

## この本を書いた動機—従来の本のどこが不満か？

初学者向けの量子論の教科書では、状態ベクトルを位置座標表示した波動関数  $\psi(x)$  を前面に押し出して量子論を解説してゆくスタイルが多い。しかし、例えば相対論的な場の理論では、この意味での波動関数は存在せず、ただ、非相対論的領域で近似的に構成できるだけである。従って、「粒子を点  $x$  に見いだす確率密度が  $|\psi(x)|^2$  である」というような記述も近似的にしか成立しない。身近な例で言うと、例えば、光は常に相対論的であるから、光の量子論（初等的場の理論）を座標表示の波動関数で理解しようとするのはほとんどナンセンスになる。伝統的な教え方である、位置座標表示の量子力学 ディラックの相対論的量子力学（これも位置座標表示） 光の量子論（もっと一般の）相対論的場の理論、と歴史的順序に従って教えられた学生は、こういう基本的なことすら解っていないケースが目立つ。従って、量子論を  $\psi(x)$  から教え始めるのは、良いこととは思えない。

もちろん、初学者向けの量子論の教科書でも、波動関数ではなく状態ベクトル（ブラベクトル）から始める教科書もあるにはある（ディラックやサクライの本）。しかし、状態ベクトルで状態を表すのは、量子論の一般的な枠組みにおける状態の表し方のひとつの例に過ぎない。状態ベクトルの話をする前に、その一般的な枠組みを教えるべきではないのか？ そうすれば、状態ベクトルの意味も、もっと明確に理解できるはずである。もちろん、歴史的には、座標表示の波動関数 状態ベクトル 量子論の一般的な状態概念、という順序で発展してきたのであるが、この歴史に沿って教えるために、量子論における状態の概念の理解が遠く学生が後を絶たない。

歴史発展の順序に従って教えることは、これに限らず多くの弊害をもたらしている。例えば、「不確定性原理」の説明を、それを最初に唱えたハイゼンベルグの不確定性関係（測定誤差と測定の反作用が満たす不等式）から説き起こし、それをそのまま、交換関係から直接導かれる不確定性関係（2つの物理量の測定値の揺らぎの間の不等式）と同じであるかのように説明している本が非常に多い。しかし、両者は基本的に別物であり、例えば後者は成立するが前者は成立しない例が簡単に作れる。それなのに、そういう本で勉強した学生は、誤りに気付かないままであることが非常に多い。歴史のことは、きちんと物理を理解してから学ばないとよく解らないし、そもそも物理の本に書いてあるような歴史は、史実と異なっている場合が多い。そういう中途半端な記述で、歴史についても物理についても誤解を与えるような教え方は良くないのではないかと？

では、数学者が書いた本なら良いのではないかと、思う人もいるだろう。数学者ならそんなにいい加減なことは書かないだろうと。しかし、物理はそれほど簡単ではない。昔、偉大な数学者が、「物理は物理学者には難しすぎる」と言ったが、実は物理は、数学者にも難しすぎるのである。数学と違って、物理は実験科学であるから、数式と実験操作の関係を深く考察して、はじめて物理の理論と呼べるようになる。これは特に、量子論や熱力学の顕著な特徴であり、あまりそういう考察を必要としない古典力学とはずいぶん違うのである。古典論では、実験と言うのは、実験する前から定まっている系の物理量の値を知ることには過ぎなかったのだのだが、量子論では、計算しているものが、どういう実験をした場合の、どういう数値に対応しているかを、深く考えねばならないのだ。上述の不確定性関係もその一例である。物理の理論というのは、計算が至極簡単でも、その物理的内容が、何ヶ月も何年もうんうん唸って考えないと解らないものが少なくないのだ。例えば、どれもノーベル賞級の大論文だと言われる、アインシュタインの1905年の3本の論文は、計算は高校までの数学ですんでしまうほどの簡単なものである。特に、光電効果の論文は、本質的に四則演算だけだから、小学校の算数ですんでしまう。それでも、その物理的内容が、難しく、すばらしいのだ。

また、ほとんどの量子論の教科書は、量子論の本質について、ほとんど触れていない。単に、古典力学・古典電磁気学と対比しているだけである。しかし、量子論の本質は、古典力学・古典電磁気学のような狭い理論と比較していてもわからず、もっと広くて高い視点で分析する必要があることが、近年非常に明確に理解されつつある。そのことを記述していない量子論の教科書は、もはや古いと言わざるを得ない。

こういうわけで、満足できる本を、見いだすことができなかつた。それが、この本を書くに至った動機である。