

# はじめに

学生の頃に学んだ理論物理学に関する個人的なまとめノートです。基本的には自分のための備忘録ですが、一応、他の人が読んで理解できるように気をつけて書いたつもりです。ユークリッド幾何学、ニュートン力学から出発し、基礎を網羅しながら、特に大きな飛躍もなく、宇宙論、素粒子論、そして万物の理論の候補と考えられている超ひも理論(超弦理論)まで到達しています。

現実的に考えて、このノートを読み始める前に、高校数学、高校物理、また、大学教養向けの平易な物理の教科書をこなしている必要があるでしょう。物理学科の学生なら2年生以上を想定しています。

量子論以前のマクロな物理学は、古典力学、あるいはより広く古典論と呼ばれます。ノートの前半は古典論の解説になります。それは、

ユークリッド幾何学、関数論と応用数学、  
ニュートン力学、解析力学、連続体力学、  
リーマン幾何学、特殊相対論、電磁気学、  
一般相対論、宇宙論

という章から成ります。演繹的な構成により無駄なくわかりやすくまとめたつもりです。同時に、初等的な教科書でごまかしてしまうところを明瞭かつ一般的に示し、理解の整理に役立つよう配慮しました。

特殊相対論の章以降、自然単位系を採用しているので注意してください。自然単位系については特殊相対論の章で詳しく説明しています。

一方、量子論編は、

量子論の基礎、量子力学、連続群論入門、  
場の量子論、散乱問題、相対論的場の量子論、  
量子電磁気学、量子電磁気学の近似、  
素粒子論、素粒子論の計算

という章から成ります。ある程度教育的であることを配慮し、“こういう構成の教科書があるべき”という強い動機をもって書きました。量子論の学習においては、シュレーディンガーの波動力学だけではなく、正準量子論をきちんと学ぶことが大事です。また、非相対論的な場の量子論(シュレーディンガー場の量子論)のステップをちゃんとこなすことも大事と考えられます。相対論的な場の量子論には、

場の量子論の概念的な難しさと、相対論的であることによる式の複雑さが混在しているため、いきなりこれを学ぶのは無理があると考えられるからです。このノートに示すような正しい学習のステップを踏むことで、頓挫することなく量子電磁気学や素粒子論を理解できるようになるでしょう。

その後の章では古典論編および量子論編で触れられなかった科目についてまとめてあります。これはいわば補完編と呼ぶべきもので、

数学基礎論入門、ゼータ関数、統計力学、  
スカラー場と正則化、くりこみ理論、  
経路積分、フェルミオン、ゲージ場の量子論、  
アノマリー、ひも理論入門

という章から成ります。数学基礎論は物理とはあまり関係しませんが、理系の教養としておさえておくべきでしょう。統計力学は物理における必須科目ですが、統計力学でゼータ関数を用いるので、ゼータ関数に関するやや詳しい解説を章として設けました。

スカラー場と正則化の章では古典電磁気学の困難とその正則化について解説します。これは私が独自に提案する内容になります。また、くりこみ理論の章では場の量子論に現れる無限大の処理について解説します。ここは少し難しいかもしれませんが、くりこみ理論は相互作用を含む場の量子論において本質的に重要で、欠かすことはできません。

経路積分以降の章は素粒子論院生向けの内容になります。しかし量子論編をきちんとこなすことができれば、そう難しくはないと思われます。ひも理論はいまだ模索の段階にある理論ですが、ゲージ場の量子論の簡単な応用とみなすことができ、また、興味のある人が多いと思うので、入門の章を設けました。

なお、専用の掲示板において、ワイエスさんとおっしゃられる方が、量子論編、補完編に関して多くの質問やご指摘をくださり、それに応じる形で、記述の改善、および追加を行ってきました。また、数学基礎論についてはパソコン通信の時代に Stromdorf さんに教わった事柄が多く、大変勉強になりました。y\_bonten さんにはペアノ公理に関して重要なアドバイスをいただきました。ワイエスさん、Stromdorf さん、y\_bonten さんに心より感謝申し上げます。

Stromdorf さんの HP : <http://home.p07.itscom.net/strmdrf/index.htm>

y\_bonten さんのブログ : <http://y-bonten.hatenablog.com>