

# SINET3

～ CSI推進プラットフォームが本格運用開始 ～

2007年6月8日

国立情報学研究所

漆谷 重雄

1. SINET3の全体的な特徴
2. ネットワークサービス
3. ネットワークアーキテクチャ
4. ネットワーク技術

# CSIにおけるSINET3の位置付け

## 最先端学術情報基盤 (CSI: Cyber Science Infrastructure)

人材育成及び推進体制の整備  
(推進組織・人材確保等)

バーチャル研究組織／ライブ  
コラボレーションの育成・支援

学術コンテンツの確保・発信システム

連携ソフトウェアとしての研究グリッドの実用展開

大学・研究機関としての認証システムの開発と実用化

**SINET3** 次世代学術情報ネットワークの構築・運用

【NIIと大学の情報基盤センターや図書館等連携による

次世代学術情報ネットワークの構築・運用と学術コンテンツ整備・発信】

- ・学術情報ネットワーク運営・連携本部 (H17.2設置)
- ・学術コンテンツ運営・連携本部 (H17.10設置)



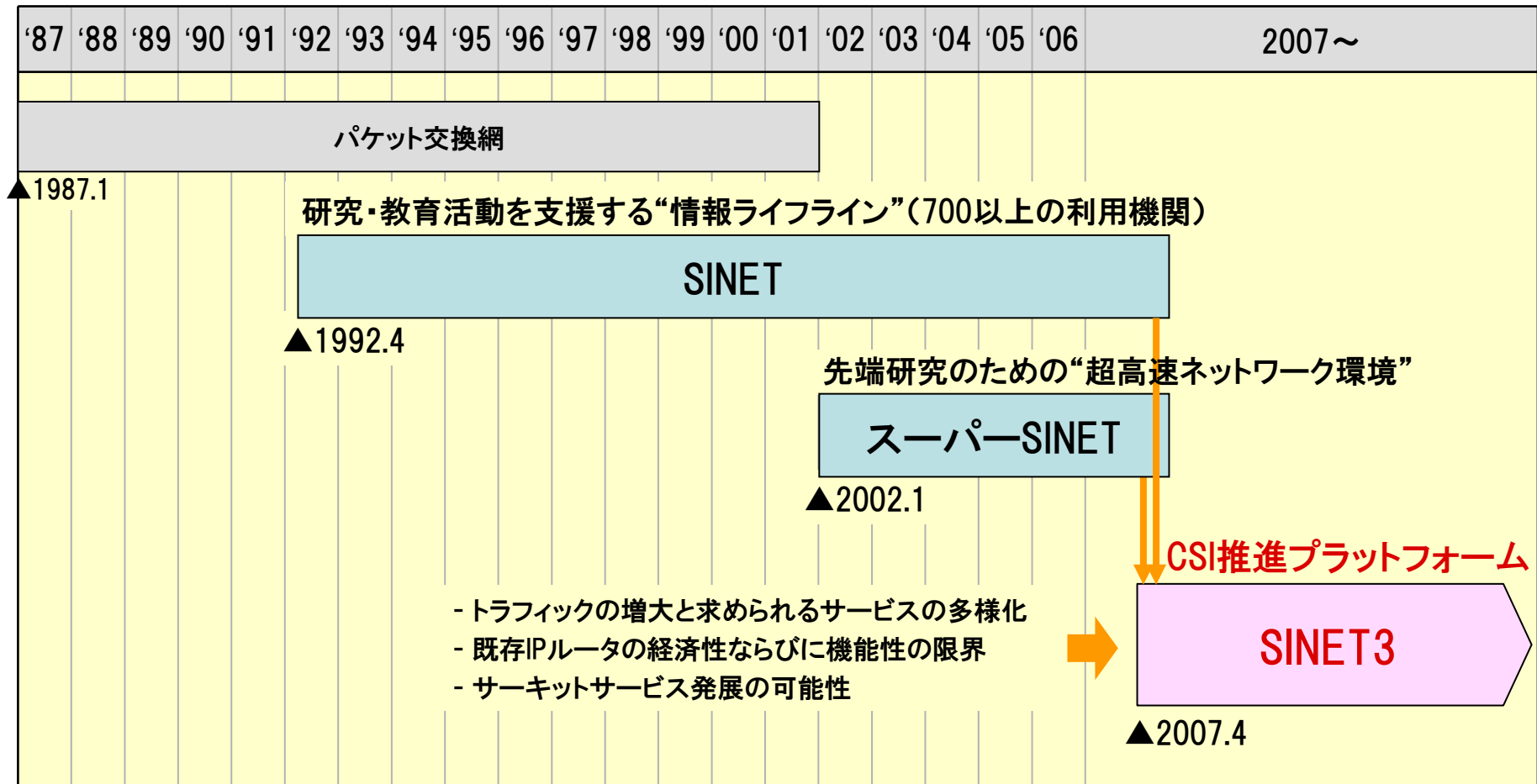
大学・研究機関の研究リソース整備・研究成果等の発信

産業・社会貢献

国際貢献・連携

# SINET・スーパーSINETからSINET3へ

- ◆ SINET3は、SINETおよびスーパーSINETの後継ネットワークです。
- ◆ 2007年4月より移行を開始し、2007年6月より本格運用を開始しました。



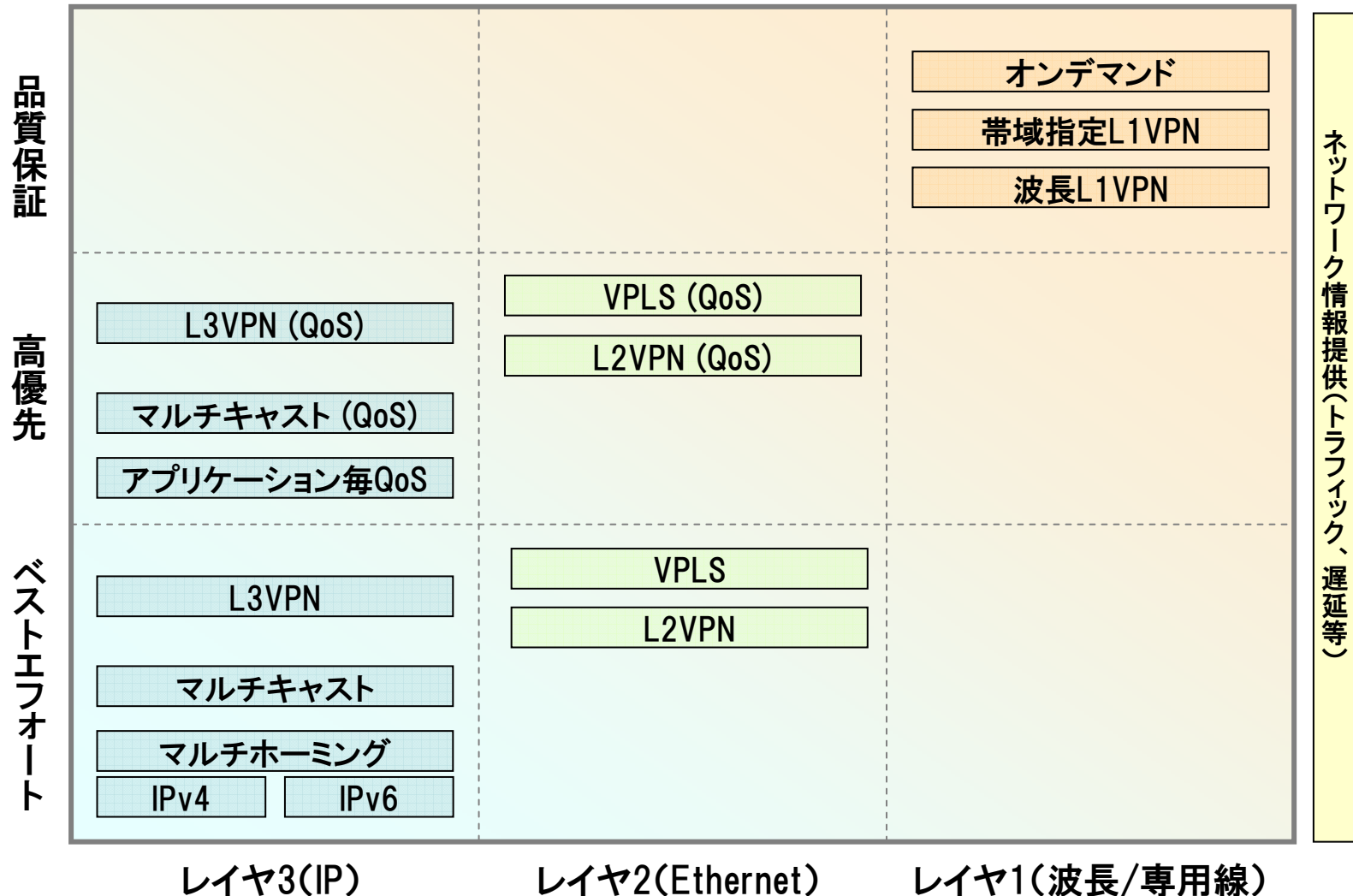
# SINET3で広がるサービス

サービスメニュー			SINET	S-SINET	SINET3	備考
ユーザインタフェース	シリアル	1.5Mbps以下	◎	—	◎	徐々に地域IP網・広域LANで代替
	Ether系	10Mbps(Ethernet)	◎	—	◎	
		100Mbps(FE)	◎	◎	◎	
		1Gbps(GE)	◎	◎	◎	
		10Gbps(10GE)	—	—	◎	当面拠点を限定
	SDH/SONET系	2.4Gbps(STM-16)	—	◎	◎	当面大容量情報転送用に限定
		10Gbps(STM-64)	—	—	△	
ネットワークサービス	レイヤ3サービス	インターネット接続	◎	◎	◎	
		IPv6	◎	—	◎	SINET3はNative IPv6
		マルチホーミング	◎	—	◎	
		フルルート提供	—	—	◎	
		マルチキャスト	—	—	○	
		L3VPN	—	◎	◎	
		アプリケーション毎QoS	—	—	○	
		マルチキャスト (QoS)	—	—	○	
		L3VPN (QoS)	—	—	○	
		レイヤ2サービス	L2VPN	—	—	◎
	VPLS		—	—	○	
	L2VPN (QoS)		—	—	○	
	VPLS (QoS)		—	—	○	
	レイヤ1サービス	波長L1VPN	—	—	◎	対象IF: GE, 2.4G
		帯域指定L1VPN	—	—	○	対象IF: GE, 10GE、帯域粒度:150Mbps
		オンデマンド	—	—	○	
		個別専用線	—	◎	—	波長L1VPNサービスで代替
	情報提供サービス	トラフィック情報	—	—	○	
		遅延情報	—	—	○	
		経路制御情報	—	—	△	
アクセスフィルタ情報		—	—	△		

◎:提供中、○:提供予定、△:検討中

# (参考)SINET3でのサービスのスコープ

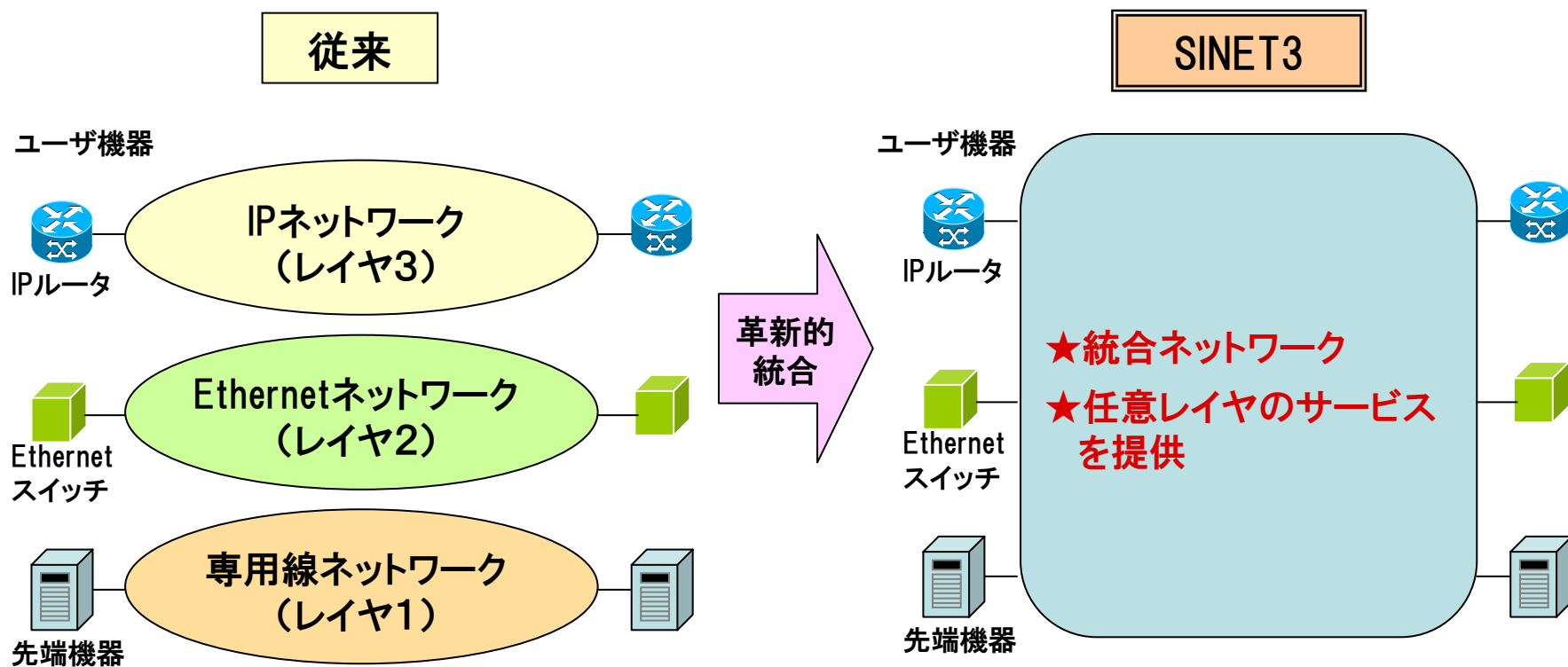
◆ レイヤ、VPN、QoS、情報提供等の観点からサービスの充実を図っていきます。



1. 全体的な特徴
2. ネットワークサービス
3. ネットワークアーキテクチャ
4. ネットワーク技術

# マルチレイヤサービス

- ◆ 複数のレイヤ(IP系、Ethernet系、専用線系)のサービスを、個々のネットワークではなく、統合ネットワーク上で実現します。
- ◆ ユーザは、自分にとって最適なレイヤサービスを選択可能になります。
- ◆ 需要が不透明なサービスを柔軟かつ経済的に提供することが可能になります。

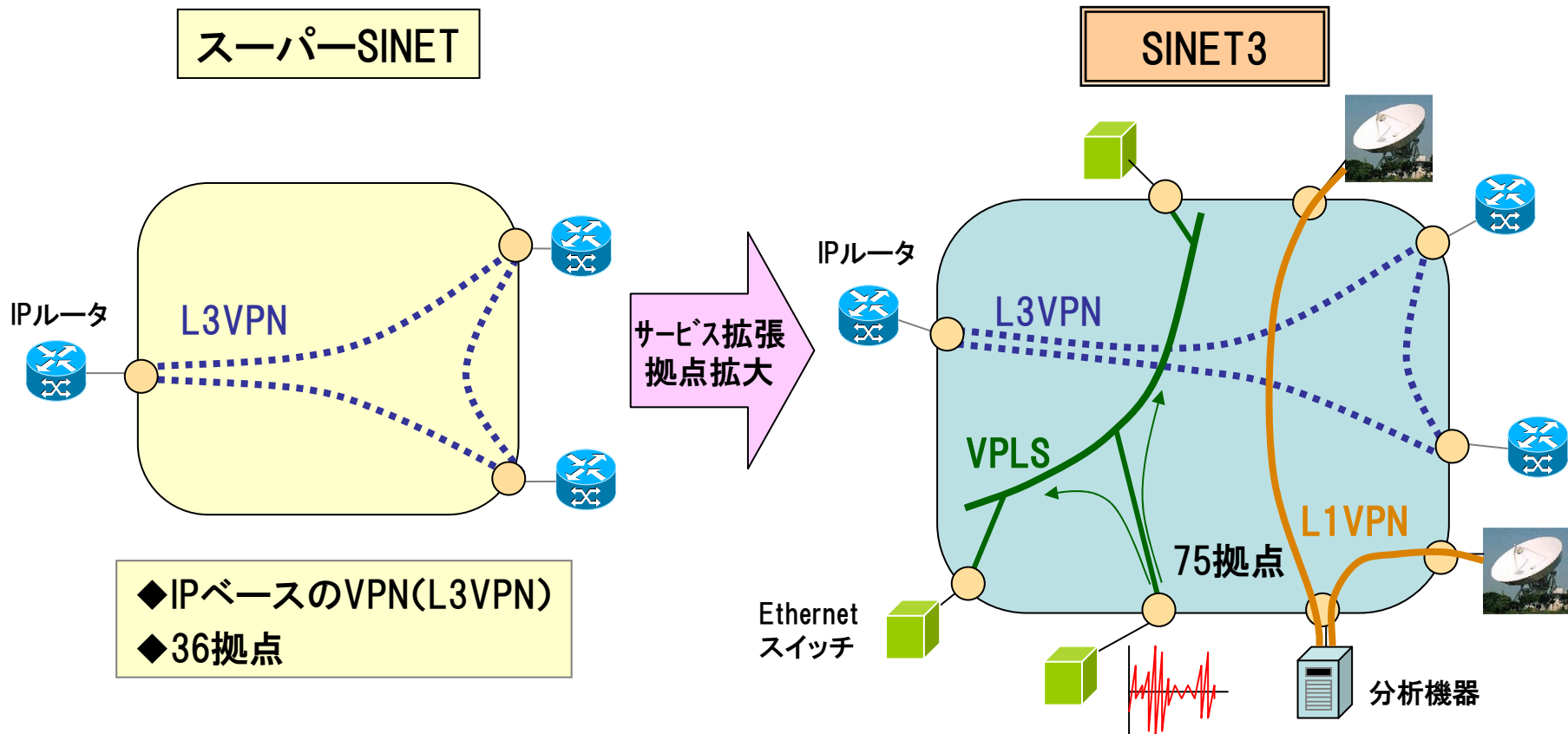




# マルチVPNサービス

- ◆ 複数拠点間に閉じたセキュアな仮想プライベート網(VPN)を多様な形態で提供します。
- ◆ 従来のIPベースのVPNに加え、広域の仮想プライベートLANサービス(VPLS)や、専用線タイプのレイヤ1VPNなどのサービスを展開します。
- ◆ サービス提供拠点数が36から75に増えるため、研究連携を強力に支援します。

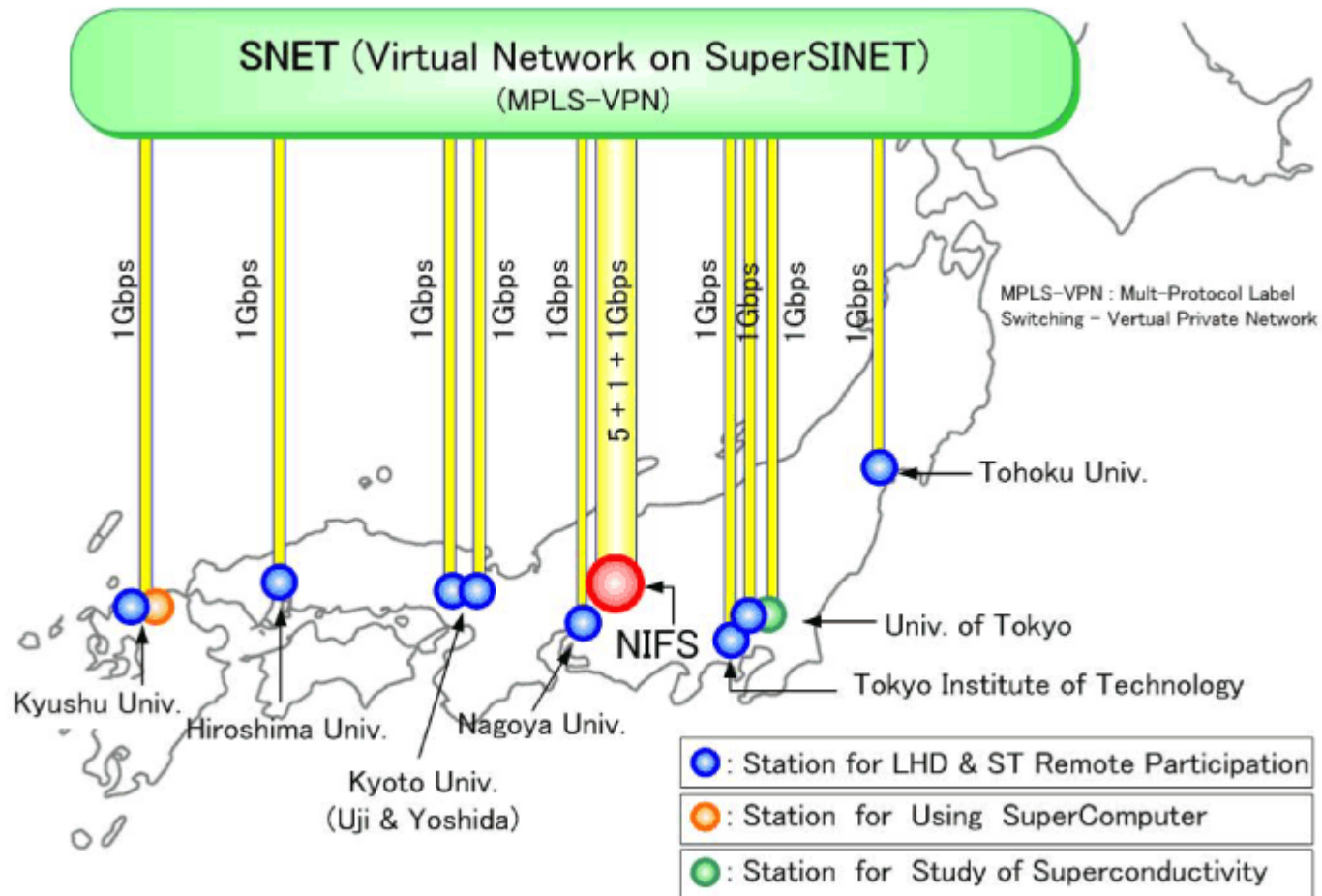
VPN: Virtual Private Network、VPLS: Virtual Private LAN Service



# レイヤ3VPN

◆ スーパーSINETと同様、IPベースのVPN(L3VPN)を提供します。

例:核融合研SNET



(March 2006, K. Tsuda)

# レイヤ2VPN

◆ EthernetベースのVPNとして、Point-to-Point型のVPN(L2VPN)とブロードキャスト型のVPN(VPLS)の両方を提供します。

VPLS: Virtual Private LAN Service

例: グリッドコンピューティング



例: 地震研究



# レイヤ1VPN

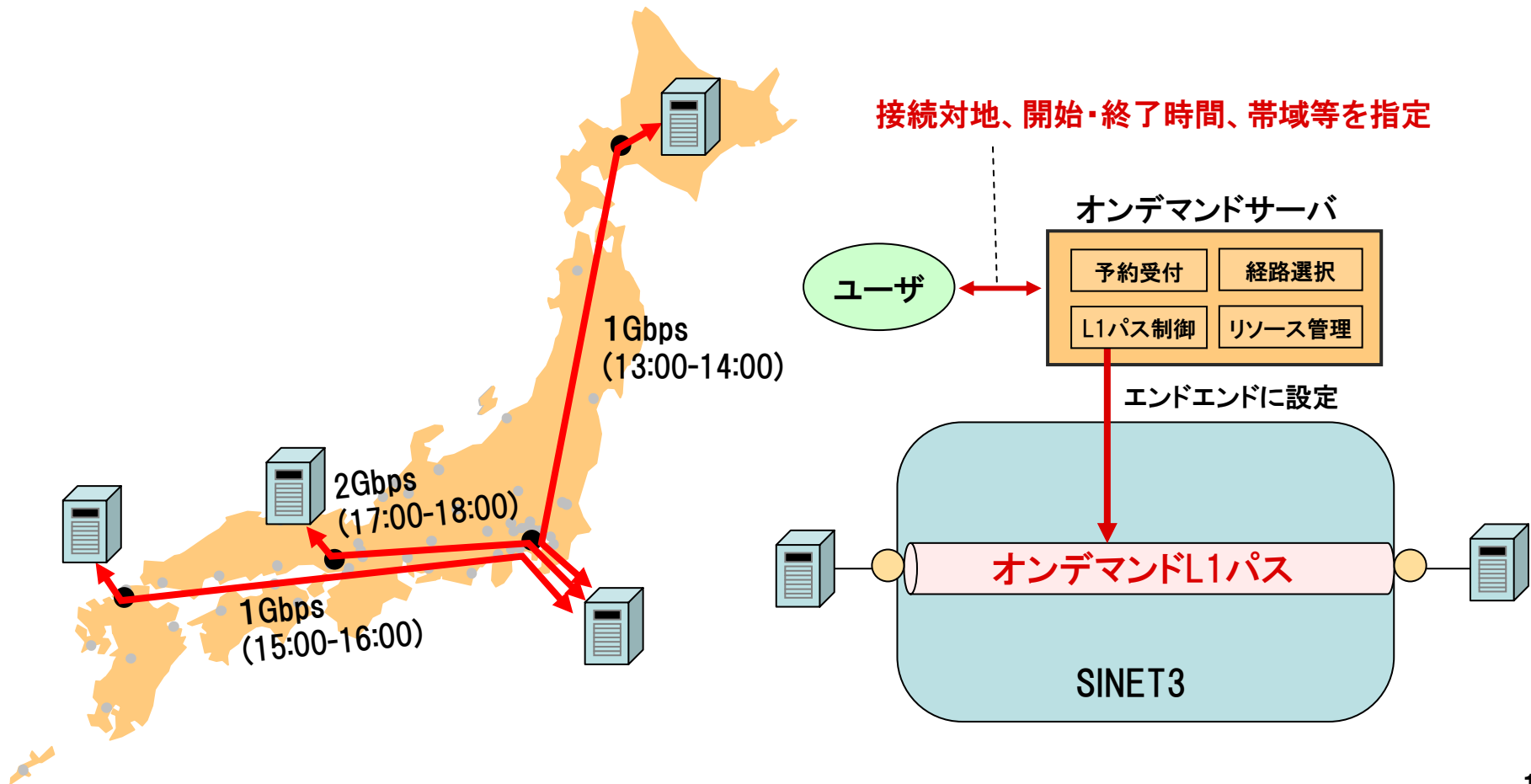
- ◆ レイヤ1でのVPNとして、Point-to-Point型のVPNを提供します。
- ◆ GE/2.4G(SDH)インタフェースで波長接続、GE/10GEインタフェースで帯域指定接続(150Mbps単位)のサービスを提供します。
- ◆ ユーザによるオンデマンド設定機能を合わせて開発しています。

例:天文台eVLBIプロジェクト



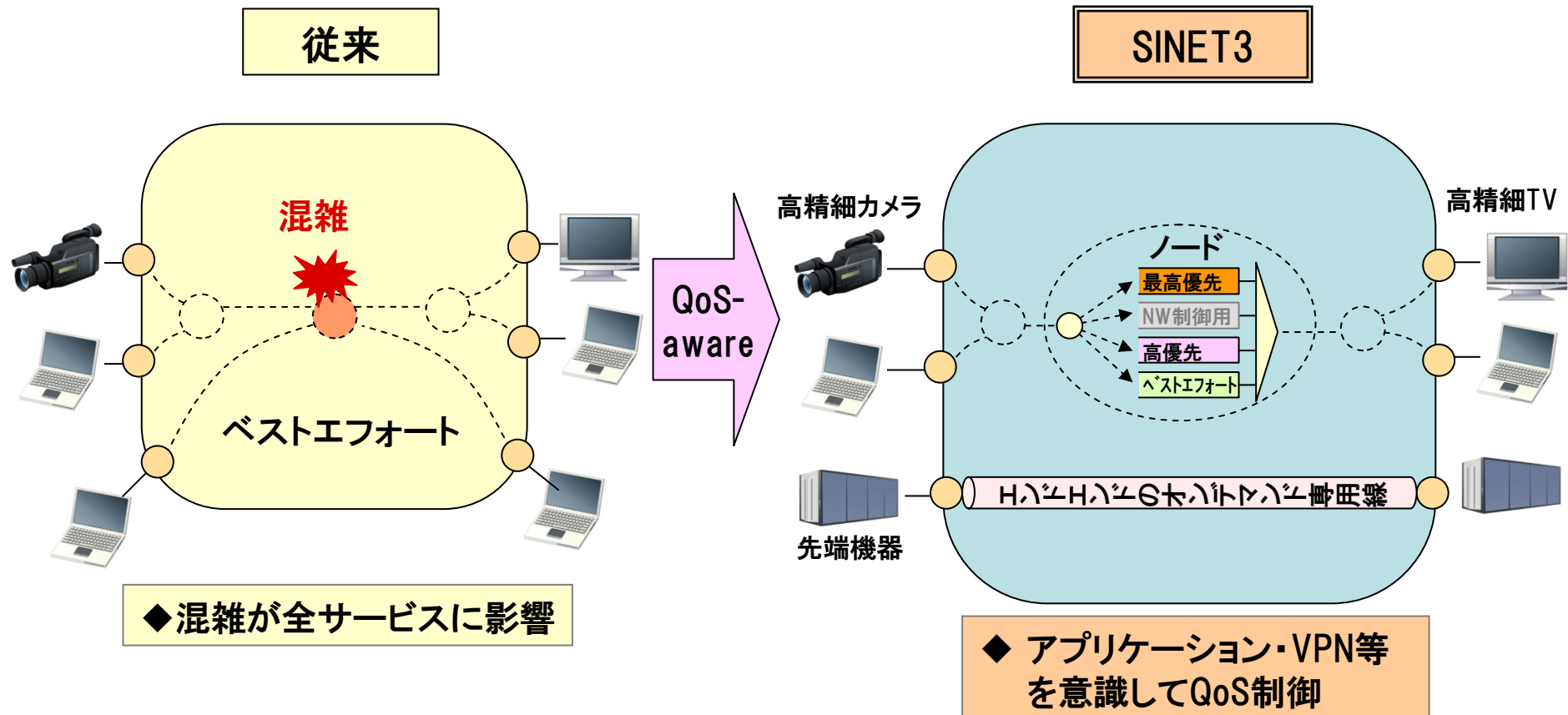
# レイヤ1帯域オンデマンドサービス

- ◆ ユーザ側から直接、接続対地、開始・終了時間、帯域(150Mbps単位)を指定して、オンデマンドレイヤ1パスを設定することが可能になります。
- ◆ エンドエンドの遅延時間が最小となる経路などを選択することも可能です。



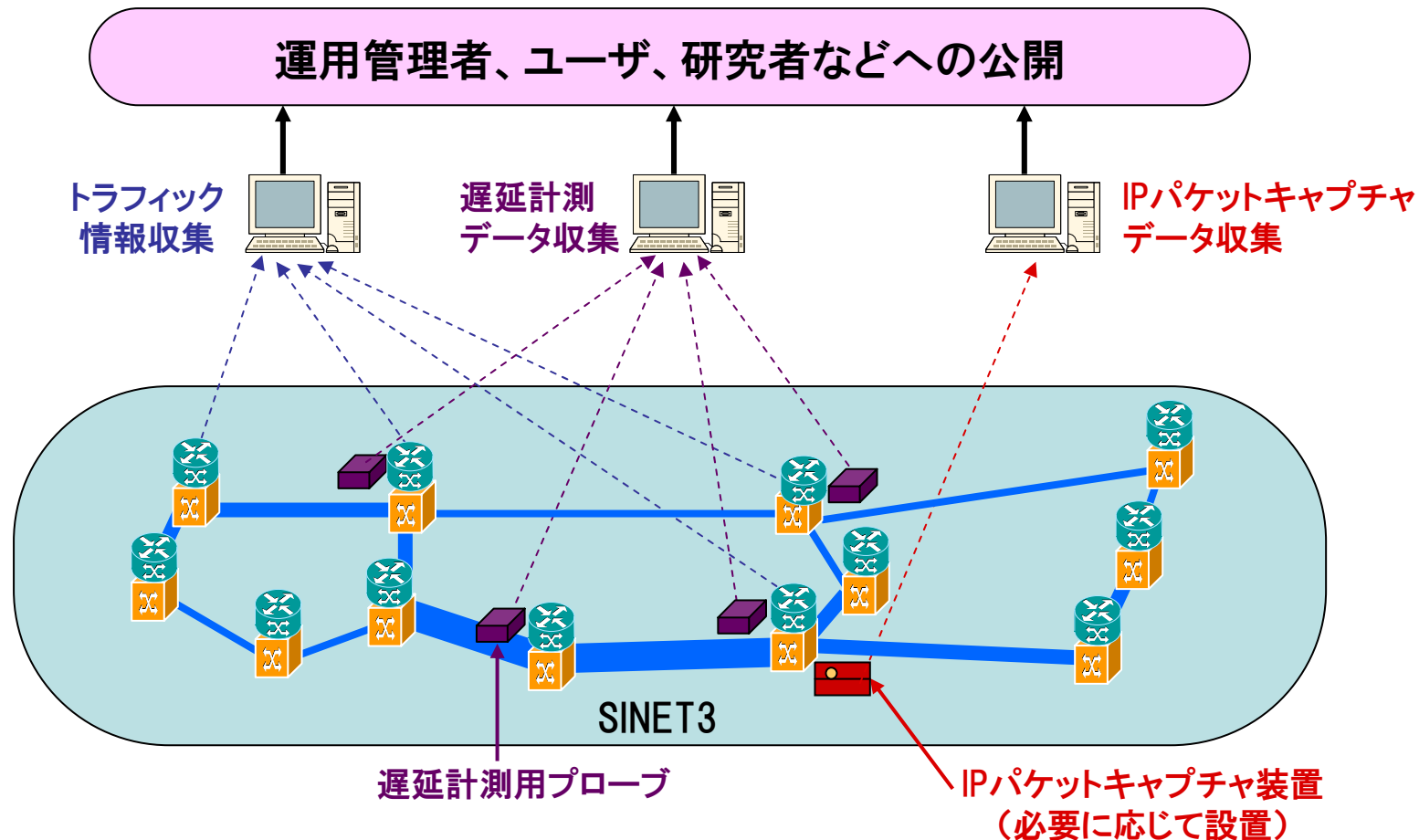
# マルチQoSサービス

- ◆ 遠隔講義等で用いる高精細映像などを安定的に転送するQoSサービスを提供します。
- ◆ アプリケーションおよびVPNを意識したQoSサービスを展開します。
- ◆ また、ネットワーク性能に非常に敏感なアプリケーションを考慮して、超高品質サービス（遅延時間最小、遅延揺らぎなし、パケットロスなし）も提供します。



# トラフィック情報提供サービス

- ◆ トラフィック流量、通信品質等のネットワーク情報を可視化して、利用状況の把握や迅速なトラブルの解明に役立っています。
- ◆ ネットワーク情報の一部は、ユーザや研究者にも公開し、ネットワーク利用の利便性の向上やネットワーク研究の促進に役立てていただく予定です。

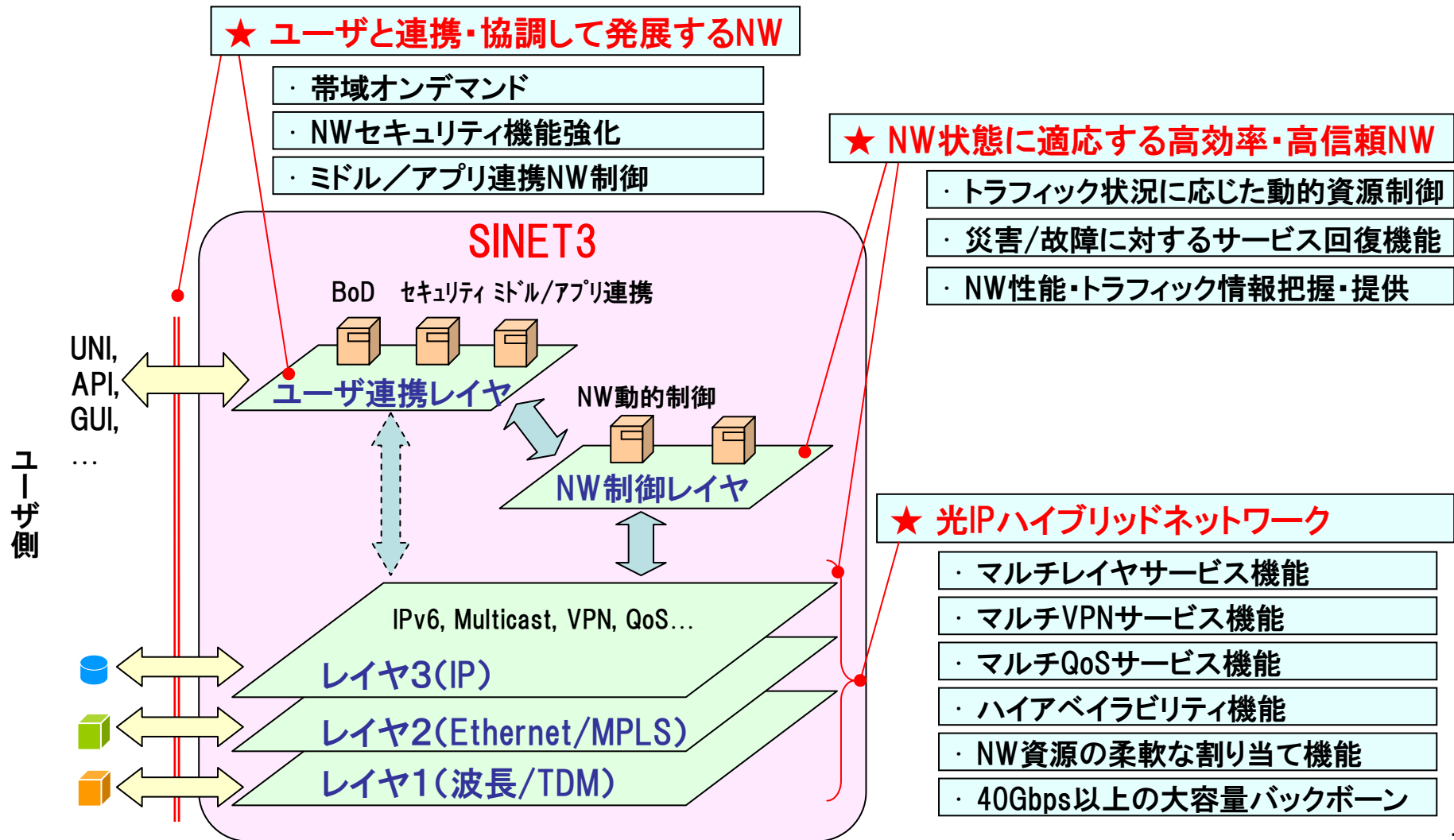


1. 全体的な特徴
2. ネットワークサービス
- 3. ネットワークアーキテクチャ**
4. ネットワーク技術



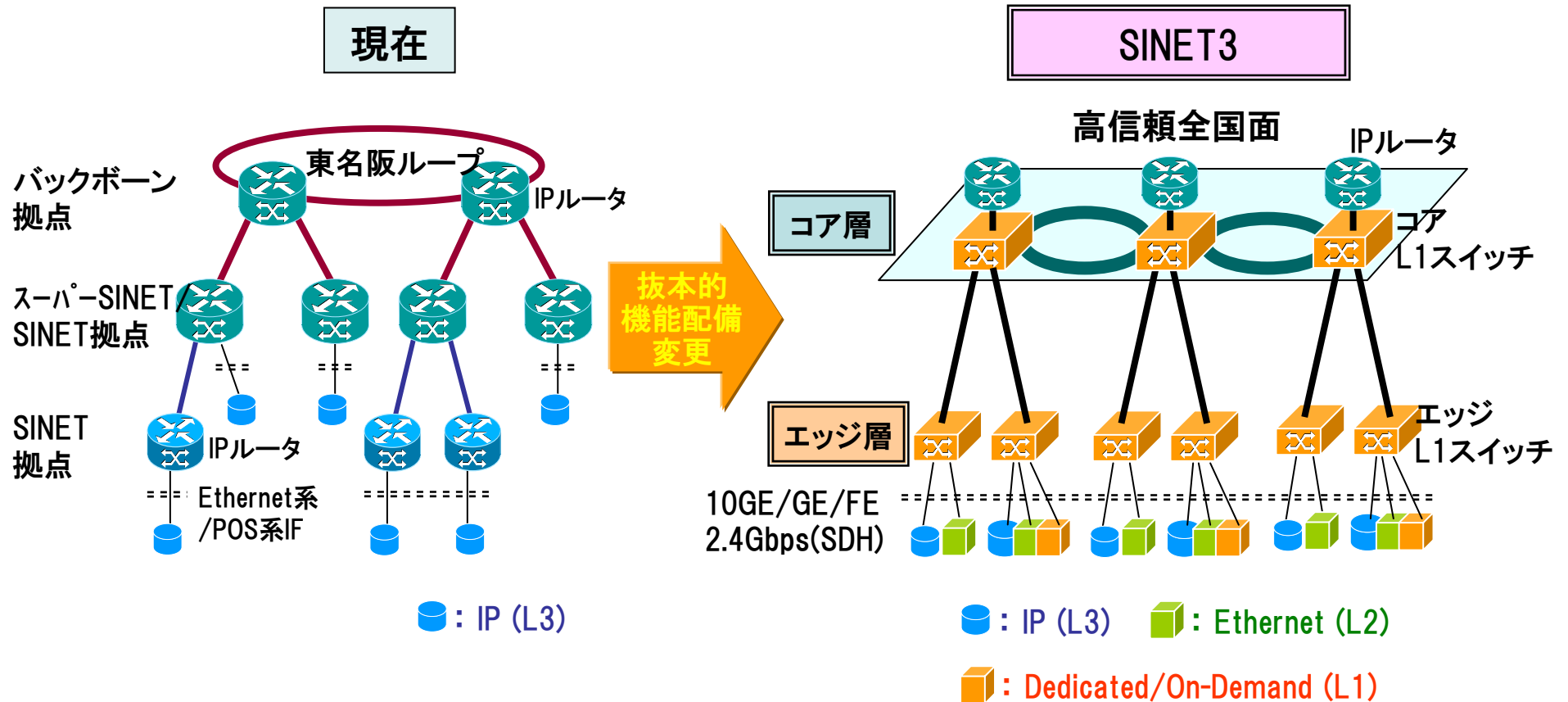
# SINET3のネットワークアーキテクチャ

◆ 基本サービスを提供するレイヤ1～3、それらを効果的に制御するNW制御レイヤ、ユーザとの連携によりNW制御を行うユーザ連携レイヤが協調する、発展的なネットワーク。



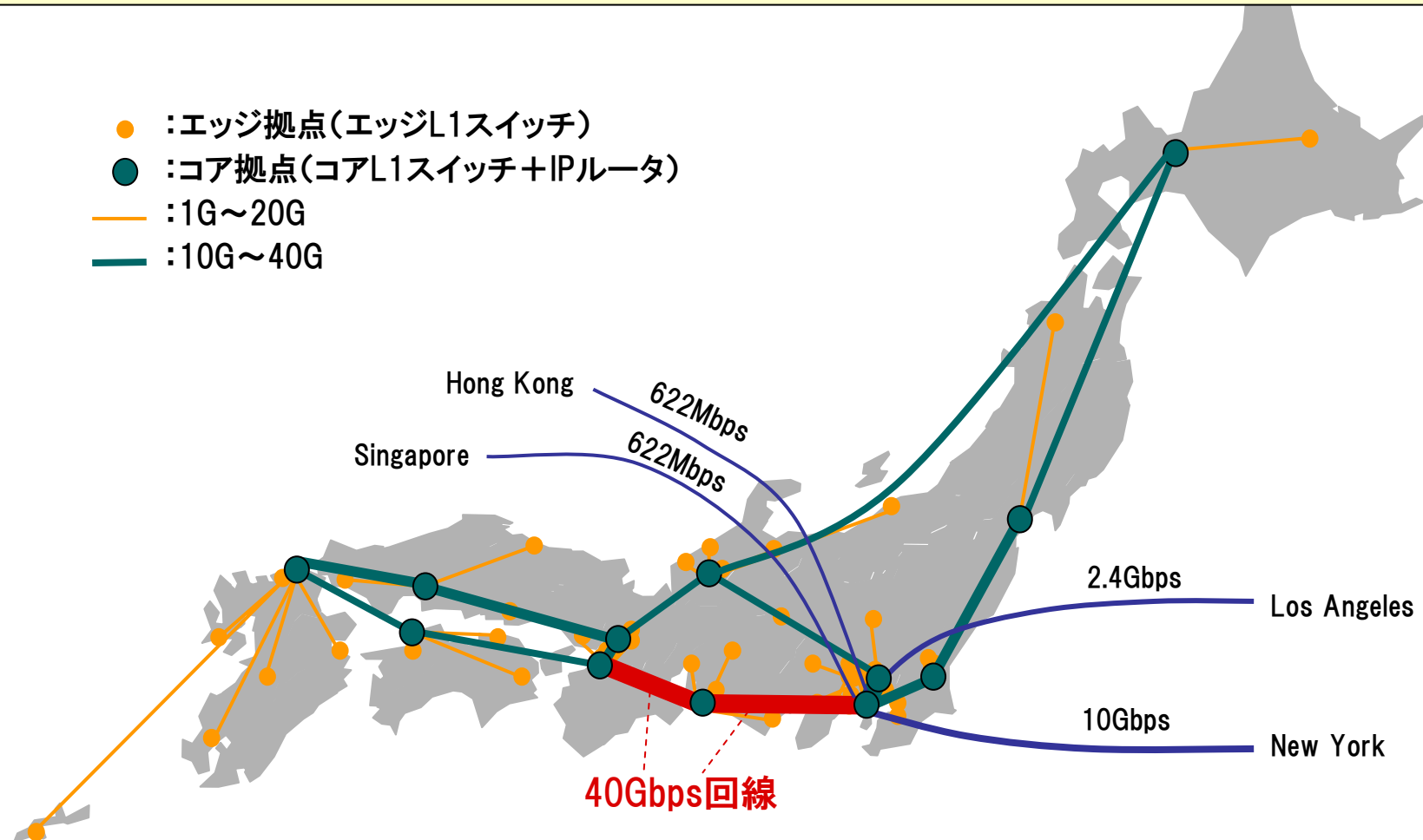
# SINET3のネットワーク階層構成

- ◆階層構成: エッジ層(研究拠点)とコア層(バックボーン)の2階層構成
- ◆エッジ層: エッジL1スイッチ(L2多重機能装備)で構成し、ユーザ装置を收容
- ◆コア層: コアL1スイッチとIPルータで構成し、高信頼全国面を実現



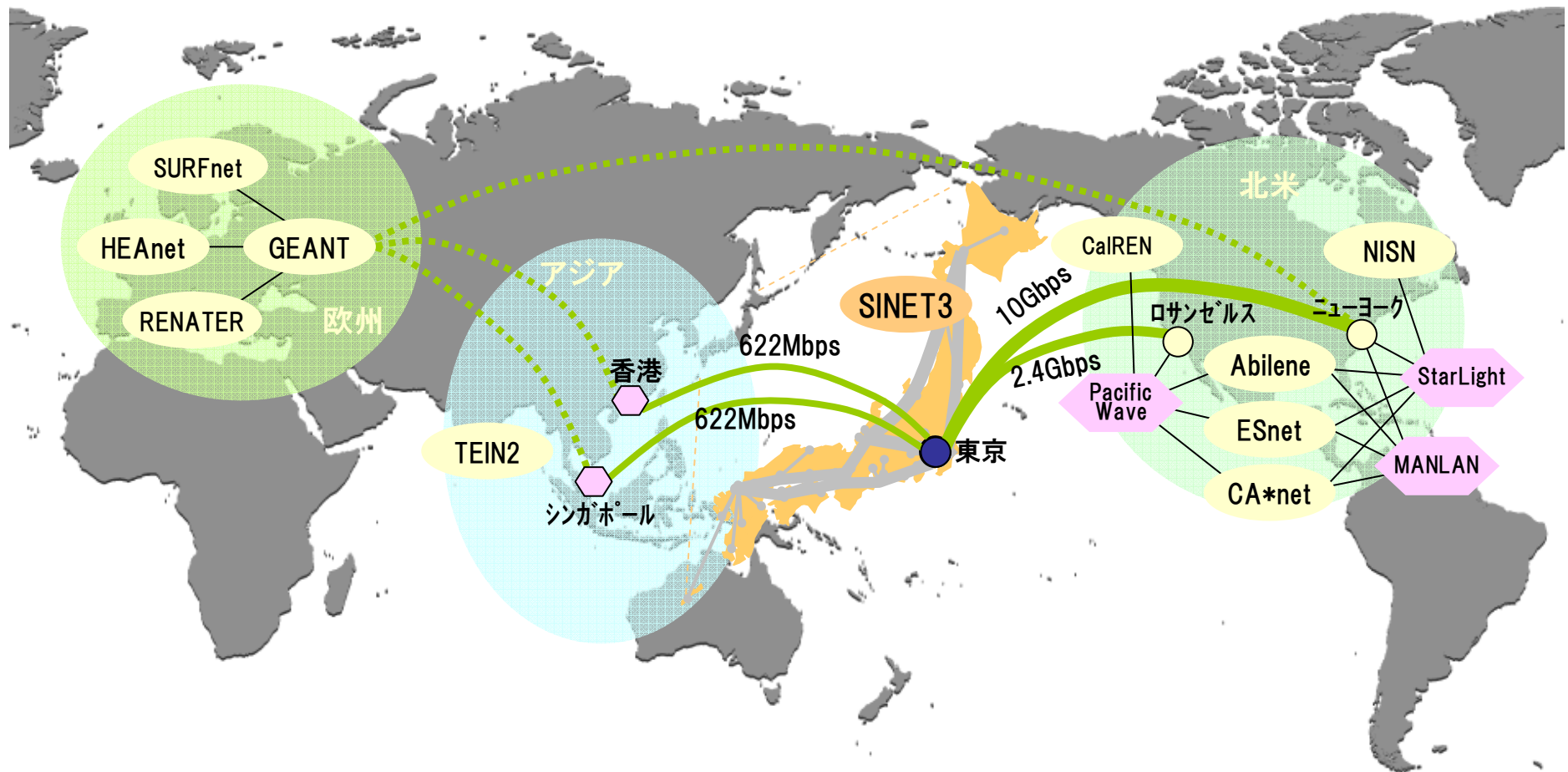
# SINET3の規模とネットワークポロジ

- ◆ エッジ拠点: 63箇所(SINET/スーパーSINETと同一拠点)
- ◆ コア拠点: 12箇所(キャリア系データセンタ、ユーザ直収あり)
- ◆ 回線構成: マルチループ構成(高信頼化、帯域共有率向上)
- ◆ 回線速度: コア間は最大40Gbps (STM256)、エッジーコア間は最大20Gbps

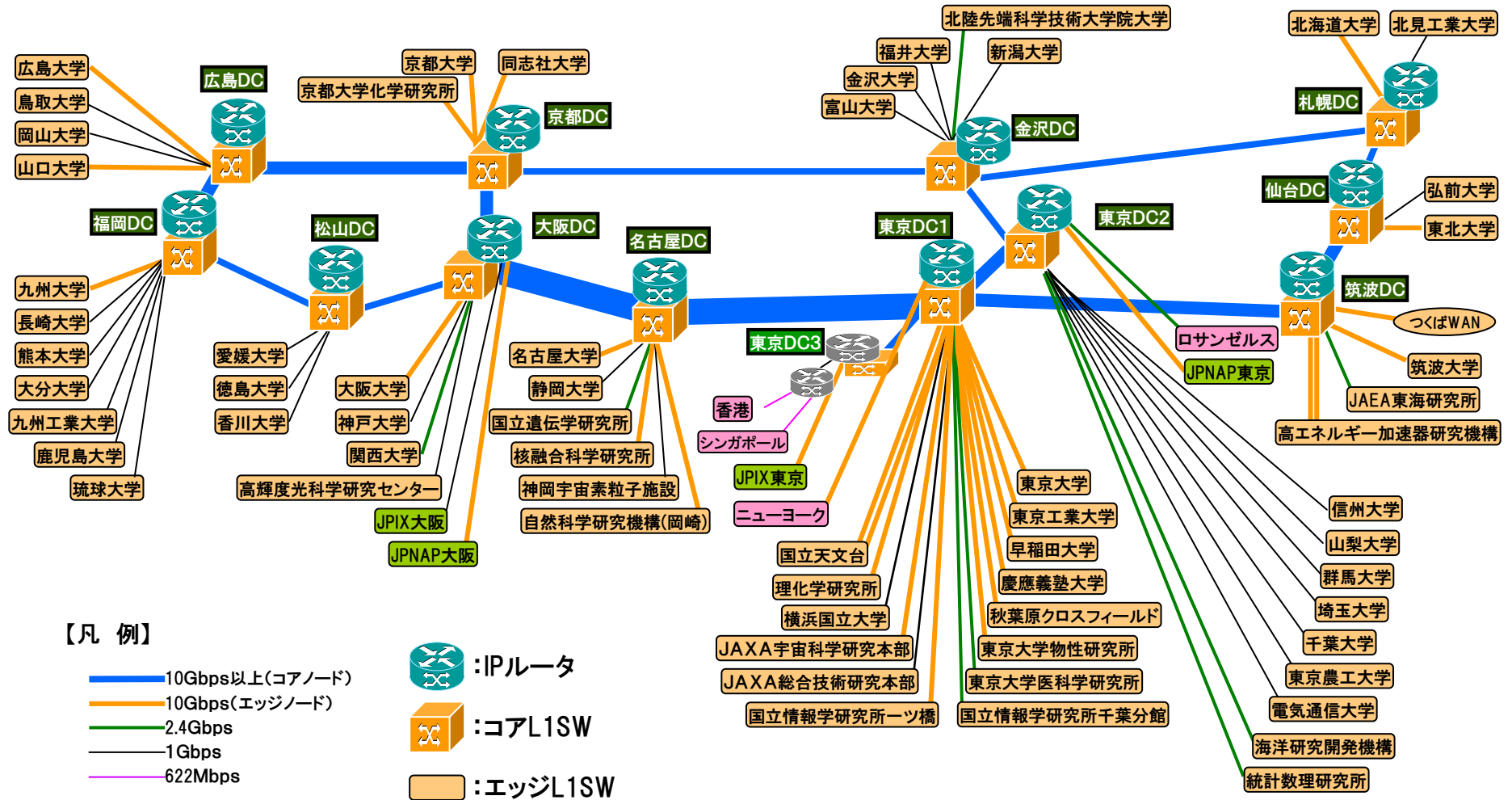


# SINET3の国際接続性

- ◆ 北米回線: 10Gbps(ニューヨーク)+2.4Gbps(ロサンゼルス)
- ◆ アジア回線: 622Mbps(シンガポール)+622Mbps(香港)



# ネットワーク構成詳細

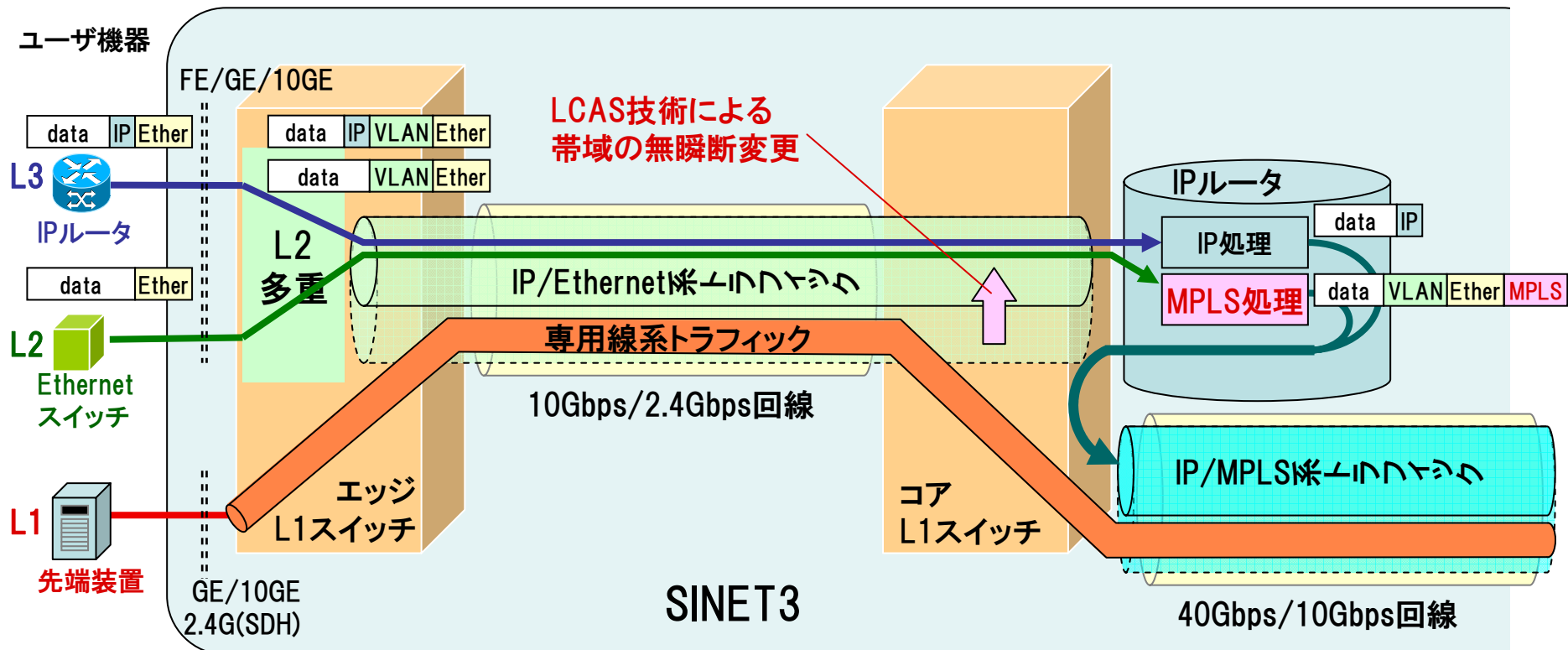


1. 全体的な特徴
2. ネットワークサービス
3. ネットワークアーキテクチャ
4. ネットワーク技術

# マルチレイヤサービス提供方式

- ◆ IP/Ethernet系トラフィックは、エッジL1スイッチでL2多重し、共有の帯域に收容する。IPルータでは、Ethernet系トラフィックをMPLS化する。
- ◆ 専用線系トラフィックは、エッジL1スイッチ間のエンドツーエンドパスに收容する。
- ◆ IP/Ethernet系の帯域は、必要に応じて、LCAS技術によりサービスを中断することなく変更する。

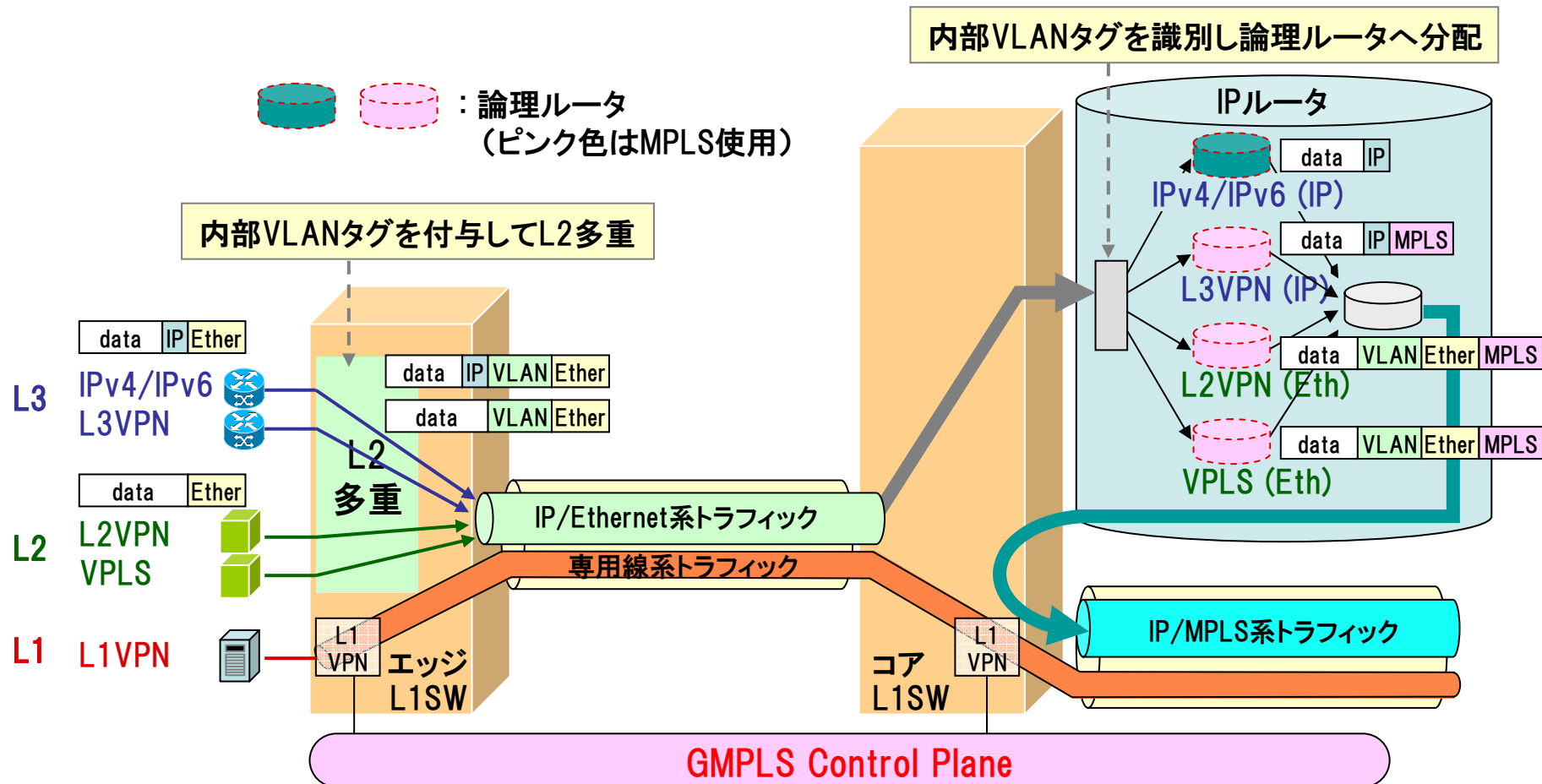
MPLS: Multi-Protocol Label Switching、LCAS: Link Capacity Adjustment Scheme



# マルチVPNサービス提供方式

- ◆ L3VPN、L2VPN、VPLSは、L2多重でのVLANタグおよびIPルータ上の論理ルータにより、論理的に分離する。各論理ルータは、VPNを形成するために異なるプロトコルを話す。
- ◆ L1VPNは、L1パスの設定にGMPLSが必要となるため、独立した制御プレーンを使用する。

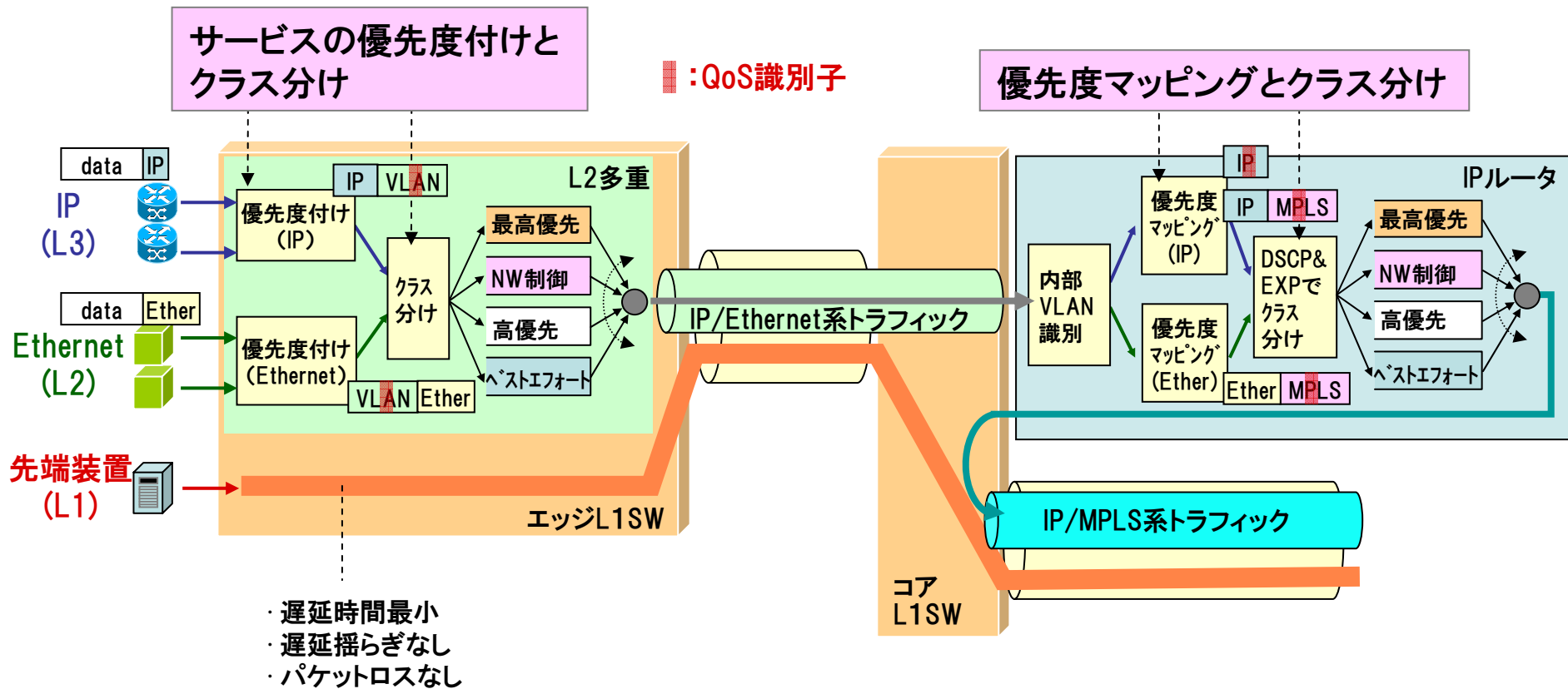
GMPLS: Generalized Multi-Protocol Label Switching





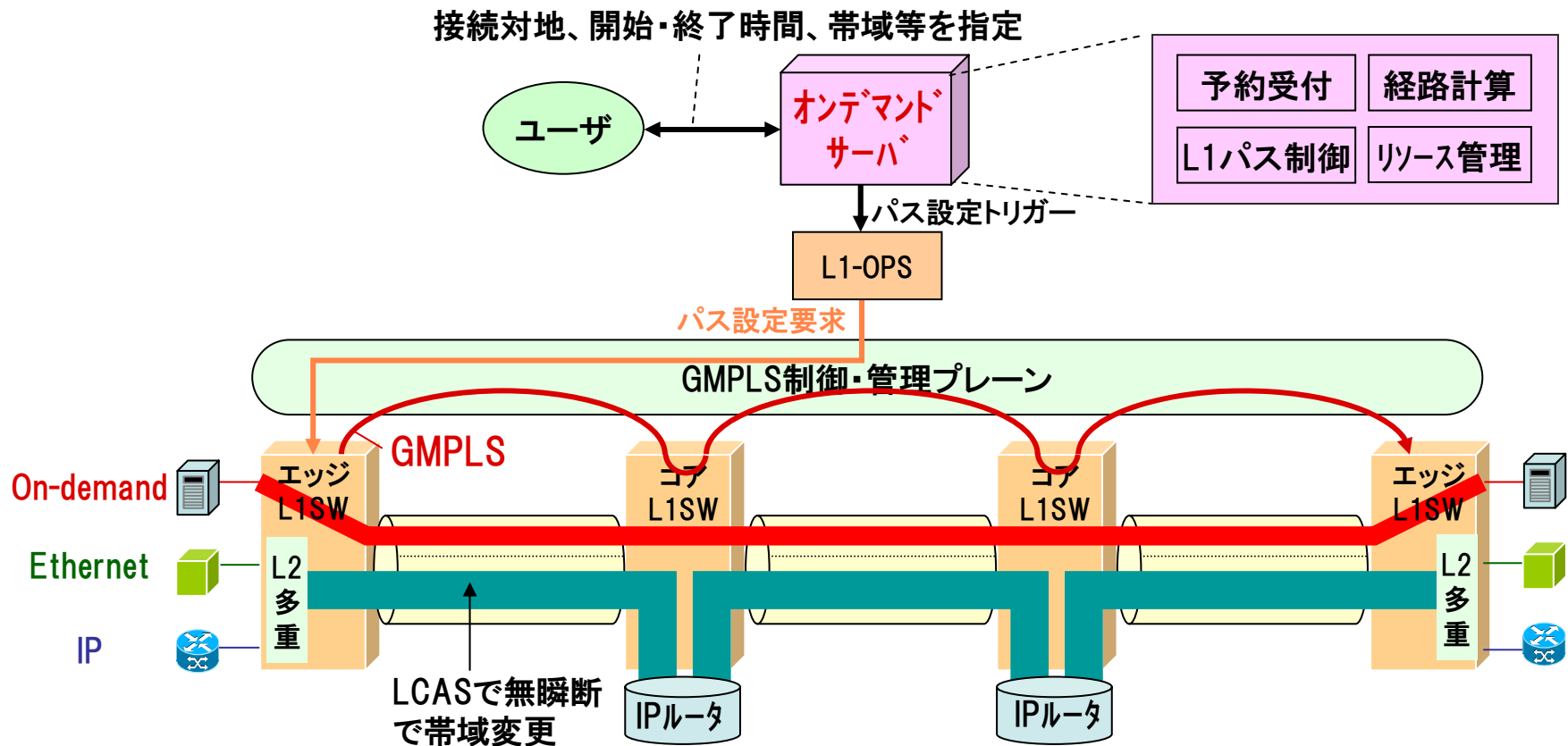
# マルチQoSサービス提供方式

- ◆ IP/Ethernet系のQoSでは、L2多重時にVLANタグの優先度ビットで優先度を付与し、IPルータでIPパケットのDSCP値あるいはMPLSパケットのEXPビットにマッピングする。優先クラスは、最高優先、NW制御、高優先、ベストエフォートの4つである。
- ◆ また、超高品質QoSでは、エンドエンドでオンデマンドレイヤ1パスを設定する。



# オンデマンドサービス提供方式

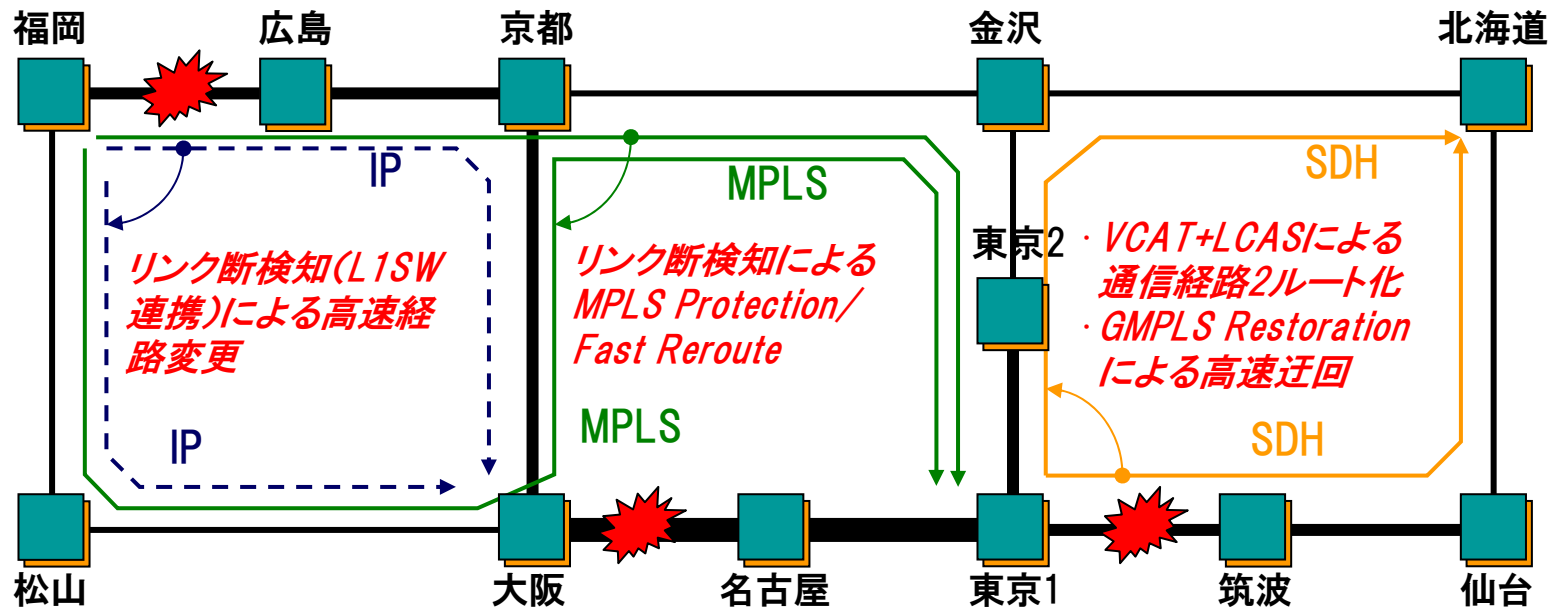
- ◆ オンデマンドサーバは、予約受付、パスの経路計算、スケジューリング等を行い、スケジューリングに応じて、発側のエッジL1スイッチにパス設定トリガーを出す。
- ◆ 発側エッジL1スイッチは、GMPLSプロトコルにより、着側エッジL1スイッチに向けて、パスを設定する。
- ◆ L1パス設定時にL2/L3パスの帯域変更が必要な場合は、LCASにより帯域を変更する。



# 高信頼化のためのネットワーク機能

◆ 各レイヤサービスに対する高信頼化機能は以下の通り。

項目 \ サービス	IPv4/IPv6 dual	L3VPN、L2VPN、VPLS	L1VPN、On-demand
ユーザ数	大	小～中	小
高信頼化機能 (通常)	リンク断検知(L1SW連携)による高速経路変更	リンク断検知(L1SW連携)によるMPLS Protection/ Fast Reroute	なし
高信頼化機能 (オプション)	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>VCAT+LCAS (static)</li> <li>GMPLS Restoration (dynamic)</li> </ul>



# SINET3の特徴(まとめ)

項目	特徴	内容
サービス	マルチレイヤサービス	・レイヤ3 (IP), レイヤ2 (Ethernet), レイヤ1 (波長/専用線)
	マルチVPNサービス	・研究拠点間の仮想プライベート網: レイヤ1~3VPN
	マルチQoSサービス	・実時間系アプリケーションの安定的サポート
	帯域オンデマンドサービス	・超大容量データ転送、超高品質データ転送等をサポート
	付加価値サービス	・ネットワーク情報(トラフィック、遅延等)提供
ネットワーク	ハイブリッドアーキテクチャ	・レイヤ1スイッチとIP/MPLSルータの連携アーキテクチャ ・レイヤ1スイッチを全国75拠点に導入 ・高性能IP/MPLSルータをバックボーン12拠点に配備
	リソース柔軟割り当て	・マルチサービスへの柔軟なリソース割り当て
	高信頼化	・マルチループ化による高信頼化
	大容量化	・国内発の40Gbps技術を導入
適用技術	次世代SDH技術	・GFP、VCAT、LCAS
	GMPLS技術	・RSVP-TE、OSPF-TE、GMPLS-UNI、GMPLS Restoration
	論理ルータ技術	・IPv4/IPv6、L3VPN、L2VPN、VPLS毎の論理ルータ
	高度MPLS技術	・BGP/MPLS-VPN、EoMPLS、VPLS、MPLS protection/FRR
	リンク断検知・転送技術	・リンク断検知・転送機能による高速IP経路・MPLSパス切替え

# SINET3全体スケジュール

- ◆ 基本計画発表から約15ヶ月の期間を経て、ついに本格運用を開始しました。
- ◆ 今後も皆様のご要望に基づき、本格的なサービス展開や機能拡張を進めていきます。

年度	2005	2006		2007	
		前期	後期	前期	後期
SINET3全体 スケジュール	▲ 基本計画	→ 機器・回線調達	→ NW設計・検証 → 構築	▲ 運用開始 → 移行	▲ 移行完了(本格運用開始)
SINET3 提供サービス			▲ IPv4/IPv6 dual L3VPN ▲ L2VPN ▲ L1スタティック	▲(予定) VPLS	▲(予定) L1オンデマンド (GMPLS対応)

現在(6/8)

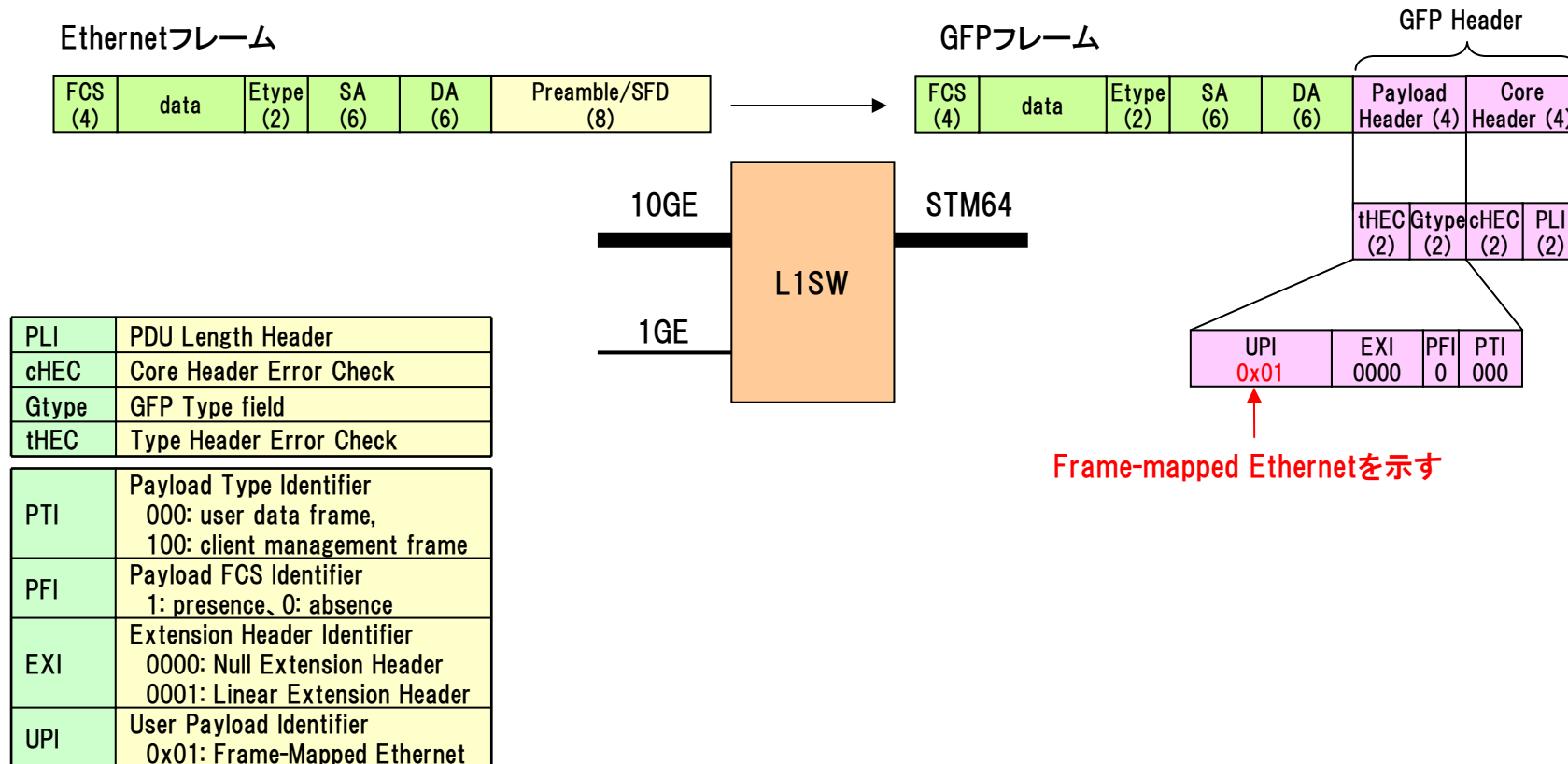
**ご清聴ありがとうございました！**

(SINET3に関するご要望・ご質問等はsupport@sinet.ad.jpまで)

# 参考資料

# (参考)GFP機能

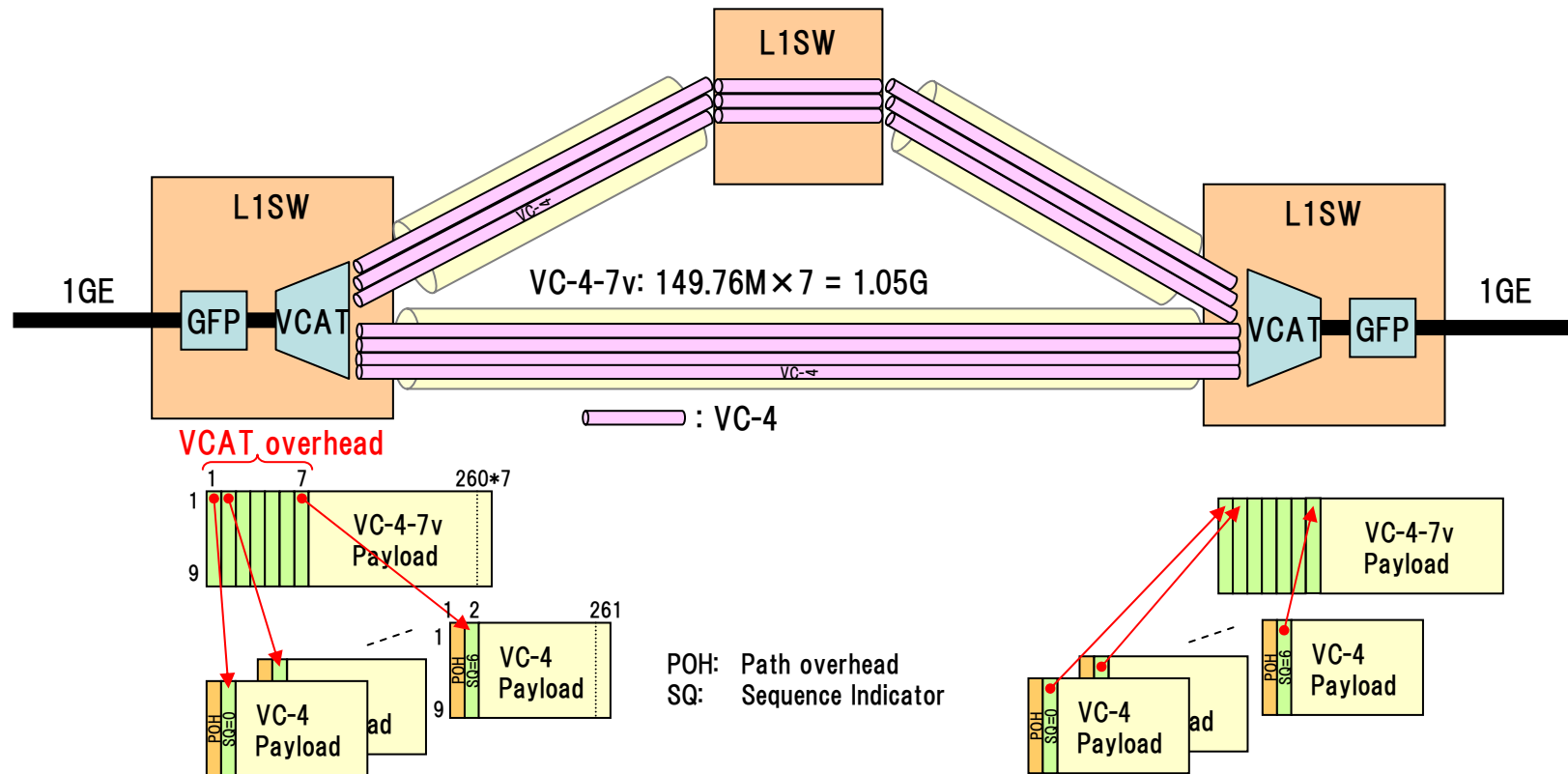
- ◆ GFP (Generic Framing Procedure) は、SDH/SONETフレームにEthernet等のデータ系のフレームをマッピングする技術である。
- ◆ Ethernetフレームに対しては、Preamble/SFDヘッダを除去して、GFP Core HeaderとGFP Payload Header、必要に応じてGFP Extension Headerを付与してGFPフレームを構成する。





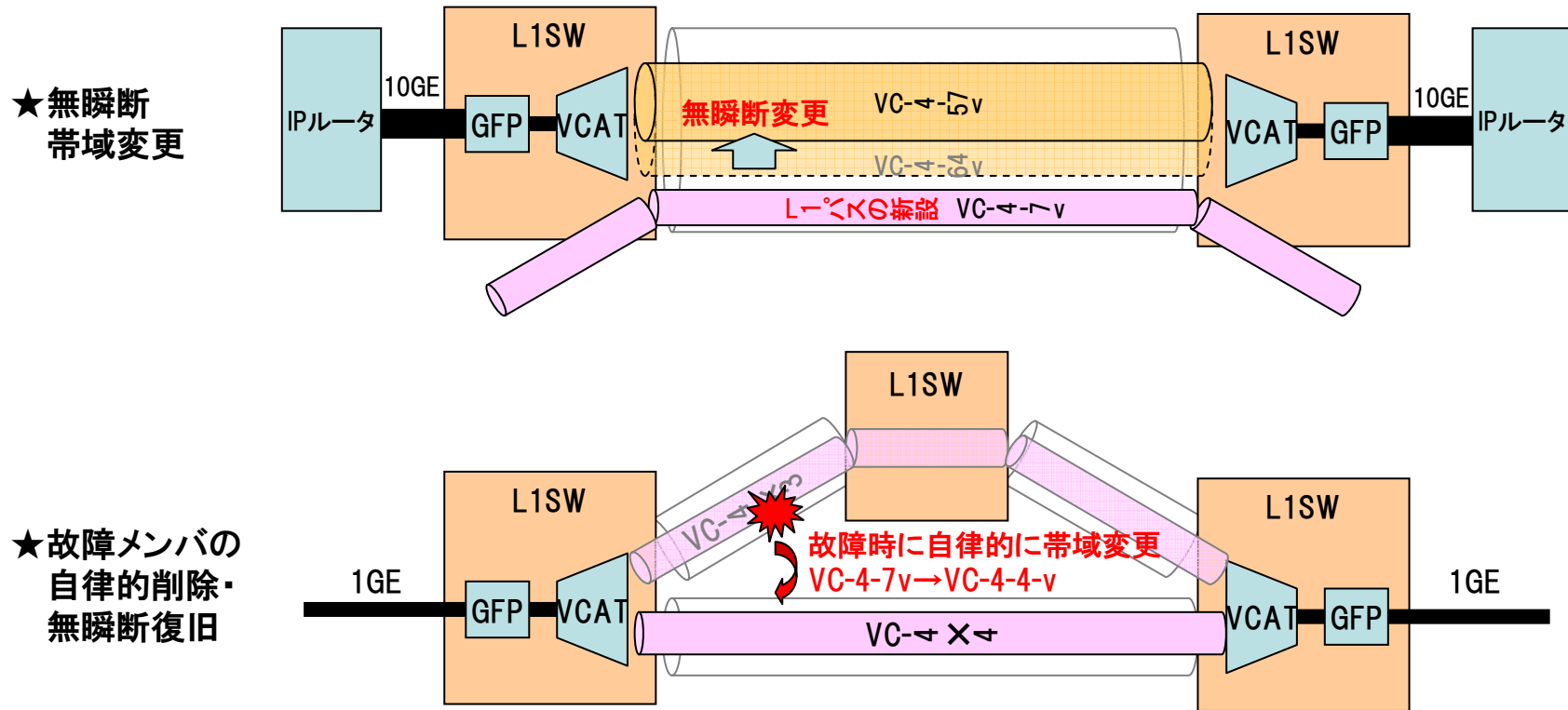
# (参考)VCAT機能

- ◆ VCAT (Virtual Concatenation)は、VC-3(48.384Mbps)、VC-4(149.76Mbps)といったVirtual Containerを任意の数だけ束ねて従来のSDHのハイアラキーに依存しない帯域を提供する技術である。
- ◆ 対地間で複数の経路が存在する場合に、複数経路のVCを束ねて帯域を提供することが可能である。
- ◆ X個束ねられたVCをVC-4-Xvと表す。例えば、1GE回線は、GFPを用いてVC-4-7v (1.05Gbps)のパスに收容する。
- ◆ SINET3では、VC-4を単位として帯域を提供する。



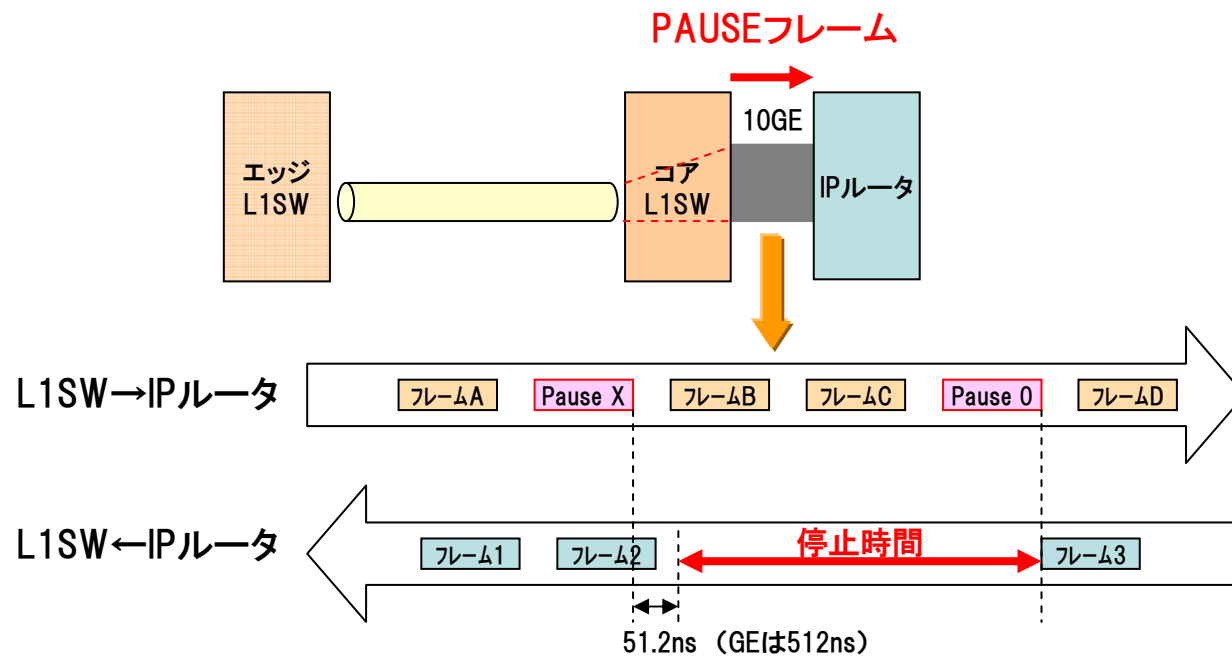
# (参考)LCAS機能

- ◆ LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme)は、GFP/VCATにより構成されたL1パスの帯域を無瞬断で増加・減少させる技術である。具体的には、下図のように新規にL1パスを設定する場合に、IPルータ間のパスの帯域をパケットロス無く変更することができる。
- ◆ また、故障したリンクのVC-4群を自律的に削除し、削減した帯域で通信を復旧させたり、故障したリンクが回復すると、自律的に無瞬断で復旧させることができる。



# (参考)IEEE803.xのフロー制御機能

- ◆ L1SW側は受信バッファがオーバーフローする前に、PAUSEフレーム(ポーズ時間=X)をIPルータに対して送出する。IPルータはこのPAUSEフレームを受信すると、データの送信を停止する。
- ◆ その後L1SWのバッファ状態が定常状態に戻ると、L1SWはPAUSEフレーム(ポーズ時間=0)をIPルータに対して送信する。IPルータはこのPAUSEフレームを受信すると、データの送信を再開する。



# (参考)IPルーターのVPN技術と論理ルーター技術

## ◆高度MPLS技術

### ・VPN機能:

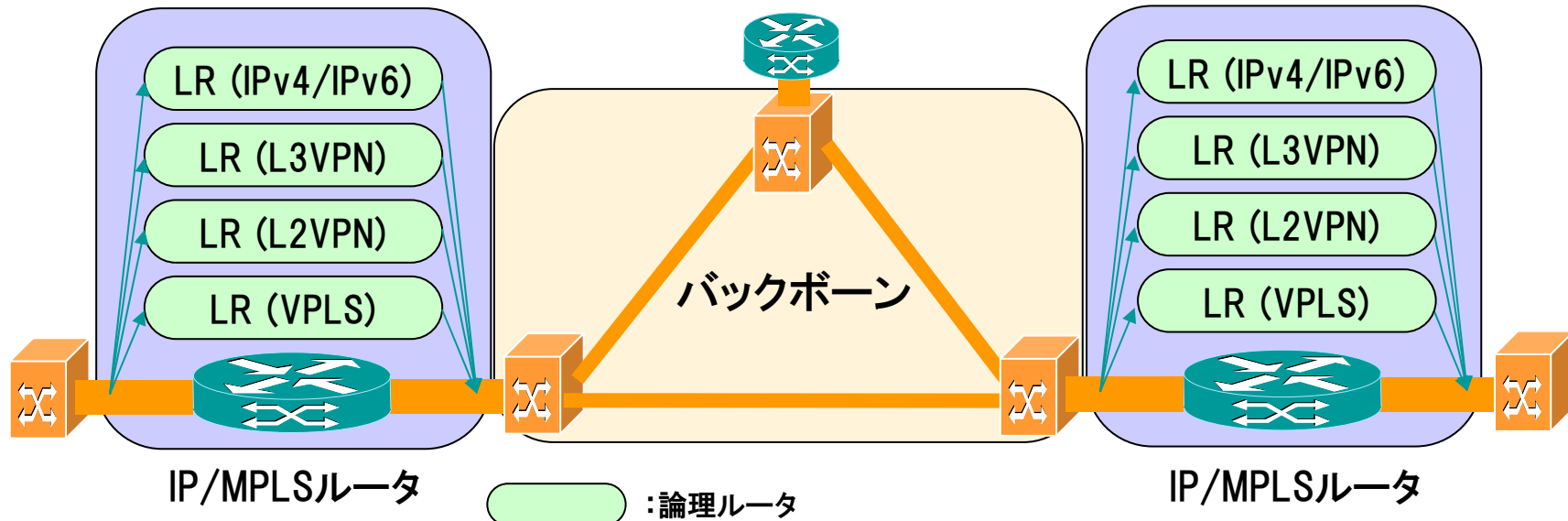
- ・ L2VPN: L2VPN(point-to-point)、VPLS(ブロードキャストも可能)
- ・ L3VPN: BGP/MPLS-VPN

### ・高信頼化機能:

- ・ 高速迂回機能(Protection/Fast Reroute)

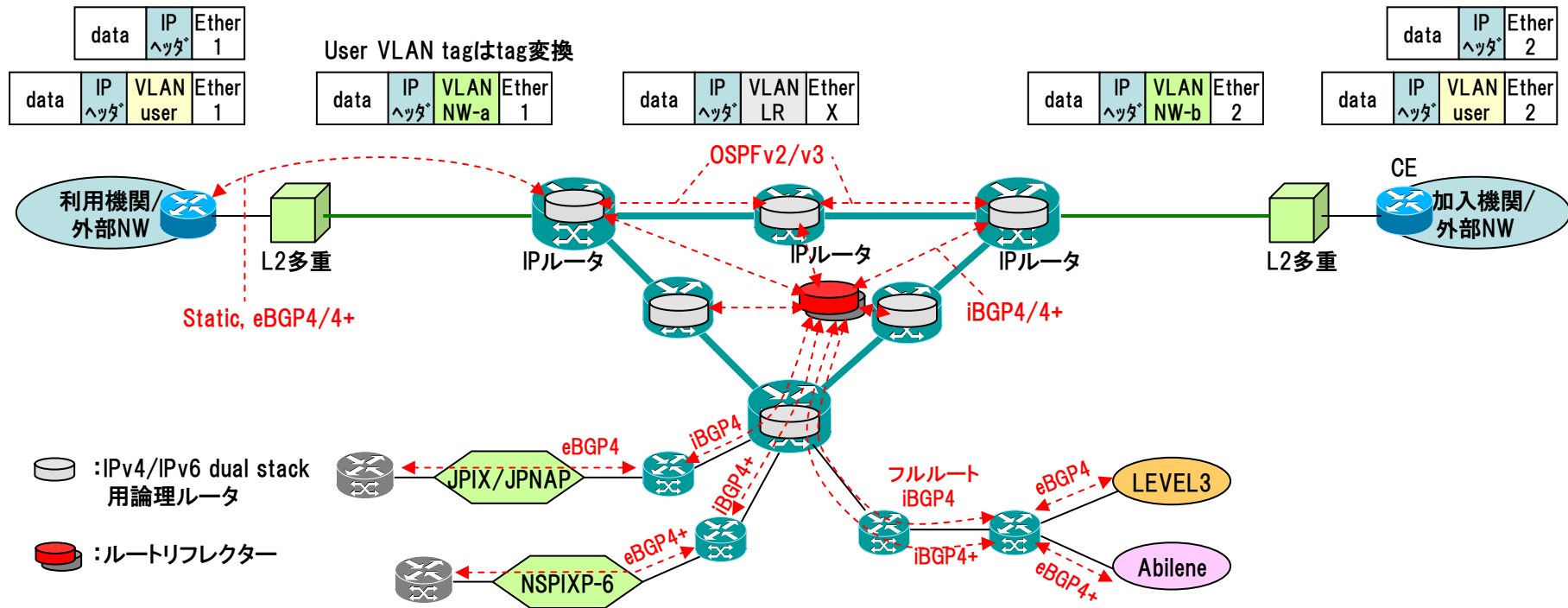
## ◆論理ルーター技術

- ・ サービス毎にルーティング、シグナリング、フォワーディングの独立性を確保
- ・ IPv4/IPv6 dual、L3VPN、L2VPN、VPLSの4つの論理ルーター



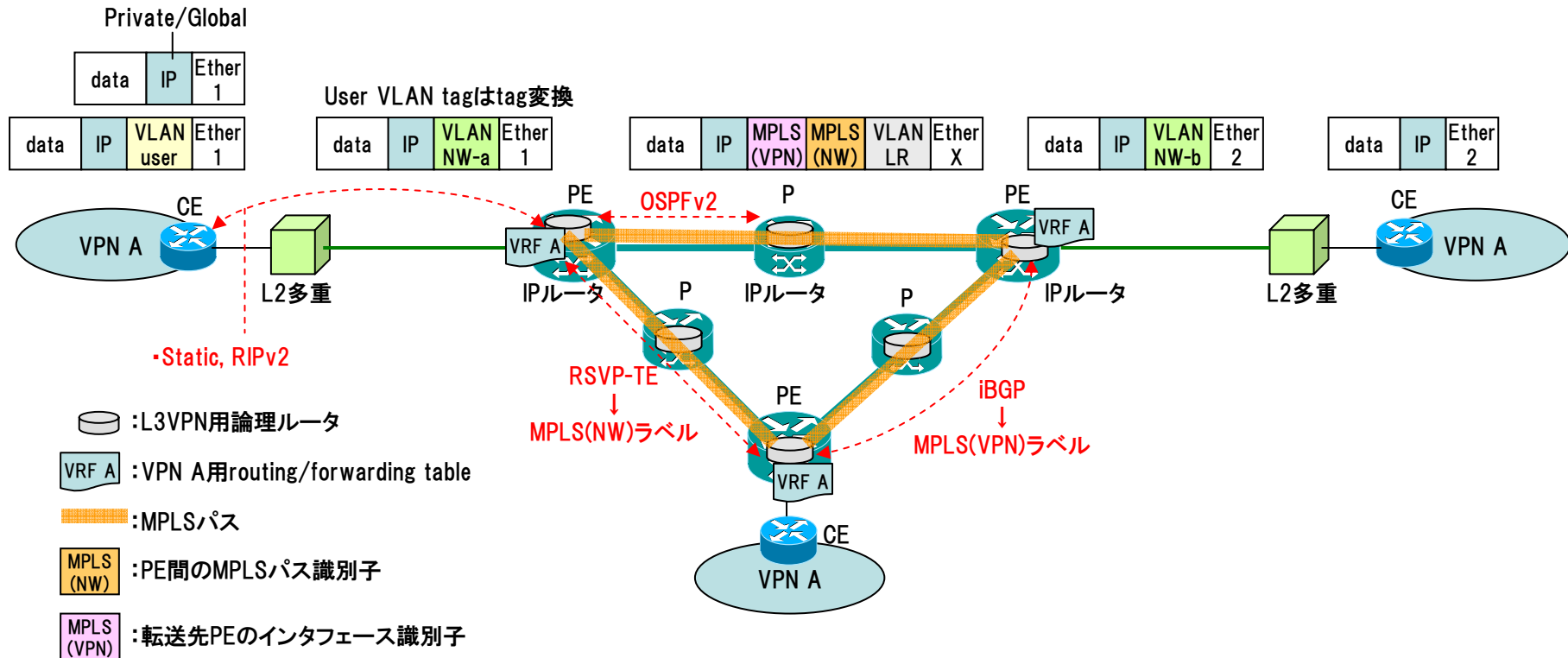
# (参考)IPv4/IPv6 dual stack用論理ルータ

- ◆ 利用機関とIPルータ間は、L2多重装置で内部VLANタグを付与して接続する。
- ◆ IPルータでは、IPv4/IPv6 dual stack用論理ルータに收容する。IPv4/IPv6マルチキャストも本論理ルータにて行う。
- ◆ Dual stack用論理ルータは、ルーティングプロトコルとしてOSPFv2/v3、iBGP4/4+を用いる。
- ◆ フルルートの安定的な提供を行うために、ルートリフレクターを別設置している。
- ◆ L1SWのリンク断転送機能との組み合わせにより高信頼化を図る。



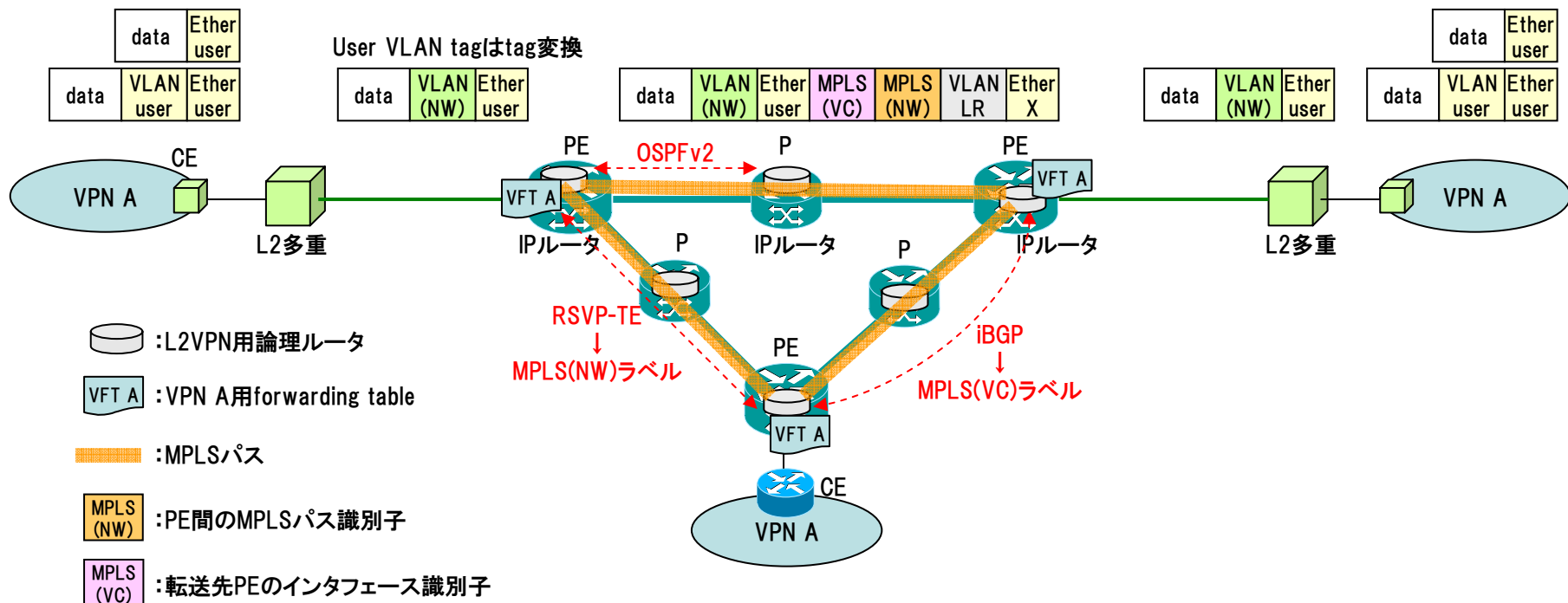
# (参考)L3VPN用論理ルータ

- ◆ 利用機関ルータとIPルータ間は、L2多重装置で内部VLANタグを付与して接続する。
- ◆ IPルータでは、L3VPN用論理ルータ(VPN毎にrouting/forwarding table(VRF))に收容する。
- ◆ VPN-IPv4アドレス及びVPN-IPv4経路は、L3VPN用論理ルータ間のiBGPにより分配する
- ◆ L3VPN用論理ルータ間は、ルーティングプロトコルとしてOSPFv2、シグナリングプロトコルとしてRSVP-TEを用い、MPLSパスはStrict指定で帯域確保なしにより設定する。
- ◆ Protection/Fast Rerouteにより予備経路を確保して高信頼化を確保する。



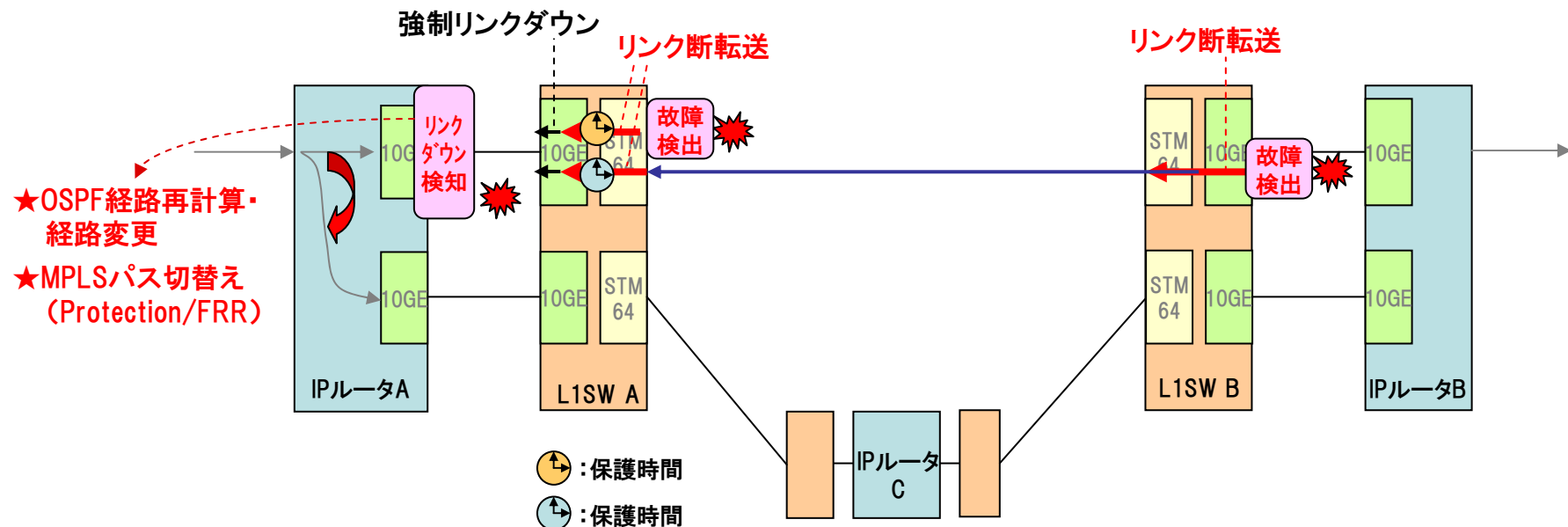
# (参考)L2VPN用論理ルータ

- ◆ 利用機関装置とIPルータ間は、L2多重で内部VLANタグを付与して接続する。
- ◆ IPルータでは、L2VPN用論理ルータ(VPN毎のforwarding table (VCT)を持つ)に收容する。
- ◆ 各ルータにて設定したVCT(Virtual Connection table)は、L2VPN用論理ルータ間のiBGPにより分配する。
- ◆ L2VPN用論理ルータ間は、ルーティングプロトコルとしてOSPFv2、シグナリングプロトコルとしてRSVP-TEを用い、MPLSパスはStrict指定で帯域確保なしにより設定する。
- ◆ Protection/Fast Rerouteにより予備経路を確保して高信頼化を図る。



# (参考)リンク断検知による高速経路切替え

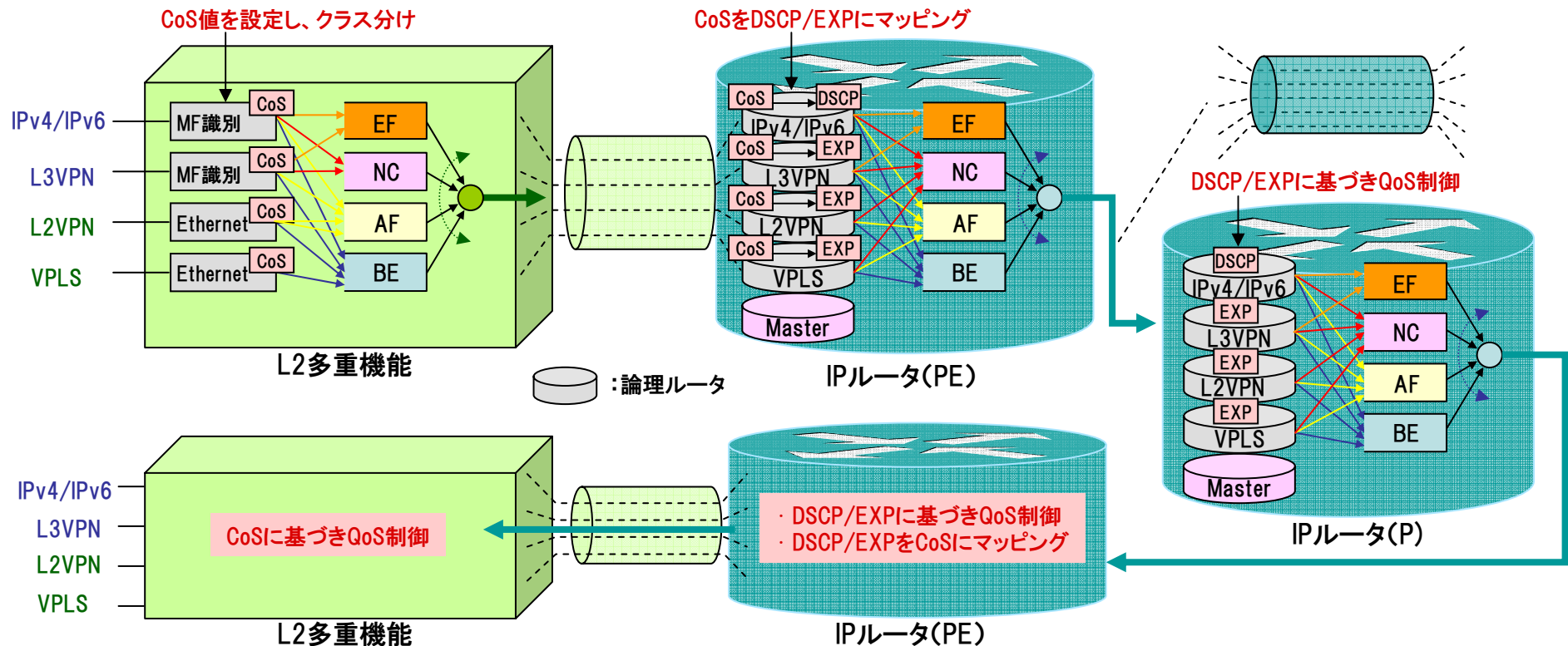
- ◆ L1SWは、伝送路側の故障や対向L1SWの出側リンクの故障をリンク断転送により早期に検出することができる。この機能を用いて、リンク障害時にIP経路やMPLSパスを高速に切り替える。
- ◆ L1SW Aは、伝送路側の故障や対向L1SW Bの出側リンクの故障をリンク断転送機能により検知することで、IPルータA向けのリンクを強制リンクダウンさせる。
- ◆ IPルータ側では、リンクダウンを検出することで、IPv4/IPv6用論理ルータは経路再計算により経路を変更し、L2/L3VPN論理ルータは、Protection/FRRによりMPLSパスを高速に切り替える。





# (参考)論理ルータと品質制御

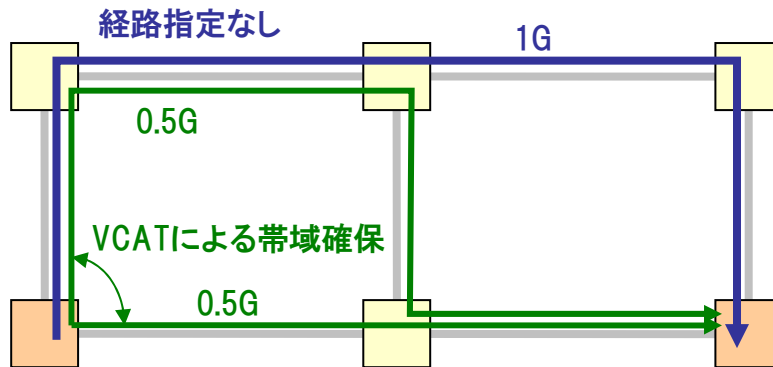
- ◆ 論理ルータとしては、IPv4/IPv6 dual stack、L3VPN、L2VPN、VPLSを設定。
- ◆ 転送クラスは、最高優先(EF)、制御優先(NC)、高優先(AF)、ベストエフォート(BE)の4つを設定。
- ◆ L2多重装置では、L3サービスはIPヘッダ、L2サービスはEtherヘッダを見てCoS(VLAN User Priority)値を設定し、QoS制御を行う。
- ◆ IPルータ(PE)では、CoS値をDSCP(IPv4/IPv6)或いはEXP(L3VPN, L2VPN, VPLS)にマッピングし、QoS制御を行う。以降DSCP/EXPでQoS制御を行い、EgressのPEでCoS値にマッピングする。



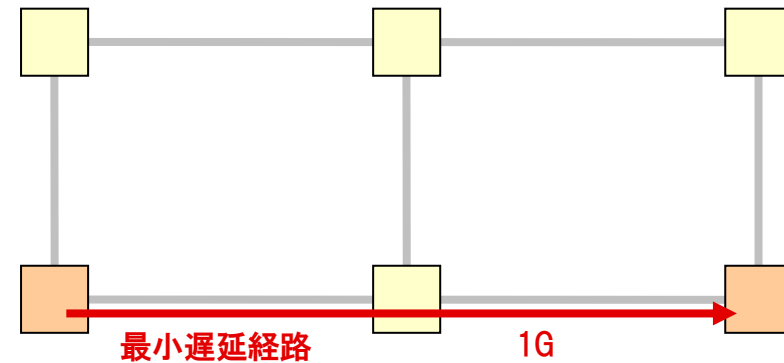
# (参考)L1オンデマンドパスの経路指定

◆L1オンデマンドパスの経路指定に関しては、以下の選択を可能とする。

- ・ 経路指定なし: 経路選択はネットワーク側に一任(複数の選択肢があり、リソース確保の確率が高い)
- ・ 最小遅延経路: 遅延時間最小の経路を選択(経路が一意に決まるため、リソース確保の確率が低い)
- ・ 同一経路制約: 複数のパスを同時に設定する場合に同一経路に制約



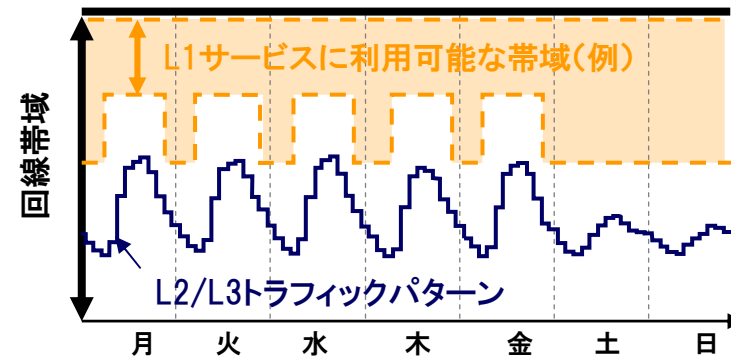
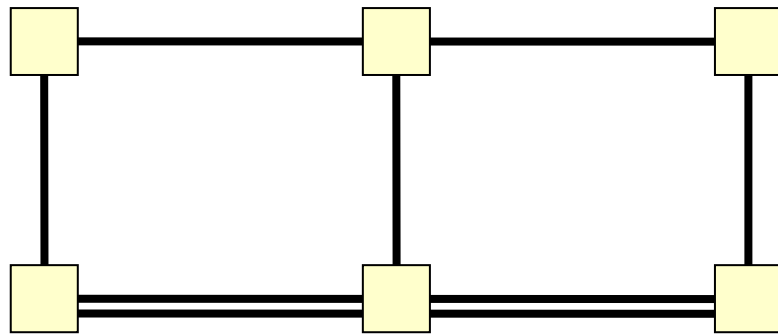
経路指定なし  
(VCATによる帯域確保も可能)



最小遅延経路

# (参考)L1サービスに利用可能な帯域

- ◆ **L2/L3サービスに必要な帯域を考慮して**、L1サービスに利用可能な帯域(上限値)を決定  
(平日のL2/L3トラフィックは、14時頃をピークとするほぼ同じパターン)
- ◆ 利用可能帯域の設定に関する考え方は以下の通り
  - ・ リンク毎にL1サービス用に利用可能な帯域を決める(時間帯で可変)
  - ・ 事前予約に対して提示する帯域は、前日までの予約状況に基づく



各リンクでL1パスに利用可能な帯域を決めておく

# (参考)L1オンデマンドサーバ機能

◆L1オンデマンドサーバは、以下の機能からなる。

- ①要求受付フロントエンド: ユーザ認証(認証サーバとの連携要)、セッション管理
- ②要求受付バックエンド: パス設定予約・変更受付、抽選、スケジューリング、DB追加・削除・更新
- ③経路計算: 帯域最大確保可能経路、最小遅延経路、等
- ④L1リソース管理: L1リソース管理(時間毎許容帯域管理含む)、NW構成情報照合
- ⑤パス制御: L2/L3用パス帯域変更、L1パス確立・解放要求、L1パス監視(トラフィック収集含む)
- ⑥各データベース管理: ユーザDB、L1SW-DB、パスDB、履歴DB、経路DB、リソースDB等

