

基礎から学ぶ ファインマンダイアグラム 具体例から身につける計算手法

柏太郎著, B5判, 224頁, 本体2407円, サイエンス社



本書は、序文に曰く「通常の摂動論をきちんと解説し、ファインマンダイアグラムで行うのに比していかに大変であるかを示すことにより、その重要性を読者が納得できるようにする」ことを目的に書かれた本である。しかし学部の初歩的な量子力学だと（付録Aで解説しているが）摂動論というのはよく分かっているハミルトニアンに「小さなハミルトニアン（=摂動）」が存在している系の波動関数を逐次展開して求める手法として導入されると思われ、本書の目的の意味するところが、したがってファインマンダイアグラムの重要性が伝わらないのではないだろうか？もう少し系統的に、シュレディンガー描像とハイゼンベルグ描像の中間的な描像として相互作用描像（あるいはディラック描像）において波動関数を逐次近似で求める、より広範な手法であることを知っている必要があるであろう。

と考えながら読み始めたのだが、著者も同じような危惧を抱いていたのか1章から3章においてまさに必要と思われる事項を説明している。

1章では演算子形式の量子力学を復習する。演算子形式は式変形をする上では見通しが良いので、摂動展開を考える上で波動方程式を扱うより便利だからである。したがって著者の言うようにこの形式に馴染みがない読者は「飛ばしてはいけない」。重要なのは時間発展の演算子とファインマン核の概念で、要はグリーン関数のことである。ファインマンダイアグラムというのはこのグリーン関数にある意味で絵に落とし込むことなので、これ以降の議論を理解するために必要な概念となっている。

2章では自由粒子のファインマン核を実際に計算して見せている。

3章では「通常の摂動論」に基づいて実際にポテンシャルが存在する場合のファインマン核を計算して見せている。2次の摂動までは式を追えるが3次の摂動は正直「うんざり」するくらい面倒な計算となっている。しかし、この本の趣旨はこの面倒な計算がファインマンダイアグラムを使うと簡単にできることを身をもって体験してもらおうことなので、その意味で読者も

同じように「うんざり」してもらえば良いのだと思う。

そしていよいよ4章でファインマンダイアグラムを導入し、3章で行った摂動計算は一定の規則のもとお絵描きをし、そのお絵描きに基づいて式を割り当てていけばよいことを示す。ポテンシャルが Q^4 で与えられる場合の具体的な計算が載っていて、確かに楽に計算ができるようになったように思えるだろう。ファインマンダイアグラムを用いる場合にもっとも間違いを犯しやすい係数の勘定も丁寧にやっているの、何となくできたつもりになってしまうかもしれない。ただし、ここでは規則の与え方があまりに天下り的なので、もっと一般の場合にどのようにお絵描きをすれば良いのかについて理解できるかどうかは怪しい。実は付録Bに、3章と4章をつなぐ、そしてファインマン規則を導出するための式変形が与えられているのでそれを参照すれば良いのだが、それを知らないで4章の途中で脱落する人も出てくると思うので、評者と同じ不満をもった方はまずは付録Bを読んでほしい。

5章では相対論的な場の理論におけるファインマンの規則についての説明が行われる。相対論的な場としてスカラー場とフェルミオン（ディラック）場について丁寧な説明と、やはり天下り的なファインマンダイアグラムの導入が行われる。こちらについては「通常の摂動論」との対比がないので有り難味が分かりにくいかもしれない。何か簡単な具体例で前章と同様の対比をしてくれると、もっと本書の趣旨に則った解説書になっていたのではないかと思う。

付録Cでは経路積分を使ったファインマン規則の導出が行われており、4章や5章で不完全燃焼感が漂う向きにはむしろ先にこちらを読むことを勧める。

全体としては「ファインマンダイアグラムの有り難味」を感じることはできる構成になっているので、その意味では成功していると思う。ただし、自分で計算できるようになるためには本書を手がかりに、もう少し「分厚い」本を読む必要はあるだろう。

佐藤 文 (埼玉大学理学部)