

## 二国間交流事業 セミナー報告書

令和6年2月19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]

東京大学・物性研究所

[職・氏名]

教授・押川正毅

[課題番号]

JPJSBP 220239901

1. 事業名 相手国: スイス (振興会対応機関: OP) とのセミナー

2. セミナー名

(和文) 量子物質の理論の進歩 TTQM2023

(英文) Trends in the Theory of Quantum Materials (TTQM) 2023

3. 開催期間 2023年 10月 16日 ~ 2023年 10月 18日 (3日間)【延長前】 年 月 日 ~ 年 月 日 (日間)

4. 開催地(都市名)

東京大学柏の葉キャンパス駅前サテライト(千葉県柏市) / 興風会館(千葉県野田市)

5. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

Swiss Federal Institute of Technology (ETH) in Zurich

Professor Manfred Sigrist

6. 委託費総額(返還額を除く) 2,000,000 円

7. セミナー参加者数(代表者を含む)

|          | 参加者数 | うち、本委託費で渡航費または日本滞在費を負担した場合* |
|----------|------|-----------------------------|
| 日本側参加者等  | 52 名 | 0 名                         |
| 相手国側参加者等 | 16 名 | 0 名                         |

参加者リスト(様式 B2)の合計人数を記入してください。該当がない箇所は「0」または「-」を記入してください。

\* 日本開催の場合は相手国側参加者等の日本での滞在費等を負担した場合、相手国開催の場合は日本側参加者等の渡航費を委託費で負担した場合に記入してください。

## 8. セミナーの概要・成果等

- (1) セミナー概要(セミナーの目的・実施状況。第三国からの参加者(基調・招待講演者等)が含まれる場合はその役割とセミナーへの効果を記載してください。関連行事(レセプション、見学(エクスカーション)その他会合(別経費の場合はその旨を明記。))などがあれば、それも記載してください。委託費総額の50%に相当する額を超える費目間流用については、その変更理由と費目の内訳を変更しても計画の遂行に支障がないと考えた理由を記載してください。)

### [セミナーの目的]

量子効果が本質的な役割を果たす「量子物質」は、現在の物性物理学の中心的課題の一つである。日本とスイス両国は、物性物理学に強い伝統を持つだけでなく、量子物質における新たな研究を切りひらく点でも世界的に重要な役割を果たしている。また、両国はこの分野において非常に実り豊かな人事交流を積み重ねており、本セミナーの組織委員を含む多くの代表的な研究者がポストドクなどスイスでの研究経歴を持っている。逆に、スイス側組織委員長の Manfred Sigrist 氏(ETH Zurich 教授)は筑波大学博士研究員・京都大学基礎物理学研究所教授を歴任したなど、日本での研究経験のあるスイス側研究者も少なくない。本セミナーは、量子物質を対象として物性物理学の最先端で精力的な研究を行っている両国の研究者が研究交流を行うことで、ブレイクスルーとなる研究成果、もしくはその端緒となる一步を踏み出す契機を得ることを目的とする。さらには、助教・ポストドク・大学院学生などの若手研究者の相互交流の機会を設けて、将来にわたっての日本-スイス二国間の継続的な研究交流の基礎を確立することも重要な目的である。

### [セミナーの実施状況]

添付プログラムの通り、量子物質の理論における最先端のトピックについて 26 件の講演と、27 件のポスター発表が行われた。

1 日目(10/16)午前中は、Giamarchi 氏(ジュネーブ大学教授)の講演を皮切りに 6 件(日本側 3・スイス側 3)の講演が行われた。講演の間に 30 分のコーヒブレーク(予算の一部を使用)をはさんだ。セミナー期間を通じて十分に議論ができるようにした。また、Giamarchi 氏のもとでポストドクの経歴を持つ Springer Nature 社の得能氏が、Giamarchi 氏が Editor となっている Springer Series in Solid-State Sciences の紹介を行った。このシリーズを含む Springer Nature 社の書籍がセミナー中展示された。

10/16 午後は量子スピン系・古典スピン系の講演に関する講演 3 件(日本側 2・スイス側 1)に加え、ポスター発表 1 件につき 1 分ずつのポスターフラッシュを口頭で行い、続けてポスターセッションを開催した。ポスターフラッシュとポスターセッションは合わせて 3 時間の時間を確保し、じっくり議論できるようにした。なお、セミナー終了までポスター会場を確保し、ポスターセッションの時間帯に限らず休憩時間中などにポスターでの議論を可能とした。同日夕刻には、両国の組織委員を中心に懇談会(予算の一部を使用)を行い、二国間セミナーをはじめとする二国間交流の将来計画について議論を行った。

2 日目(10/17)はエクスカーションを兼ねて、興風会館(野田市)をセミナー会場とした。興風会館は、野田醤油株式会社(キッコーマンの前身)の経営者の寄付をもとに、明治大学記念館も設計した大森茂氏の設計により 1929 年に竣工した講堂で、日本の近代建築の好例であり国の登録有形文化財に指定されている。興風会館への往復(片道約 15km)は、希望者は自転車ツアーにて行い(約 20 名参加)、東葛地域の歴史と自然

に触れる機会ともした。

興風会館の重厚な雰囲気の中で、主に超伝導に関する 7 件の講演(日本側 3・スイス側 4)が行われた。なお、興風会館の近くにある野田市市民会館を昼食会場(予算の一部を使用)とした。野田市市民会館は、野田醤油株式会社の設立者の一人である茂木佐平治氏の旧邸宅(近代和風建築)であり、これも登録有形文化財である。さらに、2 日目の夕刻にはバンケット(予算の一部を使用)を開催し、参加者のほぼ全員が出席して交流を行った。

3 日目(10/18)午前中は量子ダイナミクス等の広範なトピックに関する講演が 7 件(日本側 4・スイス側 3)行われた。午後は 3 件の講演(日本側 2・スイス側 1)が行われ、最終講演者の Werner 氏(Fribourg 大学教授)による 2024 年 6 月にスイスで開催する二国間セミナーのアナウンスで幕を閉じた。

セミナー翌日の 10/19 には、スイス側組織委員長の Sigrist 氏による講演“The unusually resilient unconventional superconductor  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ ”が物性研究所談話会として開催され、30 年近くにわたって物性物理学の重要な問題でありつづけた  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  における超伝導の研究の現状を解説した。

## (2) 学術的価値(セミナーにより得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

参加した研究者の幅広い研究テーマを反映して、多彩な分野の講演およびポスター発表があった。そのため、特に 30 分講演においてはイントロダクションを充実させてレビュー講演を兼ねていただくようにした。これは非常に有効であり、量子物性理論の中での分野間交流にも役立った。以下、いくつかの例を紹介する。

超伝導は量子現象の代表例であり長い研究の歴史を持つが、最近の研究により新たな展開がもたらされている。銅酸化物高温超伝導は、1986 年の発見以来、物性物理における重要な問題であり続けているが、理論的な解明は困難であった。銅酸化物高温超伝導体の謎の一つに、実験的に測定された光学伝導度が周波数の非自明なベキ則に従い、温度に比例する直流電気抵抗と理論的に整合させることが難しいことがあった。Berthod 氏の講演では、最新の実験結果をもとに理論的な再検討を行い、量子多体系における緩和の上限を与える「プランキアン・スケーリング」にもとづいて直流電気抵抗と光学伝導度を統一的に記述することに成功したことが報告された。これは、物性理論のみならず量子重力理論や量子情報理論にもつながる重要な成果であり、国内の広範な分野の研究に刺激を与えるものである。

北村氏(京都大学大学院生)による、量子幾何学的な効果が誘起する強磁性ゆらぎによるスピン三重項超伝導の理論、Szabo 氏(ETH Zurich 博士研究員)による、ノンシンモルフィックな結晶対称性のもとで超伝導隆場が誘起する「不適合な」磁気的秩序の理論、など他にも超伝導研究に新たな観点をもたらす数々の講演が行われた。

量子スピン系は量子多体现象を探索する格好の舞台として長年研究が続けられているが、近年、場の理論的な観点から新たな展開がもたらされている。Mudry 氏(Paul-Scherrer 研究所グループリーダー)の講演では、場の理論における量子異常に基づく Lieb-Schultz-Mattis 定理の新しい理解と、それに基づく「双対性の網」の構成が示された。これは、今後のトポロジカル相の研究にも有益な指針を与える。

量子物質の理論的解明は、計算アルゴリズムの発展と表裏一体でもある。Mila 氏(EPFL 教授)は、近年急速に発展しているテンソルネットワークの手法のフラストレートしたイジング模型への応用を議論した。動的平均場理論(DMFT)は強相関系における強力な数値的手法として確立しているが、大槻氏(岡山大学准教授)は多極子秩序系に対して、Werner 氏(Fribourg 大学教授)は共鳴非弾性 X 線散乱やラマン散乱に対して、それぞれ DMFT の新しい応用を議論した。これらの成果は、さらに広範な現象の解明と予言につながるものと期待される。

### (3) 相手国との交流(両国の研究者が協力してセミナーを開催することによって得られた成果)

コロナ禍による中断を経て、2022 年の ETH チューリッヒに続き今回柏での二国間セミナー開催を実現し、実績のある両国間の交流を復活できた。日本側組織委員会では、以前より参加しているメンバーの担当がほぼ一巡したが、新しく若い世代の研究者が加わり、今後の二国間交流の発展の基礎をつくることができた。スイス側でも、二国間交流を将来にわたって発展させるべく、組織委員会に若手研究者を含めて頂くことで合意した。

### (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)

歴史的資産である興風会館・野田市民会館でエクスカーショントセッションを開催することで、スイス側参加者のみならず、日本側参加者にも日本の近代史に触れる貴重な機会となった。

### (5) 若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取組、成果)

過去数年間コロナ禍のため国内の若手研究者の国際交流の機会が減少していたが、スイス側の研究者との交流は貴重な機会となった。

特に日本側の講演については、若手研究者を中心に講演者を選出した。また、多数の若手研究者がポスター発表を行った。それぞれが優れた発表を行い、スイス側に高いアクティビティをアピールできた。大宮慶太氏(東京大学卒業生、現・EPFL 大学院生)がスイス側参加者として来日したことは、今後の二国間の研究者交流にも資するものと考えられる。スイス側からも優れた若手研究者の参加があり、その最近の研究成果にも触れることで将来的な人的交流や共同研究のきっかけとなった。

### (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)

二国間セミナーを含め、量子物性理論分野におけるスイス・日本両国の間の研究交流をより活性化することで合意した。まず、Phillip Werner 氏を組織委員長としてスイス・Fribourg 大学にて 2024 年 6 月に

TTQM2024 を開催することとなった。日本側の組織委員にも若い世代から新しいメンバーが加わり、2025 年には品岡寛氏(埼玉大学准教授)が中心となって日本で開催する予定となった。

コロナ禍もあり、現状では二国間の人的交流が過去に比べ縮小している面は否めない。本セミナーをきっかけに、まずは両国間で若手研究者の数か月程度の派遣・受け入れを推進していきたい。

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

組織委員の堀田知佐氏(東京大学教授)が、スイス側組織委員の Frederic Mila 氏のグループの学生 Gabin Leroy 氏を 2024 年 3 月までの半年間受け入れ、修士論文の指導にあたっている。