

# ドイツにおける数学と産業界との 連携研究の状況

2012年7月24日

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」研究総括

東北大学原子分子材料科学高等研究機構 教授

西浦廉政

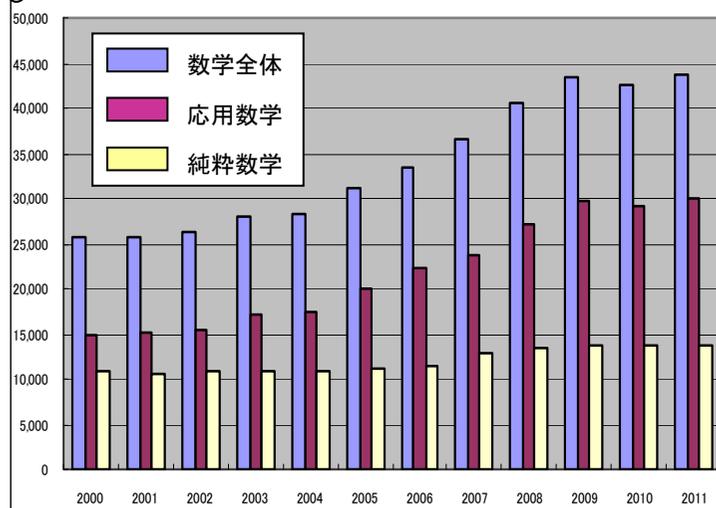
# 目次

- 2000年以降の数学論文数 国際比較
- ドイツの研究体制
- 日独の数学関連施策
- ドイツ連邦政府の取組
- ドイツの産学連携の数学研究組織
- ドイツの数学連携拠点の研究成果例

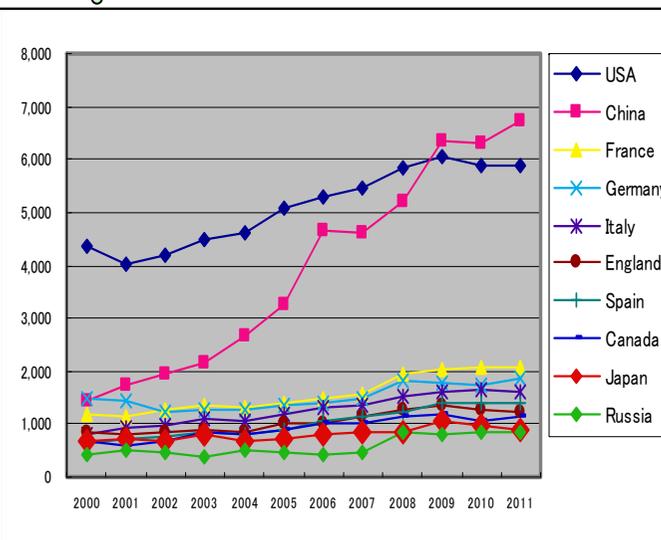
# 2000年以降の数学論文数 国際比較

(トムソンロイター-Web of Scienceより作成)

数学全体、応用数学※、純粋数学  
の論文数推移



応用数学論文数 国別比較



応用数学論文 増加率

	2000		2011	増加率
米国	4,340	...	5,875	35%
中国	1,446	...	6,727	365%
フランス	1,173	...	2,079	77%
ドイツ	1,478	...	1,857	26%
イタリア	823	...	1,624	97%
英国	833	...	1,224	47%
スペイン	618	...	1,378	123%
カナダ	677	...	1,130	67%
日本	686	...	890	30%
ロシア	409	...	832	103%

※応用数学・・・応用数学、学際応用数学、確率・統計

- 2000年以降、10年間で世界の数学論文の総数は、ほぼ倍増
- 世界の**純粋**数学の論文総数は、**25%増**
- 世界の**応用**数学の論文総数は、**102%増**
- 応用数学の論文数は、**2009年に中国が米国を抜き1位(365%増)**
- 日本**の応用数学論文数は**30%増**にとどまり、**世界に大幅な遅れ**

# ドイツの研究体制 (大学は除く)

- 4つの研究協会とその役割分担
  - マックス・プランク協会 (MPG: 基礎研究)
  - フラウンホーファー協会 (FhG: 応用研究)
  - ライプニッツ協会 (WGL: 人文科学、EU等のプロジェクト研究)
  - ヘルムホルツ協会 (大型研究施設)
- Funding Agency
  - ドイツ研究振興協会 (DFG: 基礎研究)
  - ドイツ学術交流会 (DAAD: ドイツ人研究者の留学や研究滞在を支援)
  - フンボルト財団 (AvH: ドイツ国内の外国人研究者を助成。科学技術外交の一環として、ドイツ外務省が所管。卒業者はHumboldtianと呼ばれ、世界中に同窓ネットワークを構築)

# 日独の数学関連施策

## 日本

- 科学研究費補助金 約20億円
- 戦略創造 (CREST2008~2014、さきがけ2007~2012)
- GCOE (2007-2012: 東大、京大、九大・神大、明大・広大)
- 文科省数学連携プログラム(WS開催等) 0.2億円

## ドイツ

- DFGの数学関連予算(FY2011) 60Mユーロ
- ※DFG予算23億ユーロの内、2, 5%が数学予算。純粋数学と応用数学の比率は予め決まっていない。  
(内訳の一部)
- DFG Research Center “Matheon” 5 Mユーロ
  - DFG Collaborative Research Center(数学関係で2大学) 2.5 x2 Mユーロ
- BMBFの連携WS開催経費(数学に限らず) 3.5Mユーロ
  - (参考)BMBFの数学産学連携プロジェクト 10Mユーロ
- Mathematics for Innovation in Industry and Service ( 1993-2007 )*

# BMBF(ドイツ教育研究省)の取組

- 数学は他の学問(discipline)と比べ特殊であると認識
- 20年前のドイツにおいても、数学は孤立していた
- 数学は様々な学問領域をつなぐものとして(math for bridging disciplines)として、数学を(アカデミアや社会の中で)visibleにする必要があった。



- (研究戦略)1993-2007年「Mathematics for Innovation in Industry and Service」€10M×3年間×4期
- (研究戦略)若手研究者向け異分野連携のファンド。€5万×68グラント×3年間。分野間のギャップを埋めるWS開催などに使用。分野は数学に限定せず。

# BMBF(ドイツ教育研究省)の取組

- (教育戦略)連邦制のため関与の余地は少ない。アカデミアのポストも少ない。キャリア教育も兼ね、大学院生やポスドクの教育を、産学連携研究の中で実施。
- (広報戦略)2008年に国を挙げて数学年「Year of Mathematics」として大々的に広報宣伝活動。様々なイベント実施(高校卒業生用の数学本の発行、各学校の最優秀生徒への贈呈、数学コンテスト、博物館展示、数学映画祭、最優秀数学マンガへの表彰等)  
→大成功。社会的認知、若者の数学へのイメージ変革に成功。予算は10億円。ドイツテレコムがスポンサー。



“Du kannst mehr Mathe, als du denkst” (You know more Maths than you think)

# ドイツの産学連携の数学研究組織

	設立	予算	人員	活動内容
DFG Research Center - Matheon (在伯3大学2研究所 FU Berlin, HU-Berlin, TU-Berlin, WIAS, ZIB)	2002 ~ 2014	交付金 €5.0M 外部資金 €8.8M 産業界 €2.4M 合計 €20.3M	教授 48 ポストドク 66 博士課程 71 合計 230	教育 基礎研究 産学連携
ハイデルベルグ大学 IWR (Interdisciplinary Center for Scientific Computing)	1987 ~	交付金 € 4M 外部資金 (産業界含) €15M 合計(概算) €19M	研究者 580 ポストドク 130 博士課程350 合計 1060	教育 基礎研究 産学連携
フラウンホーファー協会 産業数学研究センター (FhG, ITWM)	1995 ~	交付金 €4.4M 外部資金 €5.2M 産業界 €6.7M 合計 €16.3M	研究者 125 ポストドク 68 インターン 64 Rアシスタント 154 合計 400	受託研究 応用研究

# Matheon(在ベルリン3大学、2研究所)の取組

項目	摘要
組織概要	ベルリン工科大学、ベルリン自由大学、フンボルト大学、ワイエルシュトラス応用解析確率研究所、ツェー研究所の5機関が連携し、プロジェクト研究を行う。
研究分野	数学分野は最適化・離散、数値解析・科学計算、応用統計解析の3つ。専門分野はライフサイエンス、ネットワーク、ものづくり、電子工学デバイス、金融、可視化の六つ。64のプロジェクトが進行中
	六人の教授、一人の若手研究者による委員会が、毎年全プロジェクトを評価する。プロジェクトの20～25%が、毎年入れ替わる。
教育・人財育成	Matheonとは予算的に独立だが、2006年にDFGのExcellence Initiativeに採択され、3大学連携の大学院「Berlin Mathematical School」を設置。純粋数学から応用数学まで幅広く教育している。英語での授業、ビザ取得、保育支援まで行い、外国人や女性の優秀な学生の確保に尽力している。
	二つの研究所研究員が大学教員を兼務することで、学生をリクルート。
産学連携	多くのドイツ企業や地方公共団体と共同研究を実施し成果を上げている。これまでに、10のスピンオフ企業が誕生。
	卒業生との関係性維持にも注力。卒業生からの相談を通じて、産業界の課題を発掘。

# ハイデルベルグ大学の取組

項目	摘要
組織	1987年設置。運営費の80%にあたる約€15Mが外部資金。
研究分野	数学、コンピュータサイエンスの境界領域が研究対象。新しい数学を創り応用するための、長期的な戦略に基づいた基礎数学研究。
	複雑な系に対する解析、モデリング、シミュレーション、最適化や、科学的可視化、ソフトウェア開発、ソフトウェアエンジニアリングまで対象。
	最近は、人文科学との協働研究も行っており、アンコールワットの石垣、シリアの文字の解読などをやっている。
教育・人財育成	2007年にDFGのExcellence Initiativeに採択され、大学院生に数学とコンピュータメソッドを学ばせる教育プログラム「HGS Math Comp: Heidelberg Graduate School of Mathematical and Computational Methods for the Sciences」を開始した。
産学連携	新しい数学的手法は、社会にオープンにすべきだと考えている。個別の契約による共同研究も行うが、Challenge Workshopと呼ばれる広く産業界にオープンな議論の場を設置し、議論を行う。
	卒業生との関係性維持にも注力。卒業生からの相談を通じて、産業界の課題を発掘。

# フラウンホーファー協会 産業数学研究所 (ITWM) の取組

項目	摘要
組織	1995年設置。予算は40%産業界、30%外部資金、30%運営費交付金。フラウンホーファー協会傘下にある60以上の研究所で一番の成長率。
	ITWMの成功をうけて、スウェーデンにITWMの支所を設置、ブレーメンには新しく医薬系に特化した数学研究所が設置された。
研究分野	既存の数学を利用して、産業界の課題を解決する。少しでも効率化すればよいというスタンスで、数学的手法にはこだわらない。数学以外にも、物理や生物の専門家も雇用。
教育・人財育成	研究員がカイザースラウテルン大学の教員を兼務することで、学生をリクルート。数学出身に限らず、随時インターンシップを受け入れ。
	大学より高い給与だが、厳密な人事評価。ポスドククラスで55千ユーロ+ボーナス10千ユーロ。
	高校生対象の数学モデリングコンテストを実施。優秀な高校生が大学進学後に奨学金月額€500を支給。イタリアやオランダでも開催。
産学連携	大企業にこだわらず、150社以上の顧客から受託研究。

# ドイツの数学連携拠点の研究成果例

概要	大手自動車会社から、産業ロボットの制御に関する依頼 (長いケーブルが絡まないための動きをリアルタイムで計算したい)
問題点	従来の計算方法は <b>1時間</b> かかっていた。
数学の貢献	<b>離散微分幾何学</b> を使って、 <b>1秒</b> で答えを出す。
概要	宝石加工会社より、各々が全く異なる形状の原石から、廃棄量を最小化しつつ宝石として価値の高い形にカット&研磨したい
問題点	4次元の(縦、横、高さ、カットの順番)に <b>無数の組合せ</b> が存在
数学の貢献	<b>半無限計画法</b> 等を用いて、 <b>最適解</b> を出す ソフトウェアと加工機械をセットで開発 <b>廃棄率60%から30%へ半減、加工精度が10倍向上</b> インドへの外注をやめ、ドイツ国内で加工(雇用創出)

(左)加工前の原石

(中)カットする順番も重要

(右)宝石に必要な高精度の研磨

