青山学院大学 物理科学科 コロキウム

2026年度 第3回

下記の通りコロキウムを企画致しました。学生や分野の違う方にもわかるレベルから始めて下さるようにお願いしてあります。どなた様もご自由に是非ご聴講ください（事前参加登録なし）。

（世話人：廣澤智紀、連絡先：hirosawa@phys.aoyama.ac.jp)
「主催：物理科学科、基礎科学コース、機能物質創成コース」

講演者 宮﨑 優希氏 (理化学研究所 R-CCS 特別研究員)

日　時 7月2日（木）16:45 から

場　所 青山学院大学　理工学部　L棟6階　L 603室

講演題目 サイン二乗変形を用いた量子臨界現象の解析

量子相転移は量子多体系における代表的な協力現象であり、多くの知見を与える重要な研究対象である。量子相転移は理論的には熱力学的極限（無限系）で生じるため、実際の研究では有限系を用いたスケーリング解析などによってその性質を調べる。有限系における代表的な境界条件として、並進対称性を保つ周期的境界条件（PBC）と、系の端でそれが破れる開放端境界条件（OBC）がある。OBC は端状態やトポロジカル励起の解析に優れている一方、相転移現象の解析においては境界効果が抑制される PBC の方が適している。しかし数値計算においては、OBC を仮定することで MPS や PEPS などのテンソルネットワーク法 [1,2] が効率的に機能する。また、光格子系やイオントラップ系などの人工量子系では、OBC が自然な境界条件となる場合が多い。そのため、OBC を保ちながら不要な境界効果を効率よく抑制することが、量子相転移の解析における重要な課題となる。

本研究では、サイン二乗変形（sine-square deformation; SSD）[3] を用いて量子臨界点を高精度に推定する手法を提案した [4]。SSD とは、OBC 系のハミルトニアン各項に位置依存のサイン二乗関数を掛けることで開放端の影響を抑制し、PBC 系のエネルギー固有状態を厳密にまたは近似的に実現する操作である。本講演では、関連する先行研究を交えながら SSD の基本的性質を概説し、SSD を用いた量子臨界点の推定法について説明する。特に Ising 型相互作用を持つ二種類の一次元スピンモデルを例として、2 つのギャップド相間の量子相転移点を高精度に推定できることを示す。また本手法は、系のサイズや幾何学的構造に制約のある人工量子系や現行の量子コンピュータにおいても有効である。本講演ではその一例として、光ピンセット中の Rydberg 原子配列を用いた SSD の実装方法についても紹介する。

[1] G. Vidal, Physical Review Letters **91**, 147902 (2003).
[2] F. Verstraet et al., Physical Review Letters **96**, 220601 (2006).
[3] M. Vekić and S. R. White, Physical Review Letters **71**, 4283 (1993).
[4] Y. Miyazaki, S. Tanigawa, G. Marmorini, N. Furukawa, and D. Yamamoto, SciPost Physics **20**, 174 (2026).