

目次

第1章 加速器の電磁石	III - 1
(1) 加速器用電磁石の特徴	III - 1
(2) 磁気回路としての電磁石	III - 4
(3) 磁場のマッピングとプロット	III - 6
第2章 シンクロトロン電磁石	III - 7
(1) 偏向電磁石	III - 7
[1-1] 磁場中の半径方向の運動	III - 7
[1-2] 磁場中の垂直方向の運動	III - 8
[1-3] フリンジング磁場における水平運動	III - 8
[1-4] フリンジング磁場における垂直運動	III - 9
[1-5] 偏向電磁石のフリンジング磁場	III - 9
[1-6] 偏向電磁石	III - 10
[1-6-1] 偏向電磁石 (H型)	III - 10
[1-6-2] 偏向電磁石 (C型)	III - 11
[1-6-3] C型の鋼・セメント電磁石	III - 11
[1-6-4] H型偏向電磁石とC型偏向電磁石の比較	III - 12
[1-6-5] 窓枠型+H型偏向電磁石	III - 13
(2) 4極電磁石	III - 13
[2-1] 収束面内における運動	III - 14
[2-2] 発散面内における運動	III - 14
[2-3] 4極電磁石の磁極設計	III - 15
[2-4] 4極電磁石の実効長	III - 16
[2-5] 色収差	III - 17
[2-6] 特殊な構造の4極電磁石	III - 17
(3) 機能結合型電磁石の設計	III - 17
(4) 6極電磁石	III - 19
第3章 永久磁石	III - 21
(1) 永久磁石の基本公式	III - 21
(2) REC の B-H 特性	III - 21
(3) REC の特性	III - 22
(4) REC による磁場の計算	III - 22
(5) 永久磁石による多極磁石	III - 23
(6) 4極永久磁石	III - 25
(7) アンジュレータ	III - 26

第4章 多極磁場展開	III-27
(1) Laplace 方程式	III-27
(2) 電磁石磁場	III-27
(3) 磁極形状	III-28
(4) 磁極間隙とボア一半径	III-30
[4-1] 2極電磁石	III-30
[4-2] 4極電磁石	III-31
[4-3] 6極電磁石	III-31
[4-4] 8極電磁石	III-31
 第5章 電磁石の磁場誤差の影響	 III-33
(1) 加速器の磁場誤差によるビームへの影響	III-33
(2) 偏向磁場の擾乱	III-34
(3) 4極電磁石の磁場勾配の擾乱	III-37
[3-1] チューンシフト	III-37
[3-2] ベータトロン関数への影響	III-37
[3-3] クロマティシティ	III-38
(4) 磁場の補正要素	III-39
(5) 補正電磁石	III-41
 第6章 鉄の磁氣的性質	 III-42
(1) 鉄の磁氣的性質	III-42
(2) 電磁石用スチール（鉄）の選択	III-44
(3) 不純物の影響	III-46
(4) 鍛造	III-47
(5) 磁氣的性質の経年変化	III-47
(6) 結晶粒度	III-47
(7) 塑性歪	III-47
(8) 方向性	III-48
(9) 鋼板の絶縁被膜	III-48
 第7章 磁場の計算法（2次元）	 III-49
(1) 差分法によるアルゴリズム	III-49
[1-1] ベクトルポテンシャルによる定式化	III-49
[1-2] 差分方程式	III-50
[1-3] 逐次過大緩和法	III-53
[1-4] ハーモニック解析	III-54
[1-5] 磁場に蓄積されるエネルギー	III-55
[1-6] 境界条件	III-56
[1-7] 三角メッシュの発生	III-57

[1-8] 異方性のある静磁場問題	III-59
[1-9] 容易軸が場所の関数である場合	III-60
[1-10] MIRT による磁極のトリミング	III-61
(2) 有限要素法による2次元静磁場問題	III-62
[2-1] 三角形要素と形状関数	III-62
[2-2] 要素係数マトリックス	III-62
[2-3] 全体係数マトリックス	III-63
[2-4] 連立方程式の解法	III-63
(2-4-1) ガウスの消去法	III-63
(2-4-2) 変形コレスキー法	III-64
[2-5] 磁束密度の計算	III-64
[2-6] 軸対称磁場問題	III-64
[2-7] メッシュの発生	III-65
(3) 四角メッシュによる差分法	III-65
第8章 磁場測定の方法	III-68
(1) 磁場測定の目的	III-68
(2) 磁場測定の原理	III-68
(3) 直流磁場の磁場測定	III-69
[3-1] フローティングワイヤー法	III-69
[3-2] 誘導コイルによる測定	III-69
[3-3] 核磁気共鳴による測定	III-71
[3-4] ビスマス螺旋	III-72
[3-5] ホール素子	III-72
(4) 時間的に変動する磁場の測定	III-72
[4-1] 積分型磁束計	III-72
[4-2] ピーキングストリップ	III-73
[4-3] 核磁気共鳴	III-74
(5) 磁場勾配の測定	III-74
[5-1] 磁場勾配コイル	III-74
[5-2] 振動コイル法	III-75
(6) 残留磁場に測定	III-75
(7) ハーモニックコイルによる多極磁場成分の測定	III-76
[7-1] ハーモニック磁場測定法	III-76
[7-2] 電磁石端部の影響	III-76
(8) 多極磁場成分によるハーモニックコイルの誘導電圧	III-77
[8-1] コイルに誘導される電圧	III-77
[8-2] ハーモニックコイルによる磁場測定	III-77
[8-3] 電磁石端部の局所ハーモニック成分	III-79
[8-4] フリンジング磁場	III-80

[8-5] ハーモニックコイルの基本形	III-81
[8-5-1] Radial field coil の誘導電圧	III-81
[8-5-2] Azimuthal field coil の誘導電圧	III-81
[8-6] バックリングコイル付きハーモニックコイル.....	III-82
[8-6-1] Azimuthal field coil +Radial bucking coil	III-82
[8-6-2] Radial field coil +Radial bucking coil	III-83
[8-6-3] Azimuthal field coil +Azimuthal bucking coil	III-84
(9) 磁場中心軸からのコイル中心のズレによる系統的誤差	III-84
第9章 超伝導磁石	III-86
(1) 超伝導磁石における磁場の記述	III-86
[1-1] 単一電流導体の多極磁場成分展開	III-86
[1-2] 純粋な多極磁場の発生 (ノーマル電磁石)	III-87
[1-3] 回転磁場成分 (スキュー電磁石)	III-88
[1-4] 電流分布の近似	III-88
(2) 超伝導磁石の断面構造	III-89
[2-1] 2極超伝導電磁石	III-89
[2-2] 4極超伝導電磁石	III-89
(3) 鉄ヨークに影響	III-91
[3-1] 鉄ヨークをもつ2極超伝導電磁石	III-91
[3-2] 鉄の飽和がある場合	III-92
(4) 端部磁場	III-92
(5) 持続電流	III-94
(6) 持続電流による多極磁場	III-95
(7) 持続電流の時間変化	III-97
(8) 持続電流の空間的周期性	III-97
(9) 超伝導電磁石の渦電流	III-98
[9-1] ストランド内の結合電流	III-98
[9-2] ケーブル渦電流 (1次元モデル)	III-98
(10) 磁場特性に及ぼす渦電流の影響	III-99
(11) 補正電磁石	III-99
第10章 精密アライメント	III-101
(1) 電磁石のミスアライメントから発生する磁場成分	III-101
(2) 測地パラメータ	III-102
(3) ビーム粒子の軌道	III-103
(4) 磁場軸と基準ターゲット	III-103
(5) 星型測量	III-104
(6) 電磁石位置偏差の計算方法	III-105
(7) 新しい測量方法	III-106

[7-1] HLS と WPS	Ⅲ-107
[7-2] ビームベースドアライメント法	Ⅲ-107
(8) 地盤の運動	Ⅲ-108
(9) 地盤運動のリング加速器への影響	Ⅲ-109
[9-1] 垂直方向の地盤振動	Ⅲ-109
[9-2] 水平方向の地盤振動	Ⅲ-111
第11章 電磁石製作の実際	Ⅲ-112
(1) 加速器の電磁石用鋼板	Ⅲ-112
(2) 鉄心の製作上の注意事項	Ⅲ-112
[2-1] シャフリング	Ⅲ-112
[2-2] 打抜き	Ⅲ-113
[2-3] 積層、拘束	Ⅲ-114
[2-4] 溶接	Ⅲ-114
[2-5] 溶接法	Ⅲ-114
[2-6] 鉄心の寸法測定	Ⅲ-115
(3) コイル	Ⅲ-115
[3-1] コイル導体	Ⅲ-115
[3-2] コイル絶縁材料	Ⅲ-116
[3-3] コイルの試験	Ⅲ-116
(4) 電磁石設計におけるモデルの使用	Ⅲ-117
(5) コイル設計	Ⅲ-117
[5-1] コイルの冷却	Ⅲ-119
[5-2] 中空導体の冷却水流量	Ⅲ-119
(6) 終わりに	Ⅲ-119
参考文献	Ⅲ-120