

## 二国間交流事業 共同研究報告書

令和4年4月28日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[代表者所属機関・部局]  
京都大学・工学研究科  
[職・氏名]  
准教授・掛谷一弘  
[課題番号]  
JPJSBP 120192908

1. 事業名 相手国: フランス (振興会対応機関: CNRS) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) 高温超伝導ジョセフソンプラズマ放射の超高速テラヘルツダイナミクスの解明

(英文) Ultrafast terahertz dynamics of high-Tc superconducting Josephson plasma emission

3. 共同研究全実施期間 平成31年4月1日 ~ 令和4年3月31日 ( 3年 0ヶ月)

4. 相手国代表者(所属機関・職・氏名【全て英文】)

École Normale Supérieure, Paris/Permanent CNRS Fellow/Sukhdeep Dhillon

5. 委託費総額(返還額を除く)

|                 |          |           |   |
|-----------------|----------|-----------|---|
| 本事業により執行した委託費総額 |          | 4,712,500 | 円 |
| 内訳              | 1年度目執行経費 | 2,337,500 | 円 |
|                 | 2年度目執行経費 | 2,375,000 | 円 |
|                 | 3年度目執行経費 |           | 円 |

6. 共同研究全実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

|          |    |
|----------|----|
| 日本側参加者等  | 9名 |
| 相手国側参加者等 | 4名 |

\* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

|      | 派遣  |     | 受入   |
|------|-----|-----|------|
|      | 相手国 | 第三国 |      |
| 1年度目 | 2   | 0   | 1(0) |
| 2年度目 | 0   | 0   | 0(0) |
| 3年度目 | 0   | 0   | 0(0) |
| 4年度目 |     |     | 0    |

\* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣: 本委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入: 相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は本委託費で滞在費等を負担した内数。

## 8. 研究交流実績の概要・成果等

### (1)研究交流実績概要(全期間を通じた研究交流の目的・研究交流計画の実施状況等)

本研究課題の目的は、高温超伝導体における時間領域非線形応答を解明するために、日本側で推進してきた高温超伝導体のテラヘルツ領域の電磁場放射デバイスの研究成果とフランス側で推進してきたテラヘルツ時間領域分光技術を融合し、新たな学術分野「超伝導コヒーレントテラヘルツ光学」を創出することである。2015 年度採択の科学研究費助成事業国際共同研究加速基金において共同研究を開始し、本事業はそれを発展させる位置づけにある。

まず、2019 年 9 月に京都大学から掛谷と前田(当時大学院生)がパリに 2 週間出張し、国際学会 IRMMW-THz 2019 で 2 件の発表を行った後、京都大学から持ち込んだ研究試料の評価を相手先研究機関(ENS)の実験装置を使用して実施した。続いて、2019 年 10 月に仏側研究代表者の Dhillon が CNRS の経費負担で来日し、京都大学に 1 週間滞在して京都大学でのテラヘルツ時間領域分光実験装置の整備を実施した。ここで整備した実験装置はその後研究代表者ら京都大学の研究者によって整備・拡充され、新たな研究成果を出しつつある。

2020 年 3 月以降、世界的な新型コロナウイルス蔓延の状況においては、対面交流は国内に限定され、国際交流はオンラインのみとなった。2021 年 6 月に筑波大学の桑野が京都大学に 3 週間滞在し、筑波大学で作製した試料を本事業において整備した上記の実験装置で評価した。2021 年 9 月に京都大学の小林が筑波大学に 10 日間滞在し、研究試料製作を実施し、その後京都大学で評価と作成手法の移植を行った。オンライン交流の為に、2021 年度後半に高詳細遠隔会議システムを導入し、仏側研究者とだけでなく、本組織内の国内の研究者間の情報交換に利用し、まるで対面交流できているような臨場感を感じられる場面もあった。

### (2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

2019 年の滞仏時に ENS の実験装置により遂行した測定によって、テラヘルツ時間領域分光法による高温超伝導体メサ構造からのジョセフソンプラズマ応答は、反射測定で顕著になることがわかった。そこで 2019 年に整備した京都大学の実験系を 2020 および 2021 年度の研究で反射測定を可能にし、筑波大学で作製した試料を用いて京都大学においてもメサデバイスへのバイアス印加に伴う反射特性の変化を見出すことができた。また、京都大学における透過測定系の整備は、超伝導強磁性多層膜の精密複素伝導率測定を可能とし、時間反転対称性の破れた超伝導状態を観測する一手法を確立した。

### (3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学術交流することによって得られた成果)

仏側研究者の開発してきた独自のテラヘルツ時間領域分光法は、低温研究に特化してきた日本側研究者の経験と融合しやすいものであり、本課題で主たる研究対象としている高温超伝導テラヘルツ光源だけでなく、他の超伝導体、超伝導ヘテロ構造などへの適応が容易である。このことは、本交流の波及効果が高いことを意味しており、重要な成果である。

### (4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

本事業は、固体物理学の中でもあまり交流のない超伝導体を対象とする研究者と半導体を対象とする研究者の協力によるものであることから、学術分野の細分化に抗う試みである。このような学際融合的な研究は新たな価値を生み出すことが期待される。また、新型コロナウイルス蔓延前後にまたがった事業であるだけでなく、2019 年の滞仏時前後パリ周辺ではデモやストライキが頻発していたため、個人の自由にかかわるフランス社会の考え方を注視する機会にもなった。このことは、わが国の学術、ひいてはわが国で当然とされている価値観を客観的に見つめることとなり、今後の国際協力の方向性を与える重要な事業となった。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取り組み、成果)

本研究期間の1年目にフランスに派遣した修士課程大学院生はその後民間企業へ就職したが、本事業での研究経験、国際経験は当該企業の資産となっているはずである。新型コロナウイルスのパンデミックの影響で2年目以降に予定していた日本側大学院生の渡仏および仏側大学院生の来日はできなかったが、オンラインによる交流によって、研究に関する情報交換は部分的に達成できた。対面交流の代替措置として、国内研究機関間の大学院生の長期相互滞在を実施した。2021年度初頭に筑波大学の博士課程院生が京都大学に滞在して研究を進めたことは、京都大学の大学院生が博士課程進学を決意した一つのきっかけとなった。また、当該京大院生が筑波大に滞在して得た試料作製技術は研究推進の安定化をもたらした。

(6)将来発展可能性(本研究交流事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

本事業の実施の後、まず日仏研究代表者間の交流が活性化し、博士課程学生や博士研究員としての相互往来が行われるというのは、現実的な発展である。同時に、国際共同研究加速基金などの科学研究助成事業を日本側研究者が申請し、仏側研究者も同様の研究グラントに申請することで国際交流を加速し、新しい研究分野を創出していくことが期待される。最後の2年間で国際的な対面交流ができなかったため、実施可能性の高い2023年度以降の採択を目指して、国内交流を中心に準備を進めていく。

(7)その他(上記(2)～(6)以外に得られた成果があれば記述してください)

例:大学間協定の締結、他事業への展開、受賞、産業財産権の出願・取得など

特願 2020-082648 掛谷一弘、前田慶一郎、「高温超伝導テラヘルツ光源」、国立大学法人京都大学、2020年5月8日。