

子供たちのための量子力学：コペンハーゲンから届いた絵本

畑澤 順

Hatazawa Jun

デンマーク王国大使館の上郡明子さん、村上有美さんから、「フィン・フォトンさんと量子力学」という絵本が届きました。子供たちに量子力学を理解してもらうために作られた絵本です。量子物理学発祥の地、デンマーク・コペンハーゲンからの贈り物。難解な量子物理学をどのようにして子供たちに教えるようとしているのか、興味をもって読み始めました。

物語の舞台は「ガチョウ村」。町からいくつも山と森をこえたところのちいさな村です。どこの家でも1羽はガチョウを飼っていました。登場人物は、パン屋のゲアト、魚屋のうなぎおやじオーエ、自転車屋のギアーさん、飲んだくれのウィーゴ、物理学者のフィンさんと息子のウィリアム、村を守る見張り番のドストエフスキーというロシア生まれのヤギ、ヒトの言葉を話すラクダ、村長の夜更かしニルス。ウィリアムが寝ぼけ病にかかり、それを治すために村人や子供たちは大騒動。そんな中で、量子力学の話がはじまります。

「自然界には、たとえばりんごやゾウやお月様などの、大きなものの運動や性質を決めているルールがあります。しかしまた、目に見えないほど小さなものにもルールがあって、そのルールは大きなものとはまったくちがうルールなのです。」

小さいものの代表として電子が登場します。電子の色をはかる1番目の箱、電子の硬さをはかる2番目の箱で、電子を調べます。1番目の箱で白い電子であることが分かりました。2番目の箱でやわらかい電子であることが分かりました。そこでもう一度電子の色をはかると、

「電子のかたさを調べたせいで、とっても不思議なことがおきます。もう一度電子の色を調べると、その結果は白と出るのとおなじくらい黒と出ることがあるのです。」

「3番目の箱で調べるまでは、この電子は黒色であると同時に白色でもあるのです。これが量子力学

でいう「重ね合わせ」の状態なのです。このように量子力学の世界では電子のかたさと色は同時にはかることができません。一方をはかると、もう一方があやふやになってしまうのです。」

「ふつうには目にすることができないくらい小さな小さな電子を2つ思い浮かべてください。電子には白か黒か色がついています。電子たちはおたがいにえいきょうしあい……どっちが白でどっちが黒か、もうわからなくなるのです。さあそこで、片方の電子を月までもって行ってみましょう。そうして色を調べてみます。その結果、白と出たとしましょう。すると、地球に残った電子はそのとたん、なんと黒色になるのです！そう、2つの電子はおたがいに、ものすごくはなれているにもかかわらず、地球にあるほうの電子は、月にあるほうの電子とかならず反対の色になるのです。これを量子もつれといいます。」

このようにして量子力学の「不確定性」、「重ね合わせ」、「量子もつれ」に相当する概念が物語と共に分かりやすく説明されていきます。巻末に、日本語版出版を監修された前田京剛教授（東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻）の「量子力学の世界」という解説が載っており、読者の理解を助けてくれます。

デンマーク工科大学量子技術シニアアドバイザーのウルレク・ホフ先生が、「日本語出版にあたり」を寄稿しています。2021年は量子物理学を創始したニールス・ボーアの研究所（コペンハーゲン）が創立100周年を迎えること、その研究所の活気に満ちた刺激的な学術的雰囲気が世界中から最も聡明で有能な研究者を集めたこと、その中の一人が日本の物理学者仁科芳雄であったこと、ニールス・ボーアと仁科芳雄の間には生涯にわたる深い友情が育まれたこと、が述べられています。1937年ボーア夫妻が東京の仁科芳雄博士の自宅を訪れた際の家族写真

も、併せて掲載されています。

量子物理学は、極微な世界では物理量が「粒」であることを教え、私たちの科学的理解、世界観を一変させました。古典物理学では解釈できない多くの事象（例えば、光電効果）に明快な理由を与えました。空間も時間さえも「粒」で成り立っているようです。このような難解な科学的知見に子供たちが触れる意味はどこにあるのでしょうか？

かつて私たちは、地球は平らであると信じていました。天の中心に地球があり、星が動いていると信じていました。宇宙にも地球にも、始まりがなく終わりもないと信じていました。人間ははじめから人間であって、他の生物とは異なると信じていました。何世紀もの間、自然を観察し、不思議に思い疑問を持ち、実験し解析し、少しずつ本当のことが分かってきました。世界の新しい見方はすぐに受容されることはなく、繰り返し吟味され、偏見と闘いようやく人類共通の知恵となりました。量子物理学の示す世界は、ヒトの知覚できない世界のルールのことなので、大人でさえ理解が難しい領域です。

ドイツの物理学者マックス・プランクは、燃焼箱の中で物質が燃えるときに出す色と温度の関係を予測する式を考えている時、エネルギーは「粒」でできていると仮定すると、実験結果をうまく説明できることを示しました。

$$E = h\nu$$

E は粒子としてのエネルギー、 ν は波としての振動数（光の色）、 h は「粒」と「波」の関係性を仲立ちするプランク定数です。しかし、プランクは生涯、「仮に粒と考えると」という立場を離れませんでした。20世紀初頭、原子（粒）とは化学反応を説明するための便宜的な概念であると見なされていたからです。原子を直接観察する手段はありませんでしたから。アインシュタインは、「相対性理論の示す世界には始まりと終わりがあることになること」に対して、ためらいを感じていました。そこから導かれる膨張する宇宙やビッグバンは、後にハッブルらによる星雲の観察や、ペンジアスとウィルソンらの宇宙背景放射の観測で裏付けられました。ダーウィンは「種の起源」の出版を長い間躊躇していました。それは当時のキリスト教的世界観とあまりにもかけ離れた世界観だったからです。

放射性同位元素を発見したピエール・キュリーと

マリー・キュリーはノーベル物理学賞の受賞記念講演で以下のように述べています。

「自然の秘密を知ることは本当に人類の利益になるのだろうか。人類にはそれを有効利用する用意があるのだろうか。その知識が人類に害をもたらしことはないのだろうか。」（Obsessive Genius, The inner world of Marie Curie, by Barbara Goldsmith より）不幸なことに、人類は原子核の持つエネルギーを未だにうまく利用できないでいます。

この絵本は、「量子力学」という目に見えない世界のルールを扱っています。想像力が豊かで真っ白なキャンバスのような子供の心には、目に見えない「小さな世界」のことも、先入観や偏見なく受け入れられるかもしれません。そういえば子供の頃、キャッチボールの相手がいない時にはひとりで空にボールを投げ上げ、キャッチしてました。走りながら投げ上げるとなぜかボールは走っている方向に付いてくることを不思議に思っていました。



「フィン・フォトンさんと量子力学」

作：Jan Egesborg, Johannes Tows, Pia Bertelsen

監修：前田京剛 監訳：田辺欧 翻訳：勝矢博子

発行所：株式会社アグネ技術センター

この絵本にご興味のある方は、デンマーク王国大使館の上郡明子さん、村上有美さんにお問い合わせください。

((公社) 日本アイソトープ協会 専務理事)