（別紙様式５）

変革を駆動する先端物理・数学プログラム（FoPM）

国外連携機関長期研修　報告書

氏　　名	江崎蘭世
所属部局	理学系研究科　　物理学専攻
受入先	University of Basel
日程	西暦　2025　年　8　月　11　日　～　西暦　2025　年　9　月　5　日

［概要］

私は本研修の一環として、2025 年 8 月 11 日から 9 月 5 日までの間、Basel 大学（スイス）の Daniel Loss 教授および Jelena Klinovaja 教授の研究グループに滞在し、共同研究を行った。

［研修の目的］

私は現在、物性物理学の理論的研究を行っており、その中でも特に磁性絶縁体におけるマグノンやトリプロンといったボース粒子的な性質をもつ磁気励起のバンド構造のトポロジーや、それに起因する熱輸送現象に関する研究を主に行ってきた。これまでの私の研究では、孤立系の平衡状態における物性が主な対象であり、非平衡ダイナミクスや環境との相互作用を扱う研究の経験はほとんどなかった。一方で、近年は電子系や冷却原子系をはじめとする人工量子系を舞台とし、このような方向性をもつ研究が理論・実験の両面で進展している。こうした背景を踏まえると、伝統的な磁性の分野においても、それらの分野で得られた知見を活かして新たなスピン物性現象を議論する余地が大きく残されていると期待される。そこで、自身の今後の研究の幅を広げるため、本研修を通してこのようなテーマを扱った研究を行いたいと考えた。Daniel Loss 教授および Jelena Klinovaja 教授はスピン物性全般で世界的に著名な研究者であり、スピン系における非平衡ダイナミクスや環境との相互作用を考慮した研究の実績も多い。そのため、これまでの自身の研究経験を活かしつつ、新たな研究の方向性を広げるという目的において、両教授のグループでの滞在が最適な機会になると考えた。

［現地での研究活動や研究成果］

磁性体における磁気励起の非平衡ダイナミクスや環境との相互作用の効果を議論する舞台として、Daniel Loss 教授のグループが近年提案した「非エルミートマグノンジョセフソン接合系」に着目した。この系は、2 つの強磁性絶縁体を薄い非磁性体を介して接合し、さらに 2 種類の粒子散逸過程を考慮したモデルである。Daniel Loss 教授らはこの系において、マイクロ波照射による強磁性共鳴によって形成されるコヒーレントマグノン状態を対象として、そのダイナミクスを記述する有効方程式を導出し、その方程式に基づいて特徴的な同期現象などを議論している。私はこの系に対して超伝導体とのアナロジーを利用し、マグノン系における Shapiro ステップの出現機構に関する理論研究を行った。本研究は、Daniel Loss 教授のグループの元ポスドクで現在は日本原子力研究開発機構の副主任研究員である仲田光樹博士と日本で開始し、バーゼル大学滞在中に Daniel Loss 教授、Jelena Klinovaja 教授との議論を通じて内容をさらに深め整理する形で進めた。研究成果に基づいた論文は未発表であるため詳細はここでは伏せるが、マグノン系での Shapiro ステップの安定化には散逸の存在が不可欠であること、マグノン間相互作用が強くなるとステップにカオス的な挙動が現れること、さらには従来の超伝導ジョセフソン接合系には見られないマグノン系固有の現象が現れることを、それぞれ解析的・数値的に見出すことができた。我々は 9 月に行われた日本物理学会年次大会において本成果に関する口頭発表を行い、現在論文執筆も進めている。また、週 2 回行われるグループセミナーにも出席し、そこで得た知見から新たな研究の着想を得ることができた。

［現地での生活］

バーゼル市は夏も比較的涼しく、特に滞在後半は日中でも気温が 20 度前半程度ととても過ごしやすかった。市内の街並みもたいへん美しく、大学に通う道中でも観光気分を味わうことができた。Daniel Loss 教授、Jelena Klinovaja 教授のグループは基本的に合同で活動しており、ランチやコーヒーブレイクのたびにグループメンバー同士で交流する時間があり、楽しく過ごすことができた。休日にはバーゼル市内の散策や、近郊のベルン市への観光にも出かけた。ベルン市は自然と伝統的な街並みが一体となった美しい景観で知られ、また観光名所がコンパクトにまとまっているため、半日の滞在でも非常に充実した観光を楽しむことができた。また、ベルン市にはアインシュタイン夫妻が住んでいた、通称アインシュタインハウスがあり[図 1]、そこを訪れることができたのも、物理を学ぶ者として大変貴重な機会であった。



図 1 アインシュタインハウスへの入口

[研修を通じて学んだこと]

Daniel Loss 教授、Jelena Klinovaja 教授といった世界的に著名な研究者との議論を通じて、自分にはない視点からの指摘や発想に触れることができ、今後の研究における発想の幅が広がったと感じた。また、私は博士課程修了後の進路の一つの候補として海外の研究機関におけるポスドク研究員を考えているが、今回実際に海外の研究グループの日々の活動に触れることで、そのような進路の具体的なイメージをより鮮明にすることができた。加えて、英語でのコミュニケーションにおける自身の課題をより明確に意識するようになった。本研修での経験を踏まえ、今後も自身の強みを活かした新たな研究の方向性を開拓しつつ、海外でも活躍できる研究者へと成長できるよう、いっそう精進していきたい。

[謝辞]

本滞在を快く受け入れてくださった Daniel Loss 教授ならびに Jelena Klinovaja 教授、共同研究者である仲田光樹博士、そして Daniel Loss/Jelena Klinovaja グループの皆様に深く感謝申し上げる。また、本滞在は JSR フェローシップから経済的支援を受けて実現したものであり、ここに記して謝意を表する。