

第4章 イーサネット

4.1 イーサネット概要

イーサネット (Ethernet) は TCP/IP のネットワークインターフェイス (リンク) 層で使われるプロトコルであり, OSI 参照モデルでは物理層とデータリンク層に相当する。つまり, イーサネットはケーブル上に信号を流し, 同じネットワーク内の隣接する通信機器 (ノード) に確実に信号を届ける機能を持つ (物理層とデータリンク層の機能)。

イーサネットを使用した TCP/IP ネットワークは, 現在では最も一般的なネットワーク (LAN) で, トポロジーとしては (今日では) 殆どが**スター型**であり, メディアアクセス方式としては **CSMA/CD** が採用されている。

組織内ネットワーク (LAN) としての一般的な使用形態では, 中央制御装置 (ハブ) として 100Mbps~100Gbps のスイッチングハブが多段で接続され, ケーブルには RJ-45 のモジュラジャック付きのツイストペアケーブル (図 2.2) や光ファイバーケーブル (図 2.3) や Dac Twinax ケーブル (メタルケーブル) (図 4.1) 等が利用される。

ツイストペアケーブルは利用可能な最大伝送速度と伝送帯域によってカテゴリーに分類され, Cat3 (10Mbps, 16MHz), Cat5 (100Mbps, 100MHz), Cat5E (1Gbps, 250MHz), Cat6 (1Gbps, 250MHz), Cat6A (10Gbps, 500MHz), Cat7 (10Gbps, 600MHz) などがある。(注: Cat4 はトークンリング用)

通信速度が 1Gbps 以上の場合は STP ケーブル (シールド付き撚り対線) や光ファイバーケーブル, Dac Twinax ケーブル (メタル線) 等が利用される。Dac Twinax にはアクティブとパッシブの2種類があるが, パッシブの場合は非常に安価であるのでサーバラック内の接続などに使用される。ただしスイッチによっては Dac Twinax のパッシブケーブルをサポートしない場合もあるので注意が必要である。また光ファイバーケーブルを使用する場合は, 別途トランシーバモジュールが必要となることが多い。

通信規格は **100BASE-TX** などと表記され, この場合の **100** は最大通信速度 (100Mbps) を, **BASE** は伝送方式がケーブル上に一度に一種類の信号しか乗せられない**ベースバンド伝送**であることを, **T** はケーブルとしてツイストペアケーブルを使用することを表している。また **X** はケーブルの物理特性が ANSI X3.230 のファイバチャネル仕様に基づいていることを表す。光ファイバーケーブルにおいて **SR** は短波長, **LR** は長波長を表す。長波長の方が通信距離は長い。



図 4.1 Dac Twinax パッシブケーブル (トランシーバモジュールが一体化している)

図 4.2 にネットワーク構成の例，表 4.3 に主なイーサネットの規格を示す。

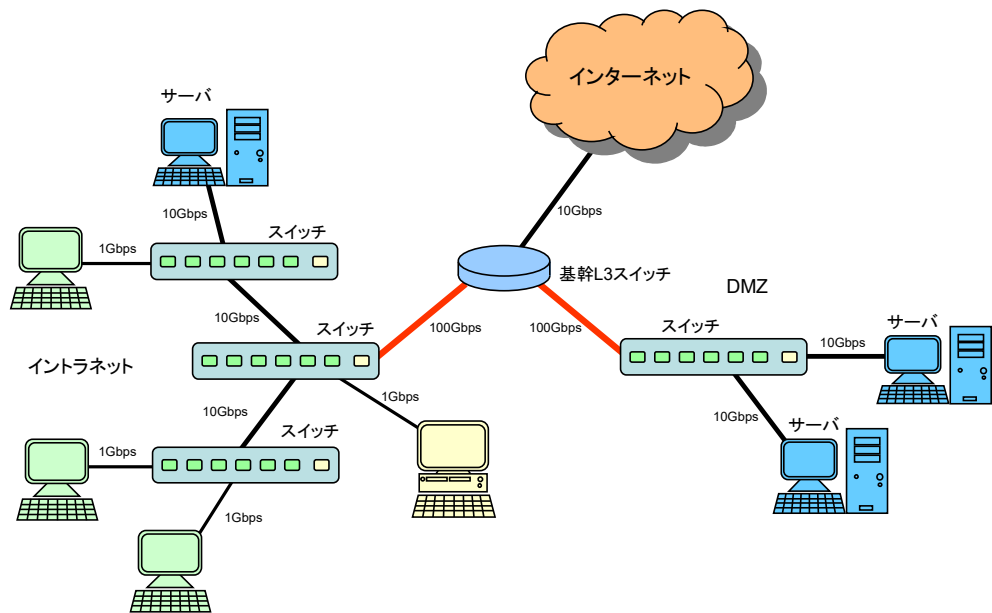


図 4.2 イーサネットを利用したスター型 LAN の単純な例

規格名	最大速度	最大長	ケーブル	メディア	標準化規格
10BASE-T	10Mbps	100m	Cat3/5	2 対 4 線	IEEE802.3i
100BASE-T2	100Mbps	100m	Cat3/5	2 対 4 線	IEEE802.3u
100BASE-T4	100Mbps	100m	Cat3/5	4 対 8 線	IEEE802.3u
100BASE-TX	100Mbps	100m	Cat5/5E	4 対 8 線	IEEE802.3u
100BASE-FX	100Mbps	20Km, 2Km	SMF, MMF	長波長光, 短波長光	IEEE802.3u
1000BASE-T	1Gbps	100m	Cat5E/6	4 対 8 線	IEEE802.3ab
1000BASE-TX	1Gbps	100m	Cat6	4 対 8 線	EIA/TIA-854
1000BASE-SX	1Gbps	550m	MMF	短波長光	IEEE802.3z
1000BASE-LX	1Gbps	5Km, 550m	SMF, MMF	長波長光, 短波長光	IEEE802.3z
10GBASE-T	10Gbps	100m	Cat6/6A/7	4 対 8 線	IEEE802.3an-2006
10GBASE-SFP+	10Gbps	10m	Dac Twinax	メタル	SFF-8419/8418
10GBASE-SR	10Gbps	300m	MMF	短波長光	IEEE 802.3ae
10GBASE-LR	10Gbps	10Km	SMF	長波長光	IEEE 802.3ae
100GBASE-SR10	100Gbps	100m	MMF	短波長光	IEEE 802.3ba
100GBASE-LR4	100Gbps	2Km	SMF	長波長光	IEEE 802.3ba

- 100BASE-T は 100BASE-T2, 100BASE-T4, 100BASE-TX の総称である。日本では 100BASE-T2, 100BASE-T4 はあまり普及していない。
- 100BASE-TX は 10BASE-T と互換性がある。
- SMF, MMF は光ファイバケーブルで、それぞれシングルモード光ファイバ、マルチモード光ファイバを表す。SMF の波長は 1300nm (長波長光)、MMF の波長は 850nm (短波長光) である。
- 100BASE-FX では SMF を使用する場合の最大長は 20Km, MMF では 2Km (全二重) である。
- 1000BASE-LX では SMF を使用する場合の最大長は 5Km, MMF では 550m である。
- 1000BASE-TX は 1000BASE-T とは全く別のも。安価だがそれ程普及はしていない。
- 10GBASE-SFP+ ではトランシーバモジュールを交換する事により、10GBASE-SR としても使用可能である。

表 4.3 イーサネットの主な規格

4.2 Ethernet II と IEEE802.3

イーサネットは 1980 年に DEC, Intel, Xerox 社により標準化され, このとき定められた規格は 3 社の頭文字をとって **DIX イーサネット**とも呼ばれている。さらに幾つかの改良が加えられ, 1982 年にはイーサネット Ver. 2.0 として公開されている。イーサネット Ver. 2.0 は **Ethernet II**とも呼ばれているが, 今日では, **Ethernet II**, **DIX イーサネット**および**イーサネット**という用語は特に区別されずに使用されている。本章でもこれらは区別せずに使用している (何れの場合も Ethernet II を指す)。

Ethernet II は, その後 IEEE の 802 委員会により **IEEE802.3** としても標準化されているが, Ethernet II のフレームと IEEE802.3 のフレームには若干の違いがある。また, IEEE802.3 では LLC 副層の機能を使用するが, Ethernet II では LLC 副層の機能は使用しない。ただし今日実際に (有線の) TCP/IP で使用されているのは, ほぼ Ethernet II であり, イーサネットフレームと言った場合には, ほとんどの場合 Ethernet II のフレームのことを指す。図 4.4 に両者のフレームの構造を示す。

フレームの構造から分るとおり Ethernet II フレームと IEEE802.3 フレームは同一メディア (ケーブル) 上で共存可能だが, そのままでは直接通信することはできない。

Ethernet II (DIX イーサネット)

プリアンブル (8)	宛先アドレス (6)	送信元アドレス (6)	タイプ (2)	データ (46~1500)	FCS (4)
------------	------------	-------------	---------	---------------	---------

IEEE802.3

プリアンブル (7)	SFD (1)	宛先アドレス (6)	送信元アドレス (6)	長さ (2)	LLC ヘッダ (7/8)	データ (38~1493)	FCS (4)
------------	---------	------------	-------------	--------	---------------	---------------	---------

- プリアンブル (+SFD) : 同期を取るための信号。通常はフレームの一部と考えない。
- SFD (Start Frame Delimiter) : 10BASE で使用される。100BASE 以上では使用されない。
- 宛先アドレス : 宛先の MAC アドレス。
- 送信元アドレス : 送信元の MAC アドレス。
- タイプ : 上位層のプロトコルを示す ID。1500 より大きい値。
- 長さ : データの長さ。1500Byte 以下。
- データ : イーサネットフレームで運ぶデータ (パケット)。
- FCS : フレームチェックシーケンス。フレームのエラーを検出するための CRC。

図 4.4 イーサネットと IEEE802.3 のフレーム ()内は該当データの Byte 長

4.3 イーサネットフレームのスイッチング

スイッチングハブによるイーサネットフレームの中継の仕方には以下の 3 種類がある。

1. ストアアンドフォワードスイッチング (全体をチェック)
2. フラグメントフリースwitching (先頭 64 バイトのみチェック)
3. カットスルースイッチング (エラーチェックなし)

ストアアンドフォワードスイッチングでは, 入力されたフレーム全体をスイッチングハブ内のバッファに保存し, FCS を用いて検査を行う。もしエラーを発見した場合にはフレー

ムを破棄する。最も安全性の高い処理方法であるが、処理に時間がかかる場合がある。

これに対して、**フラグメントフリースイッチング**ではフレームの先頭 64Byte のみを検査し、フレームデータとして異常がある場合はこれを破棄する。イーサネットフレームでは先頭 64Byte の部分が最も壊れる可能性が高いため、このような処理を行っている。ストアアンドフォワードスイッチングに比べ、メモリ量も少なくて済むのでコストパフォーマンスは良い。

また、**カットスルースイッチング**ではフレームのエラー検査は行わず、先頭の宛先アドレス（MAC アドレス：6Byte）のみを見て**スイッチング**（出力ポートの決定）を行う。最も転送速度の早い処理方式であるが、エラーを持ったフレームも転送してしまう可能性がある。エラーフレームがネットワーク上を大量に流れると、停止や誤作動してしまうスイッチングハブもあるため、ネットワーク自体がダウンする可能性もある。

以前はコストパフォーマンスの関係からフラグメントフリースイッチングが主流であったが、現在ではハードウェアで高速にエラー検査ができるようになったため、ストアアンドフォワードスイッチングが主流となっている。

スイッチングハブの転送効率を表す言葉に「**ワイヤースピード**」という言葉がある。ワイヤースピードとは、スイッチングハブの入力ポートと出力ポートが物理的に直接結線されている場合と同等のスピードで動作する、つまり規定された通信速度（1Gbps や 10Gbps など）において、フレームの入力と出力にスイッチングハブの内部処理によるタイムラグが発生しないということである。

4.4 ジャンボフレーム

イーサネットの最大フレーム長はプリアンブルを除くと 1,518 Byte で、上位層（IP 層）のデータ（パケット）部は最大 1,500Byte となっている。このサイズを **MTU**（Maximum Transfer Unit）と呼ぶ。

もし 1,500Byte（MTU）より大きなデータを送信したい場合には、データを分解して複数のフレームに乗せて送信する必要がある。このように元のデータを複数のデータに分解することを**フラグメンテーション**と呼ぶ。一般にフラグメンテーションが発生すると、通信効率は低下する。

今日のネットワークではデータ部の上限が 1,500Byte というのは十分なサイズではなく、このサイズを上限にして、データが複数のフレームに分解されて送信される場合には、ネットワークの性能を十分に発揮することはできない。

そのため、各ネットワーク機器メーカーでは独自に**ジャンボフレーム**と呼ばれる 1,500 Byte を超えるデータを扱える規格を開発している。最大フレーム（MTU）のサイズはメーカーにより様々だが、15,000Byte を越えるサイズに対応している場合もある。

ただしこの規格は標準化されたものではなく、各社が採用している手法にも互換性がな

いため、同一ネットワーク内で複数のメーカーのスイッチングハブを使ってジャンボフレームを送信すると、最悪ネットワーク全体が停止する可能性がある。従ってジャンボフレームを使用する場合には、同一ネットワーク内のスイッチングハブやNIC を全て同一メーカーの製品に統一する必要がある。