

はじめに

本報告書は、平成27年度文部科学省委託事業「数学・数理科学を活用した異分野融合研究の動向調査」について、東北大学知の創出センターが実施機関となり、その調査を取りまとめたものである。

計測技術の進歩や計算機性能の飛躍的向上といった技術の進歩に伴って、世界では、IoT (Internet of Things)、ビッグデータ解析、人工知能といった新たな情報技術がもたらす大変革が進んでいる。このような情報技術を含む科学技術の理論的基礎を支えるのが数学の理論や手法である。

様々な課題が高度化かつ複雑化している21世紀社会においては、数学・数理科学を活用した課題解決の必要性は、急速に高まっている。工学、医学、生命科学、社会科学等の多岐にわたる分野での研究推進や産業・経済等の社会への貢献において、数学・数理科学を活用した異分野融合研究は重要かつ効果的な手段といえる。

我が国が様々な先端研究分野の推進や高度かつ複雑な社会的な課題解決を行う世界的なリーダシップを取るために、数学・数理科学の異分野融合研究を強く推進することが重要であり、我が国では、文部科学省に数学イノベーションユニットが設置され、様々な取り組みが行われている。しかしながら、数学・数理科学を活用した異分野融合研究は欧米に比べてまだまだ脆弱である。そこで、このような異分野融合研究を促進するために、現状を把握し、産学官でビジョンを共有し戦略的に対応することが不可欠である。

このため、本事業では、数学・数理科学を活用した異分野融合研究に関する施策のエビデンスとなるデータを重点的に収集するとともに、我が国の現状と欧米諸国およびアジア諸国の現状との比較分析を通して、我が国にとって今後必要かつ実現が可能であると考えられる政策の提言を目的とする。

この報告書が、我が国の数学・数理科学を活用した異分野融合研究の発展に少しでも貢献できれば幸甚である。

最後に、この調査に協力いただいた日本数学会、日本応用数理学会、また調査に多大な労力を頂いた協力研究教育機関、アンケート調査、ヒアリング調査、現地調査、インタビュー等にご協力いただいた関係各位、本調査の趣旨に賛同されその遂行を支えていただき調査に多くの情報を提供してくれた、国内外の研究者の方々には深く感謝申し上げる。

目次

はじめに

序章

1. 委託業務の目的
2. 調査概要
3. 実施体制

第1章 数学・数理科学を活用した異分野融合研究の促進についての意識調査

1. 数学・数理科学教育研究機関とその研究者の活動動向と意識調査
 - 1.1. 数学・数理科学系学科・専攻・コースへのアンケートから
 - 1.2. 数学・数理科学研究者へのアンケート
2. 諸科学分野からの数学・数理科学融合研究の活動動向と意識調査
 - 2.1. 諸科学アンケート調査
 - 2.2. 諸科学の数学・数理科学との融合研究事例調査
 - 2.3. ヒアリング
 - 2.4. インタビュー
3. 企業との連携における数学・数理科学融合研究活動動向と意識調査
 - 3.1. 企業へのアンケート調査
 - 3.2. 数学・数理科学と産業界との共同研究の事例
 - 3.3. 企業との共同研究の課題

第2章 国内における数学・数理科学融合研究の進展状況とその課題

1. 数学協働プログラム活動調査
2. 数学連携拠点における活動調査
 - 2.1. 共同利用・共同研究拠点
 - 2.2. 大型研究プロジェクト
 - 2.3. 大学・研究所内設置センター等
 - 2.4. 実績データ
3. CREST・さきがけプログラム活動調査
 - 3.1. CREST・さきがけ複合研究「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」
 - 3.2. CREST 現代の数理科学と連携するモデリング手法の構築
 - 3.3. さきがけ 社会的課題の解決に向けた数学と諸分野の協働

第3章 海外における数学・数理科学融合研究支援体制について

1. 米国の動向
 - 1.1. 米国の競争的資金の動向
2. 欧州の動向
 - 2.1. European Research Council への調査
 - 2.2. アインシュタイン数学センターへの調査
 - 2.3. 英国 Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC) のデータ
3. 韓国における応用数学の動向
 - 3.1. 韓国における数学研究への政府の助成について
 - 3.2. インタビュー
4. 日本の数学・数理科学研究の動向
 - 4.1. 国際數学者会議 (ICM) と応用数理国際会議 (ICIAM) のデータ
 - 4.2. 科学研究費の動向
 - 4.3. 日米の数学・数理科学研究コミュニティ
 - 4.4. 欧米での数学コミュニティの活動

第4章 評価指標による異分野融合研究の動向

1. NSF データ (Global Share of Articles) による研究動向
 - 1.1. NSF による科学・工学研究動向の国際比較
 - 1.2. 科学・工学分野の論文シェア
 - 1.3. 各研究分野の高引用論文指標の変化
 - 1.4. 数学と計算機科学について
2. MathSciNet によるキーワード検索での融合研究動向
 - 2.1. 異分野のキーワードを含む論文数の年次変化
 - 2.2. 書評に現れるキーワードによる論文数の年次変化
3. 融合研究学術雑誌を使った数学・数理科学融合研究の動向
 - 3.1. 雑誌 Journal of Theoretical Biology および Bioinformatics におけるページ数の年次変化
 - 3.2. Nature 誌の学際研究特集号
 - 3.3. 数学分野の学際性の年次変化
 - 3.4. 国別に見た学際的論文の割合
4. 数学・数理科学と他分野との融合研究動向
 - 4.1. 学術文献データベースによる分野別論文数の年次変化
 - 4.2. 学術文献データベースによる国別融合研究の動向調査
5. 数学関連特許の動向
 - 5.1. WIPO および JPlatPat のデータベースを用いたキーワード検索
 - 5.2. キーワードを含む特許の年次変化

第5章 数学・数理科学融合研究のための数学人材の育成

1. 理系人材の育成
 - 1.1. 理系人材の現状
 - 1.2. 日本の現状
2. 高校生に対する数学への意識調査
 - 2.1. スーパーサイエンスハイスクールでの数学意識調査
 - 2.2. 数学オリンピック学生の進路
 - 2.3. 高校教員からみた数学への意識
3. 米国における数学人材育成調査
 - 3.1. 米国高校生の人材育成
 - 3.2. 米国のサマースクール
 - 3.3. 数学コミュニティ
4. 国内での学部における数学教育調査
 - 4.1. 国内における大学での学部数学教育
5. 米国の大学・大学院教育カリキュラム
 - 5.1. 米国大学の数学コースカリキュラム例
 - 5.2. 米国での数学系学科等での教育についてのまとめ
 - 5.3. 米国での工学教育での数学について
 - 5.4. プリンストン大学工学部
6. 数学・数理科学学生のキャリアパス
 - 6.1. 日本数学会における産学連携を通した若手数学者の人材育成
 - 6.2. 米国における数学の人材の層とキャリアパス
 - 6.3. 数学のキャリアパスとしてのアクチュアリー
7. 数学人材育成の課題

第6章 訪問滞在型研究所調査

1. 数学研究所について
 - 1.1. International Mathematical Sciences Institutes
 - 1.2. 訪問滞在型研究所の類型
2. 欧米の訪問滞在型研究所調査
 - 2.1. Mathematical Sciences Research Institute (MSRI)
 - 2.2. Institute for Pure and Applied Mathematics (IPAM)
 - 2.3. Institute Henri Poincaré
 - 2.4. Warwick Mathematics Research Centre
 - 2.5. Erwin Schrödinger International Institute for Mathematics Physics
 - 2.6. Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach (MFO)
 - 2.7. Lorentz Center
 - 2.8. Wolfson Centre for Mathematical Biology, University of Oxford

3. アジアの訪問滞在型研究所調査

- 3.1. National Center for Theoretical Sciences, Mathematics Division in Taiwan
- 3.2. Chern Institute of Mathematics
- 3.3. Tsinghua Sanya International Mathematics Forum (TSIMF)
- 3.4. Beijing International Center for Mathematical Research (BICMR)
- 3.5. Shanghai Center for Mathematical Sciences
- 3.6. Institute of Mathematics, Vietnam Academy of Science and Technology (VAST)
- 3.7. Institute of Advanced Studies, Nanyang Technological University
- 3.8. Institute for Basic Science, Center for Geometry and Physics (IBS-CGP)

4. 国内の訪問滞在型研究所調査

- 4.1. 京都大学数理解析研究所
- 4.2. 統計数理研究所
- 4.3. 東京大学玉原国際セミナーハウス
- 4.4. 東北大学知のフォーラム
- 4.5. 京都大学基礎物理学研究所
- 4.6. 早稲田大学基礎科学研究所(構想)

5. 訪問滞在型研究所の必要性

第7章 調査結果概要と提言

1. 調査結果概要

- 1.1. 第1章の調査結果概要
- 1.2. 第2章の調査結果概要
- 1.3. 第3章の調査結果概要
- 1.4. 第4章の調査結果概要
- 1.5. 第5章の調査結果概要
- 1.6. 第6章の調査結果概要

2. 必要な取組

- 2.1. 目指すべき将来の姿
- 2.2. 現状の問題点
- 2.3. 必要な取組

参考

参考1 参考資料

参考2 本報告書の文部科学省への提出版および電子版 URL:

参考3 委託調査報告会記録

- 1. プログラム
- 2. 基調講演・招待講演
- 3. パネルディスカッション
- 4. 発表資料
- 5. ポスター

序章

1. 委託業務の目的

我が国の数学・数理科学を活用した異分野融合研究については、平成18年度文部科学省科学技術政策研究所の報告書「忘れられた科学—数学」を契機に、平成19年度委託調査「イノベーションの創出のための数学研究の振興に関する調査」および平成21年度委託調査報告「数学・数理科学と他分野の連携・協力の推進に関する調査・検討から～第4期科学技術基本計画の検討に向けて～」の内容も踏まえつつ、一定の取り組みが行われてきている。

異分野融合研究は、アジア、特に中国を中心として、数学・数理科学研究への近年の発展は目覚ましく、数学・数理科学を活用した異分野融合研究についても同様に大きな発展がなされている。これは、アジア各国が数学・数理科学の研究の重要性を認識し、国策として大きな支援を行っている証しである。我が国に振り返ってみると、前述の調査ならびに平成26年度の科学技術・学術審議会先端研究基盤部会の施策の有効性を示す客観的根拠が乏しく、数学・数理科学研究やそれを活用した融合研究の促進への支援が不十分と見受けられる。数学・数理科学を活用した異分野融合研究に関する新たな施策実施においても客観的根拠の提示は必要不可欠である。

このため、本事業では、数学・数理科学を活用した異分野融合研究に関する施策のエビデンスとなるデータを重点的に収集し、我が国の現状を欧米諸国とアジア諸国と比べて分析をするとともに、我が国にとって今後必要かつ実現が可能であると考えられる政策の提言を目的とする。

2. 調査概要

本事業では、産業界・経済界との協力も得て、数学・数理科学を活用した異分野融合研究を進めてきた実績のある数学・数理科学研究機関とそこに所属する研究者によるオールジャパン体制で調査を実施した。また、日本数学会および日本応用数理学会の協力も得ている。

本調査の基本は、主に以下の事項に対して提言を行うことを目的としている。

- 1) 数学・数理科学を活用した異分野融合研究への振興策
- 2) 数学・数理科学を活用した異分野融合研究のための人材育成
- 3) 数学・数理科学を活用した異分野融合研究を促進させるための訪問滞在型研究所

このために、本調査では、以下の調査を具体的に行った。

- ① 数学・数理科学を活用した融合研究に対する意識調査

この調査では、1) 数学・数理科学系学科・専攻・コース、2) 数学・数理科学研究者、3) 諸科学研究者、4) 企業、へのアンケートおよびヒアリングとインタビューを実施した。特に、平成22年度以降平成26年度までの数学・数理科学を活用した異分野融合研究への意識調査が主になっている。

②我が国での数学・数理科学を活用した融合研究に対する活動

平成22年度以降平成26年度までの数学・数理科学を活用した融合研究に対する活動として、1) 数学協働プログラム、2) CREST・さきがけプログラムといった我が国での数学・数理科学を活用した融合研究へのトップダウン政策の活動調査を実施した。また、共同利用・共同研究拠点の活動や各大学で行っている数学・数理科学を活用した融合研究活動についての調査を実施した。主な調査方法は質問票の送付およびインタビューである。

③海外における数学・数理科学融合研究支援体制

海外における数学・数理科学融合研究支援体制について、米国については、NSF と AMS への調査、欧州については、European Research Council とドイツ Einstein Center for Mathematics と英国ファンディング機関 EPSRC への調査、アジアについては、韓国の応用数学の現状に係る調査を実施した。主な調査方法は質問票の送付、ウェブからのデータ取得およびインタビューである。

④評価指標による数学・数理科学を活用した融合研究の動向調査

数学・数理科学を活用した融合研究の動向を調べるために、1) Web of Science (WoS) や MathSciNet を活用して様々な観点からの評価指標による調査、2) 一般的な論文数やトップ 1% 雑誌への引用度および数学と他分野との融合研究の伸展度や共著関係度等の調査、3) MathSciNet を使った融合研究キーワードによる論文数の動向、生命情報等の数学・数理科学との融合研究が顕著に見える雑誌の発展度の調査、4) NSF のデータによる研究分野ごとの論文の国際的シェア動向の調査、5) 数学・数理科学研究に関する特許の動向の調査を実施した。これらの調査は、MathScinet の指標、NSF の公開データ、および AMS からのデータを利用した。

⑤数学・数理科学を活用した融合研究のための人材育成調査

数学・数理科学を活用した融合研究のための人材育成について、主に、1) 若年層(高校生)の数学への好感度、2) 大学学部教育、3) 博士課程修了者のキャリアパス、を主眼として調査を実施した。若年層については、日本の高校生に対して数学に対するアンケートを実施したほか米国での若年層への数学促進プログラムの例を調査、大学学部教育については、日本と米国の教育プログラムについての比較、博士課程修了者のキャリアパスについては、NSF のデータ、日本数学会が調査したデータ等を基にした調査をそれぞれ実施した。さらに、キャリアパスの一つとして日本アクチュアリー会でのインタビューを実施した。この3つの観点から、数学・数理科学を活用した融合研究のための人材育成への提案を行っている。

⑥訪問滞在型研究所調査

国内外における訪問滞在型研究所の調査・評価については、欧米で重要視されている理由、またアジア各国で急速に訪問滞在型研究所が設立されている背景等、について定量的評価や成功事例の収集と分析を行った。また、我が国にある訪問滞在型研究所の例についても調査を行っている。これにより、日本の数学・数理科学研究の特性を生かした数学・数理科学を活用した異分野融合研究を主導する訪問滞在型研究所に対する提案を行っている。

3. 実施体制

本調査は以下のような体制で行った。

3.1. 協力機関

日本数学会
日本応用数理学会
北海道大学電子科学研究所附属社会創造数学研究センター
東北大学大学院理学研究科、情報科学研究所
情報・システム研究機構 統計数理研究所
東京大学大学院数理科学研究所
明治大学先端数理科学インスティテュート
早稲田大学大学院基幹理工学研究科
京都大学数理解析研究所
九州大学マス・フォア・インダストリ研究所

3.2. 実施委員会名簿

大野 泰生	東北大学大学院理学研究科 教授
岡本 久	京都大学数理解析研究所 副所長
尾畠 伸明	東北大学大学院情報科学研究所 教授
金藤 浩司	情報・システム研究機構 統計数理研究所 副所長
小蘭 英雄	早稲田大学理工学術院基幹理工学部数学科 教授
小松崎 民樹	北海道大学電子科学研究所附属社会創造数学研究センター長
柴田 良弘	早稲田大学理工学術院基幹理工学部数学科 教授
高木 泉	東北大学大学院理学研究科 教授
高木 剛	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 教授
玉川 安騎男	京都大学数理解析研究所 教授
坪井 俊	東京大学大学院数理科学研究科長
時弘 哲治	東京大学大学院数理科学研究科 教授
長山 雅晴	北海道大学電子科学研究所附属社会創造数学研究センター 教授
萩原 一郎	明治大学先端数理科学インスティテュート 所長
福本 康秀	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所長
本多 啓介	情報・システム研究機構 統計数理研究所 リサーチ・アドミニストレーター
前田 吉昭	東北大学知の創出センター 副センター長
宮岡 礼子	東北大学大学院理学研究科 教授
宮路 智行	明治大学先端数理科学インスティテュート 特任講師
山本 昌宏	東京大学大学院数理科学研究科 教授

3.3. 検討委員会名簿

合原 一幸	東京大学生産技術研究所 教授
青沼 君明	明治大学 教授・三菱東京UFJ銀行
巖佐 庸	九州大学大学院理学研究院 教授
上田 修功	NTTコミュニケーション科学基礎研究所 上席特別研究員
大石 進一	早稲田大学理工学術院応用数理学科教授・日本応用数理学会 会長
大木 裕史	株式会社ニコン 取締役兼常務執行役員／コアテクノロジー本部長
大畠 明	株式会社テクノバ 調査研究部 シニアアドバイザー
小谷 元子	東北大学原子分子材料科学高等研究機構長、日本数学会理事長
柴山 悅哉	東京大学情報基盤センター 教授
杉山 将	東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授
坪井 俊	東京大学大学院数理科学研究科長
中村 雅信	株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ 社外取締役
西成 活裕	東京大学先端科学技術研究センター 教授
初田 哲男	理化学研究所理論科学連携研究推進グループディレクター
樋口 知之	情報・システム研究機構 統計数理研究所 所長
三村 昌泰	明治大学先端数理科学インスティテュート 副所長
森 重文	京都大学数理解析研究所 教授

以上