

理学系  
物理学専攻

## 押川研究室



教授 押川正毅

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概念**の探求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、その多くに研究室内の学生が参加してきました。

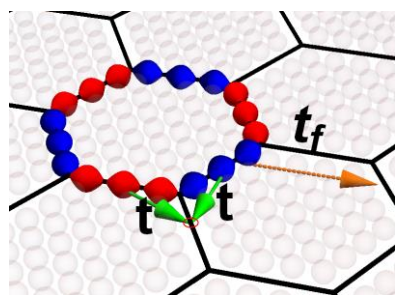
これまでの研究テーマの一部を以下に示します。研究内容の詳細や雰囲気などについては、是非論文を眺めて頂ければと思います（以下からもいくつかリンクしています。また、Google Scholar等から検索できます。）

**ゲージ対称性**は、電磁気力をはじめとして宇宙に存在する「力」を記述する指導原理であるだけでなく、物性物理や統計力学において創発するものとして重要です。トポロジカルに非自明な空間上のゲージ場を考えると、通常の局所的ゲージ変換に関する不変性に加え、トポロジカルな「大きなゲージ対称性」が生まれます。このような「大きなゲージ対称性」は、量子多体系に対して驚くほど強力な普遍的な制約を与えます[→[解説講演\(英語\)](#)]。当研究室ではこのような普遍的機構の解明に取り組んで来ました。特にLieb-Schultz-Mattis(LSM)定理、あるいはしばしばLieb-Schultz-Mattis-Oshikawa-Hastings (LSMOH)定理と呼ばれる制約は広く知られています。これは1961年のLSM論文以来半世紀以上にわたって発展してきた[→[解説講演\(英語\)](#)]ものですが、トポロジカル相の発見に伴い重要性が高まり今日も更なる拡張が世界中で盛んに議論されています。

さらに、最も基礎的な物性の一つである電気伝導も、ゲージ場に対する応答として統一的に定式化することにより、[周波数依存性や、完全伝導を特徴づけるKohn公式を全ての次数の非線形伝導に拡張](#)することに成功しました。

**場の理論**は、多体系が大きなスケールで示す普遍的なふるまいに対応します。量子多体系のトポロジカルな性質も、場の理論によって記述することができます。たとえば、上述のLSMOH定理は、ラグランジアン対称性が量子化の際に破れるという「**量子異常**」に密接に関係しています。当研究室では、[場の理論の量子異常に基づき、ギャップレスな量子臨界相のトポロジカルな分類を提案する](#)など、量子多体系における新しい概念の構築に取り組んでいます。

場の理論は、相関の強い系における**実験結果を記述し、また予言を与える**上でも強力なツールです。熱力学的には存在しないはずであるにも関わらず実験で観測された「[1次元超流動](#)」を動的な現象として定式化し[周波数依存性を予言したり、分数化励起の「レンズ効果」を用いた新たな非線形分光法を提案する](#)など、多彩な現象の解明と予言に取り組んでいます。



## ネットワーク構造上の電子状態

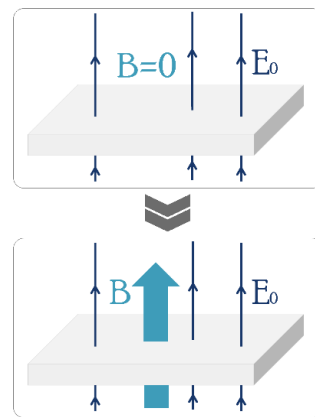
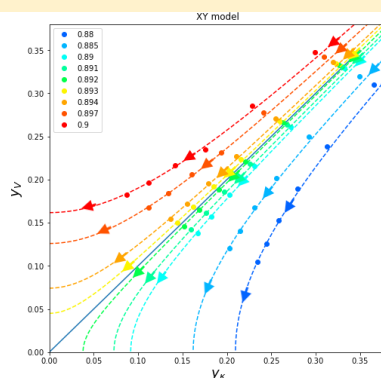
対称性に保護された干渉効果により安定な平坦バンドが出現し、強相関効果の舞台となる。また、各「辺」の1次元強相関系としての性質を反映して、自然に非フェルミ液体的な伝導を示す。

J. M. Lee et al. *Phys. Rev. Lett.* **124**, 137002 (2020); *Phys. Rev. Lett.* **126**, 186601 (2021).

## Berezinskii-Kosterlitz-Thouless転移の繰り込み群フロー

教科書にも頻出の極めて基本的な繰り込み群フローだが、テンソルネットワーク法と共形場理論を組み合わせて転移点決定の精度を大幅に高めるとともに、繰り込み群フローを数値的に構成することに初めて成功した。

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



## アキソン場の不安定性に伴う、強電場下での自発的な磁場生成

アキソンは素粒子論で提案された粒子(場)で、暗黒物質の候補としても有力だと考えられている。アキソン場が強電場のもとで不安定であることが指摘されたので、これに対応する、物性系(トポロジカル磁性体)における現象を提案した。この研究により、強電場下での不安定性の物理的起源も明らかになった。

H. Ooguri and M. Oshikawa, *Phys. Rev. Lett.* **108**, 161803 (2012).

- 量子多体系を中心として、**基礎的かつ普遍的な物理**に興味のある方
- 論文を眺めてみて、(雰囲気だけでも)趣味が合いそうだと思ってくれた方
- 国際的な環境**で英語(巧拙は問いません)で議論を行うことに前向きな方
- …などを特に歓迎します

研究室Web page: <http://oshikawa.issp.u-tokyo.ac.jp/>

Google Scholar (押川):

<https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=k4JrtHkAAAAJ>

researchmap (押川): <https://researchmap.jp/masakioshikawa>

興味をお持ちいただいた方はぜひご連絡ください。

E-mail: [oshikawa@issp.u-tokyo.ac.jp](mailto:oshikawa@issp.u-tokyo.ac.jp)

場所: 物性研本館A519 / A520 / A522a