

## 第4章 シンポジウム報告

シンポジウム「広がっていく数学—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

主催：九州大学・東京大学・新日本製鐵株式会社・社団法人日本数学会

（文科省委託事業「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～」）

後援：日本応用数理学会・統計関連学会連合

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。

パネルディスカッション「数学と他分野・産業界との連携」では、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。

### シンポジウム『広がっていく数学—社会からの期待』

2月23日（火）第4部 パネルディスカッション【数学と他分野・産業界との連携】  
（14:55—17:00、東京大学大学院数理科学研究科大講義室）

司会：大島 利雄（東京大学大学院数理科学研究科長）

＜パネリスト＞

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）  
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（九州大学大学院数理学研究院長）

<質問者>

- (1) 質問者 A
- (2) 質問者 B アイ・ビー・エムに所属していた。産業連関表の行列構造について研究。
- (3) 国友直人（東京大学大学院経済学研究科教授）
- (4) 高田（旭硝子）
- (5) 林（東京大学理学部数学科3年）
- (6) 質問者 C（翻訳会社サン・フレア。以前、ロッキード社に勤務）
- (7) 小笠原（早稲田大学）
- (8) 渡辺（東京大学大学院数理科学研究科の院生、博士課程）

**大島**：数学が広がると言いますが、他の分野も含め、点ではなく広く満遍なく重なれば良いと思う。このパネルディスカッションでは、文部科学省の委託事業における最終的な**政策**提言のため、数学・数理科学と他分野の連携・協力を進める方策などを中心に議論をしていただきたい。

**青木**：現在、科学技術基本計画は、第3期の最後の年を迎えるところで、第4期計画のテストケースとも考えられる。これまでの状況として、研究費目では、基礎研究を中心に、若手サポート・新領域の形成など基本的な構想が保たれていて、産学連携関連の重要性も認識され、今後強化される見通しである。産学連携については文部科学省と経済産業省を中心に行われてきた。当面の課題としては、第3期の最終年度であり、新政策の**経済戦略も考慮すべきである**。国際面も含め、基礎研究にグリーンイノベーション・ライフイノベーションを併せた問題解決型の科学技術政策となるだろう。

個人的な意見だが、**学問の重要性を世の中の人に積極的に説明しなくてはならない**。学会というのは需要（産業界）と供給（大学研究者）の関係を良く判っていて、産学官のフィードバックコミュニケーションの担い手になれると思う。

**石井**：これまで数学は、他の学問の分野や社会の様々な問題に応用されてきた。その中で、最初から他分野・社会のニーズから発展したものは少ない。すぐには役に立たなくても、数学独自の興味や問題意識で数学を進化させることが、連携にも重要だ。

一方、他分野などからの触発による数学の発展はますます期待される。連携の要請に協力を惜しまないことが大切だ。他分野の分野横断的な視点に魅力もある。

木村：産業界には理論的な成果を受け入れる素地が少ない。制御理論では、様々な分野の数学を使ってきたが、以前は産業界から見向きもされなかった。それが、オイルショックなどの危機や、いくつかのブレークスルーの結果、ニーズが生まれてきた。他の分野でも、理論と実際のギャップがあり、数学においても厳しいということを考えた方がよい。また、数学離れが激しい。拠点を作る場合には重要な課題となるだろう。

西浦：我々数学者は頭の中に膨大な**数学の知識の蓄積を持っており、直面している**様々な問題に対して、責任を持ってつないでいく人材が問題だ。拠点の運営ではそういう役目・対応のできる人材の育成が必要だが、産業界の方からもコメントをもらいたい。

三井：身近な話だが、機械工学専攻の院生に、1次元の逆問題について質問をされたことがあった。その中で、彼が関数という概念やソフトウェアの基礎となる概念を理解していないことに気付いた。しかし、関数概念が身に付けば、さらに高度なことが期待される。実際の問題はこんなに簡単ではないが、産業界の応用での**数学の小さな活用が**、大きな次の仕事につながる可能性がある。そういう役立て方もあるのではないか。

森田：数学と社会の関係を見ると、経済的なことでの必要に始まり、科学を語る言葉としての数学の役割を経て、最近では社会への応用が出てきている。日本では、古くから読み書きそろばんが重要と言われ、高度成長期にも入試のために勉強していたが、最近では崩れてきている。一般的に数学は美しいが世の中の役に立たないという意見が支配的で、一方、数学者にも数学に対する純粋さが評価されることもあった。企業では、計算機との関係から**数学の重要性を理解していた**。

問題は日本の数学の発展の歴史にあると思う。例えば、日本で最初に世界的な研究を行った高木貞治先生は数学の応用に理解を示していたが、**周辺の人々が数学の応用に関して間違ったことを広めた可能性があり、今の数学の現状に繋がっている**。

森本：1つ目に、人材の問題がある。一般的な数学のレベルが落ちていて、産業の中では、技術を生む方だけではなく、受ける方のレベルが低いということもある。教育の問題、そして人材の待遇改善の問題があり、国際間での人材の輸出入による全体的な向上ということも必要だ。2つ目に、数学の理論を作りだすだけでなく、現場で使うこと、実学としての面も大事だろう。3つ目は、知財の問題だ。数学や最適化は費用対効果が低いと言われる。そこで知財のプロテクトが重要になる。特許の数を増やすだけでは質が落ち、競争力が失われる。**特許に応じて共有したり、プロテクトしたりするといった戦略が必要だ**。

若山：九州大学の数理学研究院において、博士人材の社会での活躍を目指し、21世紀COEからグローバルCOEに至る取り組みをしてきたこともあって、私が委託事業の代表をやっていると思う。

提言の**第一である拠点の形成において**、諸分野、産業界、数学の人に「見える場所」、交流の場所を作ることで、その中で評価基準や人材育成が確立されると思う。多様な拠点の模索から、10年後には恒常的なものを目指している。

問題解決型の科学技術では、特に数学が貢献でき、若い人材の活躍の場が広がり、社会に評価されることで、ポジティブに研究できる場が生まれると思う。

**大島**：今回のシンポジウム・委託事業で大事なものは、具体的な提言と、その実現だと思う。一番大きなものは拠点で、いろいろな提案があったが、ご意見をいただきたい。

**石井**：数学者自身の問題意識に基づいての研究も大事であり、他分野との連携も大事だが、一人で両立させるのは簡単ではなく、その大切な両輪を数学者全体で担っていかなければいけない。そのため、数学者の量的な不足に対する意味で、拠点が大事だと思う。

**三井**：研究拠点を作って、数学をコアにいろんな分野と連携して研究計画を推進する場合に、中心になる人の役割が非常に大きくなるだろう。このような役割は、これまで**数理学の世界では経験が少なく**、そういう人材の育成が研究拠点形成の上で一つのミッションになると思う。

**大島**：調査の中で、IPMU（数物連携宇宙開発機構）では、機構長の村山さんが、建物の設計などの含め、非常に強力で連携を図っていた。中心になる人は重要だ。

**青木**：中心になる人というのは、数学の素養があり、プロジェクトマネージャーという人で、海外では発達しており、私も研究や研究のプロポーザルで手伝ってもらった経験があり大事だ。一方、日本では、人材を育成してもキャリアパスがはっきりせず難しい。

**三井**：新しい取り組みでも、キャリアパスについて明らかではない。そういった人材の必要性が認識された段階である。

**西浦**：さきがけの領域会議で同じ議論があったが、コーディネーター役の人材の育成には、**顕彰制度を広げて、数学の専門的な研究以外で一定の役目を果たしたことに對しても、積極的な評価が必要である**。また、他分野・産業界とコラボレートするには、それぞれが求めるもの、価値観などの文化の壁を捉えて、どうすれば穴を開けられるか積極的に考えなければならない。

**森本**：クロスカルチャーの人材は重要で、私の会社の中でも重宝している。アメリカでは再チャレンジによって、マルチな人が当たり前にいる。日本がそうなるのは長期的な話として、短期的なものでは、既にクロスカルチャーになっている人を見つけ出して活用する方法がある。また中期的なことでは、企業と大学の行き来を自由にすることが良いと思う。

**木村**：理研とトヨタ自動車の包括連携という、産研協同の経験の中で、いろいろな違いがあっても、大事なことは人間同士が理解し合うということだと感じている。また、拠点を作るときに、数理解析研究所での**経験や総括は非常に重要だ**と思う。ただし、数学者の自分の分野への入れ込みと、**応用数学への消極的な態度が残っている**恐れがある。

**若山**：拠点の中で、研究者として参画する人の中から将来のコーディネーター人材が生まれることを考えており、CREST、さきがけの研究者にも期待している。一方、**数学・数理学の研究者は、その重要性や価値を、社会の人に説明するのが得意ではない**。それに関して助言などをいただきたい。

青木：数学者は自分たちの問題意識で進めている。そこで、他分野・産業界などから問題を持ってきたときに耳を傾ける姿勢、問題を定式化すること、またその窓口を拠点に担ってもらいたい。拠点での研究課題でも経済界・産業界に募ってから取り組むような環境作りをして欲しい。

森本：実社会の本当にある問題を扱うことが重要だと思う。さらに、問題のモデル化の部分で共有できる形にすると、皆で取り組めて知の共有もしやすいと思う。

西浦：クエスチョンセンターとしての機能も重要だが、数学者に何ができるかを積極的に出していくことができ、両方のベクトルがぶつかるようになれば最も望ましい。

大島：連携では、お互いのコミュニケーションが一番大事だと思う。お互いに発信することもあるが、まずは何らかの形で接触できる機会があれば良いのではないかな。

森本：提言の案にある、世界に開かれた、また海外との連携について聞きたい。

若山：まずは、コミュニケーションが源泉になると考えている。そのときに世界のトップレベルの研究者を招聘し、他分野・産業界の方と一緒に研究集会、共同研究をやっていくことから始めたい。また、各地の優秀な数学者の招聘や、アジアなどからの若い研究者の招聘、そして他分野・産業界での未解決問題の具体的な解決を目指すワークショップであるスタディグループなど、世界に開かれたものに取り組んでいく。一堂に会する機会、両者の多極的な協力が世界的な取り組みでも大事だと思う。

大島：補足として、世界のトップのことを自由に見られる場が、若い研究者にとって、視野を広げたり、研究を飛躍させたりするときに必要だと思う。

木村：多様にやるだけでは焦点がぼやけてしまう恐れがある。科学技術計画での課題解決型ということ踏まえて、数学がベースとなる大きな問題を柱としてはどうか。

若山：その通りのことを考えていて、課題解決型のものとして年次プロジェクトやスタディグループがある。まず多様な拠点を作り、それぞれでいろいろな取り組みをやりたい。

大島：拠点における、さきがけ・CRESTなどとの協力に関して意見はないだろうか。

三井：拠点は、さきがけ・CRESTを強めた形として捉えられる。現在、それらの経験で、いろいろな萌芽が見えてきたところで、この機を逃さずに、先の10年を見越しながら拠点を作ることが必要だ。研究課題については、いろいろな提起がなされていて、積極的に受け入れられ進められるという希望が持たれる。

森田：拠点の人材の確保について、さきがけなどの人材や、博士号取得者のキャリアパスとして考えられるが、多くの拠点ができれば人材の確保が非常に問題になるのではないかな。

若山：教員数の減少に対して、教育を強化したい気持ちも強い。その意味で、拠点によってオーソライズされ、パートタイム的に所属するという形の運営が出発点になると思う。

西浦：オーソライズされた場が極めて重要だ。イニシアチブが取れ、協力してもらいな

がらスタートできること、また耳に入ることや、経験者、特に若い研究者が育つことでポジティブフィードバックが期待できる。JST は協力したいと思っている。CREST の代表者の経験などが将来の拠点を支えていこう。

大島：誤解のないように言うが、拠点や場というのは、建物を指すわけではない。

若山：産業界からの協力・利用の可能性を聞きたい。

森本：投資や人の投入について、会社にとって価値があるかという判断になる。一方で、会社の直近の利害が絡む問題よりも、産業界全体が必要な基礎技術や考え方などを数学者から出していただくことが重要であり、人などを投資して研究する価値がある。大学との連携では知財などの障害が大きく、環境整備が必要だ。一方、数理学や先進的なアルゴリズムなどへの需要が伸びている。データが溢れているが、複雑化して解析が困難になっている。投資対効果などで、企業のモチベーションは高い。

大島：企業との連携で、数学・数理学などの分野への要望はあるか。

森本：技術の引き出しを持ち、社会的な問題に興味を持って挑戦することが重要だ。自分の技術を押し売りに行くのではなく、むしろ相手の問題に対するプロデュース機能が必要となる。加えて、自分の専門知識を極めないで技術を使ってもらえないということもある。両方が必要で、難しいところだ。

木村：数学者は論理に強く、信頼している。問題の意味合いや難しさと、場合によってアプローチの定義をしてくれることがあった。そういう助言ありがたい。

大島：拠点では、いろいろ自由に集まる場が必要だと思う。

(以下、会場からの質問と回答など)

質問者 (1)：物事の仕組みを数理的な仕組みとして捉え、定式化して解く場合、数学の概念・道具が有力になる。数学者は数学の問題に向けての活動を主にしてきたが、生きた知識として活用して欲しい。拠点では、布教ではなく、一緒に物事を作っていく、数学する心を創るような場になるよう頑張ってもらいたい。

質問者 (2)：自分のやっている産業連関表の行列構造について、日本の企業では理解されないことが多く、それは教育に問題があった。数学教育では、それを使う意義・現象などに時間を使って、慣れてから高度なものを教えて欲しい。物づくりで韓国に勝てなくなっているが、数学で挽回して欲しいと思う。

大島：今回は議論をしなかったが、教育が非常に大事だと思っている。

質問者 (3)：アメリカの統計学科では、コンサルティングという、自分の学問より、お客さんの問題を一緒に考えることが重要視されている。その方向性が大事だ。小さなユニットで終わるのではなく、統計数理研究所などと連携して、より大きなインパクトを与える形が良いと思う。

若山：多様な拠点には、数理解析研究所や統計数理研究所を広げる形という可能性もある。

質問者 (4)：まず、10 年先の共有できるビジョンを議論する場が必要だと思う。数学

の技術を、産業界や社会からの要求から判りやすい形で整理して欲しい。また、産学の連携では分野間を繋ぐ翻訳者のような人材が必要だが、**産学では考え方が異なるので**という人が必要かをはっきりさせてほしい。数学界のほうでそのような人材は少ないであろうし、そのような人材もすぐ育つわけではないので、当面はここにいる人が担わなくてはならないであろう。以上の点も具体的に提言に入れて欲しい。そして、キャリアパスの問題では若い担い手のモチベーションを、数学の美しさだけでなく、数学の応用などでも持たせられると思う。そのためにも、インパクトのある課題で、共同での解決、創造が大事だ。

**若山**：提言では、数学の応用での成果に対して、他分野・産業界の人を併せた、**顕彰・評価**についても考えている。オーソライズされた場合は、他のコミュニティへの提案でもメリットがある。

**質問者 (5)**：数学離れや就職の問題などで**個人的**にがっかりしていたが、このシンポジウムでの話を聞いて良かった。IPMUのように、インターネットなどを活用して広報活動を行うと良い。また、数学の応用での効果などの情報がオープンになれば、例えば将来企業に入る人から伝わることもあると思う。

**質問者 (6)**：以前勤めていた研究所では、レポートを書くときに、専門用語を使わずに、誰にでも判るように説明することを、ディレクターが守ってやっていた。拠点においても、プロジェクトの必要性の理解、説明の仕方などを含めた人材の養成が必要だ。

**質問者 (7)**：数学が諸分野に寄与するときは、革命的な寄与をするが、簡単にはできないだろう。数学の価値をアピールするには、応用ではなく、文化的価値を一般の人に伝えていくことが現実的で良いと思う。

**大島**：数学には優秀な人材が集まるが、研究で成功できなかった人には世の中で活躍してもらいたいと思っている。また、最初から応用の好きな人もいるだろう。純粹に数学をやっている人も、自分の意義などを考える時代になっているのではないか。

**質問者 (8)**：コンサルタント的な役目においては、解りやすく説明をすることも大事だが、倫理性、医者でいう「患者は寄りしむべし知らしむべからず」という落とし穴に注意する必要がある。数学嫌いも、教育におけるその問題が関係しているのではないか。

**大島**：他分野や産業界からの質問には、一人でやるわけではなく、協力してやれば良い。拠点は、情報のコミュニケーションの場の一つとしても大事だと思う。

## シンポジウム「拡がっていく数学-社会からの期待」 プログラム

【1日目】 2009年2月22日（月）

総合司会 大島利雄（東京大学大学院数理科学研究科長）

13:05-13:25	開会挨拶・来賓挨拶 有川 節夫（九州大学総長） 倉持 隆雄（文部科学省研究振興局審議官）
第1部 13:30-16:00	背景と趣旨 内丸 幸喜（文部科学省研究振興局基礎基盤研究課長） 若山 正人（委託事業代表者、九州大学大学院数理学研究院長） 三井斌友（同志社大学理工学部教授、名古屋大学名誉教授、前応用数理学会会長） 各調査報告 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） 細坪 護挙（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） 谷口 説男（九州大学大学院数理学研究院教授） 政策提言案説明 若山 正人 連携の実例紹介 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） Q&A
16:00-16:40	休憩
第2部 16:40-17:30	基調講演 Tony F. Chan（香港科学技術大学学長、元 UCLA、前 NSF/DMS Associate Director）
17:30-	1日目閉会挨拶 小島 憲道（東京大学理事・副学長）
18:00-	レセプション 司会：谷口説男（九州大学大学院数理学研究院） 挨拶：松宮徹（新日本製鐵株式会社 技術開発本部顧問） スピーチ：岩崎学（統計関連学会連合会理事・日本統計学会理事長） 高田俊和（日本応用数理学会会長） 小谷元子（日本数学会理事） （会場：東京大学駒場ファカルティハウス内 ルヴェ ソン ヴェール）

【2日目】2009年2月23日（火）

総合司会：室田一雄（東京大学大学院数理科学研究科教授）

パネルディスカッション司会：大島利雄（東京大学大学院数理科学研究科長）

第1部 10:05-10:40	数学・数理科学界から 高田 俊和（日本応用数理学会会長） 北川源四郎（統計数理研究所長） 坪井 俊（日本数学会理事長）
第2部 10:45-12:00	CREST・さきがけ 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） 「つながる知を目指して—JST 数学領域の活動と展望—」 産業界から 安生 健一（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（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拡がり」
12:00-13:30	休憩
第3部 13:30-14:30	関連分野から 木村 英紀（理化学研究所 BSI - トヨタ連携センター長） TBA 国友 直人（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」
14:30-14:55	休憩
第4部 14:55-17:00	パネルディスカッション【数学と他分野・産業界との連携】 <パネリスト> 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（同志社大学工学部教授） 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（九州大学）
17:00-	閉会挨拶 坪井 俊

# 「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」 委託調査の背景と趣旨

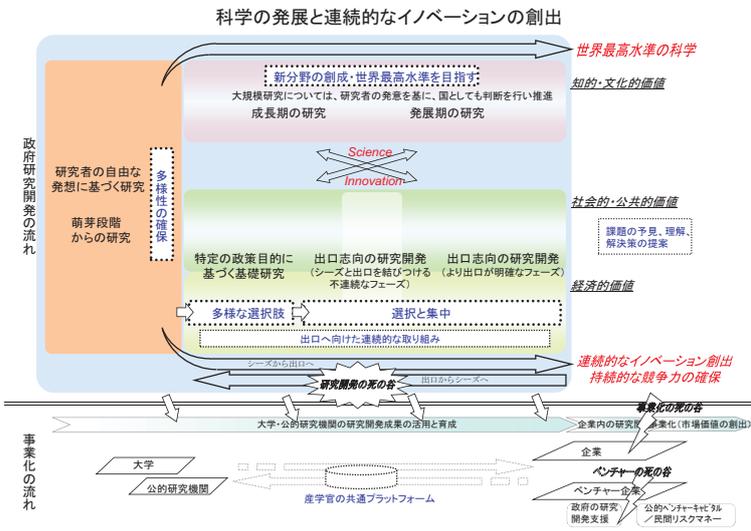
文部科学省 研究振興局  
基礎基盤研究課長  
内丸 幸喜

平成22年2月22日  
シンポジウム「拡がっていく数学—社会からの期待」

## 「忘れられた科学-数学」

平成18年5月に科学技術政策研究所が発行、政策的に大きなインパクト

- 日本の数学研究を取り巻く状況の厳しさ  
数学研究費、数学博士課程取得者数など
- 数学研究の強力な振興の必要性
  - ・ 数学自体の振興、他分野と協働する必要性
  - ・ 他国では数学の応用を目的としたプログラムや拠点の構築が進んでいる



## 数学に関する現在の取組み

- 科学研究費補助金による学術研究助成

(代数学、幾何学、数学一般、基礎解析学、大域解析学等)

- グローバルCOEプログラムにおける数学分野

- 戦略的創造研究推進事業

平成19年に科学技術振興機構に対し、数学振興のための戦略目標「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」を提示。平成19年度よりさきがけ(個人研究)、平成20年度よりCREST(チーム研究)を公募

## グローバルCOEプログラムにおける教育研究拠点の形成

平成20年度に、数学分野の公募があり、以下の4拠点が採択された。

- 数学新展開の研究教育拠点  
東京大学 数理科学研究科数理科学専攻 (拠点リーダー) 川又 雄二郎 教授
- 数学のトップリーダーの育成—コア研究の深化と新領域の開拓  
京都大学 理学研究科数学・数理解析専攻 (拠点リーダー) 深谷 賢治 教授
- マス・フォア・インダストリー教育研究拠点  
九州大学 数理学府数理学専攻、神戸大学 (拠点リーダー) 若山 正人 教授
- 現象数理学の形成と発展:モデル構築における新たな展開  
明治大学 先端数理科学インスティテュート、広島大学 (拠点リーダー) 三村 昌泰 教授

## 戦略的創造研究推進事業 (CREST:チーム研究)

研究領域: 数学と隣分野の協働によるブレークスルーの探索



研究総括 西浦 康政  
北海道大学  
電子科学研究所 教授

### 平成20年度採択課題

- 離散幾何学から提案する新物質創成と物性発現の解明  
小谷 元子 東北大学 大学院理学研究科数学専攻 教授
- 生物ロコモーションに学ぶ大自由度システム制御の新展開  
小林 亮 広島大学 大学院理学研究科数理分子生命理学専攻 教授
- 現代の産業社会とグレブナー基底の調和  
日比 孝之 大阪大学 大学院情報科学研究科情報基礎数学専攻 教授

### 平成21年度採択課題

- 非線形系の精度保証付き数値計算法の基盤とエラーフリーな計算工学アルゴリズムの探求  
大石 進一 早稲田大学 理工学術院基幹理工学部 教授
- ダイナミクス全構造計算法の発展による脳神経-身体リズム機構の解明と制御  
國府 寛司 京都大学 大学院理学研究科 教授
- 複雑な金融商品の数学的構造と無限次元解析  
コハツ・ヒガ アルツェロ 大阪大学 大学院基礎工学研究科 准教授
- 現代数学解析による流体工学の未解決問題への挑戦  
柴田 良弘 早稲田大学 理工学術院基幹理工学部 教授
- 数理医学が拓く腫瘍形成原理解明と医療技術革新  
鈴木 貴 大阪大学 大学院基礎工学研究科 教授

**戦略的創造研究推進事業** (さきがけ個人型研究)

**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**

平成19年度採択課題(12課題)

- 数学と計算科学の連携による数理モデルの大域的計算理論 荒井 迅 北海道大学創成科学共同研究機構 助教
- ウェーブレットフレームを用いた振動の数理モデル 藤井 口之 東京大学大学院数理学研究科 教授
- 水圏環境力学理論の構築 坂上 貴之 北海道大学大学院理学研究院 教授
- 臨床医療診断の現場と協働する数理科学 水藤 寛 岡山大学大学院環境学研究科 教授
- 融合する量子多体系 田中 タツ子 名古屋大学大学院情報科学研究所 准教授
- 科学工学校の突進性同調する計算制御用解析 長瀬 かなり 九州大学大学院数理学研究科 准教授
- 保険型金融商品のリスク分散メカニズムの解明 中野 張 東京工業大学大学院イノベーションマネジメント研究科 准教授
- 自己組織化としての皮膚バリア機能の数理解析 長山 雅晴 金沢大学理工研究域 教授
- 輸送と拡散に関する非線形の一階微分方程式の漸近解析 百塚 浩樹 東京大学理学院科学技術研究センター 教授
- 「計算機システムの科学」のための数学 窪尾 一郎 京都大学数理解析研究所 助教
- 離散アルゴリズムに対する品質保証技術 牧野 和久 東京大学大学院情報理工学系研究科 准教授
- 確率過程の統計推測法の基礎理論およびその実装 吉田 朋広 東京大学大学院数理学研究科 教授

平成20年度採択課題(12課題)

- 非記号計算の基礎理論の構築と構造学習への応用 石川 博 名古屋大学大学院システム自然科学研究科 准教授
- 数学を応用した動力学シミュレーション法の開発 一之 博隆 京大先端科学技術推進センター 専任研究員
- インフルエンザウイルスの遺伝子変異に依存する数学的伝達の探求 伊藤 公人 北海道大学大数共通感染定量化センター 准教授
- 符号・暗号のための代数曲線論 川北 崇子 滋賀医科大学医学部 准教授
- ヤング測定による高分子共重合体の微細構造の解明及びヤング測定の展開 大下 承民 岡山大学大学院自然科学研究科 准教授
- 幾何学的変分問題の解の大域解析とその応用 小嶋 淳幸 奈良女子大学理学部 教授
- 量子計算理論の応用化学工学分野への応用 那 宏 お茶の水女子大学お茶大アカデミック・プロダクション 特任助教
- 統計モデル多様体の普遍的な性質のベイズ予測理論への応用 田中 冬彦 科学技術振興機構 さきがけ研究者
- 代数的符号理論による結合構造の解析と量子符号への応用 原田 昌規 山形大学理学部 准教授
- システム生物学に関する情報と記述の諸問題 長谷 大一 神戸大学大学院理学研究科 講師
- シェン界の実現と次世代情報通信理論の構築 平岡 裕章 広島大学大学院理学研究科 准教授
- 情報幾何学の計算論的神経科学への応用 三浦 佳二 科学技術振興機構 さきがけ研究者
- 非平衡系における界面張力の数理物理学 坂本 裕之 千葉大学大学院理学研究科 講師
- 真軌道によるシミュレーションの実現とその応用 齊藤 朝輔 公立はこだて未来大学システム情報科学部 准教授
- 揺らぎ結び目構造の数理 坂上 貴洋 九州大学大学院理学研究院 助教
- 非線形マクロ経済モデルのためのフレームワークの構築 田村 博昭 大阪大学大学院経済工学研究科 助教
- 非線形情報理論と材料科学技術革新次世代情報通信理論の実現 吉前 眞之介 理化学研究所科学技術総合研究センター 基礎科学特別研究員
- 情報論物理学の新パラダイムがもたらす生物現象の計算構造の解明 浜野 正浩 科学技術振興機構 さきがけ研究者
- 力学系における不安定対称性の探査と制御の新展開 水口 毅 大阪府立大学大学院工学研究科 講師
- 非線形放物型方程式の解の漸近とその応用 溝口 紀子 東京大学大学院教育学部 准教授

## 世界では数学に対してどのような期待を持っているか。

■ **OECD/GSFIにおけるワークショップ**

「Mathematics in industry」(2007年3月)

- ◇ 産業における数学の役割について、各国の状況を情報交換
- ◇ いくつかの産業分野での役割をケーススタディ
- ◇ 産業と数学の関係における課題を抽出

(参加国)豪、オーストリア、加、フィンランド、仏、独、伊、日、蘭、ノルウェー、全18カ国

## 第4期科学技術基本計画にむけて (平成23年度～)

- 第2期(平成13～17年度)、第3期(平成18～22年度)基本計画の下で、重点推進4分野への重点化。それにより大きな課題への対応に限界、分野縦割りによる異分野融合型の研究開発の停滞が指摘。
- ポスト第3期(平成23年度～)は、分野重点化から地球温暖化対策等の課題対応での重点化へ転換

→ **数学は課題解決のアプローチに欠かせないとして必要性が増している。**

## 数学・数理科学と他分野の連携・協力の推進に関する勉強会の開催

◇ 平成21年4月10日文科省において開催

目的:  
今後の数学・数理科学と他分野の連携を推進していくために行うべき取り組みなどを議論すること

結果:他分野との連携環境、キャリアパス、社会からの期待にどうこたえるか、等の問題点が挙げられた  
→ **数学・数理科学と他分野の連携・協力の推進策の検討が必要**

勉強会メンバー	
北川 源四郎	統計数値研究所 所長
楠岡 成雄	東京大学大学院数理学研究科教授 (日本学術会議数理科学委員会委員長)
津田 一郎	北海道大学数学連携研究センター センター長
坪井 俊	東京大学大学院数理学研究科教授
南谷 崇	東京大学先端科学技術研究センター教授
西浦 康政	北海道大学電子科学研究所情報数理研究分野教授 (JST戦略的創造研究推進事業 研究総括 (数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索))
深谷 賢治	京都大学理学研究科数学専攻教授
三村 昌泰	明治大学先端数理科学インスティテュート 所長
谷島 賢二	日本数学会 理事長(学習院大学理学部教授)
若山 正人	九州大学大学院数理学研究科長

## 委託事業の目的

- 数学・数理科学と他分野との協力・連携を促進する方策の検討
- 数学者及び他分野におけるニーズやシーズに関する幅広い調査を実施
- シンポジウムの開催を通し、連携活動活性化の呼び水となること

## 将来にむけて

- 数学と諸分野の連携活動の活性化
- 社会に貢献する数学研究の振興を期待しております。

<OECD/CSTP/GSF「産業における数学報告書」より抜粋>

2. 産業からの視点

産業の観点からすると、数学はEnabling Technology(何かを可能とする技術、実現技術)である。数学により、産業プロセスの分析、最適化、制御のための、論理的に一貫した枠組みと普遍的な言語が提供される。数学は、Enabling Technologyであるため、その寄与は産業により産み出される最終製品においてはほとんど見てとることはできない。しかし、経済的な寄与は現実のものであり、新旧を問わず多くの企業が数学の賢明な利用により競争上の優位を確立してきた。

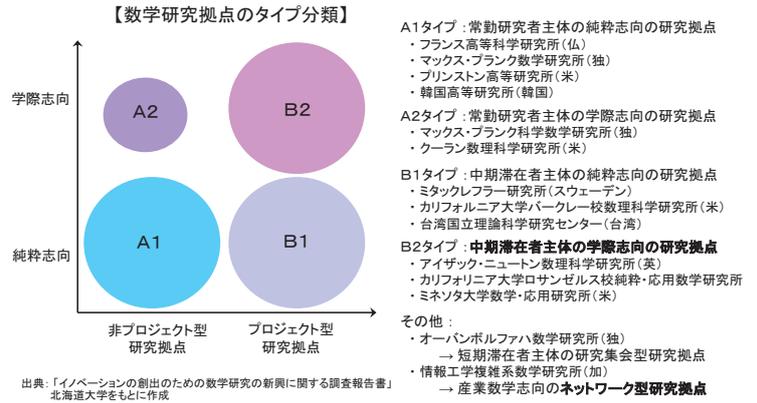
「数学が事業成功の処方を提供」

(数学者が) 英国の商業および産業に対して、目覚ましい価値増大の方法を提供する - すなわち、戦略的なツールとしての数学の利用促進に数百万ポンドを投資すれば、事業に対して数十億ポンドの価値が付加される。これが、新たな産官コンソーシアムである「Mathematics Knowledge Transfer Network (数学的知識移転ネットワーク)」の思惑である。同ネットワークは、食料雑貨の流通から、銀行、通信、そして製造業にいたる経済全体における数学の活用の推進を目的としている。

Financial Times, 2006年2月

物理学や工学の従来の還元主義的方法では、産業環境において提起されている質問の多くに解答するにはもはや不十分である。今日の問題は、複雑かつ非線形であり、長さ、時間の複数のスケールにわたる現象を伴っており、それらの分析はかつての標準的な数学の領域をはるかに超える場合がある。産業においては、産業におけるニーズを認識、理解でき、産業上の問題の本質を数学的に把握できるようにトレーニングされ、現代数学の手法を適用する能力を持ち、そして科学計算および数値アルゴリズムにおける最近の進展を熟知している優れた数学者へのアクセスが必要とされている。このような数学者のみが、将来の技術革新の原動力となる変革的な新しいアイデアを生み出すことができる。

- ◆諸外国には、様々な目的をもった数学研究拠点が多数設置されている。
- ◆特に、他分野と数学との連携のためには、**中期滞在者主体の学際的なプロジェクト型研究拠点が有効**と考えられている。



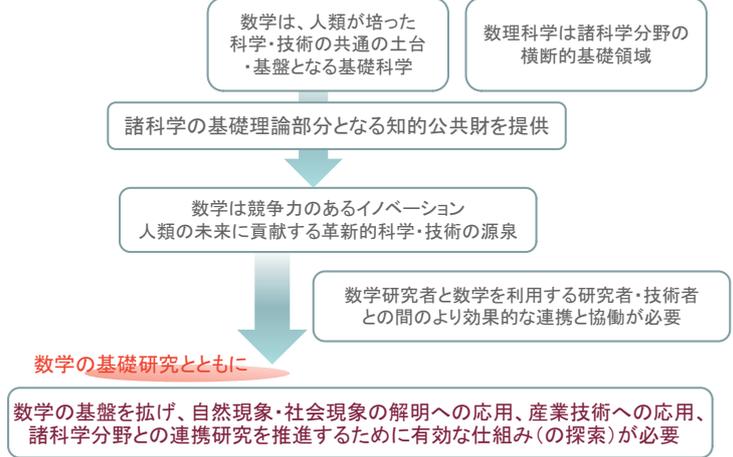
シンポジウム“広がっていく数学—社会からの期待”  
2010年2月22日 東京大学大学院数理科学研究科 大講義室

背景と趣旨

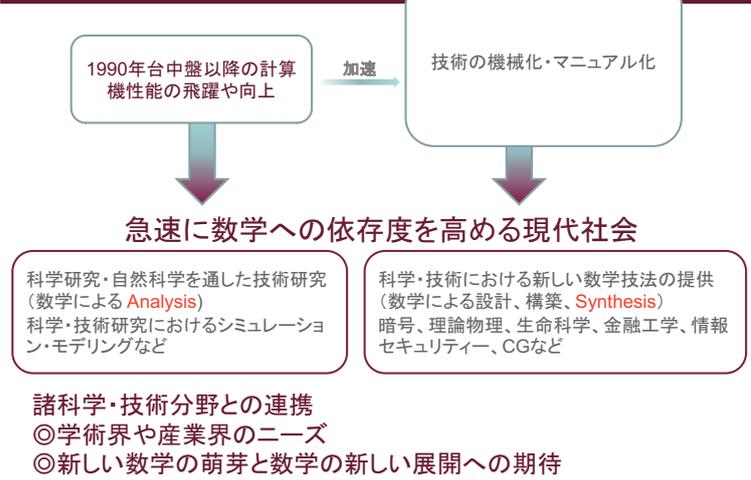
文科省委託事業「数学・数理科学と他分野の連携・協力の推進に関する調査・検討～第4期科学技術基本計画の検討に向けて～」  
委託事業代表者  
若山 正人(九州大学大学院数理学研究院)



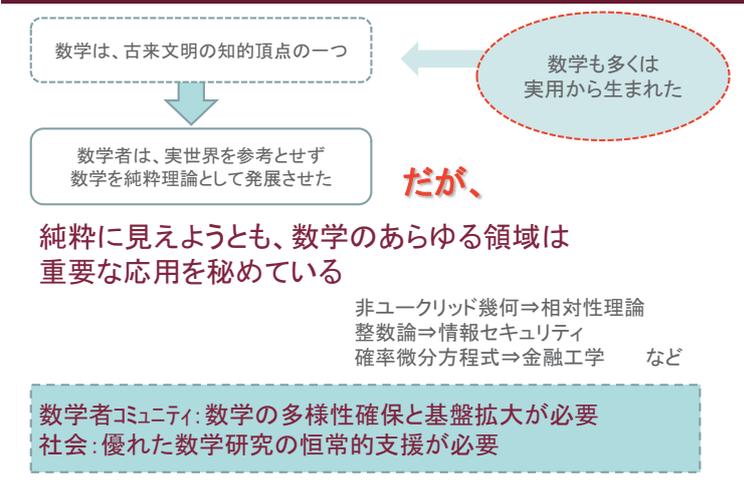
イノベーションの源泉 数学



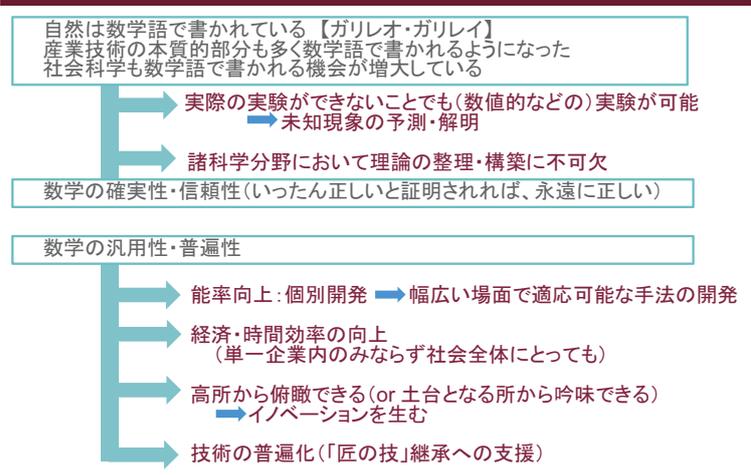
高まる数学ニーズ “応用数学の拡大”



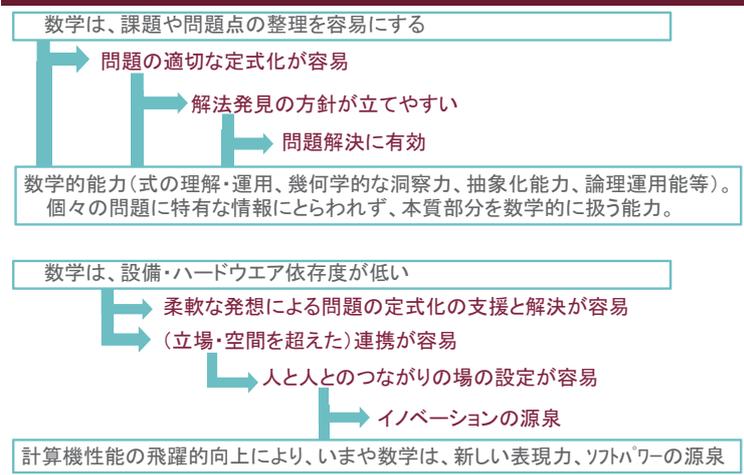
人類の文化、社会の発展に役立つ“純粋数学”



数学の特性 → 数学・数理科学と他分野・産業界との協働の必要性と期待



数学の特性 → 数学・数理科学と他分野・産業界との協働の必要性と期待



緊急性

日本においての不幸：純粋数学と応用数学とが分離して西欧から導入された。それらが同一の境のないものとの認識が薄かった。

→ 数学研究者との連携、あるいは、数学的手法の利用なしには、自らの研究分野において、日本は立ち後れるだろう（諸科学分野の研究者の多くが指摘）。

連携先を海外の数学者にもとめ、共同研究を始めている企業。学術分野では、より、この傾向大と推察される。（例：CG分野など）。

→ このまま放置⇒産業技術分野での海外依存が加速

現在の諸科学は近代に発達した数学なしには理解できない。今後発展していった先の諸科学には、現時点や近い将来で発展している数学が関わり、その理解が必要になる。

→ このまま放置⇒数学の二流国化⇒科学・技術分野の二流国化

社会における、数学的能力を有する人材の育成対策が不十分。

緊急性

日本の数学は依然高いレベルを保持。しかし、現状はきわめて**危機的**（次ページのボトルネック参照）。

→ 数学の振興を今すぐで図らなければ、他の基礎科学に影響が及び基礎科学の凋落を引き起こす。

→ 欧米のみならず、中国等の新興国やこれから現れてくる新興国に大きな遅れをとることになる。

科学関係の予算は大きく伸びた。しかし、欧米、中国等に比べて、**数学に関する予算の比率が低く（その結果総額も少ない）、その傾向はますます増大。**

数学研究に関する国際比較 (科学技術政策研究所作成 2006)

項目	日本	アメリカ	フランス	ドイツ
研究者数	3,000～4,000人 (数学者の定義に依存)	約10万人	約6,000人	約4,000人
政府研究 開発投資	19億円 (科研費)+JST(さががけ、 CREST2007～)	369百万ドル (約340億円、NSF、DOE他)	146百万ユーロ (約180億円)	30百万ユーロ (約40億円、ドイツ学 術振興会)

数学と他分野・産業界との協働・連携推進の**ボトルネック**

1. 数学研究者が連携する**時間的余裕の不足**。
  - ・ 教養部の解体等による数学系教員の減少
  - ・ 数学教育や社会人教育などの要請が増えてきわめて数学系教員は多忙な状態
  - ・ 雑務の増加
  - ・ 事務職員の減少
2. **研究インフラの整備不足**。
  - ・ 図書・文献の確保等の研究インフラを支える安定的予算の**決定的不足**
  - ・ 連携を通じた数学振興のための研究資金の**決定的不足**
3. 数学研究者が他分野と連携する**インセンティブの不足**。
  - ・ 日本の数学界で評価されない  
(純粋数学に偏る傾向。ほとんどが数学としての新規性(定理の発見等)への評価のみ)  
→ 新たな評価軸(例: 他分野・産業界との協働する能力および成果への評価)の確立が必要
  - ・ 数学研究への理解の不十分。(JST:CREST, ささがけはその意味でも重要)
  - ・ 研究者としてのキャリアパス不足に深刻(産業界等、社会の中で活躍する場が不足。)
4. 他分野や産業界と連携・協働する**数学的能力を有する人材が非常に不足**。
  - ・ 大学の中で“応用数学を行う”人(工学系)の減少(←皮肉にも、計算機性能の発達による汎用ソフトの進歩が、逆影響。)
  - ・ 社会の中の数学者(企業内の数学研究者等)が、欧米等に比較して、極端に不足。
  - ・ 数学と諸科学・技術分野とのインターフェースを担う人材の不足

上記は、**数学・数理科学研究コミュニティ、大学の努力だけでは最早解決困難、国家的課題**

数学に関わる全ての者が、**数学を軸とする交流を改善・促進させる責任を理解、分かち合うことが必要**

産業や経済の発展にともなってこれからの世界をリードしていくためには、従来の技術の普及のみでは無理。**画期的なイノベーションの創出が必要**。そのためには、基礎科学の振興が必要。とくに、その最も**根源となる数学の振興**が必要。

江戸期の**(数学)文化の高さ**(そろばん、算額、和算)が、その後の日本の発展を可能にした。また、5年後、10年後の**技術力には、学生(とくに工学系)の数学力が反映**。そのためにも、数学と他分野・産業界の振興、数学の基礎的研究の振興と多様性の確保が必要。

日本は経済的に発展し、欧米先進国と経済的なライバルに成長した。現在、欧米諸国の経済的優位性は失われつつあるが、欧米諸国は世界各国から優秀な人を集めて研究を行うことが重要であることを認識し、そのための拠点を作り、熱心にその活動を続けている。また、世界のより多くの国が数学研究に力を入れてきているため、拠点活動に加わる日本人の割合は減少傾向にある。  
日本の数学のレベルを保ち、さらに世界をリードしていくためには、欧米のように**日本が中心となって世界的にトップレベルの研究者が集まる多様な数学拠点を作ってサポートしていくことが必要**。だが、日本の現状は極めて貧弱。  
一方、日本より遅れて数学研究で成長してきた東アジアの中国や韓国は、拠点形成に国家レベルの大きな力を注いでおり、**このままでは日本は抜き去られてしまう可能性大**。

高まる気運

近年、とくに直近5年程度

かつてなく、数学者の他分野・産業界との連携への気運は高まり、具体的活動が始まっている  
他分野・産業界の研究者からも協力が得られつつある



**今や、数学の基盤拡大・振興と  
数学を軸とした連携振興の好機**

## 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

広がっていく数学 — 社会からの期待 —  
2010年2月22日  
社団法人 日本数学会

「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」



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

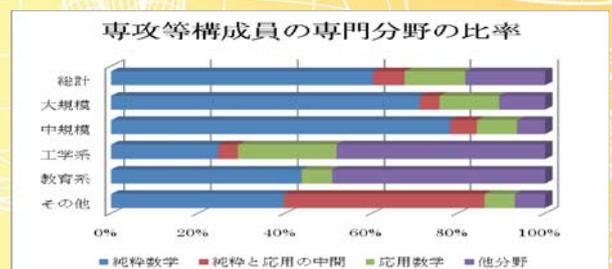
- 日本数学会、応用数理学会等に関係する大学の数学・数理科学教育研究組織にアンケート票を送り、記入を依頼。
- 発送は2009年10月26日、11月20日までの返送を依頼した。実際には12月24日までに到着したものを集計した。送付先組織は175、回答を得たのは70であった。

- 「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」

1. 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
2. 数学力を持った人材の育成について
3. 現在の数学・数理科学教育研究組織の状況について

この講演には、一部、講演者自身の分析も含まれています

1. 理学・理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。
2. 理学・理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。
3. 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。
4. 教育系組織に属している数学系研究教育組織 5組織。
5. その他 2組織。



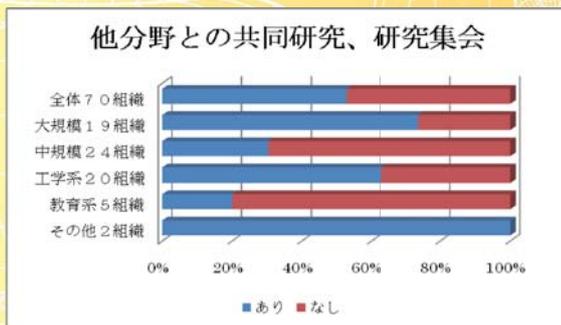
ニーズについて: 自由記述から

- 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。

シーズ: 多くの連携が遂行されている。

- 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)

連携のシーズ  
他分野との共同研究、研究集会



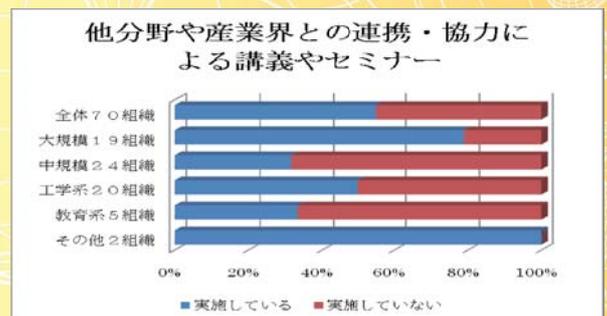
連携のシーズ  
現在、将来の連携分野

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

連携のシーズ  
学術論文以外を  
業績として評価できるか？

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	評価できる	どちらとも言えない	評価できる	どちらとも言えない	評価できる	どちらとも言えない	評価できる	どちらとも言えない	評価できる	どちらとも言えない
29	25	4	13	4	2	4	13	1	10	7	1
50%	43%	7%	68%	21%	11%	22%	72%	6%	56%	39%	6%

連携のシーズ  
他分野や産業界との連携・  
協力による講義やセミナー



## 連携・協力による 人材育成の取り組み インターンシップ

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 総数	18	5	1	3
大規模19組 織	1件以上 総数	112	84	5	35	236
中規模24組 織	1件以上 総数	8	1	0	1	10
工学系20組 織	1件以上 総数	78	4	0	24	106
教育系5組織	1件以上 総数	6	1	0	0	7
	1件以上 総数	22	9	0	0	31
	1件以上 総数	4	1	1	2	8
	1件以上 総数	12	50	5	11	78
	1件以上 総数	0	2	0	0	2
	1件以上 総数	0	21	0	0	21

数学通信に  
掲載される  
修士論文名  
1035  
博士論文名  
164

## 連携のニーズ・シーズ

- 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。ニーズについて
  - 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喚起、そしてキャリアパス創出につながる。

## 連携への留意点

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。

数学と数理科学の違い、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・数理科学連携センター**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。

## 連携への留意点

- 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。

## 連携・協力へのニーズとシーズ

ニーズは自覚され、シーズは多くあるから十分か？

- かなりの部分は、21cCOE、GCOE、さがしげ、クレスト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 ⇔ 数理論物理」、「情報幾何 ⇔ 情報科学」などだけで終わる可能性もある。
- 得意分野を増やすための連携が必要**。社会のニーズを取り入れるシステムが必要。
- シーズのあいだの連携は組織的ではない。情報発信が十分でない。
- 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。
- 組織に取り組む余裕がない。

## 大学院修士課程における 人材育成と進路状況

修士課程での人材育成の主な方針

- 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

大規模19組織				中規模24組織			
	1位	2位	3位		1位	2位	3位
答①研究能力	58%	26%	11%	答①研究能力	8%	38%	38%
答②応用力	37%	37%	21%	答②応用力	67%	17%	8%
答③教授能力	0%	32%	58%	答③教授能力	17%	33%	33%

工学系20組織				教育系5組織			
	1位	2位	3位		1位	2位	3位
答①研究能力	0%	50%	15%	答①研究能力	0%	40%	60%
答②応用力	65%	0%	0%	答②応用力	0%	60%	40%
答③教授能力	0%	15%	45%	答③教授能力	100%	0%	0%

## 大学院修士課程における 人材育成と進路状況

修士課程学生の進路

- ①数学・数理学系博士課程進学、②他分野の博士課程進学、  
③中高教員、④企業、⑤公務員

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%

## 大学院修士課程における 人材育成と進路状況

	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	希望通り	おおむね	普通	やや難	難
	全体70組織	6	34	20	1		0	9%	49%	29%	1%
大規模19組織	1	10	8	0	0	5%	53%	42%	0%	0%	
中規模24組織	3	11	8	1	0	13%	46%	33%	4%	0%	
工学系20組織	2	8	4	0	0	10%	40%	20%	0%	0%	
教育系5組織	0	5	0	0	0	0%	100%	0%	0%	0%	

- ・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。
- ・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。
- ・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

## 大学院博士課程における 人材育成と進路状況

人材育成の方針の回答と、進路状況については数の多い順の回答

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

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

## 大学院博士課程における 人材育成と進路状況

数学通信に掲載されている博士論文名数は、2008年度は、164、2007年度は160である。

学術会議数理学委員会2008年8月28日の提言「数理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

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

## 大学院博士課程における 人材育成と進路状況

- ・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・数理学系教育研究機関における博士課程学生の増加である。
- ・数学・数理学系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・数理学系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・数理学系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・数理学系から広く社会に人材輩出すべきであるという意見、数学・数理学系と他分野との連携、社会への協力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・数理学系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。

## ここまでのまとめ

1. 数学・数理学系教育研究組織には、連携・協力へのニーズと多くのシーズ。
2. 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・協力を肯定的。
3. 基礎となる数学・数理学系の発展のための若手人材のポストが不足している。
4. 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。

さて、現在の数学・数理学系教育研究組織の状況は？

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%

- 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。
- 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。**

校費と外部資金



		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	16	11	
	総数	372	157	57	185	15	65	101	92	58	
大規模 19組織	1件以上	19	17	16	15	8	14	9	11	10	
	総数	176	111	46	114	13	54	75	51	27	
中規模 24組織	1件以上	24	8	0	12	0	1	4	3	1	
	総数	118	12	0	24	0	1	5	3	1	
工学系 20組織	1件以上	17	10	4	11	1	4	6	5	4	
	総数	53	27	6	35	1	9	15	22	24	
教育系 5組織	1件以上	3	1	0	1	0	0	0	0	0	
	総数	12	1	0	1	0	0	0	0	0	
その他 2組織	1件以上	1	2	1	1	1	1	2	2	1	
	総数	13	6	2	11	1	1	6	16	6	

連携への外部資金

	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・数理科学教育研究組織に  
対するアンケート調査のまとめ

- 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

数学・数理科学教育研究組織における連携・協力のシーズ

連携・協力を推進する方策

- 社会の危機
- 数学・数理科学教育研究組織の危機

数学・数理科学教育研究組織に  
対するアンケート調査のまとめ

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

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

数学の教育研究の  
基盤を強化しつつ、  
さらに連携・協力を  
拡げる方策の提言

- 人材が活用されていないという現在の問題を解決する
- 基盤となる研究を推進する
- 社会への貢献を推進する

## 他分野研究者・企業に対するアンケート調査

2010年2月22日  
シンポジウム  
「拡がっていく数学—社会からの期待」

九州大学客員准教授兼非常勤講師  
(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)  
細坪 護孝

### 他分野研究者・企業に対するアンケート調査

#### 2. 他分野研究者に対するアンケート調査結果①

(1) 回収率は  $1,895 / 5,000 = 37.9\%$

分科別には以下のとおり: 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) アンケート結果: 本発表では特徴的と思われる設問と回答を抽出



「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？」に対する回答の度数分布 (N=1730)

### 他分野研究者・企業に対するアンケート調査

#### 2. 他分野研究者に対するアンケート調査結果③



「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？」に対する回答の度数分布 (N=1722)

### 他分野研究者・企業に対するアンケート調査

#### 1. 調査目的及び標本設計

(1) 調査目的

調査項目「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」、及び「数学・数理科学と他分野間の関係調査の実施」及び関連事項に関して、数学・数理科学以外の他分野研究者及び企業を対象としたアンケート調査を実施し、実態把握に努める。

(2) 標本設計

① 他分野研究者に対するアンケート調査

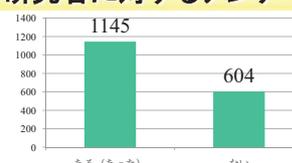
- 1) 標本数は国立大学教員5,000人。
- 2) 標本抽出では、科研費の分科・細目等の区分を活用した教員の専門分野(数学・数理科学以外)による層別抽出法を使用。

② 企業に対するアンケート調査

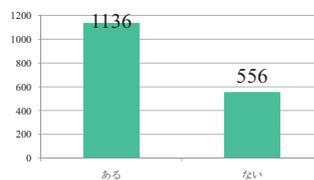
- 1) 標本数は1,000社。
- 2) 標本抽出に当たっては、日本標準産業分類を活用した企業の業種による層別抽出法を使用。

### 他分野研究者・企業に対するアンケート調査

#### 2. 他分野研究者に対するアンケート調査結果②



「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？」に対する回答の度数分布 (N=1749)



「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？」に対する回答の度数分布 (N=1692)

### 他分野研究者・企業に対するアンケート調査

#### 3. 企業に対するアンケート調査結果①

(1) 回収率は  $263 / 1,000 = 26.3\%$

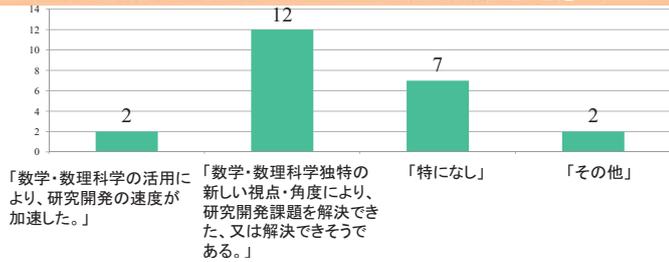
業種別には以下のとおり: 農業25.0%、林業0%、漁業50.0%、鉱業80.0%、建設業26.9%、製造業28.8%、電気・ガス・熱供給・水道業28.6%、情報通信業14.0%、運輸業0.0%、卸売・小売業12.5%、金融・保険業12.5%、不動産業0.0%、サービス業(他に分類されないもの)26.0%

(2) アンケート結果

- 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

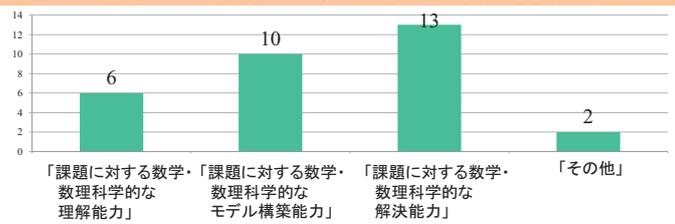
以下、A・B・C別に特徴的と思われる設問と回答を抽出。

3. 企業に対するアンケート調査結果【A】②



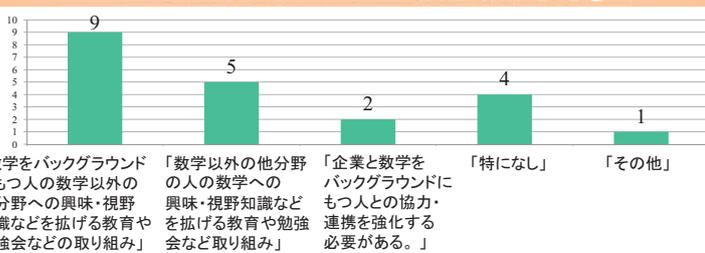
Aに対して、「数学をバックグラウンドにもつ人を採用して、貴社にとって役立ったことを挙げて下さい(複数回答可)。」に対する回答の度数分布(N=23)

3. 企業に対するアンケート調査結果【A】③



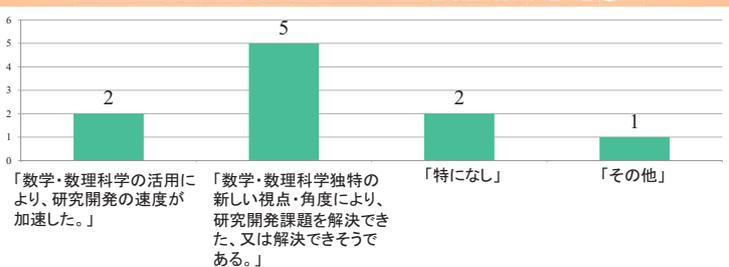
Aに対して、「数学・数理科学者のどのようなスキルが、どのような分野や開発を行う上で求められていますか。もしくは有効と考えられますか(複数回答可)。」に対する回答の度数分布(N=31)

3. 企業に対するアンケート調査結果【A】④



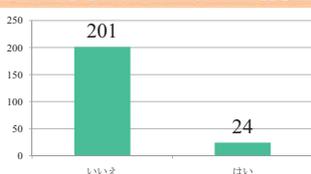
Aに対して、「数学をバックグラウンドにもつ人の活用に関して、望まれる制度、環境についてお答えください(複数回答可)。」に対する回答の度数分布(N=21)

3. 企業に対するアンケート調査結果【B】⑤

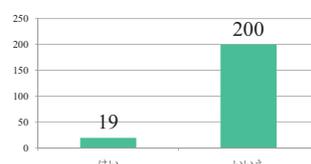


Bに対して、「貴社が数学・数理科学者と連携・協力して良かったと思われる点を教えて下さい(複数回答可)。」に対する回答の度数分布(N=10)

3. 企業に対するアンケート調査結果【C】⑥



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。」に対する回答の度数分布(N=225)



Cに対して、「近い将来、数学・数理科学者と連携・協力をしたいとお考えですか。」に対する回答の度数分布(N=219)

4. まとめ【他分野研究者との関係】①

- (1) これまで、数学者・数理科学者との討論や数学の書物や論文を読むなどによって、研究が進化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。

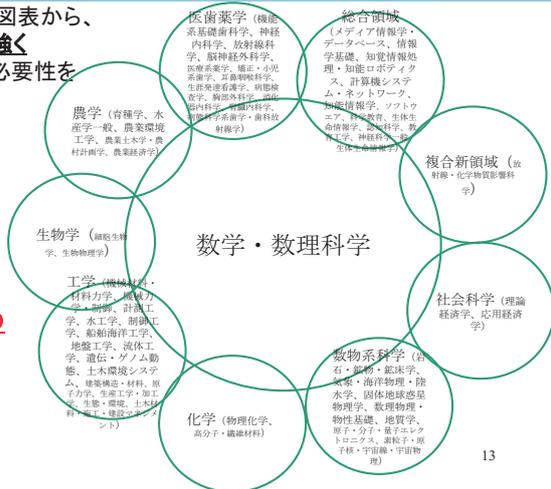
⇒ 7割足らずの他分野研究者が数学・数理科学に対して期待を寄せており、自らの専門分野の将来も掛かっていると考えている。

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。

4. まとめ【他分野研究者との関係】②

4ページの2つの図表から、**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、右図のようになる。**

↓  
**幅広い分野での数学・数理科学の必要性**



13

4. まとめ【企業との関係】③

- (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ニ乗検定結果から、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・数理科学を実用・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、貴社にとって役立つこと(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。

4. まとめ【企業との関係】④

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、

- 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。
- 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と。

↓  
**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。**

# ヒアリング調査 報告

## シンポジウム

### 「拡がっていく数学 — 社会からの期待」

2010年2月22日

九州大学大学院数理学研究院 教授

谷口説男

# 調査目的

公募要領 調査項目

- 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
- ② 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
- ③ 数学・数理科学と他分野間の関係調査

と  
関連事項の調査

を

- 関係者
  - 企業
  - 数学・数理科学以外の他分野研究者
- を対象としたヒアリング調査を行い実態を把握する

# ヒアリング先(1)

- ① (ア) 過去20年程度の研究や教育等の活動等について
  - ・ 応用数学会の創立の意図と活動の実態
  - ・ 京都大学数理解析研究所の設立理念とその活動\*
- (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
  - ・ 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
  - (a) 研究領域総括\* (b) 文部科学省 (c) 領域アドバイザー (4名(3)) (d) CREST代表・分担者 (4名) (e) さきがけ研究者 (5名)
  - ・ 数学研究費の在り方について
  - ・ 科研費プログラムオフィサー (2名)
- (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
  - (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
  - ・ 近年の積極的例 (6) : 北海道大学数学連携センター, 明治大学先端数理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
  - ・ 数理工学系教室 (2(1)) : 東大工 計数工学科\*, 京大工 数理工学教室

# ヒアリング先(2)

- ② 産業界 (とくにIT・製造業・金融・保険関係), 他分野研究者
  - ・ 産業界 (13社) : 数理システム, NTT, 日立製作所, 富士通, 第一生命, 三菱東京UFJ銀行, インターネット総合研究所, パナソニック, 東芝, マツダ, オー・エル・エム・デジタル, 宇部興産, BNPパリバ証券
  - ・ 海外企業 (2社, 研究者来日時) : Philips Research (Eindhoven) Microsoft Research Asia
  - ・ 他分野研究者 (11名(7))
- ③ 海外 (アメリカ, ヨーロッパ) 研究所でのヒアリング
  - アメリカ : Microsoft Research (New England, Seattle) IBM Watson Research Center (研究者, マネージャー)
  - ヨーロッパ : Weierstrass Institute (Berlin), Fraunhofer ITWM (Kaiserslautern), OCIAM (Oxford Centre for Industrial and Applied Mathematics), OCCAM (Oxford Centre for Collaborative Applied Mathematics), Smith Institute (Oxford), Johan Radon Institute for Computational and Applied Mathematics (Linz), Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics (Gothenburg)

# ヒアリング設計

## 共通質問文使用

### ◆「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」

- ☆ 領域アドバイザー (1) 研究領域の意義, (2) 領域設定の成否, さらなる研究領域の設定, (3) 研究資金 (妥当性, 運用), 領域運営・研究体制
- ☆ CREST/さきがけ (1) マネージメントの問題・改良点, (2) 連携・共同研究の推進形態, 成果, (3) 本研究資金による研究の意義

### ◆ 先行例

- (1) 設置目的・形態・規模, 運営体制・資金
- (2) 活動成功例 (3) 改良すべき点, 今後の活動計画・組織像

### ◆ 産業界

- (1) 当該企業での数学を背景にもつ研究者
- (2) 当該企業における研究開発と数学との関わり
- (3) 産業界における研究開発と数学の今後の姿

### ◆ 他分野

- (1) 当該研究グループでの数学を背景にもつ研究者
- (2) 当該研究者と数学の関わり
- (3) 当該研究者の研究分野と数学の今後の姿

### ◆ 海外企業・研究所

- (1) 数学を背景にもつ被雇用者
- (2) 数学との共同研究, (3) インターンシップ, (4) 数学への期待, 要望

# ヒアリング結果 — 研究資金

## ◆「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」

- 他分野との協働, 異分野研究者, 研究領域研究者との円滑かつ効果的な交流
  - ◇ 領域会議, メーリングリスト (全ヒアリング)
  - ◇ CREST, さきがけという冠による交流の容易化
  - ◇ 大学内での認知度も高く, それにより様々な交流が容易化
- 資金使用 : ◇ 異分野・他分野との融合研究 > 科研費 ◇ 使いやすい
  - ◇ 科研費ではカバーできない部分をカバー
  - ◇ 大型機器の購入, 科研費との共用 ⇒ 研究の進展・成果 (西成, 吉田, 新井)
- 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・研究施設の不備, 間接経費配分
- CRESTによる他分野との共同研究
  - ⇒ 数学博士の他分野・異分野への新しいキャリアパス
  - 他分野・異分野を視野に入れた数学研究人材の育成
- 本研究領域のような戦略的研究資金は今後も必要 ⇔ 科研費との相互補完
- 発展的に継続 : テーマの細分化, 再編を行った研究領域を設定
- 他分野より人件費の配分を多くできるような変更が望ましい,
- CRESTにおける助教の専任義務の変更 ⇒ 助教の教育経験

## ヒアリング結果－連携・協力(産業界)

### ◆産業界

- 数学系出身者の採用 ◇ 定期的, 積極的(ほとんどいない:1社)
  - ◇ 数学系博士号取得者の採用はあまりない
  - ◇ 学位取得者: 特段の待遇上の優遇措置はみられない
- 数学系人材: ◇ 高度な特殊な知識を持つ人材へのニーズ
  - ◇ 数学系出身者の持つ独特の問題解決能力への期待
  - ◇ 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
  - ◇ チームとしての研究への適応, 実務的問題への興味
  - ◇ プレゼンテーション能力, コミュニケーション能力の向上
- ➡ 数学教育, 人材育成 具体案: プレゼン講師, インターンシップ
- 数学研究者の企業で行われている研究を積極的に理解する努力
  - ◇ 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
- 数学への期待, ニーズ: ◇ 数学が潜在的に持つ力 ◇ 表面化, 顕在化
  - ◇ 現在, 将来: 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, データマイニング, 数学的意思決定プラットフォーム
  - ◇ 数学はR&D現場に必要不可欠である(MIは昔から)
- 数学者との共同研究: ◇ 成果公表の難しさ
  - ◇ 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。

7

## ヒアリング結果－連携・協力(他分野)

### ◆他分野研究者

- 研究グループ内に数学をバックグラウンドに持つ研究者が複数在籍
  - ◇ 例外(各1): 研究グループがない, 回答者のみが数学者研究者, 数学を専門とする研究者はいるが数学をバックグラウンドにもつ者はいない
- 数学は不可欠であり, 数学のニーズは高い,
  - ◇ 必要とされる数学: 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
  - ◇ 今後: 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
  - ◇ 数学と生命科学は新たな研究領域(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)
- 数学者との共同研究経験がある:ほとんど
  - (ない: 数学者の専門分野への知識の不足)
- 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必要な数学が不明という経験あり: 複数
  - ◇ 自分で本を読んで調べる, 外部研究者に相談, 人のリクルート
  - ◇ 数学者に説明しても適切な回答を得ることが難しい
  - ◇ 学部・大学院での数学教育の問題(応用への視点の不足)

8

## ヒアリング結果－連携・協力(研究機関)

### ◆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・研究機関について(産業界・他分野)

- 必要である(産)○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(実務に直結したテーマの提案あり)
  - 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ある
- (他)◇ 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
  - ◇ 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者研究者を養成
  - ◇ スペシャルセメスター/イヤーなどを設定し, 大学院生・若手研究者を養成
  - ◇ 窓口相談者をおく
- 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
- 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
- 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, 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
- 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
- 大学側からの積極的な政府への働きかけ

9

## ヒアリング結果－連携・協力(海外1)

### ◆海外研究所(企業系)へのヒアリング

- 来日研究者, アメリカ企業研究所
- 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.
  - ◇ フィリップス: 総数100名程度(ヒアリング対象者1名/月)
  - ◇ マイクロソフト・リサーチ・アジア: 総数300名程度(ヒアリング対象者の部署15名程度/月)
  - ◇ ニューイングランド25名, 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
  - ◇ アメリカ: 夏期休暇の3ヶ月, 中国: 3ヶ月~複数年, フィリップス: 6か月以上
  - ◇ インターンシップ学生が即戦力として活動
    - ◇ 企業R&Dも大学教育の一環(インターンシップが学位取得と直結(フィリップス), アメリカ就職活動, 博士学生雇用制度など), 給与支給
- 大学との連携に際し, 専門のマネージャー, コーディネーターが対応している.
- 国家的支援: ◇ 中国「北京国際数学研究中心」, (◇アメリカ STEM)
  - ◇ オランダ: ○テクノロジーに関する科学基金取得
    - ◎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・大学間の人材交流確保=学生派遣に対する人件費小切手
    - 1年間3000人分の給与の80%の政府資金による補填

10

## ヒアリング結果－連携・協力(海外2)

### ◆海外研究所(ヨーロッパ)へのヒアリング

- ヨーロッパ: 産業・応用数学研究所
  - ◇ 産業数学の実践+理論研究: *WIAS, OCIAM, OCCAM, RICAM*
  - ◇ 産業数学の実践主体: *Fraunhofer ITWM, FCC*
- 企業との共同研究(成果の企業への移転する機構)
  - ◇ 内在: *Fraunhofer ITWM, FCC* ◇ 外部機構: *OCIAM, OCCAM, RICAM*
  - ◇ なし(スタッフ対応): *WIAS*
- 企業との共同研究をマネジメントする会社組織の存在
  - ⇒ は数学系出身者のための有効なキャリアパス
- 予算, 研究員査定:
  - ◇ 非営利団体+営利団体, 学術+共同研究 *WIAS, OCIAM, OCCAM, RICAM*
  - ◇ 営利団体, 共同研究 *Fraunhofer ITWM, FCC*
- 母体となる大学との密接な連携(距離的にも)
  - ◇ 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
  - ◇ *WIAS* Humboldt U. Berlin, TU Berlin, *Fraunhofer ITWM* TU Kaiserslautern, *OCIAM, OCCAM* Oxford Univ., *RICAM* Linz Univ., *FCC* Chalmers Univ. Tech.
- 共同研究は多いが特許は少ない.
- 応用数学と純粋数学の乖離 ⇒ 我が国の成功例とは異なる

11

## ヒアリング結果－先行例(国内)

北大	2008.4	○数学連携サロン ○先端研究のための数学センター(→共同研究)
東北大	2007.9	○情報科学・理学・経済学・生命科学・医学研究科, 附属病院, 金属材料・流体科学・多元物質科学・融合領域研究所などがメンバー ○専任助教1 ○ワークショップ, ウェブ情報拠点, 共通基盤科目アレンジ
明治大	2007.7	○MIMSプロジェクト研究 ○MIMS Ph.Dプログラム, 大学院博士後期課程プロジェクト系科目設置 ○MIMSポスドク ○国際・国内研究集会 ○GCOE推進
阪市大	2003.9	○数学中心 ○専任教授1, 准教授1
阪大	2006.4	○特別教育研究経費 ○経済学・基礎工学・理学・情報科学の4研究科 ○専任講師1, 助教2 ○教育プログラム(受講80人/年)→副専攻制度 ○金融保険セミナーシリーズ, 中之島ワークショップ, 国際ワークショップ ○VOLATILITY INDEX JAPAN ○レクチャーノートシリーズ
九大	2007.4	○「機能数理学基盤センター」(21COE) ○ワークショップ ○インターンシップ, 共同研究(マツダ, 日新火災, 新日鐵), 技術相談窓口

12

シンポジウム “拡がっていく数学—社会からの期待”  
2010年2月22日 東京大学大学院数理科学研究科 大講義室

## 政策提言案説明

文科省委託事業「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～」  
委託事業代表者  
若山 正人(九州大学大学院数理学研究院)



## I. 調査検討結果を踏まえた課題の整理 今回調査から1

●今回の調査で明らかになった事項(調査結果⇒対処すべき課題等)

①他分野研究者の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割近くに入った。(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

③他分野研究者、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

④数学の基礎(学)力の重要性の指摘(他分野・企業ヒアリング調査)

⇒数学教育の強化を怠る⇒国民にとっての重大な損失。(i)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。(ii)多くの連携への意欲をもつ教員の思いが実現しづらい環境にある。その結果、数学をコアにした科学・技術の開発において先進諸外国に遅れをとり、将来的に国益を損なう危険がある。



拡がっていく数学—社会からの期待 2010年2月22日～23日

## I. 調査検討結果を踏まえた課題の整理 今回調査から2

⑤日本の産業界においては、いまだ、十分に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)

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

⑥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)

数学活用成功事例等の周知不足、産業界へのキャリアパスが不足

⑦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)

数学の需要の拡大に対応できる日本の研究体制の危機 ⇒日本の数学研究の空洞化を招くおそれ(日本の危機)

⑧数学教員・数学系教室において、研究・人材育成ともに、他分野・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)。(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)

研究・人材育成ともに連携を推進する気運が高まっている。数学と他分野・産業界との連携の好機



拡がっていく数学—社会からの期待 2010年2月22日～23日

## I. 調査検討結果を踏まえた課題の整理 今回調査から3

⑨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欧米、中国等においては、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。(海外ヒアリング調査)

数学を軸とした連携の重要性と学際・産業数学の重要性と必要性への認識が飛躍的に拡大

⑪多くの大学の数学教室で、改組を経験している(数学会アンケート調査)

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・技術分野との連携等への探索もある。

⑫さがけ・CRESTの成果が明確になりつつある。(連携による新視点、具体的な成果が得られ、数学の新しい展開が始まっている。学内での評価を得るなど、数学を軸とした連携研究にインセンティブが付与された。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)※国による数学の他分野等との連携件研究への積極的投資の始まり。

さがけ(2007年度開始)・CREST(2008年度開始)ともに、3年間で新規募集が終了する。

⑬学際数学や、産業数学の研究拠点・研究所が必要である。(他分野、企業ヒアリング調査、北大での調査等、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等。



拡がっていく数学—社会からの期待 2010年2月22日～23日

## I. 調査検討結果を踏まえた課題の整理 世界動向から4

●過去の調査・提言等、さらに調査期間中に判明した世界の動向等  
⇒考慮すべき事項等

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.欧州におけるMATHEI(=The MATHematics European Infrastructure)(2009)などの動き。社会に於ける数学インフラの整備を目指している。

日本においては、数学に対する社会認識の拡大、数学の評価軸の拡大が不十分。

C.欧州に於ける数学の人材育成連携の取り組み(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

D.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が頻りに開催されていること)、MITACS(1999年以降の連携研究・人材育成の継続的取り組みなど)

日本では組織的取組の遅れ。イノベーション創出活動からの撤退ならびに先端技術などを欧米・中国などから高額なライセンス料を払って使用しているなど科学技術立国の前線の兆し



拡がっていく数学—社会からの期待 2010年2月22日～23日

## I. 調査検討結果を踏まえた課題の整理 世界動向から5

E.欧米に於ける他分野・産業界との連携拠点(研究所等の拠点)設立、或は、活発化。

日本での同様の取り組みの遅れ(日本はさらに引き離される危機)

F.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拡大。

日本における数学研究への投資の低さ

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](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/>

参照した過去の調査・提言:

「忘れられた科学—数学」 文部科学省科学技術政策研究所(2006年)

「米国の数学振興政策の考え方と数学研究拠点の状況」文部科学省科学技術政策研究所(2006年)

「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」平成20年度文部科学省委託調査 北海道大学

「数理学における研究と若手要請の現状と課題」日本学術会議・数理学委員会(2008年)



拡がっていく数学—社会からの期待 2010年2月22日～23日

## Ⅱ. 具体的方策の提案

6

日本の科学技術を発展させ、イノベーションの源泉を作り出し、将来にわたり日本社会、ひいては国際社会に貢献するためには、科学・技術の共通基盤である数学・数理論理学の振興を図り、数学と諸科学分野・産業との連携を促進するとともに、より一層数学・数理論理学の重要性を社会に発信する必要がある。このために必要な具体的方策として、まず初めに

### ①「数学と諸科学分野及び産業界との連携の研究拠点の形成」

を、前記の「I. 調査検討結果を踏まえた課題の整理」に基づき提言する。

九州大学

協がっていく数学—社会からの期待 2010年2月22日～23日

## Ⅱ. 具体的方策の提案

提言の背景

7

### (1) 提言①の背景

#### ア) 連携・協力の気運の高まり

- ・他分野研究者における、数学との連携・協力へのニーズや期待の存在 (①、③、④)
- ・産業界における、数学との連携・協力への期待の高まり (②、⑥、⑧)
- ・数学界における、他分野・産業界との連携・協力に関する意欲や認識の高まり (⑤、⑨)

#### イ) 国際的な動向

- ・海外における、数学と他分野・産業界との連携拠点の整備、投資の拡大 (⑩、D、E、F)
- ・数学と他分野・産業界との連携・協力による研究を実施するために、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 (⑩)

#### ウ) 連携推進に必要な下地等

- ・数学と他分野・産業界との連携・協力の促進のために関係者が集結し、交流する物理的な[場]の構築。(⑩、過去の調査)
- ・数学界において他分野・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、数学界のみならず、他分野学術界・産業界の協力が重要。(各種ヒアリング調査。多くの数学教室で行っている連携のための取り組み。)
- ・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)の最大限の活用が重要。(⑧、⑨、インターンシップ調査報告など。各種研究センターへのヒアリング調査、報告)

九州大学

協がっていく数学—社会からの期待 2010年2月22日～23日

## Ⅱ. 具体的方策の提案

国際的にも見える拠点作り

8

### (2) 提言①の方策の内容

拠点では、数学を軸とした諸科学分野と産業界との協働を推進し、数学の基盤を拡大し、国際的な共同研究を行い、国際的に一級の若手研究人材を育成するため、以下の活動を行う。

#### i) 学際数学・産業数学研究集会開催、研究者の長期滞在の実施

世界トップレベルの研究者が中心となってオーガナイズする、学際数学・産業数学研究集会、年次プロジェクト研究の実施。研究集会等では、海外の著名かつ活発な活動を行う研究者等を数週間～1年間程度にわたり招聘し、同時に、若手研究者や他分野・産業界の研究者等と共同研究。

#### ii) 産業界と連携による研究や人材の育成

- ・数学・数理論理学と諸科学分野・産業界との共同研究支援。
- ・インターンシップ等、数学系大学院学生と産業界との交流促進の支援。
- ・海外、特にアジア諸国の若手研究者を受け入れ、研究者育成を国際的に支援するとともに共同研究等の機会の創出。
- ・数学を軸とした将来の日本の科学・技術イノベーションを担う人材育成と数学系人材のキャリアパスの形成支援。
- ・拠点となるホスト機関等のみならず、日本全国の数学研究者と諸科学分野・産業界との関係を強化し、人材のネットワークを拡げ、双方の発展を促進。

#### iii) 関連機関と拠点間の連携、拠点間同士の連携と適切な競争

九州大学

協がっていく数学—社会からの期待 2010年2月22日～23日

## 実行委員会等での検討による施策案

9

### 【国における施策の案】

①上記の「Ⅱ. 具体的方策の提案」で提案した、「**数学と諸科学分野及び産業界との連携の研究拠点の形成**」については、以下の通り実施する。

- ・事業実施期間は、数学研究のスパンの長さの観点から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。
- ・拠点活動は、全国における様々な形態での運営・展開を可能とするため、また、適切な競争を促し日本における最善の拠点形を模索する必要性などから、学際数学、産業数学に重点をおくものを、各2拠点以上、計5拠点程度を選定すること。
- ・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。
- ・経費については、数学研究のスタイルに即したフラットな年度間配分とする。
- ・必要経費として、人件費、旅費、会議開催費、文献購入費等を措置すること。(※参考)
- ・各拠点の方向性、研究成果と国際競争力等を評価することにより質と志を高めるため、事業実施期間中に、必要に応じて、最も望ましい運営方法に軌道修正していくこととする(評価は、3年目と7年目に実施する。評価方法については、数学・数理論理学の特性に鑑み、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。)
- ・事業実施期間後は、学際、産業数学各拠点のうちそれぞれ一カ所を、世界に開かれた恒常的な共同利用研究機関・研究所とするための措置を講ずること。

九州大学

協がっていく数学—社会からの期待 2010年2月22日～23日

## 実行委員会等での検討による施策案

10

②文部科学省は、数学・数理論理学の諸科学・産業との連携により新たな技術シーズを探索するため、科学技術振興機構(JST)の**戦略的創造研究推進事業(さががけ-CREST)の発展的継続**を図る。数学の幅広い研究分野に関連する多様な申請を促すため、2件以上の研究領域の設定が望ましい。(④、⑤、⑩、A、B、F)

③文部科学省は、数学・数理論理学の諸科学・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、ポスト第3期科学技術基本計画等において**数学・数理論理学の振興の重要性の明記**に努める。(⑩、A、B)

④文部科学省は、数学の基盤的研究及び、諸科学・産業との連携強化等の**数学・数理論理学に関する研究の継続的かつ更なる振興を目的とし、省内に数学・数理論理学専任の課・室・専門官等を配置**する。(④、⑤、⑩、⑪、⑫、B)

⑤文部科学省は、数学・数理論理学の若手研究人材の重点的育成のため、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、学会・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・数理論理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。(②、⑤、⑦、⑩、B)

九州大学

協がっていく数学—社会からの期待 2010年2月22日～23日

## 実行委員会等での検討による施策案

11

### 【数学・数理論理学研究コミュニティにおける施策の案】

数学・数理論理学研究界は、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、他分野・産業界との連携構築の積極的推進を図る。

#### ・数学関連諸学会は以下に協力する。

- ①数学関連諸学会は、その理事等からなる**数理論理学連絡会**を発足させ、数学と他分野・産業界の連携促進に有用と考えられる合同事業などを計画する。
- ②数学関連諸学会は、諸科学分野、産業界と積極的に連携し、学際数学、産業数学の評価・支援システムの構築に努める。(⑥、⑦、⑧、⑨、⑩、⑬、B)
- ③数学・数理論理学の諸科学・産業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**。数学関連諸学会は、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、学際数学、産業数学分野の評価・支援システム確立に協力する。(⑥、⑦、⑧、⑨、⑩、B)

九州大学

協がっていく数学—社会からの期待 2010年2月22日～23日

他分野、産業界との連携構築の積極的推進のために、(NPO)数学・数理科学連携機構(以下「機構」という)を組織する。機構は以下の事業を行う。(①-③、A-F)

- ①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計画するとともに、各大学の教育目標の中に、かかる人材育成を積極的に取り入れる方策を練ること。また、大学に対し、数学と他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カリキュラム案を提示。
- ②機構は、数学関連学会と連携をとりながら、**顕彰事業**を実施。
  - ・数学者と他分野研究者の連携成果に対し、年に一度、数学者、他分野のおの少なくとも一人ずつ顕彰。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。
  - ・若手研究者の連携研究に対する成果に対する顕彰。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。
- ③機構は、数学関連学会に、連携事業を要請する。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。
- ④機構は上記【**国に対する提言**】の項で述べた採択拠点の連絡調整組織として、上記プログラムの成功に積極的に寄与すること。なお、それにかかわる運営経費は、各採択拠点から拠出。

参考:必要な経費(一案)

- ・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
- ・ポストドク等の雇用
- ・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、非常勤講師雇用費用
- ・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

学術関係者・産業界等に対しては、以下を要望したい。

- ①上記の提言案の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・数理科学界の産業数学振興への取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、まだ数学と産業界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、数学と産業界との関係強化に関し有効と考えられる様々な活動を実施していただきたい。

シンポジウム“拡がっていく数学—社会からの期待”

## 数学者と企業研究者との 連携の事例紹介 (数学イノベーションの振興)

2010.2.22

於: 東京大学大学院数理科学研究科 大講義室

新日本製鐵株式会社  
先端技術研究所  
数理科学基盤研究グループ  
主幹研究員 中川 淳一

新日本製鐵株式会社  
NIPPON STEEL

© 2010 Nippon Steel Corporation. All Rights Reserved

## 数学イノベーション振興を目指す産学連携 チームづくりのコンセプト

数学がイノベーションの源泉である!  
体系化された「知」に基づく数学者の自由な発想が、  
科学・技術のブレークスルーの鍵になる。

2000Fy 数学連携開始

＜数学連携振興のための公的活動への参加・協力＞

国内外の  
数学者との連携

数学連携振興の  
公的活動への積極  
的な参加 (2006～)

2008Fy 数理科学  
基盤研究Gr.発足

ミッション:  
数学の製造現場利用

新日本製鐵株式会社  
NIPPON STEEL

- ・日本学術会議シンポジウム「礎の学問: 数学—数学研究と諸科学・産業技術との連携—」 2006.5.17 於: 日本学術会議 講堂
- ・OECD Global Science Forum: Workshop on Mathematics in Industry 2007.3.22-24 於: Heidelberg, Germany
- ・書籍出版「数学イノベーション」 2007.8 文部科学省科学技術政策研編
- ・北海道大学数学連携サロン講演 2008.4.23 於: 北大数学連携研究C
- ・九州大学数理学府博士課程インターン生受け入れ 2008.10.15~12.25
- ・文部科学省審議官勉強会 2008.11.12 於: 文部科学省 政策課会議室
- ・東京大学・数理科学GCOE 社会数理講演2008.11.21,28 於: 東京大学
- ・東京大学・数理科学研究科社会数理特別講義 2009Fy~ 於: 東京大学
- ・the EIMI (Educational Interface between Mathematics and Industry) Study Conference, invited participant, 2010.4.19 ~ 23, Lisbon

© 2010 Nippon Steel Corporation. All Rights Reserved

## 数学イノベーション振興を目指す産学連携 チーム運営の3つの構成要素

コンセプト

数学がイノベーションの源泉である!  
体系化された「知」に基づく数学者の自由な発想が、  
科学・技術のブレークスルーの鍵になる。

### 【1】フィードバックが機能するコミュニケーションの場

互いの隠れた才能を引き出し、一緒に考え行動をおこすための  
人材育成の場&問題解決の場

### 【2】個々の数学者の研究スタイル重視と成果顕在化の両立 数学者の自由な発想重視の新しい水平分業型のビジネスモデルの展開

### 【3】異分野融合(数学・産業・工学)の人材マグネット

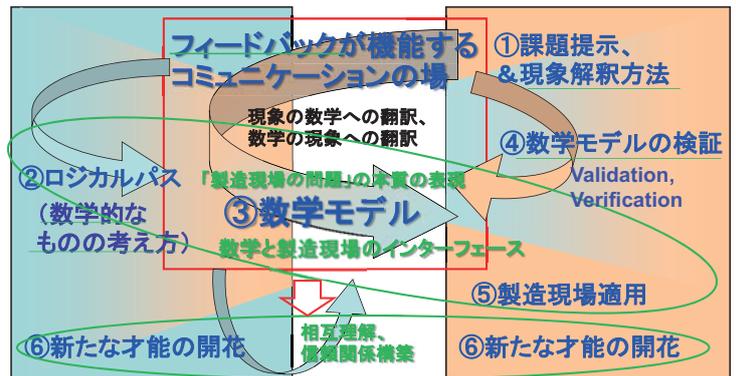
アカデミアの工学者が参画に魅力を感じるチームになること。  
産業数学&学際数学の融合による科学・技術の社会への出口の多様化

新日本製鐵株式会社  
NIPPON STEEL

© 2010 Nippon Steel Corporation. All Rights Reserved

## 人材育成の場、問題解決の場 互いの隠れた才能を引き出し、一緒に考え行動をおこす。

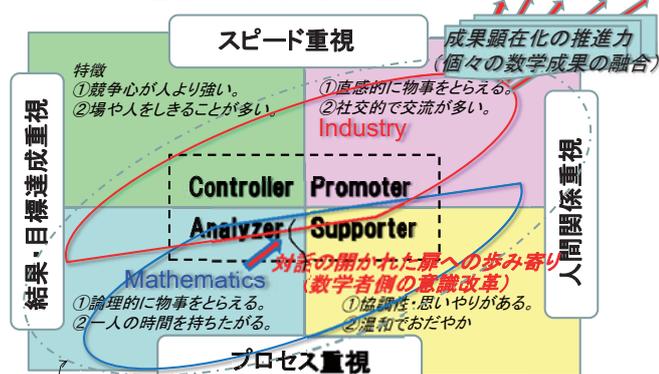
【数学者】 タスクフォースチーム 【新日鐵】



新日本製鐵株式会社  
NIPPON STEEL

© 2010 Nippon Steel Corporation. All Rights Reserved

## 人間行動のタイプ(C-A-P-S)分け と数学連携の水平分業型ビジネスモデル

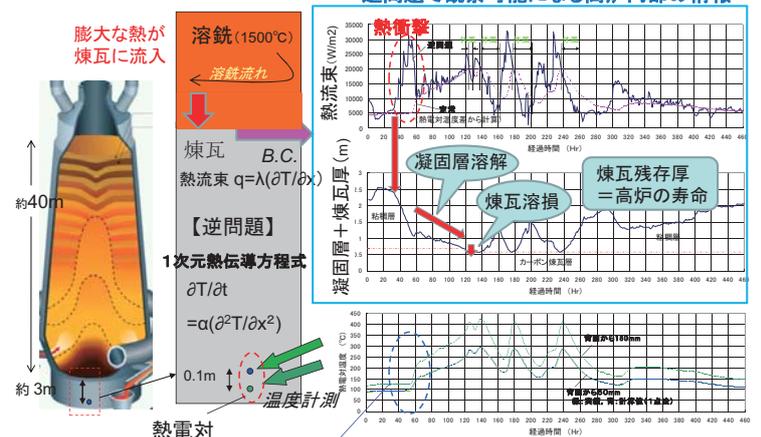


人間行動の4象限のすべてをカバーする強力なチーム  
数学者は自分の研究に専念しながら、企業が推進力になり成果を顕在化する。

新日本製鐵株式会社  
NIPPON STEEL

©Yumi Terada, Human Resource Respect Corporation

## 数学の製造現場での適用事例 高炉の伝熱逆問題



新日本製鐵株式会社  
NIPPON STEEL

© 2010 Nippon Steel Corporation. All Rights Reserved

計測情報だけでは、「熱衝撃」を観察できない。数学を通して初めて判る!

# 既存の逆問題手法

J. V. Beck, Int. J. Heat Mass Transfer, vol.13, pp.703-716 (1970)

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

1次元非定常熱伝導方程式

$$J(q) = \sum_{i=1}^N (\hat{T}(l - \Delta x, t_i) - \hat{T}_2(t_i))^2$$

計算値 実測値

$dJ(q)/dq = 0$  変分法

計算値と実測値の誤差が最小になるように煉瓦内壁面の熱流束 $f(t)$ を決定する。

$T(l, t) = \hat{T}_1(t)$  計測される煉瓦温度: B.C. at  $x=l$

$T(x, 0) = T_0(x)$  I.C. (適当に設定)  
高炉では煉瓦全体の温度を計測するのは不可能

$T(l - \Delta x, t) = \hat{T}_2(t)$  変分法の判定に使用

新日本製鐵株式会社 NIPPON STEEL

# 逆問題の数学 数学により問題の数理構造が明快になる!

Wang Yanbo (Fudan University, China), Jin Cheng (Fudan University, China), Masahiro Yamamoto (the University of Tokyo, Japan), Junichi Nakagawa (Nippon Steel Corp, Japan.), "A numerical method for solving the inverse heat conduction problem without initial value," Inverse Problems in Science and Engineering (2010).

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

1次元非定常熱伝導方程式

- $\frac{\partial T}{\partial x}(0, t) = f(t)$  未知変数: 内壁面の熱流束 B.C. at  $x=0$
- $T(x, 0) = T_0(x)$  I.C. 未知物理量
- $T(l, t) = \hat{T}_1(t)$  計測される煉瓦温度: B.C. at  $x=l$
- $\frac{\partial T}{\partial x}(l, t) = g(t) \approx (\hat{T}_2(t) - \hat{T}_1(t)) / \Delta x$  計測される熱流束: B.C. at  $x=l$  (新たなB.C.の付与)

溶鉄  $x=0$  (Inner B.C.)

煉瓦  $x=l$  (Outer B.C.)

© 2010 Nippon Steel Corporation. All Rights Reserved

## 数学解析

2種類の計測情報と2種類の未知変数の因果関係が式上で明快になる!

$$T(x, t) = \sum_{n=0}^{\infty} A_n(x) e^{-\lambda_n t} - \int_0^t G(t-s, x, 0) f(s) ds + \int_0^t G(t-s, x, l) g(s) ds$$

計測温度 (B.C.) I.C. (未知変数) ① 内壁のB.C. (未知変数) ② 計測熱流束値 (B.C.)

$$A_0(x) = \frac{1}{l} \int_0^l T_0(y) dy \quad A_n(x) = \frac{2}{l} \int_0^l T_0(y) \cos \frac{n\pi}{l} y dy \cdot \cos \frac{n\pi}{l} x$$

$$\lambda_n = \alpha \frac{n^2 \pi^2}{l^2} \quad G(t, x, y) = \frac{2}{l} \sum_{n=1}^{\infty} e^{-\lambda_n t} \cos \frac{n\pi}{l} x \cos \frac{n\pi}{l} y + \frac{1}{l}$$

Since these term ① and ② are extremely ill posed for computation, we will attempt to avoid the integration by solving the following forward calculation.

B.C. はすべて Given → ①のB.C.のみ未知

$$\begin{cases} v_t = \alpha v_{xx} & w_t = \alpha w_{xx} \\ \frac{\partial v}{\partial x}(0, t) = 0 & \frac{\partial w}{\partial x}(0, t) = f(t) \\ \frac{\partial v}{\partial x}(l, t) = g(t) & \frac{\partial w}{\partial x}(l, t) = 0 \\ v(x, 0) = \frac{x^2}{2l} g(0) & w(l, t) = \hat{T}_1(t) - v(l, t) \end{cases}$$

$$\therefore w(x, t) = \sum_{n=0}^{\infty} B_n(x) e^{-\lambda_n t} - \int_0^t G(t-s, x, 0) f(s) ds$$

$$B_0(x) = \frac{1}{l} \int_0^l w(y, 0) dy \quad B_n(x) = \frac{2}{l} \int_0^l w(y, 0) \cos \frac{n\pi}{l} y dy \cdot \cos \frac{n\pi}{l} x$$

© 2009 Nippon Steel Corporation. All Rights Reserved

新日本製鐵株式会社 NIPPON STEEL

## 数値解析

$$w(l, t_j) = \sum_{n=0}^N B_n(l) e^{-\lambda_n t_j} - \sum_{i=1}^j (\hat{G}_{j,i} - \hat{G}_{j,i-1}) f(t_i)$$

$V_w = MA \cdot V_x$  (Unknown)

$V_x = \begin{pmatrix} B_0(l) \\ B_1(l) \\ \dots \\ B_N(l) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f(t_1) \\ f(t_2) \\ \dots \\ f(t_M) \end{pmatrix}$

Heat flux at  $x=0$  (Reconstructed variables)

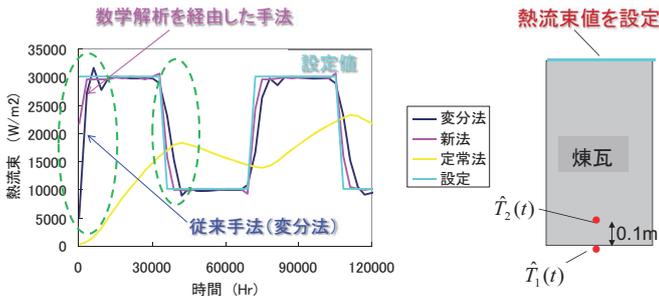
$\hat{G}_{i,j} = \hat{G}_i(x, t_j), j \geq i$

$\begin{cases} (\hat{G}_i)_x = \alpha (\hat{G}_i)_{xx}, & 0 < x < l, t > 0 \\ \frac{\partial \hat{G}_i}{\partial x}(0, t) = \phi_i(t), \\ \frac{\partial \hat{G}_i}{\partial x}(l, t) = 0, \\ \hat{G}_i(x, 0) = 0 \\ \phi_i(t) = 1 \quad (0 < t < t_i), \quad 0 \quad (t_i < t) \end{cases}$

© 2009 Nippon Steel Corporation. All Rights Reserved

新日本製鐵株式会社 NIPPON STEEL

## 精度比較 (数値実験: 熱流束の再構成)



数学解析を経由した手法は、状態の急激な変化に対する追従性が、従来法に対し各段に向上している。

$$定常法 \quad q(t) = \frac{k}{\Delta x} (\hat{T}_2(t) - \hat{T}_1(t))$$

k: 熱伝導率,  $\Delta x$ : 熱電対間の距離 (0.1m)

新日本製鐵株式会社 NIPPON STEEL

© 2009 Nippon Steel Corporation. All Rights Reserved

## 溶鋼鍋の伝熱逆問題 数学の汎用性を示す事例

高炉と同じ式を利用

鉄皮表面温度の時間推移を支配する伝熱機構を数式化

$$u(l, t) = \sum_{n=0}^{\infty} A_n(l) e^{-\lambda_n t} - \int_0^t G(t-s, l, 0) f(s) ds + \int_0^t G(t-s, l, l) g(s) ds$$

初期内部温度分布 内壁熱流束 外壁熱流束 (既知)

熱流束  $q(t) = f(t)$  温度  $u(l, t) = u_0(t)$  溶鋼 溶鋼温度計測値 1570°C

ウエア煉瓦 準パーマ煉瓦 本パーマ煉瓦 耐火物残存厚み (=110mm)

鉄皮 鉄鋼鍋 溶鋼鍋の外壁表面の温度変化を赤外線サーモグラフィで計測

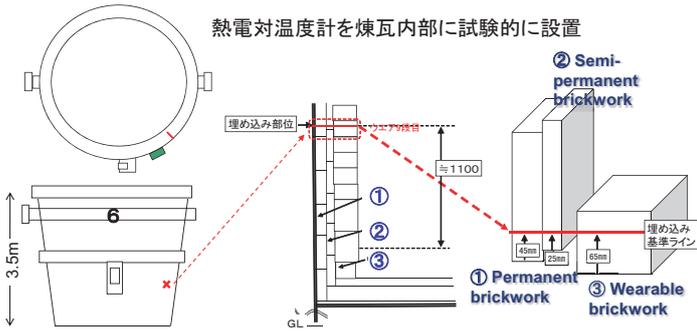
鉄皮からの経過時間 (分) 鉄皮からの距離 (mm)

受鋼からの経過時間 (分)

© 2010 Nippon Steel Corporation. All Rights Reserved

新日本製鐵株式会社 NIPPON STEEL

## 逆問題の精度検証



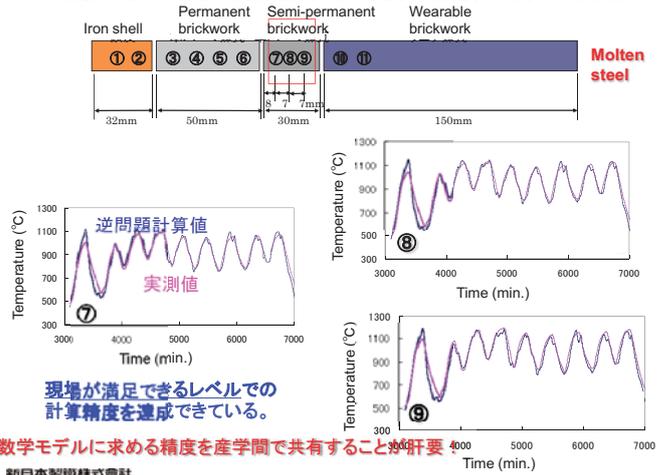
熱電対温度計を煉瓦内部に試験的に設置

数学モデルの精度検証を行い、数学者にフィードバックするのは、数学を利用する側の責務と考える。

新日本製鐵株式会社  
NIPPON STEEL

© 2009 Nippon Steel Corporation. All Rights Reserved

## 煉瓦内の温度実測値と逆問題計算結果の比較事例

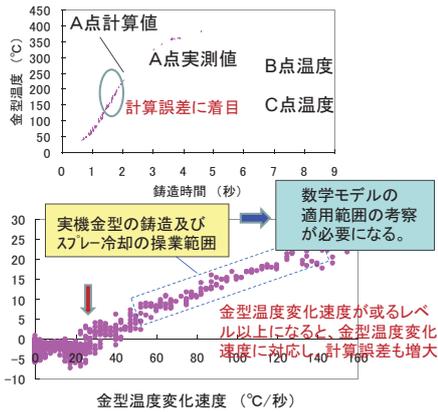
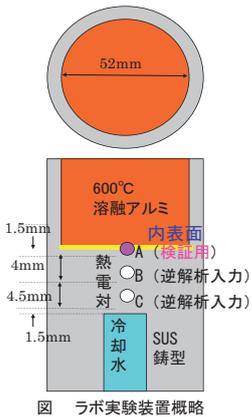


新日本製鐵株式会社  
NIPPON STEEL

© 2009 Nippon Steel Corporation. All Rights Reserved

## 鋳型(金型)の伝熱逆問題

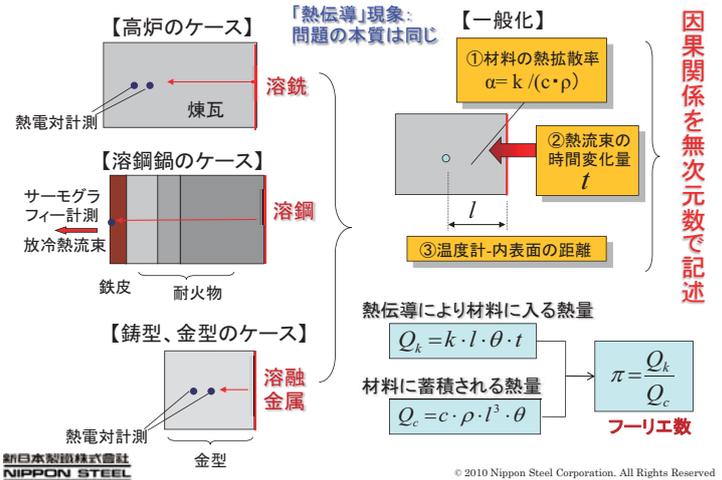
根本原理さえ理解できていれば、同じ手法を幅広い場面で適用できるのは、数学の持つ汎用性・普遍性の大きな魅力



新日本製鐵株式会社  
NIPPON STEEL

© 2010 Nippon Steel Corporation. All Rights Reserved

## 横展開のための技術の標準化(工学的発想)

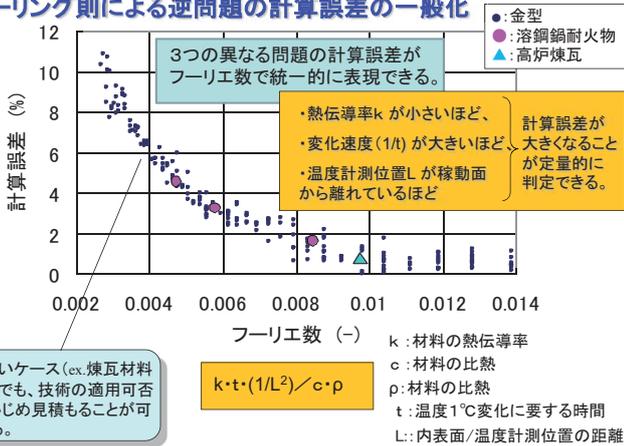


新日本製鐵株式会社  
NIPPON STEEL

© 2010 Nippon Steel Corporation. All Rights Reserved

## 数学思考と工学思考の融合による技術の汎用化

スケリング則による逆問題の計算誤差の一般化



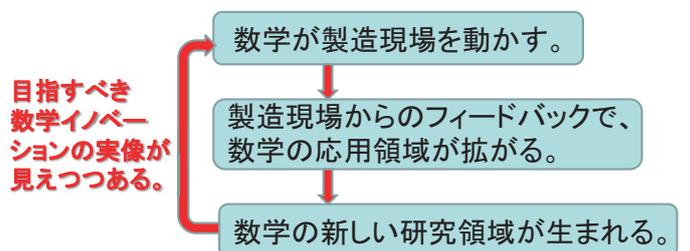
新日本製鐵株式会社  
NIPPON STEEL

© 2010 Nippon Steel Corporation. All Rights Reserved

## 逆問題のインパクト

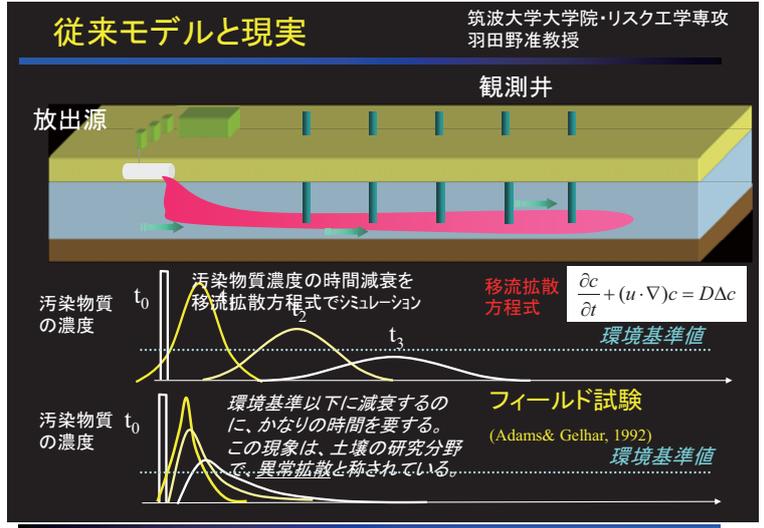
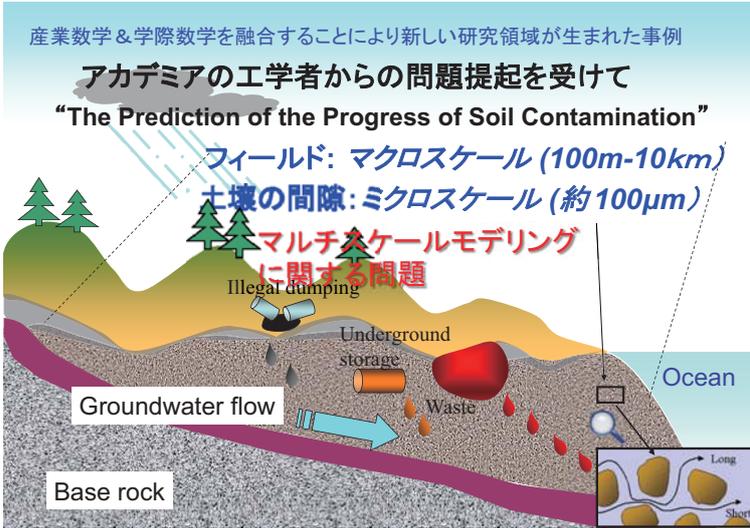
製造現場の問題を、逆問題の数学で考える新しい枠組みが出来上がった。

計測データ ↔ 逆問題



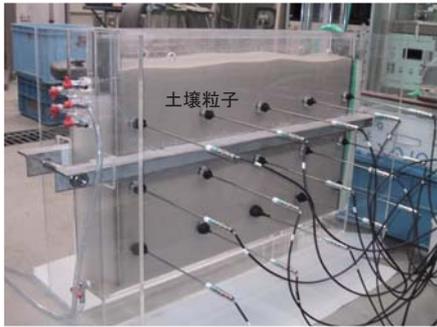
新日本製鐵株式会社  
NIPPON STEEL

© 2010 Nippon Steel Corporation. All Rights Reserved



## ラボ実験装置内の異常拡散現象の解析

ラボ実験装置内の現象を、連続時間ランダムウォークモデルでシミュレーション

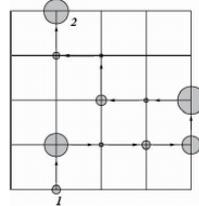


筑波大学大学院・リスク工学専攻 羽田野研究室

### 連続時間ランダムウォーク

粒子の待ち時間に関するルール  
 を与え、モンテカルロ法で計算

$$w(t) \sim \left(\frac{t}{\tau_0}\right)^{-(\alpha+1)}$$



### ランダムウォーク

Fickの法則に従う通常拡散

$$\langle x^2 \rangle \propto t$$

$\alpha=1$

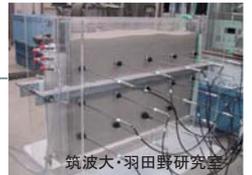
空間スケールの2乗は時間の $\alpha$ 乗に比例

$$\langle x^2 \rangle \propto t^\alpha \quad 0 < \alpha < 1$$

## 連続時間 Random Walk Model の数学者による再吟味

現状

粒子の待ち時間  
 に関するルール  $w(t) \sim \left(\frac{t}{\tau_0}\right)^{-(\alpha+1)}$



### 【手続き1】確率密度関数によるモデルの数学的記述

$$w(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x, t) dx \quad \lambda(x) = \int_0^{\infty} \varphi(x, t) dt$$

$$\varphi(x, t) = \lambda(x)w(t)$$

$$\eta(x, t) = \int_{-\infty}^{\infty} dx' \int_0^t dt' \eta(x', t') \varphi(x - x', t - t') + \delta(t) a(x)$$

$$\Phi(t) = 1 - \int_0^t w(t') dt'$$

粒子が時刻t、位置xに存在する確率  $P(x, t) = \int_0^t \eta(x, t') \Phi(t - t') dt'$

$$w(t) = \frac{1}{\tau_0} \left(\frac{t}{\tau_0}\right)^{\alpha-1} E_{\alpha, \alpha} \left(-\left(\frac{t}{\tau_0}\right)^\alpha\right), \quad 0 < \alpha < 1$$

$$E_{\alpha, \beta}(z) = \sum_{l=0}^{\infty} \frac{z^l}{\Gamma(\alpha l + \beta)}, \quad z \in \mathbb{C} \quad \text{Mittag-Leffler関数}$$

数学者 & 工学者の学際連携 (東大数理科学研究科 & 筑波大リスク工学専攻)

## 連続時間 Random Walk Model の数学者による再吟味

$$P(x, t) = \int_0^t \eta(x, t') \Phi(t - t') dt'$$

【手続き2】空間 x に対してフーリエ変換、時間 t に関してラプラス変換を施す。

$$(\mathcal{LFP})(k, s) = \frac{1 - (\mathcal{L})s}{s} \frac{(Fa)(k)}{1 - (F\lambda)(k)(Lw)(s)}$$

$$s(\mathcal{LFP})(k, s) - (Fa)(k) = s(\mathcal{LFP})(k, s)(F\lambda)(k)(Lw)(s)$$

$$(F\lambda)(k) = \exp\left(-\frac{\sigma^2}{2} k^2\right) \quad (Lw)(s) = \frac{1}{1 + \tau_0^\alpha s^\alpha}$$

$$s^\alpha (\mathcal{LFP})(k, s) - s^{\alpha-1} (Fa)(k) = \tau_0^{-\alpha} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m!} \left(\frac{\sigma^2}{2}\right)^m (-ik)^2 (\mathcal{LFP})(k, s)$$

【手続き3】右辺の無限級数の第1項のみを考慮した近似を行う。

$$s^\alpha (\mathcal{LFP})(k, s) - s^{\alpha-1} (Fa)(k) = \left(\frac{\sigma^2}{2\tau_0^\alpha}\right) (-ik)^2 (\mathcal{LFP})(k, s)$$

数学者 & 工学者の学際連携 (東大数理科学研究科 & 筑波大学リスク工学専攻)

## 連続時間 Random Walk Model の数学者による再吟味

$$s^\alpha (\mathcal{LFP})(k, s) - s^{\alpha-1} (Fa)(k) = \left(\frac{\sigma^2}{2\tau_0^\alpha}\right) (-ik)^2 (\mathcal{LFP})(k, s)$$

【手続き4】空間 x に対してフーリエ逆変換、時間 t に関してラプラス逆変換を施す。

$$\partial_t^\alpha P(x, t) = \left(\frac{\sigma^2}{2\tau_0^\alpha}\right) \partial_x^2 P(x, t)$$

$$P(x, 0) = a(x)$$

初期(t=0)から現在(時刻t)迄の履歴の残る度合

$$\partial_t^\alpha f(t) = \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \int_0^t (t-\tau)^{-\alpha} f'(\tau) d\tau, \quad 0 < \alpha < 1$$

$\alpha$ が小さいほど、履歴が残る。

$$\partial_t^\alpha f(t) = f'(t), \quad \alpha = 1$$

数学者 & 工学者の学際連携 (東大数理科学研究科 & 筑波大学リスク工学専攻)

# 連続時間 Random Walk Model の数学者による再吟味

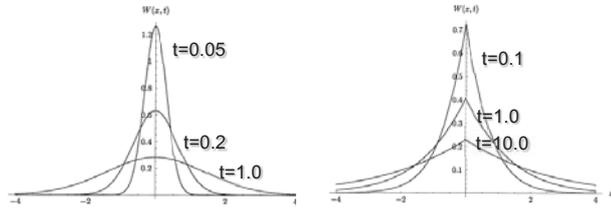
解の性質

$$\|u(\cdot, t)\|_{L^2(\Omega)} \leq \frac{C}{1 + \lambda_1 t^\alpha} \|a\|_{L^2(\Omega)}, \quad t \geq 0.$$

$0 < \alpha < 1$ : subdiffusion

$\alpha$ : small  $\iff$  Slow diffusion

$\alpha$ が小さくなるにつれ時間項の寄与が小さくなる。



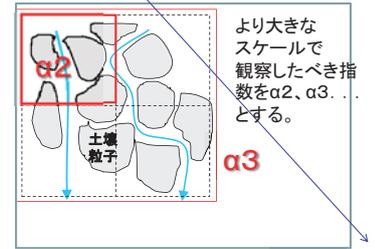
Normal-diffusion ( $\alpha=1$ )

Sub-diffusion ( $\alpha=0.5$ )

数学者 & 工学者の学際連携 (東大数理科学研究科 & 筑波大学リスク工学専攻)

# 数学解析に触発される企業人の自由な発想

土壌粒子の間隙より小さいスケールで現象を観察した場合のべき指数 $\alpha$ を、 $\alpha=1$ と定義する。



より大きなスケールで観察したべき指数を $\alpha_2, \alpha_3, \dots$ とする。

$$\partial_t^\alpha P(x,t) = \left(\frac{\sigma^2}{2\tau_0^\alpha}\right) \partial_x^2 P(x,t)$$

$$\alpha = 1 > \alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3 \dots > \alpha_\infty \rightarrow 0$$

通常拡散

Slow拡散

拡散なし

領域が大きくなるに従い、 $\alpha$ の値は小さくなり、領域無限大の $\alpha$ はゼロ、拡散が生じないことが予想される。

Porous Mediaの不均一性に起因する観察領域のスケールングの問題に帰着

媒体の不均一性の診断( $\alpha$ 決定の逆問題), マルチ・スケールモデリングへの応用 等

長期的な視野からの技術の出口

© 2010 Nippon Steel Corporation. All Rights Reserved

新日本製鐵株式会社  
NIPPON STEEL

技術の出口は多数有り!

鉄鋼製造プロセスには不均一媒体を扱う系が多数存在する。

Copyright (C) 2006 NIPPON STEEL Corporation All Rights Reserved.

# 産業数学&学際数学の融合が生み出す相乗効果

数学 産業 工学

Subject of specific fields on engineering (Anomalous diffusion in soil)

アカデミアの工学者の専門領域の深い学識と実験・データベース

Generalization and evolution of subjects thorough industry use

イノベーションへの道の開拓

Diagnosis and control of manufacturing process within inhomogeneous media

科学・技術の社会への出口の多様化

Continuous-Time Random Walk Model

R. Metzler, J. Klafter / Physics Reports 339 (2000) 1-77

現象理解の多様化、深化

数学の新しい発見、テーマ創出

Fractional Partial Differential Equation

$$\frac{\partial^\alpha}{\partial t^\alpha} P(x,t) = \frac{\partial^2}{\partial x^2} P(x,t), 0 < x < l, t > 0$$

Definition of fractional order differential

$$\frac{\partial^\alpha}{\partial t^\alpha} P(x,t) = \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \int_0^t (t-t')^{-\alpha} \frac{\partial}{\partial t'} P(x,t') dt'$$

既存の工学手法を数学者が再吟味

新日本製鐵株式会社  
NIPPON STEEL

© 2010 Nippon Steel Corporation. All Rights Reserved

# 数学イノベーション振興を目的とする 産学連携チームが目指すもの

「数学理論」と「社会を動かす技術実現」の時間の隔たりを劇的に短縮すること!

- 既存の思考の枠(経験的思考、工学的思考、応用数学・純粋数学の区別等...)を外し、自由な発想で、社会の問題を一緒に考え行動をおこす場をつくる。
- 数学と社会のHubになる人材を育成する。
- 技術成果を社会に発信し、科学・技術の出口をつくり、数学イノベーション「数学が社会を動かす」を振興する。

新日本製鐵株式会社  
NIPPON STEEL

© 2010 Nippon Steel Corporation. All Rights Reserved