

## 特性インピーダンスとは何者、その根拠

**インピーダンスと電気信号の伝搬速度は透磁率と誘電率に支配されている。**

電気信号の伝搬速度と光速は同じです。(下記の式よりマックスウェルが予言、ヘルツが実証)  
 光速は一般に秒速30万Kmとされていますが、これは真空中で、光が伝わる媒体(空気、水、ガラスなど)の透磁率と誘電率が変われば(大きくなる)光速が遅くなります。  
 またインピーダンスも変わりますので、光は屈折や反射などの現象があります。  
 電気信号同じです。同軸ケーブルや、基板の絶縁材の誘電率が大きいと、かなり速度が落ちます。またインピーダンスの変化点で屈折できないので反射が発生します。

<参考>

光速:  $c = 1 / \sqrt{\epsilon_0 \mu_0} = 2.99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$   
 真空中の誘電率:  $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$   
 真空中の透磁率:  $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ A/m}$

伝搬(媒質中) =  $v = 1 / \sqrt{\epsilon_r \mu_r \epsilon_0 \mu_0}$  媒質中のまたは伝送路中の伝搬速度:  $v$   
 媒質中の比透磁率:  $\mu_r$   
 媒質中の比誘電率:  $\epsilon_r$

真空中のインピーダンス  $Z_0 = \sqrt{\mu_0 / \epsilon_0} \approx 377 \Omega$

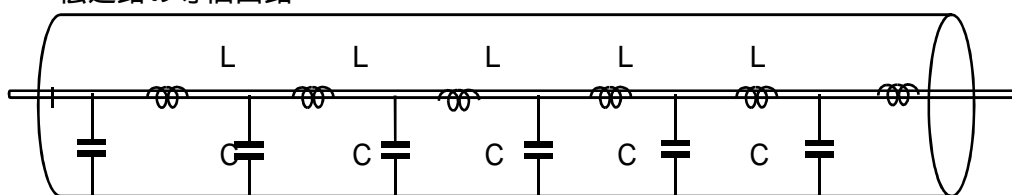
真空中でない場合、比透磁率 \* 比誘電率が1以下の媒体が存在しないため**光速より速い電気信号はなく、377より高い特性インピーダンス伝送路は存在しません。**

(オーディオのケーブルで600Ωは片道300Ωの往復を終端させるためです。  
 また高周波で50Ωが主流なのは、同軸ケーブルの)絶縁材のポリエチレンの比誘電率の影響が大きいようです、半導体回路で扱う場合もちょうどよい。

例)

材料	比誘電率	1ns当たりの伝搬距離
ガラスエポキシ基盤 FR4	4.0 ~ 4.8	約15cm
アルミナ	8.5	約8.7cm
水	80	約3.8mm

伝送路の等価回路



同軸は外装GND、ストリップラインは直近GND層、単線は大地がGNDとなる。

ここで L, Cからケーブルの特性インピーダンスを求めると

$$Z = \sqrt{L / C}$$

**また同じ特性の伝送路であれば、長さが変わっても同じ伝送路内ではLとCの比例関係が変わらないためインピーダンスは変化しない**

$$\text{積分しても } Z = \sqrt{L / C} \quad (L \text{ は長さ})$$

となる

copyright TOWAGIKEN CORPORATION 2010

