

人工知能をビジネスに実装するとき、今やるべきこと

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。

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)

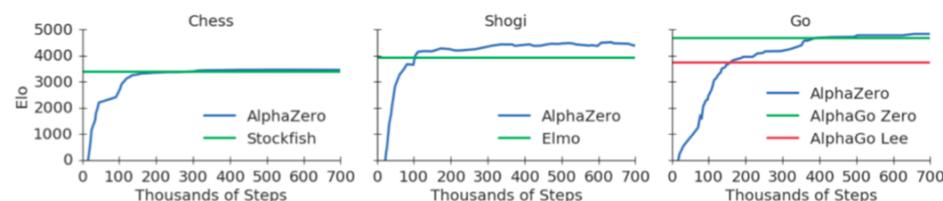
涙を見せた柯潔9段、「アルファ碁との対局、苦しかった」

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銅像のように固まっていった。

- Googleが2014年に買収したDeepMind(英国ロンドン本社)が開発
- 韓国イ・セドル九段を4勝1敗で破る(2016年3月)
- 中国カ・ケツ九段を3連勝で破る(2017年5月)
- アルファ碁ゼロ(2017年10月)
 - プロ棋士の棋譜データなしで学習
 - それまでのアルファ碁よりさらに強い
- アルファゼロ(2017年12月)
 - 将棋、チェスでも既存のプログラム(名人より強い)を破る
 - 将棋は2時間、チェスは4時間



人工知能(AI)という言葉で指されるもの

- 1. IT系: 従来からあるIT技術の擬人化

- フィンテック、IoT、RPA(ロボティックプロセスオートメーション)、Pepper...
- 1990年代からの技術

IT技術で従来から可能だったもの

- 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、ウェブ関連、コールセンターのサポート、与信
- IBM ワトソン、日立 H、NEC the Wise、東芝 Zinrai
- 2000年代からの技術

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)が強い国内には検索エンジン等の企業がないのでITベンダーを中心に提供

- 3. ディープラーニング系: 「眼」の技術、画像処理と機械・ロボットの融合

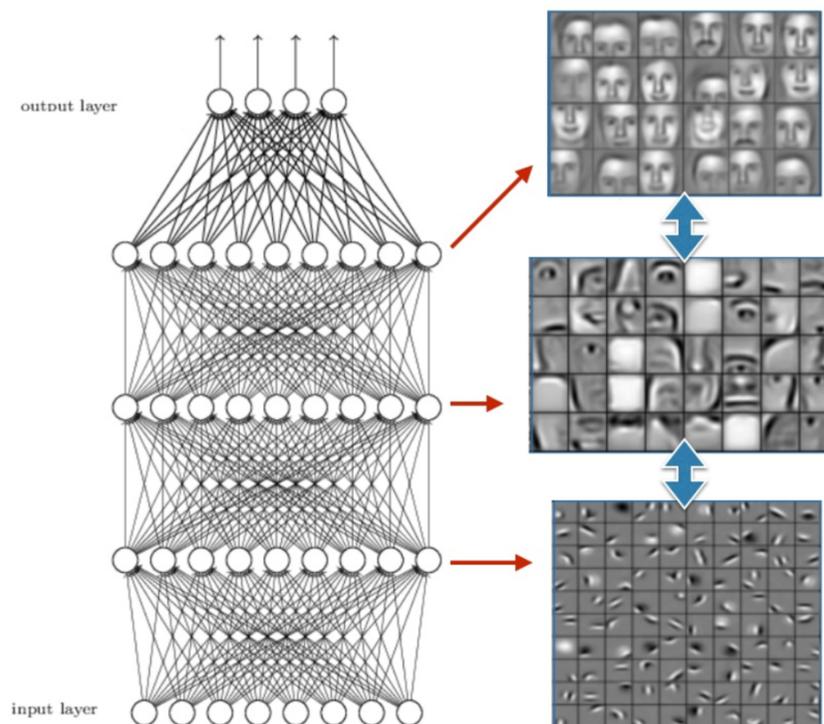
- アルファ碁、医療画像の診断、自動運転
- 日本は製造業との融合に大きなチャンス
- 2012年ごろからの技術

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とは

- 「深い」階層をもったニューラルネットワークにより、データから複雑で非線形な関数を近似できる
 - 参考)重回帰分析: データから、簡単な「1次式」でデータを近似する方法。難しい関数は近似できない。
- 途中の階層には、入力を変換した「特徴量」が学習されている

- 画像認識では2012年以降、非常に大きな精度の向上をもたらした。
 - 現在、画像認識の手法はほぼ全てディープラーニングが使われている
- 音声認識でも、2012年ごろからディープラーニングが主流に。
- 自然言語処理(翻訳等)では、2015年ごろから主流に。
- アルファ碁が、囲碁、将棋、チェスを席卷。
- ロボットでは、2017年から主流に。



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%
	ILSVRC 2016 winner	3.0%
	ILSVRC 2017 winner	2.3%

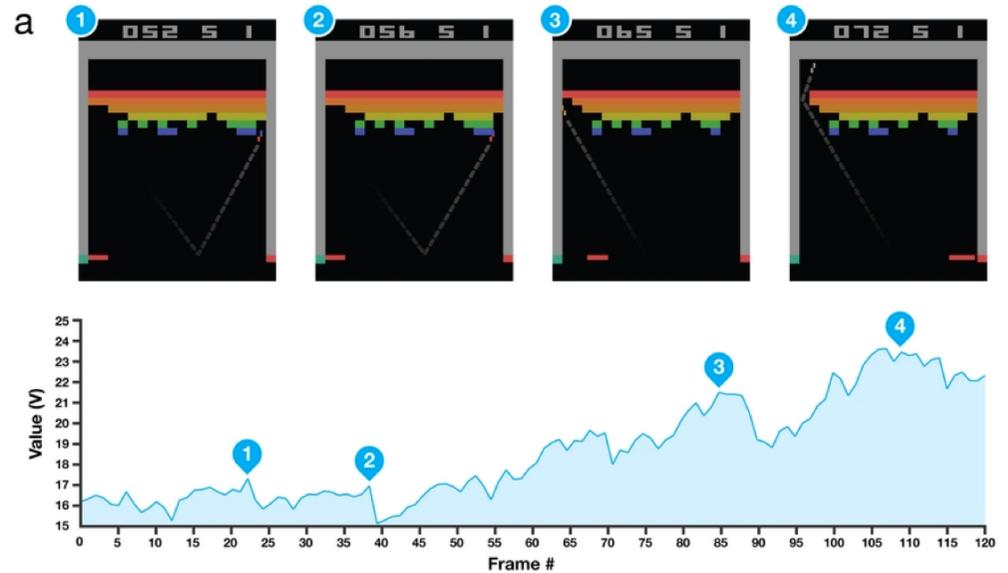
2015年2月には人間の精度を超えた

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

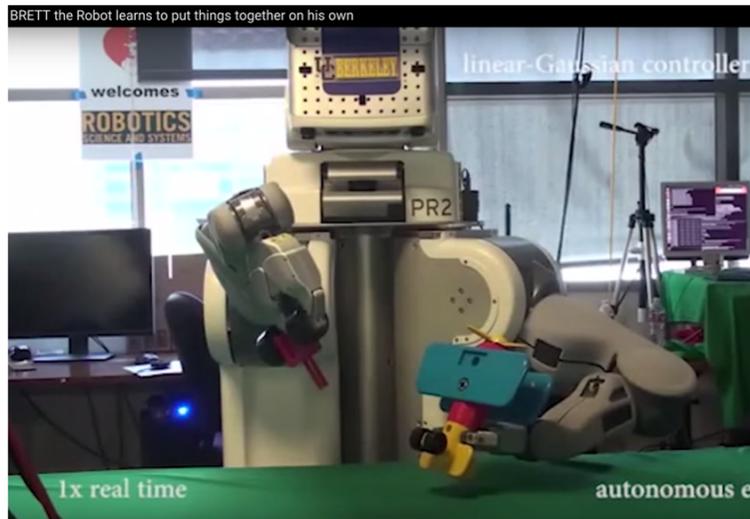
画像認識＋強化学習(2013-)

- 2013年 ATARIのゲームをプレイする人工知能をDeepMindが開発。人間よりうまくなる。
- 2015年 試行錯誤で部品の取付を習熟するロボットの開発(UC Berkeley)
- 2016年 試行錯誤でピッキングが上達するロボットの開発(Google)
- アルファ碁もこうした技術のひとつ

試行錯誤でゲームがうまくなる人工知能(DeepMind)



試行錯誤で作業学ぶロボット(UC Berkeley)

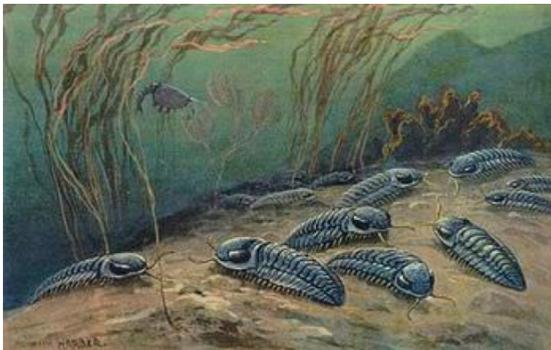


試行錯誤でピッキングが上達するロボット(Google)

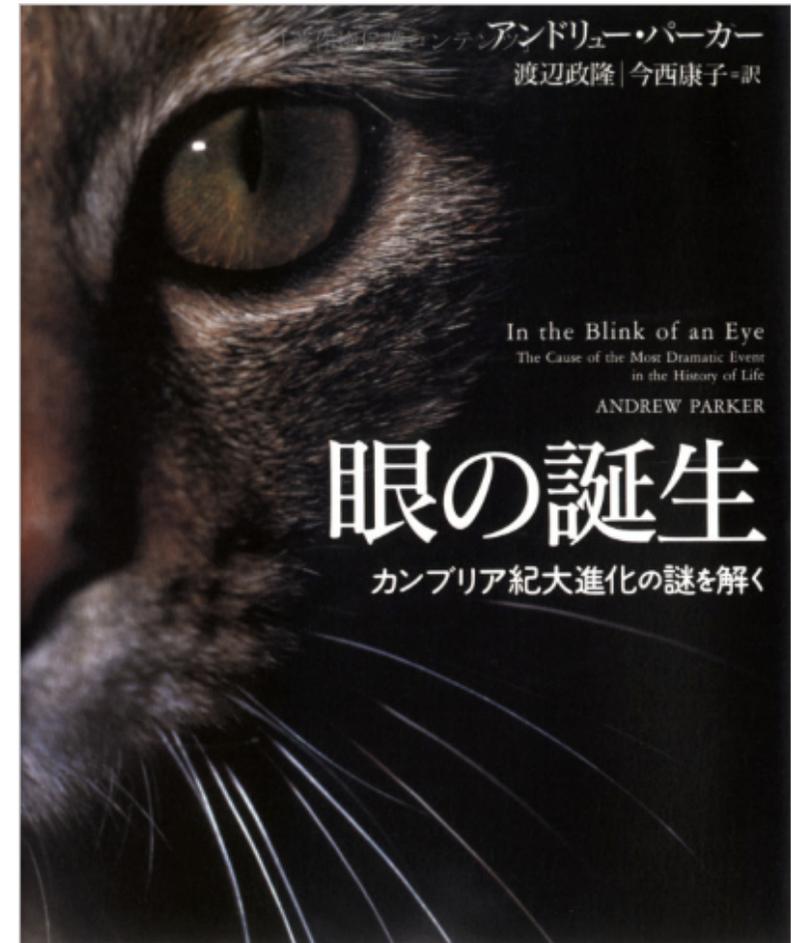


眼の誕生

- 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



日本の戦略:ものづくりとディープラーニングの組み合わせ

ものづくり

- 自動車
- 産業用ロボット
- 家電
- 農業機械
- 建設機械
- 医療機器
-



ディープラーニング
「眼」の技術



作業の自動化

- 自動運転
- 組立加工の自動化
- 外観検査の自動化
- 建設作業の自動化
- 農作業の自動化
- 画像診断の自動化
- 物流の自動化
- 介護の自動化
-

日本の戦略:ものづくりとディープラーニングの組み合わせ

ものづくり

- 自動車
- 産業用ロボット
- 家電
- 農業機械
- 建設機械
- 医療機器
-



ディープラーニング
「眼」の技術



作業の自動化

- 自動運転
- 建設作業の自動化
- 農作業の自動化
- 画像診断の自動化
- 物流の自動化
- 介護の自動化
- 食の自動化
-

大企業中心
ベテラン技術者が戦力
ものづくりの知識・ノウハウ
「設計」
部品や素材などの強さ
年功序列



ベンチャー中心
新技術を学んだ若い人が戦力
ディープラーニング・ITのスキル
「学習」
データの量
20代が最強

地方での活用が可能
人手不足の作業
今後さらに増える作業
熟練が減っていく現場
日本の強みのある現場

ディープラーニング関連の主要1500論文 (国際会議ICLR/NIPS/ICML/ICCV/CVPR/ACL/...)



タイトル	引用数	出版年	備考
ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks	17892	2012	ILSVRC2012の画像認識の大き
Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition	7874	2014	ILSVRC2014の勝者。VGG。1
Caffe: Convolutional architecture for fast feature embedding	6153	2014	フレームワークのCaffe
ImageNet: A large-scale hierarchical image database	5543	2009	
Adam: A Method for Stochastic Optimization	5459	2014	ADAM
Going Deeper with Convolutions	5387	2015	ILSVRC2014のGoogLeNet。2
Deep Residual Learning for Image Recognition	5138	2016	ILSVRC2015の勝者。ResNet
Deep learning	5084	2015	3氏によるNature論文
Dropout: A simple way to prevent neural networks from overfitting	4516	2014	Dropout
Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation	4166	2014	物体認識・セグメンテーション
Imagenet large scale visual recognition challenge	4160	2015	ImageNetデータ
Deep neural networks for acoustic modeling in speech recognition: The shared views of four research groups	3482	2012	音声認識
Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift	3144	2015	バッチ正規化
Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation	2994	2015	CVPR2015準ベスト。セグメン
Visualizing and Understanding Convolutional Neural Networks	2855	2013	
Sequence to Sequence Learning with Neural Networks	2678	2014	Seq2seq
Representation Learning: A Review and New Perspectives	2670	2013	
Rectified linear units improve restricted boltzmann machines	2534	2010	
Neural Machine Translation by Jointly Learning to Align and Translate	2501	2014	ニューラル機械翻訳の提案
Improving neural networks by preventing co-adaptation of feature detectors	2345	2012	Dropout
Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks	2283	2015	Faster R-CNN
TensorFlow: Large-scale machine learning on heterogeneous distributed systems	2199	2016	TensorFlow
Deep Learning in Neural Networks: An Overview	2188	2015	ディープラーニング概観
Human-level control through deep reinforcement learning.	1900	2015	AtariのNature論文
Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search	1874	2016	Atariの記事
Generative Adversarial Nets	1857	2014	GAN
Learning phrase representations using RNN encoder-decoder for statistical machine translation	1852	2014	RNNエンコーダ、デコーダ
OverFeat: Integrated Recognition, Localization and Detection using Convolutional Networks	1811	2013	
DeepFace: Closing the gap to human-level performance in face verification	1797	2014	
Delving Deep into Rectifiers: Surpassing Human-Level Performance on ImageNet Classification	1788	2015	4.9%。人間を上回る。PRELU
Microsoft COCO: Common Objects in Context	1748	2014	

ディープラーニング関連の主要人物 トップ10

冬の時代も研究を続けた
3人の先生(カナディアンマフィア)
ヒントン・ベンジオ・ルカン

1	2012年以降の主要論文の引用件数代表作				略歴	
2	 Yoshua Bengio	6770.288029	28648	40	DLのNature論文、表現学習のレビュー、ニューラル言語モデル、2007年のディープネット、NMT共著、積層オートエンコーダ、GAN共著、Theano共著、DL本、語の表現、show-attend-tell共著、maxout共著、素性の転移、カリキュラム学習、さまざまな理論的検証	1964生まれ。McGill大学で博士。MITでM. Jordan氏のもとポスドク、AT&Tベル研。U. Montreal教授。
3	 Geoffrey Hinton	5972.279715	57069	25	バックプロパゲーション共著、2012年の画像認識の論文共著、2006年のDBN、DLのNature論文、Dropout、t-SNE共著、2012年の音声認識、ReLU、DBM、分散表現、蒸留	1947年生まれ。ケンブリッジで学資、エジンバラ大でLonguet-Higgins氏のもの博士。サセックス大、UCサンディエゴ、CMUなどを経て、UCLのGatsby神経科学ユニットを作る。U. Toronto教授。同時にGoogle。
4	 Ilya Sutskever	3591.211495	32242	20	2012年の画像認識の論文。Seq2seq。Word2vec共著。Dropout共著。Tensorflow共著、Alpha碁共著、ダチョウに騙す共著。	2012年にトロント大のヒントン研で博士。A. Ngのグループでポスドク。DNNresearchを作り、Google Brainに。OpenAI
5	 Yann LeCun	2534.844966	17799	19	文書認識の勾配法、DLのNature論文、手書き文字認識、OverFeat共著、1990年代のCNN、MNISTデータベース、中間的な素性の学習	1960年生まれ。パリのUniversité Pierre et Marie Curie大で博士。トロント大のヒントン研でポスドク。AT&Tベル研。プリンストン大のNEC institute。NYU教授。同時にFacebook AI研究所ディレクター。
6	 Oriol Vinyals	1955.811852	9563	20	Seq2seq共著、TensorFlow共著、Decaf共著、show-and-tell、蒸留共著、GNMT共著、ニューラル会話モデル、Wavenet共著、poiter net	2013年にUCBで博士を取得。DeepMind
7	 Quoc V. Le	1700.048823	8006	19	Seq2seq共著、word2vec、Googleネコ論文共著、2011年の音声認識、キャプション共著、翻訳共著、最適化、ニューラル会話モデル共著	2013年にスタンフォードでAndrew Ngのもと博士を取得。Google Brain
8	 Ruslan Salakhutdinov	1483.974393	7620	17	2006年のヒントンの次元削減共著、ドロップアウト共著、確率的行列因子分解、Show-attend-and-tell共著、DBM、ベイズ確率行列因子分解、セマンティックハッシュ、LSTMによる動画の教師なし学習共著	2009年にトロント大のヒントン研で博士。MITでポスドク、トロント大助教、CMU准教授。同時にAppleのAI研究所ディレクター。
9	 David Silver	1457.703674	9444	15	ATARIゲーム共著、アルファ碁、A3C共著、DDPG共著、POMDPにおけるモンテカルロ探索、協調的パス探索、Double Q学習共著、優先経験リプレイ共著、DPG。	1997年にケンブリッジ卒、一度ゲーム会社を創業した後、2004年にアルバータ大に戻り、博士。UCL講師。DeepMindに初期から関わり、2013年にフルタイムで参加。
10	 Honglak Lee	1403	3721	23	スパースコーディング、コンボリユーションナルDBN、マルチモーダルDL共著、CNNの教師なし学習、ロボット把持共著、	2010年にスタンフォードでAndrew Ngのもと博士。ミシガン大で助教の後、ミシガン大准教授。同時にGoogle Brain
11	 Kaiming He	1381.095218	13246	12	ResNet、Faster R-CNN共著、ガイド付きイメージフィルタリング、2015年の4.9%、DCGAN、SRのCNN共著	2011年に清華大学で博士を取得、MSRAを経て、Facebook AI Research

10位～20位

12		Trevor Darrell	1294.602642	8551	14	Caffe共著、R-CNN共著、全CNN共著、DeCaf共著、キャプショニングRNN共著	1996年にMITで博士号。Interval Research Corporationで働いた後、2008年までMITのファカルティ。その後、UCB教授。BAIRディレクター。Berkeley DeepDriveディレクター。
13		Christian Szegedy	1269.487692	13319	11	GoogLeNet、バッチ正規化共著、インセプション、ダチョウ論文、SSD共著、DeepPose、Inception-v4	ボン大卒業。Cadence Design SystemsでVLSI CADの設計。Googleでソフトウェアエンジニア・研究者。
14		Sergey Levine	1256.588238	2166	27	ロボットのend-to-end学習、TRPO、GPS	2014年にスタンフォードで博士。UCB助教。
15		Jian Sun	1123.432241	12621	10	ResNet共著、R-CNN共著、2015年の4.9%共著	2003年上海交通大学博士。MSRA。Magvii (Face++)
16		Kyunghyun Cho	1101.126696	8420	12	NMT共著、Show-attend-and-tell共著	2014年Aalt大博士。モントリオール大でベンジオ研ポスドク。NYU助教、同時にFAIR研究員。
17		Ross Girshick	1084.434876	9719	11	Caffe共著、R-CNN、Fast R-CNN、Faster R-CNN共著、MS-COCO共著、YOLO共著	2012年シカゴ大博士。UCB, MSRを経て、FAIR研究員。
18		Volodymyr Mnih	1079.666615	8095	12	ATARIゲーム、アテンション、A3C	2013年トロント大ヒントン研で博士。DeepMind研究員。
19		Alex Graves	1077.824661	6874	13	ATARIゲーム共著、音声認識、RNNによる系列生成、CTC、DRAW共著、ニューラルチューリングマシン、手書き文字認識	2008年スイスIDSIAのJürgen Schmidhuber研で博士。トロント大ヒントン研でポスドク。現在、DeepMind
20		Tomas Mikolov	1075.641204	14284	9	word2vec、RNNによる言語モデル	2012年チェコのBrno University of Technologyで博士。Google Brainを経て、FAIR研究員。
21		Ian Goodfellow	1012.365547	5229	14	GAN、DL本、Tensorflow共著、Theano共著、Maxout、ダチョウ論文共著、Pylearn2	スタンフォード卒、2014年モントリオール大ベンジオ研で博士。Google Brainを経て、OpenAIを創設。その後、Google Brainに戻る。

20位～30位

23		Alex Krizhevsky	968.5122612	26056	6 AlexNet、ドロップアウト共著、ロボット強化学習共著	2012年ごろトロント大ヒントン研で博士。Google Brain
24		Karen Simonyan	967.0289551	11545	9 VGG、動画認識、空間トランスフォーマーネットワーク共著、Wavenet共著	2014年ごろOxfordで博士。DeepMind
25		Jeff Donahue	954.5512034	14237	8 Caffe共著、R-CNN共著、Decaf共著、敵対的素性学習	2017年UCBで博士。DeepMind
26		Jimmy Ba	938.562731	8809	10 Adam共著、Show-attend-and-tell共著、Do deep learning really need to be deep。ただし同姓同名の影響も。	2017年にトロント大ヒントン研で博士。トロント大助教。
27		X Wang	852.7156619	2516	17 顔認識共著、顔関係多数	2009年にMITで博士。香港大学准教授。NVIDIA Cuda香港研究所ディレクター
28		Richard Socher	827.9516894	10711	8 ImageNet論文共著、Glove共著、意味的構成性の深層モデル、再帰的オートエンコーダ	2014年スタンフォードで博士。MetaMind創業し、2016年セールスフォースに売却。セールスフォース主席研究員、スタンフォード客員教授
29		Samy Bengio	792.8934355	3720	13 show-and-tell共著、devise共著、Torch共著	1993年にモントリオール大で博士。IDIAP Research Instituteを経て、2007年からGoogle。ベンジオ氏の弟
30		Shaoqing Ren	770.6043083	12119	7 Resnet共著、Faster R-CNN、2015年の4.9%論文共著、顔アライメント	2015年ごろ中国科技大で博士。MSRA自動運転のスタートアップmomenta.aiを共同創業
31		Koray Kavukcuoglu	713.5712999	7956	8 ATARI共著、アルファ碁共著、Torch7共著	ニューヨーク大ルカン研で2011年に博士。NEC米国研究所を経てDeepMind
32		Durk Kingma	697.2861679	7597	8	2017年にアムステルダム大博士。

ディープラーニング人材

- 若い。
 - 教祖の3人(カナディアンマフィア)を除いて、ほとんど20代後半～30代前半
 - 彼らが大きなインパクトをもたらしている
- 人材の争奪戦
 - 300位前後でも、年収が50万ドル
 - 30位以内だと、年収が数百万ドル
 - トップ5レベルだと、年収が数千万ドル
 - DeepMindにはこういう人が100人、GoogleやFacebookも数百人いる。
 - 中国のテンセント、アリババなども急速に人材を集め、自動運転や医療画像の分野にも進出。
- 松尾研の例
 - 人材獲得
 - 卒業生

日本の問題点

- 古い
 - ディープラーニング(2012年以降急速に進展)についていけない
 - 人工知能への投資といいつつ、結局、昔ながらの分野への投資になっている
- 遅い
 - 製造業はチャンスが大きいが、大企業は軒並み意思決定できず、「研究所」や「ラボ」ばかり作っている
 - 技術を踏まえた、「事業としての投資」ができていない
 - (一部のオーナー企業では動きが早いところがある)
- 人への投資になっていない
 - 結局、最後、スーパーコンピュータを買っている
 - 若くて優秀な人の争奪戦ということが分かっていない
 - 大学等での人材育成も時代に追いついていない
 - ものづくりの企業(年功序列)とベンチャー(優秀な若者)の連携が難しい

松尾研による東大でのディープラーニングの講義(2015-)

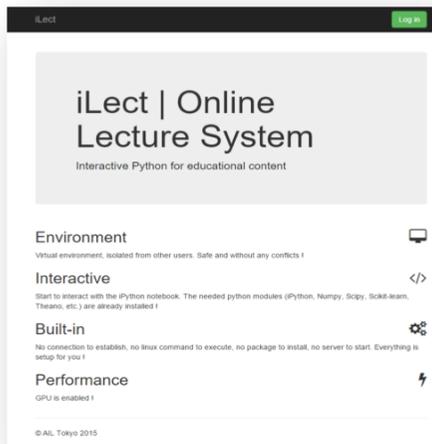
先端人工知能論I(または、Deep Learning基礎講座):

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。

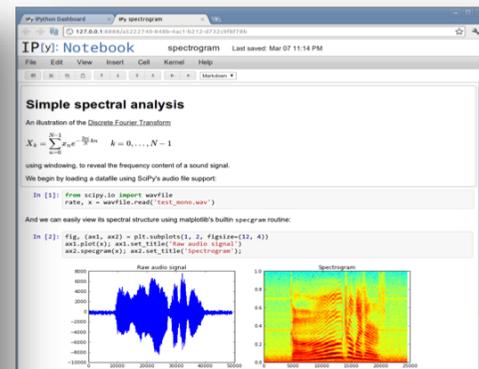
先端人工知能論II:

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。

独自に開発した講義システム



(工学部の講義でも活用)



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

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

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

- 日本の社会課題
 - 農業従事者、建設・物流、介護、廃炉、熟練工の後継者、etc
 - 少子高齢化しており、労働力が不足している
 - 地方にも影響が大きい
- ディープラーニングとものづくりの掛けあわせによる「眼をもった機械」
 - 眼をもった機械：認識や運動の習熟ができる機械・ロボット
 - 日本にも大きなチャンス：ものづくりの強さ、社会課題の大きさ
 - 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
- グローバルに勝つための課題
 - いか「ディープラーニング」に投資するか
 - いか「人」に投資するか
 - 事業展開をいかにスピード感をもって行うか