

3. イーサネット (LAN)

要点

- イーサネットは比較的せまい範囲でつかうのに適したネットワークの規格
 - ◆ もとは 500 m くらいの範囲でしかつかえなかったが、現在では日本全体の数 10 拠点をカバーすることも可能
- イーサネットのアドレスは 1 個ずつ、ばらばら
 - ◆ ちかくに位置する PC でもアドレスは似ていない
 - ◆ インターネットでは、ちかくに位置する PC はアドレス上位が一致
- ネットワークにループがあると転送できない (ネットワークは木構造)
 - ◆ 障害 (断線など) があると通信できなくなる.
- パケットは 2 種類の方法で転送される:
ブロードキャスト, スイッチング

イーサネットとは?

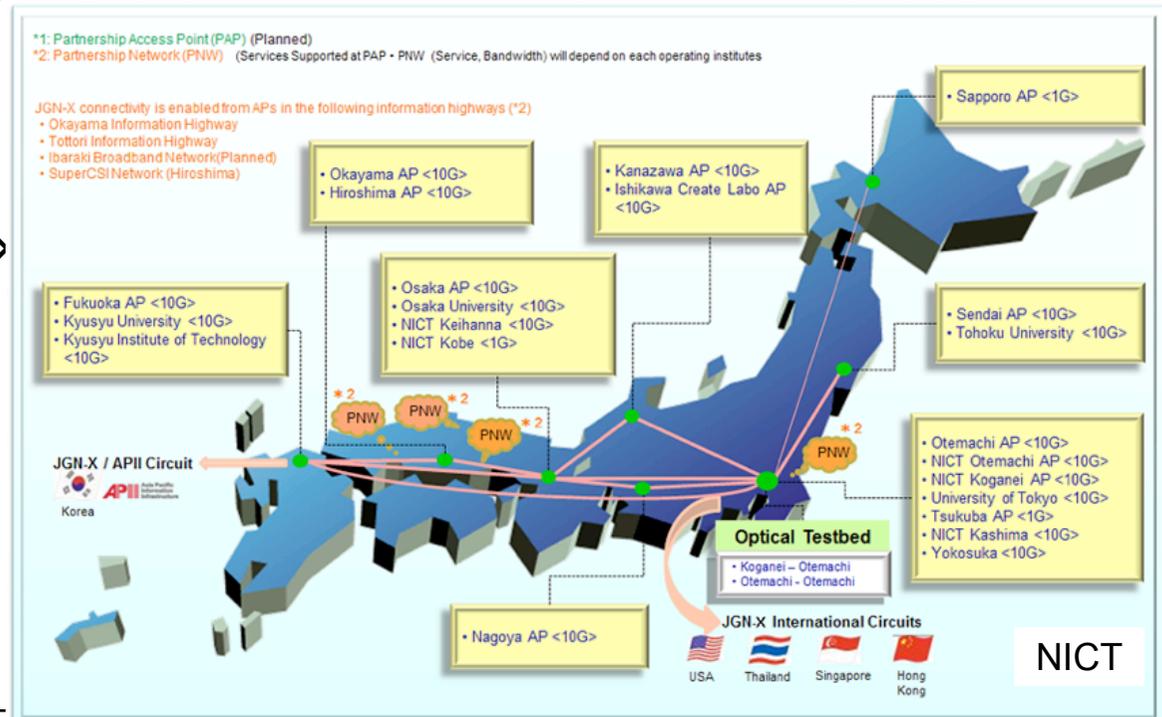
■ イーサネットは国際学会 IEEE で標準化された LAN の規格

- ◆ 標準の名称は IEEE802.2, IEEE802.3 など
- ◆ IEEE = the Institute of Electrical and Electronics Engineers
(アイトリプリー, 米国電気電子学会)
- ◆ LAN = Local Area Network

■ 初期には 500 m 程度の範囲でしかつかえなかったが, 現在は

日本全国をむすぶ広域イーサネットもある.

- ◆ 例: JGN-X (研究用) ⇒
- ◆ ただし, インターネットほど多数のコンピュータをつなぐことはできない.



イーサネットの標準化

■「標準」と「規格」－ 英語では (どちらも) **standard**

■ イーサネット標準化の歴史



図3-9 イーサネットの主な規格と標準化時期

イーサネットの標準化 (つづき)

■ さまざまな規格

図1 ■ 代表的なイーサネットの規格

100BASE-TX

- 伝送媒体
5 : 500m
2 : 185m
T : ツイストペアケーブル
F : 光ファイバーケーブル
- 信号種別
BASE : ベースバンド伝送
BROAD : フロッドバンド伝送
- 伝送速度
10 : 10Mbps
100 : 100Mbps
1000 : 1Gbps



イーサネットの規格名から速度やどんなケーブルの種類なのか分かるのよ

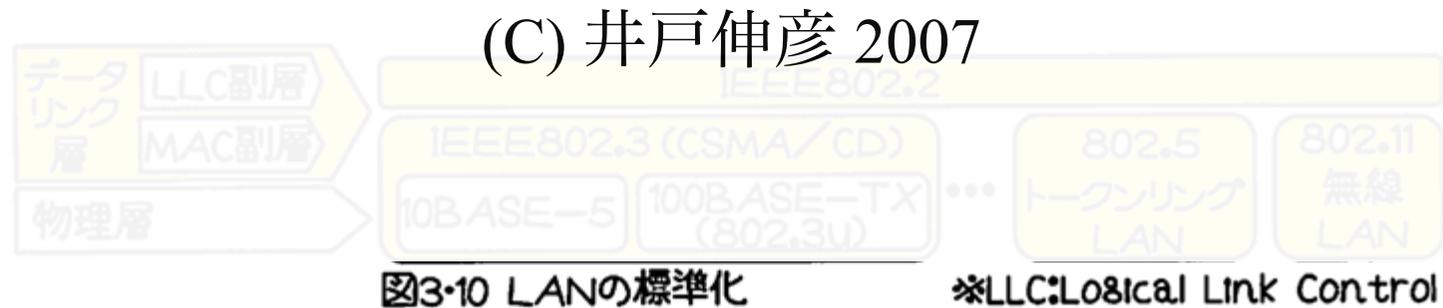
(C) SoftBank Creative 2007

規格名	ケーブル	最大長	備考
10BASE-5	シック同軸ケーブル (直径10mm)	500m	IEEE802.3として標準化されている。基幹LANとして利用されていたが、現在はほとんど利用されていない
10BASE-2	シン同軸ケーブル (直径5mm)	185m	IEEE802.3aとして標準化されている。10BASE-5の基幹LANにぶら下げるようにしてLANを構築していたが、現在はほとんど利用されていない
10BASE-T	カテゴリ-3	100m	IEEE802.3iとして標準化。カテゴリ-3以上のツイストペアケーブルとハブを使ったスター型のイーサネットに利用される。現在は、100BASE-TXに置き換えられている場合が多い
100BASE-TX	カテゴリ-5e	100m	IEEE802.3uとして標準化。カテゴリ-5以上のツイストペアケーブルとハブを使ったスター型に利用される。現在、もっとも普及しているイーサネットの規格である
100BASE-FX	光ファイバーケーブル (1300nm)	2000m	光ファイバーケーブルを利用してネットワークを構築するイーサネット。IEEE802.3uとして標準化されている。基幹LANとして利用されることが多い
1000BASE-T	カテゴリ-5e/6	100m	カテゴリ-5e以上のツイストペアケーブルとハブを使ったスター型に利用される。IEEE802.3abとして標準化されている
1000BASE-SX	光ファイバーケーブル (850nm)	550m	光ファイバーケーブルを利用してネットワークを構築するイーサネット。IEEE802.3zで標準化されている
1000BASE-LX	光ファイバーケーブル (1300nm)	5000m	光ファイバーケーブルを利用してネットワークを構築するイーサネット。IEEE802.3zで標準化されている

織田薫、坪山博貴「図解! よくわかるネットワークの仕組み」、SoftBank Creative

イーサネットの標準化 (つづき)

■ イーサネット標準の構造



LAN ケーブルの種類

■ イーサネットでは 3 種類のケーブルが使われる。

図2 ■ イーサネットで使われる3種類のケーブル

●同軸ケーブル



メリット : 干渉に強い
 デメリット: 値段がやや高く、ケーブルが固い

●ツイストペアケーブル



メリット : 速度が速く、値段が安い

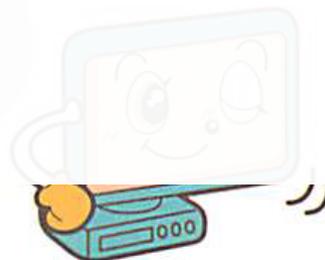
●光ファイバーケーブル



メリット : 速度が速く、干渉にも強い
 デメリット: 値段が高い

(C) SoftBank Creative 2007

イーサネットではおもに3種類のケーブルが使われるよ。それぞれの特徴を把握しておこう。またツイストペアケーブルはいくつかの 카테고リーに分けて規格化されているんだ



■ツイストペアケーブルのおもなカテゴリー

名 称	おもな用途
カテゴリー1	電話線
カテゴリー2	ISDN
カテゴリー3	10BASE-T
カテゴリー4	ATM, トークンリング
カテゴリー5	100BASE-TX
カテゴリー5e	100BASE-TX, 1000BASE-T
カテゴリー6	1000BASE-T, 10GBASE-T
カテゴリー7	10GBASE-T

LAN ケーブルの種類 (つづき)

- 初期のイーサネットでは“yellow cable”という同軸ケーブルがつかわれた(直径 10 mm).



この写真は現在も売っている“THICKNET”
(<https://logistech.jp/iex/servlet/top>)

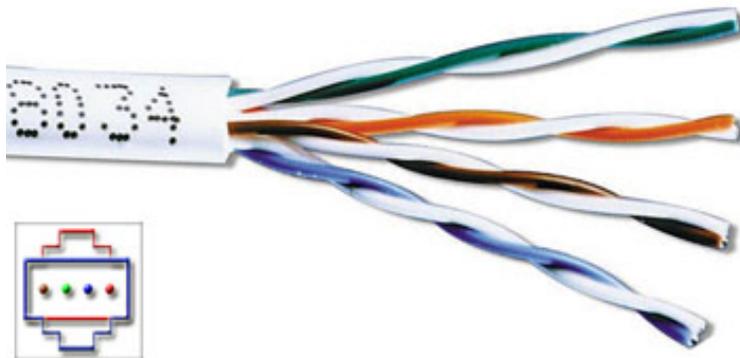
LAN ケーブルの種類 (つづき)

- LAN のツイスト (より線) ケーブルには UTP と STP とがある.
 - ◆ シールド線はアースにつなぐ.

Shielded twisted pair (STP)



Unshielded twisted pair (UTP)



モジュラージャック – LAN ケーブルのためのジャック

■ ツイスト線はモジュラープラグにつながれている。

◆ プラグは透明なので、配線のようすがみえる。

■ モジュラープラグをモジュラージャックにつなぐ。

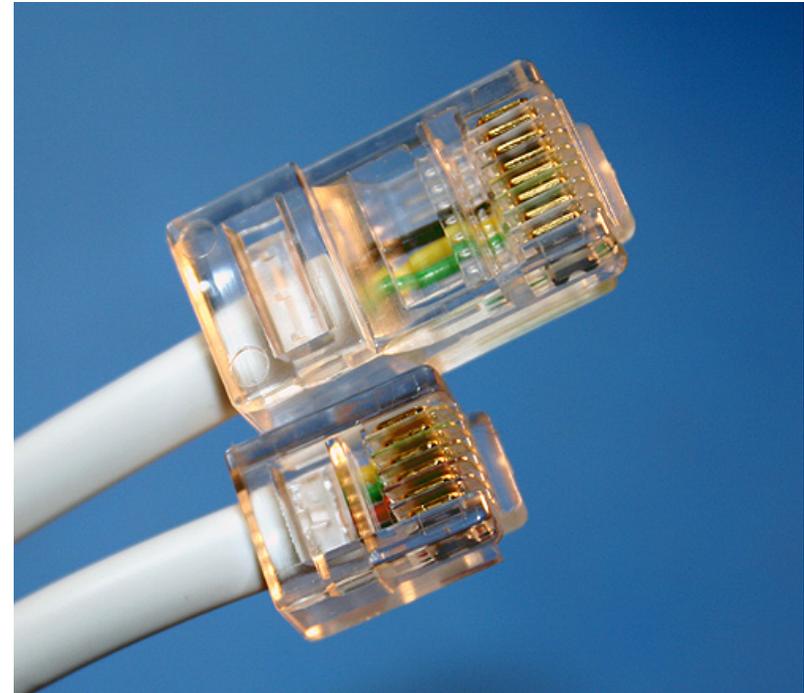


図3.5 モジュラ



ストレートケーブル クロスケーブル

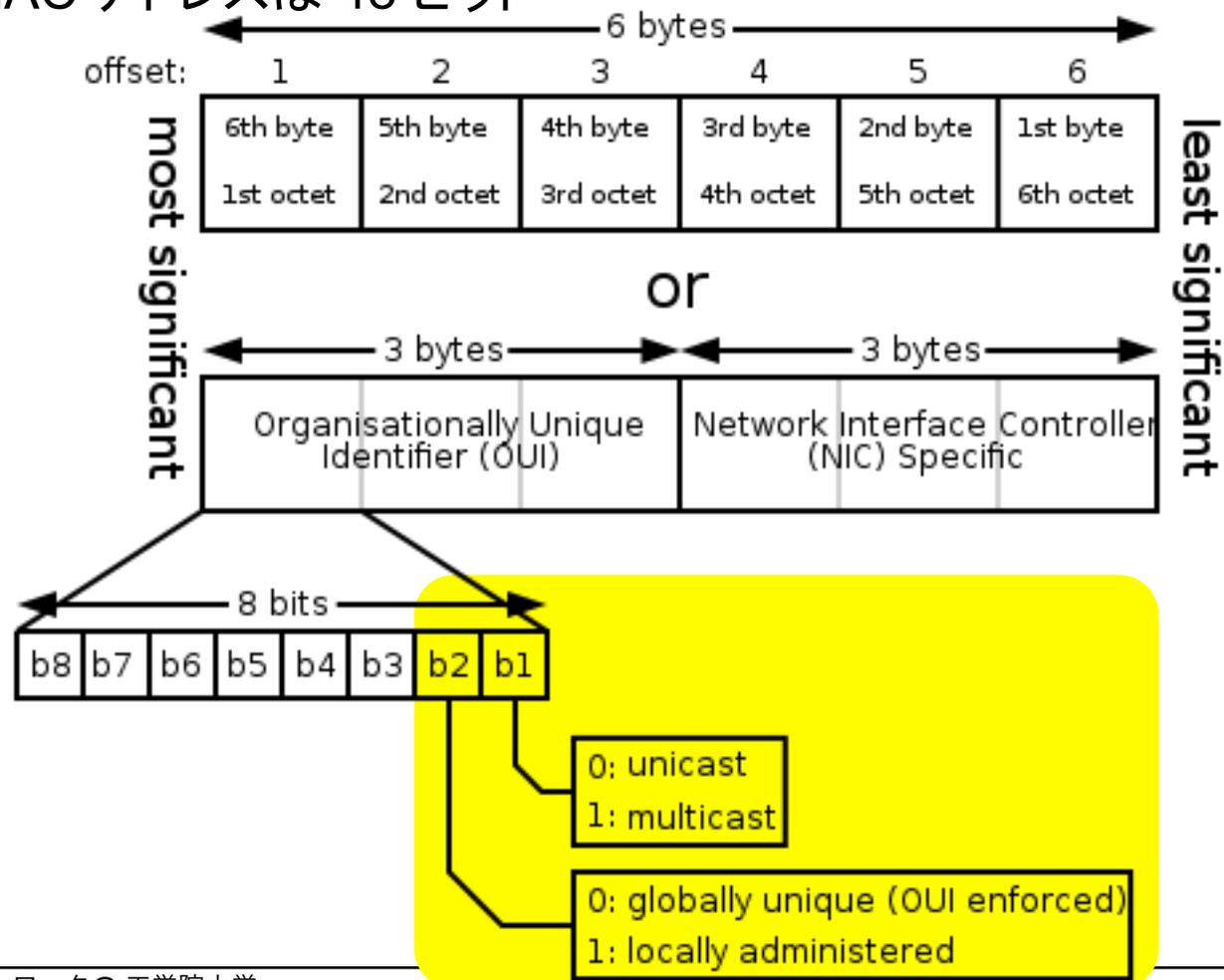
図3.6 RJ-45コネクタのピン配置

MAC アドレス

■ イーサネットのアドレスを MAC (マック) アドレスとよぶ.

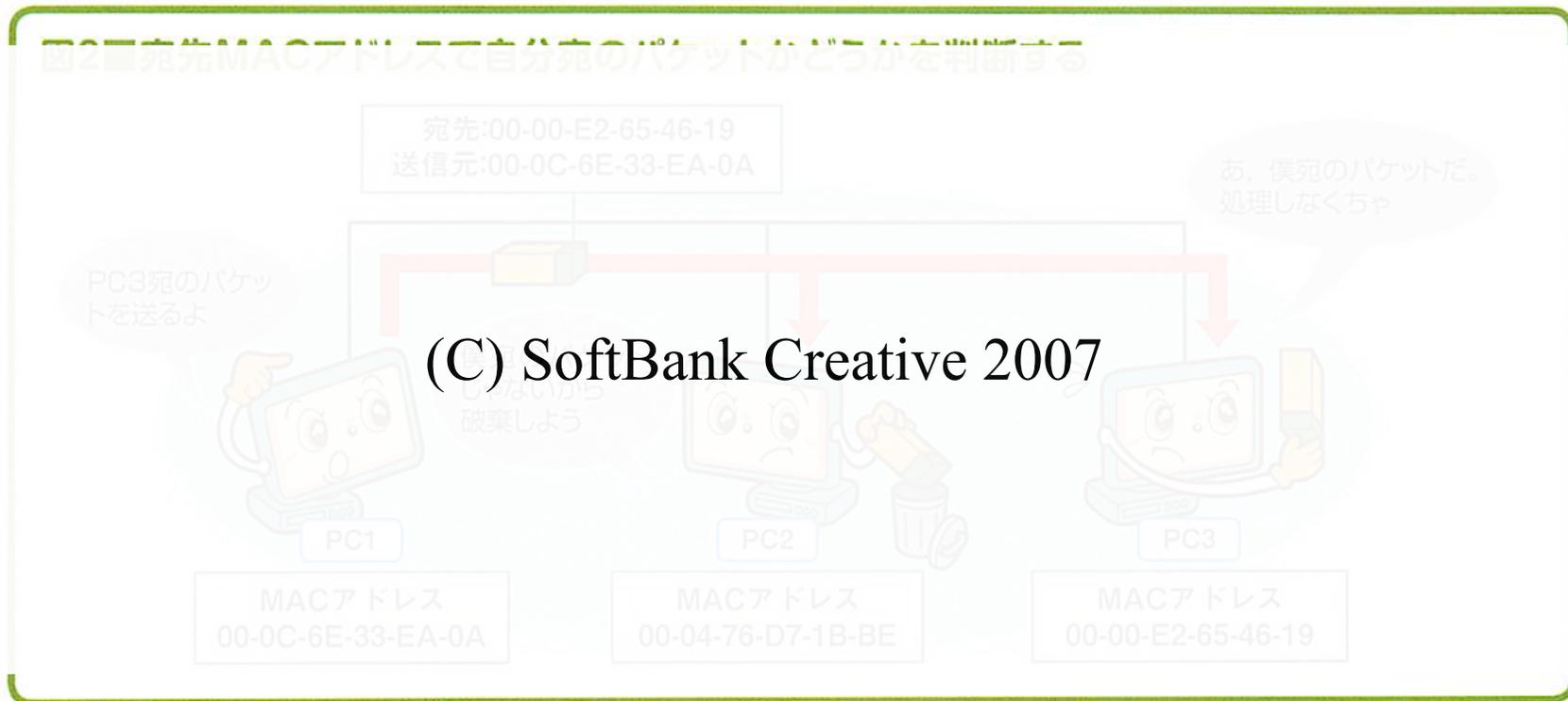
◆ MAC = Media Access Control

◆ MAC アドレスは 48 ビット



MAC アドレスとイーサネット・パケットの送受信

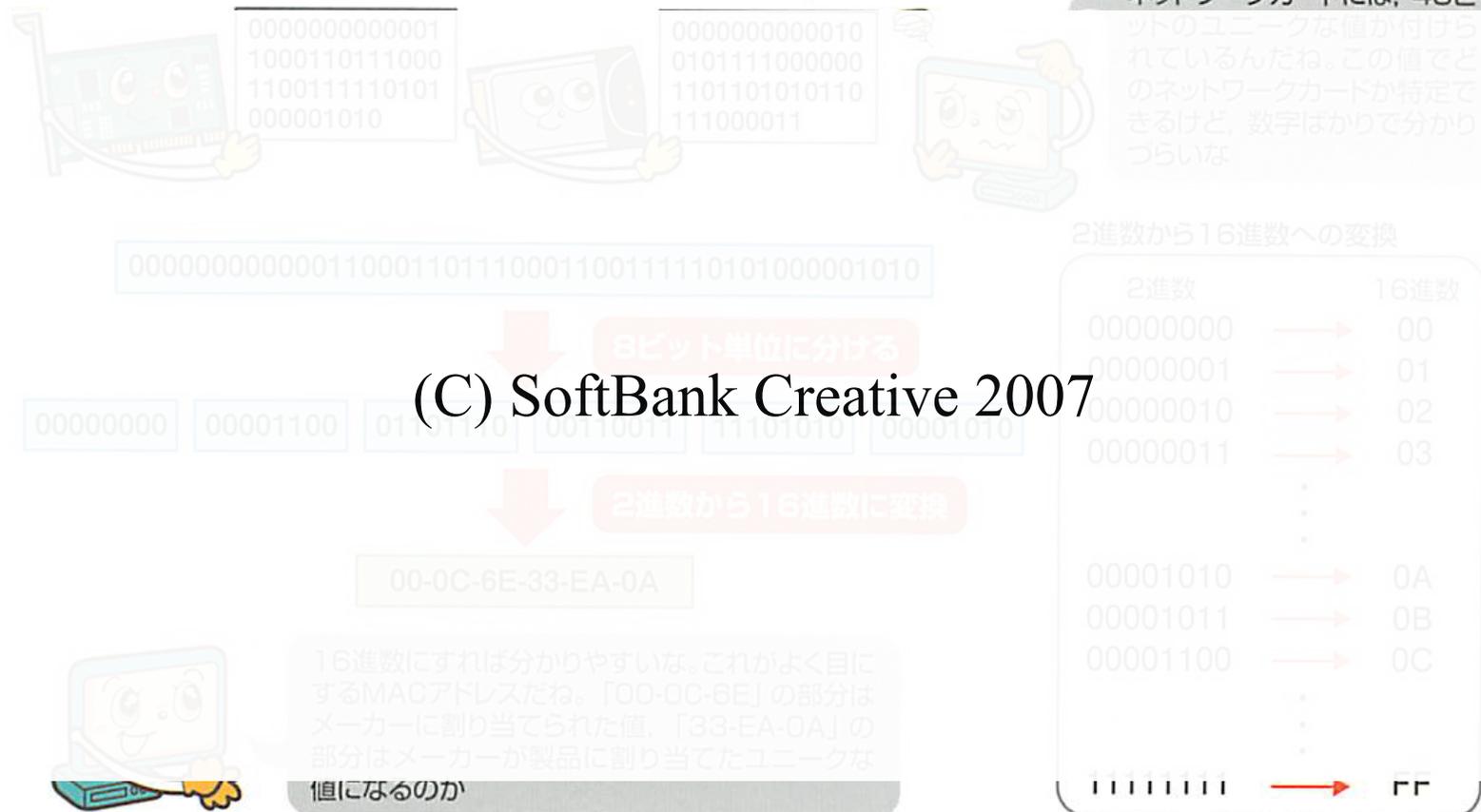
- イーサネットではパケットの送信先は MAC アドレスできる。



織田薫, 坪山博貴「図解! よくわかるネットワークの仕組み」, SoftBank Creative

MAC アドレス (つづき)

図1 ■ 48ビットのMACアドレスと表記方法



(C) SoftBank Creative 2007

織田薫, 坪山博貴「図解! よくわかるネットワークの仕組み」, SoftBank Creative

プチ演習: MAC アドレス

■ 2 進数のアドレスを 16 進数で書きなおしてみよう.

- ◆ 000000000010000000100111101010100111001011100000
- ◆ 000001001010001100100011010111110100001100100011

■ 16 進数のアドレスを 2 進数で書きなおしてみよう.

- ◆ 58-55-CA-FB-2D-B7
- ◆ 32-61-3C-4E-B6-05

イーサネットの packets フォーマット

■ パケットとしてみえるのは MAC ヘッダ (14 ~ 18 バイト) と上位のフレームだけ.

◆ プリアンブル, SFD, トレイラはみえない.

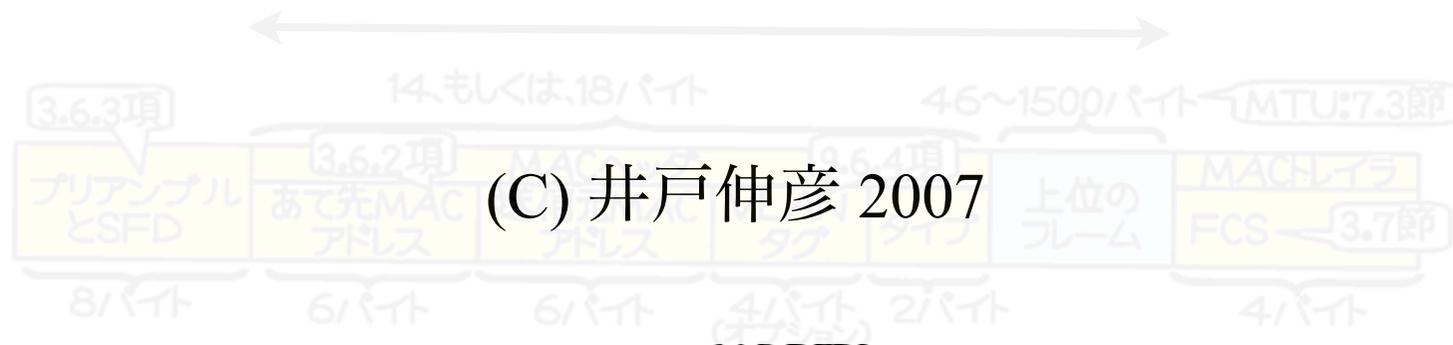


図3-27 MACフレーム

LAN の構造 (トポロジー)

■ 有線 LAN の基本構造には 3 種類ある.

- ◆ バス型: 1 本の線 (バス) に全端末が接続される
- ◆ スター型: 1 個のハブに全端末が接続される (ハブ & スポーク)
- ◆ リング型: 各端末からでた 2 本の線でリングがつけられる

■ このような, ネットワークにおける接続関係 (グラフ構造) をトポロジーという.



図2-10 形状による分類

イーサネットのためのネットワーク構造

In just a few hundred nano-seconds, electrons trapped in plastic exit suddenly as a bright, branching spark.

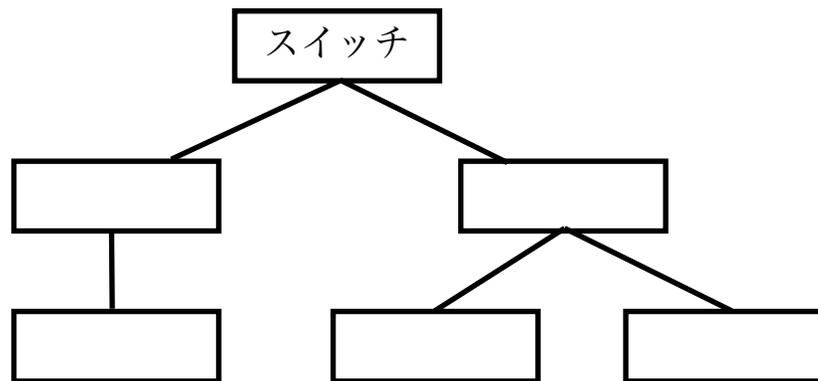


Theo Gray, "Mad Science",
Black Dog & Leventhal
Publishers

イーサネットのためのネットワーク構造 (つづき)

■ ネットワークにループがあると転送できない (ネットワークは木構造)

◆ ループをつくとどうなる? -- ビデオ (EtherLoop.MTS)



■ 障害 (断線など) があると通信できなくなる.

パソコンのイーサネットへの接続

■ パソコンを LAN につなぐには、NIC (ネットワーク・インターフェース・カード) をつかう。

◆ NIC のドライバー (ソフトウェア) をパソコンにインストールする必要がある。

パソコンには LAN 以外にもいろいろなインターフェースがある。

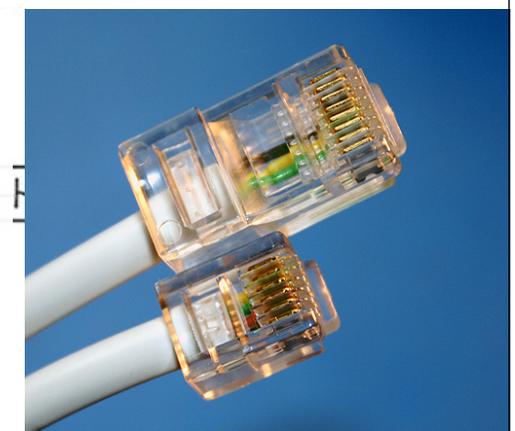
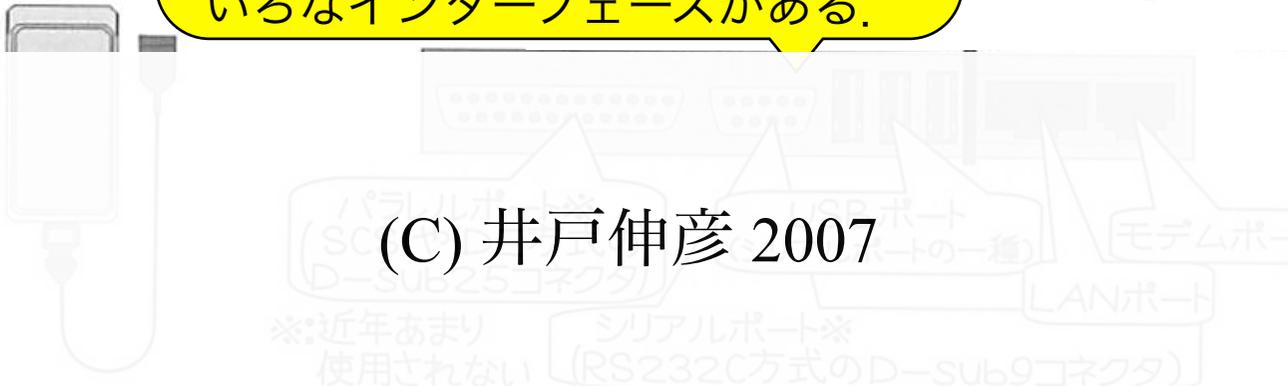
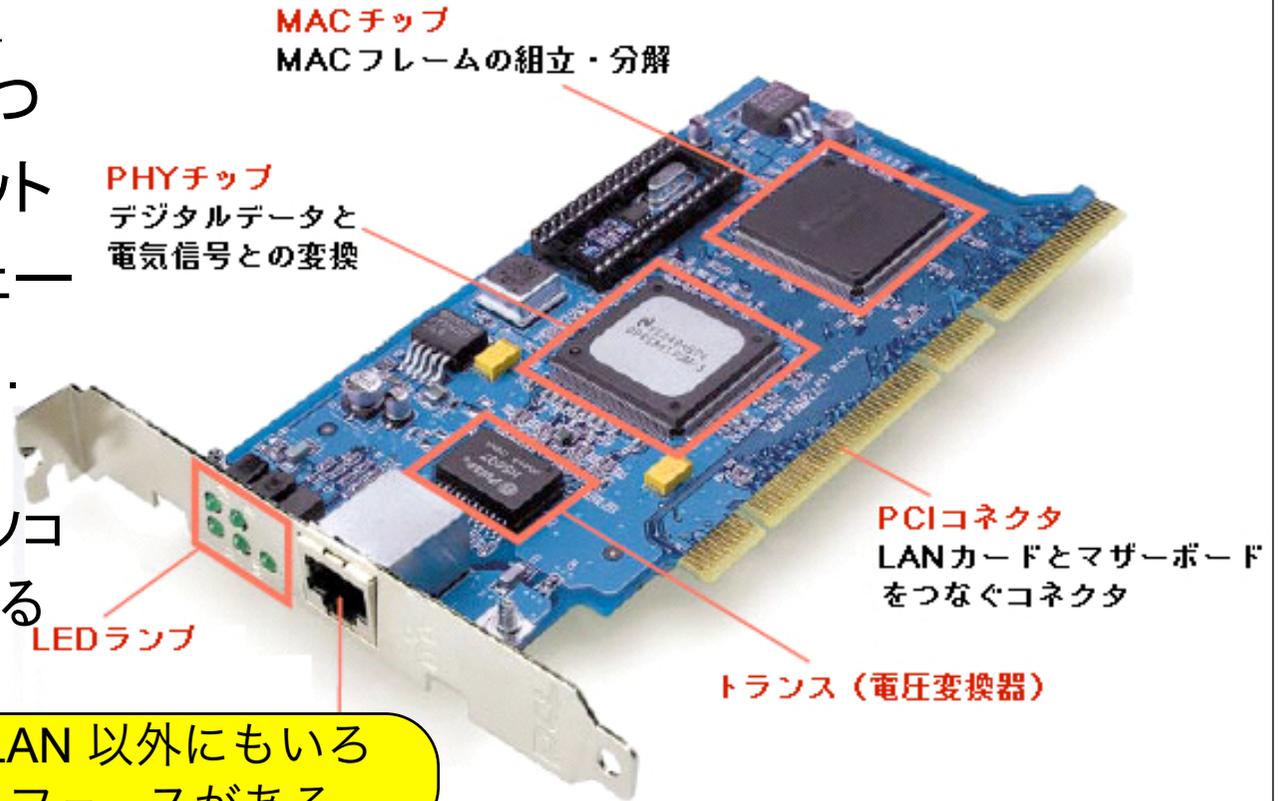


図3-2 LANカード

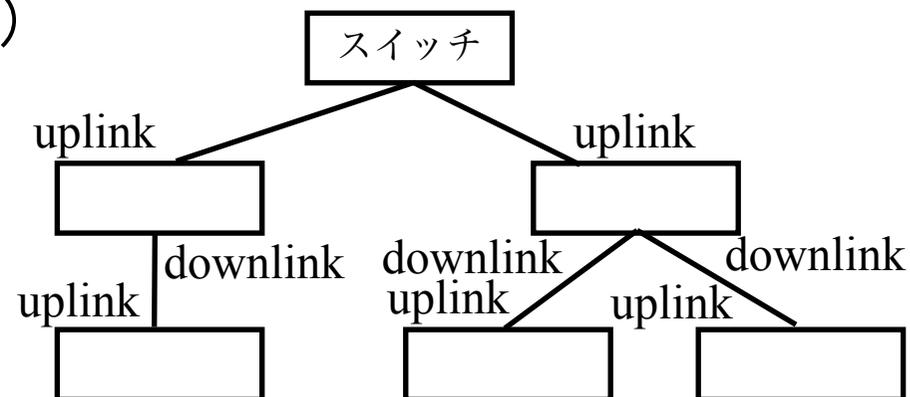
図3-3 パソコン背面の外部接続端子(例)

LAN ハブ (スイッチ) の接続法

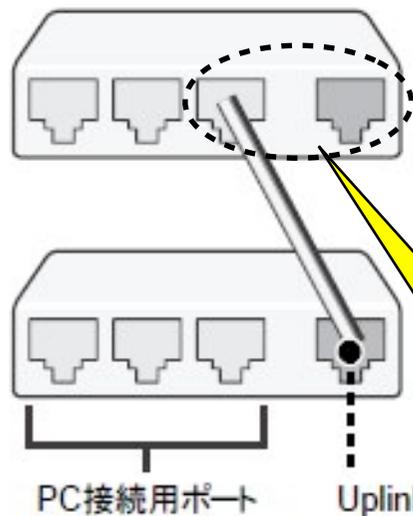
■ 10 M / 100 M ハブには (本来)

uplink ポートがある.

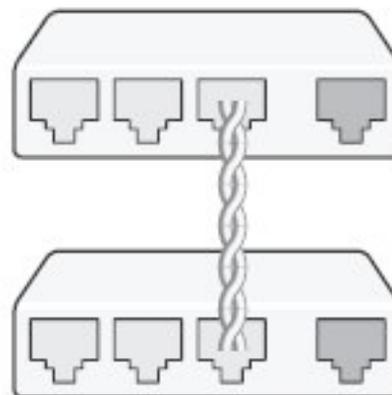
- ◆ 親には uplink でつなぐのが基本.
- ◆ ほかのつなぎかたも可能.



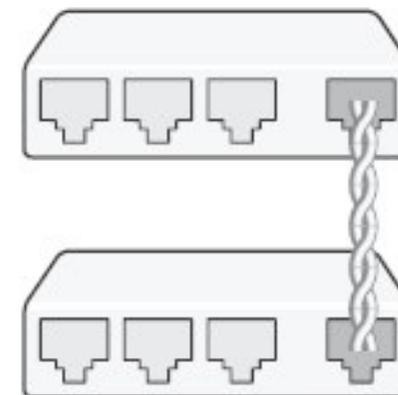
PC接続用ポートと
Uplinkポートを
ストレート・ケーブルで接続



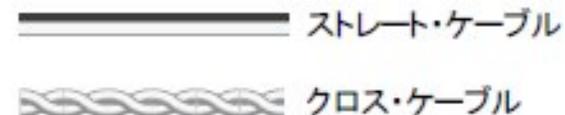
PC接続用ポート同士を
クロス・ケーブルで接続



Uplinkポート同士を
クロス・ケーブルで接続



どちらか一方しかつかえないことがある.



<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20060318/232823/?SS=imgview&FD=5408972>

LAN ハブ (スイッチ) の接続法 (つづき)

- 1 G (ギガビット・イーサネット) は自動で uplink / downlink がきりかわるので、くべつは必要ない。



- 10 M / 100 M でも自動切替機能のあるハブもある。

ストレート・ケーブルとクロス・ケーブル

- 10 M, 100 M のイーサネットではストレート・ケーブルとクロス・ケーブルをつかいはわける必要がある。

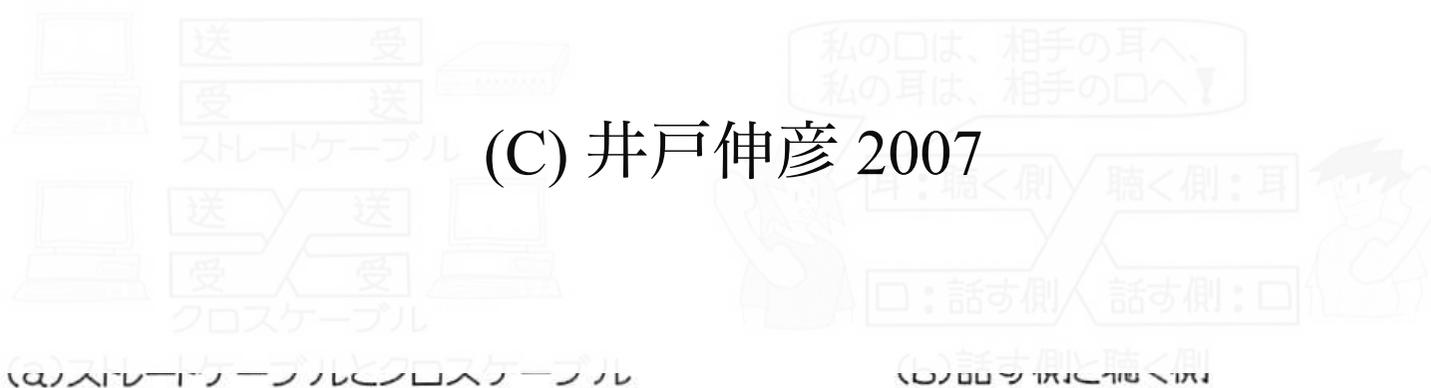


- ギガビット・イーサネットでは自動認識されるので、気にする必要がない。

ストレート・ケーブルとクロスケーブル (つづき)

■「クロスケーブル (正確にはクロスオーバー・ケーブル)」は、インターネットにも他のプロトコルにも共通の概念.

- ◆ マスターとスレーブがある物理プロトコルでマスターどうしをつなぐには、クロスケーブルが必要 (たとえばシリアル接続).



(C) 井戸伸彦 2007

(a) ストレートケーブルとクロスケーブル

(b) 話す側と聴く側

図3.4 クロスケーブル

プチ演習: LAN ハブの接続

■ つぎの LAN ハブと PC を接続せよ.



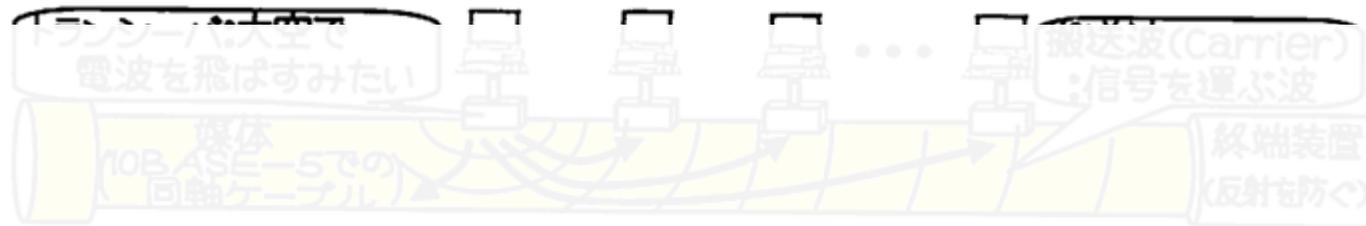
イーサネットの基本パケット転送法: ブロードキャスト

- デジタル信号レベルでコピー (リピート) される.
- リピータで接続された全セグメントにブロードキャスト (一斉送信) される.
 - ◆ 通常は 1 箇所では受信されないにもかかわらず…



CSMA/CD (衝突検出)

- イーサネットでは複数の端末が同時に出力することがあるため、衝突をさけるしくみが必要.
- CSMA/CD はこの衝突をさけるしくみ.
 - ◆ CSMA/CD - Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection



CSMA/CD (衝突検出) (つづき)

図3 ■ CSMA/CD方式による通信

●送信しているステーションがないかどうかを確認
(Carrier Sense)

●コリジョン発生時にはランダムな時間だけ待機して再送
(Collision Detection)



(C) SoftBank Creative 2007

織田薫, 坪山博貴「図解! よくわかるネットワークの仕組み」, SoftBank Creative

イーサネットの高性能な転送法: スイッチング

■ スイッチ (スイッチング・ハブ)

- ◆ ブロードキャストされるネットワーク (= コリジョン・ドメイン) をスイッチがつなぐ.
- ◆ コリジョン・ドメインをまたがると, 同時に送信しても衝突 (コリジョン) はおこらない.

■ ブリッジ

- ◆ 2 個のコリジョン・ドメインをつなぐ装置をブリッジという.
- ◆ スイッチはブリッジの機能を 3 個以上のネットワークに拡張したもの.

(C) 井戸伸彦 2007

図4.12 スイッチングハブを用いたLAN(構成例4)

(C) 井戸伸彦 2007

図4.13 ブリッジ

イーサネットの高性能な転送法: スイッチング (つづき)

■ 衝突のないイーサネット

- ◆ コリジョン・ドメイン内に 1 個の送信者しかいないようにすれば, 衝突はなくせる.



図4-18 スイッチングハブのみを用いた構成のLAN(構成例5)

イーサネットの高性能な転送法: スイッチング (つづき)

■ アドレス学習

- ◆ スイッチにパケットがとどくと, その送信者アドレスを学習する.
- ◆ スイッチは送信者アドレスとそれが入力されたポート番号とをアドレス・テーブルに登録 (学習) する.



(C) 井戸伸彦 2007

図4.15 アドレステーブルの自動学習機能

イーサネット・パケットのプリアンプル, SFD, トレイラ

- イーサネットのパケットは先頭と末尾にパケット内容でないものをふくむ.
 - ◆ プリアンプル, SFD: パケット (MAC フレーム) の先頭を見つけるための部分.
 - ◆ トレイラ: パケット内容の誤り訂正情報などをふくむ部分.



(C) 井戸伸彦 2007

図3-30 プリアンプルとSFDによるビット同期とフレーム同期

無線 LAN

■ 無線をつかうイーサネットの規格 IEEE802.11, 802.11b, 802.11a, 802.11gなどを総称して「無線 LAN」という.

◆ IEEE802.11 2.4 GHz 帯, 最大 2 Mbps

◆ IEEE802.11b 2.4 GHz 帯, 最大 11 Mbps

◆ IEEE802.11g 2.4 GHz 帯, 最大 54 Mbps

◆ IEEE802.11a 5 GHz 帯, 最大 2 Mbps

◆ 2.4 GHz 帯は電子レンジ, コードレス電話などでもつかわれているので干渉がおこりやすい.

無線 LAN (つづき)

■ 無線 LAN のためのデバイス (機器)

アクセスポイント (親機)



子機 (ノート PC 専用)



(最近のノート PC は子機を内蔵しているものが多い)

子機 (デスクトップ PC 専用)



子機 (汎用 -- USB 型)

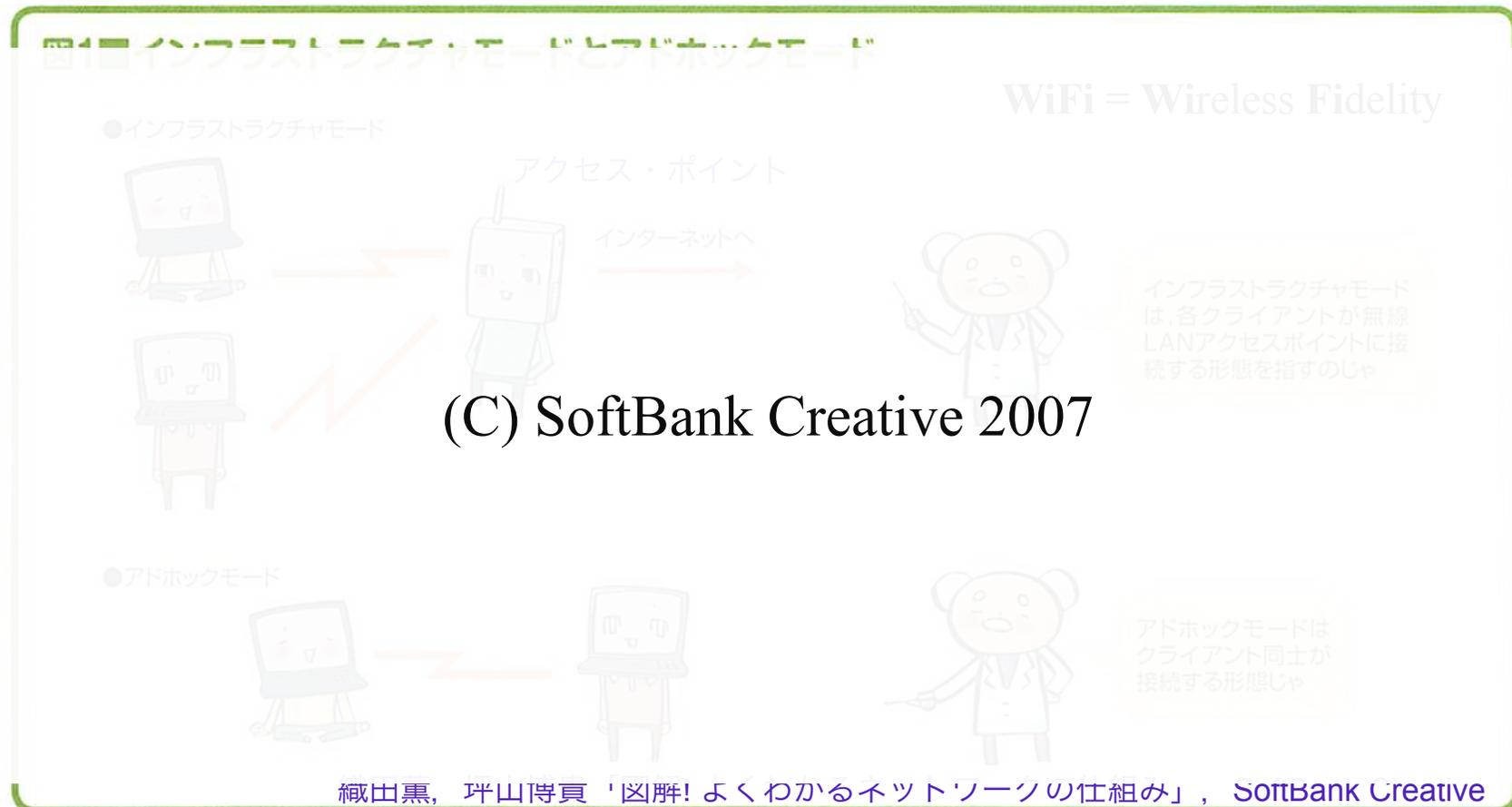


<http://ja.wikipedia.org/wiki/無線LAN>

無線 LAN (つづき)

■ 無線 LAN (WiFi) には 2 つのモードがある.

- ◆ インフラストラクチャ・モードではアクセス・ポイント経由で通信する – インターネット通信ではこのほうが便利.
- ◆ アドホック・モードでは PC どうしが直接, 通信する.



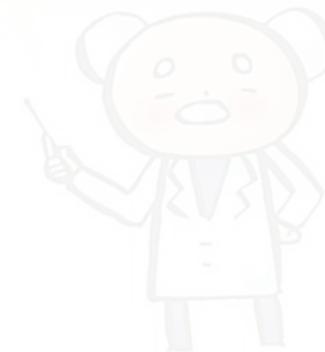
無線 LAN (つづき)

■ 無線 LAN で広域をカバーする方法

- ◆ 携帯電話と同様の方法だが、無線 LAN ではあまりつかわれていない。
- ◆ 無線 LAN ではこの方法が携帯電話ほど、うまくいかない -- ハンドオーバーがおそい。



広いスペースに複数のアクセスポイントを設置する際は、電波が干渉しないよう、1/6/11チャンネルというように周波数帯が重ならないチャンネルを交互に設定するのがコツじゃ

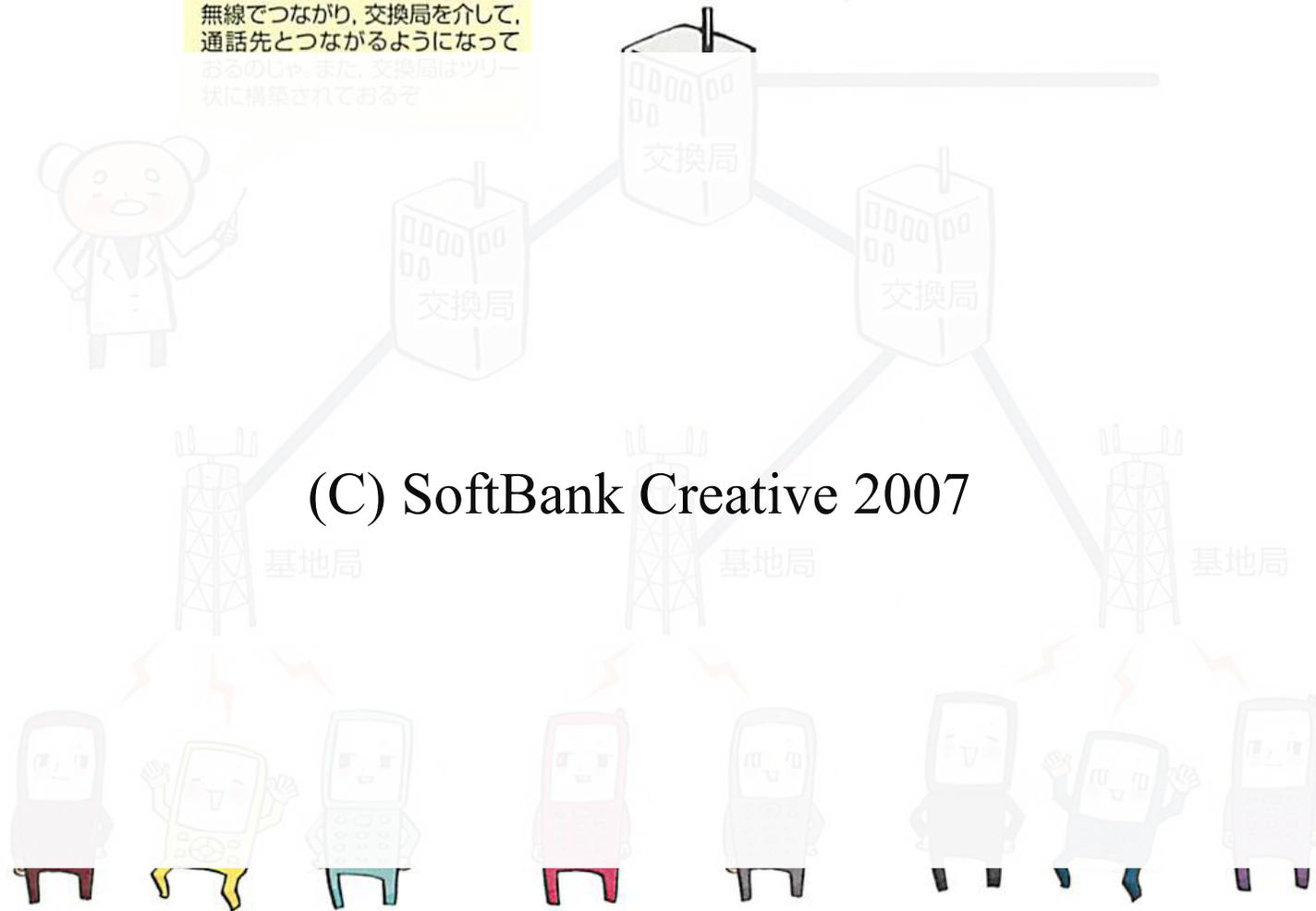


織田薫, 坪山博貴「図解! よくわかるネットワークの仕組み」, SoftBank Creative

携帯電話と無線 LAN

図1 ■ 携帯電話網について

携帯電話はまず、近くの基地局と無線でつながり、交換局を介して、通話先とつながるようになっておるのじゃ。また、交換局はツリー状に構築されておるぞ



織田薫, 坪山博貴「図解! よくわかるネットワークの仕組み」, SoftBank Creative

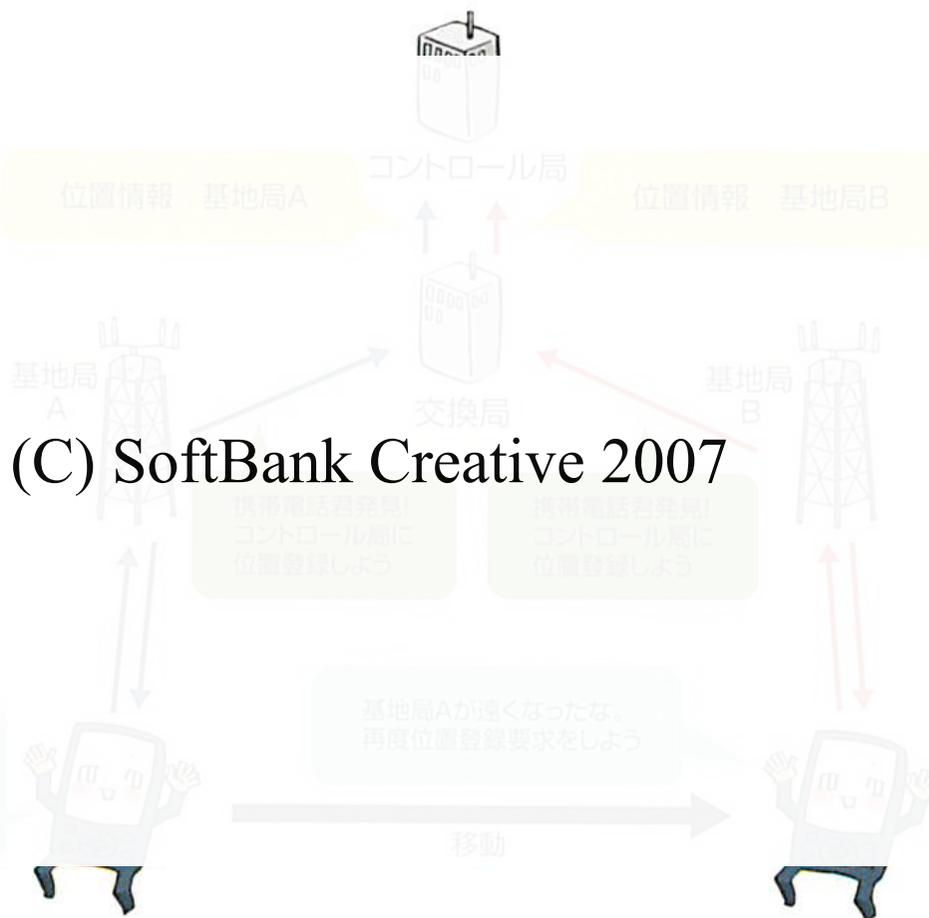
携帯電話と無線 LAN (つづき)

図2 ■ 基地局を移動しても通話を続けられる仕組み

携帯電話は頻りに基地局と連絡を取り合い、いちばん近い基地局がどこなのかを調べているぞ。そして基地局は交換局に接続されているコントロール局に位置情報を登録するのじゃ



最寄りの基地局はどこかな？位置登録要求をしよう

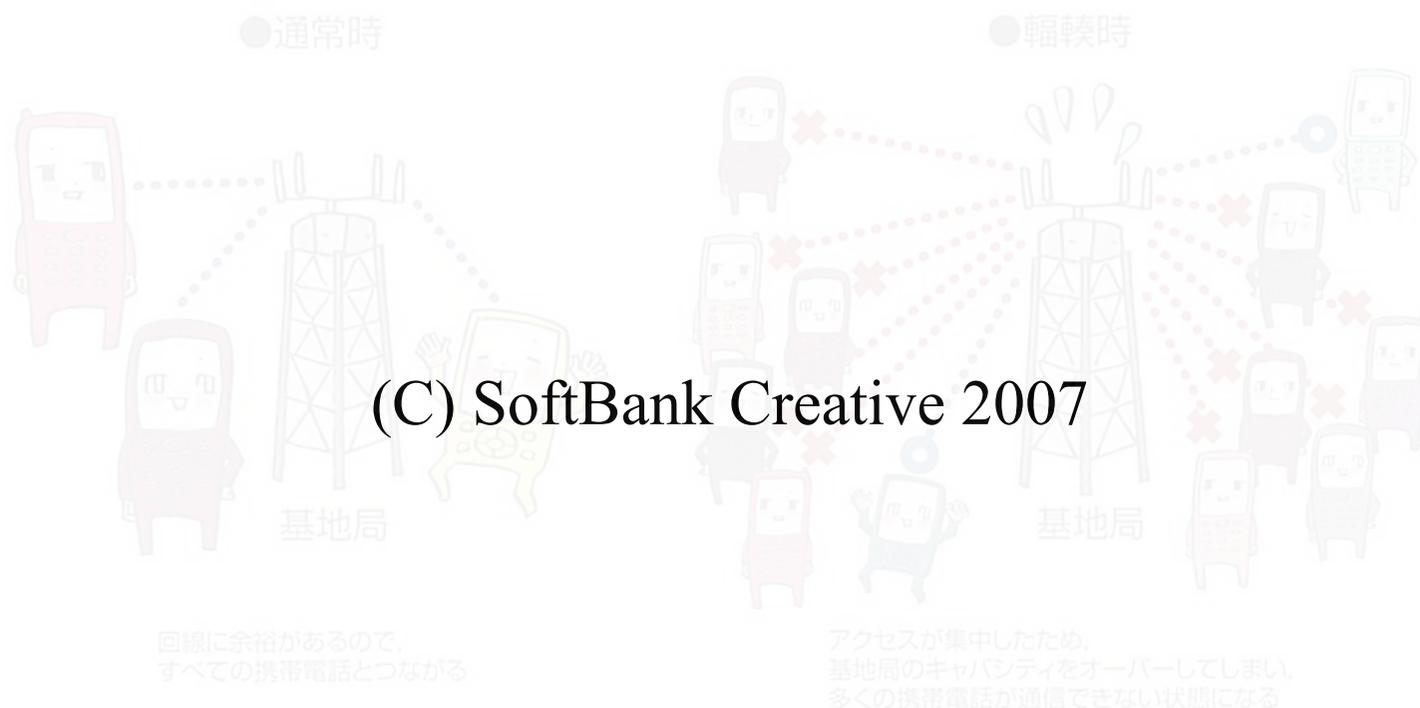


(C) SoftBank Creative 2007

織田薫, 坪山博貴 「図解! よくわかるネットワークの仕組み」, SoftBank Creative

携帯電話と無線 LAN (つづき)

図3 ■ 輻輳が起きる仕組み



(C) SoftBank Creative 2007

織田薫, 坪山博貴「図解! よくわかるネットワークの仕組み」, SoftBank Creative

携帯電話と無線 LAN (つづき)

図4 ■セルのサイズを変えて効率を高める



(C) SoftBank Creative 2007

各キャリアとも、基本的には電波の届かない範囲のないように基地局を配置してあるぞ。人口の多い都市部ではセルを小さく配置し、山間部などでは大きく配置するというように、効率よく配置してあるのじゃ

全二重通信と半二重通信

- 双方向通信においては，双方向同時に通信する場合と，片方向ずつ通信する場合とがある。



図4-19 フレーム受信中の送信



演習問題 (例題): LAN の設計と動作

■ オフィス内につぎの機器を設置する.

◆ スwitching・ハブ:

ギガビット (1000BASE-T) 4 ポート: 1 台 (uplink/downlink 自動認識)

100 M ビット (100BASE-TX) 8 ポート: 1 台 (uplink/downlink 自動認識)

100 M ビット (100BASE-TX) 4 ポート: 1 台 (uplink/downlink くべつあり)



◆ サーバ 1 台 -- ギガビットでつなぐ (通信量が多いため).



◆ 8 台の PC を机上に配置する.

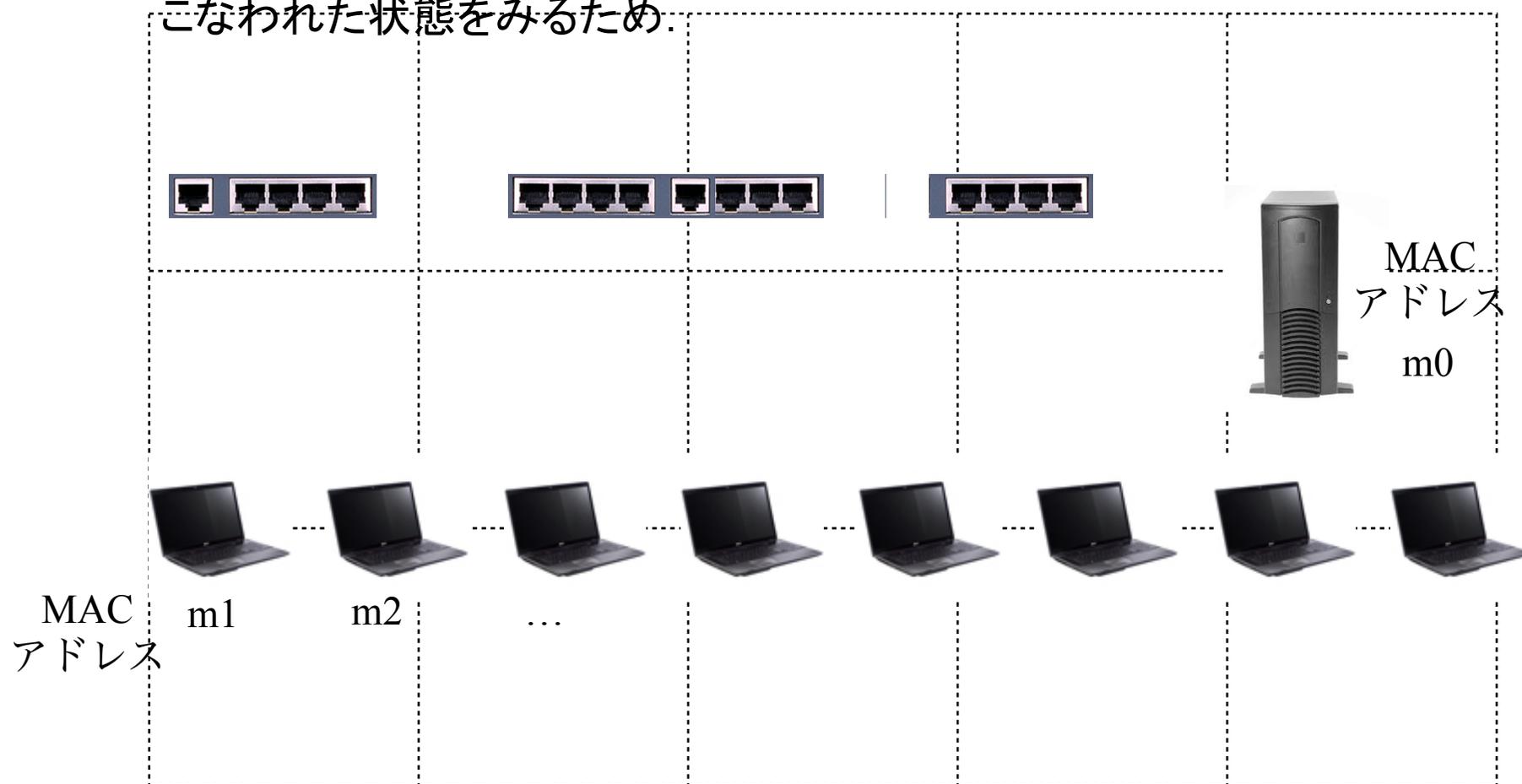


◆ 配線: 基本的にはカテゴリ 5 (100 M ビット) ストレート・ケーブルによるが, 必要に応じてクロス・ケーブルやカテゴリ 6 (ギガビット) のケーブルを使用する.

演習問題 (例題): LAN の設計と動作 (つづき)

■ さらに, サーバおよび半数程度の PC がパケットを送信したあとの各スイッチのアドレス・テーブルの内容を記述する.

◆ 全部でなく半数程度としているのは, 完全な学習でなく部分的な学習がおこなわれた状態をみるため.



演習問題 (レポート課題): LAN の設計と動作

■ 課題: 機器をへやに配置して, 配線すること.

- ◆ ネットワークの構成は例題とおなじとする.
- ◆ どこにどの機器を配置し, どのケーブルを使用したかを図示する.
- ◆ サーバおよび半数程度の PC がパケットを送信したあとの各スイッチのアドレス・テーブルの内容を記述する.
- ◆ どのようにかんがえて配置・配線したかを 10 行程度にまとめる (箇条書きにするのがよい).
- ◆ 例題とはことなる配置にすること. (へやのかたちや机の配置などは自由にきめてよい -- 他人のコピーをしたら 0 点とする)

■ 提出方法など

- ◆ 紙で (レポート用紙等) に書いて / A4 上質紙に印刷して) 提出するのが基本. しかし, 理由があれば Kuport で電子的に提出することも可.
- ◆ 期限: **5 月 19 日 (土)** (当日提出できなければ, 事前に 教務課に (または Kuport で) 提出すること. 21 日以降に提出したものは減点の可能性あり)

■ 採点方法

- ◆ 15 点満点
- ◆ まちがいがないければ 15 点, まちがい 1 回ごとに基本的に -1 点.
- ◆ 工夫がある答案には最大 3 点加算 (3 個まちがいがあっても満点になりうる).

イーサネットのまとめ

- イーサネットは比較的せまい範囲でつかうのに適したネットワークの規格（標準）
 - ◆ もとは 500 m くらいの範囲でしかつかえなかったが、現在では日本全体の数 10 拠点をカバーすることも可能
- イーサネットのアドレスは 1 個ずつ、ばらばら
 - ◆ ちかくに位置する PC でもアドレスは似ていない
 - ◆ インターネットでは、ちかくに位置する PC はアドレス上位が一致
- ネットワークにループがあると転送できない（ネットワークは木構造）
 - ◆ 障害（断線など）があると通信できなくなる.
- パケットは 2 種類の方法で転送される.
 - ◆ ブロードキャスト + 衝突検出 (CSMA/CD) -- ケーブルとリピータで転送
 - ◆ スイッチング + 学習 -- スイッチで転送