

量子ウォーク ～トポロジカル絶縁体とアンダーソン局在～

川上則雄¹, 小布施秀明²

¹ 京都大学大学院理学研究科; ² Karlsruhe Institute of Technology
E-mail address: norio@scphys.kyoto-u.ac.jp

[キーワード] 量子ウォーク, トポロジカル絶縁体, アンダーソン局在

量子ウォーク (quantum walks) とは、古典極限においてランダムウォークとなるような量子状態の時間発展現象である。これに関する研究は量子情報への応用を念頭において10年くらい前から行われてきたが[1]、ここ2年ぐらいの間に急速に実験が進展し、冷却原子、イオントラップ系、フォトン系などで量子ウォークが実現された。“Quantum Walk”でネット検索すると、おびただしい数のHPがヒットすることからもホットな話題であることがわかる。中でも、凝縮系物理との関連は面白く、ブロッホ振動やアンダーソン局在などの現象がすでに観測されている。最近、Kitagawaらは量子ウォークに対してトポロジカル相の分類を行い、1次元および2次元のトポロジカル絶縁体が量子ウォークを用いて実現できることを指摘した[2] (その後、1次元系の実験で観測された[3])。

ここでは、乱れた環境下での量子ウォークを用いて、1次元トポロジカル絶縁体とアンダーソン局在の問題を議論する[4]。まず、量子ウォークの導入を行い、クリーンな系での時間発展に関する簡単なレビューを行う。その後、1次元量子ウォークのエッジ状態に対する乱れの効果を調べる。この系に空間乱れを導入すると、エッジ状態は安定に残るものの、バリステイク伝播モードはアンダーソン局在状態に変わる。さらに面白いことに、カイラル対称性に保護された「臨界的な拡散モード」も常に存在する。このことはエッジ状態・局在状態・臨界状態が共存していることを示している。このような共存は通常の固体系では期待できない量子ウォーク系の特徴である。量子ウォークの研究は、固体物理に相補的な興味深い研究舞台を与えるものと考えられる。

[1] 例えば、今野紀男「Quantum Walks」(産業図書 2008) .

[2] T. Kitagawa et al., Phys. Rev. **A82**, 033429 (2010).

[3] T. Kitagawa et al., ArXiv:1105.5334

[4] H. Obuse and N. Kawakami, Phys. Rev. **B84**, 195139 (2011)