

## 1 製品紹介

難燃性ケーブルおよびモジュラコード

TSUNET-100E-FRとTSUNET-MC5E-FRについて

UL規格難燃性のCMXタイプのケーブルとコードについてのご紹介。

## 2 Q&A LAN工事上の問題点・ノウハウ

"TSUNET-100E-UCケーブルの配線工事中の曲げの影響"について

試験データと今後の指針についての報告。

## 6 海外情報

"今、米国では50ミクロンの光ファイバが見直されている。"

出典"Cabling Installation & Maintenance"誌より

## 8 LAN関連規格

光ファイバケーブルの概要とギガビットイーサネットについて。

## 12 リンク試験データ

ツイストペアケーブルの撚り戻しによる漏話特性への影響。

## 16 キーワード

(1)ケーブルの難燃性

(2)開口数(NA)

## 17 編集後記

# UL認定

# 難燃UTPケーブル

## TSUNET<sup>®</sup>-100E-FR

CAT5 AWG24 UTP難燃ケーブル

UL E137169 CMX 24AWGでUL規格を取得

外被の色はライトブルー

4P,24Pの2サイズ

新製品

## TSUNET<sup>®</sup>-MC5E-FR

CAT5 UTP難燃パッチコード・端末コード

UL E200331 AWM 24AWGでUL規格を取得

外被の色は10色

(ライトブルー,青,クリーム,黄,白,緑,橙,うす緑,灰,赤)

# LAN工事上の 問題点・ノウハウ

お客様の質問に答えて<その3>

お客様から寄せられた下記質問に対する実験を行い、不具合の発生状況について調査した結果を報告致します。  
今回はTSUNET-100E-UC 0.5-4P(カテゴリ5アンダーカーペットケーブル)をどの位まで曲げると特性に影響が出てくるのか実験を行いました。

Q

TSUNET-100E-UC 0.5-4P(カテゴリ5アンダーカーペットケーブル)を布設するときに、どのように曲げたらよいのでしょうか？  
また、曲げ半径はどの位まで曲げると特性に影響が出るのでしょうか？

A

まず、TSUNET-100E-UCケーブルの曲げ方ですが、状況に応じて2通りの方法があります。1つは図-1のように平面上で方向変更を行う場合(水平曲げ)です。この場合、TSUNET-100E-UCケーブルの羽根部分に、はさみ等で図のような切り込みを入れ、ケーブルの方向変更をします。もうひとつの曲げ方は、図-2のような垂直に立ち上げる場合(垂直曲げ)です。この場合は図-2の通りに切り込みを入れ、垂直に曲げます。このとき、

垂直に立ち上げた部分の羽根は人や物によって踏まれることがないため、取り外してしまってもよいと思います。

次に、曲げ半径の限界についてですが、TSUNET-100E-UCケーブルの場合は、曲げ半径200mm以上をお奨めします。これはこれまでの研究結果から定めた値であり、反射減衰量(リターンロス)の悪化を考慮しています。次に示します検証試験とその結果を参考にして下さい。

図-1 TSUNET-100E-UCケーブルの水平曲げ

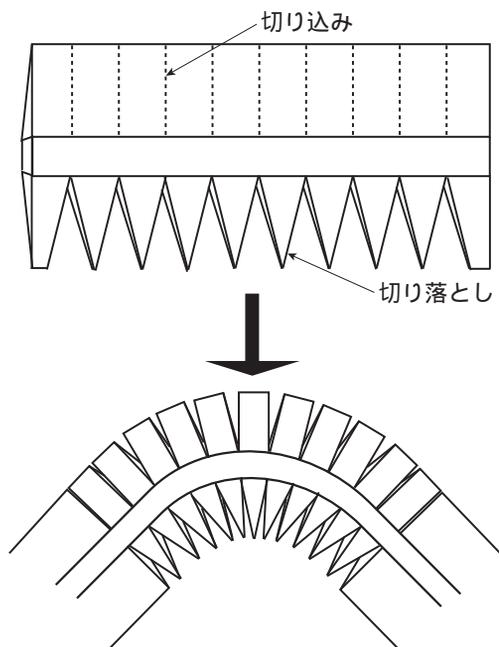
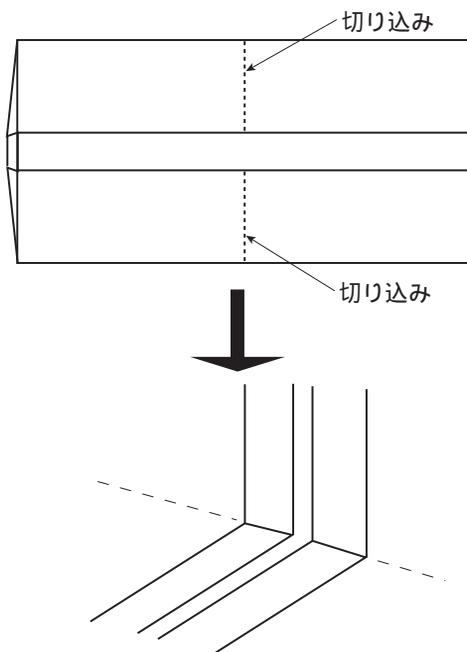


図-2 TSUNET-100E-UCケーブルの垂直曲げ



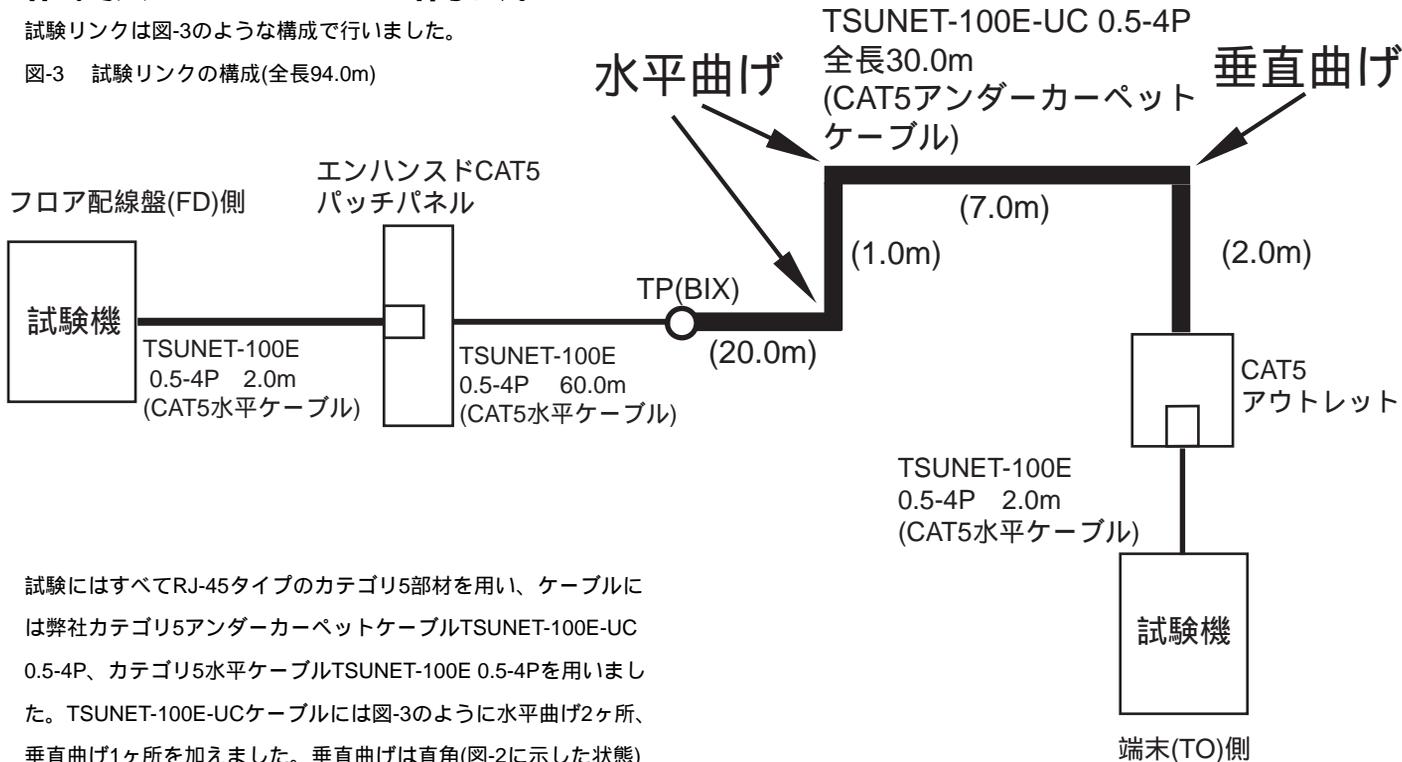
# 検証試験

前述したTSUNET-100E-UCケーブルは丸形ケーブルと違い、カーペットの下などに布設できるよう、特殊なフラット構造になっています。TSUNET-100E-UCケーブルはその構造上、曲げによる電気特性の悪化の心配があります。そこで今回の検証試験ではTSUNET-100E-UCケーブルを使用したリンクを構成し、リンク内のTSUNET-100E-UCケーブルに数パターンの曲げ半径を与え、リンク全体の電気特性評価を行いました。

## 試験リンクの構成

試験リンクは図-3のような構成で行いました。

図-3 試験リンクの構成(全長94.0m)



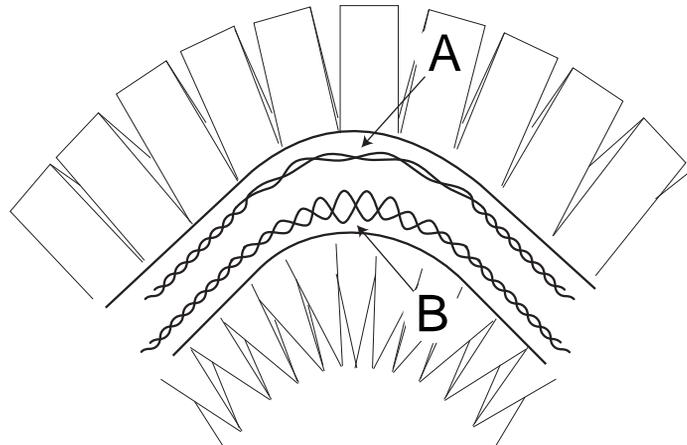
試験にはすべてRJ-45タイプのカテゴリ5部材を用い、ケーブルには弊社カテゴリ5アンダーカーペットケーブルTSUNET-100E-UC 0.5-4P、カテゴリ5水平ケーブルTSUNET-100E 0.5-4Pを用いました。TSUNET-100E-UCケーブルには図-3のように水平曲げ2ヶ所、垂直曲げ1ヶ所を加えました。垂直曲げは直角(図-2に示した状態)とし、水平曲げは2ヶ所ともに Rなし、R100mm、R50mm、R極小と変化を与えました(表-1を参照下さい)。

表-1 各試験の曲げ条件

	水平曲げ(2ヶ所)	垂直曲げ(1ヶ所)*
試験1	Rなし	直角
試験2	R100mm	直角
試験3	R50mm	直角
試験4	R極小	直角

\*垂直曲げについては、TSUNET-100E-UCの構造上、電気特性への影響は、ほとんどありません。これは垂直曲げによる対撚り線の構造変化が少ないことによるものです。このため本試験では垂直曲げをリンク内に1ヶ所、はじめから加えています。これに対して水平曲げは、対撚り線の構造変化を著しくともないます。水平曲げを加えると、最も外側の対撚り線は伸ばされてしまいます(図-4 Aの箇所)。また、最も内側の対撚り線は、縮められて対が開いてしまいます(図-4 Bの箇所)。本試験では、この影響を及ぼすと思われる水平曲げに着目し、水平曲げのRに変化を与え、リンク全体の電気特性変化を評価してみました。

図-4 水平曲げによる対撚り線の構造変化

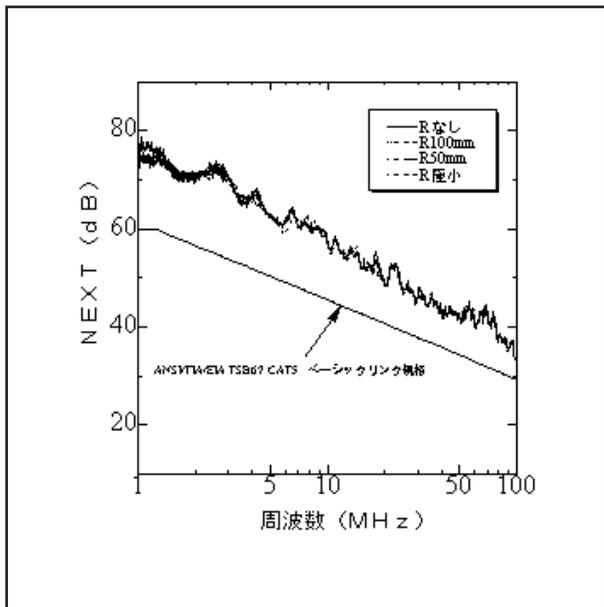


# 試験結果

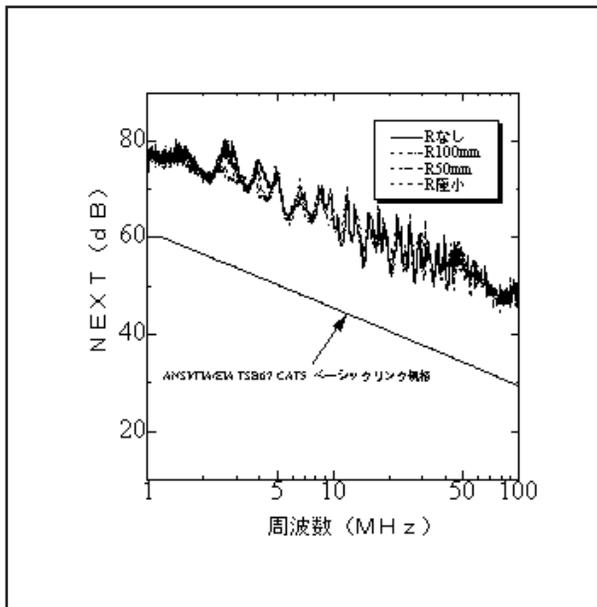
本試験は、リンクの両端からおこないました。試験結果のグラフ中、「FD側より測定」と記されているものは、図-3のリンクの左側(FD側)から信号を投入した場合の特性を示しています。同様に「TO側より測定」と記されているものは図-3のリンク右側(TO側)から信号を投入した場合の特性を示しています。以下に示しました特性グラフは、今回特性評価したデータの最悪値を示しています。

図-5 TSUNET-100E-UCケーブルの曲げによる、近端漏話減衰量(NEXT)への影響

a.FD側より測定



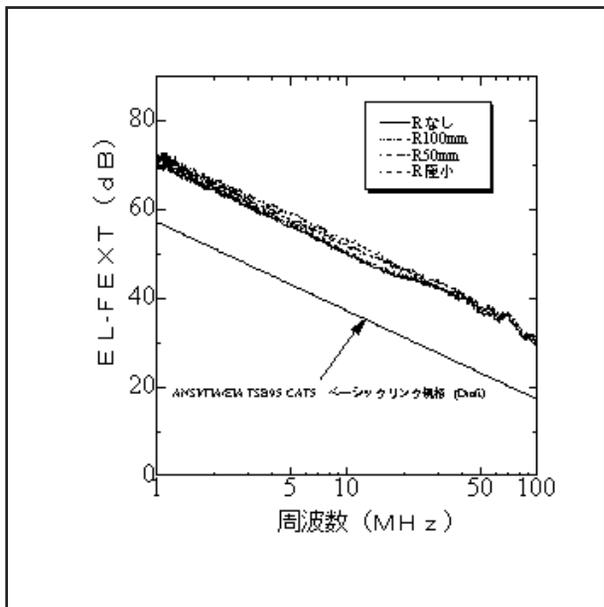
b.TO側より測定



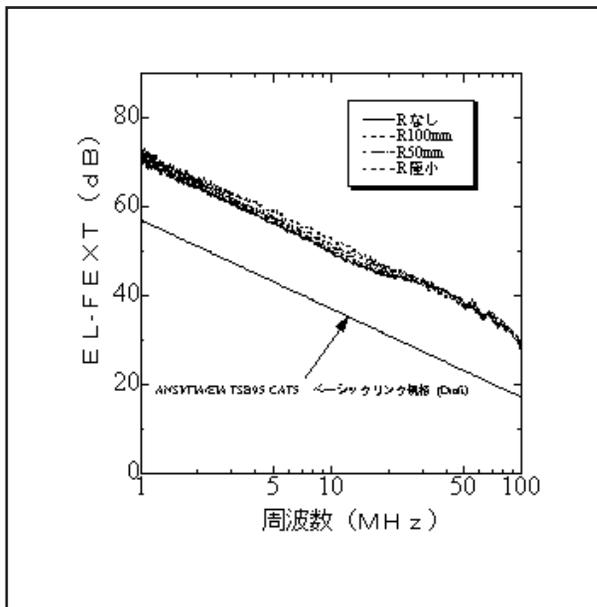
FD側、TO側の測定端にかかわらず、曲げの影響はほとんど出ていません。NEXTについては、曲げの影響はないようです。

図-6 TSUNET-100E-UCケーブルの曲げによる、等レベル遠端漏話減衰量(EL-FEXT)への影響

a.FD側より測定



b.TO側より測定

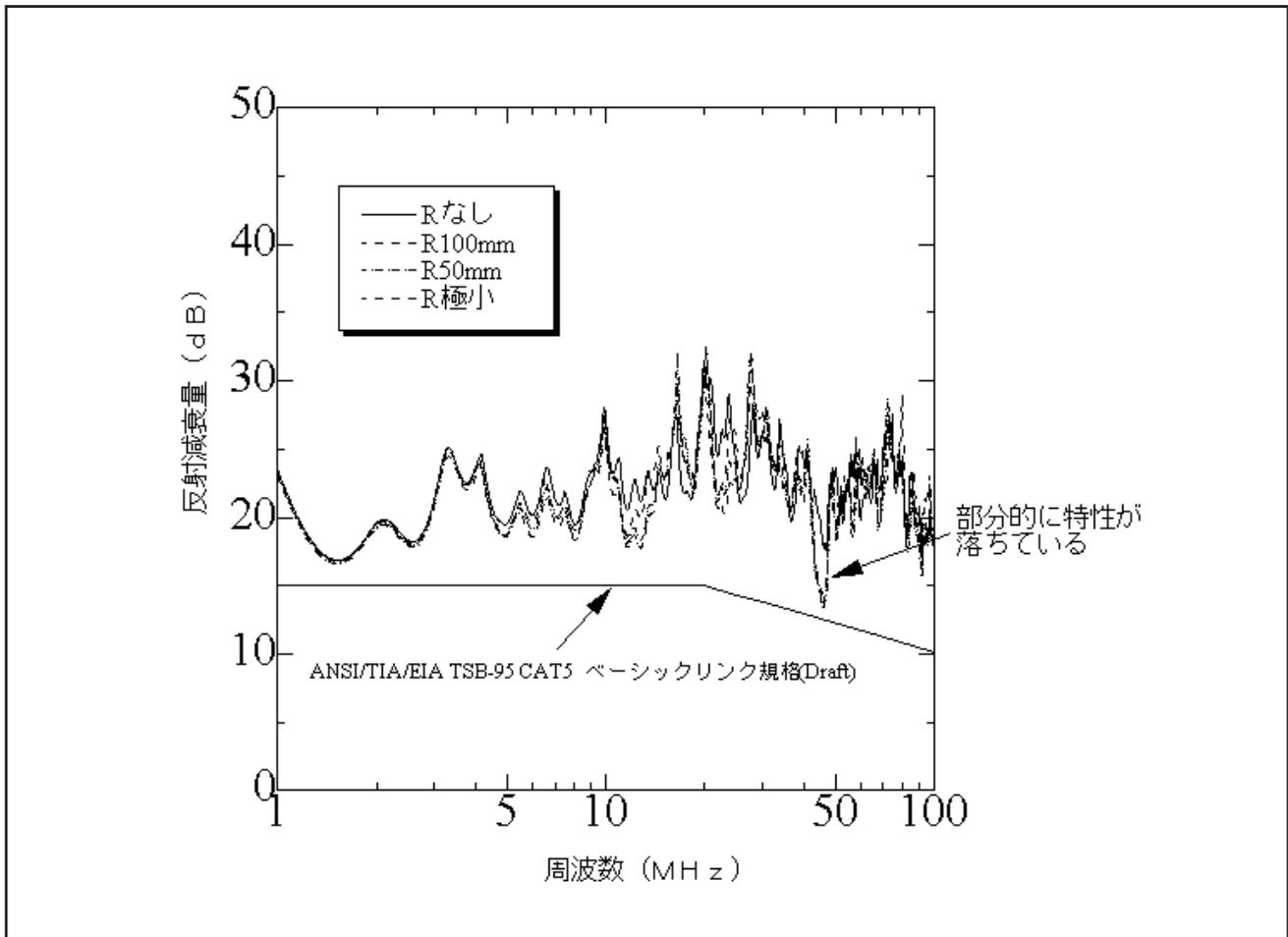


EL-FEXTについても、NEXT同様、曲げの影響は確認されませんでした。

TSUNET-100E-UCケーブルは曲げによる漏話特性への影響はほとんどなく、大きなマージンを保持しています。

図-7 TSUNET-100E-UCケーブルの曲げによる、反射減衰量(リターンロス)への影響

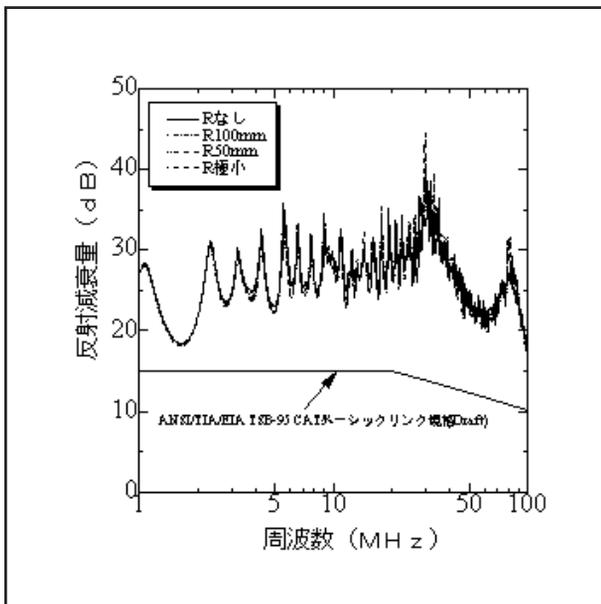
b.TO側より測定



TO側(フラットケーブル側)から測定した場合、部分的に特性の悪いところが確認されました。

Rを50mmと極小にした場合、規格に対してマージンは約2dBでした。

a.FD側より測定



FD側より測定した場合、曲げの影響はないようです。

## 結論

今回のTSUNET-100E-UCケーブルの曲げ試験では曲げRを極小にしても、カテゴリ5規格を外れることはありませんでした。しかし、図-7のbに示した反射減衰量の特性をみると、曲げの影響が現れています。みなさまがケーブルを布設する際、やむを得ずケーブルを折り曲げる場合、反射減衰量の悪化にご注意ください。これはフラットケーブルに限らず、すべてのケーブルにいえることです。最近、ハンディタイプのLANテストにも反射減衰量測定機能が装備されており、簡単にチェックすることができるとおもいます。

今回の検証試験データは、あくまでも参考値です。布設環境などにより、特性は変化しますのでご注意ください。

# 技術資料

## 海外の技術情報

### タイトル：50ミクロンの光ファイバが見直されている

出典：Cabling Installation & Maintenance 1998年 8月号p.33～

執筆者：Patrick McLaughlin (Associate Editor)

1998年6月にIEEE802.3z委員会でギガビットイーサネット規格が承認され、コア径50 $\mu\text{m}$ (ミクロン)の光ファイバが仕様に組み込まれました。日本では従来から50 $\mu\text{m}$ が主流でしたが、北米ではTIA/EIA-568Aに配線媒体として50 $\mu\text{m}$ が定義されていなかったため、62.5 $\mu\text{m}$ が主流でした。IEEE802.3z規格制定にともない、北米市場側からみた影響について - 50 $\mu\text{m}$ と62.5 $\mu\text{m}$ の違いと選択肢、北米市場でも50 $\mu\text{m}$ の光ファイバが見直されているという内容の記事についてご紹介いたします。弊社では50、62.5 $\mu\text{m}$ とも在庫品として対応しており、どちらのご要望にもお応えできます。

### 50ミクロンの光ファイバが、ギガビットイーサネットの必要条件として見直されている

光ファイバはマルチモード(MM)とシングルモード(SM)の二種があり、MMにはコア径50 $\mu\text{m}$ と62.5 $\mu\text{m}$ がある。北米のLANに使われるMMファイバ配線は、ほとんど62.5 $\mu\text{m}$ であった。

62.5 $\mu\text{m}$ が広く行きわたっている市場では、変化がおこると思われる。高速伝送に関連した技術問題により、光ファイバ・ケーブル・コンポーネントメーカーやエンドユーザに、50 $\mu\text{m}$ と62.5 $\mu\text{m}$ の性能をより細かく見ることを余儀なくさせているからである。

### 歴史的にみた見直し

北米のLANで62.5 $\mu\text{m}$ が好まれた1つの理由は、光ファイバの開口数(NA)が大きかったことである。NAは光を受け入れ伝播するコアの能力を示す。NAが高ければ高いほどファイバがより多くの光を受け入れる。コア径が大きければ大きいほどNAが高い。つまり、62.5 $\mu\text{m}$ は50 $\mu\text{m}$ よりもより多くの光を受け入れるというこ

とになる。信号がLED(発光ダイオード)により発振されていた時期は、NAの値は重要であった。LEDは長い間、光源として高価であるレーザの唯一の代替法で、短波長(850nm)光伝送で使われる唯一の信号発振技術であった。62.5 $\mu\text{m}$ のファイバはLEDで発振された信号に対してより適しており、光ファイバ伝送では筋の通った選択であった。実際、TIA/EIA-568Aは62.5 $\mu\text{m}$ を配線媒体として定義しており、50 $\mu\text{m}$ については言及していない。568A規格に定義されなかったことで、50 $\mu\text{m}$ の運命が少なくとも一時的に決まった。北米では軍用アプリケーションでみられるほかに、商用ではほとんど用いられなかった。

### 最近の見方

業界はギガビットイーサネット規格のドラフト化が目立つまで、50 $\mu\text{m}$ のファイバに関しては無関心であった。IEEE802.3z委員会はSMとともに50 $\mu\text{m}$ と62.5 $\mu\text{m}$ 両方のMMを仕様に含めた。IEEEが50 $\mu\text{m}$ を含めた決定は、ギガビットイーサネットが今後世界的に展開していくもので、50 $\mu\text{m}$ を除外することが北米での現実的問題によることを考えれば、驚くことではない。しかし、802.3z委員会がギガビットイーサネットを50、62.5 $\mu\text{m}$ のMM両方で検証した際に明らかになったことは50 $\mu\text{m}$ に対する見方を変えた。

### NA(開口数)がN/A(効力なし)に

北米構内配線市場が50 $\mu\text{m}$ を用いなかった間に、VCSEL(面発光レーザ 注記：新しく開発された半導体レーザ。特性的に優れ、今後通信用レーザとして活用されると思われる)技術が開発され850nm伝送に展開された。長年にわたり62.5 $\mu\text{m}$ の高い開口数が

LED固有の伝送非効率を補ってきたが、より効率的なVCSEL技術の導入によりこの補完はもはや必要なくなり、MMの開口数は特性として取るに足らないものとなった。またLEDの限界は622Mbps以上のデータ伝送において、過去数年間で認識されてきた。(Tony Beam氏 - RCDD, AMP社 Director, Premises Systems Marketing)

以上の理由で、LEDではなくVCSELがギガビット伝送で使われるようになり、62.5µmは高速ネットワークで50µmに対して優位性がなくなった。実際テストは、逆に50µmが、62.5µmに対していくつかの優位性を持つ事を示している。レーザが使われると、小さな開口数は50µmに62.5µmよりも高周波数帯域をサポートさせることができる。(Eric Pearson氏 - Pearson Technologies 社社長) 2つのMMファイバ間の相違に関する事象として判明したことは、IEEE802.3z委員会がギガビットイーサネット規格に提案した距離の仕様である。

委員会の当初の意図はどちらにも500mをサポートさせるというものであった。500mという距離は、TIA/EIA-568AとISO/IEC-11801規格で最長バックボーン距離として定義されていることから論理的といえる。ギガビットイーサネット委員会により提示された距離は、メディアがサポートできる最低限の距離であることも重要である。つまりファイバの性能の点から、この距離は最悪ケースのシナリオを意味する。(Steven Swanson氏 - Standards Engineering Manager, Corning Inc.)

委員会は、11ページ表-2のとおりMMファイバについていくつかの測定距離を定義した。50、62.5µm双方とも長波長 - 1300nm伝送では550mをサポートする。しかし50µmは短波長 - 850nmでも550mをサポートするが、62.5µmでは220mしかサポートしない。さらにフィールドテストで400MHzの50µmが既に布設されていることがわかったため、委員会はこの帯域幅を定義に加えた。また、200MHzの62.5µmも既設があり、短波長で275mとして加えられた。これらの仕様は、エンドユーザが必要とする現実的距離についての議論を促してきた。最も一般的に引用される2つの規格 - TIA/EIA 568AとISO/IEC-11801では、水平配線の100m、ビルのバックボーンの500m、そしてキャンパスバックボーンの

1,500mを定義しており、500mという長さはビル内バックボーンで必要とされる長さのかなり高い割合を含んでいる。また、光ファイバ業界のメーカーは、バックボーンと水平配線の間の区別が必ずしも明確でない、集中ネットワークアーキテクチャをプロモートしている、という指摘もある。

## 市場の反応

AMPと3M Telecom Systems Div.は、最近発表したエンドtoエンド光ファイバ配線システムで50µmも提案している。最近のミーティングで、TIAのワーキンググループは、TIA/EIA-568Bと名称をつけられ98年末までに最初の投票にかけられる(注記:現時点では2000年以降の制定となる見込み) TIA/EIA-568A配線規格の次バージョンに50µmを含むという提案を受け入れている。MMファイバで2つの選択肢があることがエンドユーザには複雑なことになるかもしれない、という意見もある。既設の62.5µmのシステムと50µmを混在してしまうユーザがいるかもしれない、これは問題となる。光ファイバ業界の関係者は、ユーザの混乱を避けるため正しく誠実な情報で対応しなければならない。新しいファイバシステムを使う場合、50µmがベストであろう。既設62.5µmがある場合は、50µmにアップグレードしようとする必要はない。62.5µmでも広く使用されているアプリケーションをサポートでき、またある距離までギガビットイーサネットをサポートするからである。

(Tony Beam氏 - RCDD, AMP社)

This information is reprinted with permission of  
Cabling Installation & Maintenance, USA

この情報は、米国ケーブリング インストール ション アンド  
メンテナンス誌の承諾の元に転載しています。

**Cabling**  
**Installation & Maintenance**  
[www.cable-install.com](http://www.cable-install.com)

# 光ファイバケーブルの概要と ギガビットイーサネットについて

## はじめに

高速・大容量通信を可能にした伝送路である光ファイバケーブルは、その適用域の拡大を続け、通信のほとんどの分野で利用されています。LAN分野ではギガビットイーサネットはすでに規格化され、さらに10ギガビットイーサネットの審議が始まっています。また、公衆通信分野ではシステムが導入され、FTTH (Fiber To The Home)が現実の姿になってきました。光ファイバケーブル技術は新規技術から既存技術（一般技術）へ変わっています。しかしながら、光ファイバケーブル技術はUTP等の銅ケーブルと異なり、取り扱いの繊細さ・接続の特殊性・安全面等から、いまだ一般の方々にはなじみない技術であることも事実です。

そこで、今回は光ファイバケーブル技術習得の一助になればと考え、光ファイバケーブルの概要についてまとめてみました。内容としては、光の伝搬、石英系光ファイバの破断寿命、光ファイバケーブル、光コネクタ、測定、そして最後にギガビットイーサネット規格について報告いたします。

## 光の伝搬について

光ファイバは図-1に示す様に、屈折率の高いコアとそれを囲む屈折率の低いクラッドで構成される細い繊維で、コアとクラッドの境界で起こる光の全反射を利用してコア内に光を閉じ込め光を伝搬しています。コアとクラッドは、同一の材質または異なる材質でもかまいません。光を通す透明な材質で屈折率を変えてやればよい訳です。全反射を繰り返して伝搬するわけですが、入射される光が全て伝搬する訳ではなく、全反射を起こす臨界角以内の光のみが伝搬されることになります。しかし、臨界角以内の光が全て連続的に伝搬するのではなく、実際には飛び飛びな角度の光が伝搬することになります。全反射を繰り返して伝搬するためには、伝搬する光がコアとクラッドの境界面で反射したときに位相が一致し互いに強め合う必要があります。位相が一致するか否かは光が境界面に当たる角度によって決まり、ある特定の角度で当たる光のみが伝搬することになります。

つまり、光ファイバ中を伝わる光には別々の経路（伝搬モード）

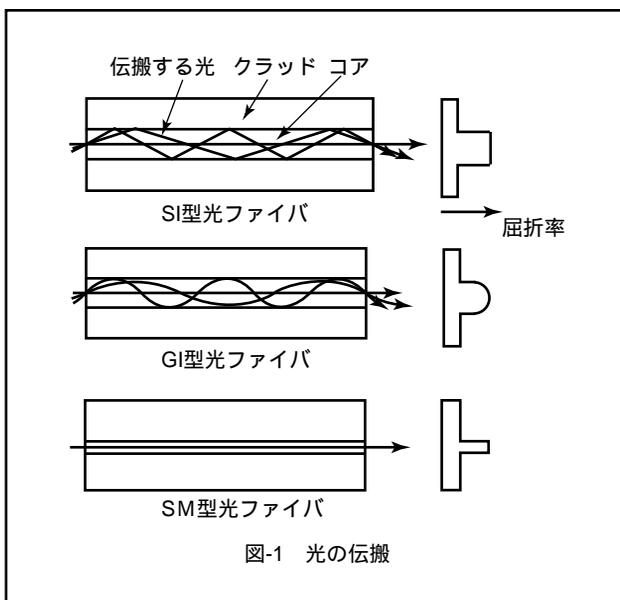
が存在することになります。この経路が複数あるものがマルチモードファイバ (MM) です。この経路の数は、コア径、屈折率、波長によって制限されます。これらを変化させてひとつのモードの光しか伝搬しないようにしたのがシングルモードファイバ (SM) です。

図-1のGI、SIはコアの屈折率分布の違いを示しています。GIは Graded Indexの頭文字を取ったもので、屈折率がコアの中心部ほど高く、クラッドとの境界に向かって屈折率が緩やかに変化（低くなる）する光ファイバです。SIは Step Indexの頭文字を取ったもので、コアの屈折率分布が一様でクラッドとの境界部の屈折率が階段状に変化した光ファイバです。

GI型光ファイバは、SI型光ファイバに比べて伝搬モードの違いによる信号の伝搬時間の差を小さくすることができ、帯域向上を狙ったものです。

GI型、SI型の光ファイバを合わせてマルチモードファイバ (Multi mode Fiber) といいます。

なお、光ファイバのサイズですが、石英系光ファイバで国内で標準的なGI型は、コア径50  $\mu\text{m}$ 、クラッド径125  $\mu\text{m}$ です。



# 石英系光ファイバの破断寿命

光ファイバを材料組成から分類すると、石英系、石英コア・プラスチッククラッド、多成分系、プラスチックに分けることができます。伝送損失が少なく、広帯域であることから通信用に使用されている光ファイバのほとんどが石英系です。以下、石英系光ファイバについて説明いたします。

本来、石英ガラスの引張り強度は大きいのですが、脆性材料であり、ある確率で表面に傷が存在するため、引張り力が加わると傷が成長し破断に至ることになります。石英系光ファイバの破断寿命は傷の大きさと加わる応力に依存します。

そのため、石英系光ファイバでは、光ファイバ製造時に一定張力を加えてある強度以下の部分は故意に破断させて取り除く、スクリーニング試験が実施されています。

JISではスクリーニング試験条件の標準値として、最小試験伸び歪量0.5%、最小試験時間として1秒と規定されています。また、このスクリーニング試験は光ファイバの融着接続の際にも実施され、強度不足の不完全な融着を破断させ除去します。JISでは最小引張荷重1.8N、最小保持時間1秒が通常であると記されています。

この0.5%伸び歪、1秒のスクリーニング試験を通過した光ファイバで、破断確率10万kmで1箇所、20年の寿命を保証するためには、残留歪を0.17%以下に抑える必要があるとされています。つまり、光ファイバケーブルを取り扱うときは、許容張力、許容曲げ径等を守り残留歪を低く抑える必要があります。

## 光ファイバケーブル

光ファイバは、上述の通り、表面に傷がつくと破断しやすいため、これを防ぎ取り扱いを容易にするために被覆が施されています。光ファイバ線引き時に施される1次被覆材としては、UV樹脂、熱硬化性シリコン等が用いられています。この1次被覆が施されたファイバが光ファイバ素線です。この光ファイバ素線に、さらにUV樹脂、ナイロン等の2次被覆を施したファイバが光ファイバ心線です。光ファイバ心線には、図-2に示す様に、単心線と単心線をテープ状に並べ、一括被覆したテープ心線があります。

この光ファイバ心線を集めてケーブル化する訳ですが、破断寿命を考えると布設時等における引張り力による光ファイバの伸び

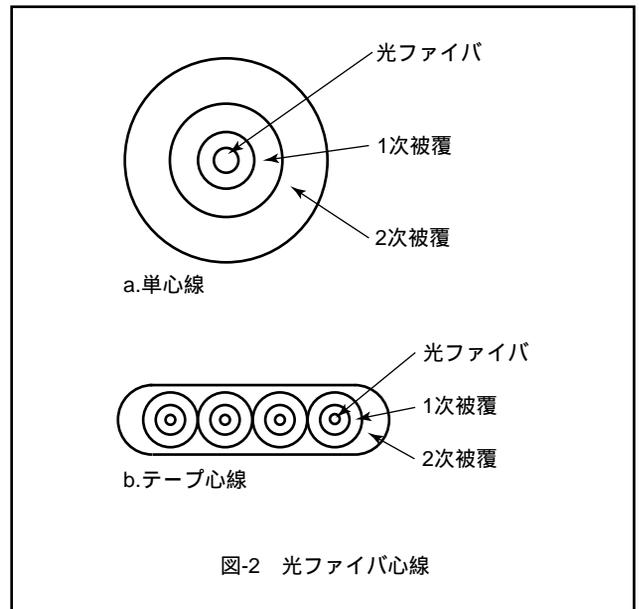


図-2 光ファイバ心線

率を弾性限度内(通常0.2%以下)に抑え、残留歪を許容値以下にする必要があります。その手段のひとつとして、テンションメンバと呼ばれる抗張力体をケーブル内に配置する方法があります。テンションメンバとしては、鋼線、FRP(ガラス繊維強化プラスチック)、アラミド繊維等が用いられています。

国内で用いられている光ファイバケーブルの構造例のいくつかを図-3に示します。単心光コード、2心光コードはアラミド繊維とPVC被覆で機械的強度を補強し、光コネクタを取り付けて、光機器との接続等、パッチコード的に使用されます。外径は単心光コードで2.8mmが一般的ですが、より細径な2mmやそれ以下のサイズもあります。

単心光コードを集めて一括シースを施したコード型光ファイバケーブルは、屋内用の一般的な光ファイバケーブルです。光コネクタを取り付けて光機器間の接続に使われます。テンションメンバ、シース等に金属を用いなければ、光ファイバケーブルの特徴のひとつである無誘導性を生かしたノンメタリック型の光ファイバケーブルを構成することができます。

光ファイバ心線をテンションメンバの周囲に直接集合した層燃型光ファイバケーブルは、汎用性のある、光ファイバケーブル開発当初から実績のある信頼性の高いケーブルです。シースはアルミの層を持ったLAPシースを採用し、防湿、機械特性に優れています。2心平形光ファイバケーブルは、単心光コード2本とテンションメンバである鋼線を一括シースしたもので、光コード類とコード型光ファイバケーブルの中間に位置する光ファイバケーブルです。

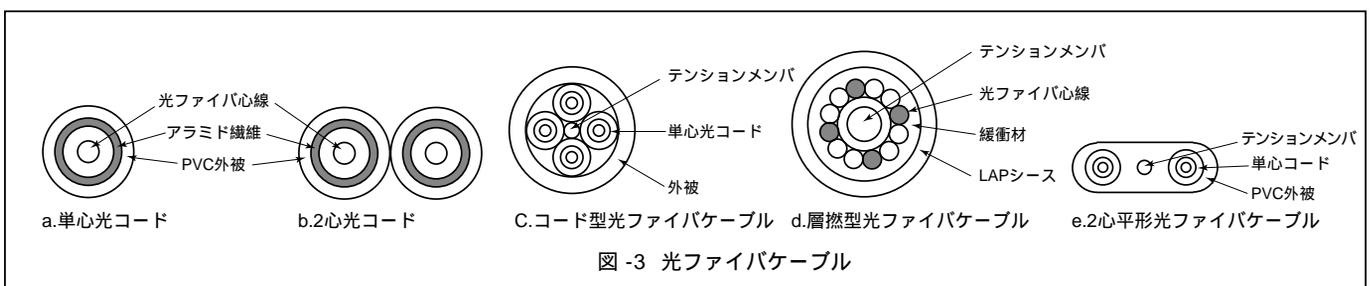


図-3 光ファイバケーブル

ここで紹介した光ファイバケーブルは、光ファイバケーブル全体のほんの一部です。この他には、スぺーサと呼ばれる溝の中に心線を収納したもの、テープ心線を用いたもの、自己支持型ケーブル、ルースチューブ型等さまざまな光ファイバケーブルがあります。使用に際しては、布設される経路、環境等を考慮してケーブル構造を選択する必要があります。

## 光コネクタ

光ファイバの機器との接続、光ファイバ同士の接続に使用される光コネクタには、単心用と多心用があります。

光コネクタの接続のためには、銅線の接続とは異なり光軸を合わせる必要があります。(コアとコア同士を付き合わせる。)GI型光ファイバでコア径は50 $\mu\text{m}$ 、SM型光ファイバのモードフィールド径はわずか10 $\mu\text{m}$ ですから、光軸を合わせるには高精度の技術が必要になります。光軸を合わせる方法として、単心用ではフェルール(精密円筒状部品)の中心に位置する微細穴に光ファイバを固定し、割スリーブによりフェルール同士を軸合わせし光ファイバの光軸を合わせる方法が一般的です。多心用では角形フェールの微細穴に光ファイバを固定し、ガイドピンで軸合わせする方式が一般的です。もちろん、光ファイバ端面は光を乱反射させないために、鏡面の様に磨く(研磨)必要があります。

代表的な単心用光コネクタとしては、FC、SC、DS、STなどが挙げられ、多心用光コネクタとしてはMTが挙げられます。これらの光コネクタの多くは、表-1に示す様に、すでにJIS規格が制定されています。

表-1 光コネクタのJIS規格

光コネクタ	JIS規格
FC	F01形 JIS C 5970
SC	F04形 JIS C 5973
DS	F11形 JIS C 5980
MT	F12形 JIS C 5981

LAN分野で標準となっているSCコネクタは、NTTによって開発され、結合機構として操作性の良いプッシュオン機構が採用されています。フェルールは加工性の良いジルコニアを採用し、研磨は球面研磨(PC研磨)で接続点からの反射光を低減しています。ギガビットイーサネットでは、このSCコネクタを横に2つ並べた2心SCコネクタが採用されています。

## 測定

光ファイバの主な伝送特性としては、マルチモード光ファイバでは伝送損失、帯域等が、シングルモード光ファイバでは伝送損失、波長分散、カットオフ波長等があげられます。各特性とも測定法はJIS規格がすでに制定されています。

伝送損失の概要について説明します。伝送損失は被測定光ファイバの入射光パワーと出射光パワーの差から求めることができます。通常はkm換算をして、単位としてはdB/kmで表します。伝送損失の測定法としては、マルチモード光ファイバ、シングルモード光ファイバともに基準測定法としてはカットバック法が、代替測定法としては挿入損失法、後方散乱光法が規定されています。カットバック法と挿入損失法は光源、励振器、光パワーメータ等を用いて、片端より光を入射し遠端にて出射光パワーを直接測定し伝送損失を算出します。後方散乱光法ではOTDR(Optical Time Domain Reflectometer 光パルス試験器ともいう)を用いて、片端より光パルスを入射し光ファイバ中より入射端へ戻ってくる光の強さを調べることで伝送損失を測定します。OTDRでは光ファイバの長さ方向での伝送損失の変化をみることもできます。図-4にOTDR測定の測定波形の概略を示します。縦軸が後方散乱光パワー(入射端へ戻ってくる光パワー)を示し、横軸は入射端からの距離を表しています。波形の傾きは光ファイバの損失を表し、段差は接続点や曲がりなどの異常点を表しています。カットバック法は、入射端側の光ファイバを励振器との接続点より1~2mの箇所まで切断して、入射側光パワーを測定する方法で、光ファイバケーブル製造時の測定に使われます。それに対し、挿入損失法、後方散乱光法は被測定光ファイバを切断することなしに損失を測定する方法で、布設後の測定に使われます。

光の測定で注意しなければならないことは、石英系光ファイバで実際に使用する光は、可視光でないため目には見えませんが、出力が大きいので、のぞくことは危険です。光の出射端を直接目のぞかないことです。また、測定器で扱う光は微弱であるため、光コネクタ端面等にゴミ、汚れが付着すると測定に大きく影響します。さらに、入射光の励振条件によって測定結果が違ってきます。光コネクタ端面等は清掃するとともに、測定コード類は小さく曲げたり、振動させたりしないことです。

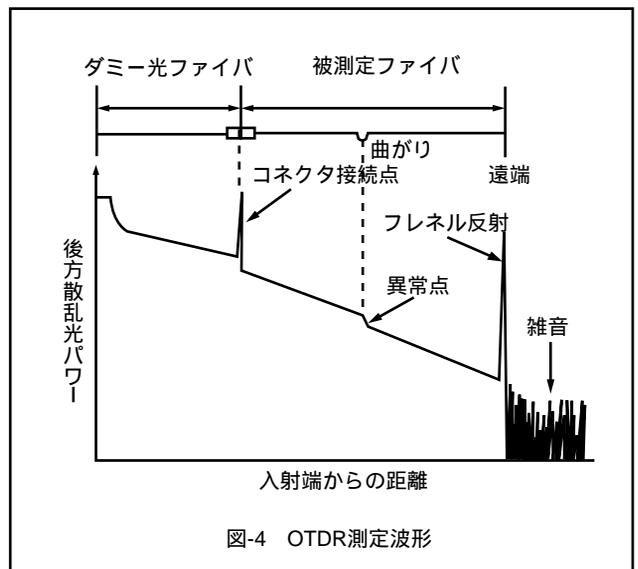


図-4 OTDR測定波形

# ギガビットイーサネットについて

光LANの規格としては、10BASE-F、100BASE-FX、FDDIなどがありますが、幹線ネットワークのトラフィックの増大に応えるシステムとして、今一番注目されているのはギガビットイーサネットでしょう。

ギガビットイーサネット規格 (IEEE 802.3z)は1998年6月に制定されました。規格は次の3つに分類されます。

1000BASE-SX：短波長850nmレーザー、マルチモードファイバ使用、最長伝送距離550m

1000BASE-LX：長波長1300nmレーザー、マルチモードファイバまたはシングルモードファイバ使用、最長伝送距離5000m

1000BASE-CX：シールド付平衡ケーブル使用、最長伝送距離25m(電算室などで使用)

光ファイバケーブルの規格としては、と のふたつになります。この1000BASE-SXと-LXの伝送規格を表-2に、使用する光ファイバとケーブルの特性を表-3に示します。

使用するマルチモード光ファイバとしては、従来の光LANで標準的な62.5μmコアのGI型に加えて、帯域が優れ伝送距離が延ばせ

る日本で標準的な50μmコアのGI型が採用されています。伝送距離は、マルチモード光ファイバでは使用する光ファイバの種類・帯域によって制限されます。1000BASE-SXでは、50μmコアは500mの伝送距離が可能ですが、62.5μmコアでは275mまでの伝送距離になります。1000BASE-LXでは、シングルモード光ファイバで5kmの伝送距離が可能です。また、1000BASE-LXでマルチモード光ファイバ使用時には、DMD(Differential Mode Delay)の影響により伝送距離が短くなるのを防ぐために、モード調整パッチコード (Mode Conditioning Patch Cord)をトランシーバと光ファイバケーブルとの接続に使用することが規定されています。DMDとは、マルチモード光ファイバの一部にコアの中心部分で屈折率が低くなっているものがあるため、中心部を通過するモードと他のモードとの伝達時間差が大きくなることです。それを防ぐ手段として、シングルモード光ファイバとマルチモードファイバの軸をずらして融着接続し、DMDの影響を少なくなるようにモードを調整した、モード調整パッチコードを使用します。

使用する光コネクタとしては、2心SCコネクタが採用されています。反射減衰量 (コネクタ接続点からの戻り光のパワーを表す特性値)はマルチモード光ファイバコネクタで20dB以上、シングルモード光ファイバコネクタで26dB以上と規定されています。

表-2 1000BASE-SX,LXの伝送規格

波長(nm)	1000BASE-SX				1000BASE-LX			
	850				1300			
光ファイバタイプ	62.5μmコア マルチモード		50μmコア マルチモード		62.5μmコア マルチモード	50μmコア マルチモード		10μm シングルモード
最小帯域(MHz・km)	160	200	400	500	500	400	500	-
伝送距離 (m)	220	275	500	550	550	550	550	5000
チャンネル挿入損失(dB)	2.38	2.60	3.37	3.56	2.35	2.35	2.35	4.57

表-3 光ファイバ及びケーブルの特性

	62.5μmコア マルチモード		50μmコア マルチモード		10μm シングルモード
	GI型		GI型		-
屈折率分布	GI型		GI型		-
コア径 (μm)	62.5		50		8~10
クラッド径 (μm)	125		125		125
波長 (nm)	850	1300	850	1300	1310
最大伝送損失(dB/km)	3.75	1.5	3.5	1.5	0.5
最小帯域 (MHz・km)	160/200	500	400/500	400/500	-

## おわりに

100BASE-FXが規格化されてから数年でギガビットイーサネットが規格化され、さらに10ギガビットイーサネットの審議が始まっています。これは、幹線ネットワークのトラフィックの増大が急激であり、市場での高速幹線ネットワークの強い要望の現れであると思われます。この高速化に対応できる伝送路としては現在

では光ファイバのみであり、今後ますます光ファイバケーブルはLAN分野で普及してゆくものと思います。

今回は光ファイバケーブルの概要のみしか記すことができませんでしたが、また機会があればもう少し詳しい内容で報告したいと思います。

# リンク試験データ

## ツイストペアケーブルの撚り戻しによる漏話特性への影響 <1>

みなさんはツイストペアケーブルをコネクタ(ジャック)に接続する際、どのようなことに注意されていますか? 例えば、結線間違いがないようにとか(これは当たり前ですね)、しっかりと圧接(圧着)するなどです。

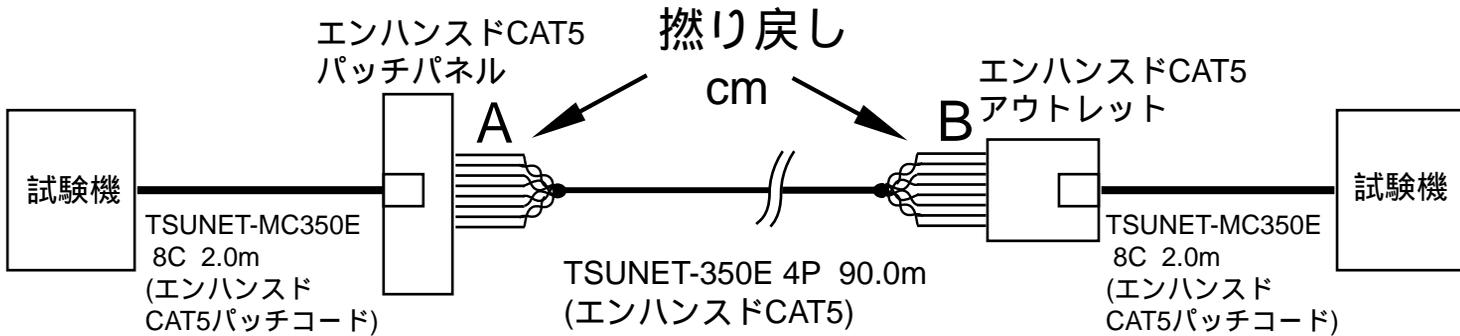
これと同時にできるだけ撚りを戻さず接続することに気を配っていることかと思えます。今回はこの撚りを戻すと漏話特性がどのくらい変化してしまうものなのか実験を行ってみました。

実験にはすべてエンハンスドカテゴリ5部材(RJ-45タイプ)を用

い、ケーブルには弊社エンハンスドカテゴリ5ケーブルTSUNET-350E 0.5-4P(水平ケーブル)、TSUNET-MC350E 8C(パッチコード)を用いました。これらから図-1のリンクを構成し、図中のA、B(110ブロックへ圧接する水平ケーブル部分)の撚り戻しを極力なし、4cm、8cmと変え、漏話パラメータ(NEXT、EL-FEXT、パワーサムNEXT、パワーサムEL-FEXT、ACR、パワーサムACR)について評価してみました。

試験機にはネットワークアナライザを使用しています。

図-1. リンク構成(全長94.0m)



## 結果

以下に示しました特性グラフは、今回特性評価したデータの最悪値を示しています。

図-2. 撚り戻しによる、近端漏話減衰量(NEXT)への影響

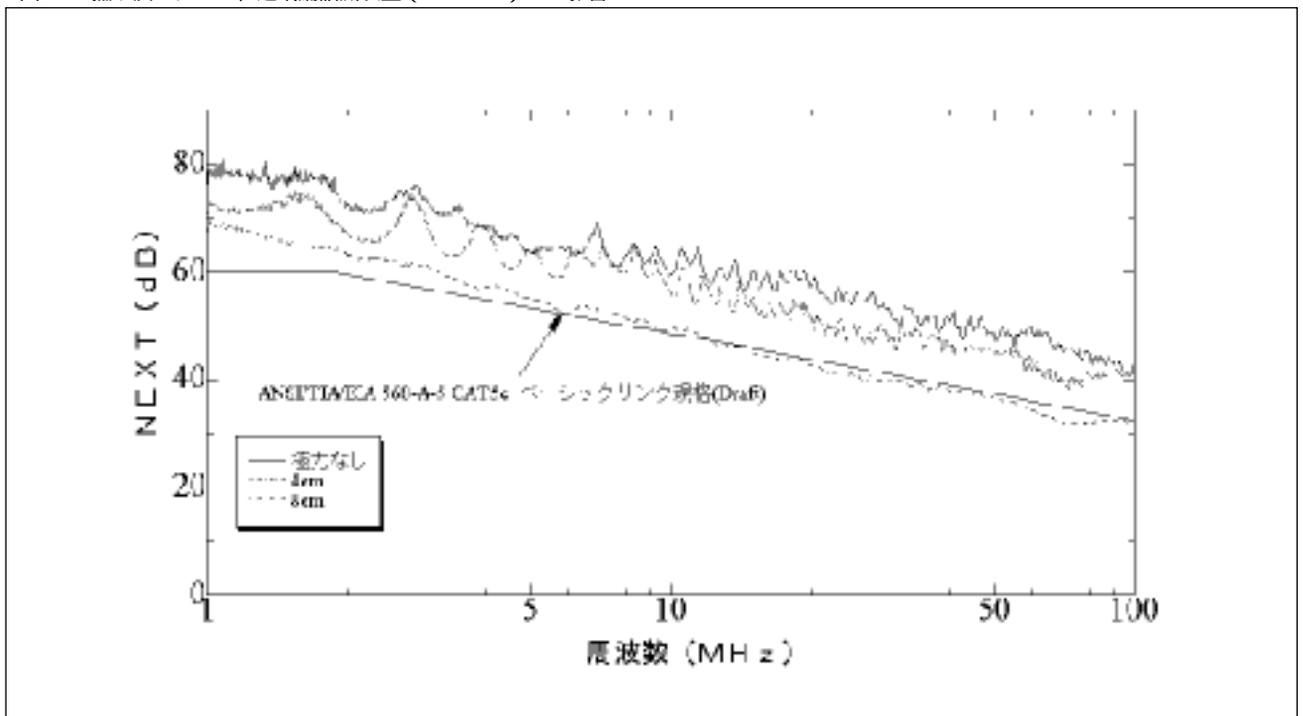


図-2はNEXTの特性値を示しています。ほとんど撚りを戻さない場合、全周波数において規格に対し10dB以上のマージン(余裕度)を持っています。ところが、4cm、8cmと撚りを戻していくとNEXT特

性はかなり悪くなってしまいます。8cmの撚り戻しでは、規格を外れてしまいました。

図-3 . 撚り戻しによる、等レベル遠端漏話減衰量 ( E L - F E X T ) への影響

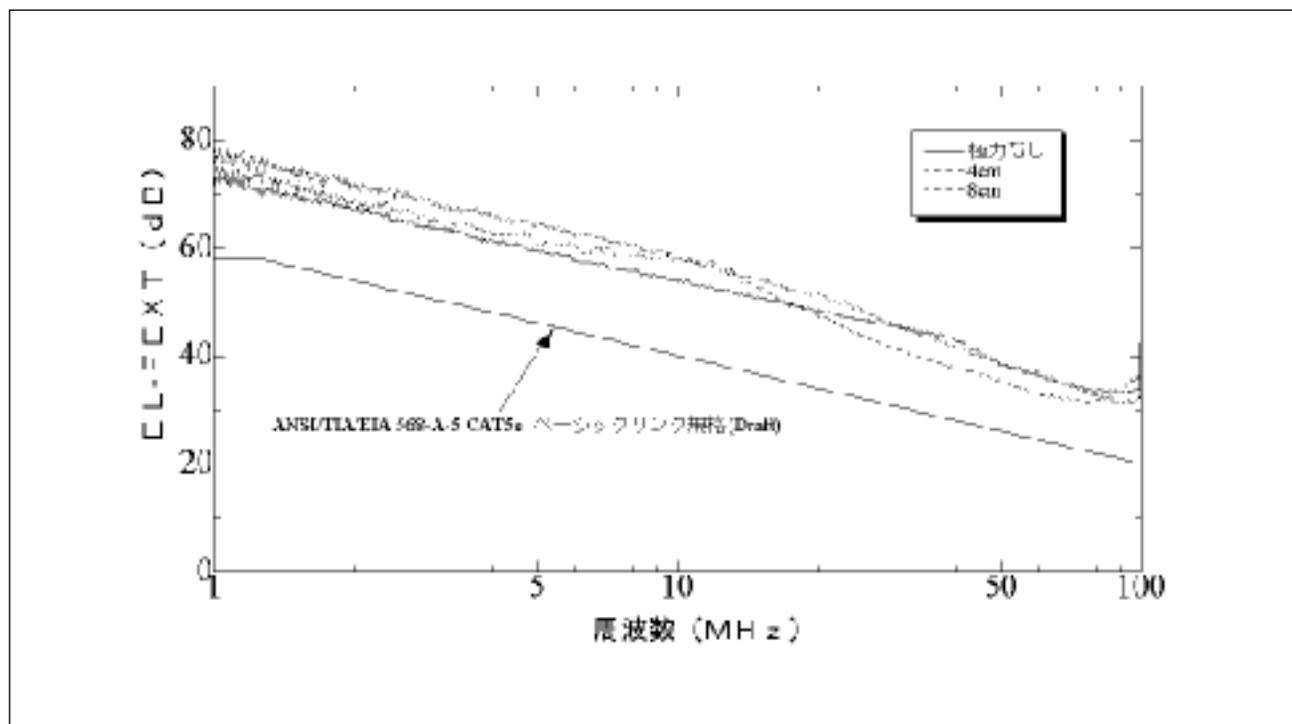


図-3はEL-FEXTの特性値を示しています。EL-FEXTについては、あまり撚り戻しによる変化がみられませんでした。

このようにNEXTが数dB悪くなれば、必ずEL-FEXTも同じだけ変化するということはありません。

図-4 . 撚り戻しによる、電力和近端漏話減衰量 ( パワーサムNEXT ) への影響

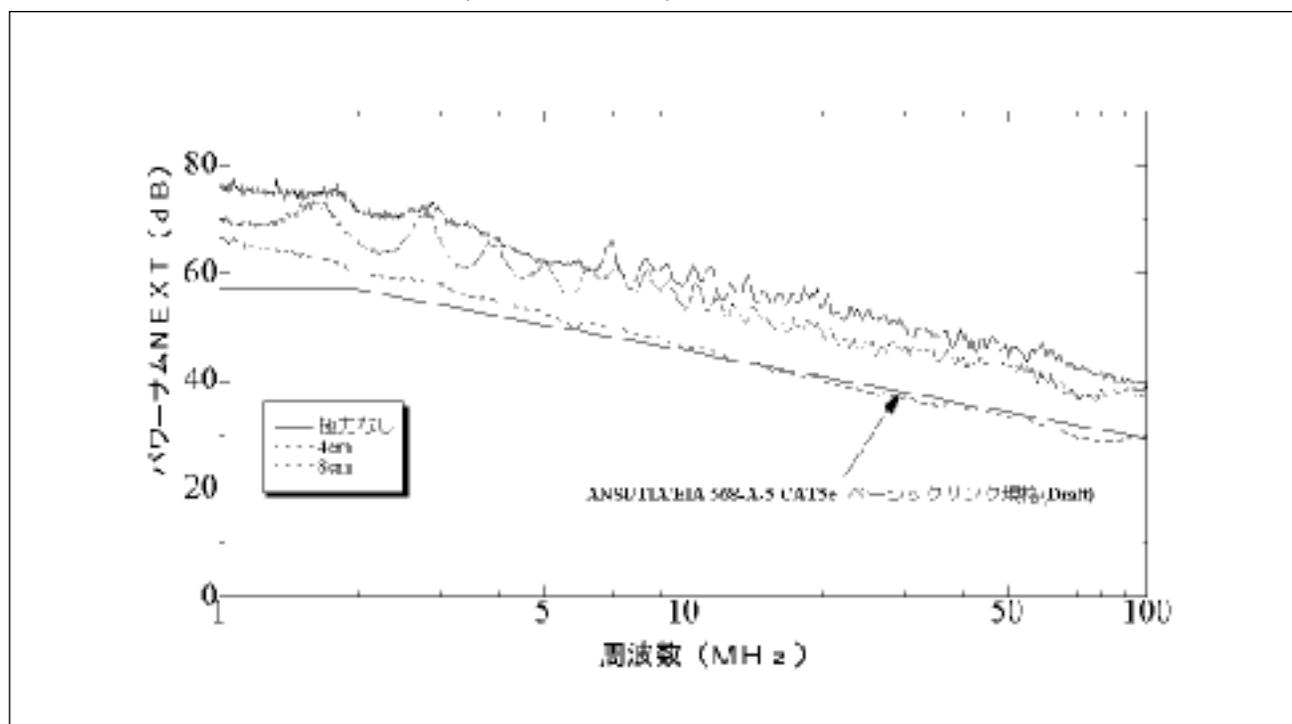
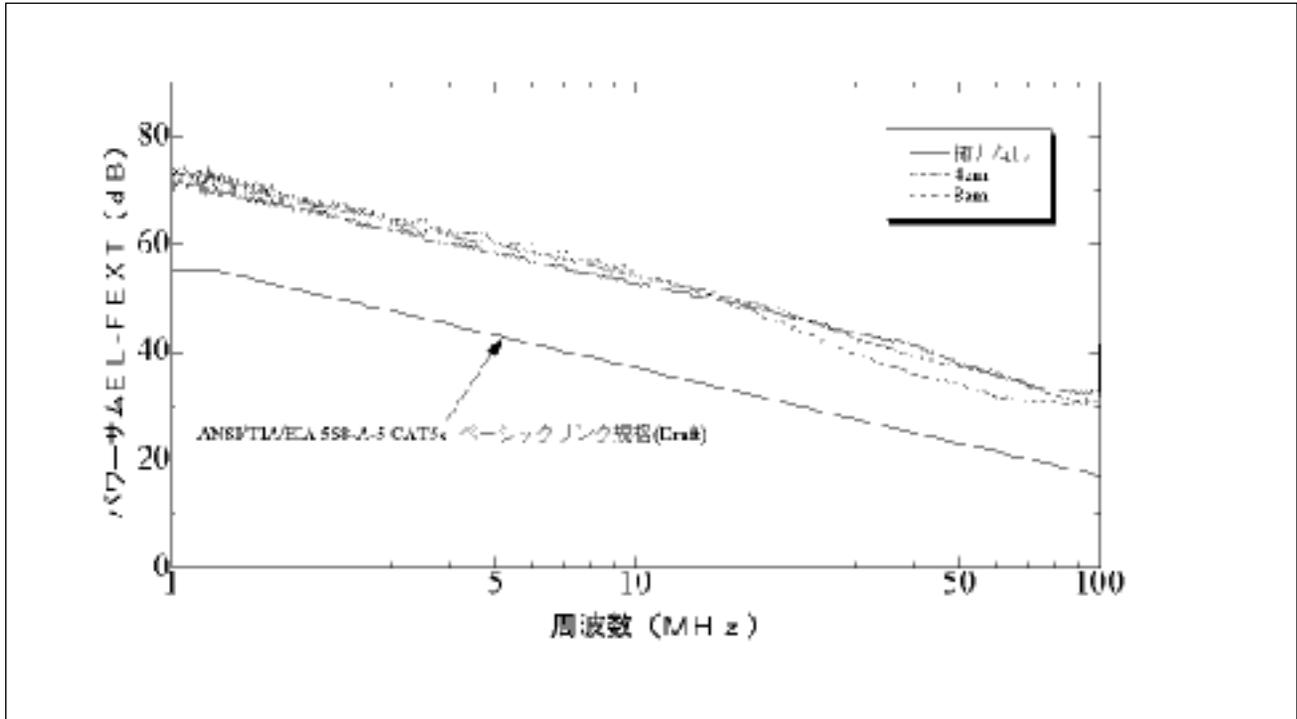


図-4はNEXT特性値より計算で導いたパワーサムNEXTのグラフです。NEXT同様、4cm、8cmと撚りを戻していくとパワーサムNEXT値が悪化していくことが確認できるかと思ます。

図-5 . 撚り戻しによる、電力和遠端漏話減衰量 (パワーサムEL-FEXT) への影響



パワーサムEL-FEXTについては、EL-FEXT同様あまり変化は確認されませんでした。  
 パワーサムNEXTとパワーサムEL-FEXTの間にはあまり相関性はないようです。

図-6 . 撚り戻しによる、減衰対漏話比 (ACR) への影響

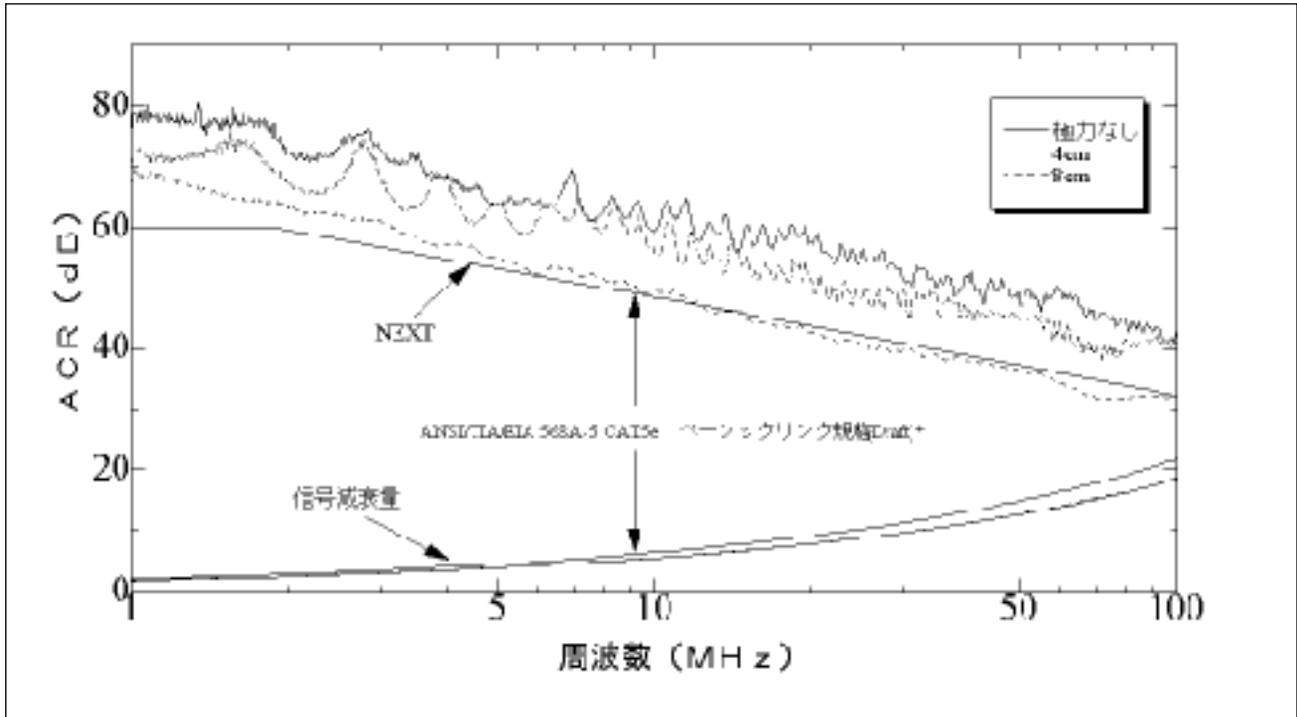


図-6はNEXT特性値と信号減衰量特性値を同時プロットし、ACR特性を示したグラフです。撚り戻しを極力しない場合は、十分なマージンを持っていますが、撚り戻しを長くしていくとマージンが小さくなっていくことが確認されます。  
 信号減衰量の値は3データともほぼ同じ値となり、図中では重な

っています。\*ANSI/TIA/EIA 568A-5 CAT5eベーシックリンク規格(Draft)にはACR、パワーサムACRは規定されていません。このためANSI/TIA/EIA 568A-5 CAT5eベーシックリンク規格(Draft)のNEXT規格、信号減衰量の規格を用いて、ACR規格を示しています。

図-7. 撚り戻しによる、減衰対電力和漏話比（パワーサムACR）への影響

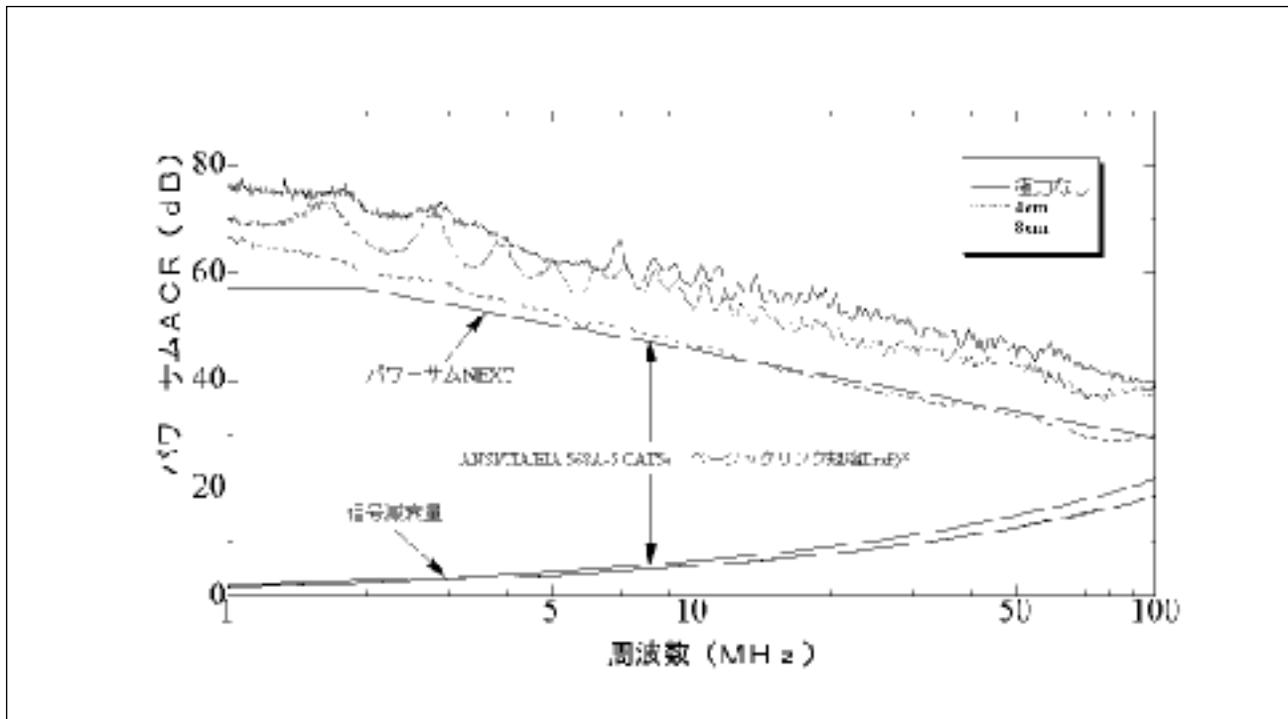


図-7はパワーサムNEXT特性値と信号減衰量特性値を同時プロットし、パワーサムACR特性を示したグラフです。ACR同様、撚り戻しを長くしていくと規格に対するマージンが小さくなっています。  
 \*ANSI/TIA/EIA 568A-5 CAT5eベーシックリンク規格(Draft)にはACR、パワーサムACRは規定されていません。このためANSI/TIA/EIA 568A-5 CAT5eベーシックリンク規格(Draft)のNEXT規格、信号減衰量の規格を用いて、パワーサムACR規格を示しています。

## 結論

今回は、図-1のリンク構成内、TSUNET-350E 4P(水平ケーブル部分)の両端のみ撚り戻しを行い、漏話特性を評価しました。たった2ヶ所の部分の撚りを戻しただけで結果のグラフに示したように、漏話特性はかなり悪化してしまうことが確認いただけたかと思えます。ツイストペアケーブルの成端を行う際は「撚り戻しを極力抑える」このことを徹底していただきたいのです。せっかく高価なエンハンスドCAT5ケーブル、CAT6ケーブルを購入しても成端を誤るとCAT5規格すら満足しないケースも十分あり得ます。ツイストペアケーブルは「撚り」が命です。

今回の実験からもわかるように110ブロック部分の撚り戻しを4cmとしてもANSI/TIA/EIA 568A-5 CAT5eベーシックリンク規格を満足してしまいました。弊社のTSUNET-350E(エンハンスドCAT5水平ケーブル)、TSUNET-MC350E(エンハンスドCAT5パッチコード)は規格に対して大きなマージンを持たせています。この大きなマージンが特性の悪化を吸収しています。もし、ケーブル自体の特性が規格ギリギリであった場合、ほんの少し撚りを戻しただけで規格を外れてしまうこととなります。ケーブルは規格に対しマージンの大きなケーブルをお奨めします。

本実験結果をみると「通信興業製のケーブルは4cmまで撚り戻しが可能だ」と誤解されるかもしれないので補足させていただきます。本コンテンツ内のデータは、あくまでも実験の一例であり、今回のデータ以上の性能を保証するものではありませんので、ご理解ください。

## 次回は . . .

ツイストペアケーブルの撚り戻しによる漏話特性への影響<2>として、RJ-45タイプのプラグ側とジャック側(パッチパネル、アウトレット)両方の撚り戻しを行った場合、漏話特性がどのように変化するのか、ご紹介いたします。(今回の実験ではジャック側のみでした)RJ-45プラグ成端も行っているという方は、ぜひご一読下さい。

# ケーブルコード

## ケーブルの難燃性

ケーブルの難燃性については規格の定義により様々な試験方法と規格値があるが、一般にケーブルの難燃性を次のように考えてよい。ケーブルの難燃性とは、ケーブルの燃えにくさの尺度をいい、それは消防法でいう「耐火電線・ケーブル」や「耐熱電線・ケーブル」の「耐火」や「耐熱」と意味が違う。ケーブルの「耐火性」または「耐熱性」とは、ケーブルが万一火災にあったときに、それぞれに定められた時間の間、そのケーブルが火災の際に避難誘導の為に設けられた表示灯、警報、連絡などの役割を果たせるようにするために設けられた性能であり、燃えにくさを尺度とする難燃性とは明らかに性質が異なる。

ケーブルの難燃性評価方法は、大きく分けて次の3種類に分類することができる。

(1) ケーブル構成材料での難燃性の評価  
(例：JIS K 7201の酸素指数の測定)

(2) 1本のケーブルでの難燃性の評価  
(例：ULのVW-1試験方法やJIS C 3005に規定される難燃性)

(3) グループケーブルでの難燃性の評価  
(例：IEEE 383の垂直トレイ試験やUL910に規定されるプレナム難燃試験)

(1) はケーブルを構成する材料に関する難燃性を評価する試験方法である。材料が燃焼を続けるのに必要とする最小濃度の酸素量を難燃性の尺度としている。

(2) は、ケーブル1本を燃焼させて、炎を取り除いた場合に自然に消えるかどうかをみる試験である。試験試料の取り付け方が水平、傾斜、垂直の順に難燃性の評価は厳しくなる。

(3) はケーブルを実使用状態においた場合の燃焼試験であり、もっとも現実にあった試験といえる。難燃性が強いケーブルほどこの試験が適用される。

特に米国を中心に難燃性について認定している団体としてはUL(Underwriters Laboratory)があるが、このULではケーブルに対していくつかの試験方法を決めており、それぞれ難燃性能の低い順から、CMX(燃焼試験は一般にVW-1試験と言われている)、CM(垂直トレイ燃焼試験)、CMR(ライザー試験)、CMP(プレナム試験、スタイナートンネル試験とも言う)の4種類がある。CMXは上述の試験方法では、(2)に属するケーブル1本で行う試験でケーブルの難燃性を評価する方法である。CM、CMR、CMPの3種類は、上述の試験方法では(3)に属するグループケーブルによる燃焼試験で難燃性を判定されるものであり、強い難燃性が要求される。特に、CMP(プレナムケーブル、スタイナートンネル燃焼試験による)は最高の難燃性を必要とし、この試験に合格するには、絶縁体および外被ともにフッ素系の材料を使用しなければならないほどである。

## 開口数(NA)

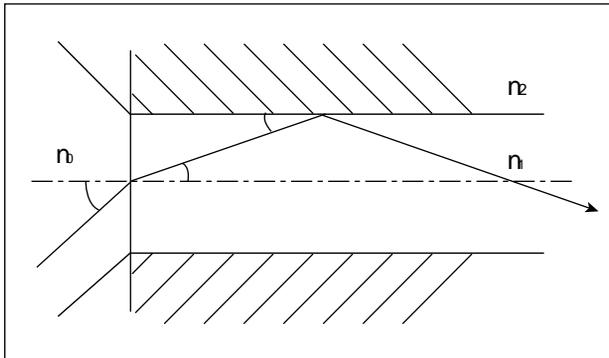
光ファイバとは、その名が示すように、光が通る繊維状のものをいう。断面は中央部分をコア、その周辺をクラッドといい、コアはクラッドより屈折率が高い材料を使用する。そうすることによってコアとクラッドの境界面を光が全反射することで光はコア内に閉じこめられて伝搬することができるのである。光ファイバの開口数とは、光ファイバに入ろうとする光の広がりかどの程度まで許されるかという限界を示す数値であり、光ファイバの中に入った光が、コアの中をクラッドとの境界面で反射しながら伝搬することが可能な光の「受光最大角度」を表す。さらに、これは光が光ファイバから出射されるとき「出射最大角」ということもできる。この開口数は、レーザやLED(発光ダイオード)などの光源とフォトダイオードなどの光センサとの結びつきの度合いを表したり、または光ファイバ同士を接続するときの損失の大きさ

を評価するときには重要なパラメータの一つになる。

光ファイバの中を光が伝送することはきわめて複雑になっているが、ここでは光を簡単に幾何工学的に図式化して考えてみる。

図1のように光ファイバの端面からある屈折率 $n_1$ のコア内に、角度 $\theta$ で入った光はコアの中では角度 $\theta$ で伝送され、屈折率 $n_2$ のクラッドの境界面で角度 $\theta_c$ で全反射されながら伝送する。たとえば、クラッドとの境界面で全反射される最大の角度を $\theta_c$ とする

図1 光の入射の様子



と、開口数(NA)は式(1)で表される。

$$NA = n_1 \sin \theta_c \quad (1)$$

また、 $NA = \sin \theta_{\max}$  (1)

と表すこともできる。

この式(1)が開口数(NA)とは入射する光の最大角度を表しているともいえる。

また、この開口数(NA)は、光を伝搬する媒体として使う光ファイバ本体のコア部の屈折率およびクラッド部の屈折率との比に一定の関係として導くことができる。開口数は一般に式(2)でも表され、この数値が大きいほど光の広がりは大きくできる。

$$NA = \sqrt{( \text{コアの屈折率} )^2 - ( \text{クラッドの屈折率} )^2} \quad (2)$$

通常は、開口数を直接測定するよりも屈折率を測定する方が簡単なので、式(2)によって評価する方がよく用いられている。

## 編集後記

通興ニュースレターも今回で3号となりました。どんなことでも3回連続すると実力とよく言われますが、この誌に関してはそのことわざは当てはまらないかもしれません。

今回はちょうど良い具合に、第2号の発行から4ヶ月の猶予がありましたが、せっかくいただいた期間も、結局取りかかるのが先送りされただけで、編集に入ったのは創刊号や第2号とほぼ同じ頃になってしまいました。

しかし、こうして期日通りに発行することができましたことについて、みなさまのご協力によるものとあらためて感謝申し上げます。

1999年10月1日

発行責任者 営業部 LANシステム担当 大津光夫

