

理研AIPにおける社会実装を見据えた AI研究開発のご紹介

理化学研究所 革新知能統合研究（AIP）センター



副センター長 上田 修功



革新知能統合研究（AIP）センター

2

■ 文科省AIPプロジェクト（2016~2025年度）を推進

- 常勤研究員140名（3割外国人，2割女性）
- 客員研究員300名，学生パートタイマー80名
- 延べ140名の海外インターン生

日本橋オフィス



分散拠点



本ご紹介

- 汎用基盤研究G：新しい機械学習理論の構築
- 目的指向研究G：新技術に基づくAIの社会実装
- 社会研究G：機械学習に基づく未来社会のデザイン

目的指向基盤技術研究グループの目標・戦略 3

■ AI技術による**科学の発展**を目指す

我が国が強いサイエンス分野（医学、材料など）を牽引する強力なパートナーと連携し、**AI技術を融合した新たな科学的手法の創出**等により科学研究を加速させる

■ 基礎研究の知見を**社会的課題の解決**に向けた応用研究へと繋げる

我が国が抱える社会的課題(防災・減災、認知症など)解決に取り組むパートナーと連携し、応用分野に特化した基盤技術開発等により課題解決を図る



技術開発，論文出版にとどまらず必要に応じ関連機関と連携し，社会実装を最終アウトカムとする

社会実装における汎用G, 社会Gの役割

- 現在主流の深層学習には様々な弱点がある
 - 信頼性に対する脆弱性, 高データ収集コスト, 膨大な学習時間, 極度の忘却性・・・
 - ➡
 - ・ 深層学習の原理を解明し, 更なる性能向上をはかる
 - ・ 上記難題を解決する次世代の機械学習手法の開発

- AI時代に即した社会制度設計が必要
 - 国内外におけるAI倫理指針, AI技術の公平性の規準策定
 - 日本に適した個人データ管理モデルの提案・実装
 - ➡
 - ・ 社会系と技術系の研究者が協力してAIの社会的影響の分析を行い, 国際的に情報発信する

目的指向基盤技術研究グループ体制

4チーム

日本が強い分野を
さらに強化

- 再生医療, がん治療
- モノづくり支援
- 機能材料開発

4チーム

社会的課題解決への貢献

- 自然災害の防災・減災
- インフラ管理・保守の効率化
- 高齢者ヘルスケア
- 観光支援

4チーム

遺伝・バイオ

- 病理情報
- 計算脳・脳情報融合
- バイオマーカー発見支援

7チーム

メディア・知識処理

- 自然言語処理
- 対話処理
- 音響・音楽処理
- 画像処理

見直しに向けた検討の進め方

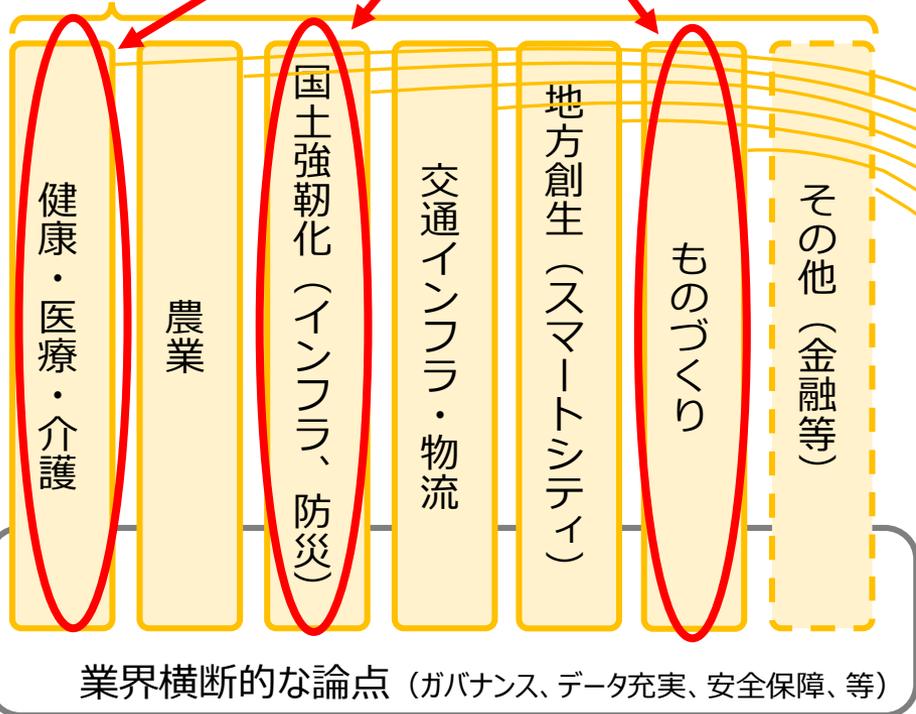
検討の方針

「5年後の利益創出につながるAIの**社会実装**の促進、
及び**産業競争力**の強化」

検討の入口

業界毎に現状を把握し、具体的な目標項目を設定

主にこの分野に相当

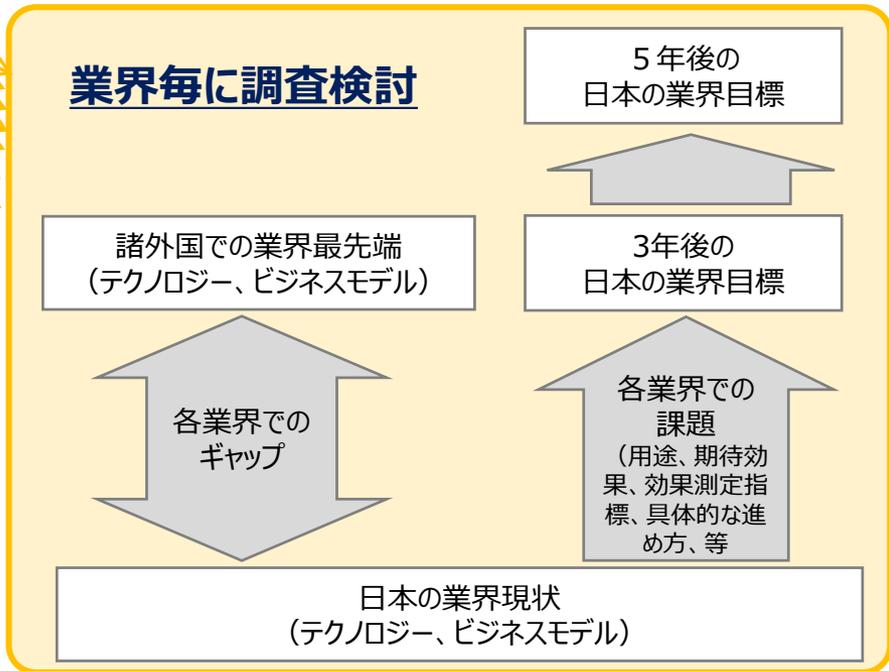


「AI戦略2021」での問題

各取組はおおむね計画通り進捗しているが、
社会実装につながっている実感が出ていない

要因1：進行中の取組が多く、成果の発現はこれから ⇒引き続き、戦略の目標「人・産業・地域・政府全てにAI」を目指し、各取組を展開

要因2：取組事項に対する年限は設定しているもののKPIが明確でない



目次

AI 技術によるサイエンス研究の加速

AI x 医療・ゲノム分野

AI x バイオ・マテリアル

AI 技術による社会課題解決

AI x 防災・減災

AI x 高齢化・教育

戦略目標 0 : 非日常への対処

(パンデミックや大規模災害に対し、人命、財産を最大限に守る体制と技術基盤の構築、適正かつ持続的な運用)

目次

AI 技術によるサイエンス研究の加速

AI x 医療・ゲノム分野

AI x バイオ・マテリアル

AI 技術による社会課題解決

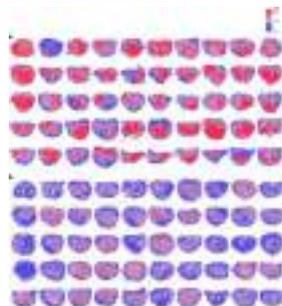
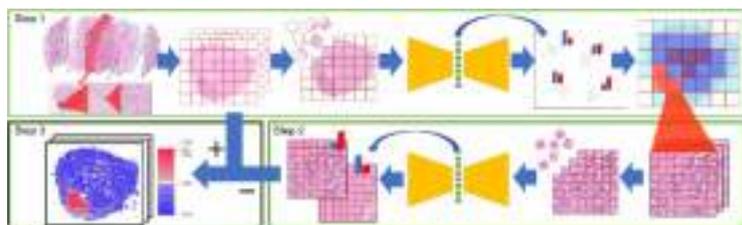
AI x 防災・減災

AI x 高齢化・教育

前立腺病理画像からのがん検出

Yamamoto et al. (Nature Communications 2019)

- 前立腺がんは男性のがんの最大の要因
- 教師付き分類では医師のラベル付けが困難
- 110億枚の病理画像パッチから，教師なし深層学習とクラスタリングにより特徴抽出
 - 従来のグリソンスコアに加えて，**がん領域以外の間質の変化**など，新たな特徴を発見

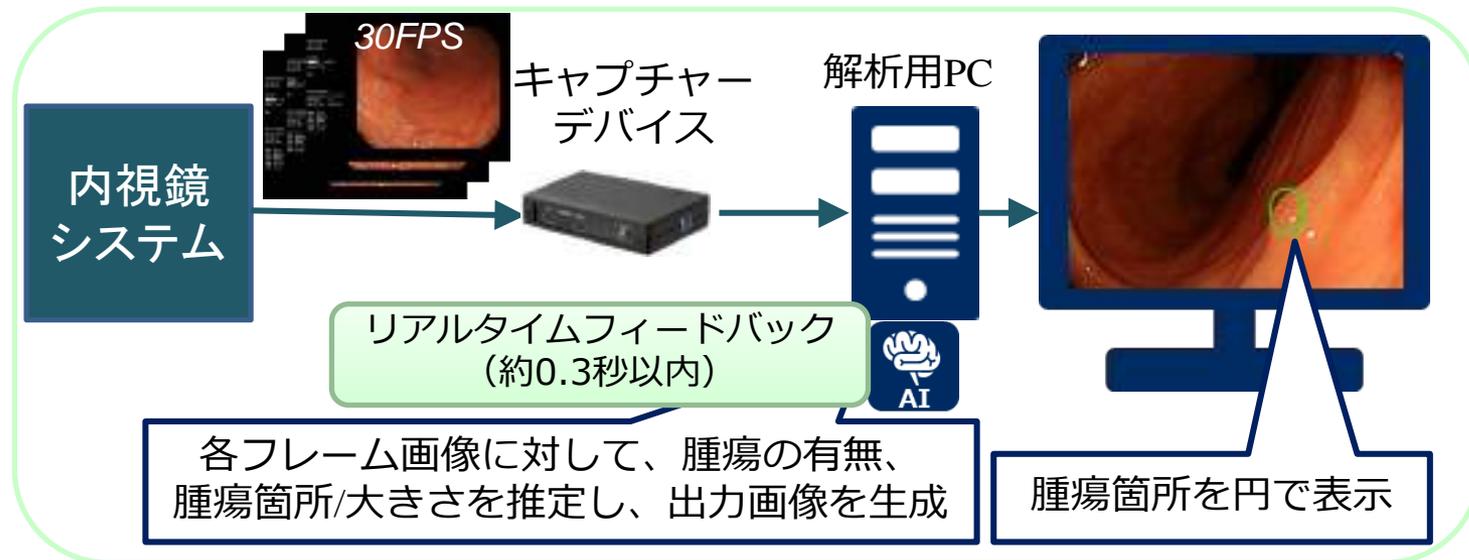


癌再発予測 (1年以内)		AUC
病理医 (グリソンスコアを使用)		0.744
AI (AIが見出した新規特徴を使用)		0.82
AIと病理医 (新規特徴+グリソンスコアを併用)		0.842

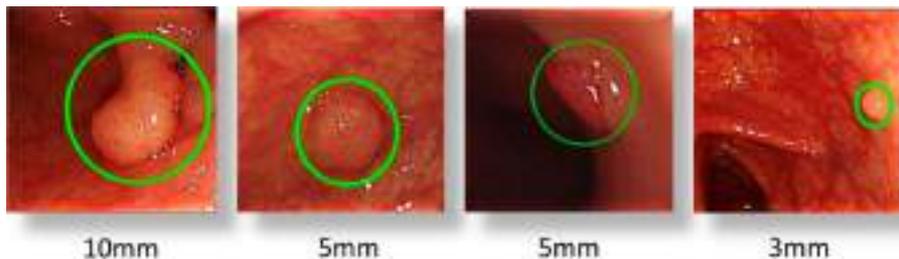
AIを活用した大腸内視鏡診断サポートシステム¹¹ が管理医療機器（Class II）として承認

承認日：2020年11月30日

承認番号：30200BZX00382000



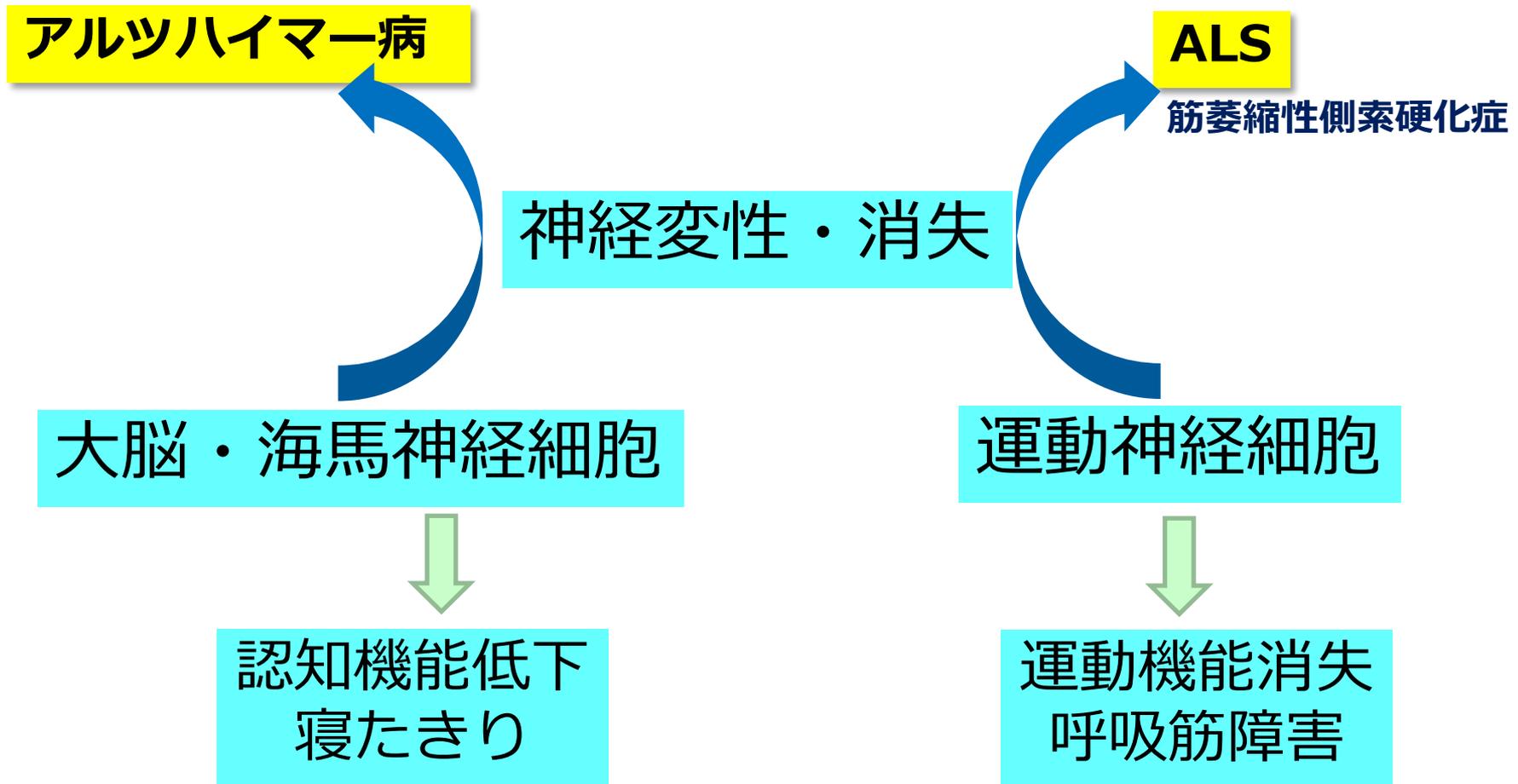
(例) 開発したシステムによる病変発見



⇒構築したリアルタイム病変発見システムの精度を更に向上させ、1) 質的診断、2) 転移予測、3) 予後予測へと発展させる。具体的には画像強調内視鏡やCT、体細胞変異などのマルチモーダルな情報を統合して解析するエンドミクス、エンドゲノミクス解析を行う。同時に、内視鏡検査のリアルタイム遠隔支援の可能性を探るため、ネットワーク上で実装できるシステムの構築を目指す。

健康長寿社会の脅威：神経変性疾患

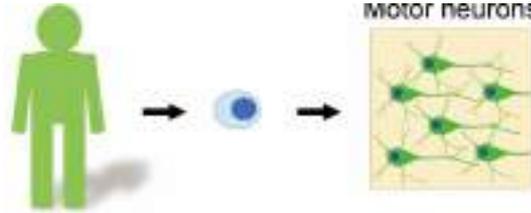
加齢が最大の危険因子：根本的処方が未確立



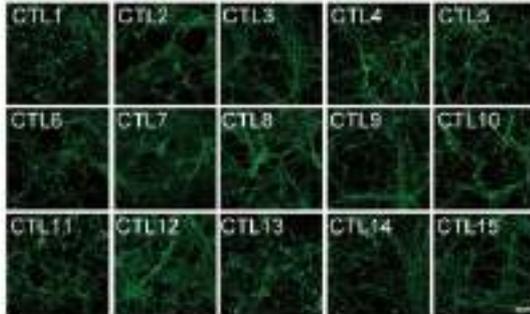
難治性疾患(ALS)の検知・診断

健康な人の運動神経細胞およびALS患者から、運動神経細胞の*iPS*細胞を作製し、それらから両者を自動判別するAIを開発

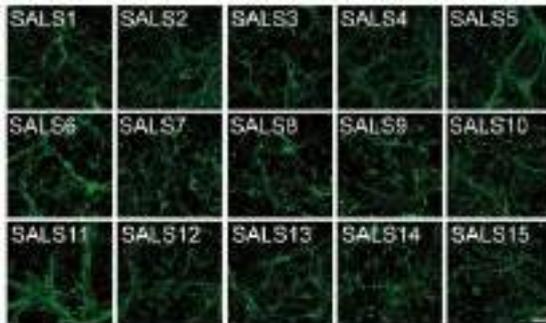
健康な方が
ALSの患者さんか
どうか分からない人



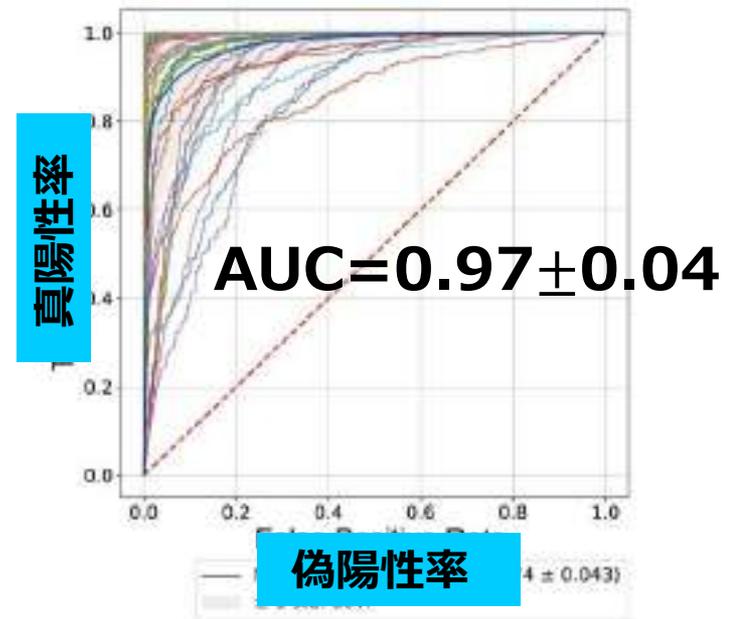
➡ ALSかどうかを検知



健康な方の運動神経細胞の写真



ALSの患者さんの運動神経細胞の写真



Imamura et al., Ann Neurology, 2021

目次

AI 技術によるサイエンス研究の加速

AI x 医療・ゲノム分野

AI x バイオ・マテリアル

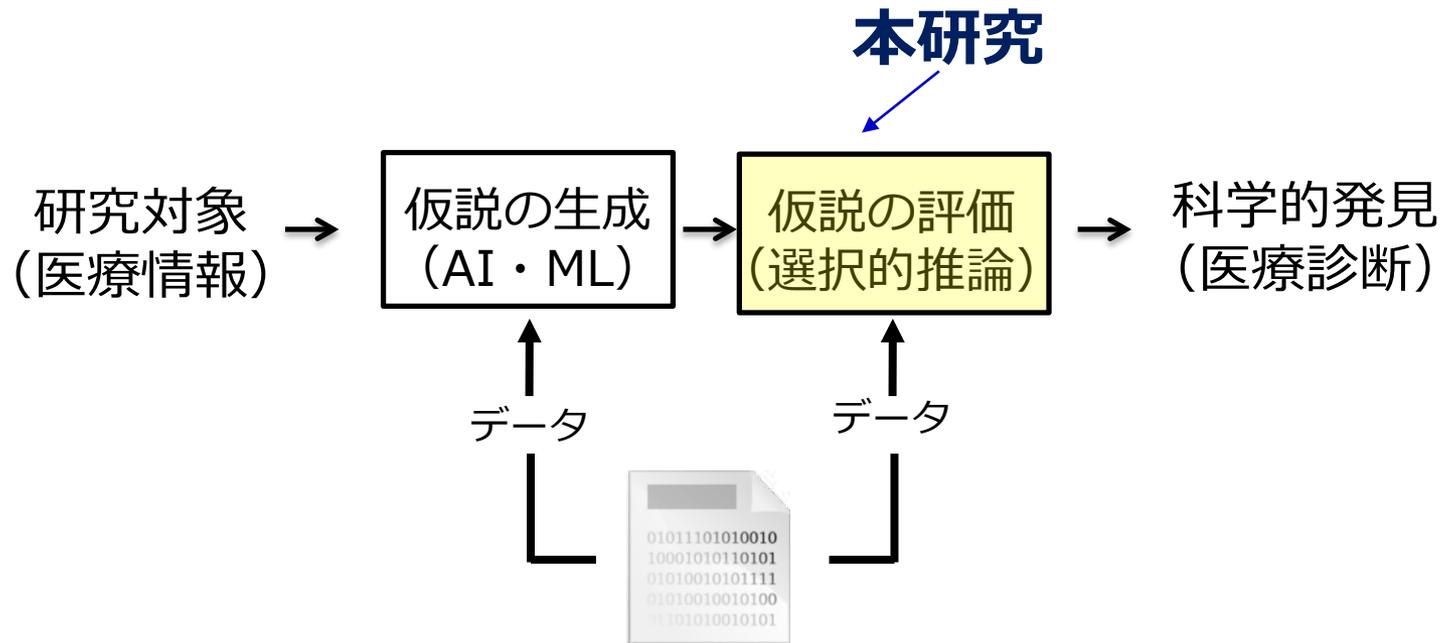
AI 技術による社会課題解決

AI x 防災・減災

AI x 高齢化・教育

データ駆動型科学の枠組とAI医療診断

AIやMLによって発見される潜在的パターンはデータに過剰適合することがあり、**AI医療診断の信頼性**を適切に評価することは困難であった



AI医療診断における新たな信頼性評価法を確立

選択的推論 (Selective Inference) と呼ばれる枠組を発展させることで、**病理画像診断の信頼性評価法**、**ゲノム異常診断の信頼性評価法**を確立した

セグメンテーションや変化点検知の信頼性評価に選択的推論の導入は世界初

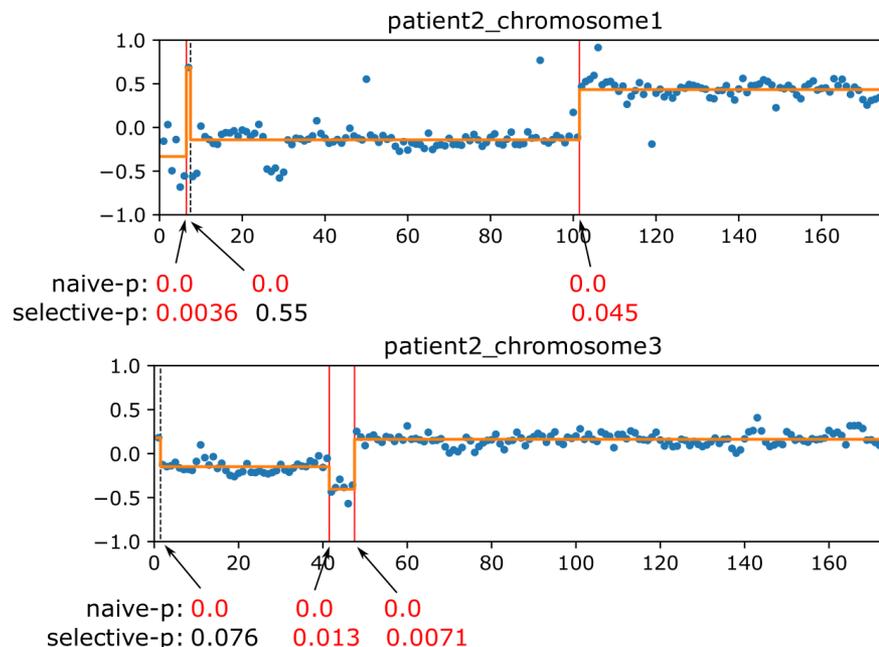


Naïve $p = 0.000$, Selective $p = 0.000$



Naïve $p = 0.000$, Selective $p = 0.351$

病理画像診断の信頼性評価法
Tanizaki et al. CVPR2020



ゲノム異常診断の信頼性評価法
Duy et al., NeurIPS2020

精神疾患医療の現状と未来

【精神疾患の現状】

- 社会全体で失われる膨大な健康寿命
- 治療選択に不十分な診断体系 DSM5

うつ病の診断一致率50%
薬物治療成功率30~40%
薬物抵抗性の患者 60%

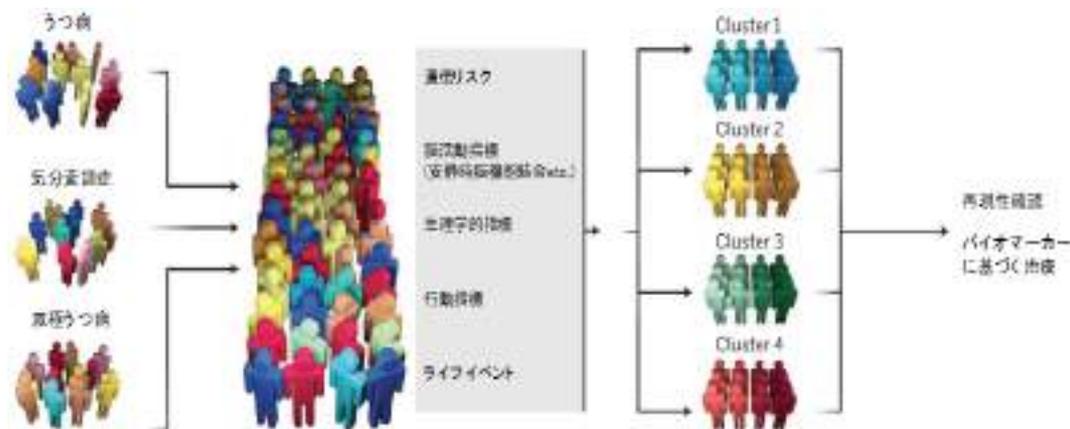
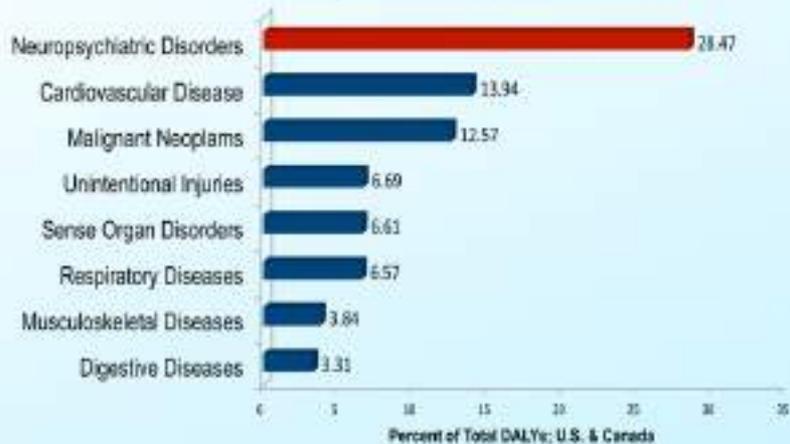


【精神疾患医療の未来】

バイオマーカーによる新診断体系の構築

- 脳画像と人工知能技術を活用した脳回路マーカーによる客観的な診断体系の構築
- 脳回路マーカーによる治療成績の向上
- 脳回路をターゲットにした新しい治療
客観的診断により一致率 90%
サブタイピングにより薬物治療成功率2倍
難治性患者に対する新しい治療法

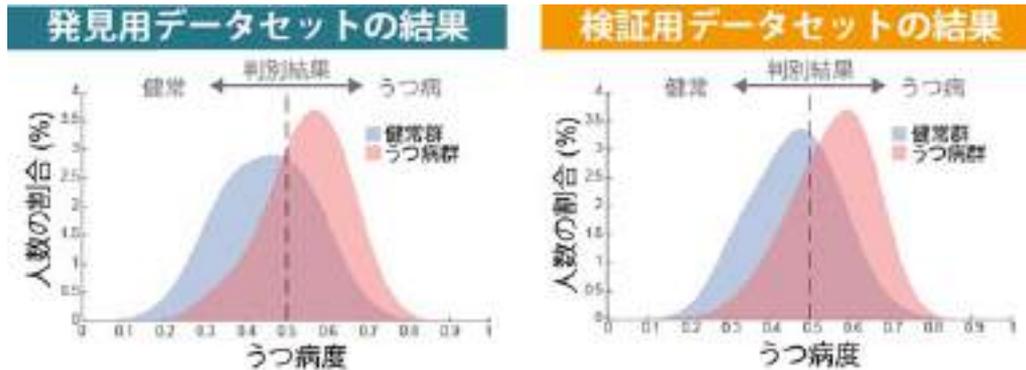
Burden of Disease:
Lead Contributing Disease Categories to DALYs



脳機能結合を用いた脳回路マーカ

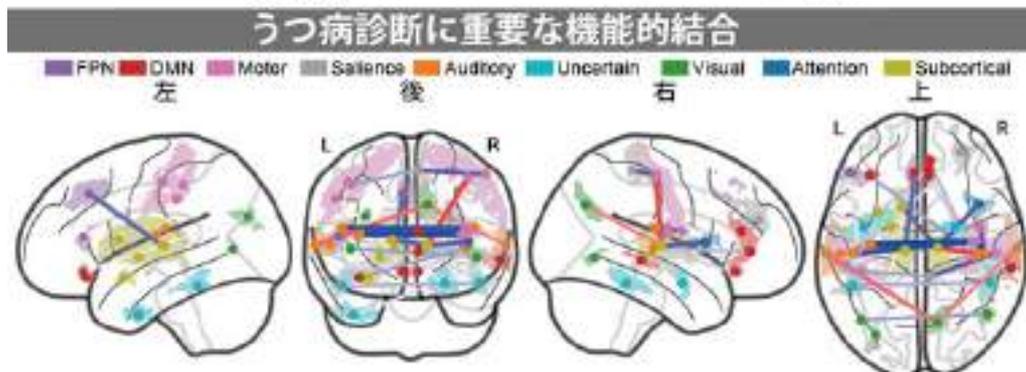
多施設間汎化するうつ病マーカの開発

- 脳画像と機械学習法を用いたうつ病を見分ける脳回路マーカ
- 撮像条件の異なる多施設データへの有効性を確認
- 撮像条件差を補正するハーモナイゼーション法と9施設1300人からなる大規模脳画像データセットを利用



- 発見用データセット (4施設、713サンプル)
精度=66%、AUC=0.74、MCC=0.30

- 検証用データセット(5施設、593サンプル)
精度=66%、AUC=0.74、MCC=0.33



A.Yamashita et al., Plos Biology, 2020
SRPBS Decnefプロジェクトとの共同研究

目次

AI 技術によるサイエンス研究の加速

AI x 医療・ゲノム分野

AI x バイオ・マテリアル

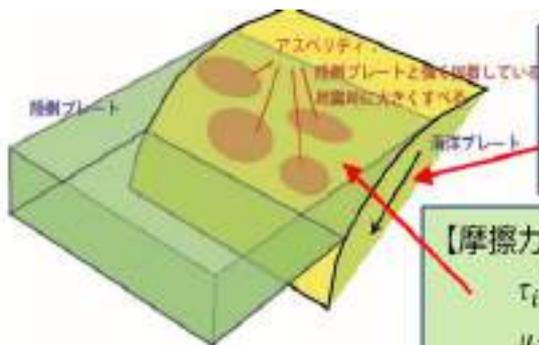
AI 技術による社会課題解決

AI x 防災・減災

AI x 高齢化・教育

■ これまでの研究により数理モデルが確立：

- しかし, パラメータの決定が困難
- 教師データも集めにくい



【せん断応力 (押す力)】

$$\tau_i(t) = \sum_{j=1}^N K_{ij} (v_j^{pt} t - u_j(t)) - \frac{G}{2\beta} \frac{du_j(t)}{dt}$$

【摩擦力 (止める力)】

$$\tau_i(t) = \mu_i(t) \sigma_i^{eff}$$

$$\mu_i(t) = \mu_0 + a_i \ln\left(\frac{v_i(t)}{v_0}\right) + b_i \ln\left(\frac{v_0 \theta_i(t)}{L_i}\right)$$

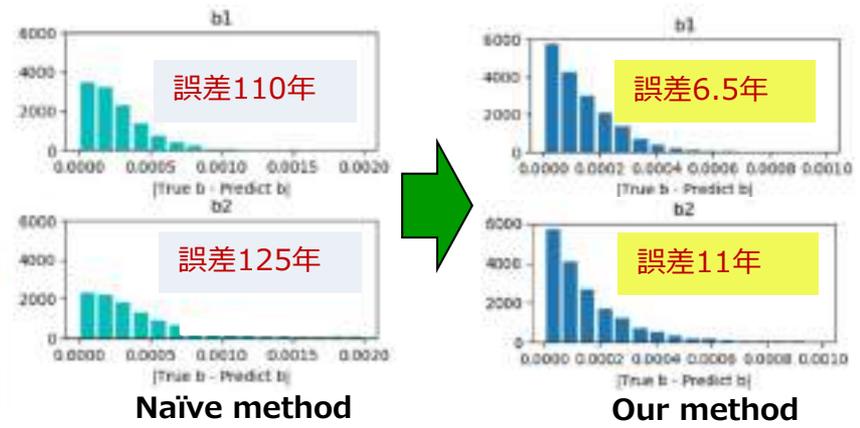
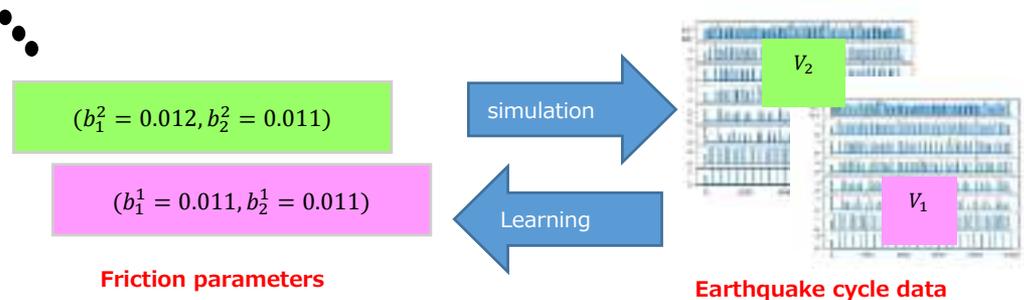
○ : 摩擦パラメータ



<https://www.fnn.jp/articles/-/22389>

■ シミュレーションに基づく機械学習：

- 疑似データ生成とパラメータ推定を繰り返す



Hachiya et al. (EGU2019)

AI x HPC x 計測により 災害時の高速3D変化推定を初めて実現

理研R-CCS, 京大防災研との共同研究

深層学習とシミュレーションの融合により, リモートセンシング
画像から**水土砂災害時の浸水深や地形変化を瞬時に推定する技術**
を開発 災害状況把握の国際協カプロジェクト (センチネルアジア) に貢献



被災後画像

地形データ

水土砂災害領域

従来手法

浸水深

地形変化

提案法では, AI x HPCにより浸水の深さも推定可能

提案手法

今後, “富岳”を用いてスケールアップを図る

Yokoya et al., TGRS2021

目次

AI 技術によるサイエンス研究の加速

AI x 医療・ゲノム分野

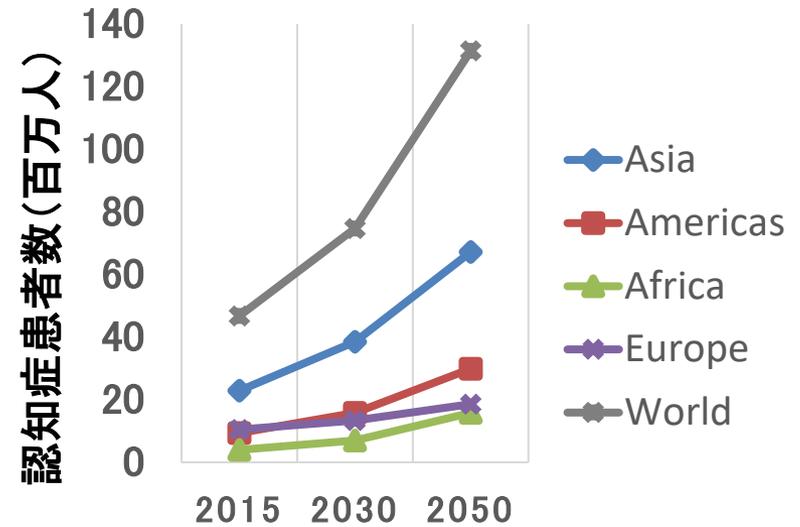
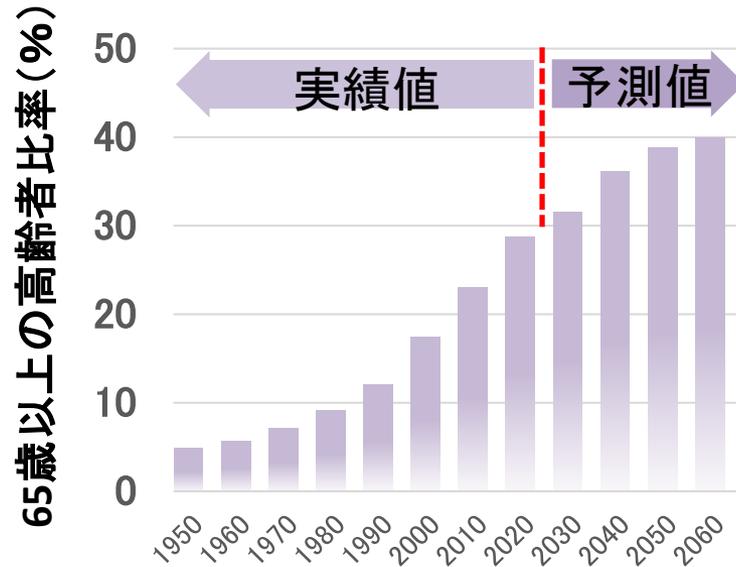
AI x バイオ・マテリアル

AI 技術による社会課題解決

AI x 防災・減災

AI x 高齢化・教育

認知症および認知機能低下を防ぐ



(2020年9月15日現在の総務省統計局資料)

(World Alzheimer's Report 2015)

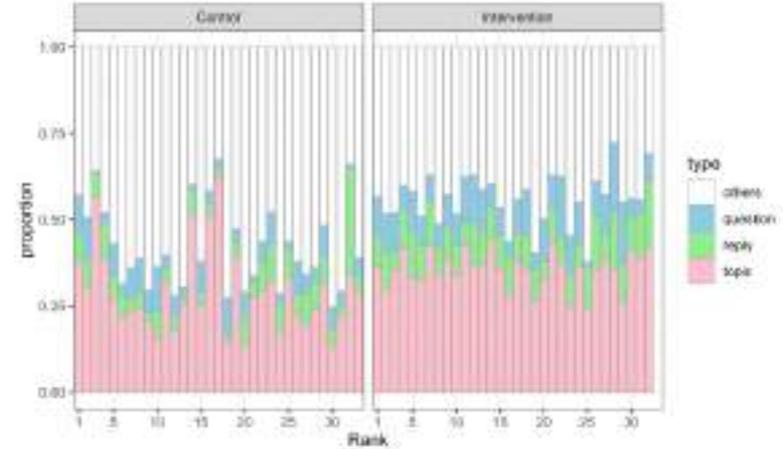
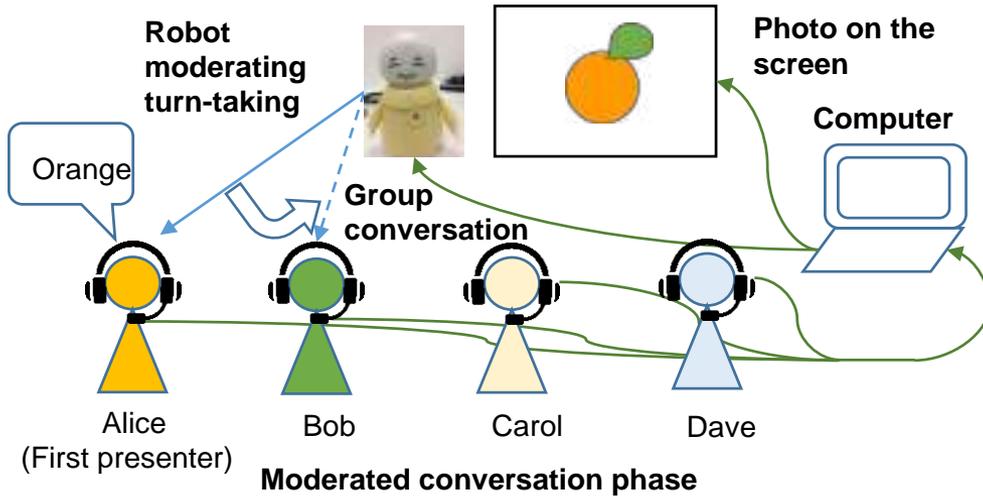
➡ 会話支援手法「共想法」に立脚した認知行動支援技術の開発

共想法：テーマに沿って話題と写真を用意し、持ち時間を決めて会話する手法で、人の話を聞かない人には聞くよう、話さない人には話すよう支援

発話量制御：特許第5799410号会話支援装置および会話支援方法

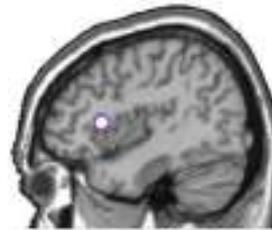
会話支援AIの認知的介入効果を検証

高齢者の言語流暢性（言葉を取り出す能力）が向上！

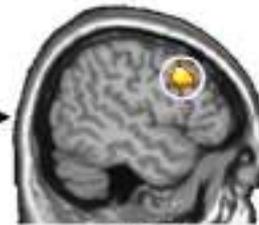


	介入群	対照群
前	11.8	11.4
後	13.6	11.2

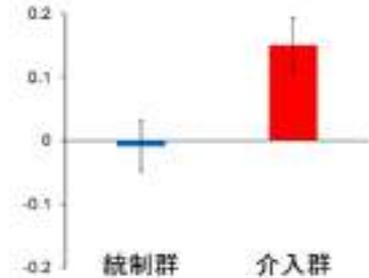
Seed region



Functional connectivity map



Contrast estimate with 95% C.I.



Sugimoto et al.
BMC Geriatrics 2020

実行制御に関わる中前頭回や意味処理に関わる側頭極との結合は介入群で統制群よりも強い

記述式答案自動採点で人間と同等の精度を実現

問題文

記述式答案の自動採点



問 傍線部(1)「こうした～築いてきた」とあるが、それはどういうことか。70字以内で説明せよ。

西洋文化の基底の「対決」は対人(宗教-契約)、人間対自然(科学-合理主義)、人間対人間(個人主義)という形で現れるということ。日本人のように余計なことを言わないのではなく、他人に分かってもらうために言葉を尽くす「対決」のスタンスが西洋の文化を築いてきた。

A 西洋(では)～る点
西洋人は「～」も可

B ①他人は自分と違うという理解。③点
対決のスタンス。②点
②自分と異なる考え方を持つ。②点

C ①自分の意見に同意を博るために。③点

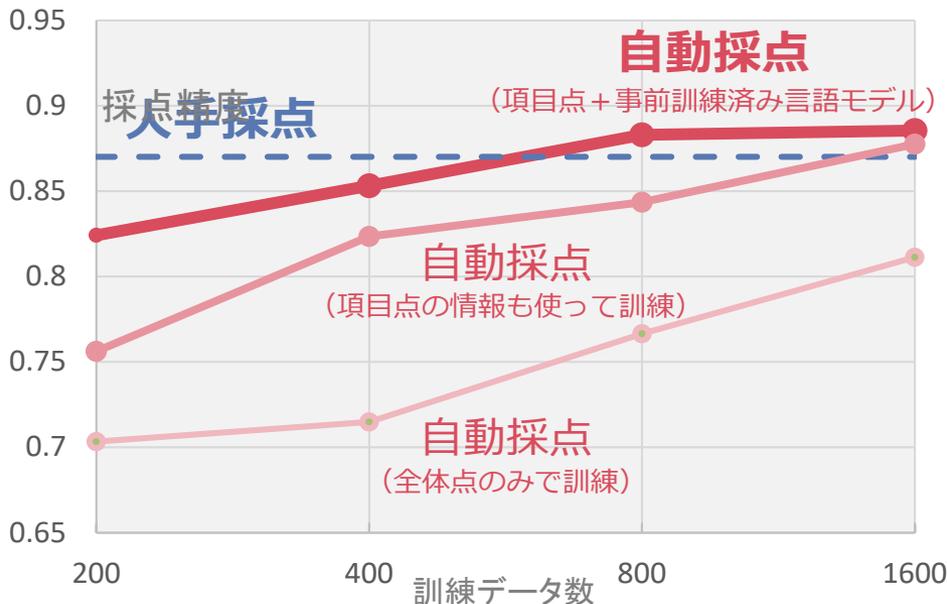
D ①言葉を尽くして他人を説得する。③点
②他人を説得する。③点

減点対象
誤字・脱字・占拠点
文末が「～」で終わっていないもの。①減点

模範回答

採点基準 (ループリック)

1問当たり数百答案の訓練データがあれば人間と同等程度の採点精度が得られる



採点結果の説明 → 利用者の納得感

- 問題全体の得点の他、評価項目ごとの点数の推定も可能 (世界初)
- さらに、項目ごとの採点の根拠箇所の提示も実現 (世界初)

採点モデルの推定の様子



(Mizumoto+ BEA 2019, Funayama+ ACL-SRW 2020, Ou+ JNLP 2021)

AIPでの社会実装における所感

■ 一般論

- 優れたパートナーと連携するためには、優れた技術を保有することが必要条件(win-winの関係)
- パートナー（企業）側のニーズが最優先
- オープンプラットフォームによるデータ流通，効率的な開発環境の整備
- 既存システムとAIシステムを融合させるための業務フローの構築
- 持続的普及のための仕組み(ex. MEXCBT)

■ 技術的課題

- 不完全データからの学習（実問題では，大量かつクリーンなデータ収集が困難，不可能な場合が多い）
- 結果の説明性，信頼性（Black Boxではサービス困難な場合も多い）
- 複数の施設(ex. 病院)において使用可能なロバストなAIシステムの構築

以上