

# 東京大学・長谷川修司教授（日本物理学会会長） 量子力学が人間の本质に切りこんでいく

Newton（以下、N）：量子力学が現代社会や科学にもたらしたもののなかで、とくに何が重要だと思いますか？

長谷川教授：私は「原子力」と「半導体」ではないかと思います。原子力は、発電と原子爆弾という正と負の側面がありますが、どちらも原子のしくみを解明した量子力学なしでは実現できなかったものです。半導体も、その性質を量子力学なしでは理解できません。原子力と半導体の二つを考えただけでも、量子力学が社会に大きな影響をおよぼしたかがわかると思います。

科学への影響に関していえば、最近では化学や生物学でも、量子力学との融合が見られます。現代物理学は量子力学と相対性理論が土台になっていますが、なかでも量子力学の波及効果は大きいと思います。

N：量子力学のこれまでの100年をふりかえって、どのように感じますか？

長谷川教授：量子力学が誕生して最初の30年～40年は、理論体系をつかっていく基礎固めの時代だったと思います。1940年代にトランジスタが発明されて、量子力学を応用する時代に入りました。

そして、20年ほど前から、量子力学をさらに深く利用する、新しい時代に入ったように感じます。量子もつれを利用する量子コンピューターは、その一例です。私の専門である物性物理学の分野でいえば、「トポロジカル絶縁体」という、基本的に絶縁体だけれど、表面だけ電気をよく通すという特殊な物質の研究が進んでいます（右ページの図）。これは量子力学の新しい知見を応用してつくられた物質です。

N：日本は量子力学の発展に、どのように貢献してきましたか？

長谷川教授：量子力学の100年の歴史をふりかえったときに、日本人科学者の貢献を忘れてはならないと思います。東アジアの片隅にある日本がなぜこんなに発展できたのかといえば、日本の科学コミュニティで量子力学の研究がさかんだったことの影響が確実にあると思います。

日本人研究者は100年前から、原子物理学や量子力学の分野で欧米の研究者と渡り合ってきました。量子力学登場以前のいわゆる古典物理学の分野では、日本は正直遅れていましたが、量子力学の発展にはすごく貢献しています。

## スマホの充電頻度が劇的に下がる可能性

N：ご自身の研究では、量子力学をどのように利用していますか？

長谷川教授：私は物性物理学の実験家です。たとえば、結晶の中の電子がどうふるまっているかを調べるときなどに量子力学を使います。

先ほども紹介したトポロジカル絶縁体という特殊な物質を半導体として利用する研究が、私たちの分野では今さかに行われています。トポロジカル絶縁体を使えば、非常に電力消費が少ない半導体の実現できると考えられています。こういった特殊な半導体のふるまいは、電子の波の性質が関係しているので、まさに量子力学の効果がそのままあらわれ

ているといえます。

10年後、20年後にはそれらの物質を利用した省電力の半導体実用化されて、たくさん使われていると思います。そのときには、スマホも1か月に1回充電すればいい時代になっているかもしれませんね。

N：現在の量子力学が抱えている課題は何ですか？

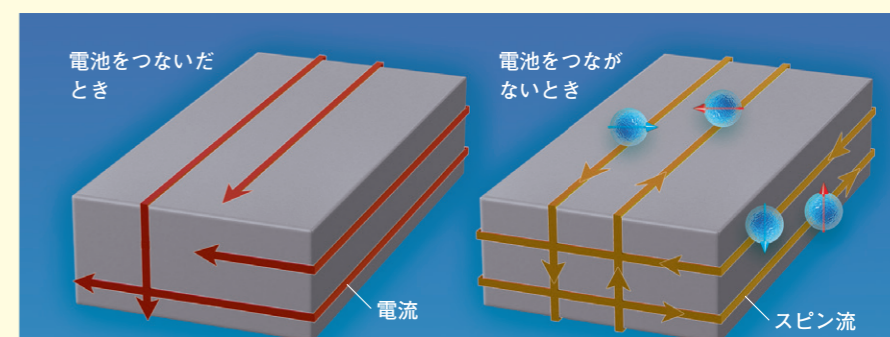
長谷川教授：量子力学の解釈に関する問題は、まだ解決されていません。「観測すると波が1点に収縮する」という、言い訳めいたことを考えないと実験結果が説明できないという解釈の問題は、私が40年以上前に大学の授業で量子力学を学んだころからずっといわれています。この問題は人間には解けない永遠の謎かもしれないし、解決の糸口もまだみつかっていないと思います。

N：量子力学の不思議さについて、“納得”していますか？

長谷川教授：どんなに常識的な感覚とちがっていても、そういうものなんだと飲みこむしかありません。私が大学生のときに量子力学を教えたくれた教授は、「これは宗教の一種だ」なんてことも言っていましたよ。

N：最近の量子力学の展開について、注目している動きはありますか？

長谷川教授：私が個人的に興味があるのは、生物学への展開ですね。たとえば脳の中で何がおきているかなどを、量子力学を使って説明しようとする「量子生物学」という分野があります。脳の神経細胞ももちろん原子や分子からできていて、電子をやり取りしながら動いています。その点では半導体と同じなので、脳の



## トポロジカル絶縁体の性質

【左側】トポロジカル絶縁体に電池をつなぐ（電圧をかける）と、表面だけに電流が流れます。なお、鉄や銅などの金属は、表面にも内部にも電流が流れます。【右側】トポロジカル絶縁体は、電池をつながないときに電流は流れませんが、表面に「スピン流」という特殊な流れが生じています。逆向きのスピンをもつ電子が、同じ数だけ反対方向に流れています。

はたらくも量子力学を使って解明できる可能性があるというわけです。

私たちは、ある瞬間にパッと何かひらめいて、アイデアが意識にのぼってくることがあります。これは観測によって波が1点に収縮して粒子になることに相当するのだと主張している科学者もいます。これは非常に面白い考え方で、私もそうではないかと思っています。

量子力学はこれまで半導体やブラックホールの謎などを解明してきました。今後は人間の本质に切りこむために量子力学が活躍するのではないかと考えています。

## 人の意識の問題が新たな物理学のきっかけに

N：量子力学は、今後どのように発展していくと思いますか？

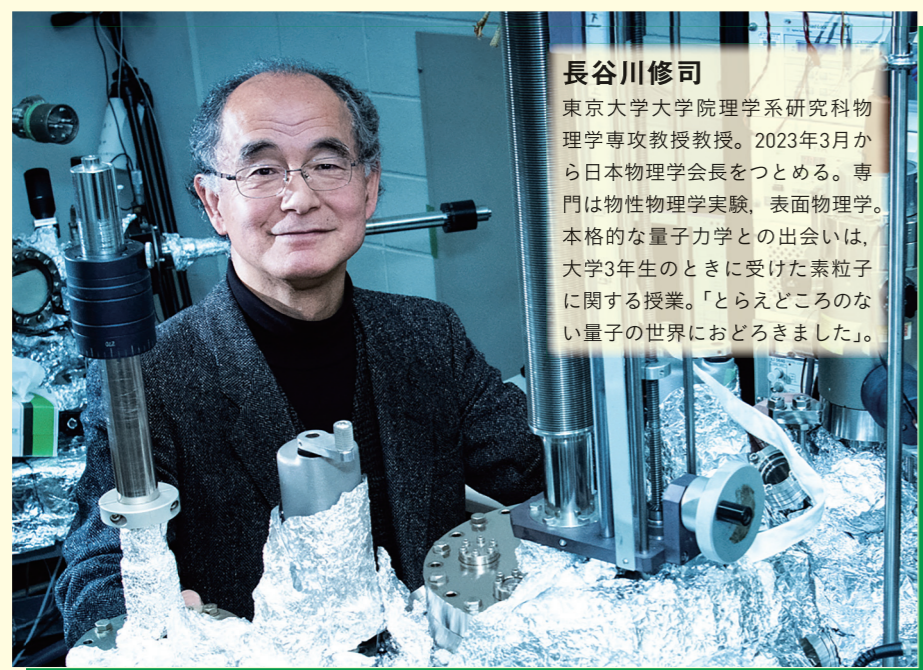
長谷川教授：量子力学はこれまで大きく二つの道をたどってきました。一つは量子力学を使って、自然現象を解明しようという道です。もう一つは、量子力学を積極的に利用しようという道です。今後は、後者の量子力学の利用がますますさかんになっ

ていくと考えています。近年の量子コンピューターの発展などは、まさに後者ですよ。今まで思いもつかなかった新しい利用法が、今後は出てくると思います。

N：今後、量子力学をこえる新たな物理学が誕生する可能性について、どう思いますか？

長谷川教授：100年前に量子力学が誕生したきっかけは、溶鉱炉の溶けた鉄の温度を知りたいという、ある意味とても小さな問題でした。当時の科学では説明できないほころびの一つから、量子力学が生まれたわけです。

現在、すでにいくつかのほころびらしきものが存在しています。素粒子の標準理論では説明できないニュートリノの質量の問題などは、その一つですね。小さなほころびのどれかが解決することで、物理学は新たな段階にパッと移っていくのだと思います。ただ、そのきっかけとなるほころびが何なのかは、わかりません。私は人の意識の問題に、非常に重大なほころびが秘められているように感じていますね。



長谷川修司  
東京大学大学院理学系研究科物理学専攻教授。2023年3月から日本物理学会会長をつとめる。専門は物性物理学実験、表面物理学。本格的な量子力学との出会いは、大学3年生のときに受けた素粒子に関する授業。「とらえどころのない量子の世界におどろきました」。