

# イーサネットの行方

松岡 拓也, 藤田 宗佑  
Takuya MATSUOKA, Sosuke FUJITA

## 1 はじめに

近年, 私達が学校などでインターネット上のデータをやり取りするために, イーサネットという通信技術が普及している。また私達がやり取りする情報は, 文字から画像そして動画へと容量が大きくなり続けているという背景から, 大容量のデータを速く通信するため, イーサネットについての研究が盛んに行われている。

本報告では, 次世代通信規格について述べ, イーサネットの行方について考察する。

## 2 イーサネット

### 2.1 イーサネットとは

イーサネットとはゼロックス社と DEC 社 (現在は Hewlett Packard 社の一部門), インテル社が考案した LAN(Local Area Network) 規格のことである<sup>1)</sup>。LAN とはケーブルや光ファイバなどを用いて, 同じ建物の中にあるプリンタやコンピュータを接続し, データのやり取りをするネットワークのことである。現在では特殊な場合を除いてほとんどの LAN 規格がイーサネットとなっている。イーサネットは, OSI 参照モデル (Table1) における物理層およびデータリンク層を規定するものであり, IEEE により IEEE802.3 およびその拡張版として仕様が開示されている<sup>1)</sup>。

Table1 OSI 参照モデル (参考文献<sup>1)</sup> より引用)

7	アプリケーション層
6	プレゼンテーション層
5	セッション層
4	トランスポート層
3	ネットワーク層
2	データリンク層
1	物理層

### 2.2 イーサネットの歴史

イーサネットの発想の原点は, ハワイ大学のノーマン・エブラムソン教授が開発した「ALOHA システム」と言われている。ALOHA システムの無線パケット通信のアイデアに基づいて最初のイーサネットは 1972 年 ~ 1973 年にかけて, ゼロックスのパロアルト研究所 (PARC) において, Robert M.Metcalf (メトカフ) 氏を中心に開発された。

ゼロックス社はその後, イーサネットの特許を解放してオープンな規格とし, インテルと DEC 社を開発に加えて, 開発を進めていった。またオープンな規格として開発したため, 多くの企業が製品開発に加わり, イーサネット技術が急速に発展していった。一方で, IBM 社がトー

クンリング, アップル社が Apple Talk というネットワーク製品を強力に推進していたが, オープン化による研究規模の大きさという点でイーサネットが勝ち残った。

技術のオープン化によりイーサネットは 1982 年から 2003 年までの約 20 年という短い期間で, 通信速度を 1 秒につき 1000 倍まで向上させた。このような技術革新によって登場してきたのがギガビットイーサネットと呼ばれる超高速通信技術である<sup>1)</sup>。

## 3 イーサネットの現状

2.2 節で述べたように, イーサネットは企業競争の中で進化を遂げてきた。本章では, 現在利用されている通信技術について述べる。

### 3.1 ギガビットイーサネット

本節では, 通信速度の向上に伴って開発された通信技術について述べる。イーサネットが開発された当初は, ケーブルの高品質化によって通信速度の向上を実現していたが, 通信速度の向上に伴い, ケーブルの高品質化だけではなく, 通信方法そのものも見直されるようになった。

そこで考えられたのが, 4 対平行通信と呼ばれる通信技術である。Fig.1 に以前の伝送規格である 100BASE-TX, Fig.2 に現在普及してきている 1000BASE-T を示す。

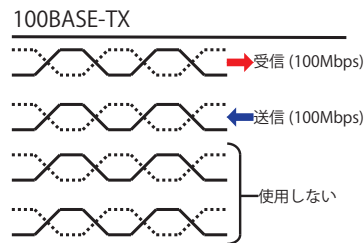


Fig.1 100BASE-TX (参考文献<sup>3)</sup> より引用)

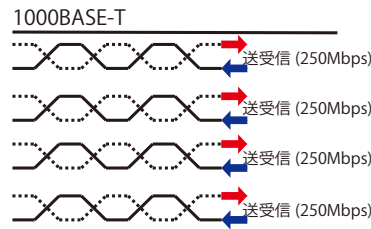


Fig.2 1000BASE-T (参考文献<sup>3)</sup> より引用)

従来の通信規格であった 100BASE-TX では, Fig.1 に示したように 4 本あるケーブルのうち 2 本のより対線を使用し, 全二重通信のときには 1 対を送信に, もう 1 対を受信に使用していた。これに対し, より効率的にケーブルを使用するために, Fig.2 に示したような 1000BASE-T が考案された。1000BASE-T では 4 対平行通信が

用いられており、1対のケーブルで送信と受信のデータを流し全二重伝送を実現している。また1つのケーブルで送受信を実現するため、送信する信号と受信する信号をそれぞれの方向に流せるように工夫したハイブリッド回路が利用されている。Table2に100BASE-TXと1000BASE-Tの比較を示す。

Table2 通信規格の違い(出典:自作)

	100BASE-TX	1000BASE-T
変換方式	MLT-3	4D-PAM5
使用する信号線	2本	4本

Table2に示したように、上記の通信規格は変換方式と使用する信号線の本数に違いがある。MLT-3とは1つのパルス波で3種類の電圧を表現することで、1ビット(2値)情報を通信するのに対し、4D-PAM5は1つのパルス波で5種類の電圧を表現することで2ビット(4値)の情報を通信する技術のことである。

このような技術進化によりイーサネットは、現在一般的に普及している1Gbps、つまりギガビットイーサネットの時代に入った。

## 4 高速化するイーサネット

3章で述べたようにイーサネットの伝送速度は1Gbpsに到達した。本章では近年、標準規格として定められた高速化技術の1つであるSONET(Synchronous Optical Network)や、標準化が進められている次世代通信規格について述べる。

### 4.1 SONET

現在一般的に普及しているイーサネット規格は1Gbpsである。しかし、ユーザーが通信するデータ量の増幅に対応するため、10Gbpsの通信規格が標準化された。この通信速度を実現するため、SONETという技術が利用されている。SONETの仕組みをFig.3に示す。

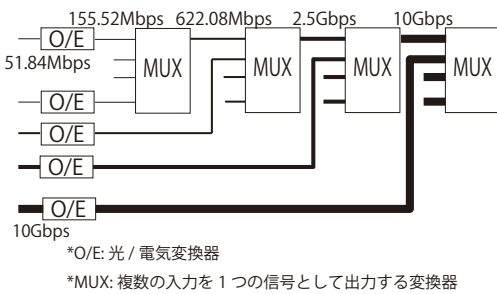


Fig.3 SONETの仕組み(参考文献<sup>4)</sup>より参照)

SONETとは電話回線などの低速な回線をTDM(Time Division Multiplexing)という方式で階層的に積み上げて多重化することにより、回線の高速化を実現する光通信技術の規格である。TDMとは時分割多重とも呼ばれ、送られてくる信号を一定の時間間隔だけずらし1つの回線に送り出す技術である<sup>6)</sup>。つまりSONETでは低速の回線から送られてくるデータを一定時間ずつずらし1つの回線で送り出すことにより高速化を行っている。Fig.3に示したように、51.84Mbpsの回線を192本多重化する

ことによって、10Gbpsという標準規格を実現している。また現在、SONETはさらなる多重化を実現することにより25Gbpsや40Gbpsなどの高速通信が行えるように開発されている<sup>5)</sup>。

### 4.2 次世代通信規格

4.1章で述べたSONETの登場により、イーサネットは現在標準化されている10Gbpsを実現した。本節ではさらに高速化を進める次世代通信規格について述べる。

#### 4.2.1 WDM

WDMとは4.1節で述べたSONETによって高速化した複数の波長を、波長変換装置によって異なる波長に整え、1本の心線に流すことで大容量通信を実現する技術である。この技術には、SMF(Single Mode Fiber)という光ファイバを用いている。現在では、4波長を1本の心線に束ねることで調整が行われており、40Gbpsでは1波長あたり10Gbps、100Gbpsでは1波長あたり25Gbpsにすることでそれぞれの通信速度を実現している<sup>7)</sup>。WDMの多重化を表した図をFig.4に示す。

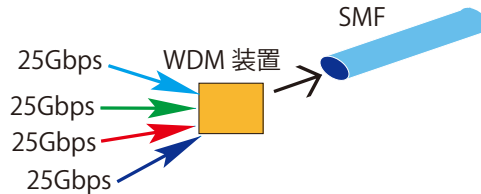


Fig.4 WDMの多重化(参考文献<sup>8)</sup>より引用)

Fig.4に示したように、WDMは単純に1本の光ファイバに複数の波長を流すことで高速化を図る通信技術である。そのため、多波長への変換を進めるほど高速化を実現することが可能となる。理論上は数Tbps~数十Tbpsの通信速度まで高速化が可能とされており、現在最も注目を集めている通信技術の1つである。

#### 4.2.2 リボン・ケーブル

リボン・ケーブルとは4.1節で述べたSONETによって高速化した光ファイバを10本束ねることにより高速な通信速度を実現するというものである<sup>8)</sup>。この技術には、MMF(Multiple Mode Fiber)という光ファイバを用いている。リボンケーブルでは、40Gbpsでは1本あたり4Gbps、100Gbpsでは1本あたり10Gbpsの光ファイバを10本束ねることにより高速な通信速度を実現する<sup>8)</sup>。リボン・ケーブルの多重化を表した図をFig.5に示す。

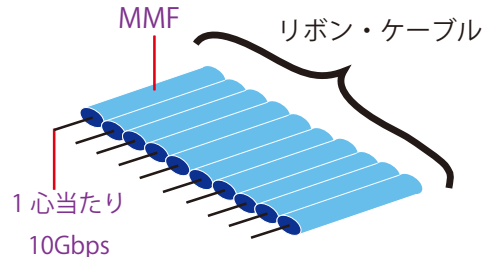


Fig.5 リボン・ケーブルの多重化(参考文献<sup>8)</sup>より引用)

Fig.5に示したように、リボン・ケーブルはケーブルの本数にデータを分散して通信する技術であり、本数を増やせば増やすほど高速化は可能となるはずであるが、通

信を行う際にそれぞれのデータが通る光ファイバは別々であるため本数による高速化には限界がある。なぜなら、通信路に用いられる光ファイバ同士完全に同じというものはないからである。わずかな違いであったとしても、そこに微量の抵抗差が生まれ、通信速度に誤差が生じる。この誤差によって同期に時間がかかり高速化の妨げとなってしまう。そのため、用いる光ファイバの本数には通信速度と同期時間との釣り合いが取れる本数を選ぶ必要がある。

#### 4.2.3 WDM とリボン・ケーブルの比較

WDM とリボン・ケーブルという技術を用いることで、40Gbps, 100Gbps の通信速度を実現することが可能である。また同じ伝送速度を実現することが可能である 2 つの高速化技術であるが、これらの技術にはメリットとデメリットが存在する。WDM とリボン・ケーブルの比較を Table3 に示し、WDM とリボン・ケーブルで用いられている光ファイバである SMF と MMF の構造を Fig.6, Fig.7 に示す。

Table3 高速化技術 (出典:自作)

	WDM	リボン・ケーブル
使用する光ファイバ	SMF	MMF
コアの太さ	細い	太い
通信可能距離	長い	短い
設備投資費	高価	安価

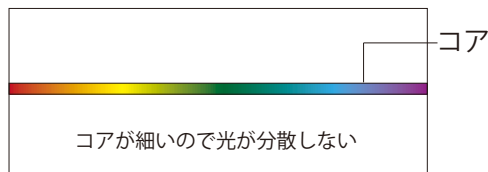


Fig.6 SMF(参考文献<sup>8)</sup>より引用)

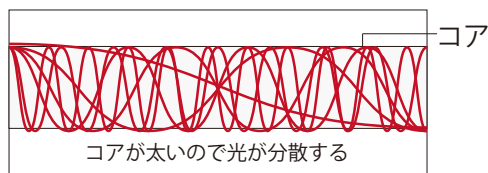


Fig.7 MMF(参考文献<sup>8)</sup>より引用)

Table3 に示したように、WDM の場合コアが細く、光の分散が起こりにくいいため、長距離の通信が可能となる。ただし、WDM に使用されている SMF という光ファイバは高価であるため、導入コストが高くなるといった欠点が存在する。一方リボン・ケーブルの場合、利用する光ファイバが安価な MMF であるため導入コストを抑えることが可能であるが、コアが太く光の分散が起こりやすいため長距離通信を行うとデータが破損する恐れがある。つまり、使用する光ファイバのコアの太さに応じて通信可能距離が変化する。現在はルータの処理能力が追いつかないことや、費用対効果が十分に見込めないなどの理由から次世代通信規格としては 40Gbps を採用することが考えられている。

しかし、ユーザーが取り扱うデータ量は増加し続けて

いることから、今後はより早い通信速度が必要となることは避けられない。そのため、今後は通信距離に応じた 2 つの通信技術を使い分けることで、コストを抑えつつ 100Gbps のような高速規格が標準化されると考えられる。具体的には、長距離通信のネットワーク用途には WDM を利用し、短距離通信のサーバ用途もしくはネットワーク機器の接続にはリボン・ケーブルを利用する。つまり、WDM とリボン・ケーブルを併用することにより、コストと通信距離にあった超高速通信路の構築が可能となる。

## 5 イーサネットの行方

4章で述べたように、WDM やリボン・ケーブルといった技術を用いることで、通信距離に合わせた柔軟なネットワーク構築が可能となり、近い将来イーサネットは 100Gbps に標準化されることは確実である。さらに、現在も多重波数の拡大に関する研究も進められていることから、今後イーサネットはより高速化していくことが考えられる。このようにイーサネットが高速化することで、現在では通信容量が大きく普及率が高くない IP テレビも今後普及していくことが考えられる。つまり、現在 PC で閲覧されている You Tube などの投稿型動画をダウンロード時間を感じることなく、テレビで視聴することが可能になると考える。

## 6 まとめ

現在イーサネットのネットワーク技術は確実に高速化している。また WDM, リボン・ケーブルの登場により、将来的には 100Gbps が標準規格になることが確実である。また、大容量通信が可能になることで、現在 PC で閲覧されている You Tube などの投稿型動画をダウンロード時間を感じることなく、テレビで視聴することが可能になると考える。

## 参考文献

- 1) 通信ネットワーク工学, 勝山 豊 著, 森北出版株式会社, 2005
- 2) コンピュータネットワークの基礎知識, 中岡 快二郎 著, 丸善プラネット株式会社, 2004
- 3) ネットワークエンジニアを目指して  
<http://www.itbook.info/study/p34.html>
- 4) SONE/T/SDH  
<http://tokyo.cool.ne.jp/mots/notes/sonet.html>
- 5) SONTE/SDH  
<http://www.fmmc.or.jp/fm/nwmg/keyword/fujitsu/sonet.htm>
- 6) ビジネス用語辞典 Wisdom  
<http://www.blwisdom.com/word/key/000657.html>
- 7) SONE/T/SDH の最新事情  
<http://www.atmarkit.co.jp/fnetwork/tokusyuu/12man/man02.html>
- 8) 【高速化技術】4 波長の光を束ねて 100Gbps を実現  
<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20080215/293870/>