



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

メンバー (2022年6月現在)

教授: 押川 正毅 助教: 公募中

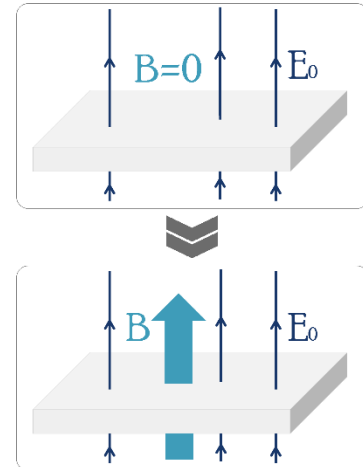
研究員: ZHENG, Yunqin (joint w/ IPMU)
DASGUPTA, Sayak (joint w/ UBC)

博士課程: GENG Chenhua、日高裕一郎、LI Linhao、
稲村寛生、上田篤

修士課程: SCOLLON, Myles

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。



上図: アクション場の不安定性から導かれた、強電場下での自発的な磁場生成。理想的な状況では系のエネルギーは生成される磁場の向きを反転させても等しく、自発的な対称性の破れによって磁場が生成される。
H. Ooguri and M. Oshikawa, Phys. Rev. Lett. 108, 161803 (2012).

アクション場の理論と、強電場中の自発磁場生成

素粒子論における「強いCP問題」を解決するものとして、アクションという仮想的な粒子の存在が提案された。これはまた宇宙論におけるダークマターの候補ともなっている。しかし、これまでのところその存在は実験的には確認されていない。一方で、磁性イオンをドーブしたトポロジカル絶縁体などの物質がアクションと共通の数学的な理論で記述されることが知られている。我々は、素粒子論で見出されたアクション場の不安定性に着目し、そのような物質が強電場下で自発的に磁場を生成し電場を遮蔽するという現象を予言した。

物性物理

カイラル超流動体の角運動量

多体電気分極のゆらぎと伝導特性

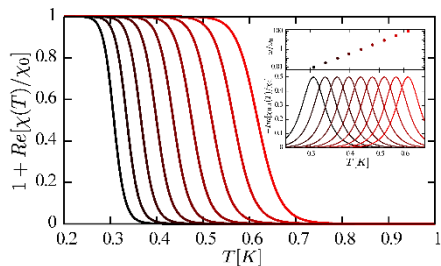
SU(N)対称性を持つ量子スピン系

非線形伝導の統一的理論

トポロジカル相とエンタングルメント

1次元量子系の接合問題

量子臨界相のトポロジカルな分類



上図: 理論的に予言された、さまざまな観測周波数についての超流動密度の温度変化。観測周波数が低くなるほど超流動密度が立ち上がる「転移温度」が低下する。

T. Egge, M. A. Cazalilla, M. Oshikawa, Phys. Rev. Lett. 107, 275302 (2011).

1次元系の超流動

液体中の超流動密度は、量子力学的な位相の捻りに対する系の応答である「ヘリシティ・モジュラス」に比例することが知られている。有限温度の1次元系ではヘリシティ・モジュラスはゼロになるので、1次元系では超流動が起こらないはずである。しかし、最近の実験で、1次元のナノチューブに閉じ込められた液体ヘリウム4が超流動性を示すことが見出された。我々は、超流動の本来の定義に立ち返った動的な現象としての定式化を行い、朝永・ラッティンジャー流体理論を用いることで超流動「転移温度」が観測周波数のべき関数であることを予言した。観測周波数がゼロの極限ではヘリシティ・モジュラスによる静的な記述に帰着し、超流動転移温度もゼロになる。超流動の観測周波数はマイクロなエネルギースケールに比べて非常に小さいのでゼロと見なすことが多い。しかし、1次元でしばしば見られる緩和が異常に遅い系では観測周波数の有限性が重要になる。1次元系の超流動はこれが明確に現れる現象であることがわかった。

統計力学

多体電気分極と量子ホール効果

共形場理論

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。

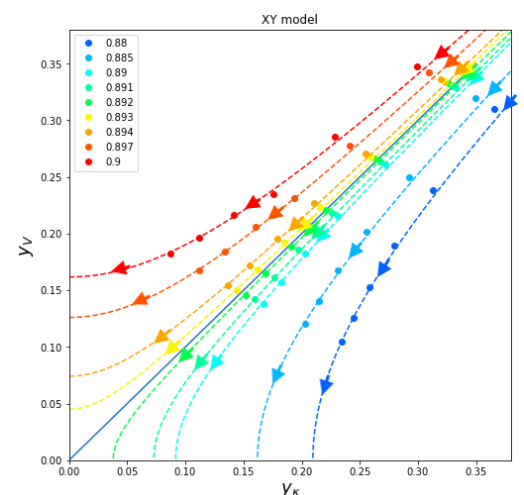
このような系の境界は、共形場理論の境界条件に対応する。長距離極限では、境界条件は共形不変な境界条件に帰着すると考えられる。一つの共形場理論は、一般に複数の共形不変な境界条件を持つ。これらの構成と分類は統計力学の問題としても重要である。

我々は、共形場理論の境界条件の分類を、量子細線の接合における輸送現象や、バルクの量子臨界相のトポロジカルな分類などに応用している。

場の理論

下図: テンソルネットワーク線り込み群によって求めたスペクトルと、共形場理論の有限サイズスケールリングに基づく「レベルスペクトロスコピー」を組み合わせることで、Berezinskii-Kosterlitz-Thouless転移における線り込み群の流れをはじめて数値的に構成した。また、転移点をこれまでより1桁以上正確に決定した。

A. Ueda and M. Oshikawa, Phys. Rev. B 104, 165132 (2021)



下図: トーラスへの磁束中の断熱的な挿入に伴う電気分極Pの変化(下図左)を考えることにより、粒子密度と磁束密度、量子化されたホール伝導度の三者間に一般的な関係が導かれる。正方格子上の自由電子の時間反転対称な「 π 磁束状態」はディラック的な分散関係(下図右)を持ち、半フィリングでギャップレスだが、相互作用が強くてこのギャップレス状態が安定であることが、上記の一般的な関係から示唆される。

Y.-M. Lu, Y. Ran, and M. Oshikawa, Ann. Phys. 413, 16080 (2020)

