

トポジカルエレクトロニクス

川崎・打田研究室では、最近大きくクローズアップされている固体中の電子が持つトポロジーの概念を新しいエレクトロニクスに展開する可能性を探っています。

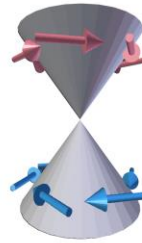
現代社会の発展は、半導体エレクトロニクスに支えられていると言っても過言ではありません。日本は「電子技術立国」として、前世紀末までは世界の半導体産業を牽引していました。しかし、ゲームチェンジの機会に影響力を失いつつあります。このようにプレイヤーが変遷することは今に始まったことではなく、繊維や鉄鋼などのかつての基幹産業にも見られ、新たな、あるいはより高付加価値の産業構造を日本は次々と生み出してきました。次世代の日本を「量子技術立国」で盛り上げる機運が高まっています。そこで活躍するのは、これから専門研究に邁進する諸君です。

半導体デバイスでは、電子の電荷のみが注目され、量子力学を頭わには取り入れなくて電子同士の相関を考えない一体近似でデバイスの動作は理解できます。一方で、量子物質と呼ばれる物質群の電子では、量子力学がダイレクトに作用し、スピンや軌道の効果が顕著になります。物性物理学としては学理の大きなジャンプなわけですが、川崎研では一歩進んでデバイスに活用する可能性を探っています。その基本にあるのは、「原子レベルで制御した薄膜界面」を作製し、量子現象を設計・制御する要素技術を明らかにし、さらに、超低消費電力デバイスや新しい創エネルギーデバイスの概念実証までを一貫して行っています。

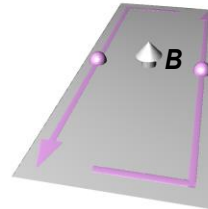
トポロジーの概念が頭わになったのは量子ホール効果の発見とその後の理論的な解明に遡ります。様々な物質群で試料のエッジを流れるトポジカル電子流を作り出し、その性質を調べています。また、実空間のトポジカルスピン構造を作り出し、新たなデバイスを可能にする要素技術も開発しています。

真っ白なキャンパスに自分で絵を描いて世界を変えてみたい方は、きっと楽しく研究を進めることができます。

Topological phases



Quantum Hall systems



Skymion states

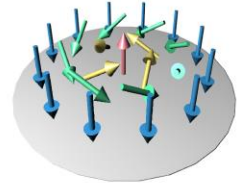
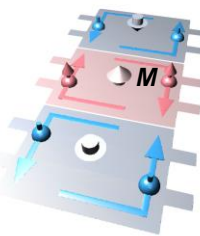


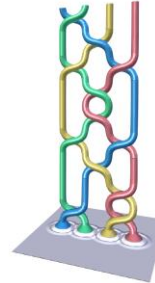
図1. トポジカルな性質を持つ物質の模式図

Edge current device



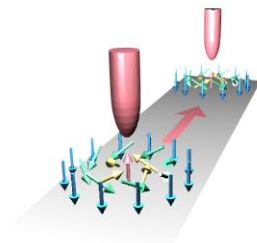
dissipationless current

Topological quantum computation



error tolerant operation

Skymion memory



high memory density, low driving current

図2. トポジカルエレクトロニクスを目指したデバイスの例

代表的な研究成果

1. Y. Tokura, M. Kawasaki, N. Nagaosa, Nature Phys. **13** 1056 (2017)
2. M. Uchida, M. Kawasaki, J. Phys. D **49** 433001 (2016)
3. M. Uchida, M. Kawasaki, J. Phys. D **51** 143001 (2018)
4. J. Falson *et al.*, Nature Phys. **11**,347 (2015)
5. T.C. Fujita *et al.*, Scientific Reports **5**,9711 (2015)
6. Y. Matsubara *et al.*, Nature Commun. **7**,11631 (2016)
7. M. Uchida *et al.*, Nature Commun. **8**, 2274 (2017)
8. Y. Ohuchi *et al.*, Nature Commun. **9**, 213 (2018)
9. M. Nakamura *et al.*, Nature Commun. **8**, 281 (2017)
10. S. Nishihaya *et al.*, Science Advances **8**, eer5668 (2018)

【量子物性代表】

【先端物質創成代表】

研究室選抜 先輩対談

研究室の面白さやメンバーの個性に聞け！
各分野を代表する4研究室の先輩たち
にそれぞれの研究の醍醐味や研究生活を語っていただきました。



担当教授は教育熱心
岡本・貴田研究室 D2
森本 剛史



メンバーのキャラが濃い
川崎研究室 D3
大内 祐貴

Q 今の研究室、どう選んだ？

森本「僕は光に興味を持って、レーザー光を使っている岡本・貴田研究室を選びました。同時に物質にも興味があったので、物質を対象としてどっちも研究できる点が面白そうだと」
大内「僕は新しい物質を合成する面白さに惹かれて。物質を作る研究室はいくつかあるんですが、川崎研究室は先輩や先生の雰囲気や面白かったです。先生は元気でポジティブ、学生もガンガン行こうという感じ」
森本「川崎研はキャラが濃いですよ（笑）。岡本先生は教育熱心だと先輩から聞いていたんですが、入ってみてそれを実感しました。研究に対する推進力もすごく、やはり教授はエンジンが違います」

Q 岡本・貴田研と川崎研、どこが違う？どう繋がる？

森本「簡単に言うと、川崎研は物質を作る研究。岡本研は、他の研究室で作った物質をもらってレーザーを使って測る研究」
大内「川崎研は、他のグループが作れないようなクリンな結晶や、誰もやっていない新しい構造を作ったりして面白い材料を見出していく。一方で、そういう新しい物質を具体的に測ってさらに面白さを見つけていくのが岡本研などの物性系の研究室ですね」
森本「同じ物性の研究室でも対象としている物質が少しずつ違うので、それぞれ興味や近い研究室と組んで研究しています」

Q 岡本・貴田研究室の面白さって？

森本「光を使って物質を調べているんですけど、なぜ光を使うかというと、ものすごく微細な空間で、ものすごく短い時間の間に起こる現象を捉えることができるから。例えば高速で動く原子の運動を10⁻¹⁰秒くらいのレーザー光で捉えることができます。他の手段では見ることができない極限の領域を扱えるのが面白いですね」
大内「何の物質を扱うかはどうやって決めているんですか？例えばある物理的な疑問があって、こういうものに光を当てたらそれがわかるんじゃないか、とか？」
森本「いくつかパターンがあります。調べたい現象に対して光でアプローチすると、光でこういう現象を引き起こしたからこういう物質をやってみよう、とか」

物質を作る側の人は前者が多いですね。新しくできた物質を調べるために光を使うという。後者の方は物性のテーマの一つでもあるんですが、たとえば光を当てると絶縁体だったものが一瞬で金属になるとか、光を使って物質を操ることを目指す研究もあります」

Q 川崎研究室の面白さって？

大内「光を使う研究も同じかもしれませんが、物質合成の醍醐味は、誰も作ろうとしなかった物質から新しい現象を我々が最初に見つけるという面白さですね。それを理論家の方や光で測る方などに持って行ってさらにどんどん広がっていくのも、その物質を最初に作った人の面白さです」
森本「それは、物質をもうらう側にとっても面白そうだなと思います。一回当てればどどん分野が広がって行って、論文にも名前が載り続ける、夢のある空（笑）」
大内「森本さんの場合は、自分で作った一つ手法を使って酸化物から有機物までいろいろな物質を測るという広がりができる。それは物質をやっている我々には面白さだと思います」
森本「確かに、うちにはもの測り方を開発するという側面もありますね」

Q 研究はどうやって進めている？

大内「岡本研ではいろいろな物質を扱っているんですか」
森本「そうですね、情報収集しながら。これはダメだったけれど、似たこの物質ならどうかとか。物質を作る人より諦めは早いと思います（笑）」
大内「うちの研究室だと、ダメトドやってみたら結構うまくいっちゃって研究が一気に進むということも結構あります。学生の間に結果を出すというリミットがあるので、考えられることはできるだけ試していきます。3か月以上粘って最後の最後にうまくいくという人もいますね」
森本「僕の場合は1か月くらいやダメなら諦めます。やっている間は少しずつ階段を上っていく感じなんですか？」
大内「ちょっとずつ条件を詰めていって改善していきますね。一気に解決できる場合もありますけど」

森本「数をこなさなくちゃ、ですよね。授業で川崎先生が「東大生はどうしたらできるか考え過ぎる。やれることはある程度決まっているので、考えるよりとりあえずやってみる」と言っていました（笑）」

大内「それは極端だけど、考えながら要領よくやっているつもりでも、結局はやれることを全部やり尽くしていたということはありませんね（笑）」

森本「確かに、やってみるというのは大事。うちも同じです」

大内「川崎研では新しい特性を持つ薄膜を作っていますが、何かできそうな新しい材料を使って作ることもあれば、既存の材料でまだきれいな薄膜が得られていないものを使ってきれいな結晶を作ることもあります。二つ以上の物質をナノスケールで積み重ねたヘテロ構造というのになると、単体の物質では見られないような変わった現象が出てきて、何を組み合わせるかはやってみないとわからない。予想外にうまくいく時もあれば、失敗する時もあります。先行研究や理論計算を参考に面白そうなものを選んでいきます」

森本「理論家の人からの提案もあるんですね。うちでも『これをこう使うと絶対面白いからやってみて』と言われることがありますよ」

大内「新しい物質を測って面白いことがあると、理論家を持って行って現象の理論的なサポートを受けて、理論と付き合わせて論文の中身を深めていきます」

森本「一つの実験だけだとある一面しか見えないけれど、理論や他の実験と照らし合わせて見ると全体像がよくわかりますね」

Q 自分の研究室にはどんな人が向くと思う？

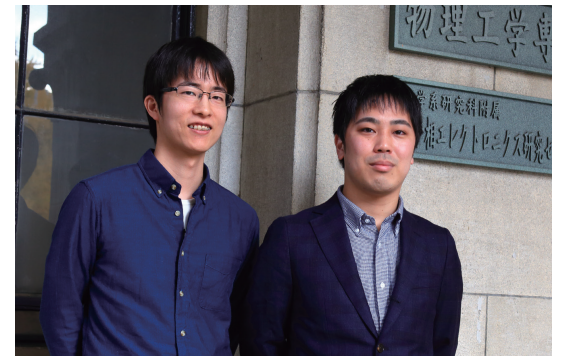
森本「僕の場合は物質を作るのは大変そうというイメージがあって、むしろ測る方専門にした方がいいのかなと思いました」

大内「合成は大変ですけど、きれいな膜を作るという過程を楽しめる人が向いていると思います。逆に僕から見たら、光学の細かい実験系を組み立てるのは大変そう」

森本「慣れると意外と楽しいですよ（笑）。岡本研の場合、測定系を自分の手で組み上げることも研究の一部なので、そういったことが好きな人は向いていると思います。自分が作り上げた装置を使って、世界で誰もやっていない測定ができるのは本当に面白いです。あと、教授が教育熱心なので、丁寧に教えてもらいたい人にも向いていると思います」

大内「川崎研は、物質創成では世界に負けない高度な研究ができる場所。つまりこの物質はここが面白いとか、自分で決めて自分で世界に発信できます。もちろんライバルはいっぱいいますが、自分たちで考えながら探っていく面白さを感じられるはずですよ」

【取材：2017年11月28日】



A0. 4年生に必修するほどなく(4月中旬頃)、配属のための研究室説明会が開かれます。この説明会では、時間の都合により各研究室15分程度の紹介ですが、説明会の前には、新4年生のために各研究室の研究会も開催していますので、興味のある研究室を訪問し、実際に教員や院生などと話をしながら希望の研究室を決めるケースも多いようです。



学生目線で見えた 物理工学科の特徴

物理工学科での学生生活を概観してみます。まず2年生冬学期から3年生の間は量子力学や統計力学など、基礎的な物理学の習得に取り組む期間となります。またこの間に学生実験もあり、ここでは様々なテーマを通して基本的な実験の原理を学びます。そして4年生になると研究室に配属され一年間の卒業研究を行います。3年生の学生実験との最も大きな違いは、卒業研究では各研究室で実際に行われている研究プロジェクトに一人の研究者として参加するということです。なぜその研究が必要なのかという背景や意義、そしてその将来展望などの全体像まで理解した上で研究を進めることが求められます。そのような中で日々の実験や解析、必要な物理の習得や研究室での議論に励むことによって学生は実力をつけていき、その集大成として卒業論文の執筆と卒論審査に臨みます。物理工学科におけるこれら一連の教育の目標は、将来の活躍の場を大学などの基礎研究に求めるにせよ、企業などの応用研究に求めるにせよ、正しい問題意識に基づいた有意義な研究を自立して遂行できる人材を育成することであると理解できます。また、大学院への進学率の高さも特徴の一つとして挙げられます。博士課程への進学率についても3割程度と

国内では高い水準にあります。その一つの理由として、物理工学専攻で博士号を取得した人材は企業からも非常に求められているということがあります。これは物理工学科が一貫して目指す、物理学という確かな学問的基礎に立脚しながら多様な問題の解決に臨む姿勢が、現代社会が抱えるエネルギー、環境、情報などを始めとする複雑で困難な課題に果敢に挑んでいける人物像として、現在まさに求められていることの表れであると捉えることができます。まとめると、物理工学科は現在の高度に複雑化された物質社会における問題に対して、根本的な解決に資することができる人材を責任を持って育成・輩出することに重きを置いており、その期待に応え、さらに超えていこうという高い志を持った学生を迎えることを熱望しているということです。

物理工学科に来て 良かったこと

講義や教科書で勉強をしていると、物理学というのは一握りの天才的な研究者達によって理路整然と進歩を遂げてきたかのように思えます。しかし、実際に研究の現場に身を置いてみるとそれは誤った認識であることに気が付きました。実際には理論、実験を問わず数多くの研究者が愛着と情熱をもって研究に臨み、結実することもあればときに挫折し、数えきれないだけの紛糾と紆余曲折の議論があり、そのような努力の上に今日の物理学の体系があるのでしょう。物理工学科では学生の一人一人が主役となり能動的に研究を行うことが強く求められます。そしてそのような環境においては、物理学という実に人間

■ 中澤 佑介 ■

大学院工学系研究科
物理工学専攻
川崎・小塚研究室
修士課程1年

的な営みに参画しているということが自らの身をもって実感できます。これは非常に貴重な経験であると感じており、学生に活躍の機会が平等に与えられる物理工学科であるからこそ得られるものなのではないかと考えています。

進路を考えている 新2年生へのメッセージ

進学先を考える上で何を重要視するかは人それぞれ異なると思いますが、自分自身のことを振り返ってみると結局は与えられた環境の中でどれだけ努力ができたのかということが成長や充実感と密接に関係しているように感じます。それは環境は重要ではないということでは決してなく、努力をした分だけ得られるものがある環境に身を置くことが大切なのではないかということです。ですから純粋に物理を学びたい人、物理を使って社会に貢献していきたいと考えている人、現代の様々な工学的な問題の最も基礎的で根本的な部分から解決に取り組みたい人など、皆さんが物理工学科に関心を持った理由は様々であると思いますが、ぜひ自信を持って進学して欲しいと思います。なぜなら皆さん一人一人の高い志に応え、それを実現させるだけの環境が物理工学科にはあるからです。

卒業したら、そこは世界最先端 受賞者たちの卒論奮闘記

卒業する頃にはすっかり若手研究者の顔になっているのが物工生。例年2月に行われる卒論研究発表会では、毎年のように世界レベルに迫る研究が飛び出す。今年その中から選ばれた5人の優秀卒業論文受賞者が、初めての研究活動の醍醐味を語ってくれた。

[取材：2016年2月]



【後輩たちへひとこと】

物工は工学部ながら基礎的な研究も重視している学科、長谷川研のような有数の研究室でも、3年生で学んだ知識がないと理解できません。未来を考えたら基礎は必要ですよ。

前例のない研究、予想外の結果。 やってみないとわからない

上村 洋平 / 長谷川研究室

卒論題目：「有機強誘電体薄膜における分極反転機構と薄膜デバイスへの応用」

長谷川研では有機エレクトロニクス材料のデバイス応用を目指した研究を行っており、その中でも僕が取り組んだテーマは有機強誘電体です。デバイス化に向け、有機強誘電体の薄膜を作って電気分極の分布状態を可視化する、新たなイメージング技術の実現を目指しました。テーマ自体前例がない上、長谷川研がまだ新しい研究室でノウハウの蓄積も少ないため、長谷川先生や助教さんはもちろん、有機強誘電体の第一人者である産業技術総合研究所の先生の方もお借りして、最先端の研究設備を使わせてもらったりしました。何度となく失敗を重ねたけれど、それで一歩ずつ前進していくのは楽しかった。産総研の人と話していたと違った原理でした。やってみないとわからないものだなと実感しましたね。この分野には、炭素や窒素といったありふれた元素からデバイスをつくるというロマンがあります。卒業後も引き続き、薄膜デバイスの実現を目指していくつもりです。

半年間、測定すらできず大苦戦。 自分ひとりでは成し得なかった

越川 翔太 / 若佐研究室

卒論題目：「三次元層状性半導体における電荷・スピン輸送特性」

研究室の助教さんからもらったテーマは、層状性半導体の非相反輸送現象の観測でした。電流を逆に流すと違った抵抗値になるという現象で、これまで界面上で捉えられていたのですが、これを3次元の物質全体で観測するという試みです。その測定にはまず試料内の電気分極が揃うまで物質を小さくし、そこに電極を付けるのですが、これが半年以上も全くうまくいかず、測定すらできませんでした。9月の院試面接でも成果が見せられず、ノーデータ。周囲は次々と結果を出す中、つらい半年だったけれど、見込みはあると信じていました。同じ失敗を繰り返しているわけではなかったし、先生をはじめ周りの人からいろいろアドバイスをもらいました。結局、理研の装置を使わせてもらって接触不良の原因を突き止め、イオンビームでサンプルを削ってやり直したら、ついに測定成功。さんざん苦しんだからこそ嬉しい成果でした。この結果は自分一人でも得られた成果ではなく、周りに自分の研究を置いて相談に乗ってくれる人たちがいなかったら乗り越えられなかったのではないかと思います。



【後輩たちへひとこと】

物工には、自分の今までの価値観を破ってくれる先生や先輩がごろごろいます。こうなりたいと思うと自分のモチベーションが上がる。そういう出会いを大切にしてください。

遠い存在だった物理の最先端が 身をもって体感できた

中澤 佑介 / 川崎研究室

卒論題目：「ディラック半金属 Cd₃As₂ のパルスレーザー堆積法による薄膜化と量子輸送特性」

先生の人柄に惹かれて入った川崎研究室。選んだ卒論テーマは、ディラック半金属という性質をもつ物質である Cd₃As₂ をパルスレーザー堆積法という手法を用いて薄膜化し、その量子輸送特性を評価することでした。実際に実験を始めると、一向に製膜条件が定まらず試行錯誤の毎日でした。それでも、先生方や先輩からの数多くの助言や協力に支えられ、なんとか優れたサンプルを作製することに成功し、これまで報告されていない量子輸送現象を観測するに至りました。研究ではアイデアだけではなく、狙いを正確に実現するための気力や、研究テーマへの愛着を持つことも大切なのだと学びました。3年生の時は、物理の世界は手も届かず、目にも見えないので、どこか自分とは無縁なイメージもありましたが、こうして自分で最先端の研究に立ち会ってみると、その現場が実はすぐそこにあることが身をもって実感できたことが、とても良い経験になりました。修士課程では、更なる高品質 Cd₃As₂ 薄膜の作製のために、別の手法での薄膜化の研究を続けていきます。



【後輩たちへひとこと】

物工には日本はもちろん世界をリードする先生がいる、恵まれた環境です。世界の研究者と肩を並べる研究や論文に触れ、自分すごいところにいるんだと感じました。

未踏の物理に挑んだ1年間。 座学では学べない研究の精神

藤代 有絵子 / 十倉研究室

卒論題目：「Giant thermopower in MnGe with three-dimensional topological spin texture (3次元トポジカルスピン構造を持つ MnGe における巨大熱電効果)」

MnGe はこれまでの物理学では理解できない特異な物性を持っています。その秘密を探るため、MnGe 研究の第一人者である助教の金澤さんとマンツーマンで測定実験に取り組みました。あらゆる測定を経験しましたが、ことごとく失敗。落ち込みましたよ。他の友人たちは何か一つの目標に向かって研究をしているのに、自分だけ目指すところが何も無いという気がしました。でも金澤さんが「この実験がダメでも次の手がある」「進み続けていけばいいことがある」と励まし続けてくれた。本当に心から尊敬しましたね。そして、これが最後の最後という実験で、既存の物理では説明できない、ものすごく不思議な結果が出たんです。あまりに謎すぎて、そのすごさが最初はわからなかったくらい。十倉先生に「わからないから面白い」と言われました。得られた実験データをどう解釈するかはまだこれからです。卒論は英文で書きました。英語の方が不自由な分、知識を整理してわかりやすく伝えるよう工夫できたと思ったから。この経験を糧に、次は別の物質の測定実験に挑むつもりです。



【後輩たちへひとこと】

面倒見がいいのが物工の良さです。特に私の研究室では、学部生にも最先端の知識を詰め込んでくれます。3年生で普段の授業だけ頑張った基礎を身につけて来てください。

残り2週間で卒論テーマ変更！ でも、試行錯誤は楽しかった

吉沢 徹 / 椿棗研究室

卒論題目：「ABA 三層グラフェンにおけるバンド構造の電場変調のランダウ準位測定による評価」

バレートロンクスとって、電流を伴わない「バレー流」を使い、低消費電力で情報伝達を行おうという研究が進んでいます。僕の卒論では、三層に重なったグラフェンという物質を用いて、バレー流の発生と検出を目指すのが当初の狙いでした。ところがそのサンプル作製が難航。試行錯誤の末にようやくできたものの、いざ測定してみるとわけのわからない結果ばかり出てきたんです。先輩と話し合っただけでその原因を突き止めたのが、卒論締切の3週間前でした。実はグラフェンの三層構造には2通りあって、僕が作っていたのは狙っていた ABC という重なり方ではなく、ABA という形の方だったんです。その一方、できたサンプルがこれまでにないほど高品質で、とてもきれいなバンド構造が見られることもわかりました。そこで急速テーマを変更、何も知らなかった ABA 三層グラフェンについて一から調べ、測定しながら何とか2週間で論文にまとめ上げました。いろいろあったけれど、試行錯誤している間もずっと楽しかった。今できることを頑張っていれば前進できると実感しました。



【後輩たちへひとこと】

物工は研究設備が整っていて深く探求ができます。トップクラスの先生も大勢いて、外部の学会などより物工の卒論発表会に集まる教員陣の方がハイレベルだったりします。

卒業したら、 そこは 世界最先端

4年生の卒業研究

毎年恒例の卒業研究発表会。平成 26 年度は 5 人の優秀卒業論文賞受賞者が誕生した。右も左もわからない状態で研究室に飛び込み、世界レベルの先生や先輩たちと肩を並べるうち、思いも寄らない世界が目の前に広がっていく。その醍醐味と、そこに至る努力の一端を 5 人に尋ねてみた。

[取材：2015 年 2 月]



高橋 謙介
古澤研究室
卒業題目：「超伝導トポロジカル絶縁体における磁気効果と量子化磁場伝導」
【先輩たちへひとこと】
3 年生までの授業は面白いなりに役立つものと思えない、たのしみも勉強だとも思わなかった。でも研究室に入ると、進んで学んだことを使ひこなしで自分の考えを出せる機会が増えてきます。



中村 亮介
古澤研究室
卒業題目：「時間相関による量子非破壊相互作用ゲートの研究」
【先輩たちへひとこと】
僕が物工を志望したのは、期論も応用も両方であると思ったから。理論の研究もあるのかいですがね。研究好きな人なら十分に楽しめる学科だと思います。

ラスト1回で成功！ 自分の手で成し遂げた実感

表面のみ電気を通す性質を持つトポロジカル絶縁体は、様々な可能性を秘めた話題のトピックです。たとえば、トポロジカル絶縁体の薄膜に鉄やクロムなどの磁性元素を混ぜることで一風変わった磁石となり、試料の端にエネルギー損失のない電流が流れる「量子異常ホール効果」を起こすことができます。超伝導とはまた違った原理でロスのない電流が得られる点から、将来的な実用も期待されています。

僕の研究は端的に言えばその量子異常ホール状態を、磁壁において観測するものです。ドクターの先輩とのペアで行う研究で、先輩の指示のもとで試料をたくさん作り、観測向けのデバイスに加工して測定するという作業をひたすら繰り返している間、僕が最も苦労しましたね。1 ヶ月以上休みなく何度も失敗経験を重ねるうちに、次は何をすべきか対策が見えるようになっていきました。そしてこれが最後の試料という時、ついに目指してきた磁壁伝導の徴候を発見したのは、本当に感動でした。努力を続けられれば成し遂げられることがあると身をもって実感できた瞬間でした。

生まれて初めて、 勉強が楽しいと思った

僕の研究は量子コンピュータ実現を目指す一助になるもの。量子非破壊相互作用ゲートとは量子エンタングルメントを生成する 2 入力 2 出力のゲートです。今もあるものより高速化するために、広帯域の光で実現させるというのが僕のテーマ。僕が研究室に入った時点で博士・修士過程の先輩方がある程度進めていた研究に僕も加わって、問題を一つ一つ原因究明し、解決していくプロセスを経験しました。

高速化をはかるためには、装置内を進む 2 本の光の経路をよりシビアに調整が必要があって苦しみました。実験中わけのわからない結果が出た時、先輩たちに相談すると、僕の予想以上にいるような可能性を考えつくんです。僕が最もとあまり勉強が好きでな方ではなかったけれど、研究室に入って明確な目的を持って知識を身につけるようになり、生まれて初めて勉強が楽しいと思いました。修士では光を扱う別の研究室に進みますが、先輩のようにあらゆる問題に対応できる深い理解を持った研究者を目指したいですね。



通山 健
古澤研究室
卒業題目：「時間相関 2 モード量子トリットの実現とその評価」
【先輩たちへひとこと】
理学部物理学科がこちらかという研究者志向のなかに比べて、物工にはエンジニア志向で修士課程は電気系に変わるという人もいます。その意味で、物工はいろいろな考え方に触れられる場だと思います。

自分の手で更地から系を組み上げた経験は貴重

同じ古澤研究室の中村君たちがやっていたのは、量子状態を操作して扱える範囲を広げること。僕の研究テーマは、操作を加える対象とするための量子状態を作ることです。光子が 2 通りの状態の重ね合わせにあるものを量子ビットと呼びますが、僕は量子トリット、つまり 3 通りの状態の重ね合わせを生成すると同時に、当研究室で量子ビットの測定に使っているホモダイナミクスという手法でその生成された状態の評価を行いました。

量子トリットは量子ビットと比べて生成に時間がかかるため、1 万回作って測定しようとする途中で徐々に実験系に精度のズレが生じ、不安定になるのが難点です。それを防ぐために実験前にどう調整するかに苦しみました。ドクターや留学生の先輩たちの共同研究でしたが、自分の手で更地の状態から系を組むという経験ができたのは大きかったですね。当研究室では研究を進めるために必要な装置もできるだけ自分で作るという方針なので、必然的に自分で回路を作るなどの関連スキルも磨くことができました。そうして身につけた幅広い技術は社会に出ても役立つのではないかと思います。



西村 健一
川崎研究室
卒業題目：「ペロブスカイト型 WO₃ 薄膜へのキャリアドープと電気伝導性制御」
【先輩たちへひとこと】
研究室でも同期 3 人がそれぞれ違う物質をテーマにしていて、自分も特性も酸化、光、電気と別々。研究の経緯を聞いて合ううちに自然と別の方面にも興味を向きます。次の研究にも繋がります。

愛着が湧いて、なんとか成果を出したくなる

物質創成分野の中でも、川崎研は金属酸化物を扱う研究室。酸化物をきれいな単結晶薄膜として成長させると、隠れていた面白い物理現象が現れるのです。その中でも WO₃ という酸化物の可能性を探るのが僕のテーマでした。

ふつと酸化物に電気を通すためにはわずかに異素材を加えてから加熱して結晶させるのですが、WO₃ はその方法だと変質しやすいので、予め結晶構造を固定化した後にキャリアドープする手法をとりました。これだと金属化のプロセスと結晶構造との結びつきがわかるというメリットもあります。卒論の最後の方ではスペースがない X 線装置の中で真空状態を作りつつ、同時に電気測定も行うなんていう大変な実験もやりました。当研究室は分業制ではないので、薄膜を作るのももちろん、測定装置を作ったり制御プログラムを書いたりするところまで自分でやりましたよ。試行錯誤を繰り返すうちにこの物質に愛着が湧いて、何となくかものになりたいという気になりましたね。自分の工夫でやり遂げるという達成感を得ることができました。



中川 裕治
岩佐研究室
卒業題目：「ZnCl₂ 単結晶におけるインターカレーションと超伝導の相関研究」
【先輩たちへひとこと】
成果が出てもらえなかったのは物理が難しい。僕は先輩方に何回も発表練習に付き合ってもらいました。岩佐先生から「自分を大きく見せろ」と励まされたおかげで、発表会では先輩先生にも「見事な結果です」と言われたのが嬉しかったです。

先生からの助言は「神頼みに行ってくれば」(笑)

層状物質 ZnCl₂ の層と層の間に原子を入れること (インターカレーション) を多結晶ではなく単結晶で行うことから、それによって現れる超伝導の磁場下での測定までを連続して行うのが僕の研究です。空気に触れたとたんダメになるような物質で、どうすればうまく作れるのかわからず、たまたま成功するまでひたすら場数を踏むしかなくて、いつも「根性」と言っている岩佐先生にも「神頼みに行ってくれば」と言われたくらいです (笑)。何度も作るうちに助がつかめてきました。

そうやって得られたデータは面白そうなものだったけれど、今度はそれをどのように解釈すればいいのかかわりませんでした。ところがある時、岩佐先生を訪ねてきた他大学の理論家の先生からヒントをもらえたんです。その話を手がかりに勉強し、理解が深まりました。岩佐先生は何かにつけいろいろな分野の専門家に話を聞いてくれるので貴重な経験ができます。今後はこの研究成果を英文にして、筆頭著者として科学誌に投稿する予定です。