

研究領域「イノベーション創発に資する人工知能基盤技術の創出と統合化」 事後評価（課題評価）結果

1. 研究領域の概要

21世紀に入り通信ネットワークの発展と通信・センサーデバイスの低廉化によりこれまでの情報通信産業だけでなく、農業や製造業など第一次、第二次産業においても、大規模データを利活用するデータベース技術とそのデータを基にした機械学習によりこれまで不可能であった産業の自動化と最適化が可能になりつつあります。今後、量・種類ともに爆発的に増大する情報を最大限に活用するためのディープラーニング、強化学習等の機械学習を例とする革新的な人工知能基盤技術が広く利用され、様々な分野において将来にわたり効果的に情報が活用される社会の実現が期待されています。今後、データ利活用により、全ての産業においてその構造を変革するような新たなサービス、イノベーションが社会に要請されています。

本研究領域では、実社会の膨大なデータを知的・統合的かつセキュアに収集・処理・学習・制御するための人工知能基盤技術と、その成果を組み合わせることにより社会問題の解決と産業の自動化・最適化に貢献するイノベーション創発に資する技術の確立を目指します。具体的には、以下の研究開発に取り組みます。

- 1) 社会・経済等に貢献するため、多種・膨大な情報を組み合わせ解析する技術開発
- 2) 多種・膨大な情報に基づき、状況に応じ最適化されるシステムのための技術開発
- 3) 多種多様な要素で構成される複雑なシステムに適用可能なセキュリティ技術開発

膨大な情報の利活用がさらに高度かつ広範に浸透した将来社会を念頭に、実社会の様々な分野への適用を見据えて、センサー技術、実時間ビッグデータを扱うデータベース技術、システムセキュリティ技術、機械学習を核とするシステム最適化技術等の高度化を進めます。さらに、それらを組み合わせ実世界データを総合的に実時間で処理し理解する情報処理システムを構築するための統合化技術の研究開発を推進します。

本研究領域による研究成果が、モビリティ、ロボティクス、健康・医療・介護、防災・減災、農業、ものづくり等における自動化・最適化を進める際のイノベーション創発の核となることを目指します。これらに取り組むにあたっては、効果的な産学連携体制を構築しつつ、社会の実問題に取り組むために、基盤研究と統合化研究が互いの課題と成果を共有しながら進展する研究開発に挑みます。すなわち人工知能基盤技術という要素技術を揃えることと、イノベーション創発のために実際にそれを組み合わせ統合化していくことの両面を考慮した研究開発を行います。

なお、本研究領域は文部科学省の人工知能/ビッグデータ/IoT/サイバーセキュリティ統合プロジェクト（AIPプロジェクト）の一環として運営します。

2. 事後評価の概要

2-1. 評価の目的、方法、評価項目及び基準

戦略的創造研究推進事業・CRESTにおける事後評価の目的、方法、評価項目及び基準に沿って実施した。

2-2. 評価対象研究代表者及び研究課題

2020年度採択研究課題

- (1) 田中 聡久（東京農工大学大学院工学研究院 教授）
多施設大規模脳波データによるてんかん診断支援AIの構築
- (2) 松谷 宏紀（慶應義塾大学理工学部 教授）

オンデバイス学習技術の確立と社会実装

(3) 諸岡 健一 (岡山大学学術研究院自然科学学域 教授)

3D 画像認識AIによる革新的癌診断支援システムの構築

2019年度採択研究課題

(1) 落合 陽一 (筑波大学図書館情報メディア系 准教授)

計算機によって多様性を実現する社会に向けた超AI基盤に基づく空間視聴触覚技術の社会実装

2019年度採択研究課題 (1年追加支援課題)

(1) 飯山 将晃 (滋賀大学データサイエンス学部 教授)

FishTechによるサステナブル漁業モデルの創出

(2) 篠田 浩一 (東京工業大学情報理工学院 教授)

社会インフラ映像処理のための高速・省資源深層学習アルゴリズム基盤

2-3. 事後評価会の実施時期

2022年11月29日(火曜日)、12月5日(月曜日)

2022年12月各研究者からの研究報告書に基づき研究総括による事後評価(1年追加支援課題)

2-4. 評価者

研究総括

栄藤 稔 大阪大学先導的学際研究機構 教授

領域アドバイザー

砂金 信一郎 LINE (株) 執行役員/AIカンパニー カンパニーCEO

伊藤 久美 オフィスKITO 代表/SOMPOホールディングス (株) 社外取締役

内田 誠一 九州大学大学院システム情報科学研究所 教授

鬼塚 真 大阪大学大学院情報科学研究科 教授

鹿志村 香 (株) 日立製作所 専門理事/研究開発グループ 技師長

佐藤 洋一 東京大学生産技術研究所 教授

杉山 将 理化学研究所革新知能統合研究センター センター長/

東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授

萩田 紀博 大阪芸術大学アートサイエンス学科 学科長・教授

松本 勉 横浜国立大学大学院環境情報研究院 教授/先端科学高等研究院 教授

松本 真尚 (株) WiL 共同創業者・ジェネラルパートナー

外部評価者

該当なし

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 多施設大規模脳波データによるてんかん診断支援 AI の構築
2. 研究代表者名及び主たる共同研究者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

研究代表者

田中 聡久（東京農工大学大学院工学研究院 教授）

主たる共同研究者

菅野 秀宣（順天堂大学脳神経外科 先任准教授）

3. 事後評価結果

○評点：

A 優れている

○総合評価コメント：

脳波からてんかん診断AIの構築という目標に対し、クラウド上でデータセットを収集するための仕組みの構築、脳波検査データの収集とアノテーション付与、てんかん性脳波波形の検出アルゴリズムの構築、頭蓋内脳波（SEEG）データの収集、研究成果の社会実装と薬事認証取得に向けたスタートアップの設立など多くの成果が得られていることが高く評価される。また、外部発表の件数も極めて多い。

研究ビジョンに対して大きな進捗を得ている。具体的には、クラウド環境にデプロイすることで誰でもどこでも最良の生理機能検査を受けるための基盤技術が整った。7施設を横断するデータを収集し、アノテーションのシステム開発および体制を構築、そして、収集したデータに基づいた高精度なてんかん診断支援のための脳波に対する診断支援 AI モデルを開発している。技術的な貢献は多岐に渡り、高性能（精度・省パラメータ）を達成するとともに、実用ニーズに即した機能開発に取り組んだ。CREST 終了後の成果展開として、商用化のための企業(Sigron)を設立している点も評価したい。改善点としては、特許出願、頭蓋内脳波データが収集されたものの十分な解析が行われるには至らなかったことがある。

この研究課題の成果として特筆すべきは、医療分野において、有意味なデータを医療機関や専門医の協力を得て収集、モデルを構築し、加えて、クラウド上にシステムを構築し、安全で安価なサービス環境を整備したことである。結果として、世界でも類をみない多施設の大規模 DB を構築し高精度なてんかん診断 AI を開発したこと、さらには、今後の医療データ収集の仕組みとして遠隔診断システムを開発したことを高く評価する。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： オンデバイス学習技術の確立と社会実装
2. 研究代表者名及び主たる共同研究者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

研究代表者

松谷 宏紀（慶應義塾大学理工学部 教授）

主たる共同研究者

岡本 球夫（パナソニックホールディングス（株） プロダクト解析センター 課長）

近藤 正章（慶應義塾大学 理工学部 教授）

塩田 靖彦（（株）フィックスターズ ソリューション第一事業部 参事）

西山 高浩（ローム（株） 回路技術開発部 課長）

三好 建正（理化学研究所 計算科学研究センター チームリーダー）

3. 事後評価結果

○評点：

A+ 非常に優れている

○総合評価コメント：

研究代表者は強いリーダーシップを持って複数の技術開発と社会実装のチームを束ね、オンデバイス学習技術（エッジAI）の確立と実用化を幅広く推進した。中でも、異常検出に注力して、効率的なオンデバイス学習の基本アルゴリズムを開発し、超低消費電力型のオンデバイス学習チップの開発に成功したことは高く評価できる。そして、AIとIoTによるイノベーションを支援する基盤技術を開発し、実用的に応用することを目的とした本CREST領域の戦略目標に非常によく合致していると評価できる。技術的にはオンデバイス学習アルゴリズムや連合学習などの要素技術を開発し、さらにデータの多峰性やコンセプトドリフトなどの実用上の課題を解決する技術を開発したことが特筆できる。実用面では、フィックスターズ、理研、パナソニックなどと連携し、多くの実証事例を実施し、実用性（安全性など）を確認している。特に、

半導体製造会社ロームと協力して、30mW程度で学習と推論ができる実用的なデバイスの開発試作に成功し、2023年に製品化、2024年に量産化する計画があり、社会的インパクトが期待される。

組み込み機器など小型のハードウェア向け機械学習技術の国際フォーラムで招待講演されるなど、オンデバイス学習の領域では世界でも最も有名な存在として認知されるようになった。一つの研究領域を形成したと言える。点が線になり、線が面になる。様々なオンデバイス学習のアルゴリズムを開発し、複数の企業と連携して、様々な応用分野で有効性を実証することが期待できる。

以上、他に先駆けて超低消費電力型のオンデバイス学習チップを開発し、これらの成果が将来的に様々な分野でのオンデバイス学習の利用を促進することが期待できる成果は高い評価に値する。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 3D 画像認識 AI による革新的癌診断支援システムの構築

2. 研究代表者名及び主たる共同研究者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

研究代表者

諸岡 健一（岡山大学学術研究院自然科学学域 教授）

主たる共同研究者

大野 英治（京都橋大学生命健康科学研究センター 客員研究員）

長原 一（大阪大学データビリティフロンティア機構 教授）

橋本 英樹（(株) プロアシスト R&D 企画部 部長）

3. 事後評価結果

○評点：

A 優れている

○総合評価コメント：

この研究課題では、子宮がんの早期発見に有効な画像処理による細胞診断を提案し、従来法との比較実験で性能が優れ、がん診断支援システムを製品化することを目指している。医療診断システムの商用化は5年で達成できるほど容易ではないが、それに挑戦したことをまず、評価したい。

多重焦点画像列を用いた子宮頸部細胞診断の基本アルゴリズムの開発、それを活用した子宮頸部細胞診断支援クラウドシステムの構築、子宮頸部細胞画像データベースの構築と公開の点で顕著な成果を得ていることが高く評価される。プロジェクト期間内に製品化を達成することは、高すぎた目標であった可能性もあるが、多重焦点画像列からの細胞検出技術の製品化が期待できるレベルまで技術開発できたと判断される。今後は、子宮頸がん細胞多重焦点画像列データセットについても、更なる拡充と公開範囲の拡大が望まれる。

本研究課題を実行するにあたり、多くの知見が得られた。特にテストマーケティングにおいて、実際の診断のワークフローの中でどのようなメリットが出せるのかをより具体的に明示できるようになることをさらに期待したい。実装において検討すべき点も見えてきた。クラウドであることによるグローバル利用、アップロードデータのボリューム、PMDA（日本の医薬品医療機器総合機構）の取得を目指す手続き、前向きデータ（将来のデータ）と後ろ向きデータ（過去のデータ）の整備がある。

本研究課題で取り組んだ多重焦点画像列からの細胞検出技術に基づく細胞診断支援システムの製品化を期待したい。既存のシステムを凌駕する高い実用性を達成すべく、プロアシスト、浜松ホトニクス、シスメックス、SambaNova等と連携関係を確立してほしい。さらには、基本アルゴリズムと支援クラウドシステムを発展させることで、他の疾患の診断システムへと拡張されることを期待したい。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 計算機によって多様性を実現する社会に向けた超 AI 基盤に基づく空間視聴触覚技術の社会実装

2. 研究代表者名及び主たる共同研究者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

研究代表者

落合 陽一（筑波大学図書館情報メディア系 准教授）

主たる共同研究者

遠藤 謙（(株) ソニーコンピュータサイエンス研究所 リサーチャー）

菅野 裕介（東京大学生産技術研究所 准教授）

本多 達也（富士通（株） マーケティング戦略本部）

3. 事後評価結果

○評点：

A 優れている

○総合評価コメント：

空間視聴触覚技術を用いることで、AI を通じて健常者・障害者という区別を無くし、多様性を持つ人々として、共創により豊かな生活を送ることの可能性を示した。ハイレベルな仮説を立てながら、直接的にそれを検証するのではなく、具体的かつ個別的な問題解決を実践するというアプローチを取っている。このアプローチは、発散的探索を伴って新鮮である。また、具体的なソリューションがわかりやすく提示されることで、次世代の研究者や一般の人々を巻き込んで、考え方や行動を変えるきっかけとなっている。多様なエクストリームユーザと協働し、AI 技術と IoT 技術を駆使して社会問題を解決するために、多角的に取り組んでいる。さらに、実用的な要素技術の研究開発も行っている。

実証実験を通じて、これらの技術が社会を変革する可能性を示している。子供向けのスポーツ用義足普及プロジェクトや、scratch を用いた開発環境、聾学校での使用など、小学生を対象とした技術開発や実証実験は、将来的に大きな社会的影響をもたらす可能性がある。また、See-through captions は商品化が進んでおり、導入件数も増えている。Ontenna は、実用的な使用ケースの開発が今後の注目点である。全国の聾学校に大きく普及したことは評価される。乙武義足プロジェクトは、AI と IoT が社会に有用であることを示したことに大きな価値がある。

大変ユニークで意義深い取り組みが行われており、デザインシンキングに変わる課題解決のアプローチとして、個別課題解決の領域で、当事者の巻き込み方やチームの作り方などを考慮して解決方法を見いだしている。また、CREST 以外からも資金を集めていると同時に、若手の研究チームが既存の枠組みにとらわれない新しい活動を行った点を高く評価したい。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： FishTech によるサステナブル漁業モデルの創出
2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

研究代表者

飯山 将晃（滋賀大学データサイエンス学部 教授）

主たる共同研究者

栗田 豊（水産研究・教育機構水産資源研究所 副部長）

田中 裕介（海洋研究開発機構地球情報基盤センター 特任技術副主任）

小山田 耕二（京都大学学術情報メディアセンター 教授）

3. 事後評価結果

○評点（2021 年度事後評価時）：

A 優れている

○総合評価コメント

（以下、2021 年度課題事後評価時のコメント）

第一次産業、それも特に漁業の操業最適化に、情報科学の専門家が挑戦したことは世界で比肩する例がなく、高く評価したい。列举すると以下となる。

1) カツオ漁場予測システム：カツオ漁業者の協力を得て質の高い教師データを利用、漁業者の漁場決定プロセスの漁場予測モデルへの組み込み、漁業者の経験知の導入等の工夫を通して、高精度なカツオ漁場予測システムを構築、従来の漁場予測の性能を凌駕した。

2) 漁場ナビ：衛星画像の雲除去技術と沿岸データ同化システムを中核技術として、日本沿岸の高解像度の海中予測、日本・インドネシア・オーストラリアを含む広範囲の予測情報、ひまわりによるリアルタイム高解像度水温情報を提供するシステムを構築した。

3) On Spot 海洋環境把握プラットフォーム：三陸沿岸350m 解像度モデルと静岡県沿岸を中心とした500m 解像度モデル、さらに、浜名湖を対象に100m解像度モデルを構築した。

以上、海況の推定や漁場の情報収集技術から、漁業経営方策の立案まで幅広くカバーしており、漁業モデルの創出という目標を達成している。また、スタートアップ企業を起し、実運用の体制を整えており、これも評価したい。自然を対象としたことから、現場での試行錯誤は困難な中、短期間で結果を得ることは難しく、また漁業従事者の信頼を得るには時間がかかることが想定された。5年という期間で「0から1」を成し遂げたことを高く評価したい。

今後は事業として漁業者の信頼を獲得しつつ、単独の学術研究の枠組みを超えて国規模での創業データの蓄積がおこなわれること、それを民間利用される枠組みにつながることに期待したい。

（2022 年 12 月追記）

本課題は、「FishTech」というプロジェクトを1年間延長し、漁場推定や海況予測の技術を改善し、実用化するための残置課題を解決するものである。①遠洋、沖合、および沿岸の漁場の予測モデルを改良、または新規開発し、その性能を評価、②2kmや400m解像度の海洋予測モデルを実際に運用し、漁業者に情報を提供、③オキアミの漁場についての操業データを収集・分析し、計量魚探による資源量推定技術の開発、を行った。①について漁業推定マップの精度の評価結果はまだ不十分であったが、改善方向の同定ができている。②については標本船による海洋環境データの取得を行っている。③については三陸沿岸の平均水温よりも高い水温（潮目の暖水側）に好漁場が形成されること、浅海域（100m等深線以浅）においてオキアミの分布水深が浅くなる時に、好漁場となることが発見されている。海洋環境データの予測と利用について、まだまだ研究余地がある結果が示されている。

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 社会インフラ映像処理のための高速・省資源深層学習アルゴリズム基盤

2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

研究代表者

篠田 浩一（東京工業大学情報理工学院 教授）

主たる共同研究者

横田 理央（東京工業大学学術国際情報センター 准教授）

松岡 聡（理化学研究所計算科学研究センター センター長）

村田 剛志（東京工業大学情報理工学院 教授）

大西 正輝（産業技術総合研究所情報・人間工学領域 研究チーム長）

中原 啓貴（東京工業大学工学院 准教授）

鈴木 大慈（東京大学大学院情報理工学系研究科 准教授）

3. 事後評価結果

○評点（2021 年度事後評価時）：

A+ 非常に優れている

○総合評価コメント

（以下、2021 年度課題事後評価時のコメント）

機械学習と高性能計算の研究者が密に連携した Co-Design と呼ぶチーム型研究を基本理念とした深層学習の高速化の基礎と応用の研究を行った。以下の研究成果が認められる。

- 1) 機械学習においては、二次最適化、自己教師付き学習、ニューラルモデル構造探索、グラフニューラルネットワークなどの研究を実施、クロネッカー因子分解を用いた二次最適化の高速近似解法が、層の数が無限大の極限では厳密な自然勾配法と同じ収束率をもつこと理論的に証明した。
- 2) スーパーコンピュータ「富岳」における 10 万ノード規模の学習アルゴリズムの超並列化に向けて、3D CNN（3次元畳み込み深層学習ネットワーク）におけるモデル並列化を推進した。
- 3) エッジデバイス向けモデルの軽量化と FPGA（現場で構成可能な論理回路）実装を行い、FPGA 実装では物体検出応用に関して CPU や GPU よりも高速な処理を実現した。
- 4) 新型コロナウイルスの感染リスクの評価を目的としてサッカー観戦会場での高解像度観客映像のマスク着用有無自動判定を可能とした。

以上、アルゴリズム・理論および富岳の環境における高スケールな学習基盤の双方において、高いレベルの研究成果を上げた。これらは最難関の国際会議に複数件採択されており、世界的なレベルで認知されている。ハードウェア、学習理論、応用の専門家が相互に刺激し合い、アイデア交換を行う研究スタイル“Co-Design”が深層学習の技術開発を活性化させたことを評価したい。今後は小規模データからの機械学習、デジタルツィンへの応用、高速計算機のメディア処理を含む応用分野開拓等へのさらなる研究グループの発展を期待したい。

（2022 年 12 月追記）

本課題が開始された頃、映像認識における深層学習は CNN (Convolutional Neural Network) が用いられるのが一般的であった。一方、2016 年から自然言語処理で Transformer が用いられ、最近では、画像認識タスクでも用いられるようになっていた。

1 年間の研究期間の延長により、Transformer の映像処理でも、これまで得られた超並列の研究成果が適用されるのかが試された。結果として、Transformer の超並列化を実装し、映像応用に展開することを目的として、1) 超並列学習を行い、メモリ資源の配置方法や高速化アルゴリズム、異常値発生メ

カニズムの解析などを行い、約 8 万倍の高速化を達成した。2) 質問応答システムでは、物体検出器を用いて改善し、トップクラスの成果を発表した。3) 人間の動作生成について、深層暗黙表現を用いた **Transformer** を開発し、世界最高性能を達成し、トップ会議で発表した点は、期待通りの成果である。超大型の事前学習モデルは今後 AI 分野における国際競争力の源泉となる。この研究成果の産業界に対するインパクトは評価されるべきである。