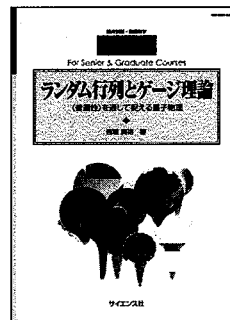


## ランダム行列とゲージ理論

(普遍性)を通して捉える量子物理

西垣真祐著, B5判, 144頁, 本体2194円, サイエンス社



一見ランダムに思える現象にどのような法則が潜んでいるのか、というのは物理学の興味深い問題である。本書はそれに対する一つの答えであるランダム行列理論に関する入門書である。著者である西垣氏は、ランダム行列をQCDに適用する研究の日本の第一人者であり、多くの成果を挙げてきている。本書はその集大成として、ランダム行列に関する西垣氏独自の見方が披露されている。

私は主に格子QCDを専門に研究を行っており、しばしばランダム行列と遭遇したので、一度きちっと勉強したいと思っていた。標準的な教科書は数学的でなかなか読む気になれなかったのだが、面識のある西垣氏が入門的な教科書を書いたとのことで、それなら物理屋にも理解できるのではと期待して本書を手にとった。その期待にたがわず、非常に面白くかつ高度な内容の本であった。

本書の構成は、以下の通りである。第1章は、プロローグとしてランダム行列の立ち位置というべきものが紹介されている。第2章から第4章はランダム行列の数学的取扱い、第5章から第7章は物理系への具体的な応用、そして第8章はエピローグとしてランダム行列の普遍性の理解が述べられている。このように、基礎から応用までのバランスが取れ、かつ問題提起からその解答までと首尾一貫した構成になっている。

プロローグである第1章では「なぜランダム行列か」ということが明快に述べられている。カオス的な振舞いを示す古典系を量子化するとどうなるか、という問いに対して、そのような量子系のハミルトニアン固有値(つまりエネルギー)の統計的な振舞いはランダム行列により記述される、という予想が出されていることは、不勉強だった私にとっては非常に新鮮な視点であり、大変勉強になった。

第2章(ランダム行列)、第3章(単位統計関数)、第4章(スケーリング極限)では、ランダム行列の数学的取扱いが説明されており、ある確率分布に従ったランダムな行列要素を持つ行列(ハミルトニアンに対応する)がどのような固有値分布を持つかを議論している。ここでの記述はかなり歯ごたえがあり、残念なが

ら気楽に読んで理解するとはいかなかった。今回は時間の関係もありざっと目を通しただけだったが、じっくり読んでみたい部分である。

第5章(レプリカ法と非線形 $\sigma$ モデル)もランダム行列の別の計算方法の解説であり数学的な内容なのだが、非線形 $\sigma$ モデルという素粒子理論屋には馴染みの深い手法を用いているため、すっと頭に入ってくるだけでなく、物理的応用が垣間見えて読みやすい。その後、第6章(QCDとランダム行列)では、どのような局面でQCDに対してランダム行列が使えるかが説明されており、「鍵となるのはラージ $N$ 極限( $N$ はカラーの数、QCDでは $N=3$ )と次元縮小という考えだ」という著者の指摘は説得力がある。今までQCDとランダム行列の関係が良く分からなかったのが、ようやく腑に落ちてスッキリした。第7章(ディラック準位統計)はいよいよランダム行列をQCDに応用した結果の紹介であり、ディラック演算子の固有値分布を議論している。この分野は私も研究していたので、「なるほど、この式にはこのような背景があったのか。」と唸られることがしばしばだった。

第8章はエピローグとして、古典論がカオスとなる量子系の挙動を記述する2つの枠組み、本書で扱ったランダム行列理論・非線形 $\sigma$ モデル、経路積分の半古典近似による周期軌道論、の関係を議論している。著者は、両者の等価性をエレガントに説明しており、読んだ後で自分の視野が大きく広がったように感じた。

本書は、かなり高度な内容を含むので、大学院生などが輪講などでじっくりやるのに最適であると思う。読破した暁にはランダム行列を使った研究ができるような実力がつくのではないかな。また、格子QCDなどを専門にしている研究者には、ぜひ本書を読んで、自分の研究に役立てていただきたい。時間が許せば、私も大学院生やポスドクなどと一緒にぜひ本書をしっかりと勉強し、ランダム行列をマスターしたいと思っている。

青木 慎也(京都大学基礎物理学研究所)