

# IP高速バックボーン技術

坂本仁明 重松光浩  
日本電信電話株式会社

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## はじめに

- 目的
  - インターネットの急激な普及は、電気通信事業者のネットワークアーキテクチャ、運用に対して影響を与えようとしている。その背景となる技術と、そのインパクトについて解説する。
- 注意
  - サービスを実装している具体的な製品の取り扱いやサービスの価格については解説しません。

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## インターネットの通信路

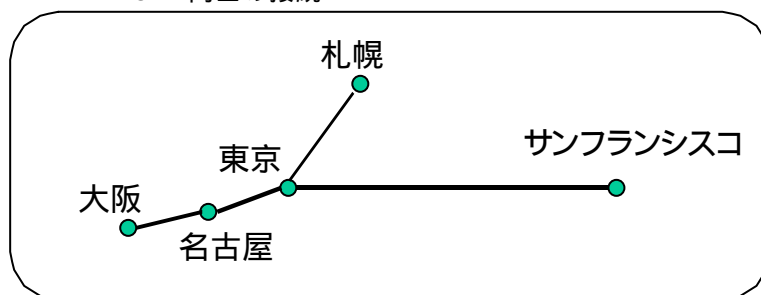
- ネットワークの利用
  - コネクション型
    - 電話/ISDNネットワーク
  - コネクションレス型
    - パケット通信
    - CATV

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

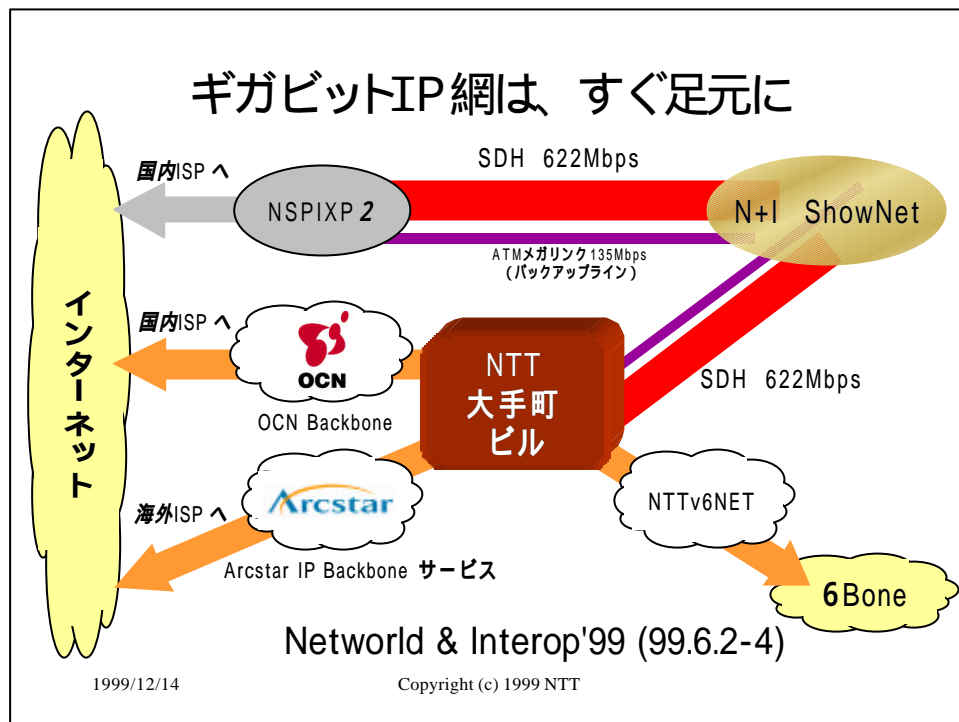
## はじめに

- IPバックボーンとは
  - IPネットワークの中心となる部分
  - ISPの場合には
    - Internet Exchange / NAP への接続
    - POP 同士の接続



1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT



- ## 技術要素
- IP高速バックボーンを取り巻く3つの特徴
    - 高速(広帯域)
      - LANとWANのシームレスな環境
      - デジタルビデオストリームに代表される広帯域アプリケーションの実現
    - 広域
      - 長距離バックボーン
        - 光通信ネットワークの広帯域化  
DWDWM技術への注目
    - IP専用
      - 日進月歩の技術開発に裏付けられた最新装置の導入
      - 短い減価償却期間
- 1999/12/14 Copyright (c) 1999 NTT

# 高速バックボーン

## 広帯域を使いこなすアプリケーション

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## 広帯域ネットワークを使いこなす アプリケーション

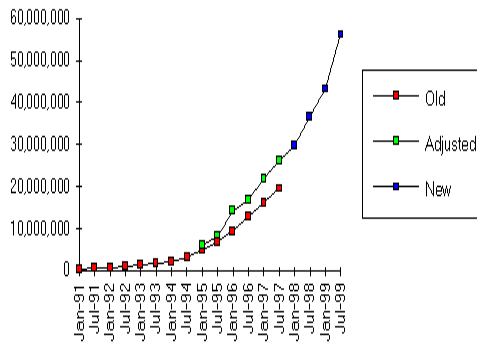
- パーソナルコンピュータにはネットワーク機能付  
属
  - 10/100BASE-T
  - GbE I/F も数十万円で市販されている

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## インターネット需要の急激な伸び

インターネット接続  
コンピュータ数(世界)



	1995	1998
WWW 利用者	600万	4千万以上
WWW サーバ数	10万	300万以上
月間 トラフィック	31テラ バイト	3000テラ バイト
バックボーン への要求	年率4倍の伸び	

Source: Internet Software Consortium (<http://www.isc.org/>)

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## これまでの普及を支えてきたニーズ

- 電子メール
  - MIMEによる電子メールへの添付ファイル...
  - ビジネス環境・生活環境の変化はインターネットのアーキテクチャに大きな影響を与える。
- WWWによる情報共有
  - カタログの電子化
  - 電子商取引

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## インターネットにおける 映像や音声のストリーミング

### おおきく二つの流れ

- (インターネット) コンシューマ品質
  - モデムユーザからLAN接続ユーザを想定した一般エンドユーザ向けマルチメディアストリーミング
  - フレームレートは、利用可能帯域により可変
  - ビットレートは、20 Kb/s - 700 kb/s あたり
- 放送 / スタジオ品質
  - 企業向けの品質制御されたVPNやバックボーン内の利用を想定した、デジタルTV規格の映像ストリーミング伝送
  - フレームレートは、規格値で固定
  - ビットレートは、SDTVで1.5 Mb/s - 50 Mb/s あたり

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## インターネットとスタジオ品質映像

一般的に、これまで、両者の相性は大変悪かった。

- ・スタジオ品質は、衛星中継、ATM専用網。
- ・インターネットでは、よりおおまかな映像

### 最近、おおきく3つの動き

- Webcast に代表されるインターネット上のマルチメディア・アプリケーションの急速な増大
- デジタルTV技術の普及に伴う、デジタルビデオ機材（撮影、編集、蓄積、処理）の大幅な価格低下と多様化
- インターネットの広帯域化



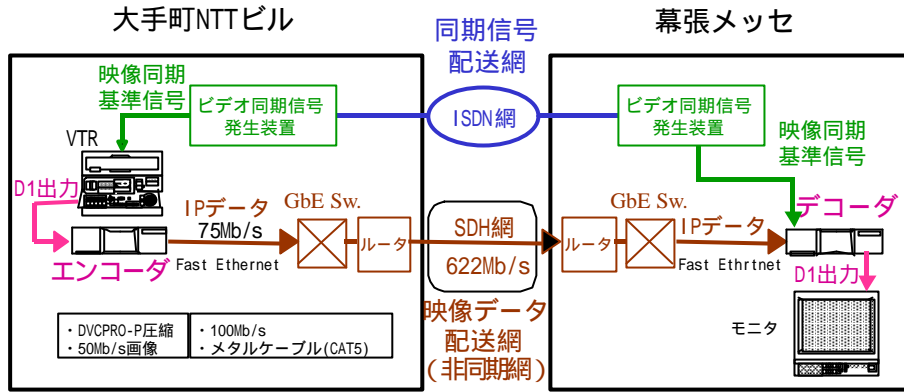
広帯域インターネットの重要なアプリケーションとして  
スタジオ品質映像ストリーミングが注目されている。

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

# スタジオ品質映像IP伝送デモ環境

N+I'99 (99.6)



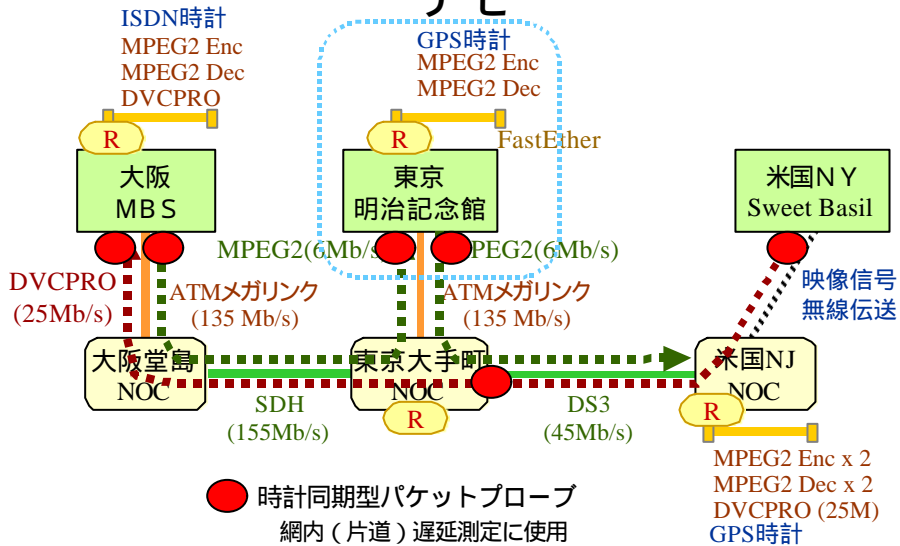
# DVCPRO-P Codec: NTSCコンポーネントデジタル信号を、480p 4:2:0の形式で、50 Mb/s でフレーム内圧縮する。

(機材提供協力：松下電器産業(株))

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

# 米国から日本へのジャズライブIP中継 デモ



● 時計同期型パケットプローブ  
網内(片道)遅延測定に使用

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

### 幕張デモ: デコーダとモニタ

N+I'99 (99.6)

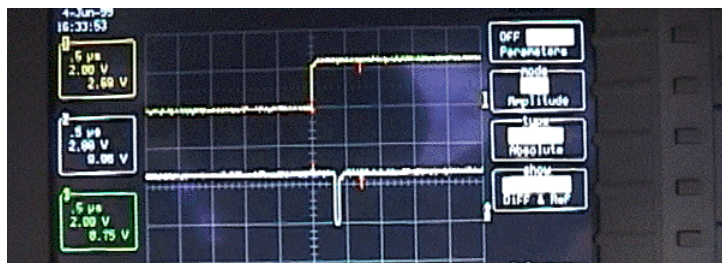


1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

### 幕張デモ: ビデオ同期信号発生装置

N+I'99 (99.6)



1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT



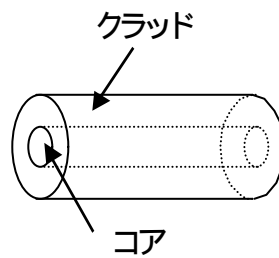
# 広域であること

(光通信技術)

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

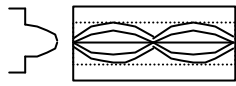

# 光ファイバの基本構造



1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

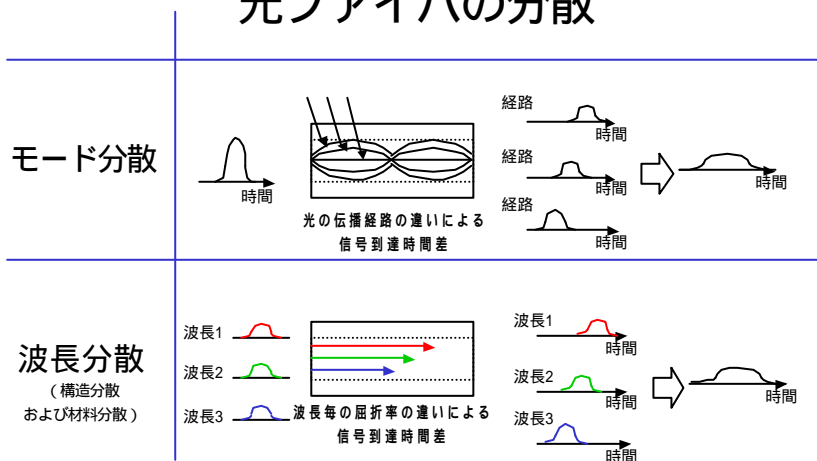
## 光ファイバの例とその構造

	接続精度	モード分散	
マルチモード光ファイバ (GI型) 	~ 5 μm	有	・構内LAN などで利用
シングルモード光ファイバ (SM型) 	~ 1 μm	無	・基幹・アクセ ス網で利用 ・広帯域での 利用が可能

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

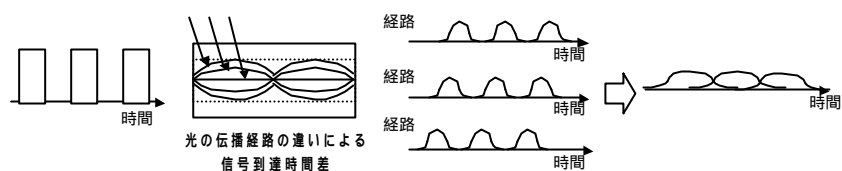
## 光ファイバの分散



1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## 光ファイバの分散による符号誤り



分散による光波形の歪みは、符号誤りの原因

1999/12/14

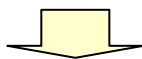
Copyright (c) 1999 NTT

## シングルモード光ファイバの改良

### • 波長分散に対する取り組み

- 通常のシングルモード光ファイバ(SMF)
  - 1300nm帯域で波長分散がゼロになるように設計

光ファイバの改良により長距離伝送に適した(損失の小さい)  
波長(1550nm帯)が発見される



- 零分散シフト光ファイバ(DSF)
  - 1550nm帯域で波長分散がゼロになるように設計

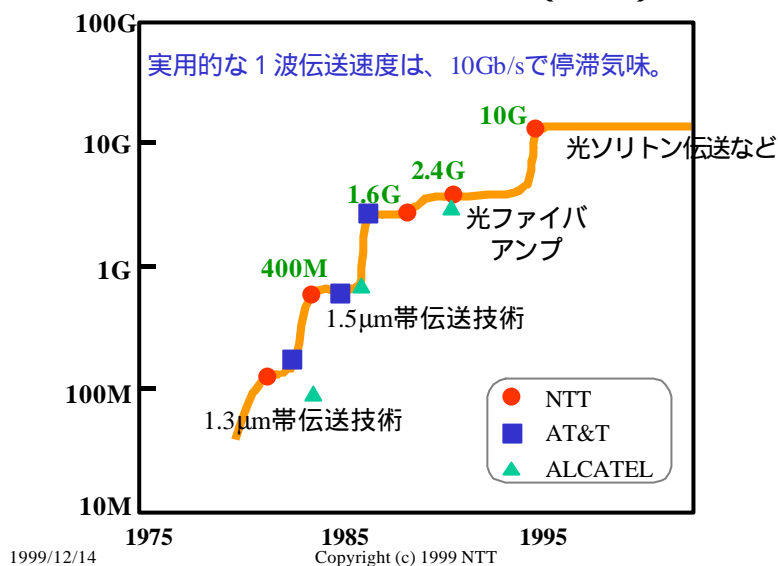
### • 多心ファイバの開発

- 中継系 (300心)
- アクセス系 (1000心)

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## 光伝送速度の変遷(1波)



## 多重方式の色々

- 時間だと TDM: 時分割多重方式
  - $64\text{Kbps} \times 24 = \text{T1}$  とか、  $156\text{Mbps} \times 16 = 2.4\text{Gbps}$
- 空間だと SDM: 空間分割多重方式
  - 一本のケーブルをたくさんの光ファイバ心線(多心)で利用
- 電波だと FDM: 周波数分割多重方式
  - 周波数の違う複数の電波を同時に利用して多重利用
- 波長だと WDM: 波長分割多重方式
  - 光通信における多重技術
  - 波長の違う複数の光信号を同時に利用して光ファイバーを多重利用

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## 光通信につかう波長

- よく使われる光信号

- 850nm
  - マルチモードファイバーでよく使われる光
  - 近距離
- 1310nm
  - シングルモードファイバーでよく使われる光
  - 遠距離
- 1550nm
  - 分散シフトファイバーなどで使われる光
  - 遠距離
  - 光のまま信号を増幅する「エルビウム添加光ファイバ増幅器」はこの帯域の光に用いる。

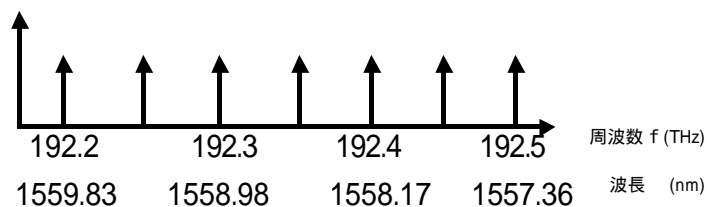
1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## DWDMとは？

- Dense WDM

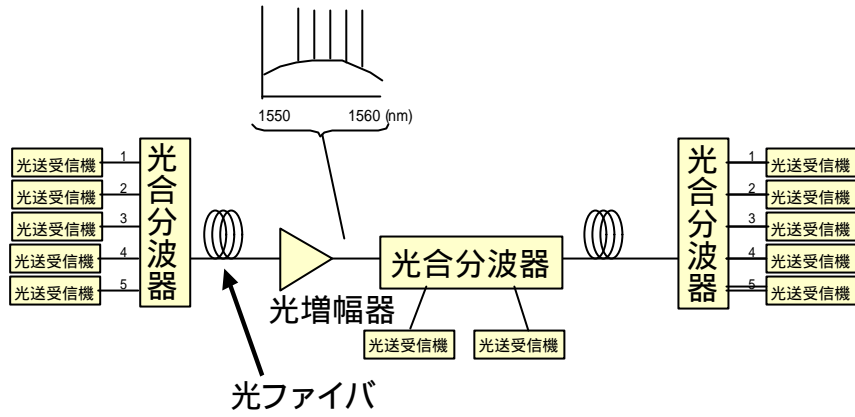
- 光増幅器で増幅可能な波長帯域(1550nm)に
- 50 ~ 200GHz毎に波長を並べる (ITU-Grid)
- いまどきは、最大40 ~ 100ぐらいの光信号を多重化
- それぞれの光信号は、例えば2.5Gbpsで通信



1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

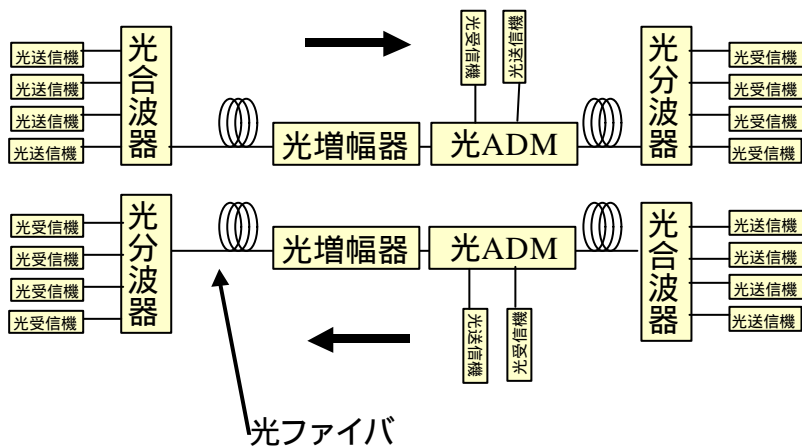
## DWDM伝送装置の構成例



1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## DWDM装置の構成例



1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## WDMを取り巻く話題

- Point-to-point から ring や mesh へ
  - 端局装置(P to P) -> リング -> クロスコネク
- 長距離から近距離、大都市での利用へ
- 低価格化
- 大容量化
  - 波長あたり 2.5Gbps から 10Gbps へ
  - 多重度 16, 40, 100, それ以上へ
- 物理インターフェース
- 光ネットワークとしての機能
  - 故障時のプロテクション、レストレーション機能の実現

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

12

## 物理インターフェース

- 基本的には速度やプロトコルには依存しない
- しかし、信頼性向上やネットワークの監視のために速度やプロトコルを規定して製品化されている
- SONETインターフェース
  - OC-12c, OC-48c, OC-192c
- LANインターフェース
  - Gigabit Ethernet, 2Gbit Ethernet(?), 10Gbit Ethernet
- これからの新プロトコル
  - MAPOS, SDL, ....
- 光パケット交換などなど...

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

24

## DWDM伝送に零分散シフト光ファイバを用いた場合の問題点

- 四光波混合現象(FWM: Four-wave Mixing)
  - 四光波混合現象により生じた光により、クロストークが発生。伝送不可能に。

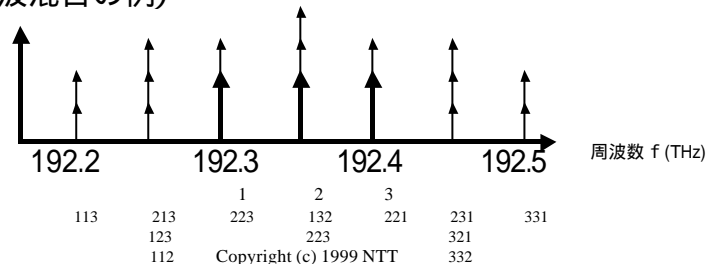
1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## 光ファイバ中の非線型光学効果

- 四光波混合
  - 3波( $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ )の光が互いに影響し、 $\omega_1 + \omega_2 - \omega_3$ の周波数に4波目の光が生じる現象。波長分散が零の帯域で起きやすい。生じた光は、信号光に対して雑音となり、符号誤りの原因となる。
  - $\omega_{ijk} = \omega_i + \omega_j - \omega_k, \omega_i, \omega_k, \omega_j - \omega_k$

四光波混合の例)



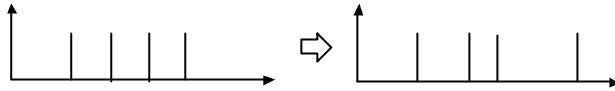
1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

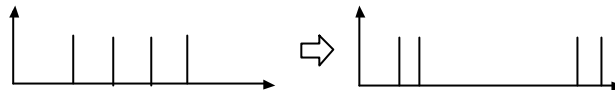


## 四光波混合現象の回避

- 光波長を不等間隔に配置



- ゼロ分散波長帯を除いて使用



- ゼロ分散波長帯を1550nm帯にかからない様に調整

NZ-DSF, LEAF

- 長波長(1580nm)帯での伝送

1999/12/14

広帯域光増幅器を用いた、長波長帯での伝送

## 零分散シフト光ファイバの改良

- 光ファイバの改良

- None-Zero DSF光ファイバ(NZ-DSF)

- 1522nm帯(NZ-DSF+)、もしくは1578nm帯(NZ-DSF-)で波長分散がゼロになるように設計された光ファイバ

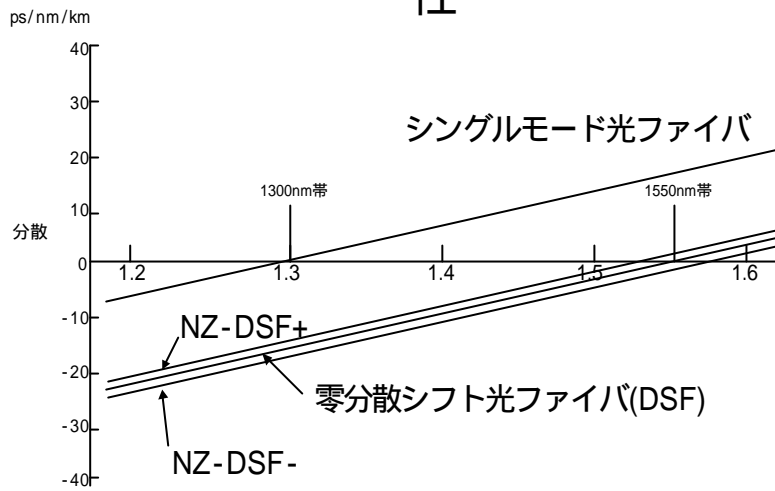
- LEAF(米Corning社)

- 波長分散がゼロとなる帯域をずらすだけでなく、コア径を大きくすることにより、光パワー密度を相対的に減少させ、非線型光学現象を生じにくくした光ファイバ

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## 零分散シフト光ファイバの波長分散特性



1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

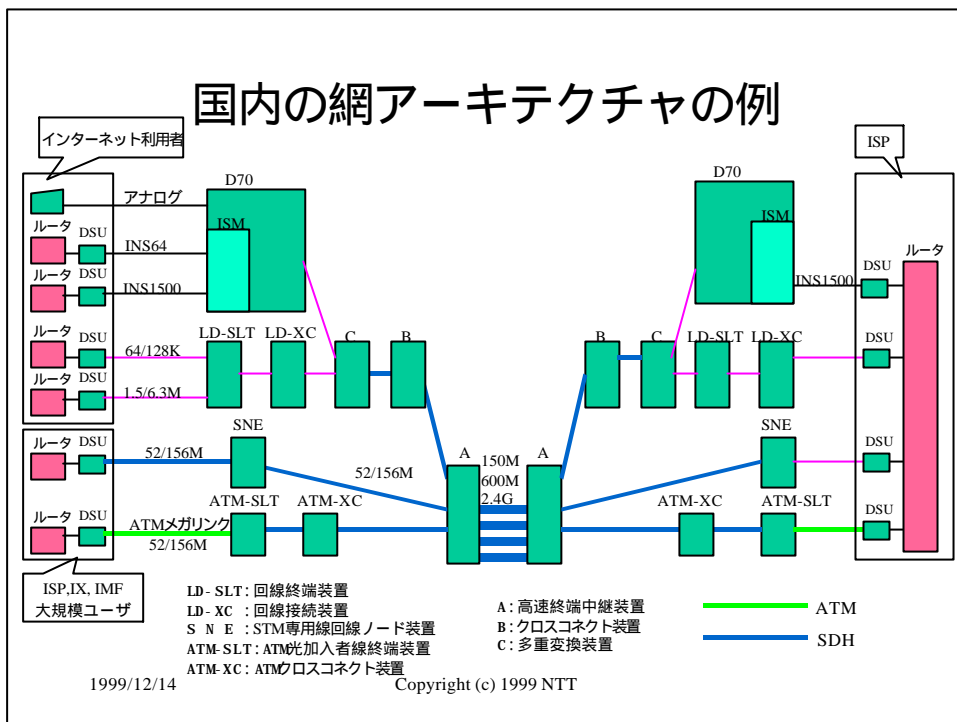
## IP専用ということ

### 高速IPバックボーンのアーキテクチャ

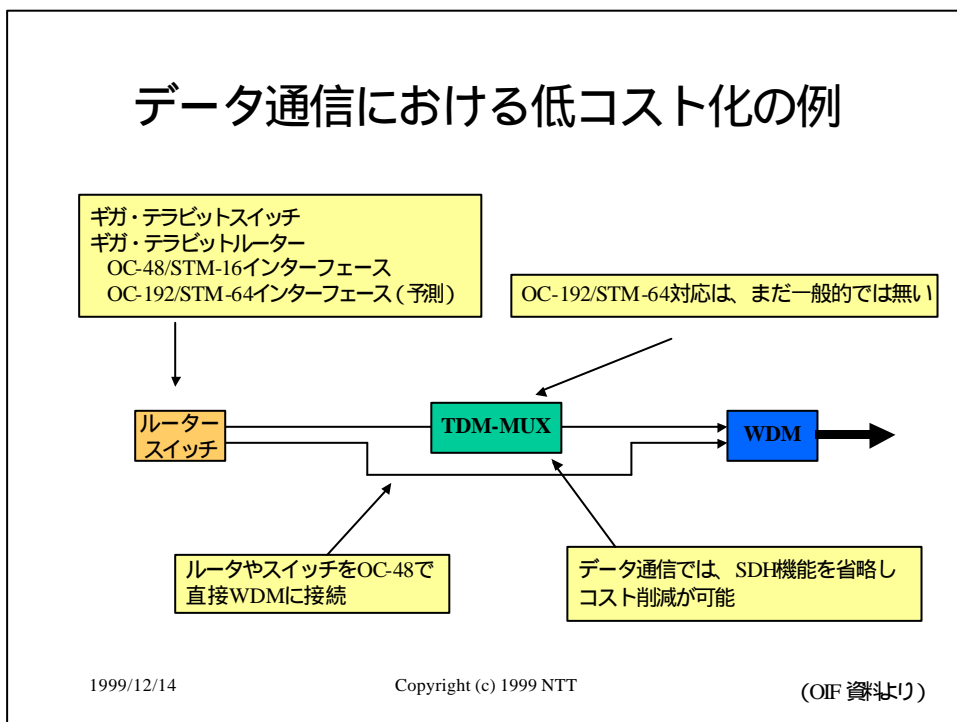
1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## 国内の網アーキテクチャの例



## データ通信における低コスト化の例



## 高速IPバックボーンのアーキテクチャ

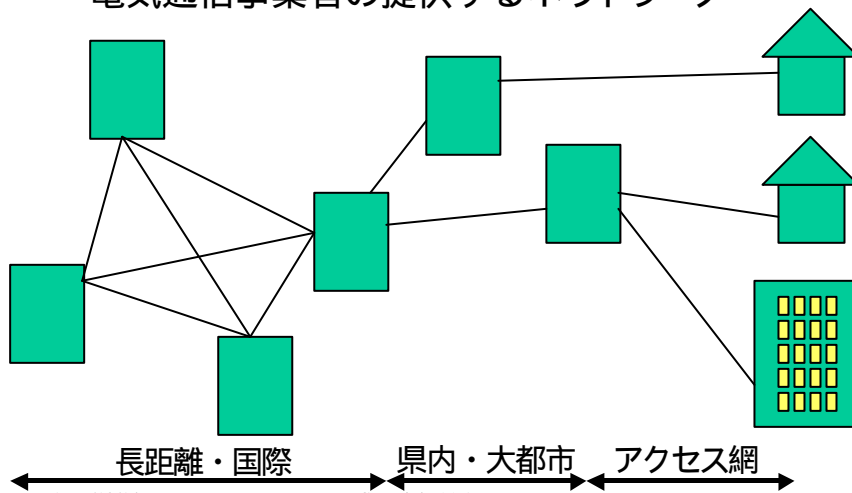
- インターネットに関わる様々な業種が、それぞれの資産を活用しながらインターネット需要に応えるため、インターネット回線を供給している。
  - インターネットサービスプロバイダ
  - 電話事業者
    - 移動電話事業者、無線通信事業者、衛星通信事業者
  - TV事業者
    - 放送局、CATV事業者
  - 有線放送事業者
  - 国際海底通信ケーブル事業者
  - ハウジング事業者

1999/12/14

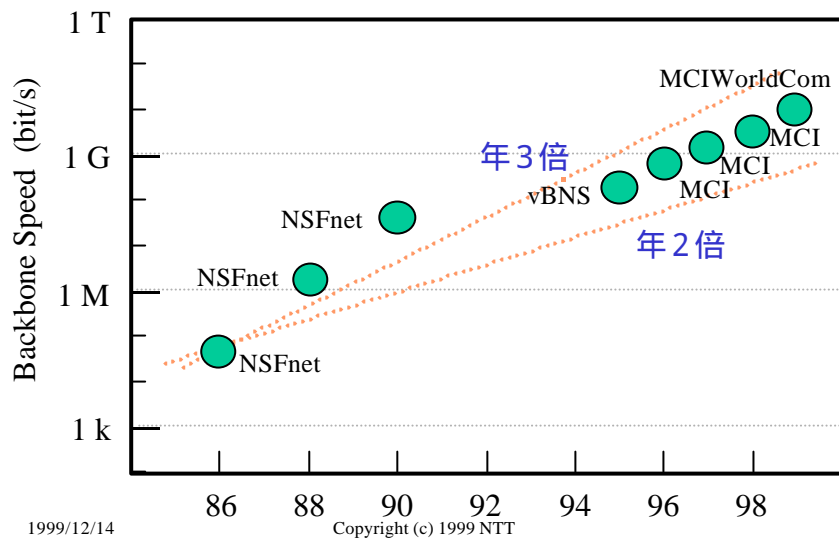
Copyright (c) 1999 NTT

## Wide Area Network

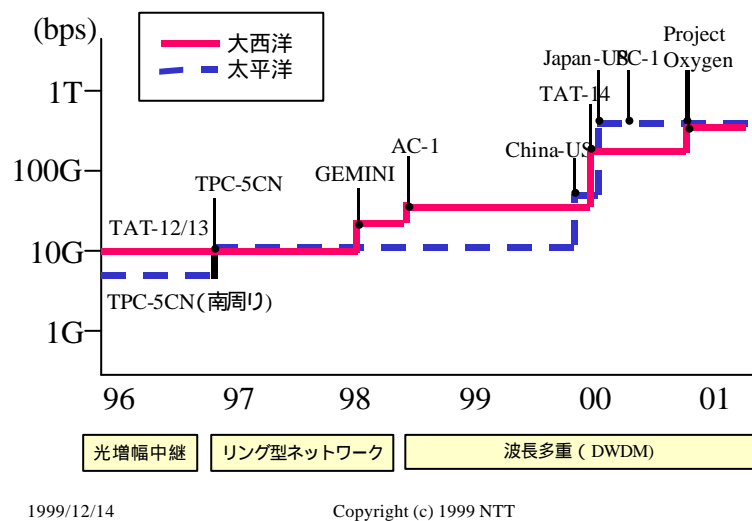
- 電気通信事業者の提供するネットワーク



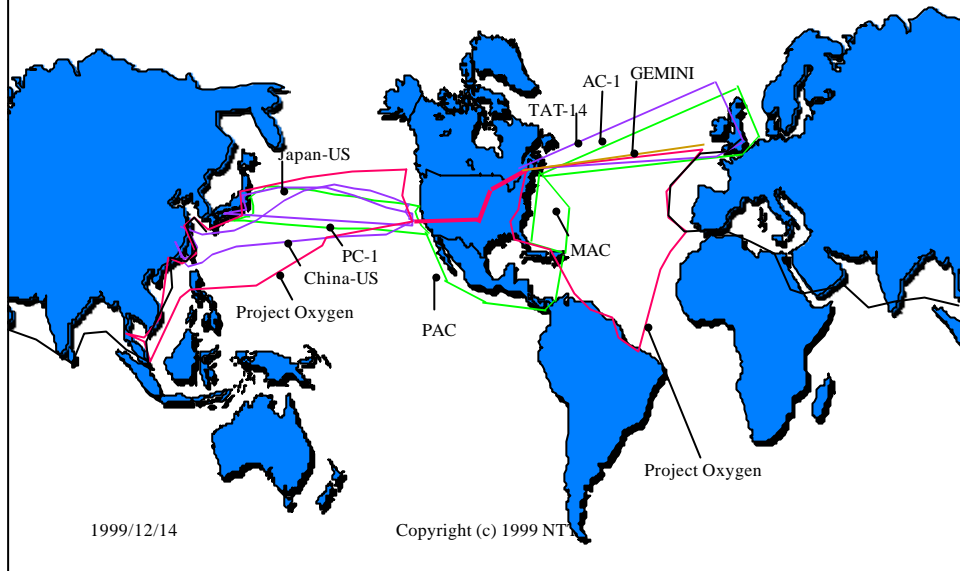
## IPバックボーン回線速度の推移



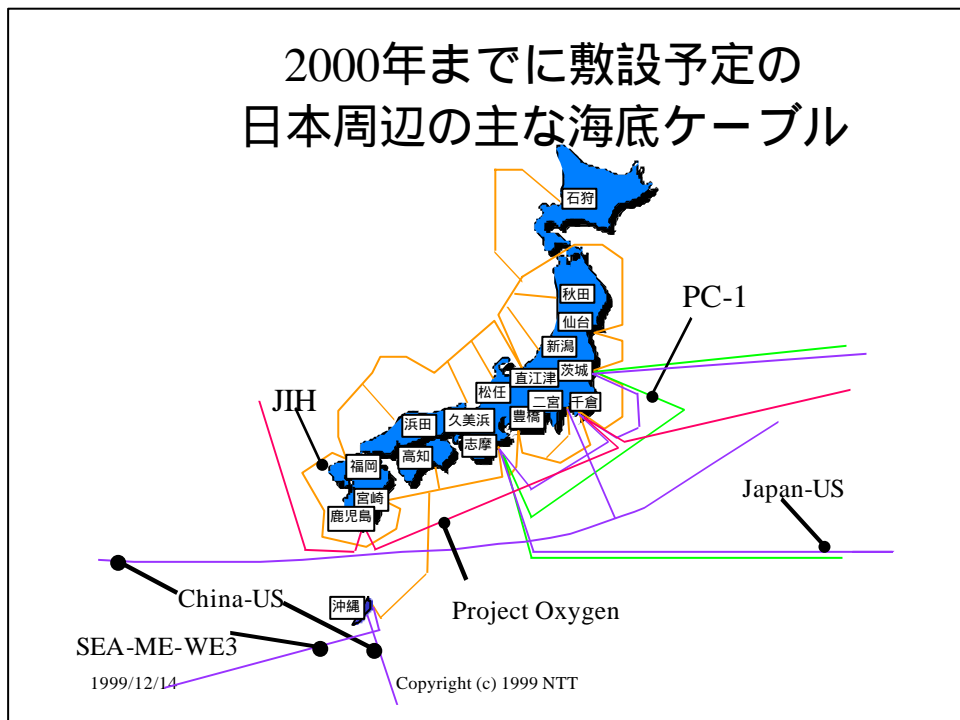
## 大陸間の伝送容量の推移



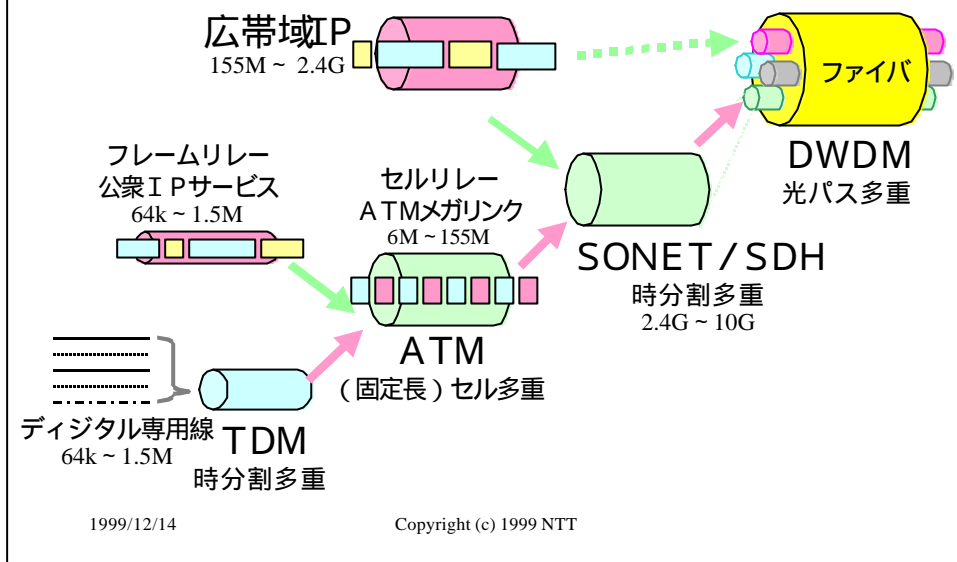
## 2000年までに敷設予定の 主な海底ケーブル



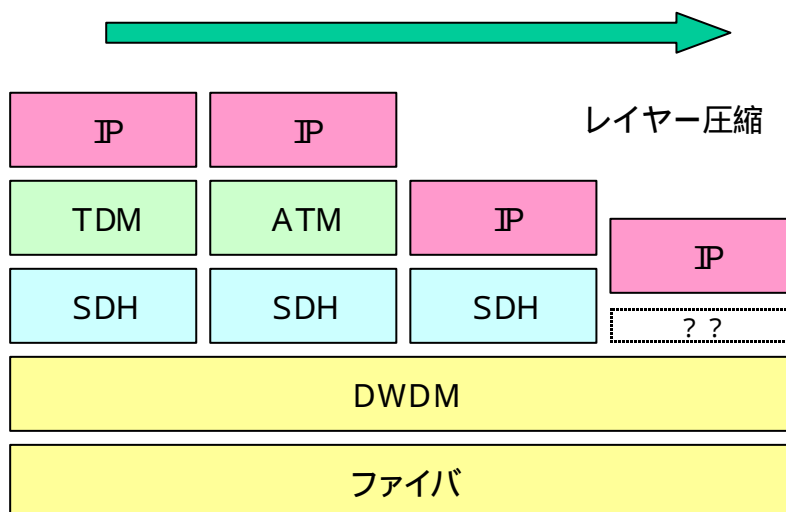
## 2000年までに敷設予定の 日本周辺の主な海底ケーブル



## WAN技術の発展



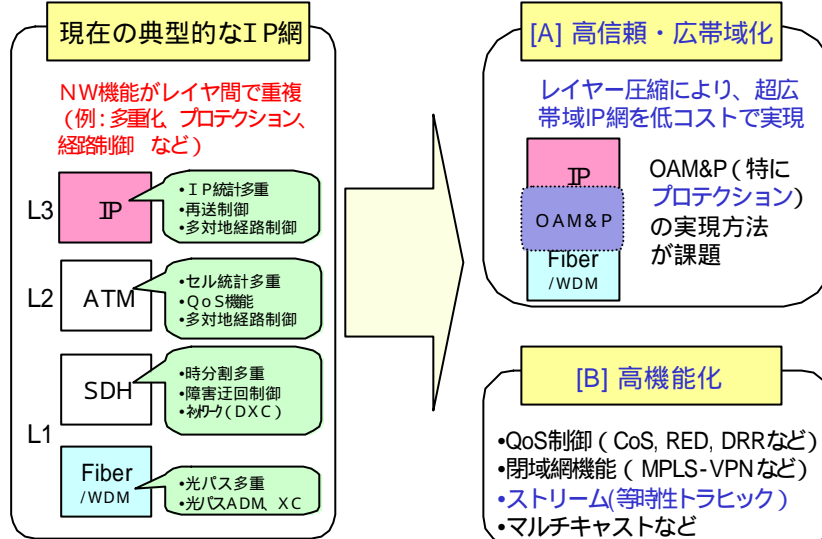
## WANネットワークの階層



1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## 次世代IP網に向けたレイヤー圧縮の動き



1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## まとめ

- インターネットやデータ通信と、音声のトラフィック量の逆転
- WDMの導入により、既存ネットワークアーキテクチャにとらわれない、高性能かつ経済的な次世代インターネットの構築が可能となる場合がある
- 広帯域IPネットワークを使いこなすには？

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT



# 後半

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## 全体のストーリー構成

- IP 需要増大, トラフィック急増
  - 広帯域化
  - レイヤ圧縮による低コスト化
- 広帯域を活かした利用事例
- 今後求められる方向性
  - 高信頼性の維持
  - 高機能なサービスオプション

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## 後半のストーリー構成

- 2つの方向性を軸に技術動向を整理
  - 高信頼性
  - 高機能性
- その前にキーワードとなる用語を説明

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## キーワード

- SDH/SONET
- POS
- ギガルータ

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## SDH/SONET

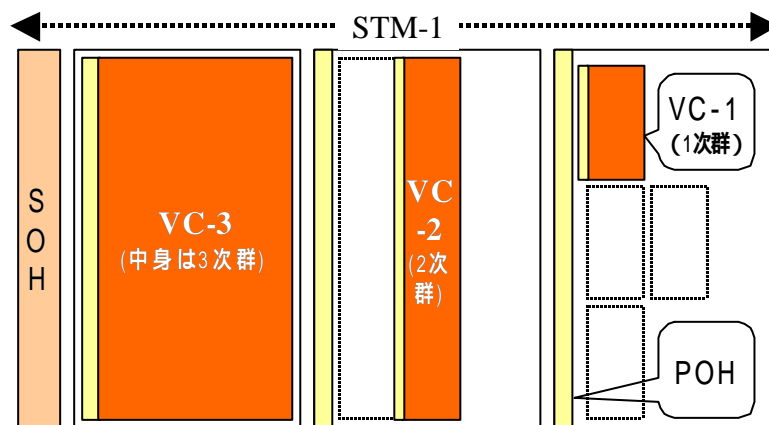
- デジタル信号を同期多重化していくステップの系列
- NWに交換機・加コネクタ等を接続するためのネットワーク・ノード・インターフェイス(NNI)のビットレートを規定

	SDH	SONET
標準	世界標準 (ITU T)	米国標準 (ANSI)
規定速度の単位	STM 1 155.520Mbps	OC 1 51.840Mbps
採用地域	日本, ヨーロッパ, アジア	北米

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## SDH STM-1の概念図



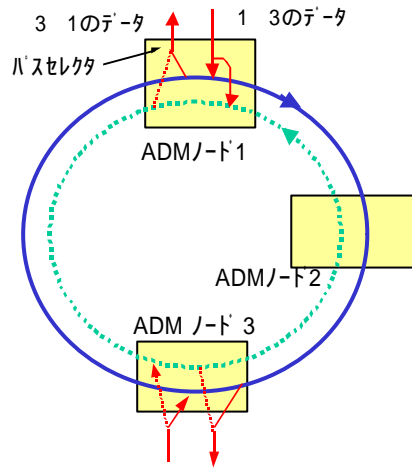
SOH: セクションオーバーヘッド, POH: パスオーバーヘッド

1999/12/14

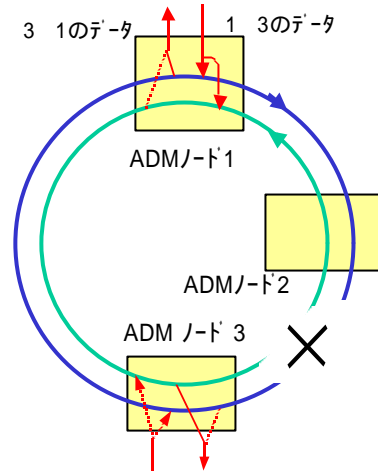
Copyright (c) 1999 NTT

## UPSR/SNC方式でのプロテクション

正常時:



障害時:

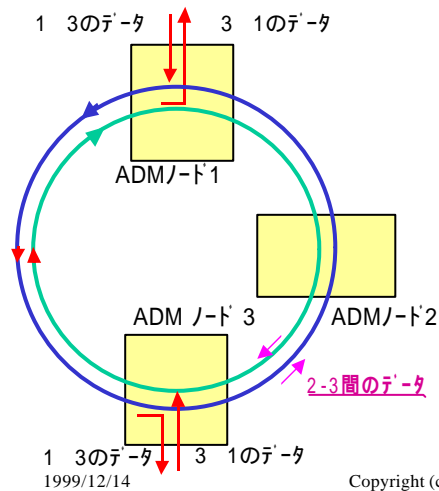


1999/12/14

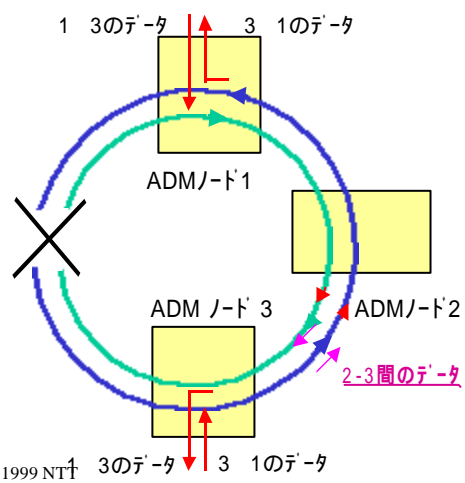
Copyright (c) 1999 NTT

## BLSR/MS SPRing方式でのプロテクション

正常時:



障害時:



1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## POS

- Packet Over SONET/SDH の略
- PFC1619,1661,1662 で規定された, SONET/SDH上で IPパケットを伝送するための規格
- おそらく今後しばらく高速P伝送方式の主流の一つ
- 「IP over WDM」には主に二通りの意味?
  - IP over SONET/SDH over WDM の意
  - SONET/SDHを使わないで WDMにIPトラフィックを載せる IP over OTN(Optical Transport Network) 等の意

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## POS のメリット/デメリット

- SDH/SONET 上に ATMを利用するより, オーバヘッドが小さく, 伝送効率が高い.
- ルータインタフェースに SONET/SDH機能をもたせると比較的安価に設備を構成可能
- 上限速度(2.5G or 10G)でルータ等の機器と接続するなら, SONET/SDHの多重機能は生かせない

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

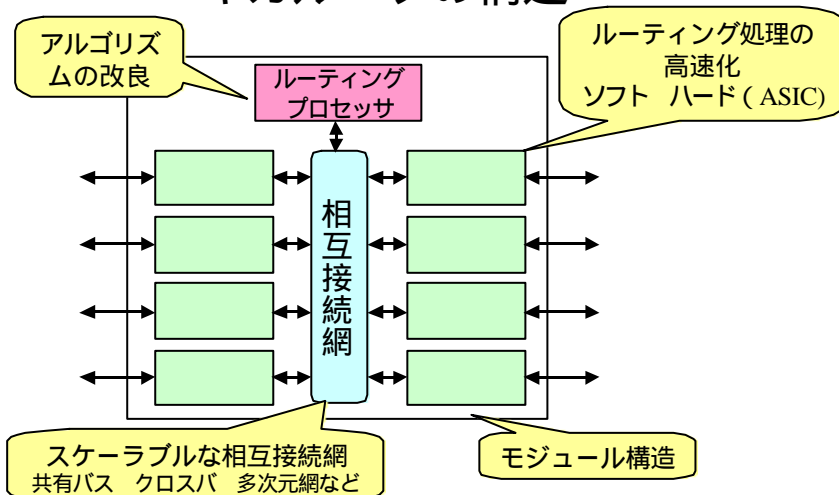
## ギガルータ

- キガビット超のIFをもつルータ(我々の造語)
- キガルータに求められていること
  - ルーティング容量 IPトラフィックの急増
  - 回線高速化への対応 光通信の高速化
  - 信頼性の向上 社会的・産業的役割
- キガルータのNW全体における役割
  - 使われ方 (ISP-BB, IX, POP, ユーザ機器)
  - ネットワークアーキテクチャ

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## ギガルータの構造



1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

# ギガルータ：単体型と並列型

単体型

(超)並列型

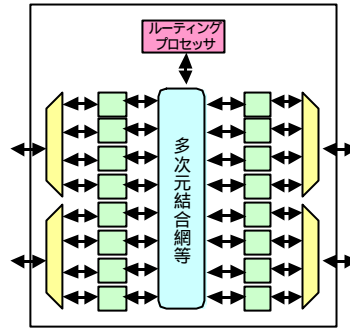
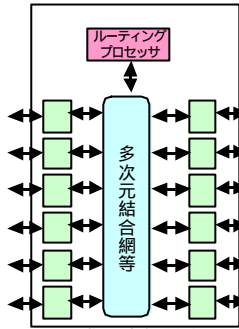
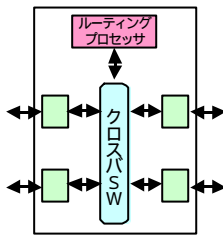
Cisco GSR  
Juniper M40  
等

回線速度 モジュール

回線速度 > モジュール

Avici TSR 等

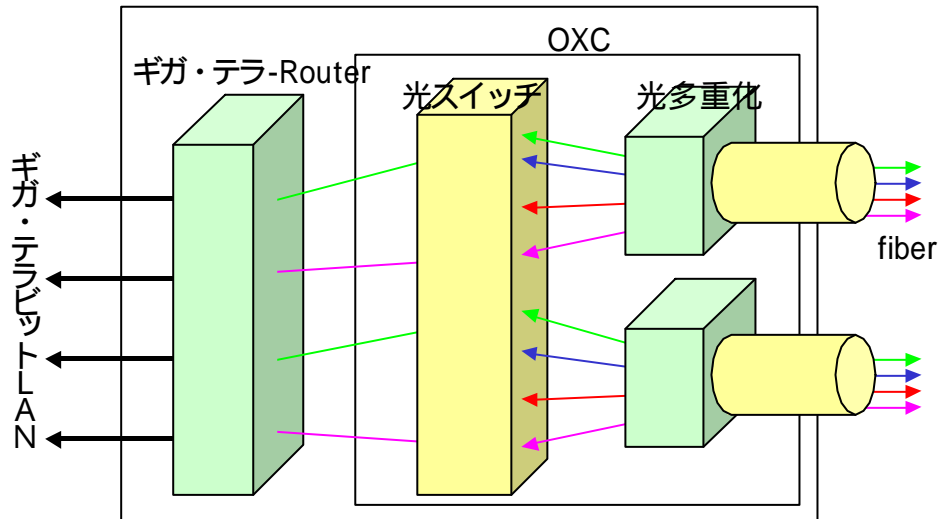
Pluris 等



1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

# 新世代ネットワークノード



1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## 高信頼の維持

- プロテクション
  - 自動診断と自動切替え
  - 各層でのプロテクション
  - 今後の展開
- パススレートラフィックの処理
  - なぜパススルーか
  - さまざまな方法でのパススル - の実現

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## 高信頼の維持

### プロテクションについて

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT



## 自動診断と自動切り換え

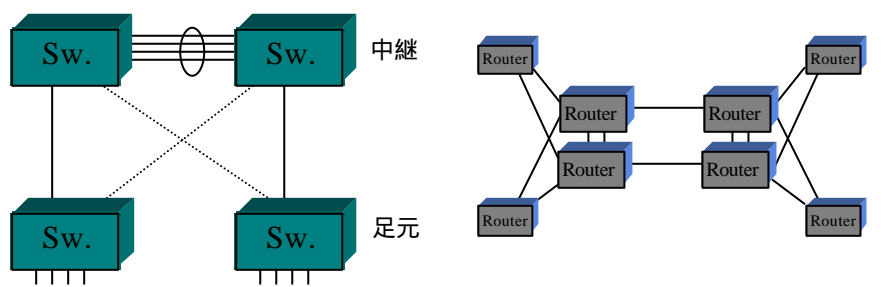
IP層を例にとると,,,

- 自動診断
  - Hello パケットが来ない
  - 経路情報が古くなる(タイムアウト)
- 自動切換え
  - 古い経路情報を無効にし, 候補から再選択

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## プロテクションの例



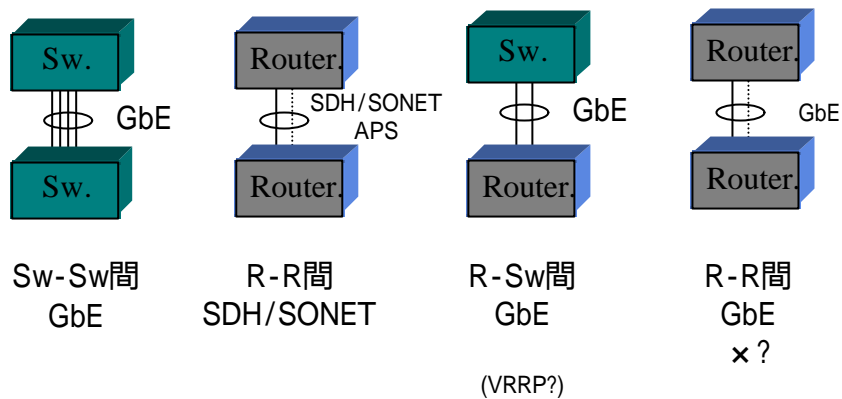
スイッチのタスキ掛け (Layer2)

ISPのバックボーン (Layer3)

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## プロテクションの例(2)



1999/12/14

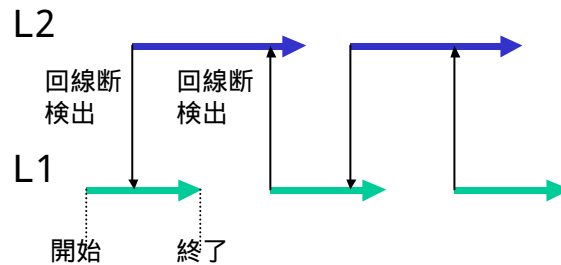
Copyright (c) 1999 NTT

## 各層でのプロテクションの対応

	Protection Method	Detection	Reaction	Restoration	Comments
Layer 1 に対応	WDM-OMS	1-10ms	1-10ms	10-30ms	Ring or P-P
	WDM-FLEXINGBUS	1-10ms	1-10ms	10-30ms	Ring or P-P
	WDM-OCH	1-10ms	1-10ms	10-30ms	Ring or P-P
	SDH SNCP	0.1ms	2-3ms	50ms	
	SDH, MS-S/D-PRING	0.1ms	2-3ms	50ms	Ring
	SDH Restoration	0.1ms	2-3ms	Minutes	
	APS 1+1	0.1ms	2-3ms	50ms	P-P
	Physical Interface 1+1	0.1ms	10ms	20ms	P-P
Layer 2 に対応	Spanning Tree	0.1ms	minutes	minutes	
	FDDI	0.1ms	1ms	10ms	Ring
	ATM PV-C/P 1+1	0.1ms	10ms	10ms.N <sub>vc</sub>	Standby
	ATM PNNI SPV-C/P or SV-C/P	0.1ms	10ms	10ms.M.N <sub>vc</sub>	M = number of hops
	MPLS 1+1 LDP	0.1ms	10ms	100ms	Standby
	MPLS 1+1 RSVP	0.1ms	10ms	100ms	Standby
	Packet Over Light-wave (POL)	0.1ms			
	Dynamic Packet Transport (DPT)	0.1ms	2-3ms	50-100ms	Ring
Layer 3 に対応	Dynamic synchronous Transfer Mode	0.1ms	10ms	100ms	Ring
	Border Gateway Protocol (BGP)	3x60s	5s/30s	10-100s	
	Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)	3x15s		1-10s	Feasible successor
	Intermediate System to Intermediate System (IS-IS)	4x10s		1-10s	Load Balancing
	Open Shortest Path First (OSPF)	4x10s		1-10s	Load Balancing
	Routing Internet Protocol (RIP)	180s		100s	
	Protocol Independent Multicast Sparse/Dense				
	Distance Vector Multicast Routing Protocol				

(参考) R. Batchellor (Ericsson Ltd.) : OIF99.38: "Coordinating protection in multiple layers"

## レイヤ間のプロテクション相互干渉



プロテクション相互作用により通信不能になる

### レイヤ間プロテクションスイッチ

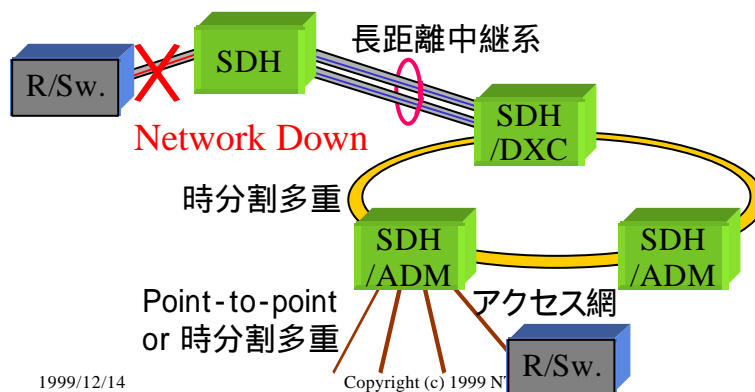
上位レイヤのプロテクションは下位レイヤのプロテクションの終了を待つ必要あり ( OIF勧告 OIF 99.38)

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## ルータをSONET/SDH網で接続

アクセス網とI/Fが二重化していないため、End-to-end での Protectionはまだ実現できず

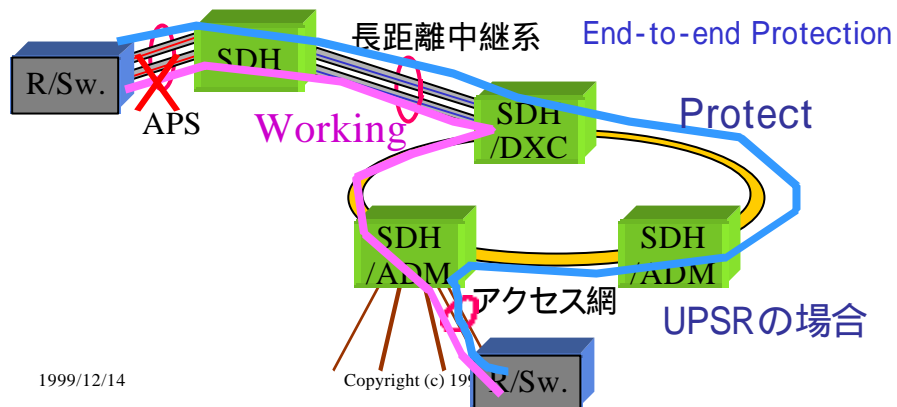


1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

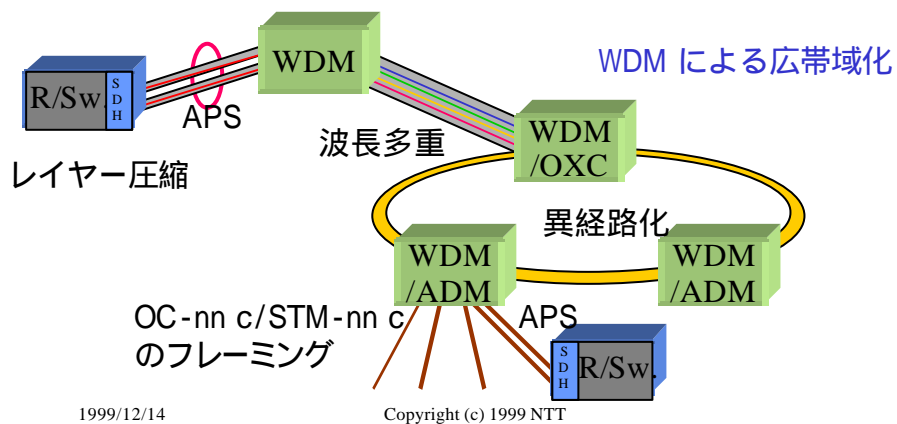
## ルータへの APS機能導入

- Router に APS(自動診断・切り替え)機能をいれ、 end-to-end の protection機能を実現
- 障害時には、ルータにより自動的に Switchover



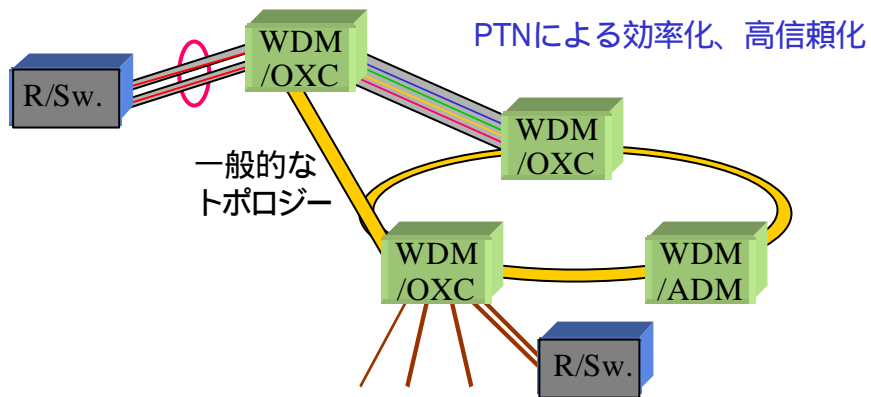
## 光パス上にルータを接続

- 光パス上に、SDH/APS機能をもつルータを接続
- Router内SDH I/F が提供する APS と光パスの異経路化により 高い信頼性をもつ Protection を実現



# エンド・トゥ・エンドでの光パスプロテクションの実現

- より一般的な構成でProtection/Restorationを実現できる  
Photonic Transport Network (PTN) の提供



1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## 高信頼の維持

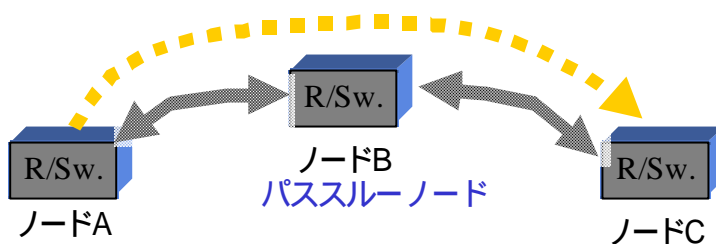
### パススルーについて

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## パススルー・トラフィックの扱い

- ノードAからノードCへパケットを送りたい
- ノードAからノードCへの直接リンクはない
- ただし、ノードBを経由すれば到達可能

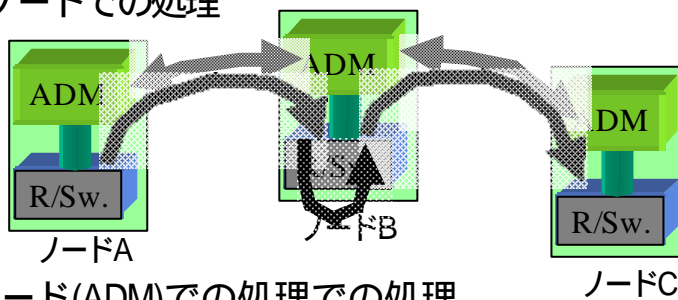


広帯域化につれて、パススルーノードB  
における負荷が問題

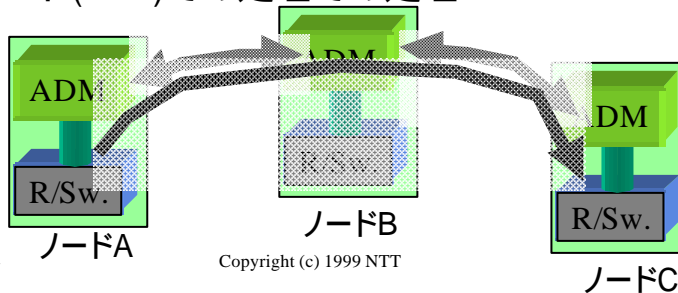
1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## ルータノードでの処理



## 伝送系ノード(ADM)での処理での処理



1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

- ルータノードでの処理
  - IP層(L3)でのルーティング
  - MPLS(L2)でのラベルスワッピング
- 伝送系ノード(ADM)での処理
  - TDM/WDM パスの選択的Add/Drop
  - フレームアドレスを用いた選択的Add/Drop

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## IP層(L3)でのルーティング

1. 入力パケットの宛先アドレスにマッチするネットワークアドレスをルーティング表から検索
2. そのルートのゲートウェイに向けて、対応する出力インターフェースを通して、2層のフレームを送出する

### 利点

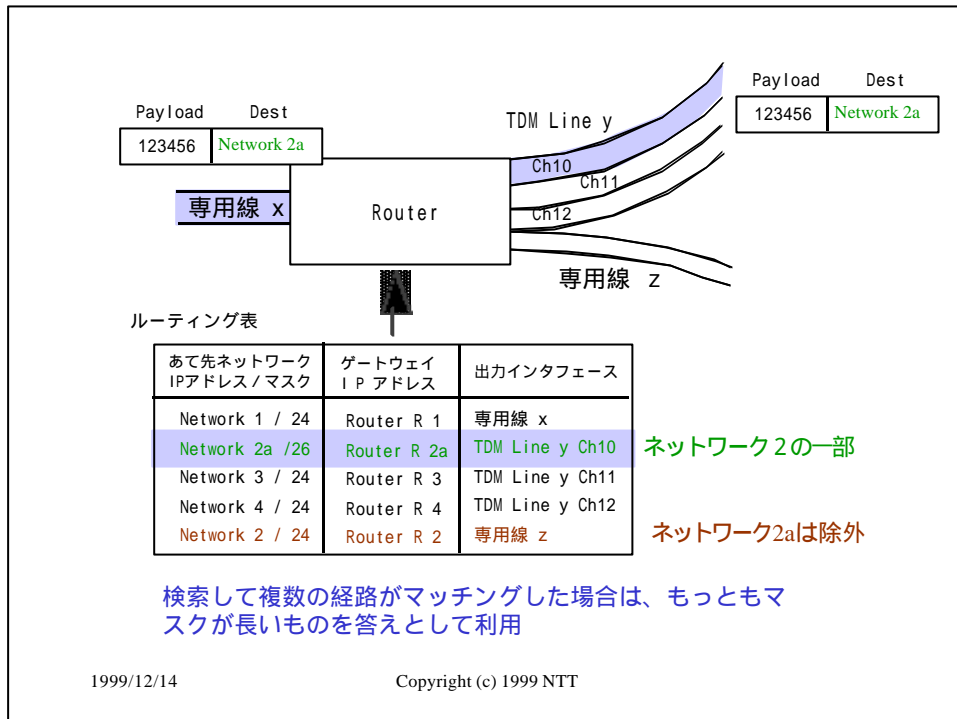
- ・通信メディア独立である
- ・大規模ネットワークに対応するスケーラビリティがある
- ・動的ルーティングにより、動的構成変更が可能で、耐故障性が高い

### 欠点

- ・ルート検索に時間がかかり、遅くなりがち
- ・リンクダウンに対する反応が鈍い

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT



## MPLS(L2)でのラベルスワッピング

1. 入力フレームの2層レベルから、出力回線と出力フレームの2層ラベルを定める
2. フレームの2層ラベルを書き換えて、出力回線から送出

### 利点

- 高速 / 低遅延なフレームフォワーディングが可能
- 通信のサービス品質 (QoS) や閉域性の確保が容易

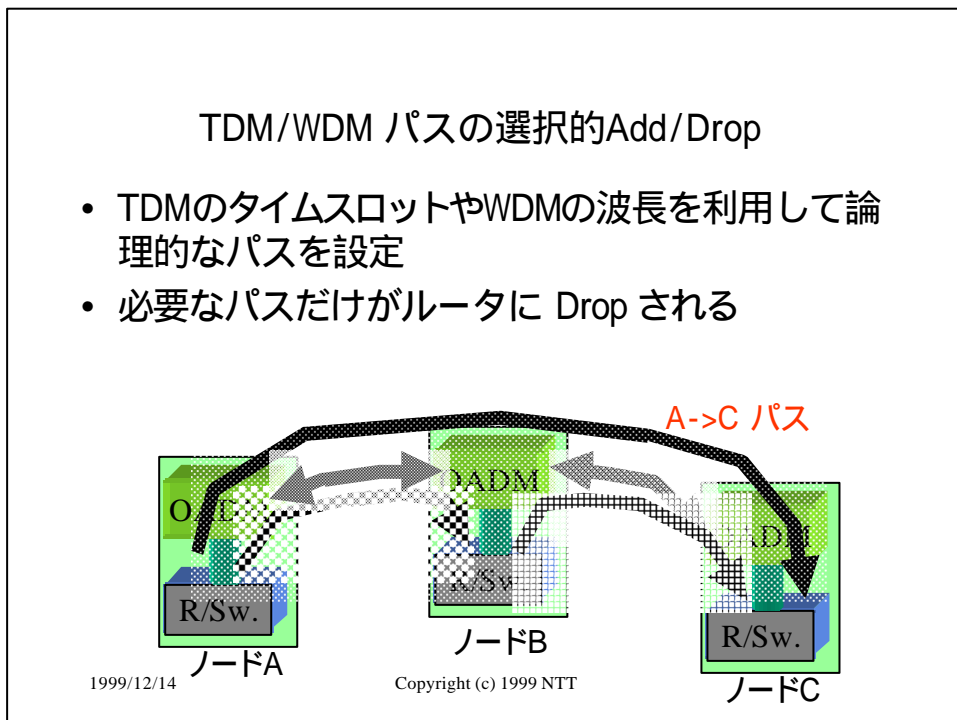
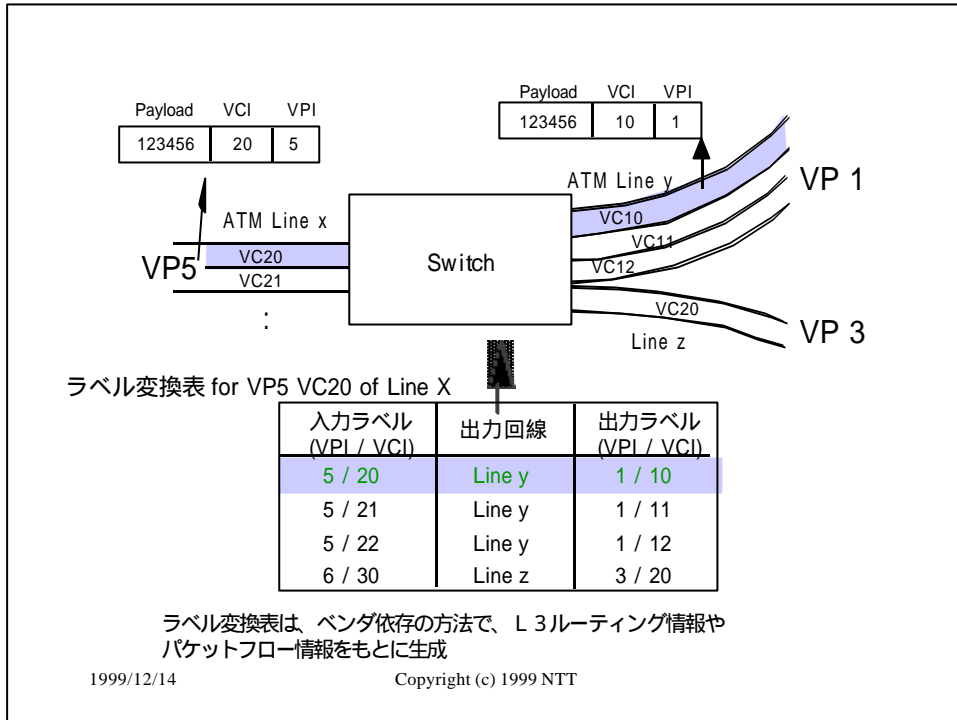
### 欠点

- 通信メディア依存性が残る (ラベルのつけ方に依存性)
- 動的ルーティング情報の変化を2層に刻々と反映させるのが困難
- 標準化が進まず、インタオペラビリティが不十分

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT





## フレームアドレスを用いた選択的Add/Drop

- TDM/WDMでノード間をフルメッシュ接続すると、帯域の無駄が増大
- IP ルーティングでは、リンク・ノード障害時の高速な迂回措置が困難

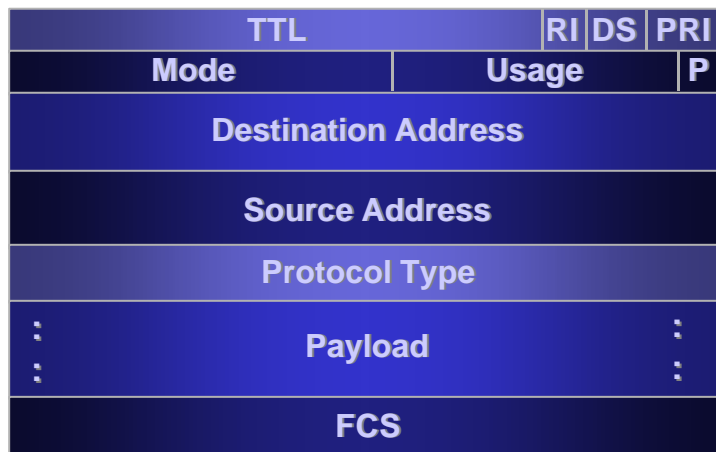


- フレームベースでL2アドレス情報をもとに選択的にフレームを Add/Drop し、ルータにまわす

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## フレーム形式の例(DPT)

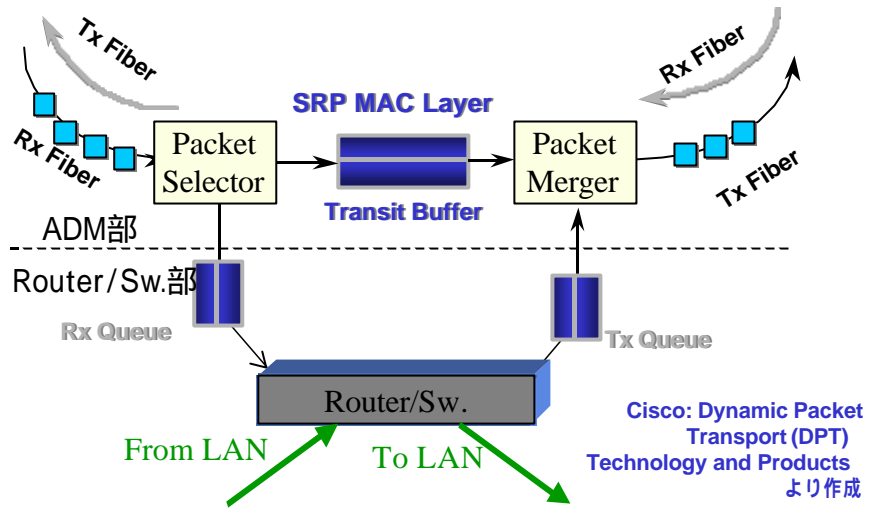


Cisco: Dynamic Packet Transport (DPT)  
Technology and Products より引用

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## 動作概念図



1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## 高機能なサービスオプション

閉域網サービス

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## 閉域網サービス VPN

VPN (Virtual Private Network) とは,

- 広域な共有ネットワークを, 仮想的に私設網の使用感で提供する技術/サービス
- VPNのさまざまな形態
  - 最初は電話網の閉域利用サービスとして登場(AT&T, NTT etc..)
  - 他にも FRやATMを対地を決めて利用する場合もVPNと呼ばれる
  - IP上でトンネルやMPLS等を利用して提供する IP - VPN
  - などなど

以下では IP-VPNを中心に説明

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## IP VPN のメリット

- エンドユーザにとって
  - 通信コストの削減
  - その波及効果として, ネット系ビジネス拡大効果
- ISPにとって
  - 付加価値サービス提供による差別化
- 通信事業者(キャリア)にとって
  - 通信インフラのIP網への統合が可能に

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## VPN に対する要求条件 (1)

### (1) エンド・ユーザからの要求

- 接続性とアドレッシング：
  - LAN からの接続，公衆回線経由の接続
  - Extranet への接続，およびThe Internet への接続
  - 既存のアドレス体系の保存
- パフォーマンス：
  - 低遅延と高スループット
  - SLA の提供（信頼性，使用可能性等について）
  - CoS の提供
- マネージメント：
  - 顧客によるサービス調整機能の提供（Web による）
  - 実時間報告など
- セキュリティ：
  - 他の顧客とアドレスが衝突しない，トラフィックの漏れがないことの保証

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## VPN に対する要求条件(2)

### (2) サービス・プロバイダからの要求

- 複数の VPN が容易に提供できること
- スケーラビリティ：
  - 多数の VPN をサポートできること
  - 大小様々な VPN をサポートできること
- 拡張があり，かつ強健なバックボーン技術
- アクセス・ラインにおける，収容度が高くて管理が容易なサービス提供
- ネットワーク・マネージメント：
  - 総合的なアカウント管理機能と課金機能を含む

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## IP VPN の分類

- 実現する箇所による分類：

- CPE based IP VPN

(CPE: Customer Premises Equipment)

- 顧客宅内にVPN機能をもつ箱を設置
    - 従来の多数派

- Network based IP VPN

- ネットワークの機能としてISPの側が提供
    - 顧客, ISP双方から需要が大きい
    - 現在提供しているISPはまだそれほど多くはない

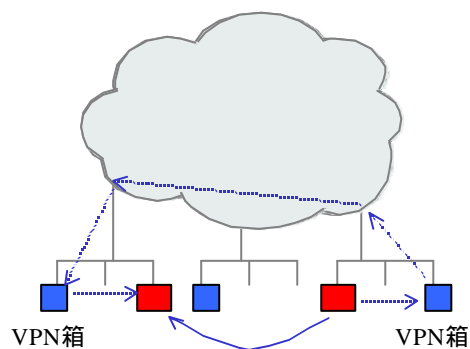
ここではMPLS技術をもちいて提供される  
VPNについて説明

1999/12/14

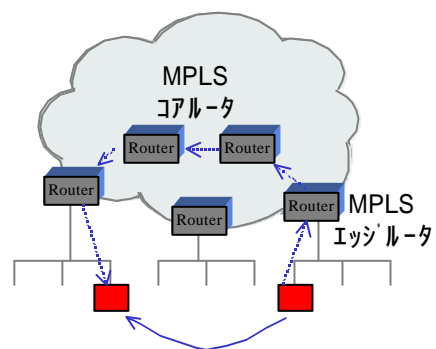
Copyright (c) 1999 NTT

## IP VPN の分類(2)

### CPE based IP VPN



### Network based IP VPN



1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

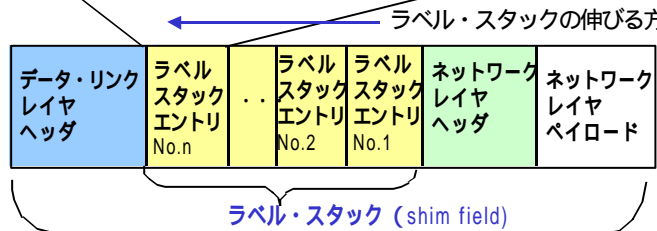
# MPLS

- MultiProtocol Label Switching
- 各ベンダで, ATM上にIPを流すための独自仕様の開発
  - タグスイッチ(Cisco), IP Switch(ノキア), CSR(東芝),...相互接続を目指しMPLSとして標準化
- レイヤ2にはATMだけではなく, POS やイーサも利用可能
- 従来のIP over ATM技術に比べ, 運用管理コストが小さい
- ラベルを使い, 同一IPのあて先に対し異経路をとれる
  - VPN, TE, 品質グレードサービスなどが実現可能

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## MPLS のラベル構造(1)



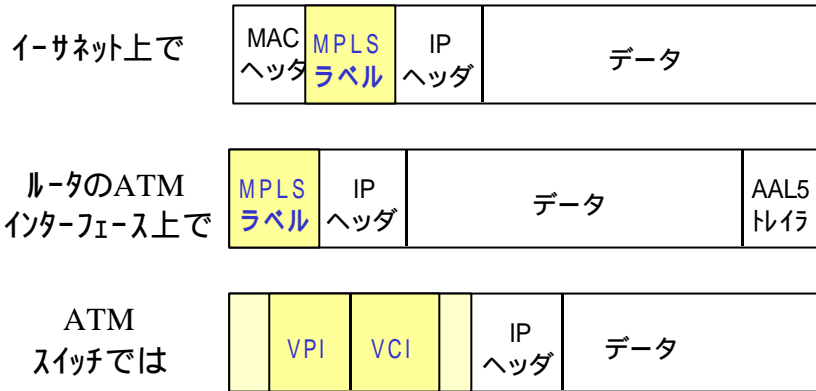
ラベル付きのフレーム (データ・リンク・レイヤ)

- Label: Label Value.
- Exp: Experimental Use.
- S: Bottom of Stack (bit onがスタック・ボトムであることを表す).
- TTL: Time To Live.

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## MPLS のラベル構造(2)

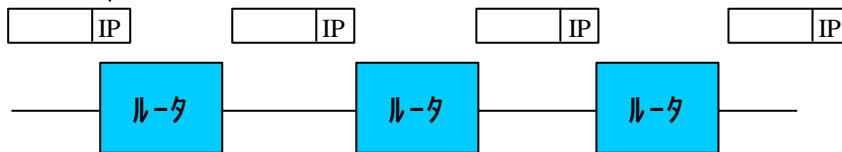


1999/12/14

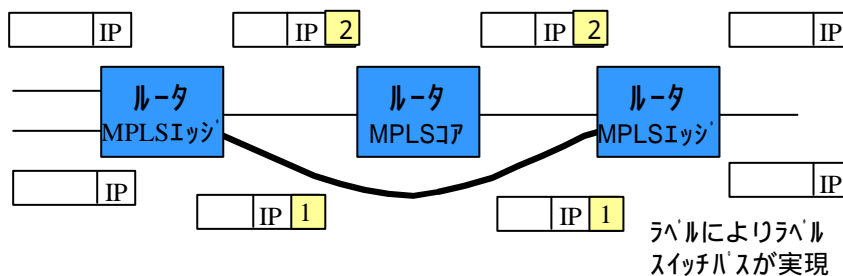
Copyright (c) 1999 NTT

## MPLS の転送処理

### 通常の転送



### MPLSでの転送



1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT



## MPLS を用いた VPN

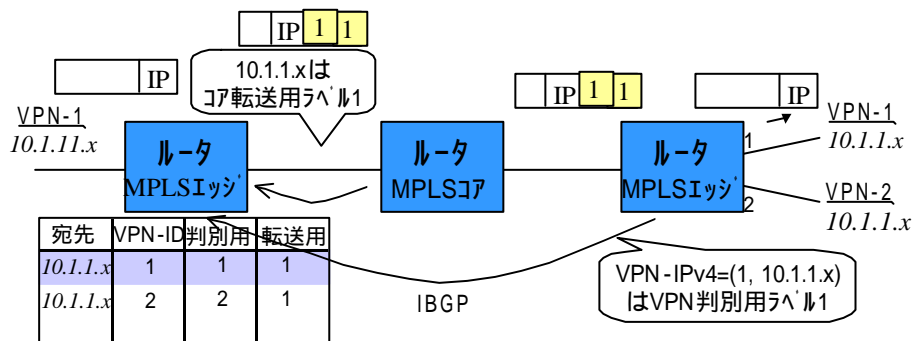
- MPLS によって提供される ラベルスイッチパス (LSP) を特定の VPN に閉じた通信路として用いることにより実現する VPN デファクト標準はまだ存在しない
- 多数のラベルをスタックすることにより, さらに品質設定等の併用にも可能性あり

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## MPLS VPNの実現例 (RFC2547による)

- エッジルータ間で IBGP を用いて VPN 判別ラベルを交換 (スケーラビリティ向上のため)
- VPN 判別用とコア転送用の2つのラベルを使用



1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## まとめ

- IP 需要増大, トラフィック急増
  - 広帯域化
  - DWDMやレイヤ圧縮を用いた低コスト化
- 広帯域を活かした利用事例
- ミッション・クリティカルなトラフィックの IP への移行を可能にするための課題
  - 高信頼性の維持
  - 高機能なサービスオプション

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT

## 連絡先

もし何かございましたら

[iw99-tut@nttlabs.com](mailto:iw99-tut@nttlabs.com)

までお願いします。ありがとうございました。

1999/12/14

Copyright (c) 1999 NTT