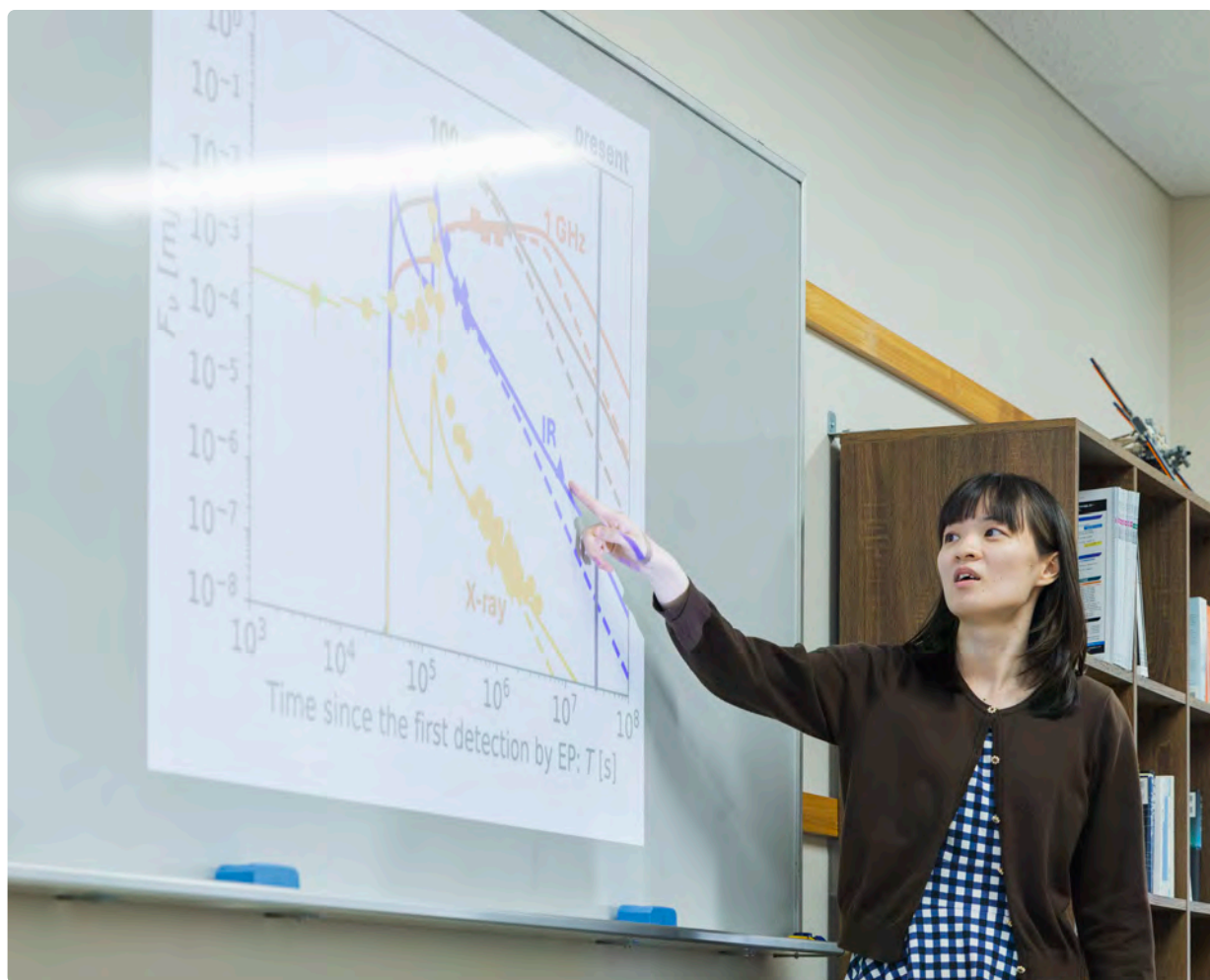


東北大学理学部 MAGAZINE



Contents

02 青葉山の面々

キャス ジェイミイ 准教授 (生物学科)

04 研究室訪問

[数学専攻] 大野泰生研究室

[天文学専攻] 櫻山和己研究室

08 私が東北大学理学部を選んだ理由

山下達也さん (化学科 4 年)

09 INFORMATION

10 研究成果発表

ナノサイズの「磁気の渦」の正体を解明

— 次世代・超省電力メモリ実現へ新たな設計指針 —

ナノ厚の非磁性体が超伝導を抑制する現象を発見

— 磁石を用いない次世代超伝導デバイスの基盤技術として期待 —

14 Alumni Voice

渡辺詩文さん (通信インフラ企業勤務)

15 大学の授業のハナシ

最先端の実験から学ぶ「相対論」

青葉山の面々

キャス ジェイミイ 准教授

生物学科・大学院生命科学研究科。アメリカ・ニューヨーク市出身。研究分野は生態学、地理生物学。

最近読んでいる本は、生態学の科学雑誌や村上春樹の作品。

自然を守り、
自然界を研究し続ける



現在、どんな研究をしていますか？

生物多様性は非常に複雑です。様々な定義があり、測り方もたくさんあり、さらに、測り方によって結果が変わることもあります。私は、生態学的なビッグデータを用いて、統計モデルや機械学習モデルで生物多様性を説明する指標を作り、これを地図化することでそのパターンを調べています。

また、私は生態系サービスという自然から人が供給してもらう利益にも興味を持っています。こういうサービスは生態系機能によって生み出され、それ自体は生き物の様々な活動によって生成される。種の形態によるばらつきが高ければ、生態系機能も高まります。これは「機能多様性」という指標です。現在、私は研究の一部として、生態系サービスをもたらし生き物による機能多様性のホットスポットを日本全国で予測しています。

興味を持ったきっかけは？

もちろん自然は自然のために保護すべきと思いますが、様々な価値の付けられない利益もあり、人間は自然からその全てを無料で消費しています。生き物のデータを使い、その利益を定量化し可視化すれば、自然の価値が理解しやすくなると思います。これまでは、全国や世界

スケールでのデータ取得が困難だった一方で、現在、オープンで研究者が手に入られる生物多様性のデータはたくさんあります。私はこうしたデータを利用し、自然の価値を定量化し、生物多様性のパターンをさらに理解することに興味があります。

高校生の皆さんに
メッセージをお願いします

どんなに新しい技術が生まれても、この世の中では自然が最も複雑で面白いものであることに変わりはないと思います。それゆえ、未だに解明されていないことも多いので、時代を問わず調べ続けることに価値があります。できる限り自然を守るべきですが、同時に自然界を研究し続けましょう。

青葉山の面々はこちらから
ご覧いただけます。



研究生活の様子はこんな感じです



研究室のメンバーが全員揃った中で発表し、その内容について活発に意見や質問を出し合うことで刺激を受け、新たな着想を得ている。このように顔を合わせる機会が多いため、先輩後輩に関わらず仲が良く、研究会集での集まりなどで他大学の学生に「仲が良いね」と言われることもよくあるそう。

MESSAGE

不思議だと感じたことや思いついたことを、何となく捨て去っていませんか。周りの人はスラスラと理解したように見えるけれど、どうしてそう考えるのか、なぜその向きに議論を進めたらうまく行ったのか、気になることはありませんか。どんな小さな気付きでも、それはあなたにしか宿らなかった疑問かもしれません。数学には長い歴史がありますが、今なお未解明の事柄は山積しているし、まだ誰も気付いていない事実がたくさん眠っているはずなのです。自らの発想力や探索力を存分に発揮して、あなたにしか見つけられない事実を発掘し、解き明かしましょう！世界中の誰もまだ知らないことを発見し理解する喜びは、何物にも代えがたいですよ。



代数学講座
大野泰生 教授

花見や芋煮会、スポーツ大会やクリスマスパーティーなど、研究室のイベントもたくさん！研究するときはとことんは励み、イベントはとことん楽しむ。オンオフをしっかりと切り替えながら大学生活を送っている。



大野研究室では、週に2回程度全員揃ってのゼミが行われている。学年で区切ったり、個別（1対1）で行われるゼミが多い中、メンバー全員が集まり、賑やかに議論をするこゝとで各々のテーマを追究している。研究室内のイベントもたくさんあり、その仲の良さは自他共に認めるほど。数学の研究はあまり場所を選ばないイメージがあるが、管理は各々に任せられ、家で勉強したり、集中したいときは大学に来て取り組んだりするそう。ひとりで黙々と研究するだけではなく、仲間とのゼミやイベントを通じて、励むときはとことん励み、楽しむときは徹底的に楽しむ、というスタイルで今日も活発な研究活動を展開している。



大野研究室には現在後期課程4名、前期課程3名の学生が在籍している。研究室の得意分野は数論であるが、研究テーマや研究の進め方については「とにかく自由に決められる」と案内してくれた学生は口を揃えて話す。個々の研究テーマは持ちながらも、研究室一丸となって数学の謎を解き明かすことを目指す。

チーム一丸となって、各々の研究を発展させる

大野研究室では、主に多重ゼータ関数に関する数論、およびその周辺で起こっている事象について研究を行っている。
花木さんは、Schur多重ゼータ関数を研究テーマとし、考察を行っている。Schur多重ゼータ関数とは、数論における「多重ゼータ関数」を組合せ論や表現論に現れる「ヤング図形」と呼ばれる図形を用いて一般化した多変数ゼータ関数のことだ。学部3年で数学講究（自由開講）の受講を検討していた際、図書館で偶然手に取ったヤング・タブローの本に惹かれ、このゼータ関数について研究をしていた大野先生を訪ねたことがきっかけで、現在に至っている。
石川さんは、ハイブリッド多重ゼータ値の解明を目指している。ハイブリッド多重ゼータ値にはもともと図形的な解釈を活用する研究がなかったが、Schur多重ゼータ関数のように図形的な解釈に落とし込むことで新たな展望が開けないか、研究を進めている。大野先生の講義の中で研究内容や研究室の話聞いて魅力を感じ、数学講究で大野先生の指導を希望、そのまま現在へと繋がっている。
石田さんは、多重ゼータ値のq類似を研究している。多重ゼータ値は多くの関係性を満たすが、その1パラメータ拡張であるq類似ではどのようなのかを究明している。学部時代は他大学の教育学部に在籍しており、その頃から多重ゼータ値に興味があった。そこで、より専門的な研究をするための研究室を求めて東北大学の理学研究科へ進学することを決めた。



案内してくれたのは
博士課程前期2年
花木ひかりさん(右)
博士課程前期2年
石田光希さん(中央)
博士課程前期2年
石川智哉さん(左)

研究室はこんなところです

恒星がその一生を終えると、白色矮星や中性子星、ブラックホールのようなコンパクト天体が残る。白色矮星は地球程度の大きさ、中性子星は仙台市青葉区程度の大きさ、ブラックホールは東北大学のキャンパス程度の大きさに太陽と同じ質量が詰まっており、その結果、コンパクト天体の内部や表面付近では、地上実験では再現できないような超強重力、超高密度、超高温、超強磁場の環境が実現されている。榎山研究室では、宇宙物理学、特にマルチメッセンジャー・時間領域天文学からコンパクト天体の多様性とその起源を解き明かすことを目指している。



天文学教室では、研究室単位より全体で花見や芋煮会などのイベントが開かれる場合が多いが、榎山研究室ではときどきこ焼きパーティー（写真右）が開かれたり、駅伝大会やマラソン大会に出場することもあるそう。左の写真は、今年6月に出場したたまねぎリレーマラソンチーム。部門順位3位の成績を残した。



榎山研究室は、榎山先生が着任した2022年より始動した比較的新しい研究室である。現在は後期課程3名、前期課程2名の学生が所属している。写真は定例進捗会の様子。進捗会では毎回活発な議論が繰り広げられている。

高エネルギー現象からコンパクト天体の形成を探る

MESSAGE

いわゆるAIの進展目覚ましい今日この頃、知る、学ぶ、考える、といった私たちの活動の根っこの意味が揺さぶられているように感じています。私たちおじさん、おばさんは「今まで」と「これから」の変化の激しさにあたふたしていますが、はじめてから激動の荒波に揉まれている皆さんには、私たちに想像もできない形で未来を拓き、泳ぎきる力が備わっていると思います。どうか自分の近くにあるわからないことを誤魔化さず、わかることを楽しんで。



榎山和己研究室
榎山和己 准教授

「榎山研究室は自主性が強く、自由に楽しく取り組めそうなおところに魅力を感じました。『好きなことをやる』ということはずごく重要で、今惹かれるものを突き詰めていくことで、結果的に納得できるような進路に進めるのではないかと思います。」（加藤さん）
「高校生活は一度きり。勉強でも部活でもなんでもいいので、やりたいことをやっておくことをおすすめします。」（仲間さん）
「榎山研究室は自主性が強く、自由に楽しく取り組めそうなおところに魅力を感じました。『好きなことをやる』ということはずごく重要で、今惹かれるものを突き詰めていくことで、結果的に納得できるような進路に進めるのではないかと思います。」（加藤さん）
「高校生活は一度きり。勉強でも部活でもなんでもいいので、やりたいことをやっておくことをおすすめします。」（仲間さん）

天文学教室 HP
<https://www.astr.tohoku.ac.jp/>

ブラックホールや中性子星、白色矮星など、通常の恒星に比べ質量に対してサイズが非常に小さく・高密度な天体、いわゆる「コンパクト天体」が、いつ、どこで、どのようにして形成されたのか。榎山研究室では、コンパクト天体が起こす超新星爆発現象や潮汐破壊現象などの高エネルギー現象を手がかりに、特にマルチメッセンジャー観測手法を用いて理論的に研究を行っている。
加藤さんは、2つの白色矮星が合体を起こした際、どのような進化を遂げ終焉にどのような天体を残すのかという問題を、観測や数値計算を通して明らかにするという研究を行っている。
仲間さんは、潮汐破壊現象を手がかりにして、宇宙の大質量ブラックホールの成長を理解するための研究を行っている。星が大質量ブラックホールに近づきすぎた際、星が引き裂かれる（潮汐破壊される）。その際にガスが光ることで、普段は暗く観測が難しいブラックホールの存在を捉えることができる。
榎山研究室では、高エネルギー天体物理学に関し、学生各々が気になった素朴な疑問を研究テーマにして取り組んでいる。加藤さん、仲間さんは、榎山先生が物理を心から楽しんで



博士課程前期2年
加藤数麻さん(右)

博士課程後期2年
仲間可南子さん(左)

2026年7月29、30日に開催しました！

オープンキャンパスは、東北大学理学部に入学を希望されている皆さんをはじめ、「大学ってどんなところ？」と興味を持った方に、キャンパスライフを疑似体験していただくイベントです。2026年は7月29、30日に開催しました。オープンキャンパスに参加して「大学のスケールの大きさ」と「研究の楽しさ」を実感してください。東北大学理学部ではさまざまなプログラムを用意して皆さんをお待ちしています！



2026年度オープンキャンパスの様子。

東北大学理学部
オープンキャンパス



世界最先端の研究に触れてみませんか？

「ぶらりがく」とは、東北大学理学部・理学研究科が企画・運営している公開講座・キャンパスツアーなどの名称です。科学に関するさまざまなトピックを学び、普段は入ることができない研究室を見学するイベントです。

「ぶらりがく for ハイスクール」は、高校生を対象とした比較的高度な内容の公開講座です。オープンキャンパスとは違った角度で、参加高校生に東北大学理学部・理学研究科が推進している最先端研究について深く触れてもらい

ます。北は北海道、南は沖縄県まで、全国各地から毎年たくさんのお申込み・ご参加をいただいております。次回開催をお楽しみに！



2026年3月開催の様子。

ぶらりがく
for
ハイスクール



開催希望校随時受付中！

「大学ではどんなことを学んでいるの？」「大学での生活は？」「仙台での過ごし方は？」など高校生・高専生の疑問に、東北大学理学部・理学研究科の大学生・大学院生がオンライン上で丁寧にお答えします。お手持ちのスマートフォン、タブレット、パソコンから、ご参加いただけます。交流会をご希望の高等学校・高等専門学校の教員の方は東北大学理学部 Web をご確認ください。



高校生・高専生と東北大生の
オンライン交流会



MY LIFE 1



研究室の同期とのご飯の様子です。

MY LIFE 2



大学祭では、所属するバンドでステージ演奏を行いました。

MY LIFE 3



アルバイト先のパスタ屋さんでの打ち上げの写真です。

STUDENTS VOICE 在学生インタビュー

私が東北大学理学部を選んだ理由

山下達也さん 化学科4年

岩手県立盛岡第一高等学校出身。現在は無機化学系の研究室に所属し、日々実験に励んでいます。趣味は中学生から続けている打楽器演奏で、学友会吹奏楽部と軽音楽部を兼部しています。仲間に恵まれ、大学生活でも様々な演奏会に参加し音楽活動に取り組んでいます。

東北大学理学部を志望した理由は？
幼少期から理科や実験が好きで、中学・高校と進学するにつれて化学反応の奥深さに魅力を感じるようになりました。特に、「自身は姿を変えずに周囲の反応を加速させる」という触媒の不思議な性質に強く惹かれ、研究してみたいと考えようになりました。地元が岩手県ということもあり、漠然と東北大学を意識していましたが、調べる中で研究設備が充実し、触媒研究が盛んな環境だと知り、理学部化学科へ進学したいと強く思うようになりました。

高校時代はどのように過ごしていた？

高校三年生の秋に吹奏楽部を引退するまで連日練習があったため、勉強と部活動の両立を意識し、テスト期間や受験期は夜遅くまで学外の図書館で勉強していました。勉強時間が限られる時ほど、学校の課題に丁寧に取り組む、授業での疑問点はすぐに友人に質問するなど効率良く勉強することを心がけていました。思うように勉強が進まない時期も多々ありましたが、計画をその都度見直すとともに、友人との会話で元気をもらい、乗り越えることができました。

高校時代の私



写真は吹奏楽部の定期演奏会の様子です。コンクールにも毎年出場し、高校2年生の時には地区・県大会共に金賞を受賞することができました。先輩・後輩と同じ目標に向かって努力した経験は、受験勉強の大きな糧となりました。高校時代の思い出があるからこそ、大学生の今でも意欲的に音楽に取り組めると感じます。

今後の進路は決めてる？

化学反応や触媒についての知識・技術を深めたいため、大学院修士課程へ進学予定です。将来は研究職に就き、自身の手で新しい触媒をデザインすることで、社会の様々な課題解決に役立つ技術の開発に貢献したいと考えています。

研究成果発表

世界がおどろく、新しい発見を。

01

ナノサイズの「磁気の渦」の正体を解明

— 次世代・超省電力メモリ実現へ新たな設計指針 —

概要

スキルミオンは、電子のスピン（小さな磁石）（注1）が渦巻状に並んだ特殊な構造（図1a）で、一度できると壊れにくく、しかもごくわずかな電流で動かせるという優れた性質を持つことから、次世代の超低消費電力メモリや情報デバイスの切り札として注目されています。これまでスキルミオンの形成には、結晶構造に表と裏の区別がある特殊な環境が必要であると考えられていました。しかし近年、これまでの常識では説明できない材料から、直径わずか約2ナノメートルという「世界最小級」のスキルミオンが発見され、世界的な注目を集めています。特にEu(GaAl)₄という材料は、磁場によってスキルミオンの並び方が菱形から正方形へ変化する珍しい性質を持ちますが（図1b、c、d）、なぜこれほど小さくなるのか、なぜ並び方の形まで変わるのか、その根本原因は分かっています。

東北大学と京都産業大学の共同研究グループは、放射光（注2）施設フロンファクトリーを利用した角度分解光電子分光実験（注3）を行い、Eu(GaAl)₄の内部を動く電子の状態を精密に観測しました。その結果、ガリウム（Ga）をアルミニウム（Al）に置き換える過程で、特定の組成において新たなフェルミ面（注4）が出現する「リフシツ転移（注5）」を発見しました（図2）。新たに現れたフェルミ面が、スキルミオンの有無や大きさ、並び方を決定していることを突き止めました。これは、伝導電子がスピンの向きを揃えるスピン・相互作用（注6）が、極小スキルミオンの形成と多様性をもたらすことを示しています。この成果は、電子状態を変化させることでスキルミオンの大きさや形状を自在に設計・制御できる可能性を示したものです。本研究成果は、2026年4月13日に科学誌 Nature Communications に掲載されました。

詳細な説明

【研究の背景】

現代の情報社会を支えるハードディスクなどの磁気記録デバイスには、さらなる大容量化と省電力化が求められています。その鍵として期待されているのが「磁気スキルミオン」（図1a）です。スキルミオンは粒子のような性質を持ち、安定して存在でき、非常に小さな電流で動かせるため、情報の運び手として理想的な性質を持っており、超高密度・省電力磁気メモリなどへの応用が期待されています。

これまで、スキルミオンの形成にはDM相互作用（注7）という、中心対称性のない（表と裏の区別がある）結晶構造に特有の力が重要であるとされてきました。しかし近年、この力が生じないはずの中心対称な材料でもスキルミオンが形成されることが分かり、従来の定説を覆す発見として大きな注目を集めています。さらに、この新型のスキルミオン材料について、スキルミオンの大きさが従来の10分の1以下と小さいことや、並び方を磁場によって変化させられることなど、特異な性質が次々と明らかになってきました。このようなさまざまな特徴を説明するモデルの解明が重要な課題となっています。

【今回の取り組み】

今回、東北大学大学院理学研究科の新井結喜大学院生、中山耕輔助教、材料科学高等研究所（WPI-MRI）の佐藤守史教授らの共同研究グループは、中心対称な結晶構造を持ちながら、低温で複数の極小スキルミオン相（菱形格子および正方格子）を示す希少な材料であるmG₂とその関連物質m(GaAl)₄（図1b）に着目しました。そして、この材料の複雑な磁気状態の起源を解明するため、物質内部の電子のエネルギーと運動量を直接観測できる軟X線角度分解光電子分光（SARPES）を実施しました。その結果、mG₂のGaをAlに置換していくと、

放射光の用途も広く、材料科学、デバイス開発、環境科学、医学、生物学、考古学、科学鑑定など多くの分野で、物質、材料、化学物質、生物、食物などについて、原子や分子の構造や元素の状態の精密な分析が行われている。

（注3）角度分解光電子分光（SARPES）

結晶の表面に紫外線などの強力な光を照射して、外部光効果により結晶外に放出される電子のエネルギーと運動量を同時に測定することで、物質中の電子の状態を観測する実験手法である。紫外線よりも波長の短い軟X線を結晶に照射すると、紫外線を照射した場合よりも物質の内部深く（バルク）の電子状態を決定することが可能になる。この手法をバルクSARPESと呼ぶ。

（注4）フェルミ面

物質中の電子は、最もエネルギーが低い量子状態から順に占有する。順に全ての電子を埋めていった際の電子の存在する領域と存在できない領域の境界のエネルギーをフェルミエネルギーと呼ぶ。そのエネルギーにおける運動量空間での電子分布がフェルミ面である。

（注5）リフシツ転移

金属において、フェルミ面のトポロジーが劇的に変化する（フェルミ面が出現・消失したり、つなぎかえが起きたりする）現象である。この転移に伴って、超伝導などの性質が大きく変化する例が報告されている。しかし、スキルミオンの出現とリフシツ転移の関係はこれまで未解明であった。

（注6）スピン相互作用

Ruderman-Kittel-Yosida-Ferromagnetic Resonance (RKKY) 相互作用の略称。結晶構造の中心対称性が破れた物質において、隣り合う電子スピンの向きを揃えるように働く力である。この力がスキルミオンの形成に重要であると考えられている。

（注7）DM相互作用

Dzyaloshinskii-Moriya 相互作用の略称。結晶構造の中心対称性が破れた物質において、隣り合う電子スピンの向きを揃えるように働く力である。この力がスキルミオンの形成に重要であると考えられている。

（注8）らせん磁性

磁気秩序の一種で、隣り合うスピンがらせん状に回転しながら配列する。スキルミオンと同様に、中心対称性のない結晶では、DM相互作用がらせん磁性を安定化させることがこれまで分かっていた。

Gaの40%ほどをAlで置換した時点で電子の世界に突然「新しい通り道（フェルミ面）」が出現する「リフシツ転移」という現象を観測しました（図2）。さらに、この電子状態の変化を境にして、スキルミオンやらせん磁性（注8）が一斉に現れることを発見しました。さらに、詳しい解析の結果、フェルミ面を特定の方向に移動させた際、新たに現れたフェルミ面が「重なりやすい（ネステイング）」性質を持つていることを示し（図3）、この重なりやすさと方向こそが、スキルミオンのサイズや並び方を決める「設計図」そのものであることを明らかにしました。これは、従来の常識であったDM相互作用とは異なる仕組みとして、伝導電子が仲介するスピン・相互作用が、極小スキルミオン誕生の鍵であることを示す決定的な証拠です。

【今後の展開】

今回の発見により、電子状態を「操作」することで、狙ったサイズ・狙った形のスキルミオンを戦略的に創り出せる道が拓けました。今後は本研究で示した指針に基づき、組成や構造を精密に制御することで、より微小で高温動作可能なスキルミオン材料の創製が加速すると期待されます。

用語説明

（注1）スピン

電子が持つ、自転に由来した磁石の性質をスピンと呼ぶ。一般的な磁石（強磁性体）では、スピンの向きが一方に向った状態になっている。一方、磁気スキルミオンでは、スピンの向きが渦巻状になっている。

（注2）放射光

円形の加速器内を周回運動する数GeV（ギガ電子ボルト）の高いエネルギーを持つ電子が、磁場によって軌道を曲げられたときに発生する指向性の高い電磁波を放射光と呼ぶ。赤線から可視光（ヒトが見えることのできる光）、紫外線、X線、γ線に至るまでの、幅広い波長の電磁波が加速部から発生される。そのため、

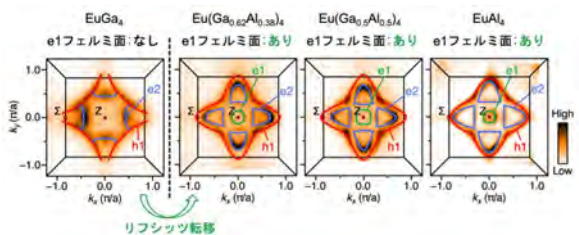


図2 Eu(Ga,Al)₄においてSX-ARPESを用いて観測したフェルミ面の組成依存性。EuGa₄では青線（e2）と赤線（h1）の二種類のフェルミ面のみ存在するのに対して、GaをAlで置き換えた物質では、緑線（e1）フェルミ面が新たに出現する。このようなフェルミ面の変化をリフシツ転移と呼ぶ。

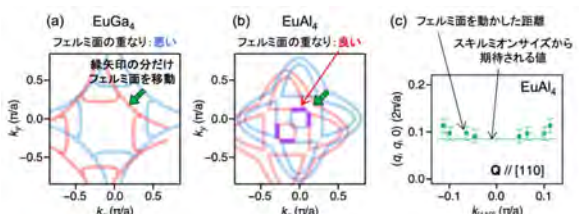


図3 (a) EuGa₄で観測したフェルミ面（青線）と、それを緑矢印の分だけ平行移動させたもの（赤線）。(b) EuAl₄で観測したフェルミ面（青線）と、それを緑矢印の分だけ平行移動させたもの（赤線）。紫色で示した部分で両者が良く重なっている（ネステイングしている）。(c) (b)中でフェルミ面が重なるように動かしした距離（緑丸＝緑矢印の長さ）と、スキルミオンの大きさを期待される移動距離（緑点線）の比較。両者が一致していることは、フェルミ面の重なりがスキルミオンの大きさを決めていることを示している。

論文情報

【雑誌名】 Nature Communications

【タイトル】 Origin of multiple skyrmion phases in EuAl₄

【著者】 Yuki Arai, Kosuke Nakayama*, Asuka Honma, Seigo Souma, Daisuke Shiga, Hiroshi Kumigashira, Takashi Takahashi, Kouji Segawa*, and Takafumi Sato*

*責任著者 東北大学大学院理学研究科 助教 中山耕輔、京都産業大学理学部 教授 瀬川耕司、東北大学材料科学高等研究所 教授 佐藤宇史

【DOI】 10.1038/s41467-026-71020-y

研究成果発表

世界がおどろく、新しい発見を。

02

ナノ厚の非磁性体が超伝導を抑制する現象を発見 — 磁石を用いない次世代超伝導デバイスの基盤技術として期待 —

概要

次世代超伝導量子デバイスでは、超伝導のオンオフを制御できる技術が重要です。東北大学大学院理学研究科の関根幹人大学院生（現東北大学金属材料研究所・理学研究科兼任）、福村知昭教授（同大学材料科学高等研究所（WPI-MRI）兼務）らの研究グループは、岩塩構造を持つ希土類一酸化物の単結晶薄膜作製技術を活用して、重い電子系である一酸化セリウム（CeO）と超伝導体である一酸化ランタン（LaO）の二層膜を作製しました。通常、超伝導を壊すためには磁石（強磁性体）の磁気的な性質を利用するのが一般的ですが、本研究では磁石の性質を持たない（非磁性）CeOが、隣接するLaOの超伝導を極めて強力に抑制する「対破壊近接効果」を持つことを明らかにしました。この発見は、磁気の影響を排除したい微小な超伝導デバイスの制御において、新たな設計指針を与えるものです。

本研究成果は、日本時間2026年7月10日に、学術誌ACS Nanoに掲載されました。

詳細な説明

【研究の背景】次世代の計算機として期待される量子コンピュータや超伝導スピントロニクスにおいて、超伝導状態（注1）をナノスケールでオンオフ制御（破壊・スイッチング）する技術は不可欠です。これまでは、超伝導体と強磁性体を組み合わせる手法が主流でしたが、特に微小な素子では、強磁性体から発生する「漏れ磁場（浮遊磁場）」が周囲の素子に干渉するという課題がありました。研究グループは、強い電子相関を持つ「重い電子系」（注2）に着目しました。重い電子系は磁性と密

接に関係しながらも、必ずしも磁石の性質を持つとは限りません。これを高品質な界面（ヘテロエピタキシャル界面）で超伝導体と接合を作製することで、超伝導に及ぼす影響を調べました。今回用いた、重い電子系物質のCeOと超伝導体LaOは、研究グループが初めて合成した物質です。

【今回の取り組み】

本研究では、パルスレーザー堆積法を用い（図1）、酸化物基板上に岩塩構造（注3）のCeOとLaOを原子レベルで平坦に積み重ねた二層膜を作製しました（図2）。これらの物質は単位格子の大きさも近いいため、二層膜の界面は原子レベルで平坦と考えられます。（図2）その結果、単一のLaO薄膜は約5 Kで超伝導を示しますが、CeO（約5 nm厚）を積層したLaO（約20 nm厚）では、0.025 Kという極低温まで冷やしても超伝導が全く現れませんでした（図3）。また、磁気測定によると、このCeOは常磁性のため強磁性（磁石の性質）を示しません。つまり、磁気によるものではなく、CeO内の強力な電子相関や大きな有効質量を持つ電子が、LaO内の超伝導電子対をバラバラにする「対破壊効果」（注4）を引き起こしていると考えられます。

【今後の展開】

本成果により、磁石を使わずに超伝導を完全に抑制できることが実証されました。CeO/LaO接合は、次の4つの利点を備えています。①数ナノメートル厚のCeO層が隣接するLaO層の超伝導を抑制できます。②磁化の履歴（ヒステリシス）や外部磁場の影響を受けにくいため、外部環境の変化に強く、信頼性も高い素子が可能になります。③周囲の素子に悪影響を及ぼさないため、超伝導マイクロ・ナノデバイスや、高集積な量子回路、

そして量子コンピュータの新たなプラットフォームとしての活用が期待されます。④ナノ厚のCeO層の積層で、最大20 nm厚のLaOの超伝導を完全に抑制できるため、素子の特定の領域だけ超伝導をオフにするといった精密な制御に役立ちます。

用語説明

- （注1）超伝導
金属、合金、化合物などの温度を下げていくと、ある種の物質で電気抵抗がゼロ（ゼロ抵抗）になる現象。超伝導転移温度よりも低い温度で超伝導状態になる。超伝導状態では電子がペア（クーパー対）を組んで電流が流れる。電子が磁場印加や温度上昇等でペアを解消すると、超伝導が壊れる。
- （注2）重い電子系
電子同士の強い反発力（電子相関）により、電子の有効的な重さが通常の100倍〜1000倍にもなったかのように振る舞う物質系。
- （注3）岩塩型構造
食塩（NaCl）と同じ結晶構造。CeOやLaOなどの希土類一酸化物は、この単純な構造により高品質な接合を作りやすいという特徴がある。
- （注4）対破壊近接効果
異なる性質の物質を接合した際、一方の性質が他方に浸み込み、超伝導の原因となる電子対（クーパー対）が壊される現象。

岩塩構造一酸化物の薄膜



図1 パルスレーザー堆積法の概略図。紫外（エキシマ）レーザーでLa金属を瞬間的に蒸発させると、微量の酸素を供給することで、単結晶基板の上に岩塩構造LaOの薄膜が形成する。続いてCe金属を蒸発させると、LaOの上にCeOの薄膜が形成し、二層膜ができる。

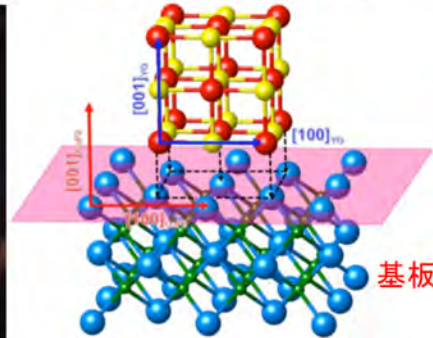


図2 CeO/LaO 二層膜の結晶構造。LaOとCeOは同じ岩塩構造をもち、両者の格子定数が近いいため、LaOとCeOの原子配列がそろった。したがって、LaOとCeOの界面が原子レベルで平坦になる。

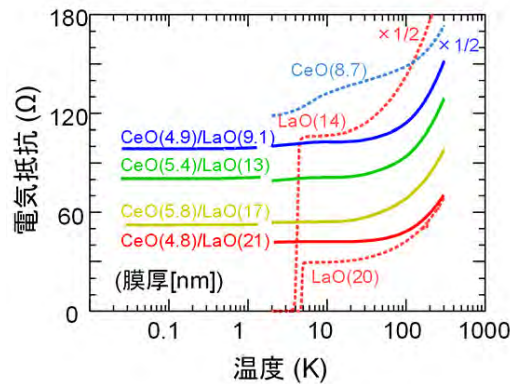


図3 層厚の異なるCeO/LaO二層膜（実線）、LaO薄膜（赤破線）、およびCeO薄膜（青破線）の電気抵抗の温度依存性。LaO薄膜単独では約5 K以下はゼロ抵抗状態を示すが、二層膜ではゼロ抵抗状態を示さず、有限の抵抗のままである。

論文情報

【雑誌名】ACS Nano

【タイトル】Fully Suppressed Superconductivity in Nonferromagnetic Heavy Fermion/Superconductor Bilayers: Rocksalt-type CeO/LaO

【著者】Mikito Sekine, Masamichi Negishi, Satoshi Sasaki, Hidetatsu Yoshimura, Noriaki Kimura, *Tomoteru Fukumura

*責任著者：東北大学大学院理学研究科化学専攻・材料科学高等研究所 教授 福村知昭

【DOI】10.1021/acsnano.6c00792

最先端の実験から学ぶ「相対論」

〔教えてくれた先生〕

市川 裕大 准教授(物理学専攻)

高校で物理を学んでいる皆さんは、公式を覚えて計算問題を解くことに一生懸命になっているかもしれませんが。高校物理で習うニュートン力学は、ボールの軌道から惑星の運動までを正確に記述できる素晴らしい理論です。しかし、大学で学ぶ物理学は、単に公式を当てはめて正解を出すことではありません。「なぜその法則が成り立つのか」という根本的な原理を深く考え、自然界の真理を論理的に紐解いていくことが求められます。そして時には、私たちが日常生活で培ってきた「常識」や「直感」を根本から疑うことも必要になります。

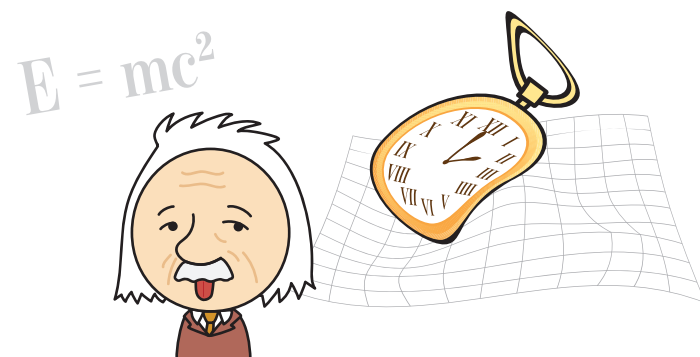
その最も象徴的な例が、私が担当する講義「相対論」で扱う「相対性理論」です。アインシュタインが提唱したこの理論に対し、皆さんは「宇宙やブラックホールなど、はるか遠くの抽象的な話」というイメージを持っているかもしれません。しかし、加速器を使って原子核実験(ハドロン物理)を行っている私にとって、相対論は日々「現場で体感する」リアルな現象です。

私は普段、国内の J-PARC や海外の RHIC-STAR といった大型加速器を用いて実験を行っています。光の速さに近いスピードで粒子が飛び交う加速器実験では、相対論と常に隣り合わせです。例えば、J-PARC の二次粒子ビームラインでは、電磁石を使って特定の運動量を持つ粒子を選び出します。このとき、相対論的な効果によって質量ごとに速さの差が生じるため、

オンロスコープで到着時間の差を見るだけで、 π 中間子、K 中間子、陽子といった粒子の違いを鮮やかに「味わう」ことができるのです。目にも止まらぬ速さで飛ぶ極微の粒子の性質が、手元の波形として見えた瞬間の感動は格別です。そもそもハドロン実験の最前線では、相対論の知識なしには得られたデータの解析すら成り立ちません。

「動いている人の時間は遅く進む」「動いている物体は進行方向に縮む」といった、直感に反する不思議な現象。これらは単なる頭の中の空想ではなく、実験室で実際に起きている現実なのです。「相対論」の講義では、このような直感に反する世界を、数学という厳密な言葉を使って一つひとつ論理的に解き明かしていきます。数式が意味する物理的な背景を想像し、実験の現場で起きている現象と結びつけて深く理解していく過程は、知的な興奮に満ちています。

大学の講義を受けるうえで大切なのは、「なぜだろう?」という知的好奇心と、知識をただ鵜呑みにするのではなく、自ら問いを立てて深く探求する柔軟な姿勢です。高校生の皆さん、ぜひ今のうちから「当たり前」を疑う視点を大切にしてみてください。皆さんが大学に入学し、黒板の上の数式が最先端の実験と結びつく瞬間や、これまでの常識がひっくり返るような物理学の面白さを、共に教室で味わえる日を楽しみにしています。



通信インフラ企業勤務

渡辺 詩文 さん

東京都出身。2019 年東北大学理学部地球科学系入学。東北大学大学院理学研究科地学専攻博士課程前期修了。現在は通信インフラの会社にて、地方自治体の DX 推進を担当。

研究で培った力を、 地方創生へつなぐ

大学時代に磨いたスキルを
発揮し、地域発展に貢献する

現在は通信インフラの会社に勤めており、地方自治体の DX 施策や課題解決支援に携わる部署に所属しています。私のチームは実際にお客様から細かく実態と希望を聴取し、最適な業務設計と一緒に考えて実施していくコンサル業務をしています。

東日本大震災の原発事故を機に、地域が持続的に発展できるような街づくりがしたいと考えるようになり、今の会社を選びました。実際入社してみても、自治体による DX 化の方針や進捗に大きくばらつきがあることに驚きましたが、自分がその推進に関わることができることにやりがいを感じています。

大学で培った本質を追求する力、資料作成力、発信力は今の仕事で大きな強みになっています。疑問を持つことを大切に、わからないことを放置しないよう積極的に理解を深める習慣は、理学部で学んできたからこそ身についたと思います。授業や発表に向けて、物事の要点を的確につかんで見る人がわかりやすいように資料にまとめる力を得たことは、私の大きな強みになりました。どうしたら目の前の相手に伝えられるかを考え、練習し、発表する力も、研究室でたくさん発表の機会をいただいたことで磨かれました。

した。
今後のキャリアとして、防災に特化した街づくり支援に携わってみたい気持ちがあります。また、経営戦略を考える部署にも興味があり、さまざまな業務に挑戦できるようっと力をつけていきたいです。

知りたい、やりたいを貫いた
大学時代

さまざまな面で充実していた大学生活ですが、思い出深いのは研究です。

特に、指導いただいた先生には大変お世話になりました。研究方針を押し付けられたり突き放されたりすることがなく、研究について一緒に考えていただきました。たくさん先生と議論をし、同期と研究の話や雑談をした思い出の部屋で卒業式の日に撮った写真は、今も見返すたびに懐かしい気持ちでいっぱいになります。

そんな先生のご指導のおかげで、2 度参加した学会ではポスター賞と口頭優秀発表賞をそれぞれ受賞することができました。国際誌に論文投稿することもでき、このような結果を残せたことは私にとって大きな自信にもなりました。

総合大学であるという利点を活かして、高校生のときから興味のあった学芸員の資格も取得しました。文系理系関係

なく学部を横断した講義を受けることができ、文系や留学生の友人もできてとても楽しかったです。
知りたいこと、やりたいことに対する純粋な気持ちをぜひ大事にしてください。小さな疑問を一緒に考えて楽しく話せる仲間ができる場所がきっとあると思います。



先生と同期と卒業式後に話しました。研究に向かう姿勢を誉めていただいても嬉しかったです。

高校生・受験生向け

東北大学理学部 LINE 公式アカウント 友だち募集中

東北大学理学部・理学研究科では、高校生・受験生の皆様向けに、LINE 公式アカウントを開設しています。研究者や在学生からのメッセージ、イベント案内など、お役立ち情報を配信しておりますので、ぜひ友だち追加をしてご活用ください！また、保護者様もぜひご登録ください。

1

QR コードを読み取って友だち追加！



2

「ID 検索」から追加！

- ① LINE アプリのメニュー「友だち追加」から「ID 検索」を選択。
- ② 「@231wfszn」と入力の上え検索。
- ③ 「東北大学理学部（受験生向け）」を友だち追加！

東北大学理学部・理学研究科 Web サイト



東北大学理学部の基本情報や研究成果、イベント情報など最新情報はこちらをご覧ください。



東北大学理学部・理学研究科 YouTube 公式チャンネル



東北大学理学部キャンパスの様子や研究室の動画をアップしています。どんな研究を行っているのか、環境はどうかが見えたらぜひ見てみてください！



東北大学理学部
MAGAZINE vol.10

2026 年 9 月 30 日発行

東北大学理学部・理学研究科 広報・アウトリーチ支援室
〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3
TEL: 022-795-6708 E-mail: sci-koho@mail.sci.tohoku.ac.jp

バックナンバーは
こちら

