

教科書と現場のインターフェース

合点！電子回路入門

石井 聡

Satoru Ishii

第4回 位相を理解してインピーダンスの本質に迫る(前半)

「新人君、私はこれから打ち合わせだから、これやっというて」、「高域にノイズがあるから、負荷抵抗にコンデンサを並列に接続して、カットオフが10 kHzくらいになるように定数選んで、ノイズを落とすようにしてね」、「それには回路の出力インピーダンスも測らないといけないね。それで5 kHzでの位相回転も計算で見積もってね。計算できるね？大丈夫だよな？」…フレッシュャーズが配属された現場では、このような会話が聞かれることでしょう。「専門用語がちんぷんかんぷんです。分かりません」というわけにはいきません(図4-1)。

今回は「位相」について説明します。位相が分かると、現場での会話によく出てくる「インピーダンス」の意味合いをより深く理解できます。まずは位相を理

解して、インピーダンスの本質に迫ってみましょう。実際の設計現場でも、位相とインピーダンスの関係を「体で理解していること」が実はとても重要です。

また位相は、別の応用もあります。回路の2か所の波形の相互関係を位相で表すことです(この理解も設計現場ではとても重要。次回で説明する)。

しかし「位」と「相」だなんて、なんで「位相」などという不思議な言葉を使うのでしょうか。回路設計の経験が長いと当たり前にする用語ですが、初めて出くわすと本当に不思議な気がするかもしれません。でもその内容は、これから説明していくとおりの単純な話なのです。

なおこの「位相」については範囲が広いので、2回に分けて説明させてもらうことにしました。

二つの波形の位置のずれが位相である

● 位相を二つの交流波形の時間的な位置ずれとして理解する

位相は、同じ周期の二つの交流波形の時間的な位置のずれです。位相をイメージとして示してみると、図4-2のような二つのドラム(太鼓)が例として考えられます。一つのドラムはテンポを変えず同じビートで

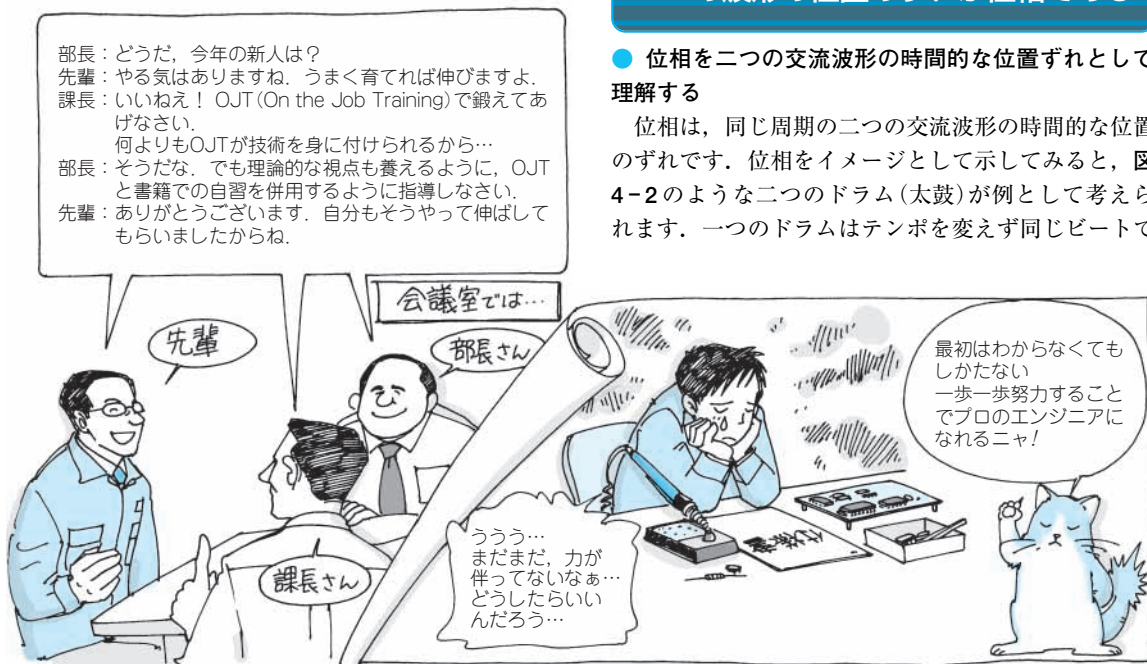
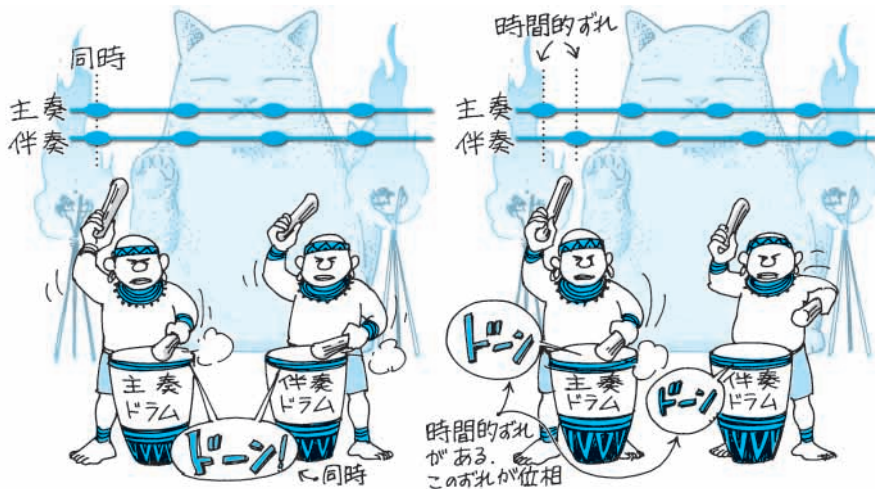


図4-1 がんばれフレッシュャーズ！

カットオフ▶電圧の振幅が $1/\sqrt{2}$ になる周波数を「カットオフ周波数」として定義する。例えば周波数が高くなると回路出力の電圧が下がってくるときに、その周波数特性を表す数値として用いたりする。



(a) 二つのドラムは同じタイミングで打たれている (b) 伴奏ドラムが少し遅れて打たれている
 図4-2 周期的な二つの音どうしの時間的ずれが位相である

打たれています(主奏)。図4-2(a)は主奏に伴なって打ち鳴らされるもう一つの伴奏ドラムが、同じタイミングで打たれています。同図(b)は伴奏ドラムが少し遅れて打たれています。

この周期的な、主/伴の二つのドラムの音どうしの時間的ずれ、それが位相の差そのものです。これから説明していくように、主奏ドラムのタイミングを基準とし、伴奏ドラムから出る音のタイミングずれが「位相」であると考えればよいと言えます。

▶ 二つの交流波形の相対的位置ずれが位相である

実際の回路設計において位相を考えるのは、交流電圧と交流電流の時間的な相互関係を表すことが一番多いと言えるでしょう。これはインピーダンスの考え方にもつながっています。

同じように、回路のある部分の波形(電圧波形で考えることが多い)を基準として、別の部分の波形との周波数ごとの相対関係を「周波数特性」として示すことにも使われます(例えば入力波形対出力波形など。詳細は次回で示す)。

ところで位相という量は、絶対的な量、例えば1mとか1kgとかいう量ではありません。二つの同周期の波形間の相対的な差(時間的な位置ずれ)を示す量です。そのため「位相差」とか「位相ずれ」とか言われることがあります。すべて同じことを言っています。

図4-3(a)のような交流波形(正弦波、電圧でも電流でもよい)を考えます。横軸は時間です。

交流波形がゼロ・レベルを下から上に横切るところを基準として考えてみましょう。横切るところ②から横切るところ①までを(角度と同じ区切り方で)360等分してみます。なお、①から過去の時間②に向かって目盛りを振っていきます。

出カインピーダンス▶回路出力にあるインピーダンス(抵抗)成分のこと。電池も内部抵抗をもつように、回路出力も内部インピーダンスがゼロではなく、電流を多く取り出すと電圧が下がってきたりする。

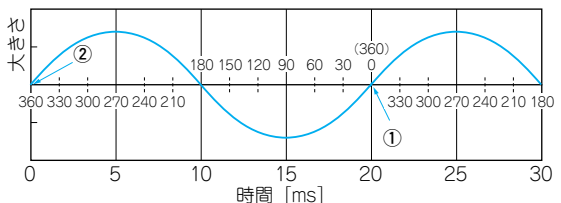
▶ 同じ周期のもう一つの交流波形を重ねて考えてみる

図4-3(a)の交流波形を基準として考えます。ここに、時間的に位置ずれした同じ周期の交流波形を図4-3(b)のように重ね合わせてみます。

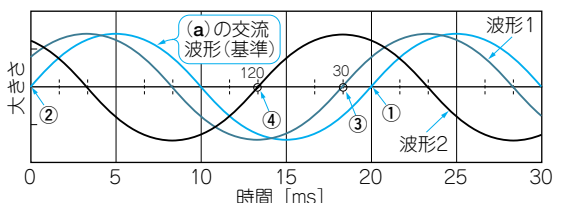
位置のずれた波形1は、③のところでゼロ・レベルを下から上に横切っています。このとき360等分した目盛りで、この位置③を読んでもみると30になります。同じく波形2は④のところで横切っています。位置④は360等分した目盛りだと120になります。

これが位相なのです。もう一度言います。「同じ周期の二つの交流波形の時間的な位置ずれ」を考えるのです。一つの波形だけで位相を考えることはできません。

360に区切る理由はコラムに示しますが、いずれに



(a) 交流波形(正弦波)を360等分してみる



(b) 時間的に位置ずれした同じ周期の波形を重ね合わせてみる
 図4-3 目盛りを振って二つの波形を比較する。それが位相になる(波形の周波数は50 Hz、周期で20 msとしてある)