

## 先端研究拠点事業 - 国際戦略型 -

### 平成19年度 実施計画書

採用年度	平成18年度	採用番号	15002	系	数物系科学	分科	物理学	細目名(コード)	物性(磁性・ 金属・低温)実験(4306)
------	--------	------	-------	---	-------	----	-----	----------	--------------------------

1. 研究交流課題名 (和文) 超伝導ナノサイエンスと応用

(英文) Nano-Science and Engineering in Superconductivity

研究交流課題に係るホームページ: <http://kadowaki.ims.tsukuba.ac.jp/nes/>

2. 経費支給期間 平成18年4月1日 ~ 平成21年3月31日(36ヶ月)

3. 先端研究拠点事業としての全期間を通じた交流目標

(拠点形成型から含め、経費支援終了後5年間を見据えて)

超伝導は電気抵抗がゼロで、磁場は量子化され、自然現象の中で最も特異で顕著な性質を示す現象である。この分野でナノテクノロジーを活用した新しい科学・工学の発展がめざましい。急速に進展しているナノテクノロジーによる材料加工技術により、量子コヒーレンスを用いた量子計算やジョセフソン接合を利用した様々な量子デバイスへの応用がその典型的な例である。従来、踏み込むことの出来なかったサブミクロン領域の超伝導体を自在に作製し、その性質を明らかにすることで、量子力学を基礎とした21世紀の新しい科学と応用の基礎を確立することを目標とする。このような流れを、世界の最先端研究拠点と連携を取りながら我が国が主導的に実施し、急速に発展するこの分野の世界の中心的研究拠点としての我が国の地位を確立することを目指す。

4. 拠点形成型における交流活動による目標達成状況

これまで、先端研究拠点「拠点形成促進型」を2年間実施し、昨年度から「国際戦略型」へ移行した。これまでの活動で、日本、EU、アメリカ合衆国の先進3拠点を枢軸とした「超伝導」と「ナノテクノロジー」を融合した「超伝導ナノサイエンスと応用」をキーワードとして新しい国際的な潮流を、様々な研究交流活動を通して形成し、国際的な広がりを持った大きな領域として定着しつつある。毎年、中規模の国際ワークショップを開催し、この分野の幅広い活動を主導的に支えるとともに、次世代を担う若手人材の育成に努めた。国内においては、年1、2回の研究会を開催し、国内の研究活動の活性化と新しい発想に基づく新しい分野の発掘を目指した。特に、高温超伝導体を利用したTHz領域の電磁波の発振はきわめて重要で、昨年、実験的研究が門脇らによって開始された。このTHz波は「第3の光」と呼ばれ、これまでとは全く異なった電磁波の放射現象であり、画期的である。ごく最近、THzの強力な発振が我々とアメリカのグループとの共同研究により明確に検出され、今後、この分野の発展に重要な貢献がなされた。

5. 本年度の交流計画の概要

(共同研究)

筑波大学(門脇)グループはジョセフソンプラズマと Fiske ステップの関係を詳細に調べ、どのような条件でジョセフソンプラズマが効率的に励起されるかを調べた。ごく最近、アメリカのグループとの共同研究で、THz 発振による電磁波の直接検出実験に成功した。これはきわめて重要なことであるため、本年はこれを集中的に共同研究として行う。アメリカ側(特に、アルゴンヌ国立研究所)では、この問題を重要視しており、超伝導に関する大型予算の確保を双方で計画している。物材機構(羽多野グループ)はジョセフソン接合アレイを作成し、発振効率を高める方法を見当している。これを利用すれば THz 領域の電磁波の強力な発振器となるため、極めて注目度の高い研究である。この問題に関しては、EU側のチュービンゲン大学の Kleiner 教授、エルランゲン大学の Ustinov 教授も実験を開始しており、熾烈な競争関係にある。しかしながら、それぞれ独自の観点から同時に共同研究を進め、今年度はこの極めて重要な課題を国際共同研究として主導権を取りつつ進める。

EU側と現在進行中のナノ加工した超伝導体の巨大磁束状態の直接観察はマイクロホールセンサーなどで直接観察することを目指す。また、理論的予測と比較検討することを早急に行う。現在、巨大磁束状態は円盤試料の場合のみほぼ直接検証されているが、他の形状の場合について実験と理論の検討はなされておらず今後の緊急の課題である。

最近、急速に巨視的量子トンネル効果の研究が、高温超伝導体の固有ジョセフソン効果を用いて、多層系の巨視的量子効果という観点から急速に発展している。量子トンネル領域へ移行するクロスオーバー温度が現在、1 K 程度の物質が取り扱われているが、これを 10 K 程度まであげられれば、高温超伝導体の位相コヒーレンスを使った量子計算などが可能となり、量子情報分野の研究で最も理想的な系となる可能性があるため、この方面の研究も、Warburton 講師(ロンドン大学)や Yurgens 助教授(チャルマース大学)と共同研究しながら力を入れていく。

若手研究者の研究交流を国内、国外の両面で前年以上に強力に推進する。具体的には共同研究の相手国に大学院生や若手研究者を、1~2 週間派遣し実験に参画させる(ロンドン大学の Warburton 講師との間で実施予定)。ナノ加工に於いて特殊装置や技術を持ち、世界最高レベルの微細加工が可能な EU側のベルギー、ルーベン大学(Prof. Victor Moshchalkov グループ)やアメリカ合衆国、イリノイ大学シカゴ校(Prof. Vitalii Metlushko グループ)とは、ナノ加工した超伝導体の磁束状態の観察を、微小固有ジョセフソン磁束系を利用した THz 発振に関する共同研究としてアメリカ合衆国、アルゴンヌ国立研究所(Dr. Wai Kwok グループ)、EU側としてドイツ、エルランゲン大学(Prof. Alexei Ustinov グループ、Prof. Paul Müller グループ)、ドイツ、チュービンゲン大学(Prof. Reinhold Kleiner グループ)、理論では、デンマーク、デンマーク工科大学(Prof. Niels Pedersen グループ)と大学院生と研究者の交流を行う予定である。

国内に於ける共同研究体制も同時に強化する必要がある。具体的には、現在、急速に発展中の THz 電磁波発振の研究においては、筑波大学(門脇グループ)と物質材料研究機構(羽多野グループ)、巨大磁束の直接観察の研究では筑波大学(門脇、神田グループ)と東京大学(為ヶ井グループ)を中心に実施し、相補相乗効果を最大限活用できる組織体を構築する。

(セミナー)

本年度は、次の2件の国際会議を合同で開催する。Frontiers of Josephson Physics and Nanoscience (FJPN07)をイタリアのパリヌロ (Palinuro, King's Residence Hotel) で開催する予定である(2007年9月23日 - 9月28日)。これはESFが支援しているもう一つの超伝導関連のプロジェクトであり、本先端研究拠点事業と関連性が大変深い。Joint JSPS and ESF conference on vortex matter and nanostructured superconductors (VORTEX V) (仮題)を、ヨーロッパを候補地として開催予定である(2007年10月初旬)このワークショップは先端研究拠点事業で日本、EU、アメリカ枢軸国間で共同開催することが決まっている一連の国際ワークショップであり、つくば(2004年)、クレタ島(2005年)、シカゴ(2006年)に続く会議である。また、研究の進行状況に応じて、ワークショップやミニコンファレンスなどを随時開催する予定である。特に、本年度、THz関連で極めて重大な発見があり、この問題に関する緊急の会議を開催する可能性がある。

(研究者交流)

本年度は超伝導関連の国際会議は比較的少ないので会議への参加は少ない。研究を主体とした人的交流を、特に大学院生のレベルで積極的に行う。

## 6. 実施組織

### 日本側実施組織

拠点機関	国立大学法人 筑波大学
実施組織代表者 職・氏名	学長・岩崎 洋一
コーディネーター所属部局・職・氏名	数理物質科学研究科・教授・門脇和男
協力機関数	12
協力機関名	東北大学金属材料研究所、東京大学、東京工業大学、弘前大学、宇都宮大学、独立行政法人物質・材料研究機構、日立製作所基礎研究所、独立行政法人理化学研究所、日本原子力研究開発機構、慶応義塾大学物理学科、日本電気株式会社基礎環境研究所、九州大学
拠点機関事務組織：事務総括責任者	数理物質科学等支援室長・山本重悦
事務総括担当者	数理物質科学等支援室研究支援専門職員・東郷雄一
経理管理責任者	数理物質科学等支援室長・山本重悦
経理管理担当者	数理物質科学等支援室会計係長・杉本 裕

### 相手国側実施組織 1

国名	EU
拠点機関	Katholieke Universiteit Leuven
コーディネーター所属部局・職・氏名	Laboratorium voor Vaste-Stoffphysica en Magnetisme・Professor・Victor Moshchalkov
協力機関数	18
協力機関名	CNRS-CRTBT, Research Center Julich, Universitat Tubingen, Universitat Erlangen-Nurunberg, Walther-Meissner Institut fur Tieftemperatureforschung der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Universita de Napoli, Universiteit Antwerpen, Universiteit Leiden, Universiteit Twente, Universidad autonoma de Madrid, Chalmers University of Technology, Universite de Geneve, ETH, University of Bath, Loughborough University, University College of London, University of Cambridge, University of Bordeaux

相手国側実施組織 2

国名	アメリカ合衆国
拠点機関	Argonne National Laboratory
コーディネーター所属部局・職・氏名	Materials Science Division・Group leader・Wai K. Kwok
協力機関数	8
協力機関名	Northern Illinois University, University of Notre Dame, Texas A&M University, University of Chicago, University of Illinois at Chicago, University of South Carolina, University of California at Davis, University of Illinois at Urbana-Champaign