

## さががけ「社会的課題の解決に向けた数学と諸分野の協働」

### 研究領域事後評価報告書

#### 総合所見

本研究領域は、「社会における支配原理・法則が明確でない諸現象を数学的に記述・解明するモデルの構築」、「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」の2つを戦略目標として実施され、それぞれの目標達成のために、適切な研究課題と研究者が採択された。特に、研究課題に関しては、数学研究者と、数学を活用して課題解決に取り組む諸分野の研究者とをバランスよく採択し、数学の普遍性を用いて幅広い応用分野での課題解決を目指すものとなった。研究者に対するメンターの役割を領域アドバイザーに持たせ、研究進捗の把握・評価・アドバイスなどをきめ細かく行った。この担当アドバイザー制は有効に機能し、その後のさががけでも取り入れられている。サイトビジットや合宿形式の領域会議、様々な研究領域内外交流の場を提供し、個々の研究発展のみならず、分野を超えた共同研究への展開や研究成果のアウトリーチ活動なども活発に行われた。また、多数の研究者の顕彰・受賞があり、若手研究者のキャリアアップも達成されており、優れた若手研究者の育成が行われた。これらのことから、非常に優れた研究マネジメントが行われたと高く評価できる。

研究成果は、各々これまでにない独創性・先駆性・挑戦性を持ち、数学との協働により非常に高い水準にある。さらに、研究領域内外との連携により研究開始当初には想定になかった研究成果も数多く得られている。例えば、鈴木 of 統計モデリングにおける研究、縫田 of 暗号理論、荻原 of 機械学習を用いた金融データに関する研究などは、各分野において、最先端でかつ重要な研究成果と考えられる。また、神山 of 大規模保育所割り当て問題に対する研究は、社会実装として結実し、その有用性が示された素晴らしい研究成果である。これらの研究成果は著名な国際学術論文、主要な国際会議論文、招待講演、また特許などで学界、産業界に発信され、またアルゴリズムやソフトウェアの形でも関係コミュニティに成果物が還元されている。特に、数学・数理科学分野で特許出願13件は、社会的・経済的価値の創造という面で十分な研究成果であると思われる。これらのことは、当該分野をリードする研究成果が創出されたことを示している。

以上を総括し、本研究領域は総合的に特に優れていると評価できる。

#### 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

##### ① 戦略目標の達成に向けて研究課題の選考方針

純粋数学の研究者に加え、自然科学、情報科学、物質材料科学、流体力学、生命科学、社会科学(都市・社会システム、言語論)等への数学の応用に取り組む研究者をバランスよ

く採択し、独創性・先進性が評価された研究課題だけではなく、数学者と諸分野の実験・理論の研究者が相互に連携できる学際的な研究課題の採択も重視したものとなっており、高く評価できる。

## ②領域アドバイザーの構成

領域アドバイザーは、先行した CREST・さきがけ複合領域「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」(研究総括：西浦廉政、2007 年度～2015 年度)の知見・経験の継承や、CREST 研究領域「現代の数理科学と連携するモデリング手法の構築」(研究総括：坪井俊、2014 年度～)との連携を十分に考慮し、なおかつ数学の広い分野を十分カバーできるものとなっている。また企業出身の領域アドバイザーも選定しており、産業応用への成果展開も考慮されている。数学と諸分野との協働ということ考えると、数学以外の分野を専門とする領域アドバイザーの必要性も考えられるが、担当アドバイザー制の導入や諸分野連携の場の積極的な提供など、数学者とそれ以外の分野の研究者の協働が促進されるような適切な運営がなされていることから、適切な領域アドバイザー構成であったと判断できる。

## ③研究領域のマネジメント

領域運営については、メンターの役割の担当アドバイザー制を導入し、研究の進捗の把握と評価・指導をよりきめ細かく行える体制を構築したことは高く評価できる。また領域会議を合宿形式で実施し、研究者間での相互の研鑽、情報交換、研究連携の機会等の環境を用意したことも、数学とそれを必要とする諸分野との連携により多くの優れた研究成果を生み出すことにつながっていると考える。サイトビジットに関しても、個々の研究の詳細な実施状況を把握するだけでなく、研究遂行をより円滑に行うことにも取り組んでいることは評価できる。研究課題終了後も、当該研究課題の発展・展開に対して適切にフォローアップされている。SciFoS などを通じた産業界や他の数学関連研究領域の研究者との交流も盛んに行われ、数学キャラバンや関連する CREST 研究領域と連携した公開シンポジウムの開催などアウトリーチ活動にも積極的に取り組んでいる。また、研究者の国内外の顕彰・受賞および招待講演の数も多く、多数のキャリアアップの実績からも、人材育成という面で優れたマネジメントが行われていた。

研究費の配分に関しても、さきがけ研究者の実情や進捗に合わせて研究環境の整備や国際連携を推進できるように適切かつ柔軟な予算配分がなされた。

## ④その他

特記事項としては、研究領域内での特定テーマに関する研究グループの構築や、産業界出身の領域アドバイザーが中心となった産業界との連携、JST の数学関連領域との連携を積極的に行い、その結果、研究者間の連携や出口戦略を見据えた取り組みを促進する効果が得られた。

以上により、本研究領域の研究マネジメントは特に優れていたと評価できる。

## (2) 研究領域としての戦略目標の達成状況

研究成果に関しては、これまでにない独創性・先駆性・挑戦性を持ち、著名な国際学術誌などで発表されており、国内外の類似研究と比較しても国際的に高い水準にあると評価できる。特に、機械学習の数学理論の研究、物質構造探索への数理の活用、流体現象の位相データ解析など新規性や応用性の高い研究成果が生み出されている。例えば、鈴木 of 統計モデリング、縫田 of 暗号理論、荻原 of 機械学習を用いた金融データに関する研究成果は、当該分野で最先端かつ重要な研究成果であることは疑いなく、また、田中(石井) of 言語に関わる研究、中嶋 of PRC の研究は独創性に富み、Packwood of GNR 合成は新しい技術・手法を確立する先駆的な研究成果である。

横山の流体の文字化と位相流体データ解析(TFDA)は、ともすれば巨大データの解析に陥り易い流体解析やそれに類似する分野への新しい解析手法として重要であり、理論的側面に加えて実際に理論を応用した装置の開発へも繋がっている。寺本の特異点論の物質科学への応用では、結晶の物性制御も含め、今後の応用への期待が高い優れた研究成果である。また、早水による tree-based network の構造理論とそれに基づく系統樹推定アルゴリズムの格段の改良および新たな数学理論のデータ科学への展開、李の細胞核の動的変形が核構造の再編成を引き起こすことの発見に留まらず、空き家問題へ数理モデルを適用し、その空間的特性から再配置によって自治体の財政圧迫を減らす政策の提言に成功していること、千葉のネットワーク上の同期現象の研究での純数学的理論が脳神経細胞の同時発火問題で小谷との共同研究に結実し、また電力ネットワーク問題や様々な社会問題への適用が期待できることなど、興味深い研究成果も得られた。

社会的・経済的価値の創造につながる研究成果としては、天気 of 季節予報のような時間的に変化する複雑な現象の長時間予測のための数理技術の開発、株式市場 of 分析・予測のための新たな確率微分方程式モデルの開発、ビッグデータ解析や AI 処理などで頻繁に現れる巨大行列計算に対する新たな数学的機構の発見などがあげられ、これらは数学 of 抽象性・普遍性を産業応用や社会実装へ展開できる新たな数学 of 応用分野を開拓する重要な研究成果である。その他、ネットワーク、脳神経モデル、細胞増殖・死滅モデル、脳血管モデル、細菌群衆モデル、材料成形モデル、都市・社会システムモデルなど、様々な応用分野へ数理モデル of 展開をはかり、未解決で困難な課題の解決や解決の糸口を見いだしており、本研究領域 of 目標達成に貢献している。

特許出願が 13 件出されていることは、数学・数理科学を中心とする研究領域としては十分な数であり、社会的・経済的価値の創造につながるものと思われる。また、富安 of 3D ピークソフトウェアの開発や鍛冶 of 数学を基盤とした画像処理などは、社会実装が期待される研究成果である。特に、神山 of 大規模保育所割り当て問題に対する研究成果が、実用上ほぼ最適であり、実際に社会実装 of 段階にあることは特筆すべきである。その他にも、末永 of 超準解析を用いたプログラミングや中野 of 統計的セルオートマトンモデリングによる手法など、今後の実応用発展が期待できる研究成果も数多く生み出されている。

本研究領域では日本の数理科学分野の優秀な若手研究者が選ばれており、期待通りの素晴らしい研究成果をあげている。想定外の驚くべき研究成果であるとまでは必ずしも言えないものの、国際的にみても大変高い水準にあるものが多数見られる。これらの研究成果は、文部科学大臣表彰若手科学者賞、藤原洋数理科学賞奨励賞を始めとする 26 件の受賞につながっている。具体的に社会に役立つ研究成果が目に見えるようになるには時間がかかるかもしれないが、着実に結果は表れてきている。

以上により、本研究領域の戦略目標の達成状況は特に優れていたと評価できる。

## 2. その他

今後は、理論、実験、シミュレーション、ビッグデータ解析・AI といった様々な科学的アプローチの幅広い学問分野や産業応用で、より多くの数学者が様々な諸分野の研究者と連携することを期待する。そのために、関連する産業/学術団体等への呼びかけも含め、組織的な宣伝やフォローが必要と思われる。併せて、このようなマインドを持つ人材を育成するために、数学の教育現場へのフィードバックも必要と考えられる。

さらに、成果物としてのソフトウェアは作成者個々の管理に任せるのではなく、オープンソース化などコミュニティベースに、何らかの統一的なソフトウェアの管理が行われることが望ましいが、その為にはソフトウェアの公開と利用に関するガイドラインの策定、場合によってはソフトウェア本体とマニュアルの組織的な管理体制が大切である。

一方、国際連携については、研究成果をさらに発展・国際展開させ、当該分野における国際的なリーダーを育成するためにも、国際共同研究への積極的な働きかけなども必要ではないかと思われる。