

2025 年度年次報告書

先端国際共同研究推進事業
【2024 年度採択 Top のための ASPIRE 量子分野】

【研究課題名】

人材育成と量子スピントロニクス技術の基盤確立に向けた日仏共同イニシアティブ

研究代表者：

大谷 義近（東北大学 理学研究科物理学専攻 教授）

主たる共同研究者：

橋坂 昌幸（東京大学 物性研究所 准教授）

新見 康洋（大阪大学 理学研究科物理学専攻 教授）

相手側研究代表者：

PI Lucian PREJBEANU（CEA・Spintec, Director）

Co-PI Vincent Cros（CNRS Thales・Lab. Albert Fert, Director）

1. 研究進捗状況と成果

① 研究構想

本研究は、電荷・スピン・軌道・マグノン・フォノンなど角運動量を担う多様な準粒子の生成・変換・結合に着目し、量子スピントロニクスという新領域を創成する日仏国際共同研究である。軌道エデルシュタイン効果の機構解明と新規界面材料の開発、パルス表面弾性波（SAW）を用いた準粒子の高効率輸送技術の確立、さらにマグノン・フォノン結合に基づくキメラ準粒子の設計と機能開拓を三本柱とする。東京大学物性研究所の量子ナノラボを拠点に、製膜・ナノ加工・非線形分光計測・理論解析を一体化した一気通貫型研究体制を構築し、量子伝導現象の解明と革新的量子機能の創出を目指すとともに、日仏間の国際ネットワーク形成と若手研究者の育成を推進する。

② 国際ネットワーク構築・拡大

2026 年度より東北大学の参画により、日本 4 拠点（東北大・東大物性研・阪大・JAEA）と仏 3 拠点（Grenoble 〈Spintec／Néel〉・Paris-Saclay・Marseille）による多拠点連携体制への発展を見据え、各機関間の覚書締結準備を加速した。併せて、東大物性研に日仏連携ハブ研究室および量子ナノ物性研究センターを中核とする共同研究体制を整備し、拠点横断型ネットワークを構築した。さらに、NanoTerasu や SACLA を活用した先端共同実験、理論を含む双方向の人材交流、国際ワークショップ開催を通じて実験・理論融合型連携を深化させ、持続的に発展可能な国際共同研究基盤の確立を推進した。

③ 国際頭脳循環に資する若手研究者の人材育成

2026 年度に東大物性研で発足予定の量子ナノ物性研究センターおよび国際連携ハブ研究室を中核に、若手研究者・大学院生の双方向派遣を体系化する体制を整備した。これに基づき、各研究室レベルでフランス人インターンの受入れや日本人学生・研究者の派遣を着実に実施し、現場密着型の国際頭脳循環を推進した。さらに、NanoTerasu や SACLA を活用した先端分光計測、パルス SAW 実験、理論解析に若手を主体的に参画させ、実験と理論を往復する統合的研究経験を提供するとともに、国際ワークショップやサマースクールを通じて発表・討論の機会を拡充し、国際協働力と俯瞰的視野を備えた次世代リーダーの育成を図った。

2. 代表的な成果事例

1. Ronetti, F., Demazure, N., Rech, J., Jonckheere, T., Grémaud, B., Raymond, L., Hashisaka, M., Kato, T., Martin, T. Anyon Braiding on the Single Edge of a Fractional Quantum Hall State. *Physical Review Letters* **135**, 146601 (2025).

概要：分数量子ホールエッジにおけるエニオンの編み込み統計を直接検出する新規輸送測定手法を理論的に提案した。 Ω 型接合構造により、温度とスケリング次元の寄与を分離し、クロス相関ノイズから統計角を抽出できることを示した。本手法はエニオン統計の検証実験に有効な指針を与える。

2. K. Fujiwara, T. Kawada, N. Nikaido, J.-H. Park, N. Jiang, S. Takada, and Y. Niimi, *Physical Review Letters* **135**, 256304 (2025).

概要：表面弾性波（SAW）により電荷密度波状態を示す一次元鎖化合物 NbSe_3 にひずみを導入し、電流電圧特性に量子化プラトー構造が出現することを見出した。本成果で確立した手法は、フランスとの共同研究への展開を予定している。なお本研究は *Physical Review Letters* 誌の Editors' Suggestion に選定され、プレスリリースを実施した結果、2026 年 1 月 1 日付の科学新聞、同年 2 月 13 日付の科学技術振興機構（JST）Science Japan に英語・中国語記事が掲載された。