

# ワークショップ 「数学の将来シナリオを考える」 開催報告

伊藤 裕子  
ライフサイエンス・医療ユニット

## 1 ワークショップの全体概要

文部科学省科学技術政策研究所は社団法人日本数学会との共催により、5月10日に虎ノ門パストラルで「数学の将来シナリオを考える ―数学を基点とする分野横断型研究の展開に向けて―」のワークショップを開催した。

本ワークショップの目的は3つある。1つ目は、日本の数学研究が置かれている状況をきちんと認識することである。2つ目は、数学研究が新しい科学技術分野を発展させるために果たす重要性を考えることである。さらに3つ目は、日本の数学のポテンシャルを他分野に活用する方策を産学官関係者で討議し、認識を共有することである。

数学は、例えばひとつの定理が物理現象の解明に役立てば、経済現象にも適用できるという具合に、数学は様々な科学分野の基礎を支えている。翻って見れば、科学技術の構造変革をもたらした計算機の開発や、数理ファイナンス、複雑系等の学問分野の創造は、数学研究から端を発している。数学の成果は、社会を根底から変革する可能性を秘めている。

欧米各国は、このような数学

の特徴を踏まえて、国家として数学研究を推進している。特に、近年では数学に対する公的支援として、数学と他分野との研究の連携や融合を重視している。我が国の科学技術政策においても、分野間の連携・融合を推進していく必要性が増しており、多くの分野の基礎となる数学は一層重要になるだろう。そこで問題となるのは、数学研究の推進体制自体が十分なものであるのかどうかである。そのために産学官の関係者同士の対話が必要である。

ワークショップ当日は、数学関連の研究者や技術者および行政関係者など約80名が集まり、活発な意見交換が行われた。冒頭の開催挨拶において、有本科学技術・学術政策局長は、「科学技術の理論と実験に加えて新しい方法論として、モデリング予測、可視化といった数学に基づいた計算科学が大切になっている」、「行政や政策としても、数学が今後どうあるべきかを検討する必要がある」と問題意識を述べ、さらに「数学研究者も積極的に外に出て（他分野の人と）コミュニケーションを図って欲しい」と要望した。

次いで、桑原科学技術政策研究所総務研究官から科学技術政策研究所の調査による日本の数学研究の現状が報告された。また、同研究所で実施した「科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査」（平成15～16年度科学技術振興調整費）の中の注目科学技術領域の発展シナリオ調査「数学の研究発展と数学教育」の執筆者である、広中平祐氏およびピーター・フランク氏から、数学の将来展望および数学推進に関する提言が発表された。

さらに、大学からは東北大学教授で前日本数学会理事長の森田康夫氏、および北大教授の津田一郎氏、産業界からは中央青山監査法人の吉田英幸氏、および日立製作所の宝木和夫氏、生命科学分野からは東大教授の高木利久氏、の各氏から数学研究の重要性や他分野連携の必要性や問題点について発表が行われた。また、討論のセッションでは、永野博科学技術政策研究所長をコーディネーターとして、東大教授の儀我美一氏から分野横断型の数学研究所構想が提案され、活発な意見交換が行われた。以下に、発表内容の概要を示す。

## 2 数学研究の日本の現状

2 - 1

### 論文分析 (桑原総務研究官／ 科学技術政策研究所)

#### (1) 分野別の論文シェア

ISI 論文データベースを用いて、各国の分野別の論文産出における論文シェアのポートフォリオを比較すると、米国は化学・材料・物理の論文シェアは低いが、計算機科学&数学や生命科学は高い。日本は、米国で低かった化学・材料・物理のシェアは非常に高く、数学のシェアは他の分野に比べるとかなり低い（図表1）。

一方、ヨーロッパでは、英国は臨床医学のシェアが高く、数学は他の分野と同程度であり、ドイツは物理が突出し、計算機科学&数学も決して小さいシェアではない。フランスでは計算機科学&数学が突出し、他の分野よりシェアが大きい。中国の論文シェアのポートフォリオは日本に近いが、計算機科学&数学は日本のように小さくはない。

#### (2) 数学と計算機科学の 論文数の国際比較

図表2は、ISI 論文データベースに収載されている数学と計算機科学だけの論文実数を並べたものである。2003年では、トップの米国が1年間で4,000報であり、フランスが1,700報、中国が1,300報、ドイツが1,200報、イギリスに次いで日本は800報である。数学と計算機科学との論文数のバランスを見ると、各国で特徴があり、米国の場合は数学4,000報に対して計算機科学は3,000報と、4対3。フランス・中国・ドイツでは、3対1で、計算機科学よりも数学の論

文数が遙かに多い。イギリス・日本・イタリアでは、数学の論文数は計算機科学の2倍程度である。韓国は、数学より計算機科学のウェイトが大きい唯一の国である。

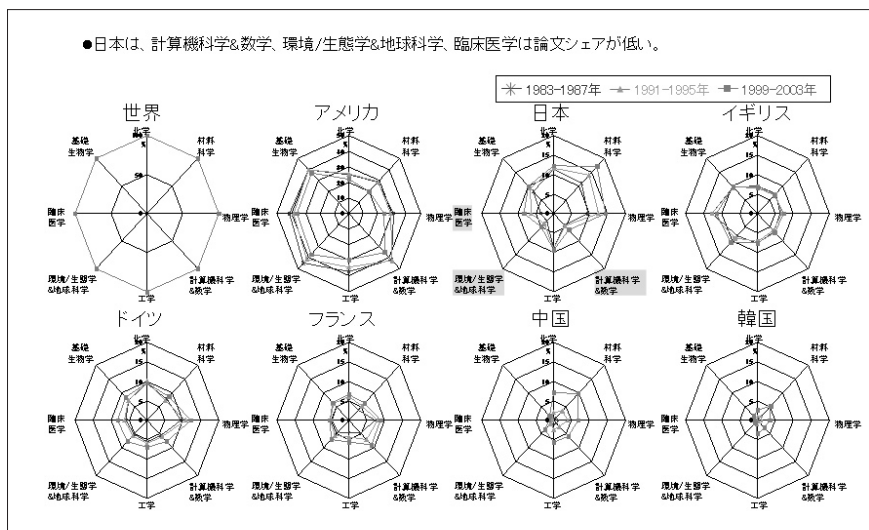
数学と計算機科学は、比較的近い領域と思われるが、国によってこの2つのバランスのポートフォリオも大分違っている。世界で産出される論文の絶対数では、数学

が1年間で1万4,000報に対して計算機科学は8,000報であり、数学のほうが論文数は多い。

#### (3) 数学分野の日本論文の 共著相手国

ISI 論文データベースの分析によると、日本人の国際共著率は高まっている。共著相手として、米国が1,700報の国際共著のうちの

図表1 各国の論文産出における論文シェアのバランス



(注) このグラフでは、17分野を8つに集約している。基礎生物学は、農学、生物学・生化学、免疫学、微生物学、分子生物学・遺伝学、神経科学・行動学、薬理学・毒性学、植物・動物科学の分野を含む。

図表2 数学と計算機科学の国別論文数

| 国名   | 数学    |       |       | 計算機科学 |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | 2001年 | 2002年 | 2003年 | 2001年 | 2002年 | 2003年 |
| アメリカ | 4087  | 4087  | 4260  | 2496  | 2428  | 3024  |
| フランス | 1566  | 1561  | 1755  | 369   | 388   | 503   |
| 中国   | 881   | 908   | 1309  | 342   | 358   | 469   |
| ドイツ  | 1127  | 1119  | 1222  | 461   | 297   | 502   |
| イギリス | 897   | 892   | 958   | 466   | 428   | 563   |
| 日本   | 823   | 671   | 808   | 456   | 387   | 489   |
| イタリア | 718   | 698   | 958   | 466   | 428   | 563   |
| カナダ  | 560   | 603   | 699   | 283   | 300   | 426   |
| スペイン | 599   | 580   | 678   | 166   | 167   | 195   |
| ロシア  | 609   | 662   | 673   | 83    | 58    | 57    |
| 韓国   | 205   | 194   | 274   | 267   | 292   | 416   |
| 全世界  | 12978 | 12593 | 14082 | 6905  | 6608  | 8146  |

700 報で、全体の 4 割を占める。20 年前からアメリカは共著相手として多かったが、ドイツ・フランスは安定して 200 報ぐらいである。興味深いのは中国、イギリス、あるいは韓国であり、以前は日本の研究者との共著論文は非常に少なかったが、最近急増している。中国に関しては、最近継続的に 20 報ぐらいが、日本の論文の共著相手として出ている。韓国も最近増えているなど、共著相手国が変化している。

#### (4) 欧米の研究者による

##### 日本の研究の評価

欧米研究者から見た日本の研究活動の調査（全分野）では、「世界的リーダーである」や「優れており、手堅く、信頼できるもので

ある」と評価された分野がある一方で、多くの分野で「画期的なものが少ない」、「研究の深さが足りない」、「新しい概念が生まれてこない」という指摘があった。この事は、全ての学問の根底にあるはずの数学とのコラボレーションが必ずしもうまくいっていないということが、1つの理由として考えられるかもしれない。

2 - 2

### 米国の数学研究支援システム

(伊藤主任研究官／  
科学技術政策研究所)

#### (1) 米国の数学研究予算の

##### 配分先の多様性

米国の政府による数学研究予算は、ここ 30 年間で約 2 倍に増加

しており、日本円にすると約 400 億円である。この 400 億円の予算の約半分は NSF（全米科学財団）に配分されており、ここから大学等にファンディングされている。もう半分の予算は、生物医学の最大の研究所であり、かつ生命科学分野の研究にファンディングをしている NIH や、エネルギー省、国防総省など、非常に多様性のある政府組織に配分されている（図表 4）。

#### (2) 数学研究を支援する

##### 米国政府組織

米国では、エネルギー省・国防総省・商務省・NIH・NSF など、様々な政府機関の中に数学研究にファンディングするための担当部局が複数ある。部局がないところ、例

図表 3 数学分野の日本論文の共著相手国

| 年    | 日本論文数 | 国際共著数 | 国際共著率 | 共著相手国 |     |      |     |     |      |      |    |
|------|-------|-------|-------|-------|-----|------|-----|-----|------|------|----|
|      |       |       |       | アメリカ  | ドイツ | フランス | カナダ | 中国  | イギリス | イタリア | 韓国 |
| 1982 | 505   | 43    | 8.5   | 22    | 3   | 5    | 2   | 0   | 1    | 1    | 0  |
| 1983 | 502   | 50    | 9.6   | 16    | 5   | 11   | 4   | 0   | 5    | 4    | 0  |
| 1984 | 473   | 62    | 13.1  | 22    | 5   | 10   | 5   | 2   | 5    | 2    | 2  |
| 1985 | 568   | 72    | 12.7  | 35    | 6   | 7    | 6   | 1   | 5    | 0    | 1  |
| 1986 | 350   | 46    | 13.1  | 20    | 9   | 1    | 6   | 2   | 2    | 1    | 1  |
| 1987 | 329   | 48    | 14.6  | 21    | 5   | 3    | 10  | 0   | 2    | 3    | 1  |
| 1988 | 513   | 64    | 12.5  | 24    | 9   | 11   | 6   | 1   | 3    | 4    | 3  |
| 1989 | 329   | 51    | 15.5  | 25    | 6   | 5    | 9   | 0   | 1    | 2    | 3  |
| 1990 | 328   | 61    | 18.6  | 23    | 11  | 8    | 7   | 1   | 5    | 5    | 1  |
| 1991 | 412   | 65    | 15.8  | 27    | 12  | 4    | 9   | 2   | 8    | 1    | 0  |
| 1992 | 367   | 72    | 19.6  | 31    | 12  | 9    | 8   | 4   | 5    | 2    | 3  |
| 1993 | 360   | 50    | 13.9  | 23    | 6   | 3    | 5   | 3   | 3    | 2    | 3  |
| 1994 | 379   | 54    | 14.2  | 28    | 4   | 11   | 2   | 4   | 3    | 1    | 1  |
| 1995 | 329   | 57    | 17.3  | 25    | 10  | 12   | 1   | 1   | 3    | 1    | 1  |
| 1996 | 419   | 61    | 14.6  | 19    | 7   | 9    | 5   | 1   | 4    | 2    | 2  |
| 1997 | 405   | 64    | 15.8  | 22    | 10  | 6    | 5   | 7   | 2    | 4    | 4  |
| 1998 | 562   | 104   | 18.5  | 47    | 13  | 8    | 6   | 7   | 7    | 5    | 4  |
| 1999 | 567   | 98    | 17.3  | 36    | 18  | 8    | 4   | 6   | 9    | 7    | 4  |
| 2000 | 700   | 146   | 20.9  | 44    | 17  | 19   | 7   | 20  | 14   | 7    | 6  |
| 2001 | 823   | 157   | 19.1  | 62    | 12  | 21   | 13  | 14  | 6    | 13   | 8  |
| 2002 | 671   | 163   | 24.3  | 63    | 18  | 15   | 11  | 21  | 11   | 10   | 5  |
| 2003 | 808   | 179   | 22.2  | 72    | 13  | 14   | 17  | 24  | 11   | 12   | 14 |
| 合計   | 10717 | 1767  | 16.5  | 707   | 211 | 200  | 148 | 121 | 115  | 89   | 67 |

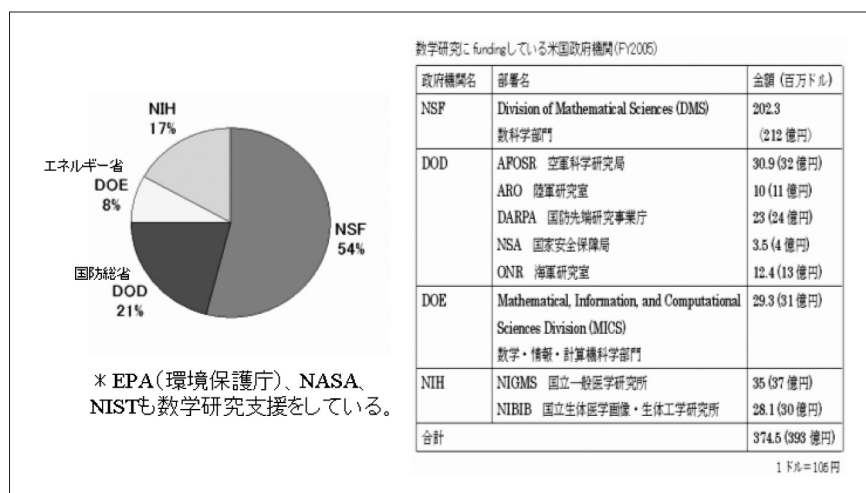


例えばDARPAにも、継続的な数学研究プログラムが存在する(図表5)。

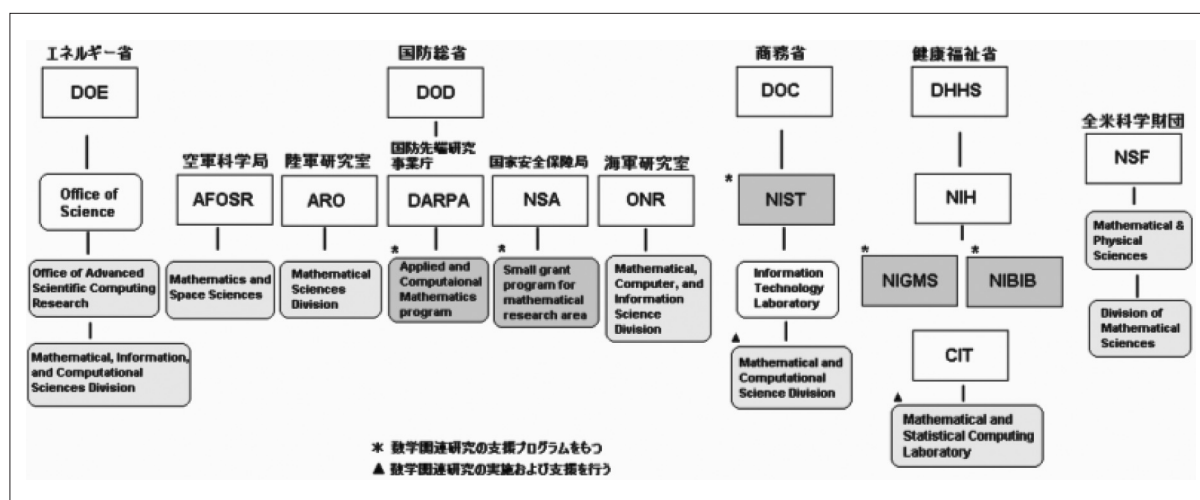
このように、米国の数学の公的な研究支援は、多額の予算を投資するだけではなく、多様な数学に関連した研究の支援を可能にするためのシステムが存在し、これが米国の研究の活性を保持するキーになっているのではないかと考えられる。

これに対し、日本の省庁には数学研究を支援する担当部署がないので、省庁主導での数学研究の支援に関する政策は立案することは難しい。

図表4 米国省庁別の数学研究予算(2005年度)



図表5 数学研究を支援する代表的な米国政府組織



### 3 数学研究の将来展望

—注目科学技術領域の発展シナリオ調査結果から—

3 - 1

#### 発展シナリオ調査とは (奥和田上席研究官／ 科学技術政策研究所)

発展シナリオ調査は、第3期の科学技術基本計画策定のために様々なデータを収集している一環で行われた予測調査のひとつである。調査全体の目的が予測調査ということで、将来像を見ることに主眼を置いている。ある特定の領域の今後10年から30年の科学技術の発展を、ある個人の卓越した見通しのもとに描いて貰うという

ものである。

発展シナリオ調査では、調査テーマを48テーマ選び、その中のひとつのテーマが「数学の研究発展と数学教育」である。シナリオ原稿執筆者はコ・ノミネーション方式で選択した。まず、関連する団体、数学の場合は数学に関係する日本数学会を初め、約10の関連学協会あるいは業界団体等から、候補者の推薦を頂いた。次に、それらの候補者に対して、500ぐらいの団体による投票を行って頂き、その結果から原稿執筆者を選出した。

テーマ「数学の研究発展と数学

教育」では、広中平祐氏とピーター・フランクル氏が原稿執筆者として選出された。

3 - 2

#### 数学の研究発展と数学教育 (広中平祐氏)

##### (1) 数学の特徴と今後の展開

数学の特徴のひとつは、「無限大の有限化」である。例えば、有限群を分類してこれとこれだとはっきりわかったとか、わからないときはどこまでわからないか、あるいは無限だと思っていたのがリストアップできるような形になっ

たとか。フェルマーの問題みたいに、「実は答えがない」ということをはっきり証明するとか。こういうことは、無限の問題なので、現在のコンピューターでやろうとしても、できない。コンピューターの発展は、数学にプラスになっている。将来的には、無限の問題をコンピューターで処理できるようにすることが数学者の本命だと考える。

数学には「非常に難しい側面」と「非常にやさしい側面」がある。難しいというのは、答えが見つかるまで、解答がはっきりするまでは、全く手がつかない。ところが一端わかるか、説明されればすぐわかる。初等段階のユークリッド幾何学をするとき、補助線さえ見つければ答えは明らかだが、補助線がないと一生懸命考えても、幾ら考えてもわからない。こういう2つの側面が一緒になっているというのが、数学の特徴である。この数学の特徴は、暗号理論や将来的に情報化が進んだときに、非常に役に立つと考えられる。暗号や暗証番は、使うべきでない人、使ってはいけない人にとっては非常に難しく、使うべき人にとっては実に簡単で決して忘れない、というものを理想とするからである。

論理学は、厳密性というものを非常に重視した学問であり、数学では「数学基礎論」に含まれる。この論理学がもっとマニュアル的になって実用化するべきだと考える。いわば、テーラーメイドの論理学である。世の中には突発的に起きる事件（出来事）が多い。もっとひどいになると革命とか、恐慌とか、バブルの崩壊とか、そういう突発的なものをどういうふうに見つけていくかが課題である。そのために、それぞれに対応した論理学をつくるべきだと考える。

抽象化と具体化あるいは具象化

も数学の特徴である。典型的な抽象化の例は代数学である。それを表現する典型的な例は、群である。群の理論というのは非常に抽象的な概念であるが、一方ではそれを「物の回転」とか、具体的なものに表現していく。そうすることによって、群の性質がよりわかってくる。数学はそういうことを両方やっている。

## (2)「数学」というもの

色々な科学の分野があり、一般的に縦割りになっている。普通の科学というのを縦糸とすれば、数学というのは横糸であるべきである。横糸だからこそ、あまり評価されない。すぐに何かの役に立つのか、と言われるかもしれないが、数学者は一生懸命横糸をつくっている。横糸のない布というのがどんなものかというのは、想像できると思う。

数学は歴史的に見れば最初は簡単に、「数」と「形」という2つの柱で進んできたが、17世紀ごろからニュートンとかライプニッツとかが出てきて、動きに対する、「変化・変動」に対する数学という3つ目の柱ができた。これが非常に数学の応用範囲を広げた。つまり、数学には「数」と「形」と「動き」の3つの柱がある。この点は、小学生の教育から始めて、数学の教育をしている人の全てが、はっきり頭の中に入れておいたほうが良いと考える。

## (3)数学の将来展望としての

### 「進化のシミュレーション」

進化は、卵から生物が生まれて、成長して死んで、また新しく生まれてという、サイクルを非常に長い間何遍も繰り返している。この進化の過程というのは、1つの発展方程式を解くとか、ゲーム理論で答えを出すとか、そういう簡単な問題ではない。無限の繰り返しが出てくるような非常に長い年

月、何万年という年月をかけて繰り返してきたことが、答えになって生じてくるということである。このように背後では何遍も繰り返すというものがあって、表面には非常にきれいなもの（生物）が出てくる。コンピューターが非常に発展して、やがて量子コンピューターも出てくるだろう。すごいスピードのコンピューターを利用して、コンピューター科学の人と数学者が協力すれば、進化のシミュレーションができるかもしれない。

3 - 3

## 数学の研究発展と数学教育 (ピーター・フランクル氏)

### (1)数学の他分野応用の将来

世界最大の数学者の一人であるカール・フリードリヒ・ガウス氏は、「ある学問の科学度は、その中に含まれている数学に比例している」と述べている。20世紀に見られた現象は、いろいろな学問の中にどんどん数学が入ってきて、そして数学を通して、学問が発展していった。

数学の最大の応用分野は、ニュートン以来は物理学であり、今も数学と非常に近い関係を持っている。これから50年間における、数学の他分野への応用では、生物への数学の応用が一番目覚ましいのではないだろうか。

### (2)数学の発展予想は難しい

将来どのように数学が発展していくのかは、非常に予想し難い。数学の大きな発見は、時によっては、その発見により、皆がその研究に参入し、その方向の研究をする。別の発見によっては、逆にこの問題はもう完全に解決されたとなつて、その研究への参入は起らない。従って、数学の発展の将来を予測するのは結構難しい。

### (3) 数学の発展に必要なこと

#### ● 数学の発展は行政しだい

数学の発展もある程度、行政しだいである。つまり、行政がどの程度、数学のために体制を整えるのかである。人材を育成するためには、あるいは他のことに対してなど、幾らのお金を使うのか、ということである。

#### ● 国レベルで数学のコンテストを実施して欲しい

算数オリンピックや数学オリンピックは、多少ながら文部科学省の応援も得ているが、ほとんど個人レベルでやっているの、まだ規模が小さい。一方、ハンガリーは、世界で最も数学のコンテストの歴史が長く、100年以上毎年続いているコンテストがある。現在、どれだけコンテストがあるのか数え切れない。市のレベル、区のレベル、県のレベルのコンテストなど、いろいろなタイプの全国のコンテストなどがあり、学年別の子供たちが参加している。

コンテストで良い成績を修めると、自分は数学に向いているとか、数学はおもしろいとか、子供は思

う。賞金はお金ではなく、本や、数学の問題集などで、それをばらばら読むことで、子供たちの数学への愛情がさらに深まっていく。

従って、文部科学省でも、数学のコンテストを子供たちのためにやって欲しいと、強く希望する。

#### ● 若手数学者の研究環境を整備する

数学者はかなり早い(若い)段階で大きな成果を得ることができる。このことに関しては日本の研究機関、大学等は、何も特別にはやっていないようにみえる。大学の助手は、大体は教授よりも論文を書き、研究に一生懸命であって、頭の回転も早い。その助手があまり研究に没頭できなくて、教授はいろいろな手伝いをやらせるとか、そういうような状況があるように思う。

#### ● 数学専攻の学生の就職口を増やす

日本ではそういうのはあまりないが、ハンガリーなど幾つかの国では、大学在学中にも全国の学生が参加するような論文コンテストがあり、それに評価されることは将来の就職などでも有利に働いている。

また、中国の数学のレベルが上がって来ている大きな理由は、北京や上海などに大きな純粋数学の研究所をつくり、数学の活気を呼び戻していることにある。大学では、数学のための新しい教授のポストを増やしている。

日本では東京大学を優秀な成績で卒業したドクターを取った人でも、就職口が非常に少ないのが現状である。一生懸命やっても結局就職につながらないということで、日本では数学の活気が続にくい状況がある。

#### ● 数学の発展のために海外人材を活用する

日本は数学の発展のために、外国の優秀な先生や優秀な学生をたくさん呼ぶべきだと思う。日本で勉強した外国人には、日本の大学などに就職させるなど、外国人研究者のための就職先を設けることが、海外から研究者を呼び込むためには必要である。

#### ● 数理解析研究所

京都の数理解析研究所(のような研究所)を東京にも欲しい。

## 4 大学における数学研究の現状と将来像

4 - 1

### 大学の現状

(森田康夫氏/東北大学教授)

#### (1) 数学を発展させるために必要なこと

数学者には、じっくりと考える時間が必要である。現在は、会議への出席とか、いろいろな申請書を書くための時間で数学者の考える時間が失われている。数学の場合には、平均的なプレーヤーを増やした方が、スタープレーヤーに集中投資するよりも良いのではな

いかと思う。

#### (2) 数学の研究評価

数学者として、数学にこの研究が大事かどうかは確実に評価できるが、社会に役に立つかどうかは数学者にはわからない。

数学者の書く論文は長い。論文数は少ないが、論文の生命は長い。数学の雑誌は、大学等が出している紀要が主である。

#### (3) 最近の大学事情

数学者は教養教育や入学試験も担当している。最近、若手の研

究者の義務を減らして、研究に専念できるように優遇しているところも多い。

大学間の競争が激しくなったため、学生のサポートが大事になり、大学内の費用がかさんでいる。そのために、残りのお金が減ってきており、どう役に立つか見え難い基礎科学は、大学内のお金の獲得に苦勞している。また、雑誌の値段が高騰し、そのために小さな大学では旅費に割く費用なども不足している状況である。

例えば、東北大学の数学研究予算は、約 8,000 万円であり、1996



年には雑誌購入に1,679万円使用していたが、2002年には3,176万円と2倍弱になった。この間に買っている雑誌の数にはほとんど変わりがない(図表6)。

国立大学の小さなところの状況はさらに厳しい。例えば、新潟大学には教員が17人の数学教室があり、研究費は約1,300万円である。その中で雑誌購入費用は約333万円である。愛媛大学では、研究費が512万円で、それ以外に雑誌が全学レベルで943万円分購入されている。研究費と雑誌購入費らをグラフにすると、図表7のように、顕著な右肩下がりの状態が示され、研究費に苦勞しているということがわかる。

4 - 2

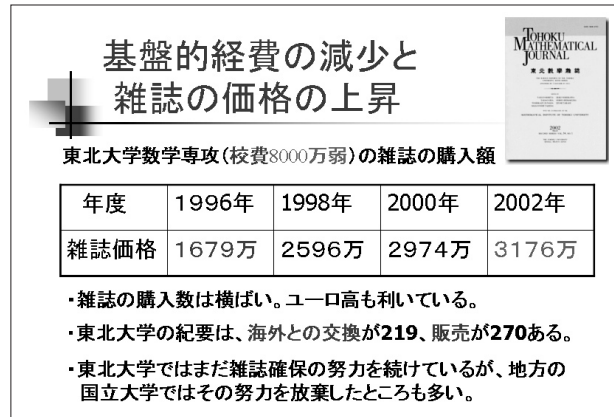
## 他分野との関わり (北大の試み)

(津田一郎氏／北海道大学教授)

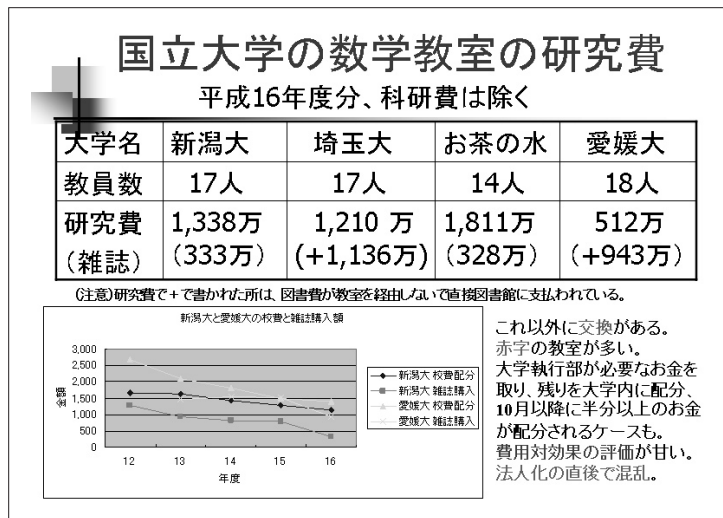
### (1) 先端研究のための数学センター (他分野の問題を知る)

北大は数年前から「先端研究のための数学センター」を数学教室内につくっている。これはバーチャルセンターであり、ホームページに案内を出して、現在のところは北大内に限っているが、いろいろな諸分野の先端で研究している人の数学上の質問を受けつけている。レベルに差があると非常にやりにくいので、事前に公開セミナーによりチェックしている。事前に質問者に公開していいかどうかを尋ね、公開していい場合には公開し、数学教室内だけで閉じて欲しい場合には数学教室内だけで行っている。質問者にセミナーをやって貰う、あるいは質問に関連した諸分野の研究の現状を話して貰う。その発表を数学教室のメンバーが聞くことにより、数学者の方も現在他の分野でどういうことが問題になっているのかを知ることができる。

図表 6



図表 7



#### ● 人材育成としても機能する

この活動に若手の数学者研究者(大学院生以上)を参加させて、他分野の重要未解決問題を知って貰い、諸科学の重要問題に対して数学的な寄与を行って貰う。あるいは、そういうことを行えるような数学者として育つということを期待している。問題発掘型の数学者というのも、ここから育てくると思う。

#### ● 質問者における問題点

質問者の数学知識にかなりばらつきがあり、中には大学1、2年生の簡単な微分方程式の知識があればそれで済むのに質問に来るという場合もある。ある程度、質問者の方にも研究者としてのレベルを要求したい。

● 他分野の人に数学者が望むこと  
数学者が他分野とかかわろうとしたときに、数学者の方の負担がかなり大きい。相当、数学者から近寄っていかないと、協力関係を結ぶのが難しい。他分野の方も、思考基盤としての数学力というのをもう少しつけて欲しい。日本の場合はこの点で、欧米諸外国に比べて非常に劣っている。これは教育の問題かもしれない。

#### ● 純粋数学の他分野への活用

高いレベルにある純粋数学をどれだけ他の分野に活用できるかは、これからの大きな課題である。従って、応用(数学)分野だけへの投資というのは、それほど意味がない、あるいは効果がないと考えている。また、純粋数学者全員が他分野と関わるということは、

期待してはいけない。やりたい人が、やればいいと思う。

## (2)国際総合理論研究所の構想

北大では、数学を基点とした国

際総合理論研究所構想を持っている。数学自体を深めて豊かにすると共に、数学研究を他分野に生かすということを目標にしている。つまり、数学者と他分野研究

者とで共同研究ができるようなシステムづくりをしていきたい。あるいはそういう受け皿をつくりたい。さらに、他分野と交わる若手研究者を育成していきたい。

# 5 産業界および他分野からの数学研究への期待

## 5 - 1

### 産業界における 数学の重要性について

(吉田英幸氏／中央青山監査法人)

保険会社は確率論をベースに事業が行われている。17世紀のパスカールやフェルマーが確率の扉を開き、不確実性というリスクにどう対処するのかという取り組みが始まった。この頃、ヤコブ・ベルヌーイが「大数の法則」を考えつき、これが人間の社会を不安から解消するという、生活を守るための保険制度の社会システムを生み出した。このシステムは非常にうまく機能して、大数の法則が最もよく機能した社会システムである。

1762年には、世界最古の保険会社、エクイタブルソサエティーがイギリスで設立されたが、240年もの歴史を持つ、この世界最古の保険会社は、2000年の12月に破綻した。これは年金の支払い保証リスクという、当時認識されていなかったリスクが顕在化した結果である。

金融イノベーションにより日々刻々、新しい技術がつくられている。従って、金融機関の曝されるリスクはどんどん複雑になってくる。経営者は、こういう状況の中で、非常に高度な判断を求められる。リスクには、計量化ができないものもあるが、数理的な分析を行うことで、直感以上の指針を与える場合がある。そのため、数理的分析が非常に重要になってくる。

どうしたら新しい金融イノベ

ションが生まれるのか。日本に欠けているのは、金融コンサルタントと言われる人が少ないことではないか。ここに、数学科の卒業生がどんどん参入するようになると、また状況が変わってくるのではないか。

## 5 - 2

### 産業界からの期待 (情報セキュリティへの応用)

(宝木和夫氏／日立製作所)

暗号に関しては、安全性解析について、数学に期待したい。量子コンピューターができ、コストパフォーマンスが数千兆倍の暗号解読装置ができるかもしれないので、NP完全／問題ベースの公開鍵暗号の構築というのは非常に大きな課題になる。量子暗号系、量子原子を使った安全な通信を実現するプロトコルの設計にも、高度な数学モデルのリスク、抽象モデルが必要である。暗号に関しては、国防も絡んでいるので、国産暗号への期待がある。

ソフトウェア自身のバグも将来的に大問題になる。人がつくっているソフトウェアはある確率でバグがある。しかし、バグがあると困るというシステムがこれからいっぱい出てくる。なるべくバグを減らすためには、数学的な検証が必要である。

産業界は、数学を使ってつくる深めた研究、要素研究などには熱意が少ない。欧米の企業が投資している基礎研究にもう少し目を向けないと、これからの情報セキュ

リティの問題には対処し切れないのではと考えている。提言としては、大学と企業とのコミュニケーションを増やして欲しいということである。例えば、年に1回、風光明媚な地で、2、3泊、泊まって暗号の学会をやっている。そういう場で、大学の先生と企業が懇親するだけで、事態は改善されるのではないか。

情報セキュリティの一部、暗号などの問題は、将来にわたって常に高度な数学を必要とする。敵は人間であるので、数学的により高度化して攻撃を行うことが考えられる。それから身を守るために、数学的により高度化した防御をやる。これがスパイラルで続くだろう。非常に高度な数学を使わないと対処できない可能性もあり、5年、10年先を考えると背筋が寒い状況にある。従って、数学力を蓄える必要がある。

## 5 - 3

### 生命科学分野からの 数学への期待

(高木利久氏／東京大学教授)

1953年のワトソン・クリックのDNAの二重らせんの発見以来、分子の言葉で生命を語ることが行われてきたが、最近では情報の科学、計算の科学という側面が非常に強くなってきた。従来はDNAやタンパク質などの物質を理解する、つまり、部品を理解するという側面が強かったが、今はその部品と部品の関係がどうなっているのか、その部品と部品を介



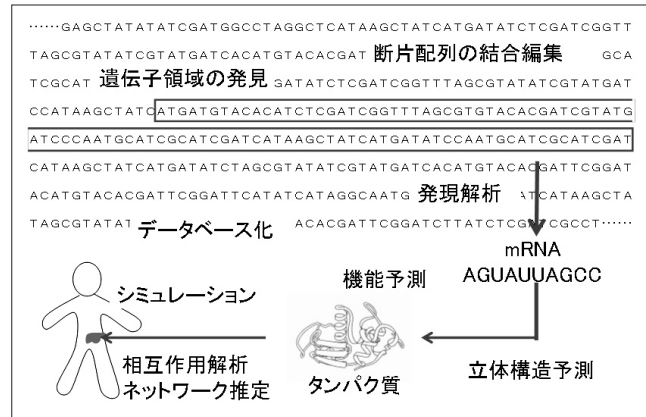
してどういう情報の流れがあり、  
 どういう制御の流れがあり、ど  
 ういう情報の変換があるのかとい  
 うことを理解する方向にきている  
 (図表8)。

当然、生命科学と数学、あるいは  
 情報科学の両方を理解した人材  
 が必要であるが、残念ながら、こ  
 こが最も欠けている。最近、情報  
 科学の人間はこの分野に入ってく  
 るようになったが、数学、物理、  
 あるいは工学（制御工学や計測工  
 学なども含めて）の人の参入、特  
 に若い人の参入が必要であるが、  
 それができていない状況である。

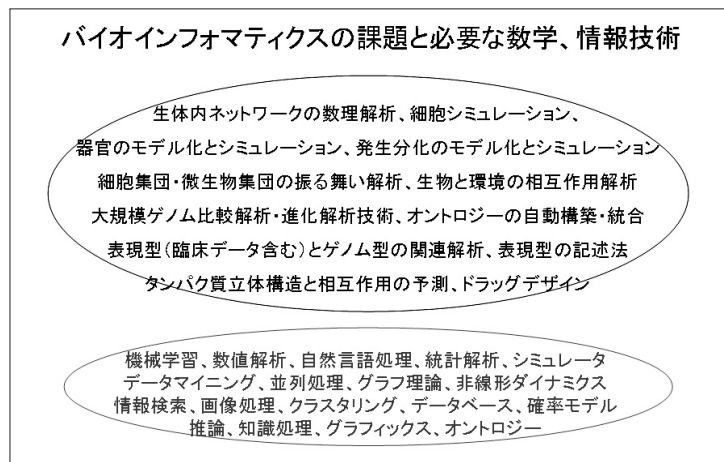
バイオインフォマティクスに  
 関して欧米の状況を見ると、100  
 を超える専攻、学科、教育プログ  
 ラム、サマースクールなど多数あ  
 る。情報科学、数学、物理学から  
 も多数この分野に参入している。

ヒトゲノムの解析の結果につい  
 ての『Nature』誌の論文だったと  
 思うが、90人の著者の内、6人が  
 数学出身である。また、『バイオ  
 インフォマティクス』誌のエディ  
 ター19人の内6人が数学出身  
 である。さらに、バイオインフォ  
 マティクス分野の一番大きな国  
 際学会の25人のボードメンバー  
 の内、3人が数学出身である。こ  
 のように、欧米ではバイオインフ  
 オマティクスに数学者がいる。  
 しかし、日本では、数学からバ  
 イオインフォマティクス分野に  
 入っている人はほとんどいない。

図表8 情報科学（数学）を使って生命科学の問題を解く



図表9



大学におけるバイオインフォマテ  
 ィクスの専攻は、日本全体でも  
 2つとか3つである。バイオイン  
 フォマティクス人材養成プログ  
 ラムがスタートしているが、欧米  
 に比較すると非常に寂しい状況で  
 ある。

生命科学に、新しい数学モデ  
 ルや情報技術の必要性がある。今  
 まで開発された情報の技術や数学

は、生命科学の問題にそのまま適  
 用できるものはほとんどない。生  
 命科学における複雑な現象を記述  
 したり、そこから規則性を発見し  
 たりするための技術はまだできて  
 いないので、これからぜひ開発し  
 て貰いたい(図表9)。そのため  
 には、生命科学者と数学者の共同  
 プロジェクトが必要である。

## 6 数学を基点とする分野横断型研究拠点へ向けて

私案 科学技術数学研究機構構想 (儀我美一氏/東大教授)

数学研究において、それを他分  
 野に活用するにしても、人とコミ  
 ュニケーションできるところ、人  
 の集まる拠点というものが必要だ  
 と考える。以下に、数学自体を深  
 めるとともに、科学技術を根源か  
 ら進展させるための国際研究拠点  
 の構想を示す。

6 - 1

研究所の構想

研究所の大きな特徴は、常勤研  
 究者を極力置かないということだ  
 ある。これにより課題にタイムリ  
 ーに対応できる。運営としては、

3センターの連携を考えている  
 (図表10)。

### (1) 数学交流センター

長期滞在者を主体とした「数学  
 交流センター」を設置する。こ  
 れは国際公募制によるスペシャ  
 ルイヤー方式で運営する。毎年

課題を決めて、世界中から関連分野の研究者と数学研究者を集め、集中的に深い議論を通じて、新領域の展開を目指す。それだけではなく、数学自体を深化させ、発展させるようなトピックも選ぶ必要がある。

## (2)先端研究のための数学センター

相談を受け付ける機関である「先端研究のための数学センター」を設置する。ここでは科学技術研究者が最先端の研究を進める上で生じる、数学上の質問（萌芽問題）を数学者集団が受け付け、調査し、可能ならば共同で研究する、あるいは適切な数学者を紹介する。質問者は、博士レベル以上を対象と

する。このセンターは、数学の他分野への寄与、数学の新領域の開拓を目的とする。

## (3)数学情報文献センター

研究者を対象とした、現代数学の普及を目的とした「数学情報文献センター」を設置する。図書室の整備や電子化を通じて、他分野の研究者が必要とする数学の研究成果を使いやすい形で提供する。数学の成果はそのままでは使い難いので、それに対応する様々なシステムをつくる人材も育てる。例えば、国際学術誌クラスの紀要の出版を支援したり、日本語で書かれた数学書を英訳したり、滞在研究者に対して素数値計

算などを支援したり、いろいろなことが考えられる。このセンターは、数学に関してのサービスをする機関である。

6 - 2

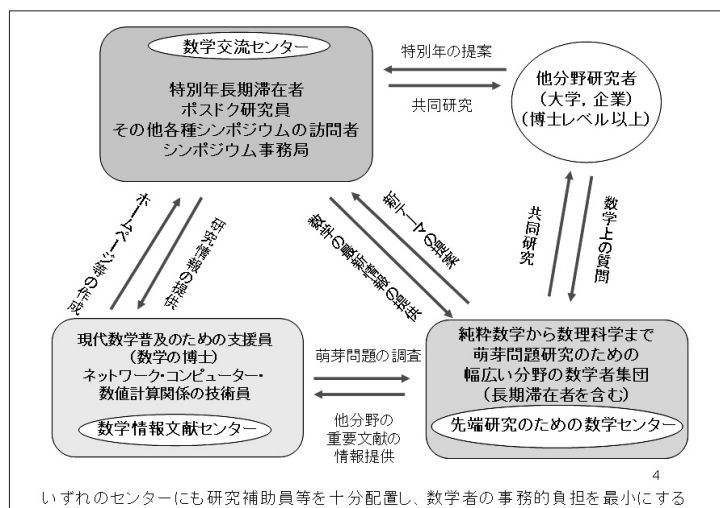
## 構想のねらい

本研究拠点により、数学を基点に、さまざまな科学技術分野を理論的にリードすることが可能になる。世界中から様々な研究者を集めるので、必然的に新しい研究者集団が形成される。その研究者集団を育成して、世界へ発信するとともに、数学自体を深化させ発展させることができる。

数学を媒介に様々な分野に研究交流が生じ、異なる研究バックグラウンドを持つ研究者同士で、お互いに言葉が通じるようになる。さらに、研究者の数理的思考力、数理的コミュニケーション力が向上する。

日本からの数学に関する情報発進力を強化するために、数学研究を補助し、普及する人材の育成を目指す。日本の場合、良い研究をする研究者が居るだけではだめで、その研究を普及していく人がいないとだめである。この点をサポートする必要がある。

図表 10 科学技術数学研究機構構想



## 7 質疑応答から

ワークショップの全体を通して、多くの質問およびコメントが発言された。これらの内から主なものを選び下記に示した。

### (1)半導体産業における数学研究者の重要性

半導体は今、非常に厳しいところに来ている。欧米では、回路設計などについて数学者とエンジニアが日常的に一緒にやっている。しかし、日本の場合はそうではな

い。半導体という産業は、「ばらつきとの戦い」の産業であり、今までは経験と勘で、実験水準を決めて何とかしのいできたが、これからはパラメーターが多過ぎて実験一つできなくなる。従って、シミュレーションシステムやモデリング技術がないと、これからはものがつくれない。また、将来的に、半導体はベース産業として、バイオなど、他分野との融合をやらなければならない。単純な機能、プ

ロセッサとかメモリーというのは、どこでもつくれるので、これは全然産業の競争力がない。そういう意味で、よりグレードの高いものをやろうとすると、シミュレーション技術やモデリング技術というのが、どうしても必要になり、非常に困っているので、数学者に協力をお願いしたい。

（企業人からの意見）

## (2)ドクターの学生に対する 企業のインターンシップ

ドクターに入った学生は、すべてがアカデミックポストにつけるわけではない。企業にいかなければならない学生もいる。彼らに社会で活躍してもらうために、ドクターの学生レベルにおいて、企業でインターンシップ等を受け入れて欲しい。そういう大学と企業の連携などが、研究連携も含めてあるのかというのが、非常に大きな問題になっている。そのための具体的なシステムは必要である。今までは、大きな大学も含めて、ドクターの学生に対する就職支援に関する具体的な対応はしてこなかったと思う。

(大学人からの意見)

今年度からインターンシップを開始し、受け入れてくれるところを探している。いくつかは見つかり、1つは保険関係のところで、あとは電機やソフトなどの企業で見つけたいと思っているが、こちらの希望しているものと企業側とで少し違っており、その辺のすり合わせをどうするかということが問題として残っている。

(大学人からの意見)

インターンとして、数カ月なり、我々の現場で暗号の解析などに従事して貰うことは大いに歓迎している。また、そういう制度もある。

(企業人からの意見)

インターンというか、学生の受け入れについては、保険会社はよく受け入れている。夏休みの間な

ど。マスター課程に在籍している学生を、時給幾らというような形で、アルバイトベースで雇って、それで現場の実務についてもらって経験を積んでもらう等、の形はとっている。

(企業人からの意見)

大学から学生を送って、企業で就業体験をしてもらう。米国では、学生は夏休みの間に（アメリカでは夏休みは約3カ月）、様々な企業である程度給料を貰いながら就業体験をする。彼らが大学を卒業するころには、好奇心が広がっていて、数学科を卒業した人がGMに勤めて塗装のことをやっていたり、ボーイングに勤めて、いろいろな流体のことで作業をしたりしている。このように、学生的好奇心を広げるように、企業が大学を助けるべきである。

(数学者からの意見)

## (3)小規模なプラットフォーム型の 数学研究拠点

大規模な研究所をつくるのにエネルギーを割くよりも、大学が何校か連合して小さなプラットフォームをつくり、数学者だけじゃなくて、応用数学の研究者、工学関連や化学などの他分野の研究者が集まれるような、小規模なプラットフォーム型の数学研究拠点をつくる方が、効果的ではないか。

(行政人からの意見)

数学の研究者、特に若手の研究者は、自分の頭の中の色々なアイデアを育むための期間、それを育むための場所、それを育むための給料など、が必要である。大規模

な研究所が必要なのではなく、（ポスドクから助手くらいまでの）若手研究者の支援のための費用（給料）が必要である。ある程度の期間、ある程度の時間は、色々な申請書類の作成、色々な会議への出席、教育などに関わらないで、自分の研究に没頭できることを可能にすることが重要である。研究場所は自分で選択でき、滞在費用などをサポートするアワード（賞）などが効果的ではないか。

(数学者からの意見)

雑用などを軽減し、研究に専念させるために、秘書的なサポートをする人や技官みたいな人を多く雇うべきである。それは任期制でもいいと思う。

(数学者からの意見)

## (4)学生の興味を広げる 学部教育の必要性

高校までは数学が好きで、数学を一生懸命やっていて、大学進学時にいろいろな分野へ入って行く。ところが大学を卒業する頃には、いつの間にか縦割りがしみついている、そこで伸びなければ、もう落伍者だというような感覚ができていく。アメリカでは、学部では数学をやっている、大学院になると急に経済やバイオ、ビジネススクールなど、いろいろなところに行く。学部は基礎的な教育をするが、学生の興味は広げている。興味を広げ、技術を身につけるということをアメリカの学部教育はやっている。日本の学部教育は興味を縮めていると思う。

(数学者からの意見)



## 8 今後の展開

本ワークショップを契機として、産学官の様々なレベルで、「日本の数学をどうするのか」についての真剣な議論が起ることが期待される。

今回の発表および討論では、産業界と大学において、お互いの連携の必要性や重要性を理解しながらも、双方の要望・希望（数学者がやりたい事と、数学者にやら

せたい事など)が必ずしも一致していないような様子が多々みられた。「官」としては、産学連携や他分野連携を踏まえた、多様な数学研究や数学研究人材育成の支援策が急務であると考えられる。分野横断型の数学研究拠点構想に関しては、多くの賛同者を得たが、ひとつの大規模な研究所よりも、複数の小規模な研究拠点を設置す

ることが効果的ではないかという意見にも賛同が集まった。

従って、今後も、「日本の数学をどうするのか」について、産学官で意見交換を実施し、問題意識を喚起することと共に、具体的な施策につなげて行くことが必要である。

執 筆 者



ライフサイエンス・医療ユニット

伊藤 裕子

科学技術動向研究センター

<http://www.nistep.go.jp/>



薬学博士。ヒト染色体の構造・機能などの研究に従事。現在の専門は科学技術政策および科学史。ライフサイエンス分野の先端科学の動向、競争的研究資金制度、純粋科学 (pure science) の科学技術政策に関心がある。