

戦略的創造研究推進事業
－CREST(チーム型研究)－

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」

研究領域中間評価用資料

研究総括：栄藤 稔

2021年2月

目 次

1. 研究領域の概要	1
(1) 戦略目標	1
(2) 研究領域	7
(3) 研究総括	8
(4) 採択研究課題・研究費.....	9
2. 研究総括のねらい.....	12
3. 研究課題の選考について.....	13
4. 領域アドバイザーについて.....	16
5. 研究領域のマネジメントについて.....	18
6. 研究領域としての戦略目標の達成に向けた状況について.....	22
7. 総合所見	29

1. 研究領域の概要

(1) 戦略目標

① 戦略目標名

「急速に高度化・複雑化が進む人工知能基盤技術を用いて多種膨大な情報の利活用を可能とする統合化技術の創出」

② 概要

情報技術が世界的に発展し、50年来の大きな技術的ブレークスルーと言われるディープラーニングに代表される人工知能技術の進展に対する関心が高まり、各分野における活用も急速に進みつつある。文部科学省では「AIP：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」が実施され、世界的に優れた競争力を持つ研究者の力を結集させるための、革新的人工知能技術を中核とした統合研究開発拠点が理化学研究所に新たに設置されており、一体的な事業実施が、本戦略目標の下でなされることとなっている。

「第5期科学技術基本計画（2016年1月閣議決定）」においても、世界に先駆けた「超スマート社会」の構築が重要な課題とされており、コホートデータ等の医療・健康関連のデータや材料・物性に関するデータ、都市のインフラや地球環境に関するデータ等、多種多様なビッグデータが社会の様々な場面で生み出され集積されつつある。

このような、実社会で用いられているデータについて多様な状況や要求に応じ、知的・統合的に解析・処理・制御を行う必要があるが、現時点ではそのための基盤技術が確立できていない。また、将来において社会がこれらの技術基盤を最大限活用できるようにするために、将来的な拡大を踏まえたセキュアな情報技術についても早急に構築・実装される必要がある。

このため、本戦略目標では、膨大なデータを知的・統合的かつセキュアに収集・処理・制御するための基盤技術を確立し、その成果を組み合わせることにより、膨大な情報の利活用が更に高度かつ広範に浸透した将来社会を念頭に、モビリティ、介護・ヘルスケア、防災・減災、ロボティクス等、実社会の様々な分野に適用可能な、既存サービスのさらなる効率化や新サービスの創出等に資する技術の確立を目指す。

③ 達成目標

本戦略目標では、世界的に発展しつつある革新的な人工知能技術の成果や国内で研究開発が進展している新たなアルゴリズム等を更に発展させ、社会の様々な分野における多種・膨大な情報をもとに状況に応じ、知的で統合的な解析・処理・制御を行うことのできる情報基盤技術を確立することを目的とする。具体的には、以下の達成を目指す。

- (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

④ 研究推進の際に見据えるべき将来の社会像

③「達成目標」に記載した事項の達成を通じ、以下に挙げるような社会の実現に貢献する。

- 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革新的人工知能技術が広く利用され、様々な分野において将来にわたる効果的な情報活用が実現された社会。
- 急激に進化する情報技術・環境を有効に活用し、ネットワークにつながった人々に最適なサービス等を提供する、一人一人に優しい社会。（例：平常時には、混雑のない都市交通や、地域・個人ごとのニーズにきめ細かく応える介護・ヘルスケアサービスを提供するが、一方で災害時には発災直後の情報が入らない混乱期を短縮する等の目的で、平常時と異なるデータを結びつけたサービスを迅速に構築・提供できる社会。）
- 産業界で分野横断的に活用される情報基盤技術が確立され、その成果を通じて交通・物流や人々の暮らしに関わるシステムが業種等の垣根を越えて最適化されることにより、社会コストの大幅な削減や、これまでにないビジネスやサービスの創出が可能となる社会。
- あらゆるモノがネットワークに接続される多様な状況において、セキュアな情報環境が適切に埋め込まれることにより、高度で多彩なサービスをストレスなく享受できる社会。

⑤ 具体的な研究例

(i) 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

新たな革新的人工知能基盤技術等を活用して、多様な解析情報を自律的に整理し組み合わせることで、絶えず変化する環境やニーズに応じた適切なサービスの構築や提供につながる技術の研究開発、複数の要素技術を統合的に取り扱うための研究開発等を推進する。

具体例としては、カプセル内視鏡や CT などから取得される膨大な医療画像を診断において高速処理する技術や電子カルテの高度解析による投薬や治療計画最適化をサポートする技術、及びこれらの技術から得られる解析情報を整理し組み合わせることにより病気の予兆を発見する技術等の研究開発や、個別の機能・サービスを統合するために必要なソフトウェア技術、これらの技術に基づくサービスプラットフォーム構築技術の研究開発等を推進する。

(ii) 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

個別の状況や環境に応じ、知的かつ自律的に最適なデータ取得を可能にする技術や、多様な機器等が存在する中できめ細かなニーズに応じた配置・構成を可能にする制御技術の開発、最先端の機械学習アルゴリズムにより多種・大容量の情報の超高速な解析を行い最適化

した制御を行うための技術、状況・環境等の変化に応じてオンデマンドで最適な処理を実現するための技術の研究開発等を行う。

具体例としては、自動運転において車載カメラやミリ波センサ等から連続して生み出される膨大な情報から安全走行に必要な情報のみを高度な知的情報処理を行い取捨選択しストリーム処理にかかる計算負荷を大幅に低減するデータ処理技術、災害発生時に現場の情報を迅速に把握するため平常時は他の目的に利用している街頭のカメラ・モバイル機器・医療用機器・自動車等から必要なデータを取得できるネットワークを状況に応じ自律的に構成する技術、多様なデータの意味を高度に理解してデータの統合分析を可能とするオントロジー等を多様に組み合わせた異種データ統合技術、時系列データをリアルタイムで分析するための各種の機械学習の活用技術、介護等で利用されるシステムにおいて被介護者の生体情報や環境データ等連続的に大量に発生する時系列データの処理をシステム本体周辺やクラウドサーバで分散しシステムの安定性やデータ処理遅延抑制等を実現する技術等の研究開発を推進する。

(iii) 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

多様な機器で実現可能な高機能かつ軽量の暗号化技術や、複雑多様な状況に対応するセキュリティ技術の研究開発等を行う。

具体例としては、革新的人工知能技術等を活用した予測型セキュリティ技術や、高機能な軽量暗号化アルゴリズムの開発・実装、多種膨大な情報を扱うネットワークシステム等に実装可能なセキュリティ・バイ・デザイン、来歴等のエビデンス情報（プロヴェナンス）によるデータ信頼性検証技術等の研究開発を推進する。

⑥ 国内外の研究動向

(国内動向)

2014年度戦略目標「人間と機械の創造的協働を実現する知的情報処理技術の開発」、2013年度戦略目標「分野を超えたビッグデータ利活用により新たな知識や洞察を得るための革新的な情報技術及びそれらを支える数理的手法の創出・高度化・体系化」等の下で、デバイス・ハードウェアから人工知能（知的情報処理）、ビッグデータ（基盤・応用）といったミドルウェアに係る研究開発が進められている。また、コンピュータとモノを対象としてサービス提供まで見据えた研究開発が新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）「IT融合による新社会システムの開発・実証プロジェクト」（2012年度～2013年度）等において実施されている。これらに加え、状況により変容する多種多様なデータについて、コンピュータとモノ、更にヒトまで対象として、オンデマンドでサービスを提供可能なプラットフォームやその社会実装に向けた研究開発が期待されている。

セキュリティ関連では、現実の脅威への対応を主眼として、ネットワークセキュリティに関する研究開発が情報通信研究機構（NICT）等において、クラウドでの秘匿計算等の研究開発が産業技術総合研究所（AIST）等において推進されている。今後の情報社会の特徴でもあ

る、仕様や運用が統一的に管理されないシステムにおけるセキュリティについては取り組みの初期的段階であり、アカデミア、企業からなる「重要生活機器連携セキュリティ協議会（CCDS）」が2014年に設立され、セキュリティの研究開発・人材育成が開始される等、我が国においても機運が盛り上がってきている。

（国外動向）

米国においては、米国国立科学財団（NSF）が2006年から多種・大容量のデータ処理等関連技術の基盤となる研究開発を継続的に支援しており、2015年からの新たなプログラムでは、基礎研究（3年）、学際研究（3～4年）、大規模研究（4～5年）の募集が数十万～100万ドル規模で実施されている。民間企業においても、GE社が「インダストリアル・インターネット」構想を掲げ、産業用機器のデータ集約、分析による多様なサービスの展開を推進している。欧州では、「Horizon 2020」（2012年1月～）において2016、2017年を対象としたプログラムとして関連研究開発に約1億3,900万ユーロが配分されるほか、特にドイツでは製造業の産業競争力強化を目指して「Industrie 4.0」が推進され、関連したシステム研究開発等を実施している。

セキュリティ関連では、EUにおいてはHorizon 2020で「Secure societies」としてセキュリティ関連の課題が挙げられ、総額約17億ユーロの研究予算を計上している。米国ではセキュリティ研究開発予算が大幅に増額されている（2014年度には8億ドル規模）。

⑦ 検討の経緯

「戦略目標等策定指針」（2015年6月8日科学技術・学術審議会戦略的基礎研究部会決定）に基づき、以下の通り検討を行った。

（科学研究費助成事業データベース等を用いた科学計量学的手法による国内外の研究動向に関する分析資料の作成）

科学研究費助成事業データベース等を用いて、研究論文の共引用関係又は直接引用関係の分析等の科学計量学的手法を活用することにより、国内外の研究動向に関する分析資料を作成した。

（分析資料を用いた専門家へのアンケートの実施及び注目すべき研究動向の作成）

「科学技術振興機構研究開発戦略センターの各分野ユニット」、「日本医療研究開発機構のプログラムディレクター等」及び「科学技術・学術政策研究所科学技術動向研究センターの専門家ネットワークに参画している専門家」に対し、作成した分析資料を用いて今後注目すべき研究動向に関するアンケートを実施した。その後、アンケートの結果の分析等を行い、注目すべき研究動向として「人工知能・ビッグデータ・IoTの融合による将来の社会システム技術の構築」及び「IoT時代に向けたセキュアなサイバー社会を実現するための研究開発」

を特定した。

(ワークショップの開催及び戦略目標の作成)

注目すべき研究動向「人工知能・ビッグデータ・IoTの融合による将来の社会システム技術の構築」及び「IoT時代に向けたセキュアなサイバー社会を実現するための研究開発」に関係する産学の有識者が一堂に会するワークショップを開催し、特に注目すべき国内外の動向、研究や技術開発の進展が社会的・経済的に与え得るインパクトやその結果実現し得る将来の社会像、研究期間中に達成すべき目標などについて議論を行い、ワークショップにおける議論等を踏まえ、戦略目標を作成した。

⑧ 閣議決定文書等における関係記載

『日本再興戦略』改訂 2015－未来への投資・生産性革命－(2015年6月30日閣議決定)
第二 一. 1. (3) v) <4>

人工知能や情報処理技術、高性能デバイス、ネットワーク技術、電波利用技術等については、世界最先端の技術・知見を我が国に集積するためのコアテクノロジーの確立及び社会実装を推進する。また、同様に IoT・ビッグデータ・人工知能に関し、分野を超えて融合・活用する次世代プラットフォームの整備に必要となる研究開発や制度整備改革等を行う

「科学技術イノベーション総合戦略 2015」(2015年6月19日閣議決定)

第1部 第1章 2.

「システム化」が進むとともに、より大量なデータをリアルタイムで取得し、高度かつ大規模なデータ処理等を行うことが求められる。このため、将来を見据え、IoT (Internet of Things)、ビッグデータ解析、数理科学、計算科学技術、AI (Artificial Intelligence)、サイバーセキュリティ等の先導的な基盤技術の強化が必須である。

第2部 第2章

統合的なシステムを支える IoT、ビッグデータ解析、AI、サイバーセキュリティ等の基盤技術について、各政策課題の解決に横断的に活用できる観点も踏まえて、研究開発を推進する。

「第5期科学技術基本計画」(2016年1月22日閣議決定)

第2章 (2) <2>

複数のシステム間の連携協調を可能とし、現在では想定されないような新しいサービスも含め、様々なサービスに活用できる共通のプラットフォームを段階的に構築していく。

(中略) システム全体の企画・設計段階からセキュリティの確保を盛り込むセキュリティ・バイ・デザインの考え方に基つき推進することが必要である。(中略) 産学官・関係府省連携の下で、超スマート社会の実現に向けて IoT を有効活用した共通のプラットフォーム (以

下「超スマート社会サービスプラットフォーム」という。)の構築に必要となる取組を推進する。

第2章 (3) <2>1)

特に以下の基盤技術について速やかな強化を図る。

- ・設計から廃棄までのライフサイクルが長いといった IoT の特徴も踏まえた、安全な情報通信を支える「サイバーセキュリティ技術」

- ・非構造データを含む多種多様で大規模なデータから知識・価値を導出する「ビッグデータ解析技術」

- ・IoT やビッグデータ解析、高度なコミュニケーションを支える「AI 技術」

- ・大規模データの高速・リアルタイム処理を低消費電力で実現するための「デバイス技術」

- ・大規模化するデータを大容量・高速で流通するための「ネットワーク技術」

- ・IoT の高度化に必要となる現場システムでのリアルタイム処理の高速化や多様化を実現する「エッジコンピューティング」

また、これらの基盤技術を支える横断的な科学技術として数理科学が挙げられ、各技術の研究開発との連携強化や人材育成の強化に留意しつつ、その振興を図る。

⑨ その他

○現在、情報分野においては平成 26 年度戦略目標「人間と機械の創造的協働を実現する知的情報処理技術の開発」、平成 25 年度戦略目標「分野を超えたビッグデータ利活用により新たな知識や洞察を得るための革新的な情報技術及びそれらを支える数理的手法の創出・高度化・体系化」が設定されているが、これらの研究開発とも連携しつつ、異種データをオンデマンドでリアルタイムに収集・処理し、多様な場面で安全に活用する等、技術的特性を踏まえて社会における活用を具体的に見通した研究開発を実施することが重要である。

○「社会システム・サービス最適化のためのサイバーフィジカル IT 統合基盤の研究」(2012 年度より開始)においては、ビル、大学キャンパス、自治体といった規模を対象として実社会とサイバー空間とを有機的に連携させフィードバックを行う「ソーシャル CPS」を研究対象としている。同事業は、人工知能、IoT、セキュリティ等の研究開発を統合的に推進する「AIP: 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」(2016 年度より開始)と一体的に実施される予定であり、本戦略目標下で実施される研究開発においても、関連分野を含めた密接な一体的推進による研究開発の加速が期待される。

○本戦略目標下における情報セキュリティ分野に関する研究では、将来の実装を見越し、システム全体の設計・構築方法やソフトウェア工学など学術的な基礎にまで踏み込んだ実証的な基礎研究の実施が期待される。研究の推進に当たっては、情報通信や情報処理分野における現実の脅威に対応することを主目的とした研究開発等とも連携することが重要である。新たなセキュリティ技術等を各産業ドメインに閉じずに、多種多様な機器が接続する社会において横展開する上では、アカデミアが重要な役割を担うことが期待される。

(2) 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」（2016 年度発足）

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る。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る。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る。

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す。

具体的には、以下の研究開発に取り組む。

- 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る。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する。

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む。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う。

(3) 研究総括

栄藤 稔 (大阪大学 先導的学際研究機構 教授)

(4) 採択研究課題・研究費

① スモールフェーズ

(百万円)

採択年度	研究代表者	所属・役職 上段:中間評価時 下段:採択時	研究課題	研究費*
2016 年度	飯山 将晃	京都大学・准教授	サステイナブル漁業に向けたデータ指向型リアルタイム解析基盤の開発	72.6
	大川 剛直	神戸大学・教授	放牧牛のインタラクション分析による革新的飼養管理技術の開発	114.8
	加藤 真平	東京大学・准教授	完全自動運転における危険と異常の予測	89.0
	岸本 泰士 郎	慶應義塾大学・専任講師	自然言語処理による心の病の理解:未病で精神疾患を防ぐ	90.0
	佐藤 克文	東京大学・教授	サイバーオーシャン:次世代型海上ナビ機構	85.3
	佐藤 真一	国立情報学研究所・教授	未知事物検索・認識基盤によるメディア消費者の体験・行動センシング	70.5
	篠田 浩一	東京工業大学・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	71.1
	花岡 悟一 郎	産業技術総合研究所・研究チーム長 産業技術総合研究所・研究グループ長	安全な秘匿化データ処理を実現する汎用依頼計算技術	80.6
	浜本 隆二	国立がん研究センター・分野長	人工知能を用いた統合的ながん医療システムの開発	136.8
盛合 志帆	情報通信研究機構・室長	複数組織データ利活用を促進するプライバシー保護データマイニング	81.0	
2017 年度	落合 陽一	筑波大学・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	86.0
	角田 篤泰	中央大学・教授 中央大学・機構教授	AI技術を用いた法的文書作成支援	64.7
	関谷 勇司	東京大学・教授 東京大学・准教授	サイバー脅威ビッグデータの解析によるリアルタイム攻撃検知と予測	85.9

	田中 聡久	東京農工大学・教授 東京農工大学・准教授	脳波の機械判読によるてんかん診断・ 治療支援 AI の構築	104.1
	松谷 宏紀	慶應義塾大学・准教授	リアルタイム性と全データ性を両立す るエッジ学習基盤	86.7
	諸岡 健一	岡山大学・教授 九州大学・准教授	3D画像認識AIによる革新的癌診断 支援システムの構築	92.8
2018 年度	浜田 道昭	早稲田大学・教授	人工知能技術を用いた革新的アプタ マー創薬システムの開発	84.9
	原 隆浩	大阪大学・教授	異種ドメインユーザの行動予測を可能 にするペルソナモデルの転移技術	85.9
			総研究費(スモールフェーズ)	1582.7

② 加速フェーズ

(百万円)

採択年 度	研究代表者	所属・役職 上段:中間評価時 下段:採択時	研究課題	研究費*
2019 年度	飯山 将晃	京都大学・准教授	FishTech によるサステナブル漁業モ デルの創出	225.9
	落合 陽一	筑波大学・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	308.5
	加藤 真平	東京大学・准教授	完全自動運転における危険と異常の 予測	229.2
	佐藤 真一	国立情報学研究所・教 授	精神医学×メディア解析技術による心 の病の定量化・早期発見と社会サー ビスの創出	318.4
	篠田 浩一	東京工業大学・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	306.3
	花岡 悟一 郎	産業技術総合研究所・ 研究チーム長 産業技術総合研究所・	プライバシー保護データ解析技術の 社会実装	300.5

		研究グループ長		
2020 年度	田中 聡久	東京農工大学・教授 東京農工大学・准教授	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	305.0
	松谷 宏紀	慶應義塾大学・准教授	オンデバイス学習技術の確立と社会実装	250.0
	諸岡 健一	岡山大学・教授 九州大学・准教授	3D画像認識AIによる革新的癌診断支援システムの構築	251.9
2021 年度 (予定)	浜田 道昭	早稲田大学・教授	AI アプタマー創薬プロジェクト	288.0
	原 隆浩	大阪大学・教授	異種ドメインユーザの行動予測を可能にするペルソナモデルの転移技術	300.0
			総研究費(加速フェーズ)	3083.7
			総研究費(スモールフェーズ・加速フェーズ合計)	4666.4

*研究費：2020 年度上期までの実績額に 2020 年度下期以降の計画額を加算した金額

予算の重点配分について、スモールフェーズにおいて、研究進捗に応じて応用展開に向けた応用 FS（フィージビリティスタディ）の追加配分を行い、社会実装に向けたプロトタイプ開発や知財戦略・ビジネスモデルの検討への取り組みを支援した。

応用 FS 追加予算配分状況

研究代表者	応用 FS の目的	申請年度	予算(千円)
盛合 志帆	プライバシー保護データマイニングシステムのプロトタイプ構築、銀行業務の中での有効性検証	2017	9,570
浜本 隆二	内視鏡画像 Real-time 自動解析システムの開発	2017	10,000
佐藤 克文	インドネシアの西パプア州におけるヒメウミガメ調査および再現性検証	2017・ 2018	9,770
加藤 真平	危険と異常の予測モジュールを組み込んだ小型 EV の公道・模擬市街地テストコースでのデモンストレーション	2017	9,990
花岡 悟一郎	汎用秘匿化依頼計算システムの機能や効果を明快に提示するデモの実装	2018	10,000

岸本 泰士郎	問診録音データの書き起こしおよびアノテーションの規模拡大による、安定した高精度の学習と症状の推測	2018	10,000
大川 剛直	牛間相対位置情報に基づくインタラクション情報抽出用無線デバイスの導入による、畜産農家への展開	2018	9,971
落合 陽一	「Ontenna」を用いた聴覚障がい者・健聴者が共に楽しめる音楽鑑賞体験開催	2018	10,000
松谷 宏紀	パーソナルモビリティ分野(電動車椅子)を対象としたオンデバイス学習の実験基盤構築および異常行動検出の実証実験	2019	10,000
田中 聡久	脳波の機械判読によるてんかん診断・治療支援 AI のプロトタイプの実現	2019	10,000
関谷 勇司	リアルタイムでのデータ蓄積・分析基盤「HAYABUSA」のユーザーインターフェース機能および API 操作機能の拡張	2019	5,100
諸岡 健一	区画として切り出した細胞画像を用いた DNN の有用性検証および癌診断支援システムの精度向上・高速化の実現	2019	10,000
原 隆浩	コロナ禍が消費行動に与える影響の分析	2020	10,000
浜田 道昭	AI アプタマー創薬プロトタイプシステムの構築	2020	9,900

2. 研究総括のねらい

(1) 戦略目標に対する考え

本研究領域の戦略目標は、「膨大なデータを知的・統合的かつセキュアに収集・処理・制御するための基盤技術を確立し、その成果を組み合わせることにより、既存サービスのさらなる効率化や新サービスの創出等に資する技術の確立を目指す。」とあるように、純粋な人工知能に関する科学技術の創出だけでなく、社会に役立つ貢献を目指すことにある。人工知能に関する科学技術のあり方を議論する時、機械学習やパターン認識の基礎技術が必須である一方、それらを統合して運用する総合力、すなわち①最良技術の選択と統合、②データベースや高度並列処理を含む優れた実装と運用、③データ整備と管理、④関連する法制度、倫理規定への対応が重要となる。人工知能の応用を米国、中国の巨大 IT（情報技術）企業が牽引しているのは、その総合力にある。研究総括として、人工知能領域において必要な基

礎と上記①、②、③、④を含めた科学技術の進展を狙った。日本の人工知能に関する科学技術開発の弱点は実装力の欠如だ。

(2) 研究領域で実現をねらったこと

巨大 IT 企業と実装力で真正面から競争してもできることは限られている。本研究領域では、「第 5 期科学技術基本計画（平成 28 年 1 月閣議決定）」に Society 5.0 として記述されている膨大な情報の利活用が更に高度かつ広範に浸透した将来社会を念頭に、数十人の研究者、技術者チームでも解決できる、モビリティ、介護・ヘルスケア、防災・減災、ロボティクス等、実社会の様々な分野に適用可能な具体例実現を目指した。そこでは後述の適切な問題の切り取り方が重要になる。

3. 研究課題の選考について

(1) 研究課題の選考方針、および選考結果

研究課題の選考にあたっては

1. 戦略目標の達成に貢献するものであること
2. 研究領域の趣旨に合致していること

特にモビリティ、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に関するものを重視。

は前提として捉え、領域独自の方針として①解決すべき課題の社会価値と②基盤技術のインパクトを勘案した選考方針を以下に加えている。

・イノベーション創出型

社会問題の解決あるいは産業からの要望について十分な理解があり、ビジネスモデル設計と同時にベストプラクティスの最新技術を組み合わせた統合システムを構築。

解くべき課題、ソリューション、その優位性、価値提案が具体的な提案。ただし、単なる応用提案ではなく、生活スタイル・産業構造が変わる価値を持つことが望ましい。

・基盤研究実証型

解決すべき社会・産業問題が具体化されているイノベーション創出型とは異なり、より広範な課題解決につながる汎用的機能を提供。例えば、動画像認識、自然言語処理、ディープラーニング、IoT データ解析、異常予測、セキュリティ等の要素技術を実時間データベース、大規模データ同期、データ統合処理、クラウド技術等と統合し、イノベーション創発につながる高度な人工知能基盤を構築。

実際の選考は、社会問題解決に明確にコミットしているのか、高度な人工知能基盤構築にコミットしているのかのどちらかで判断している。結果として中途半端な提案は採用されていない。イノベーション創出型に関しては以下のチェック項目を付け加えた。

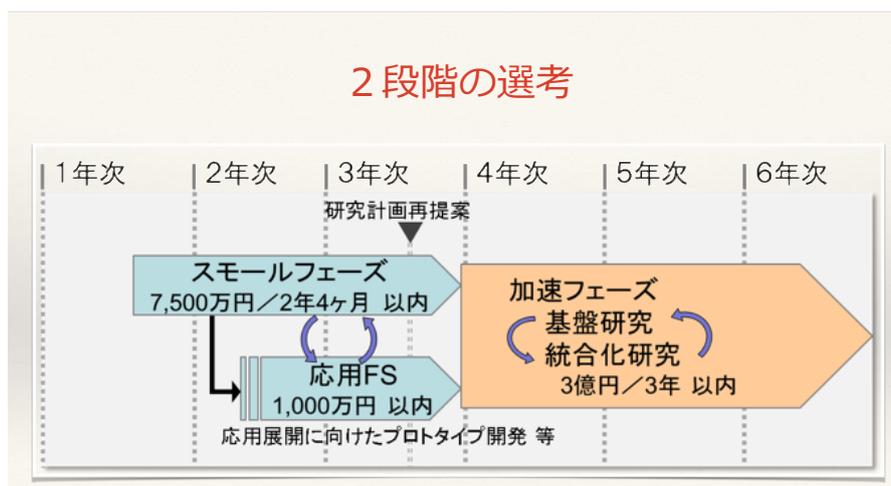
- 事業化シナリオ：結果がイメージできるか？イノベーションに向けたシナリオが明確か？提案に3億円程度の資金を投入した結果、得られる結果が想像できるか？
- 研究実施体制：チームのロール（役割）が明確か？必要不可欠なチーム編成となっているか？研究費のバラマキとならないように研究分担者の役割が明確かどうかを見極める。
- 重複：他のファンドから十分に資金提供を受けており、当プログラムからのファンドの意義が不明になっていないか？
- データの有無：機械学習を謳った提案の場合、データがあるのか、あるいはデータが得られる算段が盛り込まれているか？
- 実装力：システムを実装運用することが考慮されたチーム編成になっているか？
- 永続性：10年・20年と研究成果が利用されるテーマ設定となっているか？
- 適切な問題設定規模：大きなシェアが取れるような適切な部分問題から始めているか？
- ダイバーシティ：本領域が選定する研究代表者に多様性が考慮されているか？

その上でリスクが取られていることも加点評価とした。失敗しようのないプロジェクトは必ず失敗する。イノベーション創出も基盤研究も、「考え抜かれた上に、できるかどうか分からない」ことに挑戦する必要があるからだ。

応募件数は2016年度から2018年度まで合計140、採択件数は18であった。

本研究領域は前半2年半のスモールフェーズと後半3年の加速フェーズと呼ばれるステージゲート方式を取っている。予算規模は上限でそれぞれ7,500万円、3億円である。これは、可能性とリスクのある研究テーマを多く取り、より予算配分の必要なテーマに再投資するという戦略が背景にある。よく誤解されることであるが、「スモールフェーズで提案目標に対する達成度が良かったから次フェーズに昇格する」ことではない。例えば国立がん研究センター研究所 浜本分野長のチームは、内視鏡関連の実装では企業がより本格的に取り組む活動として自走できると判断し、さらに他のがんの自動診断研究を官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）への発展プロジェクトとして再出発している。本研究領域の主旨に照らして、人工知能技術の開発支援に1チーム3億円にもなる予算を再度投資する必要があるかないかで評価している。

2段階の選考



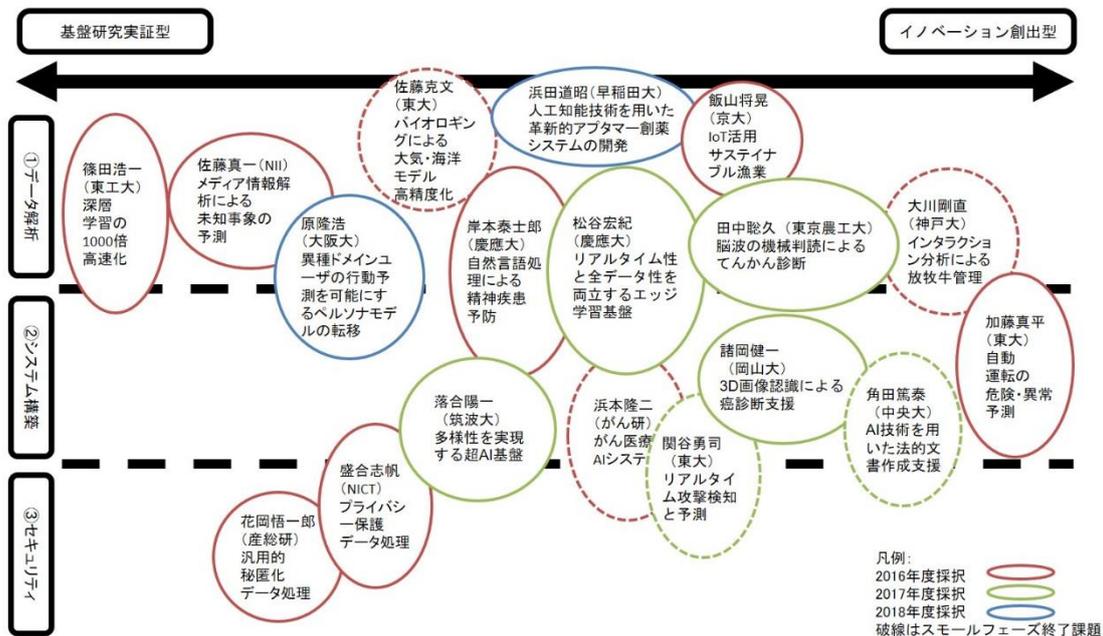
(2) 戦略目標を達成する上での選考結果

スモールフェーズでの研究代表者が全て網羅されている 2020 年 1 月時点での採択テーマを下図に示す。イノベーション創出型と基盤研究実証型が混在しているが、データ解析そのものに軸足があったものを Data Analysis 層に、システム開発に軸足があったものを Build the system 層に、基盤研究実証型であるが、実証できればイノベーションに直結するセキュリティ研究を別枠で Security 層に示した。これは達成目標に示した、

- (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の階層に対応している。

左上から深層学習の大規模高速実装、メディア解析、海洋生物行動解析、創薬、漁業データ解析、マーケティング、精神医療、IoT 異常検知、脳神経信号解析、畜産、プライバシー保護データ解析、障害者の社会参加、がん治療、サイバーセキュリティ、細胞診断、法律文書作成支援、自動走行支援に関するテーマが採択されている。

CREST「人工知能」



基礎研究実証型の領域では、動画像認識に関して1テーマ（篠田チーム）、マルチメディア解析で1テーマ（佐藤真一チーム）採択できたが、音声・音響、自然言語処理分野の基礎技術分野の応募がなく、採択できなかったのが反省点である。

イノベーション創出型ではモビリティ、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・最適化に関するテーマは防災・減災を除きほぼ網羅できている。採択テーマに関して特記したことは、情報科学研究と医学、農学、薬学との共同研究チーム、大学・国立研究機関と事業会社・スタートアップとの共同研究が採用されていることである。これまでになかった学際研究が生まれようとしている。

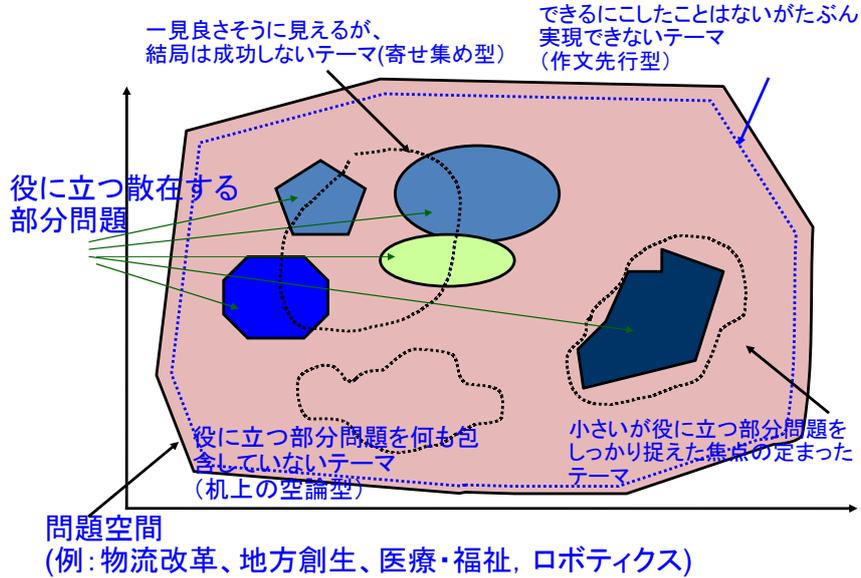
4. 領域アドバイザーについて

領域アドバイザーは、人工知能分野の科学技術研究で実績と見識のあるアドバイザーを招聘した上で、人工知能分野での事業経営者である砂金氏、スタートアップ経営とマーケティングの専門家である伊藤氏、エスノグラフィーとデザインの専門家である鹿志村氏、投資家でありスタートアップ支援の専門家である松本真尚氏に参加をお願いした。

良い科学技術論文になる・ならないであれば、学会で活躍している研究者を招聘すれば良いが、それが社会に役立つ問題を適切に切り取ってイノベーションになるかどうかは、事業に携わってきた見識者の参加が必要だと考えたからである。「良い研究テーマとは何か？それをどうやって見つけるか？」に関して下図を参考にさせていただきたい。研究と事業を一体として捉えるとテーマ設定のあり方が変わる。アドバイザーの構成は本研究領域の特徴と

言える。

適切な問題規模とは？



参考: 金出武雄: 素人のように考え、玄人として実行する—問題解決のメタ技術(2008)

領域アドバイザー名 (専門分野)	現在の所属	役職	任期
砂金 信一郎 (チャットボット、AI の戦略企画)	LINE株式会社/AIカン パニー	執行役員/カンパ ニーCEO	2016年8月~2021 年3月
伊藤 久美 (マーケティング、イノ ベーション戦略)	4U Lifecare 株式会社	代表取締役社長	2018年3月~2021 年2月
内田 誠一 (パターン認識、バイオ イメージインフォマテ イクス)	九州大学大学院システ ム情報科学研究院	教授	2016年8月~2021 年3月
鬼塚 真 (データベース)	大阪大学大学院情報科 学研究科	教授	2016年8月~2021 年3月
鹿志村 香 (エクスペリエンスデ ザイン、社会イノベーシ ョン)	株式会社日立製作所/ 未来投資本部/研究開 発グループ	理事/エイジング ソサエティプロジ ェクトリーダー/技 師長	2016年8月~2021 年3月

佐藤 洋一 (コンピュータービジョン)	東京大学生産技術研究所	教授	2016年8月～2022年3月
杉山 将 (機械学習)	理化学研究所革新知能統合研究センター／東京大学大学院 新領域創成科学研究科	センター長／教授	2016年8月～2021年3月
萩田 紀博 (知能ロボティクス、知的処理)	大阪芸術大学アートサイエンス学科	学科長／教授	2016年8月～2021年3月
松本 勉 (情報セキュリティ)	横浜国立大学大学院 環境情報研究院／先端科学高等研究院	教授	2016年8月～2021年3月
松本 真尚 (投資、スタートアップ支援)	株式会社 WiL	共同創業者／ジェネラルパートナー	2016年8月～2021年3月
浅井 英里子 (企業連携・社会イノベーション)	GE ジャパン株式会社	代表取締役	2016年8月～2018年3月

5. 研究領域のマネジメントについて

(1) 研究課題の進捗マネジメント

研究としての方向性を見失わないために、各チームにはビジョンステートメント(実現したい世界を簡潔にあわらした文章)を提出していただいている。これにより個々の研究進捗の評価を行なっている。2年目、3年目の節目にサイトビジット(2020年度後半はコロナ禍により遠隔会議で実施)を合計26回行い、アドバイザー参加を含めて助言を行なった。具体的には、関連科学技術ではテーマ実行者が一番詳しいため、それは彼らに任せ、研究総括は実装・運用に関する助言、後進のためのデータ公開の要請、事業機会を得るための関連会社の紹介、プレスリリースの奨励である。論文発表については本研究の戦略目標の柱である「人工知能分野でのイノベーション創出」に鑑みて、推奨はするが重視していない。以下が、現在推進中の研究テーマのビジョンステートメントである。研究代表者と研究総括の議論を経て合意した文章である。

- 浜田チーム：AI アプタマー創薬の実現により、希少疾患や難しいターゲットに対する創薬を実現する。これにより薬を必要とするすべての人に、安全で効果が高い薬を安価に提供する。
- 原チーム：プライバシー保護を考慮したビッグデータ解析・AI 技術により異種サービスをつなぐマーケティング施策を可能とし、利用履歴などのデータが少ない新規サービス事業者や新規ユーザに対しても安心かつ快適なサービスの提供を可能とする。
- 飯山チーム：海との共生に向け、漁船 IoT と水産・海洋学の知見を情報学で繋げた新たな技術～FishTech～により広大な海を理解し、そこから経済性と資源保護を両立させたサステイナブルな漁業を実現する。
- 落合チーム：技術によって、元来の能力を拡張し失われた能力を補完する共創環境を構築し、そのプロセスおよび組織体を社会実装し、支える人支えられる人および共に歩む人が育む文化的ムーブメントを持続発展させることに努める。
- 加藤チーム：走れば走るほど賢くなる完全自動運転システムの創発により、世界中の人々がいつでもどこでも価値ある時間と空間を最大限に享受できる社会を実現する。
- 佐藤真一チーム：心の状態を可視化・定量化する技術、すなわち種々の精神疾患の未病から疾患に至るスペクトラムをきめ細かく多面的に計測できる技術を実現する。心の健康に対する意識を高めると同時に、違いを認め多様性が尊重される社会を作る。
- 篠田チーム：現在より 10 万倍速い超高速な深層学習を実現し、AI の研究開発にパラダイムシフトをもたらす。特に大量の高精細映像の実時間解析を実現し、安心・安全な社会作りに貢献する
- 花岡チーム：個人情報や企業の機密情報等のあらゆる機微情報を、安全性を保ったまま任意のデータ処理に適用可能とするプライバシー保護データ解析技術を 2028 年までに完成させる。これにより、すべての機密データの総合的な活用がなされ、様々な高度情報サービスが実現した社会を創出する。
- 田中チーム：多施設脳波データベース、専門家の知識、そして信号処理・機械学習技術を融合したプラットフォームを構築する。これにより世界中の人が等しく最良の生理機能検査を受け「脳の病気」の診断を的確に受けられるようにする。

- 松谷チーム：オンデバイス学習と周辺技術、その集積回路化によって、エッジ AI の裾野をセンサデバイスまで押し下げ、自律的で環境変動に強いインテリジェンスを実現し、産業機器の自動化と安心安全化を進め、高度に最適化された社会システムを実現する。
- 諸岡チーム：これまで目視に頼っていたがん細胞診断を、細胞の 3 次元形状計測とデータベース構築および診断の機械学習により自動化する。これにより、高速・高精度ながん細胞診断支援システムを開発し、世界中の誰もがどこでもがん診断を受けられる社会を実現する。

(2) チーム型のネットワーク研究所としてのマネジメント

以上のビジョンファーストで個々の研究テーマのマネジメントを行う。チーム型ネットワーク研究の必要性は、上記のビジョンに照らして自発的に個々のチーム間で行えば良いとしている。とはいえ、本研究領域主催で以下のイベントを主催した。

1. シリコンバレー海外ショートビジットを 2017 年から 2 回実施。現地のスタートアップ、投資部門、UC バークレー大の産学連携を訪問し、技術系スタートアップのエコシステムを学習するとともに、チーム間のネットワーキングを行なった。また、2020 年には中国・北京ショートビジットを実施した。
2. 国際ワークショップを 2 回実施。ICT 分野の CREST 三領域（「知的情報処理」「人工知能」「共生インタラクション」）が合同で、共同研究機関であるドイツ人工知能研究センター（DFKI）と協力し、国際ワークショップを開催した（2019 年 1 月）。中国・北京郵電大学（BUPT）との合同ワークショップを共催した。日本側（CREST 代表者）：8 件、中国側（BUPT+精華大学などからの講演）：7 件の発表と、アカデミアからの起業をテーマにパネルディスカッションを行った（2020 年 1 月）。
3. CREST「人工知能」領域 成果展開シンポジウムを 3 回実施（2018 年 4 月、2019 年 6 月、2020 年 9 月）。参加者に研究者だけでなくベンチャーキャピタル、企業技術者を含む本研究領域の外の世界の方々を招聘。それぞれ、102 名、307 名、378 名（別途、Youtube Live からの視聴 255 回）を達成。

国際学会では得られない知見（シリコンバレーや北京のイノベーションエコシステム、大学のあり方、外部のベンチャーキャピタルの意見、企業経営者の意見）を得られることを主眼に置いた活動を行なった。



海外ショートビジット 中国の AI 企業 MEGVII 訪問の様子

2017 年にシリコンバレー訪問を本研究領域で行なった。その時の参加者の感想を抜粋して以下に示す。

- 篠田 浩一（東京工業大学 教授、研究代表者）
今回の訪問で、その土台に、インキュベータ、アクセラレータ、ベンチャーキャピタルなどのプレーヤーからなる強力なロジスティクスが存在していることが実感できた。また、そこでも主役は AI 研究を先導している若手研究者であり、日本の AI 技術の発展のためには、そのような人材を育てていくことが重要であることを認識した。
- 飯山 将晃（京都大学 准教授、研究代表者）
当初私が持っていたスタートアップに対してイメージとしては、Vicarious や Skydeck で紹介頂いたゲノムデータのスタートアップがちょうど想像していたものに近かったのですが、Numenta のようなアカデミック寄りのスタートアップもあり、（日本の）大学発スタートアップのやり方のひとつとして参考になったのは収穫でした。
- 盛合 志帆（情報通信研究機構 室長、研究代表者）
今回の訪問で、なぜシリコンバレーでこれほど急速にビジネスが立ち上がるのかが垣間見えた気がしました。UC Berkeley キャンパス内に起業家精神を学ぶ Sutardja Center のような場があり、企業からメンターも参加。エンジェル投資家やスタートアップの立ち上げに必要な支援するビジネスの存在。日本とは大きく違うこのような環境にすることで、学生は自然に「起業」を一つの進路として考えられるようになるのではと思いました。

感想に見られるように学会では得られない知見が研究者の意識を変えていくことにつながる。

(3) 研究費配分上の工夫

予算処置については、本プロジェクトはスモールフェーズ（上限7,500万円）＋加速フェーズ（上限3億円）という構成であり、そもそも目標変更について柔軟な建て付けになっている。加えて、スモールフェーズでは必要に応じて応用FS（フィージビリティスタディ）と呼ぶ1,000万円を上限とする追加投資が研究総括裁量で可能となっている。これまで14件の追加投資を行なった。多くは、実験拡大、プロトタイプング充実、データ整備であり、「必要に応じて予算処置を講じる」という処置は有効であったと領域総括は考えている。

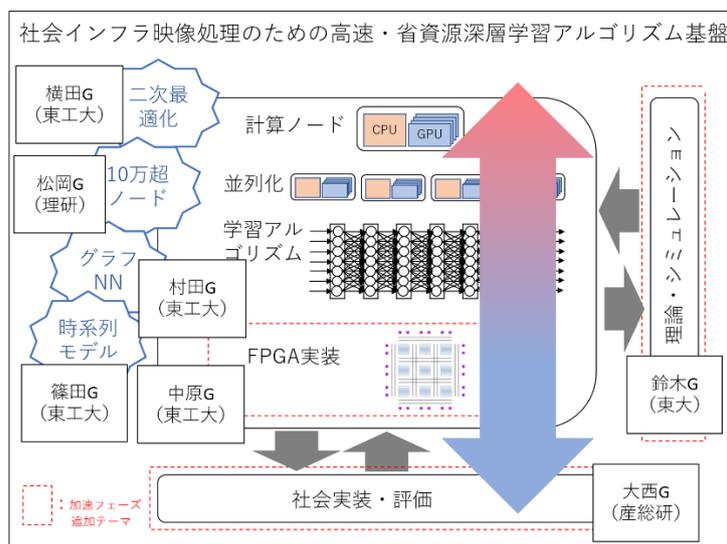
6. 研究領域としての戦略目標の達成に向けた状況について

(1) 研究の状況と特筆すべき研究成果の見通し

物理的な実験を行う必要のある落合チーム、加藤チームに、それぞれユーザーインタフェース実験、自動運転実験の進捗遅れというコロナ禍の悪影響がでているが、その懸念を述べた上でも、全体として前述したビジョンステートメントに対しての進捗は概ね順調に進んでいる。

この中で、特に以下の3チームの研究進捗を強調したい。

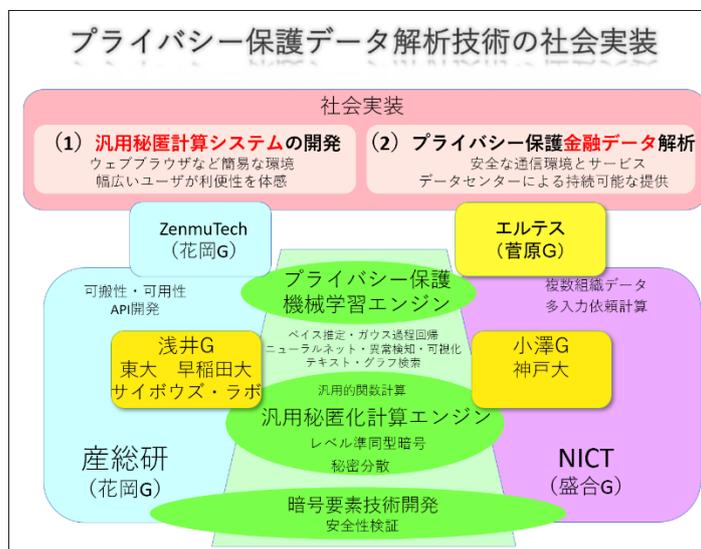
篠田チームは、世界最高性能スパコン「富岳」の稼働を受け、計算ノード数が10万以上でも安定して動作する高性能な超並列深層学習アルゴリズムを開発しており国の開発した計算機プラットフォームを有効活用する貢献が認められる。



篠田チーム：研究概要

花岡チームは、開発を行った秘匿計算技術は、プライバシー保護を考慮した信頼できるAIを実現する研究開発の方向を示しており、IACR EUROCRYPT 2020 Best Paper Award や2016

年度、2018 年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰を受賞するなど、国際的に認められた研究集団を作りつつある。



花岡チーム：研究概要

松谷チームは、製造企業に大きな影響を与えるエッジコンピューティングによる異常状態検出技術を開発しており今後の進展が期待できる。

オンデバイス学習技術の確立と社会実装

松谷宏紀（慶應義塾大学）、近藤正章（東京大学）、柳澤一・塩田靖彦（フィックスターズ）
三好建正（理化学研究所）、岡本球夫（パナソニック）、西山高浩（ローム）

本研究の概要

実世界にAIを導入する際の共通の悩み

- ✓ センサ毎に「値の見え方」が違う（設置方法、位置、…）
- ✓ 教師データをどうやって集める？ 教師データと現場の乖離は？
- ✓ センサ毎、環境毎にセンサ1つ1つ学習し直すのか？

→ オンデバイス学習と周辺技術、その集積回路化によって、エッジAIの裾野をセンサデバイスまで押し下げ、自律的で環境変動に強いインテリジェンスを実現し、産業機器の自動化と安心安全化を進め、**高度に最適化された社会システムを実現する。**

[1] KUKA Robotik GmbH, Bochum (Public Domain)
[2] <http://www.follow.com/isa-jordan-photos>
[3] Josh Swenson (Public Domain)
[4] Raynor © Open Grid Scheduler / Grid Engine (Public Domain)
[5] Sanderlight at Dutch Wikipedia (Public Domain)

本研究の研究体制（産学が密に連携）

※環境変化に応じて自律的に追加学習するためのロジックが課題 → 各分野の専門家と共同で取り組む

	<p>オンデバイス学習の対象領域</p> <p>センサ・省電力CPU 組込みCPU 組込みGPU 高性能GPU</p>
<p>慶應義塾 Keio University</p>	<p>要案技術（アルゴリズム、プロトタイプ）</p>
<p>東京大学 THE UNIVERSITY OF TOKYO</p>	<p>スマートインダストリー</p> <p>設備、製造ラインを対象としたPoC、異常診断・要因推定、工業データセット収集</p>
<p>FIKSTARS Follow up your business</p>	<p>気象データ同化</p> <p>気象センサ高度化、データ同化の苛与度に応じたデータ選別、気象シミュレーション</p>
<p>Panasonic</p>	<p>安全設計高度化</p> <p>トラッキング火災の予兆検出手法、プロトタイプ開発、安全設計データセットの収集</p>
<p>ROHM</p>	<p>チップ化&センサ応用</p> <p>専用ハードウェア設計、実チップ化、各種センサやコントローラとの統合</p>

松谷チーム：研究概要

また工学部×医学部の組み合わせである佐藤真一チームの精神医療、田中チームの脳波診断、諸岡チームの細胞診断はデータ整備を着実に進めており、今後、利活用への道筋がで

きるだけでも科学技術発展への貢献が期待できる。科学技術イノベーションは、「技術開発を尽くして事業機会の幸運を掴む」という側面がある。その点で浜田チームの創薬、飯山チームの管理漁業、加藤チームの自動運転、諸岡チームの細胞自動診断、落合チームの「誰も取り残さないインタフェース」は相当のリスクを取っての研究開発を進めている。今後のイノベーション機会に注目したい。

ビジョンステートメントに対しての各課題の進捗を以下に示す。

- 浜田チーム：データ駆動型 AI アプタマー創薬を実現に向けて、独自の実験データを多数取得（一部は一般に公開）、2 件の新規の情報技術を開発（1 件はハイインパクトジャーナルに掲載）した。データ駆動型 AI アプタマー創薬のプロトタイプシステムを構築し、製薬企業リボミック社での実運用が開始されている。
- 原チーム：E コマース業界では、既存ユーザの購買記録のみでは新規ユーザに新規の商品を適切に推薦できないが、Web 広告業界のデータを援用することで、従来技術よりも数十倍高い推薦制度を実現した。これにより、サービス事業者とユーザに重要な価値を提供できる可能性を示した。
- 飯山チーム：日本沿岸の海水温・流速予測モデルを構築し、カツオ漁の漁場予測手法についても平均的な漁業者を超える性能を達成している。また、沿岸での漁場予測に向けたデータ収集も同時に進めている。研究成果を元にしたスタートアップを立ち上げ海況情報システム「漁場ナビ」をサービス提供している。
- 落合チーム：オンテナプロジェクトや乙武義足プロジェクト、車椅子プロジェクトなど。それぞれがメディアに取り上げられ社会認知は向上している。2018 年 11 月 30 日に一般社団法人 xDiversity を設立し、車椅子や義足のプロジェクトの支援、ワークショップや持続的なカンファレンスなどを維持するための活動を行っている。
- 加藤チーム：研究成果の社会実装という観点では、研究代表者の加藤らが設立したスタートアップ企業「ティアフォー」を中心に、国際競争力も維持しながら着実にビジョンの実現に向かって進んでいる。完全自動運転のためのソフトウェアプラットフォームである、「Autoware」の開発管理とその運営母体となる Autoware Foundation の設立を行った。
- 佐藤真一チーム：学習データとして精神科医のインタビューデータを当初予定より多く収集し続けており、加えて一般の SNS データ並びにその解析についても検討を進めている。COVID-19 による人々の心に与える影響についての解析も検討を進めている。
- 篠田チーム：世界最高性能スパコン「富岳」の稼働を受け、計算ノード数が 10 万以上でも安定して動作する高性能な超並列深層学習アルゴリズムを開発しており、その実現に一定の目途が立っている。また、アプリケーションにおける高速動作を目的として深層学習モデルを FPGA に実装し、CPU に対して 100 倍、GPU に対して 10 倍速く、かつ、低コストの映像認識を実現した。

- 花岡チーム：開発を行った秘匿計算技術について、多数のトップ国際会議採録を含む数多くの学術的成果を創出しているのみならず、ZenmuTech社の参加のもと、専門的研究者でなくても容易に使用可能なツール「QueryAhead」として開発を進め、これに基づく具体的な事業化について野村総研と検討を進めており、技術開発のみならず社会展開の筋道についても明確となっている。また、秘匿金融データ解析についても、実証実験への参加金融機関を1行から5行に増やすことにより、データの大幅拡充に成功しており、実社会への展開に向けて順調に進展している。
- 田中チーム：Covid-19 パンデミックの状況下でも各施設での倫理委員会承認や、アップロードするデータの準備などが順調に進んでいる。さらに、データベースにアップロードするためのソフトウェアの開発や、脳波からの異常検出のAI開発を着々と進めており、すでに脳波データのアップロードを開始できている。10月にクラウド環境の落札業者が決定し、システムをクラウド化する下地が整ってきた。
- 松谷チーム：オンデバイス学習と周辺技術、その集積回路化に向けた開発は順調に推移し、エッジAIの裾野をセンサデバイスまで押し下げるという点は見通し良好。家電については13種の家電を試し成果が出つつある。
- 諸岡チーム：1,062体の子宮頸部細胞検体を収集し、24,369個の細胞画像からなるデータベースを構築した。このデータベースを使って、子宮頸部細胞の種類を識別するシステムを開発した。従来の診断システムはがんになりかけの前癌細胞の診断精度は6割程度であるが、開発したシステムは9割前後の精度で検出でき、その精度を飛躍的に向上した。

(2) 研究成果の科学的・技術的な観点からの貢献

本研究領域では、個々の研究テーマの評価は論文ではなく、ビジョンをどう達成するかであるとしているが、参考までに論文数と特許出願の状況は以下である。

表 研究領域全体の論文数と特許

(2020年11月17日現在)

スモールフェーズ採択年度	論文			特許		口頭発表		
	合計	国内	国際	国内	国際	合計	国内	国際
2016年度採択研究課題	432	10	422	16	7	829	640(291)	189(96)
2017年度採択研究課題	107	16	91	6	0	216	157(85)	59(35)
2018年度採	6	2	4	0	0	62	44(21)	18(5)

択研究課題								
研究領域合計	545	28	517	22	7	1,107	841(397)	266(136)

(招待講演数は括弧で口頭発表数の内数として記載)

(3) 研究成果の社会的・経済的な観点からの貢献

本研究領域の戦略目標に対する進捗を示すために個々のチームにプレスリリースを奨励している。研究開発の社会貢献を説明する習慣をつけることは重要であると考えている。研究成果の社会的・経済的な観点からの貢献を評価する客観的尺度としても有用である。表中、特筆すべき成果を太字で強調した。

それぞれ、テレビ、新聞、雑誌等のメディアでも多く報道されているが詳細は割愛する。

表 プレスリリース

研究代表者	発表日	タイトル	発表機関
浜本隆二	2017年7月10日	AIを活用したリアルタイム内視鏡診断サポートシステム開発 大腸内視鏡検査での見逃し回避を目指す	国立がん研究センター 日本電気株式会社 科学技術振興機構 日本医療研究開発機構
佐藤真一	2017年8月1日	人工知能がコンテンツのハッシュタグを考案 ～SNS上で人気度を向上させるタグ推薦技術を発明～	科学技術振興機構
盛合 志帆	2018年7月18日	プライバシーを保護したまま医療データを解析する暗号方式を実証 ～中身を見なくても誤データ混入防止、医療ビッグデータの安全な利活用へ～	情報通信研究機構 筑波大学 科学技術振興機構
飯山将晃	2018年8月28日	深層学習を用いて欠損のある海水温画像を修復する技術を開発 – 深層学習技術の衛星データへの応用 –	京都大学
盛合 志帆	2019年2月1日	プライバシー保護深層学習技術で不正送金の検知精度向上に向けた実証実験を開始 ～実証実験に参加の金融機関を募集～	情報通信研究機構 神戸大学 株式会社エルテス

飯山 将晃	2019年5月15日	[事業] 株式会社オーシャンアイズを設立しました	株式会社オーシャンアイズ
松谷宏紀	2019年10月2日	アット東京・慶應義塾大学・東京大学・セコム 機械学習を利用したデータセンター設備の異常検知および運転支援のための実証実験開始ーアット東京のデータセンターで機械学習を利用した効率的な設備運用を検証ー	株式会社アット東京 慶應義塾大学
佐藤克文	2019年12月13日	ウミガメ由来の海洋観測データを季節予測シミュレーションに活用 ーバイオリギング手法により海洋・気象観測網の発展に可能性ー	海洋研究開発機構 東京大学大気海洋研究所
佐藤真一	2019年12月16日	SNS 上で人気度を向上させるハッシュタグ推薦技術の進化 ～人気度の高いユーザのハッシュタグの使い方を模倣した AI の導入により効果1.2 倍に～	東京大学
花岡悟一郎	2020年5月14日	プライバシー保護深層学習技術を活用した不正送金検知の実証実験において金融機関5行との連携を開始	情報通信研究機構 神戸大学 株式会社エルテス
浜田道昭	2020年6月15日	RNA アプタマー創製期間の短縮に有効な新手法 RaptRanker を開発 次世代新薬開発成功率の向上とコスト低減に期待	早稲田大学
浜田道昭	2020年6月15日	in silico 解析によるアプタマーの高効率探索法に関する 早稲田大学との共同研究論文の掲載	株式会社リボミック
加藤真平	2020年9月1日	ティアフォー、「AI 教習システム」の事業化に向け協業 ー2020年9月に南福岡自動車学校で試乗会を実施ー	株式会社ティアフォー

落合陽一	2020 年 12 月 11 日	「Ontenna」プログラミング教育環境の無償公開を開始 全国のろう学校をはじめとした小学生向け体験型プログラミング学習を提供	富士通株式会社
浜本 隆二	2021 年 1 月 12 日	国立がん研究センターと日本電気株式会社が共同開発した内視鏡 AI 診断支援医療機器ソフトウェア 「WISE VISION 内視鏡画像解析 AI」医療機器承認	国立がん研究センター 科学技術振興機構 日本医療研究開発機構

特記事項として、チームからの起業・スタートアップを紹介したい。大学が行う科学技術イノベーションはスタートアップを作ることは目的ではないが、人工知能研究は実装が重要であり、事業という最終目標にいたるための手段として有効である。また篠田チームのスタートアップの所見に示されているように、「事業で見つかった問題点は CREST 研究への研究課題としてフィードバックされており、次の研究テーマへと繋がりがつあり、良い循環サイクルとなっている。」点を強調したい。

● 飯山チーム

「株式会社オーシャンアイズ」(2019 年 4 月設立)

概要：

主たる研究協力者である田中裕介を代表取締役、研究代表者の飯山将晃を含む本研究課題の参画メンバー4名を発起人として、水産・海洋情報の提供を主なサービスとするスタートアップ「株式会社オーシャンアイズ」を2019年4月に起業した。スタートアップを研究成果の展開先および漁業者からのフィードバックの場とすることで本研究課題の研究開発を加速させることができる。

● 落合チーム

「一般社団法人 xDiversity」(2018 年 11 月 30 日設立)

概要：“できないこと”の壁を取り払い、“できること”をより拡張するために、2018年11月30日に一般社団法人 xDiversity を設立し、車椅子や義足のプロジェクトの支援、ワークショップや持続的なカンファレンスなどを維持するための活動を行っている。

● 加藤チーム

「ZATTI Tech 社」(参画学生による起業)

概要：車両のライダーセンサー信号と自車位置情報を統合して、自動運転用の地図を半自動生成する事業を計画。今後研究用データの収集への貢献が期待できる。

「株式会社シナスタジア (Synesthesias, Inc.)」(2016 年 9 月)

概要：完全自動運転システムのリッチな 3 次元のセンシング情報を VR/AR コンテンツとし

て翻訳し、ユーザに時間と空間を飛び越えた新しい感覚を価値とする事業を計画。今後の完全自動運転の付加価値を大いに底上げすることへの貢献が期待できる。

- 篠田チーム

「Tokyo Artisan Intelligence (TAI)」(2020年3月設立)

概要：分担者である中原准教授（東京工業大学）が起業したスタートアップであり、CRESTの研究成果の一部を活用してFPGAなどの組み込みデバイスにAIを実装・開発するサービスを提供する事業を手掛けている。

本事業による実践的なデータ収集、精度改善の知見はCRESTにおける研究開発へのフィードバックとなっており、研究と実務の両面からAIの改善に貢献している。また、事業で見つかった問題点はCREST研究への研究課題としてフィードバックされており、次の研究テーマへと繋がりつつあり、良い循環サイクルとなっている。

7. 総合所見

(1) 研究領域のマネジメント

大学、国立研究所の研究者に、論文をはじめとする学術評価ではなく、研究と事業が一体であるという価値観を示し、情報科学の一分野である人工知能研究においては実装が大事であると伝え、ビジョンステートメント実現を目標とするマネジメントを行なった。その研究チームがその特定の目的に向かう必然性と、アプローチの納得度を共同研究者、出資者（この場合、研究総括）に理解してもらおう。これらが揃うとどうなるか。研究目標をストーリーにして、情熱と研究内容の両方を語るができる。

企業経営では当たり前の目標管理に必要なビジョン作成は研究代表者にはなれない作業だった。再提出を何回かお願いした研究代表者もいた。ましてや共同研究者やそこで学ぶ学生にはまだ浸透していないかもしれない。科学技術イノベーションの定義を、「科学的な発見や発明等による新たな知識を基にした知的・文化的価値の創造と、それらの知識を発展させて経済的、社会的・公共的価値の創造に結びつける革新」とするならば、科学的発見と価値化までの統合力はイノベーションの両輪である。チーム評価に敢えて論文発表を据えなかったのは、CRESTのこれまでのマネジメントスタイルとは外れているが、一つの実験的挑戦として理解していたければ幸いである。

(2) 研究領域としての戦略目標の達成に向けた状況

本戦略目標で具体的に定められた3つの技術開発項目に整理して以下に達成状況を報告する。

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

- 篠田チームは世界最高性能スパコン「富岳」の稼働を受け、計算ノード数が10万以上

でも安定して動作する高性能な超並列深層学習アルゴリズムを開発している。

- 佐藤真一チームはスモールフェーズで別チームであった岸本チームと組み、精神科医のインタビューデータを当初予定より多く収集し続けており、加えて一般の SNS データ並びにその解析についても検討を進めている。
- 大川チームは放牧飼育される牛のストレスを中心に健康状態を牛と牛の間に見られるインタラクションより推定する手法の研究開発を行った。そのために必要な情報を取得可能な、電力消費の少ない BLE タグの電波強度を用いたトラッキングシステムを新規に開発した。また並行して、目視による牛の行動観察や血液や唾液の採取なども継続的に行い、分析結果を解釈する上で必要な情報を継続して取得した。理論面でも、時間発展型ネットワーク解析のためのフレームワークを開発し、インタラクション分析に備えた。
- 佐藤克文チームは海鳥やカメなど海洋に生息する動物に搭載した装置から、風速、風向、波高、広域・深度の海水温の情報を得る技術(バイオロギング)を開発した。特に、衛星からは観測が難しい深い深度を潜るウミガメから鉛直方向の水温を取得してデータ同化を行うことにより、数カ月先の海水温変動の予測精度が向上することを示した。
- 田中チームは順天堂大学医学部脳神経外科 菅野准教授と組み、脳波データの整備と脳波からの異常検出の AI 開発を行なっている。
- 諸岡チームは京都橘大学健康科学部 大野教授と組み宮頸部細胞検体を収集し、24,369 個の細胞画像からなるデータベースを構築し子宮頸部細胞の種類を識別するシステムを開発している。
- 松谷チームはフィックスターズ、パナソニック、ローム等の企業と組み、製造業における工業データセットを収集しエッジ AI の裾野をセンサデバイスまで押し下げるという目標は見通し良好。家電については 13 種の家電を試し成果が出つつある。
- 浜田チームはデータ駆動型 AI アプタマー創薬の実現に向けて、独自の実験データを多数取得、2 件の新規の情報技術を開発している。

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

- 飯山チームは日本沿岸の海水温・流速予測モデルを構築し、カツオ漁の漁場予測手法についても平均的な漁業者を超える性能を達成している。また、沿岸での漁場予測に向けたデータ収集も同時に進めている。
- 落合チームは 2018 年 11 月 30 日に一般社団法人 xDiversity を設立し、車椅子や義足のプロジェクトの支援、ワークショップや持続的なカンファレンスなどを維持するための活動を行っている。
- 加藤チームはスタートアップ企業「ティアフォー」を中心に、国際競争力も維持しながら着実にビジョンの実現に向かって進んでいる。完全自動運転のためのソフトウェアプラットフォームである、「Autoware」の開発管理とその運営母体となる Autoware

Foundation の設立を行っている。

- 浜本チームは国立がん研究センターを中心に蓄積されている膨大ながんに関するデータを解析し、エピジェネティクス解析、内視鏡や放射線画像等の医用画像解析、これらをマルチオミックスで解析するためのデータベース作成を行い、統合的ながん医療システムの開発を実施した。さらに、大腸内視鏡用の AI 診断支援医療機器ソフトウェア「WISE VISION 内視鏡画像解析 AI」が医療機器として承認された。
- 角田チームは法律分野へ AI を適用し、地方自治体の大規模条規（法令）データベースを整備し、法的文書のテンプレート作成とそれを用いた文書作成支援システムのプロトタイプを作成した。
- 原チームは E コマース業界データに Web 広告業界のデータを援用することで、従来技術よりも数十倍高い推薦精度を実現している。巨大 IT 企業でないサービス事業者とユーザに重要な価値を提供できる可能性を示した。

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

- 花岡チームはスモールフェーズで別チームであった盛合チームと合同し、国内有数の研究者集団を形成している。開発を行った秘匿計算技術について、多数のトップ国際会議採録を含む数多くの学術的成果を創出しているのみならず、ZenmuTech 社の参加のもと、専門的研究者でなくても容易に使用可能なツール「QueryAhead」として開発を進め、これに基づく具体的な事業化について野村総研と検討を進めており、技術開発のみならず社会展開の筋道についても明確となっている。また、秘匿金融データ解析についても、実証実験への参加金融機関を 1 行から 5 行に増やすことにより、データの大幅拡充に成功しており、実社会への展開に向けて順調に進展している。
- 関谷チームはサイバーセキュリティ対策アシストを目標に据え、サイバーセキュリティ脅威の検知に関する実データの大規模収集という難しい課題に取り組み、収集したデータセットの有用性を機械学習の適用により示した。

科学技術イノベーションは、技術に基づく諸活動であるが、技術志向トップダウンで系統的に研究領域を設計することは難しい。データがあるところに事業機会があり研究機会がある。そこで個々の研究成果を元に報告した。概ね戦略目標の達成は順調に推移している。

(3) 本研究領域を設定したことの意義(研究開始以前と現時点との比較を念頭にして)



写真は科学技術振興機構の業務で 2019 年に訪問した中国科学院深圳先進技術研究院 (SIAT) の玄関に設置されていたモニュメントである。左の柱は生物学 (Biotechnology) を右の柱は情報工学 (Information Technology) を象徴している。この両者が協働することがこの研究所のビジョンであることが示されている。

「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」という大目標の下で、研究目的が健全であろうとすれば、人工知能の研究者は他分野の研究者と組まざるを得ない。本研究領域の研究代表者と共同研究者のチーム構成は多様性に富んでいる。医学、工学、情報科学、農学、水産分野の大学・国立研究所、技術系スタートアップ、IT 企業、通信企業、製造企業の研究者と技術者が協同で研究開発を行うことが夢ではなく現実になっている。

(4) 科学技術イノベーション創出に向けた、今後への期待、展望、課題

課題から述べる。

本研究領域のテーマ選択には前半 2 年半のスモールフェーズと後半 3 年の加速フェーズと呼ばれるステージゲート方式を取っている。スモールフェーズに採択されたテーマを 2 年半後には半数に絞る方式には長所と短所がある。

長所は前述したように、可能性のあるテーマを多く採用し、ブラッシュアップしてチーム構成を整備しながら、加速フェーズで再投資できる。リスクの高い研究を助成するにはこの方法が良い。短所の一つは大学の特任教員採用との相性が悪いことである。5 年間の安定雇用の保証がないと優秀な特任教員が採れないと聞く。もう一つの短所はスモールフェーズ打ち切りを失敗と見なされることへの研究代表者の失望感である。初期フェーズ打ち切りは「新規事業に失敗はつきもの」と考える文化であれば耐えることができるが、それに慣れていないと打ち切り通告時の徒労感は相当だと想像できる。研究代表者と評価者の関係もギクシャクしたものになりがちである。

では、このステージゲートは良かったのか悪かったのか。まだそれを総括するにはまだ早

いが、もし採用しなければ、今のような成果報告ができるテーマ構成にはなっていなかったと言える。CRESTのあるべき姿を探すことは難しいが、5年間5億円のプロジェクトを1つ作るのではなく、5年間1億円のプロジェクトを5つ作り、その中で必要テーマに増資するという方法も一案と考える。

本研究総括もここ5年間機械翻訳と自然言語対話インタフェースの研究開発を自ら行なってきた。ここ10年間での深層学習の進歩は目まぐるしい。2016年にアテンションと呼ばれるデータ注視機構が発明された。そして2018年にはそれを大規模並列に組み合わせたトランスフォーマーという発明がなされた。機械翻訳の性能で言えば、2018年以前と以降では全く違う。トランスフォーマーの技術は自然言語処理から動画像・音声処理に拡張されメディア変換・自動生成の性能が劇的に変わろうとしている。人工知能領域では3年前に立てた技術開発計画が役に立たない状況になっている。このように急速に新発明がなされる領域では、テーマ運営を機動的にする必要があるのではないか。技術ではなく、問題解決にコミットするアプローチもあって良いと考える。冒頭で適切な問題の切り取り方とビジョンステートメントの重要性を述べたのは、少なくとも取り組むべき社会問題のほうが変化しにくいと考えたからだ。

本研究領域では明確に「価値化」を目標に掲げ、技術開発だけではなく、問題解決に光をあてた。①最良技術の選択と統合、②データベースや高度並列処理を含む優れた実装と運用、③データ整備と管理、④関連する法制度、倫理規定への対応を統合的に進めていくことの重要性を理解する研究グループを育成していきたい。イノベーションが純粋科学だけでは達成できないからには、研究と事業を同時に開発できる人材育成が必要である。この研究領域から世に役立つ科学技術開発の成功例、ロールモデルが実現できたらと思う。課題は、その確率を上げるための育成機会の確保である。コロナ禍発生前は学生を含めた全員出席の領域会議、海外視察、成果展開シンポジウムを行えたが、今はその機会が減っている。お互いの研究成果、アプローチを参考にしながら切磋琢磨できる機会の提供を意識したい。

(5) 所感

一つの偉大な発明が大きな社会貢献を生む銀の弾丸を作ることは工学者にとっての夢である。それはそれで追いたい、多くの工学者にとってビジネスモデルを考え、適切な時期に最適な技術を組み合わせて試行錯誤を経て世にその価値を問う訓練も必要であると考えている。そのために本研究領域では、学術貢献ではない、世の中の役に立つ価値創造に軸足を敢えて置いた。実験的挑戦として評価していただければ幸いである。

パターン認識、ロボット工学分野での大先輩である金出武雄先生のカーネギーメロン大学常勤時代の言葉に“Who said it first is not important. Who gets there first is.”がある。「最初に言った人が重要では無い、最初にそこに到達した人が重要である。」という言葉は抛り所にして研究領域を運営している。

以上