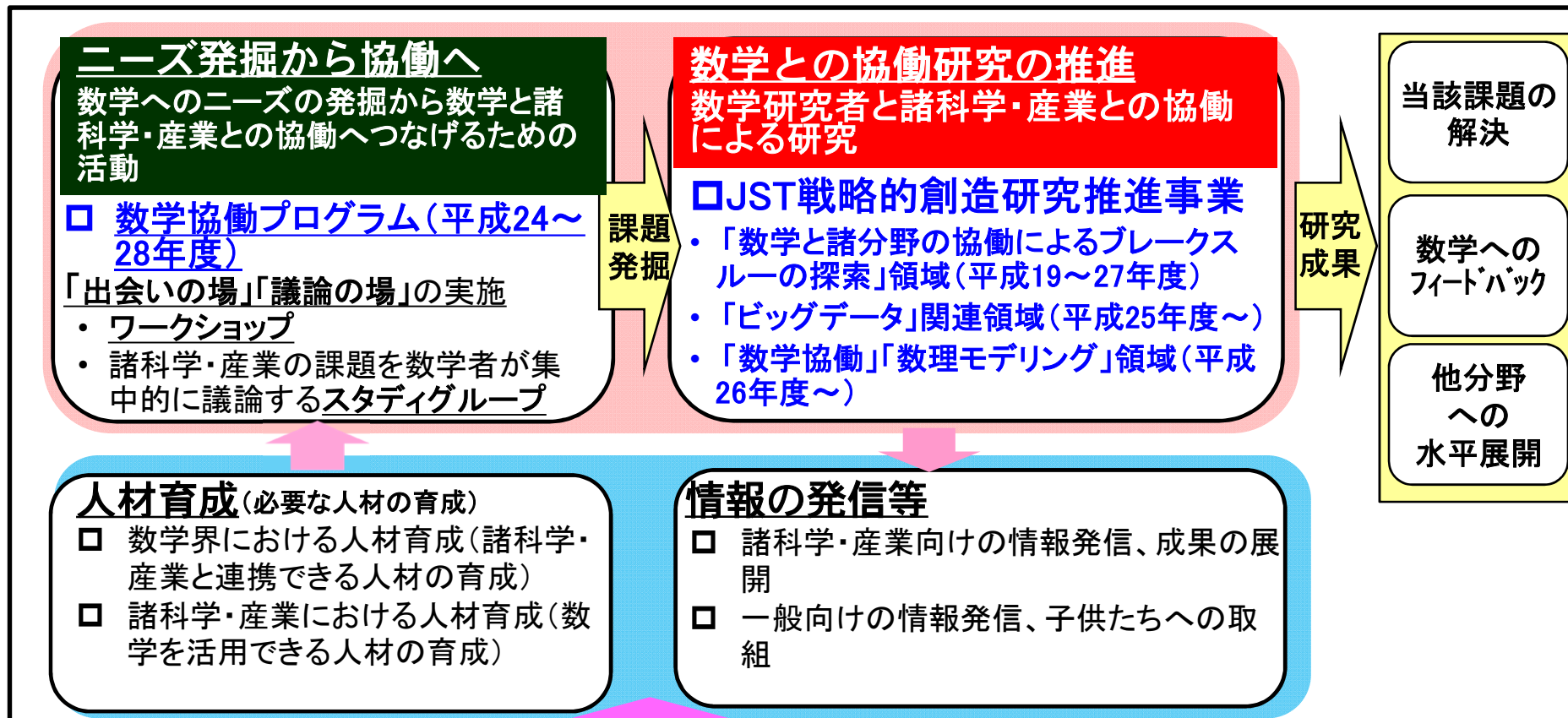


数学イノベーションに関する 現状について

平成28年4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



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～)
- 大学院数理科学研究科附属数理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(24~28年度) 28年度予算 33百万円(27年度 40百万円)

○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**続を開催

○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



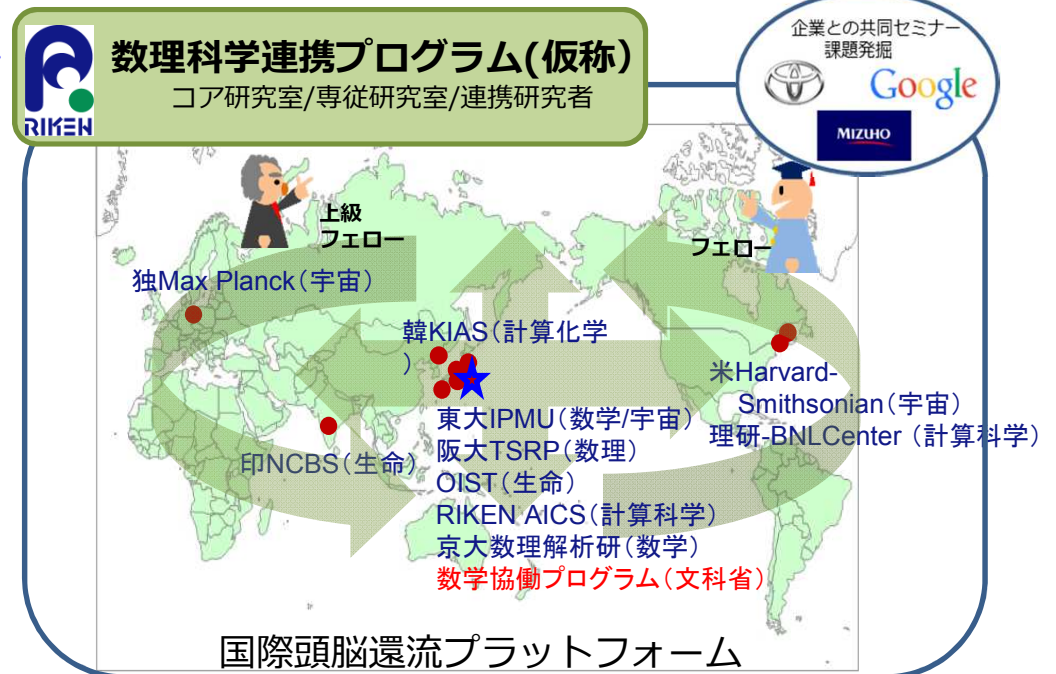
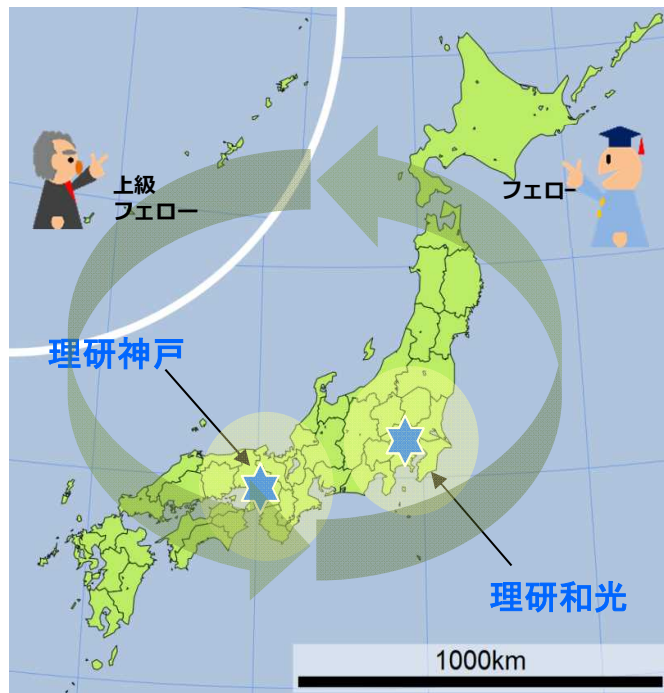
平成27年8月以降の動き



理論科学連携研究推進グループ(iTHES)の 発展拡大と国際頭脳還流プラットフォーム

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、数理論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「理研理論科学連携研究推進グループ」(iTHES) を発展拡大した「数理論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「数理論科学による知の統合と展開」と位置付け、数理論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、ブレー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。

- 数理論科学（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

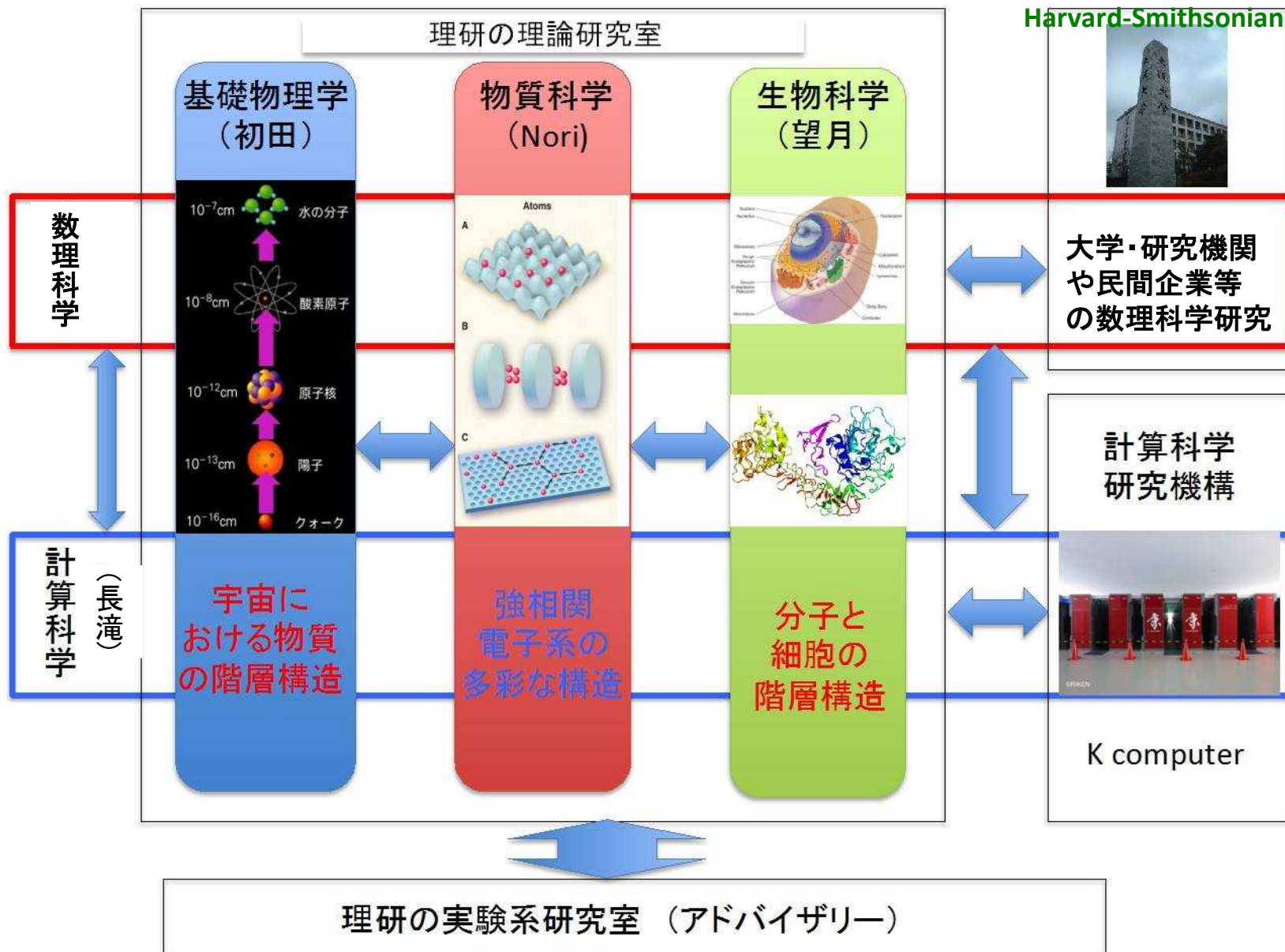


理研数理論科学連携拠点を中核とする国際頭脳還流プラットフォームを構築する

国内外サテライトを、数理論科学研究者（iTHESフェロー、iTHES上級フェロー）が自由に還流することで、数理論科学・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、数理論科学においてブレー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。

iTHESの縦系と横系

Kavli IPMU (U. Tokyo),
 CTSR (Osaka U.)
 KIAS (Korea), NCBS (India).
 Harvard-Smithsonian (USA) ...



iTHES PIs (Physics, Chemistry, Biology, Comp. science, Mathematics)

ithes-phys



T. Hatsuda



T. Nakatsukasa

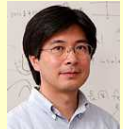


E. Hiyama

ithes-cond



F. Nori



A. Furusaki



S. Yunoki

ithes-bio



A. Mochizuki



Y. Sugita

ithes-mcc



S. Nagasaki



T. Nakajima



T. Miyoshi

ithes-math



iTHES Senior Fellows



G. Baym
(UIUC)



K. Aihara
(U. Tokyo)



F. Marchesoni
(INFN)

iTHES Fellows (recruited internationally)

N. Iizuka

String theory
& Cond. Matter
→ **Osaka**

T. Kanazawa

Nuclear theory
& Neuroscience

N. Yamanaka

Particle theory
& Comp. science

S. Wanajyo

Nuclear
astrophysics
→ **Sophia U.**

M. Taki

Mathematical phys.
& meta-materials

P. Ghosh

Dissipative dynamics
& photosynthesis
→ **Kolkata**

K. Bliokh

Quantum optics
& Mathematical phys.
→ **CEMS**

X.Y.Lu

Quantum information
& Material design
→ **Huazhong**

W. Nishima

Molecular dynamics
& bioinformatics

I. Yu

Molecular dynamics
& system biology

R. Johannsson

Condense matter
& Comp. physics
→ **Rakuten**

K. Uriu

Theoretical biology
& collective cellular
Behaviors → **Kanazawa**

Beom Hyun Kim

Material science
& Compt. physics

Y.Kamiya

Condensed matter
& Compt. Physics
→ **RIKEN SPDR**

A.Tanaka

String theory
& Mathematical physics

K. Uchinomiya

Mathematical biology
& statistical mechanics

Y. Yokokura

Black hole
& Information theory

M. Hongo

Nuclear physics
& Statistical mechanics

K. Kyutoku

Astrophysics
& Compt. physics

Y. Sakai

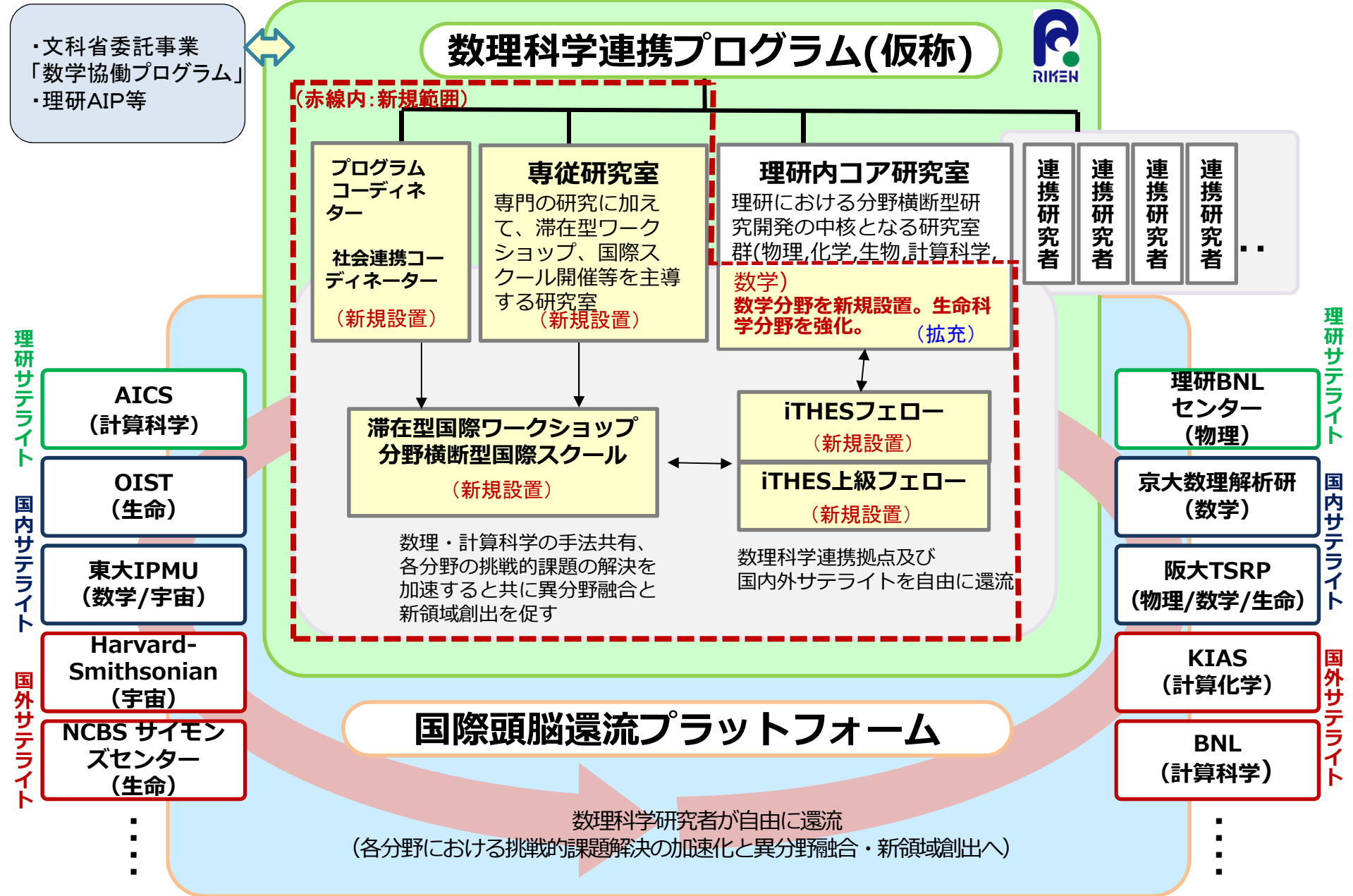
Computational biology
& particle physics

K. Meda

Applied mathematics
& Metabolic network
→ **Kansei gakuin**

+ iTHES Associates
 ~ 50 scientists

国際頭脳還流プラットフォームの構築に向けて



参 考

平成27年度文部科学省委託事業
「数学・数理科学を活用した
異分野融合研究の動向調査」から
(委託先:東北大学 知の創出センター)

文科省委託事業「数学・数理科学を活用した異分野融合研究の動向調査」

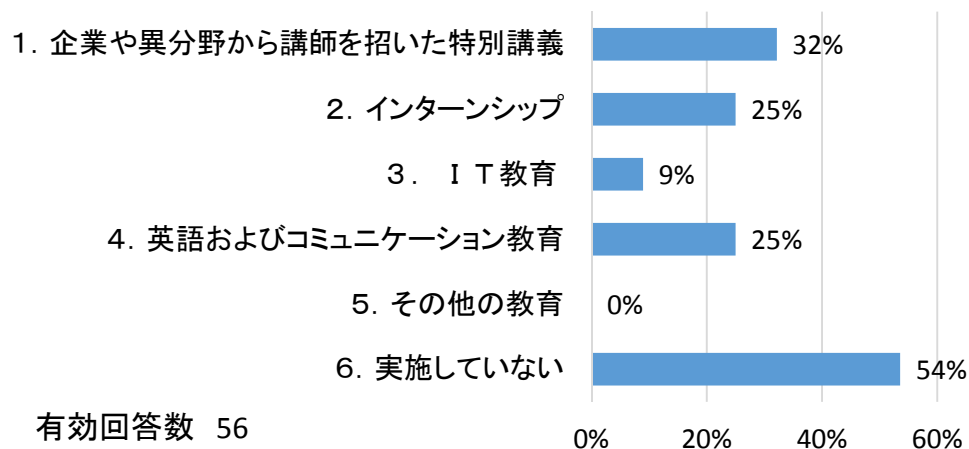
アンケート調査対象

1. 数学・数理科学系学科・専攻・コース(教室)
調査対象数:218教室 回答数:78教室(回答率 35.8%)
 2. 数学・数理科学研究者数
調査対象数:1090名 回答数:281名(回答率 25.8%)
 3. 諸科学研究者
調査対象数:300名(※1) 回答数:117名(回答率 39%)
 4. 企業
調査対象数:229社(※2) 回答数:42社(回答率 18.3%)
- (※1)過去2~3年の科研費基盤研究(C)の採択者(数学以外)から無作為に抽出
(※2)平成21年度委託調査の回答企業を対象

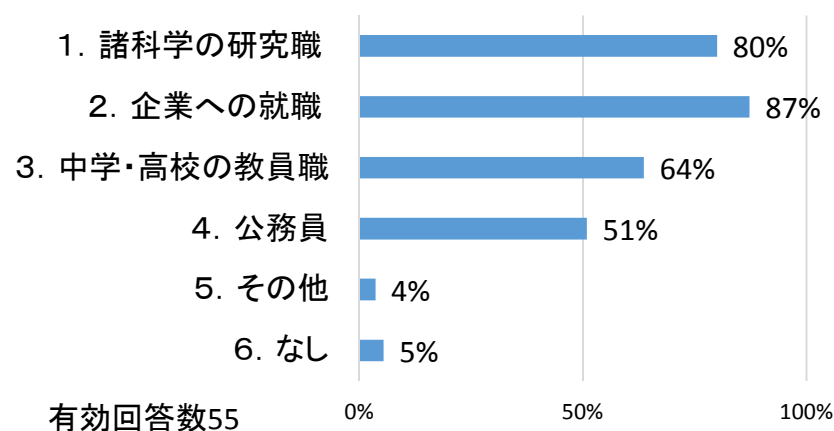
1. アンケート調査

1-1. 数学・数理科学系学科・専攻・コース(教室)へのアンケート調査

6.3) 博士学生へのキャリアサポート教育を行っているか？(複数回答可)



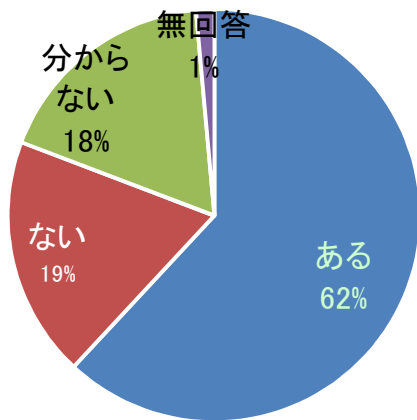
(6.4) 「博士課程修了学生が数学・数理科学研究者として活躍する以外に、どのような進路を期待されますか？(複数回答可)」



1-2. 数学・数理科学研究者へのアンケート調査

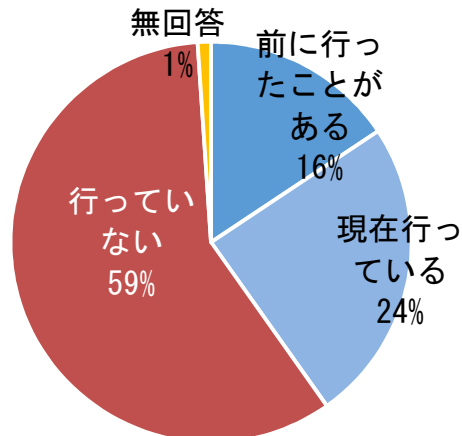
- 数学・数理科学研究者で、諸科学・産業との共同研究に関心のある研究者は60%以上
- 実際に共同研究を実施している、または実施経験のある研究者は40%程度

(2.1)「異分野融合研究や企業との共同研究に興味はありますか？」



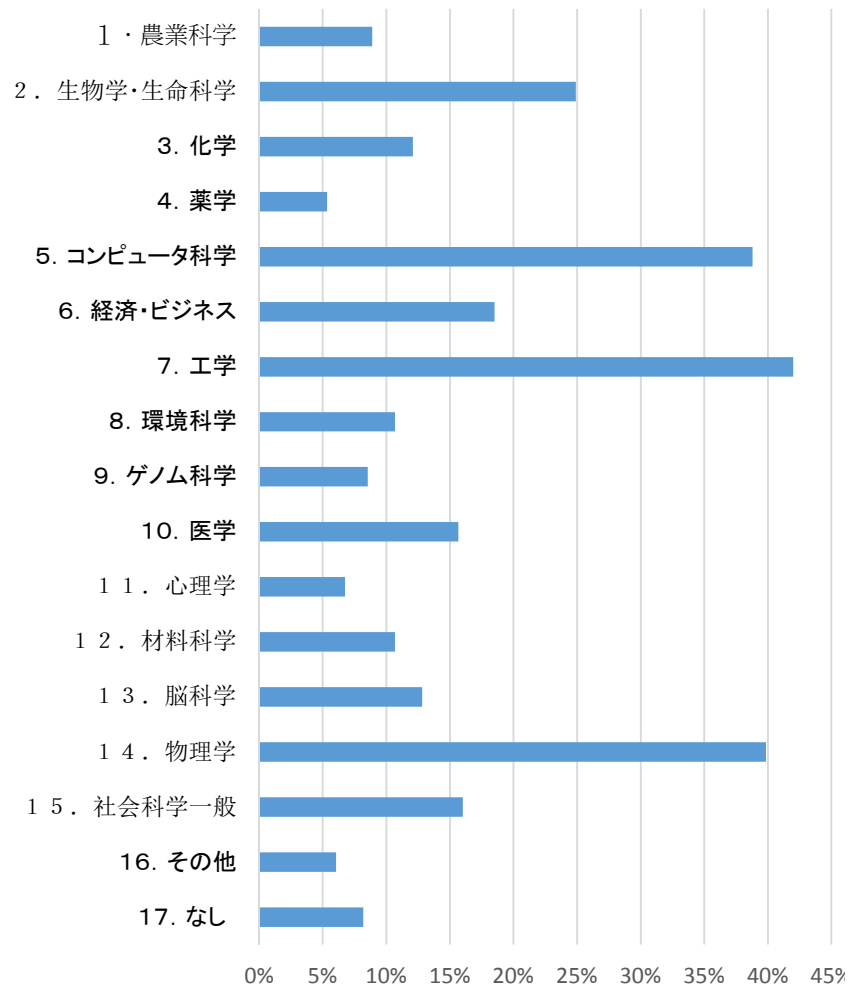
有効回答数 277

(2.3)「異分野融合研究や企業との共同研究を行ったことがありますか？」



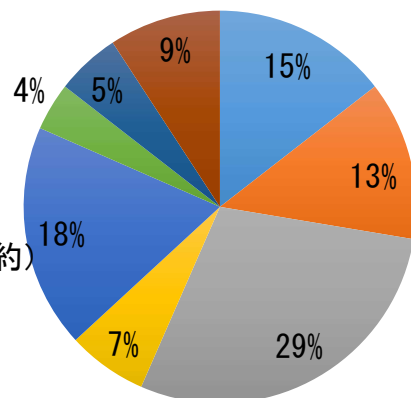
有効回答数 278

(2.2)もし異分野融合研究や企業との共同研究を進める可能性があるとするどどのような分野でしょうか？(複数回答可)



融合研究・企業との共同研究での課題

- 交流の場
- コミュニケーション
- 専門や文化の違い
- 時間
- 企業との対応（守秘義務、特許、契約）
- 人材不足
- 評価
- その他

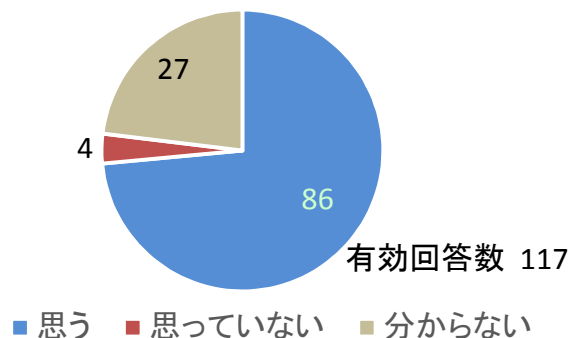


有効回答数 85

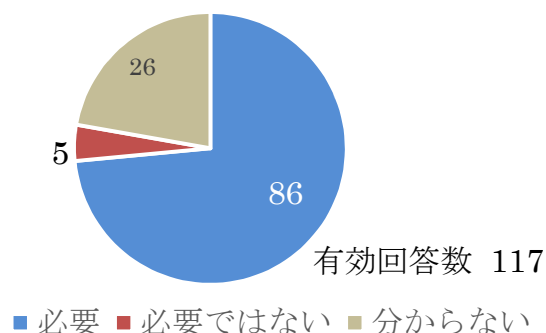
1-3. 諸科学分野研究者へのアンケート調査

- 数学・数理科学の必要性、数学・数理科学人材の必要性の認識度は高い(70%以上)
- 実際に数学・数理科学を活用した研究者は、それよりも少ない(50%強)

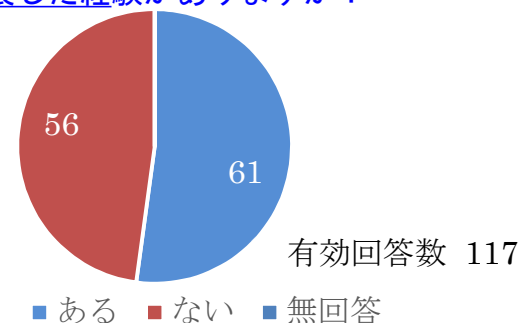
【質問4-2】 今後、貴方の研究活動において数学・数理科学での手法や理論が活用できると思われますか？



【質問5】 貴方の研究分野において数学・数理科学的な素養を持つ人材が必要でしょうか？

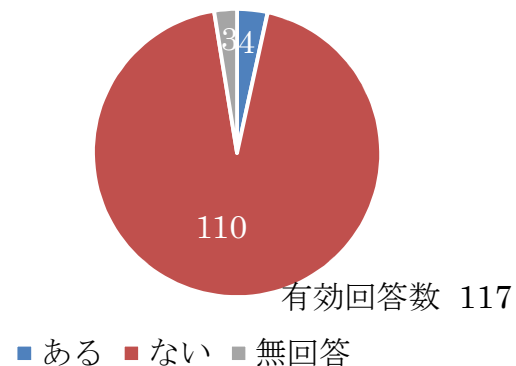


【質問4-1】 これまで数学者・数理科学者との討論や数学の書物や論文を読むなどによって、貴方の研究が進展した経験がありますか？

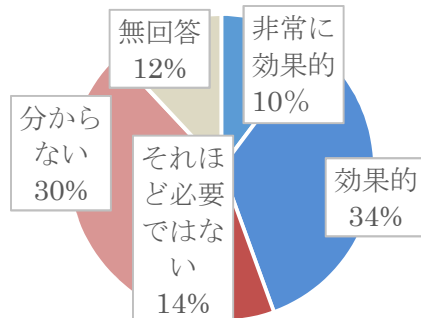


- 諸科学分野研究者で、訪問滞在型研究所の集会に参加した者は極めて少ない。
- 訪問対座型研究所での数学者との意見交換が効果的であるとする者は40%強いる。

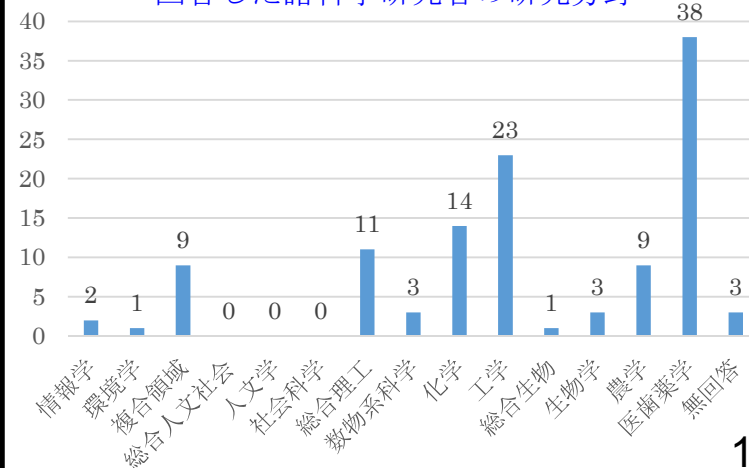
【質問8-1】 貴方はこのような訪問滞在型研究所での研究集会に参加された経験はありますか？



【質問8-3】 数学・数理科学研究者と…訪問滞在型研究所で、意見交換を展開することは効果的であると思われますか？



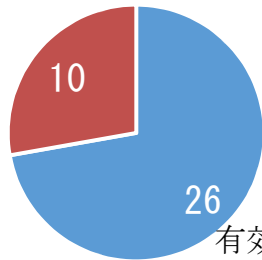
回答した諸科学研究者の研究分野



1-4. 企業へのアンケート調査

- 数学・数理科学の必要性を認識する企業は多い(70%以上)
- 実際に数学・数理科学者との連携・協力をしている企業、将来希望する企業はそれより少ない(40%未満)

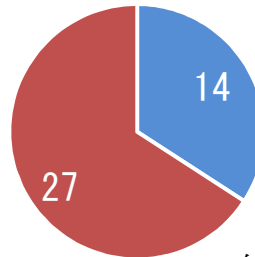
近い将来、貴社の業務運営には、数学・数理科学の知識がもっと必要になるとお考えでしょうか？



有効回答数 36

- ア) もっと必要になるだろう。
- イ) そうは思わない。

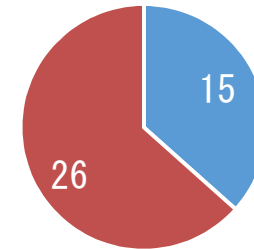
大学・公的研究期間等の数学・数理科学者への相談も含め、数学・数理科学研究者との連携・協力をした経験はありますか。



有効回答数 41

- ア) ある
- イ) ない

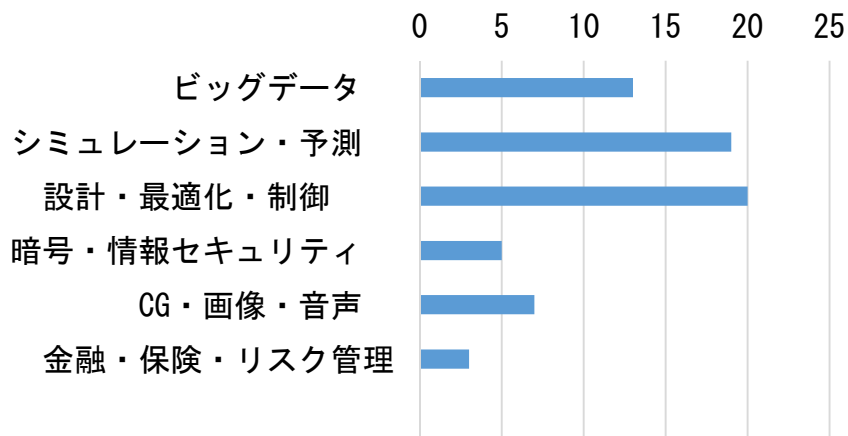
近い将来、大学・公的研究機関等の数学・数理科学者と連携・協力をしたいとお考えですか？



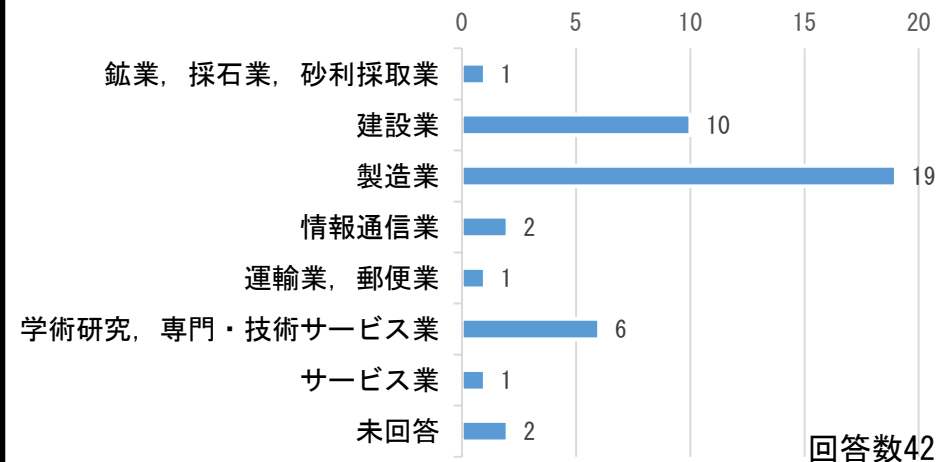
有効回答数 41

- ア) はい
- イ) いいえ

必要になると考えられる分野を挙げてください
(複数選択可)。



回答した企業の業種別グラフ



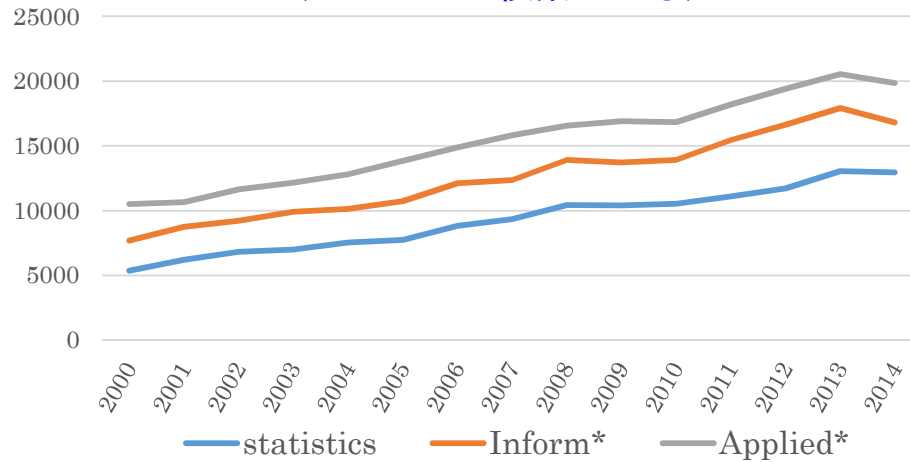
回答数42

2. 数学と異分野・産業との連携に関する国際動向

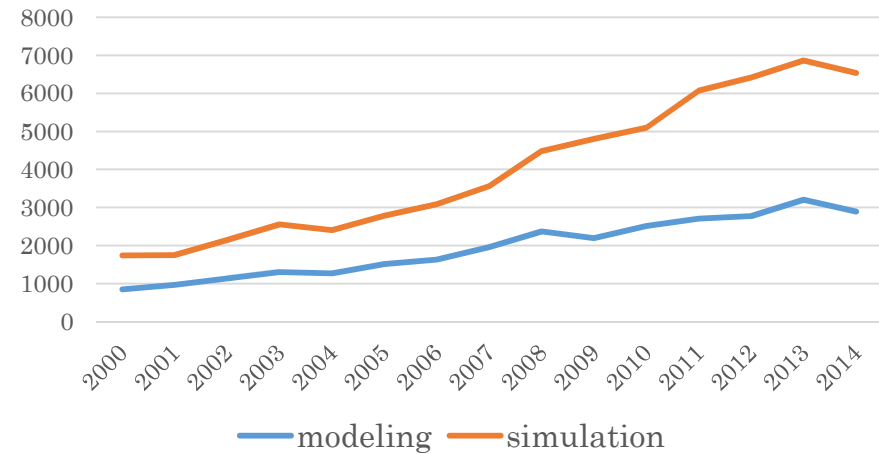
2-1. 数学の応用に関する論文数等の年次推移

- 数学の応用に関する論文数は国際的に増加
- 特許・実用新案における数学・数理をキーワードとして含むものも増加

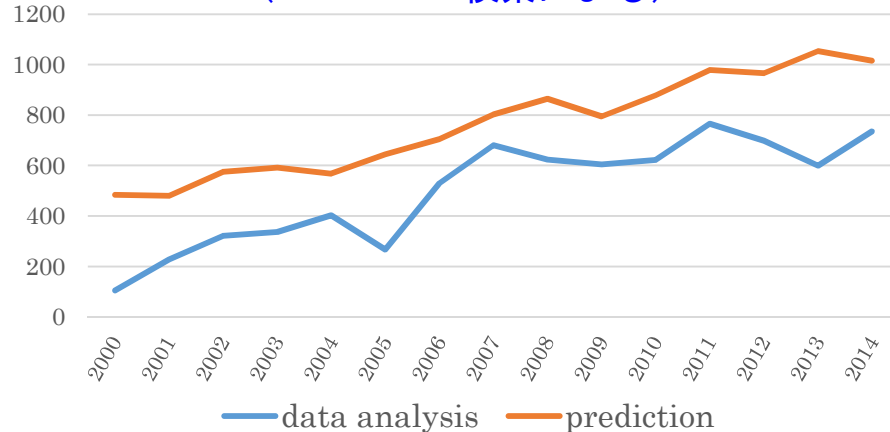
statistics, inform-, applied-を含む論文数
(Mathscinet検索による)



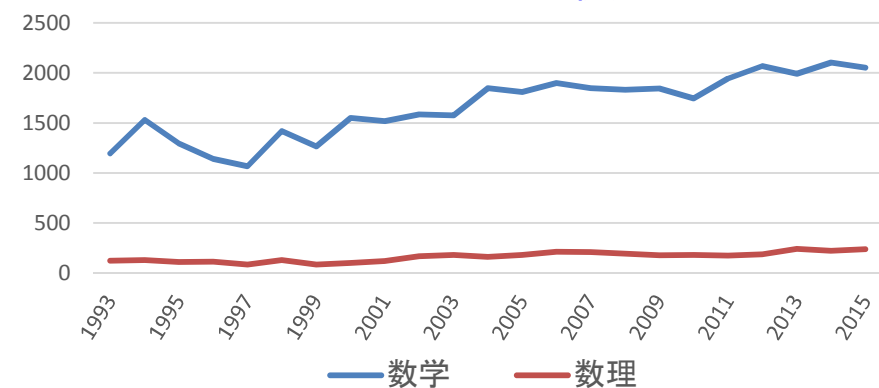
modeling, simulationを含む論文数
(Mathscinet検索による)



data analysis, predictionを含む論文数
(Mathscinet検索による)



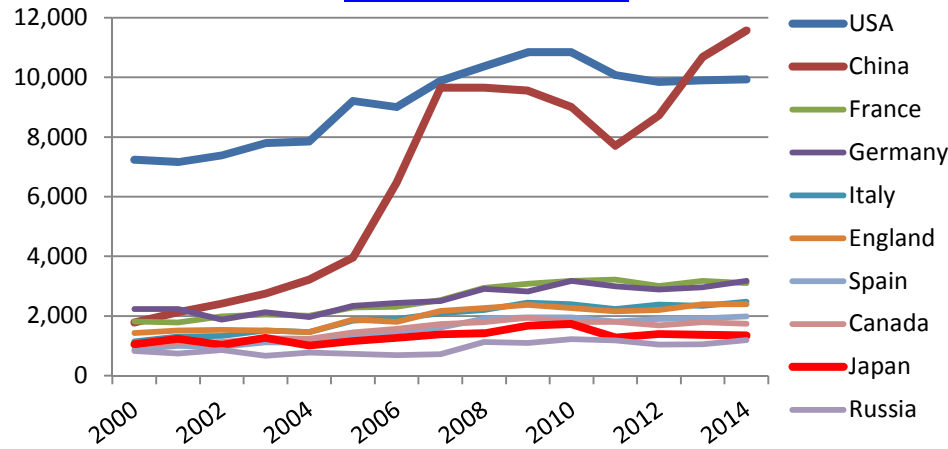
特許・実用新案の公開特許公報に含まれる
数学・及び数理をキーワードとするもの
(JPlatPatでのキーワード検索による)



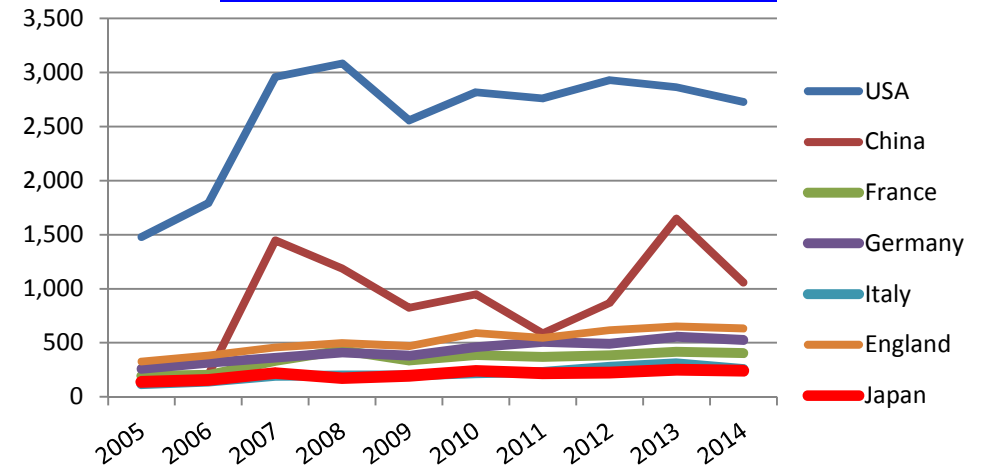
2-2. 応用数学関係論文数の国別動向

- 日本の論文数の伸びは外国と比べ小さい(応用数学分野、他分野の数理的分野)

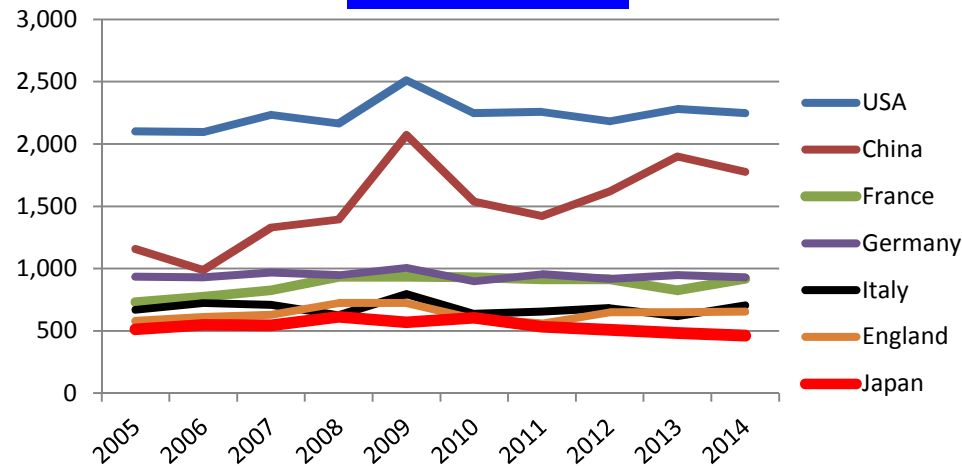
応用数学(※)



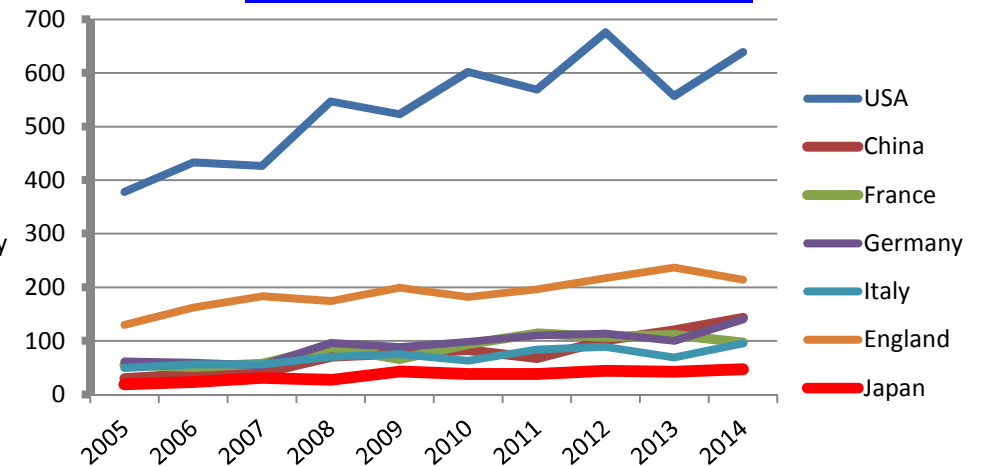
数理生物学、計算生物学



数理物理学



社会科学、数学的手法



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

3. 人材育成

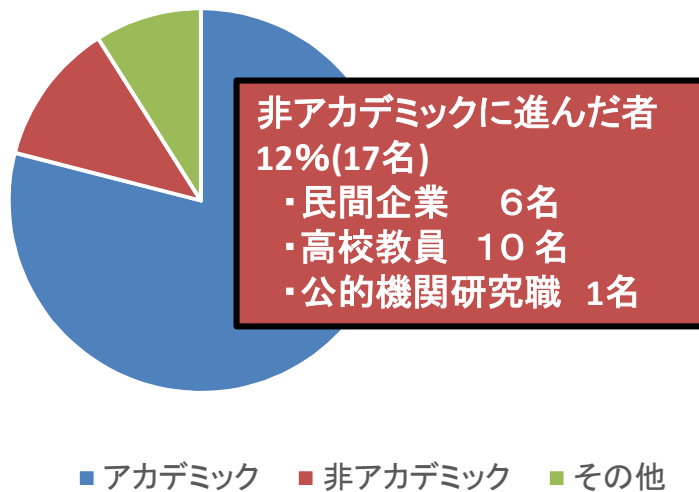
3-1. 数学・数理学専攻博士課程学生のキャリアパス

数学・数理学専攻の博士課程修了者について、

- 日本ではアカデミックポジション志向が強い。非アカデミック(特に企業)に進む者は少ない。
- 米国では、年々、非アカデミックポジションに進む者が増え(2014年で全体の30%)、博士課程修了者自体も増えている。

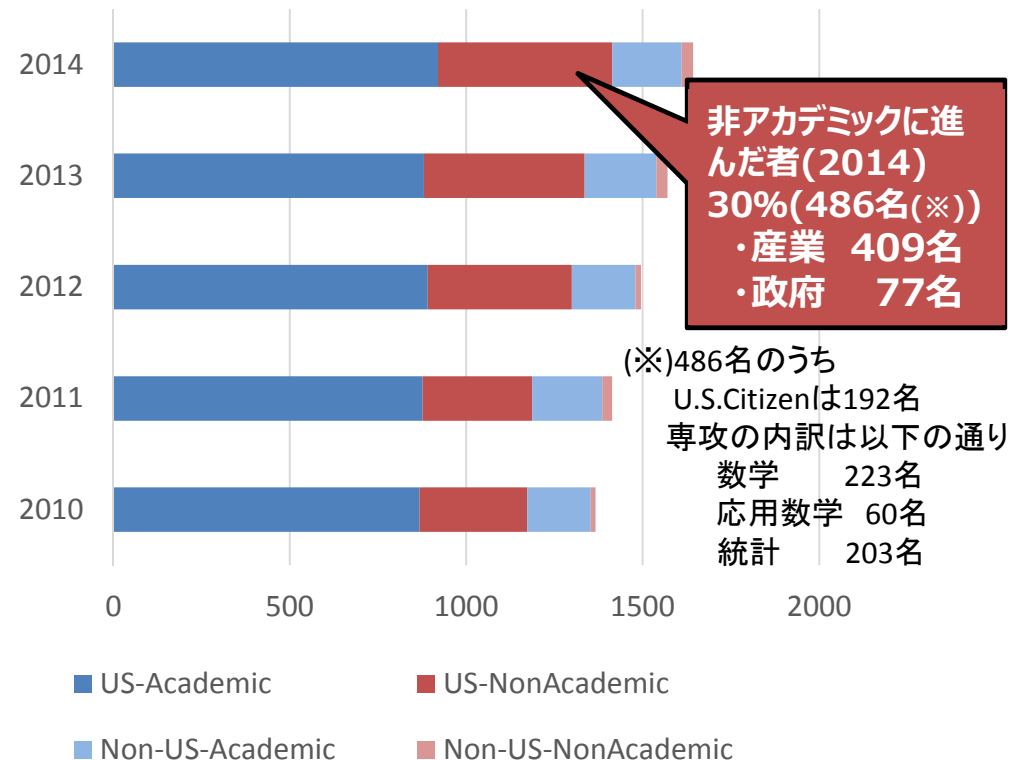
日本の現状

日本の博士課程修了者の進路
(2014年日本数学会調査から:回答者数140名)



米国の状況

米国大学PhD(数理学)修了者の進路動向
(米国数学会(AMS)調べ)



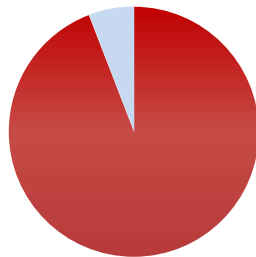
3-2. 高校教員の意識

高校の数学教員には、

- 大学数学科学へのイメージ(高校数学とのギャップ、卒業後の進路が限定的)がある。
- 数学の具体的な応用例はあまり知られていない。

ある県の教育委員会が選抜して行った高校数学教員へのアンケート(18名)

学生に数学科や数理科学科といった数学系の学科や学部への進学を勧めますか？

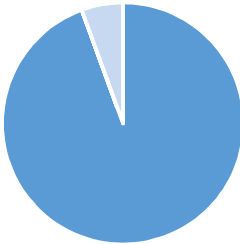


- 強く勧める
- 選択の一つとして勧める
- あまり強く勧めない
- 分からない

【質問6】もし、学生に「数学科」や「数理科学科」へ進学を勧めないとしたら、その理由は何でしょうか？

- 大学数学と高校数学のギャップについていけないため。
- 将来の就職先
- 学生の将来やりたい仕事にあまり必要がない。
- 別の学科のほうが本人のためになる場合。

数学は社会に役立つと思いますか？



- 役立つと思う
- 思わない
- 分からない

【質問8】大学で習った数学が、社会へ役立っているという例をご存じでしょうか？

- 具体的に社会へ役立っている例はすぐには見当たらない。
- 特に考えたことはないが、直接でなくとも間接的に役立っていると思われる。
- 特殊から一般へ考え方を広げる。
- 考える課程や粘り強さなど、知識を使いこなせる力をつけていくこと。
- いろんな分野(工学)最先端技術で役立っている。
- 天気予報やスポーツなどのビッグデータ解析、システムエンジニア、スパコン

「数学・数理科学を活用した異分野融合研究の動向調査」実施体制

【実施機関】

◆ 東北大学知の創出センター

【協力機関】

◆ 日本数学会

◆ 日本応用数理学会

◆ 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

◆ 東北大学大学院理学研究科・情報科学研究科

◆ 情報・システム研究機構 統計数理研究所

◆ 明治大学先端数理科学インスティテュート

◆ 早稲田大学大学院基幹理工学研究科

◆ 京都大学数理解析研究所

◆ 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所

【実施委員会名簿】

岡本 久 京都大学数理解析研究所 副所長
大野 泰生 東北大学大学院理学研究科教授
尾畑 伸明 東北大学学院情報科学研究科教授
金藤 浩司 情報・システム研究機構 統計数理研究所副所長
小藺 英雄 早稲田大学理工学術院基幹理工学部数学科教授
小松崎 民樹 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長
柴田 良弘 早稲田大学理工学術院基幹理工学部数学科教授
高木 泉 東北大学大学院理学研究科教授
高木 剛 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所教授
玉川 安騎男 京都大学数理解析研究所教授
坪井 俊 東京大学大学院数理科学研究科長
時弘 哲治 東京大学大学院数理科学研究科教授
長山 雅晴 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教授
萩原 一郎 明治大学先端数理科学インスティテュート 所長
福本 康秀 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所長
本多 啓介 情報・システム研究機構 統計数理研究所
前田 吉昭 東北大学知の創出センター副センター長
宮岡 礼子 東北大学大学院理学研究科教授
宮路 智行 明治大学先端数理科学インスティテュート 特任講師
山本 昌宏 東京大学大学院数理科学研究科教授

【検討委員会名簿】

合原 一幸 東京大学生産技術研究所教授
青沼 君明 明治大学教授・東京三菱銀行
巖佐 備 九州大学大学院理学研究院教授
上田 修功 NTTコミュニケーション基礎科学研究所上
席特別研究員
大石 進一 早稲田大学理工学術院応用数理学科教
授・日本応用数理学会会長
大木 裕史 株式会社ニコン・ニコンコアテクノロジー本
部取締役研常務執行役員
大島 明 株式会社テクノパ調査研究部シニアアドバイ
ザー
小谷 元子 東北大学原子分子材料科学高等研究機
構長、日本数学会理事長
柴山 悦哉 東京大学情報基盤センターメディア教育
部門教授
杉山 将 東京大学大学院新領域創成科学研究科教
授
坪井 俊 東京大学大学院数理科学研究科長
中村 雅信 株式会社ハーモニック・ドライブ・システム
ズ社外取締役
西成 活裕 東京大学先端科学技術研究センター教授
初田 哲男 理化学研究所理論科学連携研究グルー
プディレクター
樋口 知之 統計数理研究所長
三村 昌泰 明治大学先端数理科学研究科副所長
森 重文 京都大学数理解析研究所教授

参 考

戰略的創造研究推進事業
数学関連領域

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) さきがけ: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~) さきがけ: 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: 全11チーム(26年度~)

◆「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)

さきがけ: 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

- **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 伸一郎)
- **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 寛)
- 数理モデリングを基盤とした**数理皮膚科学**の創設(北大・長山雅晴)
- 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 潔)
- 非疫学データによる**感染症流行動態**解析の新展開(北大・大森亮介)
- **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・小林徹也)
- **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・杉山由恵)

材料科学

- **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・平岡裕章)
- **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)亮子)
- 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(京大・Daniel Packwood)
- **フォノン結晶**における多相形状最適化(北大・Elliott Ginder)

機械工学

- 環境を友とする**制御法**の創成(広大・小林 亮)

情報通信

- **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 剛)
- 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・縫田光司)
- 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・中嶋浩平)

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(早大・大石進一)
- **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 眞)
- 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・末永幸平)

社会

- **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 博)
- **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・神山直之)

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(東大・吉田朋広)
- 関数空間上への機械学習理論の展開と**高頻度金融データ解析**(統数研・荻原哲平)

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(JST・中野直人)

言語学

- **言語**の計測可能な不変量の探求(東大・田中(石井)久美子)

分野横断型

- **統合的統計モデリング**の数理基盤と方法論(東工大・鈴木大慈)
- **関数論に基づく間接計測**の数理基盤構築(東大・奈良高明)

- **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**(慶應義塾・小林 景)

- **計算論的代数幾何学**による**データ駆動科学**の発展(産総研・永田賢二)

- 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 寛)