

平成21年度 先端研究拠点事業—国際戦略型—
事後評価資料

1. 概要

領域	数物系科学	分科	物理学
		細目	物性 II (磁性・金属・低温) (実験)
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		
実施期間 (拠点形成型時含む)	2004年 2月 1日 ~ 2009年 3月 31日 (62か月)		
日本側拠点機関名	国立大学法人筑波大学		
実施組織代表者 所属・職・氏名	学長・山田 信博		
コーディネーター 所属・職・氏名	大学院数理物質科学研究科・教授・門脇和男		
協力機関数	15 機関	参加者数	64 名
交流相手国	EU		
拠点機関名	Katholieke Universiteit Leuven (ルーベン大学)		
コーディネーター 所属・職・氏名	Laboratorium voor Vaste-Stoffphysica en Magnetisme・Professor・Moshchalkov		
協力機関数	20 機関	参加者数	25 名
マッチングファンド (出資機関名)	ESF (ヨーロッパ科学財団)		
交流相手国	USA (アメリカ合衆国)		
拠点機関名	Argonne National Laboratory (アルゴンヌ国立研究所)		
コーディネーター 所属・職・氏名	Materials Science Division・Group Leader・Wai -K. Kwok		
協力機関数	8 機関	参加者数	21 名
マッチングファンド (出資機関名)	DOE fund		

※交流相手国数に応じて記入欄を追加して記入してください。

2. 研究交流目標

移行審査申請時に計画した研究交流目標とその達成度について記載してください。(2頁以内)

○移行審査申請時の研究交流目標（移行審査資料に記載した目標を転載のこと）

拠点形成促進型、「超伝導ナノサイエンスと応用」を出発点として、これまで世界的な研究拠点形成を行うための組織作りには大きなウエイトをおいてきた。国際戦略型へ移行することによって、これまでに得られた研究成果をさらに発展させ、ナノテクノロジーに立脚した新しい基礎科学の進歩に貢献するとともに、実用化できることは実用化し、グローバル社会の発展に貢献する。これによって我が国の超伝導ナノテクノロジー分野の国際的な地位を確立しつつ、それを先導する確固たる国際環境を確立する。このような国際環境を維持しつつ、基礎的な研究を、より洗練された学術研究に高めていき、最終的にはノーベル賞クラスの研究に導くことが目標である。

研究組織としてはこのような国際的な研究の枠組みを恒久的に維持できるよう国際的な超伝導ナノテクノロジーフォーラム(仮称)を設立する。また、その母体となる研究センター(超伝導ナノサイエンス研究センター(仮称))を筑波大学内に設置する(図4参照)。



図4. 将来構想

○目標に対する達成度

- 目標は想定以上に達成された。
- 目標は想定どおり達成された。
- 目標はある程度達成された。
- 目標はほとんど達成されなかった。

【理由】

超伝導はややもすれば個人の独立研究に陥りやすい、いわゆる物性物理学(応用物理学)の小規模研究分野において、国内外の個性ある研究者を一集団として統一した取り組みを実施することは容易ではない。ナノテクノロジーは時代の要請でもあるが、超伝導(応用)物理においては、ミクロとマクロの中間領域を意味するメゾスコピック系の(応用)物理としてすでに主要、かつ重要な分野として、70年代から認識され始めてお

り、活発な研究がされてきた分野である。その意味では時代を先取りしてきたナノテクノロジーの創始的最先端分野であるといえる。この事情は、しかしながら、逆に多くの研究はすでに尽くされ、一見、完成されたかのごとき印象としてとらえられがちであることも事実であり、新たな視点が必要不可欠である。その新たな視点としてキーポイントは2つある。その第一点目は、超伝導の「幾何学的トポロジーとメゾスコピック性」である。超伝導体の微小極限における物理は超伝導秩序状態の形成を困難にする道のりである。しかし、そのサイズが磁場進入長 λ 程度か、その10倍程度の大きさであるメゾスコピック超伝導体は、磁束の進入とサイズ、形状によって多様に変化し、また、それを利用すれば新たな超伝導の工学的応用が可能となると予想される。このような領域は形状やサイズの多様性と超伝導の固有パラメーターの多様性から、従来の研究からでは思いもよらないほど広範な物理が背後に潜んでいることが初めて本研究で明らかにされてきたのである。これは物質の多様性に加え、幾何学的形状（大きさを含めた）が織りなす物理の多様な姿であり、ナノテクノロジーの本質をまさに実現する新しい側面である。これが大きく展開され、きわめて多くの成果をあげることができた。また、このような視点から新しいメゾスコピック領域のナノテクノロジーを基点とする研究分野を我が国を含めて世界の潮流にすることができた。

第2点目は、この様な幾何学的なサイズと形状に顕著に依存する超伝導特有の研究を、高温超伝導体という新しい材料に「ナノ性」として導入することによって、高温超伝導固有の特徴である層状性に由来する顕著でかつ全く新しい現象を見事に引き出すことができた点にある。高温超伝導体の場合、特徴的な長さのスケールは従来超伝導体からさらに2桁ほど小さくなり、ナノメートル規模であることによる。すなわち、高温超伝導体はその結晶の単位胞内に固有に持っているジョセフソン接合としての特性を固有ジョセフソン接合というが、この高温超伝導体特有のきわめて特徴的な性質を見事に引き出すことができたことである。これは、超伝導層1枚1枚を区別して調べられる実験手段を提供するため、単に、接合としての特性という興味のみならず、高温超伝導体の機構の本質を直接探る手段となりうる可能性を与えた点、極めて重大な展開である。また、このような基礎物理学の新しい実験的な手段を手にしたと同時に、テラヘルツ帯域のコヒーレントな電磁波を連続発振させることが可能であることが本研究の中から発見され、「超伝導レーザー」として、応用上もまったく新しい側面を切り開くことができた。特に、発振されるテラヘルツ波はコヒーレントであるため、その利用法は広く、特に、量子計算の基本デバイスとしての応用の可能性が大きく広がったことは特筆すべきことである。このきわめて有用な発見は、物理・化学の基礎分野のみならず、今後、医療、診断、治療、製薬、環境問題、セキュリティ、超高速通信、量子計算などテラヘルツ帯域が関与するきわめて広範な応用に大変期待が持たれている。この様な展開は、この先端研究拠点事業の中でアメリカ合衆国と我が国の密接な共同研究により生まれてきたものであることを強調したい。すなわち、この先端研究拠点事業の国際的研究体制の中での我が国が主体的に達成することができた最大の成果である。このような高温超伝導を用いたテラヘルツ波帯域の超伝導レーザー現象の発見はきわめて重大であり、かつきわめて貴重な研究成果である。

この2つの大きな展開以外にも多くの進展が見られ、この分野が超伝導ナノテクノロジーとして重要な分野として成長してきたことがよくわかる。これは、本研究グループからの最近の超伝導関連の論文数や学会などでの貢献度もそうであるが、もっとも顕著なものとしては、第一級の国際会議（国際低温会議）の招待講演者の数をみることによって極めて明瞭に分かる（2004年8月に開催されたLT24では4名、2008年8月開催されたLT25では12名）。このような理由により、目標以上の成果が十分得られたと考える。

3. これまでの交流を通じて得られた成果

これまでの交流を通じての成果を「国際学術交流拠点の形成」、「成果の学術的価値」、「若手人材育成への貢献」、「情報集約性」、及び「社会貢献性」の観点から記載してください。(3頁以内)

○国際学術交流拠点の形成

交流目標でも述べたように、近年の科学技術は融合の度を強め、物質科学の研究を支える中心技術はナノテクノロジーへと移行した。これに伴い、材料科学はグローバル化によって単独での存在意義から世界のデファクトスタンダードとしての存在意義へと変更を余儀なくされてきた。この変革は個人的研究の存在意義を否定するものではないが（むしろそれを強調しつつ）、グローバル化の中での世界の中心としての機能を備えた存在意義に移行することを意味する。我々は、これを超伝導分野で実施し、我が国の従前からの研究スタイルから世界的デファクトスタンダードとして通用する形態へと移行することを目指し、「ナノテクノロジー」を用いた「新しい応用」の開拓と同時に、「その応用技術を用いた新しい超伝導科学の分野の開拓」を行うという野心的な試みに挑戦してきた。この試みは、以下に述べる用に学術的な成果として大いに成功を収め、現在、超伝導 THz 波の発振とその量子情報・量子計算への新しい応用分野として開花し、そこから導かれる新しい物性物物理学の研究の中核として急速に発展している。この観点から国際学術交流の拠点としてこの3(5)年間、超伝導ナノテクノロジー分野の研究交流の中心的役割を果たしてきたといえる。この先端研究拠点プログラムはこの様に新しい分野の創出に国際的学術交流拠点として極めて重要な役割を果たしたことは明らかであるが、これを足がかりとして将来継続的な新たな研究組織体制を、世界各国に存在する MRS（材料学会）を基点として日米欧間で構築する努力が現在行われている。

○成果の学術的価値

この先端研究拠点事業期間中に超伝導ナノテクノロジー分野でいくつかの画期的成果が発見され、大いに話題を呼び、現在、大きくその分野の展開がなされている。その第一は、高温超伝導体の固有ジョセフソン接合を用いたメサ構造で連続的かつコヒーレントな THz 波の発振（レーザー発振）に成功したことである (*L. Ozyuzer, et al., Science* **318** (2007) 1291, *K. Kadowaki, et al., Physica C* **468**, (2008) 643)。これは、高温超伝導体固有の極めてユニークな現象の発見であり、また高温超伝導体の良質単結晶を用いた初の本格的な THz 帯のデバイス応用として画期的であるばかりでなく、この現象を利用して高温超伝導体の超伝導機構の解明を、ナノテクノロジーの技術を使うことにより可能となることを示したことにある。全く新しい側面から銅酸化物高温超伝導体の超伝導機構を解明できる可能性を開拓したことは極めて重要である。またさらに、応用面ではこの THz 波のコヒーレンス性を利用し、量子情報工学の展開が可能であり、量子計算の実現に大きく近づいたことも特筆すべきである。この様な成果は、本先端研究拠点事業としてアメリカ側のパートナーであるアルゴンヌ国立研究所との共同研究として実施されたものである。

第2に、高温超伝導体の固有ジョセフソン接合による巨視的量子トンネル現象の発見である (*K. Inomata, et al., Phys. Rev. Lett.* **94** (2005) 087003, *X. Y. Jin, et al., Phys. Rev. Lett.* **96** (2006) 177003)。これは高温超伝導体が多数直列接合した系で良質な一つの量子接合として動作することを実証したものであり、量子化磁束を利用した量子計算素子 (flux Q-bit) としての動作が高温超伝導体を用いて可能であり、大変応用状有望であることが明らかになったことである。このことと、前掲のコヒーレントな THz 波を結合すれば、高温超伝導体を用いたヘリウム温度で動作する量子計算素子を単結晶上にオンチップで作成することが可能となることから（集積も容易）、現状の量子計算素子の開発で障害となっている極低温、デコヒーレンスなどの問題を一挙に解決できる可能性が極めて高い。この様に、高温超伝導体の固有ジョセフソン接合を用いた新たな基礎から応用への広範な研究領域の開拓の可能性があり、今後の発展が大いに期待できる。

第 3 に、超伝導は量子現象が巨視的なスケールで発現する現象であることを反映して、微小な超伝導体を作成すると量子化現象が顕在化する。これは幾何学的形状が超伝導状態の量子状態に影響し、エネルギー状態が形状によって異なることを意味している。たとえば、超伝導体の薄膜で直径が超伝導の特性長（コヒーレンス長 ξ 、磁場侵入長 λ ）と同程度かその数倍程度である場合、超伝導体の中に量子化磁束 ϕ_0 を単位として磁場が侵入するが、この侵入下量子化磁束は幾何学的形状で指定された位置によってエネルギーが異なる。さらに、複数個の量子化磁束が侵入すると量子化磁束同士は斥力的な相互作用をすることから、幾何学的形状に伴うポテンシャルエネルギーと量子化磁束同士の相互作用エネルギーとの兼ね合いで複雑な配置パターンを示すことが実験的に確認された。また、場合によっては複数個の量子化磁束が同一場所に存在する巨大量子化磁束の存在も本研究によって初めて明らかになった（*A. Kanda, et al., Phys. Rev. Lett.* **93** (2004) 257002, *Adrian Cho, Science* **306** (2004) 2021）。これは、数ミクロン程度の高分解能を持つ磁場検出顕微鏡装置（たとえば、ホールプローブ顕微鏡や SQUID 顕微鏡）や超伝導量子化磁束の検出技術（STM、電子顕微鏡）の開拓がおこなわれたことにより、空間的な配列を直接観測できるようになったことが大きい。これによって多様な幾何学的形状での量子化磁束の詳細な研究が可能となり、超伝導メソスコピック系の物性が大きく展開した。さらに、この問題は現在、磁性体と組み合わせることによってスピントネル効果などの現象を利用したスピントロニクス領域へと拡大しつつあり大きな研究分野へ発展してきている。この様な研究の方向性は、主にヨーロッパ側の拠点機関のグループ（コーディネーター V. Moshchalkov 等をはじめとするグループ）で最初に研究が開始されたが、最近、我が国でも盛んになってきており、現状ではむしろそれをしのぐ成果が得られてきている。

主要な成果としては以上の 3 課題をあげるが、これ以外にも多数の成果があることを付記しておく（報告書の研究文献を参照のこと）。

○若手人材育成への貢献

先端研究拠点事業国際戦略型へ移行以来、3 年間、若手研究者養成プログラムを実施してきた。勿論、移行以前からも予算的な処置は特に講じられてはいなかったが、規模は小さいながらも同様の取り組みは国内の研究会（年 2～3 回程度開催）、および共同開催の国際会議、あるいはその他の国際会議など、研究集会への参加支援、共同研究のための支援などを積極的に実施してきた。この結果は如実に表れ、たとえば、若手研究者を主とする国際会議の招待講演者数がこの間に大きく増加するなど顕著な効果が見られた。（ただ、依然として大学院博士課程への進学意欲が全体として欠如しており、絶対数として若手研究者層が貧弱であることには変わらない。この問題を改善するためにはこの様な個別の取り組みでは対処しきれず、より抜本的な研究・教育施策の変更を必要とするものと考えられ、初等教育をはじめ、中等・高等教育全体の中で抜本的な検討をすべき最重要課題と位置づけられる問題である。）

○情報集約性

近年の科学研究に関する情報はインターネットの発達により瞬時に世界中から収集可能である。むしろ、重要な情報を如何に漏洩無く保持するかがより重要な問題である。この様なことから、情報の収集は容易になったが、それを集約し、有意な情報を如何に活用するか、また、それをどのように保存していくかが問題である。大小の国際会議やセミナー等、多数あり、その発表内容のファイルも多くの場合、公表されているのが実情である。さらに、論文のプレプリントもサーバーが世界数カ所にあり、随時ダウンロード可能な状態にある。先端研究拠点事業で我が国、アメリカ合衆国、ヨーロッパ EU 諸国間でインターネットでネットワークを形成し、プレプリントや最近のホットな研究情報の共有サイトを立ち上げたが、事実上、先端研究拠点事業だけで閉じている必要性は特段無く、利用者が多くなかった。また、昨年度末、サーバーのハードディスクが故障し再起

不能となったため、それ以後、廃止状態にある。このような状況を国際的に俯瞰するなら、先端研究拠点事業、あるいはより一般的にこれらの研究活動のための情報集結システムを政府が積極的に設置し、管理された大型コンピューター上へ随時整理保存していく形態が最も効率よい方法かと考えられる。今後、研究成果の保存とその公開法についてぜひ検討してほしい。

○社会貢献性

基礎物理学における研究成果は応用を主体とした研究と比較すると抽象的であり、具体性に乏しいことが多い。本先端研究拠点事業は「超伝導ナノサイエンスとその応用」であり、ナノテクノロジーを用いて超伝導の基礎概念を構築することにより、特に高温超伝導体の新しい研究の方向を模索する野心的なものである。このような基礎概念の構築は新たな技術の創造を育み、両者はあたかも車輪の両輪を形成するかのようである。我々がこの3年間（拠点形成型を含めれば5年間）実施してきた超伝導研究の新しい分野への発展とその成果は、上記の学術的価値の項目で述べたようにめざましいものがある。このような新たな学術分野の開拓とそれに伴う学術的な成果は、人類共有の英知であり、財産である。これを構築することは基礎研究における社会貢献として極めて重要であり、未来への資産となるものである。また、このような新しい知の創造から、新たな原理の基づくあらたな技術が生まれ、それが様々な社会発展の基礎となっていくことが期待される。たとえば、高温超伝導体のコヒーレントな THz 波の発生は、勿論それを直接、光源として医療や診断、環境問題の解決やエネルギー問題への対応、イメージングなどの技術へ利用することも可能であるが、むしろ、ここで期待する展開は、最も高度な利用技術となる量子計算への応用であり、これにチャレンジすることである。これが実現すれば社会に対する貢献は極めて大きいといえる。このような知のあらたな応用を創造することが、基礎研究の社会貢献の最も重要な部分であり、価値の高いものであろう。

4. 実施状況

(1) 戦略性

移行審査申請時に記載した拠点機関の将来構想及び全体戦略を踏まえて、拠点機関全体として、どのように戦略的かつ計画的に本事業を実施したかを記載してください。またそれがどのように拠点機関及び日本のプレゼンスを高めるのに役立ったかを記載してください。

本先端研究拠点事業は、日本（8 研究機関）、EU 諸国（9 カ国 17 研究機関）、アメリカ合衆国（10 機関）の先進諸国で、「超伝導ナノテクノロジー」をキーワードとして結束し、ナノテクノロジーを主体とした新しい超伝導の研究分野を我が国が主導的役割を果たしつつ開拓することを目指した野心的研究テーマである。その背景には、先進諸国が超伝導を含む多くの分野でいち早くナノテクノロジーを旗印に、研究体制を再編成し、多角的、広域的、かつ学際的に内容を高度化していく中で、我が国もそれに追随し、しかも超伝導分野においては少なくとも部分的に突出した成果が導出できる体制を、早急に構築する必要があるとの認識があった。そのため、最終的な目標として国際的な超伝導ナノテクノロジーフォーラム（仮称）を我が国が中心となって設立し、突出した分野を中心としてリーダーシップをとりながら基礎から応用分野まで幅広い研究領域の開拓を行う構想を策定した。学術的な研究レベルの向上と成果についてはすでに成果の観点から上述したとおりであり、この先端研究拠点事業を通して、コヒーレントな THz 波の連続発振や、巨視的量子トンネル現象など、多くの突出した研究成果が得られたことはすでに述べた通りである。これによって我が国の若手研究者を中心としてここ数年、国際会議の招待講演者数が大きく増加したこともすでに述べたとおりであり、我が国のこの分野における存在意義が大きく世界に認められてきていることが明らかである。このような我が国の高いプレゼンスが確保できたことは本先端研究拠点事業が戦略的取り組みとして成功したことを物語っている。欲を言え

ば、研究最終目標として掲げたナノテクノロジーフォーラムの設立が完了していないことであるが、この点に関しては現在、MRS(材料学会)の中でその一部としてあらたな位置づけを目指し交渉中である。今後、発展が見込まれる領域であることから超伝導ナノテクノロジーフォーラムとしての機能を組み込むことが可能であると考えている。いずれにしろ、この形成が多少遅れたことは否めない。その要因はいくつか挙げられるが、第一に、アメリカ経済の先行きの不透明性から科学予算の削減が続き、十分な予算確保が必ずしもできず、多少盛り上がりには欠けたこと、さらにそれに加えて、昨年12月以来のアメリカを震源とする世界経済の混乱があり、学術の動向に不安定要因が増えたことなどがあげられる。この点、ヨーロッパの科学研究の基盤は盤石であり、長期的視野に立脚した体制が維持できていることは我々にとっても励みとなっている。アメリカ合衆国は特に政治的な動向に科学研究が大きく影響を受ける体質的構造にあるため不安定要因が強い。日本はその中間的な位置づけにあるが、世界的な経済的混乱が最終目標とした組織作りに大きく影響したことは否めない。

しかしながら、オバマ政権への交代に伴って今年度に入り、NSF や DOE 側からこの超伝導によるナノテクノロジー分野の共同体制の構築に継続の要望があり、積極的な姿勢が現れてきた。これは米国の科学予算をエネルギー関連を中心として倍増する計画が進行中であることから浮上してきたものであるが、大変好ましい状況が出てきている。この機会を逃さずに我が国も再度、主導的立場を維持するためには予算処置が必要不可欠であるが、現状では断続状態にある。これを本年度、ぜひ解消し、ようやく発展的基盤を確立できた超伝導ナノテクノロジー分野の研究をさらに戦略的に展開し、最終目標としての国際的な機関としてナノテクノロジーフォーラムを実現したい。

(2) 拠点形成に向けた実施体制

拠点機関及び協力機関においてどのような運営体制をとっていたかについて、国内外の連携体制にも触れながら記載してください。

運営体制としては、研究拠点形成のため、まず、我が国では国内の研究者の連携を深め、研究内容の深化と先鋭化を、国内の討論の場を活用して行った。これは本先端研究拠点事業のみならず、年2回開催される物理学学会での会合やシンポジウムなどを連動して実施した。これによって国内の中堅、若手の研究者の意識と超伝導ナノテクノロジーの研究の方向性のある程度確立することができたため、大きな進展が見え始めた結果につながったと考えられる。今後、この様な取り組みがさらに必要であると考えられる。

一方、対外的には各研究者の個人プレーも必要で重要であるが、我が国全体として「超伝導ナノテクノロジー」を旗印として掲げ、ほぼ毎年行われた国際会議に積極的に参加・発表を行い、我が国のこの分野のプレゼンスを高めることにつとめた。その結果、多くの中堅、若手研究者の世界的な位置づけが大きく向上した。その最も顕著なバロメーターは、先にも述べたように、第一級の国際低温会議における招待講演者数の大きな増加(倍増)である。この様な活動を通して、世界の研究者と我が国の研究者が一体となる連帯意識が芽生えたこと、さらに、この分野における我が国の研究内容の独創性を一体感の中で自然に主張できる雰囲気が出てきたことが極めて重要であると考えている。これによって我が国が先導する分野が自然と開拓され、大きく今後発展・展開する領域が確立されていくことになる。この様な科学研究のテーマとそれに伴う研究者の自然な流れを形成することが、研究実施体制の最も重要な課題であると考えており、本先端研究拠点事業はこの点において、過去に経験したことの無い大きな成功を収めたといえる。

5. 今後の展望

今後、当該拠点の研究交流活動を持続的に展開して上での将来展望について記載してください。

すでに述べたように、最終目標として当初計画した「国際超伝導ナノテクノロジーフォーラム」の形成には至らなかった。しかしながら、当初の計画のような全く独立した組織体制ではなく、むしろ材料科学の分野の一つとして「超伝導ナノテクノロジー」を位置づける方がより自然である。これについては比較的容易に可能であり、MRS(材料学会)をその一つの可能な柱と考えており、事実上、現在交渉中である。まず、日本材料学会(JMRS)に打診をしており、賛意を得ている。これを国際レベルで設立することを今後実行したい。これが設立できれば、大いに活動内容が拡大するであろうし、組織内容も厚みが増え、大いに将来性が期待できると考えられる。

6. 活動実績

(1)実施した「共同研究」について概略を記入してください。

1	研究課題・テーマ名	テラヘルツ波発振に関する共同研究
	実施期間	平成 13 年度
	代表者 国名	アメリカ合衆国
	所属機関・職・氏名	Argonne National Laboratory, group leader, Dr. Wai -K. Kwok
2	研究課題・テーマ名	メゾスコピック超伝導体の幾何学的形状効果と磁束状態の研究(1)
	実施期間	平成 18 年度
	代表者 国名	ベルギー
	所属機関・職・氏名	Katholieke Universiteit Leuven, professor Victor Moshchalkov
3	研究課題・テーマ名	メゾスコピック超伝導体の幾何学的形状効果と磁束状態の研究(2)
	実施期間	平成 18 年度
	代表者 国名	アメリカ合衆国
	所属機関・職・氏名	University of Illinois at Chicago, Dr. Vitali Metlushko
4	研究課題・テーマ名	ジョセフソンプラズマとフィスケステップの関係
	実施期間	平成 19 年度
	代表者 国名	アメリカ合衆国
	所属機関・職・氏名	Argonne National Laboratory, group leader, Dr. Wai -K. Kwok
5	研究課題・テーマ名	固有ジョセフソン接合系の量子トンネル効果(I)
	実施期間	平成 19 年度
	代表者 国名	イギリス
	所属機関・職・氏名	University college of London, Dr. Paul Warburton
6	研究課題・テーマ名	固有ジョセフソン接合系の量子トンネル効果(II)
	実施期間	平成 19 年度
	代表者 国名	スウェーデン
	所属機関・職・氏名	Chalmers University of Technology, Dr. A. Yurgens

7	研究課題・テーマ名	テラヘルツ波発振素子作成と特性の研究(I)
	実施期間	平成 20 年度
	代表者 国名	アメリカ合衆国
	所属機関・職・氏名	Argonne National Laboratory, groul leader, Dr. Wai -K. Kwok
8	研究課題・テーマ名	テラヘルツ波発振素子作成と特性の研究(II)
	実施期間	平成 20 年度
	代表者 国名	ドイツ
	所属機関・職・氏名	University of Erlangen-Nurnberg, professor Paul Muller
9	研究課題・テーマ名	固有ジョセフソン接合を用いた挙止テク量子トンネル現象の研究
	実施期間	平成 20 年度
	代表者 国名	イギリス
	所属機関・職・氏名	University college of London, Dr. Paul Warburton
8	研究課題・テーマ名	固有ジョセフソン接合系の量子トンネル効果(II)
	実施期間	平成 20 年度
	代表者 国名	スウェーデン
	所属機関・職・氏名	Chalmers University of Technology, Dr. A. Yurgens

※ 記入欄が足りない場合には、適宜追加してください。

(2)この研究交流課題に関連した主な発表論文等(詳細は別表1により記入してください。)

※ 論文等総数	303 件	内訳	論文	298 件
※のうち、相手国参加研究者との共著	39 件	著書		5 件
※のうち、本事業名が明記されているもの	43 件	総説		0 件
		その他		0 件

(3)共同セミナーの開催実績について記入してください。(詳細は別表3により記入してください。)

(回)

	平成 15 年度	平成 16 年度	平成 17 年度	平成 18 年度	平成 19 年度	平成 20 年度
国内開催	1	2	2	1	0	2
海外開催	0	0	1	2	2	2
合計	1	2	3	3	2	4

(4)派遣・受入実績について記入してください。(詳細は別表4-1、4-2により記入してください。)

(名)

	平成 15 年度	平成 16 年度	平成 17 年度	平成 18 年度	平成 19 年度	平成 20 年度
派遣人数	0	12	24	31	28	33
受入人数*	0	16	4	0	7	11

* 本事業経費により受け入れた人数を記入のこと。