

# 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



避難計画策定支援

日常生活支援



児童虐待  
対応支援  
レコメンド  
サイネージ  
自販機

生産性の向上



経験学習型  
ロボット活用

科学技術研究加速



知識抽出  
科学技術動向予測

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	
<p><b>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</b></p>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>混雑した現場でのロバスト人流計測</li> <li>移動ロボットによる移動体の観測・追跡</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>OpenVSALM: カメラで3D 地図作成</li> <li>人の動きのモデル化と予測</li> <li>大規模人流シミュレーション</li> <li>衛星・航空画像からの物体やイベントの検知</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難誘導計画支援</li> <li>自律型モビリティ</li> <li>オンデマンド交通</li> </ul>			
<p><b>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</b></p>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>リビングラボ：IoTによる生活計測</li> <li>VR環境でのインタラクティブデータ収集</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査・商品・状況のカテゴリ化と関係づけ</li> <li>日常動作動画の認識と説明文の付与</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>保育の場での子供の関心推定</li> <li>情報提供型白板機</li> <li>児童虐待対応業務の支援</li> </ul>			
<p><b>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</b></p>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>人の動作や組み立て作業の計測</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>道具の姿勢や握持の認識</li> <li>物の握み方のシミュレーション</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>把持位置を使った日用品認識</li> <li>様々な動作・作業の模倣学習</li> <li>結びやすい部品のピッキング</li> <li>布や紙の扱いの自動計画</li> </ul>			
<p><b>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</b></p>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>サービス現場の情報共有促進・収集</li> <li>大規模学術文献の分類・可視化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>文献からの知識抽出</li> <li>化合物とタンパク質の結合予測</li> <li>現場知識の構造化と再利用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>道具を使う作業の自動計画</li> <li>実験計画作成と実験条件探索</li> </ul>			
<p><b>人の体や社会のインフラの異常検知・診断支援</b></p>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>現場での簡便なセンシング</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>正常を学んで異常を検知</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>使われて成長する診断支援システム</li> </ul>			
<p><b>計算基盤・機械学習</b></p>					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高並列・高速保潔学習技術</li> <li>超パラメータ最適探索</li> </ul>			

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

# 社会実装に至った事例

三菱電機共同研究

## 人工知能とシミュレーションの融合による産業システムの最適化

「産総研とNEC、生産ライン構築や計画変更を高速化するAI技術を日産自動車と実証」

- 異種混合型の生産ラインの設計を最適化、計画変更にも柔軟に対応可能
- 少ないデータでも、高速で高精度な予測精度を実現
- 2020年11月24日「産総研もNEC プレスリリース」

■ これまで:

- 人手でパラメタを決定: 1ヶ月
- 予測誤差(生産効率等) 約20%
- 全工程のデータが必要

■ 本技術:

- 自動でパラメタを決定: 1日
- 予測誤差: 約3%
- 最終工程のみのデータでOK

NEC連携研究室

## 工場での生産準備作業を効率化するAI技術の開発

- 三菱電機と産総研がFA分野へのAI活用で連携
- 多品種少量生産が求められる生産現場において、生産準備作業の工数が増大する一方で、ノウハウをもつ熟練技術者の不足が課題
- FA機器の調整、プログラミングなどを効率化するAI技術を共同開発

駆動制御技術

モーター制御技術

モーター調整

バース管理化制御技術

バース調整

加工条件変更

レーザー加工ノウハウ

加工条件変更

加工条件変更

機械学習技術

機械学習技術

異常検知プログラム

力算制御技術

力算制御技術

異常検知プログラム

機械学習技術

機械学習技術

異常検知プログラム

2019年9月 プレスリリース

## 人工知能とシミュレーションの融合による産業システムの最適化

「AIにより化学プラントの運転変更操作を40%効率化」

- 強化学習で最適な操作戦略を探索、シミュレーションにより幅広く将来を予測
- 回答の根拠となる操作手順書の知識を、人間に提示し、納得を得る
- 2019年11月16日「産総研-NEC-共同研究発表会」(プレスリリース)

Before: 運転員が経験もかけて操作

運転員が経験もかけて操作

After: 運転員のAI最適操作

運転員のAI最適操作

取束所要時間40%削減

NEC連携研究室

## モジュール利活用事例(日常生活支援) 児童虐待対応支援

- 虐待死亡事例が年々増加(推計年約500人)し、児童相談所(児童相談所)で虐待被害者13万件を超えるが、児童相談所相談員の数がまったく足りていない
- 児童虐待対応には児童相談所を支援するシステムを開発
- 三菱電機の過去6,000件のデータをAIが学習し、虐待性などを判定
- システム活用により、効率的な情報共有、客観的な対応判断支援、相談員の効率的配置などを実現
- 2019年6月より三重県の児童相談所で実証実験中

リアルタイム 児童性予測

タブレット上のアプリ

クラウド上のAIシステム

2019/07/28

児童相談所(児童相談所)を支援するシステムを開発

児童相談所(児童相談所)を支援するシステムを開発

児童相談所(児童相談所)を支援するシステムを開発

https://www.aist.go.jp/aist\_j/press\_release/pr2019/pr20190528/pr20190528.html

インターネットアップ設立 (株式会社AiCAN)

- 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

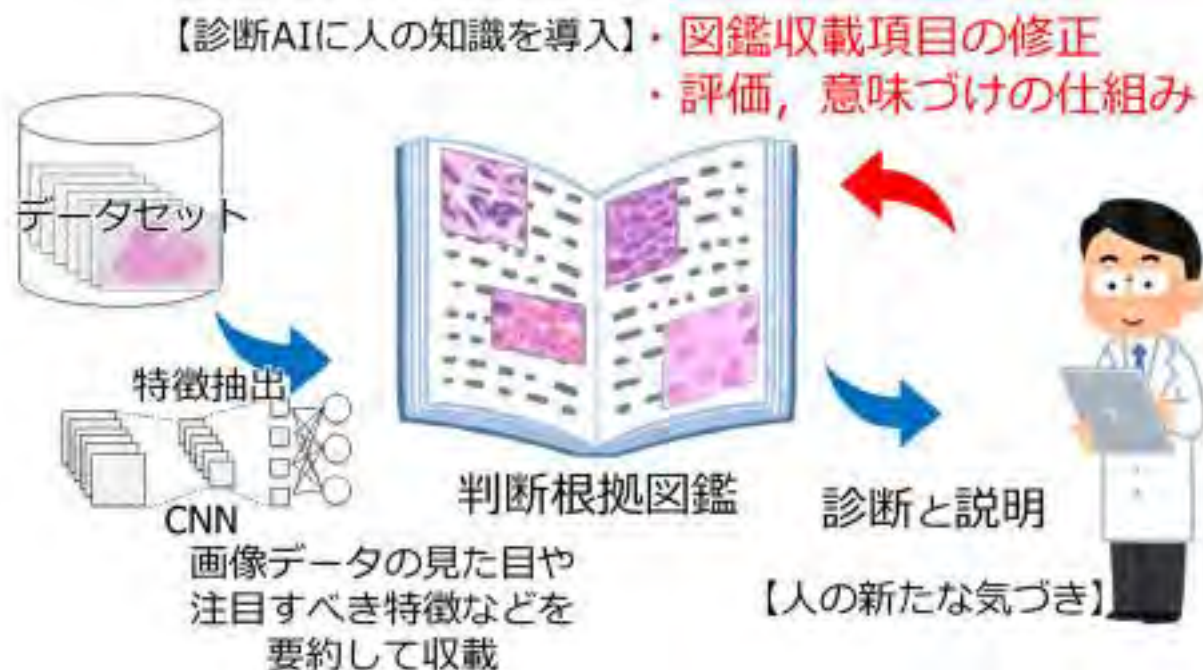
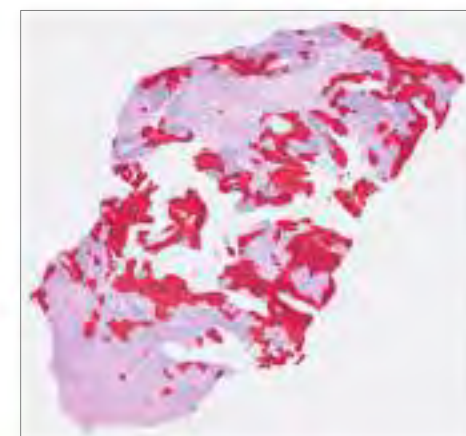
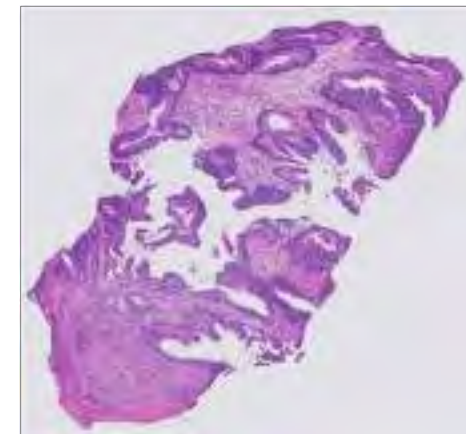
- メタ学習： 中間ドメインを学習した準汎用の学習済みモデルを構築。共通する知識を転移して、対象ドメインの学習データ不足を補填

## • 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

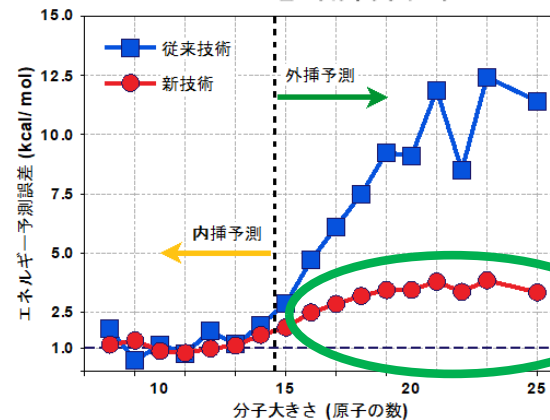
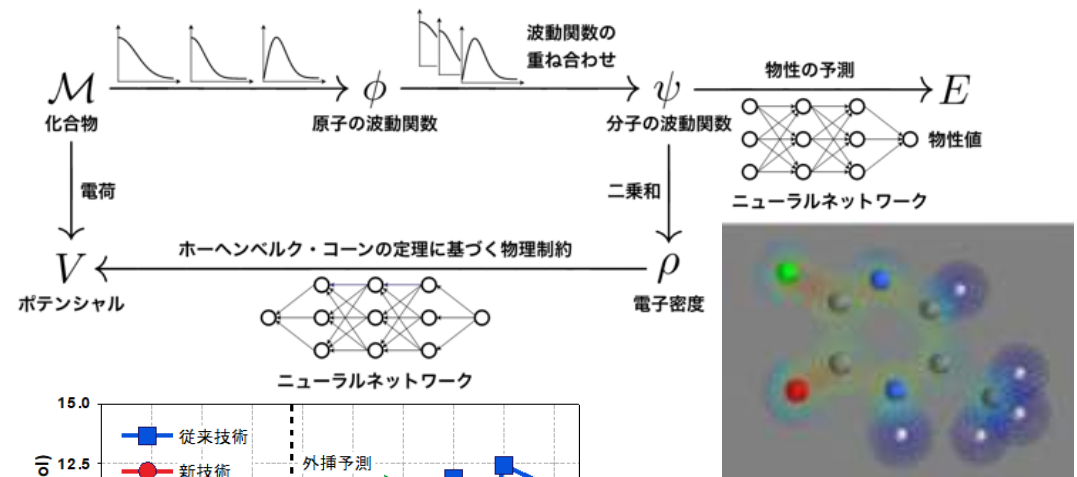
## 従来技術の課題

- ✓ 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

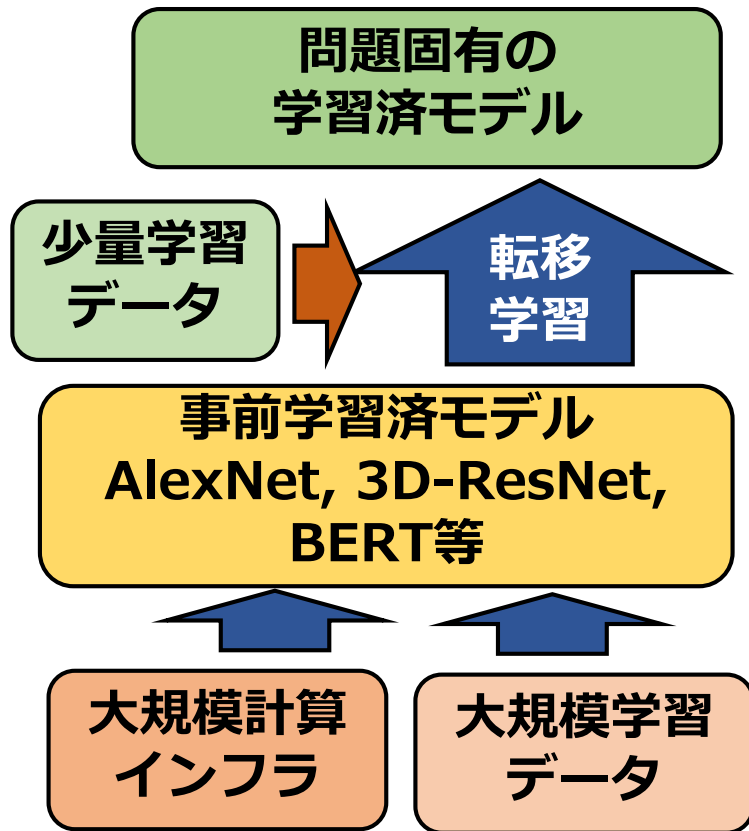


分子のエネルギー予測問題において、外挿予測の誤差を大幅削減

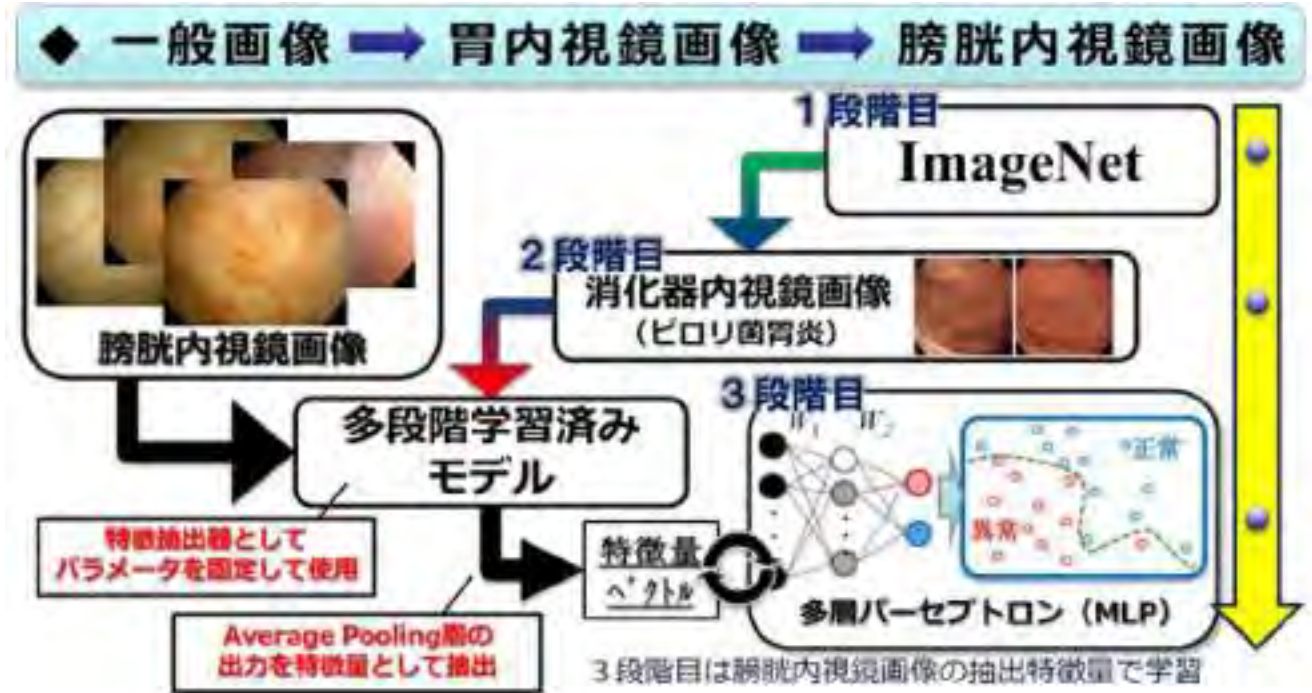


# 事前学習済みモデルを使った転移学習

- 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

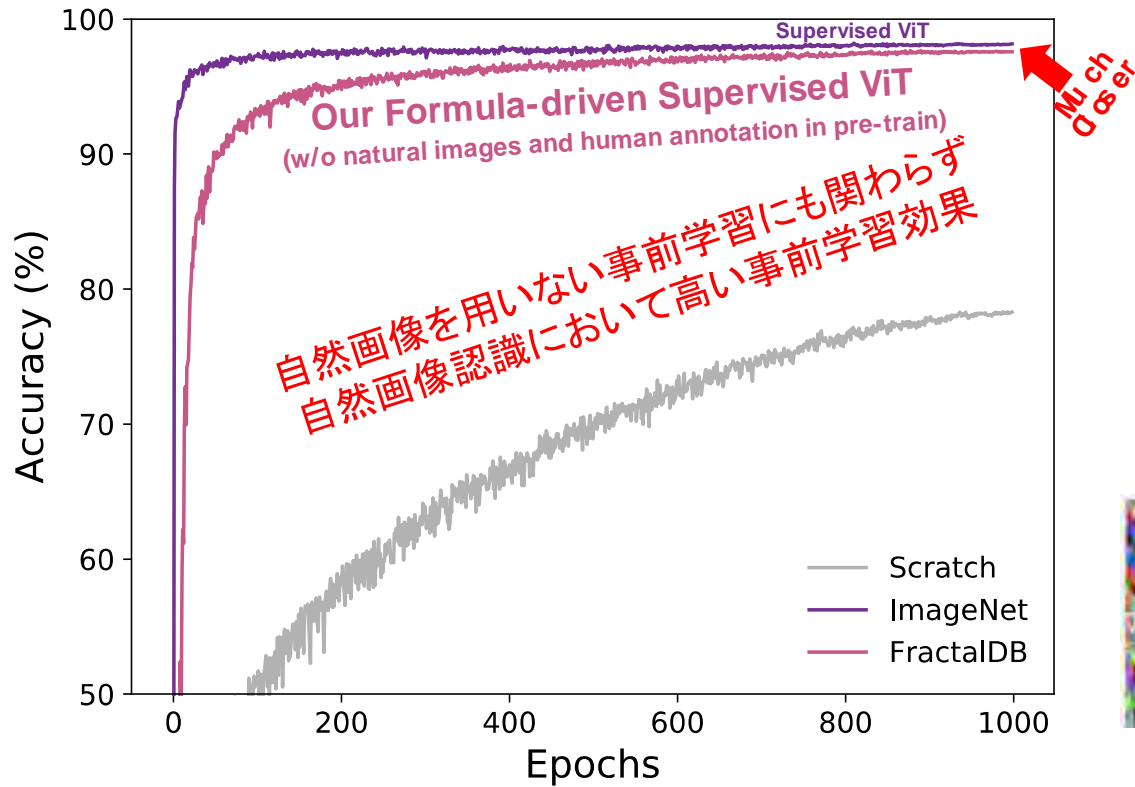
北産浦和メディカルセンター  
ただともひろ胃腸科肛門科  
+ 協力医療機関88施設

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

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

Class C

Pre-training

Visualization of Conv1

Generated Classes

DB構築法と特徴表現

複数方式検討

動画認識・3D検出への応用

**Convolutional Neural Net (CNN)**

ResNet<sup>[He, CVPR' 16]</sup>

94.1@CIFAR-10

ImageNet事前学習は96.8

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

**Vision Transformer (ViT)**

DeiT<sup>[Touvron, ICLR' 21]</sup>

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

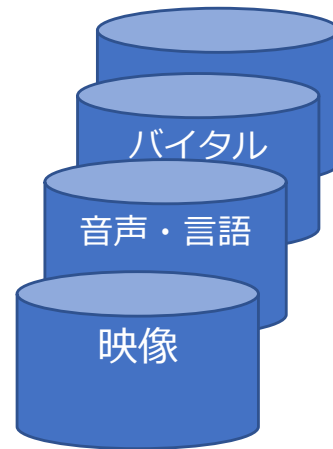
- 【主な業績・紹介記事】
- ACCV 2020 Best Paper Honorable Mention Award
  - ViEW 2020 小田原賞（最優秀賞）
  - MIT Technology Review (Feb. 4<sup>th</sup>, 2021)

- 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**

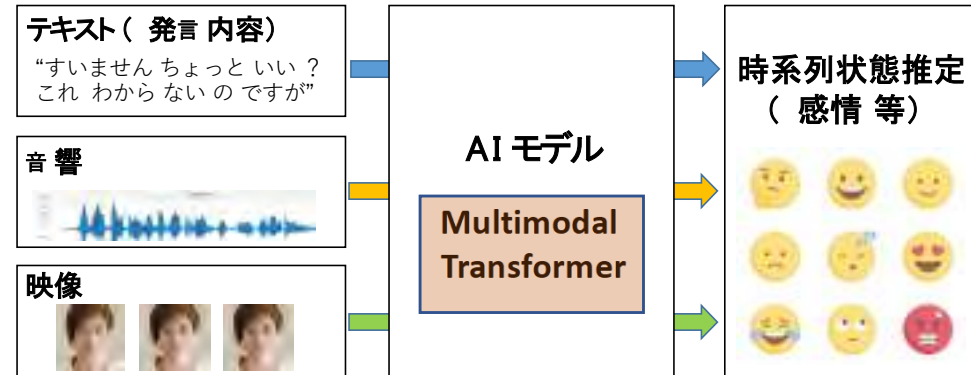
接客現場センシング・データ計測技術  
【人間情報インタラクション研究部門】



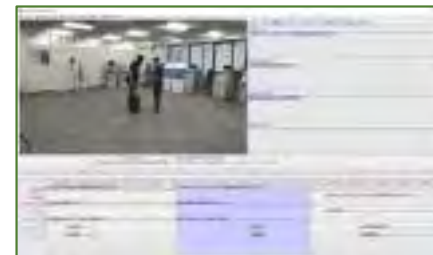
マルチモーダル接客支援AI技術  
【人工知能研究センター】



マルチモーダル  
接客データベースの構築



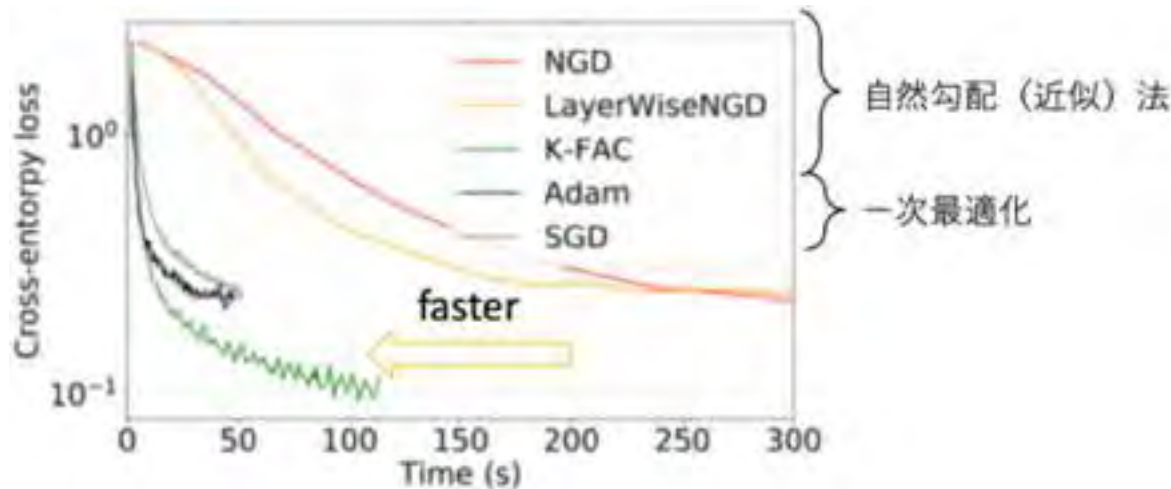
マルチモーダル日本語感情推定システムを構築  
顧客の状態(感情)を時系列推定



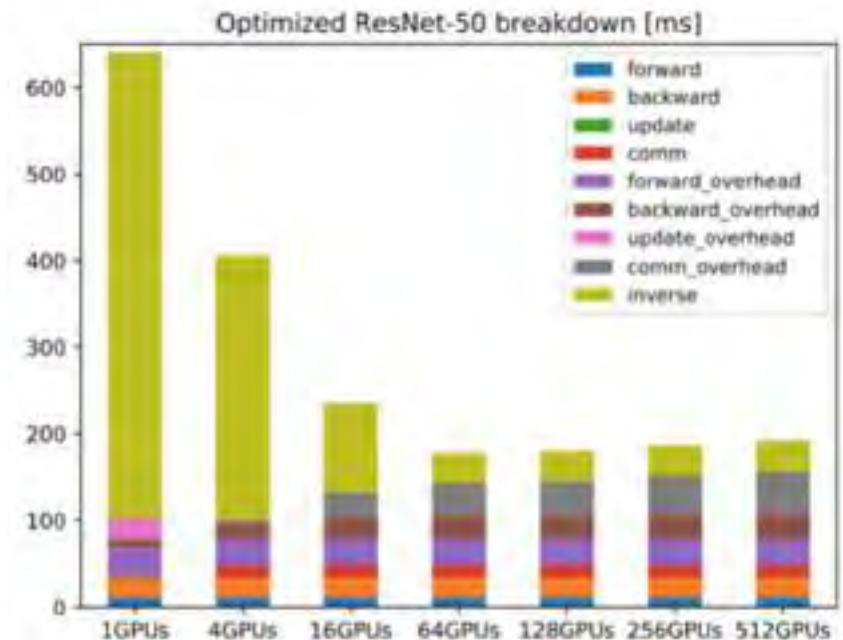
- スタッフ接客スキルの可視化  
ならびに評価システム
- 接客シーンにおけるオントロジー・知識グラフ構築
  - 接客スキルパターン検索

## 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**

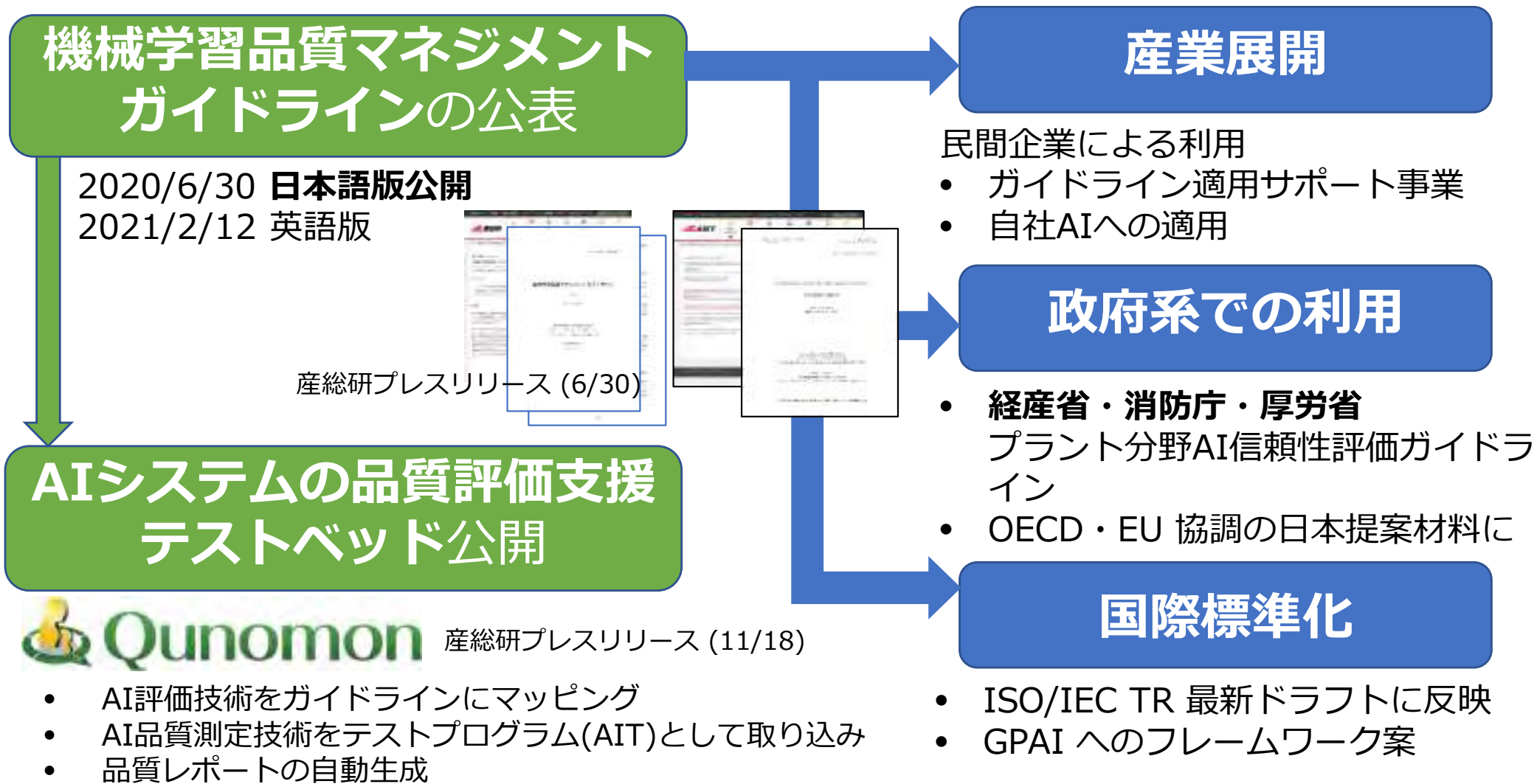


- GPU数に反比例してオーバーヘッドが低減 (**KDD 2020に採択**)



# 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