

数学の研究 と 競争的研究費

武蔵野大学特任教授
東京大学名誉教授
坪井 俊

数学の研究と競争的研究費

武蔵野大学特任教授 東京大学名誉教授 坪井 俊

自己紹介 幾何学研究者

日本数学会理事 (2000年～2004年、2009年～2015年)
日本数学会理事長(2009年～2011年) 日本数学会監事

日本学術会議連携会員 (2008年～2014年)
日本学術会議会員 (2014年～2020年)

東京大学大学院数理科学研究科長 (2012年～2016年)

科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 CREST
「現代の数理科学と連携するモデリング手法の構築」
研究総括 (2014年～2021年)

理化学研究所 数理創造プログラム 副ディレクター
(2016年12月～)

Arithmer社顧問 (2019年8月～)

2006 「忘れられた科学ー数学」

2007～2013 さきがけ西浦領域

2008～2016 CREST西浦領域

2008～2013 GCOEプログラム「数学新展開の研究教育拠点」

2009 文部科学省委託調査

2010 日本数学会「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」

2012～2019 数物フロンティア・リーディング大学院

2012～2017 数学協働プログラム

2012～2017 生命動態システム科学推進拠点

2014 さきがけ國府領域、CREST坪井領域

2017 小谷新学術領域

2017 日本学術会議マスタープラン2017重点大型研究計画
「数理科学の深化と諸科学・産業との連携基盤構築」

2017 日本学術会議提言 「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」

2018 数理資本主義の時代～数学パワーが世界を変える～

数学者の概数

日本人口 1.26億人(2019) GDP 4.9兆USD(2017)
日本数学会会員数 5,000 大学教員は2,000くらい
日本応用数理学会会員数 2000～3000 半数は企業研究者
数理科学博士取得者数 140/年
数学関連研究費 数十億円
フィールズ賞3、ガウス賞1、チャーンメダル1

アメリカ合衆国人口 3.27億人(2018) GDP19.4兆USD(2017)
American Mathematical Society 30,000人 + 570機関
Society for Industrial and Applied Mathematics 14,500人
数理科学博士取得者数 1,600/年
数学関連研究費 440億円
フィールズ賞13、ガウス賞2、チャーンメダル2

以下の文献とその参考文献による

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
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t250-2.pdf>

数理資本主義の時代 ～数学パワーが世界を変える～
2019年3月26日 理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会
https://www.meti.go.jp/shingikai/economy/risukei_jinzai/pdf/20190326b_report.pdf

数学・数理科学研究の分野はもともと広いが、現在さらに広がっている。

- 基礎的分野 代数・幾何・解析
- 応用的分野 流体力学・最適制御・数値解析・符号暗号理論・逆問題・数理統計学・数理ファイナンス・データ解析・・・・

数学全体の動き

ナポレオンの時代：市民全体が理解できる形にまとめられるようになった。

20世紀：数学の基礎についての危機と形式化による解決。

21世紀：形式化・計算技術の発展により応用範囲が広がり
具体的問題の解決に向かっている。

Pure Math (Beautiful Math)の研究のスタイルとその変化：

- いいなと思う数学を呼吸すれば良い研究ができる。（環境）
- 数学者に必要なものは、**考える時間・研究をぶつけ合う相手**。
- 現在現役の研究者には、計算機が強力な助っ人となった。
- 抽象的な数学の分野でも**チームプレイが増加してきている**。
- **Applied and Industrial Mathとの連携**が増えている。

Applied and Industrial Math (Exciting Math)の研究のスタイルとその変化：

- 上のもの＋**チームプレイ**。
- チーム研究のための研究室を維持する。実学のノウハウ。
- **Pure Mathとの連携**が増えている。

私と科研費

- 基盤研究(S)「無限群と幾何学の新展開」2012～2017
- 基盤研究(A)「多様体の微分同相群の研究」2008～2012
- 基盤研究(A)「多様体の無限変換群の総合的研究」2004～2008
- 基盤研究(A)「位相幾何学の総合的研究」2000～2003

研究費の使い方（前半）

- 研究をぶつけ合う相手のところへ行くあるいは相手を招待する。
- 研究集会に参加する。研究集会、国際会議を開催する。

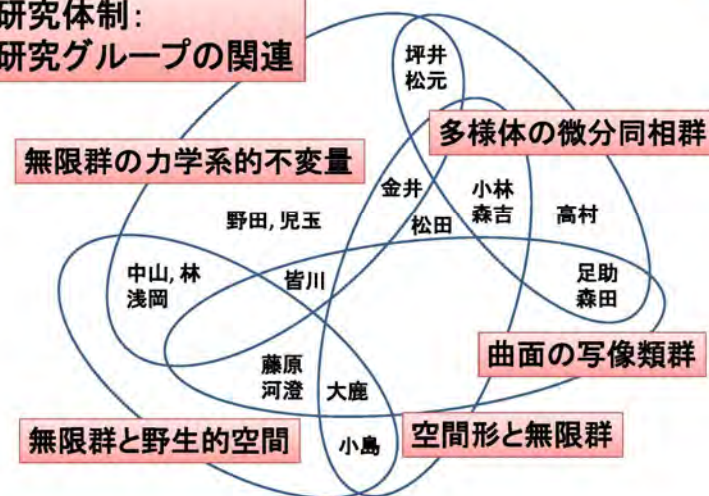
研究費の使い方（後半）

- 研究チームを組織し、共同研究を行う。基盤(S)では[空間形と無限群], [多様体の微分同相群], [曲面の写像類群], [無限群の力学系的不変量], [無限群と野生的空間]という5つのテーマにチームを組織し研究を推進した。
- 研究上必要なポスドクを雇う。研究の進捗に従い、ポスドクとして必要なメンバーをチームに補充した。

自由な発想に基づく研究の進捗とチーム編成がマッチし、新しい学術的成果が得られた。

無限群と幾何学の新展開 (New developments in infinite groups and geometry) 坪井 俊

研究体制：
研究グループの関連



JST西浦領域「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」
さががけ（2007～2013）32名、CREST（2008～2016）13チーム

- オオーッ！ 数学において**科研費以外の研究費がある**ことが実感される。
- **現代数学**が実社会の具体的な問題の解決に有効であることが実感される。
- 数学の**横串**としての効果が実感される。
数学の問題がつながっていき、社会の課題への応用範囲も広がっていく。
- 新しい数学にチャレンジする同僚の姿、成功する姿を間近に見る。

JST國府領域「社会的課題の解決に向けた数学と諸分野の協働」
さががけ（2014～2020）31名

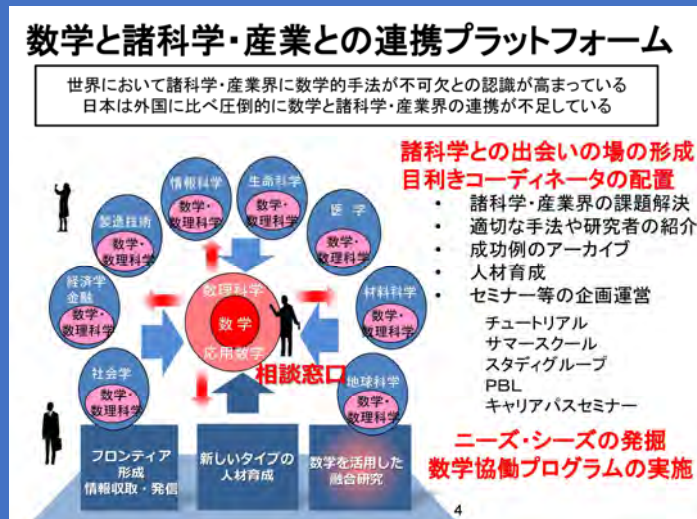
JST坪井領域「現代の数理科学と連携するモデリング手法の構築」
CREST（2014～2022）11チーム

- これらの領域からの**トップ人材の輩出**
WPI（AIMR小谷拠点長：数学＋材料）、WPI（ASHBi平岡副拠点長：数学＋医療）、
ERATO（蓮尾総括）、さががけ（坂上総括）
- これらの領域の**成果**
医療分野：画像診断（水藤）、皮膚培養法（長山）
社会問題：渋滞制御（西成）、保育所マッチング（神山）
画像認識：立体視認（杉原）、錯視解析（新井）、画像着色（石川）
工学等：トポロジカルデータ解析（平岡）、結晶構造解析（富安）、
流体解析（横山）
経済等：金融データ解析（吉田）、暗号セキュリティ（高木）

望ましい「数学研究と競争的研究費」のまとめ

- 数学・数理科学の研究のためには、**研究時間の確保**が非常に重要である。
- 若手研究者の育成のためには、実績のある研究者集団に若手研究者育成の資金を管理させることも考えるべきである。
- 数学研究には結果がどうなるか予測できないものも多い。**自由な発想に基づく研究**のためにチームであたるが増えてきており、科研費においてチーム型の研究も推進されるべきである。
- 数学・数理科学の競争的研究費の審査にあたっては、大型の研究費であれば特に、**数学・数理科学に十分な見識をもった審査員**が当たるべきである。
- 数学・数理科学の社会連携のための研究費は、社会連携実績を元に判断するのは難しい。我が国の数学・数理科学の社会連携の特質は応用に近いとされている分野よりは、より純粋数学に近い研究者が参画していることである。純粋数学分野の**実績のある研究者の参画**自体を評価する形が望ましい。
- JST CREST さきがけにおいて、現代の数理科学を社会の諸問題の解決に結びつける研究がおこなわれている。この流れを保つためには**数理科学者が総括となる**ことは重要である。
- 数学・数理科学により諸分野、産業間の相互交流を活性化するためには、分野の異なる研究者がじっくり議論することが必要である。そういう場として**訪問滞在型研究施設**は非常に有用であり、研究費が投入されるべき場である。

- 学術会議提言「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」
 - 数理科学コミュニティからの提言
 - マスタープラン2017重点大型研究計画「数理科学の深化と諸科学・産業との連携基盤構築」
 - マスタープラン2020（ヒアリング中）「数理科学の新展開と諸科学・産業との連携基盤構築」
- 数学・数理科学により諸分野、産業間の相互交流を活性化するために**訪問滞在型研究施設の設置**を提言。



訪問滞在型研究プログラム

分野を超えた集中討論により科学のフロンティアを形成

- ・ 先駆テーマ設定の期間限定バーチャル研究所(テーマは国際公募)
- ・ 世界中から異なる分野から主要研究者を招聘し滞在させる(1か月〜3か月)
- ・ 学生・若手と世界の第一人者が密に議論(若手のネットワーク形成)

数学におけるフロンティア形成の標準スタイル
米国(2カ所)・カナダ・英国・フランス・ドイツ(2カ所)・オーストラリア・イタリア・ロシア・インド(2カ所以上)・中国・韓国に設置

Workshop for Women in Math Sciences@Samsi
大学内に設置されたNSFの研究所

samsi
素粒子物理・重力波の検出に統計学・応用数学の研究者が直接参加する国際的なネットワーク

iam
Institute for Pure & Applied Mathematics
A US NSF Math Institute at UCLA

各国でのプログラム例:

- ・ ミラー対称性と重力理論
- ・ 無限次元空間の幾何構造
- ・ 機械学習による多体系の理解
- ・ マテリアル・インフォマティクス
- ・ プレインサイエンス
- ・ 量子情報・量子計算
- ・ 気候変動のビッグデータ
- ・ 予測と予兆



数理科学研究におけるポスドク

- 1990年頃までは、数理科学分野のポスドクは居ても少数。
- 大学院化後の博士修了者の増加、大学の教養部解体に伴うポストの大幅減少により、2000年頃からポスドク問題が顕在化してきた。
- 学術振興会特別研究員(3年間)を別として、ポスドク採用のための資金としては、21世紀COEプログラム(2003～2008)、グローバルCOEプログラム(2008～2013)があったが、大型の科学研究費、JST CREST研究費等に移行している。

現在は、特定の研究目的のための比較的短い任期のポスドクが増えている印象を受ける。

次世代の数学研究者を育てるために

- 博士課程の大学院生の多くを含め、**若手研究者は独立した研究者**として扱われる。
- 次世代の数学研究者を育てるためには、考える時間・研究をぶつけ合う相手、計算情報環境を保証し、**5年、10年**、よい数学を呼吸させることが必要。
- チーム研究の場合でも、次の研究へつながるよう、**多くの分野の研究者との交流**が必要。現在総括しているCRESTにおいてこの点は特に留意している。
- 産業における課題解決に興味を持つ若手研究者は増えており、現場の課題の研究に恒常的に触れることのできる環境（**訪問滞在型研究施設等**）が必要。

参考：大学の数学教育について

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。これらについては演習が重要である。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。

世界的に重要視されている **統計理論、データ処理理論** の教育については、十分とはいえなかったが、改善されつつある。

卒業までの教育で最も重要なものは、**セミナー**である。
これは藤澤利喜太郎がヨーロッパでの学習法を持ち帰ったもの。
(日本の数学の教授は菊池 大麓、藤澤利喜太郎、高木貞治、...)

数理科学における基本的テキストを選んで指導教員のもとで定期的に講読を行う。
すなわち学生が勉強してきたテキストの内容を再構築して、黒板で説明する。
論理のギャップ、不十分な一面的な理解を、教員が指摘し、理解を深める。
2時間の説明のために、20～30時間くらい予習が必要となる。

こうした教育に鍛えられた人材が卒業し、現在では様々な企業、教育機関に就職している。

どういう資質を持っている可能性があるか？

諸科学分野および産業との連携のための鍵

- 与えられた課題に対し、ゼロから考えて結論を導く。
- 議論の最初にもどって考える。
- 論理的なギャップに気付く。
- 問題を抽象化して簡単に解けるものにする。
- 異なる対象から同じ現象を見つける。
- 現象を数学の言葉で記述する。言葉を定義する。
- 現代の数学の進展についての知識をもつ。
- 数学者・数理科学者とのネットワークをもつ。
- 誤りを素直に認める。
- わからないことを恐れない。

- △ データを扱うスキルが低かった（改善しつつある）。
- △ チームプレーをしたことがない場合も多かった（改善しつつある）。
- △ 狭い専門にこだわる場合もある。
- △ 議論の前提にこだわる。
- △ 完全な議論にこだわる。
- △ 時間をかけたがる。
- △ 結論が出なくても平気。
- △ 教えたがる。
- △ シャイ。