

第2章

周波数が高くなると見えてくる現象

～高周波でのプリント・パターンや部品のふるまいをシミュレーション～

❖
周波数が高くなってくると、低周波では影響がないために
無視されていた基本的な現象が現れてきます。

これを知っていると、皆さんがこれまでに作ってきた回路の見方や
回路動作に対する理解に大きな差が生まれるはずです。

❖

その① プリント・パターンが部品のようにふるまう現象

● 低周波では信号の波長を無意識に無視している

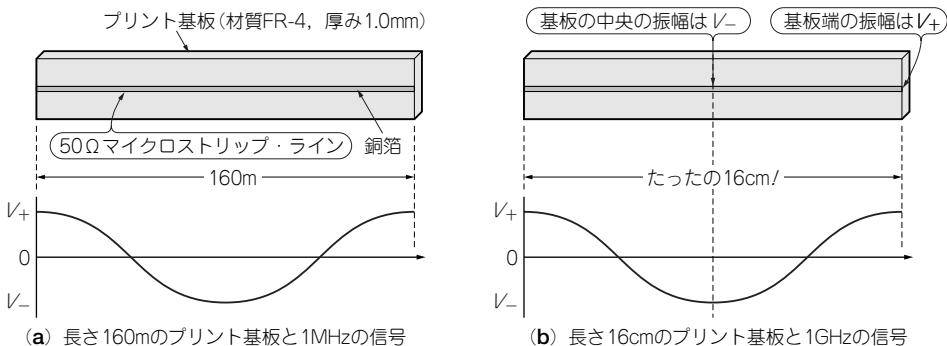
交流信号は、その周波数を f [Hz]、波長を λ [m]、光速を c [m/s] とすると、次式で表されます。

$$\lambda = \frac{c}{f} \dots\dots\dots (2-1)$$

光速 c は 3×10^8 m/s ですから、 $f = 1$ MHz の信号の場合、その波長 λ は 300 m になります。ただし、これは自由空間（真空中）での話です。一般に使われている FR-4（ガラス・エポキシ）基板上では、基板のもつ誘電率の影響によってその波長は短くなります。

しかし、短くなるといっても約 160 m です [図 2-1(a)]。皆さんが普段使っている基板は、いくら大きいといってもせいぜい数十 cm 程度ですよ。160 m の 1 MHz の波長と比べたらとても小さなものです。つまり、1 MHz 以下の信号を扱う回路を設計する場合には、その波長をまったく意識していないわけです。意識しなくてもまったく不都合を感じませんし、回路の特性にも影響は現れません。

皆さんが普段扱っている低い周波数では、配線の長さや位置によって信号は影響を受けないので、信号の振幅や位相はどこでも等しいという近似を無意識に行っているのです。



〈図 2-1〉 プリント基板上の 1 GHz の信号は場所によって振幅と位相が違う

● 1 GHz にもなると同じ配線上でも信号のようすがぜんぜん違う

信号の周波数が 1000 MHz になったらどうなるか見てみましょう。

式 (2-1) から、自由空間での波長は 1 MHz の $1/1000$ の 30 cm になります。図 2-1 (b) に示すように、FR-4 基板上での波長もほぼ $1/1000$ の約 16 cm になってしまいます。16 cm 程度の基板であれば、普段よく見かけます。皆さんが何気に使っている基板で、1 GHz の信号を扱おうとすると、プリント・パターンの配線長が無視できなくなります。

いつもどおり描いたプリント・パターンでも、配線上の位置が数 cm 違っただけで、信号の振幅や位相がまったく違ってきます。

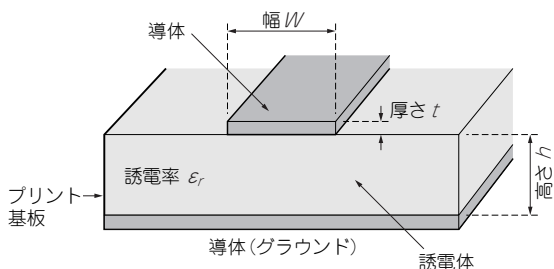
図 2-1 (b) からわかるように、配線上の位置が 4 cm ずれただけで、位相は 90° も変わります。振幅が最大場所から 4 cm ずれると、振幅はなんとゼロになります。コンデンサやインダクタなど、位相を変化させる部品があるわけではなく、配線があるだけなのに、不思議ですね。

● プリント・パターンは長さと幅によって特性が変わる部品

図 2-1 (a) にある「50 Ω マイクロストリップ・ライン」という言葉に気がつきましたか？

マイクロストリップ・ラインは、図 2-2 に示すような断面構造の伝送線路です。

基板の厚さ、プリント・パターンの幅、基板の誘電率などのパラメータによって、そのラインの特性インピーダンスというものが決まります。特性インピーダンスは配線の幅によって変化します。特性インピーダンスについては第 3 章で詳しく



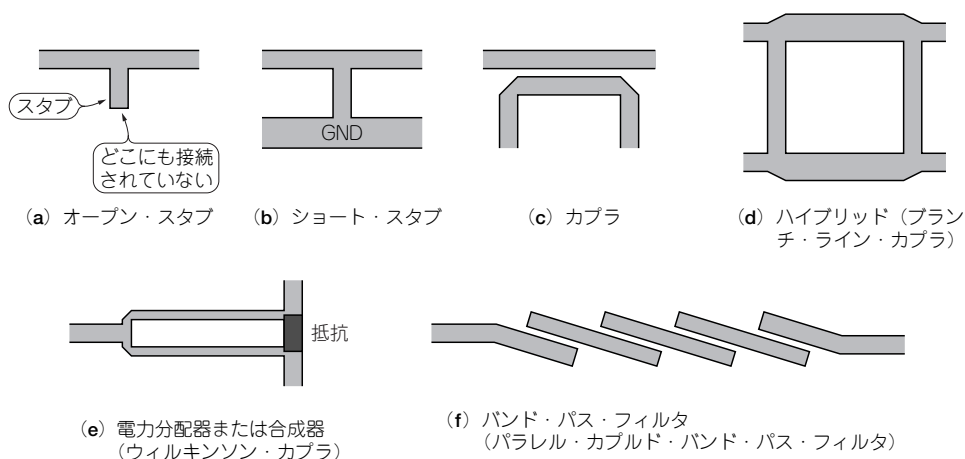
〈図 2-2〉プリント・パターンは長さで特性が変わる立派な部品

説明します。

プリント・パターンの長さによって信号の振幅や位相が変化し、プリント・パターンの幅によって特性インピーダンスが変化します。つまり、高周波ではプリント・パターンは、通過する信号に変化をもたらす部品としてふるまいます。

数 GHz の信号を扱う高周波回路では、プリント・パターンの組み合わせによって、ある機能をもった部品を作ることができます。その例を図 2-3 に示します。まるで幾何学模様のようなですね。写真 2-1 に実際の伝送線路で作られた高周波部品の例を示します。

図 2-4 に示す回路は、1 GHz で $\lambda/4$ ($90^\circ = 360^\circ/4$) の長さをもつ特性インピーダンス $50\ \Omega$ の伝送線路です。伝送線路の両端に端子が付いています。本書の付属 CD



〈図 2-3〉プリント・パターンで作る高周波部品のいろいろ