



## 6. 拠点形成の目的

数学は、科学を支えるインフラであり、科学（主に自然科学）から提起された問題を解決する手段として存在し、科学を通じて間接的に現実社会への貢献を行っていた。しかし、コンピュータの発達により、数学の理論に基づく新しい手法が直接、現実の世界や実際の技術に応用されるようになった。その例として、符号、暗号、乱数、数値計算、準乱数、最適化法などが挙げられる。また、ファイナンス・金融技術における確率解析のように、モデルを記述する道具として高度な数学が用いられるようになった例もある。その結果、善し悪しは別として、数学的な内容を基本とした特許が認められるまでに至っている。このように社会における応用に密着した数学応用の研究の必要性が高まっている。新しい数学や応用を生み出すためには、広い視野を持つ数学・数理科学の研究者・技術者を長期的観点にたって育成することが重要である。

しかし、現実には、社会における問題を、数学の研究対象となる形にまでもっていくのは容易ではなく、このことが、数学研究者と他分野の科学者、技術者、実務に携わる人たちの協力・研究交流を妨げる原因となっている。これを克服するためには、しっかりとした数学研究を行うと同時に、数学と応用の間が太いパイプでつながれた、数学の研究教育拠点を形成することが重要である。このような拠点から、将来、数学応用について大きな成果が生まれることが期待できる。

本拠点では、数学の社会への応用の可能性を探ると同時に、応用の視点から新しい数学の分野を生み出すことを目的とし、数学と応用の接合を組織的に行う。数学の理論が創成されてから応用されるまでには、10年、20年以上掛かることは珍しくなく、場合によっては100年以上という長い年月がかかることも少なくない。さらに、応用に役立った数学の理論も、必ずしも応用を目的として作られたものではなく、純粋に数学概念の思想的追求の結果であったことが多い。ファイナンスにおける確率解析、符号・暗号や乱数における整数論などの例からもわかるように、まず純粋に数学として深い進化を遂げた理論の方が、より大きく応用に

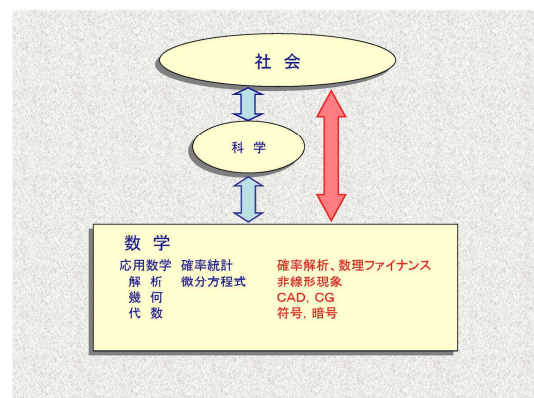
貢献してきたといっても過言ではない。数学の研究は、数学は本来1つのものであるという観点の下、分野にとられることなく、また応用にすぐに役に立つかどうかということあまり意識することなく、自由な雰囲気の下で行われるべきで、それが真に大きな数学の応用を生み出す。

しかし、その一方で、既に応用が見いだされている、あるいは見いだされる可能性のある分野では、応用を意識した数学・数理科学の研究も必要である。数学と応用、両者のバランスのとれた研究教育拠点を形成することが大きな目的である。

本拠点のカバーする分野は広い意味での数学、則ち数学全般（整数論、表現論、代数幾何、微分幾何、位相幾何、関数解析、偏微分方程式論、確率論、統計学など）及び社会における応用に密着した数理科学の分野である（なお、後者について、連携客員講座の経験もあり、既に実績のある分野である数理ファイナンス・アクチュアリ -、暗号・符号理論、非線形現象数理、画像・数式処理の分野を当初、想定していた）。しかし、より広い応用を目指して新しい研究分野の開拓にも力を注いでいく。

拠点の研究活動は教育カリキュラムにも反映させ、純粋数学の研究者の育成を従来以上に効率化させると共に、数学の深い知識・理解と応用のセンスをもった、科学・技術へ数学を応用させていく研究者を育成していく。

さらに日本の国際社会における役割を見据えた国際的な数理科学の拠点としての役割を担っていく。



## 7. 研究実施計画

本研究拠点には数学応用インターフェイス基地（以下基地と呼ぶ）及び数学研究のための3研究部門（構造、非線形、大域）から構成される。基地には、戦略本部を置き、COEプログラム全体の統括、企画・立案を行う。戦略本部には研究科外部の人（民間企業の人を含む）も委員と参加して頂き、広い視野の下でCOEプログラムを運営していく。戦略本部の下に、研究班をいくつか置き、日本では数学サイドからの参入が充分でない、まだ数理学として十分定着していない数学応用の分野についての研究を、戦略本部から一定の独立性を保って実施していく（実際に立ち上がった研究班は3つで、その研究分野は、数理ファイナンス・アクチュアリ、非線形現象数理、統計解析・統計計算であった）。戦略本部は、新研究班の立ち上げ、既設研究班の評価、廃止の決定も行っていく。このような方式で、5年間に、研究班の研究分野を、必要に応じて柔軟に改変していく。また、戦略本部では教育プログラムの新しい可能性も探っていく。

3研究部門の研究分野は以下のようものである。

構造部門：整数論、代数幾何、表現論（リー環論を含む）など

非線形部門：微分方程式、関数解析、確率解析など

大域部門：微分幾何、位相幾何、複素解析、力学系など

3研究部門は特に数学研究の活性化を目的として活動を行う。研究部門と研究班は独立なものではなく、むしろ、複数の研究部門から研究班に研究協力者として参加してもらうことを想定している。

研究班・研究部門は研究のために、日常の研究の他に、以下のような活動を行う。

- 1) 研究班・研究部門ではそれぞれ国際共同研究を行っていく。長期共同研究のために研究拠点形成教官を招聘する。短期共同研究のために外国人研究者を招聘する。長期に滞在する研究者には若手研究者育成のための教育にも協力していただく。
- 2) 定期的にセミナーを開く。セミナーは学外の人参加もできる開かれたものとする。
- 3) 数学の研究においては大きな実験設備などは不要であるが、多くの研究者が関連した問題を独

自の視点で研究していくことが重要である。そのために、若手研究者の育成も目的として、研究拠点形成研究員を研究班・研究部門に配置し研究を行う。また、研究補助者として、研究拠点形成アシスタントも配置する。

4) 毎年1つ又は2つの研究課題分野に関して国際研究集会、国際ワークショップを開催する。このため外国人研究者を招聘する。本研究科は情報ネットワーク基盤が充実しているので、国際研究集会などでの講演はインターネットで世界に同時発信すると共に、アーカイブとして保存していく。

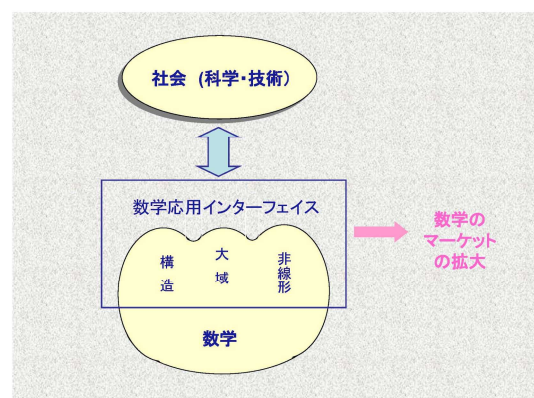
5) 海外、国内の研究者による集中講義を中心とした短期間のスクールを開催する。スクールは基本的にすべての人に開かれたものとする。これにより新しい理論を体系だって学ぶことができ、研究そのものの推進とともに若手研究者養成に大きな効果が期待される。このために外国人研究者を招聘する。

6) 必要に応じて若手の研究員を海外の主要な数学・数理学研究機関に派遣し、その機関の研究者と共同研究を行う。

7) 本プログラムのために事務室を研究科内に確保し、事務・技術補佐員をおく。

8) 研究成果はインターネットや印刷物により速やかに世界に発信する。

9) 社会人・一般研究者・学校教員などを対象とした啓蒙的な公開セミナーを開催する。



## 8. 教育実施計画

本プログラムでは若手研究者育成にも力点を置いている。大学院数理科学研究科で行われている現在の数学教育カリキュラムを強化・補完する形で教育活動を行っていく。

研究活動の中心であるセミナー、研究者向けのスクールを教育活動のためにも利用していく。また、従来あまり行われてこなかった事例研究型の演習を研究活動と平行して試行していきたい。その成果は将来、大学院数理科学研究科の教育カリキュラムに反映させていく。具体的な取り組みは以下のようなものである。

### 1. スクール・セミナーを通じた教育

毎年、集中講義形式のスクールを開校するが、これは学外の研究者、大学院生も参加できる開かれたものとする。また、研究拠点形成教官には講義を開講してもらおう。このようにして最先端の研究についての教育を行う。

各研究班・研究部門は定期的にセミナーを行うが、これも開かれたものにし、学外の研究者、大学院生も参加できるようにする。

### 2. 若手研究者の育成

本プログラムでは数学研究・応用数学研究が一つの場で行われるが、そこに多くのポスドクを研究拠点形成研究員として研究に参加させることで、広い視野を持った若手研究者の養成を行う。また、海外の主要な数学・数理科学研究機関に研究員を派遣し、その機関の研究者と共同研究を行うことで、研究者を鍛錬していく。

### 3. 数学応用の事例研究演習の試行

数学を応用して現実の問題を解いていくことのできる人材を育成することは、これまでも行ってきた。しかし、数学の応用においては、現実の問題を数学的に定式化しなければならない。すなわち、数学モデルを構築し、解の概念を定義し、問題を解き、それから現実の問題への解答を導く必要がある。これは従来の講義方式の教育では身に付きにくいものであった。

大学院生は、研究班のセミナーに参加し、研究の過程を間近にみることで、具体的な課題が与えられたとき、それがどのように数学的な問

題に定式化されて解かれていき、その結果から課題に対してどのような形で現実的な解答が形成されていくかを知ることができる。さらに、研究拠点形成アシスタントとして研究に参加することで、数学応用の実体験をすることになる。

大学院教育においても、数学応用の模擬体験が重要と考えられる。これが、上でいう事例研究型の演習教育である。本プログラムにおける数学応用研究の過程において、演習教育に有効な応用研究事例を積み上げていく。また、演習も試行していく。

### 4. 学部教育・教養課程教育への反映

数学応用においては数学の深い知識が必要ではあるが、上記の事例研究型演習の中で、学部教育、教養課程教育で利用可能なものがあれば利用していく。

### 5. 社会への啓蒙活動

社会人・一般研究者・学校教員などを対象とした啓蒙的な公開セミナーを開催し、数学研究・数学教育に対する社会の関心を高め、IT時代における数理科学の役割を果たしていく。

## 9. 研究教育拠点形成活動実績

### 目的の達成状況

#### 1) 世界最高水準の研究教育拠点形成計画全体の目的達成度

下記に述べるよう多くのRA・ポスドクを採用し、論文が大量に生産されるなど若手研究者育成において大きな成果が上がった、また、各研究班、研究分野において大きな研究成果を得た。さらに、国際集会の開催やビデオアーカイブの充実などにより国内外への発信を行ってきた。これらの点により本拠点形成計画は想定以上の成果を挙げたと判断する。

#### 2) 人材育成面での成果と拠点形成への寄与

非線形現象研究班の研究員であった土谷洋平氏（15～17年度RA、現大原大学院大学助教）と金井政宏氏（16年度RA、18,19年度ポスドク、現東大特任研究員）の二人は、特別なしかし現実的な交通流の方程式が可積分系となることを見だし、厳密解を導出した。二人はこの結果により2007年度JPSJ Papers of Editor's Choice（日本物理学会）に選ばれた。その成果は科学新聞(2007.8.24)の第1面に掲載された。また柳下浩紀（17年度ポスドク、現京都産業大学講師）が2005年度日本数学会建部賢弘賞特別賞を受賞、緒方芳子（16年度ポスドク、現九州大学助教）、逆井卓也（15,16年度RA、19年度ポスドク、現東京工業大学ポスドク）が2007年度日本数学会建部賢弘賞奨励賞を受賞するなどRA・ポスドクだった人たちの研究が目に見える形で評価されている。

毎年、多くのRA・ポスドクを採用した。ポスドクに関しては平成16年度より公募による採用を行った。ポスドク・RAには毎年年次報告書の提出を義務づけ、研究内容・成果、発表論文等について記述させると共に、教育活動等の研究以外の活動も報告させた。また、ポスドクに対しては、教育経験を積むこともねらいとして専門的なセミナーを開講するように求めた。その状況を示す統計が下記の資料1, 2であるが、ポスドクは平均1本以上、RAは0.3本以上の論文を欧文の専門雑誌に発表している。このように多くの若手研究者が育った。

#### <資料1：ポスドクの採用状況・活動状況>

年度	15	16	17	18	19	総計
応募者数	公募せず	64	49	65	82	
採用数	18	21	30	37	36	142
発表論文総数	21	19	22	40	46	148
プレプリント総数	13	19	23	23	32	110
口頭発表総数	43	65	73	101	113	395
セミナー開講数	7	8	22	17	9	63

#### <資料2：RAの採用状況・活動状況>

年度	15	16	17	18	19	総計
採用数	46	44	34	35	28	187
発表論文総数	17	22	13	5	11	68
プレプリント総数	16	14	15	20	22	87
口頭発表総数	77	86	66	86	64	379

ポスドクは計88名の人を採用したが、その後の進路は以下の資料3の通りである。既に1/3近くに当たる25名が大学教員となっており、研究者育成に貢献した。

また、ポスドクによるセミナー開講をはじめとするポスドクによる研究教育活動は数理学研究科全体に大きな刺激を与えた。多人数のポスドクの存在は研究科への活気を与え、研究教育面のみならず様々な形で研究教育拠点に大きく寄与した。

<資料3：ポスドクのその後の進路>

	大学教員	学振 ポスドク	その他 ポスドク	外国大学 教員	民間企業 就職	その他	計
人数	25	8	26	8	8	13	88

3) 研究活動面での新たな分野の創成や、学術的知見等

ファイナンス・アクチュアリー研究班においては、デリバティブ価格の数値計算手法として、マリアバン解析とリー環の理論を用いた拡散過程の期待値の新しい近似方法が開発され、理論的研究により理論的有効性が示されると同時に、実務で使いやすいアルゴリズムの開発が行われた。また、市場リスクの計量化に関して、法則不変なリスク尺度及び多期間リスク尺度の研究を行い、多期間リスク尺度のある種の標準形を与えた。また、同分布を持つ独立率確率変数の和に関する古典的な定理である中心極限定理の新しいタイプの精密化定理が発見された。統計解析計算班では観測時刻列が異なる2つの確率過程の共分散の推定（非同期共分散推定）について新しい推定量が、研究班リーダーの吉田教授と林氏（15,16年度 COE 特任助教授、現慶応大学准教授）により発見された。これは林・吉田推定量と現在呼ばれ、株価過程などのマイクロストラクチャーの研究に用いられ始めている。非線形現象研究班では時弘教授の下で、先に述べた交通流の研究、可積分系の研究、超離散化の研究などが行われ大きな成果を挙げた。

非線形部門では、非線形偏微分方程式・非線形モデルに関して様々な研究成果が得られた。なかでも新井仁之教授は視覚の研究に適した新しいウェーブレットフレーム・フレームレットの研究及び大脳皮質のV1野における視覚情報処理のアルゴリズムの研究を行い、その部分の非線形数理モデルを開発した。なお、この「視覚の非線形モデルと錯視の研究」に対して2008年度文部科学大臣表彰科学技術賞（研究部門）が授与されている。構造部門では齋藤毅教授のPublication Mathematique IHESに掲載されたブロックのコンダクター公式を与える約150ページに及ぶ論文（京都大学加藤和也教授と共著）、川又雄二郎教授の代数多様体上の層の同来圏の研究など大きな研究業績を上げた。大域部門においても、野口教授によるネバリンナ理論とディオファントス近似論との類似性を明らかにした研究、古田教授による安定ホモトピー版 Seiberg-Witten 不変量を定式化しその性質を解明した研究などが行われ大きな研究成果を挙げている。

このように特に数学の応用に関して、非同期共分散推定、視覚の非線形モデル、ファイナンスの問題から生じた確率解析・確率論の新たな展開、など新たな分野の創成がなされると共に、数学に関して多くの学術的知見が得られた。

4) 事業推進担当者相互の有機的連携

拠点の有機的連携を高めるため、研究リーダー、3研究部門リーダー、応用関係の研究班リーダー、研究科長、副研究科長による戦略会議を設置し、ポスドク、RAの採用、予算配分及び拠点の全活動の統括を行った。戦略会議での議論の結果、平成17年度より新研究班として統計解析計算班を立ち上げている。さらに平成17年度より数学応用に関連した研究を行っている（民間企業の研究者2名を含む）大学外部からの委員4名も加わった拡大戦略会議を設置し、毎年1回会議を開催した。会議では外部委員に対して拠点の活動を報告し、組織のあり方や新たな活動の可能性についての提言を頂いた。提言の一つに、学生の数学応用に対する意識を高めるため、数学が実務でどのように使われているか、民間企業等の職に就いている卒業生に体験談を話してもらうのがよいというものがあり、平成18、19年度にそれぞれ6人、5人の卒業生を招き、講演をして頂いた。

#### 5)国際競争力ある大学づくりへの貢献度

数学は国際的なものであり、論文はほぼすべて欧文で発表される。項目 2)の資料 1, 2にあるようにこの5年間でCOEポスドク・RAにより216本の欧文論文が発表されており国際的に通用する人材を数多く育てた。また、項目 3)で述べたように国際的に評価される研究が多く育った。

#### 6)国内外に向けた情報発信

まずホームページを整備しビデオアーカイブを充実することで、研究科で行われた講演や国際会議における講演を国内外で自由に見ることができる体制を構築した。また、5年間に大規模な国際研究集会を4件、中規模な国際研究集会を3件開催した。

#### 7)拠点形成費等補助金の使途について(拠点形成のため効果的に使用されたか)

拠点形成費の大きな部分はCOEポスドク研究員の雇用及びRA経費に当てられ直接経費総額の68.1%を占めている。これにより、多くのポスドク研究員の雇用等が可能となり、若手研究者育成に大きく貢献した、また、ビデオアーカイブの作製整備のための専門スタッフの雇用、7件の国際研究集会や32件の国際共同研究のための外国機関研究者招へいに総額の14.7%を使用した。国際研究集会の会場には研究科内の講義室を用い、会場費には一切支出を行っていない。そのほか、平成18年度にポスドク4名RA1名、平成19年度にポスドク4名RA3名を海外に短期派遣した。このように補助金は効率的に用いられた。

<資料4：補助金の主な使途(単位 千円)>

年度	2003	2004	2005	2006	2007	累計	率(%)
直接経費総額	100,000	110,000	109,500	102,240	100,000	521,740	
ポスドク	40,469	42,450	52,124	57,558	56,995	249,596	47.8
RA経費	22,296	22,412	22,324	20,618	18,201	105,851	20.3
ビデオスタッフ	3,110	7,930	7,848	7,930	7,955	34,773	6.7
外国人招聘旅費	7,989	12,607	7,684	7,082	6,274	41,637	8.0

#### 今後の展望

これまで数学・数学応用の若手研究者育成・研究において大きな成果が上がったが、この拠点を維持発展させるには、21世紀COE補助金で行ってきたRA採用、ポスドク研究員雇用を継続して行くことが重要である。平成20年度は大学本部及び研究科の予算、各教員の科研費などにより、規模は縮小したが何とかRA採用、ポスドク研究員雇用を行うことができた。今後も研究科は競争的資金の獲得に努め、大学本部とも協力して、拠点の維持発展をはかっていく。

#### その他(世界的な研究教育拠点の形成が学内外に与えた影響度)

既に 2)で述べたように、多くの若手研究者が育ち、大学や企業に人材を供給した。また、研究面においても 3)で述べたように、数学及び数学応用において独創的な研究が現れている。このように、研究教育拠点の形成は学外に対して大きな影響を与えた。また、平成17年度より理学部内にアクチュアリー統計プログラムを設置し、数理科学研究科においても平成18年度より統計財務保険特論 ~ という講義系列を設けた。このようにファイナンス、アクチュアリー、統計に関する教育の整備・拡充を行ったが、その結果、他学部・他研究科からの聴講生も増え、この分野の教育における大学の柱の一つとなった。

## 21世紀COEプログラム 平成15年度採択拠点事業結果報告書

機 関 名	東京大学	拠点番号	G 0 5
拠点のプログラム名称	科学技術への数学新展開拠点		
<p>1. 研究活動実績</p> <p>この拠点形成計画に関連した主な発表論文名・著書名【公表】</p> <p>・事業推進担当者（拠点リーダーを含む）が事業実施期間中に既に発表したこの拠点形成計画に関連した主な論文等〔著書、公刊論文、学術雑誌、その他当該プログラムにおいて公刊したもの〕</p> <p>・本拠点形成計画の成果で、ディスカッション・ペーパー、Web等の形式で公開されているものなど速報性のあるもの</p> <p>著者名（全員）、論文名、著書名、学会誌名、巻(号)、最初と最後の頁、発表年（西暦）の順に記入</p> <p>波下線（_____）：拠点からコピーが提出されている論文</p> <p>下線（_____）：拠点を形成する専攻等に所属し、拠点の研究活動に参加している博士課程後期学生</p> <p>[1] T. Hayashi and S. Kusuoka, Consistent estimation of covariation under nonsynchronicity, Stat. Inference Stoch. Process. vol.11, no. 1, 93 -106, 2008.</p> <p>[2] S. Kusuoka and Y. Morimoto, Homogeneous Law Invariant Multiperiod Value Measures and their Limits, J. Math. Sci. Univ Tokyo, 14, 117 -156, 2007.</p> <p>[3] S. Kusuoka, A Remark on Law Invariant Convex Risk Measures, Advances in Mathathematical Economics, 10, 91 -100, 2007.</p> <p>[4] S. Kusuoka, Approximation of expectation of diffusion processes based on Lie algebra and Malliavin calculus, Advances in Math. Economics, 6, . 69 -83, 2004.</p> <p>[5] Y. Shimizu, and N. Yoshida, Estimation of diffusion processes with jumps from discrete observations. Statistical Inference for Stochastic Processes, 9, 227 - 277, 2006.</p> <p>[6] Hayashi, T., Yoshida, N.: On covariance estimation of nonsynchronously observed diffusion processes. Bernoulli, 11, 359 -379, 2005.</p> <p>[7] A. Takahashi, and N. Yoshida, Monte Carlo simulation with asymptotic method, J. Japan Statist. Soc. , 35, 171 -203 , 2005.</p> <p>[8] S. Iwao and T. Tokihiro, "Ultradiscretization of the theta function solution of pd Toda", J. Phys. A 40, 12987 -13021, 2007.</p> <p>[9] M. Kanai, K. Nishinari, and T. Tokihiro, Stochastic optimal velocity model and its long -lived metastability", Phys. Rev. E, 72, 035102 -1 -5, 2005.</p> <p>[10] W. Kunishima, A. Nishiyama, H. Tanaka and T. Tokihiro, Differential equations can create complex cellular automaton patterns, J. Phys. Soc. Jpn., 73, 2033-2036, 2004.</p> <p>[11] S. Isojima, M. Murata, A. Nobe and J. Satsuma, Soliton -anti -soliton collision in the ultradiscrete modified KdV equation, Phys. Lett. A Vol.357, p. 31 -35 (2006).</p> <p>[12] H. Arai and S. Arai, Finite discrete shift -invariant directional filterbanks for visual information processing, I : Construction, Interdisciplinary Inf. Sci., 13, 255 -273, 2007.</p> <p>[13] H. Arai, Achromatic and chromatic visual information processing and discrete wavelets, (invited paper), Frontiers of Computational Science: Proceedings of the International Symposium on Frontiers of Computational Science 2005 (Springer -Verlag), 83 -89, 2007.</p> <p>[14] H. Arai, A nonlinear model of visual information processing based on discrete maximal overlap wavelets, Interdisciplinary Information Sciences, 11, 177 -190, 2005.</p> <p>[15] H. Matano, Blow -up in nonlinear Heat equations with supercritical power nonlinearity. "Perspectives in Nonlinear Partial Differential Equations: In honor of Haïm Brezis", Contemporary Mathematics 446, Amer. Math. Soc., 385 -412, 2007.</p> <p>[16] H. Matano and P. Rabinowitz: On the necessity of gaps, J. Eur. Math. Soc. 8, 355 -373, 2006.</p> <p>[17] R. Monneau and G. S. Weiss, An unstable elliptic free boundary problem. Duke Math. J. 136 no. 2 (2007), 321 -341.</p> <p>[18] Y. Kawahigashi, and R. Longo, Local conformal nets arising from framed vertex operator algebras, Adv. Math., 206, 729 -751, 2006.</p> <p>[19] Nakamura, S., Martinez, A., Sordani, V.: Analytic Smoothing Effect for the Schrödinger</p>			



- Equation with Long Range Perturbation, *Comm. Pure Appl. Math.* 59 1330-1351, 2006.
- [20] T. Oshima, Completely integrable quantum systems associated with classical root systems, *SIGMA*, 3-071, 1-50, 2007.
- [21] V. Alexeev, C. Hacon, and Y. Kawamata, Termination of (many) 4-dimensional log flips, *Invent. Math.*, 168, 433-448, 2007.
- [22] Y. Kawamata, Derived categories of toric varieties, *Michigan Math. J.* 54, 517-535, 2006.
- [23] Y. Kawamata, Log Crepant Birational Maps and Derived Categories, *J. Math. Sci. Univ. Tokyo* 12, 211-231, 2005.
- [24] K. Kato, T. Saito, Ramification theory for varieties over a perfect field, *Annals of Mathematics* 168 No.1 (2008) に掲載予定
- [25] A. Abbes, and T. Saito, The characteristic class and ramification of an  $\ell$ -adic étale sheaf, *Inventiones Mathematicae* 168, 567-612, 2007.
- [26] K. Kato, T. Saito, On the conductor formula of Bloch, *Publications Mathématiques, IHES*, 100, 5-151, 2004.
- [27] H. Boos, M. Jimbo, T. Miwa, F. Smirnov and Y. Takeyama, Hidden Grassmann structure in the XXZ model, *Commun. Math. Phys.*, 272, 263-281, 2007.
- [28] Y. Miyaoka, The orbifold Miyaoka-Yau-Sakai inequality and an effective Bogomolov-McQuillan theorem, *Publ. Res. Inst. Math. Sci.*, 44, 403-415, 2008.
- [29] Y. Miyaoka, Numerical characterizations of hyperquadrics, *Adv. Stud. Pure Mathematics*, 42, 209-235, 2004.
- [30] G. van der Geer and T. Katsura, Note on Tautological classes on moduli of K3 surfaces, *Moscow Math. J.*, 5, 775-779, 2005.
- [31] J. Noguchi, J. Winkelmann and K. Yamanoi, Degeneracy of holomorphic curves into algebraic varieties, *J. Math. Pures Appl.*, 88, 293-306, 2007.
- [32] J. Noguchi and J. Winkelmann, Bounds for curves in abelian varieties, *J. Reine Angew. Math.* 572, 27-47, 2004.
- [33] M. Furuta, Y. Kametani and N. Minami, Nilpotency of the Bauer-Furuta stable homotopy Seiberg-Witten invariants, *Geometry and Topology Monographs* 10, 147-154, 2007.
- [34] M. Furuta, Y. Kametani, H. Matsue and N. Minami, Homotopy theoretical considerations of the Bauer-Furuta stable homotopy Seiberg-Witten Invariants, *Geometry and Topology Monographs*, 10, 155-166. 2007.
- [35] T. Yokoyama and T. Tsuboi, Codimension one minimal foliations and the fundamental groups of leaves, *Annale de l'Institut Fourier* 58 (2008) に掲載予定
- [36] T. Tsuboi, On the group of foliation preserving diffeomorphisms, *Foliations 2005*, Lodz, World Scientific, Singapore, 411-430, 2006.
- [37] T. Kohno, The volume of a hyperbolic simplex and iterated integrals, *Series on Knots and Everything*, 40, 179-188, 2007.
- [38] S. Kamada and Y. Matsumoto, Word representation of cords on a punctured plane, *Topology Appl.*, 146/147, 21-50, (2005)

## 国際会議等の開催状況【公表】

(事業実施期間中に開催した主な国際会議等の開催時期・場所、会議等の名称、参加人数(うち外国人参加者数)、主な招待講演者(3名程度))

[ 1 ] 2004年2月16日～20日、東京大学駒場キャンパス数理科学研究科棟大講義室、  
第1回 COE 国際研究集会 "Arithmetic geometry"、参加人数98名(20名)、主な招待講演者:S. Bloch  
(Chicago Univ.), K. Kato(京都大学), S. Mochiduki (京都大学)

[ 2 ] 2005年2月14日～18日、東京大学駒場キャンパス数理科学研究科棟大講義室、  
第2回 COE 国際研究集会 "Nonlinear integrable systems and their applications"、参加人数87名(20名)、  
主な招待講演者:M. Abowitz (Univ. Colorado), M. Kruskal (Rutgers Univ.), A. Ramani(Ecole  
Polytechnique)

[ 3 ] 2005年7月5日～11日、東京大学駒場キャンパス数理科学研究科棟大講義室、  
第3回 COE 国際研究集会 "Groups, Homotopy and Configuration Spaces"、参加人数約170名(約60  
名)、主な招待講演者: R. Cohen (スタンフォード大学), C. De Concini (ローマ大学), A. Varchenko (ノ  
ースカロライナ大学)

[ 4 ] 2006年10月16日～19日、東京大学駒場キャンパス数理科学研究科棟大講義室、  
第4回 COE 国際研究集会 "Recent Advances and Applications in Nonlinear Science"、参加人数83名(1  
8名)、主な招待講演者: Y. Ueda(はこだて未来), B. Grammatios (Univ. Paris ), J. Hietarinta (Univ.  
Turku)

[ 5 ] 2007年9月10日～14日、東京大学駒場キャンパス数理科学研究科棟大講義室、  
国際研究集会 "Of Ramification and Vanishing Cycles"、参加人数76名(28名)、主な招待講演者:  
M. Kisin (Chicago), A. Abbes (Paris Nord), F. Orgogozo (Ecole Polytech.),

[ 6 ] 2007年11月30日～12月1日、東京大学駒場キャンパス数理科学研究科棟大講義室、  
国際研究集会 "Tokyo-Seoul Conference in Mathematics - Geometry and Topology"、参加人数約50名  
(12名)、主な招待講演者: J. J. Hyun (KIAS), S. W. Taek (Inf. Comm. Univ.), O. J.-Won (KIAS)

[ 7 ] 2008年1月21日～24日、東京大学駒場キャンパス数理科学研究科棟大講義室、  
国際研究集会 "The Fourth East Asian School of Knots and Related Topics"、参加人数143名(47名)、  
主な招待講演者: J. Yao (北京大学), K. H. Ko (韓国科学技術院), J. C. Cha (浦項工科大学)

## 2. 教育活動実績【公表】

博士課程等若手研究者の人材育成プログラムなど特色ある教育取組等についての、各取組の対象（選抜するものであればその方法を含む）、実施時期、具体的内容

(1) 若手研究者がどのような研究をしているかを互いに理解し、研究の融合を深めるためにポスドク研究員及びRAによる研究業績発表会を平成17年度より毎年実施した。

### ポスドク研究員合宿セミナー

ポスドクについては、玉原高原にある東大国際セミナーハウスにおいて合宿形式で発表会を行った。様々な事情により参加できなかった人も多かったが毎年十数名のポスドクが参加した（この集会には参加を原則とし、不参加のものには参加できない理由を述べるように義務づけていた）。なお、この集会には毎回、事業推進担当者2, 3名が参加していた。それぞれのポスドクに対して2時間の研究発表の時間枠をもうけて、まず講演（1時間が原則）をしてもらい、講演中にも随時、質疑応答を行い、最後には研究の発展性・応用への可能性などについて活発な討論を行った。

### ポスドク合宿 開催時期、参加人数

平成17年7月25日～29日 参加者11名（その他JSPSポスドク2名）

平成18年7月31日～8月4日 参加者11名（その他JSPSポスドク1名）

平成19年7月30日～8月3日 参加者11名

### RA研究発表会

RAに対しては9月に1日だけであるがポスターセッション形式による発表会を数理科学研究科棟大講義室前のロビーにおいて実施した。研究成果がまだない博士後期課程1年生などには研究計画について発表することとして、全員参加を義務づけた。毎回、事情のある若干名を除くほぼ全員のCOERAが参加した。発表会は教授会のある日を選び、多くの教員も発表会に参加した。

### RAポスターセッション発表会開催時期、参加人数（RA採用数）

2007年9月7日 22名（34名）

2006年9月8日 27名（35名）

2005年9月9日 21名（28名）

(2) 院生・若手研究者向けのスクールの開催

### 21世紀COE Summer School 2004「アーベル多様体」

標記のスクールを2004年8月24日（火）～8月28日（土）に箱根の静雲荘において開催した。講師はG. van der Geer, B. Moonen（アムステルダム大）、桂利行、宮岡洋一（東京大学）、上野健爾（京都大学）の5名で参加者は23名（教員11名、大学院生12名）であった。

### 21世紀COE Summer School 2006「リスク尺度」

標記のスクールを2006年9月4日（月）～6日（水）に東京大学駒場キャンパス数理科学研究科棟117号室において開催した。講師はF. Delbaen（ETH）、楠岡成雄、梅澤祐二（東京大学）の3名で院生・教員・金融機関関係者約30名が参加した。

21世紀COEプログラム委員会における事後評価結果

(総括評価)

設定された目的は概ね達成された

(コメント)

拠点形成計画全体については、構造・非線形・大域の3研究部門と、「数学応用インターフェイス基地」の下「数理ファイナンス・アクチュアリー」、「非線形現象数理」、「統計解析計算」の3研究班により、数学の社会への応用の可能性を探ると同時に、応用の視点から新しい数学を生み出すという目的は概ね達成されたと評価できる。

人材育成面については、主としてRA（リサーチ・アシスタント）とポスドクの採用を通じて、広い視野を持った多数の人材を養成し、研究者や専門職業人として送り出しており、評価できる。スクールやセミナーを通じての教育を学外にも開放し、また、数学研究・応用数学研究にポスドクなどの若手研究者を参加させ、海外の数学・数理科学研究機関に研究員を派遣してその機関の研究者と共同研究を行わせた。さらには、ポスドクおよびRAには、互いの研究を理解し研究の融合を深める場としての研究業績発表会を義務づけ、視野を広める上で成果をあげており、評価できる。数学の応用に関する事例研究型の演習教育については、興味ある試みであり、継続的に実施することが望まれる。今後の社会において、高度の数理科学的問題解決能力を備えた専門家の活躍が不可欠となると予想されることから、博士後期課程修了者をより多数送り出すべく、数学の社会への応用を更に開拓し、博士後期課程の定員充足に努めることが望まれる。

研究活動面については、ファイナンス・アクチュアリー研究班における拡散過程の期待値の新近似法、統計解析計算班における非同期共分散推定、非線形部門における視覚非線形モデルなどの画期的研究成果をあげ、新分野が創成されるとともに、構造、大域の研究部門でも、引き続き世界的業績があげられており、評価できる。

補助事業終了後の持続的展開については、外部資金などを活用した若手人材育成を継続し、外部に供給するのみならず本拠点自身の強化にも資すれば、更なる発展が期待できる。