

ディラックフェルミオン超流体におけるヒッグスモード

東理大理，土屋俊二

最近，ETH のグループにより蜂の巣状の光格子が実現され，ディラックフェルミオンが観測された[1]．この系はグラフェンを含む様々なディラック電子系の研究の進展と相まって注目を集めている．特に，蜂の巣光格子中におけるフェルミオンの超流動状態は，未だ実現されていないバルクにおけるグラフェンの超伝導状態の可能性を調べる上で有用である．本研究では，蜂の巣格子中の引力フェルミ気体を考え， s 波超流動状態における集団モード，特に Higgs モードに注目して解析を行った[2]．

蜂の巣格上の引力ハバード模型は half-filling において，引力の強さを大きくすると半金属から超流動相へと量子相転移を示す[3]．本研究では蜂の巣格子上の引力ハバード模型から出発し，一般化乱雑位相近似により，量子相転移点近傍における集団モードの振る舞いについて詳しく解析した．その結果，超流動相において，秩序パラメタの位相の揺らぎに伴う Anderson-Bogoliubov (AB) モードに加え，振幅の揺らぎに伴う Higgs モードが安定に存在することがわかった．通常の超伝導体では，Higgs モードは準粒子対に分解し減衰するため，安定な集団モードとして存在することができない．しかしこの系では，Higgs モードは準粒子の連続体よりも低いエネルギーを持ち(図 1)，そのため準粒子対への崩壊が起きない．このような準粒子対への崩壊に対して安定な Higgs モードの例は他に知られていない．更に，転移点近傍で Higgs モードと AB モードは混成し，exciton と Cooperon と呼ばれる 2 種類の集団モードに変化しノーマル相においても生き残ることを発見した．本研究では，Higgs モードが Bragg scattering と呼ばれる手法によって冷却原子系において観測可能であることを提唱する．

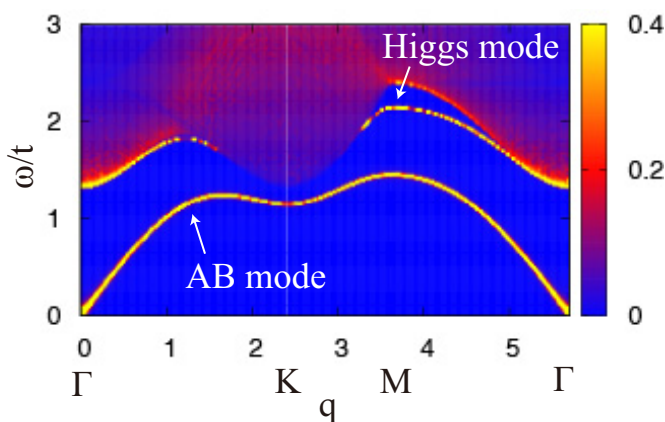


図 1 超流動相における対相関関数に対する動的構造因子

[1] L. Tarruell et al., Nature (London) 483, 302 (2012).

[2] S. Tsuchiya, R. Ganesh, and T. Nikuni, arXiv:1303.3343.

[3] E. Zhao and A. Paramekanti, Phys. Rev. Lett. 97, 230404 (2006).