

実用マイクロ波技術講座 - 理論と実際 - 全7巻 著者、小西良弘からの内容紹介

<https://www.k-laboratory.net/books>

第1巻

マイクロ波回路を学ぶうえで、理論と共にできるだけ多くの実験データとの比較、問題演習回答をふまえて実際のイメージをとらえるようにした、発想をゆたかにして新製品を生み出す工夫のもとになる一般的な基礎理論を説明した、多くの設計資料を資料編としてまとめた。また式を理解する事が次の発想に結びつくので、これらの誘導をふくめてできるだけ多くの附録をもうけた。したがって、本書が20世紀に生み出された多くの知識や考え方・発想法を、21世紀をになう技術者につたえると共に、そのうえで現在、発達しているコンピューターテクノロジーが加わって、よりよい技術の発展に役立てることを目的とする。

第1章ではTEM波の分布定数線路に進行波及び反射波が存在したときの現象を出来るだけ図をもって説明した。とくに分布定数線路の電圧や電流は時間と位置との関数になる点の理解を分かり易く説明する事に努めた。第2章ではTE波とTM波が存在することをまず2カ所のTEM波の重ね合わせで説明した後、ベクトル場の一般論から説明した。第3章では誘導体・磁性体を装荷した導波路の現象や解析を物理的意味を加えて説明し更には表面波線路の説明をした。第4章では他の導波管としてリッジ導波管及び放射状線路をのべた。第5章ではマイクロストリップ線路などの平和構造線路についてのべた。

第一章～第五章までの導波路の説明の流れを理解するにあたって多くの基礎的な知識の復習やまた改めて知ることが更に新しい発明につながるので第一巻に関連した基礎論として目次に示したように一般基礎1～12までまとめた。これら、基礎論は単に第1章～第5章までのマイクロ波回路のみならず広い技術分野の理解に役立つ所が多いので一般基礎の名称でまとめた。したがって読者はこの部分は自分で理解しながらじっくりと身につけられると応用や技術の展開に役立つ。私個人の発明もつねにこの基礎論をまともにして行った事が多い。また技術開発者が設計する際に必要と思われるデータや設計公式を資料として最後にまとめた。以上のべたマイクロ波に関連した説明、より深い理解を支える基礎論、設計に必要な資料の3つの柱が第2巻以降の本にも踏襲した。

第2巻

第6章ではマイクロ波回路を回路網として取り扱うために必要な回路網理論の一般的な記述を行っている。とくに回路を表示するZ行列 Y行列 S行列をのべそれらの性質をまとめた。またそれらの行列の固有値や固有ベクトルの物理的な意味をできるだけわかり易く述べいくつもの応用例からも説明した。そしてそれらの固有値が回路の内部のエネルギーとどのような関係にあるかを述べ、またそれを知っているとどんな回路開発に便利であるかをのべて出来るだけ数学的なもつ意味を実際に結びつけた。

第7章では種々の電力分配・合成器の理論と実際を構造及び等価回路の観点から物理的意味を説明し、さらに広帯域化の方法など多くの観点から説明した。第8章では種々の方向性結合器をその構造の種類からよりもむしろ原理的な分類からのべ今後の工夫の原点に役立つようにした。そしてこれらにもとづく実際の回路構造を示しそれらの理論と実験値などをのべた。また広帯域化にかんしてもこれに用いられる考え方及びその設計資料を記述した。また以上を理解するのに必要な基礎論として必要な行列の説明、多数素子を用いた広帯域に用いられる原理及び結合分布線路の一般理論と等価回路をのべ、更に資料偏としては導波路の不連続部の等価回路定数、多段波長/4広帯域整合、分布結合形方向性の設計に必要な種々の平行線路間の遇モード及び奇モードインピーダンスの値などを示した。また以上の記述において各章に演習問題と解答を記し更に実験手法とデータを記して各章の理解を容易にするようにした。

第3巻

第9章では最も多く使用される整合回路につき説明している。これは実際回路の基本となるので、整合回路の回路網的な基礎知識、整合回路を組み立てる考え方、整合回路の実際をのべ更に第1章で学んだスミス図表の使い方とそれを用いた整合方法をのべた。第10章ではフィルタの構成法と設計概念を例題と実験とを多く用いてできるだけ物理的意味を摘んで新しい回路の創造に役立つようにした。またとくにB.P.F.では g 値と比帯域幅、外部 Q 値及び共振間の結合係数との関係を示す表を作りそれを用いた設計法を例題で説明した。また最近小形化のために用いられている高誘電率セラミックフィルタも具体例を挙げて詳しく説明した。第11章の共振系では共振系の物理的概念、例えばリアクティブエネルギーと、 Q 値の概念、静磁モード共振器及び他の例につき夫々の特徴と性質をあげて説明した。尚一般基礎問題としては、導波管中の共振系などの理解に必要な電磁流源からの放射、Babinetの定理、フェライトのマイクロ波特性などをのべた。本巻においても演習問題と解答を述べ、また実験に関しては本文中の説明と併記してよりわかり易く理解できるようにつとめた。

第4巻

第12章ではデビュープレックスサーやマルチプレックスサーなどの分波及び合波器について種々の方式に関してその原理と具体例をのべた。即ち主線路から順次に分波してゆく方式、入力開孔から夫々の周波数成分を並列または直列に分離する方式につき導波管回路やマイクロストリップ線路回路の具体例をあげて説明した。また広帯域フィルタを併用した広帯域分波器で留意すべき点も説明した。

第13章ではフェライトに直流磁場を加えた時生じるテンソル透磁率を利用したサーキュレーターやアイソレーターその他、波長の短い静磁波やスピン波の性質と応用をのべた。第14章では、平行不変衝変換器の構成を、とくに変換時に必要な不平衡モードの抑圧の方法など広帯域化の原理と共に説明した。第15章では、直流磁場のない時の透磁率の分散特性や、また磁性粒子の複合材料の特性とこれらの吸収体への応用をのべた。第16章ではフェライト利用巻線回路の特性と応用を述べた。特にここでは分布定数結合線路的取扱いにより高域周波数特性をのべた。第17章では、種々の導波路変換器につき原理と等価回路の観点から説明した。一般基礎の摂動理論に関しては、物理的理解を容易にするため、回路インピーダンスの周波数変分とエネルギーとの関係から説明すると共に従来行われていたマクスウェルの方程式の展開からの説明も併記した。出来るだけ物理的理解に関する事は本文に示し、更に式の展開に関する事は従来と同様に附録に示した。資料編には種々の集積回路用集中定数回路のデータをまとめた。

第5巻

第18章では、非接触スイッチ、円一直線偏波変換器、縦型平面回路、可変位相器や半導体増幅器の出力合成器及び受動回路における非直線特性を述べた。第19章では、第1巻から第4巻までの内容を次の3点からまとめた。

- 各章を物理的な考え方にたつて全体的に把握できるように説明し、その中で各部の説明を再び各巻の説明に戻って理解をより深めるように努力した。この手法は如何なる分野でも必要と思われる。
- 第1巻から第4巻までに書かれなかった例を付け加えた。
- 実践的な観点から、実際に出会う問題を随時取り上げ、測定結果やシミュレーション結果を適宜に導入した。

第20章では、マイクロ波回路の測定を述べとくに、 Q 値の測定、材料定数の測定、回路定数の測定、2端子素子の測定、空間波による媒質測定、平行線路定数例えば偶モード及び奇モードまたは C モード及び p モードの特性インピーダンス測定法を述べた。以上の項目において測定評価に必要な式の意味を良く理解し、さらに今後読者がそれを展開してゆくのにならぬように、式の結果のみならず全てその誘導を行った。またその結果を確かめるために、実験を行った。なお、筆者はシミュレーションによっても確認した。

付録では、従来通り、比較的必要で大事な事柄でページ数を必要とする式の誘導の他、受動回路に能動素子を応用する事が多いので、その時必要な発振器関連の知識なども加えた。測定ではネットワークアナライザなどが無か

った頃、よく用いられたS曲線法の説明も付録に加えた。これは回路のもつ性質を良く理解することに役立つからである。

第6巻

昨今、携帯電話、LANなど私たちの日常生活に密接な分野においても“ブロードバンド”の名のもとに高速・広帯域無線伝送技術が積極的に取り入れられ、新しいビジネス分野が急ピッチで拓かれている。もともと広帯域を意味する“ブロードバンド”は高速信号処理やマイクロ波ミリ波帯における増幅・発振・混合が可能となる半導体デバイス技術、広帯域・高効率・低ひずみを実現する回路技術、さらには優れた遮断特性、アイソレーション、低挿入損失を小型・低コストで実現する受動部品技術・実装技術をベースとして成り立っている。“ブロードバンド”は、ビジネスとしては新しい切り口であるが、これらの要素技術は一朝一夕に確立できる簡単なものではなく、長年にわたる要素技術の研究開発により培われたものであり一般には難解な技術体系を有している。本書ではこのような重要な技術分野の基礎を現実のシステムと対比しながら、わかり易く平易に開設する事を目的としている。

第1章では、先ずマイクロ波半導体デバイス・回路の代表的応用例である無線システムを例にとり、デバイス・回路へのよう急性能の根拠を平易に解説し、この後にマイク李は半導体デバイスと回路の概要を説明している。このような考え方の順番は最近特にニーズ志向が強くなったマイクロ波集積回路を考える上で重要である。この章により、半導体デバイス、無線システムに基礎知識が十分でない人でも、本書を読みこなす事ができるようになる。第2章では、セラミック多層基板、誘電体デバイス、フェライト部品、弾性表面波(SAW)デバイスなどのマイクロ波受動素子の動作原理とその応用について述べている。マイクロ波受動部品について予備知識の無い人でも概略が理解できるように記述されている。第3章では、PDCからW-CDMAに至るデジタル携帯電話システムでの送信部分で使用される高出力半導体デバイスとこれに付随する回路の設計方法を実例を挙げて解説している。高出力ヘテロ接合バイポーラトランジスタ、高出力ヘテロ接合FETが実際にどのように設計され、どの様に使用されるか写真、図面を多用し説明されている。第4章では、2.5GHzや5GHz帯を用いた、Bluetooth,自動料金收受システム(ETC),及びLANへの応用を目指した発振、フィルタリング、変調、増幅などの昨日集積回路およびシステム応用について述べられている。各種派生システムへの展開の基礎となる重要技術が解説されている。第5章では、特にコストの面で有利といわれるシリコンデバイスのマイクロ波領域への台等について、実際のシステムでの応用を前提にして説明している。化合物系デバイスとシリコン系デバイスの今後の展開を占う上で重要な情報が開示されている。第6章では、究極のブロードバンドシステム実現の要となるミリ波技術に関して、増幅器を例に取り説明している。トランジスタのモデリング、設定法、実装法などを通じてミリ波帯固有の技術を抽出し、これを平易に解説している。この章で述べられたミリ波要素技術を第1章から5章までで説明した回路システム技術に適用すれば、ミリ波帯を用いた各種ブロードバンド技術実現のヒントを得る事が出来る。このような本書は、新しいワイヤレス技術の研究開発、新しいワイヤレスビジネスの企画に十分役に立つ物と考えている。

第7巻

第1章では、アクティブアンテナの概要を説明した。第2章では、基本的なアクティブ回路や平面アンテナの説明をした。この章を読むことで、後に続くアクティブアンテナの例を理解する準備ができるであろう。また、アクティブアンテナ特有のアンテナ測定法も解説した。第3章では、アクティブアンテナ増幅器を紹介した。様々な平面アンテナを使った、小電力増幅器アンテナと大電力増幅器アンテナの両方を紹介した。第4章では、近年人気であるミリ波回路を取り込んだアクティブアンテナを紹介した。ミリ波帯でのアクティブアンテナの可能性を探る。第5章では、アクティブアンテナ技術を使ったフェイズドアレイを紹介した。