

数学イノベーションに関する 現状について

平成28年3月
文部科学省 研究振興局
数学イノベーションユニット

数学イノベーションに関する現状の取組

数学イノベーション推進に必要な活動・体制

1. ニーズ発掘から協働へ

数学へのニーズの発掘から数学と諸科学・産業との協働へつなげるための活動

□ 数学協働プログラム(平成24～28年度)

「出会いの場」「議論の場」の実施

- ・ ワークショップ
- ・ 諸科学・産業の課題を数学者が集中的に議論するスタディグループ

課題発掘

2. 数学との協働研究の推進

数学者と諸科学・産業との協働による研究

□ JST戦略的創造研究推進事業

- ・ 「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」領域(平成19～27年度)
- ・ 「ビッグデータ」関連領域(平成25年度～)
- ・ 「数学協働」「数理モデリング」領域(平成26年度～)

研究成果

当該課題の解決

数学へのフィードバック

他分野への水平展開

3. 人材育成(必要な人材の育成)

- 数学界における人材育成(諸科学・産業と連携できる人材の育成)
- 諸科学・産業における人材育成(数学を活用できる人材の育成)

4. 情報の発信等

- 諸科学・産業向けの情報発信、成果の展開
- 一般向けの情報発信、子供たちへの取組

5. 体制(必要な組織・体制)

【大学共同利用機関】 統計数理研究所

【共同利用・共同研究拠点】

京大 数理解析研究所

九大 マス・フォア・インダストリ研究所(平成25年度～)

明治大 先端数理科学インスティテュート(平成26年度～)

○各拠点間の連携・協力体制

「数学協働プログラム」(平成24～28年度)

- ・ 実施機関: 統計数理研究所
- ・ 協力機関: 北大、東北大、東大、明治大、名古屋大、京大、阪大、広島大、九大

体制(必要な組織・体制)

～大学等における数学連携拠点の整備

- 近年、全国の大学において、**数学・数理解析科学と諸科学・産業との連携による研究拠点**の設置が進んでいる。
- 各拠点ごとに、連携相手や形態など様々な特色がある。

- 大学共同利用機関
 - 共同利用・共同研究拠点
- (H28年3月現在)

京都大学

- 数理解析研究所(S38年～)
- 数学連携センター(H25年～)

大阪大学

- 数理・データ科学教育研究センター(H27年～)

九州大学

- マス・フォア・インダストリ研究所(H23年～)

北海道大学

- 電子科学研究所附属社会創造数学研究センター(H27年～)

東北大学

- 応用数学連携フォーラム(H19年～)
- WPI-AIMR(原子分子材料高等科学研究所)数学ユニット(H24年～)
- 知の創出センター(H25年～)

統計数理研究所

- NOE(Network Of Excellence)形成事業(H22年～)
- 統計思考院・統計思考力育成事業(H23年～)

明治大学

- 先端数理解析科学インスティテュート(H19年～)

東京大学

- WPI-Kavli IPMU(カブリ数物連携宇宙研究機構)(H19年～)
- 大学院数理解析科学研究科附属数理解析科学連携基盤センター(H25年～)

早稲田大学

- 総合研究機構 流体数学研究所(H27年～)

慶應義塾大学

- 先導研究センター 統合数理解析科学研究センター(H19年～)

数学へのニーズ発掘から協働へつなげる活動 全国の数学連携拠点の協力体制

数学協働プログラム(平成24~28年度)

○主な活動(平成26年度)

- ◆ 連携ワークショップ 21件・・・数学者と諸科学・産業の研究者とが議論
- ◆ スタディグループ 9件・・・諸科学・産業における**具体的課題の解決策**について数学者が議論
- ◆ 作業グループ 4回・・・**生命科学と材料科学**において**課題の発掘・分析**を目指し議論
- ◆ 一般向け情報発信 2回・・・**サイエンスアゴラ講演会、同展示**
- ◆ 学生キャリアパス構築 2回・・・**学生と企業の交流会**(26年10月)
キャリアパスセミナー(27年3月)
- ◆ 関係学会での企画 4回・・・数学会(2回)・応用数理学会(1回)・統計学会(1回)で**応用事例紹介のワークショップ**統を開催

○ワークショップ、スタディグループの主なテーマ

- **生命ダイナミックス**の数理とその応用
- 計算材料科学と数学の協働によるスマート**材料デザイン**手法探索
- 安心、安全・快適な**社会インフラ維持**への数理科学の適用
- **感染症流行モデリング**
- **気象学**におけるビッグデータ同化の数理
- **社会システムデザイン**のための数理と社会実装へのアプローチ
- **自動車業界**におけるIT・数理科学技術の活用 等



平成27年8月以降の動き

数学イノベーション推進に必要な機能について

現状の課題

1. 諸科学・産業等から数学・数理解科学者の姿が見えづらい
2. 諸科学・産業等と連携する数学・数理解科学者支援の仕組みが十分でない
3. 数学的アイデアを“使える”ようにする仕組みが十分でない

数学・数理解科学の重要性の高まり

諸科学における重要性の高まり

産業界における重要性の高まり

- 【数学への期待例】
- ✓ 複雑な現象や大量データの解析をもっと効率的に進められないか？
 - ✓ 異常が発生する前の「兆し」のようなものが分らないか？
 - ✓ 経験や勘でやっていたものをもっと改善できないか？

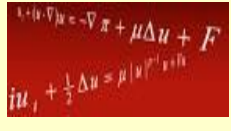
問題の掘

数学への相談

数学イノベーション推進拠点に必要な機能

A. 数学の活用により解決できる問題を明確化し、数学研究者につなぐ機能

- ① 社会や諸科学・産業から、数学の活用により解決可能な問題を見いだす機能
- ② 諸科学・産業等から相談された問題をふるいにかける機能
- ③ これらの問題を、ふさわしい数学・数理解科学者につなぐ機能



B. 問題解決に向けた研究を支援する機能

- ① 数学・数理解科学者の活動を支援する機能
 - 諸科学・産業等の問題に取り組む数学・数理解科学者を配置
 - 各自が用いている数学的手法や理論を共有し議論する場や、国内外の研究者が一定期間滞在し議論する場を提供する機能
- ② 数学的アイデアを“使える”ようにする機能
 - 数学的アイデアを実装し、諸科学・産業等の現場が使えるようにする人材を配置

数学的アイデア

密接に連携

ソフトウェア

【配置人材の例】

プログラミング・ソフトウェア化等の人材



諸科学・産業等の問題の解決に有用な数学的理論・手法



③ 諸科学・産業等へ“使える”数学を発信する機能

- 問題の解決に役立つ数学的手法や理論、事例等を整理
- これらの手法・理論や事例を諸科学・産業に向けて分かりやすく発信



問題の解決

新たな発想によるイノベーションの実現

- 諸科学
- 産業界

諸科学・産業の問題に取り組む数学者の“見える”化
「問題解決」というミッションの明確化

成果例

圧倒的効率化

大量データ・複雑な現象の解析を飛躍的に効率化(時間・コストの大幅短縮)

- ・データ検索システム
- ・ゲム解読 等

異常発生前の対応可能

正常と異常の間の「遷移状態」(放っておくと異常に至るおそれのある状態)を検出

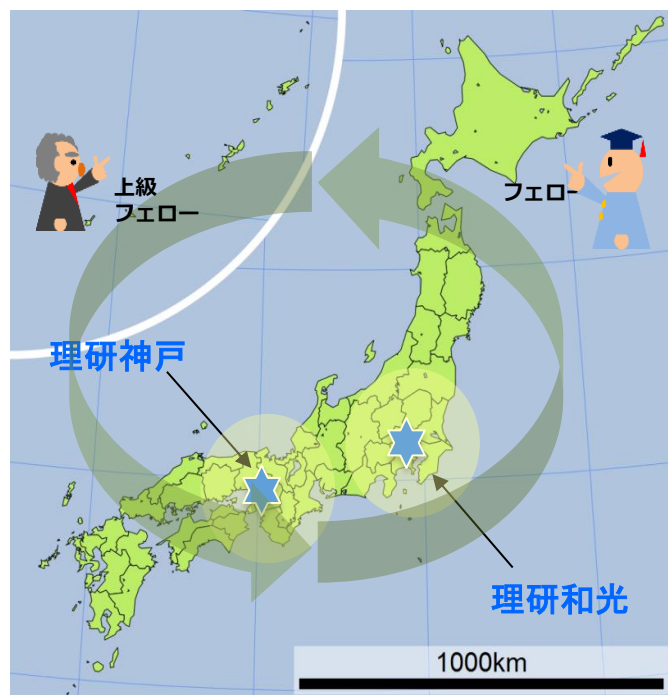
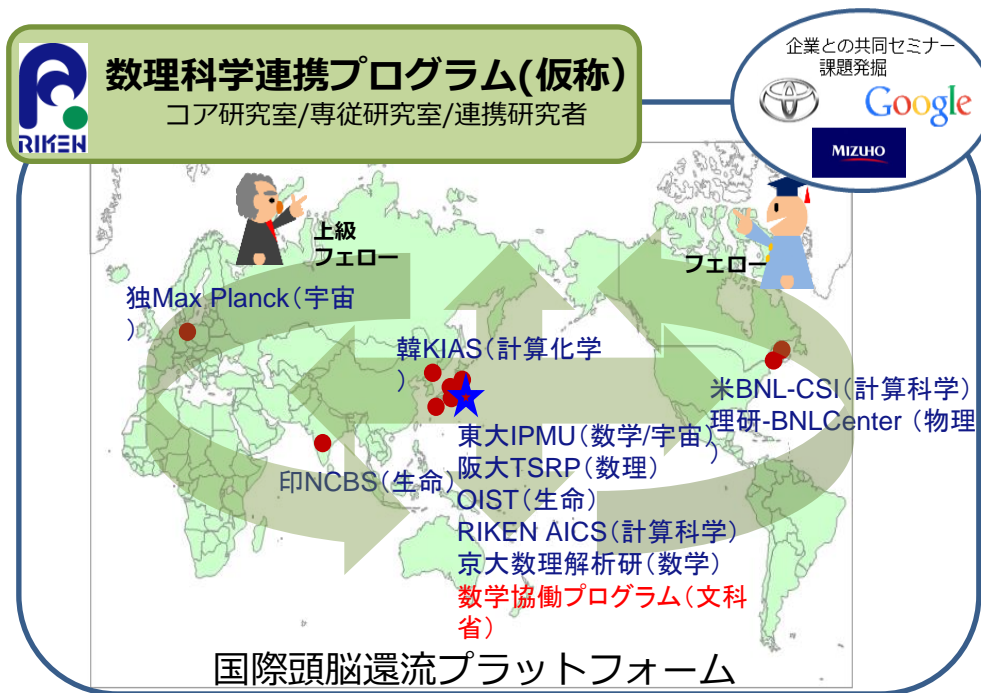
- ・がんの動的ネットワーク・バイオマーカー 等

数学・数理解科学の活用による解決が期待できる新たな問題の発掘の促進

数学・数理解科学の潜在力への諸科学・産業からの認知度の向上

自然科学における基本問題（宇宙や生命の起源）の解明や、現代社会の基本的課題（医療、安全、エネルギー）の解決には、数理科学に基づく基礎科学の進展とそれを諸分野にスムーズにつなげる総合的アプローチが必要である。これまでの「理論科学連携研究推進グループ」(iTHES) を発展拡大した「数理科学連携プログラム(仮称)」では、今世紀の基礎科学の最重要課題を「数理科学による知の統合と展開」と位置付け、数理科学を軸として既存分野の枠を越えた国内外連携研究を推進すると共に、ブレイクスルーをもたらす優秀な若手人材を国際ネットワークの中で育成する。

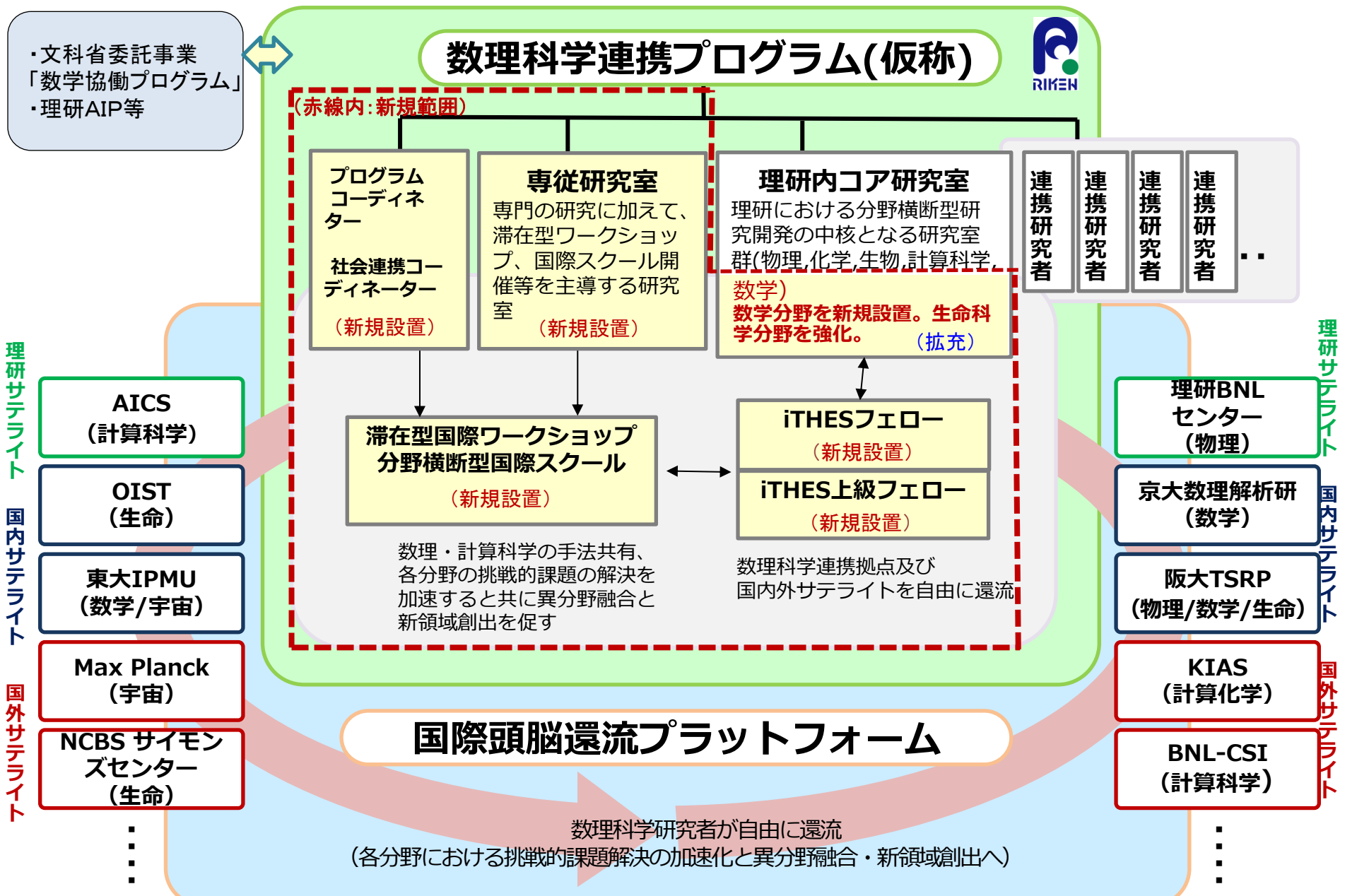
- 数理科学（物理学、化学、生物学、計算科学、数学）における分野横断研究の推進
- 分野の枠を越える国際的若手人材の育成
- 国内外の研究機関との連携による頭脳還流
- 産学をまたぐ人材育成



理研数理科学連携拠点を中核とする国際頭脳還流プラットフォームを構築する

国内外サテライトを、数理科学研究者（iTHESフェロー, iTHES上級フェロー）が自由に還流することで、数理科学・計算科学の手法を共有し、各分野における挑戦的課題の解決を加速すると共に異分野融合と新領域創出を目指す。さらに、数理科学においてブレイクスルーをもたらす可能性が高い優秀な若手人材を、国籍や分を問わず国際ネットワークの中で育成し、科学界と産業界に輩出する。

国際頭脳還流プラットフォームの構築に向けて



参 考

数学との協働による研究の推進

JST戦略的創造研究推進事業による取組

戦略目標「社会的ニーズの高い課題の解決に向けた数学」（平成19年度）

◆「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」領域

研究総括: 西浦 廉政 (東北大学 原子分子材料科学高等研究機構 (WPI-AIMR) 教授)

CREST: 13チーム (平成20～27年度) **さがげ:** 31名 (平成19～24年度)

主な研究テーマ ※【 】内: 参加研究者の所属機関

- 輸送と渋滞の数理モデルとシミュレーション、実証実験【東京大学】
- インフルエンザウイルスの変異予測【北海道大学】
- 離散幾何学と新物質創成【東北大学】
- 数理医学による腫瘍形成原理の解明【大阪大学、東京大学】
- 計算錯視学の構築—錯視の数理モデリングと応用【明治大学、東京大学】等



西浦総括

戦略目標「分野を超えたビッグデータ利活用により新たな知識や洞察をえるための革新的な情報技術及びそれらを支える数理的手法の創出・高度化・体系化」（平成25年度）

◆「各分野のビッグデータ利活用推進のためのアプリケーション技術」領域

研究総括: 田中 譲 (北海道大学大学院情報科学研究科 特任教授)

CREST: 全9課題 (平成25年度～)

◆「ビッグデータ統合利活用のための基盤技術」領域

研究総括: 喜連川 優 (国立情報学研究所 所長)

CREST: 全11課題 (平成25年度～) **さがげ:** 全17課題 (平成25年度～)



喜連川総括



田中総括

戦略目標「社会における不安定・不確実な諸現象の「本質」を抽出する分野横断的基盤モデリング技術の構築」（平成26年度）

◆「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: 坪井 俊 (東京大学大学院数理科学研究科 教授・研究科長)

CREST: 11チーム (26年度7チーム、27年度4チーム)

◆「社会的課題の解決に向けた数学と諸分野の協働」

研究総括: 國府 寛司 (京都大学大学院理学研究科 教授)

さがげ: 18名 (26年度9名、27年度9名)



坪井総括



國府総括

CREST「現代の数理科学と連携するモデリング手法の構築」採択課題 さきがけ「社会的課題の解決に向けた数学と諸分野の協働」採択課題

個別分野連携型

医学・生命科学	材料科学	情報通信	社会
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 生命現象における時空間パターンを支配する普遍的数理モデル導出に向けた数学理論の構築(北大・栄) ➤ 臨床医療における数理モデリングの新たな展開(岡山大・水藤) ➤ 数理モデリングを基盤とした数理皮膚科学の創設(北大・長山) ➤ 時間遅れ多体系フロケ理論の構築と脳の持つ‘弱いリズム’の機能解明(東大・小谷) ➤ 非疫学データによる感染症流行動態解析の新展開(北大・大森) ➤ 増殖系に内在する変分構造とその増殖制御問題への応用(東大・小林) ➤ 白血球走化性ダイナミクスの解明と個別化癌治療への応用(九大・杉山) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ソフトマター記述言語の創造に向けた位相的データ解析理論の構築(東北大・平岡) ➤ 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(山形大・富安(大石)) ➤ 数理モデルでグラフェン合成の制御 ~次世代の電子材料に向けて(東北大・パックウッド) ➤ フォノン結晶における多相形状最適化(北大・ギンダー) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 次世代暗号に向けたセキュリティ危殆化回避数理モデリング(九大・高木) ➤ 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(産総研・縫田) ➤ やわらかいデバイスのための力学系に基づいた新規情報処理技術の開発(京大・中嶋) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 認識の数理モデルと高階・多層確率場による高次元実データ解析(早大・石川) ➤ 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(九大・神山)
	機械工学	計算科学	金融・経済
		<ul style="list-style-type: none"> ➤ モデリングのための精度保証付き数値計算論の展開(早大・大石) ➤ 超一様性の理論と諸科学におけるランダムネスへの展開(広大・松本) ➤ ハイブリッドシステムのための超準プログラミング言語理論を用いた形式手法(京大・末永) 	気象学
			言語学
			<ul style="list-style-type: none"> ➤ 包括的な数学的手法による気象予測プロセスの確立(JST・中野) ➤ 言語の計測可能な不変量の探求(九大・田中(石井))

分野横断型

<ul style="list-style-type: none"> ➤ 統合的統計モデリングの数理基盤と方法論(東工大・鈴木) ➤ 函数論に基づく間接計測の数理盤構築(東大・奈良) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 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(統数研・小林) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 計算論的代数幾何学によるデータ駆動科学の発展(東大・永田) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 大規模複雑システムの最適モデリング手法の構築(東大・岩田)
---	--	---	--

数学専攻学生のキャリアパス(修士・博士課程修了者)

日本の数学専攻修士課程修了生の進路は、2分の1が民間企業・官公庁。

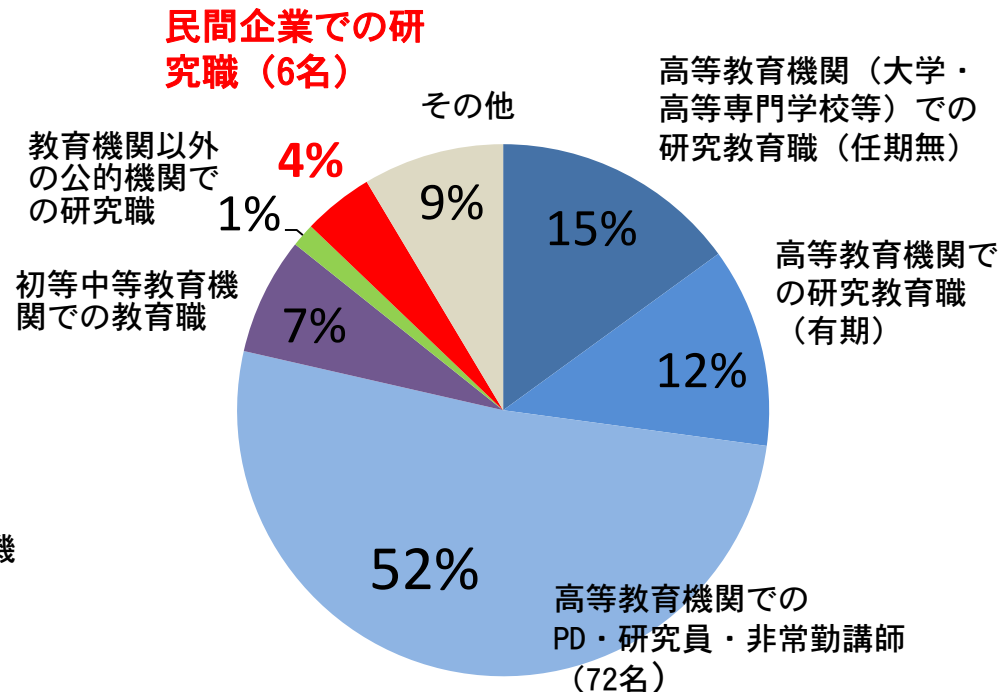
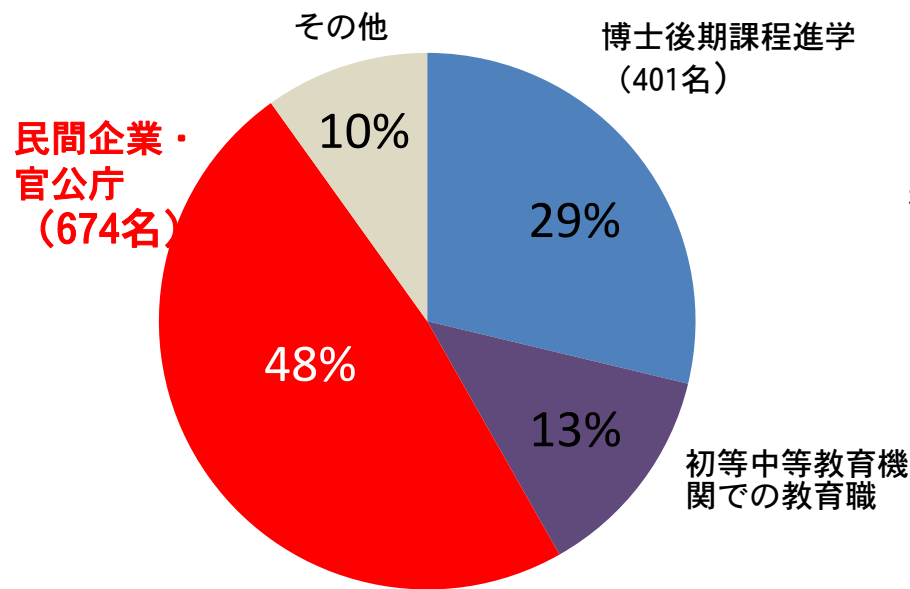
日本の数学専攻博士課程修了生の進路は、企業は少なく、アカデミア中心(非正規雇用の者が多い)。

数学専攻修士課程修了生の進路

数学専攻博士課程修了生の就業状況 (平成26年3月、日本数学会アンケート調査)

【調査対象】平成22年4月から平成27年3月までに下記の7大学の数学専攻博士前期課程を修了した者: 1,395名
(北海道大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、九州大学)

【回答数】大学院数学/数理科学関係専攻の52組織
【調査対象】平成25年4月から26年3月までに博士後期課程を修了した者: 140名(回答があった組織のみ)



(注)理学系博士修了者平均の民間就職割合: 34%

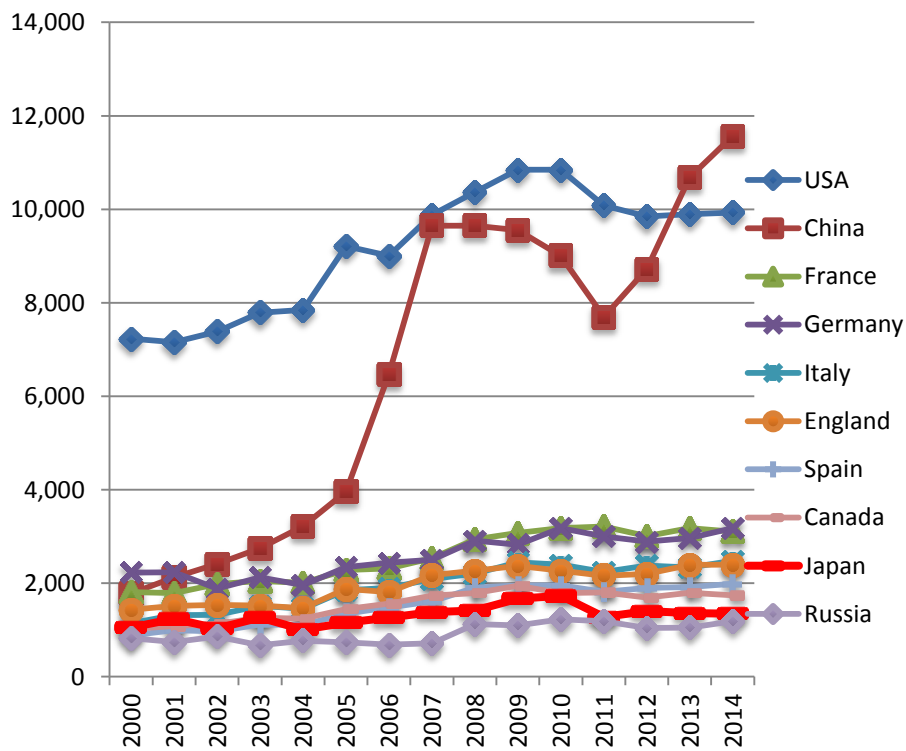
世界の応用数学の論文数(国別推移)

2000年以降、中国が大きく論文数を伸ばしている。

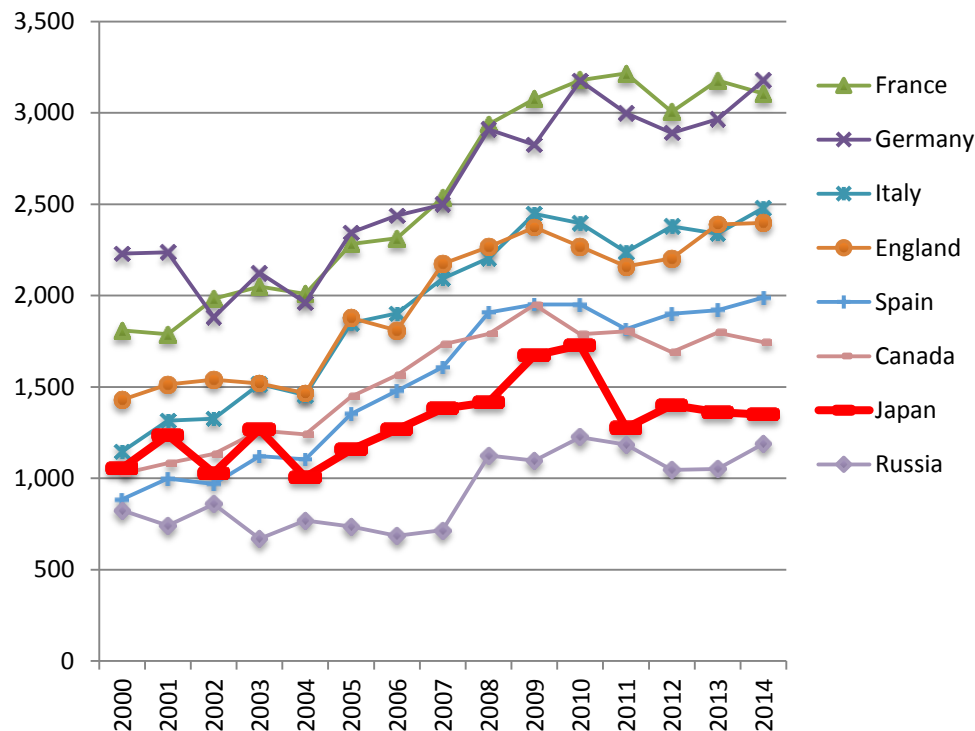
一方、日本の応用数学の論文数の伸びは大きくない。

(2000年:7位→2014年:9位)

上位10か国の論文数推移



米国・中国を除く上位3位~10位の国の論文数推移



※出典:トムソンロイター Web of Scienc

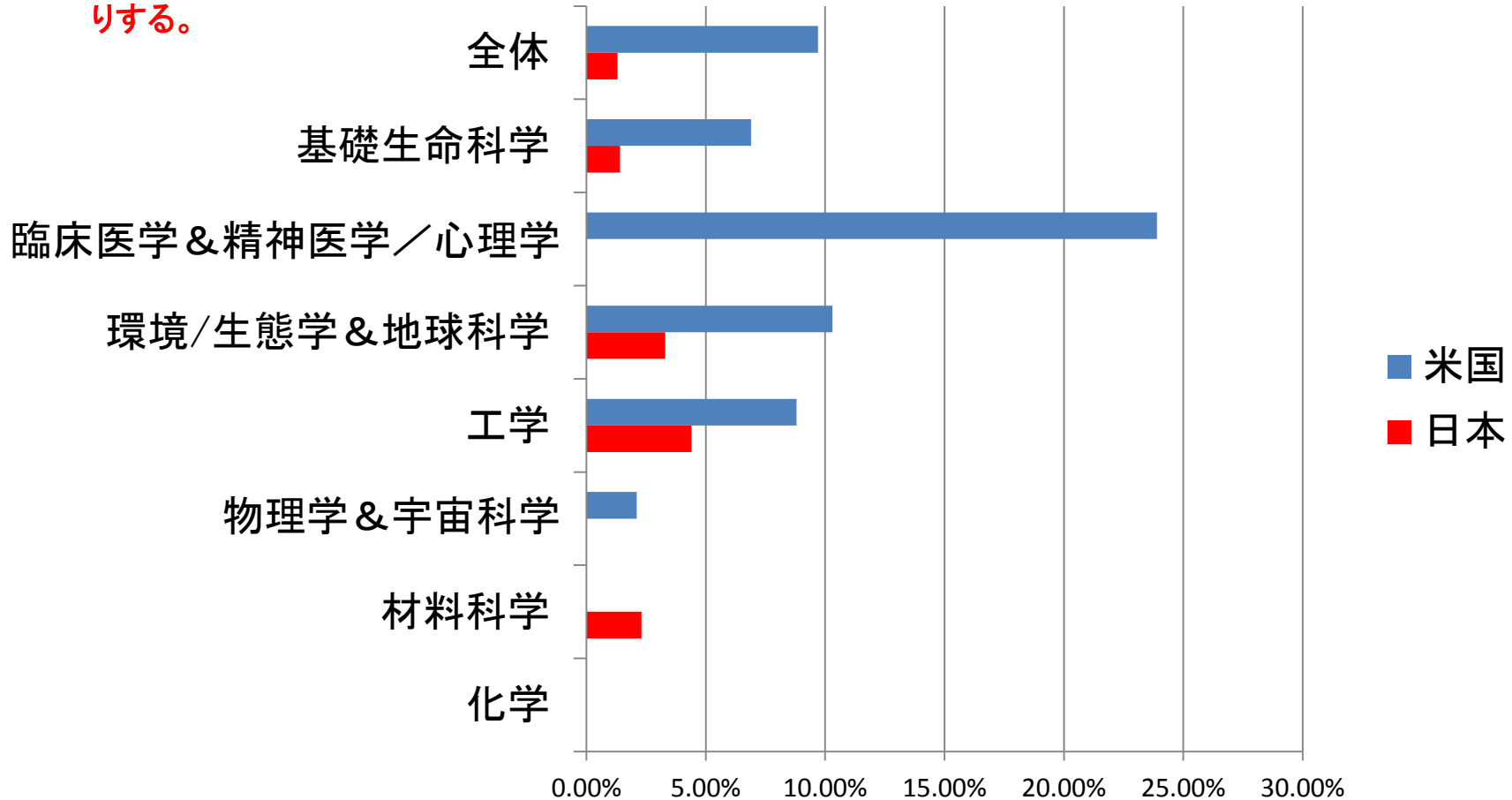
応用数学=主要22分野のmathematicalに分類されているもののうち、

MATHEMATICS APPLIED or MATHEMATICS INTERDISCIPLINARY APPLICATIONS or STATISTICS PROBABILITYを含むもの

数学と異分野連携研究の日米比較

トップ1%論文を生み出した研究チームへの、数学者の参加割合

様々な学問分野における2001年～2006年の被引用数上位1%の論文を生み出した研究チームに注目し、そのチームに数学を専門とする研究者が参加している割合を、日本と米国とで比較すると、日本は大きく見劣りする。



(出典)

Hitotsubashi(一橋大)-NISTEP(科政研)-Georgia Tech(ジョージア工科大)科学者サーベイの結果を用いて、科学技術・学術政策研究所が集計。