

理学系  
物理学専攻

# 押川研究室



物性物理、統計力学、そして場の理論は、それぞれの入口では違った分野に見えますが、突き詰めて行くと一体のものであり、量子多体系の普遍的なふるまいを記述するものであると理解できます。このような量子多体系における普遍的現象を解明する理論の構築を主な目標としています。国際共同研究を積極的に推進しており、その多くに研究室の学生が参加してきました。

これまでの研究テーマの例を以下に示します。より詳しくは、Google Scholar等から論文を探してみてください。

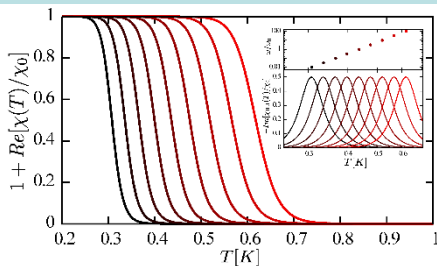
教授 押川正毅

[oshikawa@issp.u-tokyo.ac.jp](mailto:oshikawa@issp.u-tokyo.ac.jp)  
<https://oshikawa.issp.u-tokyo.ac.jp/>  
<https://researchmap.jp/MasakiOshikawa/>

分数化とトポロジカル秩序

## 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、ナノチューブ中の1次元液体ヘリウム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、1次元系における異常に遅い緩和を反映して、有限な観測周波数では「超流動性」が観測させることを示した。さらに、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。



左図：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「転移温度」が低下する。

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

## トポロジカル相とエンタングルメント

スペクトルに基づく  
ハミルトニアン  
の機械学習

トポロジカル絶縁体の  
端状態ESR

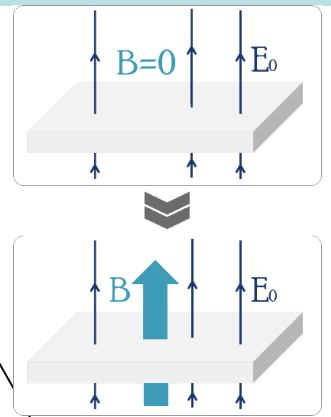
## 統計力学

量子異常に基づくギャップレス量子臨界相の分類

## 場の理論

## アクシオ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、アクシオンという仮想的な粒子の存在が提案され、宇宙論におけるダークマターの候補ともなっている。一方で、磁性イオンをドーピングしたトポロジカル絶縁体などの物質がアクシオ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オ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。



上図：アクシオ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。  
H. Ooguri and M. Oshikawa, *Phys. Rev. Lett.* **108**, 161803 (2012).

## 物性物理

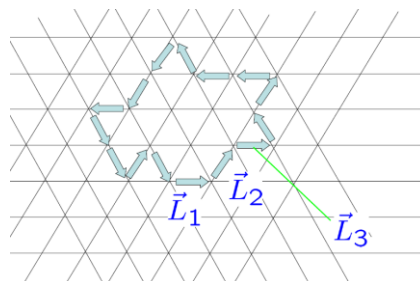
カイラル超流動体の角運動量

多体電気分極とそのゆらぎ

SU(N)対称性を持つスピン液体

## 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、共形不変性とい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。共形場理論の持つさまざまな共形不変な境界条件の構成と分類は統計力学の問題としても重要であり、我々は量子不純物問題や接合など物性物理への応用を含め研究を行っている。



左図：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や、3本の量子細線の接合に対応する。  
C. Chamon, M. Oshikawa, and I. Affleck, *Phys. Rev. Lett.* **91**, 206403 (2003); *J. Stat. Mech.* **0602**, P008 (2006).