

The Internet Operations (前編)

～Internetの基盤をなすケーブルネットワークの構成～

2007年11月21日

NTTコミュニケーションズ株式会社

ネットワーク事業部

ネットワークグランドデザイン室

岡田 雅也

E-mail : m.okada@ntt.com

1.IPNWサービスの動向

通信ネットワークの変遷

電話回線

1980年代

- 1985 事業法の改正
NTT民営化
- 1994 マルチメディア推進
- 1995.7 PHS開始

- ・電話回線（従量料金制）にデータ通信をのせる
- ・専用線にデータ通信をのせる

1995年～

- ・情報コンセントをコンセプトに、
常時接続定額サービスを目指す
- ・専用線接続インターネット
- ・ダイヤルアップ接続インターネット

- 1999.7 NTTの再編

携帯電話

- ADSLとメタル開放論
- ADSL事業者の本格参入

2000年～

- ・ADSL常時接続インターネット（試験）
- ・フレッツISDN+ISP（定額アクセスの誕生）

- ・フレッツADSL+ISP（BBアクセスの誕生）
- ・法人向けIP-VPN（低速系中心）

IP電話

- 2005.11 中期経営戦略

2005年～

- ・Bフレッツ+ISP（FTTHアクセスの誕生）
- ・法人向けIP-VPN、広域イーサ（光アクセス）

次世代ネットワーク構築に向けた取り組み

2010年 NGNの時代に向けて

パソコン通信

1995年 Windows95登場

インターネット

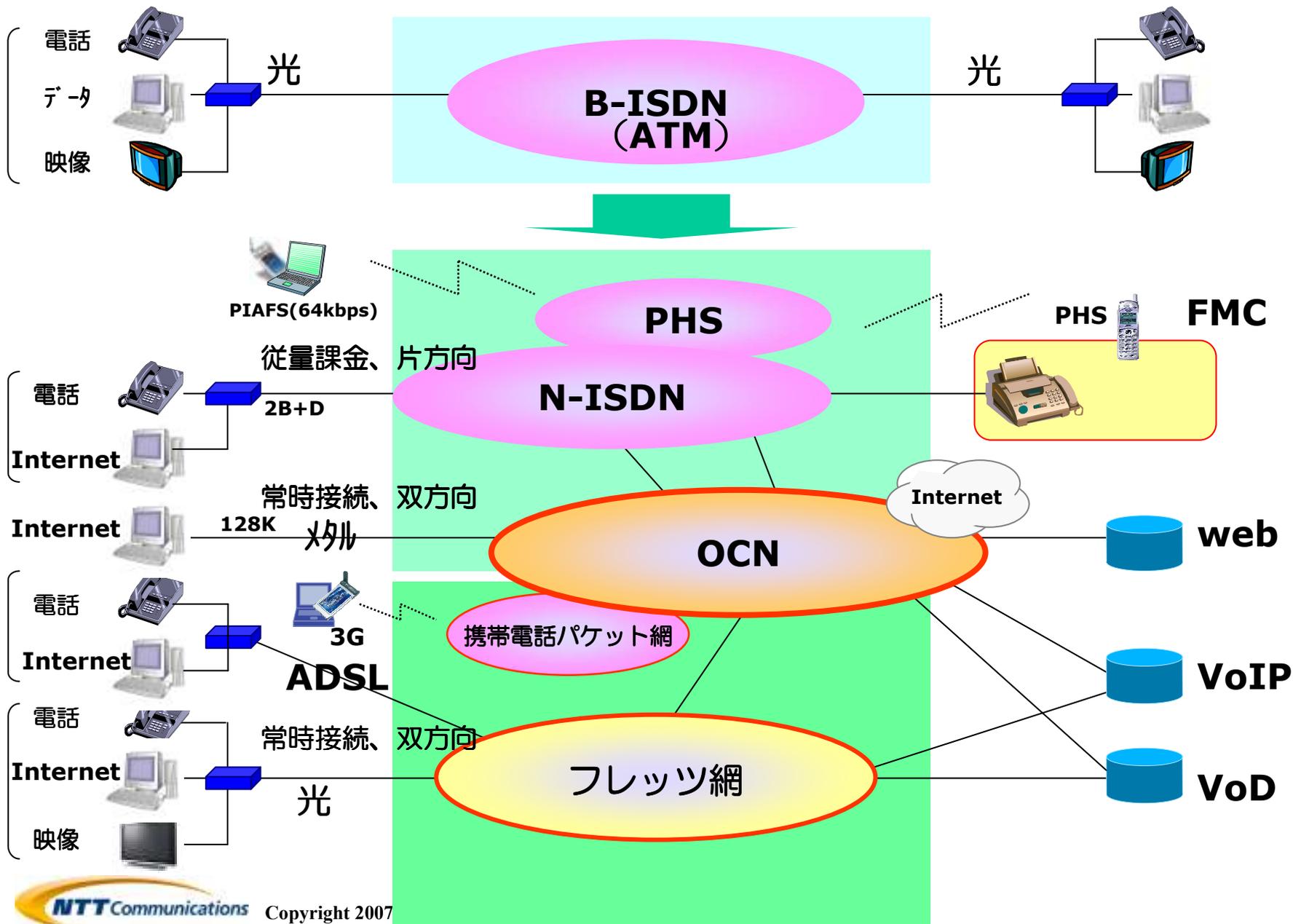
メールとWeb利用

多様なビジネス拡張

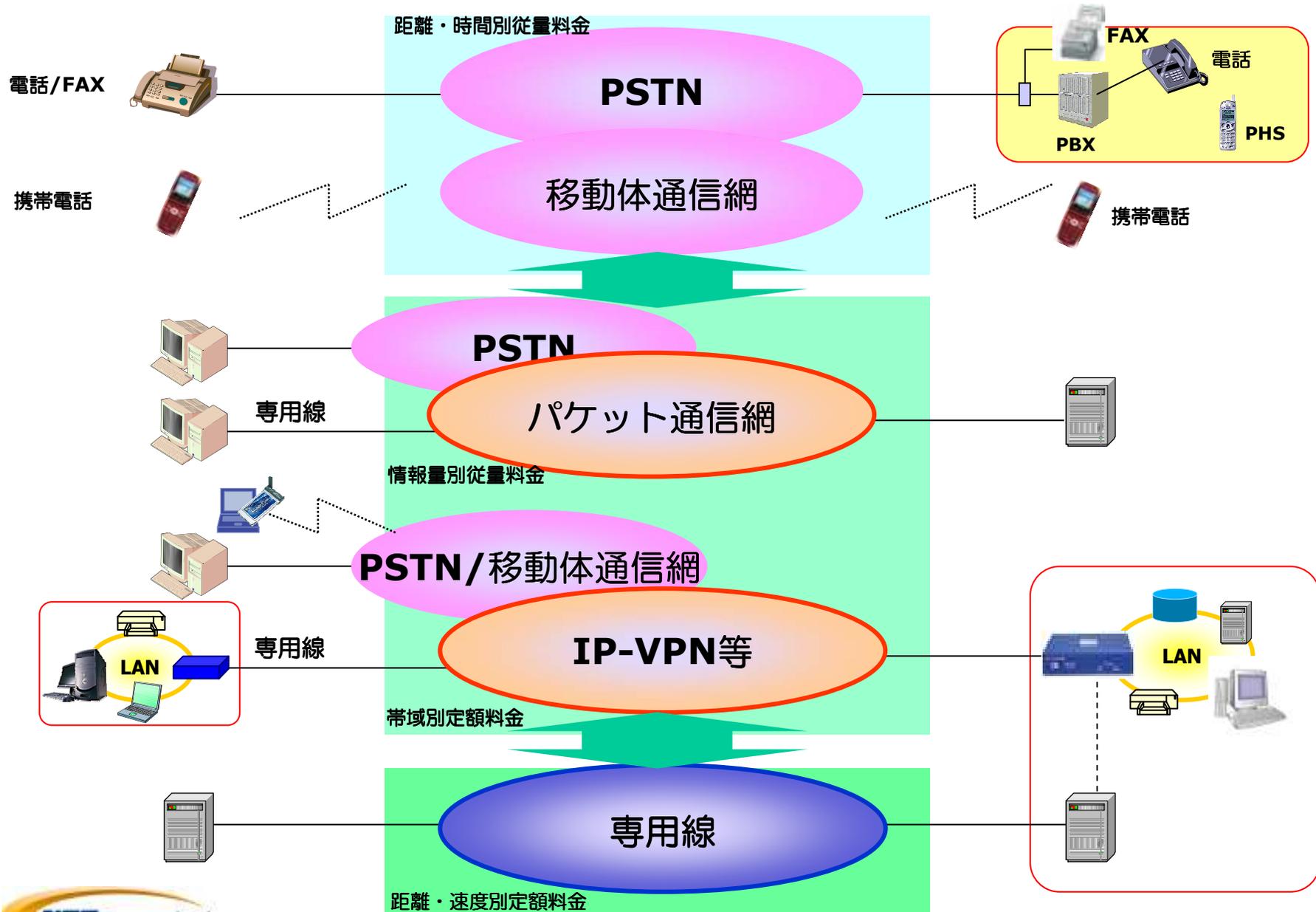
映像配信ビジネス

Web2.0時代

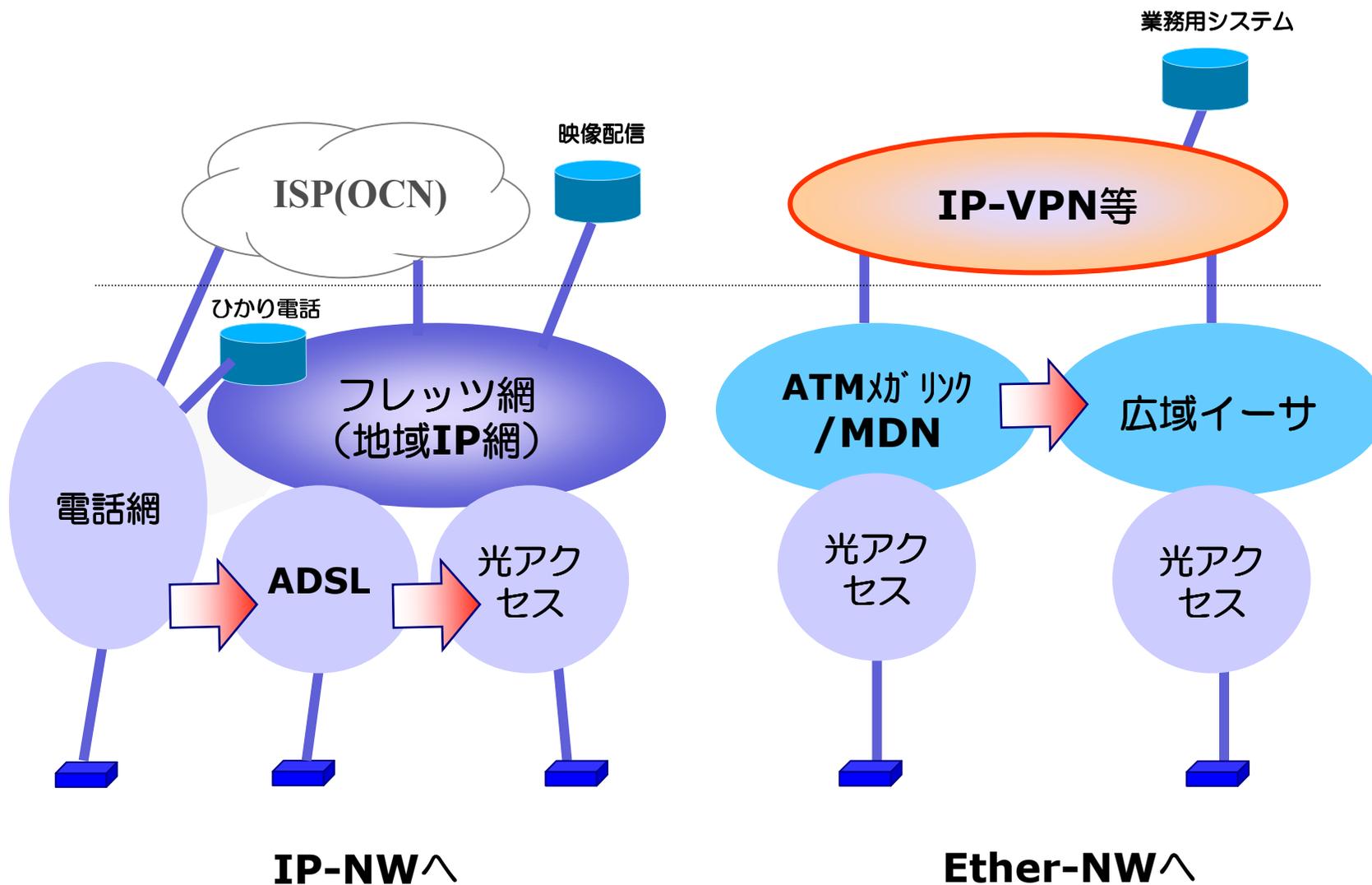
電話屋からマルチメディア屋へ



音声通信、専用線、パケット通信からの変化

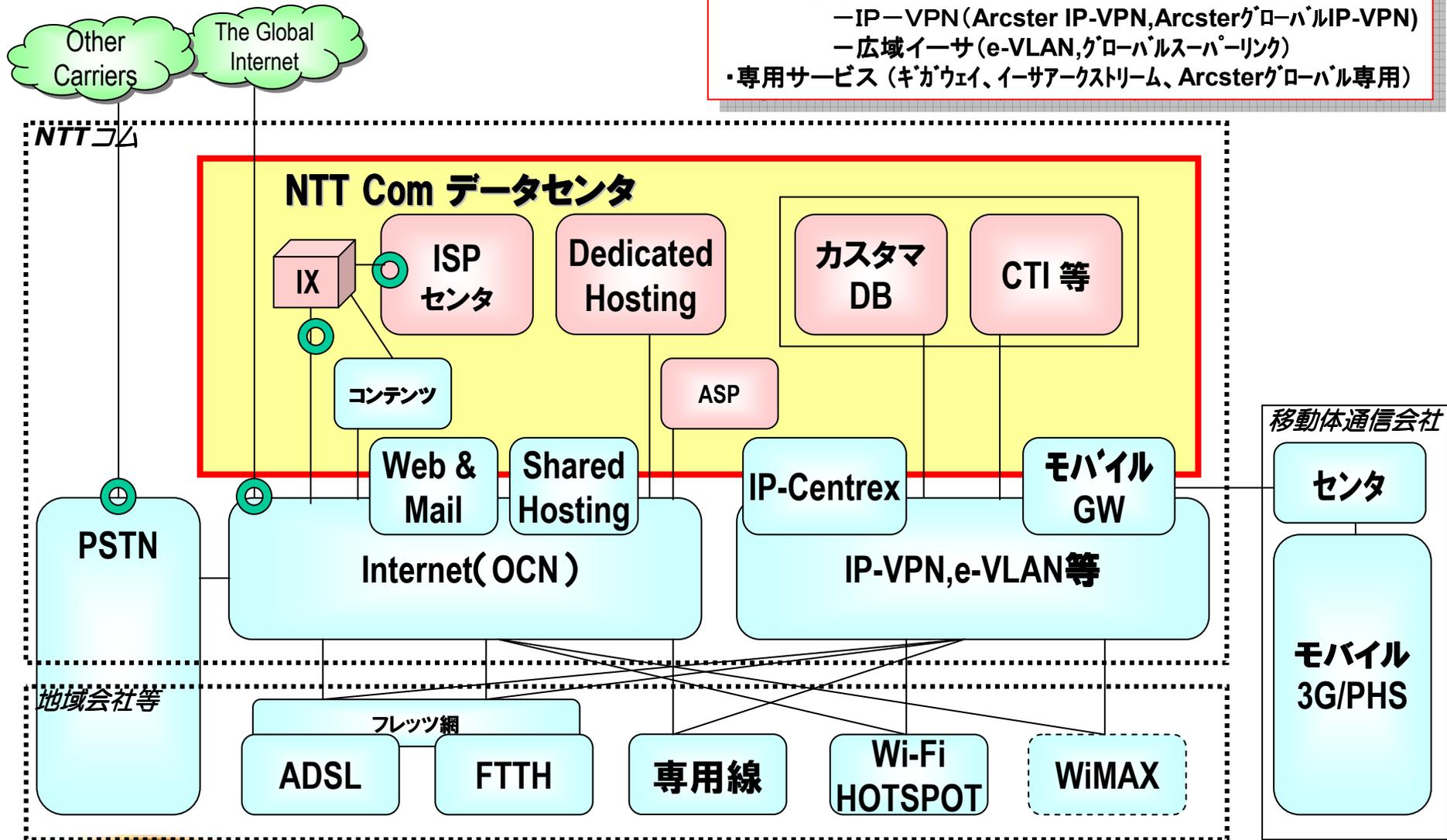


ブロードバンドネットワークの構成イメージ



NTTコムが提供している主な通信サービス

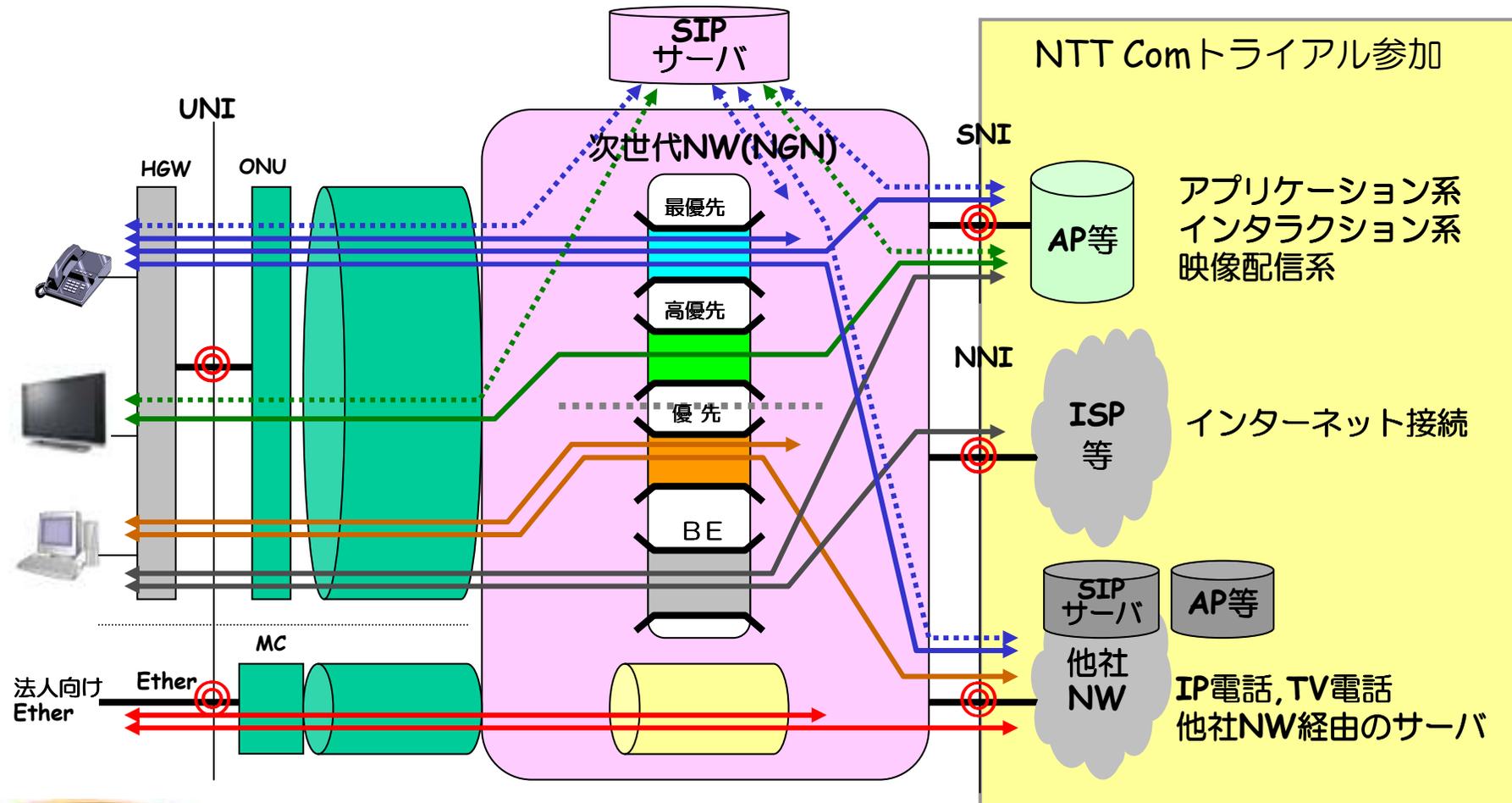
- ・電話網(県間、国際、付加サービス、IP電話)
- ・インターネット接続(OCN、グローバルIPネットワーク)
- ・データ通信サービス
 - －IP-VPN(Arcster IP-VPN,ArcsterグローバルIP-VPN)
 - －広域イーサ(e-VLAN,グローバルスーパーリンク)
- ・専用サービス(キガウェイ、イーサークストリーム、Arcsterグローバル専用)



NTT次世代NWサービスの概要

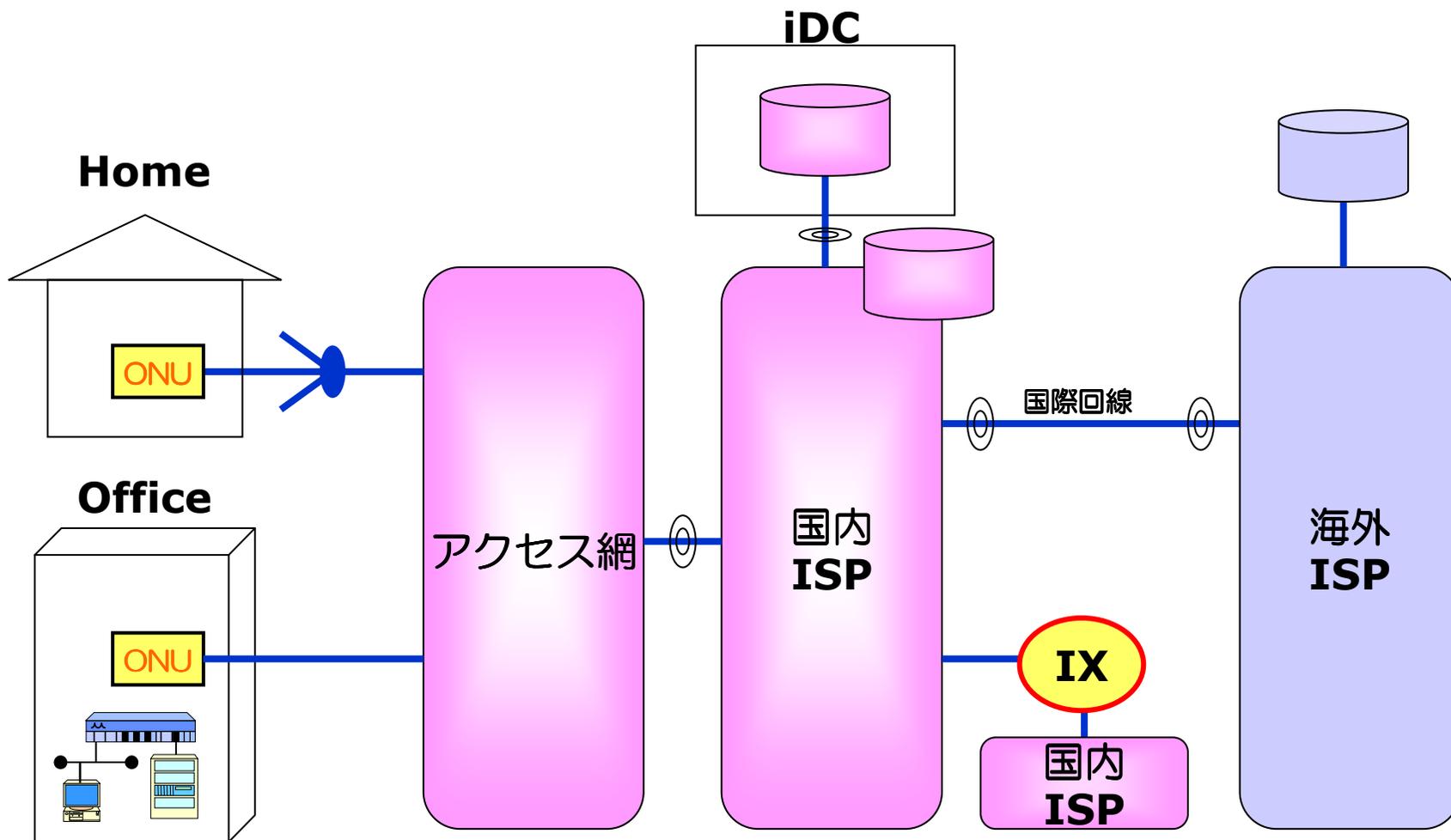
今後、NTT地域会社が提供予定の次世代NWサービスとしては、大きく以下の3点があげられる

1. フレッツ網の拡張による優先制御サービス(クラスA:最優先 クラスB:高優先 クラスC:優先 BE)
2. 次世代NW用CA（コールエージェント）を利用した、SIPアクセスサービス
3. 県間通信を含む、Etherサービス（Ether OAMを利用したマネジメント強化）



2.ISP/OCNの全体像

インターネット接続の基本構成



OCN Internet 接続サービス概要

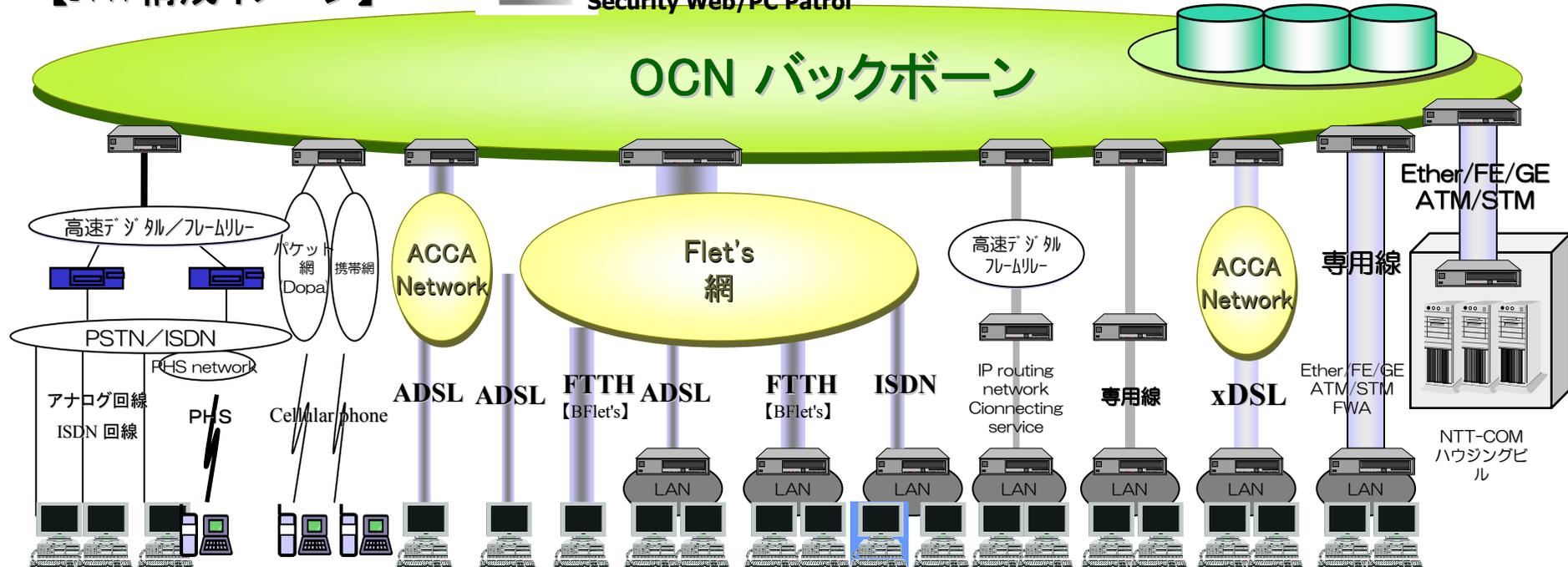
全てのユーザーニーズに応えるフルラインナップを提供

【NW構成イメージ】



IPCentrex(VoIP)
OCN Mail Gateway/OCN Web Gateway
Security Web/PC Patrol

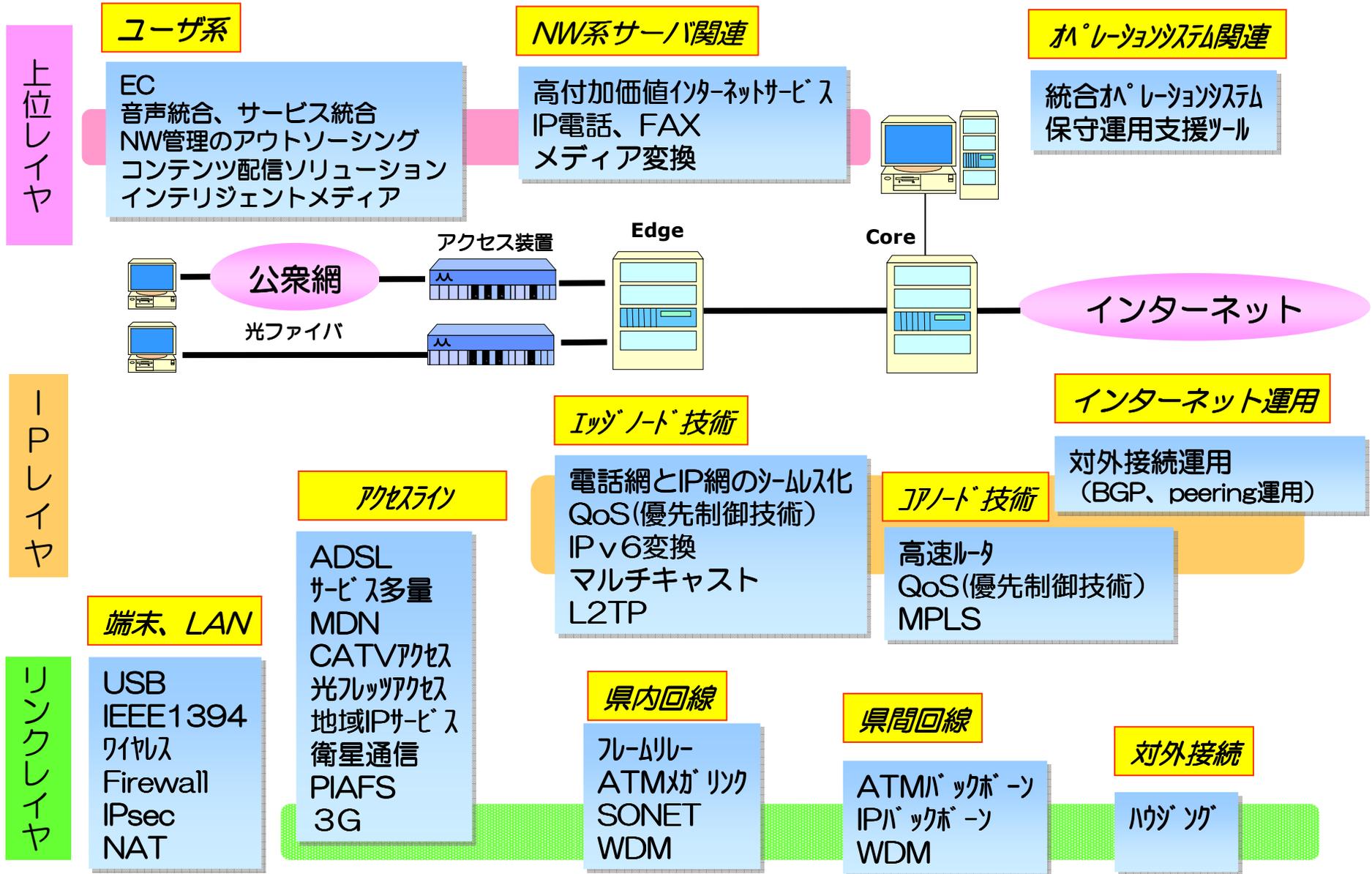
OCN ハウジングサービス
Power Mail / Mail & Web



OCNダイヤルアクセス コミ・デ・プラン/ライト/ナチュラル/フラットプラン	OCN ADSL サービス 1.5M(A) 8M(A)	OCN ADSL アクセス フレッツ プラン	OCN 光 アクセス フレッツ プラン	OCN ADSL アクセス IP1/8/16 フレッツ プラン	OCN 光 アクセス IP1/8/16 Bフレッツ プラン	OCN ISDN アクセス IP1/8 フレッツ プラン	OCN エコノミー スタンダード エンタープライズ	ビジネス OCN	スーパー OCN DSL アクセス	スーパー OCN スーパー OCNライト	OCN ハウジング用 接続サービス
シェアード型サービス								安定帯域	高スループット	高品質	
ダイヤルアップ/ブロードバンド				ダイヤルアップ/ブロードバンド 固定IPアドレス			常時接続				
コンシューマユーザ				ビジネスユーザ							

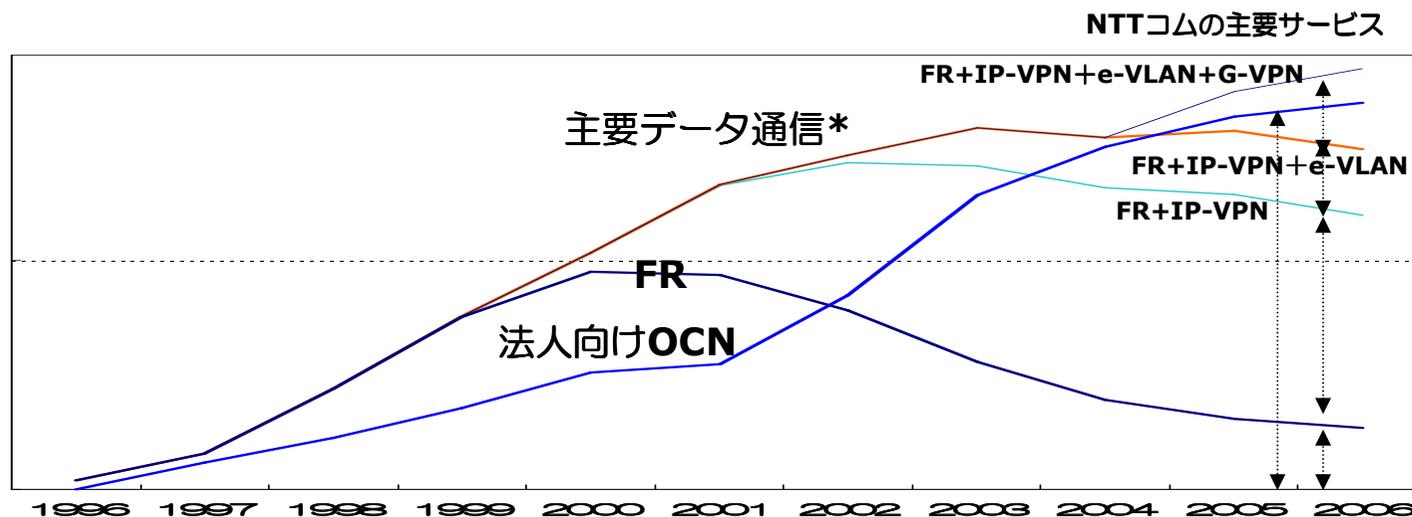


ISPを支えるIP技術の全体像



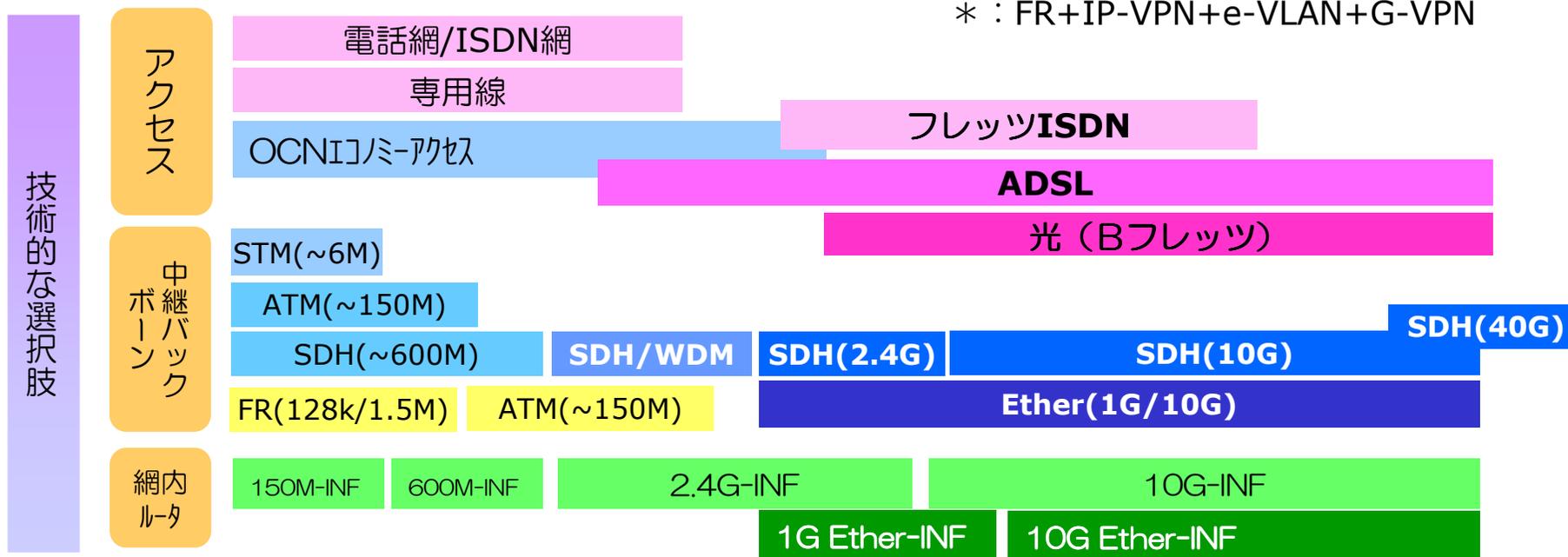
データ通信の施設数推移と支える技術

施設数推移
(回線)



NTTコムの主要サービス

* : FR+IP-VPN+e-VLAN+G-VPN

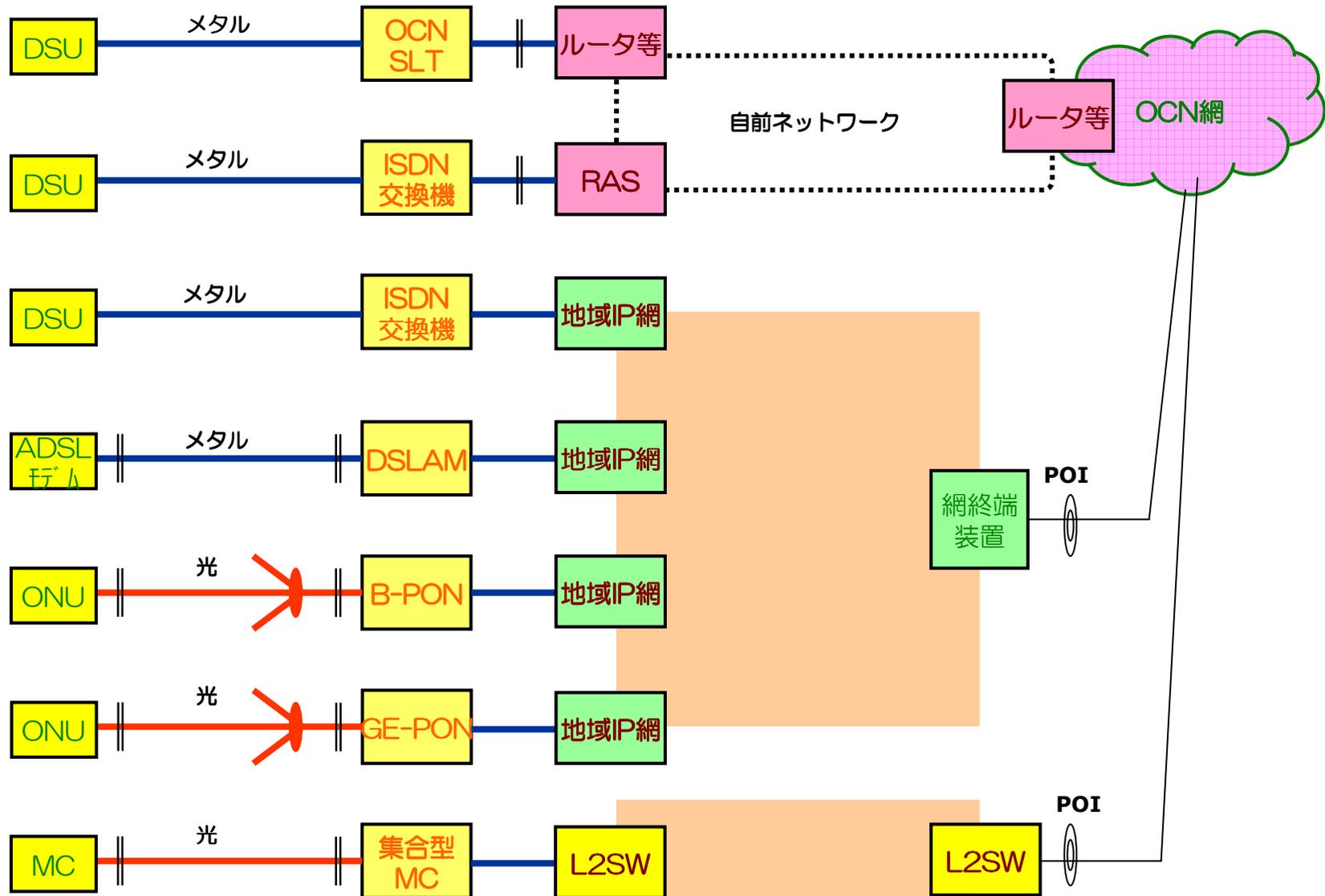


3. アクセス系ネットワーク

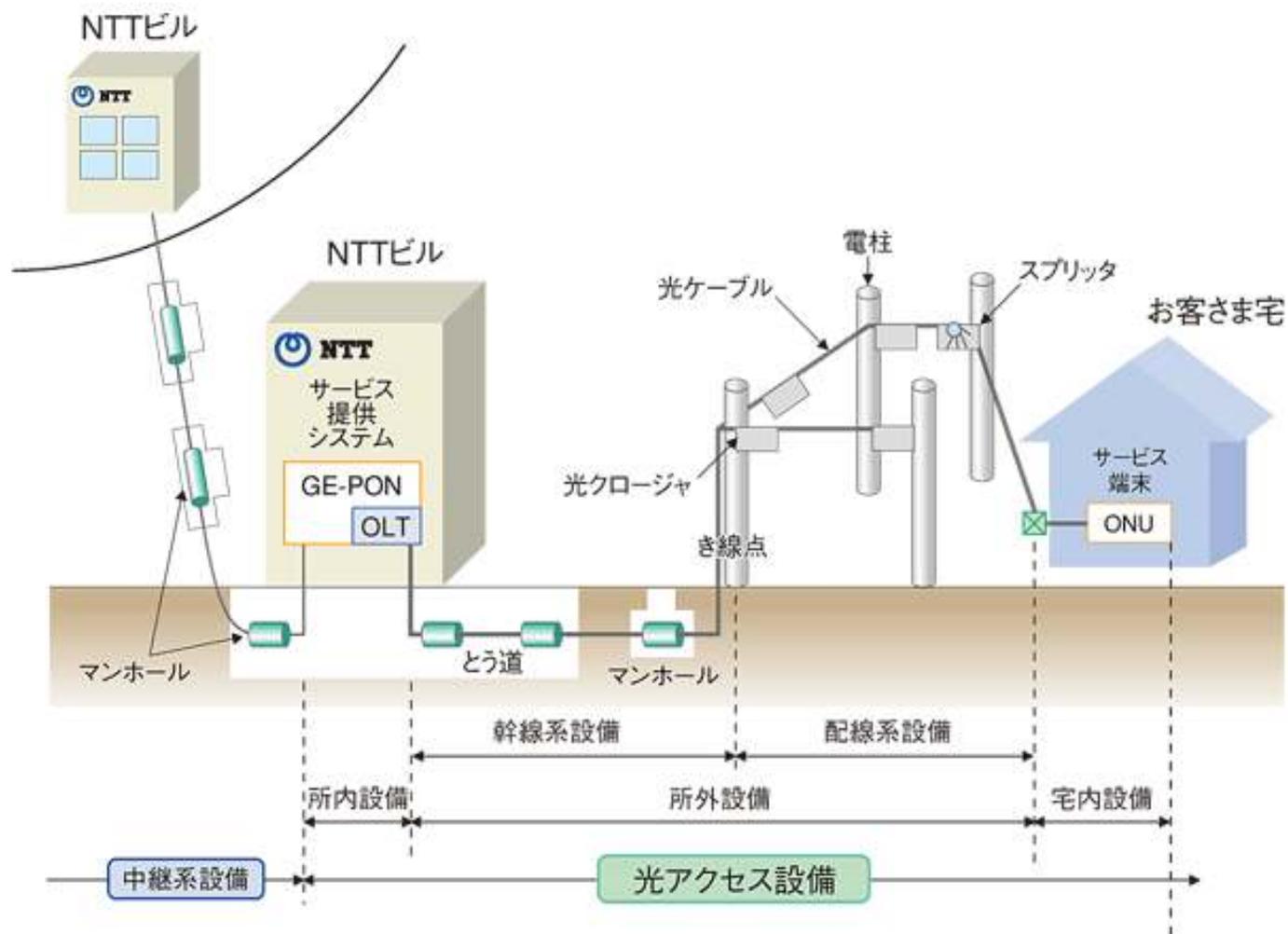
アクセス系の変遷

- マス向け
 - 電話網によるモデム通信アクセス
 - 専用線接続によるOCNエコノミー
 - ADSLによるメタル高速通信アクセス
 - 光による高速通信アクセス
- 法人向け
 - DA64K/128K DA1.5M
 - ATMメガリンク、MDN
 - 広域イーサ
- DC向け
 - LAN接続

アクセス系システムの変遷



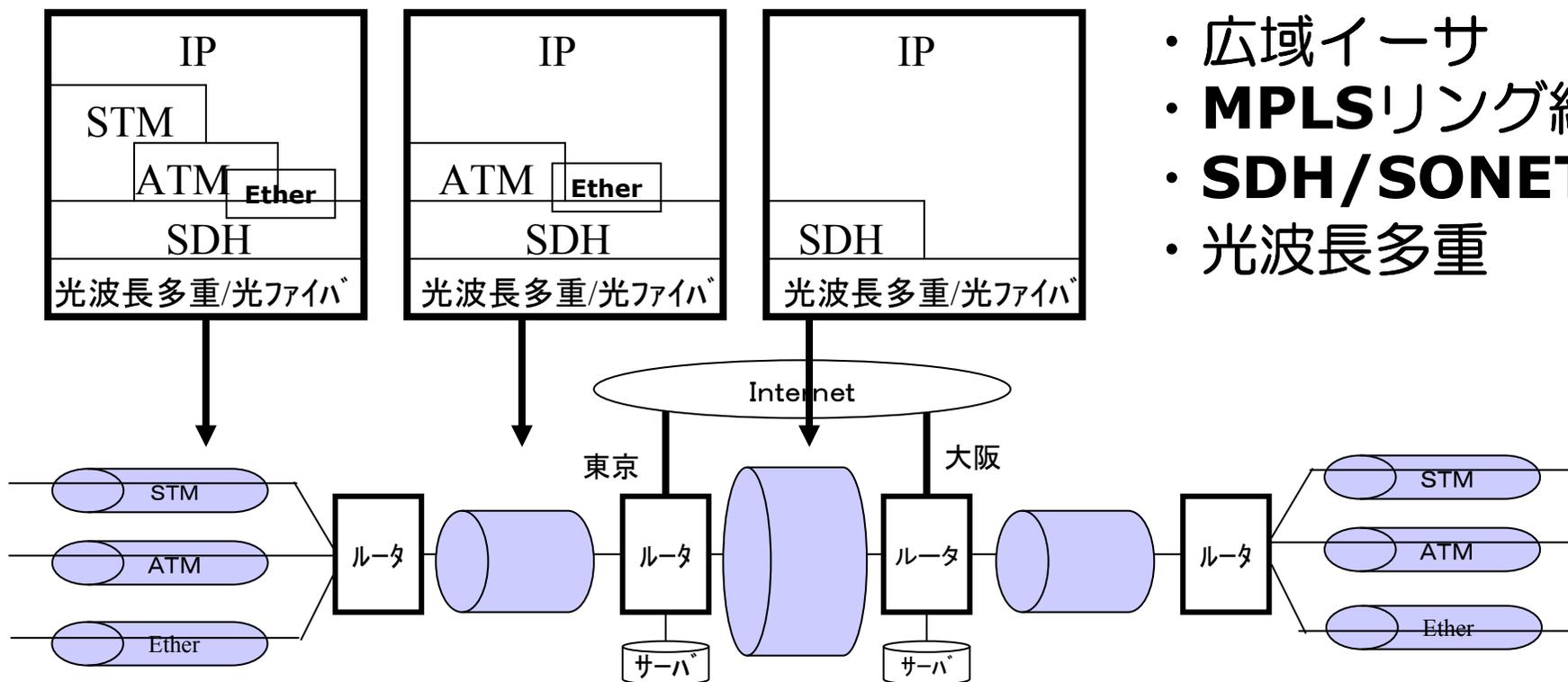
光アクセス設備の概要



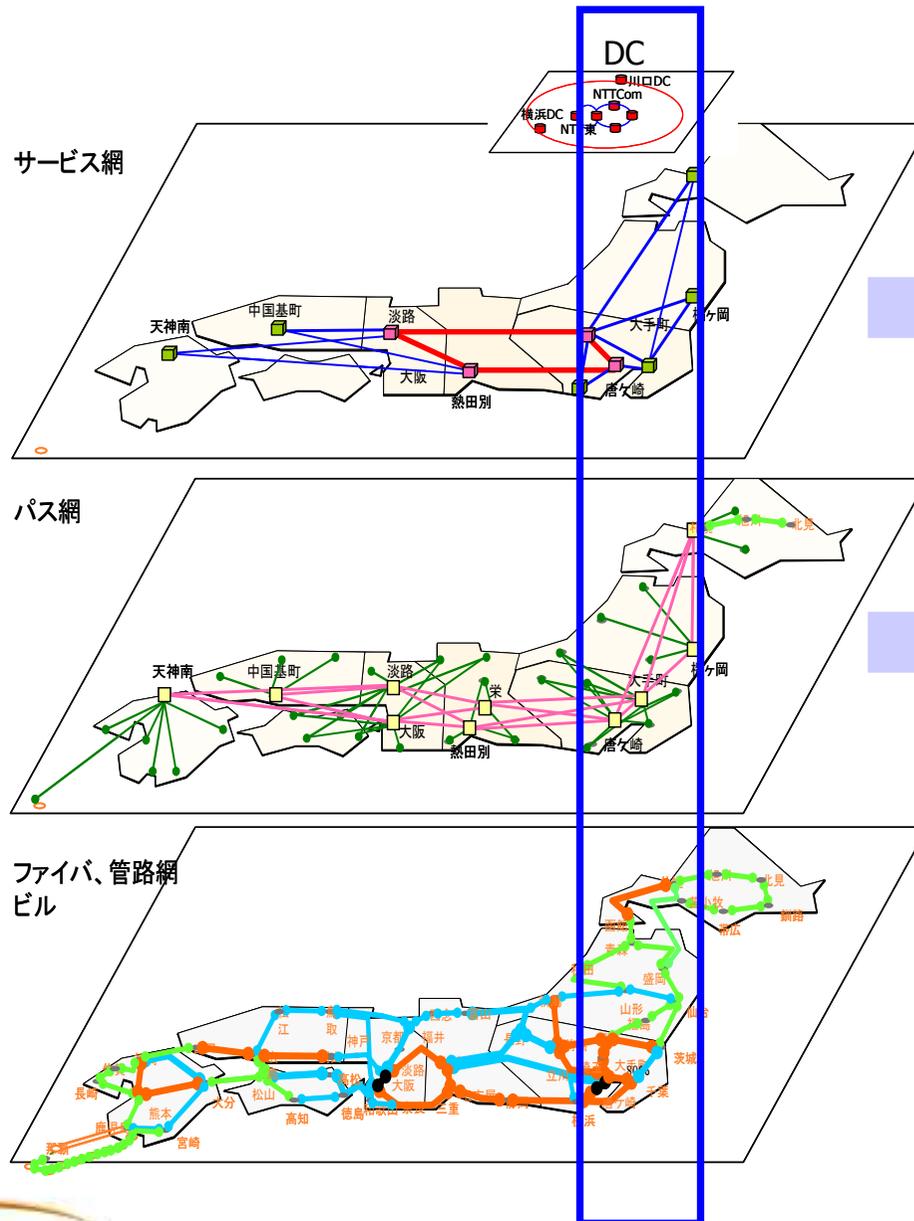
4. 中継系ネットワーク

IPバックボーンの中継回線

- **STM**専用線
- **ATM**専用線
- **GbE**専用線
- 広域イーサ
- **MPLS**リング網
- **SDH/SONET**
- 光波長多重



中継系ネットワークのレイヤ構成



- OCN
- IP-VPN
- 広域イーサ(e-VLAN)
- STM/ATM

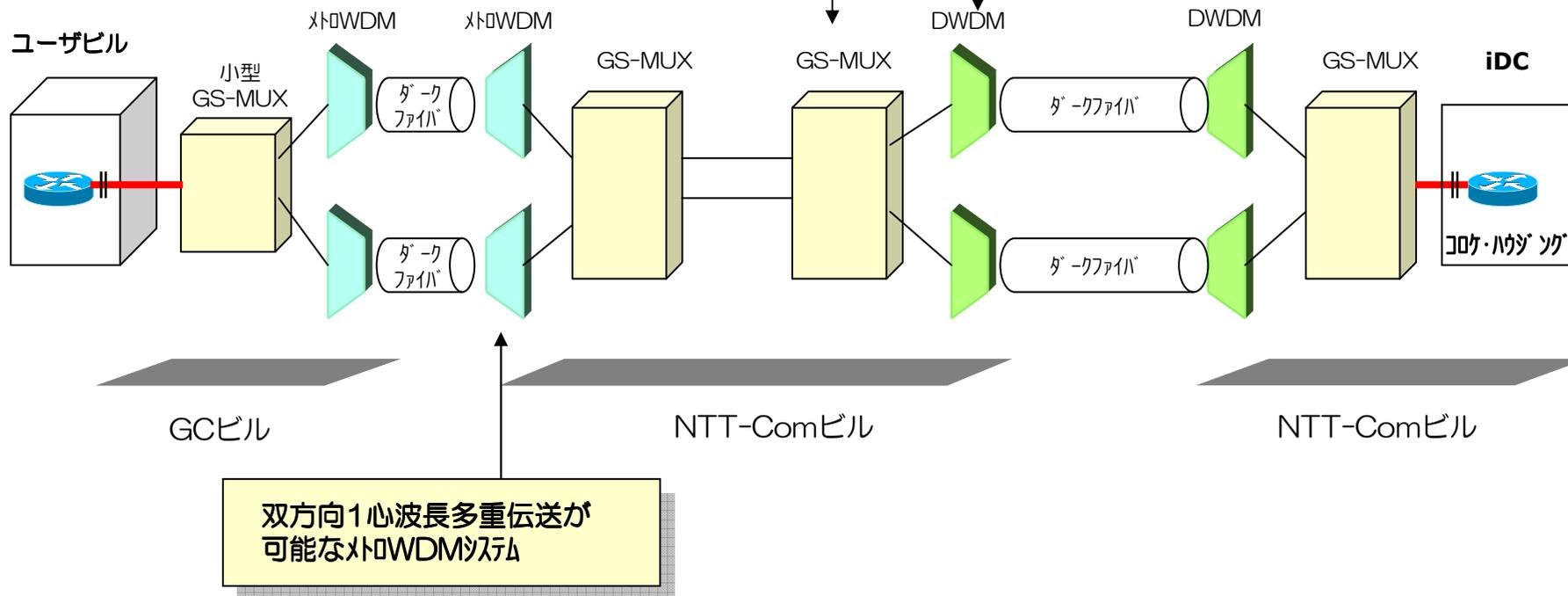
- 専用線(ギガウェイ)

4-1. 基盤網 (レイヤ1ネットワーク)

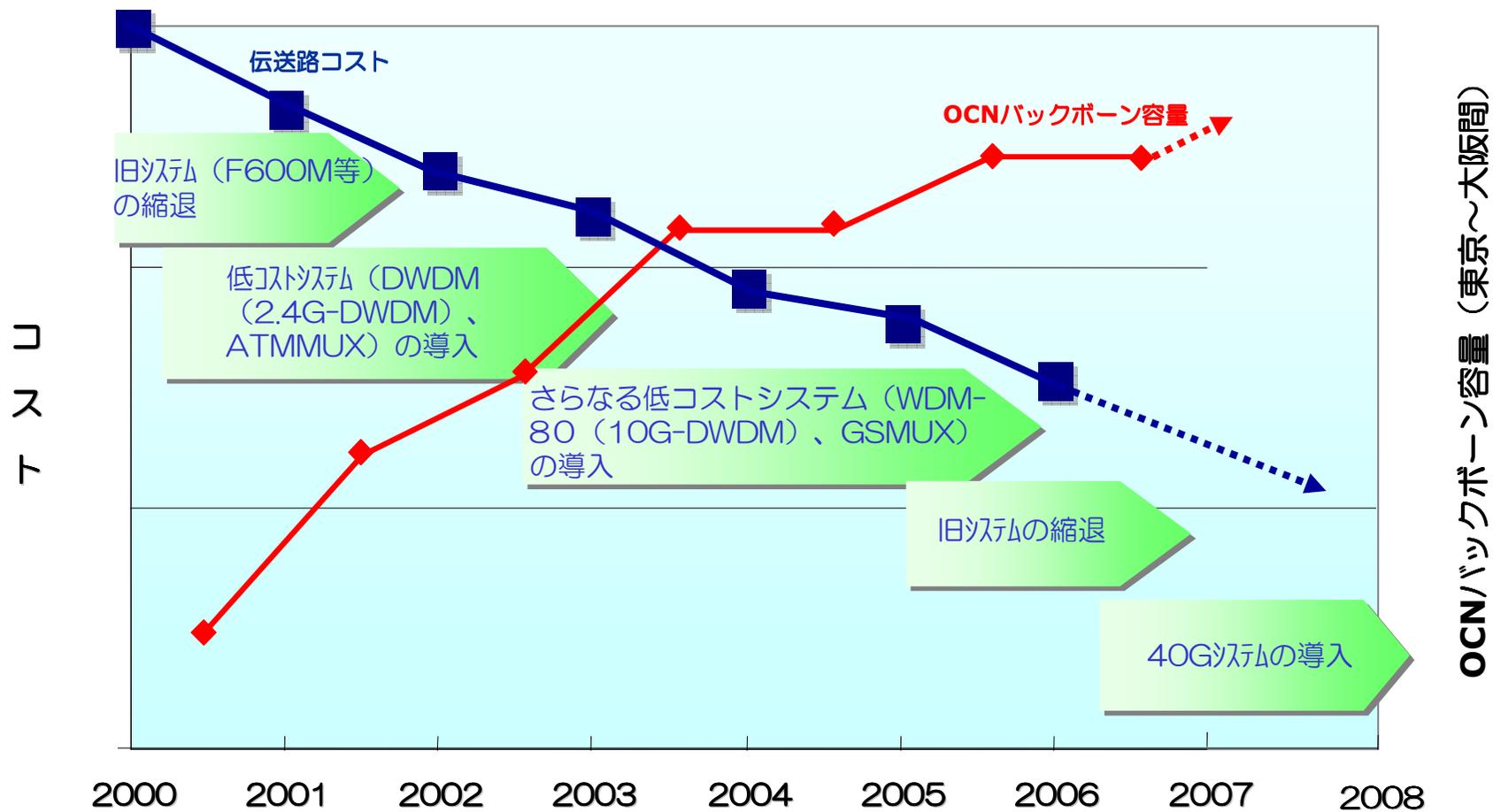
伝送基盤網の基本ネットワーク構成

- ・無瞬断切替機能
- ・Virtual Concatenation (VC) 技術によるEther中間帯域
- ・50M~10Gまでの多様な仕入れを具備する高機能なGS-MUXシステム

- ・10Gbps 80波多重→40Gbps
- ・分布型ラマン増幅技術を利用した長波長化（陸上システムへの適用は世界初）が可能な効率的なDWDMシステム

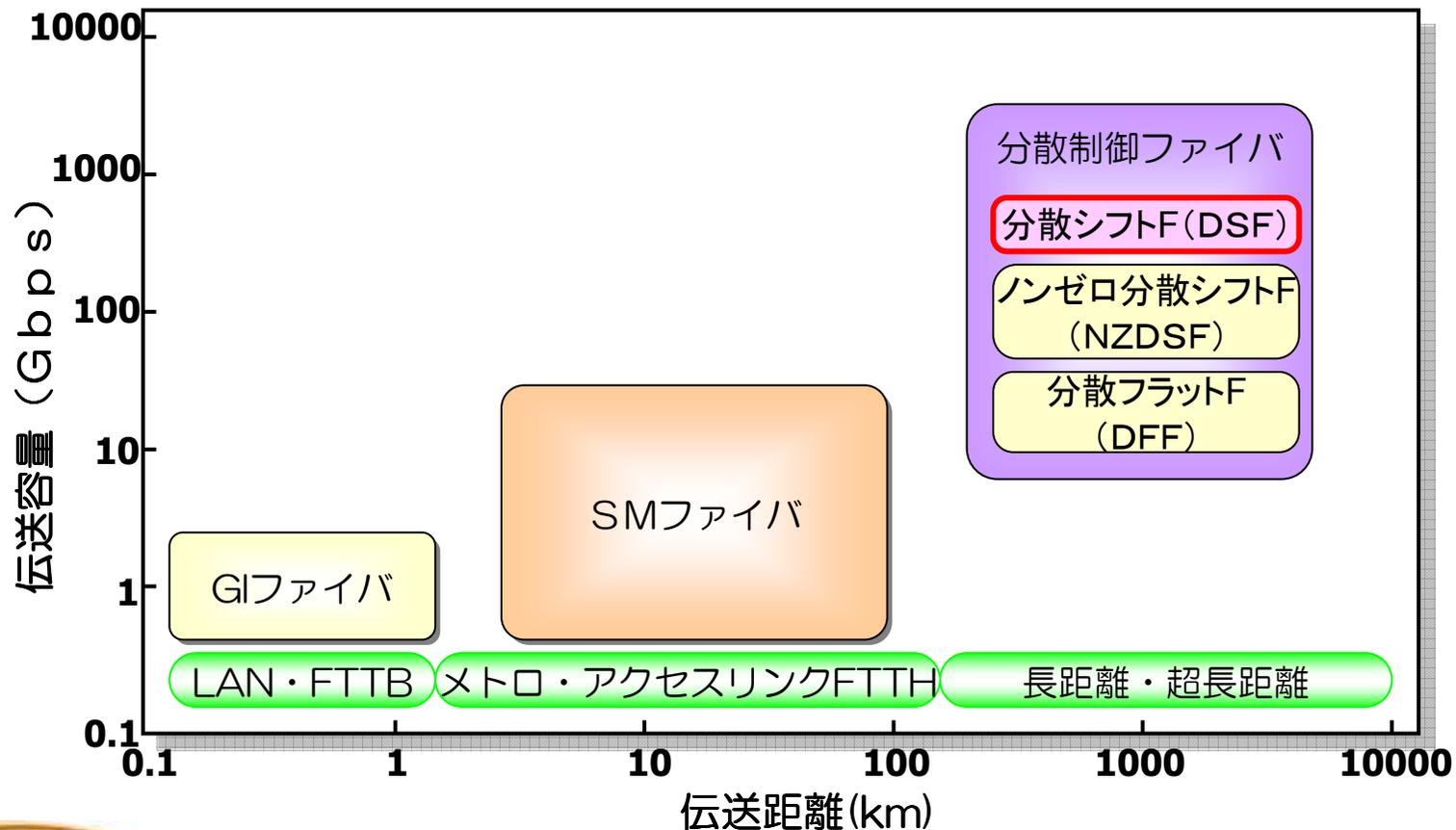


経済化を目指した大容量化へのチャレンジ

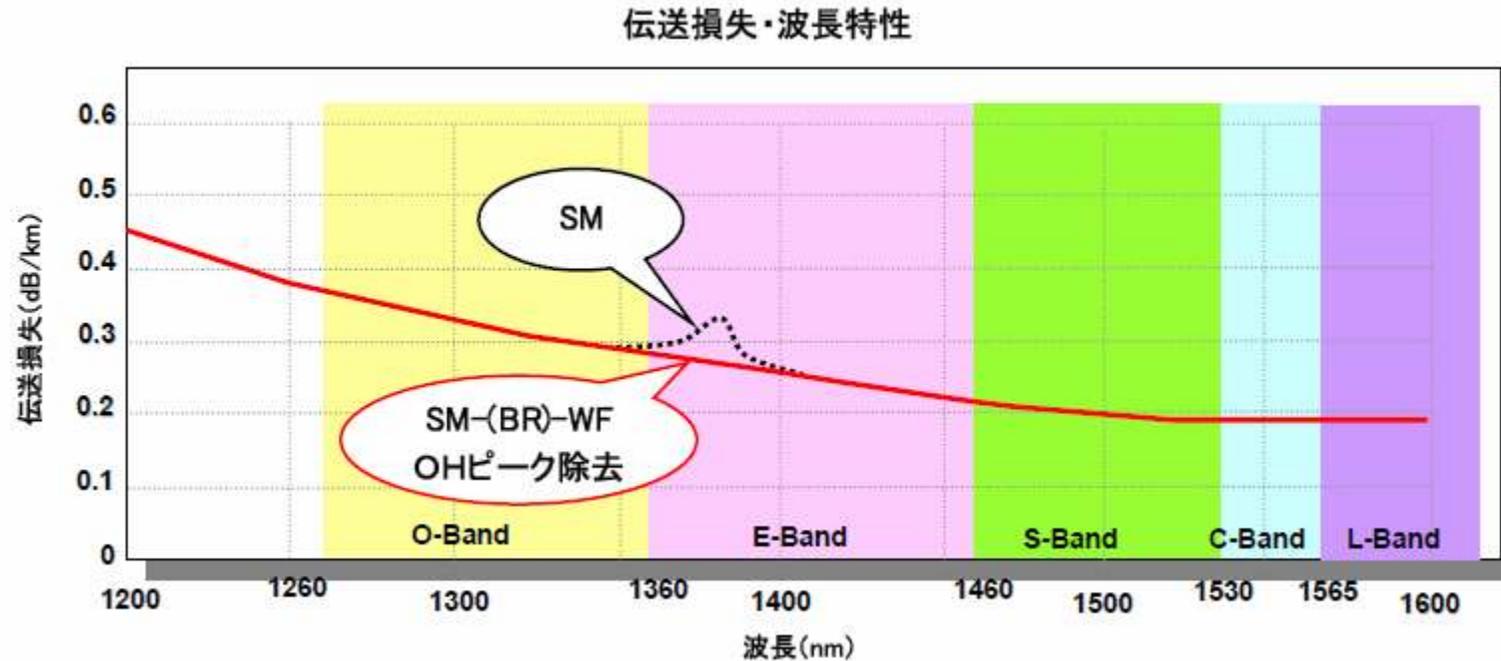


通信に使われる光ファイバ

- ✓ LANなど短距離・低速伝送では、接続が容易なGI (Graded Index)ファイバを利用。
- ✓ メトロなどアクセス系の中速伝送では、安価なSM (Single Mode)ファイバを利用。
- ✓ 長距離・高速伝送では、最低損失波長帯である1550nm帯で分散量を小さくした分散制御ファイバを使用。分散制御ファイバには、ゼロ分散波長・分散 λ^{-p} の種類によって、分散シフトファイバ(DSF)、ノンゼロ分散シフトファイバ(NZDSF)、分散フラットファイバ(DFF)などがあり多重化、変調方式によって使分けられる。

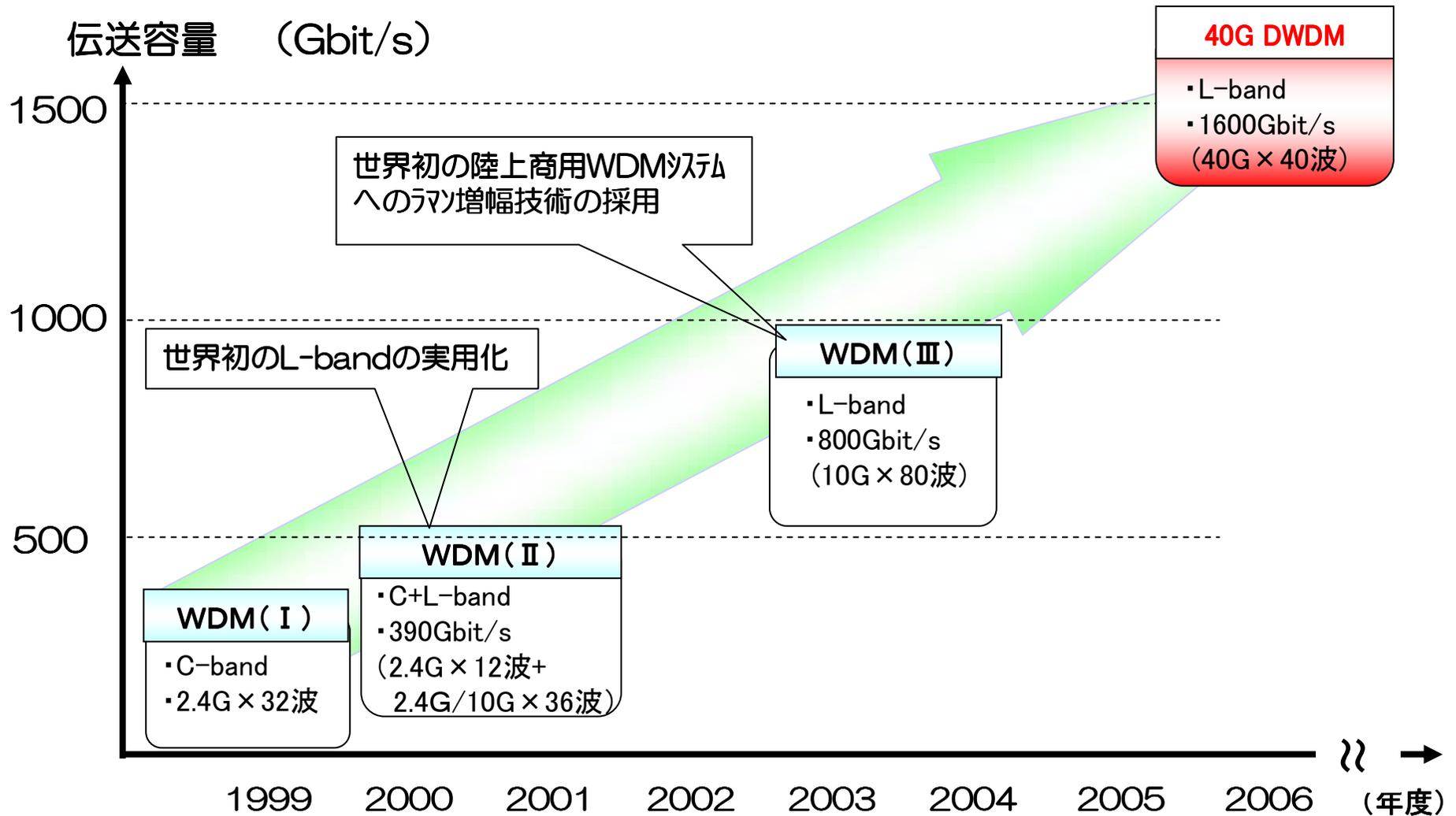


シングルモードファイバ伝送損失特性

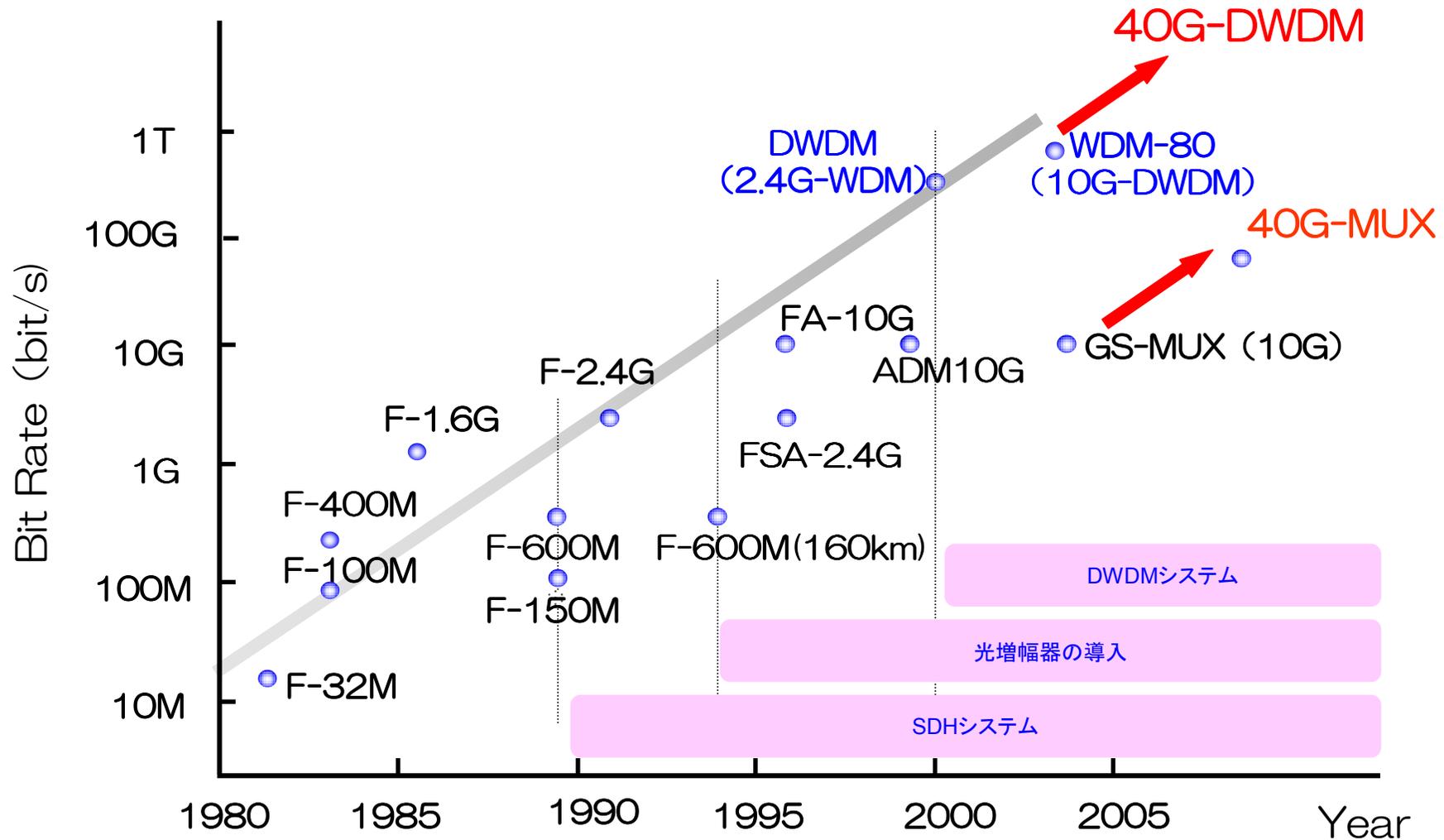


- ◆ シングルモード型(SM)
 - ・ 1310nm帯に零分散波長があるもの。日本国内では幹線に使用あり、FTTHの各家庭引き込みケーブルにも利用
- ◆ 分散シフトシングルモード型(DSF)
 - ・ 1310nm帯よりも伝送損失が低い1550nm帯を零分散波長とし、より長距離伝送を可能にしたもの。
- ◆ 非零分散シフトシングルモード型(NZ-DSF)
 - ・ 零分散波長を1550nm帯から少しずらすことにより、非線形現象を抑制して伝送特性を向上

WDMシステムの変遷



リンク系システム容量の拡大

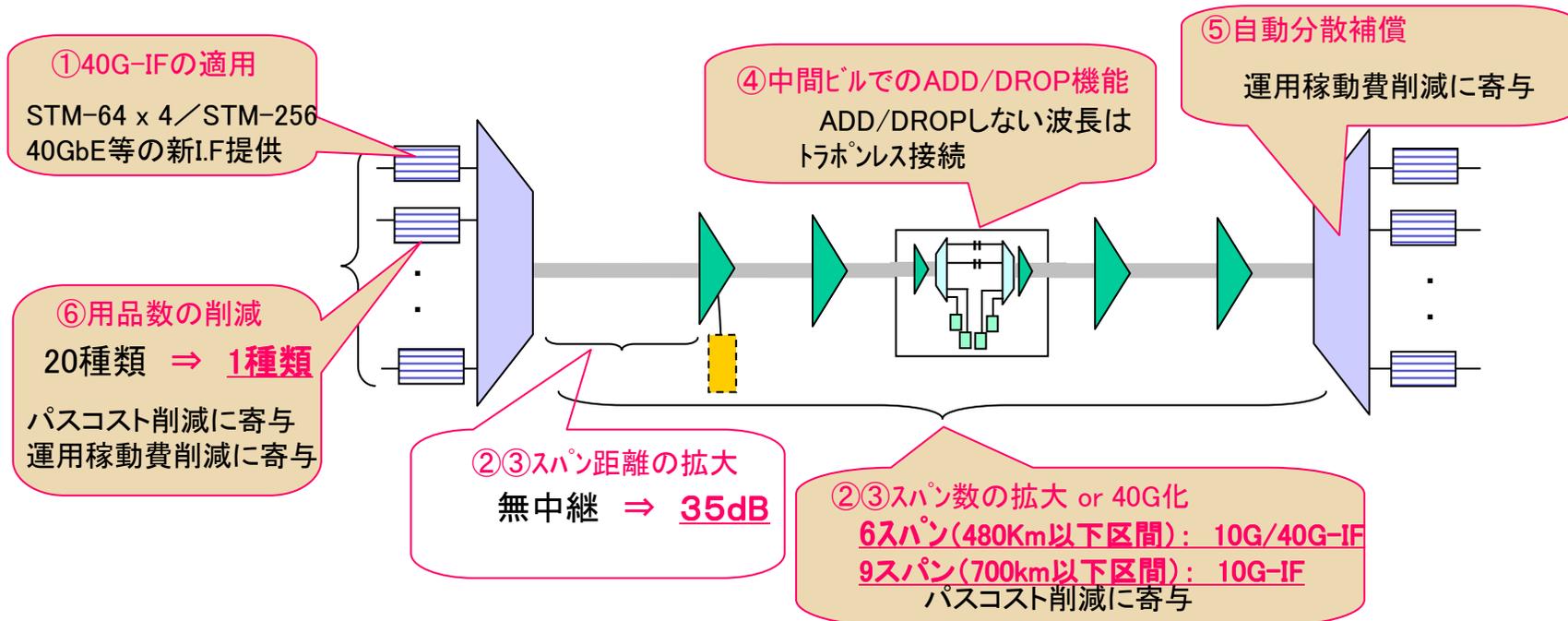


新40G-DWDMシステムの概要

主な機能の特徴 *

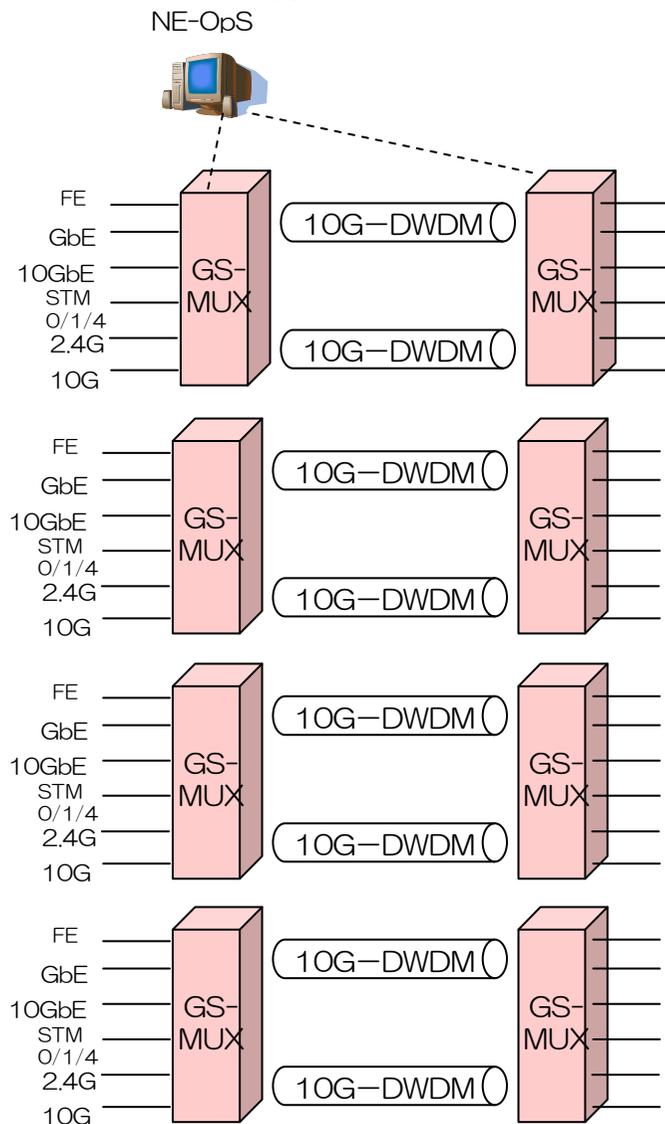
* 目標仕様

- ① 40Gbit/s高速IFのサポート
- ② 新たな分布ラマン増幅技術等の適用によるスパン数／距離の拡大
- ③ FEC(エラー訂正機能: forward error correction)の高性能化によるスパン数／距離の拡大
- ④ 中間ビルでのADD/DROP機能(リニアOADM)
- ⑤ 自動分散補償技術の適用による事前分散測定の不要化ならびに分散補償用品数削減
- ⑥ 広帯域波長可変光源の採用(チューナブルトランスポンダ)による用品数の削減、波長用品の短納期化、在庫/デリバリ/予備機器の効率化、品目整理等による価格低減
- ⑦ 最新の高密度部品利用による小型経済化(1/3)



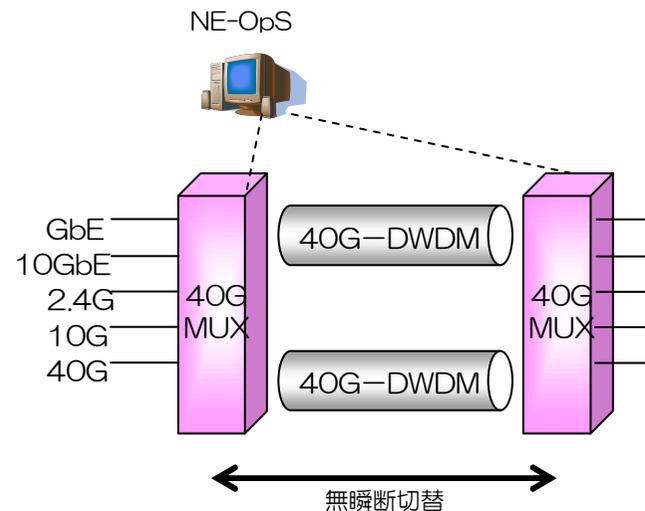
40G対応の伝送装置の概要

●GSMUX（現行10Gシステム）



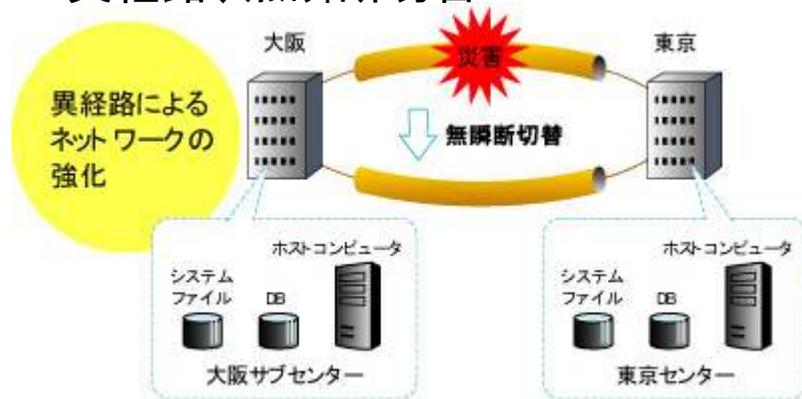
●40G-MUXの導入開始

さらなる経済化・効率化のために、GSMUXと同等の機能（無瞬断切替、加ッ伝送機能等）を具備し、かつ10Gパズも効率的にハド・リッがでる40Gへの多重化装置が必要

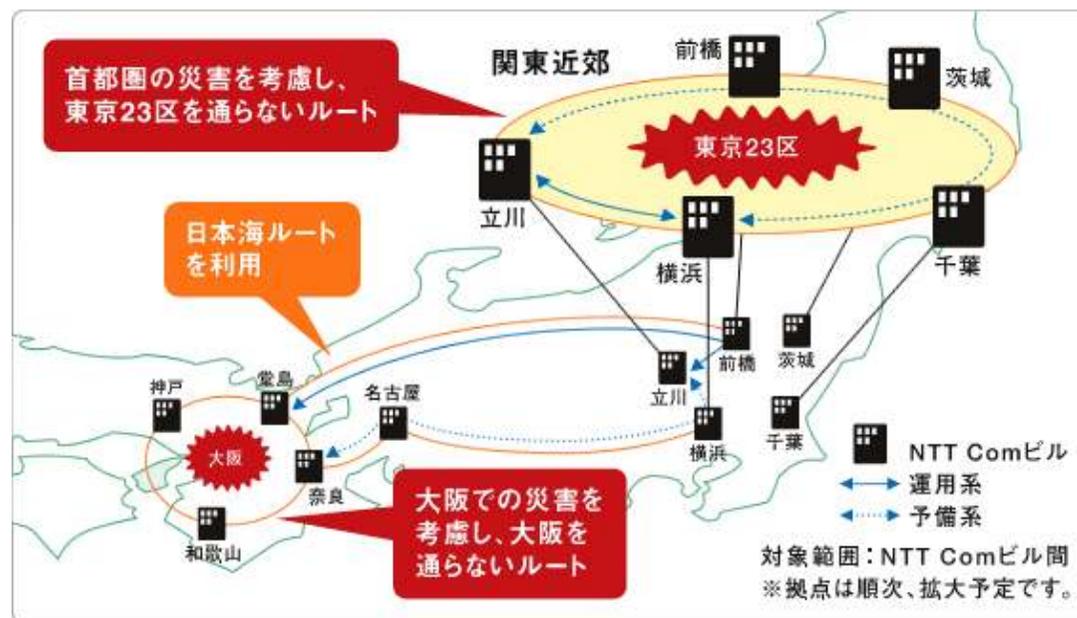


専用線(ギガウェイ)の高信頼化

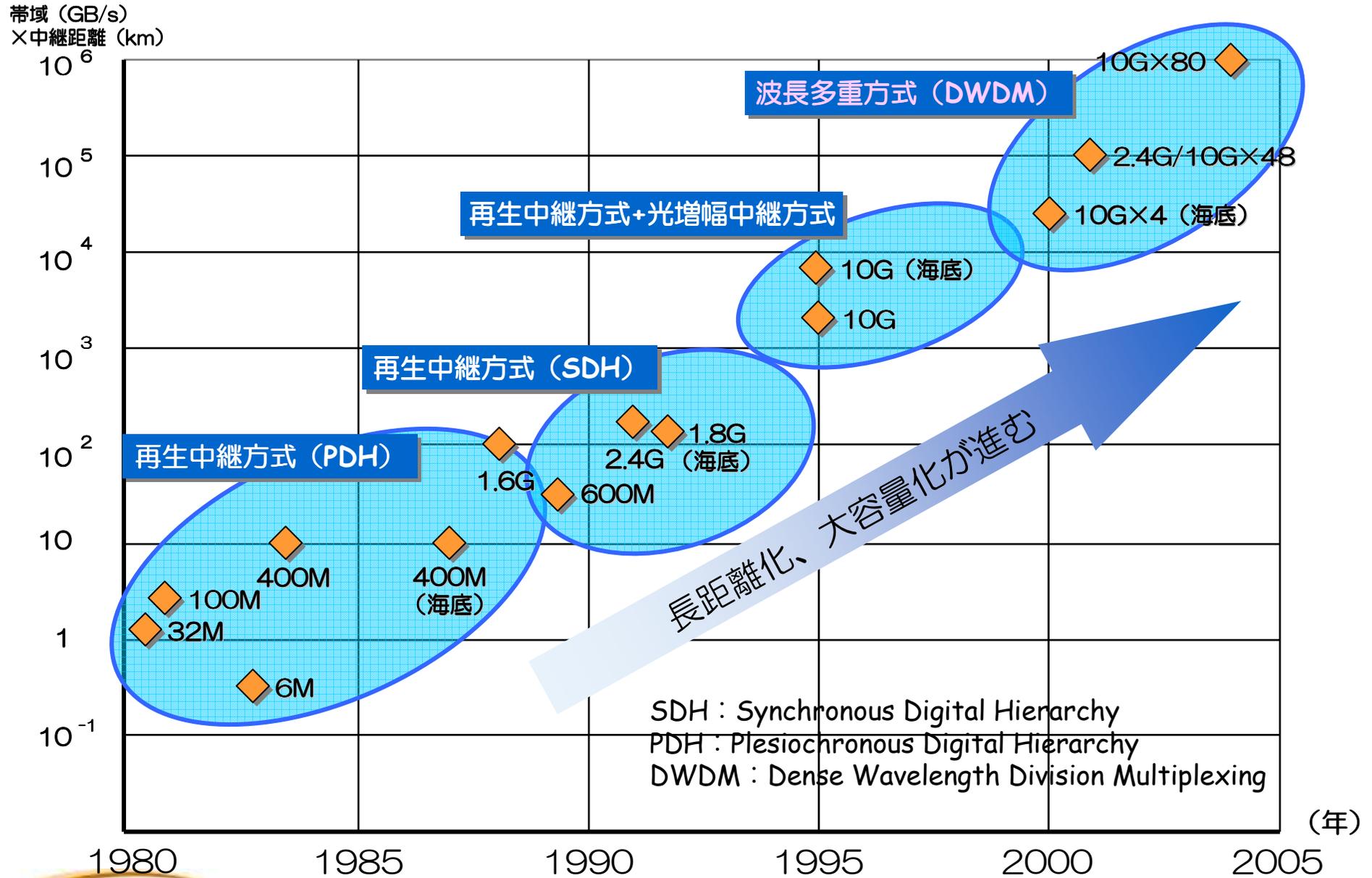
- ・99.999%のネットワーク稼働率、完全帯域保証
- ・異経路、無瞬断切替



ネットワーク分散



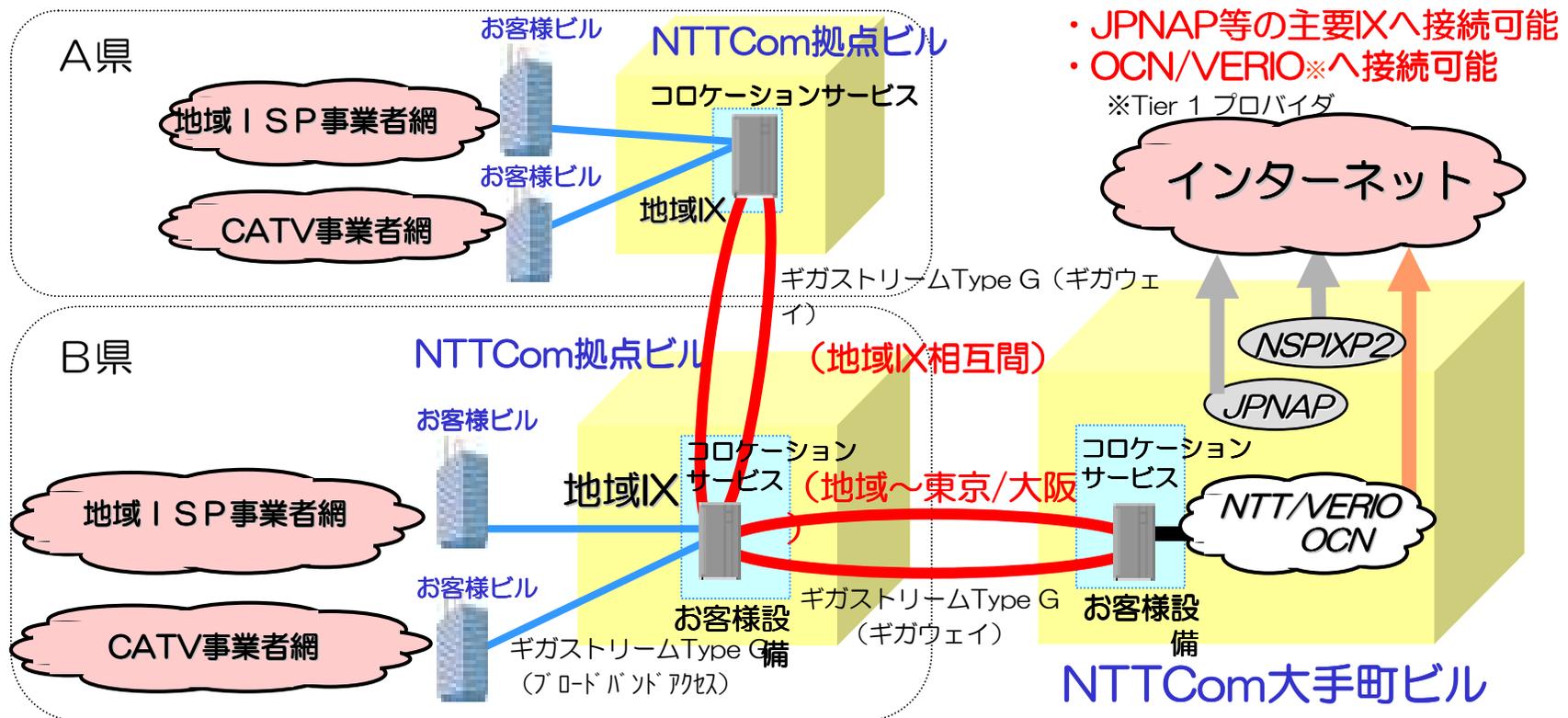
基盤網の伝送速度の推移



利用事例 (ISP事業者)

<お客様ご要望>

- 東京/大阪にある主要IXへの接続、IPトランジットの購入によりコスト削減をしたい
- 地域情報ハイウェイ等を活用して地域IXを設立し、地域内トラフィックを交換したい (地域IX)

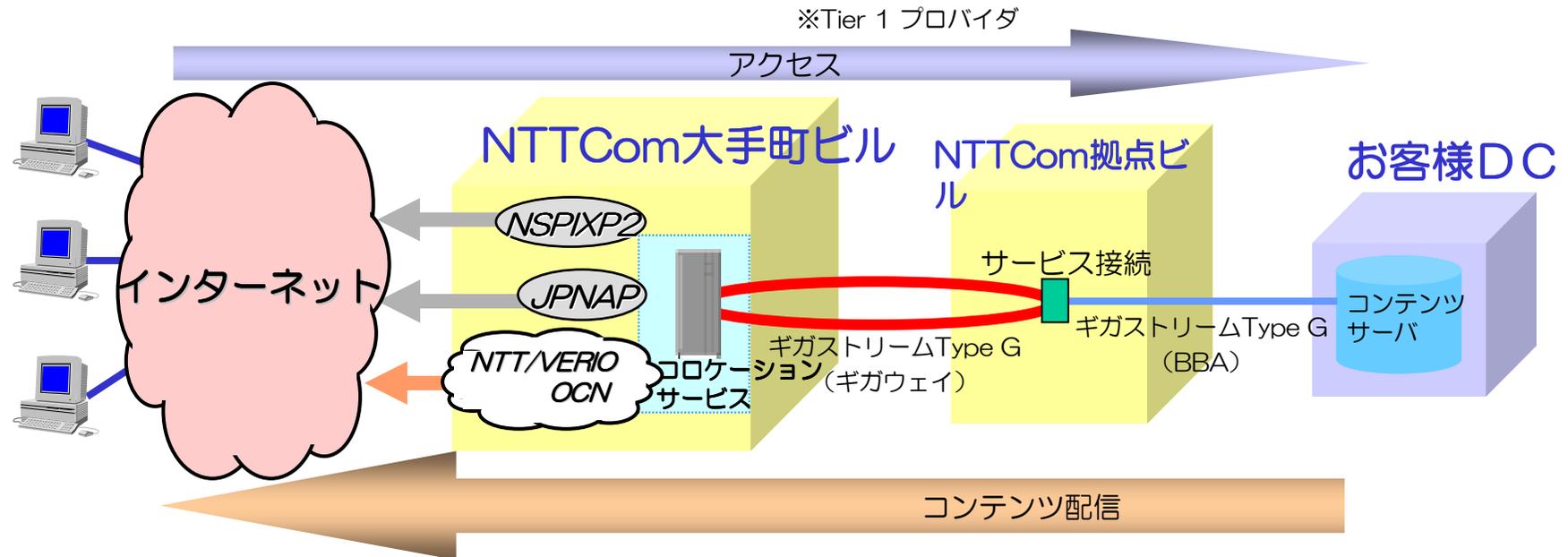


利用事例 (CDN事業者)

<お客様ご要望>

- アクセス回線のブロードバンド化に伴い、大容量の映像やコンテンツ配信用の高品質なバックボーンが欲しい。

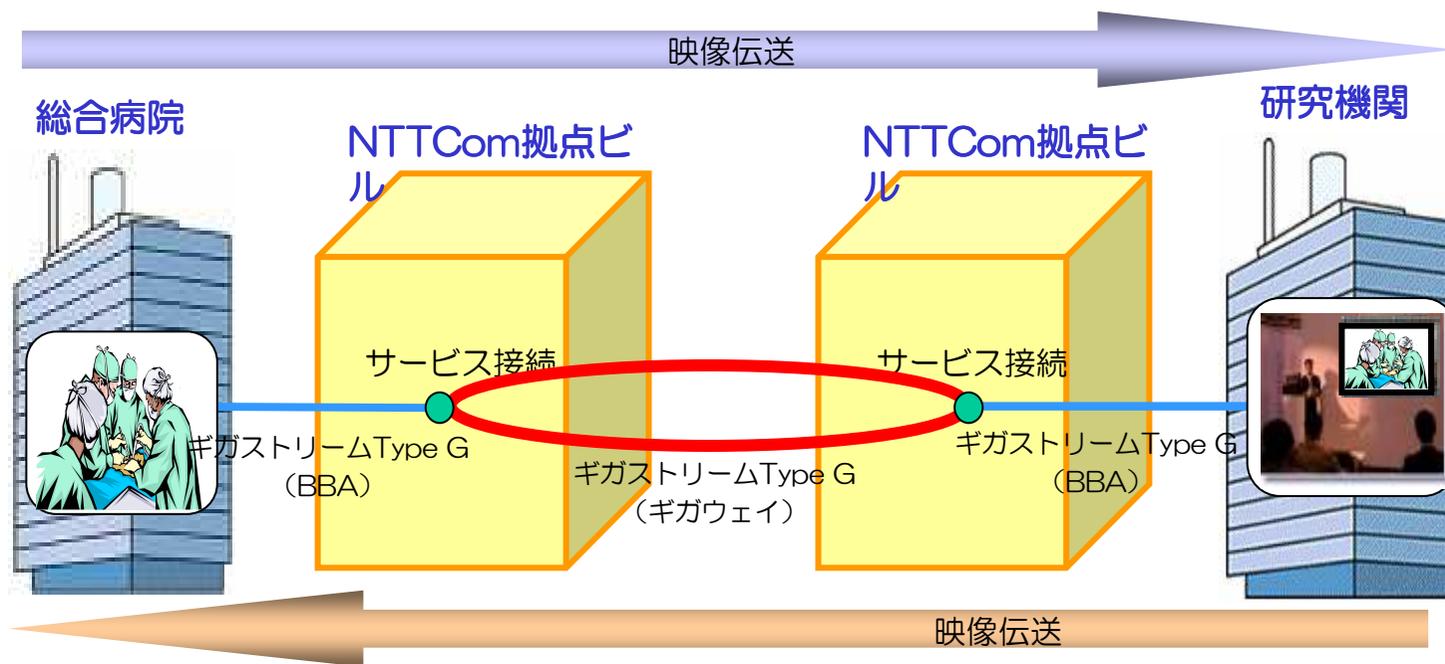
- ・ JPNAP等の主要IXへ接続可能
- ・ OCN/VERIO※へ接続可能



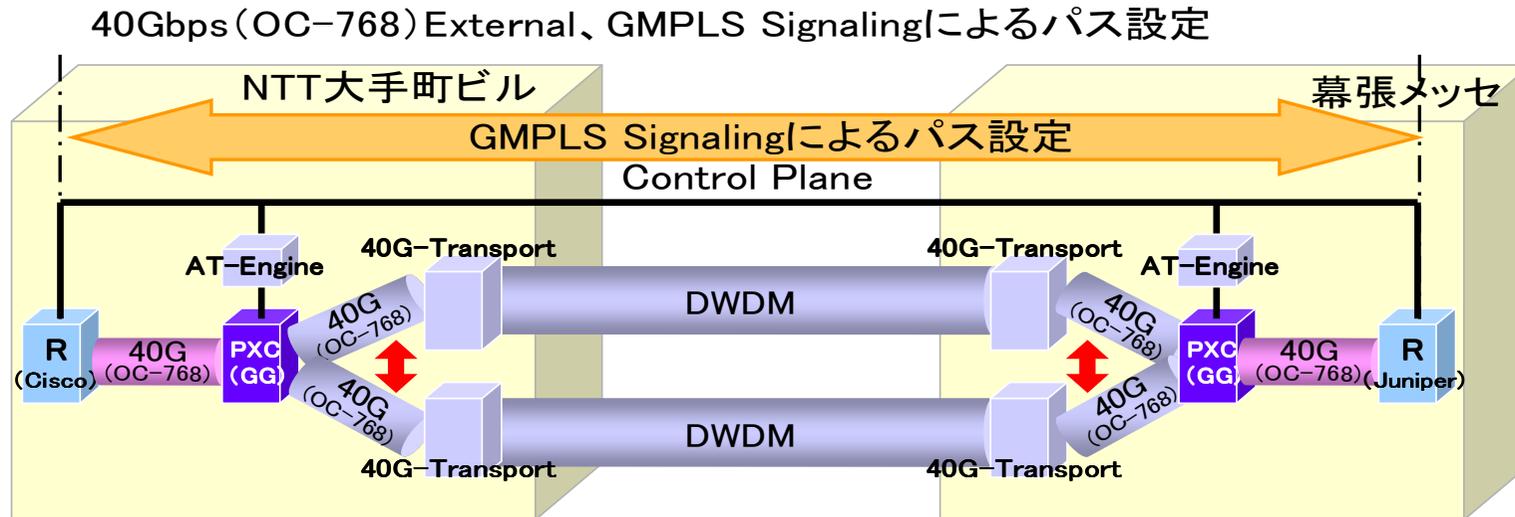
利用事例(メディア配信業)

<お客様ご要望>

- 遠隔医療や研究等で、高精細（HD-DV等）な映像のやりとりをリアルタイムで行うため、広帯域なバックボーンが欲しい



Interop2006



- ・ 40Gbps(OC-768) Interface 相互接続
 - マルチベンダー ルータ: Cisco、Juniper、40G伝送装置
- ・ GMPLS Signaling によるパス設定
 - マルチベンダー Cisco、Juniper、AT-Engine(Glimmerglassをコントロール)



40G回線「Best of ShowNet プロダクト部門」グランプリを獲得

4-2.レイヤ2ネットワーク

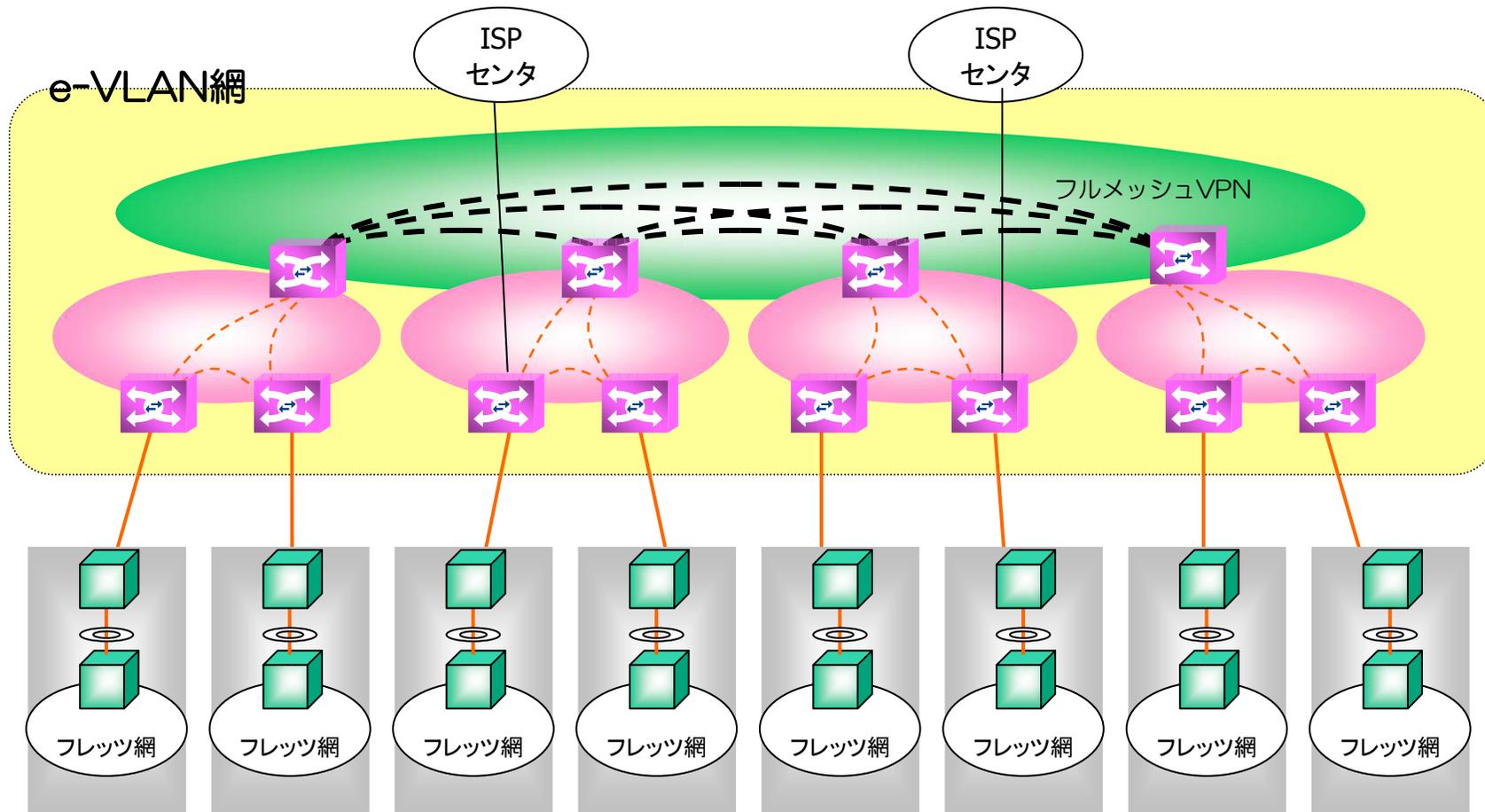
各種通信方式の比較

	専用線	フレームリレー	ATM(セルリレー)	広域イーサ
同期方式	伝送フレーム同期	フラグ同期	セル同期 ov SDH	非同期
通信方式	双方向	双方向/片方向	双方向/片方向	片方向
接続方式	コネクション型	コネクション型	コネクション型	コネクション型
ルーチング	スタティック	スタティック	スタティック	ダイナミック
転送処理	HWベース	複雑(SW/HW)	HWベース	複雑(SWベース) ▼ HW化
最大転送速度	40G	45M	600M(2.4G)	150M⇒10G
OAM	強	強	強	弱
接続管理	容易	容易	容易	困難
信頼性	高	中	中～高	中

L2SWによる広域イーサ(e-VLAN)中継回線

イーサネット技術を用いた、低コスト・セキュアな広域LAN間接続サービス。

- ・ 1Gbpsまでの超大容量通信が可能。
- ・ イーサネットベースの網である為、上位プロトコルに依存しないフルメッシュ構築が可能
- ・ VLAN技術による高セキュアなネットワーク



MPLSの標準化動向

- フォーマットは基本的に同じ
 - 用語が若干違う程度
(e.g., Pseudo Wire Label vs Interworking Label , Control Word vs Common interworking indicators)

“X” over MPLS			IETF 	ITU-T 
Ethernet			RFC4448	Y.1415
ATM	Cell		RFC4717, 4816	Y.1411
		AAL5	RFC4717	Y.1412
FR			RFC4618, 4619	X.84
TDM <small>*1</small>	Structure-Agnostic	TDM over MPLS	RFC4553	Y.1413
	Structure-aware	TDM over MPLS	draft-ietf-pwe3-cesopsn	Y.1413
		TDM over AAL1 over MPLS	draft-ietf-pwe3-tdmoip	Y.1413
SONET/SDH <small>*2</small>			RFC4842	-

*1 低速系(T1, E1, T3, E3, DS0xN など)

*2 STS-1/VC-3, STS-3c/VC-4, VT1.5/VC-11, VT2/VC-12, などから

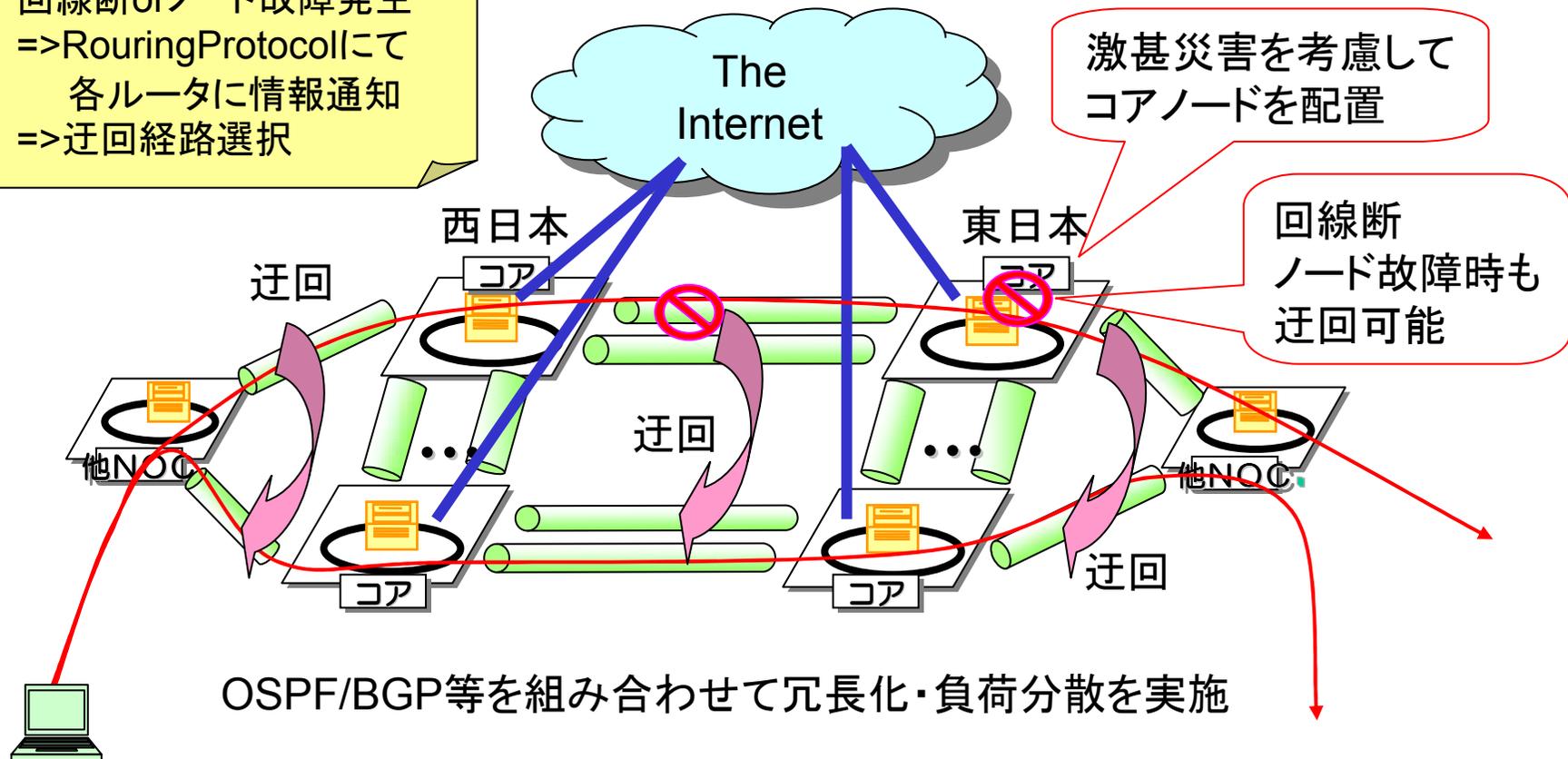
注) Structure-aware TDMの2方式はどちらも Informational RFCとする予定。それ以外はProposed Standard

5.OCNのネットワーク

OCNでのバックボーンの高信頼化(冗長構成)

1 極集中の回避、インターネット接続拠点分散を図る事で高信頼/高品質/高安定性を実現

回線断orノード故障発生
=>RoutingProtocollにて
各ルータに情報通知
=>迂回経路選択



OCNバックボーンの特徴

◆トラフィックの変動を把握し適確なトラフィック設計とIPルーティング技術を適用

1. つねにゆとりある帯域を確保

- ・現状のトラフィックから半年後の需要を予測して十分な設備の拡充
- ・高品質なネットワークを安心してお使いいただけるよう、24時間体制でネットワークを常時監視
- ・万一の故障や障害の際には迅速に復旧できる体制

2. 全経路を完全に二重化

- ・バックボーン内の全伝送路・設備の二重化を、高度なビル分散、ルート分散などを駆使して徹底。
- ・万一の故障時にも迅速に正常な別経路に切り替わる設計のため、つねに安定したスループットのアクセス環境を提供。

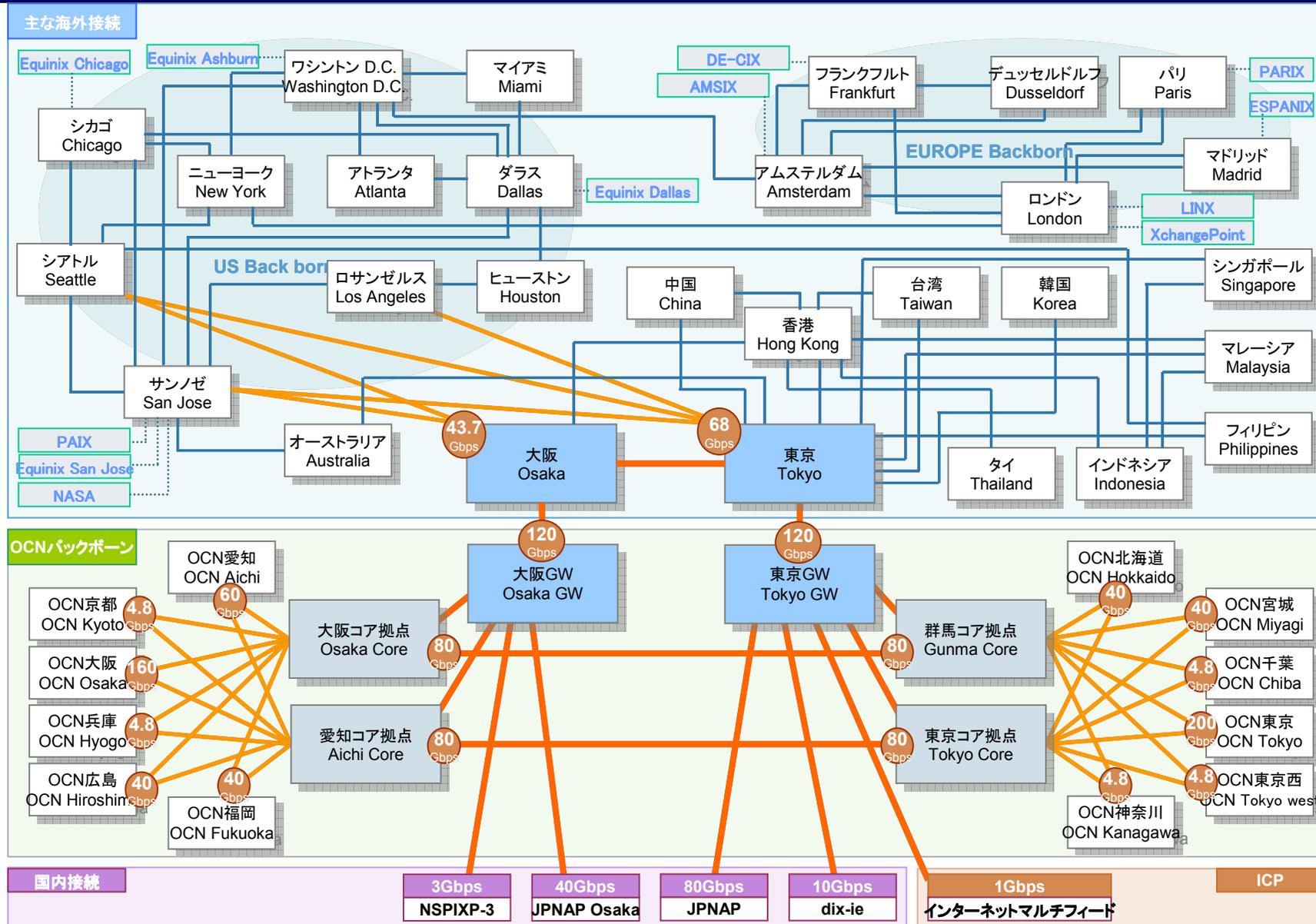
3. 国内外の豊富な外部接続

- ・JPNAPなど国内大手のIXバックボーンとの接続に加え、主要ISPとはプライベートピアで接続。
- ・海外接続についても、NTTコミュニケーションズグループが一括して運用するグローバルTier1であるIPバックボーンと高度に連携しており、海外接続でも高品質なインターネットアクセスを提供。

4. つねに最先端のバックボーン

- ・OCNは新しい技術をタイムリーに取り入れ、法人のお客さまにも数多くご活用。
- ・たとえば現在のOCNバックボーンはIPv4とIPv6の両方に対応できるデュアルネットワーク構成。
- ・ご要望にお応えする多くの技術を蓄積しており、それをオペレーション、設計などで有効活用。

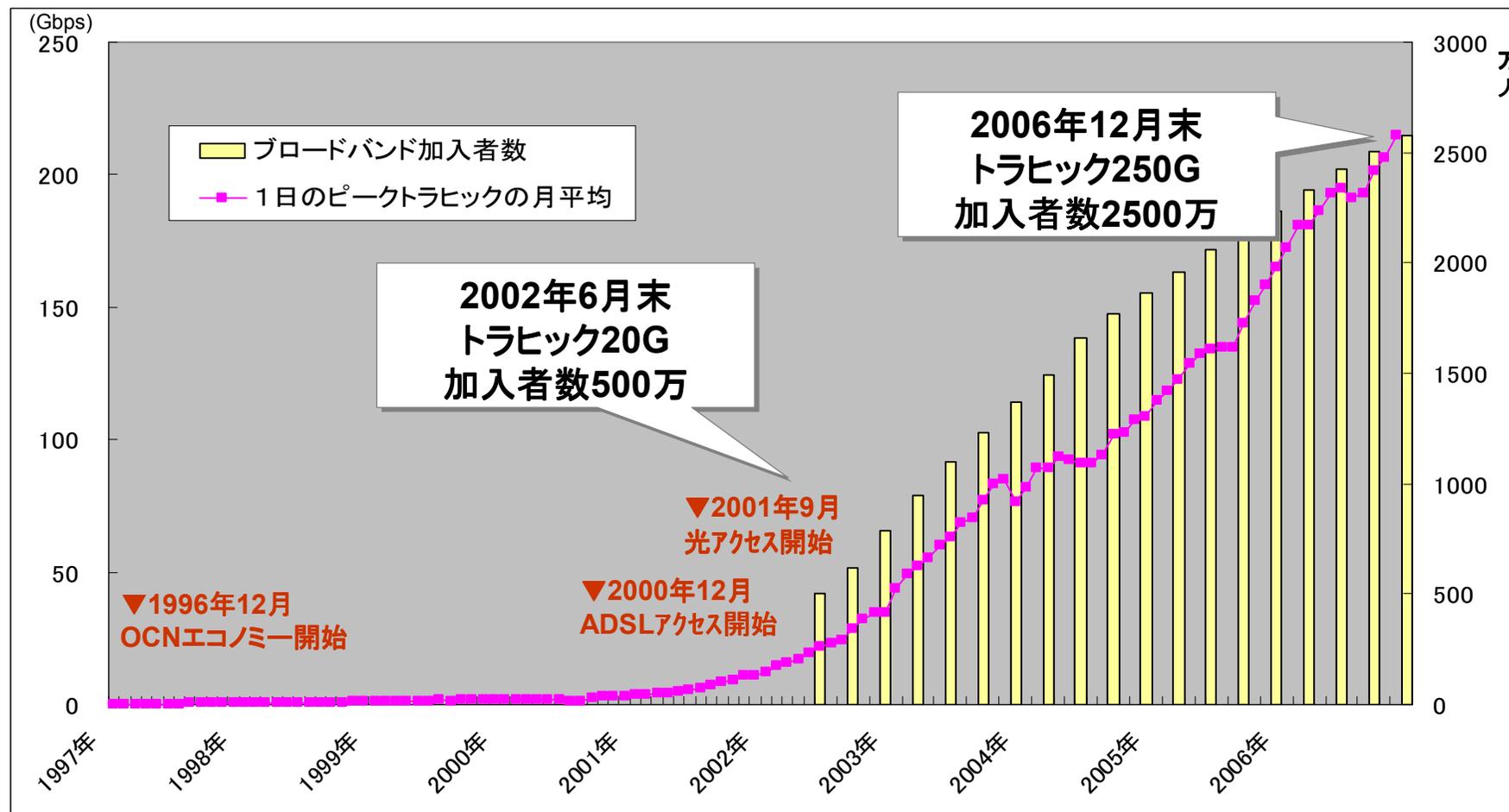
NTTコム(IPバックボーン (2007年8月更改)



(※1) ICP: インターネットにコンテンツを配信する事業者

(※2) Private Peering: インターネット相互接続点 (IX) を経由せずに、ISP同士が直接、専用線やLANなどで相互接続 (Peering) すること

国内主要IX※におけるトラフィックの推移とブロードバンド加入者数推移



(※) JPNAP、NSPIX及びJPIXの集計、ブロードバンド加入者数は総務省調査資料より

OCNバックボーン帯域の変遷(東京～大阪間)



ルータの変遷(平成9年度～19年度)

平成9年度当時
(1997年)



総帯域**500Mbps**
1インタフェース当り
最大**100Mbps**

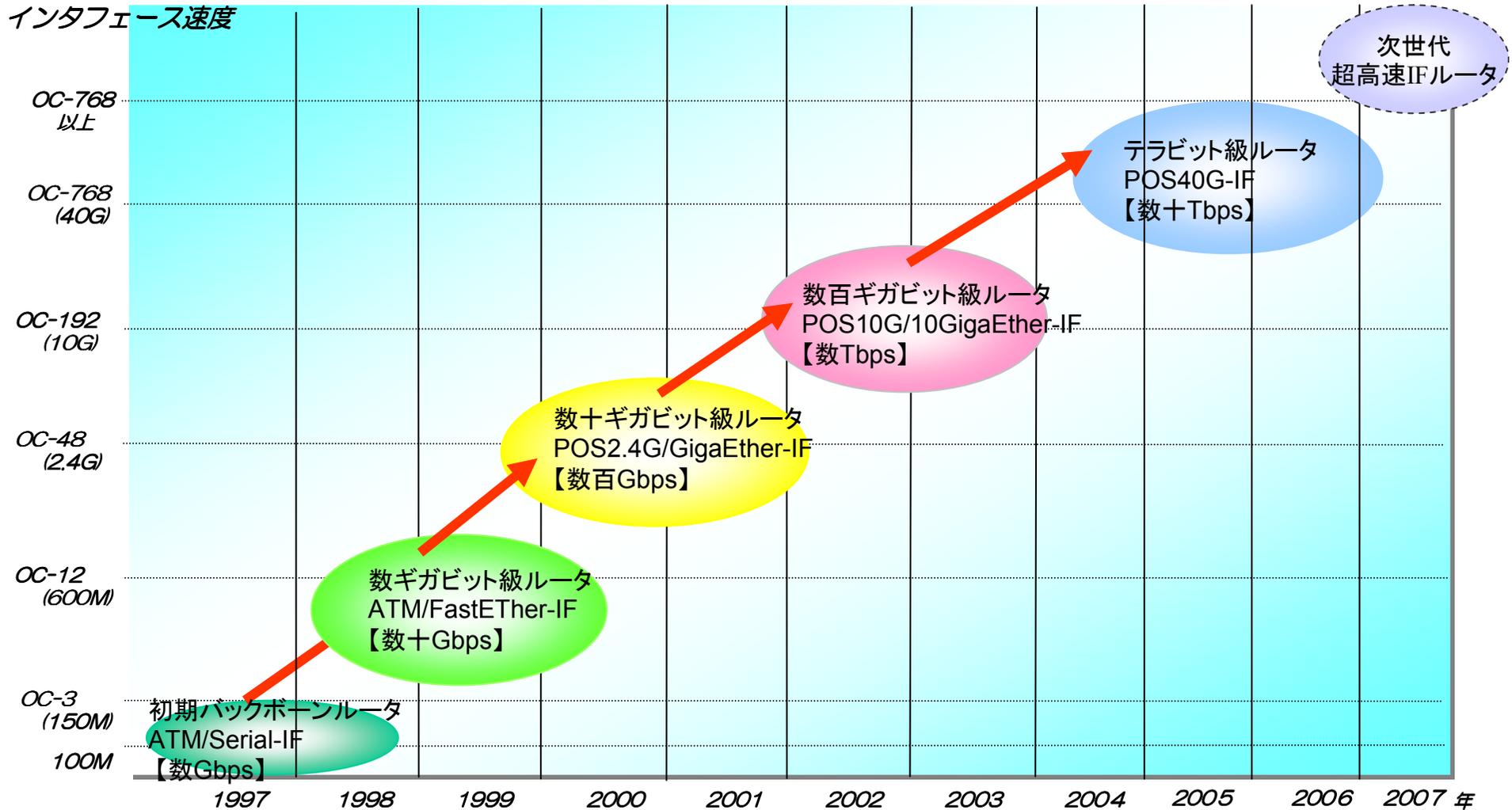
平成19年度現在
(2007年)



総帯域**テラビット超**
1インタフェース当り
最大**40Gbps**

ルータの処理能力

100GEther等40G超IFは標準化中。2010年頃には実現可能か



2003.11現在

OCNバックボーンの変革

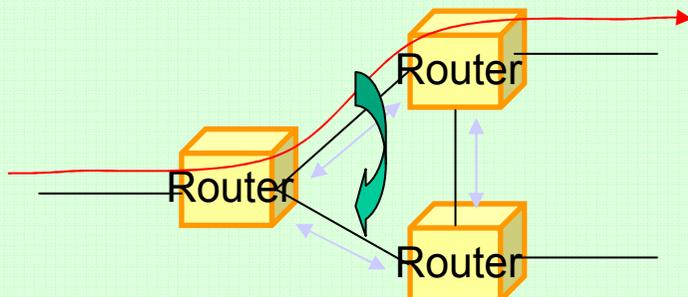
TIME	OCNバックボーン	対外接続(国際)	対外接続(国内)
2006.12	120. 0G	140. 0G	137. 0G
2005.07	80. 0G	68. 0G	88. 0G
2005.01	80. 0G	48. 0G	78. 0G
2004.07	80. 0G	48. 0G	78. 0G
2004.01	40. 0G	28. 0G	60. 0G
2003.07	20. 0G	26. 0G	31. 0G
2003.01	9. 6G	12. 0G	11. 0G
2002.07	9. 6G	8. 0G	9. 0G
2002.01	4. 8G	3. 6G	5. 2G
2001.07	1. 8G	2. 5G	4. 3G
2001.01	1. 8G	2. 5G	1. 2G
2000.07	1. 2G	1. 3G	1. 0G
2000.01	500M	500M	600M
1999.07	375M	400M	600M
1996.12(Sin)	24M	6M	7.5M

ルータ、SWの冗長化技術

Dynamic routingによる経路選択

BGP/OSPF etc.

安定動作だが断検知に時間かかる場合はBFD等の実装も



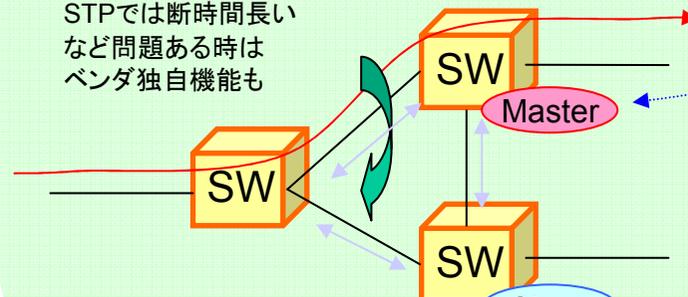
※BFD: Bidirectional Forwarding Detection
(リンクダウン検知プロトコル)

Spanning Tree

STP/RSTP etc.

ベンダ独自プロトコルも

STPでは断時間長い
など問題ある時は
ベンダ独自機能も

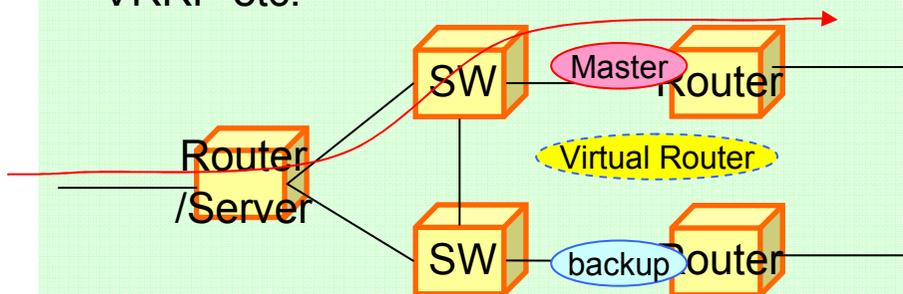


※RSTP: Rapid Spanning Tree Protocol
高速迂回可能としたSTP

ノード冗長化プロトコル
VSRP/ESRP etc.
各社ベンダ独自

※VSRP(Foundry社)、
ESRP(Extreme社)

Default RoutingのみのRouter/Server に対する経路冗長 VRRP etc.

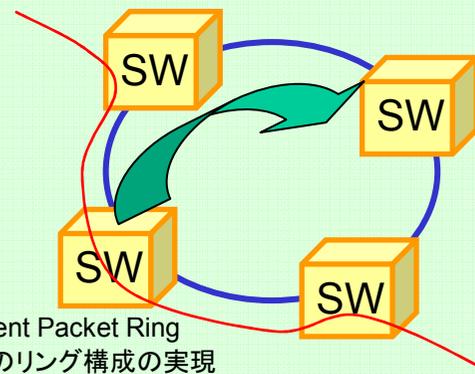


※VRRP: Virtual Router Redundancy Protocol
Virtual Router(仮想IPアドレス)に対してパケット送信

Ring protocolによる冗長化

RPR etc. ベンダ独自プロトコルも

迂回時に遠回りする場合、遅延考慮必要

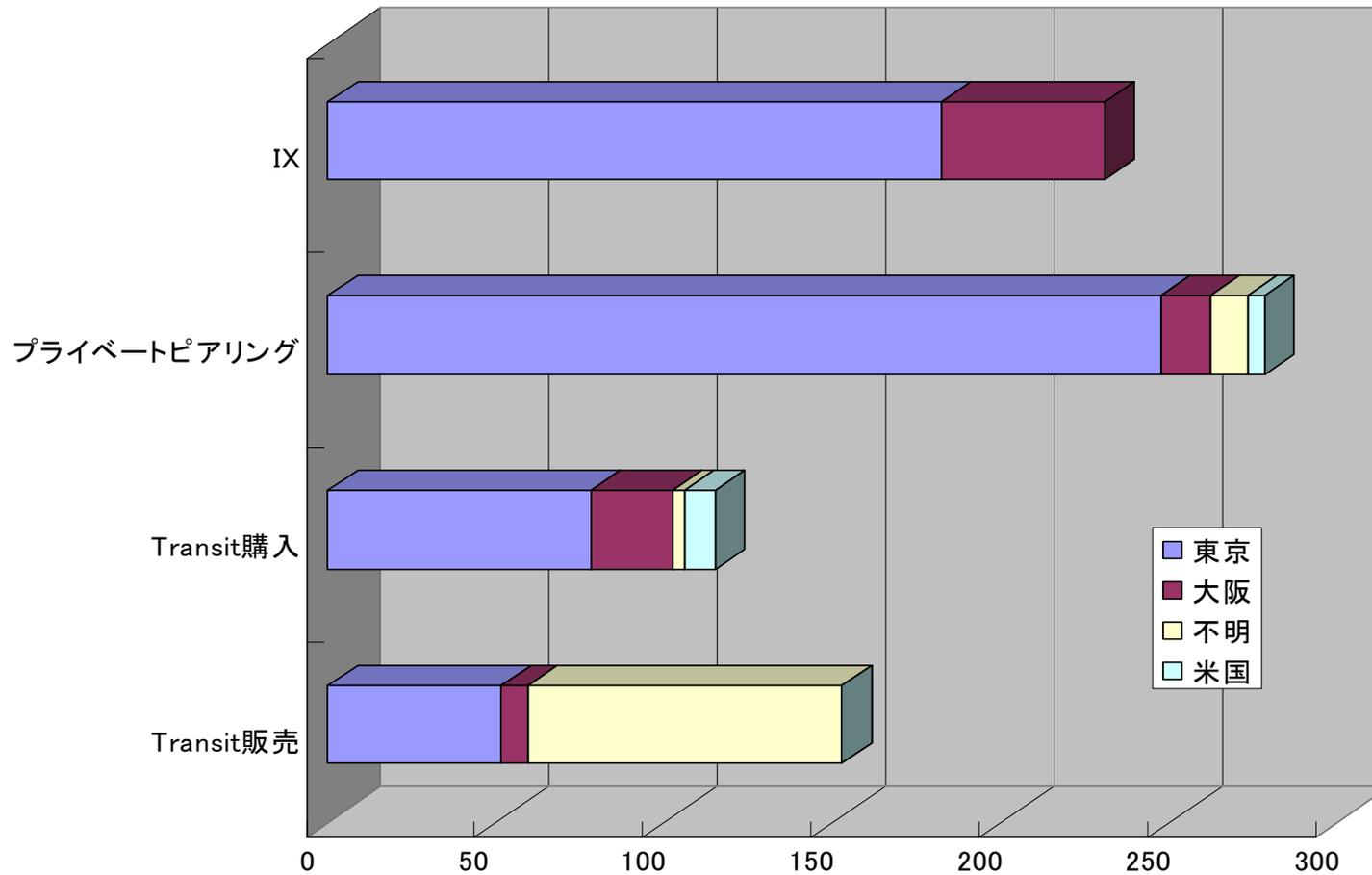


※RPR: Resilient Packet Ring
帯域共有型のリング構成の実現

トラフィック交換の東京1極集中

IPトラフィックの大部分は東京で交換されている

回線容量の地域別比較



総務省 次世代IPインフラ研究会報告データに基づき構成

回線容量(Gbps)

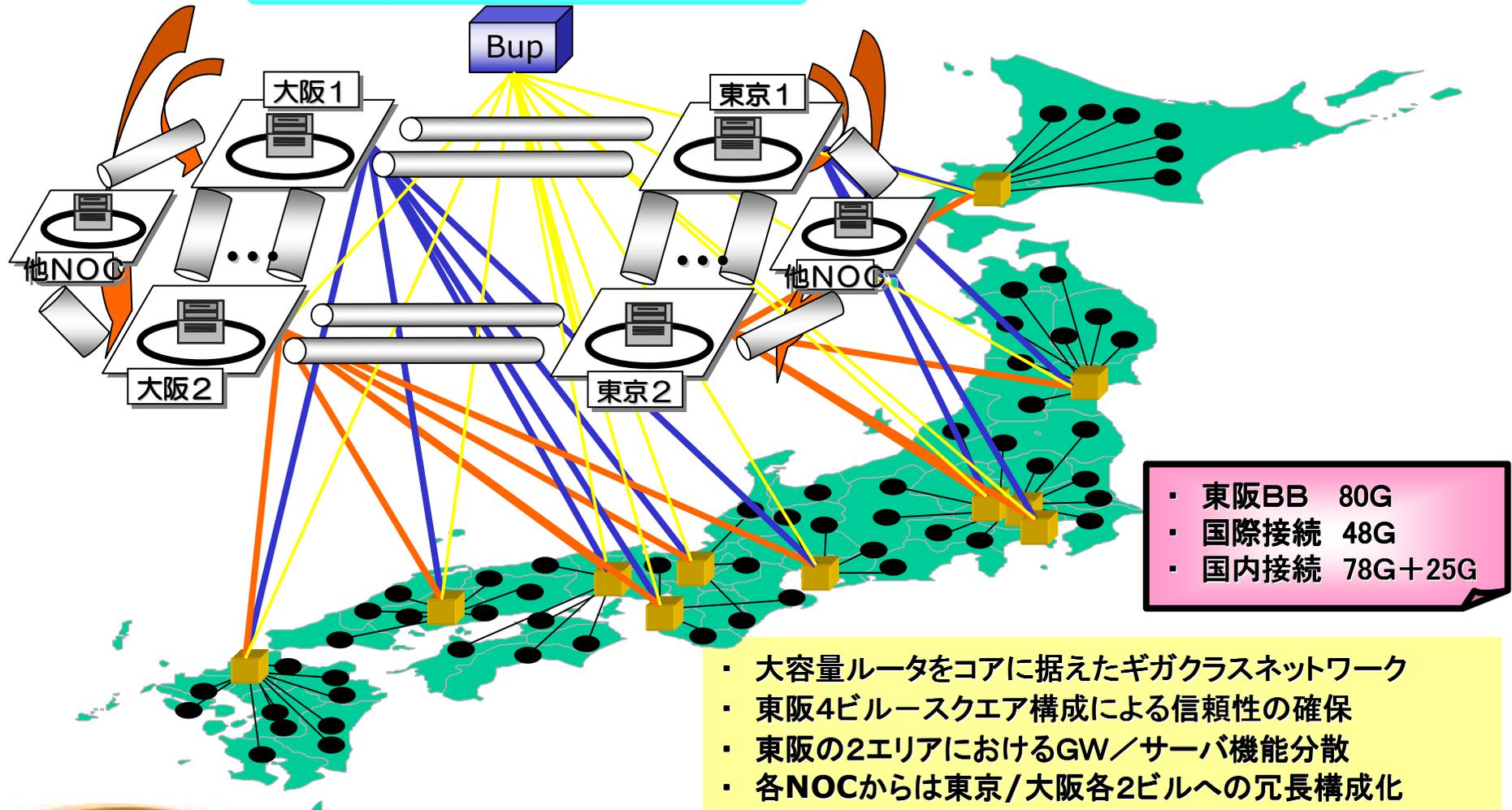


Copyright 2007- NTT Communications Corporation

OCNバックボーンネットワーク構成(2005年: STEP1)

東京1極集中の回避、インターネット接続拠点分散を図る事で高信頼/高品質/高安定性を実現

インターネット



OCNバックボーンネットワーク構成(2007年: STEP2)

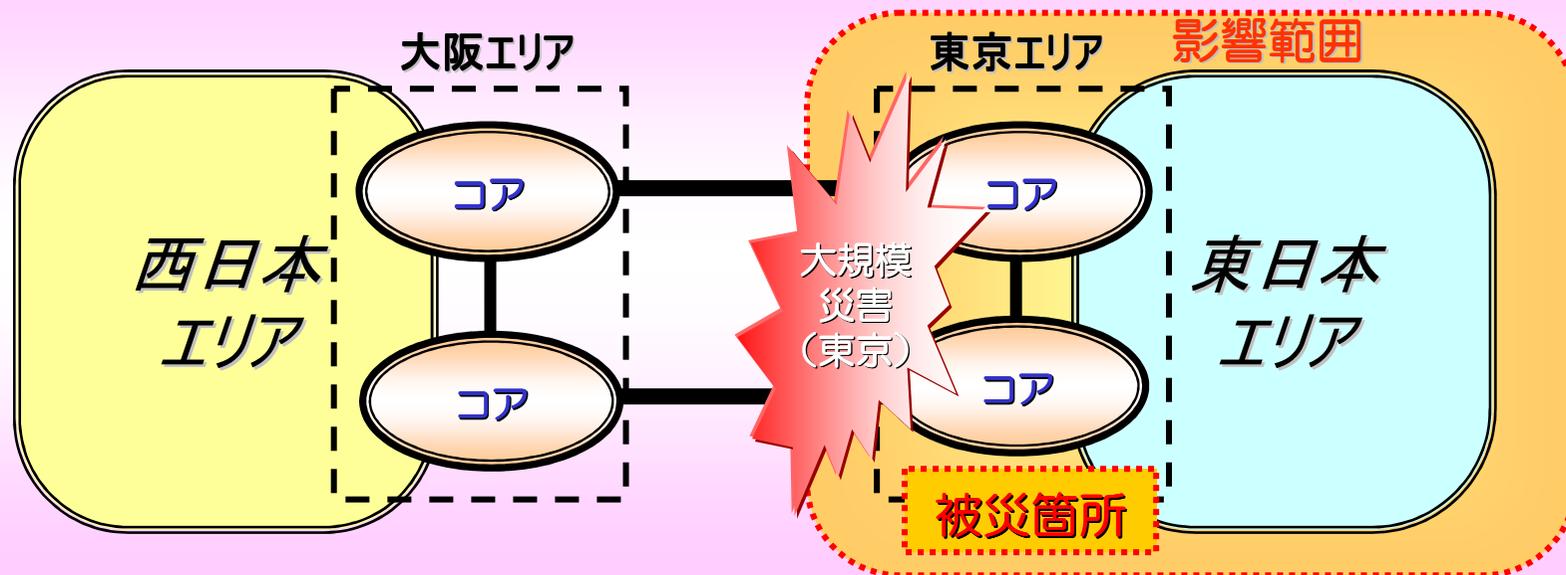
法人向けOCNの激甚対策

○継続的なOCNバックボーン増強に加え大都市圏直下型地震への危機管理、BCP対策の必要性が高まる。

インターネットの重要性の高まりと
ギランティ型サービスニーズ拡大を踏まえ

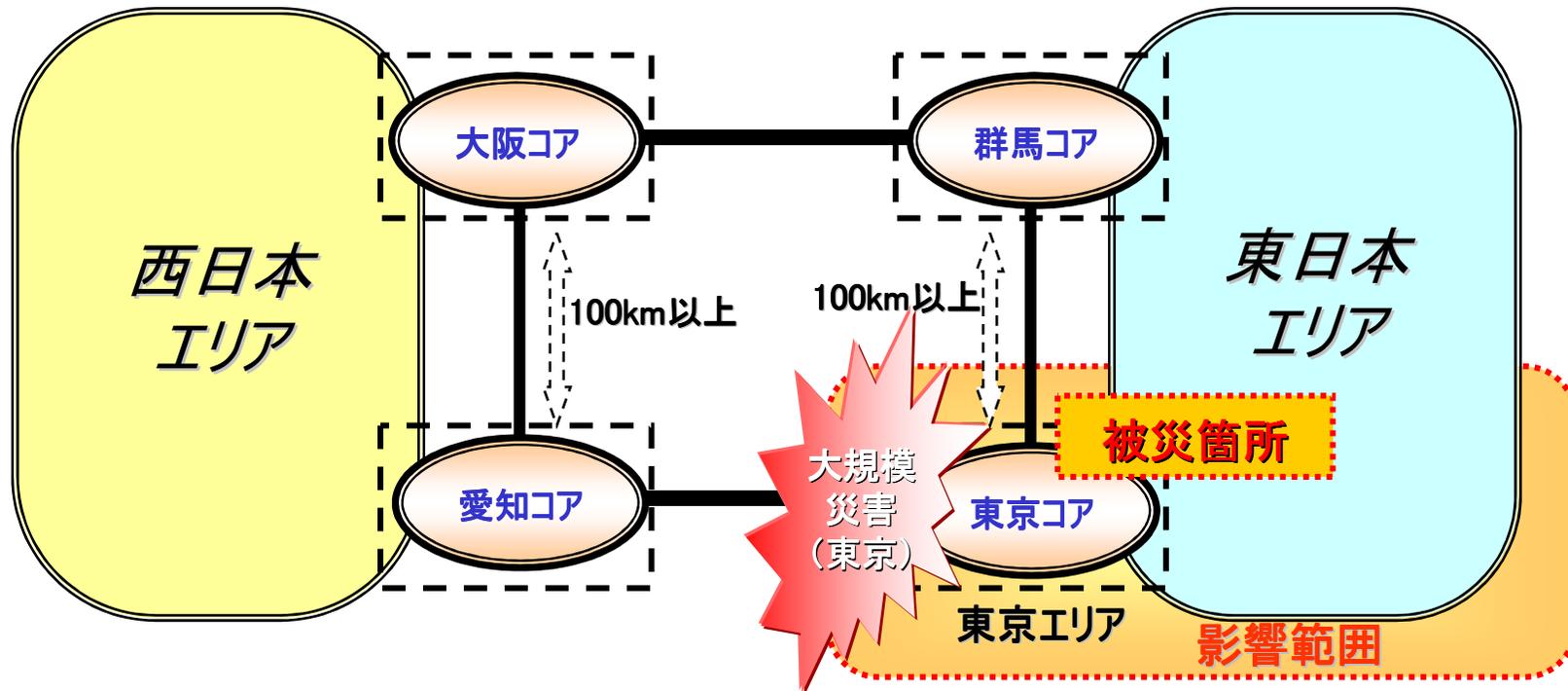
・首都圏での直下型地震のような大規模災害が発生し、仮に**東京エリアのコア2拠点が同時に被災するケース**においては、首都圏のみならず従属関係となっている北海道や東北など各拠点へも影響を及ぼす恐れがある。

今までの課題



ネットワークにおける信頼性の確保

- ・ISPの中核(コア)拠点が東京エリアに集中していると、首都圏での災害(直下型地震など)が発生した場合、バックボーンは分断され広い範囲で甚大な通信故障となってしまいます。さらに復旧の長期化も予想される。
- ・OCNバックボーンは、この課題に対しコア拠点間を100km以上離すことで、直下型地震のような大規模災害が主要都市で発生しても分散されたコア拠点と迂回ルートを構築することで、東京エリア被災による影響範囲を最小限にいとめることが可能。
- ・北海道や東北エリアでOCNに接続されるユーザのインターネット通信や西日本エリアとの拠点間通信が救済。



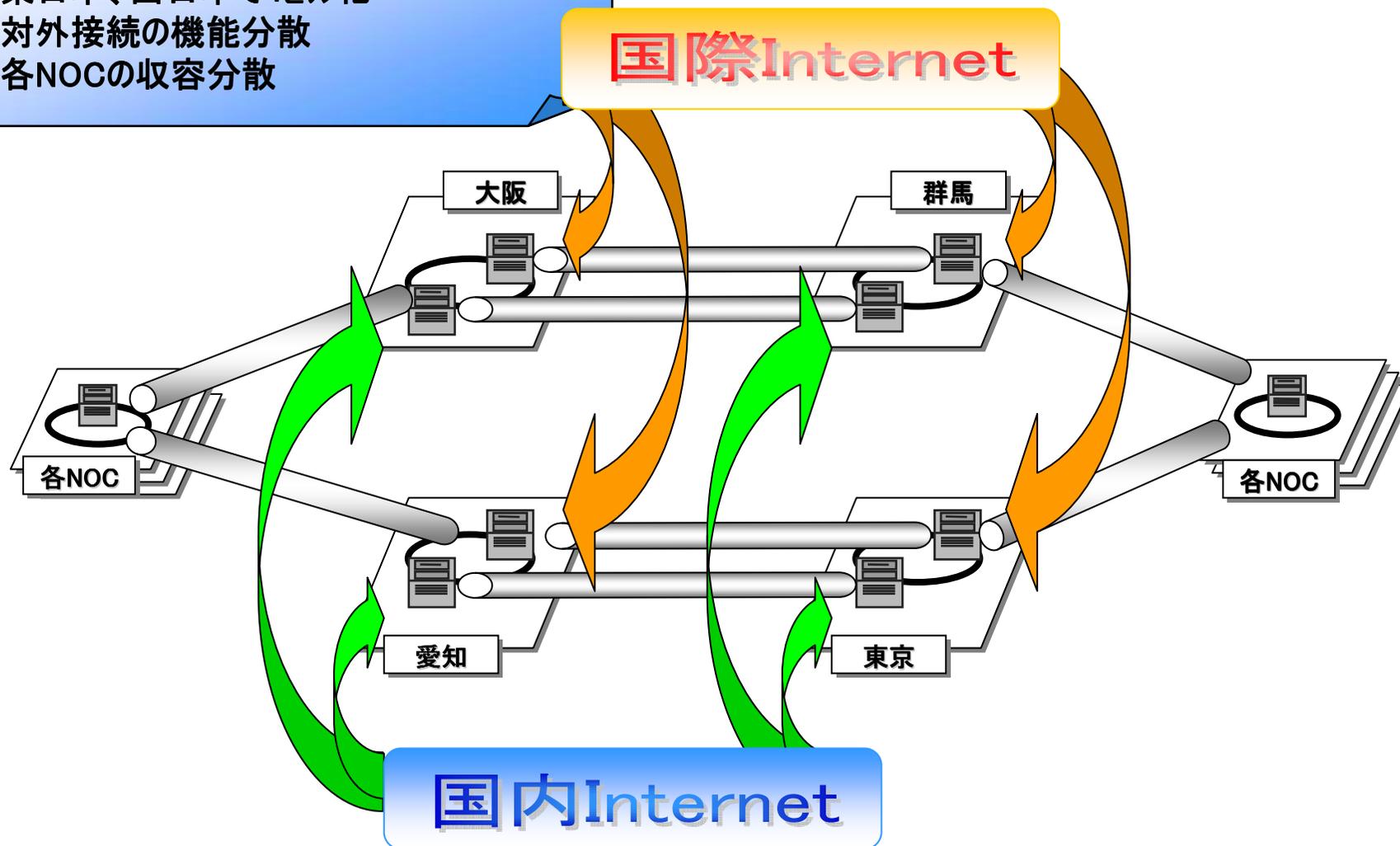
ご注意事項

- 全てのお客様に激甚対策効果があるわけではありません。対象サービスはギャランティ型のスーパーOCN/OCNハウジング用接続サービスの方のみとなります。
- スーパーOCNやハウジング用接続サービスをご利用のお客様であっても、両方のコアに従属されていないエリアで接続されているお客様は対象外となります。

A面B面の2面構成について

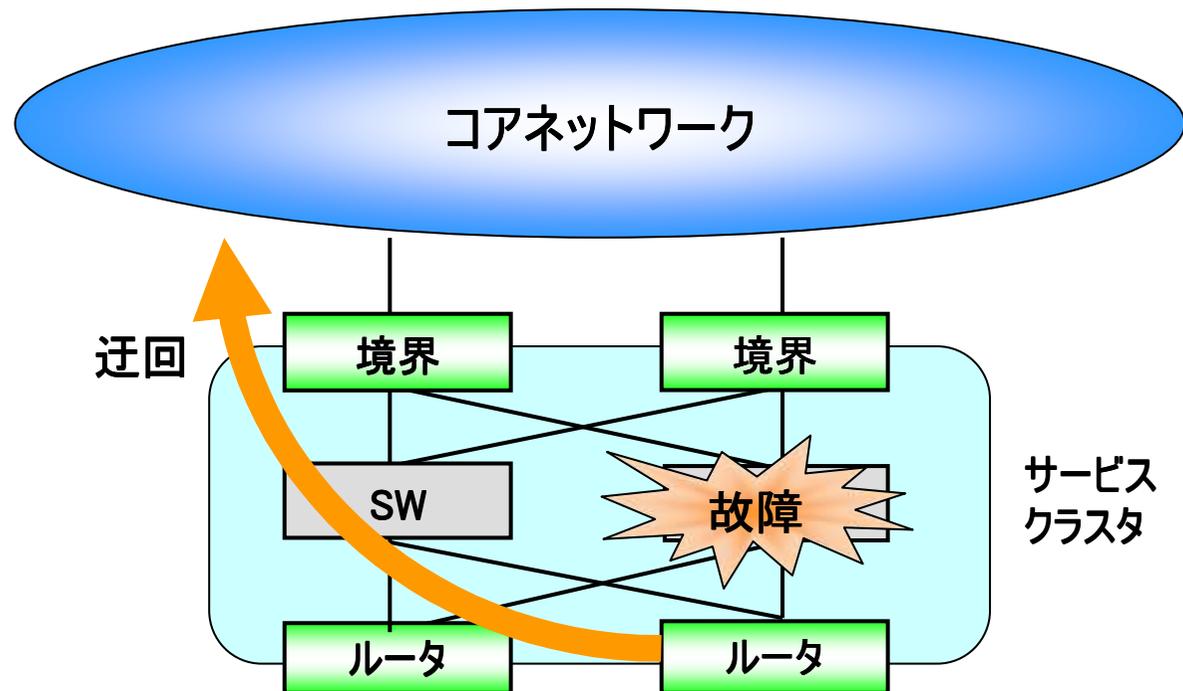
※2面構成によるOCNバックボーン強化項目

- ・ コアルータの大容量化
- ・ 東日本、西日本で4ビル化
- ・ 対外接続の機能分散
- ・ 各NOCの収容分散



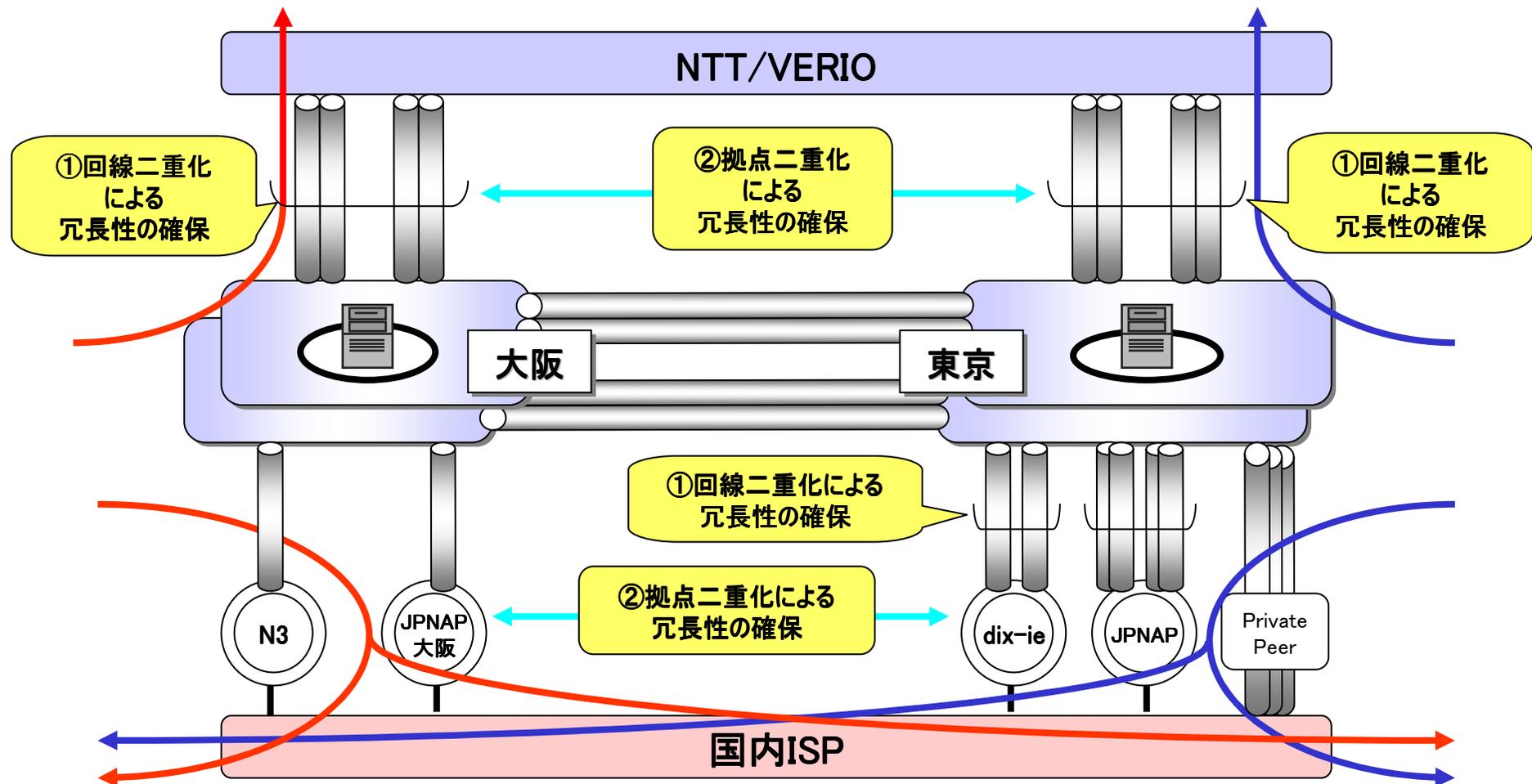
NOC拠点における信頼性の確保

バックボーンにおけるLANについては、基本的に完全冗長構成をとり、片系故障時にも100%トラフィックを救済できる設計。

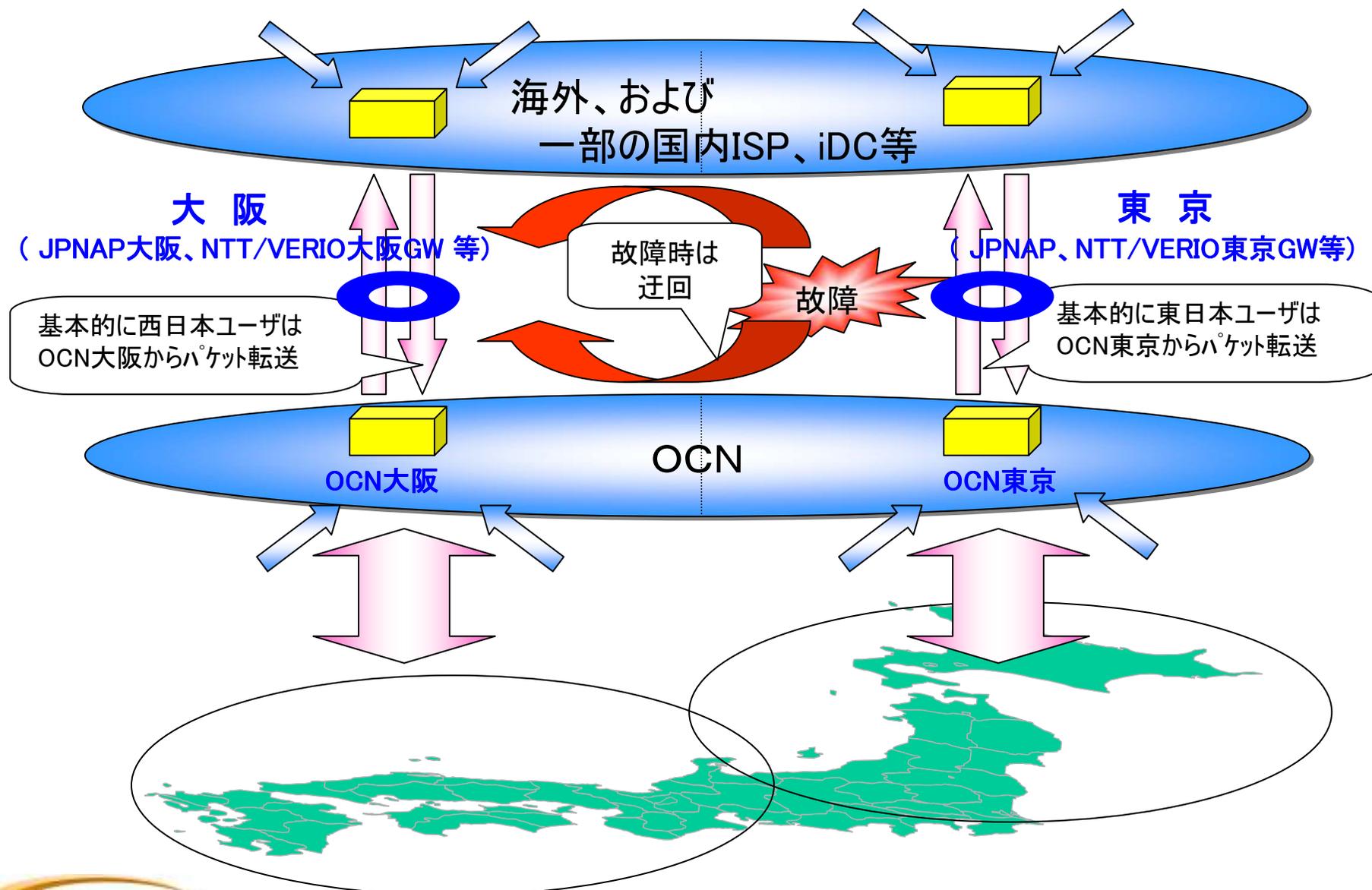


対外接続における信頼性の確保

対外接続回線についても、装置、回線の分散冗長化、及び拠点の分散冗長化を実施し最適経路制御によりTraffic運用を実施

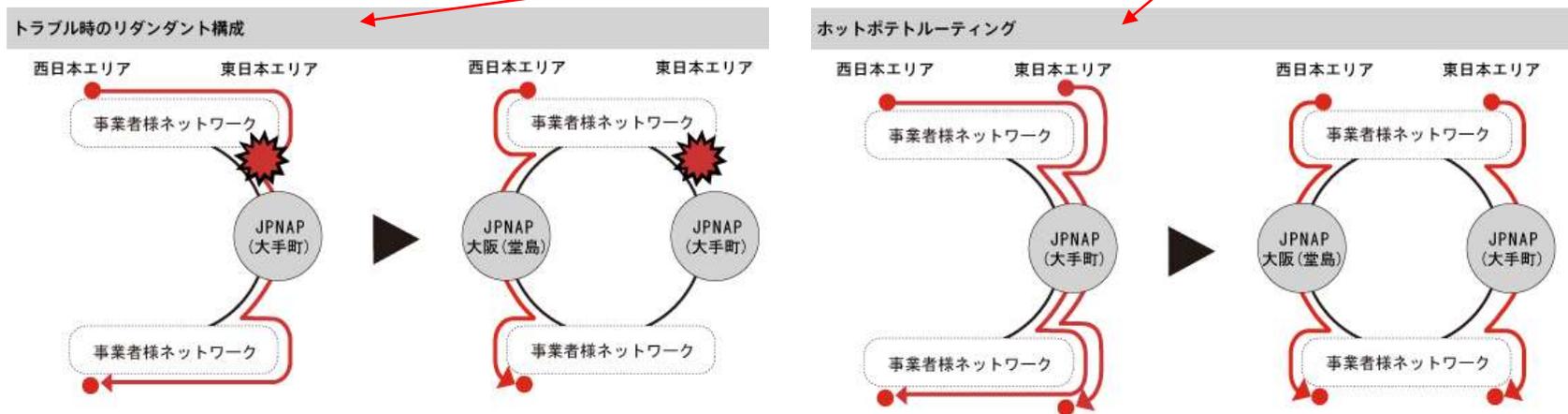


(参考) 経路制御の最適化



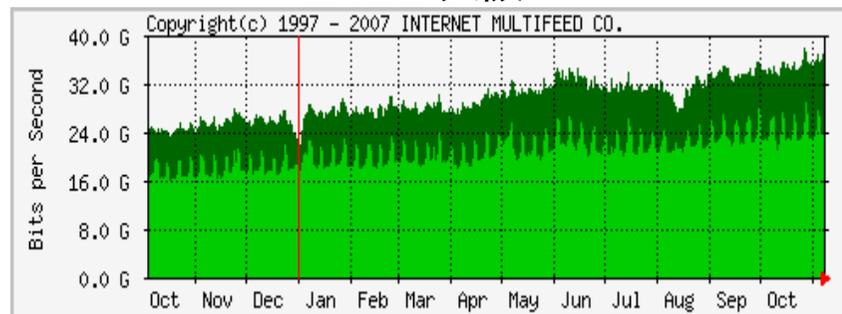
IXの分散 (JPNAP大阪の概要)

インターネットマルチフィード社が大阪市堂島 (NTTテレパレーク堂島第1ビル、第3ビル) で提供
 JPNAP (東京)・JPNAP大阪相互利用による安全性の確保 & 通信経路の最適化



<http://www.mfeed.ad.jp/jpnap-osaka/index.html>

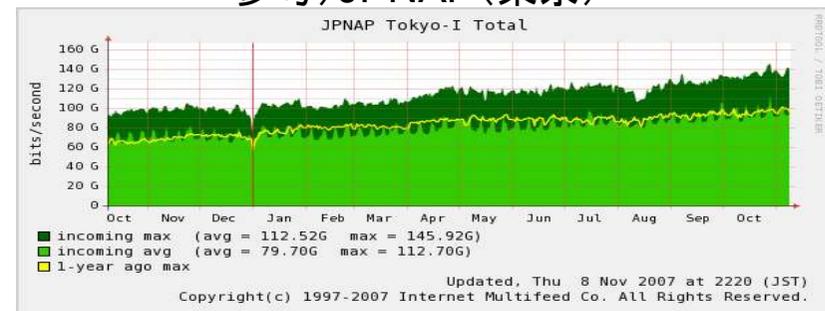
JPNAP大阪



<http://www.mfeed.ad.jp/jpnap-osaka/traffic.html>

Copyright 2007- NTT Communications Corporation

参考) JPNAP (東京)

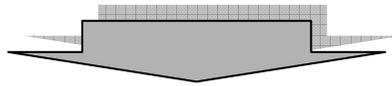


<http://www.mfeed.ad.jp/jpnap/traffic.html>

IXの分散: JPNAP東京Ⅱ(新)の概要

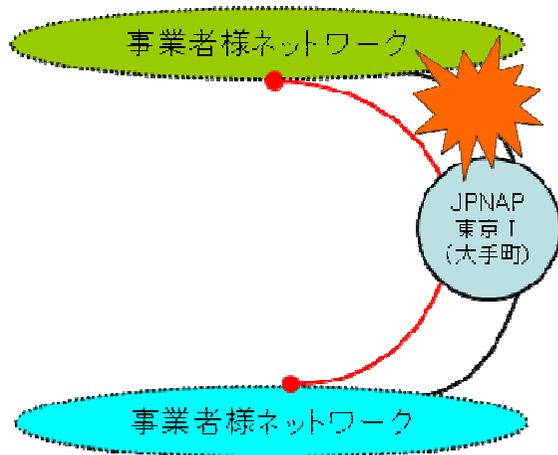
【JPNAP東京Ⅱサービス】

- インターネットマルチフィード社が東京都豊島区池袋(NTT池袋ビル)で新しく提供するIXポイント
- JPNAP(東京Ⅰ)と、『物理的』にも『論理的』にも完全に独立した商用IX
- 地盤がよく、エンジニアが駆けつけやすい拠点を選定

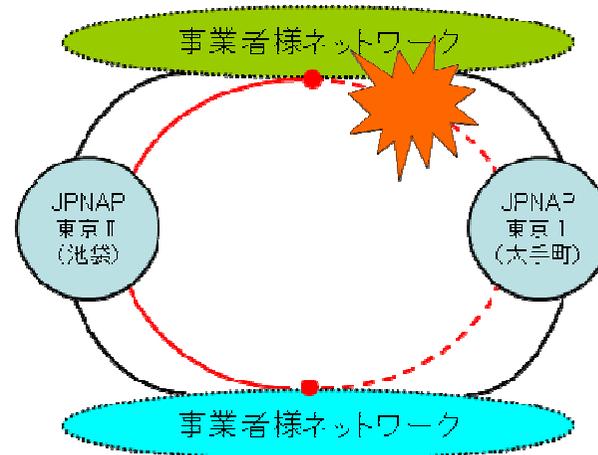


※ JPNAP(東京Ⅰ)のある東京大手町エリアにおける、局所的なリスクを回避

① JPNAP(東京Ⅰ)接続のみの場合



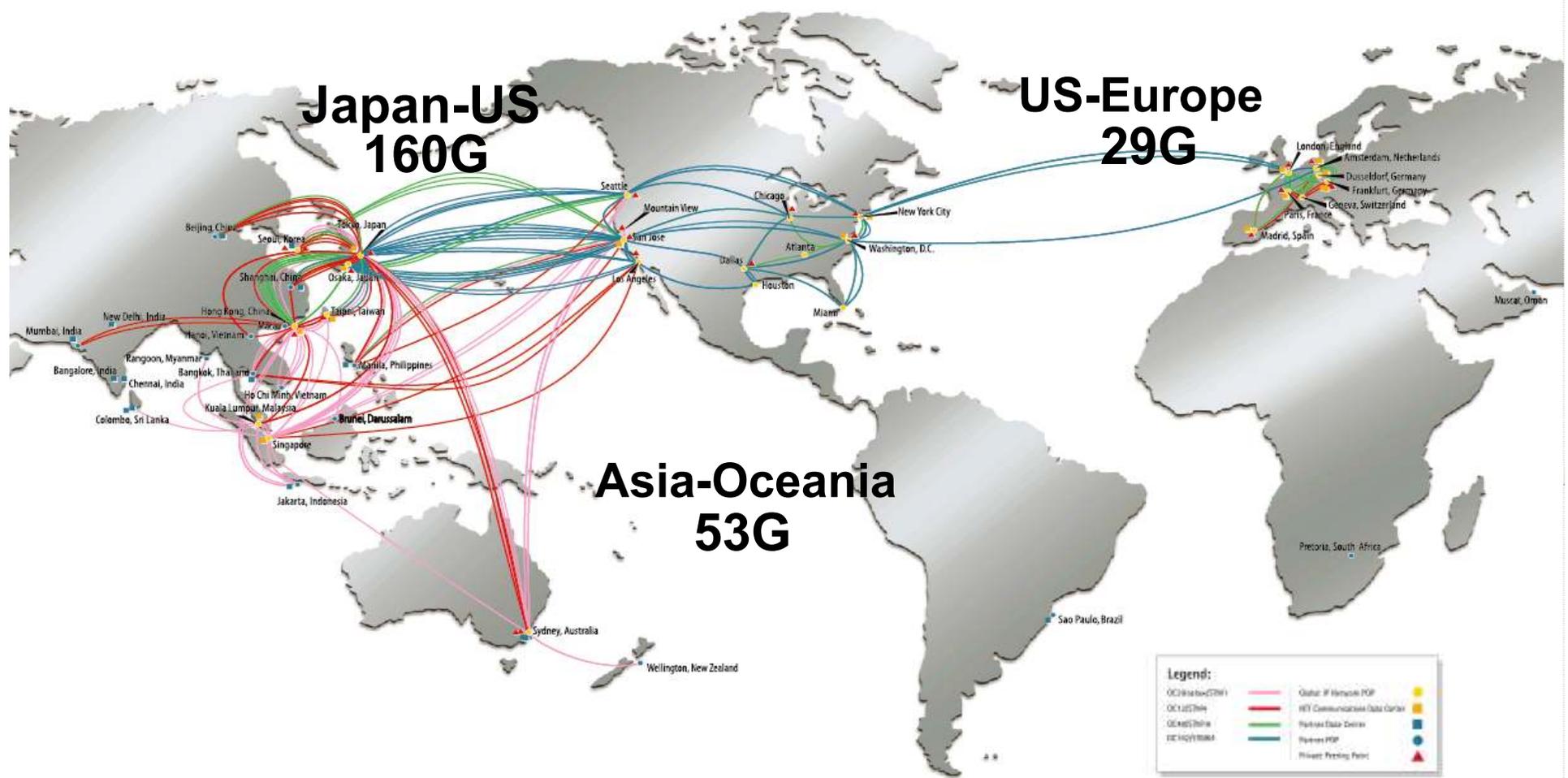
② JPNAP(東京Ⅰ)とJPNAP東京Ⅱの両方で接続の場合



※2008年1月よりサービス開始(試行)

Global IP Network Overview

- Highest quality Global Tier 1 IP Backbone
- Fully redundant network backed by industry leading SLA's
- Global IPv6/IPv4 dual stack network



(as of October 2007)

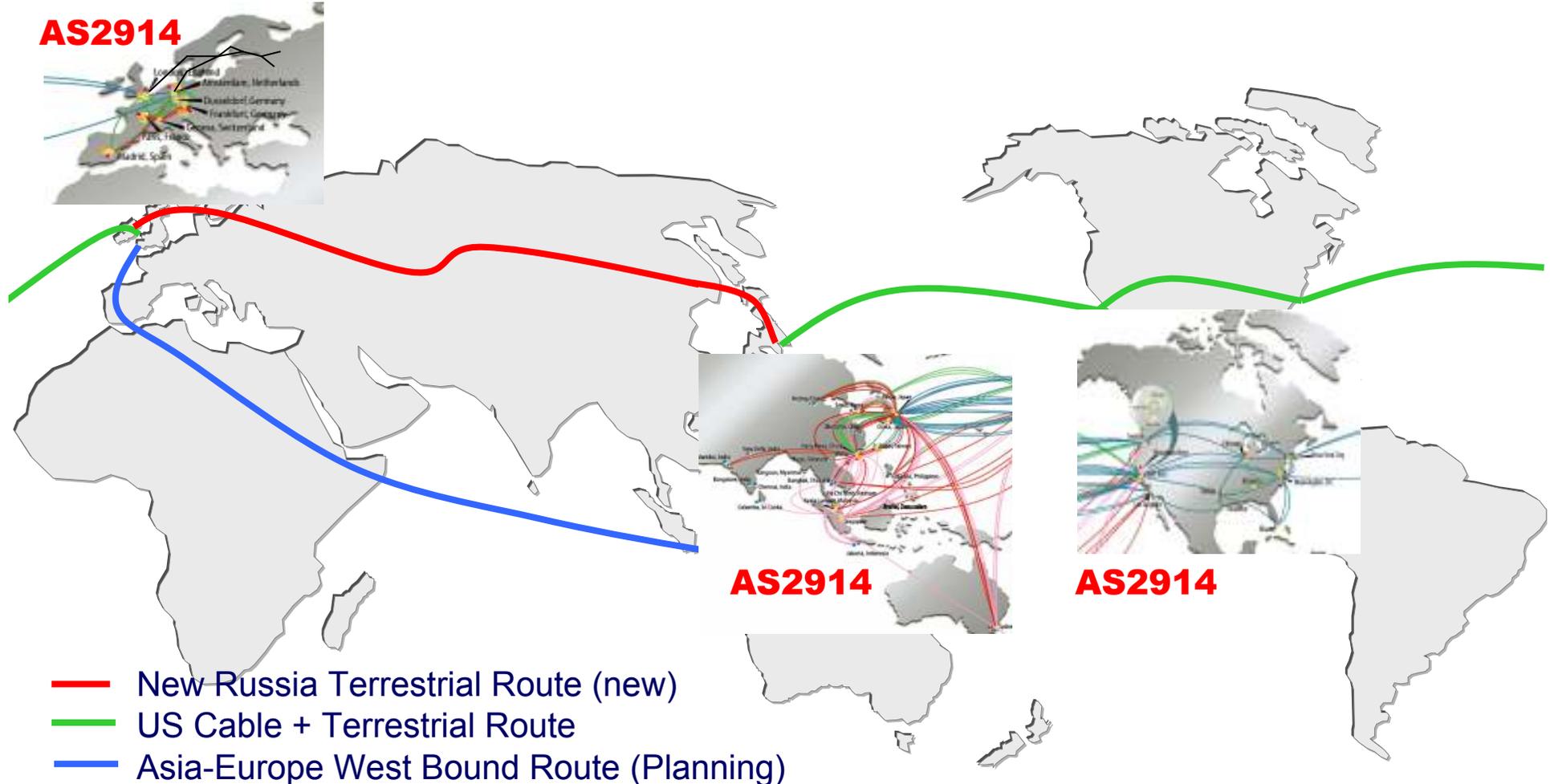
Additional Route between Europe and Asia (ERA Cable)

In addition to the extended coverage in Russia domestic

Expected RFS
Q1 2008

- Lower latency from Northern Asia region to Europe
- Cable Redundancy between Asia and Europe

AS2914



- New Russia Terrestrial Route (new)
- US Cable + Terrestrial Route
- Asia-Europe West Bound Route (Planning)

