

## アインシュタインの遺産：光子

### 1. はじめに

アインシュタインのノーベル賞受賞理由は相対性理論の発見に対してではありませんでした。今回は相対性理論とは違ったアインシュタインの功績を取り上げてみます。アインシュタインは光にこだわった科学者であったといえるでしょう。相対性理論は「光とは何か」を突き詰めた結果生まれた理論と言えますが、今回扱う光子もまた「光とは何か」という問いから始まっています。

### 2. 光とは何か

#### 2-1. 光は波か粒子か？



万有引力の法則で有名なニュートンは、プリズムで光を様々な色に分ける方法や虹が空気中の水滴によってできること、反射望遠鏡（ニュートン式）発明など、光の研究でも大きな業績を残しました。そのニュートンは光が粒からできていると考え、この証拠を提示しています。一方、ほぼ同時期に活躍し土星の輪を発見したことで知られるオランダの科学者ホイヘンスは光が波であると主張しました。その後、イギリスの科学者ヤングが行った二重スリットの実験やマックスウェルによる電磁波の研究により、光は波であるという考えが一般的になりました。

#### 2-2. 光は波ではない！

19世紀後半になると、金属面に紫外線を当てると電子が飛び出してくるという現象（光電効果）が発見されます。光が波だとすると、この光電効果の様々な特徴を説明することはできません。アインシュタインはこの問題に対し、光は粒子性を持ち、そのエネルギーは周波数に比例するという仮説（光子仮説）を立てました。この考えをきっかけに、光は粒子の性質と波の性質の両方を併せ持つという奇妙な考え方が科学者の中では受け入れられるようになっていきました。



#### 2-3. ミクロな世界のふるまい

半分生きて

半分死んでいる猫



ミクロな世界の粒子の運動を考える際の基本となる方程式を考案したシュレーディンガーは、粒子の状態を波の形で表現しました。シュレーディンガー方程式を解くと、様々な波の状態の重ね合わせとして粒子のふるまいを表現することができます。この状況は例えばある電子がどこにあるかは観測してみないとわからないということを意味します。「観測する」という行為によって「結果」が確定するという状況はおかしくないか？シュレーディンガーはこの状況をわかりやすく表現した「シュレーディンガーの猫」と呼ばれる思考実験を提唱しました。

#### 2-3. 神はサイコロを振らない

シュレーディンガーが導いた波の方程式が何を意味するのか？様々な解釈がありますが、波の方程式は粒子の存在確率を表しているという解釈が一般的です。波には広がりがあるので、この考え方に基づけば、ある粒子の位置は厳密には決まらず、ここにある確率は〇%、あそこにある確率は△%のように確率でしか求められないこととなります。それに対し、粒子の位置は厳密に求めるはずで、何か見落としている要素があるのではないかというのがアインシュタインの主張でした。彼は「確率的にしか決まらない」という部分の反論として「神はサイコロを振らない」と言いました。



### 3. まとめ

波動関数の確率論的解釈はミクロの世界をうまく説明しているように見えます。その意味では、神はサイコロを振るのでしょう。「神はサイコロを振らない」という言葉から、アインシュタインがミクロな世界の物理（量子力学）を理解しなかったという人もいますが、そうではありません。量子力学はアインシュタインの光子仮説によって大きく進展しました。アインシュタインは量子力学の基盤も築いたといえるのではないのでしょうか。今日、スマホで手軽に写真を撮れるのも、アインシュタインが光電効果の謎を解明してくれたお陰なのです。最新のスマホは性能が良くなって、スマホでも星の写真が撮れるようになりました。アインシュタインに感謝しながら美しい天体写真を撮ってみてください。