

Z形ユニットスクリーンケーブルの特性

Characteristics of Z-type Unit Screen Cable

岡 本 邦 彦* 大 西 満*
Kunihiko Okamoto Mitsuru Ōnishi
野 田 肇* 大 森 信 夫**
Hajime Noda Nobuo Ōmori

In a balanced multi pair cable whose two unit are separated with a Z-shaped aluminum tape, near-end crosstalk is decreased by 40 to 60 dB at the frequency ranging up to 10 MHz, as compared with non-shielded cables.

In the present study the following two types of cables which are shielded by the abovementioned technique were tested at 4 MHz.

- (1) Video dual direction transmission cable: near-end crosstalk, more than 100 dB; attenuation, less than 20 dB/km.
- (2) PCM120 channel transmission cable: Repeater spacing, 6 km; near-end crosstalk, more than 125 dB; attenuation, less than 12 dB/km.

1. 緒 言

画像通信やPCM伝送の発展に伴って高周波伝送の需要が増大している。従来、高周波伝送には同軸形のケーブルが使用されてきたが⁽¹⁾、最近の伝送上の必要性に伴って平衡形のケーブルが復活してきた⁽²⁾。ここに述べる東行西行を中央で二分する構造も、古くは松前重義博士が世界に先んじて無装荷ケーブル方式を発表された際、日満連絡用ケーブルに採用されたものである⁽³⁾。しかしながら単なる復活でなく、新しい伝送上の要求に対応して周波数範囲も100倍以上に拡大されており、きびしい漏話上の制約を克服することが必要となった。筆者らは、これらの点を考慮し1~10MHz帯に用いられる平衡対ケーブルとして、Z形に成形したアルミニウムテープで二つのユニットを分離遮蔽(しゃへい)したケーブルを開発し、その適用分野の検討を行なった。

2. ケーブルの構造設計

従来、有線伝送を制限してきた要素は、減衰量、遠端および近端の漏話である。使用する周波数が高くなるに従って、減衰量の少ないケーブルが中継距離を伸ばし、経済的な伝送を行なううえで不可欠なものとなってくる。最近の傾向として同一外径で最少の減衰量を得るため従来のケーブルよりも低容量で高インピーダンスの平衡対が用いられており、30nF/km以下の低容量ケーブルが望ましいとされている^{(2),(4)}。

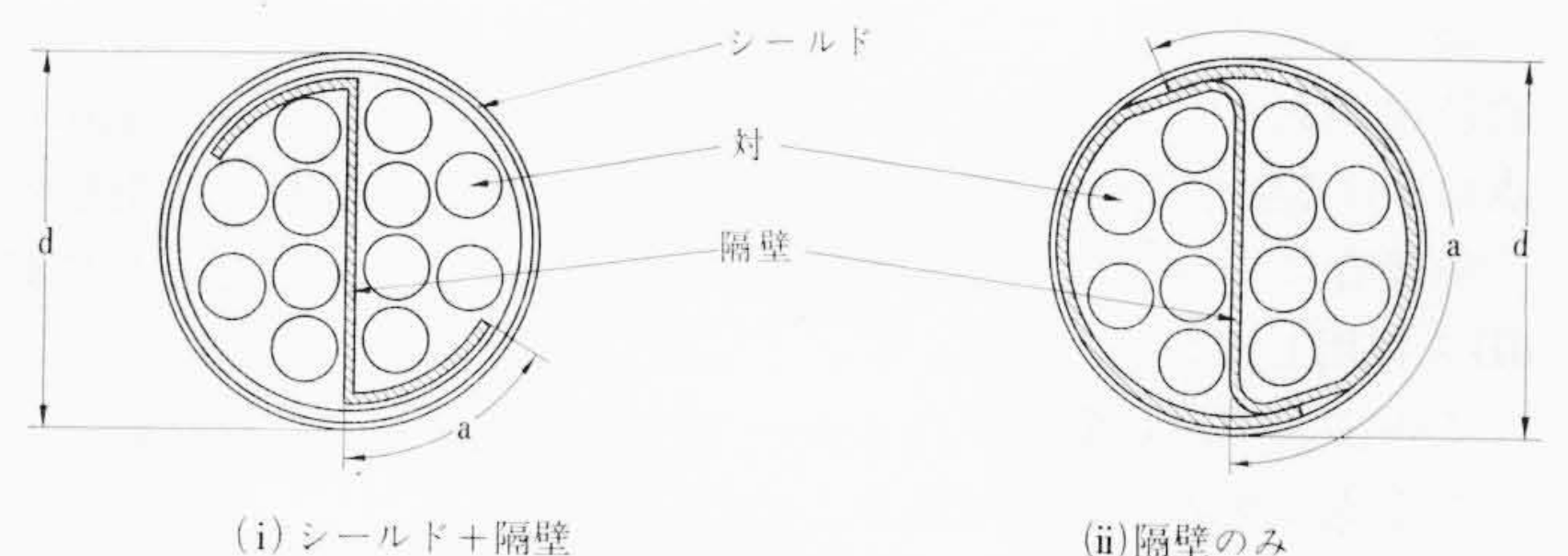
次に漏話に関しては製造レベルを向上させるため種々な方法が検討されている。一つの方法はユニット内の対数の制限とピッチ組合せの選定であり、またコアの均一化と対撚(ついより)時における等張力方式があり、また対取りを行なうことが提案されている。しかしこれらの方法による漏話改善は特別な場合を除き10dB以内にとどまる。また各種伝送を制約する条件としては遠端漏話よりも近端漏話のほうがきびしい。

われわれはこれらの点を考慮し、異方向伝送の二つのユニット

間をアルミテープで中央で二分し近端漏話を改善する方法を採用することとした。この方法は1MHz以下の伝送に用いられているが⁽⁵⁾、1~10MHzまでの伝送を行なう場合問題となるのは隣接する二つのユニット間の遮蔽ギャップによる漏えいを防止することである。われわれがこの点を考慮して行なった実験は次のようなものである。

検討の対象としたケーブルには図1に示すように二つの6対ユニットの間に金属テープをそう入して、ユニットを分ける隔壁とした12対ケーブルである。なお隔壁の近端漏話改善効果を確認するために、ポリエチレンテープを金属テープの代わりに成形そう入したケーブルもあわせて実験した。図1のように隔壁の折返し部分の長さを a 、シールド径を d としたとき、次式で表わされる量を隔壁係数と名づける。

$$Z = \frac{2a}{\pi d} \times 100\%$$



試料番号	シールド構造	隔壁構造			構造図
		材質	厚さ	隔壁係数	
①	0.2mm アルミテープ縦ぞえ	ポリエチレンテープ	0.2mm	隔壁なし	図1(i)
②	"	アルミテープ	0.1mm	約15%	"
③	"	"	"	約30%	"
④	0.2mm アルミテープ縦ぞえ	"	"	約60%	図1(i)
⑤	なし	アルミテープ	0.1mm	100%以上	図1(ii)

図1 試作ケーブルの構造

* 日立電線株式会社日高工場

** 日立電線株式会社研究所

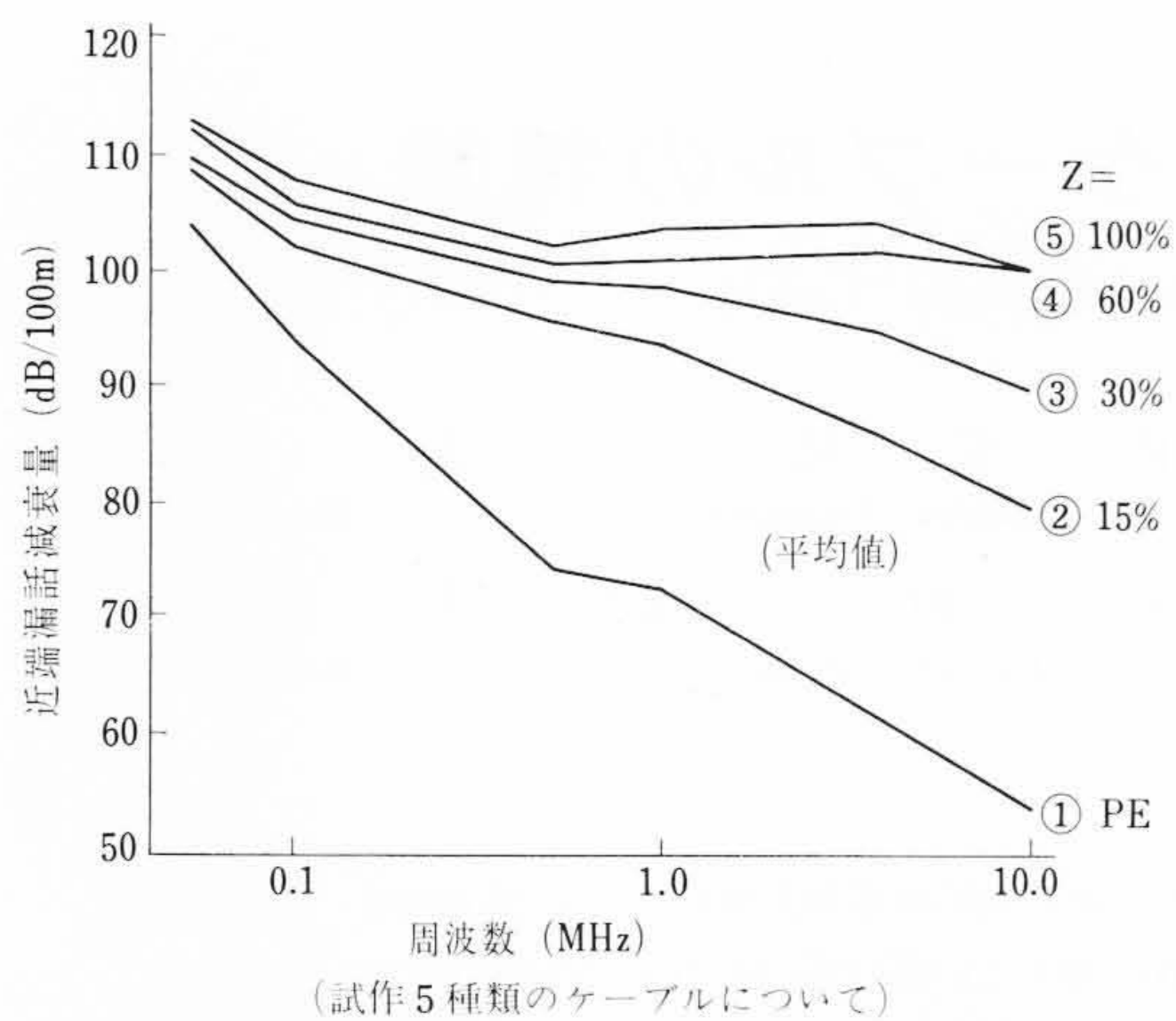


図2 隔壁係数と近端漏話減衰量との関係

隔壁係数の異なる5種類のケーブルにつき近端漏話減衰量の測定結果を図2に示した。顕著なことは1MHz以下では改善効果は20dB程度で種類によりそれほど差異が見られないが、4MHzにおいては全周を遮蔽し、隔壁と外部シールドの間から漏えいのない構造のものが最も良く、改善効果は約40dBとなっている。

われわれはこのシールド構造を近端漏話改善のために採用し、この構造を応用したケーブルとして次の二つの用途のケーブルを開発した。

3. ビデオ双方向伝送用ケーブル

3.1 システム的考察

将来1～4MHzの帯域を有する双方向テレビを多数伝送する必要があるものと予想されている。特に工業用テレビや書画伝送などにおいてテレビ画質に対する要求はきびしくなるため、4MHz帯域のものが重要となるであろう。

テレビ伝送における漏話に対する要求値としては、テレビの同期信号に対する低周波漏話と最高周波数に対する漏話の二つを考慮することが必要である。

低周波漏話に対しては従来規格値が明らかにされていなかったが、われわれは実際の画像評価実験を行ない規格値を設定した⁽⁶⁾。これは同軸をビデオ伝送に用いるときに必要な値であり、低周波漏話許容値の設定の際役立ったが、平衡対ケーブルにおいては十分達成されている。この点がビデオ伝送において一般に平衡対ケーブルを用いる理由であり、経済的なものとして推薦することができる。

高周波漏話に関しては、信号対漏話比としてA. D. Fowlerの実験結果があり⁽⁷⁾、これによると漏話結合のこう配によって4MHz点における値を決めることができるが、われわれは25dBを採用した。

熱雑音についてはランダム雑音であり、信号対漏話比として45dBを採用した。

このS/N値から要求されるケーブルの減衰量および漏話規格を求める式は次のとおりである。

(a) 熱雑音制限

$$k_T = P_0 - N_i - N_f = (S/N)_T + \alpha \cdot L + 10 \log n$$

(b) 遠端漏話制限

$$k_{FXT} = A_{Fmean} - 20 \log f_M - \sigma_F = (S/N)_F + 10 \log \frac{L}{l} + 10 \log m \cdot n$$

(c) 近端漏話制限

$$k_{NXT} = A_{Nmean} - 15 \log f_M - \sigma_N = (S/N)_N + \alpha \cdot L + 10 \log m' \cdot n$$

ここに、

$$P_0: \text{送出電力} \quad (14 \text{ dBm})$$

$$N_i = 10 \log k \cdot T \cdot B_{eff}: \text{熱雑音電力} \quad (-101 \text{ dBm})$$

k : ボルツマン定数

T : 絶対温度

$B_{eff} = 2 f_m$: 実効周波数帯域

f_m : 最高周波数 (4 MHz)

N_f : 中継器の雑音指数 (10 dB)

$(S/N)_T$: 熱雑音の許容 S/N 比 (45 dB)

$(S/N)_F$: 遠端漏話の許容 S/N 比 (25 dB)

$(S/N)_N$: 近端漏話の許容 S/N 比 (25 dB)

α : ケーブルの減衰量 (dB/km)

L : 中継間隔 (km)

l : ケーブルの製造長 (km)

n : 中継区間数

m : ユニット内対数

m' : ユニット間対数

A_{Fmean} : 遠端漏話平均値 (基準周波数1MHz, 製造長あたり) (dB)

σ_F : 遠端漏話標準偏差 (dB)

A_{Nmean} : 近端漏話平均値 (基準周波数1MHz) (dB)

σ_N : 近端漏話標準偏差 (dB)

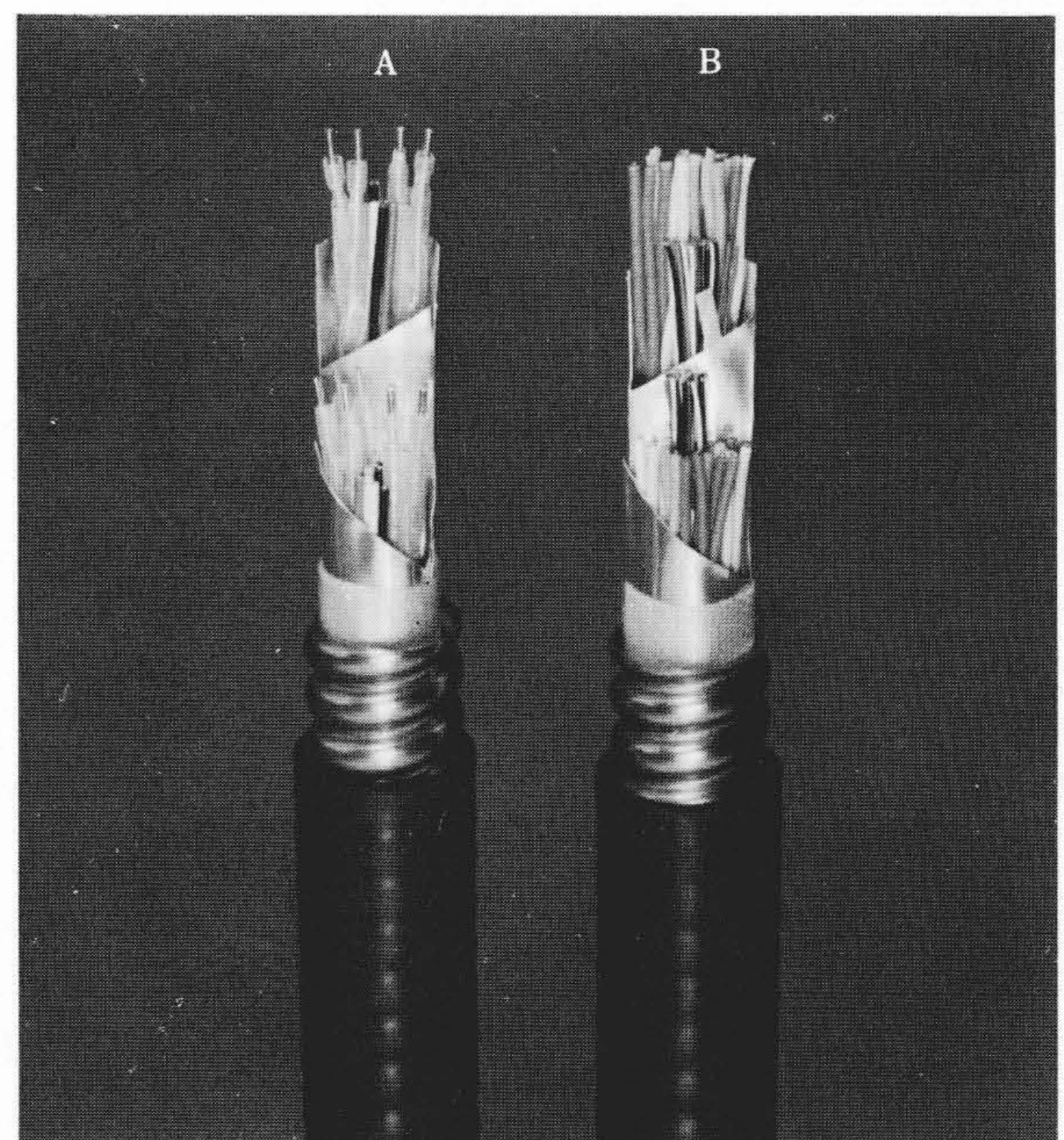
中継器利得 $\alpha \cdot L = 50 \text{ dB}$, 中継距離 $L = 2.5 \text{ km}$ のとき10中継まで伝送可能があり、20対ケーブルを使用するとき、ケーブルに対する要求値は4MHzにおいて次のとおりである。

$$\alpha = 20 \text{ dB/km} \quad K_{FXT} = 55 \text{ dB/250m} \quad K_{NXT} = 95 \text{ dB}$$

3.2 ケーブルの電気特性

製造したケーブルは減衰量の条件からビデオ伝送用として0.65mm, 20対PEF絶縁低容量ケーブルで、10対×2ユニットを、Z形にシールドを行なっている。このほか電話用として0.4mm×10カッドを含む。図3(B)はこのケーブルの写真を示したものである。

このケーブルの減衰量特性は図4に、漏話特性は図5に示すとおりであるが上記伝送所要条件を満足している。遠端漏話特性に関しては、ピッチ選定および対取りなどにより従来より7dB程度改善されたが、さらに検討を行なっている。また静電容量値および特性インピーダンスは平均約28nF/kmおよび140Ωとなっている。



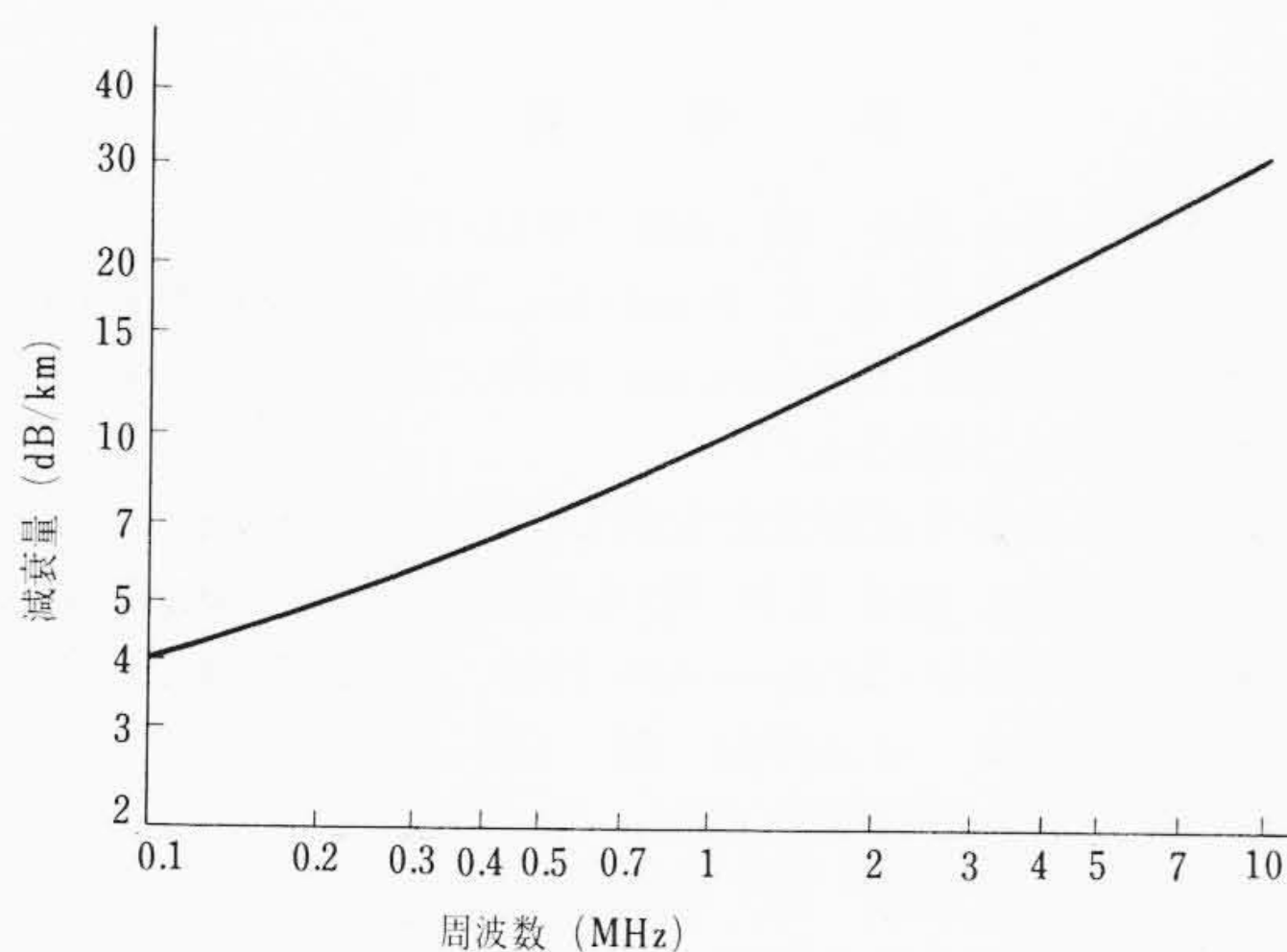
(A) PCM-120方式用ケーブル

(1.2mm×4対バロン絶縁, 0.9mm×4カッド)

(B) ビデオ伝送用ケーブル

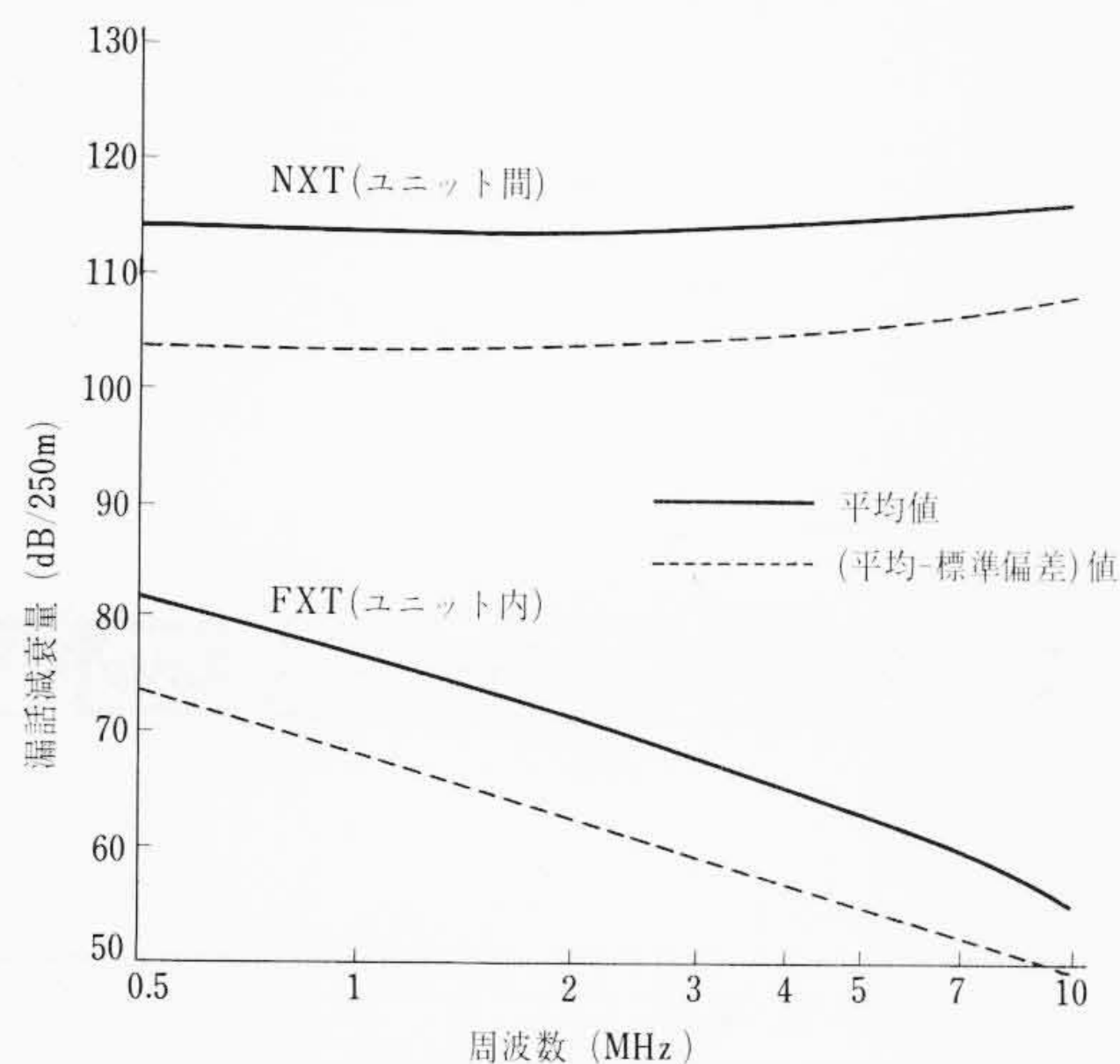
(0.65mm×20対, 0.4mm×10カッド)

図3 Z形ケーブル



(0.65mm×20対ケーブル 20°C)

図4 減衰量の周波数特性



(0.65mm×20対ケーブル)

図5 近端および遠端漏話の周波数特性

4. PCM120チャネル用ケーブル

PCM120方式は電話120チャネルを7.8752Mbit/sで伝送する方式で、わが国でますます広範囲に使用されることが期待されている。

われわれは日本国有鉄道の要求に基づき、駅間最大6kmを無中継で、PCM120方式の2～3システムを伝送するに適したケーブルを検討することとなった。伝送距離200km(ループ)、システム誤り率 10^{-7} 以下とした場合、ケーブルに要求される性能は次のとおりである。

$$\alpha < 72 \text{ dB/6km} = 12 \text{ dB/km} \quad (4 \text{ MHz において})$$

$$\text{NXT} > 120 \text{ dB/6km} \quad (4 \text{ MHz において})$$

$$\text{FXT} > 45 \text{ dB/6km} \quad (2 \text{ MHz において})$$

まず減衰量12dB/kmの条件より比較的小径の低容量、低減衰量のケーブルとなるので、コア絶縁体としてバロン形絶縁方式を用いることを検討した。これは平衡形ケーブルの絶縁としても誘電率が1.3でPEF絶縁よりも小さくなるので搬送周波数帯のケーブルとしても使用した実績がある⁽⁸⁾。今後、低容量ケーブルが要求される時代にも有利と考えられる。

次に近端漏話として120dB以上が必要となり先のケーブル設計では達成できない。われわれはまずアルミテープ0.1mmの代わりに銅テープ0.1mmのものを検討したが十分でなかったため、アルミテープ0.1mmのもの2枚を用いる構造を開発し、図6のように目標を達成することができた。この値は金属シールドの遮蔽理論値とも合致している。

製造したケーブルの写真は図3(A)に示すとおりで、左右の各ユニットにはそれぞれ1.2mmバロン絶縁対を2対と、0.9mm PE充実絶縁の2カッドを含む構造となっている。

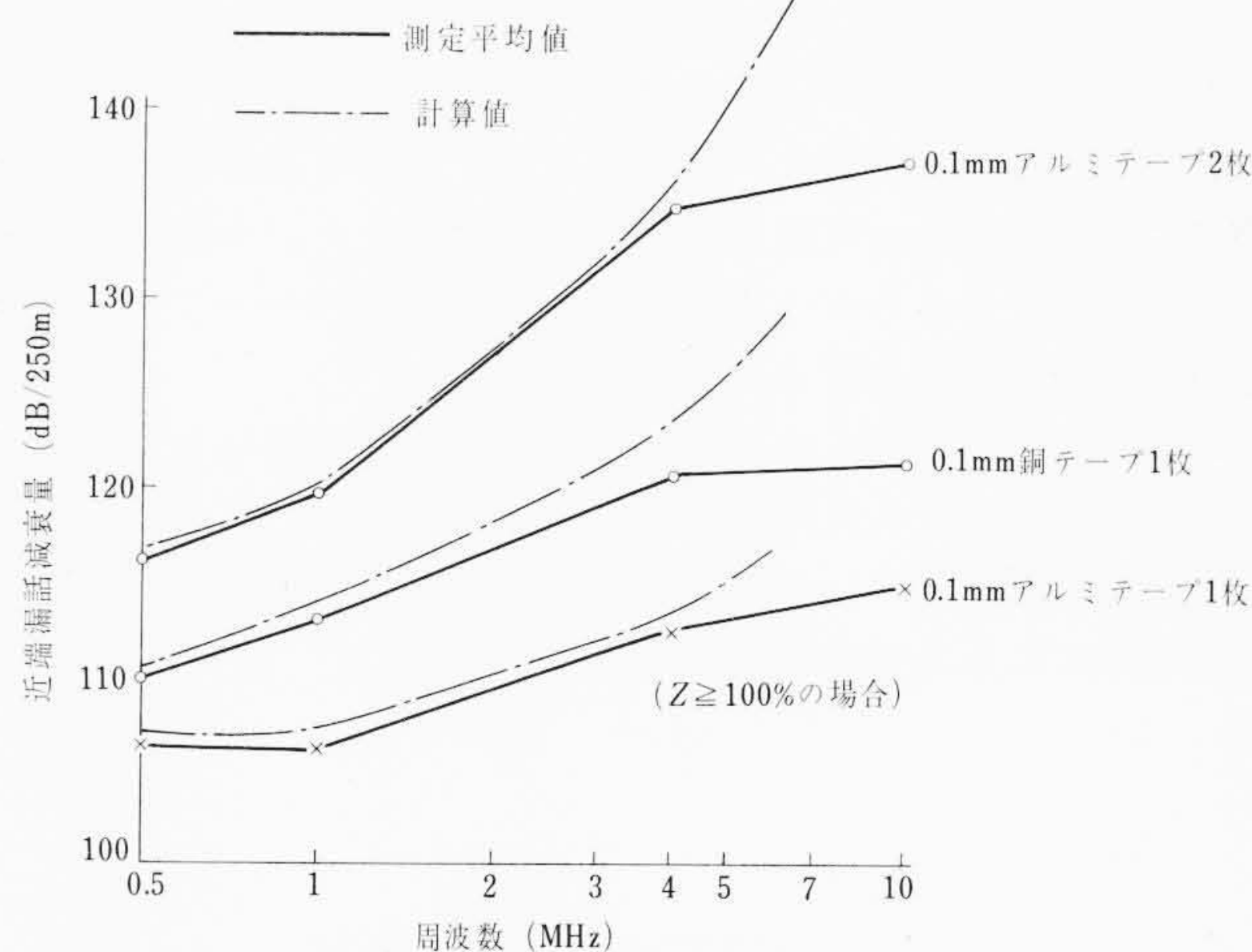


図6 隔壁材料と近端漏話の関係

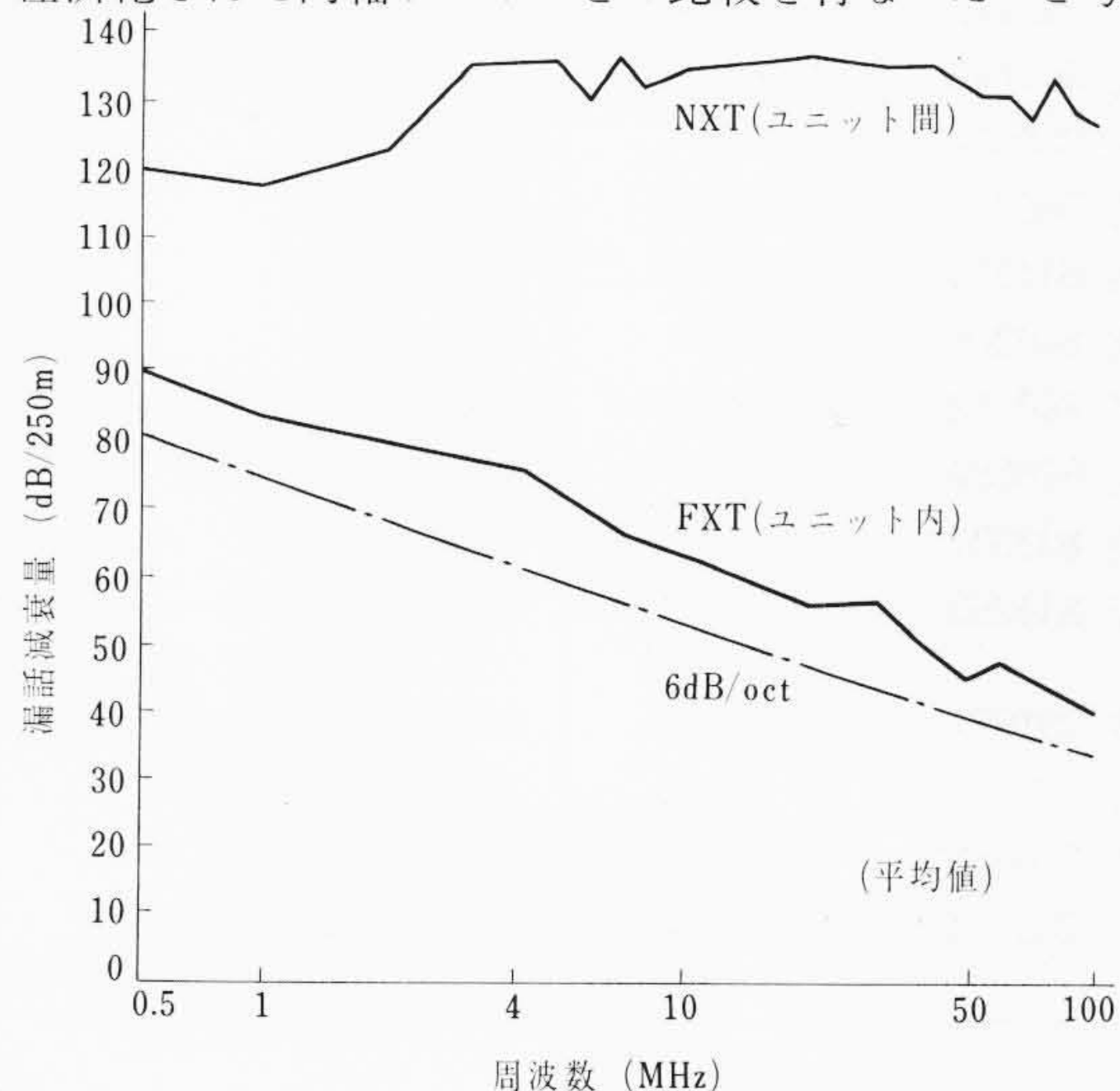
1.2mmバロン絶縁対の伝送特性は、4MHzにおいて減衰量12dB/km以下(実測平均10.4dB/km)、静電容量および特性インピーダンスは約24nF/kmおよび150Ωである。また遠端漏話減衰量は1MHzにおける基準値平均80dB/250m、標準偏差3dBとなっており、要求性能を十分満足している。

これによりアルミテープ2枚を用いたZ形ケーブルを用いれば、PCM120方式の1条方式伝送6km中継が経済的に可能となることがわかった。なお中継距離3～3.5kmの場合には3.に述べたビデオ伝送対とこのアルミテープ2枚方式を組み合わせることにより伝送が可能となることが期待される。

5. 将来の応用

この形式のケーブルを将来さらに高い周波数すなわち10～100MHzに適用することが考えられる。このような用途としては広帯域のテレビ信号や各種コンピュータディスプレイの信号があり、ある場合にはビデオ信号としてまた、ある場合にはデジタル信号として伝送することが考えられるが、この分野でも経済性が重要視されるであろう。

図7は前章に述べたケーブルについて100MHzまでの漏話特性を検討し、これを示したものである。遮蔽特性として十分有効な特性を有することがわかる。今後この領域への適用を検討するとともに、経済化された同軸ケーブルとの比較を行いたいと考える⁽⁹⁾。



(1.2mm×4対ケーブル100MHzまで)

図7 近端および遠端漏話の周波数特性

6. 結 言

東行西行を中央で二分する構造を広帯域の新しい用途に適用するためには、遮蔽のギャップより漏えいのないことが必要である。筆者らの開発したZ形ケーブルにより、ビデオ双方向伝送およびPCM120方式伝送が可能となることを確認した。今後この分野はさらに発展することが予想されるので、多対のケーブルの場合も含めて新しい適用分野を検討したい。

次にPCM120方式への適用について種々ご指導いただいた日本国有鉄道、特に夜久氏に厚くお礼を申し上げるとともに、本ケーブルの製造開発についてご援助いただいた日立電線株式会社社内のかたがたにあわせてお礼申し上げます。

参 考 文 献

(1) 岡本ほか：日立評論 48 848 (昭41-7)
(2) D. E. Setzer, and A. S. Windeler, Nineteenth International Wire and Cable Symposium 1970, Atlantic City, N. J.
(3) 松前：電学誌 (昭13-1)
(4) 小島ほか：通信方式研究会資料CS 69-13 (1969-6)
(5) W. L. Roberts, and F. N. Wilkenloh, Nineteenth International Wire and Cable Symposium 1970, Atlantic City, N. J.
(6) 中山、大西ほか：日立評論 53 684 (昭46-7)
(7) A. D. Fowler, SMPTE 1951, Nov.
(8) 今沢ほか：日立評論 52 934 (昭45-10)
(9) 大西、岡本ほか：日立評論 54 647 (昭47-7)



特 許 と 新 案



■強電機器の制御器具および保護 (54ページよりつづく)

登 録 番 号	公 告 番 号	名 称	登 録 番 号	公 告 番 号	名 称
実 781323	40-7036	金 属 定 盤	実 873654	43-27861	ロ ッ ク 式 断 路 器 手 動 操 作 装 置
実 851257	43-3303	切 換 開 閉 器 ノ ッ チ 止 め 装 置	実 806149	40-34887	継 電 器 防 爆 装 置
実 797533	40-28106	メ タ ル ク ラ ッ ド 配 電 盤 の レール	実 808165	41-1619	パ ッ キ ン グ
実 988825	40-17857	メ タ ル ク ラ ッ ド 配 電 盤	実 827518	41-23794	遮 断 器 用 屋 外 信 号 灯
実 778239	40-6983	遮 断 器 引 出 レール	実 831522	42-1947	高 電 圧 用 信 号 灯
実 830078	42-1074	摺 動 接 触 開 閉 器	実 555686	36-17652	密 閉 母 線 函 の 接 続 装 置
実 855333	43-6805	軸 受 装 置	実 817842	41-6743	避 雷 器
実 797590	40-26932	押 釦 開 閉 器 の 鎖 錠 装 置	実 553153	36-10730	モ ー ル ド 型 変 成 器
実 827494	40-28107	屋 外 用 メ タ ル ク ラ ッ ド 配 電 盤 の 防 塵 装 置	実 844354	42-18114	零 相 変 流 器
実 847850	40-21386	切 換 開 閉 器	実 868621	43-12017	負 荷 断 路 器
実 740109	38-26413	操 作 開 閉 器	実 748841	39-9234	メ タ ル ク ラ ッ ド 配 電 盤 の 補 助 ス イ ッ チ 装 置
実 850253	43-722	相 間 短 絡 防 止 カ バ ー	実 847553	42-17868	回 転 引 出 型 配 電 盤
実 894134	44-17051	遮 断 器 の 昇 降 装 置	実 841919	42-15935	閉 鎖 形 配 電 盤
実 768443	39-32047	自 由 引 外 形 操 作 開 閉 器	実 797535	40-28910	メ タ ル ク ラ ッ ド 配 電 盤 に お け る 遮 断 器 位 置 固 定 装 置
実 501191	34-8321	照 光 式 操 作 開 閉 器	実 863362	43-16999	屋 外 式 閉 鎖 形 配 電 盤
実 830027	42-440	断 路 器	実 818365	41-14030	遮 断 器 押 込 装 置
実 766354	39-32064	断 路 器	実 788809	40-17390	信 号 灯 用 レ ン ズ ホ ル ダ ー
実 844314	42-17529	断 路 器	実 748815	39-6936	配 電 盤
実 840225	42-5629	断 路 器	実 788829	40-16347	配 電 盤 用 信 号 灯
実 860012	43-14273	断 路 器 用 フ ッ ク 装 置	実 729636	38-13231	速 断 性 ヒ ュ ー ズ
実 816384	41-9469	断 路 器 用 集 電 装 置	実 804727	40-32272	避 雷 器 防 爆 装 置
実 833527	42-4677	鎖 錠 装 置	実 868619	43-21865	母 線 函
実 844352	42-17211	断 路 器 用 イ ン タ ー ロ ッ ク 式 入 切 操 作 装 置	実 572870	37-3946	放 出 型 可 溶 器
実 791871	40-25378	断 路 器 用 軸 受 装 置	実 747906	39-6651	母 線 支 持 装 置
実 777130	39-32526	双 投 式 切 換 断 路 器	実 860003	43-13158	キュービクル内蔵引出形断路器
実 766353	39-32065	断 路 器 鎖 錠 装 置			
実 762814	39-25330	断 路 器 用 動 力 操 作 器 の 手 動 操 作 鎖 錠 装 置			