

ゲージ場の理論 1

March 14, 2023

Contents

1	経路積分	3
2	非相対論的量子力学での経路積分	7
2.1	経路積分としての遷移振幅	7
2.2	基底状態間の遷移振幅 $Z[J]$	8
2.3	$Z[J]$ から得られる基底状態の期待値	10
3	古典場の理論	13
3.1	Euler-Lagrange 方程式	13
3.2	Noether の定理	14
3.3	スカラー場の理論	16
3.4	スピノール場の理論	19
3.5	質量のないベクトル場の理論	25
4	スカラー場に対する場の量子論	35
4.1	生成汎関数 $Z[J]$	35
4.2	自由場の生成汎関数	37
4.3	自由場の Green 関数	39
4.4	有効作用と 1 粒子既約 Green 関数	41
5	散乱振幅	45
5.1	量子力学における散乱振幅	45
5.2	場の量子論における散乱振幅	47
6	φ^4 理論の Feynman 則	51
6.1	摂動論	51
6.2	運動量空間における Feynman 則	55
6.3	1 粒子既約 Green 関数	56
6.4	散乱振幅	57
6.5	散乱断面積の計算	59
7	φ^4 理論のくりこみ	61
7.1	くりこみの物理的動機	61
7.2	次元正則化	62
7.3	Feynman 積分の評価	65
7.4	1 ループオーダーでの φ^4 理論のくりこみ	67
7.5	くりこみ機構	70
8	Fermi 粒子に対する場の量子論	75
8.1	Grassmann 数の経路積分	75
8.2	スピノール場の生成汎関数	78
8.3	Dirac 場の伝播関数	78
8.4	Dirac 場とスカラー場のくりこみ可能な理論	79
8.5	Yukawa 型相互作用に対する Feynman 則	80
8.6	質量のないフェルミオン	82
8.7	フェルミオンの散乱振幅	83
9	ゲージ場の理論	85
9.1	Abel 型ゲージ場の理論	85
9.2	非 Abel 型ゲージ場の理論	86
9.3	ゲージ場理論における場の方程式	88

10 量子色力学と量子電磁気学に対する Feynman 則	89
10.1 量子色力学	89
10.2 ゲージ場の量子化における問題点	89
10.3 通常の積分との類似性	91
10.4 ゲージ場の量子化	91
10.5 ゲージ固定項と Faddeev-Popov ゴースト	94
10.6 ゲージ場に対する Feynman 則	95
10.7 ゲージ場による散乱	97
11 1 ループでの QED と QCD のくりこみ	103
11.1 ゲージ場に対する相殺項	103
11.2 くりこみ定数の計算	104
11.3 電子の異常磁気モーメント	109
A 2ω 次元空間の Feynman 積分	118
X Dirac 方程式	119
X.1 Klein-Gordon 方程式とその問題点	119
X.2 Dirac 方程式	120