

# 物理学をよく知らない人向けの量子力学解説

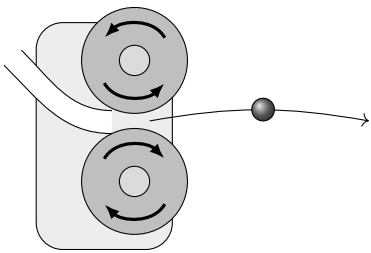
## 1 はじめに

物理学科に所属していると感覚が麻痺して忘れてしまいそうになります(?)が、世の中「物理学のことはよく知らない」という人が多数派を占めているものです。なるべく前提知識を要求せず平明に物理学を解説するポスターにも大いなる意義があることと信じて、量子力学という分野を易しく噛み砕いて紹介しようと思います。

## 2 物理法則と直観

物理学をよく知らない人であっても、『トムとジェリー』のような突飛な動きをするアニメーションに対して「物理法則を無視している」という言い回しをすることがあるでしょう。私たちは日常の経験から**モノには正しい動きがある**ことを直観で知っています。

例として、ピッチングマシンでボールを投げる実験を考えてみます。



精密に作られた道具を使い、マシンの設定を一定にして投げるとすれば、繰り返し実験してもボールはまったく同じ飛び方をするはずですね。投げられて1秒後のボールについて

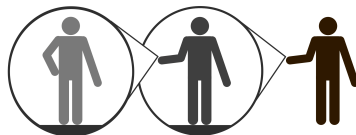
- どこにあるか (位置)
- 勢いはどれくらいか (運動量)
- どう回転しているか (角運動量)

などを測定してみれば、どれも一定の結果になるでしょう。

物理学は「ボールの飛び方」のような現象を持つ法則性を、できるだけ一般的に説明することを目指す学問です。私たちが直観で知っている「モノの正しい動き方」は**ニュートン力学**という分野がたった3つの原理(ルール)でまると説明してくれます。

## 3 ミクロな世界

天体の動きさえ説明づけるニュートン力学ですが、実は**とても小さなスケール(ミクロ)の現象には通用しません**。「サイズが違うだけで動き方のルールが変わるの?」と疑問に思うかもしれませんね。



そもそも物理学が言う「ミクロ」は途方もない小ささを指しています。イメージのために、皆さんの掌に小人さんが乗っていると思ってください。見えませんか?それもそのはず、この小人さんは身長が $0.1\text{mm}=1\text{m}$ の $\frac{1}{10000}$ しかないのので人の肉眼ではギリギリ捉えられないのです。ではこの小人さんが「ミクロ」かというはまだ足りません。言い忘れていましたが、小人さんの掌には小人さんの肉眼でも見えない極小人さんがいます。その身長は $1\text{m}$ の $\frac{1}{10000}$ の更に $\frac{1}{10000}$ 程度なわけですが、**極小人さんの指でつまめるくらいのスケール**を「ミクロ」と呼びます。

さてここからが本題。ニュートン力学に代わってミクロな世界の法則を説明づけるのが**量子力学**という分野です。ミクロな世界で飛ぶボール……はないので例えば電子について、量子力学は次のように主張します [1]。

- どれだけ同じで曖昧さのない状況を準備しようとも、**測定するたびに値の変わる量がある**。
- 値が決まらない (ルールで説明できない) 代わりに、どの量についても測定値のばらつき方 (確率) はルールに従う。

1つ目の主張はつまり「位置や勢いや回転などが全部揃って定まることがない」ということを言っています!

## 4 「見落とし」の可能性

実験するたびに結果が変わるなんて、私たちの直観とは相容れない主張です。「測定値が違うなら別の状態が用意されているのでは?」と考える人もいるでしょう。先のピッチングマシンの実験で、もしランダムに吹く風を考慮し忘れていたら、測定値は定まらなくなるはずですが、量子力学にもそのような**見落とし**がありはしないでしょうか?

やや難しい話になりますが「相関」という量を取る値の範囲を調べると、測定値のばらつきは**見落としのせいと片付けられるものではない**と実証できます [2]。結局、ミクロな世界は量子力学の主張の通りに振る舞います。途方もない小ささゆえに私たちが経験し得ない世界なのですから、日常の経験に基づく直観に反していても不思議なことではないのです。

## 参考文献

- [1] 清水明. 新版 量子論の基礎~その本質のやさしい理解のために. サイエンス社, 第20版, 2022.
- [2] 筒井泉. ベル不等式: その物理的意義と近年の展開 (小特集) 量子もつれ). 日本物理学会誌, 69(12):836-844, 2014.