

1. 量子とは

私たちの身の回りの物質は、原子からできています。その原子の中には、さらに小さな粒子である電子や陽子、中性子などがあります。量子とは、このような原子より小さな世界に存在する、物質やエネルギーの最小単位のことを指します。

量子の世界では、私たちが普段慣れ親しんでいる常識とは異なる不思議な法則が働いています。例えば、量子は粒子であると同時に波の性質も持っているのです。

自然界には、4つの基本的な力があることが分かっています。

- 強い力: 原子核の中で、陽子と中性子をくっつけている力です。原子核が壊れないのは、この力のおかげです。強い力は、弱い力の約 100 倍の強さがあります。
- 弱い力: 原子核が崩壊する際に働く力で、放射線を出す現象などを引き起こします。弱い力は、重力の約 10^{25} 倍(1 の後に 0 が 25 個続く)の強さがあります。
- 電磁気力: 電気と磁気に関係する力で、私たちの生活で最も身近な力です。電子と原子核の間に働き、原子を形作っています。
- 重力: 地球上のすべてのものを引きつける力です。宇宙の大規模な構造を作る上で重要な役割を果たしていますが、4つの力の中で最も弱い力です。量子力学の計算では、重力の影響は非常に小さいため、しばしば無視されません。

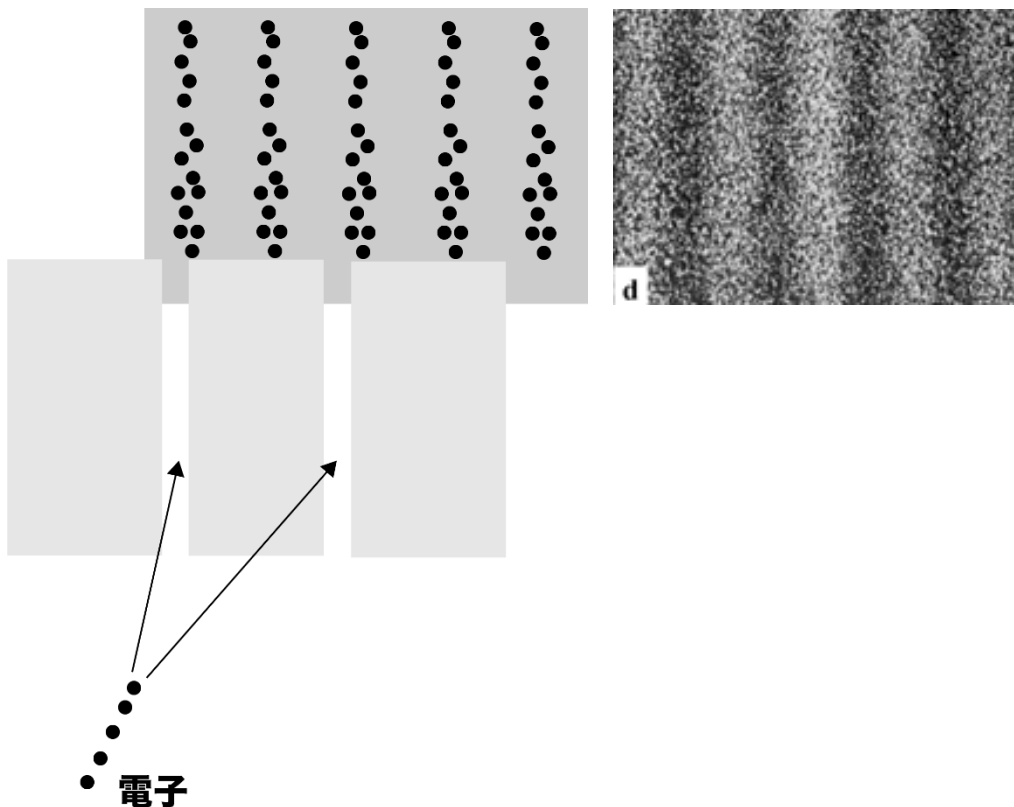
2. 粒子と波動について

古典物理学とは、私たちの日常生活で目にするような、比較的大きなスケールの物理現象を扱う学問です。例えば、りんごが木から落ちる様子や、太陽の周りを公転する地球の運動などが古典物理学で説明できます。

一方、量子の世界では、粒子と波動の区別があいまいになります。光の粒子である光子は、状況によって粒子としても波としても振る舞うのです。電子のような量子も同様に、粒子と波の二重性を示します。

この粒子と波動の二重性は、二重スリット実験によって証明されました。光や電子を二つのスリットに通すと、粒子としての性質だけでなく、波としての干渉縞が観測されたのです。この実験は、量子の世界が古典物理学とは異なる法則に従っていることを示す重要な証拠となりました。

電子ビームを使い、電子を1つずつ発射しても多量に発射しても、二重スリットを通ると波による干渉が起こる。 実際の実験結果↓



3. 真空について

古典物理学では、真空を文字通り「何もない空間」と考えていました。

しかし量子論では、真空は決して空っぽではありません。真空の中では、仮想粒子と呼ばれる粒子と反粒子のペアが生成と消滅を繰り返しています。これらの粒子は、ほんの一瞬だけ存在し、すぐに消えてしまうため直接観測することはできませんが、様々な物理現象に影響を与えています。

例えば、カシミール効果という実験で、2枚の金属板を真空中で非常に近づけると、仮想粒子による力で金属板が引き合うことが確認されています。これは、真空が本当は空っぽではないことを示す証拠の一つです。

また、宇宙の真空には、ダークエネルギーと呼ばれる正体不明のエネルギーが充満していると考えられています。ダークエネルギーは宇宙の加速膨張を引き起こしていると推測されていますが、その正体はまだ分かっていません。ダークエネルギーの密度は非常に小さいですが、宇宙全体に広がっているため、宇宙の進化に大きな影響を与えています。

最近の研究では、ブラックホールがダークエネルギーの塊ではないかという仮説も提唱されています。もしブラックホールが暗黒エネルギーでできているなら、ブラックホールの特異点などの問題を回避できる可能性があります。ただし、これはまだ仮説の段階で、観測的な証拠はこれからの研究で明らかにされていくでしょう。

4. エネルギーと質量について

アインシュタインの特殊相対性理論によれば、エネルギーと質量は等価であり、有名な式 $E=mc^2$ で表されます。ここで、 E はエネルギー、 m は質量、 c は光速です。

この式は、わずかな質量でも膨大なエネルギーに変換できることを意味しています。例えば、わずか 1mg の物質がエネルギーに変換される、90 億ジュールものエネルギーが生み出されます。

逆に、光子のような質量のない粒子も、エネルギーを持っています。

質量とエネルギーが相互に変換できるということは、量子論の重要な概念の一つです。例えば、電子と陽電子が衝突すると、2つの粒子の質量が光のエネルギーに変換されて消滅します。逆に、高エネルギーの光子から電子と陽電子の粒子が生成されることもあります。

このように、質量とエネルギーは表裏一体であり、量子の世界ではその区別があいまいになるのです。

5. 量子のもつれ

量子のもつれとは、2つ以上の量子が、お互いの状態に関係し合っている現象のことを言います。

例えば、2つのコインを考えてみましょう。普通のコインなら、表が出るか裏が出るかはそれぞれ独立していて、片方のコインの結果ともう片方のコインの結果は関係ありません。

でも、量子もつれの状態にある2つの量子は、どんなに離れていても、お互いの状態に関係し合っているのです。片方の量子の状態が決まると、もう片方の量子の状態も瞬時に決まってしまうのです。

シュレディンガーの猫の例えを使って、もう少し詳しく説明しましょう。

箱の中に猫と、放射性物質、毒ガスが入った装置を用意します。放射性物質が崩壊すると毒ガスが放出され、猫が死ぬようになっています。

量子力学では、箱を開けて観測するまでは、放射性物質が崩壊した状態と崩壊していない状態が重なり合っています。つまり、猫は生きている状態と死んでいる状態が重なり合っているのです

ここで重要なのは、放射性物質と猫の状態が量子もつれしているということです。放射性物質が崩壊していなければ猫は生きており、崩壊していれば猫は死んでいます。2つの状態は独立ではなく、強く結びついているのです。

