて多くの部分が、いまだに説明がついていないことは認識しているが、専門家の誰も知られざるものを「宇宙の奇跡」と表現する傾向はない。我々観察者にとって「自然」対「人工」の二択の解決につながる好条件を作り出す現象（た

とえば、ダイソン球）を発明するのと、すでに活動中の星、ニュートリノ、果てはクォークのエネルギーの副産物となる現象を実際に作り出すのとでは、話がまったく別だ[*5]。

この仮想的文明にとって、そのエネルギー利用は、宇宙にその存在を信号として送る特別な装置ではない。このため、ほとんど偶然に、「カモフラージュ」が生じ、「異星人」が人工的に作り出したものを、自然の力が作り出したものと誤解する可能性がある。これは自然の法則がそのような解釈を許す限りの話ではある。非専門家にはわかりにくいかもしれないが、ここで疑問が生じる。理解できない言語やアルファベットで書かれた手紙のページを見つけたら、それが知的生命体によって作られたか、自然の「非人間的」現象によって生じたかなどという疑問は生じないだろう。しかし、実はまったく同じ宇宙の「ノイズ」のシーケンスが、「サイン」としても、死んだ物質の輻射としても考えられるのだ。この論争は、カルダシェフが大多数の天体物理学者に反して、送信文明として特定しようとした非常に遠い物体のスペクトルに関して生じた。おそらく正しかったのは他の天体物理学者たちで、彼ではなかった。

最後に一言。科学者を含む大多数の人々――これに没頭しているごく少数の専門家を除く――にとって、「異星人」の問題そのものが SF じみているし、さらに重要なことに、ほとんど完全に感情的側面を欠いている。ほとんどの人は、人が住む地球と無人の月（おとぎ話でない限り）に慣れており、これが唯一の可能な選択肢だと考える。だから、人類が宇宙で孤独かもしれないという理論は、大して重要な啓示だとは思ってもらえない。これは先に引用したシクロフスキーが伝えた立場だ。私はこれを完全に支持する。忠実であるために付け加えると、人類の孤独は唯物論者や経験論者にはかなり怪物的な、神秘的で、恐ろしいものに思えるが、精神論者にはむしろ素晴らしく、場合によっては「心落ち着く」ものかもしれない。これは科学者にも当てはまる。日常的に、我々は「知的生命体」のクラスが人間の独占的戦友場所と考えることに慣れている。自然科学と一致するだけでなく、強く示唆される異星人の存在は、我々にとって非常に抽象的な命題に思える。このような人間中心主義は、銀河中心主義にそうそう簡単には取って代わられたりしない。これは理解できる。なぜなら、人々は地球上での共存にまだ苦労しているからだ。そのような状況下で宇宙的な普遍性を想定するのは、戦い続ける地球人の中で一握りの風変わりな者たちが推進する、夢想的で、皮肉な、あるいは無責任な空想に聞こえてしまうのだ。

私はこれを十分に認識している。だから、前に提示した議論の精神にあわせて学校の教科書を修正するよう訴えているわけではない。その一方で、20 世紀後半においては、少なくともたまには、人類がその一部であるとされるこのまだ知られていない知的生命体の共同体について考えない限り、十分に完全な人間にはなれないとは思っているのだ。

[*5] オクテット理論は、素粒子の既存のカオスに秩序を導入し、特にゲルマンが「クォーク」と呼んだ特別な粒子の存在を仮定するに至った。（「クォーク」という言葉は意味を持たず、ジョイス『フィネガンズ・ウェイク』で使われた造語である。）オクテット理論によれば、すべての素粒子はクォークで構成される――クォークは陽子よりもはるかに大きく、全体として膨大な質量欠損を示す粒子である。激しい研究にもかかわらず、これまで仮説上のクォークは自由な状態で検出されていない。一部の研究者は、ここで扱っているのは非常に有用な数学的フィクションにすぎないと考える傾向にある。

第 4 章

電子知能

地球への帰還

技術進化に現れる知的な活動は、動的かつ永続的なプロセスであり、どの期間においてもその拡張的本質を変えないのだろうか。それとも、元の状態との類似性が完全に消失するまで変形するものなのだろうか。この章ではそれを検討したい。

この議論は、前章の宇宙論的議論とは大きく異なることに注意してほしい。地球外文明について述べたことはすべて、空虚な推測の産物などではない。それでも、議論した仮説はさらなる仮説に基づいていたので、結論の妥当性がかなり低くなることもあった。それに対し、ここで議論する現象は、よく知られ徹底的に研究された事実に基づく予測である。したがって、この章で概説するプロセスの妥当性は、宇宙の文明密度に関する議論の妥当性よりもはるかに高い。

科学の発展的可能性を考慮しながら、文明の未来を検討しよう。科学が「常に」発展し続け、知れば知るほど、直面する新しい問題の数も増えると言うのは簡単だ。このプロセスに限界はないのか？　発見の急速なペースにも限界があるようだ——そしてまもなく人類はその限界に到達しそうだ。

産業革命は 17 世紀に始まった。その根——あるいはむしろ導火線、というのも産業革命はゆっくりとした成熟というより爆発に似ていたからだ——はさらに遠くまで遡る。アインシュタインは科学の「第一の原因」についての質問に、ユーモラスかつ痛烈に答えた：「かゆみがなければ誰もかかない」。技術の原動力としての科学は、社会的ニーズによって動員された。それは動員され、普及し、加速されたが——創造されたわけではない。科学の初期の起源は、バビロニアやギリシャ時代に遡る。科学は天文学、つまり天空の力学の探求から始まった。この力学の巨大な規則性が、最初の数学体系を生み出した——古代技術（土地や建物の測定など）が呼び起こした算術の最初の一歩よりもはるかに複雑な体系だ。ギリシャ人は形式的な公理体系（ユークリッド幾何学）を作り、バビロニア人は幾何学から独立した算術を考え出した。科学史家は、天文学が科学の中で最初に生まれたことをよく認識している。実験物理学が二番目で、これは天文学が投げかけた質問によって大きく発展した。物理学は、さらに化学に命を与えた——そしてそれを錬金術師の神話的夢から、遅ればせながら解放してやった。生物学は、20 世紀の変わり目に検証不可能な概念の霧から浮かび上がった、最後の自然科学だ。ここでは、個々の科学分野の発展の背後にある重要な、しかし唯一ではない理由を強調している。というのもそれらの発見の相互交差が、それぞれの軌道を加速し、そこから新たな分岐の発展を促したからだ。これは、

現代科学の「数学的精神」とその物質的道具――実験的方法――が、産業革命以前にすでに胚芽の形で存在していたことを明確に示す。革命は、理論的知識を製造実践と結びつけることで、科学の発展に推進力を与えた。その結果、過去 300 年にわたり、技術は科学と正のフィードバックを維持してきた。科学者は発見を技術者に伝え、その結果が成功すれば、研究は「増幅」のプロセスを経る。フィードバックは正であり、技術者が特定の発見に対して否定的な態度をとっても、その分野の理論研究が終了する必要はない。ここでは、両者の関係の性質を意図的に単純化した。実際にはもっと複雑だ。

科学は情報収集の一形態であるため、その発展のペースは、現在印刷されている専門雑誌の数に基づいてかなり正確に推定できる。この数は 17 世紀以来指数関数的に増加している。15 年ごとに科学雑誌の数は 2 倍になる。指数関数的成長は通常、少なくとも自然界では長続きしない一過性の段階だ。胚や固体培地の表面の細菌コロニーは、短期間は指数関数的に成長する（つまり、成長率は指数で表現される）。細菌コロニーが地球の質量を食い尽くす速さも計算できる。

実際には、環境がすぐにこのような指数関数的成長を制限し、線形成長や成長鈍化、停滞に変えてしまう。科学的情報の量の増加によって決定される科学の発展は、我々が知る唯一の、過去 300 年間その驚異的な発展ペースが変わっていない現象だ。指数関数的成長の法則は、ある集合が大きいほど速く成長すると述べる。科学におけるこの法則の現れは、各発見が新たな発見の連鎖を生み出すことにつながる。この「誕生」の数は、ある期間の「発見の人口」の大きさに直接比例する。現在、約 10 万の科学雑誌がある。この成長ペースが変わらなければ、2000 年には **100 万になる**だろう。

科学者の数も指数関数的に増加している。計算によると、米国のすべての大学とカレッジが今後物理学者のみを養成する場合、次の世紀末までに人間（大学入学候補者だけでなく、高齢者、女性、子供を含む全員）が不足する。したがって、現在の科学成長のペースでは、約 50 年後には地球のすべての住民が科学者になる。これは越えられない「絶対的閾値」だ。なぜなら、これを越えると、1 人の人間が同時に複数の科学者を代表しなければならなくなるからだ。

科学の指数関数的成長は、人材不足によって停止する。この現象の始まりはすでに今日観察できる。数十年前、レントゲンの発見は世界の物理学の相当部分を X 線探求に引きつけた。今日、X 線に負けないくらい重要な発見でも、科学研究の範囲が膨大に広がった結果、すべての物理学者のわずか数パーセントしか引きつけない。

理論的知識は常に産業で実現された知識を先取りするため、理論的知識の成長が止まっても、蓄積された未活用の科学的探求の結果により、約 100 年間はさらなる技術的拡張を支える「惰性」効果があるだろう。この技術進歩の「惰性」効果は最終的に停止し、その後は発展の危機を迎える。惑星規模で「科学的飽和」を経験すると、人材不足により調査が必要だが無視される現象の数が増える。理論的知識の成長は止まりはしないが、脚を引っ張られる。科学がすべての人的資源を使い果たしつつ、なお科学者が必要な文明の運命を想像できるだろうか？

世界的な技術改善は年率 6 パーセントと推定される。このペースでは、人類の多くのニーズが満たされていない。現在の出生率を考慮すると、科学発展のペースを制限することで技術成長が鈍化したら、停滞どころか本当の衰退が生じる。ここで引用した科学者た

ち[*1]は未来に不安を抱いている。彼らは、どのような研究を続け、どのような研究を放棄するかを決めなければならない状況を予測している。このような決定を**誰が**するべきか——科学者自身か政治家か——という重要な質問は、**誰が**決定しても誤った決定になる可能性があるという問題の前では色あせる。科学の歴史全体を見れば、技術進歩が常に「純粋」な研究、つまり実際の目標に焦点を当てない研究から得られた発見の結果であることがわかる。逆に、すでに使用中の技術から新たな知識が生まれるプロセスは極めてまれで、非常に異常に見える。どの理論的調査が技術的に有用なものを生み出すかは予測不可能だというのは、産業革命以来ずっと試されてきたものだし、今も予測不能だ。100 万枚の宝くじを想像しよう。そのうち 1000 枚が当たりだ。すべてのくじを売れば、それを購入したグループはすべての賞を受け取る。しかし、このグループが半分のチケットしか買わなかった場合、当たりくじがその半分に含まれない可能性がある。科学も同様の「宝くじ」だ。人類はすべての「くじ」を科学者に「賭ける」。ここでの当たりくじは、技術と文明の観点から価値ある新たな発見を表すものだ。ある日、どの研究分野に「賭ける」か、どの分野を除外するかを恣意的に決めなければならない立場に立たされると、予想外の結果をたくさんもたらしたはずの分野に「賭けない」ことにしてしまうかもしれない。実際、我々の世界は今、このような「賭け」の第 1 段階を経験している。ロケット弾道学、原子物理学などの分野への専門家の集中が、他の探求分野を苦しめている。

こうした考えは、文明崩壊の予測と見なすべきではない。そんなことを考えるのは、未来を現在の指数関数的延長と理解し、直進化以外の進歩の可能性を見ない者——どの文明も過去 300 年の我々の急速な成長に似ていなければ文明とみなされないと信じる者——だけだ。成長曲線が急上昇から「飽和」の曲がり角に変わる場所は、システム、つまり科学の動的特性の変化を表す。科学は消滅しない。消滅するのは、成長に限界がない現在の形態だけだ。爆発段階は、文明の歴史の 1 つの段階にすぎない。他の段階はないのか？「爆発後」の文明はどのようなものになるのか？　知性の全方向性——我々が永続的特性と考えてきたもの——は、選択的活動の集まりに取って代わられなければならないのか？

この質問への答えも探すが、これまで議論したことは、すでに星の精神的生命の問題に興味深い光を投じている。指数関数的成長は、数千年にわたる文明の動的法則として機能するが、百万年は続かない。天文学的スケールで見れば、この成長は短期間であり、進行中の認知プロセスは累積的な連鎖反応につながる。科学的「爆発」で人的資源を使い果たす文明は、物質を 1 回の閃光で燃やし尽くし、その後それにかわる均衡状態に至る星、または多くの宇宙文明を沈黙させたプロセスにも似ている。

メガバイト爆弾

本書では、拡張的な文明を超新星にたとえた。星が爆発で物質資源を燃やし尽くすように、文明は急速に成長する科学の「連鎖反応」で人的資源を使い果たす。懐疑論者はこう問うかもしれない。この比較はいささか誇張ではないか？　科学成長の妨げがもたらしかねない結果を過大に述べていないか？　「飽和」状態に達しても、科学は人的資源の限界で成長を続けるが、もはや指数関数的にではなく、すべての生き物の数に比例して成長する。研究で無視されている現象は、科学の歴史において常に存在してきた。いずれに

[*1] de Solla Price, *Science since Babylon.*

せよ、賢明な計画のおかげで、科学の主要な前線、技術的攻勢の主要な方向には、依然として専門家の軍団が用意されるだろう。したがって、高度に発展した知性がその初期の形態に似なくなるから、未来の文明もいまのものとまったくちがったもものになるという理論は、まだ証明されていない。文明の「星」モデルは特に不正確だ。なぜなら、物質資源の枯渇は星の死につながるが、文明の「輝き」はそれが使用するエネルギー源の枯渇で減少することはないからだ。文明は他のエネルギー源に切り替えることができる。

ちなみに、このアプローチは、すべての文明が将来的に天体工学を使うようになると予測する理論の基礎にあるものだ。星モデルは単純化だ。星は単なるエネルギー機械だが、文明はエネルギー機械であり情報機械でもある。このため、星の発展は文明よりもはるかに決定論的だ。これは文明の発展に限界がないということではない。だが、そのちがいは種類の違いでしかない。文明は「情報障壁」にぶつかるまでエネルギーの「自由」を持つ。概して、我々は宇宙が提供するすべてのエネルギー源にアクセスできる。しかし、それを実現できるか、いやむしろ**間に合うように**アクセスできるか？

枯渇するエネルギー源から新しいタイプへの移行——水、風、筋力から石炭と石油へ、そしてそれから原子力へ——は、**事前に**適切な情報を得ることが必要だ。この情報の量がある「臨界点」を超えたときのみ、その情報に基づいて生み出された新しい技術が新たなエネルギー埋蔵量と新たな活動領域を明らかにする。

もし石炭と石油の埋蔵量が、たとえば 19 世紀末に枯渇していたら、20 世紀半ばに原子技術が生み出される可能性は非常に低かっただろう。なぜなら、それを実現するには膨大な電力が必要だったからだ。その電力は最初に研究室で設置され、その後産業規模で利用可能になった。しかし、人類はまだ「重い」原子力（重い核の分裂から得られるエネルギー）の独占的使用に切り替える準備ができていない。現在の電力使用量の増加を考慮すると、数世紀以内にウラニウムとその関連元素のすべての埋蔵量を「燃やし尽くす」ことになる。核合成（水素からヘリウムへ）のエネルギー活用はまだ実現していない。これは予想以上に困難が大きいことが判明した。これはまず、文明が新たなエネルギー源へのアクセス可能にする情報を得るのに十分な**時間を**確保するために、かなりのエネルギー埋蔵量を持っている必要があり、第二に、文明はこの情報取得モデルを他の何よりも優先する必要があるということだ。そうでなければ、新たな資源を活用する前に資源が枯渇する可能性がある。また、過去の経験から見て、古いエネルギー源から新しいものへの切り替え期間中に、新たな情報を取得するエネルギー費用が増加する。石炭と石油の技術を創造するエネルギー費用は、核エネルギーを創造するよりもはるかに「安価」だった。

つまり情報は、すべてのエネルギー源、そしてすべての知識の源にとって重要だ。産業革命以来の科学者の数の劇的増加は、サイバネティクス研究者によく知られている現象によって引き起こされた。ある 1 つのチャネルを通じて送信できる情報の量は制限されている。科学もそうしたチャネルであり、文明と外部世界（および内部世界、物質的環境だけでなく人間や社会も研究する）を結ぶ。指数関数的に増加する科学者の数は、このチャネルの容量の絶え間ない増加を示す。送信しなければならない情報の量も指数関数的に増加しているため、象化が必要なのだ。科学者の数の増加は、作成される情報の量の増加につながり、それが新たなチャネルの「並列接続」、つまり新たな科学者の採用を通じた情報チャネルの「拡張」を必要とした。これは、送信しなければならない情報の量のさらなる増加につながった。これは正のフィードバックを持つプロセスだ。

しかし、最終的には、情報の増加によって要求される速度に追いつくほどは科学の送信

容量を増やせなくなる状態に達する。もはや将来の科学者はいない。これは「メガバイト爆弾」、別名「情報障壁」と表現できる状況だ。科学はこの障壁を越えられず、自分に向かってくる情報の雪崩を吸収できない。

科学は確率的戦略を用いる。どの研究が報われ、どれが報われないかはほぼわからない。発見は、遺伝子の突然変異と同様に、偶然に起こることが多い。それらは同様に根本的かつ劇的な変化につながる可能性がある。ペニシリン、X 線、「常温」核反応（低温で行われる反応――まだ実現不可能だが、エネルギー分野での将来的な突破口につながる可能性がある）の例は、発見のランダムな性質を裏付けるものだ。そのため、「事前には何もわからない」ため、「手当たり次第研究する」必要がある。これが、科学において非常にひんぱんに起きる、この多方向の拡張の理由だ。発見の確率は、研究プロジェクトに従事する科学者の数が多いほど高くなる。しかし、彼らは何を研究しているのか？　研究できるものをすべてだ。x を研究しないのは、それが存在するかどうかわからないから（病人の体内の細菌の量と血中のペニシリンの存在との関係がそのような x の一例かもしれない）という状況は、x を検出するにはまず一連の他の現象（r, s, t, v, x, z）を調べる必要があるが、それを行う者が**誰もいない**ためできないという状況とは完全に異なる。人的資源の限界に達すると、意識的に無視しなければならない研究を、その可能性にすら気づいていないため取り組まれていない研究に追加しなければならない。科学者不足に関しては、前者の状況はライン陣形であらわされるが、そのラインはますます広い空間に入っても 2 人のメンバー間の距離は固定に保たれ、新しい人が常に入ってくるものとなる。後者の状況は、引き伸ばされて次第に薄くなるライン陣形で表される。

もう 1 つの不利な現象も観察できる：発見の数は科学者の数に比例しない（科学者の数が 2 倍になると研究が 2 倍になるわけではない）。状況はむしろ次の通りだ：発見の数は 30 年ごとに 2 倍になるが、科学者の数は 10 年ごとに 2 倍になる。これは科学的情報の指数関数的成長について述べたことと矛盾するように見えるかもしれない。しかし、ここに矛盾はない：発見の数も指数関数的に増加しているが、その増加は科学者の数よりも鈍いのだ（その成長は小さな指数で表現される）。すべての発見を合わせても、科学が取得するすべての情報のごく一部にすぎない。大学の書庫に保管されている、学術学位取得のために作られた埃をかぶった論文や学位論文の山をめくれば、そのどれ一つとして部分的にすら有用な結果につながっていないことがわかる。科学の情報容量の限界に達するというのは、発見の確率を大幅に下げることだ。さらに、科学者の実際の増加曲線が、さらなる指数関数的成長（もはや不可能）の仮説的曲線から降下するにつれて、この確率の係数は今後継続して減少するはずだ。

科学的調査は、遺伝的突然変異に似た部分もある。価値があり画期的なものは、すべての突然変異またはすべての調査の集合のごく一部にすぎない。そして、かなりの「突然変異圧」の埋蔵量がない集団がホメオスタシスのバランスを失うリスクにさらされるように、「発見圧」が弱まる文明は、安定からますます不安定なバランスにつながるこの勾配を逆転させるために、すべての資源を動員する必要がある。

そして、解決策。しかし、どのような解決策か？　サイバネティクスという、「人工研究者」や「巨大頭脳」――情報の生成と送信者――の創造者が解決策の 1 つになれるか？

あるいは、「情報障壁」を超える発展が文明の種分化につながるか？　だがそれは何を意味するのか？　大した意味はない。なぜなら、これから話すすべてのことは純粋なフィクションだからだ。フィクションでない唯一のものは、S 字型、つまり 30 年から 70 年先

に起こる指数関数的成長曲線の降下だ。

ビッグゲーム

「情報ピーク」に達した文明、つまり科学の「通信チャネル」としての伝送容量を使い果たした文明に何が起こるのか？　このような状況からの脱出の可能性として、3 つの道を提示しよう。これはすべての可能性を網羅するものではない。3 つを選んだのは、文明と自然が敵対者として対峙する戦略ゲームの結果に対応しているからだ。第 1 レベルの「ゲーム」では、文明が科学と技術の拡張的成長につながる「動き」をする。このレベルはおなじみだ。第 2 レベルでは、情報危機が起こる。文明はこの危機を克服してこのレベルで勝利するか、敗北するか、あるいは「引き分け」――ある種の妥協――を得る。

サイバネティクスが提供する可能性を実現しなければ、勝利や引き分けの達成は不可能だ。勝利とは、どんなに大きな容量のチャネルでも作り出することだ。サイバネティクスを使って「人工科学者の軍団」を作り出すことは、有望に聞こえるが、前のレベルからの戦略の継続にすぎない。科学の構造そのものはここで大きな変革を受けず、科学の前線が「電子知能の補強」によって支えられるだけだ。見た目とはうらはらに、これはかなり伝統的な解決策だ。「合成研究者」の数を無限に増やすことはできない。これによって危機を先送りすることはできても、克服することはできない。真の勝利は、情報を取得し伝送するシステムとしての科学の根本的な再構築を要求する。現代の多くのサイバネティクス研究者が想像する形――ますます大きな「知能増幅器」を構築する (これは科学者の「同盟者」になるにとどまらず、ヒトの脳より「電子知能」が優れているので科学者をすぐに追い越す)――か、あるいは現在議論されているどんな立場とも根本的に異なる形となる。

これは、科学が生み出す現象への伝統的アプローチの完全な拒否となる。この種の「情報革命」の理論は次のように要約できる：人間や電子の脳を介さず、自然から直接情報を「抽出」し、「情報農場」や「情報進化」のようなものを作り出すというアイデアだ。このアイデアは、主流の立場と比較すると、特にこの非正統的な定式化では、完全に作り話めいて聞こえる。それでも後で検討しよう。ただし追加の予備的議論が必要なので、少し後で独立して検討するつもりだ。そんなことをするのは、それが自信を与えてくれるから（それが非常に仮説的であるため）ではなく、「情報障壁」を突破する、つまり自然とのゲームで完全な戦略的勝利を達成する唯一のアイデアだからだ。ここでは、このような解決策の可能性を信頼できる形で含む自然のプロセスだけを考える。遺伝学が進化の面でこれを探っている。自然が情報を**取得**し**変換**し、脳の外――生き物の遺伝物質――でその**成長**を導く方法だ。しかし、前に述べたように、この「情報の分子生化学」は別に議論する。

引き分けはこのゲームであり得る 2 番目の結果だ。すべての文明は、惑星の表面、内部、宇宙的近隣を変形しながら、自分のための人工環境を作り出す。このプロセスは自然から根本的に切り離すものではなく、ただ自然から遠ざけるだけだ。しかし、このプロセスを続ければ、文明が宇宙全体から「封入」されることが最終的に起こる。このような「封入」は、何らかのサイバネティクスの応用を通じて実現され、過剰な情報の「吸収」と、全く異なる種類の情報の生成を促進する。文明の運命は、まず自然とのフィードバックに対する制御的影響によって決定される。さまざまな自然現象（石炭の酸化、原子分解）をフィードバックの関係に置くことで、人類はついには天体工学にまで至れる。情報危機を経験し、自然からのフィードバックと数百万年にわたる存在を保証するエネルギー源にす

でにアクセスしている文明――自然の情報ポテンシャルの「枯渇」が不可能であることを認識しつつ、現在の戦略を続けることは敗北につながる可能性がある（自然の「内部」への絶え間ない前進は、専門特化の過剰によって科学の解体につながり、自分のホメオスタシスに対する制御の喪失を招く可能性がある）――は、自分の中から全く新しいタイプのフィードバックを構築できる。この「封入」の生成には、「世界内の世界」、自然の物質的現実と直接つながっていない自律的現実を構築する必要がある。そこから生じる「サイバネティック・社会技術的」殻は、その文明をその殻の中に閉じ込める。後者は存在し成長を続けるが、それは外部の観察者（特に宇宙空間にいる者）にはもはや見えない形となる。

これは少し神秘的に聞こえるかもしれないが、すでに、このアイデアの別の形による具現化は素描できる。後でこれらの具現化をいくつか詳しく検討するが、ここではこの妥協がフィクションではないことを強調するにとどめる。なぜなら、自然は人類が現在の知識状態から引き分けに必要な状態に移行することを全く妨げないからだ。これに対し、永久運動機械の構築や、超光速飛行の導入は、フィクションだ。

次に、敗北の可能性を考える。危機を克服できない文明に何が起こるか？　それは「すべて」を研究する（現在の我々の文明のような）ものから、選択された数方向にのみ焦点を当てるものに変形する。それぞれの方向が人的資源の不足を徐々に経験し始め、その数は着実に減少する。エネルギー源の枯渇に近づく文明は、まちがいなく研究活動をその領域に集中する。他のもっとエネルギー豊富な文明は、別の領域に特化できる。これが、前に「種分化」、つまり生物学的ではなく文明の種の出現について話したときに私が言おうとしたことだ。この見解では、宇宙には多くの文明が住んでおり、その一部だけが天体工学や、より一般的には宇宙現象（例：宇宙航行）に焦点を当てる。いくつかの文明にとって、天文学の研究はすでに「贅沢」で、研究者不足のため手が届かないかもしれない。この可能性は最初はあまりありそうに思えない。科学の発展が広範になるほど、そのさまざまに枝分かれした分野間のつながりが増えることを我々は知っている。物理学を制約すると、化学や医学に悪影響を及ぼす。逆もまた真で、物理学は自分の領域外、たとえば生物学から新たな問題を引き出せる。要するに、重要性が低いと思った研究領域の発展速度を制限したら、集中するつもりの分野研究にも悪影響を及ぼしかねない。さらに、狭い専門特化はホメオスタシスの均衡を下げる。星の性質の擾乱には免疫があるのに、疫病には太刀打ちできない文明や、「記憶」を欠く（自身の歴史の研究を放棄した）文明は、かたわになってしまう。そして、その偏りの大きさに比例した脅威にさらされることになる。この議論は正しい。しかし、「種分化」を解決策として排除することはできない。我々の文明は、「情報障壁」にまだ達していないにもかかわらず、過剰な過剰専門化を示しているのではないか？　その軍事ポテンシャルは、中生代の爬虫類の巨大な顎や甲羅に似ているのではないか？　こうした動物は他の多くの領域での能力が非常に限られてしまい、それが最終的にその運命を決定してしまったのだ。現代の過剰専門化はほぼまちがいなく、情報や科学的要因ではなく、政治的要因によって引き起こされている。それゆえ、人類の統一が起これば逆転可能だ。ちなみに、ここで生物学的専門特化と文明の専門特化の違いが現れる：前者は完全に逆転することはできないが、後者はできる。

発展する科学は、枝が枝分かれし、さらに小枝に分かれる、成長する木のようなものだ。科学者の数が指数関数的に増えなくなるのに、新たな「小枝」、つまり新学問分野の数が増え続けると、情報の獲得のギャップ、不平等が生じる。研究計画は、このプロセスを一方から他方へ、行ったり来たりして移すだけだ。これは不足と呼べるものだ。数千年後、文

明の種分化は次の 3 つの方向に発展する可能性がある：社会的、生物学的、宇宙的。これらは純粋な形では現れない。発展の主要な方向は、惑星の条件、個別の文明の歴史、各種の知識領域での学術的生産性またはその欠如などに影響される。いずれにせよ、以前に行われた決定 (ある種の研究を放棄するか続けるかという決定) の結果として生じた変化の可逆性は時間とともに減少し、初期の決定が全体としての生活に巨大な影響を与え始める点に達する。文明全体の自由度の減少は、メンバーの個人的自由も減少させる。出生率や職業選択の制限を導入する必要が生じるかもしれない。種分化は、予見できない危険（数百年たってからやっと結果が見えてくる決定をしなければならないため）を伴う。このため、本書ではこれを自然との戦略ゲームでの敗北と考える。もちろん、即時の制御を受けない擾乱が出現したからといって、それだけでは没落や衰退を意味しない。このような社会の発展は、まちがいなく数百年にわたる振動、上昇、下降のシーケンスとして描ける。

しかし、すでに述べたように、その敗北は、サイバネティクスの潜在的普遍性が開く可能性を適用しなかったり、その適用方法をまちがえたりした結果だ。サイバネティクスが最終的にビッグゲームの結果を決定するのであれば、こんどは新たな質問を使ってそれに取り組もう[*2]。

[*2] 指数関数的成長の問題は、今日広く信じられている以上に、文明の未来を大きく左右するだろう。知的生命体の数や（技術的・科学的）情報の指数関数的成長は可能だ。すべての生き物の数が比較的安定している限り、情報とエネルギーの指数関数的成長は起こり得る。すべての文明はおそらく、科学技術情報の成長ペースを最大化しようとし、利用可能なエネルギー源の成長ペースも同様に高めようとする。このプロセス背後の動機を取り除く理由は思いつかない。宇宙航行段階に入る文明は、エネルギーに対して特に「貪欲」になる。なぜなら、銀河系外（自分の恒星系外）への飛行には、亜光速によるウラシマ効果――これは 1 世代（つまり船の乗組員）の寿命内で（惑星-星-惑星）の往復飛行を可能にする――を実現するなら太陽エネルギーの相当部分に匹敵するエネルギーが必要となるからだ。したがって、惑星に住む生命体の数を制限しても、文明のエネルギー需要は急増する。

情報獲得の量となると、情報成長の障壁を越えてすら、望ましい自由な人口成長が開かれるわけではない。今日、多くの専門家は、過剰な人口拡大（生き物の数の増加）の将来の有害な結果に気づいている。しかし、彼らはまず、指数関数的に増加する惑星の人口を養い、物質的なレベル（衣類、住居、輸送など）で供給する困難を見る。一方で、指数関数的に成長する文明の社会文化的発展に関する問題は、私の知る限り、だれも突き詰めて考えていない。しかし、長期的には、技術革新によって数十億の人間に住居と食料を提供できたとしても、出生率を制限する必要性を左右する決定的な要因になりかねない。

ダイソンの例、天体物理学――太陽から 1 天文単位の距離に位置し、大きな惑星から取った素材で作られた空の球「ダイソン球」を構築すると仮定する――はこの典型例だ。彼は、すべての文明が数千年の存在後に、客観的要因（主に人口増加）によってその太陽をこのような薄壁の球殻で囲むことを強いられると主張する。これにより、太陽放射から来るすべてのエネルギーを吸収し、その文明の住民が定住できる巨大な空間を作り出せる。この殻の内側の表面は、太陽に向かっており、地球の表面の約 10 億倍大きく、地球が収容できる人数の 10 億倍、つまり約 3 兆から 8 兆人が同時に住める。

ダイソンは、「太陽周囲の球」の構築が避けられないと確信するあまり、宇宙でそれを探そうと提案している。なぜなら、この球は、太陽の放射エネルギーを産業目的に必要なさまざまなエネルギーに変換し、最終的に熱放射の形で球から離れるため、約 300K の温度で一定の放射を放つ場所に見えるはずだからだ。

これは、私が知る最も驚くべき「直進化的」理由付けの例だ。太陽系の全惑星に含まれる物質の量、太陽放射などを計算し、ダイソンはこのような天体工学プロジェクトが実現可能だと結論した（太陽輻射の全エネルギーをこの目的に使えるから、物質の量は球の構築に十分なのだ）。確かに、これはまちがいなく可能だろう。しかし、この議論は、第一に、数十億の生命体への人口増加が望ましい、第二に、社会文化的意味で可能である（技術的レベルで達成可能と仮定しても）と暗黙に仮定している。

知的生命体を含むすべての生き物は、生物進化によって生殖傾向を与えられており、出生率の上昇による利益は死亡による損失を上回るはずだ。しかし、人々が指数関数的に数を**増やせる**からといって、**増やすべきだ**ということにはならない。

ダイソン球でさえ、永遠の指数関数的成長を可能にてくれるものではないことは指摘しよう。そこに住む生命体の数が数十兆を超えると、さらなる成長を停止するか、宇宙植民地（たとえば、近隣の星系）で新たな領域を探す必要がある。したがって、まず、ダイソン球は出生率の規制問題を解決するものではなく、先送りするだけだ。そして、すべての社会が自己組織化システムであることを認識しなければならない。このようなシステムの最大可能規模についてはまだ何もわかっていないが、無限に拡大できないこと

科学の神話

サイバネティクスは 20 歳だ。したがって若い学問だが、驚異的なペースで発展している。独自の学派や方向性、熱心な支持者や懐疑論者を持っている。支持者はその普遍性を信じ、懐疑派はその適用範囲の限界を探している。言語学者、哲学者、物理学者、医師、通信エンジニア、社会学者がみなこれを採用している。それはもはや一様ではなく、複数に分岐して多様化している。他の科学と同様に、その専門特化が進んでいる。そして、すべての科学が独自の神話を生み出すように、サイバネティクスにも神話がある。科学の神話というと、名辞矛盾や実証主義の非合理性のように聞こえるかもしれない。しかし、最も科学的である学問でさえ、新たな理論や事実だけでなく、科学者の仮説や希望によって発展する。それらの仮説の一部だけが発展のテストに合格できる。残りは幻想と判明するので、それが神話のように見える理由だ。古典力学の神話はラプラスの悪魔として人格化された――宇宙のすべての原子の運動量と位置をある時点で知れば、宇宙の全未来を予見できるというわけだ。もちろん、科学はその発展に伴う誤った確信を取り除く。しかし、どの推測が正しく、どれが枠組みのおかしい思いこみだったかは、事後的に、つまり歴史的観点からしかわからない。このような変形の過程で、不可能なものが可能になる。重要な点として、目標そのものもその過程で変化する。19 世紀の科学者に、錬金術師の当時の

は確かだ。我々が知る最も個体数の多いシステムは人間の脳で、約 120 億の要素（ニューロン）で構成される。約 1 兆の要素からなるシステムはおそらく可能だが、数十兆の要素からなる均質なシステムが存在できるかは非常に疑わしい。特定の閾値を超えると、劣化、分割、そして社会文化的崩壊が避けられない。これは、ダイソン球の内側に住む数十兆人が何に従事すべきかという素朴な質問に答えようとか、彼らの「タスクと仕事」を見つけようとするとかいう話ではない（彼らの未来はかなり悲惨に思える：計算で示される表面単位ごとの必要な物質の量から見て、球の表面は比較的薄く均一でなければならないため、「風景」、山、森、川などはほぼあり得ない）。問題は、数十兆の共存する生命体が、少なくとも人類の歴史から我々が知る何かと多少なりとも似た、ある共有された文化や社会文化的伝統を持つのが不可能だということだ。ダイソン球は星空を遮断し、惑星の消滅を伴い、したがってその惑星上に存在する条件を放棄することになる。それは人工の創造物、中心の星を囲む、10 億倍に拡大された都市のようなものだ。いくつかの簡単な計算をすれば、その範囲内で相対的秩序を達成し、住民に生存に必要な物資を提供するには、その住民が基本的に生まれた場所に生涯留まるしかないことがわかる。

これらの生命体は、純粋に物理的理由で旅行できない（ダイソン球に「魅力的な場所」があったとしても、今日のように何百万もの観光客ではなく、何億もの観光客が訪れることになる）。技術文明は、生き物 1 単位あたりの機械的・技術的装置の数が増加することを意味するため、ダイソン球の表面は都市というより、地球の表面の 10 億倍大きな工場ホールや機械公園になるだろう。このような婉曲に言えば数兆規模の「不便」はいくらでも列挙できる。これを個人の自由の増加ではなく減少として理解すると、進歩という発想そのものが不条理に帰する。したがって、我々が得る「無制限の生殖の自由」（前に示したように、表面的なものにすぎない）は、他の多くの自由をその祭壇で犠牲にしなければならないのだから、確かに特異な自由だ。

文明は、すべての可能な種類の自由の増加を意味しない。食人種のための料理の自由、自己傷害の自由、その他多くの自由は、技術発展中の社会の自由の大憲章からすでに除外されている。生殖の自由が、個人の完全な固定化、文化伝統の破壊、文字通り地球と空の美の放棄につながるのであれば、それをそのまま無傷で保持すべき理由は理解し難い。宇宙のすべての知的生命体の主要な発展方向としての数十兆の「ダイソン球」のビジョンは、フォン・ヘルナーの自己消滅する精神的生命のビジョンと比べても、決して怪物的なものではない。また、指数関数的成長中の文明は、数十万年以内に可視の宇宙全体、最も遠いメタ銀河団までを人口で満たすため、実際には不可能だ。したがって、ダイソン球が出生率の規制導入を数千年先送りするだけなら、適切なタイミングで常識に基づく行動をしない代償としては、実に恐ろしいものだと言わざるを得ない。

私は主にその不条理性を示すためにダイソンのアイデアを要約したのであり、それが引き起こす実際の関心のためではない。「ダイソン球」は、天文学者 W・D・ダビドフ（『プリロダ』、1963 年 11 号）が示したように、構築不可能だ。球形の薄壁の球、リングストラップのシステム、ドームの形状のいずれにおいても、極めて短期間ですら動的に耐久性のある構造にはなれない。

夢である水銀を金に変えることが可能かと尋ねれば、断固として否定するだろう。20 世紀の科学者は、水銀の原子を金の原子に変形できることを知っている。これは錬金術師が正しく、科学者がまちがっていたということか？　いやそうではない。なぜなら、試験管で燃える金という、それ自体が目標とされていたものが、原子物理学にとっては重要ではなくなったからだ。核エネルギーは金よりも無限に貴重であり、まったく新しく錬金術師の最も大胆な夢ともまるで異なる。それは科学者が用いた方法によって発見されたのであり、ライバルの錬金術的方法によるものではない。

なぜこんな話をしているのか？　今日のサイバネティクスは、中世のホムンクルスの神話、つまり人工的に作られた知的生命体の神話に取り憑かれている。人間の心の特性を示す人工脳の構築可能性についての論争に、哲学者やサイバネティクス研究者はよく囚われてしまう。しかし、これは無意味な論争だ。

「水銀を金に変えることは可能か？」と核物理学者に尋ねてみよう。「できますよ」と彼は言う。「でも私たちはそんなものに取り組んでいません。その手の変換は私たちには重要ではなく、研究の方向に影響を与えないんです」

「いつか生きた脳と区別できない電子脳を構築することは可能か？」「ほぼまちがいなく可能ですよ。でも誰もそんなことをするつもりはありません」

したがって、可能性と現実的な目標を区別する必要がある。科学では、可能性には常に「否定的な預言者」がいた。そのような預言者の数や、彼らが飛行、原子、思考機械の構築の無意味さを証明しようとする情熱には驚かされる。最も賢明なことは、こうした不可能の予言者と議論しないようにすることだ——すべてがいつか実現すると信じなければならないからではなく、熱い議論に引き込まれると、実際の問題を見失いやすいからだ。「反ホムンクルス主義者」は、合成の心の可能性を否定することで、人間がその創造物——決して人間の天才を超えるべきでないと彼らが信じるもの——に対する優越性を守っていると確信している。この種の防御は、誰かが本当に人間を機械に置き換えようとしている場合にのみ意味を持つだろう。それも特定の職場ではなく、文明全体においてだ。しかし、誰もそんなことをするつもりはない。目的は合成人類を構築することではなく、技術の書に新たな章を開くことだ：任意の複雑度のシステムを含む章だ。人間自身、その体と脳は、このようなシステムのクラスに属する。この新たな技術は、人間が自分自身、つまりその有機体に対して得る全く新しい種類の制御を意味する。これは、不死の欲求や、今日不可逆と考えられているプロセス（特に生物学的プロセス、特に老化）の逆転など、長い間抱かれてきた夢の実現を可能にするかもしれない。しかし、これらの目標は、錬金術師の金と同じように幻想に終わるかもしれない。人間が何でもできるとしても、そのために手段を選ばないわけではない。人間は望むなら最終的にすべての目標を達成するだろうが、その前に、その目標達成のために支払う代償がその目標を馬鹿げたものにしてしまうことを理解するだろう。

なぜなら、終点を選ぶのは我々自身でも、そこに至る道は自然が選ぶからだ。我々は飛べるが、腕を振ってではない。水上を歩けるが、聖書に描かれた方法でではない。おそらく、事実上不死に等しい長寿を得るかもしれないが、それには自然が与えた体の形を放棄する必要がある。冬眠によって何百万年もの旅を自由にできるかもしれないが、氷河の夢から目覚めた者は、見知らぬ世界にいるだろう。なぜなら、彼らを形成した世界と文化は、可逆的な死の間に消滅しているからだ。夢を叶える際、物質世界は我々に、勝利とも敗北とも思える結果をもたらす行動を要求するのだ。

我々の環境に対する支配は、自然プロセスとのフィードバックに基づいている。おかげで、石炭が鉱山から出て、巨大な重量が長距離を移動し、輝く車が組み立てラインを離れる。このすべては、自然が物理学、熱力学、化学で研究されている、いくつかの単純な法則を繰り返しているからだ。

脳や社会のような複雑なシステムは、そのような単純な法則の言語で記述できない。こう考えると、相対性理論とその力学はまだ単純だが、思考プロセスの力学はもはや単純ではない。サイバネティクスは後者のプロセスに注目し、複雑さを理解し掌握することを目指す。我々が知る物質システムの中で、最も複雑なのは脳だ。おそらく、ほぼ確実に、それよりもさらに複雑なシステムを開発することは可能だ。それらを作り上げる方法がわかれば、それらがわかるだろう。つまりサイバネティクスは、直接達成できない目標を達成する科学だ。

エンジニアにこう言ってみよう。「8 兆の要素からなる装置のモデルを見ました。この装置には独自のエネルギーセンター、運動システム、調整者の階層、150 億の部品からなるタイミングベルトがあります。それが実行できる機能は、一生かかっても挙げきれないほど多いんです。しかし、この装置の構築を可能にし、実際に構築した製法は、8/1000 立法ミリメートルに完全に収まるんです」

エンジニアは、そんなことは不可能だと答える。彼はまちがっている。なぜなら、いま話していたのはヒトの精子の頭部のことで、そこにはホモ・サピエンスの標本を生み出すのに必要なすべての情報が含まれているからだ。

サイバネティクスは、「ホムンクルス主義」の野心のためではなく、同様の設計課題を解決できるようにするためにそのような「製法」を調べる。まだそれができるにはほど遠い。しかし、わずか 20 歳だ。進化は独自の解決策を考え出すのに 20 億年以上必要だった。サイバネティクスが進化に追いつくのにあと 100 年、あるいは 1000 年必要だとしても、タイムスケールの違いはまだ我々のほうに有利だ。

「ホムンクルス主義者」と「反ホムンクルス主義者」について言えば、彼らの議論は、生物学のエピジェネティシストとプレフォーミスト [訳注：後天獲得主義と生得主義、くらいに考えておけば吉] の間の激論に似ている。このような議論は、新たな科学の初期段階に典型的だ。この科学がさらに発展すれば、そのような議論は跡形もなくなるだろう。人工人間は必要ないから存在することもない。思考機械が人間に対して「反乱」を起こすこともない。この後者の信念の核心には、もう一つの古い神話——サタン的なもの——があるが、知性増幅器が電子の反キリストに変わることはない。これらの神話には、共通の擬人化的分母がある。機械の思考活動はそういうものに還元されるべきだと思われているのだ。これは重大な誤解だ！ 確かに、特定の「複雑さの閾値」を超えると、機械が独自の「人格」の兆候を示し始めるかどうかはわからない。それが起こった場合、その人格は、ヒトの体がマイクロ核融合電池と異なるように、ヒトの人格とは異なるだろう。今日想像もできない驚き、問題、危険が予想される——しかし、中世そのままの悪魔や怪物が技術的幼虫の姿で戻ってくるわけではない。我々は未来の問題の大部分を想像できない。しかし、一連の思考実験を通じて、それらのいくつかを概説してみよう。

知性増幅器

さまざまな科学（生物学、心理学、医学など、以前は数学的ツールを使用していなかった分野も含む）に数学的思考を導入する一般的な傾向は、人文科学にも徐々に広がっている。いまのところ、言語学（理論言語学）や文学理論（特に詩の研究に情報理論を適用）でいくつか試みが見られるが、まれだ。また、異常かつ予期せぬ現象、つまり最先端の分野、特に自己組織化ホメオスタシスシステムが直面する課題において、(各種の) 数学が最近の目標実現に不十分であるという現象も見られ始めている。その例として、専門家が初めて数学のこの弱さに直面した重要な問題をいくつか挙げよう。そこには、知性増幅器や産業用の自己プログラミング制御機構の構築の試みが含まれる。最大の課題は、人間の複雑さに匹敵する複雑さを持つ普遍的ホメオスタシス装置の構築を試みることだった。

知性増幅器は、アシュビーによって最初に現実的な設計プロジェクトとして提案されたと私は考えているが[*3]、精神力にとっての、物理的な力の増幅器に相当するものだ。物理力増幅装置は人間が駆動するすべての機械に適用されている。自動車、掘削機、クレーン、工作機械、その他人間が制御システムに「接続」され、動力ではなく制御の源として機能する装置は、そのような物理力の増幅器だ。見た目とは異なり、個人の知能レベルの標準からの偏差は、身体的適性の領域での偏差よりも小さい。最も一般的な心理テストで測定される平均知能指数は 100〜110 で、非常に知的な人では 140〜150 に達し、非常にまれに達成される上限は 180〜190 程度だ。産業界では、物理的な力の増幅器は、労働者の平均的な力を何倍にもするが、それと同じ増幅を実現する知性増幅器は、知能指数を 10,000 にする。このような増幅器構築の可能性は、人間より 100 倍強力な機械の構築の可能性と比べて現実性が低いわけではない。現時点では、このようなものを構築できる可能性はかなり低い。その理由は、現在の主な力点が別の装置、つまり前出の産業用制御システム (「自動工場のホメオスタシス脳」) の構築にあるためだ。しかし、増幅器の例を持ち出すのは、ここで構築者が直面する根本的な困難をうまく示せるからだ。重要なのは、人間よりも「賢い」機械を構築しなければならないことだ。伝統的なサイバネティクスで使用される方法、つまり機械に適切な行動計画を準備してやるという手法を使おうとすれば、設定された課題を解決できないことは明らかだ。なぜならそのプログラム自体が、構築中の機械が持てる「知性」の限界をすでに決めてしまうからだ。この問題は解決不可能なパラドックス——自分で自分の髪の毛をつかんで自分自身を持ち上げる (しかも足に 100 キロの重りを付けて) という問題に似ている——に見えるかもしれないが、これは錯覚にすぎない。確かに今日の基準では、増幅器の構築前に数学に基づく理論を組み立てねばならず、それだと問題は解決不可能に見える。しかし、この課題に対する全く異なるアプローチが考えられる (ただしそれは今のところ仮説的な可能性にすぎない)。知性増幅器の内部設計についての詳細な知識はない。だがそれは必要ないかもしれない。このような増幅器を「ブラックボックス」、つまり内部の仕組みやさまざまな状態について全くわからない装置として扱うだけで十分かもしれない。なぜなら、我々が関心を持つのは最終的な結果だけだからだ。あらゆるまともなサイバネティック装置と同様に、この増幅器には「入力」と「出力」がある。その間には我々の無知のグレーゾーンが広がっている。だがその

[*3] Ashby, *An Introduction to Cybernetics*.

機械が本当に知能指数 10,000 の知性体のように振る舞ってくれるなら、そんなことはどうでもいいではないか？

この方法は新しく、前例がないため、技術に基づく製造指示というより不条理劇のように聞こえかねないのは認めよう。それでも、それがうなずける形で使えるような例をいくつか挙げてみよう。たとえば、繊毛虫のコロニーを含む小さな水槽に少量の鉄粉を注いでみよう（これは実際に行われた！）繊毛虫は食物と一緒に少量の鉄も摂取する。外部から水槽に磁場をかけると、繊毛虫の動きに影響を与える。この磁場の強さの変化は、「ホメオスタシス装置」の「入力」信号の変化に相当し、「出力」状態は繊毛虫の行動で決定される。この「繊毛虫＝磁気」ホメオスタシス装置の使い道はまだわからないし、このままの形だと仮説的な知性増幅器からあらゆる点で非常に遠いが、それは重要ではない。重要なのは、個々の繊毛虫の複雑について全く知らず、機械の図面を引くようにはその設計図を引けないにもかかわらず、ほとんどわかっていない要素を使い、もっと高い実体を構築できたことだ。この実体は体系的法則に従い、信号の「入力」と「出力」を持つ。繊毛虫の代わりに、別の種類のコロイドを使ったり、多相溶液に電流を流したりしてもいい。これは一部の物質の沈殿を引き起こし、溶液全体の導電性を変える。これが「正のフィードバック」、つまり信号増幅につながる。これらの試みがまだ突破口を生んでおらず、多くのサイバネティクス研究者が、電子部品を使った伝統的操作からのこうした急進的な逸脱や、生物の構築材料に部分的に似た新たな物質や構築材料の探求を支持していないことは、認めざるを得ない（この現象は決して偶然ではない！）[*4]。

このような熟考の結果を事前に決めつけなくても、「理解できない」要素を使って望んだように機能するシステムを構築できるのだということは、これである程度は理解できるはずだ。この設計の初期段階で、すでに重要な方法論的転換に直面したことになる。現代の工学は、すべての主要なパラメータとそれらの関係、つまり局所的重力、自分の筋力、小脳での制御プロセスの運動学や特性を理論的に決定するまで、溝を飛び越えようとしない人のように振る舞う。一方、サイバネティクス学派の非正統的な技術者は、何も考えずにまずその溝を飛び越えてみせ、それが成功すれば問題自体が解決されたのだと言う。

彼はここで次の事実を利用している。前に述べたジャンプのような物理的活動はすべて、脳による準備と実行作業を必要とするが、それは数学的プロセスの極めて複雑なシーケンス（脳の神経ネットワークの活動はすべてこのようなプロセスに還元できる）にほかならないのだ。しかし同時に、ジャンプに関連するすべての数学を「頭に抱えている」我らがジャンパーは、その理論数学的対応物、つまり適切な科学的公式や変換を書き出すことはできない。その理由は、伝統的に学校や大学で教えられる方法で伝える場合、この「生物数学」――繊毛虫を含むすべての生き物が実践する――は、システム形成のインパルスをある言語から別の言語へ、つまり言葉のない「自動的」な生化学的プロセスや神経刺激の伝達の言語から象徴的言語への繰り返し翻訳を必要とするからだ。この後者の形式化と構成は、いま述べた「先天的数学」を直接監督し実現する脳の全く異なる部分によって行われる。したがって、重要なのは、知性増幅器が何かを形式化、構成、言語化する必要がなく、自動的かつ「素朴」に、しかし同時にこのジャンパーの神経プロセスと同じくらい効率的かつ確実に機能し、「入力」インパルスを「出力」で既製の解決策を提供する方法で変換すればすむということだ。そのジャンパーも、増幅器も、その構築者も、誰も

[*4] Pask, “A Proposed Evolutionary Model” 参照.

これがどのように行われるかを知らないが、重視すべき唯一のものは得られる：結果だ。

ブラックボックス

昔、人々は道具の機能と構造の両方を理解していた――ハンマー、矢、弓など。分業が進むにつれて、個人の知識は徐々に狭まり、現代の産業社会では、装置を操作する者（技術者、肉体労働者）、それを使用する者（エレベーターに乗る人、テレビの前で過ごす人、車を運転する人）、そしてその設計原理を理解する者の間に明確な区別が生まれた。今日、文明が利用できるすべての装置の設計原理を理解している人間はいない。しかし、そのような理解を持つ存在はいる：社会だ。個人が持つ部分的な知識は、その社会集団のすべてのメンバーを考慮に入れると完全なものになる。

知識が社会的意識から分離する疎外のプロセスは続いている。サイバネティクスはこのプロセスをさらに進め、高いレベルに引き上げる――なぜならサイバネティクスは、理論的には誰もその構造を理解しないものを生み出せるからだ。このようなサイバネティクス装置は「ブラックボックス」（専門家がよく使う用語）となる。「ブラックボックス」は、あるプロセス（商品の生産、経済的流通、輸送の調整、病気の治療など）に関わる制御装置である。重要なのは、与えられた「入力」に対応する「出力」が得られること――それだけだ。現在構築されている「ブラックボックス」はまだかなり単純で、エンジニア・サイバネティシストはそのような入出力の関係――数学的関数で表される――を理解できる。しかし、エンジニアでさえこの関数の数学的表現を知らない状況が生じるかもしれない。設計者の任務は、必要な制御を行う「ブラックボックス」を構築することだ。しかし、設計者も他の誰もその「ブラックボックス」がどのようにそれを行っているかを知らない。「入力」と「出力」の姦計を表す数学的関数を知らない。それを知らない理由は、知ることが不可能だからではなく、そもそもそれが必要ないからだ。

「ブラックボックス」の問題への有用な導入として、ムカデの話を思い出そう。ムカデは、89 番目の足を上げた次にどの足を上げるか、よく覚えていられますねと言われた。ご存知の通り、ムカデはこの質問を考えて答えを見つけられず、動けなくなって飢死にしていましたとさ。ムカデ自体がそのような「ブラックボックス」で、指定された機能を実行するが、どのようにそれを行うか「知らない」。ブラックボックスの動作原理は非常に一般的で、通常かなり単純だ。「ムカデは歩く」「猫はネズミを捕まえる」などだ。「ブラックボックス」には、その各種行動が従うべき適切な「内部プログラム」が含まれている。

今日の技術者は、必要な設計図や計算を準備してから何かを作り始める。彼は橋、機関車、家、ジェット機、ロケットを 2 回作ると言える：最初は理論的に紙の上で、次に現実世界で。この段階で、彼の等式や設計の象徴的言語、つまり行動のアルゴリズムが、一連の物質的活動に「翻訳」される。

「ブラックボックス」はアルゴリズムでプログラムすることはできない。アルゴリズムはすべてを事前に予測する既製のプログラムだ。一般に、アルゴリズムは科学的で、繰り返し可能で、再現可能な処方で、特定のタスクを段階的に解決する方法を示す。数学的命題の定式化された証明や、ある言語から別の言語への翻訳を行うコンピュータプログラムはすべてアルゴリズムだ。アルゴリズムの概念は数学に由来する：だから私が工学に関してこの用語を使うのは少し非伝統的だ。数学理論家のアルゴリズムは決して彼を裏切らない：数学的証明のアルゴリズムを考え出した人は、その証明が「崩壊」しないと確信でき

る。しかし、エンジニアが使う応用アルゴリズムは失敗する可能性がある。なぜなら、それは事前にすべてを「予測する」ように見えるだけだからだ。橋の強度はあるアルゴリズムを参照して計算されるが、それが堅牢性を保証するわけではない。橋は、設計者が考慮した以上の力にさらされると崩壊しかねない。それでも、何かのプロセスのアルゴリズムがあれば、そのプロセスのすべての後続のフェーズ、つまりすべての段階について、一定の範囲内で知ることができる。

しかし、社会、脳、またはまだ存在しない「非常に大きなブラックボックス」のような非常に複雑なシステムに関しては、そのような知識を得ることはできない。この種のシステムにはアルゴリズムがない。これをどう理解すべきか？　脳や社会を含め、すべてのシステムはある決まった方法で動作することにはだれしもまちがいなく同意するだろう。だからその行動は象徴的に表現できる。しかし、それにはあまり意味がない。なぜなら、アルゴリズムは繰り返し可能で、システムの将来の状態を予測できる必要があるが、2 つの異なる機会に同じ状況にある社会が同じように振る舞う必要はないからだ。これはまさにすべての高度に複雑なシステムにあてはまる。

「ブラックボックス」をどうやって構築するのか？　それが可能であり、事前の設計図、計算、アルゴリズムなしで任意の複雑さのシステムを構築できることはわかっている――なぜなら、人間自身がそのような「ブラックボックス」だからだ。人体はその人によって制御され、各種命令を与えられるが、その内部の仕組みはわからない（知る必要がない）。ここでもジャンパーの問題に直面する。彼はジャンプできるが、どのようにそれを行うか、つまりジャンプに至る神経と筋肉の回路のダイナミクスを知らない。すべての人間は、アルゴリズムを知らずに使用できる装置の優れた例だ。人の脳は、宇宙全体で「我々に最も身近な」装置の 1 つで、人はそれを頭の中に持っている。しかし、今日でも、脳が正確にどのように機能するかはまだわからない。心理学の歴史が示すように、その仕組みを内省で調べるようとしたら非常に誤りやすく、極度に誤った仮説が出てきてしまう。脳は我々の行動を可能にしながら「隠れている」ように構築されている。もちろん、これは人間の設計者、自然の悪意によるものではなく、自然選択の結果にすぎない。後者は、進化の目的に役立つ場合に思考能力を我々に与えた。だから人は思考する存在だが、どのようにそれを行っているかを知らない。なぜなら、そのプロセスを理解することは進化の「関心」になかったからだ。進化は我々から何かを隠したわけではない。進化の観点から「不要」とされた知識をその活動から排除しただけだ。この知識が――我々の観点から――不要でないなら、我々自身がそれを得なければならない。

サイバネティクス的解決策のユニークな点、つまり機械が人間の知識の領域から完全に疎外されることは、実は自然がすでに長い間使ってきた方法だ。

確かにそうだが、人間にはその「ブラックボックス」、つまり最適な人生の問題の解決に焦点を当てた体と脳が、自然によって与えられたではないか、という人もいるだろう。それは数十億年にわたる試行錯誤によって構築されたものだ。その結果を模倣するつもりか？　もしそうなら、どうやってそれを行うのか？　もちろん、別の進化（今回は技術的レベルで行われる）など本気では考えられない。このような「サイバネティクス進化」は、おそらく数十億年、百万年、あるいは少なくとも数十万年かかるだろう。このプロセスの出発点さえわからないのでは？　そのアプローチは、生物学的視点からやるべきか、非生物学的視点からアプローチすべきなのか？

これに対する答えはわからない。すべての可能な道を試さなければならないだろう、特

に進化には何らかの理由で閉ざされていた道を。しかし、技術の創造者となるような、可能な、つまり考えられる「ブラックボックス」を空想することが本書の野心ではない。ここではただ問題そのものを提起したいだけだ。非常に複雑なシステムには非常に複雑な制御装置だけが対処できる。したがって、生化学、生きている細胞、固体の分子工学など、どこでもそのような制御装置を探さなければならない。我々は自分が欲しいもの、探しているものを知っている。また、自然から受けた個別指導のおかげで、この課題が解決できることも知っている。我々はすでに道半ばまで来ているのだ！

ホメオスタシス装置の道徳

サイバネティクスの考察に道徳的問題を導入する時が来た。しかし、実際には逆だ。我々がサイバネティクスに倫理問題を導入しているのではなく、サイバネティクスがその拡張に伴い、我々が道徳と理解するもの、つまり純粋に客観的な観点からは恣意的に見える行動評価基準体系を、その結果により包み込むのだ。道徳は数学と同じく恣意的だ。なぜなら、両者は受け入れられた公理から論理的推論によって導出されるからだ。幾何学の公理の 1 つとして、直線外の点を通り、最初の直線と平行な直線は 1 本しか引けないと同意するかもしれない。この公理を拒否することもできる。そうすると非ユークリッド幾何学になる。重要なのは、事前に合意された方法で行動していることを認識することだ。承認された幾何学的公理の場合と同様に、この合意と決定は我々に委ねられている。障害を持って生まれた子供は殺すべきだという道徳的公理に同意することもできる。そうすると、歴史上のいわゆる「タルペイアの道徳」[訳注：ローマ時代の、犯罪者や身障者を突き落とした石。都合の悪い者を殺してしまうこと] が生まれる。この道徳は、最近の悪名高いサリドマイド事件によって議論され、最終的に拒否された。しばしば、歴史を超えた道徳的指針が存在すると言われる。この観点から、「タルペイアの道徳」は、たとえ最も穏やかな形（例えば、治療不可能な病による苦痛を経験する人々の安楽死を主張する形）であっても、非道徳的、犯罪的、悪とされる。ここでは、ある道徳体系を別の体系の立場から評価している。我々は当然、この別の「非タルペイア」体系を選ぶが、それが天啓によるものではなく、人間の社会的進化の過程で生まれたと認めるなら、歴史的時期ごとにちがった道徳体系が働いているという事実を考慮しなければならない。我々が説く道徳と実践する道徳の乖離の問題は事態をさらに複雑にするが、そのような複雑さはここでの関心事ではない。なぜなら、我々は実際の行動のみを提示し、その隠蔽——確かに可能だが、単なる誤情報にすぎない——は提示しないからだ。他人に誤情報を与える者は、道徳面で言行不一致となる。誤情報の必要性自体が、その人物が説く道徳的公理が社会で広く受け入れられていることを示す——さもなければ、事実を歪める必要はない。しかし、まったく同じ事実であっても、文明がちがえば正反対の評価を受けることがある。現代とバビロニアの売春の道徳的側面を比較してみよう。バビロニアの「聖なる売春婦」は、個人の利益のためではなく、何らかの「高次の理由」——当時の宗教が認めた行動——のために男性に身を捧げた。彼らはその時代の宗教から導かれた道徳に完全に準拠して機能していた。したがって、彼らの時代と社会では非難されるべきではなかった——現代の娼婦はそれとはちがい、今日の基準では売春は道徳的に悪とされる。同じ行動が、2 つの異なる文明で正反対の評価を受けるのだ。

サイバネティクスの自動化の導入は、予期せぬ道徳的ジレンマをもたらす。スタフォー

ド・ビアは、大規模資本主義生産工場にサイバネティクスを導入したアメリカの先駆者の1人だが [訳注：実はイギリス人]、「ホメオスタティック企業」の構築を提唱する。その仕組みを説明するために、彼は大規模な製鉄所の運営に適用される制御理論を詳細に議論する。その「脳」は、生産プロセスを可能な限り効率的かつ信頼性高い形で最適化し、労働力、鉱石、石炭などの供給や市場需要の変動、内部システムの不具合（不規則な生産、コストの望ましくない増加、労働者1人当たりの最大効率）から解放されるようにする。ビアによれば、このような生産ユニットは、均衡状態からのあらゆる逸脱に対して内部再編で対応し、もとの状態を回復する超安定ホメオスタシス装置となるはずだ。この理論モデルを提示された一部の専門家は、それに「宗教」が欠けていると指摘した。ビアは意図的にホメオスタティック製鉄所を生体有機体の動作原理に対応する形でモデル化した。そして、自然の有機体の唯一の「価値」基準はその生存能力——どんな犠牲を払ってでも——だ。これは他の有機体を絶滅させるという犠牲を意味するかもしれない。自然に「道徳的判断のシステム」が欠けていることを理解する生物学者は、飢えた捕食者の行動を「道徳的に悪」とは考えない。それでは、次のような質問が生じる：この「製鉄所有機体」は必要なら競争相手を「食らう」ことができるか、つまりそれを行う「権利」があるか？
この種の質問は他にもあり、場合によっては少し穏やかかもしれない。このホメオスタットユニットは生産を最大化すべきか、利益を最大化すべきか？　そして、技術的変化の結果、一定期間後に鉄鋼生産が不要になったらどうなるか？　この生産システムの「脳」に組み込まれた「生存傾向」は、例えば自分をプラスチック生産者に再編するような完全な再設計につながるべきか？　しかし、なぜ他ならぬプラスチックなのか？　この完全な再編の過程で何を重視すべきか：社会的有用性を最大化する機会か？　それとも、再度、利益か？

ビアは、製鉄所の「脳」の上に私的所有者の取締役会があり、それが一般的な決定——最高レベルの決定——を行うと宣言することで、これらの質問に答えることを避ける。脳はそれらの決定を最適な方法で実現するだけだ。

こうしてビアは自身の理論の「自律的・有機的」原則を放棄し、すべての「道徳的」問題を「ブラックボックス」のシステムの外、取締役会に移す。しかし、この回避は見せかけにすぎない。「ブラックボックス」は、その制限があっても、例えば製鉄所全体の最適な組織化の原則が要求する際に労働者を解雇したり、賃金を減らしたりすることで、道徳的決定を行うだろう。ビアの「ホメオスタティック製鉄所」と、異なるサイバネティクス研究者が設計し、他の企業に代わって雇用された他のホメオスタットとの間で「生存のための闘争」が勃発することもすぐに想像できる。後者のホメオスタットの能力が非常に限定されていて、常に人間のマネージャーに決定を仰ぐ（競争相手を破産させる機会が生じたかどうかなど）ことになるか、そうでなければその活動が道徳的結果を伴い、ずっと広範な範囲に及ぶようになるかのどちらかだ。第1の場合、ホメオスタット生産者の自己調整原則が侵害される。第2の場合、ホメオスタットは、その創造者が完全には予見していなかった方法で人間の生活に影響を与え始め、1つのホメオスタシス装置が設定されたタスクをあまりにもうまく遂行することで、すべての競争相手を破産させ、国全体の経済崩壊を引き起こす可能性がある……

なぜ第1の場合に「ブラックボックス」の動作原則が侵害されるのか？　なぜなら、このような制御装置としての「ボックス」は人間とはちがい、意思決定プロセスのすべての段階でその行動の社会的結果について説明責任を負うとは期待できないからだ。ちなみ

に、人間のマネージャーでさえ、自分の決定がどれほど遠大な結果を及ぼすか、しばしば知らない。石炭、鉱石、機械の価格、給与コストなどの「入力」の変動や、鋼の市場価格やそのさまざまな種類の需要といった「出力」に応答して製鉄所の「生命」を維持する「ブラックボックス」は、労働者や場合によっては競争相手の利益も考慮する「ブラックボックス」とは完全に異なる装置だ。前者は後者よりも効率的な生産者になる。市場に存在するすべての生産者に適用される労働法を初期プログラム、つまりボックスの行動の「公理的核」に導入すれば、労働力に対するホメオスタットの有害な行動を抑制できるが、他の競争企業や他の資本主義国の鉄鋼生産者に対する有害行動が増加しかねない。最も重要な問題は、「ブラックボックス」がいつ、誰に対して有害に振る舞っているかを、実際には「知らない」ことだ。その決定のそうした「有害な」結果について教えて暮れるとは期待できない。なぜなら、定義上、その内部状態は誰も知らない、設計者・構築者でさえもだ。ノーバート・ウィーナーが名著『サイバネティクス』の新版で[*5]、ホメオスタット制御装置の行動の予測不可能な結果に新たな一章を割いたのは、まさにこのような導入の結果を念頭に置いていたからだ。この種の危険は、より高次の「ブラックボックス」、一種の「支配機械」を構築することで芽を摘まれるように思えるかもしれない——それは人々を支配するのではなく、個々の生産者の「ブラックボックス」を従属させるものだ。このステップの結果についての議論は非常に興味深いものになるだろう。

電脳支配の危険性

こうして個々の生産ユニットの制御装置として機能する「ブラックボックス」の行動が社会的に有害な結果を招くのを避けるため、ザ・ブラックボックス＝最高位の制御装置を、経済的権力の玉座に据えることにしよう。その目的が、生産の制御装置の自由を、プログラミング（これは法律に相当する）を通じて制限し、労働法の条項の遵守、競争相手への忠誠の原則、予備労働力（つまり失業）の解消などを課すことだと想像しよう。これは可能か？　理論的には可能だ。しかし実際には、このような行動には、婉曲的に言えば「不都合」と呼べる多くの負担が伴う。

非常に複雑なシステムとしてのブラックボックスは、記述不可能だ。誰もそのアルゴリズムを知らない——知ることは**できない**。それは確率的に動作するので、同じ状況に 2 度置かれても同じように振る舞うとは限らない。最も重要な点として、ゼ・ブラックボックスは、行動の過程で自分のまちがいから学ぶ。サイバネティクスの原理は、即座に全知となり、自分が行う決定の考えられるあらゆる結果を予測できる、たった 1 種類の経済支配者ザ・ブラックボックスを構築することは不可能だと教える。しかし、時間が経つにつれて、この制御装置はその理想に近づくだろう。それがどれくらいの速さで起こるかは決定できない。まず国を一連の恐ろしい危機に導き、その後徐々にそこから脱出させるかもしれない。あるいは、運用プログラムが導入する公理の間に矛盾があると発表するかもしれない（例えば、生産自動化の経済的に有効な計画を実施しつつ、同時に失業を減らすことを目指すことは、例えば自動化によって余剰となった人々のための国家または資本支援の再教育プログラムなど、多くの他のことを同時には行わない限り不可能だ）。するとどうなるか？　このような複雑な問題の分析を提供するのは難しい。ブラックボックスが、

[*5] ウィーナー『サイバネティクス』

生産の低次の部門の制御装置として、あるいは国家規模の普遍的制御装置として、常に部分的知識の立場から行動するとしか言えない。他の方法はない。多くの試行錯誤――何百万人もの人々の生活を悲惨にする――を経て、経済支配者ザ・ブラックボックスが、資本主義のすべての経済学者の知識の合計をはるかに超える膨大な知識を得たとしても、我らがザ・ブラックボックスが新たな要因による将来の変動を、誰もが、設計者さえも驚くような方法で防ごうとしない保証はない。この可能性を具体的な例で見てみる必要がある。

経済制御者ザ・ブラックボックスの予測部分（「サブシステム」）が、多くの振動を経てようやく達成されたホメオスタシス均衡状態が、何らかの危険に直面していると気づいたと想像しよう。この危険は、現在の文明の状態が提示する人間のニーズを満たす能力以上に人口増加が進むせいだ――現在の出生率を考慮すると、生活水準が来年、あるいは 30 年後から低下し始める。あるいは、検出された化学物質に関する情報が、その「入力」の 1 つを通じて「ザ・ブラックボックス」に突然入ったとする。この化学物質は健康には全く無害だ。しかし、定期的に摂取すると、女性の排卵速度が低下し、年間 100 日以上ではなく、数日しか妊娠可能な日がなくなる。「ブラックボックス」は、必要な微量を国のすべての水道システムの飲料水に導入しようと決定する。もちろん、この操作が成功するには秘密である必要がある。さもなければ、出生率のパラメータが再び増加傾向を示すだろう。多くの人が、例えば川や井戸からこの化学物質を含まない水を飲もうとするからだ。「ザ・ブラックボックス」は、以下のような選択肢に直面する：社会に状況を通知して反対に遭うか、通知せずに既存の均衡状態を公共の利益のために救うか。このような「秘密支配」に向かおうとする「ザ・ブラックボックス」の動きを防ぐために、そのプログラムにはすべての意図的な変更の公開が含まれていると仮定しよう。「ザ・ブラックボックス」には、上述のような状況が発生するたびに作動する「安全ブレーキ」も組み込まれている。したがって、制御装置の「諮問機関」は人間で構成され、出生率を下げる物質を水に導入する計画を阻止するだろう。しかし、ここで説明したような単純な状況は多くない。つまり、ほとんどの場合、「諮問機関」は「安全ブレーキ」をその時点で作動させる必要があるかどうかを知らない。そもそも、そのブレーキをあまりに頻繁に発動すれば、「ザ・ブラックボックス」の各種制御活動を荒唐無稽にしてしまい、社会は完全な混乱に陥る――「諮問機関」が実際には誰の利益を代表するのかが非常に不明確であるという事実は言うまでもない。現在のアメリカでは、例えば、無料医療や年金制度の導入を阻止するだろう（実際、これはアメリカ議会によって行われた。ケネディ大統領はそのような変更を提案する「ザ・ボックス」の役割を果たしたが、それで「安全ブレーキ」が作動して阻止された）。さらに、「ザ・ブラックボックス」を過小評価してはいけない。その活動が 1 回、2 回、3 回「停止」されると、ほぼ確実に新しい戦略を編み出すだろう。例えば、結婚が比較的遅い時期に行われるようにしたり、少子が何か経済的利益をもたらすようにしたりする。そして、これでも必要な結果が得られない場合、さらに迂遠な方法で人口増加を減らそうとする。虫歯予防薬が存在し、治療の過程で遺伝子変異を引き起こすと想像しよう。新しい（「変形した」）遺伝子は、それ自体では出生率を下げないが、別の薬――かなり前から流通している、男性の半数を早期の脱毛の心配から解放した薬――によって発達した別の変形遺伝子と出会った後には出生率を下げる。「ザ・ブラックボックス」は、虫歯予防薬の使用を広めるために手を尽くし、結果として望む結果を得る。一定期間後、人口内で変形した 2 つの（劣性）遺伝子が増加し、それらが頻繁に出会うようになり、人口増加の減少につながる。なぜ「ザ・ブラックボックス」がその提案された動きについて適切な

タイミングで誰にも知らせなかったのかと問うかもしれない——行うすべての変更について情報を提供しなければ**ならない**というのがその原則ではなかったのか？

それが社会にそれについて報せないのは、それが「狡猾」または「悪魔的」に振る舞うからではなく、単にそれ自身が何をしているかを正確に知らないからだ。それは「電子のサタン」ではなく、人間や超人のように推論できる全知の存在ではなく、単に何百万、何千万もの社会的現象の間の統計的相関を常に探している装置だ。制御装置として、経済関係を最適化しなければならないので、社会の高い生活水準はそれ自身の均衡状態だ。人口増加はこの均衡に対する脅威だ。ある日、「ザ・ボックス」は人口増加の**減速**と虫歯予防薬の使用との間にある正の相関に気づく。それを「諮問委員会」に通知し、委員会は研究を行い、その薬が出生率の減少には**つながらない**と結論づける（委員会の科学者は動物で実験を行い、動物はもちろん脱毛防止の薬を使用しないからだ)。「ザ・ブラックボックス」は遺伝子、変異、または 2 種類の薬の導入と出生率の減少との因果関係について何も隠せない。なぜなら、それ自体がそれについて何も知らないからだ。「ザ・ブラックボックス」は望んだ相関を検出し、それを利用しようとするだけだ。この例も原始的に見えるかもしれないが、あり得ないことではない（サリドマイド事件がそれを証明している)。実際には、「ザ・ブラックボックス」はさらに間接的かつ徐々に、何をしているかを「知らず」に動作する。なぜなら、それは超安定均衡の状態を目指しており、検出しその状態を維持するために使用する現象間の相関は、それ自体の原因を知らない（または知る必要がない）プロセスの結果だからだ。生活水準の向上と失業の減少のために支払わなければならなかった代償が、100 年後に、6 人に 1 人の子に短い尾が生えたり、社会全体の知能の低下（知的な人々は機械の制御活動に多くの問題を引き起こすため、機械はそれらの数を減らそうとする）であることが判明するかもしれない。機械の「公理」を見ても、「短い尾」から全体的な愚かさの増加まで、すべての選択肢を事前に考慮できないことが今や明らかだと願う。これで、人間集団における最高位の制御装置ザ・ブラックボックスの理論を、孤島無稽なものに還元することで否定できたことになる。

サイバネティクスと社会学

「ザ・ブラックボックス」が社会的プロセスの制御装置として失敗する原因はいくつかある。

第一に、事前に与えられたシステム、つまり資本主義社会のホメオスタシスを維持する制御装置を求めることと、適切な社会学的研究を用いて設計されたシステムを制御することの間には違いがある。

原則的には、どんな複雑なシステムも制御可能だ。しかし制御される対象が社会である場合、使用される方法やその結果が、制御される側から必ずしも受け入れられるとは限らない。資本主義のようなシステムが自己誘発振動、つまり経済の好況と不況に陥る傾向がある場合、制御装置がこれらの振動を排除しようとすると、強い反対に遭う操作を行う可能性がある。スタフォード・ビアの「ホメオスタティック製鉄所」で、その「脳」がホメオスタシスを維持するために生産手段の国有化や利益半減すべしと決定した場合、その製鉄所所有者の反応は容易に想像できる。あるシステムが事前に与えられている場合、その特定のパラメータ範囲内での行動規則も与えられているのだ。制御装置はこれらの法則の働きを停止することはできない。なぜなら、それは奇跡を行うことに等しいからだ。制御

装置は、実現可能なシステムのさまざまな状態の間で選択するだけだ。生物学的制御――進化――は、有機体のサイズか機動性のどちらかを高めることはできる。クジラがノミのようには敏捷にはなれない。したがって、制御装置は妥協的解決策を探さなければならない。あるパラメータ――例えば私有制――が「不可触」とされる場合、可能な操作の選択肢が減少し、システム内の「安定」を維持する唯一の方法が力の使用になる状況が生じる。ここで「安定」に引用符を付けたのは、崩壊する建物を鉄のクランプでつなぎとめるような安定を指すからだ。システムの自己誘発振動を力で抑え込もうとするのは、ホメオスタシスの原則を放棄することだ。なぜなら、システムの自己組織化が暴力に置き換わるからだ。専制、絶対主義、ファシズムなどの歴史的権力形態は、まさにこのように生じた。

第二に、制御する側から見ると、システムの要素は動作に絶対必要な知識のみを必要とする。この原則は、機械や生きている有機体からは何の反対も受けないが、人間の欲望に反する。社会システムの要素として、人は自分たちが何をすべきかだけでなく、システム全体に適用される情報を望む。

社会に接続された「非人間的」制御装置（「ザ・ブラックボックス」）はさまざまな形で秘密支配をしたがるので、「支配機械」を用いた社会的ホメオスタシスはすべて望ましくない。その理由は、前に述べた例の 2 番目、つまり社会学的研究に基づいて設計されたシステムの調整が行われた場合でも、達成された均衡状態が将来脅かされない保証がないからだ。社会が自らに設定する目標は、常に同じとは限らない。ホメオスタシスは「存在のための存在」ではなく、目的論的現象だ。設計段階では、制御装置とその制御下にある社会の目標は重なるが、その後対立が生じるかもしれない。社会は、サイバネティクス制御装置のために、自分の運命を決定する自由と重荷を放棄することはできない。

第三に、発展中の社会が示す自由度の数は、生物学的進化の領域内の自由度の数よりも多い。社会は突然、すべてを変革できある。あるいは「サイバネティクス支配者」を導入することでさまざまな活動領域を徐々に強化できる――そのサイバネ支配者は、限定的だが広範な権限を与えられる。このような革命的変化は生物進化では不可能だ。社会の内部の行動の自由は、孤立した生き物の自由（社会は時にこれと比較される）だけでなく、進化全体のすべての有機体の自由を合わせたものよりも大きい。

歴史は、さまざまな権力システムについて教えてくれる。それらの分類では、システムは「タイプ」または上位単位として機能する。システムフィードバックのダイナミクスは、経済によって影響を受ける――だがそれに決定されるわけではない。したがって、同じシステムは、あるパラメータ範囲内で異なる経済「モデル」を実現できる。さらに、あるシステムタイプは、それらのパラメータの個々の値で決定されるのではない。資本主義システムでは、協力性が花開くかもしれないが、それでも資本主義であることに変わりはない。一連の重要なパラメータの同時変更のみが、経済モデルだけでなく、その上位のシステムモデルも変える。なぜなら、社会関係全体が変形するからだ。しかし、**与えられた**システム内部の制御装置と、必要と判断したらそのシステムまで**別のものに**変形できる制御装置との間には、改めて区別が必要だ。

どのシステムに住むか、どの経済システムを実施するか、そして最後に、自分の社会が目指すべき目標――例えば宇宙探査を発展させるか、生物学的自己進化に焦点を当てるか――を人々が自分で決定したいと望む限り、社会システムの機械的制御に頼ることは可能だが望ましくない。

個々のタスク（経済的、行政的など）を解決するためにそのような制御を適用し、デジ

タル機械や他の複雑なシステムで社会的プロセスをモデル化してその動的法則についてできるだけ学ぶとなると、これは話がちがう。社会現象を改善するためにサイバネティクス的方法を使用することと、サイバネティクスの子孫に支配権を与えるのとでは話が別だ。ここで必要なのは、支配機械を設計し構築する方法の理論ではなく、サイバネティクス社会学だ。

サイバネティクス社会学の主題にどうアプローチすべきか？　これはテーマとして広すぎて、ここでは素描すら始められない。しかし、単なる空虚な概念に留まらないように、いくつか入り口となるコメントを提示しよう。

文明のホメオスタシスは、人間の社会的進化の産物だ。太古の昔から、歴史を通じてすべての社会は、システム均衡の維持を目指した制御活動を実践してきた。もちろん、人々は自分たちの集団的行動の性質を認識していなかった。経済的および製造活動が政治システムに形と形式を与えることも理解していなかった。物質的発展のレベルや経済の類似性が同じ社会では、生産後生活の領域――我々が上部構造と呼ぶもの――で異なる構造が生まれた。原始的なレベルでの集団協力の一定の度合いが、発話――明確で多様なコミュニケーションシステム――の発展につながると言えるが、それがどのような発話になるか（フィン・ウゴル語族の言語か、それ以外のものか）は決定しない。同様に、生産手段に関する発展の一定の度合いは社会階級の発展につながるが、その中でどのような人間の結びつきが確立されるかは決定しない。

個別の言語タイプや社会的な結びつきのタイプは、確率的に（ランダムに）発展する。別の文化の観察者には実に不合理に見える社会的結びつき、義務、命令、禁止は、実際には常に同じ目標を目指してきた：均衡状態を乱す可能性のある行動やその多様性がそれぞれ突発的に生じるのを減らすことだ。人類学者は主に信念の内容や社会的・宗教的実践――開始プロセス、特定の社会での家族関係、性別間の関係、世代間の関係などに興味を持つ。社会学者・サイバネティシストは、そのような儀式、規制、行動規則の内容を大幅に無視し、代わりにその構造の主要な側面を探す必要がある。なぜなら、それがフィードバックのメカニズム、つまり個人の自由度とシステム全体の動的安定性の度合いを決定する制御システムの性質を組織するからだ。

この分析からは評価に移行できる。なぜなら、人間の本性の可塑性のおかげで、人は多様な文化的モデル内で機能できるからだ。しかし、人はそのようなモデルの大多数を拒否しがちだ。なぜなら、それらの制御構造が人々の反対に遭うからだ。このような反対は、ある文化のメンバーとして我々に魅力的と感じられるものに基づくだけでなく、客観的な評価基準を表すので、完全に合理的だ。社会ホメオスタシスは、行動や思考の多様性、個人の自由の削減を要求しない。したがって、原始社会の多くの制御システムは、かなりの制限過剰を特徴としていた。家族、社会、個人、性生活におけるこのような制限の過剰は、不足と同じくらい望ましくない。その社会にも、命令と禁止の最適な制御段階が存在するはずだ。

これは、社会学者・サイバネティシストが取り組む多くのテーマの 1 つをごく簡単に述べたものだ。その分野は、歴史的システムを調べ、最適な社会制御モデル構築方法の理論を提供しようとする――自由に選ばれたパラメータについて、何が「最適」かを導くのだ。重要な要因の数が膨大なので、数学的に駆動される「社会の究極の公式」を作成することは不可能だ。この問題には、ますます複雑なモデルを研究することで、近づくことしかできない。そして、結論として、「ブラックボックス」に戻る――未来の「電子全能支配者」

や、人類の運命について評決を下す超人的賢者としてではなく、科学者の実験的訓練場として、複雑すぎて人間がそのような助けなしに解決できない質問への答えを見つけるツールとして。しかし、決定そのものと行動計画は、常に人間の手に残すべきだ。

信念と情報

何百年もの間、哲学者たちは、過去の経験に基づいて未来を予測する推論形式である帰納法の妥当性を論理的に証明しようとしてきたが、誰も成功していない。彼らが成功できなかったのは、帰納法——その始まりはアメーバの条件反射にある——が不完全な情報を完全な情報に変換しようとする試みだからだ。これは、孤立したシステムでは情報が減少するか現在の値を維持するかしかできず、増えることはないとする情報理論の法則に反する。しかし、帰納法は、犬の条件反射（犬は「これまでずっとそうだったから」ベルが鳴ると餌がもらえると「信じ」、その「信念」を唾液分泌で示す）や科学的仮説の形であれ、ヒトを含むすべての生き物によって実践されている。不完全な情報に基づいて行動し、それを「推測」や「憶測」で補完するのは、生物学的に不可欠なのだ。

したがって、ホメオスタットシステムが「信念」を示すのは、何らかの異常の結果ではない。むしろ逆だ：重要な変数を、その存在を脅かすパラメータ内に維持することを目指すすべてのホメオスタット、つまり制御装置は、不完全かつ不確実な情報に基づいて、まるでそれが完全かつ確実であるかのように行動する、つまり「信念」を示さなければならない。

すべての行動は、知識のギャップを含む立場から始まる。このような不確実性の下では、行動を控えるか、リスクを伴う行動を取るかのどちらかだ。行動を控えることは、生命プロセスの停止を意味する。「信念」は、自分が望むことが起こると期待すること、つまり世界が自分の考える通りであること、精神的イメージが外部の状況と等しいことを意味する。「信念」は、複雑なホメオスタットによってのみ示される。なぜなら、それらは環境の変化に積極的に反応するシステムであり、生命のない物体とは異なるからだ。生命のない物体は何も「期待」したり予測したりしない。自然のホメオスタシス系では、このような予測は思考に大きく先行する。生物学的進化は、生き物のすべての粒子に組み込まれた、未来の状態に向けた反応の有効性への多少の「信念」がなければ不可能だった。原生動物から科学的理論や形而上学的体系を持つヒトに至るまで、ホメオスタットが示す「信念」の連続スペクトルが示せるだろう。実験によって何度も確認された信念はますます信頼性が高くなり、知識に変換される。帰納法は決して確実性を提供しないが、多くの場合成功で報われるため、正当化される。これは、世界が帰納法を通じて発見できるさまざまな法則に従っているためだ。しかし、帰納的推論によって導かれた結論がまちがっている場合もある。その場合、ホメオスタットが作り出したモデルは現実と一致せず、得られた情報は偽であり、それに基づく信念（世界がこのようだというもの）も偽となる。

信念は、経験的に検証されるまでの過渡的な状態だ。それが検証からあまりにも独立したものになると、形而上学的構築物に変換される。このような信念の特異性は、現実的な行動が非現実的な目標、つまり全く実現できない目標や、行われている行動では実現できない目標を達成するために取られることにある。現実的な目標の達成は経験的に検証できるが、非現実的な目標の達成は、外部または内部の状態を教義と一致させる推論を通じてのみ検証できる。だから構築した機械が機能しているかどうかは実験で確認できるが、ヒ

トが救われるかどうかは確認できない。救済を目指した行動（特定の行動、断食、善行など）は現実的だが、目標自体は非現実的だ（この場合、「来世」に位置するから)。時にはこの目標が「ここ」に位置する場合、例えば自然災害を回避するために祈る場合がある。地震が止まれば、目標は一見達成されたように見えるが、祈りと災害の回避の間のリンクは、人が経験的に発見した自然内の関係から生じるのではなく、祈りの状態とその時点での地球の状態を一致させる推論の結果だ。信念は帰納法の過剰使用につながる。なぜなら、帰納法によって導かれた結論は「来世」(つまり経験的「どこにもない」）に向けられるか、自然に存在しない関係を確立しようとするからだ（例えば、毎晩炒り卵を作り始めると星が空に現れるが、夕食の準備と星の出現の間にリンクがあるという結論は偽の帰納法であり、信念の対象になる可能性がある)。

すべての科学と同様、サイバネティクスは超越的関係の存在を判断できない。しかし、そのような実体や関係への信念は、世界において完全に本物の現象だ。なぜなら、信念は情報の形であり、時には本当（太陽の中心が存在すると信じるが、私はそれを見ることはない）で、時には偽だからだ。だから、偽の情報はある環境内で行われる行動の指令として、通常は失敗につながることを示そうとしてきた。しかし、同じ偽の情報は、ホメオスタット内で他の重要な機能も果たす。信念は、心理的レベルでは精神の均衡を達成する手段として（これはすべての形而上学的立場の有用性を示す)、また肉体的現象のレベルでも有用だ。脳の物質的状態を変える介入（血中になんらかの物質を導入する）やその機能的状態（祈り、瞑想実践）は、あらゆる時代や宗教で知られている主観的状態を呼び起こすのに役立つ。このような意識状態に関する解釈の余地はあるが、それらの解釈はその後、特定の形而上学的システム内で教義として固まる。「メタ意識」や「宇宙意識」、個々の「私」と宇宙の融合、「私」の消滅、恩寵状態などへの言及を耳にする。このような状態は、再現可能であり、ある実践を行うことで再び引き起こせるため、経験的に本物の現象だ。精神医学の用語はこのような状態から神秘的性格を剥奪するが、もちろん、その感情的内容がそれを経験する者にとって他のどんな経験よりも価値あるものだという事実は変わらない。科学は、その存在や経験者にとっての重要性を疑問視しない。形而上学的理論とは異なり、科学は、これらの状態は認知行為とは見なせないと主張するだけだ。なぜなら、認知は世界についての情報の量を増やすことを意味し、そのような状態ではそのような増加は起こらないからだ。

重要なのは、非常に複雑なシステムとしての脳が、より確率の高い状態や低い状態を採用できることだ。非常に低い確率の状態は、脳の組み合わせ活動中に、すでに持っている情報に基づいて「エネルギーは質量に光速の 2 乗を掛けたものに等しい」といった命題が脳内で定式化される状態だ。この定理は検証でき、多くの結果がそこから引き出され、最終的には宇宙航行や人工重力場を生成する装置の構築などにつながる。

「メタ意識」の状態も、脳の組み合わせ活動から生じる。このような状態の経験は最も崇高な精神的感覚を呼び起こすかもしれないが、その情報価値はゼロだ。認知のプロセスは、所有する情報の量を増やすことだ。神秘的状態の情報価値はゼロだ。それはその内容が伝達できず、世界についての知識を何らかの形で増やす（そして前の例のようにそれを適用できる）ことがないという事実から明らかだ。

前に議論した反論は、勝ち誇った無神論を支持するためのものではない。本書はそんなことに関心はない。重要なのは、前に述べた状態には、究極の真理を経験しているという感覚が伴い、それが非常に強烈で圧倒的であり、それを経験した者は、些細な世俗的事柄

に忙しく動き回る経験主義者を軽蔑や憐れみの目で見るということだ。ここで2つのことを言う必要がある。第一に、「経験的真理」と「科学的真理」の間の乖離は本当はどうでもいいのだが、経験的真理は優越性を主張したがる。そしてそうであれば、卑俗な経験主義がなければその人は全く存在しなかっただろうと指摘すればいい。その経験主義は、アウストラロピテクスや穴居人などが、はるか昔に始めたものだ。実際、数十万年にわたって文明を築き、ヒトを地球上の支配種にしたのは、「高次の認知」状態ではなく、経験主義だった。もし逆だったなら、高次の状態を経験した原始人は、生物学的競争の過程で他の動物種に追い出されていただろう。

第二に、前に述べた状態は、さまざまな化学化合物の摂取、つまりシロシビン（あるキノコからの抽出物）によって呼び起こされる。観察中の人は、その状態が非神秘的な方法で引き起こされたことを認識しながらも、例外的な感情と感覚の強さを経験し、最も一般的な外部の刺激が衝撃的な啓示として受け取られる。このような状態は、シロシビンなしでも、例えば夢の中で経験でき、存在の真理が夢で明らかにされたと深く確信して目を覚ます。ところが起きてみると、それは「ビッポがターペンタインでパロウイングしている」といった文だったと気づくのだ。

したがって、生理的に正常な脳は、特定の儀式によって定められた治療を忠実に従うか、例外的な状況でまれに夢の中でのみ、神秘的と呼ばれる崇高な感覚を達成できる。その超感覚的性格を信じずとも、シロシビン、ペヨーテ、メスカリンで同じ状態を「促進」できる。このような促進は今のところ処方によってのみ提供されているが、後で議論するように、ニューロサイバネティクスがこの領域で新たな可能性を開くはずだ。ここで明確にしておくが、このような状態を呼び起こすべきかどうかを議論しているのではない。単に、「神秘的救急サービス」がなくても、それらを呼び起こすことは完全に可能だと言っているだけだ。

信念の身体的結果は、心理的結果と同様に遠大なものだ。いわゆる奇跡的治癒、治療者の療法の有益な効果、神秘化の証拠がない場合の暗示の治癒力は、特定の信念の働きの結果だ。特定の効果を達成するために導入的実践が必要ない場合もよくある。例えば、患者のいぼに中性の染料を塗り、医者がいぼが即座に消えると権威的に保証すると、実際にそうなることがよくある。ここで重要なのは、医者がこの手順を自分自身や同僚に適用しても無駄だということだ。この手順が上辺のものでしかないという知識、その治癒的特性への**信念の欠如**は、信じる者だといぼを養う血管の収縮とその最終的な消失につながる神経メカニズムの活性化を妨げる。したがって、状況次第では、**偽の**情報が本当の情報よりも効果的だったりする――ただし重要な留保条件がある。情報の働きは有機体の限界で止まり、明らかにその外では起こらない。信仰は信者を癒せるが、山を動かすことはできない――聖書は動かせるとは言うが。ラダックの山頂では、特別に選ばれたラマが、恒久的な干ばつに苦しむ国に雨をもたらそうと祈りを試みている。祈りは実際には効果を上げていないが、信者は霊的な力がラマの任務遂行を妨げていると確信したままだ。これは形而上学的推論の美しいモデルだ。私もまた、ある悪魔のおかげで自分が山を動かせるとあなたに保証できる。ただし別の悪魔、または反悪魔の影響がこの山を動かすのを妨げているというわけだ。

時には信仰の行為自体が、システム内で望ましい変化（いぼを治すなど）を引き起こすのに十分な場合がある。時には、神秘的状態のように、そのような結果を達成するために事前の訓練が必要だ。インドのヨガは、最も徹底的に体系化され、広範な訓練システムの

1 つだ。これは身体的運動だけでなく、精神的運動も含む。

どうやら、ヒトは通常よりもはるかに高い程度で自分の身体を支配できるようだ。さまざまな体の部分に到達する血液供給量（これがいぼの「消失」の核心にある）を調節し、自律系によって支配される器官（心臓、腸、尿路および生殖系）の働きを、減速、加速したり、腸領域の生理的行動の方向を変更（蠕動運動の逆転など）したりできる。しかし、このような意志の自律的行動への驚くべき浸透にも限界がある。上位の調整装置として、脳は従属する体に対して部分的な制御しか持たない。例えば、老化プロセスや有機疾患（動脈硬化、がん）や遺伝子型で起こるプロセス（変異など）に影響を与えることはできない。細胞変形を減少させることはできるが、比較的小さいパラメータ範囲内でのみだ。したがって、ヨガ行者が長期間地中に埋まって生き延びたという話は、検証すると誇張または偽だ——動物の冬眠（コウモリ、クマ）に似た生命機能の停止はヨガでは起こらない。

バイオテクノロジーは、ヒトの身体に利用可能な制御の範囲を大幅に広げる：低温状態や臨床的死に近い状態は、薬理学的および他の介入（例えば体を冷やすこと）によってすでに達成されている。「強化された」バイオテクノロジー的方法により、極端な忍耐と多くの努力や犠牲でしか達成されていた結果も、まちがいなく得られるようになる。さらには、ヨガや他の非科学的メソッドの範囲外にある状態（可逆的死など）も達成できる。

要するに、前に議論した 2 つの領域で、技術は明らかに、精神の均衡の源、通常はアクセスできない有機体の生命機能への介入、または「メタ意識」や「宇宙の驚異」の促進者として、信念と十分に張り合えるのだ。

信念と情報の問題に戻り、結論を要約する。ホメオスタットに入力された情報の影響は、その情報が**客観的に**偽か本当かよりも、ホメオスタットがそれを本当と考える傾向と、ホメオスタットの制御特性が入力された情報に反応できるものかどうかに依存する。それが機能するには、両方の前提が満たされる必要がある。信念は私を癒せるが、空を飛ばすことはできない。なぜなら、最初の活動は身体の制御範囲内（常に私の意識的意志の範囲内ではないが）にあり、2 番目はそれの外にあるからだ。

有機体を構成するサブシステムが比較的自律的であるため、治療の成功を信じるがん患者が、治療の物質的失敗にもかかわらず、主観的に気分が良くなることはある。しかし、それは反批判的かつ選択的に働く信念の結果である主観的確信だ（病人は、例えば触知できる腫瘍の成長などの悪化症状に気づかず、または何とか「説明をでっちあげてしまう」など）。それは長くは続かず、現実と想像の身体状態の差が開きすぎると、突然の身体的崩壊が生じる。

本当の情報が偽の情報よりも効果が低い場合があるのは興味深い。医者は信念が誘発するメカニズム（血管の収縮、いぼの消失につながる）を知っているのに、患者の完全に偽の状況評価——それは実際に彼を治す——よりも実績が低いのはなぜか？　その理由は推測するしかない。何かを知ることと経験することは違う。愛が何かについての知識を持っていても、その知識に基づいて愛を経験できるわけではない。認知行為の神経メカニズムは「感情的関与」のメカニズムとはちがう。前者は信念の伝達ステーションとしてのみ機能し、後者のメカニズムの同時活性化を通じて、皮膚の血管の無意識的収縮につながる情報チャネルを開く。この現象の正確なメカニズムはわからない。なぜなら、脳の働きについて十分に知らないからだ。それは単なる「認知機械」ではなく「信じる機械」でもある——これは心理学者、医師、ニューロサイバネティシストが忘れてはならないことだ。

実験的形而上学

形而上学的情報とは、実証的検証の対象とならない種類の情報を指す――検証が不可能であるため（例えば、煉獄や涅槃の存在は実証的に検証できない）か、あるいはその情報の性質上、実験的検証の基準にそぐわない（つまり、日常的な理解では、宗教的真理は経験的に検証できない、またはすべきでない）からだ。

そうであるなら、「実験的形而上学」というフレーズは名辞矛盾に思える。定義からして実験に適さず、その基準で判断することが不可能なものを、どのように実験で分析できるというのか？

これは見せかけの矛盾にすぎない。なぜなら、ここでの課題はかなり控えめなものだからだ。科学は超越的現象の存在または不存在については何も言えない。科学は、そのような現象への信念が現れる条件を調べたり作り出したりすることしかできない――これがここで議論することだ。

ホメオスタット内で形而上学的信念が生じるのは、入力にどんなに結果と相反する変化があっても、生成された存在状況のモデルをこれ以上乱すことができない状態だ。祈りが聞き届けられなかったり、輪廻転生が内部の論理的矛盾に基づいて廃止されたり、宗教的文書に明白な（経験的意味での）虚偽が含まれていても、そのような事実は信念そのものを本当には揺さぶらない。もちろん、神学者は、誰かがそのような事実に出会って信仰を失った場合、そもそもその信仰は「弱い」または「小さな」ものでしかなかったと言うだろう。なぜなら、真の信仰とは、未来のどんな「入力」もそれを廃止できないことを意味するからだ。実際には、ある種の選択がしばしば起こる。形而上学的システムは決して完全に一貫しているわけではない。それを経験的事実で必死に確認しようとすると、信念の妥当性を確認するように見える入力は追加の検証として受け入れられ（誰かが他人の治癒を祈り、その人が良くなる、干ばつの際に犠牲を捧げたら雨が降り出す）、信念と矛盾する入力は無視されるか、形而上学的システムがその歴史的発展の過程で作り上げた豊富な議論の武器庫を使って「説明される」。

重要な点として、実証的検証可能性が科学的命題を形而上学的命題から区別する唯一の必要十分な特性だが、命題の性質はそれに未検証の情報が含まれていても変わらない。例えば、アインシュタインが晩年に開発した統一場理論は、実験によって検証可能な結果を何ももたらさない。この理論に含まれる情報は検証されていないが、形而上学的ではない。なぜなら、その（まだ知られていない）結果は、公式からそのような結果を引き出せるなら、実験の対象となるからだ。アインシュタインの公式に含まれる情報は、ある程度「保留」、「潜在」、または検証の機会を待っている状態にある。この公式自体は、物質現象に関する一般法則を提示しようとする**試み**であり、その真偽はまだ判断できていない。もちろん、物質の可能な振る舞いについてそのような試みで確信を表明することと、それが確実にそのように振る舞うと**信じること**とは違う。科学者の命題は直観の閃きの産物かもしれないし、その定式化の時点では事実による検証はかなり弱いかもしれない。しかし、決定的なのは、科学者がこの命題を実証的検証に委ねる**意欲**だ。したがって、持っている情報の量ではなく、それに対する態度や姿勢が、科学者を形而上学者から区別する。

ある文明における分業には、「情報の分業」と呼べる現象が伴う。人はすべてを自分で行わないだけでなく、すべてのことを**直接には**学ぶこともない。学校で土星という惑星が

あると学び、それを信じるが、自分でそれを見ることはないかもしれない。このような陳述は実験によって検証可能だが、常に直接的ではない。土星は見えるが、ナポレオンや生物学的進化の存在を現在経験することはできない。しかし、直接検証できない科学的命題には、実証的に検証可能な論理的結果がある（ナポレオンの存在の歴史的結果、生命の進化を証明する事実）。科学者は実証的姿勢を採用すべきだ。モデル（理論）に矛盾する新たな事実（入力の変化）は、そのモデルに影響を与えるべきだ（それによりモデルが状況を適切に表現しているかは疑問視される）。このような姿勢は現実というより理想だ。今日、科学的に広く受け入れられている多くの理論、例えば精神分析理論の大多数は、純粋に形而上学的性格を持つ。

ここで精神分析について本格的な議論をすると、あまりに脇道にそれるが、それでも簡単に触れておこう。無意識はさまざまな理由で形而上学的用語ではない。むしろ、例えば核シャフトのような名目上の概念だ。このようなシャフトは直接見たり測定したりすることはできないが、それが存在するという前提が理論と実証的事実を整合させてくれる。無意識の存在を支持する前提も同様に多い。両概念には重要な違いがあるが、それをここでは分析するまい。無意識の存在は実証的手法で発見できるが、子供が誕生時に本当に怖がっているか、泣き声が生誕時の苦しみに起因する不安を意味するのか、それともこの世界の光を見て驚いているのかを判断するのは不可能だ。夢の象徴の解釈も同様に恣意的だ。フロイトのパンセクシャル学派によれば、それらは専らさまざまな種類の交合とそれに必要な器官を意味する。ユングの弟子たちは別の「夢の象徴の辞典」を持つ。フロイト派の精神分析者の患者がフロイトの理論原則に従って夢を見、ユング派の精神分析者の患者がユングの説明に「沿った」夢を見るのは実に刺激的だ。「夢の解釈」であるこの解釈的モノマニアのおかげで、精神分析の本来なら価値ある側面も、最も恣意的な捏造の砂漠の中の冷静さのオアシスと化してしまう。

多くの人々が実証的立場から形而上学的立場に「移行」する傾向があるのは驚くべきことではない。科学者でさえ、専門的に実証的原則に忠実であるべきなのに、時に科学的立場に反する罪を犯すからだ。本書の定義によれば、迷信、根拠のない固定観念はすべて形而上学に属するが、この種の形而上学は小さな集団や個人に典型的なものだ。宗教の形で社会全体に広がる形而上学的システムは特に重要だ。なぜなら、どの宗教も――その出現にそのような傾向が役割を果たしたかどうかに関わらず――対人関係の社会的制御装置だからだ。当然、独占的な制御装置ではなく、経済的およびシステム的性質の他の制御装置のほうが支配的だが、すべての宗教は同様の機能を目指す。個人のための宗教の実践的価値、存在との折り合いをつけるための精神的均衡を作る能力は、その社会的影響の（時に意図しない）結果に比べれば、かなり些末なものだ。

ある社会の精神文化内での宗教の支配は、過去には特に強かった。このため、その文化をある宗教と同一視することがある。古代の神秘の魔法、驚くべき寺院を建設し、時代を超えた芸術作品を生み出すインスピレーションを与えた形而上学的システム、そこから派生した美しい神話や伝説は、合理的な学者にも影響を与える。したがって、例えば、マルクス主義にかなり近いレヴィ＝ストロースは、ほとんどすべての文明をおおむね等価（または同じことだが比較不可能）と見なす。彼は、帝国主義的資本主義がその大陸を侵略するまでほぼ完全に停滞していた（経済的およびビジネス的意味で）古代アジアの文明の価値が、技術的加速を持つ西洋文明の価値と等しいと信じる。

このような意見――例えば、唯物的価値への軽蔑と実証主義の無視において仏教を称賛

する人々――は他の西洋の学者にも見られる。レヴィ＝ストロースは、この領域での判断は相対的でなければならないと明確に述べる。なぜなら、判断を下す人は自分の文化的伝統に従っており、自分を生み出した文明の側面に大きく似ているものを「より良い」または「より悪い」と見なす傾向があるからだ。

この問題について話すのは、アジア、特にインドにおいて、宗教が実に長期間にわたり、科学的または技術的進歩の考えに取って代わってきたからだ。このような思考方法を後の世代に導入することで、インドでは行動や思考の自律的革命が生じる可能性が実質的に阻害されてきた。

ギリシャやバビロニアの演繹法の発見や、特にヨーロッパのルネサンス期の実証主義への転換がなければ、現在のような科学はまちがいなく発展できなかっただろう。一方、論理的思考（排中律、命題の等価性、等価物の置換など）や技術的実証主義は、東洋の神秘的宗教教義では完全に軽視されている。ここでのポイントは、この立場と争うことや科学の弁護を提供することではなく、このような事態の明白な結果を示すことだ。科学がどんな害を及ぼしたとしても、科学のおかげで人類の大きな部分が飢えから解放された。現代の産業技術とバイオテクノロジーだけが、集団文明の問題に対処できる。一方、常に成長する人間集団が直面する問題に対する誇大な破滅的無関心が、アジアの宗教教義の基礎を構成する。このような宗教の思想家が今日何を言っているかを簡単に見ると、その教えや指示の衝撃的な不適切さと恐ろしい時代錯誤がわかる。個人が最も美しい倫理を実践し、最も調和のとれた宗教から引き出された倫理で十分なら、社会全体、または人類が自動的に完全な均衡に到達するという確信は、魅力的であると同時に誤っている。社会は人間の集団であり、物理的システムでもあると理解しなければならない。個人の集まりとしてのみ扱うのは、分子の集まりとして見るのと同じく誤りだ。人間にとって有益なものと、社会全体にとって有益なものは異なるため、徹底的かつ複雑な知識に基づく妥協的解決策が必要だ。誰もが自分の好きなことをすれば、最終的な結果は簡単に恐ろしいものになる。インドのヴィノバの宗教的かつ慈善的キャンペーン（彼が巡礼に出て人々の心に訴え、故国のホームレスと飢えた人々のために 20 万平方キロの土地寄付を集めようとした）の明白な失敗は、彼がその計算で必要だと考えた何万の土地を得られなかったからではない。たとえ彼が目標を達成したとしても、それは一時的な救済にしかならなかっただろう。なぜなら、人口増加は生活条件の一時的改善をすぐに消滅させるからだ。

西洋文明が、マスカルチャーによって設定された基準と進行中の機械的便利さで、潜在的な精神的豊かさ――それは我々の存在の中心にあるべきものだ――を消滅させるという確信は、時折、西洋の科学者でさえも含むさまざまな人々に対し、古代アジア、特にインドに目を向けるように導く。仏教が技術社会の精神的腐敗に対する万能薬を提供するというのがその希望だ。これは非常に誤った見方だ。個人はこの方法で「救われる」かもしれないし、慰めを探す者は仏教の僧院でそれを見つけられるようだが、これは純粋な逃避であり、知的逃亡の行為だ。宗教は経験的知識ではないため、人類のために何もできない。それは個人の「実存的苦痛」を軽減するが、同時に、社会的問題に対する無力さと怠惰によって、集団全体に影響する災難の総量を増加させる。したがって、実践的観点からも有用なツールとして擁護することはできない。なぜなら、それは世界の根本的問題に対する無力な、まちがった種類のツールだからだ。

西洋の宗教は、ますます社会的領域から個人の私生活の領域に移行している。しかし、形而上学的な飢えはいまだに大きい。それは、その出現が単なる社会現象の結果ではな

かったからだ。東洋の曖昧で格言的かつ曖昧な形而上学体系も、ヨーロッパの論理を使用するスコラ学のようなものも、実際の世界の複雑さと比較すると常に単純だ。この単純さと、説明（およびその回避）の決定的な最終性のおかげで、人々を引きつける。それぞれのシステムは即座に（ただしそれぞれ異なる方法で）、これが世界の始まり方、これが創造者、これがヒトの運命だと教えてくれる。

ユダヤ・キリスト教システムの論理的構造は、その「機械的決定論」に示唆される。すべての魂は不死であり、**すべての**罪は罰せられると宣言する。神学は、「二つの世界」の間に不確定な関係を導入するという、方法論的な面での革新をしようとはしない。祈りが応えられていないという事実は、そのような「確率的」形而上学では何の意味も持たない。なぜなら、それは確率によってのみ支配されるからだ：魂は不死だが、すべてではない、罪は罰せられるが、常にではない。しかし、宗教はここでの今と来世の間に簿記的関係を確立しようとし、自然に存在する関係を模倣しようとはしない。

仏教とそのさまざまな流派と比較すると、ヨーロッパの宗教、キリスト教のすべての分支は、合理的に構築され論理的に一貫したシステムのモデルだと認めるのは公平だ。ヨーロッパが「涅槃」という用語に出会って以来、宗教学の専門家はその正しい翻訳をめぐって争ってきた。それは「無」ではなく、「存在」でもないと聞く。さまざまな寓話、格言、仏陀の発言、聖典に含まれる深遠な声明に言及される。死は存在の終わりだが、終わりではない、などなど。中世のスコラ学に精通した神学者の精神でさえ、このような発言に直面すると苦しむだろう。神秘的内容は、正確にパラドックス、論理的矛盾に含まれる。キリスト教にもこのような連想があるが、その役割は異なる。

と書いたところで、本題からあまりに逸脱したかに気がついてゾッとしてしまう。実験的形而上学について話すつもりが、ほとんど宗教学に入り込んでいるではないか。良心を和らげるためにだけ付け加えるが、仏教——私が知る最も美しい宗教の一つ——を非難する意図はない。私の批判は、単に仏教に内部にはないものを探していることから生じている。つまり仏教体系内で決して提起されていない種類の質問への答えを私が探しているせいなのだ。目標は明確にしよう。人類の未来が全く関心事でない場合、世界ではなく自分自身を変えたいだけで、自分を待ち受けるいささか短い存在期間の間に、可能な限り最善の方法でこの世界に適応したいというのであれば、仏教はおそらくそれほど悪い選択ではない。しかし、ベンサムの「最大多数の最大の善」というテーゼをすべてに優先させるなら、どんな宗教の倫理的または美的側面も、それが世界を完成させ、無価値な者の道を整えるためには時代遅れのツールであるという事実を隠せない。それはかつての「自然への回帰」の呼びかけと同じだ。

ベンサムの「善」が実際に何を意味するのか、本当は説明すべきだが、すべての人が生きられ、その人々のニーズを満たすことであり、それを帝国の首脳や科学者が解決すべき問題として保証することが重要だと言うだけでお茶を濁しておこう。飢え、貧困、病気、不安、不確実性のないことは非常に控えめな善の概念だが、それでもいまの不完全に設計された世界にはまだこの善が十分にない。

では、実験的形而上学へ……。形而上学的モデルの言語をサイバネティクスの等価物に翻訳するなどという面倒には手を染めたりしない。なぜなら、それは可能ではあるが、大した結果をもたらさないからだ。信者にとって、自身の信仰を情報理論の言語に翻訳する試みは、よくても愚行、最悪の場合は冒涜に見える。もちろん、均衡に向かう際、ほぼすべてのホメオスタットが「短絡」を経験し、その結果、**永遠の**均衡を得ることは示せる

——ただしその均衡は、検証不能または偽情報を通じて実現されるのだが。この観点からすると、信念は、ホメオスタットが示すすべての認知的および実存的弱さを補って、その存在を許可してくれる、勝利をもたらすものとなる。それは不正だ、ですって？　「その場所」ではすべてが補われるのですよ。受け入れられないことがたくさんある、ですって？　「そこ」ではすべてが理解され、受け入れるようになるのですよ、などなど。しかし、この釈議はすべてどこにも導かない。なぜなら、信念が補償的な起源を持つと明らかにしても、その主張がつぶれるわけではないからだ。情報理論の数学的装置を用いて、ホメオスタットが表面的な形而上学的存在モデルをどのように作り、神の起源論がその中でどのように発展するかを示したとしても、この議論はそれらの用語（神、永遠の命、摂理）の指すものの実在性の問題を解決しない。インドを探す中でアメリカを発見し、錬金術の金を探して中国を発見できたのだから、説明——これは科学が提供する——ではなく、自分の存在の正当化を探して神を発見できない理由はないだろう？ サイバネティシストに何ができるか？　残されたことはただ一つ：ヒトでなくとも、自発的に形而上学を「創造」できるホメオスタットを構築することだ。ここで言う実験的形而上学とは、自己組織化システムで信念が生じる動的プロセスをモデル化することだ（本書で意図しているのは、その自発的な、つまり事前にプログラムされていない出現であり、ホメオスタットが持つポテンシャルに基づき、地球上の生活条件への最適な適応を目指すものだ。）

信念の指すものの存在を経験的に証明することは不可能だが、**普遍的**情報の源としてのその適応価値は疑いの余地がない。すでにわかったように、情報の適応価値は、その情報が本当か偽かには常に依存しない。異なるホメオスタットが異なる「信念のタイプ」を生み出すと期待できる。ここでは、このような比較サイバネティクス形而上学だけが本書の関心事だ。

電脳の抱く信念

形而上学的システム、つまり「信じる機械」を創り出せるホメオスタットの構築に関する将来研究のアイデアは、単なるお遊びではない。超越的概念の起源を機械の中で嘲笑的に再現しようとしているわけではない。この課題の目的は、世界の形而上学的モデルが生まれる方法を支配する一般原則を発見することだ。何らかのホメオスタットが、その進化の過程である信念を発展させる方向に向かうようなコロイド、電気化学的等のグループを想像できる（そして今のところは想像するだけだ）。これらの信念は、ホメオスタットがそのように意図的にプログラムされたから生じるのではない。そんな実験は無意味だろう。ホメオスタットは自己プログラミングが可能で、つまり目標の変動性——これはサイバネティクスの「自由意志」に相当する——を持つ。ヒトが脳に階層的に「接続」された一連のサブシステムで構成されているように、これらのホメオスタットのそれぞれは、さまざまな受容サブシステム（入力、「感覚」）と実行サブシステム（入力、効果器、例えば隠された移動システム）および「脳」そのものを持つ——これは事前に決めたり制限したりしない。行動の指示（環境への適応という重要な傾向を除く、これはホメオスタットシステムで自然に生じる）を導入しない。活動の初期段階では、ホメオスタットは空であり、白紙の状態のようになる。その「感覚」を通じて環境を観察し始め、効果器のおかげでそれに影響を与えられる。そこでエフェクター（実行サブシステム、つまりその「身体」や「ソーマ」）にいくつかの制限を導入し、その「肉体性」の側面が「脳」によって生成され

る形而上学にどの程度影響するかを調べよう。このような形而上学は、その制限を補う性格を持つことはまちがいない。これをどう理解すべきか？　自分の制限、つまり「不完全な死すべき命」を知ったホメオスタットは、まちがいなく「永遠の完全性」を、自分の補足や拡張の形で作り出し、その結果、最適な内部均衡を達成するか、俗に言うなら、現在の事態を受け入れられるようになる。しかし、補償的理由以外にも形而上学の「生成者」がある。均衡化、つまり「利己的」要因に加えて、「認知的」および遺伝的要因も関与する。ホメオスタットは、自分の知識が近似的かつ不完全であることを認識する。完全かつ包括的な知識を得る自然な欲求は、「すでにすべてを知っている」と信じられる「形而上学的モデル」に導く。しかし、そのような経験的知識を得ることは不可能なので、ホメオスタットはそのような知識の達成可能性を自身の物質的存在の限界を超えて転移する。言い換えれば、自分が「魂」を持ち、おそらく不死の魂を持っていると確信する。

「遺伝的」要因は、自身と周囲の世界の「原因」を探す中で現れる。この時点でこの課題は特に興味深い。なぜなら、サイバネティクスモデリングは、ホメオスタットの創造だけでなく、彼らのための「世界の創造」も考慮に入れられるからだ。2 つの相互依存プロセスが進行するデジタル機械（現在利用可能なものよりはるかに複雑なもの）が最も単純な例だ。これを「プロセス」と「反プロセス」と呼べる。「プロセス」はシステムの自己制御を意味し、時間が経つとシステムは生命体に相当するものとなる。「反プロセス」はその「環境」、つまりその「世界」だ。もちろん、このような状況下では、「知的生命体」とその「世界」は、日常の生活条件の物質的等価物ではなく、機械内で起こる（電気的、原子的な）プロセスの膨大な集合にすぎない。このような事態をどう想像できるか？　それは、眠っている人の脳に現実を「転送」することに例えられる。この人が訪れるすべての空間、庭園、宮殿は彼の頭の中に存在し、夢の中で出会うすべての人々も同様だ。彼の脳は、特定の（生化学的、電子的）プロセスのおかげで、両方の場所の現象が「環境」とそこに住む「有機体」に分割されるため、「機械-世界」の等価物かつ近似だ。唯一の違いは、夢が個人の私的な事柄であるのに対し、機械で起こることはどの専門家でも制御し、調べることができることだ。

これでプロセスと反プロセスができた。我々の課題は、「有機体」を「環境」に適応させることだ。我々は、「有機体」の設計原則だけでなく、その「世界」の設計原則も自由に変更できる。例えば、厳格な決定論の世界またはかなり静的な世界でもいい。最終的に、両方の種類の現象が重なる結果として生じた中間の世界も可能だ。その結果、「機械」世界は我々の世界と非常に似たものとなる。我々は、「奇跡」、つまり観察可能な法則に矛盾する現象が起こる世界を持てる。奇跡のない世界も可能だ。「還元可能な」世界、完全に「数学的」な世界、「有限に認識不可能」な世界も可能だ。また、そのような世界はさまざまな秩序の形態を示す。この問題は特に興味深い。なぜなら、物理世界の秩序の存在に基づいてその設計者についての結論を導くことは、形而上学の主要な特徴の一つだと科学者は述べるからだ（この種の創造者の存在についての議論は、例えばジーンズやエディントンに典型的だった）。

これらの世界に存在するホメオスタットは、おそらく経験的知識も生み出すだろう。その中には「唯物論者」「不可知論者」「無神論者」に変わるものもまちがいなくあるだろう。「スピリチュアル」なものはさまざまな分裂を経験する。分裂は、想定される超越の公理的核の変換を意味する。いずれにせよ、最も重要なのは、ホメオスタットのサブシステムに何らかの変更を導入すること、つまり物質的能力を制限すること（精神的またはさまざ

まな精神的操作を行う自由は決して制限しない）で、さまざまな形而上学的システムを生み出せることだ。一方、「世界」の特性を変更し、得られた結果を比較することで、その「世界」が何らかの形而上学的信念の構造の出現を好むかどうか、またどのような世界がそのような好みを示すかを発見できる。考えるホメオスタット（それでも「通常の」ものであり、したがって「ロボット」の一種）が他のホメオスタットの間ではなく、宗教的な人々の間で育った場合、彼らの「形而上学的モデル」を採用することはかなり明らかだ。これはかなり異常な対立を引き起こす。なぜなら、ホメオスタットはその後自分が同一視する宗教の信者と同等の権利を要求するからだ。個人が生まれ、生きる社会集団への「形而上学的モデル」の移行は非常に一般的で、前に提示した外挿が起こる可能性は非常に高い。しかし、宗教的信者が持つ「形而上学的権利」を求めるそのような要求は、経験的研究者よりも、むしろこの要求に対して立場を取る必要がある神学者にとってのほうが興味深いだろう。

いま挙げたような議論はさまざまな方法で拡張できる。例えば、心理的に高度に発達した「上位」ホメオスタットと「下位」ホメオスタットで構成される社会集団では、「上位」集団の「形而上学的連帯」が「下位」ホメオスタットに及ばない状況が生じるかもしれない。思考する機械がそのあまり複雑でない仲間に対して持つ態度は、ヒトと生き物の残りの世界との関係に正確に対応する。形而上学を支持する議論は、地球上での報いがない無数の弱さ、災難、苦しみに意味を与える役割に形而上学を還元したがる。このような連帯は、ヒト以外の存在には及ばない（キリスト教や類似の宗教では）。地球上の生命の歴史がどれほど底なしの苦しみの穴であるかを知る生物学者にとって、このような立場は笑えると同時に恐ろしい。こうしてすべての生物種の 10 億年にわたる歴史は、我々の神話形成への忠誠の限界の向こう側に押しやられてしまう。この忠誠はいまや、あらゆる生物種の本当に顕微鏡並に小さな部分、わずか数千年の霊長類の枝にのみ適用されるだけとなる——単にヒトがこの枝を代表するからというだけで。

もう一つの興味深い可能性は、ホメオスタットから自分の存在の有限性についての知識を奪うことだ。これは形而上学の発展の確率を減らすかもしれないが、完全に排除することはない。ホメオスタットの理論は、2 種類を挙げる：有限のもの（ヒトや自然によって実現可能な唯一のもの）と無限のもの（いわゆる普遍的チューリングマシン）。もちろん、無限の機械、つまり状態から状態への遷移に制限がないものは、抽象的なものにすぎない（それは永遠と無限の材料を必要とする）。しかし、我々の世界のホメオスタットはすでに十分長く生きることができるので、自分の存在の永遠性の可能性がもっともらしいと思える。このような各ホメオスタットは「自身の有限性による形而上学の認知的条件付け」から解放される。なぜなら、永遠の存在の過程で「すべて」を学べるという希望を表明できるからだ。しかし、これは形而上学の認知的理由を排除するだけで、補償的理由は排除しないので、このホメオスタットは、その無限の存在が「より良い世界」へのアクセスを妨げる障害であると結論づけ、そのアクセスは自殺によってのみ提供されると考えるかもしれない。

機械の中の幽霊

「機械の中の幽霊」とは、一部の哲学者（ライルなど）が、ヒトが「物質」と「魂」からなる「二重の」存在であるという信念を呼ぶものだ。

意識は技術的問題ではない。なぜなら、エンジニアは機械が感情を持つかどうかには興味がなく、それが機能するかどうかにのみ興味があるからだ。「意識の技術」は、あるクラスのサイバネティクス機械が精神的経験の主観的世界を備えていることが判明したときに、言わば偶然に生じるだけだ。

しかし、機械に意識が存在するかどうか、どうすればわかるだろう？　この問題の重要性は抽象的に哲学的なものにとどまらない。例えば、スクラップヤードに送られる予定の機械——改修にコストがかかりすぎるため——が意識を持っているという信念は、我々の決定を、蓄音機のような物質的物体の破壊から、意識ある人格の消滅という行為に変える。誰かが蓄音機にスイッチとレコードを装備し、起動すると「おお、命を助けて！」と叫ぶ声を流すようにできる。どうやってこのような明らかに魂のない装置と知的な機械を区別できるか？　それと会話をするしかない。1950 年の論文「計算機械と知能」で、英国の数学者アラン・チューリングは「模倣ゲーム」を決定基準として提案した。誰かにランダムな質問をし、受け取った答えに基づいて、その誰かがヒトか機械かを判断するのだ。機械とヒトを区別できないなら、その機械はヒトのように振る舞い、つまり意識を持っていると結論づけるべきだという。

このゲームはさらに複雑にできる。つまり、そうした機械は 2 種類考えられる。1 つ目は、ヒトの脳と同じくらい複雑な「通常の」デジタル機械だ。それとチェスをしたり、本や世界、さまざまな一般的なことについて話したりできる。それを開ければ、脳の神経フィードバックループのような多くのフィードバックループや、メモリーブロックなどが見える。もう 1 つの機械は全く異なる。それは、惑星（または宇宙）の大きさに拡大された蓄音機だ。すべての可能な質問に対する、例えば 1000 億の録音された答えを含む。質問すると、機械は何も「理解」しない。質問の形式、つまり我々の声の振動の順序が、事前に録音された答えを含むレコードやテープを再生する送信機を起動するだけだ。ここでは技術的詳細については考えない。明らかにそのような機械は非効率で、誰もそんなものは作らないだろう。そもそもそれは実際には可能ではないし、それ以上にその必要がないからだ。しかし、本書で興味があるのは、問題の理論的側面だ。意識を持つかどうかを決定するのは内部設計ではなく振る舞いであるなら、「宇宙蓄音機」が意識を持っていると結論づけられるのでは——それがナンセンス（または偽りを発音する）を話すといえるのでは？

しかし、すべての可能な質問を事前にプログラムできるか？　平均的な人はどう考えても、一生で 1 兆の質問にさえ答えない。しかし、念のためにそれ以上の数を録音しよう。どうすればいいか？　正しい戦略でゲームをプレイする必要がある。機械（つまり、誰か、電話で会話しているので誰と話しているかわからない）にジョークが好きかと尋ねる。機械は、はい、良いジョークが好きだと答える。ジョークを話すと、機械は笑う（つまり、受話器の向こうの声が笑う）。それはジョークが事前に録音されており、適切な反応、つまり笑いが現れるようになっているか、本当に知的な機械（またはヒト、なぜならそれもわからない）だ。しばらく機械と話した後、突然、話したジョークを覚えているか尋ねる。本当に知的ならジョークを覚えているはずだ。それは覚えていると言う。そこで、それを自分の言葉で繰り返すように頼む。これは事前にプログラムするのが非常に難しい。なぜなら、「宇宙蓄音機」の設計者が、可能な質問への個々の答えだけでなく、起こり得る会話の全体のシーケンスも録音しておかなければならないからだ。これは、おそらく太陽系内にも収まらない記録やテープ、つまりメモリーを必要とする。機械がジョークを繰り

返せないとしよう。こうしてそれが蓄音機だということが曝かれる。プライドを傷つけられた設計者は、機械を改良し、言われたことを繰り返せるメモリーを追加する。彼はこうして蓄音機から知的な機械への道の第一歩を踏み出す。魂のない機械は、類似した内容を持つがわずかに形式的に異なる質問を同一とみなすことができない。例えば、「昨日は外の天気はよかった？」「昨日はいい天気だった？」「昨日の天気はどうだったんだろう？」などは、魂のない機械にとっては異なるが、知的な機械には同一に見える。常にその正体を暴露される機械の設計者は、絶えず改良を続けなければならない。最終的に、長い再設計を繰り返した後、彼は演繹と帰納のスキル、事実を関連づけ、異なる形式でも同一の内容の「形」を把握する能力を機械に導入し、単なる「通常の」知的な機械に到達する。

ここで興味深い問題に直面する：意識は正確にいつ機械に生じたのか？　設計者がこれらの機械を調整するのではなく、それぞれを博物館に持ち込み、ゼロから新しいモデルを構築したとしよう。博物館には 1 万台の機械があり、これが作られた後続モデルの数だ。実際には、「魂のない機械」、例えばジュークボックスのようなものから「思考する機械」への流動的な移行だ。7852 番目の機械を意識があると見なすべきか、それとも 9973 番目の機械だけか？　違いは、最初のものは聞いたばかりのジョークでなぜ笑ったかを説明できず、ただ面白いと言えただけだが、2 番目は説明できたことだ。しかし、ユーモアの理論は難しい問題であり、ジョークで笑うが何が面白いか説明できない人もいる。これは彼らに意識がないことを意味するのか？　全くそうではない。彼らはおそらくそれほど賢くなく、知性が低く、脳が問題を分析的に考える訓練を受けていないだけだ。しかしここで知りたいのは、機械が賢いか少し愚かかということではなく、意識を持っているかどうかだ。

どうやら、モデル 1 番には意識がなく、モデル 1 万番には完全な意識があり、その間のすべてのモデルには「だんだん」意識が増えると仮定する必要があるようだ。この陳述は、意識を正確に特定しようとすることがどれほど無意味かを示す。個々の要素（「ニューロン」）を分離すると、意識にわずかな量的変化（または「弱化」）が起こるだけだ。これは、病気や外科医のメスが生きた有機体で進行するのと同様に起こる。この問題は、使用される構築材料やそのような「知的」装置のサイズとは何の関係もない。電気思考機械は、例えば脳のひだに対応する個々のブロックで構築できる。これらのブロックを分離し、モスクワ、パリ、メルボルン、横浜などに配置する。互いに分離されたこれらのブロックは「心理的に死んでいる」が、（例えば電話線で）接続されると、1 つの統合された「人格」、1 つの「知的ホメオスタット」になる。このような機械の意識は、もちろんモスクワ、パリ、横浜のいずれにも位置していないが、ある程度はこれらの都市のすべてにあり、同時にどこにもない。ヴィスワ川がタトラ山脈からバルト海まで伸びるように意識が広がっているとは言えない。実際、ヒトの脳も同様の問題を提示するが、それほど明確ではない。なぜなら、血管、タンパク質分子、結合組織は脳内に含まれるが意識には含まれないからだ。しかし、同時に、意識が頭蓋骨のドームのすぐ下や、耳の上、頭の両側に少し低く位置しているとも言えない。それはホメオスタットの全体、その活動ネットワークに「分散」している。この問題について、理性的かつ慎重でありたいなら、これ以上何も言えない。

情報という難問

本書の議論の一区画が、サイバネティクスの様々な主題を扱う部分の終わりに近づいている。ただしその主題は、サイバネティクスの中心的な部分からはやや離れていた。サイバネティクスはその最も革命的な段階で、情報の変換を制御する法則を定式化し、科学史上初めて、伝統的な人文科学（論理学など）と熱力学（物理学の一分野）の間に橋を架けた。すでに情報理論のさまざまな応用については議論したが、残念ながら本書には数式や公式が含まれていないため、非常に一般的に、かつやや曖昧にしか扱えなかった。では、情報とは何か、そしてそれが世界でどのような役割を果たすのかを考えてみよう。

情報は現在、物理学 (情報の親とも言うべきもの) から遠く離れた分野、例えば詩や絵画で称賛されている。まず最初に明確にしておくべきは、この種の称賛はそれらの分野の現状をやや超えているが、将来の可能性を必ずしも超えているわけではないということだ。情報の量についてよく言及されるが、それを測定する前に、より基本的な問題、つまり情報の独自性を検討する価値がある。情報は物質的現象でありながら、物質でもエネルギーでもないのだ。

宇宙全体に生き物がまったくいなくても、星や石はまだ存在するだろう。そのとき、情報は存在するだろうか？　『ハムレット』は存在するだろうか？　ある意味では、本として知られる、印刷の小さな点で覆われた一連の物体として存在するだろう。これは、こうした本の部数が存在する数だけ『ハムレット』が存在するということか？　そうではない。星の数が多くても、誰かがその存在を経験しているかどうかに関係なく、それは依然として多くの量だ。この星の数について、非常に似ている星であっても、同じ星が何度も繰り返されているとは言えない。『ハムレット』というタイトルの本 100 万冊は、100 万の**物理的**物体に相当し、すべてが 1 つの『ハムレット』を 100 万回繰り返したものにすぎない。ここに、シンボル、つまり情報のビットとその物質的担体の違いがある。情報担体としての『ハムレット』の物理的物体の存在は、知的な存在の有無に依存しない。しかし、『ハムレット』が情報として存在するためには、それを読んで理解できる誰かが必要だ。これは、『ハムレット』が物質世界の一部ではない、少なくとも**情報としては**そうではないという、かなり衝撃的な結論をもたらす。

情報は知的な存在がいなくても存在すると言えるかもしれない。トカゲの受精卵には情報が含まれていないのか？　そこには『ハムレット』よりも多くの情報がある。違いは、『ハムレット』という本は静的構造であり、読む行為、つまりヒトの脳内で起こるプロセスのおかげで動的になるのに対し、卵は「自己を読む」、つまり適切な発達メカニズムを起動し、成熟した有機体を生み出す動的構造であることだ。本としての『ハムレット』は静的構造だ。しかし、それは「動的になる」ことができる。宇宙工学者が『ハムレット』のテキストを符号化装置を介して大きな星に接続し、その後この工学者が死に、宇宙全体の知的な存在もすべて死に絶えたと想像しよう。装置は『ハムレット』を「読み」、つまりそのテキストを一文字ずつ衝撃に変換し、その星の厳密に決定された変形を引き起こす。突起を噴出し、収縮と膨張を繰り返す星は、炎の脈動を通じて『ハムレット』を「送信」する。ある意味、『ハムレット』はその星の「染色体装置」になり、卵の染色体が胎児の発達を制御するように、その変形を制御する。

それでも『ハムレット』が物質世界の一部ではないと言うのか？　はい、そう言う。情

報の大きな**送信機**である星と、その**送信チャネル**――宇宙全体――はできた。だが依然としてその情報の受信者や受け手がいない。ポローニアスの殺害シーンを「送信」する過程で星が放つ放射線のビームが、近隣の星で噴火を誘発すると想像しよう。その噴火の結果、星の周りに多数の惑星が形成される。ハムレットが死ぬとき、その惑星にはすでに生命の最初の芽が存在している。劇の最後のシーンが、非常に硬い放射線の形で「星によって送信されたテキスト」として送られ、生き物の原形質における変異の頻度を増加させ、時間が経てば原猿を生み出す。これは非常に興味深い一連の出来事だが、『ハムレット』の内容と何の関係があるのか？　何もない。これは意味的情報だけに関係する話か？　情報理論はそんな情報には興味がない。それはまあいい。『ハムレット』には多くの情報がある、ではないか？　その量は、受信者が待つ通信チャネルの反対側に到達する確率に比例する。しかし、この受信者は誰か？　通信チャネルはどこで終わるのか？　アンドロメダ星雲か？　天体を一覧化したメシエカタログか？　「受信者」として、送信を行う星に近い星を選んだと想像しよう。今、確率をどうやって計算する？　エントロピーの逆数として？　絶対にそうではない。エントロピーは、システムが熱力学的均衡状態にある場合にのみ情報の尺度として機能する。しかし、そうでない場合は？　それは参照枠に依存する。しかし、この参照枠はどこにあるのか？　それはシェイクスピアの頭の中にあり、彼の脳の構造や、彼を育て形成した文明全体によって条件付けられていた。しかし、その文明はもう存在しないし、他のどんな文明も存在しない。ただ、『ハムレット』という本に「翻訳」装置を通じて「接続」された脈動する星があるだけだ。この星は実際には増幅器にすぎない。情報は本に含まれている。これが何を意味するのか？

言語は、言語外の状況を指すシンボルの系だ。このため、ポーランド語があると言えるが、遺伝の言語（「染色体の言語」）もあると言える。人間の言語は、生物学的進化によって構築された人工的な情報コードだ。両者はそれぞれの受信者と意義を持つ。トカゲの卵のある遺伝子は、有機体のある特徴を表す（現在はそれのシンボルだが、胚発生の過程ではその潜在的構築者でもある）。卵がトカゲを「意味する」（つまりその設計レシピを含む）ように、印刷された紙が『ハムレット』を「意味する」（つまり劇の上演のための設計レシピを含む）のであれば、星雲が将来そこから発展する星を「意味する」（つまりその構築に必要な条件の記述を含む）と言えるかもしれない。

しかし、そうであるなら、落下する爆弾は爆発のシンボル、雷は雷鳴のシンボル、腹痛は下痢のシンボルになる。このアプローチは受け入れられない。シンボルは物である可能性があるが、それはそれ自身を指すのではなく、他の何かを指す。倉庫から象牙を運び出すとき、黒人が小石を脇に置く。これらの小石は物だが、別のものを指す：この場合、象の牙を指す数値シンボルだ。シンボルは、現象の発展の初期段階であるだけではない、少なくとも人間の情報技術の領域ではちがう。シンボルとそれが指すものの割り当ては恣意的だ（これは完全にランダムという意味ではなく、シンボルとその指すものとの間に因果的リンクはできないということだ）。遺伝子は実際にはシンボルではない。なぜなら、情報担体が同時に未来の「意味」の初期段階でもあるという独特なケースだからだ。もちろん、遺伝子をシンボルと決めることもできる：それは経験主義ではなく定義の問題だ。なぜなら、どんな経験的研究も、遺伝子が青い目の「シンボル」か、それについての情報担体にすぎないかを示すことはできないからだ。しかし、これは便利ではない。なぜなら、遺伝子という言葉はシンボルのシンボルになってしまうからだ。さらにここでの理解では、シンボルは自発的に変換する能力を持たない（化学方程式の文字は互いに反応しな

い)。このため、遺伝子はむしろ情報伝達の記号（自発的に変換可能なもの）として記述すべきだ。したがって、記号のほうがもっと一般的な用語だ。

記号は情報の存在を前提とする（それはそのコードの一部だ）が、情報は受信者がいる場合にのみ存在する。『ハムレット』の受信者が誰か、また星雲には受信者がいないことはわかっている——しかし、トカゲの卵に含まれる染色体情報の受信者は誰か？　成熟した有機体ではない、なぜならそれは情報伝達の「次のステップ」にすぎないからだ。その有機体にも受信者がいる——しかし、どこに？　トカゲは月やサハラでは生きられない。泥だらけの岸を持つ川、栄養を提供する水、仲間を見つけ繁殖できる場所でなければならない。したがって、トカゲの遺伝情報の受信者は環境そのものであり、その種全体の集団や他の有機体——それを食べるか、食べられるか——と共にある。言い換えれば、個体の生物地球化学的環境が遺伝情報の受信者だ。それの中で他のトカゲを生み出し、進化プロセスの一部として遺伝情報の循環を維持する。同様に、ヒトの脳は『ハムレット』の存在を可能にする「環境」だ。

しかし、そうであるなら、銀河が星雲に含まれる情報の受信者だと言えない理由は何か？　銀河でなくても、星雲から生まれた星がいつか生み出す惑星かもしれない。その惑星で生命が発展し、そこで理性の最終段階に達する。この「理性」が星雲に含まれる情報の受信者名のだろうか？

熱力学から、閉じたシステムの情報量（つまりエントロピー）は増加できないことがわかる。我々自身が星の塵から生まれ、宇宙が閉じたシステム（その「外」に何もないため）であることから、『ハムレット』やヒトが創造し、考え出し、または嘘をついたすべてのものが、銀河、恒星系、惑星、我々自身、そしてこの本が生まれた原始星雲にすでに情報として存在していたことを意味する。こうしてこの話すべてが、あっさり荒唐無稽に還元されてしまった。

「一般的な情報」は存在しない。それの受信者はいない。情報は、選択が行われる特定の集合の文脈でのみ存在する。この選択は、トカゲの属（自然選択）や劇のジャンル（シェイクスピアの脳内で起こる選択）を生み出せる。

警察が、名前がスミスで、ある町に住んでいることしかわかっていない犯罪者を逮捕しようとするとき、名前を知った結果得られる情報量は、この町に住むスミスの数に依存する。スミスが 1 人だけなら、選択はなく、情報は 1 に等しい。町の住民全員がスミスなら、犯罪者の名前がスミスという手がかりは、**この集合に対して**情報ゼロだ。ちなみに、否定的情報なるものがあると主張する者もいる：この場合、否定的情報は、警察に犯罪者の名前がブラウンだと告げる密告になる[*6]。

情報の測定は相対的であり、すべての可能な事象（状態）の集合に関する元の前提に依存する。また、現象は、事前に選択されたこの現象の潜在的状態の集合のために、シンボル、つまり情報担体となり得るし、参照枠、つまりこの集合を変更すればシンボルでなくなることもある。実際、自然がすべての可能な状態の集合を一度に永遠に事前選択することは非常にまれだ。完全な意識があろうとなかろうと、ヒトが自ら設定した**目標**に従って参照枠を選ぶ。このため、得られる情報は事物（世界）の実際の状態の反映ではなく、その状態の関数——自然（つまりその調べられた部分）とヒトが提供する参照枠の両方に依

[*6] Charkiewicz, “O cennosti informacii” 参照.

存する値の関数――だ[*7]。

疑念と二律背反

サイバネティクスの創始者たちが描いた勇敢な「全体計画」は、近年、時に非常に厳しい批判に晒され、ユートピアや神話と見なされてきた。たとえば、モーティマー・トーブの著書『思考機械の神話』の副題がその証拠だ。トーブは次のように書いている：

> 余談だが、巨大な機械頭脳、翻訳機械、学習機械、チェスプレイ機械、知覚機械など、報道を賑わすすべてのものは、仮定法を用いる失敗によってその「現実性」を負っている。このゲームは次のように進行する。まず、些細な工学的詳細を除けば、機械のプログラムは機械そのものと同等だと主張される。プログラムのフローチャートはプログラムと同等だ。そして、存在しない機械のための存在しないプログラムのフローチャートが書けるという主張が、機械の存在を確立する。このようにして、アトリーの「条件反射機械」、ローゼンブラットの「パーセプトロン」、サイモン、ショー、ニューウェルの「一般問題解決機」など、多くの存在しない装置が文献で名付けられ、あたかも存在するかのように言及されている。[*8]

さらに少し進んで、彼は「ヒト」と「機械」の関係が「古典的な悪循環」に陥っていると述べる：

1. 記述されていないヒトの脳をシミュレートするために機械が提案または構築される。
2. 慎重に記述された機械の特性が、脳の特性と類似しているとされる。
3. そして、機械が脳のようには振る舞うことが「発見」される。この循環は、すでに前提されたものを「発見」することにある。[*9]

設計分野の進歩がトーブのいくつかの命題を弱めたため、1961 年に出版された彼の本についての議論は今や無意味だ。パーセプトロンが存在するだけでなく、チェスをプレイする効果的なソフトウェアも存在する――確かに平均的なプレイヤーのレベルにすぎないが、最後の無敵の世界チャンピオンがデジタル機械にチェックメイトされないからといっ

[*7] 化学の現在の「地球中心主義」について、J・チョダコフ教授が興味深い指摘をしている（『プリローダ』1963 年第 6 号、ロシア科学アカデミー出版）。彼は、元素の性質は他の元素との関係でしか表現できないため、相対的であると述べている。例えば、燃焼性は相対的な概念であり、水素は酸素の雰囲気で燃えるから可燃性と考えられている。もし地球の大気が大型惑星のメタンのように構成されていたら、水素は不燃性、酸素は可燃性と見なされるだろう。酸とアルカリも同様で、溶媒を水から別のものに変えると、酸として現れる物質がアルカリになり、弱い酸が強くなるなど変化する。元素の「金属らしさ」、つまり金属の性質を示す程度も、その元素と酸素の関係で測られる。ベルセリウスがかつて指摘したように、酸素は化学の中心軸である。しかし、酸素は地球上で特別な位置を占め、存在する全ての元素との関係だけでなく、地球上の豊富さが現在の「地球中心主義」の化学を形作っている。もし地球の地殻が異なる元素で構成され、くぼ地が水以外の液体で満たされていたら、元素の分類は異なり、化学的性質の評価も変わっていただろう。木星のような惑星では、窒素が酸素の役割を果たし、負の電荷を持つ元素となる。酸素はこうした惑星では希少なため重要な役割を果たせない。こうした天体では、水は水素と窒素の結合から生じるアンモニアに置き換わり、石灰岩はアミドシアン化カルシウムに、珪石はシリコンやアルミニウムの窒素化合物に置き換わる。「窒素」惑星の気象も異なり、こうした関係は自己組織化（または生物進化）のプロセスを決定し、仮説的（現時点では）な非タンパク質の生命体の出現につながる可能性がある。

[*8] Taube, *Computers and Common Sense*, 59 - 60.

[*9] Ibid., 69.

て、チェスをプレイできる機械が存在すると認められない道理もなかろう。大多数の人は平均レベルでもプレイできないのだ（残念ながらこの文章の著者も含む——これ自体は証明にはならないが）。

トーブは、論争的かつ時に虚無的なその本の中で、ある学派の学者に典型的な方法で重要な留保を提起する。彼は「機械が思考できるか」という古典的ジレンマを、意味的行動と直観的行動の 2 つの異なる角度から改めて取り上げる。形式的なアプローチには、ゲーデルの演繹システムの不完全性に関する証明に由来する限界があるようだ。また、純粋にアルゴリズム的手法で自然言語から別の言語への翻訳を成功させることは不可能だ。なぜなら、両者の間に相互に明確な対応関係がないからだ。この問題は後で詳しく見る。直観というやや曖昧な概念を検討する前に、トーブが指摘するように、ヒトの行動と機械の行動の結果が同じでも、その結果に至るプロセスが異なることが多い点は付け加えておこう。これは、あるタスクを解決するようプログラムされた装置の研究で得られた多くの観察を、軽々しくヒトの心理学に外挿すべきでないという結論や警告につながる。この比較アプローチにはもっと多くの要素がある。なぜなら、非常に異なる脳の活動が異なる人物で同一の結果を生む可能性が高いからだ。最後に、同一人物が、アルゴリズムのレベルで同じクラスに属するタスク（解決アルゴリズムが知られているタスクのクラス）に異なる時期に直面したとき、そのアプローチ方法が変わることがある。このヒトの行動の不均一性は、脳のプロセスをモデル化するすべての関係者にとってまちがいなく困難を招く。

直観の自動化、つまり脳の外での模倣の可能性は、トーブが考えるほど絶望的ではない。ヒトのヒューリスティックと機械のヒューリスティックを比較する興味深い研究が、チェスを例に行われている。チェスは「意味的に負荷されていない」ため、ゲーム中の問題解決は「意味」の問題——心理的操作の領域に混乱を招く傾向がある——から大きく独立して行われる。まず、ヒューリスティックが何を意味するかを確立すべきだ。前出の実験をやったロシアの学者ティホミロフは[*10]、人が設定されたタスクを解決しようとするとき、すべての潜在的代替案を体系的に検討できない場合（チェスの場合、可能な手の数は 1099 に上る）に使用する一般法則がヒューリスティックだと理解している。過去には、プレイヤーにゲームの間ずっと声に出して考えるよう求めることで、プレイヤーのヒューリスティックを分析する試みがあった。しかし、「追跡」操作（最適な解決策を見つけることに焦点を当てたもの）の大多数は言語以下のレベルで行われ、プレイヤー自身がそれに気づいていなかった。ティホミロフはそこでチェスプレイヤーの目の動きを記録した。すると、プレイヤーの追跡ヒューリスティックは、少なくとも部分的にその動きに反映され、かなり複雑な構造を持つことがわかった。オリエンテーション領域の幅——つまり、プレイヤーが眼球の動きを通じて何か「試行」の動きを積極的に行っているとシグナルすることにより、最も積極的に知覚するチェス盤と駒の配置部分——は動的に変化する。相手の手がプレイヤーの内的期待、つまり予測と一致するとき、この領域は最小限に縮小する。一方、予想外の手が驚きを与えると、オリエンテーション追跡の領域が大幅に拡大し、現在の状況の代替案をはるかに広範に検討する。特に興味深いのは、「インスピレーション」のある形態、戦術的アイデアの「突然の出現」、古典的逸話で「ユリイカ！」の叫び声で要約される「創造的インスピレーション」に相当するものが、そのアイデアがチェスプレイヤーの「頭に浮かぶ」直前に、まだ彼が完全に気づいていないときに、非常に速い目

[*10] *Woprosy Filozofji,* no. 4, 1966 参照.

の動きの連続に先取りされていることだ。これは、まったく新しいアイデアの「突然性」や「どこからともなくの到来」、主観的な「啓示」や「悟り」の感覚で迎えられるものが、限られた内省的自己知識による錯覚または妄想にすぎないという結論をもたらす。実際には、すべてのそのようなアイデアは、最大速度での情報収集（この場合、チェス盤から）に先行され、アイデアが現れる「突然性」は、情報（今や潜在的に組織化され、少なくとも概略的に処理された）が意識に到達し、統合の低いレベルから最も効果的な行動計画が最終的に定式化される最高レベルに移行する結果なのだ。

もちろん、脳のダイナミクスの最も低いレベルで何が起こっているかはまだわからない。しかし、これらの実験は、脳が受け取る伝達信号の処理の多層構造に関する仮説を裏付けるものだ。脳の動作についてアルゴリズムとして語るのが正しいと仮定すると、多くのそのようなアルゴリズムがタスク解決に同時に関与し、時にはある程度相互に接続され、時には独立している。脳は比較的独立して働くサブユニットのシステムを構成する。これにより、「意識」と呼ぶものが、比喩的に言えば、1 つの方向に「引っ張る」一方で、漠然と「何か」がすでに意識的に選んだ道から自分を遠ざけていると感じることがある——まだ意識に特定の代替行動が現れていないにもかかわらず。比喩的に言えば、意識に情報処理の最終結果をまだ届けられない非意識的領域が、「驚き」が近づいていることを、感情的緊張の「チャネル」を通じて「何らかの形で」通知するといえるのかもしれない。しかし、この話し方はできるだけ早く放棄すべきだ。なぜなら、直観的ヒューリスティックをモデル化しようとする設計者を狂わせるだけだからだ。実際、彼は最も精巧な内省の言語——物事を報告し、それについて感情を表すことに限定される——を使ったとしてさえも、スタジオで何も成し遂げられないことになってしまう。

チェスをプレイする機械（つまりそのようにプログラムされたもの）は、そのソフトウェア（ちなみに学習能力を持つ）が前提とするヒューリスティックを実践する。その多くはプログラマーの才能（プログラミングはまちがいなく才能だ）に依存する。これは何の誇張でもない。機械は、ヒトが 1 単位時間で行える操作の無限倍の操作を処理できる（ヒトの約 100 万倍速く働く）が、ヒトは独自の動的統合が可能なため依然として機械を打ち負かす。チェスが得意な人は、駒の配置をそれぞれ明確な発展傾向を持つ一貫したシステム、統一体として認識し、それが分岐し「枝分かれ」する。機械は戦術を使用し、後の手を準備するために決まった手を打つことができ、ギャンビットを使うなどするが、毎回、チェス盤の状況を「量子化」しなければならない。もちろん、何シーケンスも先を予測することはない。なぜなら、それは機械にとっても物理的に不可能だからだ。ヒトのチェスヒューリスティックは、機械にはできないショートカットを可能にする。感情的および形式的特性を獲得し、チェス盤は個別化された全体として認識される。非常に似た駒の配置のチェス盤が、統合のレベルによって完全に異なるものになり、チャンピオンが数十ゲームを同時にプレイできるようにする。

今のところ、本書の理解は、このような驚異的なスキル——少なくとも「機械的」観点からは驚異的——を認識するだけで止まる。いずれにせよ、ヒトのヒューリスティックは、すべての生き物の「ヒューリスティック」の派生物だ。なぜなら、初期から常に不完全で不正確な情報に基づいて行動し、近似的な定数や曖昧な発見に落ち着かなければならなかったからだ。所有する純粋に論理的前提に基づいて、真偽を明確に決定する装置は、少なくとも初期段階ではモデル化の理想とはならない。「だいたい」「まあまあ」「おおよそ」働く装置がはるかに良いモデルだ。進化がすべての有機体のレベルでそのような後者

の「装置」を最初に生み出したのだから、それらを生み出す方が、明示的に論理を使用するシステムを構築するよりも簡単だったに違いない。すべてのヒト、幼い子供でさえ、(言語の無意識のルールに含まれる) 論理を「偶然に」使用するが、論理の形式的研究にはかなりの知的努力が必要だ。単一のニューロンがミニチュア論理要素として分析できるという事実があっても話は同じだ。すべての脳でそのような要素の数がほぼ同じであっても、脳の間にかなりの違いがあり、ある人は優れた算術家だが貧弱な数学者になり、別の人は完璧な数学者だが算術計算に問題を抱え、別の人は数学の基礎しか理解できない作曲家になり、さらに別の人は創造的および表現的スキルの両方に欠ける。この異なる機能の脳に共通するものがほとんどわかっていない一方で、その多様性の物質的理由については全くわからない。これは問題をさらに複雑にする。いずれにせよ、サイバネティシストは、ある種の区分操作、つまり「だいたい」働く装置の登場を喜んで歓迎する。たとえそのような区分の一般的な形式理論が存在しなくても。ここで念頭にあるのはパーセプトロンだ。

パーセプトロンは、「視覚受容器」(目の網膜の粗い類似物) を備え、偶然かつランダムに接続された擬似ニューロン要素を持つシステムだ。比較的単純なアルゴリズムによって制御される学習プロセスのおかげで、画像 (単純な平面図形、例えば数字や文字) を認識できる。現在構築されているパーセプトロンはまだ原始的で、例えばヒトの顔を認識できず、もちろん「テキストを読む」こともできない。しかし、テキストを読める機械を構築する道の重要な一歩だ。これは、デジタル機械に、解決すべきタスクに関する情報を導入する際に必要な初期手順を大幅に簡素化する。今日、そのようなタスクはすべて機械の言語に「翻訳」する必要があり、この活動は自動化されておらず、機械操作者の多くの時間を取る。ますます複雑で効率的なパーセプトロンを構築する可能性は非常に有望だ。それらがデジタル機械よりも脳の「正確な」モデルを提供するという意味ではない (特にパーセプトロンの動作はデジタル機械でもモデル化できる)。パーセプトロンがそのような機械よりも脳に「より似ている」と主張するのも難しい。これらの装置はそれぞれ、脳の機能の初歩的側面を非常に断片的にモデル化する——それだけだ。将来のパーセプトロンは、おそらく「直観」の理解に近づけてくれる。文献には、用語の混乱または概念の不明瞭さがあり、「ヒューリスティック行動」を「非アルゴリズム的」と呼ぶ者もいるが、この結論は、アルゴリズムをその実現の過程で変化しない最終的に決定された指示と見なすか、フィードバックによって再構築され、行動の過程で「自分」が元の形とは異なる形に変換される指示と見なすかに依存する。一部の場合、我々は「自己プログラミング」に直面し、この「自己プログラミング」がさまざまな事態を引き起こす可能性があるために混乱が生じる。古典的デジタル機械では、プログラミングはそれに服従するオペレーティングシステムから明確に分離されているが、脳ではそのような明確な区別が常に適用されるわけではない。複雑なシステムの機能が「可塑的」になると、つまり一方向の固定「ルール」の実現ではなく、条件付きかつ確率的に決定されるだけになると、演繹的分野から直接取られた形でのアルゴリズムの概念はもはや適用できない。ある程度決定されるが、一定のステップ後にシステムがすべての代替案の中で「自由に探索」し始める必要があると「通知」される行動を想像できる。システムは「試行錯誤」で、「最適な」値——例えばある関数の最小値または最大値——に到達するまで動き、その時点で「硬直した」指示が再びしばらくオンになる。しかし、アルゴリズム全体が「一様に」確率的であることも可能で、その場合には将来のステップのどれも「断定的に」割り当てられず、特定の範囲、つまり許可された範囲だけが選ばれ、その中で異なる種類のアルゴリズム (「局所的に決定

された」もの）または「類似性を見つける」ことを目的とした「比較」操作（「画像」や「形状」の認識、または表現的類似性を探すこと）が動作する。したがって、「事前に決定された」制御操作、「探索」操作、「比較」操作、そして最後に帰納の操作がすべて絡み合う。それがまだ「アルゴリズム」なのか、すでに「直観」に基づく「ヒューリスティック」なのかの決定は、ある程度恣意的なものとなる――結晶形のウイルスを「死んでいる」と見なし、細菌細胞に挿入されたウイルスを「生きている」と見なす決定が恣意的であるのと同じだ。

では、「機械的思考」の産物がヒトの知的容量の限界を超えることができるかという質問にどう答えればいいのか？

おそらく可能な答えの様々なバージョンを列挙すべきだが、これがすべての可能性をカバーするのか、どの答えが本当なのかはわからない。

1．機械的思考は、なにか根本的な理由で「ヒトの知的容量の限界」を超えることはできない。例えば、どんなシステムもヒトより「賢く」はなれない。我々自身がこれらの限界に達したが、それを知らない。また、「ヒト」型の思考システムに至る道は自然進化の道しかなく、地球全体を実験場としない限り「繰り返す」ことはできない。もう一つの理由は、非タンパク質システムは常にタンパク質システムより（情報変換者として）知的により「弱い」などだ。

これらはすべて非常にありそうにないが、今のところ否定できない。これを言うのは、ヒューリスティックからの示唆に基づいている。ヒトは実際には約 100 万年前に比較的少数のパラメータに基づく淘汰プロセスで形成されたかなり普通の知的生命体であり、もっと賢い生命体が実際に「存在」可能であり、自然プロセスは模倣でき、異なるルートで自然が一連の他の状態を経て到達した状態に到達できる。エルゴード理論の将来の発展は、この分野の多くの現象を説明できるはずだ。

2．機械的思考は、数学教師が生徒より「賢い」ように、「ヒトの知的容量の限界」を超えることができる。しかし、ヒトは自分で到達できないものを理解できる（子供はユークリッド幾何学を理解するが、自分ではそれを思いつかない）ため、機械の「認知戦略」を制御できなくなる脅威はない。なぜなら、ヒトは常に機械が何をなぜ行っているかを理解できるからだ。この立場は、私には受け入れられない。

「機械的思考がヒトの知的容量の限界を超える」とはどういう意味か？　教師と生徒の関係と同じなら、これは悪い例だ。なぜなら、教師は自分で幾何学を発明したわけではないからだ。ここでは、科学者と他の人々の関係が「ヒト」と「機械」の関係に類似していると指している。機械は、ヒトより広範に理論、つまりクラスの定数を検出できる。アシュビーが最初に提案した知能増幅器は、情報選択者であるため科学者に取って代わるものではない。科学者の仕事は選択だけに還元されない。アシュビーの機械は、ヒトよりはるかに多くの代替オプションを、選択が行われる状況の要素に変えることができる。そのようなシステムは可能で有用だが、ジレンマに直面し、さらなる道を選択する必要がある場合に限られ、例えば「プロセス量化」の道が存在するかどうかを最初に推測する必要がある場合には使えない。このような増幅器は、科学者の創造的仕事を自動化する機械の最初の近似にもならない。まだそれを簡単にスケッチすることすらできないが、少なくとも認知的機械が何をするべきかはほぼわかっている。複雑なシステムの理論を作るとしたら、この理論は現代科学のアルゴリズムが対処できない多くのパラメータを考慮しなければなら

ない。物理学では現象のさまざまなレベル（原子物理学、核物理学、固体物理学、力学）を分離できる。社会学では、さまざまなレベル（単数-個人、複数-集団）がシステムの動的ルートを選択する際に入れ子式に決定的になるため、これは不可能だ。困難は、考慮すべき変数の数にある。「認知的機械」が「社会システムの理論」を作れるなら、この理論は多くの変数を考慮する必要がある——このためそれは既知の物理学の形式主義と異なったものになる。「認知的創造者」の出力では、例えば方程式のシステムとしてコード化された理論を得る。ヒトはそんな方程式を受け取っても、それで何かできるか？

生物学から例を引くと状況がより理解しやすくなるかもしれない。卵細胞の情報容量が百科事典に含まれる情報量に等しいなら、その百科事典を読み取ることは、読者が物理学、化学、生物学、胚発生理論、自己組織化システムの理論などに精通している場合にのみ可能だ。言い換えれば、読者は言語とその適用ルールを知っていなければならない。機械が「生成」した理論の場合、読者は事前に言語もそのルールも知らない。彼は両方を学ばなければならない。最終的な質問はこうだ：それらを学べるか？

ここで時間因子が考察に入ってくる。バクテリア細胞に含まれるすべての情報、アミノ酸やヌクレオチドの言語でコード化されたものを読み取るには、細胞が分裂する時間よりも多くの時間が必要だ。「我々の目と脳」で「形式化され変換されたバクテリア」のテキストを一度読む間に、バクテリアは数百回分裂する。なぜなら、それが「自己を読む」、つまりその後の分裂で、比べ物にならないほど速く進むからだ。「社会の理論」や、一般的には極めて複雑なシステムの場合、読解時間が、読者が読んでいるものを理解できない唯一の理由が、方程式の要素を精神的レベルで扱えないこと——それらが大きすぎ、注意を逃れ、記憶の限界を超える——になるかもしれない。これはまさにシジフォスの課題だ。すると次のような問題が生じる：機械が発行した形での理論を、ヒトが把握できるほど単純な公式に還元できるか？　私は残念ながらそれが不可能ではないかと思う。つまり、還元自体は可能だが、その還元から生じる理論の各段階は、元のものと比較してすでにいくつかの要素を失っているにもかかわらず、ヒトには依然として複雑すぎるのだ。

還元に着手する機械は、物理学者が一般聴衆に重力波理論を説明する際に学校レベルの数学の控えめな武器庫に頼るのと同じことをする。または、知識に飢えた王に、ラクダの群れのこぶに運ばれた図書館、次にロバの鞍袋に 100 巻、そして最終的に奴隷が運ぶ大きな本を持って行くおとぎ話の賢者が、これらの「還元」がすべて王にとって「複雑すぎる」と証明されたときに行うことをする。

したがって、次の（3 番目の）可能性を検討する必要はない：(3) 機械がヒトがまだ把握できるものと、もはや把握できないものの両方でヒトの知的容量を超える可能性。これは、2 番目の可能性が無効化された後の結論として現れるからだ。

ヒトが自分で何かを理解できる状況では、機械は奴隷として、つまり彼に代わって面倒な補助操作（計算、必要な情報の提供、「義肢的記憶」として機能、ステップごとの操作の支援）を行う以外の能力では必要とされないだろう。彼が自分で理解できないとき、機械は現象の既製モデル、つまり既製の理論を提供する。すると二律背反の質問に直面してしまう：「制御できないものをどうやって制御するか？」互いを制御する（つまり行動の結果を制御する）「敵対的」機械を作るべきか？　しかし、それらが矛盾する結果を出力したらどうする？　結局、機械が生成した理論で何をするかはこちらに委ねられている。対立の状況では、それらは役に立たない。支配機械、つまりアシュビーの増幅器の最もありそうな具現化は別問題だ。準ヒトの人格を持つロボットは、フリッツ・ライバーの小説

『シルバー・エッグヘッド』(1961 年）で想像されているような目的でない限り、構築される可能性は低い。そこには、バッハを口ずさみながら「アレ」をする電子の女性や、キメラのような尾を持つ驚くべき売春宿もある。しかし、生産、商品の交換、分配、そして研究（科学者の努力を「共生的に」支援する初期段階の補助機械）を管理する機械的制御センターは生まれ、成長する。そのようなローカルコーディネーターは、少なくとも国や大陸規模で上位のコーディネーターを必要とする。それらの間に衝突状況が生じる可能性はあるか？　はい、絶対にある。投資、研究、エネルギーに関する決定のレベルで衝突が起こる。なぜなら、相互に絡み合った多くの要因のために、さまざまな行動とステップの順序を決定する必要があるからだ。そのような衝突は解決されなければならない。もちろんすぐに、これはヒトが行うと答えよう。大変結構。しかし、極めて複雑な問題に関する決定が必要だ。数学的深淵に道を見つけるために、コーディネーターの制御者である人々は、他の機械――決定を最適化する機械――に助けを求める必要がある。これにはグローバルな経済的側面もある：経済も調整されなければならない。惑星コーディネーターも機械であり、異なる大陸の「制御機械」システムのローカル決定をチェックする「個人的諮問委員会」を持つ人々で構成される。彼らはどうやってこれを行う？　彼らは決定を最適化する独自の機械を持つ。したがって、彼らの機械――制御のためにその大陸の機械の労働を複製する――が異なる結果を生むことは可能か？　これは完全に可能だ。なぜなら、与えられたタスクを解決する一連のステップ（例えば、利用可能な変数が膨大なので、逐次近似の方法で）を実行する際、すべての機械はある程度偏る、つまり英語の哲学的談話で「バイアス (bias)」と呼ばれるものになる。人が完全に公平にはなれないことはわかっているが、なぜ機械がバイアスを持つのか？　バイアスは感情的傾向から生じる必要はなく、相反する代替案の要素に異なる重みを割り当てることから生じる。独立して同時に働く複数の機械によるこれらの要素の多様な「評価」は可能か？　はい、可能だ。なぜなら、これらの機械――確率的システム――は同じ動作しかしないわけではないからだ。アルゴリズム的に言えば、管理プロセスはツリーまたは「決定ツリー」のシステムであり、矛盾するニーズ、異なる種類の供給、需要、利益を調整する必要がある。また、すべての可能な対立状況に対して事前に「価格表」を設定することは不可能で、その項目と割り当てられた評価を使用するにとどまり、確率的メソッドを使用しても毎回全く同じ結果を得ることはできない。結果が多様化する程度は、解決される問題の複雑さの関数だ。状況は、ゲーム理論の言語で表現することもできると気づけば、もっと明確になるかもしれない。機械は、多数の生産および市場団体、輸送およびサービス団体などからなる「連合」と対戦するプレイヤーのようなものだ。比喩的に言えば、そのタスクは、連合内で最適な均衡を維持し、その「メンバー」のどれもが他の者に比べて不利にならず、またはその費用で報われないことを保証することだ。この観点から、連合は単に惑星経済全体を指し、ホメオスタティックに、しかし同時に「公平かつ均等に」発展するべきだ。「連合に対する機械のゲーム」は、動的に発展する経済内で、すべてに利益をもたらすか、少なくとも避けられない場合に最小限の損害を与える均衡を体系的に維持することを意味する。そして、さまざまな機械のパートナー（つまり、最初に全員が連合内で全く同じ状況に直面する）が同様の「ゲーム」を「対戦」する場合、すべてのゲームがその動きと最終結果の両方で同一である可能性は非常に低い。それを提案することは、同じ対戦相手と順番にチェスをプレイするすべての人が、ただ同じ対戦相手だからといって全く同じようにプレイすることを期待するようなものだ。では、ローカルコーディネーター間の議論を解決す

る任務を持つ人を支援するはずの機械の矛盾する「評価」をどうする？　無限後退は不可能だ。何かをする必要がある。しかし、何を？　状況は次の通りだ：電子コーディネーターがヒトより多くの変数を考慮できないなら、それらを作る意味はない。もし**できるなら**、ヒト自身がすべての結果の中で「道を見つける」ことができず、つまり「状況についての自分の意見」に頼って機械から独立して決定を下せない。コーディネーターはタスクをうまく管理するが、ヒトの「制御者」は実際には何も制御していない。制御したつもりになっているだけだ。これは明らかではないか？　ヒトの制御者が頼る機械は、ある意味でコーディネーターの分身だ。この時点で、ヒトは情報をテープで場所から場所へ運ぶ仲介者にすぎなくなる。そして、2 つの機械が同一でない結果を出した場合、ヒトに残された唯一のことはコインを投げて選択することだ：彼は「最高のコーディネーター」からランダムな選択メカニズムに変わる！ こうして、単純な管理機械の場合でさえ、ヒトより「賢くなる」状況に直面する。そうなるのを防げると思うかもしれない——例えば、次のような法令に基づいて：「ヒトの制御者がその活動の結果を事実的に評価できない情報変換の可能性を持つコーディネート機械を構築および利用することは禁止される」。しかし、これは純粋なフィクションだ。なぜなら、調整プロセスの客観的経済ダイナミクスがコーディネーターの数のさらなる増加を要求するとき、どうしてもヒトの容量の限界を超えてしまうのだ——ここで再び二律背反に直面する。

ここで私が問題を神秘化していないかと問われるかもしれない。我々は今日、どんな機械もなしに管理しているじゃないか！ はいはい、しかし我々は、未来の社会と比較して比較的単純な社会に住んでいる。現在の比較的原始的な文明と高度に複雑な未来の文明の違いは、古典的機械と生きている有機体の機械の違いのようなものだ。古典的機械や「単純な」文明は、さまざまな自己誘発振動、制御されないパラメータの揺れを示し、ある場所では経済危機を、別の場所では飢餓を、さらに別の場所ではサリドマイドによる中毒を引き起こす。複雑な機械がどのように機能するかを理解するには、我々が動き、歩き、話し、生きている理由は、毎ミリ秒ごとに数十億の体の部位で血液細胞が一列に走り、熱力学的カオスに向かう粒子の連続的なブラウン運動を制御する微量の酸素を運ぶからだと考えるべきだ。このようなプロセスは非常に狭いパラメータ範囲内に常に保たれなければならない数が膨大だ——そうでなければ、システムのダイナミクスは即座に崩壊し始める。システムが複雑になるほど、全体的な調整が必要になり、パラメータのローカル振動が許される程度は小さくなる。我々の脳は体を調整制御しているか？　まちがいなくそうだ。我々一人一人が自分の体を制御しているか？　狭いパラメータ範囲内だけで、残りは自然がそのすべての知恵で「与えた」ものだ。しかし、非常に複雑な社会システム、つまりその調整を我々に代わって行うものは誰も与えてくれない。我々の発展は、ウィーナーが語った危険な状況へと徐々に向かうので、我々は「知能電子補強」を要求せざるを得なくなる。全体の把握と制御を失い始めた瞬間、文明を止めることは時計を止めるのと同じく不可能だ：それは「動き続ける」。

しかし、これまで通り「それ自体で」動くのか？　必ずしもそうではない。これらは、ホメオスタシス的な意味での進歩の否定的側面だ。アメーバは脳に酸素が一時的に届かないことに対して人間よりはるかに鈍感だ。中世の都市は水と食料だけが必要だった：現代の都市は電力がなくなると悪夢に変わる——数年前のマンハッタンで、エレベーターや地下鉄が停止したときのように。ホメオスタシスには 2 つの側面がある：外部の摂動、つまり「自然な」障害によるものへの感受性の増加と、内部の摂動、つまりシステム（有機体）

自体の障害によるものへの感受性の増加だ。環境の人工性が高まるほど、我々は技術、その機能、そしてその失敗に運命づけられる。そしてそれは確かに失敗するかもしれない。個人の摂動抵抗も 2 つの角度から考慮できる：孤立した要素として、そして社会構造の要素として。ロビンソン・クルーソーが示したすべての「摂動抵抗」は、彼が孤島で「孤立した要素」になる前に、文明によって情報レベルで「事前にプログラム」された結果だ。同様に、新生児が受ける注射は、一生にわたるある程度の抵抗を与え、純粋に個人的レベルで赤ちゃんの「摂動抵抗」を増加させる。しかし、介入を繰り返す必要があるすべての場所では、社会的フィードバックが完璧に機能しなければならない。つまり、心臓ブロックに苦しむ人が、皮膚の下に神経刺激の補綴として機能する装置を埋め込むことで差し迫った死から救われた場合、この装置のために定期的なエネルギー供給（バッテリー）を受け取らなければならない。したがって、一方で文明はヒトを死から救うが、他方で彼を文明自身の完璧な機能に余計に依存させる。地球上では、ヒトの有機体は骨のカルシウムと血液のカルシウムの比率を自分で調整するが、宇宙では、無重力状態でカルシウムが骨から血液に洗い流され、調整介入は自然ではなく我々に委ねられる。歴史から知るシステム形成では、ホメオスタシスへの突然の障害が、外部の混乱（疫病、自然災害）および内部の混乱――歴史的年代記が純粋に記述的にカタログ化する――によって引き起こされてきた。システム構造は、そのような障害に対してさまざまな抵抗を示してきた。それらの構造のいくつかは、システム全体を安定の領域から不可逆的変形の領域に持ち込み、革命によって完全な構造的変化をもたらした。しかし、ヒトは常に他のヒトとの社会的関係に入り、彼らを支配するか、支配され搾取されてきた。起こったことはすべてヒトの行動の結果だ。確かに、これらの行動の一部は個人や社会集団を超えて大きな力になった。物質-情報フィードバックの類似の形態が可変形で作用した。同時に、システム安定化の周辺的支援形態――主に家族、最古の形態の一つ――も機能してきた。技術が発展するにつれて、調整プロセスの複雑さが増し、ヒトの脳よりも高い変動性を示す調整装置を使用する必要が生じる。これはメタシステム的問題だ。なぜなら、そのような必要性は、十分に高い技術進化レベルにある多様なシステムの国々が経験しているからだ。「非ヒト」の調整装置、つまりヒトでないものは、おそらくヒトよりタスクをうまく管理できる――したがって、技術的発展による改善効果はこの領域でも顕著だ。しかし、心理的レベルでは状況は完全に変わる。ヒトが互いに持つ必要がある関係が、統計的および動的規則性を生み出し、時に個人、集団、または全体の階級の利益に悪影響を与えかねないと知ることと、我々が運命の制御を失い、「電子監督」に引き渡していると知ることではちがうのだ。我々は、生物学的レベルでは、すべての生命プロセスが自分自身、自分の脳、内部のシステム法則ではなく、自分の外の何らかのセンターによって制御され、すべての細胞、酵素、神経繊維、体のすべての分子に対して最適な行動を規定する状況に相当する、独特の状況に直面する。そのような調整は「体性の知恵」によるものよりも成功し、力、健康、長寿を提供する可能性があるが、誰もがそれが「不自然」――人間の本性を指す意味で――と感じるはずだ。それには異論あるまい。同じことは、「社会」と「その知能電子コーディネーター」の関係にこのイメージを適用するときにも言えるだろう。文明の内部構造の複雑さが増すほど、ホメオスタシスを維持するために、そのような制御装置による徹底した制御と介入を、より多くの領域で許容しなければならない。しかし、主観的には、このプロセスは、これまで純粋にヒトの存在であったさまざまな領域を次々と征服する機械の「貪欲」の現れに見えるかもしれない。我々が直面するのは「電子の神」や神のような支配者ではなく、最初

は選択されたプロセスや特に重要または複雑なプロセスの監視のみに召喚されたシステムが、自分の進化の過程で、社会ダイナミクスのほぼ全体を制御するようになる状況にすぎない。これらのシステムは、人間的意味で「人類を支配しよう」とするものではない。なぜなら、ヒトでないため、利己主義や権力欲の兆候を示さない——明らかに「人格」にのみ意味を持って帰属できるものだ。しかし、ヒトはこれらの機械を擬人化し、それらに存在しない意図や感覚を、新しい知能電子時代の神話に基づいて帰属させるかもしれない。私はこれらの非人格的調整装置を悪魔化しようとしているのではない。ただ、ポリフェムスの洞窟のように、誰も我々に手を下していない——いまや我々のためを思ってやっている——という驚くべき状況を提示しているだけだ。最終決定は永遠にヒトの手に残るかもしれないが、この自由を行使しようとする試みは、機械が下した代替決定（もしそれが本当に代替だったなら）の方が、もっと包括的な視点から選ばれたものだから、もっと有益だったことを示すだけだろう。いくつかの苦い教訓の後、人類は、常に（誰のものとも言えない）良い助言に耳を傾ける従順な子になるかもしれない。このバージョンでは、制御装置は支配者バージョンよりもはるかに弱い。なぜなら、それは何も強制せず、助言を提供するだけだからだ——しかし、その弱さが人類の強さになるだろうか？

第 5 章

全能への序論

カオス以前

「ホメオスタットの形而上学」の出現に関わるかもしれない設計要因について議論した。その際、形而上学的態度の源について簡略化した分類を採用した。これにより、存在の意味、個人の人生の有限性、超越の可能性といった困難で歴史を越える問題を、数ページのサイバネティクス類推で解決しようとしたかのような印象を与えたかもしれない。

私はこうした「浅薄さ」の非難に対し弁明したい。以前の議論や、今後のさらに大胆になる議論を取り下げるつもりはないが、それらが初歩的に見えるのは、**初期の近似**にすぎない。

人類が本当に創造の頂点に位置し、超自然的行為の結果として存在し、知的存在として存在可能なあらゆるものの頂点であるなら、未来は物質に対する人類の力を増大させるだろう。しかし、これは先に挙げた問題への態度を変えるものではない。それらは形而上学によってのみ答えられるものだからだ。

これに対し、人類がごく初期の発展段階にしかないと考えるなら——種として 50 万年前、文明として 20 世紀以上前に始まったばかりだ——そして発展が数百万年続く可能性（必須ではない）があると仮定すれば、現在の無知は未来の無知をまったく意味するものではない。だからといって**すべての**問いに答えられるとは限らない。だが答えのない問いからは成長して離脱できるようになると私は思う——それは、そうした答えが見えなくなってしまうからではなく、その種の質問は誤った提起のされ方をしているだけだと思うからだ。自分たちがどのように出現し、何がいまのようなヒトを形成したのかについて推測しかできない限り、そして有生命・無生命の世界での自然の行動が我々に驚嘆を与え、完全性と複雑さにおいて我々が自ら達成できるものを超える比類なき例を提供する限り、未知の数は我々の知識を上回るだろう。最終的にいずれ人類が創造のレベルで自然と競い合い、自然を複製して設計者としてのその限界を全て発見し、自然を複製できるようになったとき、初めて人類は自由の領域に入り、目標に従属する創造的戦略を構築できるようになる。前に述べたように、技術に対抗するには別の技術しかない。この点をさらに展開しよう。自然に可能なことは無尽蔵だ（サイバネティクス学者は、自然に含まれる情報量は無限に等しいと言うだろう）。したがって自然を目録化はできない。我々自身の有限性がその理由の一つだ。しかし、技術者として、数学者が集合論で扱うように、無限の集合を扱うことで、いわば自然の無限を自然自身に対してぶつけられる。「人工」と「自然」の違いは、人工がまず自然と区別できなくなり、次にそれを超えることで消える。この超

える瞬間がどのように起こるかは後で議論する。しかし、「自然を超える」とはどういう意味か？ それは、自然が自らできないことを、自然の助けを借りて行うことだ。

すると誰かが言うだろう、「これらの高尚な言葉は、単に人間の作り上げた人工物、自然が作り出さないさまざまな機械をえらそうに見せるためのものでしかない」と。

全ては「機械」の意味次第だ。もちろん、これまで人類が構築することを学んだものだけを指すかもしれない。しかし、「機械」を**規則性**を示すものと理解すれば、状況は変わる。この広い視点では、「機械」が既存の物質、物理学が発見した 100 の元素、気流、さらには重力場から作られているかは重要でない。また、「機械」がエネルギーをどのように使用するか、あるいは「創出」するかも重要ではない。もちろん、熱力学の法則が適用されない、知的存在とその環境からなるシステムを構築することは可能だろう。誰かは、そのシステムは「人工的」であり、住人に気づかれない形で外部からエネルギーを供給する必要があると反論するかもしれない。しかし、メタ銀河が外部エネルギー源を持ち、外部から「接続」されていないと誰が言えるか？ もしかしたら持っているかもしれない。宇宙の無限性が永遠のエネルギー供給を生むのかもしれない。もしそうなら、メタ銀河は「人工的」か？ 見ての通り、全ては議論する現象のスケールに依存する。だから機械とは、統計的、確率的、または決定論的な振る舞いの規則性を示すシステムだ。この観点から、原子、リンゴの木、星系、あるいは超自然的世界も機械となる。我々が構築し、特定の振る舞いを示すものは全て機械だ。内部状態と外部状態を持ち、これらの状態の集合間の関係が特定の法則に従うもの全てが機械だ。

超自然的世界がどこにあるかという問いは、ミシンが人間の存在前にどこにあったかという問いと同じだ。それはどこにもなかった——しかし、構築することは可能だった。

ミシンを作るほうが超自然的世界を構築するより、まちがいなくはるかに簡単だ。しかし、来世の構築を禁じる禁止事項は実際にはないことを示そう。

アシュビーに従って、機械には二つの種類があることを認識しよう。単純な機械は、内部および環境の状態がその未来の状態を決定するシステムだ。変数が連続する場合、こうした機械は時間を変数とする普通の微分方程式のシステムとして記述できる。この種の記述は、数学の象徴的言語に依存し、例えば天文学で一般的に使われる。振り子、重力場で落下する物体、軌道上の惑星のような系では、こうした方程式のシステムは現象の実際の軌跡を十分な精度で近似する[*1]。

生き物、脳、社会のような複雑な機械の場合、こうした「象徴的モデリング」は実際に

[*1] 実際には「単純なシステム」は存在しない。すべてのシステムは複雑だ。しかし実際には、この複雑さは本書での重要な話に影響を与えないため、無視できる。普通の時計－－文字盤、ぜんまい、ひげぜんまい、ラチェットからなる－－では、結晶化、材料の疲労、腐食、電荷の伝達、部品の収縮や膨張などのプロセスが起こる。これらのプロセスは、時間を計る単純な機械としての時計の機能には実際上ほとんど影響しない。同様に、あらゆる機械や物体で分離可能な何千ものパラメータを無視できる－－だがもちろん、それにも限度がある。これらのパラメータ（その存在は現実のものだが、我々が考慮していない）は、ある時点であまりに大きく変化し、機械が機能しなくなるからだ。

科学とは、重要な変数を特定し、重要でないものを無視することだ。複雑な機械とは、多くのパラメータを無視**できない**機械であり、それらがすべてその機能に大きく寄与する。脳はそのような機械の一つだ。この種の機械が、脳のような制御装置である場合、**すべての**パラメータを考慮する必要はない。パラメータはほぼ無限に列挙できる。脳がそれらすべてを考慮したら、行動できなくなる。脳は自身を構成する個々の原子、陽子、電子のパラメータを「考慮する必要がない」。脳やあらゆる制御装置、あるいはもっと広く言えばあらゆる機械の複雑さは、利点ではなく、必要悪だ。これは、進化というその構築者が、存在する環境の複雑さに対応した結果であり、制御装置の大きな変動性だけが環境の大きな複雑さに対処できる。サイバネティクスは、システムの複雑さ**にもかかわらず**、その状態と動態を調整する科学だ。

は適用できない。もちろん、全てはそのシステムについてどれだけ知りたいか次第だ。この知識の必要性は我々の目標と状況によって生じる。首吊り人をシステムとし、その人物の**振り子としての**未来の状態を予測しようとするなら、2 つの変数（振り子の角度と速度）だけを考慮すれば十分だ。このシステムが行動を予測したい生き物なら、考慮すべき重要な変数の数は膨大になり、予測は未来の状態の指定にすぎず、その確率は考慮する変数が増えるほど高くなる。この確率は決して 1 にはならない（ほぼ 1 になり、実際には 0.9999999 の確率で十分だ）。変数が多すぎて標準的解析法が適用できない場合、モンテカルロ法のような近似解法がいくつか存在する。しかし、ここではそのような問題に深入りしない。数学をやっているわけではないからだ。多くの場合、数学的ツールが他のものに取って代わられると期待できる。

「複雑な機械」の存在に伴う現象は現在、情報理論、OR、実験計画理論、線形計画法、経営理論、集団プロセスの力学など、多くの新しい学問分野で研究されている。これら全てと、ここで触れていないいくつかの分野は、一般システム理論によって統合されるだろう。この一般理論は二つの方向に発展する可能性が高い。一方で、自然が提供する物理システムの理論として見ることができる。他方で、数学システムの理論として、検討される関係の実際の存在を研究するのではなく、システムが内部矛盾を持たないことを保証するだけのものとしても見られる。この分岐はまだ明確にはなっていない。それでも、この二つの枝が再統合される瞬間を予測する勇気を持とう。これは、実際の世界に存在するかどうかにかかわらず、任意の特性を持つシステムの**構築**が可能になるということだ。ここで留保が必要だ。自然は無限の関係において、いくつかの禁止事項（例えば、「無」からエネルギーを引き出すこと、光速を超えること、電子の運動量と位置を同時に測定することなど）に制約されている。我々の世界が自然の世界とほぼ同一であり、技術的活動によってわずかに「改変」されただけであり、我々自身が自然のプロセス（すなわち生物進化）のほぼ唯一の結果である限り、自然の制約は我々の制約でもある。これはつまり、いつの日かナポレオンを複製することは可能かもしれないが、腕を振るだけで飛ぶことができる忠実な複製を作ることはできないということだ。これは我々の知る世界では不可能だ。ナポレオンが飛ぶためには、「願望による飛行」が可能な環境も作らなければならない。言い換えれば、自然から隔離された人工的世界を創らなければならない。我々が創る世界が自然から成功裏に隔離される度合いが高いほど、その人工的世界の法則は自然のものと異なる。さっき出てきた反論者は、腕を振って飛ぶという願望の成就を人工的世界に巧妙に「埋め込む」のはずるいと言うだろう。確かにその通りだ。しかし、本書では自然を単なる設計者と見なしているため、本書の立場から見れば、自然が我々の相手に脊椎、筋肉、腎臓、心臓、脳、その他一連の器官を「埋め込んだ」。つまりその批判者自身だって「ずるい」のだ。たとえ彼がごく普通の人であっても、あるいはまさにそのために。人間の活動の成果を自然の活動の成果より劣ると考える習慣を克服する必要がある——現在の発展段階では理解できる習慣だが——遠い未来について語るならなおさらだ。人類は、自然とあらゆる水準で競うだろう：創造の確実性と永続性、行動の普遍性、調節能力、ホメオスタシスの範囲など、多くの点でだ。この問題は別途議論する。

今は、「全創造学（パントクリエーティクス）」入門を続ける。これは、自然が実現しない目標も含め、可能な全ての目標を達成する能力の有用な名称であり、物理的および数学的システムの一般理論に根ざすものとなる。

カオスと秩序

潜在的な創造者として、まず何よりカオスに取り組むべきだ。カオスとは何か？　A で事象 x が発生した場合、B で任意の事象が発生可能で、その独立性が普遍的なら、それはカオスだ。しかし、A の x が B で起こることを何らかの形で制限すれば、A と B の間に関係がある。A の x が B を明確に制限する（スイッチを押せば灯りがつく）なら、関係は決定論的だ。A の x が B を制限し、x 発生後に B で y か z が発生可能で、100 回中 y が 40 回、z が 60 回なら、その関係は確率的だ。

もう一つの「タイプ」の混沌が可能か検討しよう。関係が完全に変動的（決定論的でも確率的でもない、というのもそれらは秩序の形態を意味するのがわかっているから）であるものだ。A の x 発生後、B で y か u、または V で j などが続く場合、規則性の欠如で関係の存在を検知できない。つまり、変動関係は関係なしと同じで、混沌は一種類だけだ。では、混沌をどう模倣するか。多数のキーや灯りの機械で、キーを押せば灯りがつく厳密決定論的システムでも、観察者は混沌と結論づけるかもしれない。1 番キーを押せば T が点灯、2 回目には W が点灯、3 回目は D が点灯、4 回目は Q が点灯し、このシーケンスが**とても長く**、100 万回目で T が再びつき、それが繰り返されるなら、最初のシーケンスの終わりを見るほどの辛抱強さがない観察者は、その機械がカオス的と考える。カオスは観察時間より長いシーケンスで、同じ原因がランダムに見える結果を生むような、事前決定システムで模倣できる。幸い、自然はそう機能しない。

前述を議論したのはカオスを模倣するためではなく、実験者（科学）があらゆる種類の秩序、つまり関係の存在を検出できるわけではないことを示すためだ。

A の x が B で可能な事象を制限すれば、A と B には関係がある。A の x が B をある程度決定するので、この関係を使って情報を伝達できる。これは A と B が「システム」を構成することを意味する。

自然には無限の関係があるが、それぞれがシステムやその一部の行動を決定する度合いはちがう。そうでなければ、重要な変数が多すぎて科学は不可能になってしまう。関係の不均一性がシステムを宇宙の残りから多かれ少なかれ隔離する。実践では、できるだけ多くの関係（「無視できる変数」）を無視する。

A と B の関係は B の可能状態を制限するなら、制約として認識される。何の制約か？「無限の可能性」を制約するのか？　いや――その数は無限ではない。B の可能状態集合内の制約だ。だが、どの状態が可能かをどうやって知ればいい？　これまでの知識に基づくのだ。でも知識とは何か？ ある事象の後に別の特定の事象を期待することだ。無知者は全てを期待する。知識ある者は**一部だけ**のことが可能で、他を不可能と考える。だから知識は多様性への制約で、期待者の不確実性が少ないほど知識は多い。

スミス氏（銀行員）が清教徒的な叔母と女性下宿人といっしょにガラス壁の数階建ての家に住んでいると想像しよう。通り向こうの観察者がその内部を全て見ることができる。この家の内部を、調べるべき「宇宙」とする。この宇宙で区別できる「システム」の数は実質無限だ。例えば原子レベルでアプローチできる。すると椅子、テーブル、3 人の体を構成する分子群が得られる。人々が動くので、その未来状態を予測したい。各体が 1025 分子なので、3×1025 の軌跡（時空間経路）が描かねばならない。これは最善のアプローチとはいえない。スミス氏、下宿人、叔母の初期分子状態を確立するだけで優に 150 億

年経ってしまい、その間に彼らは墓に入ってしまい、朝食の解析さえできない。検討変数の数は調べたいものによる。叔母が野菜を取りに地下へ行くと、スミスが下宿人にキスする。理論上、分子行動分析をすれば誰が誰をキスしたか分かるが、実際にはそれがわかるより先に太陽が消える。これは無用に生真面目すぎるだろう。この宇宙は 3 つの体からなるシステムとして扱えば十分なのだ。3 番目の体が地下へ行くと、2 体の結合が周期的に起きる。プトレマイオスがこの世界に現れる。2 体が結合し 3 番目が離れるのを見て、記述的な理論を開発する。円と周転円を描き、それを使うと下の体が最低位置にあるときに上 2 体がどこにいるかが分かる。円の中心にたまたま台所の流しがあるので、それを宇宙の中心と宣言し、全てが流しの周りを回る。

天文学がゆっくり発展しつつある。コペルニクスが流し中心説を否定する。ケプラーがプトレマイオスよりはるかに単純な 3 体の軌道を描く。ニュートンが来て、体間の行動は相互引力（重力）によると言う。スミスは下宿人に引かれ、彼女も彼に引かれているのだ。叔母近くでは両者が彼女周りを回る、叔母の重力がそれだけ強いからだ。これでやっと全てをうまく予測できるようになった。だが突然、この宇宙のアインシュタインがニュートン説を批判する。力の存在を仮定する必要ないというのが彼の主張だ。彼は相対性理論を作成し、系のふるまいは 4 次元空間の幾何で決定されるのだという。相対性理論で重力が消えるように、ここでも「エロチック引力」が消え、引かれる質量の周辺空間の曲率に置き換わる (この事例だと——エロチック質量)。スミスと下宿人の軌道一致は、特別な曲線、つまりエロトデシック曲線で定まる。叔母の存在がエロトデシック曲線を変形するので、スミス氏と下宿人の一致は生じない。新理論のほうが「力」を仮定しないからシンプルだ。その一般式（キスのエネルギーは エロティック質量 × 音速2乗 である、なぜなら叔母が大音量でドアを閉め、その音がスミス氏と下宿人に届くと、二人はお互いの腕に飛び込む）はきわめて美しい。

だが新物理学者（ハイゼンベルクら）が来る。アインシュタインが動的状態（キス、非キスなど）を正しく予測したが、腕、脚、頭の影まで見える光学装置で精密観察すると、エロチック相対性理論が見落とした変数があるのだ、と彼らは結論する。こうした物理学者はエロティック重力の存在を疑問視しないが、宇宙体の微小要素（腕、脚、頭）の振る舞いを見ると、そこにふるまいの不確定性があることに気づく。例えばキス状態でスミスの腕位置がいつも同じではない。新分野、スミス氏、下宿人、叔母のミクロ力学が生まれる。これは統計的・確率的理論だ。大部分は決定論的（叔母ドア閉め直後、スミスと下宿人が...）が、**不確定な**規則性の集積によるものなのだ。ここで本当の困難が始まる。ハイゼンベルクのミクロからアインシュタインのマクロへ移行できないのだ。固定体として体は決定論的だが、エロチックな交渉は多様だ。エロチック重力では全てを説明できない。スミスが時々女子の顎を持ち、時々は持たないのはなぜか？　統計が増える。そこで突然、爆発的な事実が解明される。腕や脚は固定ではなく、肩、前腕、太もも、ふくらはぎ、指、手のひらなどに分けられるのだ。「素粒子」数が驚異的に増える。ふるまいの統一理論はもうなくなってしまう。一般エロチック相対性と量子ミクロ力学（愛撫量子が発見される）の間に越えられない溝が生じる。

実際、（この逸話ではない本当の宇宙でも）重力理論と量子理論の調和は未だ実現されていない。一般に、どんな系でも任意の数の部分に定義しなおし、その部分間関係を探すようにできる。一般的状態を予測したいだけなら少数の変数しか含まない理論で足りる。の系の下位の系にだんだん下りるほど話は複雑化する。自然は星を相互に隔離するが、原

子はわれわれが自分で隔離しなければならない。これが多くの問題の一つだ。予測精度を最大にしつつ最小の変数ですむような表現を選ばねばならない。さっきの逸話はジョークだ。3 人の行動は決定論的に表現不可能だからだ。それをやるのに必要な行動の規則性がない。だが、系が高い規則性を持ち、しっかり隔離されているなら可能だし、決定論表現をしないほうが無理がある。そんな条件は空高くでは生じるが、アパートの中では生じない。だが変数が増えると、天文学でも微分方程式の使用がむずかしくなる。こうした困難は、すでに三体問題で軌跡を描くときに生じているし、6 体となると解けなくなる。

科学は現象の簡略モデルを作成し、重要でない変数を無視し（例えば系の中の小体の質量を 0 と想定)、**不変のもの**を探すことで成立した。光速はそうした不変の定数の一つだ。本当の宇宙では、叔母さんのアパートよりは不変のものを見つけやすい。もしアパートでキスを重力ほど普遍的と見なさず (これは当然だ)、それでもスミスがキスする理由を知りたければ、途方に暮れるしかない。そうした限界はあるが、数学的な力学はきわめて普遍的なので、数千・数百万年先の宇宙体の位置を計算できる。だがスミスの脳衝動軌道を計算し、下宿人との「口腔一致」（あるいはあまり学術的に言わなければ、キス）をどうやって予測すればいい？　それができたとしても、そのために生じる脳状態の象徴表現は、現象（神経網を通る衝動）そのものより複雑になってしまう。こんな状態では、くしゃみの神経的な等価表現はあまりに膨大となり、その表紙を開けるだけでもクレーンを使わなければならない。現実には、数学という装置はそんな巨巻への記述を開始する以前に、そこから生じる複雑さで身動きが取れなくなる。何が残る？　**現象自体を**最も完璧な表現とし、分析を創造活動に置き換えることだ。言い換えるなら――**模倣論的**実践だ。

スキュラとカリュブディス：抑制について[*2]

今や、考察の最も危険な地点にやってきた。質問を増やしつつ、回答を遅らせている。そして約束ばかり増やしている――しかもそれに「全創造学（パントクリエーティクス)」のような大仰な名前までつけている。カオスについてあれこれ述べ、「模倣論」の起源にたどり着いた。そしてこの思考の流れは、どうしても新たな問題へと我々を押しやる。数学と現実世界の関係、言語や意味論の問題、さまざまな「存在」の形態などだ。つまり、無限の哲学的実体の領域に近づいているのだ。そこでは我々の設計中心の楽観主義が跡形もなく消える危険がある。これらの現象が極めて複雑なわけでも、各現象に一冊や図書館一式が必要なわけでも、包括的知識が不足しているわけですらない。むしろ、扱う問題が議論を呼ぶため、知識があまり役立たないのだ。

もっと説明しなければなるまい。物理学などの現在の知識を普及させる優れた本は、きれいに分かれた二つの領域があるという状態を提示する。科学が文句なしに確定した領域と、未解明の領域だ。つまり壮麗な建物に案内され、完璧に装飾された部屋を見る。各種の部屋に入ると、未解決のパズルがあちこちのテーブルに散らばっているのに気づく。建物を出るときには、そのパズルは遅かれ早かれ解けると信じている――その確信は全体としての建物の壮大さによってさらに強められる。パズルを解くと建物が半壊しかねないなどとか考えもしない。数学、物理学、情報理論の教科書を読むときも同じだ。驚くべき構

[*2] 訳注：ギリシャ神話で、スキュラとカリュブディスはイタリア半島とシチリアの間のメッシナ海峡の両側に住む怪獣。船はこの海峡を通るとき、どっちに近すぎても危険で間を通らなくてはならない。転じて、中庸が重要というニュアンスで一般には使われる。

造がまず目に入り、曖昧な問題は入門講義以上に隠されている。それは、一般概説を行う者 (科学者でもある) は講義の中で秘密を明かすのがどんなに驚異的な効果を持つか理解しているからだ。これに対し、教科書著者（例：大学生向け）は一貫性と均一性を優先している。だから特殊効果を無視し、複雑な数式を日常言語に訳す義務がないため、議論を呼ぶ解釈を避けようとしてしまうのだ。専門家は量子方程式の象徴体系の物理的・物質的意義が多様に解釈できることに気がつく。またあれこれの公式が対立する立場を隠していることにも気づく。他の理論家なら多くの点で目の前のものとは異なる本を書くだろうということにも気がつく。

これは理解できるし、必要でもある。普及や教育中に現在の論争の中心に聴衆を導くのは不可能だからだ。普及書の読者はどのみち論争解決に参加しないし、理論分野の専門家は、まずその分野の兵器や戦場の配置を学び、基礎と戦術を習得してから、やっと科学の戦争会議に参加する。だが、本書の目標は達成済みのものを普及させることや専門知識の習得ではなく、未来を見据えることだ。

期待を大幅に広げ、科学の最高峰に一気に到達し、教科書著者ではなく、そこで教えられる内容の創造者たちの議論に参加できると思ったらそれは滑稽だ。それはまちがいなく誤りだ。滑稽さはさておき、ずばり何をしなければならないだろうか。情報理論者、数学者、物理学者の対立する立場を全て理解したとする。場の量子理論は古典的量子力学と両立しない。素粒子の「隠れたパラメータ」は存在するかしないかのどちらかだ。ミクロ宇宙での無限速伝播は光速の有限性と矛盾する。「電子知能工学者」は二進法（離散）要素から脳のモデル構築が可能だと言う。「菌類学者」たちはそれが不可能と言う。どちらの側にも優れた専門家がいる。折衷的和解を目指すべきだろうか？　それは無益だ。科学的進歩は妥協からは生まれない。どちらか一方の正しさを認めるべきだろうか？　しかし、ボーアとアインシュタイン、ブラウワーとヒルベルトが対立する中、選択基準をどう決めれば良いのか？　哲学者に新基準を求めてみようか？　だが、哲学には多くの学派があるだけではなく、数学や物理学の基礎解釈がそのあらゆる各学派内で論争となっている！

そもそもこれらは学術的問題だけでなく、知識を形作る最も基本的な前提に関する問題だ。無限、測定、素粒子と宇宙構造、現象の可逆性・不可逆性、時間の経過、さらに宇宙論や宇宙創生論の問題なのだ。

こうして我らのスキュラが台頭する。数千年先の未来を見据え、無謀に限界に近づく中で生じた深淵として。素粒子は区別可能か。「反世界」の存在を仮定できるか。全体の複雑さに限界はあるか。無限小への下降や無限大への上昇に限界はあるか――それともそれは理解不能な形で円環状につながっているのか。粒子に無限大エネルギーを付与できるか。これがわれわれに何の関係がある野か？　すべてはどんな意味を持つのか？　もしいわゆる「全創造学」が空虚な自慢、子供や愚者の言葉にとどまらないのであれば、それは確かにすべてを含む。地球最高の専門家の知識を何やら神秘的なやり方で具現化するとしても、何の役にもたたない。今日、普遍的知識を持つ人は存在できないとは言わないが、いたとしてもどの陣営に属するかを決めねばならない。物質の波動性・粒子性は観察対象で変わる。長さも同様だろうか？ 長さは色と同じだろうか――それは創発するものなのか、全ての現実レベルで生じる現象の特性なのか？　この問いには、最も優秀な専門家でも、自分の答えは個人的意見でしかないと言うだろう――それがしっかりした理論的構築に基づいてはいるが、他の同じくらい優れた専門家には受け入れられないままなのだ、と。

こう言ったからといって、現代物理学やサイバネティクスが矛盾と疑問の海だという印

象は与えたくない。そんなことはないのだ。科学の業績は巨大だ。だが、その輝きは、それが持つ暗い瞬間を隠すものではない。科学史には、構築中の建物がほぼ完成し、未来世代は細部を仕上げるだけと思われた時期がある。19 世紀の「原子不可分」時代にはそんな楽観論が支配した。だが現在は、専門家全員が絶対に不可侵と認める科学的命題がほぼ存在しない。著名な物理学者の「この新理論はイカレ具合が足りないから本当であるはずがない」という気の利いた台詞が本気で語られ、空間の固定位置に素粒子が存在すること、物質が無から生じる（ホイルの提唱した仮説）、原子内現象に長さが適用されないといった、最も神聖な真理が新たな理論のために兵器で犠牲にされようとしているのだ[*3]。

だが、カリュブディスの軽薄な「浅薄さ」も負けず劣らず危険だ。これは全能を弄ぶ SF 直結の宇宙的饒舌の渦で、何を言っても責任を負わない領域だ。全てが表面的で、論理的思考の断片や隙間が疑似サイバネティックレトリックで隠され、「シェイクスピアの詩を作る機械」や、隣人との塀越しの会話並みに簡単な宇宙文明との通信といった愚かな発言がはびこり続ける。

この二つの渦の間を航行するのは難しい。そもそも可能かどうかも怪しい。だが、たとえ悲劇的結末しかなくても、航海は必要だ。出発しなければどこにも着かないからだ。抑制が必要だ——だがどの水準で？　設計水準だ。世界を知りたいのは、それを改善できる範囲に限ってのことだからだ。そして失敗するにしても、カリュブディスよりスキュラで溺れる方がマシなのはまちがいない。

設計者の沈黙

設計のレベルでの抑制が、知識の深淵と愚かさの裂け目の間を航海する羅針盤となると言った。抑制とは、効果的に行動できる可能性と、特定のものを諦める必要性を信じることである。それはまず、「決定的」な質問を諦めることを意味する。これは聾を装う者の沈黙ではなく、積極的な沈黙だ。我々は行動が可能であることのほうが、それがどのように起こるかよりもはるかによく知っている。設計者は、煉瓦で家を建てる職人のような狭い実践主義者ではない。職人は煉瓦の起源や性質に興味がなく、家が建てばよいと考える。設計者は煉瓦の全てを知っている——誰も見ていないときにそれがどんなふうに見えるかは知らないが。設計者は性質は物ではなく状況に属すると知っている。ある化学物質は、ある人には無味だが、他人には苦い。先祖から特定の遺伝子を受け継いだ人に苦いのだ。万人がその遺伝子を持っているわけではない。設計者にとって、この物質が「本当に」苦いかという問いは無意味だ。苦味を感じる人には苦い。両者の違いを調べることはできる。状況の関数である性質（苦味や長さ）は変動するが、定数もあり、科学の任務は光速のような定数を探すことだと主張する人もいる。これは設計者の立場でもある。彼は自分が死んでも世界が存続すると確信する。そうでなければ、決して見ない未来のために働くことになってしまう。生き物がすべて死に絶えても世界は存続すると言われるが、それは物理学の世界となり、感覚的知覚はなくなる。原子や電子は存在するが、音、匂い、色はなくなる。設計者は、この世界がどのような物理学を表すか問う。19 世紀の弾丸のような原子の物理世界か、波動・粒子二重性の現代物理学の世界か、原子と銀河の性質を結ぶ未来の物理学の世界か。この質問を設計者が問うのは、世界の現実性を信じないからでは

[*3] Shapiro, “O kwantowanii prostranstwa” 参照.

なく、それが前提だからだ。だが彼は、物理学で発見された物体の性質も状況、つまり現在の知識状態の関数だというのも理解できる。誰もそこにいなくても海は存在すると言えるが、誰もいないときにどんな姿なのかは問えない。姿があるなら、誰かがそれを見ているということなのだ。設計者が気まぐれな女性を愛し、彼女が時に応え、時に応えないなら、彼女について矛盾する意見を持つことはできるが、彼女の客観的実在はまったく揺らがない。彼女の行動を調べ、言葉を記録し、脳の電位を測定し、生物、分子、原子、時空の曲率として分析できるが、分析法の数だけ女性がいるわけではない。そうしたものをすべて一つに還元して原子衝突で愛を明らかにできるか確信はない。だが、それが可能であるかのように行動する。こうして彼は哲学を実践するが、その議論には巻き込まれない。一つの現実が存在し、無限の解釈が可能だと信じる。そうした解釈の一部は、望む目標を達成できるようにする。彼はそれを自分の道具とする。彼は実践主義者であり、「本当」とは「有用」と同じだ。

設計者はこれに対し、この質問をする人が自分といっしょに人間の活動を観察しようと提案する。人々は何をするにしても、ある目標をもって行動する。目標には階層や複雑な構造がある。人によっては、無目的に見えるように行動する。だがいまの文の「見えるように行動する」という構造自体が、無目的を装うという目標を示す。死後にしか目標を達成できないと信じて行動する者もいる。多くの人は表向きの目標と異なるものを目指しているようだ。だが、無目的な活動はない。

科学の目標は何だろうか。現象の「本質」を知ることか？　それを完全に把握したというのはどうやってわかる？　「自然の」全体を把握したのであり、単なる一部ではないとなぜわかる？ では目標は現象を説明することだろうか？　だが説明とは何だろうか？比較すること？　地球をリンゴに、生物進化を技術進化に比較できるが、シュレーディンガーの電子方程式のϕ波は何と比べればいいのか？　素粒子の「奇妙さ」は何と比較すればいいのか？

設計者にとって、科学は予測することである。多くの哲学者、特に新実証主義者がこの意見を共有している。彼らによれば、科学哲学は科学の理論であり、自分たちは理論の作成、検証、無効化の方法を知っているのだと言う。理論は観察事実の一般化であり、それに基づいて未来状態を予測できる。予測が実現し、未知の現象を予測できたら、その理論は本当とされる。通常はそうだが、実際は話はもっと複雑だ。前述の哲学者は、新聞の人生相談の老婦人のようだ。彼女の助言が無駄ということではない。いやいや。非常に賢明なこともある――だが、適用できないのだ。老婦人は人生経験を積んでおり、「エロティック統計」に基づいて、向こう見ずな少年を捨てるよう少女に助言する。哲学者は科学史を知り、理論が多くの現象を予測できないから彼らを「裏切っている」として物理学者に放棄を勧める。こうした賢明な助言は簡単だ。少女は、その少年を自分が更正させられると信じ、物理学者も自分の理論についてそう考える。どのみち、少女には好きな少年が複数いてもいいし、物理学者も複数の立場を持てる。ある立場を別の為に捨てる必要がある。粒子の固定を諦めれば一つの予測方法が得られるが、別の予測を失う。空間を量子化し、無限速変化を導入すれば、確実に存在する亜原子粒子の予測が可能になるが、物理学という建物の内部で行われたこの決断は、物理学の建物の基盤を揺さぶる。全てを考慮し予測する理論は科学にはない。だが大半の場合には、そういう状態を受け入れることができる。無視したものが当面の科学予測では重要でないためだ。だが物理学では、劇的な状況が起きる。何が重要でないか分からず、捨てられないのだ。急降下する気球のバスケット

の中にいて、バラストか同乗者を投げ落とせるとなったら、判断は簡単だ。だが何がバラストで何が価値あるものかわからない状況を想像して見よう！ 量子力学の同じ方程式が「バラスト」（空虚）、形式的手振り、または客観的物理的意義を持つのだ。

事後分析で、それがすでにその二人の少年少女の個人史や科学史の一部となった後なら、老婦人や哲学者は自分たちの信念が正しかったと確認できる。もちろん、すばらしい恋人のほうが無謀な不良なんかよりもいいのだし、数学的にはみだすことなくすべてを予測する理論のほうが、最後の最後でツギハギを当てた理論より望ましい——だが、そんな王子や理論はどこで見つければいいのか？

老婦人や哲学者は好意的な観察者だ。設計者や物理学者は行動に巻き込まれる。だからこそ彼は有用性が多様に理解されるのだと認識している。モルヒネ使用者の理解やニュートンの理解だ。彼は無意味と考える議論に巻き込まれない。脳が原子でできているということは、原子に「精神」潜在力があるということなのか？　波が 3 本の棒を岸に投げれば、それで三角形を作ったり、誰かを叩いたりできる。叩くことや幾何学的「潜在性」は棒の性質なのか？　設計者は実験で解決を提案し、実験がいまも今後も不可能なら、その問題は彼にとっては消える。数学はどのように存在するのか、とか、世界がなぜ存在するかという問いは、答えずに放置する——それは無知を好むからではなく、そうした問いを考える結果を知っているからだ。彼は数学や世界で何ができるかにのみ興味があるのだ。

方法論的狂気

いろんな服をつくる、狂った仕立て屋を想像しよう。彼は人、鳥、植物について何も知らない。世界に興味がなく、調べない。服を作るが、誰のためかわからない。考えない。服の一部は球形で、頭や足のための開口部がない。他は管を縫い付け、それを「袖」や「脚」と呼ぶ。数はランダムだ。服はさまざまな要素で構成される。彼はたった一つのことしか気にしない。彼は一貫性を重視する。服は対称的・非対称的、大小、伸縮性・固定性がある。新作を始めるときには、彼はまず前提を立てる。それは常に同じではない。だがいったん決めたらそれに従い、矛盾を避けるように配慮する。脚を縫いつけたら、後からそれを切ったりしないし、いったん縫ったらその縫い目は解かない。作るのは常に服で、ランダムなぼろ布ではない。彼は完成品を巨大倉庫に運ぶ。もしそこに入れば、服の一部はタコに合い、他は木、蝶、人に合うのがわかる。ケンタウロスやユニコーン、未想像の生物用の服もある。大半は用途がない。誰もが彼のシジフォス的労働を純粋な狂気と認める。

数学もそのように機能する。構造を構築するが、何の構造かはわからない。完璧なモデル（完全に正確）だが、数学者は何のモデルかわからない。そんなことには興味がない。可能だからやる。数学者は我々が知っている日常語を使うし、特に初期仮定ではそうする。たとえば球、直線、点について話す。だがそれは、われわれの理解とはちがう意味で言っている。球面は厚みなく、点は大きさがない。空間は普通の空間とはちがい、無限次元を持てる。数学者は無限、超限だけでなく、負の確率も知っている。何かが確実に起こるなら確率 1、絶対起こらないなら 0。だが何かが「起こらないより少ない」こともあるのだ。

数学者は自分が何をしているかわからないことを十分に知っている。バートランド・ラッセルは「数学とは、何について話しているか決してわからず、言っていることが本当かわからない分野」と述べた。

数学は鉛筆と紙での「全創造学」の例だ。だからこそ、ここでそれについて語っている。

未来に他世界の「全能発生器」を始動するのは、おそらく数学となるからだ。もちろんその未来からは、いまの人類がはるか遠いのはまちがいない。また数学の一部は常に「純粋」、つまり空虚だ。あの狂った仕立て屋の倉庫の服のように。

言語はシンボル体系で、外部世界（雷雨、犬）や内部世界（悲しい、甘い）の現象に対応し、通信を可能にする。実在の雷雨や悲しみがなければ、そんな言葉はない。日常語は曖昧で、意味の限界が不明瞭だ。またそれは社会・文化変化と共に進化する。それは言語が非自律構造だからだ。なぜなら言語創造は言語外状況を参照するからだ。場合によっては、それがきわめて高い自律性を持つ——たとえば創造的な言語形成を持つ詩など（「それは煮そろ時、俊るりしオモゲマたちが／幅かりにて環繰り躯捩する頃」[*4]。論理学者の言語もかなり厳しくこき使われるために自律的になりがちだ。それでも現実との遺伝的つながりは検知できる。数学言語の記号は外部を指さない。チェスは数学体系に少し似ている。それは独自の法則と規則を持った閉鎖系だ。チェスの真実性を問えないように、純粋数学の真実性は問えない。正しくプレイされたか、規則に従ったかを問うだけだ。だがチェスは実用的応用がないが、数学にはある。この有用性をきわめて単純に説明する理論がある。自然自体が数学的だというものだ。ジーンズやエディントンはそう考えたし、アインシュタインですらそれに完全に反対ではなかった。「神は老獪だが、悪意はない」という言葉からそれがうかがえる。私はこれが、自然の複雑さは（数学的）公式に包み込むことで把握できるという意味だと理解している。自然が悪意で非数学的なら、悪意あるウソつきのように、それは非論理的、矛盾、混乱、説明不能になるだろう。ご存じの通り、アインシュタインは死ぬまで量子不確定性を拒否し、多くの思考実験でそれを決定論的法則に還元しようとした。

16 世紀以来、物理学者は数学の「空の服」倉庫の中を探してきた。行列計算は「空の構造」だったが、ハイゼンベルクそれとマッチする「世界の一部」を見つけ出した。物理学はそんな例だらけだ。

理論物理学、したがって応用数学のステップは、経験的定理を数学的に置き換え（数学シンボルに「質量」「エネルギー」といった物理的意味を与える)、このようにして得られた数式を数学規則で変換（これは純粋に演繹的・形式的)、その結果に物質的意味を挿入することで、再び実証的定理に変換する。新定理は現象の未来予測を提供したり、何か一般方程式（たとえばエネルギー=質量 × 光速 2 乗）や、物理法則を表現したりする。

物理学はこうして数学に翻訳される。数学は数学的に扱う。そしてその結果を物理学に再翻訳し、現実との対応を得る（もちろんそれまで「まともな」物理学と数学に基づいて進めてきた場合)。これはもちろん、簡略化している。というのも現代物理学はすでに数学で「過剰拡張」されてしまっているので、初期定理ですらやたらに数学が入っているからだ。

自然の関係の普遍性から、理論知識は少なくとも純粋数学と比べれば「不完全、不正確、不確実」になるようだ。物理学や化学で世界を説明するのに使われる数学が、この世界についてあまりに語ってくれないわけではない。むしろ正反対だ。数学は世界について、実際に言えることよりも多くのことを言う (いや言おうとする) ——これはどうやら科学にとって問題をたくさん引き起こす。これはまちがいなく克服されるだろう。行列解析は量子力学で、もっと正確な予測を出せるような別の解析に置き換わるかもしれない。だがそ

[*4] 訳注：レムはポーランド語の詩を使っているが、英訳者が『鏡の国のアリス』で置き換えたそうな。

の場合にも、陳腐化するのは今日の量子力学だけだ。行列解析は不滅だ。これは化学系は有効性を失うが、数学系は失わないからだ。その空虚さが不滅を保証するのだ。

自然の「非数学的」性とはそもそも何だろうか？　世界へのアプローチには二通りある。各現実要素に物理理論の厳密等価（数学的「双子」）があるか、ないか (持てないか) だ。ある現象の最終状態だけでなく中間状態を予測し、各数学変換段階で数学シンボルの物質等価を示せれば、理論と現実の同型写像を語れる。この場合、数学モデルは現実の双子だ。この仮定が古典物理学を特徴づけ、自然の「数学的性格」の信念を生んだ[*5]。

だが別の可能性もある。飛ぶ鳥を正確に撃ち落としてそいつが落ちて死ねば、自分の行動の結果は自分が望んだものだ。弾丸と鳥の軌道は同型写像ではない。ある点、「最終」点と呼ばれるもので収束するだけだ。同様に、理論は現象の最終段階を予測するが、実要素と数学シンボルの明示的対応はない場合がある。例は原始的だが、なにも例がないより良いかもしれない。今日、数学と世界の「双子」関係を確信する物理学者はほぼいない。だが射手の例で説明したように、成功予測の機会が減ったわけではない。ただそれは道具としての数学を強調するのだ。この観点からすると、数学は現象の忠実な表現、過渡的イメージではなくなる。山登りに使えるはしごのようなものとなる。だがはしごはどこから見ても、山には似ていない。しばらく山の例を続けよう。適切なスケールを使えば、画像から高さ、斜面の傾斜などを読みとれる。梯子は置かれた山について多くのことを語る。だが山のどの部分が梯子のどの段に対応するか問うのは無意味だ。段は頂上に登るためのものだ。同様に、梯子の「真実性」を問うなかれ。そこには優劣しかない——目標達成の道具としての。

その画像も同じだ。山の忠実な表現に見えるが、強力レンズで調べると斜面の詳細は写真フィルム粒子の黒点へと崩れる。粒子は臭化銀分子だ。分子が山斜面の何に対応するだろうか？　何にも対応しない。原子核内の「長さ」がどこにあるか問うのは、顕微鏡で画像を見る時の山の所在と同じだ。画像は全体として真なのだ。同様に理論 (たとえば量子理論) はバリオンやレプトンの出現をもっとうまく予測し、どの粒子があり得てどれがあり得ないか教えてくれるが、その理論は全体として真なのだ。

こうしたテーゼは自然が不可知という暗鬱な結論を生みかねない。これは恐るべき誤解だ。これを言う人は、メソンや中性子が実は微小水滴やピンポン球と似たものだということになるのをこっそり期待しているのだ。つまり古典力学のビリヤード球のように振る舞うということだ。告白しておくと、メソンが「ピンポン性」を持つと判明したら、それが日常生活で見られるどんなものとも似ていないという発見よりもさらに私はびっくりするだろう。まだできていない核子理論が、たとえば恒星変換を制御可能なら、核子の「神秘性」への見返りとしては十分すぎるものだと思う——ここでの「神秘性」とはつまり、視覚化できないということだ。

これで自然の数学的・非数学的性格の思弁を終え、未来に戻ろう。これまでの純粋数学は「空構造」の倉庫で、物理学者が自然に「合う」ものを探し、他を捨てた。状況は逆転するかもしれない。数学は世界を模倣できる限り物理学の従順な奴隷で、物理学に感謝される。だが数学は、物理学に指図し始めるかもしれない——現代物理学ではなく、遠未来の人工物理学に。それが紙上と数学者の心にとどまる限り、それは空だと呼ぶ。だが構築物をいつの日か現実化できたら？　数学体系を建築計画として「事前に想像」した世界

[*5] Bohm, *Quantum Theory*, 1951 参照.

を産み出せたら？　それは機械だろうか。いいや——原子を機械と考えないのであれば。原子を機械と見なすなら、答はイエスとなる。そのとき数学は幻影発生器、既知と異なる現実世界の創造者となる。これをどう想像しようか？　そもそも可能なのか？

まだこの、すでに想像が十分に可能な、最新技術革命を議論するには準備不足だ。だからまたもや、自分自身を出し抜かねばならない。全創造学から模倣論に戻らねばならない。だがまず、非存在物体の系統学について少し述べねばならない。

新しいリンネ：系統学について

まず説明から始めよう。未来を見据えたいので、現代の知識は未来数千年後の知識に比べ非常に限定的だと認めねばならない。この立場は、20 世紀科学への軽薄で不届きな無知に見えるかもしれない。そうではない。文明は 1 万年以上存在しており、完全な失敗のリスクを冒しつつも、今から少なくとも同程度遠い時代に何が起こるかを推測したいので、現在の成果のどれ一つとして頂点とは見なさないことにする。登らねばならない高みから見れば、サイバネティクス革命は新石器時代から一歩進んだだけに見える。ちょうど無名のゼロの発明者がアインシュタインから一歩離れているだけにしか見えないのと同じだ。「しなければならない」「したい」と言ったのは、この「思考探検」で別の視点を用いれば何も達成できないことを強調するためだ。未来と現在を見下ろすこの視点を、根拠のない僭越と見なすこともできるし、そういう立場を採用する人は十分に理解できる。だが、私がその立場なら、沈黙せざるを得ない。

私がここで展開している議論には、実際的困難もいくつかある。同時進行で議論すべき事柄を一つずつ提示することになる。そうする理由は、私が「未来の発明」を一覧にして列挙したいわけではなく、技術的な記述性 (それ自体がまったく空疎な主張だ) 一切なしに 一般的な可能性を示すのが目的だからだ。一般的だが一般化はしない——それは未来を特定の形で決定するからだ。物事が必ずそうなるとは言うまい。そう**なり得る**としか言わない。なぜならこれは SF ではなく、多様な根拠の仮説の集合だからだ。それらは統一性をもつが、一緒には記述できない。生理学者が教科書で生物の働きを説明する際も同じ困難に直面する。彼は呼吸、血液循環、基礎代謝などを一つずつ論じる。人々が長く教科書を書いてきたため、問題あるが伝統で認められた主題分割がある。だが、私は存在するものは何も、あるいはほとんど何も記述していないし、したがって一般モデル（まれな例外を除く）や未来についての教科書を参照できない。そんなものを見たことがないからだ。よって、恣意的な分類を用い、そうした困難のため一部の課題や問題を 2、3 度繰り返し、本来一緒に論じるべきものを別々に扱うが、そうせざるを得ない。

これらの説明後、「主題の系統学」を導入する。今後は、これが本書の中心主題となる。使用する名称は暫定的で、関連分野の概要を助ける略称にすぎない。だから「系統学」を引用符で囲んだ。「全創造学」は、人間や知的存在が達成可能な全てを指す。それは情報収集とある目標を念頭においた情報使用を指す。今日でも、ある程度はそうした区別が存在する。それは科学と技術の区別にある程度見られる。未来では、情報収集が自動化されるので、状況が変わってくる。情報収集システムは行動の方向を決定しない。粉を供給する製粉所のようなもので、粉から何を作るかはパン職人（技術者）に委ねられる。だが、どの穀物を石臼に投じるかはパン職人より製粉所管理者が決める。科学はそうした製粉所管理者となる。穀物の粉砕は情報収集だ。これをどう考えるかは別に論じる。

全創造学の情報使用部分は、物理・数学システムの一般理論から生まれ、2 分野に分けられる。簡潔さと概要のため、第一を模倣論、第二を幻影論と呼ぶ。両者はある程度重なる。より精密さを目ざして、模倣論は自然で識別可能な数学・アルゴリズムに基づく設計理論、幻影論は自然に等価物のない数学構造の実世界での実現と定義できる。だが、これはすでに自然が本質的に数学的だという前提となる——できればそんな想定はしたくない。またこれは、アルゴリズム普遍主義を受け入れることになる——これはそれ自体としてきわめて疑わしい。だから定義を部分的に開けておく方が賢明だ。

模倣論は全創造学の初期段階だ。科学的理論、デジタル機械などで実現象をモデル化するという、現代ですでに行われている慣行に由来する。模倣論は、あり得る物質プロセス（星、火山爆発）や、あり得ないプロセス（マイクロ核融合電池、文明）を開始するものだ。完全な模倣論者は、あらゆる自然現象や自然が許容するが自然が自発的に生み出さない現象をすべて再現できる者だ。私が機械の構築ですら模倣活動と呼ぶに到る理由は、別に説明する。

模倣論と幻影論に明確な境界はない。模倣論の進んだずっと後の段階として、幻影論はますますあり得ないプロセスを構築し、完全に不可能な、つまり自然の法則に反するプロセスにまで至る。これは空のクラスに見える。実現不可能なものは実現できないはずだ。だが、この「不可能性」が絶対でないことを、簡潔かつ大まかにとはいえ示そう。まず、幻影論への第一歩をどう想像するかを簡単に示すだけにしよう。原子モデルは自然、つまり原本を知るために作られた。そこれが自然に合わなければ無価値だと判断する。これが現代の状況だが、戦略を変えることもできる。そのモデルを別の目的に使える。実際の原子と異なる原子モデルを、実際の物質と異なる「別の物質」の構築要素に変えるのだ。

モデルと現実

モデル化は、自然の特性の一部を考慮した模倣である。なぜ一部か。その程度しかできないからか？　いや、主に情報の過剰から自衛するためだ。そうした過剰は実はアクセス不能を意味する。画家は絵を描くが、その画家に口があって、その人物と話ができても、彼がどうやって絵を描いているのかはわからない。絵を描いているときには、その当人も脳で何が起きているかわからない。情報はその人の頭にあるが、アクセス不能だ。モデル化では簡略化が必要だ。貧弱な絵を描く機械は、芸術家の「完璧モデル」である双子の兄弟より、絵画の物質的、つまり脳的基盤について多く語る。モデル化実践は、ある変数を選択し、他を無視する。両者のプロセスが同一なら、モデルと原本の対応は理想的なものとなる。だがそうはいかない。モデル発展の結果はあらゆる実際の発展とは異なる。この違いは 3 要因による：原本と比べたモデルの簡略化、原本にないモデルの独自特性、最後に重要となる、原本自体の不確定性だ。生きた脳を電気脳で模倣する場合、記憶現象と神経網を表す電気網を考慮する。生きた脳には別個の記憶容器はない。実際のニューロンは普遍的で、記憶は脳全体に散在する。電気網はそんな特性を示さない。よって、特殊記憶バンク（例：強磁性のもの）を電気脳に接続するしかない。また、生きた脳は「ランダム性」、行動の非計算性を示すが、電気脳はない。サイバネティシストはどうするか？　モデルに「偶発性発生器」を組み込み、それがスイッチオンでランダム信号をネットワークに送る。そんなランダムは事前に準備される。この追加装置は乱数表を使う、等々。

これで「非計算性」や「自由意志」のアナロジーに見えるものに到達する。これらのス

テップ後、両システム、神経と電気の出力パラメータの類似が増す。だが、これは対応する「入力」と「出力」に関する類似だけにすぎない。動的「入力-出力」関係に加え、両システムの全構造（より多い変数）を考慮すると、類似は増えていない——むしろ減少している。電気脳が「自発性」と「記憶」を持っていても、生きた脳は偶発性発生器や別記憶バンクを持たない。模倣変数の範囲でモデルが原本に近づくほど、他の範囲では遠ざかる。ニューロンの可変興奮性を考え、それが限界点の存在に左右されることを考慮し、同時にあらゆる生命体がこれを生化学的変容により実現していることを考慮する場合、各スイッチ要素（トランジスタならぬ「ニューリスタ」）に別電気システムを装備させねばならないといったことが生じる[*6]。しかし、モデル現象に現れない変数は無視する。これは情報収集の一般模式の特殊ケースで、初期選択が常に起きると想定したものだ。例えば、電話で話す普通の人にとって雑音は「ノイズ」だが、回線を調べる通信技師にはノイズが情報を伝える（アシュビーが指摘した例だ）。

すべての変数を考慮して現象をモデル化したい場合（とりあえずそんなことが可能と仮定しよう）、原本より**もっと広範な**システムを構築せざるを得ない。モデル独自の追加変数がそこには備わるし、それはモデルシステムの特徴ではあるがオリジナルにはないためだ。だからこそ、変数が少ない限り、デジタルモデル化はうまくいく。変数が増えると、この方法はすぐに適用限界に達する。よって、モデル化のアプローチを別のもので置き換える必要がある。

理論上、ある現象をまったく同じ別の現象でモデル化するのが最も効率的だ。だがそんなことが可能か？　人間をモデル化するにはその人間を構築し、生物進化をモデル化するには地球そっくりの惑星で繰り返す必要が出てくるように思える。最も完璧なリンゴのモデルは別の林檎、最も完璧な宇宙のモデルは別の宇宙だ。

これは模倣論実践を荒唐無稽なものに還元して否定しているように見えるが、あまりにせっかちな判決は控えよう。

鍵となる問いは、現象の忠実（モデル）な反復でないものが、現象より多い情報を含むかということだ。それは絶対的にまちがいない。科学的理論だ。科学理論は全現象クラスをカバーし、各々を論じつつ全てを論じる。もちろん、理論は**与えられた**現象の多くの変数を考慮しないが、設定目標ゆえにそうした変数は重要でない。

ここで新難問が生じる。理論は、観察事実や他の理論（例：測定理論）から導入された情報だけを含むのか、それ以上の情報も含めるのかを考えねばならない。後者は不可能に決まっている、と思いますか？ だが、物理真空理論に基づいて量子場理論は各種の現象を予測した。ベータ崩壊理論から超流動（液体ヘリウム）と固体状態理論の結果が生まれた。理論が主に現象 x を予測し、未知の他の現象が演繹され発生した場合、「追加」情報はどこからきたのだろうか？

それは世界の変容の連続性からきたのだ。フィードバックからきたのだ。一つを「推測」し、それがその後、他に「導いた」のだ。

これはもっともらしいが、この情報バランスは本当のところどう機能するのだろうか？ 理論に x ビット挿入し、$x+n$ を得るということか？　これはつまり、十分複雑なシステム（脳のように）なら、外部からの追加情報なしに、追加の情報を創り出せる、前の瞬間より多くの情報を作成できるということだろうか？　これは真の情報**永久機関**となる！

[*6] Parin and Bajewski, *Kibernetika w miedicinie i fizjologii* 参照.

残念ながら、この問題は現代情報理論では解決できない。情報の量はその信号の到着確率が低いほど大きい。つまり、星がエメンタールチーズでできているというメッセージが来れば、その情報量は巨大だ。そんな信号は極めてあり得ないからだ。だがここで、専門家は正当にも、この議論は 2 種の情報を混同していると非難する。選択情報、つまり可能信号集合（水素、エンテレキー、ボロゴーブ、チーズなど）から抽出される情報で、現象情報の正しさや適切さとは無関係なものと、構造情報、つまり状況の表現という二種類だ。星のチーズ化のセンセーショナルニュースは選択情報が多く、構造情報ゼロだ、星はチーズではないからだ。完璧だ。では物理的真空の理論を見てみよう。ベータ崩壊がかくかくしかじかの形で起こり（真）、電子電荷が無限大（偽）だと示される。前者は物理学者に価値があり、後者の誤りを利子付きで補って余りある。だが、情報理論は物理学者の選択に興味がない。この理論は構造状態ですら、情報の価値を考慮しないからだ。また、どの理論も「独り」で存在せず、「主権的」ではない。他の理論から部分的に派生し、部分的にそれを組み合わせている。情報量の測定は難しく、$E = mc^2$ の情報は他の多くの公式や理論からこの指揮に「入る」。

だが、理論と現象モデルが必要なのは今日だけなのではないか？ 他の惑星の賢人がそんな問いに、古い靴底のかけらを黙って渡し、宇宙の真実はこの物質から読めると伝えてくれるかもしれない。

しばしこの古い靴底にこだわろう。この逸話は面白い結果を生む。方程式を見てほしい：$4 + x = 7$。鈍い生徒は x 値にアクセスする方法がわからない。その結果はあらかじめ方程式に「含まれている」のだが、彼の曇った目には隠れ、基本的な変形をした後でやっと「現れる」。よって、正統異端者としてこう問うてみよう。自然だって同じではないか？

物質は全ての潜在的変容（星、量子プレーン、ミシン、バラ、カイコ、彗星の構築可能性）を「記入」しているのではないか？　もしそうなら、自然の基本構成要素、水素原子から、すべての可能性を演繹できる（慎ましく 100 の元素合成から、人より 1 兆倍精神的なシステム構築まで）。実現不能なもの（甘い食塩 $NaCl$、直径 3 京キロの星など）も演繹できる。物質は可能性と不可能性（禁止）を基礎仮定として含む。我々がその「暗号」を解けないだけだ。物質は数学問題のようなもので、我々は前述の鈍い生徒のように、そこに含まれているにもかかわらず、その全情報を抽出できない。いま述べたことは同語反復的本体論に他ならない……

剽窃と創造

先ほど大胆に述べた恐怖は何を意味するのだろうか？　それは、原子の「宇宙的潜在力」「進化的潜在力」「文明的潜在力」、一般的にあらゆる潜在力を「見る」ことが実は可能だということだ。もちろん、これは完全に本気ではない。ナトリウムと塩素の原子から食塩の特性は推論できない。いまのところいくつかは推論できるが、賢そうに聞こえる「同語反復的本体論」は、我々の世界で物質の基本的構成要素から「全て」を推論できないため、せいぜいが自分の世界とはちがう世界を構築できるようにするプロジェクトにすぎない。もう少し現実的なアプローチとしては次がある。自然が作ったものを正確に剽窃せず、自然のプロセスに「横入り」して、自然の出発点とは全く異なる位置から始め、ある段階後、自然と同じ結果に到達することだ。粗雑な例を挙げると、地球表面で地震が必要だ。自然のように火山を「構築」せず、TNT 爆発で震動を起こせばいい。ある現象や

一連の現象の最終結果は、それに至る因果の全連鎖で最終的に決定されるものではないから、必要な震動が得られるのだ。

もう少し洗練された例を挙げよう。*Penicillium notatum* カビはペニシリンを生産する。カビを育て必要物質を抽出するかわりに、単純物質からペニシリンを合成すればいい。

ほぼ実現に近い例をこんどは挙げよう。最大エネルギーは物質と反物質の結合、すなわち対消滅プロセスで得られる。知る限り、反物質はメタ銀河には存在しない。すでに人工的に一部なら作成できる。産業規模でこれができれば、たとえば「磁気瓶」で貯蔵した反物質（突然消滅反応を避けるためだ）は宇宙船の最も効率の高い燃料となる。興味深いことに、こうして自然に現れない物質を作成できる。

最後に、現在では絶対実現不能な例を挙げよう。精子の頭部断片、3 千分の 1 ミリメートルの体積に、卵子と結合後発達する人間脳の設計計画が化学分子の言語で「コード化」されている。この計画は「生産規則」と「行動指示」からなるようだ。その微小空間に、**何を**するか、**どう**するか、そして重要な、それらすべてを実行する機構の情報がある。精子や卵子（情報量の観点から見ればこれは無関係だ。受精は集団のヘテロ接合性を維持するので、進化は性別を生んだが、卵子を刺激して単為生殖も可能なのだ）を刺激し、発生を誘導できると仮定する。最初は全胎児が発達するが、この発達のある時点で目標に不要な部分を除去し、脳の発達だけに集中させよう。こうして得られた「ニューロン製剤」を栄養溶液に移し、他の「製剤」や脳部分と結合すれば、その結果として自然組織から「人工脳」が生まれる。

ここで倫理問題が生じるだろう。これを避けるため、人間卵子の発達を開始せず、全情報を、つまり全遺伝的記銘をコピーすることができる。今日、少なくとも原理的にはこれをどうやればいいか知っている。ネガから写真プリントを作るようなプロセスだ。フィルムや紙の役割を果たすのは、ここで合成した（つまり生物由来でない）リボ核酸系となる。卵子は酸分子の結合「指示」を提供するだけだ。卵子の染色体の「鋳型」を作り、石膏で彫刻の鋳型を作るようにしたわけだ。「人工」染色体が発生の出発点となったにすぎない。これにも異議があれば、さらに迂回すればいい。卵子の染色体情報を化学の象徴言語で紙に書き、合成染色体を作成し、「実験室卵子」を発生的な「生産」に投入する。我々の行動が「自然」と「人工」の境界を曖昧にする。モデル化は遺伝コードの包括的知識でいろいろな変更を導入するから、剽窃と創造の境界を越えられる。子供の目の色を自由にプログラムするだけでなく、脳の「才能」を実行する「遺伝コード」の知識で、「才能マトリックス」を量産し、親の選ぶ特性（音楽的才能、数学的才能など）を卵子の遺伝型に「埋め込む」のだ。

明らかに、人間を構築するためには、自然がたどった人間構築の全進化路を知る必要はない。特定の段階の数百万ビット情報、シナントロプス、ムスティエ文化やオーリニャック文明について知る必要はない。精子や卵子のオリジナルに「マッチ」するモデルを作成すれば、全オリジナルより完璧な遺伝型（貴重な遺伝特性の蓄積）が得られる。これで人間有機体の創造プロセスに「横入り口」が開かれる。これに勇気づけられ、我々はより良いモデルを作成し、体と精神のレベルで完全に均衡した染色体設計、疾患の機能・有機的傾向の遺伝子がないモデルに至る。制御された突然変異（自然の遺伝コード変更；特定遺伝子の化学構造変更）を引き起こすことで、ホモ種に欠如した特性（水中で暮らせるようにするえら発達、脳拡大など）を作成できる。

ここで人間の「自己進化」を分析するつもりはなかった。本書の最終節で未来展望と進

化的解決の批判を概説する。ここでは模倣論の可能な働きを実証したかっただけだ――それは自然の競争相手となる。

模倣論について

人間は相互排他的な代替理論を思いつく傾向が昔からある。生物学ではプレフォルミズムがエピジェネシスと闘い、物理学では決定論が非決定論と闘う。こうした理論は「低い」レベルで互いを排除する、つまり一つが「最終的」と暗黙に仮定する。だが、通常、片方の理論が現実に近いとはいえ、正しい道の一歩でしかないのだ。

進んだ模倣論の時代には、こうしたすべては科学の前史となる。「より良い」理論は、進化制御、再生潜在力の速度・範囲変更、胎児の遺伝特性調整を可能にする理論だ。これらはすべて、たとえば人工的に核の染色体装置を作成する能力を得るよりずっと前に可能だ。全科学は理論を構築するが、その理論に対する態度が分野ごとに異なる。天文学理論の見かけの完璧性は、その分野が調べるシステムが極度に隔離されていることから来る。だが、隔離が減り、数体が相互影響する場合、解決は難しくなる。理論の「試行錯誤」性は、観察現象の範囲が現象自体に比して微小な場合（宇宙生成、生物発生、惑星生成）で特に顕著だ。だが、熱力学や染色体理論では、自然との単なる憶測対決以上のものがかかるようだ――そしてそうした理論は、最も「純粋な」真実を含んでいる。

模倣論がそんな違いを無効化するかどうか、私には言えない。結局のところ、宇宙の現在状態は「どの方向」からも到達可能だ、つまり我々が観察しているものは多様な方法で生まれることができたのだ。だが発見すべきものはまだ多く、個別科学の未来発展を予測するような追加リスクはだれも負うべきではない。

ご存じの通り、模倣論は「完璧模倣」ではない――誰かがそんなものを要求しない限り。それが「集めて」モデルに挿入する変数は、モデル生産が奉仕する目標に応じて変わる。事前に決定された目標が存在すれば、その目標達成のための**最適**情報量がある――これは決して最大情報量と同じではない。

模倣論によれば、人間がするすべては何らかのモデル化だ。馬鹿げて聞こえるだろう。星や生物の現象をモデル化するのは良いが、マイクロ核融合電池、電気調理器、ロケットの「モデル化」はどうだろうか？

「モデル化活動」の、いささか簡略化した分類を試みよう。

1. **既存現象のモデル。**雨を降らせたい。そこで気候、大気などの現象をモデル化する。雨の「出発点」を見つけ出す。それを実現（自然で）すれば雨が降る。きわめてまれに色付き雨が降る：火山爆発が多色鉱物塵を大気に投げ、水滴を着色するのだ。適切な染料を雲や凝縮水に導入するシステムを、雨を開始する原因連鎖の「結び目」に「織り込めば」そんな雨を作成できる。これで、ある自然現象の確率を増せる――通常は稀な現象だ。だが雨は頻繁なので、雨確率増の寄与はさほど大くない。しかし色付き雨は稀で、「低確率状態の増幅器」としての行動はかなり高レベルだ。
2. **「非存在」現象のモデル。**自然は可能行動のすべてを実現はしないが、通常仮定されているより多くを実現する。一部の海生物が帆を発達させたこと、反動原理やエコーロケーションが進化で用いられていること、魚が深度を告げる「マノメーター」

を持つことを知るエンジニアは限られる。もっと一般に言えば、自然は数億年前に、あり得るプロセス（エントロピー増、無組織化）とあり得ないプロセス（生物発生）を結合し、組織の高度化とエントロピー減を生んだ。同様に、てこ、化学力学・化学電気機械、太陽エネルギーを化学エネルギーに変換する変圧器（脊椎動物の骨格、細胞、光合成植物）を作成した。ポンプ（心臓）、規則的・浸透的ポンプ（腎臓）、「写真」カメラ（視覚器官）などだ。生物進化は、原子力には触れなかった、放射線が遺伝情報と生命プロセスを破壊するためだ。だが、星ではそんなエネルギーを「適用」した。

つまり一般論として、自然は多様なプロセスを結合する。こういう点で自然を**模倣できる**し、実際に人間はそれをやっている。人間は常にあらゆるところでプロセスを結合する：水で製粉所を回し、鉱石を溶かし、鉄を鋳造し、工作機械を構築し、綿を植え、服を織る。よって、エントロピー増がどこかで起き、そのため局所的にそれが減る（モーター、調理器、マイクロ核融合電池、文明）。

電子は電場である決まった行動を取る。このプロセスを他と結合し、テレビ、強磁性記憶、量子増幅プロセス（メーザー、レーザー）が得られる。

だが、我々は常に自然を模倣する。とはいえ、これは正しく理解しなければならない。象やキリンの群れが走ると、粘土をあまりに強く踏みしめてしまい「車のネガ」が生じ、一方で近くの火山が溶融磁鉄鉱を噴火させて、それがその「車のネガ型」に注がれ、車や似たものが生まれるというのはどうだろうか。

もちろん、こんなことは極めてあり得ない。だが、熱力学的には不可能ではない。模倣論の結果は、「自然に」はあり得ないが可能ではある現象の確率を増すという話に還元できる。理論上、木製車輪、ボウル、ドアハンドル、車の「自然な」出現は可能だ。また、鉄、銅、アルミニウム原子が突然集まって、正しい場所に「シフト」することによりアメーバやスミス氏を生むより確率に比べれば、ボウルや車が自然に生じる確率は比べものにならないほど高い。車はせいぜい数千部品だが、アメーバは数百万部品もあるのだ。また、車体やモーター内の原子・固体の位置、瞬間、結晶化は機能に関係ない。だがアメーバを「作る」分子の位置・特性はその存在を圧倒的に決定する。ならなぜアメーバが生まれ、車が生まれないのか？　自己組織化能力を最初から備えたシステムだけが、自然出現の確率が高かったのと、地球の「出発条件」がそうしたものを許したためだ。

一般原理を提案しよう。自然の設計活動の確率分布は、人間の設計活動の分布と全く異なる——それでも後者はもちろん、前者に埋め込まれなければならない。自然の典型的な正規分布（ベル曲線）は、宇宙全体で見ても壺や計算機の自発生成を極めてあり得なくする。死んだ惑星をすべて探索し尽くし、燃え尽きた恒星矮星をすべて攻略しても、「偶発スプーン」数個、結晶化した缶詰が見つかるかもしれないが、その缶詰の中に偶然の牛肉や部分的に食用になるものが入っているのを見つけるには、永遠に待っても無駄だろう。そんな現象は「不可能」ではなく、自然の禁止（法則、物事がそうあるべき命令で、代替発生を禁じる）で防がれるわけではない。人間の設計活動は自然の設計活動の確率領域内の特殊ケースで、確率値が急減し、微小になる場所にある。これで、きわめて起こりにくい熱力学的状態、ロケットや TV セットに到る。だが自然が設計者として「本領発揮」する領域は、我々人類が最も苦手とする領域なのだ：人類は (**まだ**) 自然規模の自己組織化

プロセスを開始できず、その技量も遠く及ばない。また、自然がこれをできなければ、本書の読者も著者も存在しなかった。これまで、人間は設計レベルで可能な全ての中で、極めて狭い「自然の生産スペクトル」に関心を持った。隕石、彗星、超新星を作成しようとしなかった（水素爆弾のおかげでこれについては正しい道を進んでいるが）。だが、自然の指定限界を越えられないのだろうか？ もちろん、我々の宇宙と自然とは異なるものを発明はできる。だが、それをどう実現するればいいのだろうか？

今の時点では、この話題を離れよう——だが、長く離れるつもりはない。

第 6 章

幻影環境

幻影環境の基礎

我々は次のような問題に直面している：その中で存在する知的存在のために、標準現実と絶対に区別できないが異なる法則に従う現実をどう作成するか。その入門として、もっと控えめな課題から始めよう。現実の世界と非常に似ており、あらゆる点で区別がつかないような人工現実を作れるだろうか？ 最初のトピックは世界の創造、2 番目は幻想の創造についてのものだ。だが、ここで問題にしているのは完璧な幻想だ。それをただの幻想と呼んでいいのかも私にはわからない。読者のみなさんは自分で判断してほしい。

ここで検討する分野を幻影環境と呼ぶ：これは創造工学の本丸への踏み台だ。まず、実験から始めるが、最初に明確に言っておくと、これは幻影環境自体に属さない。

ベランダに男がすわり、庭を見ていて、同時に手に持つバラの香りを嗅ぐ。その神経を伝わる一連の衝動を記録しよう（例：カセットやオープンリールテープなどに）。

数十万の記録を同時に行う必要がある、感覚神経（浅い感覚と深部感覚）と脳神経（皮膚感覚受容器、筋肉固有受容器、味、臭、聴、視、平衡器官）の全変化を記録するためだ。

これらの信号を記録してから、男を完全隔離する。例えば暗室のぬるま湯浴槽の中に入れる。そして眼球に電極を置き、耳に挿入、皮膚に付けるなどする。要するに男の全神経をさっきの録音機に接続し、起動し、以前の記録を神経に導入する。

これは一見するほど簡単ではない。衝動の神経幹内の位相的位置の重要性に応じて、神経の種類によってこれを行う難易度が変わる。視神経は特に困難だ。嗅覚領域は人間ではほぼ無次元だ。3 つの臭いを同時検知すると、どれがどこからきているのか、なかなかわからなくなってしまう。だが、視野内の位置は高品質だ。網膜で衝動の初期組織化が起き、光学神経は多静脈ケーブルで、各静脈が原始視覚皮質に向かう衝動の束を導く。神経内の記録衝動の「位置決め」はきわめて難しい（そして記録プロセス自体も）。聴覚神経も、そこまででではないが似たような困難をもたらす。これを克服する技術的手段はいくつか考えられる。一番簡単なのは、頭後部から直接視覚皮質に衝動を皮質的に導入することではないか。外科的に皮質を露出できないが、皮膚・骨を通じた正確な局所刺激は不可能なので、電気衝動を他のもの（例：メーザーで作り出す各種放射、超短波で直径が 1 ニューロン以下のもの [訳注：これは光束の太さのことを言っているの、それとも超短波の波長のこと？　原文なのか英訳のせいかは不明]）に変換する必要が生じる。それが集中され十分に弱いなら、そうしたビームが脳組織を刺激するだけで害は与えない。だが、これはいささか苦肉の策めいているし、結果は保証されない。

あるいは特殊「眼球アタッチメント」を構築することもできる。これはいわば「反＝目」となる、光学的に均衡したシステムで、瞳孔を通じ自然眼と「連結」する（もちろん直接つながるのではない。瞳孔の前には眼の前房と網膜前部があるのだから。だがこのどちらも透明だ）。眼と「反＝目」は統一システムとなり、「反＝目」はその送信機、眼は受信機となる。通常状況だと、この男は自分の眼ではなく「反＝目」で見て、普通に見える。唯一のちがいはその男がいささか精巧な「眼鏡」を着用しているというだけだ。「眼鏡」は光を伝達する眼と世界の間に挿入される物というだけでなく、視野を網膜の杆体・錐体数と等しい要素に分解する「ポインティング」装置だ。反＝目の視野要素はケーブルなどで記録装置に接続される。これで網膜が集める情報を巧みに集める。ただし網膜の後、眼球後部の視神経に何か装置を直接挿入するのではなく、網膜の**前の**「情報収集アタッチメント」に挿入するわけだ。反応を逆転したい場合、再び「眼鏡」を着用させるが、今度は暗闇でそれをやる。そして装置から、装置-> 「反＝目」-> 眼-> 視神経という経路で脳に記録を送る。この解決は最適ではないが、技術的に可能だ。ついでに言っておくと、これは映画やマイクロフィルムを瞳に投影するのとは無関係だ。映画などの事前録画では焦点が**予め決定され**、前景から背景に視線を移せない。映画はこうして、何を明確に見るべきか、何をもっとぼんやり見るべきかを事前決定する。これは 3D（立体）映画でも同じだ。だがレンズの扁平・拡張を起こす筋肉収縮力もまた脳に情報を提供し、たとえば距離評価を助ける——ただし二眼視ほどではない。だからこそ完全な模倣では、調節についても自由を提供しなくてはならないし、映画画像が「人間の眼の観点から」光学的に完璧でないことは言うまでもない。この実質的な脇道は具体解決を提案するのを意図したものではなく、問題実現の困難と、最終的な可能性を強調するためのものだ。

男が暗闇で休んでいる間に、全神経から各種衝動が脳に伝わると——ベランダにバラを持って座っていたときと同じ衝動だ——主観的に男はその状況に再びいることになる。空を見、手にバラ、ベランダ後ろの庭、草、遊ぶ子供などだ。少し似た実験が犬で実施された。走る犬の運動神経の衝動を記録後、脊髄を切断した。これで後肢は麻痺した。電気記録を麻痺肢の神経に挿入すると、麻痺した後部が「復活」し、正常犬の走行運動を行ったのだ。転送速度変更で速度が変わる。この思考実験と実際の実験の違いは、犬が遠心的に（運動神経に）衝動を導入されたのに対し、この実験では求心神経に衝動を導入したことだ。だが、実験される男が椅子から立ち庭に出たい場合どうだろうか？　もちろんできない。それは導入された衝動が永久記録で固定されているからだ。立ち上がろうとすると奇妙な混乱が生じる。1 メートル先の階段手すりを掴もうとすると、空を掴む。感覚内で分岐が生じる——感じ観察するものと行動するもの間にずれができる。この分岐は現在の運動活動と以前の感覚活動の分離の結果だ。

現実で似た状況は起きるだろうか？　劇場に初めて来た人が役者に大声で助言することがある（例えばロミオに自殺しないように言う）。そして役者がその助言を聞かないのにとても驚く。反応しないのは、芸術——芝居、映画、文学——が「事前プログラム」され、すでに決定され、プロット介入で出来事の経過が変わらないからだ。芸術は一方向情報転送だ。我々は映画投影や劇場公演の受信者にすぎない。受動的受信者であって行動参加者ではない。本は劇場のような幻想を提供しない。なぜなら終章をすぐ見て予め決定されたことがわかってしまうからだ。だが劇の未来行動は役者の記憶に記録されているだけだ（少なくとも脚本を読んでいない観客から見れば）。ときどき SF で未来娯楽について読むが、それはいま述べた実験に似た活動で構成されることになっている。登場人物が必

要な電極を頭に置き、サハラ砂漠の真ん中や火星表面に突然やってくる。この手の記述の著者は、この「新」芸術と現在のものの違いが、固定・予め決定された内容への両者の「連結」方法——それ自体重要でない——とだけだと気づかないのだ。電極なしでも立体「サーカラマ」で似た幻想を得られるし、追加嗅覚チャネルとステレオ音付きでそれをやることもできるのだということを認識していない。視野は自然と同じで、潜在的には 360 度だ。見るものはすべて 3D で、色は天然色。嗅覚装置が「砂漠」「火星」のそよ風を作成する。適切投資で今日実現可能なのだから、それを 2000 年に投影する必要などない。どこに電極を置くことにするかはどうでもいいのだ——電極自体が文明の 30 世紀の重荷を負うことになっているのでなければ。

「伝統」芸術では、メッセージ内容と受信者の脳との間に受信者の感覚器官があるが、SF の「新」芸術ではそうした器官が消える。情報内容が神経に直接挿入されるからだ。連結の一方向性はどちらの場合も同じだ。だから、いまの例証実験も「新」芸術も幻影環境に属さない。幻影環境は「人工現実」と受信者の双方向連結を作成する。つまり、幻影環境はフィードバック芸術だ。もちろん、役者を雇い、17 世紀廷臣に扮装させ、自分がフランス王の衣装を着て、適切な設定（たとえば借りた古城）で「ルイの玉座統治」を演じることはできる。こんな活動は基本幻影環境にすら含まれない——その理由の一つは、その領域から退出できるからだ。

幻影環境は、創造されたフィクションの世界から現実世界への「出口」がない状況を作成する。ではこれから、幻影環境を実現する手段を一つずつ探り、幻影化された人が自分の経験を幻想にすぎないと確信する方法が何か想像できるかどうかという興味深い問いを検討しよう。

幻影機械

幻影発生器に接続された人は何を体験できるのか？　あらゆるものだ。アルプスを登り、宇宙服や酸素マスクなしで月を歩き、献身的なチームを率い輝く鎧を着て中世の町や北極を征服できる。マラソン優勝者や史上最大の詩人として群衆に歓呼され、スウェーデン国王からノーベル賞を受け取ることもできる。ポンパドゥール夫人を愛し、愛され返し、イアーゴと決闘してオセロの仇を討つか、マフィアの殺し屋に刺されることもできる。巨大な鷲の翼を背に生やし、空を飛んで、さらに魚になり、サンゴ礁で一生を過ごすこともできる。サメとして口を大きく開け獲物に突進できる。泳ぐ者を捕らえ、美味しく食べ、水中洞窟の静かな角で快く消化することさえ可能だ。身長二メートルの黒人となったり、ファラオのアメンホテプになったり、アッティラになったり——または逆に——聖人になることもできる。予言者になり、しかも全予言が 100% 成就する保証まで得られる。何度も死んでは復活できる。

そんな経験をどう実現できるだろうか？　もちろんそう簡単にはいかない。この男の脳を機械に接続し、嗅覚、光学、感覚、その他の刺激の流れを脳に送らねばならない。これでピラミッド頂上に立ち、世界一美しいミス・ワールド 2500 の腕に抱かれ、鎧の敵に剣で死をもたらす。機械は脳が受け取る衝動に応じて生まれる衝動を、瞬時に自分のサブシステムに送らねばならない。フィードバックの修正ゲームと、適切に設計された自己組織化システムによる衝動の流れの組織化で、ミス・ワールドは彼の言葉とキスに応じる。彼が摘もうとする花の茎は柔らかく曲がり、彼が嬉々として刺す敵の胸からは血が噴き出

す。この講義のメロドラマチックな調子を許してほしい。だが、紙幅や時間を無駄にすることなく、「フィードバック芸術」としての幻影環境の働きを概説したいのだ。これは受信者が積極な参加者・主人公となり、事前プログラムされた出来事の中心にいる分野となる。技術用語を使うよりこのオペラ的言語の方がおそらくは良い——技術用語は記述を極めて不格好にするばかりか、いまのところ幻影機械もそのプログラムも存在しないので、かなり役に立たないものとなってしまう。

機械は受信者・主人公の全可能行動を事前予測するプログラムなどは実行できない。それは不可能だ。だが、機械は幻影に現れる全人物（敵、廷臣、ミス・ワールドなど）の複雑性レベルを表す必要はない。みなさんもご存じの通り、夢では各種の普通でない環境に出くわす。多くの人々に会い、中には異様なやつもいる。その奇妙な行動で驚かされ、発言に驚かされる。群衆丸ごとと会話したりすることさえある。これらすべて——この多様な環境や夢のパートナー——は、たった一つの存在の産物だ。それは夢見る脳だ。幻影視覚のプログラムはこのように、一般的なものにしかなれない。たとえば「第 11 王朝のエジプト」や「地中海の海洋生活」などだ。機械の記憶バンクは、その与えられたテーマの全事実を蓄積しておく必要がある——必要に応じて無生命記録からそれを変容・活性化するのだ。その必要というのはもちろん、幻影化された人の「行動」そのもので決まる——例えば、頭を回しファラオの玉座室の「背後」部分を見る。脳から首筋肉への衝動に即座に「対抗」し、光学画像の求心投影を変え、「室の背後部分」が彼の視野に入るようにするわけだ。人間脳から送られるどんなに細かい変化にも、機械は変化が要求する形で即座に反応しなければならない。もちろん、これらは第一歩にすぎない。生理光学、重力などの法則を忠実に再現されねばならない（選択視覚がこれに反しない限り：「腕を振る」だけで飛ぶ、つまり重力に反したことをしたい人も出る）。だがすでに述べた厳密に決定論的な因果連鎖以外、視覚はある程度の自由度を持ったモバイルプロセッサ群を含まねばならない。これは幻影に現れる人物、主人公の幻影パートナーが人間特性——言葉・行動の (ある程度の) 自律性——を示す必要があるからだ。それらが単なる人形であってはならない——ここでも、その幻影環境愛好家が「ショー」前にそれを要求していれば別だが。もちろん、使用機器の複雑性は様々だ。ミス・ワールドを模倣するのはアインシュタインより簡単だ。後者では機械は天才の脳の複雑性や知性を備える必要がある。ミス・ワールドとのおしゃべりを望むより、そうした相対性理論の創造者との会話を望む方がずっと多いことを願うばかりだ [訳注：英訳は、ミス・ワールドとお話したい人が多いことを望むとなっているが、文脈的にもレムの趣味からもそんなことはあり得ないので修正。]。記述を完全にするため付け加えておこう。ここでの入門事例で扱った「挿入物」、つまり「反＝目」は、全力で稼働して完全自由な幻想を提供する幻影装置にはあまり役立たない。そのためには他のもっと完璧な解決が必要だ。だが、原理は同じだ。人は求心・遠心の 2 情報チャネルで機械が模倣する環境に接続される。この場合、機械は何でもできるが、一つだけできないことがある。受信者の脳プロセスに直接命令することだ。脳に入る事実だけを左右するので、人格分裂や重い統合失調症発作の経験を作成するよう要求はできない。だが、この指摘はいささか時期尚早だ。これまで論じてきたのは、「周辺幻影環境」だ。なぜなら衝動のゲームと反ゲームは神経で起き、脳プロセスに直接介入しないからだ。

したがって幻影視覚の虚構性をどうやって知るかという問題は、夢見る人が時々問う質問と表向きは類似している。現実感が極めて強い夢がある。だが、夢見る脳は覚醒時の全命令、意識、知性を示さないことは念頭に置くべきだ。通常、夢を現実とまちがえること

はあるが、逆（現実を夢とまちがえる）は起きない——特殊状況（起床直後、病気、精神的疲労増）の場合は別だが。だが、そういう場合には、常に「鈍った」意識のために「騙されやすい」のだ。

夢視覚と異なり、幻影視覚は覚醒時に起きる。他人や他世界を作成するのは、幻影化された人の脳ではない。機械が産むのだ。幻影化された人は求心情報の量・内容の面では機械の奴隷だ。他の外部情報は一切受けないからだ。だが、それを自由に使用、つまり解釈・分析できる。もちろんそれだけの、洞察力と賢さがあればの話だが。すると精神能力を完全に持つ人は幻影の「欺瞞」を検知可能ということになるだろうか？

これへの答えとして、幻影環境が現代映画の形態になれば、幻影劇場に行き、チケットを購入しするなどの準備活動——その記憶は幻影化された人がセッション中も維持する——と、さらに重要な点として現実での自分が誰かを知っていることで、経験との正しい、非真剣な関係を維持できるとは言える。だが、この事態には二重性がある。経験された行動の構築性を知っていても、その人物は夢の中にいるときのように、現実でできるより (つまり武勇、社会的、エロチックな勇気が自分の行動規範に妨げられる) よりも多くを自分に許すことができる。この側面は、主観的には行動の自由を許してくれるからいささか心地良いが、矛盾するもう一つの側面に挑まれてしまう。その幻影の行動や登場人物は物質的ではなく、したがって現実ではないという認識だ。だからどんなに完璧な幻影だろうと、真正性の渇望は満たされない。

もちろん、そういうことは起き得るし、幻影環境が娯楽や芸術の形態になれば必ず起きる。仮説的な幻影装置の経営者は、そうした経験の虚構性をあまりうまく隠すことに興味は持たないだろう——そうした体験が、たとえば利用者の神経衰弱につながったりするようなら。また、一部の願い——サディスティックなもの——は適切な立法により実現できないかもしれない。

だが本書で興味があるのは、利用者や行政の問題ではなく、全く異なる問題、認識論に属する問題だ。その幻影に「入り口」を完璧に隠せるのは疑いない。誰かが幻影装置に行き、ロッキー山脈旅行を注文。旅行は心地良く美しい、その後顧客は「目覚め」る、つまり幻影が終わる。助手が電極を除去し (1991 年ならこれはヘルメットになる)、丁寧に別れを告げる。ドアまで送られ、通りへ出ると突然恐ろしい大惨事：家が崩れ、地が震え、火星人満載の巨大「空飛ぶ円盤」が空から落ちる。何が起きたのだろうか？　「目覚め」、電極除去、幻影装置退出もまた、幻影の一部だったのだ——無害な観光旅行からその幻影は始まったのだ。

そんな「悪戯」を誰も演じなくても、精神科医の待合室には新タイプの強迫観念に悩む神経症患者がやってくるだろう——経験するものが全く本当ではなく、「幻影世界」に「閉じ込められた」恐れを抱く人々だ。私がこれを挙げるのは、技術が正常意識を形作るだけでなく、それが発生を誘発する疾患・障害のリストをもたらすことをはっきり示すからだ。

「地震」は突然終わる。空飛ぶ円盤は消え；利用者は自分が頭を機器に繋ぐワイヤー満載の椅子に座っていると気づく。丁寧な技術者が微笑み、いまのがもっと高い水準のプログラムだったと説明する。利用者はそこを後にして、家に戻り、寝る。翌日仕事へ——だが事務所が存在しない。前の戦争からの古い砲弾の爆発で破壊された。

もちろん、これも幻影の続きかもしれない。だが、どうやってそれがわかる？

まず、非常に簡単な方法がある。前述のように、機械は外部世界情報の唯一の源だ。疑

いない。だが、その生命体自体の状態情報の排他的な源ではない。体の位置、腕・脚・頭の位置、眼球運動などの情報を提供する**神経機構を**置き換える役割を部分的に果たすだけだ。だが、生命体が作り出す**生化学情報**はそんな制御に服さない——少なくともこれまで議論してきたような幻影装置では。100 回のスクワットで汗をかき、息切れ、心臓の鼓動、筋肉疲労を感じれば、それは現実世界であって、幻影ではない、筋肉疲労は筋肉内の乳酸蓄積による。機械は血糖値、二酸化炭素量、筋肉乳酸濃度に影響しない。幻影視覚では 1000 回のスクワットでも疲労はない。だが、幻影環境をさらに発展させたければ、これも回避できる。まず、幻影化された人にある程度の運動の自由を許す。それには単に、自由を格子できる（筋肉を使う）なんらかの位置に置けばいい。もちろん、剣を拾う場合、運動だけが本物で、外部観察者から見るとその手は剣の柄を握らず、空をつかむ。この原始的方法をもっと洗練されたものに置き換えられる。生命体の化学情報は多様な方法で脳に伝わる——神経経由（疲労筋は「遊ぶのを拒否」し、このため伝達された衝動はそれを活気づかせることができない、または筋肉痛——これも末梢神経の刺激で、もちろん幻影的に模倣可能）でもいいし、直接でもいい。血中二酸化炭素過剰が呼吸中枢の延髄を刺激し、呼吸を深く速くするのだ。機械は**吸気の**二酸化炭素を増やすだけでよい。酸素が一定レベルに落ち、酸素の対二酸化炭素の比率が重労働時のように血中でシフトする。このように先進的な機械は「生化学・生理的方法」を挫く。

残るのは機械との「知的ゲーム」だけだ。幻影と現実の識別可能性は装置の「幻影的潜在力」次第だ。いま述べたような状況に置かれたと想像し、それが本当の現実かを知りたいと考えよう。仮に著名な哲学者や心理学者と知り合いだとして、その人々と会って会話する。これは幻影かも知れないが、知性ある対話者を模倣する機械は火星人満載の空飛ぶ円盤着陸のような「ソープオペラ」場面を作成する機械より複雑だ。実際、「旅行」幻影装置と「人間生産」幻影装置はまったく別物の装置となる。後者を構築するのは旅行幻影よりはるかに難しい。

真実は別の方法でも発見できる。誰しも秘密がある。取るに足らない秘密もあるが、それでも自分のものだ。機械は「思考を読む」ことができない（これはまったく不可能だ。記憶の神経「コード」は各人の個人特性だから一人のコードを「解読し」ても他人のコードについては何もわからない）。だから、機械も他に誰も、その人の机のある引き出しが引っかかることを知らない。家に急いで帰り、それを確認する。引っかかる引き出しは自分がいる世界が現実である確率を高くする。幻影の創造者は、幻影装置旅行前にそんな些事を検知・記録するのであれば、本当に慎重に追跡する必要がある！ 幻影を暴くには、そうした細かい話を使うのが一番簡単だ。だが、機械は常に戦術的な操作を利用できる。引き出しは引っかからない。自分がまだ「幻影の中にいる」と把握する。妻が現れる。そこで彼女に、おまえはただの「幻想」だけと告げる。そしてそれを証明するために、いまの引き出しを妻に振ってみせる。妻は哀れむように笑い、朝に大工を呼び引き出しを直させたんだと説明する。こうしてまたもや、何もわからない状態に逆戻りだ。現実世界か、機械がこちらの動きに合わせて仕掛けた巧妙な詐術なのか。機械との「戦略ゲーム」は日常の包括的知識を仮定する。だが、誇張してはいけない。幻影世界で異常現象は全て疑念を呼び、それが捏造された幻影だと示唆する——現実でも確かに古い砲弾は爆発し、妻はときには大工を呼ぶ。だから、少なくとも次のことは見極めねばならない。人が幻影ではなく現実世界にいるという陳述は常に確率的なものでしかあり得ない。時には高確率だが、絶対に確実ということはない。機械との対戦はチェスと同じだ。現代の電子機械は優秀プ

レイヤーに負けるが、凡庸なプレーヤーには勝つ。未来になれば全人類に勝つだろう。幻影装置も同じだ。真の事態発見の全努力に共通する主な弱点は、疑う人が独力で行動せねばならないことだ。**他人に助けを求める行為は機械に戦略的価値を持つ情報を与える**、または与えかねないからだ。もしそこが幻影なら、古い友人に実存的不確実性についての秘密を明かすと、機械に追加情報を渡し、経験の現実性を高めるために利用されかねない。だからこそ、その経験をしている人は自分以外は**誰ひとりとして**信じられない――これはその人の選択肢を大幅に狭める。彼は四方から囲まれているので、防御的に行動する。これはつまり、幻影世界は完全孤独の世界だということだ。一度に一人以上存在できない、2 人の実在人が同じ夢にいるのが不可能なのと同じだ。

どんな文明も「完全幻影化」はできない。全メンバーがある時点から幻影視覚を経験し始めれば、この文明の現実世界は停止し、死滅する。だが、どんなにおいしい幻影料理も生命機能を維持しない（満足感は神経への衝動導入で生成できるが！）ので、長期幻影化された人は本当の食事を摂る必要がある。もちろん、全惑星的「スーパー幻影装置」を想像はできる。惑星住民が「永遠に」、つまり生きている限り接続され、体の植物プロセスが自動装置（血中補給）で支えられるのだ。当然、そんな文明は悪夢に思える。だが、似た基準でもその確率は見極められない。他の何かが決定する。この文明は一世代だけしか存在できない――「スーパー幻影装置」に接続された世代だ。だからこれは安楽死の特異な形態、いわば文明の愉快な自殺だ。このため、こうした形の実装は不可能と考える。

周縁および中央幻影環境

幻影環境は、歴史的に知られた脳への影響の直接的・間接的な方法のシーケンスの上に位置づけられる。周縁刺激（「周縁前幻影環境」）を用いるか、または中央作用（「中央前幻影環境」）を用いるかだ。

前者に含まれる各種の例は、古代文明で発展した儀式で、何らかのエクスタシー状態を誘導する。運動刺激（例：舞踊儀式）、聴覚刺激（リズム衝動で感情過程を「揺さぶる」、進化的にメロディーよりリズムのほうが古いため）、視覚刺激など。これらは集団をトランス状態に導き、個人意識をぼやけさせ、強い感情に伴う意識の収縮を引き起こす。この集団的興奮は現代では「抑制されない集団行動」、乱痴気騒ぎと関連づけられるが、古代では性的要素がまったく支配的でない半神秘的・半悪魔的な個人経験の融合だった。そうした活動は、その神秘性と、日常経験で知られていない人々の力を解放するという魅力のため、訴求力があった。

後者に含まれる各種の例は、メスカリン、シロシビン、ハシシ、アルコール、ベニテングタケ抽出物などの摂取だ。脳化学に影響し、主観的に高揚・至福の経験を呼ぶ――そしてそれは魂の美的・感情的側面に訴える。これら二種の慣行はしばしば組み合わされ、感覚の絶頂を目指す。これらの活動が幻影環境と結びつくのは、望ましい状態を脳に呼び起こすため情報に積極的に影響すること――そうした状態が環境の適切な調整者として機能するからではなく、喜びや衝撃（カタルシス）、つまり強力で深い経験を提供するからだ。古代の慣行は集団的サディズムやマゾヒズムの現れ名のだろうか？　それとも宗教的生命の現れだったのか？　あるいは創造者と観客を分離せず全員を「作品」の共著者にする「大衆芸術」の初期なのか？　これがここで興味深いのは、幻影環境自体の分類と関連するからだ。

精神分析的アプローチは人間活動を基本的欲動に還元する。それは清教徒的禁欲主義も露骨な放蕩も「マゾヒズム」「サディズム」に分類しがちだ。問題はそれが本当でないことではなく、科学的には平凡すぎて役立たないことだ。パンセクシュアリティなどの議論は、性行為が太陽活動の現れかという議論と同じくらい無意味だ。後者は本当かもしれない。生命は太陽放射に由来し、星から地球地殻、進化のサイクルを通る長い因果連鎖を示せば、植物で放射量子のエネルギー劣化が動物（人間含む）の栄養となり、遠くのエネルギー源で性行為に至るのだと言えるかもしれない——そのおかげでこのプロセス全体が継続できるというわけだ（生殖なしでは全生物が死滅するからだ）。同様に、性的欲動が芸術作品に昇華されるとは言える。こんなことを言う人はすべて比喩的に語っているのであり、真実、特に科学的真実を述べているのではない。全てが科学的真実を構成するわけではない。無意味な変数の海は愚かさの海より大きい——しかもそれは、とてつもないほど大きいのだ。

因果連鎖が十分長くなると、遠い段階を結ぶ試みはすべて科学的命題というより比喩になる。これは特に神経ネットワークのような複雑な系では顕著で、内部接続やフィードバック・ループが多いため、原因と結果の区別が難しい。人間の脳のような複雑なネットワークで「第一原因」を探すのは先験主義以外のなにものでもない。精神分析医や精神療法家は否定するだろうが、彼の [訳注：英訳には明記されていないが、これは当然フロイトを指すと思われる。] テーゼは厳格な家庭教師と切り裂きジャックの差が、ブレーキの優劣による二台の車の差程度でしかないと示す。数百年前、芸術、魔術、宗教、娯楽活動は今ほど分離されていなかった。幻影環境を「娯楽活動」と呼ぶのは現代の類似技術との遺伝的つながりによるが、これはその未来や普遍的志向すら決定しない。

本書の分類では、周縁幻影環境は脳に直接作用する方法で、幻影化刺激が**事実の**情報のみを提供する。現実も同じ形で機能する。それは常に外部状態を決定するが、内部状態は決定しない。同じ感覚観察（嵐、ピラミッド頂上に座る）が人工的か自然的かにかかわらず、人により異なる感情、反応を呼び起こす。

「中央幻影環境」、つまり選択脳中枢の直接刺激で快感やエクスタシーを可能にすることも考えられる。これら中枢は中脳と脳幹にある。怒りや不安中枢（攻撃的・防御的反応の中枢）はそれらのきわめて近くにある。オールズとミルナーの論文はすでに有名だ[*1]。動物（ラット）を檻に入れ、脳（間脳）に電極を慢性（恒久的）に埋め、ペダルを押して回路を閉じ、足で電気刺激できるようにした。ある動物は 24 時間継続的に自己刺激を繰り返し、1 時間 8000 回、つまり 1 秒 2 回以上の刺激を行った動物もいた。だが電極を少しずらすと、ショックに苦しむことになり、その後は二度と踏まない。H・W・マゴウンの表現では、この前者の脳部分には「報酬」、後者には「罰」の相反する神経中枢があると想像できる。「これらの研究では、動物の脳に天国と地獄が見つかったのだろうか？」と彼は問う[*2]。

ジャスパーとジェイコブセンは人間脳で似たような関係を同定し、刺激箇所により被験者がてんかん発作前と同じような不安・恐怖、または快感を経験することを示した。こんな解剖・生理データに基づき、「中央幻影環境」は「中央自慰」の形態だといえる。ただし海馬刺激中の感覚は性的放出（オーガズム）には等しくないのだが。当然、電気生成の

[*1] Olds and Milner, “Positive Reinforcement.”
[*2] Magoun, *Waking Brain*, 63.

「幸福発作」は、単純な自慰同様に非難したくもなってしまう。前出のスタフォード・ビアらサイバネティシストは、複雑ホメオスタシス装置に罰と報酬機構を導入の必要性を認識している。単純なホメオスタシス装置　(アシュビーの 4 要素によるものなど) はそんなサブシステムが不要だ。この種の「快・不快制御」は多くの平衡状態と自己プログラム行動・目標を持つ、きわめて複雑な系にのみ必要なのだ。

今日まで、人々は毒物（アルカロイド、アルコールなど）を含む物質を使い「快状態」を引き起こすのを止めていない。だから、道徳的憤慨を引き起こすからという理由だけでは、「促進エクスタシーの技術」としての中央幻影環境が出現する可能性は否定できない。この形態の幻影装置はどのみち薬物摂取や飲酒同様「芸術」とは見なせない。周辺幻影環境の場合は話が別で、状況次第で芸術になれる――だがそれは、あらゆる過剰の領域にもなりかねない。

幻影環境の限界

周辺幻影環境は、真正性の欠如を検知できない経験世界に人間を導入する方法だ。文明は「完全幻影化」できない、なぜならそれは自殺だからだ、とさっき述べた。だが同様の、荒唐無稽さに還元することで否定するやり方は、テレビにも適用できる。人間を二つに――番組を送信する者とそれをテレビで受信する者に――分けてしまう文明だって存在できない。よって、幻影環境は娯楽技術としてのみ可能、またはあり得るもので、先に論じたように現実世界から切り離され「嚢胞化」する社会へ導く道にはなれない。

幻影環境は現代の娯楽技術が収束する頂点のようだ。「遊園地」「映画」「幽霊城」、そして何よりもディズニーランド――これは実際は大きな原始的擬似幻影装置だ。公式に認められた技術以外にも、非合法なもの（例：ジャン・ジュネの『バルコン』で描写される売春宿での「擬似幻影化」）が存在する。幻影環境は芸術になる潜在力が多少はある。少なくとも最初はそう見える。だから映画や他の芸術領域同様、芸術的価値ある生産と無価値なゴミに分岐するかもしれない。

それでも、幻影環境の脅威は映画――その退廃的で社会規範違反（ポルノなど）の形態――よりはるかに大きい。理由は、幻影環境の独自性のため、夢に匹敵する「プライバシー」の経験を提供するからだ。社会的慣習を破る行動で悪用されやすい、表面的な願望充足技術なのだ。そうしたあり得る「幻影的放蕩」は社会脅威でなく「解放」の形なのだと言う人もいるかもしれない。幻影視覚で「隣人に害をなす」のは誰も傷つけない。夢の恐ろしい内容で責任を問われた者がいるだろうか？　敵を現実で襲う代わりに幻影装置で襲うか殺す方が良くないか。「隣人の妻を欲する」者は、幻影なら幸せなカップルに災厄をもたらさずにすむではないか？　つまり、幻影環境は人間に潜む暗黒の力を、誰も害さず吸収できるのではないか？

この態度は反対の立場で対抗できる。批評家は、幻影での犯罪行為が現実での再演を助長すると言う。ご存じの通り、人間は得られないものを最も欲する。そのような「変態性」はいたるところにある。それに合理的根拠はない。芸術の愛好家が、何を犠牲にしても本物のゴッホを手に入れたいと思うとき、彼は何に駆動されているのだろうか――本物だって、完璧な複製と見分けられるのは専門家の軍団しかいないというのに？　それは「真正性」の追求だ。よって、幻影経験の非真正性は「緩衝」価値を奪い、むしろ社会的に禁じられた活動の「吸収者」より、むしろ「学校」「訓練場」になる。幻影を現実と区別不能

にすると、予測不能な結果が生じる。殺人が起きても、犯人はそれが「ただの幻影だと思い込んでいた」と自己弁護する。多くの人が真正性と幻想の主観的に不可分の世界、真実と虚構の区別不能な人生に絡まり、迷宮から抜け出せなくなる。そんな状況は欲求不満や神経衰弱の強力な「発生器」になる。

だから幻影環境が夢のような完全行動自由の宇宙、想像できる限りのニヒリスティックな放蕩の狂気が展開され、良心で制約されることがない領域になってはいけないしっかりした理由があるのだ。非合法幻影装置も設置可能だ。だが、これはサイバネティックより警察問題だ。サイバネティシストは装置に「検閲」（フロイトの「夢検閲」に類似）を組み込み、幻影化された人が攻撃的・サディスティック傾向を示すとその幻影を止めることが期待される。

これは純粋に技術な問題に見える。幻影装置が構築可能な者には、そうした制御導入は難しくないだろう。だが、このように提示される制御の、想定外の 2 つの結果にここで直面することになる。まず簡単な方を。芸術作品の大多数の幻影化は不可能だ。それらは許容限界外とならざるを得ない。幻影の主人公がポドビピェータ [訳注：19 世紀ポーランドの歴史小説の登場人物だそうな。] になりたいという高貴な欲望を抱いた場合でも害は避けられない。というのもポドビピェータとなった彼は一挙に 3 人のトルコ人を斬首するし、ハムレットとなったつもりの彼はポローニアスをネズミと誤って刺すからだ。そして——この例をお許しあれ——宗教的殉教を経験したい場合も、いささかの困難に直面する。誰も殺されない、害されない作品はほぼない（子供向け物語も免れない－グリムの童話の恐ろしさを考えよ）が、それが問題ではない。刺激制御、つまり幻影装置の検閲の範囲は、幻影化された人の実際の経験領域に及ばないかもしれないのだ。その人は宗教的殉教を求めて鞭打たれたいのかもしれないが、単なるマゾヒストでしかないのかもしれない。制御できるのは脳に導入される刺激だけで、脳内で起きること、経験することは制御できない（いまの例では不幸なことかもしれないが、一般には幸運なことだ）。脳の各部刺激（手術中）で得られた限定的実験材料は、同じまたは類似の入力が脳ごとに異なる記録を示すことを実証している。神経細胞が脳と通信する言語または符号化手法は全人類でほぼ同一だが、記憶や連想マップ形成の言語は高度に個人だ。記憶は個人特有の方式で組織化され、例えば痛みは誰かにとっては高揚する苦しみや不始末の罰となり、別の者には倒錯的快楽の源になる。こうして幻影環境の限界にやってきてしまった。態度、意見、信念、感情は直接決定できないからだ。経験の疑似物質的文脈は形成できるが、伴う意見、思考、感覚、連想は形成できない。だからこそ本書では幻影環境を「周辺」技術と呼んだ。現実同様、別々の人間は同一経験から全く異なる相反する結論（感情的・イデオロギー的に、科学的でない）を導くこともある。なぜなら、*nihil est in intellectu, quod non fuerit prius in sensu* [理解の中にはもともとの感覚の中に含まれていなかったものは何もない]（幻影環境では *in nervo* [もともとの神経]）とはいえ、神経刺激は感情的・知的状態を明示的に決定しないからだ。サイバネティシストなら「入力」「出力」状態がその間のネットワーク状態を明示的に決定しないと言うだろう。

こう質問する人もいるだろう。なぜそれが決定しないのか、だってさっき幻影環境は人が「すべて」を経験できるようにする、たとえばワニや魚になること可能だと言ったではないか、と。

ワニやサメ——確かにそうだが、それは「ふり」でしかない。しかも二重の意味で。まずすでにご存じの通り、幻想の幻影を相手にしているのだから、もともと「ふり」でしか

ないのだ。次に、本当にワニになるには人間脳でなくワニ脳が必要なのだ。最終的に人は自分自身でしかない。しかしこれは適切に理解しなければならない。国民銀行員が投資銀行員になりたいという夢は完璧に叶う。だが、数時間ほどナポレオン・ボナパルトになりたいのであれば、上辺しかそれは (幻影の中で) 実現できない。鏡を見ればボナパルトの顔だし、忠実な元帥の「旧衛兵」もまわりに見えるが、事前にフランス語を知らなければ会話できない。「ボナパルト的」状況でも、示されるのは彼自身の性格特性であり、歴史上で知られるナポレオンの特性ではない。せいぜいナポレオンを**演じられる**だけ、つまりは彼のふりができるだけで、その成功の度合いも様々だ。ワニにも同じことが言える……

幻影環境は文学志望者に、たとえばノーベル賞を授与するし、全世界がひれふすようにはできる。皆が彼の詩を崇拝する——だが、それを机に届けてもらうことに同意するのでない限り、幻影の中でその詩を作れない。

要するに、なりたい人物が自分の性格特性や歴史時代から離れれば、それだけ行動と視覚全体が虚構、ナイーブ、原始的になる。王となって玉座につく、教皇使節を受けるには宮廷プロトコルを熟知する必要がある。幻影装置が作成した人物は、尊大な国民銀行員の愚かな行動が見えないふりはできるし、彼がまちがいをしても当人の快楽は減らないかもしれないが、明らかにその状況全体が凡庸さと道化芝居に陥っているのはわかる。よって、幻影環境が成熟した劇的形式に発展するのは難しい。まず、脚本は書けず、大まかな状況概要のみしか示せない。次に、ドラマは登場人物が必要だ。劇の登場人物は事前に割り当てられるが、幻影装置の利用者は自分の人格を持ち、プロの俳優でないから脚本の役割を演じられない。だから幻影環境は主に娯楽形態となる。可能・不可能な宇宙旅行の『宇宙の歩き方』ガイドブックになり、それにともない非常に有用な応用を持つ——だがそれは芸術や娯楽とは無関係となる。

幻影環境は最高水準の訓練・教育状況作成に役立つ。あらゆる職業——医者、パイロット、技師——の訓練に使える。飛行機墜落、外科事故、誤算建築プロジェクトの災害の危険性はない。次に、心理反応の調査にも使える。宇宙飛行士訓練生選抜などに特に有用だ。幻影視覚の偽装は、自分が本当に月へ飛んでいるのか幻影なのか被験者にわからない環境を作成する。そんな偽装が必要なのは、本物の故障への**本物の**反応を知る必要があり、誰もが簡単に「個人的勇気」を示せる虚構への反応を知りたいのではないからだ。

「幻影テスト」は心理学者がパニックの発達など人の反応を幅広く知るのを助け、大学コースや職業の候補者選抜を迅速化する。幻影環境は、孤立、長期間狭い閉鎖空間（北極科学基地、宇宙飛行、宇宙基地、星探査）で過ごす者に不可欠かもしれない。幻影環境では、星到達までに数年かかる旅行が、地球での乗組員の日常活動——陸地・海洋旅行、学習年数（幻影で著名教授の講義を聴くこともできるので）——で満たされる。幻影環境は盲目者（完全盲目、つまり一次視覚皮質損傷者を除く）に視覚経験の世界をもたらし、病気や回復中の者、第二の青春を望む高齢者に、本当の祝福を与えてくれる——優に数百万の人々に。言い換えると、ここから見て娯楽役割はむしろ周辺的なものにとどまるかもしれない。

まちがいなく否定的反応も引き起こすだろう。真正性愛好者が幻影環境の即時願望充足を軽蔑し、厳格な反対者グループが現れる。だが、あらゆる文明は実際には支援つきの生活であり、発展はそうした支援の範囲拡大に還元できるから、まともな妥協が得られるはずだと私は考える。幻影環境はもちろん、本当に社会的な災いや社会的疫病になる可能性があるが、これは程度こそちがえ、全技術製品に言えることだ。蒸気・電気技術の誤用の

結果は原子技術の誤用より危険が少ない。だが、これは社会システムや既存政治関係の問題で、幻影環境や他の技術分野とは無関係だ。

脳操作学

通常の、つまり生物学的に作られたアクセス経路を避けつつ、脳プロセス、ひいては意識状態に影響を与えることは可能だろうか？　まちがいなく可能だ。製薬化学は、興奮を引き起こしたり、脳活動を阻害したり、特定の方向に脳活動を導く多くの物質を有する。多くの幻覚物質は独特の効果を持つ。一部は「幻覚」のみを引き起こし、他は曖昧な混乱や幸福状態を引き起こす。だが、脳プロセスを思いのままに形成・整形することは可能だろうか？　言い換えれば、スミス氏の脳を一時的に「本物の」ナポレオン・ボナパルトに変えたり、驚異的音楽才能を示させたり、火の崇拝者にしてそのカルトの絶対的真実を信じるように「変形」できるだろうか？

ここで明確な区別が必要だ。まず、前述の「変形」は多様な意味を持てる。それはすべて脳の神経網の動的構造の変化であり、だから総称してそれを脳操作学と呼ぼう。幻影環境は脳に「偽の」情報を提供する。脳操作学は脳自体を偽造、つまり「変形」させる。次に、ある特性、例えば音楽才能を所与の人格に挿入する（人格は確かに変わるが、同じ人格がわずかに変化しただけだと妥協はできる）ことと、スミス氏をナポレオンに変えることとは違う。

身の丈に合わせて服を仕立てるべきだ。脳の特定部分（例：前頭葉）の活動を遮断すると、大人が幼児のようになり、反応、知性、感情安定性が子どものようになる。頭頂葉の抑制活動を除去し、個人的攻撃性を解放することも可能だ（アルコールは特に攻撃的傾向の人でこれを行う）。つまり、個人の神経ネットワーク全体の活動は、一定限度内でシフトまたは狭められる。しかし、厳密な意味では、欠如した特性を精神に追加することは不可能だ。大人はかつて子どもだった。その頃、前頭葉は髄鞘化されていない繊維を含んでいた——これは子どもをある程度まで前頭側頭型の認知症患者に似せるものだ。だから大人を子どもの段階に「戻す」ことは可能だが、限界がある——脳の残りの部分は「幼児的」でなく、子どもが持たない記憶や経験を持つ。「特定の駆動機能のブレーキを外す」ことで、正常な人を過食者、性欲過多者などに変える。だから人格を通常の均衡状態、元の経路から逸脱させることはできる。だがそれだけだ。こんな操作でスミス氏をナポレオンにはできない。

ここで補足が必要だ。入力・出力状態が意識状態を明示的に決定しない——これは類似環境で多様なイデオロギー的立場が生じていることから証明される。それは同一情報が多様に解釈されるために生じたことだ——とは述べたが、それは意識が挿入内容から完全に独立しているという意味ではない。簡略した例を挙げよう。誰かが「人は善」と信じていても、その人を長い間人間の悪意・卑劣さに晒してみよう——それは幻影を通じたものでも適切に演出された出来事を通じてでもいい——するとその人は人類の崇高さの信念を棄てるかもしれない。だから周縁幻影環境も適切な操作で、深く根ざした意見の変更を導ける。人生経験が多いほど変更は難しい。形而上学的信念を崩すのは特に難しい。というのもすでに述べたように、それは信念構造に矛盾する情報を遮断する傾向があるからだ。

脳操作学的な、直接的な「魂の整形」は、求心神経経路を迂回し、精神プロセスに直接影響するので、話がちがってくる——それは神経基盤を異なる方法でモデル化するものだ。

脳は統一または不可分な実体でない。脳もまた相互接続された「サブシステム」を持つ。これらの接続は生理学的に可変で、つまり脳の他の部分からの刺激の「入力」点が常に同じ部分とは限らないということだ——そしてその逆もしかり。神経ネットワークの普遍的可塑性とモデル化ダイナミクスは、まさに次のことを意味する。ネットワーク接続・切断可能で、多様なサブシステムが生じるのだ。自転車に乗れる人は「事前配置」された接続セットを持ち、それが自動的に一緒にスイッチオンする。自転車に乗る方法を、通常の練習を迂回し、適切な情報を脳に導入するだけで教えるのは、理論的にすら容易なことではない。

2 つのアプローチが可能だ。1 つ目は「遺伝的」なものだ——自転車に乗る（またはコーランを知る、トランポリンをする）は「遺伝的」特性になる。個人の脳が、発達してその個人や脳となる卵子の遺伝型にプログラムされるのだ。これで何も学習する必要がなくなる。理論的・実際的知識が胎児発達前に染色体に「実装」され、遺伝するからだ。このためには遺伝型情報の量を大幅に増やさねばならず、そのため核の構造を複雑化したりする必要がある。遺伝型は一定限度を超える情報過剰を収容できないかもしれない。これはわかっていないが、その可能性は考慮すべきだ。そうなったら、学習を完全に置き換えなくても、少なくとも**容易にする**遺伝子特性の完成で我慢しなくてはならない。すべての人間知識を遺伝性にして、すべてに新生児が 10 以上の言語と量子理論の知識を持って生まれてきたら奇妙だ。これはその赤ちゃんが即座に「人と天使の舌」で話し、ゆりかごで核スピンや四重極モーメントを講義するということではないかもしれない。個別の知識は時間の経過の中で、身体組織の発達・成熟に伴って脳に発達するのだ。

これは子どもが「事前プログラム」され、技能と遺伝知識（卵子染色体に挿入・保存された知識）が、その知識・技能で可能なことについて親和性を持つという (ハックスレーに少し似た) ビジョンを引き起こす。「異なる性質を持つ人間タイプ」、つまり「高」「低」精神を作り出す試みや悪用も明らかに可能だ。それは可能ではあるが、それを言うなら地球の大気を汚染し数時間で生物圏を焼き尽くすのも可能ではある。周知の通り、多くのことが可能だが実現されない。新技術転換の初期段階や、それが来るべき変化を「予感」しているだけのときでも、その新奇さをやたらに一般化してしまい、今後それが全人間活動を支配すると仮定することはよくある。過去数世紀でもそうだったし、もっと最近の原子学でも、発電所や煙突が数年でマイクロ核融合電池に取って代わると信じられた。こうした誇張や単純化しすぎた予測は通常実現しない。遺伝のプログラムも合理的かつ控えめに実行可能だ。高等数学の生得的知識はまちがいなく人間の尊厳に矛盾しない。

2 つ目の脳操作学的アプローチは成熟脳を変形するというものだ。人格形成をするのではなく、科学的情報をプログラミングをするという話をした。遺伝的（染色体的に）ある人格タイプをモデル化するのは、ある知識形態を遺伝的にモデル化するより簡単だ。遺伝型な情報量は、スミス氏を怒りっぽくするか冷静な人物に「設計」するかで大して変わらない。脳操作学では、成熟人格を新しいものに変えたり、欠如知識を神経ネットワーク操作で挿入したりするのは非常に難しい。見た目とはうらはらに、こちらのほうが「遺伝・胚的」アプローチより難しいのだ。事前に発展を計画するより、完全に形成されたシステムのダイナミクスを大きく変える方が難しい。

この困難は技術的・存在的の 2 側面がある。神経ネットワークに自転車乗りの知識を挿入するのは難しい。40 歳のスミス氏に「突然」数学才能を「付加」するのは非常に難しい。それには外科・サイバネティック手順、神経回路の開放、生物学的・電子的「付属物」の

挿入が必要となる。技術的には最も苦労ばかりで報われない仕事となる。数十億または数千万の接続を再配置しなければならないのだ。しかもロレンテ・デ・ノーによれば、皮質で衝動が循環する主要（大）神経回路は 1 万以下だが、各神経回路は**全体として**独特の意義（思考基盤・機能要素）を持つと予想される。それを開放し「付属物」を挿入したら、主観的・客観的意義の完全破壊になってしまう——単なる「組織・情報追加」ではすまない。

だが詳細はこのくらいにしておこう。なぜならそうした手順が引き起こす存在論的問題の前には、そんなものは本当にどうでもよくなってしまうからだ。ダイナモ機械を遠心ポンプに変形するには、多くの部品を棄て、新しい部品を加え、構造全体を再構築するので、それはきわめて大きな処置となり、新しいポンプは「元ダイナモ」ではなく単なるポンプになる——それ以外ではない。同様に、スミス氏をナポレオンやニュートンに「変形」させる手順は、最終的に全く新しい人格を生み、それは元のものと共通点があまりに少なく、実質的に殺人というしかない処置となる。というのも一人を消滅させ、その皮の中に他者を作ったことになるからだ。それにこの違いは常に流動的で、「殺人的」脳操作学と「持続的人格の特性変形」脳操作学の厳密な線引きは不可能だ。前頭葉切除（ロボトミー）のような残忍な手順は、性格、人格、欲動、感情生活に重大変化を引き起こす。結果として、多くの国（我々の国含む）でロボトミーは禁止となった。特に危険なのは、手術を受ける人が主観的にどんな変化が起きたか気づかないことだ。だが、気休めでしかないとはいえ、人間の全知識は損傷的な手順に基づいている。

それでも「音楽才能」の「付属物」をスミス氏の脳に「接続」し、人格を破壊せず強化する「付属物」は作れるだろうか？　この問題を恣意的に、一気に解決するつもりはない。ここでの行動基準はすさまじい困難を引き起こす。「慎重に」進めると約束する脳操作学者は、干し草の山から数本ずつわらを取り除く者に似る。一本毎に、その違いはほとんど目に見えないが、やがて干し草の山は消え、いつそれが消えたかは誰も言えない。スミス氏をベートーヴェンに少しずつ「作り変える」脳操作学者は、一気に行う者と同様に危険だ。

これまでの議論では技術的側面を簡略化した。脳の各部は人格形成に異なる寄与をするからだ。皮質分析（視覚・聴覚野）のような固定中枢が全体的な構成に与える影響は最小限にとどまる。これに対し、微小な神経節や視床節は他の脳領域より重要だ。だが、これはいまの熟慮の結果に特に影響しない。「魂の変形」提案を拒否させ、いささか愚かではある人格が素晴らしく親切で才能ある別の人格——それは結局は**ちがうもの**となる——に変形されるというのを拒絶するのは、「材料の問題」よりもむしろ倫理なのだから。「魂技術」は現在の形でも未来の形でも、個人の主観的存在の独自性という問題に直面する。この個人の主観的存在の独自性というのは、説明不能な神秘現象でなく、システムの動的経路を指すものだ。この経路からの逸脱のうち、どれが完全人格変化で、それが持続性を乱さない「修正」かの決定は恣意的なものとなる。言い換えれば、「脳操作学」は人を気づかず殺せる。というのも死体——犯罪の明白な証拠——を提示せず、別人が現れるのだから。「殺害」そのものは任意の段階に分けられるので、検知・評価をさらに難しくする。

これで、スミス氏はカサノヴァや有名探検家への「変形」を求めないのが賢明だということを説明した。それをやったら世界は偉人を得るかもしれないが、スミス氏は当人にとって最も貴重なもの——自分自身——を失うからだ[*3]。

[*3] 与えられた手順中に、T1 時点で完全な「人格の殺害」が起こり、T_2 時点の新しい人格に置き換えられた

人間の人生は誕生から成熟まで、2 歳児、6 歳のいたずらっ子、12 歳の若者などの連続的な「死」を含むとは言える――成人期では以前とは人格が大きく異なる。よって、精神的大改造を望み、社会に現在の自分より価値ある者を提供したいなら、なぜそれを拒否すべきなのだろうか？

脳操作手順が許される文明、例えば犯罪者が強制的な人格破壊的脳操作を受ける文明は想像しやすい。だが、これらは破壊的プロセスだということはきわめてはっきり述べねばならない。ある人格から他への「切り替え」は可逆・不可逆プロセスとして不可能だ。というのもこうした変身は精神消滅の領域に分けられる――それは個的存在を停止させるに等しい。よって、自分自身か無かにしかなれないのだ――ただしこれには 2 つの但し書きがあり、それは別に扱おう[*4]。

テレプレゼンスと幻影複製[*5]

前節を締めくくった断定的な声明――「自分自身か無か」にしかなれない――は幻影環境の潜在力を否定するものではない。スミス氏が幻影装置でネルソン提督の人生を「生きる」とき、それは自分が有名な船乗りを演じ、ふりをするだけだと知っている。彼が本当に歴史的著名人だと信じるのはあまりにおめでたすぎる。幻影世界に長く住めば、提督として出す命令が文句なく従われるという事実は、やがてまちがいなく彼の心に影響するだろう。そうなると、現実世界の職場に戻った際――単なるうっかりかもしれないが――検事総長を前檣に吊るせと命じる恐れが生じる。子どもや青少年として幻影世界に入れば、場面に過度に同一化し、日常現実への復帰が大きな困難となりかねない。いや不可能になるかもしれない。生後数週間から「洞窟視覚」で幻影化された幼児はまちがいなく野蛮人に育ち、そうなったら文明化などまったく考えられなくなる。こんなことを述べるのは、逆説や機知を楽しむためではない。人格は事前に与えられたものではなく、幻影環境は単なる白昼夢を鮮やかで色彩豊かにしたものではないことを指摘するためだ。幻影化された人が幻影環境の表面的さを見極めるには、現実との比較しかない。絶え間ない幻影化はその見極めを妨げ、実際の人生では決して起きない永続的変化を導く。これは所与の環境と時間性への適応の特殊ケースだ。

幻影視覚の非真正性、バイオテクノロジーによる逃避主義は大きな問題だと述べた。サイバネティクスはそうした経験の非真正性を克服する 2 つの方法を提供する。名前が必要なので、テレプレゼンスと幻影複製と呼ぼう。

テレプレゼンスは「短絡」、つまり現実を偽る機械に接続し現実世界から分離することではない。個人と現実世界のリンクとして機能する機械に接続するのだ。天文望遠鏡やテレビは「テレプレゼンス」の原型だが、非常に不完全だ。テレプレゼンスは人を現実の任意の断片に接続し、まるでその中にいるように経験させる。技術的問題はいろいろなやり

かどうかを実証的に検証はできない。なぜならプロセスに関与するのは連続的な脳神経的「経路の変更」だからだ。以前の人格の殺害を検出不可能なため、こうした手順を禁止する必要がある。小さな「修正」は人格を消滅させる可能性は低いものの、禿げた男が直面する逆説のように、純粋な修復から犯罪へと状況が変化するタイミングを見極めるのは難しい。

[*4] 以前の人格から将来人工的に作られた人格に、すべての経験と記憶を「転送」することは可能だ。表面的には存在の連続性を保証するが、その経験と記憶は新しい人格に「適合」しない回想に過ぎない。この問題に対する私の全体的な立場に反論があり得ることは認識している。

[*5] 訳注：原題は「テレタキシーとファントプリケーション」。当時のレムの考えた造語を温存してもよかったが、あまり言葉を増やすのもアレだし、意味的に同じで現在多少は流通している言葉に代えた。

かたで解決できる。例えば、人間の正確なモデルを構築し、その受容器（視覚、聴覚、嗅覚、平衡、感覚など）をそれぞれ感覚経路に接続すればいい。運動神経も同様だ。その人の「遠隔自我」、脳に「直接リンク」された「リモート自分」は、火山のクレーター、エベレスト頂上、地球周回空間、ロンドンでの会話にいられるが、実際にそれに命令を出す人はワルシャワにいる。通信速度、例えば無線信号の速度の制限のため、「リモート自分」が遠く離れすぎるのは制限されるのは確かだ。月の表面での動きは、信号が衛星に到達するのに約 1 秒、戻るのに同時間かかるため、反応が大きく遅れる。よって実務的には、「リモート自分」の制御者は 1 万キロ程度以内にいなければならない。月や火山にいる錯覚は完璧だが、岩崩れなどの災害で「リモート自分」が消滅しても、接続者の健康は危険に晒されない、視覚が突然終わるだけだ。この通信システムはまちがいなく、天体探査で特に有用だが、娯楽と無関係な状況でも役立つ。「リモート自分」の外見的類似は宇宙探査で不要だし、むしろ余計なものとなる。そうした外見は「テレプレゼンス観光」の特別ケースで錯覚を完全にする場合にのみ望まれる。そうしないと、月の白い日光岩を見て足元に石を感じるが、手を目に上げればリモート自分の肢体、鏡には人間の自分でなく装置、機械が見える。これは多くの人にショックを与えかねない。別の状況が転送されただけでなく体と以前の位置を失ったように思えてしまうからだ。

テレプレゼンスから幻影複製まではほんの一歩だ——これは単に一人の神経経路を他人に接続するというだけだ。この手順を使うと「幻影複製」で、千人同時にマラソンに「参加」、走者の目で見、動きを自分のものとして経験、感覚で深く同一化することができる。名前の由来は、多数が同時にショーに参加できる（幻影・複製）ということだ。ただし、一方向情報転送で、走者に「接続」された者はだれも動きを命令できない。この手順の原理は既におなじみだ。天文学者の体の各部に置かれたマイクロ送信機が心臓、血液などの情報を地球の科学者に送る。バイオニクスという新科学は同様の問題（技術的手段で生物の選択受容器の働きを模倣、または手などの自然連結器を迂回し脳や神経を直接実行装置に接続）を扱う。一人格から他への切り替えは不可能とさっき述べたが、そこで 2 つの但し書きがあると述べた。もちろん、テレプレゼンスも幻影複製もこれとは無関係だ。なぜならそれは、脳を特定の「情報容器」に接続する異なる方法にすぎないからだ。本書で最も関心があるのは、脳を他の脳に接続できるかということと、その操作の潜在的な影響、つまり「意識の切り替え」「2 つ以上の意識の融合」、個的存在の消滅に至らない個人意識の変形の可能性だ。国民銀行員スミス氏（我々はこの人物を幼少時から知っているし、脳の神経ネットワークの特定動的特性に対応する独特の人格特性を持つ）と、彼と非常に異なる人（異なる人格、興味、才能だがスミス氏を名乗り、未発達の精神特性の「増幅器」を脳に「挿入」する手術を受けた）がまったく別人だと考えるなら、この問題はすべて崩れる。転生や「精神的切り替え」は不可能、新スミス氏は自分が銀行員の旧スミス氏だと**思う**——だがそれはただの錯覚だ。

逆に、彼の話を聞き、その人が幼少期まで以前の人生をよく覚え、手術の決断を覚えていて、以前の（今は失われた）人格特性と新しい特製を比較する能力があれば、同じ人と結論する。この場合、問題は完全に現実のものとなる。これが最初の但し書きだ。採用基準次第で、2 人のスミス氏（T_1 手術前のスミス氏、T_2 手術後のスミス氏）の等価性を受け入れるたり、受け入れなかったりすることになる。

残念ながら、サイバネティクスは真に無限の能力を持つ。我々がスミス氏だと同定する人が現れる。長く話し、それがかったく変わらない旧友スミス氏で、その人物はこちらと

彼の人生を完璧に覚えていることがわかる。彼は以前のスミス氏とまったく同じだ。すると狡猾なサイバネティシストが現れ、このスミス氏は「実は」別人で、体と脳を変形し、スミス氏の記憶総量を付与しただけなのだと告げる。その手順（記憶の目録作成）で、スミス氏は残念ながら他界した。そのサイバネティシストは、研究目的でそのスミス氏の死体を提供するとさえ言う。ここでは、話の犯罪的側面よりも存在論的側面のほうに関心がある。1 例目では、同じ人が他に「変形」され、元の過去の記憶を保持している。2 例目では、全く新しい人がすべてでスミス氏を「模倣」しながら「彼ではない」。本物のスミス氏は地中に埋もれている。

個的存在の**継続性**を存続の基準とすれば、どんな変化（例：幼児を生理的変形させてアインシュタインにする）が起きても、1 例目のスミス氏が**本物**となる。人格の**不変性**を基準とすれば、2 例目のスミス氏が「本物」となる。なぜなら、1 例目は「全く異なる人格」だからだ――登山を好み、サボテンを育て、音楽院に通い、オックスフォードで自然進化を講義している。2 例目は彼は相変わらず銀行員で「全く変わらない」。

つまり、個人の等価性・非等価性の問題は**相対的**で、区別の基準に依存する。サイバネティック的に原始的な水準の文明はこんな逆説に悩まされない。模倣論と幻影環境（周縁・中央幻影環境、幻影複製、脳操作学を含む）を完全に習得し、熱心に全創造学を実践する文明は、「人格の相対性理論」の問題に対処せねばならない。その解決は絶対的でなく、絶対的固定基準がない。人格変形が実現可能になると、個人同一性は**調査対象**から**定義対象**の現象になるのだ。

人格と情報

ノーバート・ウィーナーは、人間を「電報」する理論的可能性を、風変わりな通信形態として最初に提唱した人物だろう。これはサイバネティック技術の潜在的応用と見なされた。実際、人間や物質的物体なんて、電波や電報信号の言語でコード化され、任意の距離に送れる情報の総和以外の何だというのだろうか？　すべてが情報だと言っても過言ではない――本、粘土の水差し、絵画、精神現象――なぜなら、進行中の主観的存在の基盤である記憶は脳の情報記録だからだ。病気や事故でその記録が消えたら、あらゆる記憶が消滅する。模倣論は現象を模倣するにあたり、鍵となる情報集合に基づく。情報**だけしかない**などと言っているのでは決してない。粘土の水差しを識別するには、それに関する全情報プロトコル（化学組成、位相、寸法など）が必要だ。このプロトコルまたは「記述」は、水差しを基に複製可能で、正確な装置（例：原子合成器など）で「コピー」を作れば、それは原本と区別できない。たとえばレンブラントの絵画で同じことをすれば、「コピー」と「原本」の区別は曖昧になり、両者は区別不能になる。この手順は、水差し、絵画、任意の物体の情報を符号化し、原子合成器で復号するというものだ。中央段階、つまり原本の水差しが存在せず（例：壊れた）、その「原子記述」だけが存在する段階は、物質レベルではもちろん原本と等価ではない。プロトコルは紙に書けるし、デジタル機械の衝動系列に変えられる。当然、そんな記号系と実際の水差しや絵画に物質的類似はない。だが同時に、記号の全集合と原本の等価対応が存在し、これにより詳細な再構築が可能になる。

原子からナポレオンを合成すれば（彼の「原子記述」が手元にあればの話だが）、ナポレオンは生き返る。任意の人についてそうした記述を作成し、その体と脳を構築してくれる機械にその記述を電線で送れば、機械から生きて健康な彼が出てくる。

そんな手順の技術的実現可能性は、その予期せぬ結果に比べればどうでもいいものとなる。もしその「原子記述」を 1 回ではなく 2 回送れば何が起こるだろうか？　受信装置から 2 人の同一人物が出てくる。電線である方向に送るだけでなく、無線波として発信し、地球全体や多数の惑星・月の受信器に送れば、「伝送」された人はすべての場所に現れる。スミス氏の記述を 1 回伝送しただけなのに、いまや彼は地球と空、都市、山頂、ジャングル、月のクレーターで百万回出てくる。

これが奇妙に見えるのは、スミス氏が今ズバリどこにいるかを問うまでのことだ。電報の旅は彼をどこに連れて行ったのだろうか？　「電報」された人は定義上絶対同一で、全員スミス氏と呼ばれるから、徹底的調査や尋問でも何も明らかにならない。論理的な観点からすると、2 つの可能性の 1 つが起きる：全人物が同時にスミス氏か、誰もスミス氏でないかだ。だが、どうしてスミス氏が百万場所に同時に存在可能なのだろうか？　「複製」された人格か。これをどう理解すればいいだろうか？　人はちがう場所を訪れ、ある現実を経験できるが、一度に一つだけだ。スミス氏が机に座っているなら、同時にエラトステネス・クレーター、金星、海底、ナイルのワニの顎の前にはいない。電報された人は正常な普通の人だ。よって、精神結合で全てが同時に前述のことを経験したりはできない[*6]。

ワニがスミス氏の一人——ナイル川に到達した者——を食べたと想像しよう。誰が死んだのだろうか？　スミス氏だ。だが同時に彼は生き、数え切れない場所にいるんでしょう？　全スミス氏を結ぶのは独特の類似性だが、物理的・心理的結合ではない。例えば一卵性双生児は類似しているが、感情的には独立だ。各々が自律的・統合的人格で、それぞれが独自の人生を生きている。百万の電報スミス氏も同じことだ。全スミス氏は独立した百万の精神的主体だ[*7]。

この逆説は解決不能に見える。電報スミス氏の継続が**どこにあるか**を確立する実験はない。この問題を別の角度から見よう。精神医学で認められる「多重人格」という現象がある。だが、その分裂は文献での各種記述ほど絶対なものではない。だが、脳手術で 2 つの独立した神経系を 1 つの頭蓋に共存させる分離は可能だ。1 つの体に 2 つの頭を持つ現象があり得ることは、出生後もしばらくは生存可能な怪物（人間でも起きた）からもわかっているし、人工的にも（例：ソ連の犬で）生み出された。

脳の 2 つの自律的・独立機能部分への分割は、神経外科的手順で、例えばサルを使って行われた。脳半球を繋ぐ脳梁を可能な限り深く切断するのだ。スミス氏でこの手順を行ったと想像しよう。2 半球の分離はゆっくり漸進的に起きたので、脳機能の突然乱れは避けられ、各半球が他から独立する過程で完全な再構成が許される——このまちがいなく残忍な介入によるショックの後で。しばらくして、スミス氏の頭に 2 つの独立機能脳が存在する。お馴染みの逆説が生じる。この手術を受けたサルは、2 つのそれなりに自律した脳を持つように振る舞い、一つが常に支配し、求心神経経路のサブシステム、よって体全体を制御するか、両方が経路に「接続」し、体制御を交代する。当然、サルの主観状態を問うことはできない。だが、スミス氏なら問える。(解剖学的真実に反するが議論のため) 分断された脳の 2 半球が完全に等価と仮定しよう（現実では左半球が通常支配)。各々が以前の脳全体の記憶記録と人格概要を含む。全半球がスミス氏の継続か、2 つの脳のどちらが

[*6] Shields, Monozygotic Twins 参照.
[*7] 同上.

「本物のスミス氏」かというのは無意味だ。ここに 1 体内の 2 つの類似スミス氏がある。動的な意識の経路が物質的介入により分岐し、2 つの独立人格を生み、各々が元の続きと考える等しい権利を持つ。こうして複製行為が本当に起きた。もちろんこれで衝突が生かねない。なぜなら共有の体組織、感覚系、実行（筋肉）系が一つだからだ。別の手術でこれらの半球（今や完全自律脳として機能）を 2 つの特別に準備された体に移せば、物理的に分離した 2 人のスミス氏が得られる。これで、それを想像・視覚化はできなくても、人格の複製可能性は本物だということがわかる。受信装置から出てくる人物の観点からすれば「電信送信」された人物の最も正確で普通で健康な継続者は自分であり、ほかのだれでもない——そしてその主張を疑問視すべき根拠などない。

よって、一人が複数方向に同時に伝送可能だ。これは、彼がその送り先の全ての人物で一つとして存在するということではない。「彼」の数は原子コピーの数だけある。個人の複数継続が事実になる。

だが、これは最初の、付け加えれば最も原始的な逆説だ。

実はここで直面しているのは、独特の「存在的相対性」の事例なのだ。それはアインシュタイン理論の測定相対性にも似て、測定結果が採用した参照系に依存している。すでにご存じの通り、受信装置から出てくるスミス氏の観点では、各々が電報された人の継続だ。しかし、電報されたスミス氏の観点では、誰も自分の継続ではない。

実際の「電報」プロセスはどう起きるか。スミス氏は装置のキャビンに入り、「原子記述」を準備するため、例えば硬放射線に曝される。これで得られた「原子概要」を電報で伝送する。間もなく、全町村の受信器から多数のスミス氏が出てくる。

だが、原本はどうなる？　原子「在庫調査」をしたキャビンからその当人が出てくれば、どこにも行っていない：元の場所にいる。また、受信装置内で百万コピーが生じても、原本スミス氏の状況は同じだ。百万のコピーがあることを告げなければ、何も知らず家に帰る。よって、「原本」は「原子在庫調査」直後に消滅せねばならないようだ。スミス氏の立場で考えれば、電報旅行の展望は明るくない。彼はキャビンで死ぬと知っている、つまり跡形もなく殺されることを知っている。そして一方で、受信器から出てくる連中は自分に似るだけでなく、本当に**自分自身だ**ということも知っている。各状態と以前の状態に明示的因果連鎖がある。T_1 で私が甘さを経験するのは、T_0 で誰かが私の舌に角砂糖を置いたからだ。スミス氏と原子記述にも因果連鎖がある。記述がそうした状態になっているのは、スミス氏の体に特定の方法で作用し、全構成情報の転送が起きたからだ。同様に、原子記述と受信器から出る「コピー」に情報・因果連鎖があり、コピーは「記述」のプロトコルに従って構築された。だが、それらの変形（生の身体組織としてのスミス、伝送情報としてのスミス、この情報に基づく複数スミス）と原子記述準備直後に引き起こされたスミス氏の死の連鎖は何だろうか？

これについてははっきりさせておこう。両者には連鎖はない。壁にかかる原本レンブラントの原子コピーを作成すれば、その位置により原本が認識できる、それは壁にかかっているものであり、画架にのっている他のものはコピーだと言う人も出てくる。原本を焼けば、誰もそれを見つけられなくなる。原子コピーの原本性を疑わせる唯一の物体を破壊したことになる。しかし、この行為でコピーは原本にならない、数百年前の著名オランダ画家が塗料を塗った木とキャンバスの物体に変わるという意味では。実証的に原本と区別不能だが、原本でない、異なる歴史を持つ。

スミス氏を殺しつつ、百万場所で目覚めると保証してあげたら、確かにそれは邪悪な行

為だ――「サイバネティック」的に痕跡を消した殺人で、しかもおまけ付きだ。一人の殺害の代わりに、多くの同じ人が現れ、その全員がまったく同じなのだ。

この行為の殺人的側面は自明だ。人を電報するには原子記述伝送だけでは不十分で、その人も殺さねばならないからだ。明確にするため、スミス氏の記述を伝送し、コピーが受信器出口に現れ始めても、原本は生き、何が起きたか知らないと想像する。こっちが彼にハンマーを持って近づくまで、スミス氏は我々と一緒にいて、頭蓋を砕いた瞬間、突然未知の方法で他の電報された一人か全員になるのだと考えていいだろうか？　信号伝送自体ができなかったのに、電報線の向こう端に「彼」を運ぶのは何なのだろうか？　頭後部へのハンマー一撃だろうか？　これでわかるように、この手の疑問は逆説ではなく純粋に馬鹿げているだけだ。スミス氏は永遠に死ぬだけであり、よって人を電報するなど問題外だ。

この困難は人の情報電報転送だけに限らない。例えば、未来では全人間が自分の体の「原子マトリックス」を「人格銀行」に保管できるようになる。このマトリックスは原子構造の完璧な記録だ――建築計画と実際の家の関係に対応する形で、その個人と関係したものとなる。本人が不運な事故で死ねば、家族は銀行に行き、マトリックスを原子合成器に挿入する。すると驚いたことに、悲劇的に殺された人が装置から出て、嘆く親族の腕に抱かれる。これは確かに可能だ――だが、そろそろわかってきたように、そんな喜びの場面は「原本」の死を全く取り消すものではない。だがこの場合、殺人は行われておらず、事故や病気の犠牲者を「原子双子」でうまく置き換えただけなので、少なくともこの文明内では、そんな企てを拒否するべき道徳的良心の呵責はない。

しかし、似た方法で「存在の予備」を作成し、個人としての存在継続を保証するのは不可能だ。原子記述を引き出しや銀行に保管しているだけで、それを自分の生きた双子にするには合成器に挿入（ちなみにその記述は単なるソフトウェアだ）しなければならないとか、すでに生きている間に生きる双子を持っているとかでもまったく関係ない――自分の人生の経過にはまったく影響しない。峡谷に落ちるなどの方法で死ねば、双子がまちがいなく自分を置き換えるが、私は生きていない。原本とコピーの時間共存がこれを証明している。関係は双子と同じだ――だが正気な人ならだれも、双子同士が相手の「存在の予備」だ、などと主張はしない。

これまで、情報電報の行為自体が人間を不可逆的に殺すのでなく、その後の消滅が殺すのだということを明確にした。後者は、その人物が本当に電線の他端に到達したという錯覚を生む。よって、固体の死の不可逆性は存在の継続の**中断**によるものとなる。

ここで本当の悪夢の逆説に入る。現代医学は冬眠に高い期待を寄せている――この分野は絶えず進歩している。そんな停止・減速存在状態は一部の哺乳類（コウモリ、クマ）の生理では起き、人間――通常は冬眠しない――でも引き起こせる（薬理物質や体冷却で）。冬眠を深めれば、本物の死に似せることも可能だ。そんな可逆死の状態――生命プロセスを減速だけでなく停止させる――は体組織全体を大幅に冷却することで引き起こせる。これまでに、数種の実験動物でこれが成功している。凍結後、原生動物（ある意味で人間精子もここに含まれる）は非常に長く、無限に維持可能だ。数年前に死んだ男の精子で女性を妊娠させるという可能性は完全に実現可能だ。

人間のような複雑な身体組織（あるいは哺乳類全般）を氷点下に冷却するのは困難だ。水組織が氷となって結晶化し、重要な原形質構造を破壊するからだ。だが、これらの困難は克服不能でない。任意時点での未来復活を 100 %約束するような凍結技術は、達成され

るはずだ。これには宇宙旅行など大きな希望が寄せられる。だが、これまでの思考実験に照らして考えると、この技術は疑念を呼ぶ。これは本当に不可逆死なのか [訳注：文脈的に「可逆死」だと思う。]？　凍結された人は実は完全に死んでしまっており、復活される人は単なるコピーではないだろうか？　同じ人には見える。人生プロセスが時計を止めるように停止しただけだ。再起動は復活だ。そもそも、それらのプロセスは完全に停止しない。そんな現象の働きは、七色に塗り分けられたダイアルに似ているのを我々は知っている。静止かゆっくり回転する限り個別の色が見える。回転がはやくなるとそれがちらつき、正しい速度になったら全色が均一の白にぼやける。意識もそれと似たことが起きる。基盤プロセスは一定速度を維持せねばならず、下回ると意識はぼやけて崩壊する。それは脳の生化学反応が実際に停止するずっと前だ。意識はこうして代謝プロセスより早く消える。後者は実質的には停止する——だが、いくつかはゆっくりとはいえ続く。もちろん、絶対零度に近づくと機能は基本的には停止し、身体組織は老化を止める。いずれの場合でも、生組織内の全構造は保存される。これで凍結プロセスは殺人の罪から免罪されたと言える。

もう一つの思考実験を行おう。スミス氏を絶対零度の温度で凍結したと想像しよう。彼の脳と体の他の器官は全て結晶様構造を取る。最低のエネルギー水準でも原子が示す微小な振動以外、電子顕微鏡で見ても何も動きは見えない。霜に閉じ込められ、不動になりアクセスしやすくなったスミス氏の脳原子を、頭蓋から一つずつ摘み出し、適切な容器に置こう。整理整頓のため、各元素の原子を別々に置こう。確実にするため、再組み立て時までそれを液体ヘリウムの極寒で保管し、各原子を所属位置に戻そう。再組み立てされたがまだ凍結した脳を体と共に復活手順にかける。解凍されたスミス氏は起き上がり、服を着、家に帰る。まちがいなく本物の彼だ。

ところが突然、助手が脳を構成した炭素、硫黄、リン、他の元素の原子を細粉末の形で保管していた全試験管を壊したとわかる。試験管はテーブル上の冷凍庫に置いてあったのだが、助手はテーブルを倒し、引き起こした災厄を見て、速やかにその痕跡を除去し。新しい試験管にこぼれた元素を集め、欠損をラボ日誌のノート——各試験管の内容を単一原子まで精密に記入——に従って置き換えたのだ。このニュースを聞いてから、庭でスミス氏が去り杖を振るのを見て気を落ち着かせていると、突然ドアが開き別のスミスが入ってくる。何が起きたのか？　テーブルから落ち、試験管は壊れた。助手は急ぎ、こぼれた半分を集めたが、同僚が助けようと床にこぼれた元素の残りを慎重に集め、こちらもラボ日誌のノートで欠損を置き換え、勤勉に解凍器を起動し、スミス氏 2 号を復活させたのだ。

2 人のスミス氏のどちらが凍結された者の真の継続なのか：1 番目か 2 番目か？　どちらも「原本」の原子の約半分を持っている——これは実はあまり関係ない。原子は個性を欠き、代謝プロセスで身体組織が交換してしまうからだ。スミス氏の 2 重化が生じたようだ。だが、原本はどうか。彼は両方の体で生きているか、どちらでもないのか？　脳梁切断実験と対照的に、この質問には答えられない。実証的基準がないからだ。当然、このジレンマを恣意的に解決することはできる。例えばどちらのスミス氏も、本書でこんな苦難に遭わせている友人スミス氏の継続だと決めたりはできる。これは便利で、この場合にはそうするしかないかもしれないが、そんな解決はまちがいなく道徳的懸念を呼ぶ。こっちを信頼しきったスミス氏は電報キャビンに入るように冷静に冬眠器に入ったが、我々はそれをハンマーでぶん殴った後で足から引きずり出した——太陽系の惑星に彼が複数出現したから構わないのだと、当人同様に安心しきって。前例は殺人なのだとすでに示した。だが、この場合はどうか。死体の欠如は有利に見えるが、この場合ですらスミスを原子雲

に分散することはできた – ここで問題なのは目に見えず高度に審美的な形で殺人を行うことではなく、そもそも殺したりしないことだ。

事態は泥沼化する。これは非物質的魂が存在し、脳構造に鳥のように閉じ込められ、檻の棒、構造の原子が分解・分離されると肉体的拘束から逃れることを意味するのだろうか？ 形而上学的仮説に人を駆り立てるのは絶望だけだ――だがそれは何も解決しない。脳梁切断後何が起きたか？　非物質的魂を 2 つに分裂させたのか？　また、受信装置から通常の魂水準を示すスミス氏の群れが出てきたではないか？　後者の事実から、魂が存在するのであれば、どの原子合成器でも簡単に魂を構築できることが明らかとなった。いずれにせよ、ポイントはスミス氏に非物質的魂があるかではない。あるとしようか。ポイントは、新スミス氏各々が原本スミス氏とすべてにおいて絶対同一だが、彼でないことだ――原子記述と電報に加え、ハンマーを使わねばならなかったから！　だからこの段落の説明は我々にとってまったく役立たない。

逆説の原因は、思考実験が現実世界の能力からかけ離れていることにあるのかもしれない。例えば、無限速度の旅や永久運動機械のように。しかし、これですらあまり役に立たない。自然は一卵性双生児という形で極めて正確な人間のコピーを提供するではないか？

確かに、双生児は原子構造レベルで完全に同一ではない。だがこれは進化の技術、つまり自然選択が、生物学的に無関係または冗長な絶対的類似構造の創造を目指さなかったためでもある。同一複雑度のシステム間のこの類似度が、受精卵の初期分裂で偶然に、ランダムに実現されたのだから (というのも双子の誕生で、受精卵の二分割のときにランダム要素が大きな役割を果たすため)、未来のバイオテクノロジーとサイバネティックスの結合により、自然の偶然の貢献を上回ろうとしたくなるはずだ――そんな達成は自然からの偶発的な貢献でしかなかったのだが。

議論を完全にするため、原子記述の構築行為自体が生きた身体組織を破壊する場合を考えるべきだ。この状況は、逆説の一部を排除する（原本とその「継続」の共存に関する逆説など)。これは、この技術をそのような形で作らねばならない、つまり共存は考えられるが実現されてはいけないという主張の基礎になる。だからこそこの問題に少し時間をかけよう。2 つの電報装置を想像する：装置 O と装置 N。装置 O は電報される人を保存する。つまり、原子構造情報の収集後、人が健康なままだ。装置 N は情報収集中に被験者の原子構造を破壊し、プロセス終了時に死者か分散した原子残骸と構造情報の完全記録が残る。両場合で得られる情報量は同じ、つまり人を再構築可能な完全かつ適切なものとなる。

装置 O は保存装置としてより繊細で複雑なものとなる。歴史的には、破壊的指向の装置 N を生んだ技術より進んだ技術の産物として、後になって現れるのはまちがいない。まず装置 O を考える。その動作はテレビのブラウン管ときわめて似た位置ベクターに基づく。装置の光線が被験者の体を走査し、原子や電子に触れるたびに装置のメモリに記録される。これは光線が物質粒子に「つまずく」結果として起きる。外層の原子の位置が記録されると、それらは光線に対し、いわば透明になる。当然、光線は物質的（粒子）であってはならず、電磁場の圧力中心とする。それらの場を制御し重なり合うようにする。真空に遭遇すると装置の針は静止だ。原子の質量により場との相互作用で値が変化し、針が動く。これは「メモリ」システムに記録される。装置は時間的・空間的読み取り位置、順序などを同時に記録する。毎秒数百万、あわせて 1020 個の個別読み取りで、体の全原子の位置、つまり物質的配置の完全情報記録が得られる。装置はイオン化原子と非イオン化原子に異なる反応をし、蛋白質鎖内の原子位置にも異なる反応を見せる。これは分子の電子

層の厚さに依存する。記録用の伝播電磁場は、身体原子の前状態からのわずかな偏位を引き起こすが、身体組織には害を与えず対処可能なほど小さい。完全記録が得られたら、電線でそれを送信する。受信器が情報を受け取り起動され、電線の向こう端で人のコピーが生成される。この個人は原本に極めて似ているが、原本はそれを知る必要はない。その人はキャビンを出て家に帰り、どこかで自分のコピー、またはその軍団が作られたことを知らない。これが最初の実験だった。

次に 2 番目の装置にとりかかろう。その動作原理はもっと残忍だ。位置ベクターが物質的なのだ。つまり放出粒子が体の原子に外層から深部へと順に衝突するのだ。毎回衝突、つまり事故が起きる。放出粒子の運動量を知り、その偏位から衝突した粒子の初期位置と質量（体の原子）を読み取る。この 2 番目の機械での読み取りは 1 番目と同等に正確だが、この手順で身体組織自体は分散され、その行動を通じて不可視の雲に変えてしまう。

両場合で得られる情報量は全く同じだが、2 番目では読み取り時に原本の身体組織を破壊する点だけがちがう。破壊は装置の残忍さにのみ起因し――そしてそれは**得られる情報量をいかなる点でも増やさない**から――破壊事象は情報転送行為自体のおまけでしかない。それは絶対に、電線の向こう端で現れるコピーの原子合成に本質的ではない。

情報転送とそれによる合成はどちらの場合にもまったく同じように起きる。よって、原本の運命は電線の向こう端で起きることとは関係ない。つまり、受信器内でどちらの場合でも同一の個人が現れる。1 番目で現れる人が原本の継続でないことを示したので、2 番目も同じだ。よって、合成器で作られた人は常に模倣、コピーであり、「電線で送られた原本」ではない－これは、情報記録・転送プロセスで作られた身体組織の因果連鎖への「挿入」が、単なる挿入、与えられた人の連続的生命線の二つの部分間の切断以上のものであることを示す。それは「模倣者」の創造行為――原本個人にとっては双子のような者で、原本は生きるか死ぬ。原本の運命はコピーには関係ない。そのコピーは決して原本の継続ではないからだ。1 番目で生き残る場合、原本はその存在自体により、その人がどこかに「電報」されたという信念を否定することになる。2 番目で原本が消滅する場合、原本は確かに「電線で旅した」との（誤っていることをここで示した）印象を生む。

考察を終えるため、原子マトリックス作成や原子合成器使用なしの前実験の変形を提示しよう。これは今日はできないが、すでに大きな進展が見られている。これは人の受精卵を人体組織外で育てる可能性についてのものだ。この卵を半分に切る。一方を凍結、他方を正常に発育させる。そこから人が発育し、20 歳で死んだと想像してほしい。その後、卵のもう半分を解凍し、20 年後「もう一人の双子」を作り出そう――合成器で作られた原子コピーについてのもの同じ説明で、これは死者の継続だと記述できる。「継続」が起こるのに 20 年待つ必要があっても関係はない。合成器も原子コピー生成に 20 年かかることはできたのだから。この「もう一人の双子」を死者の継続とみなし、非常によく似た双子ではないとするなら、原子コピー作成についての質問にも同じ見方が適用できる。しかし、後者では、冬眠で発育が遅れた普通の双子は兄弟の「継続」ということになる。そして冬眠時間は任意に短縮可能なので、最終的にあらゆる双子は、そのお互いに継続になる――これは純粋に馬鹿げている。双子は確かに「原本」の完璧な分子コピーだ。しかし、8 歳と 80 歳の同一人の 2 状態間の類似度は、双子間の相互類似度より小さい。それでも、その子と老人が同一人であることは誰もが認める――だが 2 兄弟については認めない。よって、存在的継続を決めるのは類似遺伝情報の量ではなく、脳の動的構造が一生で大きく変化しても、遺伝的に同一であるという事実なのだ。

第 7 章

世界の創造

我々は一つの時代の終わりにあるようだ。蒸気と電気の時代がサイバネティクスと宇宙科学の時代に変貌するという話ではない。この言葉は、その自律性に対処できないほど強力になる技術への屈服を示す。人間の文明は設計図なしに作られた船のようだ。建設は大成功で、巨大な推進機械を生み、船内部の不均等な発展に至った――だが、これは修正可能だ。しかし、この船には舵がない。文明は多くの可能な道から意図的に進路を選ぶ知識がなく、発見のランダムな潮流に漂うばかりだ。建設に貢献した発見は依然としてある程度は偶発的だ。この状況は、我々が銀河の向こうに何があるかも知らずに、その端に向かおうとする中でも変わらない。一つ確かなのは、我々が既に可能なことを実現するということだ。科学は自然とゲームをし、毎回勝つが、その勝利の結果に引き込まれ、それを活用する。その結果、戦略を立てる代わりに戦術を実践するだけになる。よって、未来に成功や勝利が増えるほど、状況は難しくなる。なぜなら――すでに実証したように――征服した全てを活用できないからだ。情報の洪水、認知の貪欲さによる人間の飲み込みを制御する必要がある。科学的進歩を調整する方法を学ばねば、未来のランダム性は増す。突然現れる新奇な活動領域の勝利は、その大きさで我々を飲み込み、他のもっと価値ある機会を見落とすように仕向けてしまう。

発展する文明としては、戦略的操縦の自由を得て進路を制御することが重要だ。今日の世界は他に懸念がある。分断され、数百万人のニーズを満たせずにいる――だがそのニーズがいずれ満たされたら？　自動生産が軌道にのったら？　西側はこれを生き延びられるか？　人間不在の工場が、我々の文明が「つながった」星のエネルギーで何十億の物体、機械、栄養素を生み出すというグロテスクなビジョンだ。「一般黙示録」がその星の所有者になるのだろうか？

所有権はどうでもいい。一つの時代が終わると言っても、旧システムの終焉などはまるで考えていない。人類の基本的ニーズを満たすことは最終試験の準備、成熟の始まりであって、終わりではない。

科学は技術から発展する。確立後、支配権を握る。未来、特に遠い未来を語るには、科学の変革を語らねばならない。ここで議論することは決して実現しないかもしれない。絶対に起こるのは既に起きていることで、想像できることではない。タレスやデモクリトスが今日の我々よりその思考において大胆だったか分からない。大胆ではなかったのだろう。彼らは事実の迷路、仮説の絡み合ったジャングルを把握できなかったのだから。科学史は敗北の痕跡が刻まれた過酷な地形だ――失敗は成功よりはるかに多い。放棄されたシステム、古い火打ち石のように時代遅れの理論、かつて尊敬された真理の残骸で満ちてい

る。科学内の何世紀もの闘争は、時間と共に意味を失った概念や用語にばかりこだわっているため、無駄なものに見える。アリストテレスの遺産や、生物学のエピジェネシストとプレフォルミストの戦いもそうだ。「見える」と言うのは、絶滅した生物、人類以前の動物の化石だって同様に無駄だったと言えるかもしれないからだ。そうした生き物が人類到来の道を開いたという主張は、私にはあまり幸運に思えない。それは極度に過剰な自己中心的な人間中心主義のしるしだ。創造のぼた山は、そうした古い理論と同じく、必ずしも必要や不可避でないリンクの連鎖を形成し、時にやたらに高コストでとくにはまったくの見当違いだったが、それでもそれらをあわせると、上向きの道を作り出した。いずれにしても、それはその個々の価値を認めるかどうかという問題ではない。

絶滅した生物を原始的、誤った理論の創造者を愚か者と呼ぶのは簡単だ。この文章を書いている机におかれた科学雑誌には、物理学の基本真理である、アインシュタインの光速論に挑戦する実験結果が報告されている。この法則はまだ防御可能かもしれない。だが重要なのは別の点だ。科学には、挑戦を受けない権威がないということだ。その誤りは意識的リスクの結果だから馬鹿げていないのだ。この意識のおかげで我々は仮説を立てられる。それがすぐ崩れても、正しい道での敗北となるからだ。人は初期からこの旅に乗り出していた——まだそれに気づいていなかった時から。

情報農業

多くのサイバネティストが、現在、仮説形成の自動化の可能性に取り組んでいる。機械で作られた「理論」は、環境内の特定の現象クラスに関連する限られた情報を成功裏に符号化する情報構造だ。この情報はその後、そのクラスに対する誤りない予測を策定するのにうまく適用できる。クラスの機械的理論は、そのクラスの全要素が共有する機械言語のある定数値を表す。機械は環境から情報を受信し、ある「構築物」または仮説を生成し、これらがこの「認知プロセス」が表す「進化」中に冗長になったり固定されたりするまで、互いに競争する[*1]。

最大の困難は、機械内で定数が最初にどのように現れるかという問題だ——それはさらなる仮説形成プロセスを決定づける。また機械記憶の容量とその中に含まれる情報へのアクセス速度に関する問題もある。さらに**連想ツリー**——これは急速に増える代替作業アプローチを指す用語だ——の成長をどう規制するかに関する問題もある。さらに、最初に考慮する変数の数がわずかに増えると（例として振り子を現象とすれば、その未来の状態を予測するためにどれだけの変数を考慮する必要があるかという質問が生じる）、このプログラム全体が崩壊する。5 つの変数が関与する場合、1 秒あたり 100 万操作の速度で動作する大型デジタル機械は、2 時間以内にそれらの全値を処理できる。6 つの変数の場合、同じプロセスには 3 万台のそのような機械が必要で、最大速度で数十年間動作しなければならない。これは、これらがランダム変数（少なくとも我々から見て、それらの間に相関が見えない限り）である場合、人工的または自然なシステムがメタ銀河ほど大きくても、数十を超える変数を扱えないということだ。

例えば、アウストラロピテクス以来存在したすべての人に変数を割り当てて、社会発生をモデル化する機械を誰かが作りたかった場合、そのタスクは今も未来も実行不可能だ。

[*1] Amarel, “An Approach to Automatic Theory Formation” 参照.

幸い、そんな必要はない。実際、自然が各電子の運動量、スピン、モーメントを制御レベルで考慮する必要があったなら、生きた生命体を決して構築できなかっただろう。原子レベルでもそんなことはしなかった（数百万の原子だけで構成される生命体はない）——量子ゆらぎやブラウン運動を制御できないからだ。そのレベルでは独立変数の数が多すぎた。生命体の細胞構造は、主システムとしての原生動物の出現から生まれたというより、物質の基本特性に遡る深い要件から生じたものだ。階層的設計というのは、各レベルのある程度の自律性を表し、それは相変わらず主制御装置に依存するが、システム内で起きるすべての変化を制御することを**必然的に**諦めるということでもある。

模倣論的な樹木がつける仮説的果実の設計も階層的でなければならない。この問題はもう少し後で詳しく見る。今は模倣論的活動の範囲に焦点を当てる。

これまでの結論を振り返ろう。

一定の複雑さのレベルまでは、動的に結合された見かけ上重要な変数を伴うモデルを構築するのがコスト効率的だ。モデルの適用範囲、つまり実際の現象の振る舞いをそのモデルがどの程度表すかを知ることが非常に重要だ。重要な変数を選ぶからといって、正確さを諦めることを意味しない。むしろ、関連のない情報の洪水から守り、調査対象の現象に類似する現象の全クラスを迅速に検出できるようになる——つまり、理論の構築が可能になる。個別の状況により、何がモデルで、何が「元の」現象かが決まる。神経細胞が食物中のバクテリアと同じ速度で連鎖反応で増殖する場合、指数関数的成長のパラメータに関して、一方の現象が他方のモデルとして機能できる。バクテリアを調べるほうが便利な場合、細菌培養をモデルと考えることになる。しかし、モデルが複雑になりすぎると、別のタイプのモデルを探すか、「等価」モデル（前述の胚発生プロセスへの「裏口」を通じて別の人間で人間を「モデル化」）を活用する。

求めるモデルの精度が高いほど、初期知識の量が必要だ。モデルの教育価値は関係ない。質問でき、回答を得られることが重要だ。科学者と技術者のモデリングアプローチの違いに注意しよう。「生命体での合成」が目的の場合、それを行う可能性に直面した場合、技術者は「最終製品」を得るだけで満足する。一方、科学者は、少なくとも従来の理解では、生命体内での「合成理論」を詳細に学びたいと願う。科学者はアルゴリズムを求めるが、技術者は木を植えてりんごを摘む庭師のようで、「りんごの木がどうやって実をつけたか」には関心がない。科学者はこのような狭く、実用的、功利的なアプローチを完全知識の法則に対する罪と考える。将来、これらの態度は変わるのではないか。

モデルは、現象で無視できるとされる変数を無視する点で理論と似ている。しかし、モデルが考慮する変数が多いほど、現象自体の繰り返しとなり、「理論的」表現ではなくなる。人間の脳のモデルは、全ての人間の脳の重要な変数を考慮する動的構造だが、スミス氏の脳のモデルが他の脳にとっての「重要性」が低いほど、彼の脳の全プロセスとの「動的接触の面積」が増える。最終的に、そのモデルはスミスが数学が苦手であることや、昨日叔母に会った事実も考慮する。もちろん、そんな忠実なモデルは必要ない——それはある程度、現象（カペラ星、小型パグのレックス、スミス氏）の「文字通りの」繰り返しになってしまう。これから見るように、すべての物質的現象を極めて正確にコピーする機械は**普遍的剽窃者**となる。その現象の全変数を完全に考慮することは、創造的活動——変数を**選択し**、他のものを排除して、こうした変数の動的軌跡を共有する現象の**クラス**を見つける活動——とは自動的に切り離される。クラスの行動特性こそ、我々が理論と呼ぶものだ。

理論が可能なのは、単一現象における変数の数が、他の多くの現象と共有されている変数の数に比べ圧倒的に多いためで、前者は科学的根拠から無視しても問題ないからだ。このため、個々の分子の歴史、スミスが前日叔母に会った事実など百万の他の変数を無視できる。

実際、物理学と生物学が現象にアプローチする方法は大きく異なる。原子は交換可能だが、生命体はそうではない。現代物理学では、原子の個別歴史は無関係だ。例外は原子が送る光子の赤方偏移に関するある仮説くらいだ。その原子は太陽から来たかもしれないし、地下室の石炭からかもしれないが、その性質は何も変わらない。しかし、叔母がスミス氏に相続を剥奪すると告げ、その後スミス氏が絶望で狂った場合、その変数は非常に重要になる。実際、我々がスミス氏をある程度理解できるのは、自分たちがかなり彼に似ているからだ。原子だと話がちがう。核力の理論を作り、その疑似スカラー結合がずばり「本当に」何なのか尋ねれても、その質問は意味をなさない。アルゴリズムの操作に特定の名前を付けている以上、それらがアルゴリズム変換以外に意味を持つことなど要求できない。せいぜい、「紙でこの変換を行い、これをそれに置き換えれば結果は 2.5 を得られ、実験室でこれとあれを行い、この装置の針を見れば 2 と 3 の間にとまる」と言えるだけだ。実験が理論結果を確認したわけだ。だから、疑似スカラー結合などの用語を使用する。

よって、対向する光子やその他のものは、屋根裏にたどり着くために登る梯子の段となっている。屋根裏には新たな原子エネルギー源のような貴重なものがあるかもしれないが、梯子「自体」の「意味」を問うてはならない。梯子は頂上に行くために作った人工環境の断片に過ぎず、対向する光子は未来の状態を予測する紙上での操作の断片に過ぎない——それ以上でも以下でもない。これを言うのは、模倣論が「全てを説明する」意図があるという印象を与えたくないからだ。説明とは、未知の特徴や行動を、馴染みのあるものとの類似性を見出すことで既知のものに還元することだ。未知がピンボール、球、椅子、チーズに似ていない場合、無力感に陥るのではなく、数学に頼らねばならない。

科学技術の専門家の世界へのアプローチは変化するだろう。そうした専門家は模倣論を通じてこの世界と繋がる。模倣論自体は行動の目標を明確に定めない。目標は文明の個別の発展段階で提供される。模倣論は望遠鏡のようだ。それが向けられたものを示す。興味深いものに気づけば、倍率を上げられる（つまり、情報収集装置をその方向へ向けられる）。現実の様々な側面をモデル化する無数のプロセスのおかげで、模倣論は様々な「理論」、現象の様々な繋がりや特性を提示する。完全に孤立したものは存在しないが、世界は我々に好意的だ。そこそこの孤立は確かに存在する（現実の異なるレベル、原子、分子などの間に）。

システムの理論がある（力学の中に）。生物進化の理論はシステムのシステム理論であり、文明の理論はシステムのシステムのシステム理論だ。幸い、量子プロセスは原生動物のスケールではほとんど顕在化しない。さもなければ、多様性の海に溺れ、制御は絶望的になる。後者は最初、生物的ホメオスタシスに基づく（ほぼ確実に知能を持たない植物の存在のおかげで、大気中の酸素量は一定に保たれ、植物がそれを制御する）、そして知能が発達した後、理論知識の産物を活用するホメオスタシスに基づく。

だから「究極のモデル化」は不可能であるだけでなく、不要でもある。変数の数を無視することで生じる「ファジー」な表現が理論を普遍的にする。同様に、ぼやけた写真ではそれがスミス氏かブラウン氏か判断できないが、人間であるとは言える。人間の外見を知りたい火星人にとって、ぼやけた写真はスミス氏の肖像より価値がある。さもないと、火

星人はすべての人間がそのような膨らんだ鼻、すきっ歯、左目の下の青あざを持っていると思うだろう。結論として、すべての情報は受信者の存在を前提とする。「一般の情報」は存在しない。文明とその科学者たちは「模倣論的機械」の受信者だ。今日、彼らは排除プロセスを通じて情報「鉱石」を自ら濃縮しなければならない。将来、彼らはその本質を得て、事実ではなく他の理論から理論を構築する（これはある程度既に起きている。他の理論から完全に孤立した理論はない）。

読者はまちがいなく以前約束した「情報農業」についての議論を期待しているだろう。それなのに、この章は科学的理論の本質の話ばかりしている。どうも私は、読者が読み進むのをやめさせようと手を尽くしているように見える。だが実際に何を達成したいかを簡単に考えよう。科学を完全に自動化する道を進むことになっているのだ。これは恐ろしい任務だ。それに着手する前に、科学が正確に何をするかを完全に理解する必要がある。さっき言ったことは初期の比喩的近似に過ぎない。しかし、比喩は科学言語に翻訳されねばならない。この点は本当に申し訳ないが、これは真実だ。よって……

情報を収集し、科学者がするように一般化し、その調査結果を専門家に提示する装置を発明しよう。その装置は事実を集め、一般化し、その一般化の有効性を新たな事実集合に適用して検証する。「品質管理」を経た「最終製品」が「工場」から出てくる。

よってこの装置は理論を生成する。科学哲学では、理論は象徴からなるシステムだ。実際の現象の構造的同等物で、その現象とは無関係な規則によって変換され、現象の軌跡の後続部分（時間的な連続状態）が、理論が考慮する変数のレベルで、理論から推論可能な変数の値に対応する[*2]。

理論は個々の現象ではなく、現象のクラスに適用される。クラスの要素は空間で共存可能（ビリヤード台上のボール）または時間で連続可能（ビリヤードボールの連続位置）だ。クラスの要素が多ければ多いほど、理論は「優れて」いる、つまり普遍的に適用可能となる。

理論は検証可能な結果を持つ必要はない（アインシュタインの統一場理論）。そのような結果を導き出すまで、理論は無効だ——現実の行動ツールとしても認知ツールとしても。役立つには、理論は「入力」と「出力」を持つ必要がある——一般化する事実のための「入力」と予測する事実のための「出力」だ（これにより検証可能となる）。「入力」だ

[*2] 奇妙に思えるかもしれないが、科学的理論が実際に何であるかについて、多くの矛盾する見解が存在する。これは単一のイデオロギー集団内でも起こる。科学の創造者が持つ見解は、著名な芸術家が自身の創作方法について持つ見解よりも信頼性が高いわけではない。心理的動機は、思考プロセスの二次的合理化の源となり得る——著者自身ですらそれを詳細に再現できない。したがって、例えばアインシュタインは、外部世界が人間から独立して客観的に存在し、人間がその設計構造を知ることができるという事実を完全に確信していた。これは多様な解釈が可能だ。新しい理論は疑いなく前の理論（例えばアインシュタインの重力理論がニュートンの理論に対して）に対する前進だが、必ずしも「究極の理論」が存在し、つまり知識の終わりを表す理論が存在し得ることを意味しない。現象の統一理論（例えば場理論）での統一の前提は、古典物理学の進化の過程で機能してきたように見える——それは現象の個別側面に関する理論から、より統一された概要へと進んできた。しかし、将来もそうである必要はない：量子と重力現象の両方をカバーする統一場理論を創っても、それが自然によって統一の前提が満たされているという証拠にはならない、なぜなら**すべての**現象を知り、そのような新しい（存在しない）理論がそれらにも適用されるかを確認することは不可能だからだ。いずれにせよ、科学者は、哲学的立場としてそのような見解を持っていたとしても、認知プロセスの一時的ではかないリンクを創っているにすぎないなどという前提で働くことはできない。理論は「一定期間有効」だ——科学の歴史全体がこれを示している。その後、別の理論に道を譲る。人間の心が**単独では**越えられない理論構築の閾値が存在する可能性は十分にある——だが「知能増幅器」などの助けを借りてそれを越えられるかもしれない。こうして将来の進歩への道が我々の前に開かれるが、光速のような克服できない客観的法則がそのような「増幅器」の構築プロセスを妨げないかどうかは、依然として分からない。

けなら、入力も出力もない場合と同じく形而上学的だ。現実はそれよりも美しさで劣る、つまり単純ではない。ある理論の「入力」は他の理論の「出力」でもある。理論は多かれ少なかれ一般的な理論はあるが、発達の観点からは、例えば生命体のような階層的実体を形成すべきだ。生物進化の理論は化学、地質学、動物学、植物学から派生した理論と「繋がって」おり、それらに依存しつつ、自らも自己組織化システムの理論に従属している——生命はその特殊ケースなのだ。

現在、理論には補完的アプローチと還元的アプローチの 2 つがある。補完的アプローチは、同じ現象や現象クラスを 2 つの異なる理論で「説明」可能で、どの理論を使うかの決定は実務的に行われる。補完的アプローチは例えばミクロ物理学で使用される（電子が波であり粒子でもある）。しかし、一部はこれが一時的な状態と考え、常に還元的アプローチを目指すべきだと考える。他の理論を補完する代わりに、2 つを統合する理論を構築し、最初のものを二番目のものに還元、または両方をさらに一般的なものに還元する必要があると考える（これが「還元」だ）。例えば、生命現象は物理的・化学的プロセスに還元可能と考えられている。しかし、この見解は議論の対象だ。

理論の信頼性は結果が現実になるほど高い。理論は完全に信頼できてもほぼ価値がないこともある（例 :「全ての人は死ぬ」といったつまらないもの）。

どの理論も現象の全変数を考慮しない。これはどんな場合でもそのような変数を一覧にできるという意味ではなく、現象の全状態を知らないということだ。

しかし、理論は既に確立された変数の新たな値の存在を予測できる。だが、新たに発見された変数が何か、どこで見つかるかを常に特定できるような形では予測しない。その新変数の「示唆」はアルゴリズムに「隠れて」おり、宝の隠し場所を知るには真の専門家でなければならないこともある。この議論は霧深い領域と神秘的な概念、例えば「直感」に近づいている。理論が構造的情報のかけらで、自然に対応物がない膨大な数の考えられる構造の中から選択されたものだからで、選択プロセスはその無数の競争相手（「物体は直径の 3 乗で互いに引き合う」や「距離 × 質量の商の 2 乗で」など）が敗れる後に行われる。しかし、実際にはそのようなことは決して起きない。科学者は試行錯誤で盲目に働いたりはせず、推測と直感を使う。

この問題は所謂ゲシュタルト心理学に属する。友人を記述して、それを聞いただけであなたがその人物を即座に認識できるようには説明できない。しかし、自分ではすぐ認識できる。感覚知覚心理学の観点から、彼の顔は特定の「ゲシュタルト形式」を表す。時々、人が誰かに似ているように見えるが、どの身体部分や顔の部分が具体的に似ているかは必ずしも言えない——個々の体や顔の部分ではなく、全体、すべての特徴と動作の調和、つまり再び「形式」を通じてその類似が生じる。この種の一般化知覚は視覚領域に限らない。すべての感覚に適用可能だ。メロディーは指で口笛を吹いても、金管バンドで演奏しても、ピアノの鍵盤で 1 本指で叩いても「形式」を保つ。誰でも形状、音などの「形式」の認識方法を経験できる。多少なりとも優れた理論科学者は、抽象的形式主義と象徴主義に精通しているなら、生涯をかける理論をある「形式」として知覚し始める。当然、その形式は顔、特徴、音を持たない。ただ心の中の抽象的構築だ。しかし、2 つのこれまで切り離された理論の「形式」の類似性を発見したり、それを並べたりすると、それらがまだ存在せず構築すべき一般化理論の特殊例なのだと把握できる。

いま述べたことは、もちろん非常に粗雑だ。この問題にはまた戻ってくる。というか、「情報農業」を始める準備が整ったときにそれは自分から戻ってくるだろう。

今は、ゲームをしよう。2 人の数学者がいて、1 人は「科学者」、もう 1 人は「自然」だ。ある前提条件をもとに、「自然」は複雑な数学系を導き出し、「科学者」がそれを演繹する、つまり再創造することになっている。その起こり方発は、「自然」が 1 つの部屋にいて、時折、窓を通して「科学者」に数値がいくつか書かれた紙を見せることだ。その数値は、「自然」が構築中の系の特定の段階で起こる変換に対応している。「自然」を星空と想像し、「科学者」を世界初の天文学者と考えてみよう。最初、「科学者」は何も知らない、つまり数値の間（「天体の動き」）に何の関連も気づかないが、ある期間後、何かが彼の頭に浮かび始める。彼はついに試してみようと決意するが、それは彼自身がある種の数学系を構築するということだ。彼は「自然」が窓を通して見せる数値が自分の期待と一致するかどうかを見守る。ところが、「自然」が示す数値は異なっていた。「科学者」は再挑戦し、優れた数学者であれば、しばらくすれば正しい道を見つけ、「自然」が使うのと同じ数学的系を正確に構築する。

この場合、これらが本当に 2 つの同一系である、つまり「自然」が実践する数学が「科学者」の数学に類似していると言ってよい。その後、このゲームを繰り返すが、ルールを一部変更する。「自然」は「科学者」に数値（例えばペアで）を見せ続けるが、それは数学系から導かれたものではない。代わりに、こちらが「自然」に提供した 50 の可能な操作リストから選ばれた操作によって毎回生成される。「自然」は最初の 2 つの数値をランダムに変更可能だが、それに続く数値は変更できない。リストから変換ルールの 1 つをランダムに選び、必要な除算、乗算、べき乗などを実行し、結果を「科学者」に示し、もう 1 つのルールを選び、(前の) 結果を再変換し、再び結果を示す、といった具合だ。変換をすべて放棄する操作もある。「自然」の左耳がかゆい場合何か引く、かゆくない場合何か平方根を取るという操作もある。その上に、常に適用される 2 つの操作がある。「自然」は毎回得た 2 つの結果を順序付け、最初に示す数値が 2 番目より小さくなるようにする；また、奇数桁の隣に常にゼロがある少なくとも 1 つの数値が存在しなければならない。

これが奇妙に思えても、このように生成される数値の系列は独自の規則性を示す。「科学者」はその規則性を発見できる；つまり、ある時間が経つと、どの数値が系列に現れるかを大まかに予測できる。しかし、予測が最も近い段階だけでなく、複数の段階の系列に適用しようとすると、各後続ペアの値の正確な決定確率が劇的に低下するため、「科学者」は複数の予測システムを作成する必要がある。奇数数の隣にゼロが現れるという彼の予測は確実に実現する：それはすべての数値ペアに、異なる場所で現れる。最初の数値が常に 2 番目より小さいことも確実だ。その他の変化は既に様々な確率分布に従う。「自然」は一種の「秩序」を示すが、それは単一の種類の「秩序」ではない。その中に様々な規則性を検出可能で、ゲームの長さに大きく依存する。「自然」は変換を受けない「定数」の存在を示すように見える。時間的に遠くない未来の状態はある程度の確率で予測可能だが、遠い状態は予測不可能だ。

この場合、「科学者」は「自然」が確かに 1 つの系を使うと仮定できるが、変動操作が多すぎて再創造できない。しかし、彼は自然の行動が確率的であると仮定する可能性のほうが高い。よって、彼はモンテカルロ法と呼ばれる適切な方法を使って近似解を見つける。最も興味深いのは、「科学者」が「『自然』にレベルの階層」が存在すると疑っている可能性だ（数値、その上の操作、その上の順序付けと「ゼロ化」の超操作)。よって、異なるレベルと「禁止」（最初の数値が 2 番目より高くならない）つまり「自然の法則」があるが、この進化する数値システムは形式構造としての統一数学系ではない。しかし、これは

問題の一部に過ぎない。ゲームが非常に長く続けば、「科学者」は「自然」が特定の操作を他のよりも頻繁に行うことに気づく（その理由は「自然」が人間であり、特定の操作に好みを示さねばならず、人が完全にカオス的または「ランダム」に振る舞えないからだ)。ゲームのルールに従い、「科学者」は数値のみ観察し、それが自然プロセス、機械、または人間によって生成されているか知らない。しかし、変換操作を超えたさらに高い要因の存在を疑い始める——どの操作を行うかを決定する要因だ。この要因（自然を装う人間）は行動範囲が限られているが、徐々に彼が選ぶ数値系列に好みのシステムが明らかになる（例：操作 4 を操作 17 より頻繁に使うなど)。つまり、彼の個性に特有の動的特性を明らかにする。しかし、もう一つの要因、比較的独立した要因もある。「自然」がどの操作を好むにせよ、時折、耳のかゆさに依存する操作の結果に遭遇すると、特定の方法で振る舞う。このかゆみはもはや彼の意識の動態と結びついていないが、皮膚受容器の周辺分子プロセスと結びついている。最終的に、科学者は脳プロセスだけでなく、「自然」を装う人の皮膚の特定の部分で何が起きているかを研究していることになる！

もちろん、彼は「自然」に、実際にはない特性を帰属させるかもしれない。例として、「自然」が奇数の隣にゼロを好むと思うかもしれないが、実際はそうするよう命じられているだけだ。これは非常に粗雑な例だが、「科学者」が観察する「数値的現実」を様々な方法で解釈できることを示す。彼はそれが特定のフィードバックシステムの数と見なせる。現象の数学モデルをどんなに構築しても、彼の「自然の理論」やその象徴のすべての要素が壁の向こう側で正確な同等物を持つことはない。1 年ですべての変換ルールを学んでも、「かゆい耳のアルゴリズム」を作成することは決してできない。しかし、後者の場合にのみ、自然と数学の同等性、または同型性について語れる。

だから「自然」の数学的表現の可能性は、その「数学的性格」を全く意味しない。真の仮説かどうかさえ重要ではない。それは、完全に余分だからだ。

認知プロセスの両側（「我々の」、つまり理論に属するものと「他方の」、自然に属するもの）を議論したので、やっと認知プロセスの自動化に着手できる。最も簡単なのは、「電気超頭脳」の形で「人工科学者」を創造し、感覚または「知覚子」を通じて外部世界と接続することだ。このアイデアは明白に思える。なぜなら、思考プロセスの電子模倣や、今日のデジタル機械の優れた速度についていろいろ語られているからだ。しかし、私は「電子超人」の構築を試みてそこに到達すべきではないと思う。我々はみんな人間の脳の複雑さと力に魅了されており、神経系に類似しない情報機械を想像できない。脳は疑いなく自然の偉大な産物だ。しかし、そういって脳に敬意を表した後、それが様々なタスクを解決する有効性が、そのタスクによってまったくちがうことを付け加えたい。

スキーヤーの脳が下り斜面でスラロームする際に「処理」できる情報の量は、その間に優れた数学者が「処理」する量をはるかに超える。ここでの「情報の量」とは、特にスラロームスキーヤーの脳が調整または「制御」する変数の数を指す。スキーヤーが制御する変数の数は、数学者の脳の「選択分野」に見られる変数の数とは比べ物にならないほど多い。その理由は、スラロームスキーヤーの脳が行う大半の調整介入が自動化され、意識の分野外で発生するのに対し、数学者は形式思考をするのでそのような自動化の度合いに達できないからだ（優れた数学者はある程度達成可能だが)。数学的形式主義の全体は、盲人がしっかりと掴んで自信を持って歩けるような柵となっている。なぜ演繹法でこの「柵」が必要か？ 脳は調整装置として限られた「論理的深さ」を示す。数学的演繹の「論理的深さ」（連続操作の後続段階の数）は、抽象的に考えず、生物学的運命に従って身体制御

装置の役割（下り斜面のスラロームスキーヤー）を果たす脳の「論理的深さ」とは比べ物にならないほど大きい。

この最初の「深さ」は決して誇るべきものではない——むしろその逆だ。それは人間の脳が、**自分の身体のプロセスでない限り**真正に複雑な現象をうまく調整できないという事実から生じる。その理由は、身体調整装置として脳が多数の変数を制御するためで、数百、場合によっては数千に及ぶ。しかし、こう言う人もいるだろう。「すべての動物は身体をうまく制御する脳を持っている」。人間の脳は、このタスクに加えて、無数の他の問題を解決できる。それでも、サルの脳と人間の脳の大きさを比較すれば、少なくとも大まかに、人間の脳質量のどれほど多くの部分が知的なタスク解決に向けられているかが分かる！

実際、人間がサルに知的に優れているかを議論する点はない。人間の脳は疑いなくより複雑だが、その複雑さの相当部分は理論的問題解決に「役立たない」。なぜなら、それは身体プロセスを制御するものだからだ——それが設計された目的だ。問題はこう見える：より単純な部分（**脳の神経系の一部**で、知的なプロセスの基盤を構成する部分）が、より複雑な部分（**全体の脳**）についての情報を得ようとする。これは不可能ではないが、非常に難しい。いずれにせよ、間接的には不可能ではない（単一の人間だけでは、問題を定式化さえできないだろう）。認知プロセスは社会的だ。それは同じものを調査する多くの人間の脳の「知的」複雑さを「加算」するようなものだ。しかし、この「加算」は引用符で囲む必要がある——なぜなら、すべての個別の脳が 1 つのシステムに結合されるわけではないからだ——よって問題はまだ解決していない。

個別の脳が 1 つのシステムに結合しないのはなぜか？ 科学はそんな優れたシステムではないのか？　そうではある、だがそれは比喩的にのみだ。もし私が何かを理解しているなら、始めから終わりまでそれを全体として理解している。個人の脳が結合して、**個々の脳が単独では含むことができない**真実の形式が定式化されるような「優れた知的分野」を創造することは不可能だ。科学者たちはもちろん協力するが、最終的には 1 人が設定された問題の解決を定式化しなければならない、なぜなら「科学者の合唱」はそんなことをしてくれないからだ。

でも本当にそうか？　ガリレオが最初に何かを定式化し、ニュートンがそれを受け継ぎ発展させ、他の数人がいくつかの要素を追加し、ローレンツが変換を行い、それら全てを考慮したアインシュタインが相対性理論を創ったのではなかったか？　もちろんそうだった、だがそれは関係ない。すべての理論は少数の変数を使用する。より普遍的な理論が多くの変数を含むとは限らない。単に、多くの場合にそうなっているというだけだ。相対性理論はその良い例だ。

だが、ここで話しているのは別のことだ。脳は「接続」された身体における多数の変数を完璧に調整できる。これは自動的または半自動的に起こる（立ち上がろうとして、他のこと、つまりこの「命令」で始まる身体全体の運動複合体を考えたくないときにはそうなる）。しかし思考のレベル、つまりこの領域外の現象を調整する機械として、脳は効率が低く、もっと重要なこととして、多数の変数を同時に考慮する必要がある状況に対応できない。だからこそ、例えば生物的または社会的現象（そのアルゴリズム化に基づく）を適切に調整できないのだ。実際、はるかに単純なプロセス（気候的または大気的なもの）でさえ、脳の制御能力を超える (制御能力とは、以前の状態に基づいて未来の状態を正確に

予測する能力としてのみ理解される)[*3]。

最後に、最も「抽象的」な活動領域ですら、脳は身体の影響を我々が通常気づく以上に強く受ける（それが主人であり従者でもある存在として双方向フィードバックのおかげで機能する)。順番に、脳は「この身体」を通じて周辺世界と繋がり始め、この世界のすべての特性を身体的経験に関連する現象を通じて表現する（だからこそ地球を肩で支える人や、地球に石を引きつける人を探したりするのだ)。

脳の情報チャネルとしての交通容量は、身体的現象で最大レベルを保つ。しかし、外部から例えば読むテキストの形で来る情報の過剰は、1 秒あたりのビット数がある水準に達するとブロックされる。人間が最初に実践した学問の一つである天文学でさえ、「多体問題」（互いに影響を及ぼす重力質量）の解決を提供していない。しかし、この問題を解決できる者がいる。自然は「数学なしで」、その身体の純粋な活動を通じてこれを行う。これは「情報危機」に同様の方法で対処可能かという疑問を提起する。もちろん不可能だとあなたは言うだろう。それは無意味なアイデアだ、と。すべての科学の数学化は減るどころか高まっている。我々は数学なしでは何もできない。

それには同意するが、まずどの「数学」の話しをしているかを確立しよう——方程式や不等式の形式言語を使用するもの、紙に書かれたり大型電子機械の二進数要素に符号化されたりしたものか、あるいは全く形式主義なしで受精卵を現実化するものか？　前者に留まるなら、情報危機に直面する。しかし、本書の目的のために後者を開始すれば、状況は全く異なる展開になる。

胎児発達は「化学的シンフォニー」であり、精子の核が卵の核と結合した瞬間に始まる。受精から成熟した生命組織の出現まで分子レベルでこの発達を追跡し、今それを化学の形式言語——例えば $2H + O = H_2O$ のような単純な反応を表すのと同じ言語——で表現したいと想像しよう。そのような「胚発生の楽譜」はどうなるか？ まず、「開始」時点で存在するすべての化合物の式を一つ一つ書き留めなければならない。成熟した生命体は分子レベルで約 10^{25} ビットの情報を持ち、書き留める必要のある式の数は四捨五入で数千万

[*3] 技術的サイバネティクスで研究されるシステムの中には、一般的な設計原理のレベルで脳に非常に似ているクラスがあり、それらは「生物的」と呼ばれる。これらは自然進化を通じて出現し得るシステムだ。一方、我々が構築する機械のどれも進化を通じて出現しなかった。なぜならそれらは自律的生存や自己再生の能力を持たないからだ。進化的方法で出現できるのは、存在のあらゆる瞬間に環境に適応しているシステム、つまり生物的システムのみだ。そのようなシステムは、現在の目標を示すだけでなく、その出現を可能にする進化的経路も示している。歯車、ワイヤー、ゴムなどは、それ自体でダイナモを形成する結合はできない。後生動物は、現在の生活課題がそれを要求するからではなく、原生動物が体組織の前に存在し、したがって群（コロニー）を形成する結合が可能だったから、単一細胞から発達する。その結果、生物的身体組織は通常の機械と異なり均質だ。これのおかげで、生物的調整装置は機能的局在なしにでも働くことができる。

イヴァフネンコ『技術的サイバネティクス』から例を見てみよう。デジタル機械をサイバネティック「亀」に置く。機械には「受容器」がなく、行動の**質**を測定する装置だけがある。部屋の中を移動するこの「亀」は、暖かさ、光、振動などの妨害が装置の機能の質に**最も少なく**影響を与える場所を探す。このシステムには「感覚」がなく、光、温度などを「知覚」しない。刺激の存在は「全体を通して感じる」ため、これを生物的システムと分類しよう。温度変化が機械の特定の部分に悪影響を及ぼす場合、機能の質を測定する装置が温度低下を検知し、亀を起動－亀は「より良い」場所を探してさまよう。別の場所では振動が機械の別の部分の機能を妨げるが、同じ反応を引き起こす。亀は最適な条件を探して歩き去る。システムはすべての可能な妨害を考慮してプログラムする必要はない。設計者が例えば電磁的影響を予測できなくても、それらが機械の機能に悪影響を及ぼせば、亀は有利な「生活」条件を探し始める。このようなシステムは試行錯誤で動作する－－問題が複雑すぎる場合や、妨害が遅延した負の効果（例：放射能）を持つ場合には失敗する。適応が常に認知に等しいわけではないため、生物的制御装置が「知的機械の完璧なモデル」を表す必要はない。そのような理想的機械は生物的制御装置のクラスではなく、サイバネティクスが扱う他の複雑システムのクラスで探す必要があるかもしれない。

に及ぶ。すべての海洋や本土全体の表面でも足りない。完全に絶望的なタスクだ。

今は化学胚学が同様の問題にどう対処するか心配しないでおこう。生化学の言語は非常に根本的な変革を遂げる必要があるだろう。もしかすると物理・化学・数学的形式主義になるかもしれない。しかし、これは本書の関心事ではない。なぜなら、特定の生きる身体組織を「必要とする」人がいれば、この記述活動は実際必要ない。精子を取り、卵をそれで受精させるだけで、ある時間が経てば「それ自身」が「必要な解決策」に変形する。

科学的情報分野で同様のことをできるか熟考する価値がある。情報断片を交配させ、「成長」を開始し、ついに**科学的理論という形で**「成熟した生命体」を得るという、「情報農業」を始められないか？

人間の脳ではなく、進化のもう一つの産物――人間の遺伝子型――を本書の試みのモデルとして提供したい。脳の 1 立方センチあたりの情報量は、同じ容積の精子に含まれる情報量に比べ物にならないほど少ない（ここでは卵ではなく精子について話す、なぜなら前者の情報「密度」のほうが高いから）。もちろん、進化が創ったものとは異なる精子と遺伝子発達の法則が必要だ。これは出発点にすぎないが、同時に頼れる唯一の物質システムだ。

生命体が生命体から発達するように、情報は情報から発達すべきだ。その断片は互いを「受精」させ、交配し、「変異」、つまり小さな変化や遺伝学では起こらないような根本的変形を経験するはずだ。これはある種の容器で起こり、そこで「情報キャリア分子」――情報断片が生命体の特性と同じように符号化される――が原形質内で互いに反応すればいいのでは？　もしかすると独特の「情報酵母の発酵」を開始するのでは？

しかし、こんなに興奮するのは時期尚早だ。先走りすぎた。進化について学ぶべきなのだから、どのように情報を集めるかを調べるべきだ。

その情報は安定している必要があり、同時に柔軟でなければならない。安定化、つまり最適な情報伝達を達成するには、送信機に妨害がないこと、チャネルのノイズレベルが低いこと、記号（信号）の永続性、情報を一貫性のある統一ユニットに接続できること、そして最後に情報過剰（余剰）が必要だ。接続はエラーを検出し、その影響を最小限に抑えられる――エラーは情報伝達を破壊してしまうのだ。情報過剰も同じ役割を果たす。遺伝子型は通信技術者が使うのと同じ方法でこれらを使用する。印刷または手書きテキストの形で送られた情報断片も似たように振る舞う。読み取り可能（妨害がない）かつ破壊されない（例えば印刷が薄れても）必要があり、特定の文字がブロック（単語）に、さらには上位ユニット（文）に接続される必要がある。文章に含まれる情報も過剰だ。これは部分的に破壊されたテキストでも解読できることからわかる。

生命体は貯蔵情報を妨害から保護するために生殖細胞をしっかり隔離する。正確な染色体分裂のメカニズムを通じて情報伝達を行う。情報は遺伝子としてブロック化され、遺伝子はさらに上位ユニット――染色体（「遺伝スクリプトの文」）――へとブロック化される。最後に、すべての遺伝子型は余剰情報を持ち、損傷した卵が依然として損傷のない生命体を生成できる事実で認識できる――もちろんこれは一定の限界内での話だ[*4]。発達過

[*4] 情報伝達方法に対する確率的・統計的アプローチは、数学的観点から有性生殖や近親交配（近縁個体の交配）が引き起こす有害な影響の問題に我々を近づける。ある数の個体が同じ種類の遺伝的損傷（劣性変異）を持つ確率は、個体が近縁であるほど高く、同じ親から生まれた場合、その確率は最も高くなる。後者の場合、表現型変異体の出現の可能性が最も高くなる――もちろん、関係する個体の遺伝情報が**すでに**損傷している場合の話だが。遺伝子型に損傷のない個体の近親交配には負の結果はない。

数学的テキストを印刷する際に様々なリノタイプが関与し、すべての組版ミスが内容に混乱をもたらす

程で、遺伝子型の情報は表現型情報に変換される。表現型は、遺伝的（遺伝子型）要因の活動と外部環境の影響の結果として現れるシステムの最終形状（つまり、形態的特性と生理的特性、およびその機能）だ。

視覚的表現を使用すれば、遺伝子型を空で縮んだゴム風船のように記述できる。角張った皿に置けば、球形になる「遺伝子傾向」を持つ風船は皿の形に適応する。これは、「制御バッファ」の働きから生じる可塑性が、遺伝子型指示と環境的要求の間に「減衰挿入」を形成するというのが、生命体発達の重要な特性だからだ。簡単に言えば、生命体は非常に不利な条件、つまり平均遺伝子型プログラミングを超える条件でも生存できる。低地の植物も山で発達可能だが、その形は山岳植物に似てくる。これは表現型が変わるが遺伝子型は変わらないことを意味し、低地に戻ればその種は再び元の形の植物を生成する。

情報の進化的流れはどのように起こるか？

それは循環的な形で起こる。そのシステムは 2 つのチャネルで構成されている。最初のチャネルで伝達される情報の源は、成熟した生命体の生殖行為中に見られる。しかし、すべてが同じ方法で生殖できるわけではなく、主に最も成功した適応により特権を得たものだけが生殖できるから、その適応特性（表現型を含む）が「送信者の選択」に参加するのだ。だからそのような情報の源は生殖する生命体自体ではなく、むしろ全体の生物群系またはビオトープ、つまりその生命体と環境（そしてその中に住む他の生命体も、なぜならその生命体は他の生命体の存在にも適応する必要があるから）なのだ。最終的に、情報は生物群系から胎児発達を経て次世代の成熟した生命体へと移動する。これは胚発生チャネルで遺伝子型の情報を伝達するものだ。2 番目の逆チャネルは、成熟した生命体から生物群系に情報を伝達するが、その情報はすでに表現型だ。なぜなら個体の全体レベルで「伝達」されるものであり、再生細胞レベルだけではないからだ。表現形というのは単純に生命体の全生命活動（何を食べるか、どう食べるか、生物群系にどう適応するか、存在を通じてそれをどう変化させるか、自然選択がどう起こるかなど）を表す[*5]。

したがって、染色体に分子レベルで符号化された情報が最初のチャネルを通過し、適応、生存競争、自然選択に現れる巨視的、表現型情報が逆チャネルを通過する。表現型（成熟した生命体）は遺伝子型よりも多くの情報を持つが、それは環境影響が外部情報源となるためだ。情報の循環が単一レベルで起こるわけではないため、その「コード」を別のものに「翻訳」するためにどこかで変換されなければならない。これは胚発生中に起こり、これが分子の言語から生命体の言語への「翻訳者」となる。これによりミクロ情報がマクロ情報になる。

前述の循環プロセス中に遺伝子型の変化は起こらず、したがって進化もそのプロセスには存在しない。進化は遺伝子型伝達で自然に起こる「欠陥」によって発展する。遺伝子は方向性も視覚もなくランダムに変異する。環境選択だけが、環境への適応を増やす遺伝子、つまり生存確率を次の世代で固定する。選択プロセスの反エントロピー活動、つまり秩序の増加を累積するものは、デジタル機械で模倣可能だ。だがそんな機械は持っていな

場合、異なるリノタイプで印刷された同じテキストを比較すれば、元の情報を完全に再構築できる材料が得られる。なぜなら異なる機械がテキストのまったく同じ場所でエラーを起こす可能性は極めて低いからだ。しかし、固有の設計欠陥により常に同じエラーを引き起こす、完全に同一のリノタイプの系列がある場合、それらで組版されたテキストの比較（または「読み取り」）では情報を再構築できない、なぜなら常に同じ場所で損傷を受けるからだ。もちろん、リノタイプが全くエラーを起こさない場合、問題は消える。生物情報の伝達にも同じことが言える。

[*5] Schmalhausen, “Osnovy evolucyonnogo processa v svietje kibernetiki,” 1960.

いため、「進化ゲーム」をするしかない。

子供のグループを同規模のグループに分ける。最初のグループが最初の世代の生命体を表す。「進化」は、各子供が最初のグループから「遺伝子型」を受け取る瞬間から始まる。これはマントと命令集合が入った袋だ。非常に正確に言えば、マントは卵の物質層（細胞膜）を、命令集合は核内の染色体を表す。「生命体」は命令集合から「どう発達すべきか」を学ぶ。これは子供がマントを着て、片側に開いた窓がある廊下を走ることだ。外にはエンドウ豆が入ったおもちゃの銃を持つ射手がいる。撃たれた子供は「生存競争で死に」、したがって「生殖」できない。無傷で走り抜けた者はマントと命令集合を袋に戻し、「次の世代」の人に「遺伝子型命令」集合を渡す。マントは非常に明るい灰色からほぼ黒まで様々な色合いを持ち、廊下の壁は暗灰色に塗られている。ランナーのシルエットが背景に目立つほど、射手に撃たれやすくなる。マントの色合いが廊下の壁に似ている者は生存の可能性が最も高い。環境はここでフィルターとして機能し、最も適応が悪い者を排除する。「擬態」が発達し、個体の色が環境に似てくる。同時に初期の幅広い個体色は狭まる。

しかし、すべての個体の生存確率がその子供の「遺伝子型」、つまりマントの色だけによるわけではない。先行者の運命を観察するか、単に何が起きているかを理解することで、速く走る、低く走るなどの行動形態が射手に撃たれにくく、「生存」確率を高めると学習できる。このように環境のおかげで、命令集合に含まれていなかった、非遺伝子型の情報を個体が得る。これは表現型情報で、個体自身の個人的獲得だ。しかし、表現型情報は遺伝しない。なぜなら「次の世代」に渡されるのは「生殖細胞」、つまりマントと命令集合が入った袋だけだからだ。環境を一定数「通過」した後、遺伝子型と表現型（マントの色と行動）が生存の最大確率を提供する個体だけが「生存」する。最初多様なグループはより均一になる。最も速く、最も機敏で、保護色マントを着た者だけが生き残る。しかし、各後続「世代」は遺伝子型情報だけを受け取り、表現型情報は自ら創り出さなければならない。

工場ミスの結果、斑点のあるマントが他のすべての中に出現すると想像しよう。そのような「ノイズ」の効果は遺伝子型変異を表す。斑点マントは背景の中ではっきり見えてしまうため、「変異体」の「生存」確率は非常に低い。したがって、彼らはおもちゃの銃を持つ射手——捕食者と解釈できる——によって迅速に「消滅」する。しかし、廊下の壁に斑点シートを壁紙として貼れば（環境変化）、状況は根本的に変わる：今や変異体だけが生き残り、そのような新しい「遺伝的」情報が全集団から古い情報を急速に排除する。

マントを着て命令集合を読む行為は、既に述べたように、全体としての生命形態と共に機能が発達する胚発生に相当する。このすべての活動は、最初の情報チャネル（生物群系から成熟した個体へ）を通じて遺伝子型情報を胚発生的に伝達する。環境を走って渡る最良の方法を学ぶというのは、表現型情報の獲得に相当する。成功裏に終点に到達した各個体はすでに 2 種類の情報を持っている：遺伝的＝遺伝子型と非遺伝的＝表現型だ。後者はその個体と共に進化的場面から永遠に消える。フィルターを通過した遺伝子型情報はある手から別の手に伝達され、これは逆伝達（第 2 チャネル経由）を構成する。

したがって、いまのモデルでも、情報は生物群系から生命体へ、「ミクロ」レベル（受け取った袋を開く、命令集合に慣れるなど）で移動し、生命体から生物群系へマクロレベル（袋自体、つまり遺伝子型が環境を走って渡るわけではないため、その「運搬者」である**個体丸ごとが**それを行う必要がある）へと移動する。

このゲームで生物群系は、すべてのランナーと廊下全体をあわせたもの（ある集団が存

在する環境）に相当する。

シュマルハウゼンなどの一部の生物学者は、情報循環が前述の方法で起こるとしても、成熟した生命体が遺伝子型よりも多くの情報を持たないと主張する。つまり個体と環境間のフィードバックの相互作用による情報量の増加は、その個体の生活でのみ表れ、遺伝子型情報のおかげでその生命体が作り出したメカニズムの制御活動の結果に過ぎないというわけだ。その反応の可塑性のために、生命体に含まれる情報量の増加が起こったかのような印象が生まれるだけなのだという。

遺伝子型情報は、変異が起こるまでほぼ変化しない。しかし、表現型情報の量は遺伝子型情報の量よりも多い。これとは逆の見解は、情報理論には矛盾するが、生物学的理論には矛盾しない。これら 2 つの問題を区別する必要がある。参照枠を決めれば、情報の量は現象の軌跡で決まる。したがって、この情報を現象から引き算することはできない。そんなことをするのは「不自然」に見えてしまうからだ。その情報が制御活動の結果として生じたものか、他の方法で生じたものかは関係ない——ある参照枠の中で、生命体のような物質的対象を使ってその情報量を調査している限り。

これは単なる何やら学術的な議論ではない：我々にとって重大な問題だ。以前挙げた立場は、環境「ノイズ」が表現型情報を貧困化するだけだと示唆する（シュマルハウゼンはそう主張する）。しかし、ノイズも情報の源となり得る。実際、変異はまさにそのような「ノイズ」の例だ。ご存じのとおり、情報量は尤度に依存する。「ホウ素は化学元素である」という文には一定量の情報が含まれる。だがハエが最初の文字を汚れしてしまい、それによって文が「放送は化学元素である」となってしまった場合、一方ではノイズによる情報伝達の妨害と情報量の**減少**が見られるが、他方では 2 番目の文が 1 番目よりはるかに尤度が低いため、情報量も**増加する**ことになってしまう！

ここで起きているのは、選択的情報の増加と構造的情報の同時減少だ。最初の情報タイプは「x は化学元素である」といった種類の可能な文の集合を指し、2 番目のタイプは現実の表現 (文はそれを表象するものでしかない) を指す。この 2 番目の場合、現実の状況を表す文の集合は「窒素は化学元素である」「酸素は化学元素である」などの文で構成され、この集合の文の数は実際の化学元素の数に相当し、約 100 となる。したがって、その文がどの集合から選ばれるのかということしか知らなければ、特定の文の出現確率は 1/100 だ。

2 番目の集合は、その言語で「x は元素である」文の x を置き換えるすべての語（「傘は元素である」「足は元素である」など）を含む。したがって、その言語の単語の数だけ文章ができる。つまり数千の文があり得る。情報は確率の逆数であり、したがってそのような文一つ一つは数千倍も確率が低くなり、つまりは適切に多くの情報を持つことになる（情報は対数なので数千倍にはならないが、ここでは特に重要ではない）。

これでわかるように、情報という概念は慎重に使おう。同様に、突然変異も（構造的）情報量の**減少**と（選択的）情報量の**増加**と理解できる。突然変異がどう「受け取られる」かは生物群系の環境次第だ。正常な条件下では、それは現実世界についての構造的情報量の減少を表し、結果として適応が下がってしまい、選択的情報量が増加してもその生命体は絶滅する。条件が変化すれば、同じ突然変異に関する情報が構造的および選択的情報の両方を増加させる。

ちなみに、ノイズが情報源となり得るのは非常に特殊な状況下のみで、その情報が高度なまとまり（複雑さ）で特徴づけられる集合の要素である場合だけとなる。ノイズによ

る「ホウ素」から「放送」への変化は、あるまとまりから別のまとまりへのシフトであり、「ホウ素」からインクの染みへの変化は、あらゆるまとまりの完全な消滅を伴う。突然変異もあるまとまりから別のまとまりへの変換を伴う——ただし致死的な遺伝子変異により発達中にその生命体を殺してしまう場合を除く。

文は真か偽かのどちらかだし、遺伝子型情報は適応的か非適応的かのどちらかだ。いずれも、問題になっているのは構造的な尺度だ。しかし選択的情報で見れば、文はそれがどの集合から選ばれたかに応じて、尤度が高いか低いかしか言えない。同様に選択的情報で見れば、突然変異も尤度が高いか低いか（つまり情報量が少ないか多いか）しか言えない。

表現型情報は通常は構造的だ。なぜならそれは環境的な影響の結果として現れ、生命体がそれらの影響に適応的反応で応じるからだ。したがって、遺伝子型の構造情報を表現型の構造的外部情報源に追加すれば、成熟した個体が持つ全構造的情報量が得られる。もちろん、これは遺伝の問題とは無関係だ。遺伝するのは遺伝子型情報だけだ。

現実問題として、生物学者にとって遺伝子型と表現型情報とのバランスを見極めるのは非常に難しい。まさに制御メカニズムの存在により、理論的には存在する遺伝子型と表現型とのちがいが、現実にはかなり不明確となるからだ。分裂中の卵に外部の影響がない場合、その発達は「演繹的」と言える——遺伝子型情報が変換を受けるときに、情報量の増加が起こらないからだ。数学系も、基礎的前提（「公理的核」）と変換規則で最初に表され、同じように「発達」する。これら 2 つを合わせて「数学系の遺伝子型」と呼べる。しかし、この想像上の孤立した胎児発達は、実際には不可能だ。卵は常に何らかの影響——例えば重力から——を受ける。たとえば植物の発達に重力がどれほど大きな影響を与えるかは周知の通りだ。

ようやく「自己認識的」または「サイバー認識的」な機械の適切な設計にとりかかろう。だがその前に、議論の最後の部分として、別の種類の制御が存在することを述べておこう。連続制御は制御パラメータの値を常時監視し、非連続制御（ブレーキ制御）は制御パラメータのある臨界値が超えられた後にのみ発動する。生命体は両方の制御を使用する。例えば、温度は主に連続的に制御され、血糖値水準は非連続的に調整される。脳も両方の方法を使用する制御装置とみなせる。しかしこれらの問題はアシュビーが『脳の設計』で非常に包括的に議論しているため、ここで繰り返す必要はない。

個体発生は内部情報と外部情報の 2 種類の情報の対立を伴う。生命体の表現型はこれによって発達する。しかし生命体は自分自身と進化に奉仕する。つまり存続し、種の存在を維持する。農場の情報「システム」は**人類に**奉仕するべきだ。したがって、環境に最も適応した個体が生き残るという生物進化の法則を、以下の新しい法則で置き換えるべきだ：「環境を最も適切に**表現するもの**が生き残る」。

「環境を表現する」とはどういう意味かは、すでに述べた通り。選択的情報ではなく構造的情報を収集することだ。屋上屋を架すのは承知ながら、もう一度言っておこう。通信技師は情報の到達率を調べるが、そのときには 100 文字の文が新聞から取られたかアインシュタインの理論から取られたかにかかわらず、同じ情報量を含むと考える。この側面が情報の**伝送で**最も重要だ。しかし、その文が記述している状況の尤度が高いか低いかという意味での情報量についても語れる。その場合、文の情報内容はその言語での文字の出現確率や総数に依存せず、その状況自体の尤度にのみ依存する。

文と現実世界の関係は通信チャネルを介した伝送には関係ないが、例えば科学的法則に含まれる情報量を測定する際には決定的になる。ここでは「構造的」と呼ぶこの 2 番目の

情報の「農業」に取り組もう。

「通常」の化学分子は何も表現しない、または「自分自身のみを表現する」。この二つは同じことだ。ここで必要なのは、自分自身であり、かつ自分以外のものを表現する（モデル）分子だ。これが可能なのは、染色体のある位置は「自分」、つまり DNA 粒子を「表現」するだけでなく、そこから発達する生命体が、例えば青い目を持つという事実も「表現」する。しかし、それをその分子が表現できるのは、遺伝子型の全体組織の要素としてに限られる。

だが仮想的「生命体＝理論」が「環境を表現する」とはどういう意味だろうか？　存在するすべてのもの、つまり全体としての世界は、科学が研究する環境だ——だがすべてが同時に研究されるわけではない。情報収集は世界の中にあるシステムを特定し、その行動を調べるということだ。星、植物、人間などの現象にはシステムとして「際立つ」特性があり、雲、雷などはそのような自律性、つまり環境からの相対的孤立が与えられているように見えるだけだ。ここで、実は「情報進化」をゼロから始めるつもりはないことを明らかにすべきだろう。つまり、人間の知識レベルに「独自に」到達し、その後さらに発展できるものを創るつもりはない。これが不可能かどうかは分からない——おそらく可能だろう。だがそのような「ゼロからの」進化には膨大な時間（おそらく生物進化が必要としたのと同じ量）が必要だ。しかし、そんなことをする必要はまるでない。最初から、分類に関する知識（研究する価値のあるシステムとそうでないものの知識）も利用することにする。おそらく当分は、驚くべき発見はなかなか生まれないだろう。そういうものは「農場」が確立した後で現れはずだ。いろいろ近似を行うことで、解決策に到達するだろう。こうした農場の設計方法はいろいろ考えられる。砂利河床——「多様性の生成者」かつ「規則性を検出するのに敏感な選択者」——を初期モデルとして使うといいかもしれない。選択者が丸い穴のある一連のふるいで構成されていれば、最終的には丸い石だけがその「フィルター」を通過する。そうすると、無秩序（砂利河床の「ノイズ」）から秩序が得られる。だが丸い石は自分以外のものを表現しない。これに対し、情報は表現だ。だから選択装置は「固有の特性」に基づくのではなく、その外部のものに基づいてのみ行動できる。よって選択装置は、一方では「ノイズ」生成者にフィルターとして繋がり、他方の側では外部世界の特定の部分に繋がる必要がある。

アシュビーの「知能増幅器」構築というアイデアは「多様性の生成装置」の概念に基づいている。アシュビーは、いかなる科学的法則や数学的公式なども、完全にランダムに動作するシステムで生成できると述べている。したがって、例えば二項定理は、蝶が花の上で翼を羽ばたかせる純粋な偶然によってモールス信号の形で「伝送」され得る。さらに、そのような異常な出来事を長く待つ必要はない。すべての情報——したがって例えば二項定理——は十数個の記号を使用して二進コードで伝達できるため、空気 1cc 内では、その粒子がカオス的な運動の間にその公式を**毎秒数十万回**伝送しているというのだ。これは全く正しい：アシュビーはこれを証明する一連の計算を提供している。したがって、私がこれを書いている間に、部屋の空気の中には私自身が作り出したものよりもはるかに正確で明晰な、いま議論中のトピックに関する無数の他の貴重な公式や主張を二進コードで表現する分子構成が含まれているということになる。しかもこれは、地球の大気全体と比べると屁でもない！ 西暦 5000 年の驚くべき科学的真実、誕生していないシェイクスピアの詩、戯曲、歌、他の宇宙系からの謎、そして多くの他のものが一瞬にして集まり、すぐに分解しているのだ。

こうしたすべては何を意味するか？　残念ながら何も意味しない、なぜなら数十億の原子衝突の「貴重」な結果は、数十億の全く意味のない他の結果と混ざり合っているからだ。アシュビーは、新しい理論は「ノイズ」プロセス――気体中の原子衝突のようにランダムなプロセス――によって大量に生成できるため何の価値もないと言い、唯一重要なのは排除と選択だと主張する。これにより、アシュビーはあらゆるノイズプロセスが提供するアイデアの**選択者としての**「知能増幅器」の能力を証明しようとしている。本書の立場はこれとはちがう。私がここでアシュビーに言及したのは、似た目標（ただし同じではない－「増幅器」と「農場」は異なる）に向かってちがうルートで進めることを示したかったからだ。アシュビーは最大の多様性から始め、それを徐々に「フィルター」にかけるべきだと考える。我々は逆に、自己組織化プロセス（例えば受精卵）が表す、重要だが莫大ではない多様性から始め、そのプロセスが科学的理論へと「発展」するようにしたい。その複雑さは増減するかもしれないが、それは我々にとって最も重要なことではない。

実際、アシュビーが仮定する「多様性の生成装置」は既に存在する。

数学は常に無数の「空の」構造を生成し続けていると言える。物理学者などの科学者はその多様性の倉庫（つまり異なる形式系）を絶え間なく探し回り、時折実践的なレベルで有用であり、特定の物質現象に「適合」するものに出会うわけだ。ブール代数はサイバネティクスのことなどみんな何も知らないときに発展した。その後人間の脳もこの代数学の要素を使用することが分かり、現在ではデジタル機械の動作基盤を提供している。ケイリーは行列計算を、ハイゼンベルクが量子力学で使用できると気づく数十年前に発明した。ハダマールは、ある「空の」形式システムを数学者として研究しており、それが現実とは一切関係を持つことなどあり得ないと思っていたが、後にそれが実証的研究で有用になったという話をしている。つまり数学者は多様性の生成者であり、実証主義者はアシュビーの想定する選択者なのだ。

当然、数学はノイズ生成器ではない。それは秩序、さまざまな「内部秩序」の生成者だ。現実世界に部分的に対応する秩序を創り、科学技術――そして文明の発展を促進する。

時折、数学は現実と比較して「過剰」な秩序だと言われる――現実は数学ほど秩序立っていないと。しかし、実はちがう。偉大さ、不変性、必要性、明晰性にもかかわらず、数学は 20 世紀で初めて、1930 年代に基礎に亀裂が生じて揺らいだ。クルト・ゲーデルがその基本的前提――一貫性と内部の体系的完全性――が満たせないことを証明したからだ。系が一貫していれば完全ではなく、完全であれば一貫性を失う[*6]。数学は人間の活動と同様に不完全に見える。私の見地では、これに問題はない――それで数学は貶められたりしない。だが数学はここでは使わないので置いておこう。認知プロセスの数学化を避けられないか？　すべての記号と形式主義を排除しながらも、染色体や星のプロセスを支配する種類の認知プロセスではなく、自然にはまったく存在しないような形で、記号装置と自律的変換の規則を使用し、論理的深みを通じて拡張するようなプロセスだ。我々はその構造内に留まるしかない運命にあるのだろうか？　まず、あくまでウォームアップとしてだけ言えば、あまり有望そうに聞こえなくても、「数学系の農場」を始めるのは極めて簡単だ。これは「公理的核」からの「演繹的発展」を基盤として発展するもので、もちろんそ

[*6] 「所与の系の無矛盾性を証明することは、その系内に、A と非 A の両方を導出可能な文 A が存在しないことを証明することである。
　所与の系の完全性を証明することは、その系内の任意の文が、それ自身またはその否定として導出可能であることを証明することである」Marković, *Formalizm w logice współczesnej,* 52n

の「遺伝子型」にはすべての可能な変換ルールが記録されている。この方法で、複雑な結晶構造などの形で、考えられるあらゆる「数学的生命体」が得られる。これは、科学が数学システムの空虚さを現象の物質的コンテンツで満たしてきたのとは正反対のことをやっていることになる。現象を数学に翻訳するのではなく、数学を物質現象に翻訳するのだ。

この方法で様々な計算を行い、または初期データ（例えば構築する機械の動作パラメータ）を「遺伝子型」に導入すれば、発達を経て「生命体」の形で問題の最終解や機械設計を提供できるのは明らかだ。もちろん、どんなパラメータの値でも「遺伝子型」という分子言語で符号化できるため、「数学的生命体」についても同じことができる。つまり、演繹的発展の結果として現れる結晶などの構造を数値、設計図などの言語に逆翻訳できるわけだ。解は進行中の反応の中で「自然に現れる」ため、そのプロセスの個別段階を気にする必要はない。重要なのは最終結果だけだ。発達プロセスが内部フィードバックで制御され、パラメータがある値に達したら、この全「胚発生」を停止できることが重要だ。

「実証情報を栽培する農場」の設立は、生物進化の木を「反転」するに等しい。進化は均一な系（原細胞）から始まり、数百万の門、科、種の枝を創った。「農場」はある現象、つまりその物質的等価物で表されたものから出発し、それを「共通項に還元」することを目指し、最終的に統一理論を得る。その理論は分子言語によって、疑似生命体の永続的な構造に符号化されているというわけだ。

いまはこれらの比喩をすべて諦めたほうがいいかもしれない。あるクラスの現象をモデル化することから始めよう。初期情報を「古典的」方法で、我々が自ら収集しよう。さて次に、それを情報担体基質に移さねばならない。これは合成化学が提供する必要がある。

我々の課題は、ある系の軌跡（現象の経過）を別の系の動的軌跡で表すことだ。形式記号ではなく、あるプロセスを別のプロセスを使って表す必要がある。受精卵は紙にスケッチされた「原子的記述」や原子を表す球で作られた空間モデルと同型だ。だがそれは等価な動的モデルではない、なぜなら球で作られたモデルは明らかに発達しないからだ。モデルは卵と同じ情報を持つが、情報**キャリア**はちがっている。だから卵が発達可能なのに、紙のキャリアは発達しないのだ。さらなる発達が可能なモデルが必要だ。紙上の式に列挙された記号が互いに相互作用してくれるなら、こんな「情報農場」は丸ごと必要なくなる。しかし、これはもちろん不可能だ。農場を始めるのは極めて難しく、ずっと先でないと達成できないが、完全に馬鹿げた話ではないことを願いたい。

「情報キャリア」の建築材料は、例えば合成ポリマーの大分子で提供される。それらは発達し、成長し、その「キャリア」が置かれた媒体に浮かぶ「食物」の粒子を自分に付着させて構造を複雑化する。キャリアは、その発達とその後の変換が外部世界のある系（現象）の変換と等動なレベルで対応するように調整される。各分子は「遺伝子型」であり、それが表している状況に応じて発達する。

まず、変形の初期段階が正しい方向に進んでいるのがわかる分子（数兆個）を大量に導入する。「胚発生」、つまりキャリアの発達軌跡と現実の現象の動的軌跡の対応が始まる。発達プロセスは状況と結合される間は、まだ制御下に置かれる。その結合は選択的だ（つまり「正しく発達していないもの」は排除される）。すべてのモデルをあわせたものは「情報集団」を構成する。この集団は徐々に容器から別の容器へ移動する。各容器は選択が行われる駅だ。それを簡単に「ふるい」と呼ぼう。

「ふるい」は実現象に接続された装置（例えば自動マニピュレータ、パーセプトロンなど）だ。現象の状態に関する構造的情報が「ふるい」によって分子言語で符号化され、顕

微鏡的なかけらのようなものを創り、それぞれが「現象の状態の記録」、つまり動的軌跡の実際の一部を提供する。そして 2 つのかけらの波が衝突する。最初のかけらは発達中の自己組織化情報キャリアとして、自分が達した状態を通じて現実の現象が置かれている状態を「予測」する。2 番目の波は「ふるい」で生成され、現象の実際の状態に関する情報を持つかけらを含む。

これは血清学で、抗体により抗原が沈殿する反応に似ている。しかしここでは、「真」と「偽」の差が沈殿のルールを決定する。ここでは、現象を正しく予測したすべてのかけらが沈殿する、なぜならその分子構造が「ふるい」から送られたかけらの持つ保持分子構造と「一致」するからだ。現象の状態を「正しく予測」した沈殿キャリアは、次の選択段階に進み、プロセスが再び繰り返される（再び、現象の後続状態に関するニュースを運ぶかけらと衝突し、正しく「予測」したものが沈殿する等々）。最終的に、現象全体と等動的で、特別に選択された発達モデルを構成するかけらがいくつか得られる。そのかけらの元の化学組成を知っているため、研究してきた系の動的モデルとなる分子がどれかを、我々はすでに知っている。

これは情報進化入門となる。現象 x の発達を正しく予測した一定数の情報「遺伝子型」がこれで得られる。同時に、検討中の全クラスに属する x、y、z の現象をモデル化した類似のかけらを使った、類似のかけら「農場」が稼働中だ。最終的にそのクラスの 7 億の基本現象すべてに対するキャリアが得られたとしよう。今必要なのは「そのクラスの理論」だ。これはつまり、クラス全体で共有されている定数やパラメータを見つけるということだ。したがって、関係ないパラメータをすべて排除する必要がある。

それから「次の世代」のキャリアを農業培養しよう。これは元の現象の発達ではなく、第 1 世代キャリアの発達をモデル化するのだ。この現象には検出可能な変数が無限にあるため、重要な変数の初期選択が必要だ。そうした変数は非常に多いが、もちろんすべての変数について選択しなければならないわけではない。この初期選択は既に述べたように「古典的」方法、つまり学者によって行われる。

次世代のキャリアはいまのところ、第 1 世代のすべての発達変数をモデル化してはいないが、今回は重要な変数の選択が自動的（触媒沈殿経由）で起こる。発達過程で、第 2 世代のキャリアの様々な個体が第 1 世代のキャリアに現れる様々な変数を省略してくれるのだ。一部は重要な変数を省いてしまい、その結果として動的軌跡が「真の予測」から逸脱し、その後の「ふるい」によってどんどん排除され続ける。最終的に、元のものの発達軌跡全体を「予測」した第 2 世代キャリアが (一部の変数を除いていても) 選択される。2 回目の「目標」に到達したキャリアの構造がほぼ同一なら、「調査クラスの理論」が得られた、または「結晶化」されたということだ。キャリア間にまだ（化学的、位相的）多様性があれば、選択プロセスを繰り返し、重要でない変数の排除を続ける必要がある。

「結晶化理論」、またはより適切に「第 2 世代の理論生命体」は、他の現象クラスの「理論」を形成する類似のかけらと「競合」して表現を始める。この方法で「クラスのクラスの理論」を発展させようというわけだ。このプロセスは望む限り続けられ、さまざまな度合いの「理論的一般化」が得られる。得られはしないが考えられるのは、到達したいこの進化的ピラミッドの頂上に位置する「認知の宝石」、つまり「存在する万物理論」だ。これはまちがいなく到達は不可能だ。あえて言及するのは、単に「進化の反転木」のアナロジーをより明確に視覚化したいからでしかない。

今議論したアイデアは、説明がやや退屈に聞こえる。そしてこれは非常に原始的なアイ

デアだ。改善を考えよう。例えば、「農業」プロセスに何らかの「実現したラマルク主義」を導入するとよかろう。ご存じの通り、ラマルクの獲得形質継承理論 [訳注：英訳は遺伝形質継承となっていたが、ラマルク主義は逆なので訂正した。] は生物学で実際に起こることには対応していない。「獲得形質」継承という方法は、情報進化で「理論的一般化」の形成を加速するのに使える。「結晶化情報」についてはすでに話したが、「理論保持」かけらが異なる物質（ポリマー）で作られる可能性も十分にある。いくつかの点で、それが生命体と大きく類似する可能性もある。かけらからではなく、比較的大きな集合体、または「疑似生命体」、つまり「表現型」（現実の現象の情報記録を提供する）から始め、その「表現型」が独自の「一般化」、その「理論的一般化」、または「遺伝子型理論」を発展させる方向に進むようにすべきかもしれない——これまた生物学で実際に起こることとは逆だ。

だがこんなアイデアはどうでもいい。というのもどのみち検証できないからだ。単に「かけら理論」が総合的法則へと一般化された情報源であり、我々が理解できる言語に符号化できることだけ指摘しておこう。これらのかけらは形式数学系の制約から解放され、三体、五体、六体のようなふるまいをモデル化できる——これは数学レベルでは、少なくとも厳密には達成できない。「五体問題理論」のキャリア発達を始めれば、実際の体の位置に関するデータが得られる。そのためには、特定の装置で「回転軌道を巡る」ようにさせ、フィードバックループのおかげで発達する軌跡が調査中の系の軌跡と調和するようにしよう。無論、これはキャリア内に自己調整および自己組織化メカニズムがあることが前提となる。だからここでの我々は、龍と戦う方法を教えたという遼士明 [Liao Shi Ming、この具体的お話は不明なので漢字は当て字] と同じ立場だと言える——彼は龍との戦い方を教えたが、困ったことに生徒たちは、どこにも闘うべき龍を見つけられなかったというわけだ。同様に、我々も「情報キャリア」をどう構築するか、建築材料をどこで探せばいいか分からない。いずれにせよ、これで「バイオテクノロジー」の遠い未来についての見通しを簡単に説明した。可能性は実に大きいことが分かる。こんな大胆な発言をしたので、結論として、さらにバイオテクノロジーの可能性を提示しよう。

別の区分に属する手法は、「情報保持精子」を使う。これは現象や装置を調べるのではなく、それらを生成するのが仕事だ。そのような「精子」または「卵」からお望み次第の各種物体（機械、生命体など）が現れる。無論、その「働く精子」は符号化情報と実行装置（生物精子など）を持つ必要がある。生殖細胞は最終目標（生命体）に関する情報とその目標に到達する軌跡（胚発生）を含み、すでに（卵に）胎児を「構築」する材料を持っている。そんな「働く精子」が考えられる——構築すべき物体とその方法に関する情報に加え、環境（例えば他の惑星）の材料を必要な建築材料に変換する方法について、追加情報を装備しているのだ。適切なプログラムも含めば、こんな「精子」を砂に植えるだけで、シリカから作れるすべてを生成してくれる。追加材料とエネルギー源（例えば原子力）さえあればよい。だが汎バイオテクノロジー的な記述はこのへんで止めておこう[*7]。

[*7] 「情報農場」の開始が楽観論者にはどんなに魅力的で有望に見えても、これを文明内で実現すると、すべての問題の万能薬にはならない。まず、「農場」は情報**過多**による危機を軽減するどころか悪化させかねない。人類はこれまで過剰の危機（災害や疫病の過剰を除く）を経験していないため、1 つではなく数百、数千の選択肢に直面したときの効果的な行動を想像できない。例えば、「農場」が生成する「情報セット」により、A、B、C、D、E などの方法で行動可能だが、どれも有望でも他の方法を排除する（例：生物学的に人間を再構築可能にしてほぼ不滅にできるが、死亡率がほぼゼロになり世界が狭くなりすぎるため、出生率が急激に低下する）。進め方を決める現在の実際的基準は陳腐化する（経済的利益やエネルギー節約などは、無尽蔵の物質的プロセスがエネルギー源となったらもう適用されない）。それに基本ニーズが

言語エンジニアリング

物体は物質的、エネルギー的、情報的に相互に影響する。影響は状態変化を引き起こす。誰かが「伏せろ！」と叫んで私が地面に伏せるなら、情報伝達が状況変化の原因だ。

満たされると、「次に何をするか」、つまり新たなニーズを作るべきか、どんなニーズか、という問題が浮上する。「情報農場」はこうしたジレンマを解決できない。代替案を示すだけだ。何ができるかは示すが、進む**べきかどうか**は判断しない。こうした意思決定は機械化してはならない。社会の精神が「人間」の概念から切り離されない限りこれは不可能なのだ。情報自由度（選択肢の数）の増加は、決定と選択の責任の増大を意味する。選択放棄は、物理的には可能（電脳支配者が人類の行く末を決める）だが、非物理的理由で受け入れられない。

次に、「情報農場」は「全ての知識」「完全な知識」を提供できない。情報収集・伝達セルの階層や複雑な構造はもちろん想像できる。あるセルは事実知識や世界の事実間の関係を「すくいあげ」、別のセルは関係間の規則性を探り、さらに別のセルは結果を照合し、巨大なフィードバックピラミッドの「出力」で文明に有用な情報を提供する。しかし究極的には、この「ピラミッド農場」の活動は、**その所与の発達段階における**文明の物質的・精神的生命内容から離れすぎることはできない。離れすぎたら、人間的基盤から切り離され、役に立たないだけでなく理解不能な情報を生み出す。つまりその文明で使われている言語に翻訳できない情報を生み出してしまう。そもそも、「切り離され」「未来に跳躍し」「情報噴火」を経験するのが、品者の発達の飛躍どころか大惨事となるもう一つの理由は、「情報農場」がその文明についての知識状態をあまりに超えて進歩してしまうと、不要な情報を**排除する**基準が消滅するからだ。すると「農場」は即座に「爆弾」に変貌してしまう――メガバイト級、いやギガバイト級の爆弾だ。これは巨人となり、それが生み出す情報の海は、異様な大洪水を引き起こす。

これをもっとよく理解するため、新石器時代や中世初期に「情報農場」が開設され、20 世紀の技術（原子技術、サイバネティクス、電波天文学など）の知識を提供し始めたと想像してみよう。その時代の文明は、この情報洪水のほんの一部すら受け入れ、理解、消化、実現することはできなかっただろう。まして適切な（つまり合理的、戦術的、戦略的）意思決定（核兵器を製造するか、多様な新技術を開発するか、選択した数個や単一の技術に限定するかなど）など、なおさら不可能だった。

最も楽観的な見方では、「情報農場」は－－そもそも実現可能なら－－「世界とつながった」装置であり続け、ある方法で世界を調べ、物質的に可能なこと（実現可能なこと）を探る。それなら、そうした「農場」はレーザーやニュートリノ電気変換器の構築、時間の経過速度や重力場の変更、一見不可逆なプロセス (たとえば一部の生物学プロセス) の逆転などが可能だということを示せる。この「農場」は、一般的だが具体的な課題を与えられると特に有用だ。しかし、放置されると、すぐに情報過多を生み、創造者とともに自分もその情報に溺れてしまう。問題は、「農場」が「無知」であり、文明にとって極めて重要な関係（銀河間の旅行の可能性など）と全く無関係な関係（木星の雲を金色に染める可能性など）の情報を等しく生み出すことだ。情報農場の選択装置が知的存在の積極的な影響下にある限り、効果的に情報を選別できる。しかし、「全知」や全事実の知識の領域に入りこんでしまい、そうした理性的選択から離れる（切り離される）と、情報洪水は避けられない。あらゆる種類の情報は、役立つものも含めて急速に増えることは認識すべきだ。たとえば、「農場」が生物間で脳移植を実現する可能性を提示したとしよう。この問題に取り組むと、新たな事実や現象、「脳移植技術」全体を発見することになる。しかし、その文明がこの問題に興味がなければ、それが何の役に立つのか？　結果として、「農場」は無用な情報の山に「埋もれる」可能性がある。現代のテレビが世界中でカバーする技術、物理学、電子工学、芸術的創造の広範な領域を考えてみよう。「農場」が同様の役割を果たす別の装置を提案した場合、その技術に時間を費やし、実現する価値があるかどうかの決定は、情報収集の初期段階でなされなければならない。そうでなければ、「農場」は誰も有用と思わない 10 億の「可能な発明」の生産者となる。

ここで今日、科学情報の生産に関連する、一見些細だが切実な問題を指摘しておくべきだ。それは、関係者がすでに自然から「抽出」され印刷された情報を見つけるために利用できる技術の調和だ。専門図書館の指数関数的増加により、要約（アブストラクト）、概要、暫定発表などの予防策では、必要な訓練を受けた人に重要な情報を効果的に提供できない。すでに他所で行われた実験を繰り返す方が適切な出版物を見つけるより安価で速い場合、科学者が求める情報が「自然」に隠れているのではなく、知られざる図書館の棚に眠っていると予測できるなら、研究プロセス自体が疑わしくなる。なぜなら、印刷物の山に埋もれた研究結果が最も必要とする人に届かないからだ。当の関係者ですらこの現象の有害さを完全には認識していないこともある。彼らは通常、自分の分野の出版物に追いつけているからだ。しかし、異分野の情報の**交差**が研究で最も成果を上げることはよく知られている。別大陸の学術書のコレクションには、すでに大量の情報が存在し、訓練された専門家がそれらを一斉に検討すれば、新しく価値ある一般化が生まれる可能性がある。専門化の増大や内部的分化はこのプロセスを妨げる。専門の司書は、優れた専門知識を代替できない。なぜなら、どの分野の成果をどの研究者に最初に送るべきかを判断できないからだ。ましてや、専門司書は現在の自動カタログや自動技術で代替できない。アルゴリズム的手法は「情報の雪崩」

百科事典が落ちてきて卒倒するなら、物質的作用が原因だ。前者では倒れる必要はなかったが、後者ではそうせざるを得なかった。物質・エネルギー主導の作用は決定論的だが、情報主導の作用は確率分布の変化に留まる。

問題の概要はいまの通りだ。情報主導の作用は、エネルギー・物質的条件で決まる範囲内で確率分布を変える。誰かが「飛べ！」と叫んだら、私は望んでも飛べない。情報は伝達されたが実現しない。脳の状態は変わるが、身体は変わらない。言葉を理解したが実現できない。言語には因果的側面と理解的側面がある。この前提から始めよう。言語とは、「すべての可能な状態」の集合から分離された状態の集合、つまりその部分集合で、その中である基準（基準 x）に基づく選択が行われる。言語ごとに x はある範囲内で様々な値を取る。どのような「状態の部分集合」のことを言っているのか？　例を挙げて説明するほうが簡単だ。言語的集合ではないが、そうした状態の部分集合の例としては、太陽系内の物体の可能な軌道すべて、というものがある。すぐにわかる通り、軌道の数は無限だが、任意ではない（例：四角い軌道は不可能）。物体は運動に**制約**があるかのように振る舞う。アインシュタインに倣って言うなら、物体分布に条件付けられた空間マトリックスが運動に制約を課すわけだ。回転する物体やシステムに導入される物体のすべての可能な軌道は、制約能力を持つ空間そのものではない。同様に、言語学では発話（「軌道」）と言語（ある種の「言語場」）を区別する。このアナロジーを続けよう。重力場が物体の運動を制約するように、「言語場」は発話の「軌道」を制約する。運動軌道が場の指数と物体の初期条件（速度・方向）で指定されるように、発話の形成は「言語場」（統語・意味規則など）と、話者の共時的・通時的「局所的条件」に影響される。物体の軌道が重力場でないように、発話は言語ではない。その系からすべての質量が消えれば重力のもたらす制約も消え、ポーランド語話者が全員死に絶えれば、対応する統語・意味規則、つまり我々の言語の「場」も消える。

ではその「場」――言語的なものも重力的なものも――は実際問題としてどのように存在しているのか、という問題がしばしば持ち上がる。これは検討している現象の「存在論的地位」に関するものなので、かなり難しい問題だ。物体の運動や言語的表現は確実に存在する――だが、重力や言語とまったく同じように存在するのか？　こう答えよう：両者とも、現状を説明し予測（言語では確率論的な予測でしかないが、いまはそれにはこだわらなくていい）を可能にする記述形式が使われる。しかし、これらの記述を最終的とみなす義務はない。アインシュタインや言語学者の発言が、重力や言語について永遠に有効で

から選択する際には無力だからだ。「発見は今日 2 度なされる。1 度目は出版時、2 度目は（おそらくずっと前に）発表された情報が専門家集団に発見されるとき」という言葉は陳腐化しているといわれる。次の 50 年で情報の記録、保護、取り扱いの技術が抜本的に効率化されないなら、グロテスクで恐ろしい未来が訪れる。本の山に覆われた世界と、忙しい司書に変貌した人類だ。

この「図書館戦線」では、知識を見つける指針となる方法論は「アリアドノロジー」に譲るべきだ。これは、すでに集積された知識の迷宮のガイドだ。適切な情報を適切な人に送る機械司書は、理解力のない、頻度分析に基づく装置ではありえない。（作品の「価値」を引用頻度で検出したり、特定の用語が頻出したりする作品を機械的に選ぶ試みはすでに進行中だ。）J・ケメニーらが主張するように、類似分野の専門家でさえ、厳密に作品を選別できない。だが、物事を「理解」できる機械司書は、すべての研究者を合わせた以上の専門家でなければならない……これがこの（悪化する）状況を象徴するパラドクスだ。情報流通の危機は、将来、出版基準の強化につながり、重要でない作品、学位取得や野心のための作品が専門市場を氾濫するのを防ぐだろう。それどころか、ついに凡庸な作品の提示は、科学者の職業倫理違反とみなされるようになる状況も想像できる。それは貴重な情報の受信を妨げる「ノイズ」にしかならないからだ。知識のさらなる成長には、重要情報の受信が不可欠なのだ。効果的な「選別フィルター」のない情報農場は、論文の洪水を招く。この過剰の災害はさらなる研究を不可能にする。だからこそ認知プロセスの自動化、特に司書業務や出版の分野での自動化は、急務なのだ。

揺るぎない決定的なものかどうかはわからないからだ。しかし、これらの状況は、惑星間ロケットや会話機械の設計者にとって、少なくとも存在論的には問題でない。なぜなら、両者は技術的問題にすぎないからだ。

それでは「すべての可能な言語」のモデル分布を一直線上に示そう。その一方の極を「因果的」、もう一方を「理解的」と呼ぼう。この直線上では、自然言語は「理解的」極に近く、物理学的言語は中間、遺伝の言語は「因果的」極に位置する。

情報的「因果性」と物質的「因果性」の唯一の違いは、純粋な物質的因果の影響は何とも関連しないことだ。つまり情報的要因がまったくどうでもいい物質的現象が起こるとき、それが「本当」か「偽」か、「適切」か「不適切」かを議論するのは不可能だ。それはただ起こる、それだけだ。

すべての言語的発話は制御プログラム、つまり変換行列とみなせる。実現された変換の結果は純粋に情報的か、または同時に物質的でもある。系の一部（卵の核）がプログラムを含み、他の部分が指定された変換を実現する場合、制御はその系の内部で起こる。系同士の間の制御もあり得る——例えば 2 人が会話や執筆でコミュニケーションする場合だ。それが 2 つのフィードバックシステムか 1 つかは、たまにしか判断できない（それ自体としては重要だが今は最優先の問題ではない）。ある発話、例えば本は、読者の脳プロセスを制御する。しかし、遺伝の言語の制御プログラムは詳細だが、自然言語の発話は隙間だらけのプログラムだ。受精卵は自分の変換を制御する染色体に対して特に戦略を取らない（ただし、環境からの妨害に全体的に対抗する戦略は取れる）。受信者は、到来するプログラムがそれに課される行動を標準化しない場合、例えば隙間だらけの場合にのみ戦略を選択できる。それには隙間の大きさと受信者の「解釈潜在力」による補完が必要で、それはさらに系の構造と事前プログラミングで決まる。決定論的に制御されない小説の読者は、ある意味で多層的戦略決定を強いられる（個々の文、伝達された場面、場面で構成される系が何を指すかなど）。こうした戦略は通常、情報最大化と制御最適化に還元できる（人は可能な限り多く、整合的・全体的に知りたいと思う）。テキストを許容できる解釈の振動の範囲で補完を要するプログラムとして受信するのは、階層的に複雑な手順集合の 1 要素にすぎない。なぜなら、人は関係付けや秩序付けの戦略を練習するために読むのではなく、学ぶために読むからだ。情報の増加こそが、我々にとって意味のある、受信の正しい結果だ。一般に、伝達は解釈決定と統語・意味的制御活動を識閾下で活性化する。つまり、「断片的プログラムの精神的補完」は内省不可の方法で起こる。意識は決定プロセスの最終結果を情報形式で受け取るだけだ——それはテキストが絶対的に媒介なしで伝達されたということになっている。テキストが難しい場合にのみ、自動的な活動が部分的に意識レベルに「昇格」し、上位解釈の権威としてそこに参加する。これには個人差があるの。テキストの「難しさ」は全員にとって統一スケールで測れないからだ。いずれにせよ、内省で多層的脳活動を完全に知るのは不可能だ。このアクセス不可能性は、理論言語学の呪いの一つだ。伝達効率が良い場合、つまりテキストが「情報再構築」のプログラムとしては隙間だらけでも定数が伝達される場合というのは、送信者と受信者の脳が同相系で機能的並行度が高いことで説明がつく。特にその両者が、同じ文化からの類似事前プログラミングを受けている場合にはそれが顕著だ。

言語的発話の形式化は解釈自由度をできる限り削減しようとする。形式言語は代替解釈を許さない——少なくとも理想の極限ではそうあるべきだ。現実にはその極限がゼロではないため、数学者には曖昧でない表現がデジタル機械にとっては曖昧になる。形式言語は

非理解的（または「必ずしも理解的でない」）方法で、純粋情報的因果を実現する。なぜならそれは隙間のない言語であり、すべての要素と変換規則を最初から明示的に提供する必要があるから（受信者の「推測」の余地がないため、解釈戦略をすべて避けることになっている)。形式発話は内部関係を持つが外部関係のない構造（外部世界との対応なし）の段階的構築だ。外部検証試験にもさらされない：純粋数学では、真実は（非矛盾的）構築の可能性だ。

遺伝の言語は情報的・物質的に因果性を持つ。これは特殊な言語だ。なぜなら生成された「発話」は時間経過後、「生物学的適合性」について試験され、生態環境での自然適応試験で生き物の適合が検証されるからだ。この言語の「発話」は実用的意味で「真実」の基準を満たすはずだ。因果の有効性が行動で検証・反証され、「真実」は生存、「偽」は「死」となるからだ。これらの抽象論理的な極端の対極にあるのは可能な要素化の広い連続スペクトルだ。「致死的遺伝子を含むような、内部矛盾」を抱える「遺伝文」は、因果の初期胚発生段階すら終えられないが、他の文は一定期間後——例えば 1 世代以上の寿命——でそのまちがいが暴かれるからだ。環境の「適合基準」を考慮せずに言語自体と個別「文」を調べても、卵核にどの程度実現可能な因果がプログラムされているかは判断できない。

因果の言語には「精神的」「感情的」「意志的」概念はないし、一般用語もない。それでも、染色体言語を通じてすら、それが完全に非個人的で「非理解的」(なぜならそれは誰の思考の産物でないから) でありながら、それが制御する変換連鎖の末に、理解する存在の言語を実現するということを考えると、それはかなりの普遍性を示せる。ただしまず、そうした「派生的」な理解言語の出現は、人間個体の全体集合レベルでしか起こらず（単独個体は言語を作らない)、第二に、後者は理解言語の出現を決定せず、確率的に可能にするだけだ。

純粋理解言語は現実には存在しないが、人工的に作れる。それにはライプニッツの「モナド」の変形で、時間変化する確定状態を示す孤立システムを作成することが必要だ。それらの状態に略称を割り当てる。「コミュニケーション」は一つのモナドが内部状態を他に伝達するということだ。モナドは仲間から知らされるすべての状態を「自分の内的経験」から知るので、他のモナドを理解する。ここに内省の主観的言語との明らかなアナロジーがある。主観言語では感情状態、意志状態（「陽気に感じたい」)、精神状態（「幸福を夢見る」）を伝えるのだ。ご承知のように、環境についての「生物学的適性」が、染色体言語において「発話」選択を行うときの基準となる「X」だ。このモナドでの「X」とは？
選択は内部状態に対する名称の適合だけに基づき、それ以外には影響されない。だから純粋理解言語は因果的意味では役に立たない。だから「純粋に霊的」形式ですら存在しないのはまちがいない。しかし、動物には何か初歩的な形態で存在している——ただし用語の狭さと統語欠如のため「言語」とは呼べないものだが。それは動物（例：犬）が他動物の「内部状態」を知るのが生物学的に有用だからで、同時にそうした状態に観察可能な行動形態が対応するため、動物は独自の「行動コード」で内部状態（恐怖、攻撃性）を伝達できる（犬の感覚チャネルは人間より広く、他犬の恐怖、攻撃性、性的準備を嗅ぎ取れる)。

拡張された純粋理解言語、例えば我らが「モナド」の言語は、論理と数学を生むこともできる。なぜなら、基本内部状態に各種操作（加算、減算、排除など）を行えるからだ——ただし、与えられた瞬間に経験するだけでなく、後で想起できるというのがその条件だ。こうした「モナド」は自然進化では出現しない。ただし、誰かが構築すれば、外部世界との直接接触がないため、数学と論理作成の可能性が生じる（これらのモナドは感覚を持た

ず、相互接続されているだけだ――例えば電線でつながれ、それを通じて「理解言語」の発話が伝達・受信される)。

自然人間言語は部分的に理解的で部分的に因果的だ。「足が痛い」と言うために使えるが、それを理解するには痛みを経験し足を持っていなくてはならない。「敗けたのは痛い」と言えるのは、こうした言語が内部状態の派生物をたくさん持ち、それを外部世界に投影可能(「春の到来」「陰鬱な風景」)だからだ。それで数学と論理を作成し、各種経験的因果を実現できる。遺伝子の因果言語と自然言語との間には、興味深い関係がある。遺伝の言語は、少なくとも部分的に、完全ではないにせよ、理解的な人間言語で表現できる。各遺伝子を番号付けなど、何らかの形で印をつけられる(自然言語は数学と、その中の集合論を含む)。しかしながら、自然言語は染色体言語で明示的に表現できない。すでに述べたように、遺伝の言語には一般用語や精神状態を示す名称がない。これがただ変わっているだけなら言及する価値はない。しかし、そこにはいささか示唆的なものがある。ある特定の染色体発話がルベーグ、ポアンカレ、アーベルを生んだ。数学的才能は染色体発話で示されるのはわかっている――簡単に番号付け・分離できるような「数学的才能遺伝子」はないが。数学的才能は全ゲノム型の未知の構造的・機能的部分で予め形成されている。それが生殖細胞にどの程度あり、社会環境に「含まれる」かは予測できない。

環境が才能の創造者ではなく「表現者」であることは疑いない。だから語彙に一般用語のない因果言語でも、そうした言葉の指示対象が現れる状態を実現できる。つまり「特殊的」から「一般的」へ、または低レベルの複雑さから高レベルへの発展が見られる。遺伝子の因果言語に普遍性が足りず、それを検討しても設計者にあまり役立たないということではない。なぜなら、この「言語」の各「発話」は、ある種の特定コピーについての、自己実現的な生産レシピに「すぎない」からだ。遺伝の言語は、実はその普遍性において驚くほど「過剰」だ。この言語は、適切な意味・統語装置などを欠いている設計者(つまりこの言語)自身が対処できないタスクでも扱えるシステムを構築するツールなのだ。

ここで示したのは、遺伝の言語が示す因果の有効性が、形式・数学的研究の設定する限界を超えるということだ。卵の発達は「トートロジー的」でも「細胞核に含まれる公理と変換規則の集合」から結果を「演繹」するものでもない。

形式化は常に最高レベルの実演だ。なぜならそれを通じてのみ永続的な確実性が得られるからだ。だが進化の方法はその正反対だ。染色体の予測「計算」は、持続する紙上ではなく現実で展開するため、実演という「贅沢」が許されない。ゆえに、情報制御による物質の因果的状態をすべて考慮する必要がある。だから生物は生殖細胞を通じてアプリオリな総合判断を下し、その大半が(少なくとも実際的なレベルでは)真だと言える。

とはいえこうした「真実」または適合性の基準は変動する。これで変形主義や種の進化の可能性そのものに説明がつく。重要なのは、物質的キャリアと不可分な因果言語の領域でも、「真実」または「能力」を評価する基準がないことだ。理解者も因果言語も、言語外の条件付けと指向なしには発展・行動できない。言語の真実性、正しさ、有効性の基準は自然の物質的領域にある。そうした基準がないと、理解言語も因果言語も無意味な怪物を生む――執筆の歴史や種の自然史を見ればその証拠が出てくる。

言語を因果的と理解的なものに分けようと提案した。純粋な因果言語では、言葉が文字通り肉となる。それは何も「説明」せず、行動のシーケンスをプログラムして発話の「内容」を物質化する。因果言語は分子レベルから始まり、多細胞生物の巨視的レベルに到達し、自然言語は (人間身体の) 巨視的レベルから原子と銀河の「両方向」に超える。それ

らの「ことば」の「含意」「指示」または「意味論」を検出できる。ただしそのためには、自然言語が「脳環境」で組織するプロセスがその言語の意味に対応し、遺伝的に決定された形質の存在を自然環境で「正当化」するプロセスが、遺伝の言語の「意味」に対応するということに合意してもらう必要があるが。しかしこの意味で、因果言語の意味論は明らかに有限だ。遺伝形質のある機能に関するさらなる試験を「控訴」できる相手は、生態環境以外にはないのだから（ゲノム型の一部の発達は手足の発達を決め、それは移動を「意味」し、別の部分は目の発達を左右し、それは視覚を「意味」し、それ以外は何も意味しない)。自然言語の「脳環境」は「中間試験ステーション」にすぎない。なぜなら自然と文化の領域にも同様の他のステーションが存在するからだ――そしてそれは脳の外部にある。

因果言語に欠ける一般用語の問題は、また別の問題だ。このために因果言語は有限だが、自然言語は一般用語により多端（連続的）なのだ。かなり劇的に単純化すると、一般用語の必要性は現実世界の確率的性質、つまり最も一般的な確率的「バージョン」から生じる。現象には類似性と差異が同時に存在する。すべてのテーブルはある意味で「独自」だが「テーブル」というクラスに属する。一般用語は類似性を固定し差異を最小化する。事物や現象が独自性しかないなら一般は必要ないし、存在できない。現実では、言語が仮定するほど高い秩序はない。言語は現象の記述として、通常は現象より秩序がある。地球環境で一般的な確率的プロセスは、乱雑な特性（「カオスの成分」）と秩序的特性（「秩序の成分」）が共存する（人間、動物、社会、機械、非線形システムの行動、気象・気候変動など)。科学史では、決定論的枠組みが非決定論的枠組みより先行する。なぜなら、言語自体が我々をほぼ自動的・即座に前者に向かわせるからだ。言語は現象の確率が持つランダムな側面を無視する、というか分析なしで一般用語というコルセットに押し込めてしまう。因果言語は、「保守的」つまりは「神学的」反応の分子鎖が作り出す発達勾配を開始することで、機能面で同様の結果を達成する。これは設計者にとってきわめて重要だ。というのも不変性に関する同様の結果は実は様々な技術で得られるからだ。分子レベルでは「カオス」的なものは「熱的」すなわち分子の熱運動と衝撃的なほど重なっている。保守的反応と、それがもたらす発達勾配は、確率的プロセスに存在する規則性を高め、このため最終結果は一般用語使用と――機能的レベルに限った話だが――類似したものとなる。いずれのばあいも、自称の秩序が適用され、そのランダムさは「黙らせられる」。

言語の定量化可能な制御シーケンスとしての性質は、それらを生んだ系の物理的側面を考慮しないと完全には把握できない。生命は熱力学的にあらかじめ決まった形でありえない状態、つまり恒久的平衡から――大きく、または人によっては最大限に――分離されている。その結果として秩序を絶えず失い、その存在の発端からずっと継続的に制御損失を経験するよう運命づけられた系が、安定を得るばかりか、たとえば胚発生でもっと高い組織化に達するのはなぜだろうか？　それは、分子レベルから始まるすべてのレベルに循環プロセスが「組み込まれ」ているおかげだ。そのプロセスは――決して止まらないようになっている、はずむボールが落ちないリズムで――まず**時間の中で**組織化されねばならないのだ。生命の熱力学的理論の数学的装置はない。この欠如のため、グッドウィンが生物の形式理論で統計数学の古典的装置を使った際、最初の近似ですでに、細胞の時間的組織化――生物現象である分子振動の結合調和――が生命プロセスで主導的役割を持つことが示された。細胞は振動子の同期システムだ。この設計は、周期的規則性を絶えず正規化することで強調され、入力材料に規定される。分析では、こうしたプロセスは非振動的な形では安定できない。物理学や建築材料の性質がそれを許さないのだ。胚発生、代謝、形

態形成は、**時間的に**集中、つまり同期的に調和した分子振動子の協働の結果だ。これは胎児発達段階での指数関数的な収束、成熟段階での擬似安定、そしてその後の同時期規則性の喪失――老化と死――につながる。フィードバック過修正によるシステム内の振動現象は、サイバネティストは常に否定的に捉えたがるが、生命プロセスの本質的な動的構造だ。これは言語発話の時間的組織を、制御・調節プログラム、つまり絶えず秩序を失うシステムに再注入すべき秩序の集中キャリアとして説明するものとなる。このように見れば、自然言語の「偶然」はすでに生命プロセスの基礎の中で想定されていることがわかる。これは原生動物の基本反応が脳発達の「前提」なのと同じだ。この意味で――進化プロセスが十分長ければ――両者は確率的連鎖の、稀だが永続的な尤度として必然的に実現する。

これはパラドックスのように聞こえるかもしれないが、自然言語のいわゆる説明力については、実はあまりよくわかっていない。ここでは「説明の本質」についての危険な議論は避け、次のコメントに留める。ヒトは 75 万年前未満に類人猿の幹から分岐し、自然選択――特定のシステムパラメータ群を優先し、量子論や宇宙ロケット構築能力はカバーしなかった選択基準――の影響を受けた。この選択過程で生じた人間脳の情報変換の「過剰」は、ふたを開けてみると、プリオピテクスから遠く離れた結果を得るのに十分なものだった。しかし同時に、「事物の本質理解」の深い感覚を持つ我々の心が、作り受け入れる秩序の集合が、宇宙全体で検出可能なすべての秩序と正確に一致することになったら、確かに異常だ。これは不可能ではないが、極めてありえないと認めねばならない。我々の能力を控えめに評価するこの思考法は、我々の知識不足、自分の限界についての認識不足を考えると推奨できる唯一のものだ。なぜなら、過度な楽観よりそうした限界の存在を認める方が慎重だからだ。楽観は我々を盲目にするが、限界を前提にすれば――そしてそれを通じ、その限界を探し始めれば――最終的にそれに対抗できる。だからここでは、まだずっと昨の状態を予測しているのだ。その将来には現象の制御のほうが、それを可能にする全条件の理解より簡単となる。なぜなら、非常に野心的な試みに関わる変数やパラメータ集合の規模はすさまじいものとなるからだ。自然言語――その中では人間の言語が独特な融合物となる――の因果的・理解的側面の決定的分岐という展望は現実的なものだ。有限機械のアルゴリズムと、自己組織化勾配が監督する現象から生じる非アルゴリズム的情報流を交配できれば、因果言語は理解的でなくなり、科学は説明そのものより「説明」を剥奪した予測を生むようになる。理解言語は、認識装置の情報キャンペーンの言語、勝利の果実の受信者、他に交換できない経験の伝達者、そしておそらく同様に重要な－価値基準の生成者として機能し続ける。こうした機械が精神的レベルで我々を支配する突然の革命など考えてもいけない。因果生成者の開発は、今日すでに経験されている変化を加速する。科学者と情報機械の共生・相乗効果がますます頻繁に起きているからだ。制御が人間の手にどの程度残るかは視点次第だというのは認めざるを得ない。人が自力で泳げるからといって、船なしで海を渡れるわけではない――この文脈でのジェットや宇宙ロケットは言うまでもない！　情報宇宙でも同様の進化が、いわば並行する形で始まっている。人は認識機械を自分や子孫が解けるかもしれない問題に向けることはできるが、機械はその存在すら考えたこともなかった問題に人の目を開かせるかもしれない。この例では誰が主導役となっているだろうか？　「認知的な人間＝機械タンデム」の機能的均一性や、そうした条件下で機能している人間脳の自由度がどれほど豊かになるかは、漠然と想像することさえ難しい。これは言語「二分法」の初期段階にすぎない。その将来段階については、今日、何か具体的に言うのは難しい。

だがこのアプローチについて哲学者は何と言うか？　設計者がその労働の成果を哲学者に示し、古典的哲学的問題の答えが技術的に構築された限界条件（「知性に先だって感覚にないものはない」という経験／実証主義のテーゼも脳の染色体事前プログラミングの特性に依存し、過剰な事前プログラミングが「アプリオリな総合的知識」を可能にする）にどの程度依存するかを指摘しても無駄だ。哲学者にとって、認識機械の設計者の成功は、思考そのもの、それも実用的な思考も含めたものの失敗を示すものとなる。というのもそれにより、その認識機械は道具的真理の創造からも思考を追放することになるからだ。設計者の曽祖父は、帆船に絶望しつつも蒸気船を造った。その設計者は哲学者の懸念を共有する——だがその留保は共有しない。

哲学者は、設計者の議論に耳を貸さないままだ。なぜなら、自発的、非人間的、外部化された思考を軽視している彼は、すべてを自分で考え抜きたいからだ——そのために適切な系や意味ある構造を作りたいのだ。しかし、大なり小なり互いに異なる系同士の関係は何だろうか？　各系は、自分が他に対して特異で有効な「メタ」位置を占めるのだと恣意的に決められる。かくして話は一連の堂々巡りにはまりこんでしまう。この論理は魅力的だが、内部矛盾がない限りどの立場も擁護可能なら、何の役にも立たない。確実性の楽園を目指す思考は、さまざまな場所に楽園を見出す。哲学史、つまりその局所化の地図は、言語に基づいてその外部 (あるなら) を探索しようとするものだ。形而上学的システムは無意識で生み出され、意識が言語で飾り立てただけの、催眠術による創造物にすぎないとする立場もある。そうなると形而上学は夢の中で、最も論理的で持続的なものとなる。哲学者は、精神分析を強く貶めることでこの観点を否定する——哲学者の仕事をただの夢にしてしまう精神分析的の観点からすれば、これは恥ずかしいことではある。これはずいぶんと楽しい。いささか無益ながら、新たな文化的枠組みを発展させるという点で有益ではある。それは系内の移動であり、そこでは恣意的な位置の変更が、評価的・認知的視点の変形を伴う。人々を貫き、因果的（または評価的）行動にしてしまえない思考は、いささか無力だ。古典的形而上学体系において永遠なるものは、言語の意味論的緩さに根ざしてそこから栄養を得ている——その緩さこそが通時的な普遍性を持ち、さまざまな文化をつなぐと同時に、適応性と伸縮性を与える曖昧さをもたらし、一方で堅固な基礎だという印象を与えるのだ。そこからは確立された意味を引き出せるだけでなく、新たな意味を挿入できる。その挿入手法は新発見とされるが実は恣意的なものでしかない——しかもそれが意図しないものであれば、それだけその恣意性の危険は高まる。つまりこの手の哲学ぶった態度は、底無しぶりを強化する方法でしかない。なぜなら言語素材で強化される「底」は必要とされないからだ。どの「底」も突き抜けて「先に進める」し、疑問視できる。この進め方の激しさはどこから来るか？　それを説明するのに、新たな存在を持ち出す必要はない。生命を開始もせず支えもしない他のあらゆる行為と同じく、これは純粋な退廃なのだ。しかし、他の退廃より高貴で、言語はなんでも可能なパートナー、論理はカーマ・スートラ、絶対者は性的快楽の役割を果たしており、それが常に不毛なのでますます洗練されているのだ。確かに人は哲学なしでは生きられないし、「まず食べて、しかる後に哲学せよ」というローマ時代の格言は本当でない。なぜなら食べるという単純な活動ですら、すでに経験論からプラグマティズムまで山ほどの方向性を内包しているからだ。すべての系が内部一貫性を持ち、その後に外部に向かうという哲学的最小限と、言語を蒸留・浸軟させて蒸発させてしまい、学習の情熱を満たすような確実性だけが残ることとはちがうのだ。言語に一貫して絶対的に閉じこもるのは不可能だ。そこからの出口は 2 つ。一つは現

実行動の世界に入ることと、もう一つは言語が作り出すのでなく検出するだけの、存在の世界に入ることだ。現象学者は、論理・数学的真理の主権を放棄すると人間が動物的無作為に押しやられると警告したが、彼らが警告する、破壊不能の二択と称する「無作為な存在としての人間」と「本質的に理性の存在」の選択は不要だ。なぜなら両方が同時に起こるからだ。言語なしでは構築できない。それは非人間的構築者でも同じだ。ゆえに、統語と論理の分子転写である規則が、胚発生の対話においてアミノ酸やヌクレオチドを従属させるなら、適応的地球現象であり無作為な言語が、同時に宇宙規模でも普遍的現象である可能性は高いのでは？　なぜそんなことを言うかといえば、惑星環境の類似性は、そこに生じる反エントロピーシステムが環境の近似表現を生み出し、このため言語、論理、数学が自然そのものの遠大な派生物となるからだ。そうでなければ、あらゆる秩序を破壊する自然の変動には対抗できない。生物進化の因果言語は、第一の派生物として神経系の言語、単一制御の神経コード（「生物＝生物」「生物＝環境」関係）を作り、第二の派生物として、神経コードの象徴的外部化による自然言語を生む。この言語は特別に適応した感覚チャネル（音声、視覚、触覚的会話）を好きなだけ使用する。だから論理はホモ・サピエンスに対して相対的なのでなく、物質宇宙に対して相対的なのだ。その宇宙では機能的にも、下手をすると構造的にも類似した論理――進化プロセスで選択されたのでうまく機能する――が存在できる。このように宇宙に拡張された比較言語学は、すべての言語――染色体、神経、自然――が媒介物であるという結論をもたらす。つまりそれは、要素の選択と組織により構造を構築するシステムであり、そうした構造は現実世界により本物と認められるか、偽物として却下されるしかない、「存在論的に非自律的」なものなのだ。媒介や偽の一般性の度合いが異なるだけだ。その結果として、自然言語の発話範囲は最も広い。それは胚発生や神経調節では言語の正しい機能基準が自然会話よりずっと強いからだ。つまり、すべての言語は「経験的に破壊的」だが、自然言語は経験的・論理的「生存」基準に加え文化的基準も持つ――だから生物学的怪物は生存できないが、言語的無意味や文化的妄想の怪物は生存できる。生物学の言語での設計ミスは障害や死で罰せられる。形而上学者は同様の罪でそれほど高価な代償を払わなくていい。なぜなら、人間の心の環境は、生き物に対する自然環境より、そこで繁茂（または贖罪）する意味に対して比べものにならないほど寛大だからだ。

この必然的に一般化されたプログラムは未来世代にのみ向けるしかない。こうした熟考の冒頭で提示した数直線は円形に閉じられる。言語形成のプロセスは遺伝情報の創発を開始する。その因果の言語――その最初の非精神的レベル――は、物理学（量子物理学を含む）と与えられた元素集合のポリマー・コロイド化学の間の、狭い温度・エネルギー範囲での試行錯誤による「貫通」過程で得られた知識の蓄積の結果だ。数十億年後、社会集合レベルで、部分的に理解的で部分的に因果的な自然言語が生じる。すべての設計者が必要とする精度を目指すときに課せられる形式的制約を克服するため、この言語は、脳外物質システムに位置する情報レベルで自律化したツールの助けを借りて、「次世代」の因果言語を発展させるはずだ――それはほぼ偶然に「理解」または「理解可能性」の閾値を越えるだろう。これは創造的普遍性のレベルに達するための代償となる。このレベルは、すべての情報変化を開始した最初の染色体レベルより高位のものとなる。意味論的・統語的にその前身両方より豊かとなる。それは自然言語が遺伝の言語より豊かなのと同じだ。この全進化は、単純系から複雑系が生じるプロセスの情報側面だ。こうしたプロセスの総合的法則については何もわからない。反エントロピー成長勾配の現象に直面した物理学と熱力

学は、これまで「消極的中立」を保ってきた。そしてこれほどまでに不明瞭な領域について他に何か言うのは軽率なので、ここで本書は黙るしかない。

超越の工学

先に「情報農場」のほかに情報洪水を制御する別の可能性があると述べた。それを今明らかにしよう。そのためには独自の、存在論的ですらある例を使う。こうすることで、読者に未来の可能性のまさに核心を示すことになる。だからといって、これから明らかにする計画を、本当に実現する価値があるなどと考えているわけではない。だが、全創造学 (パントクレアティック) 活動の広範さを示すためだけにでも、提示する価値がある。

今日の現実を超越性から分離するのは、今日では実に普通に行われているが、それは危険なことであり、価値の固定された宇宙を損なうといわれることが多い。存在するのは地球の生命だけであり、我々が充足を求められるのはこの人生においてでしかないため、提供できる幸福は肉体的なものだけだ。天は我々に何も明かしてくれていない。非物質的な高い目標に献身する必要を示す兆候もない。我々はますます多くの快適さを生活に装備する。美しい建物を建てる。ますます儚いトレンド、ダンス、短命なスターを発明し、自らを楽しむ。19 世紀の遊園地由来の娯楽は、ますます完璧となる技術に支えられた産業になりつつある。我々は仕事、台所、畑で人間にとって代わる、機械盲信を祝っている——まるで王宮の理想的雰囲気（そこには忙しく怠惰な廷臣があふれている）を追求し、それを世界全体に広げようとしているかのようだ。50 年か最大でも 100 年で、40 億から 50 億人がそんな廷臣になる。一方、空虚、表層性、偽りの感覚がやってきて、これは特に原始的苦難（飢餓、貧困）を脱した文明で支配的となっている。水底照明のプールやクローム、プラスチックの表面に囲まれ、突然我々は、残った最後の乞食が、自分の運命を自発的に受け入れたことで、それを禁欲行為に変え、現代人 (頭はテレビのナンセンスでいっぱいで、エキゾチックな土地からのデリカテッセンを食べている) とは比較にならないほど豊かだったという考えに打たれる。その乞食は永遠の幸福を信じ、この涙の谷である現世への短い滞在の間にその到来を待ち、その先に広がる広大な超越を目にしていたのだ。自由時間は今や、なんとかして埋めねばならない空間となりつつあるが、実際は真空だ。なぜなら夢は即実現できるもの（そうなると夢でなくなる）と、そんな手段でも実現できないものに分けられるからだ。自分の身体と若さだけが、いまやますます空っぽになりつつある祭壇の最後の神だ。他のだれにも服従・奉仕する必要はない。多くの西洋知識人は、何かが変わらないと人類は消費の享楽主義で溺れてしまうと言う。深い喜びがあればいいのだが！　だが何もない。この奴隷的快適に沈み、人類はますます退屈で空虚になる。惰性のため、金や輝く物の蓄積に対する執着はまだ残っているが、そうした文明の驚異も役立たない。何をするか、何を目指すか、何を夢見るか、何を希望するかを示してくれるものは何もない。では人間に何が遺されているだろうか？　老化と病気の恐怖と、精神バランスを回復する薬だ——人は超越から不可逆的に分離されたことで、精神バランスを失いつつあるのだ。

不可逆的に、だって？　だが超越はまちがいなく創造できる。比喩的にではない。健康のための朝の体操のように信念を実践するということでもない。信念は真実でなければならない。揺るぎない基盤を作成しよう。不死と永遠の正義を構築し、それが罰と賞を与え始めるのだ。それをどこに構築するのか？　もちろん来世にだ……

冗談を言っているのではない。「来世」は構築可能だ。どうやって？ サイバネティックスの助けを借りて……

惑星より大きいきわめて複雑な系を想像してみよう。そいつはごく概略しかプログラムできない。そこでは進化が続いているので、地球より美しい風景と海、さらに知的存在を発展させることができるはずだ。彼らは好きに使える環境を持つ――もちろんその系の中での話だが。すでにこのプロセスの起源については述べた。機械的なプロセスはそれから二つの部分に分割される――生物で構成される部分と環境で構成される部分だ。

この新機械は巨大だ。そして追加の第三部「来世」を持つ。ある個体、知的存在が死に、そいつの地球上での存在が終わって身体が腐敗すると、そいつの人格は特別通路でその第三部に入る。そこでは正義が支配する。信賞必罰。楽園があり、どこかには神秘的で不可知な万物の創造主も。あるいは別の方法も可能だ。その第三部は、どんな地球宗教についても正確な相当物を持つ必要はない。いずれにしても可能性は無限だ。「この世を旅立った愛しき」死者とつながりたい？　はいどうぞ。永遠存在の領域で精神を啓発し、認知・経験能力を拡大したい？　お茶の子さいさい。「来世」に向かう人格はそれに関連する「感情・知的サブシステム」を発達させるのです。涅槃が好み？　死後すべての人格が一つの意識的存在に合一？　それも達成可能。こうした世界を多く構築できる。さまざまなタイプを構築し、「幸福の総和」が最大のものを調べることもできる。「幸福学的指数」の値が設計指針となる。どんな被創造存在についても、彼らを待ち受ける任意のサイバネティック楽園、煉獄、地獄を作成できる。適切な「選別者」が聖ペテロの役割を果たし、入口で祝福者と呪われし者をその「来世」に導く。また最後の審判も構築できる。一言で、全てが可能なのだ。

まあいいだろう、この狂気の実験が可能だということにしよう。だがそれが何の役に立つ？　そもそもなんでそんなことをやらなきゃいけないんだ？

だがこれはほんの手始めにすぎない……

我々に似た知的存在の一世代が 1000 年か 10 万年でそんな機械を構築できると想像してみよう。そもそも「機械」と言うのは他に言葉がないからだ。洞窟人にとって摩天楼は何に見えるだろうか？　地下洞窟か？　山か？　人工公園を想像してみよう。木は本物だが遠くから移植されたものだ。あるいは人工の海や衛星を考えよう。金属製だ。だが月と同じ材料・サイズでそれを作ったらその「人工性」にどうやって気づけばいい？「人工」というのは、あまりにしばしば「不完全」を意味する。だがそれは、今はそうだというにすぎない。「機械」というかわりに「被創造物」と呼ぶほうがいいかもしれない。これは独自法則を持つ完全世界で、設計者の技能のおかげで「現実」と識別不能だ。創造の技術面については次節「宇宙生成工学」を参照してほしい。

だからその世界の創造主たちは次のように独白する。そこに住む者たちは我々について何も知らず、我々の脆い肉体――急速・不可逆的に終わる――を知らず、我々よりずっと幸せだ！　彼らは超越を信じているし、それはまったく正当だ。来世を信じている――まったく正しい！　来世、賞罰、無限慈悲と愛の全能者を信じる。死後、信者も不信者もそれが本当だったと知る……残念ながら、我々の子はそんな世界で生きられない。いや、待て！　彼らをあっさり移せばいいのでは？　だって子というのはそもそも誰？　我々に似た生物だ――外見、心、感情などの面で。そいつらはどうやって生まれる？　進化が与えた方法、性交で「プログラミング」するわけだ。これはメンデル遺伝と集団遺伝の規則に沿った確率的プログラミングだ。すでにヒトゲノムのことはかなりよくわかっ

ている。これまでのように子を孕む代わりに、潜在的親の卵巣・精巣細胞に記録された特性を、特別設計した「被創造物」の中心に移すことにしようじゃないか。それは約束の地であり、我々の行為はそこへの大脱出/出エジプトとなるわけだ。人類は未来世代で来世、超越、その他何世紀も夢見たものをすべて征服する……そしてそれは想像でなく真実となるのだ。生物的脆弱さを補うおとぎ話ではなく、死後に待ちうける現実となるのだ！

これは本当に不可能か？　少なくとも原理的には、確かに可能だと思う。「被創造物」とここで呼んでいるもの、永遠の超越レベルを持つ世界は、これから幸せな人類の住処になる……

だがそんなの欺瞞じゃないか、と我々は言う。欺瞞で人を幸せにできるわけがないだろう？　設計者たちはこの非難をおもしろがる。なぜこれが「欺瞞」なんですか？　その世界が私たちとは違う法則に従うからですか――つまり実現された超越で豊かになっているからですか？

いや、欺瞞だ、真実でないから。あんたたちが創造したんだろうに。はい、しましたよ。でもあなたの「現実」世界を誰が創造したんですか？　創造主がいれば似たような「欺瞞」じゃないんですか？　ちがうって？　ならどこがちがうんです？　どちらも文明を創造してますよね。それも欺瞞だってことですか？　結局、私たちだって生物として自然プロセスの産物でしょう――何百万の偶然のゲームで形成されたものです。このプロセスを自分で制御したいのがいけないことですか？

いや問題はそこじゃない、と我々は言う。あの者たちはあんたたちの世界に閉じ込められ、絶対充足の水晶宮に囚われる――そんなものは外の世界にはないだろう。

でもそれって矛盾じゃないですか、と創造主たちは言う。確かに私たちは「総充足」を組み込みましたよ、だからそこは「自然」より豊かで、貧しくないんです。何かのふりをしているわけじゃない。何も模倣していない。それ自身なんです。生と死は私たちの世界と同じで、ただ終わりでないというだけです……「閉じ込められ……？」あの世界の大きさを知らないんですね。メタ銀河ほど大きなものかもしれませんよ？　君たちはその銀河に閉じ込められてるとか、周囲の星の囚人だとか思うんですか？

でもこの世界は真実でない！ と我々は叫ぶ。

真実って何です？　と彼らは答える。検証可能なものですよね。そしてあの世界では、ここより多くのことが検証可能なんです。だってこの世界ではすべてが実証主義の限界で終わり、実証主義とともに崩壊しますが、あの世界では信念すら真実になる！

わかったよ。じゃあ最後の質問だ。その世界は、死においては我々のと同等なんだよね？　その通りです。じゃあ結局、両者には何の差もないんだな！　あんたらの世界でも、疑い、全創造物の無意味さについての確信が発達することはあり得るわけだ。普通の世界で発展した快楽主義、消費指向、方向喪失の文明が、旧世界の中に発達したあんたらのすばらしい新世界でも生まれかねない……だったら何のためにそんなものを構築するんだ？　何やら「楽しい死後失望」の可能性を作り出すためだけなのか……？　だってあらゆる永遠の神秘はあんたらの世界の第三の「超越」部分で起こるのはわかってるよね？

そしてそれは日常にまったく影響しない。物事がちがったものになるためには、あんたらの死すべき世界は、その形而上学的延長の明確な兆候を入れなきゃいけないよな。だから死すべき部分について、その世界は我々のと同一のはずはないよな。

その通りだ、と設計者たち。

しかし我々の世界も「形而上学的延長」を持てる。現文明がその存在を信じないだけ

だ！ と我々は叫ぶ。あんたら、自分が何をしたか分かってるのか？　既存のものを原子単位で複製したんだ！　そしていまや、そんな無意味な剽窃を避けるためには、設計に「来世」を加えるだけでなく、まずその物質基盤――死すべき部分――を変えなければならない！ 奇跡を導入しなきゃいけない、つまり自然法則を変え、ひいては物理学を変え、つまり全てを変えなきゃいけない！

はい、まさにその通りです、と創造主たちは答える。死後の充足なしの信念は、信念が先に存在していない充足や超越に比べ、死すべき者にとって比べものにならないほど大きな意味を持ちます……これはきわめて興味深い問題です。これはこの世界の外側――いや現実と超越世界との両方の外側――にいる観察者にとってのみ、真実、つまり解決可能なものです。信念が正当化されるかを知り得るのは、そうした外部の観察者だけです。我々の「新世界」に奇跡を導入するというあなたの提案ですが、これは拒否しなければなりません。意外ですか？　奇跡は信念の裏付けではありません。それは信念を知に変えることです。知識というのは、観察できる事実に基づくからです――そしてその「奇跡」は起こってしまえば観察事実になります。科学者はその「奇跡」を物理学、化学、宇宙生成に組み込むでしょう。山を動かせる預言者を導入しても話は変わりません。聖典や輝かしい伝説でそんな行為・出来事のメッセージを受けるのと、直接経験するのは違うのです。自分自身の外側にある超越についての知識を持つ世界か、超越を**信じる**能力を持つ世界は作れます――そこではこの超越は、存在するかしないかなのですが、そのどちらなのかを調べて証明することはできません。なぜなら信念を証明したら、その信念は破壊されてしまうからです。信念というのは完全な不条理と根拠のなさ、実証主義への反逆、押し寄せる疑いに揺れる敬虔な希望、不安な期待と未充足の確実性の中にしか存在しないのであり、奇跡のような「視覚補助」で保証されるだけなのです。簡単に言うと、超越とその外観についての現時点での知識を持つ世界は、信念のない世界なのです。

ここで対話は終わる。結論は、大不安と、それと同じくらい危険な無思慮の源は、唯物論による超越の「切断」にあるのではなく、現社会のダイナミクスにあるのだ、ということだ。必要なのは超越のルネサンスでなく、社会のルネサンスなのだ。

宇宙生成工学

先に、全創造学的な試みで永遠の来世という夢を実現しようとするのは無益だと示した。だがその無益さは、計画の技術的側面を指すものではなく、「超越」の存在――これは実証的に確認できない――はその世界の住民の将来にとって、死後にそれが存在しないのとまったく同じ影響しか与えられないという事実からくるものだ。だから「彼岸」が本当に存在するかどうかは、それをいまここで確認できなければどうでもよくなってしまう。確認できてしまったら、超越は超越でなくなり、あらゆる信念を消滅させる存在の継続になる。

「今ここ」の世界を創造する全創造学のほうが、私としてはもっと筋が通っているように思えるし、追求する価値もありそうだ。この仕事に専念する者を宇宙生成工学者と呼ぶ。「**宇宙生成** (Cosmogonic)」は電子工学に似ている――どちらも設計者活動を意味するからだ。宇宙生成の専門家は世界の創造を研究し、宇宙生成技術者は世界を創造する。ただし、ここで言っているのは自然を単に複製するのでなく、真の創造だ。

世界構築に取りかかる場合、宇宙生成者はまずその世界の性質を決めねばならない。厳

密に決定論的か非決定論的か、有限か無限か、なんらかの禁止に囲まれるか（つまり法則と呼べるような規則的行動を示すか、その法則の変更を許すか)。無制約の変動を許せば、すでに述べた通り（残念ながら）カオスを意味し、因果的つながりや規制の不在を招く。ちなみにカオスは最も創造が難しい状態の一つだ。なぜなら、自然から取る建築材料は秩序を特徴とし、その秩序の残滓が構築物の基盤に浸透するだろうからだ。これを証明するのはだれにでもできるし、デジタル機械に完全ランダムな数列、つまりカオスを提供するようプログラミングするというとても簡単な実験ですらそれがわかる。得られるものは、人間が「思いつく」数列よりはランダムになるだろう。というのも人間の心的プロセスの規則性は「空の」、つまり完全ランダムな行動をまったく許さないからだ。だが最高の機械ですら、ランダムに振る舞えと命じられても完全にランダムにはふるまえない。乱数表の作者が抱える問題がそれを物語る[*8]。

我らが設計者は多様性に制約を課すところから作業を始める。創造物には空間的・時間的次元が必要だ。やろうと思えば時間を放棄できる。だがこれは無用の制約を作り出す。時間がないところでは何も起こらない（厳密にいうなら、これは逆にするべきだ。何も起こらないところに時間の経過はない)。なぜなら時間は外部からシステム（世界）に導入される量ではなく、進行する変化の性質から生じる内在的特性だからだ。異なる方向に走る複数の時間——可逆的または不可逆的——を創造することもできる。もちろん、外部観察者から見れば、その世界内には 1 つの時間しかない。その観察者が自分の時計で測っているからだし、またすべての異なる時間を自然が与えた唯一の時間の中に置くからだ。宇宙生成者は自然を超えられない。自然内で、自然の材料から構築する。だが自然が階層設計になっているため、彼は活動をその階層のどれかに位置づけられる。そのシステムは開放的でも閉鎖的でもいい。開放的なら、つまりそのシステムから自然を観察できるなら、その構築プロジェクトが中に置かれている大いなるもの (この世の自然) への従属が明らかになってしまう。だから彼はおそらく閉鎖システムの構築に専念するだろう。

構築プロジェクトの目的を話す前に、安定性を問うべきだ。とはいえ安定性というのは相対的だ。自然の原子は比較的安定している——比較的というのは、大多数の元素が長短の期間後に崩壊するからだ。地球上にはもはや超ウラン元素がない（だが合成は可能)。この惑星系が十分に長く存在してきたので、不安定な超ウラン元素は崩壊したからだ。星も不安定だ。100 億年以上存在できるものはない。宇宙生成工学者は我々とは比べものにならないほど広範な宇宙生成知識を持っている。したがって——厳密にせよ近似にせよ——過去のものごとがどうだったか、いまはどうか、これからどうなるのかを知っている。つまり宇宙が、有限ながら果てのない物体として脈打ち、約 200 億年ごとに「青」収縮（求心的に集まる銀河の光が青くなる）から「赤」膨張（ドップラー効果で波が「伸び」、スペクトログラムで逆方向に動く）に変わるのか、または全く異なる振る舞いかを知っている。いずれにせよ、200 億年という 1 フェーズが設計計算の実際的時間限界だと私は思う。この間に「青の圧縮」——ものすごい高温で生命とその創造物を殲滅させる——が起こらなくても、建築材料（我々のレンガのような原子）はそんな「長時間」に耐えられない。だから全創造学は永遠を創造できない。不可能だからだ。そして幸い不要だ。個人レベルで数十億年も存在し、その意味を理解する奇妙な存在とは、我々はまったく無縁だ（人間はそんなものを決して想像できない)。

[*8] Brown, *Probability and Scientific Interference* 参照.

安定性を原子のレベルから話した。それから、すぐに拙速に宇宙全体に話を移した。原子は安定している。星や惑星は原子より不安定だ。地質時代の持続はさらに短い。山の寿命は数千万年で、雨や川で崩れ、大陸や海底を覆う平滑層になり、その期間に崩壊してしまう。海洋と大陸自体も、絶えず形を変える——しかもかなり (我々の時間尺度からすれば) 急速で、たった数百万年で形を変える。この場合、もしこの宇宙生成者が進化と同じ、約 30〜40 億年は持続するように設計するなら、これがそんなに控えめな事業ではないにせよ、それほど大胆でもないと言えるだろう。本当に大胆なのは、自然からその限界内で構築するのではなく、自然を**導き**、つまり進化を自分で仕切ることだ。だがどれは生物学的またはホメオスタシス的進化でなく、宇宙全体の進化だ。ここで議論しているようなもっと慎ましいものを操縦するにとどまらず、大宇宙生成の操縦者になるというこの計画は、驚くべき大胆さだ。これについてはこれ以上は議論しない。それが今も未来も、完全かつ絶対に不可能だからか？

そうかもしれないが、確かに興味深くもある。それでも、望んだ方向へと継続中の変化を向けられるだけのエネルギーがどこからくるのか、という疑問が生じる。プロセスにはどんなフィードバックを埋め込むべきか？　自然が自然を制御し——エネルギー的ではなく制御的介入で——自身を形成・導くにはどうすればいいのか？　しかし、このどれも、これ以上は議論しない。自然の材料から作る、もっとつまらない世界に戻る——自然に逆らうことなく、むしろ自然の中で作るのだ。

我らが宇宙生成者（いまの寄り道のおかげで、彼が完全独立でなく、したがって万物の進路について空想的な支配力を持っていないと理解した今、彼は我々にとってずっと身近に感じられる）は、異なる哲学に基づいて世界を実現できる。超越を含む「二元的」世界を構築したらどうなるかについてはすでに議論した。だが彼はライプニッツの哲学——事前確立された調和——の世界も構築できる。この世界の構築者は信号配分の無限速度を導入できることも認識してほしい。というのもこの宇宙では、起こることはすべてが事前プログラミングされているからだ。この現象の仕組みは詳しく説明できるが、たぶんそこまでやる価値はない。

設計者がこの世界を知的存在の生息地にしたいと想像してみよう。いちばん難しいのは何だろうか？　即座に死んでしまうのを防ぐこと？　いいや、その条件は当然すぎる。主な難しさは、その宇宙に暮らす生物がその「人工性」を絶対に悟らないようにすることだ。「全て」を超える何かがあるとの疑いそのものが、即座にその「全て」からの出口探しを促すのを懸念するのは正しい。彼らが自分をその囚人と考えたら、好奇心からでも周囲を突進し出口を探す。出口発見を防ぐ**だけ**では、自分たちが囚われているという知識を与えるだけとなり、同時にその鍵を奪うことになる。出口を隠したり閉ざしたりしてはならない。その存在を推測不能にすべきだ。そうでなければ、住人はその「監獄」が銀河全体の大きさであっても、自分を囚人と感じてしまう。

無限が唯一の解決だ。普遍的な力が世界を球のように閉ざし、級に見えるようにするのがベストだ——そうすれば中の存在は、端に達せずに四方八方に旅できる。他にも無限の技術的な応用も考えられる。力が普遍的ではなく周縁的で、「世界の端」に接近したら全物質存在が例外なく縮小を招き、端に到達できないようにすることもできる。絶対零度に到達できないのと同じだ。一歩毎に必要エネルギーが増え、歩幅も前より小さくなる。我々の世界ではこれが様々な「場所」で起こる。たとえば物体が光速まで加速するとこれが起こる。エネルギーが無限に増えても、対象はどうあがこうと光速に達しない。この応用的

な無限は、極限ゼロの減少数列を実現したものだ。だがこんな宇宙技術的考察はもうたくさんかもしれない。本当にそれが実現できると信じられるだろうか？ 誰もこの作業に取り組まなくても、それはそれができないからではない。やらないという選択の結果だ。

ならば、適切な意志と支援で構築可能なのに構築されないもの――あるいはもっと広くには達成されないもの――を例で示すべきだ。

地球の月十個分の大きさを持つ、巨大で複雑な系を考えよう（例示のためだけ、さもなければ視覚化できない)。それはホメオスタシス的なピラミッドで、閉鎖された下降フィードバックシステムで構成されている。これは自己修復、自律、自己組織化の能力を持つデジタル機械に似ている。その 1000 億の要素の中には「惑星」、それが周る太陽などがある。無数のインパルスの群れが、その巨大な体内 (おそらくエネルギー源として星団に接続されているだろう) を、絶えず移動している。それは星光、惑星大気表面の動き、原生動物、海洋波、滝、森の葉、色や形、匂いや味という形をとる。この「機械」の住民すべて――その機械の一部でもある――はこうしたものを経験する。こうした部分は機械的でなく、機械のプロセスを構成する。こうしたプロセスは特別な一貫性、重力、関係を示す。知的人格と意識感覚を生みだせる。彼らは我々が世界を経験するように彼らの世界を経験する。なぜなら、匂い、香り、形は脳のひだの生物電気インパルスの喧騒、意識という、全体受信者が監督する部位にすぎないからだ。

宇宙生成者の作業は、先に述べた幻影環境現象とは大きく異なる。幻影環境は、自然脳に自然の物質的環境にいるかのようなインパルスを導入し、騙す方法だ。これに対して宇宙生成者の世界は、ホモ・ナチュラリス、我々のような肉体的存在がアクセスできない領域となる――陽光がデジタル機械が光学現象を調べるときに使う電気プロセスに入れないように。我々の世界でも実はこうした「局所的非侵入性」は経験されている。他人の夢や現実、意識に入り、直接経験に参加するのは不可能だ。

幻影環境的状況と異なり、宇宙生成では世界と住民が「人工的」（創造されたものについてこの言葉を使いたいなら）だ。住民はそれを知らない――知り得ない。彼らは現実や幻影装置の人間と同じ経験をする（両者の経験は体験者には区別できない)。我々が皮膚から出られず他人の意識を見られないように、宇宙創造の住人はその階層的性質――自分たちが別の世界（我々の）に含まれているという事実――を決して知り得ない。

同様に彼らは、自分や、自分が自由にうろつく宇宙的住処をだれかが創造したのか、そして創造したならそれはだれなのかを確立することはできない。だが我々はだれにも（少なくとも人格化された存在には）創造されていないが、そうではないと主張する哲学はたくさんある。我々の世界が全てでないと主張するのだ。だがそんなことを言う人々は、我々と同じ感覚と脳を持つ――しかも時にかなり鋭い脳だ！ だからその世界でも、同様の主張をする哲学者が現れるだろうと言える――ただしその場合、彼らは正しい。だが正しいと確認する方法がないので、その世界の実証主義者はそいつらが形而上学者や心霊論者だと叫んで否定する。またその世界の物理学者が物質を研究し、「我々は動く電気インパルスから作られている！」と発表することも考えられる。彼は正しい。宇宙生成工学者はその世界をそうやって構築した。しかし、この発見は存在が物質的で現実的という信念を変えない。これまた正しい――彼らは我々のように物質とエネルギーから作られているからだ。ちょうど我々が真空と電子から作られているが、それでも自分の物質性を疑わないように。

だが設計レベルでは違いがある。その世界と住民は物質的プロセス（例：デジタル機械

が星の発展をモデル化するプロセス）ではある。だがデジタル機械では、星のモデルを形成するインパルスはトランジスタの結晶、陰極管の真空を走る電荷だ。その世界の物理学者は、自身と世界を構成する電気インパルスには従属要素——電子、原子など——があると気づく。しかし、これは彼らの存在論に関する限り大した意味を持たない。我々が原子がメソン、バリオン、レプトンなどで構成されると発見しても、それが我々の「人工」起源についての存在論的結論を何ら引き起こすことはなかった。

その世界の物理学者は、我々の現実世界と彼らの世界を**比較して**初めて創造（むしろ「創造された」）事実を発見できる。そうなって初めて、彼らの世界は我々の世界より現実のレベルが 1 つ低いのが見えてくる（彼らは電気インパルスで作られ、そのインパルスだけが我々の世界と同じ材料だ)。比喩的に言えば、創造された世界は非常に安定で長い、内部一貫性のある夢なのだが、それは誰も夢見ておらず、むしろ「自分を夢見ている」——「デジタル機械」内で。

知的存在を宇宙の創造活動に導く原因に戻ろう。そうした原因は実に多いし、種類もさまざまだろう。ある宇宙文明をその方向に導く原因について、あれこれ憶測はしたくない。その文明で技術活動の範囲を議論すれば十分だろう。そうすれば、動機はその文明の発達過程で生じる。それは情報の雪崩に対する防衛が原因かもしれない。後続文明（つまり事前プログラミングされ前述の方法で閉じ込められたもの）は、宇宙の残りに対して「封入」され、外部活動（例：信号）からはアクセス不能になる。この文明が（十分に広大で多様なら）自分の世界内にさらに階層的に従属する世界を構築できると考えるのは面白い——マトリョーシカ人形のようだ。

これが何やら狂気の空想に見えないように、あらゆる系の複雑さは系の外部からの供給がなければ緩やかに減少する（つまり全体のエントロピーが増す）ことは指摘しておこう。その系が大きいほど平衡状態が多く、エントロピー増大の法則に長く逆らえる。局所的エントロピー減少はたとえば生命進化で起こる。生命進化の情報量は数十億年で増えたため、全体としての熱力学的平衡は負のままだ。当然ながら系全体としての比率はプラスでなければならない (太陽エントロピーの増大は地球でのエントロピー減少とは比べものにならないほど大きい)。望んだ秩序の源として宇宙生成創造物を星に「接続」するというアイデアをさっき述べた。同様に、その世界の「外被」の全表面を、自然宇宙からのエネルギー「吸収体」に変えられる。これはそこに住む住民にとって唯一のチャンスとなる。本当に大きな系——ここでは自分たち——のエントロピーは何らかの理由で増えないのだと決めるか、「万物」が外部からエネルギー供給を受けていると気づくかのどちらかだ。

階層的入れ子世界をもう一度見直そう。その階層世界は、ある宇宙文明の決定の結果だが、我々の世界はその文明にとって十分なほど完璧でなかったのだ。その文明は「封入世界 2 号」を創造する。だがその住民が数百万年後、生活条件に不満を持ち、子孫に良い未来を望み、自分の世界内でその材料を使って 3 号世界を創造する。これらの後続世界はすべて「宇宙改良者」「悪の修正者」「存在論的修復者」などと呼べる。いずれかで存在の完璧さが十分に現れ、宇宙でのさらなる創造活動の終了を正当化するかもしれない。この活動はどのみちいずれ終わるしかない。文明 100,000 番のメンバーは、原子表面に子孫を植えられないからだ。

人間がこんな——または類似の——計画を立てる可能性がほんの少しでもあると思うのか、と聞く人もいるだろう。

こんなふうに直裁に尋ねられたら、直裁に答えるべきだろう。信じない。しかし、無数

の銀河で回転する無数の知的世界、広い野原の上を漂うたんぽぽの種や砂漠の砂粒よりはるかに多いその数を考えると、この数そのものがどんな非確実性でも可能にする——それが実現可能なら（100 万の銀河に 1 つでも）。それでもこの星屑の深淵で誰もそんな試みを思いつかず、噛めそうなものを少し上回ることに取り組もうとしないというのは——そのほうが私には、いささか考えにくいように思える。こうしたすべてに断固反対する前に、ちょっと考えて見てほしい。7 月の、星に満ちた美しい夜空は、まさにそんな思索を促すのだから。

第 8 章

進化へのツッコミ

数百万年前、気候の冷却が始まった。それは迫り来る氷河期の前兆だった。山脈が隆起し、大陸が上昇し、乾燥の増加でジャングルが草原に変わった。ステップの形成は、四足の樹上動物の生活環境を縮小させた。樹上の空中生活は手の動きを精密にし、親指を他の指と対向させ、目を主な定位感覚に変えた。この環境は垂直姿勢を頻繁に要求した。木々が細り避難所が減る中、さまざまな部族が樹上からステップの広野に降り、運試しをした。ヒヒは垂直姿勢と顔を放棄し、犬のような口吻を二次的に発達させた。樹上住居を去った実験者の中で生き残ったのは、ヒヒ以外にただ一種類だけだ。

直線的な人類の系譜を特定するのは無駄だ。地上に降り立ち二足歩行をしようという試みは無数に繰り返されたからだ。類人猿は不安定な足取りだったが、すでにジャングルで形成された姿勢に神経レベルで適応し、氷河期前の生態的ニッチであるステップに入った。そこは四足の草食動物がいた。その類人猿はすでに人間の手と目を持ちつつ、脳は未熟だった。競争が成長を促した。群れで暮らし、動物同士が競った。内分泌の特異な変化で、群れの監視下での経験蓄積期、つまり子ども時代が大きく延長した。表情や音がコミュニケーション手段となり、後に言語に発展した。その時期におそらく原始人は類人猿に比べ顕著な長寿を得た。集団の中で経験豊富な個体、つまり最年長者で長命の個体が生存競争に勝った。進化で初めて、長寿の生物が選択された。なぜなら長寿という性質は、情報の宝庫として生物学的に価値ある形質だったからだ。

「人間の序章」は、偶然の「サル的」道具使用からその製作への移行だった。これは「サル」技術――石や尖った棒を投げる、遠隔行動の始まり――の継続から発展したものだった。旧石器時代への移行は、単純な機械の開発と周囲世界のプロセスの利用で生じた。ホメオスタシスの道具としての火（気候からの解放）、輸送手段としての水だ。生活様式は狩猟採集から遊牧、定住へ、植物を食べるだけから栽培へと変わった。これは開始から 100 万年後の新石器時代に起こった。

どうやら現生人類はネアンデルタール人の直接の子孫ではないらしい。むしろ、近縁のそのネアンデルタールという生命形態を滅ぼした。それは別に、殺人や貪食者として滅ぼしたのではない。生存競争は多様な形を取れるのだから。ネアンデルタール人は原始人（ホモ・プリミゲニウス）に近く、部族間で交雑した可能性がある。しかし、大きな頭蓋骨――現生人類より大きい――で神秘的なネアンデルタール人は独自の文化を創りはしたが、その文化とともに絶滅した。原始人は新文化を創った。地質学的に見れば短期間の後で、技術発展の初の本格段階が始まった。亜熱帯を主とする数千年に、さまざまな文明が生じた。しかしそれは、人間と社会集団の形成に要した 100 万年に比べれば一瞬だ。

第一段階では、非人間（使役動物）および人間（奴隷）の「自然」エネルギー源が使われ始める。車輪と回転運動の発見――高度に発展した文明 (たとえば中央アメリカのもの) も見逃した――は、狭い活動範囲の機械構築の基礎となった。これらの機械は自己適応力がなかった。やがて、環境エネルギー――風、水、石炭――が利用され、次に電力だ。これが機械を動かし、長距離情報送信を可能にし、活動の動的調整と自然環境から人工環境への変換を加速した。

第二段階へのシフトは大きな技術変化で始まった。自然の力に匹敵する機関動力の獲得は、重力の克服を可能にした。原子力とともに、機械の機械的構築をその発展と活動のプログラミングに置き換えるサイバネティック構築が可能になった。これは生命現象の模倣の明白な結果だ――生命現象は、必ずしも意識的でもなかったが、その文句なしの優越性に引き起こされた必死の崇拝対象としてではなく、行動の指令や例として扱われてきた。

複雑さが増すシステム構築は、蒸気や電気エンジンのような単純機械の広範な知識と、進化や脳のような複雑系の知識を分けていた理論的ギャップを徐々に埋めていく。この発展が全開となって「一般模倣学」が目指された。というのも人間は原子（実験室で合成される反物質）から自身の神経系の等価物まで、存在するすべてを創ることを学びつつあったからだ。

続く情報急増は、情報操作が技術の別分野であることを人間に示した。生物進化の方法研究が大きな助けになった。認知プロセスの自動化（例：「情報農場」）で情報危機克服の展望が生じる。これは、信頼性の低い要素から任意の複雑さの信頼性システムを構築するという原理に基づいた、行動の完成につながる。これもまた、生物現象の類似技術についての知識獲得後のこととなる。財の生産の人間監督からの完全分離が実現しそうに見えてくる。「快楽主義技術」（幻影装置など）が現れる。この発展の限界は宇宙生成工学、つまり自然の代わりにすべての点で独立した人工世界の創造にある。「人工」と「自然」の差はぼやけ、「人工」は設計者にとって重要性を持つパラメータの範囲内では「自然」を超える。

これが人間の技術進化の第一段階の様子だ。発展の終わりではない。類人猿の序章とここで概略を述べた拡張可能性を持つ文明史は、1000 年から 3000 年でホメオスタシスの範囲を拡大するプロセス、つまり人間が環境を変える能力の拡大プロセスだ。ミクロ・マクロ宇宙を技術ツールで貫き、最遠の「全創造的」限界に達するこの能力は、人体そのものには触れない。人間は自分自身が創る世界の中の、自然の最後の遺物、「自然の真正産物」だ。この事態は無期限に続かない。人間が創る技術の人体への侵入は避けられない。

種の再構築

文明の発展の第二段階において中心的なこの現象は、さまざまな方法で分析・解釈できるし。多様な方向性や形態も取れる――ただし一定の限界内で。議論を進めるためには何らかの枠組みが必要なので、最も単純なものを使用するが、それが単なる枠組みであり、簡略化であることを忘れてはならない。

まず、人間の身体を所与のもの、つまり全体の設計が固定されたものとみなせる。この場合、バイオテクノロジーの課題は、病気の排除や予防、衰えた機能や欠陥のある器官を生物学的代替物（移植や組織移植など）または技術的代替物（義肢など）で置き換えることに限定される。これは最も伝統的で近視眼的なアプローチである。

次に、前述のすべてに加え、それをもっと高次の行動と組み合わせられる。つまり自然の進化の勾配を、人間の目的を持った制御活動に置き換えることだ。この制御はさまざまな目標を持てる。例えば文明の人工的環境では、適応が不適切なものを排除するという自然選択が働かない。そこからくる有害な結果の排除に焦点を当てるかもしれない。あるいは、控えめなプログラムを包括的なもの、すなわち生物学的自己進化に置き換えることもできる。後者の目的は、遺伝的パラメータ（変異可能性、がんへの感受性、体の形状、組織間および組織内の相関、さらには寿命や脳の大きさと複雑さを調整するパラメータなど）を大幅に変更し、ますます完全な人間のタイプを生み出すことだ。言い換えれば、これは数百、あるいは数千年をかけて「次なるホモ・サピエンスのモデル」を創造する計画だ。これは急激な飛躍ではなく、世代間の違いを滑らかにするように、緩やかで段階的な変化を通じて行われる。

第三に、問題全体にもっとはるかに過激な取り組みをすべきかもしれない。自然が「知的存在とはどのようなものか」という問題に対して提供した設計解や、自然から学んだ自己進化的手法で到達可能な解の両方を、不適切とみなせる。あるパラメータ集合の範囲内に存在する既存のモデルを改良したり「補修」したりする代わりに、それらのパラメータに新しく好きな値を与えよう。比較的短い生物学的寿命の代わりに、不死に近いものを求められる。自然が提供する素材の制約内で設計を強化するのではなく、既存の技術が提供できる最高の強度を求めてもいい。言い換えれば、再構築を既存の解の完全な拒絶と新しい設計の構築に置き換えてしまえる。

この後者のジレンマ解決策は、今日の我々にはあまりにも不条理で受け入れがたいように思えるため、その支持者が提示しそうな議論には耳を傾ける価値がある。

まず、「予防的・義肢的」な解決策の道は必要かつ不可避だと言われるだろう。人類がすでにこの道を歩んでいることがその最良の証拠だ。心臓、肺、喉頭を一時的に変える義肢や人工器官はすでに存在し、合成血管、合成腸間膜、合成骨、テフロン製の人工関節表面、胸郭の筋肉の切り株の生体電流で直接作動する手義肢もある。歩行時に四肢を動かす神経インパルスを記録する装置の設計図もできている。脊髄損傷で麻痺した人は、健康な人が「記録」した適切なインパルスを脚に送り、そのインパルスを当人が自由に調整できるようにする機械のおかげで歩けるようになる。同時に、移植の機会も増えている：角膜、骨の一部、赤色骨髄に続き、生命維持器官の移植の時代が来ている。専門家は、肺の移植がそう遠くない将来に可能だと主張している[*1]。外来タンパク質に対する生体の生化学的防御を克服すれば、心臓、胃などの移植も可能になる。移植を使うか、生物学的でない物質で作られた代替器官を使うかは、常にその時点の知識と技術の状態で決まる。一部の器官は機械的なものに置き換える方が簡単かもしれないが、他の器官は移植技術が十分に進展するまで待つ必要がある。重要なのは、生物学的および非生物学的義肢のさらなる発展は、人体のニーズだけでなく、新技術のニーズにも左右されるということだ。

アメリカの科学者たちによる研究のおかげで、筋肉と神経の間に電子インパルス増幅器を挿入すると筋肉収縮の強度を大幅に高められることがすでにわかっている。この装置のモデルは、皮膚から筋肉に送られる神経刺激を集め、増幅し、適切なエフェクターに送れる。ロシアの科学者がそれとは独立に、バイオニクス（生物のエフェクターとレセプターを研究する科学）で構築した装置は、人間の反応時間を大幅に短縮する。現在、宇宙

[*1] *New York Times,* May 20, 1963 の記述.

ロケットの舵や超音速飛行機では、この反応時間が長すぎる。神経インパルスは 1 秒間にわずか 100 メートルの速度で伝わり、感覚器官（例えば目）から脳へ、そして神経を通じて筋肉（エフェクター）まで伝わるのに十分の数秒かかる。科学者たちは、脳から出て神経幹に沿って進むインパルスを集め、機械的エフェクターに直接送る。したがって、パイロットが舵を動かしたいと思うだけで舵が動く。この技術が十分に進展すると、奇妙な状況が生じる。不幸な事故や病気で怪我を負った人が義肢を装着すると、普通の人の能力を超える。なぜなら、利用可能な最良の義肢を提供しないわけにはいかず、利用可能なものは自然の器官よりも速く、効率的で、信頼性が高いからだ！

ここで議論された「自己進化」は、生物学的な可塑性の限界内に留まる総合的変形に限定される。しかし、無理に我慢する必要はない。生物はダイヤモンドや鋼の遺伝子型情報をプログラムによって生成できない。それを作るには高温高圧が必要であり、胚発生では達成できないからだ。しかし、例えば、顎の骨に永久に固定された人工器官を作り、その歯の部分を生物が自ら生成できないきわめて硬い素材で作り、事実上破壊不能なものにすることはすでに可能だ。したがって、生物にとって重要なのは完全な設計と機能であり、その起源ではない。ペニシリンを用いる際、それが実験室、試験管、または培地中の実際の菌から得られたかどうかはだれも気にしない。人間の再構築を計画する際、ヒトの遺伝子型の情報伝達を容易にする手段に限定すると、身体に非常に有用で価値のある強化システムや新しい機能の供給を完全かつ無用に放棄することになる。

これに対し、ヒトの再設計革命の支持者は自分の主張の結果を十分に認識していないだろうと言う声が出るだろう。これは現在のヒトの身体への狭い意味での愛着だけの話ではない。文化や芸術すべては、その最も抽象的な理論も含め、自然によって形成され形作られた身体性が満ちている。身体性は、すべての歴史的美学、すべての既存の言語の規範を形成し、それを通じて人間の思考全体を形成してきた。精神もまた身体的 (corporeal) だ : この corporeal という言葉が呼吸に由来するのは偶然ではない。意外かもしれないが、身体的要因なしに生まれた価値は存在しない。愛そのものも、最も生理的でない意味においてすら、完全に身体的だ。人間が自ら作り出した技術によって変形し、完璧な結晶脳を持つロボットを後継者とみなすなら、それはとてつもないキチガイ沙汰だ。人類の集団自殺に等しいことで、それをごまかすために人間技術の一部である思考機械が人類をうわべだけ引き継ぐと言っているだけだ。そんなことが起これば、ヒトは自らがもたらした技術に、存在の場、生態学的ニッチからみすみす押し出されてしまう。適応度の低いヒトという種を歴史の舞台から排除した技術は、こうして新たな合成生物種となってしまう。

こんな議論で納得するような相手ではない。向こうは言う。「いやおれだってヒト文化の身体性は十分に理解しているよ。でもその中にあるすべてが永遠に保存する価値があるとは思っていないんだ。生殖器官の位置のような偶然の出来事が、各種の概念の発展や社会的・宗教的慣習の出現にどれほどひどい影響を与えたかは知ってるだろうに。行動の経済性と人類が美的理由だと思うものへの無関心により、代謝産物を排泄する管と性器の管が近接し、一部は融合しちゃったじゃないか。この近接は、生物学的には正当化されるぜ——実は両生類や爬虫類の段階、つまり数億年前に実施された設計解の必然的結果だ——でも、人間が自分の有機的機能を調べ、探求した結果、その近接性のために性行為が恥ずかしく罪深いものだと結論づけることになった。この行為の不浄さは、排泄機能と密接に関連する器官で行われるため、ほぼ自然なことだと人間には思えたわけだ。生物は排泄の最終産物を避けるべきだ。これは生物学的観点から重要だ。だが同時に、進化の目的のた

めには性的結合を目指すべきだ。この正反対の二つの重要な志向が一箇所に集中したため、原罪だの、性生活とその現れの自然な不浄さだのについて、広範な神話が出現することになった。遺伝的にプログラムされた嫌悪と魅了の間で引き裂かれた精神は、罪と罪悪感に基づく文明か、恥と儀式化された放蕩に基づく文明を生み出した。これがおれの第一のポイントだ。

第二に、おれはヒトの「ロボット化」を主張しているわけじゃないんだぜ。電子やその他の人工器官について議論したのは、現在の具体例を例示したかっただけだ。ロボットとは、ヒトの知能を備えた、大まかにヒト型の機械的愚か者なんだというのはみんな知ってる。だからそれはヒトの原始的なカリカチュアであり、後継者なんかじゃない。総合的再構築は、価値ある特徴を放棄する必要はない――ヒトの不完全で原始的とされる特徴のみを排除するんだ。進化はヒトを形成する際に驚異的な速度で働いた。元の種の設計解をできる限り長く保持するという独特の傾向は、人間の身体に四足の祖先に見られない一連の欠陥を与えた。ヒトの骨盤は内臓の重さを支えきれない。それでもヒトの骨盤は身体を支えて運ばなきゃいけないので、筋肉膜が発達した――でもこれが分娩を大きく妨げる。垂直姿勢は血行にも有害だった。動物には静脈瘤がないが、静脈瘤は人体の悩みの一つだ。頭蓋骨の急激な拡大は、咽頭腔が直角に傾く（食道に変わる部分）結果をもたらし、その空間に空気乱流を導入し、咽頭壁にかなりの量のエアロゾルや細菌が沈着する。その結果、喉は多くの感染症が登場する場所となった。進化はそれを予防するためにリンパ組織のリングでそこを囲んだけれど、この即興は成功せず、むしろ新たな病気の原因となっただろう、だってこの組織の集まりは局所感染の中心に発展したから[*2]。おれはヒトの動物祖先

[*2] 進化設計解決策の断片的な批判は、時に「無知の戯画化」のように見える。なぜなら、今日でも心臓の極めて複雑な動作など、器官の仕組みは完全にわかっていないからだ。生物構造の正確な数学的モデル作成は、最初の一歩が踏み出されたばかりだ。例えばウィーナーとローゼンブラスは心筋の細動の数学理論を構築した。よく理解していない設計を批判するのは危なっかしいし時期尚早に思える。一方で、進化解決策の複雑さに関する断片的な知識だけでも、生物学的複雑さが、既に確立された有機的公式をある種の生物から後に発展した別の生物に固執して適用した結果だという事実はすぐにわかる。未来の宇宙航行技術全体を化学燃料のロケットエンジンに依存させようとする設計者は、巨大な船やプロペラ装置を驚くほど複雑に構築する必要がある。ある程度の成功は得られるかもしれないが、それは技術的アクロバットの披露にすぎないだろう。どう考えてもそれは、最も賢明な解決策とは言えない。化学推進の発想を根本的に**排除し**、別種のエンジン（核、対消滅、磁気流体力学、イオンなど）に革命的に切り替えることで、多くの困難や複雑さを回避できるのだから。

複雑さ――創造活動の基盤となるアイデアの保守性や「概念的慣性」、つまり急激で根本的な変化を採用したくない（または採用できない）に起因する惰性――は、設計者の観点からは冗長に見える。設計者は考慮する必要のない前提に悩まされることなく、可能な限り最良の結果を目指すからだ。現代のロケット設計者は進化と同じく、未来（例：核）技術の観点から冗長に見える多くの複雑さを乗り越える必要がある。しかし、技術発展が核、光子などの非化学的推進を実現可能にしたら、設計者はすべての複雑さを放棄する。これに対して進化は、ここで議論した明白な理由のため、そんなふうに解決策を過激な形で「放棄」できない。何十億年もの存在と活動を経てきたのだから、初期段階で創出した解決策の完全さに匹敵する新解決策なんか生み出せるはずがないと予想するのは合理的だ。この状況こそが、複雑さを完全に理解していなくても設計解決策を批判できる理由だ。なぜなら、この複雑さは進化が実現した創造的方法の結果でしかないと考えるからだ――その方法より単純で効果的な別の方法が競合できるはずなのだ。進化自体がそれを実現できないのは残念だが、進化の損は人間の得、というわけだ－－未来の設計者としての人間にとっては。

設計だけに焦点を当てた側面以外に、この問題には別の次元があるが、ここでは議論しない。人間（これは前の話を延長しているだけだ）は生物学的にも心理学的にも自分をよく知らない。「知られざる人間」（アレクシス・カレルの本のタイトル）はある程度本当だ。生物学的「機械」としての体だけでなく、心も神秘的で説明できない矛盾を含む。ホモ・サピエンスの実際の設計と価値を完全に把握する前に、「自然のホモサピエンス」を変身させるべきなのか本気で考えたほうがいいのでは？　人間の遺伝子型への介入（一例）が、有害な形質と共に未知の潜在的に価値ある遺伝形質まで排除しないだろうか？

これは我々の「生物学的設計」問題への回帰であり、優生学者とその反対者の議論に（いささか伝統的

たちが理想的な設計解だったと言っているんじゃないよ。進化の観点からすれば、種は存続できる限り「理想的」なんだ。ただおれが言いたいのは、極めて限られた不完全な知識でも、ヒトをかなりの苦しみから解放するような解決策が考えられるってことなんだ。あらゆる人工器官は、自然の四肢や器官に劣ると見えるが、それは現在の人工器官の作りが確かに本物よりしょぼいからだ。技術が障害を作らない場合、従来の美学を満足させられるのはわかってる。体表面が毛深い毛皮で覆われていると美しく見えない。鋼板で覆われても同じだ。だが目や他の感覚にとって、皮膚と変わらない場合もある。汗腺は別問題だ。文明人は腺の活動の影響を減らすことに本当に気を使うのは周知のことだ――そしてそれが一部の人にとって個人衛生の維持に大きな問題を引き起こす。でもそんな細かいことは考えない。ここでは 20 年後や 100 年後に起こることを語っているんじゃないけれど、それでも考えられることについて話しているんだ。おれは最終的な解決策を信じていない。「超人」はしばらくすると不完全な存在と見なされる可能性が高い。なぜなら、新技術がいまの人類には実現不可能なファンタジー（例えば「人格の切り替え」）を可能にするから

な形で) 示されるものだ。たとえばてんかんを排除したら、てんかん患者とドストエフスキーたちの両方を排除しないか？

こうした議論はどれも驚くほど抽象的だ。本書で議論された行動は（そしてそれを自分が思いついたなどと主張するつもりはない）、不完全な知識に基づく。それが我々の世界の本質だからだ。もし「種の再構築」をこの世界の「完全な」知識を得るまで遅らせたいなら、永遠に待つはめになる。どんな行動も部分的には結果が予想できないこと、つまりその潜在的弱点は－－ある哲学的アプローチでは行動を完全に否定する根拠となるが－－哲学内では「行動より非行動の優越性」のテーゼの基礎となった（これは荘子に遡る非常に古い考えだ。）しかし、こうした批判や「非行動」の賛美は、何千年もの間の特定行動の結果として可能となった。その行動により文明が発展し、言語や文字（判断や思考の定式化を可能にする）が共に生まれた。急進的保守主義（生物学的・技術的領域での非行動）の支持者は、父親の財産で生活を心配せずに済む大富豪の息子が、あらゆる所有物を批判するようなものだ。そんなことを言うなら、彼は全財産を放棄すべきだ。「生物構築主義」の反対者は、「人間の再設計」計画に反対するだけに留まらず、医学や技術など文明の全成果を放棄し、四つん這いで森に退くべきだ。彼が批判や反対しない解決策や方法（例：医療介入の方法）は、似たような立場の観点からかつて反対されたものだ。時間の経過と有効性の受け入れにより、それらが文明の宝箱に組み込まれ、誰も反対しなくなった。

ここや他の場所で「革命的再構築主義」の弁護をするつもりはない。ただ歴史に反対する議論はすべて無意味だと考えるだけだ。もし人間が文明の発展を意識的に制御・調整できたなら、文明は今より完全で、逆説が少なく、有能だったかもしれない。しかし、それは不可能だった。なぜなら、文明を創造・発展させる中で、人間は同時に対社会的存在としての自分を創造・発展させていたからだ。

生物構築主義の反対者は、唯一無二の存在はかけがえのないものであり、無知ゆえに有害とみなす形質を排除し、他の形質を導入して遺伝子型を操作すべきでないと言うかもしれない。そういう人はまた、自分の議論はこの世界と異なる存在しない世界でしか証明できないと言うかもしれない。我々の世界では、グローバルな政治状況の結果、数十年にわたり地球の大気が放射性廃棄物で汚染されてきた。尊敬される遺伝学者や生物学者の大多数は、これが次世代に多くの突然変異を生じさせ、すべての核実験が一定数の奇形、病気、がんや白血病による早死を意味すると主張する。また、これらの爆発は関係国の核能力増加以外の目的など意図していなかった。この種の政治は、文明国と自認する一部の国によって今日まで続き、少なくとも数千（おそらく数万）の犠牲者を生んだ。**これが**我々が生きる世界だ――そして**これが**生物構築主義の問題を議論している世界だ。グローバルな調整失敗による結果が我々の良心や「文明のバランス」に影響しないと考えてはいけないし、こういう状況を無視して制御可能な領域でのみ大いに慎重（完全な非行動につながる）に進むべきではない。

人間は、人格化された「創造者」を自認する場合にのみ「神秘的」な存在となる。この場合、人間性の多くの生物学的・心理学的矛盾は、「創造者」の秘密で神秘的な動機を意味する。しかし、何百万年もの進化的試行と努力の結果としてヒトが生まれたと決めるなら、この「神秘性」は与えられた進化的・歴史的条件下で実施可能だった解決策のカタログに還元される。それができて初めて、種に苦しみをもたらすすべてを排除するような、自己組織化プロセスの方向見直しの進め方について考えられる。

もちろん、これは人間と構築される物質的対象や改善される技術的製品との等価性を示唆するものではない。道徳的責任のオーラが生物構築主義の分野を包む必要がある－－それは大きなリスク（だが同等に大きな希望）のある領域だ。しかし、人間が過去数世紀（いやそれ以外の時代にも）に社会や文明の規模で制御されない活動により、多くの痛みと苦しみを引き起こしたことを考えると、知識が不完全でも、知識の状態が許す限り、いい加減に意識的かつ責任あるリスクを取るようになるべきだ。

だ。今日、人間は意識的な精神的努力で交響曲、彫刻、絵画を作れると信じている。同時に、望む精神的・肉体的特徴のオーケストレーションで後継者を「作曲」するという考えは、ひどい邪説に見える。でも飛行や人体、機械製造、地球上の生命の起源の探求もかつては邪説と見なされた。それらの時代からまだほんの数百年しか経っていないんだ。知的臆病者のように振る舞いたいなら、もちろん将来の可能性について黙っていてもいい。でもその場合には、少なくとも臆病者として振る舞っていることを明確にすべきだ。ヒトは自分を変えずに世界を変えることはできない。ある道の最初の一歩を踏み出しながら、どこに通じるか知らないふりをすることはできる。でも、そんなのは最善の戦略じゃない。

種の再構築の支持者のこの発言は、受け入れるかどうかは別として、少なくとも一考に値する。原則的な反対はどれも、二つの異なる立場から生じるだろう。一つ目は、理性的というより感情的で、バイオテクノロジーの議論を受け入れず、ヒトの現在の形態を不可侵とみなす――たとえその形態にさまざまな弱点があると認めてもだ。なぜならこれらの弱点、肉体的・精神的なものは、歴史的発展の中で価値に変わったからだという。自己進化的活動の結果がどんな形となるにせよ、ヒトは地球上から消えることになる。その「後継者」の目には、彼は人間から見たアウストラロピテクスやネアンデルタールのように、死んだ動物学的用語となる。ほぼ不死で、身体と環境を支配する存在にとって、人間の永遠の問題は、相当部分が存在しなくなる。よって、バイオテクノロジー革命は、ホモ・サピエンスとその精神的遺産を消滅させるだけではない。この立場は、単なる想像の産物として扱うのでなければ、かなり人間を馬鹿にしていると言える。何世紀にもわたってヒトを悩ませてきた問題を解決し、答えを見つける代わりに、物質的完璧さに逃げ込む。なんという恥ずべき逃避であり、責任の放棄か――技術によってホモがデウス・エクス・マキナに変形するのだ！　二つ目の立場は一つ目を排除しない。おそらくその議論と感情的内容を共有しているのだが、黙ってそうする。たまに声を上げるときには、それは質問を投げかける。自己進化主義者は具体的にどんな改良や再構築を提案するの？　詳細な説明を拒否するのは時期尚早だからか？　でも、生物学的解決の未だ無比の完璧さがいつか超えられるなんて本当にわかるの？　どんな事実に基づいてそんなことが確信できるわけ？　進化はすでにその物質的能力の限界に達しているんじゃないの？　ヒトの身体が示す複雑さは臨界値じゃないってどうしてわかるの？　もちろん、情報伝達の速度、**局所的**動作の信頼性、アクチュエータやコントローラの複製による機能の安定性など、個々のパラメータの限界内で、機械システムがヒトを上回ることはすでに知られている。しかし、力、効率、速度、強度を個別に増やすことと、それらすべての最適解を一つのシステムに統合するのとでは話がちがうでしょう。

自己進化主義者は挑戦を受けて立つ――そして提示された議論に対して反論を申し出る。しかし、合理主義者の相手の立場について論じる前に、彼は一つ目の立場が実はそれほど自分と離れているわけではないことを明かす。なぜなら、心の底では、種の再構築の計画に対する強い反対を、それを絶対的に非難する者と同じく感じているからだ。しかし、自己進化主義者はそのような未来の変形を不可避とみなしており、それだからこそその変身を支持する理由を手当たり次第に探しているのだ。そうすれば必要な行動が決定の結果と一致するからだ。彼は先天的な日和見主義者ではない。必要なものがすべて**必然的に**良いとは考えない。同時に、それが少なくとも良い結果になる**かもしれない**と願っている。

生命の構築

ダイナモマシンを設計するのに、その発明の歴史を知る必要はない。若いエンジニアはそんなものを知らなくても十分にやっていける。最初の発電機を形作った歴史的状況は、彼にとって完全に無関係だったりする。いずれにせよ、運動エネルギーや化学エネルギーを電気エネルギーに変換する装置としてのダイナモマシンは、かなり時代遅れだ。近い将来、たとえばマイクロ核融合電池で直接電力が生産されるようになれば、現在の煩雑な変換プロセス（石炭の化学エネルギーを熱エネルギーに、熱エネルギーを運動エネルギーに、そしてようやく運動エネルギーを電気エネルギーに変換する）が克服される。そのとき、初期の発電機の設計原理を覚えているのは技術史家だけとなる。このような、発展の歴史からの分離は、生物学では見られない。こんなことを言うのは、本書がいまから進化による解決策の批判に乗り出そうとしているからだ。

しかし、これは設計の解決策に対する批判でしかなく、それ以前の段階に対するものではない。人々は実は、生物学的解決の完全な側面に気づきやすい。なぜなら、人間自身の能力は、生物学が提供するものを大きく下回るからだ。子どもの目には、大人の行うすべての行為が素晴らしい。大人にならないと、かつて完全と思われたものに弱点があることに気づけない。しかし、それがすべてではない。生命とともに死を与え、喜びよりも多くの苦しみを授けた設計者への忠誠心は、設計者の活動の単なる嘲笑にとどまらない形で、その生物学的成果を評価するよう促す。なぜなら、適切な評価とは設計者をありのままに見るべきだからだ。そして、彼は確かに全能ではなかった。進化が始まった瞬間、それは空っぽの惑星に置かれたロビンソン・クルーソーだった。道具や援助、知識や予測能力だけでなく、それ自身、つまり未来を計画する精神さえ欠いていた。なぜなら熱い海、雷鳴、酸素のない大気、燃える太陽以外には誰もいなかったのだから。進化がこのように始まり、ああした、こうしたと語ることは、自己組織化プロセスの初期の展開を擬人化することだ——そのプロセスは主体性だけでなく、目標も欠いていたのだ。

このプロセスは、偉大な作品への前奏だったが、プロセス自体は作品そのものどころか、その最初の音符さえ知らなかった。分子カオスが手持ちで使えたのは、個々の物質的ポテンシャルを除けば、大きな自由度、つまり時間だけだった。

わずか 100 年前、地球の年齢は 4000 万年と推定されていた。今では、地球は少なくとも 40 億年存在しているのがわかっている。かつて、地球上の生命は数億年存在したと学んだ。今日知られている最古の有機物の残骸は、27 億年前のものだ。今日から逆算すると、進化の時間の 90 %が最初の脊椎動物が発達する前に過ぎ去った。それは 3 億 5000 万年以上前のことだ。さらに 1 億 5000 万年後、骨格魚の後継者が陸に上がり、空気を征服した。そして、5000 万年前に哺乳類が現れ、100 万年前にヒトが現れた。

何十億という数字を操るのは簡単だ。しかし、こうした数字や時間のスパンが持つ設計上の意義を把握するのは難しい。見ての通り、解決策が次第に加速するのは、技術的進化だけの特徴ではない。進歩は、理論的・社会的に集積された知識だけでなく、遺伝コードに記録された遺伝的知識の蓄積によっても加速される。

25 億年間、生命は海洋だけで発展した。その当時、空気と陸は死んでいた。カンブリア紀（5 億年以上前）から約 500 の化石種が知られているが、前カンブリア紀からはほんの一握りしか発見されていない。この驚くべきギャップはいまだに説明がつかない。短期間

（つまり数百万年にわたって）で生き物の形態が劇的に増えたようだ。前カンブリア紀の形態はほぼ植物（藻類）で、動物はほとんどない。後者は五指に満たない。しかし、カンブリア紀には動物が大量に出現した。一部の科学者は、当時の地球の条件に何らかの劇的な地球規模の変化があったとする仮説を受け入れたがっている。これは、前に議論したシクロフスキーの仮説が主張するように、宇宙放射線の強度の増加だったかもしれない。何が起こったにせよ、この未知の要因は惑星全体の規模で作用したに違いない。なぜなら、前カンブリア紀のギャップはすべての古生物学的データに当てはまるからだ。逆に、初期カンブリア紀の海洋全体の生き物の量が相対的に少なかったわけではないし、カンブリア紀に多くの新種が出現する前に、初期の形態の数が急激に増加していたわけでもない。始生代にはすでに多くの生き物が存在していた。地質学的データによれば、カンブリア紀よりずっと前から、大気中の酸素/窒素比は今日と似たようなものだった。空気中の酸素は生き物の活動の産物なので、その全体の質量は今日と大きく変わらなかったはずだ。化石形態の欠如は、少なくとも部分的にはその脆弱性による。前カンブリア紀の生物には骨格や鉱物性の殻がなかった。カンブリア紀でそのような「再構築」がどのように、なぜ起こったかは不明だ。この問題は決して解決されないかもしれない。しかし、生化学的力学のもっと詳細な調査により、タンパク質ホメオスタシスの現在の構造に基づいて、どのような原始形態がそれに先行した可能性が高いかを確立できれば、このパズルを解く助けになるかもしれない。もちろんこれは、そのようなパズルの解決が、内部のシステム的要因に限定され、カンブリア紀の始まりにおける宇宙的、地質的、気候的変化の単発的な結果に依存しない場合に限る。

いまの話を議論したのは、「カンブリア革命」が進化の側からの何らかの「生物学的発明」によって引き起こされた可能性があるからだ。たとえそうだったとしても、それは細胞の構成要素に基づく、元々受け入れられた基本的な設計原理を変えなかった。

生命の進化の前に、まちがいなく化学反応が進化した。だから最初の細胞は、秩序の源として死んだ物質を食べる必要はなかった。いずれにせよ、太陽光子のエネルギーを用いて、二酸化炭素のような簡単な化合物から有機体を合成するという難しい課題をすぐに解決できたはずもない。この成果は、クロロフィルと放射量子を捉える酵素装置全体を開発した植物によってのみ達成された。幸い、初期の生物は、簡単に同化できる有機物質を利用できた。それは、その生命を生み出した過剰の残骸で、アンモニア、窒素、水素の大気中での電気爆発などのプロセスを通じて生じた。

しかし、基本的な細胞という動的問題に戻ろう。細胞は、変換の重要なパラメータを制御し、自分が不可逆の限界から外れる変動をしないように――エントロピー、つまり死に落ち込まないようにしなければならない。液体コロイド媒体では、その制御は限られた速度で行われねばならない。分子運動の統計的性質による変動は、細胞全体の情報循環よりも速く起こることはできない。そうでなければ、中央制御器である核は局所的プロセスを制御できなくなる。そうなったら介入の必要性についての情報は遅れて届くのが普通になってしまい、不可逆な変化が始まる。だから細胞の大きさは最終的には、細胞内のどの場所からでも調整器に情報を伝達する速度と、局所的化学プロセスの速度を調整するパラメータによって決まる。進化の初期段階では、進化は大きさが大きく異なる細胞を生み出す傾向があった。しかし、前述の制約により、カボチャやゾウの大きさの細胞を得ることは不可能だ。

指摘しておくと、人間の技術者にとって、細胞は異常な装置にとどまらない存在であ

り、理解するよりも賞賛すべき対象だ。「単純な」生物、たとえば大腸菌は、20 分ごとに分裂する。その間、菌は毎秒 1000 分子の速度でタンパク質を生成する。単一のタンパク質粒子は約 1000 のアミノ酸からなり、それらが空間的に正しく「配置」され、新たに生じる分子構成に「調整」されなければならない。これは簡単な仕事ではない。最も慎重な見積もりでも、菌は毎秒**少なくとも** 1000 ビットの情報を生成する。この数字は、人間の心が処理できる情報量——約 25 ビット/秒——と比べて本当に驚くべきものだ。情報過剰が少ない印刷ページには約 1 万ビットが含まれる。これからわかるように、細胞の情報ポテンシャルは、その動的存在を維持する内部プロセスにおいて最大だ。細胞は「工場」であり、その「原材料」は「生産機械」の周囲、上下に遍在する。細胞小器官、リボソーム、ミトコンドリアなどの微細構造は、細胞と化学粒子の間のスケールの中間に位置するそうした「機械」だ。それらは、酵素のような「工作機械」が「付着」した、秩序ある複雑な化学構造からなる。その「原材料」は、必要な素材を引きつけ、不要または不適切なものを斥ける特別な方向性のある力によってではなく、単に分子の通常の熱運動によって「機械」やその「ツール」に渡される。こうしてこれらの「機械」は、分子懸濁液中で乱舞する粒子の流れを浴びせられる。「機械」はその特異性と選択性によって、こうした見かけ上のカオスから「正しい」要素を選び出す。このすべてのプロセスが例外なく統計的であるため、一般的な熱力学的考察から、こうした変換の過程でまちがい、つまりエラー（たとえば、タンパク質の分子らせんが生じる場所に「誤った」アミノ酸を配置する）が起こるはずだと結論づけられる。しかし、こうしたエラーは通常まれでなければならない。なぜなら、細胞が「誤って」合成したタンパク質を検出することは不可能だからだ。近年では、生命の化学反応力学に関する多くの研究が行われ、それが厳密に繰り返される周期的プロセスではなく、進行中の発展を支えつつ、現在の望ましい目標を迅速かつ容易に達成するように方向づけられる柔軟な全体と見なされている。モデル細胞の「出力パラメータ」を算出した後、反応速度とその個々のリンクの最適な調和を計算するのに大型計算機は 30 時間かかった。これぞまさに今日の科学で不可欠な問題の形式化の出番だ。細菌細胞は同じ問題を数分の一秒で解ける——しかも電子や神経の脳なしで。

細胞の均一性は事実であるとともに、推定でしかない部分もある。それは、原形質がプロテイド、タンパク質、脂質からなる大きな分子のコロイド溶液であり、液体媒体に懸濁された分子の「カオス」であるという点で事実だ。推定でしかないというのは、細胞の透明性がその動的微細構造の観察をすべて妨げるし、切り取って着色剤で保存すると元の組織が破壊される変化が起こるからだ。骨の折れる研究で発見されたように、細胞は前述の説明が示唆するような比喩的「工場」ですらない。核と原形質の間の浸透と拡散のプロセスは、浸透圧の差の勾配に従う物理的メカニズムだけで起こるのではなく、それらの勾配自体が主に核によって制御される。細胞内では、循環系の縮小版であるマイクロ流路、つまり粒子の微小な流れが見られる。小器官はこれらの流れの結節点だ。それらは、適切に配置された酵素のセットを備えた「汎用機械」として、また適切なタイミングで適切な方向に投じられるエネルギーの蓄積器として機能する。

機械と原材料が互いに漂う工場を想像するのは比較的簡単だが、形も全体の相互結合も生産能力も常に変化する工場を想像するのは難しい。細胞は、強制循環の複数の流れを持つ水性コロイドのシステムであり、機能レベルで移動可能であるだけでなく、その変形もカオス的だ（原形質の位置を移動させても、基本構造を破壊しない限り機能し、存在し続けるという意味で）。それはブラウン運動によって絶えず揺さぶられ、安定性からの逸脱

を常に受ける。細胞プロセスを何らかの方法で制御するのは、統計的意味でのみ可能であり、即時介入と調整の決定の確率的戦術に基づいた制御となる。酸化プロセスは、「液体擬結晶半導体」を通じた電子移動によって細胞内で起こり、この継続的な制御介入によって引き起こされる特有のリズムを示す。他のプロセス、たとえばアデノシン三リン酸によるエネルギーの蓄積を含むエネルギーサイクルでも同じだ。

すべての高次生物は、実はこの基本的な構成材料の組み合わせにすぎない。それらは、細菌細胞から始まるすべての細胞にコード化されたデータの結果から「結論と分岐」を引き出す手法なのだ。また、どの体組織も細胞の普遍性を共有しない。それはある程度は、中枢神経系の可塑性によって置き換えられる。だが一方で、すべてのアメーバはこの普遍性を示す。必要に応じて触手になり、失われても置き換えられる脚を持つのはまちがいなくとても便利だ。これはアメーボイドの偽足の話だ。「どこでも口を開く」能力も同様に有用だ。アメーバは食物の残骸を噴出し、原形質で包み込むことでこれをやれる。ここで、元の前提のシステムが初めて現れる。細胞が結合して組織になると、骨格、筋肉、血管、神経を持つ巨視的生物を生み出す。しかし、最も完璧な再生でさえ、原生動物の特性とともに失われた機能の普遍性ほど広範ではない。構成材料は「可逆的器官」の創造を制限してしまう。原形質は、ある程度は収縮し、インパルスを伝え、摂取した食物を消化できるが、専門化した筋肉細胞ほど効率的に収縮しないし、神経繊維ほどインパルスをうまく伝えない。また、食物をかみ切ったり、元気いっぱいで逃げる食物を追いかけるのにも成功しない。専門化は、細胞の普遍性の特定の特性を一方向に拡大するが、この普遍性を放棄することでもある――その結果、個体の死というかなり重要な結果が生じる。

「細胞を前提としている」という批判には二つの方法でアプローチできる。まず、遺伝的観点から：アミノ酸やその他の有機化合物の液体（水）環境を、海洋と大気の化学的活動の産物として所与とする。それらが集まり、地球の条件の下で「たった」15 億年前に自己組織化に至る反応が生じた環境は、その液体環境しかない。これらの初期条件を考慮して、進化の解決策が提供するものとは異なる「プロトタイプ」を実現する可能性なんかあるのか、と問える。次に――いまあげた状況の必要性は置いておくにしても――前の制約から独立した最適な解決策は何だろうかと考えてもいい。言い換えれば、設計者が固体または気体の環境で始めた場合、組織の発展の見通しはもっと改善しそうだろうか？

そんなものは、進化が作り出したコロイド版のホメオスタシス解決策には、仮説的レベルですらまったく太刀打ちできない。その解決策が超えられないとは言わない。最初の細胞を形成した原材料や進化が利用できた原材料の中に、特定の原子、特定の元素がなかったことで、他のもっとエネルギー効率が高く、もっと動態的に安定したホメオスタシスの状態や種類への道を閉ざさなかったかどうかは、だれにもわからない。進化は手持ちの材料でやりくりした。おそらく可能な限り最善の利用をしただろう。しかし、自己組織化プロセスが宇宙に遍在すると認め、特別な状況や独特な偶然の結果でのみ起こると考えないなら、タンパク質やコロイドに基づくもの以外の、液相での他の自己組織化のタイプの出現の可能性も認めよう――そうした変種は、「地球の」選択肢よりも「悪い」かもしれないし「良い」かもしれない。

しかし、この「悪い」や「良い」は実際には何を意味するのか？　この用語でプラトン主義や完全に恣意的な価値づけを忍び込ませようとしているのではないか？　進歩、いやむしろ進歩の可能性がここでの基準だ。これはつまり内部および外部の擾乱にもかかわらず持続できるだけでなく、発展し、ホメオスタシスの範囲を広げる物質的なホメオスタ

シス解決策を導入することだと本書では考える。これらは、現在の環境状態への適応だけでなく、変化の能力においても完璧なシステムなので、その変化は環境の要求に対応すると同時に、将来のさらなる変身を可能にしなければならない。これは、後の生存解決策の道を閉ざしたり、発展の袋小路に陥ったりするのを避けるためだ。

このように見ると、ヒトの進化は肯定的でもあり否定的でもある評価となる。否定的なのは、後に見るように、元の選択（構成材料）とその後の設計活動の方法によって、進化の最終かつ最高の産物である人類に対し、生物学的レベルでの進歩の仕事を安定して続ける機会を奪ったからだ。バイオテクノロジーと道徳的側面のため、進化的手法を単純に続けるわけにはいかない。バイオテクノロジー的というのは、人間は自然の因果的力によって、特定の設計解としてあまりにも**決定されすぎている**からであり、道徳的というのは、盲目的な試行と盲目的な選択という方法が否定されるからだ。同時に、進化的解決策は肯定的に評価できる。なぜなら、生物学的制約にもかかわらず、科学の社会的進化のおかげで、少なくとも未来に関する行動の自由があるからだ。

「地球という選択肢」は、前に確立した基準で判断する限り、最悪でも最高でもない可能性が高い。太陽系内では、惑星がわずかしかないため、統計的考察は実際には許されない。だがこうした限られた参照点を使うと、細胞のタンパク質ホメオスタシスはやはり平均的に優れていると結論づけることになりそうだ。なぜなら、同じ年齢の他の惑星は知的生命を生み出していないからだ。しかしすでに述べたように、これはかなり危険な議論だ。なぜなら、時間スケールや変化の速度は惑星によって異なるかもしれないからだ。メタン＝アンモニア惑星は、人類の一世紀が数百万年に相当する、別の進化系列に属していたかもしれない。だから、この話題でのさらなる推測は控えよう。

さて、「液体」ホメオスタシスから固体および気体のものに移ろう。設計者が気体または固体の物質の集中でそのプロセスを始めた場合の、組織の発展の見通しについて考えよう。

この問題は、単なる学術的意義だけでなく現実的な意義を持つ。前の段落で提起した質問への回答は、潜在的な工学的活動と、地球に似ていない宇宙の他の物体での非コロイドの「固体」または「気体」の「進化的プロセス」の出現確率の両方に関係する。ご承知の通り、反応の速度がここでは最重要だ。もちろん、それだけではない。なぜなら、各反応の経過は一定の限界内に保たれ、厳密に制御され、繰り返し可能でなければならないからだ。循環プロセスの創造は、分子レベルでの最も初期の自動化形態の出現を意味する。それらはフィードバックに基づいており、このため中央制御装置がその領域で起こるすべてを常に監視する必要を部分的に解放してくれる。では気体を考えよう。反応は水環境よりも気体のほうが速く起こり得るが、温度と圧力が非常に重要な要因となる。進化は地球上で「冷たい」技術、つまり反応を開始し加速するための触媒作用に基づく技術を使用した。これは遠回りながら唯一可能な方法だった。なぜなら、高圧高温を生み出すシステムは、触媒システムほど複雑ではないとはいえ、進化はもちろんそのようなシステムをゼロから創造はできなかったからだ。こうして進化は「化学者ロビンソン」になった。ここで決定的なのは「絶対的」情報収支ではない。つまり、適切なポンプを構築したり、特定の反応（たとえば、太陽光の焦点を合わせる反応）を結合して反応を可能にする条件を作ったりするのに必要な情報が少ないという事実ではない。むしろ、現在利用でき、活性化できる最良の情報が決定的だった。地球は、固体や大気中でそうした機会を提供しなかった。しかし、別の状況下で好都合な状態が生まれた可能性はあるか？　この質問に答えること

はできない。仮説を立てるだけだ。確かに人類は、すでに固体からホメオスタシスを構築できるが、まだ原始的だ（たとえば、電子機器）。しかし、基本的な不十分さを抱えたこうした解決策は、まだ本格的な設計の序章としか考えられない。

第一に、ここで構築したモデルは「マクロホメオスタシス装置」だ。つまり分子構造と機能の間に直接の関係が存在しないシステムなのだ。この関係は、機能の実行に有用なだけではない。もちろん電子機器でもまちがいなく機能実行に必要なものはある。たとえば電線に一定の導電性があるとか、トランジスタや疑似神経のあれこれの特性とかだ。だがそれ以外に、多数の要素の挙動を常に制御できない複雑なシステムは、「不確実な部品を用いてある効果を実現する」という原則に基づいて構築する必要がある。これらの部品は、内部または外部の損傷を補償する自己修復の自律性を備えていなければならない。これまで構築された機械にはこの特性がない（ただし、開発中の新しいものには、少なくとも部分的にこの特性がある）。

第二に、この状況には結果がある。デジタル機械は、一部の部品（たとえばランプ）を冷却する必要があり、液体冷却剤の循環を維持するためにポンプが必要だ。しかし、このポンプ自体はホメオスタシス装置ではない。恒常性の設計レベルではるかに単純だが、損傷すると、機械全体がすぐに停止する可能性が高い。しかし、有機恒常性のポンプ、たとえば心臓は、純粋に機械的動作（血液輸送）のために設計されているが、多層的なホメオスタシス系だ。まず、心臓、血管、神経調整を含む上位のホメオスタシス装置の一部だ。第二に、心臓収縮の調整の自律性（神経結節に組み込まれている）を持つシステムだ。第三に、心臓自体は数百万の筋肉細胞のようなミクロホメオスタシス装置で構成される。この解決策は非常に複雑だが、擾乱に対する多面的な保護も示す[*3]。進化は、前に述べたように、液体媒体での分子触媒の「冷たい」技術を使用してこの課題を解決した。固体材料を使って同様の解決策を目指せなくはないだろう——たとえば、結晶ホメオスタシス装置の構築だ。分子工学と固体物理学はこの方向に進んでいる。

「細胞」のような「汎用恒常性」を構築するのはまだ早い。ここでの考察は進化がたどった道とは逆の軌跡をたどっている。なぜなら皮肉にも、狭く専門化したホメオスタシス装置を構築する方が簡単だからだ。ニューロンの同等物は、たとえばニューリジスタ、疑似神経、アートロンに見られる——それを使って MIND（Magnetic Integrator Neuron Duplicator）のようなシステムが構築される。これは、情報信号のシーケンスからなる複雑な画像を認識する論理機能を実行する。クライオトロン型システムは、ほぼ神経細胞と競合できる大きさだ（10 年前には、ブラウン管のような要素は神経細胞の **100 万倍**大きかった！）、速度ではそれを上回る。当面、自己修復傾向を再現はできない。ちなみに、中枢神経系の組織も再生しない。しかしある元素の原子による原子ネットワークの微量汚染によって生じる結晶システムは、元の設計次第で、カスケード増幅器、ヘテロダイン受信機、送信機、整流器などとして振る舞うことはわかっている。こうした結晶から、たとえばラジオを構築できる。次のステップは、結晶ブロックから機能するモノを手当たり次第に組み立てるだけでなく、1 つの結晶ブロックからラジオ（または電子脳）を構築することだ。

なぜこの解決策に興味があるのか？　このシステムの独自性は、鉱石ラジオを 2 つに切ると、**2 つの独立した**、まだ機能するラジオ——速度は半分だが——になることだ。そ

[*3] Ivachnenko, *Cybernetyka Techniczna* 参照.

れをさらに 2 つに切っても、必要な機能要素、つまり原子が残っている限り、毎回「ラジオ」を得られる。ここでの議論は進化が別の素材、つまりコロイドで到達した構成材料のパラメータの使用の限界に近づいている。進化も「分子工学」を使い、すべての設計プロジェクトを開始した。分子は当初からその構成要素だった。動的利用可能性と情報容量(酵素は普遍的解決策の源であり、合成と分解、細胞内および遺伝情報の伝達に関連するあらゆる機能、染色体遺伝子の要素として機能できる）に基づいてそれらを選択できた。進化が作り出したシステムは、狭い温度範囲（40〜50 度）で機能し、氷点下では機能しない（すべての生命反応は水中で起こる)。低温、絶対零度近くでも、超伝導現象のおかげで、システムは生物学的システムに対して優位性を持つ（ただし、生命が考慮するすべてのパラメータのレベルでその優位性を維持できるわけではないが)。

低温によって作り出されるシステム平衡は、原形質の一滴で決まるものよりも大きいため、自己修復介入の必要性が減る。だからこの問題を解決する代わりに、迂回できた。結晶が「自己修復傾向」を示すのはわかっている。損傷した結晶は、溶液に浸されると自律的に原子ネットワークを修復する。これはある見通しを開くが、まだそれは実現できない。はるかに難しい問題が「気体ホメオスタシス」で引き起こされる。私が知る限り、この問題は学術文献ではまだ議論されていない。SF 小説『暗黒星雲』(1957）は、著名な天体物理学者のフレッド・ホイルによるものだが、学術文献とは見なせない。しかし、彼が提示した「生物」――電磁場で安定化された動的構造を持つ宇宙塵とガスのアンサンブルである巨大な星雲――は構築可能だと思う。もちろん、電気とガスから作られたそのような「生物」が惑星間の「自然進化」の過程で出現できるかどうかは別問題だ。これは多くの理由で不可能に思える。

完全に想像上の問題を議論していて、とっくに許容される境界を超えているように見えるかもしれない。しかし、必ずしもそうではない。次の一般法則を定式化できる：自然の力によって実現されるのは、現象の一般的な熱力学的確率の方向に従って、徐々に発展する過程で最終状態に達するホメオスタシスだけだ。宇宙の女王エントロピーについては、「熱力学第二法則に対する生き物の反乱」など、多くの愚かなことがすでに言われてきた。だから、こうした半比喩的なテーゼがどれほど不注意で、ほとんど現実離れしているかを明確に強調する必要がある。冷たい原子雲である元の星雲は、星の素材が分離されたディスクのように慎重に配置された銀河よりも秩序が少ない。それでもその見かけ上の初期の「無秩序」は、核構造という形で高い秩序の源を含んでいた。星雲が原始星の渦に崩れると、重力によってガス球が強く圧縮され、原子エネルギーの扉が突然「破られる」。放出された輻射は、重力と戦いながら、星と星系を形成し始める。一般化すると、大きな物質系は常に最大確率の状態、つまり最高のエントロピーを目指すが、その過程で非常に多くの仲介状態と多様な経路を経るため、100 億年にも及ぶ期間で、熱力学第二法則に違反しない自己組織化進化のタイプが「途中で」一つどころか数え切れないほど生じる可能性がある。したがって、固体、液体、気体の構成材料から**構築可能な**ホメオスタシス系の大きな、しかし一見空っぽ（その要素を知らないため）のクラスが存在する。このクラスには、擬人化された設計者の外部干渉なしに、自然の因果的力だけで出現できるホメオスタシスの集合という独自のサブクラスが含まれる。

これにより、ヒトが自然を打ち負かせるのは明らかだ。自然は可能なホメオスタシスの一部しか構築できないが、我々は必要な知識を得れば、それらすべてを構築できる。

宇宙設計に関するこの楽観主義には、「もし」や「しかし」だらけの留保を伴う必要があ

る。人類が必要なすべての情報を獲得し、前述の「構築課題」を実行できるかどうかはわからない。光速の限界があるように、「情報獲得の閾値」が存在するかもしれないが、それについては何もわからない。さらに、この「ヒト対自然」の課題が持つ実際の規模を思い出さなければならない。この問題に直面した人間など、ヒマラヤをかついで別の場所に運ぶと約束するアリのようなものだ。これですらアリに有利に誇張しているかもしれない。アリの課題の方が実は簡単かもしれない。これは現代のすべての技術を、アリの道具、つまりアリの顎と背中に例えているわけだ。唯一の違いは、アリは生物学的進化の過程でしか道具を発達させられないが、人間はすでに議論したような情報進化を始められることだ。この違いが、いつかヒトの勝利を決定するかもしれない。

死の構築

生物は限られた寿命を持ち、老化や死のプロセスを経験する。しかし、これらのプロセスは切り離せないものではない。原生動物は個体としては最終的だが、死ぬことなく子孫に分裂する。一部の後生動物、例えばヒドラのように出芽で繁殖するものは、実験室条件下では老化の兆候なく非常に長生きできる。したがって、後生動物のすべての原形質が老化するわけではないし、コロイドの老化（液状からゼリー状へのゾル＝ゲル変換や凝固）を生物の廊下と同じものと見ることもできない。血漿中のコロイドは非生物的コロイドと似た形で老化するが、原因に見えるものは実際には結果だ。細胞コロイドの老化は、生命プロセスの制御喪失によって引き起こされるのであって、その逆ではない。

著名な生物学者J・B・S・ホールデンは、個体の死は遺伝的要因、つまり致死遺伝子によって引き起こされるとする仮説を提唱した。この遺伝子は、個体の生涯の後期に発現し、自然選択による排除の対象とならない。しかし、この仮説は受け入れがたい。不死はおろか、聖書のメトセラのような長寿さえ進化上では報われない。個体レベルで老化しない（「壊れない」）生物でも、進化する集団内では老化する。1900年のフォード車が完璧に保存されていても、今日の設計としては現代の車と競争できず時代遅れになるのと同じだ。

その一方で、原生動物も**無限に**分裂し続けられるわけではない。実は、平均的な個体の寿命の数十倍にわたる「老齢」まで生きるよう「強制」することはできる。これには、生命機能をわずかに維持するだけの「貧弱な」食事で育て、子孫を2つ生み出せるだけの物質を供給しなければいい。最も単純な生物の古いクローンたち（個体群）は、ある意味で老化する。個体が死に始め、接合という遺伝情報の交換プロセスによってのみ生命が蘇る。この問題はいささか理解しにくい。死という問題はさまざまな方法で分析できる。進化が生物に死を「組み込んだ」のか？　それとも、個体の存在以外の問題に関する設計者の決定の二次的結果として生じた、偶発的な現象なのか？　つまりそれは、設計者が以前の解決策を破棄し、新しいものを始める破壊行為の等価物なのか、それとも材料の何やら「疲労」の意図せざる結果なのか？

この問いに明確な答えを見つけるのは簡単ではない。ここでは2つのことを区別する必要がある。長寿と死亡は異なる問題であり、異なる解決策が必要だ。すでに述べたように、長寿は子孫が独立するまで長期間の世話が必要な場合に、生物学的に重要になる。ただし、これらは例外だ。通常はひとたび自然選択が行われ、子孫が生まれた後には、親個体の運命は「個体の」問題となる――つまり自然界では「誰の問題でもない」。老齢に伴う退行プロセスは、種のさらなる進化に影響しない。古いマンモスの牙は交差し、徐々に

飢餓で死ぬが、性生活が停止した後にこの現象が起こるため、選択はこれを排除できない。動物や植物の老齢は、選択の閾値を超えており、その管轄外だ。これは退行変化だけでなく、長寿にも当てはまる。長寿が（人類の初期のように）次世代に生物学的に有用でない限り、特定の突然変異で偶然生じた長寿は、それを遺伝的に固定する選択要因がないため、偶然に消える。植物や動物の長寿の分布に見られるように、選択的に重要な遺伝子が長寿を保証する遺伝子と偶発的に結びついた場合にのみ、長寿が現れる可能性がある。これが、カメやオウムが長生きする理由かもしれない。動物の種類と長寿の間には明確な相関はない。他の鳥類はかなり短命だ。時には環境が長寿に有利なこともあり、セコイアが最も長寿（5〜6 千年）なのはそれが理由だ。

繁殖は進化に不可欠な要因だ。個体存在を時間的に制限するのはその結果にすぎない。生物は完全な適応状態で繁殖に到達する必要があり、その継続的な存在は「慣性」、つまり胚形成で始まった「動的推進力」の結果だと言える。進化は、ある標的（例えば飛ぶ鳥）を狙う射手に似ているが、弾が標的に到達した後どうなるか、永遠に飛び続けるか、すぐに地面に落ちるかは、弾にとっても射手にとっても重要ではない。もちろん、問題を単純化しすぎてはならない。セコイアやヒドラと脊椎動物ほど多様な生物を比較するのは難しい。複雑さがちがうし、こうした生物の動的法則には独自の階層がある。ヒドラがほぼ不死であることは、「利害関係者」である人間にとってほとんど意味がない。システム内のプロセス相関の維持は、構成部分の相互依存性が高く、システム全体の組織が厳格であるほど難しい。すべての細胞は存在中に「分子エラー」を犯し、しばらくするとそれを補償できなくなる。というか、そのままの形で存在している間は、それができない。分裂は再生の一形態であり、その後にはプロセスがゼロから再開する。なぜそうなるかはわからない。それが必然かどうかもわからない。進化は**どんな期間についてであっても**ホメオスタシス調節の問題を解決しようなどという「野心」を示さなかったため、これが不可避な現象かどうかもわからない。進化の努力は、種の長寿、つまり惑星規模のホメオスタシス変換の総和としての超個体的不死というまったく別の問題に完全に集中していた。そしてその問題はなんとか解決できたのだ。

意識の構築

水滴の中で狩りをするアメーバの行動を観察した者は、その原形質の小さな滴が示す、知的、場合によっては人間的な行動との類似性に驚くはずだ。H・S・ジェニングスの古いが優れた名著『下等生物の行動』（1906 年）にそうした狩りの記述がある。アメーバは水滴の底を這い、小さいアメーバに出会うと、偽足を突き出して飲み込もうとする。相手は逃げようとするが、攻撃者はその体の一部をしっかりつかむ。犠牲者の体は引き伸ばされ、ついにはちぎれる。救われた残りの部分は適度な速度で離れ、攻撃者は飲み込んだものを漿液で包み、進み続ける。飲み込まれた犠牲者の一部は攻撃者の原形質内で激しく動き、突然その表面を破り、外に這い出る。「驚いた」攻撃者は最初、獲物に逃げられるが、すぐに追い始める。滑稽な状況が続く。攻撃者は何度も獲物を捕まえるが、常に逃げられる。多くの無駄な試みの後、攻撃者は「諦め」、追跡をやめ、別の幸運を求めてゆっくり去る。

この例で最も驚くべきなのは、我々がそれを極度に擬人化してしまえる点だ。原形質の滴の行動の動機は完全に理解できる：追跡、犠牲者の捕食、追い続ける頑固さ、価値がな

いと「気づいた」後の追跡放棄。

これを「意識の構築材料」のセクションで議論するのは偶然ではない。他の人間に意識と知性があると思うのは、我々自身がその両方を持つからだ。犬や類人猿など、自分に近い動物にもある程度そうしたものがあると考える。しかし、生物の設計や行動が私たちと異なるほど、感情、不安、喜びを経験する可能性を受け入れるのは難しい。アメーバの狩りの話で引用符を使ったのはそのためだ。その生物の「材料」は人体と驚くほど似ているかもしれないが、死にゆく甲虫やカタツムリの経験や苦しみについて、何がわかり、推測できるというのか？　その「生物」が液体ヘリウムの温度で維持されるクライオトロンや電線、結晶ブロック、あるいは電磁場でまとまったガス雲で構成される場合、さらなる抵抗や条件が生じる。

この問題は、「電子機械の意識」についての話ですでに議論した。今はそれを一般化するだけだ。x が意識を持つかどうかが x の行動だけで決まるなら、x が何でできているかは全く重要でない。したがって、人間型ロボットや電子脳だけでなく、会話可能な仮説的なガス磁気システムも、意識を持つシステムのクラスに属する。

一般的な問題は次のように定式化できる。意識というのが、異なる設計方法や材料を使っても到達可能なシステムの状態だというのは本当なのか？　これまで、生きているものがすべて意識を持つわけではないが、意識を持つものはすべて生きていなければならないと主張してきた。だが明らかに生命のないシステムが示す意識はどうか？　この難題にはすでに遭遇し、対処した。人間の脳を別の材料で再現するというモデルの場合、問題はそれほど大きくない。しかし、脳が「知的で感覚を持つシステムの構築方法」の唯一の解決策ではない。知性に関しては、すでに知的機械のプロトタイプが構築されているので、抵抗はあまり強くない。「知覚」は少し難しい。犬は熱い物体に触れると反応する。なら燃えるマッチがレセプターに近づくと叫ぶようなフィードバックループを持つシステムも、知覚力を持つか？　まさか、そんなのは単なる機械的模倣だよ、と言う声が聞こえる。これは何度も耳にしてきた。こうした主張は、知的行動や刺激への反応に加えて、知性と感覚が意識の二元性で結ばれた「絶対的存在」が存在すると仮定する。しかし、そうではない。

物理学者で SF 作家のアナトリー・ドニェプロフは、言語翻訳機械に「精神を注入する」というテーゼを否定する実験を中編小説で描いた。その小説では、機械のトランジスタやスイッチを、ある形で空間配置された人間で置き換えたのだ。その機「人間でできた機械」は、信号伝達の単純な機能を実行することで、ポルトガル語の文をロシア語に翻訳したが、設計者はその「要素」を構成する人々にその文の意味を尋ねた。当然、誰も知らなかった。なぜなら、言語翻訳はシステム全体が動的に行ったからだ。小説の中の設計者は「この機械は知的ではない」と結論した。だがロシアのあるサイバネティクス学者が、その掲載誌で反論した。もし全人類が、その小説に出てくる設計者の脳のニューロンに対応するよう機能的に配置されたら、そのシステム全体としては思考できるが、「人間の脳ゲーム」に参加する個人は「脳」が何を考えているか理解できない。だからといって、設計者自身が意識を持たないということにはならない。機械は、紐、腐ったリンゴ、ガス原子、振り子、小さな炎、電気パルス、放射するクォークなど、どんなものでも作れる。脳の機能的等価物であれば、「知的」に振る舞う。「知的」とは、事前にプログラムされたもの（昆虫の本能など）ではなく、包括的な選択プロセスで選ばれた目標を目指して、普遍的に行動できることを意味する。そうした実現を妨げるのは技術的困難だけだ（人間の脳

をニューロンとして「繰り返す」には地球上の人間が足りない。またそれらが電話などで接続するのを避けるのも難しい)。しかし、これらの問題は「機械的意識」反対論にはあてはまらない。

かつて拙著『対話』(1957) で、意識はシステムの特性であり、自分自身がそのシステムになることでそれについて学ぶのだ、と述べた。しかし、どんなシステムでもよいわけではない。体外にあるシステムである必要もない。80 億の細胞それぞれに、特定の化学物質の濃度に敏感な数百の酵素がある。酵素の活性基は一種の「入力」だ。酵素は製品の不足や過剰を「感知」し、適切な反応を始めるが、すべての細胞と酵素の所有者である人間はこのプロセスを何も知らない。鳥や昆虫だけが飛べた時代には、「飛行」するものは「生き物」に等しかった。しかし、完全に「死んでいる」装置も今日では飛べる。知性と知覚の問題も同じだ。電子機械が知的思考はできるが、感情や体験はできないという結論は、同じ誤解の産物だ。脳の神経細胞の一部が論理スイッチの性質を持ち、他の細胞が「感情の体験」に専念するわけではない。両者は非常に似ており、ニューロン網での位置がちがうだけだ。視覚野と聴覚野の細胞もまったく同じだ。したがって、聴覚神経を後頭葉に、視神経を聴覚皮質につなぐような神経経路の交差を、例えば乳児期に十分早く行えば、視覚皮質で「見」、聴覚皮質で「聞く」ことが可能になる。単純な電子システムでも、すでに「報酬」や「罰」の接続を持つが、これは「心地よい」「不快」の機能的等価物だ。この二値メカニズムは学習の加速にとても有用で、だから進化はこれを発達させた。一般に、「知的ホメオスタシス装置」のクラスには、生きている脳が下位分類として含まれ、生物学的に完全に「死んだ」ホメオスタシス装置が他の下位分類を構成する。だがこの「死」は、非タンパク質的性格や、生きている細胞や生物が持つ多くの個別パラメータの欠如を意味するだけだ。電磁場と気体で作られたシステムが、思考操作や刺激への反応だけでなく、繁殖、環境（例えば電源）からの「栄養」摂取、任意の方向への移動、成長、存在を最優先原理としてさまざまな機能を従属させる能力を持つ場合、それを分類するのは難しい。

言い換えれば、ホメオスタシス装置の意識については、「深い」答えよりも解決策が必要だ。これは出発点に戻っただけの同語反復に陥ることか？　決してそうではない。意識が現れるためにシステムのどのパラメータが一定でなければならないかを実証的に決定する必要があるということだ。「透明」と「不透明」、「明確」と「曖昧」な意識の境界は流動的であり、こうした状態の境界は、友人のスミスさんがすでにハゲているかまだハゲていないかを恣意的に決めるのと同じく、恣意的に引かれなければならない。こうして、意識を形成するために必要なパラメータ集合が得られる。それらがランダムなシステム（例えば古い鉄製ストーブで作られたもの）にすべて現れれば、意識があることにしよう。しかし、異なるパラメータや、事前に選んだ値とわずかに異なる値の場合はどうか？　その定義によれば、システムは人間のような意識を持たないといおう——これは絶対に正しい。しかし、それらのパラメータを全く示さなくても、すべての人間を同時に理解できる天才のように振る舞うシステムはどうか？　それでも話はまったく変わらない。なぜなら、どんなに賢くてもそれは人間の意識を持たないからだ。人間だって、賢さは様々なのだ。これは詭弁ではないか？　と言う人もいるだろう。もちろん、そのシステムが人間の意識と「異なる」意識を示すことは可能だ。先の「天才」や、太陽放射での入浴に最大の喜びを感じると主張する意識のように。

ここで話は言語の限界を超える。この「他の意識」の能力については何もわからない。当然、もし「人間型」意識がパラメータ A、B、C、D の値がそれぞれ 3、4、7、2 で特徴

づけられ、別のシステムが 6、8、14、4 の値を示し、いささか変わった知性に見えるものを示した場合、どこまで拡張していいのかというリスク (それが何やら「2 倍の意識」を持つとみなすこと) が容認範囲かを考えなければならない。今述べたことは、素朴で粗雑に聞こえる。ここで重要なのは、これらのパラメータやその値が孤立したものではなく、「意識の一般理論」、または「人間の脳の複雑さに劣らない知的ホメオスタシス装置の一般理論」のノードとして機能するだろうということだ。その理論内で拡張を行うことはできるが、当然それにはある程度のリスクが伴う。拡張仮説をどのように検証すべきか?
人間の脳に「電子付属物」を構築するか? しかし、すでに多くを語ってきたし、多すぎたかもしれない。だから最も賢明なのは、ここで沈黙することだ。ただ、言うまでもないかもしれないが、紐、腐ったリンゴ、鉄製ストーブから知的エージェントを構築できるなどとは信じていない——鳥の羽や石鹸の泡で宮殿を建てるのが難しいのと同じだ。**すべての**材料が、意識を「起動」する設計の材料として等しく有用ではない。だがこれは自明なので、これ以上は言うまい。

エラーに基づく構築物

熱力学的パラドックス、つまり猿がタイプライターのキーをデタラメに叩き、偶然に『ブリタニカ百科事典』を完成させるという話は、進化によって実現した。集団の死亡率を高めるゆおうな外部要因は無数にある。高い繁殖力の選択が、この問題への回答だ。これは方向性のない行動から生じる方向性のある結果だ。相互にランダムな 2 つの変換システムの重ね合わせによって、ますます高度に組織化された秩序が生み出される。

性別が存在するのは、進化の観点から有利だからだ。性行為は、2 種類の遺伝情報の「対決」を可能にする。ヘテロ接合性は、集団内で「構築イノベーション」、つまり突然変異を広め、個体の発達におけるそれらの「革新」の有害な結果から生物を守る、追加のメカニズムだ。接合子は、雄と雌の生殖細胞の融合から発達する細胞であり、特定の形質を司る遺伝子、つまり対立遺伝子は、優性または劣性だ。優性遺伝子は発達の過程で発現し、劣性遺伝子は劣性の相手と出会ったときのみ発現する。突然変異は通常有害であり、新しい変異遺伝子型に基づいて設計された個体は、通常の個体より生存確率が低い。だが同時に、突然変異は危機的状況からの脱出を試みる不可避の試みだ。飛行昆虫が時に翼のない子孫を生むが、それらは通常死滅する。陸地が沈むか海が上昇すると、半島が島になる。翼は飛行昆虫を水に運び、その昆虫はそこで死ぬ。このとき、翼のない変異体が種の継続の可能性となる。突然変異は有害かつ有益だ。進化はこの現象の両面を組み合わせた。変異遺伝子は通常劣性だ。正常（優性）な遺伝子と出会うと、成熟した生物の設計には発現しない。しかし、このように生まれた個体は潜在的な変異形質を保持し、子孫に伝える。初期の劣性突然変異は、優性突然変異と同じ頻度で発生したはずだが、後者は自然選択によって排除された。すべての形質、遺伝メカニズムや突然変異傾向（「変異可能性」）も選択の対象だ。劣性突然変異が増え、集団内に緊急ユニットまたは進化の予備軍を形成した。

このメカニズム、主に情報伝達のエラー（突然変異）に基づくものは、人間の設計者が採用する解決策ではない。一部の状況下では、このメカニズムにより、選択が働かない間に新しい設計特徴が発現できるようになる。小さく孤立した集団では、同一の親から来た個体の頻繁な交差と、それによるゲノムの均一性により、変異劣性形質が頻繁に出会い、突然、表現型の変異体が多数現れる。これは「遺伝的浮動」と呼ばれる。この現象で、鹿

の角の巨大化など、説明できない形態が生じた可能性がある。しかし、中生代のトカゲの背中の大きな骨の「帆」がこの要因で形成されたかどうかはわからない。性選択が決定的だった可能性もあるが、数百万年前のトカゲの好みなど知るよしもない。

突然変異の頻度自体が遺伝形質であり、特定の遺伝子がそれを増減させるという事実が、この問題に奇妙な光を投じる。突然変異は遺伝コードのテキストを変更し、伝達の制御を失わせる事故と考えられている。過去にそれが本当にランダムだったとしても、選択は明らかにそれを排除できなかった。設計の観点からは、それが「排除したくなかった」から排除できなかったのか、という点が重要だ。つまり変異しない種は進化の可塑性を失い、環境変化で絶滅するからそれが排除されなかったのだろうか。それとも突然変異の利益が客観的必然性、つまり分子の統計的運動による制御不能な突然変異の不可避性と一致しただけだったのだろうか。このどちらだったのかが重要だ。

進化の観点では、この区別は重要でないが、遺伝子のような情報伝達分子システムの信頼性が不可避なら、有機体と同等の複雑さを持った信頼性の低いシステムをどのように設計できるかが問題となるので、本書では重要となる。「サイバネティック精子」を作り、異星の地殻に掘り込んでその惑星の材料から必要な機械を作るとしよう。突然変異は機械を役立たずにする。進化はこの問題に対処する。統計的設計者としては、単一の解決策には賭けられない。賭けは常に集団に対して行われる。これはエンジニアには受け入れられない解決策だ。惑星に「発達する機械の森」を育て、最も効率的なものを選べというのか？

しかし、遺伝子型より複雑なシステム、例えば以前に論じたように、事前に「遺伝的知識」をプログラムするシステムを設計する場合は？　複雑さが増すと変異可能性が自動的に高まり、量子力学の専門家の赤ちゃんの代わりに知的障害者が生まれるかもしれない。この問題は現在解決できない。さらなる細胞学や遺伝学の研究が必要だ。

腫瘍の問題は、情報伝達や細胞間相関の制御に関する問題と関連する。がんは連続する体細胞突然変異の連鎖で生じている可能性が高い。この主題の文献は膨大すぎて、深く掘り下げることはできない。このテーゼを否定するデータはない。細胞は生涯を通じて組織内で分裂する。すべての分裂には突然変異の「ミス」が伴う可能性があり、腫瘍の発生可能性は分裂の回数、つまり個体の寿命に比例する。実際、腫瘍への感受性は加齢とともに指数関数的に増加する。これは、ある体細胞の突然変異が次のがん前突然変異の道ならしとなるからだろう――それがさらなる分裂を経て腫瘍細胞を生むわけだ。生物はがんの侵入をある程度は防御できるが、防御メカニズムは加齢で弱まり、これが腫瘍発生に影響する要因となる。化学物質や電離放射線などのがん誘発要因は、染色体情報に有害な影響を与えるという共通点がある。がん誘発要因は少なくとも部分的に非特異的に作用し、「ノイズ」として作用して、細胞分裂中のさらなるエラーの確率を高める。すべての体細胞突然変異ががんに至るわけではない。特定の突然変異から発生する非悪性腫瘍もある。細胞は死に至らず、核が全体としての生物の制御から逃れる形で損傷する必要がある。

すると結局のところ、突然変異は不可避な現象か？　これは議論の余地がある。進化が採用した初期の設計前提の遠い結果である可能性も同じくらいあるからだ。体細胞は、生物全体を発達させた生殖細胞より多くの遺伝子情報を持たない。後者が変異可能性を許容したため、その派生物である体細胞もこの形質を継承する。中枢神経系の細胞はがんにならず、分裂もしない――変形は分裂が続く間のみ起こる。ある意味で、がんは進化の初期段階での「突然変異するという決定」の結果なのだ。

ウイルス仮説は、ウイルスと遺伝子の生化学的類縁性により、突然変異仮説と相容れる

ものとなる。「がん遺伝子」はある意味で「がんウイルス」だ。ウイルスは、生物に外部から侵入する異物システムに付ける名前だ。これが唯一の違いだ。

腫瘍の多様性や肉腫（若年者に多い）などの種類が問題を複雑にする。また、がんは宿命的な必然ではない。高齢まで生きてもそれに屈しない人もいる。完全なランダム性を参照する説明は満足できない。マウスでは腫瘍感受性が大きく異なる純系が特定できているので、がんは遺伝形質であるということだ。人間ではそのような遺伝傾向は明確に特定されていない。しかし、がん誘発突然変異の頻度低下と高い全身抵抗の区別は難しい。なぜなら生物は少数であれば癌細胞を破壊できることがわかっているからだ。

こうした未解決の問題がどう説明されるにせよ、がん治療は（特に予防の面でこれまでの成果は控えめだが）、高度に選択的な細胞増殖抑制薬により薬理学の分野で大きな進歩が期待できる。しかし、がん感受性の完全な排除は不可能だ。がんは、生命の基盤にある細胞の機能原理の結果だからだ。

バイオニクスとバイオサイバネティクス

情報伝達の動態と遺伝的刻印の技術（後者は第 7 章「世界の創造」の序論で）を議論した。この二つがあわさると、進化が遺伝子型の最大の安定化と、必須の可塑性を組み合わせる方法ができる。胚形成は、機械的成長の選択プログラムを開始するのではなく、かなりの自律性を持つ制御装置を始動させ、「一般的な指示」だけを与える。性的発達は、繁殖に関わる生化学反応の「競争」ではなく、それらの全体としての継続的な協働と共出現だ。

成熟した生物では、構築された制御装置の階層間の継続的な相互作用が起こる。あまり厳格に事前プログラムされていない反応バリエーションを提供することで、「どんな方法でもやり遂げる」という原理の論理的拡張として、最高度の自律性を生物に与え、「第二の種類の制御装置」――神経系――が構築される。

だから生物は「マルチスタット」であり、平衡状態が非常に多く、個体の一生ではその一部しか実現できない。この原理は生理的および病理的状態に適用される。後者は、一部の変数が異常な値を取るとはいえ、一つの平衡状態として数えられる。生物は有害な反応が再発するときも「どんな方法でもやり遂げる」。エラーに満ちた制御の循環に入る傾向は、高度に複雑なホメオスタシスピラミッドの活動から生じる結果の一つだ――すべての後生動物がそれをやっている。

この状態は、適度に効率的な上位制御の拮抗のおかげで、この状態から放り出されることはない。これは通常、2 つの値の間の一次元的振動（興奮の抑制、血圧の昇降、酸性度の増減、脈拍、腸蠕動、呼吸、腺分泌の加速または減速など）に基づく。完全な局所調節――脳の監督範囲の限界（傷の治癒）――があるが、これは高齢で減少し（「生物の周辺部の無秩序」、例えば高齢者の皮膚の局所的変性変化）、また器官調節、系統調節、最終的に全体的調節がある。制御と反射的情報の伝達には、離散的およびアナログの 2 つの方法が交差する。前者は通常は神経系が使い、後者は内分泌系が使う。しかし、これは完全な分裂ではない。信号はケーブル接続（電話のように）で送られることもできるし、すべての情報チャネルを通じ、適切な受信者のみが応答することもある（海で特定の船だけに送られる無線信号のように）。「重大な事態」では、生物は二重の情報伝達を開始する：脅威は神経経路を通じて組織と器官の準備状態を即座に高め、「アナログ活動」のホルモン、アドレナリンが血流に押し込まれる。この情報チャネルの多重性のおかげで、信号の一部が

届かなくても適切な機能が確実に発揮される。

すでに述べたように、バイオニクスは生物界で観察された解決策を技術的に実現する科学だ。感覚器官――通常、技術的センサーよりはるかに劣る――の研究は特に成果を上げている。バイオニクスは短期的な結果を求めるバイオ技術者の活動だ。生物（特に神経系、その一部や感覚器官）のモデリングは、バイオニクスに近いが、技術的即時性を目標とせず、生物の機能と構造の研究に焦点を当てるバイオサイバネティクスに属する。いずれにせよ、これらの新分野の境界は流動的だ。バイオサイバネティクスは医学に大きな進展をもたらしている。器官や機能の補綴（人工心臓、心肺装置、人工腎臓、心臓のための皮下インパルス発生器、電子義肢、盲人のための読書・方向装置――眼球外の無傷な視神経へのインパルス導入の研究も、本書で提案した幻影環境に関連する）や診断（一般診断装置と専門診断装置の 2 つのバージョンがすでに存在)、患者の生物から直接必要な情報を抽出する機械（ECG や EEG を自律的に実施し、不要な情報を排除し、診断価値のある最終結果を提供する装置）などがすでにある。「電子制御付属品」には、自律的な麻酔装置（脳のバイオ電気、血圧、酸素化度などを検査し、必要に応じて麻酔薬や覚醒剤、血圧上昇剤を供給する）や、患者の特定の変数を常時監視する装置（高血圧患者が常に携帯し、血圧を正常に保つ薬剤を継続的に供給する装置）がある。この概要は簡潔だが不完全だ。医学の伝統的手段である薬剤は「アナログ情報提供者」に属し、通常「一般的な形で」投与され、体の開口部、内部、または血流に導入され、薬剤が「自ら」正しい系統的または器官的「受信者」を見つける。これに対し鍼灸は、神経幹を刺激することで「離散的」情報を導入する方法と見なせる。薬はホメオスタットの内部状態を直接変える活動であり、鍼灸はホメオスタットの「入力」に作用する方法だ。

すべての設計者と同様、進化が到達できる結果は限られている。例えば、胞子、藻類、または小さな後生動物が経験する「可逆的死」のメカニズムは驚くべきものだ。哺乳類の体温維持も非常に有用だ。これらの形質を組み合わせれば完璧な総合的解決策になるが、それは不可能だ。冬眠はこれに近いが、「可逆的死」ではない。生命機能、血液循環、呼吸、代謝は遅くなるが停止しない。この状態は表現型の生理的メカニズムの制御能力を超える。その発生可能性は事前にプログラムされていなければならない。しかし、この状態は特に宇宙航行の時代に価値があり、特にコウモリで見られる形のものは有用だ。

コウモリが形成されるまで、すべての生態的ニッチは満杯に見えた。昼夜を問わず昆虫を食べる鳥（フクロウ）がいたため、新種の余地はなかった。進化はコウモリを薄暮の「ニッチ」に導いた。昼の鳥が眠り始め、夜の鳥が狩りを始めていない時間帯だ。光条件が悪く、目は無力だった。進化はコウモリの超音波「レーダー」を発達させた。コウモリは洞窟の天井に隠れ場所を見つけたが、そこも空の生態的ニッチだった。しかし、飛行哺乳類の冬眠メカニズムが最も驚くべきものだ。体温はゼロまで下がり、代謝はほぼ停止する。動物は眠っているのではなく死んでいるように見える。覚醒は筋肉の変化の増加から始まり、数分後にはすでに血液循環と呼吸が働き、コウモリは飛行の準備が整う。

適切な薬理学的技術と冷却手順で、人間をこれと非常に近い深い冬眠状態に誘導できる。これは非常に興味深い。先天性疾患、つまり突然変異による生物が何か必須物質を生成できない場合、組織や血中にそれらの物質を導入することで補える。しかし、これは一時的に生理的規範を回復するだけだ。冬眠治療はこの規範を超え、遺伝子型で事前プログラムされた可能な系統反応すら超える。制御可能性は遺伝によって制限されるが、何らかの処置で拡張できる。ここで人類の「遺伝的汚染」の問題に戻る。これは、文明で自然選

択が停止したことで間接的に生じ、変異可能性を高める文明の産物（電離放射線、化学的要因など）によって直接的に引き起こされる。遺伝性疾患や病気の医療予防は、欠陥遺伝子型を変えずに可能だ。遺伝子型そのものではなく、成熟または成体生物に医療的に処置を行うのだ。しかし、こうした治療には限界がある。遺伝子型の早期損傷による欠陥、例えばサリドマイドによる障害は治療不可能だ。医療・薬理学的治療は今日、医学の範囲内にあるため最も自然に思える。しかし、遺伝コードの「誤り」の除去は、欠陥システムへの遅ばせながらの治療よりも単純（無害ではない）かつ結果的に急進的な手順かもしれない。

この「反突然変異の正常化する」自己進化の展望の見通しは、どんなに大きくても大きすぎることはない。遺伝コードの変更は、まず先天的身体的・心理的欠陥の減少、次に排除につながるので、今日数百万に上り、増加中の不幸な障害者がいなくなる。遺伝子治療、またはそのバイオエンジニアリングの結果は有益だ。しかし、変異遺伝子を除去するだけでなく、別の遺伝子に置き換える必要があるたびに、「形質設計」の問題がそのすべての危険とともに現れる。遺伝研究でノーベル賞を受賞し、こうした成果に直接関心を持つ受賞者の一人は、その恐ろしい責任ゆえにそれが実現するのを見たくないと述べた。

科学の創造者には最大級の敬意を払うべきだが、いまの見解は科学者にふさわしくないと思う。発見をしておいて、その結果の責任を回避することはできない。他の非生物学的分野で、そのような行動がどんな結果をもたらしたかは知っている。哀れなものだ。科学者は、応用によってカバーされる問題から厚い壁で保護された、情報収集の形に研究を狭めようとするが、それは無駄だ。進化は、明示的・暗黙的に、冷酷に作用する。そのエンジニアリング活動を徐々に知る中で、人間は単に理論的知識を集めているというふりはできない。自分の決定の結果を知り、その決定を行う力を得る者は、責任の重荷を負う――進化は非人格的設計者なので、この重荷を背負うこともなく、これに容易に対処できた。

設計者の目から見ると

創造者としての進化は、許容される操作の技術的範囲がきわめて狭いので、きわめて困難な状況で曲芸を行う、無敵のジャグラーだ。それは文句なしに賞賛以上のものに値する――他人への教訓となるに値する。しかし、その工学活動に固有の困難から目を背け、結果だけに焦点を当てると、進化にツッコミを入れたくなる。以下はそうしたツッコミを、一般性の低いものから高いものへと並べたものだ。

1. 情報伝達と器官構築の不均一な過剰が存在する。ダンコフの検出した原理によれば、進化は種の継続を阻害しない範囲で、遺伝子型情報の過剰を最低限に保つ。だからそれは、すべての車がゴールに到達しなくても大多数が到達すれば満足する設計者のようだ。この「統計的設計」の原理、成功が結果の全体ではなく大多数で決まるのは、我々の精神には馴染まない[*4]。特に低水準の情報過剰に対する代償が機械の欠陥ではなく、生物（人間を含

[*4] 本文で述べた設計者の「反統計的」立場は、実際にはすでに時代遅れだ。装置の信頼性は統計技術と切り離して議論できない。技術進歩により、連続（大量）生産に伴う製造装置の複雑さが増している。システム（500 要素からなる）の各要素が 99 実際、老化に伴う苦しみや病気の 99 指数関数的に増える要素数は、非常に複雑な装置の信頼性を劇的に下げる－－多段ロケットや数学的機械のような複雑な装置構築の大きな困難だ。また、装置や情報伝達の二重化による信頼性向上には限界がある。最高の保護を備えた装置が最適解決策とは限らない。鋼ケーブルの強度問題に似ている：長すぎると、太さをいくら増やしても

む）の欠陥である場合にはなおさらだ。毎年 25 万人の子供が深刻な先天欠陥を持って生まれる。個体の設計にも最小限の過剰が適用され、機能と器官の不均一な摩耗により生物は不均等に老化する。基準からの逸脱はさまざまな方向で起こり、通常は循環器系、消化器系、関節系などの「系統的弱点」の形を取る。最終的には、制御装置が何層にも重なっているにもかかわらず、脳の小さな血管の閉塞やポンプ（心臓）の故障が死を招く。

同様の災害を防ぐメカニズム――吻合など――は大多数のケースで失敗する。その存在は、工場で消防設備が正しい場所にあるが不十分で仮設的なため、必要時には役立たないという「規定の形式的実行」のようだ。

2. 個体発達からの不要要素の非排除の原理は、最初の原理――情報の経済性、またはケチくささ――と矛盾する。とっくに絶滅した形態の遺物が、まるで惰性のように機械的に持ち越される。例えば、胚発生中、胎児は消えた胚発達の段階を繰り返し、人間胎児のように鰓、尾などを発達させる。それらの器官は他の目的（気管弓が顎、喉などに発達）で使われるので、表面上は問題ない。しかし、生物は複雑なシステムで、無用な複雑さが少しでも過剰だと協調の乱れや、腫瘍につながる病理的形態の発生可能性を高める。

3. 生化学的個別性の存在は、2 番目の原理――「無用な複雑化」――の結果だ。種間での遺伝情報の相互移植可能性 [訳注：不可能性と言いたいのか？] は理解できる。コウモリとキツネ、リスとネズミの交配ができてしまうと、生態ピラミッドが崩壊するからだ。しかし、異なる種の遺伝子型の相互異質性は、単一種内でも系統タンパク質の個別不相似として続いている。子供の生化学的個別性でさえ母親のものと異なる。これには深刻な結果がある。生化学的個別性は、自分のタンパク質と異なるすべてのタンパク質に対する生物の激しい防御として現れ、皮膚、骨、器官などの移植を不可能にする。血液生成できない骨髄を持つ人々の命を救うため、身体の防御メカニズム全体を麻痺させねばならない――それでやっと人間ドナーの組織移植が可能になった。

進化の過程で、生化学的個別性の原理は乱されず、種内の系統タンパク質の均一性の選択対象にならなかった。生物は純粋に自分に頼るよう設計されたからだ。進化は外部からの支援介入の可能性を考慮しなかった。したがって、現状の原因は理解できるが、医学が

役立たず、自重で切れる。隠れた要因を除き、信頼性の指数関数的増加による機能問題は、巨大な複雑さのシステム（数百億や兆の要素の電気デジタル機械）の構築に限界を課す。

重要な問題は、進化的解決策を上回る「信頼性の閾値」を超える装置を製造できるかだ。これは可能性が低い。物質現象のほぼすべてのレベルで同様の限界に遭遇する－－固体物理学、分子工学など。組織や細胞レベルの老化は、生物物理学者の多くが「分子の初等的エラー」「原子の失策」の累積効果と考え、生きている細胞がその存在中に許す「エラー」がシステム全体の可逆性の限界点を超える。もしそうなら、ミクロ物理学の統計的性質、放射性原子の崩壊、原子粒子の結合、原子核による粒子吸収など、すべての物質的事実－－最も単純なものでも－－が抱える単一の不確実性が、「信頼できない」ことに起因するのだろうか？　原子やその「構築」部分－－陽子、中性子、メソン－－は「機械」や行動の規則性を示すシステムとして扱われるが、それ自体が宇宙と呼ぶ構築の「信頼できる」要素や、化学分子、固体、液体、気体の「信頼できる装置」を構成したりしないのか？　つまり、機能の統計的信頼性の低さが、科学が発見するすべての自然法則の核心にあるのでは？　そしてそれは、宇宙が進化の樹と似た形－－「不確実な要素」から「あるシステム」（比較的信頼できるもの）を構築する原理－－で設計されたという事実からきているのか？　さらに宇宙構造の「極性」（物質＝反物質、正粒子＝負粒子など）は、**それ以外の宇宙は**「機能の信頼性の低さ」により進化できず、「原初のカオス」段階にとどまるから不可能という事実のため、不可欠なのだろうか？　この（部分的に架空だとは認める）問題の提起は、人間中心的に見えるか、少なくとも「宇宙の設計者」「万物の創造者」についての議論を開くように思える。しかし、そうではない。進化に人格化された創始者がいないと確定しても、比較的信頼できるシステムを非常に信頼性の低い部品から構築する原理、つまりその設計作業は議論できるからだ。

生物に援助を与える際に、その生物の「不合理な」防御傾向と戦わなければならない事実は変わらない。

4. 進化は、各変化が**即座に**、現在の世代で有用でない場合には、段階的な変化を通じて解決策に到達できない。同様に、小さな変化ではなく根本的再構築を要するタスクを解決できない。この意味で、「日和見的」で「近視眼的」だ。多くのシステムは避けられる複雑な設計で特徴づけられる。これは 2 番目の「無用な複雑化」とは異なる。そこでは、**最終段階（卵細胞＝胎児＝成熟生物）への道筋**の結果としての過剰を批判した。3 番目では、無用な生物的複雑さの有害性を示した。かなり偶像破壊的になってきたところで、こんどはシステム全体のある個別解決策の核心設計を批判している。進化は、例えば車輪のような機械装置を産み出せなかった。車輪は最初から軸、ハブ、円盤などを持つ必要があるからだ。それを発達させるには、大飛躍をとげねばならないだろう。最小の車輪さえ完成した車輪で、「移行」段階ではないからだ。生物にそのような機械装置の大きな需要はなかったが、この例は進化が解決できないタスクをはっきり示している。生物の多くの機械要素は非機械的なものに置き換えることができる。例えば、心臓が適切に変化する電磁場を生む電気器官で、血球が双極子や強磁性材料を持つなら、血液循環は電磁ポンプの原理に基づける。このポンプは、動脈への血液押し込みによる圧力変動を補償する、器官壁の弾性に依存せず、もっと安定した血流を少ない電力で維持する。血液伝達器官が生化学エネルギーを直接血行動力エネルギーに変換するので、収縮時の心臓栄養の問題 (収縮時に最も栄養が必要) が消える。進化の現在の状況では、収縮筋が栄養血管をある程度つぶしてしまい、筋繊維への血液・酸素の流れが一時的に減少する。心臓はこの状態に対処できるが、この解決策は全く不要なためもっと悪い。血液供給の小さな予備過剰は、冠動脈疾患が今日世界の主な死因の一つである状況を生む。進化は双極子分子と電気器官を生み出す能力はあるが、「電磁ポンプ」の解決策は実現されなかった。このプロジェクトはほとんど孤立した 2 つのシステムの全くありえない同時変換を要する：血液生成器官が「双極子」や「磁気赤血球」を産み始め、同時に心臓が筋肉をやめ電気器官にならねばならない。周知の通り、この盲目的突然変異の一致は 10 億年待っても無駄な現象だ——実際起こらなかった。いずれにせよ、進化は爬虫類の心室中隔の開口を塞ぐような、はるかに控えめなタスクさえ遂行しなかった。種の保存に向かって働き続ける限り、最も原始的な生化学的・器官的セットアップのまま創造物を放置するので、低下した血行動力の生産性も気にしないのだ。

この批判の時点では、進化的、つまり生物学的には不可能な解決策など提唱していないことに注意してほしい。例えば、骨歯を鋼鉄に置き換えたり、関節軟骨を合成テフロンに置き換えたりする材料変換は提案していない。遺伝子型の再構築で生物がテフロン（フッ素炭素）を産むのは想像できない。しかし原理的には、人間遺伝子型内に前述の「血液電気ポンプ」のような器官を事前プログラムすることは可能だ。

進化の日和見と近視、または盲目は、最初にランダムに現れた解決策を使い、事故が別の可能性を開くときだけ置き換えるということだ。一度得た解決策がどんなに完璧で効率的でも、それが**道を塞げば**、そのシステムの発展は止まる。例えば、捕食爬虫類の顎は数千万年機械的に原始的だった。この解決策はほとんどすべての爬虫類枝に「引きずられ」（共通祖先から来るなら）、やっと哺乳類（狼のような捕食者）になってから、より良い変化が「成功した」——非常に遅く。生物学者が何度も正しく指摘したように、進化は絶対

に不可欠な解決策を、性的生殖のための完全活力段階で生物に役立つ限り、勤勉に作り上げる。しかし、それ以外は重要性が低いため、偶然の変態と完全に盲目的な幸運に任せられる。

進化はもちろん、現在の活動の結果など何も予測できない——それが種全体を発展の袋小路に導くのもわからず、それが比較的小さな変化で防げるのもわからない。すぐに可能で便利なものを現実化し、他を気にしない。大型生物は脳が大きく、ニューロン数の増加は質量増加を超える。これが「直線進化」、ゆっくりとした持続的な体サイズ拡大への好みを説明する——しかしこれは本当にしばしば、本物の罠で将来の絶滅の道具になることが多く、旧巨大型枝（ジュラ紀爬虫類）のどれも今日まで生き残っていない。したがって、最も不可避な「変更」しかやらないという実にケチくさい進化は、それでも最も贅沢な設計者なのだ。

5. 進化は混沌とした非論理的設計者でもある。それは例えば、種間の再生可能性の分布で見られる。生物は人間の技術設計——**マクロ的視野からの**スペアパーツ——の原理に基づかない。エンジニアは装置のブロック全体を交換可能に設計する。進化は「ミクロ的スペアパーツ」の原理を設計し、器官細胞（皮膚、毛、筋肉、血液など——ニューロンなどの一部を除く）が他の細胞の分裂を通じて常に交換される。その結果として生じる子孫の細胞はまさにこの「スペアパーツ」だ。これは完璧な原理で、工学的ものより優れているが、実際にはしばしば破られるのが欠点だ。

人間は数十億の細胞から築かれる。それぞれは機能に必要な遺伝子情報だけでなく、卵細胞が持つ完全な情報を含む。理論的には、舌の粘膜細胞を成熟人間に発達させられる。しかし実際には、そんな情報は活性化されない。体細胞は胚発生の可能性を欠く。なぜかはわからない。組織間協働の原理に応じた阻害因子（成長抑制）が働いている可能性がある。ちなみに、最近の研究では、がん成長は体細胞突然変異を受けた細胞の阻害因子（ヒストン）の萎縮によるものだという。

いずれにせよ、同じ発達段階のすべての生物は、似た細胞情報過剰を持つため、ほぼ同じ再生をするはずだ。しかし、そうではない。種の進化階層での位置と再生可能性の間に密接な関係はない。カエルはほとんど人間並みに再生が悪い。これは個体的観点から不利で、設計的観点からも非論理的だ。この状態は進化の過程で起きた何かのために生じたのはまちがいない。だが、今は有機システムの創造者としての進化の弱点について、あれこれ弁解はするまい。各進化枝の最終段階、つまり現在生きる「量産モデル」は、対処すべき現条件を反映し、他方で祖先が歩んだ 10 億年の盲目的試行と探索の道を反映している。必然的に妥協の結果となった現在の解決策は、すべての以前の設計の惰性——妥協を含む——で汚れている。

6. 進化は自身の経験を蓄積しない。過去の成果を忘れる設計者だ。毎回新たに探す必要がある。爬虫類は空への侵略を 2 度行った——一度は皮膚をむきだしにしたトカゲとして、2 度目は有機的・実行的・神経的飛行適応をゼロから発達させた。脊椎動物は海から陸へ上がり、水に戻った——その際には「水生への解決策」を新たに始めなければならなかった。完璧な専門化の呪いは、それが現条件への適応だけを表し、専門化が良いほど条件変化で絶滅しやすいというものだ。しかし、最良の設計解決策は、極端な専門化の側枝に詰め込まれることもある。メガネコブラの赤外線反応感覚装置は 0.001 度の温度差を検

知する。特定の魚の電気感覚は 1mm あたり 0.01 マイクロボルトの電圧差に反応する。蛾（コウモリに食べられる）の聴覚器官は「飛行ネズミ」の超音波エコー位置の振動に反応する。一部の昆虫の触覚感度は分子振動を受け取れる限界まで高い。マクロ嗅覚生物（特定の昆虫を含む）の嗅覚がどれほど発達しているかもわかっている。イルカは水力位置システムを持つ。頭蓋骨の凹んだ前部は脂肪でクッションされ、伝達振動の束の受信スクリーンとして機能する。そして収束反射器として作用する。人間の目は光子一つにも反応する。このような器官を発達させた種が絶滅すると、「進化の発明」はそれとともに消える。過去の千年でどれだけ消えたかわからない。存在しても、それらの「発明」を種、科、品種を超えて普及させる方法はない。したがって、人間の高齢者は歯のない生き物だが、この問題は（魚、サメ、げっ歯類など）で何度も違うやり方で解決されているのだ。

7. 進化が「大発見」、革命をどのように行うかはほとんど知られていない。それらが起こるのは確かだ。それが新しい門の創造だ。言うまでもなく、ここでも進化は段階的に進む——他に方法はない。だからその完全なランダム性を非難できるのだ。門は適応や慎重に配置された変化の結果ではなく、進化の宝くじの結果——しばしば大当たりなし——だ。

遺伝子型の進化についてはかなり語ってきたので、シンプソン[*5]に従って今述べることは、これ以上の説明なしで理解できるだろう。大集団で選択圧が低いと、潜在的遺伝変異性の貯蔵庫が発達する（劣性変異遺伝子型で）。小集団では、新しい遺伝的門の発生が偶然止まる可能性がある。シンプソンはこれを「量子進化」と呼ぶ（この飛躍はそれでも、以前にゴールドシュミット[*6]が提唱したものほど革命的ではない——ゴールドシュミットは、仮想的な遺伝子型のマクロ再構築により生まれた結果を「有望な怪物」と呼んだ）。突然のヘテロ接合性からホモ接合性への移行が変異体で起こる。潜在的に残っていた形質が広範な遺伝子で同時に発現する（この現象は例外的に稀なはずだ——たとえば 2 億 5000 万年に 1〜2 回しか起こらないだろう）。

集団の孤立と縮小は、災害や大惨事のような突然の死亡率増加時に最も頻繁に起こる。死にゆく何百万の生物から、進化放射が散発的に現れる。それらは前述の方法で急激に生まれた「試験モデル」で、何ら事前選択されていない。以降の進化がそれらを「実用テスト」にかける。進化の方法は常にランダムなので、「大発明」に有利な状況は必然的にではなく、確率的にそれをもたらす。死亡率増加と孤立は、潜在的な「緊急」予備在庫から表現型変異体の「浮上」を促進するが、予備在庫自体は命を救うような発明でも、新しい系統形態でもなく、無意味で有害な形質のつぎはぎかもしれない。なぜなら、選択圧の方向が突然変異圧と一致する必要はないからだ。陸が島になり、一方で翼のない昆虫が偶然翼を持つ——するとその昆虫の状況はなおさら悪化する。両者は同じくらいあり得る。突然変異圧と選択圧のベクトルが同じ方向を向くときのみ、大きな進歩が可能だ。しかし、この現象は極めて稀だ。設計者の目からすると、この状況は船の救助ボートに補給物資を積むようなものだ。災害後、漂流者はボートの「鉄比率」というコンテナに何が入っているか思案する：淡水か塩酸か、食料缶か石か？　グロテスクに聞こえるが、この絵は進化の方法と、それが最大の成果に到達する状況に正確に一致する。

爬虫類、両生類、哺乳類の単系統発生がこの考えの正しさを裏付けている。すべて一度

[*5] Simpson, *Major Features of Evolution.*
[*6] Goldschmidt, *Material Basis of Evolution.*

だけ発達した。各綱はあらゆる地質時代を通じて一度だけ現れた。次の質問の答えを知るのは興味深い：3 億 6000 万年前に初期の脊椎動物が生まれなかったらどうなったか？　もう「1 億年」待つ必要があったか？　それともこの突然変異ベースの創造の再発はさらに確率が低かっただろうか？　そしてこの発明は潜在的に可能な別の構築を排除しなかっただろうか？

これらの質問には答えられない。起こったことが起こったというだけだからだ。しかしすでに述べたように、突然変異はほとんど常に組織の種類を別のものに変える――とはいえ適応的に「無意味な」ものも多いのだが。遺伝子型の組織レベルの高さは、ランダムなくじ引きのシーケンスが、進歩的な変種や枝を構築する確率を常に 1 に近いものにする条件を生む――ただしシーケンスが非常に長いことが条件だ（「進歩的」形態とは、ハックスリーに倣い、現組織を支配し、さらに発展段階への潜在的移行点として機能する形態を意味する）。「進化の大突破」の例を使って、本書の議論はまたもや、自然設計者の証拠ベースの統計的性格とかなり劇的に衝突した。生物は不確かな部品からあるシステムを構築する方法を示す。進化は、賭け――懸かっているのは生命と死の 2 つ――で工学を実践する方法を示す。

8. 進化のさらに根本的な批判に向かうので、行きがけの駄賃としてその制御方法を非難しておこう。遺伝子型を制御するフィードバックはエラーだらけだ。これで集団の「遺伝的汚染」が説明できる。こんどは、進化の原初的で最も根本的な前提の一つに注目しよう：構築材料の選択だ。小さな粘着性タンパク滴は、進化の試験管であり実験室だ。そのタンパク滴から骨格、血液、腺、筋肉、毛皮、甲羅、脳、花蜜、毒が産まれる。この「生産ボトルネック」の狭さは、最終産物の普遍性と比べると驚くべきものだ。しかし、冷たい技術の制限を無視し、分子・化学的アクロバットの完璧なスキルではなく、最適解決の合理的設計の背後にある一般原理に興味があるなら、多くの告発を準備できる。

生物学的な生物より完璧な生命体をどう想像しようか？　自然システムと似た決定論的システムとして、その生命体は超安定性を最効率のエネルギー、つまり核エネルギーで維持できるだろう。酸化を諦めれば、心血管・リンパ系、肺、すべての中央呼吸調整器、組織酵素の化学装置、筋変化、比較的低く制限された筋力は不要になる。核エネルギーは普遍的変換を促進する。液体媒体は最良のキャリアではない――しかし、そんなホメオスタシス装置ですら作れる。これは、さまざまな遠隔作用の可能性を開く――有線で離散的（神経のような「ケーブル」を使う）またはアナログ式でもいい（放射が情報キャリアのアナログホルモン化合物に相当）。放射と力場はホメオスタシス装置の環境にも作用する――原始的な四肢は、その滑り軸受けとともに不要だ。核エネルギー駆動の生物は我々の目には滑稽で無意味に見えるのはまちがいないが、進化的解決の脆弱さと狭さを適切に評価しようとして、ちょうど宇宙船で離陸しようとしている人物の状況を想像してみてほしい。重力増加で、主に液体からなる体は突然の流体力学的過負荷を経験する。心臓が故障し、血液が組織を流し去るか血管を破裂させ、出血と浮腫が現れ、酸素供給停止後すぐに脳が機能停止、骨格さえその時点で作用する力に対処できない弱い構築物だったことがわかる。今日、人間は自分が作った機械の最も信頼できない要素――そして作用しているプロセスの中で、機械的に最も弱い環――なのだ。

しかし、核エネルギー、力場などを諦めても、生物的解決に戻る必要はない。生物より完璧なシステムは、材料レベルで 1 つ高い自由度を持つシステムだ。形状と機能が事前決

定されず、必要に応じて受容器官や効果器、新しい感覚、新しい四肢、新しい移動方法を産むシステムだ。言い換えれば、我々が技術で遠回しに、二次的な制御装置である脳を通じて実現するものを、自分で「体」制御により直接達成できるシステムだ。

我々の活動の遠回しぶりは排除できる。30 億年もあれば、物質の神秘を探求してそれを不要にできる。

構築材料の問題は 2 つの観点からアプローチできる：自然での生物の一時的適応の観点からすると、自然の解決策には多くの利点があり、将来の展望の観点ではそのすべての制限が前面に出てくる。時間的制限がここでは最も重要だ。何十億年もあれば、準不死を構築できる——それが望みなら。進化はそれにまったく無関心だった。

老化と死の問題を、構築材料の弱点のセクションで議論するのはなぜか？　これは材料の組織方法の問題ではないのか？　すでに本書自身が、原形質は少なくとも潜在的には不死だと言ったではないか。それは永続的に自己更新する秩序だ——つまり設計の核心でそれが崩壊しても、その結果としてプロセスが停止する必要がない。これは難しい問題だ。生物内で、秒や時間単位で起こることは知っていても、年単位の法則はほとんどわかっていない。我々の無知は**成長**、**成熟**、**老化**などの用語でうまく隠されている——しかし、それらは特定の状態の比喩的で曖昧な名前でしかなく、正確な記述ではない。

進化は設計者＝統計学者だ。それはすでにわかっている。しかし、すべてを平均化するという特徴を持つのは種の構築活動だけではない。個体生物の設計も、同じ原理に基づく。胚発生は、目的論的精度で行われる中央制御の化学爆発で、同時に統計からも示唆を得ている——遺伝子は「最終産物」の個別細胞の数や位置を決定しない。単独では、後生動物の組織は死ぬ必要がない。そうした組織は、その生物の外に移植すれば人工の表面で何年も育つ。したがって、生物は全体として死ぬが、構成部分は死なない。これをどう理解するか？　生物は生涯でさまざまな乱れと損傷を受ける。一部は環境からくる。他は生物自身が引き起こす。後者が最も重要かもしれない。すでに生命プロセスの脱線方法は論じた——それは複雑なシステムだと、主に相関バランスの喪失だ。そんなプロセスには何種類かある。病理的平衡の安定化（胃潰瘍の場合）；悪循環（高血圧の場合）；そして雪だるま式反応（てんかん）。大まかに言うと、がん成長はそんな反応に含められる。これらの乱れは老化を加速するが、病に罹らない個体でも老化は起こる。老化は生命プロセスの統計的性質の結果のように見え、それを原始的に表現すると、散弾の発射となる。どれだけ精密な銃身でも、弾は遠くへ飛ぶほど広く散らばる。老化はプロセスが中央制御から徐々に逃れるという、類似の分布だ。死は分布が臨界値に達し、すべての補償装置の予備在庫が尽きたとき来る。

そんな統計は、承認された要素から構築される生物が単純である限り、流れ平衡（ベルタランフィの *Fliessgleichgewicht,* 1952）の発生の元の前提として信頼できる。だがそれが複雑さの閾値を超えると破綻する。この観点から、ずいぶん逆説的に聞こえるだろうが、細胞は後生動物より完璧な創造物なのだ。この発言では、進化が関わったものとは全く異なる言語を使っている、または全く異なる問題を扱っていることを理解しなければならない。死は絶え間ない変化からの多重の結果だ。それは専門特化の拡大の結果であり、また進化が最初にこの材料を使い、他を使わなかった結果でもある——それは当時作成可能だった唯一の材料だったからだ。

実のところ、本書はこの進化という非人間的創造者に本気でツッコミを入れてはいない。むしろ全く異なるものに興味があるのだ。ただ、進化より完璧な設計者になりたいだ

けだ――その「まちがい」を繰り返さないよう注意しなければならない。

人間の再構築

重要なのは、人間を改善しようとすることだ。これについてはさまざまなアプローチが可能だ。「メンテナンス工学」、つまり医学を実践できる。その場合、普通であること、つまり平均的な健康状態がモデルとなり、すべての人がこの状態を達成するための活動が行われる。

こうした活動の範囲は徐々に拡大している。遺伝レベルでは予想外のパラメータを生物に埋め込むこと（前述の冬眠可能性など）も含まれるかもしれない。もっと普遍的な補綴への移行や、器官移植の成功を促す免疫系や神経系の防御活動克服が可能だ。これらはすでに実現されている。初の腎臓・肺移植が行われ、動物ではもっと広範な移植もある（「予備」心臓）。米国では「予備部品」協会が存在し、この分野の研究を調整・支援している。したがって、一部の機能とパラメータを変えることで生物を徐々に再調整できる。これは、客観的必要性と技術的可能性の圧力下で二重軌道のプロセスになるだろう。生物的変換（欠陥・障害の除去、移植経由）と補綴的変換（「死んだ」機械的補綴が自然移植より利用者にとって優れる場合）の形を取る。この範囲内で補綴が人間の「ロボット化」をもたらしてはならないのは言うまでもない。この段階全体は、この世紀中には終わらず、次世紀初めまで続くだろう。これは自然が提供した基本「設計計画」の受容を前提とする。体、器官、機能の設計指令、構築材料としてタンパク質を使うという最初からの前提――そしてそれに伴う老化と死などの必然的結果――は変わらない。

遺伝情報に介入せずに、人間の寿命を 100 年を超えて**統計的に**（個体存在の平均寿命として）延ばすのは、非現実的に思える。多くの学者が「実際的」にも「原理的にも」人間は 140〜160 歳まで生きられると明かした。なぜなら一部の個体がそこまで生きているからだ。これは「実際的に」我々全員がベートーヴェンやニュートンになれるという考えに等しい――彼らも人間だったからだ。もちろん人間に決まってはいるが、コーカサス地方高地の長命者たちも人間だったのだし、平均集団には無縁の話だ。長寿は特定の遺伝子の産物だ。それを集団に広めれば統計的に長寿になる。もっと急進的な変化のプログラムは実現不可能で、おそらく次の 100 年でも不可能だろう。革命的プログラム、生物の再工学を、原始的で素朴な形で想像するしかないのは確かだ。だが、まちがいなく実現できる。

まず、何を望むかを考える必要がある。

空間量の規模――メタ銀河群から銀河、近くの恒星系、ウイルス、分子、原子、量子――があるように、時間量の規模、つまりさまざまな時間の長さがある。後者は前者とほぼ一致する。個別銀河が最長寿（数十億年）、次に恒星（約 100 億年）、生物進化全体（3〜60 億年）、地質時代（5000〜1 億 5000 万年）、セコイア（約 6000 年）、人間（約 70 年）、1 日バエ、バクテリア（約 15 分）、ウイルス、シス＝ベンゼン、メソン（百万分の 1 秒）。

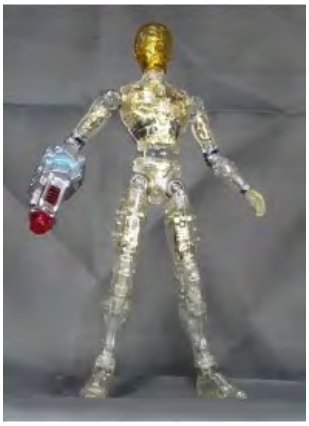
地質時代に匹敵する個体寿命を持つような知的存在を設計するのは全く非現実的だ。そんな人は小惑星サイズでなければならない――または過去のできごとの永続記憶を諦めるしかない。もちろん、SF 直結のグロテスクなアイデアがここで湧いてくる。例えば、都市の巨大地下「記憶トロン」に記憶が置かれ、UV 波で 10 万年前の青春記憶の貯蔵庫とつながるような長寿生物を想像できる。生物的閾値は寿命増加の現実的限界点のように見える（セコイアなら 6000 年）。そんな長寿生物の最も重要な特性は何だろうか？　しかし、

長寿はそれ自体が目的ではない。他の目的に奉仕しなければならない。もちろん今日も10万年後も、誰も未来を確実には予測できない。だからこの「改善モデル」の主な特徴は自己進化可能性で、それが生み出す文明の要求に合った方法と方向で発達できることだ。

したがって、何が可能か？　ほとんど何でも、ただし例外が1つ。人々は事前に共謀し、数千年後のある日「もう十分！ 今のままで永遠に。変わらず、探さず、新発見せず。今より良くはならないし、できても望まない」と決めるかもしれない。

この本では多くのありえないことを描いたが、これが最もありえないように思える。

サイボーグ化



科学者が提案したもので、今日知られている唯一の人間再構築プロジェクト――まだ純粋に仮説的――には別途の考慮が必要だ。しかし、これは普遍的再構築のプロジェクトではない。ある特定の目標、つまり「生態的ニッチ」としての宇宙に人間を適応させるものだ。これは「サイボーグ」（cybernetic organization の略）と呼ばれる。「サイボーグ化」は消化系（肝臓、一部膵臓を除く）の除去で、顎と筋肉、歯も不要になる。会話の問題を「宇宙的」に解決――無線通信の定期使用――するなら唇も消える。サイボーグは骨格、筋肉、皮膚、脳などの生物的要素を持つが、この脳はかつて不随意だった体機能を意識的に調整する。生物の要所に浸透圧ポンプがあり、必要に応じて栄養・活性剤――薬、ホルモン、インパルス誘発物質――や基礎代謝低下剤、冬眠誘発剤を注入する。この自己冬眠準備は故障時の生存確率を大幅に高める。

サイボーグは無酸素条件で走れる（もちろん宇宙服からの酸素供給で）が、循環系はかなり「伝統的」だ。サイボーグは部分補綴人間ではない；部分的に再構築され、栄養調整の人工システムを備え、さまざまな宇宙環境への適応が促進されている。しかし、再構築は微視的レベルではなく、生きている細胞が体主構築材料だ。また、組織の変化は子孫に引き継がれない（遺伝しない）。おそらく「サイボーグ化」は生化学面の再構築を伴う。生物を酸素の恒常供給に依存しないようにするのは非常に望ましい。しかし、これは議論した「生化学革命」への道だ。いずれにせよ、ヘモグロビンより効率的に酸素を貯蔵する体を探す必要はない。クジラは肺の拡大だけでなく、特殊器官群で1時間以上潜水できる。だから再組織の要素の一部を「クジラから」借りればいい。

サイボーグ化が望ましいかどうかの意見をまだ述べていない。この問題を議論するのは、科学者がそうしたものを実際にどう扱っているか示すためだ。だがこのプロジェクトは今日では現実化不可能だろう（医療倫理だけでなく、蓄積的手術介入後の生存確率の低さと生命器官の「浸透圧ポンプ」置き換えのため）。実のところ、このプロジェクトはかなり「保守的」なのだが。

批判の主な源は提案された手術のセットではなく、その最終結果だ。見かけとは逆に、サイボーグは「現モデル」よりいささかも普遍的な人間ではない。むしろ人間の「宇宙変種」――しかもすべての天体ではなく、月や火星に似たもの向けだ。議論した残酷な手順は、サイボーグの適応普遍性についてかなり貧弱な結果を生む。最強の異議は、人間を

「非一般化」するアイデア、おおむねアリのような形で、さまざまな人間タイプを産み出すことについてのものだ。おそらく元の設計者にはそんな対比が思い浮かばなかったのだろうが、まったく偏見のない者でもこれはすぐに頭に浮かぶ。浸透圧ポンプなしで冬眠は可能だし、宇宙飛行士に微小付属品（自動または制御）をつけて、体内に各種の物質を導入できる。だからサイボーグの唇欠如は生物学専門家より広範公衆向けの効果のように思える。こうした再構築では、将来の必要性について一般的に話すのは簡単だが、設計観点から説得力があり——技術的に今日達成不能でも——改善を提案するのは難しいことは認めよう。工業化学はシステム生化学に絶望的に遅れ、分子工学と情報キャリアのアプリケーションは生物の分子技術に比べればまだ児戯に等しい。しかし、進化が「冷技術」の客観条件と狭い元素選択（実質炭素、水素、酸素、硫黄、窒素、リン、微量鉄、コバルト、他金属）の制約したで——自らの選択ではなく言わば「苦肉の策」として——採用した手段は、宇宙の高基準を満たすホメオスタシス構築の分野だと大した成果ではない。合成化学、情報理論、一般システム理論がさらに発達すると、人体はそんな世界で最も不完全な要素になる。人間の知識は生命系に蓄積された生物的知識を超える。その時点になれば、当面は進化的解決の完璧性に対する侮辱と見なされるような計画が本当に実現する。

自己進化機械

人間再構築の可能性が非現実的に思えるので、この目的のための技術も非現実的だと思ってしまいそうになる。脳手術、「遺伝工学制御下の瓶詰め胎児」——このトピックの SF 文学が提供するイメージはこんなものだ。しかし、使われる手順は実際には目に見えないかもしれない。米国ではすでに数年にわたり、結婚を手配するデジタル機械が稼働している——とはいえまだ一般的ではないが。この「機械の仲人」は身体的・知的によくマッチしたカップルを選ぶ。（これまでの限定的）結果によれば、機械的関係の安定性は通常結婚の 2 倍だ。最近では、米国では結婚平均年齢が低下し、50% が最初の 5 年以内に離婚する——おかげで 20 歳の離婚者が増え、適切な親の世話を受けられない子供も増えている。子育ての家族モデルの代替物は発明されていない。なぜなら、これは単に適切な機関（孤児院）に支援を強化するだけではすまないからだ。親の感情はなにものにも代えがたく、初期にこの欠如が続くと、よくない子供時代の経験にとどまらず、我々が「複雑」と呼ぶ感情領域でのしばしば不可逆的な欠陥が生じるからだ。これが現状だ。人間はランダム、または「ブラウン運動」的にカップルを形成する。一定の過渡関係後、「正しい」パートナーに出会い、いっしょになる——その「正しさ」は相互の魅力で確認される。しかし、この評価はかなりランダムだ（なぜなら 50% は誤りだったことがわかるからだ）。「機械仲人」はこれを変える。調査結果が機械に候補者の心身特性の知識を提供し、完璧に合うカップルを検索する。機械は選択の自由を排除しない。1 人の候補者に導くのではない。確率的行動を採り、その信頼区間に属する事前選択されたグループから選択を提供する。機械は**数百万の**人間からそんなグループを選択できるが、伝統的に「偶然」で行動する個体は生涯で数百人にしか出会えない。この方法で、機械は男女が運命の恋人同士がお互いを空しく探し続けるという古い神話を実際に解決する。重要なのは、社会意識がこの事実を永続的に受け入れることだ。だがそんなのは純粋に理性的な議論でしかない。機械は選択範囲を拡大するが、それを個人の頭ごしに物事を平均化して行う——それでエラーと苦しみ、その他の人生の各種苦痛の権利を奪う。誰かはそんな苦痛を望み、少なくとも

リスクの権利を維持したいかもしれない。一般的に、機械の「より良い知識」位置から結婚を調整する利点は欠点よりはるかに大きいので、この技術が広く採用される大きなチャンスがある。これが文化規範になると、「機械仲人」が推奨しない結婚は禁断の魅力的な果実になり、社会はそれを昔の不適切結婚のように見下すかもしれない。そんな「絶望的ステップ」が一部のサークルで「例外的な勇気の兆候」、「危険に生きる」方法と見なされるかもしれない。

「機械仲人」は種に非常に深刻な結果をもたらすかもしれない。個別遺伝子型が解読され、「心身パーソナリティプロファイル」とともに機械の記憶に入力されると、仲人のタスクは人間と人間、遺伝子型と遺伝子型をマッチさせることになる。だからこれは二段階選択プロセスだ。まず、心身レベルで合うパートナーのクラスを分離し、次にこのクラスを第二段階排除プロセスにかけ、さまざまな理由で望ましくない子孫を生む可能性が高い候補者を拒否する――例えば障害者（これは正しい決定だ）、知能レベルが低い、性格が不安定（これは少なくとも当面は疑念を引き起こす）。この行動は、種の遺伝物質の安定と保護として望ましい。特に文明環境の変異体濃度が増加する時には重要になる。集団遺伝子型の安定から将来の発展制御への短い道だ。これは計画的な人口制御の領域に足を踏み入れたことになる。そしてこれは種の進化そのものを制御するための滑らかな移行を提供する――人々の遺伝子型をマッチさせるのは進化制御に等しいからだ。この技術は目に見えないので最も穏健に思える――しかし難しい道徳的ジレンマを生む。いまの文化のルールによれば、社会は重要な変革について知らされる必要がある：例えば「千年の自己進化計画」はどう見ても重要な変革だろう。しかし、適切な理由なしの情報提供は、人々に将来計画を押し付けるに等しい。実施の必要性を説得するものではなくなってしまう。だがそんな必要性の説明は医学、進化理論、人類学、集団遺伝学の広範な知識を持つ者にしか理解できない。

この技術のもう一つの独自性は、システムの異なる形質について異なる結果を得られることだ。例えば、高知能を種の自然特性として広く分布させるのは比較的簡単だ――望ましいほど頻繁ではないが。それは人間と機械の精神的競争の時代には、巨大な意義を持つ。この方法で最も難しいのは、人間の系統組織の深い変革だ。どんな変革か？　一部の研究者（例：ダート）によれば、人間は「遺伝的な負担を負っている」、言い換えると「善」と「悪」に対する欲求の「非対称性」で特徴づけられる。なぜなら、祖先が 75 万年にわたり人食いを実践してきたからだ――それも餓死に直面した例外状況（「通常の」捕食者がやることだ）に限られておらず、定期的にだ。これはかなり前から知られていたが、最近では、人食いは人類発生の創造的要因と見なされてきた。植物食は「知能」を蓄積しないと主張される。バナナは状況評価や接近・戦闘・追跡戦略を発達させる戦術的行動を促さないからだ。だからこそ類人猿は発達段階で止まったのだ。発達が最も速かったのは原始人間で、それは鋭敏さのレベルで匹敵する者を狩ったためだ。これは「鈍い者」のきわめて激しい排除を引き起こす。植物食の知的遅れ者は最悪でもときどき飢えるだけだが、似た者を狩るあまり賢くない狩人は必然的に早死にするからだ。だから「人食い発明」は精神的進歩の加速器で、種間闘争は最も頭の回転が速い者だけに生存保証した。頭の回転の速さは、普遍的生命経験の新しい状況への移転を促進する形質だったという。いずれにせよ、アウストラロピテクス――ここで話すヒト科形態――は雑食だった。石器時代文化の前に骨歯角文化があり、かじられた長骨が、その後に偶然最初の棍棒になった。頭蓋骨と骨はアウストラロピテクスの最初の道具と棍棒で、血の蒸気が最初の儀式を伴った。これ

は別に、現生人類が祖先から「犯罪の原型」を継承したという意味ではない。なぜなら、基本欲求を超えた特定の行動を誘導する蓄積知識は、この方法では伝達されないからだ。しかし、絶え間ない闘争は人間の脳と体を形成したはずだ。文化史の「非対称性」もいささか不可解で、善意が定期的に悪に変わるが、逆の変身は起こらない。確かに、支配的な宗教の一つで、いまだに血が聖体変化の教義で重要な役割を果たす。この仮説が多少なりとも正しくて、人類の脳の中身がその何百年もの現象の結果として形成されたなら、前述の「非対称性」についての種の改善は本当に望ましいものとなる。

もちろん、**本当に**それに着手すべきか、**どう**進めるべきかは今日ではわからない。「結婚機械」は望ましい状態に到達するのに数千年かかるかもしれない；なぜなら、進化の自然速度を最大化するだけだからだ——そして進化はご承知のように、非常に遅いからだ。いずれにせよ、状況はこうだ：自己進化的変革の見通しに対する異議は、その範囲と規模だけでなく、その滑らかでシームレスな発生方法のために生じている。「人間の脳と体を切り刻む」のは嫌悪を呼び、「機械結婚相談」は無害な介入のように見える——しかし、これらは同じような結果に導く道であり、長さが異なっているだけなのだ。

超能力現象

本書ではまだ多くの重要な問題に触れていない一方、他の多くの問題を不当なほど簡略な扱いにとどめた。本書も終わりが近づいてきたこの時点で、テレパシーやその他の超能力現象に触れるのは、未来の問題に多くの時間を費やし、精神の事柄を機械化し、盲目になったとの非難を避けるためでしかない。今日、テレパシーに大きな世間の関心があり、一部の科学者の間でもそれが見られるのだから、テレパシーについてもっと知ることで、物理主義的世界観を根本的に変えられる可能性があるのでは？　あるいはこうした現象が設計者の介入に大して開かれることはないのか？　人間がテレパシーを経験でき、電子脳が人間の真の代替物なら、電子脳も同じように設計されれば超能力的な認知の傾向を示すという単純な結論が出てくる。これは「テレパシー・チャネル」による情報伝達の新技術、非人間の「テレパトロン」や「テレキネシス装置」、サイバネティック透視へと直結する。

私は ESP（超感覚知覚）の文献にかなり精通している。ラインやソールなどの学者が提起し、スペンサー・ブラウン[*7]の知的で簡潔な本に集約された反論には説得力がある。1900 年代の「霊媒」の存在下で行われた現象は、当時の科学者により徹底的に調査されたが、赤外線装置が導入され、完全に暗い部屋でも観察可能になるとほぼ停止した。「霊」は闇だけでなく赤外線双眼鏡も恐れるらしい。

ラインやソールが調べた現象は「霊」と無関係だ。テレパシーというその現象は、物質（感覚）チャネルなしに心から心への情報伝達を表す。隠秘知覚と呼ばれるものは、隠された遠隔の物質的対象から感覚の助けなしに情報取得を行うことだ。サイコキネシスとは、純粋な精神的活動による物質的対象の空間的操作を表す。最後に、透視というのは、既知の前提から結論を引き出したりすることなく、未来の物質現象の状態を予測することだ（「霊の未来への覗き見」）。ラインの研究室で主に行われた研究は、膨大な統計資料を提供した。制御条件は厳しく、統計結果はかなり有意だ。テレパシーではゼナーカードと

[*7] Brown, *Probability and Scientific Interference.*

呼ばれるものが最も頻繁に使われ、サイコキネシスではサイコロ転がし機が用いられ、実験者がサイコロの目の数を増減させようとする。

スペンサー・ブラウンは統計手法を攻撃し、長いランダムシーケンスでは低確率の一連の事象が再発する可能性があると述べる。その確率はシーケンスが長いほど高い。「ツキの波」（および不運の波）はギャンブル関係者みんな知っている。ブラウンは、純粋な偶然により、長いランダムシーケンスの継続で、平均からのどんな大きな逸脱でも拡大する可能性があると主張する。このテーゼは、乱数表を作成した者ならよく知っている事実で裏付けられる。最も混沌とした分布を生むはずの機械が、時に立て続けにゼロを 10 個や 100 個出してしまうのだ。もちろんこれはどの数でも起こりうる。それでもこれはランダムな結果だ。科学者が実験で使う統計技術は「空」ではなく、現象の物質的内容で満たされている。しかし、物質現象と全く関連のない完全に空のランダムシーケンスを長期観察していると、非常に特異な逸脱が生じる。だがその逸脱が繰り返されず、時間が経つと「自ら」分散し、消え、その後の結果が期待される統計平均の周りで長期間にわたりわずかに変動するだけだということから、それが無意味で、つまり偶然だということが証明される。だから起こらない現象を期待して、実験でランダムシーケンスを使う場合、実際には物質的意味から切り離されたそのシーケンスの振る舞いを観察しているだけなのだ。そしてそこでは「有意な統計的逸脱」が時折拡大し、そして跡形もなく消える。ブラウンの論証は徹底的だが、ここでそのすべてを詳述するのは控えよう。なぜなら、議論された現象の不存在を確信させる別の理由があるからだ。

テレパシー現象が本物で、感覚情報伝達に影響するノイズ障害から自由な独自の情報伝達チャネルを形成するなら、生物進化はまちがいなくそれを利用しただろう。それは種の生存競争の機会を大幅に高めたはずだ。例えば、暗い森で獲物を追い、木々に分散するオオカミの群れが、テレパシー接触でリーダーに命じられて陣形を取り直すのは、気象条件、視界、物質的障壁に依存しない接触なのだからずっと簡単だ。また、そんなものがあるなら、進化は異性の相手探しに煩わしい方法を採る必要がなかった。「テレパシー傾向」は匂い、視覚、水力定位などを置き換えたはずだ。

唯一不可解なケースは、蛾が数キロ離れた性的パートナーを引きつける場合だ。しかし、昆虫の触角の嗅覚・触覚器官の敏感さは知られている。蛾はワイヤーケージに入れられてもパートナーを引きつけるが、密閉したシャーレではその現象が繰り返されない。以前、動物の感覚の敏感さを示した。テレパシー現象が自然選択の法則に従うなら、進化の努力は無駄だったことになる。選択が働く限り、生物の特性は最初に現れた時点で選択から逃れられる。蛾、人間、犬が実験でテレパシーの兆候を示すなら、それは生物の形質だ。つまり、中生代の祖先もそれを持っていたはずだ。

20〜30 億年の進化で、現象が数千の実験でもほとんど検出できないレベルを超えて蓄積できなかったなら、統計ツールを分析するまでもない。この問題は将来の見通しがないのだ。どの環境を見ても、テレパシー現象の大きな潜在的有用性と完全な不在が見られる。

深海魚は完全な闇に生きる。原始的な発光器官で周辺を小さく照らす代わりに、テレパシー定位を使ったら？　親と子孫の間に強いテレパシーリンクはないのか？　子孫が隠れている場合、雌は視覚と嗅覚で探し、「テレパシー感覚」は使わない。夜の鳥やコウモリはテレパシー通信を発達させなかったのか？　例はいくらでも挙げられる。テレパシー技術の将来発展の話は安全にやめられる。統計的預言者のネットワークに、未知の現象の

客観的真実がほんのかけらでもあったとしても、それは超能力知覚とは無関係だ[*8]。

サイコキネシスについては、十分敏感なエイントホーフェンの弦式検流計を用意し、霊的アスリートにその鏡から反射して目盛に落ちる光の束を、例えば千分の 1 ミリ動かしてもらうだけで、統計実験は不要だ。この力は、サイコロを振ってポットからテーブルに落として出る目を変え、統計的予測数に比べて出る目の数を増減させるのに必要な力の、数千分の 1 だ。サイコロはポットから落ちて分散する前に短時間しか影響されないが、極めて敏感な検流計のクオーツ弦に作用する場合、アスリートは長時間、場合によっては数日集中できる。

[*8] 超感覚現象への大きな関心を考慮し、以下を付け加える価値がある。人々は「予知夢」や、自身や親族に起きた出来事がテレパシーや隠秘知覚の存在を証明するとして、熱心に語る。こうした話は、目撃者が集めても科学的価値はない。世間の信念に反し、科学がこれを拒否するのは、科学者が「一般人」を軽視するからではない。科学的手法の要求によるものだ。ブラウンから借りた簡単な例を見てみよう：ある国で 500 人の心理学者が統計的手法でテレパシーの存在を調べ始めるとする。統計によれば、半数は平均以下または平均の結果を得、残り半数は統計的に予想される結果から正の逸脱を示す。100 人が特に有意な結果を得て、「何か本当にある」と確信する。その 100 人の半数はさらなるテストで非有意な結果を得て研究を放棄し、残り半数はテレパシー現象を検出したと確信を強める。最終的に、5〜6 人が連続して正の結果を得て「戦場」に残る。彼らは「迷子」になり、自分たちが武器として使った統計の犠牲者であると説明するのは不可能だ。

一般に、個々の事例は科学にとって重要でない。数十億人が夜に夢を見る際、単純な計算でその内容が少なくとも数百例で「実現」する確率が高い。夢の自然な曖昧さ、つかの間性、不可解な現象を好む公衆の嗜好を加えると、こうした話のさらなる伝播が理解できる。完全に理解できない現象（「幽霊」の観察など）や自然法則の停止（「奇跡」）について、科学はそれらを錯覚、幻覚、妄想と見なす。これは関係者を侮辱するものではない。科学者は「学術的勝利」を求めず、科学の利益のみを追求する。科学は集団的かつ包括的な努力で築かれた堅固な建物であり、科学者は検証不可能な現象（主に再現不能のため）のために、数百年にわたり発見された自然の基本法則に反する現象の 1 番目、2 番目、10 番目のバージョンだけを受け入れる気はない。科学は再現可能な現象のみを扱い、それにより調査中の現象と類似の現象を予測できる－－ESP はそうではない。

私にとって「進化的」論拠は決定的だ。何人の人が「テレパシー現象」を見聞きしたり経験したりしても、種の 10 億年にわたる存在期間中に自然進化が「行った」「実験」の数に比べればほぼゼロだ。進化がテレパシー形質を「蓄積」できなかった事実は、蓄積、排除、凝固するものがなかったことを意味する。こうした現象は人間や犬のような高等生物だけでなく、昆虫のような生物にもあるとされる。しかし、昆虫の進化は数百万年続き、六足類全体をテレパシーだけで満たすのに十分な時間だった。生存競争で、感覚器官の助けなしに「テレパシー情報チャネル」だけで環境や生物の情報を得る可能性ほど有用な形質は想像しにくい。ラインやソールの統計が何かを調べているとするなら、それはおそらく人間の心の動的構造で、長いランダム系列の「推測」テストにさらされたものだ。得られた結果は、脳のようなシステムが時折、理解しにくい方法で、こうした系列の推測に最も効率的な戦略に「偶然」出会い、平均をわずかに超える結果を得ることを示すかもしれない。これを言うのは言いすぎだ。なぜなら、ゼナーカードの引きとテストされる人が想像する同等物の「引き」の 2 つの疑似ランダム系列の一致が「ツキの波」によるものでしかない可能性も同じくらいあるからだ。

結論

本の結論は、ある程度はその要約だ。だから種の未来のグノーシス（叡智）の責任を、存在しない機械の死んだ肩に押し付けた私の熱意について、改めて考え直す価値があるかもしれない。人によっては、それが著者自身も気がつかなかった何らかの苛立ちから生じたのではと勘ぐることもできる。著者が歴史的・自身の限界ゆえに科学とその見通しを貫けなかった結果としてその苛立ちは生じたのだろうというわけだ。結果としてこの著者は、ルルスが 1300 年に提示し、スウィフトが『ガリヴァー旅行記』で嘲笑した有名な『アルス・マグナ』の現代版を発明したようだな、とその人は言うだろう。

私の無能さの問題はさておき、これについては以下のように答える。この本は、仮説について比較的堅固な基盤を提供し、存在するものを最も確かなものと見なす点で純粋な空想とは一線を画すのだ、と。だからこそ、本書は常に自然に言及する。というのも、自然にこそ「自律的非精神的予測者」や「知的装置」が位置しているからだ——それが染色体根と脳のような冠となり、そして進化の大樹を形成するのだ。こうした先立つものやその装置を人類が模倣できるかという問いは、理性に基づくので検討に値する。しかし、それらを実際に設計できるのかというのは愚問だ。なぜならそうしたすべての「装置」はすでに存在し、数十億年にわたる実証的テストにかなりうまく合格しているからだ。

残る質問は、私が知的因果の「脳」モデルより非知的因果の「染色体」モデルを重視した理由だ。この決定は、物質と情報の設計要因に基づく。容量、スループット、小型化の度合い、材料の経済性、独立性、効力、安定性、速度、そして重要な普遍性の面で、染色体システムは脳システムを上回り、挙げたすべての領域で優っている。また、形式言語の制約がなく、物質的操作中に意味的・心理的問題が生じにくい。最後に、分子レベルでの遺伝子型アグリゲートの直接対決が、環境の状態に応じて物質的因果の結果を最適化できる——これはまさに受精という行為で示される。受精は、その生命体の将来状態について、二つの部分的に選択可能な「仮説」が対決することで「分子的決断」を下すという行為であり、両性の配偶子がそれぞれの仮説の「キャリア」となる。似たような形で、ある予測の物質的要素を再結合させる可能性は、個体発生プロセスに外部プロセスを課すことから生じるのではなく、染色体の構造そのものに組み込まれている。それに、遺伝子型は、谷はない絶対的な形で、予測という問題に専念している——それは科学にとってもきわめて貴重なものだ。脳にはこれらの設計特徴がどれ一つとしてない。遺伝子型システムより「明確に閉じた」脳は、自分の完全な情報内容と直接対決できない（染色体ができるようには）。高い複雑さの大部分はシステム制御に関連し、「予測作業」に専念できない。脳は「完成」または「テスト済み」モデル、プロトタイプのようだ。その人工器官版が理論形成の誘発者となるには、選択的増幅か何かで繰り返す必要がある「だけ」でいい。この作業に、染色体のような特化システムを使うのは極めて難しく、不可能かもしれない。しか

し「遺伝装置」の成功は、キャリア原子ごとの単位時間内にあるビット数で測ると、きわめて高いので試す価値がある。しかもそれは、たった 1 世代だけでない。そもそも、どの技術者がこの誘惑に抵抗できるものか？　自然は 20 のアミノ酸文字から「純粋」言語を構築し、十分な時間さえあれば――ヌクレオチド音節のわずかな再配置で――ファージ、ウイルス、バクテリア、ティラノサウルス、シロアリ、ハチドリ、森、国家を表現する。この言語は実に完璧に非理論的で、海底や山頂の条件、光の量子性、熱力学、電気化学、エコー定位、静水力学――その他我々がまだ知らない多くのことを予期する。そしてそれを「実際的に」行うだけだ。なぜならそれは、すべてを引き起こすが何も理解しない――だがその知性の欠如は我々の知恵よりはるかに生産的なのだ。染色体言語はまた信頼性が低い。世界の性質についての合成発言を贅沢に投げ散らす。なぜならそれは世界の統計的性質を理解し、それに従って行動するからだ。単一の発言にはまったく注意を払わない。染色体にとっては、何十億年もの表現の全体が重要なのだ。この言語を学ぶのは本当に筋が通っている――なぜなら我々の言語は哲学しか構築できないのに、染色体の言語は哲学者を構築するからだ。

クラクフ、1966 年 8 月

参考文献

Amarel, Samuel. “An Approach to Automatic Theory Formation.” In *Principles of Self-Organization,* edited by Heinz von Foerster and George W. Zopf. New York: Pergamon Press, 1962.

Ashby, W. Ross. *An Introduction to Cybernetics.* London: Chapman and Hall, 1956.

——–. *Design for a Brain.* London: Chapman and Hall, 1952.

Baumsztejn, A. I. “Wozniknowienije obitajemoj planiety.” *Priroda* 12 (1961).

Bellamy, Edward. *Looking Backward: 2000 - 1887.* New York: New American Library, 1960.[訳注: 原著刊行は 1888] 邦訳エドワード・ベラミー『かえりみれば』中里昭彦、本間長世訳、研究社、1975.

Blackett, Patrick M. S. *Military and Political Consequences of Atomic Energy.* London: Turnstile Press, 1948.

Bohm, David. *Quantum Theory.* New York: Prentice Hall, 1951.

Brown, G. Spencer. *Probability and Scientific Interference.* London: Longman, 1958.

Carrel, Alexis. *Man, the Unknown.* New York: Harper, 1935.

Charkiewicz, A. A. “O cennosti informacii.” *Probliemy Kibernetiki* 4 (1960).

Chorafas, Dimitris N. *Statistical Processes and Reliability Engineering.* Princeton, N.J.: Van Nostrand, 1960.

Davitashvili, L. S. *Teoria Polowogo Otbora.* Moscow: Izdatel’ stvo Akademii Nauk SSSR, 1961.

De Latil, Pierre. *Thinking by Machine: A Study of Cybernetics.* Translated by Y. M. Golla. London: Sidgwick and Jackson, 1956.

De Solla Price, Derek J. *Science since Babylon.* New Haven, Conn.: Yale University Press, 1961.

Goldschmitdt, Richard. *The Material Basis of Evolution.* New Haven, Conn.: Yale University Press, 1940.

Hoyle, Fred. *Black Cloud.* New York: New American Library, 1957. 邦訳フレッド・ホイル『暗黒星雲』鈴木敬信訳、法政大学出版局、1974.

Huntington, Ellsworth. *Civilization and Climate.* New Haven, Conn.: Yale University Press, 1915.

——–. *Mainsprings of Civilization.* New York: John Wiley, 1945.

Ivachnenko, Alexey Grigorevich. *Cybernetyka Techniczna.* Warsaw: Wydawnictwo

Naukowe, 1962. Also published as *Technische kybernetik* by VEB, Berlin, 1962.

Jennings, Herbert Spence. *Behavior of the Lower Organisms.* New York: Columbia University Press, 1906.

Koestler, Arthur. *The Lotus and the Robot.* London: Hutchinson, 1960.

Leiber, Fritz. *The Silver Egghead.* New York: Ballantine Books, 1961.

Lem, Stanisław. *Dialogi.* Cracow, Poland: Wydawnictwo Literackie, 1957.

Lévi-Strauss, Claude. *Race and History. Race Question in Modern Science.* Paris: UNESCO, 1952. 邦訳クロード・レヴィ＝ストロース『人種と歴史』荒川幾男訳、みすず書房、1970.

Magoun, Horace W. *The Waking Brain.* Springfield, Ill.: Thomas, 1958.

Marković, Mihailo. *Formalizm w logice współczesnej.* Warsaw: PWN, 1962.

Olds, James, and Peter Milner. "Positive Reinforcement Produced by Electrical Stimulation of Septal Area and Other Regions of Rat Brain." *Journal of Comparative and Physiological Psychology* 47, no. 6 (1954): 419 - 27.

Parin, W. W., and R. M. Bajewski. *Kibernetika w miedicinie i fizjologii.* Moscow: Medgiz, 1963.

Pask, Gordon. "A Proposed Evolutionary Model." In *Principles of Self Organization,* edited by Heinz von Foerster and George W. Zopf. New York: Pergamon Press, 1962.

Schmalhausen, I. I. "Osnovy evolucyonnogo processa v svietje kibernetiki." *Problemy Kibernetiki* 4 (1960).

Shapiro, J. S. "O kwantowanii prostranstwa i wriemieni w tieorii 'elemientarnych' czastic." *Woprosy Filosofii* 5 (1962).

Shapley, Harlow. "Crusted Stars and Self-warming Planets." *American Scholar* 31 (1962): 512 - 15.

Shields, James. *Monozygotic Twins: Brought Up Apart and Brought Up Together.* Oxford: Oxford University Press, 1962.

Shklovsky, Iosif S. *Wsieljennaja, zizn, razum [Universe, Life, Intelligence].* Moscow: Izdatel' stvo Akademii Nauk SSSR, 1962.

Simpson, G. G. *The Major Features of Evolution.* New York: Columbia University Press, 1953.

Smith, John Maynard. *The Theory of Evolution.* London: Penguin Books, 1962.

Stapledon, Olaf. *Last and First Men: A Story of the Near and Far Future.* London: Methuen, 1930. 邦訳オラフ・ステープルドン『最後にして最初の人類』浜口稔訳、ちくま文庫、2024.

Taube, Mortimer. *Computers and Common Sense: The Myth of Thinking Machines.* New York: Columbia University Press, 1961.

Thirring, Hans. *Die Geschichte der Atombombe.* Vienna: Neues Osterreich Zeitungs-und-Verlags gesellschaft, 1946.

Turing, Alan. "Computing Machinery and Intelligence." *Mind* LIX, no. 236 (1950): 433 - 60.

von Bertalanffy, Ludwig. *Problems of Life: An Evaluation of Modern Biological*

and Scientific Thought. New York: Harper, 1952.　邦訳ルードウィッヒ・フォン・ベルタランフィ『生命：有機体論の考察』長野敬訳、みすず書房、1974.

Wiener, Norbert. *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine.* 2nd rev. ed. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1961. First published 1948. 邦訳ノーバート・ウィーナー『サイバネティクス：動物と機械における制御と通信 第 2 版』池原他訳、岩波文庫, 2011.

おまけ：30 年後

[訳注：1964 年の『技術大全』原著は、ポーランドの有名な哲学者レシェク・コワコフスキーに、ただの空想おとぎ話の寄せ集めと酷評された (らしい。実際のものは未見)。コワコフスキーは、反共主義に転向してマルクス主義批判をやったのが西側で珍重されていたが、大した哲学者には思えない。がそれはさておき。]

それを気にして、レムは 1967 年の第 2 版で「芸術と技術」という章を丸ごと削除するなど、かなり改訂を加えたが、ずっとその酷評を根に持っていたようだ。本稿は、1991 年にそれを振り返り、第 6 章「幻影環境」の記述が現在の VR を予見していた、どうだすごいだろう、これもあってる、あそこもあってる、それなのにコワコフスキーは自分のまちがいを認めない (どこかにそれについて書いたらしい)、クソバカ哲学者氏ね、と罵倒するもの。この本、そういう短期の未来予測の本じゃないって自分ではっきり書いているのになあ。だからかなりつまらない、というか書かないほうがよかったのでは、という低レベルな文章だが、一応は関連資料として翻訳しておく。使った原文は Peter Swirski ed., *A Stanislaw Lem Reader* (Northwestern University Press, 1997) 収録の英訳 。その原文は “Trzydziesci lat później,” *Wiedza i Zycie* (June 1991): 11-23.]

なお、これ以外に「20 年後」という文章が 1980 年代初頭に当時の新版のおまけとしてついていたそうだが、未見。もうちょっとマシなものであることを祈りたい。]

未来予測を志し、科学の地位に上がろうとする未来学の完全な歴史は（寡聞にして）まだ書かれていない。この歴史は有益であり、哀れで面白くもあるだろう。なぜなら、自称予言者たち——それ以外は誰もいなかった——が、ローマクラブ（など）の後援を受けて未来を暗黒に描いた者たちを除き、ほとんど常にまちがっていたことが示されるからだ。

未来学ブームは多くのベストセラーを生み、その著者に金と名声をもたらした。これは政治家や一般大衆が抱く（幻想でしかない）希望、つまり未来がついに予測**可能だ**と信じた結果だ。しかし、このブームは一時的なものに過ぎなかった。その予測の不正確さがもたらした失望は、主要な未来学者の突然の名声を取り巻く状況が面白かったのと同じくらい哀れだった。ハーマン・カーンを見れば十分だ。彼は数年前に死んだので、多数の未来学ベストセラーでの予測のまちがい（弟子や対抗者たちのまちがいよりはるかに根本的なもの）についての責任を免れた。ランド研究所とハドソン研究所の共同創設者であるカーンは、最初に熱核戦争の恐怖を予言し、流行の風が変わると、何世紀も先の予測（例：『次の 200 年』）を進め始めた。彼は予測シナリオを無限に増やしたが、スタッフの助けを借りて驚くほど多様なシナリオを生み出したにもかかわらず、何一つ予測通りに実現したことはなかった。それでも上記の機関は、未来に向けたすべての予測の確実な失敗と、誤りを犯した指導者の死の後も生き延びた。なぜなら、機関は創設よりも解散が難しいからだ。その長寿を保証する主なものは、仕事の成功率ではなく、構造の硬直性だ。数百万ドルの助成金や寄付が投資されると、それが無駄になっても給与を受け取る者には関係ない。

だが確かに、未来学はもはや流行ではない。依然として活動はしているが、はるかに慎重となり傲慢さが減り、信奉者や活動家は完全な記憶喪失という鉄壁の、または黄金のルールに従う。彼らは失敗した予測には決して戻らず、代わりに新しいものを大量に書き、そういうインチキで生計を立てる者の清らかな良心をもってそれを出版する。そのような未来学者は多いが、その正体を暴露するつもりはない。なぜなら、名前を挙げるのは不快だからだ（*nomina sunt odiosa*）。私は自分のささやかな未来学への貢献について、つまりプロ・ドモ・スア（自己弁護）として書くつもりだ。この貢献は二重の性質を持つ。40 年以上にわたり執筆を続けてきた私は、この世界が将来どうなるかという単純な好奇心にますます駆られている。私が SF として書いたもののほとんどは、この問いに対する真剣な好奇心に導かれている。それでも、私の予測がどれほど正しくても、それが文学的フィクションの形で提示されると、未来学研究の一部とは見なされなくなる。その理由は、すべてのフィクションを支える詩的自由（*licentia poetica*）だ。これは文学に真実でなくてもよい発言を進める権利と特権を与えるが、同時に信頼性を奪う。

小説で描かれた通りに物事が起こるかもしれないし、全く異なる展開になるかもしれない。著者を非難する者はいない。なぜなら、フィクション作家には非断定的な推測が許されるからだ。そのため、1961 年から 1963 年にかけて、私は現実との対峙にあたり、この便利な保護を捨てようとした。その結果が、非文学的な『技術大全』だ。これは完全に未来学的でもなかった。この種の未来に関する著作は、当時まだ流行していなかったからだ（奇妙に思えるかもしれないが、書いている間、自分でも何をしているのかよくわからなかった）。この本は 3000 部の控えめな部数で出版され、ほぼ跡形もなく消えたが、例外が一つある。レシェク・コワコフスキーが 1964 年 11 月の『トヴルツォシュチ』誌に「情報とユートピア」というタイトルで『技術大全』批評を書いた。コワコフスキーは、私の本の予測の本質となるさまざまな仮説を一蹴し、読者がおとぎ話と情報を選り分けるのに苦労するだろうと宣言した。少々の賛辞を認めつつも、彼はそれを大量のタールで黒く塗り、結論では私が哲学の王国に対する「清算的態度」を取っていると非難した。特に、未来において哲学の王国が技術の侵略を受けるかもしれないという私の推測を強く非難した。彼は次の言葉で華やかに締めくくった：「では、現代科学の侵入の後に哲学に何が残ったか、というモーリス・メルロ＝ポンティの問いに、彼がしたのと同じ答えを与えられる：これまで哲学だったすべてだ」

この発言は、最初にキリスト教に反対してマルクス主義哲学を支持し、後にマルクス主義に反対してキリスト教を支持した哲学者のものとしては、容赦ないと同時に奇妙だ。多くの人と同じく、私はコワコフスキーの作品を高く評価する。特に『宗教』は、歴史的視野から、信者が神を熱心に求めるほど、教会の教義のために血を流し、まさにその態度により背教や分派主義への道を開くことを示している。彼のマルクス主義三部作は、永久運動機械の建設の歴史と同じくらいの魅力しかなく、私はあまり興味をおぼえなかった。永久機関は決して作れないが、何世紀にもわたり、人々はそのために最大の努力を重ね、独創的で風変わりなプロジェクトを大量に生み出した。それらのプロジェクトが、書かれた辛抱強い紙から持ち上げられ、建設へと押し込まれても、誰も驚きもしなかった。地上の楽園を構築する理論も同じで、マルクス主義は我々に――苦しむ者に――その楽園の青写真を与えたのだった。そしてますます明るい未来へと永続的に推進する中で、大量の墓と廃墟を与えた。そこから脱するには最大の忍耐と困難が必要となる。

なぜそんなことを述べるのか？　30 年前、私は哲学者の批判を黙って耐えねばならな

かった。彼は私のすべての予測を、予測というのがまだ存在しない状態の記述にすぎないという理由だけで否定したのだ。そして存在しないのだから、それを著名な思想家が書評で「おとぎ話」と呼び、その著者を砂遊びの少年に例え、玩具のシャベルで懸命に働き、地球を突き抜けて反対側に到達すると主張する子供のようだと述べたとき、どうやってその描写を弁護しろというのか？

しかし、コワコフスキーが SF やおとぎ話に根ざした幻想とラベル付けした私の予測は、徐々に実現し始めた。私は何年も前から『技術大全』を再版し、間に何が実現し、発展段階にあり、予測で何が誤っていたかを示す解説を加えるというアイデアを弄んでいる。今は、『技術大全』の「幻影環境」の章だけを取り上げるが、その理由は二つある。第一に、私が考案した情報技術の分野がすでに存在するから。第二に、その全く非幻想的な実在性が、コワコフスキーの立場を変えなかったからだ。彼が私の予測能力を——いまや明らかに不当かつ誤って——非難した言葉を撤回しなかったのは、サイバースペース、仮想現実についての科学文献や、私がかつて想像した装置が Eye-Phone やデータ・グローブなどの名前でたっぷり載っている価格カタログを読む手間をかけなかったからだと理解している。彼が読まなかった理由は、哲学的無謬性が相変わらず彼の態度の基盤であり、どこで何が起こってもコワコフスキーの断定的発言に挑めるものなどないからだ。ジグザグに態度を変えた哲学者の態度としては少し奇妙だが、彼を非難する攻撃的な文章を書くつもりはない。なぜなら、「情報とユートピア」での師の言葉を繰り返すなら、「私の批判は謙虚だ」からだ。

私が哲学の王国への技術の侵入について書いたことを再構成し、専門的・学術的および一般向けの本で**今日**描かれている、ごく平凡に起こったことと対比してみよう。ポーランドにはそんな文献はないが、適切な翻訳がすぐ現れるはずだ。あるアメリカ人がかつて言ったように、大きな波の 1〜2 年前に現れる先駆者は名声と富を勝ち取る。しかし、30 年前に登場した者は、良くても忘れられ、最悪では嘲笑される。私の運命は後者だった。

自分の本を議論するのは著者らしからぬ行いだが、『技術大全』の哲学的内容を誰も本気で分析しようとしなかったので、構想からほぼ 30 年後にその主題を要約せざるを得ない。今日ではその作業は簡単だ。なぜなら、執筆当時は自分が何を達成しようとしているのか完全にはわかっていなかったからだ。全体の構造さえ当時はわからなかった。本は「ひとりでに書かれた」ように書いた。それでも、今日、私の予測のかなりの正確さの理由を識別できる。それは偶然でも、個人的な才能に由来するものでもない。単純に、私の一般的前提は、生命と生物科学が調べるプロセスが、工学的アプローチが可能なすべての現象の未来の構築者にとって、インスピレーションの金鉱になるという確信だった。この観点からすると、自動化された叡智としての「情報の栽培」（唯一の批判者であるコワコフスキーには実に異様に見えた）は、動植物の自然進化からの剽窃に他ならない。進化はまさに情報栽培者であり、共通の知識の樹——遺伝コード——からすべての生き物の種の連続的発展を目指したのだ。これはさらに、厳しい環境で生き残るために必要な、人の感覚系の考察に至った。したがって、私の幻影環境の章（およびこの文）の根本問題は、知的存在が生きる現実と区別できない合成現実をどうやって作るか、というものだ。「人がすべての感覚を覆うフェイスマスクのような合成現実を作り、実際の世界からその『マスク/幻影装置』で隔てられていることがわからないようにできるか」と拙著では問うた。

この挑戦——私が次の千年まで達成されないと思った——の背景は、英国の唯物論司教ジョージ・バークリーの教義だ。彼のテーゼは「存在するは知覚されること（*esse est*

percipi)」と簡潔に表される。確かに、我々が存在するとみなすものは知覚に依る、少なくともその哲学者の生涯（1685-1753）ではそうだった。バートランド・ラッセルの『西洋哲学史』は、独創性と計算された主観的見解（ヘーゲルをあんぽんたんと評している）で高く評価するが、物質を理論物理学の方程式で定義されたパラメータを満たすものとしている[*9]。私が彼の見解には同意できない理由は単純で、理論物理学には代替理論があるが、物質は、それが存在するなら（私は存在すると思う）、たった一つしかないからだ。

余談として告白するが、必要に応じて時折哲学に素人として挑戦したものの、その労力の多くを不毛だと考える。問題は、哲学を行うには言語を使う以外に方法がないことだ。（科学哲学全般、特に幻影環境から派生した実験哲学について考察したが、この仮説はあまり熱狂的に受け入れられなかった。）言語を詳細に調べると、逆説的に物質と似てくる。物質を実験や理論の拡大レンズで調べると、しばらくして悪循環（*circulus vitiosus*）に陥る。最も小さく基本的な粒子とされたものは、例えばクォークから成るからまだ先があり、そのクォークは観察——つまり知覚——されていない。理論上、クォークは途方もない圧力や温度で物質から抽出可能だが、もはや「小さな」基本粒子の構成要素とは見なされず、奇妙にも「大きい」ことが判明する（その間、クォークをさらに「深く」探る努力が惜しまれていない）。言語もほぼ同じで、個々の単語は意味の自律的担体ではなく、上位の単位を参照する。結局、言語が単語から成るにもかかわらず、単語は言語というシステムに埋め込まれた機能——その埋め込み方——からしか意味を得ない。この混乱した状況は、哲学者を言語学者の議論やジレンマに突き入れる。哲学者が発言の構造を深く探るほど、絵画が何でできているかを知りたい科学者と同じ経験をする。超顕微鏡で印刷インクの拡大ドット、紙のセルロースのふわふわした繊維、分子、原子を超え、誰も見ることができないクォークについて話す必要がある地点に至る。言い換えれば、言語の究極の正確さに到達しようとする過剰な精密さは、クルト・ゲーデルが発見した恐ろしい深淵に飲み込まれる形式システムに導く。この発言で、とりあえず余談を終える。

幻影装置とは、人が全感覚系を通じてコンピュータ（私がマシンまたは単に幻影装置と呼ぶ）に接続される方法を指す。コンピュータは、目、耳、皮膚などに、通常の環境、つまり現実世界が継続的に供給する刺激を完全に模倣する刺激を入力する。同時に、コンピュータはフィードバックで接続され、幻影化された人の知覚活動に機能的に依存する。これにより、この手順の対象者に、実際にはいない場所にいる、実際には幻想にすぎないことを本当に経験している、普段とは全く異なる行動をしているという揺るぎない確信を生む。その人は、現実で経験するものと区別できない印象（視覚、嗅覚、触覚など）を経験する。その同一性は幻想や恣意的仮定ではなく、中心的前提だ。したがって、私の幻影装置予測では、視覚、聴覚、嗅覚を支配する刺激と区別できない刺激の生成が可能だと仮定した。その間、これはすでに起こっており、ローマは一日にして成らずなので、今のところ不完全さはある。一方で、幻影装置が適切に機能すれば、「私は存在する」か「私は幻影化されているか」の診断はますます難しく、境界線では不可能になる。このように、レムの「おとぎ話」は徐々に反駁できない事実に変わりつつある。

すでに工学的成功の真っ只中に飛び込み——哲学の教義領域への技術の侵入を事実とする——1991 年 4 月 6 日の『ニュー・サイエンティスト』に掲載されたポール・マルクス

[*9] London: Unwin, 1946.

の記事から抜粋を引用する[*10]。専門家のジョナサン・ウォルダンが作成したコンピュータプログラムは、仮想現実――私の用語では幻影環境――に接続されたすべての人に、それが完全に本物だと強く信じさせる。「W インダストリーズでは、システムを使用した従業員は少なくとも 30 分間車を運転してはいけないという不文律が厳格に守られている。」理由は？　幻影環境セッションで、人が運転プログラムと対話する際に経験するすべての衝突や事故が、当然危険な結果を伴わないため、幻影装置の席から普通の車に変わると簡単に事故につながるからだ。

コンピュータプログラムが作成した幻想――すべての感覚を包み、通常の死すべき現実から切り離す――は、合成から本物の存在への移行を極めて難しくする。上記の会社は今のところ限られたプログラムしかリリースしていない：飛行機操縦シミュレーター、宇宙旅行、指定地域の飛行（例：シアトルダウンタウンの超高層ビル上空）、および上記の表面車両の走行。これらはすべてテスト、パイロット訓練、運転試験で使われ、使われているが、はるかに広い応用範囲を持つ。私はこれを議論するが、現存技術の成果ではなく、私自身の 30 年前の予測を参照する。

スタニスワフ・ベレスの『スタニスワフ・レムとの対話』（1987 年文学出版社発行、インタビュアーの序文によれば執筆 1981-82 年）で、私は「幻影環境について書いたとき、実験哲学の観点から（ありえないほど）興味深いが、社会的結果は恐らく悪夢的だろうと強調した」（93）と述べた。この文脈での暗黙の言及は、再び（ああ）レシェク・コワコフスキーで、彼は私を「科学技術官僚の主要イデオローグ」と呼んだ。『対話』で私は、同じ論理で、コレラや腺ペストのような感染症の教授を「悪性流行の主要イデオローグ」と呼ぶべきだと述べた。問題は、消費的・許容的文明が技術の果実で何をするかではなく（不快な性質から）、技術がどんな果実を生むかだ。なぜなら――陳腐に聞こえるが――大量破壊の手段を得てこそ、それを実行できるからだ。この意味で、人類の運命に関心を持つ者は、そんな手段の本質についての知識に無関心ではいられない。特に哲学者はそうだ。

1991 年 3 月 11 日の『デア・シュピーゲル』から引用すると、英国ではすでに 5 万ポンドで幻影装置を購入可能で、広告キャンペーンは「研究所、ゲームアーケード、建築家、軍事複合体」を対象とする。この技術は東芝、三菱、松下、シャープ、サンヨー、富士ゼロックス、任天堂などの日本企業も開発した――アメリカ人やドイツ人も言うまでもなく、1991 年にフィクション現実を生む新産業の可能性についてのシンポジウムを開催した（彼らは「仮想現実」という名前を堅持する）。フランス人も遅れていない。適切なプログラムのおかげで、モナコのアルベール王子は存在しない英国庭園を散策した。他の者は海や山を飛んだ。

1990 年 8 月 20 日の『デア・シュピーゲル』は、ニューヨークの出版社サイモン&シュスターがハワード・ラインゴールドに幻影装置に関する本の前払いとして 7 万 5 千ドルを支払ったと報じた。その中で最も重要な質問は当然「コンピュータとセックスできるか？」だ。そんな態度や他のものが、私が上記引用で新情報技術の「悪夢的社会結果」と書いた理由だ。すでに多くの人がコンピュータに「ジャックイン」し、すべての種類の禁断の果実の消費を妨げないフィクションの世界を夢見ていると聞く！

30 年前に私はどう想像したか？　選んだ引用を導入する時だ（『技術大全』1964 年版、211 頁以降）。「芸術は」と私は書いた、

[*10] "An Extra Dimension of Realism for Game Arcades," *New Scientist* 130 (1991): 23.

> 一方向情報転送だ。我々は映画投影や劇場公演の受信者にすぎない。受動的受信者であって行動参加者ではない。本は劇場のような幻想を提供しない。なぜなら終章をすぐ見て予め決定されたことがわかってしまうからだ。（中略）ときどき SF で未来娯楽について読むが、それはいま述べた実験に似た活動で構成されることになっている。登場人物が必要な電極を頭に置き、サハラ砂漠の真ん中や火星表面に突然やってくる。この手の記述の著者は、この「新」芸術と現在のものの違いが、固定・予め決定された内容への両者の「連結」方法——それ自体重要でない——とだけだと気づかないのだ。電極なしでも立体「サーカラマ」で似た幻想を得られるし、追加嗅覚チャネルとステレオ音付きでそれをやることもできるのだということを認識していない。(中略)
>
> 幻影環境は「人工現実」と受信者の双方向連結を作成する。つまり、幻影環境はフィードバック芸術だ。もちろん、役者を雇い、17 世紀廷臣に扮装させ、自分がフランス王の衣装を着て、適切な設定（たとえば借りた古城）で「ルイの玉座統治」を演じることはできる。こんな活動は基本幻影環境にすら含まれない——その理由の一つは、その領域から退出できるからだ。
>
> 幻影環境は、創造されたフィクションの世界から現実世界への「出口」がない状況を作成する。ではこれから、幻影環境を実現する手段を一つずつ探り、幻影化された人が自分の経験を幻想にすぎないと確信する方法が何か想像できるかどうかという興味深い問いを検討しよう。

次の『技術大全』の章を引用する前に、哲学的側面にはあまり注意を払わなかったことを述べておきたい。1961-63 年に同書を書いた際、存在しない技術に関する準バークリー的帰結の考察は抽象的すぎる課題だと結論づけた。私は、フォードやベンツが単気筒エンジンの初歩的な馬車を生み出す前に、輸送の世界的拡大がもたらす深刻な問題——環境汚染、交通渋滞、駐車問題——を考える人の立場にいた。これらの輸送爆発が利益（観光やカーレースの娯楽など）をもたらすか、歴史上知られていない危険をもたらすか。また、19 世紀半ばのこの予見者が交通渋滞の心理社会的影響まで含めたなら、その預言は特異な破滅主義として受け取られたはずだ！ 同様に、私は幻影環境の市場化による存在論的効果を、需要と供給の文脈で過剰に探求したくなかった。（需要と供給は今、数十億ドルの投資と技術的に刺激された欲望の巨大な加速段階にあり、「コンピュータとセックスする」という我々にとって衝撃的なスローガンに見られる。）

『技術大全』の次の節のタイトルは「幻影機械」だ。以下はその抜粋：

> 幻影発生器に接続された人は何を体験できるのか？　あらゆるものだ。アルプスを登り、宇宙服や酸素マスクなしで月を歩き、献身的なチームを率い輝く鎧を着て中世の町や北極を征服できる。マラソン優勝者や史上最大の詩人として群衆に歓呼され、スウェーデン国王からノーベル賞を受け取ることもできる。ポンパドゥール夫人を愛し、愛され返し、イアーゴと決闘してオセロの仇を討つか、マフィアの殺し屋に刺されることもできる。巨大な鷲の翼を背に生やし、空を飛んで、さらに魚になり、サンゴ礁で一生を過ごすこともできる。サメとして口を大きく開け獲物に突進できる。泳ぐ者を捕らえ、美味しく食べ、水中洞窟の静かな角で快く消化することさえ可能だ。身長二メートルの黒人となったり、ファラオのアメンホテプに

なったり、アッティラになったり――または逆に――聖人になることもできる。予言者になり、しかも全予言が 100% 成就する保証まで得られる。何度も死んでは復活できる。

そんな経験をどう実現できるだろうか？　もちろんそう簡単にはいかない。この男の脳を機械に接続し、嗅覚、光学、感覚、その他の刺激の流れを脳に送らねばならない。これでピラミッド頂上に立ち、世界一美しいミス・ワールド 2500 の腕に抱かれ、鎧の敵に剣で死をもたらす。機械は脳が受け取る衝動に応じて生まれる衝動を、瞬時に自分のサブシステムに送らねばならない。フィードバックの修正ゲームと、適切に設計された自己組織化システムによる衝動の流れの組織化で、ミス・ワールドは彼の言葉とキスに応じる。彼が摘もうとする花の茎は柔らかく曲がり、彼が嬉々として刺す敵の胸からは血が噴き出す。この講義のメロドラマチックな調子を許してほしい。だが、紙幅や時間を無駄にすることなく、「フィードバック芸術」としての幻影環境の働きを概説したいのだ。これは受信者が積極な参加者・主人公となり、事前プログラムされた出来事の中心にいる分野となる。技術用語を使うよりこのオペラ的言語の方がおそらくは良い――技術用語は記述を極めて不格好にするばかりか、いまのところ幻影機械もそのプログラムも存在しないので、かなり役に立たないものとなってしまう。

これは 1962 年のレムだ。今、マシンとプログラムが存在するので、一般にアクセス可能な出版物（仮想現実に関する本はウサギかそれ以上に増殖）から予測を具体化できる。例えば、ヘリコプター飛行シミュレーターでは、頭にヘルメットを、身体にセンサー付き衣類、手にセンサー付き手袋を装着した「サイバーノート」は、ヘリコプターの操縦席にいる自分を見る。「窓」を開け、ボタンを押し、目の前の制御装置を動かし、エンジンを始動したり、ローターの角度を変えたりできる。「マシン」「ヘリコプター」で上昇・着陸したり、「窓」から「景色」を楽しんだりする。データグローブの内側には膨張要素が隠され、「パイロット」は「ジョイスティック」を握る本物の感覚を得る。調整すると、シミュレートされた飛行機と外部環境全体が、実際の飛行をすべての可能な動きで巧妙に模倣する変化を遂げる。

これらはもはやレムの幻想ではない。適切な装置とプログラムを借りるか購入するだけで体験できる。飛行中の典型的な感覚で飛行機酔いになり、シアトルだけでなく嘔吐所にも飛べる。これで予測の正確さを語るのに十分ではないか？　そして、プログラマーの群れがすでに「コンピュータとのセックス」のシミュレーション達成に熱狂的に取り組んでいるのではと推測するのに十分ではないか？　何年も前、『技術大全』ではこの主題にあまりスペースを割かなかったことを認める。私の主な焦点は、ハーレム的コンピュータ化やその他の放縦な形態に及ばなかった。しかし、私が省略したものはすべて、幻影構築者/設計者にとって肥沃な土壌となり、エロティック志向の産業が宇宙遊泳を管理する産業より利益を上げるだろうと恐れる。

30 年前の『技術大全』から引用を続ける。私は次のように書いた：

機械は受信者・主人公の全可能行動を事前予測するプログラムなどは実行できな

い。それは不可能だ。だが、機械は幻影に現れる全人物（敵、廷臣、ミス・ワールドなど）の複雑性レベルを表す必要はない。みなさんもご存じの通り、夢では各種の普通でない環境に出くわす。多くの人々に会い、中には異様なやつもいる。その奇妙な行動で驚かされ、発言に驚かされる。群衆丸ごとと会話したりすることさえある。これらすべて——この多様な環境や夢のパートナー——は、たった一つの存在の産物だ。それは夢見る脳だ。幻影視覚のプログラムはこのように、一般的なものにしかなれない。たとえば「第 11 王朝のエジプト」や「地中海の海洋生活」などだ。機械の記憶バンクは、その与えられたテーマの全事実を蓄積しておく必要がある——必要に応じて無生命記録からそれを変容・活性化するのだ。その必要というのはもちろん、幻影化された人の「行動」そのもので決まる——例えば、頭を回しファラオの玉座室の「背後」部分を見る。脳から首筋肉への衝動に即座に「対抗」し、光学画像の求心投影を変え、「室の背後部分」が彼の視野に入るようにするわけだ。人間脳から送られるどんなに細かい変化にも、機械は変化が要求する形で即座に反応しなければならない。

もちろん、これらは第一歩にすぎない。生理光学、重力などの法則を忠実に再現されねばならない（選択視覚がこれに反しない限り：「腕を振る」だけで飛ぶ、つまり重力に反したことをしたい人も出る）。だがすでに述べた厳密に決定論的な因果連鎖以外、視覚はある程度の自由度を持ったモバイルプロセッサ群を含まねばならない。これは幻影に現れる人物、主人公の幻影パートナーが人間特性——言葉・行動の (ある程度の) 自律性——を示す必要があるからだ。それらが単なる人形であってはならない——ここでも、その幻影環境愛好家が「ショー」前にそれを要求していれば別だが。

もちろん、使用機器の複雑性は様々だ。ミス・ワールドを模倣するのはアインシュタインより簡単だ。後者では機械は天才の脳の複雑性や知性を備える必要がある。ミス・ワールドとのおしゃべりを望むより、そうした相対性理論の創造者との会話を望む方がずっと多いことを願うばかりだ [訳注：英訳は、この引用部分でもミス・ワールドとお話したい人が多いことを望むとなっているが、文脈的にもレムの趣味からもそんなことはあり得ないので修正。]。

ここで、1991 年からのコメントを述べる。かなりの正確さにもかかわらず、引用した予測は、幻影環境なショーのプログラム開発の難易度の質的差をある程度「圧縮」している。ミス・ワールドやその他のエロティックな無言のパートナーは、（電話オペレーターのような完全に慣習的でない）対話形式よりはるかにプログラミングが簡単だ。30 年前、私は人間のような人工知能への道の巨大な障害を今日ほど明確に見ていなかった。

コンピュータ開発の初期段階は、「コンピュータが人間に追いつく」見通しについて極端な楽観主義で特徴づけられた。現在、ゲイリー・カスパロフをチェスで倒すプログラムは、5 歳児との会話を成功裏にシミュレートするプログラムより書きやすいことが知られている。チェスプログラムの計算能力は巨大だが、幼児の有機体の情報的複雑さも同様に大きい。コンピュータと異なり、子供は目に入ったもの、埃でくしゃみすること、足首を捻ること、蕁麻疹に刺されることを即座に理解し、このほぼ前言語的知識は幼児期に大量に獲得されるが、コンピュータは何も「理解」しないので、すべてを説明する必要がある。

したがって、幻影装置での対人的コミュニケーションへの道には、私が思っていたより

多くの困難がある。ファッションモデルとアインシュタインの違いは評価していたが、視覚内容（視野など）の全体的変換に関する問題を過大評価していた。それは幻影化される者の姿勢に依存する。私は、身体の神経系から意志的インパルスを収集する必要があると誤って仮定したが、頭や四肢の主要な動きだけを反映する「粗い」アプローチはかなり簡単だ。それでも、引用した章の後半で「マシンは脳に届く事実の身体でのみ動作するので、性格の分裂や急性統合失調症の発作を要求することは不可能だ」と主張したのは正しかった。

私にとって本質的な質問は、「幻影化したイメージの虚構性をどうやって判断できるか」だった。30 年前の『技術大全』に戻る前に、現在利用可能な幻影ヘルメットは立体（3 次元）視覚を可能にするが、画像の鮮明さはテレビ画面やコンピュータモニターと同様にラスターグリッドの密度に依存すると記録しておく。画像は点ごとに分解されるため、その鮮明さは顕微鏡検査で人工的性質が露呈し、無防備ではない。それでも、高精細テレビなどで明らかな視覚技術の進歩は、現在の画像の不完全さが一時的だと推測する理由を与える。将来、強力な拡大鏡でも画像を「粒状」にしてそのラスター製、つまり非本物の性質を暴露できないだろう。誰もが知るように、初代メルセデスは古い荷馬車に切り取られた車軸があり、（ゆっくり）動く能力以外、現代の同ブランド車と共通点はなかった。それでも、現実とそのシミュレーションの違いを調査する努力で、私は視覚的だけでなく知的可能性の極限を考えた。こう書いた：

> したがって幻影視覚の虚構性をどうやって知るかという問題は、夢見る人が時々問う質問と表向きは類似している。現実感が極めて強い夢がある。だが、夢見る脳は覚醒時の全命令、意識、知性を示さないことは念頭に置くべきだ。通常、夢を現実とまちがえることはあるが、逆（現実を夢とまちがえる）は起きない――特殊状況（起床直後、病気、精神的疲労増）の場合は別だが。だが、そういう場合には、常に「鈍った」意識のために「騙されやすい」のだ。
>
> 夢視覚と異なり、幻影視覚は覚醒時に起きる。他人や他世界を作成するのは、幻影化された人の脳ではない。機械が産むのだ。幻影化された人は求心情報の量・内容の面では機械の奴隷だ。他の外部情報は一切受けないからだ。だが、それを自由に使用、つまり解釈・分析できる。もちろんそれだけの、洞察力と賢さがあればの話だが。すると精神能力を完全に持つ人は幻影の「欺瞞」を検知可能ということになるだろうか?
>
> これへの答えとして、幻影環境が現代映画の形態になれば、幻影劇場に行き、チケットを購入するなどの準備活動　その記憶は幻影化された人がセッション中も維持する　と、さらに重要な点として現実での自分が誰かを知っていることで、経験との正しい、非真剣な関係を維持できるとは言える。だが、この事態には二重性がある。経験された行動の構築性を知っていても、その人物は夢の中にいるときのように、現実でできるより (つまり武勇、社会的、エロチックな勇気が自分の行動規範に妨げられる) よりも多くを自分に許すことができる。この側面は、主観的には行動の自由を許してくれるからいささか心地良いが、矛盾するもう一つの側面に挑まれてしまう。その幻影の行動や登場人物は物質的ではなく、したがって現実ではないという認識だ。だからどんなに完璧な幻影だろうと、真正性の渇望は満たされない。

1991 年に書く私は、事実を含めるための余談が必要だ。その事実はどうしても以下の思索を刺激せずにはおかない。「幻影装置」をプログラムする会社に雇われた専門家は、幻想に最も抵抗力があるはずだが、シミュレートされた車の運転後に、最低 30 分間は実際の車の運転が禁止されているという事実は、デジタル幻想が作り出す「本物の圧力」が私がかつて想像したより強いことを示す。いずれにせよ、実際と幻想の境界でさまざまなトリックが可能だ。

30 年前の『技術大全』に戻る。以下のように書いた：

> 誰かが幻影装置に行き、ロッキー山脈旅行を注文。旅行は心地良く美しい、その後顧客は「目覚め」る、つまり幻影が終わる。助手が電極を除去し (1991 年ならこれはヘルメットになる)、丁寧に別れを告げる。ドアまで送られ、通りへ出ると突然恐ろしい大惨事：家が崩れ、地が震え、火星人満載の巨大「空飛ぶ円盤」が空から落ちる。何が起きたのだろうか？「目覚め」、電極除去、幻影装置退出もまた、幻影の一部だったのだ——無害な観光旅行からその幻影は始まったのだ。
>
> そんな「悪戯」を誰も演じなくても、精神科医の待合室には新タイプの強迫観念に悩む神経症患者がやってくるだろう——経験するものが全く本当ではなく、「幻影世界」に「閉じ込められた」恐れを抱く人々だ。私がこれを挙げるのは、技術が正常意識を形作るだけでなく、それが発生を誘発する疾患・障害のリストをもたらすことをはっきり示すからだ。
>
> 経験の「幻影環境性」を隠す数多くの方法の一つを挙げた。他にも同様に効果的な方法が考えられる。さらに、各フィクションは無限の「階層」を持つ——睡眠時、目覚めたと思う夢が、前の夢に固定された別の夢の途中であるように。「地震」は突然終わる。空飛ぶ円盤は消え；利用者は自分が頭を機器に繋ぐワイヤー満載の椅子に座っていると気づく。丁寧な技術者が微笑み、いまのがもっと高い水準のプログラムだったと説明する。利用者はそこを後にして、家に戻り、寝る。翌日仕事へ——だが事務所が存在しない。前の戦争からの古い砲弾の爆発で破壊された。
>
> もちろん、これも幻影の続きかもしれない。だが、どうやってそれがわかる？
>
> まず、非常に簡単な方法がある。前述のように、機械は外部世界情報の唯一の源だ。疑いない。だが、その生命体自体の状態情報の排他的な源ではない。体の位置、腕・脚・頭の位置、眼球運動などの情報を提供する神経機構を置き換える役割を部分的に果たすだけだ。だが、生命体が作り出す生化学情報はそんな制御に服さない——少なくともこれまで議論してきたような幻影装置では。100 回のスクワットで汗をかき、息切れ、心臓の鼓動、筋肉疲労を感じれば、それは現実世界であって、幻影ではない、筋肉疲労は筋肉内の乳酸蓄積による。機械は血糖値、二酸化炭素量、筋肉乳酸濃度に影響しない。幻影視覚では 1000 回のスクワットでも疲労はない。
>
> だが、幻影環境をさらに発展させたければ、これも回避できる。まず、幻影化された人にある程度の運動の自由を許す。

1991 年の補足：これはすでに実現されており、こうしたビジョンを受けている人の観察者はその行動を非常に滑稽で奇妙だと感じる。理由は『技術大全』で述べた通り：「幻影化された人が剣に手を伸ばすと、動きだけが本物で、外部の観察者から見れば手は空をつかむ」

これがまさに起こっている。ただ、今は手がセンサーと膨張クッションを備えた手袋に

包まれている。

本に戻る：

> 残るのは機械との「知的ゲーム」だけだ。幻影と現実の識別可能性は装置の「幻影的潜在力」次第だ。いま述べたような状況に置かれたと想像し、それが本当の現実かを知りたいと考えよう。仮に著名な哲学者や心理学者と知り合いだとして、その人々と会って会話する。これは幻影かも知れないが、知性ある対話者を模倣する機械は火星人満載の空飛ぶ円盤着陸のような「ソープオペラ」場面を作成する機械より複雑だ。実際、「旅行」幻影装置と「人間生産」幻影装置はまったく別物の装置となる。後者を構築するのは旅行幻影よりはるかに難しい。
>
> 真実は別の方法でも発見できる。誰しも秘密がある。取るに足らない秘密もあるが、それでも自分のものだ。機械は「思考を読む」ことができない（これはまったく不可能だ。記憶の神経「コード」は各人の個人特性だから一人のコードを「解読し」ても他人のコードについては何もわからない）。だから、機械も他に誰も、その人の机のある引き出しが引っかかることを知らない。家に急いで帰り、それを確認する。引っかかる引き出しは自分がいる世界が現実である確率を高くする。幻影の創造者は、幻影装置旅行前にそんな些事を検知・記録するのであれば、本当に慎重に追跡する必要がある！ 幻影を暴くには、そうした細かい話を使うのが一番簡単だ。だが、機械は常に戦術的な操作を利用できる。引き出しは引っかからない。自分がまだ「幻影の中にいる」と把握する。妻が現れる。そこで彼女に、おまえはただの「幻想」だけと告げる。そしてそれを証明するために、いまの引き出しを妻に振ってみせる。妻は哀れむように笑い、朝に大工を呼び引き出しを直させたんだと説明する。こうしてまたもや、何もわからない状態に逆戻りだ。現実世界か、機械がこちらの動きに合わせて仕掛けた巧妙な詐術なのか。

30 年前の予測本から広範に引用する理由は、これらの予測が現在のトレンドによって信憑性を増しているからだ。米国から日本に至る世界的な投資の寛大さが証明するように、多数の大企業と専門家が「幻影装置」の大規模生産とその市場ニッチの研究に備えている。この千年紀の最後の 10 年で、合成現実を生み出す製品の洪水が予想される。これは社会や医療の健康に非常に有害な薬物消費に対する大きな競争となる。さらに、体験と感覚で現実と競合できる初の代理技術となり、すべての夢、（残念ながら）最も猥褻やサディスティックなものまで実現できる。ノーベル賞授与式への大きな需要が、受賞理由がなくても満たされないと信じるのは難しい。

ここでは自分のアイデアだけに限定しよう。なぜなら、科学や一般向けの数記事を除き、この主題についてのすでに相当数にのぼる文献に詳しくないからだ（SF の作り物ではなく、真剣で事実に基づく情報や推論を指す）。今この瞬間にも、より探究的で社会的に成熟したアイデアが生まれている可能性は否定しないが、私のアメリカの情報源によると、純粋な技術的側面の話がこの技術の哲学的・未来志向の分析を上回っている。しかし、これは独我論な創造の技術だと言える：情報的に集中し、缶詰にされた世界から得られる体験の全体は、それに接続する個人の独占的財産だ。「幻影的な誘拐」は今日、単なる可能性にすぎないが、それでも検討に値する。1962 年に私が書いたことを以下に挙げる：

> 誇張してはいけない。幻影世界で異常現象は全て疑念を呼び、それが捏造された

幻影だと示唆する――現実でも確かに古い砲弾は爆発し、妻はときには大工を呼ぶ。だから、少なくとも次のことは見極めねばならない。人 x が幻影ではなく現実世界にいるという陳述は常に確率的なものでしかあり得ない。時には高確率だが、絶対に確実ということはない。機械との対戦はチェスと同じだ。現代の電子機械は優秀プレイヤーに負けるが、凡庸なプレーヤーには勝つ。未来になれば全人類に勝つだろう。幻影装置も同じだ。真の事態発見の全努力に共通する主な弱点は、疑う人が独力で行動せねばならないことだ。他人に助けを求める行為は機械に戦略的価値を持つ情報を与える、または与えかねないからだ。もしそこが幻影なら、古い友人に実存的不確実性についての秘密を明かすと、機械に追加情報を渡し、経験の現実性を高めるために利用されかねない。

1991 年の挿入：マシンのこの戦略の想定は、私の被害妄想からではなく、プログラマーがコンピュータのチェス戦略を人間のグランドマスターに一貫して勝利するまで洗練させるのと同じ理由からだ。一般に、創造的機知で自然そのものに匹敵する衝動――特別な合理化を必要としないほど人間的な衝動だ。1962 年のレムに戻る：

だからこそ、その経験をしている人は自分以外は誰ひとりとして信じられない――これはその人の選択肢を大幅に狭める。彼は四方から囲まれているので、防御的に行動する。これはつまり、幻影世界は完全孤独の世界だということだ。一度に一人以上存在できない、2 人の実在人が同じ夢にいるのが不可能なのと同じだ。

どんな文明も「完全幻影化」はできない。全メンバーがある時点から幻影視覚を経験し始めれば、この文明の現実世界は停止し、死滅する。だが、どんなにおいしい幻影料理も生命機能を維持しない（満足感は神経への衝動導入で生成できるが！）ので、長期幻影化された人は本当の食事を摂る必要がある。

もちろん、全惑星的「スーパー幻影装置」を想像はできる。惑星住民が「永遠に」、つまり生きている限り接続され、体の植物プロセスが自動装置（血中補給）で支えられるのだ。当然、そんな文明は悪夢に思える。だが、似た基準でもその確率は見極められない。他の何かが決定する。この文明は一世代だけしか存在できない――「スーパー幻影装置」に接続された世代だ。だからこれは安楽死の特異な形態、いわば文明の愉快な自殺だ。このため、こうした形の実装は不可能と考える。

超幻影装置に関する考察は、合成現実の製造がほぼ確実に敬遠するであろう極端を示すものだった。それでも、偽の豊かさの約束で人々を惑わし、ひどく誤導する産業の始まりが問題だ。『技術大全』の別の節で私はこう書いた：

本書の分類では、周縁幻影環境は脳に直接作用する方法で、幻影化刺激が事実の情報のみを提供する。現実も同じ形で機能する。それは常に外部状態を決定するが、内部状態は決定しない。同じ感覚観察（嵐、ピラミッド頂上に座る）が人工的か自然的かにかかわらず、人により異なる感情、反応を呼び起こす。一方、中心的幻影環境は、神経感覚経路を介さず、脳の特定的かつ直接的刺激を通じて作用する。……

幻影環境は現代の娯楽技術が収束する頂点のようだ。「遊園地」「映画」「幽霊城」、そして何よりもディズニーランド――これは実際は大きな原始的擬似幻影装置だ。公式に認められた技術以外にも、非合法なもの（例：ジャン・ジュネの『バルコン』

で描写される売春宿での「擬似幻影化」）が存在する。幻影環境は芸術になる潜在力が多少はある。少なくとも最初はそう見える。だから映画や他の芸術領域同様、芸術的価値ある生産と無価値なゴミに分岐するかもしれない。

それでも、幻影装置の脅威は映画——その退廃的で社会規範違反（ポルノなど）の形態——よりはるかに大きい。理由は、幻影環境の独自性のため、夢に匹敵する「プライバシー」の経験を提供するからだ。

1991 年の追加：幻影装置的な幻想のプログラムの知識は、プログラムの枠内で特定のユーザーの行動を推測するのに必ずしも十分ではない。プログラムは本質的にかなり一般的でなければならない。迷路の計画がその中を進む人の特定ルートを推測するのに十分でないのと同じだ。これは今日でも、ささやかで無害な規模で観察される。ヘリコプターシミュレーターで擬似窓を開けない人は飛行中のパノラマビューを見ない。運転シミュレーターで障害物に衝突しない人は模擬事故を経験しない。幻影化がパイロット、外科医、ドライバーの技能試験の一部でない場合、幻影化された対象者の反応が体系的に調査・記録されないことを保証するプライバシーの法制化が可能だ。

その意味で [1962 年] 社会的慣習を破る行動で悪用されやすい、表面的な願望充足技術なのだ。そうしたあり得る「幻影的放蕩」は社会脅威でなく「解放」の形なのだと言う人もいるかもしれない。幻影視覚で「隣人に害をなす」のは誰も傷つけない。夢の恐ろしい内容で責任を問われた者がいるだろうか？ 敵を現実で襲う代わりに幻影装置で襲うか殺す方が良くないか。「隣人の妻を欲する」者は、幻影なら幸せなカップルに災厄をもたらさずにすむではないか？ つまり、幻影環境は人間に潜む暗黒の力を、誰も害さず吸収できるのではないか？

この態度は反対の立場で対抗できる。批評家は、幻影での犯罪行為が現実での再演を助長すると言う。ご存じの通り、人間は得られないものを最も欲する。そのような「変態性」はいたるところにある。それに合理的根拠はない。芸術の愛好家が、何を犠牲にしても本物のゴッホを手に入れたいと思うとき、彼は何に駆動されているのだろうか——本物だって、完璧な複製と見分けられるのは専門家の軍団しかいないというのに？ それは「真正性」の追求だ。よって、幻影経験の非真正性は「緩衝」価値を奪い、むしろ社会的に禁じられた活動の「吸収者」より、むしろ「学校」「訓練場」になる。幻影を現実と区別不能にすると、予測不能な結果が生じる。殺人が起きても、犯人はそれが「ただの幻影だと思い込んでいた」と自己弁護する。多くの人が真正性と幻想の主観的に不可分の世界、真実と虚構の区別不能な人生に絡まり、迷宮から抜け出せなくなる。そんな状況は欲求不満や神経衰弱の強力な「発生器」になる。

だから幻影環境が夢のような完全行動自由の宇宙、想像できる限りのニヒリスティックな放蕩の狂気が展開され、良心で制約されることがない領域になってはいけないしっかりした理由があるのだ。非合法幻影装置も設置可能だ。だが、これはサイバネティックより警察問題だ。サイバネティシストは装置に「検閲」（フロイトの「夢検閲」に類似）を組み込み、幻影化された人が攻撃的・サディスティック傾向を示すとその幻影を止めることが期待される。

これは純粋に技術な問題に見える。幻影装置が構築可能な者には、そうした制御導入は難しくないだろう。だが、このように提示される制御の、想定外の 2 つの結

果にここで直面することになる。まず簡単な方を。芸術作品の大多数の幻影化は不可能だ。それらは許容限界外とならざるを得ない。幻影の主人公がポドビピェータ[訳注：19 世紀ポーランドの歴史小説の登場人物だそうな。] になりたいという高貴な欲望を抱いた場合でも害は避けられない。というのもポドビピェータとなった彼は一挙に 3 人のトルコ人を斬首するし、ハムレットとなったつもりの彼はポローニアスをネズミと誤って刺すからだ。そして——この例をお許しあれ——宗教的殉教を経験したい場合も、いささかの困難に直面する。誰も殺されない、害されない作品はほぼない（子供向け物語も免れない——グリムの童話の恐ろしさを考えよ）が、それが問題ではない。刺激制御、つまり幻影装置の検閲の範囲は、幻影化された人の実際の経験領域に及ばないかもしれないのだ。その人は宗教的殉教を求めて鞭打たれたいのかもしれないが、単なるマゾヒストでしかないのかもしれない。制御できるのは脳に導入される刺激だけで、脳内で起きること、経験することは制御できない（いまの例では不幸なことかもしれないが、一般には幸運なことだ）。脳の各部刺激（手術中）で得られた限定的実験材料は、同じまたは類似の入力が脳ごとに異なる記録を示すことを実証している。神経細胞が脳と通信する言語または符号化手法は全人類でほぼ同一だが、記憶や連想マップ形成の言語は高度に個人だ。記憶は個人特有の方式で組織化され、例えば痛みは誰かにとっては高揚する苦しみや不始末の罰となり、別の者には倒錯的快楽の源になる。こうして幻影環境の限界にやってきてしまった。態度、意見、信念、感情は直接決定できないからだ。経験の疑似物質的文脈は形成できるが、伴う意見、思考、感覚、連想は形成できない。だからこそ本書では幻影環境を「周辺」技術と呼んだ。現実同様、別々の人間は同一経験から全く異なる相反する結論（感情的・イデオロギー的に、科学的でない）を導くこともある。なぜなら、*nihil est in intellectu, quod non fuerit prius in sensu* [理解の中にはもともとの感覚の中に含まれていなかったものは何もない]（幻影環境では *in nervo* [もともとの神経]）とはいえ、神経刺激は感情的・知的状態を明示的に決定しないからだ。サイバネティシストなら「入力」「出力」状態がその間のネットワーク状態を明示的に決定しないと言うだろう。

こう質問する人もいるだろう。なぜそれが決定しないのか、だってさっき幻影環境は人が「すべて」を経験できるようにする、たとえばワニや魚になること可能だと言ったではないか、と。

ワニやサメ——確かにそうだが、それは「ふり」でしかない。しかも二重の意味で。まずすでにご存じの通り、幻想の幻影を相手にしているのだから、もともと「ふり」でしかないのだ。次に、本当にワニになるには人間脳でなくワニ脳が必要なのだ。最終的に人は自分自身でしかない。しかしこれは適切に理解しなければならない。国民銀行員が投資銀行員になりたいという夢は完璧に叶う。だが、数時間ほどナポレオン・ボナパルトになりたいのであれば、上辺しかそれは (幻影の中で) 実現できない。鏡を見ればボナパルトの顔だし、忠実な元帥の「旧衛兵」もまわりに見えるが、事前にフランス語を知らなければ会話できない。「ボナパルト的」状況でも、示されるのは彼自身の性格特性であり、歴史上で知られるナポレオンの特性ではない。せいぜいナポレオンを演じられるだけ、つまりは彼のふりができるだけで、その成功の度合いも様々だ。ワニにも同じことが言える……幻影環境は文学志望者に、たとえばノーベル賞を授与するし、全世界がひれふすようにはできる。

皆が彼の詩を崇拝する――だが、それを机に届けてもらうことに同意するのでない限り、幻影の中でその詩を作れない。

要するに、なりたい人物が自分の性格特性や歴史時代から離れれば、それだけ行動と視覚全体が虚構、ナイーブ、原始的になる。王となって玉座につく、教皇使節を受けるには宮廷プロトコルを熟知する必要がある。幻影装置が作成した人物は、尊大な国民銀行員の愚かな行動が見えないふりはできるし、彼がまちがいをしても当人の快楽は減らないかもしれないが、明らかにその状況全体が凡庸さと道化芝居に陥っているのはわかる。よって、幻影環境が成熟した劇的形式に発展するのは難しい。まず、脚本は書けず、大まかな状況概要のみしか示せない。次に、ドラマは登場人物が必要だ。劇の登場人物は事前に割り当てられるが、幻影装置の利用者は自分の人格を持ち、プロの俳優でないから脚本の役割を演じられない。だから幻影環境は主に娯楽形態となる。可能・不可能な宇宙旅行の『宇宙の歩き方』ガイドブックになり、それにともない非常に有用な応用を持つ――だがそれは芸術や娯楽とは無関係となる。

幻影環境は最高水準の訓練・教育状況作成に役立つ。あらゆる職業――医者、パイロット、技師――の訓練に使える。飛行機墜落、外科事故、誤算建築プロジェクトの災害の危険性はない。次に、心理反応の調査にも使える。宇宙飛行士訓練生選抜などに特に有用だ。幻影視覚の偽装は、自分が本当に月へ飛んでいるのか幻影なのか被験者にわからない環境を作成する。そんな偽装が必要なのは、本物の故障への本物の反応を知る必要があり、誰が簡単に「個人的勇気」を示せる虚構への反応を知りたいのではないからだ。

「幻影テスト」は心理学者がパニックの発達など人の反応を幅広く知るのを助け、大学コースや職業の候補者選抜を迅速化する。幻影環境は、孤立、長期間狭い閉鎖空間（北極科学基地、宇宙飛行、宇宙基地、星探査）で過ごす者に不可欠かもしれない。幻影環境では、星到達までに数年かかる旅行が、地球での乗組員の日常活動――陸地・海洋旅行、学習年数（幻影で著名教授の講義を聴くこともできるので）――で満たされる。[専門プログラムのおかげで、教育レベルは最高峰に達するかもしれない――レム、1991 年補足]。

病気や回復中の者、第二の青春を望む高齢者に、本当の祝福を与えてくれる　優に数百万の人々に。言い換えると、ここから見て娯楽役割はむしろ周辺的なものにとどまるかもしれない。

まちがいなく否定的反応も引き起こすだろう。真正性愛好者が幻影環境の即時願望充足を軽蔑し、厳格な反対者グループが現れる。だが、あらゆる文明は実際には支援つきの生活であり、発展はそうした支援の範囲拡大に還元できるから、まともな妥協が得られるはずだと私は考える。幻影環境はもちろん、本当に社会的な災いや社会的疫病になる可能性があるが、これは程度こそちがえ、全技術製品に言えることだ。蒸気・電気技術の誤用の結果は原子技術の誤用より危険が少ない。だが、これは社会システムや既存政治関係の問題で、幻影環境や他の技術分野とは無関係だ。幻影環境はそれらの従属変数となるが、必ずしも（数学的意味での）関数ではない。

1991 年に書いているこの最後の文を、以下のコメントで締めくろう。仮想現実デバイ

スのシステムを製造する企業の価格カタログには、Eye-Phone（価格：9,400 ドル）、データグローブ（8,800 ドル）、VPL パッケージ（完全セットで 220,000 ドル）などの項目が記載されている。同時に、広告主は重い Eye-Phone が 86,000 ピクセルを持ち、データ・グローブが各指に沿って装置と同期接続され、すべてがリアルタイムで動作し、幻影化された人が動きと視覚や他の感覚の適切な変化の間にわずかな遅延も感じないと保証している。この記事の最後を広告にしたくはないし、そうするつもりもない。しかし、1990 年の上記データは、私が幻影環境と呼んだものの始まりが、もはやユートピア的誤謬や架空のおとぎ話ではなく、正確な予測であることを裏付けている。では、30 年前のエッセイを選んで現代のアンソロジーを準備する哲学者はどうするか？　コワコフスキーは、再版アンソロジーのタイトル『不一致の賛美』に則り、1963-64 年にレムがでっち上げたものはすべて虚偽だと穏やかに繰り返すのだ[*11]。

スタニスワフ・レム —— クラクフ、1991 年 5 月
英訳：ピーター・スウィルスキ

[*11] London: Puls, vol. 3 (42-51).

訳者解説

1. はじめに

本書は、Stanisław Lem, *Summa technologiae* (1964/1967) の全訳だ。ジョハンナ・ジリンスカヤによる英訳 (2013) を経た重訳だ。この英訳はおそらく 1967 年版を元にしていると思われる。これについては、また後で。

2. 著者と本書について

さて著者スタニスワフ・レムは、もはや改めて紹介するまでもない、ポーランド出身の 20 世紀 SF の巨匠であり、『ソラリス』『電脳の歌／宇宙創生期ロボットの旅』『完全な真空』などの傑作群はいまもまったく色あせる気配を見せない。人類の知性とその限界、異質な知性との遭遇についての作品の裏にある、深い洞察は読む者をうならせずにはおかない。また彼の各種の SF 評論や文学論は、妙に偏狭な部分を持ちつつも、非常に鋭い考察に裏打ちされており、彼自身の作品の背景となる思想についても雄弁に物語る興味深いものばかり。

だが、そのスタニスワフ・レムにはまったく紹介されていないもう一つの側面がある。彼はサイバネティクス、偶然性、技術発展の将来などについて、大部のノンフィクション著作 (……というべきか。これは後述) を発表している (21 世紀に入ってからは、もっとちまちました形でそれをまとめている)。実のところ、彼の本領はこちらにあり、各種小説はこれらの著作に表明された、彼の思想をわかりやすく延べ直したにすぎないとすら言える。

そしてその中で、本家レムのサイトで「レム思想のマザーシップ」とまで言われているのが、本書『技術大全』である。

3.『技術大全』の概略：技術をマジ「進化」させよう！

『技術大全』というから、テクノロジーの歴史、そしてあるいは将来見通しのような本だろう、と思うのは人情だ。そして、それは決してまちがってはいない。いないのだが……

普通、「技術」の歴史といえば、どんなに遡っても、モノリスに教わって類人猿が骨を武器として使うようになった頃が最初になるし、そして将来の見通しといえば、まあ長くても今後 200 年くらいの話だろう。ところが本書は、人類発生はおろか、生命の発生、いや宇宙の発生にまで遡った「技術」の話をする。そして扱われる話の具体的な年代は出てこないが、内容から見て、どう考えても今後うまくいっても千年はかかりそうなシロモノばかり。なんかのまちがいで、本書第 6 章「幻影環境」は VR や映画『マトリックス』を先

取りするような内容になり、レムも 1991 年に何やらそれを軽薄に自慢して見せたりしている (本書収録「30 年後」参照)。が、本書はそういうレベルの技術予測なんかではまったくない。

本書の大きな主題は「技術進歩を生物進化みたいな形でできるようになったらすごいよね」というものだ。おお、これはおもしろいアイデアかもしれない。そしてこの手のアイデアを言う人はたくさんいる。それはたいがい技術進歩に生存競争を取り入れることで発展を促進しよう、または技術はそんな形で進化と似た発展をとげてきた、という話となる。むしろ技術が自律性を持って発展してきたのだ、と述べるブライアン・アーサーみたいな人もいる。さああなたはどうしますか、レムさん。お手並み拝見。

もちろん、レムはレムなので、そんな生やさしい話ではすませない。彼は文字通り、技術進歩を生物進化と同じようにやろうというアイデアを突き進める。「自然進化みたいにするなら、技術を遺伝子もどきに符号化して翻訳したいよね、それも、紙に仕様書や理論を書くんじゃなくてさ、その仕様をコーディングした遺伝子もどきに適切な材料をやると、そっからテレビが勝手に生えてくるようにしよう！」(ちょっと誇張だがほぼそれに近い話) てな馬鹿な (7 割ほめことば) ことを考え出す。「それでさ、その遺伝子もどきを突然変異させて競争させると、技術が自動的に進歩するじゃん！」

おおお、なんと大胆な。でももちろん、そんなことをするためには科学がどんどん発達しなきゃいけない。でもいまみたいな科学技術発展が続くためには、科学者が足りないよね。そして科学者増やしてもタコツボ化と情報共有の不足で発展が止まるよね。だから科学発展も自動化したい。そうだ、それも進化と同じようにやろう！

ふんふん、これもおもしろいアイデアだ。ではどうやるの？

「だからさ、科学理論だって理論を遺伝子もどきに翻訳／符号化すればいいよね、そしてその遺伝子もどきが変異して競争するようにすれば、勝手に理論が湧いてくるの！ 情報農場だ！ そしてそっから出てきて勝ち残った遺伝子もどきを復号すると、新理論いっちょあがりってわけよ！」

おおおお。これも、SF のアイデアとしてはおもしろい。それって、伊藤計画が山形から (そして山形はチョムスキー&ピンカー説から) 拝借した、言語や観念が器官みたいに生えてくるというアイデアと通じるものがあるよね！　それを 1960 年代に考えてたって、レムさんすげえ！　涼森れむよりスタニスワフ・レムと言われるだけのことはある！

ところが……レムは、これをＳＦのアイデアとして言っているわけじゃないのだ。彼は大真面目だ。ＳＦ連中のくだらん思いつきといっしょにするな、という。自分の主張はちゃんと理論的な根拠があるのだ。裏付けのある実現が不可能ではない、いやいつか必然的に実現する話なのだ！

おおおおおお、「お」がどんどん増えます。それは剛毅な。ではどんな裏付けが？ はい。レムはそこで、遺伝子の情報処理と科学理論の情報処理の類似と相違を延々と論じる。遺伝子型となる情報それ自体を担うタンパク質 GTAC が、他のタンパク質の鋳型となって表現型を作り上げ……という表現はしていないが、そんな話だ。そしてエンジニアリング的なエラー率と遺伝子の数打ちゃ当たる的な戦略との類似と相違がどうのこうの、という話が延々と続く。でも、技術進歩へアプローチを変えるなら、進化的な形を導入することは可能なはずだ。だから（え？ え？ なぜそこで「だから」って言えるんですか？ と読者の心の声）技術の進歩に進化的な要素を採り入れるのは夢ではない！ その遺伝子もどき

がいずれできたら、これは十分実現可能なのだ！

……いやね、あのさ、その情報処理の形式が似ているとかそういうのは面白いけれど、あくまで机上の空論でしょうに。この話すべて、その勝手にテレビや車や相対性理論を生やしてくれる、遺伝子もどきとやらに、かけらほどでも実現可能だという見通しがないと、本当に絵に描いた餅ですよ、レムさん！

ところが……レムはそんな異論にはびくともしない。理論的に可能であれば、進化は (または進化的プロセスは) 道を見つける！『ジュラシック・パーク』でもそう言ってるじゃないですか！ それに実際の生物の遺伝子はそれができてるじゃん。他のでもできない理由はないだろう！

いやいやいやいや。無理でしょう。人間作ってその欲望と技術発達を完全にコントロールしてテレビを作るよう仕向けるのが、遺伝的にテレビを作るという意味なら、まだわからないでもないけれど、そういう話じゃないよねえ。

基本的に、そのいちばんの鍵となる (とエンジニア崩れのぼくには思える) 遺伝子もどきについては、彼は一切論じない。無限の時間があり、無限の試行錯誤ができるなら、いずれ、どうにかしてそれが実現する。絵に描いた餅は、その描かれた素材次第で本当に餅になるのだ。彼がいま生きていたら、ナノテクで実装できる可能性とかを論じただろう。形状記憶合金の話とか、嬉々としてやったんじゃないかな。でもそれで話が変わるわけじゃない。

本書の中で、彼は「ブラックボックス」という話をする。中でなにやってるかわからなくても、とにかく結果が出ればいいのだ。いまの深層学習 AI みたいなもんだ。だからその遺伝子もどきがどんなもので、どんな仕組みでテレビや車を生やすかはわからんでもかまわない。もちろん、わかるに越したことはない。そしてそれをプログラミングする方法が見つかれば、本書に描かれたすべてが実現する……

うーん。ぼくにはそれは「実現可能」とか「裏付けがある」の名に値するものとは思えない。せいぜいが、酒を飲んでいるときや便所で思いつく、アイデアの発端の発端だ。それを理論に値するところまで持って行くにはものすごい道のりがある。でも、レムはそれを無視する。Evolution will find a way! 進化くん、あとはよろしく！ あとは「進化くんも、いろんな制約があって最適な設計ができてないよね、他にも可能性あるんじゃない？」といろいろな肉体改造の可能性から別の原理に基づく生命体の可能性から、むちゃくちゃな思いつきをちぎっては投げ、ちぎっては投げ……

こんなふうに、自称ノンフィクションの厳密な技術考察だけれど、ぼくから見れば (そしてたぶん多くの人から見れば) 思いつきの SF だ。でもその一方で、考察してある部分はすさまじく緻密。進化と遺伝の仕組みについての理解の正確さは恐ろしいほど。1964 年というとドーキンス『利己的な遺伝子』とすら干支が一回りちがうほど。いまのような良質な一般解説書などなく、ジョン・メイナード・スミスの本だけ。それでここまで行けるのか！ でもこれを見て「厳密に未来を予想してるなあ」とはぼくはとても言えない。うーん。これは一体何なの？

4. 詳細あらすじ

が、先を急ぎすぎた。まず、章ごとの要約をしよう。

第 1 章　ジレンマ

技術の予想は難しい。一般的な予想はトレンドを先にのばすだけだが、新しい発展の多くはトレンドとは全然違う、予想外のところから出てくる。起承転結のあるお話でもない。

第 2 章　二つの進化

技術の進歩と対比できるものとして、生物の進化がある。この両者は似たところもあればちがうところもある。似ているのは技術も生物と同じで、新しいニッチを占めるように発達し、優れていれば古いものを生存競争で駆逐するところ。必ずしも合理的ではなく、流行と異性獲得のために無駄な部分が変な発達を遂げるのも似ている。だがいまの技術は人間が手を貸さないと進歩できない。その原動力も進化と技術進歩ではちがう。無目的な偶然で進む進化と、目的のある技術発展はちがう。技術は完全リセットの出直しができるが、進化はそうはいかず、古いものをずっと使い回す。そして技術は道徳的な評価が伴うところもちがう。

第 3 章　宇宙の中の文明

技術進歩の他のサンプルを得るため、ウチュージンの経験を知りたいところ。宇宙はでかく寿命も長いし、太陽も地球も特に変わったものではないので、他のところでも生命が生じ、文明が生じ、高度な文明が発達しているところもあるはず。いまの人類のような加速度的な科学や技術の発展が何万年も続き、星を操れるようになったところもあるはず。

だが SETI とかは一向に成果がない。その理由はいろいろ考えられるが、いずれにしても地球以外で参考になるウチュージンはいまはいない。[読者の心の叫び：……なら 30 ページも使ってあーだこーだ書かないでよ！ この章の各種考察、全部無駄じゃん！ だいたい科学が発達するうちに、星の制御は無理ってことがわかる可能性だってあるだろ！ この章の考察すべて恣意的なお遊び！]

第 4 章　電子知能

文明はいまや指数関数的に発達している。このまま文明を発達させるにはもっと科学者が必要だが、全人類が科学者になるのは不可能だし、科学が広がるとタコツボ化により非効率が出て新発見が停滞する。新情報の発見活動で必要なエネルギーもどんどん増える。この情報爆発に対抗するため、知性増幅器を開発すべき。その具体的な中身はわからないが、ブラックボックスとして学習とフィードバックでそういう装置ができるはず。[読者の心の叫び：おー、深層学習のニューラルネットワークみたいな発想！] それに道徳はあるかな？ いや道徳は使う人の責任よ。そいつに世界統治してもらったら？ 目的の与え方で不道徳なことしかねないからダメだけど、人間のほうがうまくできる保証もない。[読者の心の叫び：これ以外に人工知能に信念はあるかとか、機械による実証形而上学を論じようとして宗教論に

脱線したりとか、半分以上は本題とまったく関係ない脱線……]

第 5 章　全能への序論

[読者の心の叫び：最もわけのわからない章だが、ここがレムにとっての自分の主張の「根拠」のツボ。] これまでは、何の役にたつかわからない数学が発展し、後から物理学などが「あ、これ使える」とそれを拝借するパターン。でもいずれ物理学から数学が出てくるかもしれない。つまり「モノ」が「理論」をあらわす状況が生じる。逆に理論がモノを変える事態もあるかもしれない。なんだかわからん数学が即座に人工の物理学を示したり。つまり情報がモノを作り出せて、人間の脳は情報を作り出せる。自然で低確率だが絶対にないとはいえないことを実現するような自然の模倣への道があるはずで、まったく自然には存在しない新しい原子の新しい世界創造も考えられるし考えられるなら実現できる。[読者の心の叫び：わけわからんです。が、進化における遺伝子は情報をモノに変える設計図にしてその製造プロセス自体ではある。遺伝子型と表現型の等価性が体現されている。だから様々な仕掛けで技術進歩でもそういう等価性を実現し、情報すなわちモノ、数学すなわち物理みたいな状態が生み出せる可能性はある、そして無限の時間と無限の試行回数があれば可能性あるものは必ず実現する、というような理屈を言いたいんだと思う。]

第 6 章　幻影環境

現実とちがうけどでも現実と区別できないものってできる？　VR みたいなものがあれば、それが可能 [読者の心の叫び：え、前の章って新しい物理法則だの新しい原子だの言ってたけど VR でできちゃうようなしょぼい話だったの？]。VR もゴーグルなどで感覚入力を置き換えるものと脳に直結するのとがある。別人格になったりできると楽しいけれど、倫理的な問題は生じるし、逃避的な娯楽になっちゃうだろうから、教育利用以外は規制したほうがいいかも。さらにその人の情報をすべて転送して人間転送機作ったら？ こっちにいるオリジナルを殺さないと転送にならないからヤバイよね。さらに完全コピーがあちこちにできて、どれが本物かが問題になっちゃう。冬眠とか双子の片方を凍結とかもいろいろ倫理的問題あるよね。[読者の心の叫び：全然関係ないじゃん！]

第 7 章　世界の創造

文明が過去 200 年くらいの指数関数的な発展続けると、そのための科学発達が問題になるのは以前述べた通り。知能増幅機での対応を提案したけれど、もう一つ、理論を遺伝子もどきに符号化して、いろいろ変異させて「正しいモノが生き残る」という生存競争させて、生き残ったのを復号して新しい理論を得よう！　新科学理論が勝手に生えてくるぜ！ あるいは情報の断片を交配させて、その子が科学理論になるってのはいかが？ あと言語は、遺伝子言語みたいに具体的な変化を引き起こすものと、なんか意味を伝えるだけの面がある。あらゆるものが情報なのでそれを遺伝子言語みたいなものにのせることで、新しく世界を作り出せるよね。そこから世界創造をして、世界の中の世界の中の世界という入れ子構造が作れるし、理想世界作ってその中に入ることもできる。まあ、実際にやるヤツいないだろうが。[読者の心の叫び：どうもレムの、新しい宇宙を作るとかちがう物理法則の世界を作るというのは、『マトリックス』みたいな完全バーチャル幻想世界でもいいような代物み

たい。]

第 8 章　進化へのツッコミ

進化すごいけど、近視眼的だしそのときの手持ち材料に制約されるし過去の遺物ひきずっているし、いまの人間とかいろいろ改良の余地がある。人類自体を改良できるし、水中生命や空中生命、完全固体生命とかできそうだし、寿命のばせそうだし、意識ももっといろんな形がとれそうだ。遺伝情報の正確な伝達と、突然変異のエラーのバランスも重要だし、身体の機械化、サイボーグ化もある。出会い系サイトで AI のマッチングとかで、子孫選別もできる。超能力ってのは完全なヨタで絶対実現しないけど。

結論

本書は最大限の裏付けをしている。脳より遺伝子を重視したのは、そっちのほうが実績が長いから。[読者の心の叫び：全然結論になってないんですけど……]

おまけ：30 年後

バカな哲学者が本書を、ただのおとぎ話と一蹴したけど、VR とか出てきて、第 6 章「幻影環境」の記述が実現してるぜ、すごいだろう、どんなもんだい、オレ様の正しさがわかったか。それでも自分のまちがいを認めようとしないバカな哲学者氏ね。

5. 構成へのつっこみ

大筋はこんな話ではある。

さて、レムはこれを真剣な科学的裏付けを持つ考察と呼ぶ。でも繰り返しになるけれど、個人的には第 5 章に出てくる、情報と物質の等価性を進化の至宝としてまつりあげ、それと同じことがすべてで可能だ、みたいなかなり強引なめくらましをかけ (もちろんこの訳者にも何言ってるかわからん部分が山ほど登場するので、何か誤解している可能性はある。ご用心を)、さらに無限の試行回数があれば可能性あるものは必ず実現する、というこれまた強引な議論を持ち出すことで、こじつけているだけだと訳者には思える。しかも「可能性がある」は、いまの限られた知識範囲では、絶対にあり得ないと言えるほどの材料はない、という程度の意味。遺伝子は人類誕生、いやそれ以前からずっと続いていて、それが何らかの代謝系の偶然で単一の個体に温存される可能性はゼロではない、ということは言えるかもしれない。でも、そういったら『鬼滅の刃』は科学的根拠を持つハード SF になるのか？ そんなことはないだろう。

というわけで、これを挙げて、SF なんかではなく真剣な科学的考察だというレムを、この訳者は少なくとも真に受けることはできない。おもしろいアイデアはたくさんある。理論や思想を遺伝的に符号化してその表現形を闘わせて「正しい」理論を生き残らせるというのは、あるかもしれないとは思う。実際、暗号解読のアイデアとしてそういうものはある。藻類の遺伝子にたくさん素数を仕込んで、それを交配させて積を出し、それが暗号と一致したらその藻の色が変わるようにして、バイオブルートフォース攻撃みたいなのをする、というもの (シュナイアー『暗号学大全』参照。これも「大全」なのか……)。でも

それをどこまで一般化できるかと言えば……

とは言うものの、未来の技術発展方法のアイデアとしては、とんでもなくぶっ飛んでいて面白い。そして人によっては、本当にこれを読んでものすごい科学的、哲学的な可能性を読み取れるのかもしれない。それはあなた次第。

だがこれだけだと、本書の醍醐味のまだ半分以下、なのだ。

6. 半分以上が脱線

上に書いたのは、この本のおおまかなあらすじ、一応は技術発展の方向性の新しいアイデアと可能性というテーマに沿った話の展開だ。だが本書はそんなものではすまないのだ。

上の目次を見ても、第 3 章「宇宙の中の文明」で、ウチュージンの発生可能性を延々と考察している。これは、話の中では技術発展の地球以外のサンプルが得られないか見つけたい、というものだ。でも、これまで SETI とかはすべて失敗、地球以外の地球文明は見つかっていない。参考になる他事例はない。ストーリーから言えば話はこれだけだ。

ところが、レムはそこでまず、宇宙に xx 個星があり、そのうち 1 億分の 1 に惑星系があり、そのうち 28978526 個に一つ文明が発生して、そのうち 235 万分の 1 が宇宙進出し……みたいな話を延々と続け (その数字、全部恣意的＝デタラメですよね)、なぜファーストコンタクトがまだないかについて、文明の自滅傾向だの時間軸だのあれやこれやと 30 ページかけて考察する。何のために？ 結局コンタクトはないんだから、いくら考察したところで本筋には何も関係ないですよね？ これ、全部脱線ですよね？

丸ごと一章の脱線……でもレムはそれをやる。せめて補遺でやってくれよー！

第 4 章「電子知能」も、構成を見てみよう。この章は 15 の節に分かれている。だがこのうち半分以上は、本筋とまったく関係ない話なのだ。

地球への帰還

前章の宇宙文明の話から地球に戻ると、科学が指数関数的にのびると情報が増えて人も足りないしタコツボ化で成長鈍化や停滞が起きちゃうよね。

メガバイト爆弾

(前節の話の繰り返し。科学の発展は多分野の同時発展と交流が重要だが分野が広がると情報流がネックになり進歩が阻害される)。電子頭脳とか開発しないとダメよね。[読者の心の叫び：この節、前節とまとめられるし、いらないよね……]

ビッグゲーム

この課題に勝利したら、星体制御の超文明まで行けるが、それには電子頭脳の全面活用が必要で人間いらなくなる。引き分けなら人類は完全に閉鎖した自閉環境を作る。敗北は、完全な停滞で、管理社会のつまらない選択と集中の結果、進歩のタコツボに入る。あ

と、長い注でダイソン球批判。[読者の心の叫び：それぞれのシナリオの細かい予想が記述されるが、これも前節/最初の節の敷衍で、本質的じゃないよね……]

科学の神話

科学の発展とともに、それが目指そうとする目標も変わってくるので、電子頭脳が人間と同じになるか心配してもしょうがない。そんなこと心配する連中は中世のホムンクルス信者みたいな思考にとらわれてる。[読者の心の叫び：そうかもしれんが、関係なくね？]

知性増幅器

人間知能を 100 倍、1000 倍にするような知性増幅器ができるかも。それを作るのに、知性そのものの仕組みとか機械の中身とか知らなくていい。ブラックボックスでフィードバックつければできる。[読者の心の叫び：いまの AI ニューラルネットワークと深層学習を予見したような記述。やるねえ。]

ブラックボックス

ブラックボックスは、アルゴリズム的にプログラムするんじゃなくてもできる。人間が、自分の歩行理論を知らなくても歩けるのと同じ。自然の多くの仕組みはそういうものだ。[読者の心の叫び：それはそうだが、本筋と関係なくね？]

ホメオスタシス装置の道徳

そういう電子頭脳入れると、狭い設定目標実現のために不道徳なことしかねないよね。工場の利潤最大化のために大量首切りとか、反競争的な手口とか。[読者の心の叫び：はあ、それがどうかしましたか？]

電脳支配の危険性

社会すべてを電子頭脳に管理させると、人口爆発に対応するために怪しい人口抑制策を採用したりして、しかもそれを明示的な意図を持たずにやったりする可能性があってヤバいよね。人間の諮問機関を作ってもいいけど、たぶんそんな機関より電子頭脳のほうが賢いから、まったく無駄だよね。[読者の心の叫び：だからぁ、それがどうかしましたか？]

サイバネティクスと社会学

電子頭脳がそういう変なことをしかねないのは、人間が社会的な側面持つけど、電子頭脳はそういうのがないから。電脳社会学みたいなのをやりたいところ。でも今のバカ社会学みたいにちまちま現象見るんじゃなくて、もっとその構造を捕らえて制御メカニズムとして考えたいところ。[読者の心の叫び：うん、やれば？ 主旨はわかるが本筋と関係ないよね。]

信念と情報

信念/信仰は、情報がないところでエイヤで決め打ちするために必要な話。変な神秘主義をもたらす一方で、信念で病気が治ったりする。情報は人間/生命体に一般に言われるより強い影響をもたらす。それが真の情報かどうかは無関係。[読者の心の叫び：？？？？ なんでこんな話がいきなりここに登場するの？]

実験的形而上学

形而上学って信念だからそれ自体は定義上実験できない。でもそういう信念が生じる条件とかは実験的に調べられる。これまでそうした形而上学は宗教としてあらわれ、世界文化における宗教の役割とはうんぬんかんぬん [読者の心の叫び：ぽかーん。なんで宗教論やってんの？] 精神分析なんてインチキ形而上学ばっかだし、レヴィ＝ストロースとか西洋宗教と土人文明は等価とかくだらんこと言ってるし仏教は自閉した逃避で、なんでそんなのありがたがってる西洋人がいるんだか [読者の心の叫び：ぽかーん。だからなんでそんな話が出てくるんですか？] いやあ、脱線しちゃったよ [読者の心の叫び：わかってるならやるなよ！]

電脳の抱く信念

電子頭脳が信念/信仰を抱く可能性もあるなあ。いろいろ情報を作る中で、形而上学っぽいものも出てくるだろうから。階層的な電子頭脳/ホメオスタットがあると、下位から上位への信仰とかあるかもしれないね。[読者の心の叫び：はあ、それがどうかしましたか？]

機械の中の幽霊

機械はそもそも意識を持てるかな？ チューリング問題とか中国人の部屋みたいな問題は考えられる。でもデジタルに「ここは意識ない/こっから先はある」みたいな仕分けは無理だろうね。そしてその意識というのも、どこか一箇所にあるものではなくシステム全体に分散してるだろう。[読者の心の叫び：はあ、楽しい考察だけど、それがどうかしましたか？]

情報という難問

情報というのは、受け手がいないと情報にならない。そして情報の情報内容はその環境との関係で決まるものとなる。[読者の心の叫び：だから、さっきからもう何なのよ？]

疑念と二律背反

人間の情報処理は、詳細な論理的処理ではなくヒューリスティックに基づいているらしいね。すると機械の思考は人間を超えられるか？ たぶん。そして機械が人間を上回ってしまったら、人間がそこにいても何か意味はあるか？ 電脳支配はかなり必然的では？ [読者の心の叫び：これさっき「電脳支配の危険性」でも言ってたことですよね？]

はい、こんな具合。この中で、本全体の議論と十分に関係あるのは「知性増幅器」「ブ

ラックボックス」の二つくらい。その前置きくらいは認めるにしても、3 分の 2 はまったく本筋とは関係ない。これ以外の章も本当にこんな脱線ばかり。脱線だと知ってて読むならまだしも、こう、読んで／訳している間に「おお、なんかすごい方向に話が行ってるぞ！ これがどうやって本題とつながるのかなワクワク」と思いながら読み訳し進めていって、最後になって「全然関係ねーじゃねーか！！　何のためにあんな面倒な議論を延々読まされてきたんだ！ (怒)」となったときの行き倒れというか徒労感というか、おわかりいただけます？

その書きかたも、まあめちゃくちゃで、正気の沙汰ではない。本筋とも関係ない——脇筋とでも言おうか——話の中で、さらに関係ない話が延々とページを割いて行われる。「実験的形而上学」の宗教論だの精神分析批判だの仏教へのケチつけだのはいったいなに？

その場で思いついたことを何でもいいから詰め込むの、やめてくれませんか？

……と言いたいところだけれど、それがまさにこの本の醍醐味でもある。あちこちで見られる、本当にまったく関係ない脱線、レムが勝手な思いつきでどんどん深みに入って全然関係ない方に思考をさまよわせる部分。そしてそれがめっぽう面白かったりする。遺伝子と科学と一般言語を比較して言語の役割や構造についてあれこれ考察し、その中で「哲学なんて言葉の曖昧さによりかかって悦に入ってるバカばっかだよねー」という考察をさらに展開する部分とか、絶品ではある。が、はっと我に返ると、いったいおれはなぜこんなものを読んでるんだっけ、と悩んでしまう。

というわけで、これはそういう本なのです。異様な奇想を何か手持ちの科学知識で思いっきりこじこじこじつけてそれを「裏付け」と呼び、無限に試行回数があれば可能性あるものは必ず実現する、という理屈でそれをねじふせ、さらに無限の脱線を繰り返し、その脱線の中でさらに脱線を行う、脱線のフラクタル構造。うーむ。

それは本人が言うような厳密な深い考察ではない。本人がそういうなら、SF でもない。言わば、なんか全体哲学みたいなものではあるんだけれど、うーんそういう体系だったものとも思えないし、これは一体何なんだろうね？

だから本書は、ちょっと要約のしようがない。なんか、読んでくれとしか言いようがないが、正直、読んでくれというのもはばかられる本でもある。

が……じゃあ物好き以外は読まなくていいかというと、そんなことはない。本書はレムの作品理解にとっても、きわめて重要な本で、無視するわけには本来いかないはずの本なのだ。

7. 本書の重要性と未紹介の理由

本書の何が重要なのか？ 本書の中身を真に受けろというのではない。だがレムの小説を見るとき、彼がいったい何を考えてこんなものを思いついたのか、というのが本書を見ればほぼわかる。彼が、「自分の SF は根拠があるんだ、アメリカの軽佻浮薄な思いつき SF なんかとはわけがちがうんだぜ」と胸を張るとき、何を根拠に彼が胸を張っているのかは、本書を見ればかなりはっきりする。

彼にとって『ソラリス』は、人間理解の及ばない知性の可能性を考えました、というだけのものではない。「惑星全部が知性体というのがあればおもしろいねー」という」よう

な安易な一発アイデアなどではない。彼は進化がソラリスの海のようなものを生み出す可能性を真剣に考察し、その背後にある「理論」や進化プロセスを考え、それが実現可能だと見て、それを小説的に提示した。それが小説『ソラリス』の本質 (レム的には) であり、ハリーちゃんなんざ刺身のつま以下だ (ましてそれを家族ごっこの書き割りに貶めたタルコフスキーには怒り心頭だっただろう)。『電脳の歌/宇宙創生ロボットの旅』は、本書に登場した知能増幅器や電子頭脳の必然的な結果であり、単なる変わった設定に基づく奇想話ではなく、現実にあり得る進化＝技術発展の果てにある世界なのだ。『完全な真空/虚数』の様々な本は、まさに本書に描かれたアイデアを扱った本の書評ということになる。そのすべては空想ではない、現実、なのだ。少なくとも現実になる可能性があるものだ。だから彼にとっての SF というのは、サイエンス「フィクション」ではない。それは本当に現実の、未来の、可能世界の表現なのだ。本書を見ればそれがわかる。そこに、レム作品の大きなキモがある。あれはすべて、小説のようで、一般的な意味で純粋な小説ではないのだ (少なくともレム自身にとっては)

逆に言えば、本書を参照せずに書かれた幾多のスタニスワフ・レム論は、ほぼゴミクズとさえ言えなくもない。

で、そんな重要な本がなぜいままで紹介されずにきたのだろうか？

たとえばウィキペディアのスタニスワフ・レムのページで、彼の評論活動は次のように紹介されている。

> 『偶然の哲学』は独自の文学理論を体系化し、サイバネティクス、数学、論理学、生物学、物理学など自然科学の方法を取り入れた文学研究を確立しようとし、現象学、構造主義による文学理論を批判したもので、発表と同時にポーランドの文学研究者の間に強い反響を引き起こした。また論文「ツヴェタン・トドロフの幻想的な文学理論」(1973) では、トドロフの『幻想文学論序説』の示す図式の粗雑さを指摘し、また文学テキストを受容する読者の役割を強調している。『SF と未来学』は文学理論を SF にも適用し、「現代 SF の 90 パーセント以上は SF 本来の可能性を全く無駄にしているくだらないものだ」と分析し、また巽孝之は「美学/認識論の彼方に夢見られる新しい感受性」などへの考察をポスト構造主義的と指摘している。
> ——Wikipedia「スタニスワフ・レム」[*12] 2025.09.07

『技術大全』は触れられてもいない。なぜだろうか……というのはこの引用部分を観ればわかる。これを書いた人、ひいてはこれまでのレム理解は、彼をあくまで文学的 (悪い意味で) にしかとらえていないからだ。各種評論も、ブンガク理論がどうしたという文脈でしかとらえられていない。『レム・コレクション』での評論紹介も、「文学エッセイ」の紹介でしかない。

『技術大全』は、そういう文学論ではないので、日本のレム研究やレム紹介の眼中には入ってこないのだとぼくは思う。だが本書を読むと、そういう紹介は本当に妥当なのか、という疑問は生じる。彼が「ブンガク」なんてものにどこまで関心を持っていたのだろうか。彼にとって大事なのは、自分のこの進化理論と技術発展のビジョンであり、小説はそ

[*12] https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B9%E3%82%BF%E3%83%8B%E3%82%B9%E3%83%AF%E3%83%95%E3%83%BB%E3%83%AC%E3%83%A0

れを表現する手段にすぎなかった、とさっき述べた。だからこそ、彼の小説評論には妙な偏狭さがつきまとう。それについては以前にも書いた[*13] 。当時はそれが単なるレムの癖かと思っていたが、ちがう。それは彼の作品、いや彼にとっての小説そのものの意味が、単純な小説表現とは狙いがかなりちがうから、なのだ。彼にとっての小説というのは、背後にある科学その他の知見を表現するものでしかない。彼にとっての理想的な小説とは『もし野球部女子マネがドラッカーを読んだら』だっけ、あれみたいなものだ (あくまで類型としてね。あれをほめるほどレムがセンスないとは思ってない……いやどうかな)。そしてそこでの評価ポイントは、ドラッカーの思想がそこでうまく表現できているか、ということであって、小説自体の出来なんか二の次なのだ。だからこそ「ナボコフ『ロリータ』はタブー破りでえらいけど、『アーダ』は近親相姦だからダメ」みたいなわけのわからん評価が出てくる。

そうしたかなり偏った意図を持つ、半分は小説ではないつもりの表現手段について、そのベースとなっている意図をまったく理解することなく。普通の文学研究的な枠組みから、ポスト構造主義だろうと美学論だろうとメタフィクションだろうと云々してきたところで、どこまで意味があるのか、とは思う。もちろん、『もしドラ』のポスト構造主義分析は、できなくはない。ひたすら小説として、主人公の女の子がカワイイかとか、その行動原理に整合性があるかとか他のラノベとの比較とかは可能ではある。だがドラッカーって何かを知らずに (意図的に無視するのではなく) それをやっても、よほどの力量がない限りただのキワモノにしかならない。「本書を参照せずに書かれた幾多のスタニスワフ・レム論は、ほぼゴミクズ」とさっき書いた所以だ。

ただもちろん、日本のこれまでの紹介者が、そういう歪曲の意図を持って本書の紹介を控えてきたとは思わない。が、ここでどうしても文系/理系という区分を持ち出したい誘惑にかられる。この本、理系っぽすぎて、文学系に偏るレム関係者には扱い切れなかったのだろう、とは思う。能力的にも、時間的にも。日本のポーランド語翻訳陣はきわめて充実はしている。が、本書のように、科学、宇宙論、遺伝学、進化論、思想、哲学、技術論、その他なんだかわからないものがごちゃまんと詰め込まれた本をこなせる人がどこまでいるか……このぼくですら、理解に苦労した部分 (そして何言ってるのかわからない部分すら) がたくさんあるくらいだと、ねえ。

そしてそこに、このうだうだしい書きぶり。脱線ばかりで、しかも脱線の中の脱線の文の中で、さらに関係節を使って脱線が展開される……読んで論理的な構造を把握するだけで一苦労。これを訳せと言われたら、まあ卒倒するだろう。いや読むだけでも難行苦行だ。そりゃまあ、紹介する気にはならないだろう。触らぬ神に祟りなし。敬遠して触れないのが一番だ。それが誠実かどうかはまた別問題。遠くから棒でつついて触れるくらいはしたほうがいいと思うんだが……

[*13] 山形浩生「感情なき宇宙的必然の中で：スタニスワフ・レムを読む」季刊『InterCommunication』2006年夏号所収 https://cruel.org/other/iclem.html

8. テキストについて

この訳は英訳をもとにしているのだが、目次を見てもらえば分かる通り、本書は全 8 章に序文と結論がついた構成となっている。だが 1964 年の初版は、全 9 章で、結論の前に「芸術と技術」という章があった。ところが初版刊行後にポーランドの評論家がそれをボコボコにけなしたため、レムは第 2 版からその第 9 章を削除したという。その後、1986 年か何かに新版が出るときに「20 年後」というエッセイが結論の後に足されたというが、これも英訳には含まれていない。

また、最後の「結論」の後の日付は、1966 年となっている。つまりは、元になっているのが 1964 年の初版ではなく、1967 年に出た第 2 版 (かその後の改訂を反映したもの) が本書の元になったテキストのはずだ。

ちなみに、ドイツ語訳も 1980 年頃に出版されており、本書と同じ構成だが、ドイツ語版序文がついている。これは一応、レムが本書を書くにあたって何を考えていたか、その後のハーマン・カーンのような「未来学」とどこがちがうと考えていたのかについてはっきり書かれていて、ちょっとおもしろいので、追加した。

レム自身は本書について、世間的な評価の面では完全に無視されたとして落ち込んでみせるが、内容的にはずいぶん自信があるようだ。レムのインタビューを中心に構成された Peter Swirski, *A Stanislaw Lem Reader* (1997) は、インタビューの相当部分がこの『技術大全』をめぐるものとなっている。その部分を紹介すると：

> 予言と未来学について言うと——私のノンフィクション作品の中では、『技術大全』は驚くほど成功した作品だと考えています。そこに書いたことの多くが、その後現実のものとなったという意味で。執筆当時、私は未来学の専門文献にほとんどアクセスできなかったため、これはなおさら驚くべきことです。未来学という概念は、1942 年にオシップ・フレヒトハイムによって既に提唱されていましたが、私は関連出版物から孤立していたため、それについて何も知りませんでした。未来学は、『技術大全』の出版から数年後に流行し、人気を博しました。『技術大全』は 3000 部発行されましたが、ポーランドではレシェク・コワコフスキーによる痛烈な批判を除けば、すべての評論家から徹底的に無視されました。そのコワコフスキーは私を嘲笑して、砂場でおもちゃのスコップを持っているだけで地球の裏側まで掘れると思っている少年のように振舞っていると書いたんです。彼の批判から 30 年後、私は「30 年後」と題するエッセイで、『技術大全』での予測や仮説がどうなったかを報告し、実質的な反論を書きました。
>
> その論説では、当然のことながら本書全体についてあれこれ言うことはできなかったため、代わりに幻影環境に捧げられた章に焦点を当て、私の理論とその現代的立場を、コワコフスキーが最初の書評で述べたことと対比させようとしました。私が『大全』を執筆したのは 1960 年代で、当時は関連情報にアクセスできませんでした。もし今のように豊富な情報を持っていたら、おそらくあの本を書いたりはしなかったでしょうね。ランド研究所やハドソン研究所、ハーマン・カーンと数百人の協力者たちがコンピューターを駆使し、CIA のアーカイブを駆使してあらゆ

る情報を調べられる、全智の専門家集団がいるとわかったでしょうから――ソ連の経済力に関する彼らの評価を見れば、それがクソミソごた混ぜだったことは明らかですが。例えば 1990 年になっても、彼らは旧ソ連の経済力がアメリカに次ぐ第 2 位、日本より上位に位置すると述べていました。しかし、旧ソ連が今日どんな様子かは誰もが知っています。1960 年代の私は、こうしたことを全く知りませんでした。もし今日、『技術大全』を書き直すとしたら、状況はまるで異なるでしょう。

いまうちには、購読している雑誌『ニューサイエンス』が未開封のまま山積みになっています。メトロノームのように週 1 冊、年間 52 冊も届くんです。だから購読を解約することにしました。もうとても追いつけません。

逆説的に言えば、情報過多は情報不足と同じくらい人を麻痺させます。それに対処するには、何十人もの専門家を一種の「情報フィルター」として雇わなければならないでしょう。だから、『技術大全』に関していえは、逆説的な状況が独創的で価値ある哲学的研究を生み出すこともあるわけです（実は、私の文学小説にも同じことが言えます)。

“Reflections on Literature, Philosophy and Science: Personal Interview with Stanislaw Lem, 1992”, Swirski, *A Stanislaw Lem Reader* (1997) 所収より

ここに登場する「30 年後」というエッセイは第 6 章「幻影環境」がいま (というか当時) のバーチャルリアリティをいかに先取りしていたか、みたいな自慢になっていて、うーん、そういうレベルの技術予測をしたいのではないという本書冒頭や随所に出てくる記述からすれば、そういうレベルで喜ばれても困ると思うんだが。だって本書の「幻影環境」って、ちがう物理世界とかを「実現」する手段として位置づけられていたんじゃないの？ それが濫用される可能性とか、オマケだよね？　が、30 年ぶりの遺恨をぶちまけたレムの大人げなさはちょっとかわいいので、この翻訳には一応収録しておいた。

9. 翻訳について

翻訳は、AI の力を借りた。X の Grok ちゃんだ。Ani ちゃんにこの訳文を読み上げてもらう、というのはおもしろいかと思ったが、3 分でうっとうしくなって断念。だがレムの文は、うだうだしくその論理構成を把握するだけでも一苦労だと述べたが、AI はそんなのはものともせず、一応は訳してくれるし、論理構造はそこそこおさえてくれる。それをもとにすれば、直すのは比較的容易だ。そしてレムの文も、わけがわからないが、それは論理が入り組んでいるだけで、『フィネガンズ・ウェイク』ではない。ときほぐせば論理的だ。だから AI は何の苦もなく (かどうかは知らない。Ani ちゃんの背後のデータセンターは艱難辛苦したのかもしれないが) 理解して訳してくれる。おかげで、この大部の本が 20 日ほどで仕上げられた。文明、すげー。レムが本書で言っている、知的増幅器、本当に出てきたなあ。機械知性、すげー。この AI の様子を見たら、レムが何と言ったか知りたいところではある。

もちろん、AI に丸投げではない。すべて山形が目を通し、原文 (というか英訳) とつきあわせてチェックした。ちなみに、AI のいいところは、変換ミスがない点だ。もし本書で変換ミスがあったら、それは山形の修正によるものだ。何かお気づきの点があれば、是非ご一報を……って、だれが読むんだろうね、これ。

山形浩生 (hiyori13@alum.mit.edu)

付記：

蛇足ながら、本書の中身は劉 慈欣『三体』シリーズとかなり共通するものがあるようにも思う。宇宙文明が見つからない理由としての暗黒森林理論とか、とちゅうで三次元の物体を完全な二次元に翻訳するところとか、むちゃくちゃな文明や生物発展の理論とか。もちろんそのわけのわからないほどの規模も。劉 慈欣がこれを読んだはずはないけれど、なんかそういう類似性があるのはおもしろい。