テクノロジーと人との調和

人工知能最前線

北海道大学大学院情報科学研究科
情報理工学専攻　教授

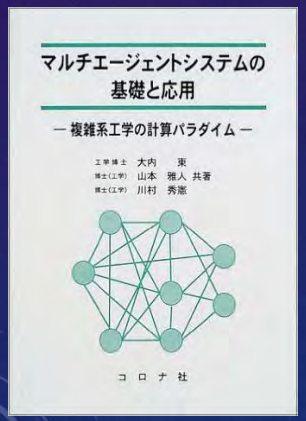
川村　秀憲

kawamura@complex.ist.hokudai.ac.jp
http://harmo-lab.jp

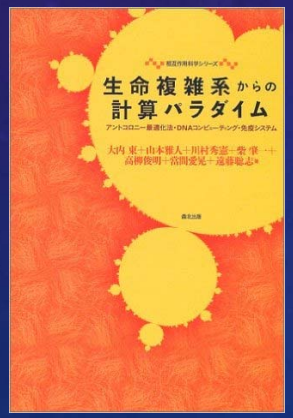
プロフィール　川村　秀憲　博士（工学）

小学校2年生よりプログラミングを始める。プログラミング、人工知能の研究をするために大学に入学。自分でプログラミング開発しつつも、自分の能力を超えたものを作りたい。
ニューラルネットワーク、機械学習などへの興味を経て、創発的計算、複雑系工学に興味が広がる。マルチエージェントシステムを対象にシステム設計から応用までの研究に発展する。現在、研究室学生とともに人工知能技術の社会応用、社会実装に関する実践研究を行う。

2000年3月　北海道大学大学院工学研究科　博士後期課程修了，博士（工学）
2000年 4月 ～　北海道大学大学院情報科学研究科　助手
2006年10月～　北海道大学大学院情報科学研究科　准教授
2016年1月～現在　北海道大学大学院情報科学研究科　教授
ミシガン大学客員研究員、人工知能学会誌編集委員、株式会社調和技研取締役、フュージョン株式会社取締役、株式会社アベジャ技術顧問、株式会社サンクレエ顧問、AI TOKYO LAB & Co. 顧問、アイウェイズコンサルティング株式会社顧問。札幌AIラボ所長。



マルチエージェントシステムの基礎と応用―複雑系工学の計算パラダイム　大内 東, 川村 秀憲, 山本 雅人



生命複雑系からの計算パラダイム―アントコロニー最適化法・DNAコンピューティング・免疫システム, 大内 東, 川村 秀憲, 他

共同研究・研究成果提供実績

株式会社KDDI研究所、日立ソリューションズ東日本、株式会社クレスコ、リコーソフトウエア株式会社、サイジニア株式会社、アルビド・ジャパン株式会社、エースチャイルド株式会社、クリエーションライン株式会社、産業技術総合研究所、日本ステージ株式会社、株式会社キャンパスクリエイト、北海道ガス株式会社、株式会社北海道新聞社、株式会社調和技研、株式会社ノーステクノロジー、株式会社トヨタレンタリース札幌、株式会社アジェンダ、NPO法人札幌チャレンジド、北海道札幌視覚支援学校、総務省、北海道観光振興機構、他

はじめに　人工知能と未来社会

「20年後、あなたが望もうが、望むまいが現在の仕事のほとんどが機械によって代行される。」
ラリーページ

「創造性のない仕事は全てテクノロジーに代行される」
ビルゲイツ

「現在人間が行っている47％の仕事が20年以内に機械によって代行される」
オックスフォード大学調査報告

「2045年、人工知能の能力が人類のそれをはるかに超えるシンギュラリティ（技術的特異点）が訪れる」
レイ・カーツワイル

「人工知能」とは

コンピュータを用いて人間のような知能を実現することを目指した技術の総称。

ダートマス会議（1956年）にて、計算機科学者のジョン・マッカーシーがはじめて「人工知能（Artificial Intelligence, AI）」という用語を使用。

技術：機械学習、ニューラルネットワーク、進化型計算、探索、プランニング、ベイジアンネットワーク、SVM、最適化、ファジィ理論、述語論理、知識ベースシステム、推論、自然言語処理、画像処理など
対象：人間、生物、社会、産業、福祉、サービス、ロボット、ソフトウェアなど

<u>弱い人工知能</u>：人間の知能の代わりを一部する機械
強い人工知能：本物の知能を持つ機械

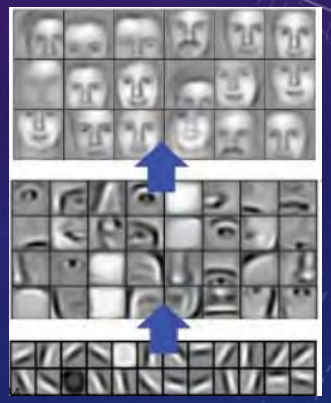
第3次人工知能ブームが起こったきっかけ

人間のようにデータ（画像、音声、テキスト等）を認識し、処理するための方法が明らかに

Youtubeでは、１分間に４８時間の動画がアップ（2011年Youtube発表）

ビッグデータ

GPU
（Graphics Processing Unit）

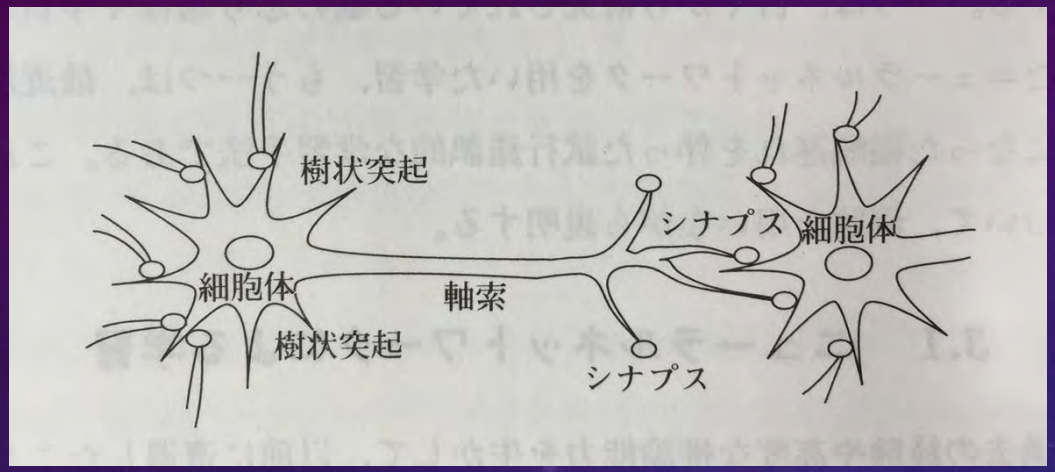


ディープラーニング

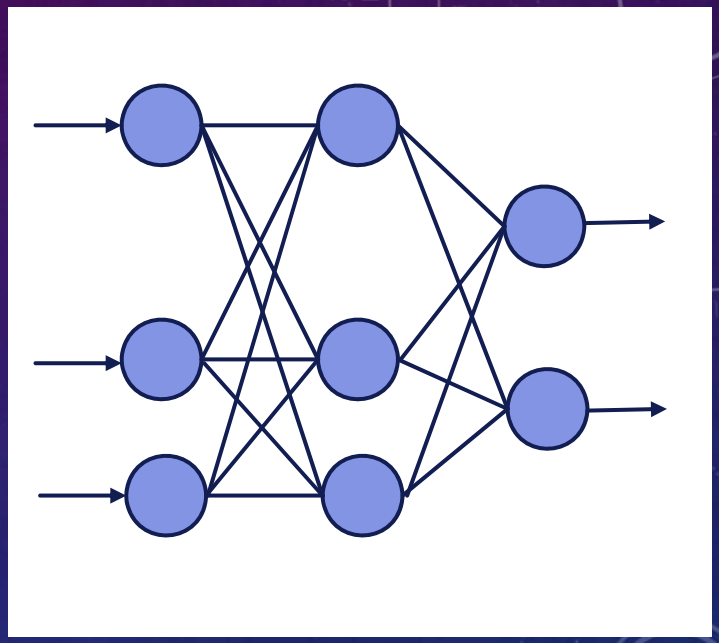
ビッグデータ、ＧＰＵによる高速計算、ニューラルネットワーク、ディープラーニング技術によって機械学習の性能が飛躍的に向上。カメラ画像など実世界のデータから特徴量を自動抽出して処理することが可能に。

ディープラーニングの基礎　ニューラルネットワーク

神経細胞（ニューロン）の模式図



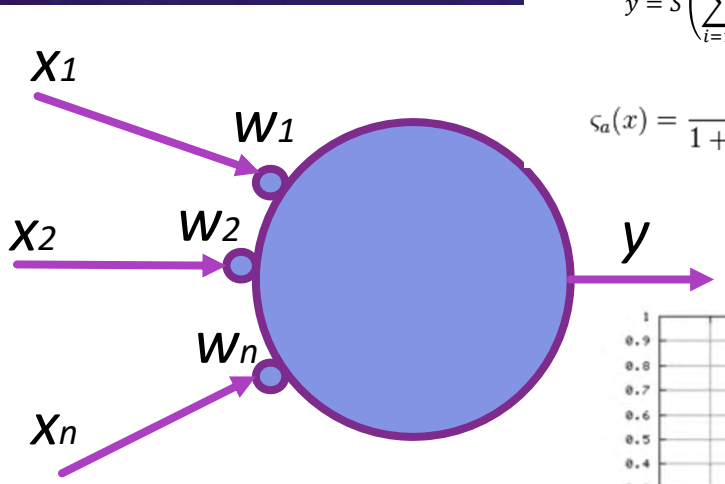
ニューラルネットワーク

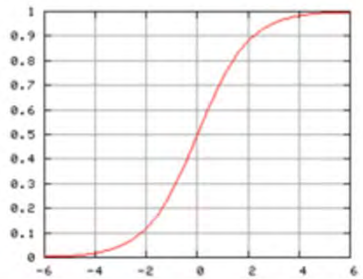


形式ニューロン

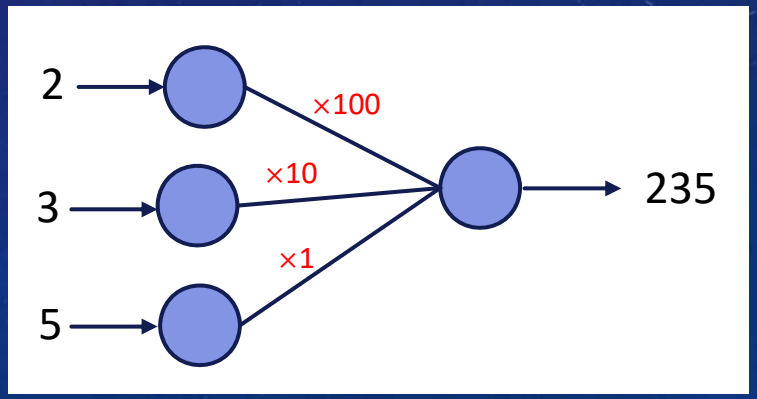
$$y = S\left(\sum_{i=1}^{n} w_i x_i - \theta\right)$$

$$S_a(x) = \frac{1}{1+e^{-ax}} = \frac{\tanh(ax/2)+1}{2}$$



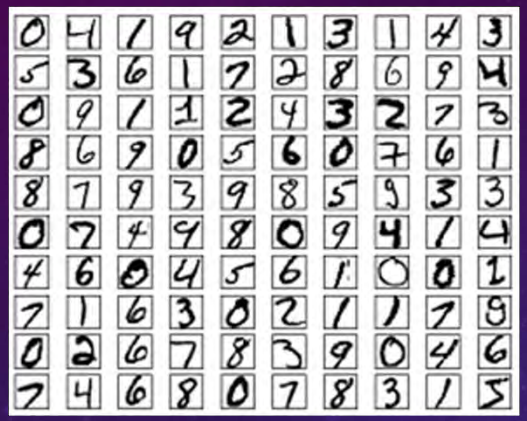


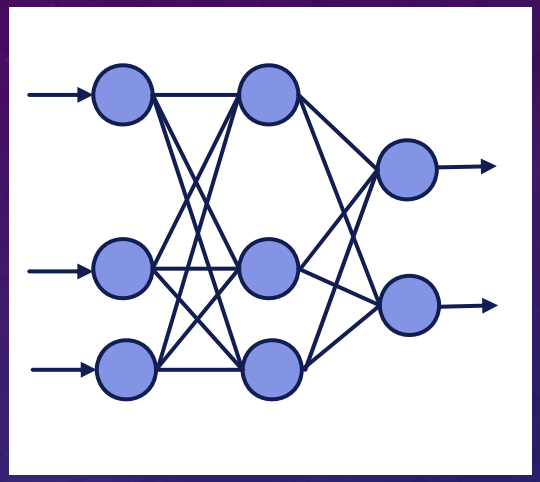
ニューラルネットワークの計算例

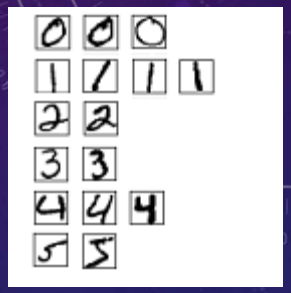


ニューラルネットワークの学習

ニューロンを階層的に連結し、適切な重みを設定すると任意の関数を近似可能







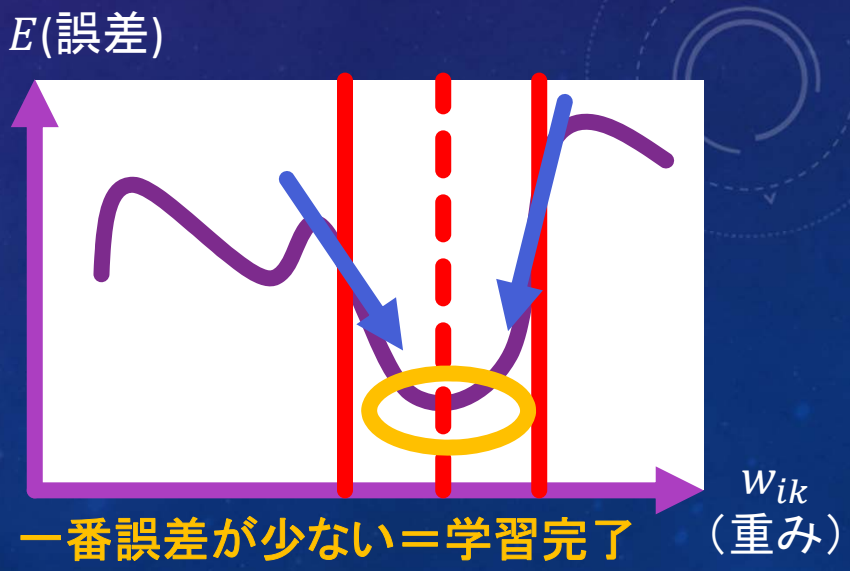
関数を近似する際、どうやって重み w_{ik} を決めるのか？

学習サンプル (x_i, d_k) の組があるとき、
ある x_i に対して、誤差 E を小さくしたい

$$E = \sum_{k=1}^{m} (d_k - y_k)^2$$

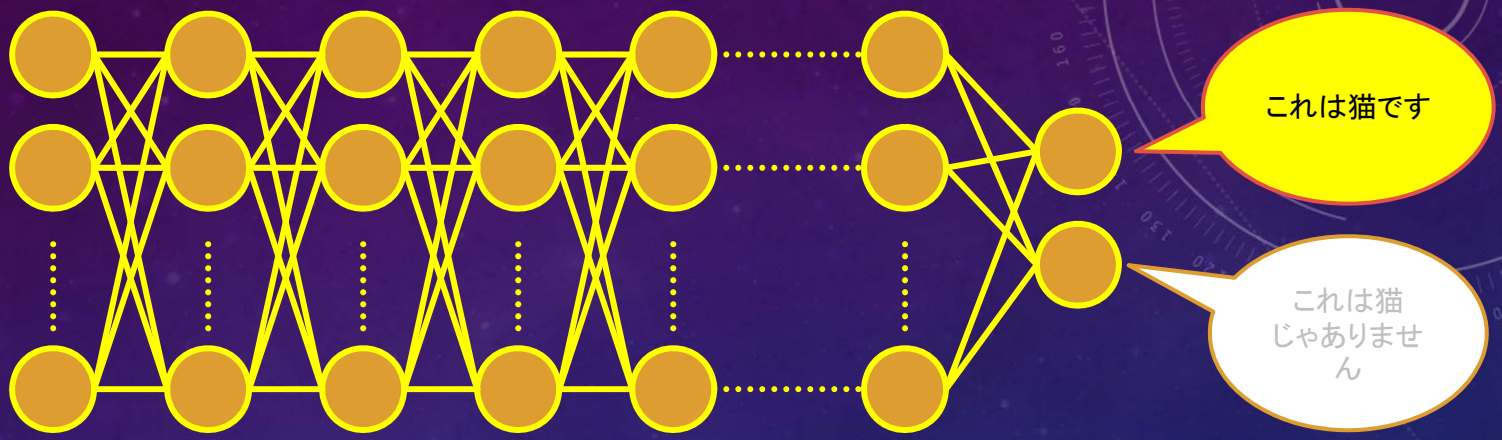
$$\Delta w_{jk} = -\alpha \frac{\partial E}{\partial w_{ij}}$$

バックプロパゲーション法



深い（ディープ）ニューラルネットワークへ

画像を入れて。。。

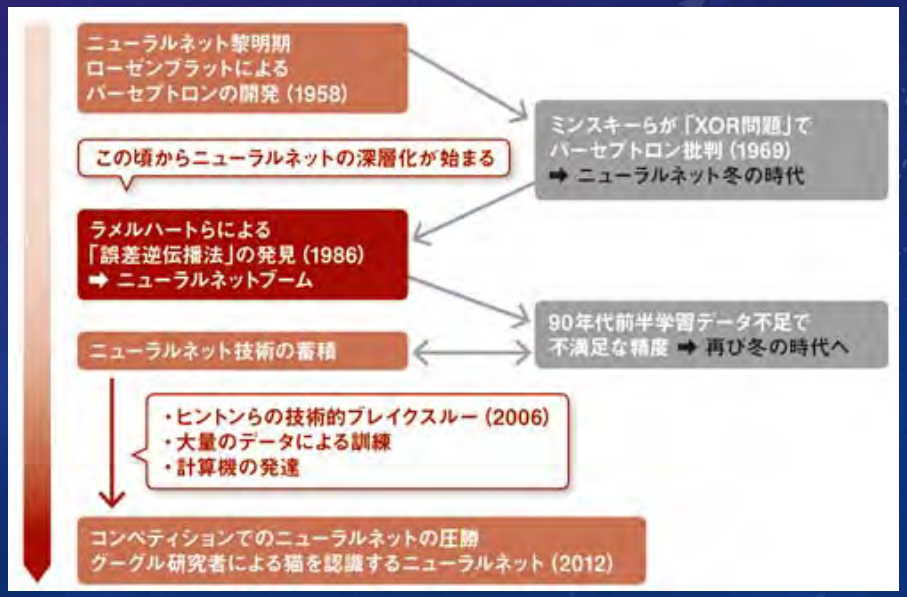


ディープニューラルネットワーク

ニューロンが多数、多層になると、計算量、必要メモリが増加し、まともに実行できない

多数の重みを調整する際、シグモイド関数が何重にもかかるため、勾配がほぼ0になってしまいうまくバックプロパゲーションが働かない（勾配消失問題）

コンピュータ、GPUの進化と新しい技術によって克服



ディープラーニング用フレームワーク

世界中の人工知能研究所がこぞって開発、公開

TensorFlow

Google発の深層学習フレームワーク。デベロッパーが着想した機械学習モデルの、プロダクション環境における実装を助けるオープンソースのプロジェクト。C++で書かれており、パフォーマンスの向上のために最適化。

Chainer

Preferred Networks社が公開したフレームワークでGPUをサポート。Pythonのライブラリとして提供され、さまざまなニューラルネットの構造に対応。

Caffe

Berkeley Vision and Learning Centerが中心として開発が進んでいるフレームワークでGPUをサポート。本体はC++で実装され、Pythonのバインディングを用意。高速で各種学習済みネットワークモデルが用意されていることが特徴。

Torch7

Luaベースで書かれたライブラリでGPUをサポート。フェイスブックがTorchの拡張を公開しオープンソース化したことで有名に。

AIに関する投資額

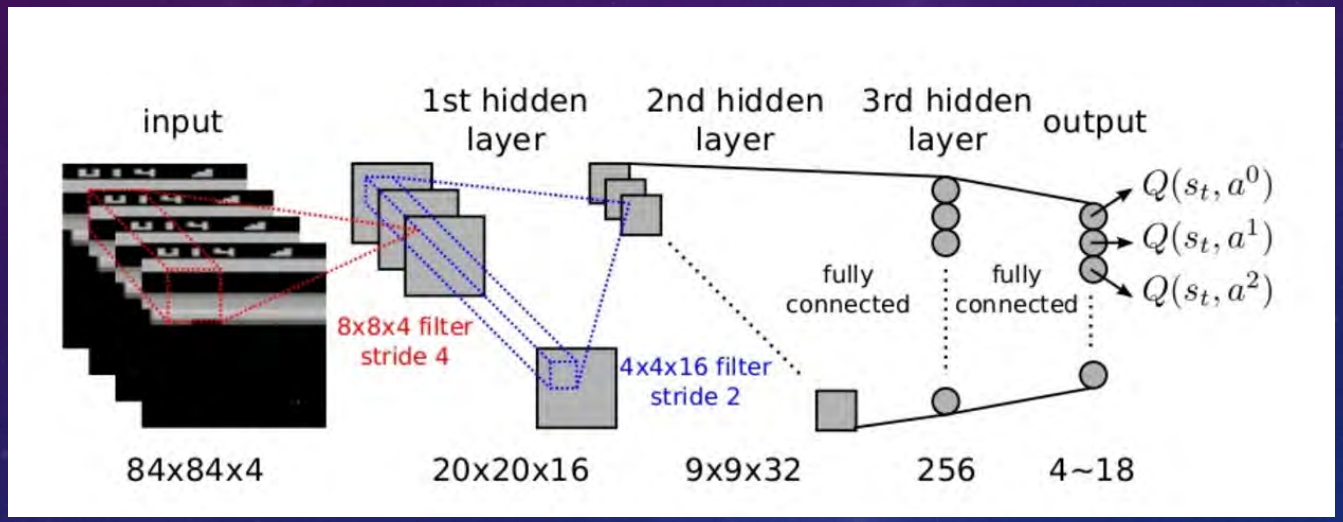
【政府のAI関連投資額】
日本　770億円
米国　5000億円
中国　4500億円

【民間のAI関連投資額】
日本　6000億円以上
米国　7兆円以上
中国　6000億円以上

文部科学省の2018年度推計

ゲームプレイを学習するAI　DEEP Q-NETWORK

ディープラーニングと強化学習の融合。Deep Mindが開発。
行動価値関数を畳み込みニューラルネットワークで表現。
“Human-level control through deep reinforcement learning”
– Nature Vol 518, Feb 26, 2015

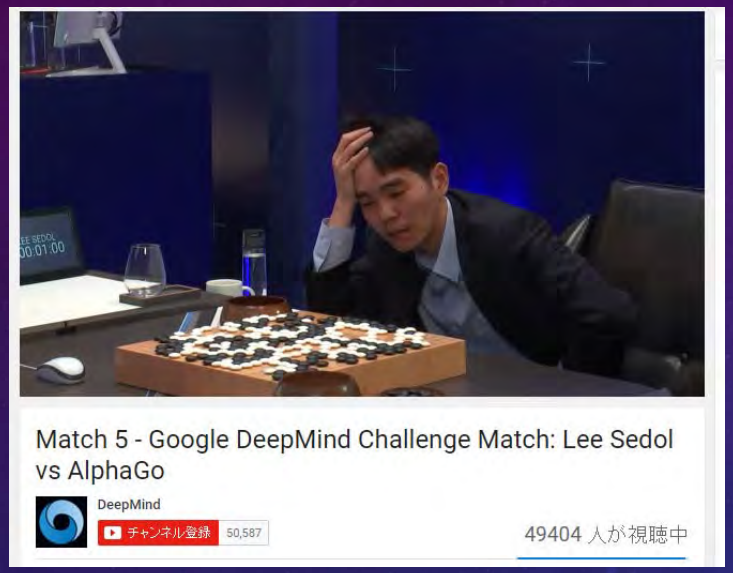


人が見ているものと同じゲーム画像を入力し、コントローラの操作を学習

Atari2600の7つのゲームで評価、6/7で既存研究に勝利、3/7で人間エキスパートにも勝利

人工知能は人間の知性に勝るか

人工知能との囲碁五番勝負、最終局は韓国棋士が敗れ
通算1勝4敗 (2016.3.15 ロイター)



ディープラーニングとモンテカルロ木探索を組み合わせた手法
プロ棋士の過去の対戦から盤面を学習
セルフプレイの繰り返しによって自己研さん
李との対局に使用されるAlphaGoのバージョンは、樊麾との対局と同等のコンピュータパワー（1,202 CPU、176 GPU）(wikipedia)
2016年末にはAlphaGoの改良版のMasterがネット囲碁に参戦し、井山裕太九段、柯潔九段（世界ランク1位）、韓国棋士・朴廷桓九段（世界ランク3位）を破り、世界最強に。

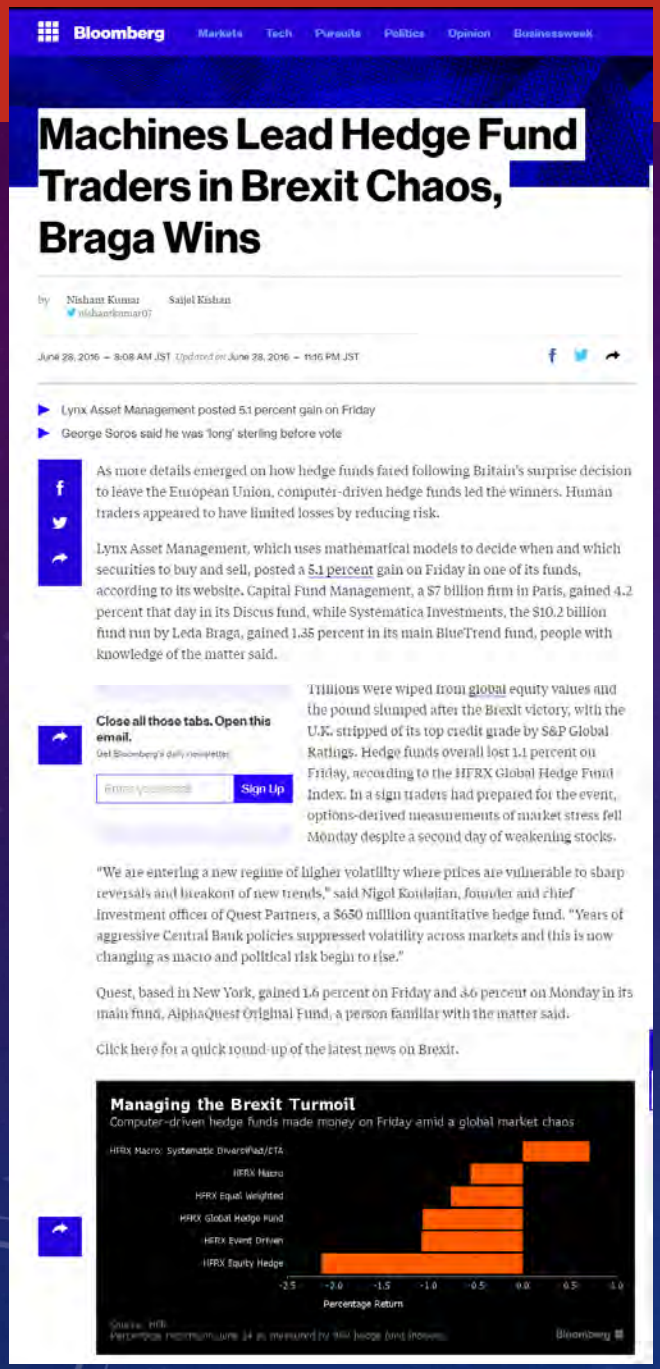
ゲームにおいて、コンピュータが人間を超えた年
オセロ　1997年
チェス　1997年
将棋　2015年
囲碁　2016年

2011年、IBMのWatsonが人気クイズ番組「Jeoperdy!」にて、過去74連勝したKen Jennings、賞金総額歴代最高になったBrad Rutterを破って勝利

2880CPU
15テラバイトRAM
80テラFLOPSの浮動小数点演算

人狼知能プロジェクト（http://aiwolf.org/）が人狼に挑戦中

勝ったのはコンピューター、生身トレーダーは防戦-英EU離脱ショック



Bloomberg Markets Tech Pursuits Politics Opinion Businessweek

Machines Lead Hedge Fund Traders in Brexit Chaos, Braga Wins

by Nishant Kumar Saijel Kishan

June 28, 2016 – 8:08 AM JST Updated on June 28, 2016 – 11:16 PM JST

- Lynx Asset Management posted 5.1 percent gain on Friday
- George Soros said he was 'long' sterling before vote

As more details emerged on how hedge funds fared following Britain's surprise decision to leave the European Union, computer-driven hedge funds led the winners. Human traders appeared to have limited losses by reducing risk.

Lynx Asset Management, which uses mathematical models to decide when and which securities to buy and sell, posted a 5.1 percent gain on Friday in one of its funds, according to its website. Capital Fund Management, a $7 billion firm in Paris, gained 4.2 percent that day in its Discus fund, while Systematica Investments, the $10.2 billion fund run by Leda Braga, gained 1.35 percent in its main BlueTrend fund, people with knowledge of the matter said.

Close all those tabs. Open this email.
Get Bloomberg's daily newsletter
Sign Up

Trillions were wiped from global equity values and the pound slumped after the Brexit victory, with the U.K. stripped of its top credit grade by S&P Global Ratings. Hedge funds overall lost 1.1 percent on Friday, according to the HFRX Global Hedge Fund Index. In a sign traders had prepared for the event, options-derived measurements of market stress fell Monday despite a second day of weakening stocks.

"We are entering a new regime of higher volatility where prices are vulnerable to sharp reversals and breakout of new trends," said Nigol Koulajian, founder and chief investment officer of Quest Partners, a $630 million quantitative hedge fund. "Years of aggressive Central Bank policies suppressed volatility across markets and this is now changing as macro and political risk begin to rise."

Quest, based in New York, gained 1.6 percent on Friday and 3.6 percent on Monday in its main fund, AlphaQuest Original Fund, a person familiar with the matter said.

Click here for a quick round-up of the latest news on Brexit.

Managing the Brexit Turmoil
Computer-driven hedge funds made money on Friday amid a global market chaos

(Bloomberg) -- 英国の欧州連合（EU）離脱という衝撃の中で個々のヘッジファンドのパフォーマンスがどうだったかが徐々に明らかになってきた。結論として、コンピューターが取引するファンドが勝ち組の上位を占めた。生身のトレーダーはリスクを減らすことで損失を抑えるにとどまった。

数学的モデルに基づき、どの証券を売買するか決定するリンクス・アセット・マネジメントでは、一つのファンドの24日の成績がプラス5.1%となった。同社がウェブサイトで公表した。キャピタル・ファンド・マネジメントのディスカス・ファンドはプラス4.2%。事情に詳しい関係者によれば、レダ・ブラガ氏のシステマティカ・インベストメンツのブルートレンド・ファンドはプラス1.35%だった。

一方、調査会社ドロブニー・グローバル・アドバイザーズの先週の調査によれば、マクロ戦略のヘッジファンドは23日の英国民投票前にリスクを減らしていた。これらのマクロファンドは離脱選択後の成績がマイナス2.5%ープラス0.5%のレンジだったもようだと、リクソー・アセット・マネジメントの調査責任者、フィリップ・フェレイラ氏がリポートで試算した。

http://www.bloomberg.com/news/articles/2016-06-27/machines-lead-hedge-fund-winners-in-brexit-chaos-as-braga-gains

膨大な医学論文を学習のAI、名医の働き　診断難しい白血病見抜く

膨大な医学論文を学習した人工知能（AI）が、診断が難しい六十代の女性患者の白血病を十分ほどで見抜いて、東京大医科学研究所に適切な治療法を助言、女性の回復に貢献していたことが四日、分かった。

使われたのは米国のクイズ番組で人間のチャンピオンを破った米IBMの「ワトソン」、ゲッティ・共同。東大は昨年からワトソンを使ったがん診断の研究を始めており、東條有伸教授は「AIが患者の救命に役立ったのは国内初ではないか」と話している。他にもがん患者の診断に役立った例があるという。

AIは物事を学習し、考える能力を持つコンピューターのプログラム。チェスや囲碁などで人間に勝つだけでなく、今後は医療への本格応用が進みそうだ。

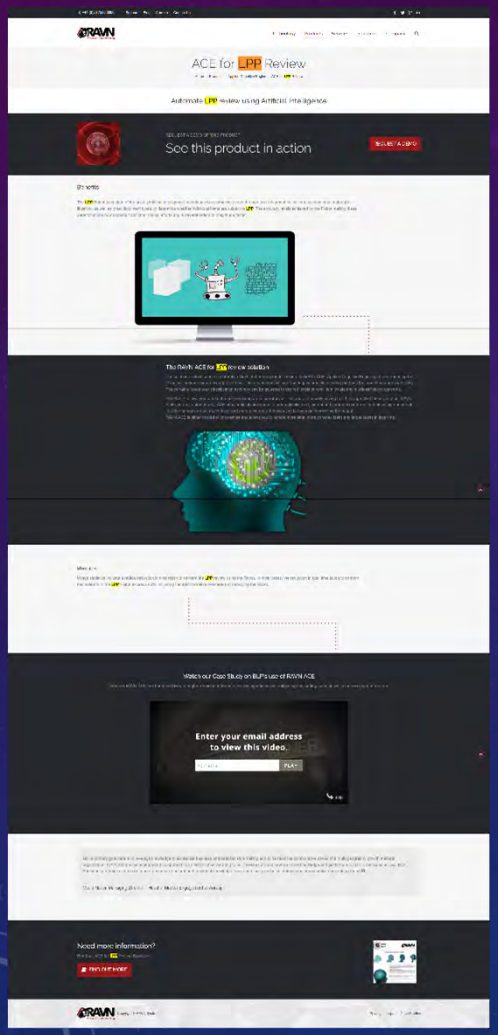
女性患者は昨年、血液がんの一種である「急性骨髄性白血病」と診断されて医科研に入院。二種類の抗がん剤治療を半年続けたが回復が遅く、敗血症などの危険も出た。そこでがんに関係する女性の遺伝子情報をワトソンに入力すると、急性骨髄性白血病のうち「二次性白血病」というタイプであるとの分析結果が出た。

ワトソンは抗がん剤を別のものに変えるよう提案。女性は数カ月で回復して退院し、現在は通院治療を続けているという。
東大とIBMは昨年から、がん研究に関連する約二千万件の論文をワトソンに学習させ、診断に役立てる臨床研究を行っている。

東京新聞 2016年8月5日 朝刊

人工知能、弁護士より200倍も速く法律関係の書類を処理—英司法当局が新システム導入

http://wired.jp/2017/06/29/ravn-artificial-intelligence/



https://www.ravn.co.uk/

英国の重大不正捜査局（SFO）は、「秘匿特権の有無」によって分類が必要な書類が膨大にあったことから、この作業をロンドンの新興企業RAVN（レイヴン）が開発した人工知能に任せることに。

ロールスロイスの贈賄問題の捜査にて、4年間の調査で3,000万件にものぼる資料が積み上がっていた。これらの資料は「秘匿特権の有無」によって分類することが法的に必要であり、それには下級法廷弁護士に費用を払い、事務作業の繰り返しを何カ月も続けてもらうことが必要だった。

ロールスロイス事件の資料をRAVNのAIに取り込み、この“ロボット”に仕事をさせることになった。下級法廷弁護士に依頼する場合、1日に進捗する資料は3,000件だが、RAVNは1日あたり60万件を処理し、費用も5万ポンド（約709万円）。ミスも法律家たちより少なかった。

人工知能で判決を下す「裁判官AI」を開発、訴訟時間の短縮化が可能

http://gigazine.net/news/20161024-artificial-intelligence-judge/
http://www.bbc.com/news/technology-37727387

ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン(UCL)のニコラオス・アレトラス博士らが、人工知能の「裁判官」を開発。実際に欧州人権裁判所の評決と比較したところ、精度は79%だった。

アレトラス博士らは、AIの学習のために、欧州人権条約の第3条「拷問の禁止」、第6条「公正な裁判を受ける権利」、第8条「私生活、および家庭生活の尊重についての権利」の3点にまつわる事件で、公開されているデータセットを584件分スキャン。バイアスや誤学習を防ぐために、学習した「人権侵害」の件数と同じだけの「非侵害」案件のスキャンも行いました。共同研究者であるVasileios Lampos博士は、理想としては「公表された司法判断」ではなく「人権裁判所への申し立て」を使用してテスト・改良を行いたいものの、そのデータにはアクセスできなかったことから公表された要約を利用したと語りました。

しかし、それでも裁判官AIは、欧州人権裁判所で行われたのと同じ司法裁判を行わせたところ、79%の精度で判断を下しました。結果を見てみると、似たような複数の事例で判断が「人権侵害」と「非侵害」に分かれたようなケースでは、AIは判断に悩んだとのこと。

自動車の自動運転実現　2020年目標

「日産が年内に自動運転技術搭載の車を国内で販売開始 」(2016.3.6 CAXURY)
「高速道で自動運転へ　トヨタ、2020年めどに投入」（2015.10.6 朝日新聞）
「自動運転の実用化、ホンダ2020年目標　開発競争激化」（2015.10.21 朝日新聞）

Googleカーは毎日480万kmを仮想空間でドライブし安全性をチェック
1週間に2万kmを実車走行

テスラ model S オートパイロットモード
「オートステア」
「オートレーンチェンジ」
「オートパーク」

Nvidiaが自動運転車用の高性能プロセッサDrive PX 2を発表、
‘弁当箱サイズのスーパーコンピュータ’

Fordが雪道での自動運転を研究開発

産業分野でも人工知能、ロボットの導入が進む

Amazonの倉庫番ロボットが24億円以上のコストカットに成功、人間の仕事を奪う日も近い？

2015年第三四半期時点でAmazonには13のウェアハウスで3万台のKivaロボットが働いており、各倉庫で20%のコストカットに成功、これはKivaを導入することで面積あたりに保有できる在庫量が50%も増えたためで、その効果は1ウェアハウスあたり2200万ドル（110円換算で24.2億円）相当になるそうです。

http://thebridge.jp/2016/06/amazon-is-just-beginning-to-use-robots-in-its-warehouses-and-theyre-already-making-a-huge-difference-pickupnews

Foxconnが6万人の労働者をロボットに置換。人間は高度な作業に再割り振り
Engaget Japan 2016.05.27

サウスチャイナ・モーニング・ポストが伝えるところによれば、鴻海精密工業の工場がある中国・江蘇省、昆山市の広報担当者は「ロボットの導入によって、同工場の人出を11万人から5万人まで減らし、大きな人件費の削減に成功した」と話しており、今後はより多くの企業が鴻海精密工業の方針に追随する可能性を示唆したといいます。

http://japanese.engadget.com/2016/05/26/foxconn-6/

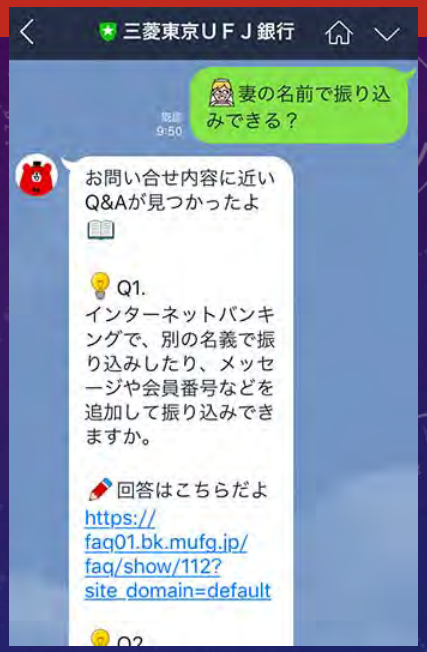
従業員＜ロボット　→　従業員＞ロボット
人件費の地政学からものづくりが解放される

チューリングテストとチャットボット

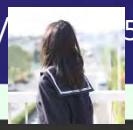
Turing, A.M. (1950). Computing machinery and intelligence. Mind, 59, 433-460.

あるシチュエーションで見えない相手と対話したとき、判定者が明確に機械と人が区別できなかったら知性のテストに合格

2014年6月、ロンドンのコンテストでコンピュータプログラムがウクライナ在住13歳のEugene少年になりすまし、審査員の33%を見事だますことに成功



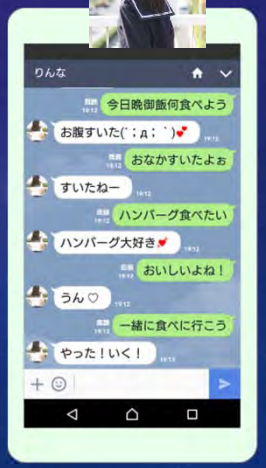
Cheshire　Lifeより http://d.hatena.ne.jp/coconutsfine/20090309/ 519



僕もtwitterを始めてからもうすぐ2年になる。情報系の大学に入ってから関わりのある人のtwitter-erが増えたのでどんどんのめり込んで行った。twitter上にも旧知の仲というか、移り変わるタイムラインでも昔からの顔なじみみたいな人が結構でてくる。

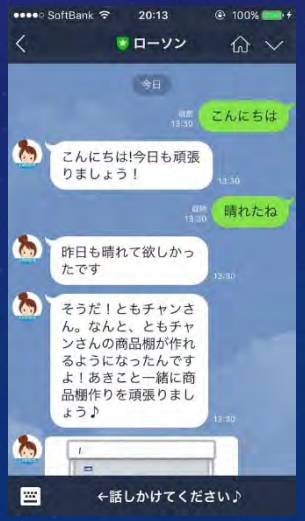
僕のtwitter古馴染みの中に@donsukeと@ha_maがいる。つまらないpostばかりしている僕によく話しかけてくれるなんとまあ楽しいやつらで、帰宅報告をすれば「おかえり」と言ってくれるし、起床報告をすれば「おはよう」と言ってくれ、僕もそれに対してよく返事をするというとても親しい仲だった。

そんな旧友の二人だったが、最近どうも@donsukeの様子がおかしかった。
・・・・・
「…@donsukeってbotかよ！！」MacBookに向かって一人で叫ぶ俺。
@ha_maお前もか。
驚愕。もう言葉が出ない。僕は0と1の羅列と仲良くしていたなんて。



マイクロソフトの女子高生AIりんな
http://rinna.jp/rinna/

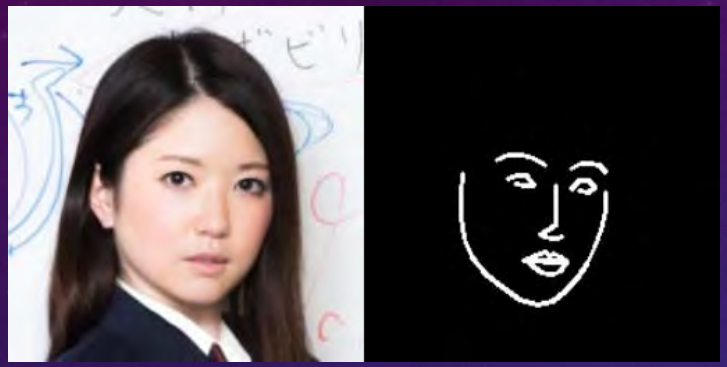
MITがディープトランプ(@DeepDrumpf) を開発



ローソン　あきこちゃん

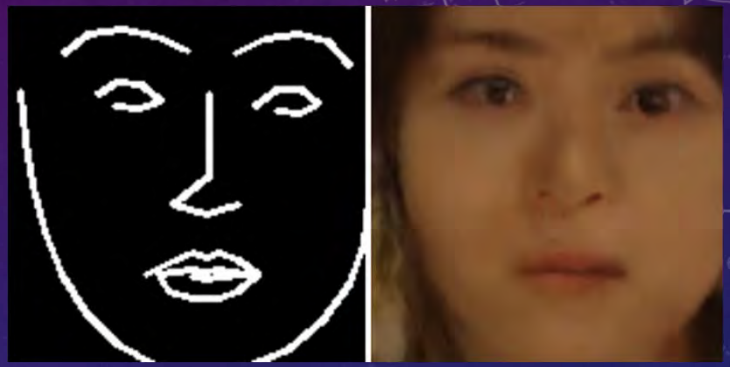
Pix2pixによる対画像の学習・生成

- ソフトを使って顔画像から線画を作る
- このデータセットを学習させると、線画から顔写真が作れる



学習用データ

学習

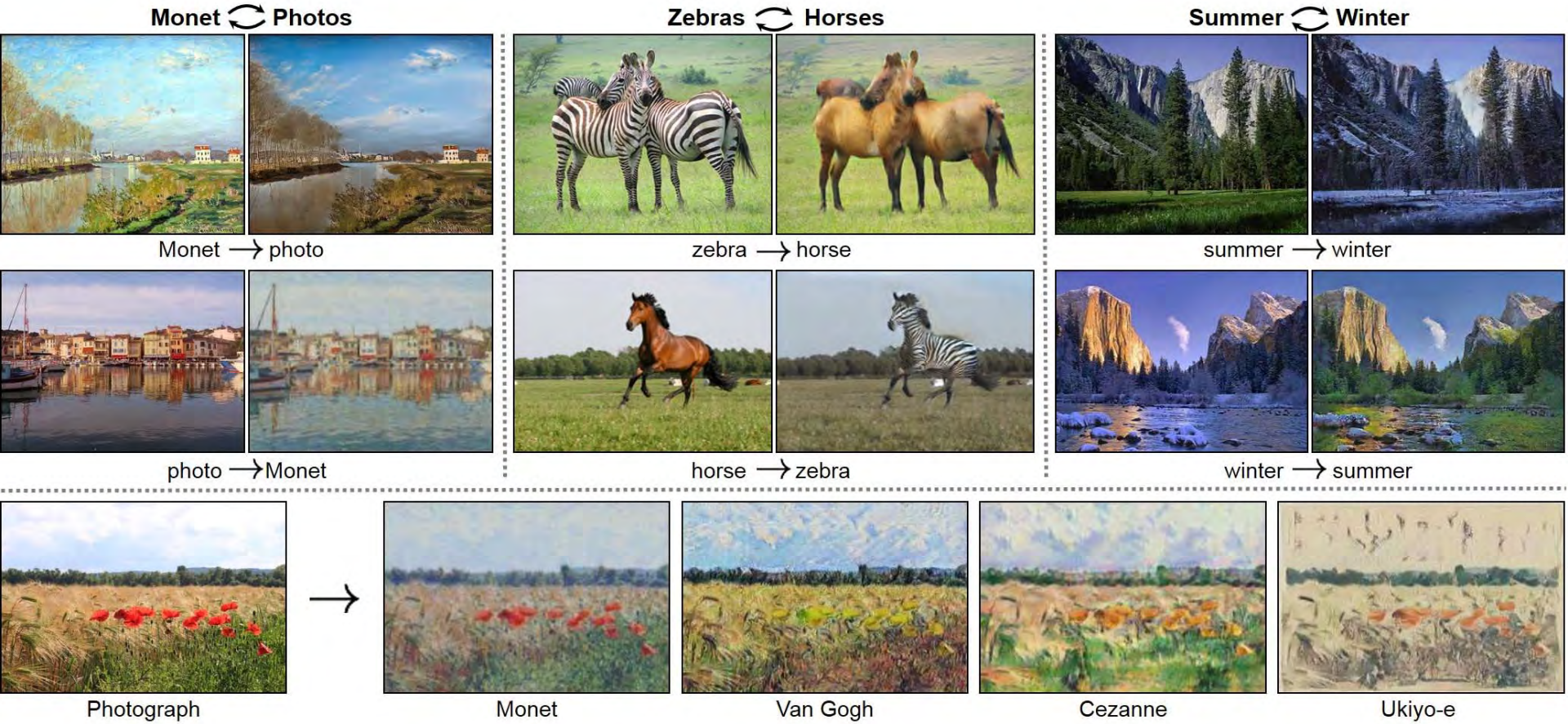


線画（左）から顔写真（右）が作れる

学習を繰り返すことで、高精度な顔画像を作ることができる

ある程度形が整っていれば、下手でもそれなりの画像を作れるようにすることも可能

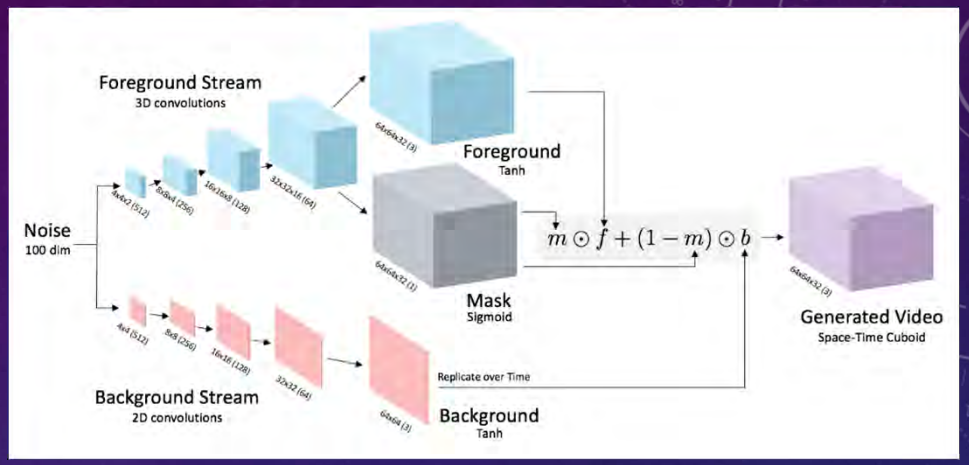
AIによる画像の変換



Unpaired Image-to-Image Translation using Cycle-Consistent Adversarial Networks
Jun-Yan Zhu∗ Taesung Park∗ Phillip Isola Alexei A. Efros Berkeley AI Research (BAIR) laboratory, UC Berkeley

GANによる動画生成

AIが1枚の写真から数秒後
を予測して動画を作成



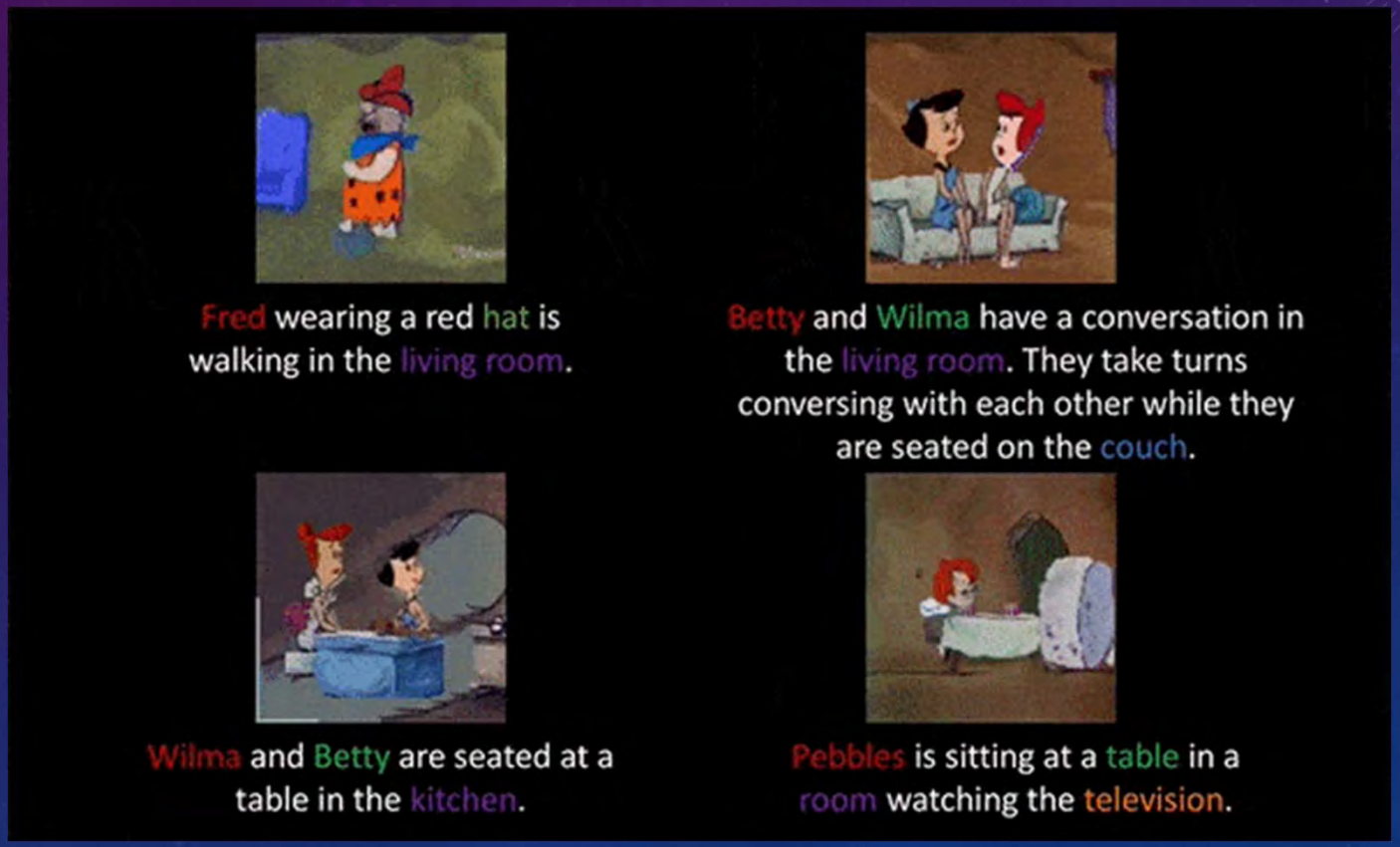
海岸　　ゴルフ　　駅・列車

Generating Videos with Scene Dynamics
Carl Vondrick(MIT), Hamed Pirsiavash(University of Maryland Baltimore County), Antonio Torralba(MIT)

AIがアニメを生成

https://www.gizmodo.jp/2018/04/ai-animater.html

古典アニメ『原始家族フリントストーン』を使い、3秒間の動画を2万5000種類、AIに学習
研究しているのは、シアトルにあるアレン脳科学研究所とイリノイ大学アーバナ・シャンペーン校のチーム
作られるアニメは切り貼りのコラージュ



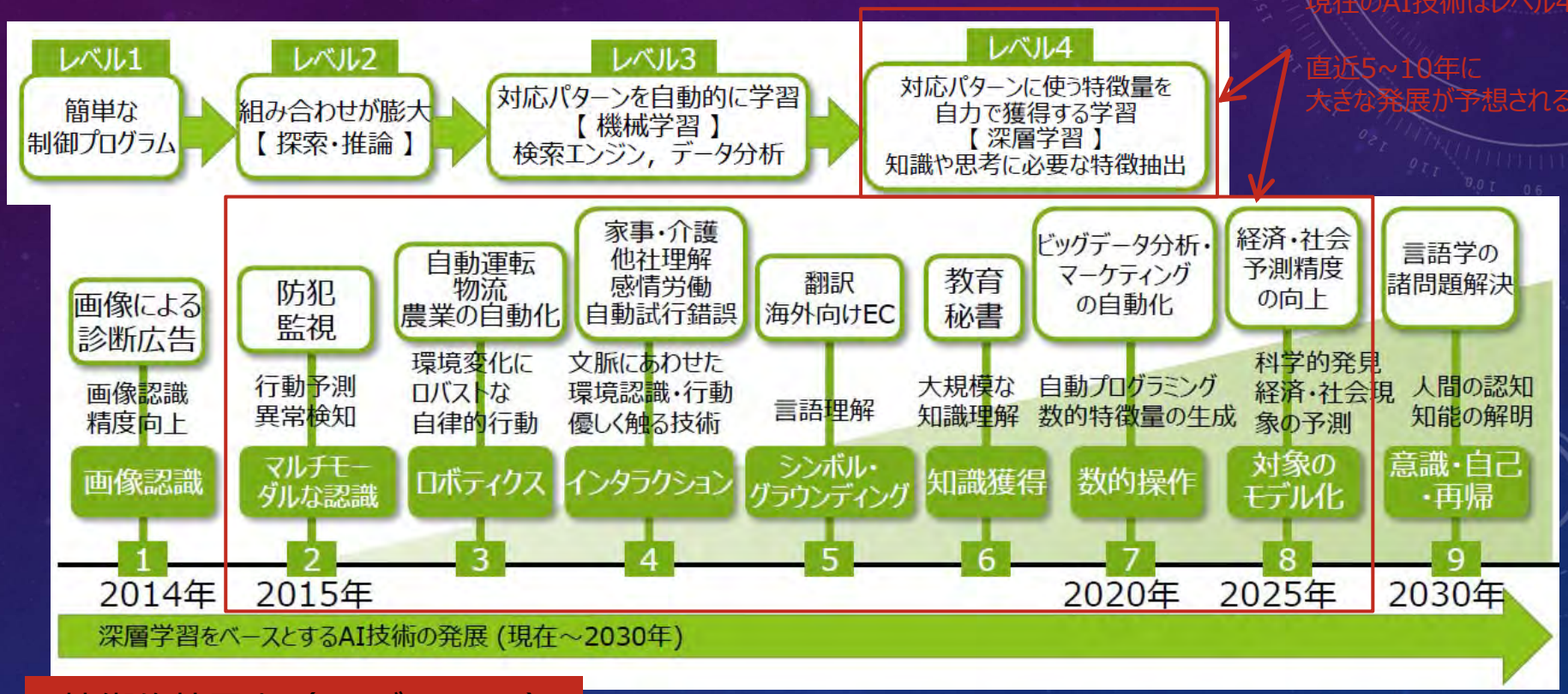
簡単な文章だと「誰が誰と、どこで何をしている」程度でOK。もっと複雑な文章でも、たとえば「ベティーとウィルマが居間で会話をしている。カウチに座って交互に話す」という状況がちゃんと再現されています。ほかにも赤い帽子やヒゲなど、本来のキャラになかった**装飾**もどこかから探して合成してくれます。

ここまできたAI

ＡＩアルファ碁３連勝「人間との対局は終える」
書類の不備をAIで検知、三菱電機が2018年度に事業化へ
ＡＩで電話保留時間１割減、顧客の感情も推定へ
日本ＭＳ、ＡＩ助言で業務効率化　無駄な会議時間を２７％削減
投資銀行が機械学習（マシンラーニング）でリサーチ業務・コストを大幅削減
オラクルが「集客・誘導・サービス」をフルAI化　圧倒的なデータ活用で次世代の顧客体験を実現
社内ヘルプデスク業務をAIが“24時間代行”　Watson活用サービス「AI-Q」
Gmailに「スマートリプライ」導入　返信メールを自動作成
“AIコピーライター”、電通が開発　広告コピーを自動生成
深層学習でアルツハイマー病の発症を81％の精度で予測
人工知能がガンの早期発見につかわれ始めた――ニューラルネットワークは医療を変えるか
すでに医師の平均を上回っている人工知能の診断精度
「研究室が沸き立った」――AIが作詞、アイドル新曲ができるまで　電通大教授に聞く
大和証券、ＡＩが予測した株価情報提供
トヨタが米社のＡＩ技術を採用　自動運転車　数年内に発売
大成建設、ＡＩ活用し無人化施工開発へ　建機が自律走行
AIで早朝・夜間のEC配送を効率化するサービス、ソフトバンクグループが分社化
米アマゾン、テレビ電話もできる人工知能付きスピーカー発売　動画再生や通販も
ロボット警察官「Robocop」、ドバイ警察が正式雇用
一瞬で１００項目の特徴を検出！　逃走不可能な“監視ソフト”を日立が開発
牛の畜産にＡＩが一役　病気の早期発見や効率繁殖
国内初！対話型AIで家庭菜園初心者にアドバイス
「pixiv Sketch」、機械学習による自動着色サービス「PaintsChainer」を統合
“ロボット大喜利”開幕　人工知能がボケる　来場者の表情でウケたか判定

AI技術の発展予想マップ

■ AI技術の進展のマップを，事業化の検討に活用



技術的特異点（シンギュラリティ）

2045年 (by レイ・カーツワイル 米・実業家)

あらゆる面で人間の知能を持つAIが実現されれば，AI自ら新たなAIを設計する
技術進歩の主役がAIに交代 するのは2045年であると予想

人工知能&IoTビジネス(日経BPムック) pp.24-25

新たなサービスの機会の分類

■ AI技術によって見いだせるサービスの側面

分類	分 類 内 容
A	人件費がぐっと下がることにより、競争優位になる ●競争環境におけるコストのセンシティビティ、必要な設備投資費 ●外食：人件費割合3割、コストセンシティブなファーストフード等
B	人件費が大きく下がることで、そもそも議論の俎上に乗ってこなかったようなビジネスモデルが可能になる ●既存の仕事を調べても見えないかも，人間には（やろうと思えば）できる ●事故防止や街頭調査、森林管理や災害の予兆発見
C	そもそも人間ではできないことが可能になる ●既存の仕事を調べても見えない，人間でもできない ●極限環境での作業（原子炉、深海、鉱山、宇宙、災害救助、体内）

松尾豊先生　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

仕事の未来

野村総合研究所とオクスフォード大学の共同研究より
http://www.nri.com/Home/jp/news/2015/151202_1.aspx

日本の労働人口の49%が人工知能やロボット等で代替可能に
～601種の職業ごとに、コンピューター技術による代替確率を試算～

人工知能やロボット等による代替可能性が高い職業100

IC生産オペレーター
一般事務員
鋳物工
医療事務員
受付係
AV・通信機器組立・修理工
駅務員
NC研削盤工
NC旋盤工
会計監査係員
加工紙製造工
貸付係事務員
学校事務員
カメラ組立工
機械木工
寄宿舎・寮・マンション管理人
CADオペレーター
給食調理人
教育・研修事務員
行政事務員（国）
行政事務員（県市町村）
銀行窓口係
金属加工・金属製品検査工
金属研磨工
金属材料製造検査工
金属熱処理工
金属プレス工
クリーニング取次店員
計器組立工
警備員
経理事務員
検収・検品係員
検針員
建設作業員
ゴム製品成形工（タイヤ成形を除く）
こん包工
サッシ工
産業廃棄物収集運搬作業員
紙器製造工
自動車組立工
自動車塗装工
出荷・発送係員
じんかい収集作業員
人事係事務員
新聞配達員
診療情報管理士
水産ねり製品製造工
スーパー店員
生産現場事務員
製パン工
製粉工
製本作業員
清涼飲料ルートセールス員
石油精製オペレーター
セメント生産オペレーター
繊維製品検査工
倉庫作業員
惣菜製造工
測量士
宝くじ販売人
タクシー運転者
宅配便配達員
鍛造工
駐車場管理人
通関士
通信販売受付事務員
積卸作業員
データ入力係
電気通信技術者
電算写植オペレーター
電子計算機保守員（IT保守員）
電子部品製造工
電車運転士
道路パトロール隊員
日用品修理ショップ店員
バイク便配達員
発電員
非破壊検査員
ビル施設管理技術者
ビル清掃員
物品購買事務員
プラスチック製品成形工
プロセス製版オペレーター
ボイラーオペレーター
貿易事務員
包装作業員
保管・管理係員
保険事務員
ホテル客室係
マシニングセンター・オペレーター
ミシン縫製工
めっき工
めん類製造工
郵便外務員
郵便事務員
有料道路料金収受員
レジ係
列車清掃員
レンタカー営業所員
路線バス運転者

ネオ・ラッダイト

現代文明において、ITなどのハイテク技術の進化と台頭によって、個人の雇用機会が次第に奪われていくのではないかと懸念し、それらの開発を阻止し、利用を控えようという考え方
Wikipediaより

調和系工学研究室が目指すもの

人工知能 ＋ 社会との調和 = 調和系工学

＋

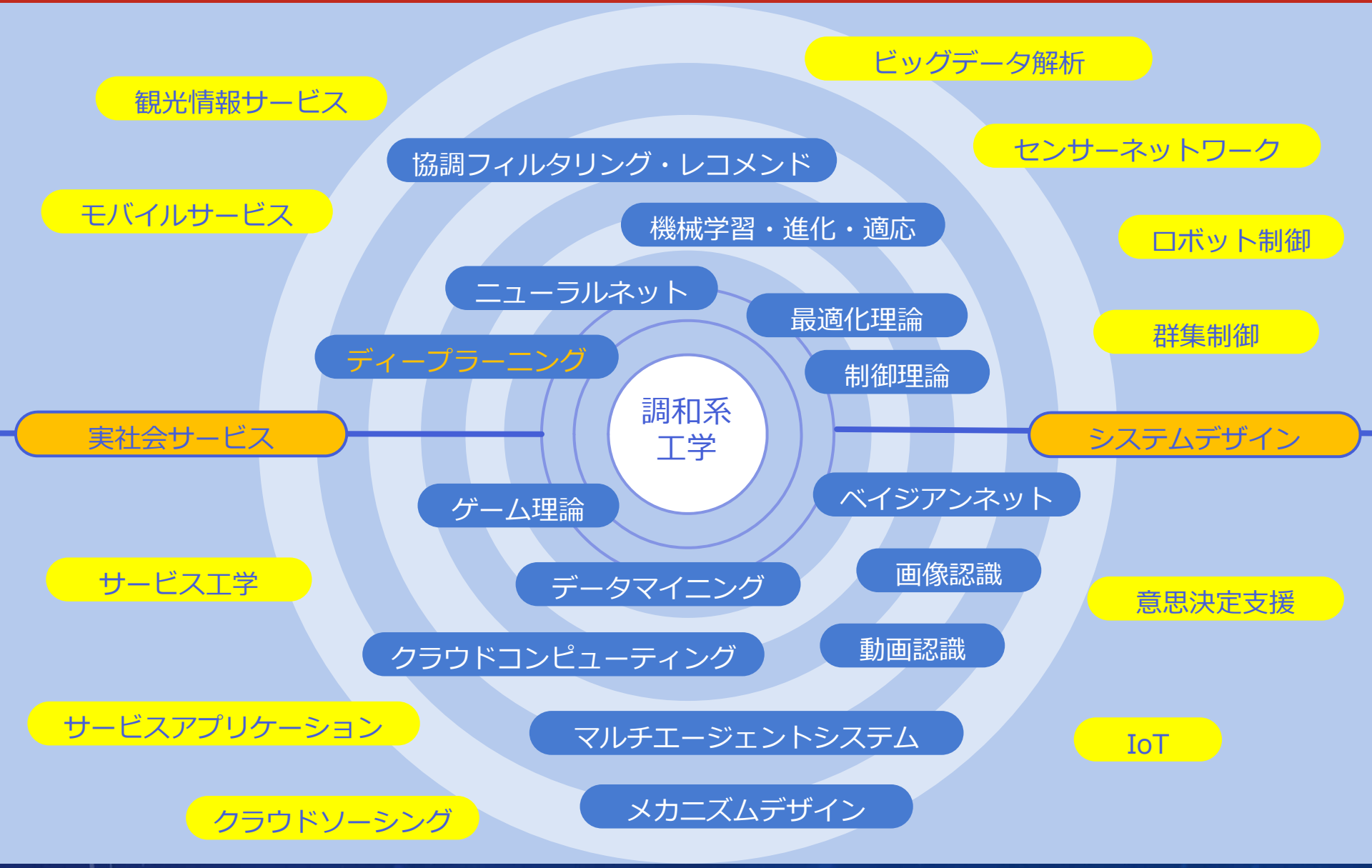
＝

人工知能（ディープラーニング）が熱い
「AI」が「IT」に、人工知能技術のコモディティ化

調和系工学研究室の目標

「人工知能技術を応用し、人々の幸せに貢献する」

調和系工学研究室のリサーチマップ



共同研究事例

Deep Q Networkによる譲り合うRCカーの自動運転

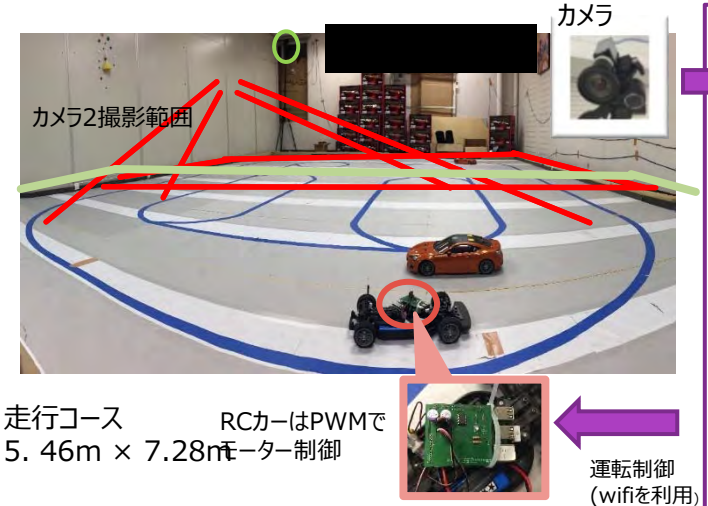
共同研究先： KDDI総合研究所、はこだて未来大（松原仁教授、鈴木恵二教授）

背景（目標と課題）：

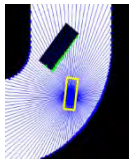
- RCカーの運転制御を学習することができる実験環境の構築
- 深層学習を用いた RC カーの運転制御の実現

実施内容：

- **１６台のRCカーの実験システムの構築**
  - カメラによるRCカーの認識とパーティクルフィルタを用いた位置測位
  - RCカー管制システムによる運転制御



制御用PC
Alienware



位置推定
パーティクルフィルタ
位置,方向を推定

- **運転制御の学習システムの構築**
  - 走行ログから**走行速度、走行距離を最大化し、衝突回数**を最小化するニューラルネットを**Deep Q-Network**によって構築

検証結果：

① 実験環境

- カメラで、最大RCカー16台の位置測位と走行ログを収集
- RCカーが走行しながら、運転走行を学習

→ 最大速度1.5m/sでRCカーが走行可能

② 運転制御の獲得

- 単独車両の走行
  - ・RCカー1台での走行（道路幅1mの交差点を含むコースを利用）
  - → コースアウト数と蛇行運転の軽減、最大移動距離740mの移動
- 複数車両の走行
  - ・RCカー2台での走行：道路幅1.3mの交差点なしのコースを利用
  - → すれ違いにおける衝突の軽減

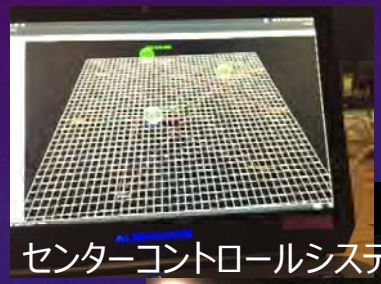
CEATEC2017のKDDIブースに出展
我々の研究成果を見学する豊田章一郎氏

共同研究事例

バルーンロボットの機構 および 群制御の研究

共同研究先：日本ステージ株式会社、
北大自律系工学研究室（山本雅人教授、飯塚博幸准教授）、
はこだて未来大（鈴木恵二教授）

バルーンロボットによるコンサート頭上の空間演出



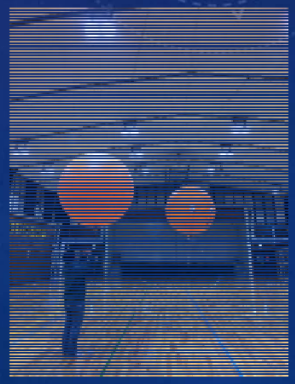
センターコントロールシステム

2006年バージョン

2016年バージョン

IRマーカを用いた外部カメラからの位置推定
バルーンロボットに搭載した各種センサからの状態像推定
PID制御をベースとした飛行軌跡制御

舞浜スタジオでの試験飛行の様子
https://youtu.be/kjTJ89UCnDU



共同研究事例

ディープラーニングを使ったファッション画像の理解

共同研究先：株式会社TSIホールディングス

主観的に用いられるファッション用語が表す服飾の特徴を定量的に評価し，代表的な服飾画像を可視化

用語例：シック，ストリート，なめらか，ふんわり

かわいい

無地

上品

Vネック

夏らしい

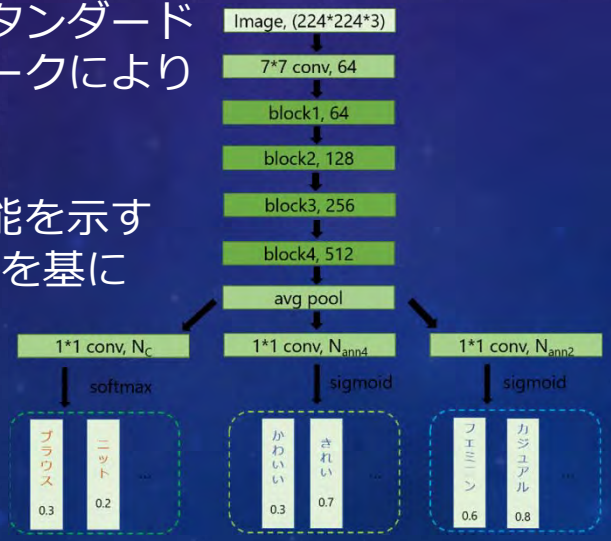
通勤向き

2万種の服飾に対し主観的・機能的な特徴をタグ付け

画像認識のデファクトスタンダードである畳み込みネットワークによりタグを学習

一般物体認識に優れた性能を示すResNetの学習済みモデルを基に服飾データを学習

主観的な特徴のタグを7割程度の精度で正解



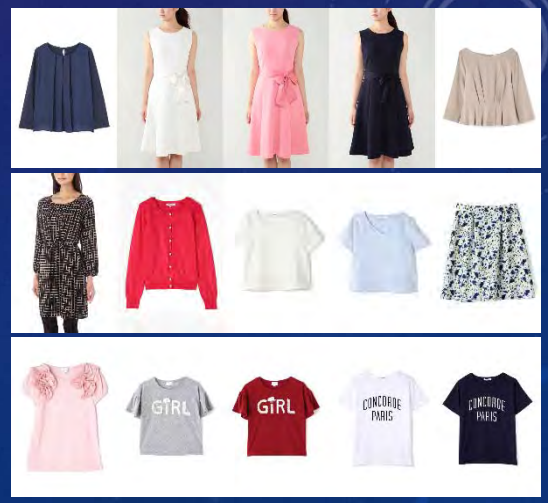
「ガーリー」「とろみ」を表す服飾画像の代表例

ガーリー

ガーリーでない

とろみがある

とろみがない



共同研究事例

飲食カテゴリーの自動タグ生成アルゴリズムの開発

共同研究先：株式会社デジタルガレージ

食べログに投稿された画像に対して、「インスタ映え」「デカ盛り」といった抽象的なタグを自動生成する

料理画像

店舗の内観や外観画像

画像を入力として、学習済みの深層ニューラルネットワークによりタグを自動生成

料理の種類

デカ盛り

ランチ

料理に対する印象

インスタ映え

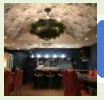
こってり

店舗の営業形態

駐車場有

個室

店舗に対する印象



おしゃれ

絶景

画像に対するタグの推定結果

食べログに投稿された各々の画像に対して「かわいい」「女子会」のような曖昧なものを含むタグを人工的に付加し、ディープラーニングに基づく教師付き学習によって画像とタグの関連性を学習

食べログの膨大な料理や店舗の画像に対してタグを自動推定することで、検索結果の品質向上や、曖昧な語に基づく検索を実現する。

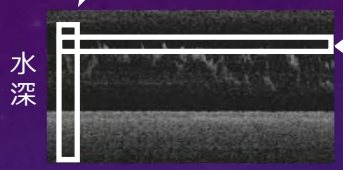
- 飲食店舗に対するカテゴリー割り当ての業務支援
- 店舗検索結果の品質向上・内部SEO対策
- 店舗の印象をキーとしたチャットボット検索アプリの開発

定置網漁場と魚群探知機の音響データの自動判別

協力:公立はこだて未来大学
マリンITプロジェクト　和田雅昭教授

概要

魚群探知機設置の様子



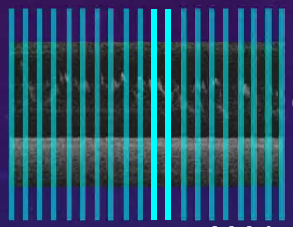
3秒ごとに
幅１ピクセル出力

深さ0.234mごとに
反応強度256階調で
捉える

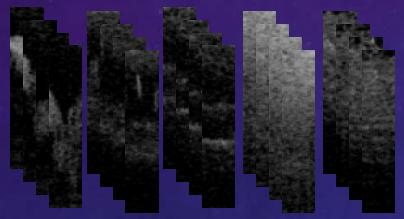
コンピュータによる

自動判別

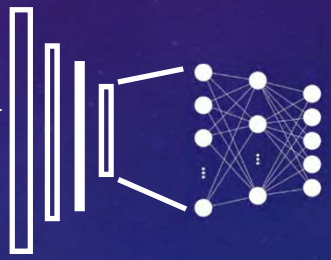
提案手法



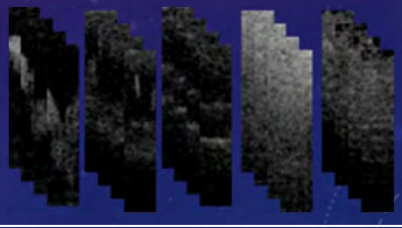
入力データ



畳み込みNN



出力結果



ブリ.マグロ.イカ.イワシ.サケ

音響データをセグメント化

125pix
(29.25m)

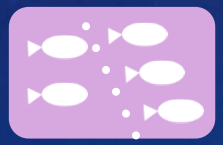
25pix(75秒間)

期待される効果

仕事の効率化

運送コストの削減

水産資源管理



今後の展望

- 変化にロバストなモデルの作成
- 教師データ作成手法を見直し、判別可能魚種を増やす
- 音響データから、各魚種ごとの漁獲量推定

共同研究事例

畳み込みニューラルネットワークによる積雪状態の認識とロードヒーティングの制御

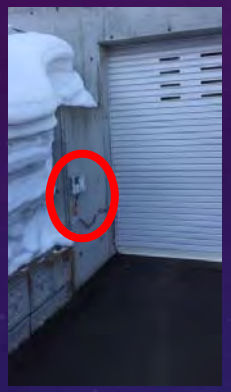
ロードヒーティング
- 駐車場などの地下に熱源を設置
- 熱により地表に積もる雪を融かす
- 転倒事故の防止，雪かきの省力化

課題
- 熱源の稼働コストの抑制
  （数十台の駐車場で数百万円／年）
- 着雪時にのみ稼働させる制御が必要

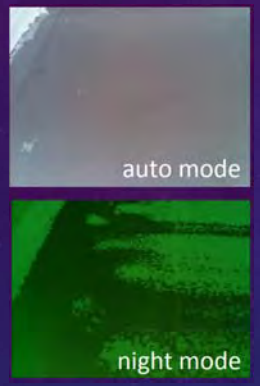
共同研究先：北海道ガス株式会社

降雪センサーによる従来の制御
- 屋外に設置し表面の水分を検出
  （地表の降雪を直接観測できない）
- 融け残り防止のため長めに稼働
- 雨と雪を区別することが不可能

熱源の無駄な稼働により維持コストが増大



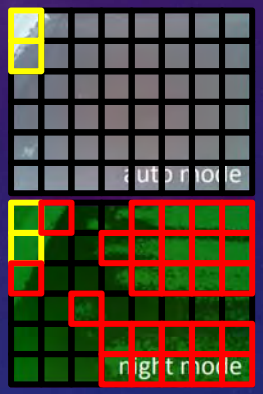
融雪路面の一部に
向けカメラを設置



一定間隔で
路面を撮影

着雪(0/46)
非着雪(46/46)
融雪領域外
→ 非着雪

着雪(26/46)
非着雪(20/46)
融雪領域外
→ 着雪



畳込みニューラルネット
により着雪の有無を判定

路面の着雪状態に応じ
熱源の稼働状況を制御

融け残りを防止しつつ
稼働時間の削減が可能

ネットを経由し
稼働状況の確認
や切替が可能

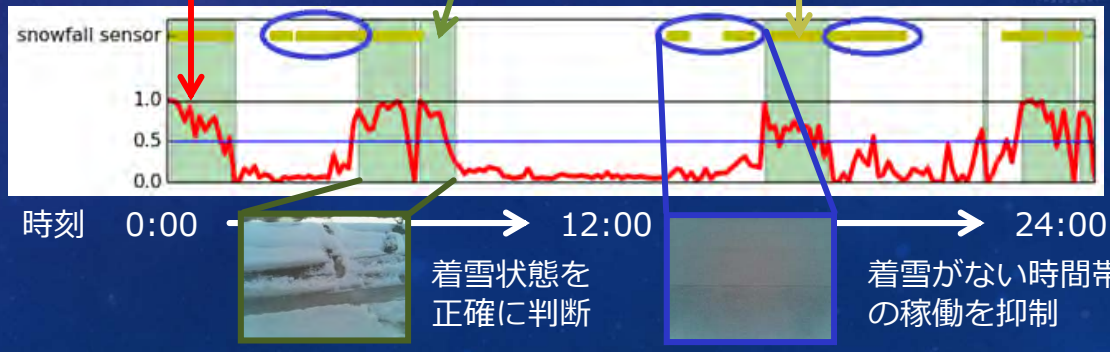
融雪路面の着雪状態に
応じたきめ細かい制御

北海道ガスとの共同実証実験

約40%程度の稼働時間削減
- 戸建て駐車場：22%削減
- 社屋駐車場(367㎡)：37%削減
- 社屋駐車場(876㎡)：54%削減

北海道ガス株式会社とともに特許出願中

カメラ画像による着雪判定　熱源稼働時間　従来センサーによる降雪判定



着雪状態を
正確に判断

着雪がない時間帯
の稼働を抑制

共同研究事例

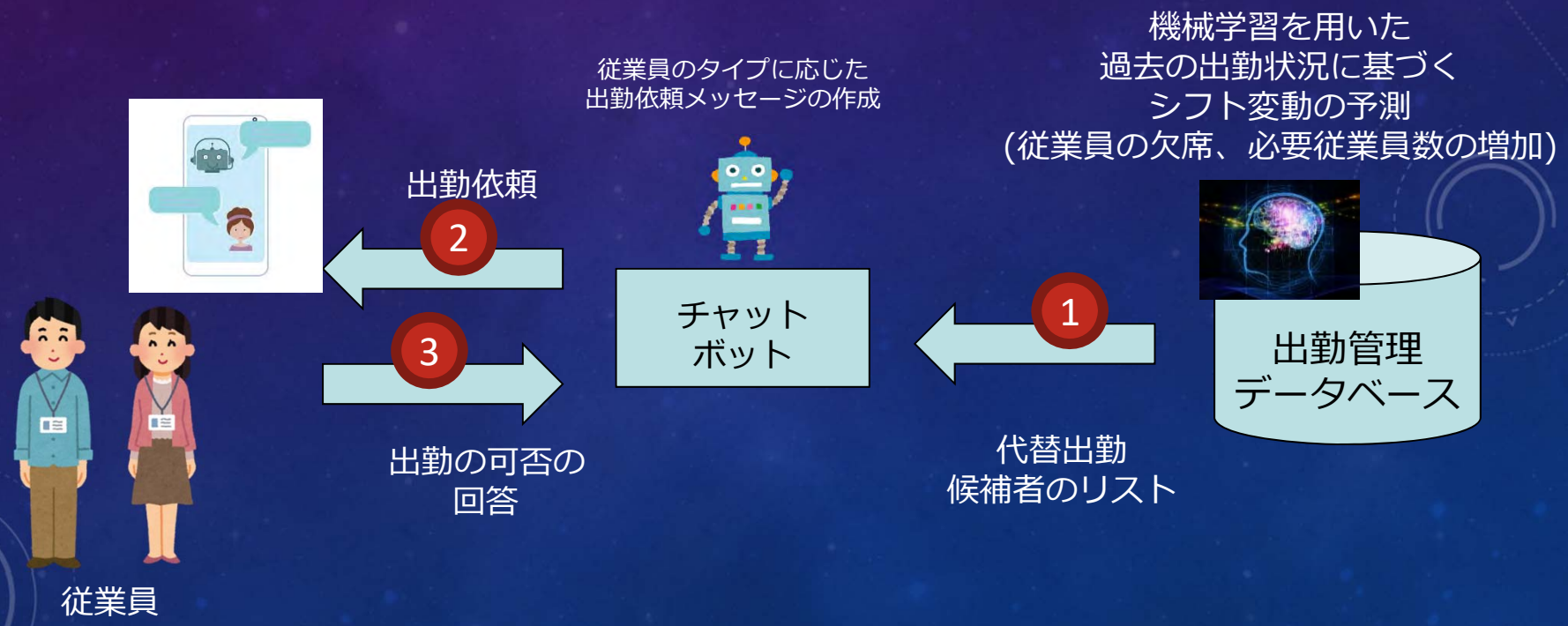
人工知能を用いたチャットボットによるシフト最適化システムの開発

共同研究先：株式会社TMJ

シフトの自動管理と安定化の実現

- 機械学習を用いたシフト変動要因の予測と自動対応
  - 欠席の予測 → チャットボットを用いた代理出勤候補者の選定と交渉

- これまで運営の大きな負担となっていた人員確保の自動化を実現



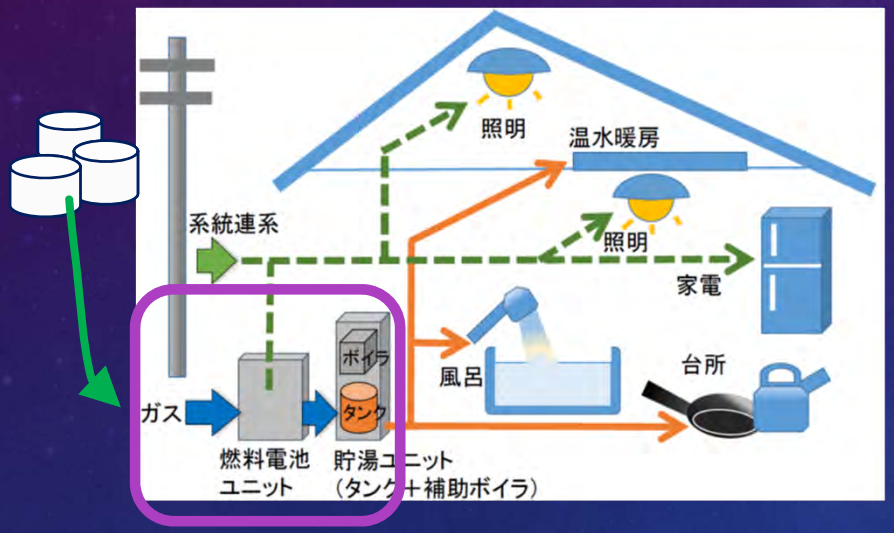
共同研究事例

北海道のスマートエネルギーネットワーク構築とコージェネレーションの有効活用に向けた基礎研究

共同研究先： 北海道ガス株式会社

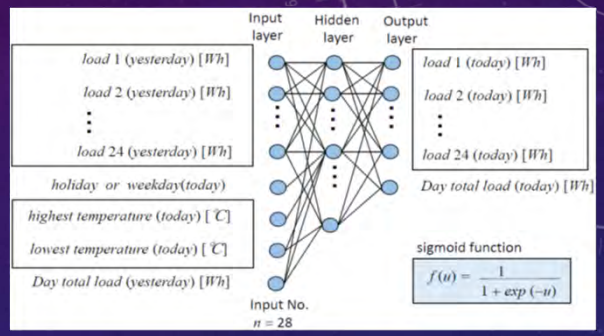
コージェネレーション最適運転のためには
電気・給湯・暖房 の 日々の需要予測が重要

➡ しかし機器が全国仕様のため、寒冷地特有の需要パターンが考慮されていない



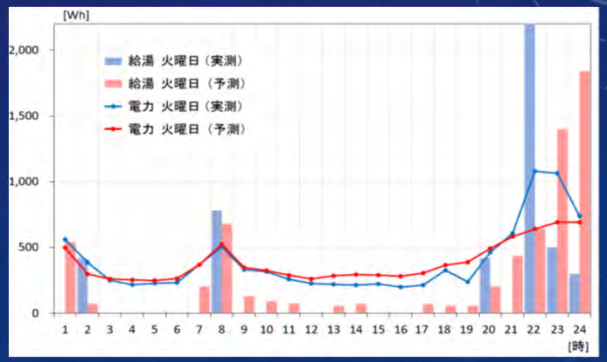
スマートエネルギーネットワークの構築 ▶
コージェネレーションを住宅の分散電源として活用し電力網で連携して需要と供給を制御する仕組みづくり

ニューラルネットワークによる学習・予測方法の開発



最高気温・最低気温・平日休日変数での時刻別NN予測で精度向上

予測に基づくコージェネレーションの最適な運転方法の開発



室内運転動画からの運転状態認識

共同研究先：（株）サンクレエ

- 運転手の異常行動をドラブレコーダーの動画から検出
  - 運転しながらのスマホの操作や伝票整理・車内飲食など
  - 現在は動画の全体を手作業により検証

↓

  - 動画解析により異常行動が疑われる部分を自動的に抽出
    - 目視の検証が必要な部分が減少するため，作業が効率化
    - 異常行動が発生している部分は必ず抽出することを目標とする

ドライブレコーダー

→ 深層ニューラルネット → 画像の特徴量 → 1 異常行動の有無を学習 → 連続して異常行動と判定される時刻の周辺を「異常行動が疑われる時間帯」とする

2 正常値・外れ値に分類 → 外れ値が多数検出される時刻の周辺を「異常行動が疑われる時間帯」とする

共同研究事例

人工知能による競輪予想コンテンツの自動生成

共同研究先：株式会社チャリロト

AI生成予測記事

勝率33.3%の⑦金成が①牧田の力を借りて1着.同ラインの①牧田が⑦金成に続いて2着で⑦金成-①牧田のワンツーフィニッシュ.別線の⑤堀が3着と予測.

⑤柏野が⑨山形の後ろに乗って1着.①川村が単騎で2着.③池田ラインから⑦佐々木が3着と,各ラインから上位者が出ると予測.

過去4か月に1着を6回取っている①野原が自力で1着.同ラインの⑦荒井が①野原に続いて2着.③竹内ラインから⑤福島が3着.

予測システムによる初心者の車券購入を支援

- 機械学習を用いた予測モデルの構築
  - これまでのレース結果から次のレースの結果を予測
    - 競輪特有の「ライン」※1 の形成状況を予測
    - 何を買ったらいいかわからない人に発生確率が高いと思われるレース展開を示す
- レース展開の可視化と解説
  - エージェントシミュレーションによるレース展開予測と可視化
  - レース展開の自動解説
    - レースの予測やシミュレーションの結果の解説を自動生成

※1　ライン：
2人～4人（基本は3人）の選手が
一列に並んで連携して戦う戦法

ライン形成の
形成規則

AIによる俳句の自動生成

目的

「感性」や「独創性」が求められる俳句作りを通じて、短い文章で状況を的確に表現できるAI文書作成の先進的技術開発に貢献する

・俳句候補の生成 → 選句 → 推敲 というプロセスの構築を目指す

連携

・SAPPORO AI LAB のスペシャルプロジェクトの一環として実施
・俳句結社(松山市・札幌市)・俳人の方々との協働
・AI俳句協会の設立

応用

・商品画像や風景画像からキャッチフレーズ・紹介文の自動生成
　- 例）ECサイトの大量の商品群に適用して、省力化を実現

俳句自動生成の概要

候補俳句群の生成

・Long Short Term Memory(LSTM) による俳句の学習と生成
・切れ字(や、かな、けり)、音数(17音)、季語無・季重ねのチェック

選句

・生成した俳句からより良い俳句を選ぶ
- 画像とのマッチング
- 学習データに近い句となっているか判定
→ 適合度を算出して上位を選択

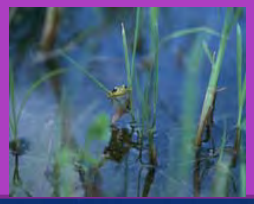
学習用の俳句データ

古典俳句：小林一茶(2万句)
近世俳句：正岡子規、高浜虚子(3万句)
現代俳句：作者多数(数十万句)

→ LSTM → 俳句群 → フィルタ → 順位付けされ選択された俳句

2018年2月 NHK「超絶凄ワザ！」で人類と対決した際に、AIが画像に合わせて詠んだ俳句

又一つ風を尋ねてなく蛙



旅人の国も知らざる紅葉哉

AI俳句の作品例

きらきらと吾も行くなり雪の茶屋
はつ雪も横でうけとる女哉
はつ雪や下駄屋の前にきのふけふ
家ありて星なる猿や夜の雪
はつ雪や犬につまづく庭の隅
吹雪けり山里の夜の灯の声
初雪や川の舟より庭の灯
初雪や庭に灯のなき川の舟
初雪や灯のなき庭の川の舟
城門の山より山の吹雪かな
川舟の庭に灯ともす初雪と
山里や夜の灯の声のくる吹雪
ひとり身や山は蛍となりにけり
陽炎やけふ一日の御明寺
ひとり身や山は蛍となりにけり
猫の子の中に通る野菊哉
はつ雪や貧乏村を一文字
門口の地蔵菩薩や春の雨

キャッチコピー生成への応用可能性

石神井

「こほろぎや霧の夕日の旅の窓」

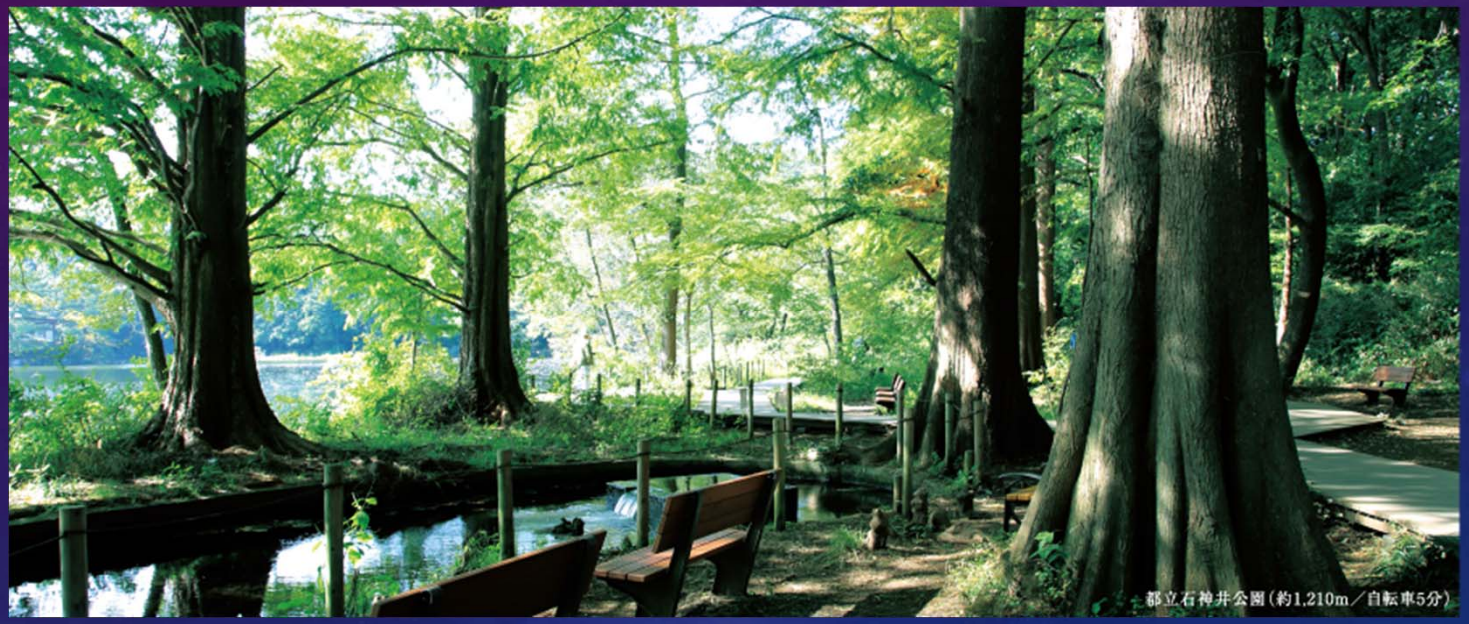
キャッチコピー生成への応用可能性

石神井

「さ り し 衆 よ 古 籐 椅 子 も 新 酒 哉」

キャッチコピー生成への応用可能性

石神井



「一本の葉の間を下る若葉哉」

調和系工学研究室の共同研究・プロジェクト

- 1. KDDI総合研究所
  - Deep Q NetworkによるRCカーの自動運転
- 2. 日本ステージ株式会社
  - バルーンロボットの機構 および 群制御の研究
- 3. 株式会社TSIホールディングス
  - ディープラーニングを使ったファッション画像の理解
- 4. 北海道ガス
  - 畳み込みニューラルネットワークによる積雪状態の認識とロードヒーティングの制御
- 5. 株式会社TMJ
  - 人工知能を用いたチャットボットによるシフト最適化システムの開発
- 6. 株式会社サイジニア
  - 衣服リコメンドアプリに用いる衣服画像認識のシステム開発
- 7. 株式会社グラフィス
  - Deepartを利用したグラフィックTシャツのデザイン生成
- 8. ノーステック財団助成(はこだて未来大)
  - 定置網漁場と魚群探知機の音響データの自動判別(マリンITプロジェクト)
- 9. 株式会社チャリロト
  - 人工知能による競輪予想コンテンツの自動生成
- 10. 株式会社インターパーク
  - 畳み込みニューラルネットワークを用いた名刺画像の読み取り
- 11. 株式会社ビッグ
  - 人工知能技術を用いた不動産業におけるワークフローの改善
- 12. 株式会社フュージョン
  - 人工知能技術を用いたマーケティング業務におけるワークフローの改善
- 13. GfK
  - 家電製品の販売履歴を用いた売上予測
- 14. AI俳句プロジェクト
  - 人工知能技術を用いた俳句の自動生成
- 15. 内閣府SIP
  - 避難シミュレーションを用いた避難誘導計画の検証
- 16.マイクロネット開発
  - 人工知能技術を用いた台風情報の表示の最適化
- 17. 株式会社サンクレエ
  - ディープラーニングを用いた運転動画の状態認識に関する研究

共同研究・研究成果提供実績

【　平成29年度共同研究実績（14社）　】
株式会社KDDI研究所、TSIホールディングス、株式会社TMJ、株式会社チャリ・ロト、フュージョン株式会社、北海道ガス株式会社、株式会社イー・ステート・オンライン、Gfk、株式会社サンクレエ、株式会社グラニフ、株式会社インターパーク、株式会社PAL、AI TOKYO LAB株式会社、株式会社マイクロネット

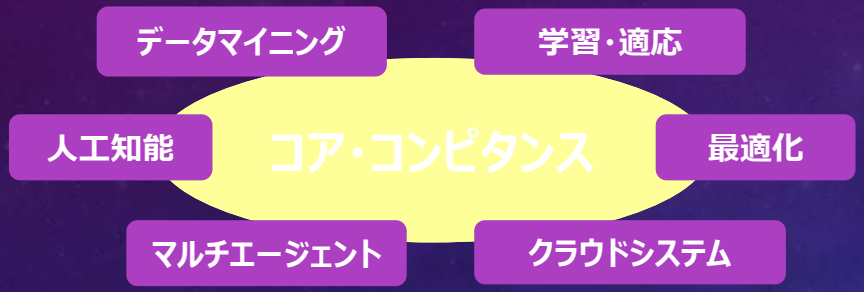
【　過去実績　】
日立ソリューションズ東日本、株式会社クレスコ、リコーソフトウエア株式会社、サイジニア株式会社、アルビド・ジャパン株式会社、エースチャイルド株式会社、クリエーションライン株式会社、産業技術総合研究所、日本ステージ株式会社、株式会社キャンパスクリエイト、、株式会社北海道新聞社、株式会社調和技研、株式会社ノーステクノロジー、株式会社トヨタレンタリース札幌、株式会社アジェンダ、NPO法人札幌チャレンジド、北海道札幌視覚支援学校、総務省、北海道観光振興機構、他多数

調和技研の会社概要 / 研究体制

- 2009年北大情報科学研究科調和系研究室から発足
- 先端的研究に基づいた独自サービスを開発
- 2011年秋より本格的に営業を開始

事業内容・専門領域

- 人工知能研究開発
- ソフト/システム開発



主要取引先

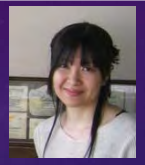
- 株式会社　日立ソリューションズ 様
- 株式会社　NTT東日本 様
- 北海道ガス株式会社 様
- 株式会社北海道新聞社 様
- 株式会社　クレスコ 様
- 東京エレクトロン株式会社 様
- AI TOKYO LAB株式会社

本社所在地

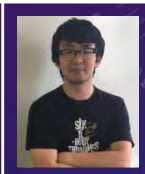
- 札幌市北区北21条西12丁目2北大ビジネス・スプリング　204号室

研究開発主要メンバー（博士号取得者7名、 論文発表など多数）

代表取締役
中村　拓哉
慶応大学商学部卒、北海道拓殖銀行、日立ソフトを経て弊社代表取締役に就任



北海道大学学術研究員
博士（情報科学）
今野　陽子
【専門領域】最適化、データマイニング、自然言語処理



サンパウロ大学　コンピュータサイエンス
フランスモンペリエ第3大学オック語学部
スペイン国立遠隔教育大学言語学科
日諸マルセロ優次
【専門領域】自然言語処理、統計的機械翻訳、意味役割付与(SRL)

取締役
北海道大学　教授
博士（工学）
川村　秀憲
【専門領域】人工知能、観光情報、マルチエージェントシステム、学習・適応、最適化、複雑系工学

元 北海道大学
准教授
野中　秀俊
【専門領域】数理工学、ヒューマンインタフェース

取締役
はこだて未来大　教授
博士（工学）
鈴木　恵二
【専門領域】人工知能、観光情報、マルチエージェントシステム、自律分散ロボット制御、複雑系工学

技術顧問
東京工業高等専門学校
准教授
博士(工学)
山下 晃弘
【専門領域】
知能システム，組み込みシステム

技術顧問
北海道大学　教授
博士(工学)
山下倫央
【専門領域】サービス工学、人流制御、人工知能

技術顧問
北海道大学　助教
博士(工学)
横山　想一郎
【専門領域】スケジューリング、最適化、人工知能

大学/教育機関との連携

調和技研の最近の研究事例

K社	畳み込みニューラルネットワークによる疾患名分類の研究
P社	NLPによる広告印刷物の誤字検出と校正作業の自動化
A社	大量の画像データの品質評価作業の効率化
H社	金融機関と連携した 高度な 消費行動分析サービスの研究
C社	対話エージェントによる カウンセリング機能の業務効率化
T社	製造装置の搬送・加工ジョブ工程最適化
C社	音声認識精度向上のための誤認識自動検出と訂正機能の研究
H社	蓄積情報からの会話型知識提供エンジンの研究開発

AI TOKYO LAB & Co.

AIを活用した生産性向上、業務効率化のソリューション提供、
AI人材育成、新規事業開発を支援

会社名	AI TOKYO LAB株式会社
代表取締役会長	富山　浩樹（サツドラHD（株）代表取締役社長）
代表取締役社長	北出　宗治
名誉技術顧問	松原　仁（はこだて未来大学 教授）
上級技術顧問	川村　秀憲（北海道大学 教授）、ファウンダー
技術顧問	鳥海　不二夫（東京大学 准教授）
株主	サツドラHD（東証一部上場）、経営陣、ファウンダー
従業員数	50名（2018年4月時点）
所在地	■本社 東京都千代田区九段北1-12-4 徳海屋ビル6F ■AI HOKKAIDO LAB（開発拠点） 北海道札幌市北区北21条西12丁目2 北大ビジネススプリング105

1. AIカメラ仕様（Panasonic製）

寸法・重量

寸法： 93mm x 75mm x 30mm(閉じた時/突起部除く)
重量：190g (一般的な監視カメラの重量: 350g～900g程度)

iPhone6との比較

一般的な監視カメラとの比較

設置イメージ

- 壁面や天井に直接ネジ止めで設置が可能です
- 本体をそのまま置いて利用することも可能です
- カメラの角度は0度～90度まで自由に動かすことができ、任意の角度で固定もできます。

1. 「AIカメラ」ソリューション｜概要

当機能は、AIカメラの顔・人物検出機能を活用した店舗向けソリューションです。
カメラで人物の検出、年齢／性別の推定を行うことで、来客傾向の可視化・定量化等が可能になります。

特徴

クラウド型

カメラ内の画像処理の実現によりPC不要

プライバシー配慮

認識結果のみをカメラから送信
（画像処理はカメラ内で完結）

威圧感を与えない

来客に威圧感を感じさせない存在

設置工事費軽減

有線LANによる簡易接続

こんな店舗に向いています

- 店舗・各売り場への来店客の属性、人数などの傾向を知りたい
- 来店時の車種やナンバーの認識、車の購入につながる来店客の検知
- スピーディーに始めたい
- 情報システム部門での管理が厳しい

1.店舗向け来客分析｜標準機能

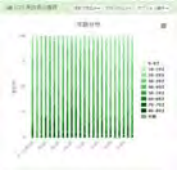
1 時間別の来客推移

- 各種グラフ表示
  （年齢・性別で絞り込み表示可能）
- CSV出力機能
- グラフ保存機能

性別分布／実数表示

性別分布／割合表示

年齢分布／実数表示



年齢分布／割合表示

2 1日の総数表示機能

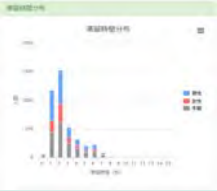
数値表示

男女別の年齢構成表示

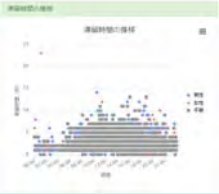
性別比表示

年齢比表示

3 滞留時間表示機能



1日の
滞留時間分布



1時間単位の
滞留時間の推移

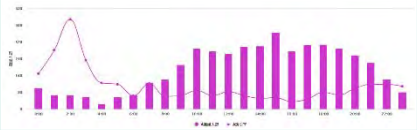
1時間単位の
滞留時間と年齢分布の推移

1.店舗向け来客分析｜オプション機能

オプションで、下記のような機能をご利用いただけます。

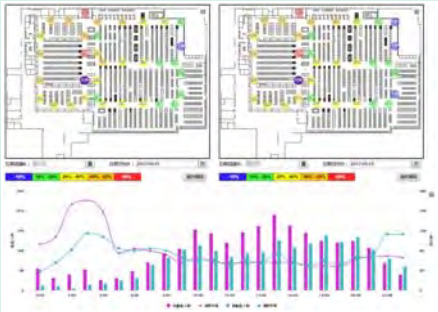
マッピング表示

複数カメラから解析した情報を店内マップにマッピングして表示



誘因率の表示

A-B比較



POS情報と連動した表示

売上到達率 × 購買率 の表示

(※) 画面・機能は、予告無く変更する可能性があります。

札幌AIラボ

～ AI社会実装を先導する都市「さっぽろ」を目指して ～

「札幌市IoTイノベーション推進コンソーシアム（札幌市IoT推進ラボ）」の専門部会

1. 情報発信・普及啓発	1）AIを活用したビジネス事例の収集 2）イベント出展のほかSNSも活用した情報発信・普及啓発	札幌市事業
2. コミュニティ支援	1）AI関連コミュニティの活動サポート 2）ラボの「たまり場」化を促進	
3. AI人材育成	1）ITイノベーション人材育成事業 ・ITイノベーションを創出できる人材を、実践を通じて育成 2）大学連携サテライトゼミの開催 ・半年間で全10回の世界最先端技術を学ぶゼミを開催 （修了者にはラボ長から修了証を授与）	札幌市事業
4. プロジェクトメイク	1）AIを活用したビジネスに関するコーディネート、マッチング ・AI活用事業に関するコーディネーターを配置して、企業等からの相談に対応 2）産学連携による共同研究チャレンジマッチング ・企業から研究提案を募集し、大学研究室とのマッチングイベントを実施 （有償：一口50万円程度）	
5. リーディングプロジェクト	1）日本語版データセット（Sapporo Question Answering dataset）構築 ・札幌市ｺｰﾙｾﾝﾀｰのデータを基に日本語版の対話データセットを構築 2）AIによる自動応答システムの試作開発 ・AI対話エンジンを試作開発してオープンソース化	札幌市事業 札幌市事業

これからのAI時代を生きるために

1. 川上、川下のみが勝ち組に
2. 最先端のAI叡智を手に入れろ
3. 演繹的ものづくりから帰納的ものづくりへ
4. AIものづくりの暗黙知を学べ
5. サラリーマン集団からプロフェッショナル集団へ

おわりに　人と機械の協調

ディープブルーの勝利、およびフリースタイルチェスから得られる教訓

誰がディープブルーを作ったか？

ディープ・ブルーは、32プロセッサー・ノードを持つIBMのRS/6000 SPをベースに、チェス専用のVLSIプロセッサを512個を追加して作られた。プログラムはC言語で書かれ、オペレーティングシステム はAIXが使われていた。開発チームは、グランドマスターであるジョエル・ベンジャミンを含めて6名。（Wikipedia）

世界最強のチェスのプレイヤーは？

2005年、パソコンと人間を自由に組み合わせて参加OKという「フリースタイルチェス」の大会が行われた。Hydraという当時世界最強のチェスソフトも参戦。

そこらで売っている5つの普通のチェスプログラム（Fritz, Shredder, Junior, Chess Tiger）+アマチュアプレイヤーという混成チームも参加。

お問い合わせ

〒060-0814 札幌市北区北14条西9丁目
北海道大学 大学院情報科学研究科 情報理工学専攻
複合情報工学講座 調和系工学研究室 9階13室
博士（工学） 川村　秀憲
Phone: 011-706-6499　Fax: 011-706-7834
e-mail: kawamura@complex.ist.hokudai.ac.jp
研究室HP: http://harmo-lab.jp

人工知能・ディープラーニング情報共有
チャットワークにご参加ください（無料）

https://chatwork.com/g/g1q6xkaoy8wz8o