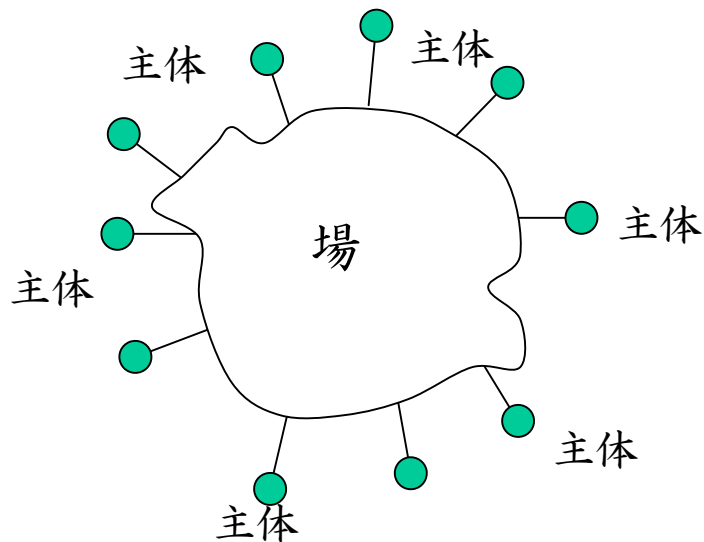


# ネットワーク 1

この資料は岩波講座  
「現代工学の基礎」  
を参考に作成した

## 1. ネットワーク=(主体+場)



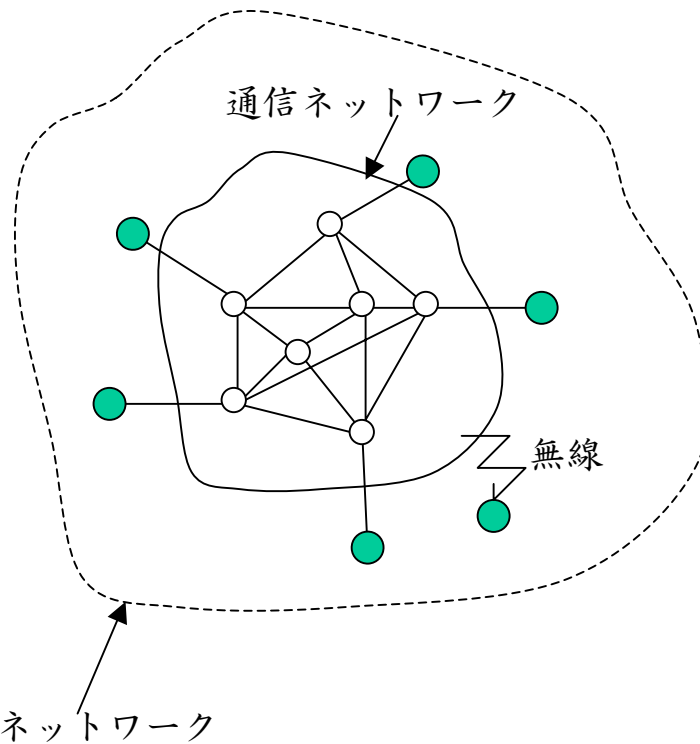
主体：人間、パソコン、ルータ、  
データベースなど

場： 通信網、サイバースペース、  
郵便システム等

## ネットワークシステム

≒「場」を通じた「主体」間の  
相互作用システム

## 通信NW ⊂ 情報NW

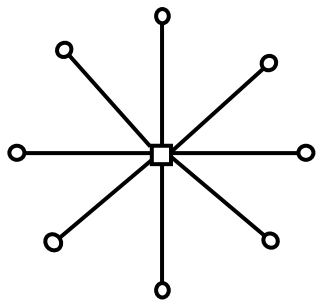


ネットワーク(NW)=通信NW+情報NW

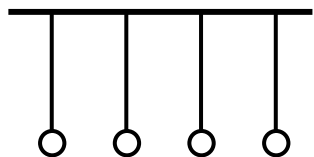
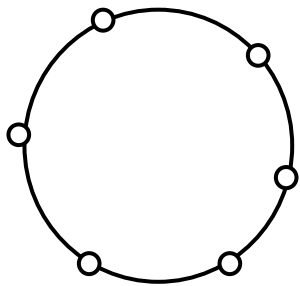
通信NW: 主体間での、情報の伝達や交換を目的とする  
NWシステムを「通信NW」

情報NW: 主体間で、「通信NW」を用いて「情報処理」  
を行うNWシステムを「情報NW」という。

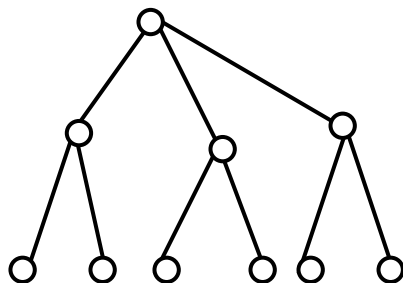
## 2. 通信ネットワークの形態



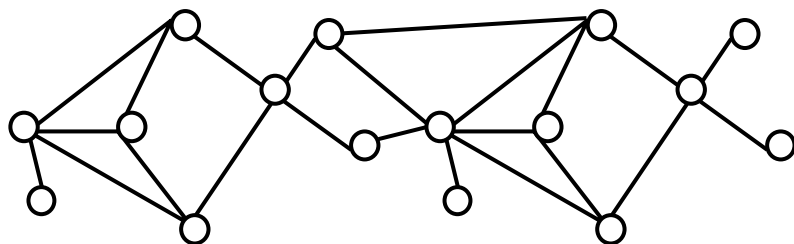
1. スター形(LAN ホスト)    2. リング形(LAN トークンリング)



3. バス形(LAN イーサネット)



4. ツリー形



5. 分布形

### 比較 長所と短所→応用例

#### 1. スター形

センタにあるホストが故障するとシステムダウン。

センタには高い信頼性が必要

→TSS、座席予約システム

#### 2. リング形

一方向むきが原則のため伝送路がダウンするとシステムダウン。

二重化、折り返し・バイパス機能付加、無限巡回防止などの対策を要す。

→光LAN

#### 3. バス形

ノードの追加・取り外し容易

LANに使用。バスには両方向に送出

→イーサネット(Ethernet)など。

#### 4. ツリー形

仕事の効率がよい。上位の故障は広範囲に影響。企業の組織に適合。

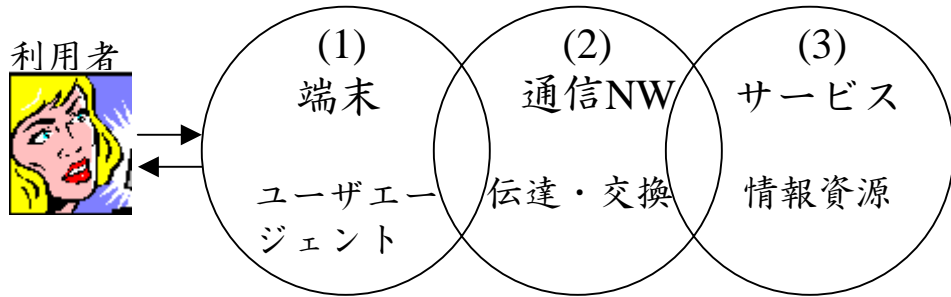
→企業用NW

#### 5. 分布形

多ルートありバイパスが容易。

→広域NW

### 3. 通信ネットワークの役割



情報ネットワークの構成要素

#### (1) 端末

ユーザーエージェント(利用者代理)  
 利用者と通信NWとのインタフェース  
 パソコン、ワークステーションなど。  
 在宅勤務、SOHO、座席予約、ITSなどのためのIF。

#### (2) 通信NW

情報伝達機能の提供。  
 中継ノードと伝送路からなる。

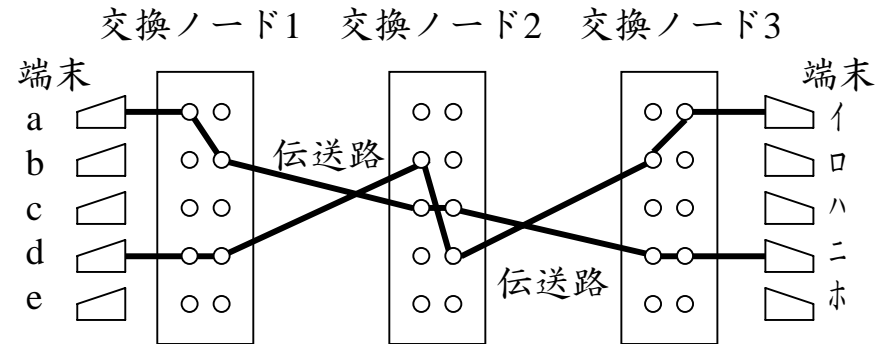
#### (3) サービス

利用者にサービスを提供。  
 電子メール、ホームページ、家電制御  
 自動車制御機能などのサービス提供

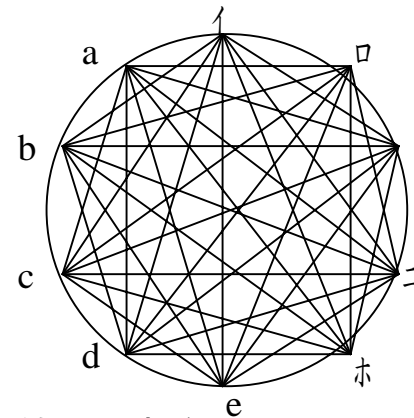
### 4. 通信NWの交換方式

#### (1) 交換の必要性

全加入者間のすべての接続を行うと莫大な設備になり不経済である。そこで、共用の設備を作り、必要が生じた時に特定の加入者間がつながるように通信路を設定して行う。このため、「交換(切替え)」を行う。

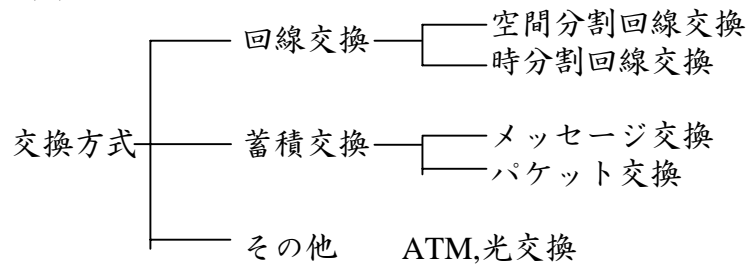


回線交換方式の基本概念



(参考)  
 全端子を結ぶと  $n(n-1)/2$  本の伝送路が必要。  
 $n=10$  で 45 本  
 設備費が嵩む。  
 利用率が低い。  
 事実上建設不可能。  
 回線交換方式の交換機間でははるかに少数で可。

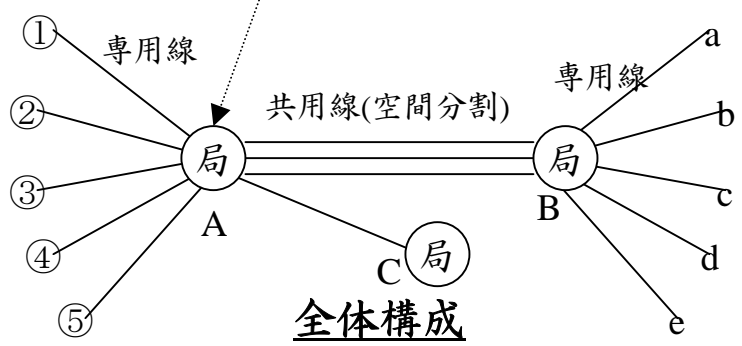
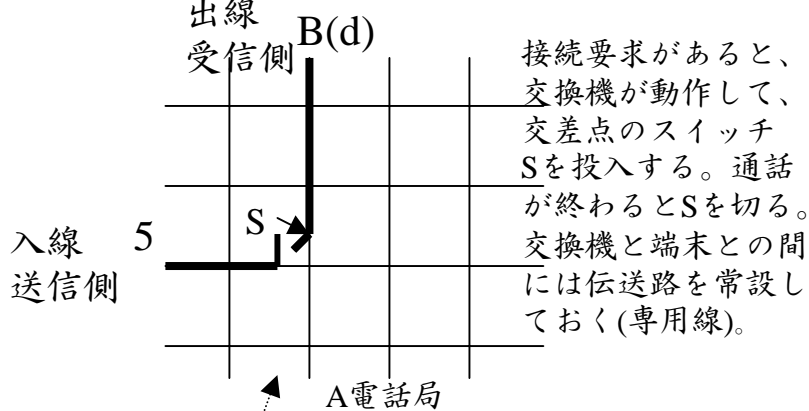
## (2) 交換方式



### 回線交換

#### a. 空間分割

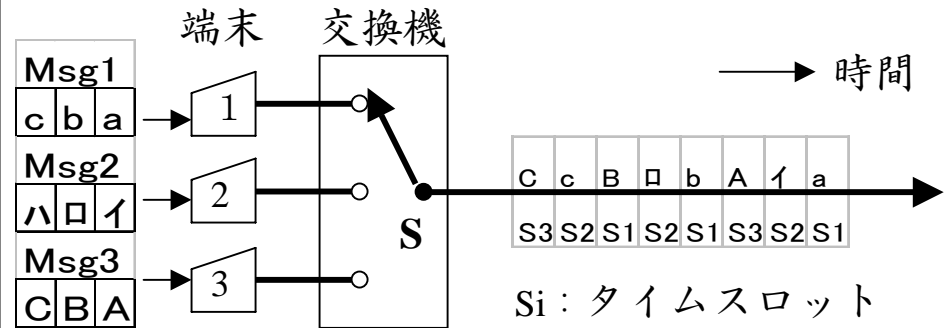
例 初期のアナログ電話交換機



### 回線交換

#### b. 時分割

例 デジタル電話交換機



スイッチSが端末1,2,3を順次切り替わることにより伝送路のタイムスロットSiに端末iのメッセージMsgiが順次送出される。

#### 蓄積交換

メッセージは送受中間ノードに一旦蓄積され、次のノードが選択された後送信される。

伝送路利用率は向上。

実時間性はなくなる。

中継ノードで、速度変換やプロトコル変換などが必要。

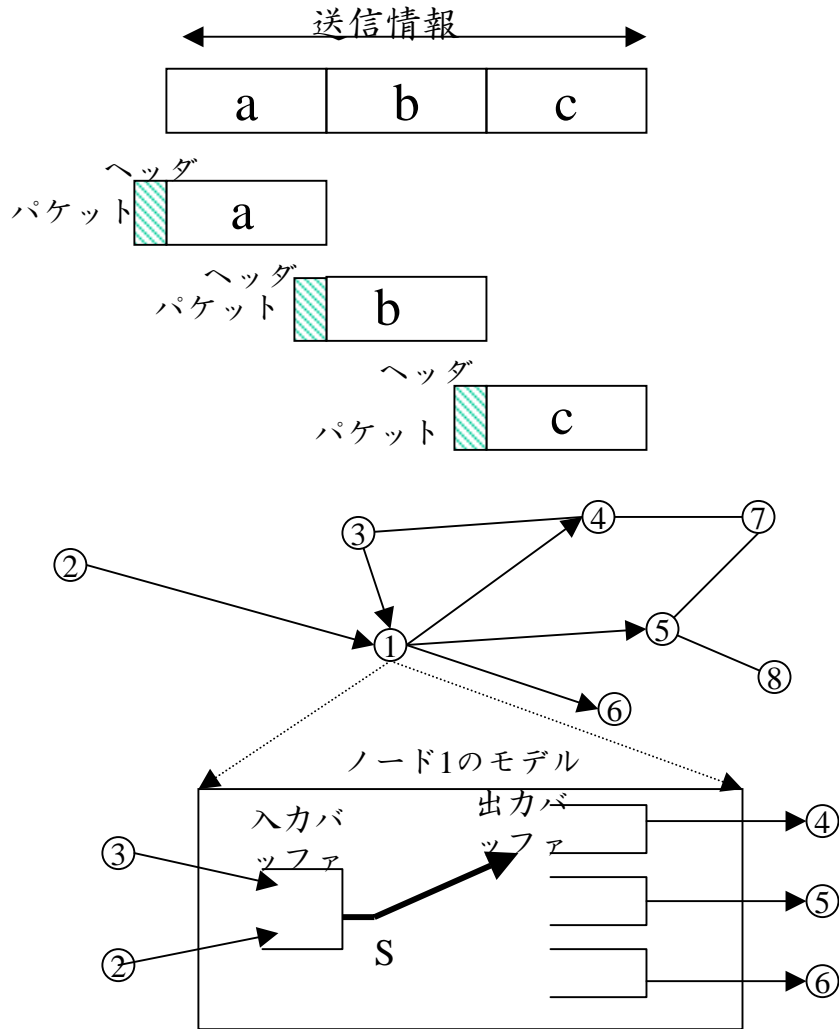
可変長のメッセージ交換方式と

固定長のパケット交換方式、

固定長のATM交換方式がある。

## パケット交換方式

通信情報を固定長に分割し、ヘッダをつけて一定長のパケットとして送り出す。



パケット交換の原理

## ATM交換の特徴

ATM=Asynchronous Transfer Mode:非同期伝送モード

- ①一定長のセル単位で伝送(53バイト)
- ②バースト性トラヒックの効率的処理

集中して発生するトラヒックには連続したセルを与えるなど状況に適応して動作。

これに対し、一定周期でタイムスロットを割り当てるのをSTM(Synchronous Transfer Mode:同期伝送モード)という。

- ③交換処理のハード化により高速化

一定周期でヘッダが現れるのでセルの宛先の判定をハードウェアで行いスイッチングの高速化ができる。

一般に、ネットワークシステムを流れる情報には、音声や、ビジュアル画像のように、

(a)リアルタイム性が必要だが、多少の誤りが許容できる情報と、

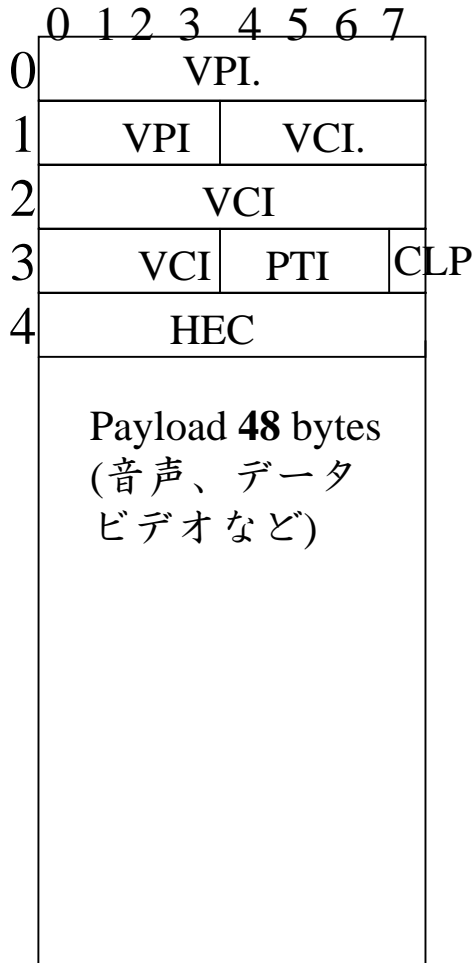
(b)取引データのように、リアルタイム性は必要としないが誤りの許されない情報がある。

ATMは、これらの二種類の相反する特徴をもつ情報に統一して対応できるB-ISDN(Broad Band-Integrated Service for Digital Network)で中心的役割を担っている。

## ATMセル(1)

ヘッダ5バイト(NNI方式)

データ48バイト



**NNI:** Network-to-Network Interface 大規模システム用

**UNI:** User Network Interface 小規模システム用

**VPI:Virtual Path Identifier** (仮想パス識別子)

次の宛先(12ビット)

**VCI:Virtual Connection/Channel Identifier.** (仮想接続/チャンネル識別子)  
VPIと組合せ次の宛先

**PT I: Payload Type Identifier.** (データタイプ識別子)

: 優先度判断 (制御データかユーザデータか)

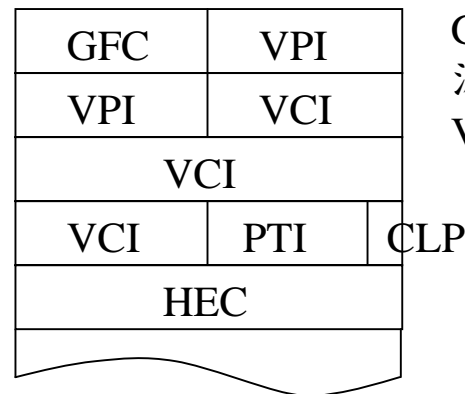
**CLP:Cell Loss Priority** (セル廃棄優先度)

**HEC: Header Error Control** (ヘッダ誤り制御)

## ATMセル(2)

ヘッダ5バイト(UNI方式)

データ48バイト



**GFC: Generic Flow Control**

汎用フロー制御(4ビット)

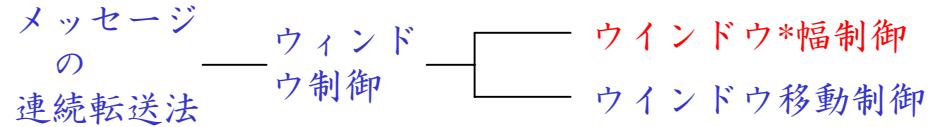
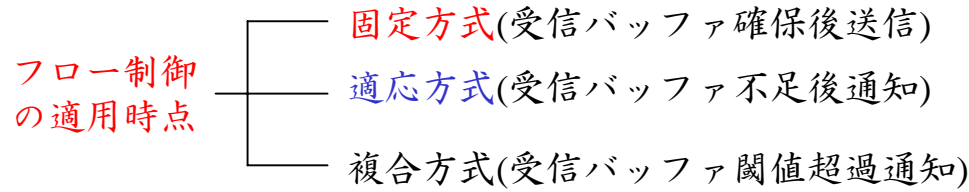
VPI(8ビット)

## 5. 通信プロトコル(NW2参照)

端末や通信機械など機械間の通信の円滑化のために定められた規則を「通信プロトコル」あるいは単に「プロトコル」という。あるネットワークのプロトコル全体の集合を「ネットワーク アーキテクチャ」という。

ネットワークのノードのバッファや、リンクなどの資源は有限であるから、入カトラヒック(交通における車の数に相当)が増加すれば輻輳問題(交通混雑)を生じる。

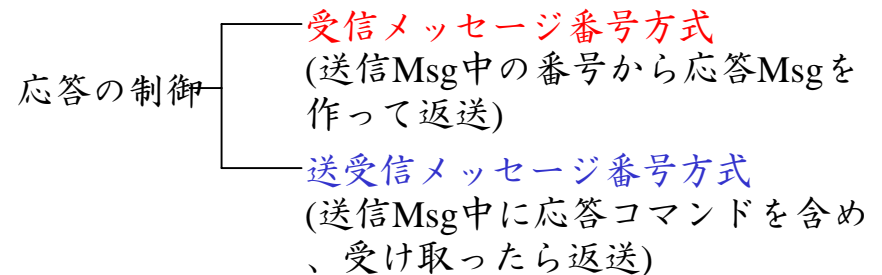
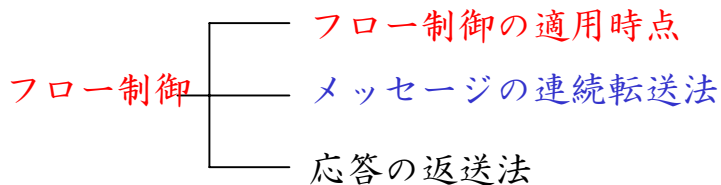
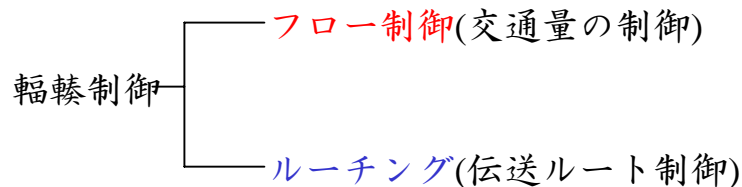
このための交通整理の制御を「輻輳制御」と呼ぶ。

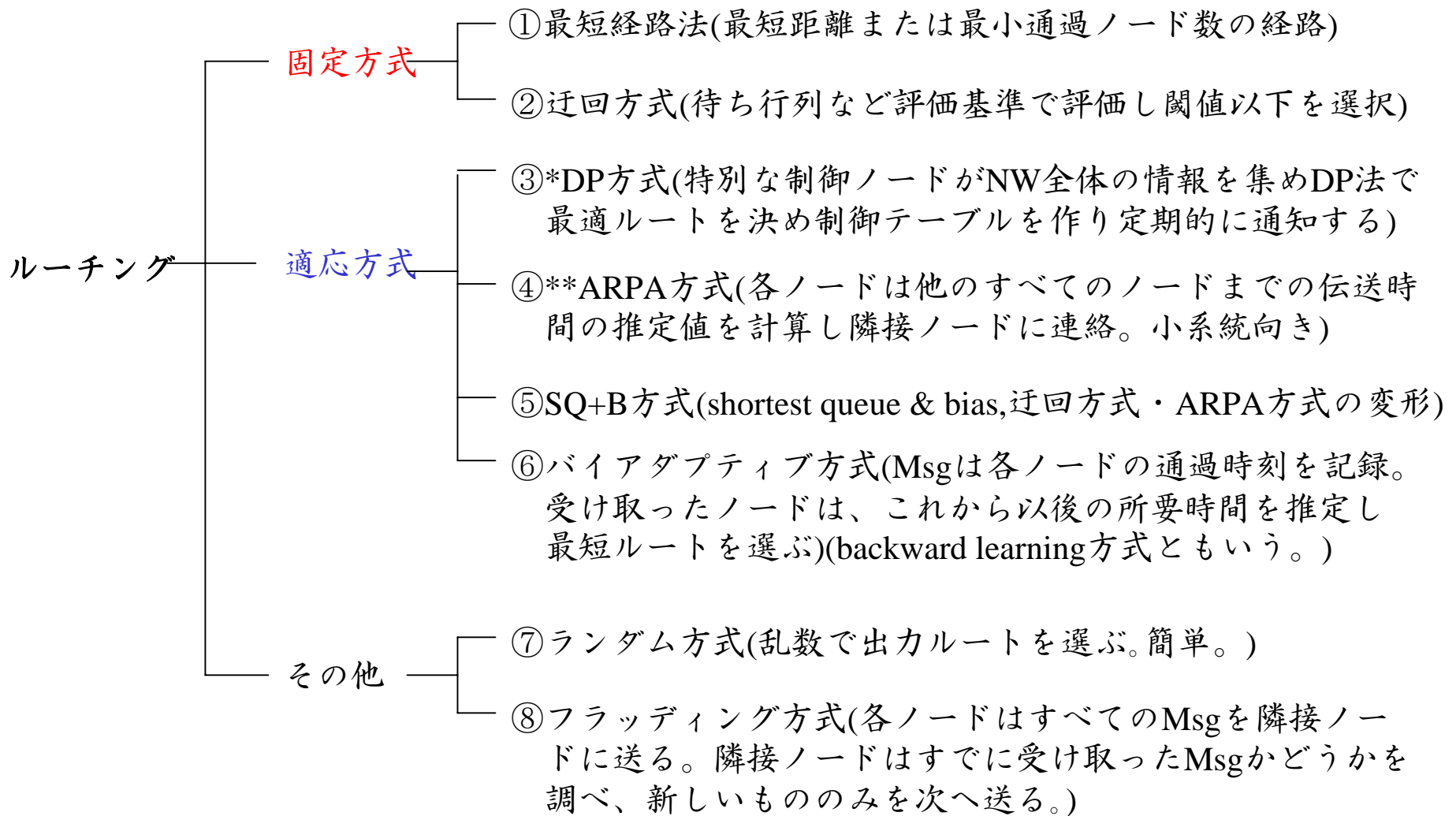


\*ウィンドウ=送信応答済み+応答待ち+送信可のメッセージ数

ウィンドウ移動

ウィンドウ位置(メッセージ番号指定)





\*DP：ダイナミックプログラミング 最適化手法の一つ

\*\*ARPA方式：1969年に稼動した初期の米本土大学研究所間ネットワーク  
(Advanced Research Projects Agency Network)



## 順序制御

Msgはパケットに分解され別々に送られるが、ルートは複数なので順番どおりに到着するとは限らない\*。そこで、

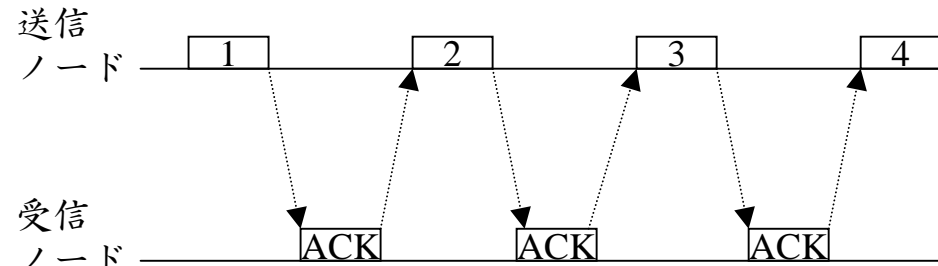
- ①Msgをパケットに分解し順序番号を付与。
- ②同じパケットを二回受信したらそれを破棄。
- ③所定時間内に到着しないパケットは「紛失」として再送を要求する。
- ④順序番号でパケットを並べ替えMsgを構成して端末に渡す。

このためにはバッファを必要とする。

\*1,2,3,4の順で送り出しても通過ルートの差で2,4,1,3の順で到着することもある。これを1,2,3,4に戻さなければならない

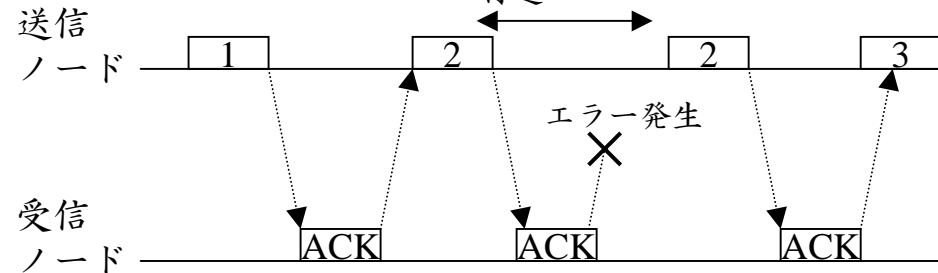
\*ACK:Acknowledgement 肯定確認(ヨシ)  
NACK:Negative Acknowledgement (ダメ)  
否定確認

## 誤り制御

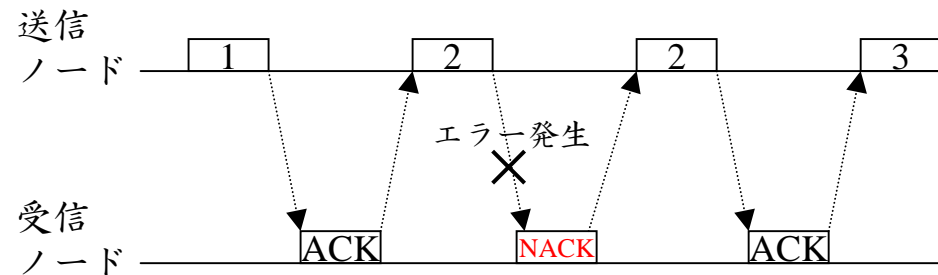


a.基本方式

タイムアウト  
所定時間内に  
応答無ければ  
再送



b.タイムアウト方式



c.\*ACK-NACK方式(アクナック)

## 優先制御

各ノードで到着したMsgをどんな順序で送り出すかの問題である。

### 1. 通信方式ごとの優先制御

#### a. バーチャルコール型

コネクション(送り元-宛先)ごとの優先度を定める。

#### b. データグラム方式

パケットごとの優先順位で送出。

### 2. 同一コネクション内での優先度

#### a. 通常のMsg

#### b. 異常時の制御用Msg

セルの構造を見よ(p.7, PTI)

## 通信方式とコネクション

(右図および次ページの図参照)

### a. コネクション型

①Msg送信前にコネクションを設定

②データ転送

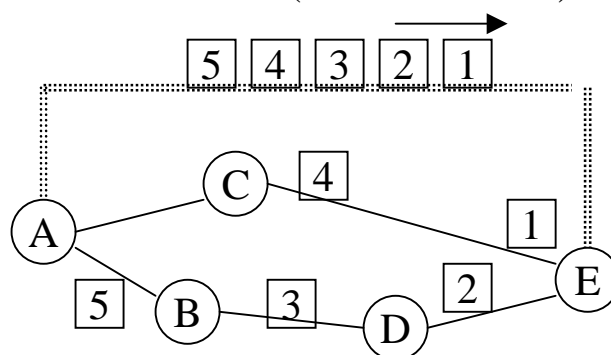
③コネクション切断

高信頼送信に適する。

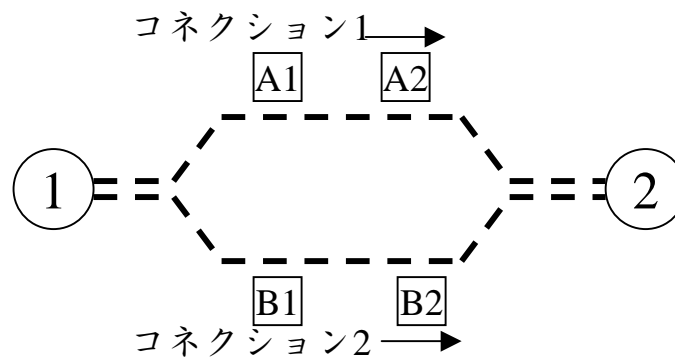
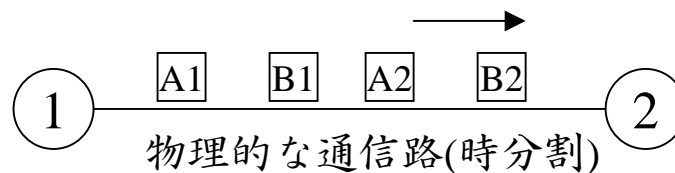
### b. コネクションレス型(トランザクション型)

パケットを独立に扱う。

コネクション(論理的通信路)AE



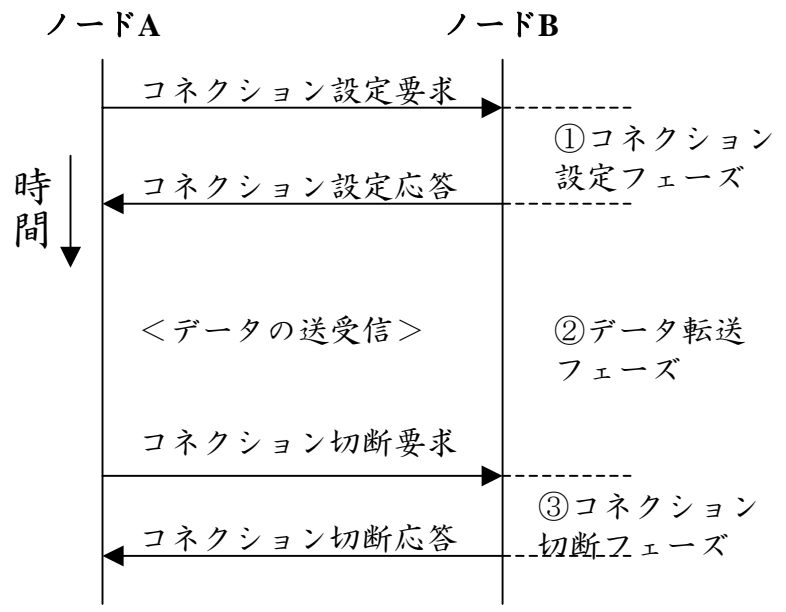
物理的な通信路2系統(空間分割)



コネクション(論理的通信路)

コネクション型通信方式の時間推移

大量のデータの送信に適している、

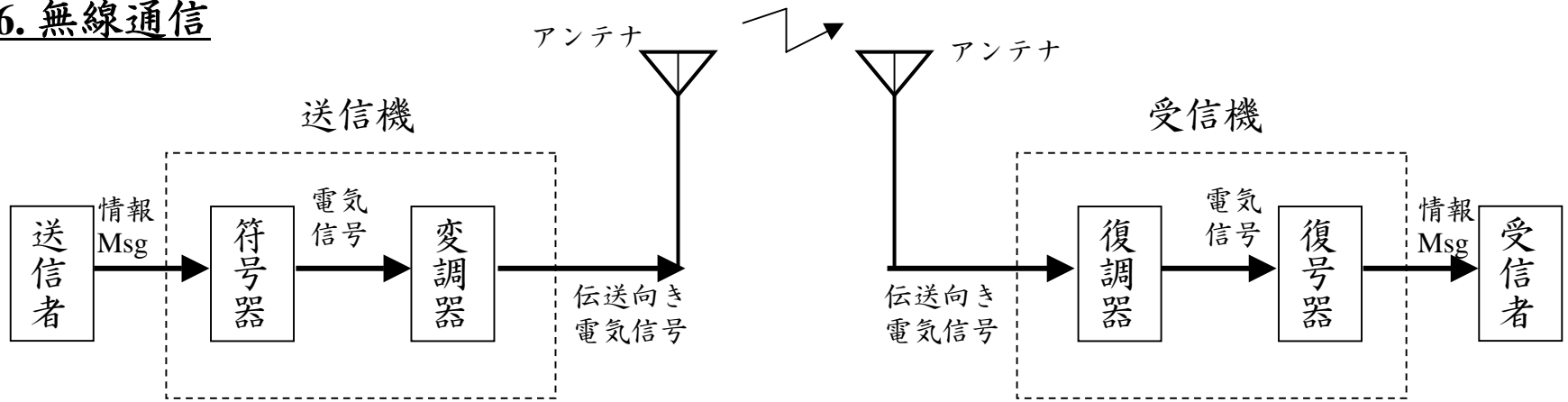


コネクション型とコネクションレス型の比較

比較項目	コネクション型	コネクションレス型
性能(スループット)	小	大
信頼性	高	中
データ長	長いデータ向き	短いデータ向き
オーバーヘッド	コネクションの設定、切断などのオーバーヘッドあり	なし
適用分野	ファクシミリ、画像通信	銀行などでのトランザクションサービス*、各種予約サービス

\*預金の引出しや問合せなど

# 6. 無線通信

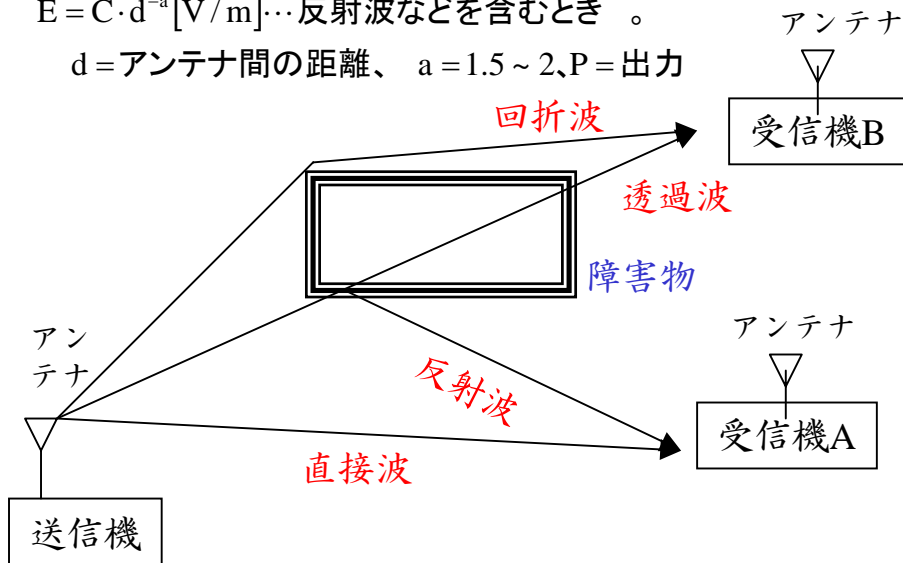


## 電波の性質

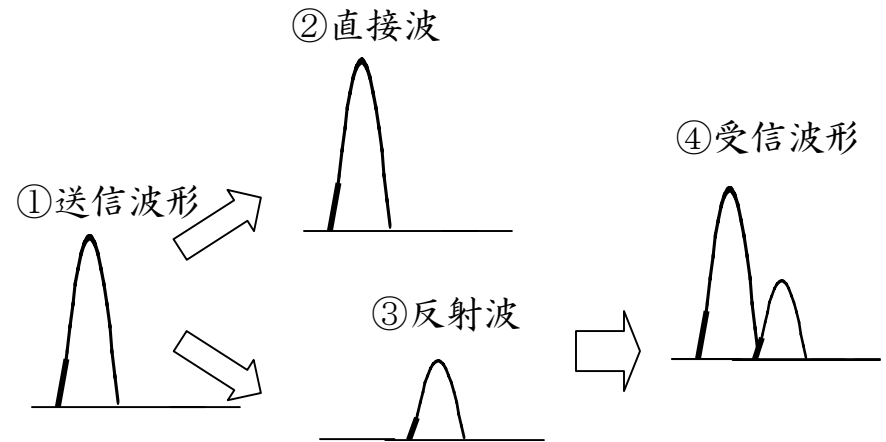
$E_0 = \sqrt{30P/d}$  [V/m]...直接波のみによる電界

$E = C \cdot d^{-a}$  [V/m]...反射波などを含むとき。

$d$  = アンテナ間の距離、 $a = 1.5 \sim 2$ 、 $P$  = 出力



見通し内通信と見通し外通信

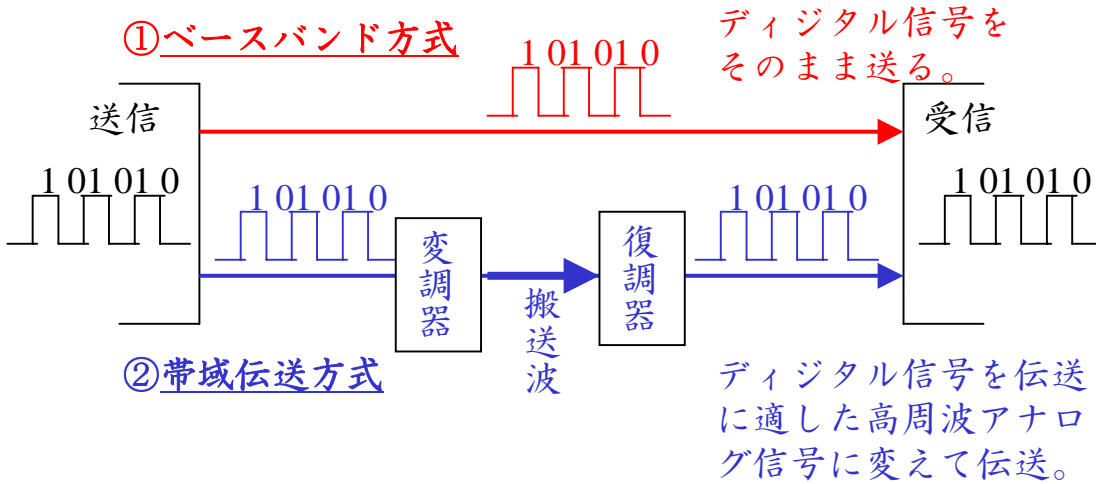


例. テレビのゴーストなど

反射波、回折波などの遅延波の影響

# デジタル伝送方式

## ① ベースバンド方式



## ベースバンド方式と帯域伝送方式の比較

項目	ベースバンド方式	帯域伝送方式
チャンネル数	1	$n \gg 1$
伝送速度	$C < 10\text{Mbps}$	$C > 10\text{Mbps}$
距離	短い	長い
モデム	不要	必要
設置/保守	容易	複雑
応用	小規模システム、データ転送中心	大規模システム、データ、音声、ビデオ伝送

# 帯域伝送方式

## ① 狭帯域変調方式

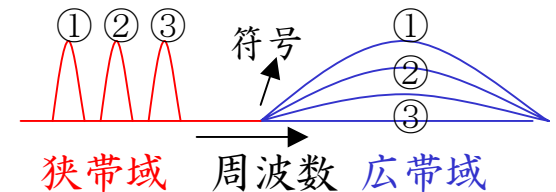
- a. 振幅変調
- b. 周波数変調
- c. 位相変調

$$E(t) = A \sin(2\pi ft + \theta)$$

振幅変調: A を信号波 (パルスなど) で変調

周波数変調: f を信号波 (パルスなど) で変調

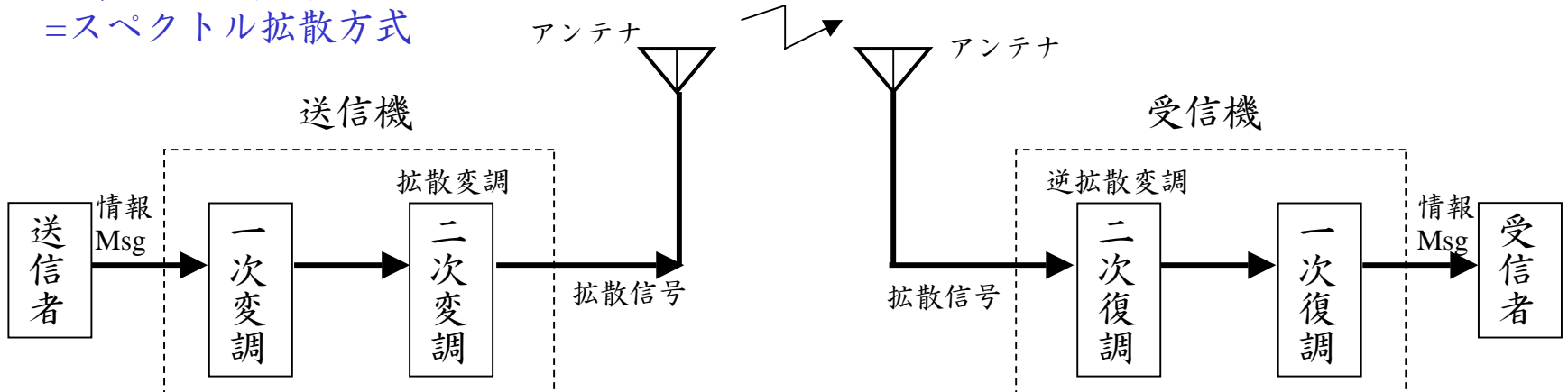
位相変調:  $\theta$  を信号波 (パルスなど) で変調



## ② 広帯域変調方式

= スペクトル拡散方式

一次(狭帯域)変調後、冗長性を加え、広(周波数)帯域に二次拡散。雑音に強い。



# ①狭帯域変調

$$E(t) = A \sin(2\pi ft + \theta)$$

振幅変調: Aを信号波(パルスなど)で変調

周波数変調: fを信号波(パルスなど)で変調

位相変調:  $\theta$ を信号波(パルスなど)で変調

②広帯域変調方式  
=スペクトル拡散方式  
は前頁参照

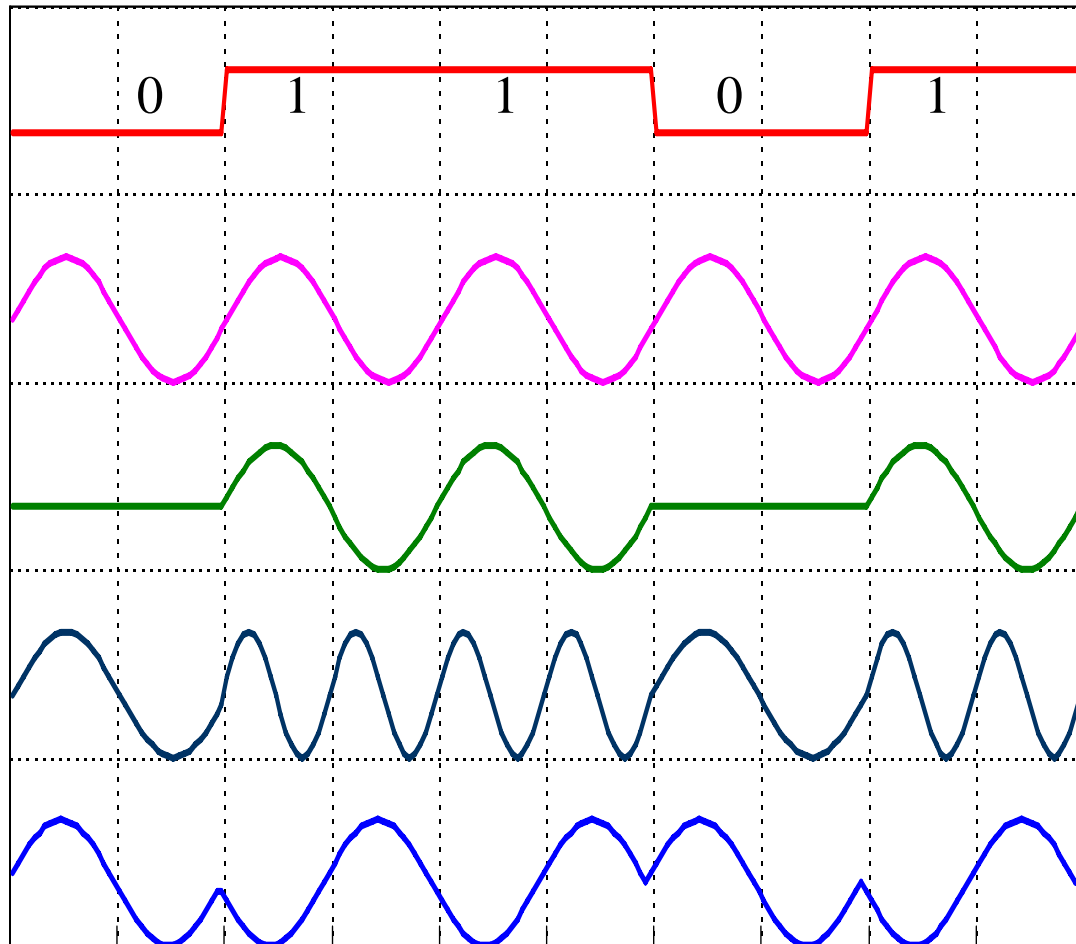
原符号  
送信信号

搬送波

振幅変調

周波数変調

位相変調



回路が簡単、雑音、  
信号レベル変動に弱い。

雑音、信号レベル変動  
に強い。(f1, f2は不変)

高速伝送に適する。  
送受端の位相合わせで  
回路が複雑。(θ1, θ2)

## パルス符号変調方式 PCM

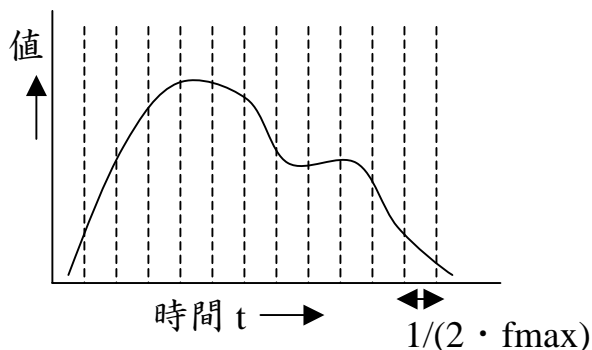
### :Pulse Code Modulation

別資料(標本化、量子化、符号化) 参照

アナログデータから前ページ始めにあるようなデジタル符号を作る方法  
標本化→量子化→符号化の3過程

#### 標本化

データに含まれる最大周波数の二倍以上の周波数でサンプリングする。(シャノンの定理)



#### 量子化

サンプリングの結果を用意されたレベルのいずれかに近似値化する。

たとえば音声を256レベル(8ビット)で表す。

#### 符号化

2進符号化する。

**1010 1100 0111 0011.....(ACh=172 73h=115.....)**

## 媒体アクセス方式

多数の端末から一つの共通伝送路(一つの周波数など)を介して、他の端末にアクセスしようとする場合、衝突が生じることがある。衝突したら待ち時間を置いて再度アクセスを試み、通るまでこれを繰り返す。次の方式がある。

- ①純アロハ方式(ランダムアクセス方式)
- ②スロットアロハ方式
- ③CSMA方式
- ④p-Persistent CSMA
- ⑤CSMA/CD方式

①純アロハ方式(ランダムアクセス方式)  
衝突したらランダムな時間後再送する。

成功率の最大値= $1/(2e)=0.184$

②スロットアロハ方式

①の改良型でパケット長に等しい時間スロットを設ける方式

成功率の最大値= $1/e=0.368$

③CSMA方式

CSMA: Carrier Sense Multiple Access

改良型 パケット送信前に使用されているかどうかを調べ、開いていれば送信する。

使用中ならばランダムな時間後再度調べる。

#### ④p-Persistent CSMA

開いている時pの確率で送信する。

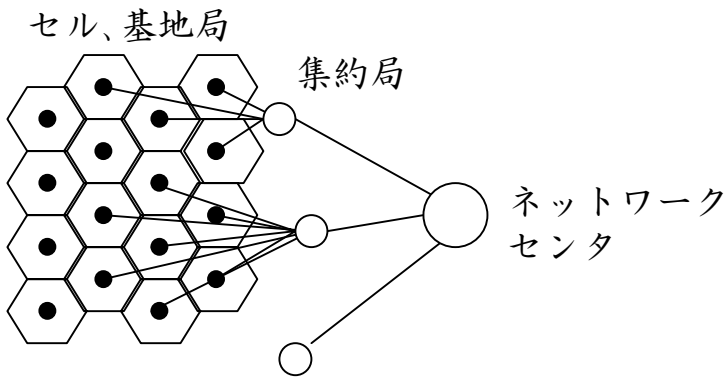
(1-p)の確率で所定の時間待って送信する。

#### ⑤CSMA/CD方式

さらに衝突検出機能CD:Collision Detectionを追加。これは、LANのイーサネットに使用されている。

### 7. 移動体通信網

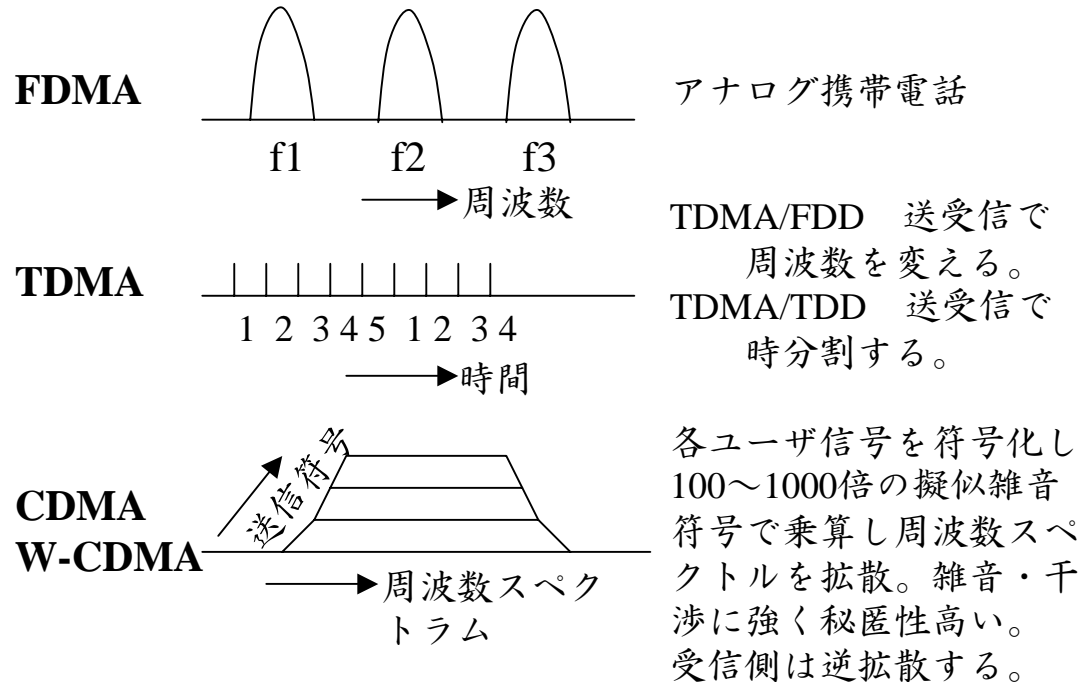
周波数を有効に使うため、地域を細分化しセルまたはゾーンと名づけ、基地局を置く。



### 無線多重アクセス方式

各セルに割り当てられるチャンネルの構成法によって次の三種類がある。(各携帯電話の通信を区別する方法)

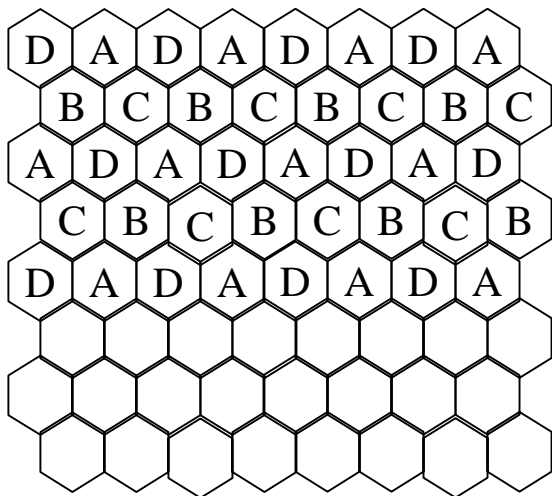
- ①FDMA:周波数分割多重アクセス  
Frequency Division Multiple Access
- ②TDMA:時分割多重アクセス  
Time Division Multiple Access
- ③CDMA:符号分割多重アクセス  
Code Division Multiple Access  
W-CDMA 高度化されたもの。



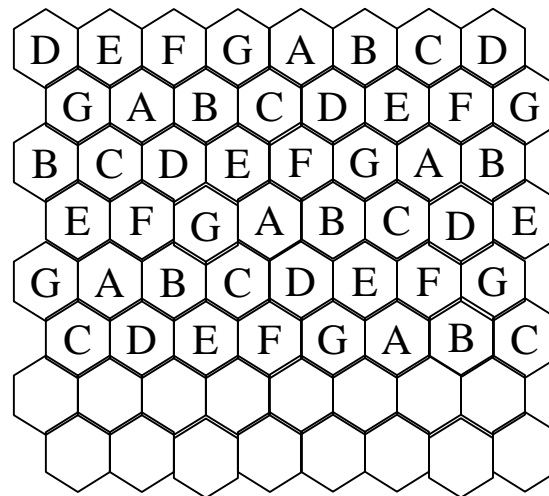


## セルのチャンネル割り当て

### 4セル繰り返しパターン



### 7セル繰り返しパターン



この他、9セル繰り返しパターンもある。