

CREST「数学・数理学と情報科学の連携・融合による
情報活用基盤の創出と社会課題解決に向けた展開」
研究領域中間評価報告書

1. 研究領域としての成果について

(1) 研究領域としての研究マネジメントの状況

本研究領域は、「数理学と情報科学の連携・融合による情報活用基盤の創出と社会への展開」という戦略目標の下、AI やビッグデータ解析などのデータ駆動型のアプローチだけでは困難な実社会の問題解決や付加価値創造に対して、数理学と情報科学の連携・融合による新たな基盤技術の創出を目指している。

研究課題の選考は、データと数理モデルを結ぶ代表的分野のデータ同化がやや不足の結果となっているが、研究ポートフォリオに基づいて、基盤となる学術領域の情報科学、数理学の諸分野に偏りのないよう務めている。研究対象についても汎用データ解析、医学・医療、工学・化学応用の3つの分野に絞り、さらに年度ごとに選択課題分野を配慮するなど、概ね適切な選考がなされている。

領域アドバイザーは、モデリングが重要な分野である物理学者や、採択課題の多い生命系などを対象とする応用分野でクリティカルフィードバックが可能な専門家が不足していると思われる。主たる共同研究者などがこの任を担う配慮は十分認められるが、より厳しい議論ができる環境づくりのため、新たな追加の人選や、領域会議への招聘など何らかの形での参画が望まれる。データ駆動型アプローチの限界が多く指摘されている中、本研究領域こそが行える応用分野までの乖離縮小や、将来的な展開力が強化できれば素晴らしいと考える。

各研究課題への担当アドバイザー配置は良い取り組みである。現状、担当アドバイザーと研究課題との整合が完全に取れていないところが見受けられるため再構築を望む。

マネジメントは、研究期間前半のためでもあるが、国際的に著名な雑誌、会議での発表に評価の重点がやや偏っているのではないかと思われる。これらは重要なスタート地点であるが、得られた研究成果を社会・経済へ将来展開していくことを見据え、数学・数理、情報科学ではない応用現場の評価軸で計る機会の整備や、将来の方向性の具体化の取り組みを期待する。

その他、サイトビジットや対面、オンラインでの領域会議は適宜開催し、進捗状況の把握に常に努め、総括裁量経費も研究推進に向け上手く運用している。本研究領域と同一戦略目標下で発足した、さきがけ(数理構造活用)、ACT-X(数理・情報)とで、JST 数学関連連携ワークショップ「情報科学と拓く新しい数理学」を開催し関係を密にしている。本活動では、数学の潜在的可能性を周知し、情報科学と数理学の連携・融合で生まれつつある新しい数理学研究によりインパクトある社会課題の解決につなげるという研究総括のメッセージが若手研究者に適切に伝えられている。本研究領域内でのインタラクション、研究者育成に

ついて、本活動を起点により推進することやさらなる成功事例の発信を期待する。

(2) 研究領域としての戦略目標の達成に向けた状況

国際的な研究水準は高く、国内外で本研究活動が認知され、高いインパクトのある研究が実施されていると評価できる。

論文(査読あり、学術雑誌・会議録)は、国際 508 報、国内 20 報、招待講演は、国際 176 件、国内 186 件と多く発表されている。

これらの中には、情報関連では、NeurIPS、ICML、ICLR、AISTATS、物理関連では、Physical Review E、数学関連では、Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science、Journal of Differential Equations、Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics など、国際的に著名な雑誌、学会で 152 件と数多く発表がなされていることは特筆に値する。著作物も約 8 割の研究課題から計 71 件が刊行されており、社会還元活動も大いに評価できる。

特許は、国際 3 件、国内 3 件が出願されている。本研究領域は、数学・数理科学、情報科学、社会課題解決に向けた取り組みと幅広い。研究課題個々に、特許要件の適否に濃淡はありと考えられるが、標準化に係わる暗号技術の研究課題もあり、研究期間前半の研究成果の実績から、後半に向けては出願可能性がより高まるとも考えられる。特許出願については、JST の特許支援を含み、意識向上や知識の周知、戦略的な取り組みを期待する。

ソフトウェアは、研究領域全体の 4 割以上の研究課題から計 20 件の公開があり、メディア掲載やプレスリリースは、約 4 割で計 28 件の実績がある。また、文部科学大臣表彰 2 件を含み 7 割以上の研究課題で計 68 件の賞を受賞している。多くの研究課題で積極的に研究成果の開示、発信を行い、多くの研究成果が国内外で高く評価されていることが認められる。

科学的・技術的な観点からの貢献では、本研究領域が掲げる数学・数理科学と情報科学の融合研究という視点で、新しいブレイクスルーに結びつきそうな研究成果が生まれている。

特筆すべき研究成果は多くあり、その例としては、福水チームの深層学習に対する確率的勾配法が汎化のミニマックス最適性を持つなど、数学解析に基づく深層学習モデルの研究や、河原チームの機械学習分野における再生核ヒルベルト空間の適用可能性提示、クープマン解析を応用した動力学の安定性を用いた時系列の長期予測など、データ科学的手法の研究は、国際的な水準が高く、優れた研究成果である。

谷口チームの物理法則を満たす深層学習モデリングの理論構築は、AI for Science としても問題設定が新しく、カーンチームの深層学習での大規模データ依存性を軽減する新しい学習法のベイズの双対原理、小林チームの多元混合化学反応系をハイパーグラフ上の非線形力学系と見なした新規理論の構築なども優れた研究成果である。

社会的・経済的な観点からの貢献では、李チームの偏微分方程式を用いた慢性蕁麻疹の皮膚形状の分類の解明は、現代人の多くが悩む皮膚疾患の解決に大きく貢献すると期待される。樺島チームは、エントロピー導入による細胞内シグナル伝達の特徴づけで、発がんや密

接に関する情報伝達経路異常の発見に成功している。また、梶原チームの離散モデルによる対話的設計法とソフトウェア開発、末永チームのブラックボックス検証手法の開拓、福水チームのスパイクニングニューラルネットワークによる生成モデル、高木チームのポスト量子暗号の安全性評価法も特筆すべき例として挙げられる。

また、田中チームの生成 AI を中心とする急速な技術の対処も重要である。目先の実用化のみにとらわれず将来の道筋を見据えるという領域運営のメッセージが各チームに伝わっており、梶原チームによる対話的設計法、野津チームによる物理リザーバーの各分野への応用、杉山チームによる偏微分方程式を用いた脳動脈瘤推定法など、研究期間後半に結実することが期待される研究課題も多いと考えられる。

これら研究成果の普及、社会受容性の醸成に向け、数学を使って解決するというマインドセットや、数学・数理科学と情報科学融合の有効性の啓発を含み、生み出されたものがどのように社会課題解決に結びつき貢献するか、関連分野はもとより一般にも分かりやすくメッセージを発信していく活動も期待したい。また、文化や時間スケールが異なる分野間で、どのようにして数理的手法を浸透させ、医学・医療分野、工学・化学分野など各分野で主流の流れを作っていくか、高いハードルであるが、最終年度までに一部でも、知見や方法論が示されることを期待したい。

以上を総括し、本研究領域は優れていると評価する。

以上