

## 第4章 指導員向け教材

(マイクロオプティックス通信測定・評価・検査技術)



# マイクロオプティクス測定・評価・検査技術

## ～ 導入編 ～

ブロードバンド通信に関するコース開発委員会

### 目 次

第1節	ブロードバンドの普及はどこまで	36
第2節	ネットワークの歴史	40
第3節	通信の歴史	43
第4節	通信の基礎	46
第5節	接続の基礎	59
第6節	ネットワークの構造	63
第7節	階層モデル	67

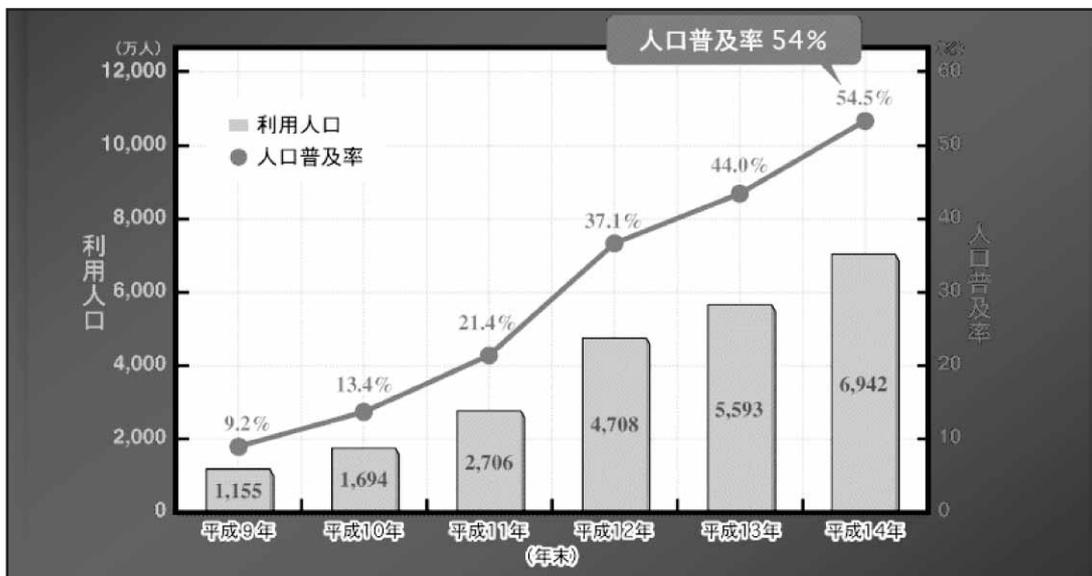
## 第1節 ブロードバンドの普及はどこまで

この節で学習すること

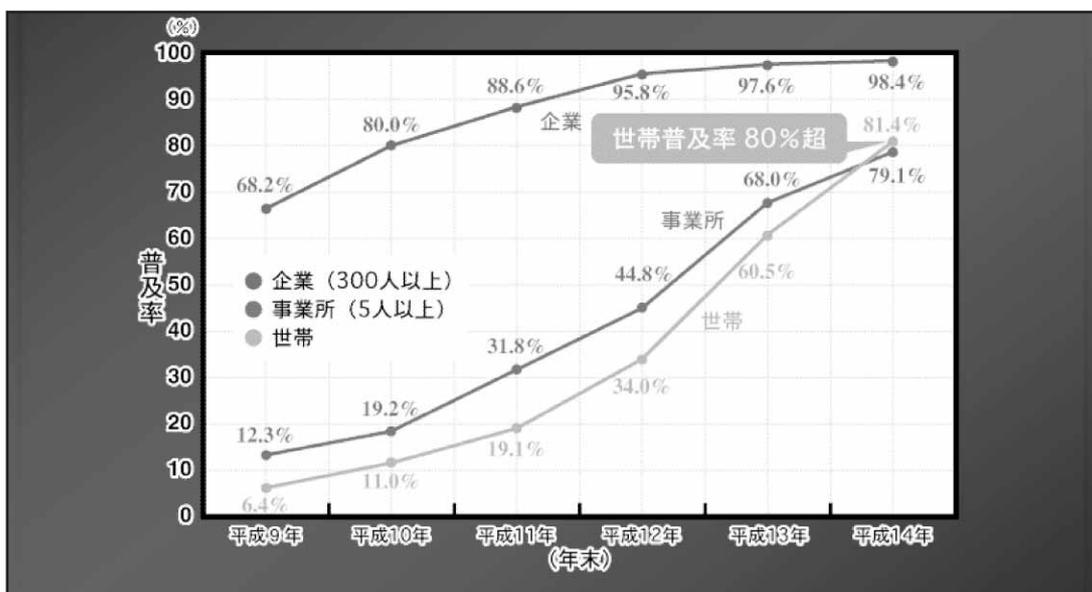
- 1) インターネットの普及はどこまで
- 2) インターネットのトラフィックは増え続ける
- 3) 日本政府の情報通信革命への取り組み
- 4) ネットワークの将来像
- 5) ブロードバンドの普及推移

(導入編の目次に戻る)

### 1) インターネットの普及はどこまで

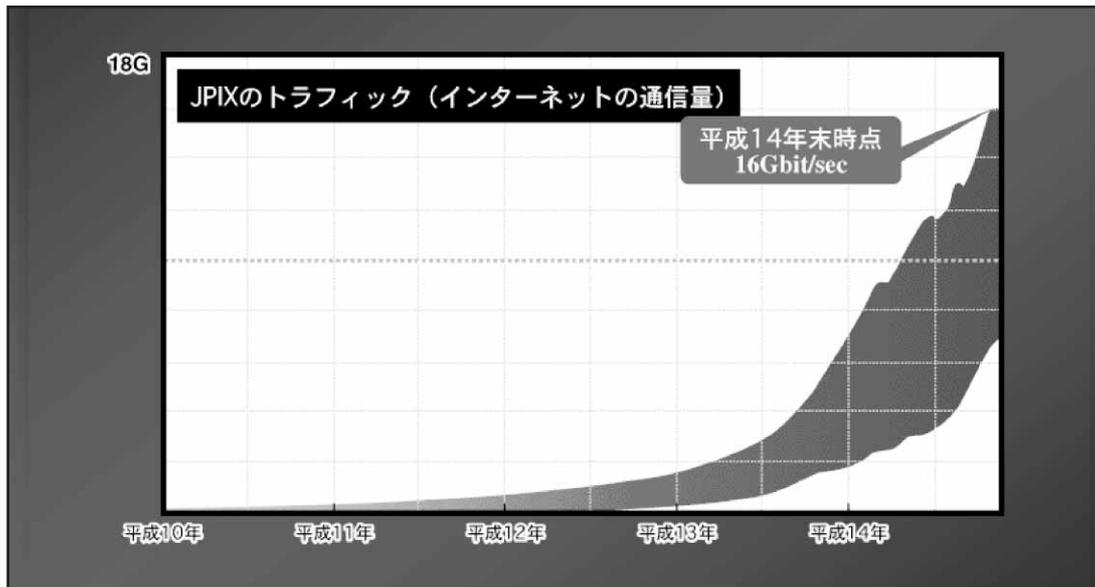


(導入編 第1節のはじめに戻る)



(導入編 第1節のはじめに戻る)

## 2) インターネットのトラフィックは増え続ける



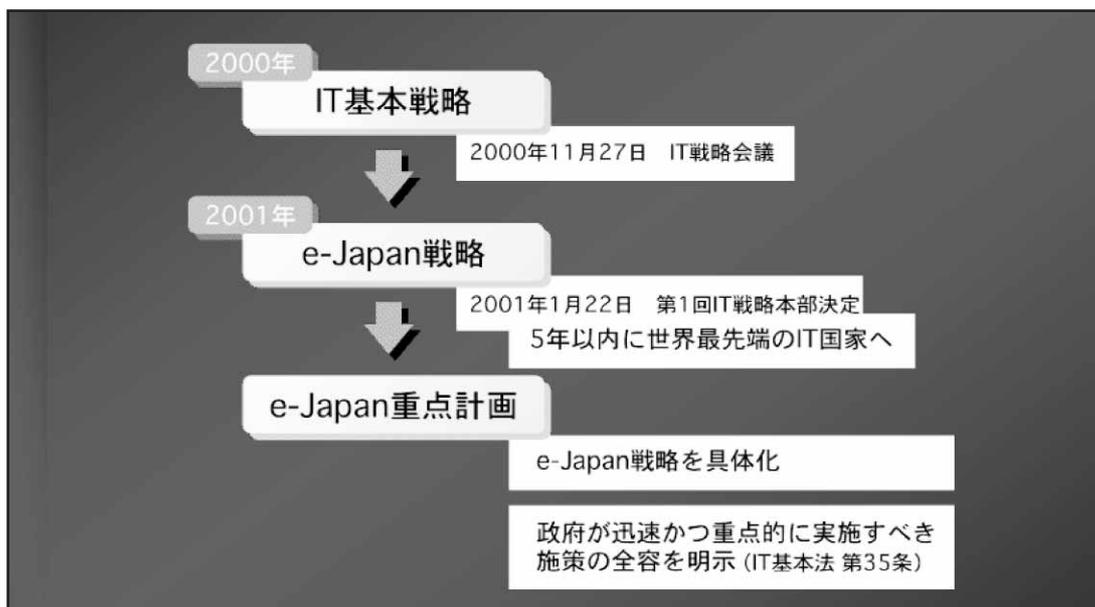
（導入編 第1節のはじめに戻る）

### 経緯

3年で44倍

- ・文字
- ・添付ファイル
- ・写真
- ・動画

## 3) 日本政府の情報通信革命への取り組み



（導入編 第1節のはじめに戻る）

## 課題

- ・ 「失われた10年」と同じく、「21世紀情報化社会」への国際的な乗り遅れ
- ・ IT基本法（高度情報通信ネットワーク社会形成基本法）制定
  - ・ 2000年12月
- ・ e-Japan 戦略「5年以内に世界最先端のIT国家となる」
- ・ e-Japan 重点計画、重点プログラム（政策）

## e-Japan戦略

すべての国民がITのメリットを享受できる社会

- ・ 国際競争力のある社会  
経済構造改革の推進と産業の国際競争力の強化が実現された社会
- ・ 活力に満ちた地域社会  
ゆとりと豊かさを実感できる国民生活と、個性豊かで活力に満ちた地域社会が実現された社会
- ・ 国際貢献が行われる社会  
地球規模での高度情報通信ネットワーク社会の実現に向けた国際貢献が行われる社会

## e-Japan重点計画

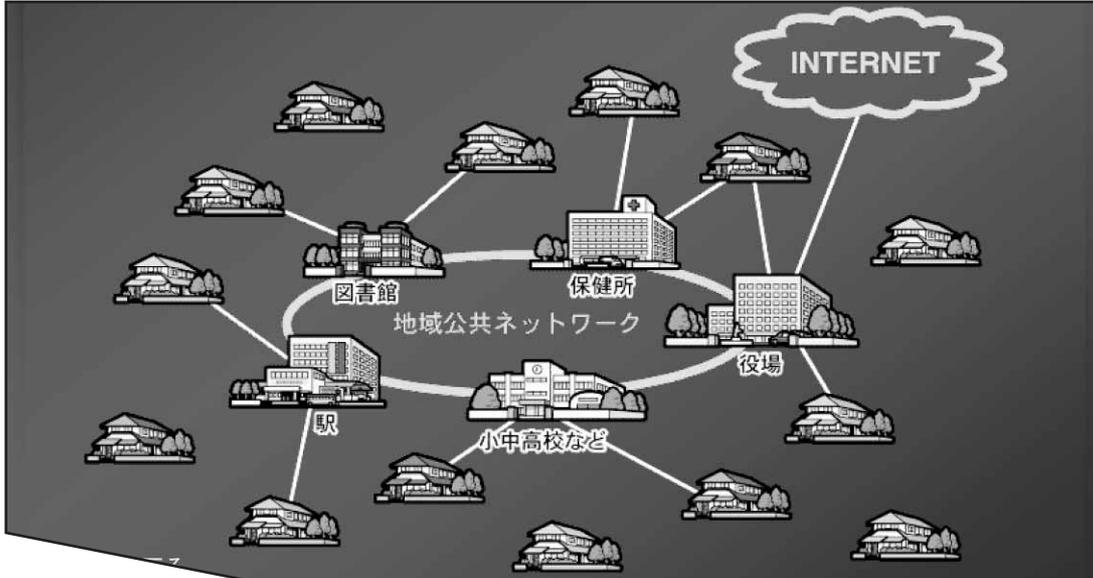
e-Japan戦略の具体化

- ・ 政府が、迅速かつ重点的に実施すべき施策の全容を明示する  
IT基本法第35条

4) ネットワークの将来像

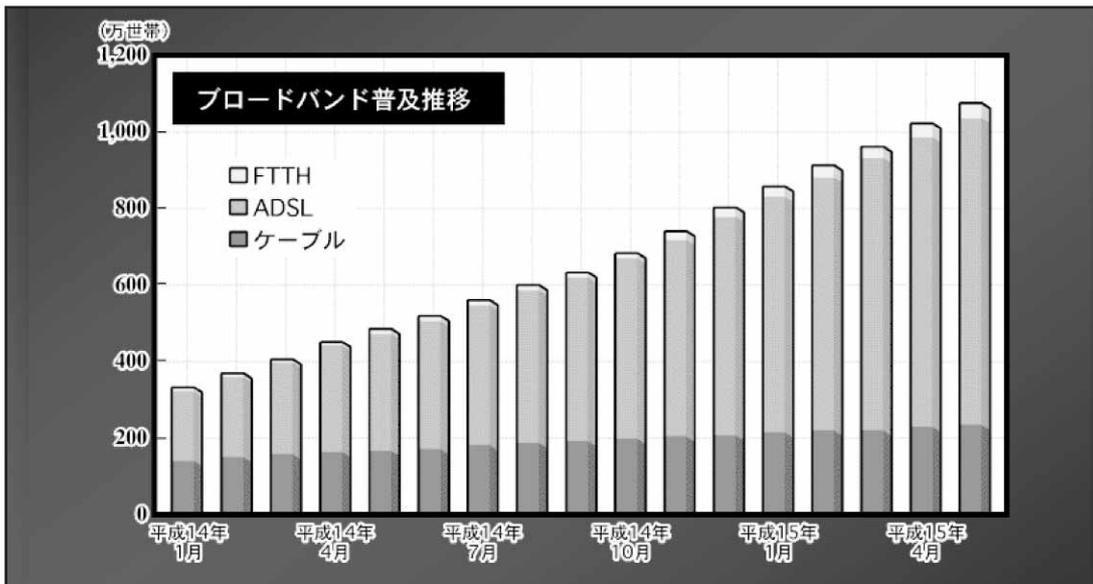
地域情報交流基盤整備モデル事業

- ・加入者系光ファイバ網整備の概要



(導入編 第1節のはじめに戻る)

5) ブロードバンドの普及推移



ブロードバンドは、1000万加入を超えた

(導入編 第1節のはじめに戻る)

- ・2003年5月

普及目標

- ・2005年までに、3000万世帯
- ・世帯普及率：64% / 21%
- ・総世帯数：4700万世帯

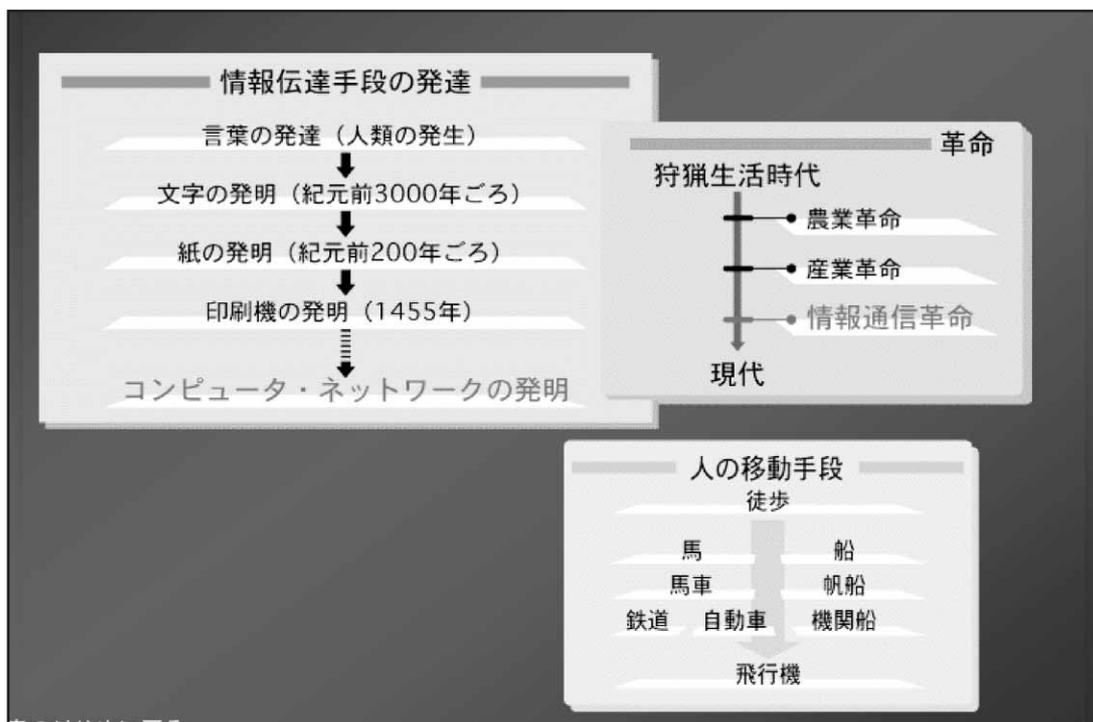
## 第2節 ネットワークの歴史

この節で学習すること

- 1) 歴史的観点からの情報通信革命
- 2) 新たな価値観による、新たな技術領域
- 3) インターネットがもたらす価値観の変化

(導入編の目次に戻る)

### 1) 歴史的観点からの情報通信革命



(導入編 第2節のはじめに戻る)

#### 情報通信革命の進行

- ・ 時空を超える情報伝播のスピード
- ・ 通信革命による大きな影響

個人生活

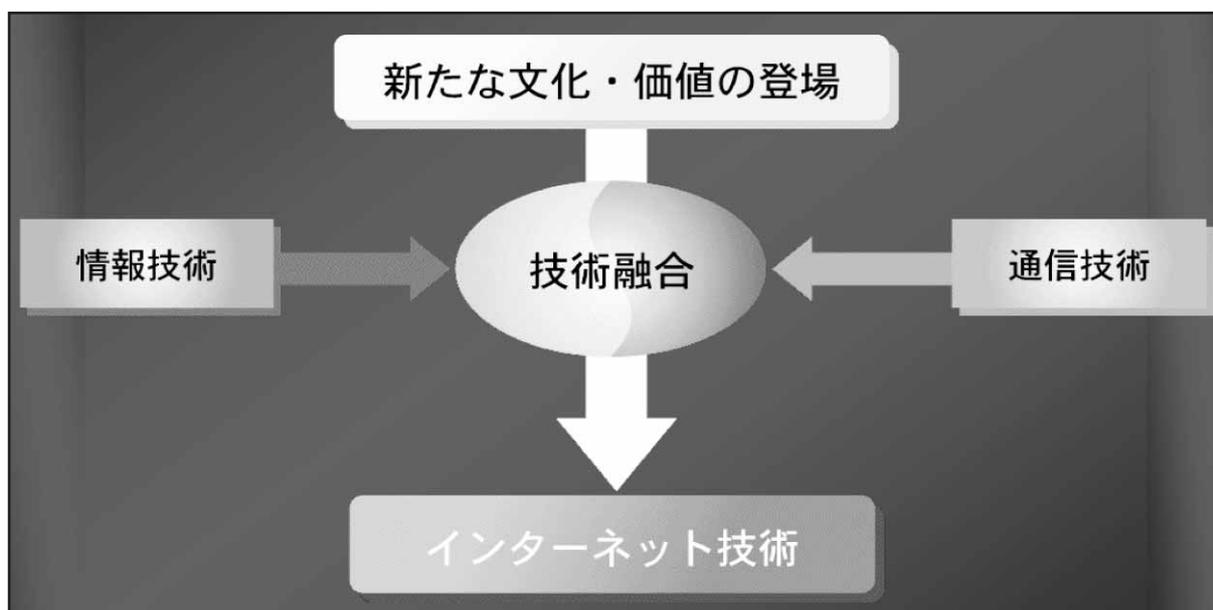
政治

経済

社会

文化

2) 新たな価値観による、新たな技術領域



( 導入編 第2節のはじめに戻る )

新たな文化と価値の登場

- ・みんなは賢い
- ・みんなは多様
- ・自分のことは自分でやる
- ・伝わればよい
- ・いくらでも伝わる
- ・どれでもつながる

インターネットの世代

第1世代	インターネット コンピュータとベスト エフォート
第2世代	高速化と安定サービス
第3世代	情報家電への広がりと情報共有
第4世代	いつでも、どこでも

( 導入編 第2節のはじめに戻る )

3) インターネットがもたらす価値観の変化

	電話の世界	インターネットの世界
通信	距離・時間に依存 ダイヤル アップ 品質第一 閉鎖的網 交換機が主体	距離・時間に依存しない 常時接続 品質は二の次 どこともつながる網 端末が主体
文化	集団統制(民衆統治) 管理責任 課金する 性悪説	自由(1対1) 自己責任 使いたい放題 性善説

( 導入編 第2節のはじめに戻る )

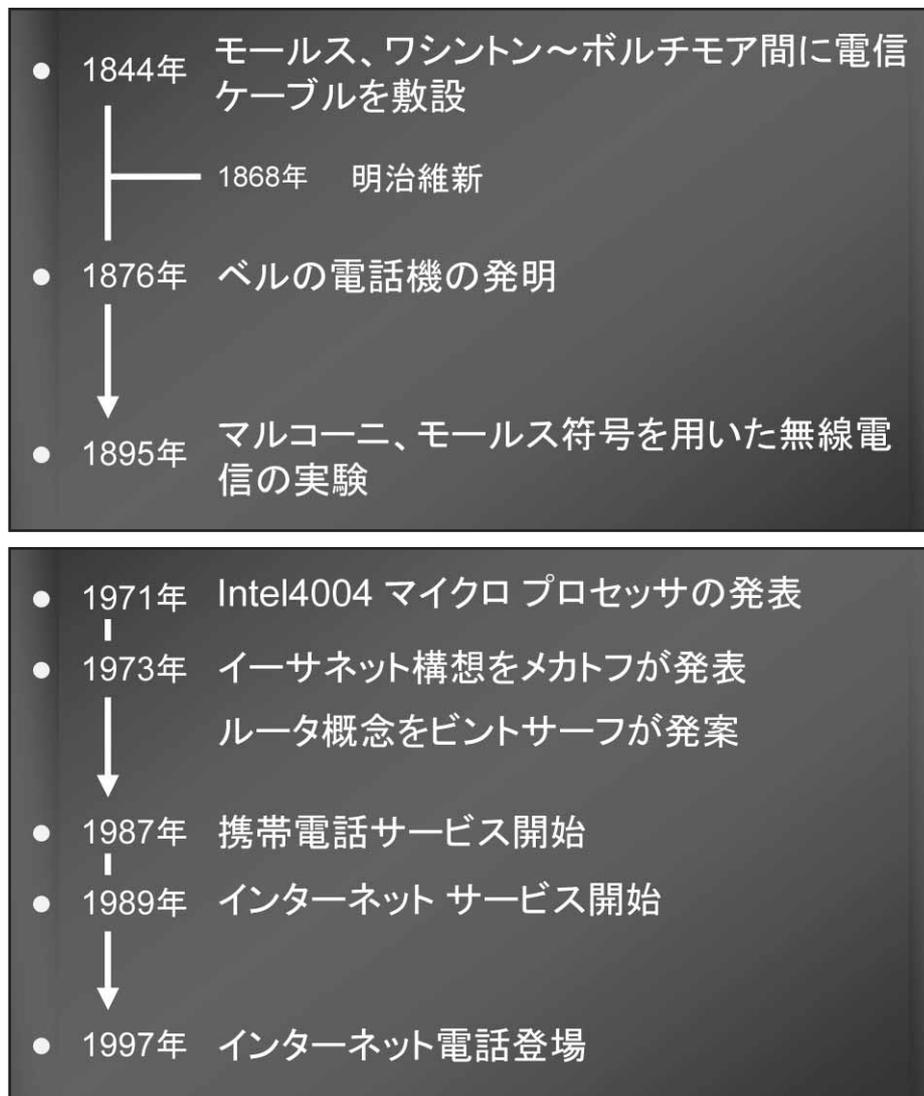
### 第3節 通信の歴史

この節で学習すること

- 1) 通信ネットワークの歴史
- 2) LAN技術のはじまり
- 3) TCP/IP技術のはじまり

(導入編の目次に戻る)

#### 1) 通信ネットワークの歴史



(導入編 第3節のはじめに戻る)

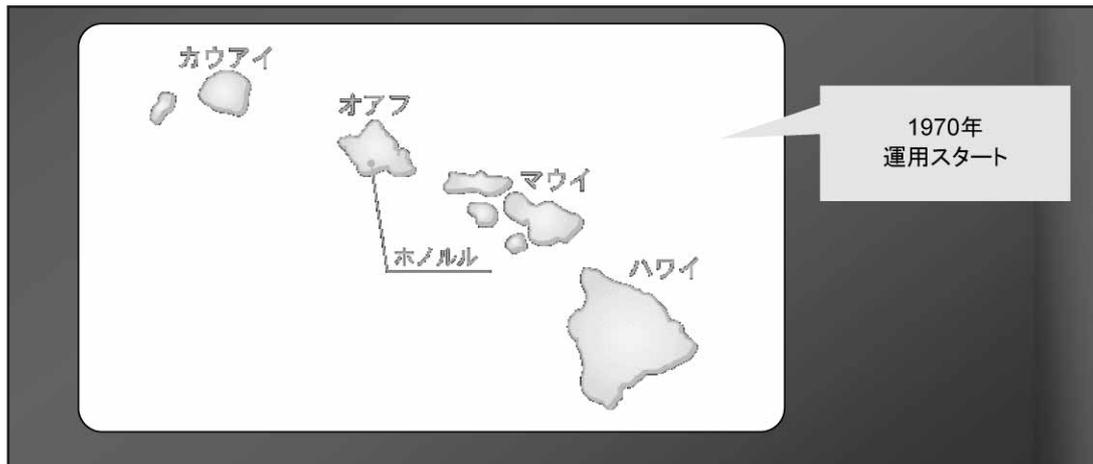
## 2) LAN技術のはじまり

1960年代後半

オアフ島にあるコンピュータをいろいろな島にある端末のユーザが共用する

- ・アロハ方式

ハワイ大学：UHF 400MHz パケット伝送方式



(導入編 第3節のはじめに戻る)

- ・リソースを共有する技術
- ・リソースの奪い合い(衝突)
  - ・衝突しなかったら、正常動作
  - ・衝突したら、再度やり直す(再送信)

1970年代 アロハ方式を基礎に、ゼロックスのPalo Alto研究所にて研究

1978年 イーサネットの企画化

1985年 IEEE802.3として標準化

- ・10Mb/s 100Mb/s 1000Mb/s

### 3) TCP/IP技術のはじまり

#### パケット交換技術

- ・理論的にコンピュータ網に最適



（導入編 第3節のはじめに戻る）

1973年 TCP/IPは、ビント・サーフがホテルのロビーで封筒の裏に書いたメモからはじまった

1957年 ソ連が世界初の人工衛星を開発

- ・「あれが核弾頭を積んでいたら」という不安の米国
- ・軍事技術水準を高めるため、研究機関「ARPA」を設立
- ・研究機関のネットワーク「ARPANET」

1968年 ARPANETの最初の4ノードにIMPが採用される

1969年 クロッカーにより最初のRFCが書き上げられる

（以降このルールで企画化）

最初の無線パケット「ALOHANET」

1970年 ARPANET用NCP（Network Control Protocol）が完成

1974年 TCPプロトコルが完成

（TCP/IPが一体になったもの）

1978年 TCPが分離してTCP/IPとなる（誕生）

## 第4節 通信の基礎

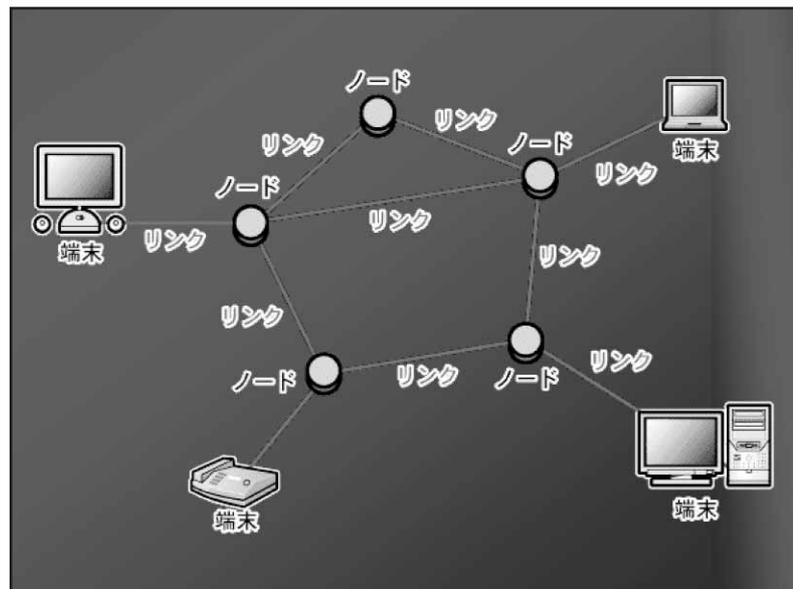
この節で学習すること

- 1) ネットワークの概念
- 2) ネットワークトポロジー
- 3) 伝送回路
- 4) 同期と非同期
- 5) 多重化技術
- 6) LAN配線
- 7) 無線通信方式
- 8) 無線デジタル変調方式

( 導入編の目次に戻る )

### 1) ネットワークの概念

- ・ ネットワークの本質は道路網、電力線路
- ・ 友達ネットワークも同じ
- ・ 構成要素
  - ・ Node
  - ・ Link
  - ・ Terminal



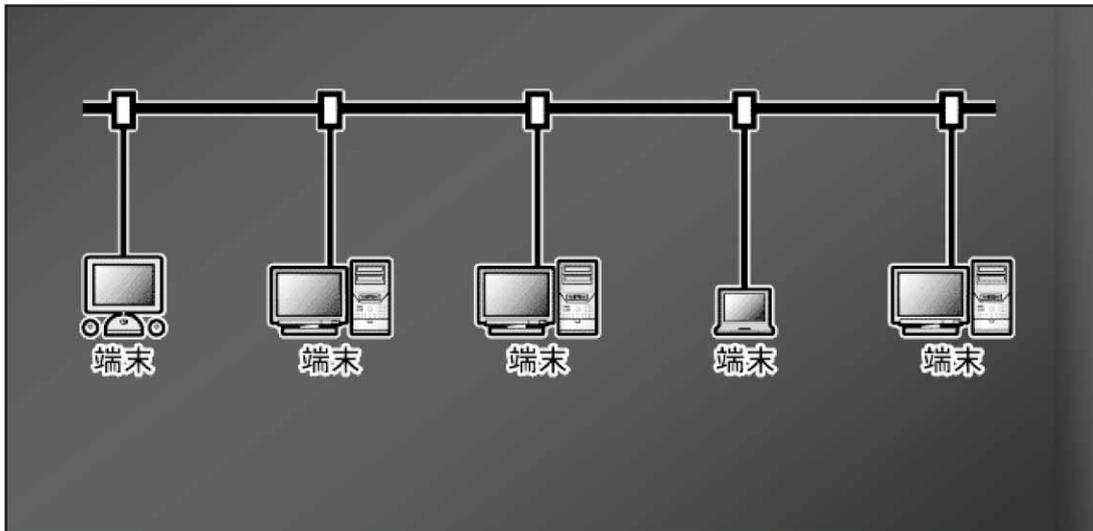
( 導入編 第4節のはじめに戻る )

## 2) ネットワーク トポロジー

### 接続形態

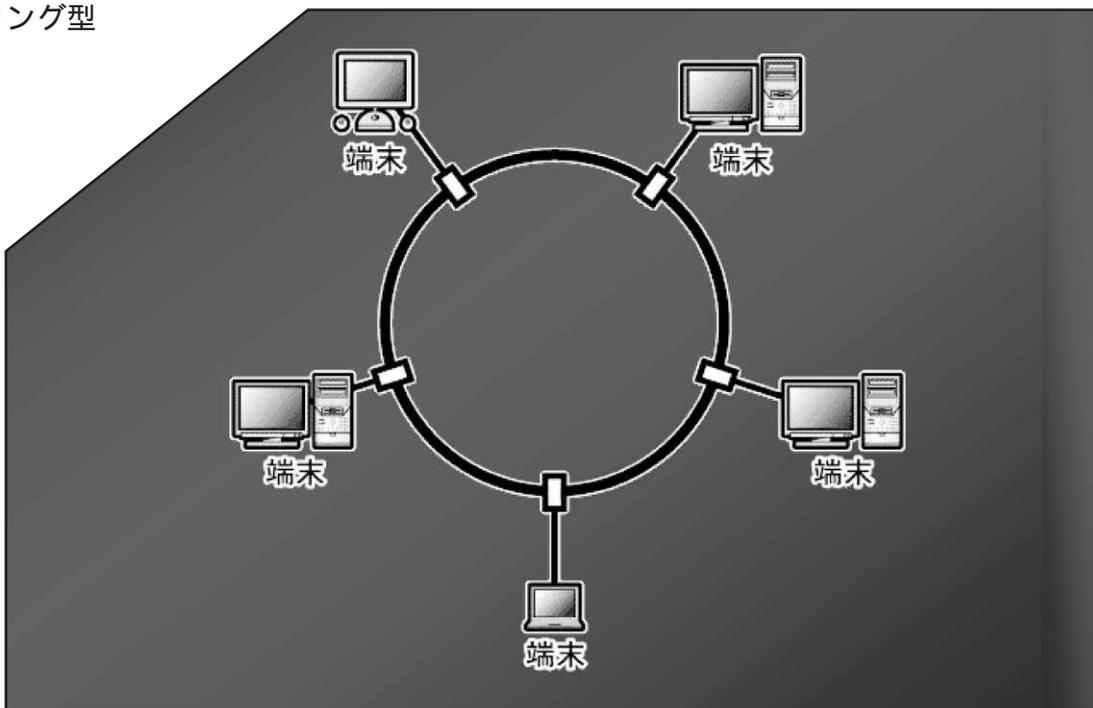
- ・バス型
- ・リング型
- ・スター型
- ・メッシュ型

### バス型



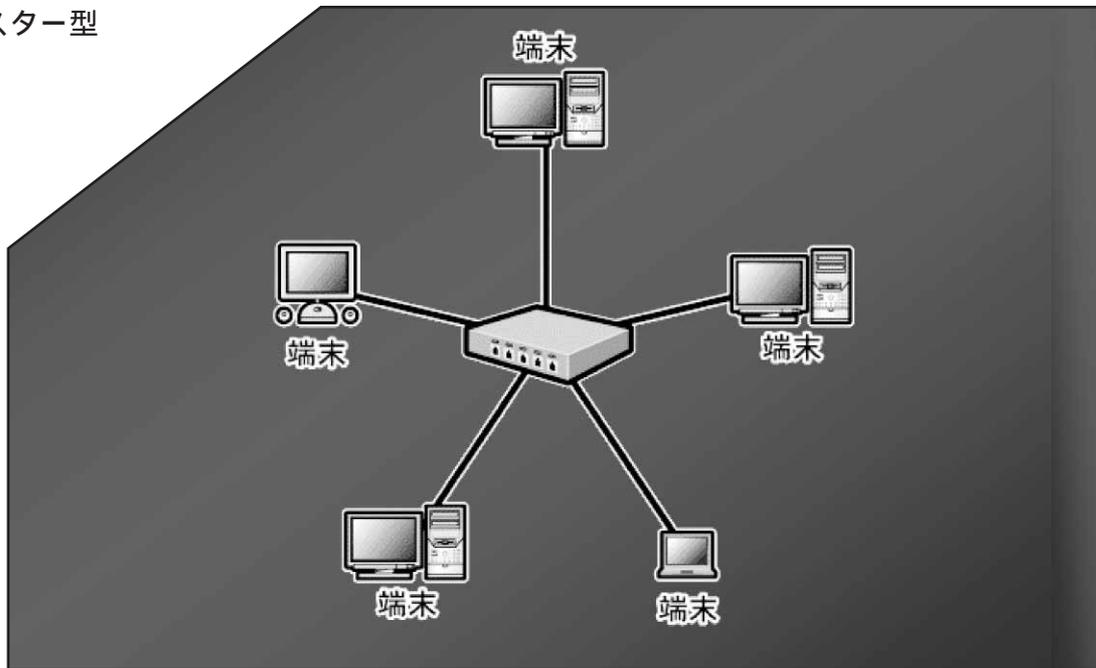
( 導入編 第4節のはじめに戻る )

### リング型



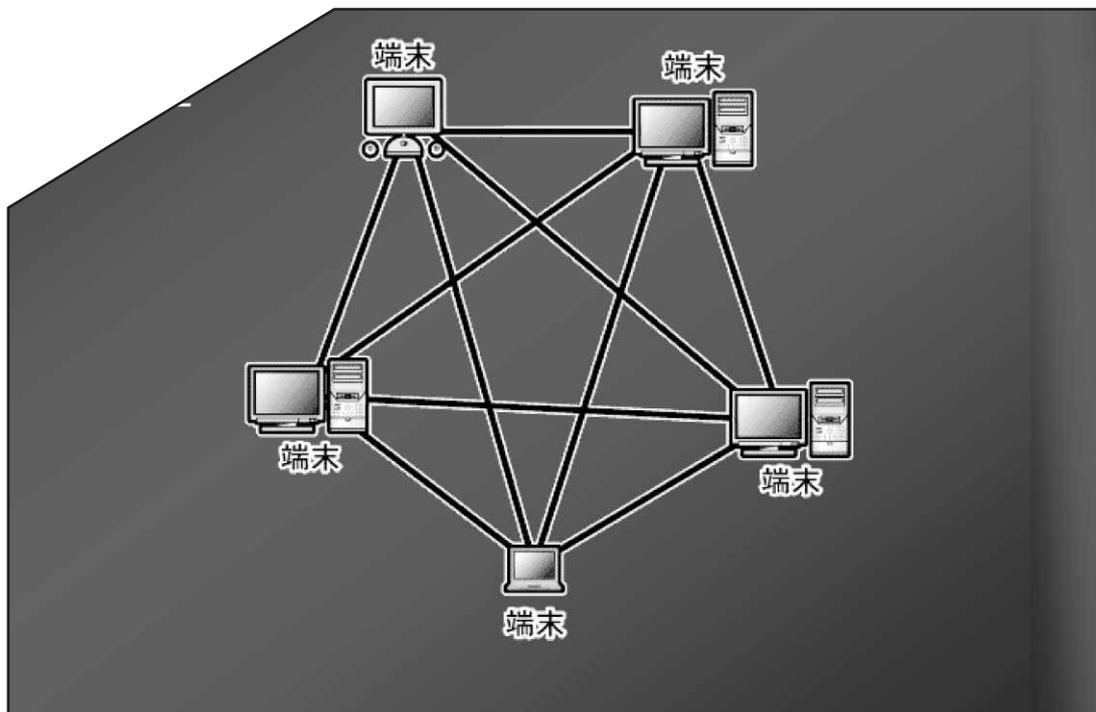
( 導入編 第4節のはじめに戻る )

スター型



( 導入編 第4節のはじめに戻る )

メッシュ型

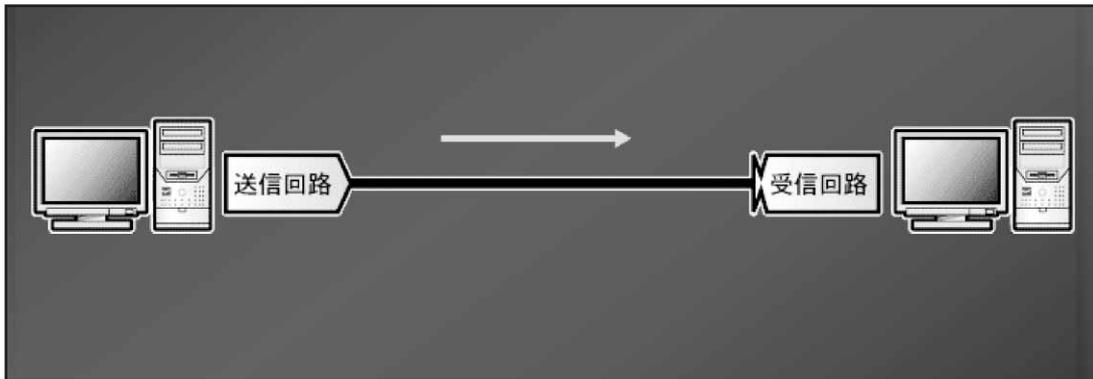


( 導入編 第4節のはじめに戻る )

### 3) 伝送回路

- ・ 単信
- ・ 半二重
- ・ 全二重

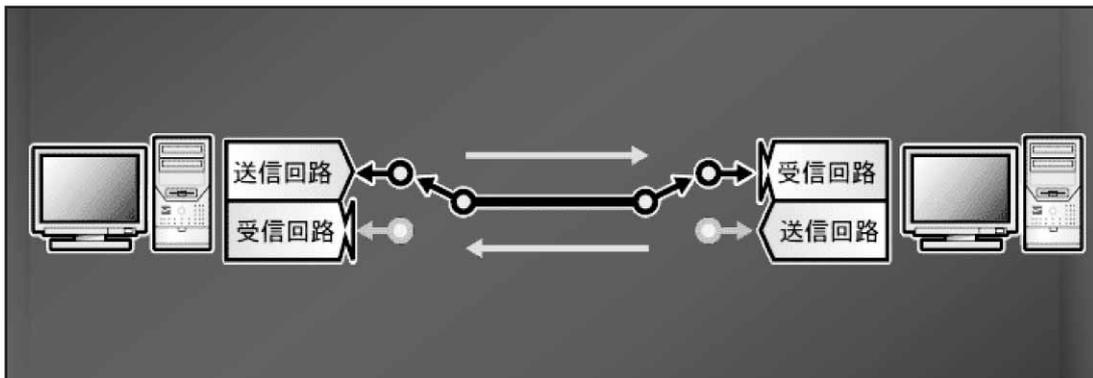
#### 単信 (Simplex)



( 導入編 第4節のはじめに戻る )

#### 半二重 (Half-duplex)

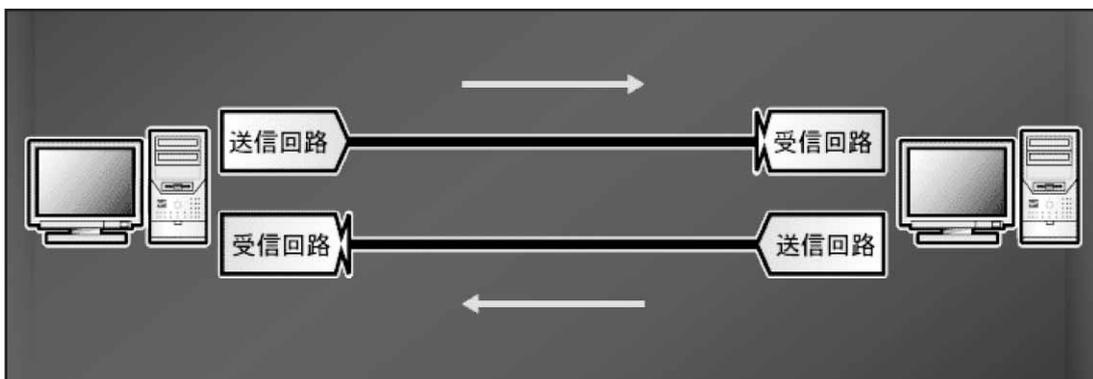
- ・ 2線回路



( 導入編 第4節のはじめに戻る )

#### 全二重 (Full-duplex)

- ・ 4線回路

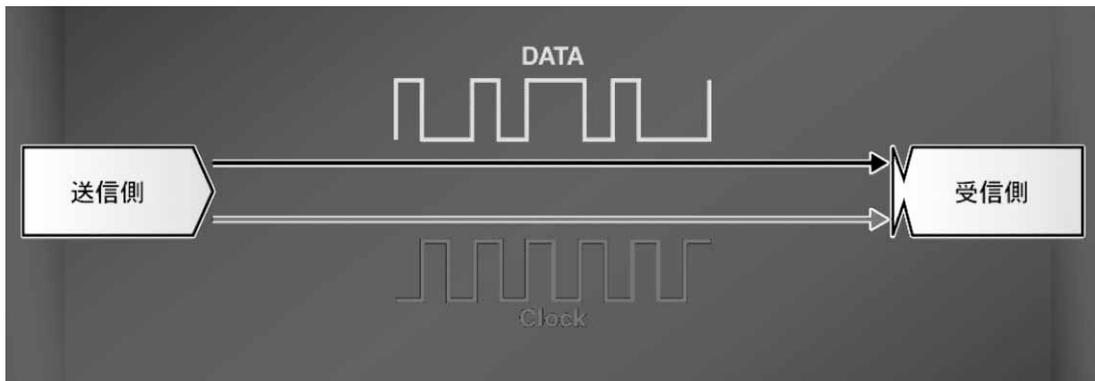


( 導入編 第4節のはじめに戻る )

#### 4) 同期と非同期

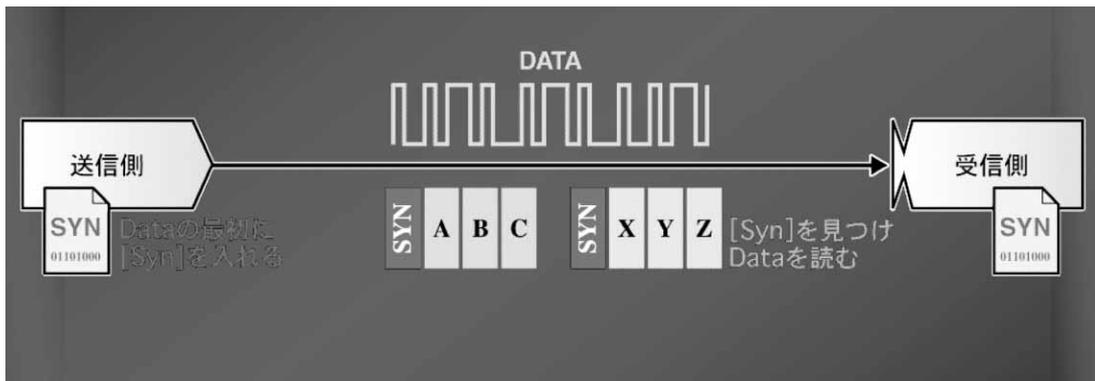
- ・ビット同期
- ・キャラクタ同期 / バイト同期
- ・フレーム同期 "01111110"
- ・非同期 / クロック再生

##### ビット同期



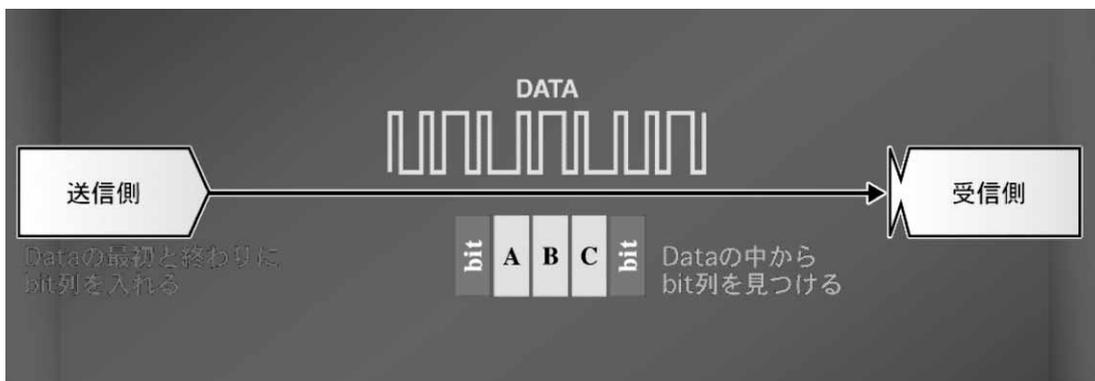
( 導入編 第4節のはじめに戻る )

##### キャラクタ同期 / バイト同期



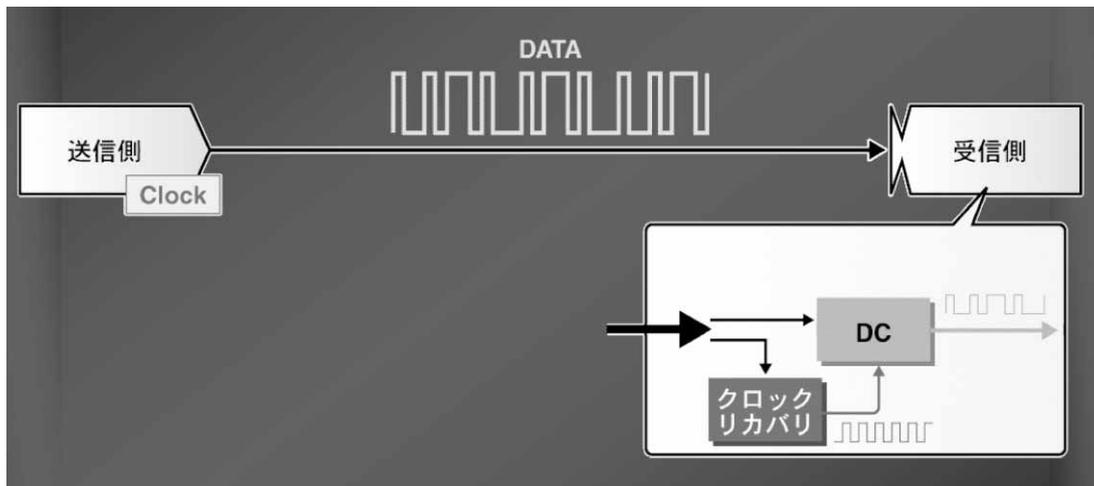
( 導入編 第4節のはじめに戻る )

##### フレーム同期"01111110"



( 導入編 第4節のはじめに戻る )

非同期 / クロック再生



( 導入編 第4節のはじめに戻る )

5 ) 多重化技術

TDM

- ・ 時分割多重
- ・ ISDN ( NTT ) SDH

FDM

- ・ 周波数多重
- ・ CATV
- ・ 一般放送

WDM

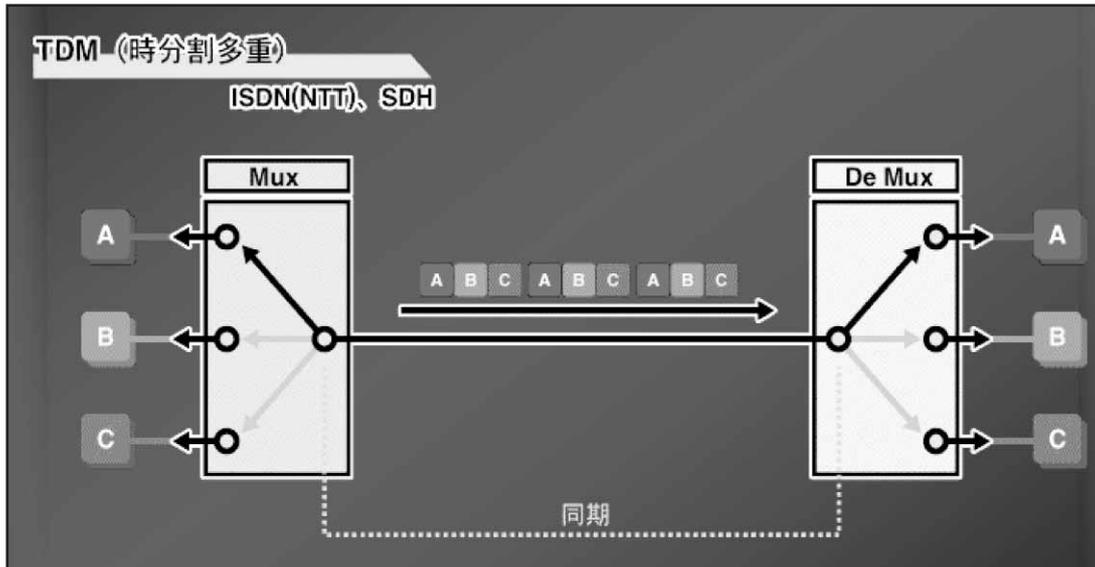
- ・ 波長多重
- ・ 光ファイバのみ

CDM

- ・ 符号多重

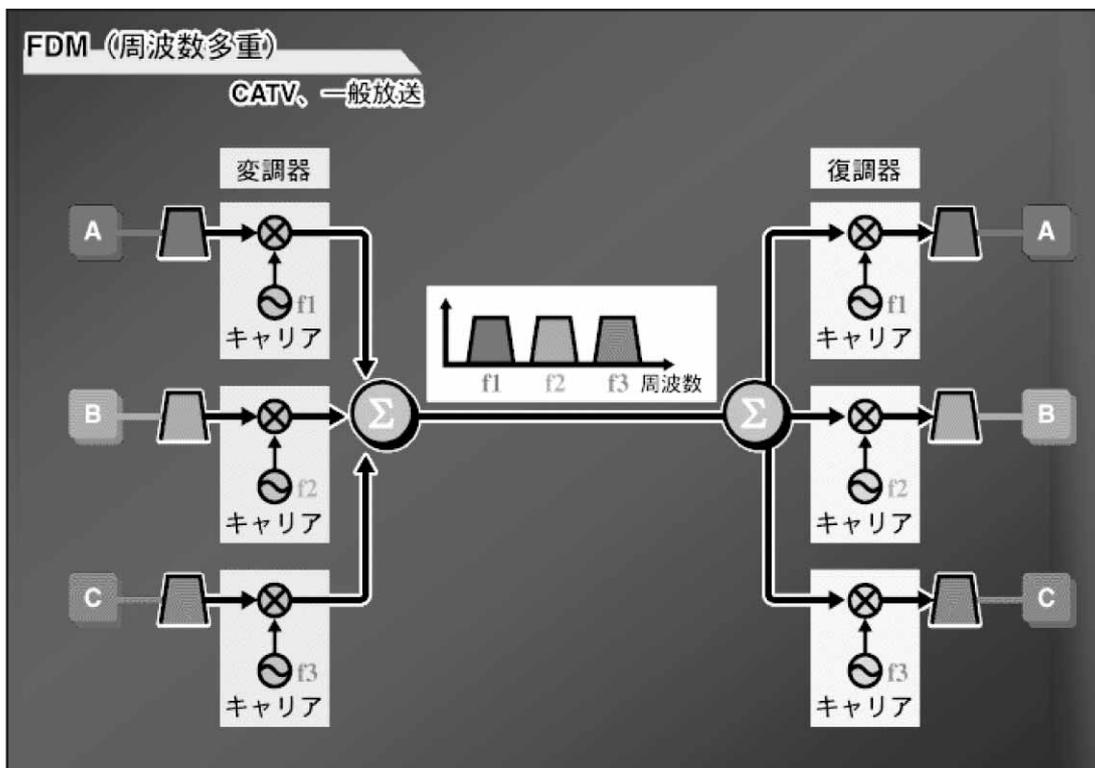
( 導入編 第4節のはじめに戻る )

TDM



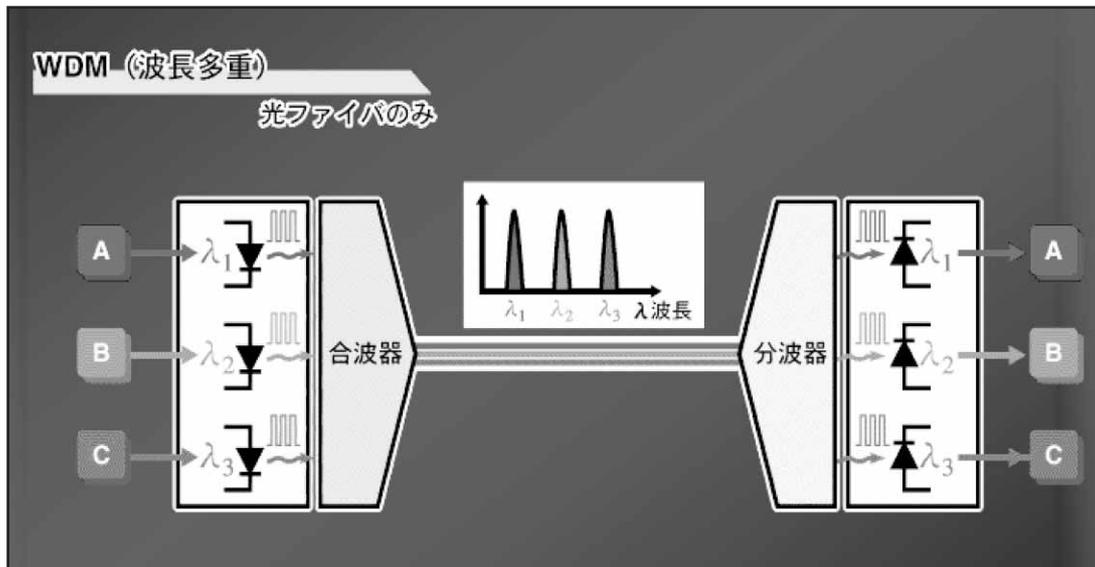
( 導入編 第4節のはじめに戻る )

FDM



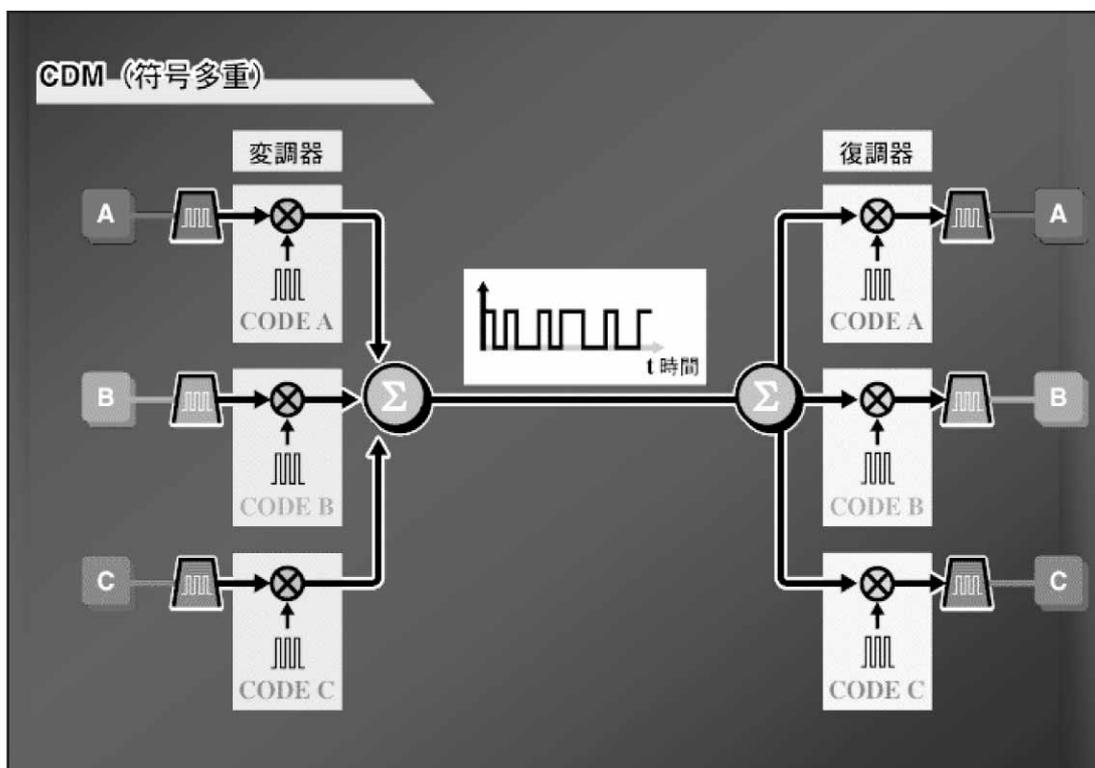
( 導入編 第4節のはじめに戻る )

WDM



( 導入編 第4節のはじめに戻る )

CDM



( 導入編 第4節のはじめに戻る )

## 6) LAN配線

- ・メタル
- ・光ファイバ
- ・無線 LAN (IEEE 802.11a/b/g)

(導入編 第4節のはじめに戻る)

### メタル

同軸 (Thin/Thick)

より対線 (UTP)

- ・カテゴリ 3

10BASE-T、100BASE-T4、100BASE-T2 など

- ・カテゴリ 5

100BASE-TX、ATM-LAN など

- ・カテゴリ 6

ギガイーサネット、高速 ATM

### 光ファイバ

マルチモード ファイバ

- ・100BASE-FX、ATM-LAN

シングルモード ファイバ

- ・長距離、超高速LAN

### 無線LAN

IEEE 802.11a/b/g

- ・2.4G、5G帯を使用
- ・帯域は2Mから54Mへ

## 7) 無線通信方式

- ・無線LAN
- ・携帯電話
- ・FWA
- ・光ビル間通信

( 導入編 第4節のはじめに戻る )

### 無線LAN

- ・帯域とセキュリティ

802.11b	現在普及(2.5GHz、11M、DSSS)
802.11a	高速版(5GHz、54M OFDM)
802.11g	高速版(2.5GHz、54M OFDM)

### 無線通信方式携帯電話

- ・PDC
- ・cdmaOne
- ・IMT2000 ( FOMA )
- ・PHS

### FWA

#### Fixed Wireless Access

- ・2.4 GHz ( 10M )
- ・26 / 38 GHz帯 ( 10M )

### 光ビル間通信

- ・レーザービーム
- ・電波通信に比べて
  - ・高いセキュリティ性能
  - ・高速通信

### 8) 無線デジタル変調方式

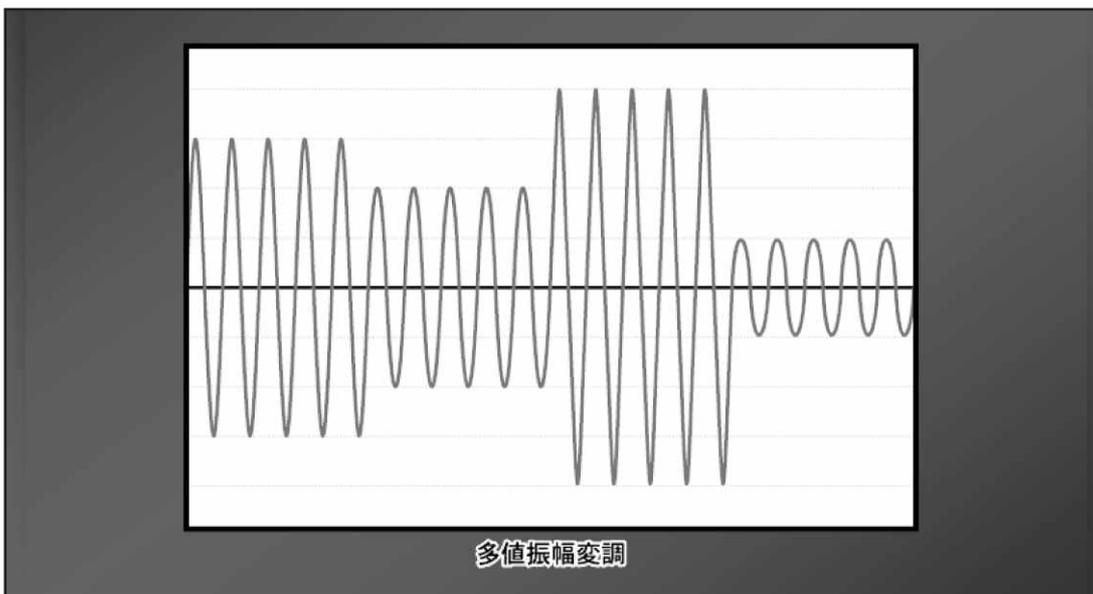
- ・ 2 値変調  
ASK、FSK、PSK
- ・ 多値変調方式

多値振幅変調	MASK
多値周波数変調	MFSK
多値位相変調	MPSK
直交PSK	QPSK
直交振幅変調	QAM

( 導入編 第4節のはじめに戻る )

#### 多値振幅変調

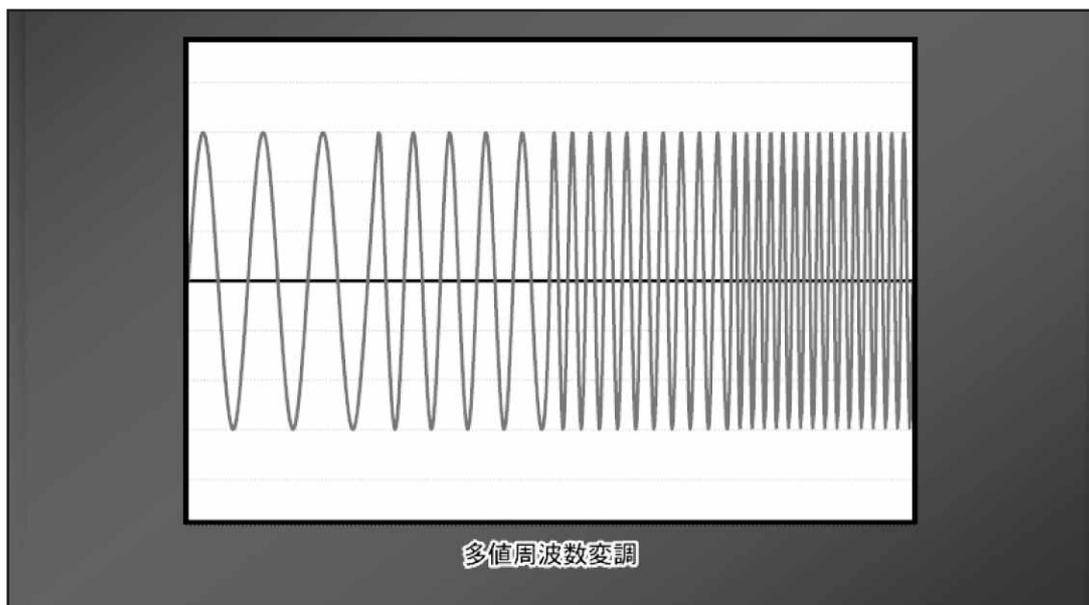
- ・ MASK



( 導入編 第4節のはじめに戻る )

### 多値周波数変調

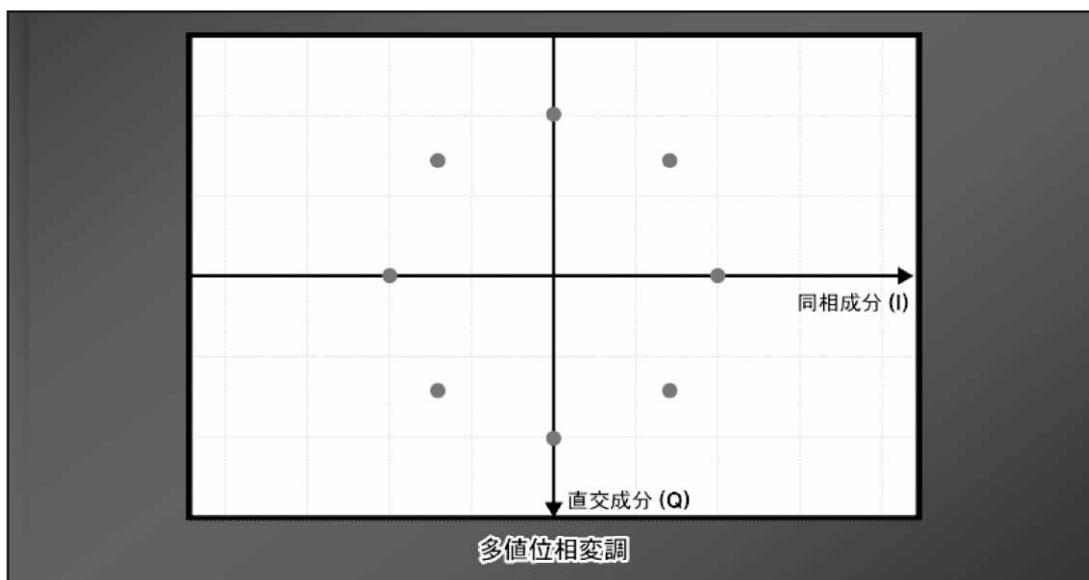
- ・ MFSK



（導入編 第4節のはじめに戻る）

### 多値位相変調

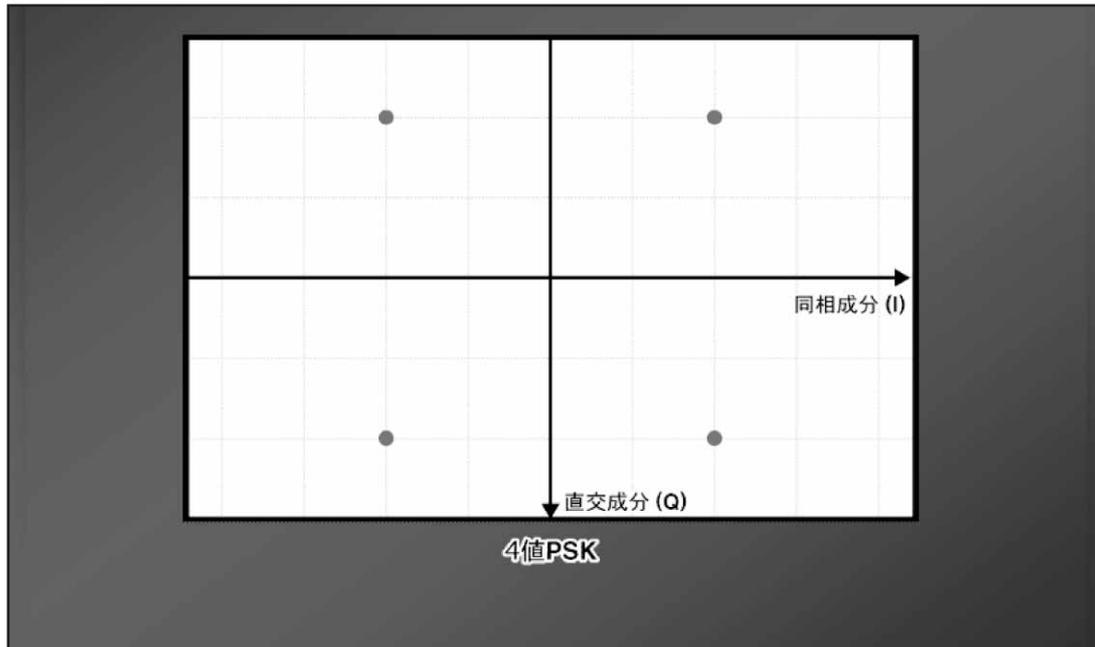
- ・ MPSK



（導入編 第4節のはじめに戻る）

直交 P S K

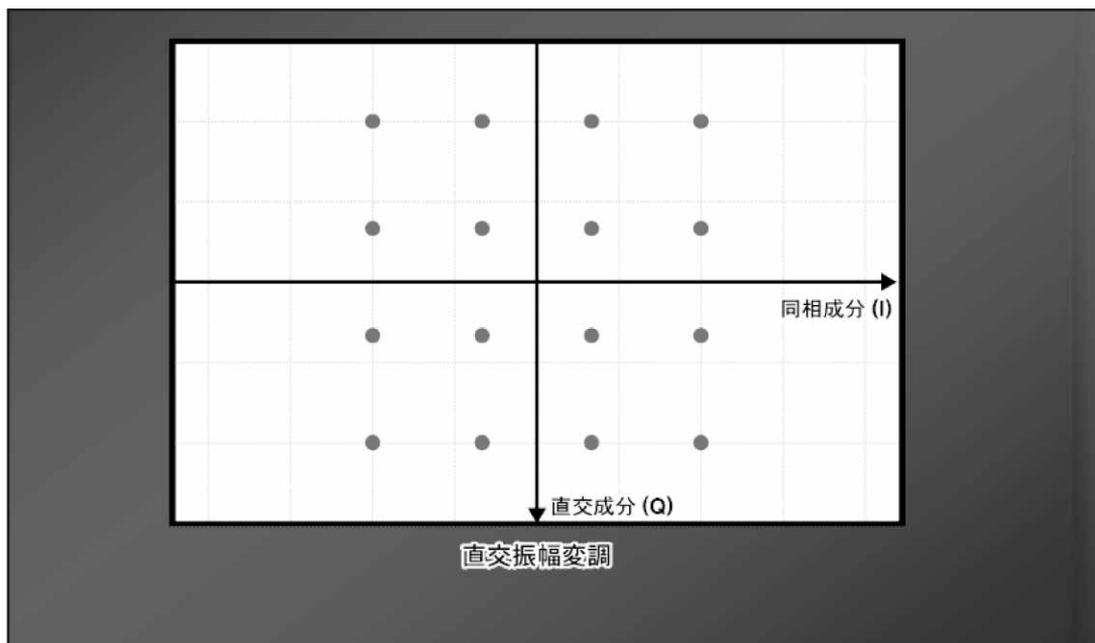
・ QPSK



( 導入編 第4節のはじめに戻る )

直交振幅変調

・ QAM



( 導入編 第4節のはじめに戻る )

## 第5節 接続の基礎

この節で学習すること

- 1) メッセージ転送方式
- 2) コネクションの携帯
- 3) パケット伝送方式
- 4) パケツリレー方式の伝達
- 5) 多プロトコル

( 導入編の目次に戻る )

### 1) メッセージ転送方式

- ・スイッチド ネットワーク  
電話
- ・ブロードキャスト ネットワーク  
放送

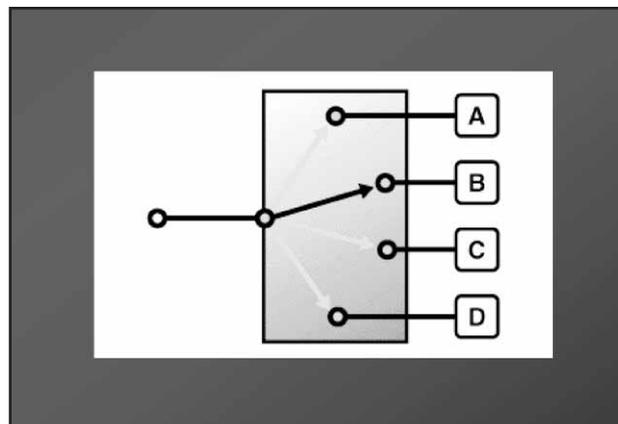
( 導入編 第5節のはじめに戻る )

#### スイッチド ネットワーク

電話

構成

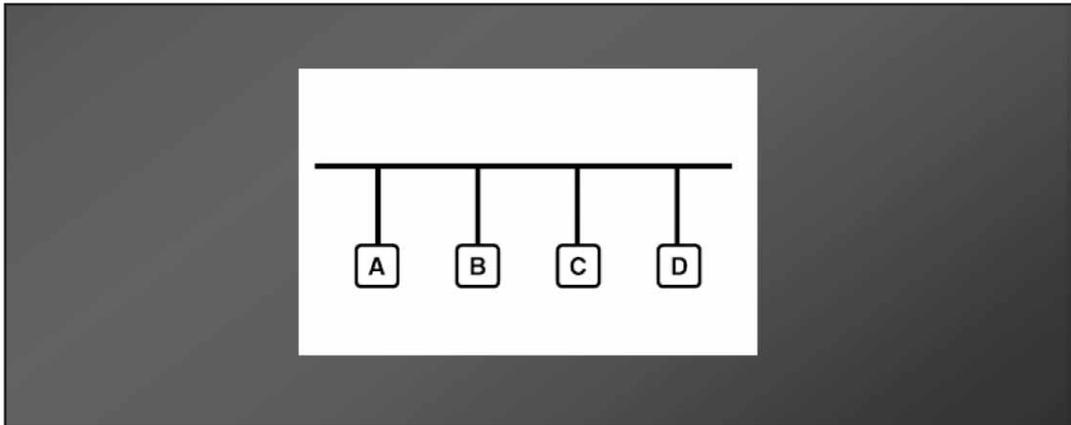
- ・マルチプレクサ
- ・コンセントレータ
- ・スイッチ



## ブロードキャスト ネットワーク

### 放送

- ・すべて接続されて、すべてのノードに届く
- ・MACなどの制御が必要
- ・LANはこの方式から始まる



( 導入編 第5節のはじめに戻る )

## 2) コネクションの形態

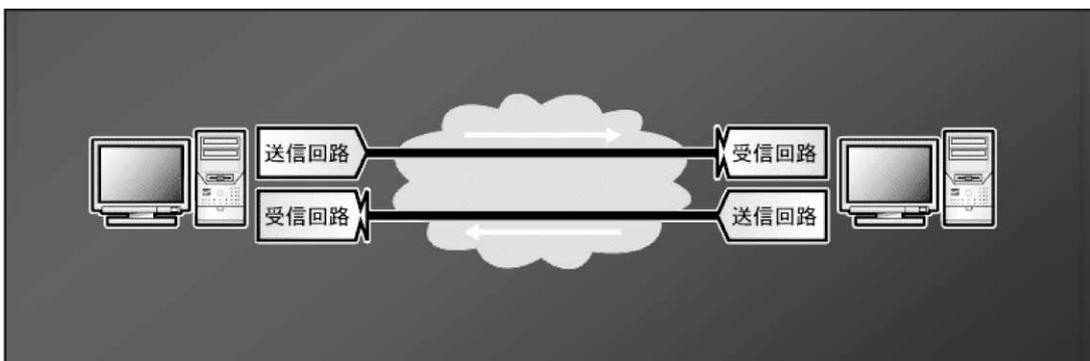
- ・2点ノード間の通信パスのつなぎ方
- ・コネクション型 ( 回線接続 )
- ・コネクションレス型 ( パケット接続 )

( 導入編 第5節のはじめに戻る )

### コネクション型

#### 回線接続

- ・単一の論理的ネットワークパスを確立
  - ・バーチャルサーキット
- ・ネットワークを介して、パスはシリーズの論理的な接続の連鎖となる、データはパスを通じて順番に送られる
- ・初期に設定され、接続を持続する、必ず届くはず



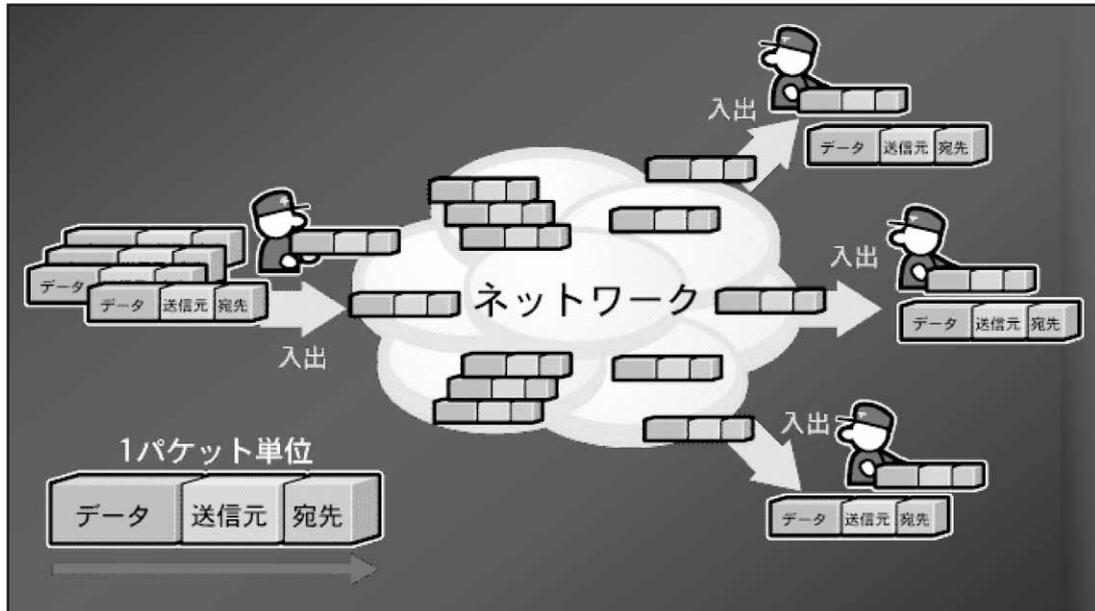
( 導入編 第5節のはじめに戻る )

### コネクションレス型

#### パケット接続

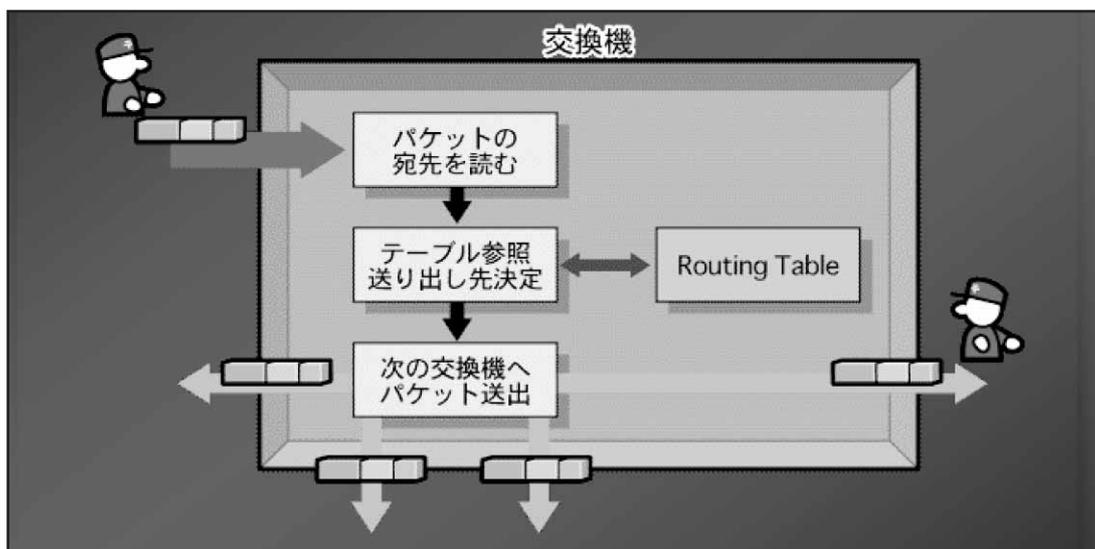
- ・パケットごとに経路・帯域がダイナミックに変化する
- ・回線切断 / 輻輳ポイントを避け、パケットごとにパス（ルート）を選択する

### 3) パケット伝送方式



( 導入編 第5節のはじめに戻る )

### 4) パケットリレー方式の伝達



( 導入編 第5節のはじめに戻る )

### ネットワークの中の伝送（中継）

- ・隣接した人だけに渡す
- ・少しずつ目的地に近づく
- ・受け取りから手渡すだけの責任を持つ

## 5) 多プロトコル

### お互いにデータをやり取りするときの規約（約束事）

無数のプロトコルが組み合わされて成り立つ  
機能

- ・通信開始
- ・エラー制御
- ・通信終了
- ・データの細かい仕様（サイズ、フレームなど）
- ・アクセス制御
- ・リンクの確立 など

例：PPP、ISDN、X.25、TCP/IP、RIP、OSPF、携帯電話

（導入編 第5節のはじめに戻る）

### プロトコル スタック

階層構造で表現されるプロトコル群の総称

- ・実際は下位（物理層）から上位層（TCP/IP など）まで組み合わされ、連携して動作する
- ・プロトコル スイートとも呼ばれる

## 第6節 ネットワークの構造

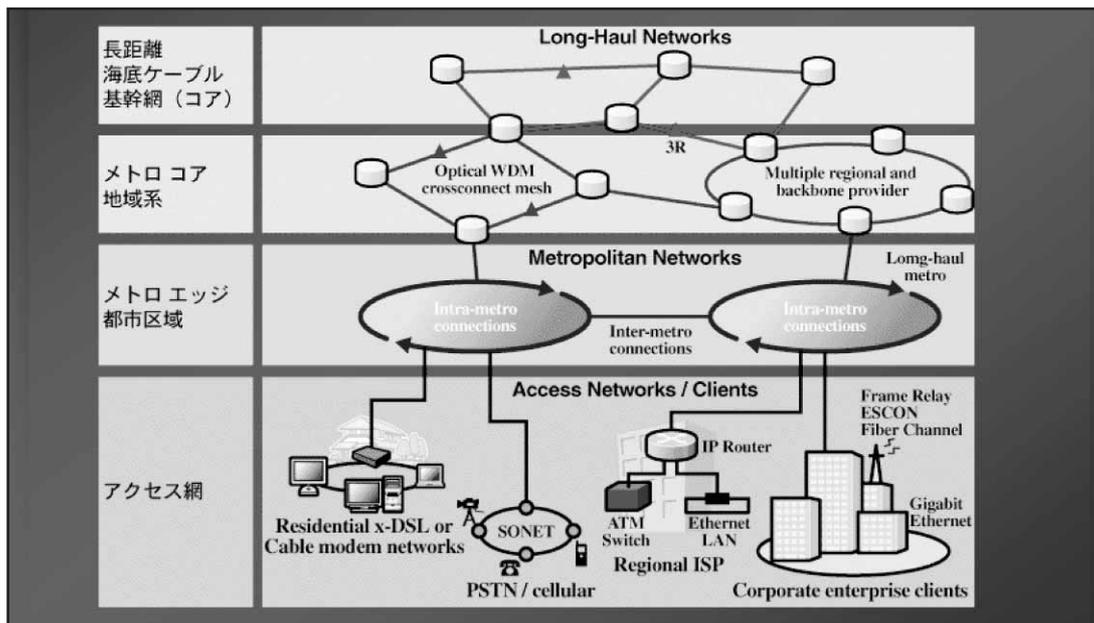
この節で学習すること

- 1) 通信ネットワークの全体像
- 2) 市街地の道、アクセス網
- 3) メトロネットワークへ、10Gイーサネット
- 4) 中継ルータによる伝送

( 導入編の目次に戻る )

### 1) 通信ネットワークの全体像

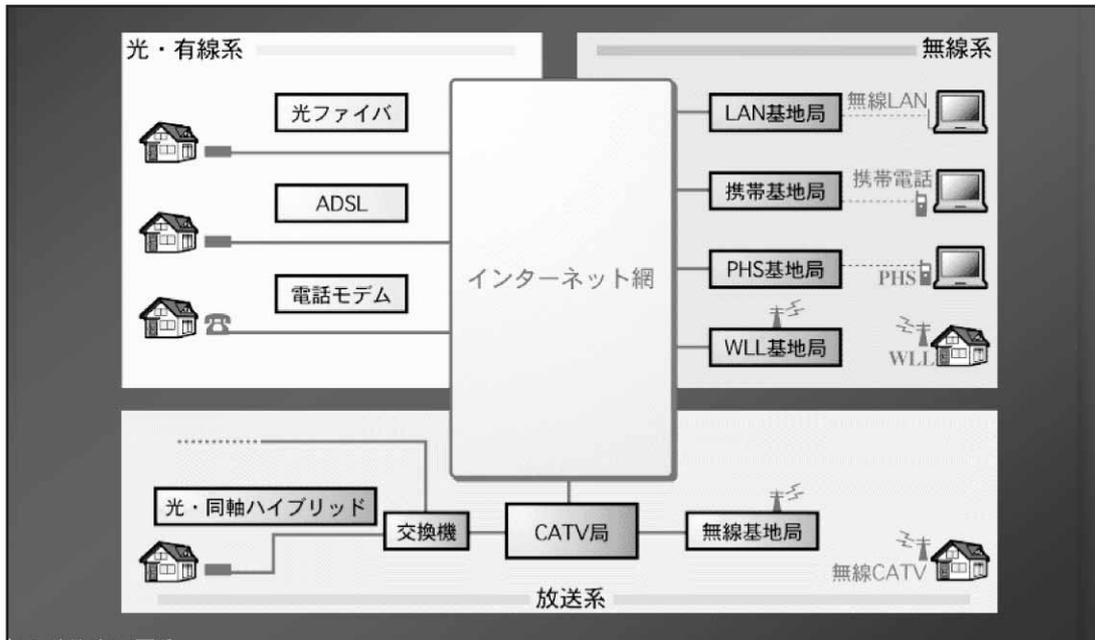
コア メトロ アクセスの階層ネットワーク



( 導入編 第6節のはじめに戻る )

2) 市街地の道、アクセス網

・ラスト1マイル



( 導入編 第6節のはじめに戻る )

F T T Hの方式

PDS

Passive Double Star

- ・ S T M - P D S
- ・ A T M - P D S

SS

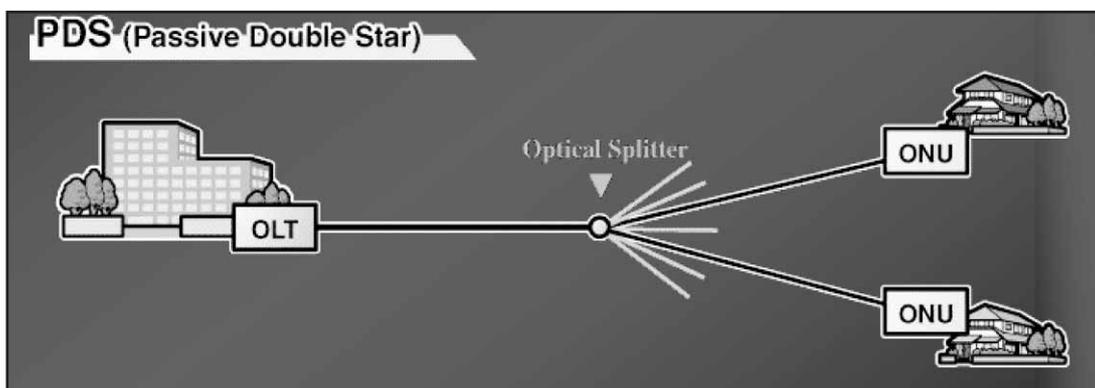
Single Star

ADS

Active Double Star

PDS

- ・ 複数の ONU ( Optical Network Unit ) で光ファイバを共有する



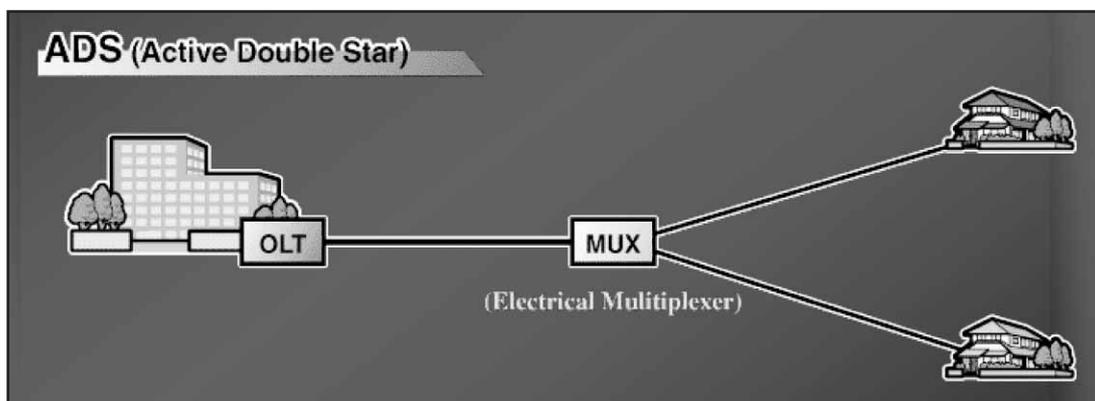
SS

- ・ OLT ( Optical Line Terminal ) と ONU を 1 対 1 で結ぶ



ADS

- ・ OLTからMUX までは光ファイバ、MUXからONUまではメタルケーブルを使う



### 3) メトロ ネットワークへ 10Gイーサネット

10Gイーサネット、2002年6月20日規格が決定

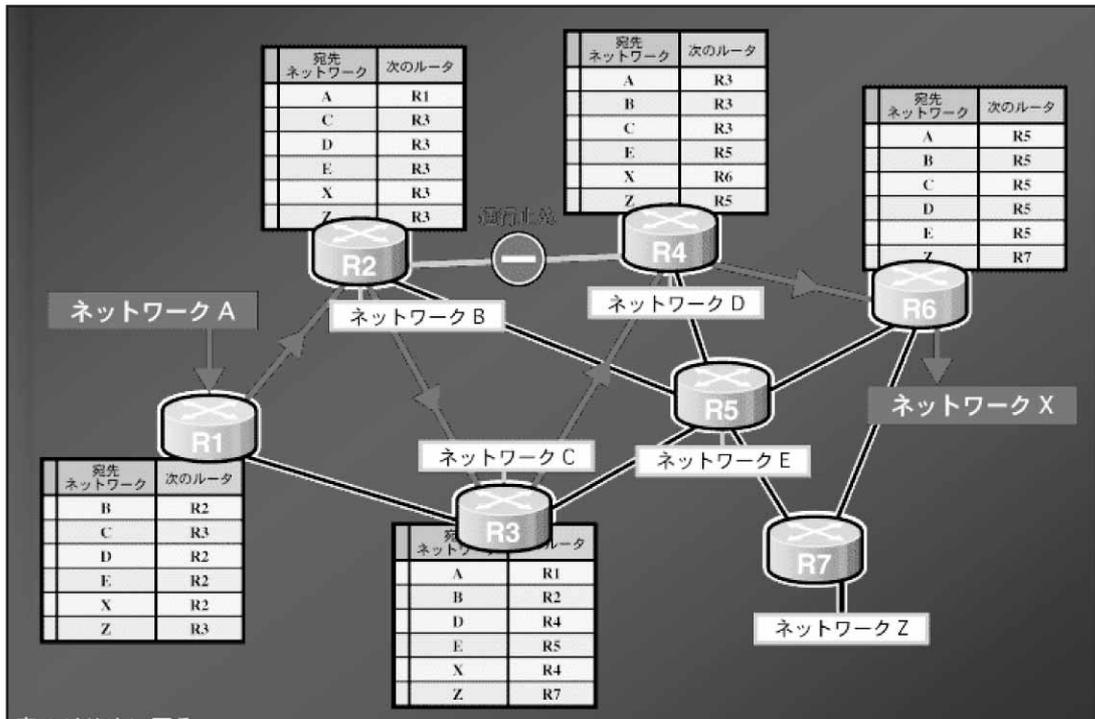
( IEEE802.1ae )

- ・ LAN用途 : 10GBase-SR ( 65m ) , LR ( 10km ) , ER ( 40km )  
10.3Gbps  
10GBase-LX4 ( 3.125Gbps x 4 )
- ・ WAN用途 : 10GBase-SW ( 65m ) , LW ( 10km ) , ER ( 40km )  
9.953Gbps
- ・ 波長は850nm、1310nm、1550nmの3種類

1年の間に低価格が進む

( 導入編 第6節のはじめに戻る )

4) 中継ルータによる伝送



(導入編 第6節のはじめに戻る)

ルーティング アルゴリズム

ルーティング テーブル：経路選択制御

- ・ ルータは1台ごとにルーティング テーブル (MACアドレス) を持つ
- ・ 持たない場合はARPプロトコルで探す
- ・ LAN内にアドレスがなければルータ経由

## 第7節 階層モデル

この節で学習すること

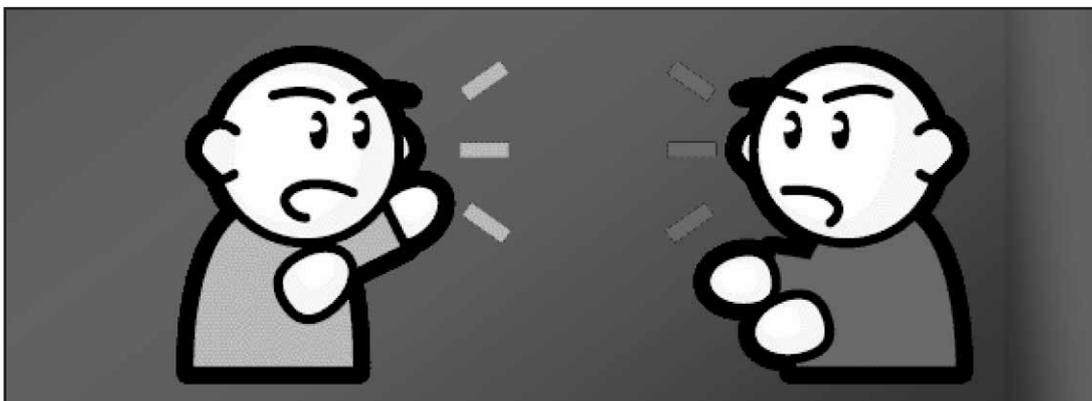
- 1) 人間関係の情報伝達
- 2) コミュニケーションの階層モデル
- 3) 階層モデル
- 4) OSI基本参照モデル
- 5) LANの情報伝達モデル
- 6) TCP/IPのイーサネット上の構造
- 7) 標準化

（導入編の目次に戻る）

### 1) 人間関係の情報伝達

人間間でメッセージを伝えるには

- ・頭で考えたことを相手に伝える
  - ・言葉、身振り、手振り、映像
  - ・媒体を介して相手に伝える

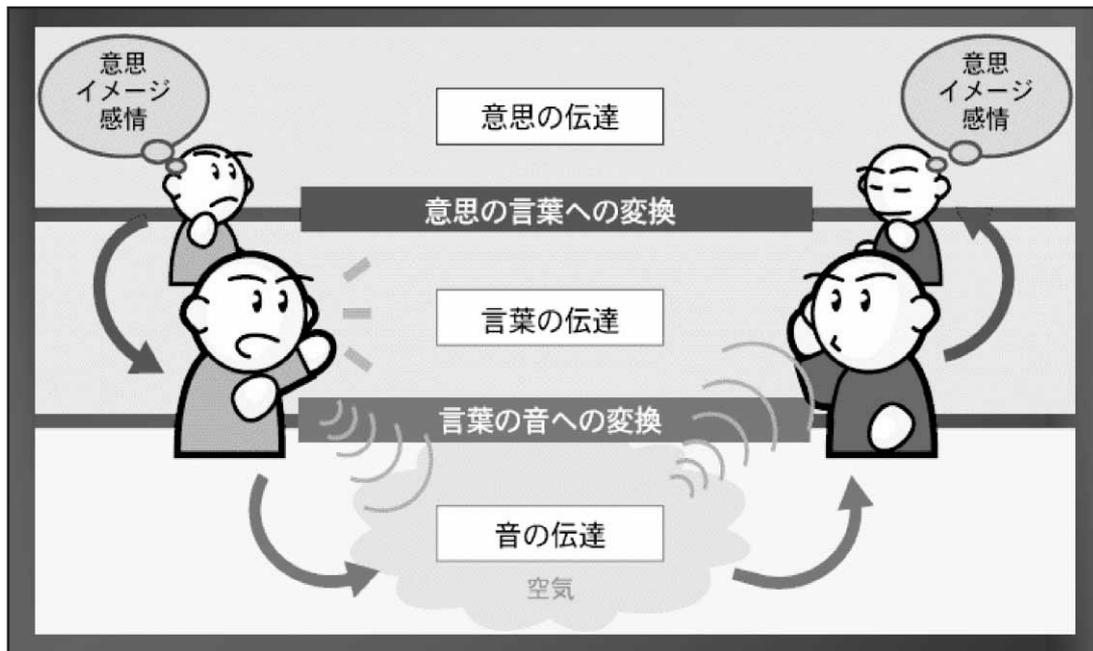


（導入編 第7節のはじめに戻る）

伝えるときの条件

- ・挨拶（会話の手続）、言葉（言語）が同じ意味を持つ
- ・表情、声の強弱・調子、身振りから推測する

## 2) コミュニケーションの階層モデル



( 導入編 第7節のはじめに戻る )

## 3) 階層モデル

2 者間のコミュニケーションには

階層ごとの役割が決まっている ( 機能を分担 )

- ・ 意思と言語の変換 ( 脳の中 )
- ・ 言語と音声の変換 ( 声帯 )

伝えたい情報 ( 意思 ) がある

階層は、上もしくは下の層から情報を協力してもらい、上もしくは下の欲しい情報に変えて渡す

伝達するには物理媒体が必要

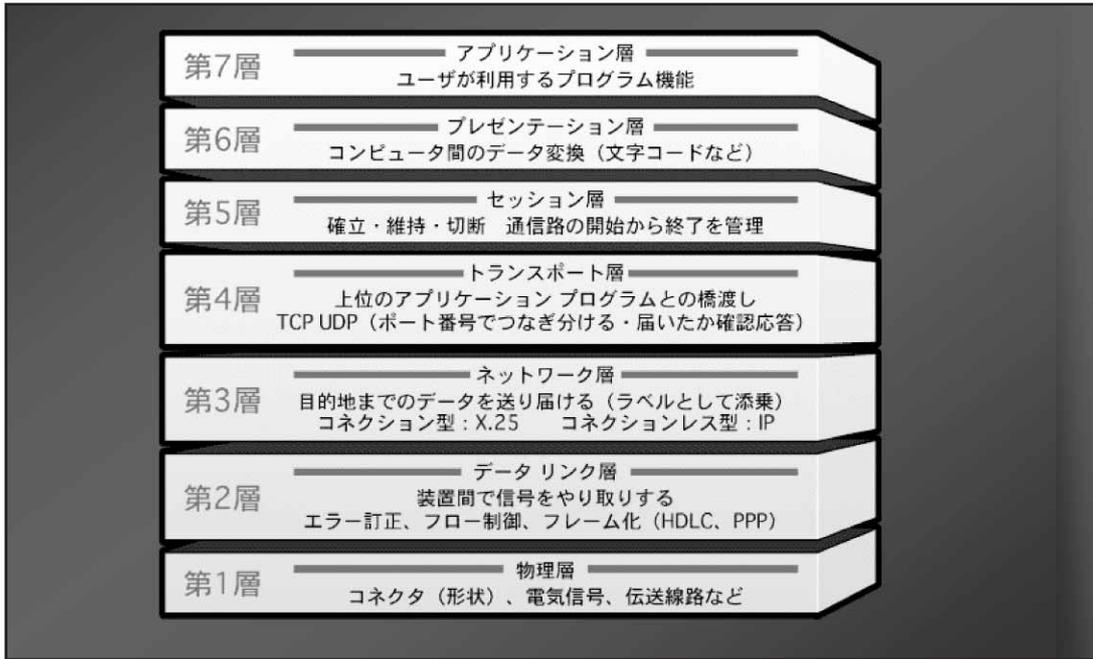
( 導入編 第7節のはじめに戻る )

遠隔地は仲介者を使う

伝言

- ・ 端末
- ・ 中継ノード
- ・ 端末

4) OSI基本参照モデル

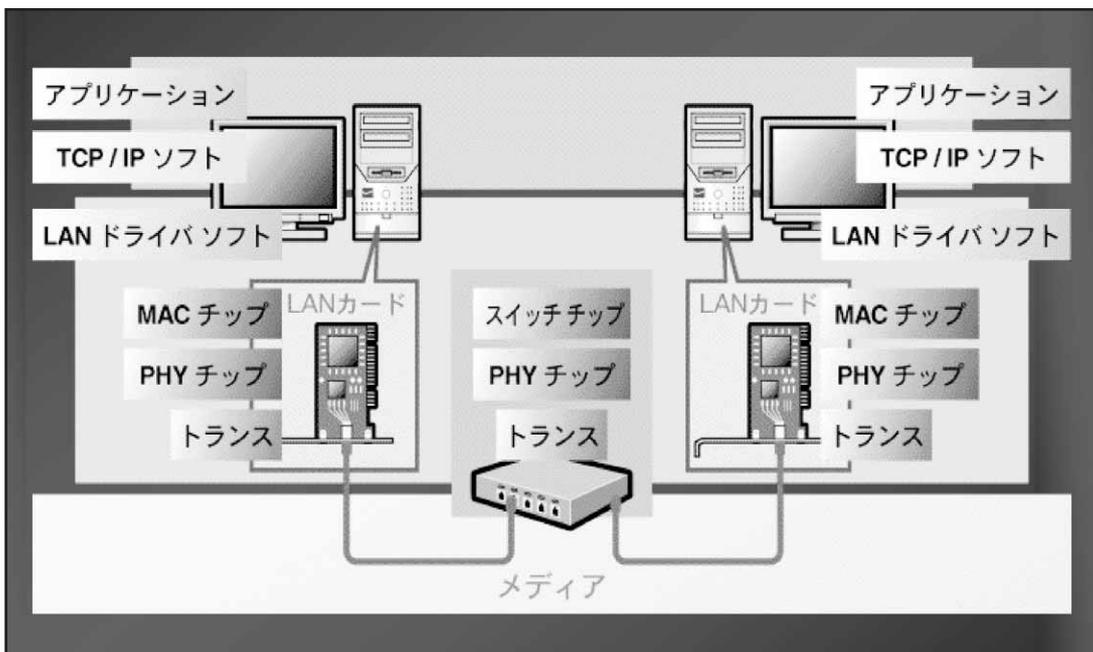


（導入編 第7節のはじめに戻る）

ネットワーク アーキテクチャー

- ・プロトコルを7層に体系的にまとめたもの
- ・インターネットは4層である

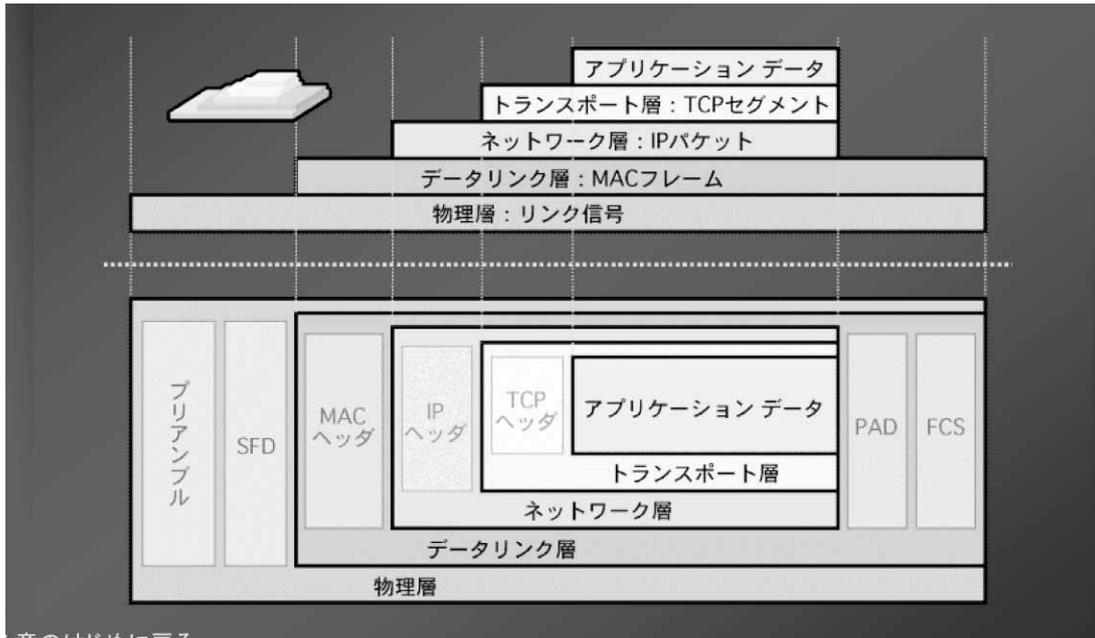
5) LANの情報伝達モデル



（導入編 第7節のはじめに戻る）

## 6) TCP/IPのイーサネット上の構造

- ・ イレコの packets フレーム構造



( 導入編 第7節のはじめに戻る )

## 7) 標準化

ITU - T

IEEE

IETF

( 導入編 第7節のはじめに戻る )

ITU - T

国際電気通信連合

- ・ TTC

電信電話委員会が有線対応

- ・ ARIB

電波産業会が無線対応

IEEE

米国電気電子技術者協会

- ・ IEEE802委員会のイーサネット関連が有名

- ・ IEEE1394x

## I E T F

### インターネット関連標準化団体

- ・ RFC : 技術を実装するための技術解説書  
コードを書く際のガイドライン  
プロトコル仕様、パケット フォーマット
- ・ <http://www.ietf.org>

最近では、米国企業間のフォーラムやコンソーシアムが先導している

- ・ ディファクト スタンダードが標準化される