

令和元年度（2019年度）茨城大学集中講義

講義題目: ゲージ場の量子論 担当: 九後 太一

概要 現在の素粒子の標準模型は、自然界の基本的相互作用が全てゲージ原理にもとづくゲージ理論として記述出来ることを明らかにした。この講義では、先ず第I部では、相対論的な場の量子論の基礎的事柄、その Heisenberg 演算子形式に基づく定式化から、Green 関数、S 行列、経路積分表式、有効作用などの基本諸概念・技術まで、を分かり易く解説する。ついで第II部では、ゲージ理論の BRS 対称性に基づく明白にローレンツ共変な正準演算子形式を解説する。BRS 対称性が如何に理論のユニタリ性を保証しているか、さらに対称性の自発的破れ、Higgs 機構や、その逆定理とカラー閉じ込め、等に対して、演算子形式では統一的で明快な理解が可能であることを示す。

内容 カバーする題材と順序は今のところ次のように（概ね、拙著「ゲージ場の量子論」の第1章から第6章の範囲を）予定しているが、状況に応じて伸縮・追加・省略する。

第I部：1) 空間回転 $SO(3)$ 、Lorentz 群 $SO(3,1)$ の表現と場

2) 連続変換不変性と Noether の定理

3) スカラー場、スピノール場の作用

4) 局所ゲージ不変性とベクトル場

5) 自由場の量子化：スカラー場

6) 自由場の量子化：Dirac 場

7) S 行列：漸近条件と LSZ 公式

8) 量子力学系の経路積分

9) 場の理論の経路積分

10) 摂動論とファインマングラフ

11) 有効作用と有効ポテンシャル

第II部：12) BRS 対称性

13) ゲージ場の正準量子化

14) Ward-高橋恒等式、漸近場

15) BRS 代数の表現

16) 物理的 S 行列のユニタリ性

17) 物理的 S 行列のゲージ固定非依存性

18) 対称性の自発的破れ、電荷演算子

19) 南部-Goldstone 定理

20) Higgs 機構

21) Higgs 現象の逆定理とカラー閉じ込め

22) 電弱標準模型

参考書 「ゲージ場の量子論 I, II」 九後 汰一郎（培風館、新物理学シリーズ 23,24、1989）