

## まえがき

電気電子通信系の学部教育で、基礎となる領域の1つに、回路の正弦波定常状態の解析と回路の過渡状態の解析がある。これらの教育では、オームの法則とキルヒホッフの法則だけを使って、論理的に推考し、回路を解析していく。この方法は、論理的な推考の訓練だと著者らは考えている。論理的な推考方法の訓練のためには、それなりの練習が必要である。講義を聴くだけでなく、その講義の内容に関連した問題の内容を自分自身で再認識し、自分自身で問題を解くことによって、その能力が培われる。

本書は、電気電子通信系の教育の視点から、学生諸君が自らその訓練を行うことができるように、学生の立場に立って企画・編集された本である。

回路の正弦波定常状態の解析に関しては、すでに本書の姉妹編『理工系のための解く！電気回路1』を出版した。この本で練習したにしろ、しないにしろ、何らかの形で定常状態の回路の解析を学んだ読者のために、その知識を基にして、回路の過渡状態の解析ならびに一般的な信号処理を行うためのシステムの解析を記述したのが本書である。

本書の内容を進めるにあたり、前著で扱った範囲で本書に必要なことを簡単に記述しているので、本書がこのシリーズとの出会いであったとしても躊躇する必要はない。

本書では、まず、重要なことからの説明と例により、基本的な解法と考え方を復習する。次に「解く！」では、読みながら空欄を埋めることにより、理解度を確かめ、解法を自分のものとしてすることができる。つまり、簡単な手ほどぎを受けながら、自ら解くという過程である。その後「練習問題」では、助けを受けることなく自分で解くことに挑戦し、回路の過渡状態の解析手法や一般的なシステムの解析手法を身につける。「練習問題」については、後に詳細な解を示し、読者の導いた結果と比較・確認できるように配慮している。自分の力が伸びていくのを実感してもらえるのも、前著同様、本書の特徴である。

読者諸君の中には、いままで数学で教わってきた方法のほかに、なぜこのような別の方法を勉強しなければならないのかと疑問をもつ方がいるだろう。そのよ

うな方のために一言説明をしておくことにする。

回路の解析をする目標は、何かというと、いろいろな解析方法を見つけ、この解析方法を使って目的にかなう回路の設計をよりやさしく行うことである。従来いろいろな方法が開発されてきて、それらの中で前著および本書で扱った方法がより便利であることがわかっているのので、大学初学年から学ぶのである。別の側面として、これらの方法の練習を行うのは、電気系の材料を使って、論理的な思考のトレーニングを行うことであると、著者らは考えている。以下において、もう少し具体的に回路とのかかわりについて述べておく。

一般的に回路に電源を加えて、その出力を計算するには、微分方程式をたてて、その方程式を解けばよい。微分方程式を解く過程において、代数方程式の根を計算しなければならない。4次の代数方程式までであれば、根の一般式が求められるが、それ以上の代数方程式の根を求めるには、繰り返し演算を行う数値計算で行うしか方法がないことが数学的にわかっている。現実の回路で扱う微分方程式は、高次の微分方程式となる。このような高次の微分方程式を扱わなければならないので、いちいち数値計算を行っていたのでは、簡単にいろいろな回路が解析できない。そこで回路から導かれる微分方程式の特徴を考えると、微分方程式の係数は定数である。つまり、回路の応答を求めるためには、定係数の微分方程式を解くことになる。

よって、電気電子通信系では、微分や積分を使って微分方程式をたてて、この方程式を解くのではなく、変数を含む値の加減乗除のだけの演算である代数演算と、簡単な変換だけで、解を求める方法が有効なのである。これらの方法を具体的に解説をしているのが、前著と本書である。

前著の方法と本書の方法の役割分担について以下で示す。

定係数微分方程式の解を詳しく調べてみると、時間がたつとほとんど無視できる部分といつまでたつても値を持ち続ける部分に分かれることがわかっている。時間がたつと無視できる部分は、微分方程式の解を求める過程で代数方程式を解かなければ正確な解は得られない。この部分に対応する値は、具体的には1～2秒程度で無視できるほど小さくなるのが、別の理論から保証されている。そこで、時間が経っても減少しない値を正確に計算する必要がある。さらに電源としての信号は、どんな波形の信号でも正弦波と余弦波の足し算で表せることがわ

かっている。このことは本書の第3章でも述べられている。しかも正弦波や余弦波を電源として回路に加えたときの応答の足し算で得られる波形が、正弦波や余弦波以外の波形に対する回路の応答であることもわかっている。そこで、正弦波や余弦波に対する応答を正確に求める必要がある。この応答を求めるのに、微分方程式を経ないで、与えられた回路から直接単純な記号の入った複素数の加減乗除の計算だけで値を求め、この値を時間領域の値に変換して、実際の値を求める。この方法を具体的に示したのが前著である。数学の分野では一般的な、微分方程式の根を分類し、これの一部分だけを求めるといことは行わないので、少し奇異に感じられるかもしれない。

一方で、電源のスイッチを入れた瞬間に大きな電流が流れるような回路もあるので、時間がたっても値をもち続ける部分だけの解析では不十分である。やはり信号、つまり電源を加えてからの応答を求める必要がある。これらの計算するために、微分や積分を使わないで、応答に対応する値を求めるための代数方程式をたてる方法が、ラプラス変換（本書第2章で解説）を使う方法である。変数 $s$ （ラプラス変換時の変数）を含む値の加減乗除の演算により、回路から直接代数方程式をたて、この方程式から変数 $s$ を含む応答に対応する値を求める。この値から数学的な演算により、実際の応答を計算するには、求められた値の逆ラプラス変換が必要になる。しかしこの演算は、複素関数の演算になる。複素関数の演算を避けることを考える。回路から導かれる微分方程式は、定係数の微分方程式であるので、ラプラス変換された領域で、求める値は、変数 $s$ の有理関数という扱いやすいものになる。この関数の部分分数展開をし、時間領域での関数と部分分数との対応表により、回路の応答を求めるように演算を行っている。これにより、微分、積分、複素計算を回避して回路の応答を求めている。このようなことができるのは、電気電子通信系の学部レベルで扱う微分方程式の解には、これらの代数演算だけで解を求められる領域の関数しか出てこないからである。

以上の方法は、電源、つまり信号源と回路が与えられたときに、出力、つまり回路の応答を求める方法である。いろいろな素子が入ってくると、一般的には、入力信号とインパルス回路の応答のたたみ込み積分を計算することにより、出力を得ることができる。回路の設計ということを考えてみると、入力信号と出力信号が与えられ、回路の応答を求めることになる。たとえていえば、いろいろな音

の中から特定の音を取り出す回路はどのようにして作れるか，低い音だけの音を取り出す回路はどうすれば作れるかを考えようということに通じる．入力信号と出力信号が与えられていて，回路のインパルス応答を求めるためには積分方程式を解くことが必要になる．このことをラプラス変換やフーリエ変換をほどこされた領域で考えてみると，積分方程式を解くことにはならず，回路単独でいろいろと検討することができる．これを利用して，回路の設計を簡単に行うことができ．このようなことが簡単にできることを示しているとともに，回路の設計を学ぶ前段階の基礎として，本書がある．

本書は，電気電子通信系の学科に所属する著者らが，これらの分野の講義を担当し，この経験に基づいて書いたものである．本書のとりまとめは石井が行い，第0章は竹村・市毛，第1章は竹村，第2章は濱上，第3章は市毛，第4章は竹村・濱上・市毛が執筆した．著者らは，打ち合わせを行いながら，分担によって統一性を失わないようにするとともによりよい演習書となるように検討した．本書によって，学生諸君が回路の過渡状態の解析ならびに一般的な解析手法を身につけるための最適な演習書であると信じている．

2011年2月

石井 六哉  
竹村 泰司  
濱上 知樹  
市毛 弘一