

**第1章 総説** ..... 1

- 1. 放射線技術学と診療画像機器学 ..... 1
- 2. X線装置の発展 ..... 2

**第2章 X線源装置** ..... 5

- 1. 診断用X線管の構造と特性 ..... 5
  - 1.1 固定陽極X線管・5
  - 1.2 回転陽極X線管・6
  - 1.3 格子制御形(三極)X線管・9
  - 1.4 軟部組織撮影用X線管・10
  - 1.5 立体撮影形X線管・12
  - 1.6 実効焦点と実焦点・13
  - 1.7 集束電極と焦点・13
  - 1.8 X線管電流特性・14
  - 1.9 焦点外X線・18
  - 1.10 X線管のX線放射強度分布・19
- 2. 診断用X線管の性能特性 ..... 21
  - 2.1 焦点寸法の測定・21
    - 2.1.1 スリットカメラ法による焦点寸法の測定・22
    - 2.1.2 ピンホールカメラ法による焦点寸法の測定・22
    - 2.1.3 解像力法による焦点寸法の測定・22
  - 2.2 許容負荷・26
    - 2.2.1 短時間許容負荷・26
    - 2.2.2 長時間負荷・31
    - 2.2.3 混合負荷・32

|     |          |            |
|-----|----------|------------|
| 2.3 | 焦点荒れ     | ・ 35       |
| 2.4 | X線管定格    | ・ 35       |
| 3.  | X線源装置    | ..... ・ 36 |
| 3.1 | X線管装置    | ・ 36       |
| 3.2 | X線可動絞り   | ・ 36       |
| 3.3 | X線源装置のろ過 | ・ 38       |

## **第3章** X線高電圧装置 ..... ・ 41

|       |                |            |
|-------|----------------|------------|
| 1.    | X線写真撮影と診断用X線装置 | ..... ・ 41 |
| 1.1   | X線撮影と撮影条件      | ・ 41       |
| 1.2   | 診断用X線装置の構成と規格  | ・ 42       |
| 2.    | 変圧器式高電圧発生装置    | ..... ・ 46 |
| 2.1   | X線用高電圧変圧器      | ・ 47       |
| 2.2   | X線管フィラメント加熱変圧器 | ・ 48       |
| 2.3   | 高電圧用シリコン整流器    | ・ 49       |
| 2.4   | 高電圧切換器         | ・ 49       |
| 2.5   | X線用高電圧ケーブル     | ・ 49       |
| 2.6   | 絶縁油            | ・ 50       |
| 2.7   | 自己整流X線装置       | ・ 50       |
| 2.7.1 | 概要             | ・ 50       |
| 2.7.2 | 特徴             | ・ 51       |
| 2.8   | 2ピーク形X線高電圧装置   | ・ 52       |
| 2.8.1 | 概要             | ・ 52       |
| 2.8.2 | 基本動作           | ・ 52       |
| 2.8.3 | X線制御装置         | ・ 53       |
| 2.9   | 三相X線装置         | ・ 58       |
| 2.9.1 | 概要             | ・ 58       |
| 2.9.2 | 三相装置の特徴        | ・ 58       |
| 2.9.3 | 三相X線装置の基本動作回路  | ・ 58       |
| 2.9.4 | 6ピーク形X線高電圧装置   | ・ 60       |

|       |                      |            |
|-------|----------------------|------------|
| 2.9.5 | 12ピーク形X線高電圧装置        | ・ 60       |
| 2.9.6 | テトロード管による二次側制御方式     | ・ 62       |
| 3.    | インバータ式X線高電圧装置        | ..... ・ 66 |
| 3.1   | インバータ式X線高電圧装置の特徴     | ・ 66       |
| 3.2   | インバータ式X線高電圧装置の基本原理   | ・ 68       |
| 3.2.1 | インバータの基本動作           | ・ 68       |
| 3.2.2 | 方形波インバータ式X線高電圧装置     | ・ 69       |
| 3.2.3 | 共振形インバータ式X線高電圧装置     | ・ 72       |
| 4.    | コンデンサ式X線高電圧装置        | ..... ・ 77 |
| 4.1   | 特徴                   | ・ 77       |
| 4.2   | 基本原理                 | ・ 78       |
| 4.3   | 高電圧充電回路              | ・ 78       |
| 4.4   | 撮影時間                 | ・ 80       |
| 4.5   | 管電流時間積 (mAs) とX線量の関係 | ・ 80       |
| 5.    | 自動露出制御装置             | ..... ・ 82 |
| 5.1   | X線検出器                | ・ 83       |
| 5.2   | ホトタイマの動作原理           | ・ 84       |
| 5.3   | ホトタイマの特性             | ・ 85       |
| 5.3.1 | 被写体厚特性               | ・ 85       |
| 5.3.2 | 管電圧特性                | ・ 87       |
| 5.3.3 | 採光野                  | ・ 88       |
| 5.3.4 | ホトタイマの性能             | ・ 89       |
| 6.    | 電源設備                 | ..... ・ 91 |

## **第4章** 映像装置..... ・ 95

|       |              |            |
|-------|--------------|------------|
| 1.    | 概要           | ..... ・ 95 |
| 1.1   | 直接撮影         | ・ 95       |
| 1.2   | 間接撮影         | ・ 95       |
| 1.2.1 | ミラーカメラ間接撮影装置 | ・ 95       |
| 1.2.2 | I.I.間接撮影装置   | ・ 96       |

|       |             |            |
|-------|-------------|------------|
| 1.3   | 透視          | ・ 96       |
| 2     | I.I.-TVシステム | ..... ・ 96 |
| 2.1   | I.I.        | ・ 97       |
| 2.1.1 | 構造と原理       | ・ 97       |
| 2.1.2 | 特性          | ・ 98       |
| 2.2   | 光学系         | ・ 100      |
| 2.3   | TVカメラ       | ・ 101      |
| 2.3.1 | 撮像管         | ・ 101      |
| 2.3.2 | CCDカメラ      | ・ 102      |
| 2.4   | 画像表示装置      | ・ 104      |
| 2.4.1 | CRTディスプレイ   | ・ 104      |
| 2.4.2 | 液晶ディスプレイ    | ・ 105      |

## **第5章** X線検査システム ..... ・ 109

|       |               |             |
|-------|---------------|-------------|
| 1     | X線撮影システム      | ..... ・ 109 |
| 1.1   | 一般撮影装置        | ・ 109       |
| 1.2   | 断層撮影装置        | ・ 110       |
| 1.3   | 乳房用X線装置       | ・ 111       |
| 1.3.1 | X線源装置         | ・ 111       |
| 1.3.2 | 乳房支持台         | ・ 113       |
| 1.3.3 | 画像受像システム      | ・ 116       |
| 1.4   | 歯科用X線装置       | ・ 118       |
| 1.5   | 間接撮影システム      | ・ 119       |
| 1.6   | X線装置システムの品質保証 | ・ 120       |
| 2     | X線TVシステム      | ..... ・ 120 |
| 2.1   | 消化器撮影システム     | ・ 120       |
| 2.2   | 集団検診(消化管)システム | ・ 121       |
| 2.3   | 循環器検査システム     | ・ 121       |
| 2.4   | 血管造影IVRシステム   | ・ 122       |

## **第6章 関連機器** ..... • 123

- 1. カセット ..... • 123
  - 1.1 構造 • 123
  - 1.2 試験方法 • 123
- 2. 増感紙 ..... • 124
  - 2.1 構造と種類 • 124
  - 2.2 蛍光物質の種類 • 127
- 3. 散乱X線除去用グリッド ..... • 128
  - 3.1 構造と種類 • 128
  - 3.2 性能 • 130
    - 3.2.1 幾何学的性能 • 130
    - 3.2.2 物理的性能 • 130
    - 3.2.3 使用上の注意点 • 132
- 4. X線機械装置 ..... • 133
  - 4.1 保持装置の種類と構成 • 133
  - 4.2 撮影台の種類と構成 • 135

## **第7章 X線CT装置** ..... • 139

- 1. X線CTの原理 ..... • 139
  - 1.1 画像再構成 • 139
  - 1.2 画素 • 140
  - 1.3 アイソトロピックボクセル • 142
  - 1.4 CT値 • 142
  - 1.5 ウィンドウ処理 • 144
  - 1.6 スライス厚 • 144
  - 1.7 部分体積効果 (パーシャルボリューム効果) • 144
  - 1.8 補正再構成処理 • 145

|       |                              |     |
|-------|------------------------------|-----|
| 1.9   | 三次元画像構築                      | 148 |
| 1.9.1 | ボリュームレンダリング法                 | 148 |
| 1.9.2 | サーフェスレンダリング法                 | 148 |
| 1.9.3 | 仮想内視鏡                        | 149 |
| 2     | システムの構成と特徴                   | 150 |
| 2.1   | 走査(スキャン)方式                   | 150 |
| 2.2   | ヘリカルスキャン                     | 150 |
| 2.3   | 装置構成                         | 153 |
| 2.4   | Multi detector-row CT (MDCT) | 154 |
| 2.5   | ピッチ                          | 156 |
| 3     | システムの性能                      | 156 |
| 3.1   | 性能評価                         | 156 |
| 3.2   | 時間分解能                        | 159 |
| 3.3   | 線量評価                         | 160 |
| 3.4   | アーチファクト                      | 160 |

## **第8章** デジタルラジオグラフィ装置..... 165

|       |                          |     |
|-------|--------------------------|-----|
| 1     | CR (コンピューテッド・ラジオグラフィ) 装置 | 165 |
| 1.1   | 構成                       | 165 |
| 1.2   | イメージングプレート (IP)          | 166 |
| 1.2.1 | 輝尽発光                     | 166 |
| 1.2.2 | 発光特性                     | 166 |
| 1.3   | 動作原理                     | 167 |
| 1.3.1 | IP情報の読み取り (機械的な流れ)       | 167 |
| 1.3.2 | 画像形成の流れ                  | 168 |
| 1.4   | 自動感度調整機構                 | 169 |
| 1.4.1 | 分割認識                     | 169 |
| 1.4.2 | 照射野認識                    | 170 |
| 1.4.3 | ヒストグラム解析およびS値, L値の計算     | 171 |

|       |   |       |
|-------|---|-------|
| 1.5   | 画像処理  | ・ 172 |
| 1.5.1 | 階調処理  | ・ 172 |
| 1.5.2 | 周波数処理   | ・ 173 |
| 1.5.3 | ダイナミックレンジ圧縮処理 (DR圧縮処理)  | ・ 176 |
| 1.5.4 | マルチ周波数処理  | ・ 179 |
| 1.6   | 画像調整の実践例  | ・ 182 |
| 1.6.1 | 実践例1  | ・ 184 |
| 1.6.2 | 実践例2  | ・ 188 |
| 1.6.3 | 実践例3  | ・ 192 |
| 1.6.4 | 乳房石灰化強調処理例 (Pattern Enhancement Processing Mammography : PEM) | ・ 196 |
| 1.6.5 | グリッド除去処理 (Grid Pattern Removal : GPR)                         | ・ 198 |
| 1.6.6 | ノイズ抑制処理 (Flexible Noise Control : FNC)                        | ・ 198 |
| 2     | DF(デジタル・フルオログラフィ)システムの構成と特徴...                                | ・ 202 |
| 2.1   | DSA(デジタル・サブトラクション・アンギオグラフィ)の動作原理                              | ・ 202 |
| 2.2   | アーチファクト   | ・ 205 |
| 2.3   | ポストプロセス処理   | ・ 205 |
| 2.4   | 時間フィルタ処理  | ・ 205 |
| 2.5   | 空間フィルタ処理  | ・ 206 |
| 3     | FPD (フラットパネルディテクタ) システム .....                                 | ・ 206 |
| 3.1   | 画像検出方式  | ・ 206 |
| 3.2   | 直接変換TFT読み出し方式FPD  | ・ 208 |
| 3.3   | 間接変換TFT読み出し方式FPD  | ・ 208 |
| 3.4   | 間接変換CCD読み出し方式のFPD   | ・ 210 |
| 3.5   | 画像形成過程  | ・ 210 |

## **第9章** 磁気共鳴画像診断装置 ..... ・ 213

|     |                |       |
|-----|----------------|-------|
| 1   | MRIの基本構成 ..... | ・ 213 |
| 1.1 | MRI装置のシステム概要   | ・ 213 |
| 1.2 | MRIの機器開発と装置    | ・ 213 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 2. MRI装置 .....                | 215 |
| 2.1 主磁石と磁場強度                  | 215 |
| 2.2 超電導磁石方式                   | 216 |
| 2.3 常電導磁石方式                   | 219 |
| 2.4 永久磁石方式                    | 221 |
| 2.5 高周波送信器部                   | 225 |
| 2.6 傾斜磁場コイル                   | 225 |
| 2.7 MRIの信号受信                  | 227 |
| 2.8 水平磁場方式と垂直磁場方式によるMRI信号の送受信 | 229 |

## **第10章** 超音波画像診断装置 .....

235

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 1. 動作原理 .....          | 235 |
| 1.1 超音波の物理特性           | 235 |
| 1.2 基本原理               | 238 |
| 2. システムの構成 .....       | 242 |
| 2.1 プロブの構造と種類          | 242 |
| 2.2 走査方式の種類            | 244 |
| 2.3 距離分解能              | 245 |
| 2.4 方位分解能              | 245 |
| 3. 画像の基礎 .....         | 246 |
| 3.1 Bモード方式             | 246 |
| 3.2 Mモード方式             | 248 |
| 3.3 Dモード方式             | 248 |
| 3.4 画像の特徴              | 251 |
| 3.5 検査目的               | 251 |
| 3.6 検査の特徴(他のモダリティとの比較) | 251 |
| 3.7 検査計画               | 252 |
| 3.8 アーチファクト            | 252 |

## **第11章** 骨密度測定装置 ..... 255

1. 動作原理 .....255
  - 1.1 はじめに・255
  - 1.2 基本原理・255
2. システムの構成 .....258
  - 2.1 装置の分類・258
  - 2.2 システムの構成・258
3. 検査方法 .....259
  - 3.1 検査の目的・259
  - 3.2 検査の特徴・260
  - 3.3 検査方法・260
    - 3.3.1 腰椎の検査・260
    - 3.3.2 橈骨（とうこつ）の検査・262
  - 3.4 検査結果のスコア化・263
4. 精度管理 ..... 264
  - 4.1 日常的精度管理・264
  - 4.2 定期的精度管理・264
5. その他の骨密度測定装置 ..... 264
  - 5.1 末梢骨用定量的CT装置（peripheral quantitative CT：pQCT）・265
  - 5.2 超音波骨評価装置（quantitative ultra sound：QUS）・265
  - 5.3 その他の装置・266

## **第12章** 無散瞳眼底カメラ ..... 269

1. 動作原理 ..... 269
2. システムの構成 ..... 269
3. 撮影法 ..... 270

## **第13章** 医用機器の安全と性能評価 ... ・ 273

### 1. 安 全 ..... ・ 273

#### 1.1 電氣的安全 ・ 273

1.1.1 電撃に対する保護の形式による分類 ・ 273

1.1.2 電撃に対する保護の程度による分類 ・ 273

1.1.3 接地の形式 ・ 274

1.1.4 クラス 機器の漏れ電流 ・ 275

#### 1.2 機械的安全 ・ 276

1.2.1 性能 ・ 276

1.2.2 撮影用 X 線装置 ・ 278

1.2.3 X 線高電圧装置，X 線源装置，X 線機械装置の性能と安全基準 ・ 279

1.2.4 乳房撮影装置および乳房撮影定位装置の安全 ・ 279

#### 1.3 CT の安全 ・ 280

1.3.1 目的 ・ 280

1.3.2 CT 動作条件 ・ 280

1.3.3 CT 線量指数 (CTDI) ・ 280

1.3.4 被ばくの観点からの CT ピッチ係数 ・ 281

1.3.5 線量測定結果の記載 ・ 281

1.3.6 ガントリおよび患者支持器 (天板) および緊急停止機構 ・ 282

1.3.7 総ろ過 ・ 282

1.3.8 過度の X 線に対する対策 ・ 282

1.3.9 連続漏れ電流および患者測定電流 ・ 282

1.3.10 電磁両立性 (electromagnetic compatibility : EMC) ・ 282

#### 1.4 磁気共鳴画像診断装置 ・ 283

1.4.1 機器の操作モードと使用者への注意の喚起 ・ 283

1.4.2 高 dB/dt 値に対する保護 ・ 283

1.4.3 比吸収率 (SAR) の上限値 ・ 284

1.4.4 その他の取扱説明書 ・ 284

1.4.5 使用者側への注意 ・ 285

1.4.6 電磁両立性 (個別規格) ・ 285

|       |                          |       |
|-------|--------------------------|-------|
| 1.5   | 放射線の安全                   | ・ 285 |
| 1.5.1 | 線質                       | ・ 285 |
| 1.5.2 | 透視用X線装置                  | ・ 285 |
| 2     | 保 全 .....                | ・ 286 |
| 2.1   | 品質維持の評価および日常試験方法         | ・ 286 |
| 2.2   | CT装置の不変性試験               | ・ 286 |
| 2.2.1 | CTDI                     | ・ 287 |
| 2.2.2 | ノイズ・平均CT値・均一性            | ・ 287 |
| 2.2.3 | スライス厚                    | ・ 283 |
| 2.3   | 画像表示装置の不変性試験             | ・ 289 |
| 2.3.1 | 適用範囲                     | ・ 289 |
| 2.3.2 | 試験画像                     | ・ 289 |
| 2.4   | フィルム・増感紙の密着および相対感度の不変性試験 | ・ 291 |
| 2.4.1 | 密着試験                     | ・ 291 |
| 2.4.2 | 感度比較試験                   | ・ 292 |