

数学イノベーション推進に必要な方策について (数学イノベーション委員会 報告書(案))

はじめに

数学イノベーション(※)に必要な方策については、平成26年8月に「数学イノベーション戦略」が科学技術・学術審議会 先端研究基盤部会で取りまとめられるとともに、これまでに、数学・数理科学と諸科学・産業等の研究者の「出会いの場」や「議論の場」としてのワークショップ等の開催支援、両者の協働による研究を支える研究費や研究拠点の整備等の取組が行われてきた。

今般、ここ数年におけるこれらの取組から見えてきた課題も踏まえ、数学イノベーションを進める上での現状の問題点を整理し、その解決のために必要な方策を整理した。

(※) 数学イノベーションとは、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活を創出する革新を生み出していくことをいう【「数学イノベーション戦略」(平成26年8月28日、科学技術・学術審議会 先端研究基盤部会)11ページを参照】。

1. 数学イノベーションに関する現状について

(1) 数学イノベーションの必要性

社会全体における、例えば下記に見られるような近年の大きな変化に伴い、数学・数理科学の重要性が飛躍的に高まり、社会からの期待も増大している。

- 多くの学問分野や産業界において、計測技術や情報技術の進歩に伴い、大量で複雑なデータの入手が容易になり、そのデータの持つ意味を知り、データを活用することが問題解決の鍵を握るようになってきている。なお、計測技術・情報技術の発展自体も数学・数理科学が下支えしている場合がある。
- また、経済・金融システム、社会システム、環境・エネルギー問題、災害予測・防災等、特定の学問分野や業界に固有の既存モデル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。
- さらに、これまでの延長線上の研究開発ではなく、既存の枠組みを破壊するようなイノベーションを実現するには、これまでにない発想やものの見方が必要であるという認識も高まっている。

このため、諸科学共通の言語であり、ものごとを抽象化する力を有している数学・数理科学への期待が高まっており、例えば、複雑な現象における本質的部分を抽出しうまく単純化することで、データ解析の大幅な効率化を図ることや将来の変動の兆しを検出することなど、数学・数理科学の力を発揮できる場面が増大している。

(2) 数学イノベーション委員会における検討

数学イノベーション委員会は、平成 23 年に科学技術・学術審議会の先端研究基盤部会の下に設置され、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を実現するために必要な方策を検討し、平成 26 年 8 月に先端研究基盤部会で「数学イノベーション戦略」を取りまとめた。

平成 27 年 2 月からの今期においては、新たに数学イノベーション委員会を戦略的基礎研究部会の下に設置し、平成 27 年 4 月から議論を重ね、8 月には数学イノベーション推進拠点に必要な機能を整理して同部会に報告した。また、同 9 月以降は数学イノベーション推進のための全国的体制に必要な機能や人材の育成を中心に議論を重ねてきた。

(3) 数学イノベーションに関する取組

上記(1)で述べたとおり数学・数理科学への期待は高まっており、これらの期待に応えるため、これまで様々な取組が行われてきた。これらの取組を3つに分けて整理すると以下のとおりである。

①数学・数理科学と諸科学・産業界の研究者の「出会いの場」「議論の場」としてのワークショップ等の開催支援

数学・数理科学の力を活用できる問題を発掘するには、数学・数理科学と諸科学・産業界の研究者が出会い、議論する場を設ける必要があるため、これらの活動を支援する以下の事業が行われている。

- ・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)【平成 24～28 年度】

- ・実施機関：統計数理研究所

- ・協力機関：北海道大学、東北大学、明治大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、広島大学、九州大学の数学・数理科学系の研究科や研究所

②数学・数理科学と諸科学・産業との協働による研究費

数学・数理科学と諸科学・産業との協働による研究のための研究費や研究プロジェクトが例えば以下のように行われている。

(例)

- ・ 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【平成 19～27 年度】
- ・ FIRST 最先端数理モデルプロジェクト【平成 21～25 年度】
- ・ JST 戦略的創造研究推進事業「現代の数理科学と連携するモデリング手法の構築」領域、「社会的課題の解決に向けた数学と諸分野の協働」領域【平成 26 年度～】
- ・ 科学研究費補助金特設分野研究「連携探索型数理科学」【平成 25 年度～】

このほか、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や、情報統合型物質・材料開発イニシアティブをはじめ、数学・数理科学を活用した研究プロジェクトも実施されているところである。

③数学・数理科学と諸科学・産業との連携研究拠点の整備

数学・数理科学と諸科学・産業との連携研究拠点については、各大学等において以下のような拠点が設けられ、活動している【参考 1 を参照】。

(例)

- ・ 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
 - ・ 明治大学先端数理科学インスティテュート
- ・ その他の大学等における組織の整備
- ・ 理化学研究所 理論科学連携研究推進グループ(iTHES) 数理科学連携プログラム

このような取組を通じて、諸科学・産業と連携して研究できる数学・数理科学研究者が育ち、その研究者間のネットワークの構築、諸科学・産業との連携のノウハウの蓄積も一定程度進展している。また、数学・数理科学と諸科学・産業との協働による研究が行われ、一定の研究成果も生まれている【その例については、参考 2 を参照】。

2. 数学イノベーションに関する現状の問題点について

1. (3) のとおり、数学・数理科学と諸科学・産業との協働に向けた様々な取組が行われてきた。また、1. (3) の①で述べた「数学協働プログラム」(平成 24～28 年度)に関する中間評価結果報告書(平成 27 年 11 月)において、「数学・数理科学と諸科学・産業との協働が定着するには、時間がかかるため、今後も現在の活動を継続・発展させることが望ましい。」とされているところである【参考 3 を参照】。さらに、第 5 期科学技術基本計画(平成 28 年 1 月 22 日 閣議決定)においては、「超スマート社会」の実現に必要な基盤技術を支える「数理科学」の振興を図ることが述べられている。

しかしながら、このような数学・数理科学と諸科学・産業との協働に向けた活動が直接の参加者以外にも広く知られているとまでは言えず、また、数学・数理科学と諸科学・産業との連携に参加している研究者の広がりも必ずしも十分ではないのが現状である。

これらの課題の背後にある問題点を整理すると以下のとおりである。

(1) 数学・数理科学研究者の姿が外から見えずらいこと

数学・数理科学の外(諸科学の研究者や産業界、さらには社会一般)から見た場合に以下のような問題点があると考えられる。

- どのような問題の解決にどのような数学・数理科学の力が役立つのか分からない。
- 数学・数理科学研究者の姿が外からは見えづらく、仮に諸科学や産業界の人が自分たちの抱える問題に数学・数理科学の力が役立つのではないかと考えても、誰に相談すれば良いか分からない。
- どの程度の具体性のある問題を相談すれば良いか分からない。

(2) 数学イノベーションを担う人材の層が厚くないこと

また、数学・数理科学側においても諸科学・産業側においても、お互いに連携できるような人材に関して、以下のような問題点がある。

- 大学等において、数学・数理科学と諸科学・産業との連携を担える人材の育成が十分ではない。例えば、大学の数学専攻では、数学の外に目を向けさせる機会が乏しい。
- 数学専攻学生(特に博士課程学生)のキャリアパスが限定的である(学術界に進む者が中心で、企業に進む者は少ない(平成 26 年 4 月、日本数学会アンケート調査参照))。
- 数学界の外から見た場合の「数学」や「数学者」に対するイメージが限定的である。例えば、諸科学や産業界から見た場合の「数学は現実から

乖離した世界、数学者は近づき難い存在」というイメージや、高校教員や高校生から見た場合の「大学の数学専攻に進学すると将来のキャリアパスが限られる」というイメージなどが挙げられる。

3. 数学イノベーション推進に必要な方策

(1) 必要な方策

1. (3) ③のとおり、全国の大学等に幾つかの数学・数理科学と諸科学・産業との連携研究拠点（数学連携研究拠点）が整備され、各々の特色を生かした活動が行われるようになっている。しかし、個別の拠点がそれぞれ独自に活動するだけでは、2. に掲げた問題点（数学・数理科学研究者の姿が外から見えずらいことや、数学イノベーションを担う人材の層が厚くないこと）を解決するには十分ではない。したがって個別の拠点が活発に活動することと合わせて、これらの様々な拠点の活動を全体としてまとまった形で外から「見える」ようにしてその認知度を向上させるとともに、個別の拠点の資源だけでは十分な対応が困難な活動について拠点間の協力を促すことが必要である。

具体的には、以下のA) からC) のような機能を備えた全国の数学連携研究拠点と、これらの拠点により構成される全国的な体制が必要である。

A) 諸科学・産業からの相談に対応する総合診断機能

諸科学・産業から見て、自分たちの抱える問題がどのような「数学の問題」になり得るもので、どの数学・数理科学研究者に相談すればよいか、等を判断することは容易なものではない。また、数学・数理科学研究者と直接接して意見交換することも、用語の違いや文化の違い等からそれほど容易なものではない。このため、諸科学・産業の関係者と数学・数理科学研究者との間をうまくつなぐために、全国の個別の数学連携研究拠点には以下の①の機能が必要であり、これらの拠点により構成される全国的体制には以下の②の機能が必要である。

①個別の数学連携研究拠点に必要な機能

- ・ 相談窓口機能（諸科学や産業との接点となり、相談された問題を「数学の問題」に翻訳し、当該拠点の適切な数学・数理科学研究者につなぐ機能）
- ・ 諸科学・産業との共同研究を実施する機能
- ・ 研究成果の実装・実用化を支援する機能

②全国的な体制に必要な機能

- ・ 個別の数学連携拠点等に諸科学・産業から相談のあった問題を拠点間で共有し、拠点間での議論を通じてその問題を「数学の問題」へ翻訳する機能

- ・ その問題の解決に必要と思われる数学的シーズを拠点間の議論を通じて抽出し、全国から適切な数学・数理科学研究者を紹介する機能
- ・ 問題を提示した諸科学・産業の関係者と紹介した数学・数理科学研究者との議論の場（数学へのニーズと数学的シーズのマッチングの場）を拠点間の協力により設定すること等を通じて、諸科学・産業との共同研究への発展を支援する機能
- ・ 国内外の研究動向を分析し、数学・数理科学の力を発揮できる重要な研究テーマ等を抽出する機能

なお、諸科学・産業が、諸科学・産業の問題に取り組んでいる数学・数理科学研究者に関する情報を容易に収集できるよう、各拠点や各研究者に散在している研究情報や研究者情報の集約・見える化を図り、これらの情報を外から容易に利用可能にする機能も必要である。例えば、以下の情報を整理し、ライブラリーとして公開することなどが考えられる。

- ・ 諸科学・産業の問題に取り組んでいる数学・数理科学研究者の氏名、所属等
- ・ これらの研究者の研究テーマ・研究成果（誰が、どのような問題の解決に、どのような数理的手法や理論等の数学的シーズを用いたか、に関する情報など）

B) 数学的シーズの共有・発信機能

上記のA)の機能により、諸科学・産業の関係者と数学・数理科学研究者との間をつないだ後は、数学・数理科学と諸科学・産業との協働による研究に発展することが期待される。この研究を通じて得られた「このような問題の解決にこのような数理的手法や理論が有用である」等の情報を、研究に従事した数学・数理科学研究者や拠点間で共有して有効に活用するとともに、諸科学・産業に向けて発信するため、全国の数学連携研究拠点には以下の①の機能が必要であり、これらの拠点により構成される全国的体制には以下の②の機能が必要である。

①個別の数学連携研究拠点に必要な機能

- ・ 企業の技術者・研究者や諸科学の研究者向けに、数学・数理科学の応用事例や応用可能な数理的手法等を紹介する講習会等を実施する機能
- ・ 高校生や高校教員向けに、数学応用事例等を紹介する講習会等を実施する機能

②全国的な体制に必要な機能

- ・ 全国の数学・数理科学研究者が、諸科学・産業との研究の成功事例や諸科学・産業の問題の解決に有用な数学的シーズ（数理的手法・理論等）を共有し、意見交換する場を設定する機能（これにより、特定の分野の問題解決に有用な数学的手法が別分野の問題解決にも応用されることが期待される。）
- ・ 全国の数学者・数理科学研究者の協力を得て、諸科学・産業の研究者・技術者向けに、問題解決に有用な数学的シーズ（数理的手法や理論等）の講習会等を企画・実施したり、その数学的シーズの売り込み等を行う機能

C) 人材育成機能

数学・数理科学のバックグラウンドを持って諸科学・産業との協働を担う人材を育成するには、数学・数理科学専攻の若手研究者や学生に諸科学・産業との実際の協働の場に参加する機会を与え、経験を積ませることが効果的である。また、諸科学・産業側における数学力の強化も重要である。このため、全国の数学連携研究拠点には以下の①の機能が必要であり、これらの拠点により構成される全国的体制には以下の②の機能が必要である。

①個別の数学連携研究拠点に必要な機能

- ・ 数学・数理科学専攻学生に、諸科学・産業との協働に参加する機会を提供することを通じた人材育成機能（諸科学や産業との共同研究や問題提示型研究集会・演習等への参加、諸科学の研究室への派遣等を通じた人材育成等）
- ・ 様々な専攻分野の学生に、数理モデリング・データ科学等を履修する機会や現代数学について知る機会を提供する機能
- ・ 数学・数理科学専攻以外の学生の基礎的な数学力の強化を図る機能

②全国的な体制に必要な機能

- ・ 数学・数理科学専攻の若手研究者や学生に、諸科学や産業の問題に触れる機会を提供することを通じた人材育成機能（問題提示型研究集会の拠点間共同開催、他の数学連携研究拠点の活動への参画等を通じた人材育成等）
- ・ 数学・数理科学専攻の若手研究者や学生に、日本に滞在中の外国の第一線の研究者と直接交流する機会を提供することを通じた人材育成機能

- ・ 数学・数理科学専攻の若手研究者や学生に、企業関係者と直接交流し相互理解を深める全国規模の機会を提供することを通じた人材育成機能

なお、この全国的体制が上記のA) からC) に掲げた機能を発揮するに当たっては、数学・数理科学者と諸科学・産業との間をつなぐコーディネータ人材が必要であり、このような若手人材を育成することが求められる。このため、各数学連携研究拠点の協力体制のもと、幅広い視野と経験を備えた者及び将来の諸科学・産業との協働を担う若手研究者を適切に配置することが重要である。また、この全国的体制を支える事務局機能も必要である。

(2) 期待される効果

上記(1)の①のような機能を備えた全国の数学連携研究拠点と、これらの拠点により構成される②の機能を備えた全国的な体制を構築し運営することで、これらの拠点の活動が全体としてまとまった形で外から見えるようになり、諸科学・産業に潜在する数学へのニーズを引き出し、そのニーズに数学・数理科学の力を十分に活用して応えることが可能となる。そして、例えば以下のような効果をもたらすことが期待できる。

- ・ ビッグデータの背後にある数理的構造等の本質的部分を抽出することで、例えば、より少ないデータで多くのことを表現することが可能となるなど、データ取得や解析の大幅な効率化が期待できる。また、人工知能研究の数理的基盤の強化につながることも期待できる。
- ・ 複雑な現象の背後にある構造を捉えることで、変化が起こる前の兆しを検出することが可能となり、変化が起こる前の効果的・効率的対策が期待できる。
- ・ 産業界をはじめとする様々な現場における熟練者の「経験と勘」による判断の背後にある構造を数学・数理科学の知見を用いて定式化・定量化することで、例えば、熟練者の技能の伝承や更なる性能向上につながることを期待できる。

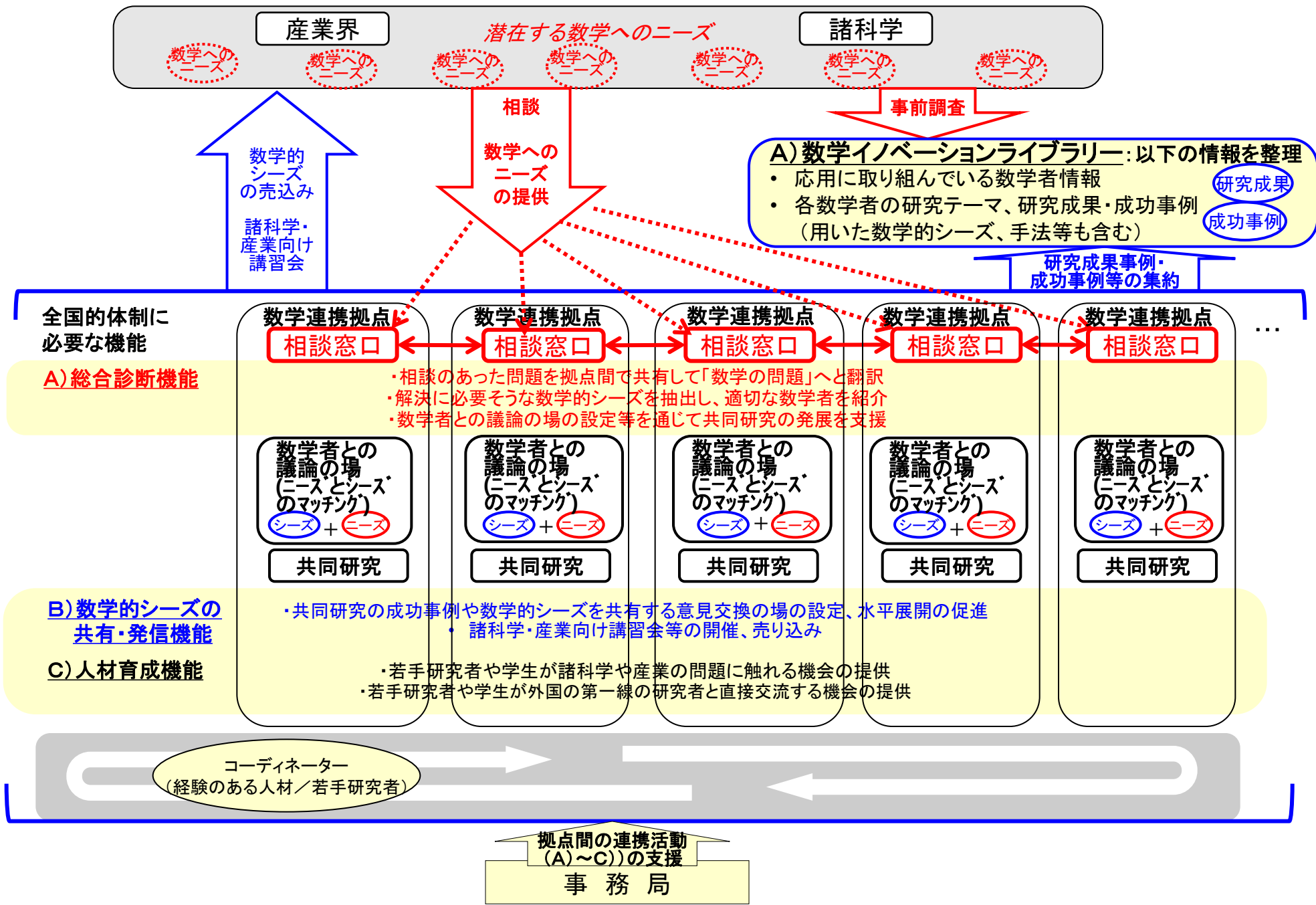
(3) 留意すべき事項

上記の(1)で述べた、数学連携研究拠点により構成される全国的体制のもとで数学イノベーションを推進するに当たっては、既存の数学を応用するだけでなく、将来の大きなイノベーションにつながる可能性を包含する新しい数学を生み出す基礎的研究を支援することも重要である。

また、諸科学・産業における問題を解決するために数学的なアプローチや手

法が見いだされ、それらが用いられる過程を通じて、数学そのものが刺激を受け、新たな数学の研究テーマ・領域が生まれるなど数学自体の発展につながる可能性もあり、重視しておく必要がある。

数学イノベーション推進に必要な方策について



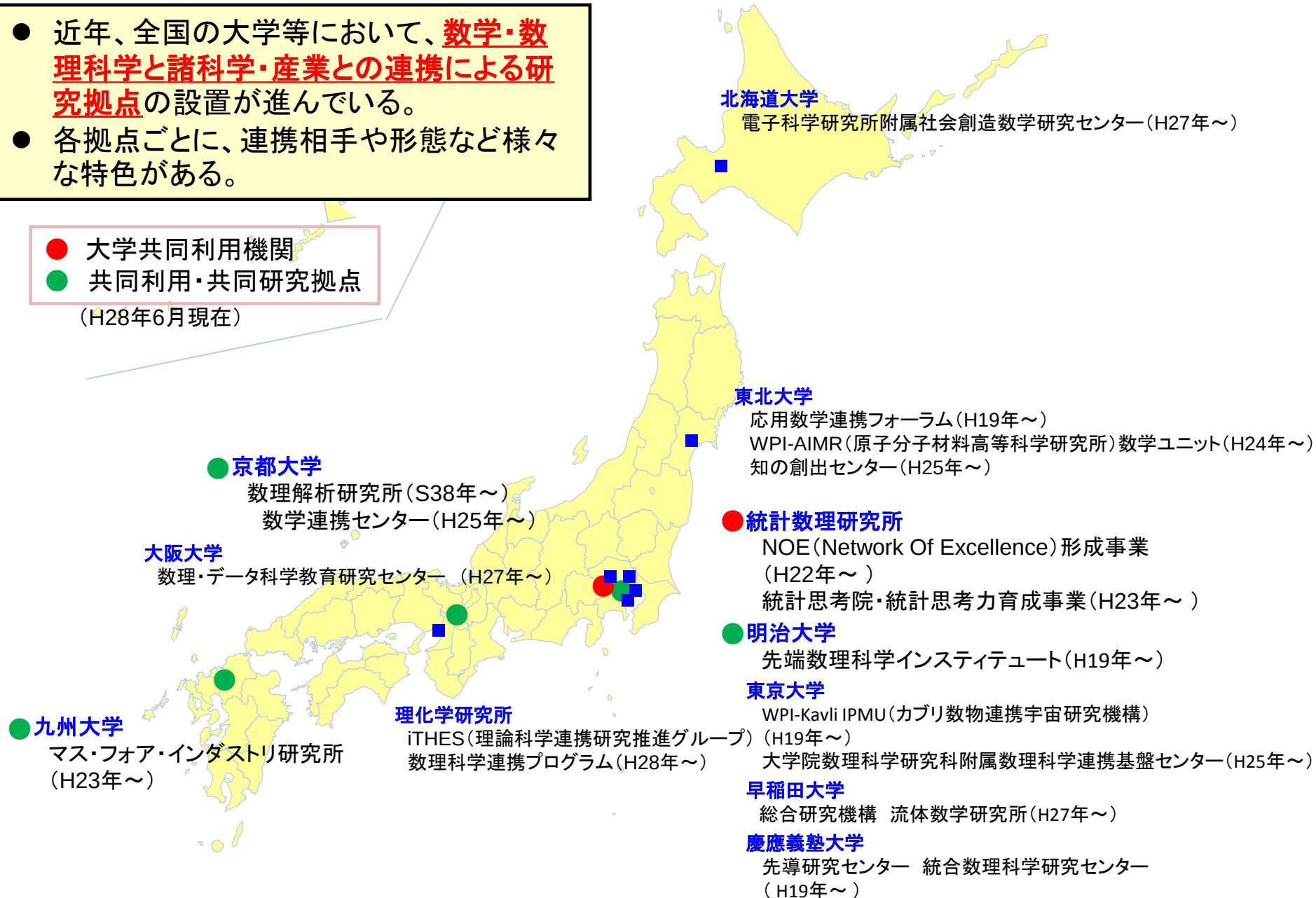
参 考 資 料

数学・数理科学と諸科学・産業との連携研究拠点

参考1

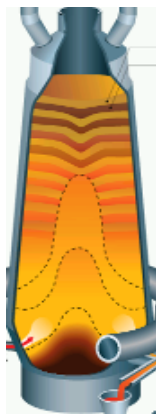
- 近年、全国の大学等において、**数学・数理科学と諸科学・産業との連携による研究拠点**の設置が進んでいる。
- 各拠点ごとに、連携相手や形態など様々な特色がある。

- 大学共同利用機関
 - 共同利用・共同研究拠点
- (H28年6月現在)



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、高炉の炉底煉瓦に埋設された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。

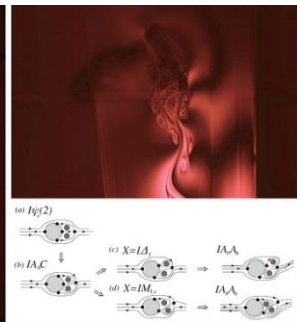


左) 中央道での実証実験の様子

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

流れの文字化と渦閉じ込め機構の解明

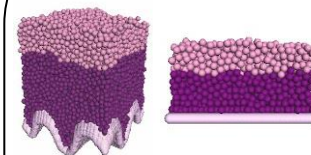


上から下に流れ落ちる石鹼膜に細い板を差し込むと美しい規則的な渦の列(左の写真)ができる現象について、トポロジー(位相幾何学)を使って背後にある複数の数学的メカニズムを抽出(右下の模式図と式)。

本手法と数理流体力学により、渦の物体まわりへの「閉じ込め」理論を展開、渦の有効をする全く新しい流体機器、例えば高い飛行性能を持つ新しい渦翼デザインの開発が期待される。現在では、本成果をベースにした「位相流線解析」による企業コンサルタントも始まっている。

※坂上貴之(京都大学大学院理学研究科教授)より提供

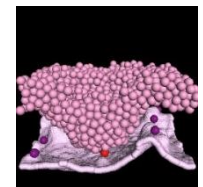
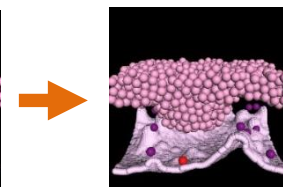
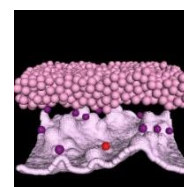
皮膚構造の数理モデル化と疾患解明



真皮に凹凸が生まれると表皮が厚くなり、バリア機能が強化される。(抗老化対策へのヒント)

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。

バリア機能強化の視点から老化を抑えるための化粧品開発の可能性や皮膚疾患の発症要因の解明にも役立つ可能性がある。



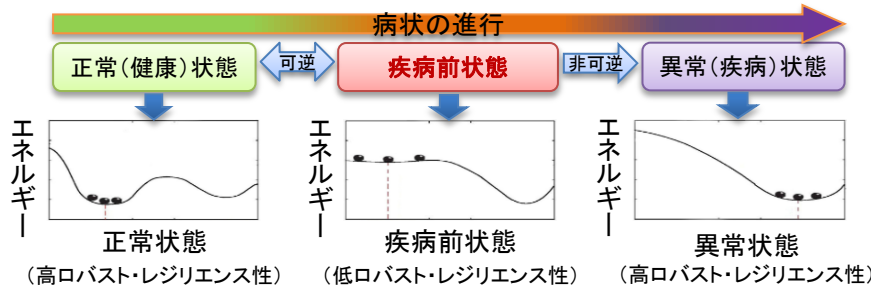
簡単な病態の再現(魚の目の形成)

※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)より提供

数学による将来の変動の予測、予兆の解明

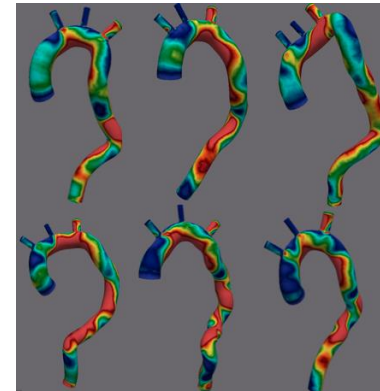
疾病状態に至る前の予兆を検出

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。



※合原一幸(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



胸部大動脈における血流解析

大動脈における血流の解析を通して、血管壁にかかる内圧や摩擦力の分布と個人差の大きい形状の特徴の関係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。

※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

熟練者の経験による判断の定式化、数学による記述

シャフトの歪み解消機の劇的な改善

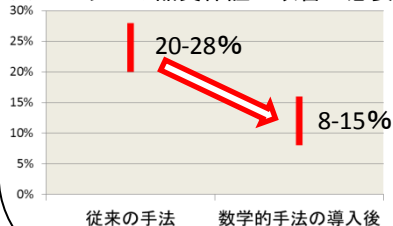


自動車のエンジンの動力を車輪に伝える「シャフト」の歪みを解消する機械の制御ソフトウェアの設定は、これまで現場の経験と勘に頼っていたが、シャフト形状のモデル化と数学的アプローチに基づき、自動化・高精度化を実現。

品質管理指標が従来の20-28%から8-15%となり大幅に改善された。

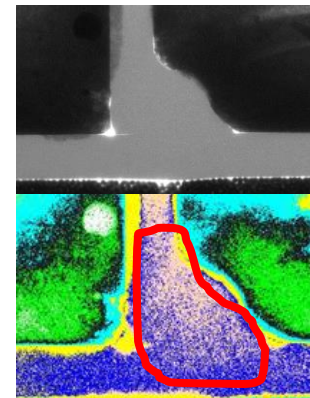
品質管理指標の大幅な改善

※30%以上は品質保証上改善が必要



※山本昌宏(東京大学大学院数理科学研究科教授)より提供

X線透過画像からの溶接部位の抽出

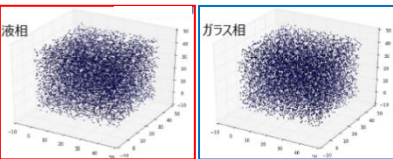


X線透過画像(上図)では溶接部と基材部の差はほとんどなく、熟練工が肉眼判定していた。

この画像に前処理をした上で、対象領域の揮度分布をいくつかの正規分布に分ける手法(混合ガウス分布)を適用し、溶接部と基在部の揮度の差を表すことができ、溶接部(下図の赤線内)を抽出。今後、医療画像への応用も期待できる。

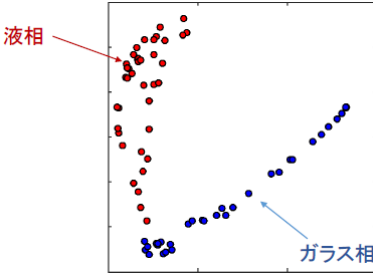
※鈴木貴(大阪大学大学院基礎工学研究科教授)より提供

データ科学的視点からガラスの構造を抽出



液相

ガラス相



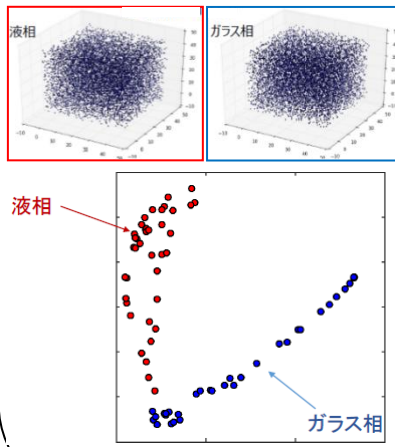
液相

ガラス相

シリカの液層とガラス相の構造は見た感じでは区別できないが（上図）、位相幾何学（トポロジー）を活用したデータ解析と確率論・統計学を融合することで、データ科学的視点から構造変化を抽出することに成功した（下図）。

本手法はタンパク質の立体構造の分類問題などにも応用できる。

※平岡裕章（東北大学原子分子材料科学高等研究機構准教授）より提供



シリカの液層とガラス相の構造
は見た感じでは区別できないが
(上図)、位相幾何学(トポロジー)
を活用したデータ解析と確率論・
統計学を融合することで、データ
科学的視点から構造変化を抽出
することに成功した(下図)。
本手法はタンパク質の立体構
造の分類問題などにも応用でき
る。

※平岡裕章(東北大学原子分子材料科学高等研究機構准教授)より提供

外国語の文章データから品詞の種類を判別

Word length

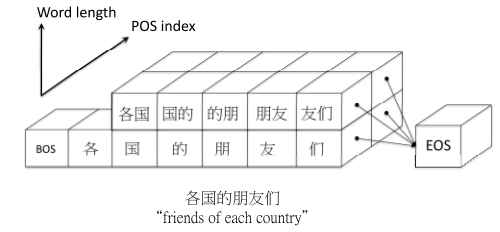
POS index

BOS 各 国 的 朋 友 们 EOS

各国的朋友们
"friends of each country"

デンソーITラボラトリ(東京)との共同研究により、様々な言語で書かれているどんな文章でも、その大量の文字列データのみから単語を抽出し、その品詞を同時に推定する手法を開発。自然言語処理の基礎的な技術であり、例えば人と会話ができる次世代カーナビゲーションシステムへの応用が考えられる。

※持橋大地(統計数理研究所准教授)より提供



デンソーITラボラトリ(東京)との共同研究により、様々な言語で書かれているどんな文章でも、その**大量の文字列データのみから単語を抽出し、その品詞を同時に推定する手法**を開発。自然言語処理の基礎的な技術であり、例えば人と会話ができる次世代カーナビゲーションシステムへの応用が考えられる。

※持橋大地(統計数理研究所准教授)より提供

数学を活用した豊かな表現

スマホの加速度データで道路の凸凹を検知

低頻度・高コストの路面診断



道路パトロール車にスマホを搭載し、車両加速度の時系列データを取得する。このデータをパターン認識し、GPSの位置情報と合わせて、道路の凸凹(劣化状況)を診断する(ウェーブレットシュリンケージ、SVM、変化点解析、周波数解析を活用)。

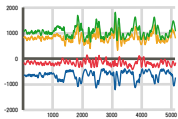
スマホを車に固定して計測



位置 (GPS)



揺れ (加速度)



※西井龍映 (九州大学マス・フォア・インダストリ研究所教授) より提供

低頻度・高コストの路面診断



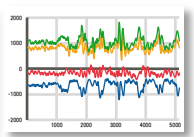
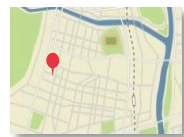
道路パトロール車にスマホを搭載し、車両加速度の時系列データを取得する。このデータをパターン認識し、GPSの位置情報と合わせて、道路の凸凹(劣化状況)を診断する(ウェーブレット シュリンケージ、SVM、変化点解析、周波数解析を活用)。

スマホを車に固定して計測



位置(GPS)

揺れ(加速度)



※西井龍映（九州大学マス・フォア・インダストリ研究所教授）より提供

CGによる頭髪のリアルな動きの表現



作者: Eitan Grinspun 教授
(CalTech らのグループ)

CGによる頭髪の時間変化のシミュレーションでは、頭髪相互の影響も考慮する必要があり、時間刻み幅を非常に細くしなければならず、数値解の不安定性を引き起こす問題があった。

本研究では、数理的工夫により、時間の刻み幅が大きくても数値解法的に安定した頭髪の動きのシミュレーションが可能になった。

※安生健一((株)オー・エル・エム・デジタル)より提供

CGによる頭髮の時間変化のシミュレーションでは、頭髮相互の影響も考慮する必要があり、時間刻み幅を非常に細くしなければならず、数値解の不安定性を引き起こす問題があった。

本研究では、数理的工夫により、時間の刻み幅が大きくても数値解法的に安定した頭髪の動きのシミュレーションが可能になった。



作者: Eitan Grinspun 教授
(CalTech らのグループ)

※安生健一((株)オー・エル・エム・デジタル)より提供

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

中間評価結果報告書

平成 27 年 11 月

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

中間評価委員会

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 中間評価

(1) 評価の経緯

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 中間評価委員会において、本プログラムの評価を実施した。

評価の実施に当たっては、被評価者から提出された成果報告書等及びヒアリング評価を踏まえ、中間評価委員会の合議により評価結果を決定した。中間評価委員会の開催実績は以下のとおりである。

○中間評価委員会 平成 27 年 9 月 4 日（金）13 時～15 時

- ・ 評価方法について
- ・ 中間評価ヒアリング
- ・ 評価結果の決定

(2) 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 中間評価委員会 委員名簿（50 音順 敬称略）

主査	高橋 陽一郎	東京大学 名誉教授
	岡本 龍明	日本電信電話株式会社 セキュアプラットフォーム研究所 岡本特別研究室 室長 / フェロー
	北野 宏明	特定非営利活動法人システム・バイオロジー研究機構 会長
	宮野 悟	東京大学医科学研究所 ヒトゲノム解析センター DNA 情報解析分野 教授

(3) プログラムの概要

・実施機関：大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 統計数理研究所

(プログラム代表者：樋口知之、プログラム実施責任者：伊藤 聡)

・実施期間：平成 24～28 年度

・プログラムの概要：

数学・数理科学的な知見の活用による解決が期待できる課題の発掘から、諸科学・産業との協働による問題解決を目指した研究の実施を促進するという本委託事業の目的を達成するため、大学共同利用機関である統計数理研究所が中核機関となり、我が国を代表する数学・数理科学の協力機関との連携のもと、以下の業務を行う。

まず、数学・数理科学研究者と諸科学・産業の研究者等が出会い、課題解決に向け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する。研究集会等のテーマについては、国内外の研究動向や社会ニーズ等に十分に配慮しつつ、受託機関及び協力機関の強みや特色を生かした広範囲な課題設定を運営委員会において行い、諸科学・産業が抱える個別具体的な課題について公募を行う。

次に、諸科学分野の学会や研究集会におけるセミナー・合同セッションや諸科学・産業向け講演会の開催、企業研究所等への訪問等により、数学・数理科学の有用性に対する諸科学・産業の理解を促し、数学・数理科学の活用が大きな効果をもたらし得る課題を発掘する。

また、本委託事業を単なる研究助成ではなく、真に数学・数理科学の多面的な発展に寄与するものとするためのネットワーク型連携基盤を構築するため、本委託事業に向けた協働研究情報システムを開発し運用する等により、数学・数理科学を軸とした協働研究関係の情報の共有・発信を積極的に進める。さらに、数学・数理科学と諸科学・産業との協働を担う人材の確保・育成など合わせ、人的ネットワークの構築や、新しい協働相手の開拓など、協働による研究活動を積極的かつ自発的に拡大していくように努める。

(4) 評価項目及び評価の視点

本プログラムの評価は以下の評価項目及び評価の視点に従って行った。

評価項目		評価の視点
総合評価	S. 所期の計画を超えた取組が行われている A. 所期の計画と同等の取組が行われている B. 所期の計画を下回る取組であるが、一部で当初計画と同等又はそれ以上の取組もみられる C. 総じて所期の計画を下回る取組である	
Ⅰ. 目標達成度	s. 所期の目標を上回っている a. 所期の目標に達している b. 所期の目標をやや下回っている c. 所期の目標を大幅に下回っている	数学・数理科学研究者と諸科学・産業の研究者が集まり、掘り下げた議論を集中的に行うための活動が継続的に実施され、定着しているか 数学・数理科学と諸科学・産業の協働による具体的課題解決に向けた研究を促進しているか
Ⅱ. 数学・数理科学を活用した課題解決に向けた研究内容・体制の具体化に向けた議論	s. 優れている a. 妥当である b. やや不十分である c. 不十分である	国内外の研究動向や社会ニーズ等を考慮して適切に設定したテーマの下で、数学・数理科学と諸科学・産業の協働による研究の課題を抽出できているか
		諸科学・産業から、数学・数理科学による解決の可能性のある課題に関する相談を受け、その解決策について議論するとともに、適切な数学・数理科学研究者を紹介するような活動を行っているか
		その他効果的で適切な手法を通じて、数学・数理科学による解決の可能性のある課題を明らかにできているか
Ⅲ. 数学・数理科学研究者からの提案・働きかけによる諸科学・産業における数学・数理科学の有用性についての理解の促進	s. 優れている a. 妥当である b. やや不十分である c. 不十分である	数学・数理科学研究者から諸科学・産業に対して協働による具体的研究事例を紹介する等の活動を行い、数学・数理科学の有用性への諸科学・産業の理解を促しているか

IV. 数学・数理科学を軸とした協働研究関係の情報の共有・発信	s. 優れている a. 妥当である b. やや不十分である c. 不十分である	数学・数理科学と諸科学・産業との協働に関する情報を収集・整理し、共有するとともに、外部に発信できているか
V. その他（人材育成、新たな人的ネットワーク構築等）	s. 優れている a. 妥当である b. やや不十分である c. 不十分である	本委託事業の実施を通じて、新しい人的ネットワークの構築や、数学・数理科学との新しい協働相手の開拓がなされているか 数学・数理科学研究者と諸科学・産業との協働に携わる若手人材の育成が図られているか
VI. 今後の継続性・発展性	s. 高いレベルで期待できる a. 期待できる b. やや期待できない c. 期待できない	今後の継続性・発展性は期待できるか（数学・数理科学側と諸科学・産業側とが相互に協働するメリットを感じているか、協働による研究の自発的拡大が見込めるか、など）

(5) 評価結果

項目別 評価	I. 目標達成度	a
	II. 数学・数理科学を活用した課題解決に向けた研究内容・体制の具体化に向けた議論	a
	III. 数学・数理科学研究者からの提案・働きかけによる諸科学・産業における数学・数理科学の有用性についての理解の促進	b
	IV. 数学・数理科学を軸とした協働研究関係の情報の共有・発信	a
	V. その他（人材育成、新たな人的ネットワーク構築等）	a
	VI. 今後の継続性・発展性	s
総合評価		A

※項目別評価： s. 優れている a. 妥当である b. やや不十分である c. 不十分である

※総合評価：

S. 所期の計画を超えた取組が行われている

A. 所期の計画と同等の取組が行われている

B. 所期の計画を下回る取組であるが、一部で当初計画と同等又はそれ以上の取組もみられる

C. 総じて所期の計画を下回る取組である

(6) 評価コメント

【総合評価】

本事業は、非常に活発に活動が行われ、優れた成果を上げており、数学・数理科学と諸科学・産業の協働に光をあてることができたと評価する。今後は、ワークショップやスタディグループの内容について、数学・数理科学に親和性の高い領域にとどまらず、より幅広い分野を対象とすること、そして、社会に対して成果を生み出していくことが期待される。

【項目別評価】

I. 目標達成度

統計数理研究所と 8 大学の協力機関を中心とした運営体制をしっかりと作り、事業を着実に実施している。多数のワークショップの開催を実施し、人材ネットワーク形成の契機を提供したことは評価できる。今後、そのネットワークが機能して成果が出てくることを期待する。

II. 数学・数理科学を活用した課題解決に向けた研究内容・体制の具体化に向けた議論

スタディグループでは、数学・数理科学の研究者と企業との間に立つメンター役の者が中心となって、課題の明確化など具体的な議論ができており、評価できる。今後は、スタディグループ後の企業等との協働による研究の成果が、特許など目に見える形になることや、スタディグループを開催する大学・参加者を拡大していくことを期待する。

また、ワークショップについては、従来数学と関わりがある分野だけでなく、国内において数学との連携実績が少ない分野を含む幅広い分野において開催できるよう、大学等からの応募を待つだけでなく、本プログラムから積極的に提案していくことを期待する。

なお、数学・数理科学の活用による解決が期待できる課題について検討する際には、既存コミュニティの招集による既存手法の整理にとどまらないよう、メンバー設定や提言のまとめ方等更なる工夫を期待する。

III. 数学・数理科学研究者からの提案・働きかけによる諸科学・産業における数学・数理科学の有用性についての理解の促進

チュートリアルについては、一定程度活動を行っているが、アクセスしやすいところに活動が偏っている印象を受ける。今後は、アウトリーチのやり方を工夫しながら、これまで数学との交流実績の少ない分野の学会等、他分野への働きかけを増やしていくことを期待する。

IV. 数学・数理科学を軸とした協働研究関係の情報の共有・発信

情報システムの構築や SNS の利用など本事業に関する情報発信は実施されており、評価できる。今後も更なるアピールに期待する。また、過去のワークショップの講演資料の公開など、協働研究の進展に向けた一層の情報共有を期待する。

V. その他（人材育成、新たな人的ネットワーク構築等）

学会等を利用しながら人的ネットワークを構築したことは、効率的であり、評価できる。人材育成については最大限の努力が見受けられるが、キャリアパスセミナーが単なる就職斡旋にとどまらず、実社会における協働の定着に資するべく、その位置づけを明確にすることを期待する。

VI. 今後の継続性・発展性

数学・数理科学と諸科学・産業との協働が定着するには時間がかかるため、今後も現在の活動を継続・発展させることが望ましい。今後は、統計数理研究所と協力機関が、各機関の特色に応じて役割を適切に分担しながら、数学・数理科学と諸科学・産業との協働に向けた大きな成果を生み出していくことを期待する。

以上

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」

文科省委託事業「数学・数理科学を活用した異分野融合研究の動向調査」

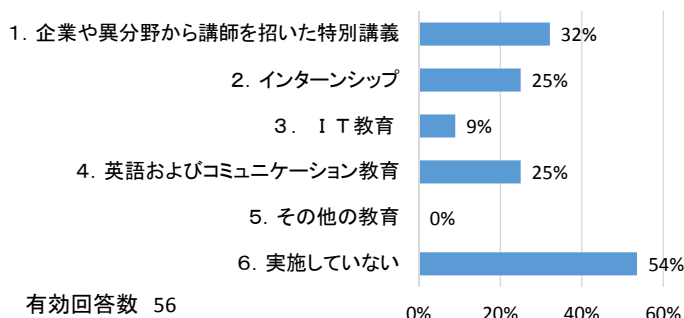
アンケート 調査対象

1. 数学・数理科学系学科・専攻・コース(教室)
調査対象数:218教室 回答数:78教室(回答率 35.8%)
 2. 数学・数理科学研究者数
調査対象数:1090名 回答数:281名(回答率 25.8%)
 3. 諸科学研究者
調査対象数:300名(※1) 回答数:117名(回答率 39%)
 4. 企業
調査対象数:229社(※2) 回答数:42社(回答率 18.3%)
- (※1)過去2～3年の科研費基盤研究(C)の採択者(数学以外)から無作為に抽出
(※2)平成21年度委託調査の回答企業を対象

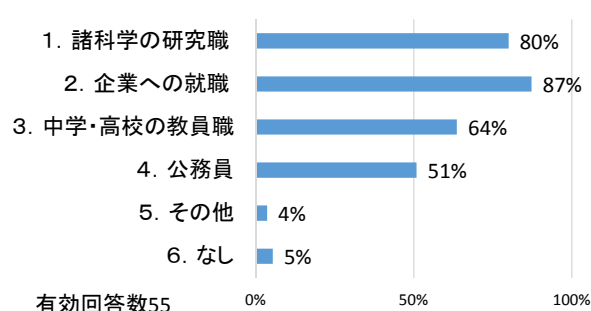
1. アンケート調査

1-1. 数学・数理科学系学科・専攻・コース(教室)へのアンケート調査

6.3) 博士学生へのキャリアサポート教育を行っているか？(複数回答可)



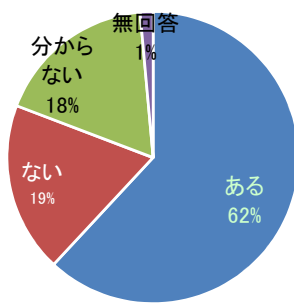
(6.4)「博士課程修了学生が数学・数理科学研究者として活躍する以外に、どのような進路を期待されますか？(複数回答可)」



1-2. 数学・数理科学研究者へのアンケート調査

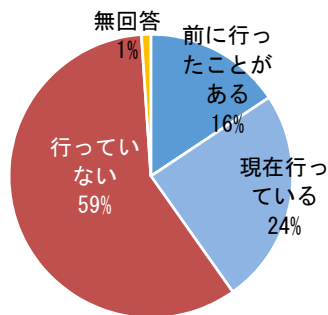
- 数学・数理科学研究者で、諸科学・産業との共同研究に関心のある研究者は60%以上
- 実際に共同研究を実施している、または実施経験のある研究者は40%程度

(2.1)「異分野融合研究や企業との共同研究に興味はありますか？」



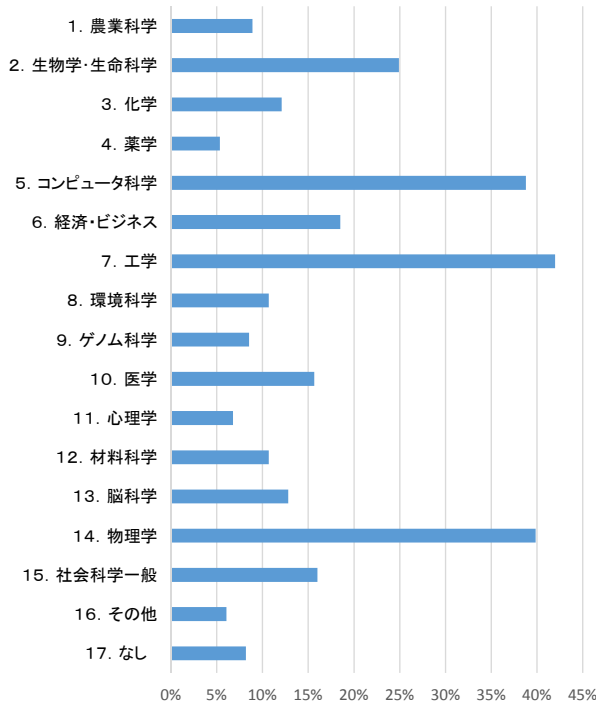
有効回答数 277

(2.3)「異分野融合研究や企業との共同研究を行ったことがありますか？」



有効回答数 278

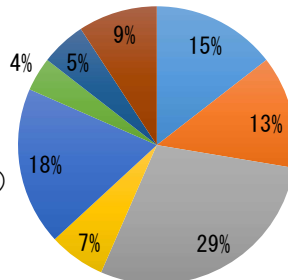
(2.2)もし異分野融合研究や企業との共同研究を進める可能性があるとするような分野でしょうか？（複数回答可）



3

融合研究・企業との共同研究での課題

- 交流の場
- コミュニケーション
- 専門や文化の違い
- 時間
- 企業との対応（守秘義務、特許、契約）
- 人材不足
- 評価
- その他

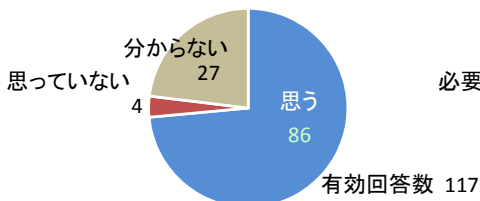


有効回答数 85

1-3-①. 諸科学分野研究者へのアンケート調査

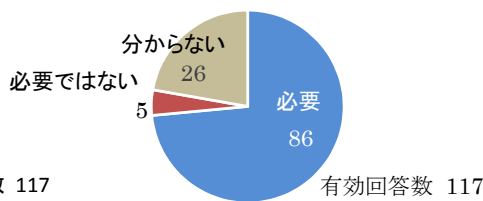
- 数学・数理科学の必要性、数学・数理科学人材の必要性の認識度は高い(70%以上)
- 実際に数学・数理科学を活用した研究者は、それよりも少ない(50%強)

【質問4-2】今後、貴方の研究活動において数学・数理科学での手法や理論が活用できると考えられますか？



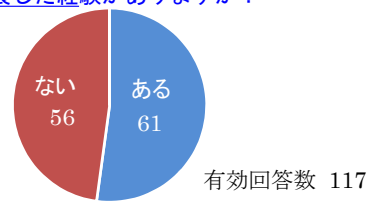
有効回答数 117

【質問5】貴方の研究分野において数学・数理科学的な素養を持つ人材が必要でしょうか？



有効回答数 117

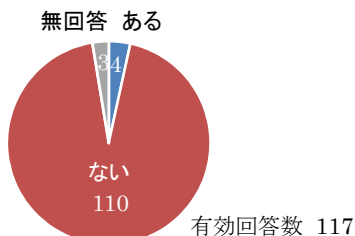
【質問4-1】これまで数学者・数理科学者との討論や数学の書物や論文を読むなどによって、貴方の研究が進展した経験がありますか？



有効回答数 117

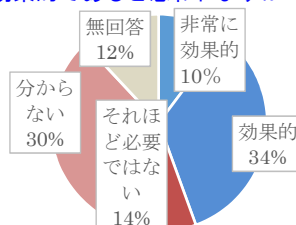
- 諸科学分野研究者で、訪問滞在型研究所の集会に参加した者は極めて少ない。
- 訪問対座型研究所での数学者との意見交換が効果的であるとする者は40%強いる。

【質問8-1】貴方はこのような訪問滞在型研究所での研究集会に参加された経験がありますか？

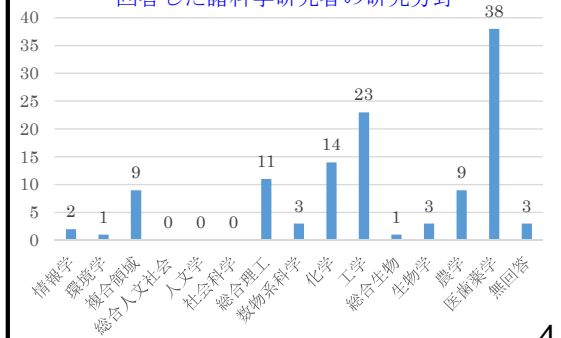


有効回答数 117

【質問8-3】数学・数理科学研究者と…訪問滞在型研究所で、意見交換を展開することは効果的であると思えますか？



回答した諸科学分野研究者の研究分野

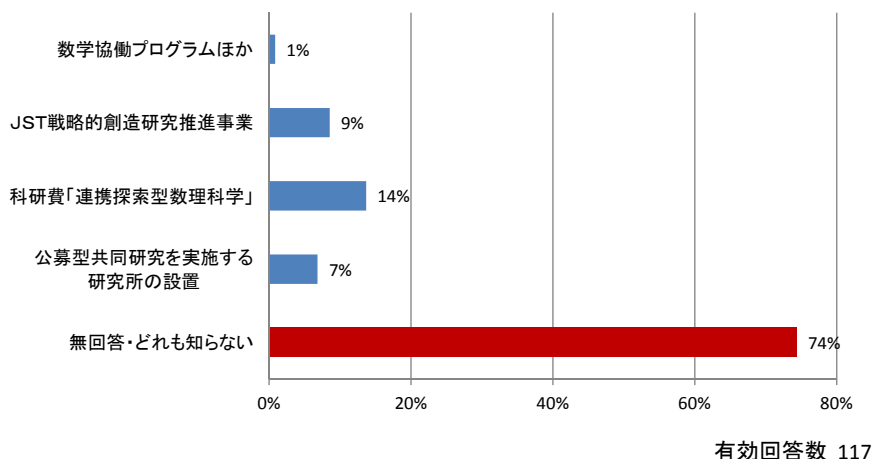


4

1-3-②. 諸科学分野研究者へのアンケート調査

- 数学と諸分野の協働促進のための活動は、諸科学分野の研究者(有効回答数117名)には十分に認知されていない。
 - 数学協働プログラムを知っている者:1名
 - JST戦略的創造研究推進事業を知っている者:10名
 - 科研費「連携探索型数理科学」を知っている者:16名
 - 公募型共同研究設置を知っている者:8名
 - 無回答・どれも知らない:87名

【質問10】 数学と様々な学問分野や産業界との協働による研究を促進するため、以下のような活動が行われています。あなたが御存知のものに印をつけて下さい。

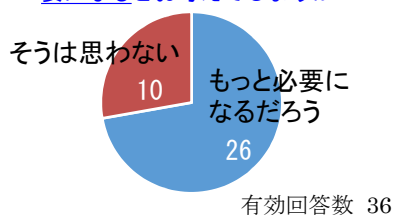


5

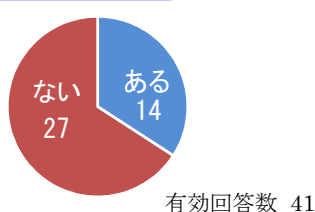
1-4. 企業へのアンケート調査

- 数学・数理科学の必要性を認識する企業は多い(70%以上)
- 実際に数学・数理科学者との連携・協力をしている企業、将来希望する企業はそれより少ない(40%未満)

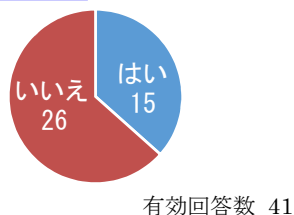
近い将来、貴社の業務運営には、数学・数理科学の知識がもっと必要になるとお考えでしょうか？



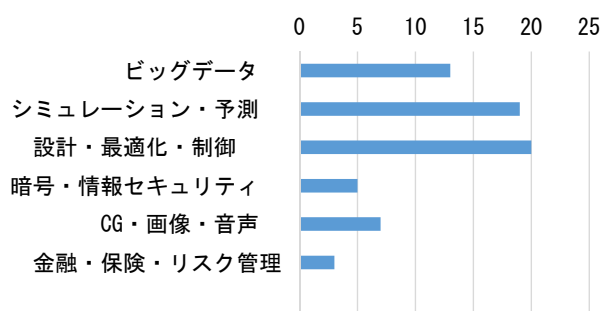
大学・公的研究期間等の数学・数理科学者への相談も含め、数学・数理科学研究者との連携・協力をした経験はありますか。



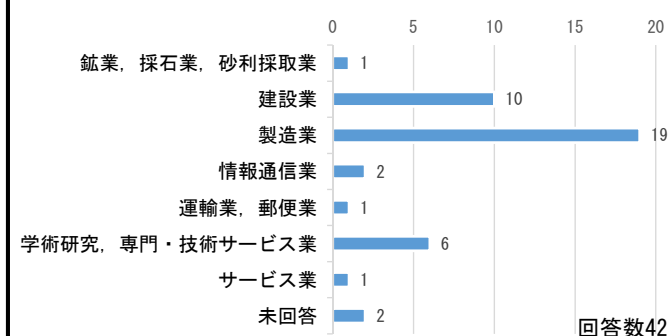
近い将来、大学・公的研究機関等の数学・数理科学者と連携・協力をしたいとお考えですか？



必要になると考えられる分野を挙げてください(複数選択可)。



回答した企業の業種別グラフ

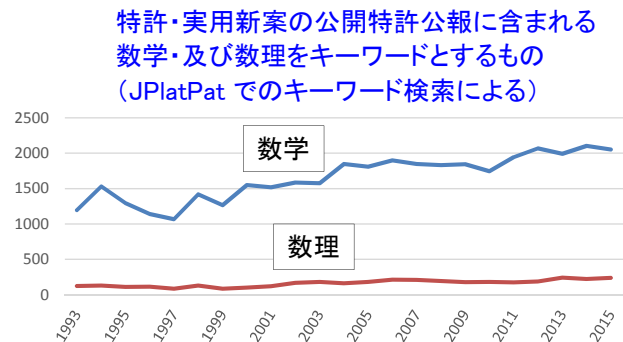
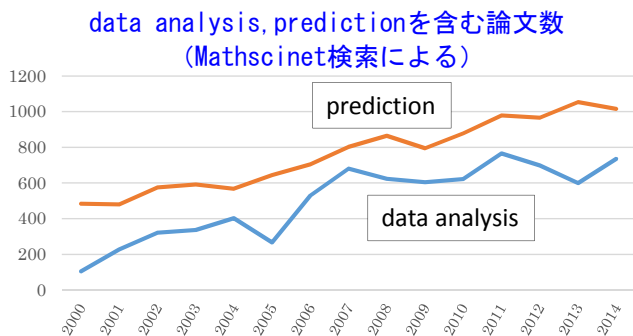
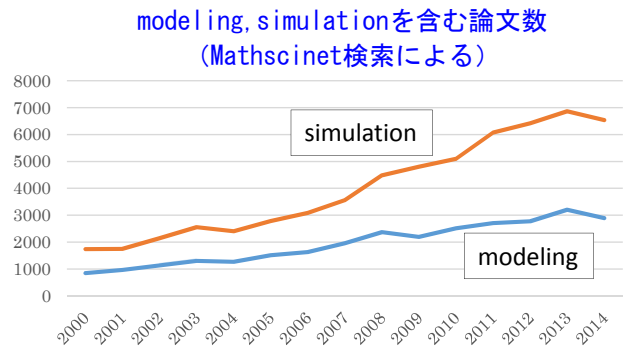
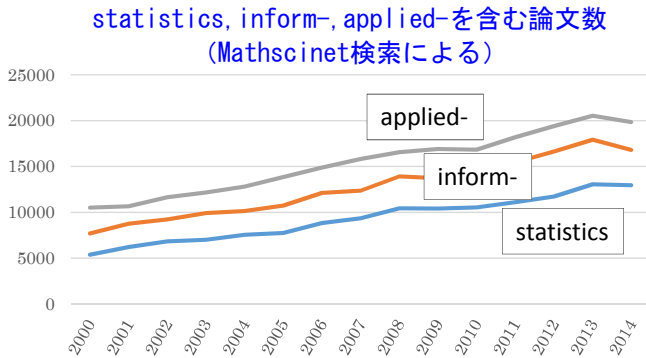


6

2. 数学と異分野・産業との連携に関する国際動向

2-1. 数学の応用に関する論文数等の年次推移

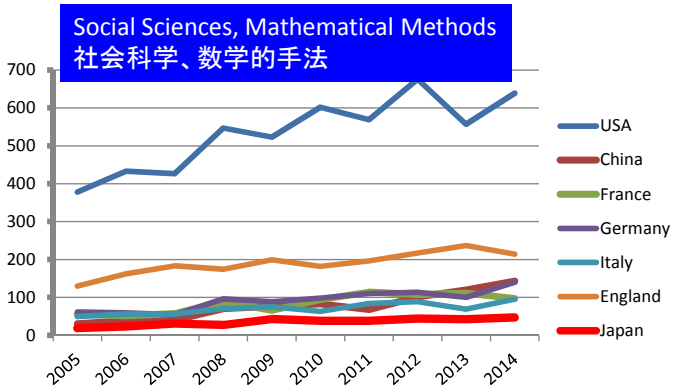
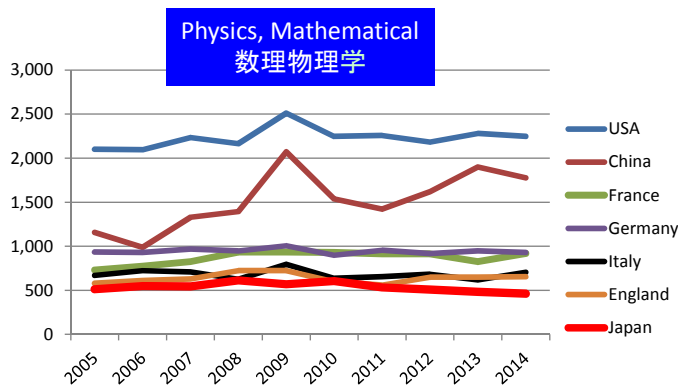
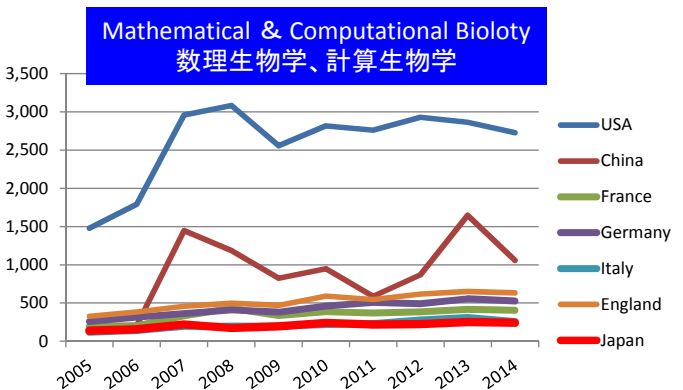
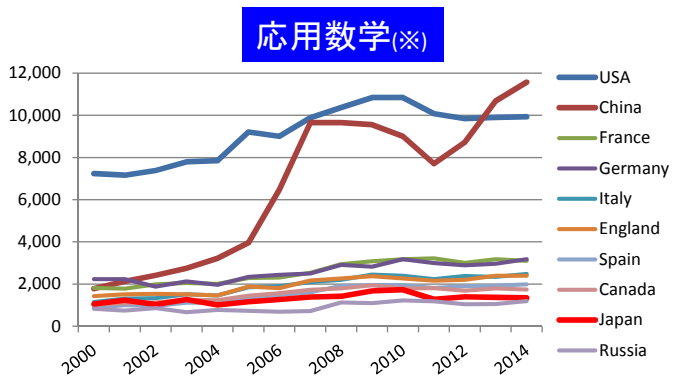
- 数学の応用に関する論文数は国際的に増加
- 特許・実用新案における数学・数理をキーワードとして含むものも増加



7

2-2. 応用数学関係論文数の国別動向

- 日本の論文数の伸びは外国と比べ小さい(応用数学分野、他分野の数理的分野)



出典: トムソンロイター Web of Science

(※) 応用数学=主要22分野のmathematicalに分類されているもののうち、MATHEMATICS APPLIED or MATHEMATICS INTERDISCIPLINARY APPLICATIONS or STATISTICS PROBABILITYを含むもの

8

3. 人材育成

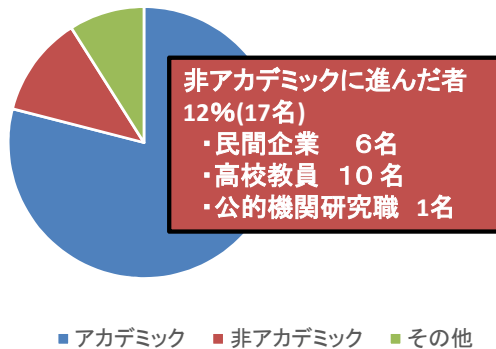
3-1. 数学・数理学専攻博士課程学生のキャリアパス

数学・数理学専攻の博士課程修了者について、

- ・ 日本ではアカデミックポジション志向が強い。非アカデミック(特に企業)に進む者は少ない。
- ・ 米国では、年々、非アカデミックポジションに進む者が増え(2014年で全体の30%)、博士課程修了者自体も増えている。

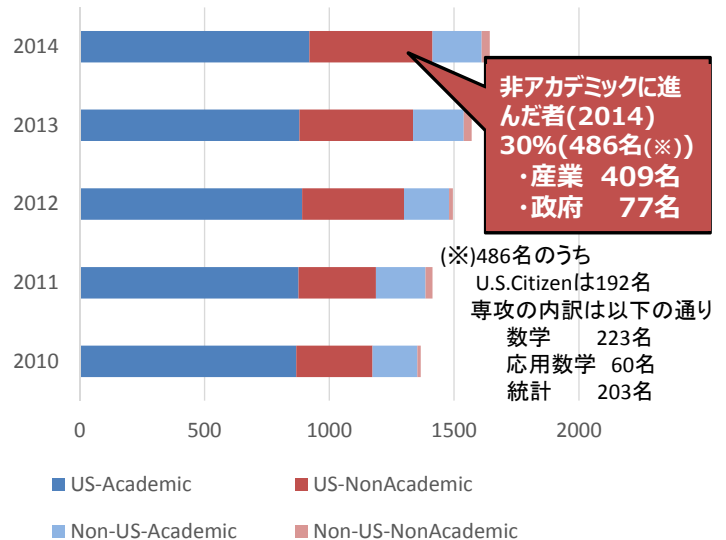
日本の現状

日本の博士課程修了者の進路
(2014年日本数学会調査から: 回答者数140名)



米国の状況

米国大学PhD(数理学)修了者の進路動向
(米国数学会(AMS)調べ)



9

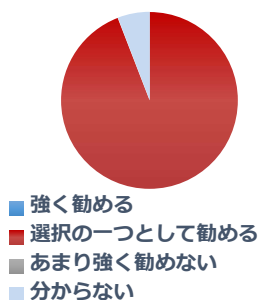
3-2. 高校教員の意識

高校の数学教員には、

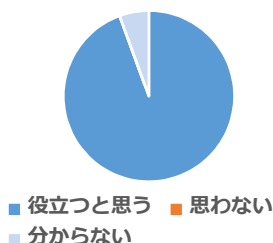
- ・ 大学数学、数学科へのイメージ(高校数学とのギャップ、卒業後の進路が限定的)がある。
- ・ 数学の具体的な応用例はあまり知られていない。

ある県の教育委員会が選抜して行った高校数学教員へのアンケート(18名)

学生に数学科や数理科学科といった数学系の学科や学部への進学を勧めますか？



数学は社会に役立つと思いますか？



【質問6】もし、学生に「数学科」や「数理科学科」へ進学を勧めないとしたら、その理由は何でしょうか？

- ・ 大学数学と高校数学のギャップについていけないため。
- ・ 将来の就職先
- ・ 学生の将来やりたい仕事にあまり必要がない。
- ・ 別の学科のほうが本人のためになる場合。

【質問8】大学で習った数学が、社会へ役立っているという例をご存じでしょうか？

- ・ 具体的に社会へ役立っている例はすぐには見当たらない。
- ・ 特に考えたことはないが、直接でなくとも間接的に役立っていると思われる。
- ・ 特殊から一般へ考え方を広げる。
- ・ 考える課程や粘り強さなど、知識を使いこなせる力をつけていくこと。
- ・ いろんな分野(工学)最先端技術で役立っている。
- ・ 天気予報やスポーツなどのビッグデータ解析、システムエンジニア、スパコン

10

「数学・数理科学を活用した異分野融合研究の動向調査」実施体制

【実施機関】

◆ 東北大学知の創出センター

【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・情報科学研究科

◆ 情報・システム研究機構 統計数理研究所

◆ 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

【実施委員会名簿】

岡本 久	京都大学数理解析研究所 副所長
大野 泰生	東北大学大学院理学研究科教授
尾畑 伸明	東北大学学院情報科学研究科教授
金藤 浩司	情報・システム研究機構 統計数理研究所副所長
小園 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
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

【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・東京三菱銀行
巖佐 備	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基礎科学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・ニコンコアテクノロジー本部取締役常務執行役員
大島 明	株式会社テクノパ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 悦哉	東京大学情報基盤センターメディア教育部門教授
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グループディレクター
樋口 知之	統計数理研究所長
三村 昌泰	明治大学先端数理科学研究科副所長
森 重文	京都大学数理解析研究所教授