

計算科学アライアンス 海外派遣報告書

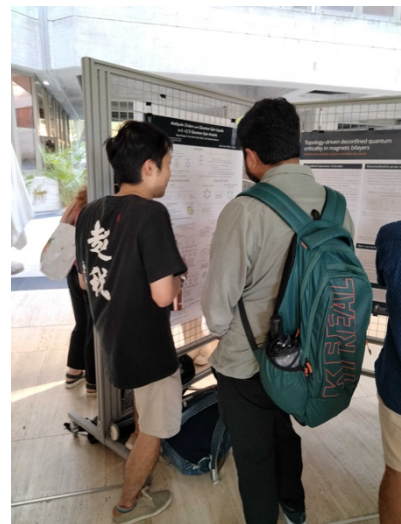
工学系研究科 物理工学専攻 修士二年
池上草玄

渡航先: Joint ICTP-WE Heraeus School and Workshop on Advances in Quantum Matter: Pushing the Boundaries、国際理論物理学センター(ICTP)、トリエステ近郊、イタリア
派遣期間: 2025 年 8 月 2 日~2025 年 8 月 17 日

申請者は計算科学アライアンスの海外派遣プログラムを利用し、イタリアのトリエステ近郊にある国際理論物理学センター(International Centre for Theoretical Physics, ICTP)において開催された Joint ICTP-WE Heraeus School and Workshop on Advances in Quantum Matter: Pushing the Boundaries に参加した。このプログラムは前半のサマースクールと後半のワークショップで構成されており、世界の第一線で活躍する物性物理の研究者が一堂に会して白熱した議論を交わした。



申請者は今回、“Multipole orders and quantum spin liquids in spin-3/2 honeycomb models”という題目で、8月11日に行われたポスターセッションでスピン 3/2 の多極子と量子スピン液体に関する発表を行った。スピン 3/2 は局所自由度として磁気双極子の他に磁気四極子と磁気八極子の自由度を有しており、それらが格子上で相互作用する場合には磁気双極子が抑えられ、磁気四極子や磁気八極子が秩序化する場合がある。このような非従来型の秩序相が現れる可能性がある一方、特定の相互作用を持つ場合には量子揺らぎの効果によって絶対零度においても磁気双極子が長距離秩序を持たない量子スピン液体や、対称性に保護されたトポロジカル相の一つである Affleck-Kennedy-Lieb-Tasaki(AKLT)状態が実現することが知られている。このような背景から、スピン 3/2 が相互作用する系は興味深い秩序/無秩序状態が現れる可能性があるが、スピン 3/2 が N 個相互作用する場合には探索空間の次元が 4^N となることから、数値計算の困難さも相まって解明されていない点が多いのが現



ポスター発表中の申請者(左)

状である。そこで我々は、スピン $3/2$ が二次元格子上で相互作用する理論模型を二種類用意し、その基底状態を積状態近似と呼ばれる近似を用いた上で調べ、その成果を発表した。一つはどのような秩序状態が現れるかということに主眼を置いた **bilinear-biquadratic-bicubic** 模型と呼ばれるもので、特定のパラメータにおいて磁気四極子秩序が安定化することを発見した。もう一つは無秩序状態と秩序状態の間の転移に主眼を置いた **Kitaev+AKLT** 模型と呼ばれるもので、無秩序状態から **multiple-Q** 秩序や非共面秩序等、興味深い秩序相が現れることを発見した。本研究はスピン $3/2$ が相互作用する系に関する基本的な性質を明らかにし、非従来型量子相の探索の基礎をなすものである。1 時間半の発表時間で 10 人前後と議論を交わし、非常に有意義な時間であった。

今回の学会では **Twisted bilayer graphene** や **Mott** 絶縁体にキャリアをドーピングした系、**Kondo** 系の話題が印象に残っており、特に **Mott** 絶縁体の系は自らの研究の延長線にあるためとても勉強になった。ポスター発表での経験はもとより、これら海外における最新の研究動向や、対面での交流によって得られたつながりを生かしながら今後の研究に邁進していきたいと強く感じた。このような機会を提供していただいた計算科学アライアンスの関係者に深い感謝を申し上げたい。