

ディープラーニングの進展と人づくり

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 共同代表・特任准教授
- 2015年～ 産総研AIセンター 企画チーム長
- 2017年～ 日本ディープラーニング協会設立。理事長。

- ◆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=31(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。
- ◆2012年より、人工知能学会 理事・編集委員長、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)、文部科学省 科学技術への顕著な貢献2015、大川出版賞(2015年)、ビジネス本大賞審査員賞(2016年)等受賞。
- ◆経済産業省 産業構造審議会 新産業構造部会 委員、IoT推進コンソーシアム 運営委員、厚生労働省「働き方の未来 2035」懇談会メンバー、内閣府「人工知能と人間社会に関する懇談会」構成員、金融庁「フィンテック・ベンチャーに関する有識者会議」委員、総務省「ICTインテリジェント化影響評価検討会議」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、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。研究室からPKSHA technology, GunosyやREADYFORなどの企業を産み出した。

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

将棋電王戦



IBM ワトソン



ディープラーニング革命

- 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)
- アルファ碁(2016)

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(医療診断)
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・ディープラーニング)

AIという言葉で指されるもの

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。従来の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

認識：ディープラーニングの実績(2012)

- ILSVRC2012: Large Scale Visual Recognition Challenge 2012



ディープ
ラーニング

長年の
特徴量設計
の工夫

Team name	Error	Description
SuperVision	15.315%	Using extra training data from ImageNet Fall 2011 release
SuperVision	16.422%	Using only supplied training data
ISI	26.602%	Weighted sum of scores 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.
...

「ケタ」が違う

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

The image features a dark teal background with a network of glowing nodes and connecting lines, representing a neural network. The text 'YOLO v2' is prominently displayed in the center in a white, bold, sans-serif font. Below it, the URL 'http://pureddie.com/yolo' is written in a smaller, white, sans-serif font.

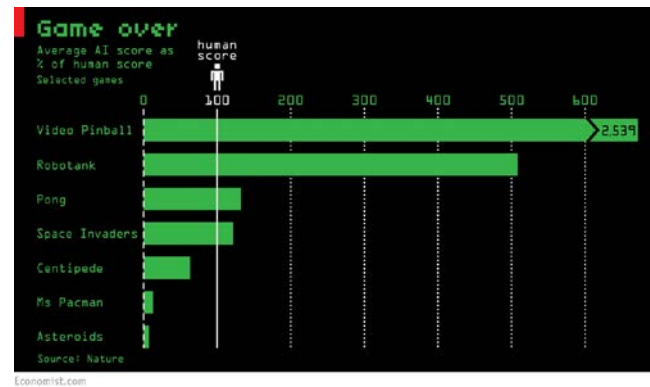
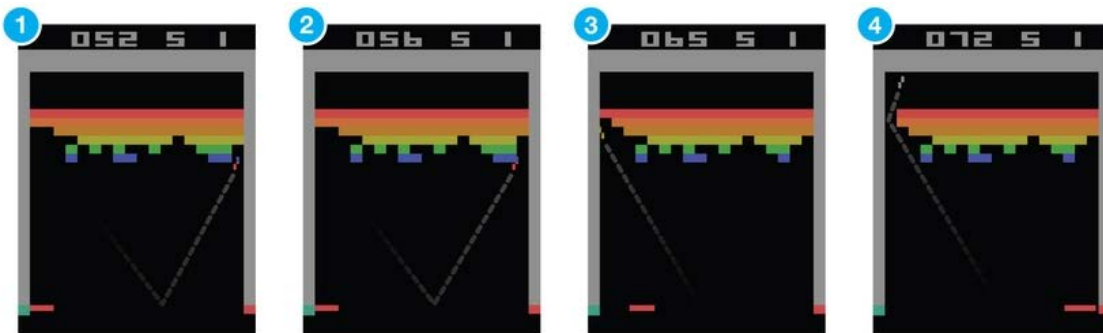
YOLO v2

<http://pureddie.com/yolo>

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、うまくなる。
 - 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

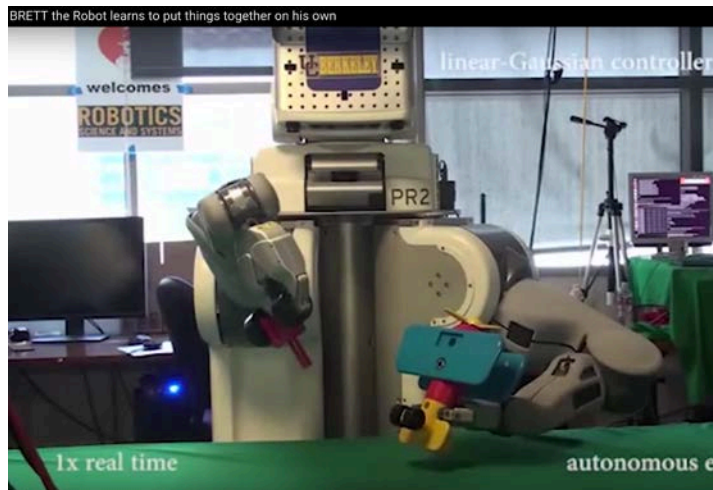
a



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。

試行錯誤で作業学ぶロボット(UC Berkeley)

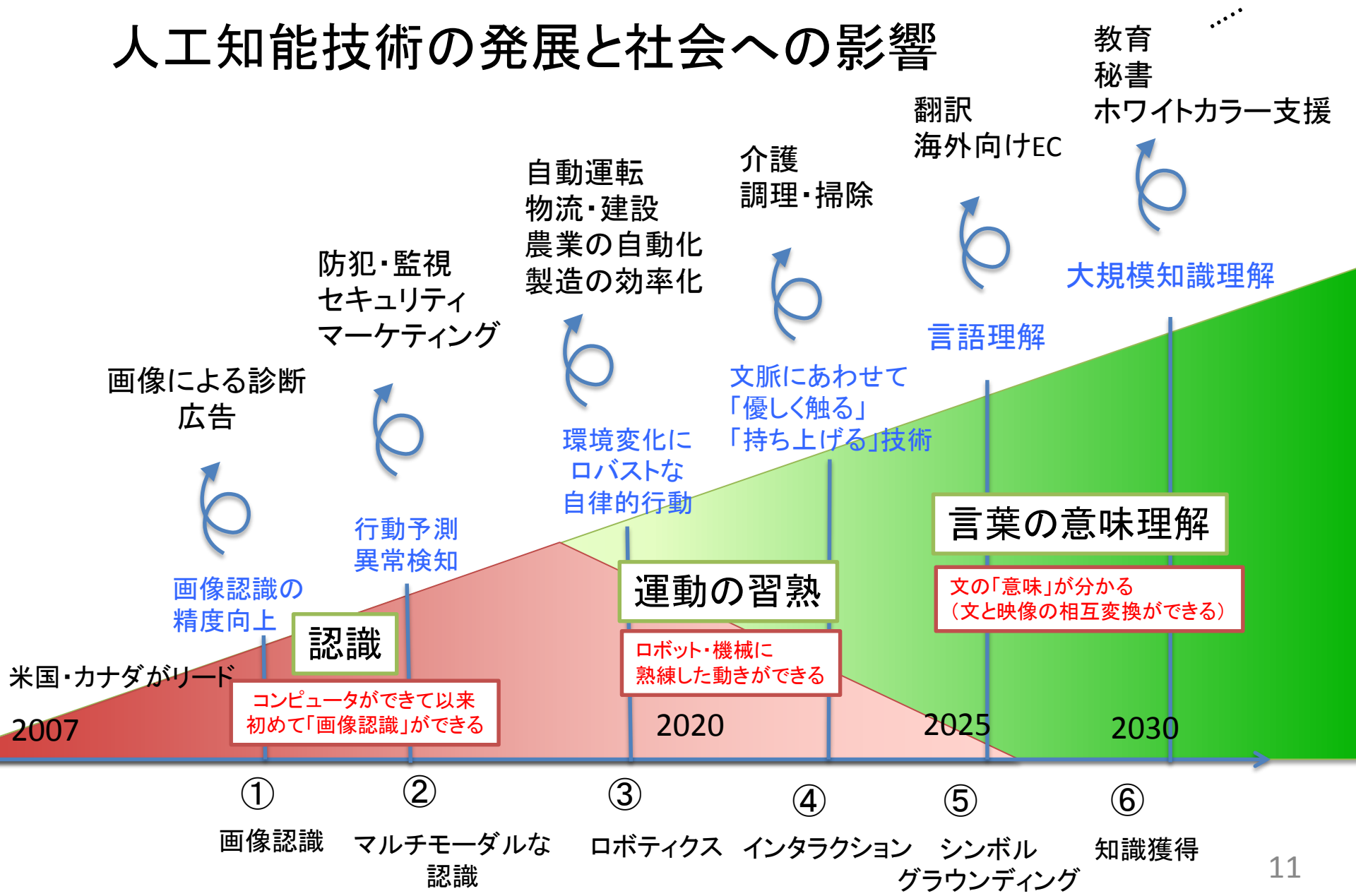


試行錯誤でピッキングが上達するロボット(Google)



?

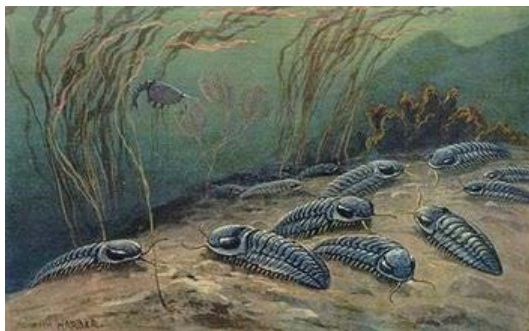
人工知能技術の発展と社会への影響



Deep LearningをベースとするAIの技術的发展

眼の誕生

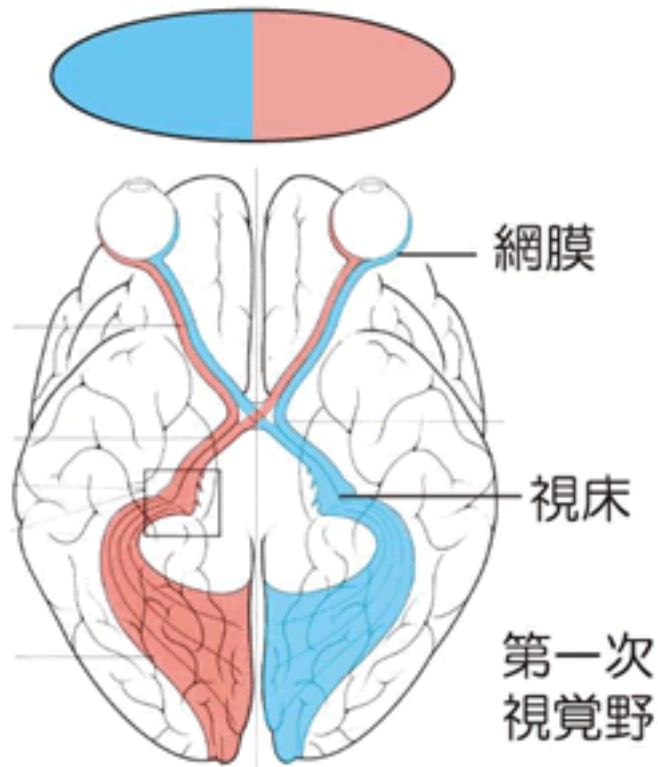
- カンブリア爆発
 - 5億4200万年前から5億3000万年前の間に突如として今日見られる動物の「門」が出そろった現象
 - 古生物学者アンドリュー・パーカーは、「眼の誕生」がその原因だったという光スイッチ説を提唱
- 「眼をもった機械」が誕生する
 - 機械・ロボットの世界でのカンブリア爆発が起こる
 - これを日本企業が取れるか？



三葉虫: 史上初めて眼をもった生物



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)

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

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
 - 「学習ずみモデル」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
 - 「学習ずみモデル」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

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。

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

急がないといけない

どんどん増えるDeep Learningの事例

- 認知症を発症2年前に発見。カナダのマギル大
- うつ病を認識する
- クジラの顔認識
- 航空写真からサメ認識。シドニー
- 植物の種類認識
- 衛星画像からタンカーの石油の搭載量を認識する
- 作物の病気の発見、農薬を減らす
- 美容院で髪の色を変える動画を生成。Modiface
- 観客の表情を認識。Avex
- アイスホッケーのプレイヤーのポジショニング分析
- 美しい場所(写真)をDLで見つける
- ...

2次的な変化

- ラウンジ化する社会
- 物流路
- 地方の価値向上

学習による人工物

- 設計ではなく、学習された機器。
 - 全てを理解しているひとはいない
 - 自動車免許。
- 学習済みのモデルが検査を経て、配信される。
 - バージョンアップのような概念。
 - データはクラウドに送信され続ける。
- データづくりが価値を持つ
 - データは作る。取ってくる、購入する、タグ付けする
 - 労働集約的
 - たくさんのデータで深いモデルを作ると学習できる

どこから始めるか

- 始めること自体はそれほど難しくない
 - 数学の知識: 線形代数や最適化
 - プログラムの知識: python
- ライブラリが揃っている
 - Tensorflow: Google、python
 - Caffe: UCバークレー、C++ベース
 - ほかに、chainer, Keras, torch7, ...
- 教科書
 - 入り口: 「知能は人間を超えるか」(拙著)
 - 教科書: 「深層学習」(岡谷貴之)
 - 教科書: “Deep Learning” (Y. Bengioら、MIT pressから出版。翻訳も当研究室で公開)
- 3つの主要な国際会議
 - ICML, NIPS, ICLR(それぞれ年1回)
 - ウェブで論文は読める。

理系の人が半年もやればそこそこできるようになる

先端人工知能学教育寄付講座（H28年度～32年度）

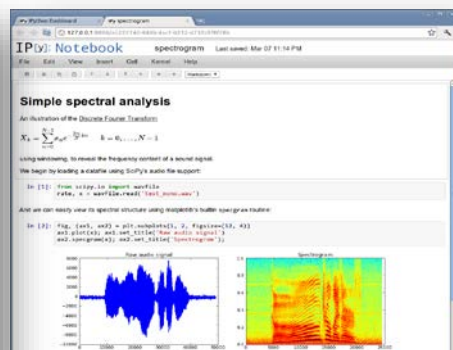
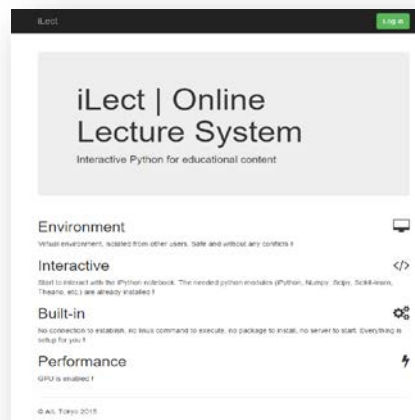
先端人工知能論I(または、Deep Learning基礎講座)：

ニューラルネットワークの基礎から始まり、徐々にDeep Learningの核心的技術や最新トピックが学べるように設計された、高度なプログラムを提供します。「Practice makes perfect」の考えに基き、演習を通じての技術習得を目指します。演習では、ブラウザ上からGPUを利用したPythonコーディングが可能な開発環境「ilect.net」を提供しており、前提知識やGPU開発環境など多くの要素を必要とするDeep Learning技術の学習においても、本題のみに集中して学習できるように講義を設計しています。

先端人工知能論II：

Deep Learningの基礎的な知識とモデルを構築する能力を持つ者を対象に、より実践的な研究開発能力を身につけることを目的としたプロジェクト形式の授業を提供します。「Practice makes perfect」の考えに基き、演習を通じての技術習得を目指します。

iLect: 独自に開発した講義システム



一人一台の仮想サーバ
環境構築不要
ブラウザでコーディング
宿題アップロード
Leaders Board
GPUでの実行

(工学部の講義でも活用)

H27年度

Deep Learning基礎講座(自主講義、70名受講)

H28年度

情理講義 先端人工知能論1(61名受講)

情理講義 先端人工知能論2(33名受講)

Deep Learning基礎講座(NEDOから支援、
学部生・社会人向け、85名受講)

H29年度

情理講義 先端人工知能論1(222名受講希望、128名受講)

Deep Learning基礎講座(NEDOから支援、
学部生・社会人向け、149名受講希望、116名受講)



8社からの支援:トヨタ、ドワンゴ、オムロン、パナソニック、野村総研、DeNA、みずほFG、三菱重工

先端人工知能論I (DL基礎講座)

- Introduction
内容: Deep Learningとは、人工知能技術の歴史、社会への影響／講義全体像と注意事項など
- Machine Learning 1
内容: Machine Learning, k-NN, Logistic Regression／ Training, Testing
- Machine Learning 2
内容: Numpy, Scipy, Scikit-learnを利用した機械学習／ Numpy Idioms／高度な行列操作、スライシング
- Perception+Feed Forward Network, Gradient Descent
内容: ニューラルネットワークの基礎
Gradient Descent, Stochastic Gradient Descent,
- Optimizers
内容: Theano基礎／Optimizers
- Autoencoders
内容: denoising Autoencoder, SdA
- Convolutional Neural Networks(CNN)
内容: CNN基礎
- Convolutional Neural Networks(CNN) 2
内容: CNN応用
- 生成モデル
内容: RBM, VAEなど
- Recurrent Neural Networks(RNN)
内容: 系列データの扱い
- Deep Learning and Language Models
内容: Word Embedding, LSTM, Language Models
- Advanced Topics とまとめ
内容: ロボットへの応用、高度な画像処理ネットワーク／ DQN, AlphaGo等

先端人工知能論II

- Introduction/Guidance
内容: 夏学期まとめと冬学期の説明、チーム開発と注意点(概要)、講義全体像と注意事項など
- 高度な画像認識
内容: 学習済みネットワークの再利用、転移学習、Fine-Tuning、VGG、Caffe入門
- Deep Learningと大規模データ
内容: HPC, GPU, Profilers, Database and Deep Learning
- 強化学習(DQN)
内容: 強化学習, 方策と価値関数, Q Learning, DQN
- Team開発とプロジェクト
内容: チーム開発、Gitとワークフロー、プロジェクト管理
- チーム紹介
内容: プロジェクト概要発表、チーム紹介
- 高度な画像処理2
内容: Region proposal, Semantic segmentation, Fast/Faster RCNN, Deconvolution, FCN
- 強化学習(DQN)2
内容: アドバンストピック
- WebとDeep Learning
内容: Knowledge Representation, DeepWalk, Knowledge Graph
- 集中開発回
- 最終報告会

今後、これらの授業をさらに深掘りすべく、
(i) Convolutional Neural Networks(CNN)、
(ii) Recurrent Neural Networks(RNN)と自然言語処理、
(iii) 深層生成モデル、
(iv) 深層強化学習
などの新しい講義の開発を進めている。
(スタンフォードやUCB以上に拡充を目指す)

日本ディープラーニング協会 (JDLA)

ジェネラリスト

ディープラーニングの基礎的な理解を元に、
実ビジネスに活かす人材

エキスパート

ディープラーニングの理論を理解し、適切な
手法を選択して
実装する能力を持つ人材

正会員 (アルファベット順)



(株) ABEJA



(株) ブレインパッド



(株) FiNC



(株) GRID



(株) IGPI ビジネスアナリティクス&インテリジェンス



エヌビディア

合同会社



(株) PKSHA Technology



(株) STANDARD



(株) UEI



(株) クロスコンパス



(株) zero to one

有識者会員 (五十音順)

浅川 伸一 (東京女子大学)

岡谷 貴之 (東北大学)

巢籠 悠輔 (東京大学)

江間 有沙 (東京大学)

尾形 哲也 (早稲田大学)

中嶋 浩平 (東京大学)

設立時 賛助会員

TOYOTA

第1回 ジェネラリスト検定: 12月16日(土)13時~15時 (オンライン試験)
申込期間は、12月9日(土)まで <https://www.jdla-exam.org/>

日本の戦略

日本の社会課題に対して、DLとものづくりの掛けあわせによる「眼をもった機械」を開発し解決する

- 農業分野に「眼をもった機械」を適用することで
 - 休耕地が耕せる。除草・防除や収穫ができる。収量が増える。
- 介護分野に適用することで
 - 介助も楽に。移動したりトイレにいけるようになり、より自立した生活ができる。
- 廃炉作業に適用することで
 - 危険な状況で人が作業しなくてよくなる。工期を短縮できる。
- 河川や火山を見張ることで
 - 河川の氾濫や土砂崩れ、噴火などの危険な状態・予兆を早期に発見できる。
- こうした技術を使った製品を海外に展開していくことで
 - 新たな輸出産業に。GDPの増加につながる。

地方からグローバルへ

労働の必要な地方を舞台に技術を伸ばす。それをグローバルに展開

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)
- 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
- 人づくりの重要性
 - 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
 - 同時に、データを作る産業を
- 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