



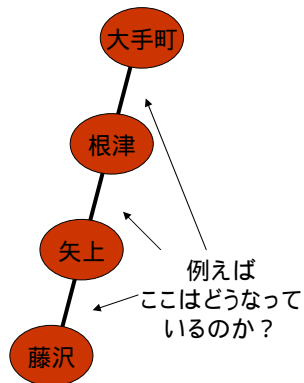
インターネットオペレーション 第2回 伝送技術

慶應義塾大学 環境情報学部
中村 修



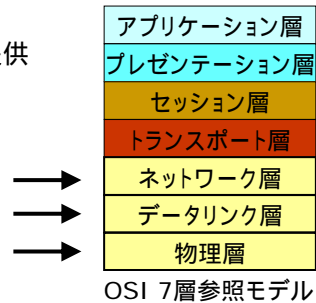
今日のテーマ

- インターネットはネットワークとネットワークの繋がり
- 離れた2点間の接続
 - 家庭からのアクセス網
 - 長距離系の専用線
 - そこで使われる L1, L2 の技術
- これらを利用する際の利点・欠点をインターネットオペレーションという視点で見極める



● ● ● | Layer 3 以下の復習

- Layer 3 - ネットワーク層
 - End to End のホスト間通信を提供
 - IP, IPv6, etc.
- **Layer 2 - データリンク層**
 - 同一ネットワーク上の機器間通信を提供
 - Ethernet, PPP, etc.
- **Layer 1 - 物理層**



次: 家庭までのネットワーク 3

● ● ● | 物理ケーブル

- 光ファイバ
 - NTTなどのキャリアのファイバ
 - 外資系キャリアのファイバ
- 地下鉄、下水道、建設省光ボックス
- 電柱の開放
- メタルの開放 ADSL
- ケーブルテレビの光同軸混合ケーブル



光通信技術の拡大

- インターネットの爆発的普及
大容量ニーズを満たす必要
- 比較的小さな減衰で遠距離・大容量通信が可能
 - 減衰しにくい帯域
 - 1550nm, 1310nm, 850nm
- WDM技術の急進展で、大きなメリット
WDMとは？
- より高機能・高品質な回線へ
SONETリングなど

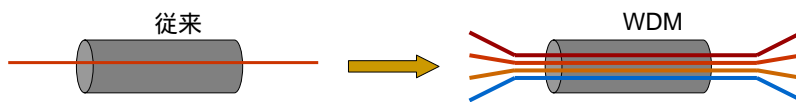
次: WDM

5



WDM – Wavelength Division Multiplex

- 1本の光ファイバに異なる (=波長)の光を通してチャンネルを多重化



- DWDM (Dense WDM)
 - 1芯のファイバで数十～数百の光波を伝送
 - 光増幅器で増幅可能な1550nm周辺の波長帯域を利用
 - 既存のインフラのまま、さらなる大容量通信の実現

次: SONET/SDH

6

● ● ● | 光ファイバビジネス

- 国際・海底ケーブル
 - TPC-5
 - NPC
 - Japan-US
 - US-China
- 国内・長距離系光ファイバ
 - NTT-C, NTT-東西
 - KDDI
 - JT
- 電話局・家庭・オフィス間の光ファイバ
 - NTT-東西
 - USEN
- ビル・キャンパス内の光ファイバ

7

● ● ● | 光ファイバーの整備(2)



9

● ● ● | 光ファイバーの整備(3)



10

● ● ● | 光ファイバーの整備(4)





日米間の海底ケーブル

- Japan-US 640G
- US-China 80G
- PC-1 80G (Upgradable 160G)

- 日米間の国際電話 + FAX: 100Mbps

12



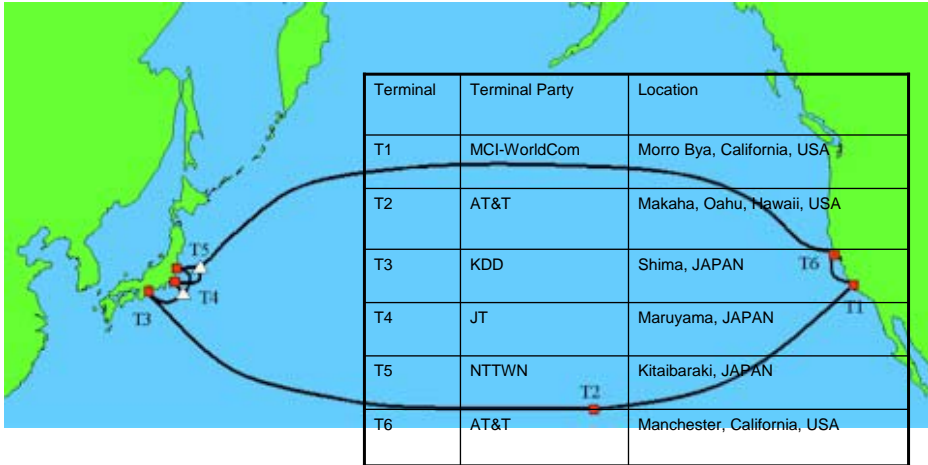
Japan-US

- 日米間の海底ケーブル
- カリフォルニア、ハワイ、日本
- ループ構造
- 4ペアの光ファイバー
- 160Gbit/s per fiber (10Gの16多重)
- Minimum design capacity: 640Gbit/s

13



Japan-US 陸揚げポイント



14



赤堤実験(電柱のファイバー)



15



街中のノード設備



16



ノードへの光の引き込み



17

● ● ● | 家庭へのファイバー引き込み



18

● ● ● | メディアコンバーター



19



工事風景



20



光ファイバの現状

- 国際海底ケーブル
 - 供給過剰
 - DWDM技術による広帯域化
 - 価格の下落
 - Chapter 11による影響
- 国内・長距離系
 - NTT "光"新世代ビジョン
 - CWCの会社更生法
- アクセス系
 - 都市圏では、潤沢なファイバ
 - 地方は、これから

21

● ● ● | NTTの光ファイバ代

- 加入者光ファイバ
 - 1芯 月額 5,537円
 - 1請求書あたり月額128円 管理費
- 中継光ファイバ
 - 1芯 1m 月額 4.29円
 - 10Km 42,800円

22

● ● ● | 家庭までのネットワーク

- Layer 1 のサービス
 - ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) - メタル
 - 光ファイバ
- Layer 2 のサービス
 - PPP
 - PPPoE
 - Ethernet
- Layer 3 のサービス
 - OCN, IIJ など、いわゆる ISP
 - IPアドレスの割り当て

次: ADSL

23



ADSL

-- Asymmetric Digital Subscriber Line

- NTT局舎から家までのメタルケーブル(電話線)を利用
- 音声通話と異なる周波数を使用した常時接続
- ノイズにセンシティブ
 - NTT 収容局からの距離も影響
- ADSLモデム・ルータを使用
 - 局舎と Layer 2 接続を確立
 - PPPoE で Layer 3 接続
- 他国と比べて日本ではビジネスとして、わりと成功してしまっている

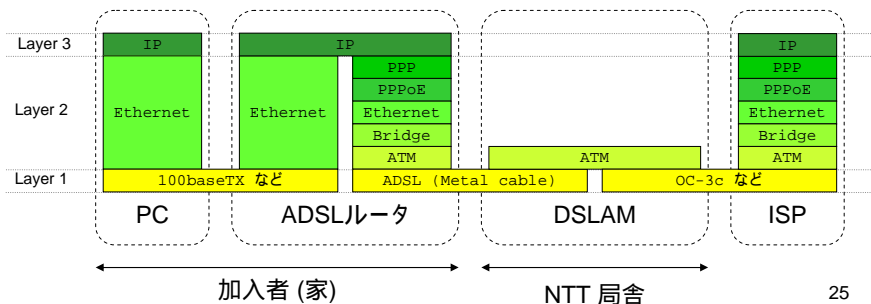
次: PPPoE

24



PPPoE (PPP over Ethernet)

- Ethernet 上に PPP リンクを構築
 - Broadcast Media Point-to-Point Media
 - 認証・IPアドレスの割り当て
 - PPPoE ヘッダがあるので MTU が減る
 - 1492bytes, 1454bytes, ...
- IP over PPP over Ethernet over Bridge over ATM over ADSL...



25



ADSLのサービス分類

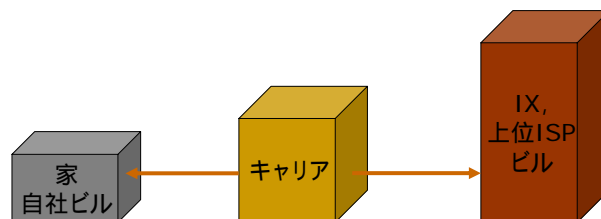
1. ADSL回線・ISPを同一の業者が提供
 - Yahoo! BB, 日本テレコム(J-DSL)
 2. ADSL回線のみを提供し、紹介されたISPとのみ契約
 - イー・アクセス, アッカ・ネットワークス
 3. ADSL回線のみを提供し、回線契約とISP契約は別
 - NTT東西 (フレッツADSL)
 - NTT法により、NTT東西はインターネット接続を提供できない
- 得意分野、設備投資の負担の違い

次: 会社・大学などの専用線 26



会社・大学など 専用線を買う/借りるならどこから？

- キャリア(第0種, 第1種電気通信事業者)から借りる
 - 第0種 - 光ファイバなどを保持し、貸し付ける
(電気通信法用語ではない)
 - 第1種 - NTT など、保有する回線を利用してサービスする会社
 - 1985年の通信の自由化で電力系・鉄道系なども参入



次: なにを買うか

27

● ● ● | では何を買う/借りる？

- ダークファイバ
 - 光ファイバの芯まるごと
- SONET
 - 後述
- 広域Ethernet
 - MAN: Metropolitan Area Network
 - 網型通信サービス
 - 100Mbps, 1Gbps

次: 慶應義塾のネットワーク 28

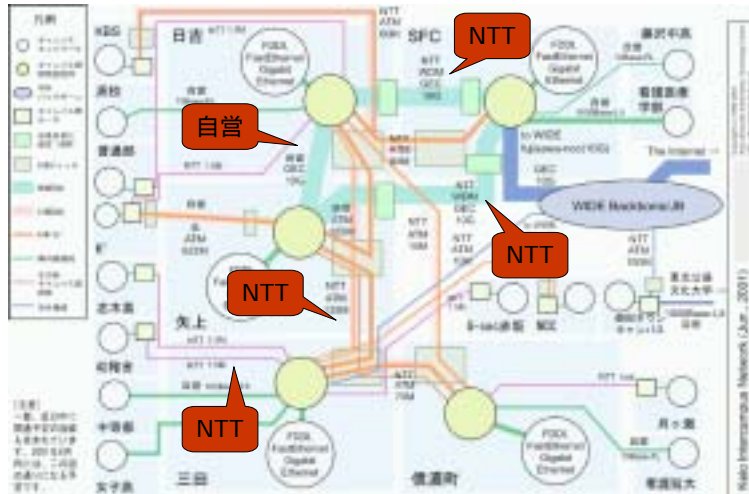
● ● ● | 例えば 慶應義塾のネットワーク (1)

- キャンパス内 (LAN)
 - 教室間は自前の光ファイバを使える
 - マンホールを開けるとファイバが埋まっている
- ではキャンパス間 (WAN) は？
 - 日吉 矢上のように近いところだと自前の光ファイバ
 - 藤沢 日吉、矢上-三田はどうしてるの？
 - NTT (キャリア)から回線を買っている

29



例えば 慶應義塾のネットワーク (2)



2001年6月現在 (2003年9月に多少構成変更あり)

30

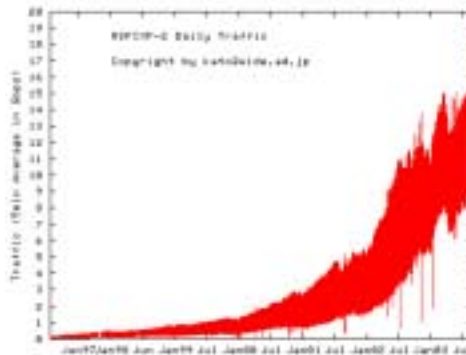


背景 - より高速なネットワークを目指して

- インターネットの急激な普及と拡大



- ルータの高速化
- **光通信技術**利用の拡大
- レイヤ圧縮
 - Layer 2 プロトコルオーバーヘッドの削減



次: 光通信技術の拡大

32