

物性基礎論

凝縮系理論研究室

HP : <https://sites.google.com/view/mbp-phys-kyushu-u/home>

研究キーワード：トポロジカル物質、スピントロニクス、超伝導、磁性体

Many Body Physics Theory Group

コアタイム：なし



Member

教授	野村健太郎
准教授	磯部大樹
助教	工藤耕司、大橋良伊
博士1年	目黒智成
修士2年	古庄優汰、山崎一朗
修士1年	堤慎之介、前原啓人、渡邊光太
学部4年 (特別研究生)	下鶴直久、林田泰造



教員プロフィール



野村健太郎 教授

膨大な電子からなる凝縮系の理論研究、特にトポロジカル物質と呼ばれる比較的新しい分野を中心に磁性や超伝導、量子輸送現象など、不思議で面白い物理現象を探究しています。ここ数年は、物質中の電子があたかも相対論的粒子のように振る舞う、ディラック電子系の研究をしていて、電気と磁気が複雑に絡み合った新現象を明らかにしてきました。好奇心は強いう方で、興味を持っていることは数学（幾何学、トポロジー）と物理の境界分野からスピントロニクスや量子コンピュータなどの応用まで幅広いです。

この分野の研究の面白みは自由な発想と多彩なアプローチだと思います。また、比較的若い時期から、海外の研究者と論文を書いたり、実験研究者と共同研究したりと活躍の場が広がっていくことも良い点だと思います。当研究室のメンバーは話好きな人やスポーツ好きな人など、親しみやすい人ばかりなので気軽に遊びにきてください。



磯部大樹 准教授

2024年7月に九州大学に着任しました。これまで東大・MIT・理研で物性理論の研究を行ってきました。物性理論は、身近に存在し目で見て触れる、あらゆる物質を対象とする分野です。これまで金属、絶縁体、磁性体、有機物質などにおいて、主に電子が関わる現象を対象に、トポロジカル物性、超伝導、量子ホール効果など、さまざまな研究を行ってきました。身の回りのものについて不思議に思ったことはすべて研究テーマになります。研究ツールは自由で柔軟なアイデア、そして紙とペンです。これまで世界のいろいろなところで研究をしてきた経験を生かし、九州発でみなさんとまだ誰も知らない最先端の研究をしたいと考えています。



工藤耕司 助教

2023年4月に着任しました。初めての九州生活です。やはり福岡のご飯は美味しいですね！私は物性物理学、特にトポロジカル量子物性の研究を行っています。量子力学によると粒子はフェルミオンかボソンのいずれかがわですが、実は2次元系では「エニオン」と呼ばれる奇妙な粒子が存在できます。これは、量子力学のトポロジカルな視点から導かれる一つの帰結です。私はそのエニオンを伴う物質相を研究しています。趣味は音楽です。ピアノとオーボエを演奏できます！音楽好きな人、今度お話ししましょう！



大橋良伊 助教

名古屋大学で博士号を取得した後、大阪大学で研究員として勤務し、2025年2月から九州大学に着任しました。趣味はバイク、麻雀、サックスです。これまでトポロジカル超伝導体や、分数量子ホール効果といった系において、「エッジ状態」に着目した研究を進めてきました。私が凝縮系理論に強く惹かれる理由の一つは、数式や理論という抽象的な言語が、実験を通じて「見える」かたちで現実に結びつくことです。未解明な実験結果に理論的な筋道が加えられたり、理論から予測した現象が実際に観測されたりする場面では、言葉では表現しきれないような喜びと興奮があります。こうした研究の面白さや感動を、ぜひ皆さんとも共有できればと思っています。



アピールポイント

固体中の電子

物性基礎論研究グループの中でも、私たち凝縮系理論研究室はいわゆる固体物理の理論を研究対象にしています。統計物理学で有名な「More is different」という言葉があります。固体中の電子についても、アボガドロ数のオーダーの電子たちが相互作用しあって、普通の電子の振る舞いとは違った性質をみせます。Berry位相、"トポロジカルな"絶縁体、半金属...など一見ふしきに見える電子の世界を、私たちは調べています。

研究室内・外のメンバーの距離感

私たちは、毎朝10時に集まってミーティング(と称した雑談)をしたり、昼間に集まってフットサルをしたりと、研究室メンバーで交流する機会が多いです。朝のミーティングでは、最近こういう映画を見たとか、そろそろワールドカップの季節だとか、そういった話(本当に、ただの雑談)をしています。また昼間のフットサルでは、他の研究室や事務の方々も遊びに来るので、研究室内・外で様々な人と交流することができます。

フレッシュさ

我々凝縮系理論研究室は、東北大から移籍して令和4年度から発足した研究室です。故に研究室の決まり事などあまり無く、自由に勉強、研究することができます。また研究分野自体も新しく、ここ10年、20年ほどで発見されてきました(参考までに、研究対象の1つである磁性Weyl半金属が見つかったのは2017年です)。新しくできた研究室で、そして新しく形成されつつある研究分野で、共に研究しましょう！



イベント



実績

年間スケジュール

4月	物性基礎論グループBBQ 新メンバー歓迎会
7月	論文紹介
8月	物性若手夏の学校、大学院入試試験
12月	牡蠣小屋BBQ、忘年会
3月	卒業研究発表会

進学先 (特研生)	内部進学、東北大、京都大
進学先 (修士課程)	内部進学、海外
就職先 (修士課程)	電機、半導体、IT、自動車、鉄鋼、教職
就職先 (博士課程)	ポスドク（国内、海外）、企業研究生

定例イベント

輪講	週に一度、研究室全員でゼミを行います。過去には「量子ホール効果」や「経路積分」、「グリーン関数論」などに取り組みました。
チームミーティング	週に一度、研究の進捗報告やブレインストーミング、論文の紹介など、研究に関わることを活発に議論しています。
日課	朝のミーティング（AM10:00～）や昼休みのサッカー、筋トレ、ランニング、バレー、水泳、食事を通して、交流を深めています。

これまで、修士21名、博士8名の学生を指導し、卒業生は専門性を活かしつつ様々な業界で活躍しています。博士進学率の高さも特徴です。また在籍中に海外留学する人も多く、国際的な感覚を身に付けられます。

Message

■博士1年 目黒さん

「数学は体力だ」数学者André Weilの名言(迷言?)です。物理学も然りです。一に体力、二に体力、三、四がなくて五に体力です。「体力はちょっと...」安心して下さい。ウチに入れば体育会系になりますヨ... 敬具

■修士1年 堤さん

私は、量子力学を使って身近で多彩な物理現象に触れられるのが物性の魅力だと思い、この研究室を選びました。ここでは、セミナーや輪読を通じて研究室のメンバーと活発に議論でき、また、自分の興味に沿って研究に取り組めるのも凝縮理論研の良さだと思います。

■学部4年 下鶴さん

量子力学や統計力学が好きな方にとって、とても魅力的な研究室です。先生方や先輩方が親身にアドバイスしてくださるので、研究もスムーズに始められます。

今年で4年目になる研究室で、今後もどんどんイベントを増やしていく予定です！研究室に配属されたら、一緒にイベントを企画したりして、もっと研究室を盛り上げていきましょう！

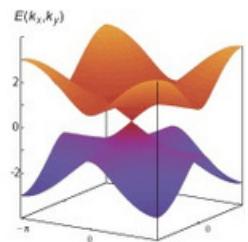
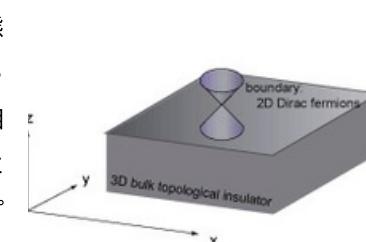


研究内容

我々の研究室では、**トポロジカル物質**と呼ばれる新奇物質の電子状態、輸送現象を理論的に研究しています。トポロジカル物質においては、**相対論的粒子(ディラック粒子、ワイル粒子、マヨラナ粒子)**がその物性を担い、既存のマクスウェル電磁気学では説明できない電磁応答が発現します。量子力学、相対論的量子力学、場の理論などに興味のある方は、是非我々の研究室をご検討ください。ここでは、特異な電子状態を持つトポロジカル物質について少しだけ紹介したいと思います。

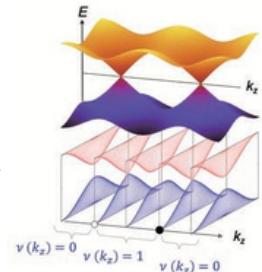
トポロジカル絶縁体：

物質内部ではバンドギャップ(禁制帯)が生じ、電流が流れない絶縁体状態になっていますが、表面・界面においてギャップが存在しない金属状態(**ギャップレスモード**)が存在します。このような特性はトポロジーによって特徴付けられます。3次元トポロジカル絶縁体の表面状態は2次元の相対論的波動方程式(ディラック方程式)で記述され、ディラック粒子に起因した通常の金属とは異なる特殊な性質を示します。我々のグループでは、トポロジカル物質の表面における電気伝導、特に乱れや相互作用の効果、および表面状態に起因したスピン-電荷変換などの電磁応答に関する理論的研究を行っています。



トポロジカル半金属：

物質内部に三次元の線形なエネルギースペクトルが存在する物質です。スピン縮退したものはディラック半金属、対称性が破れてスピン縮退がとけたものは**ワイル半金属**と呼ばれています。特にワイル半金属においては、その物性はワイル粒子が担い、**量子異常**に起因した特殊な電磁応答が現れます。我々のグループでは、近年発見されたカゴメ層状の強磁性ワイル半金属Co₃Sn₂S₂に注目し、有効模型の構築、輸送特性の解析を行い、ワイルバンドに起因した新規物性を明らかにしました。



トポロジカル超伝導体：

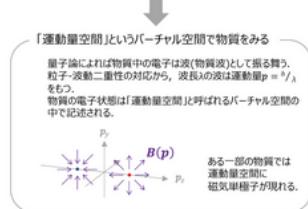
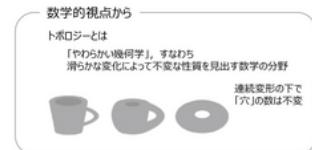
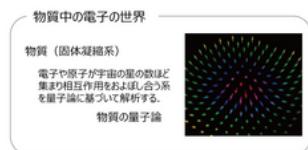
トポロジカル物質の概念は絶縁体に留まることなく、トポロジーによって特徴付けられる超伝導体、トポロジカル超伝導体の存在も提唱されています。3次元トポロジカル超伝導体の表面の電子の励起は**マヨラナ粒子**として記述されます。マヨラナ粒子とは自分自身が反粒子である粒子であり、非可換統計に従うなど奇妙な性質を示すことが知られています。近年、その性質が量子計算に応用できることが指摘され、量子コンピュータ実現の鍵として世界中で研究が進められています。我々のグループでは、トポロジカル超伝導体接合系などで見られる現象や基礎的な特性の理論的研究を行っています。

分数量子ホール絶縁体：

分数量子ホール絶縁体は、強磁場下で電子が2次元系に閉じ込められたときに現れるトポロジカルな量子状態である。この状態の準粒子は分数量子を持ち、フェルミ統計やボース統計とは異なる奇妙な統計性(**エニオン統計**)に従う。ある分数量子ホール絶縁体では、こうした準粒子の中にマヨラナ粒子などの**非可換エニオン**が含まれ、トポロジカル量子計算への応用が期待されている。さらに特定の条件下では、フィボナッチエニオンという非可換エニオンが現れ、これは量子計算の基本操作を全て安定して実現できる性質を持つ。我々のグループでは、トポロジカル量子計算を念頭に分数量子ホール絶縁体の基礎的な性質を研究している。



凝縮系理論研究室



参考文献: 野村健太郎, 「トポロジカル絶縁体・超伝導体」丸善, 2016.

