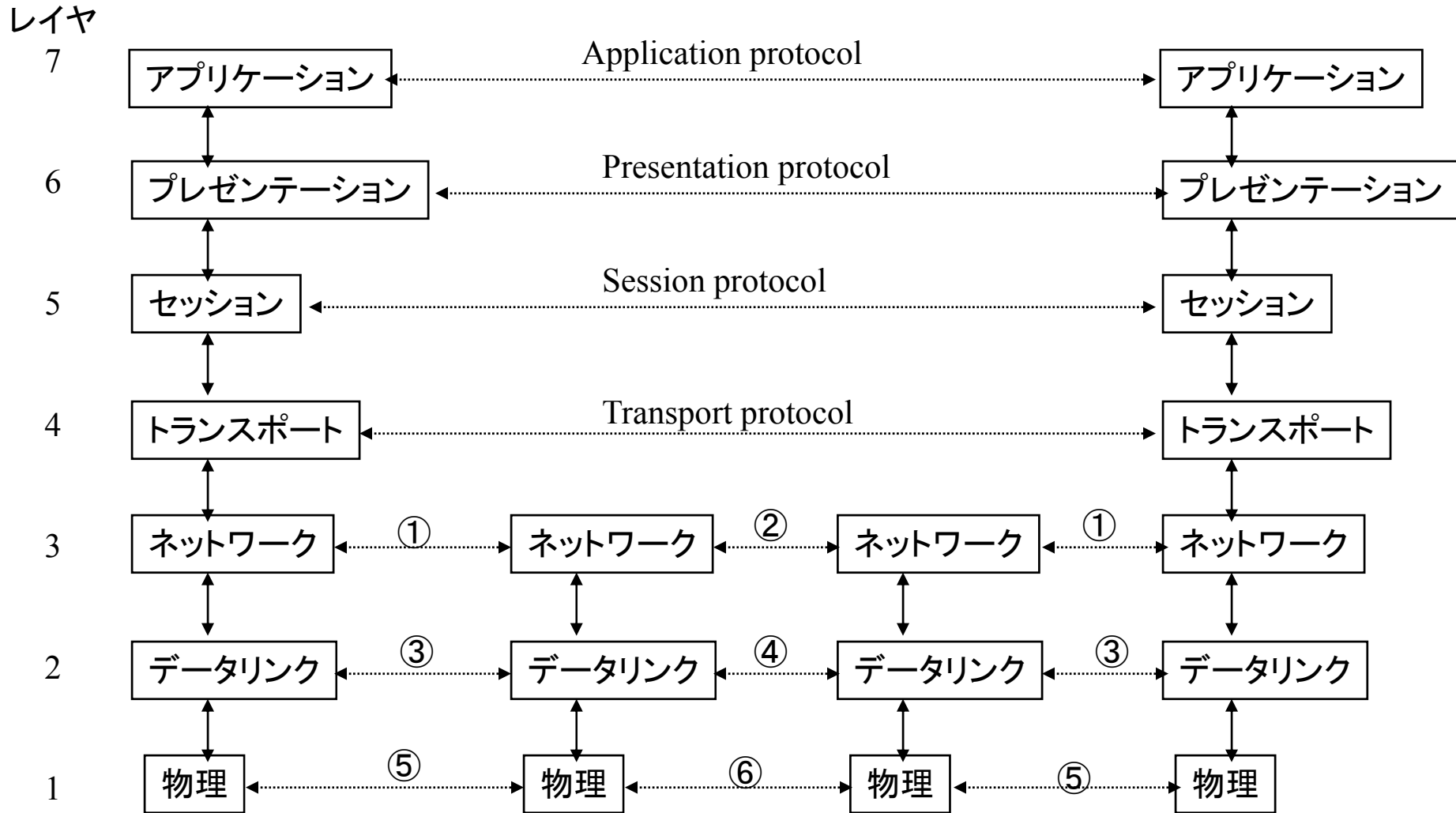


物理/データリンク層

OSIの7層モデル



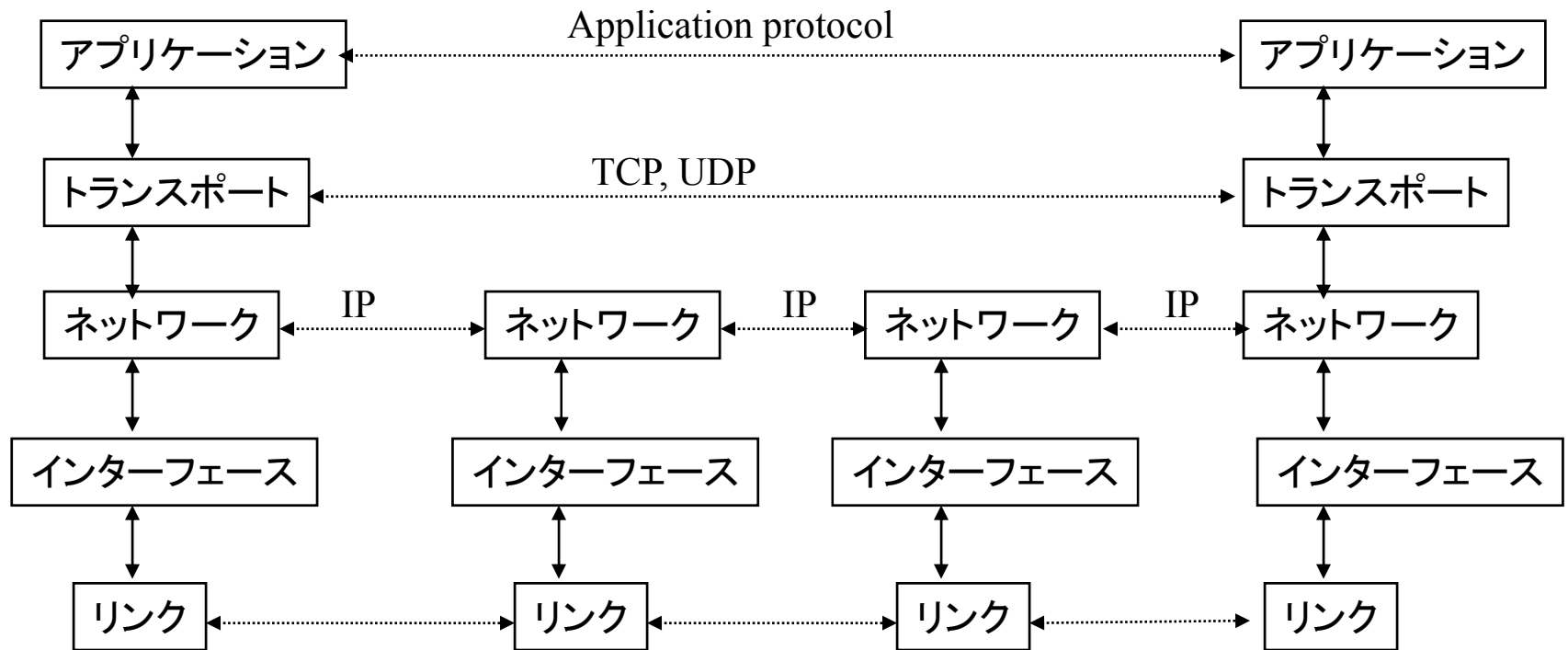
① : Network Layer Host-Router Protocol (e.g., ES-IS)

②, ④, ⑥ : サブネットプロトコル (e.g., IS-IS, NNI)

③ : Data link Layer Host-Router Protocol (e.g., UNI)

⑤ : Physical Layer Host-Router Protocol (e.g., UNI)

TCP/IPの5層モデル



パケットの転送方法

- 輸送システムに例えると -

L4: アプリケーションデータ == 輸送したいもの

L3: IPパケット == 人

L2: データリンクフレーム == 車、電車、飛行機

L1: 物理層 == 道路、線路、空/滑走路

必要になるもの；

(1) レイヤ間でのインターフェース

e.g., 電車への乗り方、道路の走り方

(2) 乗換場所、交差点

(3) レイヤの統一規格

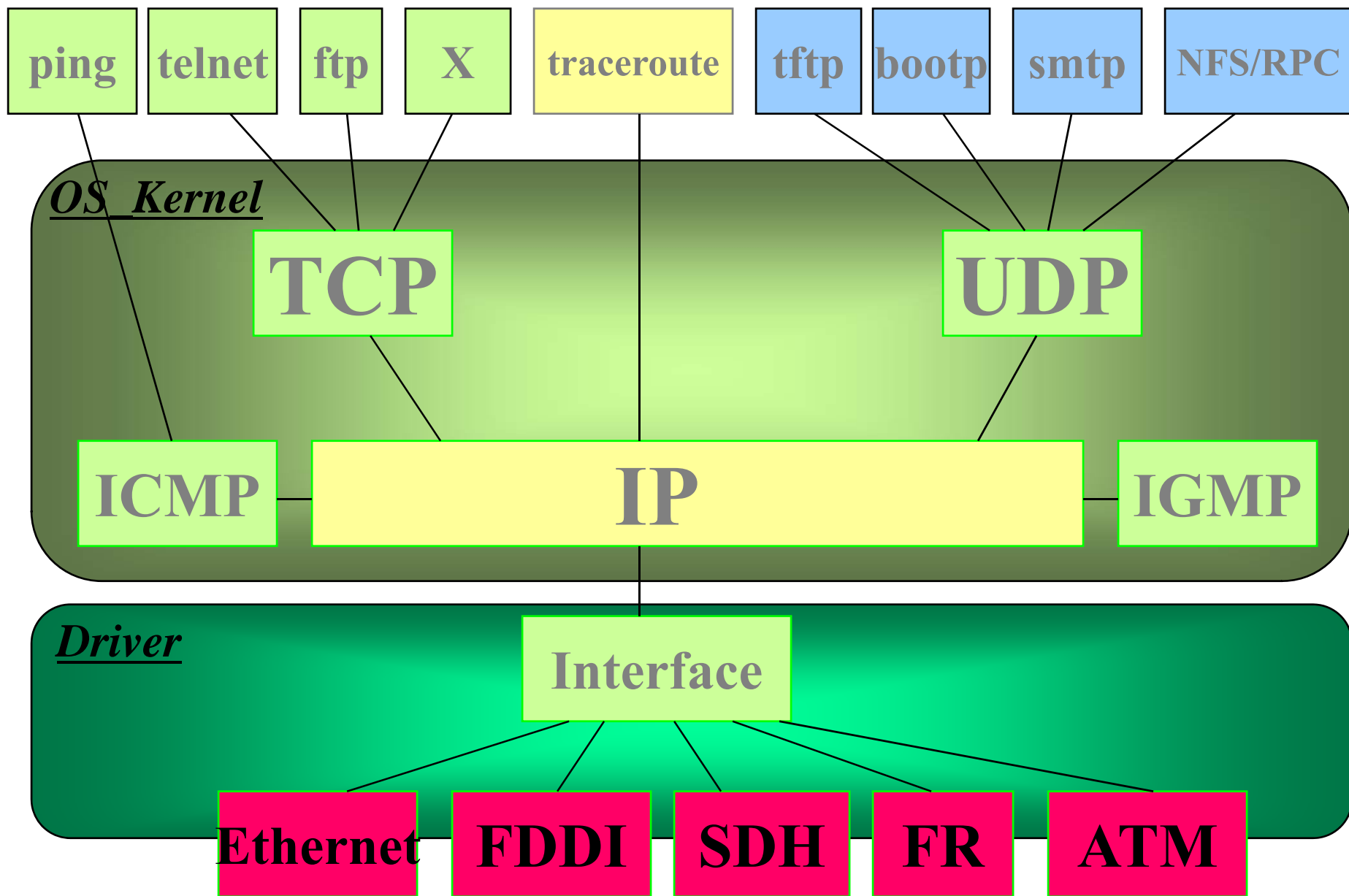


図1-20. インターネットシステムにおけるソフトウェア構造の例

パケット

- **pack・et** *n.* (出典: EXCEED英和辞典)
 - 小包; (小さい)束;
 - 【コンピュータ】 パケット (データの転送の単位);



IPパケットの転送

- 東大からコロンビア大へ -

運びたいもの：映画

媒体(CD, MD, DVD)、符号化(AVI, MPEG, DV)

経路はいっぱいあるねえ。。

1. 本郷 → 成田空港
2. 成田空港 → LGA/JFK/EWR
3. LGA/JFK/EWR → マンハッタン

(*) おっと、船もあったし、AMTRAK(電車) も
飛行機が嫌いな人もいた。。。。
なるべく速く行きたい人もいた。。。。

IPパケットの転送

- 東大からコロンビア大へ -

利用する交通機関(データリンク)もいっぱいあるねえ。。

1. 足(徒歩ともいう)

2. 自転車

3. 自動車

4. 電車

5. 船

6. 飛行機

(*) たまには予約も必要。。。。混んでると乗れないこともあるなあ。。。

IPパケットの転送

- 東大からコロンビア大へ -

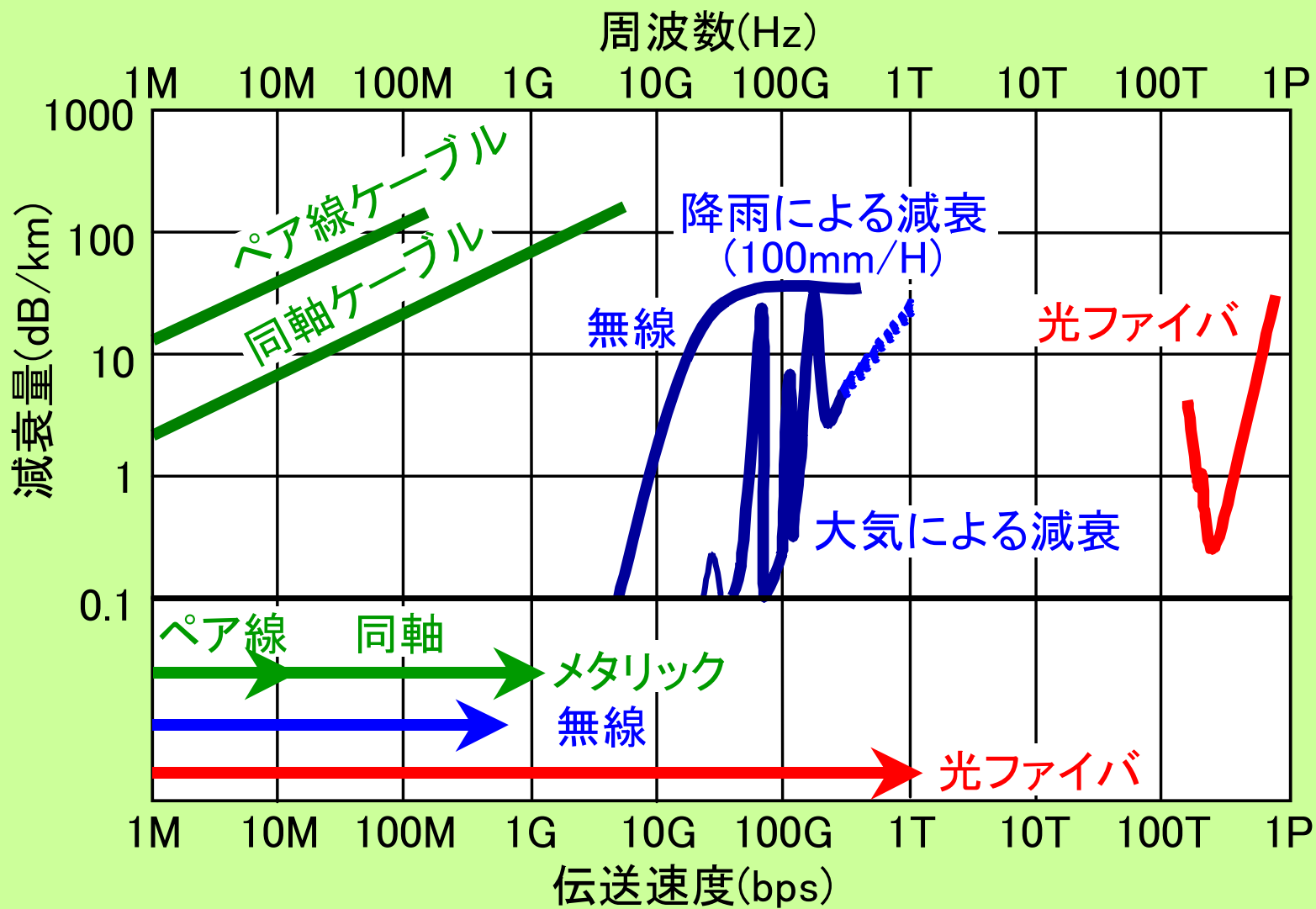
物理層もいろいろあるねえ。。。。

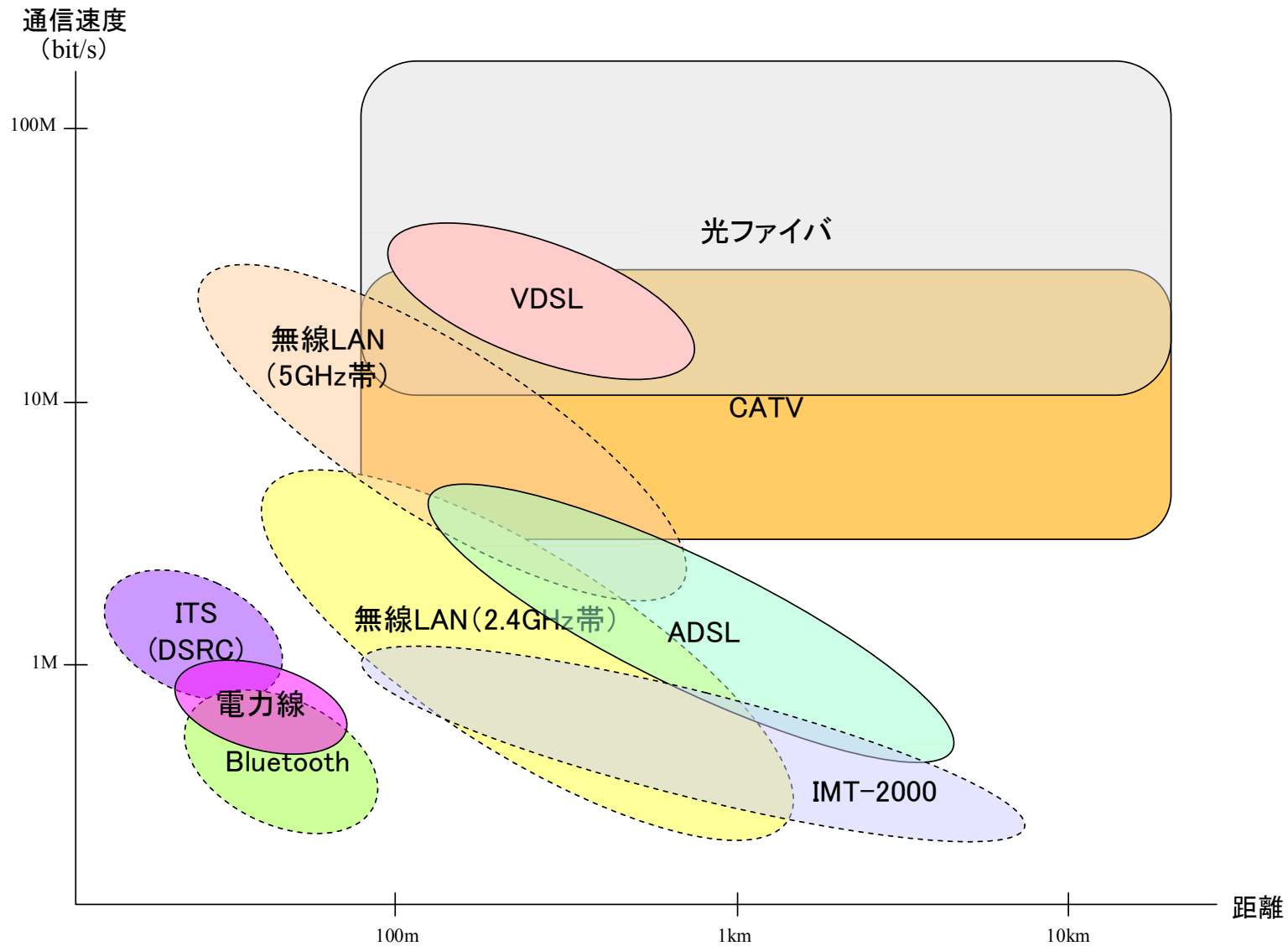
1. 道路：砂利道、ぬかるみ、舗装路
交通事故
2. 空：高度と経路で値段違うのよねえ。。。墜落
3. 電車：乗り心地、、、
列車事故(遅延、行けなくなる)
4. 海：天候次第でえらい違い
台風に巻き込まれると遭難、、、

乗り物のモデルだと

- 人移動 = インターネットレイヤ
 - 人 = IPパケット
- 乗り物の移動 = データリンクレイヤ
 - 乗り物 = フレーム/セグメント
 - 乗り方 = MAC(Media Access Control)
- 乗り物が移動する基盤 = 物理レイヤ

物理伝送媒体

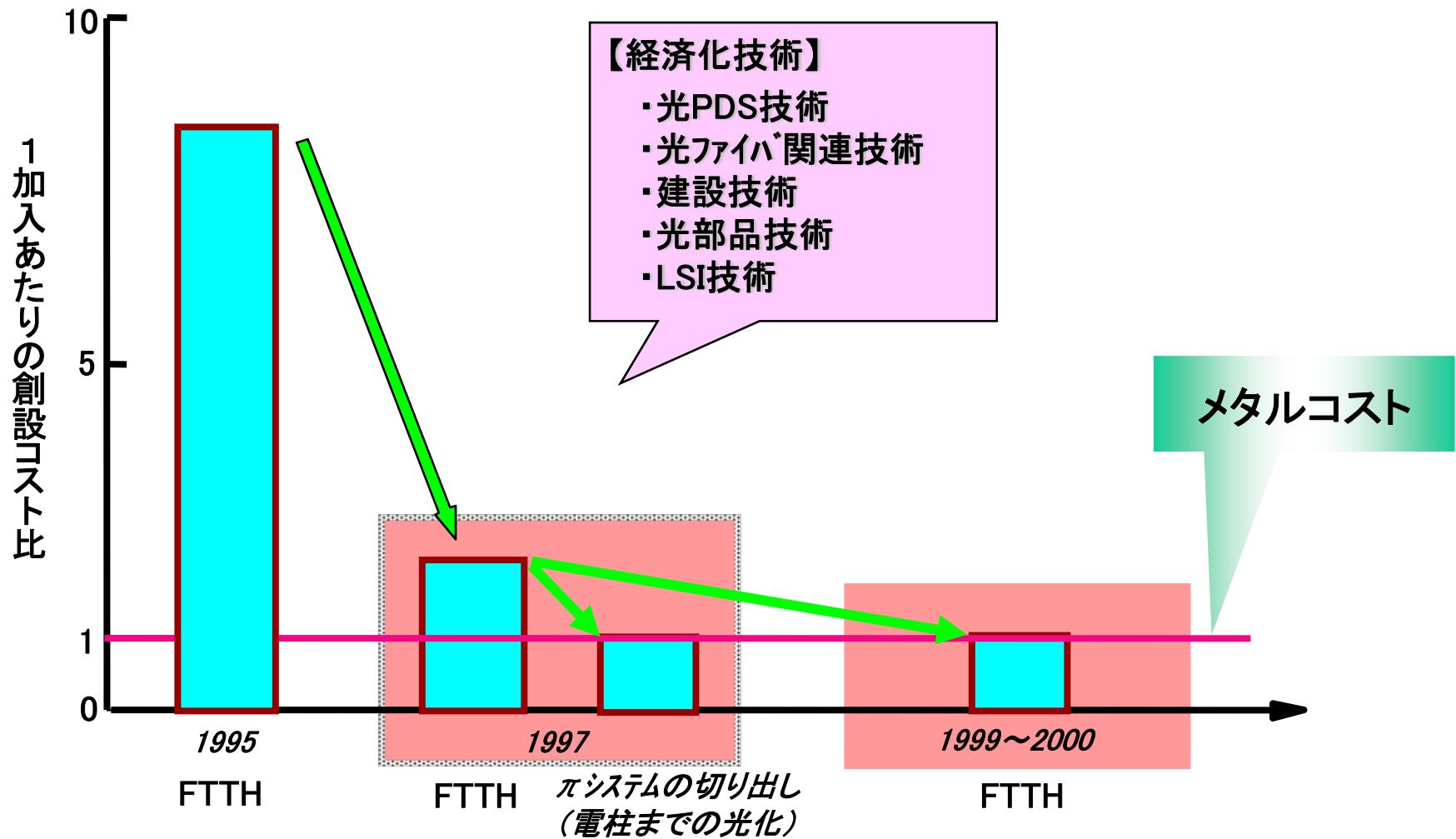




Optical Networking at Double Moore's Law

- Moore's Law says that computer speed=2x every 18 months, and the cost = 50%
- John Roth, president and chief executive officer, says that Nortel Networks is moving at twice the speed of Moore's Law, doubling the capacity of its fiber-optic systems and halving the cost *every nine months*.
- Networks: 3 years=16x capacity, 6% cost
 - Computers: 3 years=4x speed, 25% cost
- Networks: 6 years=256x capacity, >1/2% cost
 - Computers: 6 years=16x speed, 6% cost

FTTHの経済化



信号伝送方式

伝送方式

(1) ベースバンド方式

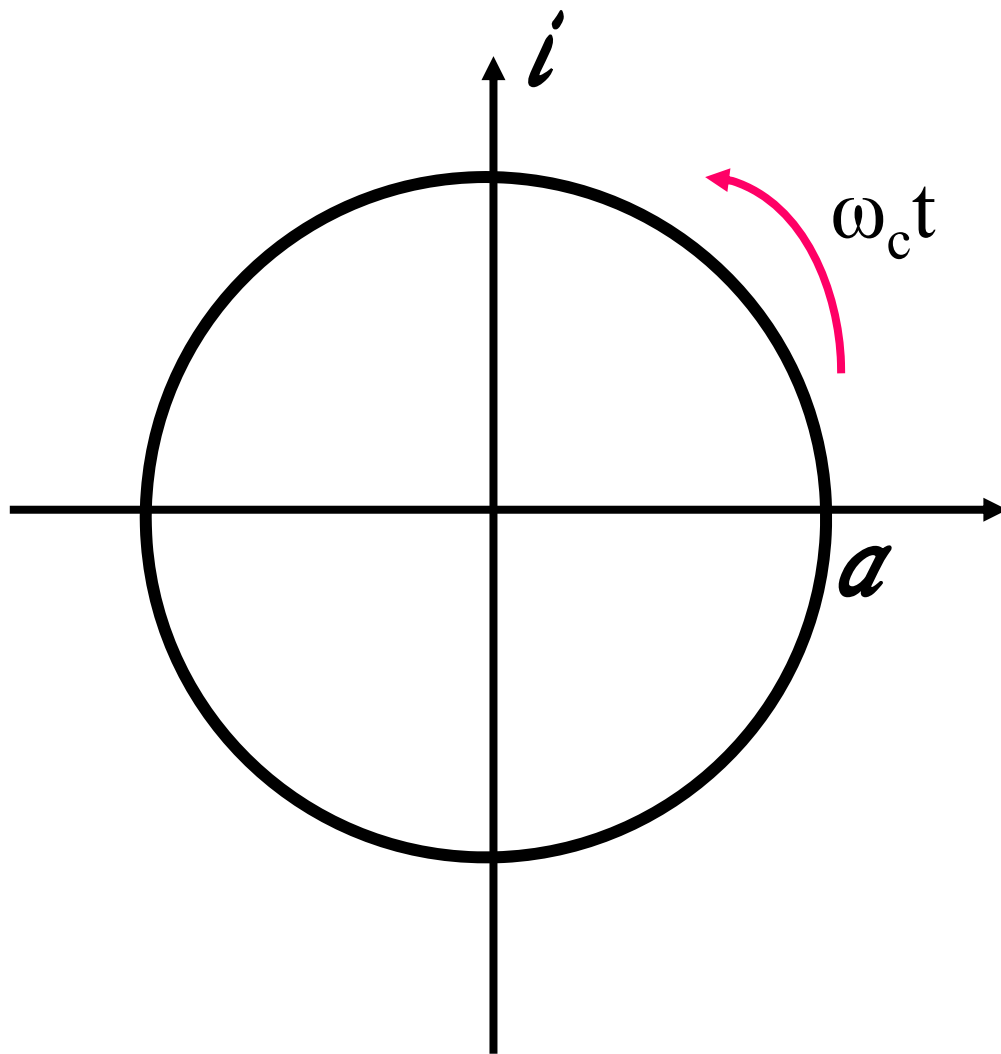
データを電圧パルスの情報に符号化して転送

(2) 帯域(変調)方式

ある周波数の正弦波(搬送波)を、伝送したい
データを用いて変化させる(変調)方式。

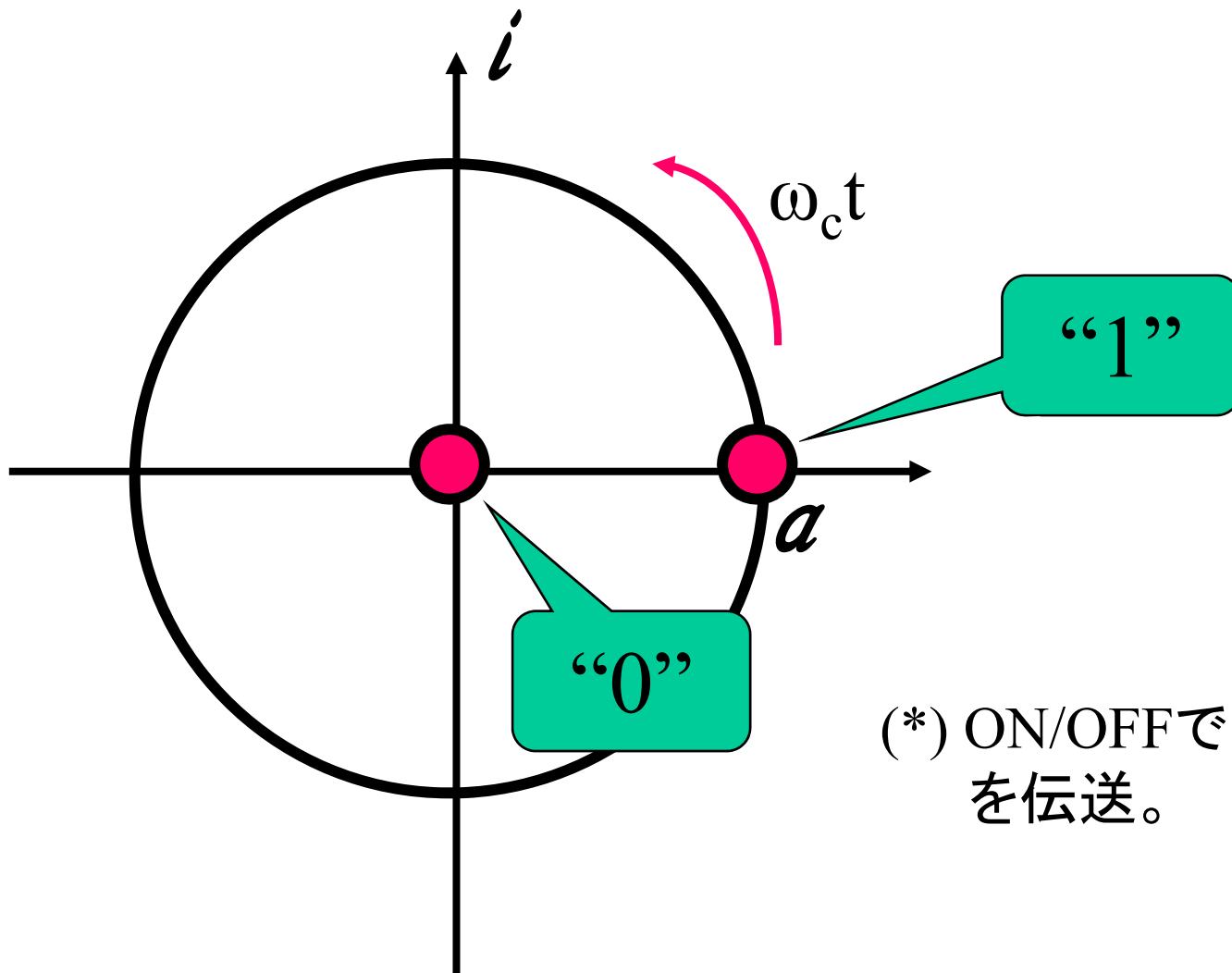
- 搬送波の振幅を変調 : ASK (Amplitude Shift Keying)
- 搬送波の位相を変調 : PSK (Phase Shift Keying)
- PSK + ASK : QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

複素空間で考えると。

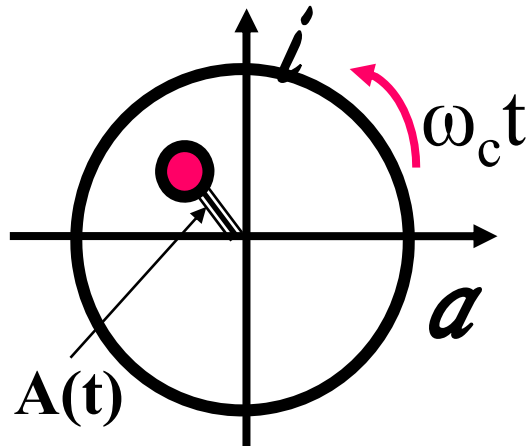


$$S_c(t) = a \sin(\omega_c t)$$

複素空間で考えると。



(*) ON/OFFで、“0”と“1”
を送る。



$A(t) = a \sin(\omega_c t)$ の正弦波を変調伝送すると

$$\begin{aligned} S_o(t) &= A(t) \sin(\omega_c t) \\ &= a \sin(\omega_0 t) \cdot \sin(\omega_c t) \\ &= a \{ \cos(\omega_0 + \omega_c) t - \cos(\omega_0 - \omega_c) t \} \end{aligned}$$

搬送波:

$$S_c(t) = a \sin(\omega_c t)$$



$\omega_0 + \omega_c$ と $\omega_0 - \omega_c$ の周波数

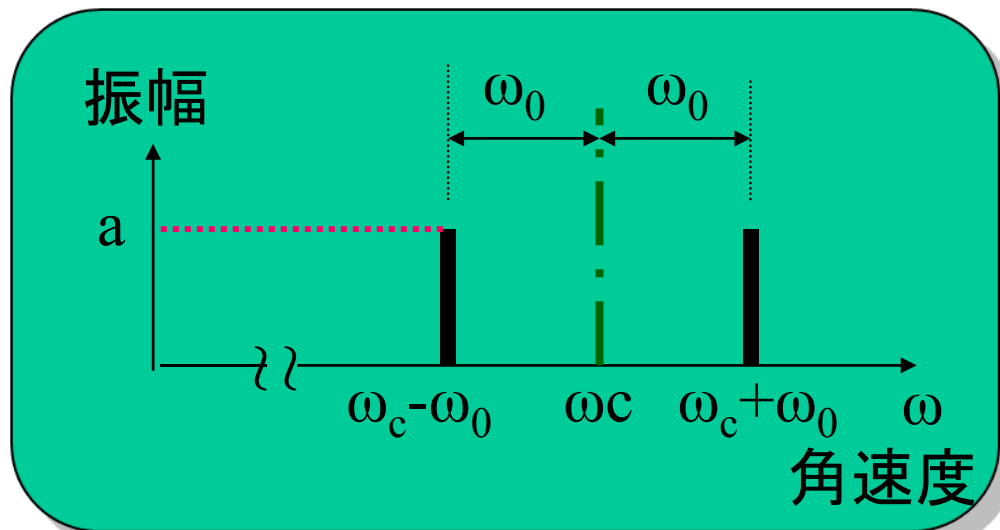
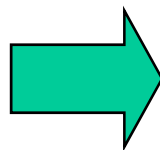
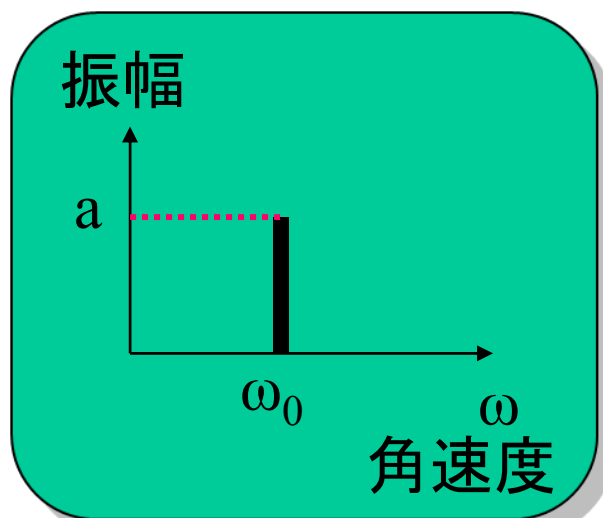
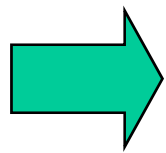
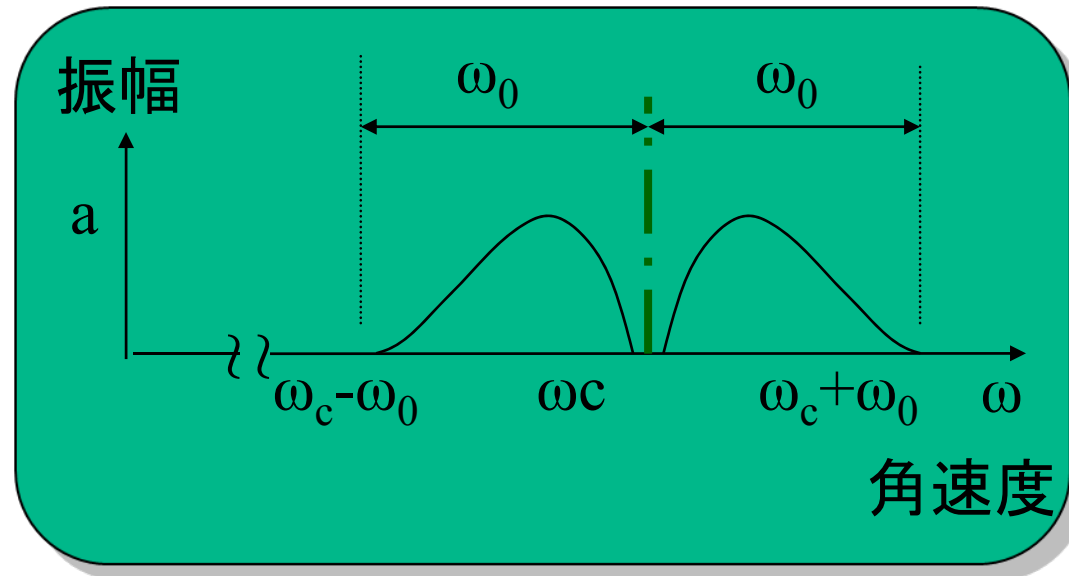
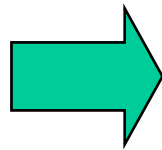
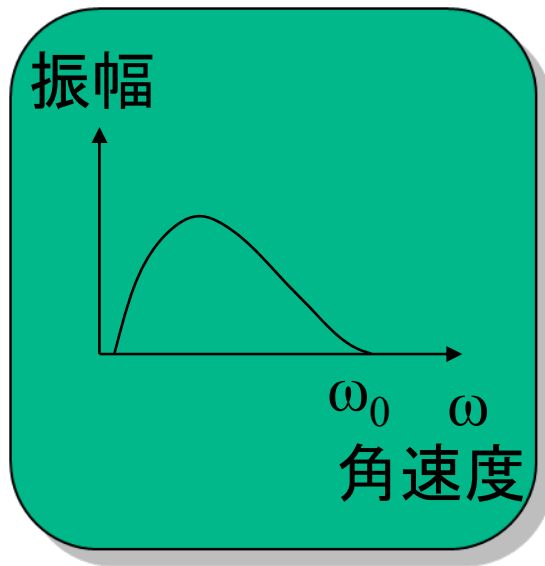


図6-1. 振幅変調方式(アナログ正弦波の伝送例)

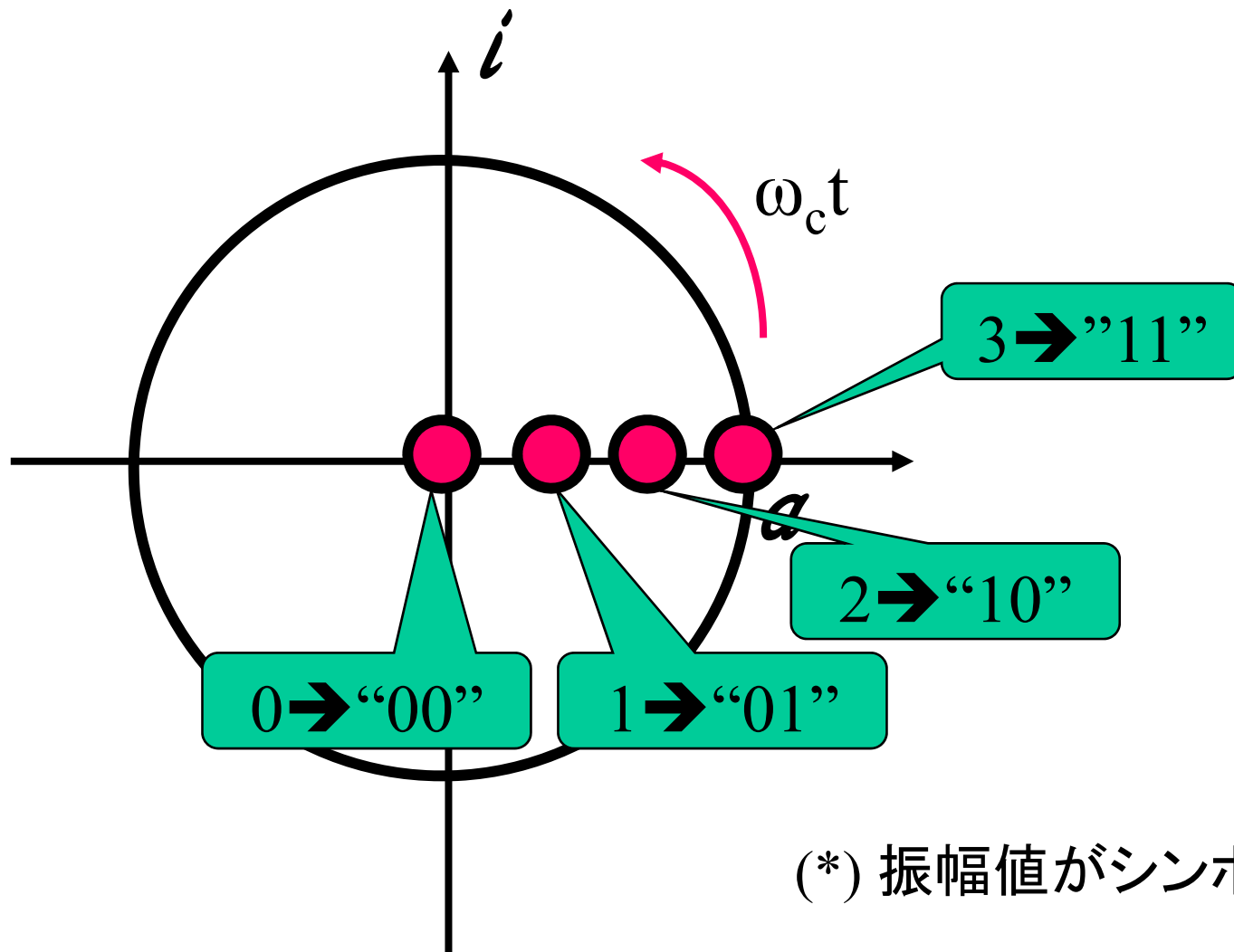
$$\begin{aligned}
 S_c(t) &= A(t) \sin(\omega_c t) \quad \cdot \cdot \quad \{ \text{if } A(t) = a \sin \omega_o t \} \\
 &= a \sin(\omega_o t) \cdot \sin(\omega_c t) \\
 &= a \{ \cos(\omega_o + \omega_c) t - \cos(\omega_o - \omega_c) t \}
 \end{aligned}$$



$\omega_o + \omega_c$ と $\omega_o - \omega_c$ の周波数

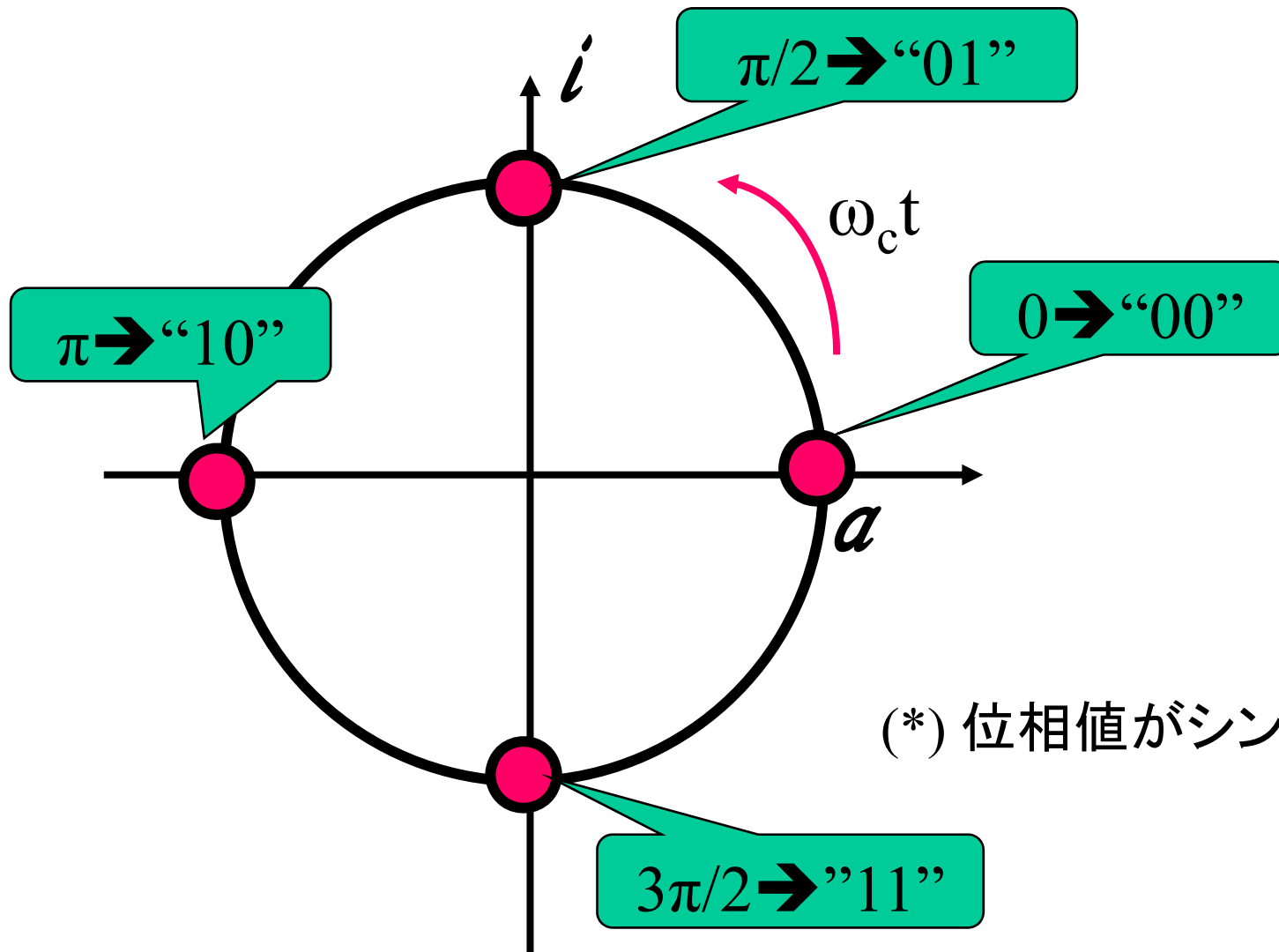


複素空間で考えると。



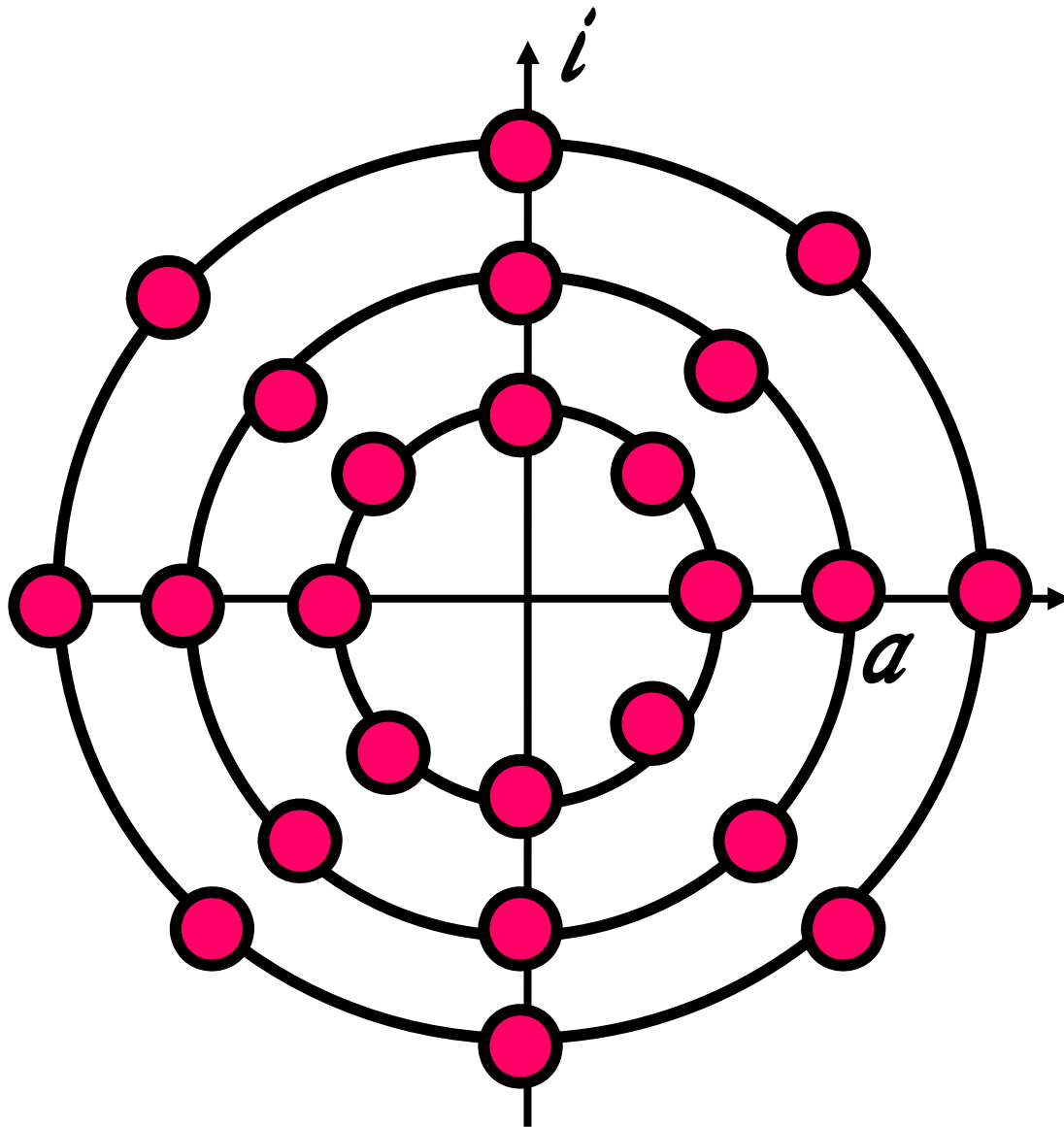
(*) 振幅値がシンボルに対応

複素空間で考えると。

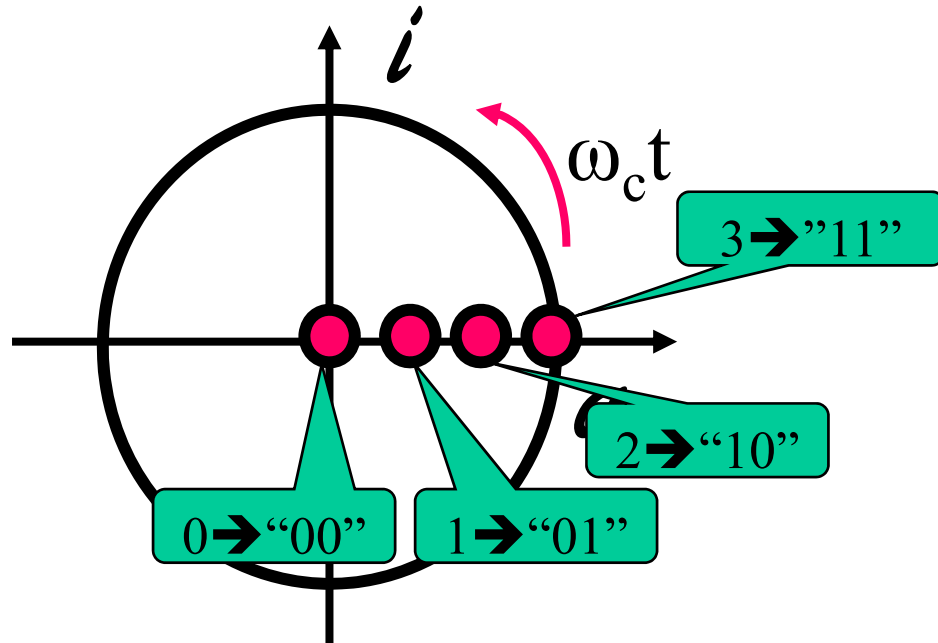


(*) 位相値がシンボルに対応

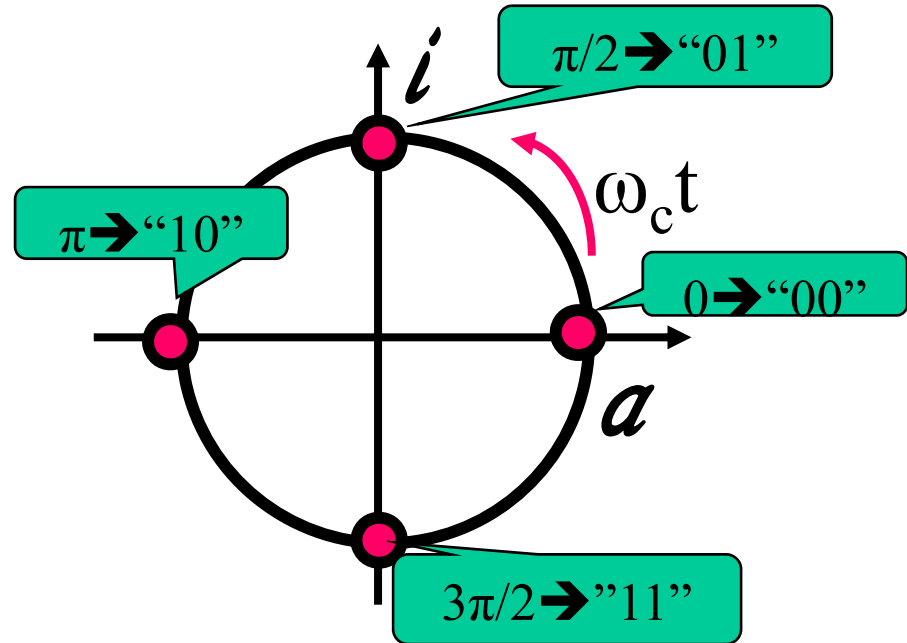
複素空間で考えると。



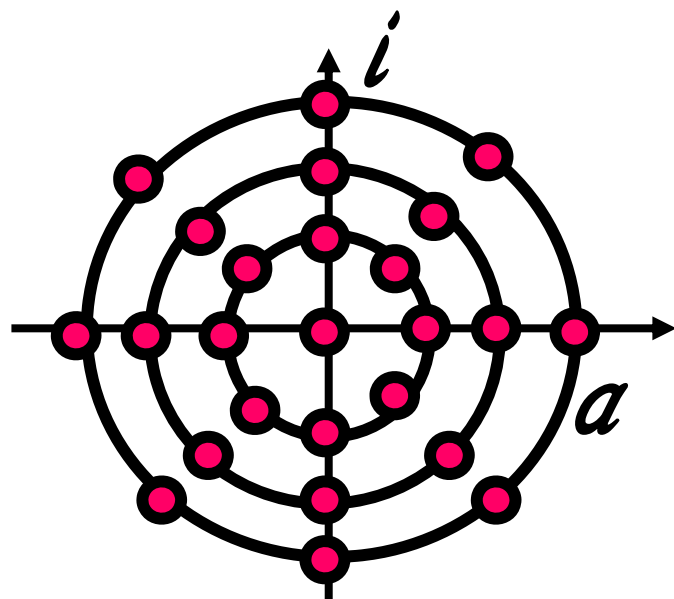
(*) 位相値×振幅値が
シンボルに対応



(a) 振幅値がシンボルに対応



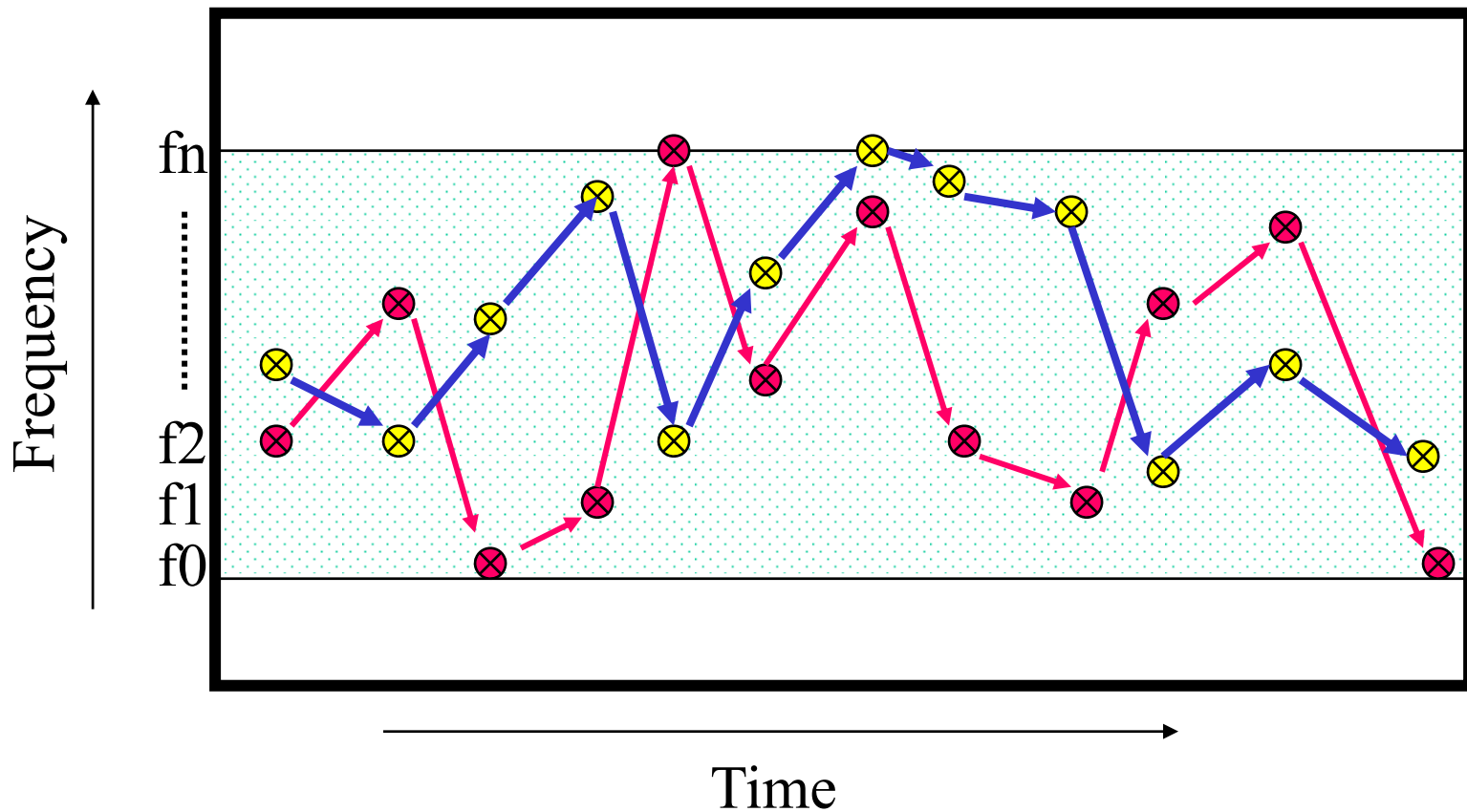
(b) 位相値がシンボルに対応



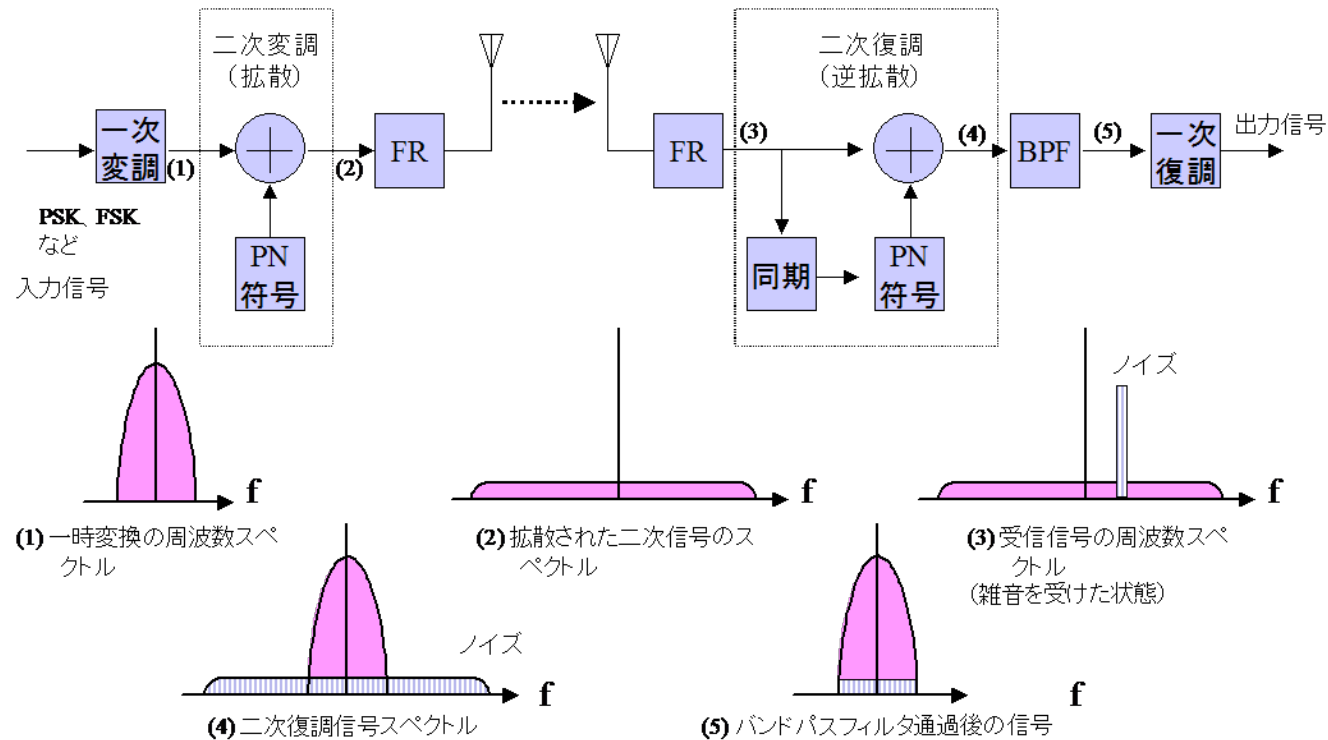
(c) 位相値×振幅値がシンボルに対応

図6-4. モデム伝送 (振幅×位相)

IEEE802.11 FHSS方式



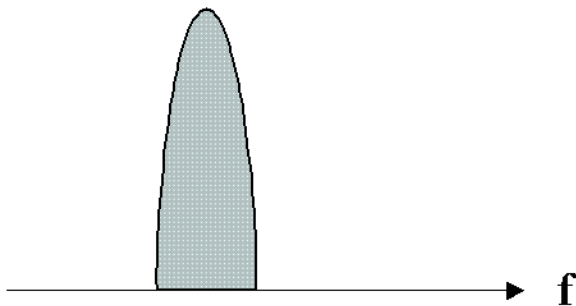
DS-SS方式の概要



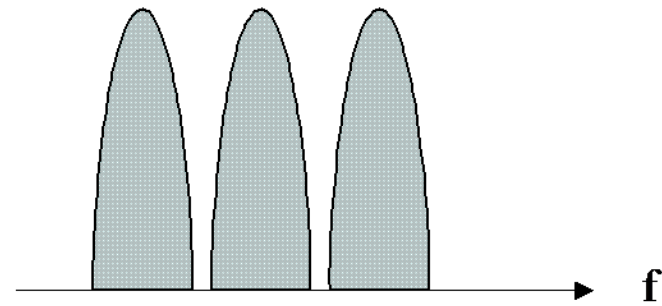
PSK: Phase Shift Keying
FSK: Frequency Shift Keying

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

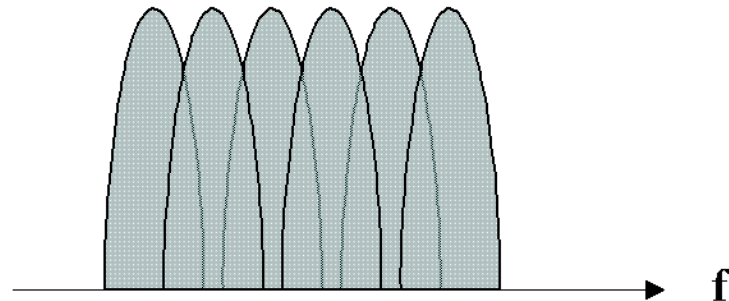
方式の概要



単一キャリア



FDM (Frequency Division Multiplexing)



OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)

同期方式

(1) ビット同期

ビット単位での同期を確立する。

(2) ブロック同期

キャラクターなどの伝送単位での同期を確立する。

(a) Synchronous 転送

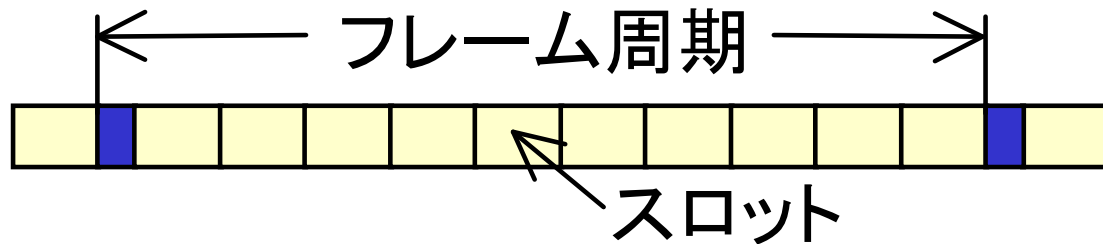
送受信が、同一のクロック(同期したクロック)を持つ

(b) Asynchronous 同期

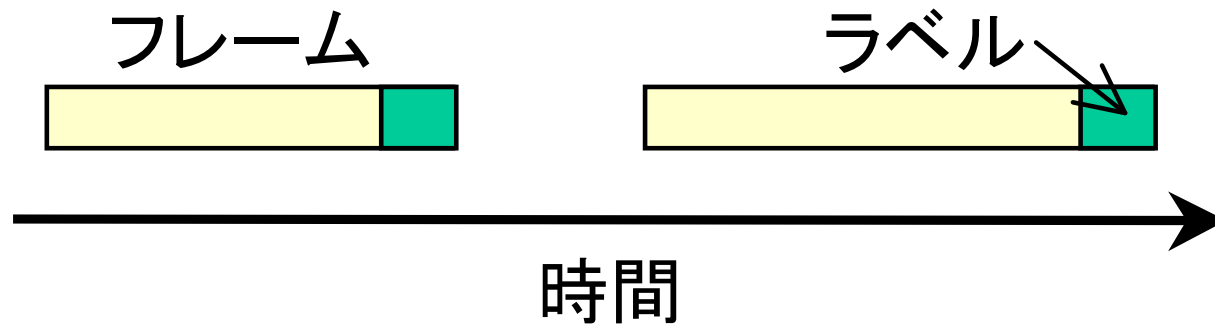
送受信は、独立クロックを持たない。

多重化方式

(a)同期形多重方式



(b)フレーム多重方式



(1) 時分割多重方式

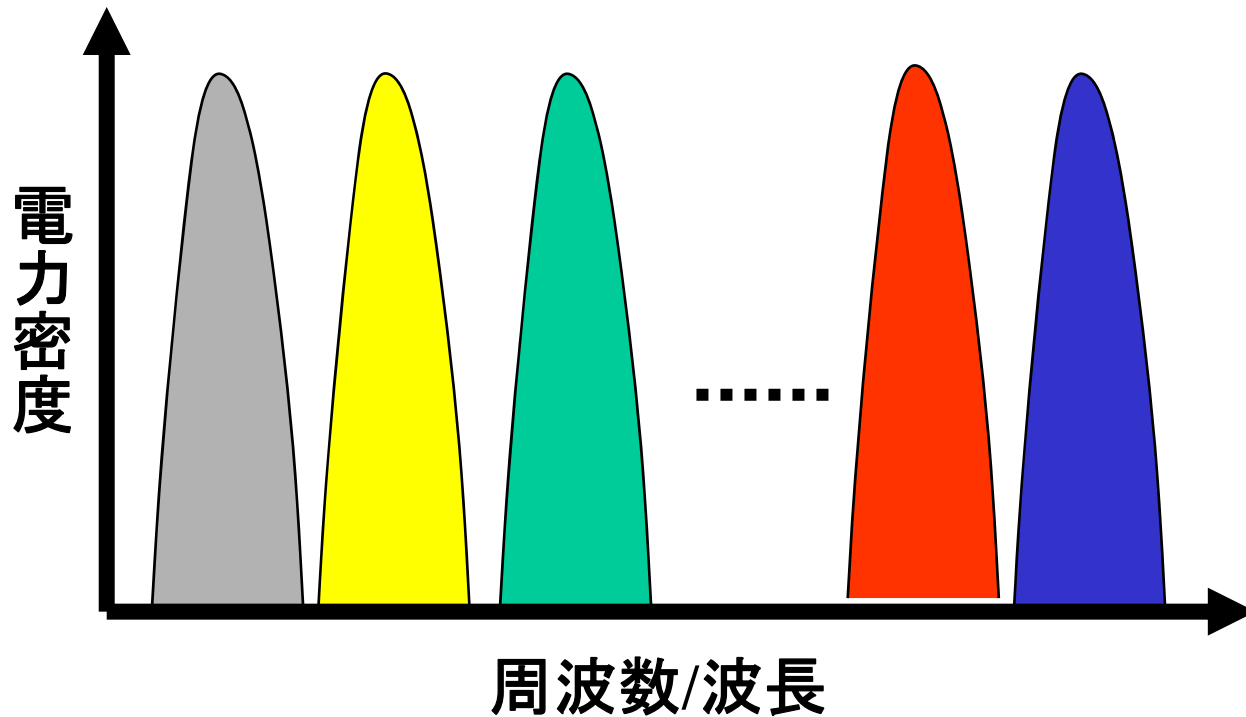


図6-6. 周波数/波長多重

(FDM; Frequency Division Multiplexing)

(WDM; Wave Length Division Multiplexing)

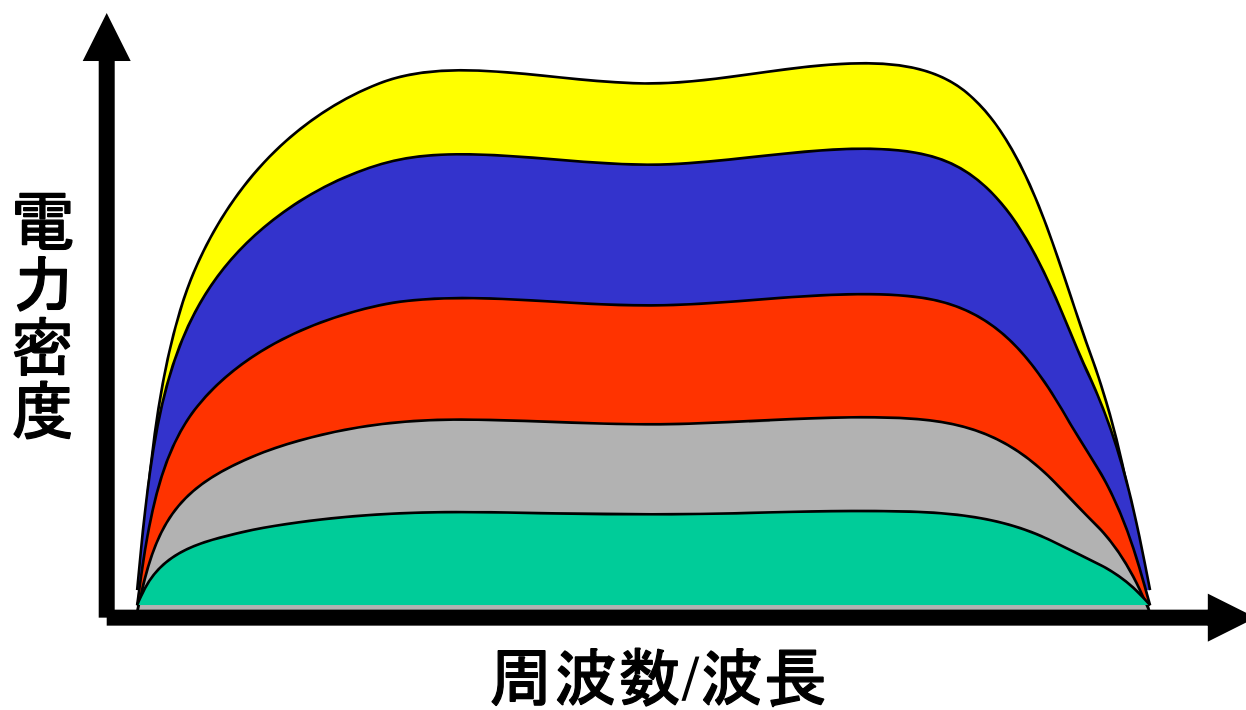


図6-7. 符号多重(CDM: Code Division Multiplexing)

メディアアクセス制御方式

- 固定スロット割り当て方式
- コンテンション方式
 - CSMA/CD : Carrier Sense Multiple Access with Contention Detection
- トークン方式

データリンクの形態

- P2P Link (Point-to-Point Link)
 - デジタル専用線、糸電話
- NBMA(Non Broadcast Multiple Access)
 - 電話リンク
- BMA(Broadcast Multiple Access)
 - イーサネット、FDDI

誤り訂正方式

- ARQ (Automatic Repeat reQuest)
 - 再送による誤り回復
 - CRC(Cyclic Redundancy Check)による判定
- FEC (Forward Error Correction)
 - ハミング距離(シンボル間の距離)が大きいほど訂正能力が大きい

有線系データリンク

データリンク終端装置

- DSU ; Digital Subscriber/Service Unit
- ONU ; Optical Network Unit
- TA ; Terminal Adapter

データ中継装置

- リピータ：信号の増幅のみを行う
- ブリッジ；リンクフレームの単純なリレー
 - IEEE802 スパニングツリー
- ルータ；IPパケットの転送
- ゲートウェイ；TCPヘッダ以上の情報で転送
- スイッチ；ポートからポートへの転送

データリンクの種類(1)

- LANリンク
 - Ethernet / IEEE802.3
 - トークンバス (IEEE802.4)
 - トークンリング (IEEE802.5 by IBM)
 - FDDI (by ANSI)
 - ファイバチャネル (by ANSI)
 - HSSI (by Cisco)
 - IEEE1394 (i.e., i-Link、Firewire)
 - USB
 - BlueTooth

データリンクの種類(2)

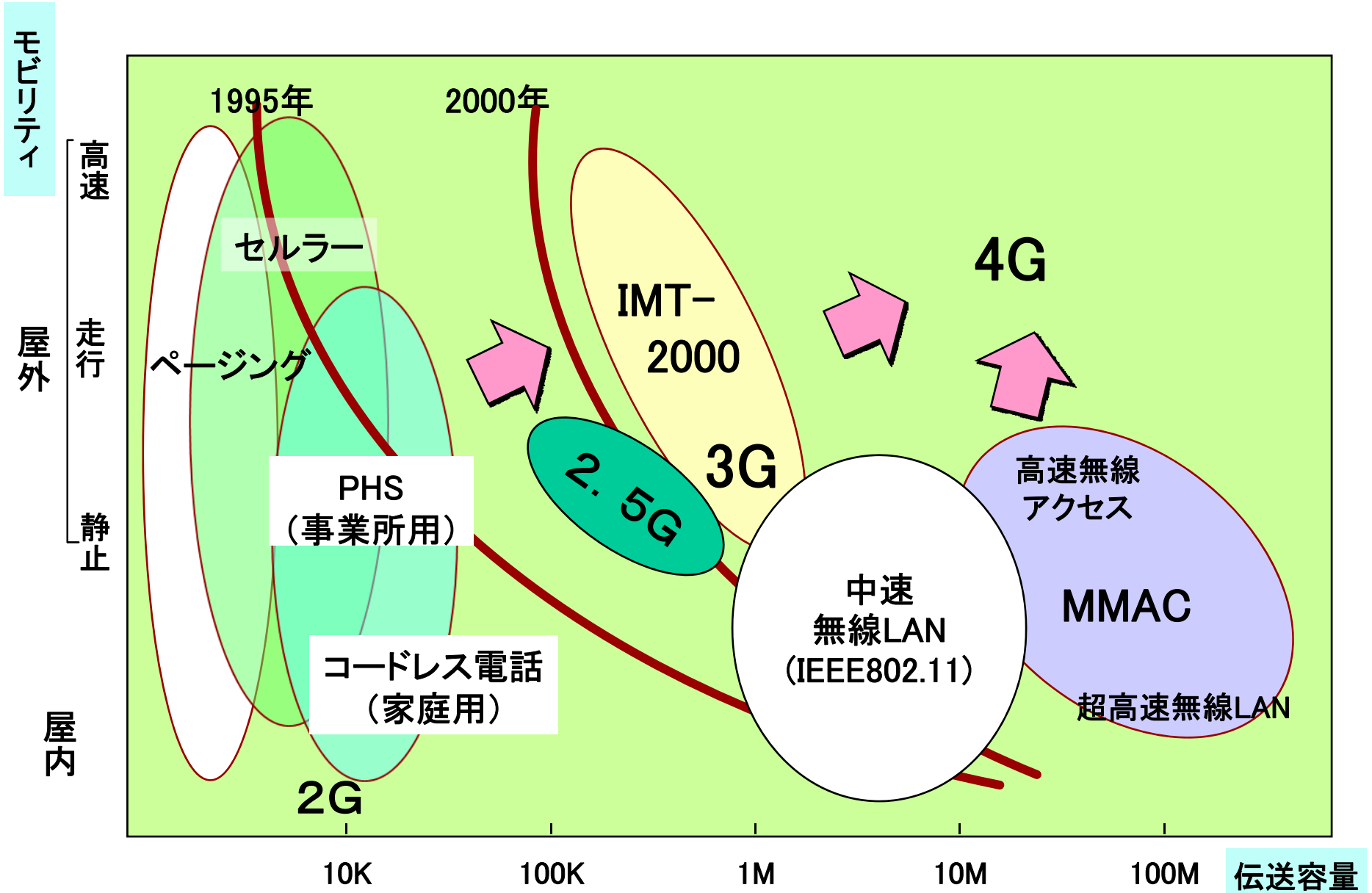
- MAN/WANリンク
 - ISDN
 - Ethernet
 - xDSL
 - DOCSIS(Data over Cable Service Interface Specification)
 - SDH/SONET
 - Frame Relay
 - ATM

xDSL

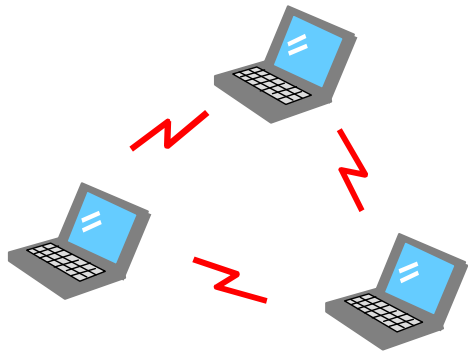
	ADSL	ADSL Lite	HDSL	IDSL	VDSL	SDSL
	Asymmetric [G.dmt (G.992.1)]	ADSL Lite [G.lite (G.992.2)]	High-Bit- Rate	ISDN	Very High- Bit-Rate	Symmetric
日本語	非対称DSL	ADSLの低 速版	高速DSL	ISDN DSL	超高速DSL	対称型 DSL
対称/ 非対称	非対称	非対称	対称	対称	A: 非対称 S: 対称	対称
伝送 速度	下り: 最大8M 上り: 最大640k	下り: 最大1.5M 上り: 最大512k	下り: 1.5/2M 上り: 1.5/2M	下り: 128k 上り: 128k	<非対称> 下り: 最大52M 上り: 最大6.4M <対称> 最大 13M/26Mbps	下り: 最大2M 上り: 最大2M
線数	1対	1対	2対	1対	1対	1対

無線系データリンク

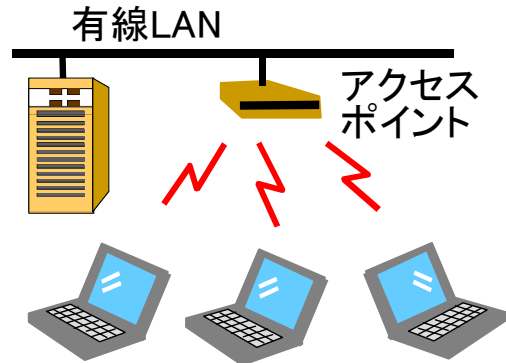
移動体通信の発展方向



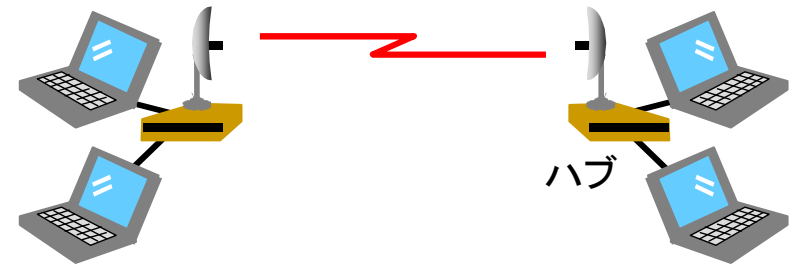
無線LANの動作モード



(a) アドホック・モード



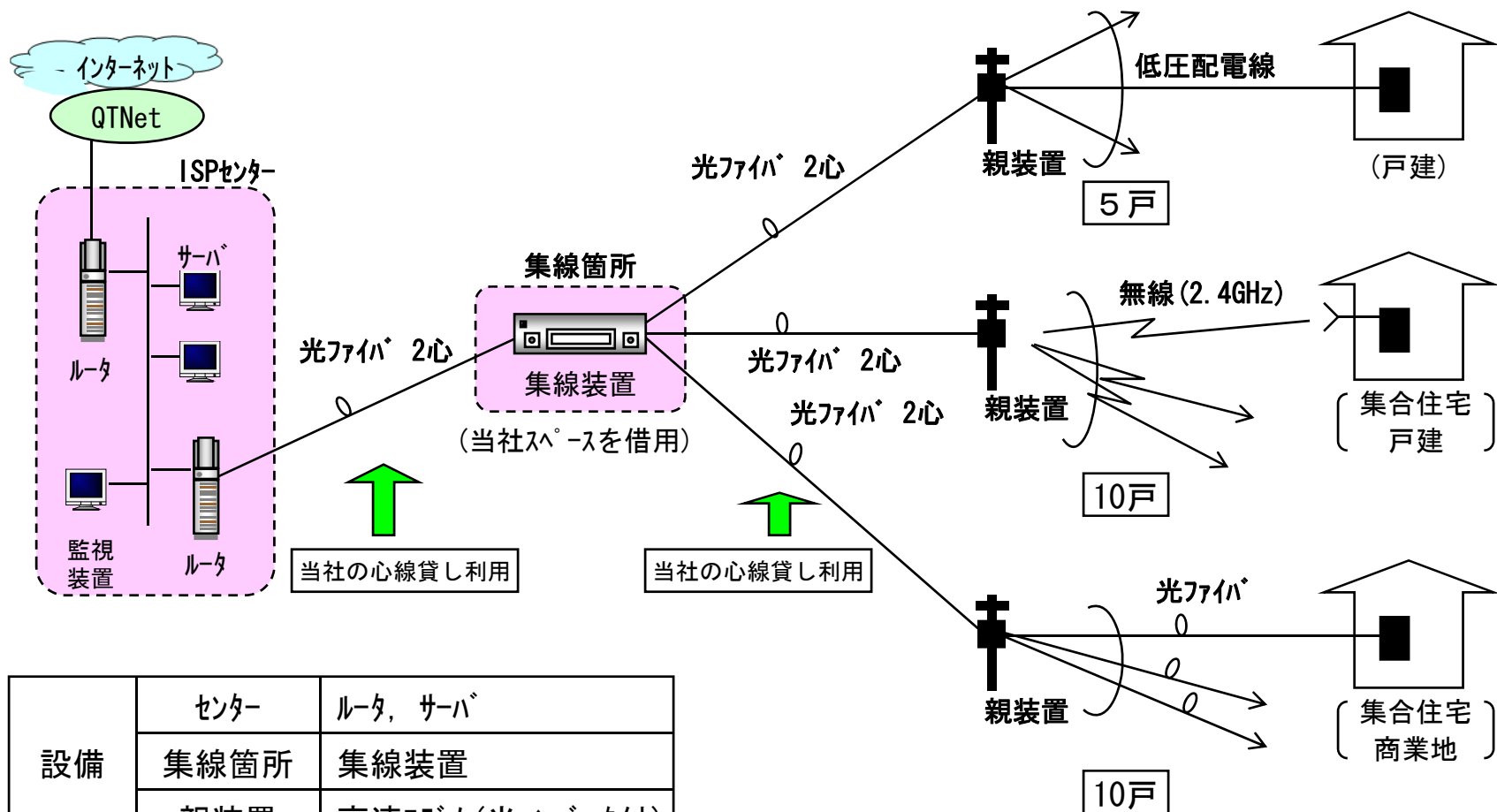
(b) インフラストラクチャ・モード



(c) 対向モード

アクセスネットワーク技術

高速インターネットの事業化モデル



設備	センター	ルータ, サーバ
	集線箇所	集線装置
	親装置	高速モデム(光コンバータ付)
費用	センター上位系	高速回線
	センター下位系	光ファイバ 心線使用料
その他	お客さま宅	高速モデム(リース)

- ・ 低圧配電線：戸建
- ・ 無線：戸建，集合住宅
- ・ 光ファイバ：集合住宅，商業地

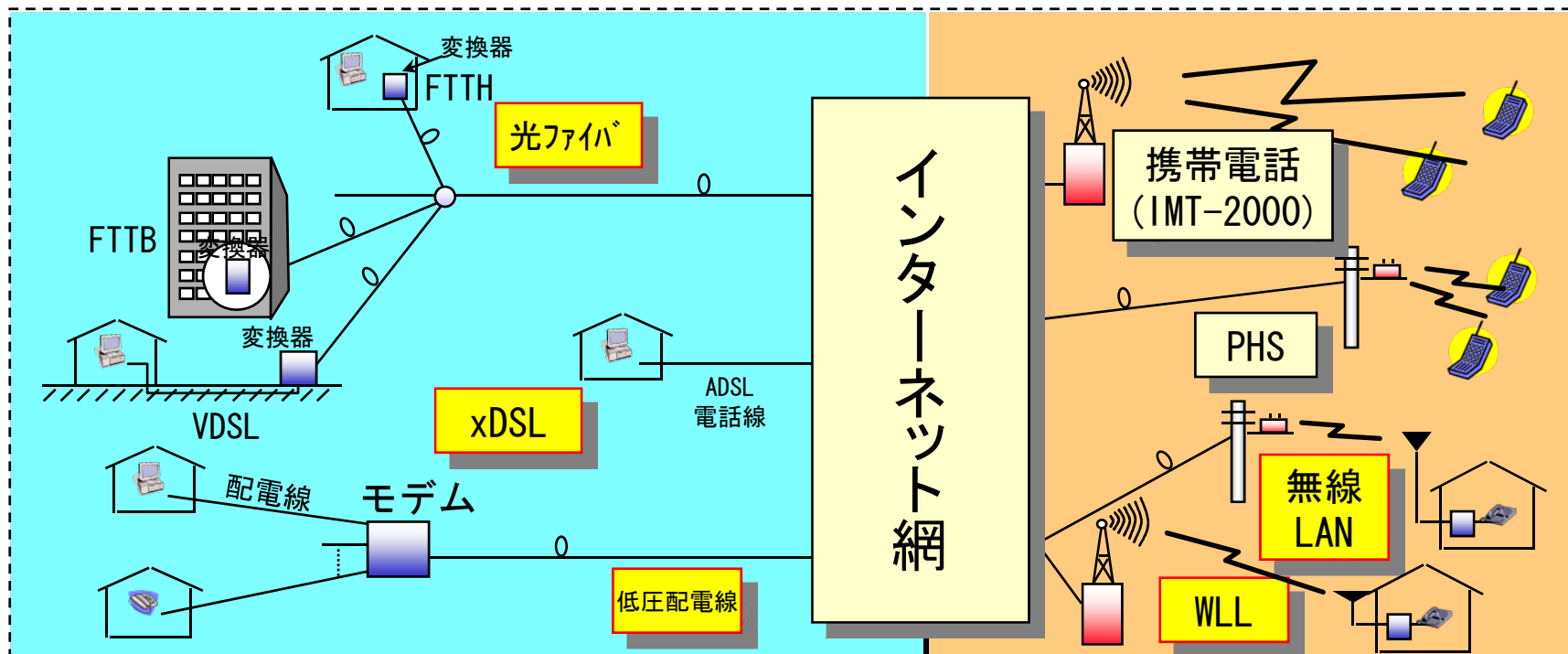
アクセス系通信方式(ラストワンマイル)

 高速 (500kb/s以上)

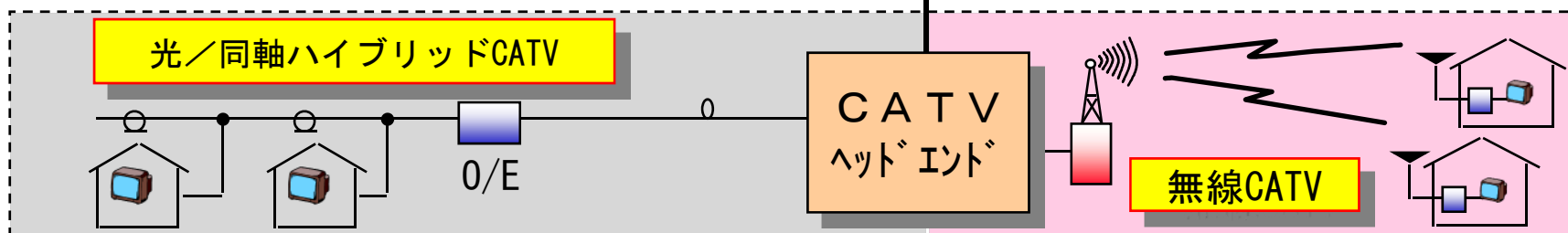
光・有線系

ワイヤレス系

通
信
系



放
送
系

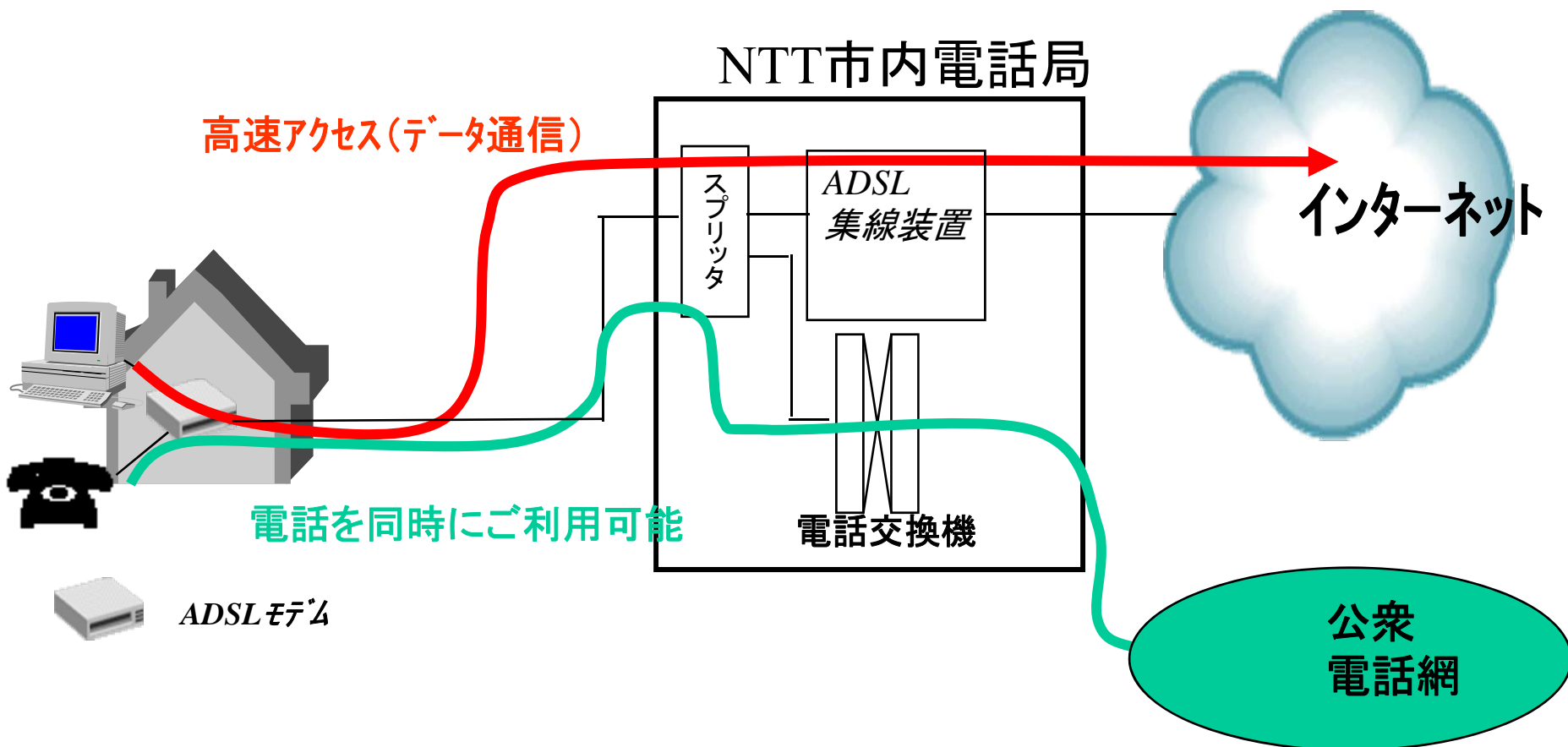


DSL技術

ブロードバンド&常時接続(Broadband & Always-On)

- DSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)

- 既存の電話回線でサービス提供。
- 実効速度：下り512Kbps～1.5Mbps, 上り128Kbps～256Kbps
- ポイントポイントリンク (ケーブルインターネットとの決定的違い)

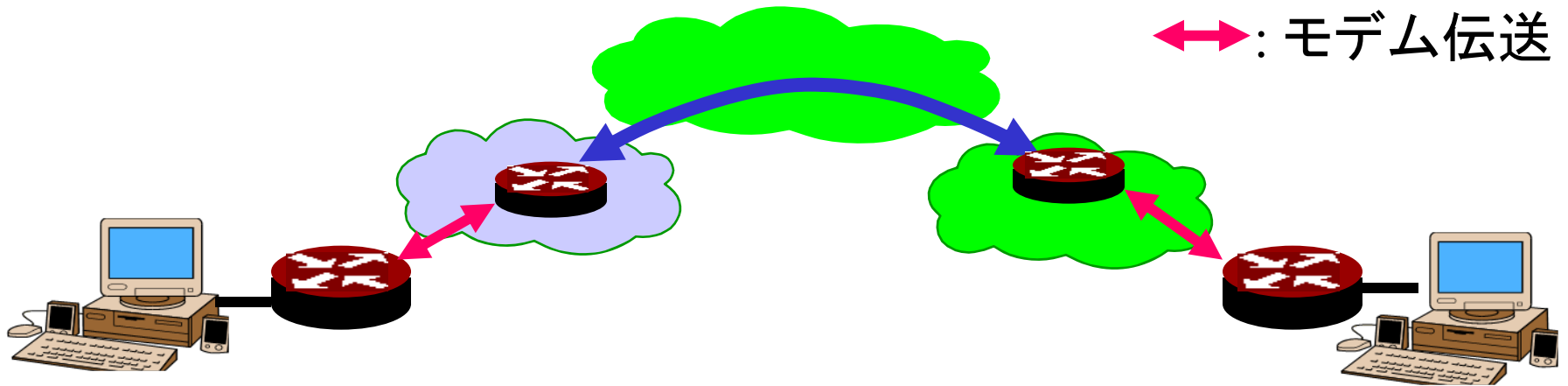


“Digital over Analogue over Digital.....”



＜既存のモデム通信＞

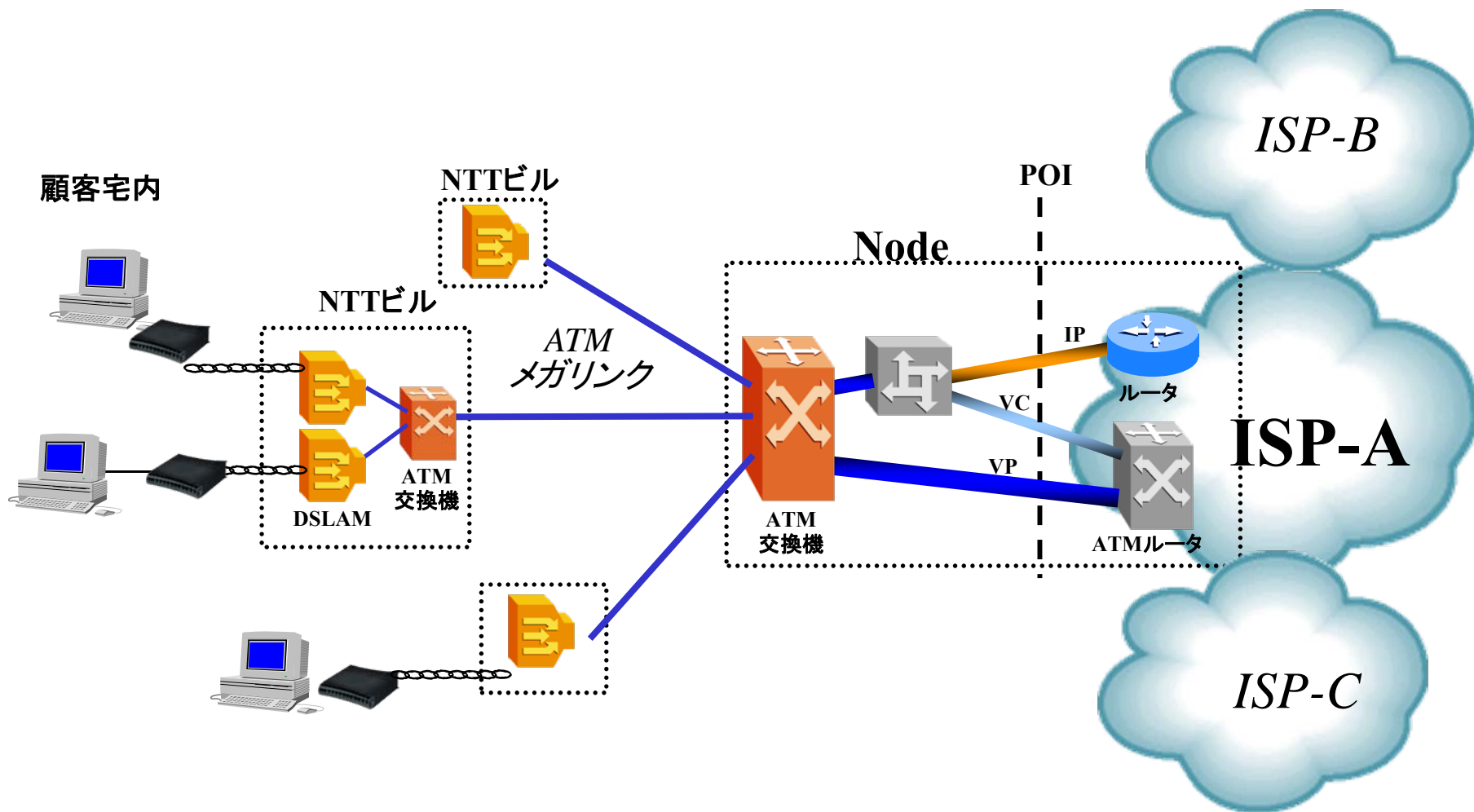
↔ : デジタル伝送
↔ : モデム伝送

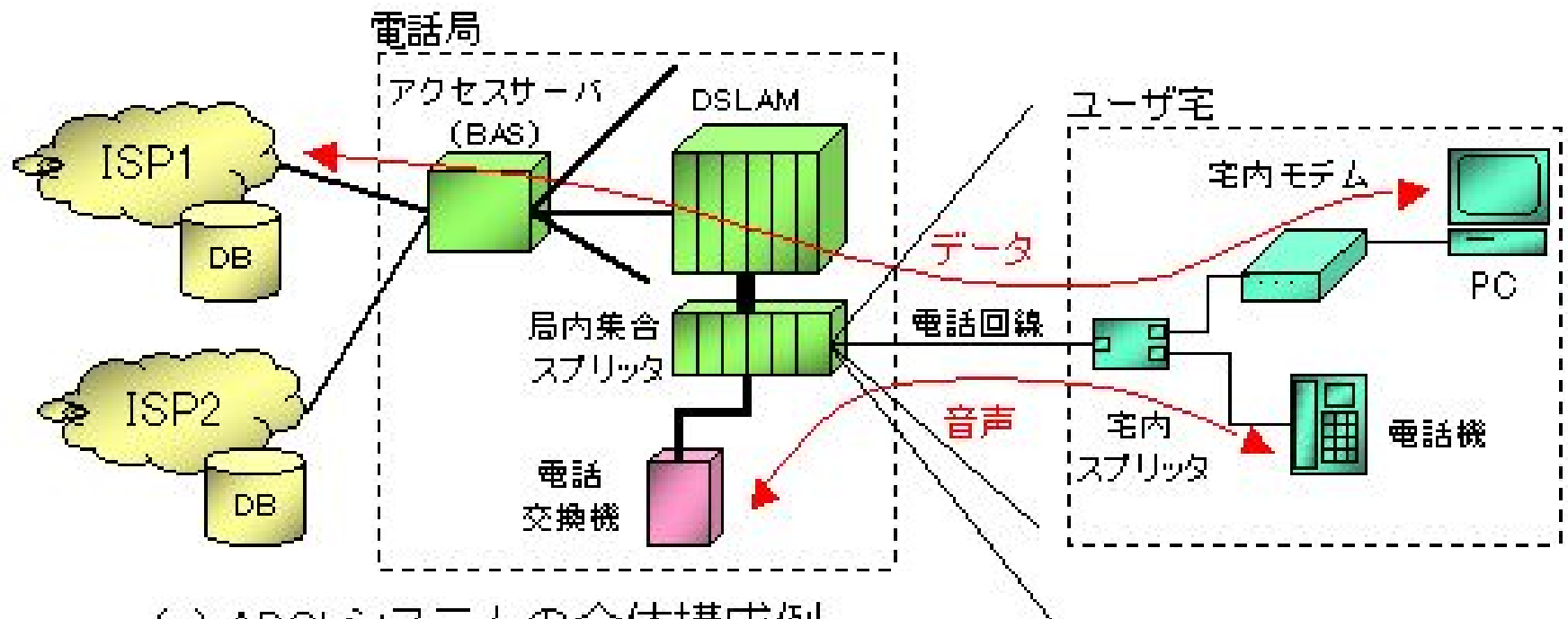


＜xDSLシステムにおけるデータ転送＞

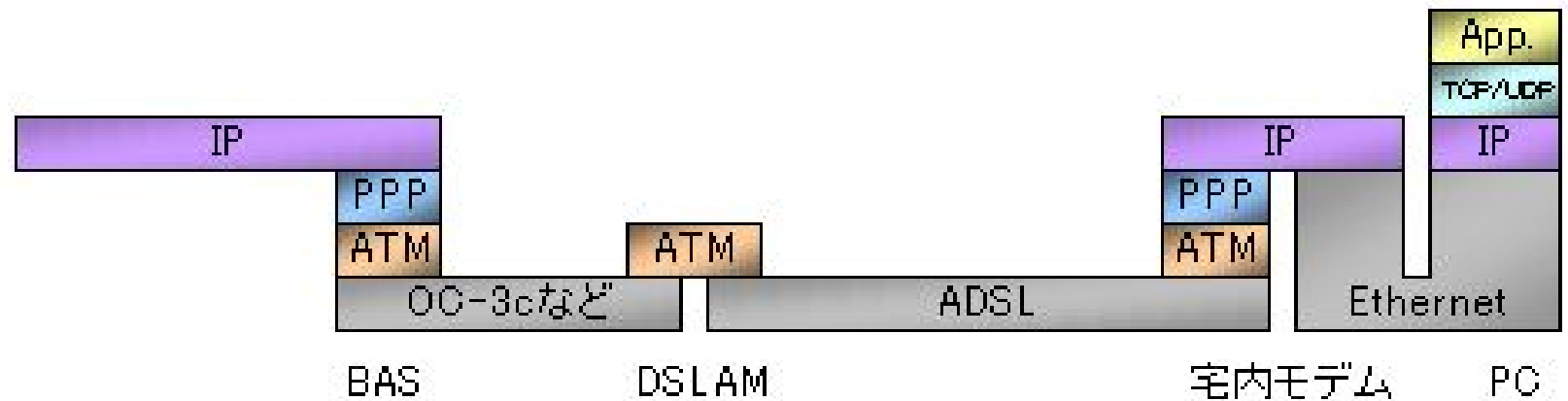
ADSLでのネットワーク構成

ISPへのホールセール(卸売り)モデル





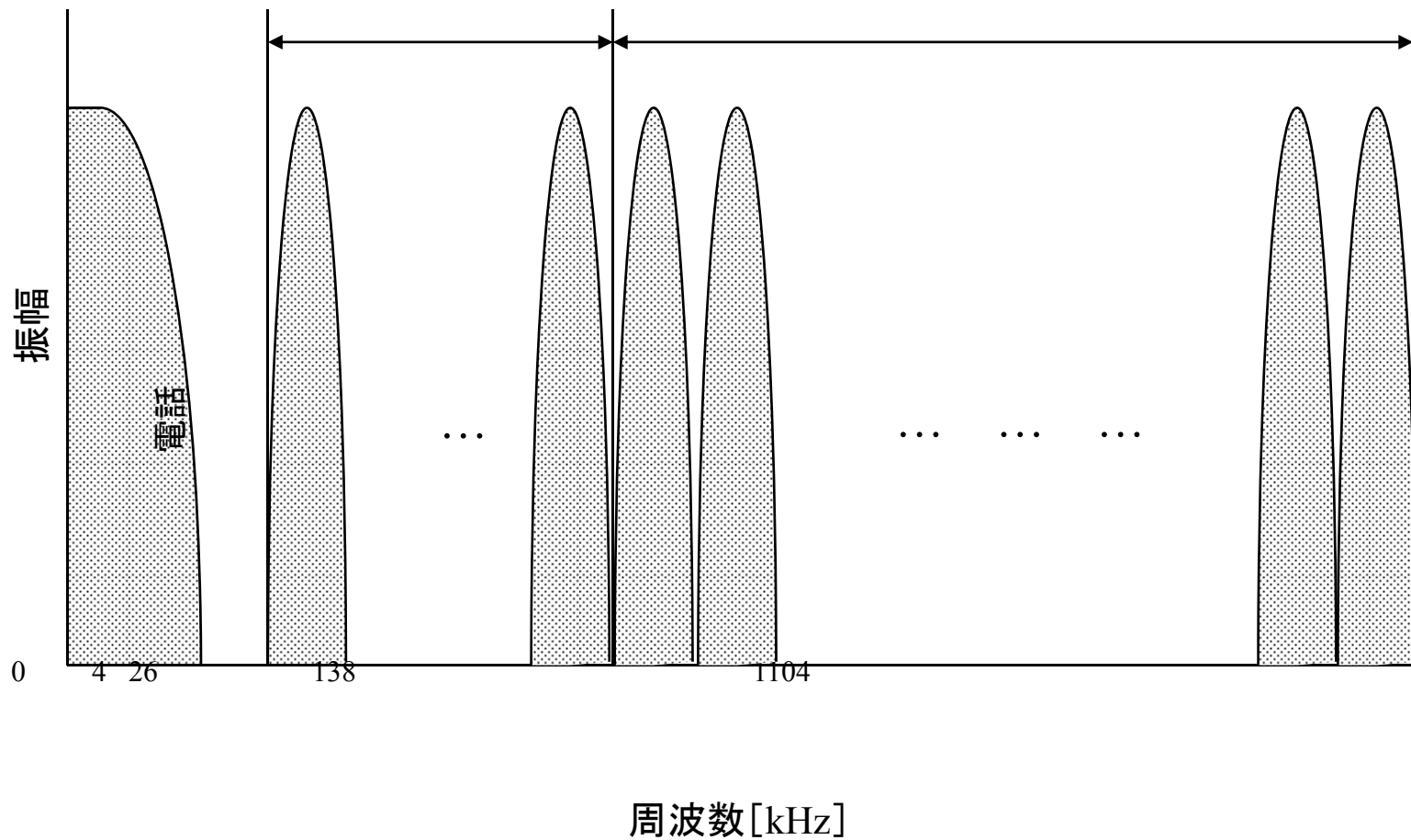
(a) ADSLシステムの全体構成例



(b) プロトコルスタック (宅内モデムがルータタイプの場合)

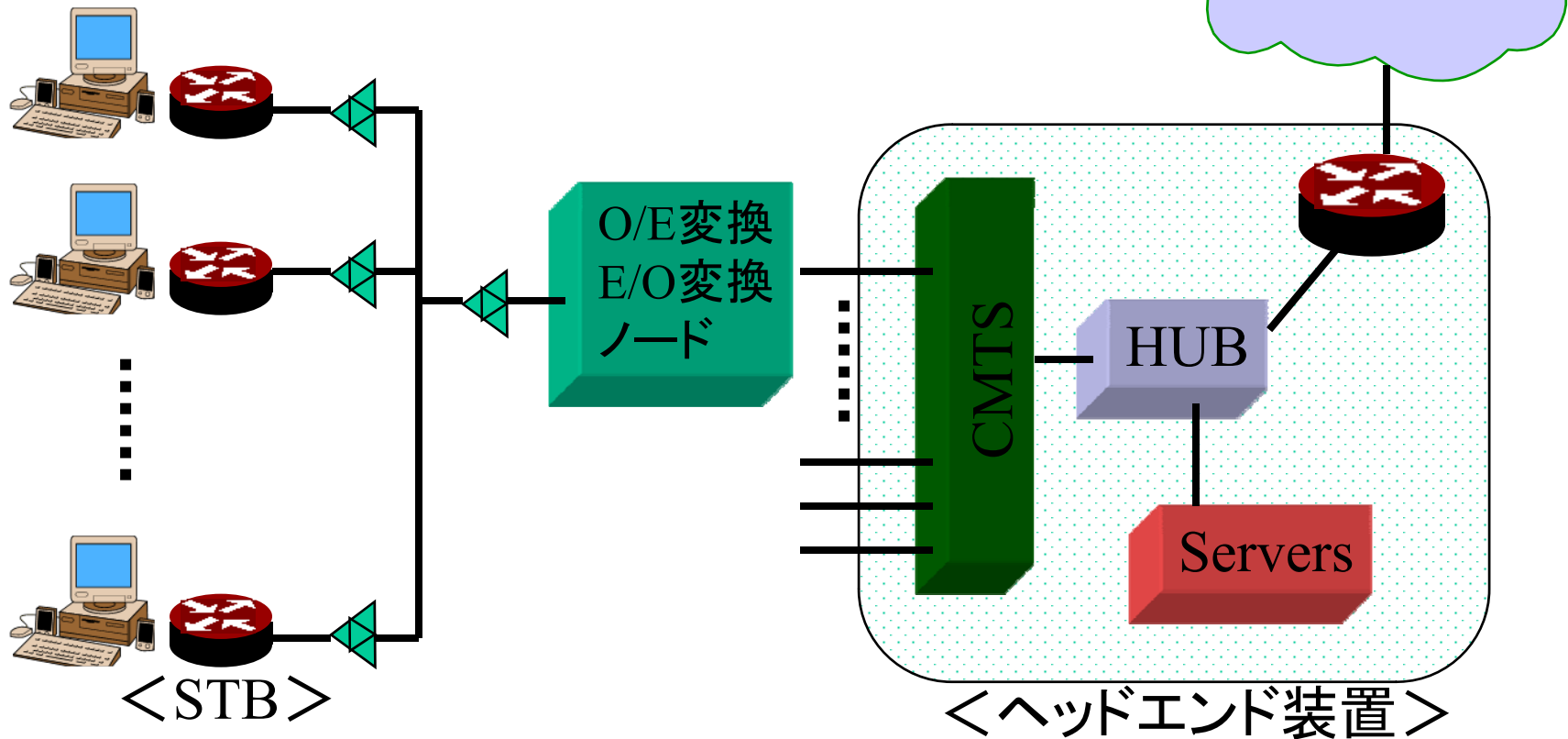
上り信号
32個のキャリア

下り信号
256個のキャリア



ケーブルモデム技術

同軸ケーブル ← | → 光ファイバ



STB: Set Top Box

CMTS: Cable Modem Termination System

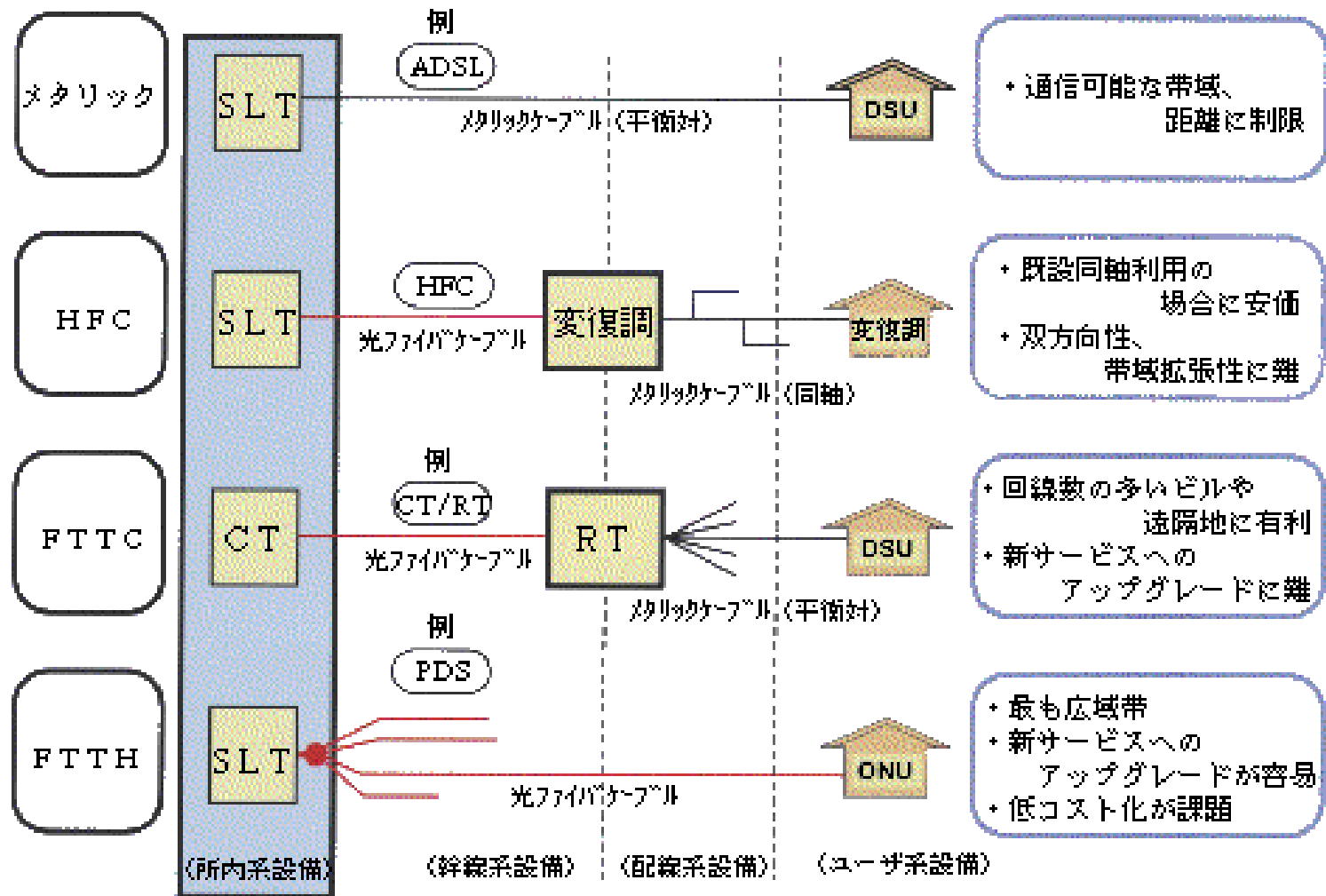
ケーブルモデム技術

• 一般的な周波数割り当て

アナログビデオ, FM	60 ch	54MHz ~ 450MHz
デジタルビデオ	260 ch	450MHz ~ 650MHz
下り方向データ		650MHz ~ 775MHz
上り方向データ		875MHz ~ 1GHz

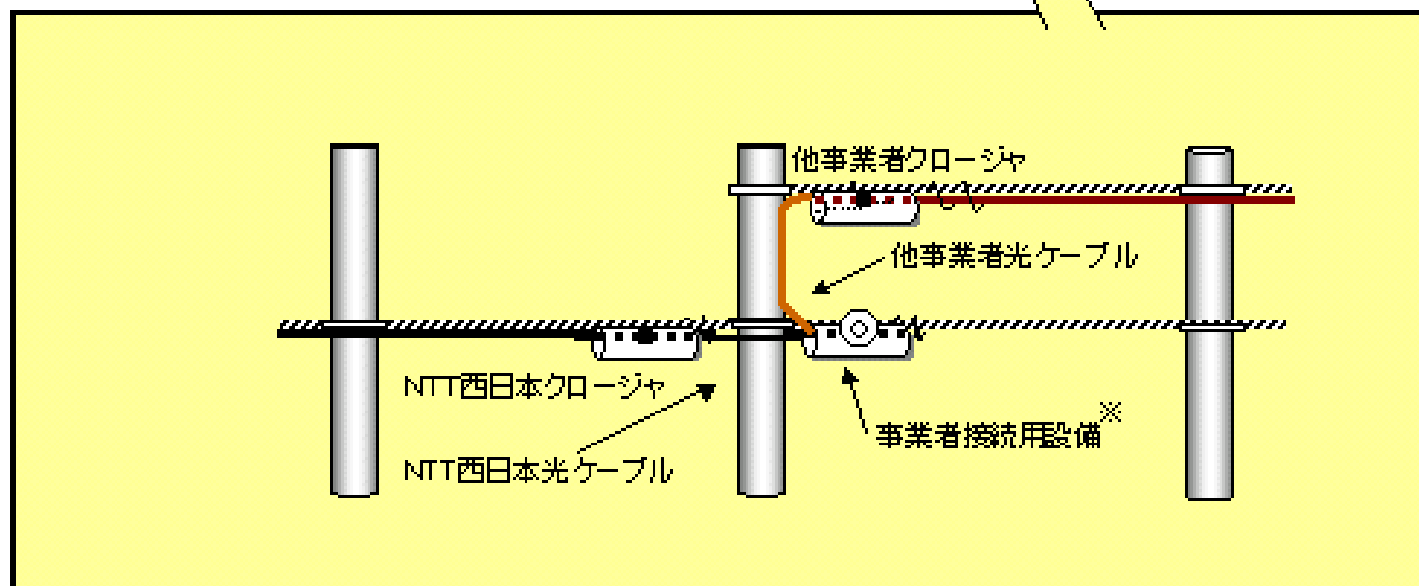
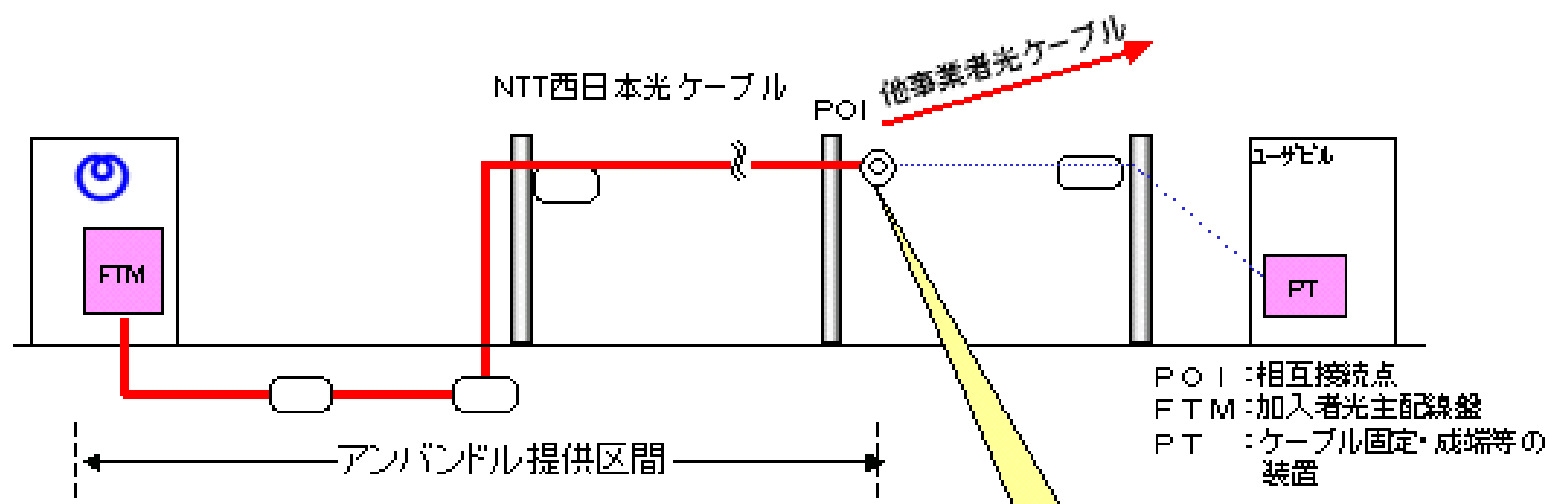
ケーブルモデム

- 標準化組織 from 1995年末
 - MCNS(Multimedia Cable Network System Partners)
- DOCSIS ; 1997年3月(Ver.1.0)
 - Data-Over-Cable Service Interface Specification
 - 上り 最大 10Mbps、下り 最大 42Mbps
 - Approved by SCTE(Society of Cable Telecommunications Engineers, CATV通信技術者協会)
 - J.112 by ITU-T
- DOCSIS Ver.1.1
 - IP Multicast
 - QoS
- MGCP ; Multimedia Gateway Control Protocol
 - 電話網との相互接続



HFC: Hybrid Fiber/Coax
 FTTC: Fiber To The Cabinet/Curb
 FTTH: Fiber To The Home
 CT/RT: Central Terminal/Remote Terminal

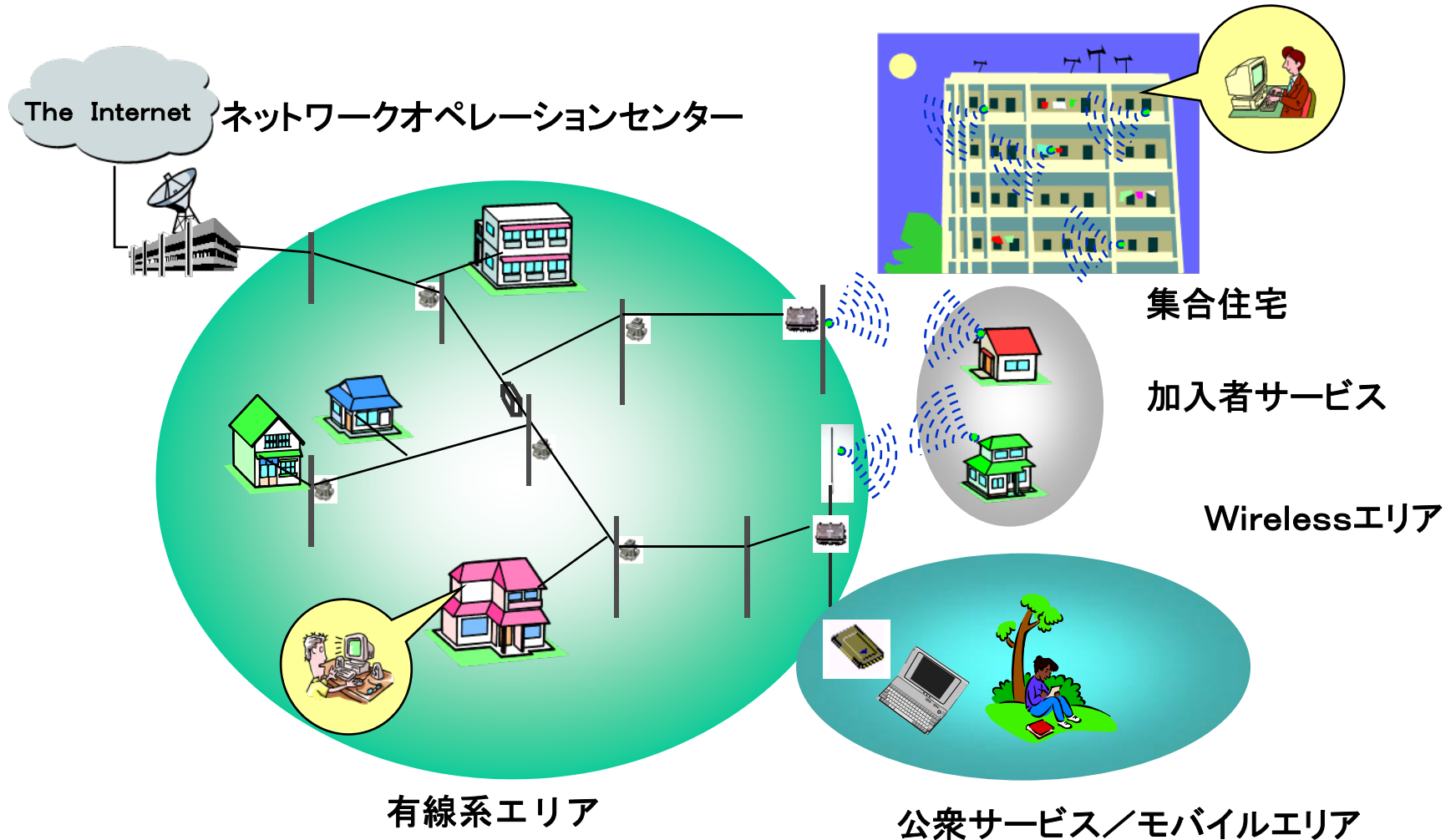
SLT: Subscriber Line Terminal
 PDS: Passive Double Star
 DSU: Digital Service Unit
 ONU: Optical Network Unit



※ 事業者接続用設備の設置形態は、接続場所の個別の外部環境により異なる。

無線アクセス

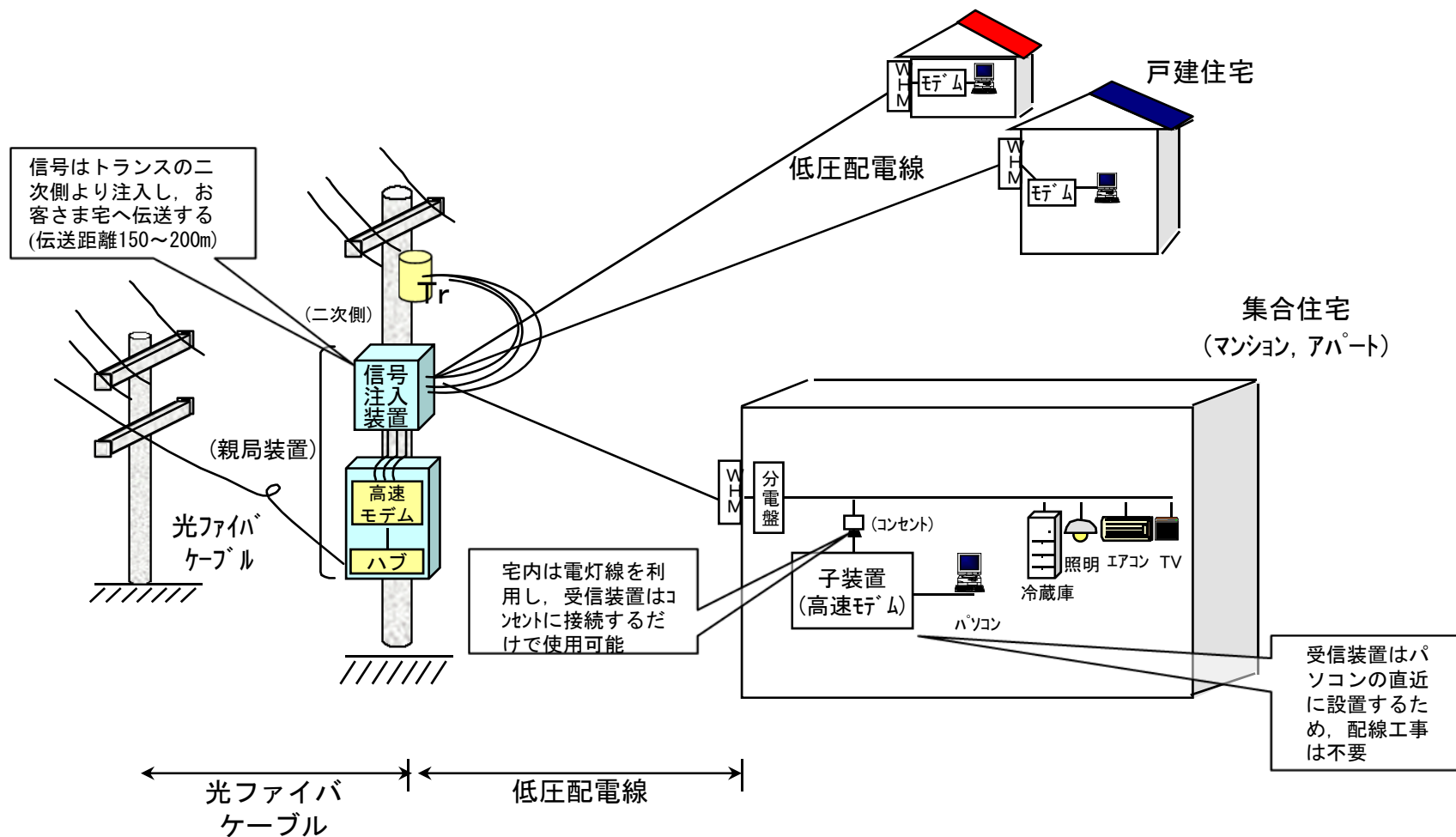
システムイメージ



電力線(低電圧線)アクセス

低圧配電線方式のシステム構成

○子装置をコンセントに差し込むだけでインターネット接続が可能
(宅内配線工事が不要なのが特徴)



低圧配電線方式によるインターネットアクセスイメージ

