

理化学研究所 革新知能統合研究(AIP)センター

センター長 杉山 将



<https://aip.riken.jp/>



■ 文科省AIPプロジェクトの研究拠点：

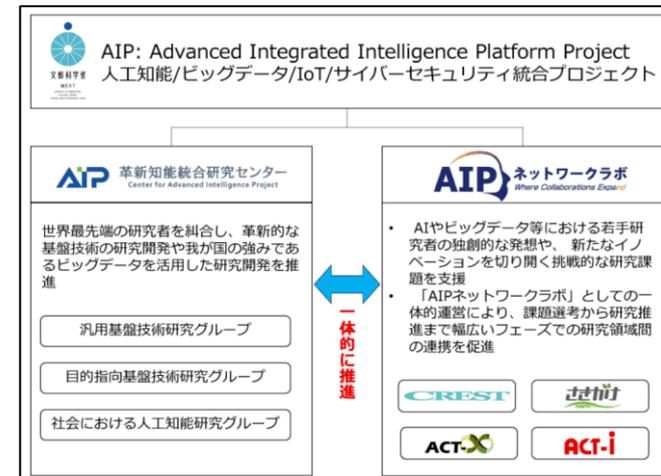
- 科学技術振興機構AIPネットワークラボと一体的にプロジェクトを推進

■ 内閣府AI戦略2022におけるAI関連中核センター群の一つ：

- 産業技術総合研究所AIRC, 情報通信研究機構UCRI/CiNetと連携

■ 理研AIPセンターのビジョン：

- 機械学習の技術を軸足に、基礎から応用・社会まで一貫通貫の研究体制
- 産学官で連携し、研究成果を国際的に発信
- 国際的な高度AI人材の登竜門を目指す



AIPセンターの研究ビジョン

機械学習
の応用



機械学習
の技術



Cyber-space
機械学習

Cyber-physical
機械学習

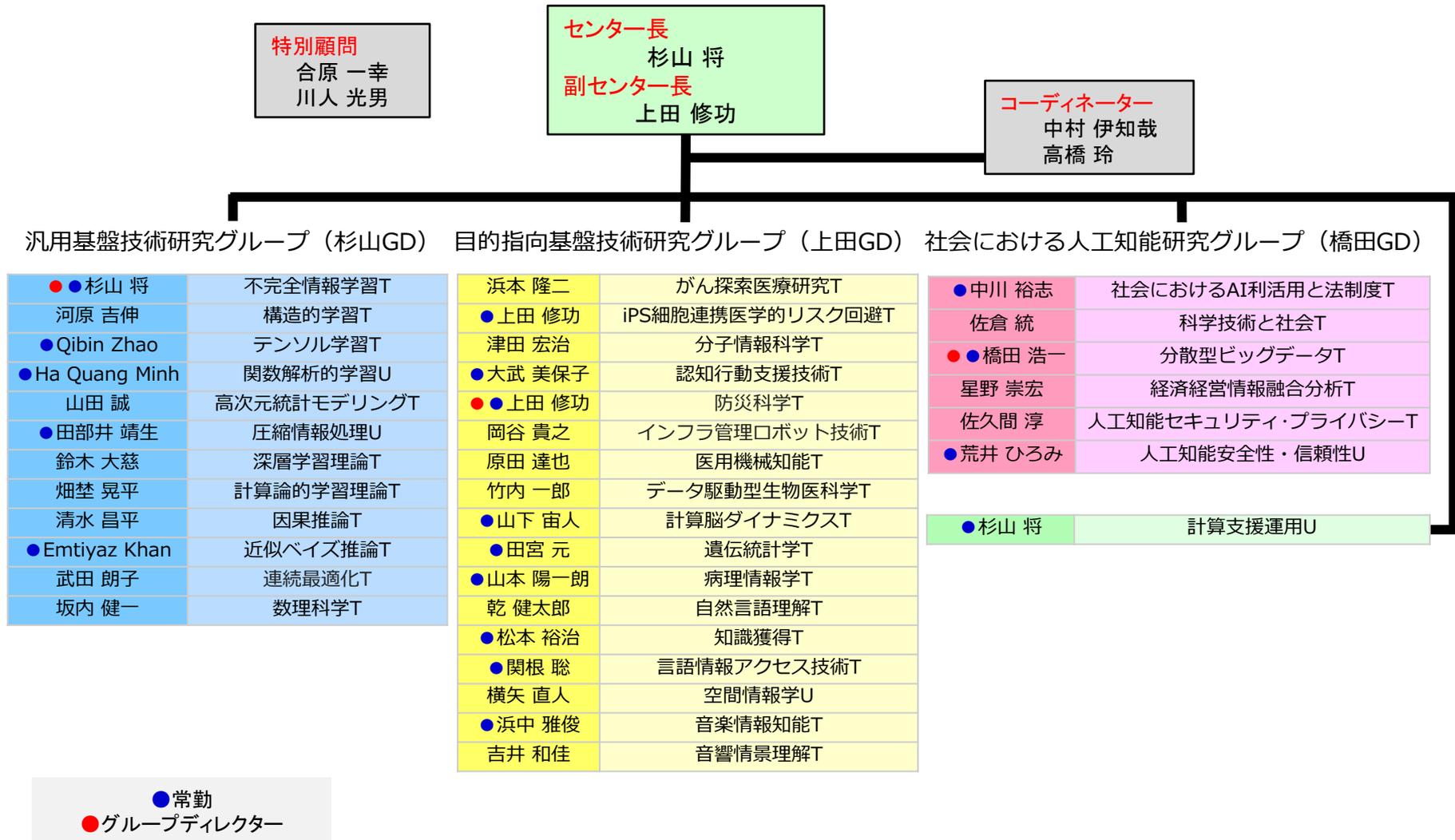
機械学習
everywhere

- AIP常設研究グループ
 - 汎用基盤技術研究グループ(12チーム)
 - 目的指向基盤技術研究グループ(17チーム)
 - 社会における人工知能研究グループ(6チーム)



- 常勤研究員130名
(36%外国人, 23%女性),
- 客員研究員214名, 学生95名,
海外インターン生 累計142名
- 共同研究46社, 海外連携48組織

組織図



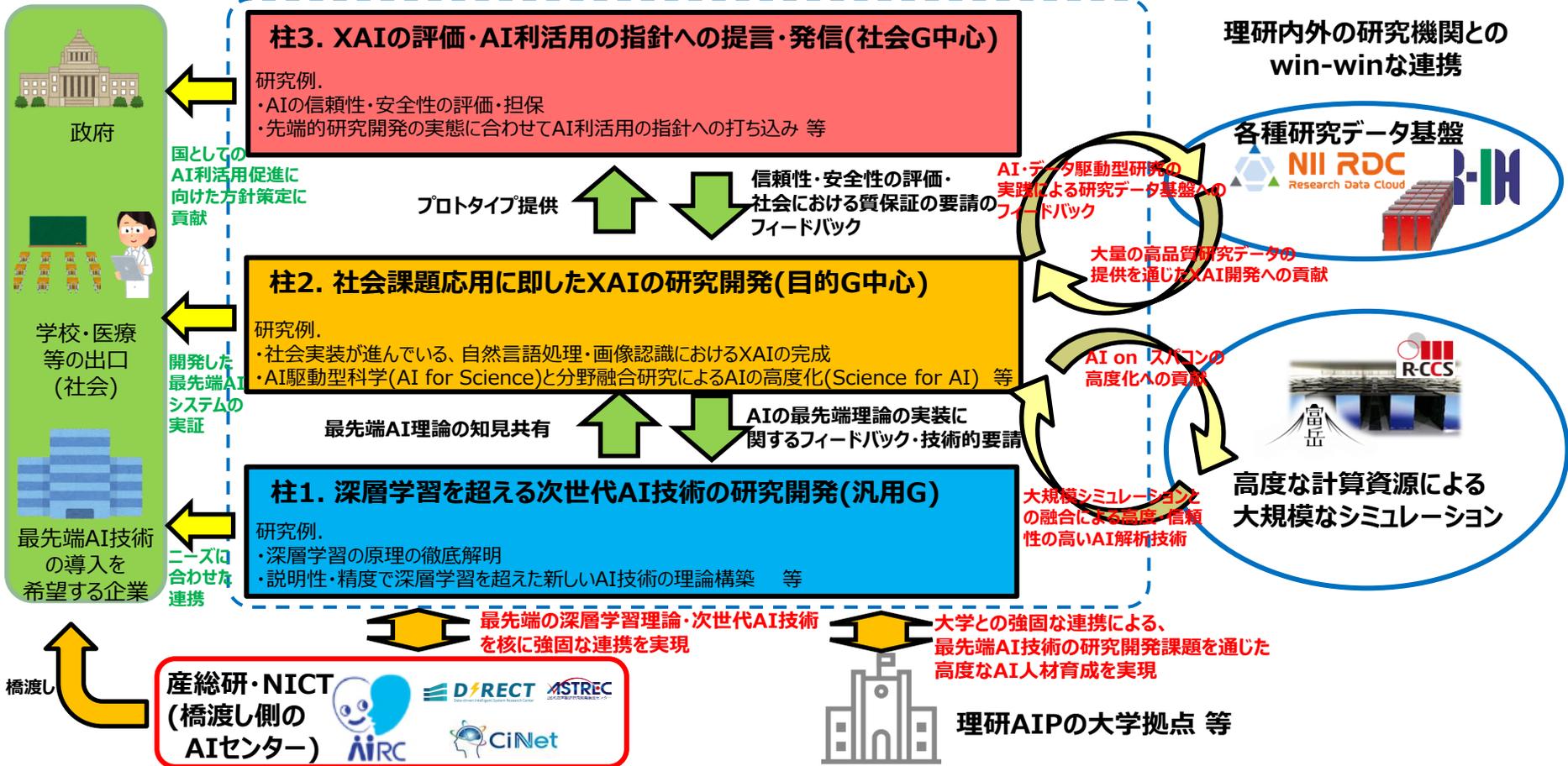
3研究グループの連携

- AIPセンター全体で、従来の深層学習を超える、信頼性の高い次世代のAI基盤技術の理論構築から社会実装までの一気通貫プログラムを形成
 - ✓ 深層学習理論の完成により、我が国における深層学習の応用を大きく加速
 - ✓ 従来の深層学習を超える、説明可能なAI(XAI)等の次世代AI基盤技術の新たな潮流を創出し、次フェーズのAIの社会実装において我が国を世界のトップランナーへ

理研AIPセンター全体での次世代AI技術開発の一気通貫構想の柱と波及効果

社会実装ニーズ

理研AIPセンター



海外との連携体制

6

2022年4月1日時点

MOU締結済み:47

北米

- Toyota Technological Institute at Chicago (アメリカ)
- School of Information and Computer Sciences, UCI (アメリカ)
- GRASP Laboratory, University of Pennsylvania (アメリカ)
- Georgia Institute of Technology (アメリカ)
- Vector Institute for Artificial Intelligence (カナダ)
- Montreal Institute for Learning Algorithms (カナダ)
- Carnegie Mellon University (アメリカ)

ヨーロッパ

- Edinburgh Centre for Robotics, University of Edinburgh (イギリス)
- University of Sheffield (イギリス)
- University of Oxford (イギリス)
- University College London (イギリス)
- Alan Turing Institute (イギリス)
- Technische Universität Darmstadt (ドイツ)
- Berlin Big Data Center (ドイツ)
- Max-Planck-Institute for Intelligent Systems (ドイツ)
- DLR German Aerospace Center (ドイツ)
- Fraunhofer Institute for Integrated Circuits (ドイツ)
- Zuse Institute Berlin (ドイツ)
- University of Freiburg, Medical Faculty(ドイツ)
- Ecole Nationale de la Statistique et de l'Administration Economique (フランス)
- Institut National de la Recherche en Informatique et Automatique (Inria)(フランス)
- Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne(スイス)
- Istituto Italiano di Tecnologia (イタリア)
- School of Science, Aalto University (フィンランド)
- KTH Royal Institute of Technology (スウェーデン)
- Skolkovo Institute of Science and Technology (ロシア)
- European Laboratory for Learning and Intelligent Systems(EU)

アジア・中東・オセアニア

- Tsinghua University (中国)
- Key Lab. on Machine Perception, Peking University (中国)
- Nanjing University (中国)
- Zhejiang University(中国)
- Shanghai Jiao Tong University (中国)
- Nankai University (中国)
- Shanghai University (中国)
- Hangzhou Dianzi University (中国)
- School of Automation, Guangdong University of Technology(中国)
- Hong Kong University of Science and Technology (香港)
- National Taiwan University (台湾)
- Pervasive Artificial Intelligence Research Labs (台湾)
- KAIST(The School of Computing) (韓国)
- School of Computing, National University of Singapore(シンガポール)
- Nanyang Technological University (シンガポール)
- University of Technology Sydney (オーストラリア)
- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (オーストラリア)
- University of Sydney (オーストラリア)
- Monash University(オーストラリア)
- Indian Institute of Technology, Hyderabad (インド)
- Bar-Ilan University (イスラエル)

【海外インターン受入人数】

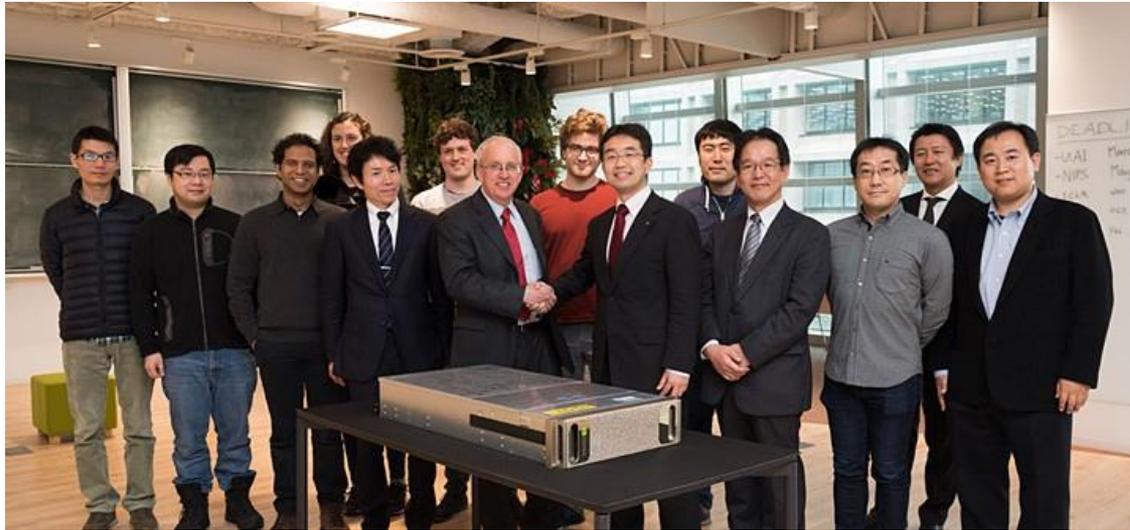
2016年度:2人
2017年度:21人
2018年度:57人
2019年度:61人
2020年度:1人

【インターン学生の国籍】

アメリカ, カナダ, メキシコ, ドイツ, フランス, スイス, イギリス, ベルギー, アイルランド, ポーランド, ウクライナ, 中国, 台湾, 韓国, フィリピン, インド, イスラエル, シンガポール, ニュージーランド, アルジェリア等 23か国・地域

計算リソース:RAIDEN (Riken Alp Deep learning ENvironment)

7



NVIDIA副社長ビル・ダリー氏と

<https://blogs.nvidia.co.jp/2017/03/06/fujitsu-ai-supercomputer/>



写真はDGX-1

FUJITSU



■ NVIDIA DGX-1 V100 × 30台, DGX-2 × 6台, DGX A-100 × 12台

- 演算能力:半精度72PFLOPS
- 稼働率:80%

オンラインセミナー

8

コロナ禍でも積極的に情報発信中！
全講演動画をYouTubeにて公開：

<https://www.youtube.com/channel/UCipPccqvcfyckKNOaYUokyQ>

■ AIP Open Seminar Series (全43回)

- 全チームが最新の研究成果を紹介
(2020年11月～2021年9月)

■ EPFL CIS - RIKEN AIP Joint Seminar

- スイスEPFLのCenter for Intelligent Systems
との合同セミナー(2021年10月～)

■ TrustML Young Scientist Seminars

- 信頼できる機械学習に関する
若手研究者セミナー(2022年1月～)



■ 国際会議論文採択:

- **2015年以前**: 日本全体で、主要国際会議での論文採択はひと桁、オーラル発表はほとんどなし
- **近年**: AIPから多数採択

■ 最近の国際会議論文採択状況:

- CVPR2022: 9
- ICLR2022: 12 (oral 1, spotlight 2)
- NeurIPS2021: 17 (spotlight 1)
- ACL2021: 8 (long 4)
- ICML2021: 26 (long 2)
- AISTATS2021: 17
- ICLR2021: 9(oral 2)
- NeurIPS2020: 21 (oral 2, spotlight 7)
- ACL2021: 7 (long 2)
- ICML2020: 18
- AISTATS2020: 10
- NeurIPS2019: 19

■ 受賞:

- ICLR2022 Outstanding Paper Honorable Mention
- 文部科学大臣表彰2022科学技術賞研究部門
- ICLR2021 Outstanding Paper Award
- AAMT2021 Nagao Award
- 経済産業省産業標準化事業表彰2021経済産業大臣賞
- 科学技術振興機構2021輝く女性研究者賞
- 文部科学大臣表彰2020若手科学者賞
- 日本神経経路学会2020論文賞
- NISTEP2020ナイスステップな研究者
- AAI2020 Outstanding Paper Award Honorable Mention
- ACML2019 Best Paper Award
- IEEE Signal Processing Magazine 2018 Best Paper Award
- 日本学術振興会賞2018
- CHI2018 Honorable Mention Award
- 文部科学大臣表彰2018科学技術賞研究部門
- AISTATS 2018 Best Paper Award
- 日本学術振興会賞・日本学士院学術奨励賞2016

今後の展望

- **各グループの研究を更に促進:**
 - **汎用G:** 深層学習理論と深層学習超え技術を開発
 - **目的G:** 医療, 災害, 材料, 教育などの社会実装を加速
 - **社会G:** 社会規範の策定から社会実装にシフト
- **各グループの発展から, 3グループの融合へ**
 - 新しい機械学習技術に基づいた社会応用
 - 社会的要請を考慮した機械学習理論, 社会応用
- **新学問分野の創出:**
 - 英語専門書出版, 国際チュートリアル講演
- **国際的研究拠点としての人材育成:**
 - 国際ワークショップ主催

理研AIPセンター 汎用基盤技術研究グループ

グループディレクター
杉山 将



<https://aip.riken.jp/>



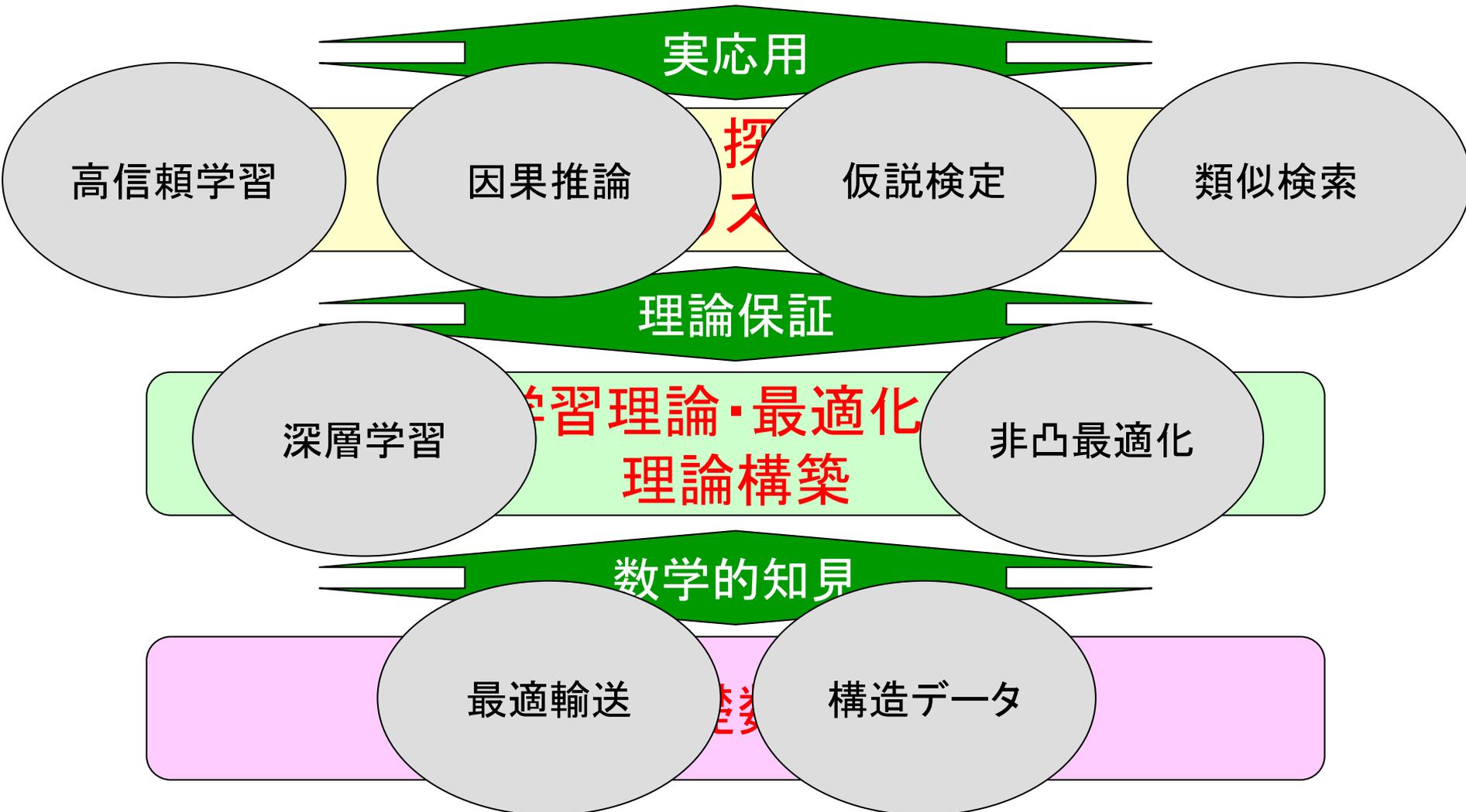
汎用グループ

- **目標**: 機械学習の理論構築・アルゴリズム開発において、国際的なイニシアチブを取る



汎用グループ

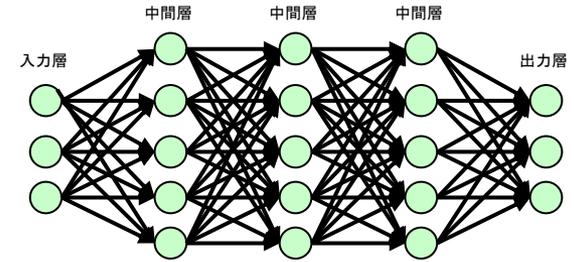
- **目標:** 機械学習の理論構築・アルゴリズム開発において, 国際的なイニシアチブを取る



成果1: 深層学習が浅層学習よりも優れた予測性能を持つことを証明

- Neural Tangent Kernelに基づく解析 (無限幅のモデルを凸的に解析できる)

Nitanda & Suzuki, ICLR2021 Outstanding Paper Award



$$\mathbb{E}[\|f_T - f^*\|_{L_2}^2] \leq \epsilon_M + O\left(T^{-\frac{2r\beta}{2r\beta+1}}\right)$$

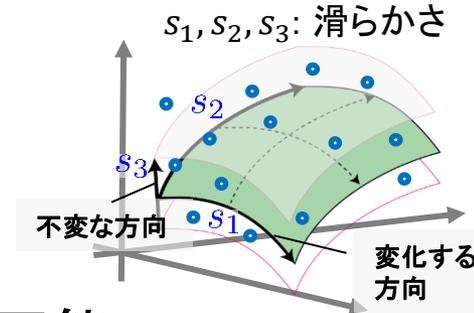
ϵ_M : 横幅 $M \rightarrow \infty$ で0に収束する項

速い学習レート ($O(1/\sqrt{T})$ より速い)
→ Minimax最適レート

成果2: 深層学習は次元の呪いを受けない

- 一般に滑らかな関数は簡単に学習できる
- 浅層学習の誤差は、関数の最も滑らかでない方向が支配 (次元の呪い)
- 深層学習は、方向ごとにモデルを自動調整 (次元の呪いを受けない)

Suzuki & Nitanda, NeurIPS2021 Spotlight.



深層 $n^{-\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}+1}}$
 $\tilde{s} = (s_1^{-1} + s_2^{-1} + s_3^{-1})^{-1}$

浅層 $n^{-\frac{s_1}{s_1+d}}$
 (次元の呪いを受ける)

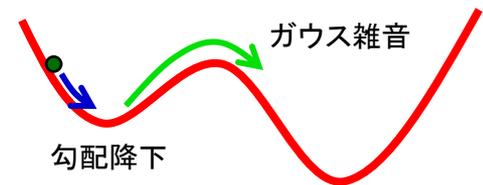
成果3: 深層学習は大域的最適化が可能

- 確率的勾配法に適切なガウス雑音を加えれば、大域的最適解に収束

Suzuki & Akiyama, ICLR2021 Spotlight.

$$\widehat{L}(X_k) - \int \widehat{L}(x) d\pi_\infty(x) \lesssim \exp(-\Lambda_\eta^* k \eta) + \frac{c_\beta}{\Lambda_0^*} \eta^{1/2-\kappa}$$

$$dX_t = -\nabla \left(\widehat{L}(X_t) + \frac{\lambda}{2} \|X_t\|_{\mathcal{H}_K}^2 \right) dt + \sqrt{\frac{2}{\beta}} d\xi_t$$



■ 多レベル最適化: 上位の最適化の解が下位の最適化に含まれる

- 機械学習におけるハイパーパラメータ最適化
- 敵対的学習における
設計者, 攻撃者, 操業者のせめぎ合い

$$\begin{aligned} \min_{\lambda} & \|y_{val} - X_{val}w_{\lambda}\|^2 \\ \text{s.t. } & w_{\lambda} = \arg \min_w \|y_{tr} - X_{tr}w\|^2 + \lambda\|w\|_1 \end{aligned}$$

■ 成果1: 微分不可能な 2レベル最適化の理論保証

- スパース学習など微分不可能な問題が対象
- 従来は劣微分を使っていたが, 理論保証ができない
- 最適性必要条件 (scaled bilevel-KKT条件) を導入し,
収束保証付き解法を初めて構築

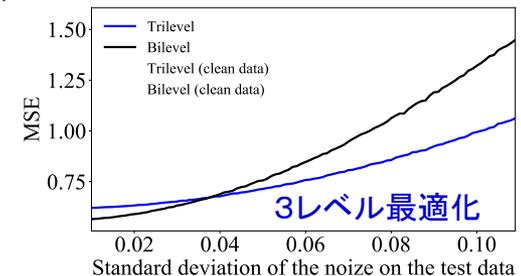
Okuno, Takeda, Kawana & Watanabe, [JMLR2021](#)

■ 成果2: 一般の多レベル最適化の理論保証

- 多レベル最適化は90年代から研究されているが,
理論保証は未開拓
- 漸近的理論保証付き解法を初めて構築

Sato, Tanaka & Takeda, [NeurIPS2021](#)

$$\begin{aligned} \min_{x,y,z} & f(x,y,z) \\ \text{s.t. } & y = \arg \min_{y',z'} g(x,y',z') \\ & z' = \arg \min_{z''} h(x,y',z'') \end{aligned}$$



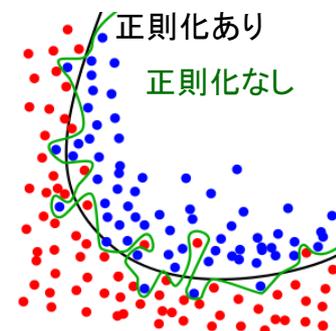
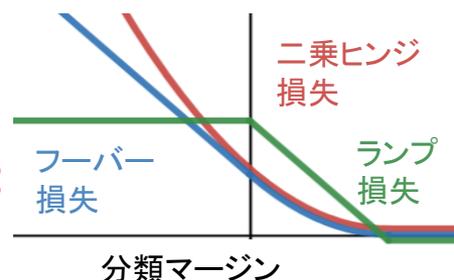
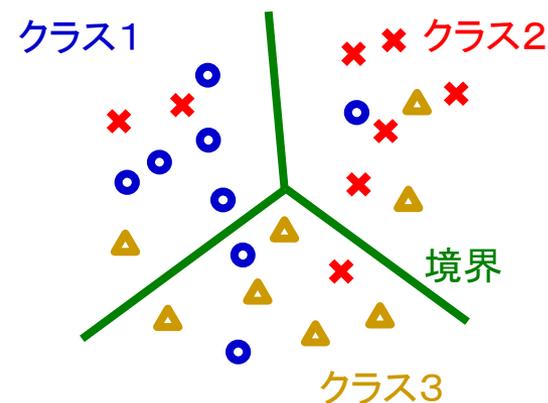
ラベル雑音に対するロバスト学習理論 16

背景:

- ラベル雑音が存在するとき, 大量の訓練データを用いても学習はうまくいかない
- 雑音を除去する明示的な機構が必要

従来のアプローチ:

- 教師なし異常値除去:
分類よりも難しく信頼性が低い
- ロバスト損失, 正則化による平滑化:
回帰(加法雑音)には有効だが,
分類(ラベル変化)には不十分



一連の成果: ラベル雑音学習の理論体系を構築

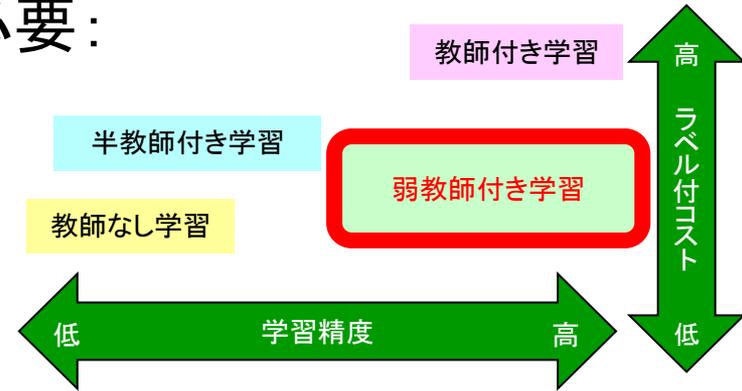
- ラベルの変化確率(雑音遷移行列)の明示的なモデル化
- 雑音の無いデータがあれば, 雑音遷移行列は推定可能
- 雑音のあるデータだけからは, 数学的には同定不可能
- 雑音遷移行列と分類器の同時学習
- 入力依存ラベル雑音への拡張

1	0.1	0.5
0	0.8	0.5
0	0.1	0

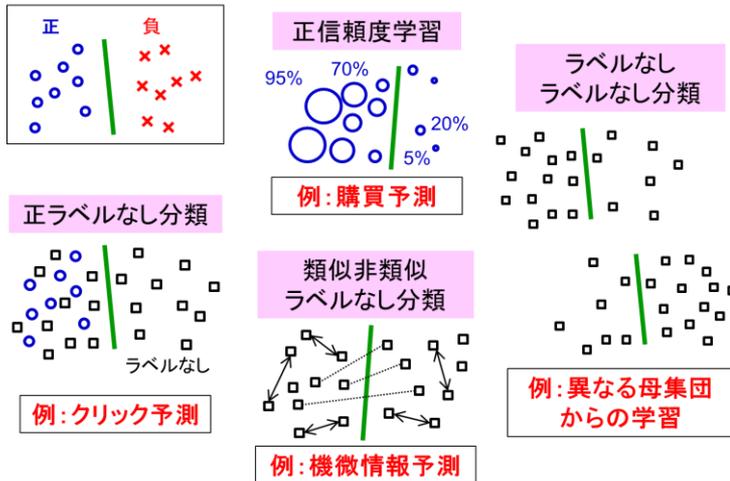
■ 今の機械学習は大量の教師データが必要:

- 容易に収集できる「弱い」教師情報を活用

■ 様々な弱教師付き学習問題に適用できる汎用的な学習理論とアルゴリズムを構築

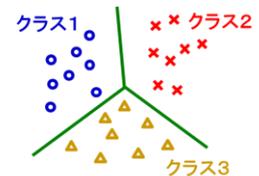


弱教師付き分類(2クラス)



弱教師付き分類(多クラス)

- **補ラベル**: パターンが属さないクラスを示すラベル
 - 例: 「クラス1に属さない」「この画像に犬はいない」
- **部分ラベル**: 真のクラスを含むラベルのサブセット
 - 例: 「クラス1か2に属する」「犬か猫か鳥のどれか」
- **1クラス信頼度**: 信頼度データ
 - 例: 「クラス1である確率が60%, クラス2である確率が30%, クラス3である確率が10%」

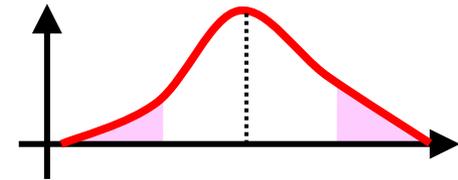


■ 英語専門書を出版:

Sugiyama, M., Bao, H., Ishida, T., Lu, N., Sakai, T., & Niu, G.
Machine Learning from Weak Supervision: An Empirical Risk Minimization Approach,
320 pages, MIT Press, 2022.

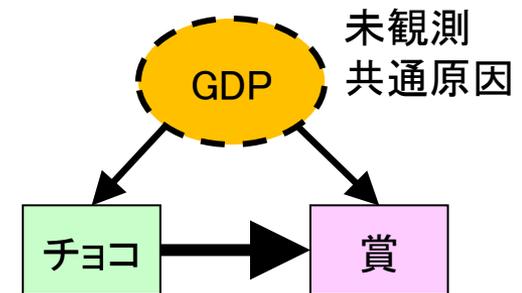
■ 仮説検定:

- 従来法はデータ駆動科学では偽陽性が多い
- 観測データで条件づけした選択的推論



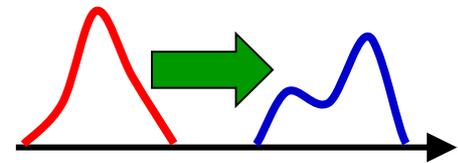
■ 因果推論:

- 従来の統計的機械学習は相関に基づく予測
- 因果構造は確率分布に含まれない



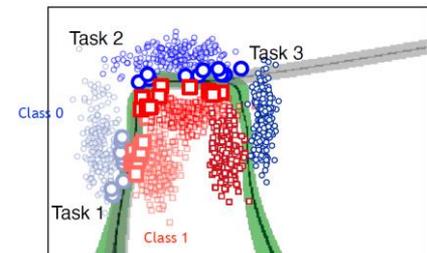
■ 無限次元関数空間の理論:

- 深層モデル(汎化解析), 最適輸送(ロバスト距離),
クープマン作用素(構造データ解析),
半無限計画(巨大最適化)...



■ 継続学習:

- 長期的に様々なタスクを学習するシステム
- 強化学習, 転移学習, メタ学習などの発展型



今後の展望

■ 機械学習技術研究の更なる促進:

- 深層学習, 最適化などの理論
- ロバスト, 弱教師付き, 継続, 因果などの学習手法

■ 研究成果の普及:

- 国際チュートリアル講演を実施
- 英語専門書を出版し新学問分野を創出

■ リーダーシップ:

- 国際ワークショップを主催
- 国際的研究拠点としての人材育成

理研AIPセンター
目的指向基盤技術研究グループ

グループディレクター
上田 修功



目的指向基盤技術研究グループの目標・戦略²¹

■ 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，関連機関と連携し，社会実装を最終アウトカムとする

残り4年間で下記5つの分野を重点化する

サイエンスの加速

AI x 医療診断

AI x 新材料発見

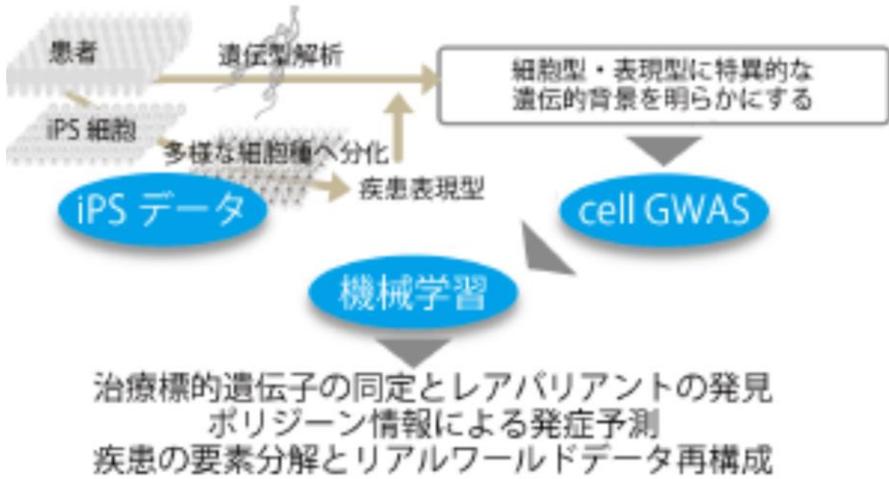
社会課題解決

AI x 防災・減災

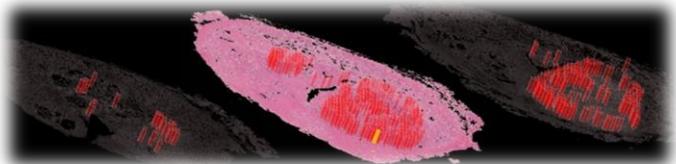
AI x 高齢者福祉

AI x 教育

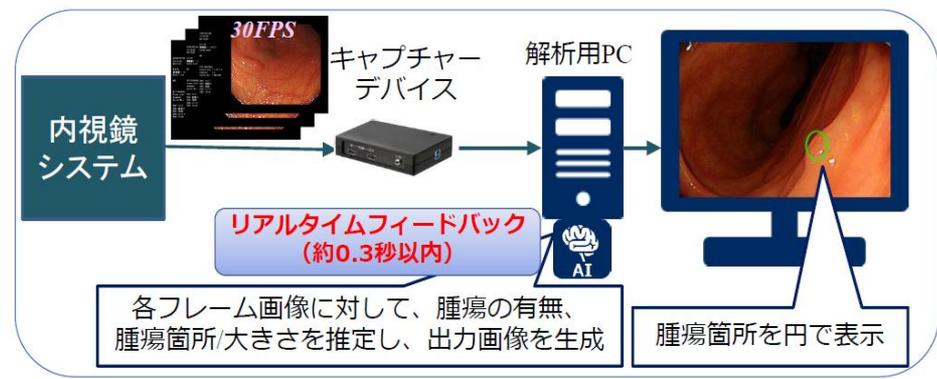
脳内アミロイドβ蓄積を予測可能なAI : gSCAN



前立腺がんの術後再発診断 肺がんの超早期診断への応用



リアルタイム内視鏡診断支援AIシステム



3次元心臓血管自動検出&リスク診断

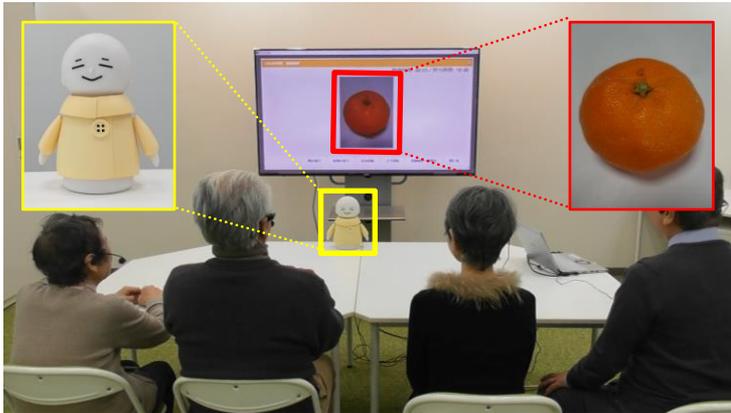


うつ病診断のための脳回路マーカー



AI x 高齢者の認知機能改善

共想法に立脚した認知的介入を可能とするグループ会話支援システム



在宅で利用可能な会話支援技術を開発



1. ロボット、タブレット等の実験機材1式発送

3. 在宅で実験

4. 実験後にアンケートを記入

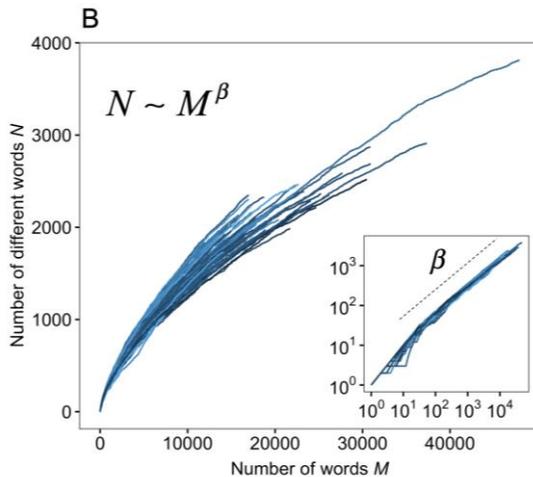


2. 説明・同意取得
実験説明
同意取得
機器の使い方説明



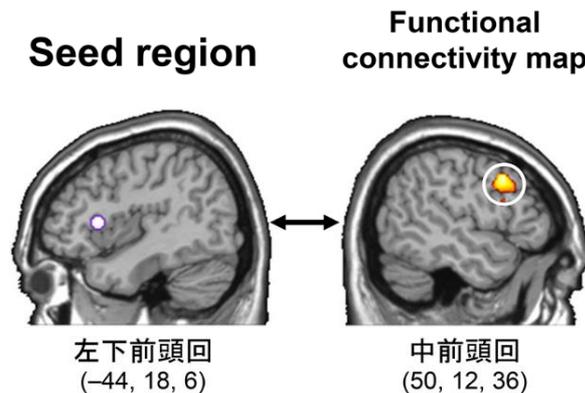
※電話等で参加者の方をフォロー

5. 実験機材1式返却

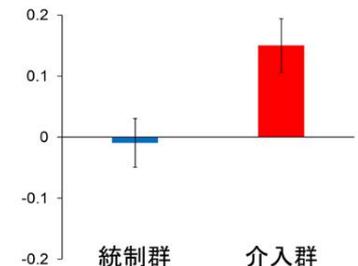


横軸: 単語数
縦軸: 単語種類数

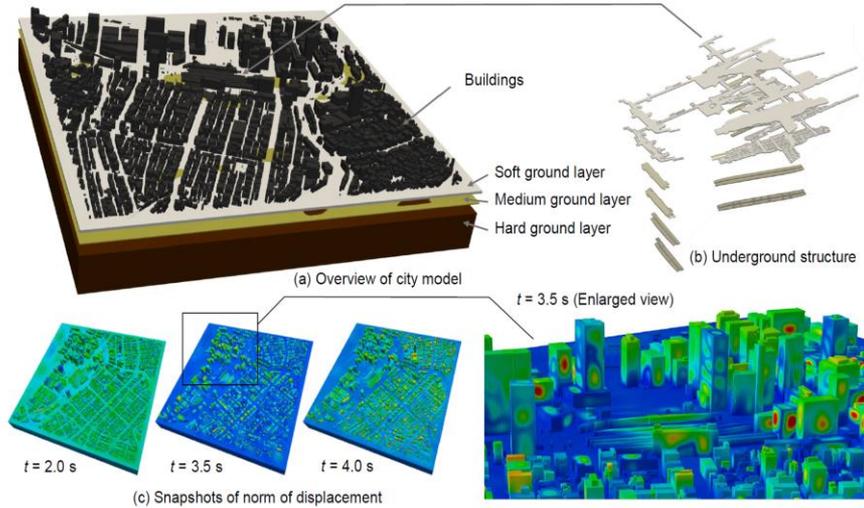
共想法(会話)による介入効果
言語流暢性の向上



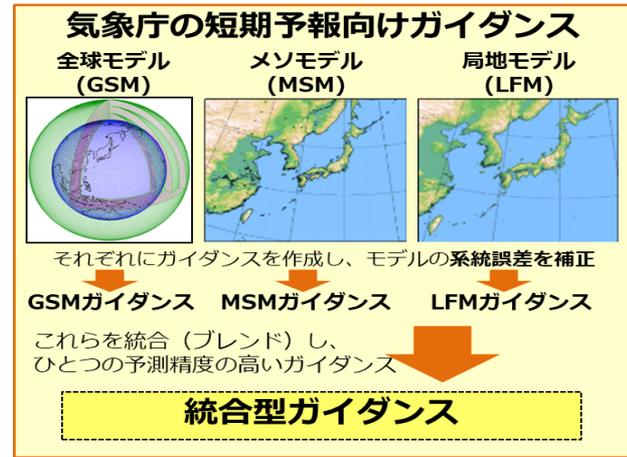
Contrast estimate with 95% C.I.



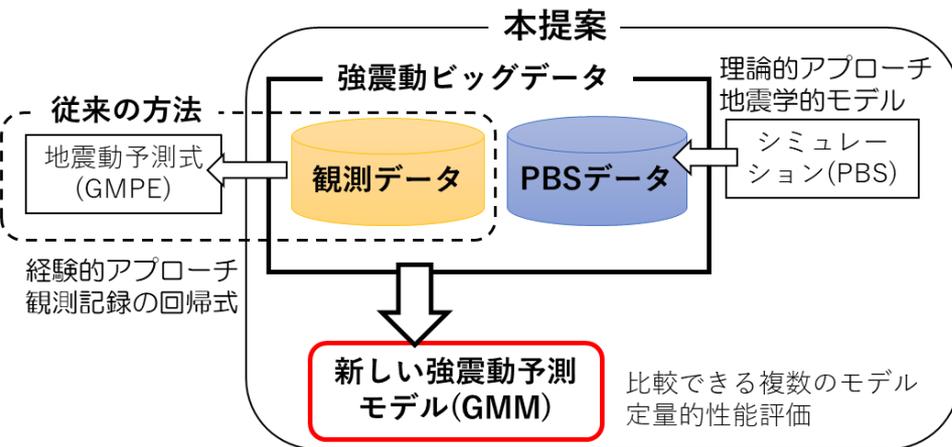
大自由度の都市地震動シミュレーション



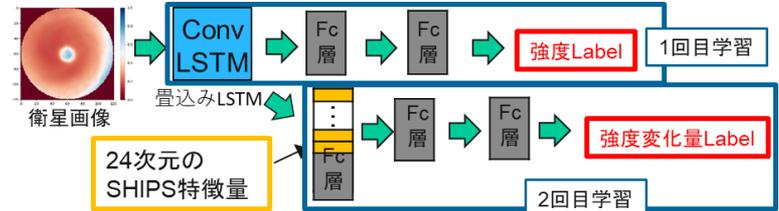
統合ガイダンスによる気象予報



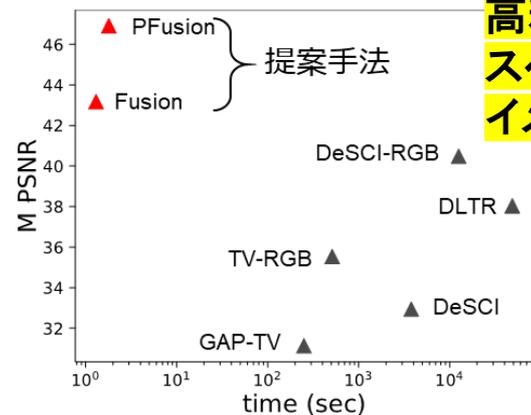
データ駆動アプローチによる強振動予測



台風の激化予測



高精細高速圧縮 スペクトル イメージング



AI × 教育

教育アセスメント

思考力・判断力・表現力の
評価・診断・指導

- 記述式答案、作文・エッセイ
- 英語ライティング、ディベート



先生の負担は増えるばかり...

×

自然言語処理

(言葉がわかるAIを創る研究)

採点・診断・添削
解説・分析・対話

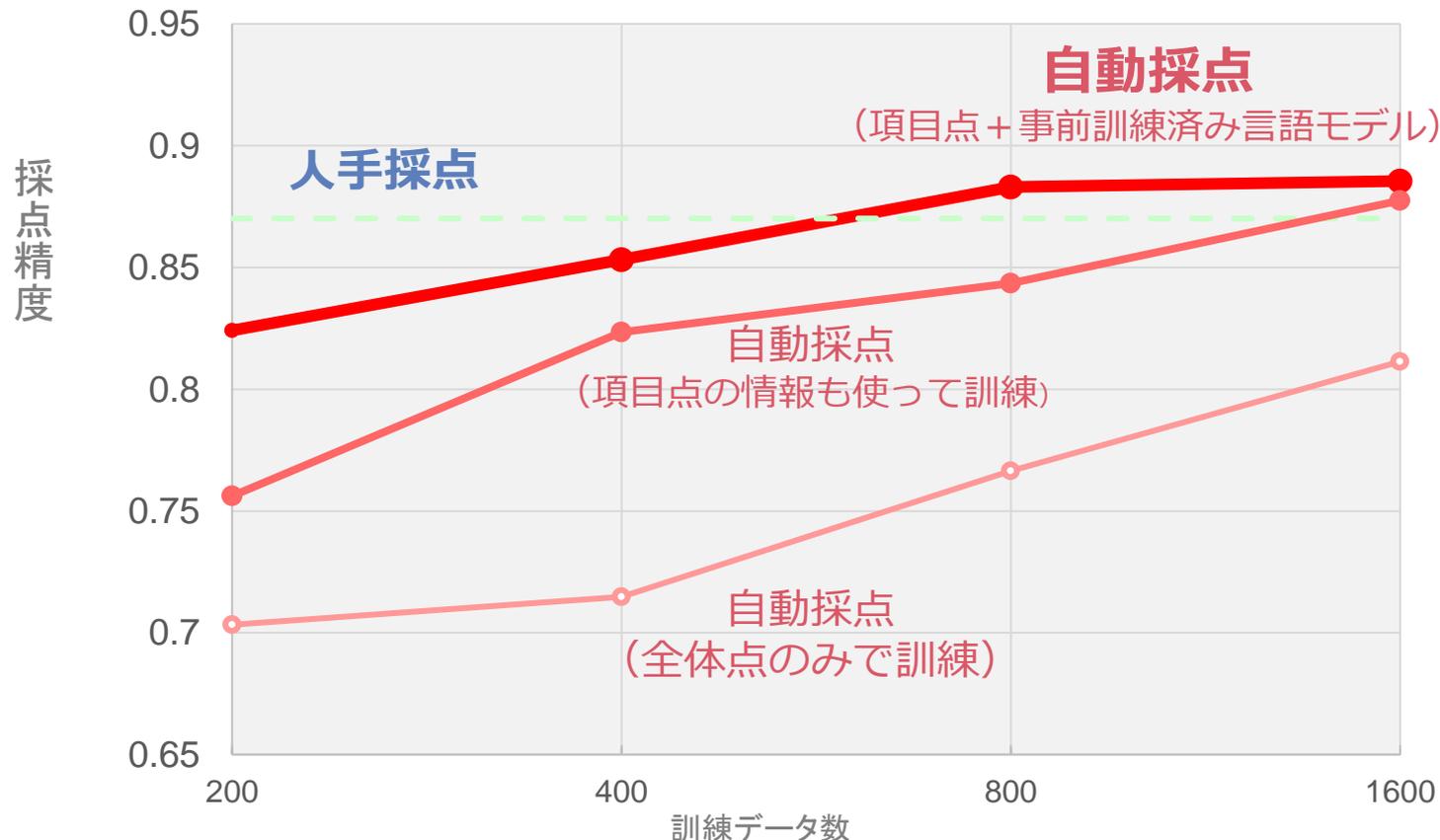


AI版「赤ペン先生」
で教育に革新を！

- 代ゼミは事業拡大（2022年）
- 河合塾とも導入を協議中（2022年実証開始）
- 文科省MEXCBTへの導入を協議、現在文科省主導の開発
コンソーシアムに参画し実証実験を準備中
(2022年実証開始、2025年までに本格運用を想定)

記述式問題の自動採点

- 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
 - さらに、項目ごとの採点の根拠箇所の提示も可能



まとめ

- AI技術による**科学の発展と社会課題解決貢献を
目指し**、以下のテーマを重点的に推進する

サイエンスの加速

AI x 医療診断

AI x 新材料発見

社会課題解決

AI x 防災・減災

AI x 高齢者福祉

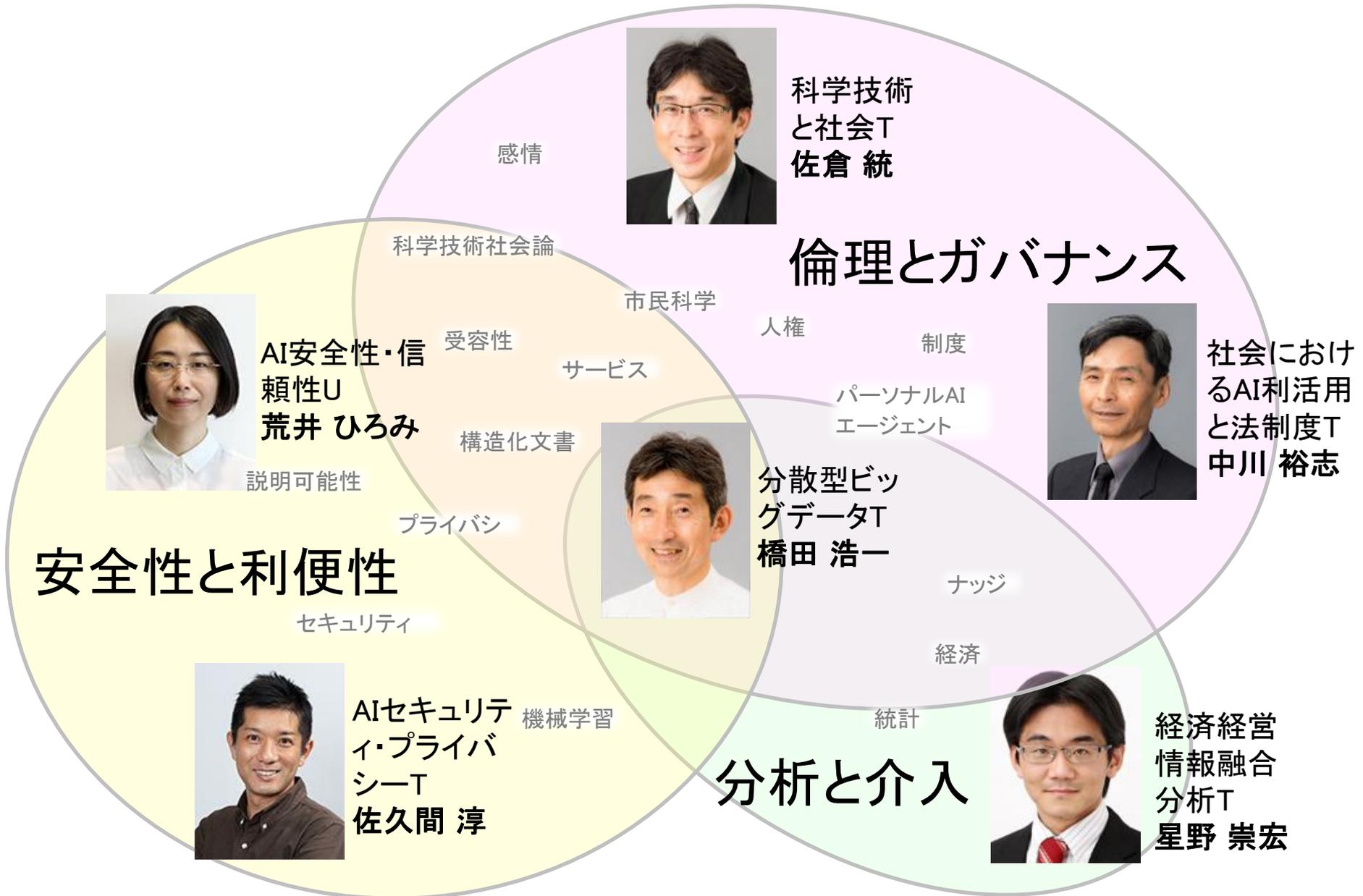
AI x 教育

理研AIPセンター
社会における人工知能研究グループ

グループディレクター
橋田 浩一



グループの構成



AIそのものの研究開発ではなく、

- AIと社会との関係の解明と改善
- AIの開発・導入・運用の社会基盤

研究テーマ

- 倫理とガバナンス
 - 人間・社会とAIとの共進化の可能性と要件
- 安全性と利便性
 - セキュリティとプライバシー
 - 説明可能性と社会的公正
- 分析と介入
 - 社会の分析
 - 実証実験と実運用
 - データの生成・共有・活用

分散型ビッグデータ

パーソナルデータ(PD)の分散管理(本人管理)に基づくサービスの社会実装

■ PLR (Personal Life Repository)

- ソフトウェアライブラリ
- PDを本人が名寄せしてフル活用
 - 1次利用(本人のための活用)と2次利用(機械学習など)
- 数十億の利用者にアプリの保守コストだけでサービス
- 人間の共同作業のほとんど(業務システムやSNS)が可能
 - 1往復/秒のやり取り
 - ワークフロー: 利用者間の定型的共同作業
 - 分散マッチング: PDを他者に開示しないサービス

■ 電子調査書@埼玉県

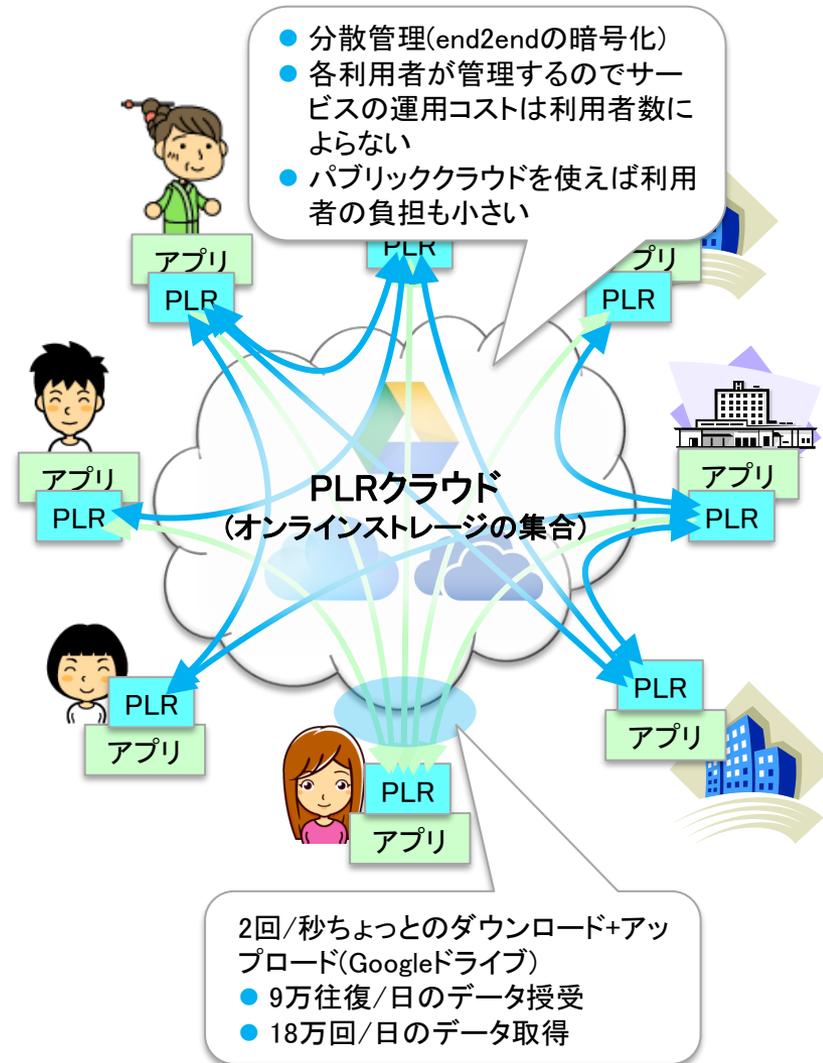
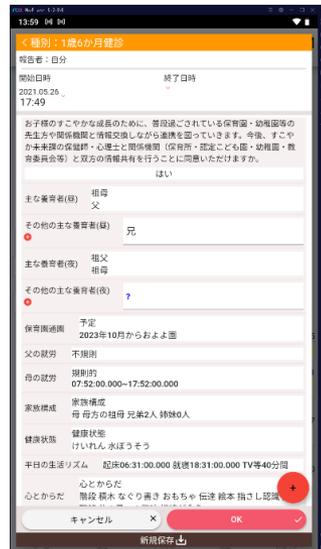
- 2020年秋から実運用中
- 県立高校の生徒がPLRアプリで作成・管理する課外活動の記録を県が運用する校務支援システムに連携して教員が調査書や推薦状の作成に利用

■ 電子母子手帳@市立伊丹病院

- 2022年1月～実証実験→実運用
- 産科と小児科のデータを母親に提供
- 看護師による健康相談
- 個人アプリで予防接種等を通知

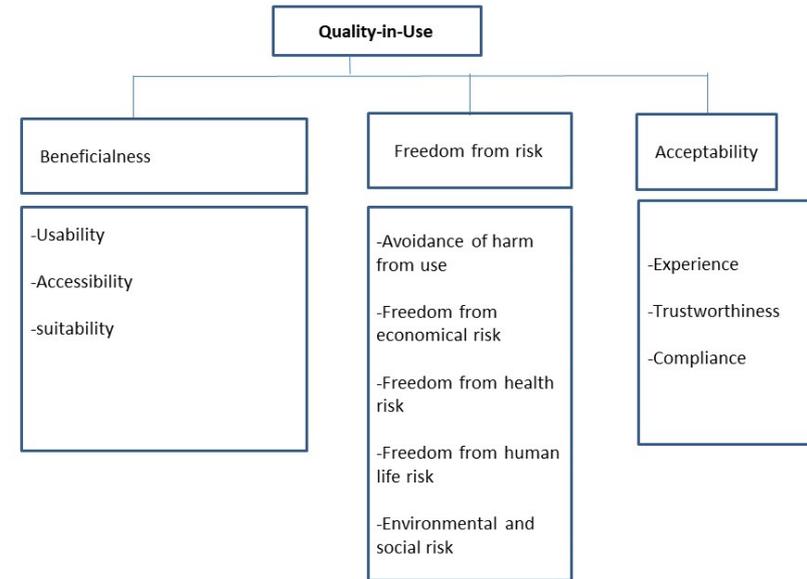
■ 乳幼児健診の電子化@熊本県荒尾市

- 2022年1月～実証実験→実運用
- 妊娠届出～3歳児健診
 - 全国展開可能
- 電子母子手帳として運用
- 他の行政手続に拡張予定



■ 技術による人や社会への影響の評価とフィードバックに関する国際標準化

- 利用時品質(Quality-in-use): 直接の使用者だけでなく多様なステークホルダ(顧客、運用者、社会)への影響を品質として捉えて体系的にモデル化
- これまでの標準化活動の成果であるユーザビリティのための産業共通書式化と併用することで、利用状況の分析対象が広がり、システム・ソフトウェアの提供者が考慮すべき品質が明確化しより有効に
- 日本の産業への貢献により経済産業大臣賞を受賞



■ 浮世絵から読み解く人＝ロボット関係の文化差

- 人とロボットの構図に見られる文化差に、浮世絵に描かれた母子像の分析(第三項共視論)を援用することで、日本ではロボットを幼児に準ずる存在として認識している可能性を見出した
- テクノアニミズム論と合わせて考察し、日本の文化特性がロボットやAIとの共生社会の規範構築に独特の貢献ができる可能性を論文化(AI&Society誌)
- テクノアニミズム論をさらに発展させるため、梅棹忠夫を始めとする思想的源流をさらに探求



AI & SOCIETY
<https://doi.org/10.1007/s00146-021-01243-8>

OPEN FORUM

Robot and *ukiyo-e*: implications to cultural varieties in human-robot relationships

Osamu Sakura^{1,2}

日本公認会計士協会との共同研究: AIと職

背景: AIが人間の労働を代替するかどうか不明

- Frey & Osborne (2013)への批判
- 不正確な予測が労働市場をゆがめる
 - 公認会計士試験受験者が激減して人手不足に

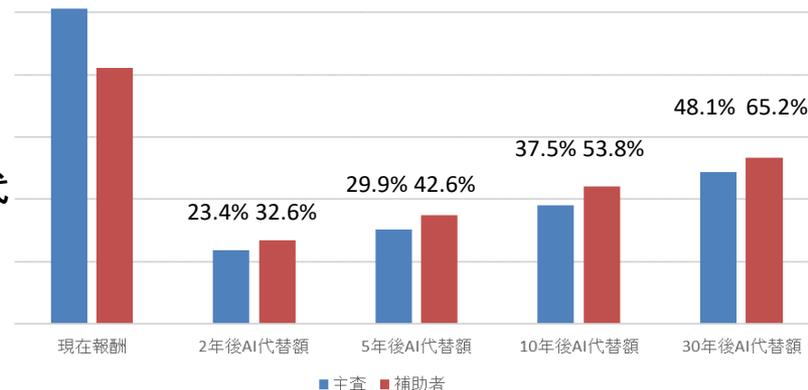
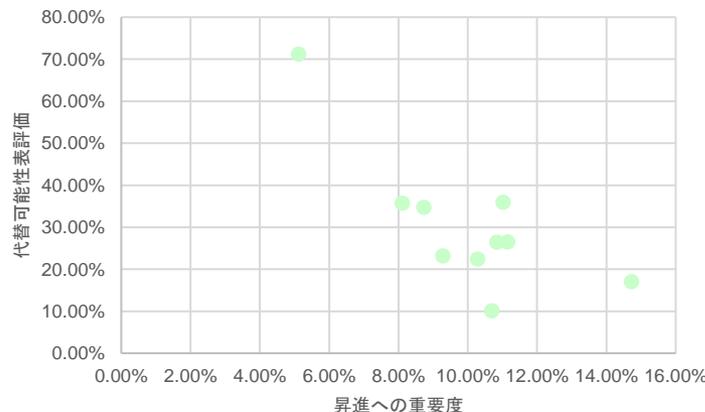
方法: 公認会計士業務へのAIの影響を調査

- AI代替可能性の評定: 会計主査と補助者の業務を10分類し各分類の代替可能性を評定(デルファイ法)
- 生産性評価のための調査: 会計士協会が計画的に抽出した600人の会計士の給与、労働時間、上司による職階昇格条件の調査(コンジョイント分析)

結果

- 30年後もほとんどの職務の代替可能性はFrey & Osborneの予想(>90%)より大幅に低い
 - Frey & Osborneは職務内容の詳細に立ち入らず
- 代替可能性の低い業務ほど人事上の評価が高い
 - クライアントとの調整が最重要
- 代替可能性が高い業務も補助者の一部の仕事をAIで代替することで生産性が約40%向上する可能性

主査 (n=101)		
業務内容	代替可能性(10年後)	昇進への重要度
①クライアントとの調整	10.11%	10.70%
②監査チームのマネジメント	36.00%	11.02%
③監査契約時(新規締結・更新時)のリスク評価	35.78%	8.12%
④企業環境の理解及び監査リスクの評価	26.56%	11.16%
⑤適切な監査手続の立案と必要な修正	26.44%	10.84%
⑥定型的な監査手続の実施	71.22%	5.12%
⑦非定型的な監査手続	22.44%	10.29%
⑧監査上の重要事項に係る検討及び判断	17.11%	14.73%
⑨監査調書の査閲と監査意見書の作成	23.22%	9.28%
⑩マネジメントレター案等の作成	34.78%	8.74%

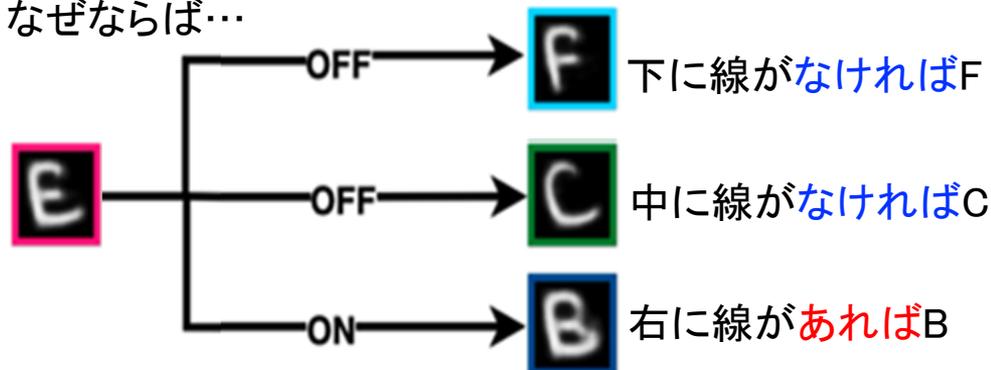


Tran, et al. AAAI2022

■ 画像分類の結果をAIが発見した記号的概念で説明

この文字はEである。

なぜならば…



悪性リンパ腫のAI病理診断(データ駆動型生物医科学T・久留米大医学部等と推進中)

患者と医師



Aと判断した根拠をわかりやすく示して欲しい。

これは確率0.85でタイプAの悪性リンパ腫で予後は良好です。その理由は…



医療画像診断AI

標本に依存しない判断の背後のメカニズムを知りたい。合理的な判断が保証される条件を明示して欲しい。

規制当局



病理医



Aと判断した根拠が医学的知見と合うか？
標本に依存しない判断の背後のメカニズムを知りたい。

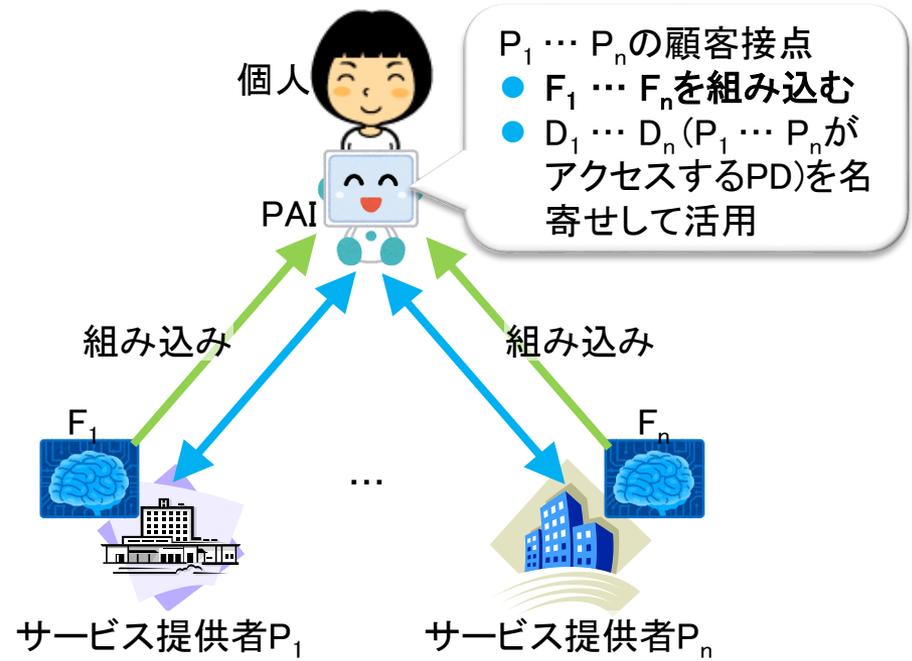
特定のアウトカムを持つ標本群を有意に識別できる(未知の)パターンを知りたい。

医学研究者



PAI (パーソナルAI)

- 各個人に専属
- パーソナルデータ(PD)を原則として他者に開示せずフル活用
 - PDの分散管理
- 本人に深くキメ細かく介入して人生を最適化
- 集中管理型AI (CAI)より付加価値がはるかに高い
 - CAIを置換



	F_1	...	F_n	他のAI	PAIの機能
D_1	P_1 によるサービス		$D_1 + F_n$ によるサービス		採寸データを使って健康管理
⋮		⋮			
D_n	$D_n + F_1$ によるサービス		P_n によるサービス		業務のデータを使って健康管理
他のPD					生活習慣のデータを使って学習指導

PAIが名寄せして活用するPD

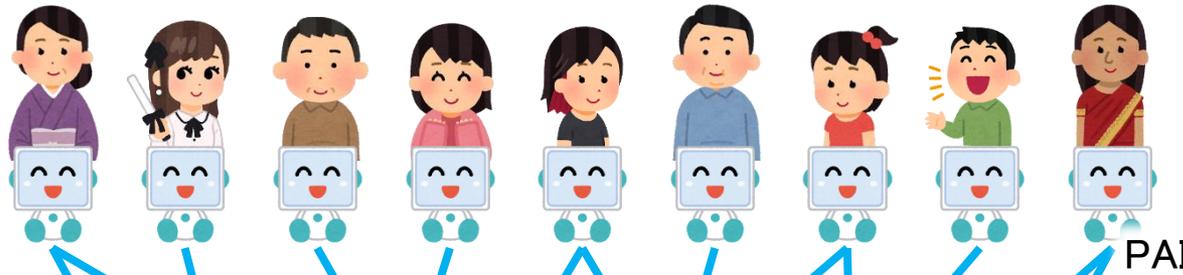
PAIによる最大 $(n+1)^2$ 種類のサービス

PDの分散管理に基づくオープン市民科学 37

民主主義

互いに強化

産業・学術・文化……



PDの分散管理

- PDを本人に集約(名寄せ)して本人のPAIがフル活用

PDの2次利用

- 市民、政府、研究機関、企業、NPO等がそれぞれ多くの個人から直接PDを収集して分析
 - 互いに分析結果をチェックしてトラストを醸成
- PAIの開発とガバナンス、人間と社会に関する研究、個人向け商品・サービスの開発、政策の立案と検証、他