

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」

研究領域事後評価用資料

研究総括: 栄藤 稔

2024年1月

目 次

1. 研究領域の概要	1
(1) 戦略目標	1
(2) 研究領域	2
(3) 研究総括	3
(4) 採択研究課題・研究費.....	4
2. 研究総括のねらい.....	6
3. 研究課題の選考について.....	7
4. 領域アドバイザーについて.....	12
5. 研究領域のマネジメントについて.....	14
6. 研究領域としての戦略目標の達成状況について.....	21
7. 総合所見	31

1. 研究領域の概要

(1) 戦略目標

・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」

・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イ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国立研究開発法人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。

・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。

・研究推進の際に見据えるべき将来の社会像

- 「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。

(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」（平成 28 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。

- ② 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て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て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

氏名 栄藤 稔（大阪大学先導的学際研究機構 教授）

上記詳細は、以下 URL をご参照ください。

JST 公開資料「新規研究領域の事前評価」

<http://www.jst.go.jp/kisoken/evaluation/before/index.html>

平成 28 年度新規研究領域の事前評価

https://www.jst.go.jp/kisoken/evaluation/before/hyouka_h28.pdf

(4) 採択研究課題・研究費

表1 スモールフェーズ採択研究課題・研究費一覧

採択年度	研究代表者	所属・役職	研究課題	研究費 (百万)
2016	飯山将晃	京都大学・准教授	サステ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研究	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	慶応義塾大学・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	システム研究機構国立情報学研究所・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	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研究所・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	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	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	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	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	慶応義塾大学・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	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	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

スモールフェーズ総研究費 1582.7

表2 加速フェーズ採択研究課題・研究費一覧

採択年度	研究代表者	所属・役職	研究課題	研究費 (百万)
2019	飯山将晃	滋賀大学・教授	FishTechによるサステナブル漁業モデルの創出	228.3
	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	351.5
	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	システム研究機構国立情報学研究所・教授	精神医学X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	323.0
	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	316.3
	花岡悟一郎	産業技術総合研究所・首席研究員	プライバシー保護データ解析技術の社会実装	300.5
2020	田中聡久	東京農工大学・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	322.3
	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	3D画像認識AIによる革新的癌診断支援システムの構築	256.8
2021	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	294.5
	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	308.6

加速フェーズ総研究費 3181.0

スモールフェーズにおいて、応用フィージビリティスタディー（応用 FS）経費の増額を研究総括判断で行っている。特に浜本チームの「人工知能を用いた統合的ながん医療システムの開発」（研究費 136.8 百万円）では、人工知能を活用したがん診断におけるサーバー購入、大川チームの「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」（研究費 114.8 百万円）では放牧牛へのセンサーシステム購入、田中聡久チームの「脳波の機械判読によるてんかん診断・治療支援 AI の構築」（研究費 104.1 百万円）では、脳波診断のためのサーバー購入に経費増額を行っている。

加速フェーズでは多くのチームが約 3 億円の予算上限付近で計画を進めている。その中で飯山チーム、松谷チーム、加藤チーム、諸岡チームは構成メンバーがコンパクトなことから、約 2 億 5000 万円という比較的控えめな計画を立てている。これらのチームの研究代表者が、採択時は、准教授であることから、大規模チームを作ることができなかったことによる。情報科学分野で、新規プロジェクトの予算規模は、彼らの予算規模が一つの目安になり得ることが示唆される。

2. 研究総括のねらい

(1) 戦略目標に対する考え

本研究領域は、戦略目標に「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。日本の人工知能に関する科学技術開発の弱点は事業化を俯瞰した実装力の欠如だ。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、その統合力と規模にある。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を実践した上で、必要な人工知能基盤技術開発の加速を狙った。単に人工知能に関わる科学技術の進歩を図るだけではなく、それを社会に役立てることに重点を置いている。規模では米国や中国に劣るかもしれないが、日本社会と産業が直面している具体的な問題を解決することに集中し、人工知能の基盤技術の社会実装を目指した。

(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。人工知能を専門とする情報科学系の研究者と現場の問題を抱える医療系研究者、農水産系研究者、そして多様な産業応用を担う企業が連携して、実業に貢献できることをねらった。さらに、異分野の研究、学術と産業の連携を通じて、新しい技術の開発を推進するだけでなく、社会や産業を改善することができる人材の育成にも力を入れた。これは、優れた実装能力を持ち、社会に貢献する意欲と能力を兼ね備えた次世代の専門家を養成することを意味する。具体的には、人工知能基盤技術の素養がある研究者が牽引し、実際の課題解決プロセスにおける経験を積ませることで、理論と実践の両面からの学びを促した。これは若手に限らず、学術分野の PI (Principal Investigator、研究代表者) が両手利きの技術経営能力を身につけること、つまり、新しい技術を生み出し、それを実社会に適用する能力を持つ人材が育つことをねらった。

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

- 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。これは前提として捉え、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：参加メンバーのルール（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：本研究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った。事業化シナリオは、具体的にスタートアップを起業するという具体的なものから、社会にどのように貢献するかという抽象的なものまで幅を持たせている。採択にあたっては、産業界からのアドバイザーの意見が非常に参考になった。

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。ステージゲート方式の功罪については総合所見の節で述べる。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 4 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。

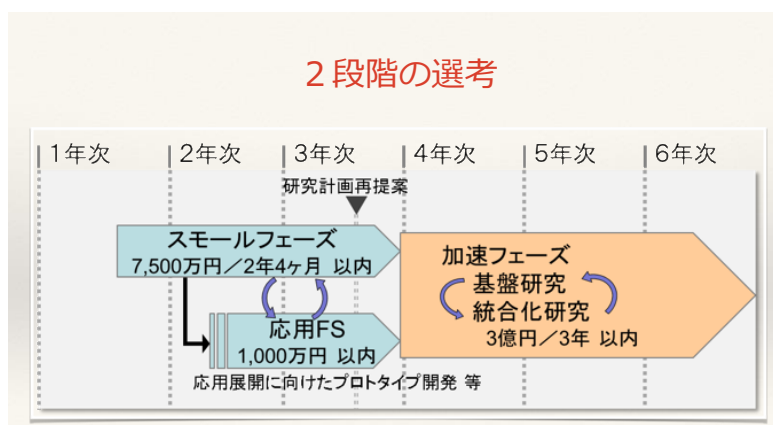


図 1 2 段階の選考

(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。採択にあたっては、スコアリングは行ったが、最後は領域アドバイザーの意見を入れて、領域総括が判断を行った。評価が採用 7 人:不採用 3 人という割れた提案を好んで採択している。これは典型的な出資会社の投資判断スタイルである。書類審査で領域総括も含め 3 名以上が不採択と判断した提案も採択している。これができるのも、スモールフェーズという「将来性のある研究テーマは、これまでの研究実績に関係なく採用する」という採用方針が活かされたからである。

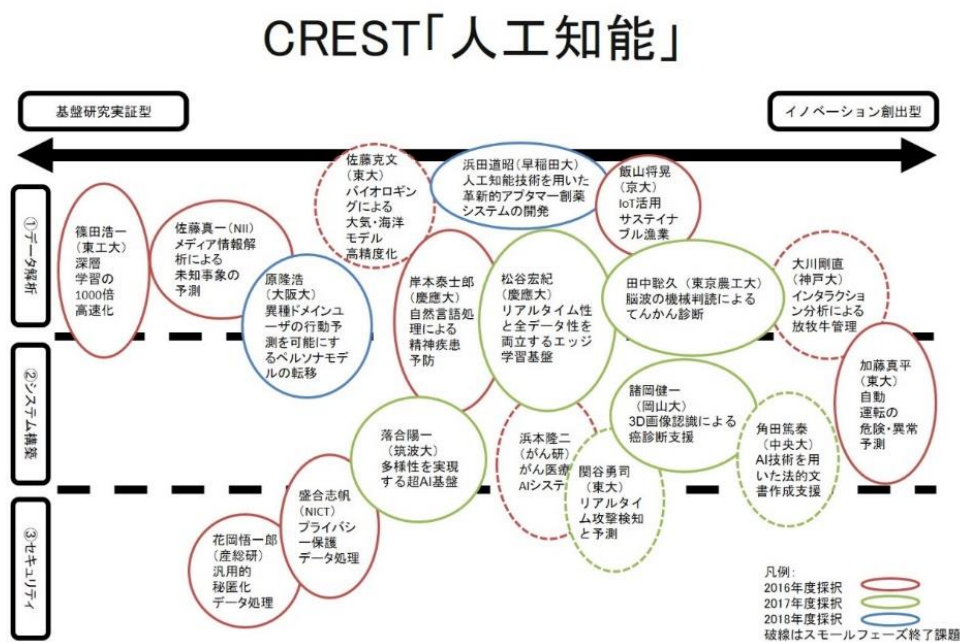


図 2 提案された研究課題マッピング

基盤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盤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。大規模言語モデルへの対応にも関連して、これについては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、課題において意見を述べる。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いことは、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。チーム編成を以下の表に示す。人工知能は、産業にとって触媒であり、応用を考えると必然的に学際研究チームとなる。結果として、これまでになかった学際研究が生まれた。

表3 研究領域「人工知能」スモールフェーズの18チームとグループ構成

チーム (スモールフェーズ 最終年度グループ数)	グループ名			
	グループリーダー			
飯山 将見 (2)	京都大学 学術情報メディアセンター	海洋研究開発機構 地球情報基盤センター		
	飯山 将見	田中 裕介		
大川 剛直 (2)	神戸大学 大学院システム情報学研究科	神戸大学 農学研究科		
	大川 剛直	大山 憲二		
加藤 真平 (3)	東京大学 大学院情報理工学系研究科	慶應義塾大学 理工学部	名古屋大学 未来社会創造機構	
	加藤 真平	河野 健二	武田 一哉	
岸本 泰士郎 (2)	慶應義塾大学 医学部	静岡大学 大学院情報学領域		
	岸本 泰士郎	狩野 芳伸		
佐藤 克文 (3)	東京大学 大気海洋研究所	東京大学 大学院新領域創成科学研究科	東京大学 大学院新領域創成科学研究科	
	佐藤 克文	小松 幸生	斎藤 馨	
佐藤 真一 (3)	情報・システム研究機構 国立情報学研究所	東京大学 大学院情報理工学系研究科	東京大学 大学院情報理工学系研究科	
	佐藤 真一	相澤 清晴	山崎 俊彦	
篠田 浩一 (3)	東京工業大学 情報理工学院	東京工業大学 情報理工学院	東京工業大学 学術国際情報センター	
	篠田 浩一	松岡 聡	横田 理央	
花岡 悟一郎 (2)	産業技術総合研究所 サイバーセキュリティ研究センター	東京大学 大学院新領域創成科学研究科		
	花岡 悟一郎	浅井 潔		
浜本 隆二 (3)	国立がん研究センター 研究所	(株) Preferred Networks	産業技術総合研究所 人工知能研究センター	
	浜本 隆二	岡野原 大輔	瀬々 潤	
盛合 志帆 (3)	情報通信研究機構 サイバーセキュリティ研究所	神戸大学 数理・データサイエンスセンター	(株) エルテス	
	盛合 志帆	小澤 誠一	菅原 貴弘	
落合 陽一 (4)	筑波大学 図書館情報メディア系	(株) ソニーコンピュータサイエンス研究所	大阪大学 情報科学研究科	富士通(株) マーケティング戦略本部
	落合 陽一	遠藤 謙	菅野 裕介	本多 達也
角田 篤泰 (1)	中央大学 国際情報学部			
	角田 篤泰			
関谷 勇司 (4)	東京大学 情報基盤センター	奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科	(株) IJイノベーションインスティテュート 技術研究所	東京工業大学 学術国際情報センター
	関谷 勇司	門林 雄基	島 慶一	松浦 知史
田中 聡久 (2)	東京農工大学 大学院工学研究院	順天堂大学 脳神経外科		
	田中 聡久	菅野 秀宣		
松谷 宏紀 (3)	慶應義塾大学 理工学部	東京大学 大学院情報理工学系研究科	(株) フィックスターズ ソリューション事業部	
	松谷 宏紀	近藤 正章	塩田 靖彦	
諸岡 健一 (3)	九州大学 システム情報科学研究院	京都橋大学 健康科学部	大阪大学 データビリティフロンティア機構	
	諸岡 健一	大野 英治	長原 一	
浜田 道昭 (3)	早稲田大学 理工学術院	(株) リボミック 探索研究部	東京大学 医科学研究所	
	浜田 道昭	青木 一見	高橋 理貴	
原 隆浩 (3)	大阪大学 大学院情報科学研究科	(株) KDDI総合研究所 データインテリジェンス部門	名古屋大学 未来社会創造機構	
	原 隆浩	小野 智弘	河口 信夫	

表4 研究領域「人工知能」加速フェーズの11チームとグループ構成

チーム(加速フェーズ 最終年度グループ数)	グループ名						
	グループリーダー						
飯山 将晃 (4)	滋賀大学 データサイエンス学部	水産研究・教育機構 水産資源研究所	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門	京都大学 学術情報メディアセンター			
	飯山 将晃	栗田 豊	田中 裕介	小山田 耕二			
加藤 真平 (3)	東京大学 大学院情報理工学系研究科	慶應義塾大学 理工学部	名古屋大学 情報学研究科				
	加藤 真平	河野 健二	武田 一哉				
佐藤 真一 (5)	情報・システム研究機構 国立情報学研究所	東京大学 大学院情報理工学系研究科	静岡大学 学術院情報学領域	慶應義塾大学 医学部	東京大学 大学院情報理工学系研究科		
	佐藤 真一	相澤 清晴	狩野 芳伸	岸本 泰士郎	山崎 俊彦		
篠田 浩一 (7)	東京工業大学 情報理工学院	理化学研究所 計算科学研究センター	東京工業大学 学術国際情報センター	東京工業大学 情報理工学院	産業技術総合研究所 情報・人間工学領域	東京工業大学 工学部	東京大学 大学院情報理工学系研究科
	篠田 浩一	松岡 聡	横田 理央	村田 剛志	大西 正輝	中原 啓貴	鈴木 大慈
花岡 悟一郎 (5)	産業技術総合研究所 サイバーフィジカルセキュリティ研究センター	東京大学 大学院新領域創成科学研究科	神戸大学 数理・データサイエンスセンター	(株) エルテス	情報通信研究機構 サイバーセキュリティ研究所		
	花岡 悟一郎	浅井 潔	小澤 誠一	菅原 貴弘	盛合 志帆		
落合 陽一 (4)	筑波大学 図書館情報メディア系	(株) ソニーコンピュータサイエンス研究所	東京大学 生産技術研究	富士通(株) マーケティング戦略本部			
	落合 陽一	遠藤 謙	菅野 裕介	本多 達也			
田中 聡久 (2)	東京農工大学 大学院工学研究院	順天堂大学 脳神経外科					
	田中 聡久	菅野 秀直					
松谷 宏紀 (6)	慶應義塾大学 理工学部	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	慶應義塾大学 理工学部	(株) フィックスターズソリューション第一事業部	ローム(株) 回路技術開発部	理化学研究所 計算科学研究センター	
	松谷 宏紀	岡本 球夫	近藤 正章	塩田 靖彦	西山 高浩	三好 建正	
諸岡 健一 (4)	岡山大学 学術研究院自然科学学域	京都橋大学 生命健康科学研究センター	大阪大学 データビリティフロンティア機構	(株) プロアシスト R&D企画部			
	諸岡 健一	大野 英治	長原 一	橋本 英樹			
浜田 道昭 (5)	早稲田大学 理工学術院	(株) リボミック探索研究部	産業技術総合研究所 人工知能研究センター	京都大学 iPS細胞研究所	東京大学 医学部研究所		
	浜田 道昭	安達 健朗	亀田 倫史	齊藤 博英	高橋 理貴		
原 隆浩 (3)	大阪大学 大学院情報科学研究科	(株) KDDI総合研究所 Human-Centered AI研究所	名古屋大学 未来社会創造機				
	原 隆浩	小野 智弘	河口 信夫				

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。人工知能の研究は、実装およびデータ管理から独立ではない。社会の中で稼働して価値を持つとの立場から、アドバイザーにはパターン認識、データマイニング、機械学習の一線の研究者に加えて、AI 事業経営者、イノベーション経営の専門家をアドバイザーとして招聘した。

研究開発におけるこのような多様なアドバイザーの参加には以下の利点があった。

- 異なる視点の融合: 砂金氏 (AI 新規事業経営)、伊藤氏 (イノベーションマネジメント)、

鹿志村氏（エスノグラフィー、デザイン）、松本真尚氏（IT分野の投資）など、異なる専門分野の専門家が集まることで、問題へのアプローチが多角的になった。彼らがいなければ7:3で割れた提案の採用はできなかった。

- 実践的な知識と理論の組み合わせ：学术界と産業界からのアドバイザーが共同で作業することで、理論的な知識と実践的な経験が融合できた。
- ネットワークの拡大：各アドバイザーはそれぞれ異なるネットワークを持っている。これにより、研究プロジェクトはより多くの資源、知識、支援にアクセスできるようになった。
- イノベーションへの道筋：事業経営者やマーケティングの専門家は、研究成果を市場に適応させ、商業的に成功させるための洞察を提供した。これにより、研究成果が単なる学術論文に留まらず、社会に実際に貢献するイノベーションへと発展する可能性が高まった。ディープテックスタートアップとベンチャーキャピタルのパートナーの関係を作ることができた。結果として学術研究と社会貢献の間に存在するギャップを埋めることになった。学术界の理論と産業界の実践的な要求との間の橋渡しを行うことで、より実用的で効果的な研究成果が得られた。

以上の利点は個々の研究成果の説明で実証する。

表5 領域アドバイザー一覧

領域アドバイザー (専門分野)	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) / AIカンパニー	執行役員 / カンパニーCEO	2016/8~2024/3
伊藤 久美 (マーケティング、イノベーション戦略)	オフィスKITO / SOMPOホールディングス(株)	代表 / 社外取締役	2018/3~2024/3
内田 誠一 (パターン認識、バイオイメージインフォマティクス)	九州大学大学院システム情報科学研究院	教授	2016/8~2024/3
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	2016/8~2024/3
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)	日立製作所(株) / 研究開発グループ	専門理事 / 技師長	2016/8~2024/3
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	2016/8~2024/3
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	2016/8~2024/3
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	2016/8~2024/3
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	2016/8~2024/3
松本 真尚 (投資、スタートアップ支援)	(株) WiL	共同創業者 / ジェネラルパートナー	2016/8~2024/3
浅井 英里子 (企業連携・社会イノベーション)	GEジャパン(株)	代表取締役	2016/8~2018/3

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？」に関して次節の金出の図を参考にしていきたい。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。

5. 研究領域のマネジメントについて

(1) 研究課題の進捗状況の把握と評価、それに基づく研究課題の指導

- ① スモールフェーズは、仮説検証フェーズであり、2年4ヶ月の間、加速フェーズに向けて、1チーム、半年に1回以上の頻度でサイトビジットあるいはオンラインの打ち合わせを行った。ステージゲートを採用したため、参加者はゲート通過しなければ、そこでファンドが打ち切られるため、通過を目指してPIの研究マネジメントは出口に対して真摯であった。本CREST応募時の採択基準と矛盾しない以下の基準を2018年9月に示し、2019年夏の加速フェーズへのゲート通過審査まで各チームとの面談を続けた。予算規模の制約からステージゲート通過は1/2となった。その競争率は参加者に事前に通知している。ゲート通過のための審査基準は本CREST採択基準とほぼ同じであるが、「明確に定義された課題の解決に向けて統一された編成であること」を強調している。あくまでも、出口シナリオが明確なものを志向するマネジメントを行っている。
- ② イノベーションに向けたシナリオが明確か。3年後に得られる成果が想像できるか。その後の継続性はあるか？
- ③ 産学、学際、異分野の人々が集まって、今までにない0→1のイノベーションを歓迎する。AI+ICT+OT (Operational Technology: ドメイン技術) の融合とはそういうこと。
- ④ 産業・社会インパクトの大きな100→120を排除しない。その場合、20の部分にCREST成果であり、それ自身もイノベーションとなることが望ましい。
- ⑤ 研究チームは、明確に定義された課題の解決に向けて統一された編成であること。
 - (i) イノベーション創出型は、将来の社会実装を見据えて、企業等と連携した体制を考慮することを必須とする。
 - (ii) 加速フェーズにおいては、スモールフェーズで取り組んだ課題解決が発展することから取り扱う課題は複数でも構わない。ただし、研究チーム全体で解決すべき大きさの課題が定義されなければならない。グループごとに個別の小さな課題に取り組むような提案は認めない。
- ⑥ 追加投資に必然性があるか？ 他ファンドから十分資金提供を受けていて、本CRESTの意義が不明確になっていないか。

⑦ 選考にあたりメンバーの多様性と領域全体のポートフォリオを考慮する。

ステージゲートは上記の審査基準の下で、領域アドバイザーの合議で行われた。ステージゲートの是非については後述するが、スモールフェーズ（仮説検証フェーズ）を2年以上、研究進捗を観察しているために、ステージゲート審査は概ね合意ベースで行われた。課題となったのは、通過率50%のゲートを突破するために2チームが合流して統一チームとして提案してきた例が2件あったことである。それが岸本チーム+佐藤（真一）チーム → 佐藤（真一）チーム、花岡チーム+盛合チーム → 花岡チームである。

事前に、「合体提案は有効ではない。それよりもスモールフェーズの結果の上に、新たな加速フェーズの構想を提案することが期待される。チームはこれまでにない外部研究者を見つけて強化することが望ましい。」と研究総括が言っていたこともあり、審査では多くの議論があり、意見が割れた。研究総括から「明確な課題の解決に向けて統一された編成」とすることを提案者に確認することにより統一チームの採択となった。

人工知能という分野では、米国の巨大IT企業とは違う土俵で、解くべき社会問題を見つけることだと参加チームを指導してきた。下図は金出武雄著「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」（2003）を参考にした図であり、加速フェーズ提案時には、「小さいが役に立つ部分問題をしっかり捉えた焦点の定まった」テーマとなるよう要請した。結果的に合流テーマも、この方針に沿う形に収束している。

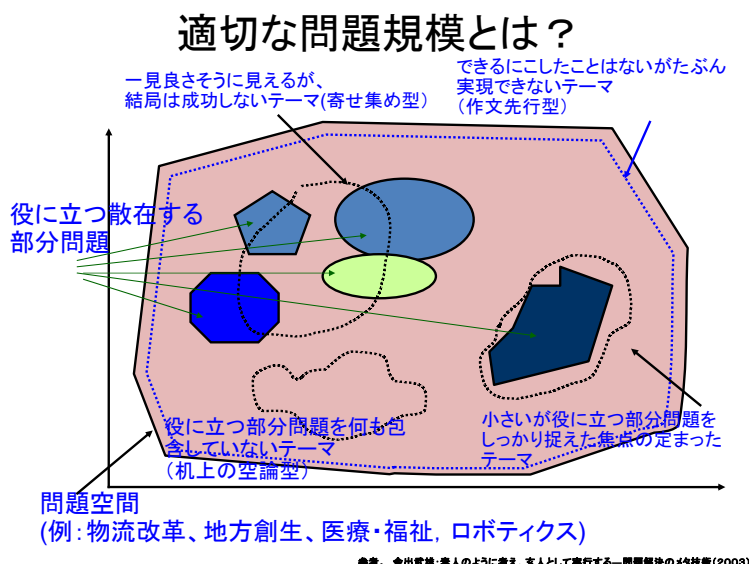


図3 適切な問題規模

そのために行ったことは、各チームにビジョンステートメント（実現したい世界を簡潔に表した文章）を提出していただいている。これにより、焦点の定まった研究を行う目標を認識してもらい、研究進捗はビジョンステートメントに対する達成度として評価した。

サイトビジットをスモールフェーズでは 26 件、加速フェーズでは 17 件行い、アドバイザー参加を含めて助言を行った。具体的には、関連基盤技術の開発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、加速フェーズ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。

- 飯山将晃チーム：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持続可能な漁業を実現する。
- 落合陽一チーム：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。
- 加藤真平チーム：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。
- 篠田浩一チーム：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。
- 花岡悟一郎チーム：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。
- 田中聡久チーム：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。
- 松谷宏紀チーム：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。

- 諸岡健一チーム：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。
- 浜田道昭チーム：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。
- 原隆浩チーム：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ー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。

(2) チーム型のネットワーク型研究所として、研究課題間や他の研究領域、国内外の他の研究機関、異分野との融合・連携・協力の推進、新たな研究コミュニティの創成

以上のビジョン実現を最優先として、個々の研究テーマのマネジメントを行った。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適宜、個々のチーム間で行えば良いとしている。その上で、社会貢献のあり方、イノベーション指向の研究を行うため、本研究領域主催で以下のイベントを主催した。

スモールフェーズ：

- ① シリコンバレー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、カリフォルニア大学バークレー校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。ディープテックスタートアップがどうやってスケールするかシナリオ作りをPIに見せたかった。
- 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」領域会議を2回実施（2017年1月、2017年12月）、各研究チーム単位で研究成果発表、JST事業紹介等、領域内研究チーム間の技術交流を図った。

- ④ 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。外部のベンチャーキャピタルとの接遇でPIの成長を促した。

加速フェーズ：

- ① 中国深圳人工知能学会（SAAI）とChina-Japan AI Conference（2022年3月）を実施した。各研究分野のマッチングを図り、SAAIからは6名の研究者、CREST「人工知能」からは佐藤真一、浜田道昭、諸岡健一、落合陽一、加藤真平からなる研究代表者が各専門のAI研究テーマについて研究内容を発表し、AI技術の国際交流を図った。
- ② CREST「人工知能」領域会議を3回実施（2021年9月、2022年9月、2023年10月）、各研究チーム単位で研究成果発表、招待講演、AI技術や大学研究力低下等のテーマを取り上げ、パネルディスカッションを通して、領域内研究チーム間の技術交流、広く研究分野の造詣を深め、改めて自身の研究と向き合い将来を展望する機会とした。
- ③ CREST「人工知能」領域成果展開シンポジウムを2回実施（2022年3月、2023年3月）、2024年度は3月を予定、各研究課題の研究成果を一般に対して発表した。
- ④ 「北欧スマートシティAIイノベーション研究会」（2024年1月予定）、デジタル先進国デンマーク（コペンハーゲン）を訪問し、市民参加による社会実験、人間中心のデザイン手法と都市設計について学ぶ。デンマークデザインセンター・デジタルトランジションChristina Melanderディレクター、ロスキレ大学安岡美佳准教授の講演会開催、スマートシティ構築にかかわるAIイノベーション拠点を往訪する。

(3) 研究費配分上の工夫(拡大、縮小等も含めて、研究領域運営上の立場から)

そもそも、「失敗するかもしれない」というリスクを積極的に評価する、初期の研究計画どおり研究を進めることが目標ではなく、ビジョンステートメントに向けて、とりうる研究を組み替えながら行う、思わぬ研究成果、発見に応じて研究を発展させるという方針で行ってきた。それに伴って、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、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14件、加速フェーズでは10件の追加投資を行った。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考えている。

(4) 研究領域中間評価結果への対応

中間評価では、良かった点として、

- ① 研究課題は、具体的な選考指針の基にメリハリのある選考が行われており、適切である。

- ② 領域アドバイザーは、本研究領域の特色を考慮した専門家に加え、エンジェルの視点から指導できる人材で構成されており、適切である。
- ③ プレスリリースの奨励や研究総括の見識を生かし実装や事業化のためのアドバイス、事業機会を得るための関連会社の紹介をしている点は高く評価できる。
- ④ ビジョンステートメントに基づき個々の研究進捗の評価をしている点は適切である。と評価されたが、一方で改善点として、
 - ① 領域アドバイザーの指導機会、イベント参加機会を増やす。
 - ② 進捗管理のためにチーム毎に例えばビジョンステートメントの達成状況を定量的に示せるような指標を設定する等の工夫が必要である。
 - ③ 研究課題間、特に人工知能基盤技術に関する研究課題と社会実装型の研究課題との連携の促進、他の研究領域との連携を強く期待する。
 との指摘を受けた。

領域アドバイザーは企業においては事業部長クラス、大学においては部局の長クラスを選んでしまい、彼らの多忙さを斟酌して強く参加を要請することができなかったのは反省点である。途中、コロナ禍が発生したこともあり、遠隔会議参加の回数を増やすこと、熱心な領域アドバイザーのサイトビジットで対応した。ビジョンステートメントによる目標管理を具体化することに関しては、個別に17回のサイトビジットにおいて、マイルストーンを設定した。詳細な列挙はさけるが、サービス利用企業数、利用者数、ユーザー数、システム構築目標、予測性能、オープンソース開示として、それぞれの研究テーマ報告書に記載されている。加えて、マイルストーン達成を報道発表として開示することを求めた。他の研究領域との連携については、AIPネットワークの施策（若手交流、領域会議、イベント）を除いては各テーマの自主性に任せることとなった。イノベーション創出のために、チーム構成そのものが工学部、医学部、農学部、IT企業、医療機関との学際編成となっていることも考慮いただければ幸いである。

(5) その他マネジメントに関する特記事項(人材育成等)

研究テーマの年次報告に、どのような研究者を育てたかを記載することを求めた。指導した学生、助教の転身先の就職先を見る限り、新しい技術の開発を推進するだけでなく、社会や産業を改善することができる人材の育成にも効果があったと信じている。なによりも、研究代表者のうち、飯山、落合、加藤、田中、松谷、諸岡、浜田PIは、テーマ採択時、准教授であった。彼ら自身が技術と事業の双方がわかるPIとして成長している。

彼らよりも経験の浅い若手に関しては、以下の人材育成を推進した。

- ・AIP チャレンジ

CREST の研究チームに参加する若手研究者を対象に自ら研究テーマを提案して研究費を獲得し主体的に研究を進める経験を積むことで、研究代表者として必要な自立心やリーダーシップ、積極性を身につけることを目的として、プログラム参加を推進した。人工知能領域においては、2017 年度 2 名、2018 年度 5 名、2019 年度 3 名、2020 年度 3 名、2021 年度 9 名、2022 年度 11 名、2023 年度 3 名と継続して、若手研究者の育成を行った。

・国際強化支援派遣

海外の研究機関や研究者等のポテンシャルを活用して、研究を加速・推進すること、また、研究成果を広く世界に発信することで、日本の戦略目標の達成に向けた取り組み状況の国際的認知度を高め、事業の推進に有益な海外研究者の協力を得やすい環境作りを行うことを目的に、海外派遣を推進した。

・SciFoS (Science For Society)

若手研究者に、自らの研究がどのような社会的価値を創造し、また、社会的ニーズを満たすものなのかを研究者自身が研究室の外に出て考え、再整理し、自分の研究を社会からの期待の中で位置づけ直ししていただくという取り組みで、2022 年度、諸岡チームの山田葉月氏が「3D 画像認識 AI による革新的癌診断支援システムの構築」課題で参加した。

表 6 若手研究者向けプログラム・参加者一覧

プログラム	年度	参加者	時期
AIPチャレンジ	2017年度	岸本T狩野G 崎下 雅仁 浜本T浜本G 町野 英徳	2017/8～2018/3
	2018年度	諸岡T諸岡G 宮内 翔子 岸本T岸本G 角南 佑季	2018/8～2019/3
		岸本T狩野G 滝波 秋穂 落合T本多G 中尾 悠里	
	2019年度	田中T菅野G 三橋 匠	2019/8～2020/3
		落合T落合G 山本 健太 落合T落合G 設楽 明寿	
	2020年度	諸岡T大野G 大澤 幸希光	2020/6～2021/3
		田中T菅野G 上田 哲也 田中T田中G 福森 航輔	
	2021年度	佐藤T岸本G 高宮 彰紘	2021/6～2022/3
諸岡T大野G 西森 誠 田中T田中G ZHAO Xuyang			
2022年度	落合T落合G Lu Jun-Li 落合T落合G 鈴木 一平	2022/6～2023/3	
	落合T落合G 貞末 真明 落合T落合G 鳥居 万椰		
2023年度	落合T落合G 大森 功太郎 落合T落合G 西村 千恵子	2022/6～2023/3	
	佐藤T岸本G 中島 和樹		
国際強化支援派遣	2018年度	田中T菅野G 西岡 和輝 落合T落合G 飯嶋 稜	2022/6～2023/3
	2019年度	落合T落合G 泉 和哉 落合T菅野G 川辺 航	
		落合T落合G 設楽 明寿 落合T落合G 筒井 彩華	
	2020年度	落合T落合G 鳥居 万椰 落合T落合G 丹羽 遼吾	
		落合T落合G 百田 涼佑 落合T落合G 村上 貴人	
	2021年度	落合T落合G 吉田 望	
		浜田T浜田G 木村 晃 浜田T浜田G 道下 瑛陽	
2022年度	浜田T齊藤G 角 俊輔		
SciFoS	2018年度	関谷T・岡田 和也 UNITEC工科大学 (ニュージーランド・オークランド)	2018/9/1～2018/11/3
	2019年度	関谷T・中村 遼 ストラスブール大学 (フランス)	2019/10/1～2019/11/30
	2019年度	篠田T・中原 啓希 インペリアルカレッジロンドン校 (英国)	2019/6/9～2019/11/3
	2019年度	田中T・菅野G：三橋 匠 ウェイン州立大学 (米国)	2019/9/1～2020/3/31
	2020年度	加藤T：清水 豊禾 カリフォルニア大学バークレー校 (米国)	2020/2/1～2021/2/28
	2022年度	田中T・菅野G：上田 哲也 エクス=マルセイユ大学、フランス)	2022/4/1～2023/3/31
SciFoS	2022年度	諸岡T諸岡G：山田 葉月	2022/10～2023/2

6. 研究領域としての戦略目標の達成状況について

(1) 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、次節の「研究成果の社会的・経済的な観点からの貢献」を主眼としている。PI には、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、副産物として、以下は国際的にも高い水準にある論文及び学会・海外などの発表状況である。

<論文>

・花岡悟一郎チーム

Nuttapong Attrapadung, Goichiro Hanaoaka, Takahiro Matsuda, Hiraku Morita, Kazuma Ohara, Jacob Schuldt, Tadanori Teruya, Kazunari Tozawa. “Oblivious Linear Group Actions and Applications,” Proc. of ACM CCS 2021, to appear.

概要：2者の秘匿計算における秘匿シャッフル（ランダム置換）プロトコルについて、実行時の通信回数が最適となる方式の実現方法を示した。提案方式は、特殊な乱数組を用いてランダム置換を始めとする群作用を効率化するための新しいフレームワークの構築によって得られたものであり、従来の2者秘匿シャッフルと比較して100倍以上の高速化を達成している。この応用として、DB処理において特に重要なソート、JOINなどの処理の効率化にも成功した。本提案方式は、QueryAhead®の中核的な機能を担っている。

本成果は、情報セキュリティにおけるトップ国際会議 ACM CCS2021 に採録されている。

・篠田浩一チーム

Kazuki Osawa, Yohei Tsuji, Yuichiro Ueno, Akira Naruse, Chuan-Sheng Foo, Rio Yokota, Scalable and Practical Natural Gradient for Large-Scale Deep Learning, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 2020; PP:10. 1109/TPAMI. 2020. 3004354.

概要：これまでその有効性が経験的にしか示されてこなかった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、層の幅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を理論的に証明した。

採択率 1.1%の NeurIPS2020 の口頭発表論文として採択された。

・松谷宏紀チーム

Mineto Tsukada, Masaaki Kondo, and Hiroki Matsutani, “A Neural Network-Based On-device Learning Anomaly Detector for Edge Devices”, IEEE Transactions on Computers

(TC), vol. 69, no. 7, pp.1027-1044, Jul. 2020. (Featured Paper in July 2020 Issue of IEEE TC)

概要：オンデバイス学習アルゴリズムの基本部分、および、FPGA を対象とした小規模回路化に関する論文。3層ニューラルネットワークの逐次学習アルゴリズムとして OS-ELM が知られている。本論文では OS-ELM をベースに計算の簡略化や軽量の忘却手法を提案し、これをオートエンコーダと組み合わせてエッジデバイス上で学習できる異常検知器を実現した。さらにこれを小規模 FPGA 上に実装し、面積、性能、精度、消費電力などの点で評価した。

Featured Paper in the July 2020 Issue にも選ばれ、IEEE Transactions on Computers Multimedia のウェブサイトにて英語版と日本語版の紹介動画が掲載された。

・原隆浩チーム

1. Yihong Zhang, Takahiro Hara, Explainable Integration of Social Media Background in a Dynamic Neural Recommender, ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data, Vol. 17, No. 3, pp. 1-14, 2023.

概要：この論文では、ニューラルネットワークに基づく推薦システムに SNS を活用するための説明可能な手法を、世界で初めて考案している。この手法では、相関ルールマイニングを活用し、SNS と E コマースサービスにおけるユーザーの行動パターンを人が理解可能な形式で抽出する。抽出した行動パターンを用いた学習モデルを構築し、SNS と E コマースドメインにおけるユーザーの行動予測や推薦を実行する。評価実験により、考案手法は、既存技術と比較して、大幅に高い精度を示すことを確認した。

2. Daichi Amagata, Takahiro Hara, Reverse Maximum Inner Product Search: Formulation, Algorithms, and Analysis, ACM Transactions on the WEB, Vol. 17, No. 4 Article 26, 2023.

概要：逆内積最大探索という新しい問題を数学的に定義し、それを高速に実行するアルゴリズムを考案し、性能解析の結果を示した論文である。この問題は、例えば商品の推薦において、対象の商品に興味をもつユーザー群を高速に発見することができるため、推薦システムにおいて重要な基盤操作となる。評価実験により、考案したアルゴリズムは、既存技術と比較して、数百倍高速に動作することを示した。

データベース分野や Web 分野で最高峰の論文誌 VLDB Journal、IEEE Trans. on the Web や、データベース分野、地理情報分野、推薦システム分野、人工知能分野で最難関の国際会議 SIGMOD (2 編)、SIGSPATIAL、RecSys (2 編)、AAAI に採択され、二つの国際会議の最優秀論文賞を受賞するなど、国際的に極めて高い評価を得ている。

・浜田道昭チーム

Iwano N., Adachi T., Aoki K., Nakamura Y. & Hamada M.*, Generative aptamer

discovery using RaptGen, Nature Computational Science 2, pages 378-386 (2022)

概要：アプタマーの生成モデル RaptGen を新しく提案した論文である。RaptGen を用いることにより AI を用いたアプタマー生成が初めて実現した。

RaptGen の基本手法に関しては、その新しさおよび有用性が評価され Nature の姉妹誌である Nature Computational Science に掲載された。

次に学術的成果が認知されている証左として、招待講演の事例を二つ紹介する。

<招待講演>

・加藤真平チーム

No. 120, The Open-Source Journey towards Intelligent Vehicles for Everyone

Shinpei Kato, The 32nd IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV2021)

2021.7.12, Nagoya (Keynote Speech)

概要：Autoware, originally created by Nagoya University has now become a widely used complete open-source software stack for research and development of autonomous driving technology, and its presence is continuing to grow throughout the globe. This success is mainly due to its open-source approach which enables developers from all over the world to contribute. The Autoware Foundation inherited the project and aims to further strengthen the ecosystem as a community. In this talk, we discuss in detail our journey towards our goal to empower individuals and organizations to collectively make safe intelligent vehicles a reality.

・原隆浩チーム

Takahiro Hara, Cross-domain User Activity Prediction: Today's and Future, 13th EAI International Conference on Bio-inspired Information and Communications Technologies (BICT 2021), Keynote Speech (online, September 1, 2021).

概要：EAI (European Alliance for Innovation) が主催する BICT において、本研究の原グループの活動を中心に研究成果を紹介した。BICT は、生物の特性などを情報通信技術の高度化に応用することを目指す研究分野を網羅しており、本研究のペルソナモデリングやクロスドメインの研究アプローチを活用できる可能性に興味をもたれ、講演することに至った。

(2) 研究成果の社会的・経済的な観点からの貢献

社会的・経済的価値創造を示すこととして、科学技術開発に関する受賞事例を示す。そのあと、プレスリリースの実績を示す。研究開発が社会に貢献するには5年以上の年月が必要

で、その前段階として、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。

まず、科学技術開発に関する受賞を示す。加藤チームは、自動走行システムのオープンソースソフトウェア Autoware 発で知られている。落合チームはユーザー主導型イノベーションにより障害者を障害者にしない取り組みが評価された。

<受賞>

・加藤真平チーム

加藤真平が令和令和4年度文部科学大臣表彰科学技術賞を受賞、受賞対象は「説明可能な完全自動運転システムの開発」。人間の介入をまったく必要としない完全自動運転システムは、従来の自動車産業の域を超え、高齢化や人手不足といった様々な社会課題を解決可能な中核技術と期待されている。その一方で、機械にどこまでの責任を委ねるのか不明瞭な部分もあり、社会受容性の観点で人間と機械の責任分界点を明らかにできる技術が求められている。加藤は、完全自動運転システムが正常に動作すると想定される条件を運行設計領域（ODD）として系統的に定義することで、様々なステークホルダーに対して、機械に責任を委ねても良い範囲を系統的に説明できる方法論を確立した。その中には実時間性のような計算機システムの問題もあれば、不確実性のようなアルゴリズムの問題もあり、コンピュータ科学の分野に精通している加藤だからこそ導き出せた成果といえる。また、加藤の開発した完全自動運転システムは、我が国で初めて、運転席に人が乗らなくても一般道路を走れる自動車を生み出し、その技術はすべてオープンソースソフトウェアとして世界中で普及を続けている。我が国の社会経済、国民生活の発展向上等に寄与し、実際に利活用されている画期的な成果といえる。

・落合陽一チーム

「James Dyson Award 2021」と「James Dyson Award 2022」と2年連続日本国内最優秀賞を受賞した。本アワードは、次世代のデザインエンジニアを称え、育成、支援するための国際エンジニアリングアワードであり、対象者は、デザインやエンジニアリングを学ぶ学生や卒業後4年以内の若手エンジニアやデザイナーで、デザインエンジニアリングの必要性を伝え、次世代のエンジニア育成を目的に活動をする、ジェームズダイソン財団が運営している。「James Dyson Award 2021 日本国内最優秀賞」は、ろう・難聴者が聴者とより豊かなコミュニケーションを行うために開発された、透明ディスプレイ上にリアルタイムに字幕を表示するシステム、See-Through Captions が受賞した。開発チームには、耳が聴こえないメンバーがおり、研究活動を行う中で、彼とのコミュニケーションをいかに充実させるか、

ということが常日頃の重要な課題であった。コミュニケーションの質そのものが探られ、表情や身体表現の重要性をふまえた開発である点、つくば市役所等で行われた実証実験実施の開発プロセスなど、様々な環境下でのコミュニケーションが抱える課題解決に向け大きく貢献する研究を顕彰し、このプロジェクトとも共通する JDA の募集課題“シンプルな工学原理を採用し、明確な問題の解決に取り組むデザイン”を評価された。「James Dyson Award 2022 日本国内最優秀賞」は、ろう・難聴者とのコミュニケーションのきっかけをサポートするために開発された、空気渦輪を話しかけられた人の頭部に当てることでその方向を提示し、コミュニケーションの入り口を作りやすくするシステム「Air Talk-Starter」が受賞した。

科学と社会の既存の壁を打ち破り、社会への影響を特定することを目的とした画期的な研究が表彰される世界的なイベント「Falling Walls 2021」の Category 6: Future Learning において、本多達也氏が Winner となった。本多氏は、身体で音を感じるデバイス「Ontenna」を開発、このデバイス用教育プログラミングモジュールを聴覚に障害のある生徒のために多くの学校へ提供した。このプログラムによって、体験したい音に反応するように Ontenna の振動と光をベースとしたフィードバックのカスタマイズを可能とする。また、聴覚障害者や難聴者にはプログラミングを学ぶ機会が得られた。AI によるイノベーションは川上から、そして川下からの 2 つのアプローチがあると実感した。

本研究領域では、論文は各チームのために執筆し、ビジョンは世の中のために実現するという基本方針であった。中間評価のフィードバックもあり、ビジョン達成にマイルストーンを設置し、そのマイルストーン達成を報道発表で示すというアプローチをとった。その報道発表を以下に示す。

表7 スモールフェーズ報道発表

研究代表者	発表日	タイトル	発表機関
浜本隆二	2017/7/10	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	2017/8/1	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	2018/7/18	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	2018/8/28	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	2019/2/1	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	2019/5/15	[事業] 株式会社オーシャンアイズを設立	株式会社オーシャンアイズ
松谷宏紀	2019/10/2	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～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～	株式会社アット東京 慶應義塾大学
佐藤克文	2019/12/13	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 ～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～	海洋研究開発機構 東京大学大気海洋研究所
佐藤真一	2019/12/16	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	2020/5/14	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	2020/6/15	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	2020/6/15	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	2020/9/1	ティアフォー、「AI教習システム」の事業化に向け協業～2020年9月に南福岡自動車学校で試乗会を実施～	株式会社ティアフォー
落合陽一	2020/12/11	「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	2021/1/12	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

表 8 加速フェーズ報道発表

研究代表者	発表日	タイトル	発表機関
落合陽一	2021/5/16	乙武義足プロジェクト ～新国立競技場のトラックで100メートル歩きたい～	ソニーCSL 筑波大学
落合陽一	2021/6/5～6	オープンラボ、透明パネルで言葉と顔の両方が見えると伝わりやすい？ ～聞こえる人と聞こえない人のコミュニケーション～	筑波大学
落合陽一	2021/7/21	Antenna×豊島 Art Workshon ～聴覚に障がいのある子ども達と豊島の子ども達の交流～	富士通株式会社
原隆浩	2021/10/1	異業種ペルソナマーケティングAI推進協議会設立	大阪大学 名古屋大学 KDDI総合研究所
諸岡健一	2021/10/12	CEATEC 2021 ONLINE ・子宮頸部細胞診断支援システム	岡山大学 株式会社プロアシスト
花岡悟一郎	2021/10/19	CEATEC 2021 ONLINE ・QueryAhead	産業総合技術研究所 株式会社ZenmuTech
花岡悟一郎	2022/3/10	プライバシー保護連合学習技術を活用した不正送金検知の実証実験 を実施～被害取引の検知精度向上や不正口座の早期検知を確認～	情報通信研究機構 神戸大学 株式会社エルテス 科学技術振興機構
原隆浩	2022/10/6	イノベーションジャパン 2022 ・異種サービスをつなぐデジタルマーケティングのためのAI技術	大阪大学
松谷宏紀	2022/10/14	イノベーションジャパン 2022 ・オンデバイス学習技術の確立と社会実装	慶應義塾大学
諸岡健一	2022/10/14	イノベーションジャパン 2022 ・3D画像認識AIによる細胞診断支援システム	岡山大学
原隆浩	2022/12/16	異業種ペルソナマーケティングAI推進協議会 第1回公開シンポジウム開催	大阪大学 名古屋大学 KDDI総合研究所
落合陽一	2022/11/6	xDiversity in サイエンスアゴラ2022 ～人の多様性をAIテクノロジーでいかに支えるか？～	筑波大学 東京大学 ソニーCSL 富士通
浜田道昭	2024/1 予定	機能的RNA配列設計を支援する深層生成モデル“RfamGen”の開発	京都大学 早稲田大学 科学技術振興機構

以上の報道発表から、この研究領域では、社会と産業に対し以下の価値を提供していることが読み取れる。

- 浜本チームによる 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の開発は、大腸内視鏡検査における見逃しを回避し、医療の質を向上させている。
- 佐藤（真一）チームの人工知能によるコンテンツのハッシュタグ生成技術は、SNS 上での人気度向上に貢献する。
- 飯山チームの衛星データを用いた海水温画像の修復技術は、環境モニタリングと持続可能な漁業への応用が見込まれる。
- 花岡チーム+盛合チームによるプライバシーを保護した不正送金の検知技術は、金融セクターにおけるセキュリティ強化に寄与する。
- 花岡チームは、QueryAhead®の開発をしており、これは、データの秘匿化計算を利用し

て、企業や機関が機密データを安全に処理できるようにすることで社会と経済に大きな価値を提供している。これについては特筆すべき成果として特記する。

- 諸岡チームは、子宮頸がん診断の精度を向上させ、患者の健康と医療システムの効率化に貢献している。
- 松谷チームのオンデバイス学習技術の開発は、エッジコンピューティングの進歩と社会実装を促進する。これについても特筆すべき成果として特記する。
- 浜田チームのRNA/aptamer創薬システムは、新薬開発の効率化とコスト削減を目指す。
- 原チームは、異業種ペルソナマーケティング AI 推進協議会設立や異種ドメインユーザーの行動予測を可能にするペルソナモデルの転移技術の開発を通じて、異なる業界やサービス間での顧客データの有効活用が可能となり、経済的価値と消費者満足の向上が期待される。

戦略目標：「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」を各チームのビジョンステートメントに分解し、その達成のためのマイルストーンを設定し、その達成を報道発表、言い換えれば社会的な利益と経済的な成長の両方を促進する価値提案として示したということになる。

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到着する手段として有効である。篠田チームのスタートアップの是非に関する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つつあり、良い循環サイクルとなっている。」点を強調したい。

- 飯山将晃チーム

「株式会社オーシャンアイズ」(2019年4月設立)

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。

- 落合陽一チーム

「一般社団法人 xDiversity」(2018年11月設立)

“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。

- 加藤真平チーム

「ZATTI Tech 社」(参画学生による起業)

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月設立)

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、ユーザー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。

- 篠田浩一チーム

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

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がつあり、良い循環サイクルとなっている。

- 田中聡久チーム

「株式会社 Sigron」(2022年9月設立)

脳波遠隔診断を通して医療格差を無くすことを目標とする。医療現場は多忙を極めるため、脳波検査が十分に活かしていない現状があり、脳波判読医や専門技師を育成する教育の機会はあるものの、受講できる時間も限られている。十分に安全性を確保した脳波共有プラットフォームである「NeuroCloud」を使って脳波診断を行えば、脳波データを専門医と共有することができ、適切な診断と治療の提供のみならず医師や技師の生涯教育にも利用することが可能になる。本サービスによって、集められたデータは、人工知能の開発を可能にし、高い次元で医療にフィードバックされる。

- 原隆浩チーム

「異業種ペルソナマーケティング AI 推進協議会」(2021年10月設立)

KDDI 総合研究所が主導で、大阪大学、名古屋大学との連携で、多数の機関と連携し①大規模な実証実験による研究成果の効果検証、②検証結果に基づく開発した技術の実用化や事業化の検討、を行う事を目的に据え設立した。E コマースや実店舗販売などのサービスでは、ユーザーの行動データから行動パターンを抽出し、ユーザーに適応したサービスを提供するマーケティングが行われているが、サービスや企業を横断した商品推薦などのマーケティングを行うためには、通常、サービスや企業間でIDの交換が必要、プライバシーや権益の保護の観点で困難なことが多いという実情がある。異業種のサービスや企業間をつなぐマーケティングを行うためのAIとして、プライバシー保護に配慮し、ID交換ではなく各サービスで生成したペルソナを交換することにより、マーケティングを実現する、安全で手軽

な「ペルソナマーケティング AI」を構築し、研究開発と事業化を見据えた実証実験を進めていく。

特筆すべき顕著な研究成果として、以下の2チームの研究成果を強調したい。

花岡悟一郎チームは、入出力情報を秘密に保ったままデータ処理を実行可能なプライバシー保護データ解析技術について、広範な適用範囲に対して誰でも利用可能な汎用的技術として汎用的秘匿計算技術「QueryAhead®」を開発し、さらに、QueryAhead®を用いることにより秘匿不動産マッチングシステム等、外部企業や組織からの要望に応え、実運用を想定した秘匿計算システムを構築した。秘匿計算は、その原理は知られていても実用化例が報告されていない。セキュリティ技術を実応用には、ユーザー企業からの信頼とシステムの利便性を提供する必要がある、その壁が大きかった。今回、花岡チームは学術的に認知された研究実績と大手システム開発業者が採用できるレベルにまでツール開発を行ったことが大きい。

プライバシー保護データ解析技術の社会実装

研究代表者: 花岡 悟一郎(国立研究開発法人 産業技術総合研究所、首席研究員)
 主たる共同研究者: 盛合 志帆(NICT)、浅井 潔(東京大)、小澤 誠一(神戸大)、菅原 貴弘(エルテス)
 戦略的創造研究推進事業 CREST「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

研究概要

本研究においては、入出力情報を秘密に保ったままデータ処理を実行可能なプライバシー保護データ解析技術について、広範な適用範囲に対して誰でも利用可能な汎用的技術とプライバシー保護連合学習を金融分野に適用する専用の技術の双方に関して研究開発を行い、社会実装を推進した。特に、外部企業・機関からの要望に応えた実アプリケーションを作成し、複数の金融機関から実データ解析業務委託を受けて不正送金検知システムの構築を行った。

研究成果とインパクト

汎用的秘匿計算技術「QueryAhead」を開発し、さらに外部企業や組織からの要望に応え、実運用を想定した実アプリケーション開発を4件行った。これらの成果は、合計37件ものトップ国際会議に採録がなされた。また、金融機関5行と連携のうえ、不正送金検知の実証実験を行い、検知率97.7%を達成した。

今後の展開等

- ・JST AIP加速課題(2022年度開始)に採択されており、同課題において上記研究成果の実運用に向けた技術開発を進めていく。また、秘匿計算技術や連合学習技術は急速に社会からのニーズが高まっており、これらのニーズをもつ企業・機関とNEDOプロジェクト等を利用して連携を行ったり、知的財産の技術移転を進めることで、開発技術を社会に幅広く展開を推進していく。

背景: 秘匿計算技術に対する強い期待

入力情報は秘匿

処理結果も秘匿

企業や個人が漏洩を気にせずデータを提供できるよう、秘匿計算技術の実用化が求められている。

本課題: 秘匿計算技術の社会実装を顕著に推進

汎用的秘匿計算技術「QueryAhead」の開発

実アプリケーション
4件を開発
トップ国際会議
37件採録

銀行5行と実証実験を実施・不正送金検知率97.7%を達成

図4 プライバシー保護データ解析技術の社会実装

松谷宏紀チームは、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。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。それが内外の半導体メーカーから注目されている。国産メーカーから LSI デバイスとして販売予定までになっている。国外大手半導体メーカーからは彼らが主催する国際会議に招待されるようになった。オンデバイス学習の国際的権威に成長した。

オンデバイス学習技術の確立と社会実装

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:近藤 正章(慶應義塾大学)、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(パナソニックホールディングス)、西山 高浩(ローム)

戦略的創造研究推進事業 CREST「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

研究総括:宋藤 総(大阪大学先端学際研究機構 教授)

研究概要

エッジAIの裾野をセンサやコントローラのようなローエンドエッジデバイスまで押し下げ、自律的かつ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という研究ビジョンのもとに、ローエンドエッジデバイス上で複数ニューラルネットワークの自律学習を行うオンデバイス学習技術を探求した。オンデバイス学習技術は4ドルのコントローラなどで動作し、環境変化を検出すると自律的に追加学習を行うことで環境変化に追従する。研究成果は産業機器や家電製品の異常検知、設備監視、人行動認識、気象センサの高度化などに応用された。また、産業応用を想定したオンデバイス学習技術の集積回路化も行った。

研究成果とインパクト

一般的なクラウドベースのAIシステムでは、エッジはデータ収集のみを担い、データ解析などの知的処理やそれに伴う付加価値はクラウド側に集中しがちである。一方、オンデバイス学習では、計算コストを極限まで抑えたうえでエッジ側でモデルの学習などの知的処理を行うことで、環境変動に強いインテリジェンスをエッジで実現できることを示した。最近では産業界からも類似の取り組みが発表されているが、本成果は逐次学習、教師なし学習、計算コスト削減、データの多峰性への対応、コンセプトドリフト検知など核となる周辺技術を揃えて実用化にたどり着いたもっとも初期の例であると考えられる。実用化面では、パナソニックグループは様々な家電製品の電気火災の予兆検知にオンデバイス学習を応用した。ロームグループはオンデバイス学習機能を有する超小型System-on-Chip (SoC)を開発し、僅か30mW程度でニューラルネットワークの学習と推論ができることを示した。

今後の展開等

- ・オンデバイス学習機能を有するSoCについては量産化の可能性がある。
- ・オンデバイス学習を用いた家電製品の電気火災予兆検知については家電データセットを公開している。他組織との連携、AIの品質管理、実用化を視野に入れた研究開発を行う。
- ・オンデバイス学習の実用化に向けた最後の岩が信頼性向上とセキュリティ対策であり、エッジAIのセキュリティの専門家と連携して、今後も研究開発を継続する。


オンデバイス学習：特徴

- ・コンセプトドリフト検知と連動した自律的追加学習
環境変化を検知して自動的に追加学習 → 外乱に強い異常検知



応用例：電気火災の予兆検知（パナソニックG）

- ・オンデバイス学習によって、普段と異なるトラッキング変化の予兆検出



応用例：オンデバイス学習チップ（ロームG）

- ・オンデバイス学習の裾野をセンサ・コントローラまで押し下げる
未知の入力データ → 「いつもと違う」を数値化して出力



図5 オンデバイス学習技術の確立と社会実装

7. 総合所見

(1) 研究領域のマネジメント

大学や国立研究機関の研究者に向けたこの研究マネジメント戦略は、学術評価だけではなく、研究と事業が一体であるという価値観を重視した。人工知能研究において実装の重要性を強調し、ビジョンステートメントの実現を目標とするマネジメントを実施している。研究目標をストーリーとして語ることで、情熱と内容の両方を表現し、共同研究者や出資者に対して研究の必然性とアプローチの納得度を高めている。

企業経営で当たり前のビジョン作成と目標管理は研究代表者にとって新たな課題であり、共同研究者や学生にはまだ浸透していない可能性がある。このアプローチは、科学技術イノベーションの定義を再考し、科学的発見と価値化の統合力をイノベーションの両輪として捉えている。CRESTの従来のマネジメントスタイルから外れるが、実験的挑戦としての理解を求めたい。

目標の妥当性と達成可能性、社会インパクトの大きさ、イノベーション創発の可能性、リスクの積極的評価、技術的水準とビジネス展開の両方の追求、特許出願や論文投稿の自由度、研究の社会的役割の重視が、この戦略の核心をなしている。それを補強したのが領域アドバイザーの多様性である。学術的権威だけで構成せず、広く産業人から選んだ。この特異性も実験的挑戦の一つとして評価していただきたい。

(2) 研究領域としての戦略目標の達成状況

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

- 篠田浩一チームは、スーパーコンピュータ「富岳」を利用し、Co-Design と呼ばれるチーム型研究に基づいて深層学習の高速化を追求した。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を理論的に証明した。機械学習の理論、3D CNN のモデル並列化、FPGA 実装を含む複数の分野で成果を上げた。更に、新型コロナウイルス感染リスク評価に向けた観客映像のマスク着用自動判定を可能にした。多くの国際会議での採択実績を持つ以上の研究は、ハードウェア、理論、応用の専門家間の相互作用により成果を得ており、今後の小規模データ学習やデジタルツイン応用への展開が期待される。
- 佐藤真一チームは、メディア認識と精神医学の専門家が協力し、ソーシャルメディア解析を通じて精神疾患の早期発見に貢献。大規模な精神疾患患者データ、SNS テキスト、食事記録などを活用し、うつ病や認知症などの精度高い識別を実現。数多くの国際会議採択や特許出願を成し遂げ、精神疾患の未病から疾患に至る過程の多面的計測を可能にした。今後は、収集したデータを基にした予防・治療研究の発展が期待される。
- 田中聡久チームは、機械学習と脳神経外科の専門家が協力し、脳波を用いたてんかん診断 AI を開発。クラウド上でのデータセット収集やアノテーション、高精度な診断支援 AI モデル構築などの技術的成果を達成。7 施設にまたがるデータ収集・アノテーション体制が確立され、さらに社会実装と薬事認証を目指し、研究成果の商用化に向けてスタートアップ「Sigron」を設立。多施設からの大規模データベース構築や遠隔診断システムの開発に成功し、てんかん診断の新たなパラダイムを築いた。
- 諸岡健一チームは、子宮頸がんの自動判定システム開発に注力し、画像処理による細胞診断技術で顕著な進展を達成。多重焦点画像列を活用した細胞診断支援クラウドシステムとデータベースの構築に成功。製品化にはまだ時間が必要だが、テストマーケティングや PMDA 認証手続きを通じ、実際の診断ワークフローにメリットを提供。今後、こ

の技術が他の疾患の診断システムにも応用されることを期待し、医療分野への大きな貢献が見込まれる。

- 松谷宏紀チームは、半導体メーカーと連携し、故障解析をリアルタイムで行うオンデバイス学習デバイスを開発。この分野で世界的権威に成長し、新たな学会を形成する基盤を築いた。超低消費電力型チップの開発に成功し、ローム株式会社との協力で製品化を目指す。このチームの成果は、オンデバイス学習の応用分野の拡大を促進し、今後の多岐に渡る分野での影響が期待される。学術的・実用的な進歩は、この領域での松谷チームの重要な貢献を示している。
- 浜田道昭チームは、「AI アプタマー創薬」で RNA アプタマーの創薬期間を短縮し、新薬開発にブレイクスルーを目指す。AI 技術を用いた RNA 配列生成 (RaptGen)、機能的 RNA ファミリー生成 (RfamGen)、RNA-タンパク質複合体構造予測の高精度化、抗 Dengue ウイルス及び抗 SARS-CoV-2 アプタマーの創出などの成果を上げ、Nature Computational Science に研究成果を掲載。創薬に 10 年かかるが、学術的に高い評価を得ており、医薬品開発への社会貢献が期待される。

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

- 飯山将晃チームは、海況推定から漁業経営方策立案までの幅広い漁業モデルを創出した。カツオ漁場予測システムや漁場ナビ、高解像度海洋環境プラットフォームを開発し、従来の予測を超える成果を達成。スタートアップ設立で実運用へ移行し、漁業者の信頼獲得を目指す。短期間で目覚ましい進歩を評価し、今後の国規模のデータ蓄積と民間利用への展開に期待したい。
- 落合陽一チームは、空間視聴触覚技術を活用し、AI と IoT で多様な人々の共創可能性を探るアプローチを取った研究。具体的な問題解決を通じて、新しい考え方を提案し社会変革のきっかけを作る。子供向けスポーツ用義足普及や、教育ツール開発による社会的影響の示唆、商品化が進む See-through captions、Ontenna の実用化に注目。乙武義足プロジェクトは AI・IoT の社会貢献を証明。個別課題解決での当事者巻き込みや資金集め、枠組みを超える若手研究チームの取り組みが評価されている。
- 加藤真平チームは、Autoware という世界的に知られている自動運転システムを開発している。今回の研究では危険予測で実用化し、自動搬送カートや EV バスで採用。Automan クラウドサービスを公開し、自動運転保険を設計・認可。自動運転の予測に特化し、限定領域からの実用化を推進。大学発スタートアップで技術開発を継続し、将来の市場展開と研究グループの成長を期待したい。
- 原隆浩チームは、新規事業者やユーザーへの安全で快適なサービス提供を目指し、ビッグデータ解析と AI 技術の開発に着手した。オンラインから実空間に至るまでの様々なドメインで活用できるペルソナモデルと行動予測モデルを構築し、これらを異種ドメイン間で転移利用する技術を開発した。ユーザー ID や生データの交換を必要としない

形でプライバシーと権益を保護しながらモデルの活用が可能となる。多くの高権威論文の採択とともに、予想外の成果を実データで検証することができた。社会的成果としては、「異業種ペルソナマーケティング AI 推進協議会」を設立し、技術の事業応用の可能性を探った。また、5 件の特許を出願し、実空間ペルソナモデリングを商業化するスタートアップを立ち上げた。

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

- 花岡悟一郎チームは、プライバシー保護データ解析技術の進展として、入出力情報を秘匿したままでデータ処理を可能にする汎用的秘匿計算技術「QueryAhead®」の開発が行われた。これにより秘匿不動産マッチングシステムを含む複数の実運用システムが構築された。また、金融データ解析に特化した技術開発が進み、プライバシー保護協調学習を用いた不正送金検知の実証実験が金融機関と連携して行われた。その結果、複数銀行のデータを活用することで高い検知精度を達成し、既存のルールベース検知システムを大幅に上回る成果を得た。これらの研究成果により、汎用秘匿計算が実用化に向けて大きく進展した。学術的にも、この分野のトップ国際会議での論文採録を通じて先進的な成果が認められている。プライバシーを守りつつ解析を行う社会的要請に応える成果が示され、システムの拡張性や実装容易性に関する検討を含め、今後の本格的な社会貢献が期待される。これまで机上の理想論であった汎用秘匿計算が実用に近づいた。

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、戦略目標を部分目標に分解して機能別研究テーマの成否として設計することは難しい。社会課題とデータがあるところに特殊解としての事業機会と研究機会がある。以上、個々の研究成果により戦略目標の達成度を報告した。

(3) 本研究領域を設定したことの意義と妥当性

以下の写真は深圳にある中国科学院深圳先進技術研究院 (SIAT) の玄関にある、モニュメントである (2019 年 3 月訪問時に撮影)。左にある支柱は遺伝子の核酸を、右にある支柱は LSI デバイスを表しており、バイオテクノロジーと IT の統合を示している。戦略目標の「統合化技術の創出」とは、まさにこのことで、メディア認識と精神医学、波形認識処理と脳神経外科、画像認識と細胞病理学、機械学習と分子生物学、パターン認識と海洋・水産・畜産、メディア処理と福祉・介護の組み合わせが実験された。

戦略目標の実現において、人工知能を異なる学問領域の触媒として捉えることで、メディア認識から福祉介護に至るまでの幅広い分野での技術統合が加速した。その文脈での研究開発は、単に新しい技術を創出するだけでなく、それらを実社会に適用し、全体としての持続可能な成長を促進する方向で進められるべきである。各領域の専門知識と人工知能の結合によるイノベーションは、社会的課題解決において有効である。



図6 中国科学院深圳先進技術研究院(SIAT)モニュメント

本研究領域において意識したイノベーションのエコシステムを下図に示す。これは戦略目標にある「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て統合化していくことの両面を考慮した研究開発」と一致している。事業化なしにデータは手に入らないので、基礎研究、応用研究、開発、事業を同時に俯瞰する必要がある。好例を示したい。篠田浩一チームの提唱した Co-Design は、深層学習の基礎から応用を同時に進めている。

- 基礎研究：深層学習において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を理論的に証明。
- 応用研究：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と物体検出応用に関してCPUやGPUよりも高速なFPGA実装。
- 応用開発：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システムの開発。

篠田浩一チームには深層学習理論の専門家が参加しており、基礎から応用までをカバーできている。花岡悟一郎チームは、秘匿分散処理という基盤技術を背景としながら、システム開発を行い、企業と連携しながら汎用的秘匿計算技術、プライバシ保護協調学習処理の実用化を行っている。落合陽一チームは、応用研究、開発、ユーザーを巻き込んだ改良というコンカレントなイノベーションスキームが回っている。

他チームも、提携企業、自ら立ち上げたスタートアップ、現場を持つ研究機関（特に医療分野）との連携から研究開発のダイナミズムが生まれている。ここでの研究開発のダイナミズムとは、用いる人工知能技術の取捨選択、取り組む仮説検証実験のリソース配分を迅速に行うこと、そして理想的には必要な基盤技術を開発することである。

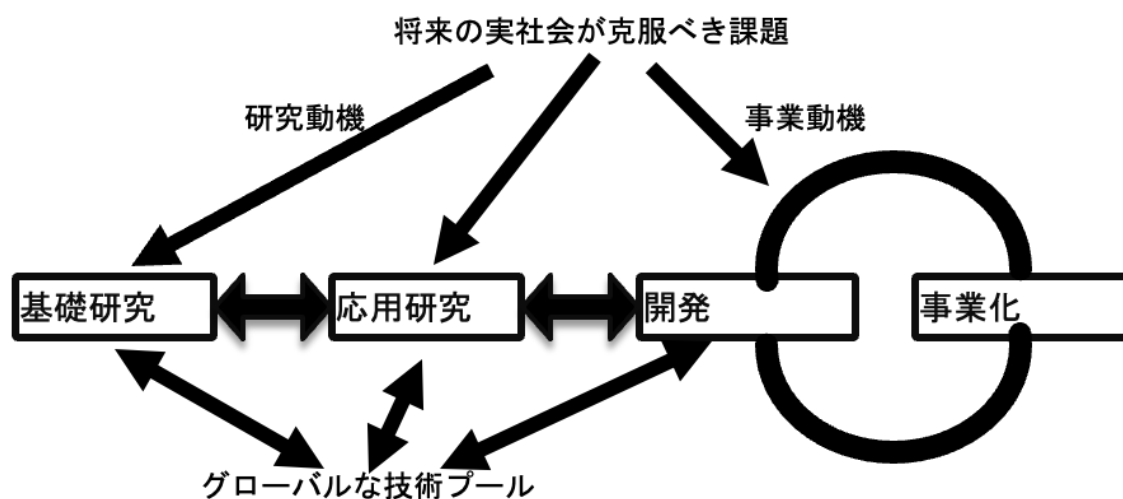


図7 イノベーションエコシステム

戦略目標の記述にあるように「急速に高度化・複雑化が進む人工知能基盤技術」に関しては、本研究領域の期間2016年～2023年は劇的な変化があった。下図は研究総括が経験した、ここ10年の深層学習の発展である。個人的には幸いなことに音声認識から大規模言語モデルまで、その実用化に立ち会うことができた。

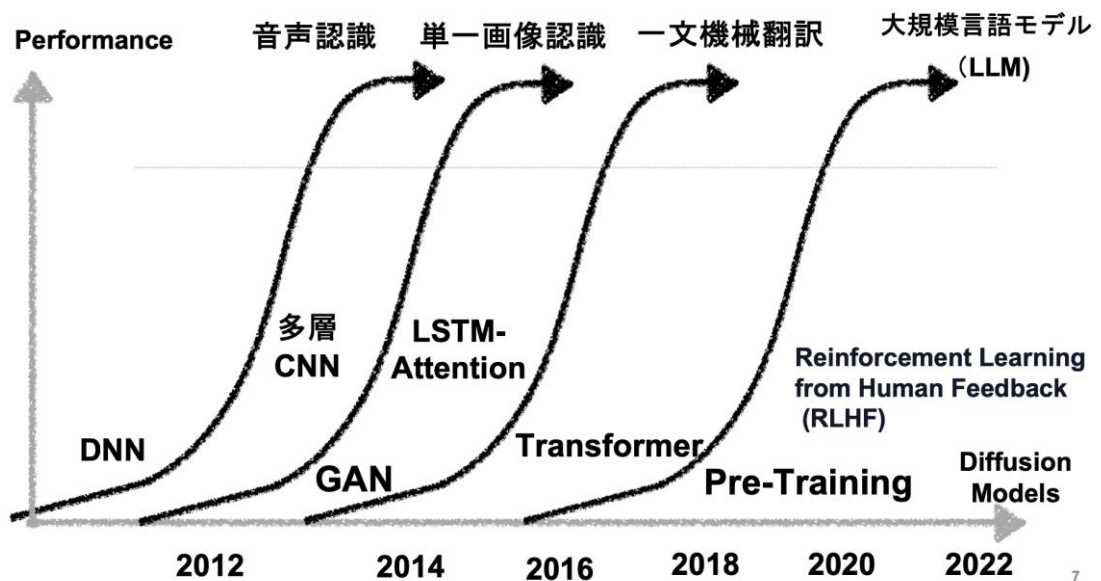


図8 深層学習の進展

本研究領域では、一方で、この大規模言語モデルに至る深層学習の高度化・複雑化には対応していない。本研究領域の開始は2016年であり、公募開始時は多層畳み込みネットワークが深層学習の中心で、まだトランスフォーマーという多段自己注意機構技術は学術分野でもなかった。今回の領域事後評価にあたり、領域アドバイザーと研究総括と「最新ゲームチェンジャー技術への対応はどうあるべきか」の議論を行った。それは社会貢献を優先したことの是非の議論となった。意見を以下にまとめる。

- ① 人工知能は社会実装を前提とした触媒技術：ビジョンステートメントにあるように社会問題解決、現場の課題設定したことにより、人工知能技術の統合という意味で、「急速に高度化・複雑化が進む人工知能基盤技術」に翻弄されることなく、技術開発が行えた。
- ② 人工知能は次世代を切り拓く基盤技術：近年の生成 AI 関連のイノベーションが主流に移行している中で、軌道修正するためのシナリオは用意しておくべきだった。例として上げると篠田チームの高速化対象は多層畳み込みネットワークであり、本 CREST の中で陽にトランスフォーマーの実験を「富岳」で行ったのは、2022 年になってからである。

人工知能は社会実装を前提とした触媒技術として、日本の研究チームでもできることは実証できた。一方で人工知能の次世代を切り拓く基盤技術として強化するなら、組織的により大きく、かつトップダウン運営ができる体制が必須である。理想を述べるなら、社会問題に向き合う実装・運用なくして人工知能は成り立たない、劇的に向上する人工知能技術基盤を貪欲に全社会に組み込んでいくマネジメントができればよかった。戦略目標を個々のビジョンステートメント達成にブレイクダウンした今回の運営は、出口指向で、技術変化のダ

イナミズムに追従できなかったとの反省がある。

(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

本研究領域で本来の CREST から見て実験・挑戦としたことを下記にまとめる。

- ① 社会問題の解決を出口としたこと。盲点として、基盤技術について議論が不明瞭となった。基盤技術に関する議論が不十分であり、これが研究の進展に影響を与えた。理想が言えるならば、社会貢献への出口を見据えながら、劇的に進化を遂げる基盤技術を選び直す迅速さを実現したかった。
- ② 技術経営人材の育成。研究の社会実装や事業化を意識した取り組みから、基盤技術の重点化を行うという技術経営ができる大学、国立研究機関の人材育成を狙った。
- ③ コンカレントな研究開発。基礎研究から事業化を同時並列実行し、大学の研究者が企業、スタートアップと協力し、基礎、応用、開発、事業を同時並行して行う。
- ④ 学際研究の促進。異分野間の学際的な研究が設定され、新しい研究分野を作る。
- ⑤ ステージゲート制の導入。これは准教授レベルからのコンパクトな提案を多く受け入れることができた反面、特任教員を雇うことが難しいなど、大学の研究には文化的、予算処置的に合わなかった。

①について、基盤技術について各チーム、他の領域との議論が欠けていた。反省点とした。人工知能を含む情報系新規事業には平均5年かかる。今、5年経ち、その研究開発グループの成否が見通せるという段階であるので、5年で当該 CREST（研究開発ファンド）の成否を判断することは難しい。抜本的な戦略・戦術スキーム（CREST の立ち上げ、見直し、評価、フォローアップ）の見直しが必要だろう。②については、各 PI には個別のミーティングを通して、期待を述べた。情報技術は産業の触媒という役割から、事業として技術開発を捉える人材育成が大学でも重要である。これは推したい。繰り返しになるが、人工知能は、産業の触媒であるという位置付けでは、コンカレントな研究開発、学際研究をしなければ、つまり上記③と④を実行できる能力がなければ、ファンドが得られないという仕掛けが必要である。ぜひ、JST の施策になれば幸いである。

最後に⑤ステージゲートについては、研究総括は失敗だとは思っていない。科学技術への投資は常に見直しが必要である。現状の大学の組織文化・労働慣行に照らすと、スモールフェーズで打ち切りにするのではなく、そのまま CREST のチームとして残すのが良いかと思われる。情報技術分野では投資会社のファンド運営期間、10年を設定して、その中で、同期した投資設定ではなく、逐次シード、シリーズA、シリーズBまでの出資を行うような仕組みはどうだろうか。劇的に高度化し、複雑化する技術分野では、出口ターゲット（今回はこれを固定）と関連する基盤技術（今回はこのケアが不十分）を連携させて見直していくトップダウン型のファンドリーダー（研究総括、プログラムディレクター）とそのスタッフの組成が重要となる。

(5) 所感、その他

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」というテーマに沿って、イノベーション創出のために、投資会社のスキームで運営に挑戦した。それが、「ビジョンステートメントを決め、そのために大学、研究機関、外部の協力を掛け合わせる統合力をもったチーム」に初期投資 7500 万円＋追加投資＋本格投資 3 億円というスキームを実験的に行うというものだった。これの是非は、本報告に述べた PI が 10 年後に成長しているかどうかで見てほしい。

本研究領域では日本の社会問題解決、ひいてはグローバルな社会問題解決に対して、精神医療、秘匿演算、医療データ解析、IoT デバイス、顧客データ解析に注力した。一方で、今、注目を浴びている大規模言語モデルに代表される基礎・基盤技術の大変革に対応するには、固定化された 5 年という期間と戦略目標では、追従できないと思われる。ステージゲートには、大学の文化・雇用慣行には合わないとの批判はあるが、ステージゲートがなければ、本研究領域の准教授クラスからの提案の多くは採用できなかった。これからも挑戦が必要である。助教、准教授が自由に提案できる規模、学際のパートナーを見つける機会設定、目標変更の柔軟性、潤沢な資金設定を考慮いただければと思う。

下図は 1981 年以降の科学技術先進国の研究開発費である。日本は伸びていない。科学技術研究費への投資が増えない、博士人材が増えない、国富に科学技術が貢献しないという負のスパイラルにある。大学の研究が大学・学会に閉じず、社会問題解決にコミットすることで以下を成し遂げたいと思う。言い換えれば、

① 国民の支持獲得による研究費の再分配とそれに見合う社会貢献

研究の社会的影響や成果を国民によりわかりやすく伝えることで支持を集め、研究への投資を増やす。そして、それを社会に還元していく。それができる人材を育てる。

② 社会貢献のできる博士課程学生のキャリアパスの確立

人材育成には博士課程の学生の待遇改善が必要であり、博士号の価値を高めることが求められる。学位取得後のキャリアパスの不透明さを解消する。人工知能分野は、基盤技術の触媒として社会に貢献できるという点を強化し、他の学問分野においても模範とする。

③ 研究体制の拡大と国際連携の促進

現状の研究室単位での活動には限界があり、国際連携や企業との連携を含む広範な体制を構築することが重要。これにより、研究の質を高め、グローバルな競争力を確立するための基盤を形成する。

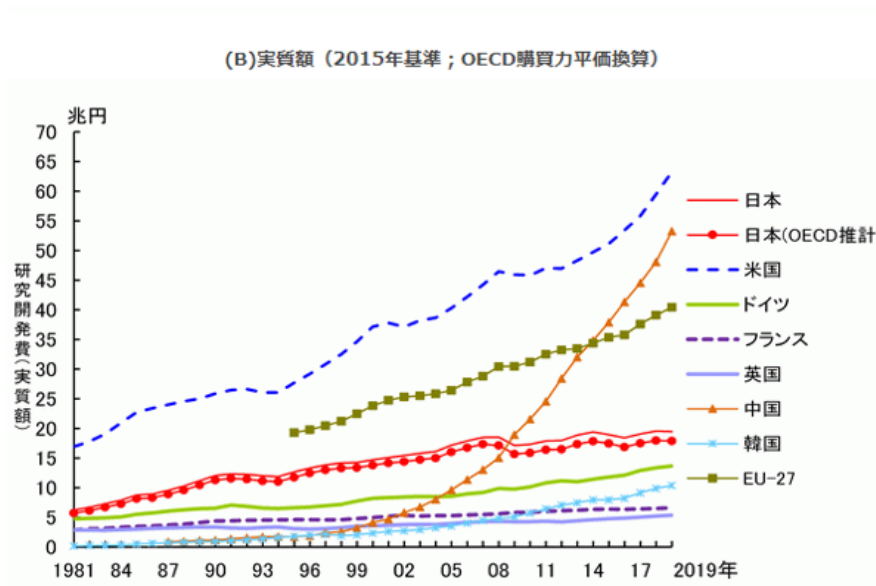


図9 OECD購買力平価換算

大学の研究室単位の活動は、もう限界にきている。大学研究室中心ではなく、未来が担える大学企業連合グループに数億円を与えるという、欧米風のディープテックへの投資ができないだろうか。否が応でも、企業と組む、他の研究領域と組む、海外の研究機関と組むというファンドの仕掛けが必須である。今の日本にできることは、大学の外縁に企業との接続領域をどう設計するかだ。そこで活躍できる人材を育てたい。これが本研究領域の想いであった。

以上