

数学イノベーション戦略 (案)

平成 26 年 月 日

科学技術・学術審議会

先端研究基盤部会

目 次

「数学イノベーション戦略」の概要	4
------------------	---

はじめに	7
------	---

I. 数学イノベーションが必要とされる背景

I-1 数学イノベーションの必要性

(1) これまでに数学が果たしてきた役割	8
(2) 近年における数学の重要性の高まり	8
(3) 諸外国における状況	8
(4) 我が国における状況	
① 数学と諸科学・産業との協働の遅れ	9
② 数学と諸科学・産業との協働に向けた取組	10
③ 諸科学・産業からの数学へのニーズの高まり	10
④ 組織的な協働の必要性	11
(5) 数学イノベーションの必要性	11

I-2 数学イノベーションの効果

(1) 数学イノベーションにより期待される効果	
① 諸課題の根源的な解決	12
② 数学そのものへの刺激、発展	12
③ 研究成果の水平展開と思わぬ応用への広がり	12
(2) 数学の力を発揮させるプロセス	13
(3) 数学の様々な専門分野の参画、相互の連携・協力	13

II. 数学イノベーション推進に当たっての現状認識

II-1 数学へのニーズ発掘に向けた取組の不足

(1) 数学へのニーズの見えにくさ	15
(2) 数学へのニーズを発掘し、具体的な研究へつなげる必要性	15
(3) 現状の問題点	
① 「出会いの場」「議論の場」としてのワークショップ・研究集会	15
② 数学研究者と諸科学・産業との協働による研究	16

II-2 数学イノベーションに必要な人材の不足

(1) 数学と諸科学・産業との協働を担う「橋渡し」人材の確保・育成の必要性	16
(2) 現状の問題点	16

Ⅱ－３ 関係者の認識の不足

- (1) 数学の有用性に関する理解の不足 17
- (2) 共同研究における知的財産権に関する認識の不足 17

Ⅱ－４ 組織的な体制の不足 18

Ⅲ. 数学イノベーションの推進方策

Ⅲ－１ 数学へのニーズの発掘から数学と諸科学・産業との協働へつなげるために必要な活動

- (1) 「出会いの場」、「議論の場」の量的・質的拡充 19
- (2) 諸科学・産業からの相談への対応 20
- (3) 情報の関係者間での共有・活用 20

Ⅲ－２ 数学研究者と諸科学・産業との協働による研究の推進

- (1) 取り組むべき研究課題の整理例 21
- (2) 今後重点的に取り組むべき研究課題の例 21

Ⅲ－３ 数学イノベーションに必要な人材の育成

- (1) 数学界における人材の育成
 - ① 諸科学・産業との協働への参画を通じた人材の育成 24
 - ② 国際的な交流による人材の育成 24
 - ③ 大学の数学教育研究組織における人材の育成 24
 - ④ 新たなキャリアパスの構築 25
 - ⑤ 数学界における諸科学・産業との協働による成果への評価 25
- (2) 諸科学・産業における人材の育成
 - ① 諸科学における人材の育成 26
 - ② 産業における人材の育成 26

Ⅲ－４ 情報の発信等

- (1) 情報の発信
 - ① 諸科学・産業向けの情報発信、成果の展開 27
 - ② 一般向けの情報発信、子供たちへの取組 27
- (2) 共同研究における知的財産権に関する情報の提供 27

Ⅲ－５ 数学イノベーションの実現に向けた必要な体制

- (1) 拠点及び拠点間の協力体制の構築 28
- (2) 現状の体制 28
- (3) 今後必要な機能・体制 29

Ⅲ－６ 数学イノベーションの推進により目指す将来の姿 30

参考資料

参考 1	図 1 現象やもののモデル化の作業の概念図	32
参考 2	諸外国における近年の数学と諸科学・産業との連携に関する取組例	33
参考 3	被引用度数上位 1%論文を生み出した研究チームへの数学を専門とする 研究者の参加割合に関する日米比較	35
参考 4	我が国における数学と諸科学・産業との協働に向けた取組例	36
参考 5	数学・数理科学と諸科学・産業との協働による研究・成果例	47
参考 6	研究成果の水平展開の事例、思わぬ応用への拡がりの事例	50
参考 7	数学研究者と諸科学・産業の研究者との連携によるワークショップの企 画運営に必要な手法やノウハウについて	52
参考 8	知的財産権に関わる問題の例	56
参考 9	ワークショップの開催後に具体的進展が見られた事例	57

「数学イノベーション戦略」の概要

数学イノベーションの必要性

- ビッグデータの意味を理解することの重要性の増大、複雑な現象や問題の増加等、様々な社会的・技術的要因から数学を必要とする機会が飛躍的に増加。また、欧米のみならず近年はアジア諸国においても、数学と諸科学・産業との連携研究拠点の整備など、様々な取組が実施されている。
- これらを踏まえ、諸科学の共通言語である数学の持つ力（具体的実体を抽象化してその本質を抽出し、一般化・普遍化する力）を十分に活用して、様々な科学的発見や技術的発明を発展させ、新たな社会的価値や経済的価値を創出する革新を生み出していくこと（数学イノベーション）が不可欠。
- 数学イノベーションを通じて、①社会の様々な課題について個別分野の課題解決型研究では難しい根源的な解決が可能となるほか、②数学そのものが刺激を受け、数学自体の発展につながることを期待され、③全く別の具体的課題の解決に貢献すること（成果の水平展開）も可能となる。

数学イノベーション推進に必要な方策

1. 数学へのニーズの発掘から数学と諸科学・産業との協働へつなげる活動

- 数学者と諸科学・産業の研究者が出会い、諸科学や産業における様々な課題に対して数学的なアプローチによる解決法を探るための「出会いの場」、「議論の場」が必要。
- これまでに文科省委託事業「数学協働プログラム」等でワークショップ、スタディグループ等を実施。今後は、このような「出会いの場」、「議論の場」の数を増やすとともに、若手研究者をはじめとする新規参入者を取り込むことや、いわゆる純粋数学者も含めた幅広い専門分野の数学者の参加を促進するなど、参加者の範囲の拡大に努める必要がある。

2. 数学者と諸科学・産業との協働による研究の推進

- 過去のワークショップ等の結果を踏まえ、数学と諸科学・産業との協働により取り組むべき研究課題を抽出し、以下のように整理。
 - ビッグデータ、複雑な現象やシステム等の構造の解明／局所的なデータ、スパースなデータから大域的データを構成／将来の変動の予測／リスク管理／最適化／可視化（ビジュアライゼーション）／学術的な真理の探究
- 今後は、これまでのワークショップの開催後に具体的進展が見られた課題や、本委員会で検討を行った以下のような課題について、課題の優先度や具体的な研究の進め方等について関係する機関や学協会での議論が深められ、具体的研究につながることを期待される。
 - ・ 人の五感の数理的記述によるものづくりやサービスの革新
 - ・ インフラ、ネットワーク、生物等の自己修復ダイナミクス解明
 - ・ 材料のスマートデザインによる材料開発の飛躍的効率化
 - ・ 変化の前の「兆し」の検出による効果的で低コストな対応の実現

- ・ ビッグデータからの有益な情報の抽出
- ・ 産業のプロセスの効率化や災害対策等に資する最適化手法の高度化
- ・ 計算機アルゴリズムの現代数学の応用による高度化
- ・ 22世紀に向けての社会システムデザイン

3. 数学イノベーションに必要な人材の育成

- 諸科学・産業との協働への参画や国際交流による人材の育成、大学の数学教育研究組織における人材の育成が必要。特に国際交流については、学協会や学術団体レベルでの国際交流を図り、若手研究者に国際的な場での発表の機会を与えたり、表彰制度を設けたりすることは、我が国の数学研究、特に若手研究者の国際的プレゼンスを向上させる上で効果的。
- また、数学専攻の博士課程修了者の企業等への新たなキャリアパス構築のためには、企業へのインターンシップが効果的であるほか、企業と学生との交流を深める学協会等の取組（キャリアパスセミナー等）も効果的。

4. 情報の発信、成果の展開

- 数学の有用性を諸科学・産業の研究者・技術者のみならず次代を担う子供や一般の方に認識してもらうため、情報発信が必要。特に、これまでの研究成果から実用化や他分野への水平展開の可能性のあるものを抽出し、分かりやすい形で整理し、ウェブページ等を通じて発信することや、研究成果をツール化・ソフト化することが必要。

数学イノベーション推進に必要な体制

- 諸科学・産業との協働の中核となる「拠点」の整備や「数学協働プログラム」による拠点間のネットワーク体制の構築が進捗。
- 今後は、各拠点の充実を図るとともに、各々の独自性を発揮し特色を生かしながら諸科学や産業との連携を発展させることで、これらの各拠点間の連携・協力も深まるようにすることが必要。また、既存の学問分野の枠組みを越え時代を先取りするようなテーマの下に、数学をはじめとする理論系を中心とした多様な分野の国内外のトップクラスの研究者が一定期間滞在し、若手研究者を含む異分野の研究者と出会い、互いに触発され、自由な議論を通じて新たな研究の着想を得るまでを一体的に実現できる訪問滞在型プログラムを企画し実施する機能や体制が我が国にも必要。これにより、新しい融合的研究分野・テーマを切り開き、その担い手となる若手研究者の育成が期待できる。

数学イノベーション推進により目指す将来の姿

推進方策を実施し、協働による研究成果が蓄積し社会に広がることで、自然に数学研究者と諸科学・産業との接触が生まれ、研究へと発展し、その成果がさらに新たな数学の活用につながるようになること、すなわち、自律的に数学イノベーションが進むようになることが期待される。

「数学イノベーション戦略」の概要

- 諸科学や産業において**数学的アプローチ**が不可欠との認識が高まっている
(ビッグデータ、複雑な現象や問題の増加、計測技術・計算機性能の飛躍的向上等の**社会的・技術的要因**)
- **国際的にも数学と科学・産業との連携に向けた動き**が見られる
(例: 欧米やアジアにおける連携研究拠点の整備等)

背景

数学イノベーションが必要
(数学の力(具体的実態を抽象化する力)を活用して新たな社会的・経済的価値を創出)

1, ニーズ発掘から協働へ

(**数学へのニーズの発掘から数学と諸科学・産業との協働へつなげるための活動**)

- 「出会いの場」議論の場」の量的・質的拡充
- 研究会やワークショップ、諸科学・産業が抱える具体的な課題を数学者研究者が集中的に議論するスタテイングループ等の実施

- **ワークショップ等の数の増加、参加者の拡大促進が必要。**
- **情報の関係者間での共有・活用**

必要な活動

課題発掘

2, 数学との協働研究の推進

(**数学研究者と諸科学・産業との協働による研究**)

- 今後重点的に取り組むべき研究課題の例
- 人の五感の数理的記述、自己修復ダイナミクスの解明、材料のスマートデザイン、変化の前の「兆し」の検出、ビッグデータからの有益情報抽出、最適化手法の高度化、計算機アルゴリズムの高度化、社会システムデザイン等

- **現状**
- JST戦略的創造研究推進事業「数学と諸科学との協働によるブレークスルー探索」領域(2007年度～)、FIRST最先端数理モデルプロジェクト(2009～2013年度)
- JST戦略的創造研究推進事業「ビッグデータ」関連領域(2013年度～)、**数学関連領域(2014年度～)**、**科研費特設分野研究「連携探索型数理科学」(2013年度～)**

研究成果

当該課題の解決

数学へのフィードバック

他分野への水平展開

3, 人材育成(必要な人材の育成)

- 学界における人材の育成
- 諸科学・産業との協働への参画による育成
- 国際交流による育成
- 大学の数学教育研究組織における育成
- 新たなキャリアパスの構築
- 数学界における協働による成果への評価
- 諸科学・産業における人材の育成

4, 情報の発信等

- 諸科学・産業向けの情報発信、成果の展開
- シンポジウム・講演会、諸科学分野学会でのチュートリアル
- 成果を分かりやすい形で整理しウェブページ等で外部へ発信、ツール化・ソフト化
- 一般向けの情報発信、子供たちへの取組
- 子供や一般向けの講演会(数学の社会での活用事例、最先端の研究等の紹介)

5, 体制(必要な機能・体制)

○各拠点間の連携・協力

数学と諸科学・産業との協働の中核となる「拠点」の充実を図るとともに、**各々の独自性を発揮し特色を生かしながら諸科学や産業との連携を進展させることで、各拠点間の連携・協力も深まるようにすることが必要**

- **現状**
- **数学と諸科学・産業との協働の中核となる「拠点」**
- **【大学共同利用機関】統計数理研究所**
- **【共同利用・共同研究拠点】京大数理解析研究所、明治大マテ・フオア・インダストリ研究所(2013年度～)、大先端数理科学インスティテュート(2014年度～)**
- **各拠点間の協力体制**
- **「数学協働プログラム」(2012年度～)(実施機関: 統数研、協力機関: 北大、東北大、東大、明治大、名古屋大、京大、広島大、九大)**

○訪問滞在型プログラムを企画・実施する機能・体制

- 既存分野の枠組みを越え時代を先取りするテーマの下、**数学をはじめとする理論系を中心とした多様な分野の国内外のトップレベル研究者が一定期間滞在し、若手研究者を含む異分野研究者と出会い、知識を共有し、触発され、新しい研究の着想を得るまでを一体的に実現できるようなプログラムを企画・実施する機能や体制が必要**(新しい融合分野の開拓、それを担う若手研究者育成に貢献)

はじめに

社会の複雑化や高度情報化社会の進展に伴い、研究や産業の様々な場面において、自然現象や人間の活動に関する複雑で大量の情報から、有益な情報を抽出し活用することがより一層必要となってきた。このため、これらの諸現象の背後に潜む原理や法則性を見出す等の新たな「ものの見方」が必要であり、それを可能とする数学的アプローチが不可欠であるとの認識が、諸科学・産業でも高まっている。また、暗号による情報セキュリティの強化、コンピュータ・グラフィックスによる映像表現の高度化やこれまで表現できなかったものの可視化等、数学が用いられる分野の社会的インパクトが増大している。

一方、数学と諸科学・産業が協働して研究を行う取組については、平成19年度より、独立行政法人 科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」領域において研究が開始され、また、一部の大学においても組織的な取組が行われ、新たな研究成果の芽が生まれつつある。しかしながら、数学界においても、諸科学・産業においても、このような動きは一部にとどまっているのが現状である。

このような現状を改善し、諸科学共通の基盤である数学と諸科学・産業との協働による研究を通じて、それぞれの課題の解決に貢献するとともに、既存の枠組みを越えたイノベーションを生み出し、社会に広く貢献するための方策について検討を行うため、「数学イノベーション委員会」（主査・若山正人 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所長）を平成23年に科学技術・学術審議会先端研究基盤部会の下に設置し、平成24年8月に「数学イノベーション戦略（中間報告）」を取りまとめた後、さらに審議を重ね、委員会としての提言を「数学イノベーション戦略」として取りまとめた。その構成は以下のとおりである。

I. 背景の整理

数学と諸科学・産業との協働による研究を促進することが必要とされる背景や、期待される効果について整理した。

II. 現状認識

数学と諸科学・産業との協働に関する現状を整理し、問題点を抽出・分析した。

III. 推進方策

現状を改善するために必要な方策や体制について整理した。

なお、本報告書でいう「数学」とは、いわゆる純粋数学のみならず、統計科学、計算機シミュレーションをはじめ、現に応用を目的に研究が推進されている数学・数理科学を含んでいる¹。

また、「数学研究者」とは、上記の「数学」の研究を行う者を意味している。

¹ 米国数学会発行の Mathematical Reviews（数学評論）による数学分野の分類を想定。
<http://msc2010.org/mscwiki/index.php?title=MSC2010>

I. 数学イノベーションが必要とされる背景

I-1 数学イノベーションの必要性

(1) これまでに数学が果たしてきた役割

古代における天体観測に基づく正確な暦や三角法に基づく測量がもたらした農業生産の効率化から、近代における蒸気機関の原理の理解による産業革命、さらに現代における計算機の発明による情報化社会の進展まで、数学はそれらを支える基盤（数学モデル等）を与え続けて来た。最も大きく発展した数学モデルの一つが、ラプラス以来の予測のための様々な微分方程式である。また、「人間による計算行為」をアルゴリズム化することで生まれたのが計算機（コンピュータ）である。このように、数学による基盤の付与は社会構造そのものに大きなインパクトを与えてきた。

現象やものをモデル化する作業や、工学等におけるいわゆる設計作業の流れ（実験・計測→現象やもののモデル化→シミュレーション→評価→モデルへの反映）

【参考1を参照】は、近代において構築され、基本的に現在も同じような作業が行われているが、これに対して数学は基盤としての役割を十分に果たしてきた。特に近年では、実験の効率化や複雑化に伴い、シミュレーションの重要性が格段に増し、数学はそのためのソフトウェアとその基本となるアルゴリズムの基盤たるモデルを提供するという役割を果たしてきた。

(2) 近年における数学の重要性の高まり

近年、諸科学・産業において、以下のような様々な社会的・技術的要因から数学を必要とする機会が飛躍的に増加しており、数学研究者が持つ科学的・論理的思考能力が重要であることが認識されつつある。

- 多くの研究分野や産業において、計測技術や情報技術の進歩に伴い、大量データや複雑なデータが容易に得られるようになり、その意味を理解することが研究開発の進展に不可欠となっていること
- 経済・金融、環境・エネルギー問題、災害予測・防災、サイバー空間でのセキュリティ等、諸科学・産業に固有の理論フレームワークに基づくモデル化だけでは、捉えきれない複雑な現象や問題が増加していること
- 計算機性能の飛躍的向上、ソフトウェアの発達等に伴い、これまで簡単なモデルで満足しなけりなかつた現象についても、より複雑なモデル化が可能となっていること
- コンピュータ・グラフィックスや情報セキュリティのための暗号等、数学が用いられる分野の重要性が増していること
- 整数論・位相幾何学といった従来応用には縁が薄かつた分野においても、情報通信・医学・防災等幅広い分野への応用が始まっていること

(3) 諸外国における状況

米国をはじめとする諸外国においては、近年、数学の振興を図り、諸科学・産業との連携を推進する取組が講じられている【参考2を参照】。

例えば、米国では、1990年代後半以降、STEM(Science, Technology, Engineering

and Mathematics)と称して、数学を科学・技術・工学に並ぶものとし、その研究費を大幅に増強し、数学と諸科学との学際研究に力を入れている。そして、数学の振興と諸科学・産業との連携の強化により、様々な成果をすでに生み出している（検索ソフト、データ圧縮法、情報セキュリティのための暗号技術、コンピュータ・グラフィックス技術等）。

また、最近では、中国、韓国をはじめとするアジア諸国でも数学の教育・研究への重点的な投資が行われている。中国では、2010年に数学を中心に分野横断的な役割を果たす数学研究所が発足している。

（４）我が国における状況

①数学と諸科学・産業との協働の遅れ

我が国における数学の本格的な研究は、明治以来すでに取り組みられている、医学や工学といった応用に直接結びついた分野よりかなり遅れ、1920年頃に始まり、伝統的に整数論や代数幾何学といった、いわゆる純粋数学分野に強みを発揮してきたものの、統計学を含む応用数学分野は比較的手薄であった。

このように、我が国では数学と諸科学・産業との協働が十分ではなかったために、応用につながる数学研究の成果を生み出しておきながら、実際の社会や産業における応用は外国が中心になって行われ、国内では数学研究成果の果実を得ることができなかつた例も見られる（例：伊藤清（元・京都大学名誉教授）による確率微分方程式が、米国で金融に応用されるに至った）。

また、我が国の研究活動や経済活動で用いられているソフトウェアの多くは外国製のものであり、それらの土台となっている数学への関心や理解も十分ではなく、国際競争上大きな問題と考えるべきである。そして、数学との協働による研究成果は多様な分野へ影響を及ぼしながらも、外から見ると数学による貢献が見えにくいため、自律的に数学と諸科学・産業との協働の動きや取組が進むことは期待できず、このまま放置しておく、経済活動や研究活動における国際競争力の強化が困難となるおそれがある。

そして、このような応用数学を巡る状況は、様々な学問分野における被引用数トップ1%の論文を生み出した研究チームに注目し、数学を専門とする研究者が参加している割合を米国と日本で比較すると、日本は大きく見劣りする（米国9.7%、日本1.3%）ことからもうかがえる【参考3参照】。

このような状況を踏まえ、平成18年に文部科学省科学技術政策研究所 報告書「忘れられた科学—数学」（Policy Study No. 12、平成18年5月）において、我が国の数学研究をとりまく厳しい状況、数学と諸科学・産業の分野融合研究の必要性が指摘された。また、日本学術会議や関連する学協会からも、数学研究の重要性や解決すべき問題点・必要な方策等について提言²がなされてきた。

² 「礎の学問：数学—数学研究と諸科学・産業技術との連携—」（平成18年5月 日本学術会議シンポジウム提言）、「我が国の数学力向上を目指す」（平成18年9月 社団法人日本数学会提言）、「数理科学における研究と若手養成の現状と課題」（平成20年9月 日本学術会議 提言）、「数理科学分野における統計科学教育・研究の今日的役割とその推進の必要性」（平成20年8月 日本学術会議提言）、「数理科学分野の展望」（平成22年4月 日本

②数学と諸科学・産業との協働に向けた取組

我が国における数学と諸科学・産業との協働の必要性に対する指摘を踏まえ、JST 戦略的創造研究推進事業、世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)、数学・数理科学と諸科学・産業との協働によるイノベーション創出のための研究促進プログラム(数学協働プログラム)等により、協働による研究、研究課題の発掘、組織体制の構築等について各種取組が行われている。【参考4を参照】

③諸科学・産業からの数学へのニーズの高まり

諸科学分野の研究者を中心に、数学の力が必要であるとの意見が多く見られるようになってきている³。

また、「第4期科学技術基本計画」(平成23年8月19日閣議決定)においては、「数理科学」を、「科学技術の共通基盤」、「複数領域に横断的に活用することが可能な科学技術」と位置付け、それに関する研究開発を推進する旨を明記している。このほか、文部科学省の「科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会」の下に設置された分野別委員会の報告書⁴においても、シミュレーションによる予測やデータからの有用な情報の抽出等、数学が貢献できる内容が記載されている。

このような状況の下、諸科学側が主導して数学と協働する取組も始まっている。生命科学の分野では、平成24年度から、計測データから数理科学的手法を用いて生命現象を理解し実験やシミュレーションで再構築するという「生命動態システム科学推進拠点事業」が開始されており、情報科学の分野では、平成25年度から、JST 戦略的創造研究推進事業において、大量で多種・多様なデータ(ビッグデータ)を有効に活用するための「ビッグデータ統合利活用のための次世代基盤技術の創出・体系化」領域及び「科学的発見・社会的課題解決に向けた各分野のビッグデータ利活用推進のための次世代アプリケーション技術の創出・高度化」領域が始まっている。

このように、数学や数理的手法への期待が高まりその期待に数学研究者が応えるべき時期が到来していると言える。

³ 平成21年度 文部科学省委託調査「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」による数学専攻以外の国立大学教員5000人に対するアンケート調査において、回答者の約70%が「もっと数学・数理科学の力を専門分野に導入すべき。そうしないと将来、世界での日本の研究レベルは危ういものとなるだろう」と回答している。

⁴ 「新たなライフサイエンス研究の構築と展開」(平成21年7月 ライフサイエンス委員会)、「『生命動態システム科学』の今後の推進のあり方について」(平成23年7月生命動態システム科学戦略作業部会)、「情報科学技術に関する推進方策(中間報告)」(平成23年9月 情報科学技術委員会)、「ビッグデータ時代におけるアカデミアの挑戦～アカデミッククラウドに関する検討会 提言～」(平成24年7月 文部科学省アカデミッククラウドに関する検討会)、「環境エネルギー科学技術に関する推進方策」(平成23年9月 環境エネルギー科学技術委員会)、「航空科学技術に関する研究開発の推進方策について」(平成18年7月 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会)

④組織的な協働の必要性

上記②で述べたように、諸科学・産業との協働への取組に数学研究者が積極的に応答し参加し、③で述べたように、諸科学・産業から数学への期待が高まっているが、協働への本格的な取組は始まったばかりであり、協働による研究の成果の芽は一部では出つつあるものの、イノベーションや水平展開にまでは至っていない。また、諸科学・産業と協働したいと考える数学研究者の広がりや、諸科学・産業における数学との連携の意義や重要性に対する認識なども欧米に比して十分なものではない。今後は、数学研究者と諸科学・産業の研究者との関係を、これまでの個別の共同研究等の関係から組織的でより広がりを持った関係へと発展させることが必要と考えられる。

(5) 数学イノベーションの必要性

数学への期待に応え社会に貢献するためには、諸科学の共通言語である数学の持つ力（具体的実体を抽象化してその本質を抽出し、一般化・普遍化する力）を十分に活用して、様々な科学的発見や技術的発明を発展させ、新たな社会的価値や経済的価値を創出する革新を生み出していくこと（数学イノベーション）が不可欠である。

このためには、数学研究者と諸科学・産業の研究者が互いの壁を乗り越え、協働しながら継続的に研究を行い、その成果を数学イノベーションとして社会や数学界へ還元し、さらに協働が促進されるための環境を整備する必要がある。

なお、数学イノベーションを支える基盤として、いわゆる純粋数学等の基礎的研究も、数学自体の発展と応用への広がりを担保し真にイノベティブな成果を生み出す上で不可欠である。純粋数学から生まれた理論や技術が、数学自体の発展に貢献するのみならず、社会における様々な課題の解決に貢献し、当初は予測もつかなかったような応用につながっている（例えば、我が国において純粋数学として生み出された確率積分が、今日、数理ファイナンスの基盤技術として発展している例が挙げられる）ことから、純粋数学の発展なしに数学イノベーションは成り立たないことは明らかである。

また、諸科学・産業における研究者の数学的能力も重要な基盤であり、必要な人材の育成等により、数学的能力の全体的な底上げを図ることも不可欠である。

I-2 数学イノベーションの効果

(1) 数学イノベーションにより期待される効果

① 諸課題の根源的な解決

数学イノベーションにより、グリーンイノベーション、ライフイノベーション、安全の確保、産業競争力の強化等の様々な課題について、個別分野の課題解決型研究では難しい根源的な解決が可能となり、社会に強烈なインパクトを与えることが期待できる。具体例としては、製鉄高炉内部の温度変化の予測による高炉制御の効率化、高速道路の渋滞メカニズムの解明と効果的な解消、健康状態から疾病状態に至る前の予兆の検出、医療診断画像からのがんの部位や悪性度の自動判定、コンピュータグラフィックスによる人の顔のリアルで効率的な表現、自動車エンジンの適合試験の効率化などが挙げられる【参考5を参照】。そして、諸科学・産業で得られている一連の実験的または経験的事実を、一貫性のある論理で説明できる数学的理論が構築されることで、当該分野の研究開発に要する時間や経費が大幅に短縮される等の効果が期待できる。

さらに、従来の数学だけでなく、最新の数学理論、必要ならば新しい数学理論を創り、それらを駆使して新たな理論体系を独自に構築し、課題を解決することも重要である。

② 数学そのものへの刺激、発展

①で述べた諸課題の解決のために数学的なアプローチ法や手法が見出され、それらが用いられるプロセスを通して、数学そのものが刺激を受け、数学自体の発展につながることも期待できる。このような具体的課題の解決のために用いられた数学的なアプローチ法や手法は、数学研究者から見ると数学的厳密性を欠く場合もあるが、むしろ新しい数学的課題発見のチャンスであることも多く、それらを見逃さないことが重要である。

このため、数学自体の発展のためにも、多様な科学技術研究現場、現実の問題から議論を始め、数学の基礎研究へ議論をフィードバックすることが有用である。

③ 研究成果の水平展開と思わぬ応用への広がり

諸科学の共通の言語である数学の研究成果は、実際の現象等を抽象化するが故に汎用性が高い。このため、ある具体的課題に関する抽象的な数学的構造に着目して得られた解決策は、普遍性・汎用性を帯び、全く別の具体的課題の解決に貢献すること（成果の水平展開）が可能となり、その波及効果は計り知れないほど大きい。これが数学イノベーションの一大特長であり、抽象と具象を自由に行き来できる（具体的実体を抽象化し、また別の具体的実体に適用できる）という数学の強みでもある【具体例は参考6参照】。

また、数学研究の成果が、アイデアの発見・定式化以来数十年、場合によっては一世紀以上経過してから思わぬ応用につながり、現代社会を根本から支えている例も多い【具体例は参考6を参照】。このように、数学のどのような理論研究の成果が、どこでどのような事実や現象と結びついて、どう使われるかは、原理的に予見が困難である場合が多い。

(2) 数学の効果を発揮させるプロセス

数学を活用することで、上記(1)で述べたような効果を生み出すには、以下のようなプロセスが必要である。

- ① まず、数学への具体的ニーズ(数学的知見を活用して解決が期待できる、諸科学や産業界における課題)を発掘することが必要である。
- ② 次に、発掘された現実世界の課題を「数学の問題」に落とし込むこと(例えば、現象をモデリングすること、解きやすく定式化すること等)が必要である。
- ③ そして、この「数学の問題」を解き、その結果が現実世界の問題の解決に貢献しているかという観点から検証し、必要があれば②の段階に戻って検討を重ねる。

(3) 数学の様々な専門分野の参画、相互の連携・協力

上記(2)のプロセスには、数学における特定分野の研究者が参画するだけでは限界があり、数学における他の専門分野と連携・協力することで、これまでにない新しい発想により解決に導けるものもある。数学の様々な専門分野の研究者が参画し、相互に連携・協力する必要性を示す例として、以下のようなものがある。

A. 現象を抽象化するモデリングとデータ駆動型のモデリングの協力

数学ならではのアプローチとしては、以下の二つがあるが、双方が各々の強みを生かしながら協力することが必要であり、双方のモデリングに関する研究者が互いに協力することが必要である。

○現象の抽象化のアプローチ(原理やメカニズムの解明、大域構造の抽出等)

対象とする現象を抽象化するアプローチでは、その現象の数学的構造に着目して現象の背後にある原理やメカニズムを解明することや、現象の全体像に着目して大域的構造を数理的に抽出すること等が可能となる。この結果、複雑な現象やシステムの「本質」的な部分が明らかになり、変化が生じる前の「兆し」の検出、効率的・効果的な制御、情報の簡略化・圧縮等に貢献することが期待できる。

○データ駆動型のアプローチ(データからの有益な情報の抽出)

近年の高度情報化社会の進展や計測技術の進歩、計算機性能の向上等に伴い、ライフサイエンスをはじめ様々な分野において得られる情報量が急速に増大し複雑化しており、その大量で多種・多様なデータ(ビッグデータ)を有効に活用することが必要となっている現在、統計学等のように、確率的考え方に基づいたデータ駆動型の帰納的手法による数学研究が、数学の社会への広がりや深化のためには重要である。また、演繹的と言われる純粋数学研究の場合でも、多数の例の計算やその結果の比較等、少なくない試行錯誤を通して行われるのが普通である。

このデータ駆動型のアプローチでは、対象とする現象のデータからその現象を浮き彫りにすることが可能となり、将来の変化の正確な予測や効果的な対処法の提示、データに基づく客観的な意思決定等に貢献することが期待できる。

B. 余り応用されてこなかった数学分野との連携・協力

伝統的な応用数学（数理解析、最適化、逆問題など）や統計学だけでなく、これまで余り応用されてこなかった数学分野（整数論・位相幾何学等）の応用も重要であり、これらの数学分野の研究者との連携・協力も必要である。

例えば、平成 19 年度より開始した JST 戦略的創造研究推進事業「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」領域においては、様々な専門分野の数学研究者が相互に情報交換や議論をすることを通じ、当初用いていた解析的手法ではなく微分幾何が有用であることが分かり研究が加速した例もある⁵。

⁵ 大動脈瘤治療後の個人差の原因を探るための大動脈形状の数値モデル化研究において、当初はコンピュータによる数値シミュレーションといった解析的手法を試みていたが、その後、微分幾何の専門家からのアドバイスにより、微分幾何を活用した少ないパラメータによる記述が可能になり研究が加速した。

Ⅱ. 数学イノベーション推進に当たっての現状認識

Ⅱ-1 数学へのニーズ発掘に向けた取組の不足

(1) 数学へのニーズの見えにくさ

数学は諸科学共通の言語であり、現象の本質を抽出し、簡明なアイデアを提供できるという特性を有している。この特性を発揮して諸科学・産業における課題の解決に貢献するためには、諸科学・産業が扱うような具体的課題への理解とその抽象化（例：現象を支配する法則を数理モデル化すること）が必要である。

この抽象化によって獲得できた普遍性が、諸科学・産業における課題の根源的解決や成果の爆発的な水平展開（特定の科学分野・産業における課題解決に貢献した数学的知見が様々な分野・産業へも活用されること）を可能としている【Ⅱ-2（1）③参照】。これがまさに、数学の持つ最大の強みであると言える。

一方、具体的現実からの乖離（抽象化）など数学特有のアプローチのため、数学による貢献は外から見えずらく、諸科学・産業において、数学的知見の活用による解決が期待できる課題は必ずしも十分に認識されておらず、具体的なニーズはなかなか顕在化しないのが現状である。

(2) 数学へのニーズを発掘し、具体的な研究へつなげる必要性

このような現状を打破するためには、顕在化しにくい数学へのニーズを積極的に発掘し、そのニーズに応えられる数学的知見や手法を見出し、具体的な課題解決型研究へとつなげていくことが必要である。具体的には、数学研究者と諸科学・産業の研究者が出会い、様々な課題について既存の枠組みを越えて領域横断的に議論する場として、両者の連携による研究集会やワークショップを継続的に開催し、数学的知見や手法の活用による解決に向けた作業を行うことが必要である。

なお、平成23年度以降、文部科学省と大学等との共催により、数学と諸科学・産業との連携による研究課題の発掘を目的とした「数学・数理科学と諸科学・産業との連携研究ワークショップ」が開催されているが、その経験等から、数学研究者と諸科学・産業の研究者との連携によるワークショップの企画運営に、必要な手法やノウハウを整理した【参考7を参照】。

(3) 現状の問題点

①「出会いの場」「議論の場」としてのワークショップ・研究集会

平成23年度から開催されている文部科学省と大学等の共催による「数学・数理科学と諸科学・産業との連携研究ワークショップ」や、平成24年度から実施されている文部科学省委託事業「数学協働プログラム」におけるワークショップ等は、一定の効果と人脈作りに貢献しているものの、まだ数が少なく散発的・個人的な取組にとどまり、十分な広がりをもたらしているとはまでは言えないのが現状である。このため、以下のような問題につながっている。

- 新規にこのようなワークショップに参加する人材を十分に取り込めていない。
- ワークショップ等の企画（議論のテーマや参加者の設定）が主に運営責任者の専門分野等の個別の視点から行われており、諸科学・産業のニーズを踏ま

えつつ、全体を俯瞰して潜在する課題や価値を見抜き、その課題の解決に有用な数学分野を見抜いた上で行われていない。

- 議論を通じて有益な情報（事例や経験・ノウハウ等）が得られても、その集約・蓄積までは行われておらず、時間の経過とともに散逸し、外からは見えなくなってしまう。
- 諸科学・産業から見て、「どこの、どの数学研究者に、どのように」相談を持ちかければよいか分からない。
- 議論を通じて課題が発掘されても、継続的な研究資金の不足、大学等の数学研究者の時間の不足もあり、その課題解決のための具体的な研究へはなかなか発展しない。

②数学研究者と諸科学・産業との協働による研究

平成19年度から実施されているJST戦略的創造研究推進事業「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」領域や、平成21年度から25年度まで実施された最先端研究開発支援プログラム（FIRST）の「複雑系数理モデル学の基礎理論構築とその分野横断的科学技术応用」プロジェクト等を通じて、数学研究者と諸科学・産業との協働による研究の成果が出つつある。

しかし、このような研究自体がまだ少なく、その研究成果に含まれる数学的知見や理論の応用・展開は発展しつつあるものの、この分野の重要性を考えるとこれらのみではまだ十分ではない。今後さらに、数学の研究成果の実用化や他分野への応用・展開を活性化することが不可欠である。

Ⅱ-2 数学イノベーションに必要な人材の不足

（1）数学と諸科学・産業との協働を担う「橋渡し」人材の確保・育成の必要性

数学研究者と諸科学・産業の研究者との間には、使用する言語や用語、何を目指し何を評価するかといった評価尺度（文化）、時間感覚等において隔たりがある。また、諸科学や産業の現場における個別的・具体的要請を数学の一般的・抽象的方法とうまく結びつけ、「数学の問題」に置き換えるには、数学の専門性や、諸科学・産業における現実の問題についての一定の理解力を有していることに加え、諸科学・産業とコミュニケーションする能力や、ものごとの全体を俯瞰する能力が必要で、それらを身につけるには相応の経験が必要とされる。

このため、数学と諸科学・産業との協働による研究を促進するに当たっては、両者間の隔たりを埋め、「橋渡し」をすることのできる人材を確保するとともに育成することが不可欠である。

（2）現状の問題点

しかしながら、伝統的に我が国の数学研究ではいわゆる応用数学分野が比較的手薄だったこともあり【I-1（4）①を参照】、現状では、数学と諸科学・産業との協働を担う人材、「橋渡し」をする人材が不足していることは明らかである。

その原因としては、大学の数学教育研究組織において、諸科学・産業との間を結ぶ人材を育成する必要性が十分認識されてこず、数学専攻学生の進路も大学教

員や高校教員等が中心で広がりには欠けていたこと、数学界においては、主にいわゆる純粋数学の成果（新たな定理の発見・証明等）が評価されるため、諸科学・産業との協働への意欲へ結びつきにくかったことが挙げられる。一方、我が国の企業においても、数学を活用しようとする意識が十分ではなく、数学的知見を有する人材の必要性が十分に認識されてこなかったこと等も原因として挙げられる。さらに、近年、我が国の大学や産業界において、成果を早急に求めるあまりコンピュータの計算能力のみに依存し、その土台となる数学や数学研究者による協力の必要性が認識されていない傾向があることも影響を与えている。

しかし、コンピュータの性能向上と、問題を適切にモデル化して計算量の適正化や計算精度の向上等につなげていく能力とがあいまってはじめて、より真実に近い現象把握と記述が可能になると言える。従って、諸科学・産業においても数学の重要性を十分認識し、研究者・技術者の数学的能力の向上を図る等、数学的能力の全体的な底上げが必要である。

また、大学の学部や大学院で数学を専攻した後、諸科学・産業に進み、活躍している研究者も少なからず存在しており、このような数学出身者を数学研究者との間をつなぐ人材として活用することが有益であるが、実際にはこれらの数学出身者と数学研究者との接点は非常に限られてきたのが現状である。

Ⅱ－3 関係者の認識の不足

（1）数学の有用性に関する理解の不足

ある現象を説明できる数学的理論が生み出されると、その現象以外にも幅広く適用可能になり、その波及効果は極めて大きい【Ⅰ－2（1）③を参照】。

しかし、数学がこのような力を持ち、現実社会に貢献していることが、現状では、諸科学分野・産業、次代を担う子供や社会一般において十分理解されているとは言い難い。

このことは、OECD 生徒の学習到達度調査（PISA2012）において、「日本は数学的リテラシーの平均得点が OECD 加盟国中 2 位となり、2006 年に比べ有意に上昇しているものの、数学に対する興味・関心をもつ生徒や、有用性を感じる生徒の割合は OECD の平均に比べるとまだ低い」という結果が出ていることからもうかがえる

【文部科学省国立教育政策研究所「OECD 生徒の学習到達度調査～2012 年調査国際結果の要約～」参照】。

この数学の持つ力への理解度が高まれば、数学と諸科学・産業との協働が加速することが期待できる。

（2）共同研究における知的財産権に関する認識の不足

これまで述べてきたとおり、数学研究者との協働は、両者にとって有益であるばかりでなく、社会的な課題の解決や産業活動においても波及効果が期待される。このため、既に数学研究者と企業との共同研究が進められているものもあり、今後も産業との協働が進む可能性がある。

しかし、企業との共同研究にあたり認識しておくべき、知的財産権や守秘義務をはじめとする事項【参考 8 を参照】が、数学研究者に十分認識されているとは言えない。

Ⅱ－４ 組織的な体制の不足

I－1（4）②で述べたように、諸科学・産業との協働への取組に数学研究者が積極的に応答し参加し、また、一部の大学や企業においては組織的な取組が進みつつあるが、全国の数学研究者や諸科学・産業界を巻き込みながら数学イノベーションを推進する上では十分ではなく、より組織的な体制の構築が必要である。

Ⅲ. 数学イノベーションの推進方策

Ⅲ-1 数学へのニーズの発掘から数学と諸科学・産業との協働へつなげるために必要な活動

諸科学・産業において、数学的知見や手法を活用することにより解決することが期待できる具体的な課題（数学へのニーズ）を発掘し、その解決に貢献し得る数学的知見や手法（シーズ）とのマッチングを図るための試行錯誤をしながら、数学と諸科学・産業との具体的な協働の可能性を見極めて具体的な課題解決型研究につなげていくためには、以下の活動を行う必要がある。

(1) 「出会いの場」、「議論の場」の量的・質的拡充

数学研究者と諸科学・産業の研究者が出会い、諸科学や産業における様々な課題に対して数学的なアプローチによる解決法を探るための集中的な「出会いの場」、「議論の場」を適切に設ける。「出会いの場」、「議論の場」の方式としては、例えば以下のようなものがある。

- ①幅広いテーマを設定し、短期間（1日程度）、自由に討議する研究集会やワークショップ
- ②諸科学・産業が抱える個別具体的な課題を数学研究者に提示し一定期間（一週間程度）連続して集中的に議論するスタディグループ
- ③数学研究者が、数学の応用事例やそこで使われている数学を諸科学・産業の研究者、数学研究者に対して分かりやすく伝えるチュートリアル

上記①のワークショップについては、平成 23 年度から文部科学省と大学等の共催で開催してきた「数学・数理科学と諸科学・産業との連携研究ワークショップ」や、平成 24 年度から統計数理研究所に委託して開始した「数学協働プログラム」のワークショップとして実施されており、②のスタディグループについては、平成 22 年度から九州大学や東京大学により実施されており、平成 25 年度からは「数学協働プログラム」の一環として実施されているものもある。③のチュートリアルについても「数学協働プログラム」や各大学等において実施されている。

上記以外にも、協働相手の分野や業界、研究の進捗状況等に応じて様々な方式が考えられる。例えば東北大学においては新たな研究分野を切り開くことを目的に、国内外トップレベルの研究者を中心に長期間（3か月程度）滞在させ、集中的に議論させる訪問滞在型の取組が始まっており、今後の展開が注目される。

今後は、上記のような「出会いの場」、「議論の場」の数を増やすとともに、若手研究者をはじめとする新規参加者を取り込むことや、いわゆる純粋数学者も含めた幅広い専門分野の数学研究者の参加を促進するなど、参加者の範囲の拡大に努める必要がある。また、「出会いの場」、「議論の場」のテーマや発表者・発表課題の設定が、諸科学・産業の全体を俯瞰し、数学的知見の活用による解決が期待できる課題を見定め、その解決に必要な数学分野を見抜いた上で実施されるようにするとともに、開催後に共同研究につながるような工夫が必要である。

(2) 諸科学・産業からの相談への対応

諸科学・産業が抱える課題の相談に対し、その解決に役立ち得る数学的知見や手法について助言し、貢献し得る専門分野の数学研究者を紹介できるような体制を構築する。このためには、(1)の「出会いの場」、「議論の場」に参加した数学研究者をはじめとする全国の数学研究者からなる機能的なネットワークを構築し、活用することが必要である。これにより、諸科学・産業に対して「どこの、どの数学研究者に、どのように」相談を持ちかければよいかを明示できるとともに、相談の結果、必要とされる数学のレベルや分野が分かり、数学と諸科学・産業との協働による具体的研究への発展が期待できる。

(3) 情報の関係者間での共有・活用

(1)の「出会いの場」、「議論の場」における議論を通じて得られた情報(例：発表者や参加者の情報、発表や議論の内容、明らかになった課題、その解決に役立つ数学的手法、出会いや異分野連携の経験・ノウハウ等)や、全国における数学と諸科学・産業との協働に関する情報等を整理し、関係機関や関係者(「出会いの場」「議論の場」の主催機関や参加者等)との間で共有・活用できる仕組みも必要である。

Ⅲ－２ 数学研究者と諸科学・産業との協働による研究の推進

(1) 取り組むべき研究課題の整理例

上記のⅢ－３（１）の「出会いの場」、「議論の場」で発掘した具体的な課題（数学へのニーズ）については、その解決に貢献し得る数学的知見や手法（シーズ）とのマッチングを図りつつ、その課題解決を目指した数学と諸科学・産業との協働による研究へとつなげていく必要がある。

このような「出会いの場」、「議論の場」として、平成23年度から文部科学省と大学等の共催で開催してきた「数学・数理科学と諸科学・産業との連携研究ワークショップ」や、平成24年度から統計数理研究所に委託して開始した「数学協働プログラム」のワークショップの結果等を踏まえ、数学と諸科学・産業との協働により取り組むべき研究課題を抽出し、以下のように整理した【ワークショップ等の一覧については、参考4の表を参照】。

<課題解決のために必要な研究課題の整理例>

- ◆大量で、多種・多様なデータ（ビッグデータ）、複雑な現象やシステム等の構造の解明
- ◆局所的なデータ、スパースなデータから大域的データを構成
- ◆将来の変動の予測
- ◆リスク管理
- ◆最適化
- ◆可視化（ビジュアライゼーション）
- ◆学術的な真理の探究

(2) 今後重点的に取り組むべき研究課題の例

上記（１）のワークショップの開催後に、具体的進展（例えば、競争的資金の取得、知的財産権の取得、共著論文の学術誌への掲載等）が見られたものがある。【参考9を参照】。

また、本委員会では、どのような社会的課題をどのような数学の活用により解決できるかについて、社会的課題からのアプローチや数学的手法からのアプローチに基づき審議し、以下のような課題について検討を行った。今後は、課題の優先度や具体的な研究の進め方等について関係する機関や学協会での議論が深められ、具体的研究につながることを期待される。

○ 人の五感の数理的記述によるものづくりやサービスの革新

数学、情報科学、認知科学、知覚科学などが総合的に連携し、脳の情報処理に関する数理モデルを構築することで、人の五感を通じた感じ方、感性の理解を目指す。

これにより、人が心地良く感じるデザインのものづくり・サービスの実現が期待される。

数学では、統計的モデリング、多変量データ解析法、確率論、グラフ・ネットワーク理論、機械学習等の貢献が考えられる。

○ インフラ、ネットワーク、生物等の自己修復ダイナミクスの解明

インフラストラクチャーやネットワーク、生物などが、傷や破壊等の外的変化に対し、自発的に破壊箇所を見つけ、修復可能かを判断し、自己修復あるいは代替措置を自律的に行う数理的機構を解明する。

これにより、インフラストラクチャーや生物等の一部が破壊された時の全体への影響を予測・理解することが期待される。

数学では、自己組織化パターンダイナミクス、逆問題、ニューラルネットワーク理論、メカノケミカルフロー、計算トポロジー等の貢献が考えられる。

○ 材料のスマートデザインによる材料開発の飛躍的効率化

材料科学、計算科学等と連携し、材料の機能発現の原理を数学的に解明し、スマートな材料設計手法の開発を目指す。

これにより、経験と勘に頼る材料開発の時間・費用の大幅な削減と、より安全で多機能な材料の設計が期待される。

数学では、離散的なパターン形成理論、ネットワーク理論、リーマン幾何学、フィンラー幾何学等の貢献が期待される。

○ 変化の前の「兆し」の検出による効果的で低コストな対応の実現

医学、生物学、経済・金融学、気象学、土木工学など様々な分野と連携し、正常状態から異常状態に移行するプロセスの数学的記述や、関連データの解析を通じて、異常状態に移行する前の「兆し」を検出することを目指した研究を行う。

これにより、病態悪化、感染症伝搬、経済・金融変動、気候変動、インフラ老朽化等のリスクが顕在化する前の効果的かつ低コストの対応が可能となることが期待される。

数学では、数理モデリング、動的データ解析法、力学系理論、ネットワーク理論、非線形時系列解析理論をはじめ様々な分野の数学の貢献が期待される。

○ ビッグデータからの有益な情報の抽出

近年の情報通信技術の発展により出現したビッグデータに対応し、第4の科学的方法論（データ中心科学）を確立するため、情報学やビッグデータを生み出す領域（生命科学、地球科学、環境科学、金融、流通、通信など多くの領域）と連携した研究を行う。

これにより、ビッグデータから有益な知識を獲得することが期待される。

数学では、可視化、クラスタリング、ベイズモデル、非線形多変量モデル、グラフィカルモデル、データ同化等の貢献が期待される。

○ 産業のプロセスの効率化や災害対策等に資する最適化手法の高度化

多くの問題において、最適化問題に帰着されるのにそれを知らないために適切なモデル化がなされていない場合が多い。これを改善し、幅広い問題に活用できる最適化手法の研究を行う。

これにより、産業の設計・製造・販売等プロセスの効率化、防災・緊急時対応の改善、農業のIT化等の様々な問題について、限られた資源を有効に活用し、少ない労力で最大の効果を導くことが期待される。

数学では、様々な最適化手法の貢献が期待される。

○ 計算機アルゴリズムの現代数学の応用による高度化

計算アルゴリズム研究において、ベースとして使われている数学は現代数学の一部に留まっているため、計算科学や計算機科学との連携により、現代数学の利用による計算アルゴリズム研究を進める。

これにより、計算効率の向上、高速化・精度向上などに貢献することが期待される。

数学では、代数幾何、表現論・非可換調和解析、計算数論をはじめ様々な分野の数学の貢献が期待される。

○ 22世紀に向けての社会システムデザイン

エネルギー科学、環境科学、生命科学等と連携し、個別の課題に対するモデル全体を包括する数理モデルを構築することで、個別の課題が全体に及ぼす影響の理解を目指す。

これにより、個々の問題が地球規模に対してもたらす影響を予測・理解したうえで、社会全体として目指すべき方向性を決めることが期待される。

数学では、モデリング、データ解析に用いられるあらゆる手法の貢献が期待される。

Ⅲ－３ 数学イノベーションに必要な人材の育成

(1) 数学界における人材の育成

①諸科学・産業との協働への参画を通じた人材の育成

数学研究者が諸科学・産業の研究者との協働を進めるには、様々なギャップ（言語、用語、文化、時間感覚等の隔たり）を乗り越え、諸科学・産業の具体的課題を「数学の問題」に置き換える必要があり、数学の専門性に加え、諸科学・産業とコミュニケーションする能力や、ものごとの全体を俯瞰する能力が必要で、それらを身につけるには相応の経験が必要とされる【Ⅱ－２（１）を参照】。

このため、諸科学・産業との協働を担う数学研究者を効果的に育成するには、関心のある数学専攻の若手研究者を雇用し、数学と諸科学・産業との協働による研究集会やワークショップ等の企画運営や研究プロジェクト等に参画させ、諸科学・産業の現場における具体的課題を「数学の問題」に置き換える経験を積ませることが効果的である。

また、このような若手研究者に経験を積ませるに当たっては、多くの経験を持つシニア人材が「メンター」としてアドバイスを与えながら進めることが効果的である。

なお、女性の数学研究者を掘り起こし、数学研究への女性の参加を促進することも必要である。

②国際的な交流による人材の育成

一方、数学と諸科学・産業との協働の取組が進んでいる諸外国から若手研究者を中心に一定期間受け入れ、諸科学・産業との協働に関する活動に参画させることにより、我が国の若手研究者が刺激を受けるとともに、協働に必要なノウハウや手法を学ぶことも期待できる。また、諸科学・産業との協働に関心のある我が国の若手数学研究者を一定期間、このような協働の拠点たる海外数学研究機関に派遣することも効果的である。

また、このような個人レベルや大学等の機関レベルでの国際交流だけでなく、学協会や学術団体レベルでの国際的な交流・連携を図ることが、我が国の数学研究の国際的プレゼンスの向上にも効果的である。特に、近年、経済のみならず科学研究においても発展を続けているアジア地域において、数学関係の学協会や学術団体間の交流・連携を強化することは重要であり、我が国では日本数学会等が中心となってアジア諸国の関係数学会と協力してアジア数学連合結成に向けて取り組んでいる。このような活動を通じて、若手研究者に国際的な場での発表の機会を与えたり、表彰制度を設けたりすることは、我が国の数学研究、特に若手研究者の国際的プレゼンスを向上させる上で効果的である。

③大学の数学教育研究組織における人材の育成

大学の数学教育研究組織における教育内容の工夫も有効である。例えば、学部段階で数学の基礎的訓練を時間をかけて行うほか、最低限のコンピュータ言語や数理モデル・シミュレーション、統計数理、確率論、計算幾何（グラフ理論、トポロジー等）といった応用につながる教育を拡充することや、現実の問題の面白さを伝えるような教育を行うことが望まれる。

また、大学院では、専攻分野にとらわれない幅広い視野を身につけさせるため、学位論文のテーマとは別のテーマも学ぶことができるようにする等の方策を講じることが望ましい。例えば、米国の大学院においては、自分の専門外の分野のトピックを選び、一定期間（例えば数週間）内に、独力でその解説を書き上げる「マイナーセーシス」という科目がある。博士号を取得する前にこれに合格する必要がある、これにより専門外の分野についても独自に概略を習得する能力を鍛えることができる。

このような教育を通じて、数学の専門性だけでなく、実際の課題解決に必要とされる多様な局面へ対応する能力や、ものごとの全体を俯瞰する能力を身につけることが期待できる。

このほか、数学研究者や学生向けに、数学の具体的応用事例や、そこで用いられた数学的手法を紹介するような講演会やチュートリアルも効果的である。例えば、JST 戦略的創造研究推進事業の「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」領域の活動の一環として、さきがけ研究者が中心となって大学生や大学院生向けに、実際の応用において用いられている数学的手法を教授し、数学の応用研究を体験してもらう「さきがけ数学塾」や、CREST 研究チーム間で数学的手法や基盤技術の背後にある数学の基礎を共有し実践する「応用数学チュートリアル」のような活動が行われており、このような活動がさらに拡大することが期待される。

④新たなキャリアパスの構築

このような諸科学・産業との協働を担う人材を育成すること、すなわち幅広い視点を持ち、諸科学・産業とコミュニケーションができる人材を育成することは、従来の数学専攻博士課程修了者の進路をさらに拡大し、数学以外の分野への進出、大学以外の新たなキャリアパス構築の必要があることを意味している。

このためには、保険・金融、IT 関連のみならず製造業をはじめとする幅広い業種の企業等への学生及びポストドクターのインターンシップが有益であるが、その前提として、企業における数学の重要性の認識、大学教員の意識改革が重要である。また、インターンシップ開始前の受入先と学生との適切なマッチングはもちろん、大学におけるインターンシップ開始後のフォローアップも重要である。

また、学生と企業との接点を増やすことも必要であり、数学専攻学生に、企業における数学専攻出身者の活躍事例や数学の活用事例を知ってもらうことも重要である。一方、企業に数学専攻学生の持つ力を知ってもらうことも必要である。このためには、各大学の取組のほか、日本数学会や日本応用数理学会のキャリアパスセミナーのような学協会の取組も有効である。さらに、近年の高度情報化社会の進展や計測技術の進歩、計算機性能の向上等に伴い、大量で多種・多様なデータ（いわゆるビッグデータ）の分析から分析結果のビジネスへの反映までを視野に入れた活動のできる人材が必要とされており、数学・数理科学的バックグラウンドのある博士課程修了者を活用し育成することが効果的である。

⑤数学界における諸科学・産業との協働による成果への評価

数学側において、数学と諸科学・産業との協働で生まれる研究成果を積極的に

評価することも重要である。

このためには、①研究成果の発表の場としてのジャーナル（学術雑誌）の育成やトップジャーナルの活用、②学会間の組織的交流（情報の提供、共同ワークショップ、講演者の相互招待等）の促進、③数学側における、特許やソフトウェアの開発等に対する積極的評価、④諸科学・産業との協働に取り組む若手研究者へのインセンティブの付与（学会等と連携し、諸科学・産業との協働に取り組んだ若手研究者に成果発表の機会を与え、優秀な成果は表彰すること、評価基準を明示すること等）が望まれる。

（２）諸科学・産業における人材の育成

①諸科学における人材の育成

数学以外の諸科学において、数学との協働を促進するための人材を育成するためには、学部段階において、数学への理解力向上を目指した教育が重要であると考えられる。その際には、数学研究者が数学以外の分野において講義・教育することも、教育効果の観点からだけでなく、課題発掘や当該分野との連携のきっかけになるという意味においても有益であると考えられる。このためにも、数学研究者が他分野において教育を行う体制の整備や充実が、これまで以上に重要となってきた。

また、諸科学分野の若手研究者や学生が一定期間集中して数学研究者と自由に議論できる機会を設け、自らの抱える問題を解決するには数学研究者と協働することが有益であるとの認識を持ってもらうことも重要である。

なお、大学の学部や大学院で数学を専攻した後、諸科学・産業に進み活躍している研究者が、Ⅲ－１（１）で述べた「出会いの場」、「議論の場」に積極的に参加し、数学研究者との間をつなぐ役割を果たすこと等も効果的である。また、諸科学分野において数理的な研究を行っている分野（例えば、理論物理、計算化学、数理生物学、情報科学、計算科学、計量経済学、心理学等）の研究者が数学研究者との間をつなぐ役割を果たすことも有効である。

②産業における人材の育成

産業において数学との協働を進めるためには、数学研究者とのコミュニケーションができ、個別の具体的課題を数学研究者により解決できるような「数学の問題」に置き換えることのできる人材が必要になると考えられる。現に一部の企業では、このような人材が中心となって数学研究者との協働による研究を行っている例がある（当委員会において、取組状況について聴取）。

このためには、産業において数学のバックグラウンドを持った人材が採用されることが望ましく、これを促すためにも、産業において数学の重要性が認識されることが重要である。このため、数学側から産業に対して、数学により解決できた事例を紹介したり、数理的思考の重要性を宣伝したりすることにより、数学の持つ力を認識させる取組が効果的であると考えられる。

Ⅲ-4 情報の発信等

(1) 情報の発信

① 諸科学・産業向けの情報発信、成果の展開

これまで数学者と接触の少なかった諸科学・産業の研究者・技術者に数学の有用性を認識してもらうためには、諸科学・産業界向けのシンポジウム・講演会や、諸科学分野の学会におけるチュートリアル等の開催を通じて、数学により課題を解決した事例等を、誰にでも理解できるように紹介することが有効である。これにより、潜在する数学へのニーズを掘り起こすとともに、将来の数学との協働相手を開拓することが期待できる。

また、数学と諸科学・産業との協働による研究の成果が様々な分野で活用されるようにするためには、これまでの研究成果から実用化や他分野への水平展開の可能性のあるものを抽出し、「どのような分野のどのような課題にどのような数学がどう使われたのか」等の分かりやすい形で整理し、ホームページへの情報の蓄積・プレスリリース等を通じて外に向けて発信することや、研究成果をツール化・ソフト化して、必ずしも十分な数学的バックグラウンドを持たない研究者・技術者も使えるようにすることが必要である。

② 一般向けの情報発信、子供たちへの取組

次代を担う子供や一般の方については、これらの者を対象にした講演会等を開催して、数学の社会での活用事例や最先端の研究等を紹介し、数学が現実社会に貢献していることを知ってもらい、数学に対する興味関心や数学学習への意欲を高めてもらうことも、将来の数学イノベーションの基盤として重要である。例えば、JST 戦略的創造研究推進事業の「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」領域の活動の一環として、さきがけ研究者が中心となって主に高校生向けに数学の応用の事例を紹介する「数学キャラバン」のような活動や、各大学や「数学協働プログラム」において一般向けの講演会・シンポジウム等も行われており、このような活動がさらに拡大することが期待される。なお、このような情報発信を円滑に行うには、一般向けに発信すべき事例等の情報を蓄積・整理することや、講演会等を企画運営できる人材が必要である。

また、才能ある中学生や高校生には、大学等の数学者から直接指導を受けられる機会や、他の才能ある同世代の者と交流できる機会を与えることも重要である。

(2) 共同研究における知的財産権に関する情報の提供

まずは、Ⅱ-3 (2) で述べたように、企業との共同研究にあたり知的財産権や守秘義務をはじめとする事項【参考8を参照】を数学者に認識してもらうことが重要であり、そのために大学において専門家による講習会を開くことや、TLO等の相談窓口の存在を周知することが重要である。

また、大学においてホームページ等を積極的に活用して、一般的な注意事項や事例等の情報を共有することも重要である。

Ⅲ―5 数学イノベーションの実現に向けた必要な体制

(1) 拠点及び拠点間の協力体制の構築

Ⅲ―1からⅢ―4に掲げた諸活動を、協働相手となる諸科学・産業から「見える」形で継続的に実施するには、諸科学・産業との協働に関心と意欲を持つ個々の数学研究者による個人的な活動だけでは限界があり、より組織的かつ全国的な活動が必要となる。

このため、こうした諸活動が、その重点の置き方を工夫しながら効果的に実施され、数学と諸科学・産業との協働の中核となる「拠点」を設ける必要がある。

また、具体的な課題解決にどのような数学的知見や手法が役立つのかは、予測が困難である【I―2(1)③を参照】ため、数学と諸科学・産業との協働による課題解決を目指した研究を効果的に実施するためには、多様で幅広い専門分野の数学研究者を育成し、全国の数学研究者の能力を結集する必要がある。

このため、単独の大学等の取組だけでは、数学研究者の量的規模のみならず、カバーする数学の専門分野の範囲から見ても十分な対応は困難であり、数学と諸科学・産業との協働の「拠点」となる複数の大学等が、各々が擁する研究人材や、内外のネットワーク、過去の活動実績等を踏まえた強みや特色を生かしつつ、互いに協力して諸科学・産業との協働やそれを担う人材の育成及び確保に向けた活動を行う全国的な体制を国が主導して設ける必要がある。

さらに、これらの「拠点」の運営に当たっては、数学の専門性を有しているのみならず、諸科学・産業における現実の問題についても一定の理解力を有し、数学的知見の活用による解決が期待できる課題を見定めることのできる数学研究者の指導・助言が得られること、数学専攻の若手研究者（ポストドクター等）にも課題の掘り下げや研究の機会等、諸活動の実施において重要な役割が与えられることが必要であり、また、諸科学・産業の側にも若手研究者の受け入れ、共同作業について理解があること等が必要である。これにより、諸科学・産業との協働を担う数学研究者の効果的育成が期待できる。このほか、これらの「拠点」における諸科学・産業との間の「橋渡し」役としては、大学の学部や大学院で数学を専攻した後、諸科学分野や企業で活躍している研究者・技術者や、相応の経験を積んでいるシニア系人材を活用することも有益である。このような「拠点」の活動を通じ、数学研究者と諸科学・産業の研究者との間のつながりがより太く緊密になるのみならず、個人と個人の関係から、組織的でより広がりを持ったネットワークへと発展していくことが期待できる。

(2) 現状の体制

このような数学と諸科学・産業との協働の中核となる「拠点」として、大学共同利用機関である統計数理研究所と数学・数理学の先端的共同利用・共同研究拠点である京都大学数理解析研究所に加えて、平成25年度から産業数学の研究拠点として九州大学マス・フォア・インダストリ研究所が、26年度から現象数理学研究拠点として明治大学先端数理学インスティテュートが、それぞれ共同利用・共同研究拠点に認定され、幅広い数学の専門分野が諸科学や産業と協働する全国的体制が整備されている。また、その他の大学でも、数学と諸科学・産業との協働のための拠点の整備が進められている【参考4を参照】。

そして、これらの拠点が互いに協力して実施する「数学協働プログラム」が、平成24年度より実施されている。統計数理研究所を中心に全国の8つの大学（北海道大学、東北大学、東京大学、明治大学、名古屋大学、京都大学、広島大学、九州大学の数学関係の研究所や研究科・専攻等）が協力機関となり、数学的知見や手法の活用による解決が期待できる課題の発掘にとどまらず、数学と諸科学・産業との協働による研究への道筋を創ることを目指した様々な活動が行われている。

（3）今後必要な機能・体制

上記の（2）で述べたように、数学と諸科学・産業との協働の中核となる「拠点」（大学共同利用機関である統計数理研究所、共同利用・共同研究拠点とされている大学付置研究所、その他の各大学等）では、数学と諸科学・産業との連携によるワークショップをはじめとする「出会いの場」や「議論の場」を通じて、課題の発掘が行われている。これらの各拠点の組織形態は、大学共同利用機関、国立大学、私立大学と多様で、研究内容も、諸科学との連携に重点を置くもの、産業との連携に重点を置くもの、純粋数学を中心に据えるものなど、それぞれが異なる研究スタイルや特色を持っており、今後は、これらの拠点の充実を図るとともに、各々の独自性を発揮し特色を生かしながら諸科学や産業との連携を発展させることで、これらの各拠点間の連携・協力も深まるようにすることが必要である。

また、これまでのワークショップ等では、異分野の研究者の新たな出会いがあってもそれだけで終わりがちで、そこからさらに知識や考え方を共有し、自由な議論を通じて互いに触発され、新たな研究の着想を得る、という一連の活動を効率よく一気に行うことは困難であるほか、参加者の専門分野の多様性も必ずしも十分なものではない。一方、近年の新しい融合的な分野の研究は、例えば米国のマテリアルインフォマティクスのように、異分野の研究者が長期間一カ所に滞在し自由に議論して相互触発するような訪問滞在プログラムが契機となって発展している例が見られるが、日本での取組は十分なものではない。

このような状況を改善するためには、既存の学問分野の枠組みを越え時代を先取りするようなテーマの下に、数学をはじめとする理論系を中心とした多様な分野の国内外のトップレベルの研究者が一定期間滞在し、若手研究者をはじめとする異分野の研究者と出会い、知識や考え方を共有し、自由な議論を通じて互いに触発され、新たな研究の着想を得るまでを一体的に実現できる、いわゆる訪問滞在型プログラムが有益であり、これを企画し実施する機能や体制が我が国にも必要であると考えられる。これにより、自由な議論を通じて異分野間の共同研究への発展を促し、新しい融合的研究分野・テーマを切り開くとともに、このような融合的研究の担い手となる若手研究者育成に貢献することが期待できる。なお、このようなプログラムの実施に当たっては、上記（2）で述べたような、数学と諸科学・産業との協働の中核となる全国の各拠点が適切に連携を図りながら進めることも必要である。

Ⅲ－6 数学イノベーションの推進により目指す将来の姿

最後に、これまで述べてきた数学イノベーションの推進方策を実施し、数学と諸科学・産業との協働による研究の成果が蓄積し社会に広がることを通じて、実現を目指すべき将来の姿を以下のとおり整理する。

【諸科学・産業】

- 諸科学・産業において、数学との協働による研究の成果が、必ずしも数学的バックグラウンドを持たない人々からも評価され、数学の必要性が具体的に認識されていること。
- 数学を専攻した学生が、諸科学や産業界等の多様なキャリアパスを有するようになること。

【数学研究者】

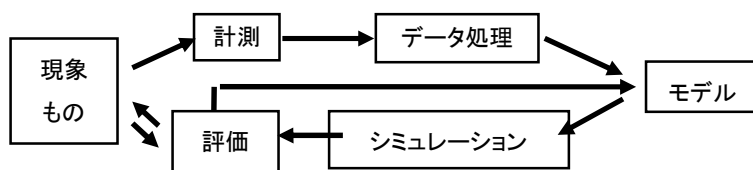
- 数学研究者が、諸科学や産業の問題に関心を持ち、これらの問題が「数学の問題」にもなり得ることを認識するようになること。
- 数学界において、諸科学や産業との連携による研究が一定の評価を受けるようになること。

【社会全体】

- 数学の力を活用することの重要性が、広く社会一般で認識されるようになること。
- 自然に数学研究者と諸科学・産業との接触が生まれ、研究へと発展し、その成果がさらに新たな数学の活用につながるようになること（自律的に数学イノベーションが進むようになること）。

参 考 资 料

【参考1】



※ モデリングの目的：対象の理解、知識発見、予測・制御や意思決定等であることが多い

図. 現象やもののモデル化の作業の概念図

諸外国における近年の数学と諸科学・産業との連携に関する取組例

○米国

1998年に出された「米国の数理科学の国際評価に関する上級評価委員会報告」（いわゆるオドム・レポート）における指摘を受け、米国政府はSTEM(Science, Technology, Engineering and Mathematics)と称して、数学を科学・技術・工学に並ぶものとして、その研究費を大幅に増強し、数学と他分野との学際研究に力を入れている。また、数学系の研究機関についても、2000年から2002年にかけて、純粋応用数学研究所(IPAM)をはじめとする4つの数学関係の研究所が設置されており、直近では2011年にBrown大学の計算実験数学研究所が設立された。

○ドイツ

MATHEONIはベルリンにある3大学（ベルリン工科大、フンボルト大学、ベルリン自由大学）および2つの研究所（WIAS、Zuse研究所）の数学研究者による共同研究体。40名の教授を含む200名余りの研究者で構成されており、産業、経済、科学を対象にした応用駆動型基礎研究（‘Application-driven fundamental research）をコンセプトとする60以上のプロジェクトを運営。活動期間は2002年から2014年の13年間で、ドイツ研究振興協会(DFG)等から資金提供を受けており、引き続きEinstein財団からの支援で活動を継続している。連携先の企業は、BASF、ベンツ、BMW、フォルクスワーゲン、Siemens、IBM、マイクロソフト、ルフトハンザ、エアバス、新日鐵、NEC等の大企業その他、ドイツ国内の多数の中小企業。数学応用先としては、①ライフサイエンス、②ロジスティクス、交通網、③製造、④電子・光量子デバイス、⑤金融、⑥可視化の6分野からなる。

○中国

2009年に清華大学数学科学研究センター(Mathematical Science Center of Tsinghua University)が設立された。2010年には中国科学院の中に「国家数学・学際科学センター(National Center for Mathematics and Interdisciplinary Sciences、国家数学与交叉科学中心)が設置された。この国家科学・学生科学センターは、金融・経済、情報、環境、材料、生命・医療等6つのInstituteからなる数学を核とする横断領域的研究拠点であり、100名を超す新たなスタッフを導入し、21世紀の中国における数学と諸科学・産業との協働研究の中心を担うものとして設立された。このように異分野連携に重点を置いて数学の研究所が北京に限らず大都市や重点都市で創設されている。例えば上海に上海数学中心(Shanghai Center for Mathematical Sciences)が2012年に創設されている。現在これに比肩する規模の日本の数学拠点は無い。

○韓国

数学が高度なビジネスにおける共通項であるという認識のもと、韓国を数理科学の知に基づいた社会に変えていくことを目指して2005年に国立数理科学研究所(NIMS)が設立されている。また、既存の大学の数学科などの枠組みでも、上記

の研究所と連携して産業と関連したプロジェクトが実施されている。例えば Yonsei 大学計算工学科ではサムスンなどの支援のもと、医療用イメージングの開発プロジェクトや血流のモデル化と超音波イメージングの研究などの医学関係の協働研究が数学者をコアとして実施されている。

【参考3】

2001年～2006年の被引用数上位1%論文 (Top 1%論文) を生み出した研究チームへの、数学を専門とする研究者の参加状況には、日本と米国で大きな差がある。

日本における Top 1%論文

		数学を専門とする研究者		
		参加無	参加有	参加割合
論文分野	化学	71	0	0.0%
	材料科学	42	1	2.3%
	物理学&宇宙科学	127	0	0.0%
	工学	65	3	4.4%
	環境/生態学&地球科学	29	1	3.3%
	臨床医学&精神医学/心理学	66	0	0.0%
	基礎生命科学	141	2	1.4%
	全体	541	7	1.3%

米国における Top 1%論文

		数学を専門とする研究者		
		参加無	参加有	参加割合
論文分野	化学	66	0	0.0%
	材料科学	22	0	0.0%
	物理学&宇宙科学	94	2	2.1%
	工学	52	5	8.8%
	環境/生態学&地球科学	61	7	10.3%
	臨床医学&精神医学/心理学	118	37	23.9%
	基礎生命科学	203	15	6.9%
	全体	616	66	9.7%

(出典)

Hitotsubashi(一橋大)-NISTEP(科政研)-Georgia Tech(米ジョージア工科大)科学者サーベイの結果を用いて、科学技術・学術政策研究所が集計。

我が国における数学と諸科学・産業との協働に向けた取組例

○研究に関する取組

- 平成 19 年度より、JST 戦略的創造研究推進事業「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」領域が設置され、さきがけ・CRESTにおいて、数学者と諸科学研究者との協働による研究が行われている。
<http://www.jst.go.jp/crest/math/>
- 平成 21 年度から平成 25 年度まで最先端研究開発支援プログラム（FIRST）において「複雑系数理モデル学の基礎理論構築とその分野横断的科学技术応用」が実施された。
<http://www.sat.t.u-tokyo.ac.jp/first/>
- 上記の成果を踏まえ、平成 26 年度から、JST 戦略的創造研究推進事業において「現代の数理科学と連携するモデリング手法の構築」（CREST）領域及び「社会的課題の解決に向けた数学と諸分野の協働」（さきがけ）領域が設置されている。また、科学研究費補助金においては、平成 25 年度から特設分野研究の一つとして「連携探索型数理科学」が設けられている。
http://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunyah26-1.html
http://www.jst.go.jp/kisoken/presto/research_area/ongoing/109mathcollabo.html
- 異分野融合等を通じ、我が国に世界最高峰の研究拠点を構築することを目的に開始された「世界トップレベル研究拠点プログラム（WPI）」では、現在 2 つの拠点（東北大学 原子分子材料科学高等研究機構（AIMR）、東京大学 国際高等研究所 カブリ数物連携宇宙研究機構（Kavli IPMU））において数学との融合によるブレークスルーを目指している。
<http://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/jp/index.html>
<http://www.ipmu.jp/ja>

○課題の発掘に関する取組

- 平成 23 年度より、数学的知見を活用して解決が期待できる課題の発掘や、諸科学・産業との協働に必要なノウハウの抽出等を目指し、文部科学省と大学等の共催による「数学・数理科学と諸科学・産業との連携研究ワークショップ」が開催されている。
http://www.mext.go.jp/a_menu/math/index.htm?utm_medium=twitter
- 平成 24 年度からは文部科学省の委託事業として「数学・数理科学と諸科学・産業との協働によるイノベーション創出のための研究促進プログラム（数学協働プログラム）」が開始され、課題の発掘にとどまらず、数学者と諸科学・産業との共同研究への道筋を作ることを目指した様々な活動が行われている。
<http://coop-math.ism.ac.jp/>

○組織的体制に関する取組

- 以下のような一部の大学や公的研究機関においても、数学と諸科学・産業との連携・協力を推進するための組織的取組への動きが見られ、特に、平成25年度から九州大学マス・フォア・インダストリ研究所が、平成26年度から明治大学先端数理科学インスティテュートが新たに共同利用・共同研究拠点に認定されている。

http://www.mext.go.jp/a_menu/kyoten/

【組織的取組を実施している大学等の例】

- 統計数理研究所（大学共同利用機関） <http://www.ism.ac.jp/>
- 京都大学数理解析研究所（共同利用・共同研究拠点）
<http://www.kurims.kyoto-u.ac.jp/ja/>
- 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所（共同利用・共同研究拠点）
<http://www.imi.kyushu-u.ac.jp/pages/message.html>
- 明治大学先端数理科学インスティテュート（共同利用・共同研究拠点）
<http://www.mims.meiji.ac.jp/>
- 北海道大学数学連携研究センター
<http://web.math.sci.hokudai.ac.jp/center/>
- 東北大学応用数学連携フォーラム
<http://www.dais.is.tohoku.ac.jp/~amf/>
- 東北大学数学をコアとするスマート・イノベーション融合研究共通基盤の構築と展開 <http://www.dais.is.tohoku.ac.jp/~smart/>
- 東京大学大学院数理科学研究科 数理科学連携基盤センター
<http://faculty.ms.u-tokyo.ac.jp/users/icms/>
- 東京大学 最先端数理モデル連携研究センター
<http://www.sat.t.u-tokyo.ac.jp/center/>
- 早稲田大学非線形偏微分方程式研究所
<http://www.pde.sci.waseda.ac.jp/lab/>
- 慶應義塾大学統合数理科学研究センター
<http://www.karc.keio.ac.jp/center/center-6.html>
- 名古屋大学大学院多元数理科学研究科
<https://www.math.nagoya-u.ac.jp/ja/>
- 大阪大学大学院基礎工学研究科
<http://www.sigmath.es.osaka-u.ac.jp/>
- 広島大学大学院理学研究科
<http://www.hiroshima-u.ac.jp/sci/>
- 海洋研究開発機構 数理科学・先端技術研究分野
<http://www.jamstec.go.jp/mat/j/>
- 「数学協働プログラム」では統計数理研究所を中心として8つの大学（北海道大学、東北大学、東京大学、明治大学、名古屋大学、京都大学、広島大学、九州大学の数学・数理科学関係の研究所や研究科・専攻等）が協力機関となってネットワークを組んで事業が推進されている。

- 東北大学の原子分子材料科学高等研究機構(WIP-AIMR)では材料科学の複数研究ユニットを横断することを目的として数学ユニットが設置されている。
- 九州大学ではセンターオブイノベーションプログラムに採択され、共進化社会システム創成拠点を形成している。拠点の機能の一部として、産業数学の活用によるイノベーションが目指されており、九州大学マス・フォア・インダストリ研究所が中心となって活動している。
<http://coi.kyushu-u.ac.jp/>
- 生命科学の分野では、平成24年度から、計測データから数理科学的手法を用いて生命現象を理解し実験やシミュレーションで再構築するという「生命動態システム科学推進拠点事業」が開始されており、東京大学に2か所、京都大学に1か所、広島大学に1か所の拠点が設けられている。
<http://kyoten.c.u-tokyo.ac.jp/>
<http://faculty.ms.u-tokyo.ac.jp/users/cbmdcp/>
<http://www.lif.kyoto-u.ac.jp/systemsbiology/index.html>
<http://www.mls.sci.hiroshima-u.ac.jp/chrom/ja/index.html>
- このほか、一部の企業においては、ここ数年、数学的知見を活用して様々な企業活動の効果や価値を高めることを目指した研究を行うための組織体制が整備され、これまでにない発想による成果が出始めている。

○その他

- 日本数学会や日本応用数理学会をはじめとする関連学協会においては、諸科学・産業との連携研究の動向を数学者に紹介するワークショップや、企業の協力を得て数学専攻学生の新たなキャリアパスを開拓するためのキャリアパスセミナーを開催するなど、諸科学や産業との連携に向けた活動を行うようになっている。

以下の表は文部科学省と大学等の共催による「数学・数理科学と諸科学・産業との連携研究ワークショップ」（平成23年度～平成25年度）及び文部科学省委託事業「数学・数理科学と諸科学・産業との協働によるイノベーション創出のための研究促進プログラム」（平成24年度～）におけるワークショップ等を整理したものである。

①課題対応型ワークショップの一覧

分野	タイトル	主催者	所属	備考
生命科学・医学	致死性不整脈の機序の解明	儀我 美一 斉藤 宜一	東京大学 数理科学研究科	文科省連携 WSH23
生命科学・医学	数理生命科学の新展開—階層間で干渉しあう形・動き・機能	坂元 國望	広島大学大学院理学研究科 数理分子生命理学専攻	文科省連携 WSH24
生命科学・医学	心臓と血管の数理	儀我 美一 斉藤 宜一	東京大学大学院数理科学研究科	文科省連携 WSH24
生命科学・医学	ネットワーク構造と生命現象	栄 伸一郎 平岡 裕章	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所（IMI）	文科省連携 WSH24
生命科学・医学	臨床医学応用のための数理的手法に関する諸問題：がん、HIV、新型インフルエンザの治療・対策に向けて	平田 祥人 田中 剛平	東京大学生産技術研究所最先端数理モデル連携研究センター	文科省連携 WSH24
生命科学・医学	感染症流行モデリング：理論、実践とシミュレーションのギャップを埋める	西浦 博	東京大学医学部教育研究棟	文科省連携 WSH25
生命科学・医学	「応用トポロジーとシステムバイオロジー：数理医学の新たな挑戦」	鈴木 貴	大阪大学基礎工学研究科	委託事業 WSH24
生命科学・医学	生命ダイナミックスの数理とその応用	井原 茂男 栗原 裕基 時弘 哲治 富山 三弘	東京大学大学院数理科学研究科	委託事業 WSH25
生命科学・医学	健康増進・ヘルスプロモーションに関する数学ニーズの発掘	高田 宗樹	福井大学工学部	委託事業 WSH26
生命科学・医学	生命科学・数学・情報科学による新たな理論生命科学へのアプローチ	飯田 溪太	東北大学大学院医学系研究科	委託事業 WSH26
生命科学・医学	数理医学体験ワークショップ～日仏数学者による秋の学校	鈴木 貴	大阪大学基礎工学部	委託事業 WSH26
生命科学・医学	生命ダイナミックスの数理とその応用：異分野とのさらなる融合	井原 茂男 栗原 裕基 時弘 哲治 富山 三弘	東京大学先端科学技術研究センター 大学院数理科学研究科 ほか	委託事業 WSH26
物質・材料科学	人工原子と光の相互作用を利用した量子デバイスのモデリング	廣川 真男	岡山大学 自然科学研究科 先端基礎科学専攻 数理科学講座	文科省連携 WSH23

分野	タイトル	主催者	所属	備考
物質・材料科学	物性物理と材料科学の数学的手法	橋本 幸士 小谷 元子 津田 一郎	理化学研究所仁科加速器センター 東北大学 AIMR 機構長 北海道大学数学連携研究センター長	文科省連携 WSH24
物質・材料科学	非平衡系材料の構造形成	小谷 元子 ミンウェイ チェン 藤田 剛	東北大学原子分子材料科学高等研究所	文科省連携 WSH24
物質・材料科学	非可換調和振動子のスペクトルと量子デバイスの数理解	廣島 文生	九州大学大学院数理学研究科	文科省連携 WSH24
物質・材料科学	量子デバイスにおける共通数理解構造発見による諸分野連携	根本 香絵 廣川 真男	国立情報学研究所 岡山大学大学院自然科学研究科	文科省連携 WSH24
物質・材料科学	古典物理系環境内での量子計算機稼働における数学から実験にまたがる諸問題に関するワークショップ	廣川 真男 根本 香絵	岡山大学大学院自然科学研究科 国立情報学研究所	文科省連携 WSH25
物質・材料科学	計算材料科学と数学の協働によるスマート材料デザイン手法の探索	小谷 元子	東北大学原子分子材料科学高等研究機構	委託事業 WSH24
物質・材料科学	計算材料科学と数学の協働によるスマート材料デザイン手法の探索 II	小谷 元子	東北大学原子分子材料科学高等研究機構	委託事業 WSH25
物質・材料科学	表面微細構造の学理の探求：低環境負荷材料の創造に向けて	久保 英夫	北海道大学	委託事業 WSH25
物質・材料科学	量子系の数理解と物質制御への展開：量子ウォークを架け橋に	瀬川 悦生	東北大学大学院情報科学研究科	委託事業 WSH26
物質・材料科学	数理解科学の物質・材料科学への応用	松江 要	統計数理解研究所	委託事業 WSH26
環境科学	気候モデルの農業への応用（仮）	福本 康秀 佐久間 弘文	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所（IMI） （独）海洋研究開発機構 横浜研究所	文科省連携 WSH24
環境科学	地球気象機構現象のデータ解析とモデルの精密化	坂上 貴之	北海道大学大学院理学研究科	文科省連携 WSH24
環境科学	気候モデルの農業への応用 2：作物収量予測への統計的アプローチ	福本 康秀 佐久間 弘文	九州大学 独立行政法人海洋開発研究機構	文科省連携 WSH25
環境科学	ISM Symposium on Environmental Statistics 2014	金藤 浩司	統計数理解研究所	文科省連携 WSH25
環境科学	不均質媒質における異常拡散の数理解と環境問題への応用	山本 昌宏 坪井 俊	東京大学大学院数理解科学研究科	委託事業 WSH24

分野	タイトル	主催者	所属	備考
環境科学	電力システムと最適化	岩田 寛	京都大学数理解析研究所	委託事業 WSH24
環境科学	気象学におけるビッグデータ同化の数理解	坂上 貴之 三好 建正 稲津 将 斉木 吉隆 中野 直人	京都大学大学院理学研究科 理化学研究所	委託事業 WSH25
環境科学	異常拡散の数理解とシミュレーション手法	山本 昌宏 坪井 俊	東京大学大学院数理科学研究科	委託事業 WSH25
産業	産業界からの課題解決のためのスタディ・グループ研究集会	坪井 俊 山本 昌宏	東京大学大学院数理科学研究科 GCOE	文科省連携 WSH23
産業	スタディ・グループ ワークショップ 2012	佐伯 修	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 (IMI)	文科省連携 WSH24
産業	産業界からの課題解決のためのスタディ・グループ研究集会	坪井 俊 山本 昌宏	東京大学大学院数理科学研究科	文科省連携 WSH24
産業	産業界からの課題解決のためのスタディ・グループ研究集会	坪井 俊 山本 昌宏	東京大学大学院数理科学研究科	文科省連携 WSH25
暗号	モダン符号理論からポストモダン符号理論への展望	平岡 裕章 萩原 学	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 (IMI) 産業技術総合研究所	文科省連携 WSH24
暗号	空間結合 LDPC 符号理論の形式化ワークショップ名「誤り訂正符号のワークショップ」	八木 秀樹 萩原 学	千葉大学	文科省連携 WSH25
暗号	クラウドコンピューティングに必要とされる暗号技術	高木 剛 キリル モロゾフ	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 (IMI)	文科省連携 WSH24
暗号	情報セキュリティ技術におけるケーススタディ	宮地 充子	北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科	文科省連携 WSH24
暗号	情報セキュリティと数理科学の連携による融合領域の創造	宮地 充子	北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科	文科省連携 WSH23
社会科学ほか	社会的リスクの予測と制御に対する数理工学アプローチ	竹村 彰通	東京大学情報理工学系研究科数理情報学専攻	文科省連携 WSH23
社会科学ほか	数学・数理科学に基づくサービスイノベーションの新展開	中森 義輝	北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科	文科省連携 WSH23
社会科学ほか	リスクとセキュリティーに対する数理工学アプローチ	竹村 彰通	東京大学大学院情報理工学系研究科数理情報学専攻	文科省連携 WSH24
社会科学ほか	数理科学の政策・経営の意志決定への応用	津田 博史	同志社大学理工学部数理システム学科	文科省連携 WSH24
社会科学ほか	人間行動への数理の応用による課題解決	千野 直仁	日本行動計量学会	委託事業 WSH25

分野	タイトル	主催者	所属	備考
社会科学ほか	サービス科学を拓く数理モデルとアルゴリズム	梅谷 俊治 蓮池 隆	大阪大学大学院情報科学研究科	委託事業 WSH26
ファイナンス	JAFEE-Columbia-ISM International Conference on Financial Mathematics, Engineering, and Statistics	山下 智志	統計数理研究所 コロンビア大学(米国) JAFEE	委託事業 WSH24
ファイナンス	金融数理科学と金融技術への将来展望 —ポスト金融危機への視点—	刈谷 武昭	明治大学 先端数理科学研究科	文科省連携 WSH23
ファイナンス	金融リスクの計測・管理・制御に纏わる数理	関根 順	大阪大学金融・保険教育研究センター	委託事業 WSH24
計算科学	数学ソフトウェアの開発と実践-その現状と未来-	栄 伸一郎 溝口 佳寛 脇 隼人 渋谷 敬史	九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所	文科省連携 WSH25
計算科学	領域分割法による超大規模計算の産業界への浸透	金山 寛	九州大学大学院工学研究院	文科省連携 WSH24
計算科学	高信頼な理論と実装のための定理証明および定理証明器	溝口 佳寛 Garrigue Jacques 萩原 学 AFFELDT Reynald	九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所 名古屋大学多元数理研究科 千葉大学理学部 産業技術総合研究所	委託事業 WSH26
CG	デジタル映像表現のための数的手法	溝口 佳寛	九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所	文科省連携 WSH25
CG	デジタル映像表現のための数的手法	落合 啓之	九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所	委託事業 WSH26
物理学	非平衡熱力学の解析的・数的手法	橋本 幸士	理化学研究所仁科加速器研究センター 理論研究部門	文科省連携 WSH23
物理学	エキゾチック時空幾何とその物理学への応用	橋本 幸士 木村 太郎	独立行政法人 理化学研究所仁科加速器研究センター	文科省連携 WSH24
防災	甚大災害の外力想定に必要となる極値統計解析法の背景と活用	北野 利一 田中 茂信 志村 隆彰	名古屋工業大学社会工学専攻 京都大学防災研究所 統計数理研究所	委託事業 WSH26
芸術	芸術支援数学の挑戦	杉原 厚吉	明治大学先端数理科学インスティテュート	文科省連携 WSH24

②数学的手法提示型ワークショップの一覧

分野	タイトル	主催者	所属	備考
統計	統計科学の産業界への応用	水田 正弘	北海道大学情報基盤センタ ー	文科省連携 WSH24
統計	量子論における統計的推測の理論と応用	田中 冬彦	東京大学大学院情報理工学 系研究科数理情報学専攻	文科省連携 WSH24
統計	第17回 情報・統計科学シンポジウム(BIC)	二宮 嘉行 西井 龍映	九州大学マス・フォア・イ ンダストリ研究所(IMI)	文科省連携 WSH24
統計	高次元量子トモグラフィにおける統計理論的 なアプローチ	田中 冬彦	東京大学大学院情報理工学 系研究科	文科省連携 WSH25
統計	Asymptotic Statistics and Related Topics: Theories and Methodologies	増田 弘毅	九州大学 マス・フォア・イ ンダストリ研究所	委託事業 WSH25
統計	統計科学の最先端と産業界・諸科学への展開	大屋 幸輔	大阪大学金融・保険教育研 究センター	委託事業 WSH25
統計	統計科学の新展開と産業界・社会への応用	大森 裕浩 西郷 浩	東京大学経済学部 早稲田大学政経学部	委託事業 WSH26
ウェーブレッ ト理論	ウェーブレット理論と工学への応用	芦野 隆一	大阪教育大学 教育学部	文科省連携 WSH23
ウェーブレッ ト理論	ウェーブレット解析とサンプリング理論	芦野 隆一 山田 道夫	大阪教育大学教育学部 京都大学数理解析研究所	文科省連携 WSH24
ウェーブレッ ト理論	ウェーブレット理論と工学への応用	守本 晃 芦野 隆一	大阪教育大学教育学部	文科省連携 WSH24
ウェーブレッ ト理論	ウェーブレット解析とサンプリング理論	芦野 隆一 山田 道夫	京都大学数理解析研究所	文科省連携 WSH25
ウェーブレッ ト理論	ウェーブレット理論と工学への応用	守本 晃 芦野 隆一	大阪教育大学	文科省連携 WSH25
ウェーブレッ ト理論	ウェーブレット理論と工学への応用	守本 晃 芦野 隆一	大阪教育大学	委託事業 WSH26
最適化	最適化理論の産業界・諸科学への応用	白井 朋之 岩田 覚	九州大学 マス・フォア・イ ンダストリ研究所(IMI) 京都大学 数理解析研究所	文科省連携 WSH23
最適化	離散構造と最適化：展開と連携	神山 直之 白井 朋之	九州大学マス・フォア・イ ンダストリ研究所(IMI)	文科省連携 WSH24
最適化	広がっていく最適化	脇 隼人 神山 直之 白井 朋之	九州大学 マス・フォア・イ ンダストリ研究所	委託事業 WSH24
最適化	ワークショップ：形状最適化の数理と製品設 計への応用	畔上 秀幸 大塚 厚二	日本応用数学会 数理設 計研究部会 及び 連続体の 数理研究部会	委託事業 WSH24

分野	タイトル	主催者	所属	備考
最適化	自然言語処理と最適化	神山 直之 脇 隼人 宮代 隆平	九州大学 マス・フォア・イ ンダストリ研究所	委託事業 WSH26
複雑系	複雑系ゆらぎデータの分析と制御の数理：脳 から社会まで	高安 秀樹	明治大学 先端数理科学研 究科	文科省連携 WSH23
複雑系	複雑系ゆらぎデータの分析と制御Ⅱ：ベキ分 析とネットワーク相互作用	高安 秀樹	明治大学先端数理科学イン スティテュート	文科省連携 WSH24
複雑系	Workshop on complex systems modeling and estimation challenges in big data	松井 知子	統計数理研究所	委託事業 WSH26
複雑系	揺らぎと遅れを含む力学の数理と応用	大平 徹 木村 芳文	名古屋大学多元数理科学研 究科	委託事業 WSH26
機械学習	ネットワーク型知識に対する機械学習的アプ ローチ	福水 健次	統計数理研究所モデリング 研究系	文科省連携 WSH23
機械学習	統計的機械学習の数理とその応用	福水 健次 伊藤 聡	統計数理研究所	委託事業 WSH24
機械学習	機械学習における情報幾何学的視点	池田 思朗 福水 健次	統計数理研究所	委託事業 WSH26
乱流	乱流と流体方程式の解の特異性	木村 芳文 岡本 久	名古屋大学 多元数理科学 研究科 京都大学 数理解析研究所	文科省連携 WSH23
乱流	乱流の数理解析	木村 芳文 岡本 久	名古屋大学大学院多元数理 科学研究科 京都大学数理解析研究所	文科省連携 WSH24
乱流	乱流における数理メカニズムを求めて	岡本 久 木村 芳文	京都大学数理解析研究所	文科省連携 WSH25
連続体力学	理工学および産業界における連続体力学の数 理と研究連携	大塚 厚二 木村 正人	広島国際学院大学 情報学 部情報デザイン学科 九州大学 マス・フォア・イ ンダストリ研究所 (IMI)	文科省連携 WSH23
連続体力学	理工学および産業界における連続体力学の数 理と研究連携	大塚 厚二 木村 正人	広島国際学院大学 九州大学マス・フォア・イ ンダストリ研究所 (IMI)	文科省連携 WSH24
連続体力学	CoMFoS2013	大塚 厚二		文科省連携 WSH25
折紙工学	折紙工学の深化と適用拡大に貢献する数理科 学	萩原 一郎	明治大学先端数理科学イン スティテュート	文科省連携 WSH24
折紙工学	折紙工学の深化と適用拡大に貢献する現象数 理学	萩原 一郎	明治大学	文科省連携 WSH25

分野	タイトル	主催者	所属	備考
幾何学	現代幾何学の諸科学・産業への応用	三浦 佳二	東北大学大学院情報科学研究科	文科省連携 WSH25
幾何学	統計多様体の幾何学の新展開	松添 博	名古屋工業大学	文科省連携 WSH25
極値理論	極値理論の工学への応用	志村 隆彰	統計数理研究所数理・推論研究系助教	文科省連携 WSH24
極値理論	極値理論の工学への応用	志村 隆彰	統計数理研究所	文科省連携 WSH25
ビッグデータ	グラフビッグデータ	神山 直之 脇 隼人	九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所	文科省連携 WSH25
ビッグデータ	超高次元データ解析の数理基盤	福水 健次	統計数理研究所	委託事業 WSH25
数論	数系と置換規則 2012	秋山 茂樹	新潟大学	文科省連携 WSH24
数論	「解析的整数論—近似と漸近的手法を通して見た数論」研究集会	知念 宏司	近畿大学理工学部理学科	文科省連携 WSH24
整数計画問題	整数計画問題の理論と応用	脇 隼人 宮代 隆平	九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所	文科省連携 WSH25
正対称行列	正定対称行列をめぐるモデリング・数理・アルゴリズムの世界	土谷 隆	政策研究大学院大学	委託事業 WSH25
ネットワーク科学	ネットワーク科学の数理と展開	尾畑 伸明	東北大学大学院情報科学研究科	文科省連携 WSH24
マルチスケール	マルチスケール数学・集団現象の他階層性と階層の連関	福本 康秀 吉田 善章	九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所 (IMI) 東京大学 大学院新領域創成科学研究科	文科省連携 WSH23
予兆解明	予兆の解明を目指して	西浦 廉政 山田 道夫 水藤 寛	北海道大学数学連携研究センター	文科省連携 WSH23
数理論理学	数理論理学の諸科学への発展と展開	石原 哉	北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科	文科省連携 WSH23
その他	数学をコアとするスマート・イノベーションの探索	尾畑 伸明 小谷 元子	東北大学 情報科学研究科 理学研究科	文科省連携 WSH23
その他	数理モデルの産業・諸科学への活用—数理モデルの夢—	西井 龍映 栄 伸一郎 穴井 宏和	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 (IMI) (株) 富士通研究所	文科省連携 WSH23

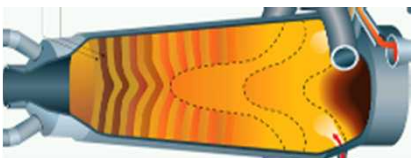
分野	タイトル	主催者	所属	備考
その他	数理連携 10 の根本問題の発掘	津田 一郎 小谷 元子 橋本 幸士	北海道大学 数学連携研究センター 東北大学 原子分子材料高等研究機構 理化学研究所 仁科加速器研究センター	文科省連携 WSH23
その他	JST 数学領域の現状と展望—インキュベーションからフロントウェーブへ—	西浦 廉政	東北大学 WPI-AIMR	文科省連携 WSH24

複雑な現象のメカニズムを数学で記述

製鉄高炉内の変化予測による効率化

現象のメカニズムの数理モデル化により結果から原因を推定する「逆問題」という数学的手法を利用して、**製鉄高炉における温度変化を数理モデル化した**。

これにより、高炉の底の煉瓦に埋設された2つの温度計の温度差データから、**高炉内の温度変化を高精度に推測**できるようになり、**異常状態の予兆の検出、高炉の制御の効率化**による生産量upとコスト削減、CO2排出量の削減、高炉の寿命延長にも貢献している。



※中川淳一(新日鐵住金(株))より提供

渋滞メカニズムの解明と解消

数学モデルにより、**渋滞発生メカニズムを解明し**、渋滞の要因(車間距離、速度等)を適切にコントロールすることによる**渋滞解消法を提唱して、高速道路での実証実験によりその有用性を証明**。羽田空港貨物ターミナル設計、工場の製造行程設計、物流倉庫内における商品の最適配置、商店街や店舗デザイン、カーナビシステムにも幅広く応用。



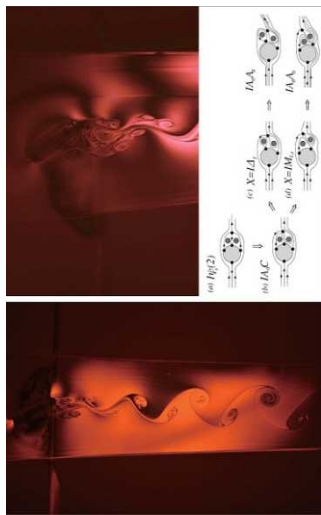
左)中央道での実証実験の様子

右)物流倉庫の商品の最適配置

※西成活裕(東京大学先端科学技術研究センター教授)より提供

渦閉じ込め機構の解明と新しい翼設計

上から下に流れ落ちる石鹼膜に細い板を差し込むと**美しい規則的な渦の列(左の写真)ができる現象**について、**トポロジー(位相幾何学)を使って背後にある複数の数学的メカニズムを抽出(右下の模式図と式)。**



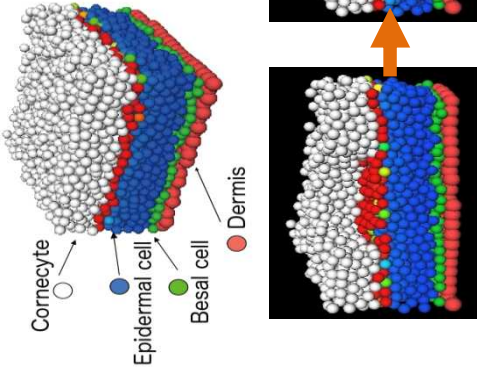
この手法と数理流体力学により、生成された渦の物体まわりへの「閉じ込め」の可能性を示すことで、従来の飛行機翼にはない**高い飛行性能を持つ新しい翼デザインの実現**のみならず、**翼の基本設計に新しいパラダイムの変化**がもたらされると期待される。

※坂上貴之(京都大学大学院理学研究科教授)より提供

皮膚構造の数理モデル化と老化の解明

皮膚の表皮構造の数理モデル化により、傷ついた皮膚が回復する有様をシミュレートし、**皮膚のバリア機能を評価**できるようになった。

老化現象をバリア機能低下の視点から捉え、**老化を抑えるための化粧品開発や皮膚炎対策**にも役立つ可能性がある。

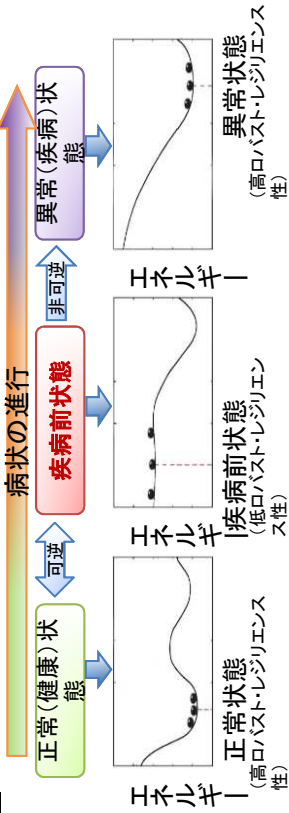


角層破壊からの回復シミュレーション
※長山雅晴(北海道大学電子科学研究所教授)より提供

数学による将来の変動の予測、予兆の解明

疾病状態に至る前の予兆を検出

健康状態から疾病状態に分岐する直前の疾病前状態(遷移状態)において生体分子ネットワークの不安定化プロセスを数学的に解析し、動的ネットワークバイオマーカーとして検出。超早期診断・治療が期待できる。

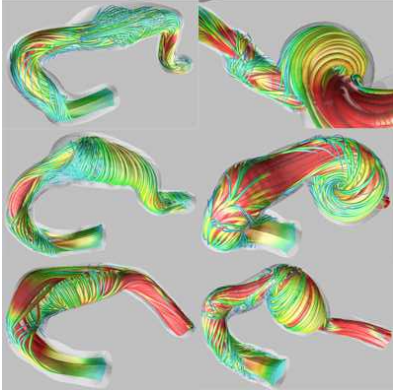


※台原一幸(東京大学大学院生産技術研究所教授)より提供

大動脈瘤治療後の変化の予測

大動脈における血流(旋回流など)の解析や血管にかかるとる内圧の分布を数理モデル化することにより、患者ごとの大動脈瘤の治療予後の変化を予測。

大動脈の形状の幾何学的特徴に着目することで、各々の患者への適切な治療が期待できる。



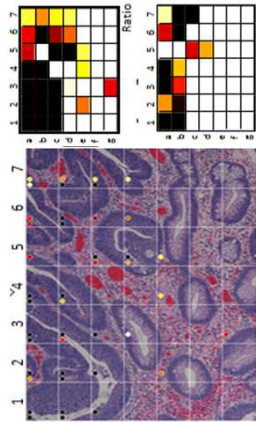
胸部大動脈における血流解析

※水藤寛(岡山大学大学院環境生命科学研究科教授)より提供

数学の活用による大量・複雑なデータの解析

診断画像データからがん悪性度判定

大腸がん組織の診断画像から幾何学的な手法を用いて、集積度の高さや細胞の変形状態を数値化し、がん組織の悪性度を定量化。



これにより、画像診断医が2~3分かかるところを、迅速(約2秒)で正確(ほぼ100%)な診断に資する。画像診断医の負担軽減、大量処理や多様な癌への適応が求められている。

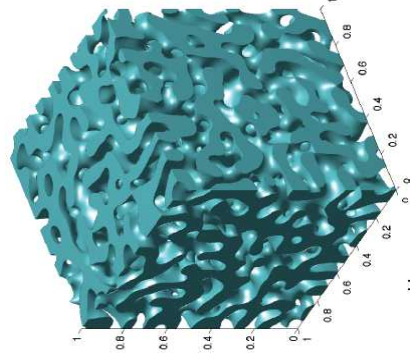
(左)大腸がん組織の画像
(右)がんの悪性度を5段階に定量化

※鈴木貴(大阪大学大学院基礎工学研究科教授)より提供

幾何学的計算によるタンパク質データ解析

幾何学的計算(ホモロジー群の計算)により、タンパク質の大きな幾何構造を抽出し、タンパク質分子内の「空間」をすべて検索できる計算ソフトの開発が進められている。

これにより、タンパク質の局所的な柔らかさ(可動性の大小)を知ることができ、酵素や受容体の活性部位が予測可能となる。



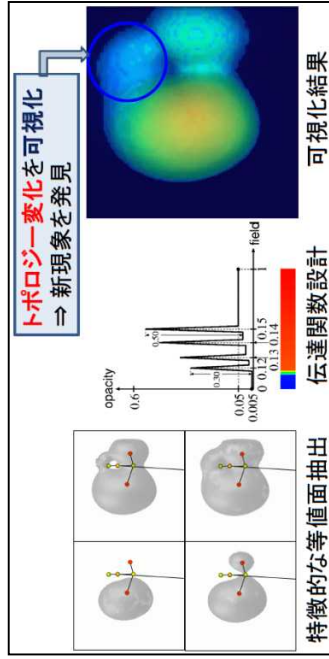
※平岡裕章(九州大学マス・フォア・インダストリ研究所准教授)より提供

データからは見えないものを抽出・可視化

陽子と水素原子の衝突現象の可視化

陽子と水素原子の衝突の際のエネルギー分布関数の数値シミュレーション結果について、トポロジーが変化する等値面を強調するよう

に伝達関数を設計することで、その部分が強調されて可視化される。

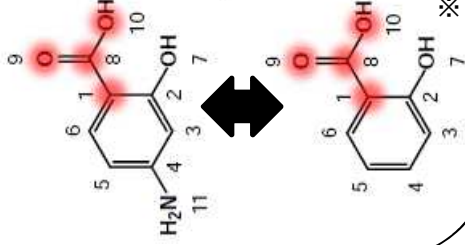


※佐伯修(九州大学マス・フォア・インダストリ研究所教授)より提供

データ駆動型の分子設計

化学構造から化学的性質を予測

化学物質の構造活性相関データから、化学構造の化学的性質(薬理活性、物性、毒性など)を予測する教師あり学習モデルを構築し、カーネル画像問題をマルコフ連鎖モンテカルロ法で解き、埋蔵分子を探索する方法を考案。広大な医薬品候補構造の解空間から、薬として望ましい性質を有する新規分子を発見することが可能となる。



※吉田亮(統計数理研究所准教授)より提供

数学を直接活用した豊かな表現

CGによるリアルな表現

レンダリング方程式と呼ばれる積分方程式をリアルタイムで解く手法で生成された架空の顔。多層構造を持つ皮膚を、リアルかつ効率的に表現するために、モンテカルロ法を応用した数理モデルを利用している。

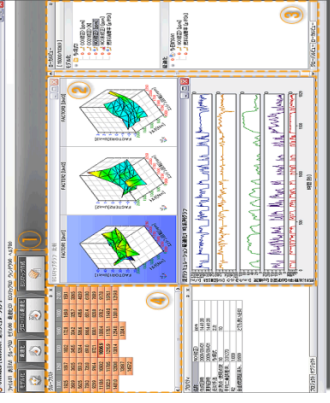


引用: Zaragoza大学、Diego Gutierrez教授

※安生健一((株)オー・エル・エム・デジタル)より提供

数学を活用した実験の効率化

エンジンの適合試験の効率化



提供: 株式会社小野測器

凸最適化とよばれる幾何学的な手法を用いて、10以上あるパラメータを制御することが求められる自動車エンジンの適合試験等を効率化。国産ソフトウェアに実装されている。

※伊藤聡(統計数理研究所教授)より提供

研究成果の水平展開の事例

○ウェーブレット変換

熱伝導の方程式を解くために考案されたフーリエ変換を越え、20世紀初頭に断片的研究が始まったウェーブレット変換の応用の広がりには、画像処理、信号処理、データ圧縮、音声認識、ECG分析、DNA解析、そしてマルチフラクタル解析等にも至っている。

○フーリエ変換（三角関数等を用いて波を研究するのに用いる数学理論）

波を画像で表示するオシロスコープのような装置で使われているのみならず、現在では、医療機器であるMRIの中心的原理にもなっている。

○情報幾何の理論研究

情報幾何学は、統計モデルを幾何学的視点からみるという発想から誕生し、さらに、学習理論、符号理論等へ応用され、統計学と微分幾何学を一挙に発達させた。

○CTをめぐる研究

積分幾何学のアイデアを用いたCTスキャン等の開発研究は現代の医療現場では決定的である。このアイデアの最初の応用は天文学にあったが、現代の地震学、高炉のコントロール等、一見して医療とは異なる科学技術の広い分野における応用をも持つに至っており、逆問題として明確に定式化され、数学理論面からも研究が進展している。

○回帰モデル、分散分析、因子分析法

遺伝学の研究において導入された回帰モデルや分散分析、教育心理学において導入された因子分析法等は、現在では、あらゆる分野の多変量データ解析で用いられる汎用的方法となっている。

思わぬ応用への拡がりの事例

○赤池情報量規準（AIC）

セメントの品質安定制御のためのフィードバックシステム解析から出発した赤池情報量規準（AIC）は、統計的モデリングのための一般的規準となり、生物学、地球科学、工学、経済学等の幅広い分野に応用されている。

○確率論における伊藤解析

確率論における伊藤解析は、金融工学という創始者も予期せぬ方向に展開し、現代社会に大きな影響を与えるに至った。

○整数論

長年応用をもたなかった整数論は、素因数分解の計算困難性に着目し始まった暗号理論の基礎として現代の情報セキュリティに不可欠である。また、暗号技術の進歩と歩調を合わせて発展する整数論や代数幾何は、史上最大と言われる数学研究者ガウスの夢をはるかに越えて高度に抽象化された数学理論の高みに到達し、いまなお自律的に大きく進化し続けている。

○コッホ曲線

コッホ曲線は、フラクタル幾何学として発展し、現在の画像幾何では欠かせない応用をもっている。

○有限体上の代数幾何

代数的図形を扱う代数幾何の簡易版のような位置づけで研究され始めたが、現在では、ノイズの入る通信網で信号を効率的に送る符号理論の重要な基礎理論ともなっている。有限体上の代数幾何は、有用な“符号”を作り出すことが出来ることによって通信の質を保証するのに役立っている。

数学者と諸科学・産業の研究者との連携によるワークショップ の企画運営に必要な手法やノウハウについて

数学者と諸科学研究者や産業の研究者・技術者などが課題解決に向けて協力していくために必要な手法やノウハウについて、両者の連携によるワークショップの企画運営方法を中心に、以下のとおり整理した。

なお、これは、平成23年度に文部科学省と大学等が共催により開催した「平成23年度 数学・数理科学と諸科学・産業との連携研究ワークショップ」の各運営責任者（オーガナイザー）及び参加者へのアンケート調査や、「オーガナイザー会議」（※）における議論等を踏まえて整理したものである。

（※）オーガナイザー会議

開催日時：平成24年3月26日(月) 10:00～12:00

開催場所：東京理科大学神楽坂キャンパス

出席者：13WSよりオーガナイザー15人、数学イノベーション委員5人

1 テーマ設定、講演者・発表者の人選や依頼

（1）テーマ設定

- ・ 中途半端な議論で終わらないように、相手の分野の専門家を呼んで、数学側からは数学ができることの提示、相手分野からは足りない点の指摘を行い、互いに議論をぶつけ合って新しいものを生み出すことを意識した。
- ・ 半年前に開催した1回目の研究集会はテーマを広めにして開催し、その結果絞った議論も可能だと判断したため、2回目は分野を絞り、それに即して講演者を依頼した。単に絞るだけではプロジェクト研究としてやればよいので、いかに興味深い研究テーマを抽出できるかが重要。
- ・ オープンな場で企業からの問題提起をお願いする場合、企業秘密が障害となるが、見返りとして従来の閉じた人間関係では得られない、思いがけない解決策が見つかる可能性がある。どこまで肉薄するテーマが出てくるかは、オーガナイザーと企業側の信頼関係や継続的な対話が重要。同一業種で共通的なテーマ設定ができると数学側にとって一番やりやすい。
- ・ 先端の技術が必ずしも製品に結びつくわけではない。産業界の動向を深く見極めた上でのテーマ設定が必要。欧州ではテーマを絞ってやっており、日本はこの種の取組は遅れており危機感を持っている。

（2）講演・発表者の人選に当たり、どのような工夫をしたか。

- ・ テーマや開催趣旨・問題意識に即した発表をしていただける方を人選した。
- ・ 工学系の研究者にとって数学系の研究集会で話をするのは躊躇されやすいので、以前講演を依頼した工学系研究者経由で新しい人へ依頼した。

(3) 講演・発表者へ依頼をする際には、どのような工夫をしたか。

- ・ ワークショップ等の開催趣旨や問題意識を十分に説明した。
- ・ 数学的に厳密な話ではなく、問題やアイデアが分かるような発表を依頼した。講演を依頼できるような産業界の知人がいないので、工学系研究者の発表を通じて産業界の課題を抽出し議論するようにした。

2 事前準備、広報・周知方法

(1) 事前準備ではどのような工夫をしたか。

- ・ ML 等で開催案内を流す前に、発表概要や講演者紹介の情報が掲載されたホームページを用意しておく。特に企業関係者が参加を判断する際に重要。
- ・ 近くの都市で開催された応用数学会に合わせて、同一出張で参加可能な日に開催した。

(2) ワークショップ開催について、どのような広報・周知方法をとったか。

- ・ オーガナイザーや講演者からの直接的な紹介が過半数、ML が 3 割で、これらが 8 割を占めるが、ホームページやポスター等も新規の参加者開拓には必要。
- ・ ポスターを 200 枚作成し、全国の大学の数学科や物理学科に送付した。

3 当日の進行

(1) 当日の進行でどのような工夫をしたか。

- ・ 冒頭にオーガナイザーから開催趣旨や問題意識を説明した。
- ・ 専門外の研究者に分かるような予備知識も含んだ講演を依頼した。
- ・ 参加者が発表者を囲んで小グループに分かれて、質疑応答や意見交換ができる時間を設けた。
- ・ イーゼル型 A0 メモパッドを使い、アイデアをどんどん書き出し、壁に貼り出して議論を可視化した。
- ・ 要所でオーガナイザーが解説を行い、参加者の理解を促すようにした。特に大学院生にとっては、勉強していることと世の中のつながりが理解できて非常に有益だったと聞いている。
- ・ 発表より質疑応答の時間を長めに取った。

4 ワークショップ開催の成果

(1) ワークショップ開催の成果

- ・ 74%の参加者（461 人中 334 人）が有用な新しい知見やアイデアを得たと回答。
- ・ オーガナイザーからの回答では、諸科学・産業界の研究者との新たな人脈ができた、が一番多い。共同研究の芽が出たとの回答も 25%有り。
- ・ 外国人講演者の講演が非常に勉強になった。

(2) 文科省との共催効果

- ・ 講演依頼がし易くなった。
- ・ 学内の協力が得やすくなった。
- ・ オーガナイザー間で横のつながりができたり、これまで個別の取組だったため見えなかった活動が可視化されたりした。

5 今後の企画・運営について改善すべき点、参加者からのリクエスト

(1) テーマの設定

- ・ 研究集会で絞ったテーマを議論するだけでなく、分野を俯瞰できるようなシンポジウムやセミナーをやってほしい。
- ・ 短期的にみると多くの参加者にとって自分の研究の中心になりにくいので、現実的な着地点として、小さくても確実に良い結果が見込まれる計画を予め設定し、参加者間で認識を共有しておくことが重要。

(2) 発表者の人選、参加者数やその割合

- ・ 現実的な課題について議論するには、企業からの参加者を増やすと面白い。
- ・ 諸科学分野の参加者が多く、数学研究者の参加が少なかった。
- ・ 数学の基礎部分の講演者も含めた方がよい。
- ・ 海外の招待講演者を加えると、参加者を増やすには有効だが、お金がかかる。
- ・ 参加人数を絞って、自由討論と作業する時間を設ける方法もある。

(3) 開催時期・期間

- ・ 冬期は天候により航空便の欠航のリスクがある。
- ・ 集中力を保って議論をするためには1～2日が適当。

(4) 開催規模（参加者数等）

- ・ 目的に応じて、30人以下の小規模のものと、40～50人以上の中大規模のものとを使い分ける。例：密な議論を行いたいのであれば小規模、トピックを増やして分野を俯瞰するのであれば中規模以上というのが考えられる。

(5) 事前の準備、当日の運営

- ・ 講演概要を事前に作成し、参加者に共有してほしい。
- ・ 講演者の連絡先を配って欲しい
- ・ 講演時間に余裕をとったつもりだったが、専門分野外の講演への質疑が多く、時間が足りなくなってしまった。

(6) 広報・宣伝

- ・ 学会等のMLに流すだけでなく、企業内MLは難しいかもしれないが業界団体のML等、二次的なMLに流せば広がるのでは。

(7) 会場の設営

- ・ 無線 LAN 設備が必要
- ・ プロジェクターに加えて、黒板・白板が使える会場が必要

(8) その他

- ・ 数学者の参加は大事だが、学生が参加し育っていくことがより重要
- ・ 異分野間の人脈を作るには、早い段階でバンケットを設定する。
- ・ 英文ホームページだけでは日本語検索に引っかかってこないのので、最低限の情報を載せた日本語ホームページも必要。
- ・ 文科省からの資金的な援助は、特に研究費の乏しい若手研究者の参加には重要。

6 今後のフォローアップ、その他

○ワークショップ終了後のフォローアップとして何が必要か。

- ・ ホームページ等で講演者のプレゼン資料を公開する。
- ・ 次回のワークショップにつながるような問題や課題を提言するようにすれば、ワークショップが進化していくと思う。
- ・ 数学・数理科学と諸科学・産業技術分野と連携して取り組める問題のリストを作成して公開し、自由に活用できるようにする。
- ・ 数学の応用面に関しては、相手側の評価を聞くことが重要。数学側の発展に貢献しないこともあり得るので、スタンスの置き方は大切。
- ・ 数学のような真理を探究する科学と、応用とでは全く異なるセンスが必要。全員が応用をやれというのではなく、双方が連携してよいものを生み出すという大方針を打ち出すのが、世の中の認識を誤解させないためにも必要だろう。
- ・ 目的を常に複合的に、様々な取組を関連づけて行う必要がある。研究集会の開催だけでなく、易しいテーマでセミナーをやって参加者の裾野を広げることも重要。
- ・ 研究会やセミナーの継続的な開催
- ・ 関連情報の継続的収集・発信
- ・ 文科省がワークショップの開催結果報告書をホームページで公開し、共有する。
- ・ 文科省がオーガナイザー会議を開催し、WS 相互の情報共有を図る。

知的財産権に関わる問題の例

① 共同研究契約締結前

共同研究のテーマや内容が固まり共同研究を開始しようと思っても、共同研究契約締結に向けた交渉に時間を要する（2ヶ月から数ヶ月程度かかることが多い）ため、共同研究契約締結までの間、研究が遅滞する可能性がある。

② 共同研究契約締結後

ア) 守秘義務の問題

共同研究契約において、企業は大学の研究者に対して、企業側から提供する各種情報やデータの守秘義務や、研究成果に関する守秘義務を課すことが普通である。このため、研究成果を公開するにあたっては当該企業の了解が得られるよう、他の事例で説明する等の工夫を要する。場合によっては、研究成果の公開自体が難しくなることもある。

なお、共同研究において、企業が製造技術等のノウハウが含まれるデータの提供自体を敬遠することも多い。その場合には、企業研究者はデータなしで実際の課題を説明することを余儀なくされ、予備知識の少ない数学研究者に課題を理解してもらうのに多大な労力が必要となる。

イ) 特許出願に関する問題

研究成果に関して特許出願をする場合、大学と企業との特許持分比率を決定し、特許出願に至るまでに時間がかかり、その間は研究成果を発表できなくなる等の問題が生じる。また、特許出願をしない場合でも、当該研究成果が公知のものとはならないため、当該企業の了解が得られないと研究成果を発表できないことになる。

③ 共同研究契約終了後

特許持分比率によっては、その共同研究成果をさらに発展させたその後の研究成果を発表するに際しても、当該企業の事前了解が必要となる場合がある（例えば、学会発表の2ヶ月前にその企業の審査を受けなければならなくなる）。

ワークショップ開催後に具体的進展が見られた事例

医療用画像解析、タンパク質の構造解析に対する数理的手法の応用

生命科学、工学等との連携により、CTやMRIをはじめとする医療用画像解析、タンパク質の構造解析に数理的手法である応用トポロジーを応用することで、新たな展開が進みつつある。

雲粒子や降水粒子の形成の数理モデル化による地球環境変動予測への応用

気象学、物理学、情報学等との連携により、雲粒子や降水粒子の形成に関する数理的モデルを構築することで、地球環境変動の長期的な予測に向けた展開が進みつつある。

乱流の幾何学的観点からの定式化を通じた数理解析

工学、環境科学、情報学等との連携により、車、造船、航空産業等で活用される流体力学に対し幾何学的観点からの定式化を行い、大規模数値解析をすることにより、新たな展開が進みつつある。

汚染物質をはじめとする不均質媒質の拡散評価・予測技術に対する数理の応用

環境科学、計算科学等との連携により、汚染物質の土壌中の拡散、産業現場に現れる不均質媒質の拡散を評価・予測するためにモデル化（フラクタル状における拡散、非線形ラプラシアン）やマルチスケール数学を用いることで、よりよいモデル化やシミュレーションに向けた展開が進みつつある。

医療行為における治療効果と副作用のバランスを見いだすための統計科学の応用

医学等との連携により、統計モデルを用いることで、医療行為におけるリスク判断を可能とし、腫瘍に対する最適な放射線治療計画の作成等に向けた展開が進みつつある。

脳や代謝系などの生命におけるネットワーク構造解明に向けた数理

生命科学、情報科学等との連携により、脳や代謝をはじめとする生命のネットワーク構造を解明するための数理モデル構築に向けて、理論と実験を結びつける新しい理論の展開が進みつつある。

がん、インフルエンザ等の治療・対策に向けた数理的手法

臨床医学等との連携により、病状を悪化させないための制御方法に対し力学系、統計、制御理論、最適化等の数理的手法を応用することで新たな展開が進みつつある。

宇宙構造物の収納・展開に向けた数理科学

宇宙工学等との連携により、人工衛星、宇宙ステーションをはじめとする宇宙構造物の効率的な収納・展開に向けて射影幾何学、多用体理論、グラフ理論等の数理的手法を用いることで新たな展開が進みつつある。

科学技術・学術審議会 先端研究基盤部会
数学イノベーション委員会 委員名簿

(平成 26 年 4 月 1 日現在)

(臨時委員)

- 大 島 ま り 東京大学大学院 情報学環 教授 / 東京大学 生産技術研究所
教授
- 北 川 源四郎 大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構長
- ◎若 山 正 人 九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所長

(専門委員)

- 合 原 一 幸※ 東京大学 生産技術研究所 教授
- 青 木 玲 子 一橋大学 経済研究所 教授
- 安 生 健 一 株式会社オー・エル・エム・デジタル R&D スーパーバイザー
- 伊 藤 聡※ 独立行政法人 理化学研究所 計算科学研究機構 コーディネーター
- 小 谷 元 子 東北大学大学院理学研究科 教授 / 東北大学 原子分子材料
科学高等研究機構長
- 杉 原 正 顯 青山学院大学 理工学部物理・数理学科 教授
- 高 橋 桂 子※ 独立行政法人 海洋研究開発機構 地球情報基盤センター長
- 中 川 淳 一 新日鐵住金株式会社 技術開発本部
先端技術研究所 数理科学研究部 上席主幹研究員
- 西 浦 廉 政 東北大学 原子分子材料科学高等研究機構 教授
- 宮 岡 洋 一 東京大学大学院 数理科学研究科 教授
- 森 重 文 京都大学 数理解析研究所 教授

◎:主査、○主査代理

※:第 11 回より参加

数学イノベーション委員会における審議の経過

○第1回 数学イノベーション委員会（平成23年6月30日）

- ①検討項目や審議計画について審議

○第2回 数学イノベーション委員会（平成23年9月22日）

- ①諸科学より意見聴取
 - <地震・防災関係>
堀 宗朗 東京大学地震研究所 教授
 - <データマイニング関係>
鷲尾 隆 大阪大学産業科学研究所 教授
- ②報告書に盛り込むべき項目案の審議

○第3回 数学イノベーション委員会（平成23年11月2日）

- ①諸科学より意見聴取
 - <ライフサイエンス関係>
金子 邦彦 東京大学大学院総合文化研究科 教授
 - <環境科学技術関係>
江守 正多 国立環境研究所環境研究センター温暖化リスク評価研究室長
- ②報告書に盛り込むべき項目案の審議

○第4回 数学イノベーション委員会（平成24年1月26日）

- ①諸科学・産業の委員より意見聴取
 - 青木 玲子 一橋大学経済研究所 教授
 - 大島 まり 東京大学大学院情報学環 教授
 - 安生 健一 株式会社オー・エル・エム・デジタル R&D スーパーバイザー
 - 中川 淳一 新日本製鐵株式会社 技術開発本部先端技術研究所
数理科学研究部 主幹研究員
- ②報告書案（第I章：背景）の審議

○第5回 数学イノベーション委員会（平成24年3月15日）

- ①産業界との連携・協力について意見聴取
 - 西成 活裕 東京大学先端科学技術研究センター 教授
- ②報告書案（第II章：現状認識、第III章：推進方策）の審議

○第6回 数学イノベーション委員会（平成24年4月13日）

- ①産業界より意見聴取
 - 森本 典繁 日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所長
- ②報告書案（第III章：推進方策）の審議

○第7回 数学イノベーション委員会（平成24年5月28日）

①数学・数理科学関係者より意見聴取

津田 一郎 北海道大学電子科学研究所／数学連携研究センター 教授
若山 正人 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所所長
小谷 元子 東北大学原子分子材料科学高等研究機構長

②報告書案（第Ⅲ章：推進方策）の審議

○第8回 数学イノベーション委員会（平成24年7月24日）

①数学・数理科学関係者より意見聴取

三村 昌泰 明治大学先端数理科学インスティテュート 所長

②報告書案（中間報告）の審議

○第9回 数学イノベーション委員会（平成24年12月11日）

数学・数理科学関係者より意見聴取

野水 昭彦 科学技術振興機構 技術参事
水藤 寛 岡山大学大学院環境生命科学研究科 教授
田中 冬彦 東京大学大学院情報理工学系研究科 助教
坂上 貴之 北海道大学大学院理学研究院 教授

○第10回 数学イノベーション委員会（平成25年1月21日）

数学・数理科学関係者より意見聴取

山本 昌宏 東京大学大学院数理科学研究科 教授
穴井 宏和 株式会社富士通研究所 ITシステム研究所 数理解析グループ
主管研究員

○第11回 数学イノベーション委員会（平成25年6月4日）

委員より意見聴取

合原 一幸 東京大学生産技術研究所 教授
高橋 桂子 海洋研究開発機構先端情報システム創成理工学プログラム
プログラムディレクター

○第12回 数学イノベーション委員会（平成25年7月30日）

①委員及び外部有識者より意見聴取

西浦 廉政 東北大学 原子分子材料科学高等研究機構 教授
伊藤 聡 理化学研究所 計算科学研究機構 コーディネーター
高田 章 旭硝子株式会社中央研究所 特任研究員 /
日本応用数理学会長

②今後の推進方策について審議

○第13回 数学イノベーション委員会（平成25年8月30日）

①委員より意見聴取

中川 淳一 新日鐵住金株式会社 技術開発本部
先端技術研究所 数理科学研究部 上席主幹研究員
合原 一幸 東京大学生産技術研究所 教授
伊藤 聡 理化学研究所 計算科学研究機構 コーディネーター

②今後の推進方策について審議

○第14回 数学イノベーション委員会（平成25年12月16日）

報告書に記載すべき事項について審議

○第15回 数学イノベーション委員会（平成26年3月27日）

①委員より意見聴取

小谷 元子 東北大学大学院理学研究科 教授 / 東北大学 原子分子材料
科学高等研究機構長

②報告書に盛り込むべき内容について審議

○第16回 数学イノベーション委員会（平成26年5月27日）

①数学・数理科学関係者より意見聴取

樋口 知之 統計数理研究所長

伊藤 聡 統計数理研究所 教授

池川 隆司 早稲田大学理工学術院 研究院客員教授

中村 雅信 株式会社ハーモニックドライブシステムズ 取締役

舟木 直久 東京大学大学院数理科学研究科 教授 / 日本数学会
理事長

②報告書取りまとめに向けた審議

○第17回 数学イノベーション委員会（平成26年7月4日）

報告書取りまとめに向けた審議