

n-leg 光学格子上フェルミ原子気体の密度行列繰り込み群法による解析

日本原子力研究開発機構 システム計算科学センター, CREST(JST)

奥村 雅彦, 山田 進, 町田 昌彦

低次元系における幾何学的フラストレーションと量子揺らぎの競合は興味深い現象を生み、現在も精力的に研究されている。中でも、三角格子 $S = 1/2$ ハイゼンベルグ模型の基底状態はスピンの 120° 構造を持つ状態なのか [1]、それともスピン液体状態なのか [2] は未解決の問題である。また、両者の競合によって初めて実現する磁化の $1/3$ プラトーという現象も研究されている [3, 4]。

一方、光学格子中性原子気体は系の温度、格子の形状、ポーラリゼーション、接触相互作用の大きさ等を変えられるため、様々な固体をシミュレートできると期待されている [5]。そこで、光学格子系で三角格子 $S = 1/2$ ハイゼンベルグ模型が実現できれば上記の基底状態の問題に決着をつけることができると期待できる。しかし、光学格子上のフェルミ原子はハバード模型で記述されるため、 $S = 1/2$ ハイゼンベルグの実現方法は自明ではない。

上記の問題を鑑み、我々は、トラップされた 3-leg 三角光学格子系を密度行列繰り込み群法で解析した。その結果、粒子間接触相互作用が十分に大きい場合、トラップの中心部分にモット・コアが存在し、そのスピン自由度が $S = 1/2$ ハイゼンベルグ模型と同等に振る舞う事を発見した (図 1(a))。特に、系全体のポーラリゼーション p を変化させると、モット・コア内の磁化 M が図 1(b) の様に変化し、 $1/3$ プラトーが見られることが分かった。将来三角光学格子が実現した際に、この $1/3$ プラトーの観測が三角格子ハイゼンベルグ模型実現の指標となると期待できる。

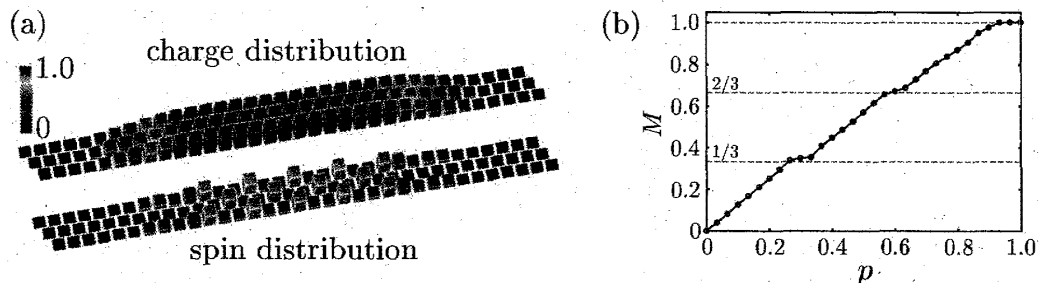


図 1: (a) 電荷密度とスピン密度 (3×34 サイト, $p = 0.3$) (b) p と M の関係

参考文献

- [1] B. Bernu, C. Lhuillier, and L. Pierre, Phys. Rev. Lett. **69**, 2590 (1992).
- [2] S. Yamashida *et al.*, Nature Phys. **4**, 459 (2008).
- [3] H. Nishimori and S. Miyashita, J. Phys. Soc. Jpn. **55**, 4448 (1986); K. Okunishi and T. Tonegawa, *ibid* **72**, 479 (2003).
- [4] T. Ono *et al.*, Phys. Rev. B **67**, 104431 (2003).
- [5] I. Bloch, J. Dalibard, and W. Zwerger, Rev. Mod. Phys. **80**, 885 (2008); M. Lewenstein *et al.*, Adv. Phys. **56**, 243 (2007)