

まえがき

プリントアンテナは、携帯電話やノートパソコン等のモバイル機器での応用に加えて、各種アレーアンテナや RFID 用アンテナ等の基本素子として広く使用されており、近年、その重要性はますます高まりつつある。本ワークショップでは、「プリントアンテナの基礎と設計」をテーマとして取り上げ、プリントアンテナの基本構成、構成要素（放射素子、平面型伝送線路、誘電体基板）および給電方式について解説する。また、プリントアンテナの代表例として、パッチアンテナ、プリントダイポールアンテナおよびプリントスロットアンテナを取り上げ、これらの基本的な設計法、諸特性および設計事例について述べることにする。更に、プリントアンテナのアレー化技術について概説する。本テキストの概要と構成を以下にまとめる。

■アンテナ特性量の基礎 プリントアンテナを含めて、様々なアンテナを設計する際には、予め指定された周波数帯域で所望の動作をするか否かを確認しながら設計を進めることが求められる。試作測定や数値シミュレーション等を行うことでアンテナの諸特性を評価し、その結果を踏まえて放射素子の寸法や給電点の位置などの再調整を行うことによって、所望の性能を持つアンテナが完成する。

本テキストでは、はじめに、プリントアンテナを含む各種アンテナの設計において登場する基本的なアンテナ特性量について復習する。アンテナ諸特性の評価において多用される球座標系について触れた後、アンテナからの放射現象に関連する特性量（アンテナからの放射界、偏波、放射パターン、利得および放射効率）について述べる。また、アンテナを回路素子として見なした場合の特性量（入力インピーダンスおよび S パラメータ）について説明するとともに、平衡回路と不平衡回路の違いに関して記述している。更に、アンテナからの放射現象を取り扱う際に用いられる波源（電流および磁流）について触れるとともに、それらと電磁界との関係について概説する。

■プリントアンテナの基礎 プリントアンテナは、誘電体基板とその上に形成された放射素子、放射素子と送受信機を接続するための給電線路から構成される。給電線路として、多くの場合、放射素子と同一基板上に形成可能な平面型伝送線路が用いられる。本テキストでは、プリントアンテナの基本構成について概説した後、プリントアンテナのための放射素子、平面型伝送線路および誘電体基板に関して代表的なものを

取り上げ、それらの構造や特徴等について述べる。また、マイクロストリップ線路やコプレーナ線路等の平面型伝送線路に関して、特性インピーダンスや位相定数、伝送損失などの特性量評価法を解説するとともに、所望の特性インピーダンスが得られるように線路の寸法を決定するための設計公式を紹介する。更に、給電線路で放射素子を励振するための給電方式について、幾つかの代表例を取り上げ、それらの特徴や動作原理などについて詳しく説明する。

プリントアンテナの放射素子や伝送線路が配置される誘電体基板は、それ自体が導波構造として動作する。このとき、誘電体基板に沿って伝搬する電磁界に起因するアンテナ諸特性の劣化が問題になるときがある。そこで、このような電磁界（表面波および平行平板モード）に関する基礎事項と、アンテナ特性への影響に関して具体例を示して説明する。また、誘電体基板を有限寸法とした場合に生じる、様々な現象に関して概説する。更に、誘電体基板の損失（導体損および誘電体損）がアンテナ特性に及ぼす影響に関して、幾つかの実例を取り上げて解説する。

■プリントアンテナの基本設計 放射素子、伝送線路、誘電体基板および給電方式の組み合わせによって、多種多様なプリントアンテナが実現される。本テキストでは、プリントアンテナの代表例として、パッチアンテナ、プリントダイポールアンテナおよびプリントスロットアンテナを取り上げ、これらの基本的な設計法および諸特性を解説する。また、実際の設計手順を追いながら、上記アンテナの基本設計を習得できるように、幾つかの設計事例を紹介する。

パッチアンテナには、パッチ素子の形状と給電方式の組み合わせにより、多数の異なる構造が存在するが、それらの中で最も基本的なものとして、直結給電方式を用いた方形および円形パッチアンテナを取り上げる。これらの設計手順について述べるとともに、入力インピーダンス、放射指向性、放射効率や帯域幅などのアンテナ諸特性についても触れることにする。また、直結給電方式パッチアンテナで円偏波を放射させる場合の設計手順や動作原理などについても述べる。

プリントダイポールアンテナは、誘電体基板の表面と底面にそれぞれダイポール素子と地導体板がある構造と、地導体板が無い構造の2種類に分類される。本テキストでは、後者の構造を有するプリントダイポールアンテナについて、放射素子および代表的な給電回路の設計手順を述べるとともに、設計事例を紹介する。また、単一指向性の実現手法として、プリントダイポールアンテナを反射板や人工磁気導体板上に配置する方法について解説する。

誘電体基板の導体面に長方形などの開口を設けることにより、スロットアンテナをプリントアンテナとして実現できる。本テキストでは、給電方式としてマイクロストリップ線路による電磁結合給電方式を用いた場合と、コプレーナ線路による直結給電方式を用いた場合について設計手順を述べるとともに、設計事例を紹介する。また、これらの具体例に加えて、テーパスロットアンテナも取り上げ、基本的な特性および設計手順を説明するとともに、設計事例を示す。更に、単一指向性の実現手法として、プリントスロットアンテナを反射板上に配置する方法や、空洞（キャビティ）を付加する方法を紹介する。

■アレー化技術の基礎 複数個のアンテナを適当な間隔で配置し、それらの全てあるいは一部を給電したものをアレーアンテナという。各アンテナの励振強度や位相を制御することで、単一のアンテナには無い機能を実現できる。本テキストでは、プリントアンテナのアレー化技術について解説する。初めに、素子アンテナの基本的な配列形状について述べた後、アレーアンテナの特性に関する基礎事項について述べる。

直線アレーアンテナや平面アレーアンテナにおいて、素子アンテナを等振幅ではなく、励振振幅を中央の素子で最大、端部に近づくに従って小さくなるように設定することで、サイドローブレベルを小さくすることができる。このような励振振幅分布の代表例として、チェビシフ分布とテイラー分布を取り上げて説明する。

アレーアンテナの素子アンテナを所望の励振振幅・位相で励振するための給電方式には多数の方法が存在する。本テキストでは、プリントアンテナをアレー化する場合に多用される直列給電方式、並列給電方式ならびに直並列給電方式について説明する。また、給電回路の構成要素となる整合回路や電力分配回路について、基本的な構造を紹介し、その構成や動作原理等について概説する。また、並列給電方式と直列給電方式を用いた場合について、基本的な設計法を述べるとともに、設計事例を示す。更に、給電損失や相互結合がアレーアンテナの特性に与える影響について概説する。

■本テキストの構成 本テキストは、4つの章から構成されており、第1章では、アンテナ特性量の基礎が記述されている。第2章はプリントアンテナの基礎であり、プリントアンテナの放射素子、給電方式および誘電体基板に関する基礎事項が述べられるとともに、平面型伝送線路について解説がなされている。第3章は、プリントアンテナの基本設計であり、方形および円形パッチアンテナ、プリントダイポールアンテナおよびプリントスロットアンテナの基本的な設計法と、設計事例が記述されている。第4章では、アレー化技術の基礎について解説がなされている。

目次

まえがき

第1章 アンテナ特性量の基礎

- 1.1 球座標
- 1.2 アンテナからの放射界
- 1.3 入力インピーダンス
- 1.4 利得
- 1.5 放射パターン
- 1.6 偏波
- 1.7 Sパラメータ
- 1.8 平衡回路と不平衡回路
- 1.9 電流と磁流

第2章 プリントアンテナの基礎

- 2.1 プリントアンテナの基本構成
- 2.2 プリントアンテナの放射素子
 - 2.2.1 パッチアンテナ
 - 2.2.2 プリントダイポールアンテナ
 - 2.2.3 プリントモノポールアンテナ
 - 2.2.4 プリントスロットアンテナ
 - 2.2.5 進行波アンテナ
 - 2.2.6 自己補対アンテナ
- 2.3 平面型伝送線路
 - 2.3.1 マイクロストリップ線路
 - 2.3.2 ストリップ線路
 - 2.3.3 コプレーナ線路
 - 2.3.4 コプレーナストリップ線路
 - 2.3.5 スロット線路
 - 2.3.6 ポスト壁導波路
- 2.4 給電方式
 - 2.4.1 直結給電方式
 - 2.4.2 電磁結合給電方式
 - 2.4.3 平衡給電と不平衡給電

2.5 誘電体基板

2.5.1 誘電体基板の代表例

2.5.2 誘電体基板における導波モードとその影響

2.5.3 誘電体基板の損失の影響

2.5.4 誘電体基板の有限寸法による影響

参考文献

第3章 プリントアンテナの基本設計

3.1 パッチアンテナの基本設計

3.1.1 誘電体基板の選択

3.1.2 パッチ寸法の設計

3.1.3 入力インピーダンスと給電点の設計

3.1.4 帯域幅と放射効率

3.1.5 放射特性

3.1.6 円偏波パッチアンテナ

3.1.7 パッチアンテナの設計例

3.2 プリントダイポールアンテナの基本設計

3.2.1 放射素子の設計

3.2.2 給電回路の設計

3.2.3 プリントダイポールアンテナの設計例

3.2.4 単一指向性の実現法

3.3 プリントスロットアンテナの基本設計

3.3.1 プリントスロット素子の設計

3.3.2 マイクロストリップ給電スロットアンテナ

3.3.3 コプレーナ線路給電スロットアンテナ

3.3.4 テーパスロットアンテナ

3.3.5 プリントスロットアンテナの設計例

3.3.6 単一指向性の実現法

参考文献

第4章 アレー化技術の基礎

- 4.1 アレーアンテナの基本特性
 - 4.1.1 放射素子の配列形状
 - 4.1.2 直線アレーアンテナの放射特性
 - 4.1.3 平面アレーアンテナの放射特性
 - 4.1.4 ブロードサイドアレーアンテナ
 - 4.1.5 エンドファイアアレーアンテナ
 - 4.1.6 アレーアンテナの利得
- 4.2 励振分布と指向性
 - 4.2.1 チェビシフ分布
 - 4.2.2 テイラー分布
- 4.3 アレーアンテナの給電方式
 - 4.3.1 直列給電方式
 - 4.3.2 並列給電方式
 - 4.3.3 給電回路の構成要素
- 4.4 アレーアンテナの基本設計
 - 4.4.1 並列給電方式の基本設計
 - 4.4.2 直列給電方式の基本設計
- 4.5 給電損失の影響
- 4.6 相互結合の影響
- 4.7 アレーアンテナの設計例
 - 4.7.1 並列給電方式を用いたパッチアレーアンテナ
 - 4.7.2 直列給電方式を用いたスロットアレーアンテナ

参考文献

あとがき