

ギガビット時代の LAN配線設計ノウハウ

UTPケーブルの選択と配線設計

大森 匡 | フジクラテレコム 情報ネットワーク部係長

中川 三紀夫 | フジクラ LAN 技術部課長補佐

[2]

10BASE-T, 100BASE-TXなど現在主流のLAN技術は, UTPケーブルを使う方式です。コネクタ付けや敷設が簡単のため, ユーザー自身が敷設することもできます。今回は, そのUTPケーブルを使った配線システムを解説し, 設計や敷設時の注意点を説明します。

TIA/EIA-568

TIA (米国電気通信工業会) と EIA (米国電子工業会) が作成した配線システムに関する規格。規格名は「Commercial Building Telecommunications Cabling Standard」。現在は, TIA/EIA-568 の改訂版「TIA/EIA-568A」が発行されている。

減衰

伝送中に電気信号が弱まる現象のこと。減衰が大きいと, 受信側でデータの識別ができなくなり通信できなくなってしまう。伝送距離が長くなるほど, 減衰量は大きくなる。

現在の LAN 配線は, UTP (unshielded twisted pair) ケーブルを使うシステムが主流です。今回は, UTP ケーブルを使った LAN 配線の特徴と設計の注意について解説します。

ギガ・イーサ向け UTP も登場

UTP は 2 本の導線をより合わせて対にし, 4 対, または 24 対をまとめたケーブルです。UTP は対の外側にシールド (電磁遮へい) を持ちません。銅の編み線などでシールドしたケーブルは, STP (shielded twisted pair) といいます。91 年に制定された配線規格 TIA/EIA-568 で

は, 対ごとにシールドしたケーブルを STP と呼びますが, 一般には 4 対または 24 対を一括してシールドしたケーブルも STP と呼ばれています。

UTP や STP の導線をより合わせているのは, 電気信号を伝える特性を向上させるためです。より合わせると, 導線から漏れ出る信号 (ノイズ) をお互いに打ち消し合う効果があります。

導線には, 「単線」と「より線」があります。単線は 1 本線でできており, より線は細い線を束ねてねじってあります。単線タイプは, 減衰が少ないため, パッチパネル-情報コンセント間の固定配線用として使います。より線タイプ

表1 カテゴリ3とカテゴリ5の電気特性の違い EIA/TIA-568Aで規格化されている。カテゴリ3は16MHzまで, カテゴリ5は100MHzまでの特性を決めている。

周波数 (MHz)	カテゴリ3		カテゴリ5	
	減衰 (dB/100m) *1	クロストーク (dB/100m) *2	減衰 (dB/100m) *1	クロストーク (dB/100m) *2
1	2.6	- 41	2.0	- 62
4	5.6	- 32	4.1	- 53
8	8.5	- 27	5.8	- 48
10	9.7	- 26	6.5	- 47
16	13.1	- 23	8.2	- 44
62.5			17.0	- 35
100			22.0	- 32

*1減衰の数値は許容できる最大値 *2クロストークの数値は許容できる最小値

は曲げやすいため、パッチパネル同士をつなぐパッチコードとして使用します。

UTPケーブルには、「カテゴリ」と呼ばれるクラス分けがあります。LANに使うのはカテゴリ3～5で、カテゴリ1と2は、音声や低速データ伝送に使います。数字が大きいほど高い特性を持ちます。カテゴリ3は16MHz、カテゴリ5は100MHzまでの減衰やクロストークなどの特性を保証しています(表1)。カテゴリ4は20MHzまでの特性を保証していますが、カテゴリ5と特性がほとんど変わらないため、現在ではほとんど使われていません。カテゴリ3と5の価格はほとんど変わらず、現在ではほぼ100%が、カテゴリ5で配線されています。

カテゴリ5よりも高品質なUTPケーブルもあります。ギガビット・イーサネット規格「1000BASE-T」は、カテゴリ5ケーブルを使って伝送する前提で規格化が進められています。ケーブル・メーカーは1000BASE-T向けに、高品質の「エンハンスド・カテゴリ5」ケーブルを出荷しています。カテゴリ5よりも、減衰、クロストークなどの特性が改善されています。

カテゴリ6と7の規格化もISO/IECで始まりました。カテゴリ6は250MHzまでの電気的特性を保証した仕様になる予定です。カテゴリ7は750MHzまでの特性を保証したSTPという前提で検討が進んでいますが、まだどちらも詳細は固まっていません。

パッチパネルの選択は音声の切り分けで決まる

ケーブルだけでなく、コネクタなどの品質もカテゴリによって違いがあります。配線システムの部品の品質にも注意が必要です。

配線システムは大きく分けると、UTPケーブル、パッチパネル、パッチコード、情報コンセントの4要素があります。

図1 パッチパネルの利点 パソコンや電話機のレイアウト変更があっても、パッチパネル同士をつなぐパッチコードの接続を変えるだけで対応できる。

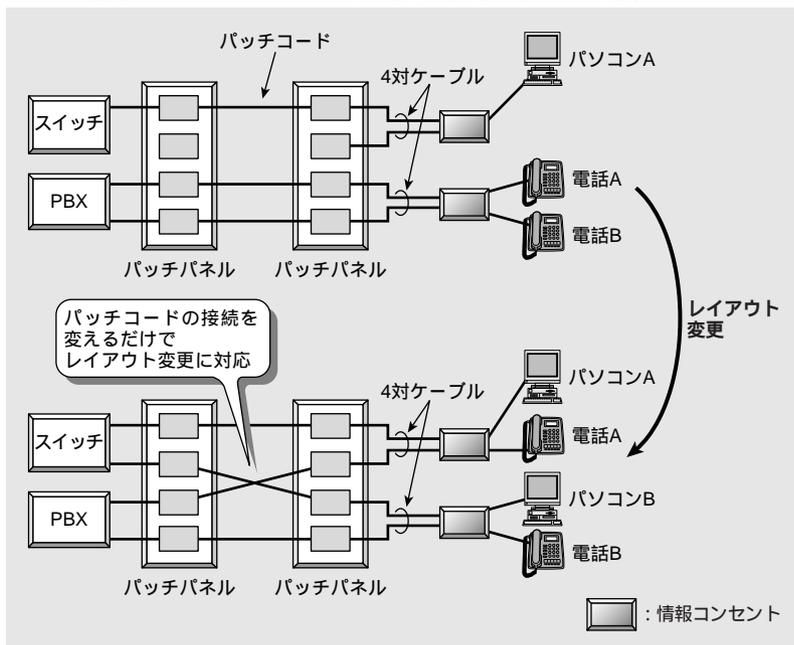
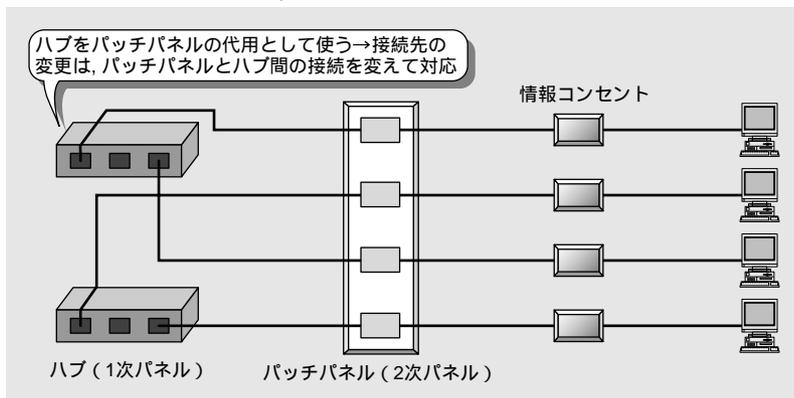


図2 パッチパネルの代わりにハブを使う形態 幹線側のパッチパネル(1次パネル)の代わりに、ハブを接続する場合がある。ハブの接続ポートを変えれば、パソコンのレイアウト変更に対応できる。



パッチパネルは、電話配線で用いられていた配線盤(MDF/IDF)を進化させたもので、配線の切替・変更を容易にするためコネクタ方式にしています。レイアウト変更があってもパッチパネルの接続を変えるだけで済みます(図1)。どの情報コンセントが、パッチパネルのどのパッチ(ポート)に接続しているかもすぐに分かり、障害部分の切り分けがしやすくなります。

クロストーク

伝送信号が別のケーブルや対に漏れだして、ノイズとなる現象のこと。漏話ともいう。より対線は、よりピッチ(間隔)をかえることによって、クロストークを打ち消し合う効果を高めている。完全にクロストークを防ぐには、対ごとのシールドが必要になる。

1000BASE-T

UTPを使うギガビット・イーサネット規格。10BASE-Tや100BASE-TXは、送受信に1対ずつ使うが、1000BASE-Tでは4対すべてを使って同時に双方向データを伝送する。対ごとの伝送遅れの差を小さくしたり、ケーブル内の他の対から信号が漏れ出すため、クロストークの総和も注意する必要がある。TIA/EIA-568Aには、1000BASE-Tに対応する追補を加える予定。

ISO/IEC

ISOは国際標準化機構。IECは国際電気標準会議。工業、電気関係の国際標準化団体である。ISOとIECが協調して標準仕様を作成することもある。

打ち込み端子方式

工具を使って心線をコネクタの端子に打ち込む方式。

スナップイン方式

モジュラ・ジャックのような形状の部品に心線を入れて、端子にはめ込む方式。

導通チェッカ

ケーブルの両端につなげたコネクタのピンとピンの間が接続しているかどうかを調べる機器。1万円程度で購入できる。

パッチパネルには、1次側パネルと2次側パネルという考え方があり、機器側（幹線側）が1次、フロア側（支線側）が2次となります。各MDF/IDFにハブを設置する時は、ハブを1次パネルとすることもありますが（p.173の図2）。

パッチパネルには、パッチコードに専用コネクタを使う「110パッチパネル」とRJ-45モジュラを使う「RJ-45モジュラ・パッチパネル」があります（表2）。一般的には、110パッチパネルが電話・データ統合型の配線に適しており、RJ-45モジュラ・パッチパネルがデータ配線に適しています。

110パッチパネルは1対ごとに使えるので無駄を減らせますが、管理が複雑になります。一方、RJ-45モジュラ・パッチパネルは、ハブなどの機器のポートとは1対1で接続するため配線管理が簡単ですが、4対ごとに配線を切り替えるので、1対しか使わない電話で使う場合は心数が無駄になってしまいます。

また、パッチパネルの結線方法には、専用工具が必要な☞打ち込み端子方式と、4対ごとにモジュールが分離していて専用工具がいらぬ☞スナップイン方式があります（写真1）。打ち込み端子方式は、UTPケーブルのよりを戻す長さを揃えたり、心線の取り扱い方が難しく、結線作業に熟練が必要です。このため、打ち込み

端子方式を採用するなら熟練した工業者を選ぶべきです。

独自方式のパッチコード、コンセントが要確認

パッチコードは、パッチパネルの1次と2次を接続したり、情報コンセントと端末を接続する、両端にコネクタが付いたコードです。基本的には、両端に同じコネクタを取けたストレート（1番ピンと1番ピン、2番ピンと2番ピン）結線です。パッチパネル独自のピン配置から、規格に沿ったピン配置に変更する変換コードもあります。また、送受信の結線を入れ替えたクロスコードもあります。配線システムによって独自の結線を採用していることもあるため、入手の際は指定する必要があります。

結線の規格には、TIA/EIA-568の「T568A」と「T568B」があります。T568AとT568Bでは、ケーブル内の何色の心線をどのピンに結線するかに違いがあります（表3）。各ピンのペア関係に違いはありません。ケーブルの両端の結線方式が合っていれば、T568A、T568Bどちらを使用しても構いません。また、パッチパネル・情報コンセント間はT568A、パッチコードはT568Bというように混在しても問題ありません。しかし、基本はT568Aであり、T568Bはオプションとして扱われていますので、T568Aを

表2 110パッチパネルとRJ-45パッチパネルの違い

	110パッチパネル	RJ-45モジュラ・パッチパネル
用途	統合配線システム（電話音声とLANデータ）	LANの配線システム（データのみ）
柔軟性	音声、LANを一つにまとめられる。接続する対の単位を変えるなど、柔軟な使い方ができる	LANだけの配線に限られるが、管理がしやすい
取り付け方法	木盤へネジ止め	19インチのラック
パッチ（ポート）の接続方法	専用のパッチコードを利用	RJ-45モジュラ・コードを利用
パッチ（ポート）同士の接続単位	1, 2, 3, 4対の任意	4対単位
ジャンパ（1対単位）接続	可能	不可能
管理	1対など細かい単位で管理できる半面、複雑になる	4対単位で管理しやすい

採用した方がよいでしょう。

情報コンセントは、フロアに配置する配線との接続点（取り出し口）です。大きく分けると埋込型と露出型があります。

埋込型は、壁や床に埋め込みます。露出型は箱型で、裏側の磁石でスチール製の机に固定したり、ネジで壁や床に固定したり床の上に置いて使います。埋込型は壁や床に固定するため、頻りにレイアウト変更があるオフィスには難がありますが、会議室など普段は端末を接続しない所には、配線が露出しないため適します。

結線間違いが通信障害の原因に

UTPケーブルは、コネクタ付けや引き回しが簡単ですから、ユーザーの方でも配線できます。しかし、以下のことに気を付けないと特性が下がり、通信できなくなることがあります。

まず、RJ-45コネクタとケーブルの結線を間違わないようにする必要があります。図3のb)のように結線すると、減衰量、クロストークともに劣化します。ただ、配線長が短い場合は、正常に動作しているように見ることがあります。しかし、ノイズや他対からのクロストークによって伝送エラーが大きくなり、実効速度は低下してしまいます。

実際、ユーザーの中にb)の結線間違いをされ

表3 TIA/EIA-T568AとTIA/EIA-T568Bの結線の違い
□の部分異なる。4対(8心)のどのケーブルをどのピンに結線するかが違う。

ピン番号	T568A	T568B
1	白/緑	白/オレンジ
2	緑	オレンジ
3	白/オレンジ	白/緑
4	青	青
5	白/青	白/青
6	オレンジ	緑
7	白/茶	白/茶
8	茶	茶

た方があり、10BASE-Tでは使えたのに100BASE-TXでは使えないというケースがありました。このような場合には、導通チェックでは問題を見つけることができませんが、100MHzまでの特性を測定するケーブル・テスタを使えば、簡単に原因を発見できます。

ケーブル・テスタ

ケーブルの周波数ごとの損失、クロストークなどの電気特性をそれぞれ測定できる機器。一般的に、100万円程度で購入できる。

写真1 打ち込み端子方式とスナップイン方式 左はパッチパネルに打ち込み端子方式で接続している。右はスナップイン方式のコネクタ部品。

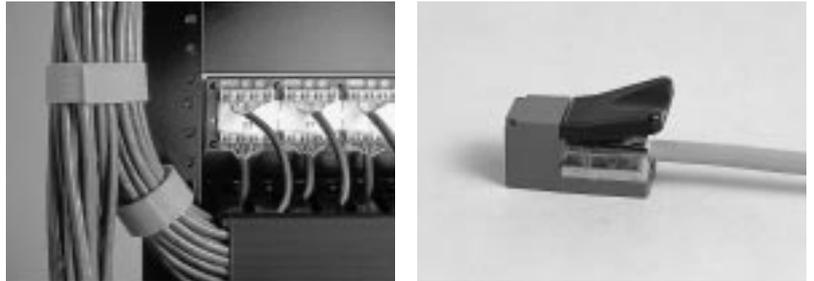
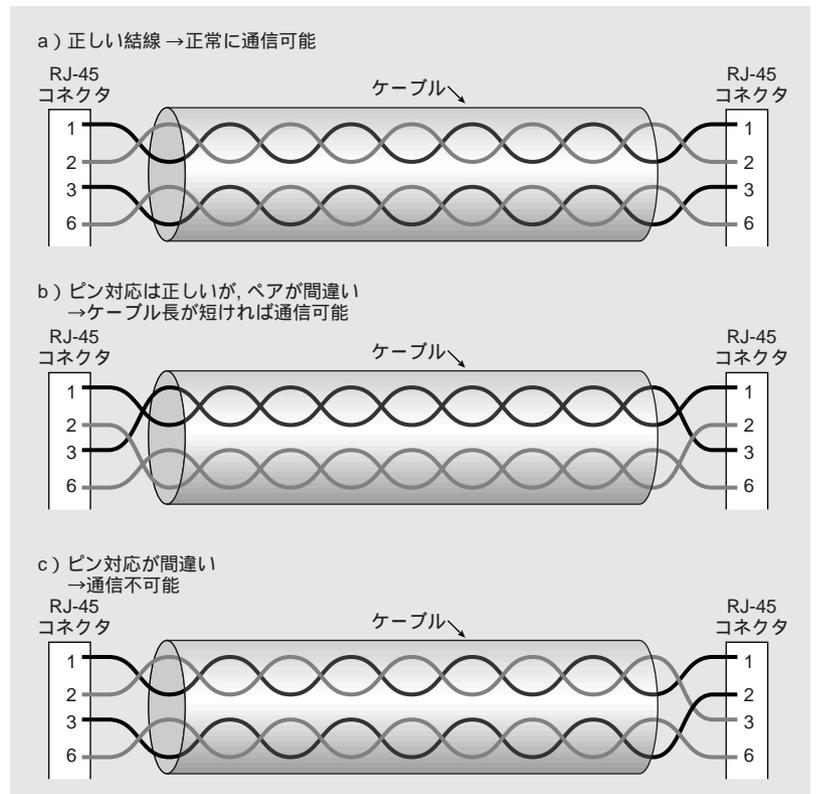


図3 UTPの結線間違いの例 a) が正しい結線。b) の場合はピン対応は正しいが、ペアの組み合わせが間違っている。距離が短ければ通信可能。c) はピン対応が間違っているため、通信できない。



インピーダンス

交流電圧をかけた時の抵抗値。ケーブルの特性を表す要素である。ケーブルの種類によってインピーダンス値が異なる。ケーブルに圧力がかかり変形するとその部分のインピーダンス値が変わり、伝送エラーが発生することもある。

ステップル

コの字型をした部品で、釘を打つようにコードを挟んで固定する。電気のコード固定部品と同じ形状である。

RJ-45 コネクタ付けは、カテゴリ5では厳しい規定があります。例えば、導線より戻し部分の長さは13mm以下とTIA/EIA-568Aで規定されていますが、ユーザーが付けた場合は規定を守っていないことが多いようです。

敷設時のケーブル変形に注意が必要

UTPケーブルは通常、コイル状に巻き取った形で販売されています。これを床に置いて片端から引くと、UTPケーブルにいくつもの輪ができ、その輪が潰れ、さらにその個所でケーブルが折れ曲がります。中の導線も折れるため、インピーダンス値が変わったり、断線することもあります。これを防ぐため、輪を伸ばしてから配線する必要があります。配線距離が長い場合は手間がかかるので、8の字型に巻き取られたUTPケーブルを使うとよいでしょう。

UTPケーブルにかかる張力のほとんどは、より対線が負担します。ケーブルに大きな張力がかかると、断線しなくても、減衰やクロストークなどの電気的特性が低下します。配線の規格TIA/EIA-568Aでは、UTPケーブルに11kg以上の張力をかけてはイケないと規定していますが、狭い配管を通す時は注意が必要です。

また、UTPケーブルを壁面、床面に敷設する場合、ケーブル全体を覆う部品のワイヤ・プロテクタなどを使うのが普通です。ステップルでケーブルを固定する場合、ケーブルを圧迫しすぎるとその部分で電気的特性が低下するので

注意が必要です。また、ステップルの打ち込み時にハンマーでケーブルを叩いてしまうこともあります。これも、特性の低下につながります。

ノイズが多い場所ではSTPを採用する

UTPケーブルを電力機器や電力ケーブルの近くに敷設すると、電磁誘導を受けることがあります。ある工場のLANで、急にノイズが大きくなり調査を依頼されたことがありました。この場合は、UTPケーブルの近くに電力機器が設置され、誘導を受けたためと分かりました。

配線ルートを規定しているTIA/EIA-569では、電力機器や電力ケーブルと距離をおくことを推奨しています(表4)。電力ケーブルとUTPは平行に敷設せず、なるべく直角に配置することも誘導を避ける上で有効です。

誘導を避けるために、UTPではなくシールドがあるSTPを使うことも解決策の一つです。STPは誘導の影響を減らせます。ただし、シールドの処理に注意が必要です。LAN機器の中にはシールド接続用の端子を持つ製品もありますが、大部分の機器は装備していません。この場合、シールドをどこに接続すべきかが問題です。また、シールドを両端で地面に接地してアースするか、片端でアースするかという点も工事業者によって統一されていないのが現状です。アース処理を間違えるとかえって誘導を受けやすくなる場合もあるので、慎重に考える必要があります。STPでもノイズ・誘導の影響はゼロではないので、特にノイズの多い環境や、確実に期す場合は光ファイバで配線するべきでしょう。

また、屋外を配線する場合、雷からの誘導でUTPケーブルに思わぬ高電圧がかかることがあります。この電圧でケーブル両端の機器が故障することがあります。屋外配線は、雷害を避けるためにも光ファイバを使う方がよいでしょう。

表4 電力ケーブルとUTP, STPとの推奨距離 TIA/EIA-569で規定している。

データ通信用ケーブル	電力ケーブル上の電力(単位: VA)		
	2k以下	2k ~ 5k	5k以上
UTP	13cm	31cm	61cm
STP	7cm	16cm	31cm

VA: 電圧(ボルト)と電流(アンペア)の積

実際のケーブル長は設計より長くなる

10BASE-T, 100BASE-TX とも, UTP ケーブル長は100m以下と制限されています。また, TIA/EIA-568A では配線盤のハブから情報コンセントまでのケーブル長は90m以下と決めています。配線設計では, 90mを超えないように注意します。

設計時にケーブル長を計算する方法は, 図面上の配線経路の長さを測って縮尺をかけ, 天井への立ち上げ, 立ち下げなど垂直部分の長さを足すのが一般的です。ところが, 実際に工事をすると配線の設計値より長くなってしまふことがよくあります(図4)

工事では, 設計図面の通りにケーブルを敷設できるとは限りません。例えば天井裏では, 点検口のふたの上を横切るとはできませんし, 熱を持つ機器と接触させることは避けるべきです。空調機やダクトなどの障害物はう回しますし, 電力ケーブルと離したり, 平行にならないように配置する必要があります。

このように実際の施工では, LAN配線はすべて図面上の理想的な経路からは回り道をしています。回り道の結果, 当初の設計時の長さよりも経路が長くなります。規格で決められた限度長を超えた場合でも, まったく動作しない訳ではありません。これは, UTPケーブルの電気的特性が規格値よりも余裕を持って製造されているからです。しかし, 余裕の部分については, ケーブル・メーカーも工事業者も保証しません。引き渡し後にトラブルが発生しても誰も責任を負ってくれません。配線長が制限よりも長い状態で使うことは避けるべきです。

もし, ケーブル長が制限以上になった場合には, 貫通孔を作って短いルートを作る, 中間にハブを設置する, UTPから光ファイバに変更するなどの対処法がありますが, いずれも設計変更や新規費用などが必要です。

敷設時に多少の回り道があっても限度を超えないためには, 設計時のケーブル長は80m以下にするべきでしょう。

図4 実際のケーブル長が長くなる原因 電力ケーブルとは一定間隔を取り, 平行にならないようにする。また, 障害物をう回するため, 敷設時のケーブル長は設計時よりも長くなる。パッチパネルと情報コンセント間が90m以下, ハブとパソコン間が100m以下という距離制限がある。

