

問題解決能力と広い視野を持ち、社会の様々な場面で活躍できる人材を育てます。



グローブボックスを用いた不活性ガス中での原材料の秤量準備



海外研究機関との共同研究への参加 (TAE Technologies, Inc.)

研究を通し、社会の様々な分野において活躍できる研究者・技術者・教員を総合的に育成します。

本専攻は、1963年の創設以来、産業、教育、研究などに貢献する多くの人材を養成しています。教育・研究組織は専門基礎から最先端の知識までを取得できるように構成され、研究指導と併せて自立した研究者および高度専門技術者を総合的に育成しています。研究分野は、理論系では素粒子、宇宙物理、物性物理、統計物理、科学史、数理情報、物理教育など。実験系では、核融合、プラズマ、量子ビーム、超伝導、磁性、半導体、生物物理など多彩です。これまで多数の博士(理学・学術)そして修士(理学)を輩出し、幅広い分野における研究者やエンジニア、中学・高等学校の教員として活躍しています。

専攻の特色

大学院生を対象とした様々な奨学金制度があり、勉学をバックアップしています。日本学生支援機構奨学金、日本大学奨学金、日本大学理工学部奨学金、物理学専攻のみが対象の蔵田奨学金、地方公共団体奨学金、民間育英団体奨学金など、多岐にわたります。*詳細はお問い合わせ下さい。

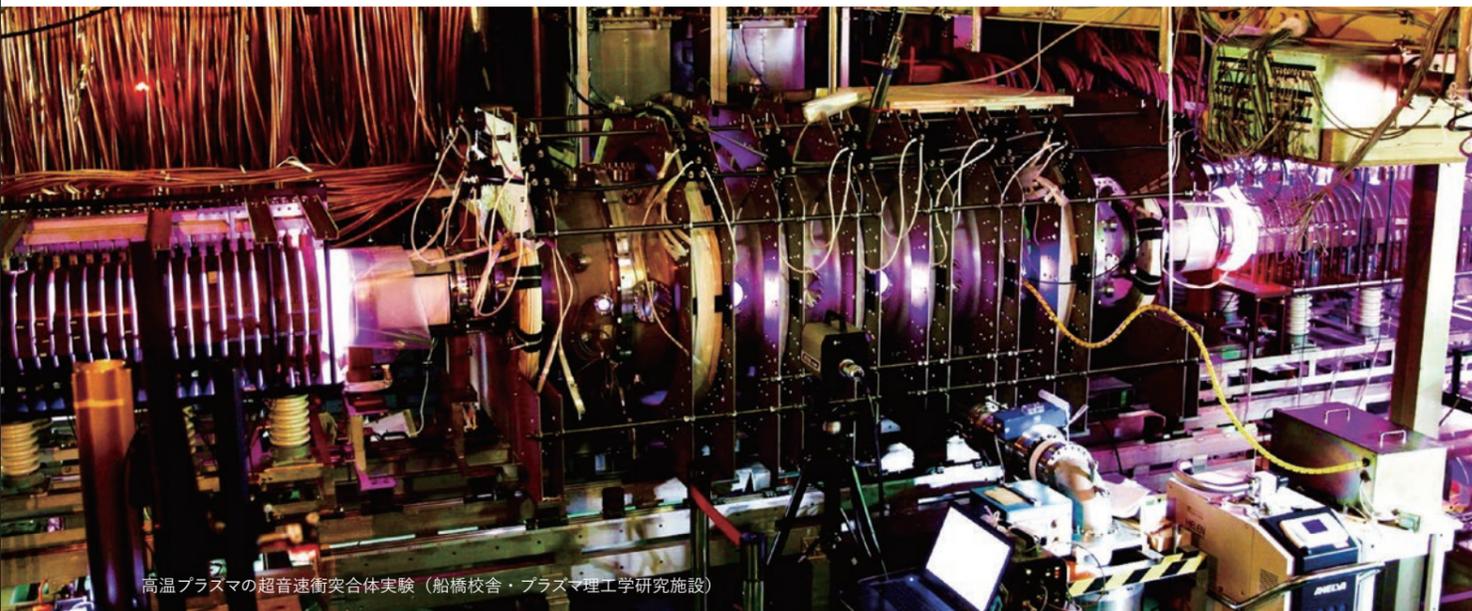
研究環境の充実

研究対象は、大きく理論物理学と実験物理学に分かれます。特に素粒子論、核融合、超伝導の研究に伝統があり、本学独自の実験装置を用いた先端的な研究も行われています。多彩な研究分野の中で専門性を自ら深く学ぶ姿勢と共に、広い視野で物事を捉えることができる人材を育成しています。

各種支援制度の充実

幅広い分野で活躍する修了生

物理学は理工系分野の基盤であり、就職先が製造、情報、サービス、教員、公務員など多分野にわたるのも特徴です。現代社会が必要としているのは、新しいことを創り出す原動力である「物理学的思考」です。物理学を学ぶことで、希望する職種に就職できる可能性が高まります。



高温プラズマの超音速衝突実験 (船橋校舎・プラズマ理工学研究施設)



物理分野の専門書を多数蔵書

活躍する修了生

― 教員や公務員として社会に貢献する ―

教育現場でも活きる研究経験

実験結果の理解やトラブルの対応などにおいて、基本原理に立ち返って検討し問題を解消していくという大学院での経験が、教育現場でも非常に役立っています。

生徒が直面する問題は、簡単に解決できないものが数多くあり、また、必ずしも答えのあることばかりではありません。原理に立ち返り、根本から現象を捉え直す、研究において身につけた問題解決の手順により、生徒たちが自分自身で、粘り強く自信を持てる解決策を見つけた手助けができています。また、自分自身が職務に向き合うにあたり、一度立ち止まって見直す際にも役に立っていると感じています。

研究を通して「物理学」と社会のつながりを知る

大学院ではプラズマの実験研究に携わり、測定データの分析や物理的な検証、装置の設計や計測器の開発など多くの研究活動を行い、学部で学んだ物理学がどのように他の理工系分野や社会と繋がっているかを認識することができました。座学が中心であった学部とは異なり、実作業や企業と連携した研究開発など、大学院へ進学しなければ得られなかった貴重な経験をしました。

適性を見極める猶予期間

所属した研究室では、中高大連携教育も活発に行われていました。自分の研究課題に取り組む一方で、大学レベルの内容を中学生にわかりやすく伝える経験は、進路や適性を考えるための大きな材料になりました。また、グループで取り組む実験研究により、成果を報告する習慣や有効な時間の使い方を学び、社会人への準備に役立ちました。

今後も大学院での研究を通じて得た大学との繋がりを大切に、生徒たちの様々な将来の夢に対応できる理科教育を心掛けていきます。

平山 泰行 さん

日本大学第一中学校・高等学校
理科教諭



― 物理を活用できる技術者になる ―

重要なのは大学での学びを仕事に活かすことでした

私は、実験と理論は両立できなければならないと思っています。効率よく実験をするために理論的な考察が必要であり、また理論的な考察をするために実験技術が必要なのです。

大学4年間で学んだ物理学の知識を、大学院進学後の研究の中で実践していくことで、身に付けた知識をどのように活用していくのかを学びました。

現在は、大学院で専攻していたプラズマ物理学を基盤とし、高電圧の電力系統に用いられるガス絶縁開閉装置に関する研究開発に携わっています。

物理学に関わる知識やスキルは、「考えながら実験をする」今の私の職務においても必要不可欠な要素であると実感しています。

江戸 貴広 さん

三菱電機株式会社
先端技術総合研究所
電機システム技術部



― 人類の夢を叶える研究者になる ―

研究者として実験や考察を重ね、世界をリードしていくことこそが私たちの使命

郷田 博司 さん 博士(理学)

TAE Technologies, Inc.
VP, Program Management /
Science Fellow

研究力をつけて羽ばたこう

アメリカ・カリフォルニア州南部の民間企業 TAE Technologies (旧社名 Tri Alpha Energy) に 2007 年から所属し、商用核融合炉の建設を目指して研究を進めています。ここでは、ITER (国際熱核融合実験炉) などの大型プロジェクトとは全く異なるコンセプトである磁場反転配位 (FRC: Field-Reversed Configuration) で高効率に高温プラズマを閉じ込め、これに中性粒子ビームを注入して追加熱や電流駆動を行うことで自己点火を目指す、実験的・理論的研究が行われています。現在は世界最大級の FRC 型実験装置 C-2W (通称 Norman) が稼働中で、私はその研究プログラム全体の統括を任されています。

この FRC は私の日大在籍中の研究対象であり、そのときに培った基礎知識や経験そして実績があったからこそ今の自分があると言っても過言ではないと思います。

私が核融合研究に取り組むきっかけとなったのは学部4年次の卒業研究でした。初めはプラズマ物理や核融合の基礎を学び、実際に実験的研究に携わることで専門知識や経験を徐々に積んでいきました。実験で用いる測定器開発、データ解析や物理的考察など、多くの課題に取り組み乗り越えました。そのときの達成感ややり甲斐が、大学院進学やその後の研究職へのモチベーションとなりました。大学院進学から学位取得までの5年間は、とても充実した日々であったという間に過ぎ去った気がします。

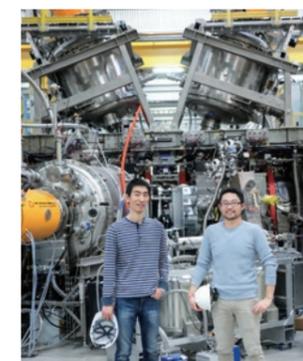
大学院では研究の質が向上するので、その研究成果を学外で発表し、他の研究者や学生らと交流し議論することが楽しみになりました。ただ当時は、海外での発表の機会や研究者との交流は限定的だったため、少ない機会を見つけては拙い英語でも積極的に交流することを心掛け、また語学力

向上にも努めました。その甲斐もあって、学位取得後にワシントン大学の研究職ポストに就くことができ、さらにその数年後には現職の TAE からオファーを頂きました。

学部生時代から思い描いていた海外での研究生生活は、大学院で養った研究力そして実績や人脈によって成し遂げられていると思います。現在は私自身がお世話になった出身研究室の大学院生に海外で研究・活躍できる場を提供すべく、TAE/日大で人材も含めた相互交流を行っています。共同研究により学術論文を発表したり、学位取得後 TAE で働く修士も出て来たことを嬉しく思います。今後も、世界で活躍できる大学院生が育つよう協力し続けられたらと思います。



プラズマ理工学研究室との共同研究。左から筆者、浅井教授、松本博士、留学中の大学院生。



筆者(左)と我々との共同研究で学位をとり現在 TAE, Sr.Scientist の松本匡史さん(右)

修了者の主な就職先

大学院修了後は、研究室の専門分野が反映された業種・職種へ就職する傾向が強くなります。プラズマ・核融合分野は重電や電機のほか、鉄道や気象関係など、物性では電気や材料関連企業、理論系では情報通信業への就職の割合が高くなっています。

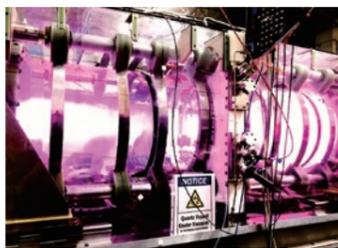
プラズマ・核融合	超伝導・物性実験・生物物理	理論系
University of California, Irvine / TAE Technologies, Inc.	フジクラ	NEC ネットズエスアイ
三菱重工業	古河電気工業	日本電子
三菱電機	日本フィルコン	東京瓦斯
日立製作所	TDK	ジャステック
ソニー	アルプスアルパイン	アクセンチュア
キヤノン	キヤノンアネルバ	伊藤忠テクノソリューションズ
トヨタ自動車	サンケン電気	宇宙技術開発
日本電気	日本電子	サイバーエージェント
明電舎	太陽誘電	船井総合研究所
富士電機	日本原子力研究開発機構	日立システムズ
東日本旅客鉄道	日本ケミコン	日本年金機構
ウェザーニューズ	日本電産	新宿区役所
気象庁	三菱電機ソフトウェア	埼玉県教育委員会
特許庁	富士通コンポーネント	東海大学付属浦安高等学校
日本大学第一中学・高等学校	京セラ	日本大学櫻丘高等学校

■ プラズマ物理学

浅井 朋彦

所属学会

米物理学会、日本物理学会、プラズマ・核融合学会、電気学会、ニセ科学と科学教育を考える会、日本工学教育協会、駿博会



プラズモイドの衝突実験

プラズマを理解し、応用する

宇宙空間に存在するプラズマと同等の極限的なベータ値(プラズマの熱圧力/磁気圧)を実現する磁場反転配位(FRC)プラズマを用い、高速な磁気リコネクション現象や無衝突衝撃波など、宇宙空間における観測が困難な天体現象を実験室内で再現・観測する、実験室宇宙物理学に取り組んでいます。また、FRCは高効率でコンパクトな核融合炉心を実現することから、米国TAEテクノロジー社や日大/筑波大発スタートアップのLINEA Innovations社と連携し、革新的核融合炉の実現に向けた実験研究を推進しています。

当研究室で開発したFAT-CM装置(p.2の写真参照)は、秒速600kmに達する宇宙プラズマ中の衝撃波から、高効率な核融合プラズマの閉じ込めまでを実現できる国内唯一の実験環境で、国内外から多くの研究者が訪れ研究に参加しています。また海外の連携先企業や大学に留学する大学院生も多数います。

この他、医学部・歯学部と共同で開発中のプラズマによるがん治療法や、産学連携によるダイヤモンド薄膜生成法の開発、宇宙推進やスペースデブリの処理をはじめとするプラズマの宇宙利用など、幅広い研究課題に取り組んでいます。

複合分野であるプラズマ実験では、装置や計測・データ解析にも独自のデザインやテクニックが必要です。大学院での研究で、装置設計やソフト開発など様々なスキルを身につけた修了生は、重工業や電機、光学メーカー等の研究・開発部門をはじめ、金融・コンサルや中学・高校の教員など様々な分野で活躍しています。

主な研究業績

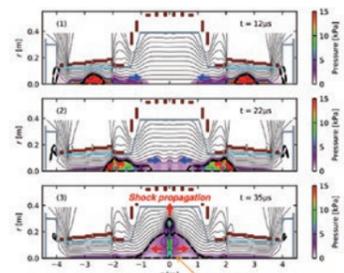
核融合分野では、IAEA核融合エネルギー会議やNuclear Fusion誌(T. Asai et al., NF 59, 056024 (2019) 等)、プラズマ物理ではPhysics of Plasmas誌(H. Itagaki, T. Asai et al., POF 21, 030703(2014) 等)、また、プラズマ応用分野では、Review of Scientific Instruments誌等(D. Kobayashi, T. Asai et al., RSI 89, 101111(2018) 等)を中心に成果発表を行っています。また、日本や米国、カナダなどにおいて最近10年で11件の特許を取得、このうちのいくつかは製品化され市販されています。

■ プラズマ物理学

小林 大地

所属学会

日本物理学会、米物理学会、プラズマ・核融合学会、電気学会、駿博会



(図) FRCの衝突・合体過程のシミュレーション結果

極限の高ベータプラズマの物理

プラズマの閉じ込めの効率を示すベータ値(プラズマの熱圧力と閉じ込め磁気圧の比)が最も高く、高効率な核融合炉を実現する可能性を秘めた磁場閉じ込めプラズマとして注目されている磁場反転配位(FRC)について、船橋校舎・プラズマ理工学研究施設に建設されたFAT-CM装置を用いて超音速衝突合体生成実験を行っています。

数マイクロ秒から数十マイクロ秒の時間スケールの衝突・合体時に生じる衝撃波形成や自己組織化的なFRC用の構造の再構築などの物理現象について検証するためには、高い時間分解能でプラズマの大域的な振る舞いと内部の局所的な情報の両方を得ることが重要です。これまでの研究で、装置外部の磁場計測と磁気流体物理学(MHD)シミュレーションを組み合わせることで、プラズマに対して侵襲的な計測器を用いることなく、これらを同時に得ることに成功しました(図)。また、プラズマ内部の磁場を計測するプローブや光学計測系などの各種計測器の開発やそのデータ解析にも携わっており、実験とシミュレーションの両方から研究に取り組んでいます。さらに、新たなアプローチの一つとして、FRCの衝突合体生成法とは別のプラズマの合体によるFRC生成法であるスフェロマック合体法との比較実験を提案・計画しています。この実験では、FAT-CM装置を改造し、同じ装置系・投入エネルギーで二つの合体生成法を比較し、衝突前のプラズマの性能や磁場構造の衝突・合体、緩和過程に対する影響を評価しようと考えています。

主な研究業績

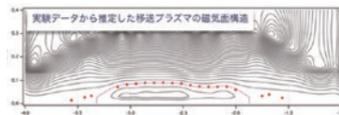
1. D. Kobayashi et al., "Experimental Evidence of the Super Alfvénic Acceleration of a Field-Reversed Configuration due to a Magnetic Pressure Gradient," Physics of Plasmas 28, 022101 (2021).
2. D. Kobayashi et al., "MHD Simulation of Supersonic FRC Merging Compensated by Non-Invasive Magnetic Measurements," Review of Scientific Instruments 92, 053515 (2021).
3. D. Kobayashi et al., "Energy Flow in Super Alfvénic/Sonic Collisional Merging Process of Field-Reversed Configurations," Plasma and Fusion Research 16, 2402050 (2021).

■ 核融合学

高橋 努

所属学会

プラズマ・核融合学会、日本工学教育協会



Aneutronic Fusionの実現をめざして

太陽や恒星を進化させる核融合反応を地上に実現し、地球環境とエネルギー問題を解決することが制御核融合研究の目標です。1950年代から世界で開始され、現在、2020年前後の実験開始を目標にトカマク方式による重水素-3重水素(Neutronic Fusion)の自己点火プラズマの閉じ込め実証を目指す国際熱核融合炉(ITER)とJT-60SAの建設が進められています。重水素-3重水素による商業炉には、炉のコンパクト化と核融合反応の結果生じる中性子による炉材料の放射化問題の解決が重要となっています。物理学科では、日本の核融合・プラズマ研究の発祥地の一つとして、これまで核融合への応用を目指したトカマク方式以外の様々なプラズマ閉じ込めの研究が進められてきました。

核融合科学研究室では、プラズマ理工学研究室と連携をとりながら、トカマク方式よりベータ値(磁場の利用効率)が非常に高い、磁場反転配位(FRC)に代表されるコンパクトトロイド(CT)の生成、閉じ込めに関する実験的研究を物理実験A棟を中心に行っています。中性子発生が少なく、燃料サイクルとして放射性物質を使わない・発生しない重水素-ヘリウム反応、陽子-ボロン反応(Aneutronic Fusion)核融合炉の実現を目指し、閉じ込め特性改善の手法や計測装置の開発研究を行っています。これらの研究は、近年米国のベンチャービジネス会社において注目すべき成果が発表され、Natureなどにも取り上げられ注目を受けています。日本の研究拠点として研究施設・環境の充実を図っています。大学院生は、これらの研究活動を通して、物作りの実践、物理現象の解明やモデル構築力の体得、社会人基礎力を涵養し、修了時には、自立した科学者や技術者になることを目指しています。

主な研究業績

FRCやCTに関する成果は、主にPhysics of Plasmas (10), Nuclear Fusion (1), Journal of Physical Society of Japan (3), 電気学会論文誌A(3), Plasma Fusion Research (3), FEP (7), プラズマ・核融合学会誌(2)などに、プラズマ計測・装置に関してはReview of Scientific Instruments(5)などに発表しています。また、科学研究費などの補助金を獲得し低密度生成法(Y. Ohkuma, et al. N.F.38, 1501(1998)), 光学計測装置の開発(T. Takahashi, et al. RSI 75, 5205 (2004)), 移送速度制御(T. Fujino, et al. POPI3 012511(2006)), 移送プラズマの性質(Y. Matsuzawa, et al. POP 082504) など大学院生とともに行った成果も数多くあります。

■ 宇宙物理学

藤井 紫麻見

所属学会

日本天文学会、国際天文学連合、日本工学教育協会



八海山セミナーハウスの60cm反射式天体望遠鏡。ドーム内からも星がよく見えます。写真はおうし座のプレアデス星団(上)とヒヤデス星団(下)。

星の進化、宇宙の進化を考える

天体の構造や放射について数値シミュレーションを行っています。扱う天体は主に恒星、星間現象、銀河などで、なかでも恒星の爆発である超新星と、その爆発の残骸(超新星残骸、星間現象に分類されます)、さらに超新星が銀河におよぼす影響について研究しています。超新星は爆発のしくみにより大きく2つに分けられます。一つは、質量が大きな恒星の中心に鉄の核ができ、その核が重力崩壊する際に外層が爆発するもので、質量の違いによって、明るさや中心に残る核の性質なども変わって来ると考えられています。もう一つは、恒星の内部で核融合反応が暴走して星全体が爆発するもので、核融合反応のきっかけやその伝わり方によっていろいろなタイプがあると考えられています。研究では、超新星のモデルを使って主にエネルギー輸送のシミュレーションによって、天体からの放射(光)を求め、観測と比較してモデルの妥当性を検証しています。天体を調べるにはその放射を観測するしかないため、研究ではまず、天体がどのような放射を出すかを調べることにあります。

主な研究業績

超新星の内部は大変な高温高密度になり、激しい核融合反応によっていろいろな元素が作られます。そのうち特に量の多いコバルト56は放射性元素で、崩壊してX線やガンマ線を放出し鉄56になります。1987年の超新星では、このX線やガンマ線の観測から、超新星の内部で作られたコバルト56の量がわかり、さらには爆発のメカニズムを解明することができました。またこのX線やガンマ線をエネルギー源として可視光など他波長の光も放射されており、他の多くの超新星の可視光観測から、その内部構造や爆発のしくみを推定しています。

Oya, M. et al., SPIE Proceedings Vol. 9143, 10.1117/12.2055670 (2014).
藤井紫麻見, 観測制御, Vol. 37, No.2 (2013).

■ 宇宙物理学

岩本 弘一

所属学会

日本天文学会、日本物理学会



物理学で解き明かす宇宙の神秘

太陽などの恒星は核融合によりエネルギーを生成し光り輝いています。太陽は水素核融合によりヘリウムを合成している主系列星ですが、太陽よりもずっと重い星は、水素燃焼に続きヘリウム燃焼、さらに炭素、酸素の燃焼という具合に、より重い元素を合成していきます。最後に鉄の中心核が形成されると、鉄がもっとも安定であるため核融合はそれ以上進まなくなります。ところが、星は光やニュートリノを放射しながらエネルギーを失い続けるため、やがてプラズマの圧力により自身の重さを支えることができなくなり、重力崩壊をおこします。このとき、星の中心部は中性子星やブラックホールになり、外層部分は崩壊のときに発生する衝撃波により星間空間に放出され超新星爆発となると考えられています。また、光速に近い速さの相対論的ジェットからの放射と考えられるガンマ線バーストという現象もブラックホール形成や超新星に関連して起きていると推測されています。本研究室では、これらの現象を理論や数値計算により調べる研究を行っています。とくに超新星爆発の数値流体シミュレーション、超新星からの光やニュートリノ放射、爆発時の元素合成、重力崩壊の数値相対論シミュレーション、相対論的ジェットの形成過程などを研究しています。その他、ガンマ線バーストや宇宙初期におきたとされるインフレーション起源の重力波に関する研究も行っています。一般相対論、素粒子、プラズマ物理などを総動員し、宇宙の謎に挑んでいくことが、天体物理学の楽しさの一つと言えます。

主な研究業績

太陽の8倍から10倍程度の重さの星は電子捕獲反応(β崩壊の逆過程)によりニュートリノを放出して重力崩壊することを示しました。ガンマ線バーストに付随する超新星は普通の超新星の10倍ものエネルギーをもつ超新星であることを発見しました。Ia型超新星からのニュートリノ放射のエネルギーバクトルを計算しました。ガンマ線バーストからの重力波や高次元宇宙モデルにおけるインフレーション起源の重力波のスペクトルを計算しました。相対論的ジェットの加速を一般相対論的放射流体モデルによって調べました。

■ 宇宙物理学・数理科学

根来 均

所属学会

日本天文学会、日本物理学会



高エネルギー天体の観測的研究

ブラックホールや中性子星周辺の高エネルギー宇宙物理現象の観測的研究を行っています。ブラックホール周辺では、時間の遅れや空間の歪み、中心天体の回転による空間の引きずりなど、相対性理論から様々な現象が期待されています。そのような特異な現象を主にX線観測を通じて確かめようとしています。また、上記の天体が示す様々な強度変動や光速近くで飛び出すジェットと呼ばれる現象の原因の解明も重要な研究テーマです。そして、それらの研究を通じてブラックホール存在の直接証拠をつかむことが最終的な目標です。近年は、国際宇宙ステーションに搭載されている全天X線監視装置MAXIの運用と開発を他機関とともに進めており、特に、新天体の発見から世界への速報までを自動で行うシステムは本研究室の学生とともに一から開発してきました。新たな手法によるデータ解析やシステム開発を行うにはIT技術が必須であり、研究開発を通じて学生も手に職をつけてもらいたいと思っています。

主な研究業績

- プレスリリース: 「巨大ブラックホールの失われたスピン」(2010/03/08)
- 「全天X線監視装置(MAXI)によるX線新星(MAXI J1659-152)の発見について」(2010/09/29)
- 「巨大ブラックホールに星が吸い込まれる瞬間を世界で初めて観測」(2011/08/25)
- 「ブラックホールに落ち込む最後の1/100秒の解明へ」(2013/04/04)
- 「全天X線監視装置MAXIによる数千年に一度の史上最強のガンマ線バーストGRB 221009Aの検出」(2023/03/28)

スタッフ紹介

■ 科学史 雨宮 高久

所属学会
日本物理学会、日本科学技術史学会、日本科学史学会、日本計量史学会



物理学の歴史を調査・研究する

1955年にジュネーブで開催された第1回原子力平和利用会議の中で、議長であるホミ・J・バーバが「20年以内に制御核融合炉は実現する」と発言したことに端を発し、「未来のエネルギー源としての核融合」が一般に広く認識されることになりました。そして、日本でも1958年頃、当学科の核融合研究室をはじめとして、多くの大学や研究機関が核融合に関する研究を本格的に開始しました。日本の核融合研究は、同分野の先進国であるアメリカや旧ソ連と比べると約10年遅れて始まりましたが、現在では世界の研究をリードする立場になっています。当研究室では核融合科学研究所・核融合アーカイブ室と共同でプラズマ・核融合研究開発の歴史を調査・研究しています。最近では、長年核融合研究に従事してきた方々へのインタビュー（写真は吉川允二・元JAEA理事長のインタビュー）を通じて、現存する史料の補完作業も行っています。また、当研究室では、明治・大正・昭和時代の物理学教科書における記述を調査することで、欧米から導入された物理学の概念や単位の定着過程を研究しています。日本の物理学を含む理科教育は、1871(明治4)年の文部省設立、1872(明治5)年の「学制」、「小学教則」等の法律公布によって本格的に始まり、数多くの教科書が執筆されることになりました。その内容を見てみると、現在の教科書とは大きく異なる部分がいっくつか存在します。最近では、江戸時代の科学書にも調査書を拡げ、それらの書物が明治時代以降の教科書に与えた影響についても研究しています。

主な研究業績

プラズマ・核融合研究開発の歴史については「伏見康治による海外のプラズマ・核融合研究機関視察」や「核融合研究黎明期における日本核融合コミュニティの国際会議誘致の動き」について、教科書での物理学概念の変遷に関しては「明治・大正・昭和時代の物理学教科書における力の単位・計量・概念」についての研究成果を論文として発表しました。また、最新の研究成果については所属する各学会にて発表しています。さらに、核融合科学研究所・核融合アーカイブに関する共同研究に参画しています。

■ 物理教育・情報科学 鈴木 潔光

所属学会
日本物理学会、日本物理教育学会、日本工学会教育協会、プラズマ・核融合学会

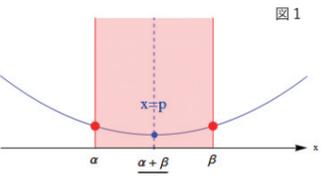


図1 Mathematica を活用した2次元関数の教材例。上部のスライダーを操作することにより、関数の極値の座標が変化し、定義域が指定された関数の最大値・最小値を視覚的に理解できる。

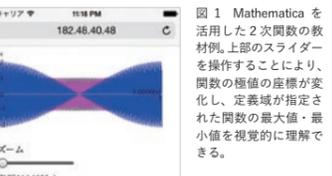


図2 スマートフォンを活用した関数に関する教材例。スライダーを動かすと、うなりが聞こえ、同時に波形も表示される。

教育に活かせる情報技術の修得

教育・情報研究室では、数学・理科に関する電子教材の作成と、教育実践を主なテーマにしています。昨今の中学校・高等学校では電子黒板がしだいに普及しつつあります。この電子黒板を有効活用できるような教材を作成することは、今後の教育界で重要なテーマになると考えられます。また、急激に進歩しつつある携帯電話やスマートフォンを用いた教材開発もテーマにしています。当研究室では教材を作成するだけでなく、できるだけ教育現場で実践を行い、その教育効果を検証することを行っています。以下に最近の主なテーマを示します。

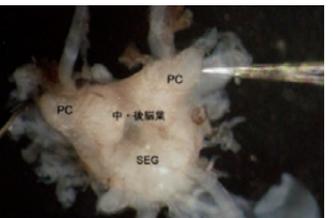
- ① Mathematica を活用した電子教材の開発 (平成25年度修士論文: 図1)
 - ② スマートフォン向け授業支援システムの開発 (平成25年度修士論文: 図2)
 - ③ 私立男子中学生の理科に関する意識調査 (平成24年度修士論文)
- また、Excel VBA および PowerPoint VBA を利用した教材開発や、ハイスピードカメラを利用した教材開発も行っています。

主な研究業績

澤田耕介他「iPod touch を活用した物理教育支援システムの開発」(2010 日本物理学会)
 鷲尾勇介他「平面タイリングと数学教育の視覚的教材」(2013 工学教育研究講演会)
 澤田耕介他「スマートフォン向け電子教材の開発」(2013 日本物理学会)
 荒井裕明他「Mathematica を活用した電子教科書の試作」(2013 日本物理学会)
 荒井裕明他「Mathematica を活用した中学生に対する数学教育支援」(2014 京都大学数理解析研究所研究会)

■ 生物物理学 小松崎 良将

所属学会
日本生物物理学学会、日本神経科学学会、日本生理学会、日本バイオイメージング学会、駿博会



高次脳機能の生物物理学

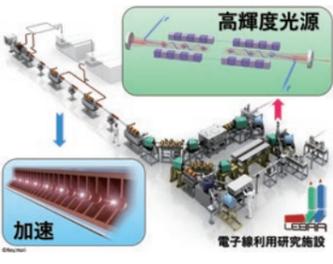
生命は、細胞を基礎としてそれを構成する分子の働きによって機能を果たしている。生物物理学とは生命の基盤となる物質原理から生命現象を解き明かす研究分野である。当研究室では、様々な精神機能の司る脳神経系の高次情報処理機構を生物物理学で解明する研究を行っている。我々ヒトの脳は1000億以上の神経細胞が相互に連結し神経ネットワークを形成している。例えば学習の結果この神経ネットワークが神経シナプス伝達・神経細胞の形態変化を介して記憶が形成されると考えられている。そこで当研究室では神経シナプス情報伝達や外界からの刺激に対する神経応答を、電気生理・蛍光イメージングなどの手法を用いて研究している。具体的には、以下のような研究を行っている。嗅覚系が匂い分子を識別する仕組みを明らかにするために、軟体動物ナメタジを用いて嗅覚受容器が匂いを受容したときの高次嗅覚中枢神経系に対する時空間活動パターンをマルチユニット電極により測定し、数十個単位の神経ネットワークの活動を解析する。軟体動物モノアラガイの味覚連合学習に関わる咀嚼調節ニューロンCGC関連神経ネットワークの解明。脳型情報処理アルゴリズムの開発など。

主な研究業績

Y. Hasegawa et al., "Acute modulation of synaptic plasticity of pyramidal neurons by activin in adult hippocampus", *Front. Neural Circuits* (2014) 8:56.
 Y. Hamasaki et al., "Coherency Evaluation of Spatiotemporal Neural Activities in the Molluscan Olfactory Center Applying Extracellular Recording with Wavelet Analysis", *Open Journal of Biophysics* (2013) Vol. 3, 291-297.
 - 国際会議
 Y. Komatsuzaki et al., "Tone-Entropy analysis on odor-evoked neuronal activities in the procerbral lobe of a slug", *International Biophysics Congress, Brisbane, Australia, August 2014.*
 Y. Komatsuzaki et al., "Detrended fluctuation analysis reveals temporal patterns of spontaneous oscillatory activity in the olfactory center of the land slug", *9th Fens forum of Neuroscience, Milan, Italy, July 2014.*
 - 国内学会
 小松崎ほか、「チャコワラナメタジ嗅覚中枢における匂い応答の数理解析」, 第52回日本生物物理学学会年会(BSJ2014), September 2014.
 小松崎ほか、「チャコワラナメタジ嗅覚中枢における自発振動活動の時系列パターンに対するゆらぎ解析」, 第91回日本生理学会大会、鹿児島、March 2014.

■ 量子ビーム科学 住友 洋介

所属学会
日本物理学会、日本加速器学会、日本放射光学会



相対論的高エネルギー粒子集団に秘める科学への挑戦

量子ビームは、相対論的領域の高いエネルギー粒子を用いることで、原子や分子レベルでの物理現象の制御を可能とし、新規材料開発などの産業応用やがん治療などの医療応用も含めて我々の生活を豊かにする最先端の技術です。船橋校舎には、1億電子ボルト(100MeV)もの高いエネルギーの電子ビームが生成可能で、自由研究用途で用いることのできる国内では稀有な加速器があります。この特徴を活かし、当研究室では加速器や放射線科学に関する実験やシミュレーションを活用した研究を行っています。

日本大学の加速器は、多くの電子バルスから形成される電子ビームを一度に加速生成する性能を有しています。このビームを用いると物質や電磁場などの多くの繰り返す相互作用を実現でき、通常の線形的反応とは大きく異なる非線形現象を引き起こせます。加速器に設置されている自由電子レーザー装置では、この繰り返す相互作用による非線形的な増幅過程を経て、高いピーク強度を持つ中赤外フェムト秒レーザーの生成が可能です。更には、宇宙で起こっている謎の超高輝度放射現象の解明に向け、多くの繰り返す相互作用を鍵とした実験室的検証プロジェクトを進行させています。

高いエネルギーのビームは原子や原子核内部へと到達し、相互作用からガンマ線や中性子線を含む放射線を発生します。当研究室では加速器由来の放射線、または放射性同位体線源を利用した放射線科学の研究を十分な安全管理の上で行っています。例えば、加速器での電子ビームが物質に当たり発生するガンマ線はシンチレーション検出器で測定でき、サイズや乱雑さを含めたビーム特性情報の取得に利用可能です。放射線を含む物理のみならず、マイクロ波や赤外、X線、ガンマ線に至る幅広い計測装置についての知識獲得、また、制御や統計データ解析の力を養い、将来役に立つ技能を身につけられます。

主な研究業績

加速器を用いた高輝度光生成に関して、特に中赤外フェムト秒レーザーやテラヘルツ光に関連した論文があり、加速器学会の年次大会の受賞や、外部研究費を頂いて実験研究をしています。最近では宇宙の未知の放射現象を解明するための実験室的検証プロジェクトも始動させ、国際会議での招待講演も行いました。実は、昔に超弦理論を用いて宇宙論を研究していたこともあり、国際的に高い評価を頂いている論文がいくつかあったりもします。なお、2021年に放射線取扱に関する最上位の国家資格(免状)を取得しています。詳細は理工学部webサイトの学術情報から物理学「研究情報」を参照してください。

■ 素粒子論 二瓶 武史

所属学会
日本物理学会



毎週恒例の素粒子論コロキウムでの集合写真。他大学から講師を招き、最新の研究成果について議論します。



物質の構成要素はクォークとレプトンで、それらに働く力はゲージボソンによって媒介されます。ヒッグスボソンはこれらの素粒子に質量を与える働きをします。

素粒子の標準模型を超える理論

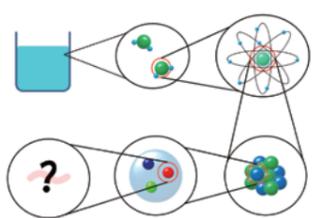
素粒子研究室では、物質の最も基本的な構成要素である素粒子の性質や相互作用を、量子論、宇宙論、物性論、原子核理論等の関連分野を視野に入れて研究しています。素粒子のうち、核子や中間子などの仲間は強い相互作用を行いハドロンなどと総称されていますが、それらは実はクォークと呼ばれるさらに基本的な粒子から構成されている複合粒子であり、量子色力学で記述されます。一方、電子やニュートリノなどの仲間はレプトンと総称されます。クォークやレプトンの間に働く電磁気力と弱い力を統一的に理解する電弱統一模型は、数々の実験的検証を経て、今や量子色力学と共に現時点での素粒子の標準模型とみなされています。しかし、宇宙の暗黒物質やニュートリノ質量、ヒッグス質量の階層性問題などに関連して、標準模型では説明できない点も残されており、当研究室においてもその彼方にある真の統一理論を目指す研究が精力的に進められています。

主な研究業績

K. Shudo, T. Nihei, "Electroweak bremsstrahlung in binomial dark matter annihilations", *Physical Review D88* (2013) 055019.
 T. Nihei, "Suppression of the neutralino relic density with supersymmetric CP violation", *Physical Review D73* (2006) 035005.

■ 素粒子論 三輪 光嗣

所属学会
日本物理学会、素粒子論グループ



重力の量子論的側面に関わる研究

自然界の最小の構成要素は何か。それらの間にはどういった相互作用が働くのか。素粒子物理学はこうした自然のミクロな領域の謎を解き明かそうとする研究分野です。何世紀にもわたる長い研究の積み重ねの結果、現代ではこうしたミクロの世界に対して多くの理解が得られています。自然界にはクォークとレプトンと呼ばれる粒子が存在し、それらの間には電磁相互作用と重力相互作用に加えて弱い相互作用と強い相互作用が作用します。これらの相互作用のうち重力を除く三つに関しては素粒子の標準模型と呼ばれるゲージ場の量子論で記述されることが実験で確認されています。一方で重力相互作用はミクロな領域での性質が悪く、通常の場の理論の枠組みを用いた量子化は困難であることが分かっています。こうした問題を解決して重力の謎に迫ろうとする一つのアプローチが超弦理論です。この理論は自然界の最小構成要素が実は点粒子ではなく、一次元的な広がりを持った小さな弦だとする理論です。基本的な自由度に広がりを持たせることで、ミクロの領域での振る舞いが改善されると期待されています。超弦理論から予言される重力理論の仮説的性質としてホログラフィー原理が挙げられます。これは、d次元時空の重力理論がd-1次元の重力を含まない自由度によって記述できるという仮説であり、対称性の高いシステムにおいて超弦理論に基づいた検証がなされています。この性質は重力の量子論的側面を理解するための鍵になると考えられており、近年ではブラックホール時空の情報パラドクスの新しい理解にも繋がっています。

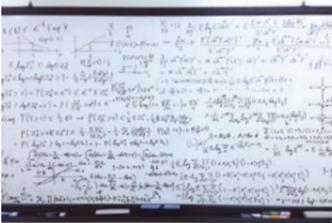
主な研究業績

これまでゲージ理論と重力理論の間の双対性(ゲージ/重力対応)の検証に力を入れてきました。この対応関係では注目しているシステムが大きな対称性を持つ場合に、しばしばゲージ理論側と重力理論側の双方で計算を厳密に行うことは近似的に実行することができます。そのため、こうしたシステムを調べることでゲージ/重力対応が実際に成り立つかどうか検証を行うことができます。実際に過去の研究では重力理論側で弦の伝搬を古典的に評価することでゲージ理論側のある種の相関関数が再現されることが分かりました。

スタッフ紹介

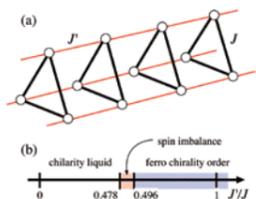
統計物理学 糸井 千岳

所属学会
日本物理学会、日本工学会教育協会、駿博会



分子大集団の 量子力学的性質

物質は非常に多くの原子や分子から成り立っている巨視的な系です。物性実験では物質の熱力学的量を測定し、その物質の巨視的な性質を知ることができます。一方、統計物理学では、原子や分子の微視的な量子力学の情報から、確率論の助けを借りて、物質の熱力学的な性質を理論的に予言し、実験結果の理論的な説明を行います。この研究室では、電子系やスピン系の量子力学の状態や磁性などの数学的な研究をしています。熱ゆらぎや量子ゆらぎ、あるいは不純物による乱雑さなどが電子系やスピン系の磁性秩序をかき乱す効果によって物質は多様な巨視的な性質を示します。格子空間上での電子系に限っても、結合定数や電子密度によっては常磁性、強磁性、反強磁性、金属伝導、超伝導など非常に多くの巨視的な性質を示すと予想されています。このように、統計物理学は単純なモデルを仮定して多様な物質の巨視的な性質を理論的に説明することを目標とします。現在この研究室では、ランダムスピン系におけるスピングラスの研究を行っています。



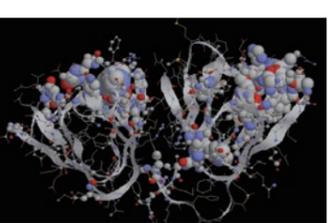
(a) 解析したスピントラップモデル、(b) その相図

主な研究業績

- "Spin-chirality separation and S3-symmetry breaking in the magnetization plateau of the quantum spin tube (量子スピントラップの磁化プラトーにおけるスピカイラリティ分離とS3対称性の破れ)" Physical Review B85, p.054416-1-6, (2012) C. Itoi et al.
- "Self-Averaging of perturbation Hamiltonian density in perturbed spin systems" [摂動ハミルトニアン密度の自己平均性] Journal of Statistical Physics 177, p.1063~p.1076, (2019), C. Itoi
- "Gauge theory for mixed p-spin glasses" [混合pスピンガラスのゲージ理論] Journal of Physics A, 56, 255002-1~255002-15, (2023), C. Itoi, Y. Sakamoto

物性物理学 山中 雅則

所属学会
日本物理学会、日本薬学会、日本生物物理学会、日本バイオフィーマティクス学会、日本蛋白質科学会、情報計算化学生物学会、日大歯学会



シミュレーションと 生命情報科学

電子を真空中に集めても超伝導は起きず、クーロン斥力で飛び散って終わりです。しかし、金属に閉じ込められた電子は低温にするるとたいいて超伝導になります。この違いを説明するのが量子力学と統計力学です。本研究室では、これらの学問と計算機シミュレーションを用いて物質の性質(物性)を研究しています。近年では、蛋白質の分子動力学シミュレーションを行い、蛋白質立体構造のもつれを位相幾何学(トポロジー)で表す研究や、密度汎関数で求めた生体分子の電子状態に基づいて生命の起源を分子レベルで解明する研究などの基礎的研究から、生命情報学(バイオフィーマティクス)を用いたインシリコ創薬(計算創薬)やゲノム創薬などの応用的研究を行っています。インシリコ創薬については、産学協同のFMO創薬コンソーシアムに加入しています。また、量子力学や統計力学は他分野へも応用できます。例えば、原子核理論に50年前から適用されてきたランダム行列理論は、インドの魔法の数学と合体してランダム系を解析する強力なアイテムとなり、経済物理学や多変量解析へ応用されています。このランダム行列理論を用いて、歯学部と共同でラットの動物実験によるニューロンデータを解析し、異種ニューロンの普遍的な分類を行い、覚醒・睡眠・麻酔等の意識状態を多様体上の幾何学(情報幾何学)として表す研究を行っています。このように、ゲットしたアイテムの効力を最大限駆使して、固定観念に囚われず自由に発想することも理論物理学としては重要です。

主な研究業績

- "Random matrix theory in proteogenesis," JPSJ (2016) in press. "Random matrix theory of rigidity in soft matter," JPSJ 84, 063801 (2015). "Topologically linked crystals," J Crystal Growth 297, 157 (2003). "Non-perturbative approach to Luttinger's theorem in 1d," PRL 79, 1110 (1998).
- "Magnetization plateaus in spin chains: "Haldane gap" for half-integer spins," PRL 78, 1984 (1998). "皮膚局所回路における発火タイミングに対するネットワークの影響" 日本薬理学会第89 回年会, 1P6 (2016).

物性実験 高瀬 浩一

所属学会
日本物理学会、応用物理学会(現在、応用物性・新機能材料新物性の世話人)、日本熱電学会

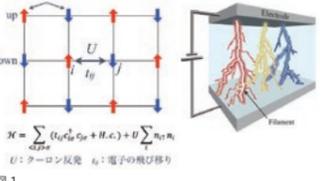


図1: クーロン反発 U ; 電子の飛び回り t

電子固体の基礎と応用

私の研究室では、固体の性質に関する基礎(物性物理学)と応用(応用物理)研究を行っています。固体の中でも特に電気の流れない絶縁体に興味をもって研究しています。絶縁体の中には、価電子帯が全て占有されており、電気が流れないバンド絶縁体とバンドに非占有状態があるにも関わらず電気の流れないモット絶縁体があります。図1には、各格子点に1個の電子がある場合を示してあります。パウリの排他律を考慮しても、隣の格子点に飛び移れるはずですが、電子間に働く強い反発力のため動きません。もし、この相互作用を制御できるなら、電子は動くことができ金属になるはずですが、私の研究室では、モット絶縁体の強い電子相関をいろいろな方法で制御し、金属相が出現する場合について研究しています。両極限の絶縁体と金属のちょうど中間点、すなわち、お互いの性質が「せめぎあっている」(量子臨界)状態では、超伝導などの新奇な現象が現れることが報告されており、新奇物性の発見にもチャレンジしています。応用研究でも主役は絶縁体です。絶縁体薄膜を金属電極で挟んだコンデンサに電圧を印加し、絶縁破壊が生じるときに、絶縁体が完全に壊れないように流れる電流を制限すると、不思議なことに、電圧を再印加した場合、ある電圧で元の絶縁体に戻る現象が起きます。このような素子は抵抗変化メモリと呼ばれており、読み書き速度が今のメモリの10000倍早いことから注目されています。私の研究室では、この絶縁破壊(稲妻)をナノテクノロジーで制御し、再現性のよいメモリの実現を目指しています。

主な研究業績

- 研究成果は、国内外の学会で発表するとともに、各専門論文誌に論文を投稿しています。また、応用研究に関しては、特許出願も行っています。大学院の学生には、海外での研究発表の機会が与えられ、英語による研究発表を行っています。
- 基礎研究: "Carrier doping effects on the physical properties of the layered antiferromagnetic semiconductor (LaO)MnAs", JPS Conf. Proc. 1 (2014) 012118
- 応用研究: "Effect of electric field concentration using nanopillar structures on the current-voltage characteristics of resistive switching memory", AIP Advances 4, 087110 (2014) (この論文は、だれでもwebで見られるようになっていました。)
- 特許公開 2013-222784 抵抗変化型不揮発性メモリおよびその製造方法

物性実験 渡辺 忠孝

所属学会
日本物理学会、米国物理学会

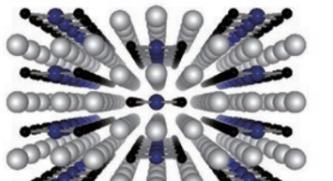


図1: エキゾチック超伝導体の候補物質である擬一次元銅酸化物 $Sr_2Co_2O_7$ の結晶構造

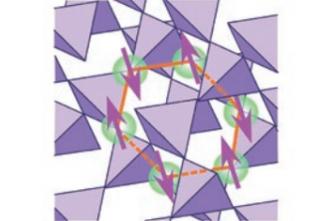


図2: 当研究室で発見した幾何学的フラストレート系スピネル酸化物で発現するスピン分子状態

強相関電子系の 量子物性研究

私の専門は物性物理学で、強相関電子系とよばれる物質群の研究を行っている。強相関電子系とは、物質中の電子間に強いクーロン反発(電子相関)が作用する物質群の総称で、高温超伝導や巨大磁気抵抗をはじめとする多彩な新奇物性が発現する系として、現代の物性物理学において最も盛んに研究が進められている。私の研究室では、強相関電子系の中でもエキゾチック超伝導と幾何学的フラストレート磁性体の研究を特に精力的に行っている。エキゾチック超伝導とは、従来型の超伝導と異なる新奇な機構で発現する超伝導のことで、その機構解明の研究は室温超伝導を実現するための指針を与える極めて重要なものである。幾何学的フラストレーションとは、磁性体において磁性原子間に強い磁気相関が作用するにも関わらず、結晶格子の幾何学的制約により磁気相転移できない状況のことで、フラストレート磁性体では強い磁気揺らぎが生じるために通常の磁性体では考えられない新奇物性が数多く発現する。

主な研究業績

- 「幾何学的フラストレート系スピネル酸化物におけるスピン分子状態の研究(2011年~2014年)」: Physical Review誌に3報の論文を発表(2012年、2013年、2014年)。このうち2013年の研究成果についてはプレスリリースを発表。「鉄化合物におけるエキゾチック超伝導の研究(2008年~2011年)」: Physical Review誌に2報の論文を発表(2009年、2011年)。このうち2009年の論文は、Physical Review誌の注目論文を受賞。

超伝導 高野 良紀

所属学会
日本希土類学会(副会長)、日本磁気学会(監事)、日本物理学会、応用物理学会、日本工学会教育協会、駿博会



グローブボックスを用いた試料作成準備

レアアース化合物の 新物性探索

本研究室では超伝導応用の基礎、新超伝導物質探索および希土類金属化合物の磁性の研究を主に行ってきています。現在の研究テーマは(1)鉄系超伝導体の機構解明と新物質探索、(2)低次元化合物の磁性、(3)LixBCにおける超伝導探索の3つです。(1)では主に1111系の1つであるAFeAsF(A=Ca, Sr, Eu)に着目しています。本系はAの一部を3個の希土類元素で置換すると電子ドーブにより超伝導が発現しますが、Fを欠損させても電子ドーブが可能です。私たちは希土類置換およびF欠損した純良試料作成とそれらの電気的・磁気的性質を調べています。(2)では遷移金属リソトリカルコゲナイドMPX3(M: 遷移金属、X: カルコゲン元素)に注目しています。MPX3はMとXの違いにより、同一の結晶構造を保ったまま、異なる磁気秩序構造をとるなど興味深い物性を示します。最近、FePS3については銅酸化物高温超伝導体と同じMott絶縁体であり、高压印加により金属非金属転移を起こすことが、また、MnPS3はマルチフェロイック材料であることがわかってきました。そこで、これまでの結果を見直し、新機能の発見に取り組んでいます。(3)に関しては、高い超伝導転移温度を持つMgB2と類似の結晶構造を持つLixBCでは約65~105Kの超伝導転移温度が予測されています。我々は金属的な電気抵抗の温度依存性を示し、約20Kで電気抵抗率の著しい減少を示すものを見出しており、今後、詳細に調べていく予定です。

主な研究業績

- (1) R. Suganuma, Xinze Jin, T. Watanabe, K. Takase, Y. Takano, J. Physics Conference Series 200, (2010) 012193.
- (2) N. Mori, Y. Takano et al., Physica C 471 (2011) 1158. (3) M. Maeda, K. Takase, Y. Takano et al., J. Am. Chem. Soc. 96 (2013) 2893.
- 2010年に「希土類イオンによる超伝導と関連物質の磁性および電気伝導の制御」という題目で、日本希土類学会賞(徳川賞)を受賞しました。最近では、鉄砒素系超伝導体とその関連物質について研究しています。

超伝導 出村 郷志

所属学会
日本物理学会、応用物理学会、日本希土類学会

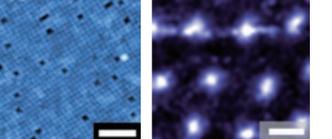


図1: STM測定により観察した原子像。白い粒が原子である。黒い部分は原子よりも暗く映っているため原子が欠損している部分だと考えられ、全原子数と比較することにより欠損量の評価も可能である。

図2: STS測定により観察した、超伝導体内に侵入した磁束格子。白い丸が量子化された磁束(磁束量子)であり、磁束量子が三角形の格子を形成していることがわかる。

バルク・ナノ計測手法を駆使した層状化合物における 新奇超伝導体開拓

超伝導はある温度以下で電気抵抗率が完全に"0"となる特性を示すため、様々な応用が期待されている物質の一つです。特に私が注目しているのが、層状構造を有する化合物(層状化合物)です。この物質では、結晶中の電子が2次元的に閉じ込められた状態となり、様々な秩序状態を発現します。この秩序状態を破壊すると超伝導が発現することが多く、その中には従来の超伝導理論では説明できない高い転移温度を有する超伝導体が含まれていることも知られています。そのため私の研究室では、層状化合物を中心とし、超伝導を示す物質の秩序状態の観察や、秩序状態を持つ物質の超伝導化を試み、どのような秩序状態の近くで超伝導が発現するかを明らかにし、さらなる新奇超伝導体の開発及び、高い転移温度を持つ超伝導体の創出を目指しています。

秩序状態を壊すと超伝導が発現するため、秩序状態と物性の関連性を評価する方法が必要です。そのため、自ら合成した試料に対し、X線回折や電気抵抗率、磁化率等の物質全体の特性(バルク特性)を評価するバルク計測に加え、原子レベルの構造や電子状態の観察が可能な、走査型トンネル顕微鏡/分光(STM/STS)測定を活用しています。この手法は量子効果のトンネル電流を利用し、原子の凹凸や、電子が作る秩序状態をナノスケールの"実空間"で観察できる(図1, 2を参照)、ナノ計測手法の一種です。これらのバルクとナノの計測手法を駆使し、秩序状態が壊れる様子や、秩序状態の種類や特徴を調査し、両者の結果をフィードバックしながら、新奇超伝導体開拓を行っています。

主な研究業績

- [1] S. Demura, "Ordered States Coexisting with Superconductivity in BiCz Materials", J. Phys. Soc. Jpn. SPECIAL TOPICS, vol. 88, 041002, (2019). (Review article) 2012年に発見したBiCz系超伝導体の電荷密度波や磁性に関するReview論文です。
- [2] S. Demura, (他3名), "Observation of supermodulation in LaO_{1-x}F_xBiS₂ by scanning tunneling microscopy and spectroscopy", J. Phys. Soc. Jpn. vol. 86, 113701, (2017). BiCz系超伝導体で発現する電荷密度波をSTM測定により初めて観察したことを報告した論文です。
- [3] 出村郷志, "BiCz系超伝導体における超伝導機構と超伝導状態の走査型トンネル顕微鏡/分光測定" 日本物理学会2019年秋学大会, シンポジウム講演(BiCz系層状化合物における超伝導発現機構と新奇な物性), 岐阜, 9月, 2019年.
- [4] S. Demura (他5名), "Scanning Tunneling Microscopy/Spectroscopy Study on BiCz superconductors", Materials Research Meeting 2019, Yokohama, Japan, 2019.
- BiCz系超伝導体のSTM/STS測定に関する研究が評価され、日本物理学会及びMaterials Research Meeting 2019で招待講演を行いました。

日本大学大学院 理工学研究科 物理学専攻

〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8

【TEL】03-3259-0900（事務室）【E-mail】cst.phys.grad@nihon-u.ac.jp

<http://www.phys.cst.nihon-u.ac.jp>



物理学科 Facebook ページ

<http://www.facebook.com/cst.phys/>