

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	東北大学		学長名	井上 明久	拠点番号	G02
1. 申請分野	F<医学系> <b>G&lt;数学、物理学、地球科学&gt;</b> 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)	物質階層融合科学の構築 (Exploring New Science by Bridging Particle-matter Hierarchy) ※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: 物理学 >( ニュートリノ )( クォーク )( 強相関電子 )( 宇宙暗黒物質 )( 非線形偏微分方程式 )					
3. 専攻等名	理学研究科(物理学専攻、天文学専攻、数学専攻、ニュートリノ科学研究センター、原子核理学研究施設)、サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター、金属材料研究所					
4. 事業推進担当者	計 31 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)		
橋本 治 (60)	理学研究科・教授	原子核物理 理学博士	拠点リーダー(総括)、ハイパー原子核物理			
井上 邦雄 (42)	理学研究科・教授	素粒子物理 博士(理学)	総括分担者、ニュートリノ物理			
村上 洋一 (50)	理学研究科・教授	物性物理学 工学博士	総括分担者、放射光・中性子物理			
二間瀬 敏史 (55)	理学研究科・教授	観測的宇宙論 PhD	総括分担者、宇宙論			
小菌 英雄 (49)	理学研究科・教授	数学 理学博士	総括分担者、数理科学、非線形微分方程式			
鈴木 厚人 (61)	理学研究科・教授	素粒子物理 理学博士	ニュートリノ物理 (平成18年4月1日辞退)			
山本 均 (53)	理学研究科・教授	素粒子物理 PhD	CP対称性の破れ			
日笠 健一 (52)	理学研究科・教授	素粒子理論 理学博士	素粒子的自然像			
山口 昌弘 (45)	理学研究科・教授	素粒子理論 理学博士	素粒子的自然像			
小林 俊雄 (55)	理学研究科・教授	原子核物理 理学博士	中性子過剰核、元素生成			
田村 裕和 (47)	理学研究科・教授	原子核物理 理学博士	ハイパー原子核物理			
笠木 治郎太 (61)	理学研究科・教授	原子核物理 理学博士	クォーク物質、原子核物理			
篠塚 勉 (59)	サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター・准教授	原子核物理 工学博士	中性子過剰核、元素生成			
高橋 隆 (56)	理学研究科・教授	物性物理学 理学博士	強相関電子系、光電子分光			
澤田 安樹 (60)	理学研究科・教授	物性物理学 理学博士	低温物理 (平成16年9月1日辞退)			
青木 晴善 (59)	極低温科学センター・教授	低温物理 理学博士	極低温物理、強相関物性			
倉本 義夫 (58)	理学研究科・教授	物性理論 理学博士	強相関物質の数理物理			
川勝 年洋 (47)	理学研究科・教授	物性理論 工学博士	ソフトマターの数理物理			
斉尾 英行 (59)	理学研究科・教授	天体物理学 理学博士	銀河形成、元素生成			
市川 隆 (56)	理学研究科・教授	銀河天文学 理学博士	宇宙の大規模構造、光赤外			
板東 重稔 (51)	理学研究科・教授	数学 PhD	数理科学、大域解析学			
柳田 英二 (51)	理学研究科・教授	数学 工学博士	非線形数理、力学系の理論			
山田 和芳 (58)	金属材料研究所・教授	物性物理学 理学博士	高温超伝導体、中性子散乱 (平成16年9月1日追加)			
石原 照也 (50)	理学研究科・教授	物性物理学 理学博士	フォトニクス結晶 (平成16年9月1日追加)			
谷垣 勝己 (53)	理学研究科・教授	物性物理学 理学博士	ナノネットワーク構造物理 (平成16年9月1日追加)			
千葉 証司 (45)	理学研究科・教授	銀河天文学 理学博士	暗黒物質分布の研究 (平成16年9月1日追加)			
服部 誠 (43)	理学研究科・教授	宇宙論, X線天文学 理学博士	宇宙背景輻射の観測的および理論的研究 (平成16年9月1日追加)			
谷口 義明 (53)	理学研究科・助教授	銀河天文学 理学博士	構造形成の研究 (平成18年4月1日辞退)			
小谷 元子 (48)	理学研究科・教授	数学 理学博士	離散幾何解析 (平成16年9月1日追加)			
齋藤 理一郎 (50)	理学研究科・教授	物性理論 理学博士	ナノ物性理論解析 (平成19年4月1日追加)			
平山 祥郎 (52)	理学研究科・教授	物性物理学 工学博士	量子伝導物性 (平成19年4月1日追加)			
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)	130,000	155,000	152,000	182,390 ( 18,239 )	183,000 ( 18,300 )	802,390

## 6. 拠点形成の目的

本拠点は宇宙創生・進化の過程で順次形成された素粒子、原子核、固体・液体（凝縮物質）、天体・宇宙を物質階層としてとらえ、各階層固有の研究を進展させつつ、階層間の連携によって形成される中間的状態の遷移形態や融合形態である、クォーク物質、弱・強相関物質、星・星間物質、宇宙暗黒物質の新研究分野を開拓することを目的とする。そして、宇宙進化過程と物質階層構造の統一的究明に必要な、物質階層融合科学研究拠点を構築する。このために、下図にしめされるように本拠点の様々な研究の連携強化と、国内外の研究者の結集、博士課程後期学生の研究水準の向上を図ることを目指す。具体的研究計画として、以下の研究プログラムを設定し、特に、強力な国際協働研究と数学との連携に留意しつつ、拠点形成を進める。

(ア)カムランド実験による原子炉ニュートリノ、太陽ニュートリノ、地球内部起源ニュートリノや、電子・陽電子衝突実験によるCP非対称性の研究を基盤にして素粒子や力の統一像の構築を図るとともに、原子核や宇宙研究分野との融合研究によって、クォーク物質、宇宙進化、銀河形成の機構と宇宙暗黒物質の正体を解明する。

(イ)少数多体系物質である原子核を核子／クォーク物質系とみなし、ハイパー原子核や中性

子過剰核、核内クォーク相関における新現象の発現機構を、他の物質研究を融合して解明する。特に、粒子数の増加による多体相関現象の発現を、凝縮物質研究との融合を図り究明する。

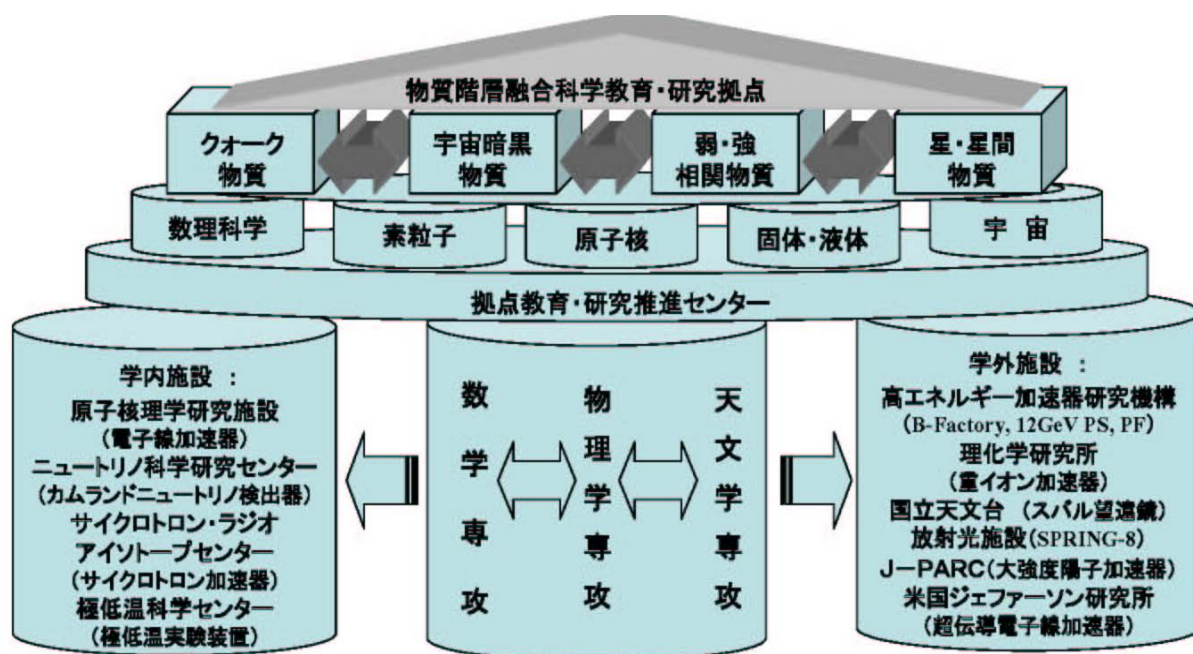
(ウ)放射光や中性子をプローブとして、巨視的多体物質として強相関電子をもつ新物質の創製、評価を試み、少数多体系物理との融合を図り、マイクロ系からマクロ系において現れる物質新現象の発現機構を究明する。特に、本拠点の特徴である放射光X線散乱・中性子散乱や超高分解能光電子分光等の実験的研究手段を駆使して、電子物性研究を推進する。

(エ)独自のアイデアによる大型赤外カメラと次世代光赤外線望遠鏡を開発し、またすばる望遠鏡をも活用して宇宙大規模構造、宇宙暗黒物質、ダークエネルギーの解明を試みると共に、素粒子、原子核、凝縮系物質研究との融合により、宇宙創生・進化・終焉の宇宙像を構築する。

(オ)素粒子、原子核、凝縮系、宇宙の理論的研究と非線形解析学の手法を融合し、宇宙進化に伴う粒子系の進化によって形成される物質階層の統一像を構築する。

## 7. 研究実施計画

本拠点においては、以下の7項目に具体的重点を置きつつ、拠点の研究計画を実施する。すなわち、



(a) 5 研究グループ（「素粒子」「宇宙」「原子核」「固体・液体」「数理科学」）を組織し、各グループの総括分担者を中心に拠点グループの融合研究を推進する。

(b) 拠点セミナー、拠点ワークショップを定期的 to 実施し拠点研究活動の共有と融合を図る。

(c) 拠点に共通実験室、拠点解析センターを設け、物理科学実験手法、最先端極微検出器開発、数理科学的手法の拠点における共有化を図る。

(d) 外国人研究員（拠点フェロー）、拠点ポストドクの雇用：優れた外国人研究者を拠点フェローとして雇用する。（教授・助教授相当2名）フェローは、拠点における研究を担い、融合研究の糊的役割を果たす。同時に、後期課程学生やポストドクに対する英語による教育指導にも当たる。

(e) 優秀な日本人及び外国人若手研究者をポストドクとして雇用し、拠点融合研究の推進および拠点大学院後期課程学生の教育に当てる。

(f) 国内外共同研究支援：拠点センターの持つ融合的研究機能および事務機能をベースに、国内外国際共同研究の推進を支援し、世界をリードする研究拠点として展開する。

(g) 拠点国際会議：拠点全体国際会議、拠点小規模国際会議を、平均年2回開催する。世界の第一線で活躍する研究者を招聘し、拠点研究分野に関する議論を行い、拠点の研究成果を世界に発信する。拠点の若手研究者、大学院学生の教育の場としても活用する。

## 8. 教育実施計画

本プログラムにおける物理科学・数理科学の研究活動は双方向国際共同研究のもとに行われた。国際共同研究を主導的に展開し大きな成果を上げている本拠点は、その高い水準を持つ先端研究活動に大学院学生を研究者として参加させ、実地に教育する機会に恵まれている。こうした中で、徹底した国際的環境下で、グローバルな学問競争の厳しさを体得させ、その中から21世紀の物質階層融合科学構築に向けて世界をリードする若手研究者を実践的に養成することを、最重点目標とする。

国際的に通用する若手研究者を養成するにあたっては、以下の3つの能力を養成するべく

教育実施計画を以下の通りそれぞれ推進する。すなわち、

(1) 基本的学力、学識に裏付けられた学問に対する好奇心と深い動機付け、

(2) 研究テーマの発想、遂行、解析、洞察能力、

(3) 物理科学、数理科学の素養と広い視野を持って、新しい学問領域を構想できる能力、を重視して拠点における教育を進めた。

本拠点の教育計画実施のためには、それぞれの専攻における教育に加えて、本プログラムのもとに発足させる拠点教育研究推進センターを中心に、専攻横断的、研究領域横断的に基礎的研究能力を教育する拠点アリーナ教育システムを確立した。特に、21世紀の物質階層融合科学確立には不可欠な基礎学識と広い視野を涵養するため物理数理科学融合教育を推進した。さらに、加えて、拠点のもつ国際的環境を最大限に生かして、博士後期課程学生を拠点の共同研究者として扱うことにより、国際的共同研究の場で主体的に研究活動を担う能力を養成することを推進した。さらに、国際的研究者として要求されるプレゼンテーション等の「実践的技術」を、拠点が雇用する外国人研究者も活用して教育する。具体的には以下の教育に関する方策を実施する。

### 1) 拠点アリーナ教育を通じた広い視野を持つ若手研究者の養成

・拠点共通講義を拠点プログラムに参加する後期課程学生を対象に開講し、物理数理科学融合少人数教育を実施する。後期課程学生には、受講を義務づける。

### 2) 階層間（専門横断）交流プログラム

・拠点融合セミナーを拠点教育研究推進センターにおいて定期的 to 実施し、拠点事業推進担当者間のみならず後期課程学生、若手研究者間の研究交流を推進する。拠点後期課程学生には、拠点アリーナ教育の一貫として拠点セミナーの受講を義務づける。

・拠点学生に対して短期留学等、後期課程在学

中最低一回2ヶ月以上所属研究グループを離れて研究活動に従事することを奨励し、広い視野を持つ若手研究者を教育する。

3) 英語による発表，コミュニケーション能力養成

・博士課程後期および若手研究者に対して、拠点で採用する外国人研究者等による、英語でのプレゼンテーション、論文作成、討論等の効果的実践教育を実施する。

4) 若手研究者，博士後期課程大学院生の主体的拠点研究参加推進

・リサーチアシスタントとして後期課程学生を雇用し、拠点先端研究に責任を持って参加させる。

・若手イニシアチブ・プロジェクト：若手研究者、大学院後期課程学生から、本拠点融合研究に関するプロジェクト提案を募集し、審査の上、優秀な提案に対して、年度毎に研究費を配分する。研究成果は年度末に公開で報告させる。

5) 双方向国際共同研究への大学院学生参加推進

・国内拠点における学内外国際共同研究プログラムに、外国人共同研究者を招へいし、共同研究グループ会議等に博士後期課程学生等を組織的に参加させる。また外国人共同研究大学院生等を日常的に受け入れ、拠点センターにおいて拠点博士課程学生との混合教育を行う。

・博士後期課程学生を拠点が展開する海外研究教育拠点到長期滞在型派遣をし、国際共同研究に参加させる。海外拠点において、共同研究グループの外国人学生とともに教育を行う。

6) 博士後期課程学生，若手研究者の国際会議における発表，第一級の研究者との交流を推進

・拠点が開催する国際会議に、海外の若手研究者、博士課程学生を招待し若手研究者、博士後

期課程学生との交流を促進する。国際会議のプログラム内または前後に学生・セッションを設け、学生、若手研究者に企画・実施をまかせる。同時に国際会議における発表の機会を、多数の博士課程後期の学生に与えて、実践的教育を行う。

・海外における国際会議での研究成果発表を奨励し、拠点学生の国際会議派遣費用を援助する。

7) 拠点優秀学生の表彰

・拠点の融合研究に対する貢献を基準として審査し、毎年6名程度の後期課程学生に拠点優秀学生賞を授与する。受賞学生には国際会議派遣の経済的援助を受ける特典を与える。

これらの、計画を拡大運営委員会のもとに、教育担当グループを組織し、実行する。

## 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

物理・数学・天文の3専攻を結集した21世紀COE拠点「物質階層融合科学の構築」は、最先端の国際協働研究の推進とともに物質階層間の橋渡しによる新しい融合研究分野の開拓を実践し、その最先端研究や新分野開拓過程の実体験を教育の中核としてきた。教育プログラムとしては、基礎科目の充実、専攻間授業科目の共有化、大学院生発案の優秀研究に対する補助、国際協働実践のための短期海外派遣、海外研究者招聘、外国語による教育などに重点を置いて実施した。若手主催のものも含めて22回に上る国際シンポジウムや成果報告会を開催し、大学院生の研究発表の機会をもうけ、その評価と結果に基づく補助の差別化の仕組みを作り上げてきた。これらの施策により、例えば大学院生の国内外での学会発表数は、年間一人あたり0.8回から2.1回へと大きく向上した。

物質階層を融合し科学フロンティアを開拓するには、階層内での基盤となる最先端研究が必須である。本拠点は、世界をリードするニュートリノ、ハイパー原子核、強相関電子、ナノ物性、宇宙大規模構造、非線形解析学・非平衡の物理、特異空間の幾何学などの研究とそれを支える施設、国際協働研究拠点を有する。その研究水準は、例えばニュートリノ研究の論文が物理分野全体の論文引用数で1位

(ISI2004, 2005年調べ)となったほか、融合研究の代表例であるニュートリノ地球物理の創出に成功するなど、高い水準の研究を成功裏に推進してきた。さらに拠点全体においても、21COEプログラム期間中に物理学分野での引用数ランキングが世界19位(2002年)から9位(国内2位, 2007年)へ向上するなど、拠点全体の研究水準を大きく向上させた。本拠点終了に当たって、関連各分野で著名でありまた世界的にも研究教育機関の評価に数多く携わってきた5名の外部特別評価委員(H. Amann(Zurich), L. Gardman(Jefferson Lab.), M. S. Dresselhaus(MIT), S. Pakvasa(Hawaii), F. Steglich(MPI Dresden))氏らによる評価を受けた。いずれの評価者も、2004年3月の第1回本COE国

際会議の出席者である。2007年12月に開催した第6回国際会議に先だって提出した21世紀COE拠点活動評価報告書と第1回会議と第6回会議の比較に基づき、各委員それぞれの評価を文書として提出していただいた。いずれの委員も、本拠点5年間の成果を高く評価して頂いた。報告書による自己評価と国際的外部評価委員による外部評価を勘案し、本拠点の目的は十分に達成したと評価する。

#### 2)人材育成面での成果と拠点形成への寄与

21世紀COE「物質階層融合科学の構築」拠点では、各専攻間を横断するカリキュラム(物質階層融合科目)の設定、拠点で雇用した外国人研究者による授業の実施、先端理学国際コース設置による英語での授業等の教育プログラムの実施、他専攻の科目を必修とする本学に新たに設立された国際高等研究教育院のプログラムへの参加を行ってきた。また、若手研究者や学生を、国際会議での発表や協働研究実施のため積極的に海外に短期派遣するとともに、大学院生のRA経費(月額5万円)・ポスドク雇用(実績評価に応じて月額30または40万円)・若手イニシアチブ・プログラム(年間30—80万円程度の特別研究奨励費)に重点的に予算を配分し、若手育成に努めた。学生の海外への派遣は毎年50人程度と数倍になり、外国人教員・研究者の招聘状況は、長短期招聘あわせてのべ166人と大幅に増加した。キャリアパス形成のため、産業界と連携した「産学連携フォーラム」、卒業生の講演・交流を行う「理学博士のキャリアパス・シンポジウム」の継続的開催を進め、博士後期課程の学生や若手研究者に多様な将来のキャリアの可能性を示してきた。また、理学研究科内に他21世紀COEプログラムや理学研究科他専攻と連携し「理学基礎基盤センター」を設立した。また、本21世紀COE拠点は、学内に設立された国際高等研究教育院での先端基礎科学領域基盤の土台にもなっている。これらの諸施策とその成果を以下に数値的に示す。平成15年以降のべ352人のRA、55人のCOEフェローを雇用し、拠点形成以前のRA雇用数は年平均6人程度しかなかったのに比べて大幅増を実現した。また、若手イニシアチブ・プログラムとして280件に対して特別研究奨励費を支給した。博士

課程学生の論文発表数は1.3報/年・人、学会発表は2.1回/年・人あり、COE拠点形成前の学会発表回数0.8回/年・人と比べ大きく向上した。この4年間で社会に送り出した博士の数は112人に上り、期待通り、産官学の多方面で大いに活躍している。特に研究分野での活躍は著しく、准教授、講師、助教を既に3人、1人、14人輩出しており、その中にはニュートリノ、原子核物理、素核理論、天文、物性実験、物性理論、数学の各物質階層および融合分野で第一人者として認められている研究者が含まれている。また、若手研究者の活躍も著しく、期間中にCOEフェローや研究員・若手助手、助教が、国内外の助手・助教・講師・助教授・研究所研究員などへ昇格した者の数は22に上り、非常に流動的で活発な人材育成・交流が実現している。

### 3) 研究活動面での新たな分野の創成や、学術的知見等

21世紀COEプログラムで推進した基盤研究・融合研究において、代表的な成果を以下に示す。

＜素粒子・宇宙＞特に、鈴木・井上らが、カムランドを使い、原子炉反電子ニュートリノ観測からニュートリノ振動の明快な証拠をとらえ、ニュートリノ質量2乗差の精密測定に成功した。また、地球内部起源のニュートリノ観測にも成功し、地球内部をトモグラフィ的に観測する革新的な手法を確立し、ニュートリノ地球物理学を創出したことは、もっとも大きな成果である。さらに、日笠・山口らによる素粒子・宇宙論の理論的研究、山本らによるKEKB実験への貢献、市川らによる、近赤外線世界最高性能のすばる望遠鏡用撮像分光装置MOIRCS開発、二間瀬らの、重力レンズ効果による30以上の銀河団観測成功、などの、

＜クォーク・ハドロン多体系＞田村・橋本らは世界最高のエネルギー分解能を有するK中間子用磁気スペクトロメータ(HKS)を開発し、 $\Lambda$ ハイパー核研究を推進するとともに、超高分解能 $\gamma$ 線分光器Hyperballを開発・改良して $\Lambda$ ハイパー核の精密構造から $\Lambda$ 粒子と核子間の相互作用を明らかにするなど、顕著な成果を上げた。また、小林らによる、不安定原子核の構造研究、清水らのペンタ・クォーク・バリオンな

ど新しいクォーク多体系の研究に大きな進展があった。

＜強相関電子物性＞村上らは、放射光を利用した共鳴X線散乱法を開発してその機構を明らかにし、遷移金属酸化物や希土類化合物などのバルク物質のみならず、薄膜や人工格子系の電子軌道状態をSpring8において建設した測定器を駆使して定量的に明らかにしてきた。倉本らは、共鳴X線散乱の解析により世界で初めて反強八極子秩序を実証した。また、原研での偏極中性子分光器の高性能化により、多方面で多極子物理の成果を得ている。

＜新凝集物質開発＞高橋・山田和らは、高分解能角度分解光電子分光(ARPES)の高エネルギー分解能化( $\Delta E < 1.5\text{meV}$ )を達成し、電子型高温超伝導体の超伝導ギャップの異方性の直接観測を通じて反強磁性相互作用が超伝導発現機構に大きく関与していることを見出した。川勝らは、ソフトマターに対しマイクロ相分離構造での、温度変化や外力による相転移の機構を解明した。谷垣・齋藤らは、炭素およびシリコンなどのナノクラスター物質に関する研究を行い、カーボンナノチューブの構造を決定する鍵となる電子・振動スペクトルの解析に成功した。

＜数理科学＞小谷らの「マイクロからマクロを解析する」研究は、離散幾何に幾何学的に統一的な観点を初めて与えた研究である。塩谷らの体積崩壊理論は、ミレニアム問題のポアンカレ予想の解決で、ペレルマンの幾何化予想の証明に本質的な役割を果たしたことで脚光を浴びた。柳田・小藺らは、それぞれ、反応拡散方程式の爆発解の漸近挙動と、ルレイ以来の懸案であったナビエ・ストークス方程式の空間内の任意の領域と初期データに対して「乱流解」を構成することに成功した。加えて、融合研究創出のための活動実績として、応用数学連携フォーラムの設立、非可換幾何と物理の連携国際会議主催などもある。特に、数学を媒介した多くのアイデアが生まれており、今後の発展が期待される。

### 4) 事業推進担当者相互の有機的連携

数学・物理・天文連携での物質階層融合科学の開拓・推進と、最先端の国際協働研究環境下での人材の育成という本拠点の方針のもとに、基盤研究・融合研究の深化・展開が行われ、広い視野を持ち国際的に活躍できる人材の育成



が図られた。特に、各分野混成の研究グループにより12の重点研究テーマをたてて共同研究を推進することで、ニュートリノ研究、宇宙暗黒物質研究、極限環境下の物質構造研究などで融合研究開拓の成果が得られ、また、素粒子、原子核、物性分野を含めた多くの融合研究の芽が生まれている。

#### 5) 国際競争力ある大学づくりへの貢献度

研究科・専攻での国際的ネットワークの実績として、清華大学、エコーセントラル、INSAリオンがあり、さらにエコーノルマル、カリフォルニア大学6校、中国科学院物理研究所、復旦大学、プリンストン大学などの海外協働拠点校との連携が始動しつつある。また、カムランド、JLab、すばる、SPRING-8・PF、原研改3号炉、J-PARC、KEKB、ILC検出器開発などを含む本拠点が推進する最先端研究では、本拠点が主導する双方向の国際協働研究が活発に進行している。これらの拠点との間で、流動的かつ活発な研究者の招聘・派遣、若手研究者の交換、中期海外派遣・受入を行うことで国際性の高い研究教育ネットワークが構築されてきた。また、基盤フロンティア研究・融合フロンティア研究の両方において、柔軟かつ戦略的なポスドク雇用、外国人雇用・招へいが推進された。

#### 6) 国内外に向けた情報発信

活発な研究活動をもとにした、拠点国際会議はもちろんのこと、国内の研究会も頻繁に開催し、情報発信に努めた。また、学術的な情報発信にとどまらず、社会に向けたアウトリーチ活動を積極的に行ってきた。一般向けの講演会はこの5年間に100回近くに及び、小中高への所謂出前授業も80県に及んでいる。また、物理学の最前線、東北大学サイエンスカフェ、仙台数学セミナー、仙台科学館における研究紹介や公開実験など、市民を対象とした講演会等を多数行ってきた。

#### 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）

本拠点の経費は、若手研究者の育成にその大部分が当てられた。直接、大学院生、若手研究者に渡るRA費、ポスドク雇用費、若手イニシアティブプログラム経費は、全体の75%程度を占める。英語での最先端授業等を担当する外国人講師の旅費等を考慮に入れると、80%

以上が教育経費として支出されている。残りは拠点の運営経費として使用されており、研究経費は、高い水準で獲得されている外部資金が当てられた。

#### ② 今後の展望

本拠点は、素粒子から宇宙に亘る様々な物質階層における固有の研究を深化させると共に、数学との連携を図りつつ、階層間を橋渡し(Bridging)し、物質階層を鳥瞰する自然観のもとに、宇宙物質像の総合的理解を図ることを目指して推進された。本拠点が主導する世界的な基盤研究施設や高精度測定装置・技術を活用してはじめてこれらの最先端研究を強力に推進することが可能となった。本拠点の大きな成果の一つは、拠点出発以前にはほとんど直接的には学術的交流のなかった物理・天文研究者と数学者が、学問分野はもちろんのこと、大学院教育に関わる諸問題を日常的に議論することになったことである。その中からは、研究上の様々な萌芽的アイデアも生まれている。このような、階層融合研究、分野融合研究教育の進展こそが、本拠点をさらに大きく飛躍させる跳躍台の役割を果たすであろう。本拠点の5年間に整備された国際双方向・分野横断教育組織、若手研究者支援システム、融合研究推進組織、国際共同研究推進プログラム等は今後の展開の基本的な道具となると考えられる。これらを、十二分に生かすことによって、これまでの研究分野も超えて、新しい学術パラダイムが開拓されると共に、そこで次世代の若手研究者の育成が可能となると考える。

#### 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）

本COE拠点は、当初よりグローバルな拠点としての運営を行ってきた。国際的に高い水準にある世界的研究教育拠点であり、主導的に学術分野での役割を果たしてきた。

また、アジア理学連携フォーラム等によって教員レベルでの研究教育の交流も大幅に促進され、欧米に対してはもちろんのこと、アジア地域に対しても国際協働研究のさらなる展開が図られている。

機 関 名	東北大学	拠点番号	G02
拠点のプログラム名称	物質階層融合科学の構築		
<p>1. 研究活動実績</p> <p>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】</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. KamLAND Collaboration (K. Eguchi et al.), "A high sensitivity search for anti-<math>\nu(e)</math>'s from the sun and other sources at KamLAND" <i>Phys.Rev.Lett.</i><b>92</b>, 071301:1-4(2004).</p> <p>2. KamLAND Collaboration (T. Araki et al.), "Experimental investigation of geologically produced antineutrinos with KamLAND", <i>Nature</i> <b>436</b>, 499-503(2005).</p> <p>3. KamLAND Collaboration (T. Araki et al.), "Measurement of neutrino oscillation with KamLAND: Evidence of spectral distortion", <i>Phys.Rev.Lett.</i><b>94</b>, 081801:1-4 (2005).</p> <p>4. S.Enomoto, E.Ohtai, K.Inoue, A.Suzuki, "Neutrino geophysics with KamLAND and future prospects", <i>Earth and Planetary Science Letters</i> <b>258</b>, 147-159(2007).</p> <p>5. T. Han, K. Hikasa, J. M. Yang, and X. Zhang, "Flavor-changing neutral current top-squark decay as a probe of squark mixing" <i>Phys. Rev. D</i> <b>70</b>, 055001:1-7 (2004).</p> <p>6. K. Hagiwara, K. Hikasa, and H. Yokoya, "Parity-odd asymmetries in W-jet events at the Fermilab Tevatron " <i>Phys. Rev. Lett.</i><b>97</b>, 221802:1-4 (2006).</p> <p>7. <u>M. Endo</u>, M. Yamaguchi and K. Yoshioka, "A bottom-up approach to moduli dynamics in heavy gravitino scenario: Superpotential, soft terms and sparticle mass spectrum", <i>Phys. Rev. D</i><b>72</b>, 015004:1-23 (2005).</p> <p>8. <u>S. Nakamura</u>, M. Yamaguchi, "Gravitino production from heavy moduli decay and cosmological moduli problem revived", <i>Phys. Lett.</i> <b>B638</b>, 389-395 (2006).</p> <p>9. <u>M. Ukai</u>, O. Hashimoto, <u>Y. Miura</u>, <u>T. Miyoshi</u>, K. Mizunuma, <u>Y. Okayasu</u>, H. Tamura, K. Tanida, L. Yuan, S. H. Zhou, et al., "Hypernuclear Fine Structure in <math>^{16}_L\text{O}</math> and the LN Tensor Interaction", <i>Phys. Rev. Lett.</i> <b>93</b>, 232501:1-4 (2004).</p> <p>10. O. Hashimoto and H. Tamura, "Spectroscopy of L hypernuclei", <i>Progress of Particle and Nuclear Physics</i> <b>57</b>, 564-653 (2006).</p> <p>11. B. H. Kang, O. Hashimoto, <u>S. Kameoka</u>, <u>Y. Miura</u>, <u>Y. Okayasu</u>, H. Tamura, <u>K. Tsukada</u>, and <u>T. Watanabe</u>, et al., "Exclusive Measurement of the Nonmesonic Weak Decay of <math>^5_L\text{He}</math> Hypernucleus", <i>Phys. Rev. Lett.</i> <b>96</b>, 062301:1-4 (2006).</p> <p>12. <u>T. Watanabe</u>, <u>S. Endo</u>, O. Hashimoto, <u>A. Matsumura</u>, <u>F. Miyahara</u>, <u>T. Miyoshi</u>, <u>Y. Miura</u>, S.N. Nakamura, <u>Y. Okayasu</u>, T. Tamae, H. Tamura, <u>K. Tsukada</u>, <u>M. Ukai</u>, <u>M. Wakamatsu</u>, et al., "Photo-production of neutral kaons on <math>^{12}\text{C}</math> in the threshold region", <i>Phys. Lett. B</i> <b>651</b>, 269-274 (2007).</p> <p>13. T.Nakamura, T.Kobayashi, <u>K. Watanabe</u>, et al., "Observation of Strong Low-Lying E1 Strength in the Two-Neutron Halo Nucleus <math>^{11}\text{Li}</math>", <i>Phys. Rev. Lett.</i> <b>96</b>, 252502:1-4 (2006).</p> <p>14. H. Kusunose and Y. Kuramoto, "Evidence for Octupole Order in <math>\text{Ce}_{0.7}\text{La}_{0.3}\text{B}_6</math> from Resonant X-ray Scattering", <i>J. Phys. Soc. Jpn.</i> <b>74</b>, 3139-3142(2005).</p> <p>15. <u>J. Otsuki</u>, H. Kusunose P. Werner and Y. Kuramoto, "Continuous-Time Quantum Monte Carlo Method for the Coqblin-Schrieffer Model", <i>J. Phys. Soc. Jpn.</i> <b>76</b>, 114707:1-11(2007).</p> <p>16. T. Honda and T. Kawakatsu, "Epitaxial Transition from Gyroid to Cylinder in a Diblock Copolymer Melt", <i>Macromolecules</i>, <b>39</b>, 2340-2349 (2006).</p> <p>17. T. Honda and T. Kawakatsu, "Computer Simulations of Nano-Scale Phenomena Based on the Dynamic Density Functional Theories; Applications of SUSHI in the OCTA System" in "Nanostructured Soft Matter", A.V.Zvelindovsky, ed. Springer-Verlag, Berlin, 461-493 (2007).</p> <p>18. K.K. Kim, <u>J. S. Park</u>, S. J. Kim, H. Z. Geng, K. H. An, C. M. Yang, <u>K. Sato</u>, R. Saito Y. H. Lee, "Dependence of Raman spectra G band intensity on metallicity of single-wall carbon nanotubes", <i>Phys. Rev. B</i>, <b>76</b>, 205426:1-8 (2007).</p> <p>19. <u>K. Sato</u>, R. Saito, J. Jiang, G. Dresselhaus, M. S. Dresselhaus, "Discontinuity in the family pattern of single-wall carbon nanotubes", <i>Phys. Rev. B</i>, <b>76</b>, 195446:1-7, (2007).</p> <p>20. <u>M. Endo</u>, N.Kimura, H.Aoki, T.Terashima, S.Uji, T.Matsumoto, T.Ebihara, "Evolution of Spin and Field Dependences of the Effective Mass with Pressure in <math>\text{CeIn}_3</math>", <i>Phys. Rev. Lett.</i> <b>93</b>, 247003:1-4 (2004).</p> <p>21. N. Kimura, <u>M.Endo</u>, <u>T.Isshiki</u>, S.Minagawa, A.Ochia, H.Aoki, T.Terashima, S. Uji, T. Matsumoto, G.G.Lonzarich, "De Haas-van Alphen effect in <math>\text{ZrZn}_2</math> under pressure – Cross over between two magnetic state", <i>Phys.Rev. Lett.</i> <b>92</b>, 197002:1-4 (2004).</p> <p>22. N. Kimura, K. Itoh, K. Saitoh, Y. Umeda, H. Aoki, T. Terashima, "Pressure-induced superconductivity in noncentrosymmetric heavy-fermion <math>\text{CeRhSi}_3</math>", <i>Phys. Rev. Lett.</i> <b>95</b>, 247004:1-4 (2005).</p> <p>23. S. Nakamura, <u>M. Endo</u>, H. Yamamoto, <u>T. Isshiki</u>, N. Kimura, H. Aoki, T. Nojima, S. Otani, S. Kunii, "Unusual evolution of conduction electron state in <math>\text{Ce}_x\text{La}_{1-x}\text{B}_6</math> from non-Fermi liquid to Fermi liquid", <i>Phys. Rev. Lett.</i> <b>97</b>, 237204:1-4 (2006).</p> <p>24. N.Kimura, K. Ito, H. Aoki, S. Uji and T. Terashima, "Extremely High Upper-critical-field in Noncentrosymmetric Heavy-fermion Superconductor <math>\text{CeRhSi}_3</math>", <i>Phys. Rev. Lett.</i> <b>98</b>, 197001:1-4 (2007).</p> <p>25. <u>H. Matsui</u>, <u>K. Terashima</u>, <u>T. Sato</u>, <u>T. Takahashi</u>, <u>M. Fujita</u>, <u>K. Yamada</u>, "Direct observation of a non-monotonic <math>d_{x^2-y^2}</math>-wave superconducting gap in the electron-doped high-Tc superconductor <math>\text{Pr}_{0.89}\text{LaCe}_{0.11}\text{CuO}_4</math>", <i>Phys. Rev. Lett.</i> <b>95</b>, 017003:1-4 (2005).</p>			



26. K. Terashima, H. Matsui, D. Hashimoto, T. Sato, T. Takahashi, H. Ding, T. Yamamoto, and K. Kadowaki, "Impurity effects on electron-mode coupling in high-temperature superconductors", *Nature Physics* **2**, 27-31 (2006).
27. K. Sugawara, T. Sato, S. Souma, T. Takahashi, M. Arai, and T. Sasaki, "Fermi surface and anisotropic spin-orbit coupling of Sb (111) studied by angle-resolved photoemission spectroscopy", *Phys. Rev. Lett.* **96**, 046411:1-4 (2006).
28. K. Terashima, H. Matsui, T. Sato, T. Takahashi, M. Kofu, and K. Hirota, "Anomalous momentum dependence of the superconducting coherence peak and its relation to the pseudogap of  $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ ", *Phys. Rev. Lett.* **99**, 017003:1-4 (2007).
29. K. Sugawara, T. Sato, S. Souma, T. Takahashi, H. Suematsu, "Anomalous quasiparticle lifetime and strong electron-phonon coupling in graphite", *Phys. Rev. Lett.* **98**, 036801:1-4 (2007).
30. T. Matsumura, D. Okuyama, N. Oumi, K. Hirota, H. Nakao, Y. Murakami and Y. Wakabayashi, "d-f Coulomb and quadrupole-strain interactions in  $\text{DyB}_2\text{C}_2$  observed by resonant x-ray scattering", *Phys. Rev. B* **71**, 012405:1-4(2005).
31. H. Nakao, S. Kodama, K. Kiyoto, Y. Murakami, M. Tsubota, F. Iga, K. Uchihira, T. Takabatake, H. Ohsumi, M. Mizumaki, N. Ikeda, "Resonant X-ray Scattering Study at Y K-edge in  $\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{TiO}_3$ ", *J. Phys. Soc. Jpn.* **75**, 094706:1-5 (2006).
32. T. Rachi, N. Kimura, H. Aoki, K. Tanigaki, et al., "Superconductivity and physical properties of  $\text{Ba}_{24}\text{Si}_{100}$  determined from Electric transport, specific-heat capacity, and magnetic susceptibility measurements", *Phys. Rev.* **B72**, 144504: 1-6 (2005).
33. Nobuya Hiroshiba, Ryotaro Kumashiro, Katsumi Tanigaki, Taishi Takenobu and Yoshihiro Iwasa, Kenta Kotani, Iwao Kawayama, and Masayoshi Tonouchi, Rubrene single crystal field-effect transistor with epitaxial  $\text{BaTiO}_3$  high-k gate insulator, *Appl. Phys. Letters*, **89**, 152110-152113 (2006).
34. T. Fujisawa, R. Tomita, T. Hayashi, and Y. Hirayama, "Bidirectional counting of single electrons", *Science* **312**, 1634-1636, (2006).
35. N. Kumada, K. Muraki, and Y. Hirayama, "Low-Frequency Spin Dynamics in a Canted Antiferromagnet", *Science* **313**, 329-332 (2006).
36. K. Suzuki, K. Kanisawa, C. Janer, S. Perraud, K. Takashina, T. Fujisawa, and Y. Hirayama, "Spatial imaging of two-dimensional electronic states in semiconductor quantum wells", *Phys. Rev. Lett.* **98**, 136802:1-4 (2007).
37. N. Kumada, K. Muraki, and Y. Hirayama, "NMR Evidence for Spin Canting in a Bilayer  $n=2$  Quantum Hall System", *Phys. Rev. Lett.* **99**, 076805:1-4 (2007).
38. S. Wakimoto, H. Zhang, K. Yamada, I. Swainson, H. Kim and R.J. Birgeneau, "Direct Relation between the Low-Energy Spin Excitations and Superconductivity of Overdoped High-Tc Superconductors", *Phys. Rev. Lett.* **92**, 217004:1-4 (2004).
39. J. Tranquada, H. Woo, T.G. Perring, H. Goka, G.D. Gu, G. Xu, M. Fujita, K. Yamada, "Quantum magnetic excitations from stripes in copper oxide Superconductors", *Nature* **429**, 534-538 (2004).
40. D. Reznik, L. Pintschovius, M. Ito, S. Iikubo, M. Sato, H. Goka, M. Fujita, K. Yamada, G.D. Gu and J.M. Tranquada, "Electron-Phonon Coupling Reflecting Dynamic Charge Inhomogeneity in Copper Oxide Superconductors", *Nature* **440**, 1170-1173 (2006).
41. T. Ohtsuki, H. Yuki, M. Muto, J. Kasagi and K. Ohno, "Enhanced electron-capture rate of  $^7\text{Be}$  encapsulated in  $\text{C}_{60}$  cages", *Phys. Rev. Lett.* **93**, 112501:1-4 (2004).
42. T. Ohtsuki, K. Ohno, T. Morisato, T. Mitsugashira, K. Hirose, H. Yuki, and J. Kasagi, "Radioactive Decay Speedup at  $T = 5\text{K}$ : Electron-Capture Decay Rate of  $^7\text{Be}$  Encapsulated in  $\text{C}_{60}$ ", *Phys. Rev. Lett.* **98**, 252501:1-4(2007).
43. M. Fujita, T. Endo, A. Yamazaki, T. Sonoda, T. Miyake, E. Tanaka, T. Shinozuka, T. Suzuki, A. Goto, Y. Miyashita, N. Sato, Y. Wakabayashi, N. Hokoïwa, M. Kibe, Y. Gono, T. Fukuchi, A. Odahara, "Measurement of the g-factor of the 27- high-spin isomer state of  $^{152}\text{Dy}$ ", *Hyperfine Interaction*, **159**, 245-249 (2004).
44. T. Fukumoto, T. Futamase and Y. Itoh, "On the Equation of Motion for a Fast Moving Small Object in the Strong Field Point Particle Limit", *Progress of Theoretical Physics*, **116**, 423-428, (2006).
45. M. Takada, E. Komatsu and T. Futamase, "Cosmology with High-redshift Galaxy Survey: Neutrino Mass and Inflation" *Phys. Rev. D* **73**, 083520:1-22, (2006).
46. H. Tanaka and T. Futamase, "A Phantom does not Result from a Backreaction", *Prog. Theoretical Phys.* **117**, 183-188 (2007).
47. Saio. H. "A non-adiabatic analysis for axisymmetric pulsations of magnetic stars", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **360**, 1022-1032 (2005).
48. Chiba, M., Minezaki, T., Kashikawa, N., Kataza, H., Inoue, K. T., "Subaru Mid-Infrared Imaging of the Quadruple Lenses PG1115+080 and B1422+231 Limits on Substructure Lensing", *ApJ*, **627**, 53-61 (2005).
49. Carollo, D. Beers, T.C. Lee, Y.S. Chiba, M. Norris, J.E. Wilhelm, R. Sivarani, T. Marsteller, B., Munn, J.A., Bailer-Jones, C.A.L., Fiorentin, P.R., York, D.G., "Two stellar components in the halo of the Milky Way", *Nature* **450**, 1020-1025 (2007).
50. T. Ichikawa, R. Suzuki, C. Tokoku, Y. K. Uchimoto, M. Konishi, T. Yoshikawa, T. Yamada, I. Tanaka, K. Omata, T. Nishimura, "The Society of Photographic Instrumentation Engineers", *SPIE*, **6269**, 38-49 (2006).
51. Fukugita, M., Nakamura, O., Okamura, S., Yasuda, N., Barentine, J. C., Brinkmann, J., Gunn, J. E., Harvanek, M., Ichikawa, T., Lupton, R., Schneider, D. P., Strauss, M. A., York, D. G. "A Catalog of Morphologically Classified Galaxies from the Sloan Digital Sky Survey: North Equatorial Region", *The Astronomical Journal* **134**, 579-593 (2007).
52. Peter Polacik and Eiji Yanagida, "A Liouville property and quasiconvergence for a semilinear heat equation", *J. Diff. Eqs.* **208**, 194-214 (2005).
53. Kozono, H., Yatsu, N., "Extension criterion via two-components of vorticity on strong solutions to the 3D Navier-Stokes equations", *Math. Z.* **246**, 55-68 (2004).
54. Kozono, H., Farwig, R., Sohr, H., "An  $L^q$ -approach to Stokes and Navier-Stokes equations in general domains", *Acta Math.* **195**, 21-53 (2005).
55. M. Kotani and T. Sunada, Large deviation and the tangent cone at infinity of a crystal lattice, *Math. Z.* **254**, 837-870 (2006).
56. Eiji Yanagida, "Irregular behavior of solutions for Fisher's equation", *J. Dyn. Diff. Eqs.* 895-914 (2007).
57. Shigetoshi Bando, "An obstruction for Chern class forms to be harmonic", *Kodai Math. J.* **29**, 337-345 (2006).

## 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))

開催時期・場所 2007年12月13日-15日・理学研究科大講義室,

会議名 The 6th COE International Symposium, 参加人数 180名(うち外国人参加者数9名)

主な招待講演者 M. S. Dresselhaus (MIT, USA), H. Aman (Zurich, Switzerland), F. Steglich (MPI-CPfS Dresden, Germany), L. Cardman (Jefferson Lab, USA),

開催時期・場所 2007年2月14日(水)-16日(金)・片平キャンパスさくらホール,

会議名 The 5th COE International Symposium, 参加人数 309名(うち外国人参加者数8名)

主な招待講演者 David Blaschke (U. Wroclaw), Horst Heck (U. Darmstadt), Sungkit Yip (Academia Sinica), Alfonso San Miguel (U. Lyon)

開催時期・場所 2006年6月28日(水)-30日(金)・仙台国際センター,

会議名 The 4th COE Symposium, 参加人数160名(うち外国人参加者数20名)

主な招待講演者 Jason Metcalfe (University of California, Berkeley), Bhuvnesh Jain (University of Pennsylvania), Philippe Chomaz (GANIL, France)

開催時期・場所 2006年2月16日(木)-18日(土)・川内キャンパス・マルチメディア棟会議室,

会議名 The 3rd COE Symposium, 参加人数150名(うち外国人参加者数17名)

主な招待講演者 J. Choe (Seoul National U.), A. Renzini (Osservatorio Astronomico di Padova), I. Aronson (Argonne National Lab), T.-K. Lee (Academia Sinica)

開催時期・場所 2005年3月4日(金)-5日(土)・川内キャンパス・マルチメディア棟会議室,

会議名 The 2nd COE Symposium, 参加人数 120名(うち外国人参加者数25名)

主な招待講演者 Balantekin Akif Baha, Kiss Annamaia, Raj Satyabrata

開催時期・場所 2004年3月5日-7日・川内キャンパス・マルチメディア棟会議室,

会議名 The 1st COE Symposium, 参加人数 177名(うち外国人参加者数37名)

主な招待講演者 M. S. Dresselhaus (MIT, USA), H. Aman (Zurich, Switzerland), F. Steglich (MPI-CPfS Dresden, Germany), L. Cardman (Jefferson Lab, USA)

## 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

### ■大学院3専攻共通科目・外国人招聘講師

本COE「物質階層融合科学の構築」には物理学専攻・天文学専攻・数学専攻が参加しており、COEの発足に伴って、3専攻に共通する大学院講義科目「物質階層融合科学」を開設した。国際共同研究を重視するプログラムの方針に基づき、拠点として外国人研究者を毎年度2ないし6ヶ月の期間客員教授または助教授・准教授として雇用し、先端的共通講義「物質階層融合科学」などを担当させた。内容は全分野をカバーし多岐にわたっている。

### ■双方向国際交流

上で述べた長期の招聘研究者以外にも、短期（1週間から1ヶ月程度）で数多くの研究者を招聘して研究を進めた。また、若手研究者や大学院生を海外に派遣して先端的な研究に参加させ、国際的な視野を身につけさせるとともにコミュニケーション・プレゼンテーションの能力を養った。海外の拠点として、米国ジェファーソン研究所、ローレンス・バークレイ国立研究所、ハワイ（天文台）などが挙げられ、フェロー・学生が長期滞在して研究を行った。共同研究のための海外派遣においては、米国が突出しているが、ジェファーソン研究所の加速器を使ったハイパー核実験や放射光施設を使った光電子分光研究、ハワイのすばる望遠鏡での研究などが非常に活発に研究しているため、多くの成果が得られている。特殊な実験装置を使った研究は欧米との共同研究が多くなっているが、理論研究は多数の国と積極的かつ活発に共同研究が行われており、最近では中国・韓国・台湾・オーストラリアやASEAN諸国との研究も顕著に増加しており、これらの共同研究の進展に対するCOEの貢献は著しい。研究成果発表に伴う国際会議への参加も多く、活発な研究により成果が潤沢に生み出された。

本COEでは、海外への一方的な派遣にとどまらず、国内に実験施設を有するニュートリノ研究の例にあるように、米国を主体として国外の研究者を多く受け入れ、技術の供出や導入を効果的に行い、双方向の協働研究を実践した。学が一方や教える一方でない双方向の国際協働研究の実践は本COEの大きな特色となっている。

### ■国際的大学院プログラム

東北大学では、21世紀のグローバル化社会をリードする次世代の人材を育成するために、2005年度に中国およびフランスのトップにランクされる高等教育機関をパートナーとする、理工系分野における共同教育プログラムを締結した。このプログラムの中国における提携校は清華大学、フランスはエコールセントラル国立中央理工学校グループおよび国立応用科学院リオン校（INSA-Lyon）である。本COEは理学研究科と協力して、この教育プログラムの策定ならびに運営に積極的に参加してきた。東北大学と清華大学との共同教育プログラムにおいては、本COEが主導的な役割を果たした。学生の相互派遣を進めるとともに、教員レベルでも教育・研究両面での交流を進めている。また、中国蘭州大学とは部局間協定を結んで共同研究を実施している。

さらに、理学研究科では、COEと密接に関連した外国人留学生プログラムとして、英語で授業を受けることのできる先端理学国際コース（IGPAS）を設けている。これは2004年秋に開始され、外国人留学生に修士から博士までの5年間の一貫教育を英語によって行う大学院プログラムである。このコースの英語による講義は、先端理学国際コースの学生だけでなく日本人学生も受講し単位を取得することが可能であり、日本人学生にとって英語での教育の場を提供する働きも持っている。

### ■若手研究者の雇用

若手研究者をCOEフェロー、2006年度以後は助手・助教として、2年の任期で雇用し、COE融合プログラムの推進にあるとともに、主体的な研究を促した。人数は3専攻で計22名に及んでおり、任期満了後あるいは任期中に他大学でポストを得た者も多い。

### ■大学院生のサポート・若手イニシアティブプログラム

博士課程後期3年の課程の学生をリサーチアシスタントとして雇用し、拠点の研究に責任を持って参加させた。その数は5年にわたり延べ349名である。リサーチアシスタントにはおおむね月額5万円程度の給与が支給された。

また、フェロー・助手および大学院後期課程学生を対象として若手イニシアティブプログラムを設け、主体的な研究計画を募集して、選考委員会において申請書と申請者の研究発表に基づき採用された計画には単年度150万円以内の特別研究奨励費を支給した。これは、優れた若手研究者にその研究生活の初期において、自由な発想のもとに主体的に研究課題を設定し、我が国における世界的レベルの研究拠点形成を担う創造性に富んだ研究に専念する機会を与え、もって世界的レベルの若手研究者に育成することを目的としたものである。この制度は2003年度より開始され、2006年度までの4年間に211件の申請が採択され、総額 8,192 万円の奨励費が補助された。専攻ごとの人数内訳は、物理135件、天文20件、数学56件である。

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、物質の各階層の研究を各階層の研究者が連携しながら有機的に発展させて、また、学長のリーダーシップの下、大学全体をあげて努力し、広い視点から物質科学を進める国際レベルの研究教育拠点になっており、評価できる。

人材育成面については、双方向の国際協働研究、先端理学国際コース、その他の広範なプログラムにより、多方面で活躍する人材が育成されつつあり、評価できる。

研究活動面については、世界をリードするニュートリノ研究をはじめ、極めて顕著であり、クォーク・ハドロン物理、強相関電子物性、ARPES（角度分解光電子分光）による研究、数値研究、その他、興味ある創造研究が行われており、評価できる。分野の融合による新しい知見や新分野の創成といった面については、今後の具体的成果を期待する。

補助事業終了後の持続的展開については、国際高等研究教育機構が設置され、国際高等研究教育院及び国際高等融合領域研究所において、本拠点は発展的に継承され、持続な展開により、十分具体的な成果が期待できる。