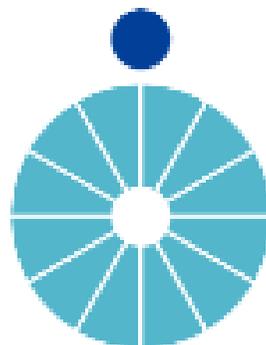


数学イノベーションへの取組 について



文部科学省

MEXT

MINISTRY OF EDUCATIONAL,
CULTURE, SPORTS,
SCIENCE AND TECHNOLOGY

平成25年6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 (※) イノベーションの取組について

※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

背景

- 高度情報化社会の進展等により、研究や産業の様々な場面で**データが大量かつ複雑化**する傾向にあり、この効果的活用が課題
- 数学の持つ力(具体的実体を一般化・普遍化する力)**は、リスク評価、将来予測、シミュレーション、CG、暗号セキュリティ等、様々な社会的・経済的活動において、その重要性が一層増大
- 近年、欧米・アジア諸国でも数学の活用を狙いとしたプロジェクト・研究所創設の動き **注1**

施策

- 第4期科学技術基本計画(平成23年8月19日閣議決定)「科学技術の共通基盤の充実、強化」において「領域横断的な科学技術の強化」のため数理科学を複数領域に横断的に活用することが規定されている。
- 文科省では諸科学共通の基盤である数学と諸科学・産業との協働を通じて、重要課題の解決やイノベーションの実現に向けた取組を推進
- 「数学イノベーションユニット」**の設置(平成23年1月1日～)
 - 科学技術・学術審議会に先端研究基盤部会**「数学イノベーション委員会」**を設置(平成23年6月)し、10回にわたり、必要な推進方策について審議。平成24年8月には**「数学イノベーション戦略(中間報告)」**を取りまとめ。 **参考1**
- 具体的な取組について、今後議論を進める予定。

数学イノベーション戦略(中間報告)(主要項目)

1. 数学のニーズの発掘からイノベーションへつなげるために必要な活動
 - (1)「出会いの場」「議論の場」の設定
 - (2)数学者と諸科学・産業との協働のための研究の推進
 - (3)諸科学・産業からの相談への対応
 - (4)「出会いの場」「議論の場」で得られた情報の共有・活用
 2. 数学イノベーションに必要な人材の育成
 3. 情報発信、理解の増進など
- (平成24年8月 先端研究基盤部会)

文科省の事業

- JST戦略的創造研究推進事業「数学と諸科学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WPI-AIMR 教授) **参考2**
さががけ:31名(平成19～24年度) CREST:13チーム(平成20～27年度)
- 数学・数理科学と諸科学・産業との連携研究ワークショップ** **注2**
(平成23年度:22件)、平成24年度:17大学・機関において35件
- 「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24～28年度の5年間) **参考3**
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
重要なテーマについて、数学による解決が期待できる課題を設定し、その解決策の具体化に向け、数学と諸科学・産業との協働を促進する。
平成25年度は分野間の連携の強化を狙いとし、本プログラムを拡充。

平成25年度 4,813万円(平成24年度 2,000万円)[拡充]

学会・産業界との意見交換 (H24年11月～H25年1月)

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

参考1-1 「数学イノベーション戦略（中間報告）」の概要

背景・現状認識

◎近年の社会の複雑化や情報化，計測技術の進歩，計算機性能の飛躍的向上などに伴い，諸科学・産業界が数学と協働し，課題を必要とする場が飛躍的に増加

例：ビッグデータの活用，リスク管理（金融・環境エネルギー問題・災害予測・防災）

◎一方，我が国では数学の力が必要との意見が多く見られるものの，アメリカやドイツ等の諸外国と比較すると数学と諸科学・産業との協働は未だ不十分であり，組織的な取組が必要

数学の期待に応え社会に貢献するため，数学の持つ力を十分活用し，新たな社会的価値や経済的価値を創出する革新を生み出すこと（数学イノベーション）が不可欠

推進方策

1. 数学のニーズの発掘からイノベーションへつなげるために必要な活動

(1) 「出会いの場」「議論の場」の設定

・研究集会，スタディ・グループ（課題提示型研究集会）の開催

(2) 数学研究者と諸科学・産業との協働のための研究の推進

(3) 諸科学・産業からの相談への対応

・課題解決に役立つ数学的知見について助言したり，貢献し得る数学研究者を紹介する体制（相談窓口）の設置

(4) 「出会いの場」「議論の場」で得られた情報の関係者間での共有・活用

2. 数学イノベーションに必要な人材

(1) 数学界における人材の育成

・数学専攻の若手研究者を，諸科学・産業との協働による研究集会の企画・運営や，協働研究プロジェクト等に参画させる
・海外研究拠点との研究交流
・インターンシップによる学生・ポストドクターの新たなキャリアパスの構築 など

(2) 諸科学・産業における人材育成

・大学学部段階における数学への理解力向上を目指した教育
・数学研究者による他分野での講義・教育 など

3. その他（情報発信，理解の増進など）

・シンポジウムの開催，数学の知見を活用した事例を紹介
・次代を担う小学生，中学生や高校生を対象に数学の現代社会における意義を講演

これらの諸活動を継続的に実施するためには，個人的な活動だけでは限界であり，組織的な活動が可能となる「拠点」を構築する必要

【委員 第6期(H23.2-H25.1)】 (注)◎:主査、○:主査代理

- ◎若山 正人
九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所長
- 森 重文
京都大学 数理解析研究所長
- 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
- 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
東京大学大学院情報理工学系研究科数理情報学
専攻教授
- 中川 淳一
新日本製鐵(株) 技術開発本部
先端技術研究所 数理科学研究部 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10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>

鷺尾 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・ビー・エム(株)東京基礎研究所長)

穴井宏和((株)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)

(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)

○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(中間報告案)**」取りまとめ

参考2-1 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)

研究領域「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」

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年度～24年度終了予定)

CREST: 13チーム (平成20年度～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



研究総括:
西浦 廉政 教授

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)

CREST領域 研究総括: 田中 讓 特任教授 (北海道大学大学院情報科学研究科)

『科学的発見・社会的課題解決に向けた各分野のビッグデータ利活用推進のための次世代アプリケーション技術の創出・高度化』

情報科学・数理科学分野とビッグデータの利活用により大きな社会的インパクトを生むようなさまざまな研究分野(アプリケーション分野)との協働により研究を進め、科学的発見および社会的・経済的な挑戦的課題の解決や革新的価値創造のために、個々の研究者や組織のみでは集積することが困難な大規模かつ多様な関連データを相互に関連付けて高度な統合的分析処理を行うことにより、これらのビッグデータに隠されている革新的知見や価値を抽出し創成することを実証的に研究開発します。そのために必要な次世代アプリケーション技術を実証的に創出・高度化することを目指します。

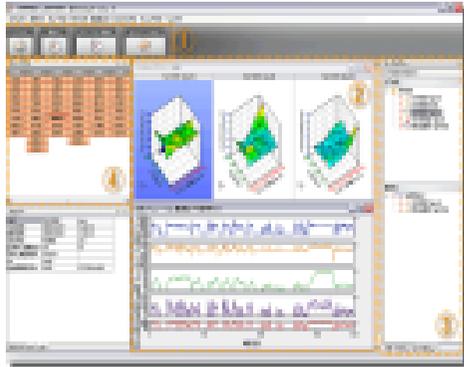
CREST・さががけ複合領域 研究総括: 喜連川 優 所長 (国立情報学研究所)

『ビッグデータ統合利活用のための次世代基盤技術の創出・体系化』

ビッグデータの複数ドメインに共通する本質的課題を解決し、さまざまな分野のビッグデータの統合解析を可能にする次世代基盤技術の創出・高度化・体系化を目指します。

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。

数学による将来の変動の予測

大動脈瘤治療後の変化の予測



大動脈における血流解析と大動脈瘤の予後予測

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ステント治療予後の変化を予測。患者個人の大動脈の形状に着目することで、各々の患者への適切な治療が期待できる。

複雑な現象のメカニズムを数学で記述

製鉄高炉操業における最適化

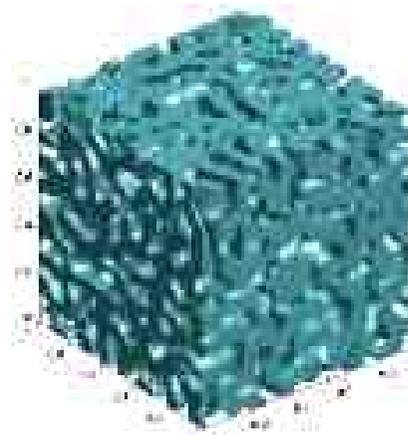


現象のメカニズムの数理モデル化により結果から原因を推定する「逆問題」という数学的手法を利用して、製鉄高炉における温度変化を数理モデル化した。

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。

数学の活用による大量・複雑なデータの解析

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を予測可能。

背景

○情報化等により諸科学や産業界ではデータが**大量かつ複雑化する傾向**にあり、こ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、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**
 このため数学・数理科学の活用が必要不可欠。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**

施策の概要

重要なテーマについて、数学・数理科学による解決が期待できる課題を設定し、その解決策の具体化に向け、数学・数理科学と諸科学・産業との協働を促進する。

24年度の重点テーマ:【1】ビッグデータ、複雑な現象やシステム等の構造の解明、【2】疎構造データからの大域構造の推論、【3】過去の経験的事実、人間行動等の定式化、【4】計測・予測・可視化の数理、【5】リスク管理の数理【6】最適化と制御の数理

実施体制

○統計数理研究所が実施機関となり、国内8つの大学を協力機関として、ネットワークを形成し、連携して推進。



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



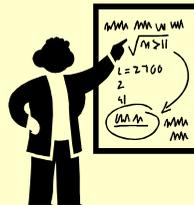
大腸がんの病理組織画像診断を迅速かつ正確に行ないたい...

B 研究テーマの抽出(研究集会)



数学・数理科学者と諸科学・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

(1) 米国

■主な動き

1990年代後半以降、**基礎的な数学研究から、数学と他分野間の学際的研究に至るまで、数学研究全般を強化。**
(政府支出の数学研究費が1998年から2007年まで**約2倍に増加**(1998年:334百万ドル→2007年:709百万ドル))

■主な研究所

The Minnesota Center for Industrial Mathematics

- ・1994年設立。
- ・Ford、GM、IBM、Xeroxなど45の産業がパートナーとして参加。
- ・パートナー産業との共同研究、インターンシップを通じ課題へ取組。

(2) ドイツ

■主な動き

Matheon(ベルリンの3大学、2研究所の数学研究者による共同研究体、2002～2014年)、ハイデルベルグ大学 Interdisciplinary Center for Scientific Computing(1987年設置)、フランクフルター協会産業数学研究センター(1995年設置)などを設置し、数学の産業への応用に力を入れている。

■主な研究所

DFG Research Center MATHEON

- ・2000年設立。
- ・相談窓口を設置。
- ・①協力の可能性について議論するワークショップと②具体的な課題の解決方法を数日かけて議論するワークショップの2種類実施。
- ・Lufthansa、Microsoft、Philips、Volkswagenをはじめ58の産業をパートナーとして共同研究を実施。
- ・その他インターンシップを通じた産業の課題解決も実施。

(3) 中国

■主な動き

21世紀の中国における数学と諸科学・産業との協働研究の中心を担う機関として国家数学・学祭化学センターを設立。

■主な研究所

清華大学数学科学研究センター 2009年設立。

国家数学・学際科学センター 2010年設立。

注2 文部科学省 数学・数理科学と諸科学・産業との連携研究ワークショップ

「広がっていく数学2012 ～期待される“見えない力”～」

○開催件数:22年度2件、23年度22件、24年度35件

○後援:社団法人日本数学会、日本応用数理学会、統計関連学会連合、JST

○主催機関・件数(24年度)

北大3件、東北大4件、東大5件、明治大3件、北陸先端大1件、名大1件、京大5件、同志社大1件、大阪教育大1件、近畿大1件、岡山大1件、広島大1件、九大10件、統数研1件、国立情報学研究所1件、理研2件、海洋機構1件

○テーマ(24年度)

◆ニーズ(他分野や社会におけるニーズ)への対応型

- ・非平衡系材料の構造形成
- ・ネットワーク構造と生命現象
- ・心臓と血管の数理
- ・臨床医学応用のための数理的手法に関する諸問題
- ・地球気象気候現象のデータ解析とモデルの精密化
- ・クラウドコンピューティングに必要とされる暗号技術
- ・リスクとセキュリティに対する数理的アプローチ
- ・芸術支援数学の挑戦
- ・量子デバイスの数理
- ・政策・経営への意思決定への応用

◆シーズ(数学・数理科学的手法)提示型

- ・極値理論
- ・統計科学
- ・ウェーブレット理論
- ・連続体力学の数理
- ・乱流の数理解析
- ・ネットワーク科学の数理
- ・複雑系ゆらぎデータの分析と制御
- ・領域分割法による超大規模計算の産業界への浸透
- ・折紙工学の深化と適用拡大に貢献する数理科学
- ・離散構造と最適化

