

書籍の紹介



私の座右の書

The most influential books on me

国士舘大学理工学部理工学科人間情報学系 二川佳央

〒154-8515 東京都世田谷区世田谷 4-28-1

e-mail: nikawa@kokushikan.ac.jp

座右の書についてのお話をするために、40年以上昔のパソコン事情から少し触れさせて頂きます。私の学生時代は米国ザイログ社が8080という8ビットCPUを開発し、日本電気がその8080をCPUとして使ったTK-80というワンボードマイクロコンピュータを1976年に発売した頃でした。TK-80のメモリはROMが768バイト(B)、RAMが512Bで、入力には本体に付属の16進数のキーボードから機械語を入力するものでした。その後CPUがZ-80に改良され、日本では現在のデスクトップPCの先駆けともいえるPC-8001が1979年に発表され、私の大学生活の後半の頃から工系部の中でも電気工学科においてはパソコンと関わる事が多くなって来た時代でした。とはいえ当時はクロック4MHz、実際のスピードは2MHz程度でROMも24kBで、データは今や姿を消してしまったカセットテープレコーダからロードやセーブをして、何とかBasic言語を動かして喜んでいた時代です。8ビットですから扱える数は整数形式にすると127までの限られた計算しかできず、複雑な計算となると、計算機センターに走り、ビルの1フロア全て占有している富士通製のFACOM M-200という大型計算機を使いFortran77のような科学技術計算向けの言語を使用しなければならず、パンチカードに穴を開けてプログラムを読み込ませラインプリンタで結果を出力し、入力ミスがあっても出力のフォーマットを間違えても、当然のごとく課金されてしまいます。タイムシェアリングシステム以前の事ですから、計算を始めるのも待たされ、ようやく目的の計算を始めてCPUが動き出したにもかかわらず、現在のシミュレータの基本である繰返し構造のプログラムですとCPUの占有時間が長くなり、あっという間に口座の残金が枯渇し強制終了となってしまふ始末でした。従って、いかに計算にかかるCPU占有時間を最小化するプログラムを組むかということが課題になります。このような時代の中で、多くのマイクロ波の研究者にとっても計算機に対しては、得られた最終的な式である“解析解”を求め、この解に数値を入れるだけの電卓のような使い方に留める必要がありました。マイクロ波応用分野を含め、当時は理論解析に数学が必要な工学分野全般に、アイデアを実現するため

の理論的な裏付けには、物理現象を数学的にモデル化して数学的に解析解を求めることが必要で、解析解の計算を基に設計をすることが求められる時代でした。

大学で所属した研究室は通信・電子回路や非線形振動論の森（真）研というところで、そこで電気電子回路の基礎や画像処理技術を学びました。電気回路の基礎に関して、電気回路ノート¹⁾そして、電気回路演習ノート²⁾は、今でも電気電子回路を検討する上で参考になります。当時電気工学を専門とする学生にとって電磁気学は必須で、マイクロ波技術を理解するためにも必要でした。電磁気学ノート³⁾は電磁気現象の定式化が分かりやすく書かれており、電磁気学演習ノート⁴⁾で実際の演習を行うことにより、電磁気学問題に対する考え方が身についたと思います。さて、当時私は、通信や電子回路に興味があり、その分野の研究室を選んだ訳ですが、研究室に配属された前年度に、研究室の教授の森真作先生が、癌組織が42.5℃以上の高温に対して非常に弱いことから、マイクロ波を使って癌組織のみを誘電加熱し治療を行うハイパーサーミア（温熱療法）の研究を米国ユタ大学で視察をして帰国した直後でした。加えてその年から、菊地眞先生が防衛医科大学校で医用電子工学講座を開設され、森（真）研の学生を募っておりました。当時私の住んでいた実家の場所が、研究室に所属の同期学生の中で最も近いという理由で、防衛医科大学校との共同研究を担当することになり、医用電子工学も学ばせて頂くことになりました⁵⁾。

防衛医科大学校との共同研究では、RF・マイクロ波ハイパーサーミアのための加温装置の開発に関するテーマが与えられました。新規テーマということもあり、研究室ではこのテーマを扱うものは私1名で、マイクロ波関連の研究者も周囲に全く居ない状況で暗中模索の中、金属板を用いた電波レンズ（メタルプレートレンズ）があり、これによりマイクロ波を集束すれば、医療にも応用できる可能性があることを見つけ、これを用い選択的加熱を行うアプリケーションを開発することを卒業論文としてまとめることにしました。論文ではメタルプレートレンズを用いたマイクロ波集束についてのシミュレーションが必要となります。現在のような電磁界シミュレータの無い時代ですから、まずは解析解を求めなければならず、メタルプレートレンズから放射される電磁界を、球座標や、円筒座標等を駆使し、特殊関数を使い解析を行いました。このような中で、工学基礎数学⁶⁾は特殊関数について、例えば現実のアンテナの指向性を求める際に特殊関数を用いると明確に示すことができることが分かりやすく説明されており、ハイパーサーミア用の装置の実機開発まで含めた設計に大変有用でした。博士課程に進学し医療用マイクロ波加温システムに、修士課程で開発したメタルプレートレンズを組み込み、実用化する際に専門家の知識を得ようと、防衛医科大学校の電気工学教室教授の岡田文明先生を紹介頂き、ハイパワーのマイクロ波に必要な考え方を教えて頂き⁷⁾、企業の協力もありマイクロ波ハイパーサーミア用加温装置を実現することができました⁸⁾。

大学卒業後は、岡田文明先生の研究室に助手として勤務することになりました。伝送工学研究室教授の岡田文明先生の専門は、マイクロ波計測、マイクロ波電力応用とフェライ

トデバイス等で、伝送工学研究室ではハイパワーサーキュレータ等のマイクロ波デバイス研究に携わり、特にSoohoo先生が書かれたMicrowave Magnetics¹⁰⁾はマイクロ波磁気に関するデバイス開発に必要な技術が詳細に述べられており、多くを学ばせて頂き、日本語訳も手伝わせて頂きました¹¹⁾。RF・マイクロ波に至る磁気現象を用いたデバイスを開発する際に大変役に立っています。防衛大学校での伝送工学研究室で研究を進める上ではCollin先生のField Theory of Guided Wavesの内容も大変参考にさせて頂きました¹⁰⁾。特に人工誘電体の章等については、金属粒子の分散が誘電体として機能することが理論的に述べられているので、金属粒子に対するマイクロ波加熱を解析する際には大変参考になります。

マイクロ波技術を学ぶ際、目に見えない電磁界の波動現象を定量化するために、マクスウェルの方程式から始まり、波動方程式を解いて電磁界の解析解についての導出方法やモデルの立て方について学ぶこととなります。マクスウェルの方程式から始めて、電信方程式、波動方程式、逆散乱に必要なグリーン関数等、これらが網羅されている本としては、Harrington先生が刊行したTime-Harmonic Electromagnetic Fieldsがバイブル的存在でした¹²⁾。

PCの性能が格段に向上し、今この原稿を作成しているPCですらも、FACOMのM-200の後継機であるM-360の機能を大きく凌駕する性能を有している現在においては、電磁界シミュレータさえインストールすれば、マクスウェルの方程式を必ずしも理解せずとも、マイクロ波電磁界分布から発熱そして温度分布まで計算ができ、マイクロ波応用装置が設計できるようになり、結果についてもグラフィック機能の格段の向上により、視覚的にも特性が理解できる素晴らしい時代になりました。技術革新の大変激しいデジタル技術は日々刻々と変化し、私が学生の頃に学んだ8080やZ80そして、大学院時代に医療機器開発にあたって使用した当時APPLE IIに搭載されていた6502系CPU等の知識は、マイクロ波応用技術開発においてコンピュータが必須であるにもかかわらず、今や全く不要な知識となりました。これに対して、マイクロ波技術はその技術の基本と開発の概念は半世紀前に書かれたものであっても十分に活用することができます。Collin先生やHarrington先生の書籍の初版はそれぞれ1960、1961年にもかかわらず、その内容は、マイクロ波応用装置の大局的な特性の理解とそれら特性の変化を推定する際に大変役立ち、昨今のマイクロ波ハイパワーデバイスの半導体化によってもたらされた周波数および電力安定化によって、これら書籍の内容の重要性が益々高まっています。若い方々を含めたこの分野への入門の方々に申し上げたいのは、このマイクロ波技術を一度学べば、その内容は将来的に永らく十分に活用ができるということです。老婆心ながら、是非このマイクロ波の世界を理解して頂くためにも、ここに挙げた20世紀に書かれた書籍も参考にさせて頂ければ幸いです。

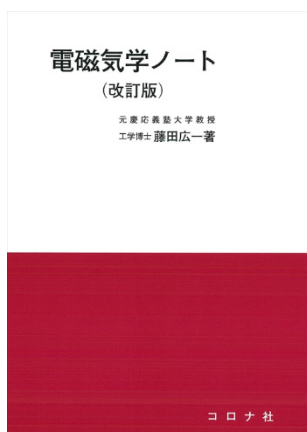
参考文献

- 1) 森真作，電気回路ノート，コロナ社，1977年.
- 2) 森真作，南谷晴之，電気回路演習ノート，コロナ社，1991年.

- 3) 藤田広一, 電磁気学ノート, コロナ社, 1975年.
- 4) 藤田広一, 野口晃, 電磁気学演習ノート, コロナ社, 1974年.
- 5) 菊地眞, 医療機器開発ガイド, じほう, 2016年.
- 6) 大場勇次郎, 工学基礎数学, 洞史社, 1978.
- 7) 岡田文明, マイクロ波工学: 基礎と応用, 森北出版株式会社, 2019.
- 8) 菊地眞他, 実用的加温システム (HTS-100) の試作・開発, 日本ハイパーサーミア誌, Vol. 4, No. 2, pp. 163-172, 1988.
- 9) Ronald F. Soohoo, Microwave Magnetics, Longman Higher Education, 1985.
- 10) 岡田文明訳, マイクロ波磁気工学, 森北出版株式会社, 1987年.
- 11) Robert E. Collin, Field Theory of Guided Waves, IEEE Press, 1990 Edition.
- 12) Roger F. Harrington, Time-Harmonic Electromagnetic Fields, IEEE Press, 2001 Edition.



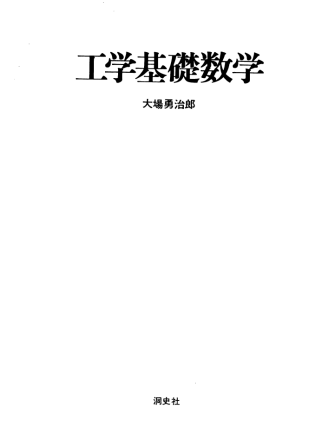
森真作, 電気回路ノート, コロナ社, 1977年¹⁾.



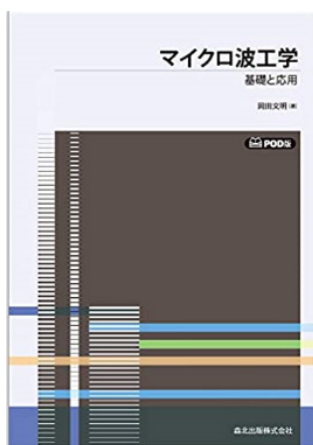
藤田広一, 電磁気学ノート, コロナ社, 1975年³⁾.



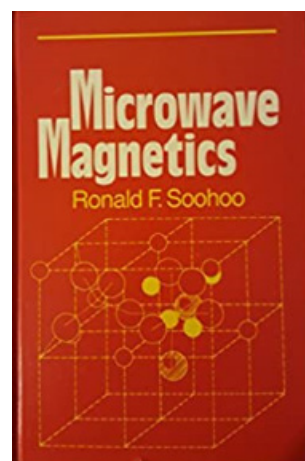
菊地眞, 医療機器開発ガイド, じほう, 2016年⁵⁾.



大場勇次郎, 工学基礎数学, 洞史社, 1978⁶⁾.



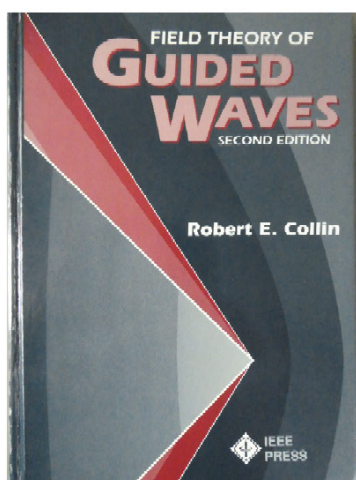
岡田文明, マイクロ波工学: 基礎と応用, 森北出版株式会社, 2019⁷⁾.



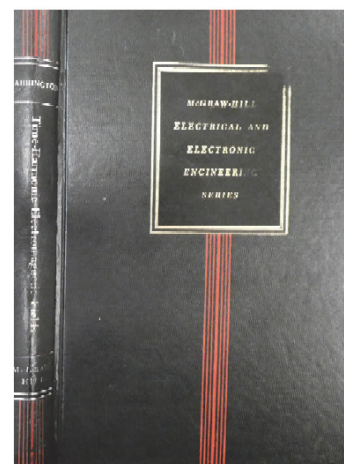
Ronald F. Soohoo, Microwave Magnetics, Longman Higher Education, 1985⁹⁾.



岡田文明訳, マイクロ波磁気工学, 森北出版株式会社, 1987年¹⁰⁾.



Robert E. Collin, Field theory of Guided Waves, IEEE Press, 1990 Edition¹¹⁾.



Roger F. Harrington, Time-Harmonic Electromagnetic Fields, IEEE Press, 2001 Edition¹²⁾.