

# INTERNET

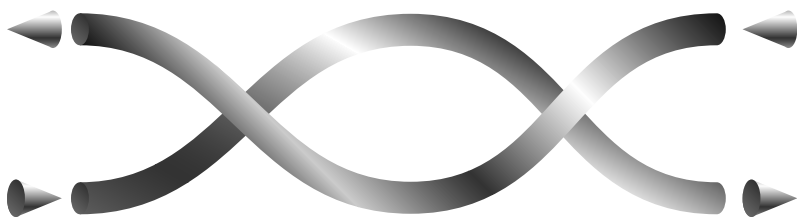
## ● インターネット最新テクノロジー : 第30回

既存のケーブルで超高速LANを実現する

### 1000BASE-T

音声や動画がIP網に統合されていくうえで、ネットワークに要求されるスピードは増すばかりだ。こうした要求にこたえてくれるのが、1Gbpsの通信速度を実現する1000BASE-Tだ。光ファイバーのような特別なケーブルを使うことなく、既存のメタルケーブルで従来の10倍から100倍のスピードが得られる1000BASE-Tは、これからの高速ネットワーク環境の主流となっていくことが期待されている。今回は、1000BASE-Tが既存のメタルケーブルでいかにしてこれまでの10倍の高速通信を実現するのかを解説する。

瀬戸 康一郎 日立電線株式会社



#### イーサネット普及の歴史

「イーサネット使ってますか?」と訊かれて「なにそれ?」と答える人でも「会社でパソコンをつなぐのに使っているネットワークのことですよ」と説明すると「ああ、LANのことね」と合点がいくだろう。今ではLANと言えばイーサネットのことを指すと言っても過言ではないだろう。

現在、オフィス内のネットワークとして標準で使われるようになったイーサネットは、1973年にXEROX社のPalo Alto研究所(PARC)において開発された同軸ケーブルを

使って3Mbpsの伝送を行った「X-Wire」がその原型だ。開発者のBob Metcalfeは「宇宙空間の光を伝える科学物質」のEther(エーテル)になぞらえEthernetと命名している。

1970年代後半にはDEC社、Intel社、XEROX社によってコンソーシアム(DIXコンソーシアム)が結成され、伝送速度10MbpsのイーサネットがDIX Ethernetとして標準化された。このイーサネットは太い同軸ケーブルを使用していたことからThick Netとも呼ばれた。

その後、イーサネットは標準化の場をIEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers、電気電子技術者協会)の802委

員会に移し、国際標準としての地位を確立していくとともに、伝送メディアの追加など、さまざまな仕様拡張が行われている。

現在のようなUTP(Unshielded Twisted Pair、非シールド対より線)ケーブルがイーサネットで使われるようになったのは1980年代の後半である。SynOptics社が対より線を使用して10Mbpsの伝送を行う技術を開発し、対より線イーサネットの製品化を行った。この製品は米国の市場において大きな成功を収め、その後IEEE802委員会において10BASE-T規格として標準化されるに至っている。

10BASE-T規格の標準化が完了したのは1990年だが、その頃に対より線として利用されていたのはVoice Grade(音声品質)と呼ばれる電話向けの配線ケーブルであった。しかし、10BASE-Tが普及するにつれ、データ通信向けの高品質の対より線(後にカテゴリー5(Cat.5)ケーブルと呼ばれるようになる)が開発され、広く使われるようになった。この高品質なCat.5ケーブルを活用して伝送速度100Mbpsを実現したのが100BASE-TX、いわゆる100メガイーサネットだ。100BASE-TXは1995年にはIEEE802委員会において標準化が完了している。

現在、全世界の8割以上のLANがイーサネットで構成されている。1億台以上のPC、ワークステーション、サーバーがイーサネットで接続されている。まさしく、イーサネットはLANの代名詞となったのである。

#### ギガビットイーサネットの登場

このように10メガ、100メガのイーサネットが広く普及するにつれ、これらのトラフィックを束ねるための、さらに高速なイーサネットが求められるようになった。このため1995年にはIEEE802委員会において1Gbpsの伝送速度を持つ「ギガビットイーサネット」の標準化が開始された。ギガビットイーサの標準化作業は、光ファイバー主体の1000BASE-X規格と対より線を使用する1000BASE-T規

格に分けて進められた(図1)。

1998年には1000BASE-XがIEEE802.3zとして標準化を完了し、今年6月には1000BASE-TもIEEE802.3abとして標準化を完了した。8月にはギガビットイーサネットの普及を推進するギガビットイーサネットアライアンス(GEA)主催による1000BASE-T製品の相互接続試験が行われ、Extreme Networks社、3Com社、Intel社、日立電線などが参加して、Cat.5ケーブルを使用した伝送速度1Gbpsの相互接続性が実証された。今年の秋には続々と対応製品が発売され、2000年春には大々的な普及が始まるものと期待されている。

## 1000BASE-Tの伝送技術

1000BASE-Tにおいては、10BASE-Tの100倍もの超高速伝送を実現しているが、いったいどのようにこの伝送速度を実現しているのだろうか? 秘密は4対並行送受信と5段階のマルチレベル送信にある。

1本のCat.5ケーブルには2本の電線がより合わされた対より線(ツイステッドペアケーブル)が4対含まれている。10BASE-Tや100BASE-TXでは、これらの4対のうちの1対を利用して信号を送信する。送信と受信はそれぞれ別の対を使用するので、合計2対が送受信に使用されている(図2a)。これに対して、1000BASE-Tでは送信に4対すべてが使用される(図2b)。イーサネットでは全二重通信をサポートしており、送信も受信も同時にできる必要があるため、各対の送受信部分で送信信号と受信信号のハイブリッド(混成・分離)を行う。

もう一つの秘密が5段階のマルチレベル送信である。10BASE-Tでは対より線に送り出される信号は0と+1の2つのレベル(値)である。100BASE-TXではこれが+1、0、-1の3つのレベルに拡張されたMLT-3、Multilevel Transmit 3)、1000BASE-Tにおいてはさらに5つのレベル(+2、+1、0、-1、-2)まで拡

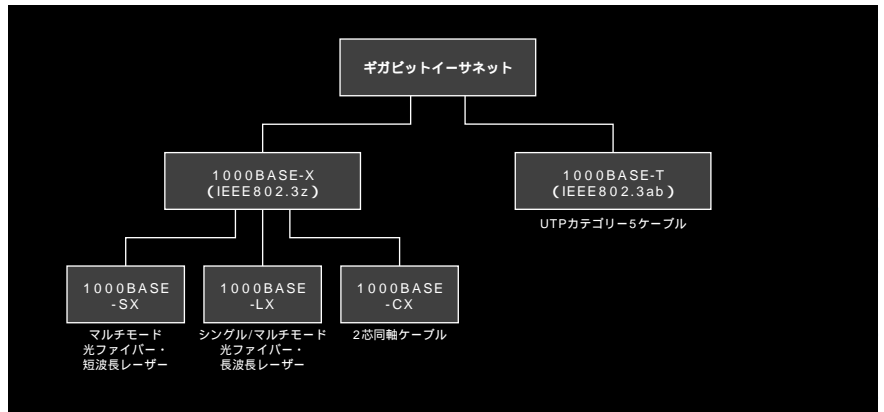
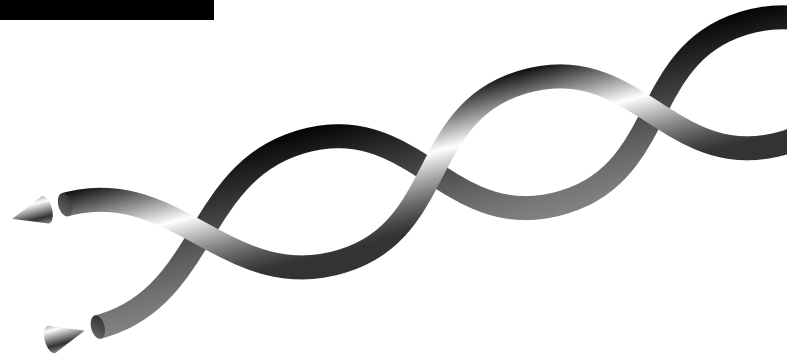
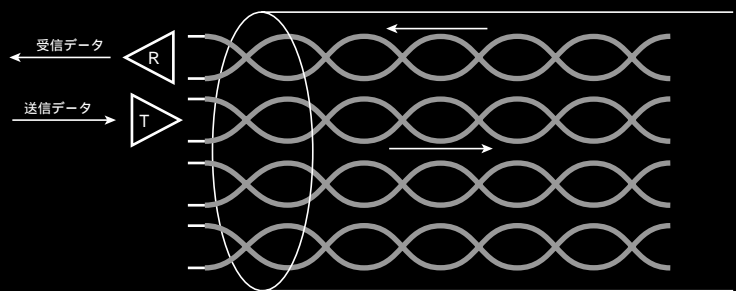


図1 ギガビットイーサネットの規格体系

(a) 100BASE-TX 2対送受信



(b) 1000BASE-T 4対並行送受信

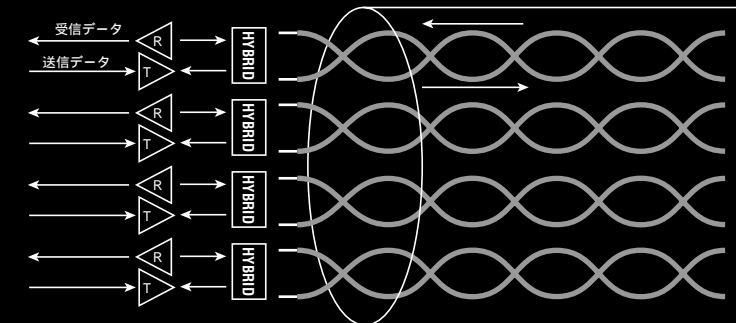


図2 イーサネットの対より線



張している(図3)。これを4対の信号線に並行して行っているため、1000BASE-Tの信号符号化方式を4D-PAM5(4 Dimensional Phase Amplitude Modulation 5)と呼ぶ(ただし、実際の信号送信においては不要な電磁輻射を減らすため、パーシャルレスポンス処理を行い、5レベルの信号を17レベルの信号に鈍らせて送信を行っている)。

このように4対が並行して5レベルの信号を送信することにより、1クロックにおいて $5 \times 5 \times 5 = 625$ 種類の値を送信することができる。この625種類の値のうち、512種類の値をデータの送信に利用して、残りはデータフレームの開始符号やアイドル符号などの制御用に使用する。1000BASE-Tではデータ転送用の512種類の値を使用して256種類(8ビット)のデータを表現する(すなわち、2倍の冗長性を持たせている)。これにより、伝送エラーの検知と修正機能を実現し、耐エラー性を高めている。このようにして1000BASE-Tでは信頼性を保ちつつ、100BASE-TXと同じ125MHzの送信信号速度で1Gbpsの高速データ送信速度を実現している(8bit  $\times$  125MHz=1Gbps)。

。これによって相手の端末の備える通信モードに応じた最適なモードによる接続が可能だ。たとえば、相手が100Mbpsまでの通信速度しかサポートしない場合には、この条件を自動的に認識し、100Mbpsにフォールバックして通信リンクを確立する(ただし、自局も100Mbps通信をサポートする場合に限る)。

このような自動認識機能に加えて、1000BASE-Tでは「自動クロスオーバー修正機能」が追加されている。これまでの10BASE-Tや100BASE-TX機器では、ハブとNIC(ネットワークインターフェースカード)の接続にはストレートケーブルを使用し、ハブ同士やNIC同士の接続の場合はクロスケーブルを使用する必要があった。これに対して、1000BASE-TXでは対より線のクロス・ストレート結線を自動的に修正する機能(Auto MDI/MDI-X Correction)が備わっており、接続機器の種類にかかわらず、常に一種類のケーブルで通信が可能となっている。これまでは、ハブ同士をカスケード接続する場合、クロスケーブルを使用するかアップリンク切り換えスイッチで切り替えを行う必要があった。1000BASE-Tではこれらの切り替えが不要となる。

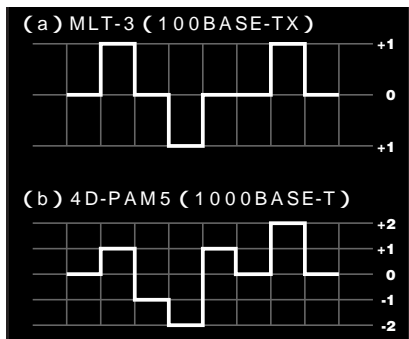


図3 マルチレベル信号

## プラグ・アンド・プレイ

このような超高速伝送に加え、1000BASE-Tではプラグ・アンド・プレイのためのメカニズムも強化されている。

1000BASE-Tでは自動認識(Auto Negotiation)機能の実装が必須となってい

## 1000BASE-T向けの配線

1000BASE-Tを利用して伝送速度1Gbpsの通信を実現するためには、どのようなグレードの配線が必要とされるのであろうか? IEEE802.3ab規格においては「Cat.5ケーブル配線が必須、さらに品質を高めたEnhanced Cat.5ケーブル(Cat.5e)を推奨」と規定されている。

前述のGEA相互接続試験においてはCat.5ケーブル配線を用いた試験が行われ、アウトレット・コネクタなどを含む総延長100mの配線チャンネル(図4)においてもエラーのない1Gbps通信が行えることが確認されている。規格で規定された必要最低限のCat.5配線でも問題なく1Gbpsの通信が行えることが

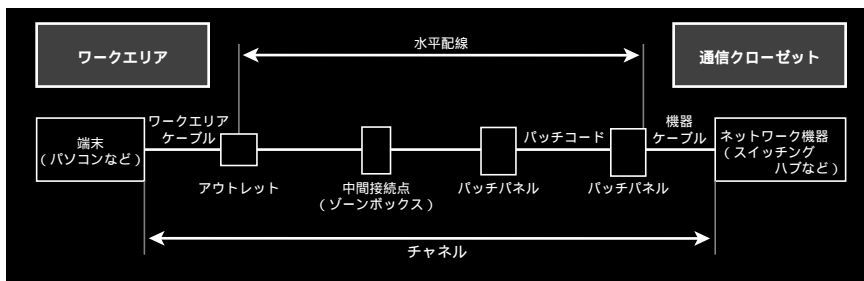


図4 Cat.5配線チャンネル

実証されたわけである。

ただし、これらの実験で使われた配線はブロのケーブル屋が準備した折り紙付きのCat.5配線である。既設のCat.5配線においては、正しくCat.5の特性を満たさない配線チャンネルが存在することも予想される。1000BASE-Tを導入するにあたっては、あらかじめケーブルテスターによるチャンネル特性の検査を行えばより安心であろう。もしもCat.5特性を満たさない場合でも、ケーブルとコネクタの接合部の結線を改善するだけでも特性を大きく改善できる場合が多い。これらのことは、ブロの配線屋に相談されると良いであろう。また、これから新しく配線される場合は、将来性も考えてCat.5e以上の配線が望ましい。

## 1000BASE-Tの適用エリア

このように1000BASE-Tでは身近なCat.5ケーブル配線を利用した1Gbps通信を実現しているが、これによりデスクトップまでの通信が1Gbps化されていくのであろうか？ 答えはYESであり、NOである。

高精細なグラフィックや音声、動画データを取り扱う環境（たとえば、次世代テレビゲームのソフト開発や映画の特殊効果制作など）においては1000BASE-Tは直ちに利用されることになるであろう。これらのネットワーク帯域ハングリーなアプリケーションに対して1000BASE-Tは福音となるだろう。

そのような特殊な環境を除いた一般的なオフィスでの1000BASE-T利用は、まずはサーバー接続やスイッチングハブのカスケード接続が中心となるだろう。通常のファイル共有やウェブアクセスなどのネットワークアプリケーションでは、デスクトップのパソコンまで1Gbpsの通信速度が必要となる場合はほとんどない。高品位なMPEG動画のリアルタイム配信でもデスクトップまで20Mbps程度の占有帯域が取れば十分であり、スイッチング接続された1000BASE-TXリンクでも帯域的には十分対応可能だ。

しかし、デスクトップからのトラフィックが集中するスイッチングハブ間のカスケードリンクやサーバーとのリンクでは1000BASE-Tは非常に有用となる。たとえばサーバー接続に100メガイーサネットを使用していると、10台のクライアント・パソコンが同時に各10Mbpsの通信を行っただけで、100Mbpsのサーバーリンク帯域はいっぱいになってしまう。すなわちボトルネックである（図5）。最近の高性能パソコンがファイルのダウンロードを行えば10Mbpsを優に超える帯域占有が起きることを考えると、サーバーリンクの1Gbps化はLANのボトルネック排除に効果大だ。ファイルサーバー以外でも、社内のアクセスが集中するイントラネット向けウェブサーバーなどでも1000BASE-T接続によりアクセスの高速化が期待できる。

このほか、スイッチングハブをカスケードするために1000BASE-Tが利用できれば、スイッチングハブ間のボトルネックを心配する必要がほぼなくなる。これまで光ファイバーケーブルを使用していた場合に比べて、廉価で取り扱いが容易になる。1000BASE-Tの登場によりギガビットイーサネットはより身近な存在になっていくだろう（図6）。



図6 1000BASE-T製品例  
日立電線 CopperMattockシリーズ・スイッチングハブ

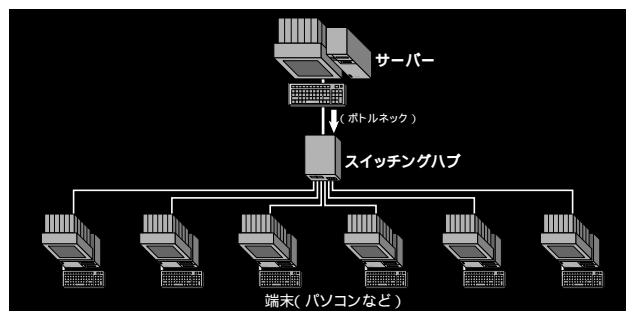


図5 サーバーリンクのボトルネック



## [インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ] ご利用上の注意

このPDFファイルは、株式会社インプレスR&D(株式会社インプレスから分割)が1994年～2006年まで発行した月刊誌『インターネットマガジン』の誌面をPDF化し、「インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ」として以下のウェブサイト「All-in-One INTERNET magazine 2.0」で公開しているものです。

<http://i.impressRD.jp/bn>

このファイルをご利用いただくにあたり、下記の注意事項を必ずお読みください。

- 記載されている内容(技術解説、URL、団体・企業名、商品名、価格、プレゼント募集、アンケートなど)は発行当時のものです。
- 収録されている内容は著作権法上の保護を受けています。著作権はそれぞれの記事の著作者(執筆者、写真の撮影者、イラストの作成者、編集部など)が保持しています。
- 著作者から許諾が得られなかった著作物は収録されていない場合があります。
- このファイルやその内容を改変したり、商用を目的として再利用することはできません。あくまで個人や企業の非商用利用での閲覧、複製、送信に限られます。
- 収録されている内容を何らかの媒体に引用としてご利用する際は、出典として媒体名および月号、該当ページ番号、発行元(株式会社インプレス R&D)、コピーライトなどの情報をご明記ください。
- オリジナルの雑誌の発行時点では、株式会社インプレス R&D(当時は株式会社インプレス)と著作権者は内容が正確なものであるように最大限に努めましたが、すべての情報が完全に正確であることは保証できません。このファイルの内容に起因する直接のおよび間接的な損害に対して、一切の責任を負いません。お客様個人の責任においてご利用ください。

このファイルに関するお問い合わせ先

**株式会社インプレスR&D**

All-in-One INTERNET magazine 編集部

[im-info@impress.co.jp](mailto:im-info@impress.co.jp)