

人工知能の未来 ～IoT時代のAIにむけて～

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

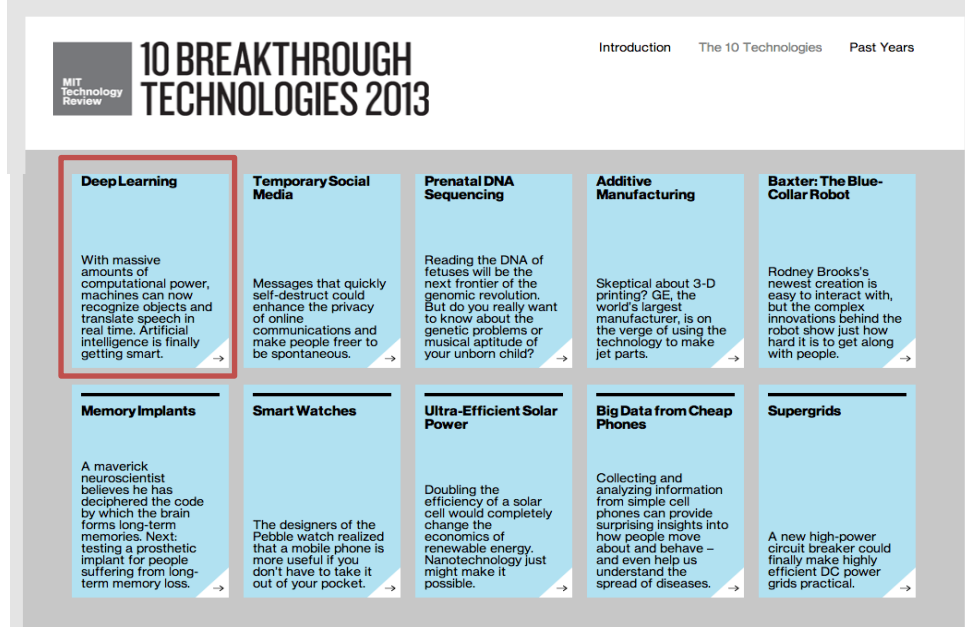
- ◆人工知能、ディープラーニング、Webマイニングを専門とする。
- ◆論文数と被引用数に基づき科学者の科学的貢献度を示すh-Index=30(ウェブ・人工知能分野最高水準)であり、2013年より国際WWW会議Web Mining部門のチェアを務める。
- ◆世界人工知能国際会議 プログラム委員。2012年より、人工知能学会 理事・編集委員長(それまでの慣例を大幅に更新し最年少で編集委員長就任)、2014年から倫理委員長。
- ◆人工知能学会論文賞(2002年)、情報処理学会会長尾真記念特別賞(2007年)、ドコモモバイルサイエンス賞(2013年)受賞。
- ◆経済産業省 IT融合フォーラム有識者会議、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複製。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）



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
 - 人工知能研究所設立: New York大のYann LeCun教授を所長に招く(2013)
 - 人工知能の新興企業Vicarious社への4,000万ドルの投資ラウンドに参加(2014)



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)

人工知能ってなぜできないのでしょうか

- 脳は、基本的に電気信号＋化学変化
 - － 認識、思考、行動する際の神経系を伝える電気信号
 - － 比較的長時間かけての生体的な反応
- 情報処理であれば、プログラムで実現できないはずがない
- それ以外で何か難しい要素は？
 - － 靈感？そういう人もいます。
 - － ロジャー・ペンローズ(物理学者)。脳の中の微小な管による量子現象に「意識」が生じる
- 普通に科学的で合理的な人なら、できない理由が特にならない。
- 伝えたいこと：
 - － いまはなぜみんなできないと思っているのか。
 - － なぜ今まではできなかったのか。
 - － なぜ我々はできると言っているのか。

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
 - 計算機の実力の向上

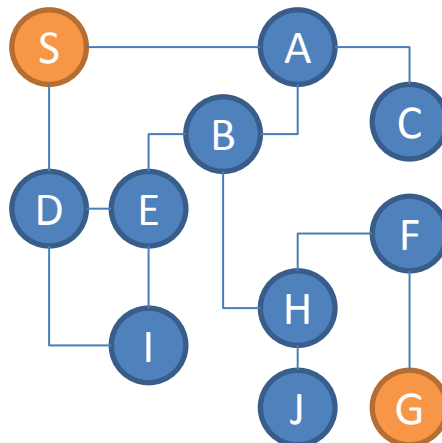
探索(第1次AIブーム)

スタート

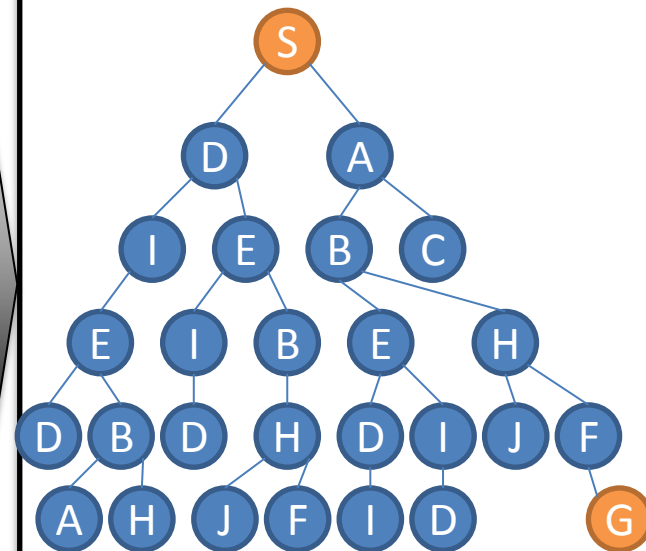


ゴール

迷路



問題の表現



探索木

チェス

10 120

1997 AIチェス
カスパロフ
vs. Deep Blue

将棋

10 220

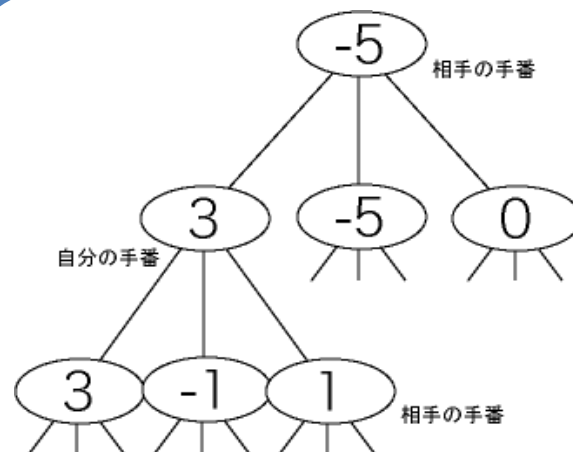
2012.1 第1回電王戦
故米長元名人 vs.
ボンクラーズ

囲碁

10 360

2012.2
武宮九段 vs.
AI囲碁 Zen ハンデ戦

観測可能な宇宙(800億の銀河)の水素原子数 約 10^{80}



min-max法

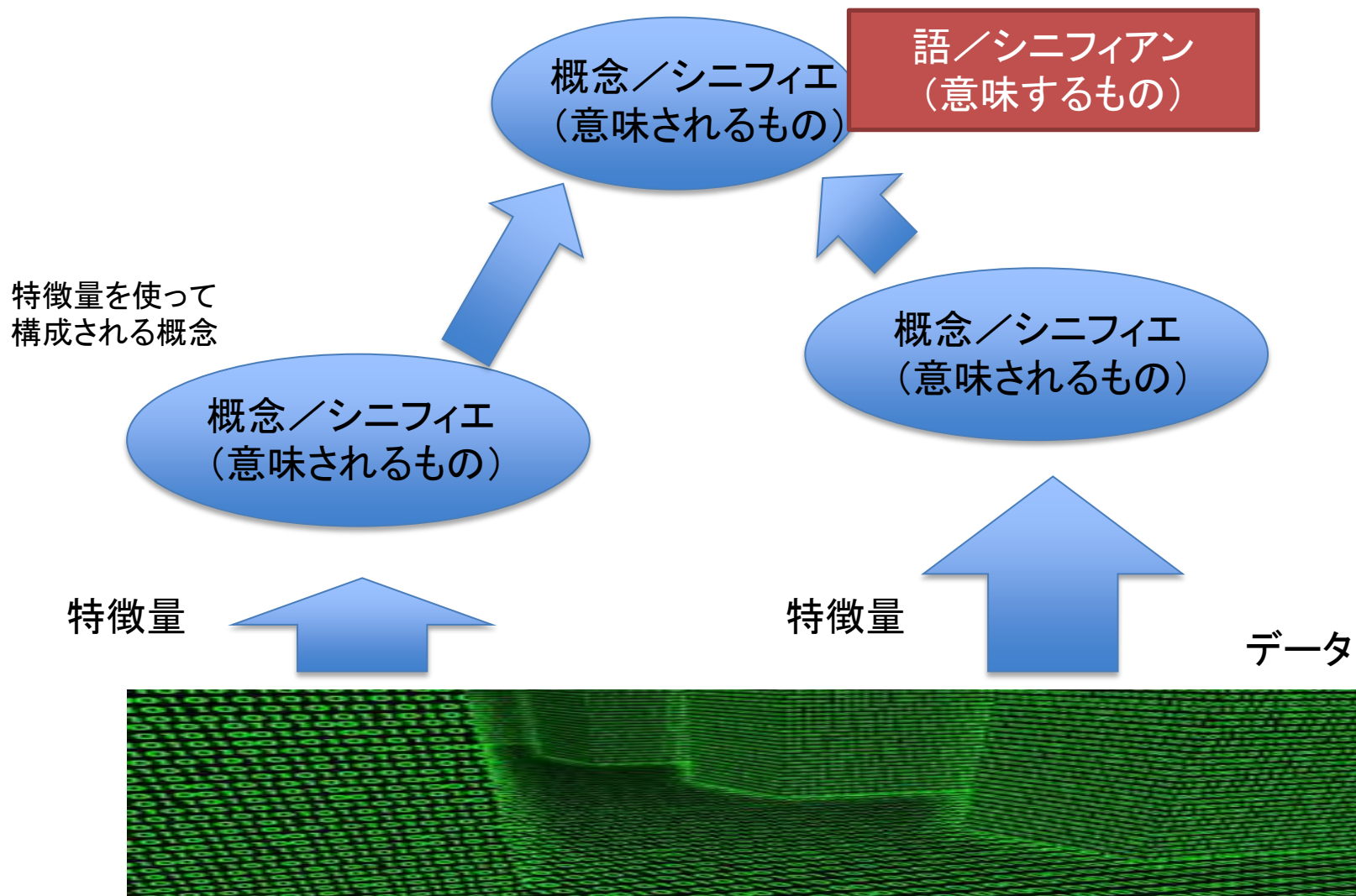
これまでの人工知能の壁≡表現の獲得の壁

- 難しい問題1:機械学習における素性設計
 - 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年来のブレイクスルー
 - 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

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

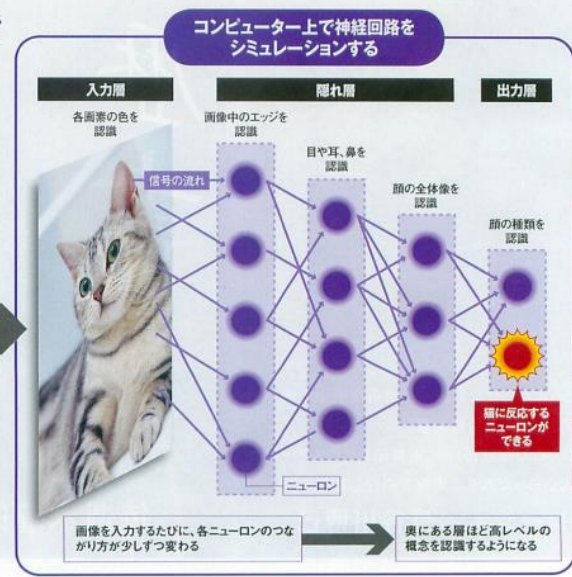
結果だ」。専門家からは、口々に驚きの声が上がっている。

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

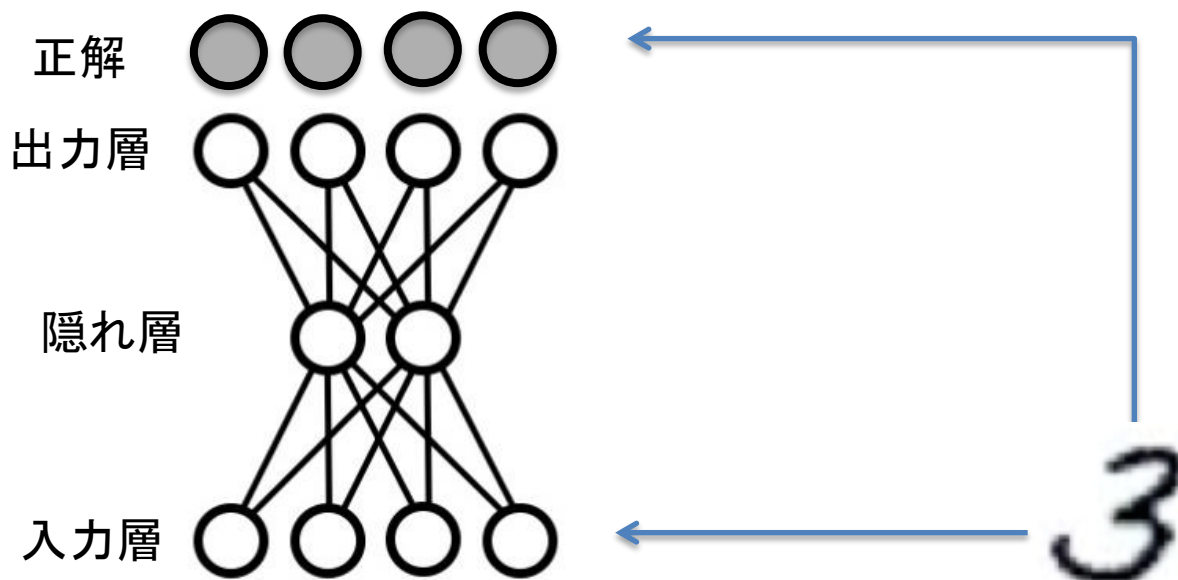
ディープラーニングで画像を認識する流れ

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)

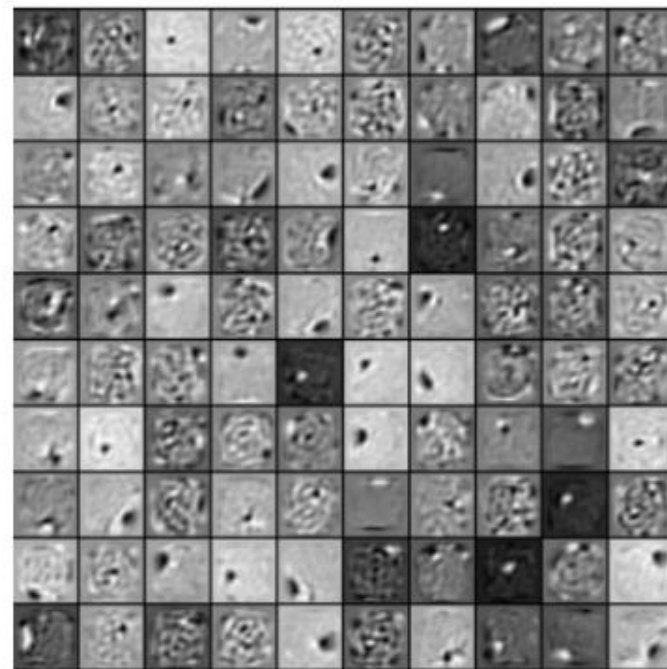
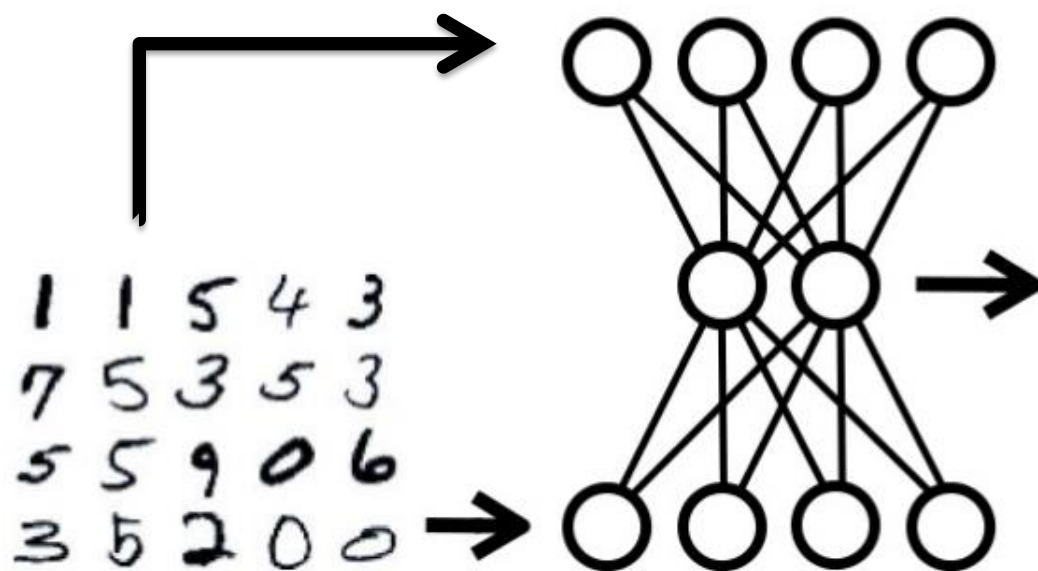


Auto-encoder(2006-)

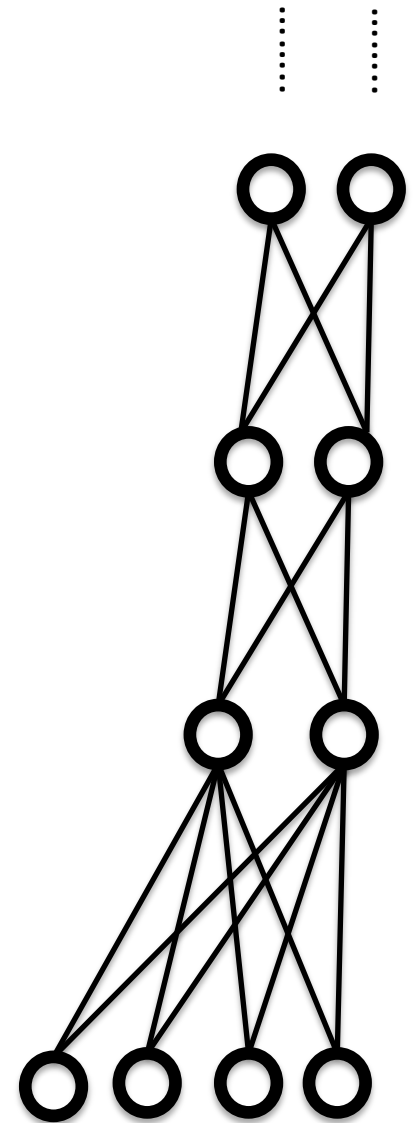
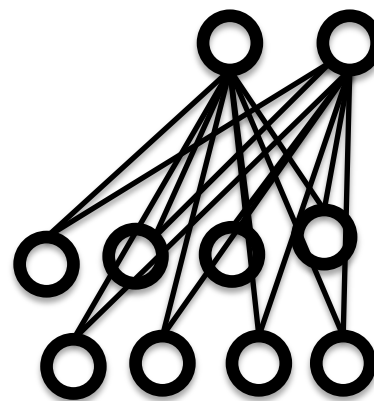
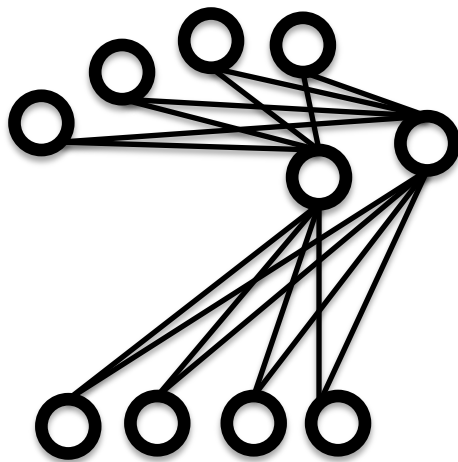
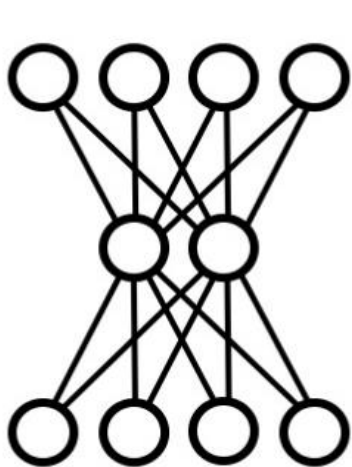
- Deep Learningの主要な構成要素
- 出力を入力と全く同じにしたニューラルネットワーク
 - 手書き文字認識では、ひとつの画素の値を予測する。
 - 普通に考えると意味ない。
- 「1万円札をお店の人に渡して、1万円札をうけとるようなもの」(「考える脳 考えるコンピュータ」J. Hawkins)
- 隠れ層のノードが「入力を圧縮したもの」になる。

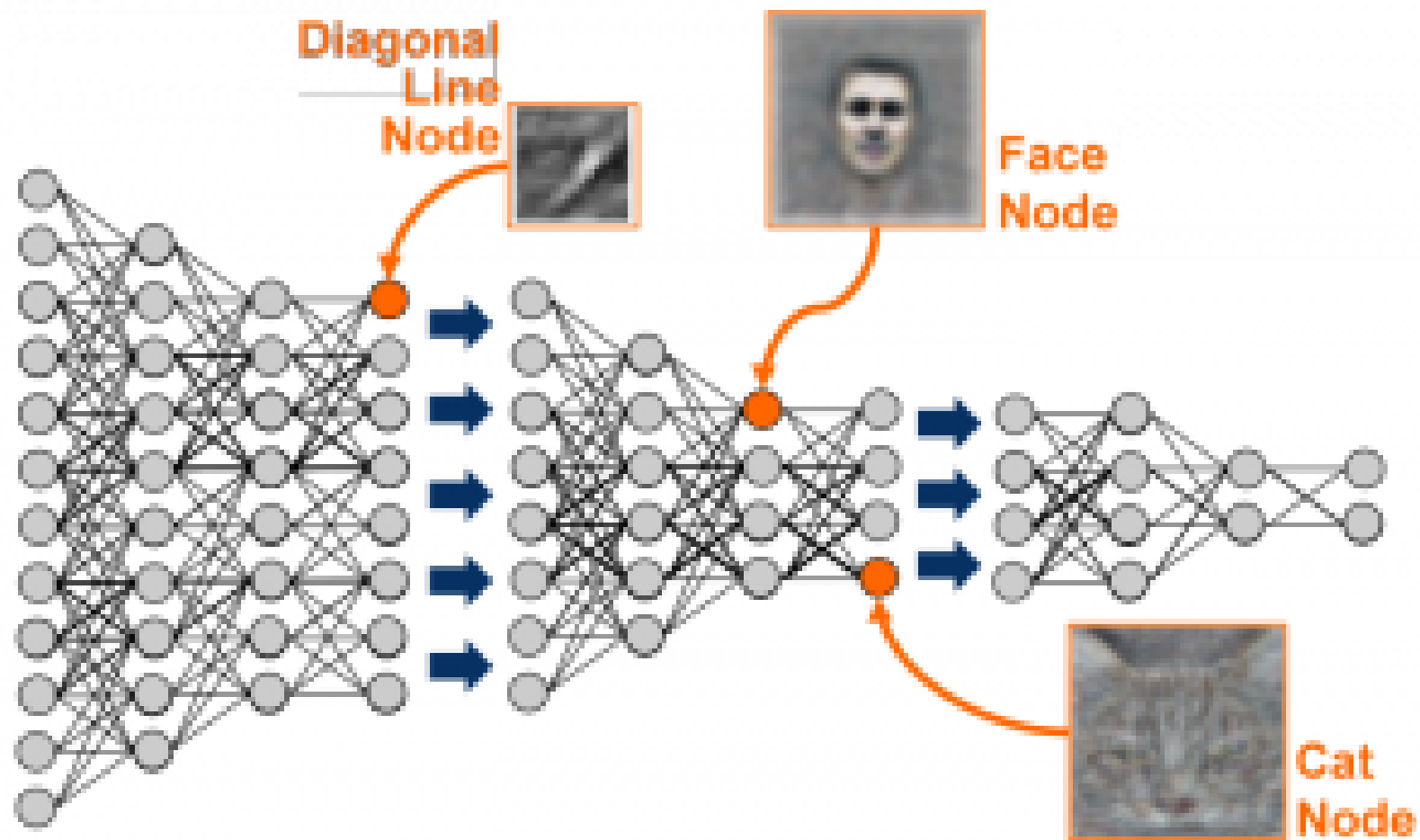


Auto-encoderで得られる表現



“Deep”にした場合





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

	Top 5 error
Imagenet 2011 winner (not CNN)	25.7%
Imagenet 2012 winner	16.4% (Krizhensvsky et al.)
Imagenet 2013 winner	11.7% (Zeiler/Clarifai)
Imagenet 2014 winner	6.7% (GoogLeNet)
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%

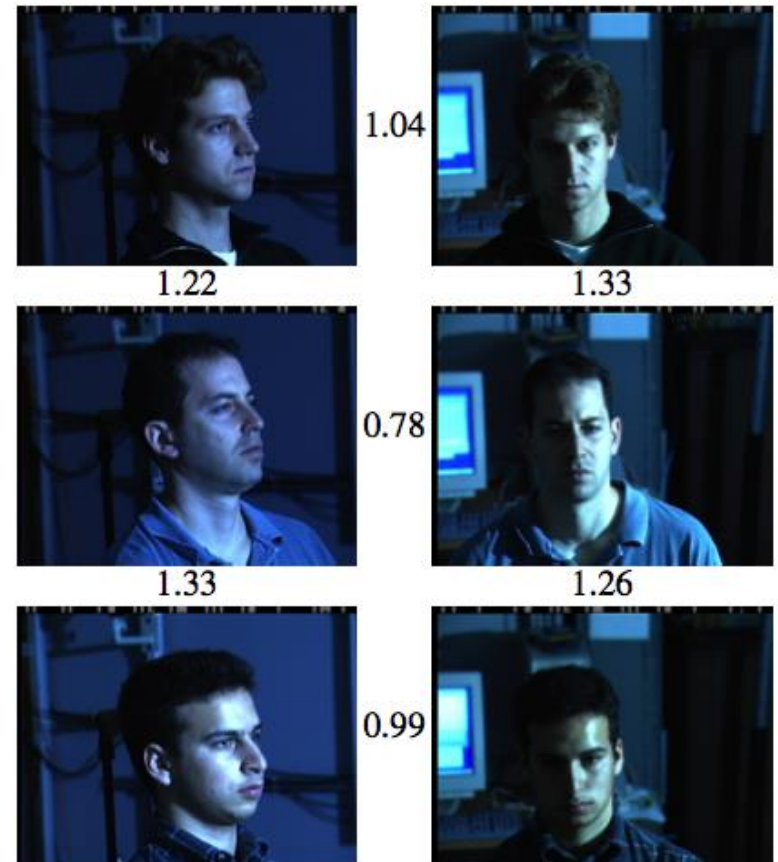
- Marvin Minsky
 - 子供のできることほど難しい
 - 幼児のコモンセンスをコンピュータに入れるプロジェクトがいまある。幼児も紐は引っ張れるが押せないという常識をもっている。ふたりの子どもが積み木で遊んでいるだけで10個のことを考える(積み木の構造、見た目、完成図など)。コンピュータにはできない、すごいことだ。[1]
 - 画像認識もそのうちのひとつ
- それができた！まだまだ課題は多いが、そんなの当たり前！

紹介する論文について

- タイトル:
 - FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering
 - FaceNet: 顔認識と分類のための統一的な埋め込み
- 著者:
 - Florian Schroffら
 - Google Inc.
- 被引用回数: 4
- 公開年: 2015年3月

結果の例：光と向きに対しての普遍性

- 同じ行は同じ人の顔
- 画像間の値は距離
 - 0.0は同じ顔を意味する
 - 閾値1.1で分類できる。
- ※The CMU pose, illumination, and expression (PIE) database



GoogLeNet

Going Deeper with convolutions

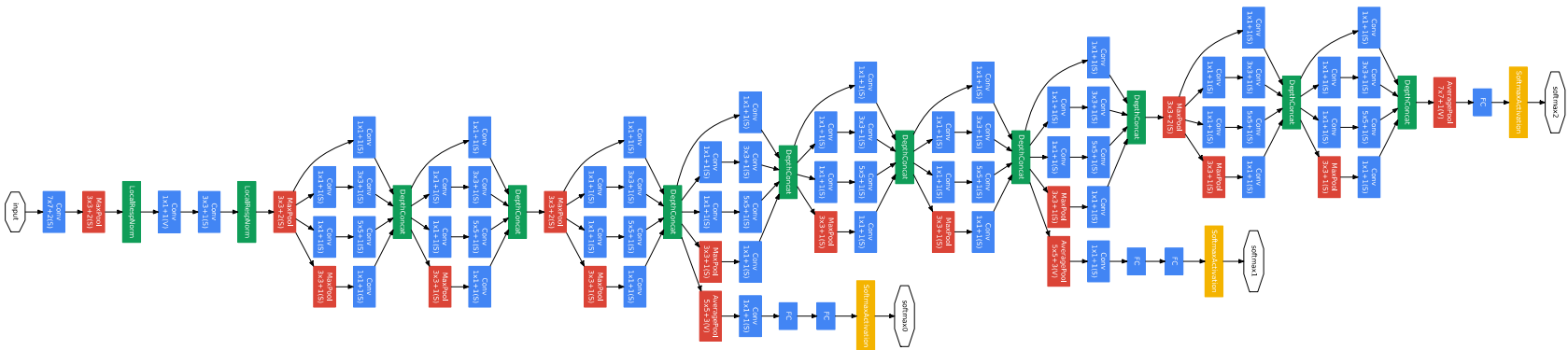


Figure 3: GoogLeNet network with all the bells and whistles

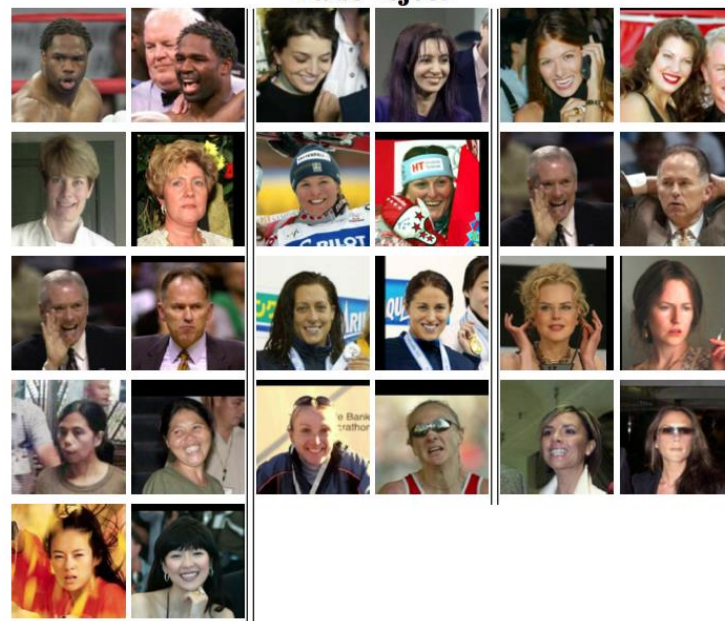
Performance on LFW

- 10分割交差検定
 - 9個で閾値を設定。閾値は1.242(8個目のsplitでは1.256)。
- 精度:
 - $99.63\% \pm 0.09$ << アラインメントあり
 - $98.87\% \pm 0.15$ << fixed center crop
 - 上記はNN1だが、NN3でも統計的に有為な差はなかった。

False accept



False reject



Face Clustering

- クラスタ例
 - 全部同じユーザで1つのクラスタに分類された
- invariance to occlusion, lighting, pose, age.



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
 - 人工知能研究所設立: New York大のYann LeCun教授を所長に招く(2013)
 - 人工知能の新興企業Vicarious社への4,000万ドルの投資ラウンドに参加(2014)

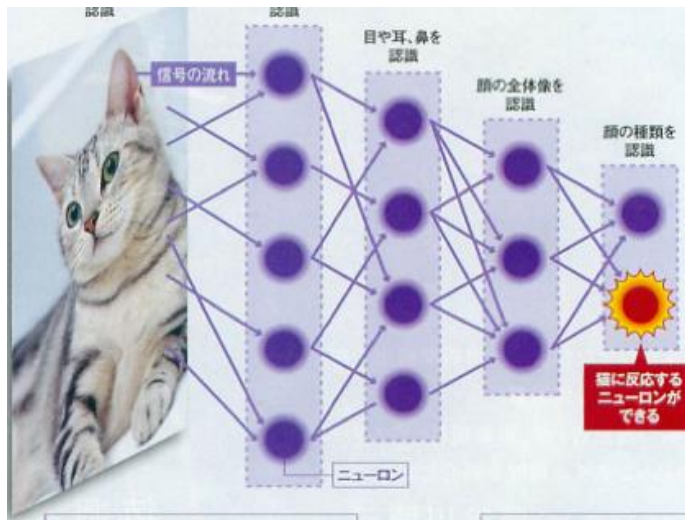


Deep Learning workshop(2013)でのザッカーバーグ(右)、ベンジオ(モントリオール大・中)、マニング(スタンフォード大・左)

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「なぜできないの？」
 - 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。
 - 潜在的にはすべてのホワイトカラーの労働を代替するような汎用的な技術

Deep learningの 今後の研究



① 画像 → 画像特徴の抽象化

認識精度の向上

- ② 観測したデータ(画像+音声+圧力センサー+...)
→ マルチモーダルな抽象化

環境認識、行動予測

- ③ 自分の行動に関するデータ + 観測したデータ
→ 行為と帰結の抽象化

プランニング、フレーム問題の解決

- ④ 行為を介しての抽象化 → 名詞だけでなく動詞（その様態としての形容詞や副詞）

推論・オントロジー、高度な状況の認識

- ⑤ 高次特徴の言語によるバインディング → 言語理解、自動翻訳

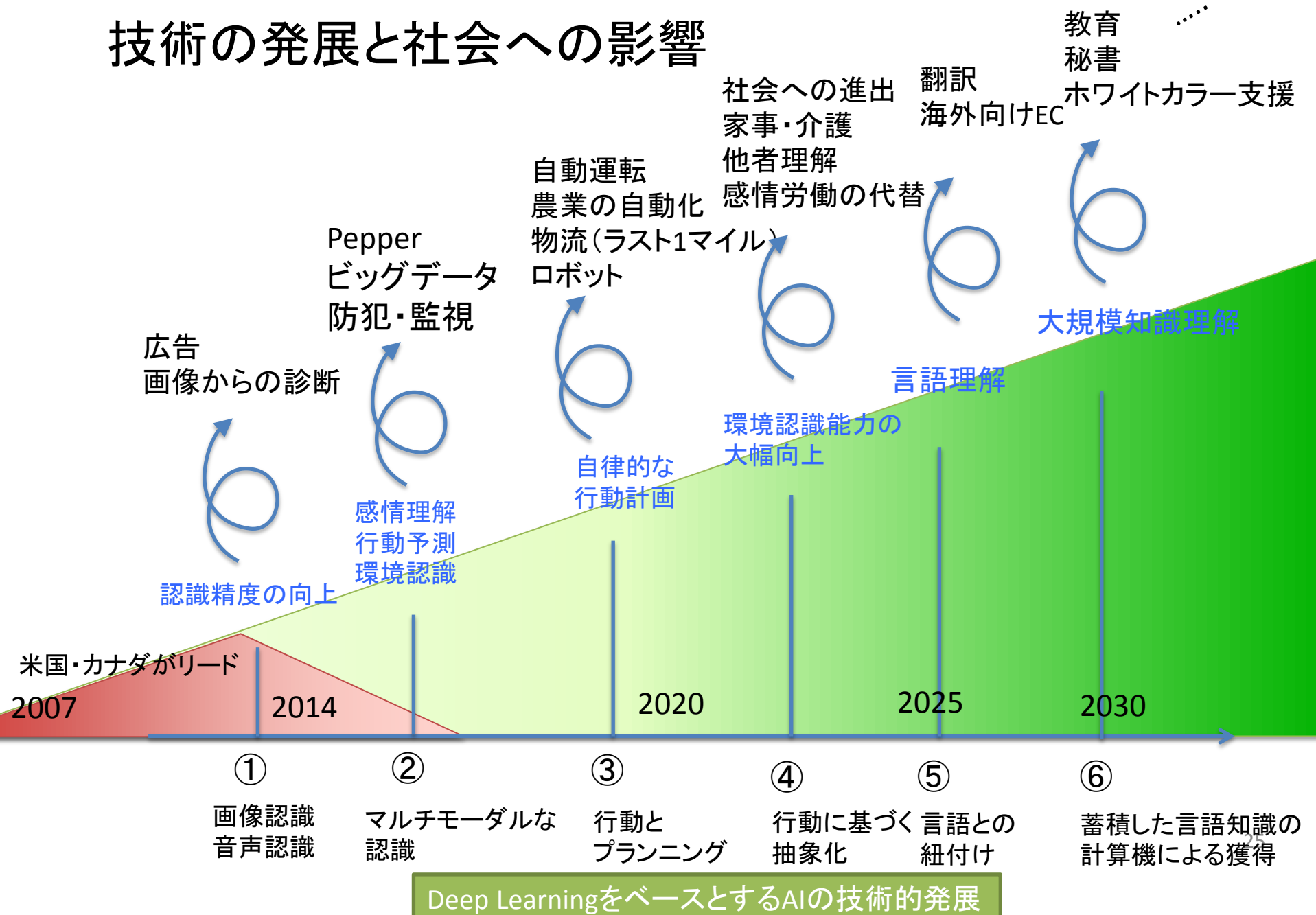
シンボルグラウンディング、言語理解

- ⑥ バインディングされた言語データの大量の入力 → さらなる抽象化、知識獲得、高次社会予測

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



Machine Intelligence LANDSCAPE

CORE TECHNOLOGIES

ARTIFICIAL INTELLIGENCE

IBM Watson MetaMind
Numenta ai-one
Cycorp Research nara
Reactor SCALED INFERENCE

DEEP LEARNING

vicarious Vision Factory
facebook Google
Baidu ersatz
SKYMINID SignalSense

MACHINE LEARNING

rapidminer context
Oxdata H2O DATA RPM
LiftIgniter SPARKYOND
Azure ML yhat Wise Sense
GraphLab Alpine Amazon

NLP PLATFORMS

cortical.io idibon
LUMINOSO wit.ai
Maluba

PREDICTIVE APIS

AlchemyAPI MINDOPS
Google big data indico
ALGORITHMIA Expect Labs
PredictionIO

IMAGE RECOGNITION

clarifai MADBITS
DNNresearch EXTRO
VISENZE lookflow

SPEECH RECOGNITION

GRIDSPACE
popUP archive
NUANCE

RETHINKING ENTERPRISE

SALES

Preact AVISO
RelateIO NGDATA
CLARABRIDGE FRAMED
infer ATTENTIVY causata

SECURITY / AUTHENTICATION

CROSSMATCH conjur
EYEVERIFY BITSIGHT
CYLANCE biorym

FRAUD DETECTION

sift science CSOCURE
ThreatMetrix feedzai
Brighterion verapin

HR / RECRUITING

TalentBin entelo
predikt Connectifier
gild hiQ CONNEXT FUSION

MARKETING

brightfunnel bloomreach
CommandIQ AIRPR
RADIUS people pattern
Telkpart Freshium

PERSONAL ASSISTANT

Siri Google now
Cortana cleversense
tempo Robinlabs
KASISTO fuse machines
VIV CLARA LABS

INTELLIGENCE TOOLS

ADATAD Palantir
Quid Digital Reasoning
FirstRain

RETHINKING INDUSTRIES

ADTECH

METAMARKETS dstillery
rocketfuel YieldMo
ADBRAIN

AGRICULTURE

BLUE RIVER TerraVision
ceresimaging KORE COME
THE CLIMATE CORPORATION tute

EDUCATION

Declarer coursera
KNEWTON kidaptive

FINANCE

Bloomberg FinGenius
alphasense KENSHC
Dataminr minetabrook
BINATIX

LEGAL

Lex Machina brightleaf
COUNSELYTTICS RAVEL
JUDICATA Brevia
DiligenceEngine

MANUFACTURING

SIGHT MACHINE
MICROSCAN
IVISYS BOILER IMAGING

MEDICAL

Parzival transcriptic
Genescent ZEPHYR
grand round table bina TUTE

OIL AND GAS

kaggle AYASDI
TACHYUS biota
Flutura

MEDIA / CONTENT

Outbrain newstle ARRIA
SAILTHRU wovii
NarrativeScience yveup
Prismatic ai

CONSUMER FINANCE

affirm iVenture
ceda finance BILL GUARD
LendingClub Kabbage

PHILANTHROPIES

DataKind thorn
DATA GUILD

AUTOMOTIVE

Google Continental
T Mobile CRUISE

DIAGNOSTICS

enlitic 3SCAN
lumiaata ENTOR

RETAIL

BAY SENSORS
PRISM SKYLABS
celelect euclid

RETHINKING HUMANS / HCI

AUGMENTED REALITY

wearable intelligence
APX blippar
META layar

GESTURAL COMPUTING

THALMICLABS omek
LEAP
GestureTech 3Gear
nod

ROBOTICS

intel LIQUID ROBOTICS
iRobot jibo ANKI

EMOTIONAL RECOGNITION

affectiva BEYOND VERBAL
EMOTIENT
cogito

SUPPORTING TECHNOLOGIES

HARDWARE

NVIDIA XILINX
QUALCOMM NERVANA
rigitetti

DATA PREP

TRIFACTA Paxata
tamr Alation

DATA COLLECTION

diffbot kimono
CrowdFlower Connotate
WorkFusion Import

なくなる職業(10年)

- Oxfordの研究(2013)
- 10年で消えそうなもの
- 702業種
- 職業を性質に分解
- 9つの特性から
 - 手先の器用さ、芸術的な能力、交渉力、説得力など
- 機械学習で判定
- → なくなるのではなく、質が変わる。

主な「消える職業」 「なくなる仕事」	
銀行の融資担当者	
スポーツの審判	
不動産ブローカー	
レストランの案内係	
保険の審査担当者	
動物のブリーダー	
電話オペレーター	
給与・福利厚生担当者	
レジ係	
娯楽施設の案内係、チケットもぎり係	
カジノのディーラー	
ネイリスト	
クレジットカード申込者の承認・調査を行う作業員	
集金人	
パラリーガル、弁護士助手	
ホテルの受付係	
電話販売員	
仕立屋(手縫い)	
時計修理工	
税務申告書代行者	
図書館員の補助員	
データ入力作業員	

彫刻師
苦情の処理・調査担当者
簿記、会計、監査の事務員
検査、分類、見本採取、測定を行う作業員
映写技師
カメラ、撮影機器の修理工
金融機関のクレジットアナリスト
メガネ、コンタクトレンズの技術者
殺虫剤の混合、散布の技術者
義歯制作技術者
測量技術者、地図作製技術者
造園・用地管理の作業員
建設機器のオペレーター
訪問販売員、路上新聞売り、露店商人
塗装工、壁紙張り職人

(註)オズボーン氏の論文『雇用の未来』の中で、コンピューターに代わられる確率の高い仕事として挙げられたものを記載

職業の問題

- 実はいまでもかなり「機械的」な作業を人間はしている
 - ラインでの目視での確認
 - 長時間のトラックの運転
 - テロリストからの警備
- 人間は人間というほうがいい
 - 喫茶店と自販機
 - 手摘みのいちご、自家製パスタ、...
 - 自動演奏とピアノ演奏者
 - 人によるサービスは希少性のある財。
- より「人間的な」部分が多くなるのでは。
 - 価値観の設定
 - 競合する価値観の取捨選択
 - 共感、交渉、合意、...

シンギュラリティ(技術的特異点)

- 一方の極端な見方としては、膨大な富を産むと同時に「今世紀最大のリスク」とも
- レイ・カーツワイル氏。ホーキング博士、イーロン・マスク氏、ビル・ゲイツ氏も同調。
- シンギュラリティ
 - AIが自らを少しでも越えるAIを産み出せるようになったとき、一気に発散する。
 - $0.9^{1000}=0$ だが $1.1^{1000}=\text{無限大}$
- 松尾の意見は否定的
 - 人間＝知能＋生命
 - 生命を作るのは極めて難しい
 - 人工知能学会では、倫理委員会を立ち上げ。(松尾が委員長)
- 悪意をもった人間に対する警戒とその対応
 - 特定の私的組織(米国IT企業など)がこの技術を独占する危険性があるか
- → むしろ産業構造の変化のほうが重要

概要 [編集]

技術的特異点は、「強い人工知能」や人間の知能増幅が可能となったとき出現する。フューチャリストらによれば、特異点の後では科学技術の進歩を支配するのは人類ではなく強い人工知能やポストヒューマンであり、従ってこれまでの人類の傾向に基づいた人類技術の進歩予測は通用しなくなると考えられている。

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？
 - いずれにしても、人材の輩出が鍵
 - 東大内にAI(機械学習、ディープラーニング)の教育プログラムを整備したい

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？

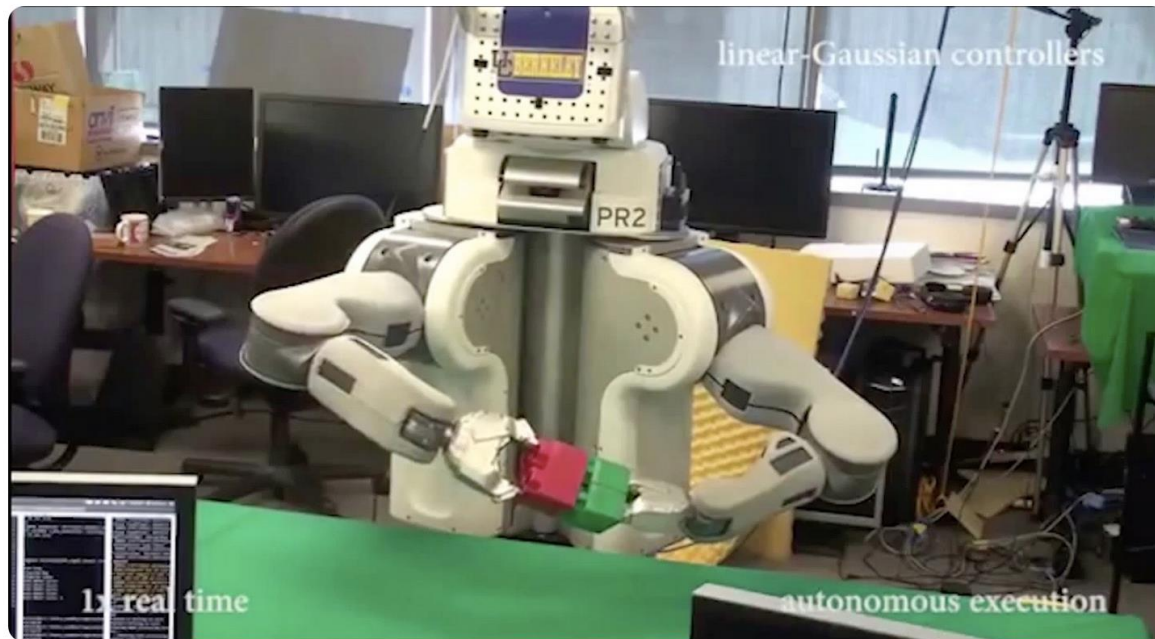
- キープレイヤーは？プラットフォーマーはどのように出現する？
- 新たな産業は？産業構造の変化は？
- 競争力はどう変化する？
- 社会はどう変わる？

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
 - いまの機械には「目」がない。目もち、特徴量を生成して学習すると、やり方が自動的にうまくなる。
 - 製造装置、自動運転
 - ロボット: やさしく触る、痛くないように持ち上げる
- 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)
 - 物流も完全自動化する
- 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
 - 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、...

IoTと人工知能

- 画像
- アクチュエータ＋センサは重要
- 人工知能:「知能」が人間から切り離され、分散することが可能であるということ。
 - vs インターネット:情報の流れが既存の社会システムと分離し、新たな情報の流れができることで、付加価値を生み出した。
- IoT w/ Intelligence
 - センサ、アクチュエータだけでなく、知能も分散して設置される。
 - ex) 怪しい人がいればズームする、情報を覚えておく。

人間のための人工知能である： 人工知能のサブシステム性

- そもそも、人工知能は、人間の社会における「サブシステム性」を内在するのでは。
- 「目的」を定めれば、その目的にしたがってうまい方法は人工知能が考えられる。
 - 機械学習、強化学習、表現学習、推論・探索、質問応答、検索、...
- 「目的」自体は、本来的には、自己保存、自己複製という、生物の生来の目的からしか規定されない。
 - そうしないものは、いなくなるため。(会社が成長を願うものだということと同じ。)
 - 人間は社会性があるため「他人の役に立ちたい」「他人がうれしいと自分も嬉しい」などもある。
- したがって、(SF的な話にならないのは残念かもしれないが)、人工知能システムは、人間社会のサブシステム性を本来的にもっている。

重要になる「人文社会学的」議論

- 目的をどう定めるかはすごく問題。
- 人工知能が進めば進むほど、「与えられた目的」に対してうまくやるシステムは作れるようになる。
- そうすると、与える目的自体の是非の議論のほうがより重要になる。
- なにが社会で大事なのか？
- 個人の幸せや社会全体の幸せはどのように考えればいいのか？
- 異なる価値観のものをどのようにバランスさせればいいのか？

おわりに：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。
 - インターネットで負けたからといって弱気になる必要はない。
- 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。