

人工知能の未来

東京大学 松尾 豊

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(2012)
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

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)

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
...	...	...	...	...	...



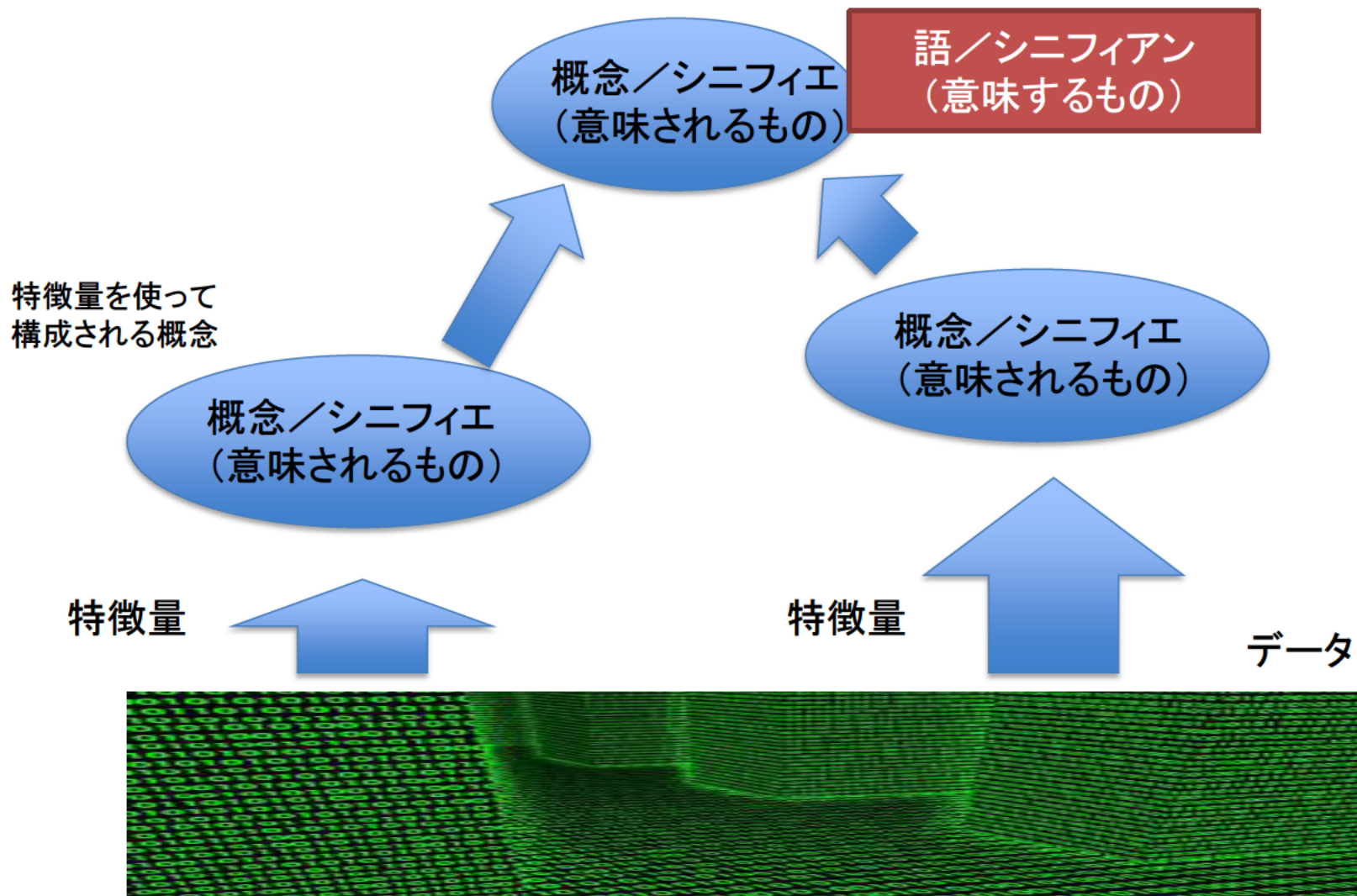
これまでの人工知能の壁≡表現の獲得の壁

- 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

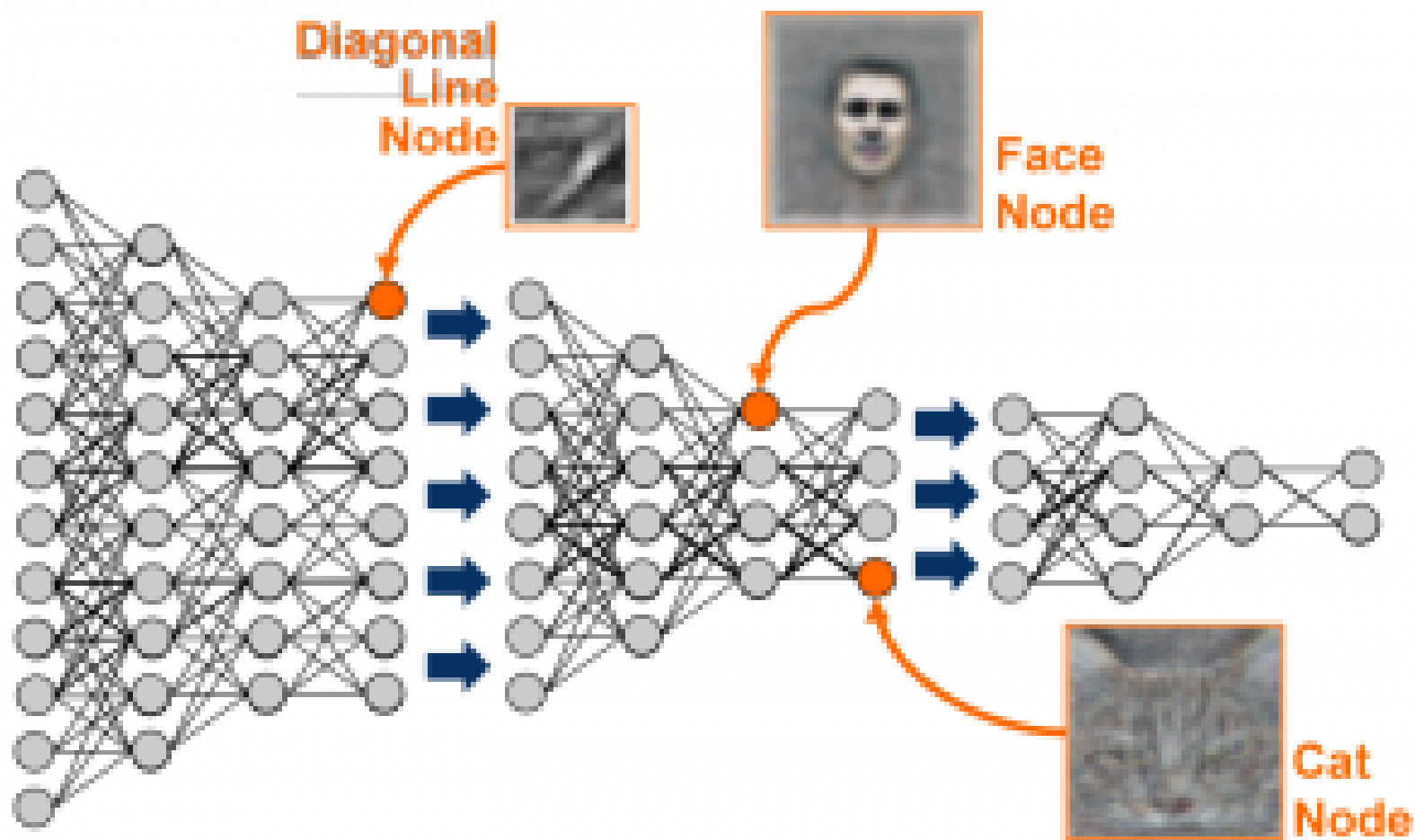


結局のところ、いままでの人工知能は、
現実世界の現象の「どこに注目」するかを人間が決めていた。
あるいは、よい「特徴量」をコンピュータが発見することができなかった。
それが、唯一にして最大の問題であった。

ソーシャルのシニフィエ・シニフィアン



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

「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)

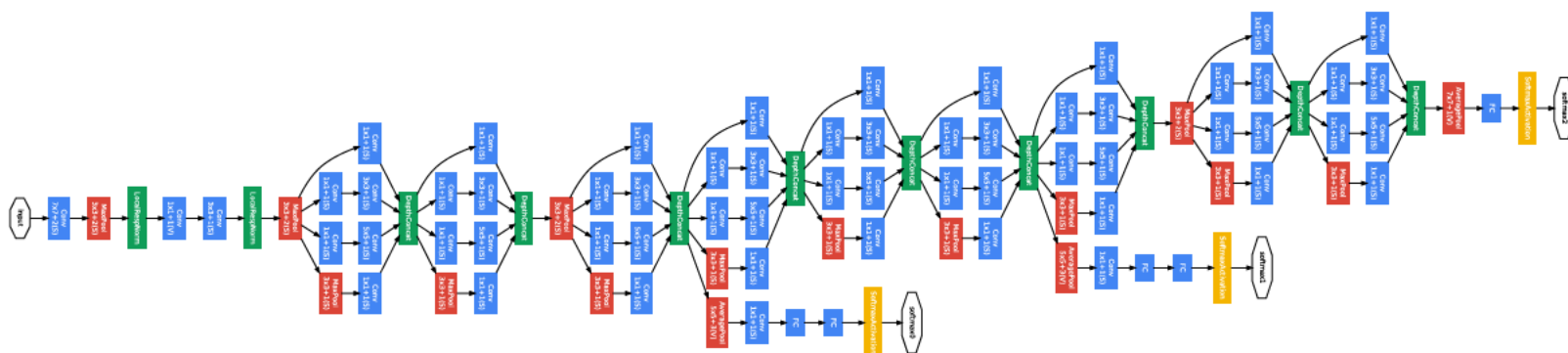


Figure 3: GoogLeNet network with all the bells and whistles

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)

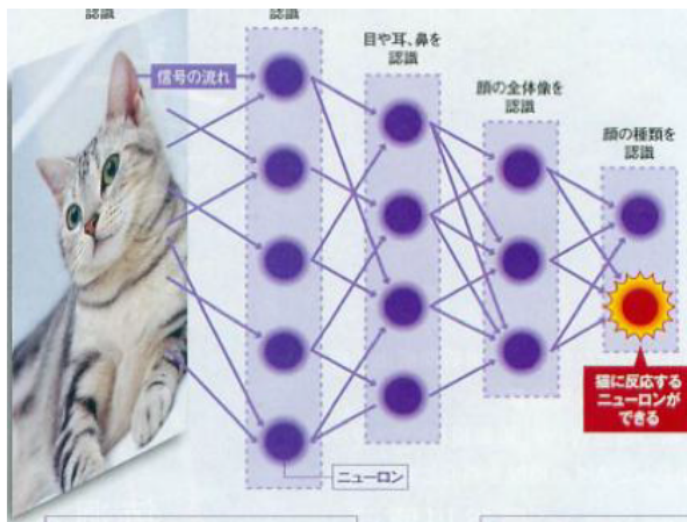


Deep Learning workshop(2013)でのザッカーバーグ(右)、ベンジオ(モントリオール大・中)、マニング(スタンフォード大・左)

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

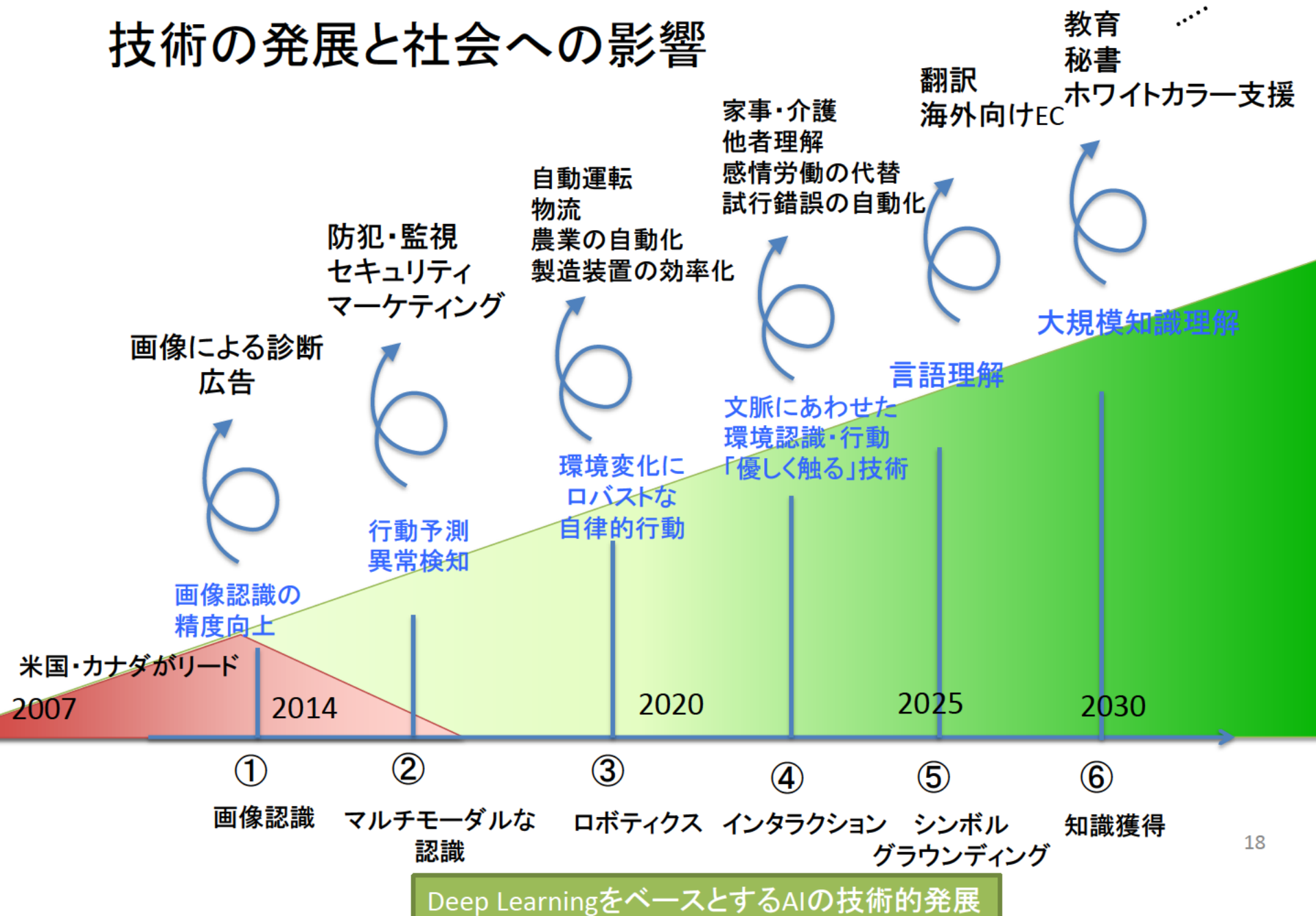
⑥ 言語からの知識獲得

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

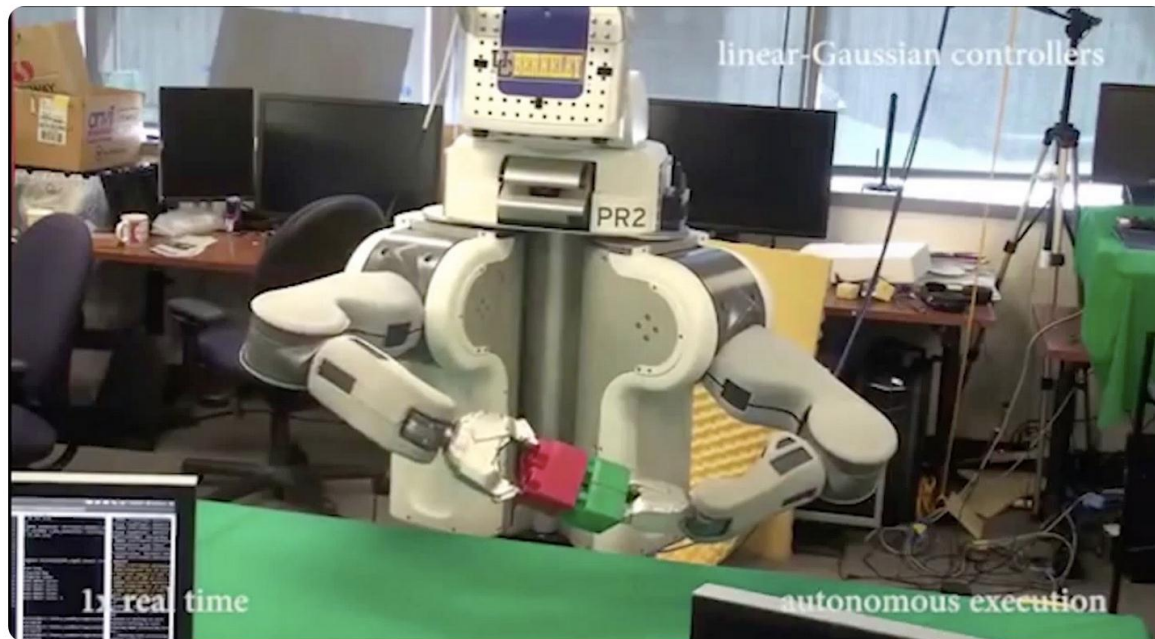


考えられるインパクト

- 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。

Video courtesy of UC Berkeley Robot Learning Lab, edited by Phil Ebiner

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？

日本の未来へ

- 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。