

これまでの研究成果と今後の方向性

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
情報・人間工学領域

人工知能研究センター長
辻井 潤一

- AIRC概要
- これまでの研究成果
- 今後の方向性
 - コンセプトと重点化の方向（3本柱）

人工知能研究センター（AIRC）の役割

— 巨大IT企業と国家主導AIのはざままで —

- 研究のための研究ではなく、社会にインパクトを与えるAI技術を研究開発
- 日本のAI技術を支える基盤（Enabler）の提供

産総研におけるAI 研究の全体像

デジタルアーキテクチャ
研究センター



ABCI



産総研・東工大 実社会ビッグデータ活用
オープンイノベーションラボラトリ



人工知能研究センター (AIRC)



- 日本社会の特徴を活かす次世代AI技術の研究開発
- AI技術の社会実装を継続的に支援

インダストリアル
CPS研究センター



人間拡張研究センター



材料科学領域
生命工学領域
地質総合センター 他



人工知能
研究開発
ネットワーク
国内115機関

NEC-産総研人工知能連携研究室

パナソニック-産総研
先進型AI連携研究ラボ



NEC-AIST
AI Cooperative
Research Laboratory

豊田自動織機-産総研アドバンスド・ロジスティクス
連携研究室

人工知能コンソーシアム (約200社)



産総研ベンチャー



海外連携15機関

民間企業連携 (約60件/年)

(2021年4月現在)

- AIRC概要
- これまでの研究成果
- 今後の方向性
 - コンセプトと重点化の方向（3本柱）

実世界 AI 研究開発と社会実装のエコシステム形成

人工知能技術
コンソーシアム
会員企業 200社以上



企業

資金提供共同研究
延べ 100件以上

革新的要素技術の
研究開発と
50種類以上の
機能モジュール構築

AI for Society and Industry

空間の移動



日常生活支援



生産性の向上



科学技術研究加速



新しいサービス
ユースケースの発掘



スタートアップ

起業 2社

シーズ：アルゴリズム・人材

観測・データ収集

- ・人流計測
- ・現場での情報収集
- ・生活埋め込み型 IoT センサ設計、等

認識・モデル化・予測

- ・顧客の行動モデル化
- ・地上の物体や 3 次元物体認識
- ・画像、動画、時系列の異常検知、等

計画・制御

- ・複雑な動作の模倣学習
- ・道具の機能の認識
- ・複雑な組立作業計画の自動生成、等

自然言語理解

- ・動画や経済時系列データの説明文生成
- ・文献からの知識抽出
- ・文献の可視化、等

人材育成

AI セミナー 47回
NEDO=AIST/東大
データサイエンティスト
育成講座
1400名以上受講

脳型人工知能 データ・知識融合型人工知能

AI研究者・エンジニア等 600名以上を拠点に結集
国内外の産・学との連携

データ

10種類の学習・評価用データ構築
データ収集 / 実証環境の整備
民間企業と連携によるデータ利用



HMC
コンソーシアム

計算インフラ

AI 研究開発用計算基盤
AAIC/ABCI の構築と運用



AAIC
A-Advanced AI Consortium

実世界⇔観測・データ収集⇔認識・モデル化・予測⇔計測・制御⇔実世界

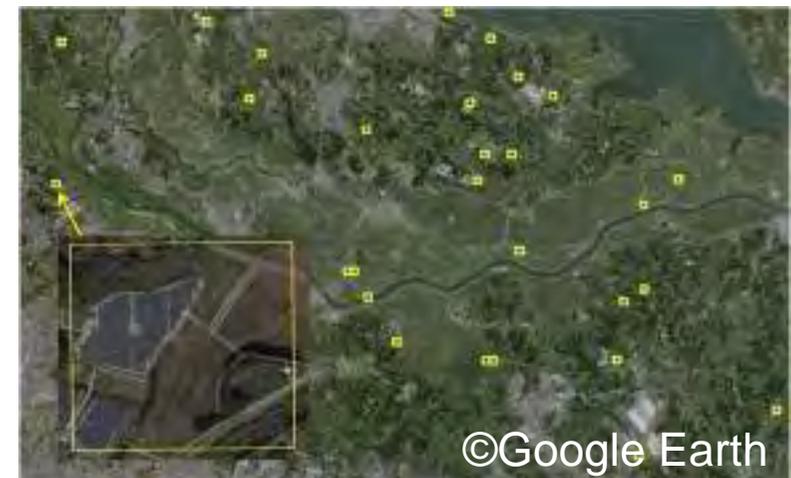
| 観測・データ収集 | | 認識・モデル化・予測 | | 計画・制御 | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--|
| 空間の移動：を含む多様な地理空間データの計測とリアルタイム解析・認識による移動の支援 | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> 混雑した現場でのロバスト人流計測 移動ロボットによる移動体の観測・追跡 | <ul style="list-style-type: none"> OpenVSALM: カメラで3D 地図作成 人の動きのモデル化と予測 大規模人流シミュレーション 衛星・航空画像からの物体やイベントの検知 | <ul style="list-style-type: none"> 避難誘導計画支援 自律型モビリティ オンデマンド交通 | | | |
| 日常生活支援：生活計測データに基づく日常生活現象のモデリングと適切な支援・介入の支援 | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> リビングラボ：IoTによる生活計測 VR環境でのインタラクティブデータ収集 | <ul style="list-style-type: none"> 調査・商品・状況のカテゴリ化と関係づけ 日常動作動画の認識と説明文の付与 | <ul style="list-style-type: none"> 保育の場での子供の関心推定 情報提供型白板機 児童虐待対応業務の支援 | | | |
| 経験や教示から学び、環境やタスクの変化に柔軟・容易に対応するロボット | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> 人の動作や組み立て作業の計測 | <ul style="list-style-type: none"> 道具の姿勢や握持の認識 物の握み方のシミュレーション | <ul style="list-style-type: none"> 把持位置を使った日用品認識 物の握み方のシミュレーション | <ul style="list-style-type: none"> 様々な動作・作業の模倣学習 結びやすい部品のピッキング 布や紙の扱いの自動計画 | | |
| 科学技術研究加速：データと知識の統合による第5の科学 | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> サービス現場の情報共有促進・収集 大規模学術文献の分類・可視化 | <ul style="list-style-type: none"> 文献からの知識抽出 化合物とタンパク質の結合予測 現場知識の構造化と再利用 | <ul style="list-style-type: none"> 道具を使う作業の自動計画 実験計画作成と実験条件探索 | | | |
| 人の体や社会のインフラの異常検知・診断支援 | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> 現場での簡便なセンシング | <ul style="list-style-type: none"> 正常を学んで異常を検知 | <ul style="list-style-type: none"> 使われて成長する診断支援システム | | | |
| 計算基盤・機械学習 | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> 世界最大級・最速電力・オープンAI計算基盤 ABCiの構築と運用 | <ul style="list-style-type: none"> 高並列・高速保潔学習技術 超パラメータ最適探索 | | | |

実世界

実世界

モジュールの DL 数

- 3D-ResNet
2.0k Star, 78 Clones/2週間
- OpenVSLAM
2.1k Star 511 Clones/2週間
- 物体の形と姿勢の同時認識
622 DL
- 衛星画像からの地物認識
延べ 320 Clones
- テキストの読みやすさの評価
150 Clones
- ABCI-BERT 115 DL
- 動画の説明文生成 65 Clones
- データセットと共に学習済モデルを配布している場合もある



機械学習用データセットの構築と公開

【建物被害推定用データ】 1,185 DL

- 津波の前後の画像と建物被害ラベル（国交省提供）のペア
- 航空画像からの被災域推定を可能にする技術
- ABCD (AIST Building Change Detection) データセットとして公開中

<https://github.com/gistairc/ABCDdataset>



【日常動作認識の学習・評価用データ】 延べ 23,500 DL

- 100種類の日常動作の動画（各1,000本）に動作名のラベルを付与
- 生活支援・見守りロボット等に人間の動作を理解させることを可能にする技術
- STAIR Actions データセットとして公開中

<https://stair-lab-cit.github.io/STAIR-actions-web/>

笛を吹く



お辞儀
をする



ピアノ
を弾く



収録データの一例

千葉工業大学 STAIR Lab. との共同研究

- AIRC概要
- これまでの研究成果
- 今後の方向性
 - －コンセプトと重点化の方向（3本柱）

人間中心のAI 社会を実現する人工知能技術の開発

AI-Readyな社会を実現するために、説明可能で信頼でき高品質なAI、実世界で人と共進化するAIを実現する技術を開発する。

今後必要な AI基盤技術

＜容易に構築できるAI＞

- ・ AI開発・導入プロセスの明確化、**自動化 (AutoML)**
- ・ AIのモジュール化、再利用可能化、**転移学習**
- ・ AIの標準化、相互接続性の確保

＜人間と協調できるAI＞

- ・ **説明できる AI**
- ・ 人間の知識の機械学習への組み込み
- ・ 人間と対話し、学習するAI
- ・ 熟練・暗黙・社会知のAI化

＜実世界で信頼できるAI＞

- ・ **AI品質管理ガイドライン**の策定
- ・ AI品質管理テストベッドの構築
- ・ AI品質管理・評価技術の開発

• 人間と協調できるAI

- 説明できるAI： 医療AIにおいて、画像情報だけでなくマルチモーダル情報（電子カルテ上の臨床情報や遺伝子情報の紐づけ）のデータセット構築、診断AIの研究
- 人間の知識を組み込んだAI： 物理化学などの理論を組み込んだ「外挿できるAI」の研究、材料開発や創薬など未知領域での探索・設計

• 容易に構築できるAI

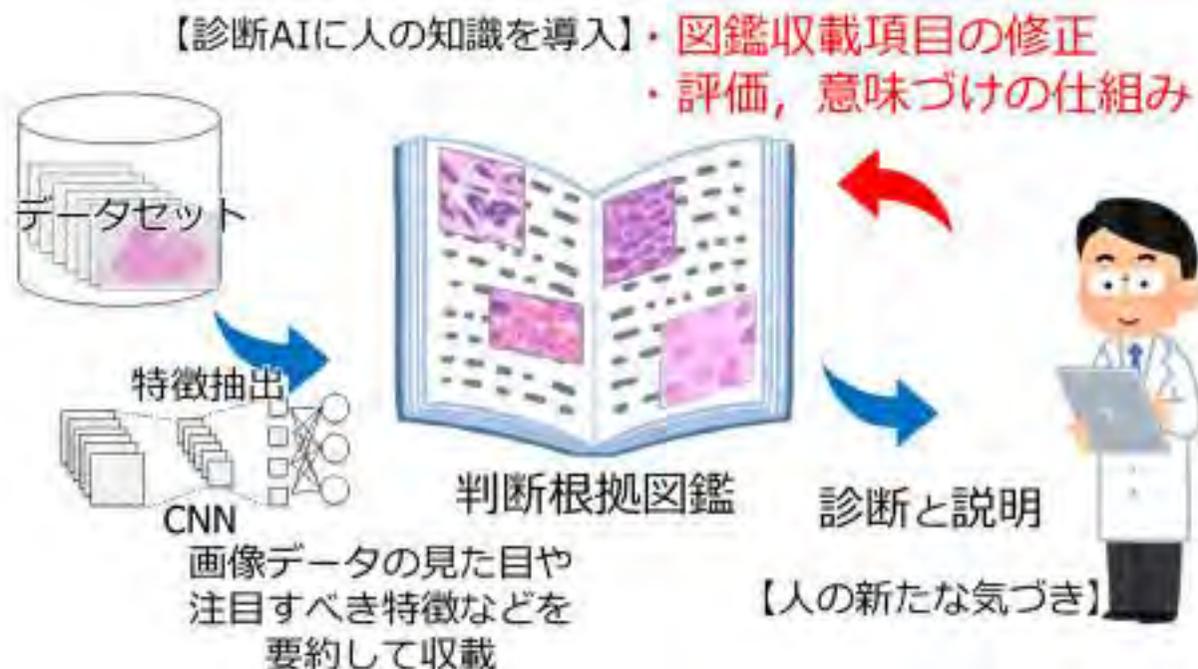
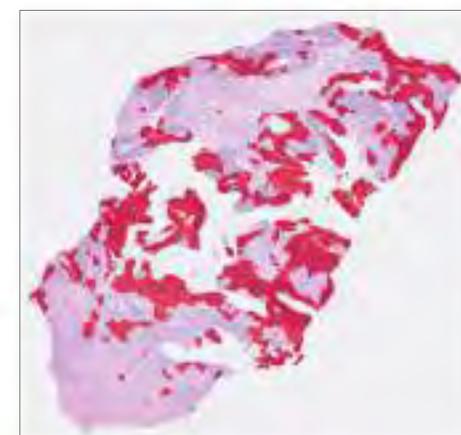
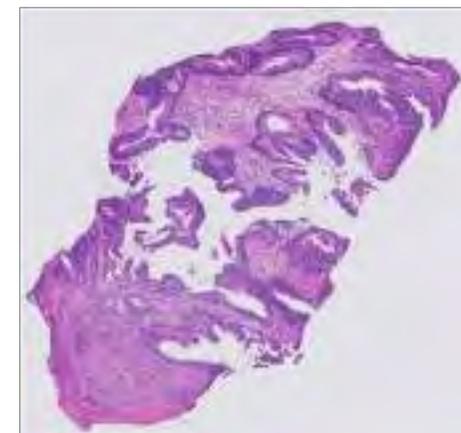
- メタ学習： 中間ドメインを学習した準汎用の学習済みモデルを構築。共通する知識を転移して、対象ドメインの学習データ不足を補填

• 信頼できるAI

- 体系的な品質標準： 品質管理のライフサイクルプロセスにおける国際標準の確立。AI 開発の中で品質評価を探索的に改善(最適化)・決定できるAI品質評価機構を開発

専門家（病理医）と共進化する人工知能

- **病理CAD** (Computer-Aided Diagnosis)
 - **診断根拠の医学的解釈に基づく説明**
 - 診断根拠図鑑
 - 医師と共同で着眼点を分析して図鑑として整理
 - 医学的に有意な特徴量をAIの学習プロセスに再利用
 - 医師の知見を余すところなくAIへ転移
 - 半自己学習（性能向上に資するデータへのアノテーションをAIが利用者に要請）
 - アノテーションの揺らぎやバラツキを体系的に抑制・校正



深層学習と科学的知識の融合による物性予測

- 量子物理学の理論に基づくことで、計算の中身を物理化学的に解釈可能な深層学習技術を開発
- 従来技術では難しい、未知化合物に対する物性の外挿予測の精度を大幅改善
- 材料開発や創薬の分野での、高効率・大規模な有用物質探索に貢献
- 機械学習研究者と出口分野研究者の深い連携に基づく、データと知識を高度に融合した次世代の深層学習の先駆的事例

産総研プレス発表
2020/11/11

発表から3日間で
5,000件以上のアクセス

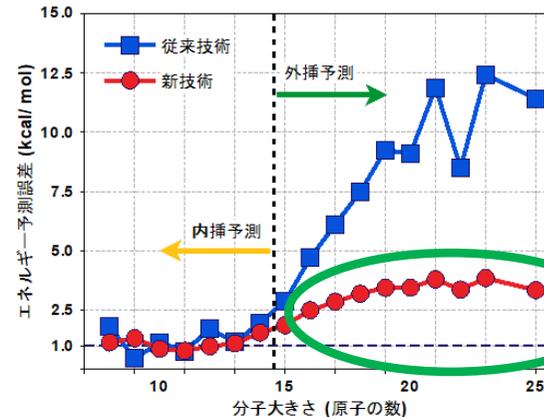
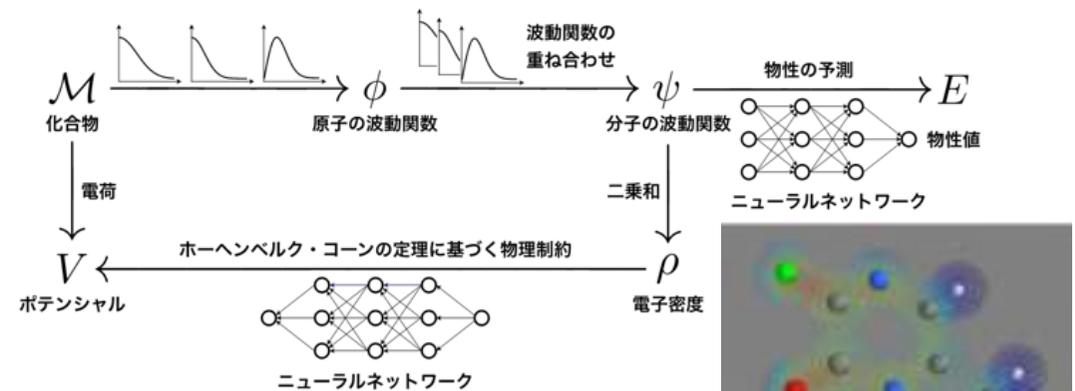
従来技術の課題

- ✓ 過度にデータに依存し、物理法則を無視
- ✓ 内挿はできるが、外挿はできない
→ 大量の学習データが必要
- ✓ 学習・予測結果を解釈できない
→ 結果の信頼性が低い

提案手法のポイント

- ✓ 物理化学的意味のある分子の波動関数や電子密度が潜在表現になるような制約をつけた深層学習によるモデル化
- ✓ 波動関数の理論を導入することで、小さな分子での学習結果を大きな分子に外挿可能

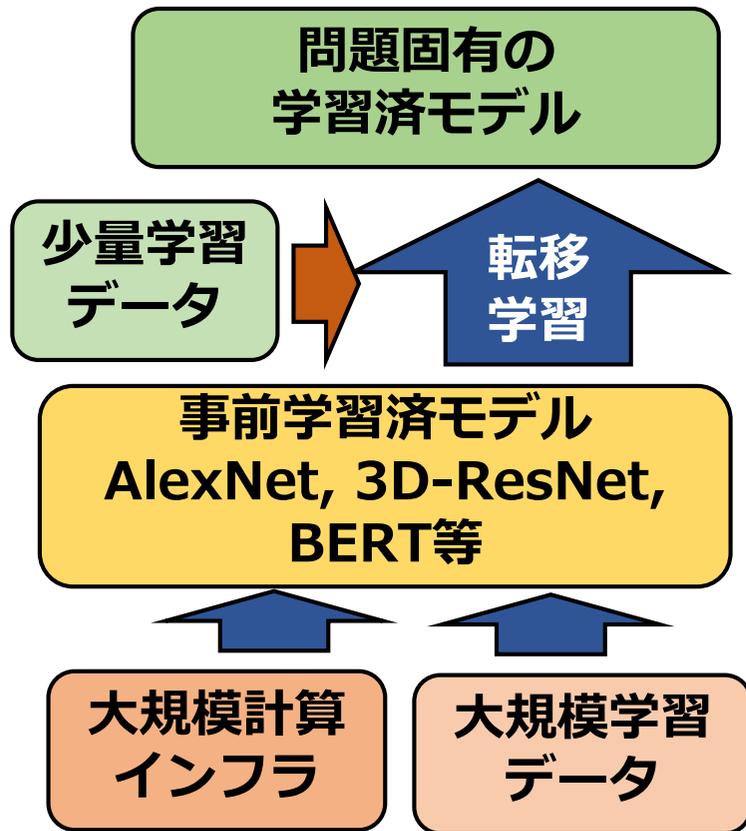
・Physical Review Letters (2019 IF=8.385, h5=209, GS全分野で16位)
および NeurIPS2020 で発表



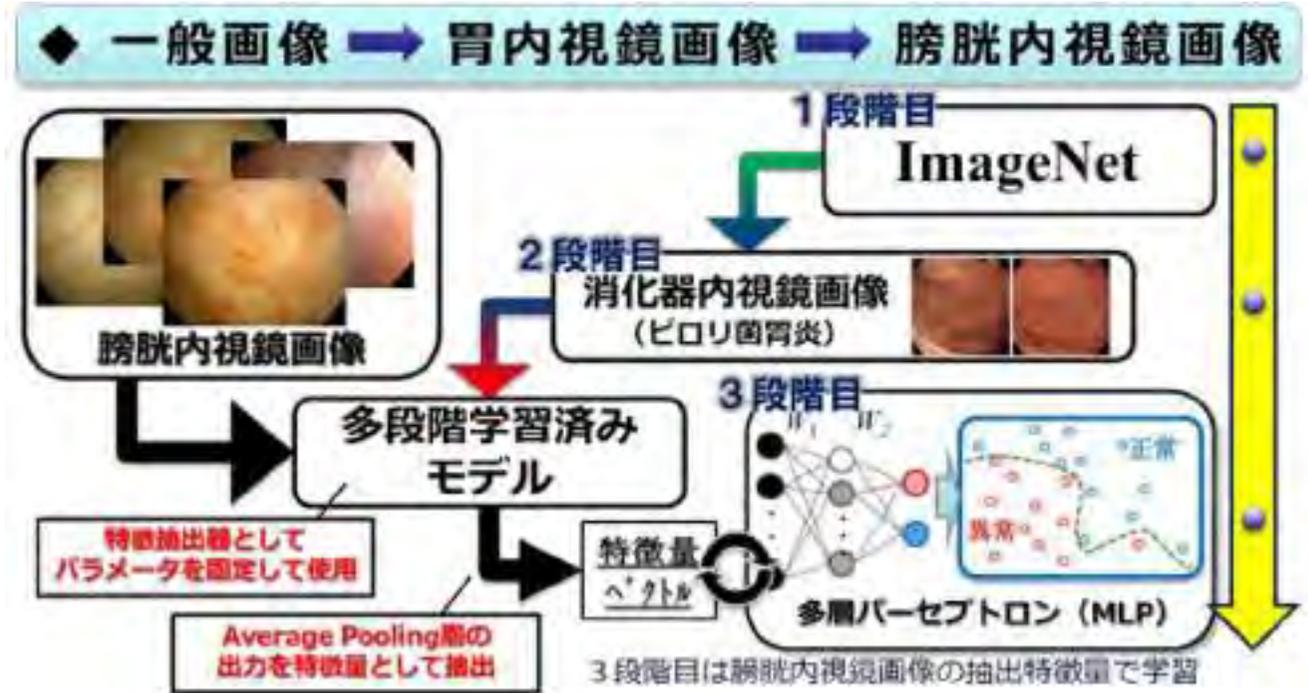
分子のエネルギー予測問題において、外挿予測の誤差を大幅削減

事前学習済みモデルを使った転移学習

- 実世界の現象の観測にはコストがかかり、少量のデータしか得られないことも多い
- ABCI などの大規模な計算インフラを活用し、既存の大規模データで汎用学習済みモデルを構築しておき、少量の課題に特化したデータで転移学習をすることが有望
- 画像だけでなく、動画、自然言語理解、などでも有効性が確認されている



転移学習の仕組み



病変検出感度を86.2% → 92.0%に向上

連携機関

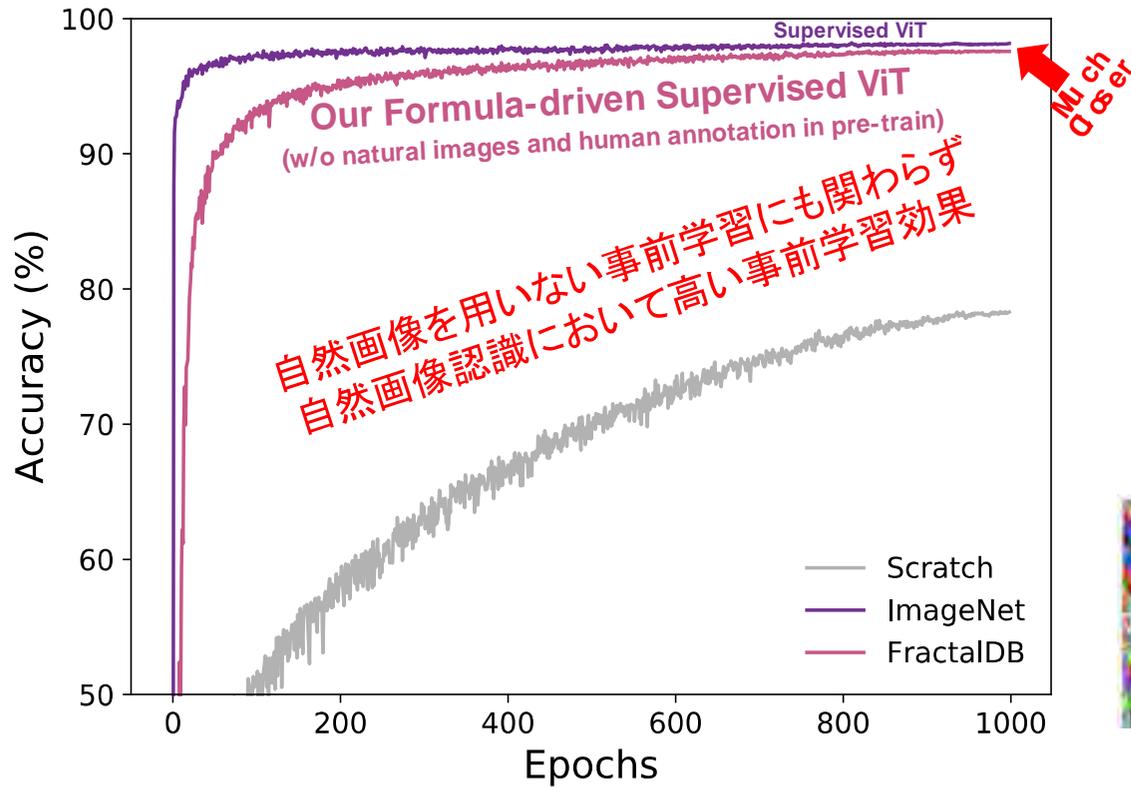
筑波大学附属病院
University of Tsukuba Hospital
+ 協力医療機関9施設

北産浦和メディカルセンター
ただともひろ胃腸科肛門科
+ 協力医療機関88施設

AIM
株式会社AIメディカルサービス

数式ドリブン自動生成データセットによる汎用事前学習モデル

- 画像パターン及び画像カテゴリを自動生成しつつ大規模画像データセットを構築
- 汎用事前学習モデルを構築，自然画像/教師あり学習の事前学習置き換えを目指す
- AI倫理，権利関係（例:プライバシー）を解決した状態で事前学習モデルを提供可能



Iterated Function System

$$x_{i+1} = \begin{bmatrix} a_i & c_i \\ b_i & d_i \end{bmatrix} x_i + \begin{bmatrix} e_i \\ f_i \end{bmatrix}$$

Parameters

Class C

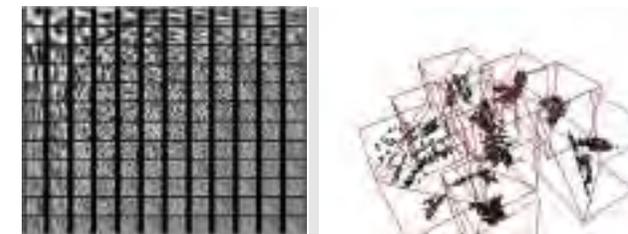
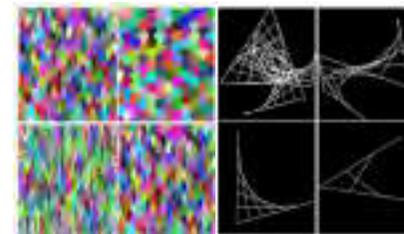
$$\begin{matrix} a_i = 0.41 & c_i = 0.47 & e_i = -0.86 \\ b_i = 0.39 & d_i = -0.79 & f_i = -0.07 \end{matrix}$$

Pre-training

Visualization of Conv1

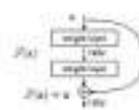
Generated Classes

DB構築法と特徴表現



Convolutional Neural Net (CNN)

ResNet^[He, CVPR' 16]
94.1@CIFAR-10
ImageNet事前学習は96.8



<https://arxiv.org/pdf/1512.03385.pdf>

Vision Transformer (ViT)

DeiT^[Touvron, ICLR' 21]
97.6@CIFAR-10
ImageNet事前学習は98.0



<https://arxiv.org/pdf/2010.11929.pdf>

提案法FractalDBによる事前学習効果

【主な業績・紹介記事】

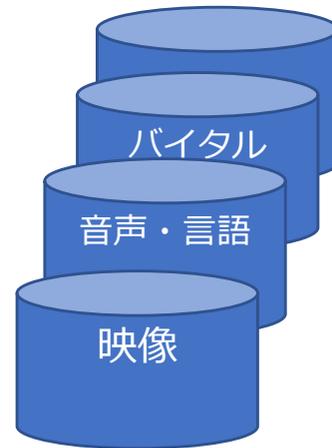
- ACCV 2020 Best Paper Honorable Mention Award
- ViEW 2020 小田原賞（最優秀賞）
- MIT Technology Review (Feb. 4th, 2021)

- **サービス産業の生産性向上**は社会的課題の一つ
- AI活用による接客サービス品質の評価技術を構築・確立することで、業務訓練支援ならびにサービス現場リアルタイム支援を実現
- 会話(音声)・表情・身振り・バイタルなどの情報 (マルチモダリティ) から接客シーンにおける状況変化を柔軟に理解可能なAI → **マルチモーダル接客支援AI**

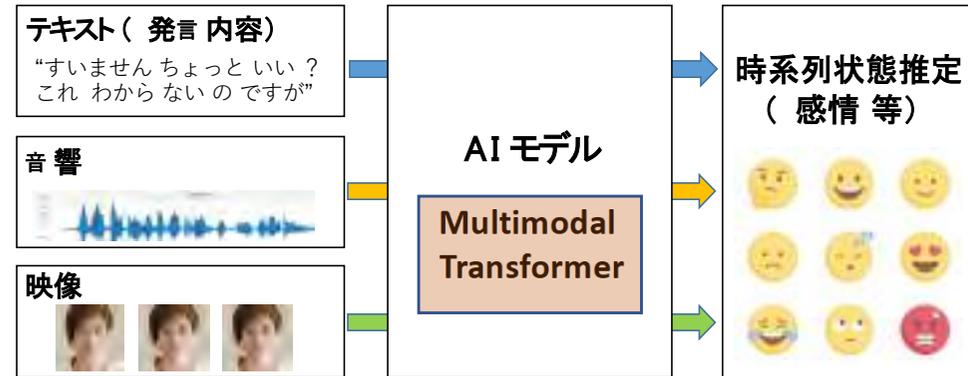
接客現場センシング・データ計測技術
【人間情報インタラクション研究部門】



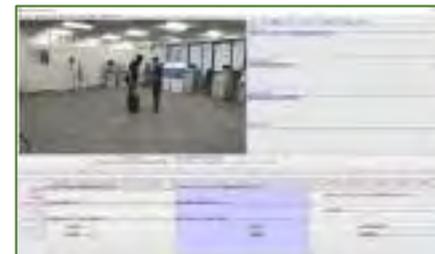
マルチモーダル接客支援AI技術
【人工知能研究センター】



マルチモーダル
接客データベースの構築



マルチモーダル日本語感情推定システムを構築
顧客の状態(感情)を時系列推定

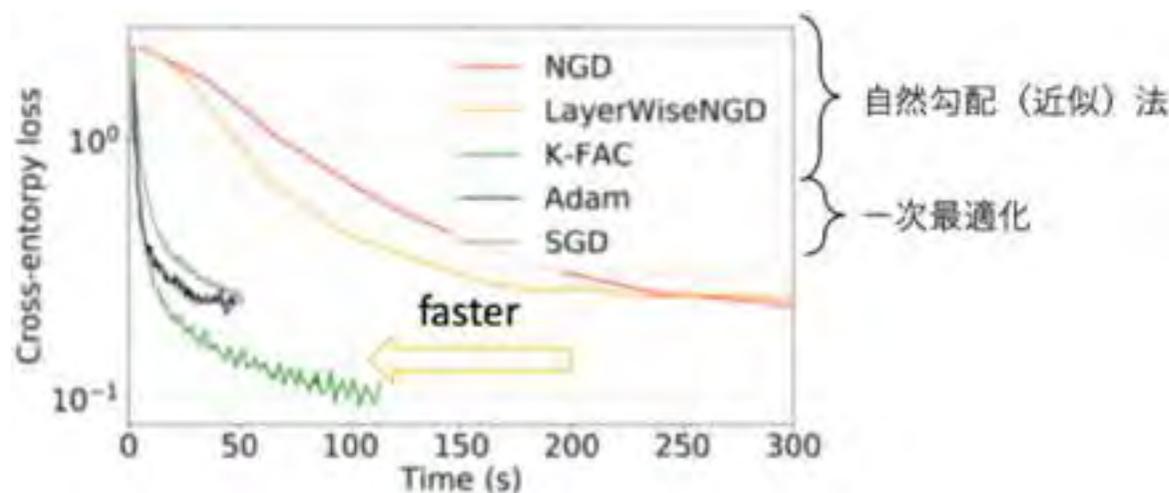


- スタッフ接客スキルの可視化
ならびに評価システム
- 接客シーンにおけるオントロジー・知識グラフ構築
 - 接客スキルパターン検索

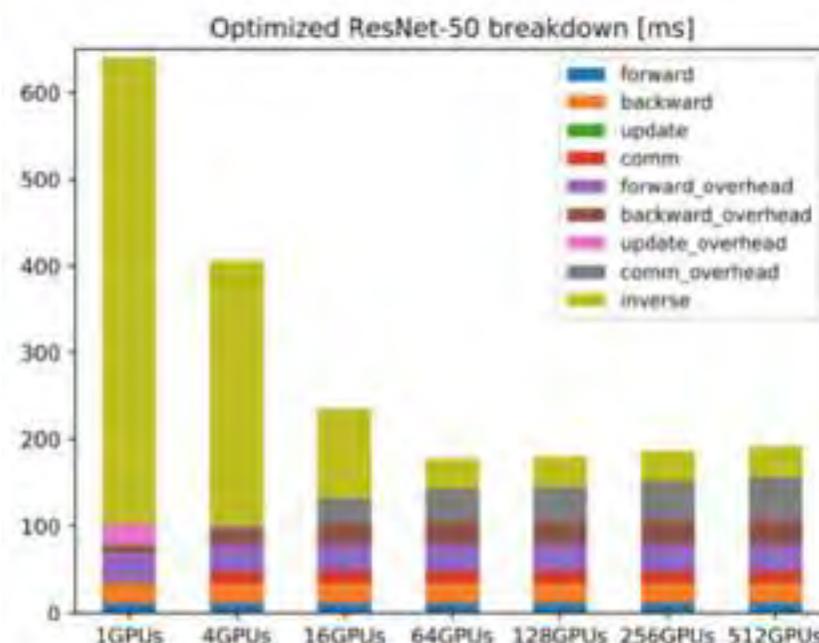
接客シーン計測パッケージ。モーションセンサ、視線計測、バイタル計測、3D情報生成が可能な動画計測、多チャンネル音響計測、等

二次最適化を利用した分散並列深層学習

- 今後Transformer等の技術により、深層学習の大幅な性能向上や、マルチモーダル化が急速に進むと予想される。
- **Transformerは従来よりも何桁も多くのデータを有効に学習する能力を持つ一方、計算量が極めて多くなり、現実的なコストで計算を行う仕組みの開発が急務。**
- 順伝播・逆伝播の計算はデータ並列で行い、情報行列の計算はモデル並列で行う、ハイブリッド分散並列を用い、ABCIなどの大規模分散並列環境下における情報行列の計算に伴うオーバーヘッドを大幅に低減する手法を開発。



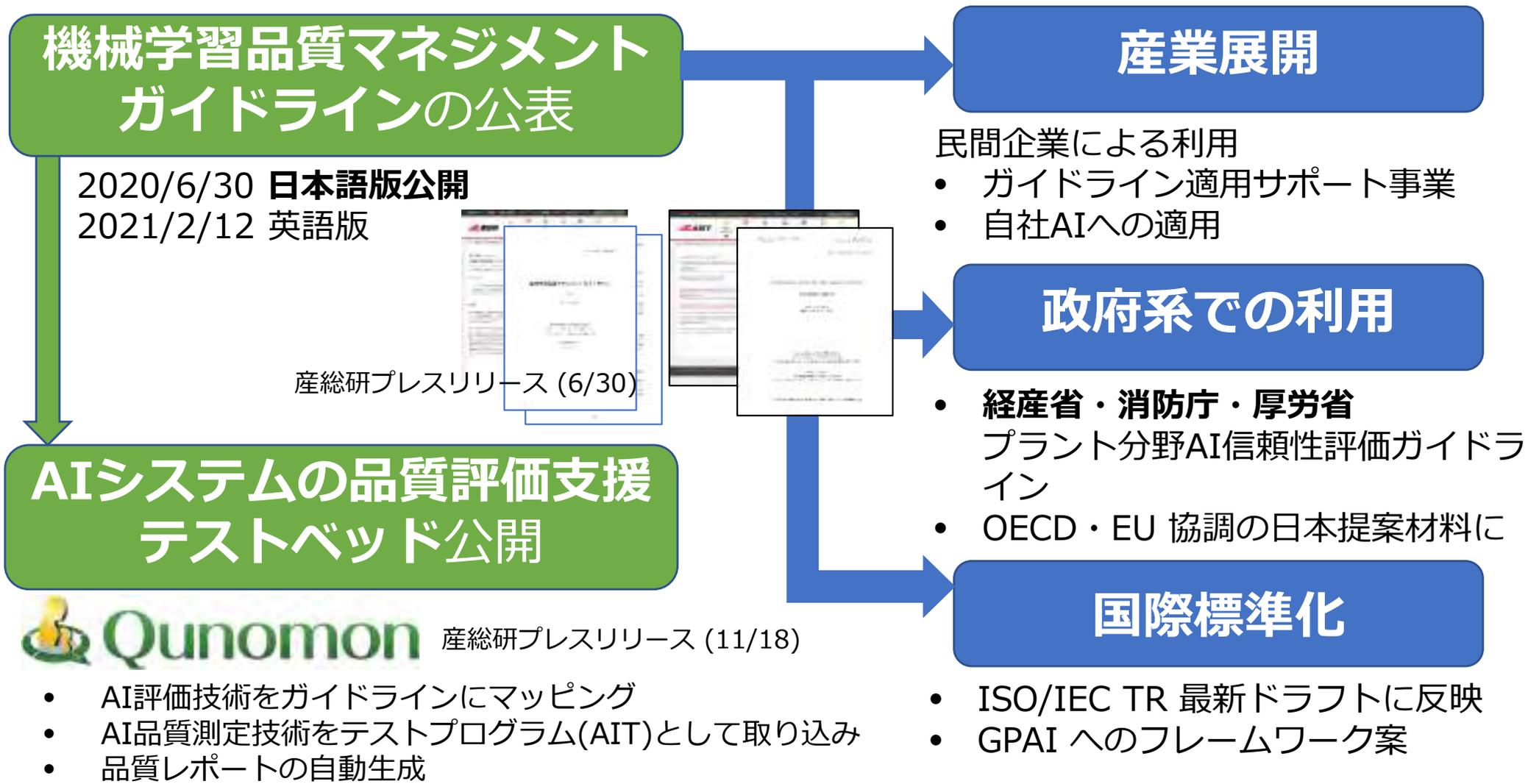
- 層の幅無限のNTK近似
- NGDとK-FACの収束性が等しいと証明
- **NeurIPS 2020 (oral) に採択**



- GPU数に反比例してオーバーヘッドが低減 (**KDD 2020に採択**)

AI品質ガイドラインの策定と国内での社会展開

- 機械学習技術の品質管理の体系化および国際標準化へのPoC提供
- AIシステムの品質の定量的な評価による品質に関する不透明性の解消やビジネス活用の加速を期待



人間中心のAI 社会を実現する人工知能技術の開発

AI-Readyな社会を実現するために、説明可能で信頼でき高品質なAI、実世界で人と共進化するAIを実現する技術を開発する。

今後必要な AI基盤技術

＜容易に構築できるAI＞

- ・ AI開発・導入プロセスの明確化、**自動化 (AutoML)**
- ・ AIのモジュール化、再利用可能化、**転移学習**
- ・ AIの標準化、相互接続性の確保

＜人間と協調できるAI＞

- ・ **説明できる AI**
- ・ 人間の知識の機械学習への組込み
- ・ 人間と対話し、学習するAI
- ・ 熟練・暗黙・社会知のAI化

＜実世界で信頼できるAI＞

- ・ **AI品質管理ガイドライン**の策定
- ・ AI品質管理テストベッドの構築
- ・ AI品質管理・評価技術の開発