

# ネットワーク技術の基礎

## ネットワークの構成

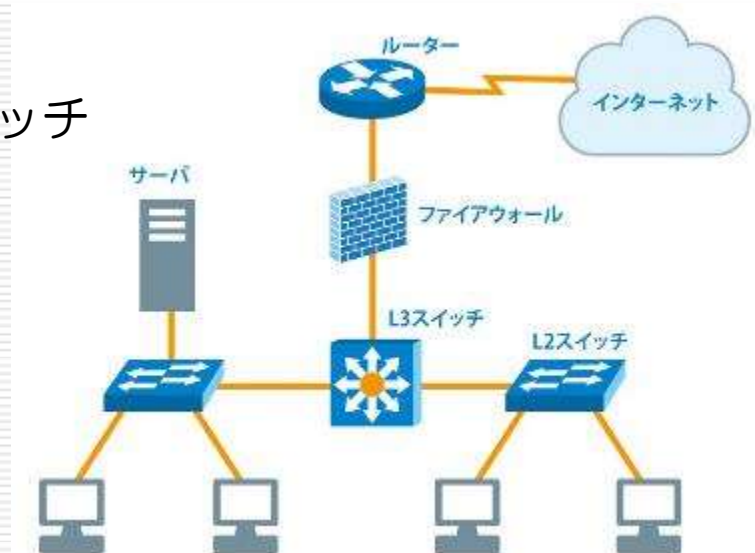
# ネットワーク

## □ ネットワーク

- 複数の計算機や端末等を接続して、相互に通信できるようにしたもの
- 通信回路やケーブルなどを通して機器同士を接続することで、情報の共有や処理の分散、メッセージの交換などが可能

## □ 物理的な構成要素

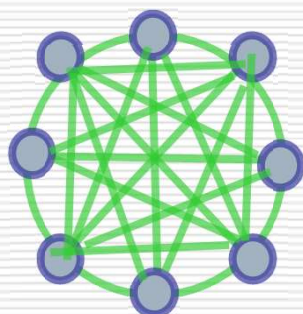
- 計算機／端末／サーバ／電話
- 光ファイバー／メタル回線／無線
- 伝送装置／交換機／ルータ／スイッチ



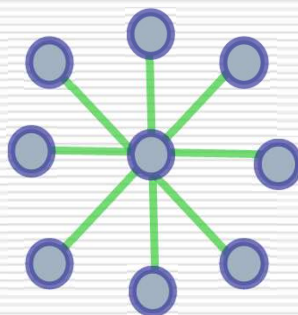
# ネットワークの構成

- ネットワークはノード(交換機)のリンク(伝送路)の組み合わせ
- 情報はノードとリンクを経由して任意のノードへ伝達
- 利点：ノードでデータ「交換」することによりリンクを削減
- ネットワークの基本形

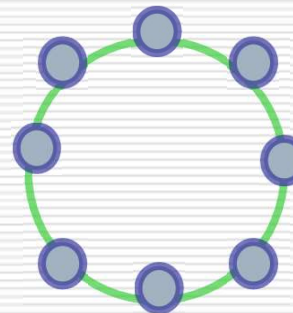
メッシュ



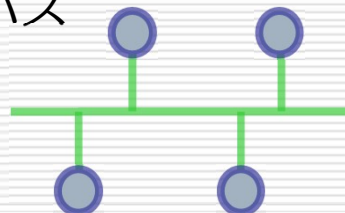
スター



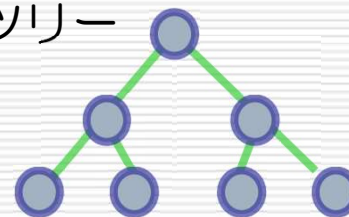
リング



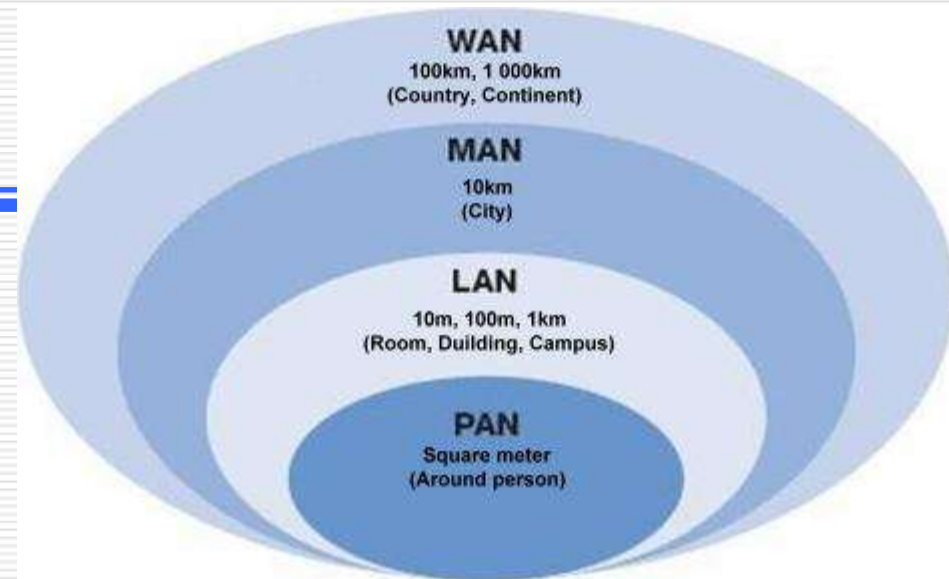
バス



ツリー



# ネットワークの分類



<http://networking.layer-x.com/p050000-1.html>

## ■ 距離による分類

- LAN : Local Area Network
- MAN : Metropolitan Area Network
- WAN : Wide Area Network
- (PAN : Personal Area Network)

## ■ 利用者による分類：パブリック（公衆）網／プライベート（専用）網

### ■ LAN

- 単一の組織で所有・運用・利用されるNW（プライベートNW）
- 構内・企業内・ビル内のNW

### ■ MAN・WAN

- LAN間を接続するために、通信事業者が所有・運用し、不特定多数が利用するNW（パブリックNW）

# ネットワーク技術の基礎

## ネットワーク機器

# 計算機

---

- 使われる場所で名称が異なる
- 昨日は似たりよったりだが、重点化が違う
  - PC（パーソナルコンピュータ）・・・家とかオフィスで
  - サーバ・・・データセンターとかで
  - クライアント・・・たいていはPC
  - 他にも、ホスト，端末，ノード，ワークステーション等々の名称



<http://www.dell.com>



# PC周辺機器・スマホ・スイカ等々

## □ いろいろ



▶ 一覧を見る

<http://used.dospara.co.jp/>



# データセンター

---

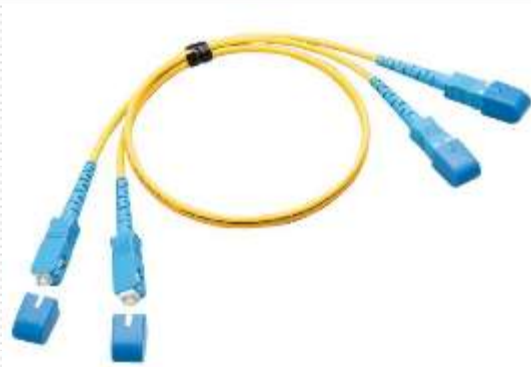
- サーバやネットワーク装置を設置・運用する施設
- 設備：無停電電源、ラック、防火、セキュリティ、空調など
- サービ：監視、故障対応、運用、管理
- クラウドサービスを提供したりも





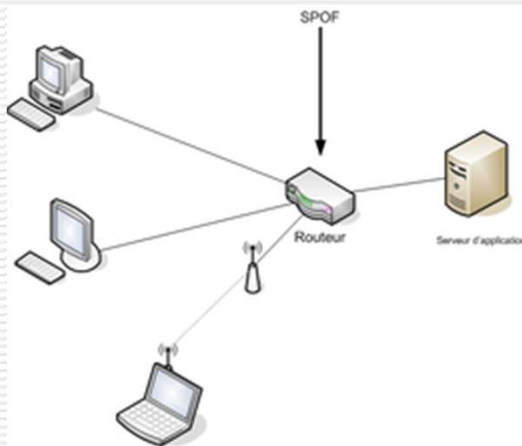
# 有線のネットワーク機器

- 距離のないネットワークで使うケーブル
  - USBケーブル
  - Lightningケーブル
  - 他にもVGA、HDMI、USB、USB-C、Thunderbolt等いろいろ
- 距離のあるネットワークで使うケーブル
  - イーサネット
  - 光ファイバー



# 有線のネットワーク機器

- スイッチ・ルーター
  - コンピュータネットワークにおいて、データを2つ以上の異なるネットワーク間に中継する通信機器
  - 家にあるのは、「ブロードバンドルーター」



# 無線のネットワーク機器

- 無線基地局
- 無線LANのアクセスポイント（wifiルーター）



<https://search.yahoo.co.jp/image/search?p=%E5%9F%BA%E5%9C%B0%E5%B1%80&ei=UTF-8&save=0>



[https://www.netgear.jp/home/wirelesslan\\_ap](https://www.netgear.jp/home/wirelesslan_ap)

# その他の機器

---

- 端末機器
  - 固定電話機
  - FAX
  - ゲーム機械
- 宅内のネットワーク機器
  - 光回線終端装置（ONU）
  - 変調復調装置（モデム）
  - ターミナルアダプタ（TA）
- IoT機器
  - <たくさんあるので省略>
- 放送機器
  - ラジオ受信機（チューナー）
  - テレビ受像機

# ネットワーク技術の基礎

## デジタル通信とは

# 情報表現の符号化

---

- デジタル情報
  - コンピュータネットワークで扱われるあらゆる情報は「0」と「1」と二つの数字の組み合わせで表現
  - 「0」と「1」の組み合わせで数  $\Rightarrow$  2進数
  - 2進数の1桁では「0」と「1」の2通りの情報を表す  
 $\Rightarrow$  この情報量を1bit
  
- 3ビットの情報の場合

000:A, 001:B, 010:C, 011:D,  
100:E, 101:F, 110:G, 111:H
  
- $n$ ビットのデジタル情報は $2^n$ 通りの情報を表現できる

# 情報表現の符号化

---

## □ 情報量の単位

- ビット (bit) : 2進数の一桁の記憶容量
- バイト (byte) = 8 ビット
- キロ, メガ, ギガ, テラ
  - 1キロバイト (KB) = 1024バイト
  - 1メガバイト (MB) = 1024キロバイト
  - 1ギガバイト (GB) = 1024メガバイト
  - 1テラバイト (TB) = 1024ギガバイト

## □ 情報の例とその情報量

- 文字 : 1 もしくは 2 バイト
- 文章 : キロバイトのオーダー
- 音, 静止画 : メガバイトのオーダー
- 動画 : ギガバイト (以上) のオーダー



# (補足) 文字

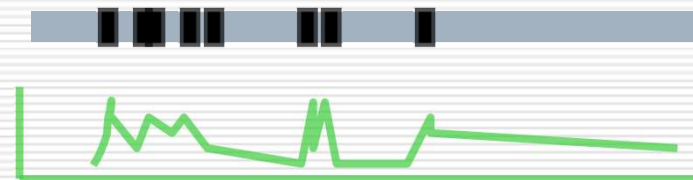
- 1つ1つの文字にコードが割り当て
- 最初は乱立 => ASCIIコードで決着 1963年（昭和38年）
- ASCIIコード（アスキーコード）
  - 全世界共通の文字のコード化（デジタル表現）
  - 7bit.
  - $2^7=128$ 種類の文字が表現できる
- 通信符号：ブルーで色づけされた部分
- 文字符号：オレンジ色の部分
- 日本語
  - カタカナ+ひらがな漢字を合わせると約1～2万文字
  - JISコード、シフトJIS、EUC、UNICODE

7ビット ASCIIコード

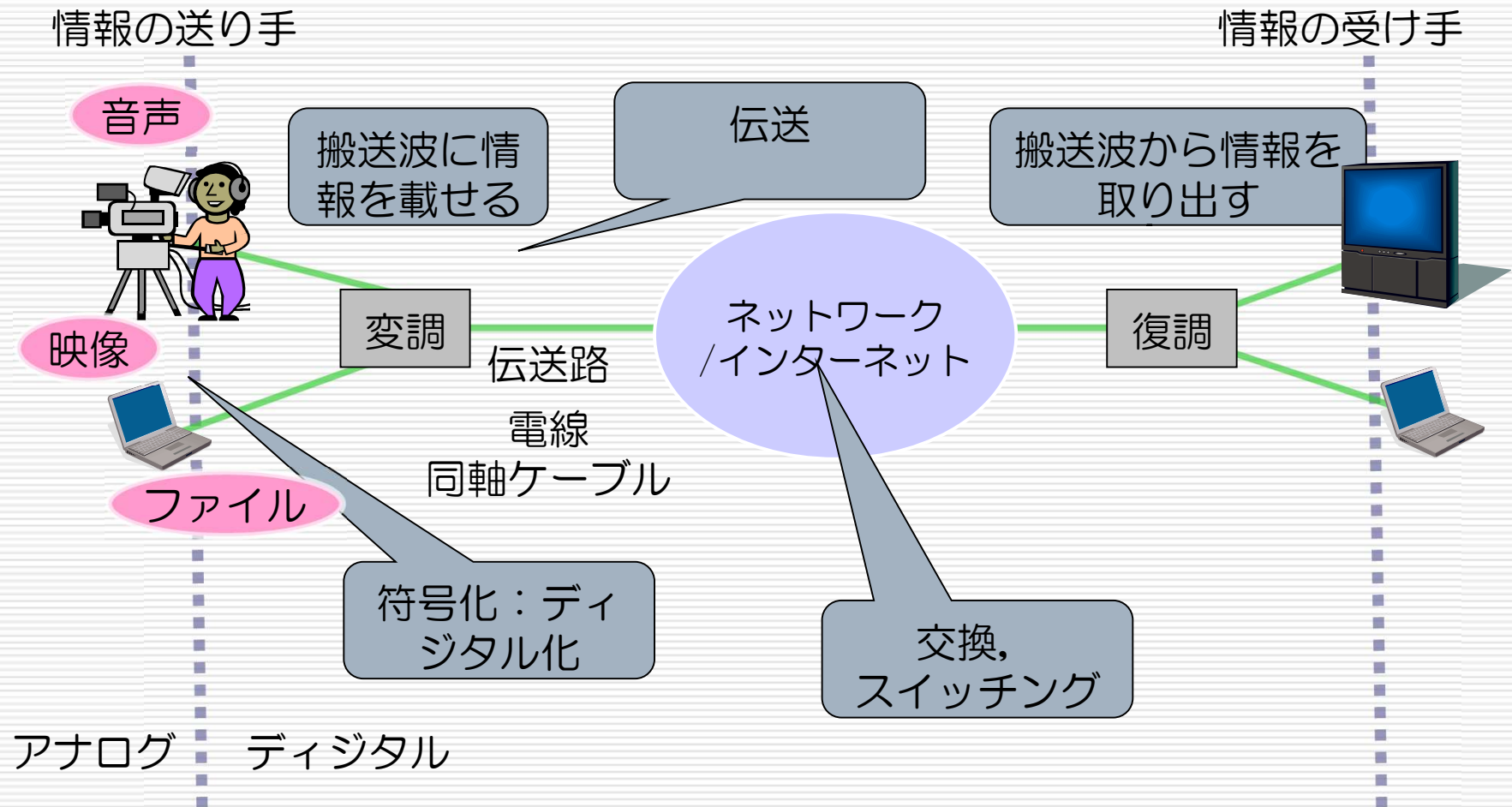
|   | 0  | 1     | 2  | 3 | 4 | 5 | 6 | 7  |
|---|----|-------|----|---|---|---|---|----|
| 0 |    | DE 空白 | 0  | @ | P |   | p |    |
| 1 | SH | D1    | !  | 1 | A | Q | a | q  |
| 2 | SX | D2    | "  | 2 | B | R | b | r  |
| 3 | EX | D3    | #  | 3 | C | S | c | s  |
| 4 | ET | D4    | \$ | 4 | D | T | d | t  |
| 5 | EQ | NK    | %  | 5 | E | U | e | u  |
| 6 | AK | SN    | &  | 6 | F | V | f | v  |
| 7 | BL | EB    | '  | 7 | G | W | g | w  |
| 8 | BS | CN    | (  | 8 | H | X | h | x  |
| 9 | HT | EM    | )  | 9 | I | Y | i | y  |
| A | LF | SB    | *  | : | J | Z | j | z  |
| B | HM | EC    | +  | ; | K | [ | k | {  |
| C | CL | →     | ,  | < | L | \ | l |    |
| D | CR | ←     | -  | = | M | ] | m | }  |
| E | SO | ↑     | .  | > | N | ^ | n | ~  |
| F | SI | ↓     | /  | ? | O | _ | o | 削除 |

# (補足) 映像

- FAX, テレビの情報を「走査線」で分解
  - テレビ 約500本
  - HDTV 約1200本
  - FAX 4本/mm
- 1本の線に分解して伝送
- テレビの場合
  - 連続して30枚/s



# 情報通信の構成技術



# ネットワーク性能：代表的な3つ

---

## □ 通信速度

- 土管の太さのこと
- 単位：bps(びっと・ぱー・せかんど) 1秒間に伝送されるデータ量
- 例：10Gpbs
- ネットワークが混雑すると低下（輻輳）

「通信速度」と「遅延時間」が混乱しがち

## □ 遅延時間

- データが届くまでの時間のこと
- 単位：sec
- 例：国内だと数msecから10msec、海外だと100msec程度
- ネットワークが混雑すると伸びる（輻輳）

## □ エラー率(誤り率)

- データがちゃんと届かない率
- 単位：BER (エラービット数／受信したビット数)

## 性能：通信速度 bps

---

- 通信速度の単位が「bps (bit per second)」
  - あるいは伝送速度（輻輳をふくまない場合がある）
  - デジタル通信では、情報を“1”または“0”の符号にして伝送
  - “1”と“0”の情報は、電気信号のパルス
  - “1”または“0”を表す単位を「ビット」
  - 通信回線の性能は、1秒間に送れるビット数で表す
  
- 通信速度の例
  - 3G(WCDMA) 下り最大14.4Mbps 上り最大5.76Mbps
  - 4G(LTE)：下り最大150Mbps 上り最大50Mbps
  - 無線LAN (IEEE 802.11n)：600Mbps
  - 光のアクセス回線：100Mbps, 200Mbps
  
- 余談
  - アプリケーションでみるとカタログ通りの性能でないことが多い

# 性能：遅延（遅延時間）

---

- データの届くあるいは届き始めるまでの時間
  - 単位：ms、マイクロ s 等
  
- 遅延の種類
  - 接続遅延：つながるまでの時間。呼処理時間。認証処理。等々
  - （片側）遅延：送信端末から受信端末までデータを届くまでの時間。レイテンシーとか、ディレイとかとも言う
  - 往復遅延：送信端末から受信端末までデータを届き、その反応が返ってくるまでの時間。
  - 遅延揺らぎ：遅延時間の変動のこと。分散で表現したりする。
  
- 余談
  - 光の速さは越えられない

# 性能：ビットエラー

---

- “1”を送ったはずなのに受信側では“0”になったり、逆に“0”を送ったのに“1”と誤って判断してしまうこと
  - デジタル信号は一般的に、ビット値を電圧の高低に対応させたパルスの形で伝送
  - 例えば、“1”や“0”の信号をそれぞれ1Vや0Vに対応
  
- 雑音でビットエラーが発生するメカニズム
  - 受信信号の電圧は多少変動するのが普通
  - 1と0の電圧の中間の値を基準にして、それより電圧が高ければ1、低ければ0と判定
  - 1や0の信号をそれぞれ1Vや0Vとする場合では、0.5Vより大きければ1、小さければ0と判定
  - 信号を伝送している途中に雑音が混入
  - 雑音が大きいと信号の波形が大きく乱れて、本来は“1”の信号が“0”、あるいは“0”の信号が“1”と誤って判定



# 通信速度の単位

---

- よく出てくるもの
  - bps 1秒間に伝送される「ビット」の数
  - Kbps bpsの1,000倍の単位
  - Mbps Kbpsの1,000倍の単位
  - Gbps Mbpsの1,000倍の単位
  - Tbps Gbpsの1,000倍の単位
  
- 通信速度は通常「ビット／秒」で表現
- バイト（＝8ビット）／秒もまれに使われるので注意が必要
- 一方、ファイルの大きさなど、データ量を表す場合には、「バイト」を単位とするのが普通。
- さらに、ファイルなどの場合、K=1,024、M=1,048,576（1,024の2乗）などの場合もあるので要注意。

# 通信速度（だいたい）

---

| 通信システム  | ディジタル通信速度                    | モデム利用       |
|---------|------------------------------|-------------|
| 固定電話    | 最大56Kbps                     | 唯一のディジタル交換網 |
| ISDN    | 64Kbps～1 2 8Kbps             |             |
| ADSL    | 上り 1 Mbps<br>下り 1～20Mbps     | 実効値は千差万別    |
| FTTH    | 上り 1 0Gbps程度<br>下り 1 0Gbps   | 実効値は千差万別    |
| 3G      | 上り 64Kbps<br>下り 384Kbps      | 実効値は千差万別    |
| 4G(LTE) | 上り 50Mbps<br>下り 150Mbps      | 実効値は千差万別    |
| 5G      | 上り (182Mbps)<br>下り (3.4Gbps) | 実効値は千差万別    |

(5G : 5th Generation Mobile Communication System)

# 各メディアの通信速度

---

## □ 音声

- 空気の振動波形。アナログ情報
- デジタル化すると56 (or 64) kbpsが標準的な情報量。

## □ 音楽（CD）

- 60分の音楽は $1.4\text{Mbps} \times 60 \times 60 / 8 = 630\text{Mbyte}$ の情報量
- 音楽：空気の振動波形。音声よりも低い音から高い音まで含まれる
- デジタル化すると1.4Mbps（ $44.1\text{kHz} \times 16\text{bit} \times 2\text{チャンネル}$ ）程度の情報量が発生する。

## □ 動画（映像）

- 地上デジタル放送 → 15Mbps(MPEG2コーデック)
- 4K（UHD）動画 → 最高25Mbps(H.264コーデック)

# デジタル通信とアナログ通信

---

- アナログ通信とは
  - 音声等の「連続した値」情報をそのまま伝送
  - 音声ならマイクで空気振動の強弱が電圧の変化に変換して伝送
  
- デジタル通信とは
  - 情報を離散化して、“1” または “0” の符号にして伝送
  - 情報源がアナログならAD変換が必要
  - 今でも一部の電話回線にアナログがある（はず）
  
- デジタル通信の特徴
  - アナログ通信だと伝送中に減衰するがデジタルだと修復が容易
  - 通信エラーすくない
  - アナログ通信に比べて高速化が可能

## (付録) アナログ通信とデジタル通信

---

- 伝送する情報＝ 連続量（アナログ量）
- アナログ通信（アナログ伝送）
  - 元々の信号を電氣的な連続量に置き換えて伝送
  - 時間的にも連続（即時的に通信）
- デジタル通信（デジタル伝送）　　ーこっちが主流
  - 元々の信号を離散的な値に変換して伝送
  - 時間的にも離散的（蓄積可能）
  
- アナログ通信は中継するたびごとに雑音が累積し、信号の品質が劣化。
- アナログ通信では、いったん加わった雑音が除去できない
- デジタル通信は、“0”または“1”の信号のみを伝送するので、雑音が一定レベル以下ならば、雑音が累積せず、信号が完全に再生できるため品質が劣化しない。

# アナログ通信とデジタル通信

- 情報を離れた地点に伝送する際、伝送距離が長くなるにつれ振幅が減少するのでアナログ伝送とデジタル伝送とも増幅（中継）してやる必要がある

- アナログ伝送：雑音も同じ様に大きくなってしまふ

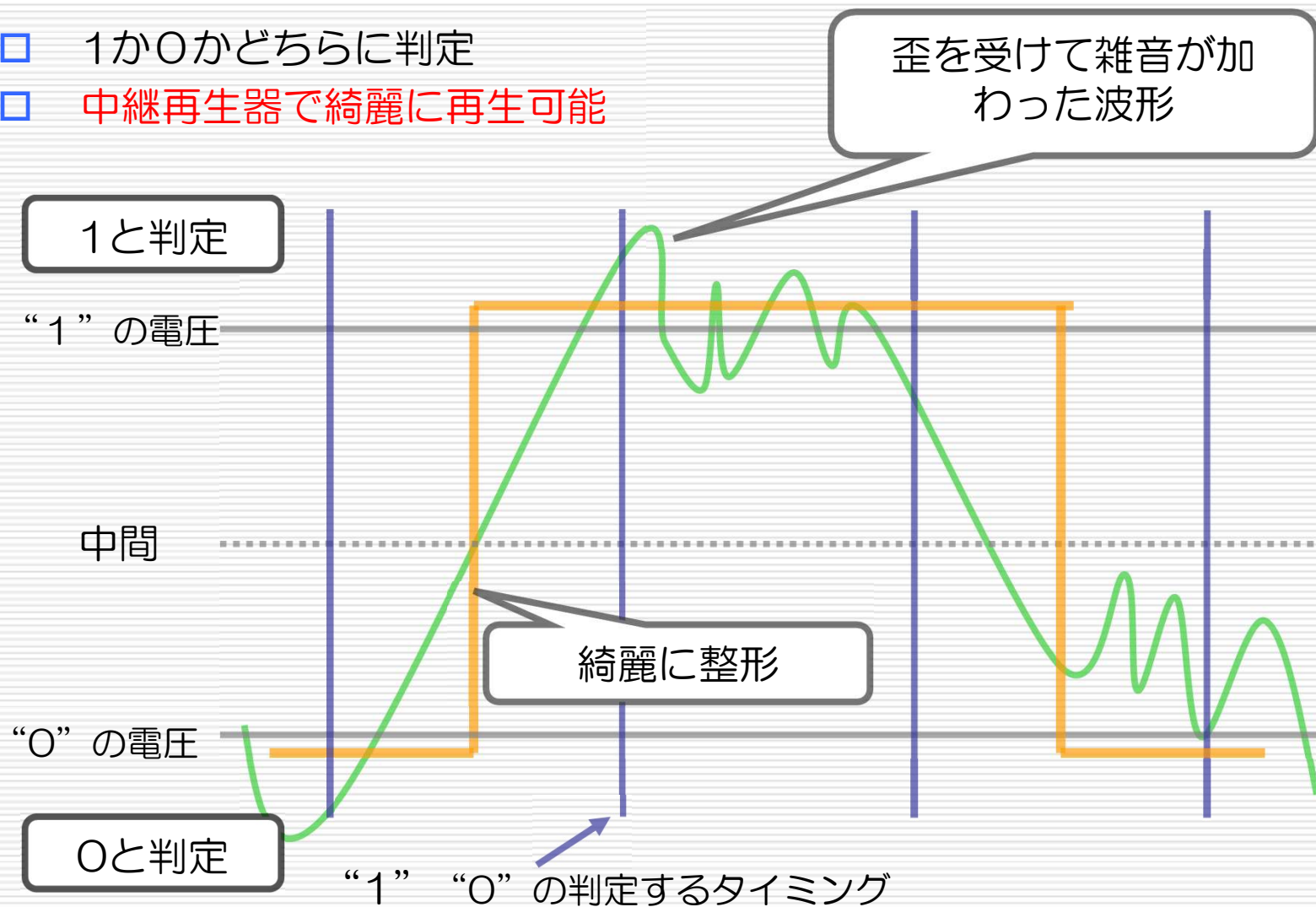


- デジタル伝送：パルスの時間的位置とパルスの有無だけを正しく再生すれば



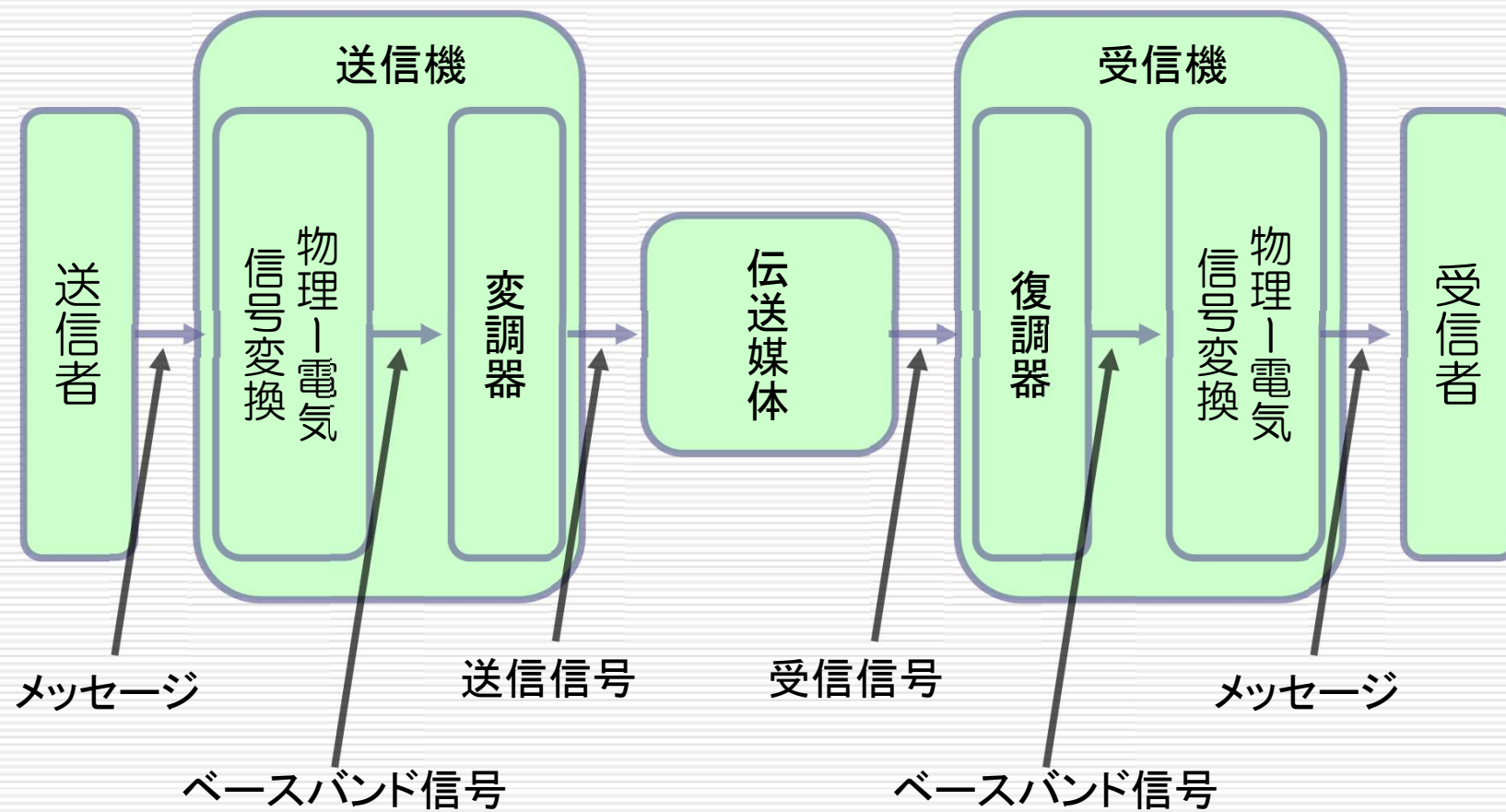
# デジタル通信

- 1か0かどちらに判定
- 中継再生器で綺麗に再生可能





# デジタル通信システム



## 他のディジタル化の利点

---

- デジタル統合化
  - 音声・画像・データなどのマルチメディアを一元的に取り扱うことができ、メディア変換も容易
- 信頼性の高い通信
  - 誤り検出・訂正符号を利用して高い伝送品質
- 周波数の有効利用
  - 伝送波形やスペクトルを伝送路特性に適した形に変換することにより狭帯域化・多重化が図れる
- 秘匿性
  - 暗号化に適しており、高い秘匿性が図れ、情報・プライバシーの保護が可能
- デバイスの小型化・高速化・低廉化
  - アナログ伝送の構成要素は、アナログ変調回路とアナログフィルタ、アナログ増幅器
  - デジタル伝送の構成要素はデジタル論理回路。
  - デジタル論理回路はIC、LSIの開発により、高価なアナログ回路を多用するアナログ伝送方式よりも経済的

# デジタル通信のための技術

---

- デジタル通信のための技術（次ページ以降）
  - 全2重と半2重
  - シリアルとパラレル
  - 変調と復調
  - 同期
  - 多重化

# 全2重と半2重

---

- 全二重（full duplex）：
  - 電話のように両方が同時にしゃべっても話が通じる通信
  - 回線を上り用と下り用の2本分用意
  - 例：電話・高速データ通信
  
- 半二重（half duplex）：
  - トランシーバのように「了解。どうぞ」、「それでは話します」と交互にしゃべらないと話ができない通信
  - 定期的に通信の向きを切り替えて対応
  - 例：プッシュ・ツー・トークのトランシーバー、マスタースレーブ方式のセンサネットワーク
  
- 片方向：
  - 一方が送信，他方は受信のみを行う形態
  - 例：放送・監視カメラ

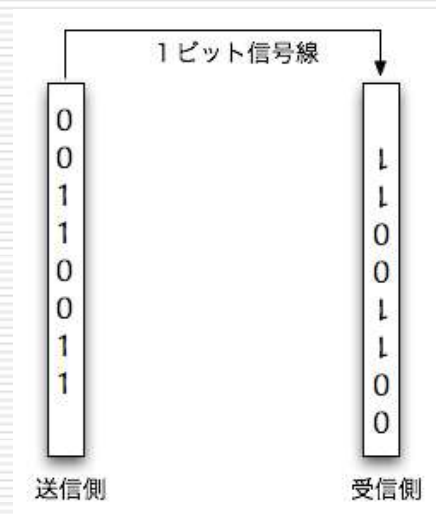
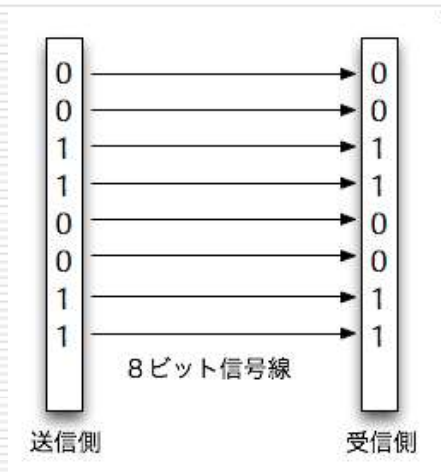
# 全2重と半2重

---

- 通信は双方向が基本
  - データ通信は交互にやりとりする場合が多いので半2重でもいい
  
- 全2重の実現方法
  - 周波数で分ける。
    - 異なる周波数で変調すれば分離可能
  - 時間で分ける。
    - “AからBへ” 伝送する時間と, “BからAへ” 伝送する時間を分けて, 伝送路を交互に
    - 通信速度が半減

# シリアルとパラレル

- 通信媒体（ケーブルなど）にデータを送る伝送方法には、次の2つの方法がある。
  - パラレル伝送：複数の伝送路が必要で複雑。高速に。
  - シリアル伝送：1つの伝送路で簡単。高速にはなりにくことも
- 一般にシリアル伝送はパラレル伝送に比べて通信速度が遅いのが欠点
- 近年では、シリアル伝送は高速通信を行うにあたって、データの同期、隣合う信号線同士のノイズ干渉などの問題が発生
- シリアル伝送の方が効率的だと考えられている。
- 装置内部ではパラレル伝送、装置間をつなぐ伝送路ではシリアル伝送がよく使われる



# 変調と復調

---

- 変調：伝送しやすくするために信号の周波数を変えること
- 復調：変調された信号を元の周波数の信号に戻すこと
  
- 変調・復調の主なもの
- 振幅変調（AM）
  - 搬送波の振幅を信号の波形に合わせて変える方法
  - ラジオ放送の音声や音楽，テレビ放送の映像の送信
- 周波数変調（FM）
  - 信号の大きさに比例して，搬送波の周波数を高く低く
  - 主な用途は，ラジオのFM放送やテレビの音声
- 位相変調（PhM）
  - 信号の大きさに比例させて搬送波の位相をずらす
  - デジタル信号の変調によく使われる



# 同期

---

- クロックと呼ばれるタイミング情報に合わせて、デジタル信号を送信・受信
  - 信号を送る側は、1ビットずつ順番に一定のタイミングで送出
  - 受信側では、信号を送ったタイミングと同じタイミングで1ビットずつ順番に“1”か“0”か判定
  - タイミングが少しでもずれていると、判定に誤りが発生
  - クロックを合わせることが重要
  
- 同期をとるため「クロック」と呼ばれるタイミング情報をやりとり
  - クロックは一定の間隔でパルスの“1”と“0”を繰り返す信号
  - その間隔は、周波数を表す単位「Hz（ヘルツ）」で表現。例えば、8kHzのクロックなら、1秒間を8000等分する信号
  - 従属同期：ネットワーク内に基準となる発振器（水晶）の発振器を置き、そこから各装置にクロックを分配して網全体の同期

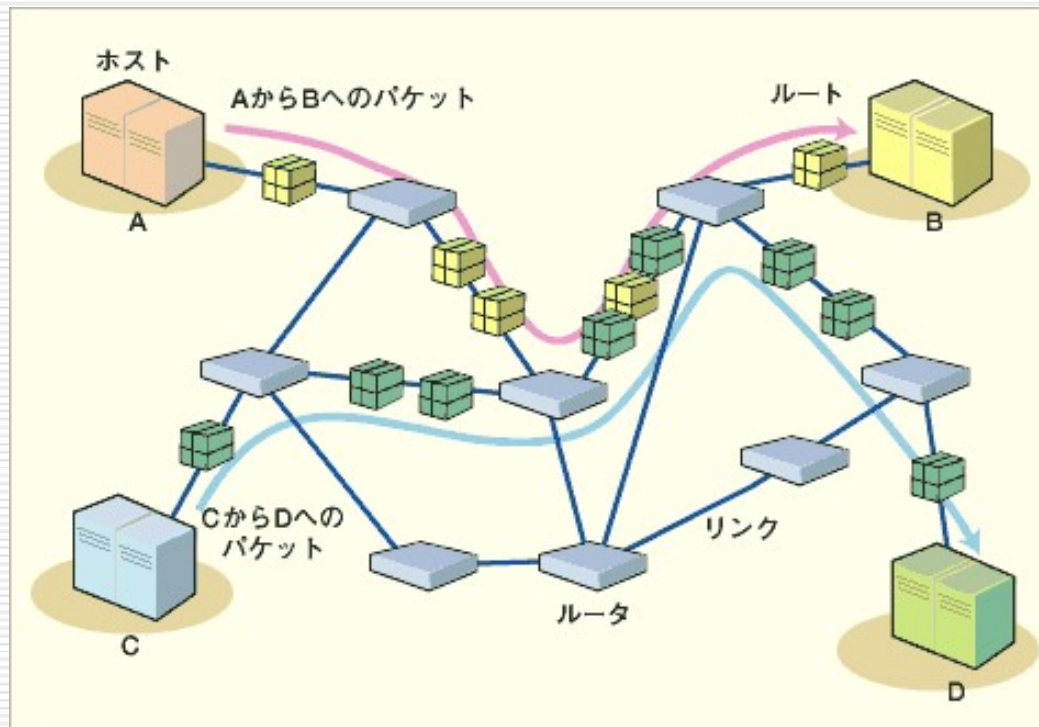
# 多重化

---

- 一つの伝送路で複数の回線や信号を同時に伝送すること
  - 1本のケーブルで同時に別々の通信ができるので効率的
  - 1本のケーブルに二つ以上の信号をそのまま重ねて送ると、送る途中で混ざってしまい区別できなく
- 周波数分割多重（Frequency Division Multiplexing）
  - 共有する回線の周波数を等分に分割してデータを送信する方式
  - テレビやラジオなどの無線通信などのアナログ方式の通信でよ
- 時分割多重（Time Division Multiplexing）は
  - 圧縮したデジタル信号を時間で区切って分割する方式
  - 光ファイバー通信など
- 符号分割多重（Code Division Multiplex）
  - 信号ごとに符号を付けて、ほかの信号と識別する
  - 携帯電話のような無線通信でよく使われる方式

# パケット交換型ネットワーク

- 小包（packet）を配送する仕組み。インターネット等で利用
- 例えばデータ通信のような非リアルタイム系アプリに有効
- それぞれのパケットに宛先を付けてネットワーク上に送り出す
  - 仕組みが簡単な場合が多い
  - 多重化されるので効率化



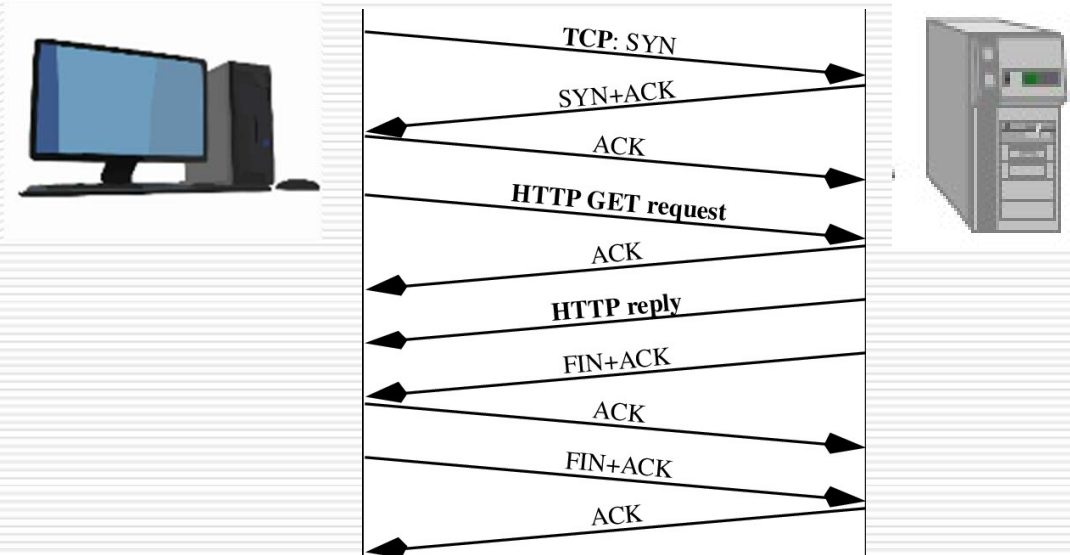
[http://www.atmarkit.co.jp/ait/articles/0005/22/news007\\_4.html](http://www.atmarkit.co.jp/ait/articles/0005/22/news007_4.html)

# ネットワーク技術の基礎

## プロトコルと階層化

# プロトコル

- プロトコル2点間の通信のための手順・規約
  - 例：どんなタイミングでどんな意味のデータを送るかとか
- さまざまの端末や通信システムを相互接続できるようになる
- 通信システムの持つ各機能を階層化し、機能階層毎の情報交換の規約（プロトコル）と、階層間のインタフェースが規定
  - 例：HTTP、SMTP
- 通信システム毎に決められる。（絶対はない）



# 標準化

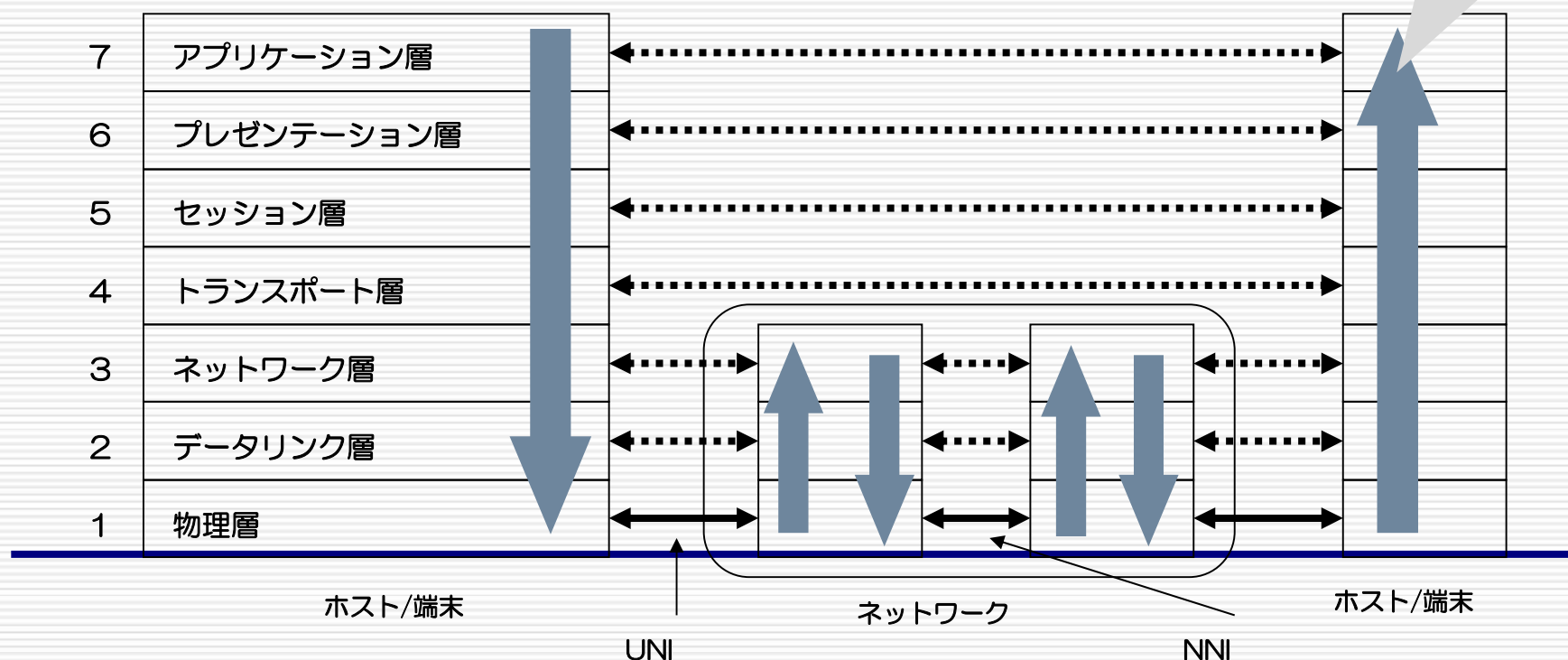
---

- 通信プロトコルは国際標準化の対象
  - ITU-TやISOを初めとする国際標準化機関や、各種フォーラム・コンソーシアムなどがその役割を果たしている。
  - 1980年代までは、地域標準（米、欧、日）の色彩が強かったが、90年代以降グローバル化の進展とともに統一化が図られている。
- デジュールからデファクトへ
  - デジュールスタンダード：標準化団体が主導
  - デファクトスタンダード：実装が先で標準化団体が追認
- 国際標準化機関とフォーラム/コンソーシアム
  - 国際標準化機関：国連の機関
    - ISO(International organization for Standardization)
    - ITU-T/R
    - 地域標準化機関：T1、ETSI、TTC/ARIB、3GPP
  - フォーラム・コンソーシアム、アライアンス
    - 分野をカバー：IETF、W3C、ATM-Forum、その他
    - 個別技術：多数
    - オルタナート技術単位：ホームNW（無線、電灯線、電話線）

# OSIリファレンスモデル（OSI参照モデル）

43

- OSI：Open Systems Interconnection。
- 標準化団体ISO（International Organization for Standardization）が標準化
- さまざまなシステムを相互接続するための「概念」。特にこうしなければならないという制約や決まり事があるわけではない
- 階層構造：7レイヤからなるプロトコル（通信規約）



# OSIリファレンスモデル（OSI参照モデル）

---

- 抽象化の利点
  - 通信の機種依存性を無くす
  - 具体的な機能の実現方式は機種・システムに依存
  - 機能をできる限り一般的な形で（抽象化された形で）定義
  
- 階層化の利点
  - 機能の専門分化
  - 個々の機能の単純化明確化を通じて実装を促進
  - 個々の機能ごとの性能向上、機能追加等を容易に
  - アプリケーション開発が容易
  - 新しい伝送媒体でも古いサービスを利用可能
  - 故障発見、解析が容易



# OSIリファレンスモデル（OSI参照モデル）

---

## □ 実情

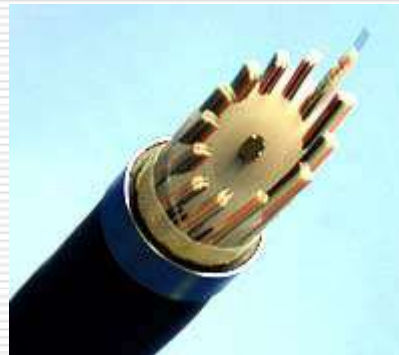
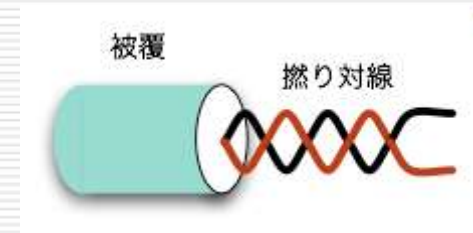
- 当初はOSIで相互接続することを想定
- 現実には普及しないが、ネットワークや通信システムの理解に有用
- エンジニア間ではOSIモデルを前提に議論。
- 会話ではOSI参照モデルが頻繁に使われ、実装としてはIPセットモデルが頻繁に使われる、という不思議な状態

## □ 脱線

- 米国では、OSI参照モデルの7階層モデルを拡張して技術的でないことまで指し示してしまうジョークがある
- 「第8層ユーザ層」「第9層財務層」「第10層政治層」など
- 例；「第8層問題だよ」とは「ネットワーク自体には問題は無く、エンドユーザに問題がある宜しくお願い致します。」という意味

# 物理層

- 物理的な接続。
  - 2つのオープンシステム間において、ビット列（0, 1信号）の伝送を行うための、機械的、電氣的、手順などの規格を定める。
  - 機械的規格：コネクタのピンの数、コネクタ形状の規定等
  - 電氣的規格：銅線-光ファイバ間の電氣信号の変換等。
  - 物理媒体の例：
    - ツイストペアケーブル
    - 同軸ケーブル
    - 光ファイバー
    - 無線, 等々



# データリンク層

---

- 直接的（隣接的）に接続されている通信機器間の信号の送信・受信
- データリンク層では、伝送されるビット列をフレーム（frame）と呼ぶ単位で取り扱う
- フレームのフォーマットを定義し、データの透過性を保証
- 機能
  - フレーム同期：パケットやキャラクターの識別
  - データリンクの設定・開放
  - 順序制御：フレームに順序記号をつけて、正しい順序を相手に伝える。
  - エラー制御：フレームにエラーチェック用の符号をつけて、送信途中にエラーが混入していないかを相手側にチェックさせる。
  - フロー制御：相手側が受信できる状態であることを確認して、フレームを送信する。
- データリンク層の例： HDLC, PPP, CSMA/CD

# ネットワーク層

---

- 通信端末間でのデータ中継
  - ネットワークにおける通信経路の選択（ルーティング）
  - データの転送
- コネクション型とコネクションレス型のサービス
- ルータ、交換機等で実現される機能
- ネットワーク層の例：IP、X.25、ATM



ブロードバンドルータ



キャリア用ルータ

# トランスポート層

---

- ネットワークの端から端までの通信管理
  - エラー訂正、再送制御等(くどい！)
  - ルータやスイッチでは制御されない
  - ネットワーク層によって提供された信頼性が低く極めて基本的なサービスを、より強力な物へ転換
  - 例：UDP, TCP
  
- 機能例(TCPの場合)：
  - コネクションの管理
  - 配送順序の保証
  - 信頼できるデータ配信
  - フロー制御／輻輳制御

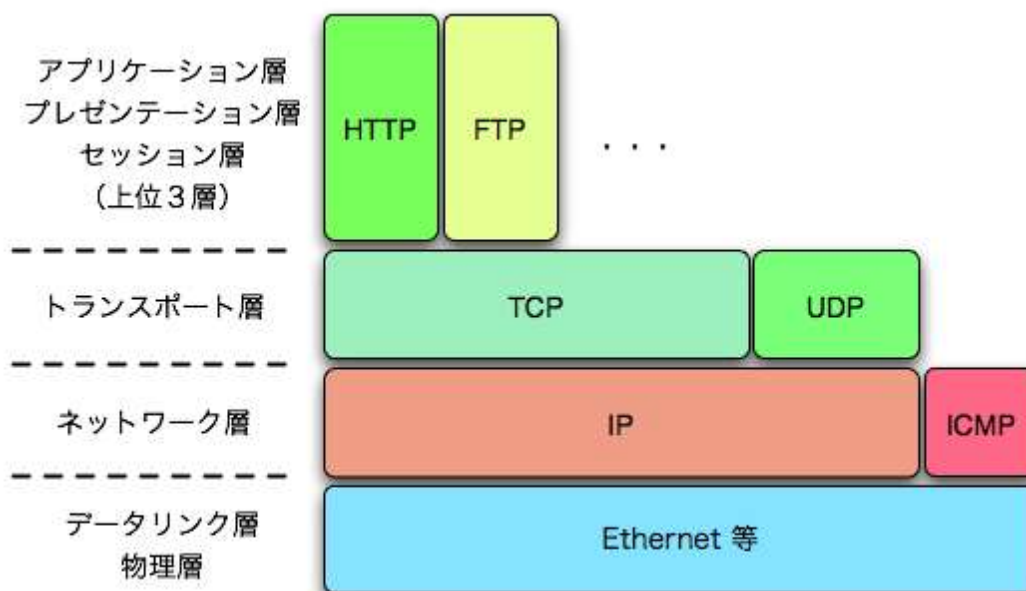
# セッション層～

---

- セッション層
  - 通信プログラム間の通信の開始から終了までの手順
  - 接続が途切れた場合、接続の回復を試みる
  
- プレゼンテーション層
  - データの表現方法
  - 例えばEBCDICコードのテキストファイルをASCIIコードのファイルへ変換する
  
- アプリケーション層
  - 具体的な通信サービス（例えばファイル・メールの転送、遠隔データベースアクセスなど）を提供。
  - HTTPやFTP等の通信サービス。

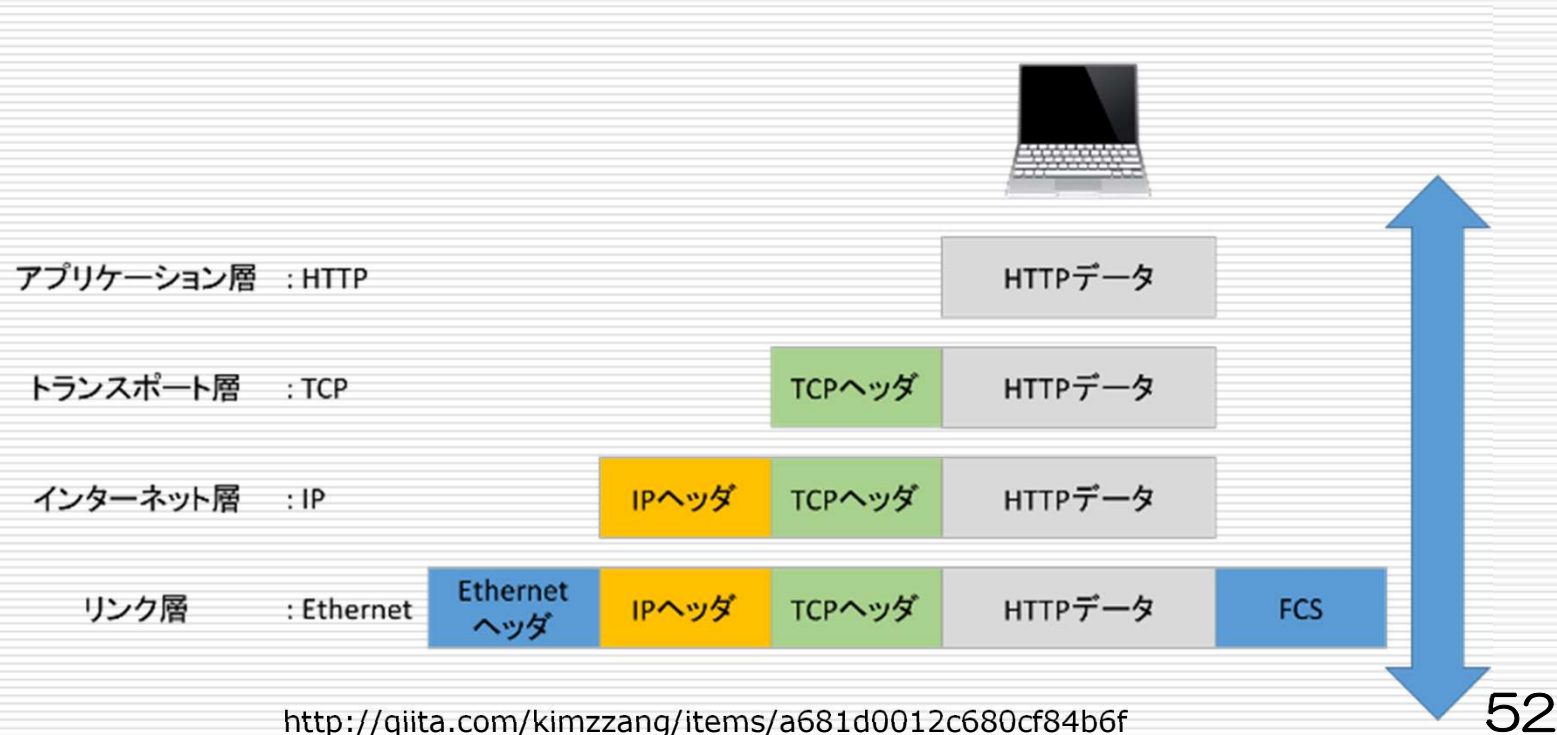
# TCP/IP参照モデル

- TCP/IPはインターネットで使われる。4層に簡略化
- TCP/IPの基本仕様は1982年頃にはほぼ固まっており、OSI参照モデルは1984年に完成。
- 当初の予定ではOSI参照モデルを基に、準拠した通信機器やソフトウェアが開発・製品化していくはずであったが、TCP/IPが1990年代中ごろから急速に普及した為、OSI準拠製品は普及しなかった。



# 階層的プロトコルとカプセル化

- 上位層のデータを下位層の情報で包み込むことを「カプセル化（encapsulation）」と呼ぶ
- 上位層からみると階層の情報のすべてがデータとしてあつかわれる
- 上位層で処理を行う際には非カプセル化／カプセル解除を行う
- どのようにカプセル化するかは各プロトコルで規定





# IPネットワークでのプロトコル

- 各種の物理層やアプリケーションに共通なTCP/IPプロトコルで事実上の標準として席卷した。
  - さまざまの物理レイヤに統一的なTCP/IPプロトコル
  - TCP/IP上のさまざまなアプリケーション

