

先端計算科学研究科（仮称）の目指す教育方針

1 本研究科のめざすもの

戦後のコンピュータの出現によって、従来の理論解析の枠を超えた複雑非線形相互作用系の解析解法としてシミュレーション手法が登場し、半導体技術の急速な発達に伴って、観測や実験で見いだされた現象、あるいは理論的に予想される現象の具体的実証手段として近代科学の完成に大きな貢献をなした。このシミュレーション研究の定量的貢献もあり、20世紀後半は近代科学の集大成に向かう時代と位置付けることができる。

21世紀の幕開けとともに日本に出現した地球シミュレータの科学的意義は、単にそのピークパフォーマンス（例えば、トップ500のナンバーワン）を長期間維持したという表層的な意味だけではなく、大規模複雑システムを“丸ごと取り扱う”という新しいシミュレーションの役割を実現したことにある。“丸ごとシミュレーション”とはシステムの発展・挙動を自己無撞着に知ることができることを意味する。言い換えると、システムの全体的な振る舞いからその未来の発展の予測をもすることもできることを意味する。その代表例として地球温暖化の地球丸ごとシミュレーションをあげることができる。このことは理論・実験に次ぐ第3の研究法という従来の科学の裏付け的な存在から、実験・観測と切磋琢磨し、時には実験・観測を先導する主体的な社会と一体となった研究手段に昇華したことを示したといえる。

17世紀半ば、近代科学の祖デカルトは“自然のシステムを解き明かすには、まずシステムを分解し、構成する要素を一つ一つ切り出し、その基本法則を明らかにしなさい”と提唱した。これらの基本法則（ニュートンの運動方程式、熱力学方程式、マックスウエル電磁方程式、アインシュタインの一般相対論、シュレーディンガーの量子方程式等）は20世紀の半ばまでにほぼ解明された。

地球シミュレータの“丸ごとシミュレーション”の概念は、このデカルトの要素還元科学の忘れものである多様な要素の絡み合い、さらには、システムとその環境とが相互作用し、発展する“複雑”かつ“開いた”系への挑戦の道を開いてくれた。

その挑戦には二つの道がある。

戦後間もなく、電子計算機(コンピュータ)が数理的な手法では解明することのできない自然の基本法則(微分方程式)に支配される非線形物理現象を解き明かしてくれる科学的救世主としてさっそうとデビューした。このコンピュータの機械的能力を最大限活用して複雑な非線形物理現象を解明する科学的方法論がコンピュータシミュレーション(現在では単にシミュレーションと呼ばれている)である。しかしながら、コンピュータの機械的能力の有限性からその解ける問題は非常に限定的なものに限られており、自然科学の研究者の間でのみ広がっていった。21世紀の初頭(2002)に日本に現れた地球シミュレータ(ベクトル型並列コンピュータ)はこの状況を一変し、現実の問題、特に、生活に密着した企業のモノづくりに活用できることが実証されるにいたった。多くの歴史的事実が証明しているように、挑戦している問題の前面に立ちはだかる大きな壁が一旦破られると、その慣性モーメントは水を得た魚の如く生き生きと活動の範囲を広げていく。シミュレーションは現在まさにそのような状況にある。今や、自然の織り成す未来の振る舞いを科学的

に信頼のおける形で予測をすることも、持続可能で安心できる人間生活を実現する新奇なモノ造りシステムの創出も実現する有用な実行性のある手段となった。400年続いた近代科学を乗り越え、新しい科学や技術を創出する時といえる。この人間社会の直面する様々な課題を克服し、新しい安心できる社会を作り出すために従来の進んできたシミュレーションの物理的役割を究極まで追求していくのがシミュレーションの第一の道である。このシミュレーションを一**問題解決型シミュレーション**と呼ぶことにする。

シミュレーションは、上記の自然科学という普遍的な法則に支配されている基本要素からなる物理・化学システムの複雑問題の解決に限らず、人間という判断基準が定かでない要素で構成されている集団の行動の科学的解明に対しても挑戦できる大きな能力を備えている。昨今の超並列スカラコンピュータはこの挑戦に適したアーキテクチャである。多様な無数の人間模様が織りなす政治・経済、社会問題への解明に向けるシミュレーション手法の開発と実社会への応用の新たな挑戦を彷彿とさせる。この第二の道は、多様な細胞や組織が織りなす生命の働きの神秘の営み・法則の発見という挑戦をも可能にしてくれる。この方法論は、既知の基本法則で支配された複雑な物理的問題の解決(第一の道)に加えて、人間集団に代表される未知の問題への壮大な挑戦である。シミュレーションは多様な無数の要素からなるシステムが発現する機能・法則の発見を見出してくれる可能性のある唯一の科学的方法論である。また、新しい機能を備えたシステム(ロボットはその代表例ともいえる)の創出にも応用できる優れた方法論でもある。これを**一問題提起型シミュレーション**と呼ぶことにする。

折しも、世界最高水準の次世代スーパーコンピュータの建設が着々と神戸市ポートアイランド地区で進んでいる。その地において、問題解決と問題提起のためのシミュレーション思考と技術を徹底的に講義と演習・実習で教え込み、そのシミュレーションのもつ革新性を十分把握し、且つ、先進のシミュレーション技術力、計算技術力を身に付けた若い人材が、社会のあらゆる分野に進出し、そこに存在する複雑難解な問題の解決に向けて挑戦するとともに、社会を活性化してくれる新しい機能をもつモノやシステムの開発に挑戦し、社会に新しいシステムの在り方を提起してくれることを願っている。これをシミュレーション文化構築への挑戦と呼ぶことにする。このシミュレーション文化を社会に浸透・発展させる世界の教育拠点を設立することが本研究科の目指すところである。

2 教育研究体制

(1) 修士教育に重点――自己完結したシミュレーション修士の育成

世界的に見て、大学の学部において、体系的にシミュレーション学を教育する体制は確立していない。この現状を踏まえ、兵庫県立大学大学院に新設する先端計算科学研究科(仮称)においては、修士課程の教育を最重点とする。

まず、学生には学部等において得たそれぞれの分野のある程度の知識を備えていることを前提とする。それぞれの分野の知識に染められた多様な学生たちの素地の上に、シミュレーションのもつ魅力、役割、意義をプリントし、未来環境の予測や斬新な材料・製品のデザインなど様々な分野において、従来の科学的考え方では開くことのできない新しいシミュレーションによるモノ創りの新領域の開拓に挑戦し、あるいは、世界に先駆け、人という不確定要素が構成要素である社会システムや細

胞という無数の多様機能をもつ多様体によって構成されている組織をはじめとする臓器、個体という生命システムが創発する大局的法則性の解明にも挑戦する意欲を学生にかき立たせる講義体制を築く。

次に、講義によって得られたシミュレーション理念に基づいて新領域へ躊躇なく切り込めるためには、いかなる研究開発環境においても確固たる信念に基づいて自信を持って挑戦していけるだけのシミュレーションの基本技術（実行力）を演習と実習によってしっかり身体に覚えこませる実習体制を組む。そのために、演習・実習において、アルゴリズム・プログラミングの習得と並行して、大量のデータの中に隠された有意な情報・法則を効率的・効果的に引き出すための可視化の技術の習得に重点を置く。加えて、人に感動を与える高度な表現法を開発できる技術をも身につけ、アニメや広告などのマスメディアへ進出できる教育環境を整える。

修士課程修了後は、企業に進出し、分子・原子の粒子構造が基本要素である新物質、材料、デバイス等の開発をすることも、人が基本構成要素である経済問題、社会問題に新しい風を吹き込む課題に挑戦することも、ロボットに象徴される新奇機能を持つ機械システムを創生することも、行政やマネジメントなどのシステムの在り方にシミュレーション手法を導入することも、さらには、未開拓の地に新しい領域を創成することにも進出することができるような人材を生み出すことを本研究科の教育の最大の目標とする。修士修了後、さらに高度なシミュレーション科学・技術を開発し、学術の新しい発展に貢献することを希望する者には博士課程への進学を用意している。

（２）修士論文制の廃止

本研究科の大きな特色として、シミュレーション科学の汎分野性と教育における新規性に鑑み、特定の教官とともに一つの課題に取り組み修士論文を作成することを本修士課程における人材育成の支柱とはしない。あくまで、修了後はいかなる分野においても自立した一人のシミュレーション研究者・技術者として活躍していける人材を全教員による一体指導によって世に送り出すことを第一義とする。その重要な仕上げのプロセスとして、講義と演習で得た知識、技術を実際の問題に適用し、自らの力を試し、達成感を味わうために自らがテーマを選び、その解決に向かう自主課題研究を課す。

（３）ダブルディグリー制度の創設

他の研究科（学内、他大学、海外など）で修士の学位を取得した人材をも積極的に受け入れ、その研究科での経験を積極的に評価し、期間短縮でダブルディグリーとしてシミュレーション・計算科学の知識・技術を習得してもらうことも一つの目玉とする。

（４）地域特化コースの設置

兵庫県立大学の大学院であることに鑑み、修士課程の中に地域再生への貢献として、地域特化コースを設ける。現在の経済危機は戦後の経済体制の制度的限界によると考えられるところが大きい。何らかの制度変革を行う取組が世界的に叫ばれている。「1. 本研究科の目指すもの」において述べたように、今後のシミュレーションの果たす社会への役割の大きさを考えるとき、兵庫県には、E-ディフェンスや

S P r i n g 8、X線自由電子レーザー、次世代スーパーコンピュータなどの国の最先端研究施設が集積するとともに、県特有の地域産業も数多く存在する。これら地域特有の企業、組織へのシミュレーションの普及を図る取り組みは大切である。そのために、シミュレーション主導型ビジネスの普及に貢献する特殊コースとして「地域特化コース」を設ける。地域特化コースの学生は、本修士課程の特色である「自主課題研究」に関しては、自由選択ではなく、地域産業の発展のためのシミュレーションビジネスに課題を絞ることによりこのコースの特徴を出す。

(5) 博士後期課程における高度シミュレーション研究者の育成

博士後期課程では、具体的テーマを自ら選択し、その解決に向け研鑽を重ねることによって、高度なシミュレーション研究者に育つことを主眼に置く。本研究科の修士課程修了者は、自己完結したシミュレーション修士として、それぞれの望む社会に出ていくことを前提としている。しかしながら、その中で、シミュレーションによる特定分野の高度な研究を目指したいと希望するものは博士後期課程に進むことができる。博士課程での研究教育指導には、本研究科の教員のみならず、国内外の連携する大学、研究機関、企業の客員・連携教員が対等な形で行う。その際、学生は客員・連携教員の所属する大学に移籍することも、県立大学における博士論文研究を行うことも自由選択できる制度とする。

博士号はシミュレーション研究において世界レベルと判断する博士論文を完成することによって授与する。

(6) 社会・他大学院からの博士後期課程への転入の歓迎

既に、他の研究科博士後期課程に在籍しているか、あるいは、社会においてそれと同等以上の知識・技術を有しており、本研究科の博士号を得て、研究開発において新たな方向性を見出したいと考える人には、大いに転入を歓迎する。

(7) 博士号取得期間短縮制の導入

博士論文研究において、優れた研究成果を早期に挙げた者に対しては博士号を期間短縮して授与できる制度を設ける。

(8) 県立大の特色との調和

兵庫県立大学には特色ある分野で研究教育を展開している他の研究科がある。生命科学、物質科学、工学、経済学、看護学等がその例である。これらの研究科の教員と協力して、それぞれの研究分野にシミュレーション技術や発想法を加味することによって県立大としての特色をより発展充実させることは、比較的小人数の教員で運営する本研究科の存在を高める上で大いに効果があるものとする。

(9) 連携教育に重点

本研究科が目指す全方向的シミュレーション研究者の育成という理念を十二分に達成するためには、国内外の大学や研究機関の世界的に活躍している連携教員、さらには、企業からの連携教員を招へいし、多彩で魅力ある幅広い研究分野をカバーすることが重要な条件となる。

学生の将来における社会でのシミュレーション技術を駆使した活躍のための一つ

の大きな原動力として学生の教育環境をあげることができる。シミュレーションはこれから社会に広げる応用科学技術であり、いわゆる象牙の塔の中で醸成することも可能である観念的、理念的領域ではなく、社会の最先端の研究者が常に入出入りし、新しいコンセプトやアルゴリズムの発想がわいてくる開いた環境の中で発展する分野である。世界の最先端の状況が常に会話の中に飛び交い、議論される環境が存在し、その中で教育を受けることは、学生の勉学意欲をかき立てるだけではなく、社会の中に出て、実際に仕事をしていく上でのよい意味での自信が心の中に知らず知らずの間に醸成される。このような教育環境・雰囲気は、直接の講義と演習で習得した考え方・技術を社会の中で現実に花咲かせる上での非常に大きな要因となる。

(10) 海外拠点との連携強化

もう一つの特色として、国際性豊かな、国際的に評価されるシミュレーションの大学院教育拠点となることを大いに打ち出したいと考えている。そのために国際的に活躍している欧米諸国、あるいは、活躍する準備を行っている開発途上国、特に、東南アジア、東欧、南アフリカ、南アメリカなどの国の研究教育機関との連携を深め、学生の招聘、連携を深める。

カリキュラムでは、英語による講義も用意し、学生に対しても、演習・実習の成果発表にはできる限り英語による発表を推進し、国際的に活躍できる素地の形成に供する。

(11) 産業界への人材供給と連携

本研究科では、企業との連携を深め、企業におけるシミュレーションによる基礎研究、応用研究、製品開発等に取り組むチームリーダーの育成を目玉として、修士修了者の企業への就職、あるいは逆に、企業での開発に携わってきた経験のある研究・技術者を博士課程に受け入れ、比較的短期間で博士号を取らせ、企業においてシミュレーション体制を立ち上げてくれる人材の養成にも応えていく。

3 本研究科のカリキュラム（予定）

(1) 博士前期課程（修士課程）のカリキュラム

(イ) 必須基礎科目 ○：前期 ●：後期

(a) 講義（1年）

- シミュレーションとは何か
- なぜアルゴリズム開発は必要か
- なぜ可視化表現は必要か
- コンピュータ概論
- 数理解析概論
- 問題解決型シミュレーション
- 問題提起型シミュレーション
- データ処理の基礎

(b) 演習・実習（1年）

- 問題解決型プログラミングの演習 1
- 問題提起型プログラミングの演習 1

- 問題解決型プログラミングの演習 2
- 問題提起型プログラミングの演習 2
- 可視化の演習 1
- 可視化の演習 2
- 並列アルゴリズムの実習

(c) 講義（2年）

- ホリスティック科学とは何か

(d) 演習（2年）

- 問題解決型シミュレーションの実習
- 問題提起型シミュレーションの実習
- 表現法の実習

(e) ●自主課題研究（2年）

分野・課題を問わず自らが自主的に研究課題を選んで、その課題解決に挑戦する。ただし、地域特化コースの学生には地域に特化したテーマを用意し、そのテーマに取り組んでもらう。

(ロ) 選択教育科目

本研究科は必須基礎科目を中心に講義を実施するが、希望する学生には専門分野の講義として連携している他研究科の講義を取ることを勧め、単位の互換制度の導入を促進する。

受講には、本学の地理的偏在性を考慮して、テレビ講義などの方法を検討する。

(2) 博士後期課程（博士課程）カリキュラム

博士課程の教育は、「2. 教育研究体制」に述べた通りである。博士課程の学生に対するカリキュラムとしては、博士論文研究を完成させることが第一義であるが、本学の修士課程の講義を受講していない学生は修士課程の講義を自由に取ることを推奨する。さらに、連携教員及び客員教員のセミナーを適宜開催し、多様な分野における最先端の研究の現状を話してもらう機会を設け、学生の将来の進む方向に役立つ情報を得る機会とする。このセミナーは、学生と連携教員や客員教員との交流を深める場ともする。