

「グローバルCOEプログラム」(平成20年度採択拠点)事業結果報告書

概要

機関名	京都大学	機関番号	14301	拠点番号	G09
1. 機関の代表者 (学長)	(ふりがなくローマ字) Matsumoto Hiroshi (氏名) 松本 紘				
2. 申請分野 (該当するものにO印)	F<医学系> G <数学、物理学、地球科学> 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>				
3. 拠点のプログラム名称 (英訳名)	普遍性と創発性から紡ぐ次世代物理学 – フロンティア開拓のための自立的人材養成 – (The Next Generation of Physics, Spun from Universality and Emergence -- Developing Independent Researchers to Explore New Frontiers --)				
研究分野及びキーワード	<研究分野: 物理学> (素粒子)(原子核)(宇宙線)(宇宙物理)(相対論・重力)				
4. 専攻等名	理学研究科物理学・宇宙物理学専攻、理学研究科附属天文台、基礎物理学研究所、 化学研究所、低温物質科学研究センター				
5. 連携先機関名 (他の大学等と連携した取組の場合)					

6. 事業推進担当者 計 28名
※他の大学等と連携した取組の場合: 拠点となる大学に所属する事業推進担当者の割合 [%]

ふりがなくローマ字 氏名	所属部局(専攻等)・職名	現在の専門 学位	役割分担
(拠点リーダー) KAWAI HIKARU 川合 光	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・教授	素粒子論・博士(理学)	拠点リーダー、(先a)素粒子理論
MAENO YOSHITERU 前野 悦輝	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・教授	低温物理学・Ph.D	サブリーダー(運営関連)、(先d)凝縮系実験
NAGATA TETSUYA 長田 哲也	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・教授	赤外線天文学・博士(理学)	サブリーダー(教育関連)、(先c)宇宙実験
HAYAKAWA HISAO 早川 尚男	基礎物理学研究所・教授	非平衡物理学・博士(理学)	サブリーダー(研究関連)、(融e)非線形理論
TANIMORI TORU 谷森 達	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・教授	宇宙物理学・博士(理学)	サブリーダー(特別研究ユニット)、(融f)イメージング
YAO MAKOTO 八尾 誠	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・教授	不規則系物理学・博士(理学)	6. キャリアパス、(融e)非線形実験
KAWAKAMI NORIO 川上 則雄	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・教授	物性理論・博士(工学)	9. PD担当、(先d)凝縮系理論
NAGAE TOMOFUMI 永江 知文	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・教授	原子核物理学・博士(理学)	1. 経理担当、(先b)原子核実験
SAWADA ANJU 澤田 安樹	低温物質科学研究センター・教授	低温物理学・博士(理学)	7. 国際会議担当、(先d)凝縮系実験
NAKAMURA TAKASHI 中村 卓史	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・教授	相対論的天体物理学・ 博士(理学)	2. 点検・評価担当、(先c)宇宙理論(11. 特別研究ユニット担当より変更 H21. 4. 1)
SHIBAUCHI TAKASADA 芝内 孝禎	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・准教授	固体電子物性・博士(工学)	4. TRA担当、(先d)凝縮系実験
MINESHIGESHIN 嶺重 慎	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・教授	宇宙物理学・博士(理学)	3. 双方向国際交流担当、(先c)宇宙理論
ENYO YOSHIKO 延與 佳子	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・准教授 (H22. 3. 1 基礎物理学研究所より異動)	原子核理論・博士(理学)	8. 国内ビジター担当、(先b)原子核理論
SASAKI MISAO 佐々木 節	基礎物理学研究所・教授	相対論・宇宙論・博士(理学)	サブリーダー(国際会議)、(先c)宇宙理論(国際会議担当より変更 H22. 4. 1)
OHTA TAKAO 太田 隆夫	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・教授	統計物理学・博士(理学)	7. 国際会議担当、(融e)非線形系理論
TAKAHASHI YOSHIRO 高橋 義朗	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・教授	量子光学・博士(理学)	11. 特別研究ユニット担当、(融g)量子光学実験
HATA HIROYUKI 畑 浩之	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・教授	素粒子論・博士(理学)	10. 研究支援担当、(先a)素粒子理論
SHIBATA KAZUNARI 柴田 一成	理学研究科(附属天文台)・教授	宇宙プラズマ物理学・ 博士(理学)	サブリーダー(フトリチ)、(融e)非線形理論(フトリチより変更 H22. 4. 1)
KUNIHIRO TEIJI 國廣 悌二	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・教授 (H21. 4. 1 基礎物理学研究所より異動)	原子核物理学・博士(理学)	9. PD担当、(先b)原子核理論
SAKABE SHUJI 阪部 周二	化学研究所・教授	レーザー物理学・博士(工学)	4. TRA担当、(融f)イメージング
NAKAYA TSUYOSHI 中家 剛	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・教授 (H21. 12. 1 准教授より昇任)	素粒子実験物理・博士(理学)	4. TRA担当、(先a)素粒子実験
OHTA KOUJI 太田 耕司	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・教授	銀河天文学・博士(理学)	5. キャリア改革担当、(先c)宇宙理論
KUGO TAICHI 九後 太一	基礎物理学研究所・教授	素粒子論・博士(理学)	12. フトリチ、(先a)素粒子理論(サブリーダー-フトリチより変更 H22. 4. 1)
YAMAMOTO JUN 山本 潤	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・教授 (H21. 4. 1 追加)	ソフトマター物理・博士(工学)	5. キャリア改革担当、(融e)ソフトマター
TOHYAMA TAKAMI 遠山 貴巳	基礎物理学研究所・教授 (H21. 4. 1 追加)	物性理論・博士(工学)	1. 経理担当、(先d)凝縮系理論
OHNISHI AKIRA 大西 明	基礎物理学研究所・教授 (H22. 4. 1 追加)	原子核理論・博士(理学)	8. 国内ビジター担当、(先b)原子核理論
TANAKA TAKAHIRO 田中 貴浩	基礎物理学研究所・教授 (H22. 4. 1 追加)	相対論宇宙論・博士(理学)	7. 国際会議担当、(先c)宇宙理論
TSURU TAKESHI 鶴 剛	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・准教授より教授に昇任 (H23. 6. 1) (H22. 4. 1追加)	X線天文学・博士(理学)	12. フトリチ、(先c)宇宙実験
SASAO NOBORU 笹尾 登	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・教授(H21. 3. 31辞退)	高エネルギー物理・Ph.D	5. キャリア改革担当、(融g)量子実験
KOYAMA KATSUJI 小山 勝二	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・教授(H21. 3. 31辞退)	宇宙物理学・博士(理学)	2. 点検・評価担当、(先c)宇宙実験
YOSHIKAWA KENICHI 吉川 研一	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・教授(H23. 3. 31辞退)	生命物理学・博士(工学)	2. 点検・評価担当、(融e)非線形系実験
TOTANI TOMONORI 戸谷 友則	理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)・准教授(H25. 2. 15辞退)	理論宇宙物理学・博士(理学)	13. ホムヘージ担当、(先c)宇宙理論

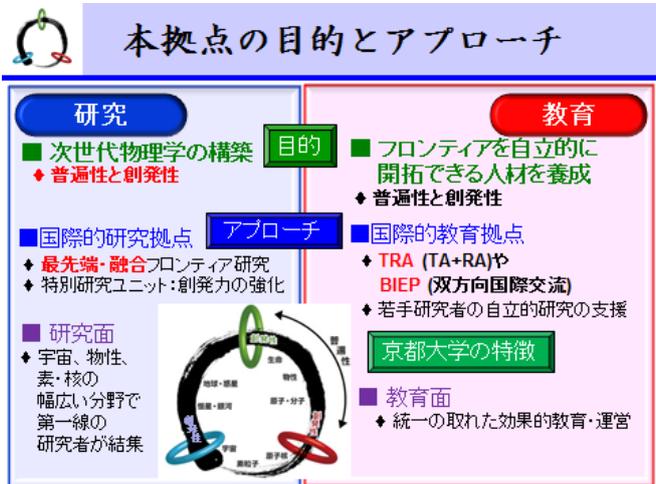
(機関名: 京都大学 拠点のプログラム名称: 普遍性と創発性から紡ぐ次世代物理学)

機関（連携先機関）名	京都大学	
拠点のプログラム名称	普遍性と創発性から紡ぐ次世代物理学 ーフロンティア開拓のための自立の人材養成ー	
中核となる専攻等名	理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻	
事業推進担当者	（拠点リーダー） 川合 光・教授	外27名

〔拠点形成の目的〕

人類の自然認識の発展を担ってきたのは、さまざまな現象のもとになっている基本法則や多様な現象に共通する普遍性の追求と、演繹的推論だけでは予想もできない多様で新しい現象の創発の探求である。

本拠点形成の目的は、物理学の最先端フロンティア研究を一層推し進めて自然現象の普遍性を探求すると同時に、新たに創発性を強く意識した融合フロンティア研究を推進することで、普遍性と創発性が紡ぐ次世代物理学を構築するとともに、フロンティアを自立して開拓する有用な人材を養成するための国際的に卓越した教育研究拠点を形成することである。



〔拠点形成計画及び達成状況の概要〕

【独自の新制度を導入した人材育成プログラム】

自由な発想や自主性を尊ぶ、活発で刺激的な教育研究環境を強化するため、本拠点独自の制度の導入・実施により、卓越した教育拠点形成の目的を十分に達成した。

1) BIEP 双方向滞在型国際交流プログラム(Bilateral International Exchange Program)

博士後期課程院生の国際性養成を目的に、海外の大学・研究所との間で大学院生を相互に1～3ヶ月間派遣あるいは招聘し、共同研究を実施した。大学院生の派遣は54件、招へいは52件に上った。

2) TRA (Teaching-Research Assistant)制度

大学院生にTA業務とRA業務の両業務を課す。RAとして世界第一線の研究に邁進、かつTAとして学部学生の指導を通じて、院生自身の人間的成長と物理学の正確で深い理解へとつなげることが目標。併せて博士後期課程院生の経済的な自立支援も実現。毎年約60-80名が活躍した。

3) 特別研究ユニットの創設

境界・融合分野及び階層連結の新手法の開発に絞って強力に研究を推進するため設置。若手教員を国際公募し、特定准教授を採用して次代を担う研究者として育成。4名の特定准教授が国際拠点形成に寄与した。

【次世代物理学を育む研究プログラム】

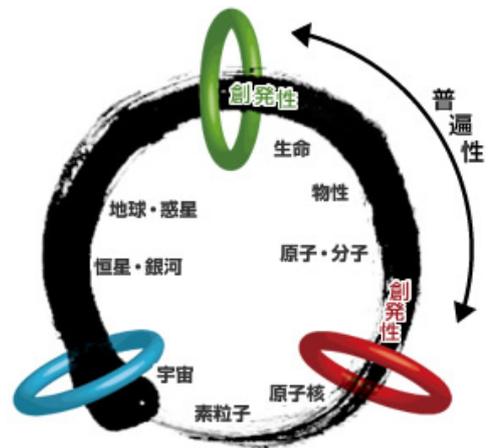
最先端領域と融合領域両面での研究プログラムを推進・発展させるとともに、特別研究ユニットを中心として、新分野の開拓を進めた結果、基礎物理学的に重要な多数の発見がなされ、卓越した研究拠点として十分な質と量の成果を上げた。

1) 最先端フロンティアの推進

- a) ニュートリノ振動から大統一理論・究極理論へ
- b) クォーク多体系の新しい存在形態の探求
- c) 極限天体・最遠方天体の探査研究と新しい宇宙像の構築
- d) 新量子凝縮相の物理

2) 融合フロンティアの推進

- e) 非平衡開放系のダイナミクス
- f) 量子線ビームによるイメージング科学の開拓
- g) 原子を用いた量子情報・基礎物理の探求
- h) 特別研究ユニットによる新分野の開拓

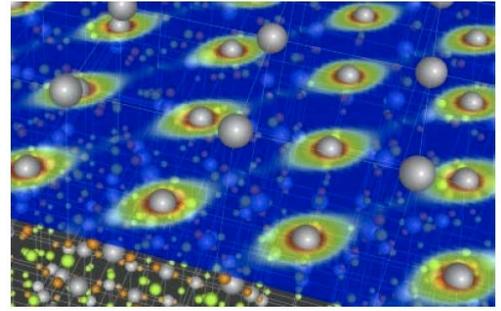


6-1. 国際的に卓越した拠点形成としての成果

国際的に卓越した教育研究拠点の形成という観点に照らしてアピールできる成果について具体的かつ明確、簡潔に記入してください。

① ウラン化合物における四半世紀の謎を解明

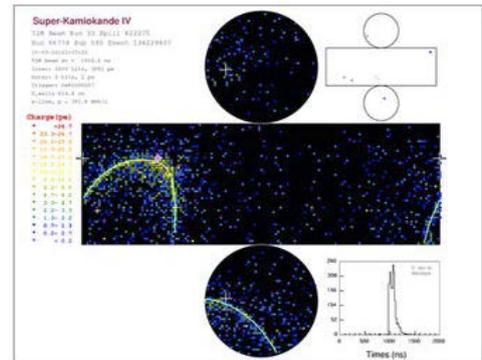
物質の状態は、固体、液体、気体などの古典的な分類以外に、プラズマや液晶など様々なものが知られている。これらの異なる状態間では、相転移において秩序のしかたが変化し、対称性が変化する。この「対称性の破れ」を明らかにすることが、物理学として相転移を本質的に理解する上で最も重要である。一方で、固体中に多数存在する電子も様々な状態を示し、ウラン化合物 URu_2Si_2 では、1985年に17.5ケルビンという低温において電子系の新しい相転移が発見された。しかしそれ以降、25年以上にもわたる精力的な研究にもかかわらず、「何の対称性が破れた状態であるか」という最も根本的な問題が未解決の状態が続いており、「隠れた秩序」の謎として物質物理学の重要課題になっていた。



物理学第一教室の岡崎竜二大学院生、芝内孝禎准教授、池田浩章助教、松田祐司教授らの研究グループは、磁気的な異方性の精密測定を行った結果、17.5ケルビンの相転移温度以下において、結晶構造に保たれている4回対称性を破る2回対称性成分が出現することを明らかにした。この結果は、「隠れた秩序」状態が、今まで期待されていなかった「回転対称性」を破っていることを直接的に示すものである。この回転対称性の破れた電子の状態は、液晶で知られているネマティック相との類似性からネマティック電子状態とも呼べる状態（図参照）、強相関電子系に現れる新しい状態の理解へつながると期待される。本研究成果は、2011年1月28日に米科学雑誌「サイエンス」誌に掲載され新聞報道された。

② 世界初、電子ニュートリノ出現モードの兆候を捉える

物質を構成する最小物質である素粒子「フェルミ粒子」には6種類のクォークと6種類のレプトンがある事が分かっている。レプトンの中には「電子」の他、3種類の「ニュートリノ」が含まれている。標準模型ではニュートリノは質量を持たない考えられていた。しかし「ニュートリノ振動」が1998年にスーパーカミオカンデによる観測で発見され、ニュートリノに質量がある事は確かなものとなった。このニュートリノ振動を理解する上で重要なのが、「混合角 θ 」というパラメータである。さらに、ニュートリノとその反粒子である反ニュートリノの振動の性質を比較することで、「粒子反粒子対称性(CP対称性)」の測定ができる。



高エネルギー物理学研究室が参加している「T2K実験」では、世界で初めて電子ニュートリノ振動の兆候を捉え、混合角 θ_{13} が有限である事の示唆を得た。この結果はPhysical Review Letterで発表し、世界中に大きなインパクトを与えた。クォークでのCP対称性の破れは小林益川理論で予言され、既に実験的に発見されているが、宇宙に何故物質と反物質が対等に存在しないのかを説明するには不十分である事がわかっている。もしニュートリノでCP対称性の破れが発見されれば、何故宇宙に物質ばかり存在しているのか、という謎を解決する一歩となる。

③ 天の川の中心での星の誕生のベビーブーム(?)を発見

銀河の中心部は、大質量ブラックホールや大量のガス、非常に密集した星の大集団などが混在していることから、天文学でもっとも重要な場所の一つである。私たちの太陽系を含む銀河系の中心は、いて座の方向にあり、特に1960年代以降には様々な方法で観測が行われてきた。しかし、どのように星が作られてきたかという詳細な歴史は理解されていない。



これに対して、宇宙物理学教室の長田哲也教授・東大の松永典之研究員らの研究グループは、銀河系中心の方向を、星間塵の影響を受けにくい近赤外線でも繰り返し観測し、「セファイド変光星」を世界で初めて銀河系中心に3個発見して、変光周期と星の年齢との間の関係から、星形成の歴史を探った。今回見つかった3個のセファイド変光星の周期は、いずれも20日に近い値で、同じ周期の変光星ばかりが集中して見つかることは、まったく予想外だった。これらの星の年齢は約2500万歳で、今から2500万年ほど昔に多くの星が生まれたことの証拠となる。一方、それより短周期の(質量が軽く、年老いた)セファイド変光星が太陽近傍などには非常に多いのに、今回、短周期セファイド変光星が一切見つからなかったことは、3000~7000万年前に生まれた星の少ないことを示している。銀河系中心に対して、このように数千万年前の星形成の歴史を詳しく調べることができたのは初めてのことである。本研究成果は、2012年9月8日に英科学雑誌「ネイチャー」に掲載され、新聞報道された。

「グローバルCOEプログラム」（平成20年度採択拠点）事後評価結果

機関名	京都大学	拠点番号	G09
申請分野	数学、物理学、地球科学		
拠点プログラム名称	普遍性と創発性から紡ぐ次世代物理学		
中核となる専攻等名	理学研究科物理学・宇宙物理学専攻		
事業推進担当者	(拠点リーダー名)川合 光		外 27 名

◇グローバルCOEプログラム委員会における評価（公表用）

（総括評価）

設定された目的は十分達成された。

（コメント）

大学の将来構想と組織的な支援については、グローバルCOEプログラムを教育・研究体制改革の中核をなす事業と位置付け、総長の強力なリーダーシップの下、「京都大学GCOEプログラム推進委員会」、「学術研究支援室」を設置し、拠点活動を支援してきており、特に、次世代研究者育成支援事業である「白眉プロジェクト」が推進されたことは評価できる。

拠点形成全体については、もともと高い研究ポテンシャルを持つ研究者が集合しており素地は十分あったと考えられる。独自の制度として、TRA (Teaching-Research Assistant) やBIEP (双方向滞在型国際交流プログラム) を導入したことは評価できる。ただし、具体的にTRA制度がどう機能したのかの大学としての事後評価が必要であろう。

人材育成面については、次世代研究者の養成とともに、企業への就職者も念頭において、キャリアサポートセンターとの連携による各種取組などキャリアパスの幅を広げるための努力は評価できる。また、特別研究ユニットの創設など、ポスドク・助教クラスの育成は大きな成果をあげている。しかし、この規模の拠点にしては、留学生が少ない点が懸念材料である。

研究活動面においては、量的にも質的にも高い水準の成果が得られており、その結果として国際的学術賞を複数受賞するなど、多数の学術関係受賞者を輩出している。

今後の展望については、「グローバルCOEプログラムフォローアップ支援事業」が展開され、平成25年度中のTRA制度の維持は決まっているものの、将来的には、事業期間中と同等の拠点活動は望めない状況であると考えられる。大学全体での当COE拠点の今後の位置づけも現在のところ不明確である。