

提言

数理科学と他の科学分野や産業との連携の
基盤整備に向けた提言



平成29年（2017年）9月7日

日 本 学 術 会 議

数理科学委員会

数学分科会

この提言は、日本学術会議数理科学委員会数学分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議数理科学委員会数学分科会

委員長	坪井 俊	(第三部会員)	東京大学大学院数理科学研究科教授
副委員長	萩原 一郎	(連携会員)	研究知財戦略機構特任教授
幹事	石井 志保子	(連携会員)	東京女子大学現代教養学部特任教授
幹事	小澤 徹	(第三部会員)	早稲田大学理工学術院先進理工学部応用物理学科教授
	楠岡 成雄	(連携会員)	東京大学大学院数理科学研究科名誉教授
	桂 利行	(連携会員)	法政大学理工学部教授
	小磯 深幸	(連携会員)	九州大学マス・フォア・インダストリ研究所教授
	小島 定吉	(連携会員)	東京工業大学情報理工学院教授
	杉山 由恵	(連携会員)	九州大学数理学研究院教授
	高田 章	(連携会員)	旭硝子株式会社先端技術研究所特任研究員
	津田 一郎	(連携会員)	中部大学創発学術院教授
	寺尾 宏明	(連携会員)	北海道大学副学長
	富崎 松代	(連携会員)	奈良女子大学名誉教授
	中村 佳正	(連携会員)	京都大学大学院情報学研究科教授
	平田 典子	(連携会員)	日本大学理工学部教授
	前田 吉昭	(連携会員)	東北大学知の創出センター特任教授
	宮岡 洋一	(連携会員)	中央大学理工学部教授
	宮岡 礼子	(連携会員)	東北大学総長特命教授
	山里 眞	(連携会員)	琉球大学名誉教授

本提言の作成にあたり、以下の方々に御協力いただいた。

北川源四郎	(第三部会員)	明治大学先端数理科学インスティテュート所員
小谷 元子	(第三部会員)	東北大学原子分子材料高等研究機構長
今井 桂子	(連携会員)	中央大学理工学部教授
岡本 和夫	(連携会員)	大学評価・学位授与機構理事
柏原 正樹	(連携会員)	京都大学名誉教授
杉原 正顯	(連携会員)	青山学院大学理工学部教授
竹村 彰通	(連携会員)	滋賀大学データサイエンス教育学部長
中尾 充宏	(連携会員)	九州大学名誉教授

中村 玄	(連携会員)	北海道大学名誉教授
西浦 廉政	(連携会員)	東北大学原子分子材料高等研究機構教授
真島 秀行	(連携会員)	お茶の水大学人間文化創成科学研究科教授
溝口 紀子	(連携会員)	東京学芸大学教育学部准教授
三輪 哲二	(連携会員)	京都大学国際高等教育院特定教授
森田 康夫	(連携会員)	東北大学名誉教授
山口 佳三	(連携会員)	北海道大学名誉教授
渡辺 美智子	(連携会員)	慶應義塾大学大学院健康マネジメント研究科教授

本提言の作成にあたり、以下の職員が事務及び調査を担当した。

事務	石井 康彦	参事官 (審議第二担当) (平成 29 年 7 月まで)
	糸川 泰一	参事官 (審議第二担当) (平成 29 年 7 月から)
	松宮 志麻	参事官 (審議第二担当) 付補佐 (平成 29 年 7 月まで)
	高橋 和也	参事官 (審議第二担当) 付補佐 (平成 29 年 7 月から)
	西川 美雪	参事官 (審議第二担当) 付審議専門職付 (平成 29 年 3 月まで)
	宮本 直子	参事官 (審議第二担当) 付審議専門職 (平成 29 年 4 月から)

1 作成の背景

数学は様々な科学の基盤となる科学である。それゆえに、諸科学や産業と広い意味での数学である数理科学が結びつくことで大きな発展を生み出す可能性がある。このため、海外の主だった国では数理科学と諸科学を結びつける国家プロジェクトが行われているが、日本では今世紀に入るまで数理科学と他分野の科学や産業との共同研究が組織的には行われてこなかった。しかし近年、数理科学と諸科学や産業との連携を深めるための組織や、産業におけるイノベーションを生み出すことに数理科学を活用するというプロジェクトが立ち上がっており、成果も挙がり始めている。

数理科学の分野の中には応用を意識して生まれたものも多いが、それらの分野においても、基礎となる理論は、応用を意識せず純然たる知的好奇心から研究されたものであることが少なくない。そのために他分野の科学や産業界の研究者の中には数理科学の汎用的な力に期待する人も多い。社会や産業の構造が大きく変わろうとしている今日の数理科学への大きな期待は、既存の勘・経験等からは単純な構造が見いだせないような複雑な現象の中に、何らかの数学的構造を見いだすことで現象の解明が出来るのではないかといった考えからもたらされており、この場合は、どのような数学概念や手法が有用であるかは、あらかじめわからないことが多い。この期待に応えるために、現在発展しつつある数学を応用していくネットワーク型拠点の整備、人材育成、個別の取り組みを組織化し連携を促進する体制の整備が必要となる。

2 現状及び問題点

本分科会では社会や産業の構造が大きく変わろうとしている今日の数理科学と諸科学・産業との連携について、問題点や振興策について議論を行った。

現在、数理科学と諸科学や産業との連携を目的とした連携組織がいくつもの大学で様々な形で立ち上がっている。また、連携を目的とした競争的資金も数種類存在する。この意味では環境は整いつつある。しかし、数理科学が、諸科学や産業との連携を強め、社会に数理科学の成果を還元するという目的を図るためには、諸科学や産業に強い関心をもつ数理科学研究者や、数理科学を理解する諸科学や産業における研究者が、多数必要で、そのような研究者の存在により数理科学と諸科学や産業との間の橋渡しが可能となる。しかしながら、我が国では、数学の深化においては世界を主導する研究者を多数輩出しているものの、数理科学と諸科学や産業との橋渡しができるような研究者は社会のニーズ・期待に応えられるほど十分に育っておらず、社会の数理科学への期待に応えようとする新しい機運に対する障害となる可能性がある。先に述べた連携組織の活動は、政府の競争的資金や民間資金などの時限付き資金に支えられているため、活動の継続に対する不安がある。このことが若手研究者による融合的分野の研究への挑戦を躊躇させている側面がある。また連携研究を推進していることが社会・産業には必ずしも知られていない。

3 提言の内容

本分科会では、数学と他の科学分野や産業との連携を促進するため、連携の基盤整備、人材育成、個別の取り組みを組織化し連携を促進する体制の整備に関して、以下のことについて提言を行う。

(1) 大学等におけるネットワーク型拠点の整備と運営センターの設置

現在、いくつもの大学、統計数理研究所、理化学研究所等に数理科学と諸科学や産業との連携組織が立ち上がっている。しかしながら数理科学分野は他分野と異なり、それらをまとめ産業や社会に向かってさらに広く展開する国立の研究所組織等は整備されていない。したがって、社会・産業のニーズに対応するために数理科学を必要とする課題と大学等に所属する数理科学研究者とを結びつけ社会に貢献していくシステムを社会・産業に見える形で作り上げることが必要である。そのために、上記の連携組織を有機的に結合するネットワーク型拠点として整備し、さらに、ネットワーク型拠点の運営委員会のもとで全体の活動を統合し、社会・産業に見える形で社会との連携のプラットフォームとなる運営センターを設置すべきである。運営センターにはチーフコーディネータ、研究スタッフを置き、連携組織との緊密なネットワークのもとで活動させるべきである。運営センターにより、当面は、大学、研究所等の既存施設を用いた国際的な訪問滞在型研究を活性化すべきであり、将来は、必要な機能を備えた複数の訪問滞在型研究施設を整備すべきである。

(2) 数理科学を社会に活用するための教育の充実と人材育成

中学校、高等学校、大学を通じて、数学の社会や産業での活用に関しての教育を充実させるべきである。現在立ち上がっている数理科学と他分野との連携組織、連携プロジェクトを中心として、諸科学や産業の未解決問題に対して、数学・数理科学の問題に落とし込んで異分野融合研究を推進することができる数学・数理科学全般に長けた人材を育成すべきである。そのためにも、中学校から大学までの教員、企業人、一般の社会人がいつでも課題を持ち込み、共同で課題解決に向けた取り組みができるネットワーク型拠点、訪問滞在型研究施設の整備が望まれる。また、社会において数理科学分野の博士が活用される環境を整備すべきである。

(3) 資金の効果的活用による連携体制の整備

連携推進のために競争的資金による支援を充実させるべきである。各連携拠点にはコーディネータを置き、人材育成、訪問滞在型プログラムの支援のための資金を用意し、効率的かつ安定的な運営を行うべきである。連携推進のための資金を運営センターにも配分し、世界の研究動向に関する情報収集、国際的な情報発信、成果の取りまとめと協働の促進、相談窓口、「長期インターンシップ」等の人材育成支援、プログラム支援を行わせるなど、資金の効果的活用をはかることに配慮すべきである。

目 次

1	はじめに	1
2	数理科学と他の科学分野や産業との連携の現状と課題	3
(1)	数理科学と諸科学や産業との連携についての教育研究組織	3
(2)	関連する学協会の活動	5
(3)	科学技術振興機構の事業	6
(4)	日本学術振興会の事業	6
(5)	文部科学省の事業	6
(6)	産業界の動き	7
(7)	数学・数理科学研究者の異分野融合研究	7
(8)	諸科学研究者から見た数学・数理科学研究との異分野融合研究	7
3	数理科学と他の科学分野や産業との連携研究資金、連携研究施設の現状と課題	9
(1)	連携研究資金の動向	9
(2)	訪問滞在型研究施設の動向	11
4	国内外の連携に向けた数学教育と連携人材育成の動向	12
(1)	中等教育における数学教育	12
(2)	大学大学院における数学教育と人材育成の動向	12
5	数理科学と他の科学分野や産業との連携の基盤整備に向けた提言	15
(1)	大学等におけるネットワーク型拠点の整備と運営センターの設置	15
(2)	数理科学を社会に活用するための教育の充実と人材育成	15
(3)	資金の効果的活用による連携体制の整備	16
6	おわりに	17
	<参考文献>	18
	<参考資料1> 審議経過	20
	<参考資料2> シンポジウム開催	21

1 はじめに

数学は様々な科学の基盤となる科学である[6]。それゆえに、諸科学や産業と広い意味での数学である数理科学が結びつくことで大きな発展を生み出す可能性がある。このため、海外の主だった国では数理科学と諸科学を結びつける国家プロジェクトが行われているが、日本では数理科学と他分野の科学や産業との共同研究が組織的には行われてこなかった([11])。しかし近年、数理科学を活用して産業におけるイノベーションを生み出すプロジェクトや、数理科学と諸科学や産業との連携を深めるための組織が立ち上がっており、成果も挙がり始めている。

数理科学の分野の中には数理統計学、数値解析、逆問題、符号暗号理論、数理ファイナンス等のように応用を意識して生まれたものも多い。しかし、それらの分野においても、基礎となる数学は、応用を意識せず純然たる知的好奇心から生まれたものが少なくない。そのために他分野の科学や産業界の研究者の中には数理科学の汎用的な力に期待する人も多い。社会や産業の構造が大きく変わろうとしている今日の数理科学への大きな期待は、既存の勘・経験等からは単純な構造が見いだせないような複雑な現象の中に、何らかの数学的構造を見いだすことで現象の解明が出来るのではないかとといった考えからもたらされており、この場合は、どのような数学概念や手法が有用であるかは、あらかじめわからないことが多い。この期待に応えるために、現在発展しつつある数学を応用していく連携基盤の整備、人材育成、個別の取り組みを組織化し連携を促進する体制の整備が必要となる。

現在、数理科学と諸科学や産業との連携を目的とした連携組織がいくつもの大学で様々な形で立ち上がっている。また、連携を目的とした競争的資金も数種類存在する。この意味では環境は整いつつある。しかし、数理科学が、他の科学分野や産業との連携を強め、社会に数理科学の成果を還元するという目的を図るためには、諸科学や産業に強い関心をもつ数理科学研究者や、数理科学を理解する諸科学や産業における研究者が多数必要で、そのような研究者の存在により、はじめて数理科学と諸科学や産業との間の橋渡しが可能となる。しかしながら、我が国では数学が学問分野として確立した19世紀半ば以後に様々な知識が欧州よりもたらされたが、そこで数学とその応用という連続した学問分野が、一体としてではなく伝えられたという歴史的経緯もあり、数学の深化においては世界を主導する研究者を多数輩出しているものの、数理科学と諸分野・産業との橋渡しができるような研究者は社会のニーズ・期待に応えられるほど十分に育っておらず、社会の数理科学への期待に応えようとする新しい機運に対する障害となる可能性がある。先に述べた連携組織の活動は、政府の競争的資金や民間資金などの時限付き資金に支えられているため、活動の継続に対する不安があり、このことが若手研究者による融合的分野の研究への挑戦を躊躇させている側面がある。

数理科学委員会数学分科会では、社会や産業の構造が大きく変わろうとしている今日、数理科学と諸科学や産業との連携を強めるのに障害となる問題を調べ、連携を強めるために行うべき振興策について検討を行った。より正確にいうと、数理科学と他の科学分野や産業との連携の現状と課題、海外における連携研究および連携研究資金の動向、国内外の連携に向けた数学教育と連携人材育成の動向について検討してきた。これらの議論をもと

に、数理科学と他の科学分野や産業との連携を促進するため、連携の基盤整備、人材育成、個別の取り組みを組織化する体制整備を中心に、この提言をまとめた。

2 数理科学と他の科学分野や産業との連携の現状と課題

数学の研究は20世紀前半から特に抽象度の高いものになっている。20世紀の終盤からは、抽象的になり応用範囲が広がった数学をより具体的な問題に応用することが行われ始めた。コンピュータが誰にでも使えるようになったことは、この動きをさらに推し進めた（[11]）。平成18年の文部科学省科学技術政策研究所（現科学技術・学術政策研究所）による科学諸分野・産業における数学の重要性を指摘した報告[12]では、諸科学や産業と数学あるいは数理科学が結びつくことで大きな発展を生み出す可能性が述べられ、海外の主だった国では数理科学と諸科学を結びつける国家プロジェクトが行われているが、日本では数理科学と他分野の科学や産業との共同研究が組織的には行われてこなかったことが指摘されている。この後、関連する研究者コミュニティ、大学や研究所、学協会、政府機関において、様々な数理科学と諸科学や産業との連携の取り組みがなされている。その現状と課題を概観する。

(1) 数理科学と諸科学や産業との連携についての教育研究組織

この10年間に大学、研究所に次のような数理科学と諸科学や産業との連携についての教育研究組織が設立された。これは連携の教育研究を大きく活性化させている（[5]第2章, [15]）。

北海道大学では、数学の教育研究活動の深化を支援すると共に、他の研究分野における数学的問題を探索し解決するために数学を共通の合意言語として形成し、科学の諸領域における「つながる知」の中核としての機能を担うこと、またそのための人材育成を推進するために、平成20年に学内共同教育研究施設として数学連携研究センターを設置した。この数学連携体制の重要性が認められ、その強化を図るため、電子科学研究所附属社会創造数学研究センターが平成27年に数学連携研究センターを改組する形で設立された。平成28年現在、専任教員15名、兼務教員36名からなるセンターは「人間数理」、「知能数理」、「データ数理」、「実験数理」の4研究分野に展開している。平成19年度文部科学省委託調査[13]は、北海道大学を主管実施機関として行われた。

東北大学では、平成19年から応用数学連携フォーラムが組織され活動しており、平成19年に設立された原子分子材料科学高等研究機構AIMRには平成23年から数学ユニットが設置されている。4つの材料研究グループを横につなぐ形で数学ユニットが活動しており、新しい形の材料科学が創られている。また、平成25年には東北大学知の創出センターが設立され、数学を含む学際研究活動「知のフォーラム」を行っている。知のフォーラムは、専任研究者はおかず、テーマを定めて3ヶ月間世界第一級の国際的研究者を招聘し、共同研究、国際シンポジウムの開催などをおこなう、長期共同研究指向型研究施設である。平成27年度文部科学省委託調査[15]は、東北大学知の創出センターを主管実施機関として行われた。

東京大学では、平成19年に宇宙研究をキーワードとした幅広い連携組織である数物連携宇宙研究機構IPMU（現在のカブリ数物連携宇宙研究機構Kavli IPMU）を設立している。平成22年に最先端研究開発支援プログラム「複雑系数理モデル学の基礎理論構築とその

分野横断的科学技术応用」により、複雑系数理モデル学の構築とその具体的な分野横断的な複雑系科学技術の成果の実現を目指す生産技術研究所最先端数理モデル連携研究センターが設立された。平成25年には数理科学研究科が産業および諸科学との連携のもとで学際的な数理科学の研究教育を進めるために附属数理科学連携基盤センターICMSを設立し、数物フロンティア・リーディング大学院FMSPの社会連携および生物学と数学の融合拠点の活動のプラットフォームとしている。ICMSでは、特に、スタディーグループ¹等により産業界との連携を強化すること、そのような連携に大学院生を参加させ数学の知見を異分野の課題解決に活用する経験を積ませることによる人材育成、大学院生のキャリアパスの多様化を進めるための数理キャリア支援室の活動強化を目指している。平成17年以降、研究会やワークショップの開催の場を提供する短期滞在型研究所玉原国際セミナーハウスを運営している。

明治大学では、先端数理科学インスティテュートMIMSが、平成19年に設置され、グローバルCOEの活動の後、その中に現象数理学研究拠点を設置している。平成26年からは、共同利用・共同研究拠点としての認定を受けている。平成23年先端数理科学研究科現象数理学専攻、平成25年に新設の総合数理学部に現象数理学科が設置され、現象数理学の裾野を広げ継続的に発展させる人材育成が行われている。

統計数理研究所では、平成21年の立川移転後、平成22年から研究者の交流を図るためにAkaike Guest Houseを運営している。平成23年には、データ同化研究開発センターおよび調査科学研究センターを、平成24年には、統計的機械学習研究センター、サービス科学研究センター、統計思考院を設置し、多くの連携研究を行っているとともに、データサイエンティスト、統計研究人材の育成に努めている。平成25～28年度の「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）を遂行した（第3章(1)に述べる）。

早稲田大学では、平成22～26年度、重点領域研究機構に非線形偏微分方程式研究所が設置され、これはWaseda Ocean構想のもとで早稲田大学数物系科学拠点に引き継がれている。また、平成22年度から総合研究機構に流体数学研究所がおかれ活動している。平成29年度からは理工学術院総合研究所の組織である重点領域研究所の一つとして「数理科学研究所」が発足する。

慶応義塾大学では、平成19年から先導研究センターに統合数理科学研究センターがおかれ、数学・数理科学の研究の推進を行うとともに、数学理論や数学手法を広く社会に提供し、様々な研究分野との横断研究活動を行っている。

理化学研究所では、平成25年度に発足した理論科学連携研究推進グループiTHESに分野横断型数理科学連携研究チームをおくとともに、平成28年には、理論科学・数学・計

¹ スタディーグループは、企業等の現場の課題について数理科学者とともに解決を図る目的で多くの数理科学と諸分野や産業との連携機関で行われている。期間は1週間程度であり、最初に3件から6件程度の現場の課題の説明を参加者全員で聞き、その後それぞれの問題に対して解決のためのグループを構成し、そこでモデリング、シミュレーション等も行いつつ議論する、最終日に研究の成果を参加者全員で共有する。課題と数理科学を結びつけるために非常に有効である。

算科学の研究者が分野の枠を越えて基礎研究を推進する新しい国際連携研究拠点として数理解析プログラムiTHEMSを開始した。

京都大学数理解析研究所は共同利用・共同研究の拠点として長い歴史を持つが、平成25年に学術諸分野や企業との連携研究を行うために数学連携センターを設置した。現在は、基礎数理解析部門、無限解析研究部門、応用数理解析部門の3部門、および計算機構研究施設、数理解析研究交流センター、量子幾何学研究センター、数学連携センターという附属施設を擁している。

大阪大学では、平成18年にファイナンス・金融工学と保険・年金数理を一体で捉えた学際的な文理融合型教育プログラムを開発・実施するために、金融・保険教育研究センターを発足させ、大学院生全員を対象に教育プログラム「副専攻プログラム（金融・保険）」を提供してきた。平成27年に金融保険部門、モデリング部門、データ科学部門の3部門からなる新たな教育研究センターである数理・データ科学教育研究センターに改組拡充した。

九州大学では、九州大学マス・フォア・インダストリ研究所が、純粋・応用数学を流動性・汎用性をもつ形に融合再編しつつ産業界からの要請に応えようとする中で生まれる未来技術の創出基盤となる数学の新しい研究領域を扱うため、専任教員26名、客員教員18名、学術研究員5名、6部門（数学テクノロジー先端研究部門、応用理論研究部門、基礎理論研究部門、数学理論先進ソフトウェア開発室、連携推進・技術相談室、客員部門）という形で平成23年に設立された。平成25年には「産業数学の先進的・基礎的共同研究拠点」として文部科学省共同利用・共同研究の拠点認定を受けた。ワークショップや国際会議の企画・運営、スタディーグループの企画・運営、産学連携・異分野連携セミナーの開催、技術相談、数学キーテクノロジーに関するチュートリアル、IMI Colloquium（主として産業界の研究者による講演会）の開催等を行っている。平成21年度文部科学省委託調査[14]は、九州大学を主管実施機関として行われた。

(2) 関連する学協会の活動

関連する学協会においては、日本数学会は平成18年に提言『我が国の数学力向上を目指す』、平成21年度文部科学省委託調査に参画した後、平成22年に『数学の振興、若手人材育成のためのアンケート調査報告および提言』を発表した。平成24年以降、毎年3月に「数学・数理科学のためのキャリアパスセミナー」を開催している（[19]）が、平成25年に社会連携協議会を設置し、平成26年以降、毎年秋に文部科学省、日本応用数学会とともに「異分野・異業種研究交流会」を開催している。また、日本応用数学会では2013年4月に「産業における応用数理」研究部会を発足させ、産業界の競争力強化に資する数理を目指した新しい活動を始めている。さらに2014年8月から、隔月に「ものづくり企業に役立つ応用数理手法の研究会」を開催している。

(3) 科学技術振興機構の事業

科学技術振興機構JSTは、平成15年度～平成20年度ERATO「合原複雑数理モデルプロジェクト」領域（研究総括：合原一幸）を立ち上げ、平成19年度～平成27年度CREST・さきがけ「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」領域（研究総括：西浦廉政）を機構としては初めての純粋数学にまたがる領域として立ち上げた。数理学に関連する領域として、平成24年度からERATO「河原林巨大グラフプロジェクト」領域（研究総括：河原林健一）、平成25年度からCREST「科学的発見・社会的課題解決に向けた各分野のビッグデータ利活用推進のための次世代アプリケーション技術の創出・高度化」領域（研究総括：田中譲）、平成25年度からCREST・さきがけ「ビッグデータ統合利活用のための次世代基盤技術の創出・体系化」領域（研究総括：喜連川優、副研究総括：柴山悦哉）、平成26年度からCREST「現代の数理学と連携するモデリング手法の構築」領域（研究総括：坪井俊）、平成26年度から さきがけ「社会的課題の解決に向けた数学と諸分野の協働」領域（研究総括：國府寛司）、平成27年度から さきがけ「理論・実験・計算科学とデータ科学が連携・融合した先進的マテリアルズインフォマティクスのための基盤技術の構築」領域（研究総括：常行真司）、平成27年度から さきがけ「情報科学との協働による革新的な農産物栽培手法を実現するための技術基盤の創出」領域（研究総括：二宮正士）、平成28年度からERATO「メタ数理システムデザイン」領域（研究総括：蓮尾一郎）などを立ち上げている。

(4) 日本学術振興会の事業

日本学術振興会は平成26年度から実施する、新たな試みとして科研費「特設分野研究」を設けた。未開のまま残された重要な分野、技術の長足な進歩によって生まれつつある分野、分野横断的な研究から生まれることが期待される分野を対象として、学術コミュニティからの要望や最新の学術動向等を踏まえて、日本学術振興会の学術システム研究センターが候補分野を提案し、文部科学省の科学技術・学術審議会学術分科会科学研究費補助金審査部会において設けるものである。

日本学術振興会は科学研究費助成事業基盤研究（B）および（C）審査区分「特設分野研究」において、平成26～28年度に「連携探索型数理学」を最初の特設分野の一つとして設定した。これに対する応募は、平成26～28年度で、それぞれ256件、163件、151件、採択件数はそれぞれ21件、25件、25件である。複数の分野での共通する数学的構造の発見は、諸問題の関連性を浮かび上がらせ、新しい学問を切り開くこと、従来の細目で採択されている研究者がより野心的に連携研究に乗り出すことも期待されている。

(5) 文部科学省の事業

文部科学省は、平成19年度に「イノベーションの創出のための数理学研究の振興に関する調査」[13]、平成21年度に「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～」[14]、平成27年度に「数学・数理学

科学を活用した異分野融合研究の動向調査」[15]という委託調査を行っており、その調査提言を踏まえて、平成23年に研究振興局基礎研究振興課に数学イノベーションユニットを、科学技術・学術審議会に数学イノベーション委員会を設置し、平成26年8月に「数学イノベーション戦略」[9]を、平成28年7月に「数学イノベーション推進に必要な方策について」[10]を取りまとめている。また、平成23年に23件、平成24年に35件、平成25年に19件の、「数学・数理科学と諸科学・産業との連携研究ワークショップ」を開催している。平成24～28年度には、「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）を統計数理研究所に委託した（第3章に述べる）。

(6) 産業界の動き

産業界では、いくつもの大学の上記(1)に記した組織を通じた連携研究、上記(3)に記したCREST領域に参画しての連携研究、上記(1)に記した組織におけるスタディーグループ、上記(2)に記した日本数学会社会連携協議会を通じた「数学・数理科学のためのキャリアパスセミナー」、「異分野・異業種研究交流会」による若手数理科学研究者との交流、日本応用数理学会「ものづくり企業に役立つ応用数理手法の研究会」への参加、上記(5)に記した「数学・数理科学と諸科学・産業との連携研究ワークショップ」、統計数理研究所を通じての数学協働プログラムにおけるワークショップおよびスタディーグループへの参加などにおいて連携の動きが活発化してきている。

現在発展しつつある数学・数理科学を応用することを奨励するために、平成24年に藤原洋数理科学賞が創設され、毎年大賞、奨励賞の授賞が行われている。

しかしながら、年々活発化する産業界の動きも、潜在する膨大な産業界ニーズのごく一部が顕在化しているにとどまっているのみであり、さらに連携を加速していく仕組みが強く望まれている。

(7) 数学・数理科学研究者の異分野融合研究

[15]によれば、大学における数学・数理科学系学科・専攻・コースのうち、回答のあった教室のおよそ6割では、異分野融合研究が行われているが、個人研究としてしているところが多く、組織的に取り組んでいると答えたところは1割程度にとどまっている。これは、数学協働プログラムの協力機関になっている9大学のように比較的大きな組織においては組織的な取り組みが可能であるが、多くの大学では、個人の対応となっていることによる。これを組織化することは、諸分野や産業との連携研究に活力を与えるために必要と思われる。

(8) 諸科学研究者から見た数学・数理科学研究との異分野融合研究

このような数学・数理科学研究者の動向の一方で、[15]第1章2.1.(2)によれば、「諸科学研究者へのアンケートで、数学・数理科学の力が必要と感じている研究者が74%いるにもかかわらず、74%以上の研究者が数学と諸分野の協働促進のためのプログ

ラムを知らないことがわかった。科学研究費の連携探索型数理科学は14%弱、JSTの戦略的創造研究推進事業は9%弱の研究者にしか知られていない。特に、数学と諸科学との協働を促進するプログラムであるはずの数学協働プログラムに至っては諸科学の研究者にほとんど知られていなかった」。これに対しては、連携研究が社会・産業に周知されるように強力な広報を行っていく必要がある。

3 数理学と他の科学分野や産業との連携研究資金、連携研究施設の現状と課題

[12]では、今世紀初頭の日本、米国、フランス及びドイツにおける数学研究に関する状況を述べている。[12]3.5において、日本政府における数学研究費の総額は数十億円程度と推測され、米国における数学研究費は約440億円で増加しており、フランス政府の数学研究費は約190億円で、ドイツ政府の数学研究費の全貌は不明だが、ドイツ学術振興会のグラントの数学研究費は約36億円であるとしている。[13]では、諸外国の研究所、連携研究の資金について述べている。[14]では、アメリカの企業研究所（マイクロソフト研究所、IBMワトソン研究センター）、ヨーロッパの大学系産業数学研究所（ワイエルストラス研究所（ドイツ）、フラウンホーファー研究所（ドイツ、スウェーデン）、オックスフォードの応用数学研究センター（イギリス）、ラドン研究所（オーストリア））を調査している。[15]では、米国および欧州の競争資金動向、ドイツ・アインシュタイン数学センター、European Research Council、韓国の応用数学動向について述べている。これらの文献に記載された諸外国の訪問滞在型研究施設では、諸科学や産業の未解決問題に取り組むプログラムがその施設の性格に応じた割合で組み立てられており、実際に大学等の多くの研究者や学生、産業界の研究者が参加している。概要を短期間に理解できるような1週間程度のプログラムや様々な課題についてコンセプトを共有できるように徹底的な討議を行う2～3か月をかける長期のプログラムがあり、その中で連携構築や人材育成が行われている。数理学と産業の連携を推進するためには訪問滞在型研究施設が諸外国において大きな役割を果たしていることが見て取れ、我が国にも異分野融合を推進するための訪問滞在型研究施設を設置することが必要と考えられる。

(1) 連携研究資金の動向

2005年から2014年までの米国の競争的資金の動向について、[15]第3章1によれば、国立科学財団(NSF)、国防総省(DOD)、エネルギー省(DOE)、国立衛生研究所(NIH)の数学の競争的資金の年予算総額において、2005年から5年間で、ほぼ4億ドル弱から5億ドル強(ほぼ400億円弱から500億円強)に変化し、それを維持しているとみられる。また、[15]第3章2.3の英国Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC)のデータによれば、当該機関の数学の資金規模は、ほぼ2億ポンド(ほぼ280億円)である。[15]第3章2.1のEuropean Research Council (ERC)への聞き取り調査によれば、ERCは年間2,400億円程度の研究資金を、ヨーロッパ全体を先端科学拠点として魅力あるものにするボトムアップ型でトップ研究を推進することに投じている。研究者は、各国の数理学研究への助成に加え、国際連携、学術融合的な資金をEuropean Research Councilへ申請することができる。

日本の数学研究における研究資金は科学研究費補助金によるものが大きいだが、これについては2010～2015年度の数学に関連する科学研究費補助金の新規採択額は、5.12億円、7.36億円、6.12億円、5.28億円、5.17億円、5.69億円という形で推移している。

数学と諸科学や産業との連携の資金として、平成19年度から、科学技術振興機構JSTのCREST・さきがけがある。参画する数学・数理学研究者の多いものとして、平成19

年度～平成27年度CREST・さきがけ「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」領域（研究総括：西浦廉政）、平成26年度からのCREST「現代の数理科学と連携するモデリング手法の構築」領域（研究総括：坪井 俊）、平成26年度からのさきがけ「社会的課題の解決に向けた数学と諸分野の協働」領域（研究総括：國府寛司）がある。西浦領域の予算規模は、[15]第2章3.1によれば、2007年～2010年においては、3億円、10億円、12億円、10億円であり、32名のさきがけ研究員、13のCREST研究チームが活動した。西浦領域においては、他分野との連携は大きく進展し、双方向的協働による学術論文の成果のみならず、特許出願においても、さきがけ、CREST含め、国内、国外を合わせ35件以上実施（平成25年12月現在）された。これは数学の潜在的な大きな力を予感させるものと言える。領域としての一体的機能を発揮するために総括及びアドバイザーによるサイトビジットを実施し、合宿型の領域会議も年2回のペースで実施した。とくに、さきがけにおいては異分野間の人的ネットワーク形成とその後の協働に大きくつながった。領域シンポジウム（研究成果報告会）の開催、企業研究所との交流、国際研究集会も実施し大きな成果が得られている。さらに全国各地での様々なアウトリーチ活動（さきがけ数学塾（さきがけ）及びJST数学キャラバン（さきがけ+CREST））も継続的に実施し、高校生からも熱い支持が得られた。明確なミッションの下で組織されたヴァーチャルインスティテュートの発足はさきがけ／CRESTという枠組みによって初めて可能となり、異質な領域の研究者・研究分野の相互作用とネットワークの形成は、今後の新たな学術領域の創成を大きく期待させるものとなっている。平成26年度からのCREST坪井領域では、11のCREST研究チームが活動しており、さきがけ國府領域では、31名のさきがけ研究員が活動している。西浦領域における領域運営の方法は、CREST坪井領域、さきがけ國府領域に受け継がれている。

文部科学省が平成24～28年度に統計数理研究所に委託した「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）[16]では、各年度4千万円程度の事業費で、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、東京大学大学院数理科学研究科、明治大学先端数理科学インスティテュート、名古屋大学大学院多元数理科学研究科、京都大学数理解析研究所、大阪大学数理・データ科学教育研究センター、広島大学大学院理学研究科、九州大学マス・フォア・インダストリ研究所を協力機関として、6つの重点テーマ（①ビッグデータ、複雑な現象やシステム等の構造の解明、②疎構造データからの大域構造の推論、③過去の経験的事実、人間行動などの定式化、④計測・予測・可視化の数理、⑤リスク管理の数理、⑥最適化と制御の数理）が設定され、研究が遂行された。ここでは、平成24年度にワークショップ9件、平成25年度にワークショップ10件、スタディーグループ7件、平成26年度にワークショップ21件、スタディーグループ9件、平成27年度にワークショップ18件、スタディーグループ5件、平成27年度にワークショップ15件、スタディーグループ5件を開催（援助）し、連携研究を活性化させた。

(2) 訪問滞在型研究施設の動向

これまでの調査提言の中で扱われているように、諸外国における訪問滞在型の数理解科学研究所の活動は著しい。特に[13]第8章に挙げられている数学関係の研究所については、1945年以前の設立数は6、1946～60年の設立数は2、1961～75年の設立数は3、1976～90年の設立数は5であるが、1990～2005年の設立は21である。[15]によれば、訪問滞在型の研究施設には、大まかに、常勤主体非プロジェクト型研究所、中期滞在者主体プロジェクト型研究所、短期研究集会型研究所の3つの活動類型があるが、日本でこれまで数学研究を担ってきた京都大学数理解析研究所は、常勤研究者による研究推進を重点においているが、日本には訪問滞在型研究所がないことから、本務以外に数学系の訪問滞在型研究機能（中期、短期）を果たしてきたことで大きな負担を負ってきた。2005年以降も、Beijing International Center for Mathematical Research (BICMR)（中国）(2005)、Hausdorff Research Institute for Mathematics (HIM)（ボン）(2006)、Tsinghua Sanya International Mathematics Forum (TSIMF)（海南島）(2010)など新しい訪問滞在型研究所が設置されている。2013年に設置された東北大学知のフォーラムは、訪問滞在型研究所がすべての科学においても必要という趣旨で設立されており、数理解科学に特化したものではない。

[14]では、アメリカの企業研究所としてマイクロソフト研究所、IBMワトソン研究センター、ヨーロッパの大学系産業数理解科学研究所としてワイエルストラス研究所（ドイツ）、フラウンホーファー研究所（ドイツ、スウェーデン）、オックスフォードの応用数理解科学センター（イギリス）、ラドン研究所（オーストリア）を調査している。これらの研究所が数理解科学と産業の連携に非常に重要な役割を果たしている。

また、これまでの研究所を再組織化してより強力な研究所として活動させることも行われている。例えば、2014年に創設されたアインシュタイン数学センターは、大学や研究所の連携研究を支援し、ベルリン工科大学10、自由大学8、フンボルト大学4、ワイエルストラス研究所7、ツーゼ研究所8のプロジェクトを有機的に動かしている。これは効果的なネットワーク型拠点の例にもなっている。

訪問滞在型研究所における連携研究について、オーベルヴォルフアッハ研究所は1週間単位のプログラムを実施している国際的に有名な訪問滞在型研究所であるが、[15]に記載されているインタビューにおいて、「純粋数学」、「応用数学」、「数学と他分野の関係」の間のバランスよい発展を目指したプログラムを行っており、「数学と他分野の関係」については、新しい数学手法の開発を要するという点で数学へのインパクトをもつ分野への提案を採択し、2014年には暗号理論、2015年には量子科学において、数学と諸分野の融合が成功したと述べている。

日本の数理解科学研究者はこれらの訪問滞在型研究施設での研究活動に参加している。数理解科学的研究成果は研究者とともに日本の数理解科学研究を活性化しているが、産業等への成果は所在国により多く還元され、また所在国における産業等の人材育成に資するものになっている。我が国における数理解科学と産業の連携を推進するためには、我が国に上記のような訪問滞在型研究施設を設置することが必要と考えられる。

4 国内外の連携に向けた数学教育と連携人材育成の動向

中等教育における数学教育、大学における数学教育に関して、数学教育の幅が十分ではないという指摘がいくつかなされている。

(1) 中等教育における数学教育

中等教育においては、学術会議第三部数理科学委員会数学教育分科会の提言[7]に指摘されているように「算数・数学教育は、グローバル社会を生き抜く上で必要な力の核心となる力を培うために必要不可欠なものである。しかし、我が国では算数・数学を学ぶ意義、とりわけ、数学の社会的有用性についての意識が他の国より低く、数学を学ぶことと将来の職業との関係がつかめないでいる生徒が多い。また、日本の学校教育では、伝統的に統計学に関する内容が十分には教えられていない。その他、大学進学を目指す生徒が多い高等学校では1年次の後半に「文理分け」が行われ、その結果、大学の文系学部への進学を目指す生徒の多くが、「自分たちは将来数学を使わないですむ」と誤解して、数学を十分に学習していない現実がある。」このことは、[15]第5章2.3においても、「数学が実際に企業や他分野で必要であると実感している高校教員はそれほど多くないと感じられる。高校の教員あるいは今後教員を目指す学生へ数学のニーズや重要性の教育を具体的に行う必要があるように思える。」と指摘されている。

日本の教科書は、諸外国に比べて、数学がどのように社会で応用されているかの記述が少ないことが指摘されている([22])。また、IEA国際数学・理科教育動向調査の2011年調査([23])及びOECD生徒の学習到達度調査(PISA)2012年調査([24])においても、日本の学生は数学の有用性をあまり理解していないという結果が出ている。学生が数学を学ぶ意義を実感できるように、数学の社会での役割を教えていく必要がある。

また、この2つの国際調査では、日本は諸外国に比べて、学校におけるデジタル教材やPCの活用が余りなされていないこと、教員がこれらの活用法についてあまり研修を受けていないことも明らかとなっており、早急に対策をとる必要がある。

公正な判断のためには、必要なデータを集めて統計的手法を使って判断する力が求められる。今後、初等教育から高等教育に至るまでの各段階における統計リテラシーを重視した統計教育がますます必要となる。指導要領の改訂により統計教育に対する関心は高まっているが、教育現場では具体的な指導方法に苦慮しており、統計教育に関して教員への研修の充実や実践的な統計教育の充実の必要性が指摘されている([20])。統計教育にかかわる方策については、[26]、[27]、[28]で検討されている。

(2) 大学大学院における数学教育と人材育成の動向

中等教育における数学教育の問題点はあるものの、中等教育終了時点での数学教育のレベルについては、国際的には高い水準にあると思われる。実際、微分積分学の基礎を中等教育の終了時まで学習していることは、様々な分野において日本の競争力の源泉の1つになっていると思われる。しかしながらこの優位性を大学において保ち続ける努力はされていない。日本の大学の教育は文系と理系に分断され、文系においては数学の

教育はあまりされていない。理系における数学教育にも問題がある。基礎科学共通の基盤としての大学の数学教育の内容は、世界で共通しており、最初に「微分積分学」と「線形代数学」である。その後で、ベクトル解析、微分方程式を学ぶ。大学入学以前に、部分積分、置換積分などを学んで入学する学生を教育する日本の大学の平均では、大学初年時における微分積分学の授業時間数は欧米、東南アジアの大学の半分程度であり、カリキュラム上は2年間でほぼ同等のレベルとなる。こうして大学卒業時点では、TAなどによる対話的指導を受けている欧米、東南アジアの大学の学生の数学力のレベルが、一般の日本の理系の学生の数学力のレベルを上回っていても不思議ではない。これは中学校高等学校の数学の教員の数学力のレビューからも見られることである。

中学校高等学校の教員については、[25]において、諸外国に比較して教師の科学的素養と専門的教養が平均的に低いことが指摘されている。その原因として、教員養成制度に課題があること、特に「教科に関する専門科目」を十分に履修せずに教員となる場合も多いこと、及び教員の中の大学院修了者の率が低いことがまず指摘されている。さらに、諸外国に比して研修への参加機会が少ないことも大きな問題として指摘されている。算数・数学教育についていえば、数学の社会での役割をまず教員が理解するためには、数学や関連する科目をもっと履修するような方策を取る必要がある。教員となった後も急速に発展している科学・技術について学ぶためにも様々な研修の機会を与える必要がある。算数・数学の教員の採用に当たっては、教科を確実に修得していることを確認するため、また教員を目指す学生時代に教科の勉強をするよう促すために、教員採用試験における数学の証明問題の出題や数学や関連する分野の試験の点数配分を多くするなどの方策が有用である。

数学・数理科学の大学院では、研究分野の学術論文を読んで説明することと研究経過の発表に対し、指導教員のアドバイスを受けることを繰り返して人材を育成している。これは数学・数理科学についての専門性を育てる上では効果のある教育法である。日本数学会発行の数学通信には、数学・数理科学の2015年度の修士論文題目が1098、博士論文題目が147記載されており、それだけの数学・数理科学の専門性を持つ人材が送り出されている。[15]によるアンケートに回答した教室の600名前後の修士修了者の進路は比較的バランスが取れており、そのうち半数以上が企業に就職し、6分の1が中学・高校の教員となり、6分の1が博士課程に進学している。一方、[15]に掲載されている2014年の日本数学会の調査では博士課程修了者140名のうち、有期あるいは無期の研究教育職に就いたものは27%であるが、52%は、高等教育機関でのPD・研究員・非常勤講師という不安定な身分となっている。中学校高等学校の教員には7%、民間企業には4%就職している。博士修了者には、一方で、教育の質を高めるためにも中学校高等学校の教員への道を開くべきであり、他方で、産業からの期待に応えるためにも産業とのマッチングを考えるべきである。

[5]では、「現代社会、特に産業界において数理科学は広大で多様な適用領域をもっており枚挙にいとまがない。例えば、流体関連の数値シミュレーション、ゲノム解析、金融工学、リスク・マネジメント、CAD、CG、情報セキュリティ、LSIの設計などにおいて

は、偏微分方程式、数値解析、確率論、数理統計学、記号処理の数学的理論、微分幾何学、整数論、最適化理論、グラフ理論、組合せ論といった、多様な数学理論とそのコンピュータ上への実装が必要となっている。したがって、高度な数学の専門的知識・能力を持ち、企業現場が抱える諸問題を数理的に解決できる高度専門職業人の養成は産業界からの強い要請と期待でもある。しかるに、現在の数理科学系博士課程教育は、研究の後継者養成に偏りがちであり、産業界が大学院教育に期待する人材育成像とはかけ離れたものとなっている。」と述べている。これに対して、九州大学大学院数理学府などで始められた企業での長期インターンシップが非常に有効であり、実際に数理科学の博士号取得者が企業に就職し、その数理科学の能力が産業に活かされ始めていることを述べている。東京大学数物フロンティア・リーディング大学院でもインターンシップや企業との連携研究をコース生に体験させている。このような活動を無理なく拡大・普及していけるシステムを作り上げ、社会において数理科学分野の博士が活用される環境を整備することが要請されている。

5 数理科学と他の科学分野や産業との連携の基盤整備に向けた提言

本分科会では、数理科学と他の科学分野や産業との連携を促進するため、連携の基盤整備、人材育成、個別の取り組みを組織化し連携を促進する体制の整備に関して、以下のことについて提言を行う。

(1) 大学等におけるネットワーク型拠点の整備と運営センターの設置

第2章で述べたように、いくつもの大学、統計数理研究所、理化学研究所等に数理科学と諸科学や産業との連携組織が立ち上がっている。実際に、第3章(1)に述べた数学協働プログラムとして行われた活動だけを見ても、近年の数理科学と諸科学や産業との連携による研究活動は非常に盛んになっている。また、JSTのCREST・さきがけによる現実の問題の解決のための数理科学と諸科学の連携も盛んになっている。しかしながら、組織的に対応できる研究機関は少数であり、企業や諸科学の研究者から見て、連携研究が行われている姿が見えるものになっていない。また、数理科学分野は他分野と異なり、それらをまとめ産業や社会に向かってさらに広く展開する国立の研究所組織等は整備されていない。したがって、社会・産業のニーズに対応するために数理科学を必要とする課題と大学等に所属する数理科学研究者とを結びつける社会に貢献していくシステムを社会・産業に見える形で作り上げることが必要である。

国外の訪問滞在型研究施設が数理科学と諸科学や産業との連携による研究活動に果たしている役割の大きさを考えると、我が国にも、必要な機能を備えた複数の訪問滞在型研究施設を設立し、連携研究活動の拠点とすることが求められる。

少なくともその最初の段階として、大学や研究所に設立されたこれらの連携組織を有機的に結合するネットワーク型拠点として整備することが求められる。さらに、ネットワーク型拠点の運営委員会のもとで全体の活動を統合し、社会・産業に見える形で社会との連携のプラットフォームとなる運営センターを設置することを提言する。運営センターには全体へのサービスを行うためのチーフコーディネータ、研究スタッフを置き、データベース構築を行い、運営センターが諸科学や産業との連携の実績を積極的に社会に発信するとともに、社会からの課題に対する相談窓口として機能し、課題に対応できる研究グループとの仲介をおこなえるようにすることが必要である。これにより、数理科学の特性ともいえる、異なる分野の課題を横断する数理の発見、研究が行えるようになる。各連携組織にはコーディネータを置き、運営センター及び連携組織間の緊密なネットワークのもとで、それぞれの強みを生かした人材育成、研究、特定の分野・産業界との連携をおこなうことが必要である。また、運営センターにより、当面は、大学、研究所等の既存施設を用いた国際的な訪問滞在型研究を活性化すべきであり、将来の訪問滞在型研究施設の活動に結びつけるべきである。

(2) 数理科学を社会に活用するための教育の充実と人材育成

第4章で述べたように、我が国の数学の教育の中では、数学が社会のどのような場面にどのように使われているか、社会的な課題に論理的に対応する必要性などが強調され

てこなかった。このことにより、国民の多くは数学の必要性、有効性を意識していない。非常に多様な非常に多くのデータや情報の中で判断をしていかなければならない現代においては、数理的な考え方と判断の仕方は必要な技能である。将来に生きる世代のために、中学校、高等学校、大学を通じて、数学の社会や産業での活用に関しての教育を充実させることを提言する。そのためには、数理科学の修士号・博士号を持つ教員を増加させることが求められる。

公正な判断のためには、必要なデータを集めて統計的手法を使って判断する力が求められる。今後、初等教育から高等教育に至るまでの各段階における統計リテラシーを重視した統計教育がますます必要となる。少なくとも大学においては統計とデータ解析に関する素養を身につけさせる教育が必要である。このような統計教育の充実を提言する。

実際に高度な数学の専門的知識・能力を持ち、企業現場が抱える諸問題を数理的に解決できる高度専門職業人の養成が必要とされている。そのために、現在立ち上がっている数理科学と他分野との連携組織、連携プロジェクトを中心として、諸科学や産業の未解決問題に対して、数学・数理科学の問題に落とし込んで異分野融合研究を推進することができる数学・数理科学全般に長けた人材を育成することを提言する。そのためにも、中学校から大学までの教員、企業人、一般の社会人がいつでも課題を持ち込み、共同で課題解決に向けた取り組みができるネットワーク型拠点、訪問滞在型研究施設の整備が望まれる。また、社会において数理科学分野の博士が活用される環境を整備すべきである。

(3) 資金の効果的活用による連携体制の整備

第3章で述べたように、海外における連携研究は、研究所等の整備とともに連携のための資金を政府及び民間から調達し、必要な研究を活性化させる形で進んでいる。その資金規模は、それぞれの経済規模を考えても我が国におけるものの数倍から数十倍である。我が国においても、JSTなどの資金が投入され、連携研究がようやく活性化し始めている。これをさらに推進するために競争的資金による支援を充実させることを提言する。一方、各連携拠点にはコーディネータを置き、人材育成、訪問滞在型プログラムの支援のための資金を用意し、効率的かつ安定的な運営を行えるようにすることも必要であり、それを助成するシステムを構築することを提言する。このとき、連携推進のための資金を運営センターにも配分し、世界の研究動向に関する情報収集、国際的な情報発信、成果の取りまとめと協働の促進、相談窓口、「長期インターンシップ」等の人材育成支援、プログラム支援を行わせるなど、資金の効果的活用をはかることに配慮すべきである。

6 おわりに

数学の研究は基本的に理論研究であり、多くの研究者が自身の考えに基づき独立して研究を行うことが多様な研究を生むために必要である。多様性の中から、諸科学や産業界で真に役立つ研究が現れてくる。他分野の科学や産業界との連携を意識した研究を行う研究者はまだ少ないため、若手研究者を数多く育成することが急務となっている。しかし、大学にできた新しい連携組織のほとんどは年限付きの資金により維持されているため、任期付きのポジションしか持たないところが多い。また数理科学に限らず、融合分野の研究者は任期終了後のキャリアパスがはっきりしていない。若手研究者を数多く育成するためには、将来に不安を抱えずに研究に専念できるような制度を整備していく必要がある。このようなシステムの構築のためにも、コアとなる運営センターを設置し、全国的なネットワーク型の拠点を整備することが望まれる。

大学院での教育に関しても、新たな分野の研究者や高度な数学知識を持つ専門職業人の育成を目的とした新しい教育の試みが始まったばかりであり、適切な教育制度を作り上げるためには経験の積み重ねと共有が必要である。数理科学の社会との連携を強め、社会への貢献を進めるには、大学での数理科学教育と初等中等教育での算数・数学教育の役割も重要である。これまでの教育においては、数理科学の社会での役割を教え、数学の有用性を学生に実感させ、基礎数学を学ぶ動機を与えることが十分にはなされてこなかった。この点をふまえて教育も変革していく必要がある。

限られた資源をどこに使うかという問題は、現代では避けて通れないものである。数理科学の視点を持つことは、将来にわたって何に資金を投入すべきかということを議論するうえでも必要になる。現実の多くの課題に対処するためには、現実の問題に精通している研究者と、その問題の本質を数理モデル化し、数理モデルの意味するところを理解しようとする研究者の間で、絶えずコミュニケーションが行われていく必要がある。実際に多くの現場で行われていることであるが、高度な数理科学を必要とする社会的課題が増えており、これに対応できる体制を整備していく必要がある。現在、国が進める第5期科学技術基本計画の中においてSociety5.0のプラットフォームの中心となるAI・ビッグデータ・セキュリティー技術の基盤となっているのは数理科学技術であり、新しい体制はその次に来る技術基盤の揺籃の場ともすべきである。

<参考文献>

- [1] 日本学術会議 数理科学委員会 数理科学振興策検討分科会、提言『数理科学における研究と若手養成の現状と課題』平成 20 年 8 月 28 日
- [2] 日本学術会議 環境学委員会・数理科学委員会・物理学委員会・地球惑星科学委員会・情報学委員会・化学委員会・総合工学委員会・機械工学委員会・電気電子工学委員会・土木工学・建築学委員会・材料工学委員会合同 若手・人材育成問題検討分科会 数理科学振興策検討分科会、提言『新しい理工系大学院博士後期課程の構築に向けて－科学・技術を担うべき若い世代のために－』平成 20 年 8 月 28 日
- [3] 日本学術会議 科学・技術を担う将来世代の育成方策検討委員会、提言『科学・技術を担う将来世代の育成方策～教育と科学・技術イノベーションの一体的振興のすすめ～数理科学における研究と若手養成の現状と課題』平成 25 年 2 月 25 日
- [4] 日本学術会議 科学者委員会学術の大型研究計画検討分科会、提言『第 22 期学術の大型研究計画に関するマスタープラン（マスタープラン 2014）』平成 26 年 2 月 28 日
- [5] 日本学術会議 数理科学委員会数学分科会、記録『数理科学と他分野科学・産業との連携』平成 26 年 9 月 1 日
- [6] 日本学術会議第三部、報告『理学・工学分野における科学・夢ロードマップ 2014（夢ロードマップ 2014）』平成 26 年 9 月 19 日
- [7] 日本学術会議 数理科学委員会数学教育分科会、提言『初等中等教育における算数・数学教育の改善についての提言』平成 28 年 5 月 19 日
- [8] 日本学術会議 科学者委員会学術の大型研究計画検討分科会、提言『第 23 期学術の大型研究計画に関するマスタープラン（マスタープラン 2017）』平成 29 年 2 月 8 日
- [9] 文部科学省 科学技術・学術審議会 先端研究基盤部会「数学イノベーション戦略」平成 26 年 8 月 28 日
- [10] 文部科学省 科学技術・学術審議会 戦略的基礎研究部会「数学イノベーション推進に必要な方策について」平成 28 年 7 月 15 日
- [11] 広中平祐、ピーター・フランクル 『数学の研究発展と数学教育』科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査「注目科学技術領域の発展シナリオ調査」文部科学省科学技術政策研究所 NISTEP REPORT No. 96 2005 年 5 月
- [12] 細坪護挙、伊藤裕子、桑原輝隆 『忘れられた科学－数学：主要国の数学研究を取り巻く状況及び我が国の科学における数学の必要性』文部科学省科学技術政策研究所、Policy Study No. 12 2006 年 5 月
- [13] 平成 19 年度文部科学省委託調査報告書「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
- [14] 平成 21 年度文部科学省委託調査報告書「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～」九州大学

- [15] 平成 27 年度文部科学省委託調査報告書「数学・数理科学を活用した異分野融合研究の動向調査」東北大学
- [16] 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
- [17] 森重文『巻頭言』日本数学会数学通信第 15 巻 4 号 2011 年 2 月
- [18] 藤本一郎『工学系数学基礎教育の現状と改善に関する調査結果報告 — 大学・数学会・行政の果たすべき役割 —』日本数学会数学通信第 17 巻 2 号 2012 年 8 月
- [19] 池川 隆司、前田 吉昭『第三回数学・数理科学のためのキャリアパスセミナー「数学・数理科学専攻学生の未来を考える」開催報告』日本数学会数学通信第 19 巻 3 号 2014 年 11 月
- [20] 「公的統計の整備に関する基本的な計画」第 II 期基本計画（平成 26 年 3 月 25 日閣議決定）
- [21] 国立教育政策研究所 教育課程研究センター『特定の課題に関する調査（論理的な思考）』平成 25 年 3 月
- [22] 国立教育政策研究所『第 3 期科学技術基本計画のフォローアップ「理数教育部分」に係る調査研究』平成 21 年 3 月
- [23] 国立教育政策研究所編『算数・数学教育の国際比較 国際数学・理科教育動向調査の 2011 年調査報告書』明石書店 2013 年
- [24] 国立教育政策研究所編『生きるための知識と技能 5 OECD 生徒の学習到達度調査（PISA）2012 年調査国際結果報告書』明石書店 2013 年
- [25] 日本学術会議 教師の科学的素養と教員養成に関する検討委員会、要望『これからの教師の科学的教養と教員養成の在り方について』2007 年 6 月 22 日
- [26] 日本学術会議数理科学委員会 数理科学分野の参照基準検討分科会 報告『大学教育の分野別質保証のための 教育課程編成上の参照基準 数理科学分野』2013 年 9 月 18 日
- [27] 日本学術会議数理科学委員会 数理統計学分科会 提言『ビッグデータ時代における統計科学教育・研究の推進について』2014 年 8 月 20 日
- [28] 日本学術会議数理科学委員会 統計学分野の参照基準検討分科会 報告『大学教育の分野別質保証のための 教育課程編成上の参照基準 統計学分野』2015 年 12 月 17 日

<参考資料 1> 審議経過

平成 26 年

11 月 21 日 日本学術会議幹事会（第 205 回）
委員会設置、委員決定

平成 27 年

7 月 31 日 数理科学委員会数学分科会（第 1 回）
○ 審議事項、今後の進め方について

平成 28 年

7 月 28 日 数理科学委員会数学分科会（第 2 回）
○ 論点整理

10 月 5 日 数理科学委員会数学分科会（第 3 回）
○ 提言案について

10 月 6 日 数理科学委員会（第 4 回）

○ 今期数学分科会の決定を数理科学委員会の決定とする旨を決定

平成 29 年

3 月 21 日 数理科学委員会数学分科会（第 4 回）
○ 提言案の決定

8 月 17 日 日本学術会議幹事会（第 250 回）

○ 提言「数理科学と他の科学分野や産業との連携の基盤整備に向けた提言」について承認

＜参考資料 2＞シンポジウム開催

平成 29 年 3 月 21 日

公開シンポジウム「大変革時代に未来を探る数理科学の展開と深化」開催

主 催： 日本学術会議数理科学委員会数学分科会

共 催： 統計関連学会連合、日本応用数理学会、日本数学会

日 時： 平成 29 年 3 月 21 日（火）13:00～17:30

場 所： 日本学術会議講堂（東京都港区六本木 7-22-34）

アクセス： 東京メトロ千代田線「乃木坂」駅 5 出口

開催趣旨

第三部数理科学委員会では、数学と他の科学分野や産業との連携の基盤整備に向けて議論してきた。社会や産業の構造が大きく変わろうとしている今日、データ等からは単純な構造が見いだせないような複雑な現象の中に、何らかの数学的構造を見いだすことで現象の解明が出来るのではないかという考えから、数理科学への大きな期待がよせられている。数理科学の分野の中には応用を意識して生まれたものも多いが、それらの分野においても、基礎となる数学は応用を意識せず純然たる知的好奇心から生まれたものであることが少なくない。これが数理科学の汎用的な力を生み出す源泉ともなっている。本公開シンポジウムでは、現代そして未来の社会に必要とされる数理科学の新たな展開と深化について考えたい。

プログラム

13:00 開会の挨拶／趣旨説明（提言「数理科学と他の科学分野や産業との連携の基盤整備に向けた提言」の報告）

坪井 俊（日本学術会議会員、数学分科会委員長、東京大学教授）

13:15 挨拶 板倉康洋（文部科学省大臣官房審議官（研究振興局担当））

13:20～13:45 講演 「数理科学とイノベーションの相性を探る」

原山優子（総合科学技術・イノベーション会議議員）

13:50～14:15 講演「データを社会変革につなげる数学の力」

江村克己（日本電気株式会社 取締役 執行役員常務 兼 CTO）

14:20～14:45 講演「数理・情報・計算が拓く新しい科学技術」

松本洋一郎（日本学術会議会員、理化学研究所理事）

14:50～15:20 講演「数学は未来社会のコンシェルジュ」

西浦廉政（東北大学原子分子材料科学高等研究機構教授）

15:50～17:20 パネルディスカッション「イノベーションの触媒としての数理科学」

司会： 小谷元子（日本学術会議会員、数学分科会委員、東北大学教授）

パネリスト：

前田吉昭（日本学術会議連携会員、数学分科会委員、
東北大学知の創出センター特任教授）、

高田 章（日本学術会議連携会員、数学分科会委員、
旭硝子株式会社先端技術研究所特任研究員）、

原山優子、江村克己、松本洋一郎、西浦廉政

17:20 閉会の挨拶 小谷元子