Variety of bulk-edge correspondence
バルクエッジ対応の多様性

Yasuhiro Hatsugai

Department of Physics, University of Tsukuba

筑波大学数理物質系 物理学域
初貝安弘

E-mail: hatsugai.yasuhiro.ge@u.tsukuba.ac.jp

励起ギャップが有限のトポロジカル相の典型例とみなされる量子ホール相では断熱不変量が系を特徴づける. 複合フェルミオン描像を一般化した Greiter-Wilczek の adiabatic heuristic argument は概念的な意味で初期の例である. ここでは外部磁場と統計磁束とを同一視することで分数量子ホール相と整数量子ホール状態並びにボーズ凝縮相が断熱変形できると考える. 複雑で未知の状態を既知の状態に断熱変形するわけである.

TKNN 以来の議論によればバルクの量子ホール相はひねり境界条件が定義するベリー接続が定めるチャーン数を断熱不変量とする. 一方でブロッホの定理によれば空間的に拡がった状態のエネルギーはエネルギーバンドをつくり, エネルギーギャップ内にある状態は局在し, 系の境界等に局在したエッジ状態はバルクと縮退することでのみ消失し得て広義の断熱不変量となる. これらの断熱不変量の間の関係が「バルクエッジ対応」である [1].

一方励起ギャップ有限な系に対して断熱変形で系を孤立した"分子"集団に変形可能な場合を考えよう(Fig.1). これは断熱的に分子の非直交性を取り除く変形であるが分子集団の形状が未知の時, 非自明なプロセスである.

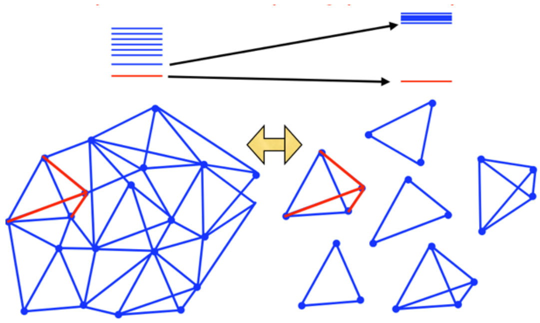

Fig. 1 複雑な系の孤立"分子"集団への断熱変形

ここで孤立分子の構成"原子"に関する U(1) ゲージ変換等周期的で連続なパラメターを含む基底変換が存在するとき, 対応するパラメターが定義する"ベリー位相等の幾何学的な量"は, 孤立系ならびに元の複雑な系の局所性を特徴付ける [2,3]. 誘電体に対する King-Smith Vanderbilt による分極がその例である. このとき, "分子"を破壊する境界は表面電荷を拡張した"エッジ状態"を誘起し, ベリー位相等バルクの幾何学的な量とエッジ状態との相互関係も「バルクエッジ対応」である. なお孤立分子系の境界条件に対するチャーン数は自明に 0 となり相補的である. 更に系の対称性が高い時ベリー位相は量子化し議論は精密化する [2,3,4].

以上二種類の「バルクエッジ対応」が適用可能な系は今世紀になって量子系に限らず古典フォトニック結晶から Newton 力学系, (線形)回路系にも拡がり, 対応するエッジ状態もコーナー状態 [5], ヒンジ状態等, 多様であることが認識されつつある.

[1] Y. H, Phys. Rev. Lett. **71**, 3697 (1993), [2] S.Ryu and YH, Phys. Rev. Lett. **89**, 077002 (2002). [3] YH, J. Phys. Soc. Jpn. 75, 123601 (2006) [4] T.Kariyado, T.Morimoto, YH, Phys. Rev. Lett. **120**,247202 (2018). [5]例えば機械学習を用いたコーナー状態の研究例 H.Araki, T. Mizoguchi,YH, arXiv:1809.09865