

## 先端研究拠点事業 - 国際戦略型 -

### 平成18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
------	--------	------	-------	---	-------	----	-----

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)

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。超伝導は電気抵抗がゼロになる現象であり、磁場は量子化される。このような物理学における最も特徴的で有り、顕著な性質を、最近、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って、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し、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

過去、2年間にわたり、先端研究拠点「拠点形成促進型」を実施し、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することができた。具体的には、日本、EU、アメリカ合衆国側が中心となって、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。また、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に関する立木の理論が提唱され、実験的研究が門脇らによって開始された。これは我が国のオリジナルな研究であり、これまでとは全く異なった電磁波の放射現象で、「第3の光」と呼んでいる。また、微小超伝導体の磁束状態は試料の形状によって規定され、サブミクロンの大きさでは磁束は巨大な量子化が起こることが発見された。このように、巨視的な量子力学的効果による特異な現象を、ナノテクノロジーを用いて明らかにし、応用の可能性を導いた。

## 5. 本年度の交流計画の概要

### (共同研究)

筑波大学(門脇)グループと物質材料研究機構(羽多野)グループの実験グループが共同で、微小固有ジョセフソン磁束状態におけるジョセフソン磁束フロー現象を利用した Fiske 共鳴の観測、及び THz 発振に伴うと思われる熱輻射の異方性を実験的に確認した。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。アメリカ側(特に、アルゴンヌ国立研究所)では、この問題を追従しており、超伝導に関する大型予算の確保を計画している。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。また、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を直接観測し、デコレーション法を用いて実験的に解明する。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みで検証されているが、他の形状の場合について実験と理論の検討を行う。

若手研究者の研究交流を国内、国外の両面で強力に推進する。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。特に、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)、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)と研究者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)を強力に実施し、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3件の国際会議を合同で開催する。5<sup>th</sup> International Symposium on the Josephson Effect in High Tc Superconductors (PLASMA-2006)をロンドン(Institute of Physics)で開催する(7月17-19日)。これは2004年(平成16年度、つくば市で開催された PLASMA-2004 の後継の会議) International Workshop on Mesoscopic Superconductivity and Magnetism(Meso-Super-Mag Workshop)をシカゴで開催する(8月28日~9月1日)。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)に続く会議である。Joint Meeting of 4<sup>th</sup> International Symposium on "Future Oriented Interdisciplinary Materials Science" and 3<sup>rd</sup> International Tsukuba-Symposium on "Nano-Science" and JSPS-CTC Nanoscience and Engineering in Superconductivity (FIMS/ITS-NS/CTC-2007)を21世紀COEプログラム、及び筑波大学特別プロジェクトと共同で、つくば市で開催する。

### (研究者交流)

本年度は超伝導関連の大型国際会議がヨーロッパで開催されるため、国際研究集会、シンポジウム、セミナー等の参加数が多い。また、共同研究成果を積極的に発表する。また、若手研究者を招聘する。

## 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	9
協力機関名	東北大学金属材料研究所、東京大学、東京工業大学低温物性研究センター、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
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	16
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, 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