

ケーブルの電磁波シールド特性の評価技術に関する研究

上野大介* 戸枝保* 本多春樹*

Research on Measurement of Electromagnetic Shielding Effect of Coaxial Cable

UENO Daisuke*, TAMOTSU Toeda*, HARUKI Honda*

抄録

銅パイプ法による同軸ケーブルのシールド特性測定について検討を行った。入出力端でのインピーダンス不連続を解消し、銅パイプ内に誘電体を封入し、被測定ケーブルの内側と外側（銅パイプ側）の電磁波伝播速度を揃えることにより、位相のずれを解消した。その結果100KHzから1GHzの周波数帯において同軸ケーブルシールド特性測定が可能となった。また、プリアンプを使用することにより高いシールド特性を持つ同軸ケーブルの測定においても十分な測定レンジを確保できた。

キーワード：同軸ケーブル，誘電率，伝播速度，材料定数，シールド特性

1 はじめに

近年、金属などの価格が乱高下しており、シールド線や同軸ケーブルなどで広く使用されている銅を比較的安価なアルミや鉄などの他の金属へ代替する動きも多いが、それによる性能低下も懸念されている。シールド線や同軸ケーブル等のシールド特性測定には銅パイプ法¹⁾がポピュラーであるが、100MHz以上の周波数になると測定が困難といわれている²⁾。本研究では素材メーカーや電子部品メーカーで広く使用可能な高周波測定法の構築を目指すものである。

測定同軸ケーブル（Cable Under Testを以下CUTとする）へ信号を入力し、漏れ電磁波を銅パイプとCUTによる外側の同軸系で受信し、VNAへの出力を測定することによりシールド性能を観察した。

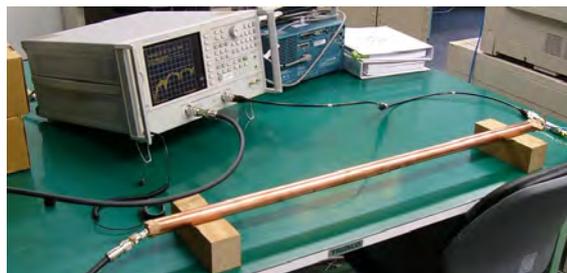


図1 同軸ケーブル電磁波漏れ測定装置の外観

2 実験方法

2.1 測定系

銅パイプ法測定装置外観を図1に示す。測定にはベクトルネットワークアナライザ 8753ES（以下VNAとする）を用いた。測定は長さ1mの銅パイプを使用し、図2のとおり終端器を付けた被

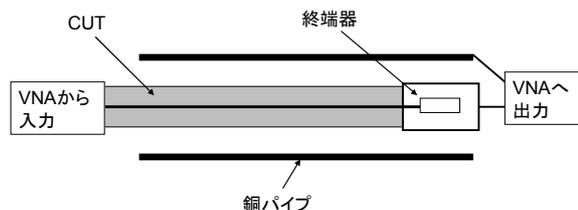


図2 同軸ケーブル電磁波漏れ測定装置の概念図

また、外側の同軸系の特性インピーダンスを50Ωにすることが望ましいと考え、表1のCUT外

* 電子技術部

導体外径から、測定に使用する銅パイプの内径を $\phi 19.5\text{mm}$ と決定した。

2.2 測定試料

本研究で測定した同軸ケーブルを表1に示す。

表1 被測定同軸ケーブル

メーカー	品番	外導体	外導体外径
フジクラ	8D-2V	一重編組	8.7mm
フジクラ	8D-2W	二重編組	9.6mm

3 結果と考察

3.1 出力端の検討

出力端形状による影響を確認するため、図2のような単純接続と図3の円錐型専用コネクタを図4に示すように使用した場合の時間軸での比較を図5に示す。なお、専用コネクタの内導体は銅で作成し、CUTは8D-2Vを用いた。



図3 出力端専用円錐型コネクタ

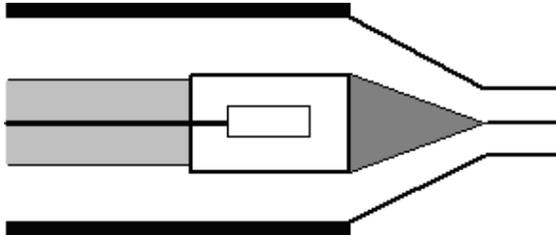


図4 専用コネクタを装着した状態

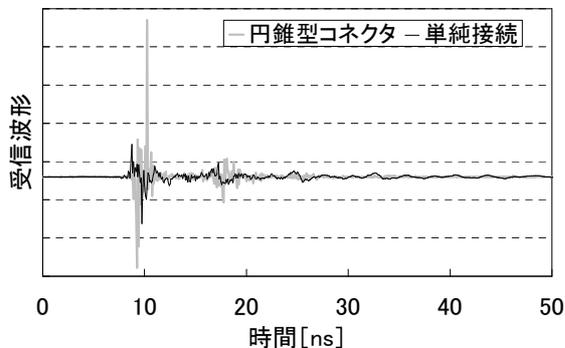


図5 時間軸での出力端形状比較

単純接続の場合は受信波形が小さく、接続部分で反射や減衰が生じていると思われる。よって、3.2以降の測定には円錐型の出力端専用コネクタ

を使用した。

3.2 入力端の検討

図5の20ns付近での波形の乱れは入力端で何らかの反射が発生していると考えられる。そこで、図6のように金属面で塞いで短絡した場合と100Ωの炭素皮膜抵抗を2本で終端した場合（以下100Ω×2とする）および図2,図6のように開放した場合について測定した結果を図7に示す。

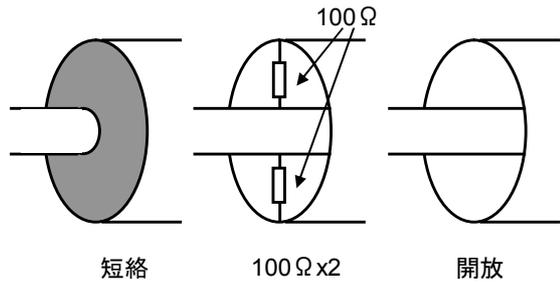


図6 入力端形状概念図

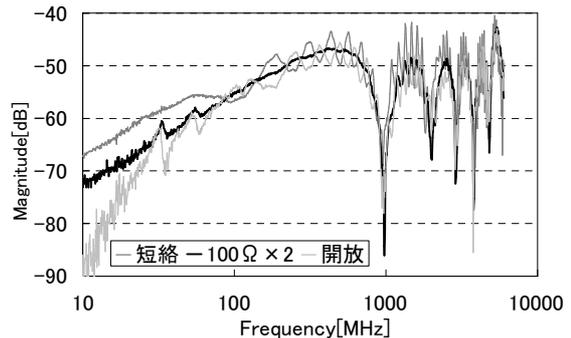


図7 入力端形状比較測定結果

100Ω×2は他の結果と比較して乱れが少なくなった。よって、3.3以降の測定は100Ω×2で入力端を終端して測定をするものとした。

3.3 伝播

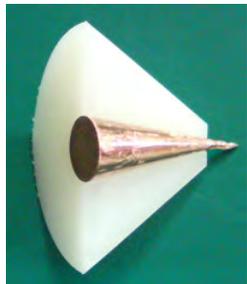
3.3.1 理論

光速を C 、同軸ケーブル内部の誘電体の比誘電率を ϵ とすると同軸ケーブル内部の伝播速度は $v=C/\sqrt{\epsilon}$ となる。銅パイプの長さを L とするとCUTの伝播遅延時間 $T=L*\sqrt{\epsilon}/C$ となり³⁾、これまでの測定では銅パイプ内は空気であらためられているので遅延は無いと、GHz帯では大きな位相のずれが生じ、図7の1GHz以上での乱れの原因になっていると考えた。

3.3.2 誘電体の充填

銅パイプ内に誘電体を充填し、測定系全体の電

磁波伝播速度を揃えるため、パイプ内に塩化ビニルを封入し、図8の出力端専用コネクタの誘電体部分をエポキシ樹脂で作成した。銅パイプを外導体とした外側の同軸系の特性インピーダンスを50



Ωにするため、表1のCUT外導体外径及び誘電率から、測定に使用する同パイプの内径をφ34mmと決定した。銅パイプ内に誘電体を封入した場合と、空気の場合の測定結果比較を図9に示す。

図8 出力端専用円錐型コネクタ

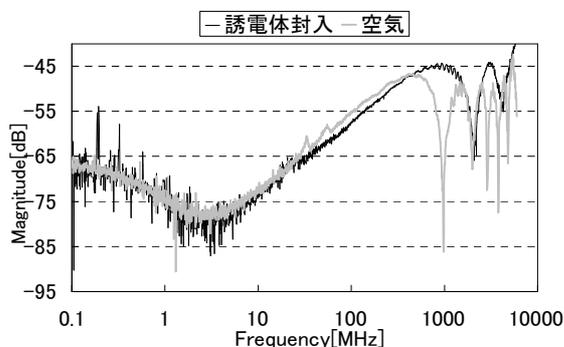


図9 誘電体封入測定結果

空気と比べ、誘電体封入の場合1GHz付近での落ち込みが無くなった。これにより100kHzから1GHzの周波数帯においてCUTのシールド特性の測定が可能となった。

しかし2および4GHz付近に鋭い落ち込みがみられた。何らかの干渉による弱めあいが発生していることが考えられる。

3.4 二重編組測定

一般的にシールド性能が高い二重編組の同軸ケーブル測定するため、表2のプリアンプを使用し、表1の8D-2Wを測定した結果と測定限界(入力信号無し)を図10に示す。

表2 プリアンプ

メーカー	品番	利得	周波数
アジレントテクノロジー	8447D	25dB	MHz帯
東陽テクニカ	TPA0118-30	35dB	GHz帯

10MHz付近では測定結果が測定限界に近い値となったが、両者に10dB程度の差があるため二重編組の測定を達成できたといえる。なお、

16MHzの段差はVNA8753ES内部のレンジ切り替えの影響によるものである。

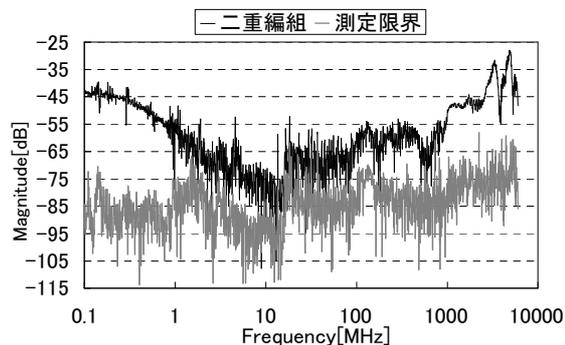


図10 二重編組と測定限界

4 まとめ

同軸ケーブルのシールド特性測定について銅パイプ法による検討をしたところ、次のようなことが分かった。

(1) 入出力端の処理

出力側は円錐型のコネクタを作製し、入力側は100Ωの炭素皮膜抵抗を2本使用することにより入出力端での反射を解消し、MHz帯での測定結果の乱れがなくなった。

(2) 伝播遅延について

同軸ケーブル内外の誘電率を揃えることにより、伝播遅延問題を解消した。その結果100kHzから1GHzの周波数帯において同軸ケーブルのシールド特性測定が可能となった。

(3) 二重編組の測定

プリアンプを使用することにより二重編組の同軸ケーブルの測定においても測定限界から10dB以上のレンジが確保されていることを確認した。

参考文献

- 1) 技術資料電線ケーブルの特性と試験方法, Technical data.9. 日立電線株式会社, www.hitachi-cable.co.jp
- 2) 大沼利男: シールド技術とシールド材, ミマツデータシステム(1996)50
- 3) 碓井有三: 分布定数回路の全て, (2000)5