

全ては「好き」という 気持ちが始まり 不思議さと美しさを持つ 自然界に魅せられた

理工学部物理学科／固体電子論研究室

石井 靖 教授

Yasushi Ishii

運動や熱、光、音などをはじめ、素粒子や核など、研究の対象が多岐に渡る物理学。「物」をターゲットに研究が進められる物理学のなかから、石井研究室では「日常目になっている物」がキーワード。ふだん当たり前のように使っている、目になっている物を、普段と同様に目にするための物のメカニズムや条件を探すことを対象にしているという。わかるようでもわからない、その内容。柔らかな眼差しが魅力の先生に1から10まで尋ねてきた。



**「研究対象はずばり「物」
私たちの身近に存在する
あらゆることがネタになる**

物理学はマクロの世界からミクロの世界までと研究対象の幅はとて広い。まず始めに、石井先生の物理学ではどんなことを研究されているのかうかがった。

「古くから研究されてきた物理学では現在、原子・電子そのものの性質や運動、働きはほぼ明らかにされています。しかし、普段私たちが目にしている『物』は、これら原子・電子が一つではなく、たくさん集まって存在している、つまり原子や電子が結びつくことによって成り立っています。磁石を例にすると、磁石を

半分に分けると二本の磁石になります。さらに半分に分けると四本の磁石になり、どんどん半分に分けていくと、行き着く先は小さい磁石がたくさん集まっていることがわかります。ここから、磁石自体の性質とは一体何なのか、どういう条件のときに私たちが普段使っている磁石のメカニズムになるのかを探ります」

物の性質を探ることを研究の主とする物理学。そのなかでも石井先生の物理学では「たくさん集まったときの物の状態」を探ることが要のようだ。「原子や電子がたくさん集まったときに何が起るのか、その結果として現れる日常的な性質を導き出し、なぜそうなるのかを考える。または、

なぜこうはならないのかも考える。つまり、ふだん目になっている状態の物の性質を導き出す『物性物理学』と呼ばれるジャンルを中心に研究・指導しています。

物性物理学の基礎となる『統計物理学』は現代物理学と呼ばれる、20世紀以降の物理学の2本柱の一つとなっています。もう一つが『量子力学』です。たくさん集まったときにどうなるかを考える統計物理学とは反対に、量子力学では原子や分子などのミクロの世界を対象とし、その物理現象を研究します。この2つの分野があつて始めて、今私たちが日常目になっているいろいろな物の性質を物理という言葉で理解できるようになったのです」

たくさん集まった状態の物を考えるために、まずは原子・電子単体のことを理解する。これは、基礎をしっかり学習してから応用を解く勉強の基本姿勢と似ているかもしれない。「日常的に目になっている物の性質（統計物理学）と小さな状態での性質（量子力学）の両者を探ります。すでにわかっている小さな状態の性質を軸に、たくさん集まったときに何が起るのかを研究するのです」

**好きだが得意ではなかった
偶然の出会いによって
導かれた物理への道**

次に、石井先生ご自身の研究内容をうかがった。

「私自身の主な研究内容としては、磁石はなぜ磁石になるのか、金属はなぜ電気をよく通すのかなどの疑問について調べています。いろいろな物質の電子状態を計算し、物自体の性質を理解しようとしているわけです。例えば、金属を二つ組み合わせる、いわゆる合金はほとんどの金属とは全く異なる元素の特性を生み出すことができます。この合金と似ている物質を探し、どこが似ているのか、似ていることによりどのように応用できるかなどを考えます」

なるほど、金属を研究対象にされているだけあり、先ほどの例え話で磁石が登場した理由がここで納得。そんな石井先生も、小さいころは決して文学少年ではなかったという。「中学校の生物の先生が、ミツバチは花の在りかを他のミツバチに知らせるため太陽と花の方向の角度を伝えるように飛ぶ『太陽コンパス』について記した本を紹介したことが、



いしい やすし
1955年、東京都生まれ。1974年神奈川県立湘南高等学校卒業。1978年東京大学工学部物理工学科卒業。1980年同大学大学院工学系研究科物理工学専門修士課程修了、1981年同博士課程中退。その後、同大学物性研究所理論部門の助手、姫路工業大学理学部物質科学科助教授を経て、1999年中央大学工学部物理学科教授となり今に至る。量子力学の基礎方程式を解き、物質の個性を反映した電子の運動や性質を理論的に研究。同時に「準結晶」の理論的研究をおこなう。また、それらを解く手法として計算機シミュレーションも指導。



た、構造はもろろのこと、その見た目にもとても興味を持ったと語る石井先生。

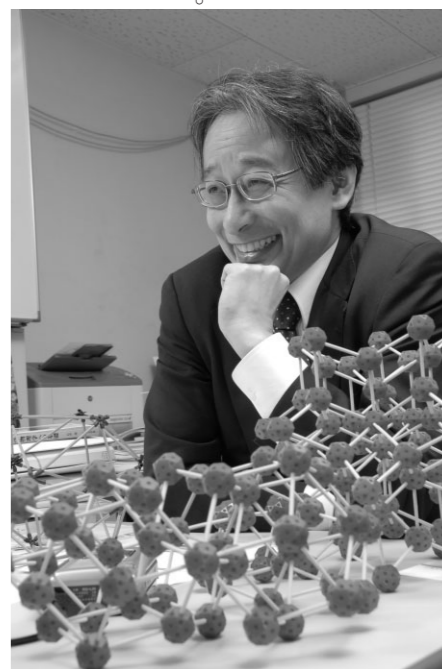
「準結晶は周期的ではありませんが、非常にきれいな模様を作ります。準結晶はフィボナッチ列や黄金比と大きく関係していて、アートの視点で見ても大変興味深いものです。『なぜこれほどまでにきれいなのか』と

思うことこそが、この分野が人を惹きつける一番の理由ではないでしょうか。オウム貝の模様や葉の付き方など、自然界の中に数多く存在する黄金比。それらはきれいに見えるためではなく、成長し生き延びるための手段とした結果が黄金比であり、自然の不思議さに驚嘆するばかりです。研究を長い間続けてきた理由は、

このようなきれいなものや不思議なものを『もっと知りたいたい』という単純な好奇心からだと思います」

好奇心をもとに研究されている物理学は、生活していく上で便利なものを生み出す底力となっているのだ。

「1個の球の周りに同じ大きさの球を貼り付けると大体は12個張り付き、少し隙間ができます。しかしその隙間には13個目は入りません。ある結晶では、隙間がある部分では開けたまま、ある部分では閉じ、周期的に並べて隙間を埋めます。この調整ができません。グチャッと固まるとアモルファス、調節を全く別の方法で並べると準結晶となります。



すが、私は工学系の物理・応用物理の出身です。大学3年生の学科選択で、おもしろいと感じた先生が応用物理だったので。将来何になるのかまじめに考えるよりも興味あることを突き詰めていった結果ですね。物性物理学をやるようになったのは、大学院で「アモルファス金属の構造と性質」を調べることから始まっています」

液体状態から一気に冷却し水の中に落とす、あるいはもつと強烈な冷却する。すると、結晶に成長せずにグチャッと固まったものができる。分子が決まった並び方をして方向性のある固体物質を「結晶」と言うことは、すでに高校で習ったかと思う。反対に、並び方に決まりがなく方向性もない固体物質を「アモルファス」と言うそう。

「アモルファスとは、ランダムな現象を詰め込んだようなシステムのことで。圧力を加える、温度を上げるなどをして、周期的であったものがガラッと周期的でなくなることをどのように理解したらよいかを研究しています。分子が決まった並び方をして結晶は方向性がありますから、割れやすい性質ともいえます。

しかし、アモルファスなら並び方に決まりがなく方向性もありませんから、割れることがない。さらには非常に固くなりま

す。私たちの生活では、割れては困る物を必要とすることが大いにありこの性質は大変役に立ちます。材料として活躍する性質、特に金属材料の観点から研究すると大変おもしろい素材です」

強くしてしなやかな、さびにくい、磁気特性などがあることから「アモルファス金属」は、いろいろな製品を作る支えになっているようだ。

美しさをまとう物質の姿 感動とともに一層の興味と 好奇心をかき立てられた

「周期的な並び方でない構造のアモルファスを研究していくうちに、アモルファスとも結晶とも違う、周期

そのなかでも金属は温まりやすく冷めやすいという性質があり、これはある意味周期性が必要になります。また、固体が固いという性質も周期性によるものです。固体物理は全て周期性から出発しており、結晶の中では電子はどのように運動するのかが研究することで、さまざまな製品が生まれています。『もし周期性でなくなったら何が出てくるのか』これは非常に大きな疑問で、準結晶の発見以降、現代に至るまでたくさん研究がなされています」

固体の周期性、さらには結晶と電気の関係などを研究した結果、電子機器になくはならない存在である、シリコン半導体を利用した「トランジスター」が誕生したそう。

失敗してもめげないタフさ その力こそが物理には大事 高い壁も怖じけず挑戦!

研究はある意味失敗の連続であり、簡単なはずなのに思っていた結果と違うということを繰り返す、試行錯誤の毎日。答えはあるものと思ってるのではなく自分で見つけるもの、という石井先生から最後に、高校生

的ではないが高い秩序を持つ、準周期的な構造である『準結晶』に出会い、15年ほど研究しています。物質は気体・液体・固体と形を変えて存在します。私たちがよく目にする固体は必ず規則的に原子が並んでいるものだと思われていました。ところが同じ間隔で並んでいないもの・準結晶が1984年ごろに発見されました。基本的な構造を持つているが、隣に同じ構造を繰り返し作ると必ず隙間ができて同じにならない。準結晶は、不思議な組み合わせをしないとできないのです」

そんな長年の研究も当初はパソコンが今のように普及しておらず、模型を自身で組み立てていたそう。ま

の皆さんにメッセージをいただいた。「私が子どものころは鉄腕アトムがテレビ放映されていました。アニメでは、高層ビルが立ち並び、車輪のない車が飛んでいて、これは当時から40年後の世界を描いています。そう、今まさに私たちが生きています。時代が未来として描かれていたのです。アニメのなかで登場していたもので、現在実現したもの・していないものがあります。40年前は21世紀にもなります。だから現代の若者も近い未来である40年、50年後に憧れを持ち、それを原動力にしてほしい。特にこれから理工学系の門をたく人は、好奇心や探求心を、そして夢を持ってほしいですね。

私の授業は難しいとよく言われます。多少の自覚はありますが(笑)、卒業して社会へ出たとき、スタンダードな知識として使える程度は教えたいと考えています。難しくてもハードルを越える努力をしてください。時にハードルに近づかず、ひっくり返ることもありませんが、とにかく飛ばうとすることが大事だと思います。努力そのものが皆さんにとって宝となります！」