

第6回

各種 光通信システム(1)

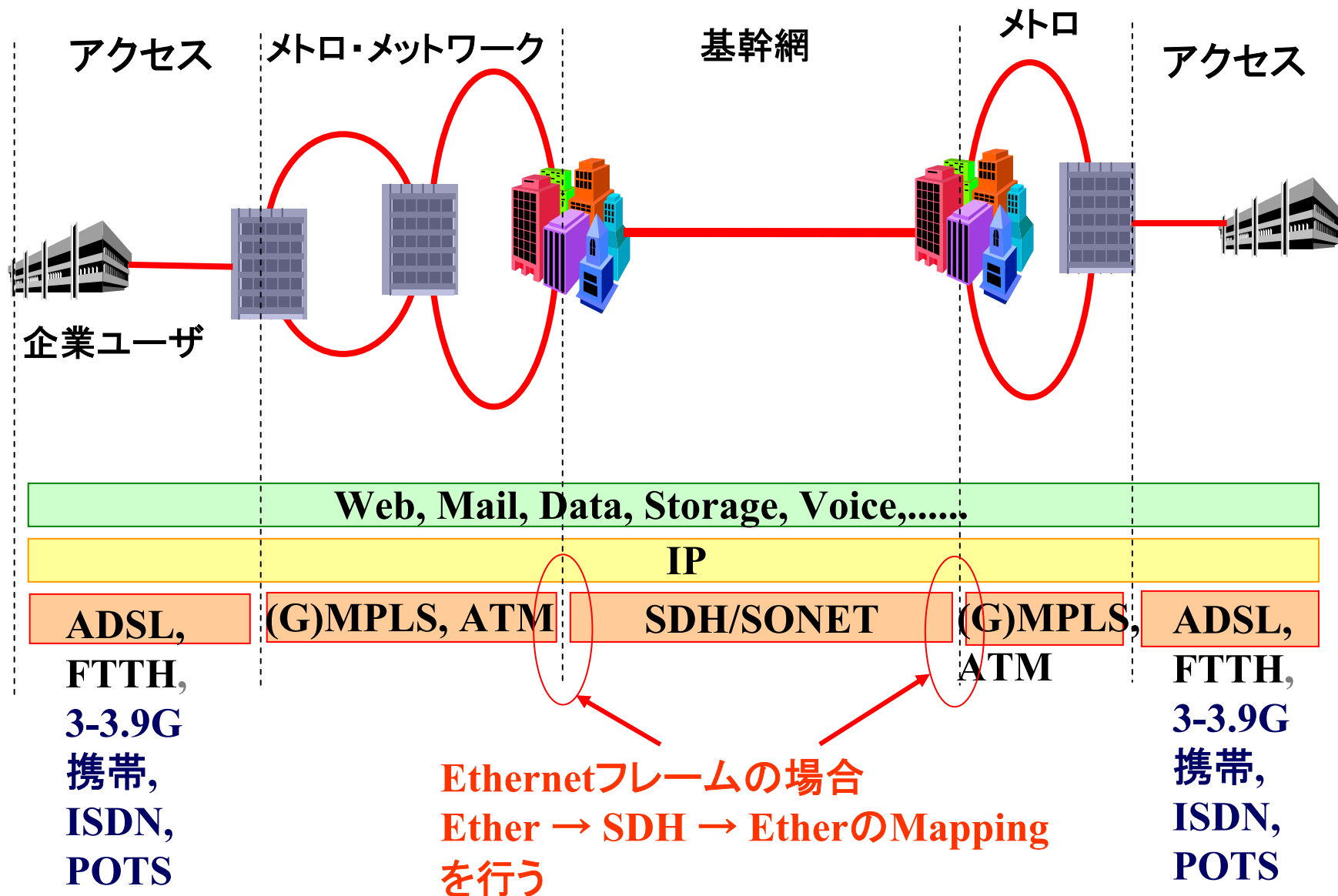
2009年11月24日(火)

第4章

各種 光通信システム

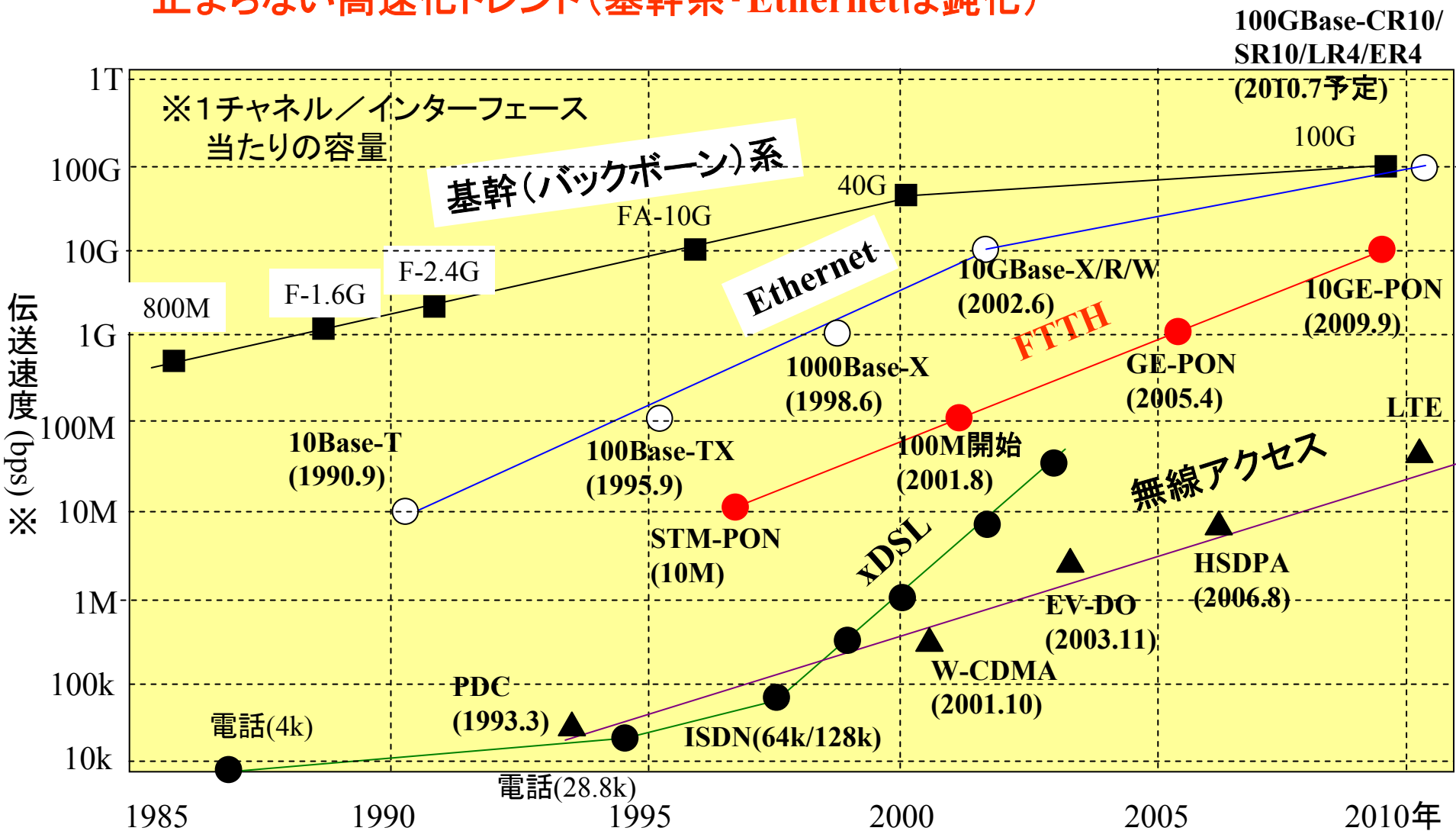
※ 一部、日経コミュニケーション2009年度『光ネットワークの最新技術』を参照

伝送方式・インタフェースの区分け



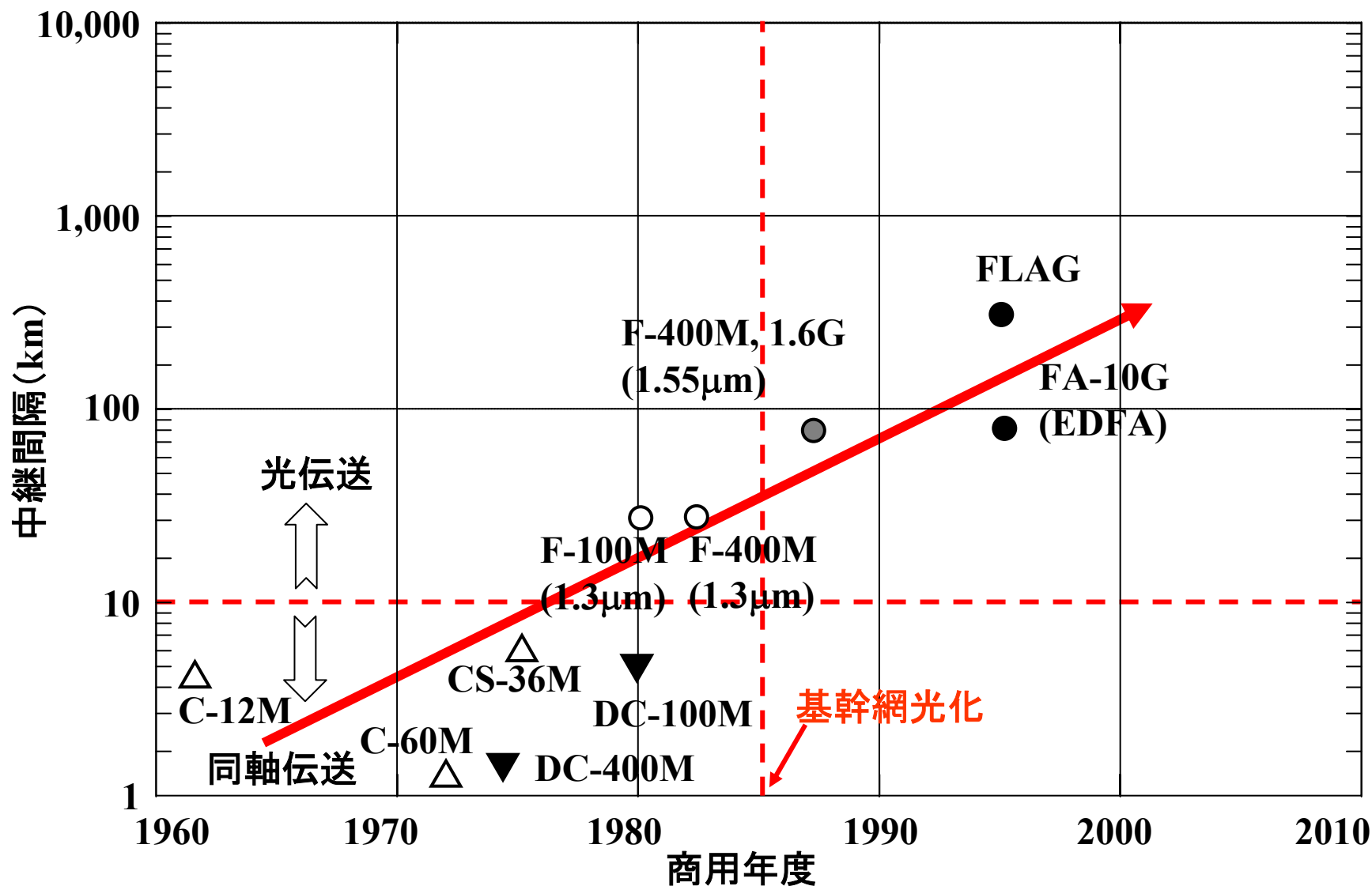
各種ネットワーク伝送技術の高速化トレンド

止まらない高速化トレンド(基幹系・Ethernetは鈍化)



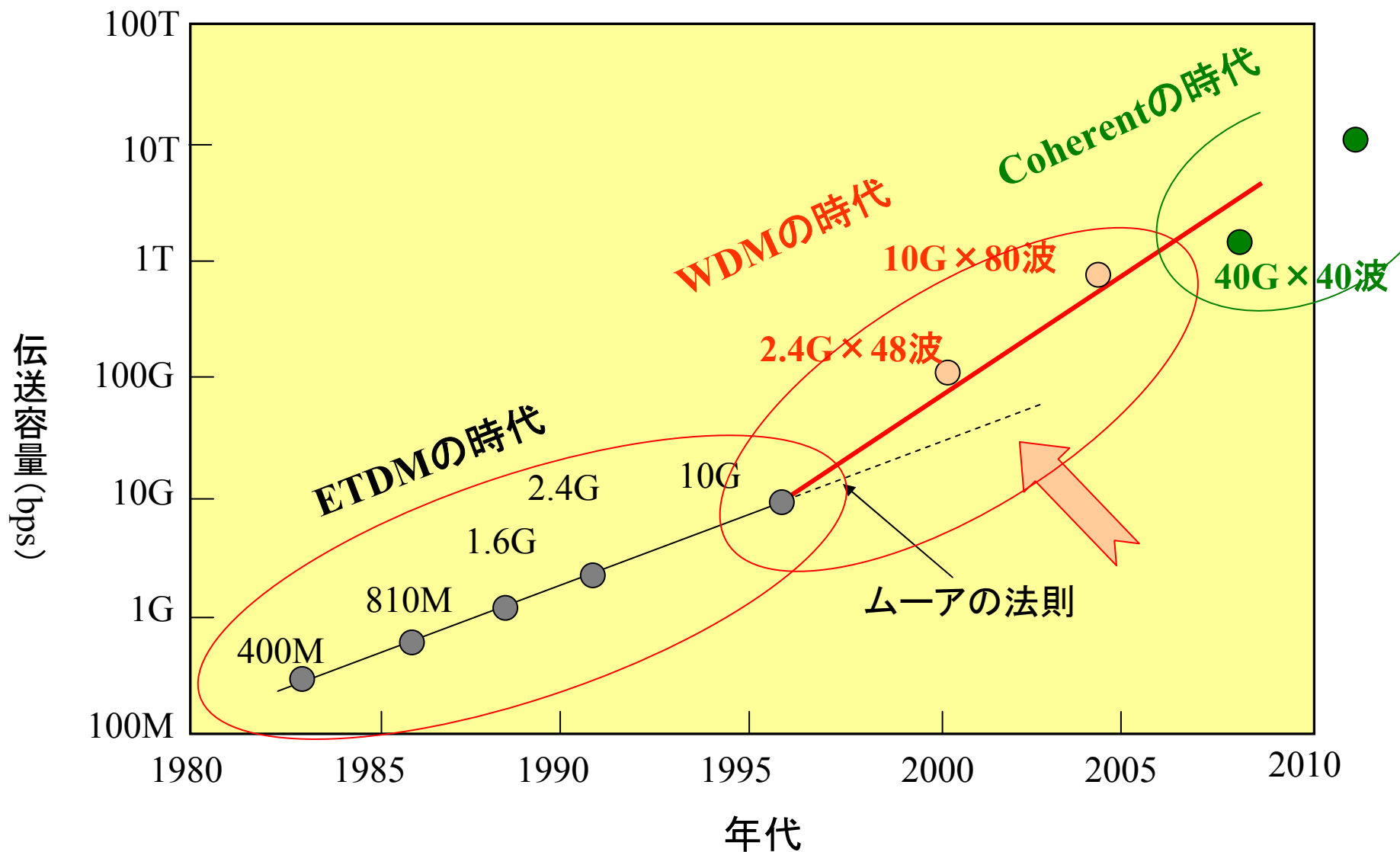
長距離基幹系 (バックボーン,コア・ネットワーク)

有線伝送方式の長距離化と伝送方式の変遷



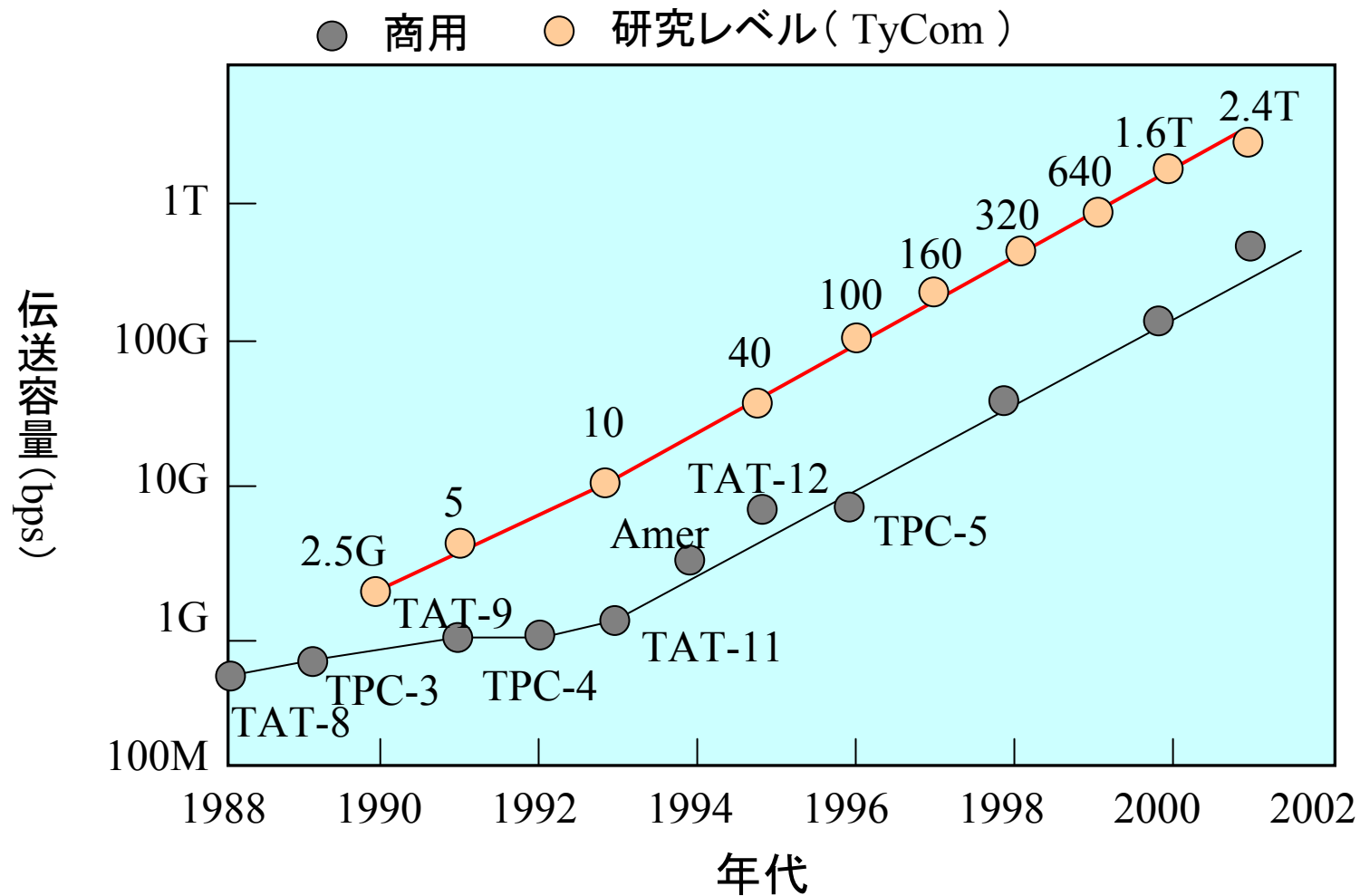
陸上向け基幹系ネットワークの大容量化

日経コミュニケーション2009年9月15日号『光ネットワークの最新技術[12]』p.79



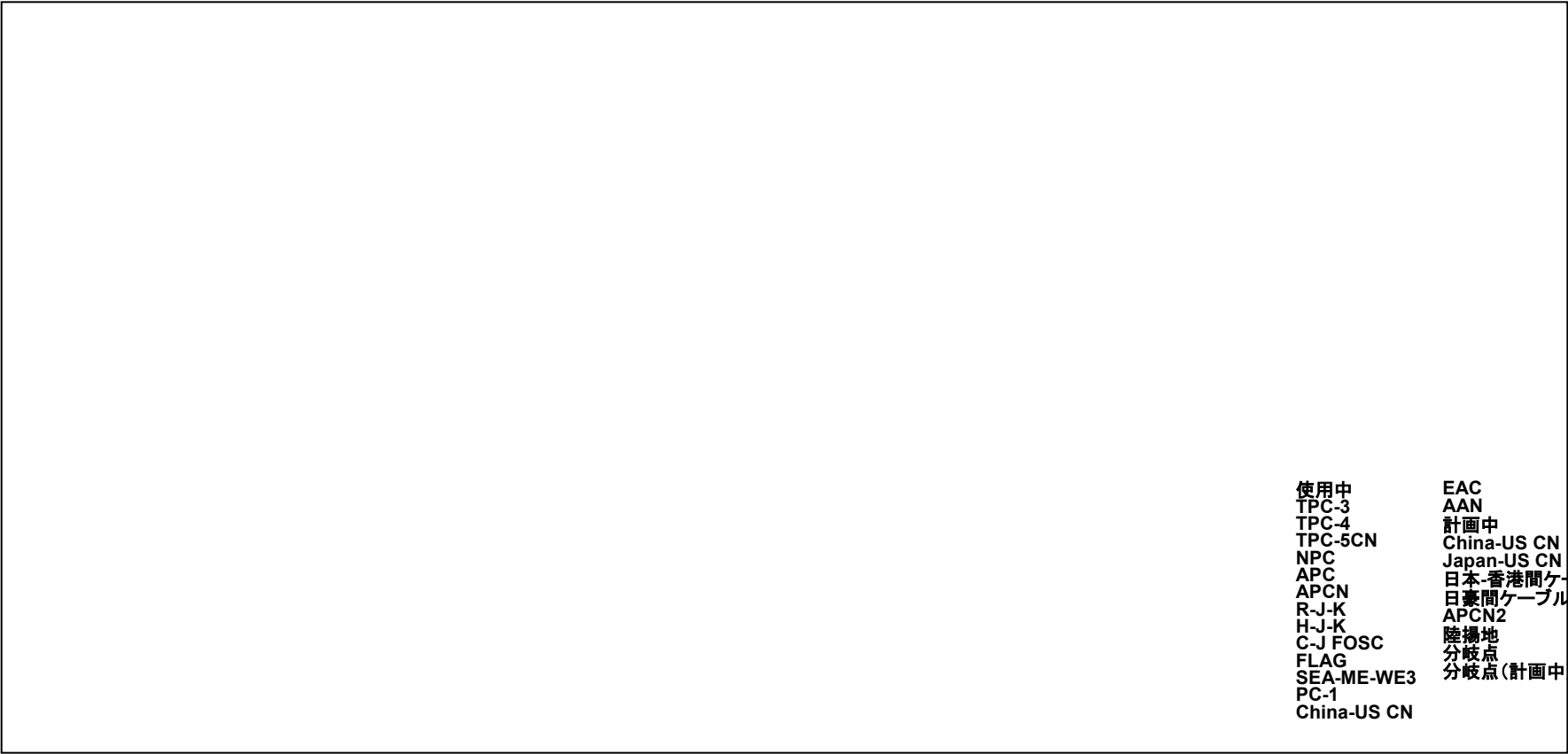
海底ケーブルシステムの大容量化

N.S. Bergano, ECOC2001, We.F.1.1, pp.236.



日本周辺の国際海底ケーブル

総務省『平成13年度情報通信白書pp.18』より



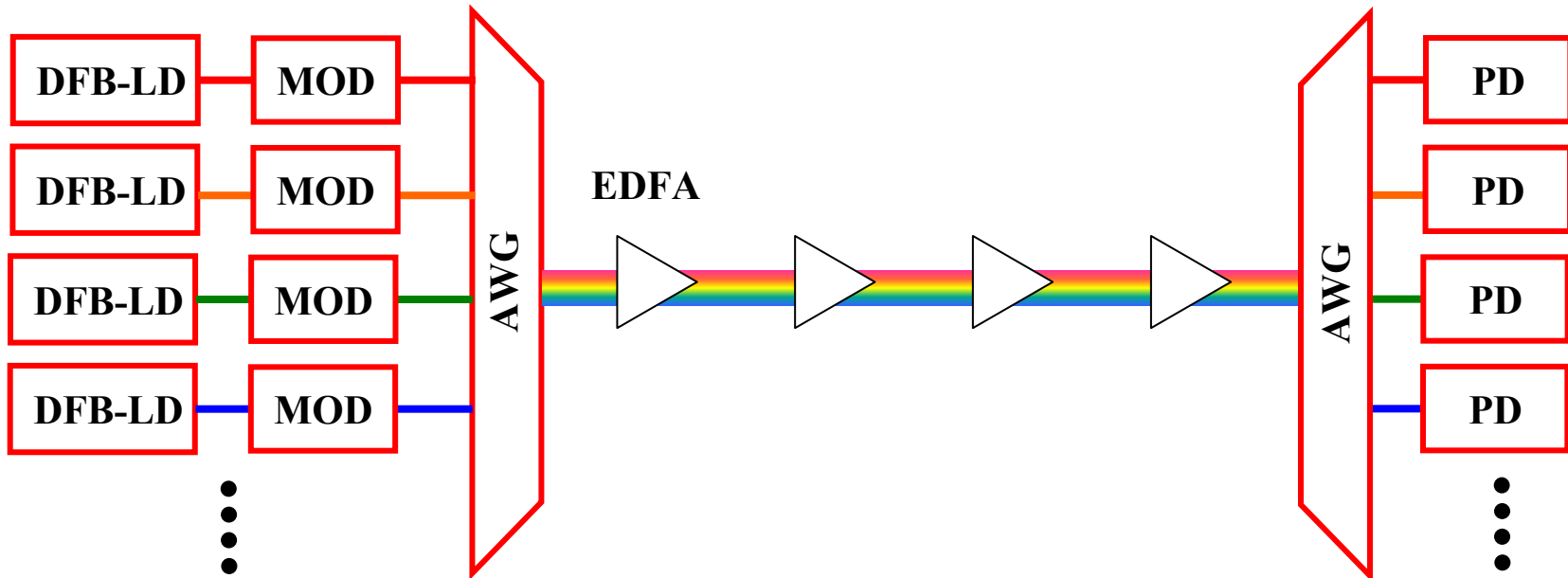
日本国内の基幹網

総務省『平成13年度情報通信白書pp.17』より

伝送ノード
NTT網
NTT網(高速)
KDDI網(旧KDD)
KDDI網(旧DDI)
KDDI網(JIH)
JT網
DWDM網(一部予定)

波長多重伝送の構成

Point-to-Point



重要なポイント

- 1波の高速化: コスト高のO-E/E-Oでのトラフィック
収容効率向上
- EDFAによるO-E/E-O なしでの中継・再生中継距離
の向上: 経済性向上

10.92Tb/s WDM伝送実験

K. Fukuchi, T. Kasamatsu, M. Morie, R. Ohhira, T. Ito, K. Sekiya, D. Ogasawara and T. Ono (NEC), OFC2001, PD24-1, 2001.

伝送容量: $40\text{Gbps} \times 273\lambda = 10.92\text{Tbps}$

スペクトル利用効率: $40\text{Gbps} \div 50\text{GHz} = 0.8\text{bps/Hz}$



K. Fukuchi, T. Kasamatsu, M. Morie, R. Ohhira, T. Ito, K. Sekiya, D. Ogasawara and T. Ono (NEC), OFC2001, PD24-1, 2001.

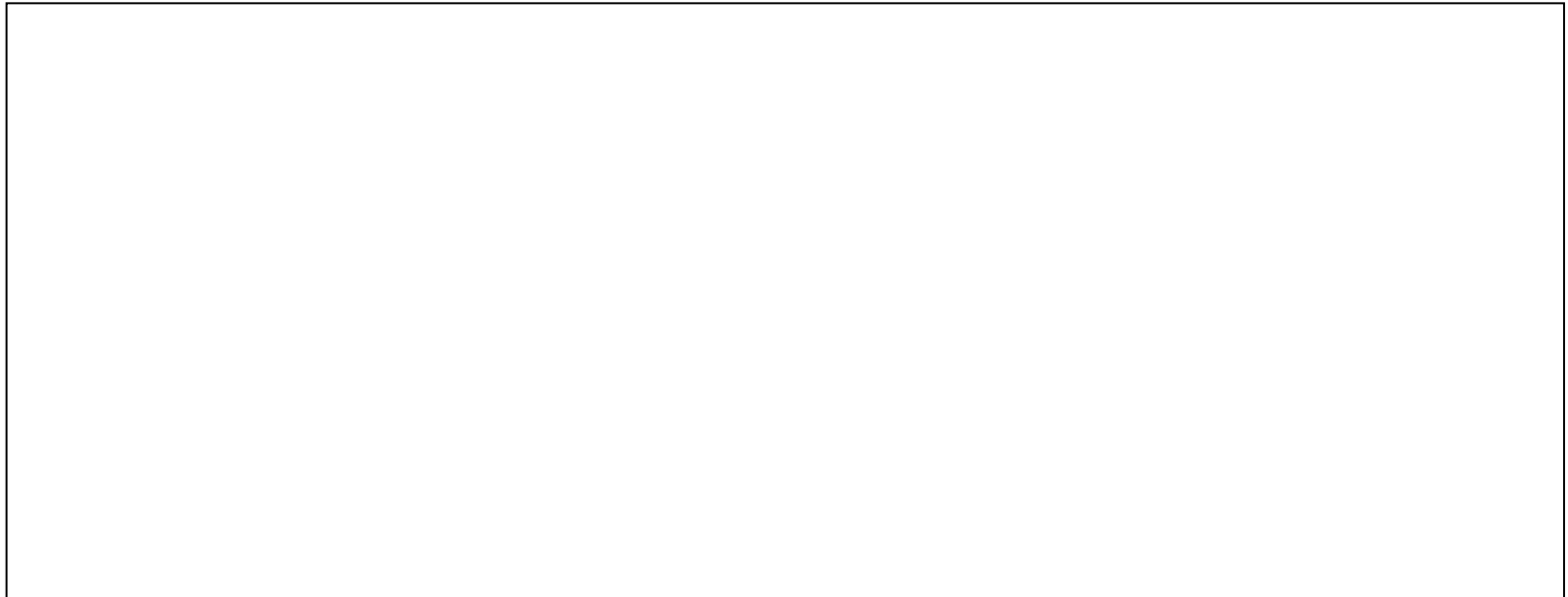


A.H. Gnauck, G. Charlet, P. Tran, P.J. Winzer, C.R. Doerr, J.C. Centanni,
E.C. Burrows, T. Kawanishi, T. Sakamoto, and K. Higuma, OFC2007, PDP19.

伝送容量:

$$42.7\text{Gbps} \times \frac{40.0}{42.7} \times 4\text{値多重(DQPSK)} \times 2(\text{偏波多重}) \times 80\lambda \times 2(\text{C+Lバンド}) \\ = 25.6\text{Tbps}$$

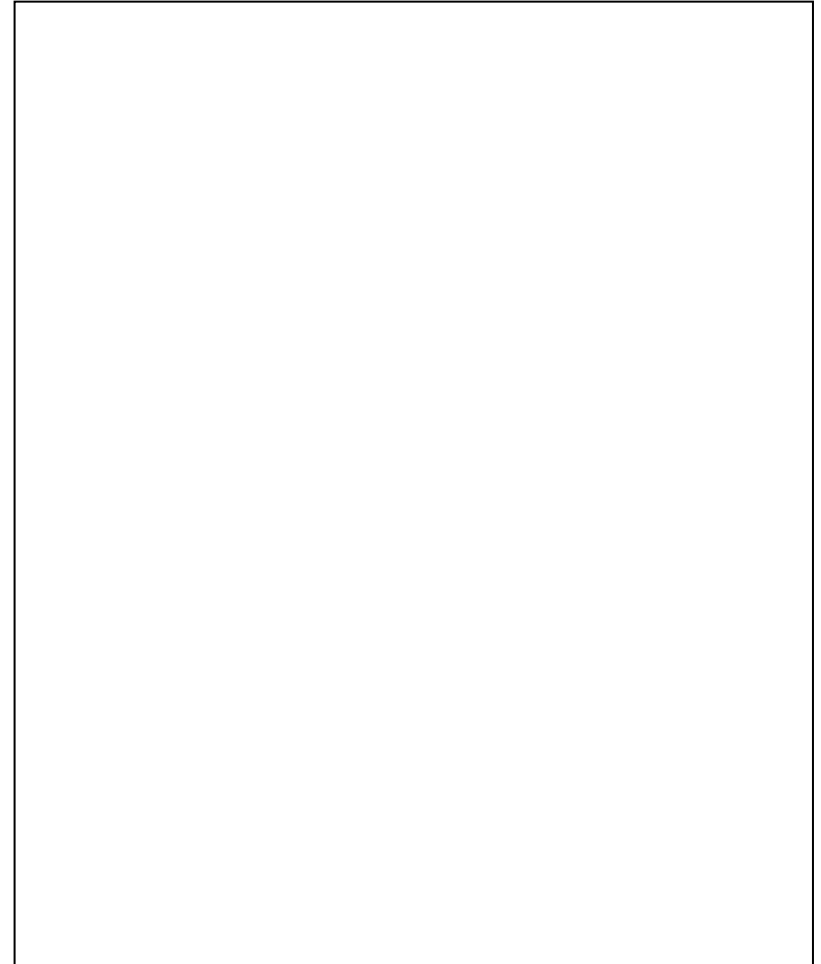
スペクトル利用効率: $40\text{Gbps} \div 50\text{GHz/ch} \times 2(\text{DQPSK}) \times 2(\text{偏波多重})$
 $= 3.2\text{bps/Hz}$



光スペクトル



アイパターン



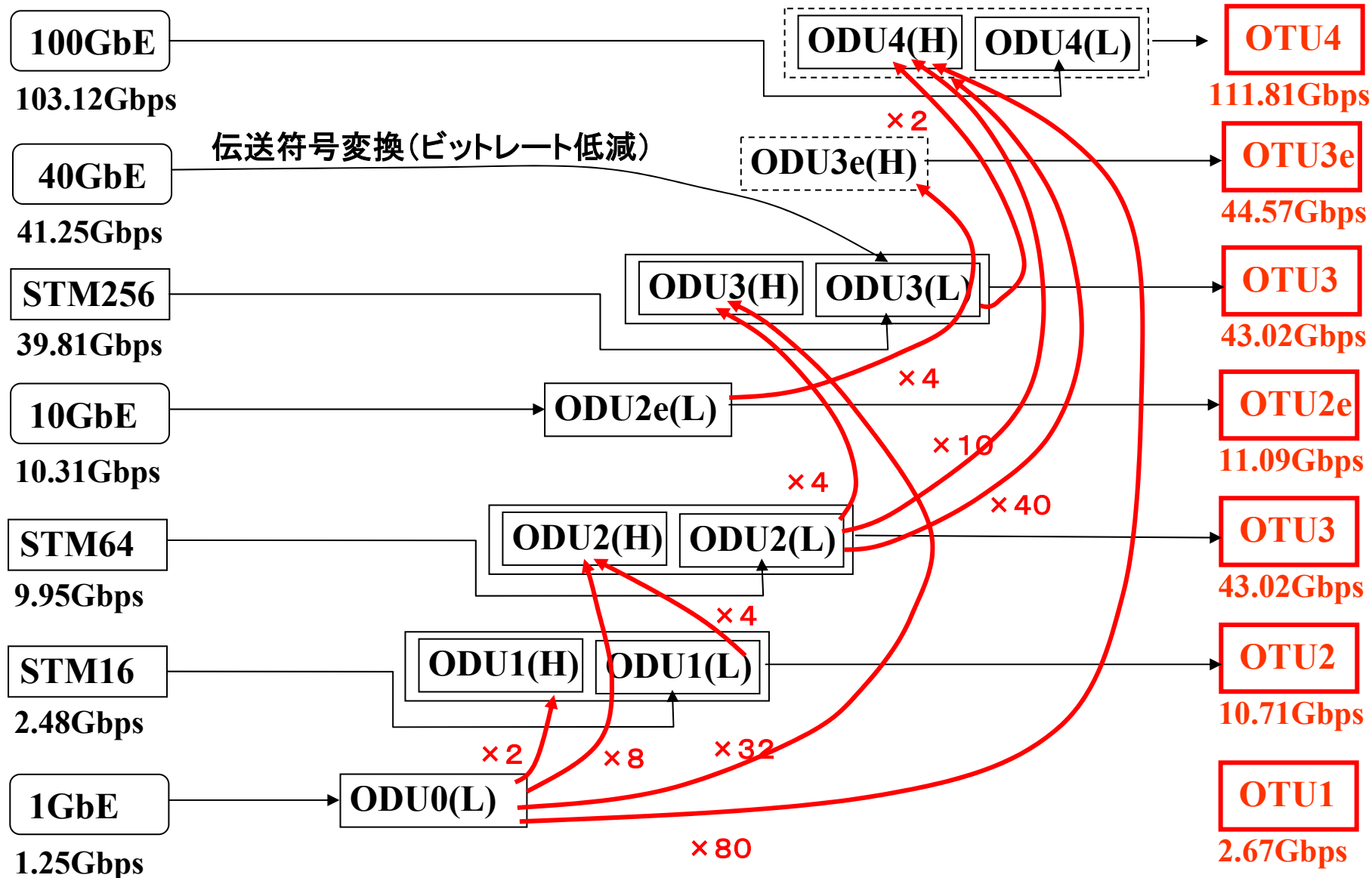
-
- Diagram illustrating the structure of an Ethernet II frame:
- Ethernetフレーム** (Ethernet Frame): The overall frame structure.
 - IFG** (Inter Frame Gap): The gap between frames.
 - プリアンブル** (Preamble): The starting sequence of the frame.
 - SFD** (Start Frame Delimiter): The delimiter marking the start of the frame.
 - 宛先MAC アドレス** (Destination MAC Address): The address of the receiving device.
 - 送信元MAC アドレス** (Source MAC Address): The address of the sending device.
 - 長さ/タイプ** (Length/Type): The field indicating the length or type of the data.
 - データ部** (Data): The payload data.
 - FCS** (Frame Check Sequence): The checksum used for error detection.

The diagram illustrates the structure of an OTUk frame. It is a horizontal bar divided into sections. The first section, from 0 to 15, is yellow and labeled 'OTUk オーバーヘッドなど'. The next section, from 16 to 3823, is white and contains three orange vertical bars. The final section, from 3824 to 4079, is light blue and labeled '誤り訂正 (FEC) など'. The total length is 4079 bytes.

Start (バイト)	End (バイト)	Field Name
0	15	OTUk オーバーヘッドなど
16	3823	(Contains three orange vertical bars)
3824	4079	誤り訂正 (FEC) など

OTUk: Optical Channel Transport unit-k
ODUk: Optical Channel data unit-k(OTUkフレーム－FECバイト)
k:ビットレート階梯(k=1: 2.67Gbps, 2: 10.71Gbps, 3: 43.02Gbps, 4: 111.81Gbps)

OTNの階梯構造と多重化の関係



メトロ系ネットワーク

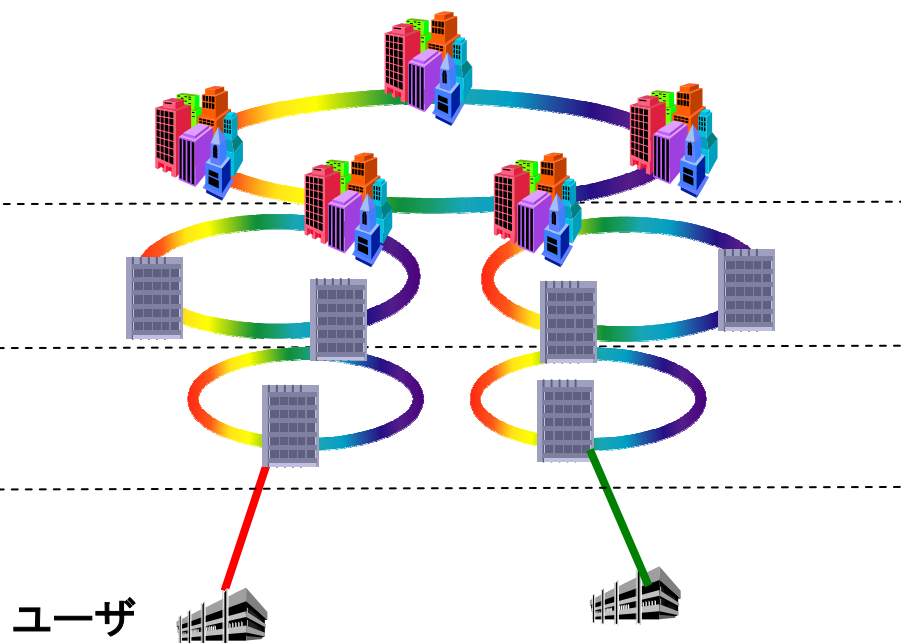
メトロ・ネットワークの領域

- ・都市内・都市間を結ぶリング状の光ネットワーク
- ・範囲によって2～3つのカテゴリに分類

メトロ・コア (~ 400km)
波長数: $\sim 40\lambda$

メトロ・コレクタ (~ 100km)
波長数: $\sim 16\lambda$

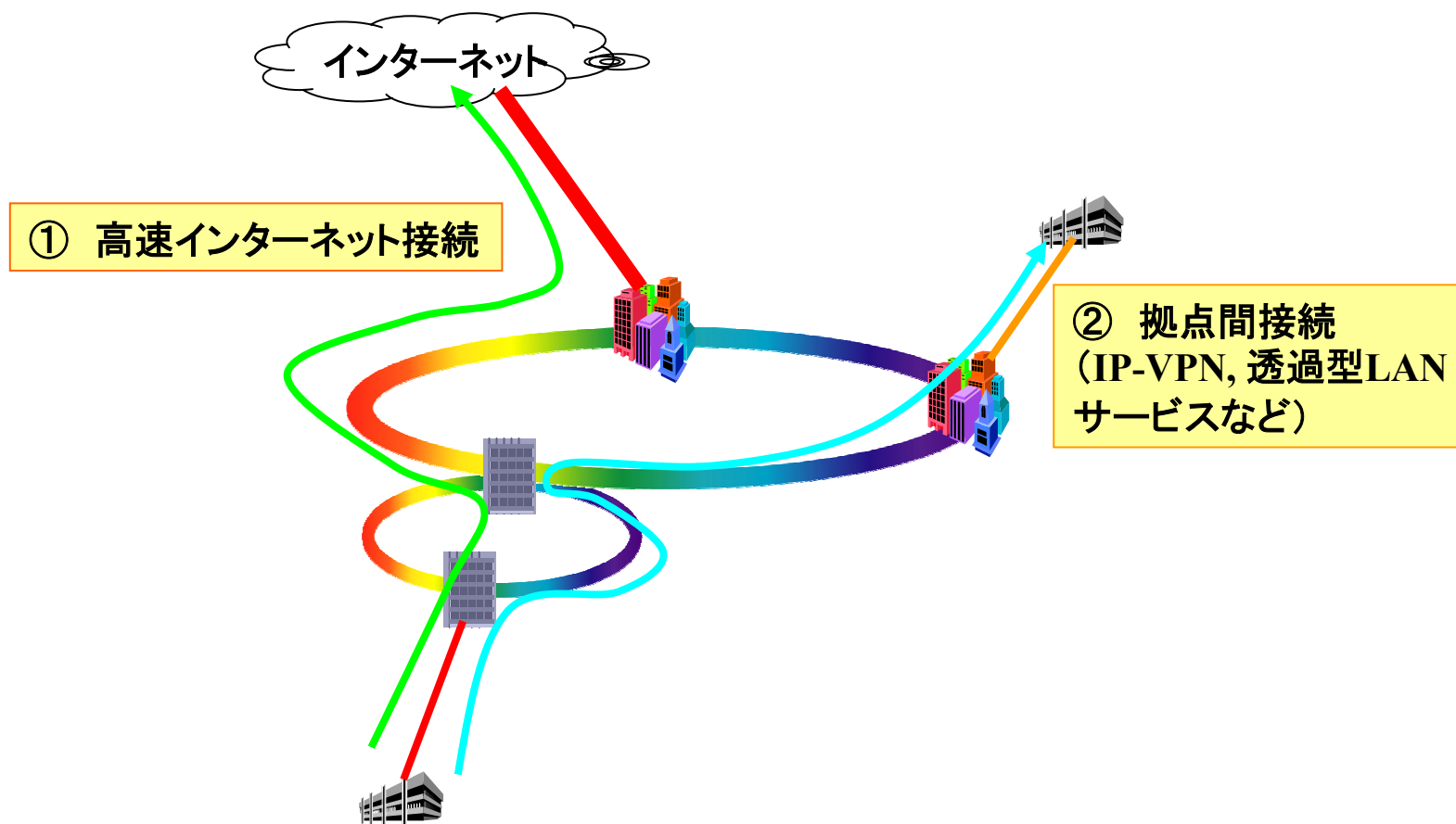
メトロ・アクセス (~ 40km)
波長数: $4\text{--}8\lambda$



メロ・ネットワークの特徴と用途

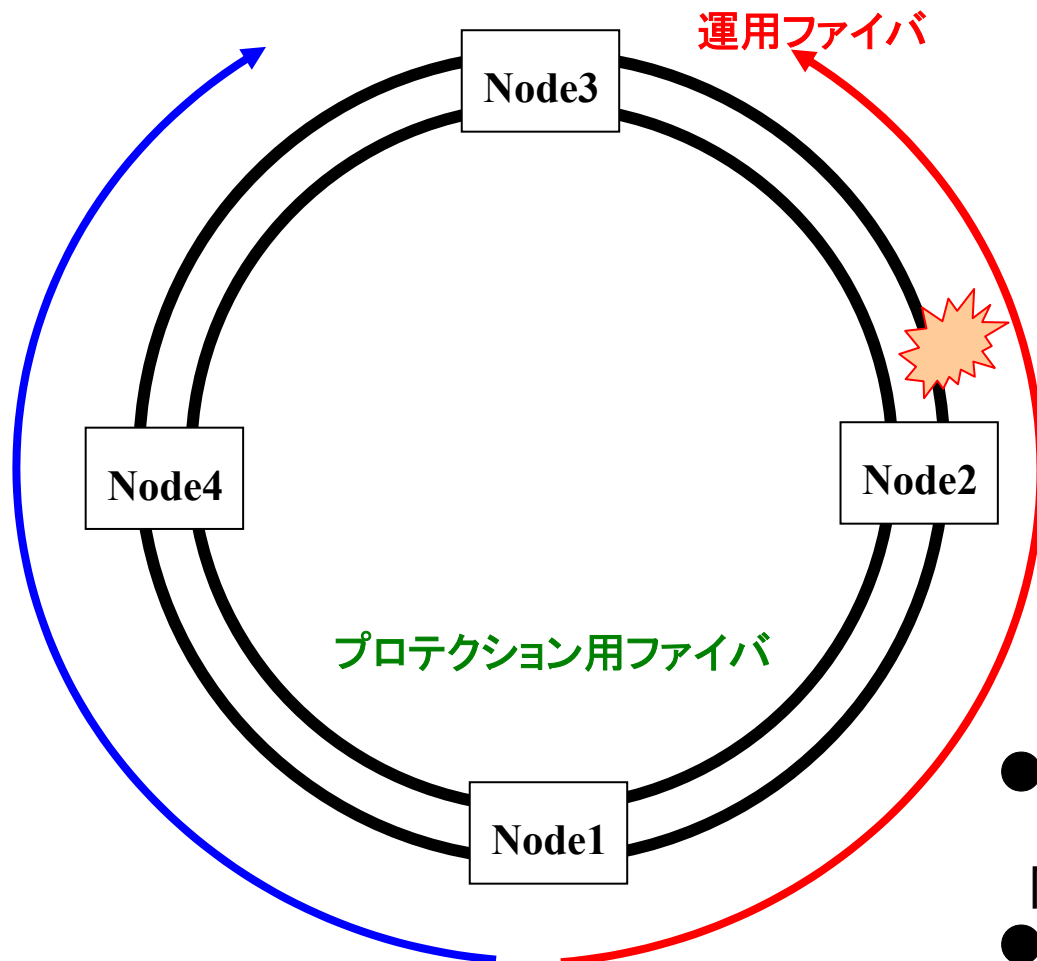
特徴

- ・ダーク・ファイバを用いて都市部に構築
- ・L3SWやWDM装置を使い安価なサービスを提供
- ・イーサネット・インタフェースで1～10Gbpsまでの高速サービスを提供



- ① トランスペアレントなネットワークの実現
 - ・多様なサービスの収容 (VPN, SAN, CDN, 波長貸し, FTTH,.....)
 - ・多様なインタフェースの収容 (Ethernet, SONET,)
- ② 低コストかつ高信頼度の光ネットワークの実現
- ③ 要求に応じた迅速な波長パス設定のクリック&プロビジョニングでの実現

- ・2リング構成
- ・運用ファイバに障害が起きたとき、他方に自動切替(<50ms)



通常運用
(左回り)



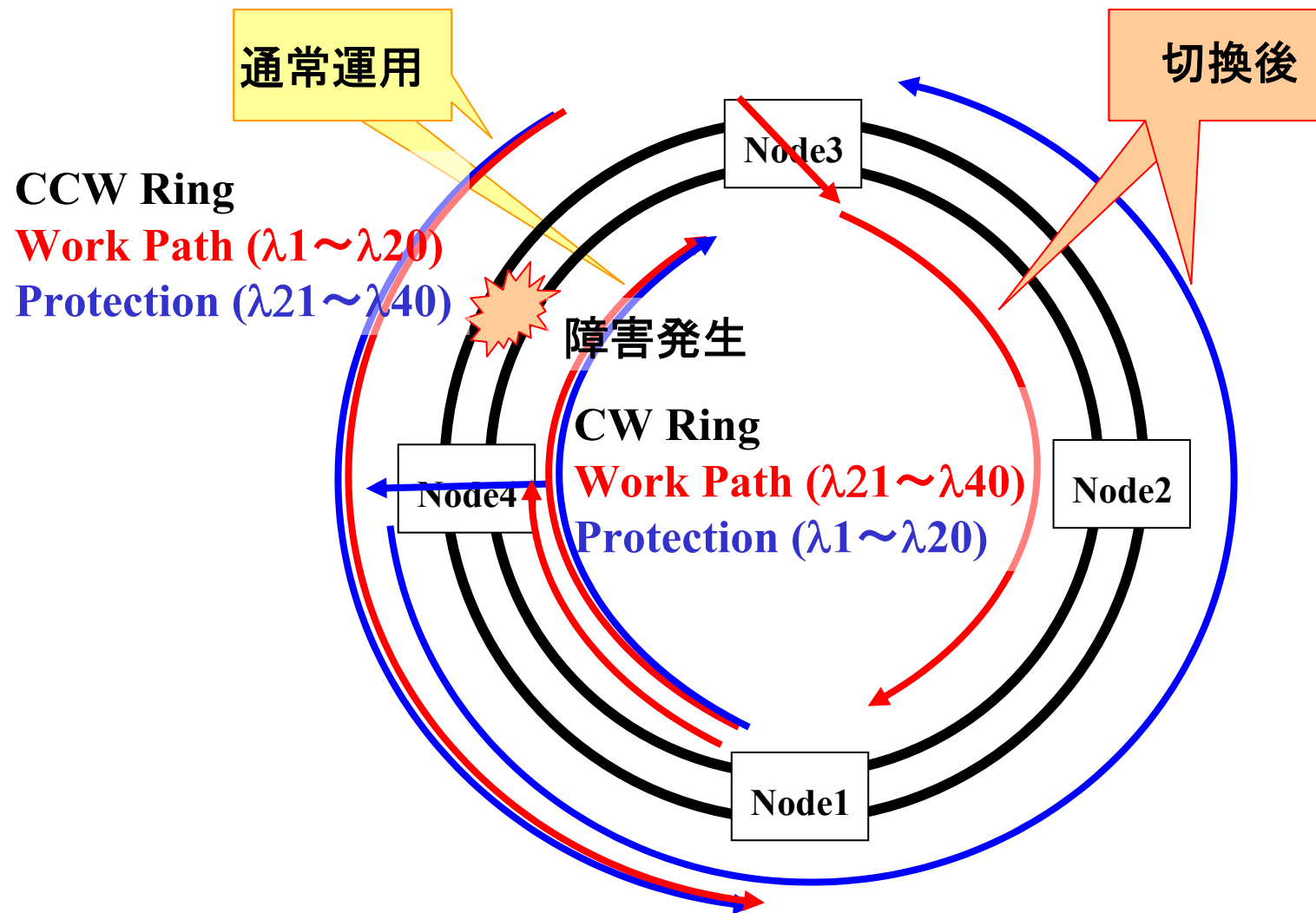
障害発生



ファイバ切替
(右回り)

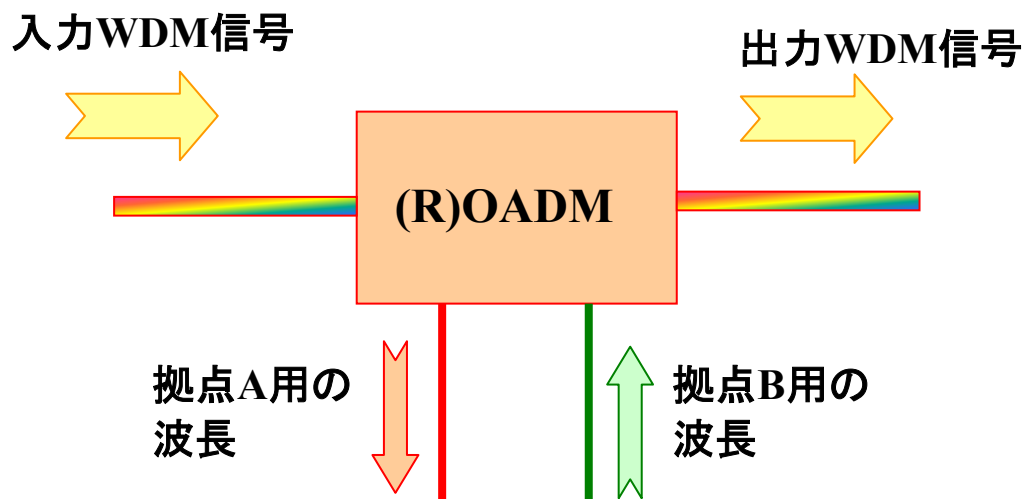
- プロテクション用ファイバを通常使用せず
障害時に切替 → 1+1
- 通常・プロテクション用を併用
→ 1:1など

Bidirectional Line Switched Ring (BLSR)

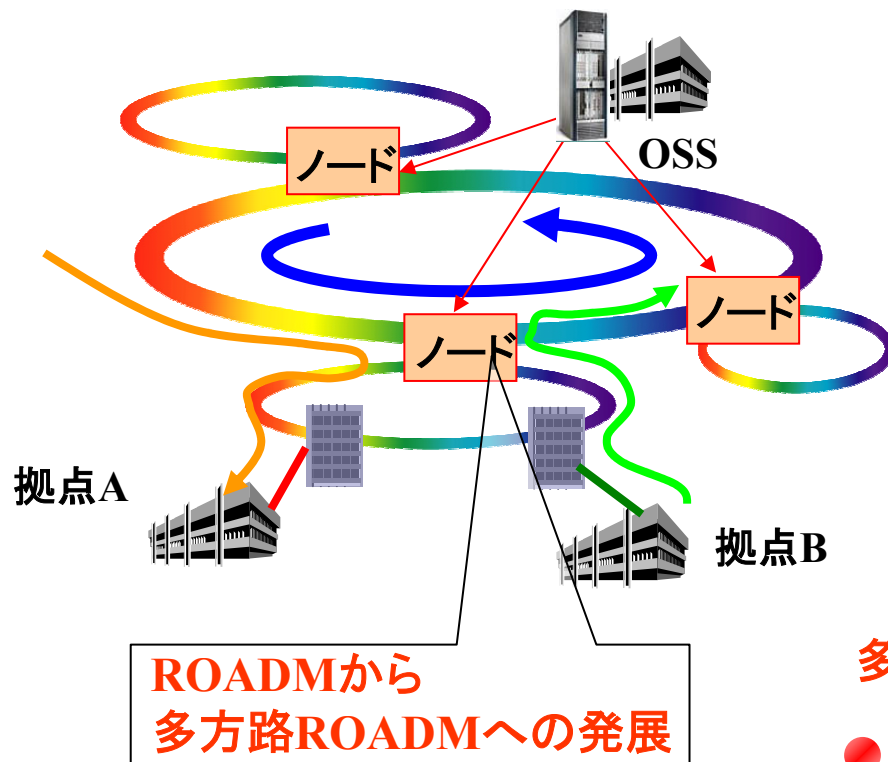


項目	要求される光デバイス・サブシステム
波長合分波器	フラットトップ, 低波長分散AWG
光パワーレベル制御	光可変減衰器
波長分散補償	DCF, 分散補償デバイス
波長パス制御	波長可変LD, 波長可変フィルタ
波長パス切替	光マトリクスSW, 波長選択SW
高速プロテクション機能	光SW, 高速応答型光増幅器
監視モニタ機能	光スペクトルモニタ

The diagram illustrates a reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer (OADM) network. At the top, a building icon represents the **運用局** (Operation Office), which is connected to an **OSS** (Operation Support System) server. The network consists of three nodes, each represented by a building icon and labeled **ノード** (Node). These nodes are interconnected by a ring of optical fibers, shown as a multi-colored loop (yellow, green, blue, purple). A central node is also connected to two other nodes via a blue ring. The network is connected to two external points, **拠点A** (Base Station A) and **拠点B** (Base Station B), via red and green lines respectively. The text **ROADM: reconfigurable OADM** is written in red at the top left.



- **ADD(挿入):**
データのリングへの挿入
- **DROP(分岐):**
目的データの取得
- **Thru(通過):**
ノードを通過
- 従来のOADMでは光パス
(1波長による光信号経路)
開通に現場作業が必要
→ 急な需要に対応困難
- **ROADMにより遠隔作業可**
(GMPLSは国際標準の
管理プロトコル)
- **OSS(Operation Support
System):**
各ノードのADD, DROP, Thru
を管理・制御するシステム



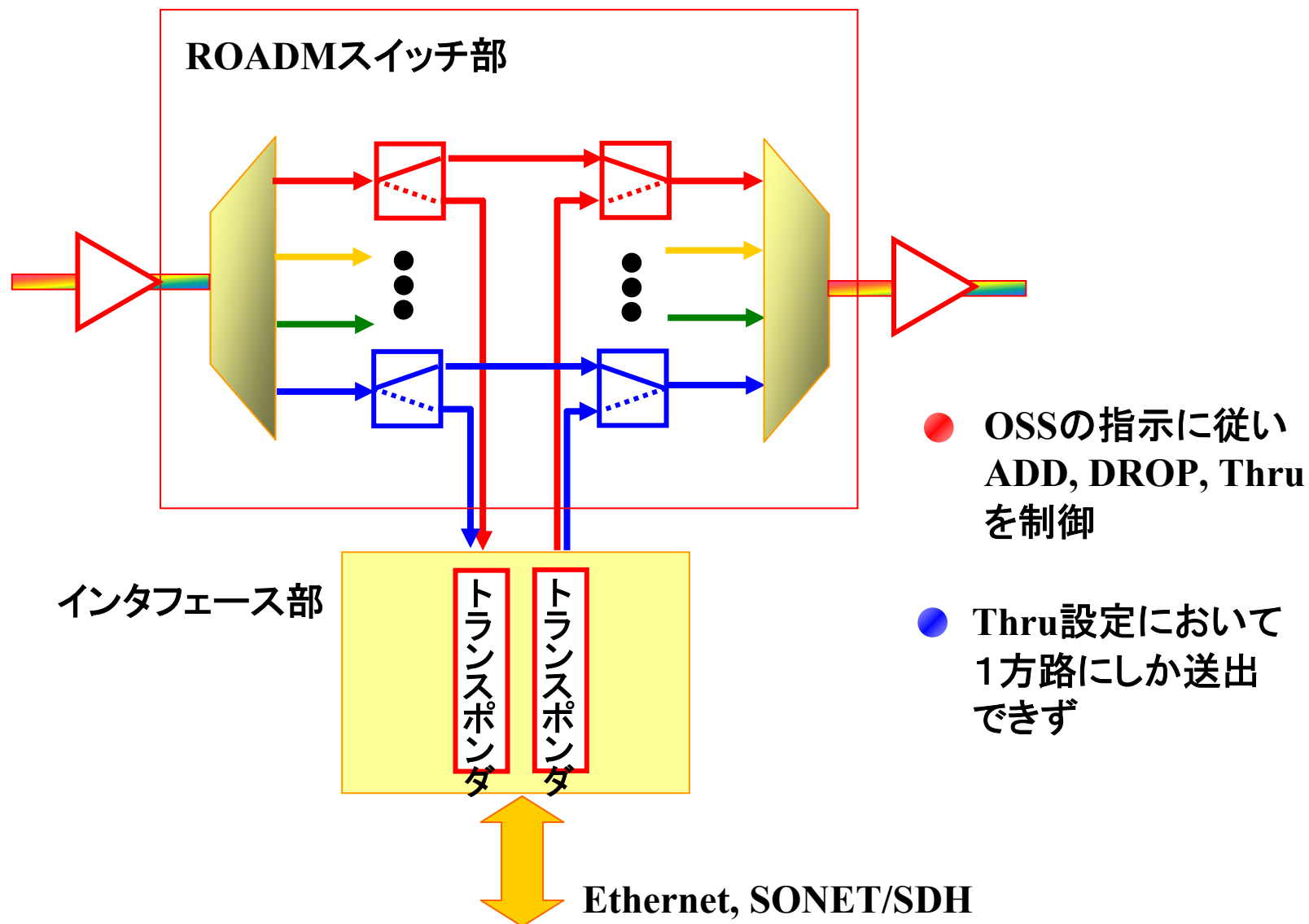
ROADMノードの課題

- 複数リングの接続の際にはリング・システムごとに光パスを設定
- 中継インタフェースを接続して転送が必要

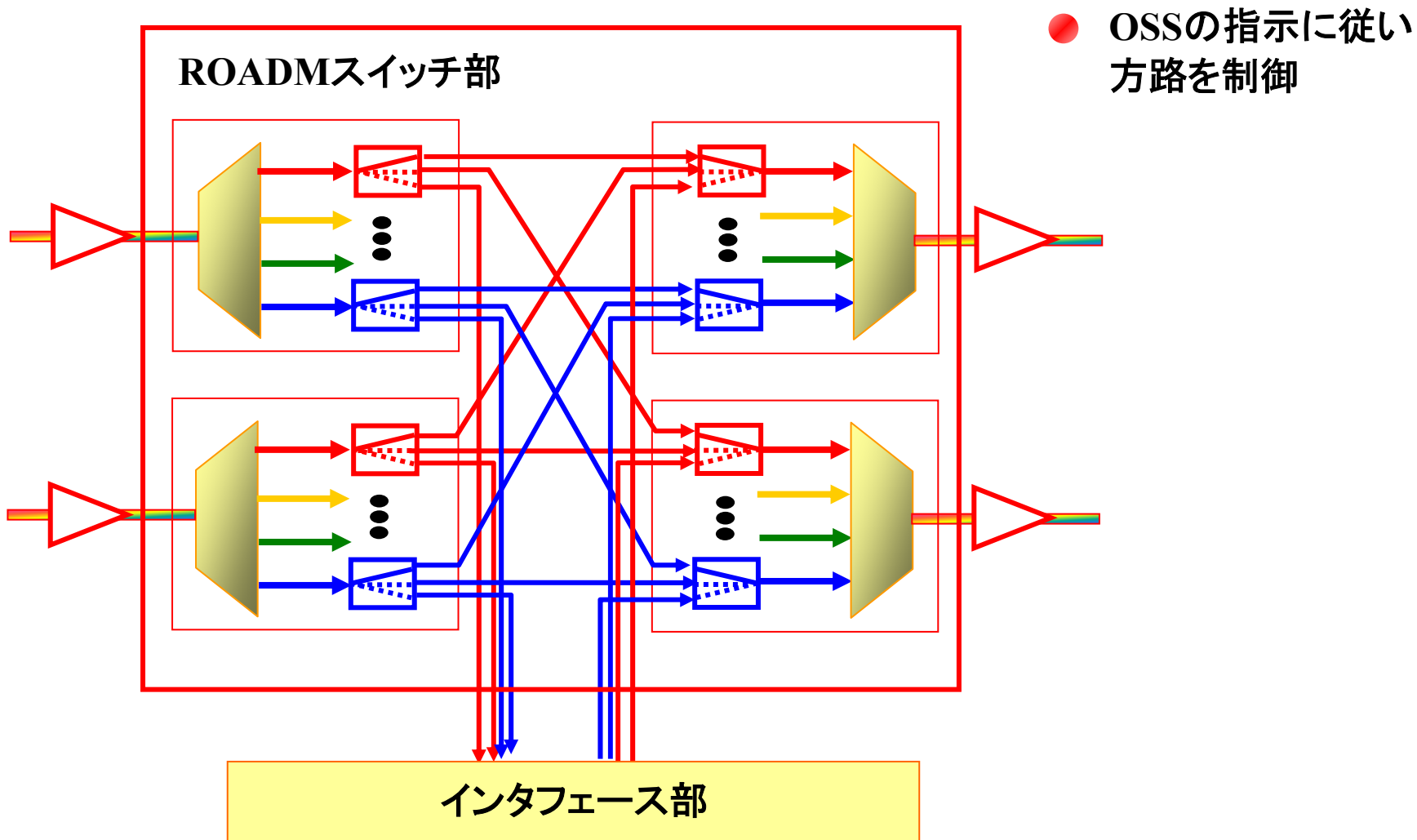
多方路ROADMノードのメリット

- 複数のリングを束ねることにより、光パスの設定が1回で済み、開通・廃止作業の大幅な削減
- リング間の中継インタフェース不要

ROADMシステム



多方路ROADM



光アクセスシステム (FTTH)

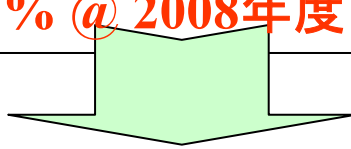
サービス内容の激変

- 電話中心のサービスからデータ通信・インターネット中心のサービスへ
- アクセス回線速度の高速化の進展: 64kbps→1.5Mbps→10Mbps→100Mbps→.....
- 高速化にふさわしいコンテンツの要求: ダウンロード時間の短縮、ストリーミング、ライブ、遠隔講義、.....

競争の激化

- インターネット常時接続、低コストでの定額制
- ADSLの急成長: NTT東西(フレッツ・ADSL)、~~東京めたりっく~~、イーアクセスなど
- FTTH事業者の登場: NTT東西(フレッツ網)、NTT-BB(光サービス会社)、有線ブロードネットワークス、ケイ・オプティコム、etc.

NTT東西シェア=74.1% @ 2008年度



多種多様なサービスを低コストで迅速に提供可能なアクセスネットワークの重要性

- 1990年代半ばまでのトライアル → 実用化に至らず

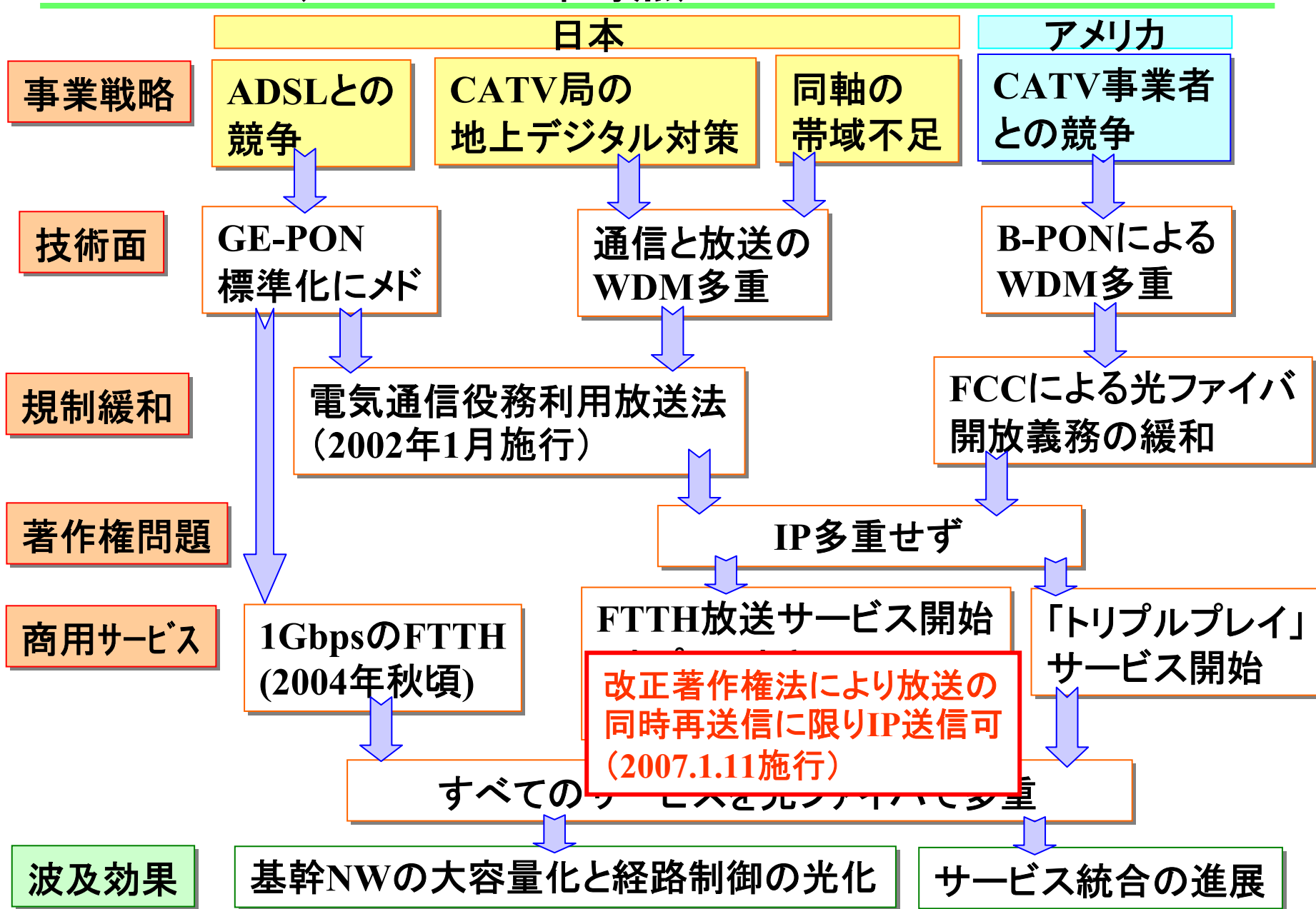
(理由)

- ① 映像・電話・データ通信それぞれに異なるプロトコル使用
→ 装置構成複雑
- ② 構成要素・デバイスが高価



- 2000年以降の利用形態の大きな変化:
 - ① ADSLによるブロードバンド・ネットワークの急激な成長のインパクト:
高速・低額・定額
 - ② 音声・映像・データすべてがIP処理化
 - ③ Ethernet製品の高速化・低価格化
→ IPパケットとEthernetフレームのみの透過的伝送の要求に変化

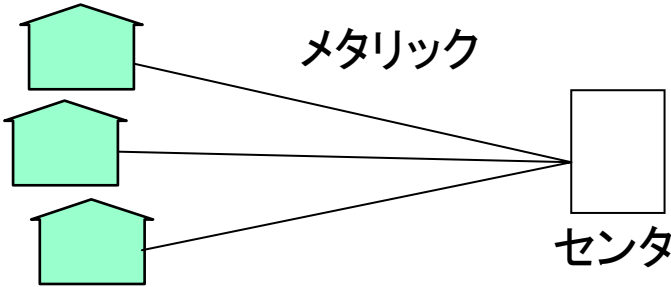
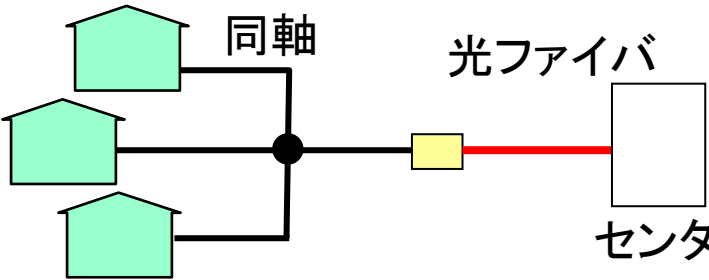
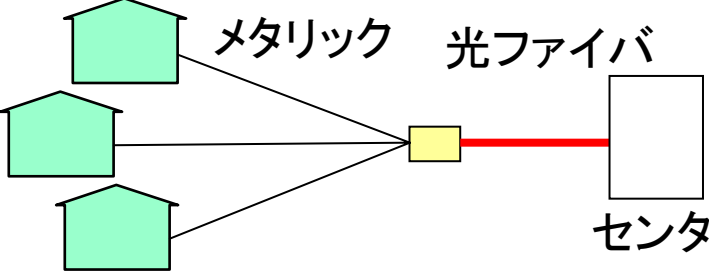
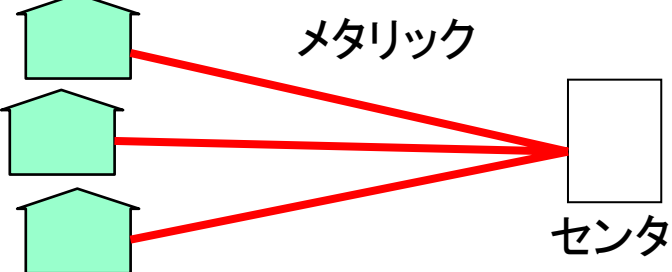
日米で見たか？FTTHのビジネス展開 (2004～2005年時点)



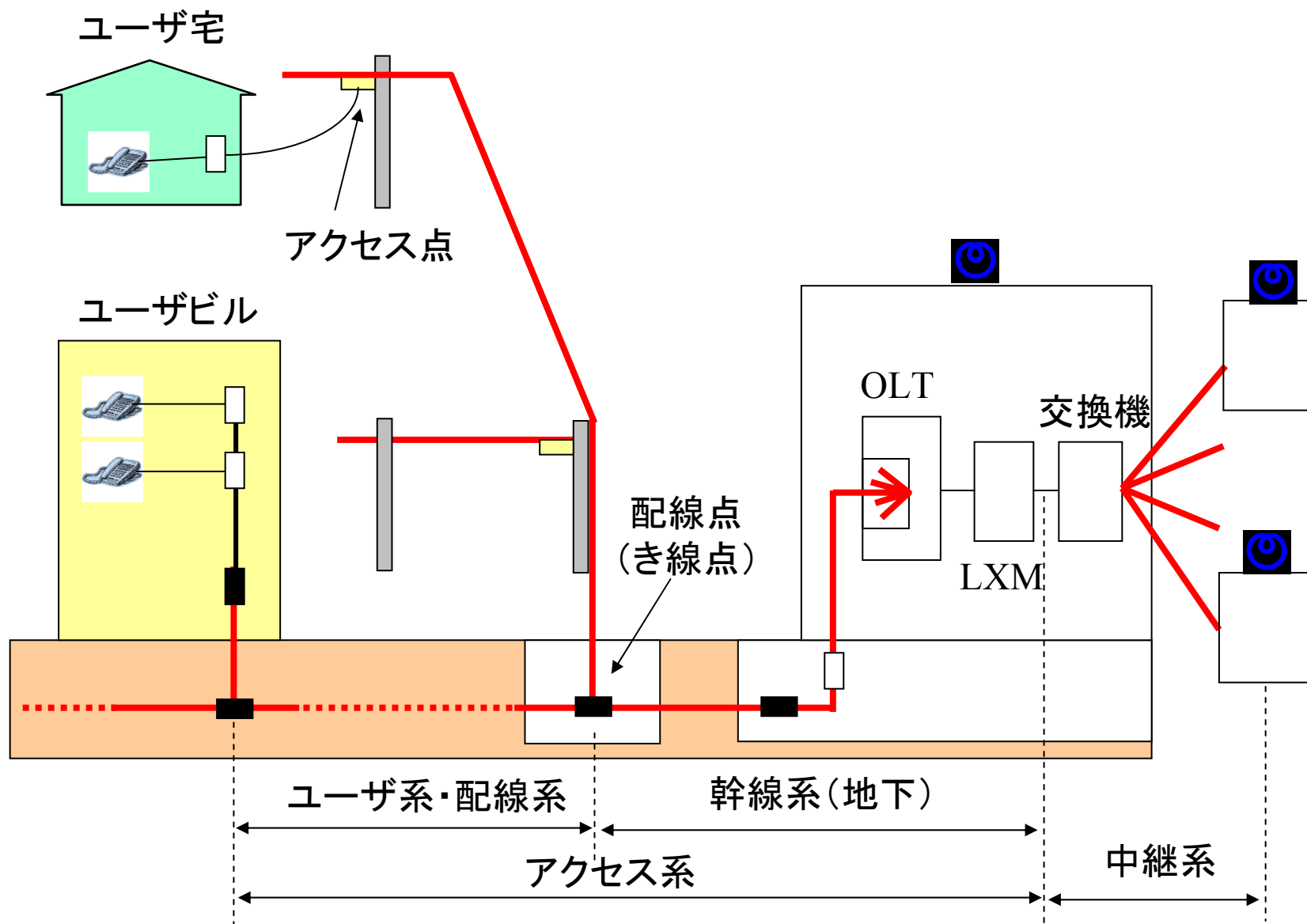
光双方向伝送方式

方式	方式イメージ	利点	欠点
TCM	バースト周期ごとに繰り返す	・光ファイバ心数が少ない ・サービスを波長に割り当てたWDM伝送が可能	・伝送速度が情報伝達速度の2倍必要 ・伝送距離が制限される
WDM	WDM素子	・光ファイバ心数が少ない ・伝送距離の制限が少ない	・サービスごとの波長割り当てを行うと、波長数が必要
SDM	λ1	・サービスを波長に割り当てたWDM伝送が可能 ・伝送距離の制限が少ない	・光ファイバ心数が2倍必要

アクセスネットワークのトポロジー

現在導入中〜今後	ADSL			インターネット接続
	ハイブリッド方式	HFC		770MHz-CATV ケーブルインターネット ケーブル電話
		FTTC		電話 (πシステム)
		FTTH		インターネット接続 CATV 電話

アクセスネットワークの基本構成



LXM: Subscriber Line Cross Connecting Module

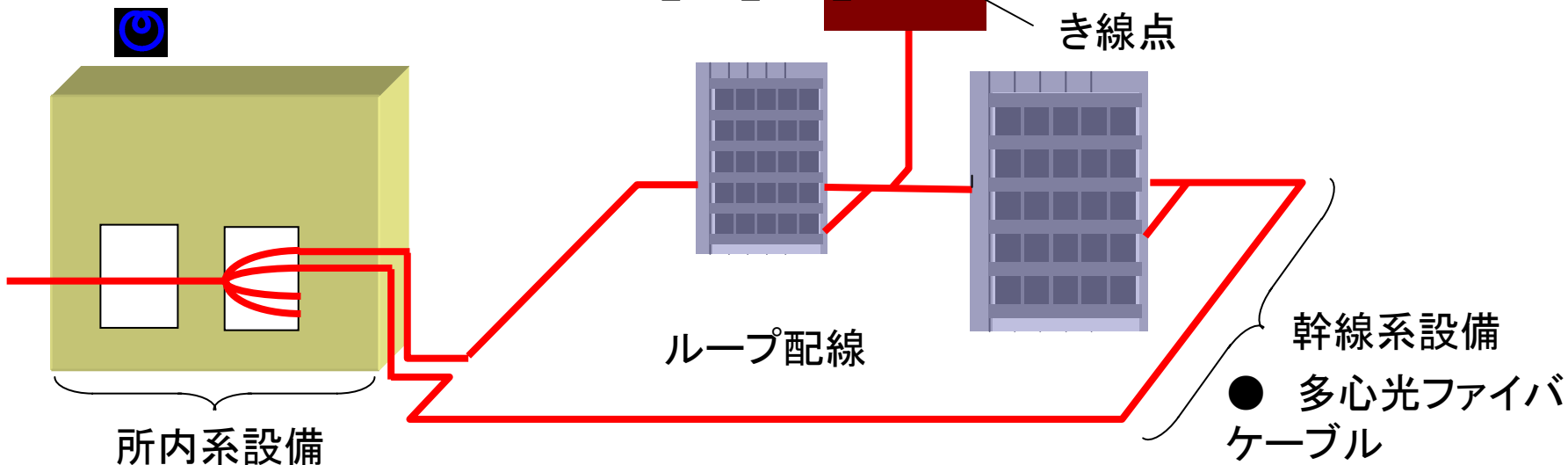
光アクセスネットワークの配線形態

- 自己支持型緩み付き
光ファイバケーブル

- 架空用光クロージャ

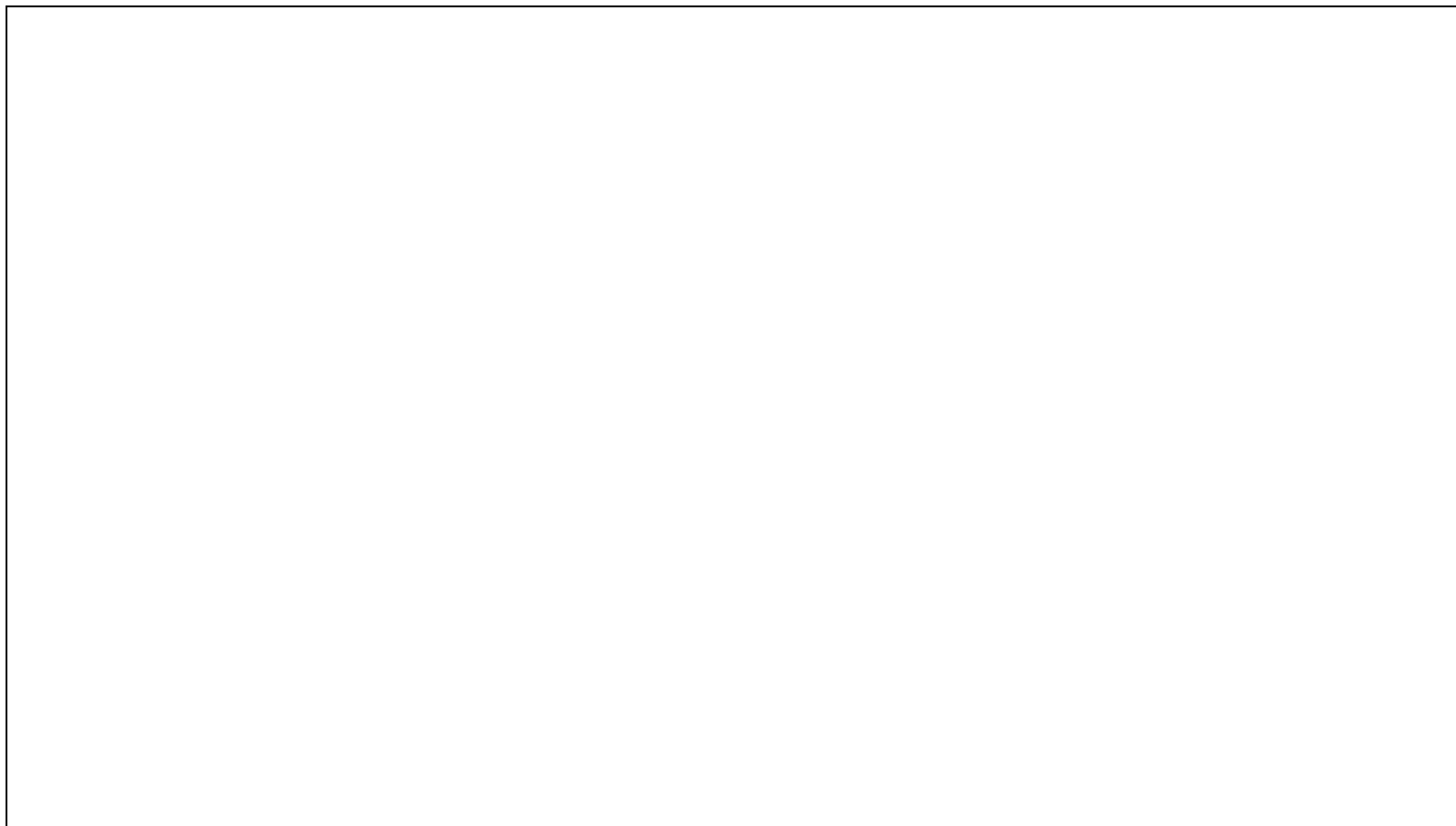
- 架空集合ドロップ
光ファイバ

- 架上
スプリッタ



光クロージャと架上スプリッタ

日経コミュニケーション2002年11月18日号より抜粋



光ファイバの技術的進展

● 空孔ファイバ(Hole Assisted Fiber, HAF)による曲げ半径縮小の効果

➡ { 宅内施行性の向上
多芯ケーブルの細径化 → 重量の軽量化
(1000芯ケーブル: (従来)23mmD → 16mmD

