

平成 21 年度 文部科学省委託事業
「数学・数理学と他分野の連携・協力の
推進に関する調査・検討～第 4 期科学技術
基本計画の検討に向けて～」

報告書

第 I 部

調査・検討結果の概要及び提言

平成 22 年 3 月 31 日

主管実施機関 国立大学法人九州大学

共同実施機関 国立大学法人東京大学

社団法人日本数学会

新日本製鐵株式會社

はじめに

本委託事業は、2011年度から始まる第4期科学技術基本計画の検討に資するためのものです。事業名が示すとおり、その目的は、数学・数理科学と諸分野との連携・協力の実態を調査・検討し、必要性を明確にするとともに、連携推進のボトルネックを明らかにし、連携推進のための具体的振興策を提案することです。さて、数学・数理科学の振興と言ったときに、真っ先に思い浮かべるのは、その学術的研究と教育・人材育成の強化です。したがって、本事業の主眼である数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携・協力の推進とは、やや間接的な数学・数理科学の振興策に聞こえます。しかしながら、当然これらは深くかかわり合っており、事業目的自体、諸分野との連携を通じた数学・数理科学研究の振興が意図されていることも明白です。

昨年9月から始まった本委託事業は、九州大学を主管実施機関とし、東京大学、日本数学会、新日本製鐵株式会社を共同実施機関とする4機関連合で進めてまいりました。また、日本応用数理学会からは事業開始当初より多くの支援を受け、さらに、去る2月に開催されたシンポジウムでは、統計関連学会連合の協力も戴きました。

調査・検討および報告書の作成は、実行委員会を中心に進めましたが、その間、三井斌友先生を座長とする外部有識者委員の方々からは、多くの貴重なアドバイスを頂戴しました。本事業の要である実際のヒアリング調査は、原則的には九州大学および東京大学の教員があたりました。また、調査の設計から本報告書の作成まで、数学・数理科学教育研究組織に対するアンケート調査については坪井俊が、諸科学分野・産業界に対するそれについては細坪護拳が、さらに諸科学分野・産業界や様々な特長ある取り組み等に対するヒアリング調査に関しては谷口説男が、それぞれのまとめ役を担当しました。さらに、海外研究所訪問ヒアリング調査のまとめとその検討にあたり、山本昌宏氏に多くを負いました。

ご多忙にもかかわらずインタビューを快く受けて下さった多くの先生、シンポジウムでのご講演やパネリスト役などをお引きうけ下さった諸先生からは、数々の貴重なご意見やご協力を賜りました。お礼を申し上げます。また、本事業にご協力下さったすべての方々に対し、この場をお借りして、深く感謝の意を表したく存じます。有難うございました。

本報告書が、日本における数学・数理科学研究の振興と、数学・数理科学と諸科学分野・産業界との協力・連携を推進する上で一助になることを心から願う次第です。

委託事業代表者
九州大学数理学研究院
若山正人

目次

第 I 部 調査・検討結果の概要及び提言

はじめに

目次

調査結果概要	1
--------------	---

第 1 章

調査の概要

①数学・数理科学教育研究組織に関するアンケート調査概要	7
②他分野研究者・企業に対するアンケート調査概要	19
③ヒアリング調査等全体概要	23
④これまでに行われてきた数学・数理科学に関する活動調査概要	25
⑤数学的・数理科学的知識及び数学者との連携・協力に関する需要調査概要	27
⑥海外研究所（欧米）ヒアリング調査概要	30
⑦シンポジウム概要	33

第 2 章

提言

第 1 節 数学・数理科学と諸科学・産業技術

1.1 調査・検討を終えて	35
1.2 基礎認識	36
1.3 調査・検討結果を踏まえて	38

第 2 節 提言：その具体的方策

2.1 調査・検討結果を踏まえた課題の整理	42
2.1.1 本調査で明らかになった事項（調査結果⇒課題）	42
2.1.2 過去の調査・提言以降、さらに調査期間中に判明した事項など （国際動向⇒課題）	43
2.1.3 調査結果事項のまとめ	44
2.2 政策提言	45
2.3 政策提言 PP1 の研究拠点についての詳細事項	47
2.3.1 拠点の使命	47
2.3.2 研究拠点の設置	47
2.3.3 研究拠点の具体的活動の例	49
2.3.4 将来の計画	53
2.3.5 その他	55
2.3.6 参考：研究拠点の使命と研究課題の例	56
2.4 数学・数理科学研究者コミュニティへの提言	60
2.5 諸科学の学術研究者・産業界へのお願い	61

【付録】

図	数学・数理科学に対して期待する諸科学分野研究者の研究領域分布 (第1章 図表1 拡大図)	62
図	拠点プロジェクトが「10年間」の期間を必要とする理由	63
図	数学・数理科学と諸科学・技術分野の課題等	64
	有識者検討委員会委員・実行委員会委員名簿.....	65
	委託事業調査担当者	66

平成 21 年度文部科学省委託事業「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～第 4 期科学技術基本計画の検討に向けて～」

【概要】

1. 目的

- ① これまでの数学・数理科学に関する活動についての調査・評価
- ② 数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携・協力に関するニーズ及びシーズ調査
- ③ ①、②に基づき、数学・数理科学と諸科学分野・産業界の連携・協力の推進に向けた具体策を提言

2. 調査・検討結果

【大学数学科等へのアンケート調査】

日本の大学数学科等には、連携・協力に対する多くのシーズ(社会的活用の可能性)がある。諸科学・技術に展開する数学の重要性と価値についての数学者・数理科学者の理解は深まっている。ところが、それらの認識に基づく組織的活動を支える資金や環境整備は不十分である。連携のための研究資金についても、かつての 21 世紀 COE のほか、大学院 GP、グローバル COE、戦略創造事業(さきがけ・CREST)など、人材育成・基盤研究等の一部に位置付けられているに過ぎず、かつ、連携は特定分野間に限られている。そのため、連携先となる分野を増やすことや社会のニーズ(他分野・産業アンケート、ヒアリング調査結果から)を発掘し、研究課題に取り入れるシステムの構築、シーズの間の連携を組織的に実施する必要がある。しかも、こうした活動を支えるには、基礎科学全体の基盤となる数学力を備えた人材の育成強化も必要不可欠である。しかし、現在の大学数学科等が有する研究者や補助人員(研究補助者・事務員)の不足と文献等のインフラ整備不足のため、これ以上連携活動を広げることが、現状では困難である。

連携推進においても、数学・数理科学研究と同じく、長期的視野に立った基礎研究と教育における確かな基礎力の涵養が重要である。さらに、大学院定員増加にもかかわらずアカデミックポジションが減少する状況の下、博士課程学生の進路に深刻な危惧がある。したがって、諸科学分野からのニーズに加えて、日本企業に潜在的に存在すると推測される数学研究に対する可能性も踏まえ、多様なキャリアパス構築を十分視野に入れて、若手数学研究人材の活動領域の積極的な拡大を推し進める必要がある。

【他分野研究者・企業へのアンケート調査】

他分野研究者アンケートにおいて、回答があった1895人のうち7割近くが数学・数理科学に対して期待を寄せており、自らの専門分野の将来もかかっていると考えている。今以上に積極的な数学・数理科学の導入なしには世界での日本の研究レベルは危うくなると考える他分野研究者(約6割)の多くが、当該分野研究者と数学・数理科学者との連携システムの構築を望み、両者が研究に関して自由に討論や相談ができる場を作るべきだとしている。また、個々の回答者が期待する数学領域やレベルはその専門分野に依存しているが、全体としては幅広い分野で数学・数理科学の需要は高い。

企業アンケート調査では、数学・数理科学を必要と明確に認識している企業数は1割程度であったが、一方で、米国等諸外国企業における数学・数理科学者の多大な活躍という現実(「忘れられた科学—数学」等の政策研調査を参照)がある。この事実からは、日本の企業においても数学・数理科学者が不要なので

はなく、むしろ、その活躍・貢献機会の余地は極めて大きいと推測される。ただしその開拓には、実際に数学・数理科学が役立つ具体例を積み重ねて、社会に示す必要があると考えられる。

【JST 戦略的創造研究推進事業さきがけ・CREST 「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」、全国の研究センター等への各種ヒアリング調査】

数学・数理科学分野初のさきがけ・CREST 事業では、連携による新視点と成果とともに、数学・数理科学の新しい展開もあった。科研費と異なり、比較的大きな資金を用いての諸科学分野とのグループ的連携やポスドク雇用等による研究企画・管理経験などを通じて、大学内や数学・数理科学コミュニティにおける新しい評価軸の、文字通りさきがけとなり、研究者のインセンティブを喚起した。各地のセンター活動等に加え、こうして、さきがけ・CREST は、日本の数学・数理科学研究者が、今までにない新たな枠組みで、数学を軸とした連携研究を実施するための能力を開花させるシステム構築の第一歩を踏み出すことに成功した。

【学術界・産業界からの需要ヒアリング調査(含:公開シンポジウムでの意見)】

学術界への調査では、全ての研究者が、数学は不可欠であり未発掘を含めニーズは高いとしている。研究現場では数学的手法に期待を寄せるものの、如何なる数学が必要なのか判らない、或は、数学・数理科学者に説明をしても適切な回答が得られない等の指摘もあり、連携分野・領域に応じて回答は一様ではなかった。新しい数学理論の構築・発展が自らの専門分野の研究の進展に必要なだと強く感じている研究者も少なくない。

産業界への調査は、数学系出身者が中核、または多い企業、数学をバックグラウンドにもつ研究者が研究開発に従事している企業に対し行った。数学系出身者のもつ独特の問題解決能力に対する期待とともに、チーム研究への適応力や実際的問題への興味の喚起などを含めた要望も強い。産業界でも数学が潜在的に持つ力への評価と期待、ニーズは高い。

学術界・産業界ともに、諸科学・産業への数学応用と新しい数学・数理科学の発掘展開を目指した研究所等が必要とする回答が多い。アメリカ・ドイツ・イギリス等ではこのような研究所が作られ、盛んにテーマが発掘され研究が進展していることに対して、日本政府の早急な対応を求める意見も少なくない。また、これら欧米とのギャップを埋めるための人材育成には、システム構築のための拠点、プラットフォームの構築が国策として必要不可欠との指摘があった。

3. 検討結果概括

(1)近代科学の発展は、それを記述する数学の発展とともにあったといえる。人類が現在直面する複雑な課題の解決には、多岐にわたる分野の研究者等が共同で取り組む必要がある。そのための共通言語となり協働を推進する鍵となるのが数学である。諸科学・技術にブレークスルーやイノベーションをもたらすには、問題・課題の核心を突く隠れた構造を見出し、普遍的に扱うために抽象化し解決に導く取り組みが不可欠である。それには、多くの場合、数学・数理科学の知見・手法等を取り入れることが本質的である。

それ故、数学・数理科学と他分野・産業等との重要性の認識は、近年世界的に高まっており、世界各国ではその振興を重要政策としている。例えば、アメリカ、フランス、ドイツ等の数学研究の主要国では、長期的視野に立った学術文化／科学・技術振興の一環としての数学・数理科学の振興にとどまらず、国家、社

会、経済、公共、という観点からも、その振興を重要視し政策を講じている。加えて、中国、韓国、インド等アジアの新興国でも欧米を上回る比率の大規模な国家投資がなされている。そのような中、日本における数学研究費は、総じて極めて厳しい状態であり、仮にこの状況が続けば、欧米先進国はもとより、アジアの中においてすら後塵を拝すどころか、引いては研究環境と待遇のよい外国への優秀な人材流出の可能性すら高まってきた。

(2) 上述の如く、多くの科学研究や技術開発は高度化するにつれて行き詰まりを見せ始め、近年次第に、その原点へと立ち戻るかのように、数学・数理科学的手法を必要とする傾向にある。したがって、現実社会に貢献し得るよう諸科学・技術分野との連携を推進し、重要課題の解決に積極的に携わることは、数学・数理科学研究者に課された重大な社会的使命である。同時に、元来、数学・数理科学自体も全てが抽象的概念から出発したものではないことから、そのような課題への取り組みを通じて数学・数理科学の発展を促す効果もある。具体的には、課題解決型(数学・数理科学)研究は、問題は明確だが使える道具等が予め判らないなど、問題の根本に戻る必要があることから、純粋数学などの基礎研究と諸分野との協働を促し、その結果、新しい数学が開拓され、数学の応用研究の興隆が導かれ、数学・数理科学研究自体の強化・振興にも資することとなる。

(3) 課題解決型の研究の推進には、海外の研究者や日本社会に対し、従来型の科学的・学術的尺度に加え、別の視点からの「見える化」、即ち、定理発見等に加え、連携研究成果などを評価する新しい指標の設定が必要である。新たなシステムの下、課題解決に興味をもつ優れた数学・数理科学の若手研究者が育成され、さらなる新課題の解決に対応できる研究体制がわが国に実現できる。そのための環境整備として、近年国際的に最も重要視されているのが(物理的な)「場」である研究拠点・ネットワークの整備である。

4. 提言骨子

数学・数理科学振興を目指した国家投資に関し、アジア諸国に共通する顕著な点は、研究所の設立と運営支援である。欧米では、大学とは独立に設立された著名な研究所も存在するが、その多くは数学の伝統的基盤をもつ大学の中、或はその近辺に設立され発展した形態が主流である。明治以降に限っても、すでに100年を越すわが国の数学研究の歴史を見れば、その研究基盤は後者に近い。実際、数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携という視点からは、その推進において、諸分野との橋渡しを担うコーディネータの育成、(融合連携研究所設立を将来計画におく)全国数力所に広がる数学・数理科学連携研究センターの設置、数理系学生の新しい教育システムの構築、情報発信等が必要であるとの指摘も多い。

以上の如く、わが国が培ってきた数学研究の伝統を活かし、国内外の高い研究・活動レベルを有する諸科学や産業界との協働を創造し推進するには、現有インフラを有効に用いた研究拠点の形成が必須である。拠点を基盤に実績を積み上げ、地理的条件も活用し、東アジア・環太平洋地域のハブ的機能を有する数学・数理科学を軸とした研究所を実現することが、わが国の将来の科学・技術・産業の発展に不可欠である。調査・検討結果および過去の調査提言、国際動向に鑑み、わが国が抱える重要課題を解決するために必要な数学・数理科学研究の振興とその諸科学・産業界との連携推進のため、以下を提言する。

【国への提言】

- PP1 文部科学省は、**数学と諸科学分野・産業界との連携のため複数の学際・産業数学研究拠点の整備を行う**。拠点の使命は、課題解決型テーマを掲げ、数学・数理科学者が諸科学分野及び産業界と連携し研究を推進し、併せて次世代研究者を育成することである。事業実施期間は、適宜実施される中間評価等を踏まえつつ、数学研究の特性に鑑み 10 年間程度とすることが望ましい。さらに、事業期間後は、各拠点の活動実績等を踏まえ、国際的な共同利用研究組織とすることも含め、必要な方策を検討する。
- PP2 文部科学省は、科学技術振興機構(JST)の戦略的創造研究推進事業の**発展的継続**により、社会的ニーズの高い課題の解決を目指した、**数学・数理科学と諸科学分野との連携研究への重点的集中対応**を図り、その確固たる基盤を構築する。
- PP3 数学の基盤的研究及び、**数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携の強化等**、**数学・数理科学に関する研究の継続的かつ更なる振興を目的とし、文部科学省内に数学・数理科学専任の課・室の設置を図るとともに、専門官等を配置する**。
- PP4 文部科学省は、重要課題解決に必要な研究者の育成と確保のため、経済産業省、厚生労働省等による出口指向の研究振興との整合性・効率性を配慮しつつ、あるいは共同で、国、学术界・産業界を通じた**主導的な研究人材育成会議の設置等、産業界の数学・数理科学における共同研究支援及び数学系博士のキャリアパス形成の側面的支援**を行う。
- PP5 文部科学省は、**数学・数理科学及び、その諸科学・産業界との連携の重要性に鑑み、総合科学技術会議と協力・連携して、第4期科学技術基本計画等において数学・数理科学の振興の重要性の明記に努める**。

【数学・数理科学研究者コミュニティへの提言】

数学関連諸学会は、その理事等からなる数理科学連絡会を発足させ、**数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携の構築とその積極的推進を目的とした事業の推進のために、(NPO)数学・数理科学連携機構(仮称)の組織化を図る**。

1. 機構は、**数学と諸科学分野・産業界の連携促進に有用と考えられる合同事業などを行う**。
2. 機構は、**数学関連諸学会と連携をとりながら、諸科学分野、産業界と積極的に連携し、数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携研究の評価・支援システムの構築に努める**。その一環として、**顕彰事業を実施する**。
3. 機構は、**数学関連諸学会を通じ、科学研究費補助金の分科・細目に関し、総合領域または複合新領域の中に新たに「応用数学」細目の新設等を行なうことなどの検討を促し、数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携研究の評価・支援システム確立に協力する**。
4. 機構は、**日本の科学・技術を発展させることを目的とし、大学等、現在、各研究機関がもつインフラの最大限の活用を支援する**。また、**大学に対し、数学と諸科学分野のインターフェースをになう人材等の育成のための具体的なカリキュラム案を例示する**

なお、機構は、上記【国への提言 PP1】の項で述べた研究拠点と連携する。

第 I 部

調査・検討結果の概要及び 提言

第1章 調査・結果の概要

① 数学・数理科学教育研究組織に対するアンケート調査報告概要

(社団法人 日本数学会)

本アンケート調査を含む調査・検討の目的は、「これまで行われてきた数学・数理科学に関する活動について調査・評価」、「数学・数理科学と他分野との連携・協力に関するニーズ及びシーズを、数学・数理科学と他分野の両方の視点から調査」し、それに基づいて「数学・数理科学と他分野の連携・協力の推進に向けた具体策」を提言することである。本調査は、特に「数学・数理科学の視点からの調査」である。

本調査の対象は、日本数学会、応用数理学会等に関係する大学の数学・数理科学教育研究組織であり、アンケート票を送り、記入を依頼するという方法で行った。発送は2009年10月26日、11月20日までの返送を依頼した。実際には12月24日までに到着したものを集計した。送付先組織は175、回答を得たのは70であった。

調査の内容は、「数学・数理科学教育研究活動について」、「他分野や産業界との連携・協力について」（他分野や産業界との連携・協力を目指す研究の取り組みについて、他分野や産業界との連携・協力による人材育成の取り組みについて、博士学位について、他分野との連携・協力について）、「大学院における人材育成と進路状況について」であった。

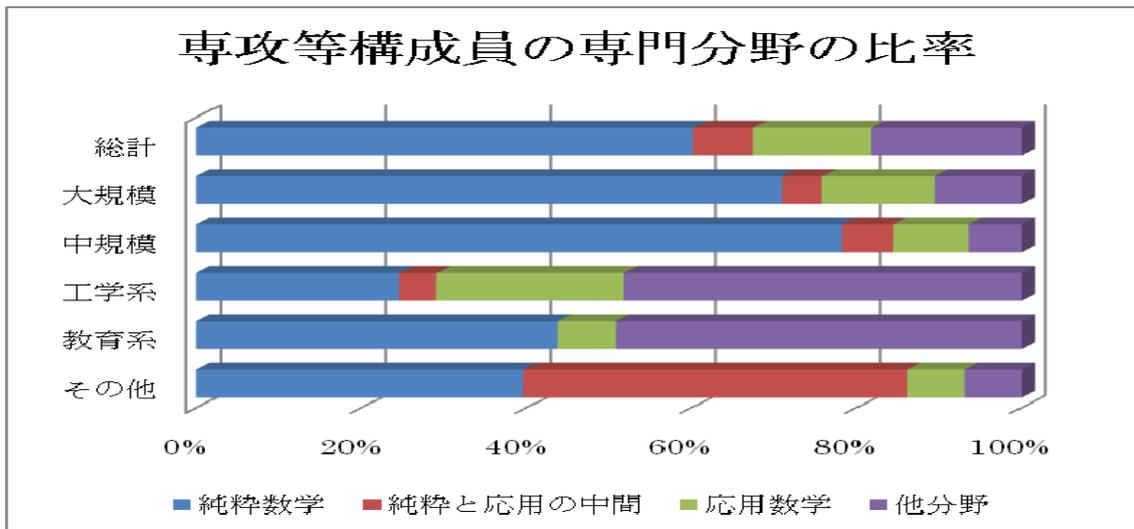
ここでは、

- A. 数学・数理科学からみた連携・協力へのニーズとシーズについて
 - B. 数学力を持った人材の育成について
 - C. 現在の数学・数理科学教育研究組織の状況について
- の順に、アンケート結果とその分析の概要を述べる。

分析のために、次のように組織の外形的分類を行った。

- 理学・工学系に属する大規模数学研究教育組織（教員・研究員等21名以上） 19組織。
- 理学・工学系に属する中規模数学研究教育組織（教員・研究員等20名以下） 24組織。
- 工学系・情報系組織に属している数学研究教育系組織 20組織。
- 教育系組織に属している数学系研究教育組織 5組織。
- その他 2組織。

これらの組織での数学研究者の割合は以下のグラフの通りである。工学系、教育系では、数学以外の分野の教育研究者と1つの組織として教育研究活動が行われている（質問1への回答参照）。



A. 数学・数理科学からみた連携・協力へのニーズとシーズ

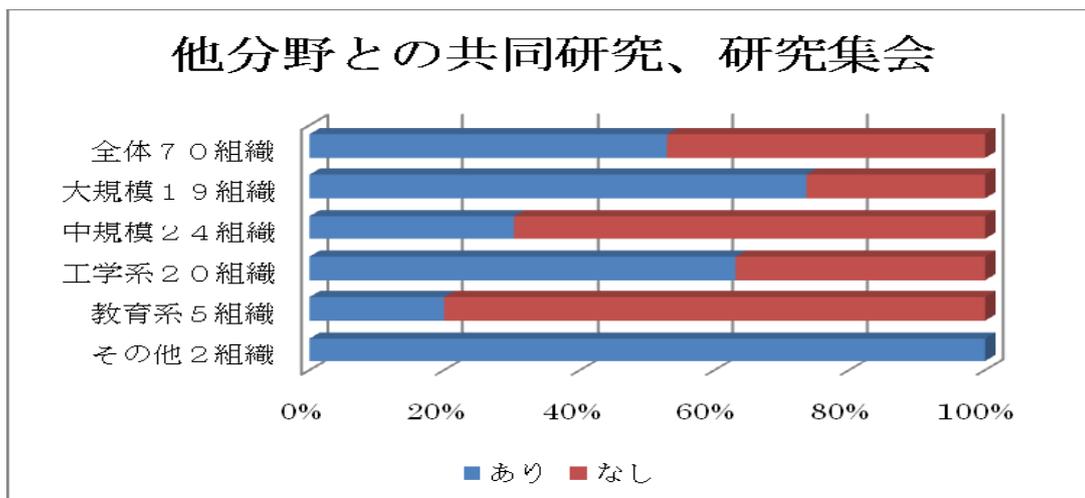
A-1. 数学・数理科学教育研究組織における連携・協力へのニーズは、アンケートの自由記述から抽出されるが、ほぼ以下の3点に集約される（質問18、質問19への回答参照）。

- 数学は本来他分野との交流を通じて発展してきた汎用性の高い学問であり、他分野との連携・協力により新しい数学の創出と発展が期待出来る。
- 科学の共通の基盤としての数学を社会に役立てる（社会のニーズに応える）義務がある。
- 現在育てている大学院生から、数学力を社会に生かして活躍する人材が多く輩出すべきである。

A-2. 数学・数理科学教育研究組織における連携・協力へのシーズとして、実際に多くの連携が遂行されていることが確認された（以下のA-3～A-7参照）。

- 他分野との共同研究、研究集会
- 非常に多くの現在、将来の連携分野
- 学術論文以外の業績の価値を評価
- 他分野や産業界との連携・協力による講義やセミナー
- 様々なインターンシップ（人材育成）

A-3. 他分野との共同研究、研究集会は、大規模組織では70%で行われている。中規模組織、教育系組織ではそこまで手が回らない様子である（質問7への回答参照）。



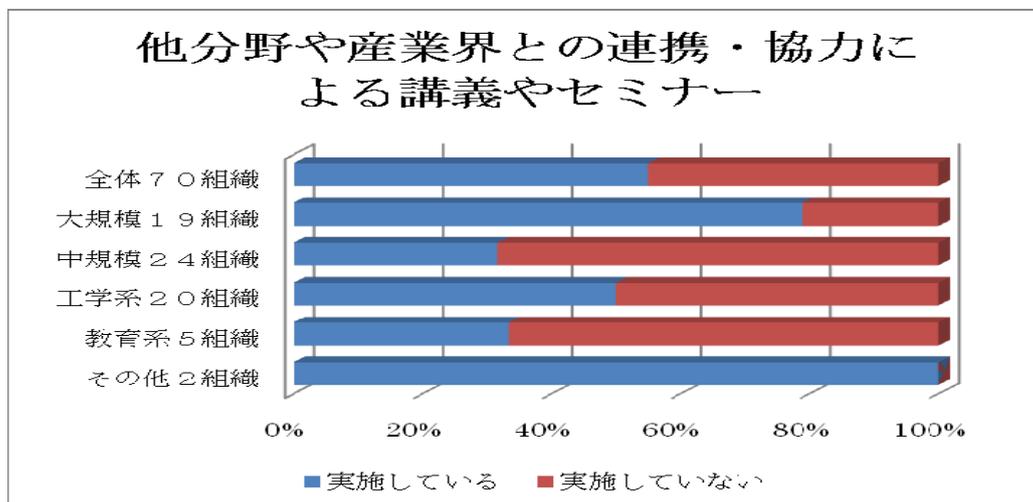
A-4. 現在、そして将来の連携分野として、以下のような広い範囲の科学が挙げられている（質問 7-1、7-2、7-3、質問 10 への回答参照）。

高性能コンピュータを使用した実験数学、複雑系科学、フラクタル・パターン形成、情報科学、情報理論、情報セキュリティ、情報ネットワーク、システム科学、ソフトウェア工学、ネットワーク科学、セキュリティ、情報通信、情報工学、IT、情報産業、量子計算機、量子信号等の分野、通信工学、物理学、天文、数理物理学、理論物理、物性物理、破壊力学、波動伝播、生物学、生命科学、生物情報学、脳科学、細胞分子生物学、医学、医療、薬学、感染症、臨床医学、化学、材料科学、ナノテク、素材開発、物質材料、地球科学、気象・環境、エネルギー、ライフサイエンス、工学、電気工学、機械工学、機械、計数工学、流体工学、製造業、宇宙科学、制御・計算機科学、最適化、最適設計、制御工学、機械学習、OR、都市計画、データ同化、知識発見、人文系科学、経済学、経済・金融、数理ファイナンス、保険、金融工学、社会科学分野、福祉関係、環境問題、法数学、教職分野、数学教育

A-5. 学術論文以外を業績として評価できるか？という問いに対しても否定的な回答は少ない（質問 8 への回答参照）。

全体 70 組織			大規模 19 組織			中規模 24 組織			工学系 20 組織			教育系 5 組織			その他 2 組織		
評価できる	どちらとも言えない	評価できない	評価できる	どちらとも言えない	評価できない	評価できる	どちらとも言えない	評価できない	評価できる	どちらとも言えない	評価できない	評価できる	どちらとも言えない	評価できない	評価できる	どちらとも言えない	評価できない
29	25	4	13	4	2	4	13	1	10	7	1	0	1	0	2	0	0
50%	43%	7%	68%	21%	11%	22%	72%	6%	56%	39%	6%	0%	100%	0%	100%	0%	0%

A-6. 他分野や産業界との連携・協力による講義やセミナーは、大規模組織の80%近くで行われている。中規模組織、教育系では、そこまで手が回らないようである（質問13への回答参照）。



A-7. 連携・協力による人材育成の取り組みとして、インターンシップを行っているかどうかについての回答は以下のものである。数学通信に掲載される2008年度の修士論文題目数1035、博士論文題目数164に対してかなりの数のインターンシップが行われている（質問12、12-2への回答参照）。

全体 70 組織		大規模 19 組織		中規模 24 組織		工学系 20 組織		教育系 5 組織		その他 2 組織	
実施している	実施していない	実施している	実施していない	実施している	実施していない	実施している	実施していない	実施している	実施していない	実施している	実施していない
29	38	9	10	10	13	7	12	2	2	1	1
43%	57%	47%	53%	43%	57%	37%	63%	50%	50%	50%	50%

		修士 (1 月未満)	修士 (1 月以上)	博士 (1 月未満)	博士 (1 月以上)	3 年間に実施
		全体 70 組織	1 件以上	18	5	1
	総数	112	84	5	35	236
大規模 19 組織	1 件以上	8	1	0	1	10
	総数	78	4	0	24	106
中規模 24 組織	1 件以上	6	1	0	0	7
	総数	22	9	0	0	31
工学系 20 組織	1 件以上	4	1	1	2	8
	総数	12	50	5	11	78
教育系 5 組織	1 件以上	0	2	0	0	2
	総数	0	21	0	0	21

A-8. 連携・協力へのニーズとシーズについてまとめると以下の状況がわかる。

- 工学系では他分野連携・協力は、ほぼ当然の事実として受け止められている。
- 教育系では、より広く学校や社会との連携・協力は不可避である。
- 大規模組織と中規模組織でのシーズは豊富である。ニーズについては、以下の2点が明らかになった。
 - 数学は本来他分野との交流を通じて発展してきた汎用性の高い学問であり、他分野との連携・協力により新しい数学の創出と発展が期待出来る。
 - 連携・協力を通じて、数学の有用性とパワーをアピールすることは、数学者の社会的責務の明確化、大学院生の視野拡大や興味の喚起、そしてキャリアパス創出につながる。

A-9. 連携・協力への留意点として以下が挙げられている。重要なキーワードが現れている（質問 18、質問 19 への回答参照）。

- 他分野との連携・協力を推進するに当たっては、連携・協力が図りにくい分野への配慮が必要である。
- 数学と数理学の違い、ミッションの違いの指摘もあった。
- 現実の自然科学、工学、社会科学の中にこそ、真に興味深い数学の問題が存在している。
- 数学は多様でどの分野でブレークスルーが起きるか不明であり、その成果も長いスパンで達成されるので、性急な連携・協力ではなく長期的な視野をもって当るべきである。
- 異分野間の言葉や思考方法などの違いを乗り越え、他分野との橋渡しをできるコーディネーターの人材育成が必要である。
- 連携・協力のための研究交流の場を継続的に担保するために全国の大学が協力して、数学・数理学連携センターを全国に数カ所設置して、他分野や企業との交流を図り、将来的には融合連携研究所設立を目指して欲しい。
- 既存の産業に数学を使うことに意味がある訳ではなく、どこにもない産業に基礎的学問を応用して、はじめて国に富をもたらすのである。従って、確かな基礎がまず第一であり、それを社会と関係して使うことが一人一人に体感される（意識の中に常に存する）教育を施すことが大切である。
- 他分野との連携・協力をを行うことが出来る数理系学生の教育のシステムを作ることが重要である。
- 他分野連携・協力は当事者の熱意とともに周辺の理解がなければ成り立ちえないので、広報活動も大切である。
- 最先端の数学研究に関して他分野や産業界の研究者が情報を得る機会が少ないので、数学会を始め各大学の数学科などが積極的に最先端の研究を平易に情報発信したほうが良い。
- 数学の論理で連携することには限界があり、他分野のニーズに対応した数学の活用を図ることが求められている。このことは数学教育においても同様である。
- これまで諸科学における数学の重要性とその価値は強く認識されながらその実体

は具体化されているとは言い難い。それは数学サイドの他分野への進出に対する強い、またある意味では自然な「違和感」あるいは「拒否反応」が根強いためと思われる。こうした数学サイドの意識改革が必要である。

A-10. ニーズは自覚され、シーズは多くあるから十分か？というところとそうであるとは言い難い（質問 7-2、質問 7-3、質問 13-1 への回答参照）。

- かなりの部分は、21 世紀 COE、GCOE、CREST、さきがけなどに支えられてきている。
- 保険・年金数学への偏りがあるところもある。
- 得意分野「整数論、代数幾何 ⇔ 暗号符号」、「確率解析⇔ ファイナンス」、「ゲージ理論、代数幾何⇔数理物理」、「情報幾何 ⇔ 情報科学」などだけで終わる可能性もある。

A-11. 従って、得意分野を増やすための連携が必要であり、社会のニーズを取り入れるシステムが必要である。また、シーズのあいだの連携は組織的ではないし、情報発信も十分でない。さらに、基礎科学全体の数学力を、人材供給により支える体制になっていない。ところが、研究教育組織にはこれ以上の取り組みをおこなう余裕がない。

B. 数学力を持った人材の育成

大学院修士課程における人材育成と進路状況

日本数学会「数学通信」に掲載されている数学・数理科学についての修士論文名の数は、2008 年度は、1035 である。このうち回答があった組織に属するものの総数は 728 で、数学・数理科学の修士の 70%を教育する組織からの回答である。大規模 19 組織のものは 443、回答があった中規模 24 組織のものは 208、工学系 20 組織のものは 70、教育系 5 組織のものは 7 である。

B-1. 修士課程での人材育成の主な方針が、①数学研究能力の育成 ②社会で活躍するための数学応用力の育成 ③数学教授能力の育成 のどれであるかという問いに対しては、以下の回答傾向であった。中規模組織、工学系組織では応用力の育成に重点があることがわかる。大規模組織では研究能力を重視している。総数では、応用力の育成に重点があることがわかる（質問 20 への回答参照）。

全体 70 組織			
	1 位	2 位	3 位
答①研究能力	13	26	17
答②応用力	36	14	8
答③教授能力	9	17	28

総組織数
に対する
百分率

全体 70 組織			
	1 位	2 位	3 位
答①研究能力	19%	37%	24%
答②応用力	51%	20%	11%
答③教授能力	13%	24%	40%

大規模 19 組織			
	1 位	2 位	3 位
答①研究能力	58%	26%	11%
答②応用力	37%	37%	21%
答③教授能力	0%	32%	58%

中規模 24 組織			
	1 位	2 位	3 位
答①研究能力	8%	38%	38%
答②応用力	67%	17%	8%
答③教授能力	17%	33%	33%

工学系 20 組織			
	1 位	2 位	3 位
答①研究能力	0%	50%	15%
答②応用力	65%	0%	0%
答③教授能力	0%	15%	45%

教育系 5 組織			
	1 位	2 位	3 位
答①研究能力	0%	40%	60%
答②応用力	0%	60%	40%
答③教授能力	100%	0%	0%

B-2. 修士課程学生の進路を ①数学・数理科学系博士課程進学、②他分野の博士課程進学、③中高教員、④企業、⑤公務員 数の多い順に回答を得たものは以下の通りである。企業就職者がもっとも多い（質問 21 への回答参照）。

全体 70 組織					
	1 位	2 位	3 位	4 位	5 位
答①数 博士	5	15	15	16	0
答②他 博士	0	0	4	3	25
答③教員	17	17	12	5	2
答④企業	39	19	1	0	0
答⑤公務員	0	6	21	13	5

総組織数
に対する
百分率

全体 70 組織					
	1 位	2 位	3 位	4 位	5 位
答①数 博士	7%	21%	21%	23%	0%
答②他 博士	0%	0%	6%	4%	36%
答③教員	24%	24%	17%	7%	3%
答④企業	56%	27%	1%	0%	0%
答⑤公務員	0%	9%	30%	19%	7%

大規模 19 組織					
	1 位	2 位	3 位	4 位	5 位
答①数 博士	26%	47%	16%	11%	0%
答②他 博士	0%	0%	16%	5%	63%
答③教員	0%	26%	42%	21%	5%
答④企業	74%	26%	0%	0%	0%
答⑤公務員	0%	0%	26%	47%	16%

中規模 24 組織					
	1 位	2 位	3 位	4 位	5 位
答①数 博士	0%	4%	42%	42%	0%
答②他 博士	0%	0%	0%	8%	33%
答③教員	50%	38%	4%	4%	0%
答④企業	46%	50%	0%	0%	0%
答⑤公務員	0%	4%	46%	8%	8%

工学系 20 組織					
	1 位	2 位	3 位	4 位	5 位
答①数 博士	0%	25%	10%	15%	0%
答②他 博士	0%	0%	5%	0%	20%
答③教員	0%	15%	15%	0%	5%
答④企業	70%	0%	0%	0%	0%
答⑤公務員	0%	20%	15%	10%	0%

教育系 5 組織					
	1 位	2 位	3 位	4 位	5 位
答①数 博士	0%	0%	0%	20%	0%
答②他 博士	0%	0%	0%	0%	20%
答③教員	100%	0%	0%	0%	0%
答④企業	0%	40%	20%	0%	0%
答⑤公務員	0%	20%	40%	0%	0%

B-3. 修士課程からは、(昨年度までは) ほぼ希望どおり就職している。ここでは、前に述べたインターンシップの有用性も指摘されている。しかし、数学が社会で必要とされるところに人材を供給しているかは未検証である（質問 23 への回答参照）。

	希望通り	おおむね	普通	やや難	難
全体 70 組織	6	34	20	1	0
大規模 19 組織	1	10	8	0	0
中規模 24 組織	3	11	8	1	0
工学系 20 組織	2	8	4	0	0
教育系 5 組織	0	5	0	0	0

	希望通り	おおむね	普通	やや難	難
総組織数に対する百分率	9%	49%	29%	1%	0%
	5%	53%	42%	0%	0%
	13%	46%	33%	4%	0%
	10%	40%	20%	0%	0%
	0%	100%	0%	0%	0%

大学院博士課程における人材育成と進路状況

日本数学会「数学通信」に掲載されている数学・数理科学についての博士論文名の数は、2008年度は、164である。このうち回答があった組織に属するものの総数は133で、数学・数理科学の博士の81%を教育する組織からの回答である。大規模19組織のものは99、回答があった中規模24組織のものは22、工学系20組織のものは12、教育系5組織のものは0である。

B-4. 人材育成の方針については、①数学研究者としての能力の育成、②専門知識を他分野に活用する能力の育成、③企業等、社会で活躍する応用能力の育成、の人数の多い順の回答は以下の通りである（質問25への回答参照）。

大規模 19 組織				中規模 24 組織				工学系 20 組織			
	1位	2位	3位		1位	2位	3位		1位	2位	3位
答①研究能力	84%	11%	5%	答①	63%	13%	13%	答①	45%	5%	15%
答②他分野活用	11%	63%	21%	答②	29%	38%	8%	答②	20%	40%	10%
答③応用能力	0%	21%	68%	答③	4%	29%	46%	答③	5%	25%	40%

B-5. 進路状況については、①数学・数理科学系教育研究職、②①以外の教育研究職、③企業、④中高教員、⑤公務員 の人数の多い順の回答は以下の通りである（質問26への回答参照）。

大規模 19 組織						中規模 24 組織						工学系 20 組織					
	1位	2位	3位	4位	5位		1位	2位	3位	4位	5位		1位	2位	3位	4位	5位
答① 数教育研究	74%	5%	11%	5%	0%	答①	29%	17%	17%	4%	4%	答①	30%	5%	0%	5%	0%
答② 他教育研究	5%	5%	5%	5%	21%	答②	25%	8%	8%	0%	4%	答②	0%	10%	10%	0%	10%
答③ 企業	5%	58%	21%	5%	0%	答③	8%	21%	13%	4%	4%	答③	10%	20%	5%	0%	5%
答④ 中高教員	11%	21%	26%	5%	5%	答④	21%	17%	0%	4%	4%	答④	0%	10%	5%	10%	0%
答⑤ 公務員	0%	0%	5%	26%	11%	答⑤	0%	8%	0%	8%	0%	答⑤	5%	0%	15%	5%	0%

B-6. このアンケートによると、人数が多い進路は、数学・数理科学系教育研究職であるが、実際にはその割合は少ない。数学通信に掲載されている博士論文名の数は、2008年度は、164、2007年度は160である。

B-7. 日本学術会議数理科学委員会 2008年8月28日の提言「数理科学における研究と若手養成の現状と課題」によれば、新規採用常勤（3年以上）教員数は、

1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
36	22	30	29	23	19	24	25	13	28	27

また、博士取得直後の進路については、

	2002	2003	2004	2005	2006
学位取得者数	96	94	82	116	90
常勤教員	20	15	18	6	8
短期研究職	8	22	16	43	33

である。母集団が異なるが、教育研究職への道は非常に厳しいものになっている。

B-8. 従って、博士課程の学生の進路の見通しについてどの組織も深刻な危惧を持っている。その根本的な原因は、現実のアカデミックポジションの減少と数学・数理科学系教育研究機関における博士課程学生の増加である（質問28への回答参照）。

- 数学・数理科学研究を継承し発展させるための若手研究者を育成するためのシステムの改善は急務の重要課題であり、何もしなければ日本が100年にわたり築きあげてきた国際的レベルの数学・数理科学研究分野の崩壊にもつながる。
- 基礎科学の基盤となる数学・数理科学の教育を受けた各分野の若手人材の育成から、他分野への連携や協力が可能となる。数学・数理科学から広く社会に人材輩出すべきであるという意見、数学・数理科学と他分野との連携、社会への協働を積極的に行うべきであるという意見も多く見られる。
- 数学・数理科学からの人材輩出の問題と関連したキャリアパスについての具体的提案についても、すでに実行されている案を含め、多くの意見が出されている。

AおよびBの調査結果から、以下のことが確認される。

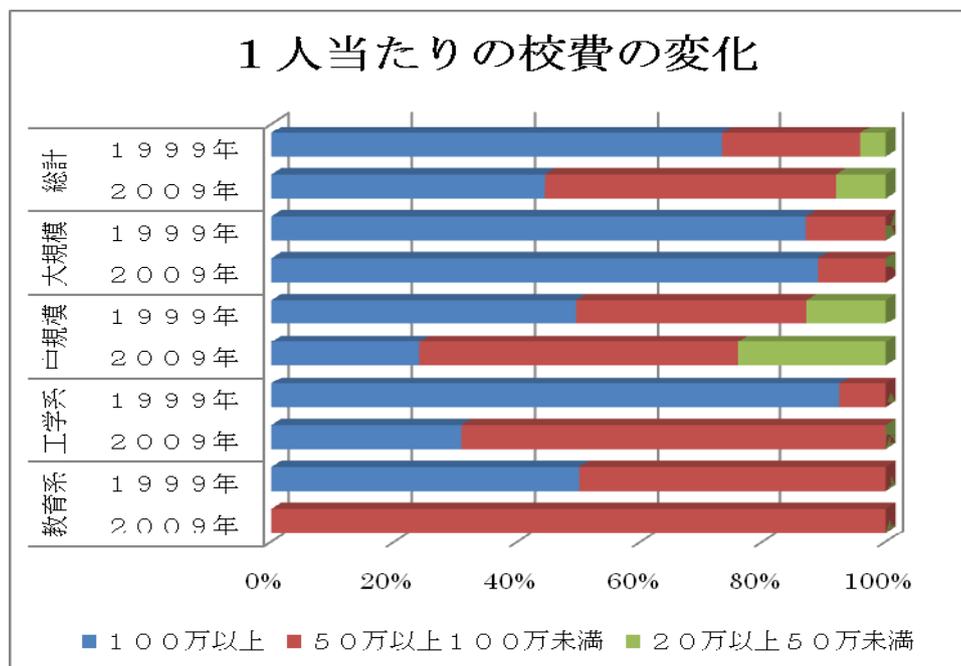
- 数学・数理科学教育研究組織には、連携・協力へのニーズと多くのシーズがある。
- 慎重な意見もあるが、多くの組織は、他分野・産業界との連携・協力に肯定的。
- 基礎となる数学・数理科学の発展のための若手人材のポストが不足している。
- 多くの組織は、数学力を持った人材の育成、社会への輩出への意欲を持っている。

C. 現在の数学・数理学教育研究組織の状況

C-1. 現在の数学・数理学教育研究組織の状況を表わす言葉は、「さまよえる数学教室」と「連携強化のための再編」であろう。実際、78%の組織に変遷がある。国立大学法人において、組織の変遷は激しい。大学設置基準が大綱化した1991年（平成3年）以降、教養部所属や教養課程担当の数学教員は、独立した組織ではなくなり、大学のなかでの位置づけの変化とともに組織が変遷しているケースが多い。国立大学の定員削減、法人化にともない、さらに変遷している。具体的な記述によれば、数学の教育を強化するための改組、数学と関連分野の連携を強めるための改組も多くみられる（質問4、4-1への回答参照）。

全体 70組織		大規模 19組織		中規模 24組織		工学系 20組織		教育系 5組織		その他 2組織	
変遷 あり	変遷 なし	変遷 あり	変遷 なし	変遷 あり	変遷 なし	変遷 あり	変遷 なし	変遷 あり	変遷 なし	変遷 あり	変遷 なし
54	15	17	2	17	7	15	4	3	2	2	0
78%	22%	89%	11%	71%	29%	79%	21%	60%	40%	100%	0%

C-2. 校費と外部資金については以下のような状況である。中規模組織、教育系組織における校費の減少は非常に大きい。また、科研費(S)，(A)という大型の資金も中規模組織、教育系組織では獲得されていない（質問2、質問3への回答参照）。



		科研費							科研費以外		
		基盤 C	基盤 B	基盤 S, A	若手 B	若手 S, A	萌芽	その他	公的 資金	産学 連携	その他
全体 70 組織	1 件 以上	64	38	21	40	10	20	21	21	16	11
	総数	372	157	57	185	15	65	101	92	58	17
大規模 19 組織	1 件 以上	19	17	16	15	8	14	9	11	10	7
	総数	176	111	46	114	13	54	75	51	27	11
中規模 24 組織	1 件 以上	24	8	0	12	0	1	4	3	1	2
	総数	118	12	0	24	0	1	5	3	1	2
工学系 20 組織	1 件 以上	17	10	4	11	1	4	6	5	4	2
	総数	53	27	6	35	1	9	15	22	24	4
教育系 5 組織	1 件 以上	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	総数	12	1	0	1	0	0	0	0	0	0
その他 2 組織	1 件 以上	1	2	1	1	1	1	2	2	1	0
	総数	13	6	5	11	1	1	6	16	6	0

C-3. 連携への外部資金について、科研費以外の競争的資金は、48 %にあり、学内の様々な資金も競争的に使われている。21 世紀 COE, GCOE, 大学院 GP, CREST, さきがけのプログラムについては以下のものであり、中規模 24 組織、教育系 5 組織は、これらのプログラム資金をあまり得ていない（質問 6 への回答参照）。

	科研費以外の 資金		件数				
	あり	なし	21 世紀 COE	GCOE	大学院 GP	さきがけ	CREST
全体 70 組織	32	37	11	8	12	18	18
大規模 19 組織	15	4	10	7	8	11	7
中規模 24 組織	5	19	0	0	0	3	2
工学系 20 組織	10	9	1	1	4	3	5
教育系 5 組織	0	5	0	0	0	0	0
その他 2 組織	2	0	0	0	0	1	4

数学の教育研究の基盤を強化しつつ、さらに社会との連携・協力を広げる方策の必要性

本調査による「これまで行われてきた数学・数理科学に関する活動について調査・評価」、「数学・数理科学と他分野との連携・協力に関するニーズ及びシーズの調査」をまとめると、以下の現状がわかる。「社会からのニーズ」、「数学・数理科学教育研究組織からのニーズ」は、「イノベーションの源泉としての数学力の社会的発展・振興とその促進のための人材育成」の必要という形で存在している。また、「数学・数理科学教育研究組織における連携・協力のシーズ」は、「社会の数学力へのニーズに応えたいというのが、数学・数理科学教育研究組織の総意」であるという形で存在し、実際に動き出している部分も多い。一方で、「社会の危機」、「数学・数理科学教育研究組織の危機」は、日本の数学力の強化を迫っている。

これを解決するために「数学・数理科学と社会との連携・協力を推進する方策」が必要とされている。それは、「数学の教育研究の基盤を強化しつつ、さらに連携・協力を広げる方策」である。そのための提言をおこなっているが、その実行により、「人材が活用されていないという現在の問題の解決」、「基盤となる研究の推進」、「社会への貢献の推進」を実現しなければならない。

② 他分野研究者・企業に対するアンケート調査報告概要

(1) アンケート調査の設計・結果のまとめ

○ 他分野研究者

1) 標本設計・回収率

- a) 標本数は国立大学教員 5,000 人。教員の専門分野(数学以外)に対して科研費の分科・細目で層別抽出。

総合領域 417 人、複合新領域 269 人、人文学 504 人、社会科学 940 人、数物系科学 285 人、化学 256 人、工学 614 人、生物学 181 人、農学 94 人、医歯薬学 1440 人

- b) 回収率は $1,895 / 5,000 = 37.9\%$ 分科別では以下のとおり。

総合領域 25.2%、複合新領域 9.7%、人文学 35.7%、社会科学 25.1%、数物系科学 42.1%、化学 50.4%、工学 42.3%、生物学 54.7%、農学 53.2%、医歯薬学 30.8%

2) 特徴的なアンケート調査項目結果

- a) 貴方の研究活動において、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、研究が進展した経験がありますか？ ⇒ ある：878、ない：852、N=1730

- b) 現在又は過去、貴方が実施している研究開発課題において、新たに数学・数理科学の力を借りたいと思うことがありますか？若しくはありましたか？ ⇒ ある(あった)：1145、ない：604、N=1749

- c) 近い将来、貴方の研究開発課題において、新たに数学・数理科学の力を借りる必要がある、又は借りたいと思うことがありますか？ ⇒ ある：1136、ない 556、N=1692

- d) 近い将来、貴方の専門分野と数学・数理科学との関係はどのようにあるべきとお考えですか。

⇒ 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。：1154、今のままで問題ない。将来も日本の研究レベルは世界と伍していけるだろう。：568、N=1722

なお、b)で、「ある(あった)」、c)で「ある」、並びにd)で「もっと数学・数理科学の力を専門分野に導入すべき。」と回答した者は674名である。その674名の分野別構成割合は本文図表2-93の左側となり、回答者全体平均と比較して、医歯薬学(24%→27%)、工学(17%→21%)、総合領域(10%→13%)、数物系科学(7%→9%)の割合が高い。

○ 企業

1) 標本設計・回収率

- a) 標本数は企業 1,000 社。企業の業種(JSIC)に対して層別抽出。

農業 8 社、林業 1 社、漁業 2 社、鉱業 5 社、建設業 171 社、製造業 500 社、電気・ガス・熱供給・水道業 7 社、情報通信業 57 社、運輸業 16 社、卸売・小売業 96 社、金融・保険業 8 社、不動産業 2 社、サービス業(他に分類されないもの) 127 社

- b) 回収率は $263 / 1,000 = 26.3\%$ 業種別では以下のとおり。

農業 25.0%、林業 0%、漁業 50.0%、鉱業 80.0%、建設業 26.9%、製造業 28.8%、電気・ガス・熱供給・水道業 28.6%、情報通信業 14.0%、運輸業 0.0%、卸売・小売業 12.5%、金融・保険業 12.5%、不動産業 0.0%、サービス業(他に分類されないもの) 26.0%

2) 特徴的なアンケート調査項目結果

- a) A:過去5年間で数学をバックグラウンドに持つ人を採用： 22 社

B:過去5年間で数学をバックグラウンドに持つ人を採用していないが、数学・数理科学者との連携・協力経験あり： 8 社

- C：過去5年間で数学をバックグラウンドに持つ人を採用していないし、数学・数理論理科学者との連携・協力経験もない： 226社
- b) 上記a)のAに対して、数学をバックグラウンドにもつ人を採用して、貴社にとって役立つことを挙げて下さい(複数回答可)。⇒ 数学・数理科学独特の新しい視点・角度により、研究開発課題を解決できた、又は解決できそうである。：12、特になし：7、数学・数理科学の活用により、研究開発の速度が加速した。：2、その他：2、N=23
- c) 同じくAに対して、数学・数理論理科学者のどのようなスキルが、どのような分野や開発を行う上で求められていますか。もしくは有効と考えられますか(複数回答可)。⇒ 課題に対する数学・数理科学的な解決能力：13、課題に対する数学・数理科学的なモデル構築能力：10、課題に対する数学・数理科学的な理解能力：6、その他：2、N=31
- d) 同じくAに対して、数学をバックグラウンドにもつ人の活用に関して、望まれる制度、環境についてお答えください(複数回答可)。⇒ 数学をバックグラウンドにもつ人の数学以外の他分野への興味・視野知識などを広げる教育や勉強会などの取り組み：9、数学以外の他分野の人の数学への興味・視野知識などを広げる教育や勉強会など取り組み：5、特になし：4、企業と数学をバックグラウンドにもつ人との協力・連携を強化する必要がある。：2、その他：1、N=21
- e) a)のBに対して、貴社が数学・数理論理科学者と連携・協力して良かったと思われる点を教えてください(複数回答可)。⇒ 数学・数理科学独特の新しい視点・角度により、研究開発課題を解決できた、又は解決できそうである。：5、数学・数理科学の活用により、研究開発の速度が加速した。：2、特になし：2、その他：1、N=10
- f) a)のCに対して、近い将来、貴社は数学をバックグラウンドにもつ人を採用したいとお考えですか。
⇒ いいえ：201、はい：24、N=225
- g) 同じくCに対して、近い将来、数学・数理論理科学者と連携・協力をしたいとお考えですか。
⇒ いいえ：200、はい：19、N=219

(2) アンケート調査の結果の解釈

○ 数学・数理科学と他分野研究者との関係

- 1) これまで、数学者・数理論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、研究が進展した他分野研究者の割合は、半分程度である。
- 2) 一方、現在又は過去、若しくは将来において、「新たに」数学・数理科学の力を借りる必要がある、借りたい、と考える他分野研究者の割合は7割足らずである。
- 3) 自分の専門分野では、もっと数学・数理科学の力を導入すべき。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、と回答した他分野研究者の割合も7割足らずである。

⇒ 7割足らずの他分野研究者が数学・数理科学に対して期待を寄せており、自らの専門分野の将来も掛かっていると考えている。

更に、設問に対する回答間の相関関係を調べた結果、「現在又は過去、自らの研究開発課題において、新たに数学・数理科学の力を借りたいと思うことがある、若しくは思ったことがある」他分野研究者には、数学の書物や論文を調べたり、調べようと考えている方が比較的多い。また、これまで数学者・数理論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、研究が進展した経験を有する。そして、近い将来も、新たに数学・数理科学の力を借りる必要があると考えていることが分かった。

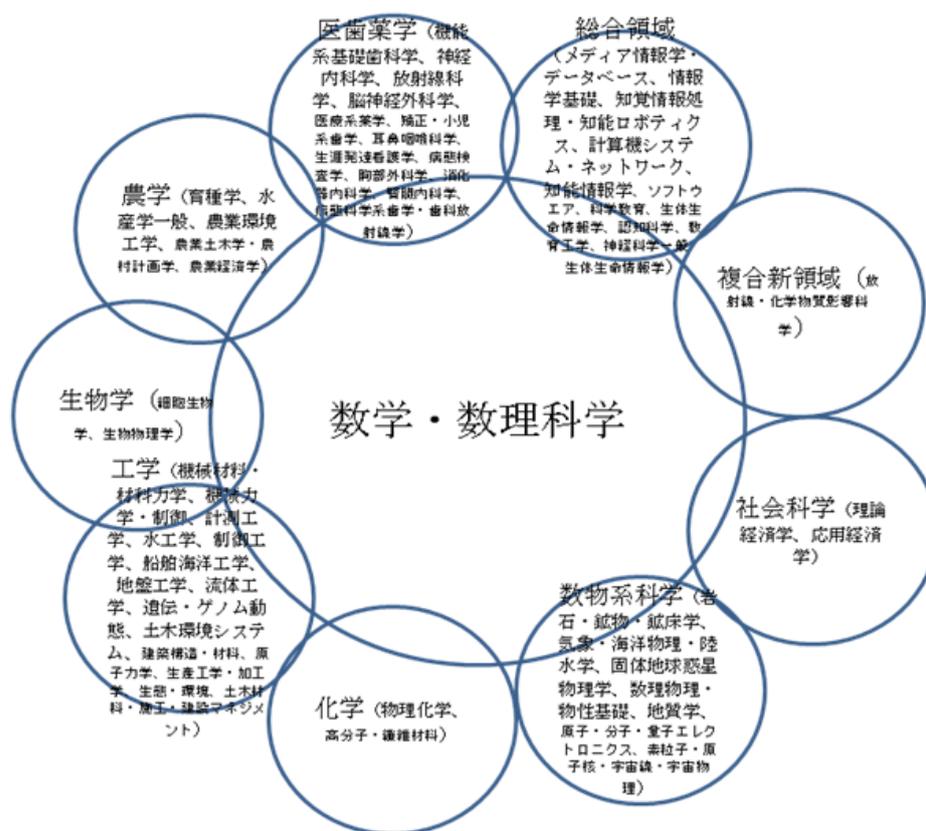
また、「近い将来、自らの研究開発課題において、新たに数学・数理科学の力を借り

る必要がある、又は借りたいと思うことがある」他分野研究者には、上記のとおり、現在又は過去、新たに数学・数理科学の力を借りたいと思うことがある、若しくは思ったことがある方が比較的多い。また、数学・数理科学の力を借りるには自らの課題に興味を持ちそうな数学・数理科学者に協力を仰ぐ、若しくは数学書籍や論文、インターネットの情報などを読むのがよいと考えている。

そして、「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」と考える他分野研究者には、各分野の専門家と数学・数理科学者とか協力できる仕組みをつくるべきであると考えている方が比較的多い。また、数学・数理科学者と研究に関して気楽に討論や相談をする場をつくるべきであるとも考えている。

但し、この回答者が期待する数学領域やレベルは専門分野に依存するように思われる。例えば、情報学、バイオインフォマティクスなど比較的数学・数理科学に近い分野では、多領域に亘り高度な数学・数理科学の知見を強く求める一方、人文系では多変量解析などに対して関心を持つ傾向がある。全体的傾向として、特に統計学関係に対しては自由記述全体数の1/3を超える言及がある。

本文図表2-15及び図表2-26の結果から、**全体傾向より更に強く**数学・数理科学の必要性を感じている他分野研究者の細目を示すと、図表1(本文図表2-94と同じ)のようになる。



図表1 数学・数理科学に対して期待する他分野研究者の分布 (本文図表2-94と同じ)

図表1から、**幅広い分野での数学・数理科学の必要性**が示された。

○ 数学・数理科学と企業との関係

- 1) A: 過去5年間で数学をバックグラウンドに持つ人を採用： 22社
B: 過去5年間で数学をバックグラウンドに持つ人を採用していないが、数学・数理科学者との連携・協力経験あり： 8社
C: 過去5年間で数学をバックグラウンドに持つ人を採用していないし、数学・数理科学者との連携・協力経験もない： 226社の3つに分類。
- 2) A・B・Cにはほぼ共通する以下の設問に対する回答傾向はほぼ同じである。
(独立性に関するカイ二乗検定結果から、独立性の帰無仮説が棄却されない。フィッシャーの正確確率検定でも同じ結果が得られる。)
 - ・ 「数学をバックグラウンドにもつ人を採用する場合、求めるスキルや条件」：
「数学・数理科学を応用・実践する姿勢」が最多。次いで**「コミュニケーション能力」**。
 - ・ 「数学をバックグラウンドにもつ人の(に求める)業務内容」：
「技術業務」と**「その他の研究開発業務」**がほぼ同数で最多。
 - ・ 「数学をバックグラウンドにもつ人を採用して、貴社にとって役立ったこと(期待すること)」：
「数学・数理科学独特の新しい視点・角度により、研究開発課題を解決できた、又は解決できそうである」が最多。
 - ・ 「数学をバックグラウンドにもつ人の活用に関して、望まれる制度、環境」に関してはCの「特になし」が突出しているが、これを省くと、**「数学をバックグラウンドにもつ人の数学以外の他分野への興味・視野知識などを広げる教育や勉強会などの取り組み」**が最多となり、A・B・Cの回答傾向に違いは見当たらない。

これらのことから、現時点では、数学をバックグラウンドに持つ者を採用したり、連携・協力している企業数は少ない。しかし、

- a) 採用・連携企業とそうでない企業による数学・数理科学に対する要求・期待等は類似していること。
- b) 外国の数学研究所では、当該業種に深く関連した数学・数理科学に関する研究プログラムが存在する一方、日本における当該業種の企業では数学・数理科学研究の必要性を認めていないケースが多いこと。更に、
 - ・ 産業競争の世界規模の激化情勢、生産性の観点を鑑みても、日本企業には、数学・数理科学的に圧倒的な優位性があるとまでは考えにくいこと。
 - ・ アンケート調査では、回答者が持つ形式的客観情報や主観情報を訊くには適切な手法と思われるが、「回答者が認識していないこと」には限界がある。
(その点ではヒアリング調査に優位性があると考えられる)つまり、数学・数理科学に関する研究で悩む経験がある企業はアンケート調査に対して肯定的に回答すると思われる一方、そういう問題が存在することすらも知らない企業が多いのではないか。

以上を総合すると、日本の企業において数学・数理科学者が活躍し貢献する素地は潜在的に非常に大きいものと推測される。しかし、そのためには、実際に数学・数理科学が社会で役立った具体例を積み重ねて、世間に示す必要があるだろう。

③ヒアリング調査等全体概要

ヒアリング調査などについて

- 以下の項目に関して、ヒアリング調査、もしくは公開資料からの情報収集による調査を行った。(①～③は公募要領にしたがう)
 - ① これまでに行われてきた数学・数理科学に関する活動に関する調査
 - (ア) 過去 20 年程度の研究や教育等の活動等について
 - (イ) 数学・数理科学に関する研究資金制度の運営方法等について
 - (ウ) 先行事例として取り上げるべき研究活動や教育活動について
 - (a)現在国により支援されている既存の取組、インターンシップ制度
 - (b)今後の施策の立案等に資する参考事例やモデルケース
 - ② 数学的・数理科学的知識及び数学者との連携・教育に関する需要調査
 - ③ 数学・数理科学と他分野間の関係調査
- 対象者が複数となるヒアリングについては共通のヒアリング質問を設定し、以下のよう
なヒアリング調査などを行った。共通ヒアリング設問については各関連節を参照。
 - (1) ① (ア) に関し、次の 2 機関にヒアリング調査を行った
 - 応用数学会 (創立の意図と活動の実際に関して)
 - 京都大学数理解析研究所 (設立理念とその活動に関して)
 - (2) ① (イ) に関し、科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業における研究領域
「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」について、以下の関係者にヒア
リング調査を行った。
 - 研究領域総括西浦廉政氏 (有識者検討委員会委員)
 - 大竹暁氏 (JAXA 宇宙航空研究開発機構)
 - 領域アドバイザー (4 名): 織田孝幸氏, 宮岡礼子氏, 長井英生氏, 津田一郎氏
 - CREST 代表・分担者 (4 名): 小谷元子氏, 小林亮氏, 尾畑伸明氏, 野呂正行氏
 - さきがけ研究者 (5 名): 新井仁之氏, 小磯深幸氏, 長藤かおり氏, 西成活裕氏,
吉田朋広氏
 - (3) ① (イ) に関し、数学研究費の在り方について、科学研究費補助費プログラムオ
フィサー 2 名 (石井志保子氏, 前田吉昭氏) にヒアリング調査を行った。
 - (4) ① (ウ) (b) に関し、近年の積極的例として、以下の機関にヒアリング調査を行っ
た。
 - 北海道大学数学連携センター
 - 明治大学先端数理科学インスティテュート
 - 大阪大学金融・保険教育研究センター
 - 九州大学産業技術数理研究センター
 - 大阪市立大学数学研究所
 - 東北大学応用数学連携フォーラム
 - (5) ① (ウ) (b) に関し、先行例として、2 つの数理工学系教室 (東京大学工学部計数
工学科, 京都大学工学部数理工学教室) にヒアリング調査を行った。
 - (6) ① (ウ) (a) に関し、数学関連グローバル COE プログラムの情報収集による調査
(当該機関による確認あり) を行った。
 - (7) ① (ウ) (a) に関し、数物連携宇宙研究機構にヒアリング調査を行った。
 - (8) ① (ウ) (a) に関し、インターンシップに関する関連機関への報告書作成依頼によ
る調査を行った。
 - (9) ② に関し、数学以外の研究分野 (以下他分野と称す) の研究者、産業界 (とくに
IT・製造業, 金融・保険関係) の研究者に対し、ヒアリング調査を行った。

○他分野については、以下の7機関の方にヒアリング調査を行った。

合原一幸氏（東京大学生産技術研究所）、青木玲子氏（一橋大学経済研究所）、神谷和也氏（東京大学大学院経済学研究科）、谷口克氏（理化学研究所）・小原収氏（かずさディー・エヌ・エー研究所）、宮地充子氏（北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科）、宮野悟氏（東京大学医科学研究所ヒトゲノム解析センター）、柳川堯氏（久留米大学バイオ統計センター）

○産業界については、以下の13社にヒアリングを行った。

◇数理システム（数学出身者を中核として採用している企業）

◇NTT、日立製作所、富士通、第一生命、三菱東京UFJ、BNPパリバ証券、インターネット総合研究所（数学出身者が多く活躍している企業）

◇パナソニック、宇部興産、東芝（数学をバックグラウンドにもつ研究者が研究開発に従事している製造業）

◇マツダ、オー・エル・エム・デジタル

(10) ②, ③に関し、研究者来日時に、海外企業2社(Philips Research, Microsoft Research Asia) にヒアリング調査を行った。

(11) ③に関し、海外(アメリカ, ヨーロッパ)研究所でのヒアリング調査を行った。

- ①(ア)に関し、数学・数理科学の他分野への多大なる応用・影響例を集め、さらに他分野への応用と影響の観点からみて、予期しえなかった数学研究の重要性に関する調査・分析を行った。

④これまでに行われてきた数学・数理科学に関する活動に関する調査

概要・検討

他分野・産業界との協働に関する、応用数学会、数理解析研究所へのヒアリング（第Ⅱ部3章1.1節）、科研費プログラムオフィサーへのヒアリング（同1.2.2節）、東京大学工学部計数工学科、京都大学工学部数理工学教室へのヒアリング（同1.3.2節）、数学関連グローバルCOEプログラムの調査（同1.3.3節）、数物連携宇宙研究機構へのヒアリング（同1.3.4節）、九州大学数理学府におけるインターンシップ制度に関する報告（同1.3.5節）についてはそれぞれの節を参照していただくこととし、ここでは、戦略的創造研究推進事業に研究領域「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」関係者へのヒアリング（同1.2.1節）、ならびに北海道大学数学連携センター、明治大学先端数理科学インスティテュート、大阪大学金融・保険教育研究センター、九州大学産業技術数理研究センター、大阪市立大学数学研究所、東北大学応用数学連携フォーラムへのヒアリング（同1.3.1節）についてまとめる。

戦略的創造研究推進事業に研究領域「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」に関するヒアリング調査により次のような結果を得た。

◎他分野との協働、異分野研究者、研究領域研究者との交流については、領域会議、メーリングリストを通じて円滑かつ効果的に行われていると、全回答者が答えた。CREST、さきがけという冠が交流をさらに容易にしている、大学内での認知度も高く、それにより様々な交流が容易になっているとの回答もあった。

◎当該研究費については、科学研究費補助金よりも、異分野・他分野との融合研究に適しており、経費も使いやすいとの回答が多かった。科学研究費補助金ではカバーできない部分がカバーされているという面もある。実際、科学研究費補助金では購入が難しい大型機器の購入が可能となり、それにより大きく研究が進んださきがけ研究も複数ある（西成、新井）。科学研究費補助金と共用することで大きな効果が上がっている。西成、吉田、新井などのさきがけ研究は既に多くの成果を上げつつある。

◎大学内での運用には問題が多い。事務的な煩雑さ、サポート体制・研究施設（採用した学術研究員の居室など）の不備、また間接経費が研究者の手元にまで十分に届かないなどの問題が指摘されている。多くの回答者が科学研究費補助金より使いやすいと回答していたが、大学内の手続き上の問題から、より縛りが多いと回答した者もある。

◎CRESTでの他分野との共同研究を通じて、数学博士の他分野・異分野への新しいキャリアパスが可能となっている。また、既存の大学教育ではできない他分野・異分野を視野に入れた数学研究人材の育成がCREST研究からの派生効果として期待できる。

◎すべての回答者が同種類の研究経費の必要性を感じている。

これらの結果から、当初期待された成果は上がりつつあると言え、科学研究費補助金と相互に補完しあう、本研究領域のような戦略的研究資金は今後も必要であると結論できる。現在の研究領域は非常に広い分野を視野に入れているが、この活動を通じて得られる成果を踏まえて、細分化、再編を行った研究領域を設定し、発展的に継続する必要がある。ヒアリング調査で明らかになった改善点としては、資金の運用に関しては、数学を中心とする研究の特性に鑑み、他分野より人件費の配分を多くできるような改変が望ましい。また、CRESTにおける助教の専任義務は、助教の教育経験を阻み、将来的に数学と他分野、異分野の橋渡しとなる人材を育成することの妨げとなるので改変が必要である。

研究・教育活動の積極例として取り上げた北海道大学数学連携センター他5機関へのヒアリング調査では、大阪大学金融・保険教育研究センターが、専任教員を持ち、5年間の活動を通じて、もっとも多くの成果を上げている。経済学、基礎工学、理学、情報工学の協働による組織運営であり、他に類のない学際融合の教育研究機関となっている。同セン

ターの提供する教育プログラムは例年 80 人強の受講者があり、20 名弱の修了者を出している。金融・保険の研究拠点としても充実している。企業からの寄付が複数あり、セミナーの開催、レクチャーノートの出版も活発に行われている。産業界との協働も盛んである。この 5 年間に同センターに雇用された特任助教 8 人のうち 5 人がすでにアカデミックな研究者として転出していることからその研究レベルの高さがうかがえる。大阪市立大学数学研究所は、2003 年設置と他の機関よりも古い歴史を持ち、専任教授・准教授 1 名と組織も充実しているが、純粋数学色の強い研究組織となっている。2007 年に設置された明治大学先端数理科学インスティテュートは、大学からの強い支援を受け、現象の数理的解析を中心に据えた学際研究を主眼とする研究組織である。グローバル COE プログラムに支えられた人材育成も推進している。北海道大学数学連携センター、九州大学産業技術数理研究センターは、専任教員を持たないが、それぞれ数学連携セミナー、技術相談窓口などを通じての産学協働活動が進められている。とくに産業技術数理研究センターは、企業からの招へい教授を構成員としているほか、技術相談窓口を通じての産学共同研究を行うなど積極的に産業界との協働を行っている。東北大学応用数学連携フォーラムは、専任助教 1 名をもつがセンター組織ではなく、数学・数理科学と他分野の連携を目指す東北大学の 10 以上の機関からなる学内ネットワークである。

金融・保険教育研究センターは、その設立の元であった特別教育研究経費が本年度で終了することを踏まえ、大阪大学が進めつつある副専攻制度のもとで、教育プログラムの継続を目指している。数学連携センターは、北海道大学にある創成研究機構に属し、その中で数学の他分野との協働活動の継続を目指している。産業技術数理研究センターは、**Institute of Mathematics for Industry** という新組織に発展的に改組し、その活動を継続すること予定している。すべての組織が、将来的に産業数学・学際数学研究における中心的な役割を担う研究教育拠点となる素地を持っている。

⑤数学的・数理科学的知識及び数学者との連携・教育に関する需要調査

概要・検討

他分野，産業界いずれのヒアリングにおいても数学に対する高いニーズと，数学のもつ潜在能力への高い期待が述べられている．これらと相まって，数学・数理科学研究者とのコミュニケーションの問題の解決，数学・数理科学研究者の興味のさらなる拡がりの必要性などが述べられた．これらを背景に，産業数学・学際数学研究を主体とする研究拠点の必要性も述べられている．

①他分野研究者へのヒアリングは，数学をよく利用していると思われる研究者に対して行った．研究者を含む研究チーム内での数学の利用については，研究グループを持たないと答えられた方（神谷氏），グループ内で回答者のみが数学研究者という方（宮地氏），また，数学を専門とする研究者は所属するものの数学をバックグラウンドにもつ（数学系修士号をもつ）研究者はいないと回答された方もいた（合原氏）．それら以外のヒアリング調査では，それぞれの研究グループに複数名，もしくは多数の数学をバックグラウンドに持つ研究者が在籍していた．

すべての研究者が，数学は不可欠であり，数学のニーズは高いと答えられている．分野に応じ異なるが，必要とされる数学は，アルゴリズム，統計的モデリング，システム科学，暗号，最適化理論，ゲーム理論，制御理論などが挙げられている．研究の現場で，数学的手法が有効であることは予想されるもののどのような数学が必要かわからない，という経験をされた方も複数いた．自分で本を読んで調べるという方もおり，数学者に説明しても適切な回答を得ることが難しいとの指摘もあった．今後利用が盛んになるとと思われる数学テーマとして，数値計算，数値シミュレーション，カオス，複雑系，大量のデータ解析などが回答された．また，数学と生命科学は新たな研究領域であるとの回答もあった．生命科学研究者のもつ課題の数式化，イメージ化への数学のつよい関与も求められている．

産業や諸科学への数学の応用，ならびに新しい数学・数理科学の発掘展開を目指した研究所・研究機関を必要と考える回答が多かった．米国では，このような研究所が作られ盛んにテーマ発掘が進められていることを指摘し，早急につくるべきであるとの強い意見もあった．欧米とのギャップを埋める人材の育成にはシステムとしての対応が不可欠であり，そのための拠点，プラットフォームが国策として必要であるとの回答もある．さらに具体的に，次のような提言・要望も出ている．

- 数学，社会科学など色々な分野をミックスした中で数学の応用を見出す拠点
- 異分野の人が交流・融合しあう場を作る（その中に数学は絶対必要）
- 問題意識の明確な専任研究者が中核となり，広い視野を持った数学研究者を養成する
- スペシャル Semester，スペシャルイヤーなどを設定し，大学院生・若手研究者を養成する
- 窓口相談者をおく

②産業界へのヒアリング調査は，数学出身者を中核として採用している企業，数学出身者が多く活躍している企業，数学をバックグラウンドにもつ研究者が研究開発に従事している製造業，その他に対して行った．このため，ヒアリング対象中，数学系出身者を皆無ではないがほとんどいない，と答えたのは1社のみであり，定期的に採用している，積極的

に採用しているなどが大半を占めた。しかし、博士号取得者は、その有用であることは強く認知されているものの、あまり採用されていない。また、採用された学位取得者についても、特段の待遇上の優遇措置はみられない。また、数学博士という資格ではなく、数学能力そのものの高さを評価すると答えた企業もあった。

数学系人材については、高度な特殊な知識を持つ人のニーズがあるとともに、ものづくりに関わる常識などを含む広い見識を持つことが望まれている。数学系出身者の持つ独特の問題解決能力への期待も高いが、チームとしての研究への適応、実務的問題への興味などへ要望も高い。これらに関連して、数学系学生教育において、プレゼンテーション能力、コミュニケーション能力を高めるよう期待するとの発言も多かった。具体的に、インターンシップがそのよい機会になるであろう、また、プレゼンテーションに特化した講師による講義開催を勧める、などの対応策も提言されている。また、数学研究者が企業で行われている研究を積極的に理解する努力をすることも求められている。応用的研究や実用的な成果をどう評価するのか、ということが大きな問題であるという指摘もあった。

数学が潜在的に持つ力への評価、期待は高く、数学に対するニーズの高さがうかがわれる。現場で利用され、必要とされる、また将来も必要である課題として、業種による別はあるものの、数理計画法、アルゴリズム、暗号、数値解析、確率論、統計学、最適化、OR、グラフ理論、学習理論などが具体的に挙げられている。今後の課題として、データマイニング、数学的意思決定プラットフォームも挙げられている。数学に対するニーズが表面化、顕在化するであろうとの予測もあった。

開発研究現場での数学のもつ力に対する高い評価ともいえるが、Math for Industry は昔から当たり前であったという意見も複数の方から出ている。押し並べて、数学は R&D 現場に必要不可欠であるとの意識が見られる。数学者との共同研究では成果公表の難しさの問題がある（そのため実施が難しい）ことが指摘されているが、個人レベルでの積極的な研究集会などへの参加は行われている。

産業や諸科学への数学の応用、ならびに新しい数学・数理科学の発掘展開を目指した研究所・研究機関を必要と考える回答が多かった。さらに踏み込んで具体的な次のような提案・要望も出ている。

- 外国からの研究者、学生を集める
- 数学的な問題についてサーベイ講義を行う
- 企業の業種に特化した金融工学などのいくつかのテーマ
- 純粋・応用数学の混成チームをもち、人的交流が行われる場が必要である

数学的知見を活用することによって産業界に貢献できるような、新しい数学もしくは数学者を育てる機関の必要性は今後さらに増大するとの意見もあった。中央官庁に、日本の数学教育・研究の世界でのランクを把握し、戦略を練る部署（もしくは担当者）が必要であるとの意見も出ている。大学側からの積極的な政府への働きかけの必要性も指摘されている。

③来日研究者に対するヒアリングからは、とくにインターンシップのとらえ方の日本との差が明らかとなった。インターンシップを企業の戦力と認識しており、マイクロソフトリサーチアジアでは3ヶ月以上、フィリップスリサーチでは6ヶ月以上が基準となっている。日本の工学系で盛んな2週間から1ヶ月程度の会社見学とは、インターンシップに期待していることが根本的に違っている。フィリップスリサーチはアイントホーフエン大学との連携も強く、フィリップスでの研究を通じての修士号・博士号取得もごく普通となっている。

数学を基軸とする産学協働に対する国の支援も盛んである。中国では北京国際数学中心を設置して支援を行っている。オランダでは、テクノロジーに関連する研究費取得に際し

要請される大学と企業の連携体制(◎少なくとも3企業からのサポートと支援◎企業人からなる監査委員会のもとで管理◎特許は政府から監査委員会企業に売却) , 中小企業と大学の協働を支援する人材小切手など注目すべき取組がなされている.

⑥海外（欧米）ヒアリング調査概要

概要

海外ヒアリングは、アメリカの企業研究所，ヨーロッパの大学系産業数学研究所に対して行った。訪問先は，以下の通りである。

アメリカ： Microsoft Research, New England, Microsoft Research Redmond, IBM T.J. Watson Research Center

ヨーロッパ： WIAS (Weierstrass Institute for Applied Analysis and Stochastic, Berlin), Fraunhofer ITWM (Kaiserslautern), OCIAM (Oxford Centre for Industrial and Applied Mathematics), OCCAM (Oxford Centre for Collaborative Applied Mathematics), Smith Institute (Oxford), RICAM (Johan Radon Institute for Computational and Applied Mathematics, Linz), FCC (Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics, Gothenburg)

アメリカの企業研究所では，大学との連携，特にインターンシップ学生の受け入れが盛んである。インターンシップ期間は，基本的に大学夏期休暇の3ヶ月が中心である。インターンシップ学生には給与も支払われており，企業研究所の即戦力として活動している。企業就職への一環としてインターンに積極的に参加する学生も多い。この意味で，企業R&Dもまた，大学教育の一環となっている。インターンシップ学生の受け入れは，マイクロソフト・リサーチ・ニューイングランド25名，マイクロソフト・リサーチ・レッドモンドでは，理論グループに5~7名，IBMワトソン研究所では数学部門5~8名，数理科学部門25名弱となっている。

ヨーロッパの研究所は2種類に分類できる。一つは，産業数学の実践を目指しながらも理論研究も行うWIAS, OCIAM, OCCAM, RICAM, 産業数学の実践主体であるFraunhofer ITWM, FCCである。企業との実際の共同研究の連携形態としては，OCIAM, OCCAMは，産業数学の成果を企業に移転させる機構（営利組織）としてSmith Instituteと連携しており，RICAMは上と同じ機構MathConsult GMBHと連携している。WIASには，そのような独立した機構はなく，WIAS内のスタッフで対応している。Fraunhofer ITWM, FCCは，研究所そのものが例えばOCIAMとSmith Instituteの機能をあわせた組織となっている。以下ではSmith Institute以外の研究所について検討する。

予算に関しては，WIAS, OCIAM, OCCAM, RICAMは，非営利団体からの基礎研究費と営利団体からの研究費（プロジェクト共同研究費など）のバランスがとれている。Fraunhofer ITWM, FCCは，営利団体からの研究費の獲得が研究所の運営・存続に重要となっている。

WIAS, OCIAM, OCCAM, RICAMでは，学術研究面と会社との共同研究が共に重視されている。原則的に学術論文でもよい業績評価を受けることが可能である。Fraunhofer ITWM, FCCでは，企業との共同研究が重視されている。また，研究員の任期も短く，人の異動がより多い印象がある。

研究組織に関しては，OCIAM, OCCAM以外は，4から8の研究グループに分割されている。しかし，研究課題，プロジェクトによっては研究グループの枠組みを越えて研究を遂行している。運営面でのグループ分けの面が強いとみられる。各研究グループと所長との研究面での関係については，WIASは比較的独立しており，Fraunhofer ITWM, FCCは従属関係にある。RICAMは，研究グループは所長に従属しているものの，研究グループ長に所長と同等の著名研究者を任じている。たとえば，最適化研究グループ長Kunish教授はグラーツ大学が本務先である。

いずれの研究所も母体となる大学との密接な連携（距離的にも）があり、インターンシップ、大学院教育への参加、新たな研究員の発掘などでよく機能している。それぞれの母体となる大学は以下の通り：

WIAS: Humboldt University Berlin, Technical University of Berlin

Fraunhofer ITWM: Technical University of Kaiserslautern

OCIAM, OCCAM: Oxford University

RICAM: Linz University

FCC: Chalmers University of Technology

各研究所の成立過程は、全国的な組織という性格よりも一都市に根付いて発展したものである。これは、上記のように所在地の大学と密接な関連にあったこと、発足が大学内の小規模な研究所(例：RICAM の母体は Industrial Mathematical Institute of Linz University)であったことからわかる。現在の活動はヨーロッパ共同体などの枠組みもあって国際連携で行われている。資金獲得の面で研究所の組み合わせによってきびしい競争関係（敵対関係も）または強い協調関係にある。

各研究所の産業数学発展のキーは次のような点を挙げるができる。

(1) 現在の形態の研究所として発足する前に小規模であるが産業数学に関して長い活動期間をもった組織が存在したもの。たとえば、RICAM の場合は Industrial Mathematics Institute of Linz University が、FCC の場合はバーチャルな組織としての Swedish Institute of Applied Math. が 1971 年以來存在した。予算・組織が拡大された際の受け皿として機能したもようである。

(2) OCIAM の場合 J. Ockendon 教授が 20 年あまりにわたって Study Group として産業数学関連の問題解決型のワークショップを国際的なネットワークの下で組織し続けていた。

(3) OCCAM の設立は特殊事情である。サウジアラビアの大学(King Abdullah University of Science and Technology) からの潤沢なグラントが主たる基盤であり、OCCAM は最近設立された。

(4) WIAS, Fraunhofer ITWM は政府の理解または決定によって産業数学の振興が積極的に計られてきたことも要因となっている。それを受けて WIAS も従来の純粋数学部門を整理して産業数学を主務の 1 つとする研究所に変わった。

ヨーロッパ研究所を訪問中に、各所長からいただいたアドバイスを列挙する。

(1) 産業数学の活動のためには、研究スタッフの学術的な卓越だけではなく異分野連携へのやる気が重要である。

(2) 数学研究自体の高い水準も必要であるが、現場の観点も少なくとも考慮して極度に洗練されたかたちで研究を進めるべきではない。

(3) 政治家の共感を得るためにプレゼンでは誰にもわかりやすい産業産業の成功例をいれるべきである。

(4) 組織をする際にはアカデミアと産業界のメンバーをバランスよく配置すべきである。

(5) 企業とのコンタクトはあらゆる機会を捉えてするべきである。

(6) 応用面での仕事も視野に入れたスタッフに対する適切な評価査定をしなければならない。

(7) 研究所内の固定された研究グループは査定などで必要な組織であるが、産業界からの課題に答えるためには、研究グループに縛られることなく、応用領域や個々のプロジェクトによりチームを作っていく必要がある。

いずれの研究所も特許申請件数は少ない（または 0）。産業数学で企業からの外部資金獲得を最重要な使命としている Fraunhofer ITWM でさえ、特許申請には興味はないようであ

る。数学に関連して、たとえば、数値計算法のみでは特許には結びつかないとはいえ、このような特許に関する事実から、訪問した研究所の産業数学の活動が実は企業の現場との実際の共同作業まで踏み込んだものとなっていないのではないかと見受けられる。企業との共同研究の件数が多いものの、企業から提示された課題に限定して数値計算プログラムなどのパッケージを提供するだけの一方的・丸投げ的な形態が多いのではないかと疑わせる。このような形態の共同研究だけでは、異分野連携の立場で数学参入の独自性をアピールしづらいであろう。

基礎研究に従事する研究者数が多い数学においては、とくに、企業のタイムスケジュールの下で実際の問題を解く活動と基礎研究を両立・補完させるかが重要である。WIAS, OCIAM, OCCAM, RICAM は基礎研究も許容する応用数学研究所に他ならないが、OCIAM, RICAM のように、企業との共同研究を実際にマネジメントする会社組織（しかし多くのメンバーは数学系出身）を有し、アカデミアでの数学者－企業との間の調整をしている。そのような会社でのポストは数学系出身者のための有効なキャリア・パスとなりうる。

程度の差や基礎研究を評価する場合があるものの、所長の権限は産業数学の遂行のために強くなっている。さもないと企業側のタイムスパンでの課題解決のために数学者の活動を組織できないであろう。

上記の研究所とその他の純粋数学の研究所(たとえば Bonn Max-Planck Institute) の間でこれといった関係はなく、研究スタッフも代数や幾何学などのいわゆる純粋数学者は少なく、ほとんどが数値解析を含む「応用数学」者（日本における通常用語法に従うとして）であるようである。我が国における産業数学の成功例においては、数学者が応用を目指して研究するというよりは、普遍性・抽象性という数学固有の特質を保持して研究を続け、他方でそのような数学の特質に理解があるさまざまな他分野の応用研究者がいて、両者の情報交換の場や機会がより密に保たれていたことが重要であったことが本質的である。その意味で、欧米で見られるような「応用数学」と「純粋数学」を分離したような構成の産業数学研究所を目指すよりも、これまで培われてきた我が国の特筆すべき数学の高い水準を活かして、上記の成功例における「数学者－他分野の応用研究者」の連携活動を支援するとともに、「純粋数学」と「応用数学」の均整のとれた発展を目指す産業・学際数学の研究組織を目指すことが、欧州には見られない日本ならではの将来の大きな可能性であろう。

⑦シンポジウム概要

シンポジウム「拡がっていく数学—社会からの期待」報告

日時：平成22年2月22日（午後）、23日（全日）

場所；東京大学大学院数理科学研究科大講義室

本委託事業の最終報告書をまとめるに際して、問題点や提言案を広い範囲の聴衆、関係者に説明し、それをもとに議論を行い、意見を収集するために表記のシンポジウムを開催した。シンポジウム初日は、背景と趣旨説明、委託事業における調査の報告、政策提言案の説明、産業数学の事例紹介、そして基調講演からなり、2日目は数学・数理科学コミュニティ、産業界ならびに関連分野からの講演、及び、最後にパネルディスカッションを行った。参加者は2日間通じて延べ160名であった。以下、要点を述べる：

2月22日（月）

シンポジウムの冒頭、有川節夫・九州大学総長の開会挨拶に続き、倉持隆雄氏（文部科学省研究振興局審議官）の挨拶があった。

(1) 背景と趣旨説明：

内丸幸喜氏（文部科学省・研究振興局・基礎基盤研究課長）によって、最近の産業数学の振興に関して、経済協力開発機構・Global Science Forum による産業数学のシンポジウム、科学技術振興機構による戦略的創造研究推進事業「社会ニーズの高い課題解決に向けた数学・数理科学によるブレークスルーの探索」によるさきがけ（個人研究）及びCREST（チーム研究）、数学系グローバルCOEプログラムなどが紹介され、本委託事業自体の目的の説明があった。それを受けて本委託事業の代表者の若山正人・九州大学数理学研究院長からイノベーションの源泉となり得る数学・数理科学の研究や日本における数学の応用に関連した歴史的背景、数学・数理科学と諸科学分野・産業界との協力・連携の振興のために克服しなくてはならない機構および思考形式上の問題点などを述べて、本シンポジウムで議論すべき問題提起を行った。

(2) 各調査報告：数学・数理科学教育研究組織に対するアンケート調査の報告（坪井俊・日本数学会理事長、東京大学教授）、他分野研究者・企業に対するアンケート調査の報告（細坪護拳・九州大学客員准教授、文部科学省 科学技術政策研究所研究官）、国内外の関係者、関係機関等へのヒアリング結果の報告（谷口説男・九州大学教授）があった。

(3) 以上を受けて若山正人・委託事業代表者が学際数学・産業数学振興のための政策提言案を述べた。その後、産業において実用に結びついた産業数学の実践の例と日本の数学者がスムーズに現場と連携して課題を解決していくための方策についての講演を中川淳一・新日本製鐵株式会社・主幹研究員が行った。最後に Tony F. Chan 氏（香港科学技術大学学長、元UCLA教授、元NSF/MPS Associate Director）がアメリカにおける科学政策の立案と実行の過程と関連した戦略について講演をした。

2月23日

(1) 以下のような講演があった。

・数学・数理科学コミュニティ：高田俊和氏（日本応用数理学会会長）、北川源四郎氏（統計数理研究所長）、坪井俊氏（日本数学会理事長）。

・CREST・さきがけ関係：西浦 廉政氏（北海道大学電子科学研究所教授、JST 研究領域総括）「つながる知を目指して－JST 数学領域の活動と展望－」、

・産業界：安生健一氏（株式会社オー・エル・エム・デジタル取締役、R&D スーパーバイザー）「デジタル映像表現を拓げる数学」、森本典繁氏（日本アイ・ビー・エム株式会社 理事・東京基礎研究所所長）

「ビジネスの競争力を左右する技術・産業界における数理科学応用の拓がり」

・関連諸分野：木村 英紀氏（理化学研究所 BSI - トヨタ連携センター長）「数学とシステム制御理論」、国友 直人氏（東京大学経済学研究科教授）「経済・経営・金融の分野と数学・統計学の研究・教育：ノーベル経済学賞を題材に」

(2) パネルディスカッション

しめくくりとして「数学と他分野・産業界との連携」と題したパネルディスカッションがあった。以下のパネリストからの報告や意見発表のあとで政策提言案を巡って議論がなされた。聴衆からも好意的なコメントが出、提言案について、それが重要であるという基本認識がなされた。

・パネリスト（敬称略）：

青木 玲子（一橋大学経済研究所教授、総合科学技術会議議員）

石井志保子（東京工業大学大学院理工学研究科教授、日本学術会議会員）

木村 英紀（理化学研究所、BSI・トヨタ連携センター長）

西浦 廉政（北海道大学電子科学研究所教授、JST 研究領域総括）

三井 斌友（同志社大学理工学部教授、前日本応用数理学会会長、名古屋大学名誉教授）

森田 康夫（東北大学教養教育院総長特命教授）

森本 典繁（日本アイ・ビー・エム株式会社 理事・東京基礎研究所所長）

若山 正人

司会：大島 利雄（東京大学数理科学研究科長）

第2章 提言

第1節 数学・数理科学と諸科学・産業技術

1.1 調査・検討を終えて

ギリシア以来、数学は文明の知的頂点の一つとされてきた。また、近代科学の発展は、それを記述する数学の発展とともにあったといえる。人類が現在直面する複雑な課題の解決には、多岐にわたる分野の研究者等が共同で取り組む必要がある。そのための共通言語となり協働を推進する鍵となるのが数学である。諸科学・技術にブレークスルーやイノベーションをもたらすには、問題・課題の核心を突く隠れた構造を見出し、普遍的に扱うために抽象化し解決に導く取り組みが不可欠である。それには、多くの場合、数学・数理科学の知見・手法等を取り入れることが本質的である。このことは、従来からの物理学や経済学と数学との関係にとどまらない。実際、例えば、生命科学における基本概念の数理モデルを利用した定式化、またその解析やシミュレーションによる生命現象の理解のための数理的手法の開拓、そして、大気と海洋システムの統合といった気象問題や磁気核融合のプラズマ燃焼実験のシミュレーション、ナノ複合材料のモデル化等に代表される様々なマルチスケール問題の研究などにおいても、数学・数理科学が根本に関わる重要課題を発見することができる。また、現在の情報セキュリティ、ネットワーク、MRIなどの医療技術、化学プラントや溶鉱炉での制御、航空機・自動車・半導体の開発設計、運輸・流通・災害時の救済計画におけるスケジューリング、金融・保険、資源探索、気象・地震予測、3D映画などのエンターテインメントなど、現代社会を牽引する高度技術のほぼすべてにおいて、その本質的部分に数学・数理科学の手法や知見を見出すことができる。

このような理由から、数学・数理科学と他分野・産業等との連携の重要性の認識は、近年世界的に高まっており、世界各国ではその振興を重要政策としている。例えば、アメリカ、フランス、ドイツ等の数学研究の主要国では、長期的視野に立った学術文化／科学・技術振興の一環としての数学・数理科学の振興にとどまらず、国家、社会、経済、公共、という観点からも、その振興を重要視し政策を講じている。加えて、中国、韓国、インド等アジアの新興国でも欧米を上回る比率の大規模な国家投資がなされている。そのような中、日本における数学研究費は、総じて極めて厳しい状態であり、仮にこの状況が続けば、欧米先進国はもとより、アジアの中においてすら後塵を拝すどころか、引いては研究環境と待遇のよい外国への優秀な人材流出の可能性すら高まってきた。

本調査・検討においては、数学・数理科学の研究活動、人材育成とその振興について、これまでになされてきた調査・提言、また、様々な機会にインターネット等で得られる国際的な、あるいは諸外国の動向等により知見を深めてきた。本章では、それ

らの結果を踏まえ、わが国が直面する重要課題に的確に対応して行くために必要な、数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携・協働の推進およびその振興策について、第4期科学技術基本計画の策定をも視野におき、政府および数学・数理科学研究コミュニティに対する提言を行う。

1.2 基礎認識

【近年の科学・技術を取り巻く状況】

わが国が今後も経済成長し、安定した社会を築き上げて行くためには、解決せねばならない課題が数多い。また、CO₂削減対策をはじめ、世界をとりまく重要課題も多い。それらを克服・解決し、人類にとってより快適で安心・安全な社会を設計・建設して行くためには、科学・技術をさらに進歩させその知恵を総動員する必要がある。また、1990年代中盤以降の計算機性能の飛躍的発達とそれに負う世界中のネットワーク機能の著しい強化により、各種ビジネス、金融取引、移動、商品購入、各種個人契約、文化の多様化等をはじめ、社会生活の多くの営みが、例えばインターネットの背後にある数学・数理科学的な抽象概念としても捉えられるようになってきている。その結果、人々が現代社会で生きていく意味が、身体性のみではなくなり、様々な場面での情報の双方向・多重方向的交換に変容した。このことは、現代社会の多くの課題が、数学・数理科学の問題・対象として扱わねばならなくなってきたひとつの要因を説明するものである。その一方で、21世紀を迎えたとはいえ、人の動物としての身体的機能や精神的作用の根本が変化したわけではない。とくに、物質的には充足している先進国において必要とされているのは、安心・安全や精神的な満足といった点である。わが国における雇用問題、少子高齢化問題、医療福祉問題だけでなく、地球温暖化、資源・エネルギー問題、食料・水問題など、新たなアプローチで、かつ分野や国を超え地球規模で解決にあたらなければならない課題が山積している。したがって、人類にとって快適で安心・安全な社会を構築するためには、環境負荷やエネルギー負担等が少なく、また個人が時間的・精神的余裕を生み出せるような、数学・数理科学的手法を積極的に取り入れた、よりスマートな科学・技術の展開と発展が求められている。

【わが国の数学・数理科学研究を取り巻く環境など】

わが国ではこれまで、産業界、ひいては政府、また一般社会においても、数学が社会に貢献できる、或は、それが現代社会の問題解決に不可欠なものであるという認識が、欧米諸国や中国・ロシア・インド等に比較して希薄であった（企業アンケート調査、国際動向等）。そのため、数学・数理科学を専門とする研究者が所属するのは、わが国ではほとんどの場合、基礎研究が活動の主体となる大学組織に限られている。したがって、大学、とくに理学部数学系における当該意識の醸成も十分ではない時代が続いた。しかしながら、近年になりようやく、数学・数理科学を社会の数理的問題の解決に役立たせようとする気運が理学部数学系教室においても育まれ、高まってきた。実際、諸科学・技術に展開する数学の重要性と価値についての数学者・数理科学者の理解も深まっている。例えばそれを示すように、諸科学分野や産業界との連携を目的

とした研究センター、連携センター等の開設をはじめ大学院生の長・短期インターシップ支援等、そのための様々な積極的取り組みが全国各地で始まっている。事実、研究センターのような組織的形態は取らないまでも、社会における数学力に対する期待と需要に応えたいというのは、いまや数学・数理科学教育研究組織の概ねの総意と受け止められるほどになってきている（数学・数理科学教育研究組織へのアンケート調査（以後、「数学会アンケート調査」と称す）、連携研究センター（専任教員は配置されていない場合が多い）等の学内設置など特長ある取り組みへの調査、グローバル COE 等の研究・人材育成目標等）。

しかしながら、現在の日本の大学が有する数学・数理科学の研究者やそれを支援する研究補助者・事務職員等、人的資源の決定的不足と文献等のインフラ整備不足（数学会アンケート調査）を鑑みると、上記課題の解決のために数学・数理科学が貢献できる環境が整っているとは言い難い（「忘れられた科学-数学」（2006）、ヒアリング調査等）。実際、諸科学分野の研究者との協働を開始するための、或は、社会からの数学力への需要と期待に応えようという組織的活動を支える資金や環境整備は不十分である。例えば、連携推進に必要な研究資金に関しては、かつての 21 世紀 COE のほか、大学院 GP、グローバル COE、戦略的創造研究推進事業（さきがけ・CREST）など、人材育成や基盤的研究を中心とする経費の一部に位置づけられており、かつ、連携は特定分野間に限られている。さらに、大学が抱えている上記の負の要因は克服しがたく、大学や数学・数理科学研究コミュニティの自助努力だけでは、連携活動をこれ以上広げることが現状では極めて困難である。

一方で、2007 年度に始まった、数学分野では初めての、科学技術振興機構（JST）の戦略的創造研究推進事業さきがけ・CREST 「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」（以後、「さきがけ・CREST」と称す）では、その成果が明確になりつつある。この事業は、国による数学の諸科学分野等との連携研究への最初の投資と位置づけられる。そこでは、連携による新視点が得られるとともに、数学の新しい展開が始まっている。数学・数理科学研究者にとって、これは研究者個人の自由の発想のもとで *curiosity driven* な課題に取り組むための文部科学省の科学研究費補助金（以後「科研費」と称す）による研究支援とは異なる、最初の経験であった。本事業がもたらした効果は研究成果にとどまらない。事実、科研費に比べればかなり大きな資金を用いての共同研究やポスドクを雇用しての研究企画・管理運営の経験、さらに、大学内や数学・数理科学コミュニティにおいて新しい評価を受けるなど、研究者のインセンティブを喚起するものとなった。また、本事業により、これまでの数学・数理科学で不足していた諸科学分野との共同研究の方法や連携の仕組み等が明確になってきたことも見逃せない。21 世紀 COE、大学院 GP、グローバル COE などを始め、近年全国各地で始まった研究センターなどを中心とした連携活動に加え、こうして、さきがけ・CREST による活動は、わが国の数学・数理科学研究者が、今までにない新しい枠組みで、数学を軸として連携研究を実施するための能力を開花させるシステム構築の第一歩を踏み出すことに成功した。

1.3 調査・検討結果を踏まえて

【国際的状況とわが国の状況】

現在、わが国においては、地球環境問題、エネルギー問題のほか、経済活動、急速に進行する少子化・高齢化への対応等と、重要課題が山積している。これらの課題の解決には、自然科学、社会科学を含むすべての科学分野における長足の進歩と産業における技術革新が不可欠である。他方、中国、インド等の新興国の急速な成長により、わが国の国際競争力は相対的に低下しているという現状がある。

これらは数学研究に特化してもあてはまる。たとえば、4年に一度開催される国際数学者会議（ICM：International Congress of Mathematicians）における日本からの招待講演者数の減少は、新興国の台頭にも一因があるが、決してそれだけが原因ではない。欧米先進国では、そしていまや新興国でも、国家戦略の一つとして、数学・数理科学分野の研究が諸科学・技術分野を横断するイノベーションを導く源泉であり、且つその基盤でもあるとの深い認識に立ち、数学・数理科学に対しわが国とは比較にならないほど大きな投資を行っている。実際、欧米先進国では、国際ワークショップの開催、優れた研究者の招聘、若手研究者の派遣・招聘をはじめ、産業界との連携促進支援、新興国や開発途上国から将来有望な若手研究者等を大学・研究所等に受け入れるなど、態勢の整備・強化に余念がない。その他にも、将来を見据えた積極的な研究・人材育成のための継続的な投資を行い、科学・技術分野での先導的地位の維持を図るとともに自国経済の持続的成長を目指している。

【数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携による課題解決型研究の必要性】

先に述べたように、あらゆる科学研究や技術開発は、近年次第に、そして一段と、数学・数理科学と協働する形で行われるようになってきている（他分野アンケート調査、他分野・産業界ヒアリング調査、及び、海外調査、米国でのオドムレポート(1998)、OECD/GSF(=Global Science Forum)の“Report on Mathematics in Industry”(2008)等に代表される国際動向、ドイツにおける「数学年」(2008)の制定等)。いわば、「数学力」、或は数学・数理科学への関心が、その国の科学・技術力を測る指標となり得る時代が到来している。そのような中、日本政府が新成長戦略（基本方針）（平成21年閣議決定）として掲げる**グリーン・イノベーション（環境エネルギー分野革新）、ライフ・イノベーション（医療・介護分野革新）**に加え、**人類に新しい表現力をもたらす映像技術や、画像認識等、社会生活をより安全で豊かにして行くための視覚技術のイノベーション、わが国が誇る、情報・通信、ナノテク・材料、ものづくり技術における更なるイノベーション等の創出のために、数学・数理科学が諸科学・技術分野との連携を推進し、現在の、そして将来に現れることが確実視される重要課題の解決に積極的に携わることは、数学・数理科学研究者に課された重大な社会的使命**である。長期的視野に立ったわが国の経済成長・発展のため、いまや、数学・数理科学者が、学術研究界および産業界と協働して多様な知恵を集め、現代の科学・技術を巡る諸課題、広くは社会の重要課題に立ち向かう時期がきている。また今後、このような連携・協働作業を行いながら、数学・数理科学の研究者を、欧米や数学に重点投資している中国・インド・韓国等の新興国等並みに新しく確保して行かなければ、将来の日本社会の発

展を促す原動力となる科学・技術イノベーションの創出や政府が進める経済成長戦略の実現にも翳を落としかねない。

一方で、**課題解決型の（数学・数理科学）研究は、問題は明確なものの、使える道具等が予め判らないなど、問題の根本に戻って考えていかねばならないことから、純粹数学などの基礎研究と諸分野との協働を促し、その結果、新しい数学が開拓され、数学の応用研究の興隆が導かれるという構図も成立し、数学・数理科学自体の強化・振興にも大いに役立つ**ことが期待される。実際、現代数学におけるその内在的発展と見える成果も、例えば、歴史的にも 20 世紀初頭に見られ今なお続くように、物理学等の外部からの要請に応えるという数学の適応性の結果として捉えるべき側面があることは否めない。いまや、物理学に限らず環境・エネルギー分野、生命科学・医学、ナノテク・材料科学、経済学、IT 等、様々な研究において新しく現れる課題からの要請が、数学の飛躍的発展の機会を待ち受けているとも考えられるのである。

【連携研究の拠点の必要性】

上記で述べたような、数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携による課題解決型の研究を推進しようとするれば、以下のような条件整備が必要である。

まず、数学・数理科学界、諸科学分野及び産業界から関係者を**“物理的に” 結集できるような環境**を整備することが必要である。その理由は、数学・数理科学は他の学問と比べて思考実験による発想・着想の占める比重が非常に高く、他者との議論を繰り返す中でインスピレーションを得て、そのアイデアが練られ、育まれ、展開・昇華されていくからである。そのようなインスピレーションのゆりかごとなるような、物理的な場が必要で重視される所以である。

さらに、**数学・数理科学者と諸科学分野・産業界との間の橋渡し機能**も不可欠である。例えば、諸科学分野や産業界における潜在的ニーズ（数学・数理科学界と連携して課題解決型の研究を行いたいという潜在的ニーズ）の探索・発掘や、数学・数理科学におけるシーズ（課題解決に貢献し得る数学的知見）を探索・発掘し外に見せる事、そして、これらを結びつけ、諸科学分野や産業界において課題となっている現象や技術に潜む数理的課題を抽出し、研究テーマの設定や数学的定式化に繋げることが必要である。わが国でも、諸科学分野における数学・数理科学に対する期待は大きく、産業界からの期待も今後増加して行くと推測される（他分野・産業界ヒアリング調査）。

また、数学・数理科学者のみならず、連携相手である諸科学分野や産業界からも、**数学・数理科学を軸とした諸科学分野・産業界の連携の有用性・必要性が十分に認識される必要がある**。更なる認識を深め、実際の研究を推進するためには、連携研究の経験が豊富な**海外の研究機関や研究者の協力を得る**ことが重要である。

これらの環境を整備するためには、数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携による課題解決型の研究（橋渡し活動も含む）が、**日本の社会からも、海外からも、十分に見えるようにすること、すなわち研究の「見える化」**が必要となる。そのための環境整備として、**国際的に最も重要視され、海外ではきわめて積極的に実現されているのが、（物理的な）「場」である研究拠点・研究所の設置**である。このことは、本調査のみならず、これまでの調査（「忘れられた科学-数学」、「米国の数学振興政策の

考え方と数学研究拠点の状況」、北海道大学による文部科学省委託調査)でも提案されていたが、本調査においても、学术界や産業界の多くの声を聞くことにより、一層明確になった(他分野・産業界ヒアリング調査、世界動向)。事実、上述したように、わが国でも近年、全国各地に研究センター、産学連携センター等、学際的な数学研究を目指すセンターが開設された。それらは、21世紀 COE プログラム、大学院 GP プログラム、グローバル COE プログラム等の活動を契機に設立されたものが中心であるが、有志が集まり開設されたものもある。多くの場合それらは、専任教員を持たず、各々の自己負担(時間的/経費的)に頼ったものである。このことは、**数学・数理科学とその関連研究において、如何に(物理的な)拠点形成が必要であるか**ということを示す一つの顕れでもある。

中国、韓国、シンガポール、台湾に共通するアジア各国における投資方法の特徴の一つとして、研究所の設立と運営のバックアップがある。欧米では、大学とは独立に設立された著名な研究所も存在するが、その多くは数学研究の伝統的基盤をもつ大学の中に建てられたものや有力大学の近辺に設立され発展した形態が中心である。わが国においては江戸時代の和算の隆盛があり、明治以降に限っても100年を越す数学研究の歴史と伝統がある。この点からいえば、わが国には後者に近い基盤があると考えてよい。したがって、わが国においては、これまでに培ってきた数学研究の伝統を活かしつつ、まず、現存するインフラを有効に用いることが、効率的・効果的な拠点の形成方法と考えられる。その実績を見極め、将来的には、世界に冠たる純粋数学研究の拠点である京都大学数理解析研究所や、現代科学に欠かすことのできない統計科学を先導する統計数理研究所に比するような、**諸科学や産業技術との連携を図るための数学・数理科学を中心とする研究所の設立を図ることが重要**である。さらにその研究所は**東アジア・環太平洋地域におけるハブ的機能を担い**、世界各国と協同していくことが求められる。

さらに、このような諸科学分野や産業界と連携した研究拠点活動を通じて、数学・数理科学研究における現在の評価尺度(定理の発見や証明等に代表される“数学的意義”に対する評価軸)に加え、諸科学分野・産業界との**連携による“社会への貢献やインパクト”**といった**研究成果**などを評価する**新しい指標・評価軸**の設定を図って行くことの意義は極めて大きい。実際、従来の科学的・学術的尺度に限らない、別の視点からの研究成果・評価の「見える化」が進むことで、課題解決に関心や取り組む意思をもつ優れた数学・数理科学の若手研究者が育成されることが大いに期待される。このことは、将来にわたり、次々に出現し続ける課題に対応できる研究体制が構築されることにつながる。

近年、わが国が抱える課題の一つとして、博士号取得者の産業界等へのキャリアパスが挙げられる。数学・数理科学分野に限らず、すべての学問分野において、長期的視野に立った教育段階における確かな基礎力の涵養、若手研究者育成、基礎研究推進が重要である。しかしながら、現状は、大学院定員増加にも関わらず減少するアカデミックポジションの不足状況の下、博士課程学生の進路見込みに対して深刻な危惧が持たれているのが実情である。わが国に、数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携による研究の拠点ができることは、数学・数理科学分野の**若手研究者の活躍の場**

と機会の拡大、多様なキャリアパスの構築、将来的な数学・数理科学の発展や連携推進にも資することを可能とする。さらにはわが国の産業界において、共同研究等を通じて数学・数理科学的な解決手法を展開する素地が拡がり、**日本の社会全体における、数学・数理科学をバックグラウンドに持つ研究者の不足問題の解消**にも貢献できよう。

【イノベーションの源泉としての数学・数理科学】

いまや、**数学・数理科学振興とは、その学術分野に関する知の創出のみならず、中長期にわたり国家の成長を支える、産業や科学・技術イノベーションの源泉であり、まさしく公共的、さらには経済的価値を生み出すものと認識し位置づけられるものである。**いわば「科学・技術のすべてのイノベーションは数学から」であり、その振興は、数学・数理科学の研究者コミュニティとともに国が取り組むべき最優先の重要課題である。

さらに、このような活動を通じ、学問としての数学・数理科学にも大きな刺激を与えることは、課題解決を通じたイノベーションをもたらし続けるために必要な新たな知の創出基盤を生み出す起爆剤になる。このことは、将来の日本、ひいては世界人類の文化への貢献にもつながり、国際的に尊敬される国造りのためにも大切である。事実、世界各国、とりわけアジア諸国の若手研究者を受け入れ育てることは、親日・知日派を増やし国際社会でのわが国の位置づけをより向上させるだけでなく、今後、成長が有望視されるアジア市場において、わが国の成長をアジアの成長につなげるという意味でも重要となる。

21世紀に入り10年が経過、かつての「公共事業による経済成長」「構造改革による生産性向上」とは異なるわが国の新しい経済成長戦略の下、数学・数理科学の振興は、イノベーションを先導し、様々なスマート・テクノロジーを創出し、或いは、諸科学分野の飛躍的発展を本格的に支援し、かつ産業構造の改革さえも導く可能性を高めるものである。

第2節 提言：その具体的方策

2.1 調査・検討結果を踏まえた課題の整理

これまでも、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」、
「米国の数学振興政策の考え方と数学研究拠点の状況」、日本数学会・日本学術会議数
理科学委員会主催シンポジウム「礎の学問—数学:数学研究と諸科学・産業技術との連
携—」（以上、2006年）をはじめ、平成19年度文部科学省委託調査「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」（北海道大学）、並びに2008年の「数理
科学における研究と若手養成の現状と課題」（日本学術会議数理科学委員会）など、数
学・数理科学の振興に対し、種々の重要な調査・提言が行われてきた。ここでは、そ
れらを踏まえつつ、さらに本受託調査の検討結果に基づき、政策提言および数学・数
理科学研究コミュニティへの提言の核をなす具体的方策の策定に向け課題を整理する。

2.1.1 本調査で明らかになった事項（調査結果⇒課題）：

- ① 諸科学分野研究者の7割近くが、今後「新たに」数学の力を借りる必要がある、
借りたいと回答した。さらに、自らの専門分野に数学の力を導入すべきであり、
そうしないと、日本の研究レベルは危ういものとなるとの意見が7割近くに上っ
た。（他分野アンケート調査）⇒さらなる連携を推進する上でのボトルネック（数
学研究者の時間的余裕不足、研究インフラの整備不足、活動への資金不足、評価
などに関するインセンティブ不足、インターフェースを担うことができる高い数
学能力を持つ人材の不足）が存在
- ② 諸科学分野の研究者は、新しい数学の展開を期待している。（他分野ヒアリング
調査）⇒さらなる連携を推進する上でのボトルネック（数学研究者の時間的余裕、
評価などに関するインセンティブ不足）が存在
- ③ 現在、数学をバックグラウンドにもつ者を採用、或は、数学者と連携・協力して
いる企業は少ない。企業内で活躍する数学研究者が極めて少ない。しかし、関心
をもつ企業の増加の兆候は見えて取れる。（企業アンケート調査）⇒産業界へのキ
ャリアパスが不足
- ④ 日本の産業界においては、いまだ、十分には数学の有用性が明確になっていない。
（企業アンケート調査）⇒数学活用の成功事例等の周知不足、産業界へのキャリ
アパスが不足、海外企業との競争力に課題がある。
- ⑤ 産業界でも、すでに、数学研究者との連携を経験している企業は、さらなる連携
を希求している。（企業ヒアリング調査、委託事業機関内報告）⇒さらなる連携
を推進する上でのボトルネック（数学研究者の時間的余裕不足、研究インフラの
整備不足、活動への資金不足、評価などに関するインセンティブ不足、インター
フェースを担うことができる高い数学能力を持つ人材の不足）が存在
- ⑥ 共同研究を海外の数学研究者にもとめる傾向が現れている（企業ヒアリング調査、
委託事業機関内報告）⇒研究体制の危機であり、放置すれば数学の需要の拡大に

対応できなくなり、日本の数学・数理科学研究の空洞化を招くおそれがある。

- ⑦ 数学教育の強化を怠れば、科学・技術の発展を停滞させることになり、結果として国民にとっての重大な損失を導く。そのため、数学の基礎（学）力の重要性が強く指摘されている。（他分野・企業ヒアリング調査）⇒（教育研究環境が劣化するなか、大学生の基礎学力向上を図る余裕がない。
- ⑧ 数学教員・数学系教室において、研究・人材育成（初年次教育も含めて）ともに、諸科学分野・産業界との連携を推進する意欲と連携の重要性に対する認識が高まっている（10年前にはなかったであろうこと）。（数学会アンケート調査、21COE、GP、グローバルCOEによる若手研究人材育成計画とその活動報告）⇒数学と諸科学分野・産業界との連携の好機。
- ⑨ 最近設立された数学を軸とする諸科学分野・産業界との連携研究センター等の活動等、連携活動の充実・拡大の気運が現れている。（ヒアリング調査および当該機関からの報告）⇒連携をさらに推進する上でのボトルネック（数学研究者の時間的余裕、評価などに関するインセンティブ不足、活動経費・インフラの整備の不足）が存在。
- ⑩ 多くの大学の数学系教室で、改組を経験している（改組の理由には、数学の新しい人材育成への期待と数学の諸科学分野連携の重要性の探索もある）。（数学会アンケート調査）
- ⑪ さきがけ・CRESTの成果が明確になりつつある。（連携による新視点、具体的成果が得られ、数学の新しい展開が始まっている（◀数学の諸科学分野等との連携研究への、国による積極的投資の最初）。また、連携の仕組み等が明確になってきている）（ヒアリング調査）⇒さきがけ（2007年度開始）は新規募集終了・CREST（2008年度開始）は2010年で新規募集終了。
- ⑫ 欧米、中国、韓国、インド等においては、国／企業の数学への投資の積極化、そして数学者と産業界の連携が促進している。数学を軸とした諸科学分野・産業界との連携の重要性への認識が飛躍的に拡大している。（海外ヒアリング調査）⇒日本の数学・数理科学研究が国際的に取り残されるおそれがある。
- ⑬ 数学・数理科学が諸科学分野・産業界と連携して研究を行う研究拠点・研究所が必要である。（諸科学分野、企業ヒアリング調査。北海道大学による委託調査等、過去の調査報告・提言）⇒日本の数学研究（連携研究のみならず基礎研究も）が、国際的に取り残されるおそれ。拠点形成は現在の大学等の資源のみでは困難。

2.1.2 過去の調査・提言以降、さらに調査期間中に判明した事項など（国際動向⇒課題）：

- A. OECD/GSF “Mathematics in Industry”（2008, 2009）の報告。社会における数学の重要性の具体例を通じた指摘。数学を軸とした連携研究振興と人材育成の必要性、その実現に向けた提言。国際関連学会の動きも活発化（EIMI等）。
- B. 欧州に於ける数学の人材育成連携のとりくみ（ECMI）（発展途上国出身者をふくむ人材育成等）⇒経済大国である日本の取り組みの遅れ。
- C. 欧米、カナダ、オーストラリア、中国等における数学と産業界との連携の取組の活

- 発化（Study Groups with Industry が頻繁に開催されていること）、MITACS（1999年
以来の連携研究・人材育成の継続的取り組みなど）⇒日本での組織的取組の遅れ。
- D. 欧米における諸科学分野・産業界との連携拠点（研究所等の拠点）設立と、中国、
韓国等のアジアの新興国における数学系研究所の新設ラッシュ、或は、活発化。⇒
日本での同様の取組の遅れ（日本はさらに引き離される危機）。
- E. 欧米などの先進国や中国をはじめとする新興国における数学研究への投資の大幅な
拡大。⇒日本における数学研究への投資の低さが顕著。

【参考】

* OECD/GSF “Mathematics in Industry”

http://www.oecd.org/document/8/0,3343,en_2649_34319_42626653_1_1_1_1,00.html

* EIMI = Educational Interfaces Between Mathematics and Industry

<http://eimi.mathdir.org/>

* ECMI = The European Consortium for Mathematics in Industry

<http://www.ecmi.dk/>

* MITACS= Mathematics of Information Technology and Complex Systems

<http://www.mitacs.math.ca/>

2.1.3 調査結果事項のまとめ

（1）連携・協力の気運の高まり

・諸科学分野研究者における、数学・数理科学との連携・協力へのニーズや期待の存在（①、②）

・産業界における、数学・数理科学との連携・協力への期待の高まり（③、⑤、⑥）

・数学・数理科学界における、諸科学分野・産業界との連携・協力に関する意欲や認識の高まり（⑧、⑨）

（2）国際的な動向

・外国（欧米、中国等）における、数学と諸科学分野・産業界との連携拠点の整備、投資の拡大（⑫、C、D、E）

・数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携・協力による研究を実施するには、国際的に開かれた体制の下、国際的に著名な研究者をはじめ、世界中から優秀な研究者が参画し、交流することが不可欠。（D、E、ヒアリング調査結果等）

（3）日本における状況

・日本において、数学・数理科学界と諸科学分野・産業界との連携・協力をさらに促進するには、各界の関係者が集結し、交流する物理的な「場」が不可欠。（⑨、⑬、ヒアリング調査結果等）

・数学・数理科学界において諸科学分野・産業界との連携・協力に必要な能力を有する人材（特に若手）を育成するためには、数学・数理科学界のみならず、諸科学分野の学術界・産業界の協力が必要。（⑨、⑬、ヒアリング調査結果等）

・これまでの連携・協力により培われた国内の資源（人材、経験など）を最大限に活用することが重要。（⑧、⑨、⑪、ヒアリング調査結果）

(上記において、参考のために付した①、②、A、B、等は第2節の項目2.1、2.2における番号・記号である。)

2.2 政策提言

本調査・検討の結果のほか、過去の調査提言、国際的な動向等に鑑み、わが国が抱える重要課題を解決するために必要な数学・数理科学研究の振興とその諸科学・産業界との連携推進のため、国が実施すべき具体的施策として、以下の**PP1-PP5**の実施を提言する。

【政策提言】

PP1 文部科学省は、**数学・数理科学と諸科学分野及び産業界との連携の研究拠点形成を行う。**(① - ⑥、⑧、⑨、⑪ - ⑬、A、D、E)

なお、**拠点の使命**については、次節の冒頭に述べることとする。

① 拠点の形態

公募により、研究拠点を複数選定する。選定される拠点の形態としては、数学・数理科学系の研究者が全国に比較的散在していることから、例えば、数学・数理科学系の大学をハブ機関としつつ、他大学や公的研究機関と協力し運営する連携型・ネットワーク型のものが想定される。

② 拠点の活動期間

数学・数理科学の持つ普遍的性格から、ある課題の解決のための研究において得られた数学・数理科学的知見が、その後全く別の分野の課題の解決に繋がる可能性も高く、異なる分野間での数学・数理科学的知見の共有・相互利用を図ることにより幅広い分野における課題の解決や爆発的な応用に貢献し得る。そのため事業実施期間は、適宜実施される中間評価等の結果を踏まえつつ、10年間程度とすることが望ましい。

③ 拠点の数

研究拠点の設置形態、運営方法、活動内容については色々な選択肢が考えられ、複数の拠点を設置して複数の選択肢を実践することが、日本の数学を巡る状況に相応しい拠点の在り方を探る上で適切である。また、拠点間で適切な競争を促す観点からも拠点を複数設置することが望ましい。

なお、拠点の選定にあたっては、短期的な選択と集中を加速させるのではなく、長期的視野に立ち、日本全国の関連研究者の意欲と多様な発想を十分に汲み取れるよう十分配慮した全国公募を行うことが必要である。

④ 拠点の経費

拠点の活動に必要な経費については、数学研究のスタイルに即した年度間均等配当に近い措置とする。必要な経費の項目としては、人件費、旅費、会議開催費、文献購入費等が必要と考えられる(下記の【参考：必要経費項目案】を参照)。

⑤ 拠点の運営

事業実施期間中に適宜、各拠点の研究成果と国際競争力を評価することにより、必要に応じ、最も望ましい運営方法に軌道修正していくこととする(評価方法については、数学・数理科学の特性を十分に踏まえ、研究者コミュニティと連携して適正なシステムを構築し実施する。)

また、事業実施期間後は、各拠点の活動実績等を踏まえ、東アジア・環太平洋地域のハブとなる国際的な共同利用研究組織・機関とすることも含め、必要な方策を検討すべきである。

PP2 文部科学省は、科学技術振興機構（JST）の戦略的創造研究推進事業の**発展的継続**により、社会的ニーズの高い課題の解決を目指した、数学・数理科学と諸科学分野との連携研究への重点的集中対応を図り、その確固たる基盤を構築する。（①、②、⑧、⑨、⑪、⑫、A、E）

PP3 数学の基盤的研究及び、数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携の強化等、数学・数理科学に関する研究の継続的かつ更なる振興を目的とし、**文部科学省内に数学・数理科学専任の課・室の設置を図るとともに、専門官等を配置**する。（④、⑤、⑦-⑬）

PP4 文部科学省は、重要課題解決に必要な研究者の育成と確保のため、経済産業省、厚生労働省等による出口指向の研究振興との整合性・効率性を配慮しつつ、あるいは共同で、国、学术界・産業界を通じた主導的な**研究人材育成会議**の設置等、**産業界の数学・数理科学における共同研究支援及び数学系博士のキャリアパス形成の側面的支援**を行う。（③ - ⑤、⑦ - ⑨、C）

PP5 文部科学省は、数学・数理科学及び、その諸科学・産業との連携の重要性に鑑み、総合科学技術会議と協力・連携して、**第4期科学技術基本計画等において数学・数理科学の振興の重要性の明記**に努める。（① - ⑬、A）

（上記において、参考のために付した①、②、A、B、等は第2節の項目2.1、2.2における番号・記号である。）

【参考：研究拠点の必要経費項目案】

- ・ 国内外の研究者旅費・滞在費（国内研究者旅費・長期滞在費、外国研究者旅費、著名外国研究者長期滞在費、若手外国人研究者滞在費等）
- ・ 事務職員・テクニカルスタッフ雇用
- ・ ポスドク等の雇用
- ・ 活動経費（講義録等の出版、広報、会議開催のための施設借り上げ費等）
- ・ 年次プロジェクトへの招聘参加のために本務先を長期不在にする場合のリプレースメント雇用費用
- ・ 文献アクセスのための設備費
- ・ 文献購入費
- ・ 大学院教育の交流事業、キャリアパス構築のための事業費

2.3 政策提言 PP1 の研究拠点についての詳細事項

本節は、第2節 **PP1** で提案した、**数学・数理科学と諸科学分野及び産業界との連携の研究拠点の形成**についての詳細を述べるのが目的である。ここでは、研究拠点がなすべきこと、運営方法の案、拠点に対する期待、そのあるべき将来像等を順次述べて行く。

2.3.1 拠点の使命

以下の4つのイノベーションを導くための鍵となる課題解決型テーマを掲げ、諸科学研究者、産業界の研究者と連携し研究を進める。(詳細は、後述。)

○グリーン・イノベーションの源泉となる研究

(地球温暖化対策のために、生活・地域社会システムの転換や新産業の創出を図ることにより、経済成長の原動力となる)

○ライフ・イノベーションの源泉となる研究

(予防・予測、診断・治療技術の革新、創薬、生命科学研究の革新的促進)

○ライフエンリッチング・イノベーションの源泉となる研究

(エンターテイメント等における疑似現実の描写に関わる技術の基本的コンセプトの起源は数学。具体的には、画像・動画処理や画像認識等の現実のものモデル化や、ビジュアル化、建築設計への応用、さらにはバーチャル化。ただし、これは、グリーン・イノベーション、ライフ・イノベーションに、そして科学・技術の根幹に関わる大きな主題となる)

○情報通信・セキュリティ、ナノテク・材料、ものづくり技術等におけるイノベーションの源泉となる研究

(すでに明示的な形で数学・数理科学的手法が入っている、或は入りつつある製造技術におけるイノベーションと数学活用によるスマート・テクノロジー)

ただし、上記でいうところのイノベーションに関しては、汎用性・普遍性が特性である数学によって統一的な扱いが可能であるため、見かけ上異なる様々な課題に対しても共通の視点から課題解決を目指すことが可能となる。したがって、幅広い研究分野を共通して支える数学・数理科学的アプローチの強さを発揮することが重要である。

2.3.2 研究拠点の設置

(1) 拠点の形態

公募により、研究拠点を複数選定する。選定される拠点の形態としては、数学・数理科学系の研究者が全国の大学に比較的散在していることから、例えば、ひとつの数学・数理学系の大学や大学内機関または公的研究機関(独立行政法人、大学共同利用機関等)をハブ機関としつつ、いくつかの数学・数理科学系の他大学や諸科学分野の大学や公的研究機関が協力し運営する連携型・ネットワーク型のものが想定され、規模としては2機関程度の相互連携から全国数カ所規模のものまで、**地域・運営形態等に鑑みて多様となる拠**点が存在することが望ましい。さらに、各拠点は、その拠点活動に相応しい拠点名を命名し、**国内外の研究者、産業界、国民・社会からの認知**を得

やすくすることが必要である。(たとえば、「数理科学インターディシプリナリー研究拠点」「数学キーテクノロジー研究拠点」「産業技術数理連携研究拠点」等。)

(2) 拠点の活動期間

本事業実施期間は、適宜実施される中間評価等の結果を踏まえつつ、10年間程度とすることが望ましい。理由は以下の通りである。

・「第2節政策提言」で述べたように、数学・数理科学の持つ普遍的性格から、ある課題の解決のための研究において得られた数学・数理科学的知見が、その後、全く別の分野の課題の解決に繋がる可能性がある。したがって、異なる分野間での数学・数理科学的知見の共有・相互利用を図ることにより幅広い分野における課題の解決に貢献し得る。(10年間においてどのような進展をみせるかについての例示は、巻末「数学・数理科学に対して期待する他分野研究者の研究領域分布」を参照。)

・数学・数理科学における研究は、一般にはスパンが長いこともあり、そのため、本委託事業における公募要領においても、10年程度継続できる教育・研究スキームとそれを可能とする環境整備の提示が例示として挙げられている。

なお、本事業による研究拠点の活動期間を10年間程度とし、諸外国のように一気に研究所の設置を提言しない理由は以下の通りである：

- ① アジアの近隣諸国(中国、韓国、台湾、シンガポール等)において、数学・数理科学の研究所が、近年急速に設立された。しかしながら、日本の経済事情が好転しないなか、建物の新設を伴う同様の研究所を拙速に設立するよりも、様々な形態の研究拠点形成活動を通し、国際的に最も真価が発揮できるような恒常的研究機関・研究所のあり方を模索する方が現実的である。
- ② 過去100年程度を振り返れば、日本における数学研究は、地理的にも全国にわたり、そのレベルもアジアでは群を抜いて高い。したがって、戦略的に考えたとき、東アジア・環太平洋地域のハブ研究機関として設置されるべき恒常的研究機関・研究所については、少なくとも設置場所、運営形態等について十分な検討が必要である。

(3) 複数の拠点の必要性

数学・数理科学と諸科学分野との連携による課題解決型の研究拠点の設置形態や運営方法、活動内容については色々な選択肢が考えられ、複数の拠点を設置して複数の選択肢を実践することが、日本の数学を巡る状況に相応しい拠点の在り方を探る上で適切である。また、拠点間の適切な競争を促す観点からも、複数の拠点を設置することが望ましい。

さらに、数学・数理科学研究では、図書等のインフラを別にすると、研究設備に依存することが少ないことから、日本全国の研究者が、常には一カ所に集まる必要は少ない。その一方で必要なときに集まり、議論する場が必要である。その意味で、日本全国に比較的散在している数学・数理科学研究者が集まる拠点は、日本全国に1カ所とするよりも、複数とし、ある程度分散しておく方が、効率が良い。

2.3.3 研究拠点の具体的活動の例

(1) 運営方法の例

以下に、研究拠点の具体的な運営の例を示すこととする。なお、各拠点における実際の運営方法は、当該拠点の形態や規模等に依存するものである。

① Committee (拠点運営委員会) の設置

各拠点には拠点長をおくとともに、**運営の核となる Committee を置く**。Committee は、次項(2)で述べる期待される主な活動などの拠点活動のすべてに責任を負い、意思決定を行う権限を持つ。Committee は、**学术界(数学・数理科学研究者を含む)や産業界の研究者からなる10名以上程度のメンバーにより構成され、海外からの著名研究者もメンバーとして含むものとする**。また、Committee memberのうち、数学・数理科学系の研究者から一名、その他から一名を選出し副拠点長とする。

② (外部) 有識者委員会の設置

さらに(外部)有識者委員会を組織する。有識者委員として、多様な分野・産業界からの国内有識者に加え、海外の研究所(応用数学、産業数学、情報・計算機科学などの数理関連諸科学、企業内の研究所等)の研究所長等経験者等を若干名招聘する。有識者委員は運営等に関し、助言や協力を行うものとする。

③ [その他] 拠点間の連携協力体制

拠点間の連携協力体制を確立するために、各拠点を統括し拠点間の総合調整を行う者を配置するなど、拠点長の適期的連絡会議が円滑に行えるような措置をとる。各拠点は、互いに切磋琢磨しつつ、同時に、いくつかの拠点がその運営・活動方式等の特長からまとまることにより一つないし二つの拠点集合体(センター)を形成する。とくに海外および社会に対しては、センターとして情報を発信するなど、それぞれを**数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携研究における日本を代表するセンターとして機能させる**。また、全拠点を一つの数学連携センター、或は、機構として機能させる方策も検討事項である。そのためにも、次節における数学・数理科学コミュニティへの提言にある「(NPO)数学・数理科学連携機構(仮称)」との関連を明確にして行くことが重要である。

(2) 期待される主な活動の例

以下に、研究拠点において期待される具体的な活動例を示すこととする。なお、実際の活動内容は、その拠点の形態や規模等に依存するものである。

① 諸科学分野・産業界とのコミュニケーションによる潜在的ニーズの探索・発掘

諸科学分野や産業界との連携による課題解決型研究を実施するに当たっては、連携の相手方である諸科学分野や産業界の協力が必要であることは言うまでもない。しかし、数学・数理科学以外の諸科学分野や産業界においては、数学・数理科学を専門とする(或は、数学・数理科学をバックグラウンドに研究者となった)人材が不足しているのが実情である。そのため諸科学分野や産業界側においては、自らの研究開発活動や設計・生産をはじめとする事業活動が、数学・数理科学的知見に立脚しており、

自らの抱える課題が数学・数理科学者との連携により解決される可能性があるという認識が定着しているとは言い難い。それ故数学・数理科学との連携のニーズが潜在的にはあるにも拘らず、それが意識されていないことも多々あると考えられる。そこでこれらの潜在的ニーズ（諸科学分野・産業界における数学・数理科学との連携の潜在的ニーズ）を探索し、発掘するための措置を、既に数学的手法を自らの研究に採り入れている研究者等からの協力も得つつ、数学・数理科学者からの積極的な働きかけにより講じる必要がある。

具体的には、以下のような活動が考えられる。

○諸科学分野や産業界を対象としたセミナー、講習会、ワークショップ等の開催

- ・数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携事例の紹介
- ・諸科学分野・産業界が抱える課題の整理
- ・数学・数理科学的課題の抽出、共同研究テーマの設定

○数学・数理科学的な技術相談窓口の設置

- ・諸科学分野・産業界が抱える課題のヒアリング、整理
- ・数学・数理科学的課題の抽出、共同研究テーマの設定
- ・関連する数学・数理科学等の研究者の紹介

また、社会に対し、拠点活動への理解を深めるために積極的な広報活動の実施にあたる。

②連携研究の実施

A) 年次プロジェクト (Special Year)

年次プロジェクト (Special Year) を、各年、1 ないし 2 程度定める：テーマは（限られた人々によるグループ研究等の）個別的研究課題とならないよう、**重要課題の解決型のテーマを目指しつつ、適切なスケールを有し普遍性のあるものとし、様々な発展の可能性を受容**できるものとする。そのため、テーマの選定にあたっては、それが、諸科学分野、産業界と連携し、長期的かつオープンに研究の推進が図れるものかどうかなども考慮し、Committee は外部有識者ほか、必要に応じて別に選定する拠点外の有識者等の意見を聴取し、審議の上決定する。テーマ候補の推薦は、広く学术界、産業界に求め、外部有識者の意見等も取り入れながら選定する（テーマ案の設定に関しては、後述する【参考】の項を参照）。なお、年次プロジェクトの設定は、緊張感の保持と多様なテーマ選定の必要性から原則 1 年とするが、その後も、成果を挙げるために、様々な形で継続する。例えば、年次プロジェクトのテーマを基に始まった共同研究について、年次プロジェクト終了後も支援し、必要に応じて短期プロジェクト（下記の B）を参照）として拠点活動に盛り込むことが考えられる。

下記の 5. (2) JST の戦略的創造研究推進事業「さきがけ・CREST」との関係の項も参照。)

a) Committee は、年次プロジェクトとして制定されたテーマにしたがって、（年次ごとの）**年次プロジェクト運営委員**を選定する。運営委員には世界の研究トップリーダー（数学・数理科学コミュニティからのみならず、テーマに沿った他分野・産業界からの研究者を同人数程度）を招聘し、ある程度長期的（あるいは頻繁）な滞在を

要請する。Committee メンバーの若干名も加えた**年次プロジェクト運営委員会**は、月間・週間重点プログラム等を制定しつつ、年間を通して行うワークショップ、研究集会、シンポジウム等を企画・運営する。なお、ワークショップ、研究集会はオープンとする。講演者には、一線で活躍する研究者を国内外の大学、研究所、産業界から招聘する。「見える化」のため、さらに国民への説明責任を果たすために、市民向け講演会の開催やホームページでの情報発信を通じて、拠点での活動内容（何を解決しようとしているのか？そこでは、どういう数学が重要となるのか？等）を積極的に発信する。

- b) Committee は、年次プロジェクトにおける共同研究のために長期滞在する研究者等に関しては、国内外のリーダー的研究者の招聘のみならず、国際的な公募等を行いながら選定する。共同研究に参加する国内の研究者、大学院生のための研究経費、給与、リサーチアシスタント経費、奨学金等を準備する。また、欧米では頻繁に行われている、リプレースメント・バイアウト制度（本務地を離れてプロジェクトに長期滞在する国内大学教員等に対する本務地での補完教員の雇用）の確立を経費面から支援する。
- c) Committee は、年次プロジェクト終了後、成果報告とテーマに関係する将来展望についての討論等を行うため、公開シンポジウムを開催する。（拠点間合同シンポジウムとするのもよい。）

B) 短期プロジェクト

1週間から1ヶ月以内程度の短期のプロジェクトを実施する（年次プロジェクトとは独立であるが、過去の年次プロジェクトから始まった課題も可）。公開の研究集会等の開催のほか、共同研究の機会を提供する。なお、研究テーマおよび研究代表者等は、広く提案を募り、Committee で審議し決定する。**提案は、数学・数理科学コミュニティと諸科学分野、産業界からの共同提案を原則**とする。ただし、前者あるいは後者のみからの提案も選定することもできるものとする（その際には、十分に他の協力を掘り起こすことができると期待されることが必要である。ただし、協力要請等については、必要に応じて、Committee が助言を与えるなど拠点が支援する）。また、Committee は、テーマの特性等に鑑み、必要に応じ、中期（3ヶ月）以内程度にわたる研究プロジェクトを企画する。

③ 連携研究に必要な人材の育成

数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携研究を進める上で必須となるのが、その間の橋渡しをになう人材（インタープリター人材、及びコーディネータ人材）である。そのような人材は、諸科学分野や産業界において課題となっている現象の解析や技術に潜む数理的課題を抽出し、研究テーマの設定に繋げるとともに、研究の実施にも関与できる能力を有することが期待される。これらのインタープリター人材やコーディネータ人材を、②の連携研究への参画という実践を通じて養成する。

④ 若手研究者の育成

ポスドクを雇用し、ワークショップ等への参加、共同研究などを通じて育成する。国

内のみならず海外、とくにアジアからの若手研究者を公募により採用する。なお、必要に応じ、ポストドクを、研究集会出席や共同研究のために国内外へ派遣するほか、研究経費を支給する。

- a) 産業界における基礎技術などに関し公開ベースで共同研究が可能である等の未解決課題に関し**スタディ・グループ**を企画・運営する（合宿形式等も取り入れる）。
- b) 大学院生の教育を念頭においた（**モデリング合宿などの）サマースクール、ウィンタースクール**等を開催する。国内外から、一流の研究者を講師として招聘する。大学院生の専攻は問わないが、推薦・公募などで選定する。
- c) 一般参加による、テーマを定めた**数理技術チュートリアルセミナー**等を行う。

これらのイベントの開催テーマと講師については、Committee で定めるほか、国内外の大学・産業界からの要請に応える形で行う。また、各イベントにコーディネータを置き、円滑な運営をはかる。これらの活動を通じて大学院生のトレーニングをおこない、とくに**研究・開発における多彩なキャリアパスの確立**に努める。また、諸科学分野や産業技術における数学の可能性に対し若手研究者の目を開く機会とする。

⑤ 国際的な人的ネットワークの確立

拠点同士の連携の上で、海外研究機関等との連携事業を積極的に推進し、そのために研究者の派遣をおこなう。すべての活動を通し、**国際的な人的ネットワークの確立**を目指し、国際的には遅れ気味の、数学と諸科学・産業連携の推進をはかる。

⑥ 研究支援

A) 異なる研究課題間の知見の共有や相互利用体制の構築

数学・数理科学の持つ普遍的性格から、ある課題の解決のための研究において得られた数学・数理科学的知見が、その後、全く別の分野の課題の解決に繋がり、爆発的な応用を生む可能性がある。このため、ある連携研究により得られた数学・数理科学的知見を拠点全体で共有し、異なる分野間で相互利用できるような体制を構築する（数学・数理科学との連携による課題解決型研究のデータベースの構築・運用等）。これにより幅広い分野における課題の解決に貢献することが可能となる。

B) 研究者情報の共有体制の整備

諸科学分野や産業界からの技術相談に迅速かつ的確に応じるため、全拠点に亘る研究者情報（専門分野、実績等）を共有できるような体制の整備（研究者データベースの構築・運用等）も必要である。

C) 文献閲覧等の研究インフラ整備

現在、中規模大学等で未整備となっている**文献閲覧等の研究インフラ整備の拠点**となる（広い意味で拠点の研究活動に参加する研究者への文献閲覧を保証する）。

D) その他研究支援業務

研究者の招聘・滞在、共同研究等契約の締結、セミナー、講習会、ワークショップ、研究集会、シンポジウム等の準備（英語でのやり取りを多く含む）、経理事務等、**研究**

支援のための事務職員・テクニカルスタッフが必要となることは言うまでもない。

(3) 産業界との連携による課題解決型研究において期待される主な活動の例

特に、産業界との連携による課題解決型研究において必要となる拠点の活動内容の例は、以下の通り。

- ① 拠点においては、産業界（日本のみならず海外企業も含め）との交流促進事業（産業界を対象としたセミナー等の開催による数学・数理科学と産業界との連携事例の紹介、講演会の講師の依頼・提供、インターンシップのマッチング、知的財産権についての対応等を含め）を推進する。とくに、産業界での研究を目指すポストドク等を、共同研究遂行のために企業等に長期派遣し、新しいキャリアパスの創出につなげる他、テクノロジー・トランスレーターの育成も図る。
- ② 拠点活動に参加する博士課程在学学生に対しては、休学等を措置し、一年程度の企業インターンシップに参加できるような、枠組みを提案する（休学による不利等が生じないための方策、インターンシップにかかる費用等の措置等）。
- ③ 拠点では、共同研究計画内容を固定した上での契約（拠点あるいは個人研究者と企業の契約）に基づく共同研究のみならず、**双方向かつ発展的・継続的な共同研究**を積極的に推進するため、研究員の雇用や知財などをめぐる案件で柔軟な取り扱いが可能な体制をとる。
- ④ 拠点では、企業側一社の参加を原則として、当該企業から提示された課題の解決を拠点のしかるべき研究者達で目指す、公開ではないワークショップ "Study group in house" の実施も支援する。拠点側の参加者は、大学院生、ポストドクを含む研究者であり、コーディネータが企業側の条件等も勘案して選定する。

注意：拠点間の相互協力および数学・数理科学コミュニティとの協働で行う事業（顕彰事業、教育方法開発等）については次節に述べる。

2.3.4 将来の計画

(1) 10年後の期待される姿

研究拠点による活動を10年間程度継続実施した後に達成されていることが期待される成果等を以下に述べる。

① 連鎖的な課題解決への発展

年次プロジェクト、短期プロジェクトによる課題解決とともに、数学・数理科学の特性（問題の解決が次の問題の起点となる、一つの問題解決が全く別物に見えていた他の問題の解決の糸口となるなど：このことは、まさしくイノベーションの源泉たる数学の特性といえる）による長期的、連鎖的な課題解決の連なりが生まれる。

課題解決の例は以下の通りである。

<課題解決例1（国際的競争力の確保）>

情報通信、ナノテク・材料、ものづくり技術などの国の国際的競争力の源泉となる課題に関わる諸科学分野・産業界の研究者と数学・数理科学者との協働により、これらの分野を支える基礎科学・技術の戦略的展開が図られ、それを推進す

のための国家的な研究体制が構築できる。

<課題解決例2（国民の安全の保証）>

長期的視点から国の施策として不可欠な国民の安全を保証する技術（たとえばITセキュリティ、カタストロフィックな現象（台風のような気象問題、経済問題など）を予知・回避することを可能とする数理的リスク管理モデルなど）が生み出され、実社会に応用される。

<課題解決例3（生命科学・医学の進展）>

統計科学、ビジュアライゼーション、最適化などの多数の数学・数理科学分野の協力・融合を必要としている生命科学・医学の分野で、新たな数学的知見が生まれ、さらに生命科学・医学分野に新たな進展をもたらす。

② 諸科学分野・産業界との連携研究態勢の構築

スタディ・グループ活動などの拠点活動を通じて、数学・数理科学界と産業界・他分野研究者と太い不断の交流関係が確立される。これらにより、より普遍的・体系的な研究態勢がわが国に構築される。また、国際的に遜色のない諸科学分野・産業界との連携研究の研究インフラが構築され、諸科学の学术界および産業界の要望にも迅速かつ円滑に対応できる枠組みが実現できる（現時点では、共同研究を行う際にも、課題・問題への直接的取組（実際の研究）開始までに相当の時間を要する。

③ 連携研究に必要な人材（インタープリター、コーディネータ人材）の輩出

数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携研究の継続的实施を通じて、このような研究を実践できる人材、数学・数理科学と諸科学分野・産業界との橋渡しを担い、諸科学分野や産業界の課題から数学・数理科学的課題を抽出し、研究テーマの設定に繋げる等の活動を行う人材（インタープリター人材、コーディネータ人材）を輩出する。これにより、諸科学分野や産業界との連携研究を国際的に先導するのに十分な数学・数理科学研究者が輩出される。

④ 若手研究者の新たなキャリアパスの開拓

数学・数理科学研究から出発した若手研究者に、諸科学分野・産業界との連携研究への参画を通じて、ブレイクスルーに挑む機会を提供し、これを契機とする産業界等への新たなキャリアパスを拓く。

⑤ 国際的な人的ネットワークの確立

共同研究に加えスタディ・グループ活動などを通じて拠点に海外の優れた研究者を多数受け入れ、また拠点から海外へ国内研究者を多数派遣することで、知的科学・技術潮流を具体化し、これを基盤とする国際的な人的ネットワークが確立する。

⑥ 次世代の数学・数理科学への関心の注目

諸科学分野・産業界との連携研究の「見える化」を通して、当該研究活動の有用性を広く社会に示し、次世代の数学・数理科学への関心を集め理解を得ることにより、さらなる優秀な研究人材確保と研究活動の展開が期待できる。

⑦ アジア共通の課題の解決

アジア共通の課題、たとえば、(i) 巨大人口・高人口密度化の人口問題、食糧・水・資源問題、感染症対策のような社会科学的問題、(ii) 欧米主導下での経済数理モデルに対するアジア指向の数理モデル、(iii) 黄砂、砂漠化、台風のようなアジア特有の気

候問題、などアジア共通の課題解決に資する研究開発を主導する。

(2) 10年後の恒常的研究組織・研究所の設置に関して考えられる形態等

(1) で示したような目標を目指して研究拠点による活動を実施した後、各拠点の活動実績も踏まえ、世界に開かれた国際的な共同利用研究組織とすることが考えられる。その組織の形態としては以下のようなものが考えられる。

- ① ハブを大学等の既存の教育研究機関におき、全国複数箇所にまたがるネットワーク型の研究所。
 - ② 京都大学数理解析研究所、統計数理研究所のような全国共同利用の研究所を、新たに大学等に設置。
 - ③ 理化学研究所や産業総合技術研究所などの内部に設置する研究所。マックス・プランク協会やフラウンホーファー協会のような組織のなかで運営する研究所。文部科学省を超え、省庁合同の下に設置することも国家戦略として必要かもしれない。
 - ④ 国と産業界との共同出資による、半官半民の産業数学研究所。
 - ⑤ アジア諸国の共同出資によるネットワーク型研究所。(ハブは日本に置きたい。)
- ※ なお、既存の京都大学数理解析研究所や統計数理研究所、各大学の数学・数理科学系の組織(学科、研究科、研究センター等)との適切な協力関係の構築を通じて、日本全体の幅広い数学・数理科学研究・研究者の有機的連携が図られるよう、配慮することが必要である。

・以上は、多数の常勤研究者を置く研究所を想定したものである。その他、以下の組織等も考慮する。

- ⑥ ドイツの Oberwolfach、カナダの Banff Research Station、のような訪問研究者による合宿型研究所。
- ⑦ IPAM (米カリフォルニア)、 IMA (米ミネソタ)、IMS (シンガポール)、アジアでも、新設された韓国・太田の NIMS、台湾の NCTS 等の、常勤としては所長、副所長とテクニカルスタッフ、事務職員のみを置く、訪問研究者のための研究所。ただし、これはインフラ設備が整い常勤研究者がいる大学等の教育研究機関をホスト機関とするか、あるいは、(ホスト機関をもたない) 独立研究所であっても、協力が十分得られる大学キャンパス近隣に設置することが望ましい。

2.3.5 その他

(1) 京都大学数理解析研究所、統計数理研究所だけでは機能を果たすことが不十分である理由 (既に記述したことに加えて)

- ① 京都大学数理解析研究所は、世界に冠たる数学研究所であり、その運営・活動形態や人員・研究分野等から見て、現在の活動を継続するには、現在のスケールの研究者の配置が不可欠である。このため、ここに新たに諸科学分野・産業界との連携研究の拠点機能を単純に負荷させることは、難しい。
- ② 数学の研究所には、ある意味での静けさ(社会的な観点からみたときの)が必要である。一方、特に、産業界との連携による数学等の研究では、多くの社会的課題を

持ち込む、別のアクティビティが必要となる場合が多い。その意味でも、数理解析研究所に産業界との連携研究の拠点の全ての機能を持たせることは難しい。

- ③ 統計学の守備範囲の拡大と高まる需要から、統計数理研究所の拡充もあり得る。しかし、数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携研究の促進を考えるとときには、基礎を統計学におくものばかりではなく、極めて多様な数学を基礎とすることが前提となるため、統計数理研究所とは別の拠点の形成が必要である。

(2) JST の戦略的創造研究推進事業「さきがけ・CREST」との関係

第1章第1節「基礎認識」で述べたとおり、JST の戦略的創造研究推進事業における「数学と諸分野との協働によるブレークスルーの探索」は、諸科学分野において新たな視点を生み、数学においても新たな展開を生み出しているのみならず、数学・数理科学者に、諸科学分野との共同研究やポストクの雇用による研究運営等の新たな経験を積ませる極めて貴重な機会となっている。今後も継続的に数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携研究を実施できるような基盤や体制を整備するためには、本事業の発展的継続により、連携研究に参画できる能力を有する人材の層をより厚いものとし、連携研究の確固たる基盤を構築することが必要であることは言うまでもない。

また、戦略的創造研究推進事業の研究テーマとしては、政府の新成長戦略（基本方針）（平成21年閣議決定）にも掲げられている、グリーン・イノベーション、ライフ・イノベーション等の課題解決型の研究テーマを設定することや、数学・数理科学の普遍的性格（様々な分野の研究開発において共通で用いられる基盤としての性格）を活かし、例えば、「数学による新たな21世紀型社会デザインの探索」「新たな社会基盤創成と数学」「様々な自然現象や社会現象の予兆の解明」等、幅広い分野の問題解決を可能とするようなテーマを設定することが考えられる。さらには拠点の年次プロジェクトにより始まったテーマの中から、その進捗状況や学术界・産業界からのニーズ等を勘案して選ばれた、核となる具体的課題をテーマとすることも考えられる。

なお、戦略的創造研究推進事業の研究グループは、拠点の研究活動に参加している若手研究者の中から必要なポストク等を見出すことができ、また、その研究の成果を、拠点における様々な研究にフィードバックさせることが可能となる。

2.3.6 参考：研究拠点の使命と研究課題の例

数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携研究の拠点の使命は、数学を活用することによって以下のイノベーション創生を図ることである：

- (a) グリーン・イノベーション（数学・数理科学の活用による社会システムや社会インフラのスマート化も含む）
- (b) ライフ・イノベーション（安心・安全のためのイノベーション創出も含む）
- (c) ライフエンリッチング・イノベーション
- (d) 情報通信、セキュリティ、ナノテク・材料、ものづくり技術等におけるイノベーション

(1) 諸科学分野との連携研究拠点の場合

(a) グリーン・イノベーション

- ・地球温暖化等の地球環境問題、資源等のエネルギー問題等、予め設定されている人類的課題に対処するための数学的手法の研究と課題解決研究をテーマとする。
- ・アジア特有の問題としての黄砂ならびに気候変動や焼畑農業などによる森林消滅や砂漠化防止のための予知の数理手法の研究・創出。
- ・非破壊検査技術の数理手法：最適化や逆問題の手法により、製造業などのプラントの適切な管理によって大幅なコスト削減と低炭素社会を目指す。
- ・数理工学的な最適化手法による河川全体の水量管理などでダムの効果的な利用に役立てるといった水理学への数学手法の適用。
- ・製造業における数理手法による生産ラインの効率化とコスト削減による「安くて優秀な」日本製品の国際競争力の確保と強化。

(b) ライフ・イノベーション

- ・ゲノム情報解読による予防医学ならびにオーダーメイド治療のための数学手法の開発と応用（ゲノム情報解読のための最適化、逆問題手法）。
- ・地震、津波、大型台風等の自然災害時への対処、感染症対策、病院業務等で必要となる手順の数学的モデル化（リスクモデリング、数値解析）。成果例：コスト削減や治療の向上。
- ・ライフ・イノベーションにおける画像診断、生命科学分野での基本概念の数理モデル化を通しての定式化等、諸科学分野における研究で不可欠となる画像・動画処理や現実のもののモデル化。
- ・コンピュータによる対象認識経路のロボット手術。
- ・制御工学に基づく人に優しい数理工学モデル（介護ロボット、運動補助器具など）をテーマとする研究。

(c) ライフエンリッチング・イノベーション

- ・エンターテイメントーCGー画像プロセッシング
- ・夢を育み、心を豊かに創造性豊かに暮らすことができるための社会を実現するためのエンターテイメントのためのコンピュータ・グラフィクスなどの開発のためのイメージ構成や復元のための数値手法。原理的な発展を支える調和解析的研究。

(d) 情報通信、セキュリティ、ナノテク・材料、ものづくり技術等におけるイノベーション

- ・マルチスケール・モデリング、マルチスケール・計算アルゴリズム：核融合プラズマ、材料、土壌など、巨視的挙動に及ぼす微視的挙動の影響を最適に評価し、現象の制御に対してより有効な物理モデルを構築すること。
- ・人工衛星からの画像処理、資源探査の際の画像処理、自動車などの自動運転のための対象物の自動認識、セキュリティに関わる画像認識（フェース・リコグニッション）。
- ・コンピュータによる社会科学における種々の課題に基づくテーマ設定。例えば、アジア諸国共通の課題として、巨大人口・高人口密度化の人口問題、年金問題のような

社会科学的問題の解決のための予測理論や最適化理論の研究。

- ・国民の安全・安心のための技術（例えば IT セキュリティ）ならびに台風のような気象問題や経済問題などカストロフィックな現象を予知し、その回避を可能にするための数理の追及。さらに踏み込んだ、統計学を駆使した予兆数理の研究。
- ・量子計算機の実現、量子暗号等の開発研究と利用等に関する、将来の社会への応用をみずえた総合的研究をテーマとするもの。
- ・テロ対策などの安全確保のため画像復元技術（防犯カメラ、指紋認識など）。
- ・非破壊検査技術の数理手法：発電所のプラントなどのメンテナンスの数理手法による技術の向上によって、現行の施設のより長い安全な操業を目指す。

以上の使命を達成するためには、各課題に必ずしも限定されない幅広い知見が要求されるが、そのために諸科学分野の研究者として連携して研究を進めることが必要不可欠な課題としては以下がある：

- ・経済系、生命科学系、物質科学系、医療系など、研究分野・研究領域を定めたテーマ設定。
- ・経済理論と理論物理との類似等に着眼した、分野横断型のテーマ設定。
- ・計算科学の諸問題の総合的研究。文部科学省が進める、革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラの整備にも関連する。代数計算と数値解析の併用によるハイブリッド計算の効率化。

(2) 産業界との連携研究拠点の場合

以下のテーマは、数学的には共通点も多い。その意味でも、相互に関連させて年次プロジェクトとして企画することが有効であり重要である。また、諸科学分野との連携研究のミッションの課題と深く関連しているものもあるが、比較的短期間で実用化を目指すことが想定されているものも多い。しかし、一旦解決されると、新たに需要が現れ、そのため新しく解決すべき重要課題が生まれるであろう。課題の次の括弧は想定される数学手法である。

(a) グリーン・イノベーション

- ・多数散在する小規模なエネルギー源を効率よく利用するための全体システムの効率化（最適化手法）。製造業におけるコストの削減にもつなげる。
- ・製造業におけるスマート・テクノロジー創生により、設備の機能最大発揮による省エネルギー（二酸化炭素ガス低減）とコスト削減の両立。
- ・供給システム全体の運用効率の向上実現のためのアルゴリズムならびに最適化問題：流通・物流、生産スケジュール、商品在庫管理、原料調達、運輸・輸送、ガス電気等の供給、価格設定等（離散・連続型の最適化問題：統計学、解析学）。成果例：各種ビジネスの最適化。
- ・運輸・航空業界等での業務管理：機体の配置・割り当て、燃料の調達、乗員のスケジュール、料金設定、サービス管理など、ロジスティクスに関する課題等。成果例：航空会社における戦略的オーバブッキングを実行するため、(予約をしながら連絡もせ

ず搭乘しない) ノーショーの確率予測アルゴリズムの開発 (離散数学、確率論)。

- ・ 機械工学、とくにロボット設計、水素自動車等エンジン設計等における制御の研究 (制御数学、最適化、統計)。
- ・ 計算機シミュレーションや計算機援用幾何学的デザイン設計による、航空機、ロケット、船舶等の機体設計ならびに製造業での可視化技術の開発研究 (トポロジー、計算数学、数値解法、シミュレーション数学、コンピュータ科学、離散微分幾何)。
- ・ 石油をはじめとする資源探査、気象予測、地震予測等の開発。
- ・ 高炉などの製造プラントの操業診断・制御 (逆問題、微分方程式の数値解析、積分幾何学、統計学)。
- ・ 地震、津波、大型台風等の自然災害時への対処で必要となる手順の数学的モデル化 (リスクモデリング、数値解析)。
- ・ 公益事業に関連して停電防止のための送電網の確立や、ガスの供給等のライフライン確保 (最適化、グラフ理論、ネットワークの組合せ論的研究)。

(b) ライフ・イノベーション

- ・ ゲノム情報解読による予防医学ならびにオーダーメイド治療のための数学手法の開発と応用 (ゲノム情報解読のための最適化、逆問題手法)。
- ・ 感染症対策、病院業務等で必要となる手順の数学的モデル化 (リスクモデリング、数値解析)。成果例：コスト削減や治療の向上。
- ・ ライフ・イノベーションにおける画像診断、生命科学分野での基本概念の数理モデル化を通しての定式化等、諸科学分野における研究で不可欠となる画像・動画処理や現実のもののモデル化。
- ・ 医療器械 (医用画像) の開発。成果として期待できる例：初期癌診断 (MRE=磁気共鳴弾性診断)技術の開発による予防・予測技術の確立。
- ・ 計算機援用分子デザイン的设计。薬品の製造設計など (トポロジー、シミュレーション数学)。
- ・ 医療測定の大規模かつ複合的なデータの迅速かつ定量的な解釈 (パターン認識、データマイニング)。

(c) ライフエンリッチング・イノベーション

- ・ エンターテインメントにおけるコンピュータ・グラフィクス：映画、アニメ、ゲームソフトなど疑似現実の開発における、データ圧縮や画像処理等の数学的技法の研究 (偏微分方程式論、画像解析、調和解析、リー理論)。
- ・ CAD などの建築設計技術の向上

(d) 情報通信、セキュリティ、ナノテク・材料、ものづくり技術等におけるイノベーション

- ・ ナノスケールでの制御問題等、量子力学的効果を利用したマルチスケール手法の研究 (マルチスケール・モデルなどの数学モデルの問題)。
- ・ 顧客認知等をはじめとする効果的な宣伝技術の開発 (確率論、離散数学、数学モデ

ル、数値解析)。

- ・高分子繊維、薄膜の製造過程に関する研究等 (流体力学)。
- ・通信、インターネット、情報セキュリティ、大量の情報の処理・整理や検索に関連したインターネットにおける諸問題 (コンピュータ科学と、数学・統計学)：特に符号化理論、暗号開発、認証手順、知的財産保護等 (代数幾何、整数論)。
- ・金融・保険の研究：リスク分析、管理や株式の評価等、複雑なアルゴリズムの研究など (確率論、統計学)。

2.4 数学・数理科学研究者コミュニティへの提言

数学・数理科学研究界は、国際的にトップレベルの日本の数学研究の伝統を基盤とし、諸科学分野、産業界との連携構築の積極的推進を図る。

【数学・数理科学コミュニティへの提言】

数学関連諸学会に対して以下を提言する。

数学関連諸学会は、その理事等からなる数理科学連絡会 (仮称) を発足させ、数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携の構築とその積極的推進を目的として下記の事業を推進するために、(NPO) **数学・数理科学連携機構** (仮称、以下「機構」という) の組織化をはかる。

機構は、以下を行う。

1. 機構は、数学と諸科学分野・産業界の連携促進に有用と考えられる合同事業などを行う。例えば、学会開催の折に、学生のポスターセッション+企業 R&D のブース (研究者ベース) 設置を要請するなど、数学関連学会に、連携事業を要請する (① - ⑤)。
2. 機構は、数学関連諸学会と連携をとりながら、諸科学分野、産業界と積極的に連携し、数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携研究の評価・支援システムの構築に努める。(⑤、⑥、⑧、⑨、⑪、⑫、B) その一環として、以下のような顕彰事業を実施する。
 - ・数学者と他分野研究者の連携成果に対し、年に一度、両者おのおの少なくとも一人ずつ顕彰する。顕彰に際しては、数学としての新発見のみではなく連携研究成果の重要性、連携研究の継続性も積極的に評価する。
 - ・若手研究者の連携研究に対する成果に対する顕彰を行う。顕彰に際しては、数学としての新発見のみではなく連携研究成果の重要性も考慮する。
3. 数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携研究における、研究者固有の興味に基づく自立的研究が奨励される土壌が必要である。機構は数学関連諸学会を通じ、科学研究費補助金の分科・細目に関し、総合領域または複合新領域の中に新たに「応用数学」細目の新設等を行なうことなどの検討を促し、数学・数理科学と諸科学分野・産業界との連携研究の評価・支援システム確立に協力する。(⑤、⑥、⑧、⑨、⑪、B)

4. 機構は、日本の科学・技術を発展させることを目的とし、大学等、現在、各研究機関がもつインフラの最大限の活用を支援する。また、大学に対し、数学と諸科学分野のインターフェースをになう人材等の育成のための具体的なカリキュラム案を例示する。

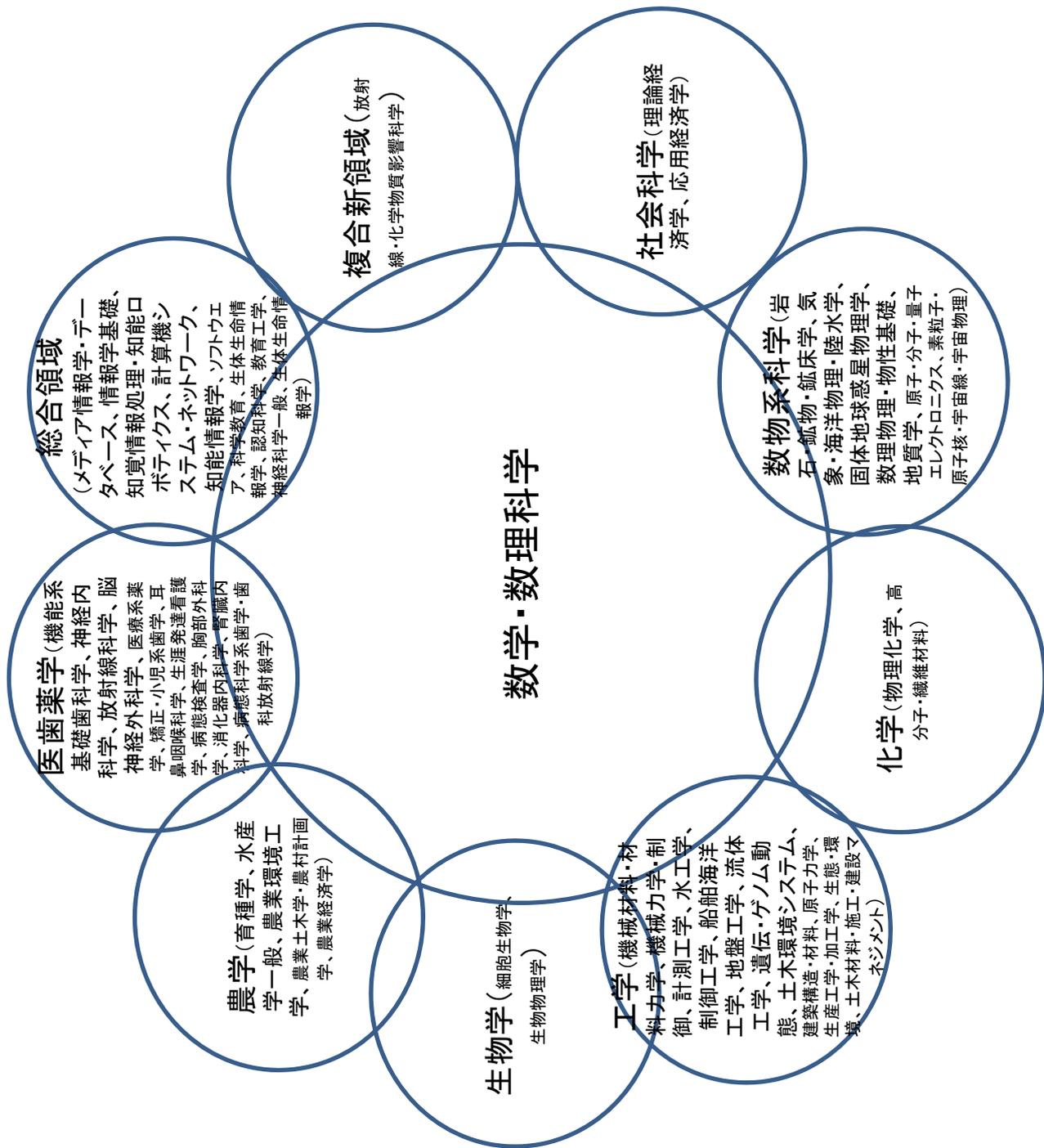
なお、機構は、前節【政策提言 **PP1**】の項で述べた研究拠点と連携する。

(上記において、参考のために付した①、②、A, B, 等は第2節の項目 2.1、2.2 における番号・記号である。)

2.5 諸科学の学術研究者・産業界へのお願い

諸科学分野の学術関係者・産業界に対し、以下の通り要望する。

- ① 政策提言および数学・数理科学研究コミュニティへの提言の実現と実施に協力をお願いしたい。
- ② 数学者との連携・協力の経験を有する企業においては、国、数学・数理科学界の産業界との連携研究振興への取り組みを実効性あるものとするため、積極的に企業の立場から助言をしていただきたい。
- ③ 日本の産業界全体を見渡せば、まだ数学と産業の関係は端に着いたばかりである。そのため、数学者との連携・協力の経験を有する企業においては、自社の利益を損なわず差し支えない限りにおいて、数学と産業との関係強化に関する啓蒙活動を実施していただきたい。



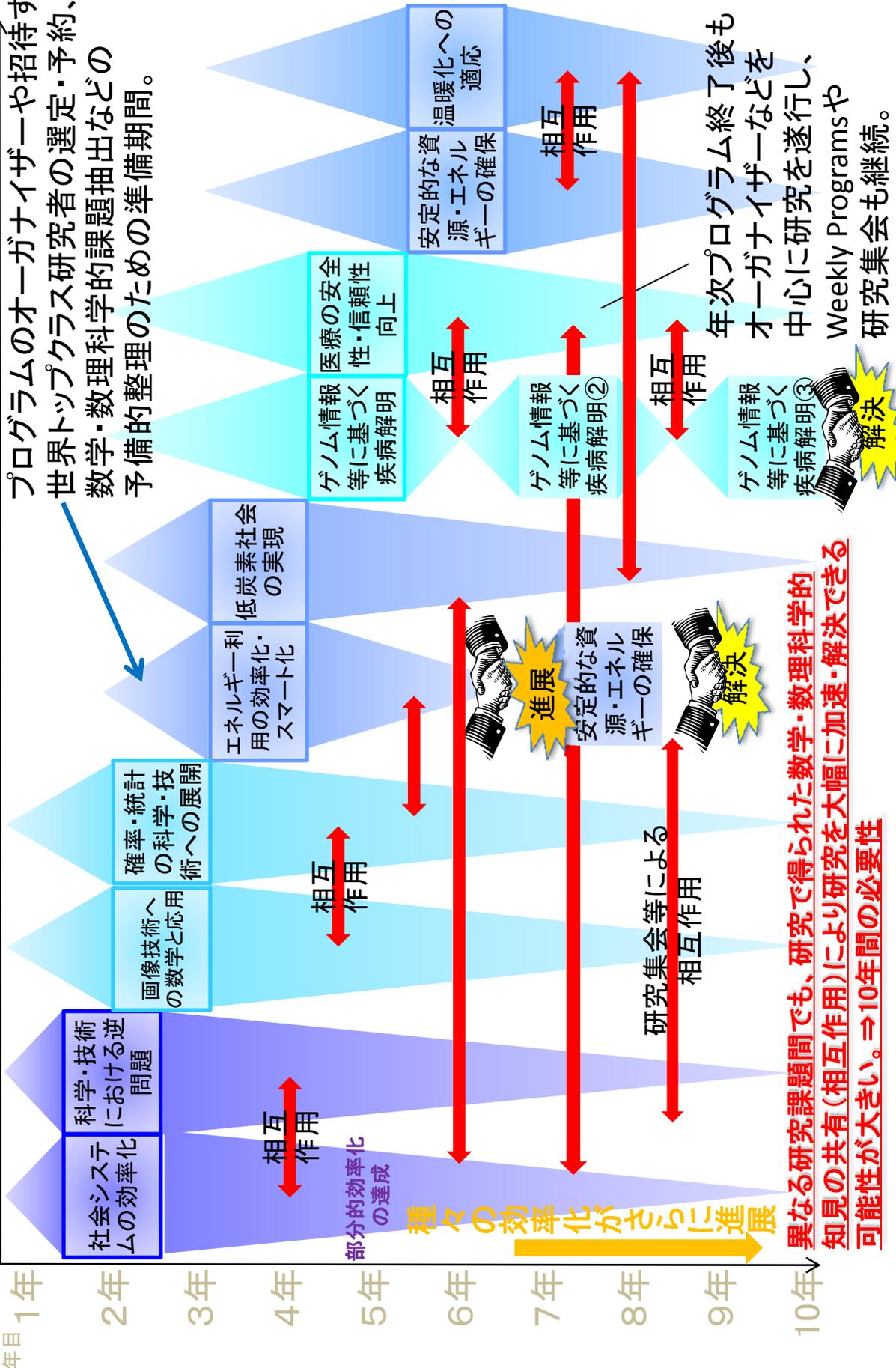
数学・数理科学に対して期待する諸科学分野研究者の研究領域分布(第一章 図表1 拡大図)

拠点プロジェクトが「10年間」の期間を必要とする理由

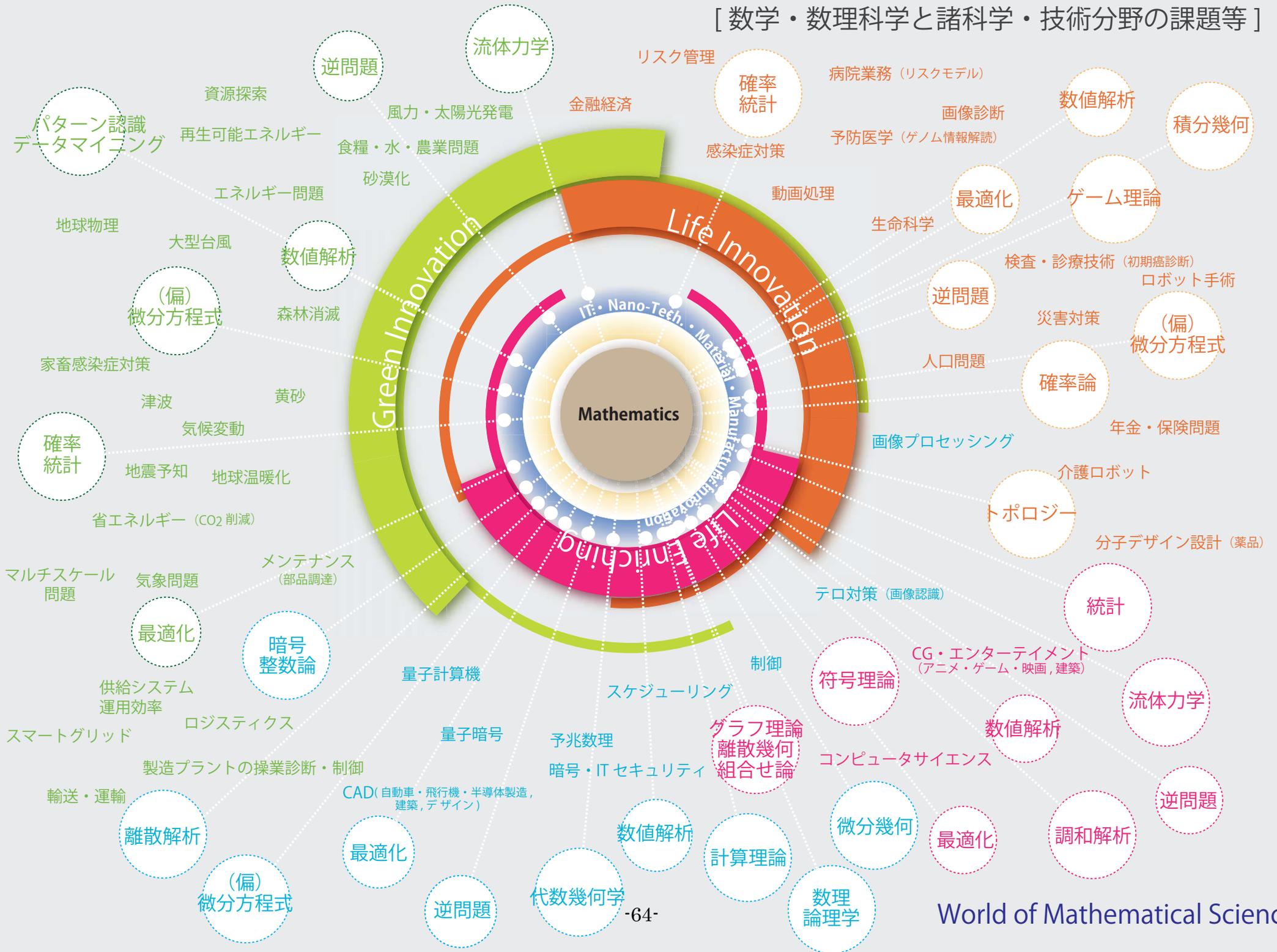
—グリーンイノベーション・ライフイノベーション達成に向けた数学・数理科学技術的アプローチ—

○拠点が設定する年次プログラムの進め方と相互関連。
 プログラムのオーガナイザーや招待する
 世界トップクラス研究者の選定・予約、
 数学・数理科学的課題抽出などの
 予備的整理のための準備期間。

○拠点が設定する年次プログラムの進め方と相互関連。



※研究課題の横幅は研究アクティビティを視覚化。研究課題名・研究課題開始時期は例。



【有識者検討委員会委員名簿】 12名

【座長】	三井斌友	同志社大学工学部教授 2008年度応用数理学会会長
	青木玲子	一橋大学経済研究所教授 総合科学技術会議議員
	荒川泰彦	東京大学先端科学技術研究センター教授 東京大学ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構長
	安生健一	株式会社オー・エル・エム・デジタル 研究開発部門 取締役 デジタルエフェクト/R&D スーパーバイザー
	岩野和生	日本アイ・ビー・エム執行役員 元東京基礎研究所所長
	北川源四郎	統計数理研究所所長
	杉原厚吉	明治大学先端数理科学インスティテュート特任教授 副所長
	高橋陽一郎	京都大学数理解析研究所教授 国際高等研究所企画委員
	津田一郎	北海道大学数学連携研究センター教授 北海道大学電子科学研究所教授
	西浦廉政	北海道大学電子科学研究所教授 JST戦略的創造研究推進事業研究領域統括
	宮岡礼子	東北大学理学研究科教授 日本学術会議連携会員
	山下勝比拓	株式会社東芝企画室理事 日本OR学会副会長

【実行委員会(実施機関内)メンバー】 7名

【委員長】	若山正人	九州大学大学院数理学研究院長
	谷口説男	九州大学大学院数理学研究教授
	細坪護拳	九州大学大学院数理学研究客員准教授 (文部科学省 科学技術政策研究所 第2研究グループ 研究官)
	大島利雄	東京大学大学院数理科学研究科長
	室田一雄	東京大学大学院情報理工学系研究科教授
	坪井俊	日本数学会理事長(東京大学大学院数理科学研究科教授)
	中川淳一	新日本製鐵株式会社先端技術研究所主幹研究員

委託事業調査担当者

九州大学：柴伸一郎、梶原健司、金子昌信、川崎英文、佐伯修、重住淳一、白井朋之、田上大助、竹内純一、中尾充宏、西井龍映、福本康秀、溝口佳寛

東京大学：稲葉寿、織田孝幸、鎌谷研吾、儀我美一、楠岡成雄、河野俊丈、関口英子、時弘哲治、奈良光紀、野口潤次郎、俣野博、宮岡洋一、山本昌宏、吉田朋広

日本数学会：小谷元子（東北大学）、中村玄（北海道大学）、前田吉昭（慶応義塾大学）

新日本製鐵株式會社：大橋浩、松宮徹

事業実施機関以外：尾畑伸明（東北大学）、小磯深幸（奈良女子大学）、桂利行（法政大学）

委託事業事務担当

九州大学：笹栗聖子、尾崎香純

東京大学：矢富幸枝

日本数学会：張良

委託業務成果報告書の無断複製等禁止の標記について

委託業務に係る成果報告書の無断複製等の禁止の標記については、次によるものとする。

本報告書は、文部科学省の平成 21 年度科学技術調査資料作成委託事業による委託業務として、国立大学法人九州大学、国立大学法人東京大学、社団法人日本数学会、新日本製鐵株式会社が実施した「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～第 4 期科学技術基本計画の検討に向けて」の成果を取りまとめたものです。

従って、本報告書の著作権は、上記 4 機関に帰属しており、本報告書の全部又は一部の無断複製等の行為は、法律で認められたときを除き、著作権の侵害にあたるので、これらの利用行為を行うときは、上記 4 機関の承認手続きが必要です。

但し、文部科学省が求めた場合は委託調査の結果を無償でを使用することを許可します。また、引用など使用する際には、委託業務の成果であることを明示することとします。