

2015年5月28日 数学イノベーション委員会

数学イノベーションを進めるための いくつかの考察と提案

國府寛司

京都大学・大学院理学研究科／JSTさきがけ数学協働領域・研究総括

内容

1. 自己紹介に代えて — どのように数学と諸分野の連携を考えるようになったか？
2. 数学イノベーションをさらに進めるために何が必要と考えるか

1. 自己紹介に代えて — どのように数学と諸分野の連携を考えるようになったか？

(1) 学生時代：京都大学理学部と山口昌哉研究室

京都大学理学部の「緩やかな専門化」

1・2年次は志望分野の異なる学生が共存する環境
研究者として自立してからも異分野にアクセスしやすい

山口昌哉：日本応用数理学会の設立などに関わり、現在の日本の応用数学研究に大きな影響を与えた数学者の1人

数学だけでなく外分野への強い関心と積極的な交流

数理工学，流体数学，数値解析学，数理生物学，
統計物理学，社会科学，...



幅広い分野の研究者が自然に集まる場が形成されていた

大学院生が意識せずに様々な分野に接する機会が豊富にあった

(2) 力学系理論, 様々な分野の研究者との交流, 純粋数学と応用数学

力学系理論: ダイナミクスについての数学理論

純粋数学から応用数学まで幅広い分野に関係する

微分方程式, 位相幾何学, 確率論, 関数論, 代数幾何学, . . .

物理学, 電気電子工学, 機械工学, 生物学, 経済学, . . .

様々な分野の研究者との共同研究や議論の機会も多い

ダイナミクスの問題はほとんどの科学技術の分野で扱われる

欧米では幅広い層の研究者が集まる力学系関係の国際研究集会がある

Dynamics Days (米国, Europe, Asia, 南米などで頻繁に開催)

SIAM Conference on Applications of Dynamical Systems, など

純粋数学と応用数学について考える契機が何度かあった

自分自身の研究の方向性, 学生の指導, 数学教室での議論など

数学者としてのアイデンティティの確立

数学としての専門性と研究の展開の可能性

応用数学的研究をどのように評価するか (学位審査など)

計算機の活用の重要性と教育における位置づけ

(3) JST戦略的創造研究推進事業との出会い:CRESTとさきがけ

2007年に西浦数学領域が発足;2009年にCREST2期生として採択

当時, 研究していた力学系の大域的構造に対する計算機援用解析が歩行運動などの理解と制御に役立つのではと考えた

非線型物理学(神経回路)や機械工学の研究者たちと共同で実施

相手の話がある程度理解できるようになるまでに2年近くかかった

共同研究者が京大やその近辺にいて, 毎月2~3回ミーティングを実施できたが

本格的な議論ができるようになったのは3年目くらいから

後半の2年はかなり突っ込んだ議論ができるようになり, 研究が進展した

昨年度末(2015年3月)で終了

その後も学内経費などで共同研究を継続している

2014年度から, さきがけ数学協働領域の研究総括に就任

社会的・人類的課題の解決を目指して数学と諸分野の協働を促進

初年度は9名を採択(今年度は現在, 選考中)

広い意味の数学関係分野の出身者6名, 他分野の出身者3名

東大数理科学研究科を修了して国立の研究機関に所属が2名

氏名	所属機関	役職	課題名
神山 直之	九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所	准教授	都市・社会システム最適化のための離散的数学理論の深化
小谷 潔	東京大学 先端科学技術研究センター	准教授	時間遅れ多体系フロケ理論の構築と脳を持つ‘弱いリズム’の機能解明
小林 景	情報・システム研究機構 統計数理研究所	助教	データ空間の幾何学的特徴を活用する解析手法と統計理論
鈴木 大慈	東京工業大学 大学院情報理工学研究科	准教授	統合的統計モデリングの数理基盤と方法論
田中（石井） 久美子	九州大学 大学院システム情報科学研究所	教授	言語の計測可能な不変量の探求
富安（大石） 亮子	高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所	特任助教	結晶学的位相問題の解を列挙する理論とソフトウェアの開発
中野 直人	北海道大学 理学研究院 数学専攻	さきがけ 専任	包括的な数学的手法による気象予測プロセスの確立
織田 光司	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 高機能暗号研究グループ	主任研究員	大規模ゲノム情報の安全な統合分析を実現する超高機能暗号
バックウッド・ダ ニエル	東北大学 原子分子材料科学高等研究機構	助教	数理モデルでグラフェン合成の制御 一次世代の電子材料に向けてー

2. 数学イノベーションをさらに進めるために何が必要と考えるか

(1) 私の考える数学イノベーション

様々な科学・技術・社会の問題について、数学の発想や方法を活用し、数学と関連諸分野の研究者が協力してその解決に向けた本質的な貢献をすると共に、それが広く科学全体の発展にもつながること

本質的に新しいアイデアを必要とし、それが数学の発展にもつながるそのことで数学者の目を外に向ける原動力となる

諸科学や技術でも数学の重要性や活用の有効性が広く認識される

成果が水平展開され、広い分野の科学や技術の発展を促す

例) 気象予報の困難さの解明からカオスの数学研究が生まれ、それが現在では物理学、工学や脳科学など多くの科学技術分野に浸透

(2) 数学イノベーションの芽をどのようにして見出すか

科学・技術・社会における、数学が貢献できる課題を知る
問題が明確でよく絞り込まれているものもあれば、どのように問題を捉えるかそれ自体が難しいものもある
思いもかけない数学分野の発想や方法が活用できることもある
最初から数学分野を限定しないことも大切

数学の新たなアイデアや発展が諸分野に活かせる可能性に気づく
数学者自身が問題意識やアイデアを持つことが重要
例) 微分幾何学における最適輸送理論をガンのネットワークに応用
そのために早くから科学の広い分野に触れる機会があると良い
数学が様々な分野に活用できると確信できることも重要

数学の外に向かう意欲を持つ若手研究者に将来への展望が見えること
大学院からポスドク、常勤研究者と成長する道筋が見える化する
しっかりしたキャリアパスを用意する

(3) 諸分野からの数学へのニーズや期待を受け止める仕組みや、数学の新しいアイデアが諸分野に活かせる可能性を逃さないための工夫

数学と科学・技術・社会の様々な問題とが接触する機会を作る

問題を持ち込む相談窓口，大きな問題を議論する機会

それらの問題が関心を持つ研究者の間で共有できるようにする

数学者が受け身でなく，自発的に問題の探索を促す仕組みも必要

諸分野との連携に経験を持つ数学者集団が問題の振り分けに関与する

問題を事前分析し，経験や勘も動員して適切な数学者を巻き込む

相手を尊重して話を聞く力，自分の分野をわかりやすく説明する力が重要

数学者と現場との直接的対話が最も重要だが，通訳が入ることも有効

相手の話を理解するためには時間がかかることを覚悟する

自分の分野をわかりやすく説明する力の養成には訓練と機会が必要

数学者と他分野の研究者との持続的な交流や議論の継続を支援する

異分野融合の研究会の開催とそこへの数学者の参加を促す工夫

議論が始まったグループへの議論や研究の継続のための研究費の支援

数学と他分野の共同研究に関する実例やノウハウ，注意点の蓄積も有用

(4) 数学イノベーションはどのような形で行われるのがよいか

数学と他分野の研究者とが直接、議論して研究を推進することが重要
研究費の支援などにおいても、そのような点を重視する

問題の数学的な定式化ができるまで時間がかかる

それを続けるインセンティブとしては短期的には研究費支援しかない

問題の理解と数学的定式化には十分な時間をかけた議論が必要

それを支える研究費などの支援には、性急に成果を求めない

一旦、定式化ができればその後は比較的早く進むことも多い

大学院生や若手研究者を自然に巻き込むような仕組み

次世代の研究者が数学と諸分野の連携研究の最前線に触れる機会

応用数学だけでなく純粋数学の成果も十分に活用することが重要

革新的なイノベーションは応用を意識しない研究からも生まれる

応用を意識しない数学研究の成果も活用できるような仕組みを作る

数学連携に経験のある数学者が目利きとしてアドバイスをする

そのための研究者ネットワークの構築も重要

若手数学者の純粋数学と応用数学についての意識を変える

(5) 数学イノベーションを支援する体制について

研究の芽を育て、それを実現させるための支援が基本

短期的には研究費の支援, 長期的には人材育成が重要
数学協働プログラムなどから出た芽を研究費などで支援する

成果が出ている研究をさらに継続できるようにすることが重要

研究費が終了した時点で研究が途絶えてしまってはもったいない
経費を変えてでも研究を持続的に支援をする仕組みを用意する
JSTでやるなら「さきがけ→CREST」をもっと強化する

ある分野での成果を別の分野に水平展開できるような機会を作る

他の研究グループの成果が日頃からよく見えるようにする
バーチャルな数学イノベーションの研究ネットワークを作る

数学のアイデアの実装も不可欠

それにより諸分野の研究者が数学の成果を「使いこなせる」ようになる
例) 計算トポロジーはソフトができて初めて多くの応用につながった
実装のための計算機の活用への人的支援の仕組みを整える
数学の専門性にも十分配慮する

以上のような支援を包括的に行う体制があると良い

(6) 数学イノベーションのための教育や人材育成について
学部や大学院で、数学の外に視野を広げる機会を用意する

基盤となるコアの数学の基礎的教育はしっかりと行う

何らかの形での計算機の教育は十分に行う

大学院やポストクのレベルで数学と諸分野の協働に携る機会を設ける
数学の若手研究者が数学の外に向かうインセンティブを作る

博士課程やその直後の若手が応募できる数学連携の研究者など
JSTさきがけに応募する前段階の大学院生や若手の意識改革

異分野の研究者とのコミュニケーション能力の向上も重要

数学の若手研究者と他分野の研究者との対話の機会を増やす

諸分野の若手研究者がきちんとした数学を学ぶ機会もあると良い
それが数学の成果を活用するための契機や支援ともなる

数学から外に出る若手研究者のキャリアパスをしっかりと用意する
大学院からポストク、常勤研究者と成長する道筋を見える化する
大学の理系の教育や人事にも関係する

数学のアイデアの実装を担う人材育成も重要