

先端研究拠点事業
平成20年度 事業実績報告書

採用年度	平成18年度
種別	国際戦略型

平成21年5月26日

領域・分野	数物系科学
分科細目名（分科細目コード）	物理学（4306）
採用番号	15002
研究交流課題名（和文）	超伝導ナノサイエンスと応用
研究交流課題名（英文）	Nano-Science and Engineering in Superconductivity
採用期間	平成18年4月1日～平成21年3月31日

《実施組織体制》

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）	筑波大学・学長・岩崎 洋一
コーディネーター（所属・職・氏名）	数理物質科学研究科・教授・門脇 和男
協力機関数	15
参加者数	39

相手国1

国名	EU
拠点機関名	Katholieke Universiteit Leuven
コーディネーター（所属・職・氏名）	Department Natuurkunde en Sternkunde, Dean, Professor, Victor Moshchalkov
協力機関数	18
参加者数	22
マッチングファンド （出資機関・プログラム名）	ESF Research Networking Programme: Nanoscience and Engineering in Superconductivity (NES)

相手国 2

国名	USA
拠点機関名	Argonne National Laboratory
コーディネーター（所属・職・氏名）	Argonne National Laboratory, Group leader of Materials Science Division, Dr. Wai -K. Kwok
協力機関数	8
参加者数	21
マッチングファンド （出資機関・プログラム名）	Institute for Theoretical Sciences: Argonne National Laboratory and University of Notre Dame

交流目標の達成（見込）状況

① 平成20年度事業計画における達成目標

学術研究の発展には新しい現象の発見が必要不可欠である。その現象が基本的であればあるほどその影響は幅広く奥深い。この国際事業を通して2007年、我々はアメリカのコーディネーターチームとの共同研究で高温超伝導体の高品質単結晶をメサ加工することにより、THz帯域の電磁波を連続発振させることに成功した。この発見は良質の単結晶がきわめて困難な高温超伝導体において得られた成果であり、我が国の材料科学の水準の高さを示すとともに、ナノテクノロジーとの融合という面においても調和のとれた発展を遂げていることを意味している。この研究は約10年ほど前、我が国で発見されたジョセフソンプラズマ共鳴に端を発しており、10数年の時を経てTHz波のレーザー発振という画期的な現象の発見に繋がり、高温超伝導体の超伝導エレクトロニクス分野への初めての本格的な応用として大きな期待が持たれている。また、これと平行して、高温超伝導体の強い2次元的な層状性に由来する原子層レベルの多重ジョセフソン接合を利用することによって量子計算デバイスを作製することが可能であり、しかも、従来のデバイスでは実現できなかったヘリウム温度領域でそれが実現できる可能性が本研究で明らかにされ、これが実現できれば極めて衝撃的な結果をもたらすことになる。このように、THz発振現象の発見、それに伴う量子電子デバイスへの高温超伝導体単結晶 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8-x}$ の応用は基礎科学と工学を包含して急速に発展しており、まさに材料科学の勝利そのものである。このような急速な研究の展開・発展を支え、世界の研究者が一丸となって競い合い、かつ成果を共有していく新しい研究のスタイルがこのCTCプログラムの研究を通して急速に実現されてきた。このような環境下で、若手人材も数は多くないが確実に成長してきている。このような取り組みを今後5～6年継続すれば画期的な分野として成長するばかりでなく、国内外から優秀な人材が集中してくる環境が必ず実現するものと予測され、これを現状で中断することはきわめて重大な損失である。これを何とか継続することによって我が国の主導性を確保した新しい研究分野の興隆を成し遂げることがこの研究の最大の成果となる。

② 平成20年度事業計画の達成状況

平成20年度は、昨年度に引き続き先に述べたTHz波のレーザー発振の技術的な改良と基本原理の理解を中心として、多重ジョセフソン接合系のデバイス物性の研究を国外の共同研究者らとともに実施した。特に、THzの発振については国際的にも注目されており、多くの国際会議で招待講演を実施した（招待講演数19回）。THz波発振1周年を記念して国際ミニシンポジウム（International Mini Symposium on THz Radiation from Intrinsic Josephson Junctions）を11月23日、開催し、この1年間の成果を公表するとともに、今後の展望を討論した。現時点でも、THz波発振ができるのは我々の結晶を用いた場合のみである。これは、単結晶の質の高さを象徴的に示している。また、超伝導ナノサイエンスとして従来より盛んに研究されてきたナノ構造超伝導体の研究も様々な形状のドットやアンチドット、磁性体との組み合わせなど多彩な発

展を見せている。特に注目したいのは2次元・3次元ネットワーク（ジョセフソン接合ネットワークも含む）では多くのバリエーションが考えられ、たとえば対称性を壊した場合やランダムなネットワークなど現実の弱結合超伝導体のシミュレーションなども可能になってきている。これは大型計算機の計算能力の向上に伴い、さらに大型の計算が容易に行える状況になっていることが研究の進展を支えていることがあげられる。固有ジョセフソン接合を利用した量子デバイスの研究が最近、急速に発展している。これは量子計算デバイスの開発につながる技術であるため、近未来に向けた研究であるが大変興味深い。高品質の単結晶の存在がこの分野でも優位性を発揮している。材料研究には特徴的な材料の開発が必須であることを強く印象づける結果となっている。すなわち、ここで行われている研究では、不純物層や欠陥の無い、固有ジョセフソン接合が巨視的な層数で同等である結晶の存在である。

このように、日本、EU、アメリカ合衆国側と各国各機関における優位性を保持しつつ、それらを有機的に結合した新しいタイプのグローバルネットワーク体制がほぼ確立し、大きな進展を見せている。これは我が国の施策にEUやアメリカ合衆国側が同調する形で形成されてきたものであり、我が国主導の研究体制作りの成功例といえる。最後に3月23-26日に国際会議をつくばで開催し(Joint JSPS-ESF International Conference on Nanoscience and engineering in Superconductivity)、3年間の先端研究拠点事業を終了した。

A:学術的な成果

昨年度に引き続き、THz波の発振に関し、国際的に大きな進展が我が国（門脇グループ）を基点としてあったことから多くの関心呼び、多数の国際会議の招待講演を行った。その中で、特に8月にアムステルダムで開催された第25回低温物理国際学会(International Conference on Low Temperature Physics)はIUPAPによる第1級の国際会議であり、これに招待講演をはじめとし、あわせて総数19回に上る国際集会で講演を行った。ここ1年ほどの成果はほとんど我が国の実験データであるが、この大きな流れは日本とアメリカの共同研究の成果であり、これにCTCプログラムが果たした役割はきわめて甚大である。実験的には、固有ジョセフソン系で、個々の接合がそれぞれ同一の交流ジョセフソン周波数で振動し、微小な電磁波を作るが、これが位相をそろえてメサ全体が共鳴することで大振幅となる現象と理解されている。このためにはジョセフソン接合特有の非線形性が有用な役目を果たしていると考えられている。これを実証するために、様々な形状のメサを作成し、遠方での電磁波の強度分布を測定することによって、メサ内部での状態を明らかにする試みが進行している。これは時間の問題で、実験的には間近に確立するものと考えられる。発振出力は現状では約5 μW であり、メサからの出力効率が0.1%以下である。これは発振が量子効果によるものとするとき小さすぎる。これを1 mW レベル、すなわち、5%程度まで上昇させたい。このためには発振に必要な条件を明確にすること、発振の効率を抑える原因を突き止めること、などが重要研究課題となり、現在これを諸外国の研究機関とともに進めている状況である。一方、各国でも積極的なTHz波の発振実験を行っているが今のところ成功していない。その理由は明らかでない点が多いが、我々の単結晶の品質の高さに起因する何らかの要因があるものと考えている。実験的には、アメリカ合衆国アルゴンヌ国立研究所では、我々の試料を使って当初から発振する試料を作成できている。現在、EU側の固有ジョセフソン接合発見者であり、固有ジョセフソン接合の研究における第1人者であるエルランゲン・ニュルンベルグ大学のPaul Muller教授からは試料提供の要請があり、それを用いて彼ら独自に同様の実験を開始している。同様に、スウェーデンのChalmers大学、August Yurgens博士のグループにも試料を送り、現在実験が進行中である。

一方、理論的にはすでに数多くの論文が出されているが、どれをとっても不十分であることは否めない。その理由は、そもそもこの現象自身が非線形現象であり、かつ熱的非平衡状態が本質的であると考えられることから、数学的な解析が困難であることにあり、非線形現象の解明に新しい数学的な手段の必要性を強く示唆している。現状では非平衡状態は無視し、さらに非線形現象を数値計算により計算機的能力に頼って力づくで解を求めている状況である。将来、このような問題は多々発生すると考えられることから、より高度な数学的な解析法を開拓する必要がある。この様に現在、実験理論ともに急速に進展しているが、理論的な説明が実験結果に追いついていないのが現状である。

また、THz波発振以外の分野も急速に進展している。もっとも注目すべき分野は、EUの研究グループが中心となって磁性体や正常金属、絶縁膜を介した超伝導接合の研究である。これはナノ構造超伝導体の研

究と絡み合っ大きな潮流となりつつあり、また、研究内容も基礎科学的な興味から量子計算や量子情報分野とスピントロニクスという一大産業を創出するかもしれない応用分野をバランスよく含んでおり、分野の幅が広く、その発展性は高い。また、量子情報分野は量子力学を自在にコントロールできることが可能であることから特に興味を持たれており、超伝導ナノ構造の研究は大きく変貌しつつある。このような流れの役割を、本 CTC プログラムは担っており、今後の発展が大いに期待される。

B：持続的な協力関係の基盤構築

この CTC プログラムを契機として、一昨年より、EU 側では ESF のプログラムとして ESF-NES を開始している。一方、アメリカ側は NSF に再度、Materials World Network Program を NSF-NES として申請しており、5 月中には結果が出ることになっている。たとえ、万一、それが実現しなかったとしても、ノートルダム大学とアルゴンヌ国立研究所の間で共同出資により運営されている Institute for Theoretical Science が年間約 20kUS\$ の資金を準備しており、CTC グローバルネットワークを運営するため積極的な支援策を実施してきている。この様に、EU 諸国とアメリカ合衆国を含めて全世界規模でのグローバルネットワークの有用性が理解されてきており、その方向を支持する機運が高まってきており、このような状況下で、我が国の CTC プログラムが終えなければならないのはきわめて残念である。今後は、このような形態の国際事業の継続のため、我が国の経済基盤を確保することが最も重要であり、この問題を早急に解決したい。単に超伝導分野にこだわらず、さらに広い視点からグローバルネットワークを運用することも視野にある。

本年度は、多くの国際会議やワークショップが開催されたことから本 CTC プログラムが主体的に実施した国際会議は、韓国、ポハン（浦項：Pohang）で 2008 年 7 月 17-19 日に開催された「第 6 回高温超伝導体に関する固有ジョセフソン効果とプラズマ振動に関するシンポジウム (PLASMA 2008)」(The 6th International Symposium on Intrinsic Josephson Effect and Plasma Oscillations in High-Tc Superconductors)、および、ドイツのフロイデンシュタット・ラウターバットで、2008 年 9 月 13-17 日に開催された、「ESF-JSPS による微細構造超伝導体に関するワークショップ 2008、基礎から応用まで」(ESF-JSPS International Workshop on Nanostructured Superconductors 2008: From Fundamentals to Applications)、さらに、THz 波の発振 1 周年を記念するミニシンポジウムを、2008 年 11 月 23 日 (CTC-NES International Mini Workshop on THz Radiation from Intrinsic Josephson Junctions -The first one year anniversary of the discovery-) を東京で、また、CTC プログラム最終国際ワークショップ (Joint JSPS-ESF International Conference on Nanoscience and Engineering in Superconductivity) を 2009 年 3 月 23 日-26 日につくばで開催し、積極的にサポートした。国内研究会はこの様に多数の国際会議が内外で開催されており、とくに国内メンバーだけでの会議の必要性が無かったため、見送られた。

このように、国際的なレベルでのシンポジウムやセミナーなどが持続性のある国際協力関係を維持しながら発展するための原動力であるので数多くの発表舞台となる国際会議を積極的にできるだけ多く開催してきた。我が国のこのような取組が本年度をもって終了することは極めて残念である。

C：若手研究者養成における成果

上記のような国際会議は最近の研究結果の発表が主であるが、研究の主要部分を担う若手研究者の積極的な参加の場でもあるし、会議の内容もそのような構成になっていることが多い。したがって、国際会議やシンポジウムでは若手や中堅研究者の活躍が目立ち、若手研究者の成長がうかがえる。しかし、本身では CTC プログラムでは特に若手研究者のための取り組みを重視しており、特別なプログラムが準備されている。本年度は、「第 3 回若手研究者のための超伝導ナノサイエンスと応用に関する秋期セミナー (3rd International Autumn Seminar on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists) を東京（築地）で、2008 年 11 月 24-30 日に開催した。今回で 3 度目の取り組みであるが、今回は若手研究者により近い、中堅で大いに活躍している方をより積極的に講師として招き、講演を各自 2 回 (2 時間) 行っていただいた。この取り組みも次第に定着しつつあり、CTC メンバー以外の方の参加者や、また、東京で開催したため、聴講したいプログラムだけを飛び入りで参加する者も見受けられ、当初、考えていた全員がある一定の期間、一緒に過ごしなが議論を深めていくというスタイルが多少崩れてしまった感がある。しかしながら、全体としては大変効果が高い取り組みであると考えられるので、今後も同様の取り組みを何らかの形で継続的に実施したいと考えている。

D：国際的学術情報の収集整備

情報網の発達、特にインターネットの高速化、検索性能の向上などにより情報の国際化は急速に進み、研究者レベルでは公開されている情報はほとんど入手可能である状況になりつつある。公開されていない情報はもちろん入手不可能であるが、公開されている情報に関してはインターネットや、図書館による学術情報検索システムによってほぼあらゆる情報を入手できる環境になっている。むしろ、問題なのは情報の公開をどの段階で行い、そのオリジナリティをどのように確保するのが正当に判断できにくくなっていることにある。重要な情報が公開されるとその部分が一人歩きし、誇張され、さらに重要であるような過剰反応が形成されてしまうことも問題である。また、悪意による妨害も少なからずある。よく調べれば通常のルートによる情報とは異なり、実はオリジナリティは別のところにあることもある。この様に、情報過多による不確実性の高い状態が現状では避けられない状況にある。このような状況をやはり整備する必要があると考えられるが、その一つの取り組みとしてリポジトリシステムがあるかもしれない。これは全国全世界の学術機関の図書館が行っている新しい情報共有システムであり、情報の信頼性という観点からは一般のインターネットなどによる検索システムより高いと思われる。情報収集、検索の今後の一つの新しい方向性であると思われる。

E：事業の波及効果

これまで CTC プログラムは国際拠点形成型を含め、「超伝導ナノサイエンスと応用」(Nanoscience and Engineering in superconductivity)として通算5年間実施してきたが、この取り組みを振り返ってみると、当初は、これほどまでに世界の動向を一つにまとめることができるとは予想しなかった。EU側とアメリカ合衆国側のコーディネーターの信頼と支持が無ければこのようなグローバルネットワークは達成できなかったと考える。現在、世界中のこの超伝導分野のデバイス関連の物理から応用を視野に入れた研究の大部分はこのグローバルネットワークが関係しているものがほとんどである。EU側はほぼ100%我々の提案したアイデアを取り入れ、さらにヨーロッパのEU拡大に符合するように規模を倍増して、新たにESF-NES(Nanoscience and Engineering in Superconductivity)を2007年に立ち上げ、向こう7年間継続することを決定した。もはや“NES”という我々の発案であるこの言葉はこの分野では定着したフレーズとして日常的に使われている。一方、アメリカ側はアルゴンヌ国立研究所という、NSFとは一線を画すDOE傘下の研究機関であるため、全米の大学を中心としたプログラムとしてNSFから資金提供を受けることはほとんど不可能という状況にあった。しかしながら、イリノイ大学のMetkushko教授の努力により、NSFとの交渉を重ね、NSF内のMaterial World Networking ProgramとしてNSFに対して提案を出すことが可能となった。現在、審査中であるが、このような世界のNESプログラムの注目度の高さから、実現はほぼ確実視されている(2009年5月中に結論が出される見通しである)。このようなことから、我が国の対応が今求められているが、このCTCプログラムの継続は否定的であり、またこれに該当する同様の他のプログラムも無いという現況は大変残念である。せつかく、我が国が主導的に開始し、これまでに大きく成長してきたNESプログラムを現時点で日本側が中座するのは国際的な損失があまりにも重大である。この状況を早急に改善する対策が必要不可欠である。

実施状況

研究交流計画実施にあたる実施体制

この先端研究拠点事業（国際戦略型）は、日本、EU、アメリカ合衆国の各参加機関のオリジナルな研究を尊重し、かつ世界トップレベルの研究を実施しながら、お互いに強い部分を共有し、弱い部分を助け合う協力体制を構築し、学術の発展を目指すものである。この様な体制の中で新しい主導的な概念やそれを導く新しい現象の発見などが重要であり、それぞれ各機関、各個人がオリジナリティを競い合う。この基本的なコンセプトに則り、これを実現するために毎年国際会議やセミナーの実施、人材交流や試料の共同作成、実験の相互乗り入れなどが、本事業の主たる部分である。特に、実験系の場合、各拠点固有の特徴ある設備を国際共同体制の中で共有化し、世界最高の設備が研究協力期間の間で自由に利用できるような組織作りを行ってきた。これが実際に様々な形で実現してきている。たとえば、我々が作成している世界最高品質の単結晶をまたアメリカ側やEU側に送り、それを用いてそれぞれ独自のアイデアで研究を行っているし、理論EU側で作成された微小サイズのナノ構造超伝導物質を作成し、他の共同研究グループの中で測定しているなど、臨機応変な対応が実現されている。理論グループと実験グループのより密接な連携、国内外への若手研究者の意識的な短期、長期にわたる移動など、若手支援策を積極的に支援してきた。これは柔軟な思考力を養うためにはきわめて重要であり、次の世代を担う若手研究者には是非身につけておいてほしいことである。総じて、この様な世界的に顕著な研究を維持するためにはグループ間の相互連携協力体制を上記のような概念で構築し、積極的にそれを活用していくことが極めて重要であり、その中から新しい分野の研究を開拓していく研究体制作りを実施してきた。

日本側拠点機関における研究交流課題への取り組み（事務支援体制等の観点より）

研究者レベルにおいては本研究協力体制にはほとんど問題はない。9協力機関の31名は日常的にきわめて濃密な情報交換や意見交換を行っており、また、CTC以外の研究集会も多々あることから、共同研究体制としては十分機能していると考えてよい。

一方、事務支援体制においては、事情は一変し、支援体制としては貧弱であると言わざるを得ない。これはすでに随所で指摘しているが、各国における事務体制の違いや、規則などの違い、言語の問題が重く、ほとんどの業務はコーディネーターの仕事として処理せざるを得ない状況が現状である。特に、国際会議やワークショップの開催となるとこの荷重が一気に増加し、コーディネーターはきわめて多忙となり、本来の研究コーディネーターとしての役目を果たせない状況にある。日本語を公用語として使う可能性はきわめて少ないのであるから、日本側の事務体制を少なくとも英語（一部、日本語でも可）対応に変更していただかねば、事務作業は大変で無理がある。単なる書類上の問題のみならず、日常的な通信、手紙、メールの作成やホームページの作成など、事務処理に必要な人材が全く不足している。これは早急に改善してほしい。（要は人材に尽きるのであるが、単なる短期的な雇用でこの問題を対処するのではなく、国際事情に明るい有能な事務職員を育成し、確保することが極めて肝要である。今後、国際化はさらに重要度を増すのは必然的であるから、大学も学術振興会側も長期的な視野で制度として改革してほしい。制度さえ整えば直ちに雇用したい有用な人材はたくさんいると思われる。）

共同研究

THz 波の発振について各国の動きが活発になってきたことを受け、共同研究の機運が各研究機関の間で高まってきた。アルゴンヌ国立研究所（門脇グループ）はもとより、ドイツの Kleiner 教授等のグループ（物質・材料研究機構、波多野・Wang らのグループ、アルゴンヌグループなどと）、Muller 教授のグループ（門脇グループ、波多野・Wang グループ）、スウェーデンの August Yurgens 博士等（門脇グループ、掛谷グループ）のグループが共同研究を実施している。どのグループもきわめて優れた研究グループであるが、それぞれのグループとの協議を綿密に行い、タスクを明確にし、個性の強い結果を出している。我々は試料の提供を行っているが、現状ではまだ THz 波の発振はいずれの研究機関においても観測されていないようである。

理論グループは我が国（門脇グループ、古月グループ）とアメリカ合衆国（アルゴンヌグループ、ロスアラモスグループ（CTC 範疇外））の共同研究グループが主導権を持っているが、最近、ロシアのグループやドイツのグループ他のグループ（CTC プログラム範疇外）も参入しており、大変競争が激化している。

ナノ加工した超伝導体の磁束状態の観察においては、主にアメリカ合衆国（イリノイ大学の Metlushko グループが中心となって試料作成を行っている）とヨーロッパ EU 諸国（特に、Moshchalkov グループ）が連動しているが、それに日本側の神田グループ、門脇グループ（筑波大）、為ヶ井グループ（東大）、大熊グループ（東工大）、小久保グループ（九州大）、西寄グループ（東北大）などが同様に様々な形で共同研究を実施している。また、アメリカのアルゴンヌ国立研究所と西寄グループは磁性不純物のある場合の NbSe₂ 単結晶における STM による磁束線の観察で共同研究を実施している。

この分野の理論においてはベルギーのアントワープ大学の Peters 教授グループが主導的な役目を担っており、我が国でも町田グループ（原子力機構）や加藤グループ（CTC 範疇外）などがナノ構造や 2 次元ナノワイヤ構造などの場合の磁束状態の数値計算を行っており、大変興味深い計算結果が得られている。この分野はまだまだ多くの成果が見込まれている。

新しい動きとして注目すべきことは、巨視的量子トンネル現象の実験であり、ロンドン大学の Paul Warburton 博士との共同研究（門脇グループ、掛谷グループ）が昨年度から実施されていることである。これまでの量子計算などの量子情報に関する実験は mK 領域の極低温領域を必要としたが、高温超伝導体の強いコヒーレンスを利用すれば、少なくとも液体ヘリウム温度で同じ効果を得ることができる可能性があり、この検証実験を行うものである。このほかにも多くの共同研究が網の目のように実施されている。たとえば、高柳グループ（東京理科大・物質・材料研究機構）とドイツのグロス教授グループ（Walther Meissner 研究所）、門脇グループと August Yurgens グループ（スウェーデン Chalmers 大）などである。実験には高品質の単結晶が必要不可欠であるとともに、試料の微細加工技術の開発もきわめて重要であり、ここでも我々の高品質な単結晶の重要性が浮き彫りになっている。ロンドン大学の Paul Warburton 博士らは、電子顕微鏡メーカーと共同で FIB 装置に低温ステージを組み込み、インシチュで加工しながら測定を同時に行うことができる新しいナノ加工装置の開発をしており、これが実現すれば加工すると同時に、特性を劣化させることなく測定ができる道が開けると期待されている。さらに、これを用いれば、これまで実験が不可能であった、原子層レベルでの巨視的トンネル効果を調べることができ、トンネル現象への超伝導層数依存性やサイズ依存性の詳細が明らかになるものと期待される。これはこの分野に画期的な情報をもたらすことになるだろう。この様な微小接合における巨視的トンネル効果に関しては、スウェーデンの Chalmers 大学の August Yurgens 博士が手によって試料を劈開し、測定した予備的な実験結果があるのみである。

そのほか、微細構造をもつ超伝導体の実験やその他の研究においても、数多くの共同研究体制が機能しており、グローバルネットワークが大変よく機能している。

セミナー

本年度、セミナーは、①「第6回高温超伝導体における固有ジョセフソン効果とプラズマ振動に関するシンポジウム (PLASMA 2008)」(6th International Symposium on Intrinsic Josephson Effect and Plasma Oscillations in High-Tc Superconductors)を韓国、浦項(ポハン)市、ポハン科学技術大学にて、平成20年7月17日～19日の3日間、開催した(主催者:ポハン大学 Hu Jong Lee 教授)。この会議は会議名からして、固有ジョセフソン接合関連の研究により我が国で発祥した国際会議である。固有ジョセフソン接合とジョセフソンプラズマに特化した国際会議であり、過去の開催はCTCプログラムが毎回共同で主催支援してきた。また、参加者の多くは本CTCプログラムの関係者であることから、今回は主催者側がメンバー国ではないが共同開催とした。THz波の発振現象が主要な内容であり、理論実験の両面において我が国の成果の発表が特に目立った。

②ESF-NES 微細構造超伝導体に関するワークショップ 2008 (ESF-JSPS Workshop on Nanostructured Superconductors 2008)をドイツ、フロイデンスシュタット-ラウターバッハ(Freudenstadt-Lauterbach)で平成20年9月13日～17日、開催した。これはEU側がESF-NESとして我が国との共同開催する国際会議であり、今回はドイツ、ユーリッヒ国立研究所のRoger Würdenweber博士が主体となって主催したものである。2008年の夏はきわめて多くの国際会議が各国で開催されたため、CTC-NES 関連の国際会議はこれだけに自粛せざるを得なかった。ここではヨーロッパを中心としたナノ構造超伝導体の磁束状態の理論・実験の両面に渡る成果が多く取り上げられた。もちろん、それから発展している微細構造を取り入れた量子計算のための基礎実験も数多く報告された。

③THz波の発見1周年を記念して、ミニワークショップ(CTC-NES International Mini-Workshop on THz Radiation from Intrinsic Josephson Junctions -the first one year anniversary of the discovery-)を2008年11月23日、東京で開催した。これは当初計画には無かったが、アメリカ側との懸案であった国際会議が開催できない見通しとなったため、このミニワークショップと、CTC-NESが本年度で最終年度となることから、国際ワークショップをつくばで開催することに変更した。ミニワークショップはTHz波発振に関与した研究者と現在THz波発振の研究に従事している研究者のみに限定した小規模のものであったが、内容はきわめて濃密であり、THz発振に関するすべての情報がここで公開された。また、今後の問題点なども討議された。きわめて有効なワークショップであった。

④最後に、CTC-NESプログラムの最終年度に当たるため、国際会議をつくばで、2008年3月23-26日、開催した(JSPS-ESF International Conference on Nanoscience and Engineering in Superconductivity)。この時期、ドイツなどヨーロッパ各国の学会と重なり、また、アメリカ物理学会の翌週であったことから、国外からの参加者にとっては必ずしも良い時期ではなかったが、それにもかかわらず、予想以上の国外からの参加者があった。これは、NESプログラムが世界的に認知されてきたことを意味しており、大変有意義であった。会議中、今後も継続してほしいとの要望がだされたため、急遽この問題を取り上げ、討論した結果、本会議でこの様な取り組みの継続を参加者全員で要望する趣意書を本会議全会一致の下で作成し、今後の活動の基礎とすることを了承した。

この様に、このCTCプログラムの取り組みの主要な部分であるセミナーは全体にわたって大きく発展しており、いずれの国際ワークショップや国際会議もすでに一流の国際会議のレベルに達している。この様なセミナー活動によって世界中の多くの研究者が刺激を受け、この様な取り組みの発展の様子を知ることによって、主導的な学術の流れの構築に大きく寄与していることがわかる。今後の展開が大いに期待できる。

研究者交流

研究者交流として国際会議等への参加や国際共同研究のための滞在として利用した。THz 波の発振現象は次第に国際的な重要度がまし、日本物理学会のシンポジウムにも取り上げられたことに加え、2009年3月に開催されたアメリカ物理学会のシンポジウムのテーマとして取り上げられた。そこで招待講演を行うとともに、国際交流を深めるため、THz 関連の研究に携わってきた若手研究者、大学院生をアメリカ物理学会に参加させた。これは若手研究者の刺激に大いに役立つものであった。そのほか、為ヶ井（東大）は2009年2月、EU 諸国を訪問し、共同研究を実施してきた。また、最終国際会議に符合させ、ロンドン大学 (Paul Warburton 博士の研究グループ) からの大学院生が2週間ほど筑波大学に滞在し、単結晶 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ の加工法について我々の技術を習得し、加工を施した試料を20個ほど持ち帰った。今後の研究成果に期待したい。この様に、若手研究者の交流が次第に活発化してきたことは大きな成果である。

若手研究者養成プログラム

若手研究者のためのセミナーを今回は東京で11月24-30日の7日間に渡り、開催した(3rd International Autumn Seminar on Nanoscience and Engineering in Superconductivity for Young Scientists)。今回も前2回と同様に必ずしも CTC プログラムの参加者に限らず、全国的に参加者を公募し、広く若手研究者を募った。その結果、8名の参加者があり、ポスター発表やその他の討論の場で多くの招待講演者(20名の内、外国人8名)らとともに打ち解けた雰囲気の中で議論することができた。講演者は2時間(最初の1時間を基礎的な事項に、後半の1時間は最先端の研究内容)の持ち時間を活用して、7日間にわたり、十分な討論に時間を割くことができた。この様な深い討論ができる機会は通常の会議ではないため、若手研究者のみならず、研究者の思考内容の深部まで理解するために大変有用であった。この様な取り組みがこの3年間で終了するのではなく長期にわたって行われることを期待したい。