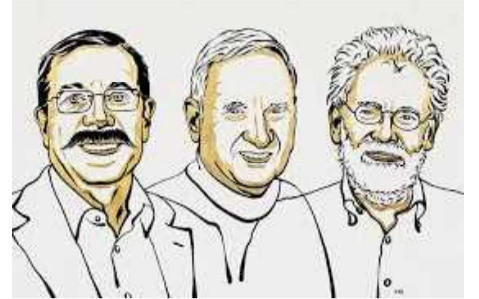


【理数の散歩道】

信じられない「量子もつれ」を、実験で証明！

～私たちの生活を、これから大きく変えようとしています～

2022年のノーベル物理学賞は、フランスのアスペ博士(図の左)、アメリカのクラウザー博士(中央)、そしてオーストリアのツァイリンガー博士(右)の3人が受賞しました。受賞理由は、「量子もつれ」が実際にあることを、実験を通して見つけたことです。「量子もつれ」って、何でしょうか？



できるだけ分かりやすく解説します。ぜひ読んでみてください。

1. 量子(りょうし)とは？そこから生まれる「量子もつれ」とは？

量子とは、物質を作っている小さな電子や陽子、光を作る光子などのことです。それを扱う量子力学では、「**量子の状態は観測するまでは決まっていなくて、観測して初めて決まる！**」と言われて

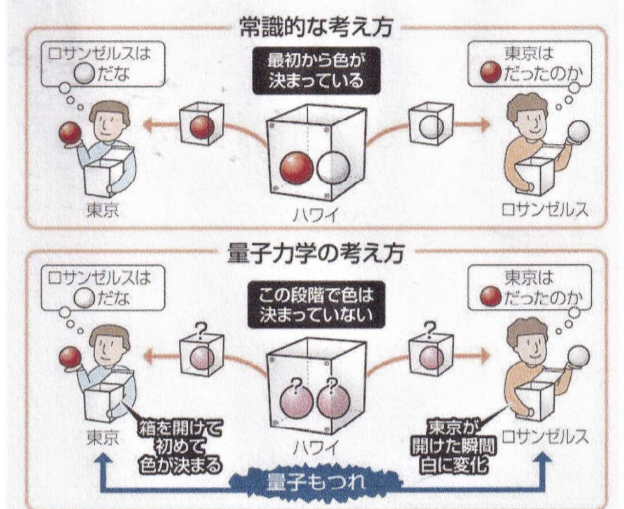
います。どういうことでしょうか？
例えば右図のように、東京とロサンゼルスに住む人に「赤色と白色の球」を送ります。東京の人が箱を開けて赤色だったら「ロサンゼルスの方は白色だな。」と分かります。ロサンゼルスの方も同じです。

ところが量子の世界では、**送る前の球の色は決まっていなくて、東京の人が箱を開けた瞬間に色が決まるのです。それが赤なら、その瞬間にロサンゼルスの方は白色に決まります！つまり、最初の2つの球は、色が決まっていなくて、赤と白の2つの色の性質を同時に持っていたのです！**

ふつうは、送られてきた箱の中の球の色は、箱を開ける前から赤か白かが決まっているけれども分からないだけで、調べて色を分かると考えますが、量子の世界では、調べるまでは「赤か白かは決まっていなくて」というのです！

このように、**両方の性質を同時に持っていることを、「性質がもつれている(関係している)」と**考えて、この状態を「量子もつれ」と言います。

この考え方に反対したのが、相対性理論で有名なアインシュタインです。彼は、「**あなたが見ているときだけ月はそこに存在しているのか？**」と質問し、**物の性質は測定とは関係なく、赤や白などの性質は最初から決まっているはずだ**と考え、量子の世界の考えがおかしいことを示す、次のような実験を考えました。



〔東京新聞より〕



2. EPRパラドックスの挑戦

その実験は、考えた3人の頭文字からEPRパラドックスと言います。「パラドックス」とは、「まちがっているのではないか？」という意味です。1個の電気を持たない粒子は、2つの量子に別れると、+と-の電気を持つ2つの量子になります。どちらが+でどちらが-かは、量子力学の考えとはちがって、**別れた瞬間に決まると**、3人は考えます。

ところが量子の世界では、「量子は観測するまではその状態は決まらず、観測して初めて状態が決定する」ので、**一方の量子の電気を測定したその瞬間に、もう1つの量子の電気が+か-かが決まること**になります。この2つの量子がものすごく離れていたなら、アインシュタインの相対性理論によると、**この世に光より速いものはないので、どうやって一方は+だったということが、もう一方の量子に瞬間的に伝わったのか？**そこがおかしいと言うのです。

3. EPRパラドックス、やぶれる！

EPRパラドックスから30年後、スイスの物理学者ベルが、アインシュタインが正しければ成り立つ「ベルの不等式」を提案しました。それを実験で最初に確かめたのが1人目の**クラウザー**で、より正確な実験をしたのが2人目の**アスペ**です。実験の結果、**何と不等式は成り立たないことが、つまりアインシュタインの考えはまちがっていた**ことが分かりました！

4. 量子もつれの不思議、これが現実だ！

この結果から、量子もつれになった物質の+と-などの性質は初めから決まっていたのではなくて、一方が+なら他方は-という**関係だけが決まっていて、どちらがどうなるかは一方が測定された時に初めて現れてくる**という、**信じられないことが真実**だと分かりました。

この量子もつれを利用して「量子テレポーテーション」の実験に成功したのが3人目の受賞者である**ツァイリンガー**です。これは量子もつれを使って、光子などに記録した情報を遠方に送る方法です。翌年には、日本の**東京大学の古澤明教授**も、より高い効率での実験に成功しました。

この他にも、最近話題になっている「量子コンピュータ」も、量子もつれの性質を利用し、今までとは比べものにならないくらいに速いコンピュータを実現しようとしています。「量子もつれ」がこれからどんな風に役立っていくのか、楽しみです。