

講演スライド | BMA2017 年秋季大会基調講演

ディープラーニングが変える世界

松尾豊・東京大学大学院工学系研究科特任准教授



講演スライド

Camera: Haruko Nishida

Googleの人工知能(アルファ碁)が囲碁でプロ棋士を破る (2016年3月, 2017年5月)

囲碁人工知能、「深層学習」で最強棋士に3連勝

2016年03月13日 07時13分

Tweet



人工知能アルファ碁と対戦する李九段 (右) = A P

【ソウル=川村律文】米グーグル傘下の英グーグル・ディープマインド社が開発した囲碁の人工知能「アルファ碁」と世界のトップ棋士である韓国棋院のイ・セドル 李世●九段(33)の第3局が12日、ソウル市内のホテルで行われ、アルファ碁が勝利した。(●は、石の下に乙)

5局まで行われる対戦で、アルファ碁は3連勝を果たし、最強棋士との対決を制した。チェス、将棋に続き、頭脳ゲー

ネット上の謎棋士「マスター」、正体はアルファ碁進化版

大出公二、深板真司 2017年1月5日07時16分

シェア 273 ツイート 111 フォロワー 32



将棋、連勝成績4勝1敗でアルファ碁に敗れた棋

年末年始、ネット上の中国の囲碁サイトにハンドルネーム「Master(マスター)」なる棋士が参戦し、非公式ながら世界のトップ棋士とみられる対戦相手に対し、今月4日までの1週間で60勝無敗という驚異の戦績を上げた。その正体は、昨年韓国の世界トップ棋士を破った囲碁AI(人工知能)の「アルファ碁」の進化版だったことが明らかにされた。

涙を見せた柯潔9段、「アルファ碁との対局、苦しかった」

Posted May. 29, 2017 09:04, Updated May. 29, 2017 09:06



囲碁世界ランキング1位の中国の柯潔9段の充血した両目には涙が浮かんでいた。カメラがクローズアップして柯潔9段を映すと、片手で顔を隠したが、泣いているのは明らかだった。27日午後1時頃、グーグル・ディープ・マインド社が開発した人工知能(AI)囲碁プログラム「アルファ碁(AlphaGo)」と3回目の対局を行った柯潔9段。対局中に身動きが多かったが、3回目の敗北がほぼ確定した頃から窮像のように固まっていた。

読売新聞2016/3/13, 朝日新聞2017/1/5, 東亜日報2017/5/29

関係者の衝撃

思考ゲームの歴史

- 1980年: オセロプログラムMoorが、世界チャンピオン井上博との六番勝負で1勝を挙げた
- 1997年: チェスプログラムDeep Blue (IBM) が、世界チャンピオン(ガルリ・カスパロフ)に勝つ
- 2012年: 将棋プログラムボンクラーズが、故・米長永世棋聖に勝つ
- その後、2015年まで、プロ棋士と対局し、9勝5敗1分
- 残るは囲碁のみ
- 「将棋の10年遅れ」でまだ10年は大丈夫。解の空間が広く、難しいため。
- 2015年当時、まだアマチュアレベル。日本は研究でリード

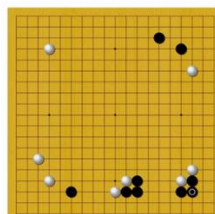
Google(DeepMind)のアルファ碁が、トッププロ棋士に勝利

- 2015年1月にNature誌に掲載
- Googleが買収したDeepMindが参入し、あつという間に(1年程度で)抜かれてしまった
- 2016年3月にトッププロの韓国のイ・セドルと対局。4勝1敗でアルファ碁の勝利。
- 2016年12月、囲碁サイトに現れ、60連勝
- 2017年5月には、世界最強の柯潔9段に完勝
- アルファ碁同士の対局の棋譜が50局公開
- 鍵となるのは、ディープラーニングを活用し、局面の「認識」技術を使ったこと

http://www.nature.com/nature/journal/v529/n7587/fig_tab/nature16961_F5.html

アルファ碁同士の棋譜公開 碁界騒然「見たことない」

大出公二 2017年6月2日17時24分



アルファ碁同士の対戦譜。序盤から未知の手筋が頻出してプロを驚かせている=ディープマインド社のホームページから

世界最強棋士との三番勝負で完勝した囲碁AI(人工知能)「アルファ碁」を開発したグーグル傘下の英ディープマインド社が、対局に備えて積み重ねたアルファ碁同士の自己対戦の棋譜50局を公開した。棋士の理解を超える着手の連続に、「こんな碁は今までかかって見たことがない」と碁界は騒然としている。

囲碁AI、世界最強棋士に3戦全勝 人間対AIに決着

革新的な技術「ディープラーニング(深層学習)」を導入したアルファ碁は、高段者の棋譜を写真のように画像として読み

人工知能をめぐる動向

- 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
- 数学の定理証明、チェスを指す人工知能等

考えるのが早い人工知能

- ...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
- 医療診断、有機化合物の特定、...
- 第5世代コンピュータプロジェクト: 通産省が570億円

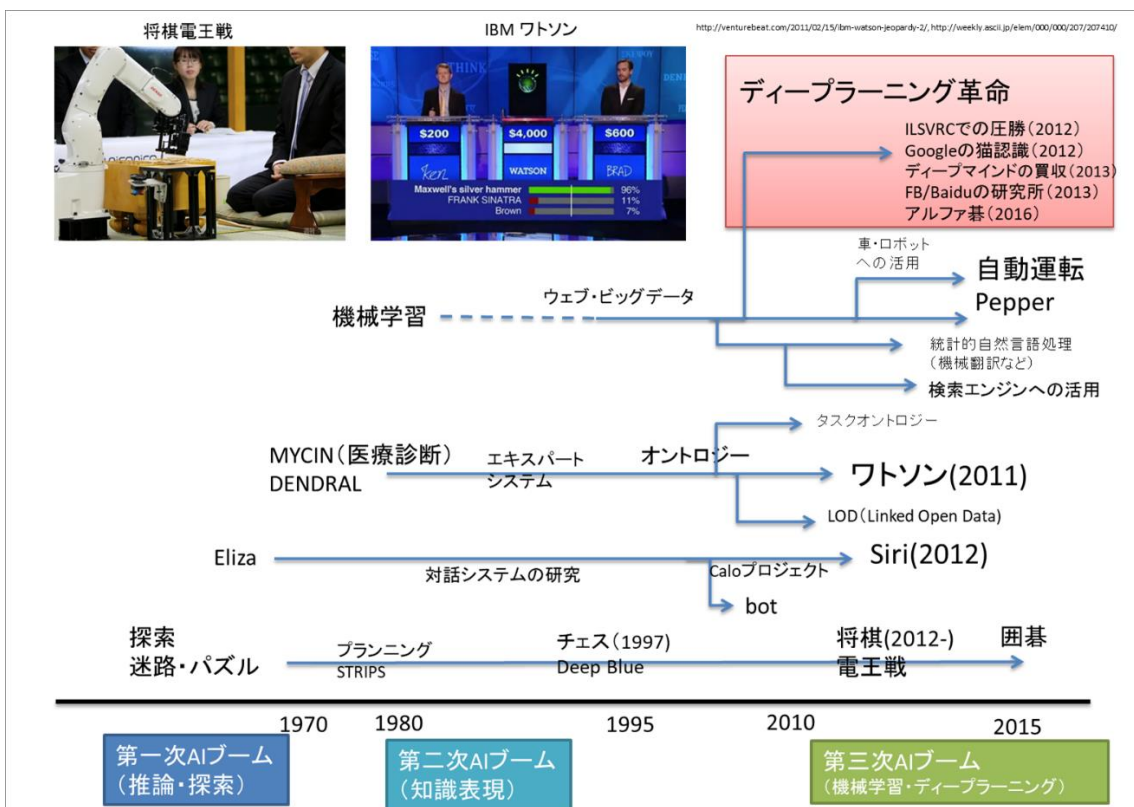
ものしりな人工知能

- ...冬の時代

- 第3次AIブーム(2013年~): 機械学習・ディープラーニングの時代

- ウェブとビッグデータの発展
- 計算機の能力の向上

データから学習する人工知能



インターネットとの親和性が高く、
グローバルなプレイヤー(GAFA)が強い

- 1. IT系: 比較的先進的な情報技術の擬人化
 - IT化、データベース構築・統合、分析・可視化、最適化



- 2. マシンラーニング系: 機械学習や自然言語処理を中心とする技術
 - ビッグデータ、ウェブ
 - テキストや購買データをはじめ、幅広いデータが対象
 - 従来から研究されてきた検索、情報推薦、自然言語処理、データマイニング

- 3. ディープラーニング系: 実世界情報の処理
 - 画像や映像、音声などの生データ、(加えて一部のテキスト)に限って有効
 - 今後はロボティクス・機械と融合が進む
 - 近年、急速に進展。従来 of 性能を大幅に超える

実世界のハードウェアとの親和性が高く、
日本も戦える可能性

ディープラーニング革命

認識

「画像認識」ができる
(コンピュータができて以来、初めて!)



運動の習熟

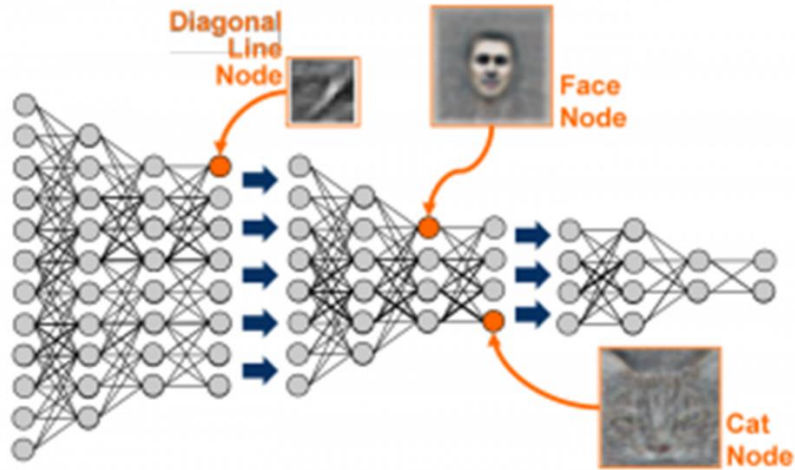
ロボット・機械に
熟練した動きができる



言葉の意味理解

文の「意味」が分かる
(文と映像の相互変換ができる)

Googleの猫(2012)



- YouTubeから取ってきた大量の画像をニューラルネットワークに学習させることで、下位の層のニューロンには線や点といった単純な特徴量が、上位の層には、人の顔や猫といったより複雑な特徴量が学習される。
- 人間の視神経のモデルとして知られているものと極めて近い。

Quoc Le, et. al: Building High-level Features Using Large Scale Unsupervised Learning, ICML2012, 2012

認識: ディープラーニングの実績(2012)

- ILSVRC2012: Large Scale Visual Recognition Challenge 2012



	Team name	Error	Description
ディープラーニング	SuperVision	15.315%	Using extra training data from ImageNet Fall 2011 release
	SuperVision	16.422%	Using only supplied training data
長年の特徴量設計の工夫	ISI	26.602%	「 ケタ 」が違う res from classifiers using each FC
	ISI	26.646%	Naïve sum of scores from classifiers using each FV
	ISI	26.952%	Naïve sum of scores from each classifier with SIFT+FV, LBP+FV, GIST+FV and CSIFT+FV, respectively
	OXFORD_VGG	26.979%	Mixed selection from High-Level SVM scores and Baseline Scores, decision is performed by looking at the validation performance.

認識: 2012年以降のエラー率の変化

		Error
Before ディープ ラーニング	Imagenet 2011 winner (not CNN)	25.7%
	Imagenet 2012 winner	16.4% (Krizhevsky et al.)
	Imagenet 2013 winner	11.7% (Zeiler/Clarifai)
	Imagenet 2014 winner	6.7% (GoogLeNet)
After ディープ ラーニング	Baidu Arxiv paper: 2015/1/3	6.0%
	Human: Andrej Karpathy	5.1%
	Microsoft Research Arxiv paper: 2015/2/6	4.9%
	Google Arxiv paper: 2015/3/2	4.8%
	Microsoft Research CVPR paper: 2015/12/10	3.6%
	Latest	3.1%

2015年2月には人間の精度を超えた

画像認識で人間の精度を超えることは数十年間、実現されていなかった

運動の習熟: ディープラーニング + 強化学習 (2013-)

- 強化学習とは、行動を学習する仕組み。
 - 「報酬」が得られると、事前の行動を強化する。
 - 「状態」「行動」→「望ましさ(報酬ありなし)」
 - 古くからある技術だが、これまでは、「状態」を人間が定義してきた。
- 運動の習熟が可能に
 - 状態の認識に、ディープラーニングを使う。
 - DeepMindの研究者(D. Hassabisら)。その後、Googleが買収。
- 試行錯誤することによって、運動が習熟する
 - 最初は下手。繰り返すうちに、うまくなっていく。
 - 最終的には、ブロック崩しでの通路を作ったり、インベーダーゲームでの「名古屋撃ち」も。
 - 「全く同じプログラム」で、異なるゲームを学習。半数のゲームで人間のハイスコアを上回る

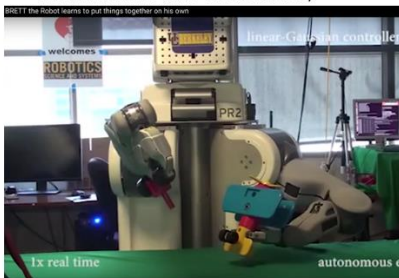


<http://www.cubic.com/mag/actualite-75609b-google-jeu-video.html>
<http://www.economist.com/news/briefing/21850526-artificial-intelligence-creates-people-cessively-so-rise-machines>

運動の習熟:ディープラーニング+強化学習が実世界へ(2015-)

- 実世界への適用
 - 2015年5月 試行錯誤で部品の取付を習熟するロボットの開発 (UC Berkeley)
 - 2015年5月 試行錯誤で運転を習熟するミニカーの開発 (PFN社, 日本)
 - 2016年3月 試行錯誤でピッキングが上達するロボットの開発 (Google)
 - その他、メリーランド大、EUのプロジェクト等も進展
- 考えてみれば当たり前
 - 犬や猫でもできる。高次の言語能力は必要ない。認識が問題だった。
 - 歴史的には、多数の人工知能研究者がこのことを主張してきた。

試行錯誤で作業学術ロボット (UC Berkeley)



<http://news.berkeley.edu/2015/05/21/deep-learning-robot-masters-skills-via-trial-and-error/>
<http://google-research.blogspot.jp/2016/03/deep-learning-for-robots-learning-from.html>

試行錯誤でピッキングが上達するロボット (Google)



ディープラーニングの人工知能における意味

- モラベックのパラドックス:「子供のできることほど難しい。」
 - 高度な推論よりも、認識や運動スキルの方が難しい。
 - 比較的易しい: 医療の診断、チェスを打つ、数学の定理の証明
 - 極端に難しい: 画像認識、積み木を上手に積む
 - それがここ3年くらいのあいだに一気にできるようになった
- 現在のコンピュータのパワーでようやく可能に
 - GPUを数十台並列に並べて、数日~数ヶ月計算させてようやく精度が上がる
- アイディアは昔からあった。もともとは日本発
 - 1980年当時、NHK放送技術研究所にいた福島邦彦先生によるネオコグニトロン
 - その後も多くの研究者が試みている
- 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？」
 - 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。
 - 産業として非常に大きい可能性を秘めている。

ディープラーニングの今後の発展

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。

プランニング、推論

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

グラウ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

認識

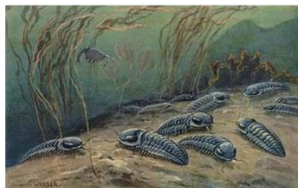
運動

言葉

ディープラーニングがすごいというより
その先に広がる世界がすごい

眼の誕生

- カンブリア爆発
 - 5億4200万年前から5億3000万年前の間に突如として今日見られる動物の「門」が出そろった現象
 - 古生物学者アンドリュー・パーカーは、「眼の誕生」がその原因だったという光スイッチ説を提唱
- 「眼をもった機械」が誕生する
 - 機械・ロボットの世界でのカンブリア爆発が起こる
 - これを日本企業が取れるか？

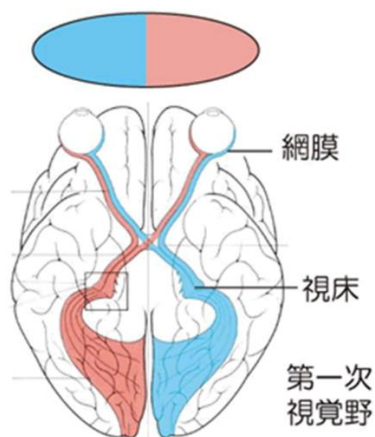


三葉虫：史上初めて眼をもった生物

<http://www.gibe-on.info/entry/trilobite/>



眼が見える仕組み



←イメージセンサ

←ディープラーニング
 (CNN: 畳み込みニューラルネットワーク)

<http://www.jst.go.jp/pr/announce/20081015/>

既存産業の発展

農業	収穫判定	トラクター、コンバインの適用範囲拡大、効率向上 選別調製等の自動化	自動での収穫 自動での耕うん
建設	測量	掘削、基礎工事、外装内装作業等の効率向上	多くの作業の自動化・効率化
食品加工	振り分け確認	カット、皮むき等の自動化 食洗機に入れる	多くの加工工程の自動化
組み立て加工	目視確認の自動化	動作効率の向上	段取りの自動化 セル生産の自動化
⋮			
		A: 画像認識	B: 運動の習熟
		C: 計画立案を伴う運動	

眼をもった機械・ロボットの典型例 単独の製品から入る

- 農業: トマト収穫ロボット
 - トマトは市場規模も大きく、収穫の工数も大きい。
 - 現状の技術で、トマトの認識ができる。上手にもぎ取ることも可能。
 - 先進的な農場から試しに入れる。
- 建設: 自動溶接機械
 - 建設の工程(例えば溶接)を自動化する
 - 現状の技術で、接合面の状態等の認識ができる。上手に溶接することも可能。機械を当てれば熟練した人でなくとも熟練の人のような溶接ができる。
 - 一部の建設現場で試しに入れる。
- 食品加工: 食洗機にお皿を入れるロボット
 - 食品加工に関わる仕事、まずは食洗機にお皿を入れることを自動化する
 - 現状の技術で、お皿の位置、把持位置の認識ができる。まずは、食器が下げられたところから、食洗機に入れるところを自動化する。(混雑時に重要)
 - ファミリーレストラン等の一部の店舗で試しに入れる。

製品を一刻も早く市場に投入する

眼をもった機械・ロボットの典型例 プラットフォーム化へ

- 農業: トマト栽培管理プラットフォーム
 - トマトの水やり、施肥、害虫駆除等を自動でできるようになる。
 - トマトの収穫全体を管理するプラットフォームを構築できる。このプラットフォームを利用すれば、品質のいいトマトがたくさん取れるというビジネス。
- 建設: 建設現場(躯体工事)プラットフォーム
 - 溶接作業を中心にして、鉄筋を組む作業、コンクリートを入れる作業などを次々に自動化していく。
 - 建設現場の作業全体のプラットフォームを構築できる。プラットフォームを利用すると、自動化された建設現場の施工管理ができるというビジネス
- 食品加工: 調理プラットフォーム
 - 食器の管理から食材管理、調理全般を行うまで自動化していく。
 - 調理全体のプラットフォームを構築できる。プラットフォームを利用すると、店舗の応じた調理が自動で提供されるというビジネス

その「場」の機能全体をプラットフォームとして提供

日本なりのプラットフォーム戦略

- 「眼のある機械」は、データの継続的収集が不可欠
 - 製品からデータが戻るようにしないと、継続的な品質向上につながらない
 - つまり、製品がネットワークに接続されることがほぼ確定している
- すると、眼のある機械の「稼働」に対して課金できるようになる
 - 「学習済みモデル」の品質が上がれば、価格を上げることができる
 - 内部コストを下げれば、利益を上げることができる
 - モノ売りからサービス売りへの転換が容易にできる
- さらに、眼のある機械を起点とする「場」全体のプラットフォーム化へ
 - 製品が置かれるオフィス、家、商業施設、工場、農場、建設現場など、製品が取得するデータ・提供するサービスを起点として、その周りのお金・情報の流れに広げ、事業チャンスをとっていくことができる。
- それを世界展開し、日本品質でサービスを提供する
 - 「学習済みモデル」は日本で作り続け、競争力を維持し続ける

眼のある機械の市場投入→サービス化→周辺を含んだプラットフォーム化
→海外へ大きく展開という流れが王道

戦いやすい土俵で戦う

- DLの技術はコモディティ化する。
 - 競争力をもつのは、データとハードウェア。
 - 早くDLの技術を取り入れてしまえばよい。
 - DLの技術とハードウェアのすりあわせになった瞬間、日本企業が再度、力を取り戻せる。
- 欧米のスタートアップ(とDL研究者)は、意外なほどハードウェアに対する抵抗感がある
 - そもそも、産業用ロボットの導入台数は日本が(ほぼ)トップ
 - また、ロボットに対する社会的抵抗感もある。
 - 米国は雇用を守らないといけない。日本は人手が足りない。
- ものが関連しないプラットフォームは無理
 - 英語圏でやったほうが絶対に強い。
 - 広告費規模でも10倍、ECの規模でも3倍以上
- 日本には、検索エンジンもECもSNSもあった。
 - GoogleやAmazon, Facebookの位置の企業を出せなくてはなかった。
 - しかし、結果はそうになってない。原因は明確で、英語圏でなかったから。

ものづくりを起点に眼をもった機械を作り、
プラットフォーム化するのは日本ならではの戦略

「認識」が人間から切り離され、
社会の必要なところに再配置される。

機械・ロボットのカンブリア爆発

- 介護施設や病院等での見守り・介護ロボット
- 医療（X線、CT、皮膚、心電図、手術ロボット）
- 警備、防犯技術
- 顔による認証・ログイン・広告技術、表情読み取り技術（サービス業全般に重要）
- 国家の安全保障、入国管理、警察業務、輸出入管理業務における活用
- 防災系（河川、火山、土砂崩れを見張る）
- 重機系（掘削、揚重）、建設現場系（セメント固め、溶接、運搬、取り付け）
- 農業系（収穫、選果、防除、摘花・摘果）
- 自動操縦系（ドローン、小型運搬車、農機、建機）
- 自動運転系、物流
- 産業用ロボット系（特に組み立て加工等）
- 調理系（牛丼、炊飯、ファミリーレストラン、外食全般）
- ペットロボット系
- 片付けロボット（家庭、オフィス、商業施設）
- 新薬発見や新素材の開発（遺伝子の認識・分析、実験ロボット）
- 廃炉系（深海や鉱山、宇宙も含めた極限環境）

農業・建設・食品加工だけでなく、医療や介護、製造、廃炉なども。

DLに関わる海外企業

ベンチャー

- Deep Mind (英): DLの技術力をもった企業。DQNによるゲーム、アルファ碁、医療など。2011創業。Googleが2014に£ 400Mで買収。
- Enlitic: 医療画像(X線)におけるDL活用。2014創業、15M調達。
- Nervana Systems: 医療、農業、金融、自動車、エネルギー等における画像処理。24M調達後、インテルが2016買収。
- Emotient: 顔の表情を認識する会社。2012創業、6M調達後、Appleが2016買収。
- Affectiva: 映画やTV番組のどこで表情が変わったのかを読み取る。2009創業、34M調達。
- Perceptio: DLによる写真分類アプリ開発。創業、調達額不明。Appleが2015買収。
- VocalIQ (英): DLによる音声認識。1M調達後、Appleが2015買収。
- Atomwise: ドラッグディスカバリーへのDL活用。新薬の候補物質を見つける。YC卒業生。2012創業。6M調達。
- Descartes Labs: DLによる衛星画像の分析。農業への適用。2014創業、8M調達。
- Canary: DLによるホームセキュリティ。2012創業。41M調達。
- Netatmo: 家電。DLによる監視カメラも。2011創業。38M調達。
- Pilot AI Labs: DLの画像認識を使ったドローンの自動操縦。まだ小さいが、動画が面白い。
- MetaMind: 画像認識一般。2014創業、8M調達。
- SkyMind: JavaベースのDL提供。2014創業。3M調達。
- AlchemyAPI: DLによる言語処理と画像認識。クラウドで提供。2005創業、2M調達。IBMが2015に買収。
- ZenRobotics (フィンランド): ごみの選別ロボット。2007創業、17M調達。

急がないといけない

製造業

- GE: DLによる医療画像の診断。
- Dyson: 掃除機に眼をつけたものを開発。インペリアル・カレッジにRoboticsラボ設立。
- Kuka (独): 産業用ロボットへのDL適用
- Mobileye (蘭): 車用の画像認識を提供。1999イスラエルで創業。2014年上場。時価総額10B。
- LG (韓): インチョン空港で、DLを使ったロボットでの案内の実験
- Samsung (韓): DLを使った胸部エコー検診の医療機器

ディープラーニング×ものづくり: 日本の新たな産業競争力へ

- "AI is the new electricity": 人工知能 (DL) は21世紀の電気
 - by Andrew Ng (機械学習・深層学習の著名な研究者)
- "We are on the first rungs of the ladder.": AIは正しいハシゴを登り始めた
 - by Demis Hassabis (DeepMind CEO)
- 日本にも大きなチャンス: ハードやサービスとの融合
 - 少子高齢化しており、労働力が不足している。
 - 農業従事者、建設・物流、介護、廃炉、熟練工の後継者、etc
 - 眼をもった機械: 認識や運動の上達ができる機械・ロボット
 - ものづくりと相性がよく、日本の強みを活かせる。素材や駆動系も強い
- 新たな投資概念の必要性
 - 人とデータへの投資をいかに既存の枠組み・文化を踏まえてやるか
 - 20代から30代が大活躍し、ものづくりの蓄積をレバレッジする
- もっと早く! チャンスを捉えるには、正しく早く動いていくことが重要
 - ディープラーニング人材の育成
 - 事業・産業がどう変わるかを早期に検討
 - 社会全体で新しい未来像を描いていくこと

以上