

# 目 次

## 第1章 はじめに [藤 本] [ ]は執筆担当

- 1.1 小形アンテナとは..... 1
- 1.2 小形アンテナの意義..... 2

## 第2章 小形アンテナ [藤 本]

- 2.1 小形アンテナの定義..... 3
- 2.2 小形アンテナの特異性..... 4
- 2.3 小形アンテナの物理的限界..... 5

## 第3章 小形アンテナの取り扱い [藤 本] 9

## 第4章 アンテナ小形化の原理 [藤 本]

- 4.1 アンテナの小形化とは..... 27
  - 4.1.1 小形化とは..... 27
  - 4.1.2 アンテナの小形化とインピーダンス整合..... 28
- 4.2 アンテナを小形にする原理..... 29
  - 4.2.1 電氣的小形アンテナ (ESA) の場合..... 29
  - 4.2.2 機能的小形アンテナ (FSA) の場合..... 53
  - 4.2.3 寸法制限付き小形アンテナ (PCSA) の場合..... 54
  - 4.2.4 物理的小形アンテナ (PSA) の場合..... 56

## 第5章 小形アンテナ設計のための電磁シミュレーション法 [柏・田 口]

- 5.1 電磁シミュレーション法..... 61
  - 5.1.1 電磁シミュレーションの意義..... 61
  - 5.1.2 電磁シミュレーション法の分類と特徴..... 62
  - 5.1.3 電磁シミュレーションの各種..... 65
  - 5.1.4 電磁シミュレーションの実際..... 75

|                    |    |
|--------------------|----|
| 5.2 設計の最適化         | 79 |
| 5.2.1 設計の最適化とは     | 79 |
| 5.2.2 最適化の種類       | 80 |
| 5.2.3 最適化法の各種      | 81 |
| 5.2.4 新しいアンテナ最適設計法 | 84 |

## 第6章 小形アンテナの特性評価 [小川・森下]

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 6.1 小形アンテナの特性評価で注意すべき事柄 | 91  |
| 6.2 小形アンテナの特性評価         | 93  |
| 6.2.1 入力インピーダンスと帯域幅     | 93  |
| 6.2.2 放射効率 $\eta$       | 94  |
| 6.2.3 アンテナの利得と効率        | 94  |
| 6.2.4 反射係数 $\Gamma$     | 95  |
| 6.2.5 帯域幅               | 95  |
| 6.2.6 入力インピーダンスの測定      | 95  |
| 6.2.7 放射特性の測定           | 99  |
| 6.2.8 SAR               | 109 |
| 6.3 測定に関連した重要な事柄        | 111 |
| 6.3.1 平衡系-不平衡系接続の問題     | 111 |
| 6.3.2 平衡-不平衡変換器 (バラン)   | 112 |
| 6.3.3 光系を用いた測定          | 117 |
| 6.3.4 電磁ファントム           | 122 |
| 6.4 リバプレーションチェンバ内の測定    | 125 |

## 第7章 アンテナ小形化の手法 [藤本]

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 7.1 電気的小形アンテナ (ESA) の場合  | 129 |
| 7.1.1 共振周波数を下げる          | 129 |
| 7.1.2 アンテナが占める空間の効率的利用   | 137 |
| 7.1.3 放射モードを増す           | 140 |
| 7.1.4 電流分布を一様にする         | 143 |
| 7.1.5 材料を使う              | 144 |
| 7.1.6 一体化による             | 149 |
| 7.2 機能的な小形アンテナ (FSA) の場合 | 150 |

|       |                                 |     |
|-------|---------------------------------|-----|
| 7.2.1 | 広帯域, マルチバンド化 (空間を有効に利用する) ..... | 150 |
| 7.2.2 | 機能の装荷 .....                     | 153 |
| 7.3   | 寸法制限付き小形アンテナ (PCSA) の場合 .....   | 156 |
| 7.3.1 | 映像 (イメージ) の利用 .....             | 156 |
| 7.3.2 | HIS の利用 .....                   | 157 |
| 7.4   | 物理的小形アンテナ (PSA) の場合 .....       | 159 |
| 7.4.1 | 寸法の小さいアンテナ .....                | 159 |
| 7.4.2 | マイクロ波, ミリ波, テラヘルツ波などの素子 .....   | 162 |

## 第8章 小形アンテナの実例 [藤 本]

|       |                               |     |
|-------|-------------------------------|-----|
| 8.1   | 電気的小形アンテナ (ESA) の場合 .....     | 167 |
| 8.1.1 | 遅波 (SW) 構造の応用 .....           | 167 |
| 8.1.2 | 空間の有効利用 .....                 | 174 |
| 8.1.3 | 材料の利用 .....                   | 176 |
| 8.1.4 | 整合 .....                      | 179 |
| 8.2   | 機能的小形アンテナ (FSA) の場合 .....     | 182 |
| 8.2.1 | 広帯域・マルチバンドアンテナ .....          | 182 |
| 8.2.2 | 機能装荷アンテナ .....                | 186 |
| 8.3   | 寸法制限付き小形アンテナ (PCSA) の場合 ..... | 190 |
| 8.3.1 | 広帯域パッチアンテナ .....              | 190 |
| 8.3.2 | ファブリ・ペロー共振アンテナ .....          | 191 |
| 8.3.3 | 補対構造スプリットリング共振アンテナ .....      | 194 |
| 8.4   | 物理的小形アンテナ (PSA) の場合 .....     | 197 |
| 8.4.1 | 小形寸法アンテナ .....                | 197 |
| 8.4.2 | マイクロ波, ミリ波アンテナ .....          | 207 |

## 第9章 用途別小形アンテナの例

|       |                                 |     |
|-------|---------------------------------|-----|
| 9.1   | RFID, NFC 用 [高 橋] .....         | 219 |
| 9.1.1 | 13.56MHz 帯用アンテナ .....           | 223 |
| 9.1.2 | 920 MHz 帯・2.45 GHz 帯用アンテナ ..... | 225 |
| 9.1.3 | 高誘電体・金属対応タグアンテナ .....           | 228 |
| 9.2   | 携帯, 小型移動機器用 [石 宮・白 方] .....     | 231 |
| 9.2.1 | 概 要 .....                       | 231 |

## 目 次

|       |                               |     |
|-------|-------------------------------|-----|
| 9.2.2 | 携帯機器用アンテナの設計指針                | 231 |
| 9.2.3 | 無線携帯端末機器における基本特性              | 231 |
| 9.2.4 | スマートフォンに搭載されているアンテナの実例        | 234 |
| 9.2.5 | 携帯端末機器に搭載されているアンテナ            | 235 |
| 9.2.6 | チューナブルアンテナ                    | 238 |
| 9.3   | 広帯域無線システム用〔小柳・常川・佐藤〕          | 241 |
| 9.3.1 | システム概要                        | 241 |
| 9.3.2 | アンテナ設計概念                      | 244 |
| 9.3.3 | 設計例と実際                        | 250 |
| 9.3.4 | まとめ                           | 269 |
| 9.4   | 人体通信用〔富田・江尻・伊藤〕               | 273 |
| 9.4.1 | はじめに                          | 273 |
| 9.4.2 | 人体通信概論                        | 274 |
| 9.4.3 | 人体通信の基本特性                     | 279 |
| 9.4.4 | 人体通信用電極の具体例                   | 284 |
| 9.5   | 医療機器用〔齊藤・伊藤〕                  | 287 |
| 9.6   | 無線電力伝送用〔稲垣〕                   | 300 |
| 9.6.1 | 無線電力伝送擬アンテナの例                 | 303 |
| 9.6.2 | 無線リアクティブ回路としての無線電力伝送用擬アンテナの設計 | 305 |
| 9.6.3 | スマート電磁誘導方式の性能指数               | 309 |
| 9.6.4 | スマート電磁誘導方式のkHz帯AGV充電への適用例     | 309 |
| 9.6.5 | 4周波数方式自己共振型構造の特性解析と設計         | 311 |
| 9.6.6 | 偏心給電開路型構造                     | 317 |
| 9.7   | 電波時計用〔阿部〕                     | 321 |
| 9.7.1 | 概略                            | 321 |
| 9.7.2 | 標準電波                          | 322 |
| 9.7.3 | システム構成                        | 323 |
| 9.7.4 | 電波時計用アンテナ                     | 325 |
| 9.7.5 | アンテナ特性評価                      | 327 |
| 9.8   | センサ用〔阪田〕                      | 333 |
| 9.8.1 | センサネットワークとは                   | 333 |
| 9.8.2 | センサネットワークの研究経緯，標準化動向          | 335 |
| 9.8.3 | 応用分野                          | 338 |
| 9.8.4 | 通信モジュールとアンテナの事例               | 338 |

|                              |                              |     |
|------------------------------|------------------------------|-----|
| 9.9                          | ウェアラブルシステム用〔前田・石宮・Ying〕      | 342 |
| 9.9.1                        | ウェアラブルアンテナの構成素材              | 342 |
| 9.9.2                        | プリンタや刺繍によるウェアラブルアンテナ形成       | 345 |
| 9.9.3                        | ウェアラブル型伝送線路の形成と特性            | 349 |
| 9.9.4                        | アンテナと給電線路の接続                 | 351 |
| 9.9.5                        | UHF帯域ウェアラブルアンテナ              | 352 |
| 9.9.6                        | 導電性繊維で形成したパッチアンテナとEBG構造への適用  | 354 |
| 9.9.7                        | マルチバンドウェアラブルアンテナ             | 356 |
| 9.9.8                        | ボタン・ベルト・指輪・リストバンド型ウェアラブルアンテナ | 359 |
| 9.9.9                        | UWB帯域ウェアラブルアンテナ              | 362 |
| 9.9.10                       | ミリ波帯域ウェアラブルアンテナ              | 365 |
| 9.9.11                       | ウェアラブルアレーアンテナとビーム制御          | 366 |
| 9.9.12                       | ウェアラブルアンテナの電波伝搬特性            | 368 |
| 9.9.13                       | ウェアラブルアンテナの医用・実用システムへの適用     | 370 |
| 9.9.14                       | スマートウォッチ、スマートバンド             | 374 |
| 9.10                         | 無人航空機搭載用〔ヨサファット・伊藤〕          | 384 |
| 9.10.1                       | 通信用                          | 385 |
| 9.10.2                       | 合成開口レーダ(SAR)用                | 386 |
| 9.10.3                       | 衝突回避・方向探知用                   | 390 |
| 9.10.4                       | コンフォーマルアンテナほか                | 391 |
| <b>第10章 小形アンテナの展望〔藤本・伊藤〕</b> |                              | 399 |
| 付録                           | 各種小形アンテナ一覧表                  | 401 |
| 索引                           |                              | 417 |