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

１．機関の代表者（学　長）	（大学名）　慶應義塾大学	機関番号	３２６１２
	（ふりがな<ローマ字>）　Anzai　Yuichiro （氏　名）　安西　祐一郎		

２．大学の将来構想

1858年の創立以来、教育・研究・医療・社会貢献等多岐にわたる分野において日本の近代化を進めてきた慶應義塾は、誇りある伝統と実績を生かし、社会のリーダー育成と知的価値の創造を図り、日本と国際社会の未来を先導していくことを使命としている。2001年9月「慶應義塾21世紀グランドデザイン」によって基本方針を明示し、2006年度までの具体的方策として「総合改革プラン 2002～2006」を策定、実施してきた。さらに同改革を引き継ぐとともに、「未来への先導」をテーマとして、2005年10月から10年計画で創立150年記念事業を展開している。

この歴史的な節目を機に、慶應義塾は、教育、研究、医療、学生支援、社会貢献、国際連携、経営など、あらゆる面で、国際社会においてトップレベルの影響力をもつ、世界のリーダーへと飛躍すること、そして、世界のどこにいても自分で考え行動できる「独立して生きる力」と、国際関係を含めて他者と新しい協力関係を築いていくことのできる「協生して生きる力」を兼ね備えたグローバル社会の先導者となる人材の育成を使命として、さまざまな改革に取り組んでいる。

慶應義塾大学のマネジメント体制は、経営最高責任者としての理事長と教学運営責任者としての学長を兼務した塾長のもとで経営、教学等のすべてを統合する体制をとる一方で、その選任が最終的にはすべての卒業生および教職員等の責任に委ねられている、という特徴をもっている。

塾長は、慶應義塾の塾務についてすべての責任を負うとともに、自らを筆頭とするマネジメント体制を整備してリーダーシップを発揮できる立場を与えられている。

このような塾長を中心としたマネジメント体制のもとで、慶應義塾は世界トップレベルの教育研究拠点を形成するべく、世界的教育研究拠点への支援に直結する多くの改革が実行された。たとえば、新たなオーバーヘッドシステムの構築と教育研究支援を含む新しい学内予算措置の仕組みが構築され、研究者が使用できる大学の経常的な教育研究予算及び施設整備予算として、外部研究資金のオーバーヘッド等を充てることとしている。特に、外部組織との共同研究の活性化によって、外部研究資金の導入額は順調に伸びている状況にあり、これら外部資金の間接経費／オーバーヘッドを、研究支援体制の整備や研究施設の充実のために継続的に活用する。また、卒業生からの寄付による基金の一部を、他の基金等とも併せて、学内選考等の手続きを経て基礎研究の研究資金や国外出張等の費用として提供している。

総合的研究の推進・インキュベーション・起業支援・知的財産の蓄積と充実等の受け皿として「総合研究推進機構」を塾長のリーダーシップで創設したことにより、世界的教育研究拠点を形成するにふさわしい組織的な土壌が確立された。同機構には、全学的な教育研究の企画・支援体制のもと密接な連携を取りつつプログラムを推進することが可能なシステムが整っている。また、21世紀ＣＯＥプログラムの成果も踏まえ、３つの新たな大学院研究科を2008年４月に開設し、これらの新組織との連携によって、大学院教育研究機能の一層の充実・強化を図っている。

2006年2月には、「独立と協生」の力を兼ね備えた人間を育成するために「未来先導基金」を設置し、国際体験や先導的プログラムを2007年度までに17件、2008年度は16件のプログラムを実施し、人材の育成に役立てている。さらに、新しい教育研究拠点で活動する研究者や研究支援者のための柔軟な人事制度・給与制度の導入、有期契約教員制度の導入等、合理性と独立性を持った経営システムの実現が図られた。

３．達成状況及び今後の展望

21世紀ＣＯＥプログラムでは、慶應義塾大学から2002・2003両年度あわせて12のプログラムが採択され、大きな成果を挙げている。特にこれらの取組を通じ

1) 博士課程学生の大幅増加
2) 「総合研究推進機構」の設置
3) 各キャンパスの研究センター間の連携
4) 産官学連携のための新しい教育研究の場の設置
5) 新たな大学院/研究科の創設
6) 博士課程学生への支援の充実
7) 新しい教育理念に基づく教育方法の実現
8) 組織･経営システムの改革

等が､いずれも着実に進展して結果を出してきており、

平成19年度からのグローバルＣＯＥプログラムの採択等と相俟ってさらに発展的･継続的に進められている。

博士学位の授与者は、21世紀ＣＯＥプログラム開始前の1998～2001年度の平均約１９０名／年から、開始後の2002～2006年度には約２６０名／年へと、大幅に増加している。また、各拠点のリサーチ・アシスタント（ＲＡ）が多数活躍し、異なる拠点間でのＲＡの意見交換や合同シンポジウムなどを通し、ＲＡの教育が強力に推進された。

慶應義塾大学の受入留学者数も、本21世紀ＣＯＥプログラム開始時（2003年度）の522名に対し、現在（2008年5月）では、934名へと8割程度加したことになる。また、海外の大学等との交流協定締結数も、2003年度の144に対し、現在（2008年1月）では220以上とこちらも五割程度の増加となり、国際交流ならびに国際拠点形成へ向けて着実に力を付けたといえる。

塾長自らが機構長を務める、「総合研究推進機構」のもと、21世紀ＣＯＥプログラム等の大型プログラムを円滑かつ効率的に進めるため、同機構のもとに各プログラムの核となる教育研究センターを設置できる仕組みが整備され、現在は18の拠点が機動的な教育研究活動を実現している。プログラムごとの教育研究拠点を塾長直属の組織に組み入れることで、より機動的かつ柔軟な運営を行うと同時に、事業の継続性を恒常的に持たせることを可能にしている。

また、産官学連携のために設置された「新川崎」及び「鶴岡」の両タウンキャンパスは、21世紀およびグローバルＣＯＥプログラムでも重要な教育研究活動の場となり､特色ある活動を展開している｡その他にも、21世紀ＣＯＥプログラムで活用した、信濃町キャンパスの「総合医科学研究センター」、矢上キャンパスの「先端科学技術研究センター」、湘南藤沢キャンパスの「SFC研究所」等の既存組織の施設・スペースに加えて、創立150年記念事業として、教養教育実践の場である日吉キャンパスには、世代を超えた人々と学生が交流し、先導的な連携をめざす日吉キャンパス「協生館」が2008年8月に竣工する｡学生が多様な社会体験等を研鑽するなど、「協生の力」を育む場をめざす。そして、この施設は､2008年4月に開設した３つの大学院のうちの２つの大学院（システムデザイン・マネジメント研究科、メディアデザイン研究科）と、2009年に新カリキュラムを導入予定の大学院経営管理研究科の拠点となる。また、2009年3月竣工予定の新教育棟では、感動や体験を重視する先導的な教養教育を行い、「独立の力」を育むこととしている。

この他にも、創立150年記念事業として、「未来への先導」、「独立と協生」のコンセプトのもとに、教育研究機能と国際連携の強化を図っていく。さらにその先の将来を確固たるものにする教育研究の未来的基盤を確立する。未来への先導役として、教育面においては、国内外が直面する問題の解決に主導的な役割を果たす総合力を持つリーダーの育成を行う。研究面においては、日本や世界の未来を創る新しい知的価値の創造とその普及を目指す。世界トップレベルの学塾を実現し責任を果たすため、国内のみならず国際社会に影響力と発言力をもつべく、教育研究両面の一層の充実と国際展開を図り、グローバルな情報ネットワークの構築等を進めている。

組織面では、「総合研究推進機構」のもとでプログラムごとに「研究センター」を設置･運営したことで、各取組の独立性、発展性、継続性を確保する。研究者が研究計画を立案し、実施していくための組織的な枠組みを整え、大学の正式な組織とすることで、各種の支援を受けやすくする。

国内外の他大学等との連携も、「総合研究推進機構」のもとで恒常的に支援し、特に国際連携については、「国際連携推進機構」と「デジタルメディア・コンテンツ統合研究機構」（2009年4月より恒常的組織への改組予定）が支援を続ける。

研究費については、全学的な経営改革推進のもとで大学本体の教育研究予算を充実させるとともに、外部組織からの研究資金の導入拡大に引き続き努めることで、十分な資金の確保を図る。また、学内の研究助成制度についてはあり方を見直し、外部資金との補完的な関係を持たせること等により一層の有効活用を図る。

今回終了した拠点は、グローバルＣＯＥプログラムへと発展し、単体あるいは２つの拠点が融合し応募に至った。グローバルＣＯＥプログラムの拠点となり得なかった場合も、この枠組みの中に位置付け、国際的に卓越した教育研究拠点としての活動を続け、人事・財政面を含めて本大学の自主的・恒常的な特色ある組織として確立する。

以上のような支援体制を基盤に、総合研究推進機構長、国際連携推進機構長およびデジタルメディア・コンテンツ統合研究機構長も兼ねる塾長を中心としたマネジメント体制のもとで、国際的な教育研究ネットワークを重視した、世界最高水準かつグローバルな教育研究環境の構築を今後も進展させていく。

様式２
【公表用】

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	慶應義塾大学	学長名	安西　裕一郎	拠点番号	Ｇ２３
１．申請分野	Ｆ〈医学系〉 Ｇ〈数学、物理学、地球科学〉（○印） Ｈ〈機械、土木、建築、その他工学〉 Ｉ〈社会科学〉 Ｊ〈学際、複合、新領域〉				
２．拠点のプログラム名称（英訳名）	統合数理科学：現象解明を通した数学の発展 Integrative Mathematical Sciences: Progress of Mathematics through Phenomena ※副題を添えている場合は、記入して下さい（和文のみ）				
研究分野及びキーワード	〈研究分野: 数学〉(非可換幾何学)(数理解析)(データサイエンス)(離散数学)(実験数理)				
３．専攻等名	理工学研究科基礎理工学専攻数理科学専修・経済学研究科経済学専攻				

４．事業推進担当者　　計　29名

ふりがな〈ローマ字〉 氏　名	所属部局（専攻等）・職名	現在の専門 学位	役割分担 （事業実施期間中の拠点形成計画における分担事項）
（拠点リーダー） Maeda Yoshiaki 前田　吉昭(59)	理工学研究科基礎理工学専攻・教授	微分幾何学・理学博士	拠点リーダー・非可換微分幾何学の構築
Moriyoshi Hitoshi 森吉　仁志(45)	理工学研究科基礎理工学専攻・准教授	トポロジー・Ph.D	非可換多様体の指数定理
Kametani Yukio 亀谷　幸生(43)	理工学研究科基礎理工学専攻・准教授	トポロジー・博士（理学）	4次元多様体とゲージ理論
Ishii Ippei 石井　一平(58)	理工学研究科基礎理工学専攻・准教授	トポロジー・理学博士	3次元多様体と結び目の量子不変量
Kurihara Masato 栗原　将人(47)H17.8.23追加	理工学研究科基礎理工学専攻・教授	整数論・博士（理学）	岩澤理論とp進コホモロジー
Miyazaki Takuya 宮崎　琢也(41)	理工学研究科基礎理工学専攻・准教授	数論・博士（理学）	数論多様体と保形形式理論
Tose Yukinobu 戸瀬　信之(47)	理工学研究科基礎理工学専攻・教授	代数解析・理学博士	代数解析・量子化問題
Ikeda Kaoru 池田　薫　(45)	理工学研究科基礎理工学専攻・教授	無限積分可能系・理学博士	量子積分可能系
Tani Atsushi 谷　温之(61)	理工学研究科基礎理工学専攻・教授	偏微分方程式論・理学博士	「破壊現象」「神経細胞網」のモデル
Shimomura Shun 下村　俊　(55)	理工学研究科基礎理工学専攻・教授	常微分方程式・理学博士	積分可能系とPainlevé方程式
Maejima Makoto 前島　信　(62)	理工学研究科基礎理工学専攻・教授	確率論・工学博士	「マーケット」「神経細胞網」の確率モデル
Tamura Yozo 田村　要造(55)	理工学研究科基礎理工学専攻・准教授	確率論・理学博士	「マーケット」の確率構造
Atsuji Atsushi 厚地　淳　(44)	理工学研究科基礎理工学専攻・教授	確率論・理学博士	複素多様体上の確率論的ダイナミックス
Nakada Hitoshi 仲田　均　(57)	理工学研究科基礎理工学専攻・教授	エルゴード理論・工学博士	数論的離散群のダイナミックス
Ota katsuhiro 太田　克弘(46)	理工学研究科基礎理工学専攻・教授	グラフ理論・理学博士	位相幾何学的グラフ理論
Oda Yoshiaki 小田　芳彰(36)	理工学研究科基礎理工学専攻・専任講師	グラフ理論・博士（理学）	離散数学・計算量理論
Jinbo Masakazu 神保　雅一(56)	理工学研究科基礎理工学専攻・客員教授	組合せ理論・理学博士	「神経細胞網」のネットワークモデル
Tamura Akihisa 田村　明久(47) H17.8.23追加	理工学研究科基礎理工学専攻・教授	組合せ最適化・理学博士	数理経済モデル
Nodera Takashi 野寺　隆　(56)	理工学研究科基礎理工学専攻・教授	数値解析・工学博士	数値計算アルゴリズムの開発
Shibata Ritei 柴田　里程(59)	理工学研究科基礎理工学専攻・教授	データサイエンス・理学博士	データサイエンス基盤
Shimizu Kunio 清水　邦夫(60)	理工学研究科基礎理工学専攻・教授	統計科学・理学博士	データとモデル
Kato Takeshi 加藤　剛　(41)	理工学研究科基礎理工学専攻・専任講師	統計科学・理学博士	データ解析
Maruyama Toru 丸山　徹　(59)	経済学研究科経済学専攻・教授	経済数理・Ph.D	「マーケット」の数理
Iguchi Tatsuo 井口　達雄(40)H18.4.1追加	理工学研究科基礎理工学専攻・准教授	偏微分方程式論・博士（理学）	「破壊現象」における非線形数学解析
Oono Yoshitsugu 大野　克嗣(58)	理工学研究科基礎理工学専攻・客員教授	数理生物学・理学博士	国際研究連携、データによるモデルの検証
Keane Michael キーンマイケル　(68)	理工学研究科基礎理工学専攻・訪問教授	エルゴード理論・Ph.D	国際研究連携、エルゴード理論
Gregory Seregin セレージングレゴリー(57)	理工学研究科基礎理工学専攻・客員教授	偏微分方程式論・Ph.D	国際研究連携、Navier-Stokes方程式
Koyama Shin-ya 小山　信也(40)　H15.12.1 辞退	理工学研究科基礎理工学専攻・助教授	数論・理学博士	量子カオス・ゼータ関数
Kikuchi Norio 菊池　紀夫(65)H18.3.31 交替	理工学研究科基礎理工学専攻・教授	変分解析・理学博士	「破壊現象」の連続体モデル

５．交付経費（単位：千円）千円未満は切り捨てる　（　　）：間接経費

年　度(平成)	１５	１６	１７	１８	１９	合　計
交付金額(千円)	60,000	62,800	62,800	66,890 （ 6,689 ）	71,000 （ 7,100 ）	323,490

６．拠点形成の目的

数理科学は、いわゆる純粋数学の自律的発展を目指すだけでなく、自然界や社会の現象の裏にある数理的構造を見抜き、それを解析する手段を構築発展させることで現象の数理的解明に資するとともに純粋数学をより豊かにしようとする学問分野である。現象を支配する本質的な数学的構造の発見は現象の真の理解への第一歩である。その数学的理解は数学の普遍性を通して広汎な現象の理解を助けることになり、諸成果は柔軟に応用されうる。この過程で純粋数学的な意味においても深い問題が現れ数学そのものが涵養されることも十分期待される。本COEが目指すものは、慶應義塾の将来構想調書に示した理念を踏まえ、従来の純粋数学と応用数学という二分を克服し、数学を用いた現象の理解を単なる応用数学に終わらせない、真の意味での抽象と具体が統合された数理科学である。Shannonの情報理論、Turingの計算理論やパタン形成の理論、Hilbertの第6問題に端を発するKolmogorovの確率論とそれに引き続く力学系理論、計算論的複雑性の理論等の業績がわれわれの模範である。さらに数学としてうまく定式化されていなくとも深い数理的洞察を含む、例えばDiracのブラケット、Feynmanの経路積分などは数学的業績としても模範である。

本拠点の母体となる数理科学専修は、1985年にユニークな数理科学専攻として全国で初めて発足し、2000年に理工学研究科組織変革のもとで改組された。本専修では、解析学、幾何学、離散数学等の基礎数理分野、データサイエンス分野と実験数理分野を3つの柱として、独創的な研究成果の発信と人材育成を行ってきた。経済学研究科をも含む慶應義塾大学での40名を超える数理科学研究者は、密接な連携研究を行い、国際標準な学術雑誌への論文発表、国際会議等講演、国外研究者招聘がそれぞれ年間50件を優に超え、年間一度の国際研究集会主催等の継続的な成果が結実している。また、最近では常に年20余名の後期博士課程学生を精力的に指導し、2002年度には8名の博士課程修了者を輩出した。過去25年の間に、70名を超える博士課程修了者が、17名の教授職を含む研究職に従事し、日本数学会幾何学賞2名、建部賞3名を輩出している。さらに、100編以上に上る学術論文を公刊するなど評価の高い国外研究者、大野、キーン、セレージンを教授（有期）として採用し、数理物理や非線形理論について国際連携研究教育を行っている。以上の実績について、2002年度に外部評価を受け、優秀な研究教育業績をあげていると報告された。

高度な複雑化と高密度化が急速に進む21世紀の社会では、在来の数理的手法やその単なる改良では解明できない自然・社会現象が飛躍的に増大しつつあり、その解明に有為な人材育成の拠点形成が望まれる。そのためには、新しい数学手法や数学理論の創始展開を計る研究者が同時に教育者でなければならない。本COEプログラムは、実績のある数理解析、幾何学、離散数学を核とし、現象とのインタフェースを担うデータサイエンス、現象の漸近的数理構造のモデル化を通した把握と、それを解析するためのアルゴリズムの開発を担う実験数理部門との有機的な連携を確立し、世界をリードする「統合数理科学」研究教育拠点形成を目指す。本COEでは、現在までの研究教育実績をもとに、特に「非可換」と「データサイエンス」に重点をおき、統合数理科学として現象解明から生み出される独創的な数学手法と数学理論を発信する。そのために、「統合数理科学研究センター」を設置する。さらに、優秀な博士課程学生や若手研究者を国内外から集め、本COEが実施する分野横断的研究に積極的に参加させることを通して、世界水準の人材育成を行う。その上に、現在行っている国際連携活動を拡大し、International Research Allianceプログラムを確立する。

本COEにおいて、数学手法や数学理論を開発する研究教育分野である基礎数理分野は、2つの焦点「離散」と「解析」をもち、幾何・大域解析を核とし、それを覆うダイナミックス、さらにその外側に非線形最適化を配した3重オーバル構造で構成する。この中から、数学手法として、一般臨界点解析を目指した離散モース流法、Painlevé方程式の解析による新しい非線形特殊関数の構成、数論のエルゴード理論的アプローチ等、数学理論としては、位相幾何学的グラフ理論、可積分系の離散化・量子化理論、非可換幾何学理論等の独創性のある成果が期待される。一方、データサイエンス分野では、これらの研究の進展をにらみながら、データを介して様々な数理モデルを生み出し、基礎数理分野の研究成果を実際現象に結びつけ、解析した成果を基礎数理分野にフィードバックする。また、実験数理分野は他の分野が必要とする大規模で複雑な現象の効率のよいアルゴリズムの開発、計算機実験を通して価値ある数学の問題を提供する。この密接な関係によって、データサイエンスと実験数理が基礎数理を牽引する。このコラボレーションによって創りだされた数理モデル、数学理論、計算技術は，貴重なライブラリーを形成することになり、国外連携拠点を通して国際的に公開される。事業終了後、このような財産をもとに統合数理科学研究センターは、さらなる進展をとげ国際的に注目される研究教育拠点となりうる。

このような研究体制のなかで育成される博士課程学生や若手研究者は、独創性に富み、建設的な研究テーマや数理モデル開発に自由に参加する。自らの興味から生まれる問題を見出し、それを解決する意欲ある人材の育成が行われる。本COEは、海外研究教育拠点の事業推進担当者を加え、築いてきた交流をもとに国際連携を行うことも重要な目的としている。博士課程学生や若手研究者にとっては、国際感覚を身に付けながら、世界最高水準の国外研究者と共に第一線の研究テーマに挑む絶好の機会となる。海外からの博士課程学生や若手研究者を受け入れる双方向の交流から、研究意欲に溢れ国際感覚を身に付けた人材の育成が期待され、統合数理科学研究センターの教育面での役割が推進される。

７－１．研究拠点形成実施計画

1.　統合数理科学研究センターの設置

本COE の目的を達成するために、下記3の研究分野が密接な連携をとり並行して進行させる。拠点リーダーのもと、具体的な研究課題をダイナミックに割り振り、研究進行を管理し、進行状況に応じて適宜研究会を開催し成果を十分検証の上、次のステップに進むといった循環型研究スタイルを構築する。また、人材育成に関しても、PDやRAの選定を含め総合的な計画と管理を行う。そのために、統合数理科学研究センターを設置する。その下に、評価・提言のために国外研究者５名よりなるAdvisory Boardを設置する。この研究センターでは、本拠点の研究と他分野の研究や社会との接点を積極的に拡大する役割も担う。この研究センターのもう一つの役割は、ホームページKeio NetMath (2002年度文部科学省教育学術情報データベース開発事業) を日々更新し、広く研究成果を徹底的に公開し、研究活動を国際的にアピールすることである。

2.　国際研究連携実施計画

統合数理科学研究センターの先導のもと、これまでの国外研究者の招聘と研究交流の実績をふまえ、欧米の研究機関との連携、相互研究協力を積極的に行う。これには、国外研究拠点にも所属している事業推進担当者の協力を仰ぐ。セレージンはNavier-Stokes方程式の一意・大域解、キーンはエルゴード理論、大野は実験数理の展開をテーマにそれぞれの国外研究拠点と本COEの研究連携の中心となる。

3.　分野別研究実施計画

A. 基礎数理分野

(1)［非可換幾何・大域解析］ 非可換幾何学の国内唯一の組織である。素粒子物理学, 超弦理論との関係、非可換多様体の構成や幾何学の構築、指数定理、量子不変量の研究、非可換ゲージ理論への展開等の研究を推し進める。

(2)［ダイナミックス］ 現象をさまざまな形のダイナミックスとして表現した数理モデルの解析を行う。その中で、特にエルゴード理論、確率過程、グラフ理論を含む組合せ論の観点からダイナミックスに焦点を当てた研究を実施する。

(3)［非線形最適化］一般臨界点の解析として離散モース流の有効性の検証とNavier-Stokes 方程式の一意・大域解の研究、流体の自由境界値問題の研究を実施する。一方で、現実現象の非線形現象を把握するため、経済、気象、地震の数理モデル構築とその数理解析を進める。

B. データサイエンス分野

データにもとづく数理モデルの構築と検証が目的である。衛星レーダ受信波モデル、確率的ニューラルネットワークモデル、金利変動モデルなどこれまで構築してきたモデルは、諸分野におけるこれまでの常識をくつがえし新たな数理モデルの構築を迫るものであった。基礎数理分野と実験数理の強力なサポートを得て、これまで手がけてこなかった、気象現象と生態現象の相互作用モデル、連続観測に近い金融時系列のモデル、より観測データに近い脳神経細胞ネットワークモデルの再構築など、インパクトのある数理モデルの構築と検証を行う。

C. 実験数理分野

すでに実績のある、くりこみ理論などに裏打ちされた現象の数理的理解の核心は、特異摂動の立場から統一的に理解する極小モデルの構築である。これには効率のよい数値解析が必須であり、純解析と数値解析の共働的活用法の開発をめざす。

4.　横断テーマ研究実施計画

各研究分野での実施計画をもとに、次の2つの横断テーマ研究を実施する。

1) 非可換幾何学の枠組による非可換多様体と離散的幾何対象の研究：指数定理・ゲージ理論・積分可能系で成功した非可換幾何学の手法を発展させ、非可換多様体の統合的理論構築を行う。たとえば、3次元多様体の量子不変量に対する組合せ的計算手法はグラフ理論の基礎研究と結びつき、これはDNAやたんぱく質配列に至る幅広い問題と関連する。非可換多様体上では連続的対象である多様体から離散的幾何対象への興味深い移行が生じている。この現象は量子カオス・数論における幾何学やエルゴード力学系と深い関わりをもつため、グラフ理論や力学系で展開された数学的手法を用いてこの現象を究明する。またゼータ関数も固有値という離散的対象と連続的対象を結びつける重要な概念であるので、実験数理分野はゼータ関数の挙動を研究するために必要なランダム行列の振舞を数値実験的に調べ、理論構築に資する。

2) データサイエンスによる非線形現象の解析：データサイエンス分野が主導して, 具体的ないくつかの現象をとりあげ、非線形モデルの構築とその解析に至るまで一貫した研究を行う。具体的な現象としては、気象、地震などの天然現象、金融市場に代表される社会現象、脳神経ネットワークや生態系など生物現象に注目し、そこに潜む共通な非線形構造のモデル化を中心課題とする。適切なデータの収集とDandD (Data and Description) による組織化と属性記述を通して、メンバー全員が各現象に対する的確な理解を得ることからはじめ、そこから微分方程式を中心とした適切な非線形モデルの探索を行う。その上で、解の性質、非線形最適化による解法、極小モデルの構築、幾何学的な解釈などの研究を、実験数理分野の協力のもとに行い、数理モデルとしての完成を通して数学の発展に寄与する。

７－２　年度別の具体的な研究拠点形成実施計画

平成15年度： 拠点リーダーの強力なリーダーシップの下で、前項の横断テーマ研究を始動する。Advisory Boardの設置、国際連携、国際インターンシップ、教育プログラム開始、第1回国際会議(キックオフミーティング)を開催する。

平成16年度： 横断テーマ研究を継続するとともに、2つのチームをまたがる研究集会も行う。Keio NetMathによる、2年間の研究成果の徹底公開。第2回国際会議(中間成果公開)開催。

平成17年度： 数理モデルの確立と検証、提案された数理手法・理論の構築と展開を行う。中間評価に基づくAdvisory Boardからの提言とその実施。国際連携の拡大、横断テーマ研究展開。第3回国際会議(展開成果公開)開催。

平成18年度： 各テーマから生み出される数理モデルの汎用性の探索と数学手法・理論の応用を目指す。第4回国際会議(展開成果公開)開催

平成19年度： 新たに創られた数学手法・理論、数理モデルを、アルゴリズム、実験・検証結果とともに統合数理科学ライブラリーとして完成させ、あらたな現象への展開を探索する。最終総括のために研究成果報告集の作成、Keio NetMathによる情報の公開。国際連携拠点との将来計画検討。Advisory Boardからの将来提言、研究成果報告と将来の拠点活動における研究提言の第5回国際会議(成果報告・将来計画)開催。

8. 教育実施計画

1. これからの数理科学を担う人材の育成

数理科学専攻が設立されて以来、博士課程修了者から70人（教授17名）を超える研究者を輩出してきた。その他、助手、学術振興会特別研究員、海外特別研究員を継続的に受け入れ、若手研究者の育成と支援を行ってきた。その結果、日本数学会幾何学賞、建部賞、日本IBM科学賞受賞者等を輩出している。2003年度には後期博士課程入学予定者が10名おり、年々増加の傾向を示している。2000年に行われた大学院理工学研究科改組の基本体制とも連携し、本塾の創始者福沢諭吉が『福翁自伝』に述べている「有形において数理学と、無形において独立心」の精神を踏襲し、自ら問題を見出し、それに挑戦し、次世代をリードしていくような意欲あふれる人材を育成するために、以下に述べる教育プログラムを実施する。独創的な研究を創発するために、定期的に開催する数理科学セミナーを通して専門分野の広範な知識を獲得させ、自発的雰囲気の醸成やさまざまな形での感動を与えることを基本とする。

2. 教育プログラム実施計画

(1) インセンティブ教育プログラム

理工学研究科では、博士学位の取得修了要件を明確に明示し、基本的に学位を3年で取得できるような指導体制を敷いている。しかも、能力のある後期博士課程学生には積極的に3年未満でも取得を奨励している。実際、数理科学専修では過去3年間に3名が在学期間1年あるいは2年で学位取得に至っている。本COEが実施する研究教育テーマに積極的に参加させ、できるだけ早期に没頭できるような研究テーマが見つけられるインセンティブを与える。専門性の高いセミナー、博士課程学生が独自に計画するセミナー、フィールズ賞受賞者などの国際的な専門家を招聘しての集中講義や研究指導等を定期的に行い国内外との頭脳交流を深め、世界的なスケールでの好奇心を喚起するとともに、海外研究機関への派遣、国内外研究拠点からの博士課程学生や博士研究員の受け入れを通じて、国際競争力を身に付けさせる。また、現象に対する幅広い洞察力を養うため、他分野との共同研究にも積極的に参加させる。

(2) 研究員雇用プログラム

後期博士課程学生を対象に、研究に没頭できるための支援としてCOE研究員（RA）制度を設ける。年間10名をCOE研究員として、競争的に採用し雇用する。さらに博士研究員(PD)として、博士号あるいはPhD取得者を国内3名、海外から2名を雇用する。これらは学術振興会特別研究員、海外特別研究員制度を補完し、研究教育の進行を加速するためのものである。

(3) International Research Alliance プログラム

統合数理科学研究センターの主導で、3 名の国外拠点をもつ事業推進担当者が中心となった、英語による国際水準の研究教育プログラムを策定する。これは海外からの後期博士課程留学者をより受け入れやすくし、日本の博士課程学生や若手研究者との学術交流を促進するためである。また、独創性の高い萌芽的研究で成果を上げつつある博士課程学生や若手研究者を、研究テーマに即した海外研究拠点への派遣を行う国際インターンシップも実施する。博士課程学生や若手研究者が、国際的な研究機関で能力を開花させ、真に国際競争力を備えた研究者に育つための計画である。また、国外拠点との連携により、博士課程学生・若手研究員の交換プログラムも実施する。これにより、海外からの優秀な博士課程学生や博士研究員が本 COE に参加でき、研究水準の向上と世界をリードする創造的な人材育成を一層促進することができる。日米欧の博士課程学生・若手研究者の交流・研究発表の場として、1999 年より始めた日英ウィンタースクールを拡充して開催する。この企画は英国ウォーリック大学と連携して行う。

(4) キャリアサポートプログラム

統合数理科学研究センターが中心となって学位取得後の就職先を確保・斡旋などの支援をする。本COEプログラムの実施を通じて、大学などの教育機関のみならず、民間企業の研究機関とも密接な連携体制を確立することにより、本拠点での学位取得者が活躍する場を確保する。研究所での研修、教育の実地研修等、人材育成のためのインターンシップを企画する。また、本拠点から育った研究者による研究企画を奨励し、統合数理科学研究センターを介して共同研究を立ち上げるなど、強力にバックアップする。

3. Keio NetMath の構築と研究環境支援

博士課程学生を含む研究者のために、開放的な研究情報交換・発信の場としてすでにKeio NetMathを構築してきた。それをさらに整備し、その潤滑な運営を図る。Keio NetMathには、研究成果速報、研究進行状況、セミナー・研究集会案内、海外拠点情報等を掲載する。また、本研究教育拠点の博士課程学生には、各自が研究に没頭できる環境支援を行う。具体的には、研究用ブースの提供、強力な計算機環境の提供、標準的な図書・学術誌の整備である。今後の後期博士課程学生の増加等を考えて、彼らが自由に研究討論できる居室の確保等の研究環境整備を行っていく。博士課程学生が学会等に参加し、研究成果の発表や討論に参加できるようにするための支援を行う。

９．研究教育拠点形成活動実績
①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

本拠点が目指したものは、数理科学の本来機能の回復として、「純粋数学」と「応用数学」の2分を克服に本拠点でしかできない（ビジネスアズユージュアルでない）次世代に残る数理科学教育プログラムの創生へ果敢な挑戦をすることである。２つの横断研究テーマ「非可換」と「データサイエンス」の研究活動を推進するために、様々な分野の連携が可能となり、国外著名研究者7名をアドバイザーとして迎え、異分野融合を行う数理科学の教育研究機構を構築し、延べ300名を超える国外招聘研究者との共同研究、30回を越える国際会議、国際ワークショップ等を活発に行ってきた。そこで実現した分野横断的な研究への参加は若手研究者に活力を与え、国際インターンシップ派遣やUK-Japan Winter School 開催は若手研究者の国際性を高め、その研究遂行能力を飛躍的に向上させた。プログラム委員会での中間評価Aを得ることで拠点形成が十分と可能となったことを励みに、その後も活発な活動を展開した。カリフォルニア大学バークレー校、ウォーリック大学等を含めた20以上の有力教育研究機関との国際連携締結等の実績をあげ、国際性と企画力に富む事業推進を実行した。その結果、国際水準の教育研究拠点形成がなされている。さらに、この研究活動により数学自体の境界をも広げ、学際的に開かれた教育研究が展開されている。この実績により、慶應義塾大学には数理科学教育研究拠点「統合数理科学研究センター」が設立され、大阪大学と年間3名の教員を相互派遣する連携協定締結もなされ、国内外に存在を主張している。新進気鋭の教育研究者の採用や次世代を担う中核的な事業推進メンバーの育成により世代交代も順調に図られている。　本拠点は、拠点形成計画に誠実かつ着実に活動を行い、期待以上の拠点形成が出来たことにより、**目的は十分達成した。**本拠点では、4度の成果報告集を発刊し、COEの活動を報告している。2005年に中間外部評価を行い、独創的な2焦点横断研究テーマによる活動が着実に進展されており国内外にも十分アピールされ、期待されるとのコメントをもらっている。また、2008年3月には最終外部評価を行い、評価委員からは、研究推進、若手研究者育成、国際連携のすべてから高い評価を得ている。

2) 人材育成面での成果と拠点形成への寄与

人材育成・支援実績　1）経済・研究支援、2）横断研究テーマによる教育プログラムの推進、3）創発教育プログラム、4）国際教育連携プログラム、5）キャリアサポートプログラムによる博士課程学生・若手研究者の育成・支援を行った。延べ63名のRAの競争的採用と32名のPDの公募による採用を行ってきた（毎年の外国人PDの採用を含む）。RAやPD採用等の経済支援以外にも、博士課程学生の自主的な研究計画による国際インターンシップや国外共同研究派遣、国際会議発表派遣、学会等発表派遣等に積極的な研究支援を行ってきた。博士課程学生および若手研究者による学会および国際会議発表等年間60件以上、学術論文出版（掲載決定も含む）年間約30篇の実績は、以上の教育プログラムの成果である。外国人PDを含め、年間30名を越える国外若手研究者が本拠点を訪問しているが、このことが学生および若手研究者の国際的な視野を拡げてきた。年間2～4名の国際インターンシップや国外研究機関での共同研究派遣は、博士課程学生と若手研究者が国際水準の研究を行う支援となり、国内外著名研究者の招聘は、学生や若手研究者の刺激となり、研究成果に寄与してきた。数理ファイナンスや金融リスク管理が専門の学生が育成されたのは、本拠点でのアドバイザリーボード研究者の定期的講義シリーズと毎年1ヶ月程度の定期的滞在による学生の指導の成果といえる。破壊や津波現象を解析するために行なった国際会議を通して、実現象を非線形理論により研究する学生も急増した。国外著名研究者によるPathways Lecturesを聴講し、その研究に興味をもち、講師とのペンシルバニア州立大学での共同研究を論文としたケースもある。Poisson幾何学国際会議でのスクールには国外から40名以上の若手研究者の参加があり、本拠点の学生・若手研究者との交流も深まり、ルクセンブルグからの若手研究者のように、本拠点の研究環境に魅力を感じ再来日するものも増えている。本拠点で育成された博士課程学生のうち、この5年間で29名が学位を取得し、大学を始めとする教育研究機関や企業へ進んだ。その中には、JSPS特別研究員や、一ツ橋大学、東京理科大学、群馬大学、日本女子大学等への教育職に進んだ者もいる。外国人PD等は、本拠点での活発な研究活動により、JSPS海外特別研究員、トリエステ理論物理学研究所、ロスアンデス大学、トロント大学等の国際的な研究機関での研究員や永久職に就いて活躍している。

キャリアパスプログラム　本拠点では、社会にも貢献できる博士課程学生の育成を目指すキャリアパスプログラムを立ち上げた。産業社会が望む基礎力のある数理科学研究者を輩出するため、NTT研究所との包括協定によるキャリアパスセミナーの実施と研究インターンシップを推進している。企業からの講師招聘による年間4-5回のキャリアパスセミナーに加え、TG情報ネットワークとの連携による金融システムや流体計算の実務講習により、数理科学能力を広く社会で発揮することを実践的に学ばせている。キャリアサポートの第二の柱として「教育」への貢献を重視し、博士課程学生が教育現場に接する機会として、大学での教育を支援するオフィスアワーへの参加を推奨してきた。今後予想される教育の高度化を視野に入れて、高校段階から大学初年時の指導的な教員の養成も始めている。

3) 研究活動面での新たな分野の創成や、学術的知見等

本拠点は、21世紀COEプログラム「統合数理科学：現象解明を通した数学の発展」において、1）「非可換」と「データサイエンス」の2焦点を据えた横断教育研究テーマの展開、2）国内および欧米の有力研究機関との連携による先端教育研究の推進、3）アジア地区の教育研究ネットワークの構築、を目的に掲げ、期待された成果が得られた。

1. 横断研究テーマ「非可換幾何学の枠組による非可換多様体と離散的幾何対象の研究」　この特色ある研究テーマは国内外で他に類を見ない。本テーマ組織は幾何学・トポロジーを軸とし、代数幾何学、整数論、代数解析、積分可能系、組合せ論等、本拠点が誇る国際水準の教育研究分野を統合し、非可換構造の数理解析というべき新しい教育研究分野の確立を果たした。また、素粒子物理学・量子情報等との異分野融合も行い、「非可換」をテーマに掲げる次世代の数理科学が確立しうることを実証した。とくに微分幾何学的手法を通して幾何学構造や多様体の非可換化に取り組み、独自の立場から「非可換多様体論」の基盤構築とその展開を行なったことは注目されてよい。またダイナミクスとして多様な形で現象を表現した数理モデルの解析を行い、特にエルゴード理論・確率過程・グラフ理論を含む組合せ論という多重の視点から、ダイナミクスに焦点を当てて研究を実施した。

2. 横断研究テーマ「データサイエンスによる非線形現象の解析」　データの科学である「データサイエンス」

を統合数理科学の一つの基盤として定着させることが本横断研究2の目標であったが、5年間の活動を通じて日本国内に限らず世界中でその認識は定着し、このことが輩出した人材の好調な就職状況にも表れている。その適用分野はすべての科学分野にわたるが、とくにファイナンスとバイオサイエンス分野では、マーク付き点過程モデルの有用性の認識、家系データからの遺伝子位置同定に新たな展開を生んだ確率継承アルゴリズムの創出、神経細胞の化学シナプスと電気シナプスの二種類のシナプスの存在に注目した発火モデルの創出など、数多くの学術的知見を得ることができた。また非線形現象を最適化の観点から統一的に扱うことも目指した。特に変分問題では、離散モース流を用いて幾何学との融合した局所解析が行なわれた。

4)事業推進担当者相互の有機的連携

本COEでの目標は、「非可換」と「データサイエンス」の2つの焦点となる横断研究教育テーマに様々な研究分野を集結させることであった。それにより事業推進担当者の相互の有機的連携が構築されている。「非可換」では、幾何学・トポロジーが核となっており、特に、非可換幾何学の新しい研究方向を与えるための国内とアジアの拠点形成をめざしたものである。そのために、幾何学とトポロジーだけでなく、整数論、代数幾何学、確率論、エルゴード理論、代数解析、積分可能系、作用素環論さらには物理学、特に素粒子論といった様々な研究分野を統合して行ったことは、次世代の数理科学の構築を意欲をもって行えたといえる。さらには、量子情報や量子物性への協働も進みつつあり、「量子性」の数理的解明への拠点形成が事業推進担当者の有機的連携によって構築されている。「データサイエンス」では、実現象の数理的解明を目標として、経済、生命、流体現象を取り扱ってきた。これには、データサイエンスが、実現象のデータの取り扱いを行い、それを非線形解析や確率論といった研究分野の事業推進担当者とともに数理モデル化を試み、それを数理的に解析するというコミュニケーションが作られたことは、純粋数学と応用数学の交流も生まれたといえる。さらには、経済学者や生物の実験家との協働も生まれ、この分野での共著論文の成果も得ている。

5)国際競争力ある大学づくりへの貢献度

本COEでの目的は、日本に独創的な数理科学研究教育分野を立ち上げ、国際的な研究拠点へと発展させることにある。そのためには、グローバルな視点から数理科学研究教育を発展させることを目指した。本拠点では、非可換の数理とデータサイエンスを中心として現象解明のための数学を基本的な柱として、国際競争力のある研究拠点を目指すべく、多くの国際連携活動を行った。その成果として、20以上の国外機関と教育研究連携を結ぶこととなった。カリフォルニア大学バークレー校、ウォーリック大学、延世大学、エール大学、ボストン大学、エコールポリテクニク、ケルン大学、北京大学等との包括的国際連携、チャーン数学研究所、シュレディンガー研究所、ルーバンキャソリック大学、ブリュッセル自由大学、ローザンヌ連邦工科大学、マギル大学、ブザンソン大学、ブルゴーニュ大学、復旦大学、コーク大学との分野型国際連携を行い、教員・若手研究者の相互交換、共同研究等が進んでいる。また、数理ファイナンス分野ではスイス連邦工科大学と、非線形理論ではステクロフ研究所との教育研究交流が進められている。若手研究者育成国際連携として、ルーマニア科学アカデミー、ロスアンデス大学、ベトナム科学技術アカデミーとの協定を締結した。国内では大阪大学理学系研究科との連携活動を推進してきた。大阪大学の幾何学、解析学、確率論、組合せ論の研究者との連携を行い、本拠点の研究推進能力を補完する。数理ファイナンスでは、確率モデル、離散的最適化、データサイエンス等の幅広い分野の総合的な研究が望まれ、その点で大阪大学金融・保険教育研究センターの協力が重要な役割を果たす。

一方、国際競争力のある拠点形成には、国際的な認知を確立することが重要であると考え、毎年、Cherry Bud Workshop をはじめとする数々の国際研究集会を開催してきた。その結果予想以上に認知度が高まり、世界的に注目される拠点として確立した。また、この活動に大学院院生を積極的に参加させたことにより、英語によるコミュニケーションが日常的なものとして定着し、これまで日本人の院生が不得意としてきた自分の研究成果のアピールの仕方にも多くの改善が見られる。また国際インターンシップによる海外の大学、研究機関への派遣は、目を海外に向けさせ、国際的な研究水準やその背景にある文化を肌で感じさせるのにきわめて有効であった。

6)国内外に向けた情報発信

本COEプログラムでは、高度IT環境整備により、本COEプログラムの研究教育実施計画および情報公開、研究教育の中心的役割を担う理工学研究科と経済学研究科および国外に研究教育拠点を持つ事業推進担当者たちが相互の連携を円滑にとれるようなIT環境整備を行なってきた。特に、COE統合数理科学研究拠点ホームページの作成、セミナー、研究会、研究集会、国際会議等案内と記録、バーチャルラボラトリーの構築等である。数理科学ビデオアーカイブスを構築し、本COEでおこなわれた事業であるPathways lecture Series in MathematicsやUK-Japan Winter School など、300を越える国内外の招聘研究者の講演のビデオをインターネットにて公開した。国際会議「Poisson 2006」の記録も慶應義塾デジタルメディアコンテンツとの協力でデジタル化した。Noncommutaitve Geometry and Physicsは2回の国際会議をWorld Scientific Publ. から商業出版している。Cherry Bud WorkshopやTsunami Workshop等の報告集も作成し広範囲に配布した。

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）

博士課程学生のRAやPDの採用には、研究計画書の提出を求め、研究意欲と見通しを十分吟味し、約半数の学生に対して与えた。単に潤沢な経済的支援をするのではなく、学生には研究への積極性を奨励する意味からも、自らの研究計画に基づく研究支援を行ってきた。国外研究者の招聘は、できるだけ他の外部資金等の獲得を努力し、学生や若手研究者のための教育に役立つ部分にCOE予算を使途してきた。国外若手研究者の招聘は、同年代の研究者としてよき研究仲間を作ることになり、将来の親日家をも生み出した。UK-Japan Winter Schoolは、本拠点と英国の学生・若手研究者の良い交流の機会となり、研究への意欲を生み出すことができたといえる。Pathways Lectureを含む多くの講義は、学生のインセンティブやより専門の知識を深めることにもなり、またこれを外部に開放することで、近隣の大学さらには遠路からも聴講にくる外部研究者への貢献もあった。300本のDVDは、世界中からアクセスされている。本拠点が行った30を越えるワークショップや国際会議も、研究拠点の形成を目的として行ってきたが、必要最小限度の費用で行ったが、ワークショップや国際会議は魅力的なものが多く、自らの研究費等で参加する研究者も多く、国内外へ大きなアピールができている。Poisson 2008のように、フィールズ賞受賞者を含め国外から100名を超える研究者が参加する大

きな国際会議では、NSFや海外大学との協力による支援等を含めて、かなりの部分を外部資金で行った。UK-Japan Winter Schoolでも、本COEでは核となる部分の支援を行い、他の外部資金、ロンドン数学会、英国大学の支援、大和日英基金等の支援等もうけることができた。このように、様々な事業推進は、COEの資金を核とすることで行ってきたが、それが呼び水となることで大きな事業を展開することが本COE拠点で行ってきた特徴である。本事業を推進するために、２名の事業推進担当者を雇用したが、十分な人員ではなかったが、本来とても無理と思えることでも献身的に働いてくれた。事務サイドと事業推進担当者との協力が本拠のスムーズな事業推進を支えた。

②今後の展望

本拠点での研究教育活動は、数理科学分野で国内外から相当注目されたといえる。これは本拠点の研究教育活動が、単に大学内にと留まらず、国内外の大学、研究機関連携、他分野との連携を積極的に行ってきたことで得たものである。それにより、研究教育ネットワークが様々に作られている。国内的には、大阪大学との教育連携締結により、年間3名の教員の派遣を相互に行うことを始めた。これにより、慶應大学と大阪大学とが門戸を開放し、私学と国立大学法人との連携、関東と関西の連携といった新しい取り組みを始めることができ、相互の学生の交流や相互指導体制が期待される。さらに、東京地区や大阪地区の大学との連携を進め、統合数理科学Cluster of Excellenceの構築により、持続的な世界最高水準の数理科学教育研究拠点の形成を戦略的に進めていける。横断研究テーマである「非可換」と「データサイエンス」は本拠点が多くの研究者の相互連携により、独自に創生した教育研究領域であり、COEがなければできなかったことである。これをさらに発展させることは、国際的に期待されている。「非可換」では、非可換幾何学を基本とするが、本拠点では様々な分野での「非可換構造」を幾何学的視点で捉えるという、本拠点独自に開発してきたアイデアである。これは、すでに国際的に高い評価と注目を受けている。本拠点では、横断研究テーマとし2008年から3年間に亘って、IHESのフィールズ賞受賞者であるMaxim Kontsevichが本拠点のアドバイザーとして本拠点に定期的に招聘、またチャーン研究所、復旦大学、ベトナム科学アカデミー、KIAS、延世大学等との連携による東アジア非可換幾何学・物理研究ネットワークの構築は、国際非可換幾何学研究ネットワークの引き金となり、国内唯一の「非可換」教育研究拠点が世界最高水準の教育研究拠点として発展していくことは十分期待できる。「非可換」グループは、物理、特に量子論との協働による数学と物理学の統合的研究を進めてきた。この5年間で行った様々なワークショップやWorld Scientificから出版したプロシーディングス、共同研究等がある。さらには、量子ドットや量子情報とも連携を進め、数論、代数幾何学、非線形微分方程式、代数解析、確率解析、エルゴード理論等の従来の伝統ある数学部門との協力により「量子的な現象」の幾何学的解明を戦略的に目指すことで、独創的な非可換数理科学を本拠点から創出することが期待される。「データサイエンス」では、COEの財産を生かした数々の国際連携プログラムがすでに動き始めている。仏日交流基金による確率論分野の交流プログラム、豪日交流基金によるデータサイエンス分野の交流プログラムなどがそれである。いずれも教員だけでなく、院生の交流を2国間で促進しようというプログラムであり、COE によって培われた人的なつながりが元になっており、その共同研究の内容もCOEでの教育研究活動を継承するものである。特に海外の研究機関では優秀な研究者を国内では確保しにくくなっている現状があり、このような交流プログラムを通じて優秀な日本人研究者を雇用できればという願いも含まれている。これはまさしく国際競争力のある拠点形成に我々が努力してきた結果と考えらえる。

実現象を数理的にアプローチする分野は次世代の数理科学において重要な役割をおうことが十分に期待される。しかしながら、単にデータの整理やコンピュータシュミレーションといったことのみで終わってしまうのでは統合数理科学が標榜する現象解明のための数学の発展には寄与しない。本COE拠点では、とかくこのレベルで終わってしまうのが現状である応用数学を、数学として扱うべき設定まで到達させ、次世代の数学としての提案ができる問題まで深めたい。しかしながら、それには、多くの辛抱と時間はかかることは間違いがない。そこで、本拠点では、数学者と実験研究者が集まり、数学者から見た現象の理解を求めるための「探索型数学」を立ち上げることにしている。これは、基盤となる数学、データサイエンス、実験数理との再集結により、よりダイナミックな研究プロジェクトとなることが期待される。国内外から好評であったPathways Lecture SeriesやUK-Japan Winter Schoolは、手弁当の活動からスタートしている。これを原点に戻って質のよい事業として維持していきたい。おおくの国際連携拠点との連携事業を維持すること、延世大学との博士学生相互指導連携等もさらに進める。学生の広く社会への輩出のために、現在のNTT、TGネットワークとの連携強化と更なる企業連携を拡げていく。COEで行ってきた、学生や若手研究者を教育者として育成することは、将来研究者としても必要なことである。オフィスアワーやTAといった経験から、立派な教育者に育てていくことを今後も続けて行く。このような具体的な事業を通じて、本拠点から世界最高水準の研究を創出、将来を担う学生と若手研究者を育成、現在の「純粋数学」と「応用数学」に偏した日本の数理科学研究に楔をさす、開かれた数理学研究教育拠点として開花することは間違いない。いくことは間違いがない。

③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）

科学技術の進歩のためには、数理科学研究教育成重要であるにも関わらず、この育成が急務であるにも関わらす、時流は応用に偏している。この目的のために、本拠点が統合数理科学の提案を行った。COEが出発した当時は、学内外からの注目度は決して高かったとは思えないが、活発な研究活動、学生の育成、国際連携、他分野との連携等様々な事業を展開することで、大きな注目を得る拠点形成へ向かうことができた。特に、本拠点で開催する講義や国際会議等を国内外に情報公開し、誰でも参加できるよう工夫をしたことは、国際拠点としては最も重要だと思われる人的交流の場を作りあげた。これにより、多くの博士課程学生がその企画に訪れ、相互の関係も生まれてきている。特に、東京地区の大学が小規模なために研究の幅をひろげることができなかった環境にいる学生や若手研究者へ大きな影響をあたえることができたといえる。また、中国、韓国、ベトナムといったアジア諸国と欧米の若手研究者を積極的に招聘することは、本拠点の学生にも国際的な視点を与え、さらには国際的に注目される拠点となったことは間違いない。現在は、学内でも大きな注目を得、慶應義塾が「統合数理科学研究センター」として認知し、数理科学研究教育の発展に支援を得ることができた。基礎研究は、短期に目覚しい成果を求めることは不可能であるが、人材育成や国際連携といった地道な活動を行なったことが、国内外から認められると自負している。

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	慶應義塾大学	拠点番号	G23
拠点のﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑ名称	統合数理科学:現象解明を通した数学の発展		

１．研究活動実績

①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】

・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〕）

・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

※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

波下線（＿＿＿）：拠点からコピーが提出されている論文

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

発表論文

1. H. Omori, Y. Maeda, N. Miyazaki and A. Yoshioka: Orderings and non-formal deformation quantization, Lett. Math. Phys. 82, 153—175, 2007.
2. P. Bieliavsky, P. Bonneau and Y. Maeda: Universal deformation formulae, Symplectic Lie groups and symmetric spaces, Pacific J. Math. 230, 41—57, 2007.
3. H. Omori, Y. Maeda, N. Miyazaki and A. Yoshioka: Non-formal deformation quantization of Frechet-Poisson algebras: The Heizenberg Lie algebra case, Contemp. Math. 434, 99—123, 2007.
4. P. Bieliavsky, P. Bonneau and Y. Maeda, Universal deformation formulae for three-dimensional solvable Lie groups, Lecture Notes in Physics, 662, 2005.
5. A.M. Khludnev and A. Tani: Unilateral contact problems for two inclined elastic bodies, to appear in Eur. J. Mech. A Solid, 2008.
6. A.M. Khludnev and A. Tani: Overlapping domain problems in the crack theory with possible contact between crack faces, to appear in Quart. J. Appl. Math., 2008.
7. M. Umehara and A. Tani: Global solution to the equations for a spherically symmetric viscous radiative and reactive gas over the rigid core, to appear in Anal. Appl., 2008.
8. M. Umehara and A. Tani: Global solution to the one-dimensional equations for a self- gravitating viscous radiative and reactive gas, J. Differential Equations 234, 439—463, 2007.
9. S. Itoh, N. Tanaka and A. Tani: On some boundary value problem for the Stokes equations in an infinite sector, Anal. Appl. 4, 357—375, 2006.
10. H. Nakada and R. Natsui: The non-monotonicity of the entropy of α-continued fraction transformations, Nonlinearity 21, 1207—1225, 2008.
11. J. Aaronson and H. Nakada: Exchangeable, Gibbs and equilibrium measures for Markov subshifts, Ergodic Theory Dynam. Systems 27, 321—339, 2007.
12. K. Ishimura and H. Nakada: Some ergodic properties of the negative slope algorithm. Osaka J. Math. 44, 667—683, 2007.
13. H. Nakada and R. Natsui: Asymptotic behavior of the number of solutions for non-Archimedean Diophantine approximations, Acta Arith. 125, 203—214, 2006.
14. J. Aaronson and H. Nakada: On the mixing coefficients of piecewise monotonic maps, Probability in Mathematics. Israel J. Math. 148, 1—10, 2005.
15. J. Fujisawa, K. Ota, T. Sugiyama and M. Tsugaki: Forbidden subgraphs and existence of paths and cycles passing through specified vertices. to appear in Discrete Math.
16. Y. Egawa, H. Enomoto, S. Jendrol, K. Ota and I. Schiermeyer: Independence number and vertex-disjoint cycles, Discrete Math. 307, 1493—1498, 2007.
17. S. Fujita, K. Kawarabayashi, M.D. Plummer, K. Ota and A. Saito: A pair of forbidden subgraphs and perfect matchings, J. Combin. Theory Ser. B 96, 315—324, 2006.
18. G. Chen, H. Enomoto, K. Kawarabayashi, K. Ota, D. Lou and A. Saito: Vertex-disjoint cycles containing specified vertices in a bipartite graph, J. Graph Theory 46, 145—166, 2004.
19. C. Greither and M. Kurihara: Stickelberger elements, Fitting ideals of class groups of CM fields, and dualisation, to appear in Math. Z.
20. M. Kurihara and R. Pollack: Two p-adic L-functions and rational points on elliptic curves with supersingular reduction, LMS Lecture Note Series 320, 300—332, 2007.
21. M. Kurihara and R. Otsuki: On the growth of Selmer groups of an elliptic curve with supersingular reduction in the Z2-extension of Q, Pure Appl. Math. Q. 2, 557—568, 2006.
22. H. Moriyoshi: A secondary invariant of foliated spaces and type IIIλvon Neumann factors, in "From Geometry to Quantum Mechanics", Birkhauser, Boston, 277—286, 2006.
23. H. Moriyoshi: The Hirzebruch-Morita invariant on Sasakian manifolds, in Abstracts in Groups of Diffeomorophisms 2006, 77—86, 2006.

24. Y. T. Ikebe and A. Tamura: On the existence of sports schedules with multiple venues, to appear in Discrete Appl. Math.
25. S. Fujishige and A. Tamura: A two-sided discrete-concave market with possibly bounded side payments: An approach by discrete convex analysis, Math. Oper. Res. 32, 136—155, 2007.
26. S. Shimomura, Growth of modified Painleve transcendents of the fifth and the third kind, Forum Math. 16, 231—247, 2004.
27. T. Aoyama, M. Maejima and J. Rosnski: A subclass of type G selfdecomposable distributions on R^d. to appear in J. Theoret. Probab.
28. M. Maejima and C. Tudor: Wiener integrals with respect to the Heermite process and a non-central limit theorem. Stoch. Anal. Appl. 25, 1043—1056, 2007.
29. M. Maejima and M. Miura: A characterization of subclasses of semi-selfdecomposable distributions by stochastic integral representations. Statist. Probab. Lett. 77, 838—842, 2007.
30. T. Aoyama and M. Maejima: Characterizations of subclasses of type G distributions on R^d by stochastic integral representations. Bernoulli 13, 148—160, 2007.
31. K. Kumasaka and R. Shibata: High Dimensional Data Visualisation: the Textile Plot. to appear in Comput. Statis. Data Anal.
32. H. Shimadzu, R. Shibata and Y. Ohgi: Modelling swimmers' speeds over the course of a race. to appear in J. Biomechanics.
33. K. Baba, R. Shibata and M. Sibuya, Partial correlation and conditional correlation as measures of conditional independence, Aust. N. Z. J. Stat. 46, 657—664, 2004.
34. K. Aoyama, K. Shimizu and S.H. Ong: A first-passage time random walk distribution with five transition probabilities: A generalization of the shifted inverse trinomial. To appear in Ann. Inst. Statist. Math.
35. S. Kato and K. Shimizu: Dependent models for observations which include angular ones. To appear in J. Statist. Plann. Inference.
36. S.H. Ong, K. Shimizu and C.M. Ng: A class of discrete distributions arising from difference of two random variables. Comput. Statist Data Anal. 52, 1490—1499, 2008.
37. K. Momihara and M. Jimbo: Some constructions for block sequences of Steiner quadruple systems with error consecutive unions, J. Combin. Des. 16, 152—163, 2008.
38. K. Momihara, M. Mueller, J. Satoh and M. Jimbo: Constant weight conflict avoiding codes. SIAM J. Discrete Math. 21, 959—979, 2007.
39. Y. Mutoh, M. Jimbo and H.L. Fu, A resolvable r x c grid-block packing and its application to DNA library screening, Taiwanese J. Math. 8, 713—737, 2004.
40. K. Moriya and T. Nodera: A new scheme of computing the approximate inverse preconditioner for the reduced linear systems, J. Comput. Appl. Math. 199, 354—352, 2007.
41. T. Iguchi: A long wave approximation for capillary-gravity waves and the Kawahara equation, Bull. Inst. Math. Acad. Sin. (N.S.), 2, 179—220, 2007.
42. Y. Tachiya: Transcendence of the values of infinite products in several variables. Results Math. 48, 344—370, 2005.
43. A. Tomoda: A relation on Floer homology groups of homology handles. Tokyo J. Math. 29, 399—404, 2006.
44. Y. Koda: Strongly-cyclic branched coverings and the Alexander polynomial of knots in rational homology spheres. Math. Proc. Cambridge Philos. Soc. 142, 259—268, 2007.
45. Y. Koda: Branched spines and Heegaard genus of 3-manifolds. Manuscripta Math. 123, 285—299, 2007.
46. K. Onodera: Period deformations of multiple Hurwitz zeta functions. Internat. J. Math. 18, 809—820, 2007.
47. Y. Tachiya: Transcendence of certain infinite products. J. Number Theory 125, 182—200, 2007.
48. A. Tomoda: On the splitting principle of bundle gerbe modules. Osaka J. Math. 44, 231—246, 2007.
49. K. Kawarabayashi, K. Ozeki and T. Yamashita: Long cycles in graphs without hamiltonian paths. to appear in Discrete Math.
50. Y. Ogawa: On the (2+1)-Dimensional Extension of 1-Dimensional Toda Lattice Hierarchy. to appear in J. Nonlinear Math. Phys.
51. K. Onodera: Behavior of some generalized multiple sine functions. to appear in Internat. J. Number Theory.
52. K. Ozeki and T. Yamashita: Dominating cycles in triangle-free graphs. to appear in Ars Combin.

著書

1. Y. Maeda, P. Michor, T. Ochiai, A. Yoshioka: “From Geometry to Quantum Mechanics”, Birkhauser, 2007.
2. U. Carow-Watamura, S. Watamura, Y. Maeda, H. Moriyoshi, Z. Liu, K. Wu: Noncommutative Geometry and Physics 2005, Proceedings of the International Sendai-Beijing Joint Workshop, World Scientific, 2007.
3. 谷温之，野寺隆編：破壊現象の数理 —地震、気象、血液の流れなど—, Seminar on Mathematical Sciences 28, 2004.
4. M. Guest, Y. Maeda ed.: UK-Japan Winter School 2004: Geometry and Analysis Towards Quantum Theory, Seminar on Mathematical Sciences 30, 2004.

②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. 2003年11月 慶應義塾大学, Kickoff meeting (70名(外国人8名)): G.Seregin, P.Schapira, O.E.Barndorff-Nielsen
2. 2003年12月 慶應義塾大学, International Workshop on Ergodic Theory of Number Theoretic Transformations and Related Topics (50名(外国人10名)):T.Schmidt, M.Keane, G.H.Choe
3. 2004年1月 慶應義塾大学, International Workshop on Combinatorics (60名(外国人8名)): M.Buratti, R.E.L.Aldred, V.Tonchev
4. 2004年2月 慶應義塾大学, Noncommutative Geometry and Physics 2004, (90名(外国人20名)): B.Fedosov, G.Landi, J.Madore
5. 2004年3月 パンパシフィック横浜, Cherry Bud Workshop 2004 (50名(外国人15名)): E.S.Titi, R.W.Katz, D.Vere-Jones
6. 2004年5月 慶應義塾大学, Workshop on the Navier-Stokes Equations (60名(外国人12名)): V.A.Solonnikov, B.Nicolaenko, A.V.Kazhikhov
7. 2004年12月 慶應義塾大学, The 3rd International Conference on Mathematical Analysis in Economic Theory (90名(外国人16名)): J.M.Grandmond, A.McLennan, T.Ichiishi
8. 2005年2月 慶應義塾大学, Cherry Bud Workshop 2005 (50名(外国人15名)): P.Embrecht, R.Katz, P.Thomson
9. 2005年3月 湘南国際村, Noncommutative Geometry and Physics 2005 (35名(外国人8名)): P.P.Baum, P.Bouwknegt, G.Landi
10. 2005年11月 東北大学--北京大学, International Workshop on Noncommutative Geometry and Physics 2005 (70名(外国人40名)): J.Mckelsson, O.Lechtenfeld, T.Natsume
11. 2006年1月 慶應義塾大学, Nonlinear PDE in Analysis and Geometry 2006 (30名(外国人6名)): V.A.Solonnikov, M.Padula, E.Feireisl
12. 2006年3月 慶應義塾大学, Workshop on Tsunami 2006 (35名(外国人6名)): M.M.Lavrentiev Jr., A.G.Marchuk, A.Yu.Bezhaev
13. 2006年3月 慶應義塾大学, Cherry Bud Workshop 2006 (35名(外国人14名)): J.Rice, A.Pewsey, P.Thomson
14. 2006年6月 国立オリンピック記念青少年総合センター, Poisson 2006 (180名(外国人100名)): M.Kontsevich, A.Weinstein, P.Schapira
15. 2006年11月 IHES, Bures-sur-Yvette, MSJ-IHES Joint Workshop on Noncommutativity (100名(外国人50名)): A.Connes, H.Kanno, A.Weinstein
16. 2006年12月 慶應義塾大学, Ireland-Japan Workshop 2006 (40名(外国人10名)): M.Guest, B.McKey, D.Zeitsev
17. 2007年3月 慶應義塾大学, Cherry Bud Workshop 2007 (40名(外国人15名)): W.Zucchini, R.Jarrett, P.Thomson
18. 2007年6月 慶應義塾大学--京都大学, International Workshop on Combinatorics 2007 (120名(外国人20名)): M.N.Ellingham, R.M.Wilson, W.D.Wallis
19. 2007年11月 慶應義塾大学, Workshop on Destruction --Mathematical Modeling of Tsunami Waves and Cracks Propagation (50名(外国人10名)): A.M.Khludnev, A.A.Romanenko, W.Smith
20. 2007年12月 慶應義塾大学, Yonsei University--Keio University Joint Workshop on Mathematical Sciences (60名(外国人30名)): A.Takahashi, B.Kim, J.-H.Kim
21. 2008年2月 湘南国際村センター, Noncommutative Geometory and Physics 2008 (40名(外国人20名): D.Berman, A.Carey, J.-S.Park
22. 2008年3月 慶應義塾大学, Cherry Bud Workshop 2008 (40名(外国人17名)): A.Pewsey, A.Unwin, W.Zucchini

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.　学生・若手研究者支援プログラム

1）COE博士研究員(PD)：35歳以下の博士学位取得者（取得見込みも含む）で採用時に常勤の職を有していない者を対象とし、5年間で延べ32名（うち慶應義塾大学大学院修了者7名、毎年1名国外からの採用を含む）の採用を行った。採用時に本COEプログラムへの参加理由を求め、それに即した自立した研究活動が出来る人材を書類にて選考。支給額は1ヶ月常勤30万円、非常勤15万円（常勤・非常勤の区別は拘束時間による）。

2）COE研究員(RA)：基礎理工学専攻および経済学研究科経済学専攻に在籍する博士課程学生を対象、5年間に延べ63名をを競争的に採用。理工学研究科基礎理工学専攻のみならず、経済学専攻からも採用。年間支給額は72万円。

3）研究活動支援　積極的な研究意欲を高めるために、豊富な経済支援をするより、学生や若手研究者が提案する研究活動への支援に重点をおいた。RA、PDのみならず、当該専攻の博士課程学生で本COEプログラムに積極的に参加する学生および若手研究者へ支援した。国内学会等発表の支援は5年間で約160件、国際会議発表等支援約50件。これに応えて、この2年間で博士課程学生・若手研究者の学術論文は優に60件を超える実績を上げている。

4）国際インターンシップ　研究テーマに即した国外研究拠点に数週間から2ヶ月くらいの長期にわたって滞在し、英語での研究討論や研究指導を通して、国際競争力を備えた研究者を育成するプログラム。5年間で計15名を国際インターンシップに派遣した。平成19年度からは、理工学研究科の取得単位として認められた。

2.　インテンシブ人材育成プログラム

1）インテンシブレクチャーシリーズ開催：　学生や若手研究者が各自の研究創発のために、実績のある研究者を厳選して、講義シリーズを開催した。「非可換」横断研究教育テーマが中心となる実施として、ほぼ毎月に一回連続レクチャーと国外研究者の講義には専門事業担当者がプレレクチャーを行うPathways Lecture Seriesとして、M.Spivak氏、ボストン大学R.Devaney教授、IMU会長John Ball教授、国内から、菅野浩明名大教授、服部晶夫東大名誉教授等を含む国内研究者2名、国外研究者10名の講義シリーズを開催。東大・名古屋大との共同インターネット中継も行った。2005年2月に、ノーベル物理学賞受賞者 G.'t Hooft教授がこのシリーズの特別講演を行った。5年間で計61テーマで開催された。その他にCOE Lecture Series, Intensive Lecture Series として計14件、連携協定を結んだ大阪大学からの招いた講演を中心にCOE特別セミナーとして16件のセミナーを開催した。

2）国外研究者による研究指導：国際的に評価の高い研究者を1ヶ月程度の期間招聘し、博士課程学生・若手研究者と直接個々にふれあい、研究評価とアドバイスを受けるプログラムを実施した。これには、Peter Thomson博士、小林昭七カリフォルニア大学教授、K.D.Elworthyウォーリック大学教授等の招聘を行った。

3）UK-Japan Winter School：国内外の学生・若手研究者が食住を共にして講義や研究発表し討議する機会としてUK-Japan Winter School を毎年1月に英国で開催。2004年1月は「Geometry and Analysis towards Quantum Theory」を主題に、2005年は「Geometric, Spectral, and Stochastic Analysis」、2006年は「Dynamics and Arithmetics」、2007年は「Number Theory」、2008年は「Algebraic and Symplectic Geometry」をテーマとして開催。毎回、日本、英国を中心とした若手研究者約50名が参加している。学生による講義記録を作成し、セミナーノートを刊行。

4）若手セミナー支援：学生・若手研究者が主導・提案し、講師を招いて講義を依頼、討論する企画に対する支援。平成15年度および16年度、トポロジーと幾何学についての立科ヤングセミナー（参加者40名）と平成16年度以降毎年、組合せ論若手研究集会（各40名以上参加）の3件を支援。立科ヤングセミナーの記録を学生が中心となって出版準備中。

3.　International Alliance Program

1）国際インターンシップ：国際的なレベルの研究や教育を自らの肌で体験するために、ある程度の期間を適切な国際的研究教育機関へ派遣し、研究討論や研究指導を受ける企画。5年間で計15件の派遣を実施。慶應義塾交流協定大学、事業推進担当者による直接交渉による派遣、さらには、ローザンヌ大学と学生交流の協定締結とフランスIHESによる受け入れ協力も得た。オーストラリアCSIROの協力も得られ、2件の派遣に加え、Geoscience Australiaでの研究員の採用も勝ち得た。

2）国外若手研究者招聘と受け入れ：本拠点での学生・若手研究者を国際的なリーダーとして育成させるために、国内外の同世代の若手研究者との交流を行った。平成15年度、16年度を通じて、2名の1ヶ月招聘、20名の若手研究者の短期招聘、学術振興会海外特別研究員2名の受け入れも行った。

3）国際連携教育プログラム

国外の事業推進担当者の所属拠点や慶應義塾友好協定校をはじめとして、20以上の国際連携協定を締結し、講師の相互派遣、若手研究者交流事業を行ってきた。とくに延世大学のBrain Koria 21プログラムと連携し、平成19年12月に学生の相互交流を目的とした第1回の研究集会を開催した。

4.　キャリアパスプログラム

社会にも貢献できる博士課程学生の育成を目指すキャリアパスプログラムを立ち上げた。キャリアパスセミナーとして、平成18年度に3回、平成19年度に4回、計11名の講師を企業から招聘し、講演会を行った。NTT研究所との包括連携によるインターンシップの推進、TG情報ネットワークとの連携による金融システムや経営最適化の実務講習を実施。一方、教育者の育成のために、博士課程学生に積極的に大学の学部教育に参加させ、院生によるオフィスアワー制度を確立した。

機関名：慶應義塾大学　拠点番号：G23

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、研究と教育を推進するために盛大に実施した国内外の研究機関との連携による活動は目覚ましく、研究会で成果を検証して次のステップに進むといった循環型研究スタイルを構築できており、評価できる。また、統合数理科学研究センターを設置し、評価・提言のために国外研究者からなるアドバイザリーボードを設置するなど、他からの批判の目を意識した事業の推進方法は評価できる。

人材育成面については、統合数理科学研究センターを中心にＰＤ（ポストドクター）やＲＡ（リサーチ・アシスタント）の選定を含め総合的な計画と管理を行い、恣意的にならないように配慮されており、評価できる。大学院生などに対して、経済・研究支援、横断研究テーマによる教育プログラムの推進、創発教育プログラム、国際教育連携プログラム、キャリアサポートプログラムといった多面的な取組が行われるなどのきめ細かな配慮により、数理基盤を持つ人材を期待以上に育成したと評価できる。しかしながら、事業後半における博士課程の定員充足については、我が国の全般的状況ではあるが、十分とは言えず、改善が望まれる。

研究活動面については、多くの国内外の研究教育機関との連携を実現し、アドバイザリーボードに有能な国外研究者を招聘、常駐させ、研究集会も多く開催し、十分な努力が見受けられる。非可換構造の数理解析の確立及びデータサイエンスの発展と、それぞれでは成果をあげたものの、本拠点の特色とされていた基礎数理分野とデータサイエンス分野の連携の成果については、明確になっておらず、今後に期待する。

補助事業終了後の持続的展開については、恒常的な数理科学研究教育拠点「統合数理科学研究センター」が既に正式に設置されており、また、他大学との研究ネットワークを現実的に作り上げており、本事業により築き上げた成果の更なる発展を期待する。ただし、新規の補助資金の獲得については一層の努力が必要であると思われ、また、本拠点の特色とされている「非可換」と「データサイエンス」の組合せについての展望を明確にすることが望まれる。