

# 忘れられた科学 — 数学

～主要国の数学研究を取り巻く状況及び我が国の科学における数学の必要性～

2006年5月

文部科学省 科学技術政策研究所

細坪護拳、伊藤裕子、桑原輝隆

1

## 1. 報告の目的・方法

第3期科学技術基本計画策定に資するために科学技術政策研究所が実施した様々な調査によって、諸外国と比べて「忘れられた」日本の数学研究の状況がおぼろげながら分かってきた。

数学者や他分野研究者等とのWSなどによって意見交換を実施したところ、日本の数学研究を取り巻く厳しい状況が報告されるとともに、他分野研究者、企業から日本における数学の今後の発展に対する熱い期待が寄せられた。

このような関係者からの意見などを踏まえ、主要国における数学研究を取り巻く客観的かつ具体的な状況や、日本の科学における数学研究に対するニーズを定量的に把握する必要が生じた。

そこで、各国の統計資料などのデータ収集・分析とともに、日本の各分野の研究者に対してアンケート調査を実施した。

2

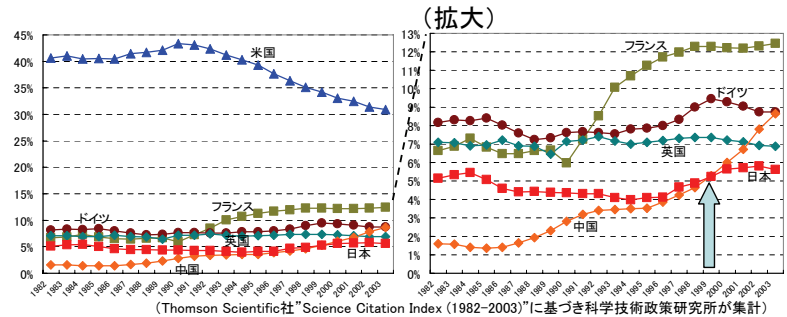
## 2. 世界における数学論文等の状況①

### 【数学研究論文数に関する主要国の世界シェアの推移】

※ 数学研究: 純粋数学、応用数学、統計学、確率論などを含む数理科学(mathematical science)に関する研究とする。

○ 日本は00年に中国に追い抜かれて現在は**世界第6位**(1位から米国、フランス、ドイツ、中国、英国)(右図)

○ 一方、全分野の論文数では日本は米国に次ぐ**世界第2位**

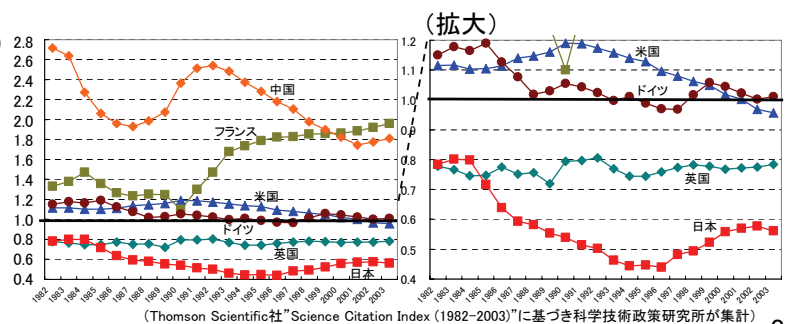


ここで(数学研究論文数の世界シェア)/(全分野論文数の世界シェア)という**世界シェア比率**を導入。この世界シェア比率が1を超えれば、その国の数学研究は全分野平均と比較して活発であり、1を下回れば数学研究は全分野平均と比較して活発ではないと考えられる。

### 【主要国の世界シェア比率の推移】(右図)

○ フランス(2.0)、中国(1.8)では数学研究は活発。  
英国(0.8)では比較的活発ではない。

○ **日本は80年代では英国と同程度(0.8)だったが、現在(0.6)では数学研究は活発ではない。**



3

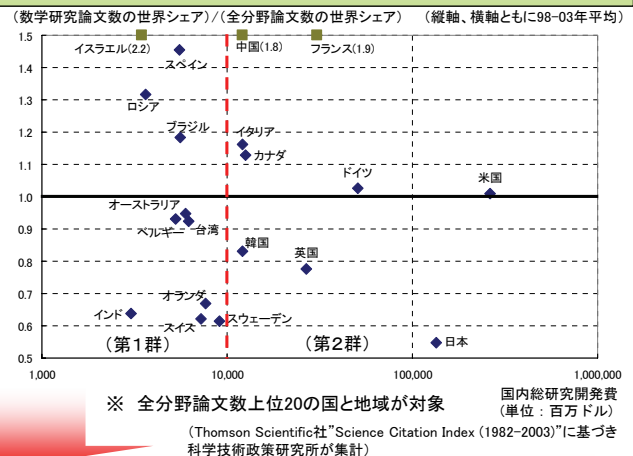
## 2. 世界における数学論文等の状況②

### 【世界シェア比率と国内総研究開発費の関係】

○ 国と地域を国内総研究開発費100億ドルを境に2つの群に分類(右図)。

○ 第1群では、数学研究論文数の世界シェア比の高低が幅広く、シェア比が1より小さい国が多い(7/11)。  
第1群における平均シェア比は1.05

○ 第2群でも、数学研究論文数の世界シェア比の高低が分散するが、シェア比が1より大きい国が多い(6/9)。  
第2群における平均シェア比は1.13



### 【国内総研究開発費が比較的小さい国】(第1群)

世界シェア比の大きな格差は、各国における科学技術の得意分野に数学研究が入るか否かの差か？

### 【国内総研究開発費が比較的大きい国】(第2群)

- ・ 第1群の国々よりも広範な研究開発を振興しているため、数学研究も振興している可能性
- ・ 他分野の振興に数学研究の振興が欠かせないという認識の下、一定規模以上の国にとって数学研究は必須の研究分野である可能性

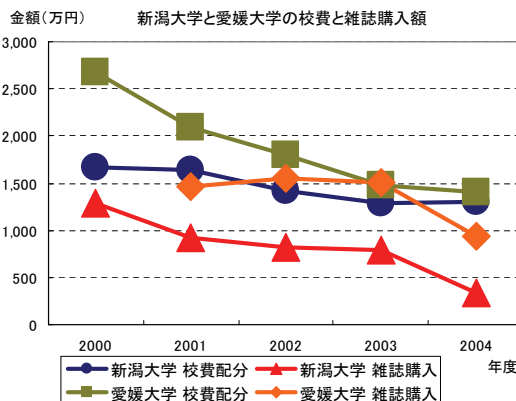
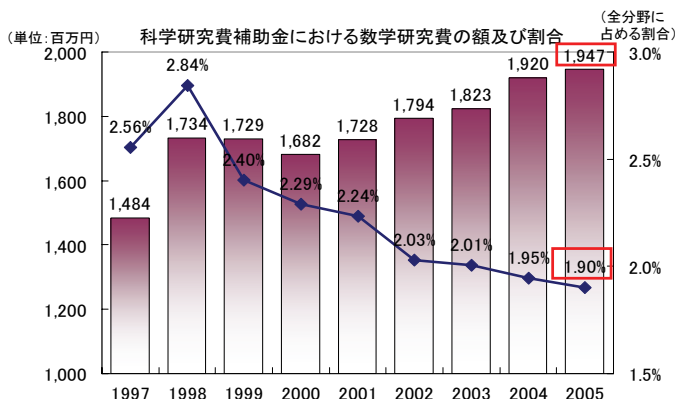
後者の場合、世界第2位の研究開発費を擁する日本の世界シェア比が非常に小さいことは大問題かも・・・

フィールズ賞受賞実績など世界のトップで日本は一定の存在感を示しており、日本の数学研究能力が主要国と比べて見劣りするとまではいえないのではないかと。

4

### 3. 数学研究に関する各国の状況及び政府の取り組み【日本①】

○ 科学研究費補助金の助成額及び一部の大学校費の状況(下図)、研究教育拠点形成を目的とする「21世紀COEプログラム」などから、政府の数学研究費の総額は**数十億円程度**と推測される。これは米国などと比べて低いと考えられる。



○ 科学技術基本計画などで数学研究振興を明示的に示す文言はなく、**数学研究者と行政との関わりも弱かった。**  
 ⇒ **分野別推進戦略(平成18年3月、総合科学技術会議)の情報通信分野に「数学研究者の育成強化は、情報通信技術や他の科学技術の進展に必須の政策」旨の記述。**

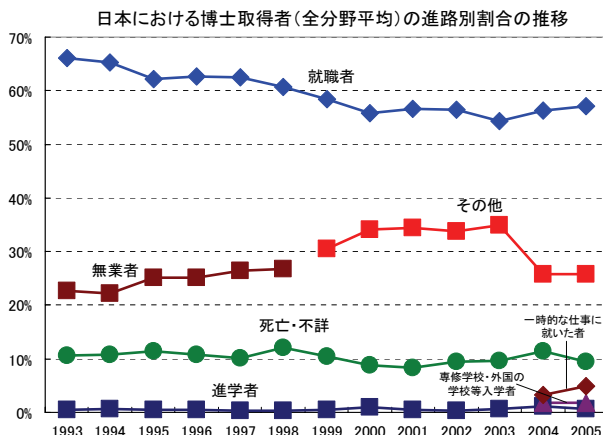
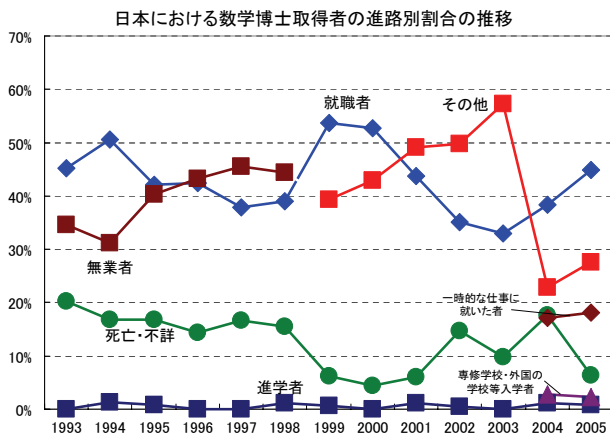
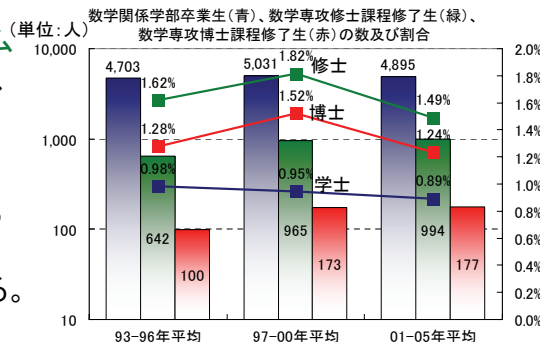
学協会名	会員数
(社)日本数学会	約5,000
日本数学協会	869
日本応用数理学会	約1,800
日本統計学会	1,546

○ 一方、日本は**大学等で3,000~4,000人**(フランス、ドイツよりやや少ない規模)の**数学研究者を擁している**と推測される。

### 3. 数学研究に関する各国の状況及び政府の取り組み【日本②】

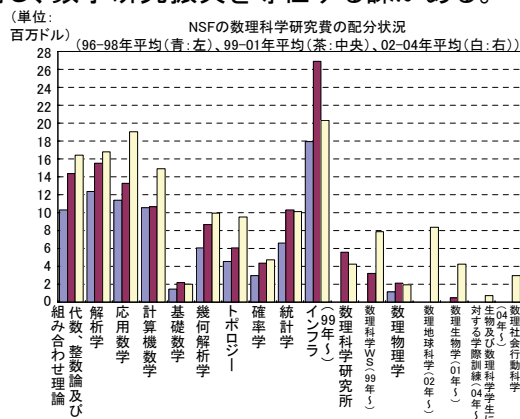
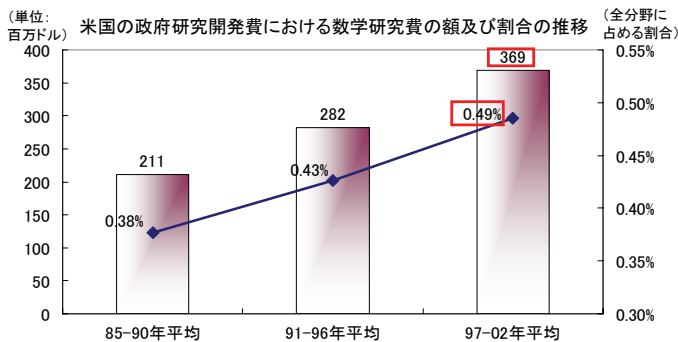
○ 日本国内で確認された**数学研究所等は情報・システム研究機構統計数理研究所や京都大学数理解析研究所、早稲田大学数学・応用数学研究所、大阪市立大学数学研究所など8つ。**

○ **数学博士取得者(約180人、全分野の1.2%)**(右図)や**その就職率(45%)**(下図)などから、日本の**数学博士取得者の置かれる環境は他分野より厳しい**と推測される。



### 3. 数学研究に関する各国の状況及び政府の取り組み【米国①】

○ 米国における数学研究費は調査対象国の中で最も大きく(約440億円)、増加している(左下図)。NSF、DOEなど複数の連邦政府省庁が数学研究予算を有し、数学研究振興を専任する課がある。



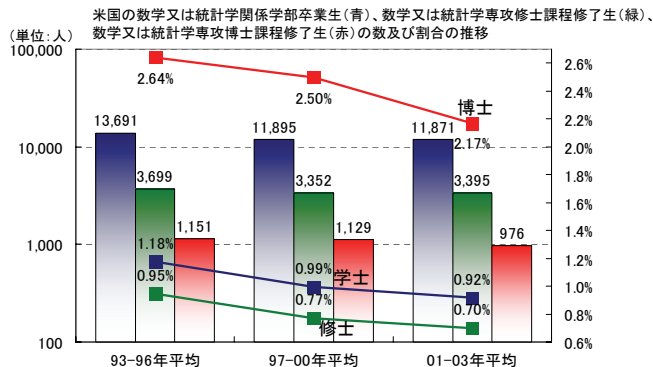
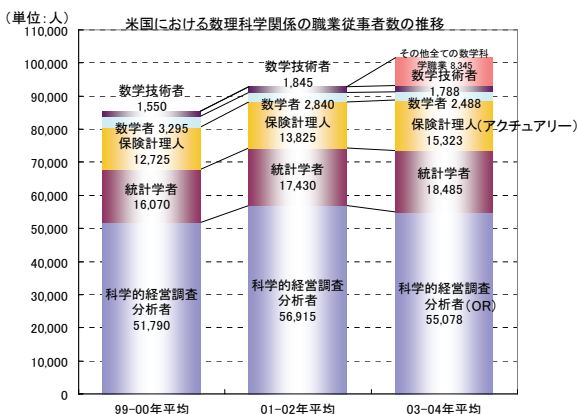
○ 数学研究を取り巻く状況や分野融合研究の必要性などについて80年代初頭から検討が始められ、98年には下記内容の世界的に有名な**オドム・レポート**(全米研究会議)がとりまとめられた。

- ・米国数学の状況は旧ソ連など外国出身の研究者に依存しており脆く、数学研究資金は不足。
- ・学術数学と大学外における数学研究や他分野との連結は不十分。
- ・極度に複雑な未来の科学的問題には、数学モデル、シミュレーション、視覚化等の導入が必要。
- ・資金配分機関が分野融合活動を認識し、それに資金援助を行うことが必要。加えて分野融合の遂行には長い時間が必要。

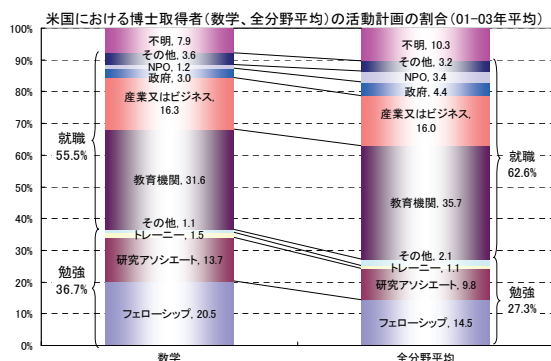
○ それ以降、NSFの数理科学研究予算は急速に増加(97-06年平均で年間増加率10%)し、インフラ(基盤経費)や研究所経費、融合分野の研究費などが増加(右上図)。また、現在でもDOEが**マルチスケール数学に関する国家プロジェクト**(05年度から、約24億円)を実施するなど、数学研究の振興に対する同国政府の関心は高い。

### 3. 数学研究に関する各国の状況及び政府の取り組み【米国②】

○ 数学研究者数は産業界も含めて**1万人から数万人**と推測(左下図)。一方、同国で確認された**数学研究組織数(25)**はフランス(31)より少ないが、これは産業界で数学研究者が多くの業種に広がっているように、同国の数学研究者も他分野の研究所などに広がっているためではないかと推測。

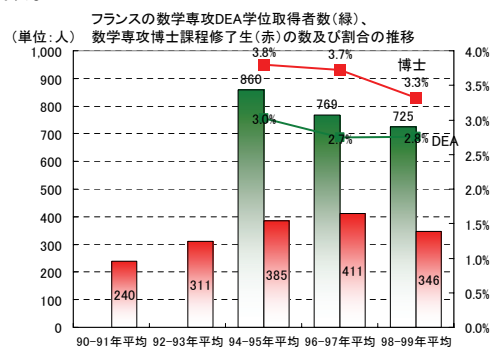
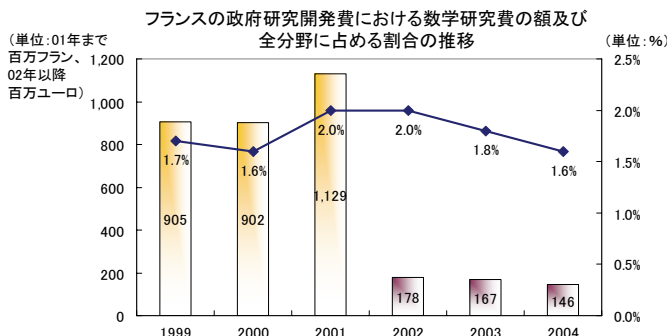


○ 数学博士取得者の就職率は**56%**。全分野平均(63%)との差は主に教育機関で働く割合の差。同国特有の事情として、数学又は統計学博士取得者(約980人、全分野の**2.2%**、右上図)に対する外国人学生の寄与が大きい(約5割)。彼らの8~9割は博士号取得後も同国内に滞在しており、同国の数学研究力の大きな源泉となっていると思われる。



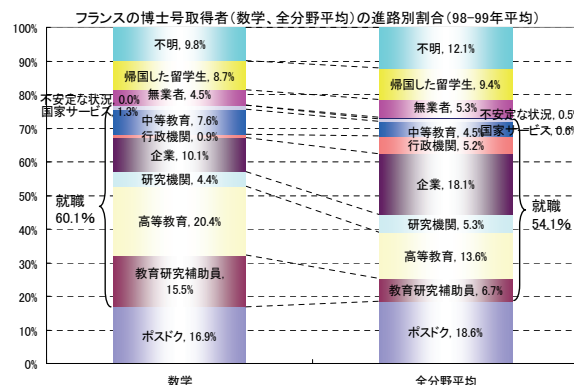
### 3. 数学研究に関する各国の状況及び政府の取り組み【フランス】

○ 政府の数学研究費は**約190億円**(左下図)。同国は全分野に占める数学研究の割合(研究費は**1.6%**、学生数は2.5%)が極めて高いことが特徴。



○ 同国では**31**の数学研究所等が確認され、**学术界に4,000人、産業界に2,000人**の数学研究者が活躍。

○ 数学博士取得者は減少傾向だが、その数は多い(約**350人**、全分野の**3.3%**、右上図)。  
 ・米国ほどではないが、数学博士取得者に対する外国人学生の割合は高く(約3割)、彼らの7~8割は博士取得後もフランスに滞在する模様。  
 ・数学博士取得者の就職率は**60%**と日本(45%)より高い(右図)。

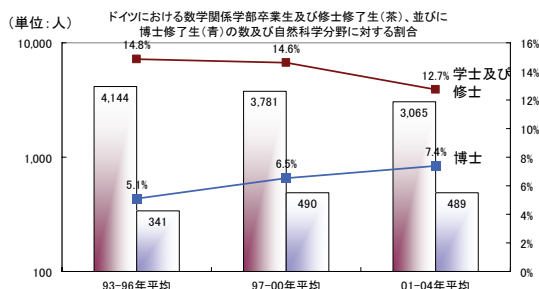
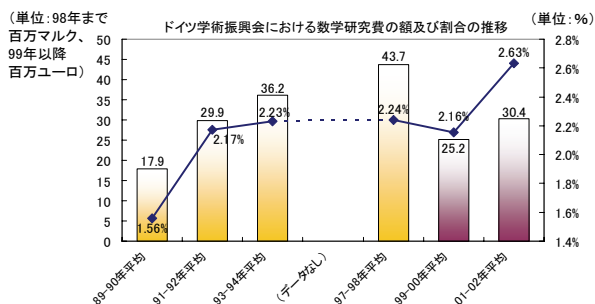


同国では数学研究の意義が広く認められ、社会的地位が高いと推測される。

### 3. 数学研究に関する各国の状況及び政府の取り組み【ドイツ】

○ 政府の数学研究費の全貌は不明だが、ドイツ学術振興会のグラントの数学研究費は**約36億円**。全分野に占める割合は**2.6%**(左下図)。

同国では93年から数学研究に関する国家プログラムが実施されており、現在は第4期の「産業及びサービスのイノベーションのための数学」プログラム(約**13億円**、連邦教育研究省)を実施中。



○ 同国では近年、分野横断や大学と企業との連結強化を目的として、**フ라운ホーファー産業数学研究所**(01年)、**ベルリン工科大学「キーテクノロジーのための数学」研究センター**(02年、連邦教育研究省から年間**約6.5億円**の資金供与)を新設。

○ 同国の大学における数学研究者数は**約4,000人**。数学博士取得者数は**約490人**で増加中であり(右上図)、このうち外国人学生は15%程度である。  
 数学博士取得者数の多さから、数学研究者の社会的な活躍の受け皿が充実している可能性がある。

同国では歴史的に数学研究と産業界との繋がりが強く、現在でもその関係強化に積極的に取り組んでいると思われる。

## 4. 日本における数学研究ニーズに関するアンケート調査結果①

○ 調査方法

科学技術政策研究所における研究開発の動向分析に資するために意見聴取などを行う「専門調査員」(国内の産学官研究者2,017名)に対してWebアンケートを実施。調査期間は05年10月5日～05年10月26日。

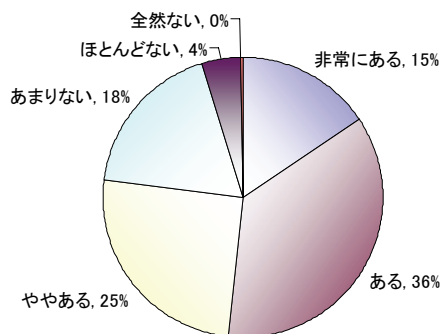
○ 回答者

402名から回答(回答率約20%)。回答者の専門分野や所属機関の特定カテゴリーへの偏りはない。

○ 結果のまとめ

【研究課題と数学との関連】

Q あなたの研究と数学との関わりの程度は？



(結果)

- ・ 回答者の77%が「非常にある」、「ある」又は「ややある」と回答。
- ・ 回答者の専門分野で見ると、情報通信、フロンティアでは高く(90%以上)、ライフサイエンスでは若干低い(76%)ものの、極端に低い分野はない模様。

## 4. 日本における数学研究ニーズに関するアンケート調査結果②

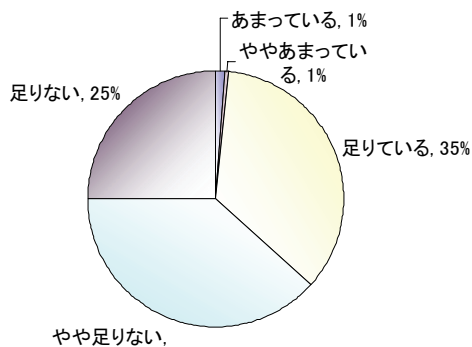
○ 結果のまとめ(続き)

【「数学をバックグラウンドに持つ者」の充足感】

Q あなたの研究チームに数学をバックグラウンドに持つ人は含まれていますか？

(結果)「はい」26%、「いいえ」74%

Q あなたの専門分野に数学をバックグラウンドに持つ人は必要な数だけ含まれていますか？



(結果)

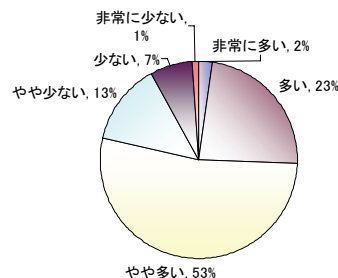
- 回答者の63%が「足りない」又は「やや足りない」と回答。
- 回答者の専門分野で見ると、製造技術や社会基盤では不足感が小さく(約50%)、フロンティアやライフサイエンスでは不足感が大きい(70%以上)。

【欧米における「数学をバックグラウンドに持つ者」について】

Q あなたのライバルとなる欧米の研究チームに数学をバックグラウンドに持つ人は含まれていますか？

(結果)「はい」62%、「いいえ」38%

Q 欧米において、あなたの専門分野では、日本と比較して数学をバックグラウンドに持つ人の数はどうですか？



(結果)

- 回答者の79%が「非常に多い」、「多い」又は「やや多い」と回答。
- 回答者の専門分野で見ると、製造技術や社会基盤では多いと感じる人が比較的少なく(約7割)、エネルギーやナノテク・材料では多いと感じる人が多い(85%以上)。

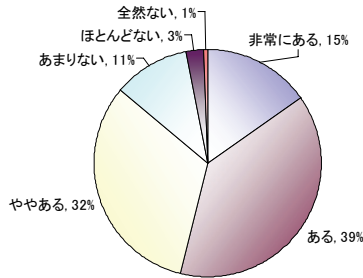
### 4. 日本における数学研究ニーズに関するアンケート調査結果③

○ 結果のまとめ(続き)

**【「数学をバックグラウンドに持つ者」の将来的な必要性】**

Q 将来的にあなたの研究チームに数学をバックグラウンドに持つ人は必要ですか？  
(結果)「はい」65%、「いいえ」35%

Q 将来的にあなたの専門分野において数学をバックグラウンドに持つ人の必要性はどうか？



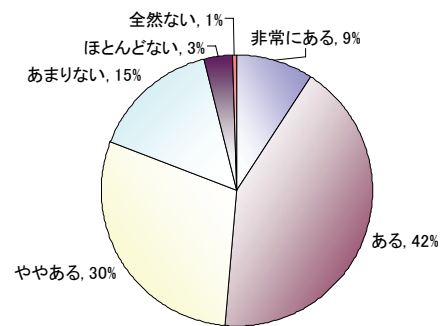
(結果)

- 回答者の86%が「非常にある」、「ある」又は「ややある」と回答。
- 回答者の専門分野で見ると、製造技術や社会基盤ではあると感じる人が比較的少なく(ともに82%)、エネルギーやフロンティアではあると感じる人が多い(ともに91%)が、専門分野間の差は小さい(10%以内)。

**【研究課題や専門分野への数学の貢献に対する期待度】**

Q あなたの研究において数学の貢献を期待したい課題がありますか？  
(結果)「はい」63%、「いいえ」37%

Q あなたの専門分野において数学の貢献を期待したい課題をどの程度ありますか？



(結果)

- 回答者の81%が「非常にある」、「ある」又は「ややある」と回答。
- 回答者の専門分野で見ると、製造技術ではあると感じる人が比較的少なく(63%)、フロンティアではあると感じる人が多い(94%)。

### 4. 日本における数学研究ニーズに関するアンケート調査結果④

○ 結果のまとめ(続き)

・ その他数学に関連する主な意見

- ～ 基礎科学としての数学の重要性を認識することが必要
  - ・ 短絡的に数学の有用性や経済性のみを考えないで数学を推進すべき
  - ・ 応用数学の基盤として純粋数学も必要
- ～ より多くの数学研究者が応用分野や実学に興味をもって欲しい
- ～ 応用分野や実学に取り組む数学研究者の育成が必要
- ～ 数学研究者と他分野研究者が交流する場が必要
- ～ 数学以外の分野を専攻する大学生に対する数学教育の改善と充実が必要
- ～ 初等・中等教育における数学教育の改善が必要

## 4. 日本における数学研究ニーズに関するアンケート調査結果⑤

## ○ 結果のまとめ(続き)

- ・ 回答者が数学の貢献を期待する具体的な課題の例

## 【ライフサイエンス分野】

癌遺伝子の情報伝達系の数理モデル、大脳皮質・海馬系等での大域ダイナミクスの研究、新しい逆問題解法からの生体内部の断層画像、生体内代謝経路の数式化、バイオインフォマティクスなど70課題

## 【情報通信分野】

通信トラフィック(予測・理論)、電磁界問題に対するウェーブレット解析、ヒルベルト変換を用いた新しい変調技術、暗号化技術、光導波路回路の設計、量子情報理論、学習アルゴリズムの開発など63課題

## 【環境分野】

空間的・時間的変動を含む海洋環境の支配要因の多重連関分析、循環型社会の形成の数学モデル化、乱流及び乱流燃焼の統計理論、環境予測モデルにおける数値解析など35課題

## 【ナノテクノロジー・材料分野】

材料の組織構造のトポロジーと物性との相関の数学的解析、ナノデバイスに最適な非ノイマン型情報処理アルゴリズム、ナノ構造の物性解析、一高分子ダイナミクス、超伝導デバイス設計など38課題

【エネルギー分野】 核融合プラズマ挙動の理論解析、確率論的安全評価など30課題

【製造技術分野】 複雑生産計画の最適化評価、技術が市場を拓く大きさや方向の数式化など18課題

【社会基盤分野】 地盤の接触構造の数式化、科学技術活動の計量分析など17課題

【フロンティア分野】 空力弾性システムに対する幾何多元環による数学モデル構築など31課題

15

## 5. 結論

**1. 日本の数学研究を取り巻く状況**

- (1) 日本の数学研究費に関する状況は米国、フランス、ドイツと比べて最も厳しい模様
- (2) 日本の数学博士取得者数は米国、フランス、ドイツと比べて少ない模様
- (3) 米国などでは数学研究者が産業でも活躍している(日本は少ない?)

**2. 数学研究の強力な振興の必要性**

- (1) 数学-他分野融合研究から得られる社会的利益は巨大であると推測され、日本でも数学-他分野融合研究を振興すべき。また、基礎となる数学自体の振興も必要
- (2) 「モノや構造を支配する原理を見出す」観点から、数学によるイノベーションへの寄与の可能性があり、数学と産業、数学と他分野との共同研究実施に向けた検討や体制整備が必要
- (3) 他国による数学研究成果に「タダ乗り」することはできない。広範な研究開発分野を振興している日本にとって、数学研究は他分野の発展にも必要

**3. 日本の数学研究と科学技術振興のためにとるべき喫緊の対策の提案**

## (1) 施策の提案

- ① 基礎的な数学研究を強力に振興するための政府研究資金の拡充
- ② 数学と他分野との分野融合研究を推進するため、数学-他分野融合研究の推進拠点の構築
- ③ 数学研究者と産業界との相互理解の促進、共同研究の実施について具体的な検討の実施

## (2) 数学研究振興における留意点

- ① 数学研究者の研究時間の確保と活発な意見交換のための場の確保
- ② 数学研究においては図書や文献の量及び質が重要な意味を持つことの認識
- ③ 基礎的な数学研究から短期間に具体的な効果を求める性急さを避けること