

# 目次

1	はじめに	I - 1
2	ビームの概念	I - 3
2.1	ビーム位相空間	I - 3
2.1.1	位相空間によるビームの表現	I - 3
2.1.2	転送行列とビームの軌跡	I - 4
2.1.3	位相空間楕円の表示	I - 4
2.2	転送行列による光ビーム追跡と限界	I - 5
2.2.1	放射光測定システムの物理	I - 5
2.2.2	シュミレーションの方法	I - 6
2.2.3	シュミレーションの結果と考察	I - 7
3	荷電粒子の運動	I - 9
3.1	運動方程式	I - 9
3.1.1	座標系と Frenet-Serret の公式	I - 9
3.1.2	運動方程式	I - 10
3.2	加速器構成要素	I - 11
3.2.1	自由空間	I - 11
3.2.2	4 極磁石	I - 11
3.2.3	2 極磁石	I - 11
3.2.4	高周波加速空洞	I - 13
3.2.5	線形近似解と転送行列	I - 13
3.3	周回運動 I ベータトロン振動	I - 14
3.3.1	Floquet の定理とビームの安定条件	I - 14
3.3.2	擬調和振動子解と Twiss パラメター	I - 15
3.3.3	転送行列要素と擬調和振動子解	I - 16
3.3.4	周回行列	I - 17
3.4	周回運動 II シンクロトロン振動	I - 17
3.4.1	運動量偏差のある粒子の運動	I - 17
3.4.2	転送行列によるシンクロトロン振動の追跡	I - 19
3.4.3	分離されたシンクロトロン振動	I - 20
4	シンクロトロン放射の特性	I - 22
4.1	シンクロトロン放射計算の基礎	I - 22
4.1.1	Maxwell の方程式から Feynmann 表現へ	I - 22
4.1.2	シンクロトロン放射の解析計算の方法	I - 25

4.1.3	偏向ベクトルと電磁場計算公式 .....	I - 27
4.2	偏向磁石のシンクロトロン放射 .....	I - 29
4.2.1	電子の軌跡と「見かけの運動」 .....	I - 29
4.2.2	周波数領域の電場計算 .....	I - 30
4.2.3	時間領域の電場計算 .....	I - 32
4.3	アンジュレータのシンクロトロン放射 .....	I - 33
4.3.1	電子軌跡と「見かけの運動」 .....	I - 33
4.3.2	周波数領域の電場計算 .....	I - 34
4.3.3	平面型アンジュレータ放射の特性 .....	I - 36
4.4	シンクロトロン放射の数値的取り扱い .....	I - 38
4.4.1	任意磁場中の荷電粒子運動から生じる電磁場 .....	I - 39
4.4.2	アンジュレータ磁場のモデル化 .....	I - 39
4.4.3	シュミレーションの方法と結果 .....	I - 40
5	シンクロトロン放射から決まる電子ビーム特性 .....	I - 42
5.1	電子ビーム特性に影響するシンクロトロン放射 .....	I - 42
5.1.1	シンクロトロン放射の統計的性格 .....	I - 42
5.1.2	放射損失のビームエネルギー依存率 .....	I - 43
5.2	放射減衰 .....	I - 44
5.2.1	シンクロトロン振動 .....	I - 44
5.2.2	垂直方向ベータトロン振動 .....	I - 46
5.2.3	水平方向ベータトロン振動 .....	I - 47
5.3	ビームの平衡分布 .....	I - 49
5.3.1	量子励起と中心極限定理 .....	I - 49
5.3.2	エネルギー分布 .....	I - 49
5.3.3	ベータトロン振動の量子励起と自然エミッタンス .....	I - 51