

蜂の巢光格子中のフェルミ気体の集団励起

土屋俊二¹, Ramachandran Ganesh², Arun Paramakanti²
¹ 東京理科大学 理学部物理学科; ² Toronto 大学 物理学科
 E-mail address: tsuchiya@rs.kagu.tus.ac.jp

[キーワード] 蜂の巢格子, 集団励起, 超流動臨界速度

最近のグラフェン [1] やトポロジカル絶縁体 [2] における研究の進展により、蜂の巢格子の形状の光格子における研究が盛んに行われている [3]。蜂の巢光格子中の原子気体はその高い操作性により、グラフェンの物性をシミュレートしたり、新しいトポロジカルな量子相 [4,5] を実現するために有用な系である。特に、蜂の巢格子中のフェルミ超流動の研究は、バルクでは観測されていないグラフェンの超伝導状態の可能性を調べる上で重要である。我々は、蜂の巢光格子中のフェルミ超流体を考え、集団励起のスペクトルを計算し、超流動カレントの安定性について調べた。

引力ハバードモデルから出発し、対相関を取り入れ一般化された乱雑位相近似を用いて応答関数、及び動的構造因子を計算し、集団励起の性質について調べた。その結果、蜂の巢格子中のフェルミ超流体は通常の位相揺らぎに伴う Anderson-Bogoliubov モードに加え、副格子間の相対的な位相と密度の揺らぎに伴う新しい集団モードを持つ事がわかった。この集団モードの性質はフィリングに強く依存し、フィリングが小さい領域ではギャップフルとなり、マルチバンド超伝導体と同様のいわゆる Leggett モードとなるが、ハーフフィリング近傍ではギャップレスの CDW モードとなる。超流動カレントのある状況では、この新しい集団励起が Γ 点において動的不安定性、または M 点において Landau 不安定性を起し、超流動の臨界速度を決定する事がわかった。また、この集団モードはハーフフィリングにおける半金属相においても、強い超流動と CDW の揺らぎにより存在し、そのスペクトルは M 点近傍で particle-hole 連続体よりも低いエネルギーを持ち、Landau 減衰を示さないことがわかった。この集団モードは particle-hole 変換により斥力ハバードモデルに対してもノーマル相において存在することが予想される。本講演では、この新しい集団モードの性質についてより詳しい報告を行う。

[1] A. H. Castro Neto, *et al.*, Rev. Mod. Phys. **81**, 109 (2009).

[2] M. Z. Hasan and C. L. Kane, Rev. Mod. Phys. **82**, 3045 (2010).

[3] L. Tarruell, *et al.*, arXiv:1111.5020 (2011).

[4] C. L. Kane and E. J. Mele, Phys. Rev. Lett. **95**, 226 (2005).

[5] A. Kitaev, Ann. Phys. (N.Y.) **321**, 2 (2006).