



## 6. 拠点形成の目的

現代物理学・天文学のフロンティアは、極微の素粒子・原子核、原子・分子からナノスケールの物質、そして巨大な銀河や宇宙全体にまたがり、また量子多体系における強相関効果や量子相転移、さらには複雑系における自己組織化や非平衡現象などの世界にも広がっている。それらのフロンティアの多くは量子系であり、さらに超高エネルギー、極低温、大規模な秩序の発生など何らかの極限状態として位置づけられることから、「極限量子系」と呼ぶことができる。本拠点は、これら多様な極限量子系の構造とダイナミクスを既知の法則のレベルから深く理解するとともに、さらに進んで新しい基礎法則を探究することをその目標とする。

本COEは、これらのフロンティアの研究を有機的に結びつけるため、物理学の根源的な理解の方法の一つとして、「対称性とその破れ」を旗印に掲げる。周知のように、物理学の基礎をなす各種の保存則は、時空の一様性などの対称性から導かれる。また、自然界がある種の法則の下で対称であっても、実現される状態は非対称である場合も多く、インフレーション機構による宇宙創生、強磁性、超伝導、ヒッグス機構、原子核の回転など、広汎な物理現象が対称性の自発的破れとして理解される。すなわち「対称性とその破れ」という観点は、フロンティアに広がる広範な物理現象を横断的に解明する力をもつ。我々はこの共通な視点の下で極限量子系のフロンティアの研究の前進と融合を図り、21世紀のサイエンスを牽引することを目指す。

本拠点はその構成において大きな特色を持つ。すなわち、多くの先端分野にわたって学際的・萌芽的な研究を展開する物理学教室・天文学教室、ニュートリノ物理、極限物質、ヒッグス粒子探索などの先鋭的なテーマに集中して研究を推進する宇宙線研究所・物性研究所・素粒子センター、そして両者を橋渡しするセンター群、という3極から成ることである。ニュートリノ天文学は物理学教室から出た萌芽的な研究が研究所に引き継がれてニュートリノ振動の発見という著しい成果をあげた例であるが、本COEではこの3極が緊密に協力することにより、萌芽的・学際的な研究と特定テーマに集中した研究の融合・連携を図り、研究の相乗効果によるいっそうの発展を目指している。

ここ数年間、本拠点において得られた主要な成果としては、ニュートリノ振動の発見、B中間子におけるCP非保存の発見、反陽子原子の生成、ナノ構造の量

子現象の発見、超強磁場の実現、多重極限環境の物性物理、極超新星モデルの提案などの研究がある。これらの研究は国際的に鎬を削る競争の中で実を結んだものであり、本拠点の最も誇りとするものである。本プログラムでは、第一の課題としてこれらの国際水準の研究をさらに大きく発展させることを目標とする。本プログラムではさらに、人工ナノ構造や量子情報処理、複雑系などの新しく興りつつある学問領域において新しい物理概念を構築し、新分野を創出・発展させることを目指す。

本COEは数多くの優秀な大学院生を擁し、2つの専攻で毎年60 - 70名に及ぶ課程博士を輩出するなど、日本の将来を担う研究者の養成機関としての重要な機能も担っている。本プログラムが実現できれば、大学院生の研究環境を大幅に改善することが可能となり、21世紀の基礎科学を担う優れた人材をこれまで以上に育成できると期待される。

本COEの大きな目的は、この拠点の国際的なビジビリティを従来に増して高め、名実ともに世界の物理学・天文学の研究の中心地の一つとすることである。この目的のため、本プログラムに関連した国際会議を定期的開催し、関連する研究分野の研究者を数多く招聘して共同研究を行う。また学部学生や大学院生に早くから国際舞台で活躍する機会を与える。

本COEの目指す「極限量子系とその対称性」をテーマとする研究拠点は、国内外を問わずその例を見ないユニークなプログラムである。宇宙創成の謎を解き明かす宇宙論、素粒子論からはじまって、ナノテクノロジー、量子多体系、量子情報学、複雑系の物理などまでを、「対称性とその破れのメカニズム」という共通の切り口から研究し、21世紀の物理科学の指導原理を追究すると言う意欲的なプログラムは、基礎物理学史上初の試みといえる。

## 7. 研究実施計画

本プログラムでは、広汎な基礎物理学の研究分野を、以下の5つのカテゴリーに大きく区分した上で、「極限量子系とその対称性」のキーワードを掲げ、個々の分野において下記のように多彩かつ先端的な研究課題を推進する。

### (1) 素粒子と宇宙の統一描像の構築

本研究では宇宙・素粒子の理論と実験を総動員し、宇宙の創成・進化、物質や力の起源そのものを、超対称性など種々の対称性の発現やその自発的破れとして統一的に捉えることを目的とする。このため、BファクトリーでのCP非保存の検証、LHCでのヒッグス粒子や超対称性粒子の探索、暗黒物質の直接探査、ミューオン数非保存の探索、X線衛星によるエネルギー非等分配過程の探究、超新星・活動銀河核を用いた宇宙膨張観測による暗黒エネルギーの検証などの国際共同実験を本拠点が中心になって推進する。同時に、インフレーション理論を強化し、超弦理論に立脚した統一ゲージ理論やブレーン・ワールドなどの新しい宇宙論を展開し、宇宙の大構造や暗黒エネルギーの起源に迫る。

### (2) ニュートリノの研究、及び関連した研究による動的宇宙の研究

ニュートリノ振動と質量の研究を推進する。ニュートリノ測定器スーパーカミオカンデを用いて大気ニュートリノの観測、太陽ニュートリノの観測、加速器を用いたニュートリノ振動実験を行い、ニュートリノ振動現象の全体像の解明をめざす。一方宇宙に目を向け、ニュートリノによる超新星などの観測とともに、オーストラリアで完成が間近の高エネルギーガンマ線観測装置（カンガルー実験）による超新星残骸の観測を通して超新星の宇宙進化に対する動的役割を明らかにする。

### (3) 核物質の新しいダイナミクスと対称性の究明

原子核物理学の分野では、以下の4つの主要課題を掲げる。(i) 物質質量の大部分は量子色力学のカイラル対称性の破れに起因している。原子核中でのハドロンの構造変化を中間子原子を用いて研究し、物質質量の起源を解明する。(ii) 高バリオン密度の極限にあるクォーク物質中では、カラー超伝導相が実現すると考えられている。これを格子量子色力学の大規模計算と多体問題の手法を組み合わせることで解明し、中性子星やクォーク星の構造研究を行う。(iii) 大型量子多体計算、

不安定原子核分光実験、原子核のガモフ・テラー遷移の精密実験などを通じ、不安定原子核や中性子星においてアイソスピン対称性の果たす役割を明らかにする。(iv) 反陽子原子や、反水素原子のレーザー分光によって、物質・反物質の対称性の超高精度検証を行う。

### (4) 極限物質状態の制御による対称性の探究

物性物理学分野では、量子多体系における対称性・量子相転移の解明と、様々な極限状況での未知な量子状態の探索を、実験・理論の密接な協力の下に進める。研究の柱として、(i) 極限条件下の新奇相転移（絶対零度近傍の量子流体・固体における未知の相転移、超高压下・超強磁場下の物性）、(ii) 統計力学的に興味深い新奇状態（フラストレーションによるマクロな縮退、隠れた秩序変数）、(iii) 微細電子系における量子コヒーレンス制御（結合量子ドットにおけるフェルミ粒子対称性とスピン制御、一原子層・ナノチューブなど、人工ナノ構造の新奇量子効果）、(iv) 強相関系における量子相転移（高温超伝導体や分数量子ホール系に代表されるゲージ対称性の破れの制御、スピン・軌道・格子結合系の新秩序のようなミクロな自己組織化）、の4つに注目して新しい極限量子状態を究明し、5年間で新物質の開拓・制御と新物性の原理解明の両輪を飛躍させる。

### (5) マクロ量子系と極限複雑系における対称性の破れとその制御

ボース凝縮体などの量子流体や液晶などの異方性流体、高温プラズマ、レーザー系、生体物質系においては、さまざまなコヒーレント構造や自己組織構造が出現する。この普遍的現象は、時間的・空間的に等方的で一様な系からの、並進・回転・反転対称性の破れとして統一的に理解される。しかし、多様な構造形成と量子的熱的ゆらぎの競合は、多くの未解決な問題を含んでいる。この研究計画においては、量子系と古典系、平衡系と非平衡系、自律系と開放系を対比させ、それぞれの物理的特性が絡んだ極限複雑系に対して、構造と機能の発現を実験的・理論的に探索する。そして、それらの基本的機構の解明と制御を目指す。

## 8. 教育実施計画

本プログラムは現代物理学のフロンティアである極限量子系の基本法則や構造を解明し、新たな物理学の展望を切り開くことを目標に掲げているが、この研究活動に博士課程大学院生や博士研究員(PD)が教員とともに参加してその研究活動の一翼を担うことを期待している。21世紀の物理学を担う優れた若手研究者の養成は本拠点が果たすべき責務の一つであり、それなしには本研究拠点のさらなる発展もあり得ない。本プログラムを構成する専攻では、これまでも様々な分野における高度な研究と教育を行ってきた。本専攻の大学院学生、特に博士課程学生は、国際学術誌の発表論文数が平均5以上というような一流の研究成果を生み出してきている。以上に述べた理念と現状認識に基づいて、本プログラムの教育実施計画では、1. 分野を俯瞰する教育の展開、2. 先鋭的な研究に専念できる支援体制、3. 国際的な教育環境、の3つの主要な観点から次のような施策を実施し、これまでの教育活動を一層強化する。

### (1) 分野横断的な講義の開設

多様な極限量子系相互の共通性を探り、そして、それらにおける対称性を統一的な視点から考察するため、「極限量子構造汎論」、「量子対称性汎論」のような分野横断的な講義を新たに開設する。これは諸分野の専門家を擁することにより初めて可能になるもので、本拠点独自の優位性を発揮するものである。さらに、必要に応じて海外の見識ある研究者も招聘し、より幅広い多様な講義を行う。このような教育活動は学生のみならず、教員に対する啓発活動にもなるものである。

### (2) 研究環境の抜本的な改善

本プログラムに参加する者は教員、学生、PDを問わず、研究活動に専念できる環境にあることが必要であり、こうした環境を整備する施策を行うことが肝要である。わが国においては、学生に関する支援が特に遅れているが、本プログラムではその抜本的な改善をはかり、学生が経済的に安定した環境で研究者として成長できるような環境を整えたい。そのため、研究実績が既に十分にある学生や、これから期待される学生を選んで経済的な支援を行う。この施策はリサーチアシスタント(RA)制により実現されるもので、優秀な学生が経済的に自立して研究活動に専心し、ひいては次代を担う研究者に成長していくことが出来るよう十分

な援助体制を敷くことが必要である。また遠隔地にある部局間・施設間の連携を容易にするため、遠隔セミナー・講義等を可能にするネットワーク設備の充実を図る。

### (3) 教育訓練としての教育参加

教育活動への参加は多くの場合に、教育する者自身の物理学への理解を深め、新しい問題意識を掘り起こす契機を与える。このような観点からも、また広く社会に貢献する人材を育成するという観点からも、大学院生に教育の実地トレーニングを十分に積ませる必要がある。これは担当教員の適切な監督のもとで行う。このためには、ティーチングアシスタント(TA)制に相当する活動がもっとも適しており、こうした環境を整備し博士課程院生やPDの教育活動として援助する。

### (4) 国際的教育環境

本拠点は、国内外の区別なく活躍できる人材を養成すべきであり、そのために学生は国際的な環境に早くから接することができるようにする。その一環として、特に博士課程では外国人研究者および外国人特任教員らによる講義が常時開講されるようにする。また、学生やPDが国内外を問わず、国際会議などで研究成果を発表し、さらにはサマースクールなどに参加して知識や意欲を高めることを奨励する。これらの施策により、学生の外国語による表現力、理解力、さらに自らの成果や疑問を正しく主張できる能力を育成する。

### (5) 学生の海外での研修制度の創設

博士課程の学生が海外の大学などに数ヶ月程度滞在して、異なった環境・文化的基盤の研究や教育に触れることは大変有益である。特に、将来有望で研究実績のあがっている学生には海外研修の機会を与え真の国際性を体得させる。

## 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

研究と教育の双方について、目的は十分に達成したと考える。研究に関しては、ニュートリノ振動現象の発見、B中間子系におけるCP非対称性の発見、反陽子水素原子の発見、核力の起源の解明、ブラックホールでの相対論効果の検証、すばる望遠鏡による最遠方銀河の発見など、基礎物理学における数多くの革新的な成果をあげている。ISIトムソン社による論文被引用数統計で、東京大学が物理学分野で常に世界の1位ないし2位を維持していることは、本拠点を構成する物理系の研究実績が世界最高水準であることを端的に示している。また、平成19年度には、文部科学省の世界トップレベル国際研究拠点形成促進プログラムの一つとして、本学の「数物連携宇宙研究機構」が採択されたことも、本拠点を構成する東京大学の物理系研究資源（研究者と研究施設）が世界最高水準であることの証左である。

一方、教育に関しては、博士課程の院生を最先端の研究に従事させつつ教育するためのRAとしての雇用、大学院生の海外派遣や国際会議での研究発表の支援、RAによるRAのための若手シンポジウムの開催など、多彩な人材育成活動を展開した。これらの事業は、専攻に所属する大学院生が、東京大学総長賞や理学系研究科奨励賞などを数多く受賞していることが示すように、大きな教育効果をもたらした。さらに、理学系研究科の他専攻と協力し、オープンキャンパスや高校生向けサイエンスカフェなど、広報活動を展開するとともに、学部学生の選抜国際派遣プログラムや大学院教育イニシアティブを推進した。非専門家向けに科学を伝える意義とその技術を学ぶための「科学コミュニケーション入門」を開講、英語による物理学の議論やプレゼンテーションの技術を磨く英語特別科目の実施、外国人客員教員の積極的招聘、特定分野集中型および分野横断型双方の国際ワークショップの開催、博士課程に留学生優先配置枠5名を獲得するなどして、拠点のさらなる国際化も推進した。

平成16年度末に、本拠点の中核をなす物理教室が外部評価を実施した。報告書には、今後の教室運営に関する傾聴に値する指摘が含まれるものの、研究水準は高く評価されており、教育に関する不断の努力も高く評価されている。

#### 2) 人材育成面での成果と拠点形成への寄与

以下に述べる多彩な事業を実施し、大きな成果をあげた。

(1) 国際性を養う教育：大学院生に英語による研究成果の発表・議論を効果的に行う技術を身につけさせるため、経験豊富な専門家を講師とする少人数英語特別講義を開講した。また、国際会議や海外サマースクール等への参加希望者に対し、会議出席の目的や意義、研究実績等を厳正に審査して海外渡航費の援助を行う制度を設け、大学院生の国際舞台での活躍を協力にサポートした。

(2) 大学院カリキュラムの充実：著名な研究者を海外から招聘し（15年度3名、16年度4名、17年度2名、18年度6名、19年度3名）、大学院生向けの特別講義を開講してカリキュラムの国際化を図った。また、本拠点内部の教員や国内の著名な研究者を講師として、分野横断的な大学院講義である「量子物理学特論Ⅰ,Ⅱ」、「極限量子構造汎論Ⅰ,Ⅱ」、各分野の最先端の研究を学ぶ「21世紀COE特別講義」（複数回開講）、非専門家向けに科学を伝える意義とその技術を学ぶ「科学コミュニケーション」などの特色ある講義を開講し、大学院カリキュラムの充実を図った。

(3) 多彩な国際会議の開催：10回に及ぶ特定分野集中型および分野横断型双方の国際ワークショップを主催・共催した。その多くでポスターセッションを設け、大学院生や若手研究者が研究成果を発表するとともに、ノーベル賞受賞者を含む著名な外国人招待講演者と直接議論できる機会を作った。

(4) 若手主体の研究会の開催：助教クラスの若手研究者やRAの企画・運営による、若手研究者のための研究会を4回開催した。うち1回は、理学系研究科の4つのCOE合同による分野横断的の研究会である。

(5) 博士課程大学院生の支援：優秀な博士課程大学院生をRAとして雇用した。研究者としての自覚を促すとともに、極力研究に専念できる環境づくりを支援した。

#### 3) 研究活動面での新たな分野の創成や、学術的知見等

基礎物理学における数多くの革新的成果をあげ、基礎物理学における世界的研究拠点としての評価を一層高めることに成功した(様式3の1. 研究活動実績、

この拠点形成計画に関連した主な発表論文名を参照されたい)。以下では、研究実施計画で掲げた5つのカテゴリーにおける成果の概要を述べる。

### (1) 素粒子と宇宙の統一描像の構築

素粒子理論においては、多次元膜宇宙論モデルに基づき原始ブラックホールの蒸発や宇宙論的效果を調べ、インフレーションモデルに対して制限を与えた。また、弦理論研究の新技术を開発した。素粒子実験においては、B中間子系におけるCP対称性の破れを発見した。宇宙線分野においては、超新星残骸からのTeV領域ガンマ線の観測に成功し、宇宙分野においては、すざく衛星を用いた宇宙線の観測を進め、進化した星で、ヘリウムから炭素が核融合で合成される現場を明らかにした。

### (2) ニュートリノの研究、及び関連した研究による動的宇宙の研究

世界最大のニュートリノ検出器、スーパーカミオカンデによってニュートリノの振動現象を発見し、ニュートリノに質量がある証拠を得た。他の素粒子に比べて非常に小さいニュートリノの質量は、現在の素粒子の標準模型を超えて、より深く素粒子の世界の自然法則を知る際の突破口になると考えられる。

### (3) 核物質の新しいダイナミクスと対称性の究明

魔法数の消長までも含む原子核中の一粒子軌道エネルギーの系統的な変化を、核力中のテンソル力の特徴的な効果として示し、テンソル力を含めた平均場模型を創始することにより実証した。アインシュタインらが量子力学の欠陥であると批判した「非局所相関」が、強い相互作用をする2陽子対の系でも存在することを実験的に確認した。格子ゲージ理論と呼ばれる手法に基づき、核力の起源を量子色力学から解明することに世界で初めて成功した。

### (4) 極限物質状態の制御による対称性の探究

ハイパースピンをもつスピル型ボース・アインシュタイン凝縮体を伝播するソリトン、逆散乱法を拡張することにより厳密に解析した。反陽子水素原子の生成に成功し、生成された反陽子水素原子の主量子数分布が第一原理計算の予言と大きく異なることを発見した。相転移の新しいタイプであるスピクロスオーバー相転移の熱力学的性質を明らかにした。高温超伝導体中の電子対形成の際、フォノンも役割を担っていることを発見した。低温、強磁場、高圧下などの極限環境下において、核磁気共鳴実験を行い、有機伝導体の磁場によって誘起される超伝導状態の生成機構を解明した。

### (5) マクロ量子系と極限複雑系における対称性の破れとその制御

非平衡定常状態における発熱と揺動散逸定理の関係を表す新しい統計力学的関係式を、レーザートラップに駆動されたコロイド粒子系を用いて実験的に初めて検証した。また、非平衡臨界現象の一つである方向性パーコレーションの実験的検証は長年にわたり未解決であったが、液晶中の乱流転移現象により初めて3つの臨界指数を決定した。

#### 4) 事業推進担当者相互の有機連携

拠点リーダーの下に、COE事業の推進に関する企画調整を行う参加部局合同の委員会を設置し、分野横断型の国際ワークショップや著名な外国人研究者による特別講義の企画、大学院生の英語教育、研究拠点形成アシスタント(RA)制度等に関する議論を行い、部局間および事業推進担当者間の相互理解と協力体制の樹立と維持に努めた。

また、事業開始当初より、本拠点の中核である理学系研究科物理学専攻と原子核科学研究センター、物性研究所、宇宙線研究所、ビッグバン宇宙国際研究センター、天文学専攻などとの間で数多くの共同研究が開かれ、多大の成果をあげることができた。

#### 5) 国際競争力ある大学づくりへの貢献度

Physical Review Letters誌などを始めとする一流の国際学術誌への論文発表や国際会議での研究発表を通じて国際舞台で活躍できる若手研究者の育成を推進した。また、特色ある取り組みの実例として、スウェーデンで開催されたUTフォーラムに13名の大学院生を参加させた。ウプサラ大学大学院生やルント大学大学院生との他流試合的な研究交流会を先方の大学院生と全て自主的に企画させ、国際的研究集会の開催や、自分の研究成果を巧みに伝え議論する技術を学ばせることができた。

#### 6) 国内外に向けた情報発信

初年度より21COE専用のホームページを立ち上げ、本拠点の紹介、国際ワークショップや研究会、講演会情報の掲示、ポスドクや研究拠点形成アシスタント(RA)の公募のアナウンスなどの情報発信を積極的に行った。また、国際ワークショップの開催に関する情報を中心に英語ページも用意した。さらに、一般向けに行われる東京大学理学部公開講座や、物性研究所、宇宙線研究所の一般公開、ニュートリノに関する一般

講演会の開催に協力したほか、本学理学系研究科の4つのCOE拠点合同の若手研究者による分野横断型公開シンポジウムを企画した。

#### 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)

補助金は、研究拠点形成アシスタント(RA)や研究拠点形成特任研究員(ポスドク)の雇用、大学院生の海外渡航援助、国際ワークショップや研究会の開催、著名な外国人研究者の招聘、少人数英語特別講義のための外国人講師の雇用など、学際的・萌芽的研究を推進し、国際的な研究拠点を形成する目的のため、効果的に使用されたと考える。

実際、上記の使用目的は、経費区分では人件費と旅費にあたるものであるが、5年間にわたる両者の支出総額は補助金総額の4分の3を占めており、支出が適切であったことを証明している。研究の遂行に必要な設備備品費には、事業推進担当者を始めとする各教員が獲得した一般の科学研究費補助金などの競争的研究資金を充てており、本補助金からは拠点の推進に必要な最小限度の支出(補助金総額のわずか2.7%)にとどめている。

#### 今後の展望

今後は、本拠点同様に高い評価を受けている工学系研究科物理工学専攻を中核とする21世紀COEプログラム「強相関物理工学」の拠点と共同し、グローバルCOEプログラム「未来を拓く物理科学結集教育研究拠点」として世界的にも質・量ともに他の追随を許さない物理科学の一大拠点として発展させることを目指している。

グローバルCOEでは、自然界の法則を探究する物理科学とその応用展開について、広範な研究対象を多角的に扱う。まず、「基本法則とその応用展開」という共通の縦系で貫かれた「時空の構造と物質の究極の姿を観測および数理によって解き明かす、天文学、宇宙物理学、素粒子物理学」、「物質の構造とその活用を探究する、原子核物理学、原子・分子物理学、物性物理学、光科学」、「高分子や生体分子を扱う複雑系科学」、さらに「生命現象を含む非平衡系の法則を探る非平衡物理」などを対象とする。一方、これらを別の角度から横系として貫く「光の量子論・相対論的挙動に注目した科学」、「極限量子系における物理法則の対称性」、「強く相関する多粒子・多自由度系の物理現象」、「非平衡ダイナミクスと生命現象」、さらに「計算機による

量子多体现象の解明」などを対象とする研究教育活動を強力に推進することを目指している。

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)

本拠点の形成により、以前にも増して海外から研究者や学生が絶えず本拠点を訪れ研究・教育活動に参加するとともに、本拠点からも教授から院生までが海外へ出かけて緊密な交流や効果的な成果の発信を行うことが可能となった。このことにより、本拠点は国際的にもビジビリティの高い世界的な研究センターとしての地位を確かなものとした。また、極限条件下の新物質、人工ナノ構造、量子情報などの新しい学問領域において多くの萌芽的な研究活動が著しく成長した。

現代物理学の著しい発展は、二つの側面によって支えられている。一つは、先端的技術や実験設備を駆使したフロンティア研究の推進であり、もう一つは、大きさ、エネルギー、時間の尺度などが全く異なる現象の背後に共通する法則や原理の存在を見抜き、その洞察に基づく新しい学際領域を創出し発展させようとする側面である。本拠点は、現代物理学のもつこの二つの原動力を効果的にかつ強力に融合させたものであり、物理科学分野における世界のオピニオンリーダーとして、常に最先端の成果を発信し続けている。こうした一連の活動により、物理学のフロンティアはさらに前進するとともに、本拠点の活動で得られた成果は、人類の貴重な知的財産として永く蓄積され、そのいくつかは人類と地球環境を支える新しい応用技術の種になると期待される。

## 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	東京大学	拠点番号	G06
拠点のプログラム名称	極限量子系とその対称性		
<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（<u>          </u>）：拠点からコピーが提出されている論文</p> <p>下線（<u>          </u>）：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) S. Ando and K. Sato, "Relic neutrino background from cosmological supernovae," <i>New J. Phys.</i> <b>6</b>, 170(27 pages) (2004).</p> <p>(2) G. Watanabe, T. Maruyama, K. Sato, K. Yasuoka, and T. Ebisuzaki, "Simulation of transitions between "pasta" phases in dense matter," <i>Phys. Rev. Lett.</i> <b>94</b>, 031101(4 pages) (2005).</p> <p>(3) H. Takami, H. Yoshiguchi, and K. Sato, "Propagation of ultra-high energy cosmic rays above <math>10^{19}</math> eV in a structured extragalactic magnetic field and galactic magnetic field," <i>Astrophys. J.</i> <b>639</b>, 803-815 (2006).</p> <p>(4) J. Ieda, T. Miyakawa, and M. Wadati, "Exact Analysis of Soliton Dynamics in Spinor Bose-Einstein Condensates," <i>Phys. Rev. Lett.</i> <b>93</b>, 194102(4 pages) (2004).</p> <p>(5) J. M. Uchiyama, J. Ieda, and M. Wadati, "Dark Solitons in F=1 Spinor Bose-Einstein Condensate," <i>J. Phys. Soc. Jpn.</i> <b>75</b>, 064002(9 pages) (2006).</p> <p>(6) T. Eguchi and Y. Tachikawa, "Rigid limit in N=2 supergravity and weak-gravity conjecture," <i>JHEP</i> 0708:068 (2007).</p> <p>(7) T. Eguchi and H. Kanno, "Geometric transitions, Chern-Simons gauge theory and Veneziano type amplitudes," <i>Phys. Lett. B</i> <b>585</b>, 163-172 (2004).</p> <p>(8) M. Hori, J. Eades, R. S. Hayano, T. Ishikawa, W. Pirkl, E. Widmann, H. Yamaguchi, H. A. Torii, B. Juhasz, D. Horvath, and T. Yamazaki, "Direct measurement of transition frequencies in isolated pHe+ atoms, New CPT-violation limits on the antiproton charge, mass," <i>Phys. Rev. Lett.</i> <b>91</b>, 123401(4 pages) (2003).</p> <p>(9) H. Yamaguchi, R. S. Hayano, T. Ishikawa, J. Sakaguchi, E. Widmann, J. Eades, M. Hori, H. A. Torii, B. Juhasz, D. Horvath, and T. Yamazaki, "Systematic study of the decay rates of antiprotonic helium states," <i>Phys. Rev. A</i> <b>70</b>, 012501(5 pages) (2004).</p> <p>(10) M. Hori, A. Dax, J. Eades, K. Gomikawa, R. S. Hayano, N. Ono, W. Pirkl, E. Widmann, H. A. Torii, B. Juhasz, D. Barna, and D. Horvath, "Determination of the antiproton-to-electron mass ratio by precision laser spectroscopy of pHe+," <i>Phys. Rev. Lett.</i> <b>96</b>, 243401(4 pages) (2006).</p> <p>(11) G. Abbiendi <i>et al.</i>, "Test of the standard model and constraints on new physics from measurements of fermion pair production at 189 to 209 GeV at LEP," <i>Eur. Phys. J. C</i> <b>33</b>, 173-212 (2004).</p> <p>(12) G. Abbiendi <i>et al.</i>, "Measurement of mass and width of the W boson," <i>Eur. Phys. J. C</i> <b>45</b>, 307-335 (2006).</p> <p>(13) M. Nishino, K. Boukheddaden, Y. Konishi, and S. Miyashita, "Simple two-dimensional model for the elastic origin of cooperativity among spin states of spin-crossover complexes," <i>Phys. Rev. Lett.</i> <b>98</b>, 247203(4 pages) (2007).</p> <p>(14) Y. Konishi, H. Tokoro, M. Nishino, and S. Miyashita, "Monte Carlo simulation of pressure-induced phase transitions in spin-crossover materials," <i>Phys. Rev. Lett.</i> <b>100</b>, 067206(4 pages) (2008).</p> <p>(15) S. Sasaki, S. Amaha, N. Asakawa, M. Eto, and S. Tarucha, "Enhanced Kondo effect via orbital degeneracy in a spin-1/2 artificial atom," <i>Phys. Rev. Lett.</i> <b>93</b>, 017205(4 pages) (2004).</p> <p>(16) T. Hatano, M. Stopa, and S. Tarucha, "Single-electron delocalization in hybrid vertical-lateral double quantum dots," <i>Science</i> <b>309</b>, 268-271 (2005).</p> <p>(17) M. Yamamoto, M. Stopa, Y. Hirayama, Y. Tokura, and S. Tarucha, "Negative drag in a one-dimensional wire," <i>Science</i> <b>313</b>, 204-207 (2006).</p> <p>(18) K. Maeda, M. Tanaka, K. Nomoto, N. Tominaga, K. Kawabata, P. A. Mazzali, H. Umeda, T. Suzuki, and T. Hattori, "The unique type Ib supernova 2005bf at nebular phases: A possible birth event of a strongly magnetized neutron star," <i>Astrophys. J.</i> <b>666</b>, 1069-1082 (2007).</p> <p>(19) P. A. Mazzali, J. Deng, K. Nomoto, D. N. Sauer, E. Pian, N. Tominaga, M. Tanaka, K. Maeda, and A. V. Filippenko, "A neutron star driven X-ray flash associated with supernova SN 2006aj," <i>Nature (London)</i> <b>442</b>, 1018-1020 (2006).</p> <p>(20) Super-Kamiokande Collaboration(著者134名、うち博士院生3名), "A measurement of atmospheric neutrino oscillation parameters by Super-Kamiokande I," <i>Phys. Rev. D</i> <b>71</b>, 112005(35 pages) (2005).</p> <p>(21) Super-Kamiokande Collaboration(著者147名、うち博士院生9名), "Search for supernova neutrino bursts at Super-Kamiokande," <i>Astrophys. J.</i> <b>669</b>, 519-524 (2007).</p> <p>(22) Y. Ashie <i>et al.</i>(著者138名、うち博士院生2名), "Evidence for an oscillatory signature in atmospheric neutrino oscillation," <i>Phys. Rev. Lett.</i> <b>93</b>, 101801(6 pages) (2004).</p> <p>(23) E. Aliu <i>et al.</i>(著者158名、うち博士院生2名), "Evidence for muon neutrino oscillation in an accelerator-based experiment," <i>Phys. Rev. Lett.</i> <b>94</b>, 081802(5 pages) (2005).</p> <p>(24) M. Sato, H. Aikawa, K. Kobayashi, S. Katsumoto, and Y. Iye, "Observation of the Fano-Kondo antiresonance in a quantum wire with a side-coupled quantum dot," <i>Phys. Rev. Lett.</i> <b>95</b>, 066801(4 pages) (2005).</p> <p>(25) M. Kato, A. Endo, S. Katsumoto, and Y. Iye, "Aharanov-Bohm-type oscillation in antidote lattices in the quantum Hall regime," <i>Phys. Rev. B</i> <b>77</b>, 155318(7 pages) (2008).</p> <p>(26) N. Ishii, E. Tokunaga, S. Adachi, T. Kimura, H. Matsuda, and T. Kobayashi, "Optical frequency and vibrational time-resolved two-dimensional spectroscopy by real-time impulsive resonant coherent Raman scattering in polydiacetylene," <i>Phys. Rev. A</i> <b>70</b>, 023811(7 pages) (2004).</p> <p>(27) Y. Yuasa, M. Ikuta, and T. Kobayashi, "Vibrational chirp in the dynamic Stokes-shift process due to ultrafast geometrical</p>			

- relaxation in a polydiacetylene," *Phys. Rev. B* **72**, 134302(8 pages) (2005).
- (28) K. Sekiguchi, H. Sakai, H. Witala, W. Glockle, K. Hatanaka, M. Hatano, K. Itoh, H. Kamada, H. Kuboki, Y. Maeda, A. Nogga, H. Okamura, T. Saito, N. Sakamoto, Y. Sakemi, M. Sasano, Y. Shimizu, K. Suda, A. Tamii, T. Uesaka, T. Wakasa, and K. Yako, "Resolving the discrepancy of 135 MeV pd elastic scattering cross sections and relativistic effects," *Phys. Rev. Lett.* **95**, 162301(4 pages) (2005).
- (29) H. Sakai, T. Saito, T. Ikeda, K. Itoh, T. Kawabata, H. Kuboki, Y. Maeda, N. Matsui, C. Rangacharyulu, M. Sasano, Y. Satou, K. Sekiguchi, K. Suda, A. Tamii, T. Uesaka, and K. Yako, "Spin correlations of strongly interacting massive fermion pairs as a test of Bell's inequality," *Phys. Rev. Lett.* **97**, 150405(4 pages) (2006).
- (30) K. McElroy, R. W. Simmonds, J. E. Hoffman, D. H. Lee, J. Orenstein, H. Eisaki, S. Uchida, and J. C. Davis, "Relating atomic scale electronic phenomena to wave-like quasiparticle states in superconducting  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ ," *Nature (London)* **422**, 592-596 (2003).
- (31) X. J. Zhou, T. Yoshida, A. Lanzara, P. V. Bogdanov, S. A. Keller, K. M. Shen, W. L. Yang, F. Ronning, T. Sasagawa, T. Kakeshita, T. Noda, H. Eisaki, S. Uchida, C. T. Lin, F. Zhou, J. W. Xiong, W. X. Ti, Z. X. Zhao, A. Fujimori, Z. Hussain, and Z. X. Shen, "Universal nodal Fermi velocity," *Nature (London)* **423**, 398 (2003).
- (32) K. McElroy, J. Lee, J. A. Slezak, D. H. Lee, H. Eisaki, S. Uchida, and J. C. Davis, "Atomic-scale sources and mechanism of nanoscale electronic disorder in  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ ," *Science* **309**, 1048-1052 (2005).
- (33) J. Lee, K. Fujita, K. McElroy, J. A. Slezak, M. Wang, Y. Aiura, H. Bando, M. Ishikado, T. Matsui, J. X. Zhu, A. V. Balatsky, H. Eisaki, S. Uchida, and J. C. Davis, "Interplay of electron-lattice interactions and superconductivity in  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ ," *Nature (London)* **442**, 546-550 (2006).
- (34) Y. Kohsaka, C. Taylor, K. Fujita, A. Schmidt, C. Lupien, T. Hanaguri, M. Azuma, M. Takano, H. Eisaki, H. Takagi, S. Uchida, and J. C. Davis, "An intrinsic bond-centered electronic glass with unidirectional domains in underdoped cuprates," *Science* **315**, 1380-1385 (2007).
- (35) H. Tsuchiya, T. Enoto, S. Yamada, T. Yuasa, M. Kawaharada, T. Kitaguchi, M. Kokubun, H. Kato, M. Okano, S. Nakamura, K. Makishima, "Detection of high-energy gamma rays from winter thunderclouds," *Phys. Rev. Lett.* **99**, 165002(4 pages) (2007).
- (36) R. Miyawaki, M. Sugihno, M. Kokubun, and K. Makishima, "Chandra observation of luminous sources in the nearby irregular galaxy NGC 4449," *Publ. Astron. Soc. Jpn.* **56**, SP1, 591-595 (2004).
- (37) S. Sakai, R. Arita, and H. Aoki, "Itinerant ferromagnetism in the multiorbital Hubbard model -- a dynamical mean-field study," *Phys. Rev. Lett.* **99**, 216402(4 pages) (2007).
- (38) T. Oka and H. Aoki, "Ground-state decay rate for the Zener breakdown in band and Mott insulators," *Phys. Rev. Lett.* **95**, 137601(4 pages) (2005).
- (39) M. Tezuka, R. Arita, and H. Aoki, "Density matrix renormalization group study of pairing when electron-electron and electron-phonon interactions coexist -- an effect of the electronic band structure," *Phys. Rev. Lett.* **95**, 226402(4 pages) (2005).
- (40) R. Arita, S. Onari, K. Kuroki, and H. Aoki, "Off-site repulsion-induced triplet superconductivity: A possibility for chiral  $p_{xy}$ -wave pairing in  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ ," *Phys. Rev. Lett.* **92**, 247006(4 pages) (2004).
- (41) T. Otsuka, T. Suzuki, R. Fujimoto, H. Grawe, and Y. Akaishi, "Evolution of nuclear shells due to the tensor force," *Phys. Rev. Lett.* **95**, 232502(4 pages) (2005).
- (42) V. Tripathi, S. L. Tabor, P. F. Mantica, C. R. Hoffman, M. Wiedeking, A. D. Davies, S. N. Liddick, W. F. Mueller, T. Otsuka, A. Stolz, B. E. Tomlin, Y. Utsuno, and A. Volya, " $^{29}\text{Na}$ : defining the edge of the island of inversion for  $Z=11$ ," *Phys. Rev. Lett.* **94**, 162501(4 pages) (2005).
- (43) T. Otsuka, T. Matsuo, and D. Abe, "Mean field with tensor force and shell structure of exotic nuclei," *Phys. Rev. Lett.* **97**, 162501(4 pages) (2006).
- (44) K. A. Takeuchi, M. Kuroda, H. Chate, and M. Sano, "Directional percolation criticality in turbulent liquid crystals," *Phys. Rev. Lett.* **99**, 234503(4 pages) (2007).
- (45) H. Shiba, J. Ruppert Felsot, Y. Takahashi, Y. Murayama, Q. Ouyang, and M. Sano, "Elastic convection in vibrated viscoplastic fluids," *Phys. Rev. Lett.* **98**, 044501(4 pages) (2007).
- (46) Y. Tsuji, T. Mizuno, T. Mashiko, and M. Sano, "Mean wind in convective turbulence of mercury," *Phys. Rev. Lett.* **94**, 034501(4 pages) (2005).
- (47) A. Kusaka *et al.* (著者172名、うち博士院生1名), "Measurement of CP asymmetry in a time-dependent Dalitz analysis of  $B_0 \rightarrow (\rho \pi)_0$  and a constraint on the CKM angle  $\phi(2)$ ," *Phys. Rev. Lett.* **98**, 221602(6 pages) (2007).
- (48) Y. Nakahama *et al.* (著者145名、うち博士院生1名), "Measurement of time-dependent CP-violating parameters in  $B_0 \rightarrow K_0(S)K_0(S)$  decays," *Phys. Rev. Lett.* **100**, 121601(5 pages) (2008).
- (49) H. Tomita, Y. Yoshii, Y. Kobayashi, T. Minezaki, K. Enya, M. Suganuma, T. Aoki, S. Koshida, and M. Yamauchi, "Multiple regression analysis of the variable component in the near-infrared region for type 1 AGN MCG+08-11-011," *Astrophys. J.* **652**, L13-L16 (2006).
- (50) M. Suganuma, Y. Yoshii, Y. Kobayashi, T. Minezaki, K. Enya, H. Tomita, T. Aoki, S. Koshida, B. A. Peterson, "Reverberation measurements of the inner radius of the dust torus in nearby Seyfert 1 galaxies," *Astrophys. J.* **639**, 46-63 (2006).
- (51) S. Kabuki *et al.* (著者48名、うち博士院生2名), "CANGAROO-III search for gamma rays from Centaurus A and the  $\omega$  Centaurus region," *Astrophys. J.* **668**, 968-973 (2007).
- (52) Y. Sakamoto *et al.* (著者44名、うち博士院生2名), "CANGAROO-III observation of the 2006 outburst of PKS2155-304," *Astrophys. J.* **676**, 113-121 (2008).
- (53) M. Mochizuki and M. Imada, "Orbital spin structure and lattice coupling in  $R\text{TiO}_3$  where  $R=\text{La, Pr, Nd, and Sm}$ ," *Phys. Rev. Lett.* **91**, 167203(4 pages) (2003).
- (54) Y. Imai, I. Solov'ev, and M. Imada, "Electronic structure of strongly correlated systems emerging from combining path-integral renormalization group with the density-functional approach," *Phys. Rev. Lett.* **95**, 176405(4 pages) (2005).
- (55) S. Fujiyama, M. Takigawa, and S. Horii, "Charge freezing in the zig-zag chain cuprate  $\text{PrBa}_2\text{Cu}_4\text{O}_8$  observed by Cu nuclear quadrupole resonance," *Phys. Rev. Lett.* **90**, 174004(4 pages) (2003).
- (56) O. Vyaselev, M. Takigawa, A. Vasiliev, A. Oosawa, and H. Tanaka, "Field-induced magnetic order and simultaneous lattice deformation in  $\text{TlCuCl}_3$ ," *Phys. Rev. Lett.* **92**, 207202(4 pages) (2004).
- (57) M. Yoshida, K. Arai, R. Kaido, M. Takigawa, S. Yonezawa, Y. Muraoka, and Z. Hiroi, "NMR observation of rattling phonons in the pyrochlore superconductor  $\text{KOs}_2\text{O}_6$ ," *Phys. Rev. Lett.* **98**, 197002(4 pages) (2007).

## 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))

下記に示すように、事業実施期間中に多くの21COE国際会議を開催した。特に、平成19年度は、本事業の総仕上げとして、分野横断的な観点を重視した多彩な国際会議を開催した。記録として重要なので、外国人招待講演者についてはほぼ全員記入した。

(1) 2004年2月16-18日、東京大学山上会館、“Prospects on Fundamental Physics in the 21st Century”、約100名(7名)、E. Turner (Princeton), P. Lipari (Rome), F. Halzen (Madison), A. Thomas (Adelaide), R. D. Heuer (Hamburg), B. Jacak (New York), P. Van Isacker (GANIL)

(2) 2004年11月29-30日、東京大学弥生講堂、“New Horizons in Condensed Matter Physics”、約150名(5名)、Klaus von Klitzing (Stuttgart), Douglas D. Oscheroff (Stanford), David Pines (Urbana-Champaign), T. Maurice Rice (Zurich), Roland Wiesendanger (Hamburg)

(3) 2005年10月1-2日、東京大学理学部、“Frontiers of Laser and Optical Sciences”、87名(8名)、Ferenc Krausz (Max Planck Institute for Quantum Optics, Germany), Franz X. Kaertner (Massachusetts Institute of Technology, USA), Chang Hee Nam (Korea Advanced Institute of Science and Technology, Korea), Ci-Ling Pan (National Chiao Tung University, Taiwan), Jorge J. Rocca (Colorado State University, USA), Stephane Sebban (Laboratoire d'Optique Appliquée, France), Mark I. Stockman (Georgia State University, USA), Katalin Varju (Lund Institute of Technology, Sweden)

(4) 2006年2月22-24日、東京大学柏キャンパス、“Energy Budget in the High Energy Universe”、約100名(23名)、Chales C. H. Jui, Antonio Insolia, Hyesung Kang, Benjamin Stokes, Rashid A. Sunyaev, Thomas K. Gaisser, Roberto Battiston, Francis L. Halzen, Peter Mészáros, Marco Casolino, Neil Gehrels, Ehud Nakar, Remo Ruffini, Trevor C. Weekes, David Berge, Heinrich J. Völk, Jose A. C. Perez, Paolo Coppi, Todd Thompson

(5) 2006年11月20-22日、東京大学小柴ホール、“Perspectives in Nonlinear Physics”、150名(8名)、M. Batchelor, J. Kurchan, E. Vincent, D. Thirumalai, G. Zaslavsky, A. Kluemper

(6) 2007年2月7-9日、東京大学山上会館、“Neutrino Processes and Stellar Evolution”、約70名(9名)、B. Balantekin (Madison), G. S. Bisnovatyi Kogan (IKI, Russian Academy), S. Freedman (Berkeley), K. Langanke (GSI), M. Liebendoerfer (Basel), G. M. Pinedo (GSI), W. Mittig (GANIL), Y. Z. Qian (Minnesota), M. Wiescher (Notre Dame)

(7) 2007年5月21-23日、東京大学物性研究所、“New Developments in ESR of Strongly Correlated Systems”、126名(7名)、I. Affleck, S. Demishev, V. Pashchenko, O. Cepas, A. Smirnov, X. Wang, V. Kataev

(8) 2007年8月1-3日、東京大学物性研究所、“Foundations and Applications of the Density Functional Theory”、120名(12名)、E. K. U. Gross (FU Berlin), A. G. Zacarias (FU Berlin), R. Car (Princeton), A. Selloni (Princeton), K. Burke (UC Irvine), J. F. Dobson (Griffis University), I. Solov'yev (NIMS), S. Savrasov (UC Davis), G. Galli (UC Davis), F. Gygi (UC Davis), A. Krasheninnikov (Univ. Helsinki), F. Aryasetiawan (AIST)

(9) 2007年10月29-31日、東京大学小柴ホール、“New Facet of Three Nucleon Force”、94名(28名)、M. R. Robilotta (U. São Paulo), H. Witała (Jagiellonian U.), N. Kalantar-Nayestanaki (KVI, U. Groningen), U. G. Meißner (U. Bonn & FZ Jülich), St. Kistryn (Jagiellonian U.), E. Stephan (U. Silesia), W. Tornow (Duke U. & TUNL), L. E. Marcucci (U. Pisa), S. C. Pieper (Argonne National Lab.), A. Schwenk (TRIUMF), S. Quaglioni (Lawrence Livermore National Lab.), S. A. Coon (Office of Science, DOE), A. C. Fonseca (U. Lisboa), V. P. Ladygin (Joint Institute for Nuclear Research), S. Catto (CUNY & Rockefeller U.), B. Gibson (Los Alamos National Lab.)

(10) 2007年11月5-7日、東京大学小柴ホール、“Linear Response Theory in Commemoration of its 50th Anniversary Recent Development of Equilibrium and Non-Equilibrium Response -”、100名(5名)、Jean-Philippe Bouchaud (CEA Saclay, France), Christopher Jarzynski (University of Maryland, USA), Hans De Raedt (University of Groningen, Netherlands), U. Schollwöck (RWTH Aachen University, Germany), Michael Wilkinson (The Open University, England)

## 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)COE研究拠点形成アシスタント(RA)の採用：博士課程の学生の人材育成においては、最先端の研究に従事させつつ指導することが重要である。本事業では、優秀な博士課程の学生をCOE研究拠点形成アシスタント(RA)として採用した。採用にあたり、レフェリー付きの学術雑誌等に発表した論文や学会、国際会議、研究会等における招待講演、口頭発表、ポスター発表の実績、指導教員の推薦書に基づいて、厳正な審査を行った。各年度の採択実績は以下のとおりである。

平成15年度：申請者数79名、採択者数48名

平成16年度：申請者数118名、採択者数76名

平成17年度：申請者数126名、採択者数74名

平成18年度：申請者数121名、採択者数77名

平成19年度：申請者数88名、採択者数83名

(2)海外渡航援助：大学院の学生の人材育成においては、自らの研究成果を国際会議等で発表し、世界の研究者と議論する機会を与えることが重要である。本事業では国際会議等で研究発表を行う大学院生に対し、渡航援助を実施した。渡航援助者の採択にあたり、レフェリー付きの学術雑誌等に発表した論文や学会、国際会議、研究会等における招待講演、口頭発表、ポスター発表の実績、指導教員の推薦書に基づいて、厳正な審査を行った。平成16年度より実施した海外渡航援助の採択実績は以下のとおりである。

平成16年度：申請者数20名、採択者数14名（うち口頭発表5件、ポスター発表5件、サマースクール等4件）

平成17年度：申請者数26名、採択者数14名（うち口頭発表8件、ポスター発表5件、サマースクール等1件）

平成18年度：申請者数26名、採択者数17名（うち口頭発表11件、ポスター発表6件）

平成19年度：申請者数30名、採択者数9名（うち口頭発表6件、ポスター発表3件）

(3)英語特別科目の実施：物理学の研究者にとって、国際学術雑誌への論文投稿、国際会議での研究発表やディスカッションなど、英語能力の向上を図ることは極めて重要である。本事業では、大学院生の英語能力の向上を図るため、実践的な英語教育の経験をもつ外国人講師を招いて英語特別科目を実施した。受講希望者は、レベルチェックテストの結果に基づいて、BasicとAdvancedの能力別のクラスで各人の実力にあった講義を受講できるように配慮した。受講希望者多数の場合には、レベルチェックテストの結果に基づいて選抜を行った。各年度の受講実績は以下のとおりである。

平成15年度冬学期：受講希望者数38名、受講者数29名（うちAdvancedクラス9名、Basicクラス20名）

平成16年度夏学期：受講希望者数93名、受講者数61名（うちAdvancedクラス12名、Basicクラス49名）

平成16年度冬学期：受講希望者数42名、受講者数30名（うちAdvancedクラス8名、Basicクラス22名）

平成17年度夏学期：受講希望者数59名、受講者数40名（うちAdvancedクラス12名、Basicクラス28名）

平成17年度冬学期：受講希望者数24名、受講者数23名（うちAdvancedクラス5名、Basicクラス18名）

平成18年度夏学期：受講希望者数42名、受講者数28名（うちAdvancedクラス8名、Basicクラス20名）

平成18年度冬学期：受講希望者数14名、受講者数14名（うちAdvancedクラス7名、Basicクラス7名）

平成19年度夏学期：受講希望者数38名、受講者数25名（うちAdvancedクラス12名、Basicクラス13名）

平成19年度冬学期：受講希望者数5名、受講者数5名（うちAdvancedクラス5名）

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)

設定された目的は十分達成された

(コメント)

拠点形成計画全体については、実績のある研究者や学生が多数集まっている拠点であり、一定の努力が認められ、目的は達成されつつあり、今後、研究者・グループの有機的連携や事業の持続的展開などによる発展が望まれる。

人材育成面については、分野横断的講義の開設、海外大学との交流など、広範な育成活動・支援活動は評価できる。また、国際共同研究は極めて有効であり、広い視点の研究者育成や、学位取得者数の増加、国際会議などでの主著論文発表や討論などの育成成果を期待する。

研究活動面については、各分野でそれぞれ興味ある研究が従来から行われており、評価できるが、本プログラムによって生まれてきた新しい展開については、今後を期待する。また、拠点の目的である対称性について各分野の相乗的共同研究などによって、新たな分野創設や新たな対称性の知見が望まれる。

補助事業終了後の持続的展開については、継続的に発展し、世界の物理科学の拠点としての地歩を強固にされることを期待する。なお、素粒子系研究においては、東京大学内のみならず、国内外との連携を今後も引き続き重視することが望まれる。

21世紀COEプログラム平成15年度採択拠点事後評価  
評価結果に対する意見申立て及び対応について

意見申立ての内容	意見申立てに対する対応
<p><b>【申立て箇所】</b>  <u>なお、素粒子系研究においては、東京大学内のみならず、国内外との連携を重視することが望まれる。</u></p> <p><b>【意見及び理由】</b>          素粒子系研究に関する国内外との連携については、これまで十分重視して研究活動が展開されている。実際、事業結果報告書3頁、7. 研究実施計画、(1) 素粒子と宇宙の統一描像の構築に記載のとおり、BファクトリーでのCP非保存の検証、LHCでのヒッグス粒子や超対称性粒子の探索、暗黒物質の直接探査、ミューオン数非保存の探索、X線衛星によるエネルギー非等分配過程の探究、超新星・活動銀河核を用いた宇宙膨張観測による暗黒エネルギーの検証などの国際共同実験を本拠点が中心になって推進した。また、事業結果報告書5頁、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に記載のとおり、平成19年度には、文部科学省の世界トップレベル国際研究拠点形成促進プログラムの一つとして、本学の「数物連携宇宙研究機構」が採択され、活発な研究活動が展開されている。したがって、該当個所の指摘は不適切であり、削除願いたい。</p>	<p><b>【対応】</b>          以下の通り修正する。          なお、素粒子系研究においては、東京大学内のみならず、<u>国内外との連携を今後も引き続き重視することが望まれる。</u></p> <p><b>【理由】</b>          今後も継続して国内外との連携を重視することに期待を込めた指摘であることから、その趣旨が明確になるよう、修正した。</p>