

量子物性

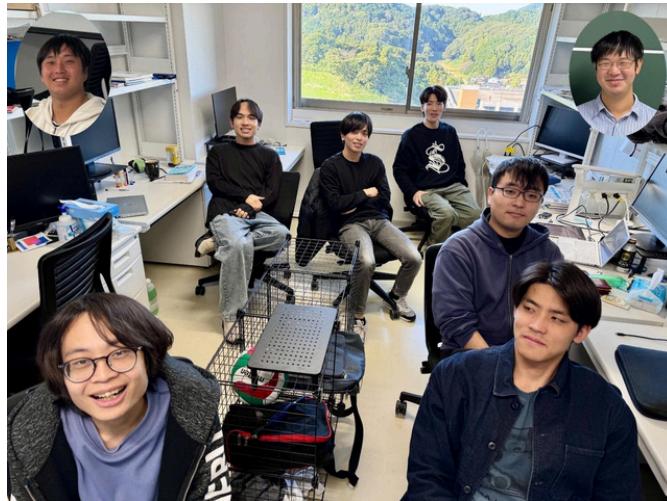
光物性研究室

Solid State Spectroscopy

HP : <https://hikari.phys.kyushu-u.ac.jp/>

コアタイム : (なし)

研究キーワード : テラヘルツ・超伝導・低温



Member

准教授	中村 祥子
修士 2 年	高野 紘輔、李 柏諭、中村 駿
修士 1 年	小澤 悟朗、吉中 波瑠
学部 4 年 (特別研究生)	田中 海輝、中崎 隼、清水 鳩健



教員プロフィール



中村祥子 准教授

テラヘルツ波を用いて、物質の中の量子力学を研究しています。

趣味：ものづくり／好きなもの：工具、文房具、ハニー珈琲のアフォガート

<略歴> 福岡市出身。2008年 東京大学 理学部 物理学科 卒業、2010年 理学系研究科 物理学専攻 修士課程 修了、2013年 同博士課程修了、2013~2014年 東京大学 理学系研究科 特任研究員、2014~2022年 東京大学 低温科学研究所 特任助教、2022年11月より九州大学大学院 理学研究院 物理学部門 准教授。このうち 2021年10月~2026年3月 JSTさきがけ「革新光」研究員、2026年4月よりJST創発研究者（森パネル、内定）。



アピールポイント

テラヘルツ波は未来の電波

テラヘルツ波は、現在スマートフォンなどで使用されている5Gの次(beyond 5G)、さらに高速な通信を実現する6Gでの利用が期待されている周波数帯で、光のような直進性と、電波のような透過性の双方を兼ね備えた電磁波です。電波の利用、すなわち、電波を発信して伝送して受信するには、電波を高強度に発信して受信する技術や、電波を口吐き無く伝える素材、電波に敏感に反応する素材など様々な技術が必要です。未来のスマートな電波利用を目指し、基礎物理の方面から研究を進めています。

実験室の空気がきれい

光学実験や微細加工を行うので、常にHEPAフィルターが稼働しています。花粉症にはやさしい世界。

自主性・主体性を重んじる

研究は「与えられるもの」ではなく「つくるもの」です。未知の現象に自ら問い合わせを立て、答えを探す力を養います。わからないことは一緒に考え、新しい工夫やアイデアをふくらませましょう。



イベント

年間スケジュール

4月	新入生が加わる
8月	夏休みの到来・大学院入学試験・ARIM学生研修など
9月	日本物理学会
10月	夏休みの終わり
12月	日本物理学会九州支部例会
1~3月	リサーチレビュー、特研発表会など
3月	日本物理学会、卒業・修了生が旅立つ

定例イベント

毎週1時間程度	輪読
毎週1時間程度	ミーティング
不定期	セミナー・講演会・講習会などの聴講や発表(年数回程度)
適宜	大学院集中講義の聴講

教員がアルコールを受け付けない体質のため、全員参加の飲み会は行っていませんが、交流の機会は多く、研究や日常の話を気軽にできる雰囲気です。



実績

研究	学生の発表： UAAT-KOOU Workshop at NTNU(台湾)：高野 UAAT-KOOU Workshop at KU(日本)：李 ARIM学生研修プログラム成果発表会：小澤
表彰	第6回（2025年）米沢富美子記念賞（日本物理学会）受賞：中村(祥)
進学先(特研生)	九大物理
進学先(修士課程)	他大学大学院博士課程（予定）
就職先(特研生)	IT関係、公務員、エンジニア
就職先(修士課程)	IT関係、エンジニア（予定）

Message

- 単位は4年前期までに取り切りましょう。
- 量子力学はちゃんとやろう。
- 計画を立てる癖をつけよう（せめて明日は何やろーくらい考える）



研究内容

光物理研究室では、光を用いて、物質の中の量子力学を研究します。

具体的な研究内容を、1. 光を「作る」、2. 光で「測る」、3. 光で「駆動する」に分けて、ご紹介します

1. 光を「作る」

光子は、周波数によって異なる光子エネルギーEを持ち ($E=h\nu$)、光子エネルギーの大きさによって励起できる素励起が変わります。ヒトと光の相互作用を考えると、赤外線ヒーターは暖かいだけですが、可視光だとまぶしくて、紫外線が当たると日焼けしますよね。同様に、物質と光の相互作用も、周波数によって変化します（図を参照）。そのため、調べたい物質・調べたい性質（素励起）に合わせて、ちょうどよい周波数の光を「作る」必要があるのです。固体物性において重要な素励起は、光の中で最も低エネルギーの「テラヘルツ波」と呼ばれるエネルギー帯に相当しています。そこで本研究室では、**近赤外のフェムト秒パルスレーザーを光源に、非線形光学結晶や光伝導スイッチを用いてテラヘルツ波を作る研究を行っています。**

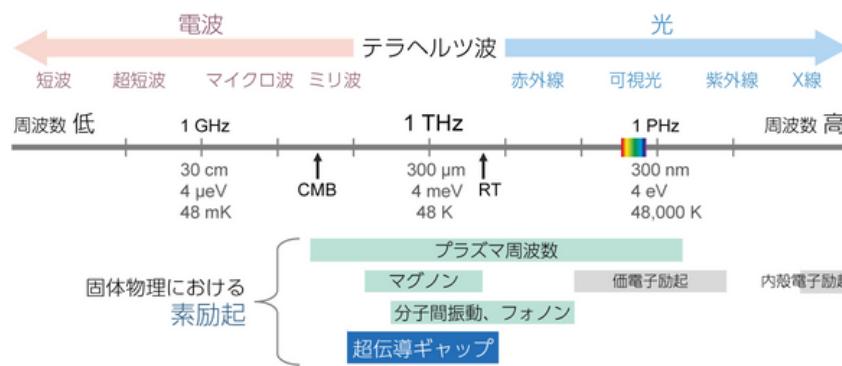


図 1

2. 光で「測る」

光と素励起のエネルギーがピッタリ一致すると、光をよく吸収する（共鳴する）ので、光の吸収の周波数依存性から、物質中の素励起のエネルギーを決定することができます。それだけでも十分すごいのですが、偏光を用いることで素励起の対称性が見えてきたり、短いパルスの光を使うことで超高速な変化が追えたり、物質の内側や、逆に表面だけの応答を抽出できたり、そこに非線形応答を加えると、物質の中の対称性の破れや、光の波長と異なる波長に相当するエネルギー帯も調べることができます。そのように、光と物質の相互作用には、測定するサンプルと照射する光、検出する光によって、多彩な物理が広がっています。



図 2



図 3

3. 光で「駆動する」

「測る」ときに興味があるのは、外場（光）が無いときの性質です。一方、ここでは、外場（光）があるとき特有の性質に着目します。半導体の光センサーは、光を照射して、励起されたキャリア（電子や正孔）が電荷を運ぶのを検出します。この場合に重要なのは光子のエネルギーですが、光が「**周期的に変化する電磁場**」であることに着目すると、実は、その周波数にも重要な意味があることがわかります。ブランコを周期的に押してあげるとき、リズム良く、つまり良い周波数で押すと大きく揺れますよね。このとき、よく揺れる周波数からブランコの性質（重力加速度？）がわかるのはもちろんですが、ブランコ

をおとなが押してあげることで、こどもが自分で漕ぐよりずっと高速で、かつ時間軸に周期性（結晶性）がある新しい状態を作り出したと考えることもできます。そんなふうに光を用いて、物質中のブランコ（振動子）を高速に駆動することで新たな物性の発現を目指します。

光を使って調べられる対象は多岐にわたるので、あれこれ模索中ですが、そのうちの1つ、超伝導体について紹介します。

・超伝導光物性

超伝導体は、冷却すると、磁場が内部に侵入できず（**マイスナー効果**）、電気抵抗がゼロという特徴的な物性を示す超伝導状態に相転移します。超伝導状態は、量子力学で学ぶ「**コヒーレント状態**」として、1つの波動関数 Ψ で表される状態です。 Ψ の絶対値の2乗は超伝導電子対の密度に対応し、サンプル全体というマクロ（巨視的）な領域に広がるので「**巨視的波動関数**」と呼ばれますが、転移温度以上ではゼロ、転移温度以下では有限で、超伝導秩序を端的に記述する物理量でもあるので、相転移の言葉を用いて「**超伝導秩序変数**」とも呼ばれます。

超伝導状態は、巨視的な数の電子が協力して作る状態なので、簡単には変化せず、遅いというのが定説だったのですが、最近、この超伝導秩序変数や、その**トポロジカル欠陥**である**量子渦**が、テラヘルツ波を用いると超高速に駆動できることがわかつてきました。電気抵抗測定では、電気抵抗が有限かゼロかによって、超伝導か超伝導でないか、を識別することができますが、テラヘルツ波なら、図に青い矢印で示した超伝導状態の中で、超流動密度の大きさ、超伝導秩序変数の対称性といった超伝導の特性を調べ、操作することができるのです。

超伝導転移における自発的対称性の破れや、秩序変数の振幅の振動、**トポロジカルソリトン**としての量子渦、相転移のダイナミクスは、理論的には素粒子・宇宙物理学とも関連しています（興味があれば、超伝導ヒッグスモード、キブル・ズーレック機構などをキーワードに探してみてください）。唯一無二の宇宙を高精度に観測して解き明かす人々と対比すると、量子物性は、温度、圧力、磁場、組成、電場といったパラメータを、定常的に、または超高速に変化させることで、いろんな宇宙をテーブルトップで作ったり壊したり温めたり冷やしたりできるのが特徴です。室温・大気圧中でははっきりしない物質中の量子力学を、低温・強電場（高強度光）という極限環境で引きずり出して、人類がまみえたことのない新しい宇宙を作り出しましょう！

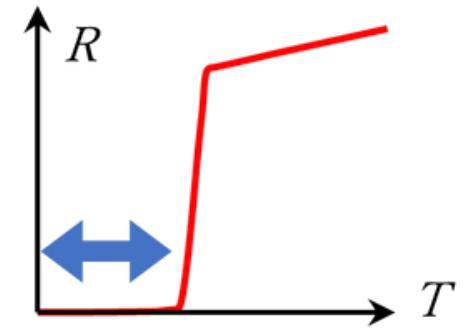


図4

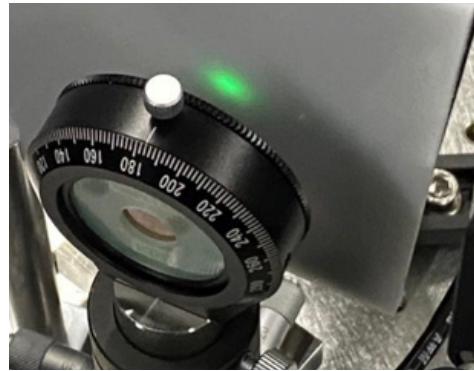


図5：非線形光学結晶を透過した光が、目に見えない近赤外光から緑色の光になる第2高調波発生。

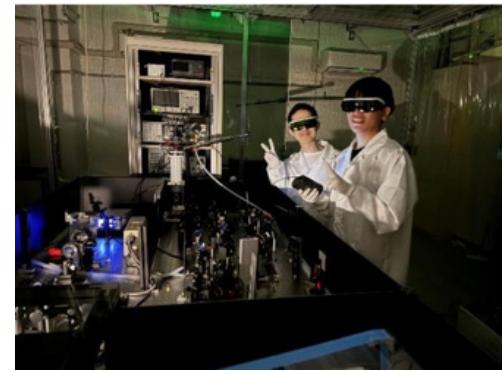


図6：光学実験の様子。近赤外光(1030 nm)は目に見えないのでモニタ付きのカメラを使用します。

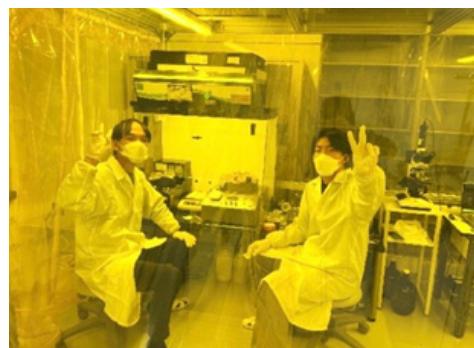


図7：微細加工の実験室。固体電子物性や磁性物理学の実験室、学内外の共同利用施設等も用いて、新しいテラヘルツ光学素子を開発しています。

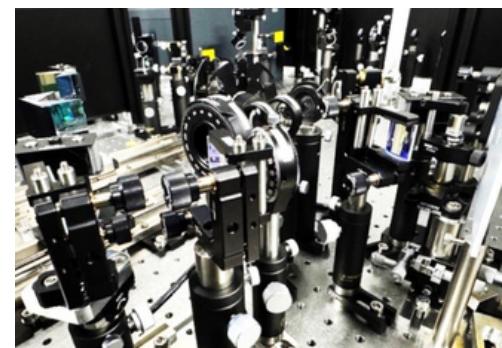


図8：大学院生の努力の結晶。現在テラヘルツ搜索中。