

## 学位申請論文公開講演会

日時：2024年1月22日(月) 15:30～

申請者：藤家 拓大(φ研)

場所：物理会議室 (C207)

題目：Exploration of Fundamental Physics with Neutron Optics Using Advanced Machining Technology (先端的加工技術を用いた中性子光学による基礎物理の探究)

### 主論文の要旨

現在の素粒子標準理論は多くの物理現象を精度良く説明しているが、強い力や重力を統一できていないことから、標準理論を超える新しい物理が必要と考えられている。質量を持ち電荷を持たない中性子は、新しい物理の探索に有用な試験粒子となる。低エネルギー中性子を光学的に取り扱う精密測定は、多くの重要な成果を生み出してきた。最近では、未知相互作用探索や、基本的対称性の破れ探索などに利用される提案がなされており、中性子光学の利用価値は依然として高い。このような研究を実現するためには、測定精度の向上と柔軟な実験体系の構築が中性子光学に求められている。

現在の中性子光学では、大面積のビームと大型素子を利用することで十分な統計量を確保している。今日、パルス中性子源の利用により中性子発生数は増加したが、中性子光学素子の製作精度・設置精度の限界から、実際に実験に利用できる統計量は限られていた。また精密測定のための中性子光学素子はマイクロメートルからナノメートル程度の精度が要求されるため、必要精度を満たした素子の開発が困難であった。私は中性子光学素子の開発に先端的加工技術を利用することで、精度維持した大型素子の開発、素子形状精度の向上、素子設置精度の向上に取り組んだ。これらの取り組みによって中性子光学が発展することを、以下の3つの実験を通して実証した。

第一の実験では、熱外中性子の反射測定によって、形状精度を維持した大型素子の開発を実証した。0.3 mrad の傾き誤差と  $100 \times 300 \text{ mm}^2$  の面積を持った大型平面中性子ミラーを開発して熱外中性子の反射を測定したことで、中性子光学を熱外領域まで適用できる可能性を示した。第二の実験では、動力的回折を用いた未知相互作用探索実験により、素子の形状精度向上を実証した。この実験により、最も支配的な系統誤差である単結晶試料の厚さ誤差を  $1 \mu\text{m}$  以下に抑え、未知相互作用の存在に高い精度で迫ることが可能となった。最後に、多層膜中性子干渉計の開発により、素子の設置精度向上を実証した。レーザー光学に用いられる光学基板と調整装置を中性子光学素子に適応したことで、30 nm 程度の精度で素子を設置できるようになり、中性子波長に依存した中性子干渉の観測を実現した。この干渉計の開発により、これまで不可能とされていた実験体系を構築できる可能性を示した。

これらの実証実験から、先端的加工技術の利用は中性子光学を発展させることを示した。中性子光学の発展により、物理測定の不確かさを低減し、新たな実験体系の構築が可能となった。この研究は、中性子光学の発展が基礎物理学の探究に貢献することを示した。