



URL <http://oshikawa.issp.u-tokyo.ac.jp/>

居室: A519(押川)・A522a(助教)・A520(学生)
A427(研究員)

メンバー (2014年5月現在)

教授: 押川 正毅

助教: 多田 靖啓

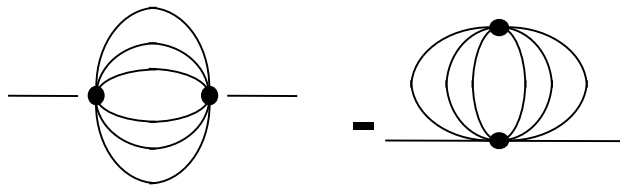
研究員: Wenxing Nie, Miklos Lajko, James Quach

博士課程: 熊野 裕太、藤 陽平、高田 えみか、毛利 宗一郎

修士課程: 中川 裕也、藤田浩之、福住吉喜

秘書: 辻 淳子

物性物理、統計力学、場の理論の交差する領域を中心に、理論の基礎的な問題から、現実物質の定量的理論まで幅広く研究しています。研究題材は、量子スピン系、ボソン系、量子ホール系、重い電子系など多岐に渡ります。



$$\eta = \frac{1}{16} \sqrt{\frac{\pi}{2}} \left(\frac{\Gamma(\frac{1}{4})}{\Gamma(\frac{3}{4})} \right)^2 \frac{Jh^2}{T^2} \left(\ln \frac{J}{T} \right)^{1/2} \sim 0.68705 \frac{Jh^2}{T^2} \left(\ln \frac{J}{T} \right)^{1/2}$$

上図: 低温のS=1/2ハイゼンベルグ反強磁性鎖におけるESRスペクトルは、場の理論の自己エネルギーによって決定される。ファインマンダイアグラムを用いた評価により、交替磁場に関する摂動の最低次で線幅の温度依存性が正確に求められる。

M. Oshikawa and I. Affleck, Phys. Rev. Lett. **82**, 5136 (1999); Phys. Rev. B **65**, 133410 (2002).

重い電子系における超伝導

物性物理

スピンドラダー・スピントラップの理論

ESR(電子スピン共鳴)の場の理論

ESRは磁場中の電子スピンによる電磁波の共鳴吸収であり、物質内のスピン状態の強力な観測手段である。しかし、相関の強い系ではESRスペクトルの理論計算にはさまざまな問題があり、実験データの解釈が困難な場合も多い。今までの標準的な理論は、単独のスピン磁場中の運動にまず着目し、相互作用による周囲のスピンからの影響を取り込んでいるが、相互作用の強い場合にはこのアプローチは不適切である。

我々は、特に量子性の強い低温のS=1/2反強磁性ハイゼンベルグ鎖について、場の理論に基づいた新しい定式化を行った。この方法では、ESRは単独のスピンではなく、多数のスピン集団運動の励起に対応し、相互作用が強い場合に正確な記述が可能である。

この方法を応用することで、30年近く未解決のままになっていたCu BenzoateにおけるESRの実験データの定量的説明に成功した。低温のS=1/2反強磁性ハイゼンベルグ鎖におけるESRの統一的な理解が得られた。

半古典的なESRの理論

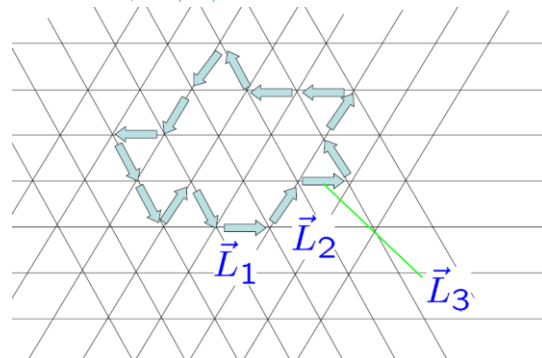
スピノール凝縮体における安定なスカーミオン

1次元量子系の接合問題

場の理論

下図: 三角格子上の量子ブラウン運動(摩擦力を受けながら量子力学的に運動する粒子)を表すダイアグラム。長距離におけるふるまいは、2成分自由ボソン場の共形不変な境界条件に対応する。また、三角格子に適切な磁場を導入すると、量子ブラウン運動は3本の量子細線の接合の問題と等価になる。

C. Chamon, M. Oshikawa, and I. Affleck, Phys. Rev. Lett. **91**, 206403 (2003); J. Stat. Mech. **0602**, P008 (2006).



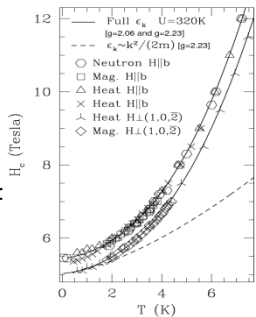
共形場理論と境界条件

多くの2次元古典統計力学系・1次元量子多体系は、臨界点において共形場理論によって記述される。すなわち、共形不変性と言う無限次元の高い対称性によって、場の理論の性質が強く制限されるのである。

このような系の境界は、共形場理論の境界条件に対応する。長距離極限では、境界条件は共形不変な境界条件に帰着すると考えられる。一つの共形場理論は、一般に複数の共形不変な境界条件を持つ。これらの構成と分類は統計力学の問題としても重要である。

我々は、統計力学における最も基本的なモデルの一つである2次元3状態ポッツ模型に対して新しい共形不変な境界条件を構成した。これは、後にBehrend等の非対角ミニマル模型一般についての境界条件の完全な分類につながった。

さらに、我々は、2成分自由ボソン場の理論について非自明な境界条件の構成を行い、それを量子ブラウン運動・3本の量子細線の接合などの物理的問題に応用している。



右図: 中性子散乱で得られたTiCuCl₃の分散曲線をもとに、マグノンのボース・アインシュタイン凝縮理論で計算した相境界(実線)。実験的に決定した相境界と非常に良く一致している。

G. Misguich & M. Oshikawa, J. Phys. Soc. Jpn. **73**, 3429 (2004)

マグノンのボース・アインシュタイン凝縮

スピンギャップ系TiCuCl₃に十分強い磁場を印加したとき、極低温では温度を下げるるとともに磁化の増大が見られた。これは、スピンを古典的なベクトルと見なすと理解できない。

TiCuCl₃のゼロ磁場での基底状態は、スピン1/2が2つずつ対を作ったダイマー状態である。磁場下では、低エネルギーの励起は、ダイマー対が壊れて2つのスピン1/2が磁場の方向を向いたもののみが重要になる。これを量子力学的な粒子「マグノン」と見なすことができる。

マグノンはボース統計に従うので、低温でボース・アインシュタイン凝縮を起こす。凝縮にともないマグノンの粒子数が増大するが、これは磁化の増大に他ならない。このように、マグノンの「粒子描像」で実験結果を理解するとともに、磁場によって粒子数を制御できる、ボース・アインシュタイン凝縮の新たな実験的研究が開拓された。

トポロジカル絶縁体と端状態

秩序パラメータの検出

統計力学

複雑ネットワークの統計力学

分数化とトポロジカル秩序

下図: トーラスへの磁束の挿入と、トーラス上での準粒子・準ホールの生成消滅と言う仮想実験を考えることにより、分数化とトポロジカル秩序の間の普遍的な関係を明らかにした。

M. Oshikawa and T. Senthil, Phys. Rev. Lett. **96**, 047211 (2006).

