

2016

東京大学

工学部物理工学科 進学ガイダンスブック

DEPARTMENT OF APPLIED PHYSICS, FACULTY OF ENGINEERING



世界を塗り替える力があるとしたら、 物理工学には、それがありません。

ニュートンやアインシュタインの例を出すまでもなく、
たったひとつの知恵が世界を塗り替えてしまう歴史を私たち人類は何度も経験してきました。
多くの物理学者たちが森羅万象にまなざしを注いできたおかげで、
20世紀のうちに物理学の基本ルールはほぼ確立したといえます。

でも私たちは未だ、ゲームのルールを知っただけ。
21世紀に生きる私たちは、自然界というルールの上で定石を見だし、
それを駆使する達人になろうとしているのです。

私たちが追い求めているのは、
流行りの技術や5年後に色褪せてしまう発見ではありません。
深遠な物理から立ち上がってくるたくさんの可能性の種が、物理工学の世界には眠っています。
物理工学科は、世界になかった新しい物理を生み出す現場なのです。



世界中が社会的閉塞感や限界を感じている現代、
自然界の成り立ちを根本から説明し直し、
その上で革新的な価値を創造する理工学的思考は、
人類に最も待望される考え方に他なりません。
その研究はやがて、想像を超えた未来に私たちを連れていくことになるでしょう。

これからは知恵の時代。知恵の国ニッポンの時代です。

日本が世界に誇る叡知への扉が今、あなたに開かれるのを待っています。

目 次

◎ 目次	4
◎ 物理工学が求めること	5
◎ 物理工学科の生活	6
◎ カリキュラム	8
◎ Talk	
+ 「無数のレポートを乗り越えるうちに進む方向が見えてくる」 3年生が語った物工リアルライフ	10
+ 卒業したら、そこは世界最先端 受賞者たちの卒論奮闘記	12
◎ 卒業生の進路	14
◎ メッセージ	16
◎ 物理工学科の研究分野	18
+ 物性理論・計算物理	20
+ 先端物質創成	24
+ 量子物性	28
+ 光科学・量子情報・量子計測	32
+ 分子性物質・ソフトマター・バイオ	36
◎ キャンパスマップ・関連研究施設	39

【物理工学科の歴史】

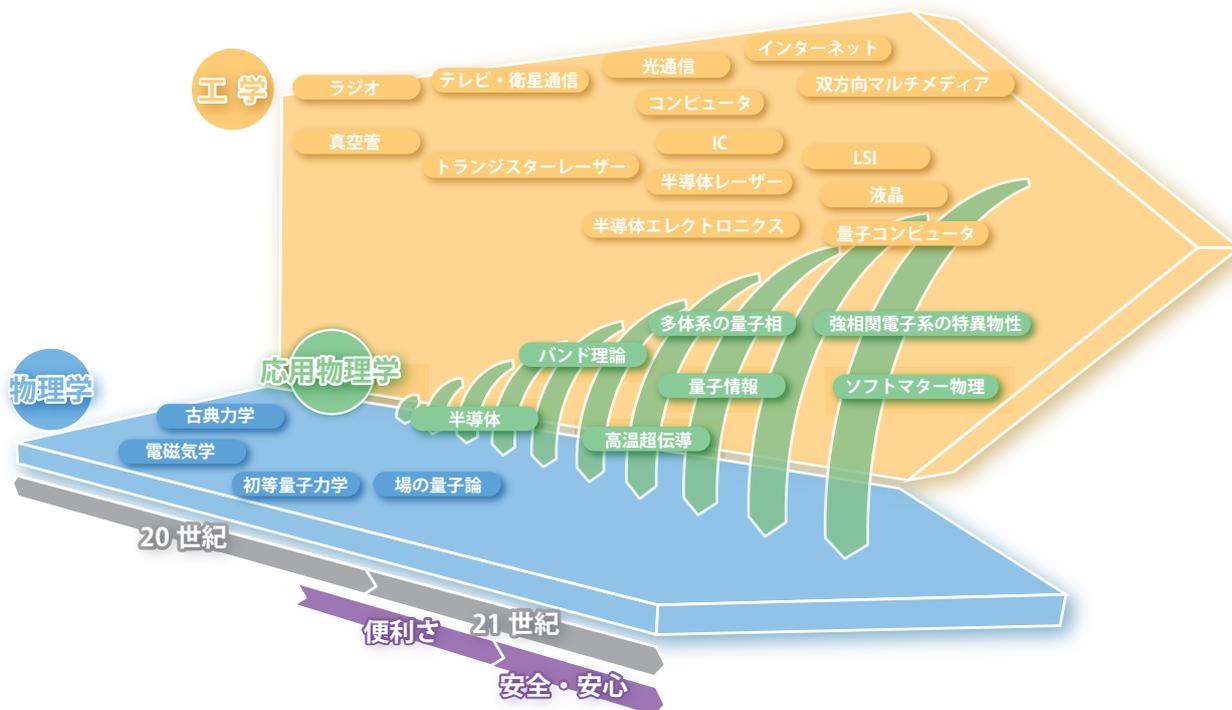
物理工学科の歴史は、明治34年（1901年）の力学講座の開設と、大正14年（1925年）の応用物理学実験教室の設置からはじまり、100余年の実績と伝統があります。物理工学科はその設立時から数学、物理学と工学の接点に立ち、既存の工学の分野にとらわれることなく、むしろ新しい分野を開拓し、多くの優秀な人材を世に送り出してきました。

我が国で最初に量子力学を導入した寺沢寛一と山内恭彦、我が国で電子計算機実現の先陣を切り、スーパーコンピュータの開発に先駆的な役割を果たし、さらには多くの汎用プログラムを提供している雨宮綾夫とそのグループ、その黎明期

に我が国の半導体産業の基礎をリードした菅義夫と神山雅英、群論を応用したレーザーを理論的に予言した田辺行人、超音波による高分子の研究を切り拓いた和田八三久、X線トポグラフィーを開発した高良和武、原子波干渉を実証した清水富士夫、半導体、高温超伝導体の研究開発をリードした田中昭二など枚挙に暇がありません。

また、世界で最も権威ある自然科学雑誌 Nature の掲載論文数物理部門ランキングにおいて日本でトップにランクされ、多数の教員が各種賞を受賞するなど、その業績は世界中で広く認知されています。

物理工学が求めること



古い時代から、科学と工学は互いに絡み合いながら発展してきた

ニュートンによる古典力学、マックスウェルによる電磁気学、ボルツマンによる熱統計力学といった古典物理学は、機械工学、蒸気機関、無線など、当時の先端技術の礎として産業革命を支えました。

20世紀に入り、ドイツの製鉄業で見出された熱輻射の研究から量子論が生まれ、それがミクロな素粒子の世界を記述する基本法則であることが明らかとなりました。

量子論が固体中の電子に応用され、バンド理論を通してその振る舞いを詳細に予言できるようになりました。これが今日の情報化社会を支えるコンピューターをはじめとする半導体テクノロジーの基礎となっています。

科学と工業はこれからどのように進展するのだろうか？

現在、既にある次のキーワードからその展望を持つことが可能です。まず、量子力学は無限多自由度を扱う場の量子論へと進化しました。これは相対論と量子力学を統一する過程で必然的に導かれたことですが、同時に「光子としての電磁場」「固体中の多電子系」などを扱う基本的言語となりました。

前者の「光子としての電磁場」は、レーザーを代表とする量子光学の発展につながり、今日の原子分光、レーザー冷却、ボーズ・アインシュタイン凝縮、量子情報など、最先端の研究に結実しています。

また、後者の「固体中の多電子系」は、高温超伝導体を代表とする強相関電子系の研究へとつながり、超伝導、磁性、誘電性、非線型光学などの集団現象の物理学をナノスケールで切り拓く研究が進展しています。

21世紀が求める新しい科学技術

21世紀は環境の世紀といわれています。今後も増え続けるであろう膨大な情報を扱うために、大きな設備や莫大な電力を必要とする従来の考え方では未来はありません。低エネルギーで超高速・超高度な処理をこなす「人や環境にやさしい」技術が要求されています。それを実現するためのキーワードはこの「多自由度」もしくは「場」であると私たちは考えています。

本誌をご覧になれば、物理工学科での教育、各研究室で扱われているテーマが、すべてこの方向へ向かっていることを理解していただけたと思います。あなたも最前線で一緒に未来を創りませんか。

物理工学科の生活

[物理工学科の特徴]

先端基礎研究

物理工学科の教授陣は世界を舞台に活躍している方が多く、その研究テーマは世界トップレベルです。4年生で取り組む卒業論文の課題も、それぞれの研究室で現在世界を相手に行われている最先端の研究です。卒業論文では新しい野心的な研究テーマが与えられる事が多く、これまでも世界的な研究が多数出ています。

就職に優位

物理工学科は、社会の第一線で活躍する多くの先輩を送り出しています。この伝統、経験に基づき整備された就職指導制度では、70社以上が参加する企業説明会を開催しています。また、企業見学や先輩面接、就職相談などを通して各自が能力を活かせる進路に進んでいます。このような就職支援制度は、今日では貴重な存在であり、物理工学科の大きな特徴となっています。

OBネットワーク

講義や学科内説明会、充実した同窓会活動などを通じて在学中から卒業後までOBと接する機会は多く、そのネットワークは地球規模ではりめぐらされています。



[2年生]



[3年生]



[4年生]

[5つの研究分野]

- + 物性理論・計算物理
- + 先端物質創成
- + 量子物性
- + 光科学・量子情報・量子計測
- + 分子性物質・ソフトマター・バイオ

詳しくは、
P18へ

学科進学内定

進学選択を経て理工学進学が内定すると、2年次Aセメスターには本郷への第一歩が始まります。電磁気学は基礎から学び直します。熱力学は統計力学という意味付けを得て、明快なものに。また、曖昧であった“量子”という言葉が“量子力学”という体系で明快に解き明かされます。数学も、専門で重要になる常微分方程式、ベクトル解析、変分法を基礎から徹底的に学びます。

【カリキュラム：6本の柱】

- + 基礎数学
- + 基礎物理学 / 先端物理学
- + 数学及物理学演習
- + 応用物理学 / 応用数理学
- + 輪講
- + 実験・研究

詳しくは、
P8 へ

本郷進学

本郷進学の1年目では、基礎科目を重点的に学習します。いくつかの講義は、演習と組み合わせることにより、学習効率を高めるよう工夫されています。もちろん、よりアドバンストな講義に触れる機会も準備されています。そんな中、駒場時代とは違い、あなたは理工学学科の一員であることを日々実感することでしょう。学科専用の場所での講義、教員との昼食会、少人数での輪講等を通して。

実験・演習

自然科学の一分野である物理学は、自然を相手に、観察・実験・考察を繰り返すことにより発展してきました。3年の前半では基礎的な“理工学実験”を、後半では各研究室に別れて、専門的な実験および計算機実習を通じて、物理の奥深さ・発展を実感してもらいます。また、講義と密接に関係した演習の時間では、自分の手を動かして問題を解くことで、より深い理解を身につけます。



研究室配属

4年生になると、いよいよ理工学学科でのメインイベントである卒業研究が始まります。その手始めで重要な儀式が、研究室配属の決定です。新4年生は、あらかじめ研究室を回りその雰囲気確かめておくと共に、各教員のプレゼンテーションを聞き、最終志望を決定します。しかし、どの研究室に配属されるかは、時には運次第。志望の研究室に配属されてもそうでなくても、一流の研究室でやりがいのある研究が待っています。

卒業研究

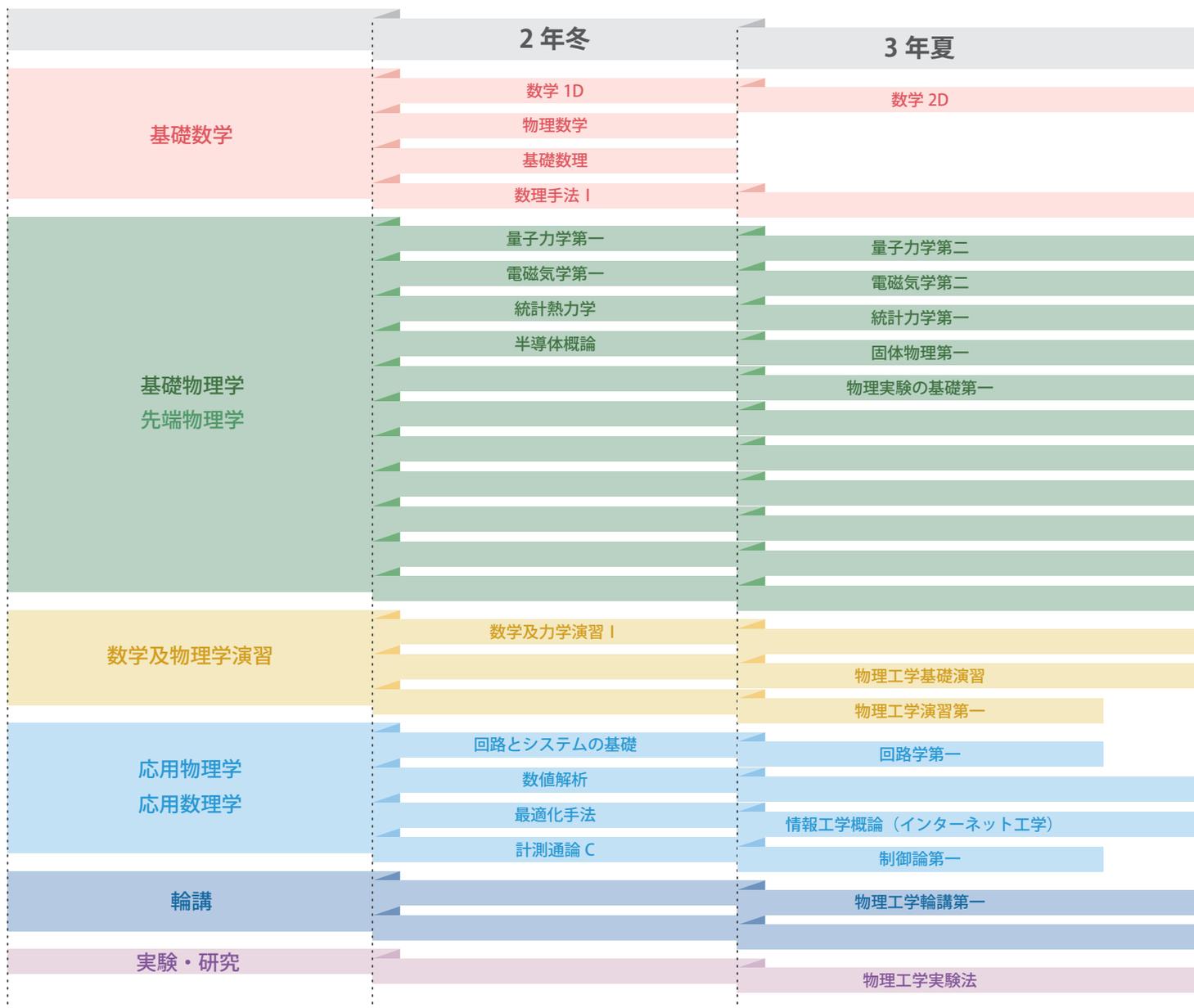
理工学学科の卒業研究は、単なる学生実験の延長ではありません。1年間かけて、世界第一線の研究への急階段を上ることになります。研究の成果が直ぐに著名な科学雑誌の論文として発表されることさえあります。理論志望の学生も、卒業研究では実験研究を行い、物理現象を実感してもらいます。

優秀卒業論文賞

卒業論文が世界的な仕事となることも多く、特に優れたものに対しては、「優秀卒業論文賞」が授与されます。



カリキュラム



◎ カリキュラムの流れ

物理工学に進学した学生は2年の後期と3年の1年半をかけて、数学と物理をみっちり学びます。

2年の後期は3年、4年に備えた基礎固めです。物理学の基本法則は、偏微分方程式の形にきれいにまとめられているので、それを理解するための数学を学びます。物理学は、

電磁気学、熱力学の再整理をしながら、量子力学と統計物理学の学習を始めます。

3年、4年では、多体系の量子論、量子統計物理、固体の物性を量子力学によって理解する固体物理学、光学、流体力学と弾性体物理学、レーザーや非線形光学などの量子エレ

クトロニクス、量子情報物理を学びます。

物理学の新しい課題として見逃せないのが、生命科学への応用です。それを意識して、多数の自由度が階層をもって強く絡まり合う系を扱うソフトマターの物理、さらに生物物理学の講義を用意しています。物理工学科では、計数工学科で開講されている

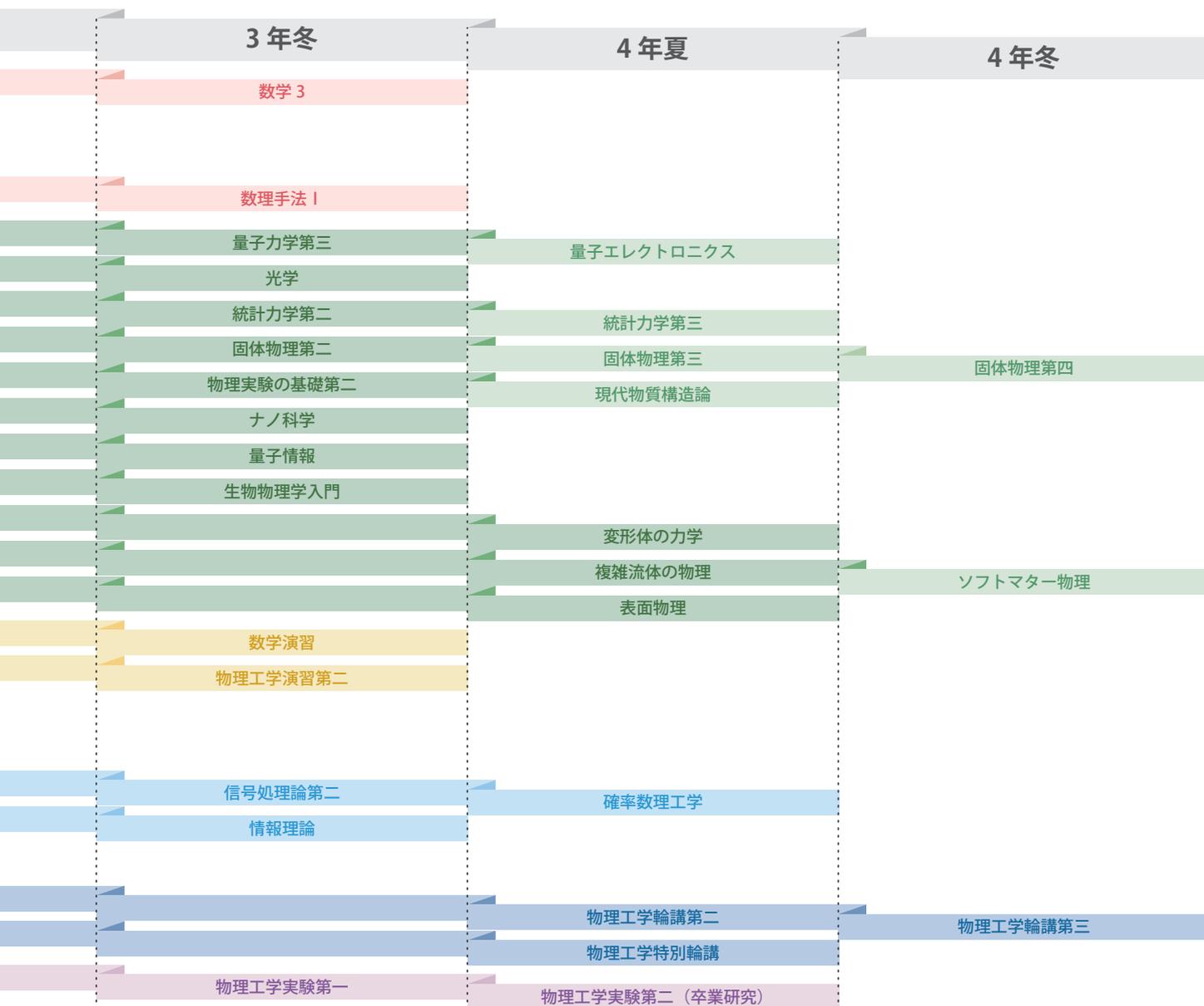
◎ 概 要

既存の物理学や工学の枠にとらわれない新しい学問領域や産業を開拓する事が物理工学科の目指すところです。

そのために、「基礎数学」「基礎物理学・先端物理学」「数学及物理学演習」「応用物理学・応用数理学」「輪講」「実験・研究」の6本の柱からなるカリキュラムを用意しています。

「物理学そのものを極めたい!」「応用を積極的に目指したい!」

当学科ではどちらも歓迎です。なぜなら、異なる視野を持つ一方で物理学という学問を共に楽しめるものが出会い、このカリキュラムを通して相互作用する事で、既存の物理学や工学の枠にとらわれない新しい学問や産業を開拓する気運が生まれる、と考えているからです。



計算機科学、情報理論、数理工学などを、量子情報技術の基礎としても重要と考え、講義の相乗りを行っています。

これらの講義と平行して、実験と演習があります。演習では実際に問題を解く訓練をします。3年前期の応用物理実験では、物理実験の基礎技法を学びます。

3年後期の月曜日は丸一日物理工学実験にあてられ、3回で一つのテーマに取り組むプロジェクト方式の実験を各研究室の先端的な設備を使って行います。

4年になると各研究室に配属されます。研究室での一年間は、一人または二人でペアを組んで卒業研究に取り組みます。最後

にその結果を卒業論文(卒論)にまとめ全教員と学生の前で発表します。

卒論の課題は、それぞれの研究室で世界を相手に行われている最先端の研究です。卒論では新しい野心的な研究テーマが与えられる事が多く、これまでも世界的な研究が数多く出ています。

「無数のレポートを乗り越えるうちに 進む方向が見えてくる」 3年生が語った物工リアルライフ



だから私は物工を選んだ

——進振りで物工を選んだ決め手は？

菊地 僕はいろいろな分野に目が向きやすい性格で、なかなか決められなかった。2年生の時に受けた物性関連の授業が面白かったのがきっかけ。

平川 僕は昔読んだ量子力学の本から、この分野に興味があって。サークルの物工の先輩に、それを工学部でやるなら物工だと言われた。

中西 僕は理学部の情報科学科がこの物工か、最後まで迷った。けど、情報の分野で物理の知識を使うよりも、物理を突き詰めるために情報技術を使うという方が自分なりにイメージできたので、だったら物工かなと。

メイヨー 私が迷ったのは、物工がマテリアル工学科か。部活の先輩に話を聞いたり、学科の紹介パンフを読んだりして研究しました。マテリアル工学科はより実践が中心というイメージ、物工は実践も押さえつつ理論もしっかりできるという印象でした。自分の将来ビジョンがまだ定まっていない

ので、基礎を固めたくて、それなら物工のように研究領域が広い方がいいかなと。

アントウ 僕は最初、理学部物理学科と電気系の半導体関係と物工で迷いました。理物か物工なら半導体以外にも固体物理から生物まで幅広くできるので2つに絞り、そのうち固体物理や量子力学への興味が大きくなってきました。先輩からは、物工なら研究室も多いし研究は最先端、実験に強いのも物工だと聞いた。ネットで先生方の研究も調べて、物工の樽茶（清悟）先生や永長（直人）先生の研究に興味を持ちました。強相関電子系は理物より物工の方が強いと聞いたこともあります。

座学が多い。レポートも多い！

——物工はイメージ通りだった？

アントウ 工学部だから実験が多いのかと思ってたけど、意外と理論が多かった。

菊地 基礎のポリウムが予想以上にあっただ。他の学科では演習とか実験とかが多いけど、こちらは実験をやっても週1のポリウムで・・・だからレポート多いんだ

よな！（笑）うちの演習といえば問題を渡されてそれについて前で発表してレポートを出せ、だからね。

平川 レポート用紙の束を1学期で2セットくらい使う。多い時は同時に7本くらい抱えている。

メイヨー 1学期使って書くようなものもあるから。

中西 それをテスト3日前に書いたり（笑）。

——どうやって乗り越える？

中西 僕は徹夜します。

平川 レポートが出たらどんどんやる。その日のうちに進めておかないと終わらない。
アントウ めっちゃ難しい問題が出て、ググって見たらアメリカ物理学会の論文が出てきた（笑）。

平川 難しすぎて調べても出てこない。日本語を調べて英語で検索してみたりする。

アントウ 難しすぎて逆に楽しいですね。演習で新しいトピックが出るたびに自分で調べれば知識は増えていく。

菊地 その分野に強い人に頼ることも多い。

平川 演習は発表している人のを頑張って

授業は楽しい？ レポートは？ 学科内の雰囲気は？ 入ってみたいとわからないこと、現役3年生が教えます！

写す。頭のいい人の助けを乞う。

菊地 助け合いじゃなく、助け乞い(笑)

アントウ でも、みんな完コピしたりはしないです。限界を超える問題もたまにあるけど。

先生との距離が近い

——世界レベルの先生方の印象は？

菊地 先生は等しく愉快(笑)。

中西 個性的だよな。

菊地 物理だし理論だし、堅苦しい人が多いのかと思っていたら意外に全然、じゃなかった？すごい研究成果を上げている先生揃いなんだけど、授業ではものすごく親しみやすい感じで。

メイヨー 思ったより丁寧にやってくれる先生が多い。

平川 質問に対する答えがいちいち奥深い。すらすら出てくるし。

菊地 理論だけやり続けると、これが研究とどうつながるんだろうという疑問を抱きがちだけど、例えば樽茶先生の量子情報の

授業では、実際の研究の場面ではこういうソースを使っていますって説明してくれる。授業で教わった知識はそのままでは役に立たないって、先生からはよく聞くよね。

平川 でもその知識の基礎を固めておかないとってことだよな。

アントウ 実験の先生がしてくれる説明はわかりやすかった。どういう現象が実験室で出てくるかを例に出して説明してくれるから。理論の先生とは逆で、実験の先生は物理から数式に落とし込む。どちらも上手い先生もいますけど。

菊地 小芦(雅斗)先生の、統計力学の授業がめっちゃわかりやすかった。基礎的な考え方がしっかりまとまっていて。応用に進むほど目先のことを理解しようとして昔の基礎がばやけてくるんだけど、たまに見返すと納得できる。

——理工の雰囲気は？

中西 みんな仲がいいです。先輩も後輩も親しみやすい人ばかりで。

アントウ 先生方とのやりとりもすごく多い。先生が身振り手振りで教えてくれて、熱意を感じます。比較的少人数だから、顔も名前も覚えてもらえて、学生と先生の距離が近い。あったかい感じがします。

メイヨー 他の学科と比べても、授業のやり方が丁寧で、面倒見がいい感じがします。

平川 先生がメアドを教えてくれて、アポを取れば研究室で教えてくれる先生もいて。

アントウ 研究室見学の時は先輩がいろいろ丁寧に教えてくれました。

菊地 五月祭でやった工学博覧会の企画なんかでも先輩と交流できました。

中西 物工だと、計数工学科の人とも共通の授業が多いので、仲良くなれる。

メイヨー 計数と共通する授業は選択ですが、事実上みんな取ります。今後役に立つから。

中西 計数の授業を取ると、そちらの方面からの視点で物理を見ることができる気がします。

[取材：2016年2月]



菊地 恭平

「合唱団あらぐさ」でバンド活動に熱中。この頃はホームページを作りたくてHTMLの勉強も始めたところ。茨城県出身。

自分のやっていることを楽しめる人。物工は人数こそ多くないけどいろいろな人を受け入れる間口が広い。楽したい人が来るところではないから、多少のことは楽しんで乗り切れる人がいいかな。

物理に興味があったら、研究室見学をいろいろしてみてください。



中西 健

中学生の頃からの経験で培ったIT系のスキルを活かし、iPhoneやAndroid向けアプリを製作するのが趣味。大阪府出身。

演習問題も難しいけど、答えが合えば達成感はあるし、やる価値はある。



平川 友也

最近は独自に英語を勉強中。将来の研究室でのコミュニケーションに備えている。トマトテニスサークル所属。神奈川県出身。

後輩の皆さんへ一言

—どんな人が物工に向いている？—

工学部の中でも一番理学部よりの学科。物理そのものをとことんやりたい人には向いている。

物理が好きで、ものづくりにもこだわりがある人。



メイヨー アレックス 浩

小2から続けている剣道は3段の腕前。授業以外のほとんどの時間を剣道部仲間と過ごす日々。福岡県出身。



ハーク シェイク ルパイアット ウル(ニックネーム:アントウ)

休日はモスクでボランティア。母国バングラデシュの中学生向け物理オリンピックの問題作りをすることも。ダッカ出身。



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人の優秀卒業論文賞受賞者が、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]



【先輩たちへひとこと】

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機の研究室でも、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力もお借りして、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て、半導体の技術を使うというヒントを得たのが成功の決め手です。実際にできてみると、当初予想していたの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 / 岩佐研究室

卒論題目：「三次元層状極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、層状極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、これまで界面上でなら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な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得られた成果ではなく、周りに自分の研究を置いてでも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と思います。



【先輩たちへひとこと】

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 Cd_3As_2 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 Cd_3As_2 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 Cd_3As_2 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行きます。



【先輩たちへひとこと】

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て、自分がすごいところにいるんだと感じました。



【先輩たちへひとこと】

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だけ基礎を身につけて来てください。

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次元トポロ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」「進み続けていればいいことがある」と励まし続けてくれて、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。あまりに迷すぎて、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わるよう工夫できると思ったから。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。

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 / 樽茶研究室

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。先輩と話し合う中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。そこで急遽テーマを変更、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。



【先輩たちへひとこと】

物工は研究設備が整っていて深い探求ができます。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。

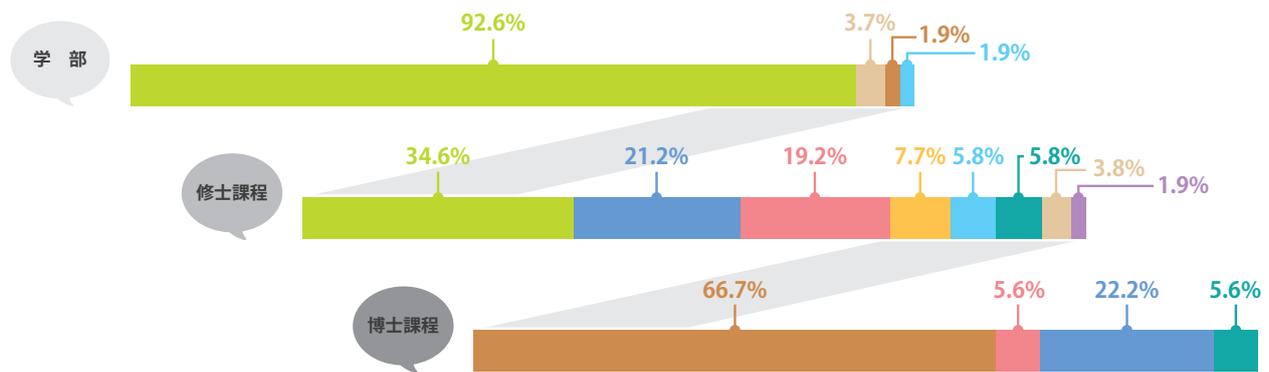
卒業生の進路

理工学科は、社会の第一線で活躍している多くの先輩を送り出してきました。そして、この伝統、経験に基づき整備された、見通しのよい就職指導制度を実施しています。70社以上参加の企業説明会を開き、企業見学、先輩面接および就職相談などを通して各自の能力を活かせる進路を決定する支援を行っています。このような就職支援制度は今日では貴重な存在であり、理工学科の特徴となっています。

学部を卒業すると、大多数の学生は大学院の修士課程に進んでいます。修士の2年間を修了した人の3割程度が博士課程に進んでいます。博士課程に進み博士号を取得した人は、国内外の研究機関や大学の助手、博士研究員あるいは企業の研究開発部門に入

り、プロの研究者としての人生が始まります。学部や修士課程で修了した人の多くは企業で技術開発や研究に従事しています。企業での研究がまとまった場合には、博士論文を大学に提出し、審査に合格すると博士号が取得できる論文博士という制度もあります。

各界で活躍する卒業生のアンケート調査によりますと、社会に出てから理工学科で学んだことで大いに役立ったものとして、物理学の基礎、卒業研究で卒論をまとめる体験をあげる人が圧倒的に多いのです。地に足のついた知識を武器として、自ら考えて、未踏の領域に挑戦するという応用物理学の理念を堅持して、世界をリードする人材を輩出し続けるための努力を続けています。



進学

東京大学大学院工学系研究科、新領域創成科学研究科、情報理工学系研究科、理学系研究科、総合文化研究科、など

電機

日立、東芝、NEC、富士電機、富士通、パナソニック、三菱電機、ソニー、シャープ、明電舎、沖電気、安川電機、京セラ、IBM、ルネサス、エプソン、横河電機、ローム、村田製作所、キヤノン、日置電機、など

機械・精密

任天堂、デンソー、トヨタ自動車、日産自動車、IHI、三菱重工、川崎重工、マツダ、本田技研、コマツ、富士重工、三井造船、クボタ、ニコン、ファナック、リコー、富士ゼロックス、オリンパス、など

化学工業・石油

旭化成、昭和電工、JX 日鉱日石エネルギー、プリチストン、三菱石油、日本石油、丸善石油、JOMO、三井石油化学、三菱化学、日立化成、東レ、ユニチカ、クレハ、クラレ、帝人、旭硝子、住友化学、信越化学、富士フイルム、東京ガス、など

鉄鋼・金属

新日鉄、住友金属、JFE、東洋鋼鈑、神戸製鋼、大同製鋼、日本製鋼所、三井金属、三菱金属、住友鉱山、住友電工、古河電工、日立電線、フジクラ、日亜化学、など

電力・原子力 / 運輸・通信

日本原子力発電、電力中研、東電、日本原子力事業、JR 東海、JR 東日本、NTT、KDD、NHK、NTT データ、など

金融・保険・ソフト・商社

アクセンチュア、エリジオン、富士銀行、三菱銀行、日本興業銀行、さくら銀行、住友銀行、東京銀行、東京海上火災、明治生命、世界銀行、日興証券、日本銀行、ゴールドマンサックス、三井物産など

大学・研究所・官公庁

東大、京大、阪大、東北大、名古屋大、東工大、山形大、早大、慶大、学習院大、ハーバード大、スタンフォード大、カリフォルニア大、コーネル大、理化学研究所、産業技術総合研究所、物質材料研究機構、自然科学研究機構、情報通信研究機構、特許庁、など

その他

大成建設、鹿島建設、凸版印刷、図書印刷、新聞社、病院、開業医、代議士、町長、各種学校教員、教諭、自由業、など

(2015 年度データ)

大学院の紹介

世界の第一線の研究者と肩を並べ、研究成果を競い合うための研鑽・研究の場が大学院です。理工学系の卒業生の大多数が大学院に進学します。主な進学先は、理工学系の教員が所属する工学系研究科物理工学専攻（本郷）と新領域創成科学研究科物質系専攻（柏）です。工学系研究科物理工学専攻には、理工学系担当の教員の他にも、学内研究所・研究センターである物性研究所（柏）、生産技術研究所（駒場）、先端科学技術研究センター（駒場）、光量子科学研究センター（浅野）に所属する教員がいます。これら各種部局に所属する多彩な研究分野を専門とす

る教員の指導のもと、物性物理・量子情報・光科学を中心とする幅広い研究が可能です。

田中昭二賞

修士論文の内容のほとんどは最先端研究であり、世界的な仕事となることも多く、特に優れたものに対しては、「田中昭二賞(理工学優秀修士論文賞)」が授与される。

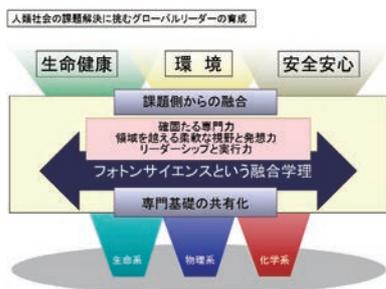


リーディング大学院の紹介



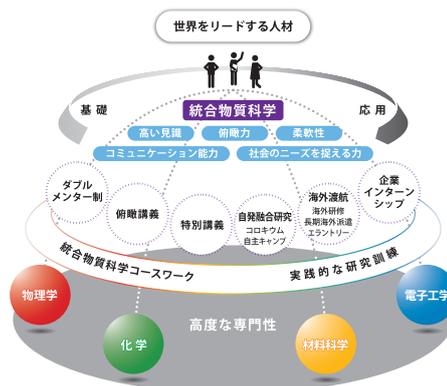
<http://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/current/ALPS/>

フォトンサイエンス・リーディング大学院 (Advanced Leading Graduate Course for Photon Science (ALPS)) では、基礎科学の最先端研究の場を、最先端フォトンサイエンスを横串として活用することで、分野を越えた俯瞰力と知を活用する力を身につけ、世界を舞台として人類社会の持続的発展に貢献する博士の育成を行っています。産・学・官の広い分野でリーダーとして活躍する博士人材を育てることを目指しています。コース生には、奨励金が支給され、専攻の指導教員以外に、ALPS 担当教員が副指導教員としてアサインされます。光技術に関連する産業界の協力も得て、産学協働プラットフォームを整備し、基礎応用の壁を取り払い、最新のフォトンサイエンスを題材とするコースワーク（講義・実験実習）を行います。これらによって、学生同士が分野の壁を越えて互いに切磋琢磨する学際的な環境のもとで、高度な専門力、領域を越える柔軟な視野と発想力、そして、リーダーシップと実行力を身につけるトレーニングを行います。理工学専攻からは、これまでに、各年度につき約 10 名が ALPS コース生として採用されています。



<http://www.ap.t.u-tokyo.ac.jp/merit/>

統合物質科学リーダー養成プログラム (MERIT - Materials Education program for the future leaders in Research, Industry, and Technology) は、平成 23 年度からスタートした文部科学省「博士課程教育リーディングプログラム」事業によるものです。最先端の物質科学研究を基盤として、分野を越えた俯瞰力と柔軟性、知を創造し活用する力、広い視野と高い倫理性を併せ持ち、社会の持続的発展に貢献する優秀な博士を育成することを目的とします。理工学専攻は、新領域創成科学研究科の物質系専攻や、工学系研究科、理学系研究科の物質科学に関わる専攻とともに、このプログラムを推進しています。プログラムの大学院生 (MERIT コース生) に採用されると、修士課程 1 年次後半から研究奨励金が支給されるとともに、自発融合研究、海外派遣、インターンシップなど、通常の修士課程・博士課程の枠を超えた様々な研究活動を行います。



A5. 物理学はきわめて論理性の高い学問なので、基礎を体系的にきちんと学ぶことが重要です。特に、電磁気学、量子力学、統計物理学、物理数学は学部でしっかりと身につけることが必要です。理工学系では進学したすべての学生に、これらをきちんと身につけてもらうということをモットーとしています。また駒場で「物理学汎論」という講義を開講していますから、覗いてみてください。

MESSAGE

大学院工学系研究科物理工学専攻
修士課程2年

恩河 大

学生目線で見えた 物理工学科の特徴

物理工学科がどのように学生を育てようとしているのか、それはカリキュラムから読み取ることが出来ます。2年3年次のカリキュラムは4年生の春から世界最先端の研究にスムーズに入っていけるようにするためのものです。量子力学・統計力学・固体物理学・光学・量子情報などの分野を、時に手取り足取り、時にスパルタ(?)



に教わることになります。無論これら学問自体とても興味深いものですが、一方で課されるレポートの多さにも驚かされるでしょう。これは物理工学科の面倒見のよさを示すもので、学生からすればありがた迷惑に感じるでしょうが、否が応でも地力が付くのは確かです。

そうして4年生になると卒業研究や理論輪講を通じて、世界最先端の研究の世界に飛び込んでいくことになります。これもまた物理工学科最大の特徴で、学部4年から研究に時間をかけて真剣に取り組むシステムにより、学生は勉強を習う「生徒」から自ら

探求する「研究者」へと自然とステップアップすることになります。他の学部学科・他の大学と比べても、この卒業研究への力の入れようは際立ったものでしょう。そのためか、物工の大学院博士課程への進学率は高くなっていますし、そのための金銭的援助も少なからず存在します。

では物理工学科は研究者養成コースなのかと言うとそうとも限りません。それは多くの物工出身の先輩方が企業において、開発・経営の各分野で活躍している様子からよく分かると思います。物理系でありながら就職に強い、というのも産業界における物理工学科の認知度を物語っていると考えられます。こうした研究活動にとどまらない社会における存在感というの、物工の特徴の一つであると言えるでしょう。

物工に来て感じたこと

物工に入って身をもって感じたことは、その環境の素晴らしさです。まず先生方との距離が近いことに驚かされます。座学に加え実験・輪読・昼食会など様々な場面で、先生方が如何に我々に対し興味津々であるかを感じることが出来ます。これは4年生になると顕著で、先生方の教育熱心さと研究熱心さを更に身近に痛感することになります。世界のトップを走る先生方とこれだけ密接な交流を持てることは、今も私の励みになっています。

更に大学院に進んでからは、「学生が主役」である物工の空気を強く感じるようになりました。各研究室の研究成果を調べると、学生が筆頭著者の論文や学会発表が多く並んでいることが分かると思います。これは物

工において学生は職員の部下としてではなく、自身が主役となって活動することが求められている、その空気の表れです。私自身いざ大学院に入ると気が引き締まると同時に、研究活動に対し大きなやりがいを感じるようになりました。こういった素晴らしい環境が整っているのも物工の大きな特徴でしょう。

進路を考えている(迷っている) 新2年生へのメッセージ

物工を進路に考える際に、他の物理系の学科と悩んでいる人は多いと思います。物工にはいわゆる素粒子・原子核系の研究室はありません。しかしそれ以外の物理と名の付く分野に関しては日本最高、世界でもトップクラスの研究環境が整っていると思います。理論・実験を問わず研究の中で研鑽を積みたい人、応用よりの物理に興味がある人にはうってつけの学科だと思いますよ。一方で工学系の他学科と悩む人もいるでしょう。物工はそれらモノ作り学科の中では最も基礎的な分野に位置します。実際、物工での研究は即製品化されるようなものではなく、10年後50年後の世の中をもっとおもしろくすることを目指したものです。そういった基礎研究に興味がある人は是非物工に進学してみてください、間違いなく楽しめるはずですよ。

物工に進学した皆さんが、我々の社会をもっと楽しくする、そんな発見をたくさんなさることを心から楽しみにしています。

MESSAGE

旭化成株式会社 旭化成グループフェロー
研究・開発本部 融合ソリューション研究所 所長

山下 昌哉 (1977 年卒)

そもそも東大理Iを選んだ理由は、興味の幅が広くて受験時に専攻学科を絞れなかったからです。学部2年になって、いろんな事に興味がある事は良いことだと思ひ直し、どの分野にも通じる基礎学問として物理にしようと思ひ始めましたが、ガイダンスで、ある教授の言葉に大変心を動かされ、物理工学科に進学しました。『工学とは、人の命を担う学問である。過去から未来へ続く悠久の時間の中で、人々の生活を直接支え、人類生存という課題を与えられているのが工学なのだ。』

この説明を聞いた時に、私は目の前のペールが大きく開かれていくような気がして、理学部ではなく工学部を選択しました。もちろんその決断が、その後私の人生を大きく開く転機となったことは言うまでもありません。

物理工学科の教育は、物理から計測、回路、材料など極めて幅広い分野に渡るところが特徴でした。工学いや科学全般を支える物理の本質的理解が、応用という視点で身に付く教育だったと感じます。それは興味の対象を絞る専門化ではなく、むしろ拡大して様々な領域を融合するダイナミックな技術思考を培ってくれました。工学博士号をいただいて旭化成に就職をする際、私が自ら望んで始めたのは、当時未だ技術の黎明期にあったMRI（磁気共鳴断層撮影装置）の開発でした。自分の専門分野に留まらず、まさに命を担う技術の集大成でもある医療機器開発の道に進んだのです。その後、世界最大の医療機器メーカーであるSiemensと合併を組むまでになり、世界市場を相手にする開発と製造・販売を行いました。入社から10年という月日が流れ、MRIは世界

で数万台の黎明期から数万万台が稼働する普及期に至りましたが、技術進歩の著しい発展期を世界最先端の職場で、豊富な資金力を得て開発に従事できたことは、技術者として大変幸運だったと思います。

ちょうどその頃、旭化成で基本特許技術が生まれたLIB（リチウムイオン二次電池）を実用化するために、東芝と合併を組むことになり、その技術開発サポートを行う電池開発研究所が設立されたので異動をしました。

電池の開発は、正負極・電解液の材料化学・電気化学から、電極の塗布・加工や電池の組立を行う機械・制御のエンジニアリング、更に安全性を担保する半導体電子回路まで、広い領域の理解を必要としますが、そこでも直ぐに活躍できたのは、多様な技術領域を横断的に理解する教育をしてくれた物理工学科の御蔭でしょう。

LIB開発に8年間従事し、自分が発明した特許構造の電池を量産する最新鋭工場が稼働するのを見て、LIBの発展期が過ぎて普及期に至ったことを実感したのです。

次のテーマに私が選んだのは、地磁気測定で方位角を知る電子コンパスの開発です。単に3軸の磁気センサと信号増幅LSIを一体化したハードウェアでは無く、その出力をデジタル化して情報処理をするソフトウェアまで含むソリューション開発を目指すことにしました。

電子コンパスは、携帯機器の内部でスピーカー磁石や磁性体から地磁気より大きい漏洩磁気を受けます。そのオフセット調整を、ユーザーの自然な動作だけで自動的かつ継続的にを行う発明をして、製品と共にソフトウ

エアライブラリの形でライセンス提供したのです。それは、電子部品業界に全く新しいビジネスモデルを産み出し、Smart Phone普及と共に全世界へと広がりました。その結果、世界一のシェアと数百億円の事業規模に成長したことで、恩賜発明賞と紫綬褒章もいただきました。

振り返ってみると、MRI、LIB、電子コンパスと全く異なる領域に従事し、技術開発が一番面白い時期を経験し



たことは、まるで3人分の技術者人生を歩んだような気さえます。しかも私が開発に携わった全ての技術が今や世界中に普及し、人々の生活を支え、命を担う製品になったなんて、技術者としては望外の喜びでしょう。そんな幸運が得られたのは、進学振り分けで感動した言葉が私を導いてくれたからだと思います。物理工学と計数工学が融合した応用物理学という教育環境で学び、1つの専門領域に拘らず、常に視野を広く保って様々な技術領域を俯瞰してきたことが成功を引き寄せたので、私は今も更に新しい技術開発に挑戦しているのです。

物理工学科の研究分野

物理工学科では、数学・物理学と工学の接点に立ち、未知の対象にアプローチすることで多くの研究分野や産業を開拓できる人材を育成しています。

まず、あらゆる場面で応用できる体力を養うため、2年生後期から3年生までの間に基礎をキッチリと固めます。そして、4年生では5つの研究分野からなる各研究室に配属され、世界レベルの卒業研究が始まります。

【研究の特徴】

物理工学科では、主に固体系の物質を対象として、将来の技術革新につながる物理を追求しています。量子力学を日本で初めて取り入れたのは本学科でした。現在では強相関物質科学や量子情報科学などの世界的研究拠点ともなっています。

理学部物理学科が自然を観察して真理を探究していく学科だとすれば、物理工学科は工学部らしく、物理を「制御」し、新しい価値を創造することに主眼を置いているといえます。もともと、どちらも同じ物理学に立脚していることに変わりはなく、物理工学科でも理論から応用まで幅広いアプローチを行っています。

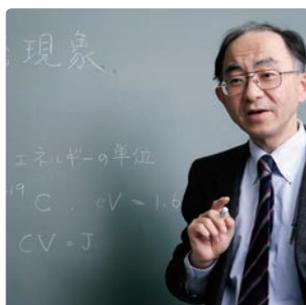
スケールでいえば電子1個レベルから高分子構造まで、研究方法でいえば理論的設計から計測技術の確立、ものづくりの基礎技術の創造まで、一口に物質研究といっても実にさまざま。本誌では、研究領域を5つの研究グループに大別して紹介しています。

主に理論を追求する「物性理論・計算物理」、その理論をもとにこれまでになかった有用な物質を生み出す「先端物質創成」、多様な計測技術で物性に迫る「量子物性」。さらには、量子力学を駆使したエンジニアリングを追求する「光科学・量子情報・量子計測」、より大きな分子を対象とする分子性物質・ソフトマター・バイオ。それぞれの研究室が持っている得意技術を結集することで、ブレイクスルーが生まれやすい環境が整っています。

【学習のポイント】

学部生の皆さんは、3年生までに物理の基礎をすべて学びます。アスリートでいえば筋トレや体力作りの期間。基礎がためがしっかりできれば、4年生からはわくわくするような研究生生活が待っています。

学んでいくうちに、幅広い学問領域から自分の研究を見いだすこともできるでしょう。物理学という大海を渡っていくには、自分なりのもの見方、切り口を持つことが大切です。どんな切り口であっても、物理の深淵に迫っていく過程には必ず心躍る発見や感動があります。最初から難しく考えず、まずは物理工学の多様な世界にたくさん触れることから始めていきましょう。

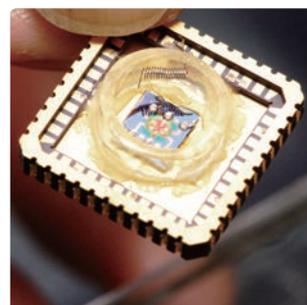
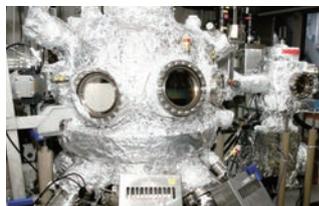


物性理論 計算物理

世界を変えるアイデアはあるか

ダイヤモンドの硬さときらめきが、金や銀の輝きがなぜそうなのか理解すれば、もっと輝く美しい宝石もできるはず。ガラスがなぜ透明なのか、鉄がなぜ磁石なのか、量子力学が仕組みを解き明かせば、透きとおった磁石や導線も作れる。水が氷になり、水蒸気になるからくりと、ビッグバン後の宇宙の成り立ちに思いを馳せれば、電子が凍りつく物も、室温で超伝導になる物も、デザインできるかもしれない。全然関係なさそうなことを、深い普遍的なからくりが結びつけてゆく。縦横無尽の発想から始まるのが、物性理論です。

可能性の追求



先端物質創成

未来は無数の失敗から生まれる

もしも今、超伝導の研究が飛躍的に進み、転移温度を400Kに上げることができれば、電力ロスのない夢の送電線網がやがて世界中を走るでしょう。もしも今、熱損失のない電子の流れに情報を載せることができれば、これまでの限界をはるかに超えたコンピュータが出現するでしょう。そうした未来の革命的技術を実現するのは、数々の失敗の果てにあなたがその手で生み出す新物質かもしれません。

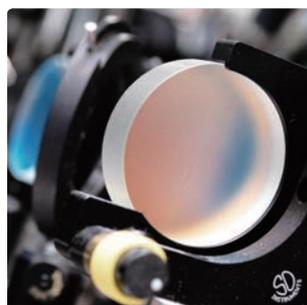
機能の実現



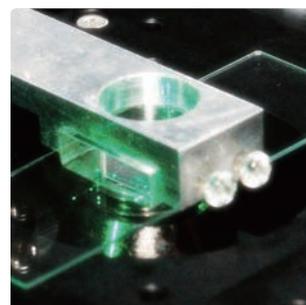
自然を制御し、価値を創造する力。 物理工学は人をアグレッシブにする。



量子物性



光科学 量子情報 量子計測



分子性物質 ソフトマター バイオ

物質に秘められた未知の価値を探せ

新しい機能の創成を目指し、理論的予測が行われ、物質が創られます。そこで欠かせないのが、どのように物質の性質を評価し、望みの機能を引き出すか、というプロセスです。シリコンなどの半導体の物性は解明が進んでいますが、半導体にはない新奇な機能を秘める物質は無限に存在することでしょう。多様な物質の性質を様々な観点から観察する目や、計測する技術を、私たちは育んでいます。いつか芽吹く新たなテクノロジーの種を見つけるために。

価値の探求

次の技術革命を起こすのは誰だ

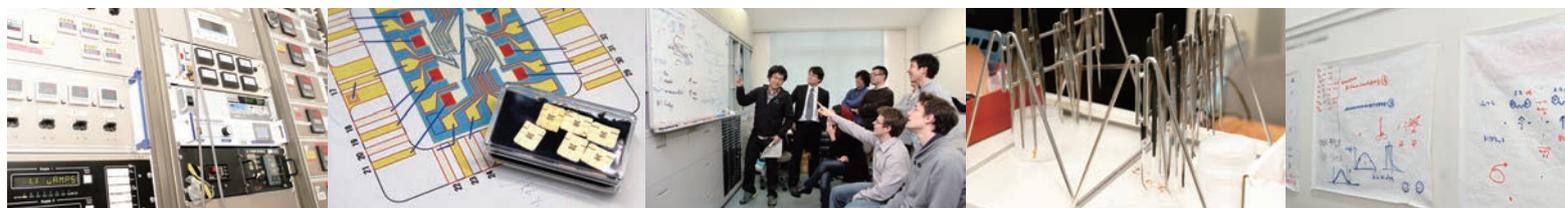
20世紀最大の発明といわれるトランジスタも、アイデアが生まれてから私たちの生活を刷新するまでに50年の歳月を費やしました。その技術をベースに花開いた現代の科学技術は既に十分成熟し、次の革命の起爆剤を待っています。今こそ物理学の深層に立ち戻って、これまでとは根本から異なる革新的技術を創出するチャンスなのです。次の50年の鍵を握るのはおそらく、未だ謎多き知識体系、量子力学でしょう。

量子の制御

物質という名の森を歩く

More is different. 物性物理学で最も基本的な概念のひとつです。森の木1本1本を調べても森そのものがわかるわけではないように、電子や原子も、量が増えれば質が変わります。ましてそれらが集まってできる分子や高分子はますます複雑な様相を見せるのです。私たちの研究グループでは、木を見て森も見るように、電子から原子、分子、そしてマクロな世界までの階層構造が生み出す不思議を探究しています。分子たちはひとつの森のように相互作用しながら物質という多様な世界を見せてくれるのです。

粒子の階層構造



物性理論・計算物理

ダイヤモンドの硬さときらめきが、金や銀の輝きがなぜそうなのか理解すれば、もっと輝く美しい宝石もできるはず。ガラスがなぜ透明なのか、鉄がなぜ磁石なのか、量子力学が仕組みを解き明かせば、透きとおった磁石や導線も作れる。水が氷になり、水蒸気になるからくりと、ビッグバン後の宇宙の成り立ちに思いを馳せれば、電子が凍りつく物も、室温で超伝導になる物も、デザインできるかもしれない。全然関係なさそうなことを、深い普遍的なからくりが結びつけてゆく。縦横無尽の発想から始まるのが、物性理論です。電子や原子や分子の絡み合う動きをじっと見て、今までになかった新たなアイデアがひらめけば、産業技術を刷新する画期的な物質を設計することも、この宇宙を説明する新たな方程式を発見することも可能になるのです。



研究室での議論

世界はもっとシンプルになる

社会の中の個人が微々たる力しか持たないように、1個の電子が持つエネルギーはごくわずかです。しかし膨大な数の電子が集まると、個々の単純な足し算とは全く違った性質が立ち現れます。これを創発現象と呼びます。超伝導などはその典型です。また、電子に限らず水の分子などの大きな粒子も創発を起こします。



今田正俊教授

こうした物理の普遍的原理を理解できれば、物質それぞれの個性を取り出すことも、有用な物質を設計することも可能になります。

伝統的な物性物理学では、もっぱら自然界に実在する物質を調べて物性を明らかにするという方法をとってきました。それに対して20世紀物理学が編み出したもう一つの方法が、自然界という制約を外し、現実にはない物質や状態を理論的に想定することによって実験不可能な問題に挑み、応答を予言するというやり方です。「この原理に従ってこうすればこうなる」といったアイデアや新しい概念、ものの見方を発見するのが理論の仕事です。そうして蓄積された物理理論は、あらゆる学問分野の基礎ともなっていくのです。

電気と磁気のように、一見別ものに見える現象が深いレベルでつながり、同じ理論で語れることに気付くというのも、理論研究の醍醐味の一つです。そうして真理と真

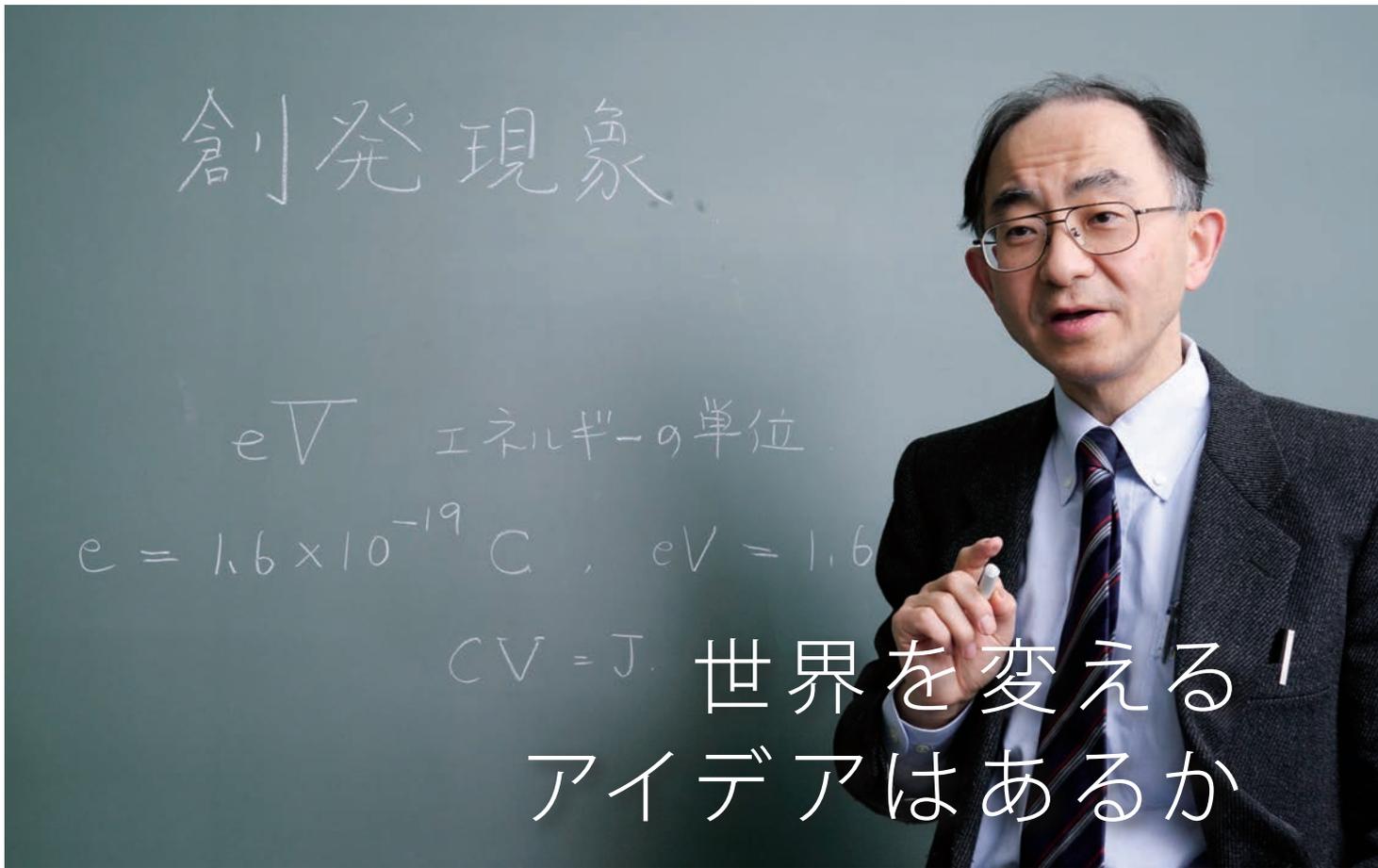


川口由紀講師

理をつなげるうちに、世界はどんどんシンプルに説明できるようになるでしょう。ミクロのスケールから宇宙までを1つの運動方程式に示すことができれば、アインシュタインやマクスウェルのように世界の姿をも変え得るのです。それは人間の知的活動の最たるものではないでしょうか。

地球はもっと大きくできる

微分積分という計算能力を得たニュート



ンが万有引力の法則を発見したように、すぐれた計算能力が生まれると、それを使った新たな理解が生まれます。世界最速のスーパーコンピュータ「京」を駆使すれば、

限界を広げ、地球のキャパシティを増やすことを意味します。本学科の総力を集めれば、地球を現在の何兆倍も大きくすることも不可能ではありません。

理論の研究室では多くの時間を仲間との議論に費やします。本学の学生も修士課程に入るといきなり最先端のテーマについての議論を経験します。他者との調和や葛藤を繰り返す中で、誰も見いだしていない問題を設定できれば、研究の第一歩は成功。修士論文を書く頃にはほぼ全員がこの世になかったアイデアを論文にできるようになるでしょう。



求幸年教授

アイデアは議論から生まれる

理論物理学は、工学や生物学から哲学、経済学まであらゆる分野と接点を持ち、研究テーマは尽きません。そのため若手から70代の研究者までが第一線で活躍できる世界でもあります。

たとえば超伝導で起こる電子1個1個の運動も理解し得ると期待されており、計算物理学は非常にホットな領域です。

人間が扱えるスケールが微細になるということはつまり、地球環境の持つ物理的



未来を切り開く、 多体集団の究明

ミクロな原子や分子などが相互に作用しあうと、予想を超える原理、法則が生み出されます。量子多体系のための理論手法を用いて、互いの相互作用効果の大きな「強相関量子系」に見られる未知の量子相、量子相転移、相競合を解明し、現実の物質、未知の物質に広がる新しい物理学を追究することを重要な研究テーマとしています。

固体中の「流れ」が持つ機能を 理論的に設計する

固体中の電子は量子力学に従う「波」ですから、我々が日常慣れ親しんでいる「粒子」とは全く異なる運動形態をとることができます。この性質を研究することで電流をはじめとする固体中の「流れ」の持つ機能を理論的に自在に設計することができます。特に、抵抗による熱発生、電力損失を極限にまで抑える方法論を確立できれば科学技術に対する多大な貢献になります。

スーパーコンピュータを駆使して 高温超伝導材料を設計する

未知の機能物質を人間の想像力にまかせて自由にデザインできる未来を実現する。できるだけ広い範囲の物質、人工ナノ構造などを視野にいれて、高機能、多機能の新機能物質の設計を目指すとともに、興味深い物性を発現させるための新しい設計指針となる指導原理の探索や、より精度の高い設計を可能にする計算法論の開発にも積極的に取り組んでいます。



教授
今田 正俊
Masatoshi IMADA

+ 研究テーマ：
物性理論・統計物理学・計算物理学
—量子多体理論の構成から新現象の機構解明まで

+ ポリシー：
内なる声に耳を澄ます。

+ メッセージ：
美しいものを美しく、難しくても自分の言葉で、すぐれて確かなことをそのままに、そうすれば本当にやりたいことは見つかります。



教授
押山 淳
Atsushi OSHIYAMA

+ 研究テーマ：
量子論によるナノ・バイオサイエンス

+ ポリシー：
something new

+ メッセージ：
Wish your new journey full of adventure and full of knowledge!

+ 研究テーマ：
量子場の理論を用いた物理工学
—物質中に広がる宇宙

+ ポリシー：
行き詰った時には基本にもどって考える。勉強を怠らない。人から学ぶ姿勢を持ち続ける。

+ メッセージ：
学生時代は「失敗」が許される時代。いろいろなことに自分の考えでチャレンジして、試行錯誤を数多くして欲しい。それが将来の実戦・実践力に繋がるから。



教授
永長 直人
Naoto NAGAOSA

+ 研究テーマ：
強相関系の多彩なふるまい
—モノの個性を理解し普遍性を探る

+ ポリシー：
神は細部に宿る

+ メッセージ：
研究は世界で誰も知らないことを自分の手で解き明かしていく心躍る知的体験です。何の制約もありません。100%自由な発想と柔軟な思考で勝負出来る世界です。とりわけ物理工学は身の回りにあるタンジブルなものを対象とした分野です。不思議なことを不思議がるコドモ心を忘れずに思い切り楽しんで下さい。



教授
求 幸年
Yukitoshi MOTOME

物性理論・計算物理

物理の普遍的原理を理解できれば、
理論的に物質を解明することも有用な物質を創造することもできる

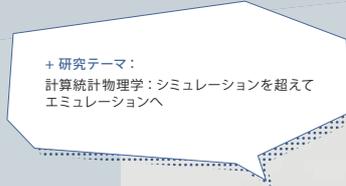


准教授
沙川 貴大
Takahiro SAGAWA

+ 研究テーマ：
情報と非平衡の物理学

+ ポリシー：
自由な心で物理を楽しむ

+ メッセージ：
幅広い視野と興味を持つとともに、一つの分野を深く究めて、面白いと思うことを徹底的に追究してみてください。それが、新しい物理理論の発見につながる第一歩です。



准教授
伊藤 伸泰
Nobuyasu ITO

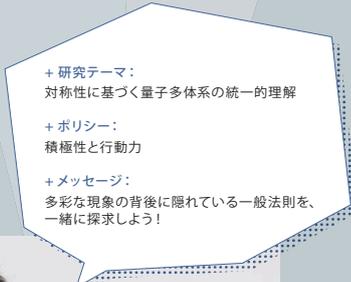
+ 研究テーマ：
計算統計物理学：シミュレーションを超えて
エミュレーションへ



講師
江澤 雅彦
Motohiko EZAWA

+ 研究テーマ：
量子場の理論を用いた理工学
一物質中に広がる宇宙

+ ポリシー：
物理の基礎からデバイスの提案まで



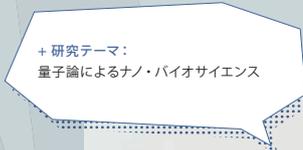
+ 研究テーマ：
対称性に基づく量子多体系の統一的理解

+ ポリシー：
積極性と行動力

+ メッセージ：
多彩な現象の背後に隠れている一般法則を、
一緒に探求しよう！

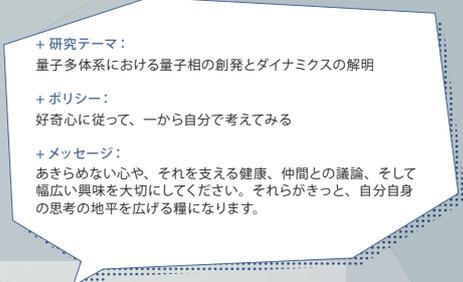


講師
渡辺 悠樹
Haruki Watanabe



特任講師
岩田 潤一
Junichi IWATA

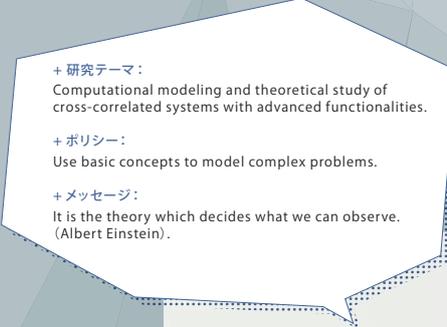
+ 研究テーマ：
量子論によるナノ・バイオサイエンス



+ 研究テーマ：
量子多体系における量子相の創発とダイナミクスの解明

+ ポリシー：
好奇心に従って、一から自分で考えてみる

+ メッセージ：
あきらめない心や、それを支える健康、仲間との議論、そして
幅広い興味を大切にしてください。それらがきつと、自分自身の
思考の地平を広げる糧になります。



特任講師
モハド・サイド・バハミー
Mohammad Saeed BAHRAMY

+ 研究テーマ：
Computational modeling and theoretical study of
cross-correlated systems with advanced functionalities.

+ ポリシー：
Use basic concepts to model complex problems.

+ メッセージ：
It is the theory which decides what we can observe.
(Albert Einstein).



特任講師
山地 洋平
Youhei YAMAJI

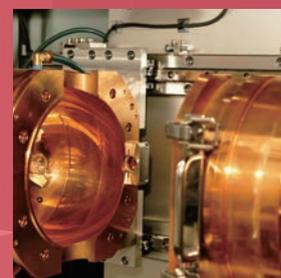


先端物質創成

もしも今、超伝導の研究が飛躍的に進み、
転移温度を 400K に上げることができれば、
電力ロスのない夢の送電線網がやがて世界中を走るでしょう。
もしも今、熱損失のない電子の流れに
情報を載せることができれば、
これまでの限界をはるかに超えた
コンピュータが出現するでしょう。
そうした未来の革命的技術を実現するのは、
数々の失敗の果てにあなたがその手で生み出す
新物質かもしれません。



真空装置



フローティングゾーン
浮遊帯域単結晶装置

僕らがめざすのは、 新たな機能なんです

十倉：「物質を創るのは有機合成化学などでもやっているけれど、僕らがめざしているのは新たな物性、新たな機能を持った物質なんです。原子の並びや電子の走り方、スピンの並びや運動などを考えながら、ある機能を狙って創る。石渡先生の研究などはその最先端です」

石渡：「私の場合は高圧をかけて物質を合成していて、たとえば原子の一部を別の原子と入れ替えるとどうなるか、などということをやっています」

十倉：「そうして超伝導の転移温度の高い物性をめざしているんですね」

岩佐：「エレクトロニクスの分野では消費電力を下げるといって究極の目的がありますよね。僕らはそれを実現するデバイスまでは作らないけれど、そのコンセプトアル

なところを探っていこうという」

十倉：「どんな機能をめざすかは研究者の価値観によりますね」

岩佐：「その手段も皆違います。石渡先生が高圧をかけるという方法なら、僕は異質な2つの物質をくっつけてその界面に何か起きないかとやっているし、十倉先生なんか、混ぜて溶かしてもう何でもやる(笑)」

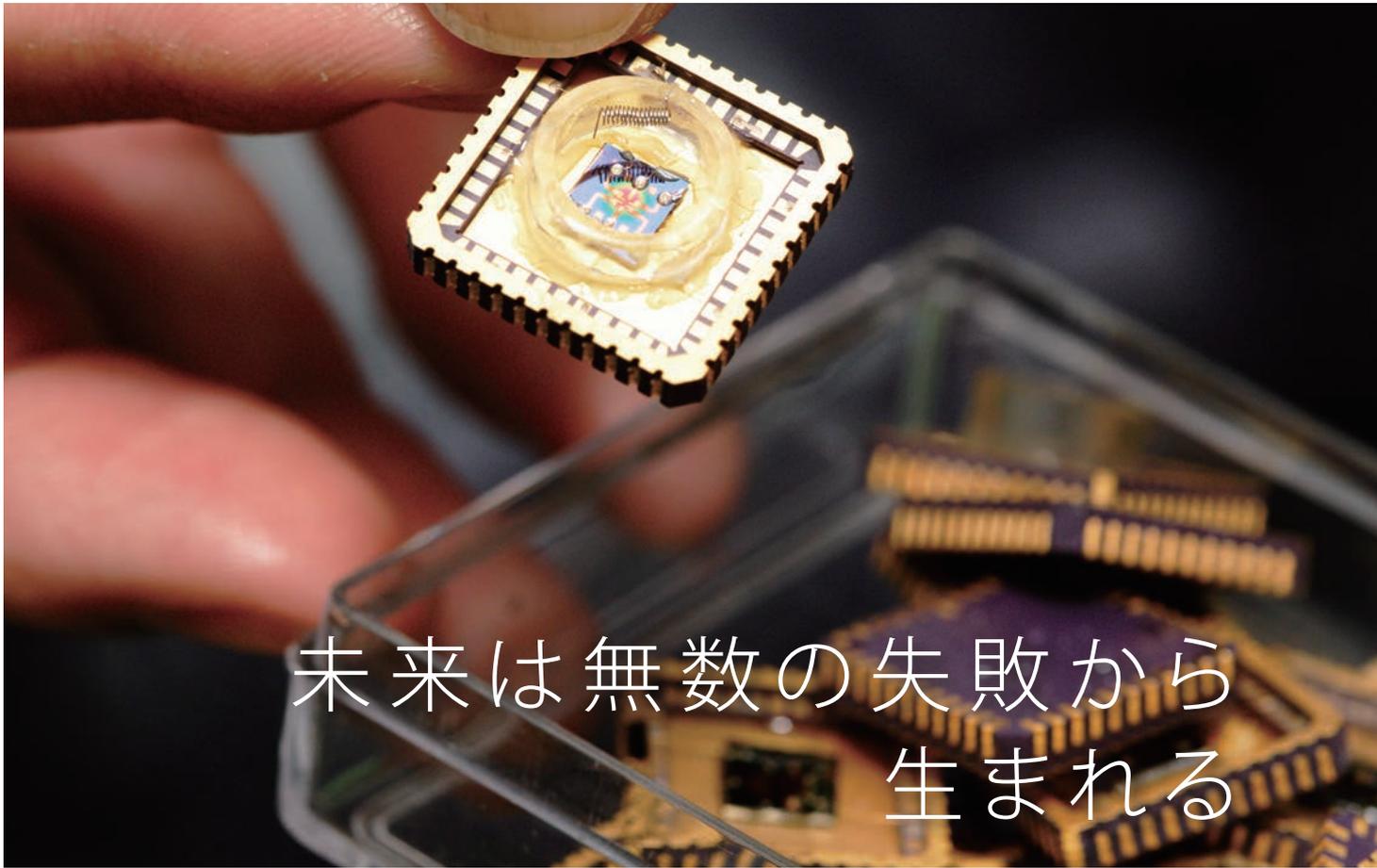
十倉：「原子の層を一枚ずつ積んでいくという先生もいますしね。そうして僕らは50年先の社会に大革命をもたらす可能性を新しい物性に求めているわけです」

やってみないと、わからない

十倉：「理論物理学の研究者は、究極の方程式で世の中のすべてがわかるというブレイクアップを考える。これを還元主義というんだけど、現代科学のやり方はそれを超えたところにあるという人もいます。僕らが物質を作る時は、多数の電子をどん



右から十倉好紀教授、岩佐義宏教授、石渡晋太郎准教授



未来は無数の失敗から生まれる

な並べ方にするかといったことを理論家と相談したりしてある程度予測するわけですが、実際には思いも寄らない結果が出たりする。やってみないとわからないということがあるんです。無数の失敗の中から思わぬ『原石』をつかむこともありますね」

岩佐:「もっとも、狙った物質を創るには『こうなって欲しい』と思わないと無理。結局、大事なのは根性ですよ(笑)」

十倉:「うちの研究室の学生も、失敗した原因は何だと聞くと『気合いが足りなかった』と言ったりします(笑)」

4年生で世界の最前線に立つ

十倉:「理学部と違ってこの学科は、4年生をいきなり世界トップレベルの研究に投じるんですね。3年次に難解な知識を詰め込んで、さらに難しいことに挑む。でも4年生は何が難しいかもわかっていないから頑張る(笑)。するといつの間にか自分が最前線にいると気付くんです。卒論締切前の数週間で学生は劇的に変わりますよ」

石渡:「特に物質創成の分野では、若くて失敗を恐れず、信念で動くというのが力になり

ますね。逆に年を重ねて経験を積むと、狙って創るということができるようになります」

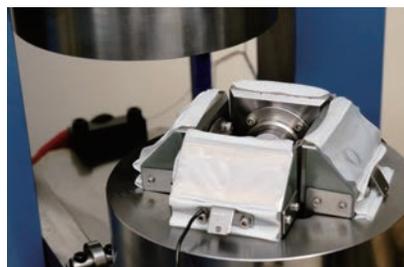
岩佐:「研究生活では、自分の思った通りの結果が出ればもちろん嬉しい。でも、意外な結果が出た時もそれはそれで面白いですよ」

十倉:「目的志向の強い分野もあるけれど、ここでは、意図と違った結果も面白く感じる、寛容な価値観を持つことが大切です」

十倉好紀教授・岩佐義宏教授・石渡晋太郎准教授 談



クリーンルーム、電子ビーム描画装置



超高压合成装置



X線回折装置

地球・宇宙に存在する物質を効率的に利用する

新規物質やそれらを組み合わせた複合デバイスを作ると、全く新しい意外な物性や機能に遭遇することがあります。その中から、未来の文明を支える基幹技術を見出し育てることによって、人類社会に貢献したいと考えています。非常に遠い道のりですが、この道程で我々を導いてくれるのが物理工学です。

金属酸化物が、新たな電子技術を実現する

金属酸化物は、従来の半導体では不可能な機能やはるかに優れた素質をもっています。その酸化物の性質を引き出すために、原子のレベルで薄膜成長を制御し、異なった性質を持つ酸化物を界面で突き合わせて、そこで生じる新しい物性と機能の創製に関する研究を行っています。

省エネルギー技術につながる新物質・新物性の探索

急速にエネルギー需要が高まるなか遷移金属を含む強相関電子材料が、まったく新しい原理に基づいた革新的電子材料として期待されています。数万気圧の超高圧や10兆分の1気圧の超高真空といった極限環境を利用することで、強相関系を中心とした新しい高温超伝導体や熱電変換材料の開発を進めています。

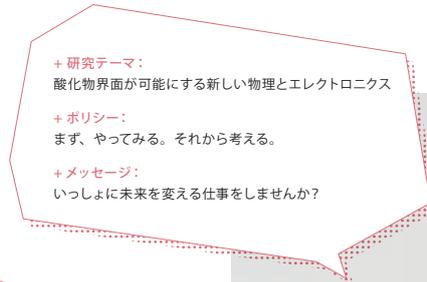


教授
岩佐 義宏
Yoshihiro IWASA

+ 研究テーマ：
材料の高次構造が生む新しい電子物性・機能

+ ポリシー：
基軸とフレキシビリティ

+ メッセージ：
一期一会

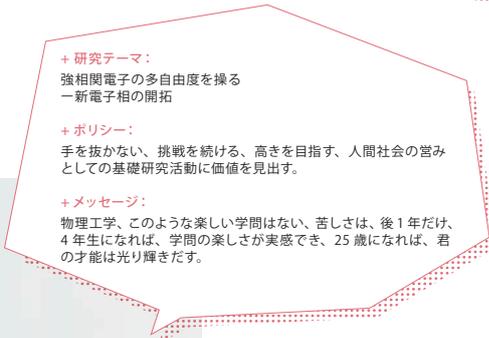


教授
川崎 雅司
Masashi KAWASAKI

+ 研究テーマ：
酸化物界面が可能にする新しい物理とエレクトロニクス

+ ポリシー：
まず、やってみる。それから考える。

+ メッセージ：
いっしょに未来を変える仕事をしませんか？

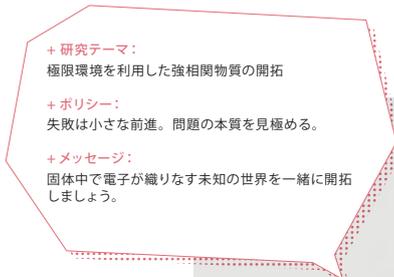


教授
十倉 好紀
Yoshinori TOKURA

+ 研究テーマ：
強相関電子の多自由度を操る
一新電子相の開拓

+ ポリシー：
手を抜かない、挑戦を続ける、高きを目指す、人間社会の営みとしての基礎研究活動に価値を見出す。

+ メッセージ：
物理工学、このような楽しい学問はない、苦しさは、後1年だけ、4年生になれば、学問の楽しさが実感でき、25歳になれば、君の才能は光り輝きます。



准教授
石渡 晋太郎
Shintaro ISHIWATA

+ 研究テーマ：
極限環境を利用した強相関物質の開拓

+ ポリシー：
失敗は小さな前進。問題の本質を見極める。

+ メッセージ：
固体中で電子が織りなす未知の世界を一緒に開拓しましょう。

先端物質創成

理論に裏付けされた様々な方法で新たな機能を狙って創る



+ 研究テーマ：
磁性の電氣的な制御

+ ポリシー：
習うより慣れる。まずは実験してみよう。

+ メッセージ：
人それぞれの研究の楽しさを見つけていきましょう！



+ 研究テーマ：
強相関物質における物質機能開拓

+ ポリシー：
とりあえず、やってみる

+ メッセージ：
共に何か面白くて役に立つ材料・現象を見つけましょう。



+ 研究テーマ：
プラズマと固体表面との相互作用

+ ポリシー：
手作り装置、カスタマイズ装置に愛着を持つこと。

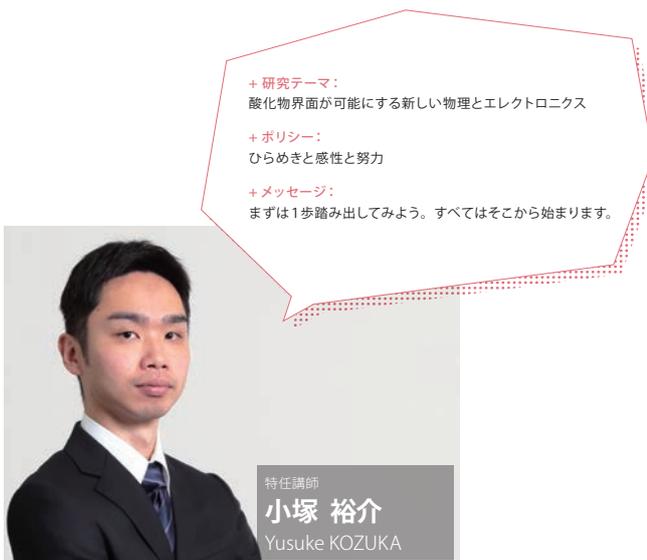
+ メッセージ：
日本の技術力を高め、新たな領域に広げていく Vision を持ってください。



+ 研究テーマ：
強相関電子系における電子の軌道とその機能性開拓

+ ポリシー：
学問に近道なし。

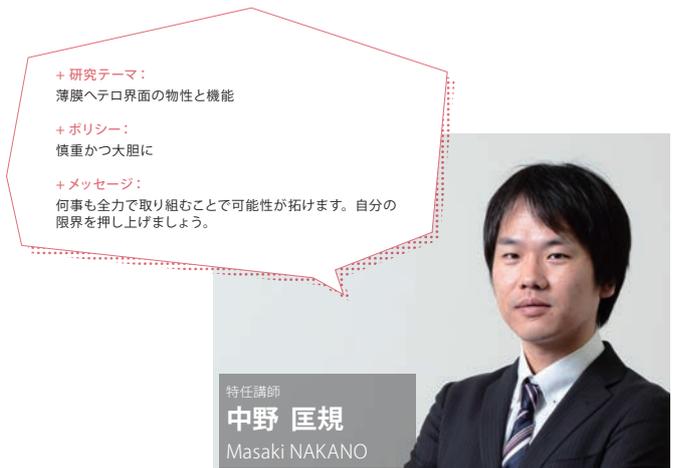
+ メッセージ：
小さな努力を続けていると些細な事がきっかけで視点が大きく変わる事があります。



+ 研究テーマ：
酸化物界面が可能にする新しい物理とエレクトロニクス

+ ポリシー：
ひらめきと感性と努力

+ メッセージ：
まずは1歩踏み出してみよう。すべてはそこから始まります。



+ 研究テーマ：
薄膜ヘテロ界面の物性と機能

+ ポリシー：
慎重かつ大胆に

+ メッセージ：
何事も全力で取り組むことで可能性が拓けます。自分の限界を押し上げましょう。

量子物性

新しい機能の創成を目指し、
理論的予測が行われ、物質が創られます。
そこで欠かせないのが、どのように物質の性質を評価し、
望みの機能を引き出すか、というプロセスです。
シリコンなどの半導体の物性は解明が進んでいますが、
半導体にはない新奇な機能を秘める物質は無限に存在することでしょう。
多様な物質の性質を様々な観点から観察する目や、
計測する技術を、私たちは育てています。
いつか芽吹く新たなテクノロジーの種を見つけるために。



グローブボックス

keyword : 量子力学

私たち量子物性グループの研究を一言でいえば、「量子力学の法則に基づいて物性を理解していく」というものです。



岡本博教授

物質の重要な性質や機能を支配しているのは、量子力学的に振る舞う電子のさまざまな運動——より正確には電子の属性である電荷とスピンの運動——に他なりません。そこで私たちは、物質中の電子が、電場や磁場をかけるとどう振る舞うか、光を当てるとどのように応答するか、そういったことを様々な観点から計測することで、物性を明らかにしていきます。

その計測手法も時代とともに進歩し、研究の進展を支えています。たとえばテラヘルツ光という1ミリメートル程度の長い波長の光や、ピコ秒(1ピコ秒は 10^{-12} 秒)以下の非常に短い時間幅の光が扱えるようになると、今まで見えなかった電子の振る舞いが見えてくるというように。先端的かつ高度な実験装置を駆使し、それまで誰もできなかった測定ができるようになるというのも、物性研究の醍醐味の一つです。

Keyword : 強相関

私たちの興味深い研究対象の一つが、電気抵抗がゼロになる、超伝導という不思議な現象です。これは、実際に目で見ることでできる希少な量子現象です(左上写真)。超伝導の研究もさまざまで、そのメカニズムを理解しようとする研究、超伝導が起こる温度を少しでも高温にしようとする研究、そして、どうしたら超伝導を実際に役立てられるかを考える研究もあります。

ところで、現在最も高温で超伝導を実現している物質中の電子には、「強相関」という特異な性質があります。これは、一つ一つの電子の運動が、他の電子の運動に常に強く影響されるという性質です。このような物質は、ほんの少し操作を加えるだけで、巨大な応答を示すことがあります。この“強相関電子”の性質をうまく活用すれば、超伝導以外にも、光を使って高速



物質に秘められた 未知の価値を探せ



石坂香子准教授

に動作するスイッチ、電界を使って磁化を制御するメモリ、また、高効率で熱を電圧に変換する材料など、従来の半導体技術の限界を打ち破る非常に効率の良いデバイスが実現可能になると期待されます。

量子物性の分野には、他にも新たなテクノロジーの種となり得る多彩なテーマが待っています。また、超短パルスレーザー、光電子分光、軌道放射光、走査型トンネル顕微鏡など、物性を明らかにするための多様な計測技術にもぜひ触れてみてください。

Keyword : 先端計測

物理工学科では、学部4年の4月に卒業論文のための研究室配属がありますが、配属と同時に世界最先端の研究をしてもらいます。もちろん、スムーズに研究を開始できるよう綿密な指導を行います。初めのうちは自分が何のために何をしているか



為ヶ井強准教授

わからないこともあるでしょう。実験結果をどう解釈し、どう意味づけるかについて、先生や先輩、仲間と議論するうちに、研究の意味を理解し、さらに研究を進めるには何を学ばいいかという新たな展開がやってきます。そして、どんな研究テーマであろうと、そこに面白い物理が潜んでいることに魅せられ、いつの間にか自ら研究を進めている自分に気づくでしょう。

答えが出るかわからない問いに何ヶ月も挑み続け、ついに「わかった!」という瞬間にこぎ着けるのは最高の快感です。教科書に載っていることが実感できる手応え、教科書に載っていない予想外のことが起こる複雑さ、そして、まだ誰も知らないことを見つけられた時の感動、を是非楽しんでください。

解説／岡本博教授、為ヶ井強准教授、石坂香子准教授

光を使って 物質の性質の起源を探究する

テラヘルツ光、可視光、X線など様々な波長の光を物質に照射すると、物質は、多彩な応答を示します。その応答を調べることで、物質の性質を支配している電子が、動いているのか、止まっているのか、互いに働く力が強いのか、弱いのかなど、その振る舞いを明らかにすることができます。照射する光の時間幅を短くしていくと、電子の高速の運動を直接観ることも可能です。このように光を使った計測手法を駆使して、物質の性質の起源を探究しています。

物質の新奇な機能を 開拓する

遷移金属酸化物は、光や電場、磁場、圧力、応力などの刺激によって、多くの伝導電子が一斉に動いたり止まったり、スピン（磁石の源）の向きがそろったり乱れたり回転したりすることで、従来の金属や半導体にはない数々の新しい量子物理現象を示します。このような新原理に基づく物質の機能を開拓することが、将来の省電力電子デバイスや光デバイスの開発につながります。

物質中の量子現象を 極め活かす

超伝導のように量子現象が目に見えるスケールで実現する場合があります。こんな場合でも、その現象の発現機構を理解するために、微視的な電子の振る舞いを調べることが重要です。しかし一方、その機能を最大限に利用するには、実際に使われる時の巨視的な物質の特性を評価し、向上させることが不可欠です。すなわち、浮上している超伝導体を見ていても、何故超伝導になったのかは解かりませんし、超伝導体中の電子の性質が解かただけでは、リニアモーターカーを浮かすことはできないのです。



教授
有馬 孝尚
Takahisa ARIMA

+ 研究テーマ:
対称性の破れが創る新しい物質機能

+ ポリシー:
専門外のことも興味を持つ。

+ メッセージ:
今後の日本の生きる道は、先端科学技術に根ざした高い付加価値の製品をいかに創り出すかにかかっています。原理(物理学)とその応用(工学)をバランス良く学べる物理工学は将来、新しい技術を生み出す上で必ず役に立ちます。

+ 研究テーマ:
強相関系・低次元系における新しいフォトニクス機能の開拓

+ ポリシー:
努力をすれば、道は拓ける。

+ メッセージ:
学生の皆さんには、在学中に一つでよいのでオリジナルな発見をしてもらえればと思っています。



教授
岡本 博
Hiroshi OKAMOTO

+ 研究テーマ:
物質中の電子が創る量子凝縮相の物理科学

+ ポリシー:
物事に対する見方を変えてみて、色んな角度から調べてみる。

+ メッセージ:
まずは、目の前の事柄に対して真摯に取り組んでみてください。それによって、まわりの人から信頼され、情報が集まり、新しいアイデアが生まれ、大きな結果につながるかもしれません。



教授
芝内 孝禎
Takasada SHIBAUCHI

+ 研究テーマ:
光で拓く物質科学

+ ポリシー:
問題意識を持ちつつ明るく楽しむ。

+ メッセージ:
(将来何者になるにせよ、)がむしゃらに何かに打ち込む時期というのは重要だと思います。高みを目指して頑張ろう。



准教授
石坂 香子
Kyoko ISHIZAKA

量子物性

最先端の計測技術を駆使して物質の機能を解明する



准教授
杉本 宜昭
Yoshiaki SUGIMOTO

+ 研究テーマ:
走査型プローブ顕微鏡を用いた単原子分子科学

+ ポリシー:
新しい装置は新しい物理を切り拓く。

+ メッセージ:
楽しいと思えることに、集中して取り組んでみよう。



准教授
貴田 徳明
Noriaki KIDA

+ 研究テーマ:
強相関系・低次元系における新しいフォトニクス機能の開拓

+ ポリシー:
尊敬する先生から頂いたお言葉で、Aim High。

+ メッセージ:
楽しいこと、辛いことを共に共有しましょう。



准教授
為ヶ井 強
Tsuyoshi TAMEGAI

+ 研究テーマ:
マイクロ磁気プローブで探る超伝導の真髄と真価

+ ポリシー:
最先端を走りつつ、常に謙虚に。

+ メッセージ:
理工学科での研鑽・研究はきっと満足と興奮を与えてくれます。

+ 研究テーマ:
光で探る強相関物質の超高速ダイナミクス

+ メッセージ:
貴重な時間ですので、勉強と最先端の研究に楽しんで取り組んでください。



特任准教授
高橋 陽太郎
Yotaro TAKAHASHI



特任講師
山崎 裕一
Yuichi YAMASAKI

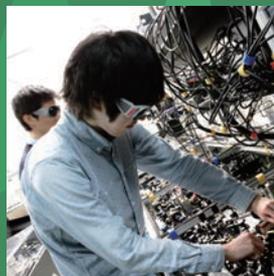
+ 研究テーマ:
量子ビームで解き明かす強相関物性

+ ポリシー:
学は及ばざるが如くす

+ メッセージ:
共に最先端の物理を楽しみましょう。

光科学・量子情報・量子計測

20世紀最大の発明といわれるトランジスタも、アイデアが生まれてから私たちの生活を刷新するまでに50年の歳月を費やしました。その技術をベースに花開いた現代の科学技術は既に十分成熟し、次の革命の起爆剤を待っています。今こそ物理学の深層に立ち戻って、これまでとは根本から異なる革新的技術を創出するチャンスなのです。次の50年の鍵を握るのはおそらく、未だ謎多き知識体系、量子力学でしょう。



量子テレポーテーション実験



物性検査試料

量子力学に根ざしたエンジニアリング

我々光科学・量子情報・量子計測の研究グループがめざしているのは、量子力学に根ざしたエンジニアリングです。といっても量子力学の原理を突き詰める研究とは違って、現在わかっている量子力学体系をどう活かすかに取り組んでいます。

電子や光は、個別のエネルギーと捉えるより、波とか粒子の集まりとして捉えると、俄然面白くなってきます。それをどう

ハンドルするかが我々の課題。たとえば電子や光子を1個単位で制御することで、量子コンピュータや超高精度の光格子時計といった、従来とは根本的に異なる原理や技術を創造することができるのです。一方、それらの研究成果によって量子力学の進展に寄与してもいます。

そうした原理に基づいてデバイスを開発するのは、主に電子情報系学科の領域。我々はそれらものづくりの基礎となる技術を探っています。

教授陣に聞いた【私の研究動機】

●量子を用いた情報通信技術を拓く
[古澤明教授]

企業で次世代大容量光メモリを研究していた時、メモリ容量が増えればそれにアクセスするスピードも速くする必要があるという当たり前の事実に行き当たりました。そこで光の検出感度を極めようとする、バラバラに飛ぶ光子を直接いじって、規則正しい光子の流れをつくる必要が生じる。そのためにベーシックサイエンスに立ち返ろうと大学に戻ったのが、量子テレポーテーション研究のきっかけとなりました。

●時空の歪みを測る「光格子時計」
[香取秀俊教授]

小さい頃からエレクトロニクス少年だった



左から、古澤明教授、樽茶清悟教授、香取秀俊教授



次の技術革命を 起こすのは誰だ



んですが、電気系より根本原理を学びたくて物理を選びました。ドイツに留学した時、外国人が考えない研究をやろうと考えて見つけたテーマが、超高精度の原子時計「光格子時計」の実現だったのです。非常に正確な時計は、相対論的な時空の歪みを測ることも可能にするんですよ。

●電子1個に情報を持たせる
[樽茶清悟教授]

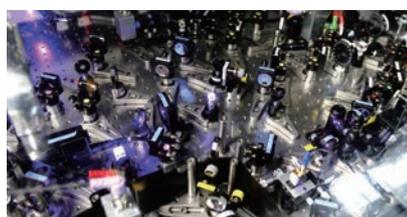
量子情報の研究は10年20年先の技術に必ず必要になると思ったのが、この道に進

んだ動機です。NTTの研究所に在籍していた頃、電子デバイスの集積性を上げるためにより小さな構造を追求していくうちに見えてきたのが量子の世界でした。極小スケールを突き詰めれば1つの情報を伝えるのに電子1個で間に合う。電子1個がハンドルできるようになれば、トランジスタのような従来の原理ではなく、量子コンピュータのように量子力学の本質を活かしたデバイスが期待できます。

研究の魅力

物理学はさまざまな学問領域の根幹を成す基礎的な学問。また、何かを具現化するという狭義の目的志向ではないのも強みで、ここからどんな方向へも自由に興味を広げることができます。

また、学内にいると実感できないかもしれませんが、物理工学科、ことに量子情報系は世界的に知られる研究者が集まっています。研究室では最先端の物理に触れられるでしょう。



量子テレポーテーション実験



希釈冷凍機



ルビジウム原子とカリウム原子の同時レーザー冷却装置

量子テレポーテーションが 創る未来

量子テレポーテーションとは量子（光子、原子など）の状態を転送することです。ただ、これは古典物理学的な操作だけでは不可能です。なぜなら、量子力学における不確定性原理により、量子の「位置」と「運動量」は測定により同時に決めることができないからです。このように量子テレポーテーションは量子力学的な操作を用いて初めて可能となりますが、逆に言うと、量子テレポーテーションには量子力学的操作のエッセンスがすべて入っているといえます。したがって、この技術を応用することで量子コンピュータをつくるのが可能になります。

時空の歪みをはかる 時計

アインシュタインの一般相対性理論によれば重力の強いところでは時間はゆっくり進みます。地球上では地表面に近いほど重力は強くなり、高低差1cmあたり、およそ 1×10^{-18} だけ時間の進みが遅くなります。光格子時計で 1×10^{-18} の不確かさの時間計測を実現すると、その時計は、置かれた高さ1cmの違いを区別できるようになります。これまで時間を共有するための道具と考えられてきた時計ですが、未来の時計は、重力で歪んだ時空間を探る新たな役割を担うことになるでしょう。

一つの電子が 一つの機能を持つ

新しいコンピュータ、新しい情報の概念が誕生することについて通常の電子デバイスでは、数十、何十万個、何百万個の電子が集まって情報を処理しています。そこでは個々の電子の量子力学的な性質は不要で、電子は集団の中で動く電荷として働いています。しかし、量子力学の「重ね合わせ」、「もつれ」といった概念を使えば、電子1個にはるかに多くの情報を運ばせ、処理させることが可能です。このような原理を100%利用できれば、従来のコンピュータではできそうもない問題を簡単に解いてしまう新しいコンピュータが誕生するでしょう。

+ 研究テーマ：
光格子時計とアトムチップ：
新たなツールで量子計測に挑む

+ ポリシー：
人が考えないことをして、新たな価値を創造すること。

+ メッセージ：
日々の研究と格闘しながら、自分の夢と目標を見出してほしい。



教授
香取 秀俊
Hidetoshi KATORI

+ 研究テーマ：
量子論と情報科学が繋がる世界の探求

+ ポリシー：
物理の本当の理解とは、美しい説明ができること。

+ メッセージ：
物工は素晴らしいスタッフが揃っていて、物理を学ぶには最高の環境です。



教授
小芦 雅斗
Masato KOASHI

+ 研究テーマ：
量子の世界を操る
— 半導体の微小空間へ

+ ポリシー：
どんなに難しい研究でも、しつこさと熱意をもつていれば、だんだん上手くなる。

+ メッセージ：
物質の量子力学の実験の面白さを一緒に体験してみませんか。



教授
樽茶 清悟
Seigo TARUCHA

+ 研究テーマ：
様々な量子の自由度を自在に制御する

+ ポリシー：
人事を尽くして天命を待つ。

+ メッセージ：
物理工学科は面白い研究と面白い人たちに満ちあふれています。ぜひ気軽に見学に来てください。



教授
中村 泰信
Yasunobu NAKAMURA

光科学・量子情報・量子計測

量子力学を駆使したエンジニアリングを追求する

- + 研究テーマ：
量子テレポーテーション
- + ポリシー：
何事も楽しむ。
- + メッセージ：
何事も楽しんで欲しい。

教授

古澤 明
Akira FURUSAWA



- + 研究テーマ：
計測技術を極めて、学問の境界を越える研究を目指す
- + ポリシー：
小さなことにも興味を持ちたい。
- + メッセージ：
物理にもいろんな分野があります。自分の興味に向くところを探してみてください。

特任教授

三尾 典克
Norikatsu MIO



- + 研究テーマ：
様々な量子の自由度を自在に制御する
- + ポリシー：
Think different, Stay foolish, and Be courageous
- + メッセージ：
物理で世界は変えられます！
強い意志、大きな視野、そして少しの遊び心を持って、
世界の常識に挑戦しましょう。

准教授

宇佐見 康二
Koji USAMI



- + 研究テーマ：
レーザーの極限的制御による精密分光学
- + ポリシー：
なにことも原理に立ち返って考える。
- + メッセージ：
レーザーを駆使する分野は宇宙、素粒子物理からレーザー加工、医学に至るまで、基礎応用両面で多彩に広がっています。光を基盤にして、世の中に貢献できる人になりませんか。

准教授

吉岡 孝高
Kosuke YOSHIOKA



- + 研究テーマ：
固体ナノ構造における量子状態制御
- + ポリシー：
人がやらない研究を行う。多くの視点から物事を見る。
- + メッセージ：
研究は楽しいものです。思い切って取り組むことで必ず発見があります。

講師

山本 倫久
Michihisa YAMAMOTO



分子性物質・ソフトマター・バイオ

More is different.

物性物理学で最も基本的な概念のひとつです。森の木1本1本を調べても森そのものがわかるわけではないように、電子や原子も、量が増えれば質が変わります。ましてそれらが集まってできる分子や高分子はますます複雑な様相を見せるのです。私たちの研究グループでは、木を見て森も見るように、電子から原子、分子、そしてマクロな世界までの階層構造が生み出す不思議を探究しています。分子たちはひとつの森のように相互作用しながら物質という多様な世界を見せてくれるのです。



光ピンセット、フォトダイオードで位置を固定して測定



オリジナルの顕微鏡、レーザー光を斜めに入れて蛍光色素を計測する

分子性物質って？

分子を単位として固体を成している物質のこと。電子を人間個人、物質を国家に見立てるとすると、分子の世界はちょうど数人が一緒にいる家族のようなスケールです。金属のように原子が規則正しく並んだ物質と違い、分子性物質の分子同士はつながりが弱く、低温下で実験すると、手で押す程度の小さな圧力を加えるだけでも



鹿野田一司教授

電子が一斉に分子間を動けるようになり、簡単に超伝導を起こしたり磁石になったりといった、非常にキャッチーな変幻自在ぶりを見せるのです。それも、徐々にではなく一気に変貌するのが面白い。ちょうど人間がチームワークで実力以上のパフォーマンスを発揮するのによく似ています。

そういう意味で、私たちの研究はいわば「電子の社会学」とも表現できるでしょう。分子の中に潜む電子の振る舞いに注目し、それが物質にどんな変化をもたらすかを解き明かすことで、物性物理の多様性を探究しています。(鹿野田一司教授)

ソフトマターって？

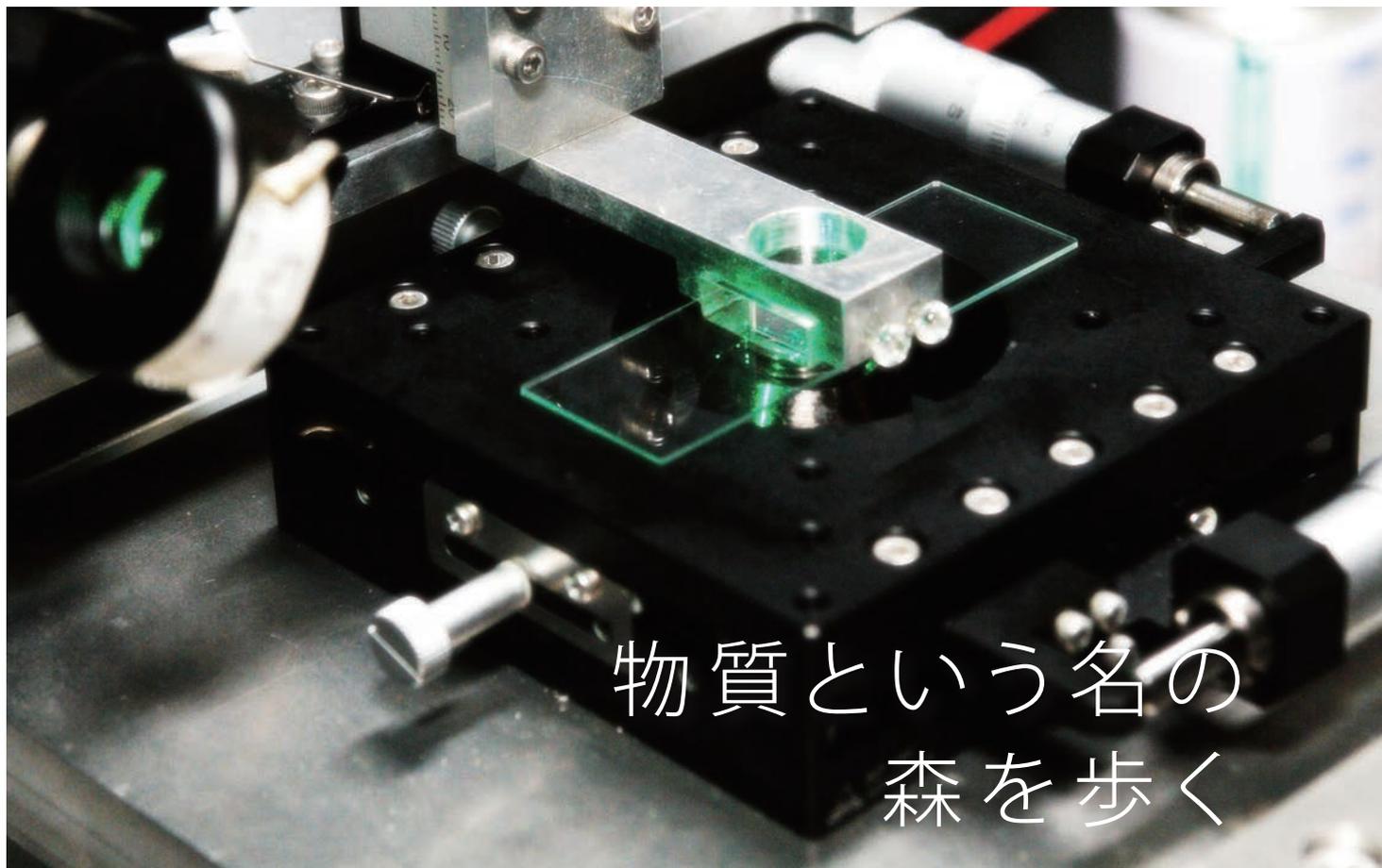
ゴムやプラスチックなど、文字通り軟らかい物質のこと。ミクロの世界でいえば、原子が結晶のように周期的に並んでいない非晶性物質を差します。そのミクロな構造と物質の持つ機能との関係を解き明かす



雨宮慶幸教授

ことで、たとえばタイヤのゴムに高性能を持たせようとしたり、人間の髪の毛が縮れる原因を探ったりといった、社会的ニーズに応える研究ができます。

ソフトマターは毛糸玉のように規則性のない複雑な構造を持っていて、そのナノ構造を観察するのは困難でした。ところが、シンクロトロン放射のような非常に強いX線を当てるとそれが見えるようになってきました。そのための測定技術の研究も、



物質という名の森を歩く

もう一つの重要な研究テーマ。実験の方法論を研ぎ澄ますことで、それまで見えなかったものが見え、さらに進んだ研究が可能になるのですから。

この分野では様々な民間企業との共同研究も行い、成果を社会に活かしています。ところで研究には、社会に役立つためのミッション・オリエンテッドな側面と、純粋な興味を追求するキュリオシティ・ドリブンな側面の2つの側面がありますが、その両方をバランスよく持てるのも、物理工学科の良さだと思います。(雨宮慶幸教授)

バイオって？

ソフトマターが対象とするのが合成高分子なら、もう一つ興味深いのが、タンパク質に代表される生体高分子、つまりバイオの世界です。生命体の最大の特徴は、自分でエネルギーを取り込み、それを消費して仕事をするという点にあります。生体分

子は「分子機械」ともいわれ、数ナノメートルというスケールでエネルギーを消費し仕事をするという機能を持っているのです。

中でもユニークなのはキネシンというタンパク質で、たくさん集まると協調し合い、人間と同じように2本の足を動かして歩き始めます。そんな複雑な動きがなぜ起こるのかを、物理学的手法で観察し、その物理を探究しています。生命体をナノスケールという下の階層から徐々に理解していけば、究極的には人間がなぜ物考えるのかという物理にもアプローチできるのではないのでしょうか。(富重道雄准教授)



富重道雄准教授



分子性物質・ソフトマター・バイオ

電子から原子、分子、そしてマクロな世界までの階層構造が生み出す不思議

今まで見えなかった物質中の構造やその動きを観察する

シンクロトロン放射光を用いた新しいX線計測法の開発・応用を行っています。特にソフトマター(プラスチック、ゴム、合成樹脂、液晶など)を対象とした研究では、自動車のタイヤの性能向上、プラスチック製品の機能向上等を目的とした産業界との共同研究を行い、人々の生活に役立つ物理の応用(=応用物理)を目指しています。

ひしめき合う電子の不思議

電子は電荷とスピンを持っている粒子でありながら量子力学的な波動性を兼ね備えています。これが多数集まると、あるときは「超伝導状態」、またあるときは「ウィグナー結晶」と変幻自在です。私達は、分子性物質を対象にこの集団を司る法則を実験で突き止めようとしています。

二本足で歩くタンパク質

タンパク質は生命現象を司る素子であり、いわば自然の作り上げたナノメートルサイズの精巧な分子機械です。このタンパク質分子機械が作動する仕組み、特に「エネルギー変換を利用して力学的な仕事や秩序を作り上げる仕組み」を物理化学法則に基づいて明らかにすることを目指しています。

+ 研究テーマ:
シンクロトロン放射光を用いたX線計測技術の開発と
応用一物質のナノ・サブナノの世界

+ ポリシー:
「好奇心」と「感動する心」と「使命感」を持って、
研究に投入する!

+ メッセージ:
充実した喜びのある、価値ある人生とは何でしょうか? 全力投入する
実践を通して、知・情・意のバランスの取れたアクティブな心を持って、
それぞれ、真・美・善を求めていく日常生活の積み重ねだと思っています。
好奇心(知)、感動する心(情)、使命感(意)を原動力にして、
物事にとり組んでください。失敗を恐れず、夢と希望を持ってチャレンジ
しましょう!



教授
雨宮 慶幸
Yoshiyuki AMEMIYA

+ 研究テーマ:
分子性物質を舞台にした低次元強相関電子系の物理学

+ ポリシー:
面白くなければ物理じゃない。

+ メッセージ:
勉強から研究へ ---- これまでとは違った世界が君達を待っている。



教授
鹿野田 一司
Kazushi KANODA

+ 研究テーマ:
有機エレクトロニクス、
フレキシブルエレクトロニクス

+ ポリシー:
「産業応用的な価値の創造」と「学術的な価値の創出」
の両立。

+ メッセージ:
常にチャレンジ精神を持ちましょう!



教授
長谷川 達生
Tatsuo HASEGAWA

+ 研究テーマ:
生体ナノマシン—分子を見て操作する

+ ポリシー:
多くの人がやっている重要なテーマに、誰も思いつ
けなかった視点やアプローチで取り組む。



准教授
富重 道雄
Michio TOMISHIGE

キャンパスマップ



関連研究施設

駒場地区



生産技術研究所



先端科学技術研究センター

柏地区



物性研究所



新領域創成科学研究科



東京大学工学部物理工学科

〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1

本郷キャンパス 工学部 6 号館

TEL : 03-5841-6800 **FAX** : 03-5841-6803

Email : office@ap.t.u-tokyo.ac.jp

URL : <http://www.ap.t.u-tokyo.ac.jp/>

Twitter : http://twitter.com/#!/AP_T_Univ_Tokyo