

二国間交流事業 共同研究報告書

令和5年4月12日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[日本側代表者所属機関・部局]
国立大学法人千葉大学・大学院工学研究院
[職・氏名]
教授・吉田弘幸
[課題番号]
JPJSBP 120203504

1. 事業名 相手国: ドイツ (振興会対応機関: DAAD) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) 0.1eV以上の分解能をもつ逆光電子分光の開発と機能性材料の伝導帯の精密観測

(英文) Development of an inverse photoemission spectrometer with high energy resolution

3. 共同研究実施期間 2020年9月1日～2023年3月31日 (2年 7ヶ月)【延長前】 2020年9月1日～2022年8月31日 (2年 0ヶ月)

4. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

Forschungszentrum Jülich・Managing Director・Tautz F. Stefen

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	3,800,000 円
内訳	
1年度目執行経費	950,000 円
2年度目執行経費	1,900,000 円
3年度目執行経費	950,000 円

6. 共同研究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	8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	0	0	(0)
2年度目	3	0	(0)
3年度目	1	0	(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: 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)。カッコ内は委託費で滞在費等を負担した内数。

8. 研究交流の概要・成果等

(1)研究交流概要(全期間を通じた研究交流の目的・実施状況)

物質の電子物性を決定づけるのは、フェルミ準位付近の価電子帯と伝導帯の電子構造である。このうち伝導帯については、これまで有効な測定技術がなかった。逆光電子分光法(IEPS)は、原理的に伝導帯を調べる最も優れた方法であるが、分解能が 0.5 eV 程度しかえられず、電子線照射により分子性試料が損傷するという問題点があった。2012 年に吉田は、機能性分子材料の伝導帯を損傷なく測定できる低エネルギー逆光電子分光法(LEIPS)を開発した。光検出に最新のバンドパスフィルターを使うことで分解能を 0.25 eV まで向上させた。しかし、物性科学の研究では 0.1 eV 以上の分解能を要求されることが多い。そのためには、エネルギーフィルターにより単色化した電子源を開発することが必要となってきた。

一方、本研究交流ドイツ側のユーリッヒ研究センターでは、H. Ibach らが 1970 年代に高分解能電子源を開発し、現在も同研究センターの S. Tautz, F. Bocquet らとともに改良を続けている。彼らと共同研究して、この電子源を LEIPS に適合するように改良し、LEIPS の分解能を 0.06 eV まで改善しようというのが本研究である。

ユーリッヒ研究センターは、約 6000 人を擁するドイツ最大の研究所で、物理分野の高度な実験・理論研究がおこなわれている。若手研究者にとって、このような最先端の研究所での共同研究に参加することは、一生を左右する貴重な経験となる。それに加えて Ibach 教授のような伝説的物理学者と一緒に最先端研究に参加することで、真の国際共同研究とは何か身をもって体験した。

(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)

本研究交流では、逆光電子分光用の電子源の開発を進めた。千葉大からは、低エネルギー逆光電子分光で必要とされる電子源の詳細な仕様や要求される性能を提供し、これをユーリッヒ側で設計・製作するという形で進めた。その成果として、電流、エネルギー分解能、角度分散などのすべてについて仕様を満たす電子源の開発に成功した。この成果は、実験装置の開発で最も権威のある Review of Scientific Instruments 誌に掲載が決定している。

(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)

新型コロナ感染症のため、ディスカッションは主にオンライン会議や電子メールで行ったが、最終的な装置の組み立てと性能評価には、千葉大から 3 名がユーリッヒ研究所に行って参加した。新型コロナ感染症のため EU 外からの訪問者はほとんどなかったこともあり、歓待され人的交流を深めることができた。今後の共同研究や学会・セミナー等の共同開催などへつながることが期待される。

(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)

2021 年 12 月に吉田、佐藤、久保の 3 名がユーリッヒに滞在した折には、ドイツでは、感染症後の新たな社会秩序を模索している時期であり、ドイツでは 16 年間続いたアンゲラ・メルケル首相の退任の時期であった。また、ちょうどウクライナ周辺にロシア軍が集結していることが問題視されており、日本からの訪問者は緊迫したヨーロッパ情勢を肌で感じる事となった。一方、東アジアでは中国が香港民主勢力の活動を制限しており、台湾や日

本など周辺国への影響について質問があり、日本の立場を説明し、今後の見通しについて意見を交わした。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取組、成果)

新型コロナ感染症のため、研究期間中の渡航が制限されていたが、2021 年度に博士後期課程の佐藤晴輝が 2 ヶ月、博士前期課程の久保美潤が 1 ヶ月、ユーリツヒ研究所に滞在し、実験装置の製作に携わった。滞在中に佐藤は、同研究所の定例セミナーにて 1 時間の研究発表を行なった。また、滞在期間中に同国のイェーナ大学にも一週間滞在し、研究発表と共同研究を行った。佐藤にとっては、修士課程でイェーナ大学に 1 ヶ月共同研究で滞在して以来の滞独であった。今回は、実験や研究発表で充実した滞在だったようである。一方、久保にとっては初めての外国滞在であり、海外の研究所での研究や生活に多くのことを学んだ。女性研究者・女子学生が多いことに驚いたようである。この経験が基になって、博士後期課程への進学を決め学振特別研究員 DC1 にも採用され、卒業後に海外での研究を視野に入れたようである。本事業は、若手研究者の養成におおきな役割を果たした。

(6)将来発展可能性(本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)

学術的には、本研究で開発した電子源を低エネルギー逆光電子分光装置に取り付けることで、これまでの逆光電子分光装置のエネルギー分解能の常識を大きく上回る 0.1 eV の分解能が達成できる。今後、逆光電子分光法がより多くの分野で活用されるようになり、多くの物性物理や物質科学の未解明問題が解決できる。

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

例: 大学間協定の締結、他事業への展開、受賞など

共著論文の出版(H. Ibach, H. Sato, M. Kubo, F. S. Tautz, H. Yoshida, F. C. Bocquet, Rev. Sci. Instrum. In press)。