

数学イノベーションの 取組について

平成27年4月24日
文部科学省 研究振興局
数学イノベーションユニット

文部科学省 数学※イノベーションの推進について

背景

※ここで言う数学は、純粋数学のみならず、統計学を含む幅広い概念としての数学を意味している

- 社会の情報化・複雑化、計測技術の進歩、計算機性能の向上等に伴い**大量・複雑化するデータ・情報の効果的活用**が課題。
- リスク評価、将来予測、シミュレーション、CGや暗号セキュリティ等、**数学が直接使われる分野の社会的重要性が一層増大**。
- 近年、欧米・アジア諸国でも**数学・数理科学関連のプロジェクト・研究所創設**
- 「**忘れられた科学ー数学**」(平成18年5月、科学技術政策研究所)において、**政府研究資金の拡充、数学ー他分野融合研究の推進拠点構築、数学と産業系との共同研究の実施**がとるべき喫緊の対策として提案される。
- 第1期-第3期まで記載はなかったものの、**第4期科学技術基本計画**(平成23年8月19日閣議決定)において「**数理科学**」を明記

文科省の体制

数学と諸科学・産業との協働により、重要課題の解決やイノベーションの実現を目指し、以下の体制を整備。

- 「**数学イノベーションユニット**」(ユニット長:基礎研究振興課長)の設置(平成23年1月1日～)
- 科学技術・学術審議会会「**数学イノベーション委員会**」を設置(平成23年6月)し、平成26年8月に「**数学イノベーション戦略**」を取りまとめ。 **参考1**

具体的活動

数学へのニーズの発掘

数学協働プログラム(数学・数理科学と諸科学・産業との協働によるイノベーション創出のための研究促進プログラム)

(平成27年度予算額3970万円、平成24～28年度の5年間) **参考2**

実施機関:大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 統計数理研究所

協力機関:北海道大学、東北大学、東京大学、明治大学、名古屋大学、京都大学、広島大学、九州大学

数学による解決が期待できる**課題の発掘**や、その課題の**解決策の具体化**に向け、数学・数理科学研究者と諸科学・産業研究者との「**出会いの場**」、「**議論の場**」の開催等を実施。

数学との協働研究の実施

JST戦略的創造研究推進事業 **参考3**

- ◆「**数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索**」(さきがけ/CREST)(平成19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**」(CREST)(平成25年度～)
「**ビッグデータ統合利活用のための基盤技術**」(さきがけ/CREST)(平成25年度～)
- ◆「**現代の数理科学と連携するモデリング手法の構築**」(CREST)(平成26年度～)
「**社会的課題の解決に向けた数学と諸分野の協働**」(さきがけ)(平成26年度～)

協働の拠点の整備

- ◆ 近年、全国の大学において、**数学・数理科学と諸科学・産業との連携による研究拠点**の設置が進んでいる。 **参考4**

参考1-1 数学イノベーション委員会報告書「数学イノベーション戦略」の概要

背景

- 諸科学や産業において**数学的アプローチが不可欠との認識**が高まっている
(ビッグデータ、複雑な現象や問題の増加、計測技術・計算機性能の飛躍的向上等の**社会的・技術的要因**)
- **国際的にも数学と科学・産業との連携に向けた動き**が見られる
(例: 欧米やアジアにおける連携研究拠点の整備等)

数学イノベーションが必要
(数学の力(具体的実態を抽象化する力)を活用して新たな社会的・経済的価値を創出)

必要な活動

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(2012年度～)～出会いの場「議論の場」の実施

- 数学者と諸科学・産業の研究者が集まるワークショップ
- 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戦略創造事業「数学と諸科学との協働によるブレークスルー探索」領域(2007年度～2015年度)
- ◆ JST戦略創造事業「ビッグデータ」関連領域(2013年度～)
- ◆ JST戦略創造事業「数学協働」「数理モデリング」領域(2014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の育成
 - 諸科学・産業との協働への参画・実践による育成
 - 国際交流による育成
 - 大学の数学教育研究組織における育成
 - 新たなキャリアパスの構築
 - 数学界における協働による成果への評価
- 諸科学・産業における人材の育成

4. 情報の発信等

- 諸科学・産業向けの情報発信、成果の展開
 - シンポジウム・講演会、諸科学分野学会でのチュートリアル
 - 成果を分かりやすい形で整理しウェブページ等で外部へ発信、ツール化・ソフト化
- 一般向けの情報発信、子供たちへの取組
 - 子供や一般向けの講演会(数学の社会での活用事例、最先端の研究等の紹介)

必要な体制

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(2013年度～)
 - 明治大 先端数理科学インスティテュート(2014年度)

○各拠点間の連携・協力体制

- 「数学協働プログラム」(2012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、広島大、九大

参考1-2 文部科学省 数学イノベーション委員会

【委員】◎:主査、○:主査代理 2014年10月現在

- ◎若山 正人
九州大学 理事・副学長、前 マス・フォア・インダストリ
研究所長
- 森 重文
京都大学 数理解析研究所教授
- 合原 一幸
東京大学生産技術研究所教授
- 伊藤 聡
理化学研究所計算科学研究機構コーディネーター
- 青木 玲子
一橋大学 経済研究所 教授
- 安生 健一
(株)オー・エル・エム・デジタルR&Dスーパーバイザー
- 大島 まり
東京大学大学院 情報学環 教授 / 東京大学生産技術
研究所 教授
- 北川 源四郎
大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構長
- 小谷 元子
東北大学大学院 理学研究科数学専攻 教授、
WPI-AIMR機構長
- 杉原 正顯
青山学院大学理工学部 物理・数理学科 教授
- 高橋 桂子
海洋研究開発機構 地球情報基盤センター長
- 中川 淳一
新日鐵住金(株) 技術開発本部
先端技術研究所 数理科学研究部 上席主幹研究員
- 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
- 宮岡 洋一
東京大学大学院 数理科学研究科 教授

【開催実績】 平成23年6月以降、合計17回開催

○外部有識者から意見聴取

(他分野研究者)

堀 宗朗(東京大学地震研究所教授) <地震・防災科学技術>
鷲尾 隆(大阪大学産業科学研究所教授) <データマイニング>

江守 正多(国立環境研究所地球環境研究センター気候変動リスク評価
研究室長) <環境科学技術>

金子 邦彦(東京大学大学院総合文化研究科教授) <ライフサイエンス>

(産業界関係者)

森本典繁(日本アイ・ピー・エム(株)東京基礎研究所長)

穴井宏和(富士通研究所ITシステム研究所数理解析グループ主任研究員)

高田 章(旭硝子(株)中央研究所特任研究員、日本応用数理学会長)

中村雅信(ハーモニックドライブシステムズ取締役、日本数学会社会連携
協議会会長)

(数学・数理科学研究者)

西成活裕(東京大学先端科学技術研究センター教授)

津田一郎(北海道大学電子科学研究所教授/数学連携研究センター長)

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)

水藤 寛(岡山大学大学院環境生命科学研究科教授)

田中冬彦(東京大学大学院情報理工学系研究科助教)

坂上貴之(北海道大学大学院理学研究院教授)

樋口知之(統計数理研究所長)

伊藤聡(統計数理研究所教授)

池川隆司(早稲田大学理工学術院研究院客員教授/日本数学会社会連
携協議会幹事)

舟木直久(東京大学大学院数理科学研究科教授/日本数学会理事長)

○他分野学会・産業界関係者と意見交換

日本物理学会、日本化学会、日本生物物理学会、
日本数理生物学会、電子情報通信学会、日本機械学会、
日本循環器学会、経済・経営・金融関係学会、
日本応用数理学会の産業界関係者

○数学イノベーションに必要な方策について審議し、 「数学イノベーション戦略」を取りまとめ(平成26年8月)

施策の概要

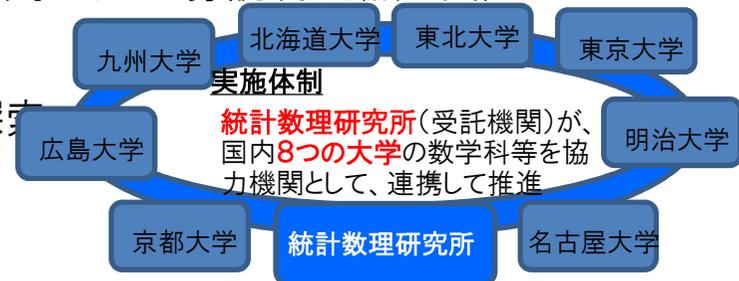
平成24年度より開始。**数学・数理学による解決が期待できる課題を発掘**し、その課題の**解決策の具体化**に向け以下の活動を実施

○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**出展(**講演会、展示**)
 展示(数学で制御する生物模倣型ロボット)が**リスーピア賞**を受賞
- ◆ 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 7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**等開催、各学会で公募説明会(計3回)

○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 等



事業のイメージ; A~Cを本事業で支援

A 諸科学・産業界の課題の発掘・設定



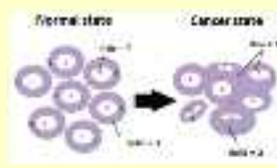
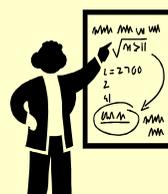
大腸がんの病理組織画像診断を迅速かつ正確に行いたい・・・

B 研究テーマの抽出(研究集会)



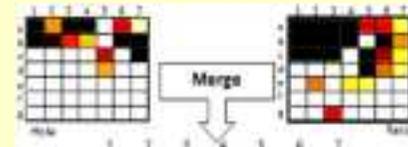
数学・数理学と諸科学・産業の研究者の交流・議論

C テーマに応じた解決策の具体化



具体的な課題を数学的な問題へ変換し、解決案を集中討議・検討

D 共同研究へつなげる



実験データと理論の間で検証を重ねて大腸がんの自動検出・悪性度の自動判定アルゴリズムを開発

参考2-2 数学協働プログラムのワークショップ、スタディグループから発展した成果事例

はんだ付け不良箇所の検出装置・手法の共同研究・特許出願に至った事例

- ✓ がん診断画像からがんの場所・悪性度を数理的手法で数値化する研究のワークショップが契機。
- ✓ 工業用のX線解析装置メーカーとの共同研究に発展(はんだ付け箇所のX線CT画像から気泡の入っている不良箇所を際立たせる数理的手法の共同研究)。
- ✓ 気泡による不良箇所を際立たせる装置及び手法について25年11月に国内特許を共同出願、26年11月に国際特許を共同出願。

※ワークショップ「応用トポロジーとシステムバイオロジー: 数理医学の新たな挑戦」(H25.2)
大阪大学大学院基礎工学研究科数理科学専攻

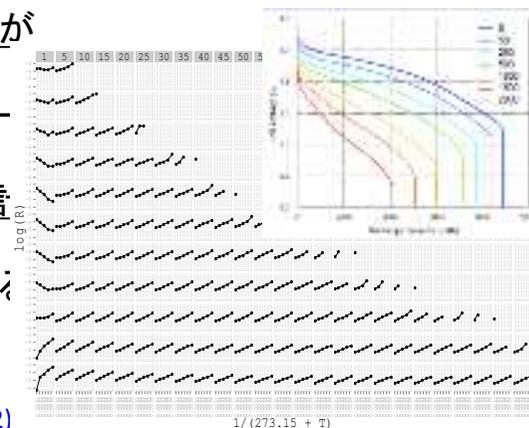


リチウムイオン電池の寿命予測(様々な使用条件と放電特性との関係の数理的解明)

- ✓ リチウムイオン電池は、素材や使用法、充電環境、電池のつなぎ方等により、寿命が大きく異なるため、寿命予測が難しい。一方、長時間かかる実験は合理化したい。
- ✓ 今回のスタディグループでは、リチウムイオン電池のような直並列組電池のパフォーマンスは、既存の理論(一般のシステム信頼性理論)だけでは十分説明できず(★)、新しいモデル(最大値と各変量の相関の評価を記述する統計モデル; 一般順序統計量など)が適用できそうであることが分かった。
- ✓ 今後については、実測データでの確認等も併用して、より詳細なモデルを構築でき、可能性が浮上し、共同研究に向けた議論が行われているところである。

(★)右図参照: 電気容量が一定の限度を超えると電圧が急激に下がる現象を十分に説明できない。

※スタディグループ「数理シミュレーション高度化を通じたリチウムイオン電池の高信頼性実現」(H26.11, H27.2)
統計数理研究所、中央大学理工学部、みずほ情報総研株式会社、日本電気株式会社



自動車のシャフトの歪み解消装置の自動化・高精度化の共同研究に至った事例

- ✓ 車内の騒音軽減などのためのシャフトの歪みの解消は自動車メーカーなどからの要請があるが、その歪みを解消する装置の改良に関して課題とデータが提示された。
- ✓ 従来、装置の制御ソフトウェアの設定(シャフトのどの部分をどの程度押すのかの判断)は現場の経験と勘によってきたが、シャフト形状の適切なモデル化と数学的アプローチに基づき、自動化・高精度化を可能にするための実用手法を開発中。
- ✓ シャフトの歪み是正のために重心を利用する方法や凸解析の手法を提示。共同研究を平成27年度も継続中で、より多様な数学手法を提案し適用し、現場でも定期的に議論をしている。

※スタディグループ「産業界からの課題解決のためのスタディグループ」(H26.2、H26.12)
東京大学大学院数理科学研究科、東和精機(株)



日本数学会が設けた産官学の有識者からなる社会連携協議会が中心となり、初めて**2014年10月**に「**異分野・異業種研究交流会**」を開催。産官学から**約130名**が参加。

- **若手数学者**(主に博士課程学生等): **52名**
- **企業関係者**: **56名**
- **その他大学教員等**

数学・数理学専攻若手研究者のための異分野・異業種研究交流会

日時: **2014年10月25日(土)** 13:00~20:00

場所: 東京大学駒場キャンパス数理科学研究科棟

プログラム

- 13:00~13:05: 開会挨拶 日本数学会理事長 舟木 直久 氏
- 13:05~13:15: 来賓挨拶
 文部科学省研究振興局基礎研究振興課 課長 行松 泰弘 氏
 日本経済団体連合会社会広報本部 副本部長 長谷川 知子 氏
- 13:15~13:50: 基調講演
 演題: 産学協働による若手研究者の躍動に向けて
 講師: 株式会社日立製作所研究開発グループ 技師長 内山邦男 氏
- 14:00~15:00: 協力企業紹介
- 15:00~17:00: 若手数学者によるポスター発表**
17:00~18:00: 個別交流会 (若手数学者が企業ブースを訪問)
- 18:30~20:00: 情報交換会

開会挨拶



ポスター発表
(若手数学者
→企業関係者)



個別交流会
(企業関係者
→若手数学者)



協力企業:

アイシン・エイ・ダブリュ、旭硝子、東芝、ニコン、三井住友銀行、日立製作所、富士通研究所、三菱東京UFJ銀行、鉄道総合技術研究所、サイバネットシステム、新日鐵住金、住友生命保険、ソフトバンクモバイル、大同生命保険、トヨタ自動車、日本生命保険、日本電気、日本電信電話、日本ユニシス、BNPパリバ証券、ライフネット生命保険

協力大学: 北大、東北大、東大、慶応大、明治大、早稲田大、名古屋大、京大、阪大、九大

共催: 日本応用数学会 統計数理研究所「数学協働プログラム」(文部科学省委託事業)

東京大学数物フロンティア・リーディング大学院

後援: 日本経済団体連合会

第2回研究交流会: 2015年11月14日(東京大学)開催 7

2, 数学との共同による研究の推進 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年度開始)

◆「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)

さががけ: 31名(平成19~24年度) **CREST:** 13チーム(平成20~27年度終了予定)

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年度開始)

◆「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: 田中讓(北海道大学大学院情報科学研究科 特任教授)

CREST: 6課題(25年度2課題、26年度4課題)

◆「ビッグデータ統合利活用のための基盤技術」領域(平成25年度~)

研究総括: 喜連川優(国立情報学研究所 所長)

CREST: 8課題(25年度4課題、26年度4課題)、**さががけ:** 10課題(25年度6課題、26年度4課題)



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年度開始)

◆「現代の数理科学と連携するモデリング手法の構築」(CREST)(**研究総括:** 坪井俊(東京大学大学院数理学研究科 教授・研究科長)

CREST: 7課題(26年度)

◆「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)(平成26年度~)

研究総括: 國府寛司(京都大学大学院理学研究科 教授)

さががけ: 9課題(25年度)



坪井総括



國府総括

数学協働領域(さきがけ)

数理モデリング領域(CREST)

個別分野連携型テーマ

生命科学

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

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

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

言語学

言語の計測可能な不変量の探求

材料科学

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

数理モデルでグラフエン合成の制御 ~次世代の電子材料に向けて

機械工学

環境を友とする制御法の創成

気象学

包括的な数学的手法による気象予測プロセスの確立

計算科学

モデリングのための精度保証付き数値計算論の展開

社会

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

金融・経済

先端的確率統計学が開く大規模従属性モデリング

情報通信

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

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

分野横断型テーマ

大規模複雑システムの最適モデリング手法の構築

統合的統計モデリングの数理基盤と方法論

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

3. 体制

参考4

数学・数理学と諸科学・産業との協働の主な拠点

- 近年、全国の大学において、**数学・数理学と諸科学・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
- (H27年4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10月発足)

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～)
- 大学院数理学研究科附属数理学連携基盤センター(H25年～)

早稲田大学

- 総合研究機構 流体数理学研究所(H27年～)

慶應義塾大学

- 先導研究センター 統合数理学研究センター(H19年～)

数学・数理科学と諸科学・産業との協働による研究・成果例

複雑な現象のメカニズムを数学で記述

製鉄高炉内の変化予測による効率化



現象のメカニズムの数理モデル化により結果から原因を推定する「逆問題」という数学的手法を利用して、製鉄高炉における温度変化を数理モデル化した。

これにより、高炉の底の煉瓦に埋設された2つの温度計の温度差データから、高炉内の温度変化を高精度に推測できるようになり、異常状態の予兆の検出、高炉の制御の効率化による生産量upとコスト削減、CO2排出量の削減、高炉の寿命延長にも貢献している。

※中川淳一(新日鐵住金(株))より提供

渋滞メカニズムの解明と解消

数学モデルにより、渋滞発生メカニズムを解明し、渋滞の要因(車間距離、速度等)を適切にコントロールすることによる渋滞解消法を提唱して、高速道路での実証実験によりその有用性を証明。羽田空港貨物ターミナル設計、工場の製造行程設計、物流倉庫内における商品の最適配置、商店街や店舗デザイン、カーナビシステムにも幅広く応用。

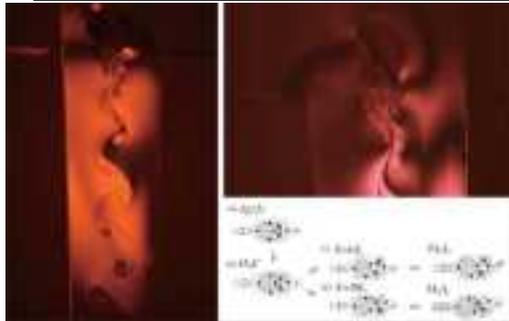


左) 中央道での実証実験の様子

右) 物流倉庫の商品の最適配置

※西成活裕(東京大学先端科学技術研究センター教授)より提供

渦閉じ込め機構の解明と新しい翼設計

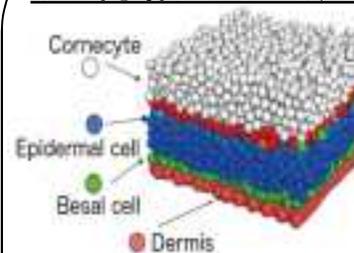


上から下に流れ落ちる石鹸膜に細い板を差し込むと美しい規則的な渦の列(左の写真)ができる現象について、トポロジー(位相幾何学)を使って背後にある複数の数学的メカニズムを抽出(右下の模式図と式)。

この手法と数理流体力学により、生成された渦の物体まわりへの「閉じ込め」の可能性を示すことで、従来の飛行機翼にはない高い飛行性能を持つ新しい翼デザインの実現するのみならず、翼の基本設計に新しいパラダイムの変化がもたらされると期待される。

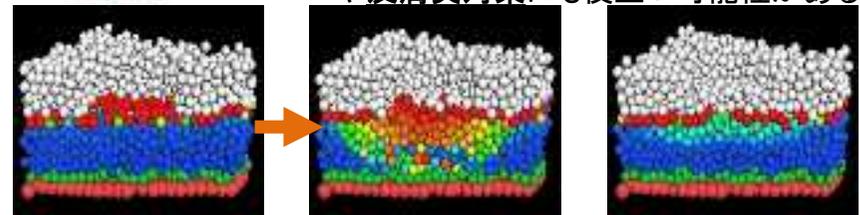
※坂上貴之(京都大学大学院理学研究科教授)より提供

皮膚構造の数理モデル化と老化の解明



皮膚の表皮構造の数理モデル化により、傷ついた皮膚が回復する有様をシミュレートし、皮膚のバリア機能を評価できるようになった。

老化現象をバリア機能低下の視点から捉え、老化を抑えるための化粧品開発や皮膚炎対策にも役立つ可能性がある。



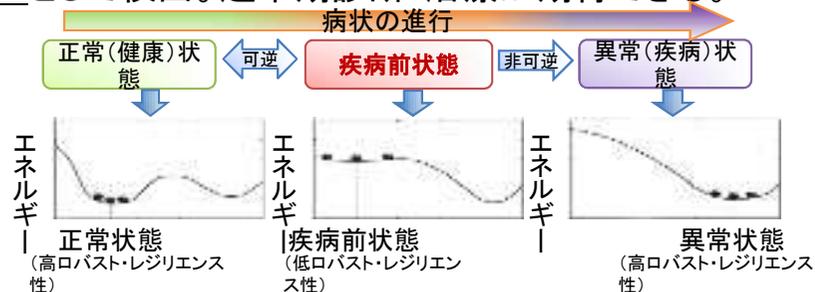
角層破壊からの回復シミュレーション

※長山雅晴(北海道大学電子科学研究所教授)より提供

数学による将来の変動の予測、予兆の解明

疾病状態に至る前の予兆を検出

健康状態から疾病状態に分岐する直前の**疾病前状態** (遷移状態)において**生体分子ネットワークの不安定化プロセスを数学的に解析し、動的ネットワークバイオマーカーとして検出**。超早期診断・治療が期待できる。



※合原一幸(東京大学大学院生産技術研究所教授)より提供

大動脈瘤治療後の変化の予測



胸部大動脈における血流解析

大動脈における**血流(旋回流など)の解析**や血管にかかる**内圧の分布**を数理モデル化することにより、**患者ごとの大動脈瘤の治療予後の変化を予測**。

大動脈の形状の**幾何学的特徴に着目**することで、各々の患者への適切な治療が期待できる。

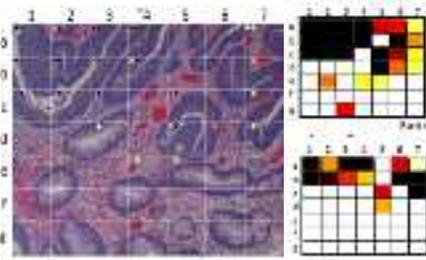
※水藤寛(岡山大学大学院環境生命科学研究科教授)より提供

数学の活用による大量・複雑なデータの解析

診断画像データからがん悪性度判定

大腸がん組織の診断画像から**幾何学的な手法**を用いて、**集積度の高さや細胞の変形状態を数値化し、がん組織の悪性度を定量化**。

これにより、画像診断医が2~3分かかるところを、迅速(約2秒)で正確(ほぼ100%)な診断に資する。画像診断医の負担軽減、大量処理や多様な癌への適応が求められている。

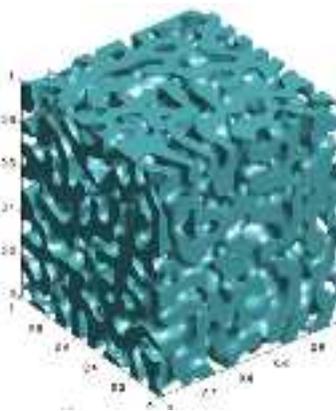


(左)大腸がん組織の画像

(右)がんの悪性度を5段階に定量化

※鈴木貴(大阪大学大学院基礎工学研究科教授)より提供

幾何学的計算によるタンパク質データ解析



幾何学的計算(ホモロジー群の計算)により、タンパク質の大域的な幾何構造を抽出し、**タンパク質分子内の「空間」をすべて検索**できる計算ソフトの開発が進められている。

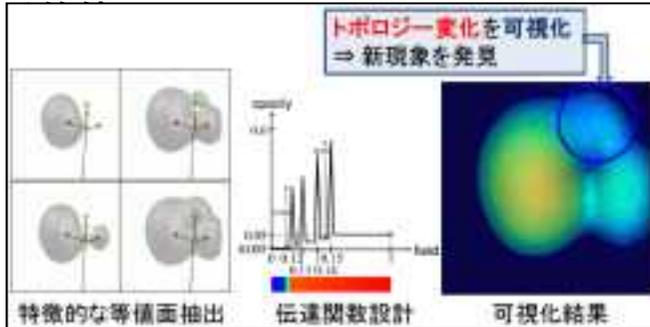
これにより、**タンパク質の局所的な柔らかさ(可動性の大小)を知ることができ**、酵素や受容体の活性部位が予測可能となる。

※平岡裕章(九州大学マス・フォア・インダストリ研究所准教授)より提供

データからは見えないものを抽出・可視化

陽子と水素原子の衝突現象の可視化

陽子と水素原子の衝突の際のエネルギー分布関数の数値シミュレーション結果について、トポロジーが変化す

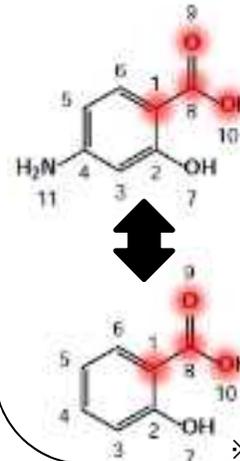


を強調するように伝達関数を設計することで、その部分が強調されて可視化される。

※佐伯修(九州大学マス・フォア・インダストリ研究所教授)より提供

データ駆動型の分子設計

化学構造から化学的性質を予測



化学物質の構造活性相関データから、化学構造の化学的性質(薬理活性、物性、毒性など)を予測する教師あり学習モデルを構築し、カーネル原像問題をマルコフ連鎖モンテカルロ法で解き、埋蔵分子を探索する方法を考案。

広大な医薬品候補構造の解空間から、薬として望ましい性質を有する新規分子を発見することが可能となる。

※吉田亮(統計数理研究所准教授)より提供

数学を直接活用した豊かな表現

CGによるリアルな表現



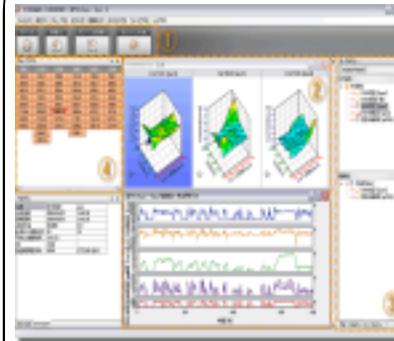
引用: Zaragoza大学、Diego Gutierrez教授

レンダリング方程式と呼ばれる積分方程式をリアルタイムで解く手法で生成された架空の顔。多層構造を持つ皮膚を、リアルかつ効率的に表現するために、モンテカルロ法を応用した数理モデルを利用している。

※安生健一((株)オー・エル・エム・デジタル)より提供

数学を活用した実験の効率化

エンジンの適合試験の効率化



提供: 株式会社小野測器

凸最適化とよばれる幾何学的な手法を用いて、10以上あるパラメータを制御することが求められる自動車エンジンの適合試験等を効率化。国産ソフトウェアに実装されている。

※伊藤聡(統計数理研究所教授)より提供

数学イノベーションに関するこれまでの経緯

- 2006年度 「忘れられた科学－数学」(科学技術政策研究所 報告書)
- 2007年度 JST戦略創造研究推進事業「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」領域の発足(さきがけ:2007-2012年度、CREST:2008-2015年度)
- 2007年度 文科省委託調査(委託先:北大)
- 2009年度 文科省委託調査(委託先:九大、東大、新日鐵、日本数学会)
- 2010年度 文科省共催数学連携WS(2件を試行)
数学イノベーションユニット設置(2011年1月)
- 2011年度 文科省共催数学連携WS(22件)
数学イノベーション委員会発足(主査:若山正人(九大マス・フォア・インダストリ研究所長))
第4期科学技術基本計画((2011-2015年度)の本文に「数理科学」を明記)
- 2012年度 文科省共催数学連携WS(34件)
「数学イノベーション戦略(中間報告)」とりまとめ(2012年8月)
文科省委託事業「数学協働プログラム」開始(2012-16年度予定)
- 2013年度 文科省共催数学連携WS(19件)
JST戦略的創造研究推進事業「ビッグデータ」領域 発足
- 2014年度 JST戦略的創造研究推進事業「数学協働」領域(さきがけ)、「数理モデリング」領域(CREST) 発足
「数学イノベーション戦略」とりまとめ(2014年8月)

参 考 资 料

日本の数学研究の現状(1)

フィールズ賞受賞者数

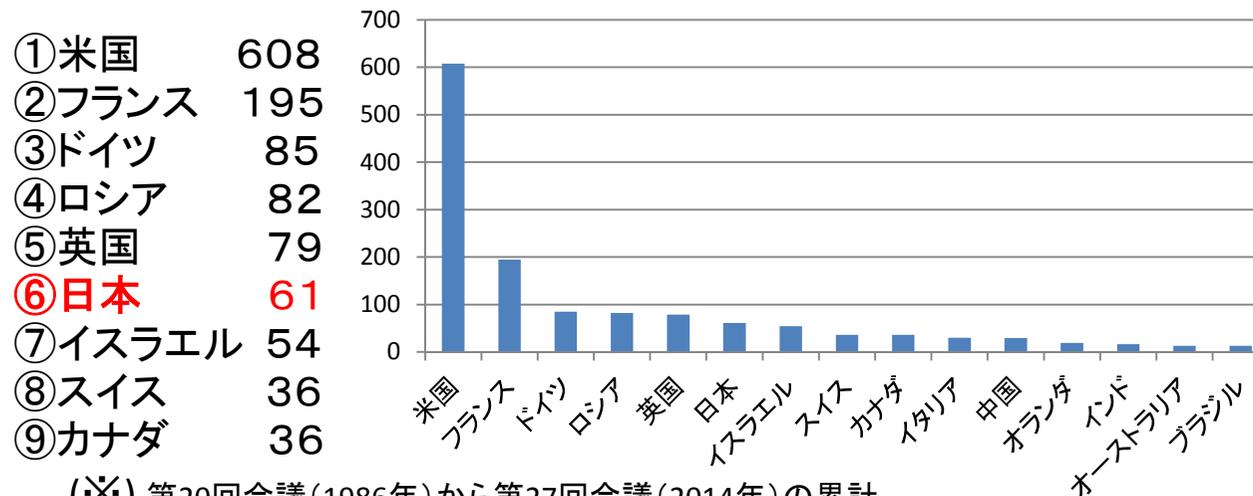
- ◆**フィールズ賞**の受賞者は、**日本3名**(米国、ロシア(旧ソ連含む)、フランス、英国、ドイツに次ぐ。アジアでは1位)
- ◆**ガウス賞**(社会の発展や日常生活に数学的貢献をした研究者への賞)の第1回(2006年)の受賞者も**日本人**(伊藤清先生)

国際数学連合(IMU)総裁に日本人が初めて就任

2015年より国際数学連合(IMU)の総裁に森重文(京都大学 数理解析研究所教授、1990年フィールズ賞受賞者)が就任。**欧米以外を拠点に活躍する数学者が総裁になるのは初めて。**

国際数学者会議(ICM)の基調講演・招待講演者数

国際数学者会議における基調講演・招待講演者数の国別順位(※)



(※) 第20回会議(1986年)から第27回会議(2014年)の累計
講演者の所属機関が属する国により分類
2つの国名が記載されていた場合は両国にカウント

「国際数学オリンピック(IMO)の成績

2014年 南アフリカ大会の
国際順位(参加国数:101)

- ①中国
- ②米国
- ③台湾
- ④ロシア
- ⑤**日本**
- ⑥ウクライナ
- ⑦韓国
- ⑧シンガポール
- ⑨カナダ
- ⑩ベトナム

日本の数学研究の現状(2)

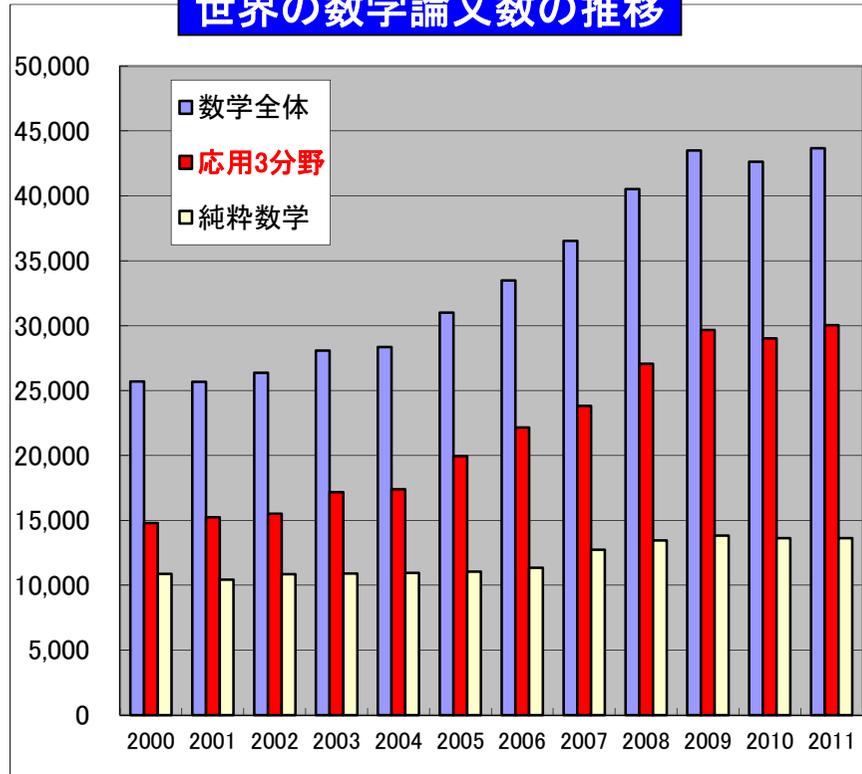
世界の動向

- 世界の**応用数学の論文数**は2000年以降の約10年間で**ほぼ倍増**。
(純粋数学の論文数の伸びより大きい)

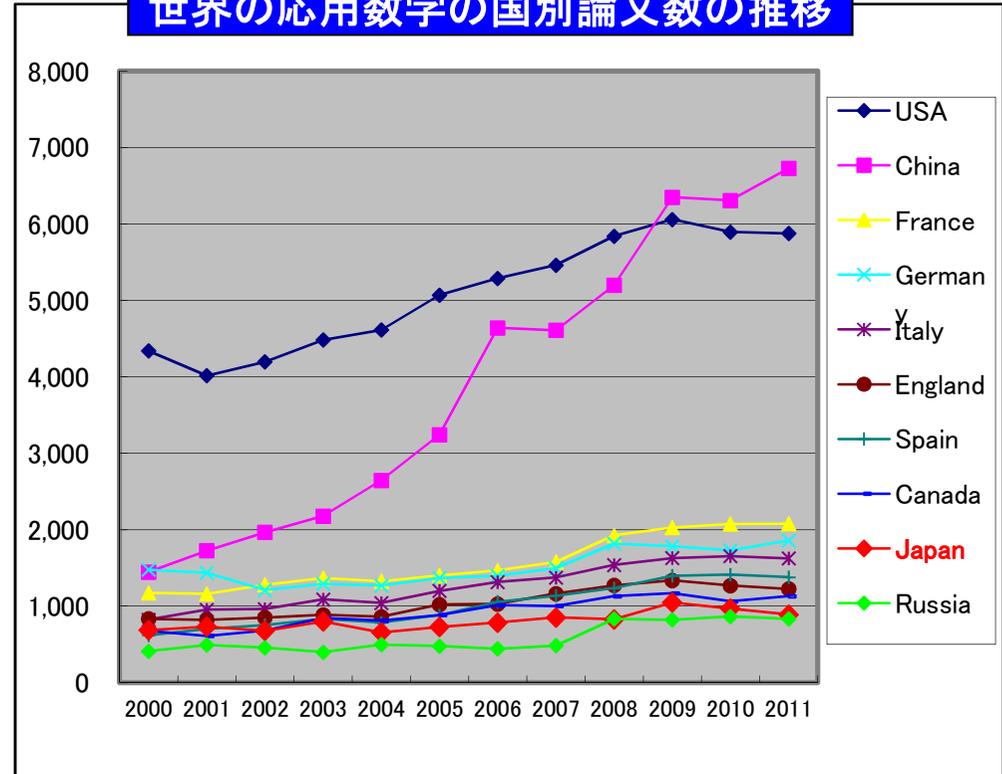
日本の動向

- 応用数学の論文数を国別に見ると、中国が急増している一方、**日本の応用数学の論文数は伸び悩み**。

世界の数学論文数の推移



世界の応用数学の国別論文数の推移



※出典: トムソンロイター Web of Science

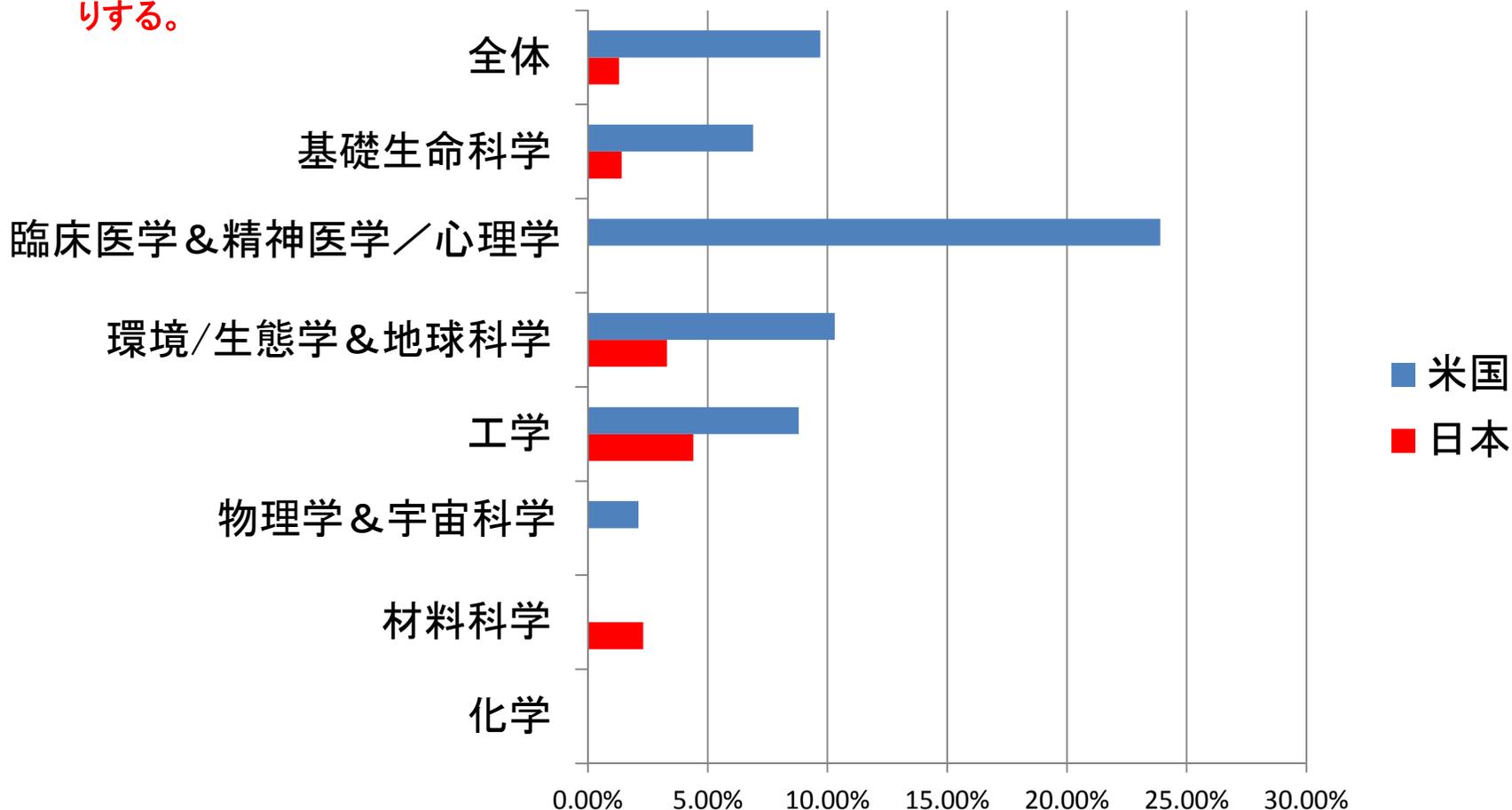
数学全体 = 主要22分野でmathematicsに分類されているもの

応用数学 = 上記のうち MATHEMATICS APPLIED or MATHEMATICS INTERDISCIPLINARY APPLICATIONS or STATISTICS PROBABILITYを含むもの

日本の数学研究の現状(3)

トップ1%論文を生み出した研究チームへの、数学を専門とする研究者の参加割合

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。

数学者のキャリアパス(1)

米国では数学者がBest Jobsの第一位

Best Jobs of 2014
/Midlevel Income (※)

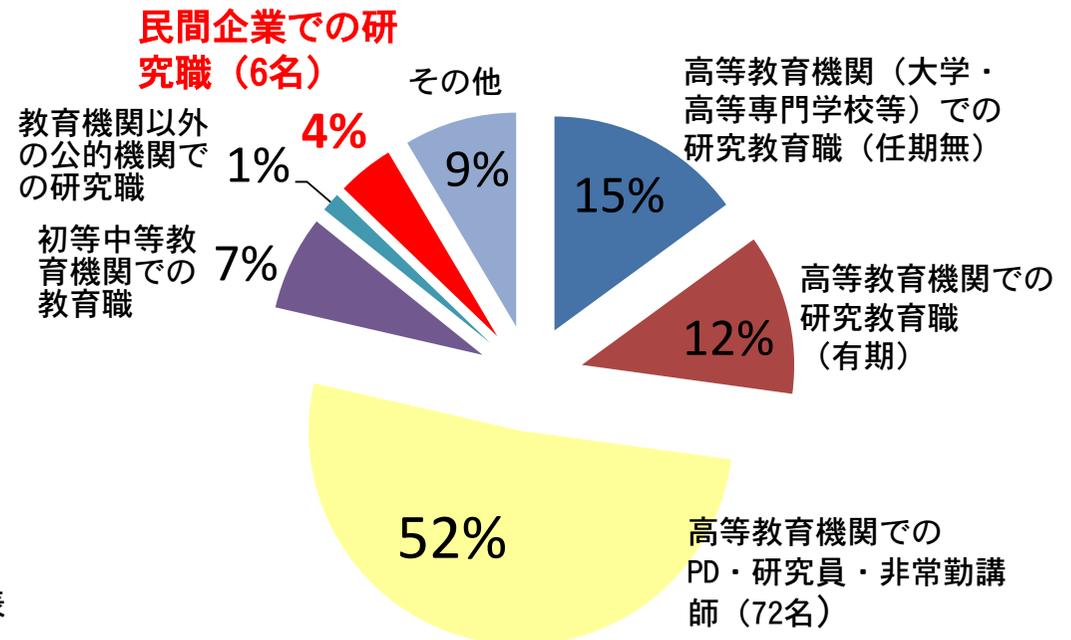
1. **Mathematician** / \$101,360
2. Tenured University Professor / \$68,970
3. Statistician / \$75,560
4. Actuary / \$93,680
5. Audiologist / \$69,720
6. Dental Hygienist / \$70,210
7. Software Engineer / \$93,350
8. Computer Systems Analyst / \$79,680
9. Occupational Therapist / \$75,400
10. Speech Pathologist / \$69,870

(※)米・求人情報サイトのキャリアキャスト・ドットコム発表

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)。

日本数学会による数学専攻博士後期課程修了生の就業状況のアンケート調査(2014年3月)

【回答数】大学院数学/数理科学関係専攻の52組織
【調査対象】2013年4月から2014年3月までに博士後期課程を修了した大学院生：140名(回答があった組織のみ)

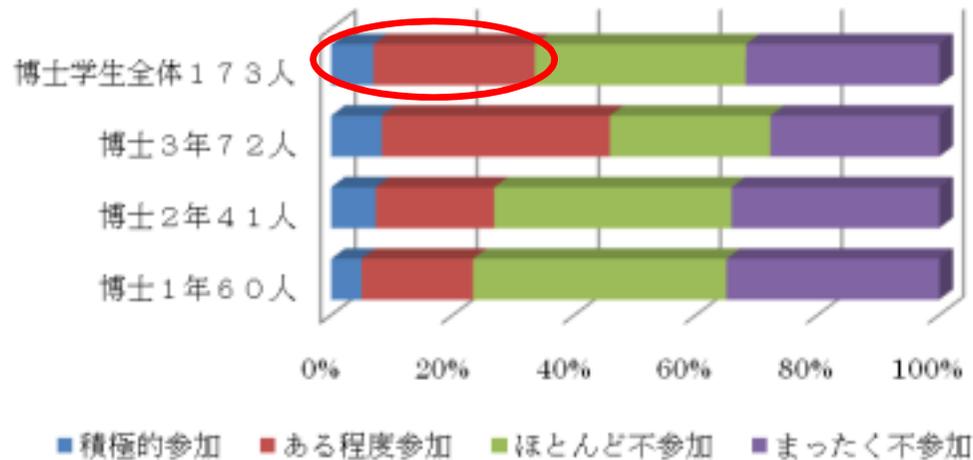


数学者のキャリアパス(2)

数学専攻博士課程大学院生(※)アンケート調査 (2009年度、日本数学会)

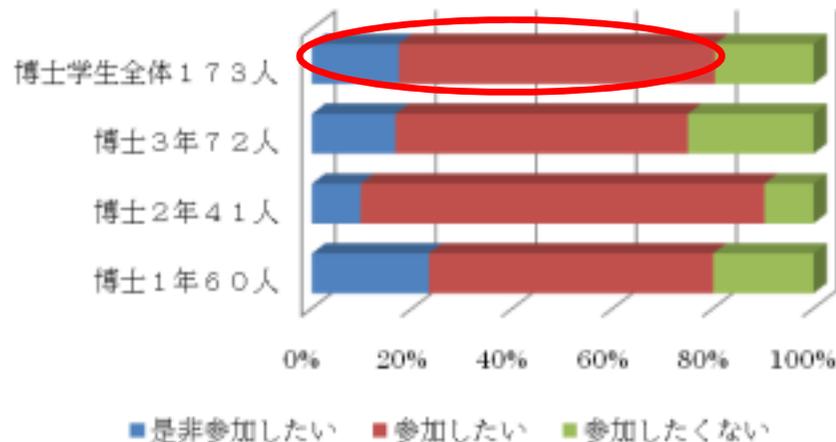
(※)34専攻、教室の173人(1年60人、2年41人、3年72人)から回答を得た。日本数学会発行の数学通信に掲載された2008年度博士論文題目数は164であり、ほぼ35%からの回答である。

学際的講義やインターンシップへの参加



- ◆ **学際的講義やインターンシップへの参加経験**のある者は、回答者の37% (博士3年では46%)
- ◆ **他研究分野との合同学会やサマースクールへの参加希望**のある者は、回答者の80%
- ◆ **企業との交流の機会を作るなどのキャリア支援への参加希望**のある者は、回答者の43%

他分野との企画への参加意欲



キャリア支援企画への参加の希望

