

先端研究拠点事業
平成18年度 事業実績報告書

採用年度	平成18年度
種別	拠点形成型
分科細目	数学 代数学
採用番号	18005

平成19年 4月 日

独立行政法人 日本学術振興会理事長 殿

拠点機関代表者・氏名 広島大学長 牟田 泰三

コーディネーター職・氏名 教授・松本 眞

領域・分野	数物系科学
分科細目名(分科細目コード)	数学 代数学(4101)
採用番号	18005
研究交流課題名(和文)	数論幾何・モチーフ理論・ガロア理論の新展開と、その社会的実用
研究交流課題名(英文)	New Developments of Arithmetic Geometry, Motive, Galois Theory, and Their Practical Applications
採用期間	平成18年4月1日～平成20年3月31日(24ヶ月)

《実施組織体制》

日本側

拠点機関名	広島大学
実施組織代表者(職・氏名)	学長・牟田泰三
コーディネーター(職・氏名)	教授・松本 眞
協力機関数	3
参加者数	86名

相手国1

国名	アメリカ
拠点機関名	デューク大学
実施組織代表者(職・氏名)	
コーディネーター(職・氏名)	教授・Richard Hain
協力機関数	0
参加者数	6名

相手国1

国名	イタリア
拠点機関名	パドバ大学
実施組織代表者（職・氏名）	
コーディネーター（職・氏名）	教授・Bruno Chiarellotto
協力機関数	0
参加者数	4名

相手国1

国名	フランス
拠点機関名	パリ11大学Orsay
実施組織代表者（職・氏名）	
コーディネーター（職・氏名）	教授・Jean-Marc Fontaine
協力機関数	1
参加者数	51名

交流目標の達成（見込）状況

平成18年度事業計画における達成目標
達成目標は、

A.

- (1) 広島大学とイタリアパドバ大学による p 進微分方程式の研究
 - (2) 広島大学とデューク大学によるモジュライ空間の基本群の研究
 - (3) 広島大学を中心とする実用数学としての乱数の研究
- といった学術研究を行い、

B. 広島大学、東京大学、京都大学、イタリア、フランスで国際研究集会をそれぞれ開催し、研究拠点間を中心とする協力体制を構築し、

C. 若手研究者の発表を中心とする集会を広島大学で、先端的モチーフ理論の勉強会を東京大学で開催し若手の育成をうながし、

D. 広島大学の数学ジャーナル Hiroshima Mathematical Journal の一層の活性化による学術情報の収集機能強化を図り、

E. これらの連携により、先端的数学の一層の発展と、実用数学との交流を行う先端研究拠点を構築し、日本および海外にその存在を知らしめることであった。

平成18年度事業計画の達成状況

A.

(1) 広島大学都築教授とイタリア側コーディネータ・パドバ大学キアレロット教授は、 p 進微分方程式に関する未解決問題 Dwork 予想を、階数 2 の場合に解決し、論文執筆中である。広島大学木村俊一助教授とフランス ENS アンドレ教授により、モチーフの有限次元性の研究が進み、共著論文が掲載予定となっている。

(2) 広島大学松本教授と米国側コーディネータ・デューク大学ヘイン教授は、写像類群の相対マルセフ完備化へのガロア表現を研究し、最退化曲線に対応する接基点をとった場合の表現が混合テートクリスタリン表現であることや、モノドロミー・ウェイト予想が成立することを示した。論文は現在共同執筆中である。また、マルセフ完備化に関するレクチャーノート (Springer 社から依頼あり) を共同執筆する計画を立てた。

(3) 松本教授は、世界標準化の進む擬似乱数 MT 法の開発者であるが、CPU の並列命令に適合した漸化式を考えるなどの改良により、それを 2 倍以上高速化し、かつ高次元分布性をも改善した SIMD-oriented Mersenne Twister (SFMT) 法を広島大学研究員斎藤睦夫氏と開発し、ホームページ上で公開・配布した。

1/31 日の公開から 3 月 20 日までに国内外からすでに 1000 件におよぶダウンロードがあり、多数の問い合わせがメールにて届いており、反響が大きい。

- B. パドバ大学が中心となり開催した「ホッジ理論」研究集会、フランス・IHES とパリ 11 大学（フランス側コーディネータ・フォンテーヌ教授）が中心となり開催した若手（特にアジア）向け国際研究集会「モチーフ理論」に若手研究者・博士課程学生を中心に計 8 名派遣し、先端的数学に若手がアプローチする機会を作るとともに、拠点間の協力体制を強化した。
また、他予算により、ヘイン教授は東京大学、広島大学を各 1 回ずつ訪問したほか、フォンテーヌ教授はフランス側による旅費の負担のもと、京都大学、広島大学を各一回ずつ訪問した。
ほか、海外からの研究拠点・協力機関からの参加者の来日が合計延べ 10 回あり、研究交流の連携体制が整った。
- C. B にのべた海外への若手の派遣のほか、広島大学、東京大学における国内研究集会において、博士課程学生を含む若手の研究成果の発表、および先端的モチーフ理論の勉強会を行い、暗号理論研究者やホモトピー理論の専門家など、幅広い分野との交流を行った。
- D. Hiroshima Mathematical Journal の電子化を行い、スタイルファイルの作成や Euclid 国際学術論文ネットワークに参加をした。投稿数は前年度とくらべて 50% 程度増加した。
- E. 海外研究拠点との資金協力を通して、学振ならびに本事業についての知名度が上がり、来年度においてもイタリア・フランスで研究集会を開催する予定となった。日本側研究協力者からも若手を中心とする 10 名を超える参加希望者がすでに上がっている。

上記 A(3)に関しては、次のような具体的な波及があった。

本事業により 2007 年 3 月 5 日から 9 日に広島で開催した国際研究集会の招待講演者である研究協力者の東工大・二宮教授は、同集会での松本教授の SFMT に関する講演を聞き、「IBM-東芝-Sony 開発の CPU CELL を使えば、さらなる高速化が望める」と着想し、東京 IBM 研究所に出向いてこの報告を行ったところ、偶然にも、すでに英国 IBM 研究所が SFMT をダウンロードして CELL での速度測定を行いその高速性を高く評価しており、同研究所から東京 IBM 研究所に「CELL 向き SFMT」の開発について問い合わせをよせていた。

今後の共同研究・開発が期待できる。

実施状況

研究交流計画実施にあたる実施体制

米国側コーディネータのデューク大学ヘイン教授は本年度に二度来日し、それぞれ東京大学と広島大学を訪問して来年度の交流予定について打ち合わせを行い、NSF への予算申請を行った。

結果は07年6月ごろ決定の予定。

フランス側コーディネータのパリ第11大学フォンテーヌ教授および協力機関のレンヌ大学ベルテロ教授は06年11月に京都および広島を訪問し、来年度の交流予定についての打ち合わせ・予算の相談を行った。

イタリア側コーディネータのパドバ大学キアレロット教授を、広島大学都築教授は本年度二度訪問し、来年度における交流予定と予算の相談を行った。キアレロット教授の予算申請はMURにより受理された。

他、本事業共催セミナーなどにおいて緊密な研究交流を行った（実施状況の共同研究、セミナー、研究者交流の項目を参照のこと。）

日本側拠点機関における研究交流課題への取り組み（事務支援体制等の観点より）

本事業委託手数料にて、事務処理担当非常勤職員を一名雇用し、広島大学国際部国際企画・連携グループとの緊密な協力のもと、海外からのセミナー参加者をはじめとする多くの事務処理を効率的に行った。同グループは、学術振興会との連絡をスムーズに行い、かつ、「一般の方の視点」による本事業へのコメント・フィードバックを与えることにより、本事業の実施に大いに役立った。

共同研究

本年度当初共同計画は、

1. デューク大学と広島大学を中心とする、ガロア理論とモジュライ空間の幾何の共同研究
 2. パドバ大学と広島大学を中心とする、 p 進微分方程式と数論幾何の共同研究
 3. 広島大学を中心とする、実用数学としての高速多機能擬似乱数の共同研究
- の三つがあった。それぞれについて、次のような成果があがった。

1. 米国コーディネータのデューク大学ヘイン教授は、他予算により二度来日し、本事業共催セミナーで講演する傍ら、セミナー後の週末も利用してコーディネータ広島大学松本教授と深く研究討論を行った。その結果、年度当初共同研究計画のうちの「モジュライ空間の数論的基本群の重みつきマルセフ完備化の構造」について、満足する結果を得ることができた。具体的には、種数が2以上の曲線のモジュライ空間について考えたとき、その数論的基本群の完備化に、位相的基本群の完備化が単射で埋め込まれることを証明した。さらに、種数が1の場合には、これが単射からほど遠いことを示した。証明の手法は、接基点をとったときに、位相的基本群の完備化がガロア表現として混合テイト、かつクリスタリンであることを示すことによる。種数1の場合には、尖点形式の存在による単射性への障害が存在することが示され、あらたに興味深い研究課題を得ることができた。

2. 広島大学都築教授は、本予算により1回、他予算により一回、イタリア側コーディネータパドバ大学キアレロット教授を訪問し、年度当初共同研究計画における p 進微分方程式に関して大きな成果を挙げた。すなわち、有理数体上の代数曲線上の接続の各点における形式解のテーラー係数の p 進的な振る舞い（「対数的増大度」と呼ばれる不変量）の共同研究を行った。具体的には、Dworkにより1970年代に提出された p 進対数的増大度に関する問題をFrobenius作用との双対的な関係を用いて精密化し、階数が2の場合にこの問題を解決した。今後、一般の階数についても同様の手法での解決を試みる。

3. 広島大学松本眞教授、同大学博士課程原本博史氏、同大学非常勤研究員斎藤睦夫氏は、本事業予算により研究成果発表のためドイツを訪問した際に、協力研究者カナダモントリオール大学レキエ教授と研究討論を行い、擬似乱数の新しい高速ジャンプ技法を開発し、共同で論文を執筆して現在投稿中である。メルセンヌツイスターのような大きな状態空間を持つ生成法に対しては、従来実用的な時間で実行できるジャンプ技法は知られていなかったが、多項式環やsliding window algorithmの利用により実用的なジャンプ技法を開発した。レキエ教授は07年3月に他予算により広島大学を訪問し、新しい強力な乱数評価法などの実用数学共同研究プロジェクトを開始したほか、2008年にモントリオール大学で開催予定のモンテカルロ・準モンテカルロ国際会議に関する協力体制について議論した（レキエ教授がオルガナイザーであり、松本教授はオルガナイズ委員となった。）

セミナー

本研究交流計画において、セミナーは協力体制の構築や若手育成において中心的役割を果たすものである。本年度は、イタリア・フランスで各一回、広島大学で二回、協力機関である東京大学・京都大学で各一回、計5回の国際研究集会を科研費・COE 予算などと共同で開催したほか、若手育成に比重を置く国内研究集会を広島大学・東京大学で各一回開催した。この結果、

1. パリ第11大学、パドバ大学、デューク大学の研究者と国内の拠点・協力機関の研究者との研究内容の交流、および人的な交流を活発化させ、来年度においても一層協力体制を強化して研究集会を開催する計画が立てられた。
2. 若手研究者、特に博士課程学生やPDが海外研究集会に参加する機会を持ち、先端的数学理論研究の第一人者と直接交流することにより、国内の交流だけでは得られない多くの知見を得た。また、同年代の研究者との間に研究交流を持つことができた。
3. 乱数、暗号理論、金融工学など、実用に供されている純粋数学について専門家による講演を行い、純粋数学研究者や若手研究者に対し「純粋数学の社会的実用」の例をフィードバックするとともに、将来における数学の新しい実用に向けて研究交流を行った。

研究者交流

本事業の研究成果を、国際研究集会で発表した。特に、実用数学面においては短期間で具体的な成果があがり、並列CPU向け高性能擬似乱数SFMT、高速ジャンプアルゴリズム、ストリーム暗号の高速化などをドイツでの国際研究集会で発表した。この際、博士課程学生原本氏らが英語にて発表し、協力研究者カナダモントリオール大レキエ教授らと討論を行った。純粋数学面においては、4年に一回開催される数学最大の会議「国際数学者会議」(本年度はスペイン)に二名の研究者を派遣し、先端的数学のトレンドを探った。派遣者の報告により、同会議においても「高等純粋数学の実用」は新しい重要なテーマであることがわかり、本事業の先端性を確認することができた。たとえば、フィールズ賞受賞者コンツェビッチ教授による講演は「レンストラアルゴリズムによる、代数的数からそれが満たす代数方程式の計算を、超克するものはあるか」という、実用に着目したものであった。

このほか、東京大学・京都大学・名古屋大学の3協力機関をはじめ、国内での研究交流協力体制を整えるため、国内での研究者交流を行った。

数学研究においては、研究を行ううちに境界線のない研究交流が広がっていくことが多い。これは、研究が多く機器に依存しているような研究分野(たとえば粒子加速器による素粒子研究)と異なり、数学は数学者の頭の中で展開され、また発展に伴い予期しなかった分野との交流が必要になっていく、という数学研究の特性によるものである。日本・米国・イタリア・フランスの研究拠点・協力機関を緊密に連携させつつ、他の多くの機関・研究者を巻き込む形での研究交流が広がっている。