

超細心同軸ケーブルおよび経済形同軸ケーブルの開発

Extrathin Conductor Coaxial Cable and Economical Type Coaxial Cable

大 西 満* 岡 本 邦 彦*
Mituru Ōnishi Kunihiko Okamoto
川 又 美 雄* 大 森 信 夫**
Yoshio Kawamata Nobuo Ōmori

Described are test results on an extrathin conductor coaxial cable and an economical type coaxial cable, both developed by Hitachi Cable, Ltd. Possible applications of the extrathin conductor cable, which has an insulation with outside diameters of 2 mm and 3 mm, include economical wide-band transmission paths for industrial television and display units. Discussion here centers on low-frequency crosstalk with special reference to base-band video transmission. As for the economical type coaxial cable, which has a simplified outer conductor structure, the structural simplification gives rise to the problem of deteriorated crosstalk characteristics. The crosstalk characteristics inside and outside the unit is discussed assuming application of the cable to high-speed PCM transmission.

1. 緒 言

小形化されたトランジスタ中継器の発展に伴って9.5mm標準同軸ケーブルよりも細径の同軸ケーブルの需要が増大し、4.4mm国際規格の細心同軸ケーブルが開発された状況についてはさきに報告した⁽¹⁾。

最近の各種画像伝送、PCM通信などの発展に伴って、経済的な広帯域通信ケーブルの需要が増大しつつあり、そのための一つの技術方向として平衡形ケーブルの特性を向上させることが研究されているが、他方において同軸ケーブルの外径を縮小させるとともに、構造を簡略化して経済的なものとする方向が考えられている。

本報告においてはまず、外径を縮小したものとして絶縁体外径2mmおよび3mmの超細心同軸ケーブルの諸特性について述べる。

次に外部導体構造を簡略化して原材料の低減と製造工程の減少を図るため、同軸心数心をユニット単位として1工程で製造する方法を検討した。同軸ケーブルの超細心化および外部導体簡略化に伴う特性上の問題としては、漏話特性の劣化があげられる。これら新ケーブルの用途と適用分野について、超細心同軸ケーブルについては特にビデオ伝送に必要な低周波漏話特性を、また、経済形同軸ケーブルについては高速PCM伝送に必要なユニット内外の遠端および近端漏話特性について報告する。

2. 2mmおよび3mm超細心同軸ケーブル

2.1 超細心同軸ケーブルの構造と伝送特性

バロン形絶縁方式を採用した超細心同軸ケーブルの構造は表1に、おもなケーブル特性は表2に示すとおりである。また二次定数周波数特性は図1および図2に示すとおりである。各サイズとも特性インピーダンスは1MHzで75Ωとなるよう設計されており、減衰量は4.4mm細心同軸ケーブルに比較すると2mmおよび3mm超細心同軸ケーブルはそれぞれ約2.1倍、1.5倍の値を示している。ケーブルの均等性を表わすのに自乗正弦波パルスを使った反射減衰量の測定が一般的であるが、超細心同軸ケーブルについては今までの製造実績から各ピース最悪値の累積百分率50%値にて5.5dB(半値幅0.05μsパルス)以上を確保しており、CCITT Recommendationにみられるテレビジョン信号伝送用9.5mm標準同軸に対する要求値をほぼ満足している。

* 日立電線株式会社日高工場
** 日立電線株式会社研究所

表1 超細心同軸ケーブルの構造

項 目	材 質	2mm超細心同軸	3mm超細心同軸
内 部 導 体	軟銅単線	0.6mmφ	0.8mmφ
絶 縁 体	ポリエチレンバロン形絶縁	約2mmφ	約3mmφ
外 部 導 体	軟銅テープ縦添え	0.1mmt	0.1mmt
遮 蔽 体	スズめっき軟鉄テープ	1枚縦添え 1枚開放らせん巻き	1枚開放らせん巻き 1枚重ね巻き (互いに逆方向)
押 え 卷 き	PVCテープ	重ね巻き	重ね巻き
仕 上 り 外 径		約3.5mm	約4.5mm

表2 超細心同軸ケーブル特性

項 目		2 mm超細心同軸	3 mm超細心同軸
特性インピーダンス (Ω、at 1 MHz)		75.0	75.0
減 衰 量 (dB/km)	1 MHz	11.6	8.1
	10MHz	36.7	25.6
静 電 容 量 (nF/km)		50.5	50.0
実 効 誘 電 率		1.24	1.20
直流抵抗 20°C (Ω /km)	内 部 導 体	65.8	34.0
	外 部 導 体	20.0	9.9

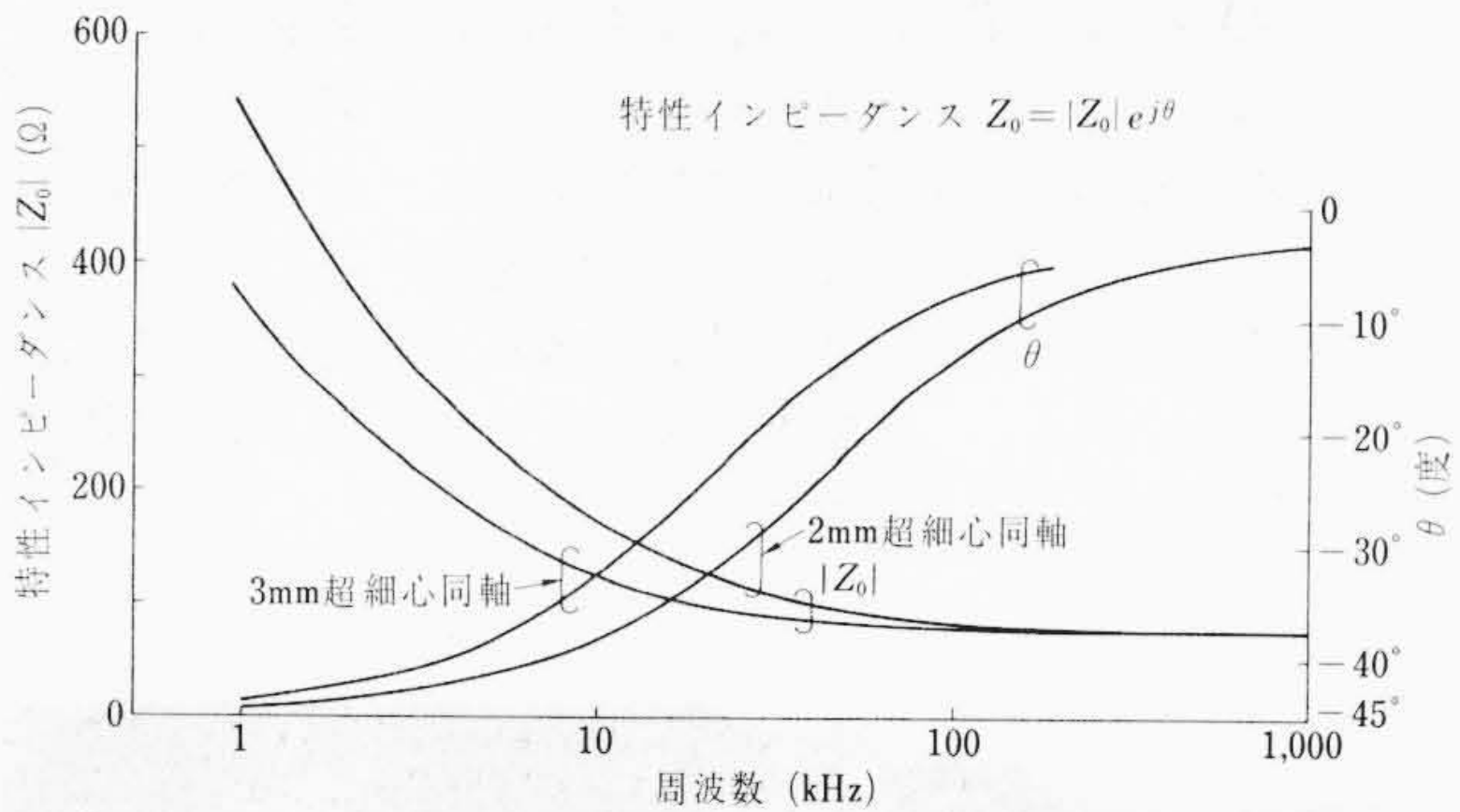


図1 超細心同軸ケーブル特性インピーダンス周波数特性(実測結果)

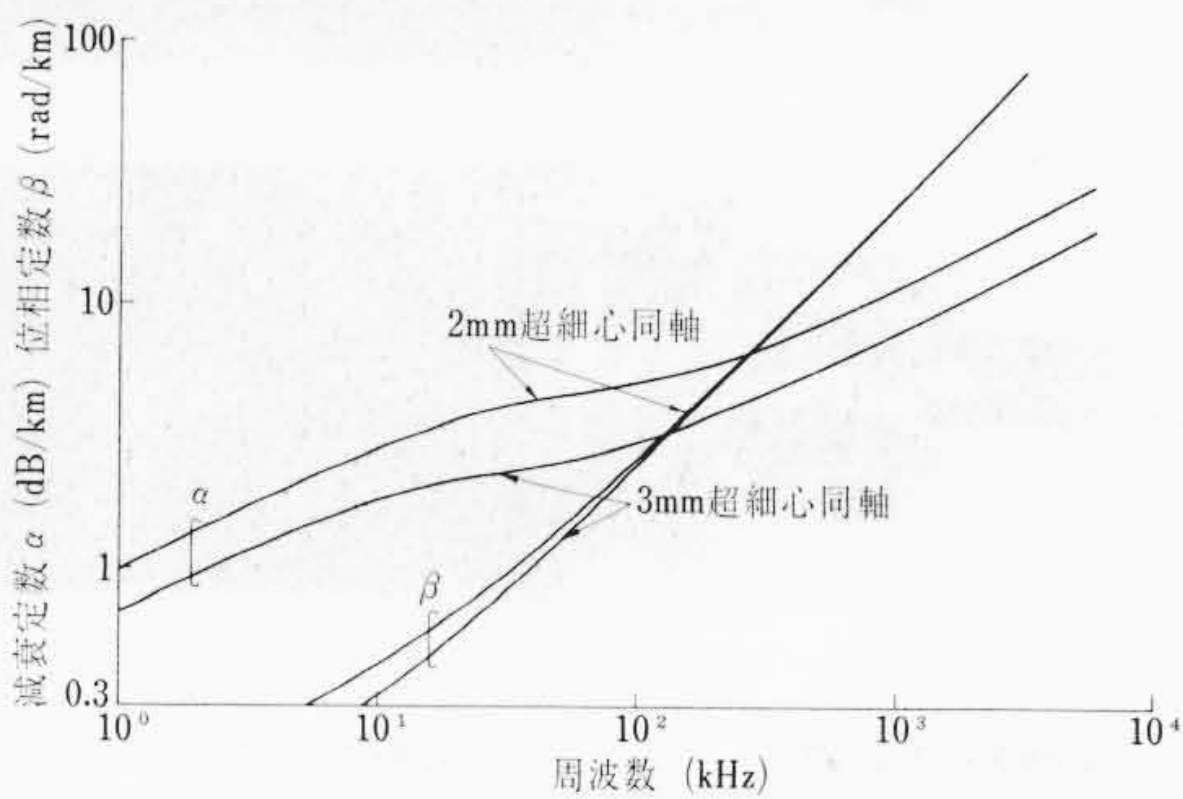


図2 超細心同軸ケーブル伝播定数周波数特性

2.2 複合多心ケーブルと機械特性

図3は30心超細心同軸ケーブルの外観写真である。特に多心になった場合かたくなり曲げやすさの面で問題となる可能性がある。いま曲げやすさの一つの目安として単純支持はりによりケーブルサンプルを支持し中央に荷重をかけ、たわみ量を測定した結果、30心層構成の場合ほぼ同外径のスタルベスケーブルと同じ曲げやすさを示しており、この程度の心数までは実用上問題のない曲げやすさであると考えられる。また曲げによるケーブル特性の変化についてもケーブル外径の20倍径での屈曲ではケーブルには全く異常を起こさず、ビデオ伝送用ケーブルとして実用上問題のないことが明らかにされた。

2.3 ビデオ伝送と低周波漏話減衰量

同軸ケーブルはビデオ伝送用として多くの利点を有するが、平衡形ケーブルに比べた場合、低周波漏話が悪いということがしばしば問題にされる。しかも、同軸ケーブルの漏話特性は外部導体構造により決定され、細径化するに従って低周波漏話特性は悪化する傾向にある。したがって低周波漏話の面では超細心同軸ケーブルは不利である。一方、テレビ電話などのベースバンドビデオ伝送に要求される漏話規格についてはすでに同軸間低周波漏話を受けた画像の画質評価実験結果⁽²⁾より、図4のような結果が得られており次のように要約される。

- (1) 誘導信号、被誘導信号間に同期周波数のずれ(1%)がある場合は、ない場合に比べて6~20dBも検知限界がきびしくなる。
- (2) 1%の同期ずれがある場合、同期周波数近傍での漏話の検知限界は漏話減衰量45~55dBであり、この値は漏話の周波数特性の形状にはあまり大きく左右されない。

2mmおよび3mm超細心同軸ケーブルの開発にあたっては、細径であるという不利をカバーして上記仕様を満たすため、特性面、製造面、実用面からみて、表1のような外部導体構造を採用している。同軸ケーブルの漏話減衰量は一般に次式で表わされる。

$$NXT = 20 \log \left| \frac{4 Z_0 \cdot Z_3}{Z_k^2} \right| - 20 \log N(\gamma, \gamma_3, l) \quad \cdots \cdots (1)$$

$$FXT = 20 \log \left| \frac{4 Z_0 \cdot Z_3}{Z_k^2} \right| + \alpha l - 20 \log F(\gamma, \gamma_3, l) \quad \cdots \cdots (2)$$

ここに、

NXT, FXT : 近端および遠端漏話減衰量(dB)

Z_k : 同軸対の結合インピーダンス

Z_0, α, γ : 同軸対の特性インピーダンス, 減衰量, 伝播(でんぱん)定数

Z_3, γ_3 : 同軸対外部導体間で構成される第3回線の特性インピーダンスおよび伝播定数

l : 同軸ケーブル長



上：2mm超細心同軸ケーブル 下：3mm超細心同軸ケーブル

図3 30心超細心同軸ケーブル

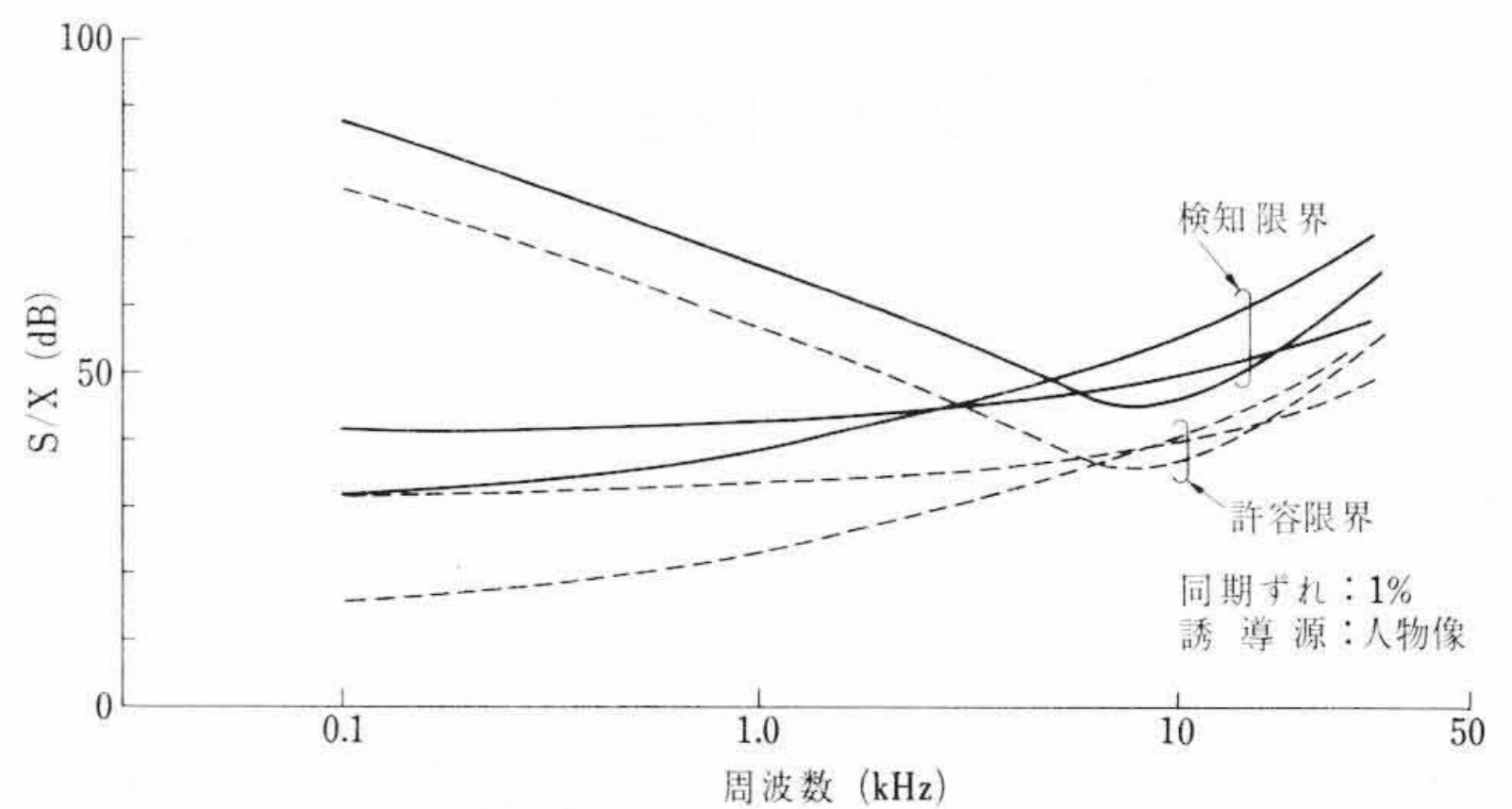


図4 漏話減衰量許容量(オビニオンテスト結果)

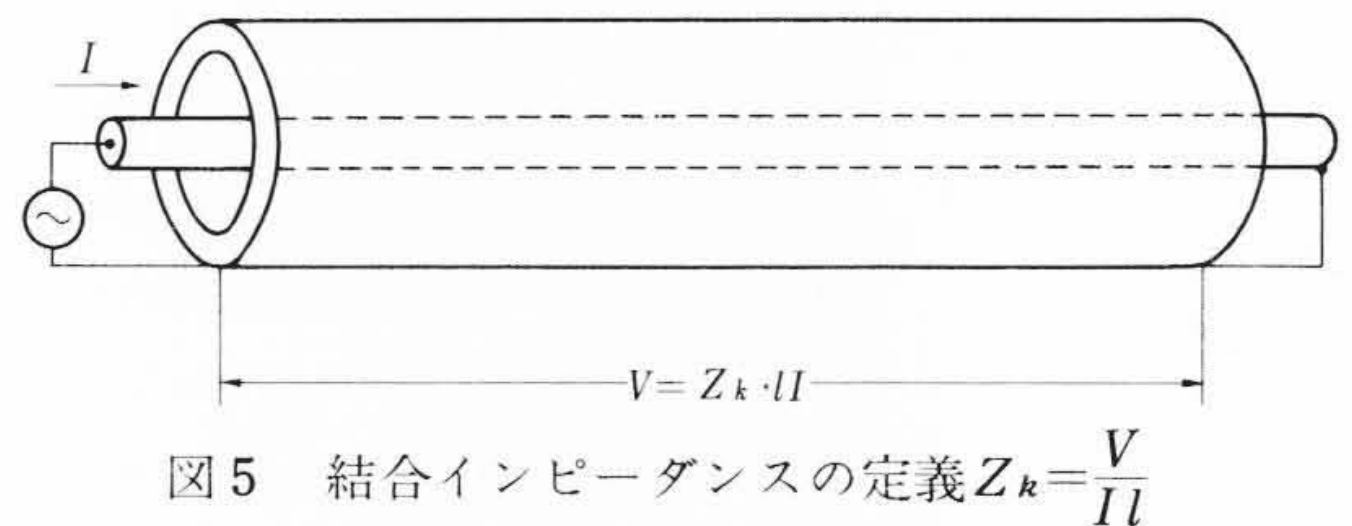


図5 結合インピーダンスの定義 $Z_k = \frac{V}{I}$

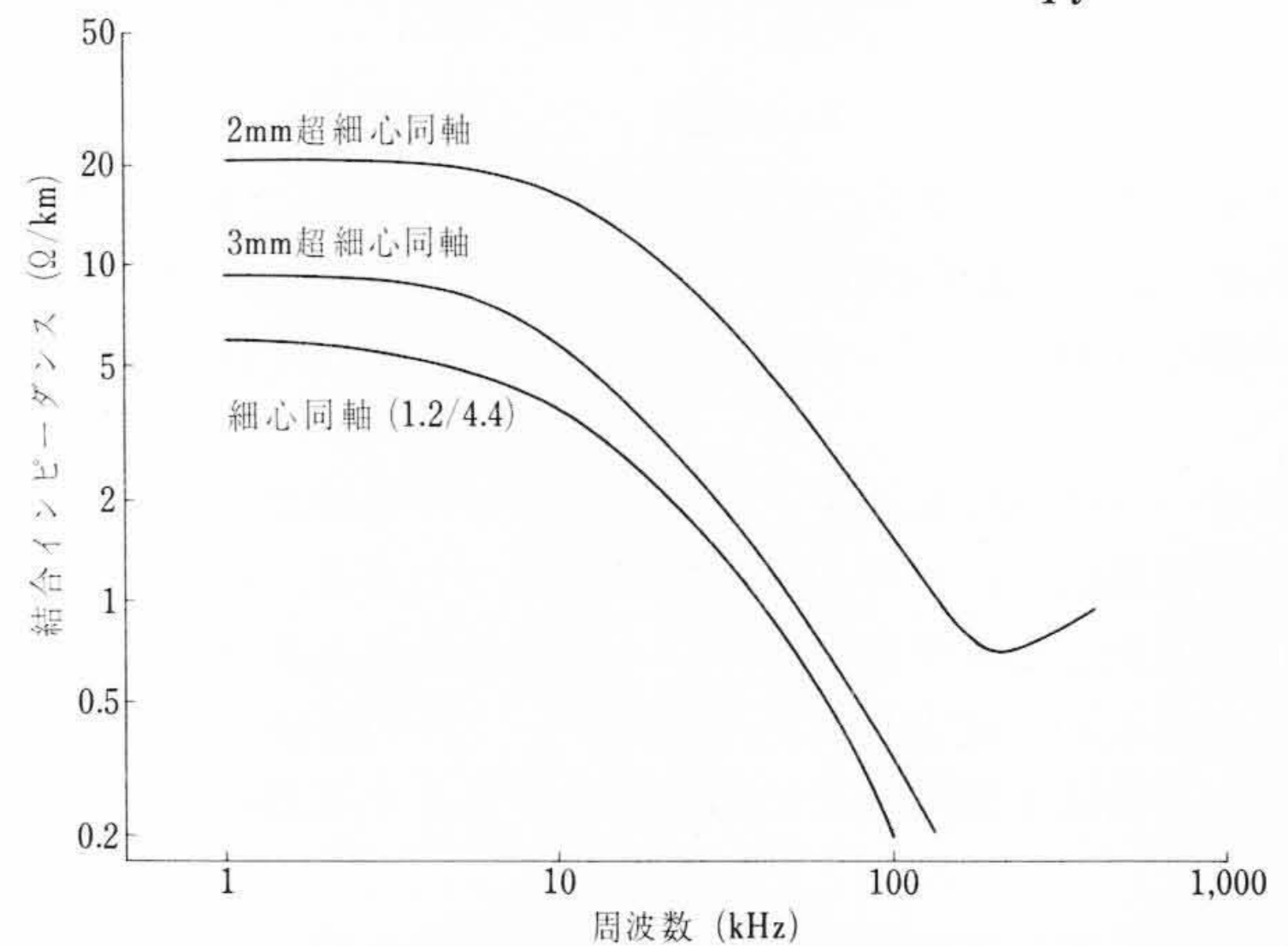


図6 結合インピーダンス周波数特性

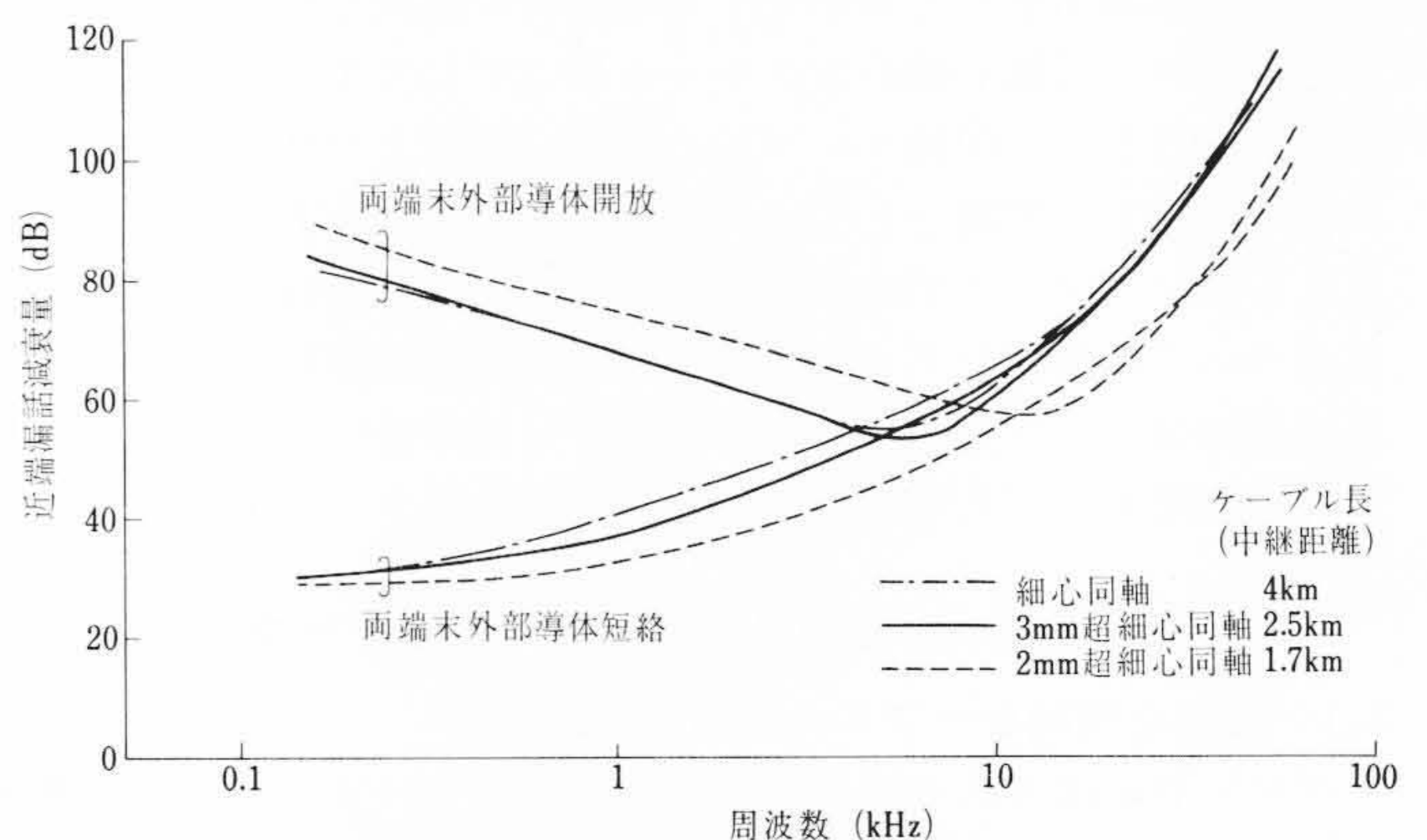


図7 近端漏話減衰量周波数特性

$N(\gamma, \gamma_3, l), F(\gamma, \gamma_3, l)$: γ, γ_3, l の関数

ここで漏話減衰量を決定している最も大きな要素は結合インピーダンス Z_k であり図5にて定義されるものであるが、超細心同軸ケーブルについての実測結果は図6に示す値となる。いま、ベースバンドビデオ信号の無中継伝送可能距離は4MHzにて40dBの減衰量とすると、2mm超細心同軸では $l = 1.7\text{km}$ 、3mm超細心同軸では、 $l = 2.5\text{km}$ となる。この中継区間について実用上きびしい制約となる近端漏話減衰量は図7となる。これは、さきに述べた図4の検知限界を満たしたものであり、ベースバンドビデオ伝送用として十分な特性を有するものであると言える。

3. 経済形同軸ケーブル

PCM伝送技術の発展に伴い従来音声帯域用のみに使用されてきた市内ケーブルによる1.5MbitのPCM伝送が実用化され、さらに平衡形ケーブルによる100Mbit伝送も研究されている。同軸ケーブルについても、PCM伝送に着目した場合現在の構造が必ずしも最適とはいいがたく、経済性を追及すると次に示すような経済形同軸ケーブルが考えられる。これは同軸心数心をユニット単位で同時成形するものであり、従来の同軸ケーブルに比べて原材料の節約と製造工程の短縮とにより経済性を追及したものである。

3.1 経済形同軸ケーブル

図8は1.2/4.4バロン形絶縁16心経済形同軸ケーブルの外観写真である。表3は経済形同軸ケーブルと細心同軸ケーブルとを比較してその相違点を示したものである。経済形同軸ケーブルは各同軸対については押え巻きを施さず単に銅テープの縦添えのみとし、数心を同時成形し、ユニットに集合することによりその際に生ずる力によって各同軸心の外部導体形状を保持するようにしたものである。

経済形同軸ケーブルと細心同軸ケーブルの二次定数を比較した場合、ケーブル構造の相違点である銅テープ厚さの差、横巻き鉄テープの有無、同軸心間絶縁層の有無により、低周波特性においては若干差があるが1MHz以上の特性は全く同じである。

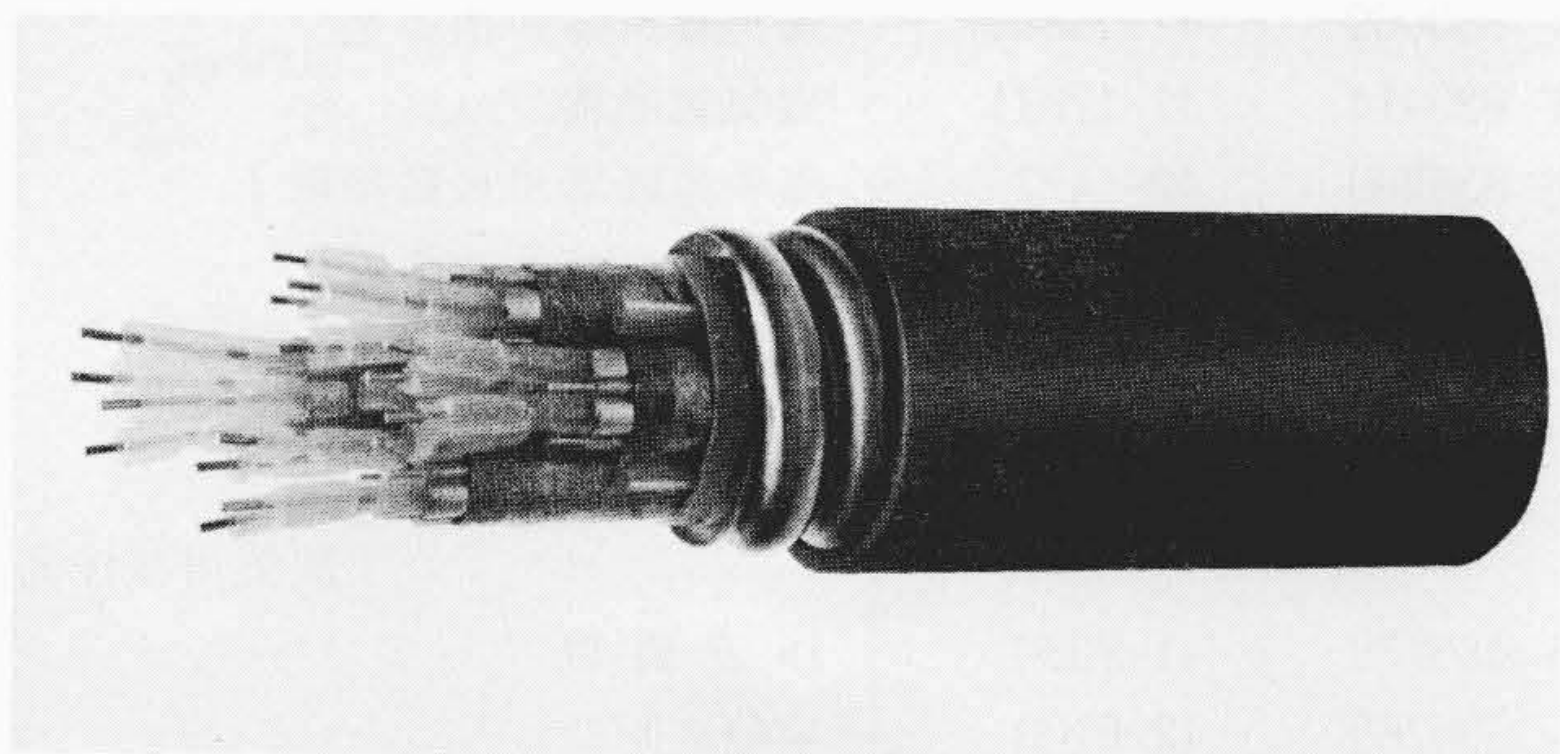


図8 1.2/4.4バロン形絶縁16心経済形同軸ケーブル外観

表3 経済形同軸ケーブル、細心同軸ケーブル構造比較表

項 目	経済形同軸ケーブル	細心同軸ケーブル
内 部 導 体	1.18mmφ軟銅線	1.18mmφ軟銅線
絶 縁 体	バロン形絶縁 約4.4mmφ	バロン形絶縁 約4.4mmφ
外 部 導 体	0.1mm銅テープ重ね縦添え	0.18mm銅テープ突合せ縦添え
同 軸 対 遮 蔽	なし	0.1mmスズめっき鉄テープ 2枚相互反対巻き
外部導体間絶縁	なし	紙巻orPVCテープ巻き
ユ ニ ッ ト 遮 蔽	鉄テープまたはなし	なし

3.2 経済形同軸ケーブルの漏話減衰量

さきに述べた構造より明らかなように経済形同軸ケーブルでは外部導体が互いに電氣的に接触している。この場合、漏話減衰量を表わす式(1)(2)は比較的簡単な形に変形でき最終的に次式となる。

$$NXT = 20 \log \frac{2Z_0}{Z_{Tk}} - 20 \log \left| \frac{1 - e^{-2\gamma l}}{2\gamma} \right| \dots\dots\dots (3)$$

$$FXT = 20 \log \frac{2Z_0}{Z_{Tk}} + \alpha l - 20 \log l \dots\dots\dots (4)$$

ここで Z_{Tk} は総合結合インピーダンスで、経済形同軸ケーブルでは図9の特性を示している。500m長ケーブルのユニット内遠端漏話特性は図10に、ユニット間近端漏話特性は図11に示すとおりである。

特別な場合、ユニット内でさらに大きな漏話減衰量が要求され

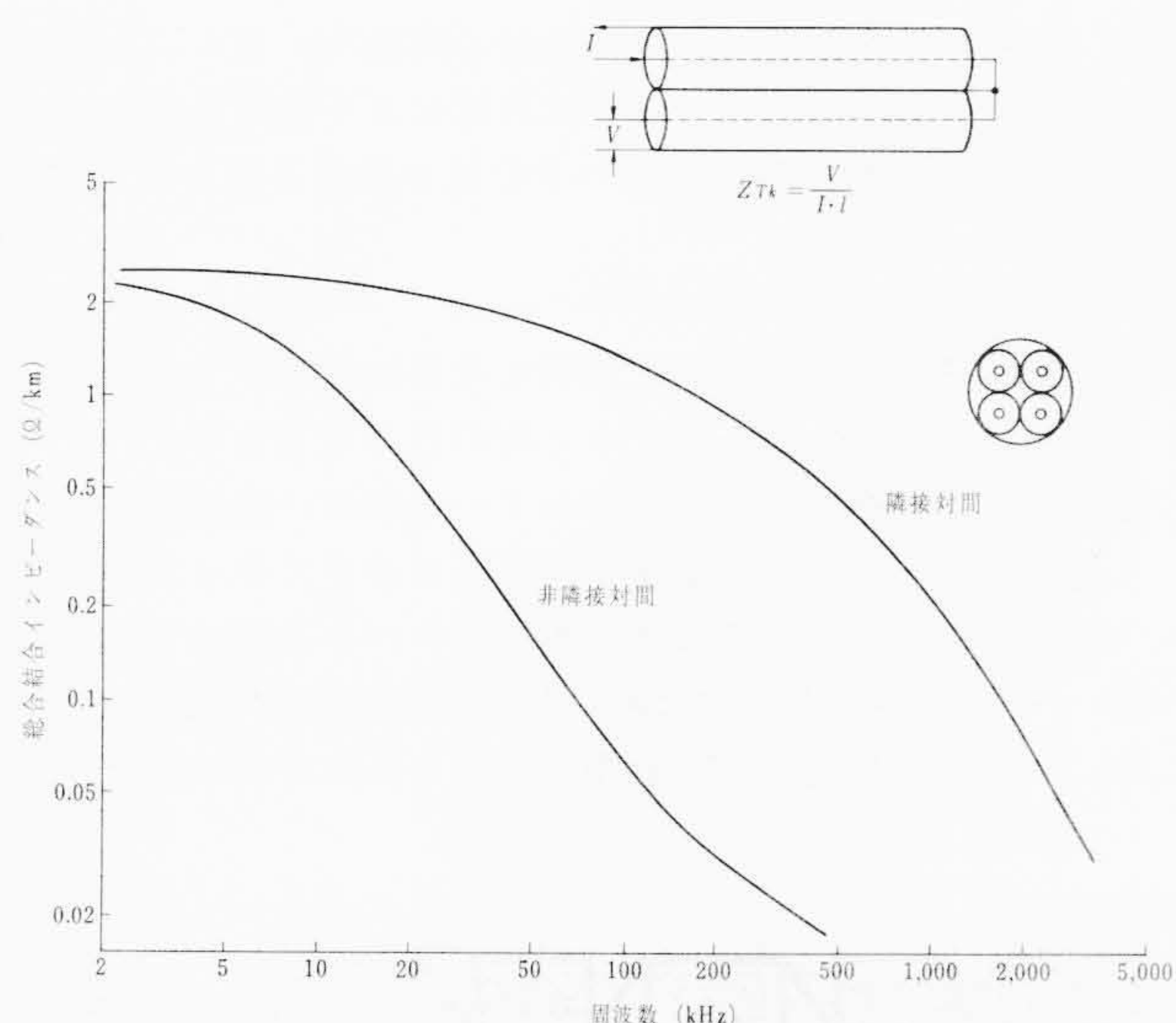
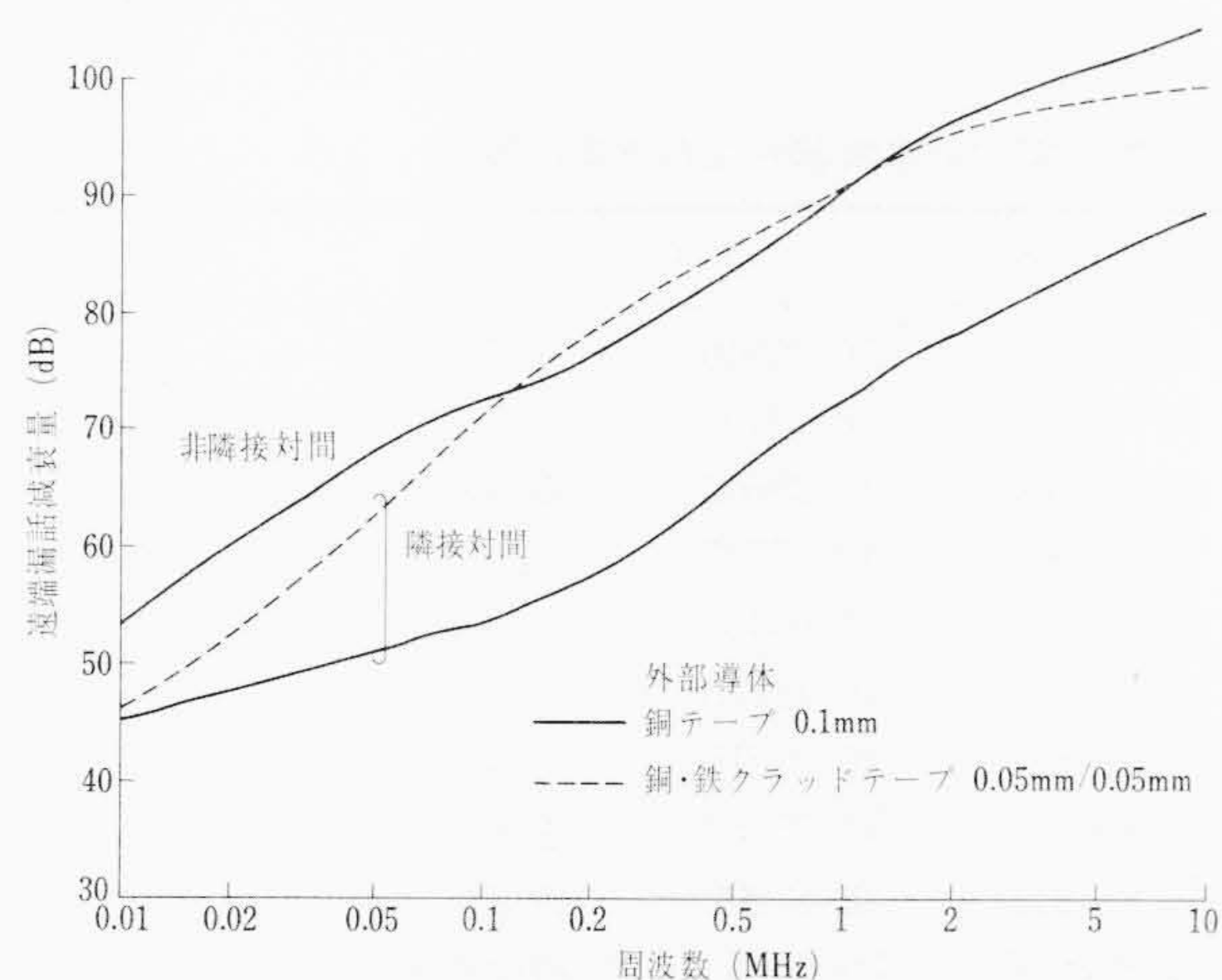
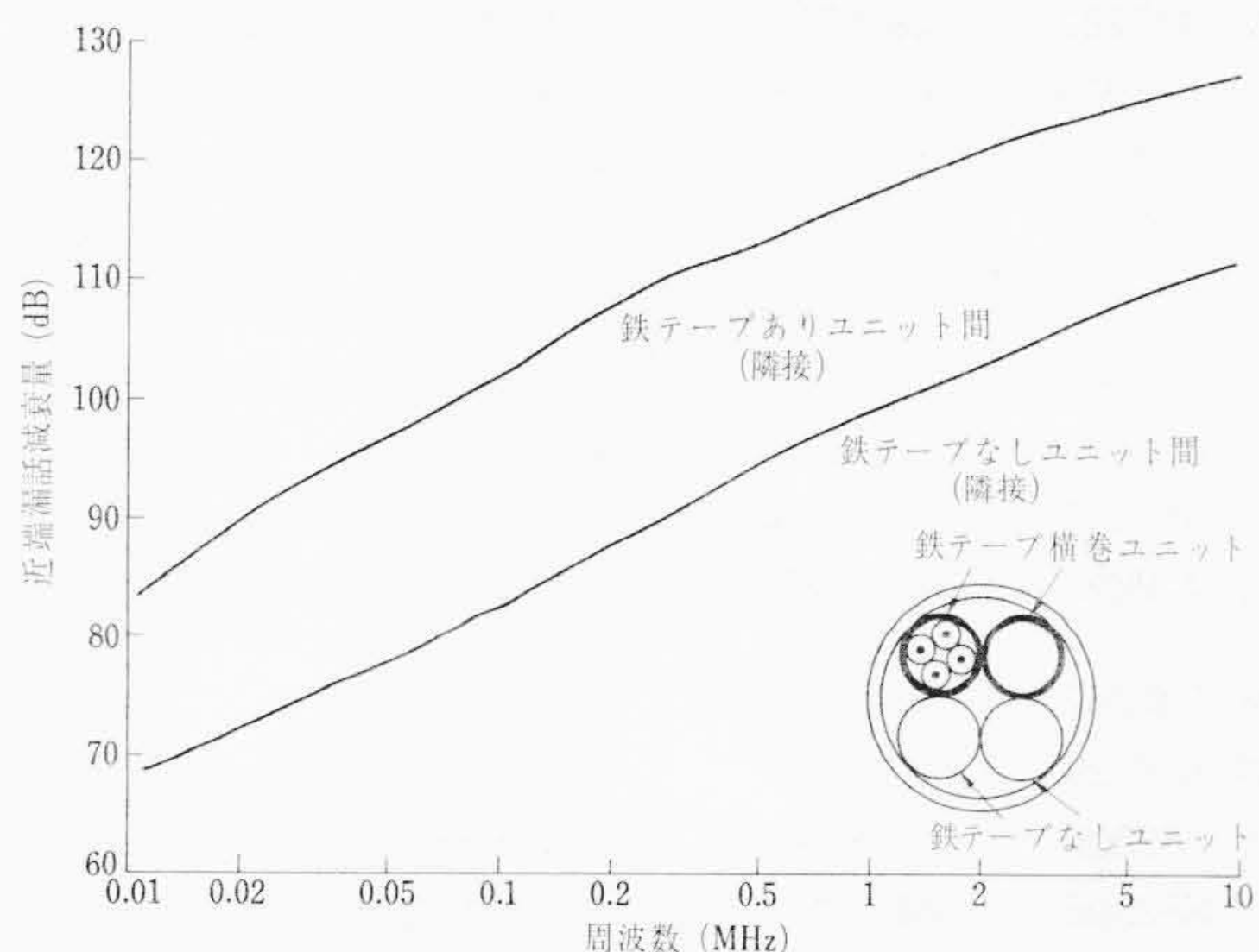


図9 経済形同軸ケーブル総合結合インピーダンス



(ケーブル条長 500m)

図10 経済形同軸ケーブルユニット内遠端漏話周波数特性



(ケーブル条長 500m)

図11 経済形同軸ケーブルユニット間近端漏話周波数特性

る場合には、銅鉄クラッドテープを外部導体を使用することにより、改善が可能であり現在開発が進められている。特性例は図10に一部併記されている。

フランスにおいても経済化を目的とした同様の研究が進められており6ユニット24心経済形同軸ケーブルにて30km実験伝送線路を構成し、106Mbit PCMシステムの実験を続けており、良好な結果を得ていることが報告されている⁽³⁾。

以上は経済形同軸ケーブルを4.4mm径のものに適用した結果であ

るが、同様に、2 mmおよび3 mm超細心同軸ケーブルにも適用可能である。その漏話特性については計算により推定可能であるが適用分野としては20~50Mbit 辺のPCMが適当と思われる。

4. 結 言

日立電線株式会社において開発した2 mmおよび3 mm超細心同軸ケーブルのおもな特長をあげると次のとおりである。

- (1) バロン形絶縁方式を採用しているため、低減衰量である。言い換えると同じ減衰量では外径が小さくしており多心形同軸ケーブルとすることが可能でスペースファクタが良い。
- (2) ベースバンドビデオ伝送に必要な漏話特性を確保している。
- (3) バロン形絶縁方式を採用しており長さ方向の均一性が良好である。

- (4) 遮蔽(しゃへい)体のスズめっき軟鉄テープには補強効果を持たせてあるため屈曲による特性劣化が少なく、すぐれた伝送特性が確保できる。

経済形同軸ケーブルについては、従来の同軸ケーブル構造の考え方と異なる経済的な構造が製造可能であることを明らかにし、高速PCM伝送用ケーブルに適していることを報告した。

参 考 文 献

- (1) 岡本ほか：日立評論 48, 848 (昭41-7)
- (2) 中山, 牛島, 大西ほか：日立評論 53, 684 (昭46-7)
- (3) G.Fuchs & R.Mathieu: a new Coaxial Cable for PCM Systems, 20 th International Wire & Cable Symposium.



特 許 と 新 案



日立製作所所有の特許(主要特許のみを抜すい)

■ 電力用遮断器および保護装置

登録番号	公告番号	名 称	登録番号	公告番号	名 称
特 400615	36-20610	空気遮断器	特 560107	44-7838	真空遮断器用電極
特 454128	40-5370	空気遮断器の操作装置	実 830069	41-24888	磁気遮断器の消弧室
特 546509	43-29602	電磁巻線の絶縁処理法	実 825414	41-17311	磁気遮断器
特 463906	40-17737	空気遮断器の抵抗接点装置	実 836209	42-4427	気中遮断器用可動接触子
特 483755	41-6943	空気遮断器	実 775616	40-2	両方向高速度遮断器
特 462687	40-14773	電力用遮断器	実 828222	41-22656	油入遮断器
特 490824	40-28616	大容量電磁弁装置	実 779195	40-9642	空気遮断器の冷却装置
実 830041	41-23954	磁気遮断器の消弧装置	特 450206	39-24910	空気遮断器に於ける エアリング装置用減圧器
実 844371	42-17202	磁気遮断器の消弧装置	特 485739	41-9280	鎖錠装置
特 308516	36-6366	溶融亜鉛メッキクロム酸処理法	特 500269	42-6100	界磁遮断器
特 268732	35-8023	空気遮断器	特 533390	43-14575	高純度水素炉
特 473885	40-6488	磁気遮断器の消弧装置	実 847852	42-21373	高圧気中しゃ断器
特 437792	39-9718	空気遮断器の操作装置	実 894150	44-16863	導体の絶縁装置
特 528919	43-8048	並列抵抗接点を有する空気遮断器	実 877419	43-28992	空気遮断器の引出し鎖錠装置
実 841933	42-15687	磁気遮断器の消弧装置	実 852665	43-3292	高圧開閉器
実 859059	43-9125	空気遮断器の接触子構造	実 830036	41-24889	空気遮断器の操作棒 中継リンク装置
実 792695	40-23055	開閉器用電気接触子	実 834981	42-2015	磁気吹消遮断器
実 550768	36-11353	空気遮断器の消音装置	実 836489	42-9767	電磁接触器
特 461209	40-12431	電力用遮断器	実 838269	42-10722	高圧電磁接触器
特 468164	40-21365	空気遮断器	実 801504	40-33108	遮断器の支持碍子
特 462695	40-14771	空気力操作電気開閉器の 制御弁装置	実 775635	40-2179	遮断器用接触部
特 542767	43-24001	磁気遮断器	実 775636	40-3294	空気遮断器の操作装置
特 478129	41-2501	空気遮断器の操作弁	実 783845	40-13478	空気遮断器の電磁弁復帰装置
実 883002	44-5236	真空遮断器の保護装置	実 817704	41-12928	手動操作弁
実 883006	44-5238	真空開閉器の支持装置	実 827512	41-24443	電 磁 弁
実 788820	40-17155	空気遮断器用接触子	実 765027	39-25313	空気遮断器用接触子
実 524857	35-13432	空気遮断器の緩衝装置	実 766358	39-29515	空気遮断器の固定接触子
実 778140	40-7613	空気遮断器の操作装置	実 813944	41-3583	逆 止 弁
実 783849	40-13948	空気遮断器の操作装置	実 830039	42-1348	プッシング
実 841936	42-15683	磁気遮断器用消弧室の 消弧隔壁積層体	実 844341	42-18342	遮断器切入表示器
実 859976	43-13567	遮断器操作装置	実 555683	36-11351	高速度気中遮断器投入装置
実 830048	41-23961	空気遮断器の消音装置	実 827476	41-24210	壁貫形プッシング
特 460356	40-13654	溶接スパッター除去剤	実 821510	41-18433	直流遮断器の引外し装置
特 416159	38-11731	遮断器引出装置	実 789975	40-20825	負荷遮断器
特 462697	40-14772	空気力操作電気開閉器の 制御弁装置			