

格子上的双極子相互作用するボーズ粒子系における新量子相の量子モンテカルロ・シミュレーション

大越孝洋¹, 鈴木隆史², 川島直輝¹

¹ 東京大学 物性研究所; ² 兵庫県立大学 ナノマイクロ構造科学研究センター

E-mail address: ohgoe@issp.u-tokyo.ac.jp

[キーワード] ボーズ粒子系, 超固体, 双極子相互作用

近年、レーザーで作られた人工格子（光格子）中に原子や分子をトラップすることで、格子上的双極子相互作用するボーズ粒子系を実現しようという試みが盛んである。このような系では、異方的長距離相互作用である双極子相互作用の存在によって、固体秩序と超流動の共存状態である超固体状態をはじめ、様々な新奇な量子相が現れると期待されている。このような背景から、光格子を用いた新量子相の探索が理論・実験の両面から精力的に行われている。

光格子中にトラップされたボーズ粒子系に対する有効モデルはボーズ・ハバードモデルで記述される。このボーズ・ハバードモデルに対する数値的アプローチとして量子モンテカルロ計算が知られている。本研究では、2次元正方格子上的双極子相互作用を持つハードコア・ボーズ・ハバードモデルで現れる秩序状態を量子モンテカルロ法によって解析した。その結果、以下のことを明らかにした。まず、双極子相互作用が等方的な場合に 1/2-filling 近傍において超固体状態が現れることが知られているが [1]、この超固体の運動量分布 $n(\mathbf{k})$ に、通常の超流動を示唆する $\mathbf{k}=(0,0)$ のピークに加え、固体秩序を示唆する $\mathbf{k}=(\pi,\pi)$ のピークも同時に現れるという新しい特徴があることを明らかにした [2]。これは実験でも観測可能な量なので、この観測をもって超固体の明確な証拠となるものと期待できる。また、双極子相互作用が最も異方的な場合には、強い異方性のために周期の異なる多数のストライプ型固体状態が準安定状態として多数存在することに起因して、化学ポテンシャルを変化させると粒子数が悪魔の段階的に変化する相が現れることを見出した [3]。

[1] B. Capogrosso-Sansone et. al., Phys. Rev. Lett. **104**, 125301 (2010).

[2] T. Ohgoe, T. Suzuki, and N. Kawashima, J. Phys. Soc. Jpn. **80**, 113001 (2011).

[3] T. Ohgoe, T. Suzuki, and N. Kawashima, arXiv:1110.2109 (2011).