

電子機器用ケーブルの伝送特性 Electrical properties for data transmission

1. 特性インピーダンス： Z_0 [Ω] と静電容量： C (pF/m)

(1) 静電容量と特性インピーダンスは、反比例の関係にある

(同軸ケーブルの実測例：下表参照)

基本的に、同一絶縁体材料ならば、 Z_0 、導体径 (d) と絶縁体外径 (D) の比 (D/d) で決まるものです。

1. Impedance (Z_0), Capacitance (C)

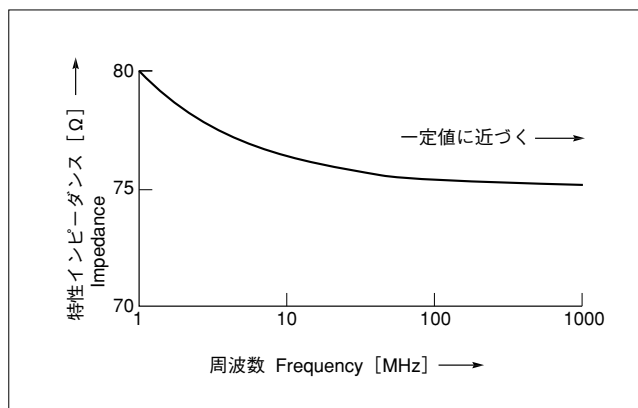
(1) Impedance & Capacitance have an inverse proportion relationship. (An example data on coaxial cable is illustrated below).

Fundamentally, if the insulating material is exactly the same, the ratio of Z_0 to C is determined by the diameter of the conductor & the external diameter of the insulating body.

D/d	概略構造イメージ Cross section of cable	Z_0 (Ω) at 10MHz	C (pF/m) at 1kHz, 20°C	高周波同軸ケーブル名 Typical cable type
small ↑ ↓ big		50	approx. 100	2.5D-2V
		75	approx. 70	3C-2V 5C-2V
		90	approx. 55	—

(2) Z_0 は、周波数によって変化する

(2) Z_0 changes according to frequency.



75 Ω 同軸ケーブルの実測例
An example data on 75 Ω coaxial cable.

Z_0 は、周波数がおおよそ 10MHz 以上になると安定してきます。そこで、同軸ケーブルでは、10MHz での Z_0 を規定しており、同軸以外のケーブルでは、周波数あるいは測定法を定義して規定しています。

Z_0 is stable when frequency gets to about 10 MHz & over. Coaxial cable regulates the Z_0 at 10 MHz, & cables other than coaxial regulate the Z_0 by defining frequency or measurement method.

電子機器用ケーブルの伝送特性 Electrical properties for data transmission

(3) 誘電率 (ϵ) との関係

D/dや周波数の他に Z_0 やCを決定する要因として、誘電率 (ϵ) があります。これは、絶縁体材料によって決まるものです。

ここで、導体を同一とした場合、 ϵ と Z_0 、Cの関係は下記①、

②の様になります。

①絶縁体外径を変えずに、 ϵ を小さくした場合

→ Cが小さくなり、 Z_0 が大きくなる

(つまり、構造寸法を変えずにCや Z_0 を変化させること

ができる)

②Cと Z_0 を変えずに、 ϵ を小さくした場合

→ 絶縁体外径が小さくなる

(つまり、Cと Z_0 を変えずに外径を細くできる)

一般的にPVCは、周波数や温度によって ϵ が大幅に変化してしまう絶縁体材料です。このため Z_0 等の電気特性が要求される場合は、ポリオレフィン系やフッ素樹脂系など、 ϵ の安定した絶縁体材料を使用します。

(3) The relationship of dielectric constant (ϵ).

Another factor for determining Z_0 & C, besides D/d & frequency is dielectric constant (ϵ).

This is determined according to the insulating material.

①&② below show the relationship between ϵ , Z_0 & C when the conductors used are same size.

① When the external diameter of the insulating body is not changed & ϵ is made smaller

→ C becomes smaller & Z_0 becomes bigger.

(In other words : without changing the size of the structure, C & Z_0 can be changed.)

② When C & Z_0 are not changed, & ϵ is made smaller

→ the external diameter of the insulating body becomes smaller.

(In other words : without changing C & Z_0 , the external diameter of the insulating body can be made smaller.)

In general PVC is an insulating material where unfortunately ϵ experiences large scale changes, according to frequency & temperature. Because of this, when electrical properties of Z_0 etc, are demanded polyolefin & fluorocarbon polymers etc. are used in the insulating material to stabilize ϵ .

電子機器用ケーブルの伝送特性 Electrical properties for data transmission

[補足説明：同軸ケーブル以外の Z_0 とC]

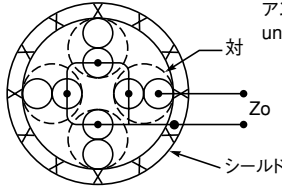
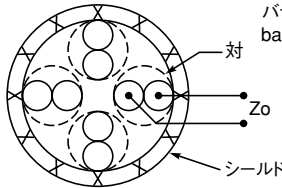
同一ケーブルであっても結線方法(信号伝送方式)により大きく変わります。

(インピーダンスマッチングケーブルの実測例：下表参照)

[Additional information on the Z_0 & C in cable other than coaxial cable.]

Even if the cable is the same, Z_0 and C can be very different by wiring.

(An example of a survey on impedance matching cable is illustrated below).

信号伝送方式 Application	結線方法 wiring	Z_0 (Ω) TDR法	C (pF/m) at 1kHz, 20°C
シングルエンド Single ended	アンバランス unbalanced 	約86	約57
ディファレンシャル Differential	バランス balanced 	約130	約33

・アンバランス (不平衡) 結線：

測定信号線以外のGND線(片対)およびシールドは一括アース。
アース～測定信号線間にて測定。

・バランス (平衡) 結線：

測定信号対以外、すべてオープン。対間にて測定。

・ Unbalanced wiring : All GND wires, with the exception of the measured signal wire, & the shield are bundled together to earth. Measurement is between earth & the measured signal wire.

・ Balanced wiring : With the exception of the measured signal pair, everything is open. Measurement is between pairs.

この両者の関係は、おおよそ下式のとおりとなります。

[アンバランス結線 Z_0] × 1.4~1.6 ≒ [バランス結線 Z_0]

The relationship of both of the above is approximately shown in the equation below :

[Unbalanced wiring Z_0] × 1.4~1.6 ≒ [Balanced wiring Z_0]

2. 遅延時間：Td [ns/m]

絶縁体がない場合(空中に導体を張った場合)、信号は光速で伝わります。

ところが、電線には絶縁体があるため、信号は光速で伝わりません。

(誘電率： ϵ の影響)

電線において、信号が伝わる時間を遅延時間と呼びます。

この ϵ とTdの関係は、下表のような関係になります。

ϵ	大 ←————→ 小
Td	大 ←————→ 小

ただし、特殊な用途以外に、Tdの絶対値が問題とされることはありません。

2. Time delay : Td [ns/m]

If there is no insulating body (when the conductor is an overhead cable - stretched up in the air) the signal is transmitted at light velocity. However, when the cable is insulated, the signal is not transmitted at light velocity.

(Dielectric constant : ϵ influence).

The time taken for the cable to transmit the signal is called the 'time delay' (Td.)

The relationship between this ϵ & Td is as below :

ϵ	big ←————→ small
Td	big ←————→ small

But, except in particular uses, the absolute value of Td is not a problem.

電子機器用ケーブルの伝送特性 Electrical properties for data transmission

3. 減衰量： α [dB/L] (L：試料長さ)

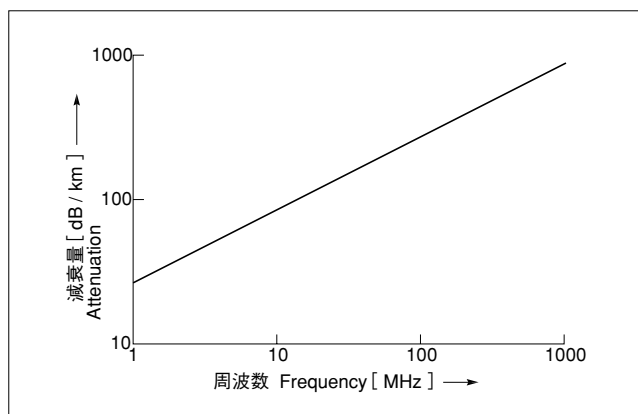
ケーブルで信号を伝送する場合、その構造および電気特性上のエネルギーロスにより、入力信号に対して出力信号が弱くなってしまいます。この入力／出力比を表わしたものが α です。

同一ケーブルの場合、基本的に長さに比例して、かつ周波数が高くなるほど α が大きくなるため、特に長い距離や高い周波数で 사용되는場合に問題とされることが多いのです。

3. Attenuation : α [dB/L] (L : absolute length)

When a signal is transmitted by a cable, because of the energy loss related to the structure & electrical properties ; the output signals become weak. The input/output ratio is shown as : α .

With the same cable, basically because in proportion to its length, the higher the wavelength becomes the bigger α becomes, there are many problems when particularly long distances & high frequencies are used.



50Ω同軸ケーブルの実測例
An example of a survey on 50Ω coaxial cable.