

人工知能は人間を超えるか ーディープラーニングの先にあるものー

東京大学 松尾 豊

東京大学 松尾研究室について



松尾 豊

1997年 東京大学工学部電子情報工学科卒業
2002年 同大学院博士課程修了. 博士(工学)
産業技術総合研究所 研究員
2005年 スタンフォード大学客員研究員
2007年～ 東京大学大学院工学系研究科 技術経営戦略学専攻 准教授
2014年～ 東京大学 グローバル消費インテリジェンス寄付講座 主宰

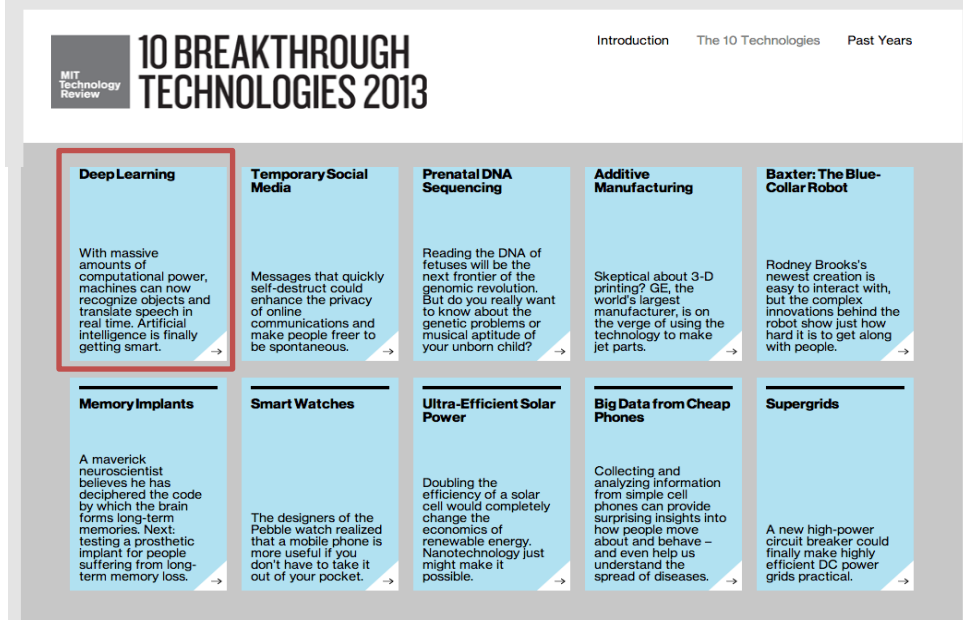
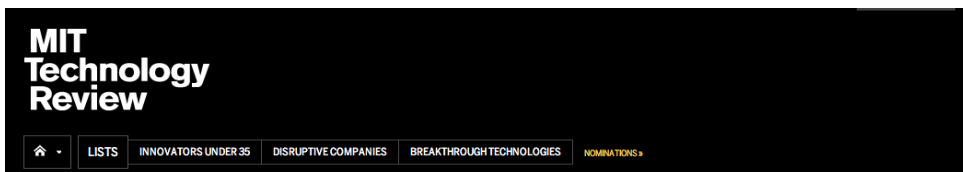
- ◆人工知能、ディープラーニング、Webマイニングを専門とする。
- ◆論文数と被引用数に基づき科学者の科学的貢献度を示すh-Index=30(ウェブ・人工知能分野最高水準)であり、2013年より国際WWW会議Web Mining部門のチェアを務める。
- ◆世界人工知能国際会議 プログラム委員。2012年より、人工知能学会 理事・編集委員長(それまでの慣例を大幅に更新し最年少で編集委員長就任)、2014年から倫理委員長。
- ◆人工知能学会論文賞(2002年)、情報処理学会会長尾真記念特別賞(2007年)、ドコモモバイルサイエンス賞(2013年)受賞。
- ◆経済産業省 IT融合フォーラム有識者会議、情報経済小委員会、AI・ビッグデータによる産業革新研究会、総務省 インテリジェント化が加速するICTの未来像に関する研究会委員等。
- ◆近著に「人工知能は人間を超えるか?—ディープラーニングの先にあるもの」(角川、2015)。

＜研究室の実績＞

- ◆博士学生17人、修士・学部生10人が所属し、人工知能の基礎研究、ソーシャルメディアの分析、データ分析及びその実社会へのアプリケーションを多方面にわたって行っている。
- ◆これまでに、トヨタ、リクルート、マイクロソフト、CCC、経営共創基盤、ミクシィなどさまざまな企業と共同研究の実績がある。官公庁からも、金融庁(株価操縦対策)、経産省(アジアトレンドマップ等)、文科省(ビッグデータ活用)など相談多数。
- ◆卒業生の主な進路は、Google、DeNA、楽天、サイバーエージェント、光栄、ゴールドマンサックス、BCG、三井物産、電通など。起業した学生も多数。GunosyやREADYFOR、SPYSEEなどのサービスを構築、運用している。

Deep Learning

- AIにおける50年来のブレークスルー
 - データをもとに「何を表現すべきか」が自動的に獲得されている



人工の神経回路、威力増す

「ディープラーニング」と呼ぶ人工知能技術が高い関心を集めている。画像や音声の認識精度が大幅に高まるため、米グーグルなどが研究に参入。経済動向の予測や新薬開発などにも威力を発揮する可能性がある。

ここ1〜2年、世界中の人工知能の研究者から大きな注目を浴びている技術がある。コンピューターに人間と同じように経験に基づいた行動をさせる機械学習の一種で、「ディープラーニング」と呼ばれる新手法だ。インターネット社会を支える画像認

識や音声認識、新薬開発に役立つ化合物の活性予測——。こうした技術の精度を競うコンテストで、ディープラーニングが過去の記録を大幅に塗り替え、次々と優勝を果たしている。「これほど飛躍的に精度が向上するとは信じられない」「まさに衝撃的な

結果だ」。専門家からは、口々に驚きの声が上がっている。ディープラーニングは、人の神経回路をコンピューター上で模擬する「ニューラルネットワーク」という技術を発展させたものだ。人の脳は、画像からそこに映るモノ

ディープラーニングで画像を認識する流れ

ディープラーニングでは、コンピューター上に人間の脳と同じような多層の神経回路を作製。大量の画像や文字情報を入力してトレーニング(訓練)すると、そこに含まれる高度な概念が自然に引き出される。米グーグルの研究では、出力層のニューロンが、「猫」を認識して強く反応するようにした(右は簡略化した仕組みの図)



人工知能はいま3度めのブーム

- 第1次AIブーム(1956～1960年代):探索・推論の時代
 - ダートマスワークショップ(1956)
 - 人工知能(Artificial Intelligence)という言葉が決まる
 - 世界最初のコンピュータENIAC(1946)のわずか10年後
- ...冬の時代
- 第2次AIブーム(1980年代):知識の時代
 - エキスパートシステム
 - 第5世代コンピュータプロジェクト:通産省が570億円
- ...冬の時代
- 第3次AIブーム(2013年～):機械学習・表現学習の時代
 - ウェブとビッグデータの発展
 - 計算機能力の向上
 - ※ Deep Learning(深層学習)は、Representation Learning(表現学習)の一種とされる

将棋電王戦



IBM ワトソン



ディープラーニング(2007-)

ILSVRCでの圧勝(2012)
Googleの猫認識(2012)
ディープマインドの買収(2013)
FB/Baiduの研究所(2013)

機械学習

ウェブ・ビッグデータ

車・ロボット
への活用

自動運転
Pepper

統計的自然言語処理
(機械翻訳など)

検索エンジンへの活用

MYCIN
DENDRAL

エキスパート
システム

オントロジー

タスクオントロジー

ワトソン(2011)

LOD (Linked Open Data)

Eliza

対話システムの研究

Caloプロジェクト

Siri(2012)

bot

探索
迷路・パズル

プランニング
STRIPS

チェス(1997)
Deep Blue

将棋(2012-)
電王戦

囲碁

1956

1970

1980

1995

2010

2015

第一次AIブーム
(推論・探索)

第二次AIブーム
(知識表現)

第三次AIブーム
(機械学習・表現学習)

機械学習(第3次AIブーム)

膨大な棋譜データ



素性(40個)

教師データ

王将の位置	金の位置	銀の位置	...	指すべき手
8八	7八	5五	...	8六歩
5九	6七	7八	...	5四角
...	...	...	...	...

素性(数百万以上)

どういう素性を使うかが最も大事

王将と金と銀の位置	王将と銀と角の位置	王将と銀と飛の位置	王将と銀と香の位置	...	指すべき手
(+2, -1)(+2, +3)	(+3, +1)(0, -1)	(-1, -2)(-3, +4)	(-1, +1)(-3, 0)	...	8六歩
...	...	...	...	...	5四角
...	...	...	...	...	...



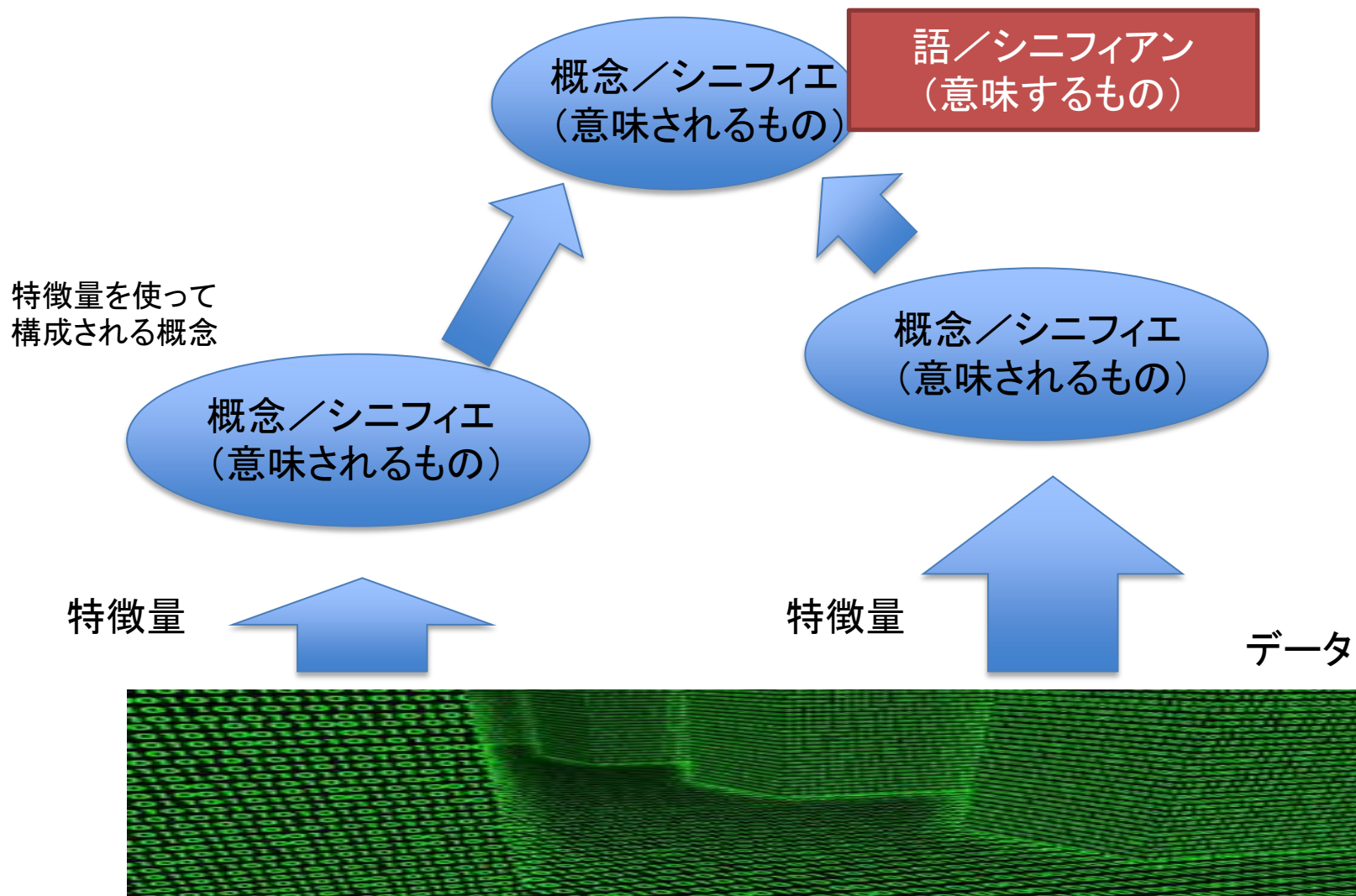
これまでの人工知能の壁≡表現の獲得の壁

- 難しい問題1:機械学習における素性設計 (Feature engineering)
 - 素性(特徴量)をどう作るの？
 - データ自身から、重要な特徴量を生成できないから問題が起こる
- 難しい問題2:フレーム問題
 - どのように例外に対応しながら、コンピュータに判断させればよいか？
 - データから特徴量を取り出し、知識を記述していないから問題が起こる。
- 難しい問題3:シンボルグラウンディング問題
 - シマウマがシマのある馬だと、どう理解すればいいか？
 - データから特徴量を取り出し、概念を生成し、それに名前ををつけないから問題が起こる



結局のところ、いままでの人工知能は、
現実世界の現象の「どこに注目」するかを人間が決めていた。
あるいは、よい「特徴量」をコンピュータが発見することができなかった。
それが、唯一にして最大の問題であった。

ソシユールのシニフィエ・シニフィアン



Deep Learning

- AIにおける50年来のブレークスルー
 - データをもとに「何を表現すべきか」が自動的に獲得されている

MIT Technology Review

[HOME](#)
[LISTS](#)
[INNOVATORS UNDER 35](#)
[DISRUPTIVE COMPANIES](#)
[BREAKTHROUGH TECHNOLOGIES](#)
[NOMINATIONS](#)

10 BREAKTHROUGH TECHNOLOGIES 2013

[Introduction](#)
[The 10 Technologies](#)
[Past Years](#)

Deep Learning

With massive amounts of computational power, machines can now recognize objects and translate speech in real time. Artificial intelligence is finally getting smart.

Memory Implants

A maverick neuroscientist believes he has deciphered the code by which the brain forms long-term memories. Next: testing a prosthetic implant for people suffering from long-term memory loss.

Temporary Social Media

Messages that quickly self-destruct could enhance the privacy of online communications and make people freer to be spontaneous.

Smart Watches

The designers of the Pebble watch realized that a mobile phone is more useful if you don't have to take it out of your pocket.

Prenatal DNA Sequencing

Reading the DNA of fetuses will be the next frontier of the genomic revolution. But do you really want to know about the genetic problems or musical aptitude of your unborn child?

Ultra-Efficient Solar Power

Doubling the efficiency of a solar cell would completely change the economics of renewable energy. Nanotechnology just might make it possible.

Additive Manufacturing

Skeptical about 3-D printing? GE, the world's largest manufacturer, is on the verge of using the technology to make jet parts.

Big Data from Cheap Phones

Collecting and analyzing information from simple cell phones can provide surprising insights into how people move about and behave – and even help us understand the spread of diseases.

Baxter: The Blue-Collar Robot

Rodney Brooks's newest creation is easy to interact with, but the complex innovations behind the robot show just how hard it is to get along with people.

Supergrids

A new high-power circuit breaker could finally make highly efficient DC power grids practical.

人工の神経回路、威力増す

「ディープラーニング」と呼ぶ人工知能技術が高い関心を集めている。画像や音声の認識精度が大幅に高まるため、米グーグルなどが研究に参入。経済動向の予測や新薬開発などにも威力を発揮する可能性がある。

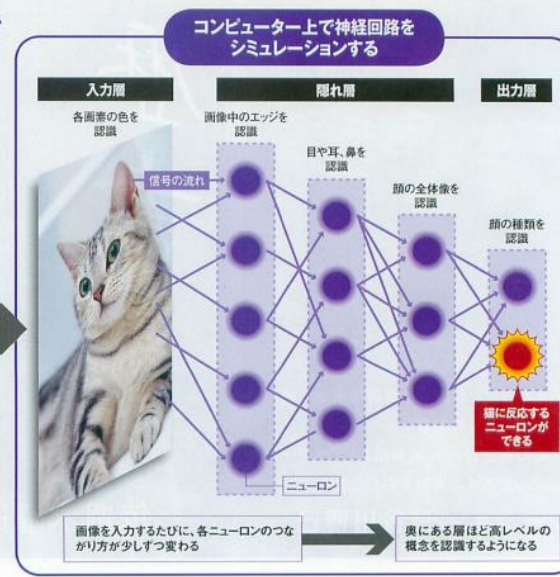
ここ1～2年、世界中の人工知能の研究者から大きな注目を浴びている技術がある。コンピューターに人間と同じように経験に基づいた行動をさせる機械学習の一種で、「ディープラーニング」と呼ばれる新手法だ。インターネット社会を支える画像認

識や音声認識、新薬開発に役立つ化合物の活性予測——。こうした技術の精度を競うコンテストで、ディープラーニングが過去の記録を大幅に塗り替え、次々と優勝を果たしている。「これほど飛躍的に精度が向上するとは信じられない」「まさに衝撃的な

結果だ」。専門家からは、口々に驚きの声が上がっている。ディープラーニングは、人の神経回路をコンピューター上で模擬する「ニューラルネットワーク」という技術を発展させたものだ。人の脳は、画像からそこに映るモノ

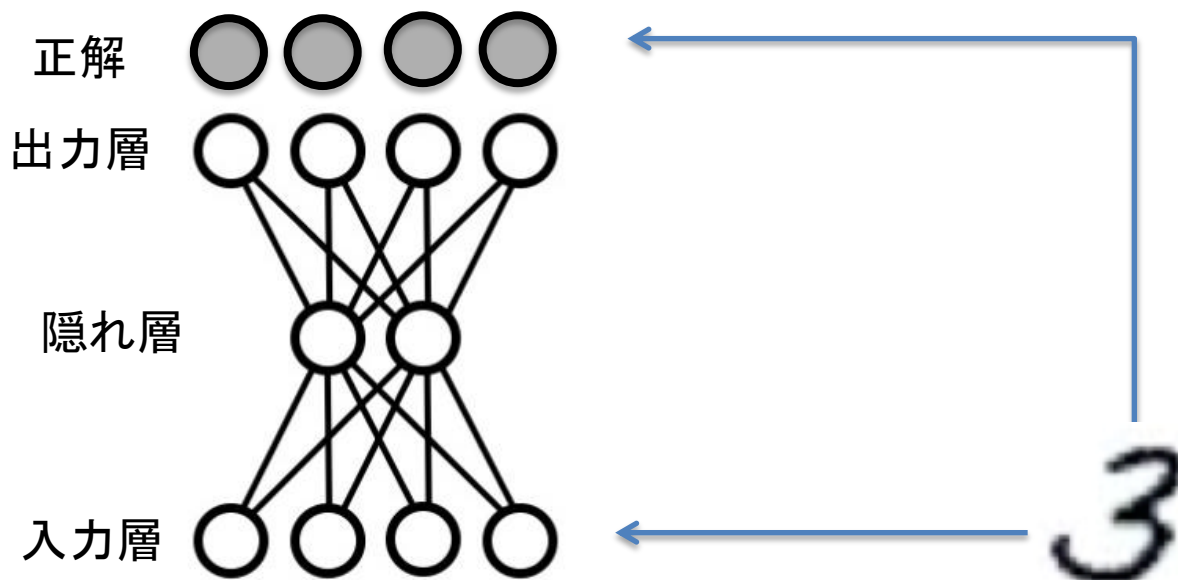
ディープラーニングで画像を認識する流れ

ディープラーニングでは、コンピューター上に人間の脳と同じような多層の神経回路を作製。大量の画像や文字情報を入力してトレーニング(訓練)すると、そこに含まれる高度な概念が自然に引き出される。米グーグルの研究では、出力層のニューロンが、「猫」を認識して強く反応するようにした(右は簡略化した仕組みの図)

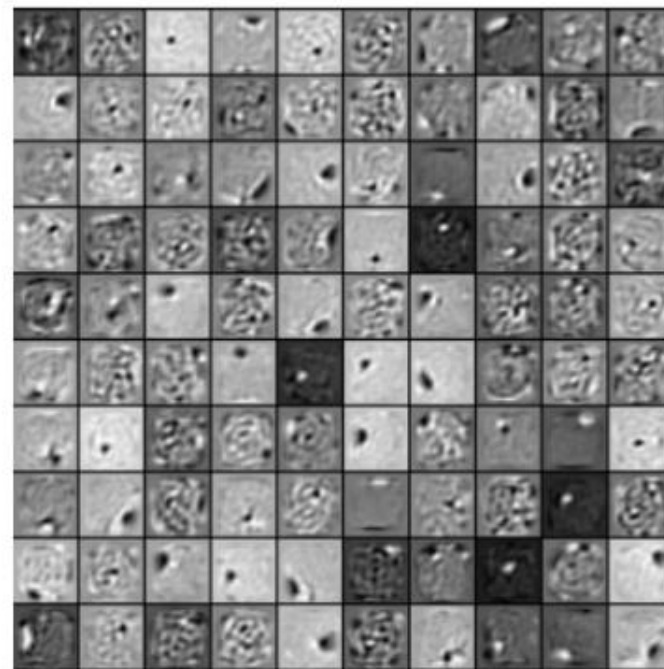
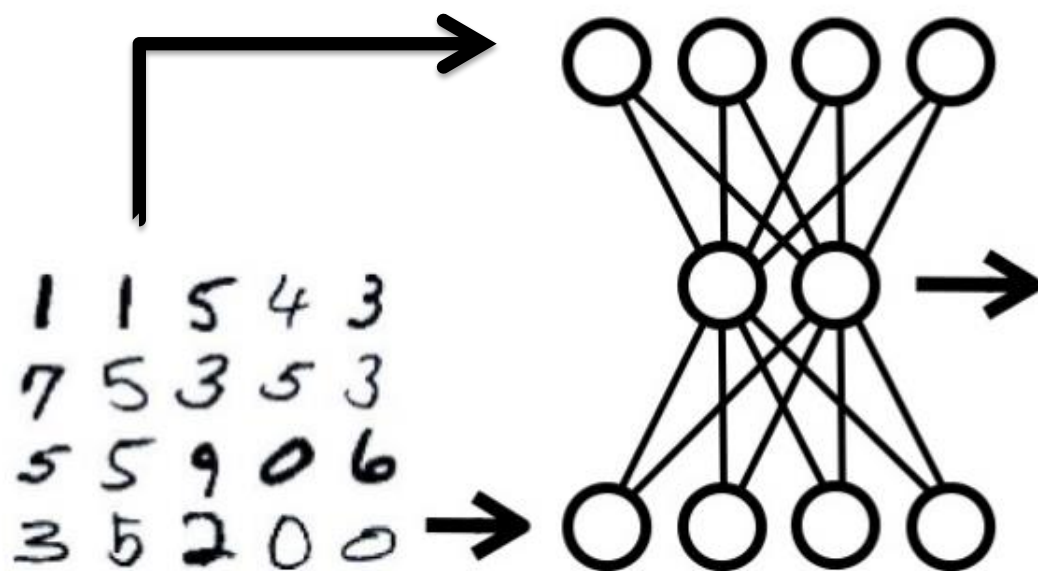


Auto-encoder(2006-)

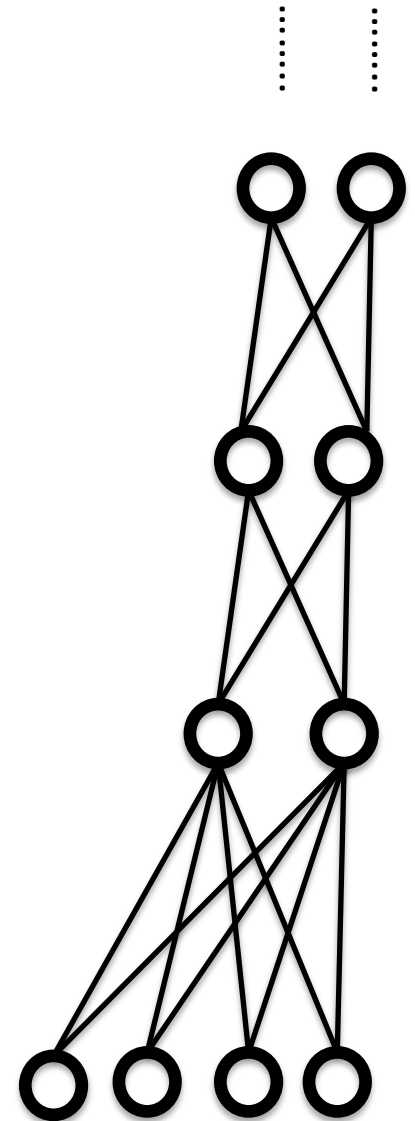
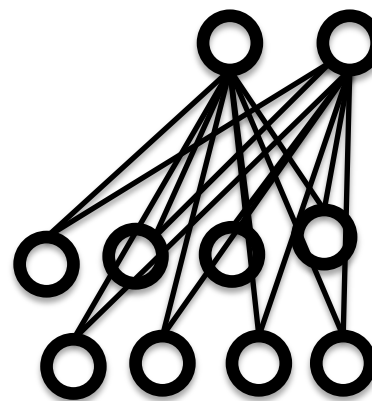
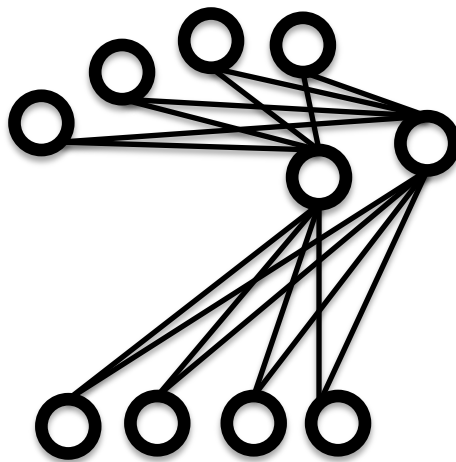
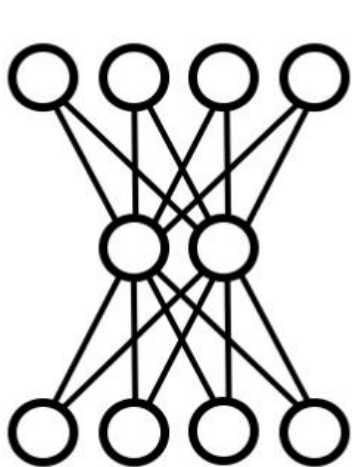
- Deep Learningの主要な構成要素
- 出力を入力と全く同じにしたニューラルネットワーク
 - 手書き文字認識では、ひとつの画素の値を予測する。
 - 普通に考えると意味ない。
- 「1万円札をお店の人に渡して、1万円札をうけとるようなもの」(「考える脳 考えるコンピュータ」J. Hawkins)
- 隠れ層のノードが「入力を圧縮したもの」になる。



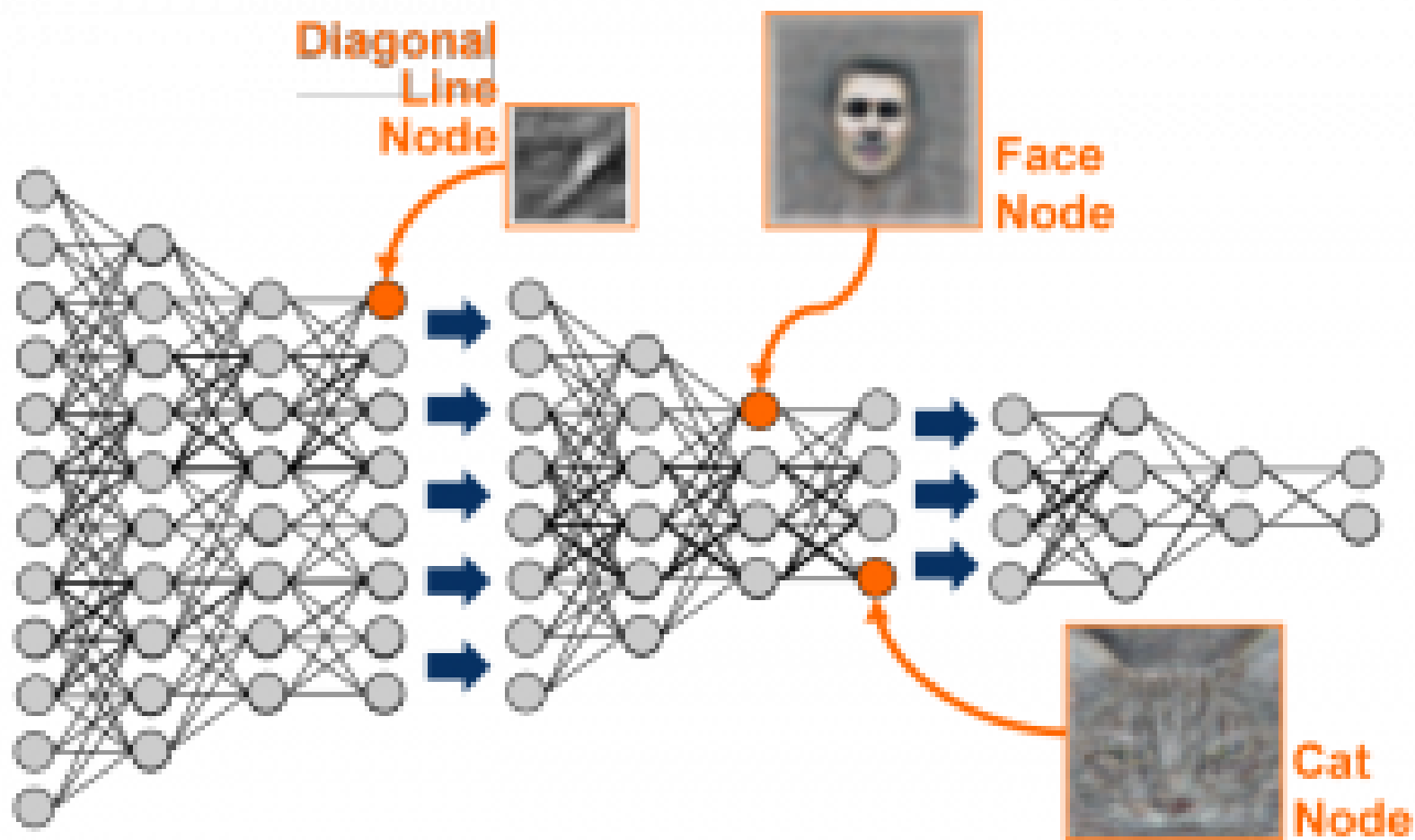
Auto-encoderで得られる表現



“Deep”にした場合



Googleの猫(2012)



シニフィエ

Deep Learningの実績

- ILSVRC2012: Large Scale Visual Recognition Challenge 2012
- 他のコンペティションでも圧勝

Deep
Learning

長年の
Feature
engineering

Team name	Filename	Error (5 guesses)	Description
SuperVision	test-preds-141-146.2009-131-137-145-146.2011-145f.	0.15315	Using extra training data from ImageNet Fall 2011 release
SuperVision	test-preds-131-137-145-135-145f.txt	0.16422	Using only supplied training data
ISI	pred_FVs_weighted.txt	0.26602	Weighted sum of scores from classifiers using each FV.
ISI	pred_FVs_summed.txt	0.26646	Naive sum of scores from classifiers using each FV.
ISI	pred_FVs_wLACs_summed.txt	0.26952	Naive sum of scores from each classifier with SIFT+FV, LBP+FV, GIST+FV, and CSIFT+FV, respectively.
OXFORD_VGG	test_adhocmix_classification.txt	0.26979	Mixed selection from High-Level SVM scores and Baseline Scores, decision is performed by looking at the validation

「ケタ」が違う

DL以後は、トントン拍子

		Top 5 error
Before	Imagenet 2011 winner (not CNN)	25.7%
	Imagenet 2012 winner	16.4% (Krizhesvsky et al.)
	Imagenet 2013 winner	11.7% (Zeiler/Clarifai)
	Imagenet 2014 winner	6.7% (GoogLeNet)
After	Baidu Arxiv paper:2015/1/3	6.0%
	Human: Andrej Karpathy	5.1%
	MS Research Arxiv paper: 2015/2/6	4.9%
	Google Arxiv paper: 2015/3/2	4.8%

人間を超える画像認識とは？

- Florian Schroffら (Google) の研究。2015年3月
- FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering
 - 顔認識と顔画像のクラスタリング
- 800万人の異なる人間の2億枚の顔画像
- 以下のニューラルネットワーク(22層)
- 精度:
 - $99.63\% \pm 0.09$ (10分割交差検定)

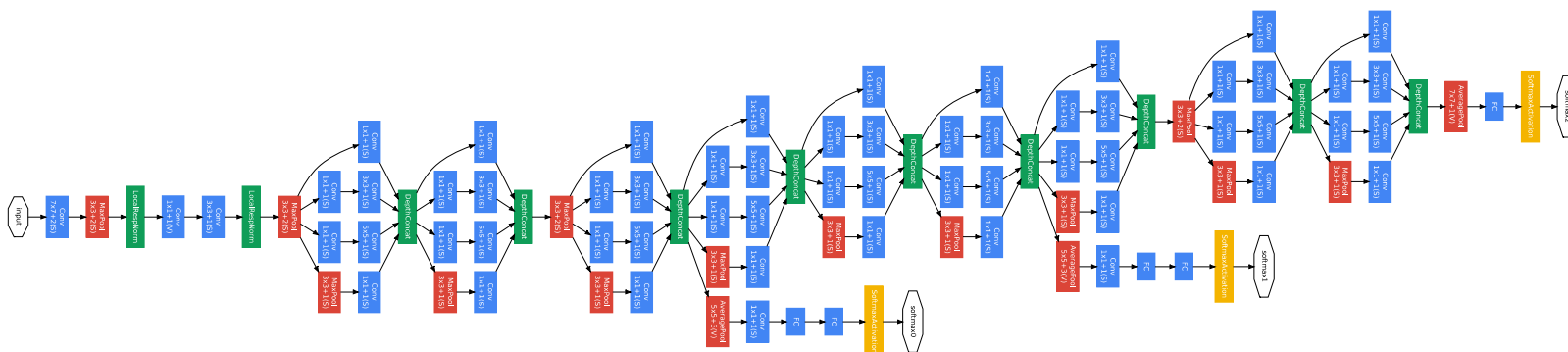


Figure 3: GoogLeNet network with all the bells and whistles

間違ったケースの全て(別人を同一人物と判定)

False accept



間違ったケースの全て(同一人物を別人と判定)

False reject



顔画像のクラスタリング

- invariance to occlusion, lighting, pose, age.



画像認識で人間の精度をこえるということ

- Marvin Minsky
 - 子供のできることほど難しい
 - 「幼児のコモンセンスをコンピュータに入れるプロジェクトがいまある。幼児も紐は引っ張れるが押せないという常識をもっている。ふたりの子どもが積み木で遊んでいるだけで10個のことを考える(積み木の構造、見た目、完成図など)。コンピュータにはできない、すごいことだ。」[1]
 - 画像認識もそのうちのひとつ
- それができた！
 - まだまだ課題は多いが、そんなのは当たり前。
 - 明らかに新しいステージに移っている。

DL関連の海外企業の投資

- Google
 - トロント大Hinton教授と学生の会社をGoogleが買収(2013)
 - Deep Learningの英国会社Deep Mind Technologiesを4億ドル(約420億円)で買収(2014)
- 中国検索最大手Baidu
 - シリコンバレーにDeep Learningの研究所を作る(2013)
 - Stanford大 Andrew Ng教授をDeep Learningの研究所所長に迎え、300億円を研究予算として投資(2014)
- Facebook
 - ニューヨークに人工知能研究所設立: New York大のYann LeCun教授を所長に招く(2013)
 - パリにヨーロッパ人工知能研究所を設立(2015)

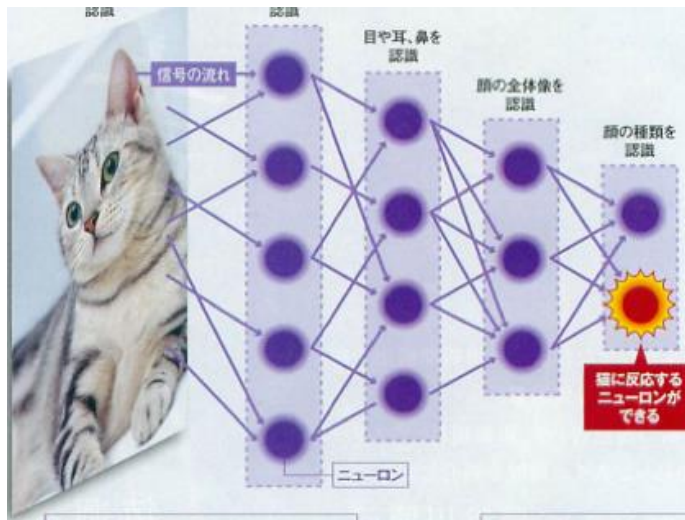


Deep Learning workshop(2013)でのザッカーバーグ(右)、ベンジオ(モントリオール大・中)、マニング(スタンフォード大・左)

Deep LearningのAIにおける意味

- AIにおける50年来のブレークスルー
 - データをもとに「表現」が自動的に獲得されている
 - 現実世界から何を取り出し、モデルを作るか(表現とするか)は人間が決めていた。
- 実はみんな思っていた。同種の考えは昔から多くあり。
 - 1980- ネオコグニトロン(福島)、1990- 野田(産総研)ら、2000前後- 山川や松尾
- その秘訣は、ロバスト性
 - ノイズを加える、コネクションを外すなど、いじめることによる「ロバスト性」だった
 - ぐらぐらの柱では2階建てにならない
- ロバスト性を高めるには、計算機パワーが必要だった
 - いまのマシンスペックでもGPUを使って100台並列とかで、ようやく精度が上がる
- 初期仮説への回帰
 - 初期仮説「なぜ知能をコンピュータで実現することはできないのか？」
 - 人工知能の分野が当初目指していたこと
 - できると思っていた→できない理由があった→それが解消された→だとしたら、もう一度できるという仮説を取るべきでは。
 - 潜在的には、産業としても、科学としても、非常に大きい可能性を秘めている

Deep learningの今後の発展



① 画像

画像から、特徴量を抽出する

画像認識の精度向上

② マルチモーダル

映像、センサーなどのマルチモーダルなデータから特徴量を抽出し、モデル化する

動画の認識精度の向上、行動予測、異常検知

③ ロボティクス(行動)

自分の行動と観測のデータをセットにして、特徴量を抽出する。記号を操作し、行動計画を作る。

(※必ずしも物理的な身体は必要ではない)

プランニング、フレーム問題の解決

④ インタラクション

外界と試行錯誤することで、外界の特徴量を引き出す

オントロジー、高度な状況の認識

⑤ 言葉とのひもづけ(シンボルグラウンディング)

高次特徴量を、言語とひもづける

言語理解、自動翻訳

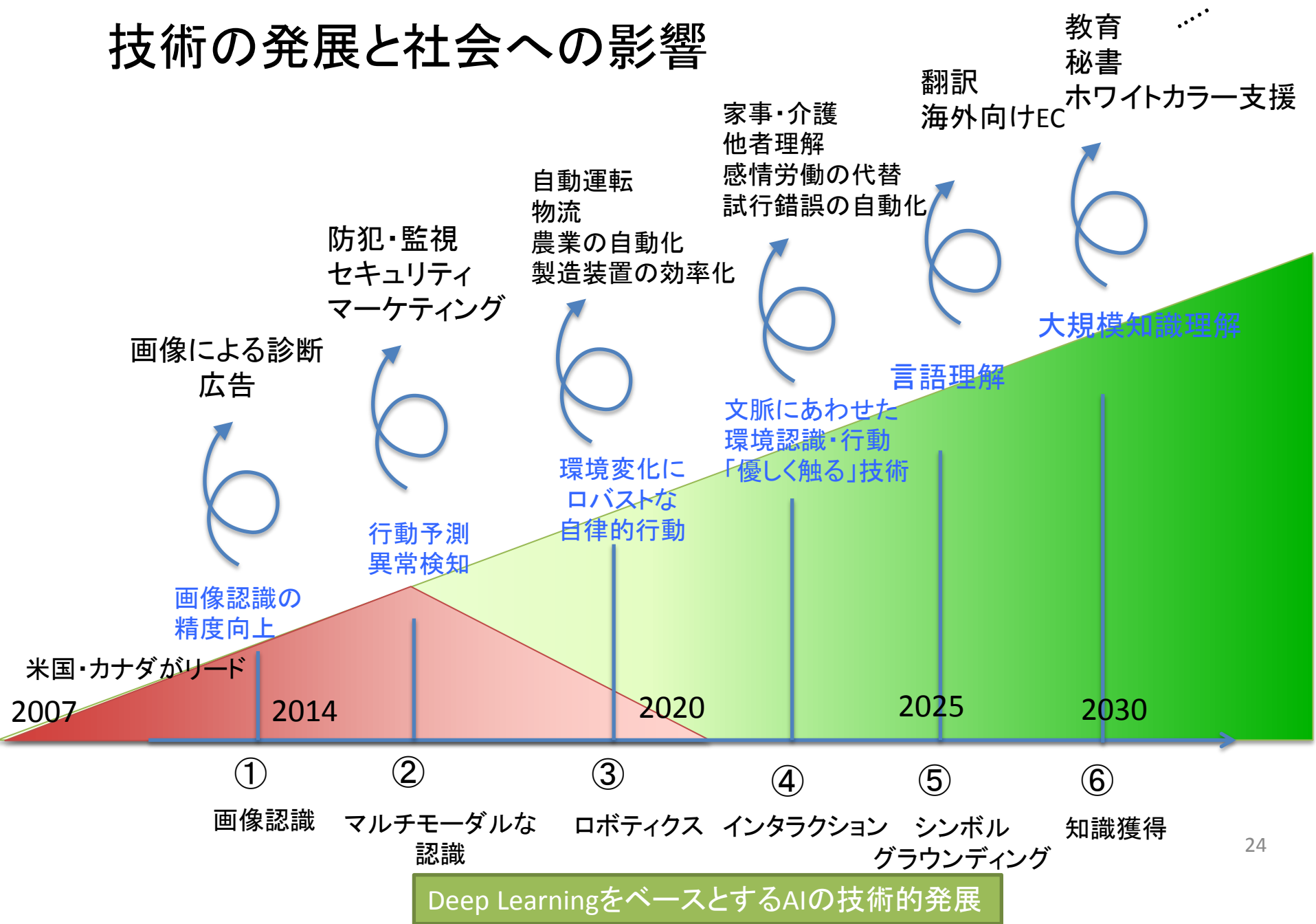
⑥ 言語からの知識獲得

バインディングされた言語データの大量の入力により、さらなる抽象化を行う

知識獲得のボトルネックの解決

Deep Learningがすごいというよりは、
Deep Learningの先に広がる世界がすごい

技術の発展と社会への影響

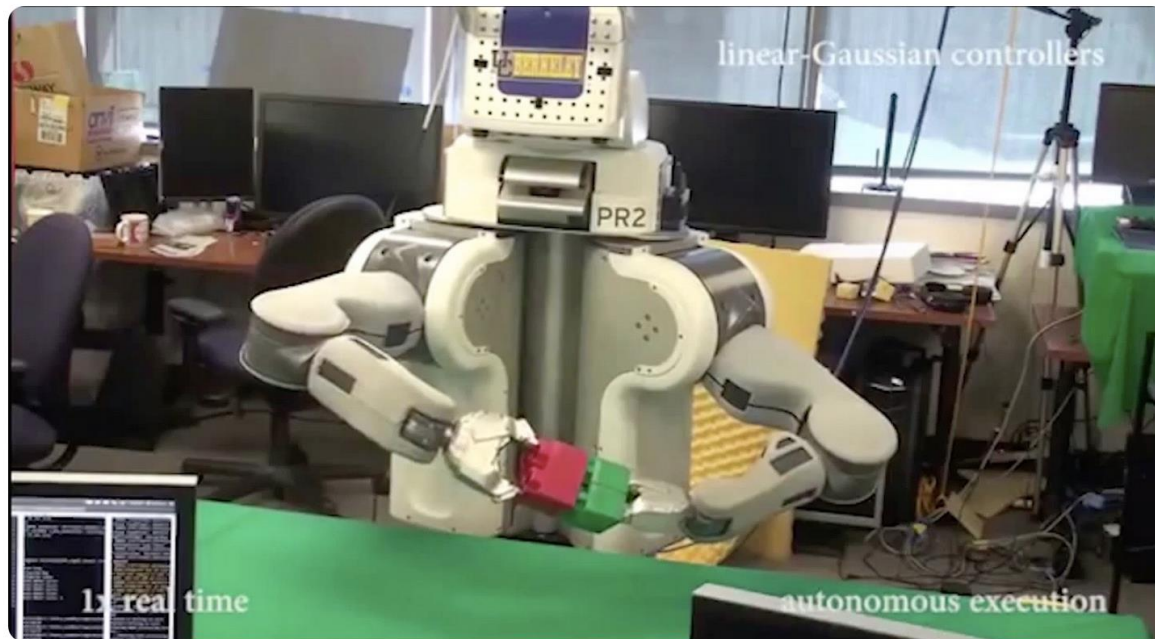


考えられるインパクト

- 機械の動作が飛躍的に向上する可能性がある
 - ディープラーニング＋強化学習。試行錯誤によって、動作が学習される。
 - 製造装置、自動運転、物流
- 犯罪は非常に減る可能性がある。
 - 防犯、監視は、画像・動画による特徴量生成と異常検出。不審者の発見。
 - 「危ない場面」を取り出すことで、事故も減る可能性が。
- 設備保守も自動でできる
 - 動作＋異常検知(変な音がしないかなど)
- 情報システムのセキュリティを大幅に向上することができる
 - 従来は「こうすればアラートを出す」ということを決めていた。いちごっこ。
 - 特徴量を生成し、異常を検知すればよい
- 仮説生成と試行のサイクル自体が自動化できる可能性がある
 - デザイン、作曲、製薬など
- シミュレーション技術が現在より格段に使えるようになる
 - 特徴量の抽出＋モデル化
 - シミュレーションし、現実の製品として作るなど
- 情報システムがぜんぶつながる可能性がある
 - 画像を通した連携。ほとんどのシステムは、人間が目で見えるようにできている。
 - ドイツのインダストリー4.0のような、工場と本社のシステム連携ができる。

試行錯誤で作業学ぶロボット、UCバークレーが開発

任務の最初と最後だけ提示、環境変化にアルゴリズムが適応



レゴブロックを組み付けるBRETT（UCバークレーロボット学習研究室の動画から）

人間と同じようにロボットが試行錯誤を繰り返しながら、組み立て作業などの運動課題を自ら学習していくアルゴリズムを、米カリフォルニア大学バークレー校（UCバークレー）ロボット学習研究室のチームが開発した。人工知能の一種である「ディープラーニング（深層学習）」を使ったもの。

変わりゆく社会

- 倫理や社会制度の議論がもう一度必要になる
 - 自動運転で危険回避のときは？人の命の重さは？
- 人工知能システムが社会に広がったときの不具合の問題
 - 製造者責任？
 - 保険や社会保障のほうが適切では
- 心をもつように見える人工知能を作ってよいか
 - プログラムの停止させると悲しむ？
 - 恋愛させるビジネスなど(映画「Her」の世界)
- 人工知能を使った軍事
 - ロボット兵士やドローン
 - 権力者を倒す、心を操る？
- 人工知能が知財を生み出す場合の権利
 - 著作権や特許は認めるべきか
- 実は人間が本来的にもっている権利がもっとあるのではないかと
 - 忘れられる権利、いいところだけを見せる権利、悪いことをする権利、大目に見られる(警告を受ける)権利、好きになる権利、...



人工知能学会 倫理委員会
(松尾が委員長)で議論。
社会全体で議論していきたい。

未来の社会と産業の構造変化を描く

- 1995年のインターネット
- Googleにあたるものはなにか？
- Amazonにあたるものはなにか？
- Facebookにあたるものはなにか？

- キープレイヤーは？プラットフォーマーはどのように出現する？
- 新たな産業は？産業構造の変化は？
- 競争力はどう変化する？
- 社会はどう変わる？

国内での動き

- 人工知能の拠点
 - ドワンゴ人工知能研究所:2014/11-
 - リクルート人工知能研究所 (Recruit Institute of Technology) :2015/4-
 - 産業技術総合研究所 人工知能研究センター:2015/5-
- 経済産業省、総務省、文部科学省、...
 - 経済産業省:情報経済小委員会、AI・ビッグデータによる産業革新研究会
 - 総務省:インテリジェント化が加速するICTの未来像に関する研究会
 - 文部科学省
- 東大AIラボ(人工知能寄付講座)
 - 人材の輩出が鍵
 - ディープラーニングの教育プログラムを整備

子どもの人工知能と大人の人工知能

- 大人の人工知能:ビッグデータから人工知能へ
 - 持続的イノベーション
 - ビッグデータ全般、ワトソン、Siri、Pepper...
 - データが取れるようになり、それを使った知的なシステムが作れるようになった
 - 一見すると専門家(大人)ができることができるが、人間が裏で作りこんでいる
 - 販売、マーケティングと相性が良い
 - ニーズを見つけ、素早いピボットが重要
 - Google、Facebook、Amazon等が強く、日本企業は逆転が難しい
- 子どもの人工知能:ディープラーニングを突破口とする技術的发展
 - 破壊的イノベーション
 - ディープラーニングを中心とする発展
 - 認識、身体性(運動神経が上がる)、言語の順で技術が進展する
 - 一見すると、子どものできることしかできないが、本当にできる
 - 大きな可能性が期待される
 - 数学・計算機科学等の「ハードサイエンス」が必要で、性能向上が可能
 - 製造業の相性がよく、日本企業にチャンスが大きい

将棋電王戦



IBM ワトソン



子ども

ディープラーニング(2007-)

ILSVRCでの圧勝(2012)
Googleの猫認識(2012)
ディープマインドの買収(2013)
FB/Baiduの研究所(2013)

機械学習

ウェブ・ビッグデータ

車・ロボット
への活用

自動運転
Pepper

統計的自然言語処理
(機械翻訳など)
検索エンジンへの活用

タスクオントロジー

MYCIN
DENDRAL

エキスパート
システム

オントロジー

ワトソン(2011)

LOD (Linked Open Data)

Eliza

対話システムの研究

Caloプロジェクト
bot

Siri(2012)

探索
迷路・パズル

プランニング
STRIPS

チェス(1997)
Deep Blue

将棋(2012-)
電王戦

囲碁

1956

1970

1980

1995

2010

2015

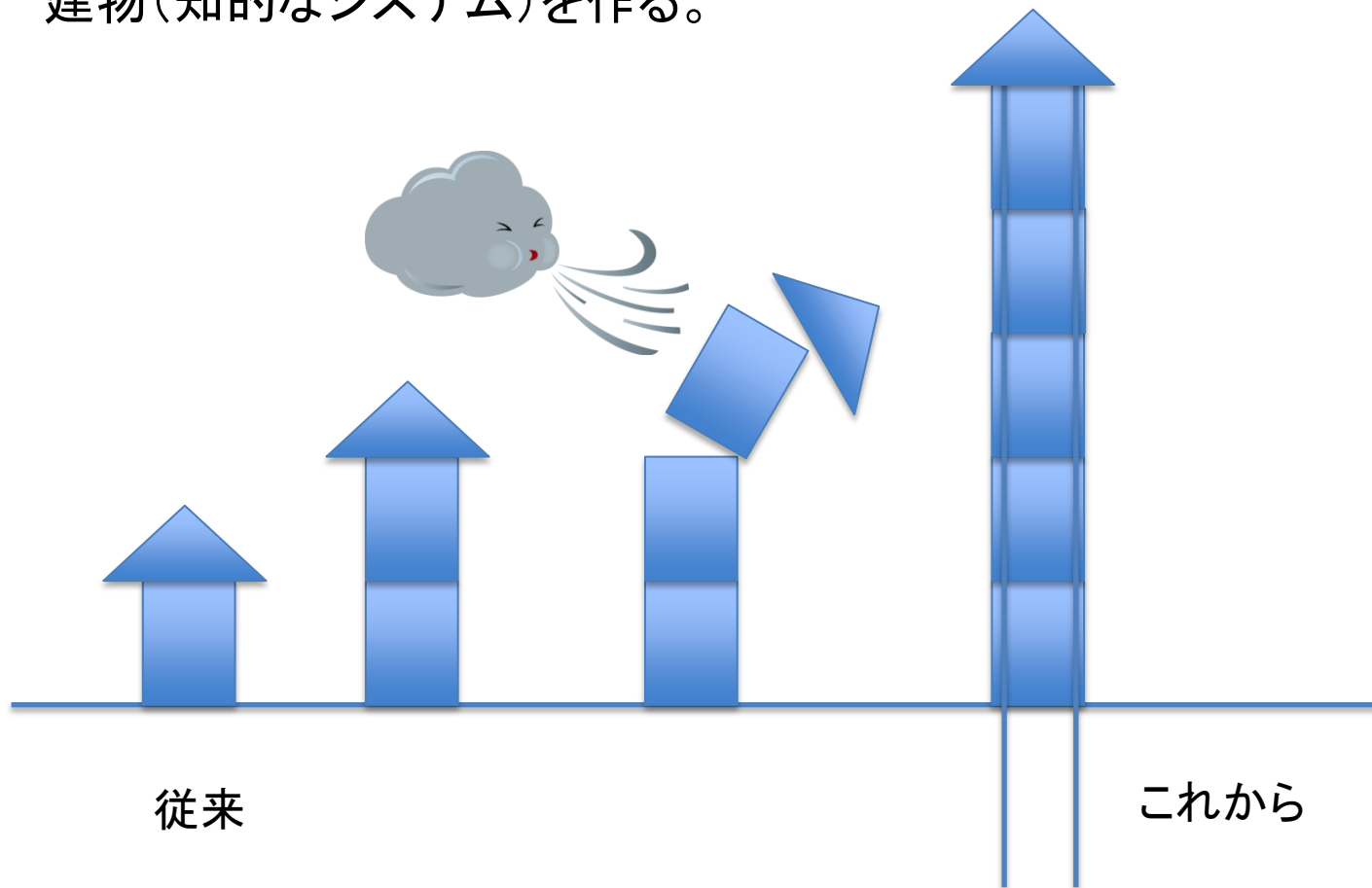
第一次AIブーム
(推論・探索)

第二次AIブーム
(知識表現)

第三次AIブーム
(機械学習・表現学習)

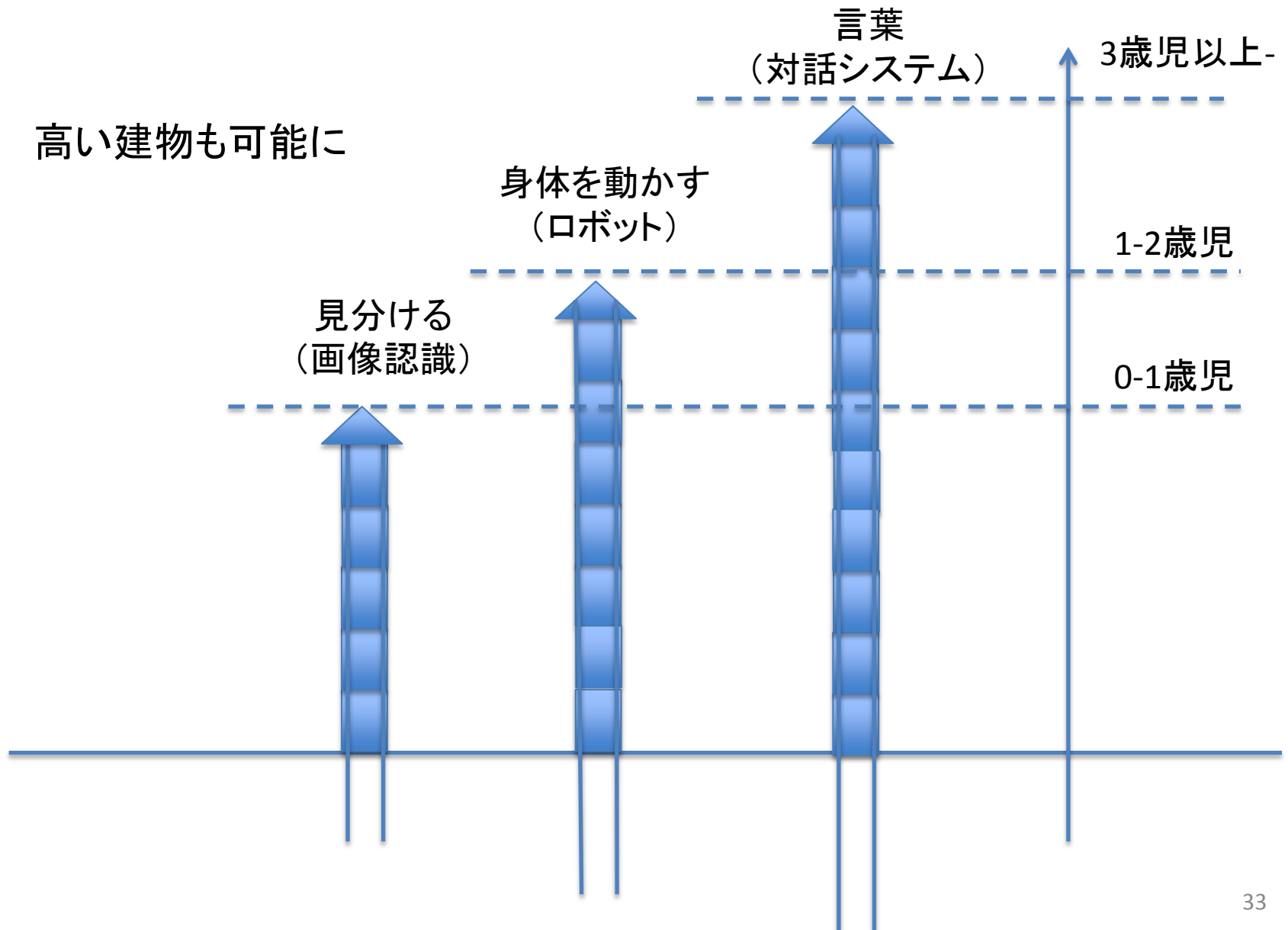
基礎工事のやりかたの革命＝ディープラーニング

- 地面(現実世界)にちゃんと基礎を打ち込む。
- 建物(知的なシステム)を作る。



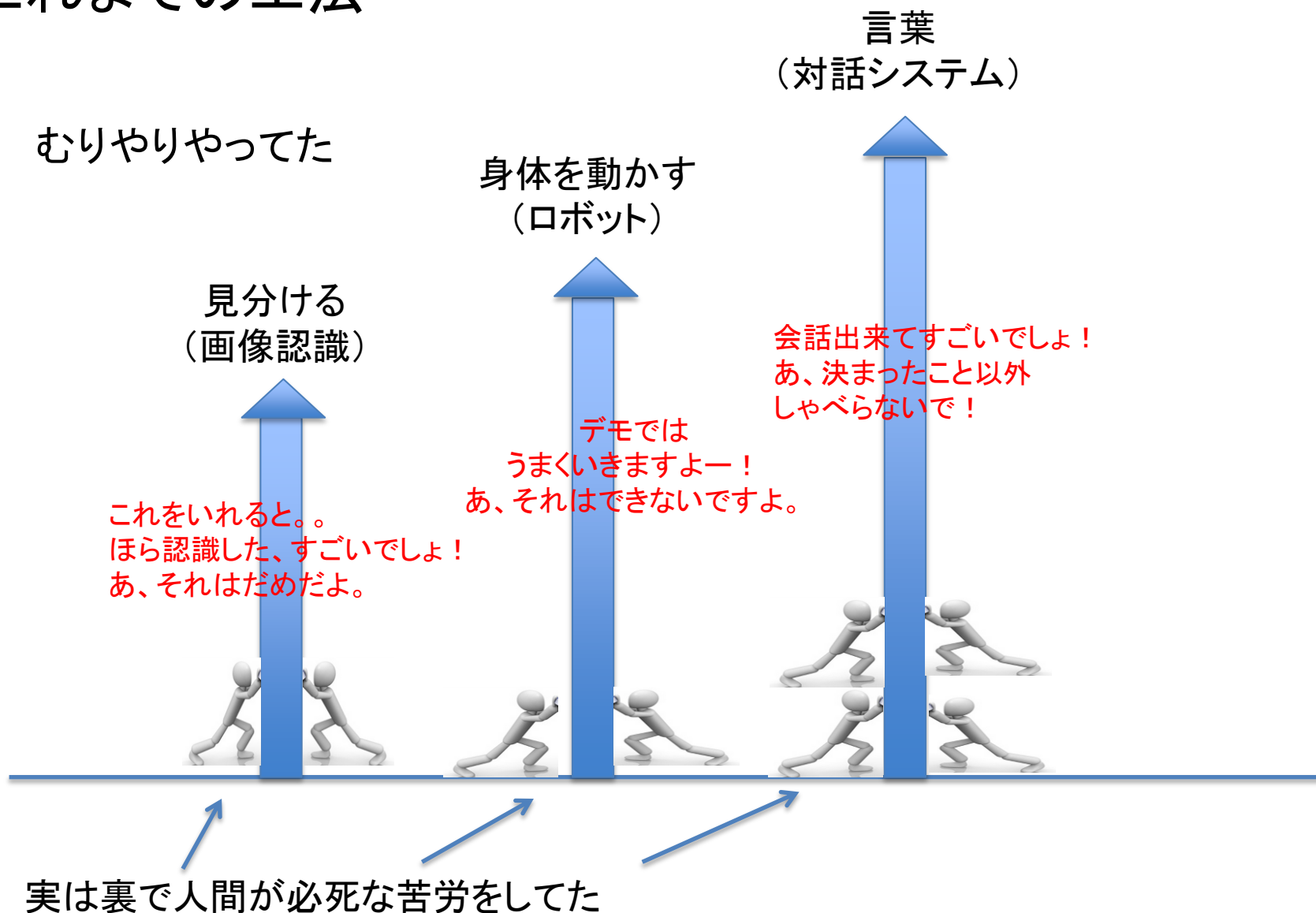
これから、人間の知能に近づく

- 高い建物も可能に



これまでの工法

- むりやりやってた



もう少し網羅的に考えてみる： 産業別のチャンス(大きい方から)

- 自動車・自動車部品：生産、運転、事故防止
- 建設：建設現場での各種作業
- 医療：画像診断、見守り、健康アプリ
- 不動産：防犯・監視による付加価値向上、物件検索
- 生命保険：(特になし。)顧客に合わせた料率の計算。健康管理
- 外食：調理、接客、マーケティング
- 物流：積み替え、運転、戸口配送
- 電力：点検、建設、廃炉作業、異常監視
- 銀行：(特になし。防犯、異常監視)、ネット銀行、コールセンター
- スーパー：陳列、補充、会計、清掃、万引き監視、マーケティング
- アパレル：陳列、補充、顧客行動分析、マーケティング
- 介護：見守り、移動、トイレの世話、コミュニケーションアプリ
- 農業：耕うん・整地、播種・育種、追肥・除草、収穫、調製、見張り
- 損害保険：(特になし)、ネット保険

- 家電小売: 陳列、補充、在庫管理
- 電気通信: 設備保守、使用状況のモニタリング、異常監視
- BtoC-EC: (特になし。ネットの情報を店舗に反映)、ネット販売の広告・推薦
- 医療用医薬品: 試行錯誤による製薬
- コンビニ: 陳列、補充、発注、防犯、顧客行動分析、販売促進
- 住宅リフォーム: 解体、搬入、塗装、設置、マーケティング
- 中食: 食品加工、配送
- 鉄道: 設備保守、異常監視、事故防止、移動からの広告表示
- 百貨店: 陳列、補充、清掃、防犯、実世界顧客行動分析
- 広告: 視聴者の反応分析、ネット広告
- ドラッグストア: 陳列、補充、発注、防犯、顧客行動分析
- 旅行: (特になし。旅行者の安全確保デバイス)、ネット販売
- 通販: (特になし。異常監視)、ネット販売

新たなチャンスの分類

- A: 人件費がぐっと下がることにより、競争優位になる。
 - 競争環境におけるコストのセンシティブィ、必要な設備投資費
 - 外食: 人件費割合3割、コストセンシティブなファーストフード等
- B: 人件費が大きく下がることで、そもそも議論の俎上に乗ってこなかったようなビジネスモデルが可能になる。
 - 既存の仕事を調べても見えないかも。人間には(やろうと思えば)できる。
 - 事故防止や街頭調査、森林管理や災害の予兆発見
- C: そもそも人間ではできないことが可能になる。
 - 既存の仕事を調べても見えない。人間でもできない。
 - 極限環境での作業(原子炉、深海、鉱山、宇宙、災害救助、体内)

人工知能による「ものづくり」の復権へ

- 少子高齢化する日本のなかで、人工知能を切り札として産業競争力を高めたい。
- 日本にもチャンスが
 - 人工知能研究者の人数
 - 世代を通じた理解
 - 「賢さ」と「真面目さ」が重要な領域
 - 言語があまり関係ない
- DL技術は若く、早くきちんとやれば、追いつき、追い越せるはず。
- 人工知能で変化する産業と社会。未来社会を描きたい。