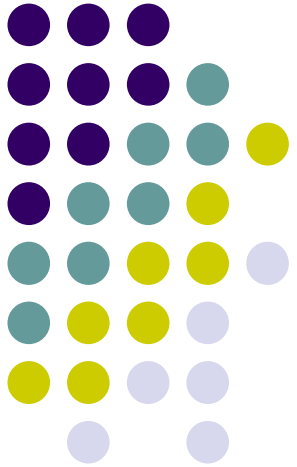
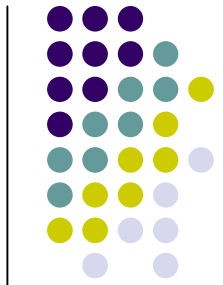
IP-VPN (BGP MPLS/VPN)



InternetWeek 2003

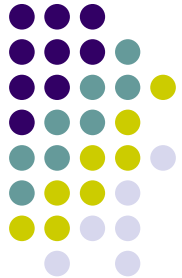
アジアネットコム(株)
石井　秀雄
<hishii@agcx.net>

IP-VPN



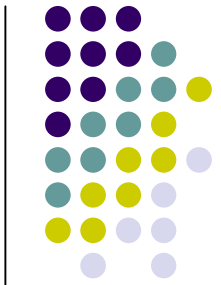
- MPLSで実現できる代表的なサービスとしてIP-VPNを取り上げます。
- また、そのVPNの種類としては、L3VPN及びL2VPNがありますが、ここでは、最も普及しているL3VPNを中心に説明します。
- L2VPNの詳細については、別セッションを参照ください。

IP-VPN Agenda



- BGP/MPLS-VPNとは
- BGP/MPLS-VPNの動作概要
- BGP/MPLS-VPNのラベルパス決定方法
- BGPにおけるVPN経路情報
- BGP/MPLS-VPN設定例
- BGP/MPLS-VPNユーザ構築事例
- BGP/MPLS-VPNまとめと新技術

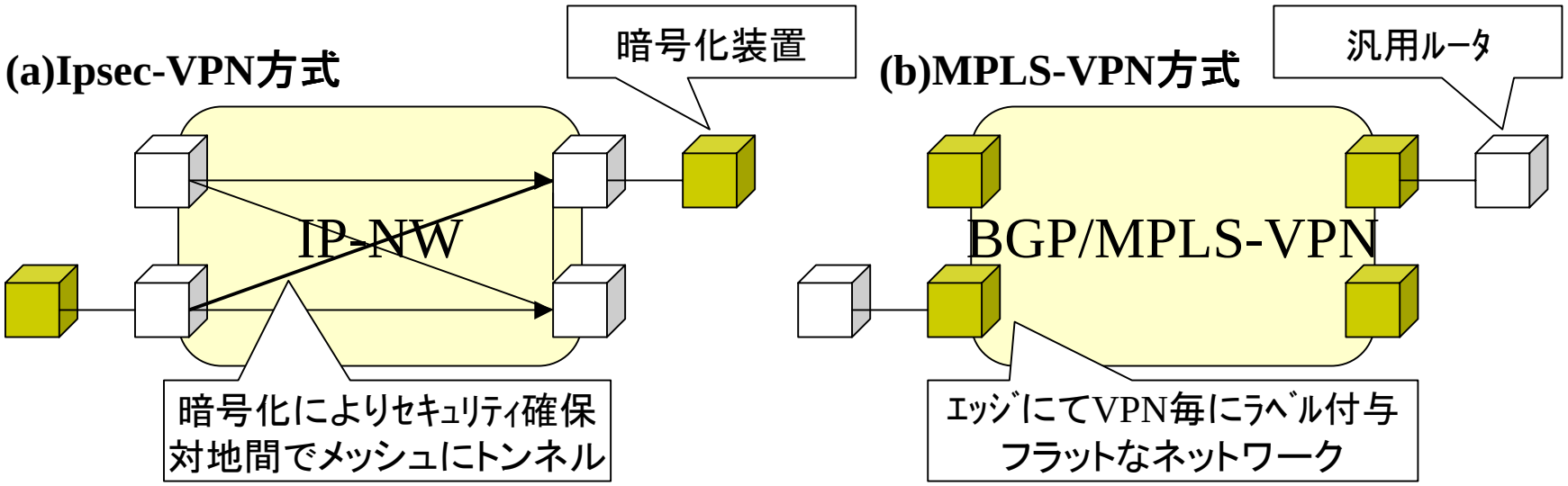
BGP/MPLS-VPNとは



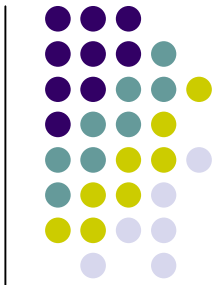
- RFC2547bisに記されたISPサービスとしてのIP-VPN実現技術
- インターネットVPN＝オープンなネットワーク上で、IPデータ部を暗号化で実現
- MPLS-VPN＝MPLS(ラベルによるカプセリング)により、論理的なクローズドなネットワークを実現
- 昨今のMPLSを使った他のIP-VPN技術と区別してBGP/MPLS-VPNと呼ばれる。

BGP/MPLS-VPNとは

- ルータによる、多様なIFによる提供が可能（ATM～HSDなどの非対称構成も可能）
- 暗号に頼らないセキュリティの確保が可能(FRなどと同等の機能をIPネットワークで実現)
- お客様側への特別な装置が不要

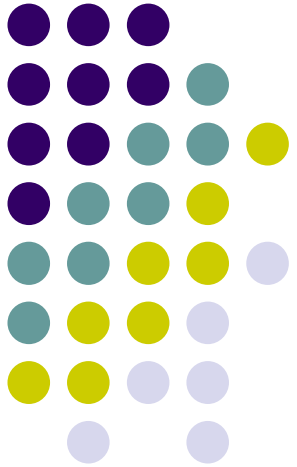


BGP/MPLS-VPNとは

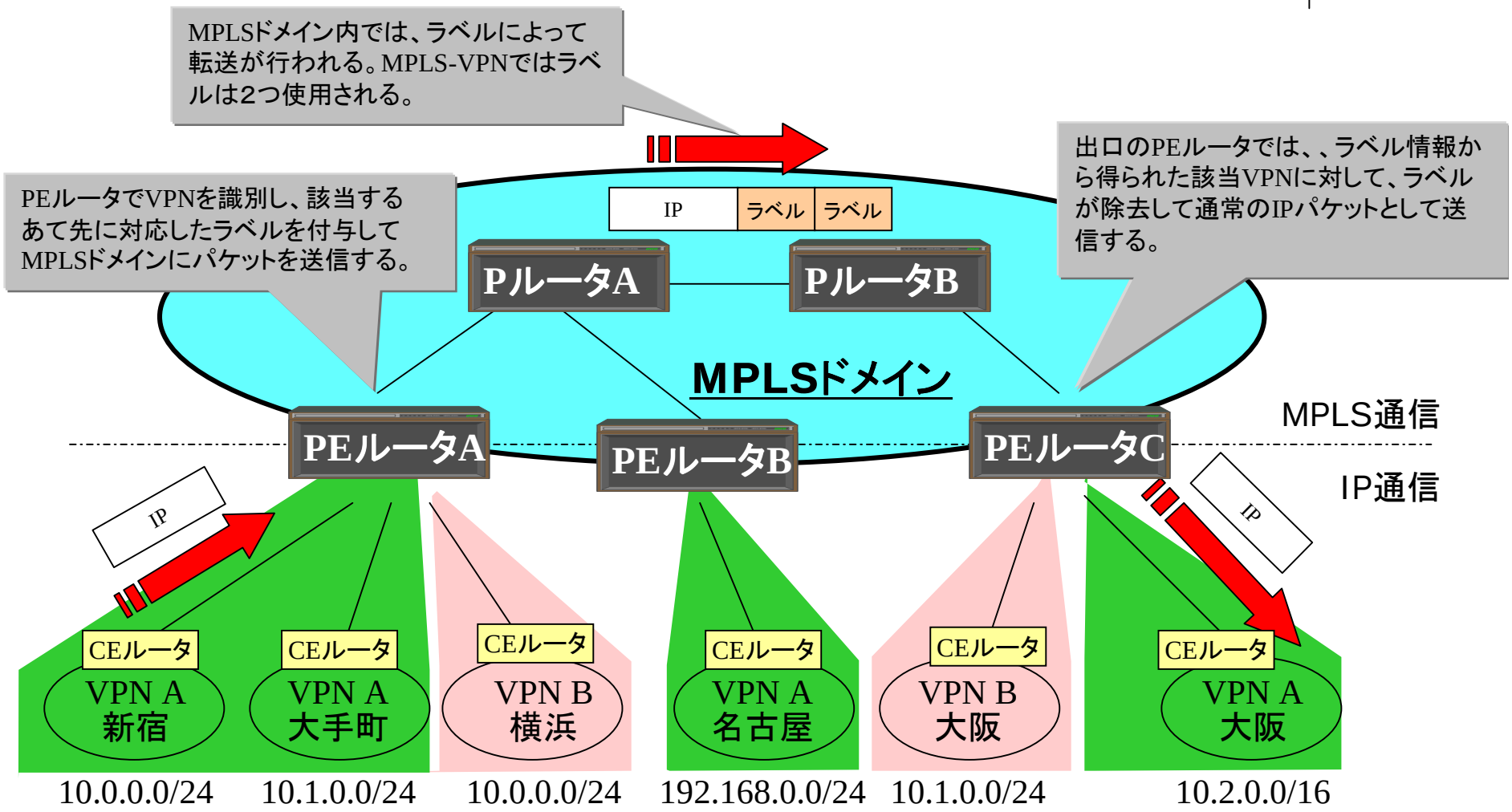


- 網内パケット転送にMPLS(LDP/RSVP) 、VPN経路情報交換にBGP(mpBGP:RFC2858, RFC3107) を使用
- ルーティングプロトコルがエッジで終端されるPeerモデルのLayer3 IP-VPN
- VPNごとに異なるルーティングテーブルを持ちユーザルータとルーティング情報を交換する。
- Layer3ルーティングのISPへのアウトソーシング

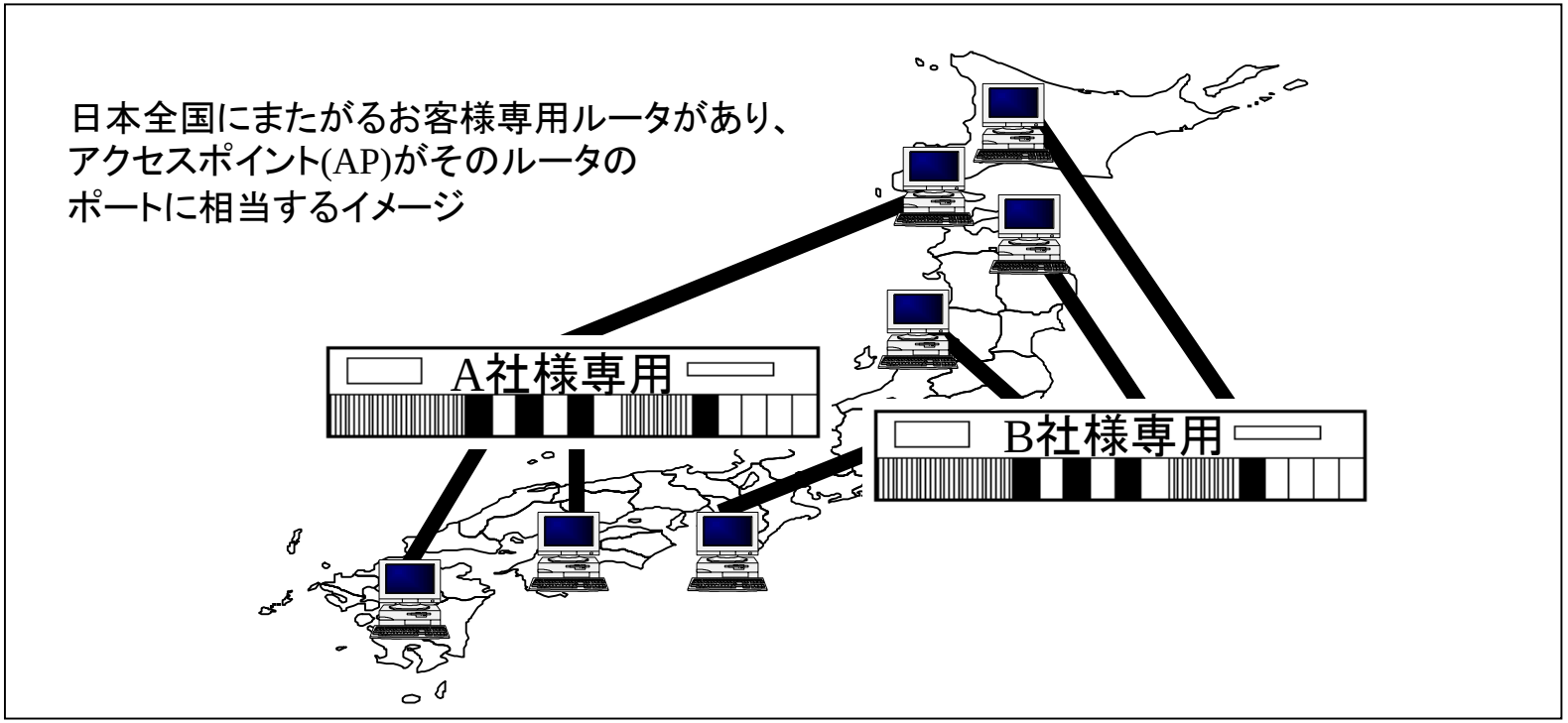
BGP/MPLS-VPNの動作概要



BGP/MPLS-VPN動作概念



BGP/MPLS-VPN動作概念



- 日本全国にまたがるお客様専用ルータを提供するイメージとなる。複数のVPNでバックボーンを共用するが、お互いのVPNは論理的に独立している。

特徴(ユーザ側)

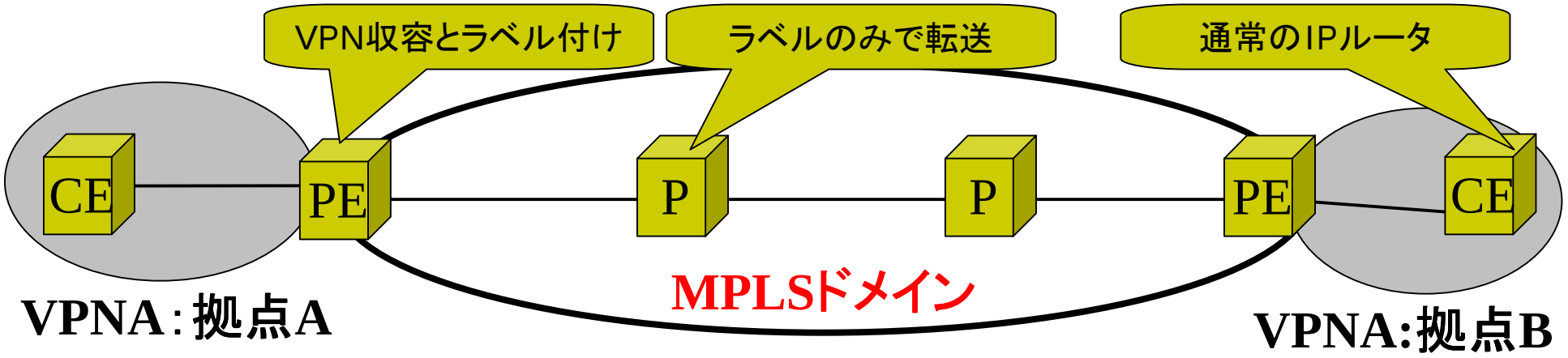
- お客様宅に設置されるルータは通常のIPルータで良い(MPLSやIP-Sec等の機能はいらない)
- FRやATM等のようなパスの管理が必要ない（利用して、理論的に2つのチャネルを確立することも可能）
- IPアドレスはお客様にて任意に設定可能でありIPv4プライベートアドレスを自由に持ちこめる。
- VPN同士の通信は、ルータ内及び網内にて完全に分離されておりFR、ATMと同等のセキュリティが保たれている。

特徴(ISP側)

- 既存のルータによるIPネットワークをそのまま使ってIP-VPNサービスを提供できる。
- 複数のルーティングプロトコルを使ってお客様を収容できるので柔軟なサービスが提供できる。
- 複数のVPNを1台のルータに収容できるため効率の良いIP-VPNサービスを提供できる。
- 異なるVPN間で同じアドレスが使えるためサービス性が良い
- 論理的に分離されたネットワークなのでQoSなどのサービスも実現しやすい。

BGP/MPLS-VPN構成ルータ

- PEルータ：Provider Edge Router(お客様を収容するルータ、MPLSエッジルータ)
- Pルータ：Provider Router(MPLSコアルータ)
- CEルータ：Customer Edge Router(PEルータにつながるお客様ルータ)

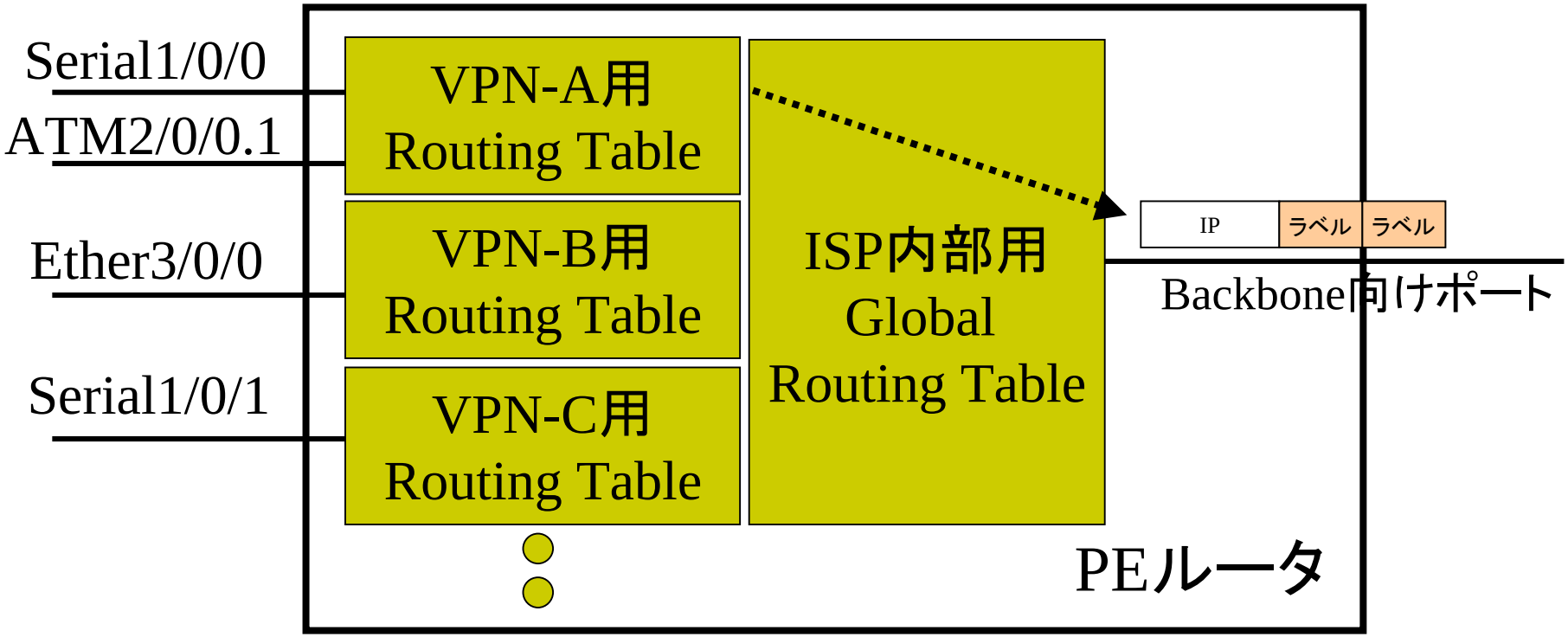


PEルータのしくみ

- 複数のVPNを1台のPEルータに収容するために
  - VRFs:VPN Routing and Forwarding tables
  - VPNごとに異なるルーティングテーブルを持つ
  - 各々CEルータを接続するインタフェースを該当するVRF(VPN)に括りつける
  - VRF同士はルータ内部で分離されており、またバックボーンには、ラベルでカプセリングしてパケットを送出するので、ATM/FRと同等レベルのセキュリティが確保できる。

PEルータのしくみ

- VPNごとにルーティングテーブルを保持する。
- 一部の実装では、VR(Virtual Router)の場合も



BGP/MPLS-VPN ラベル構成

- Shimヘッダ形式

PEルータで挿入され、出口のPEルータを目指してPルータをホップするたびにラベルの値は変わっていく(LDPでhop by hopに決定)

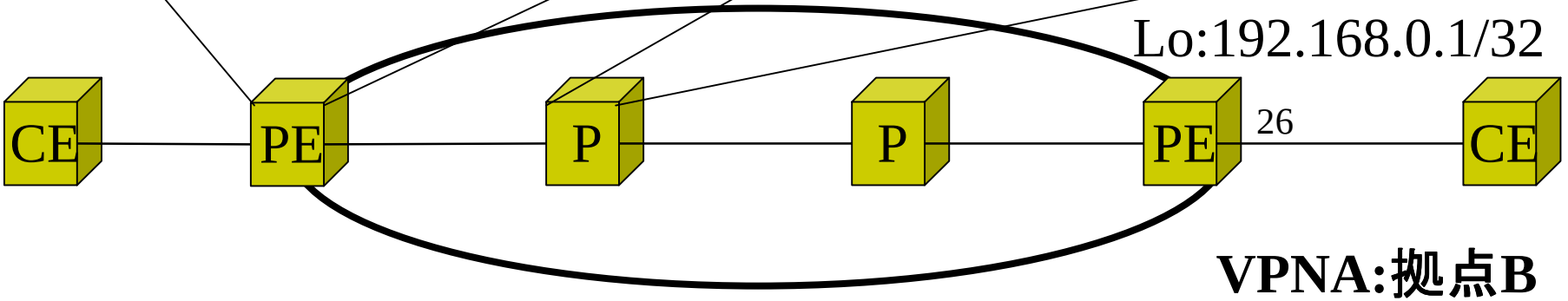
PEルータで挿入され、出口のPEルータに到着するまでは、コアネットワーク内では参照されず値も変わらない。(mpBGPでPEルータ同士で情報交換)

- MPLSラベルスタックを2つ使う
- 32bit固定長ラベル×２

BGP/MPLS-VPN動作概要

VPN名	Route Dist.	あて先アドレス	VPN識別ラベル	出口のPEルータのアドレス	転送用ラベル
A社	12	10.0.0.0/8	26	192.168.0.1/32	㊷
A社	12	11.0.0.0/8	989	192.168.0.1/32	42

in転送用ラベル	出口のPEルータのアドレス	out転送用ラベル
㊷	192.168.0.1/32	32



VPNA:拠点A

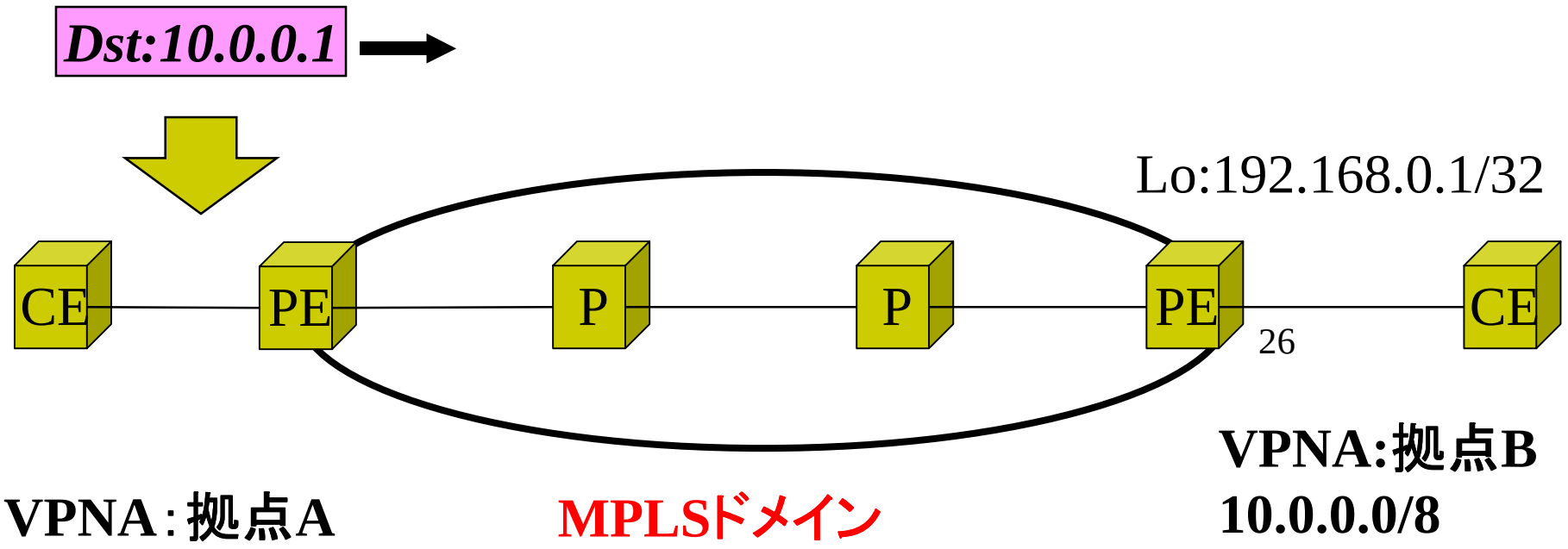
MPLSドメイン

VPNA:拠点B
10.0.0.0/8

BGP/MPLS-VPN動作概要(cont.)

- パケット転送(CEルータからのパケット到着)

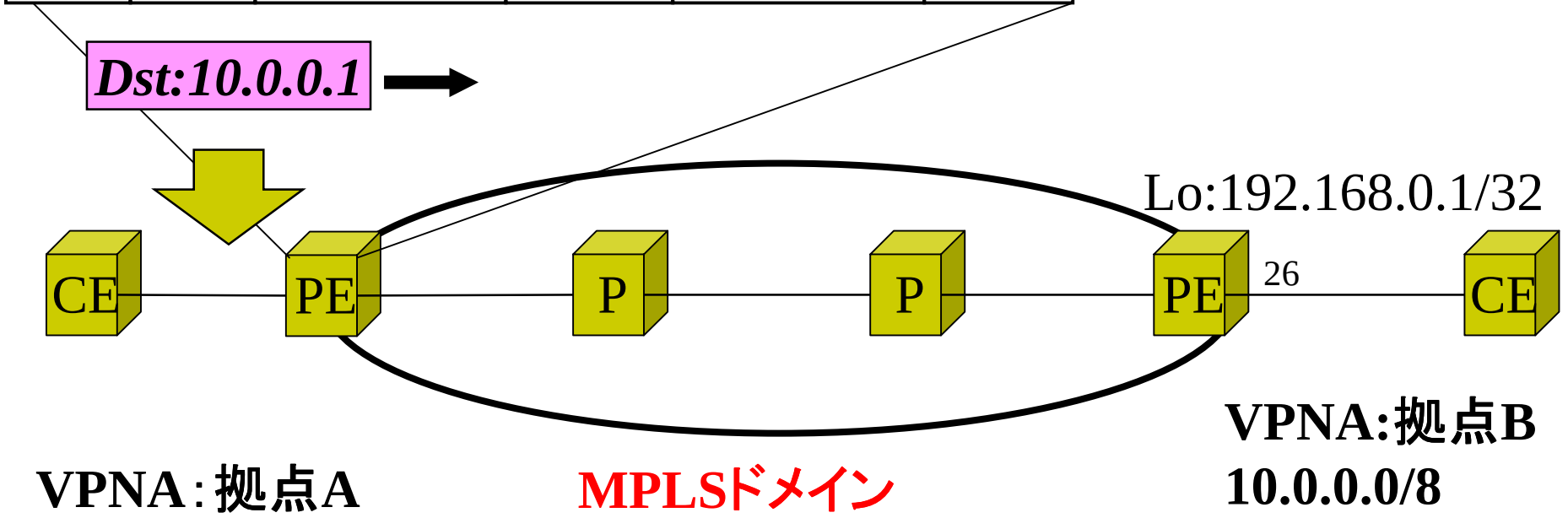
VPNA；拠点B：10.0.0.1行きパケット到着



BGP/MPLS-VPN動作概要(cont.)

- PEルータでのラベルテーブルルックアップ

VPN名	Route Dist.	あて先アドレス	VPN識別ラベル	出口のPEルータのアドレス	転送用ラベル
A社	12	10.0.0.0/8	26	192.168.0.1/32	㊷
A社	12	11.0.0.0/8	989	192.168.0.1/32	42

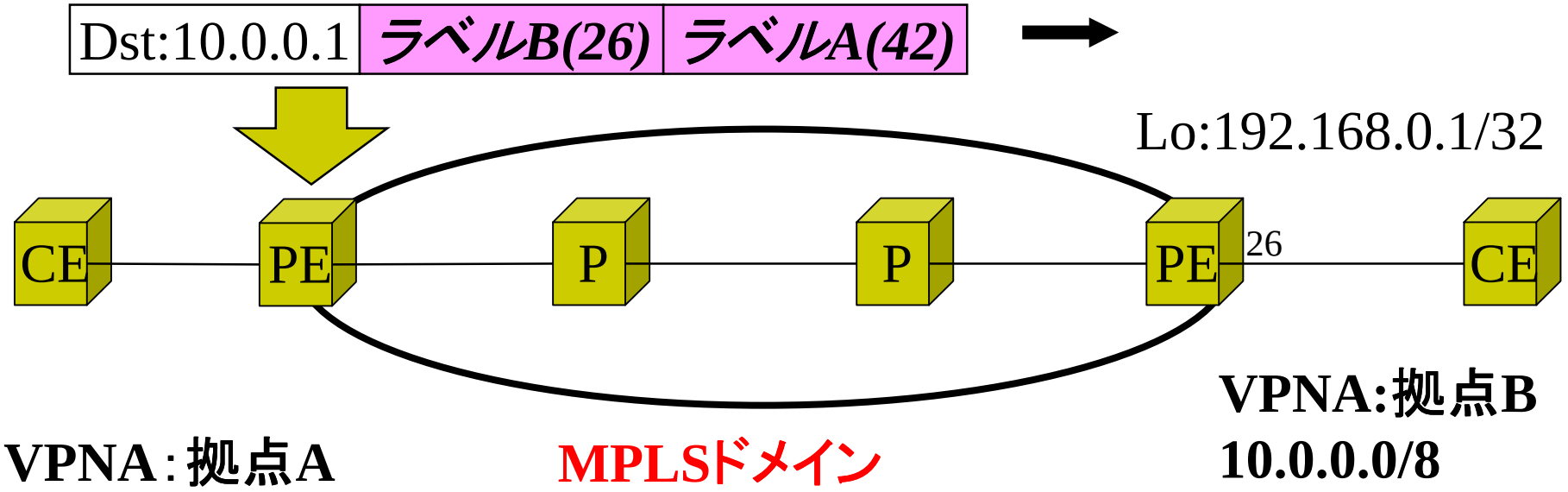


BGP/MPLS-VPN動作概要(cont.)

- **PEルータでのパケットへのラベル付与**

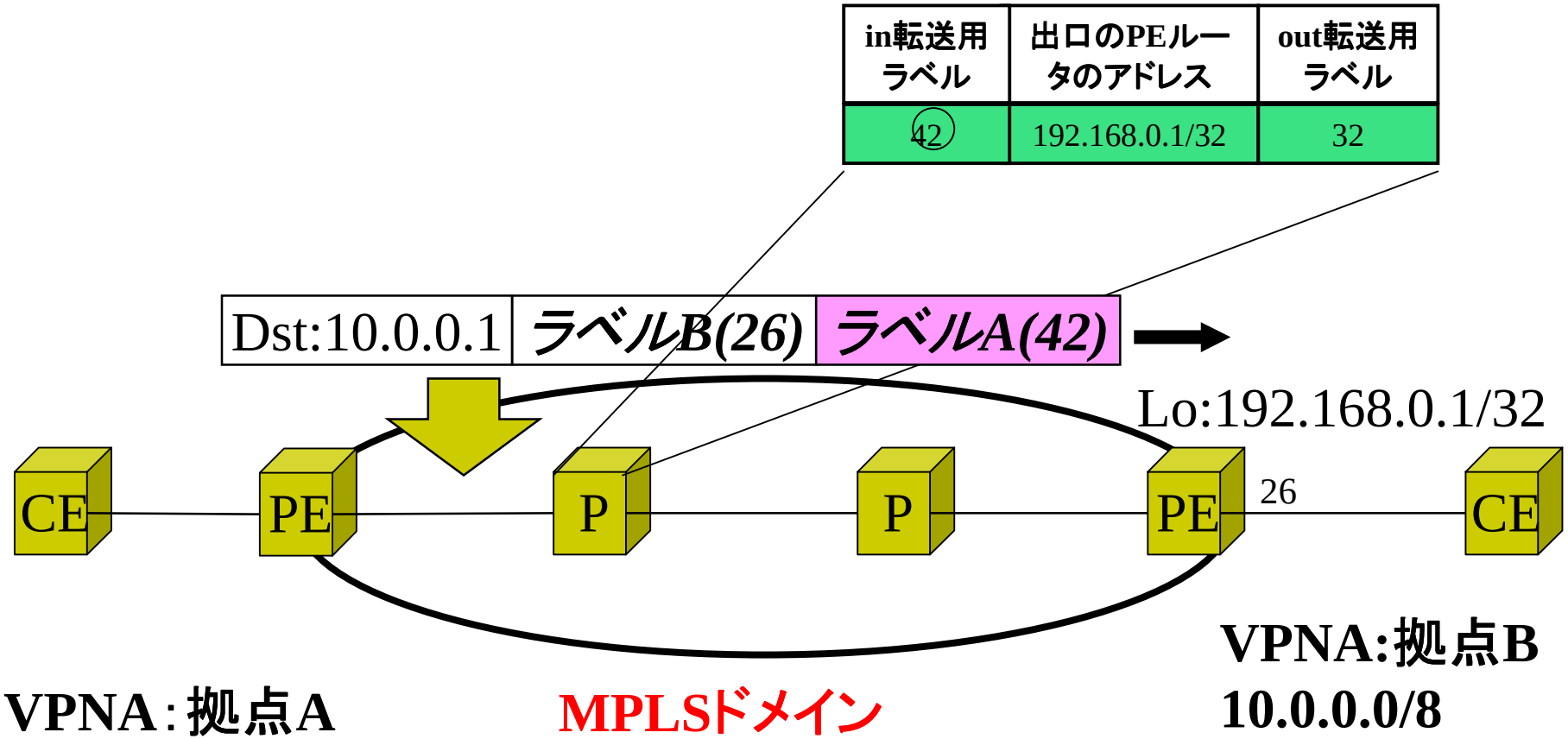
①出口のPEルータより得たVPNA：10.0.0.0/8に相当するVPN識別用ラベルBを付与する。

②(1)VPNA:10.0.0.0/8の出口のPEルータをBGP next-hopで知る。
(2)該当するBGP next-hopに対応した転送用ラベルAを付与する。



BGP/MPLS-VPN動作概要(cont.)

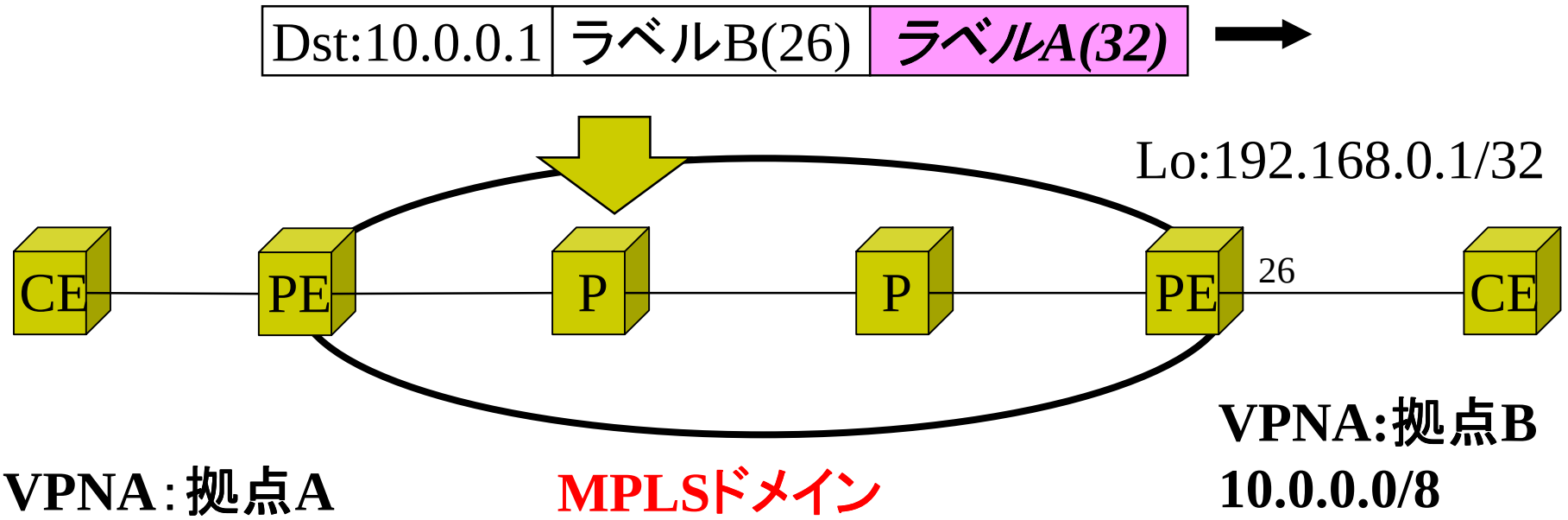
- Pルータでのラベルテーブルルックアップ



BGP/MPLS-VPN動作概要(cont.)

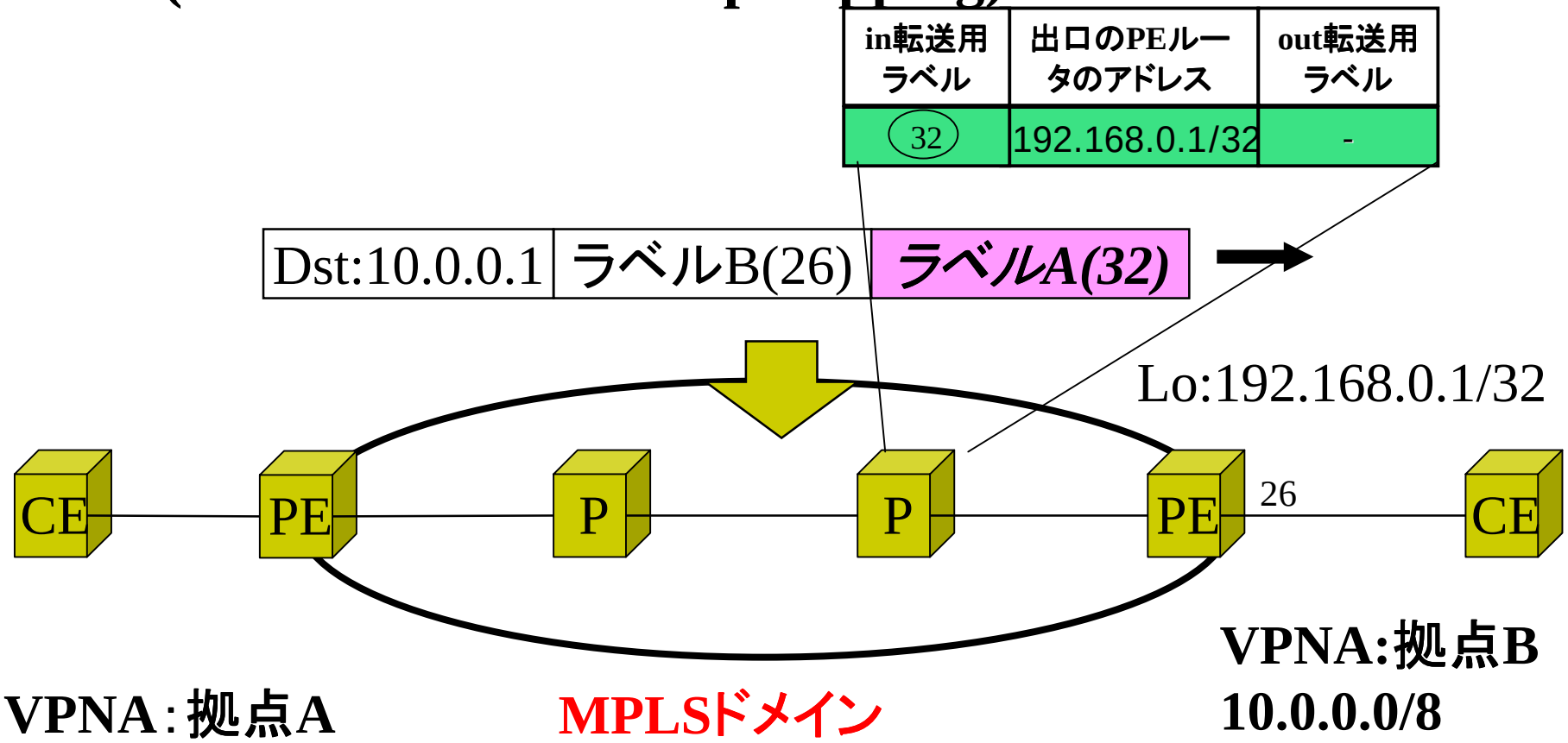
- Pルータでのラベルスワップ

バックボーン内のPルータでは、転送用ラベルAだけを参照
※値はホップバイホップで変わります。



BGP/MPLS-VPN動作概要(cont.)

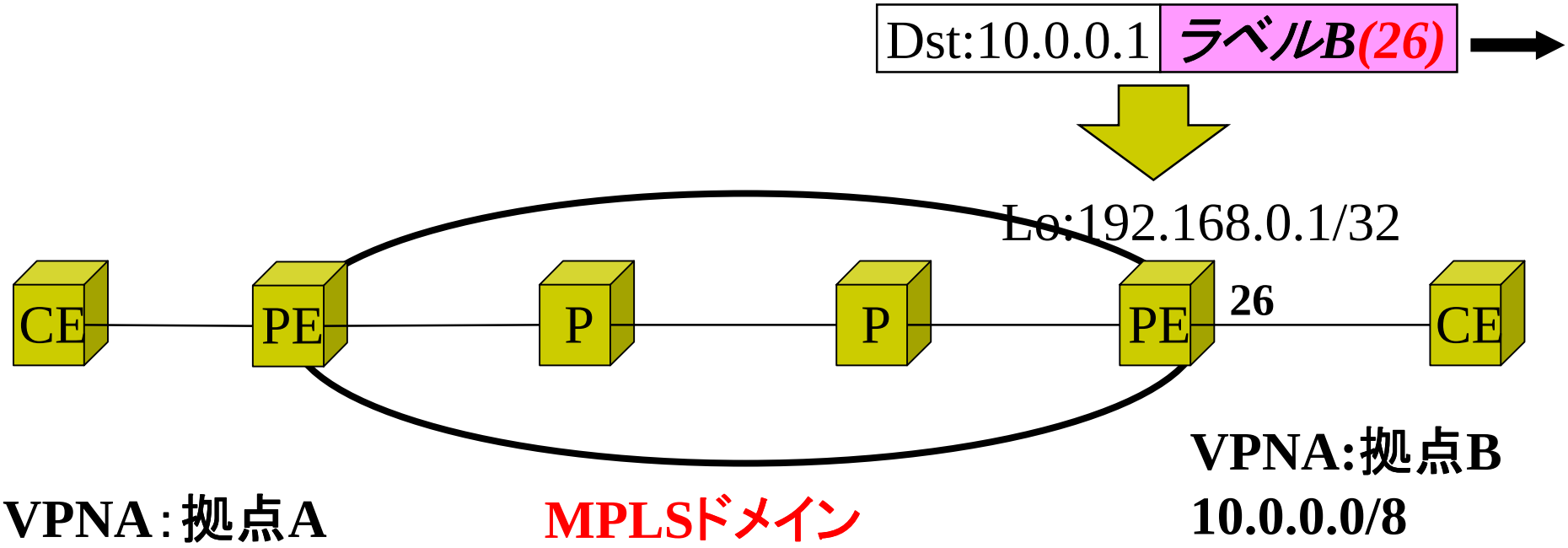
- 最後のPルータでは転送用のラベルを取ります
  (PHP:Penultimate Hop Popping)



BGP/MPLS-VPN動作概要(cont.)

- 最終PEルータでのラベルテーブルのルックアップ

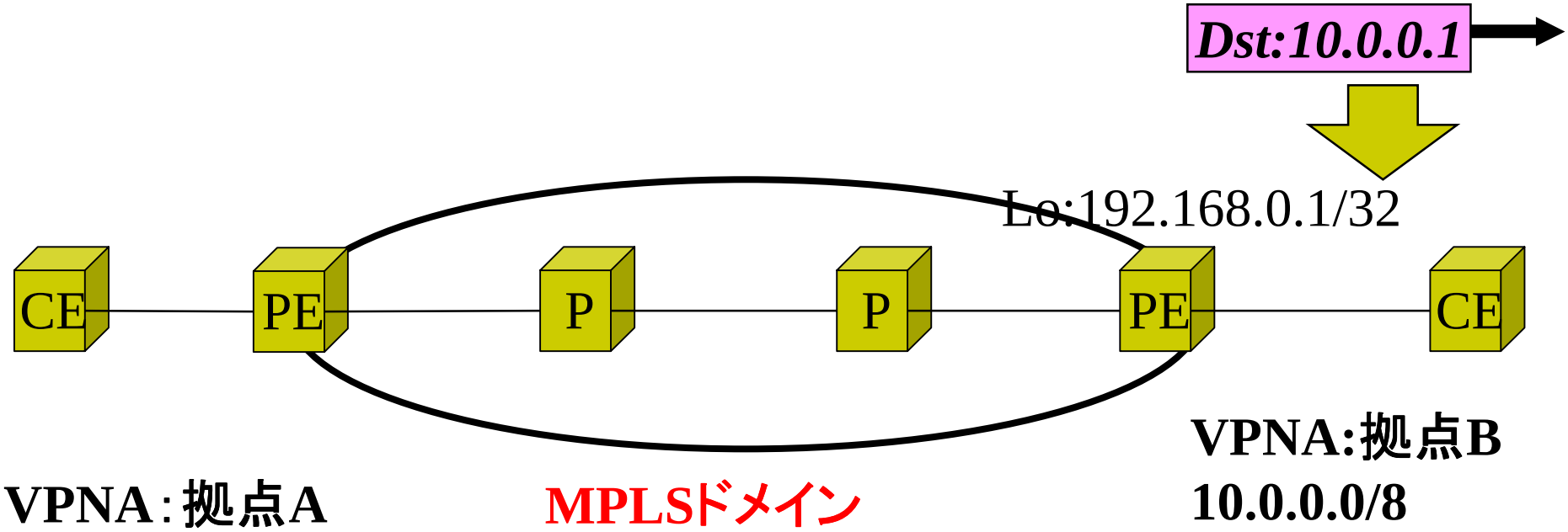
出口のPEルータでは、ラベルBの値を頼りにVPNを識別
＆出力インタフェースを決定しCEルータへパケットを転送



BGP/MPLS-VPN動作概要(cont.)

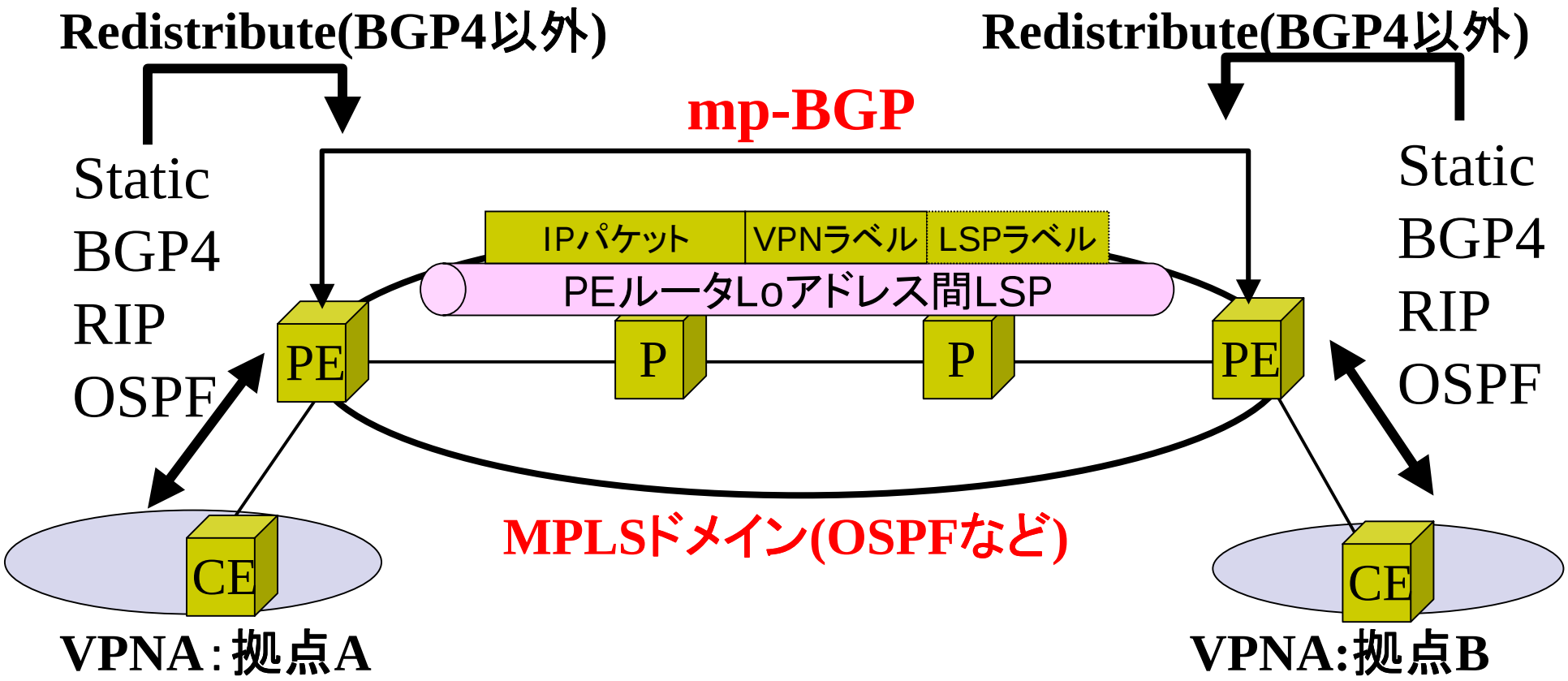
- 目的のCEルータへ到着

  ラベルがはずされ通常のIPパケットとして
  CEルータに到着する



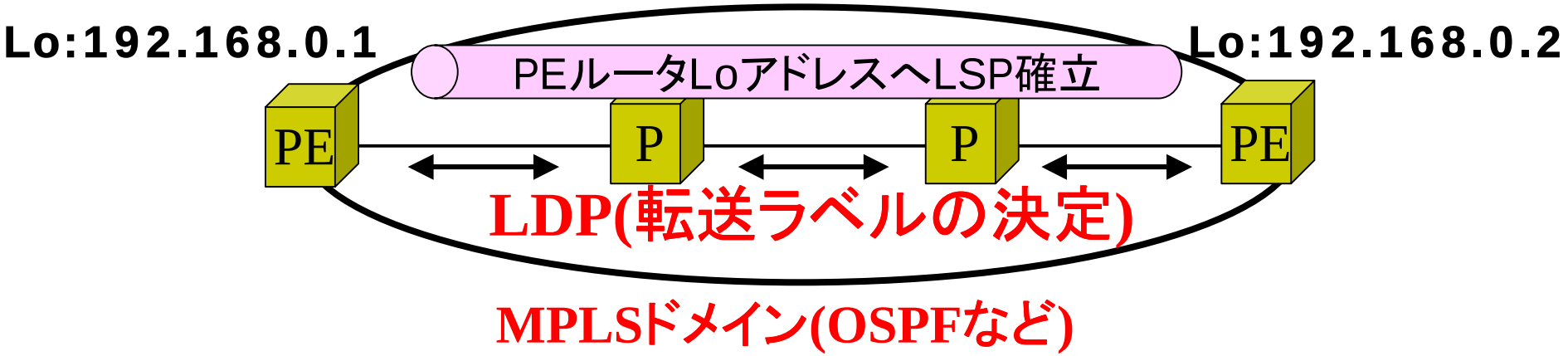
BGP/MPLS-VPNラベル決定方法

- PEルータ間のLSPをVPN識別用ラベルでカプセル化されたパケットが通るイメージ



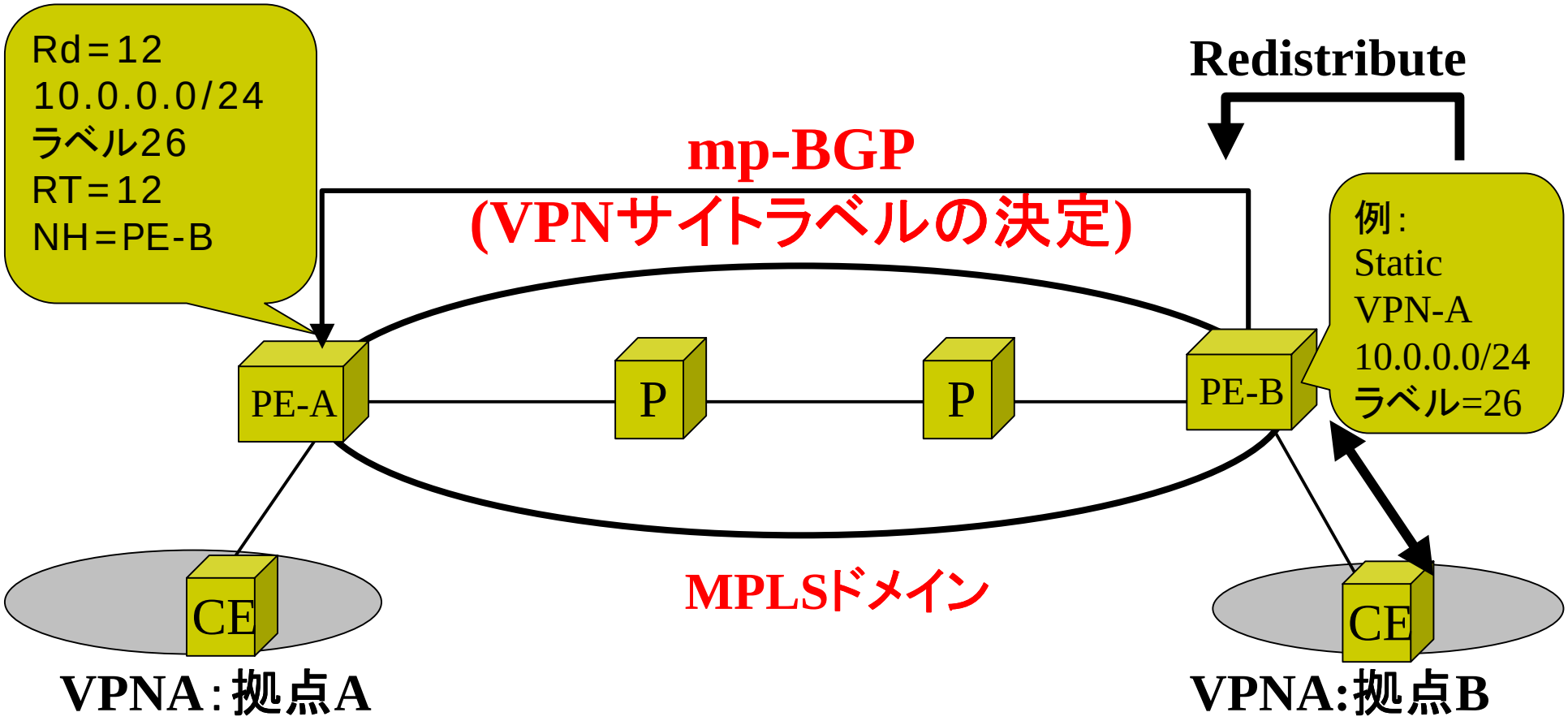
BGP/MPLS-VPNラベル決定方法

- PEルータ・Pルータ間でOSPF/ISISにて経路のやり取りをし、その経路情報にラベル情報を対応(LDP/RSVP-TE)
- 特にPEルータのLoopbackアドレスが最終的にVPNの出口を示すので重要



BGP/MPLS-VPNラベル決定方法

- PE-CE間のルーティングプロトコルで得たVPN経路情報をラベルの情報とともにPEルータ間で交換

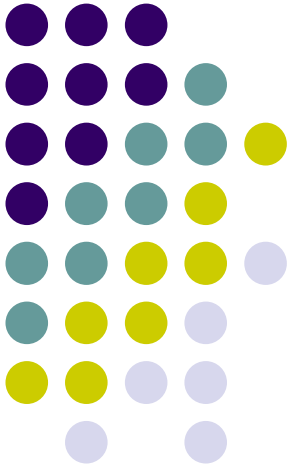


BGP/MPLS-VPNラベル決定方法

- 個々のVPNを識別するためのラベルはmp-BGPを使ってPE間で交換される。（VPNラベル）

- MPLSドメイン内にある、PE-P,P-P間で使用されるラベルは、LDP、もしくはRSVP-TEでアサインされる。（転送ラベル）

BGPにおけるVPN経路情報



BGPにおけるVPN経路

- RFC2858 Multiprotocol extensions for BGP-4を使用
- MP_REACH_NLRI(Type Code 14)
- MP_UNREACH_NLRI(Type Code 15)
- AFI=1 & SAFI =128
- MPLS-labeled VPN-IPv4 address
- ラベル情報は、RFC3107に従ってEncoding

BGPにおけるVPN経路

- mp-BGPにおける経路扱い
  - VPN-IPv4 Address Family
  - 通常のIPv4アドレスに8byteの識別子Route Distinguisher(RD)を付与し、12byteのアドレス空間に拡大
  - VPN-IPv4 Address(12byte)
    ＝RD(8byte)+IPv4(4byte)

BGPにおけるVPN経路

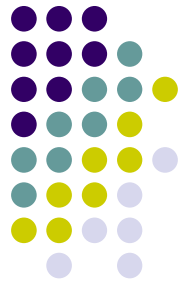
- mp-BGPにおける経路扱い
  - RD(8byte)のFormat

Type 2byte	Value 6byte

  - ISP間の識別も可能なValue Field Format

Type 0 = ASN(2-byte):任意の番号(4-byte)
例：18084:1
Type 1 = IP address(4-byte):任意の番号(2-byte)
例：192.168.0.1:1

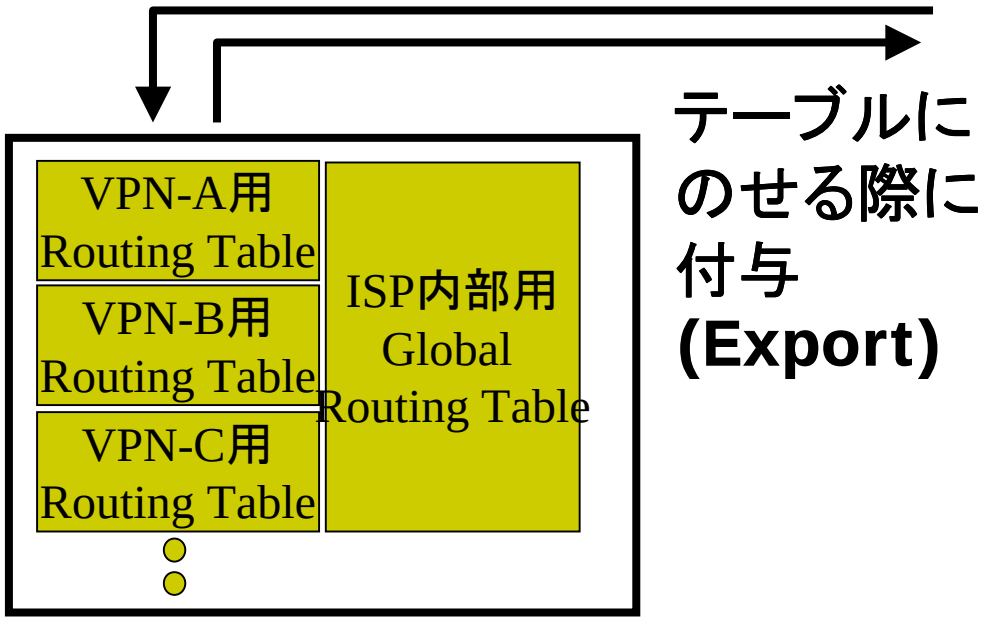
Extended Community



- Extended Community Attribute(Type Code 16)が新たに定義
- その中の一つがRoute Target(RT)
- VRFよりBGPにアナウンスされる経路には、必ず一つ以上のRTを付与する(Export Targets)
- リモートPEからの経路をローカルVRFに落とし込む際の選択に使用(Import Targets)
- VPN間通信、AS間通信の実現

Extended Community

RTをもとにVPNv4-prefixを
どのVPNのRouting Table
突っ込むかを選択(Import)



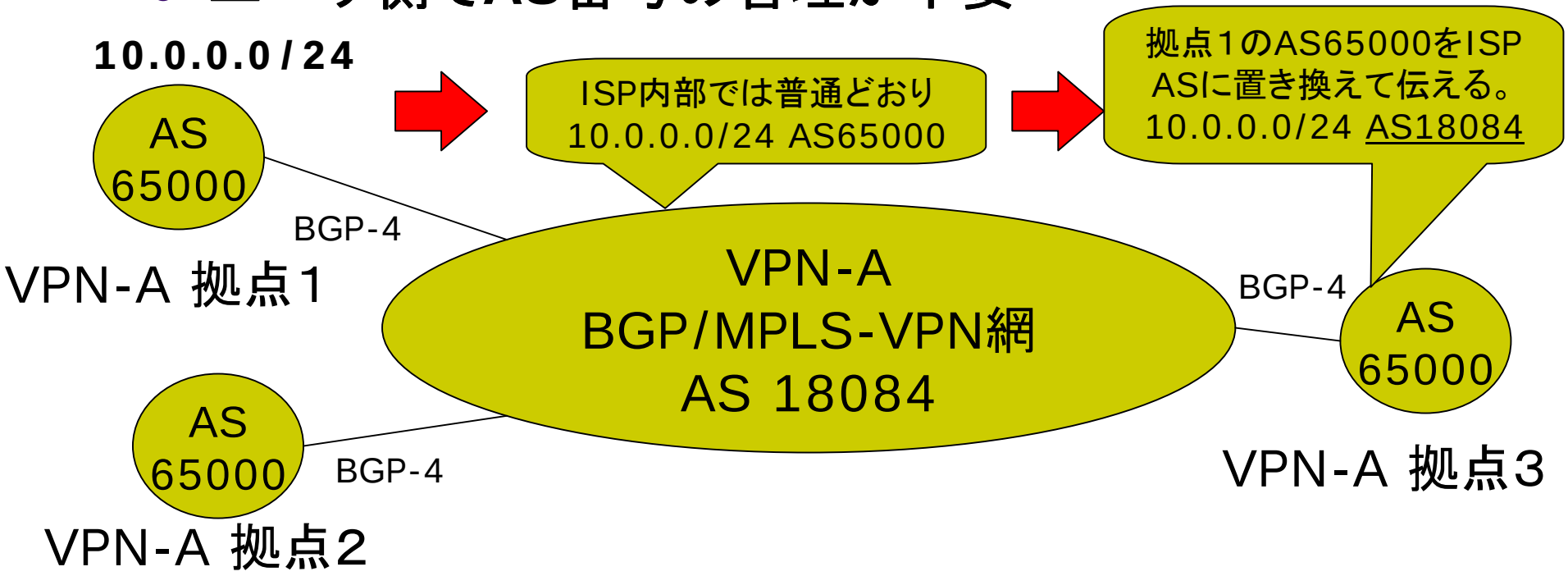
テーブルに
のせる際に
付与
(Export)

BGPテーブル

RD:18084:1(VPN-A)
10.0.0.0/24 RT:18084:1(Export)
10.0.1.0/24 RT:18084:1(Export)
RD:18084:2(VPN-B)
10.0.0.0/24 RT:18084:2(Export)
10.0.1.0/24 RT:18084:2(Export)
RD:18084:3(VPN-C)
10.0.0.0/8 RT:18084:3(Export)
.
.
.

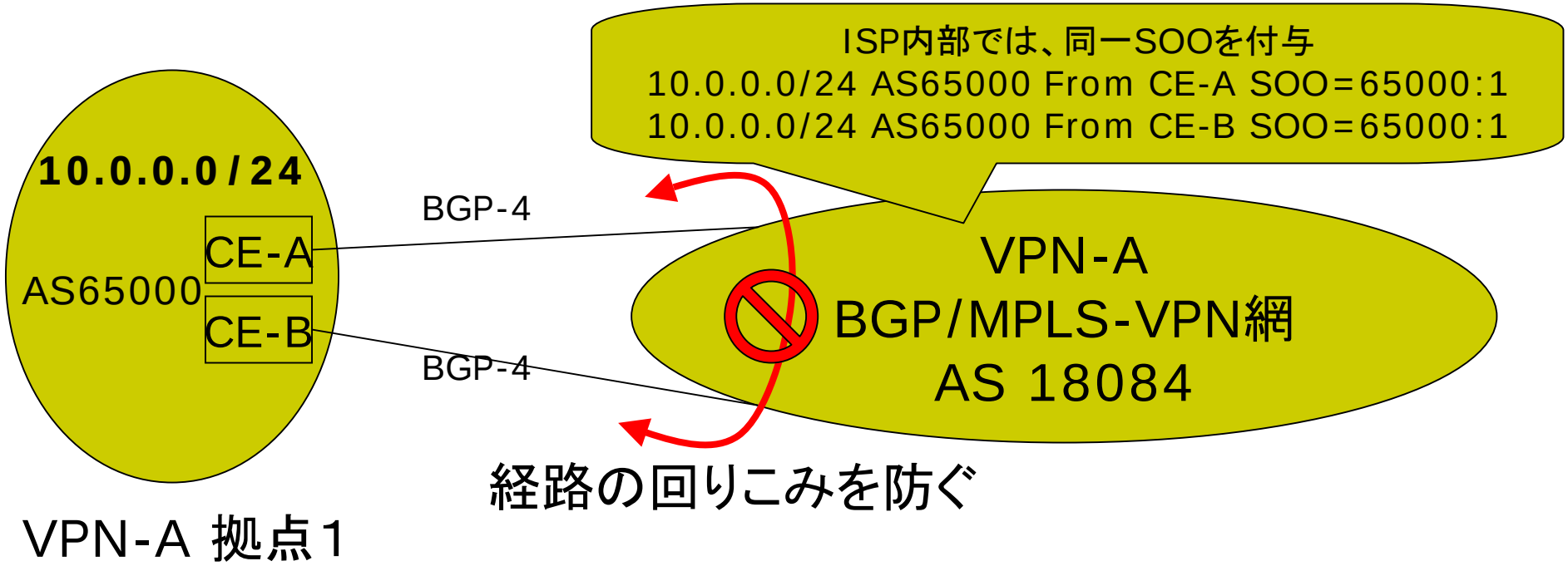
AS Override

- 同一VPN内で複数の拠点で同一のAS番号を用いてPE-CE間を接続するための技術
- ユーザ側でAS番号の管理が不要

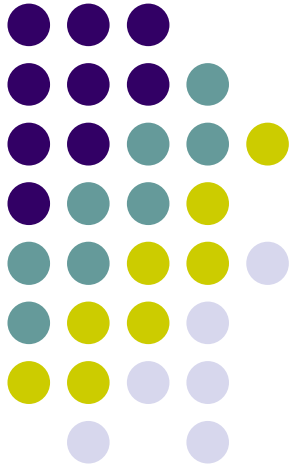


SOO(Site Of Origin)

- **AS Overrideと併用され冗長構成拠点の同一AS間のループを防ぐ**
- **RTと同じExtend Communityの一つ**



VPNにおけるQoSの提供



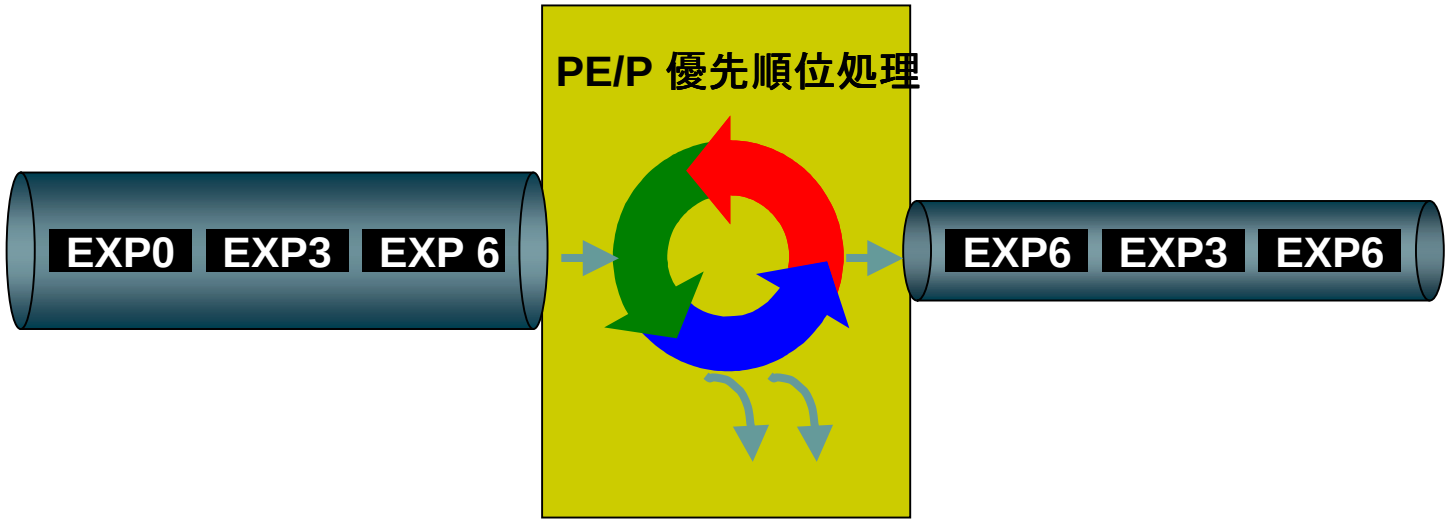
VPNにおけるQoSの提供

- 現在、VPNサービスの付加価値としてQoSの提供が進んでいる。

- JitterやdelayにVoIPやテレビ会議、画像のリアルタイム転送などのアプリケーションをVPNに統合したい。

VPNにおけるQoSの提供

- MPLS ヘッダーのEXPフィールドを使ってClassわけを行い、すべてのP/PEで優先順位に基づいてパケットフォワーディングを行う



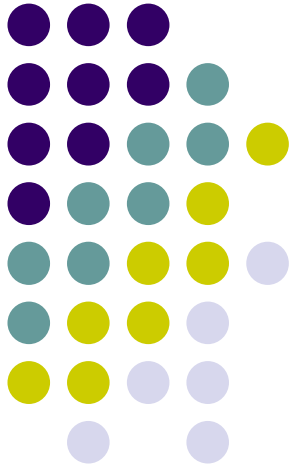
WRED/WFQ の処理によって、場合によっては低いプライオリティのパケットは廃棄される。

WRED:Weighted Random Early Detection
WFQ : Weighted Fair Queuing

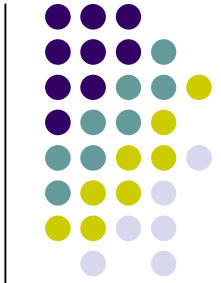
VPNにおけるQoSの提供

- サービス提供者の管理体制
  - SAA (Service Assurance Agent)をつかって、POP-POP,またはEND-to-ENDの品質を管理
  - SNMPの情報でQueueの使用率や状況を確認
  - SNMPの情報を使って、Ingress/Egressのポートの状況を管理
  - SNMPの情報を使って、バックボーンの回線利用率を管理

BGP/MPLS-VPN設定例



Cisco PEルータConfig例



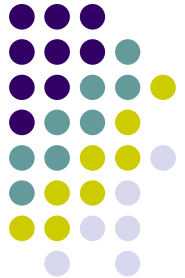
- **VPNの定義**

```
ip vrf VPN-TEST
 rd 203.100.1.1:1
 route-target import 18084:1
 route-target export 18084:1
```

- **インタフェースのVPNへ括り付け**

```
Interface Serial1/0/0
 ip vrf forwarding VPN-TEST
 ip address 10.0.0.1 255.255.255.252
```

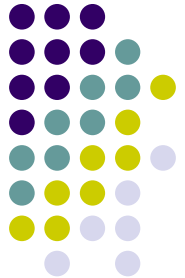
Cisco PEルータConfig例(Cont.)



- **mpBGP部分の設定(CEルータStatic)：抜粋**

```
router bgp 18084
 no bgp default ipv4-unicast
 neighbor 192.168.0.1 remote-as 18084 →他PEルータ向けPeer
!
 address-family ipv4 vrf VPN-TEST       →VPN用設定
 redistribute static
 no auto-summary
 no synchronization
 exit-address-family
!
 address-family vpnv4                    →route-target情報用
 neighbor 192.168.0.1 send-community extended
!
```

Cisco PEルータConfig例(Cont.)



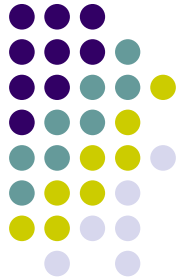
- **VPN用Static設定**

  ip route vrf VPN-TEST 10.0.0.0 255.0.0.0 Serial1/0/0 10.0.0.2

  ip route vrf OTHER-VPN 10.0.0.0 255.0.0.0 Serial1/1/0 10.0.0.2

- **VPNが異なれば同じアドレスでも設定可**

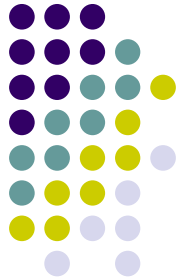
Juniper PE Router Config例



- VPNの定義

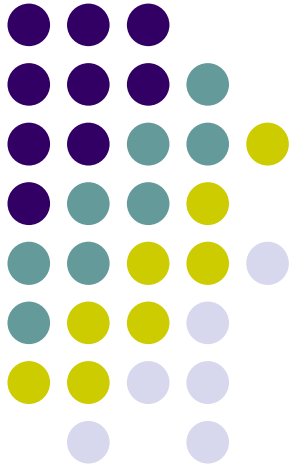
```
routing-instance{
  VPN-TEST{
    instance-type vrf;
    interface t1-0/3/0.0;
    route-distinguisher 203.100.1.1:1;
    vrf-import VPN-TEST-import;
    vrf-export VPN-TEST-export;
    routing-options {
      static{
        route 10.10.10.0/24 next-hop 203.100.254.2;
       }
      }
     }
    }
```

Juniper PE Router Config例 (cont.)



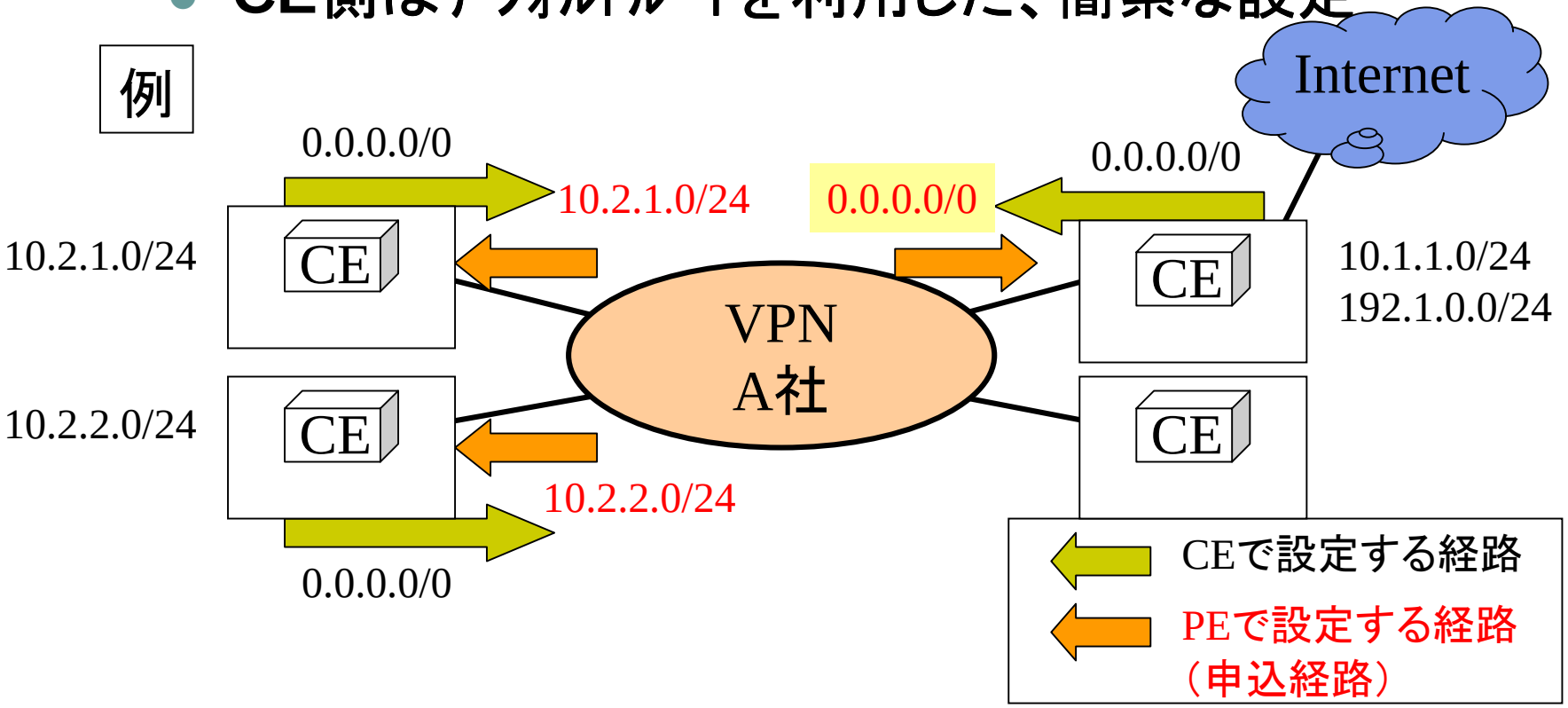
```
policy-options {
    policy-statement VPN-TEST-import {
        term 1 {
            from community VPN-TEST-import;
            then accept;
        }
        term 2 {
            then reject;
        }
    }
    policy-statement VPN-TEST-export {
        term 1 {
            from protocol static;
            then {
                community add VPN-TEST-export;
                accept;
            }
        }
        term 2 {
            from protocol direct;
            then {
                community add VPN-TEST-export;
                accept;
            }
        }
        term 3 {
            then reject;
        }
    }
    community VPN-TEST-export members target:813:1;
    community VPN-TEST-import members target:813:1;
```

BGP/MPLS-VPNユーザ構築例



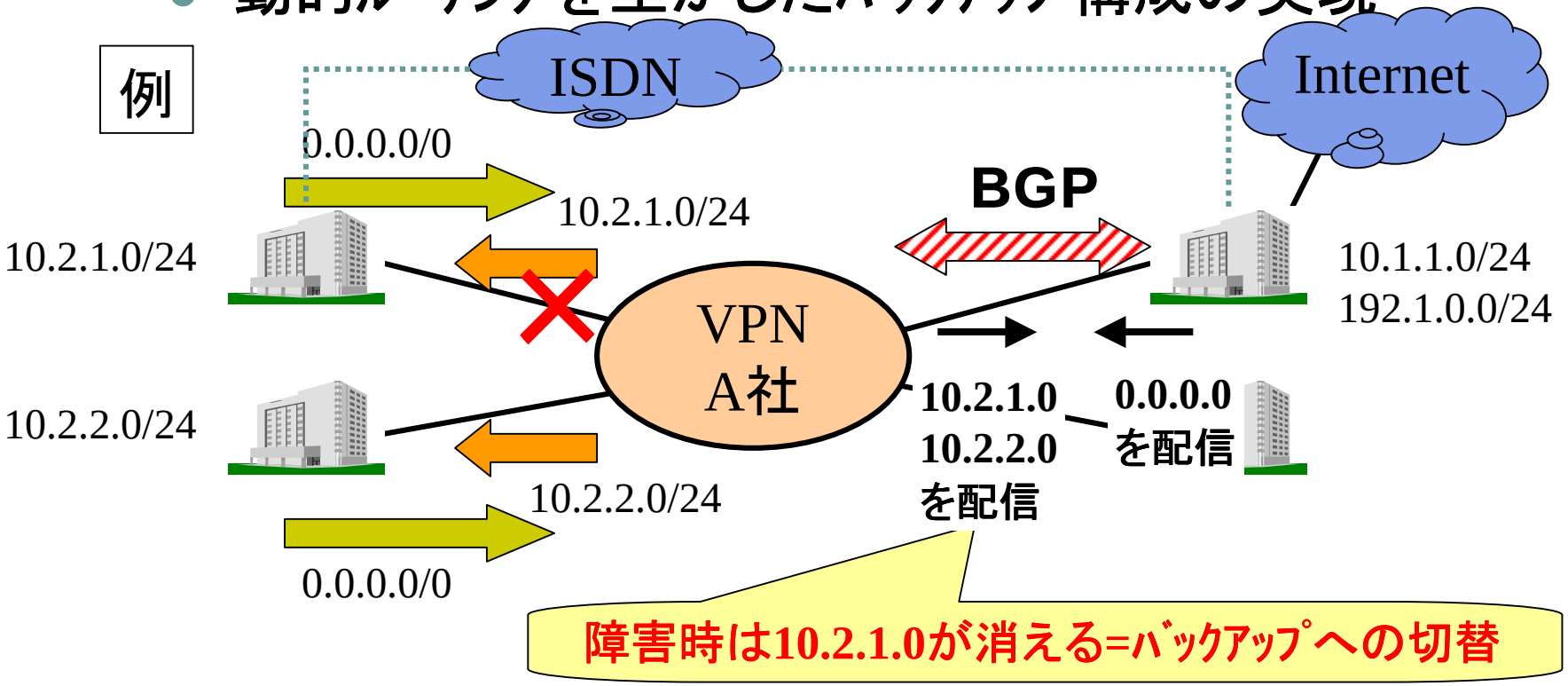
MPLS-VPNユーザ構築例

- Staticの考え方・・・主に拠点向き
  - CE側はﾃﾞﾌｫﾙﾄﾙｰﾄを利用した、簡素な設定

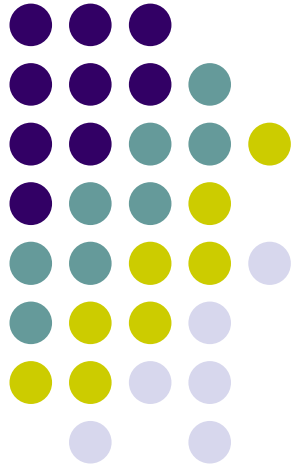


MPLS-VPNユーザ構築例

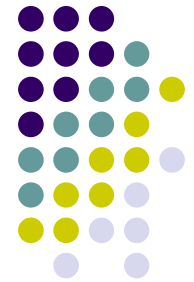
- BGPの考え方・・・主にｾﾝﾀ向き
  - 動的ﾙｰﾁﾝｸﾞを生かしたﾊﾞｯｸｱｯﾌﾟ構成の実現



BGP/MPLS-VPNまとめ (実際と新技術)



BGP/MPLS-VPN技術の実際



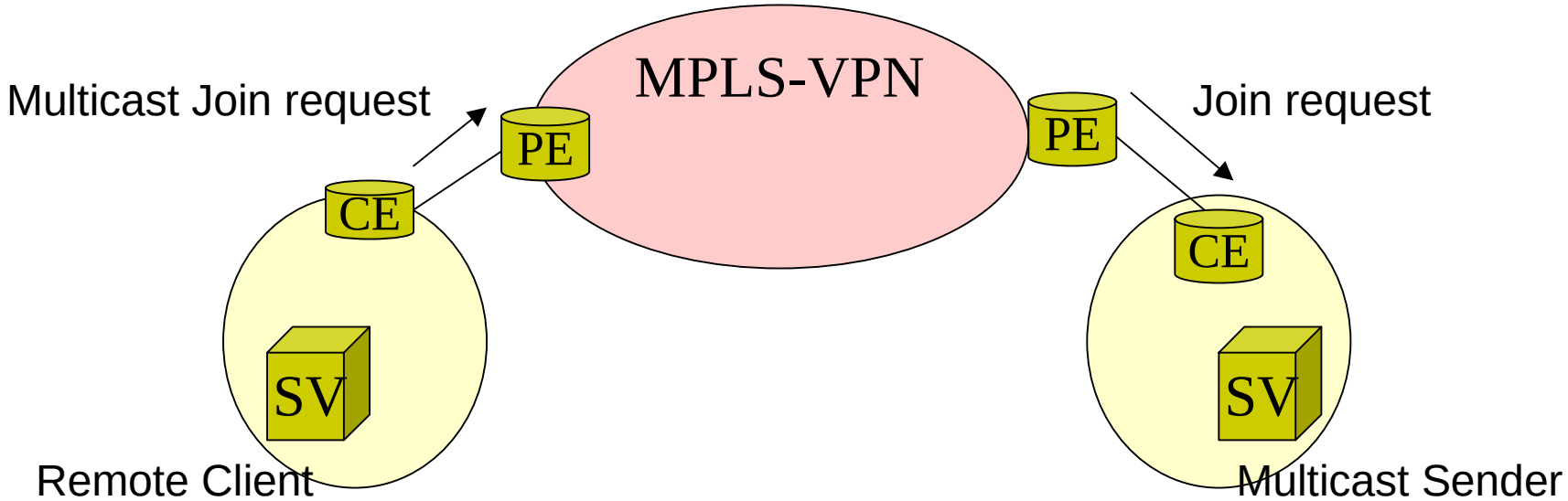
- Informational RFCからdraft-ietf-l3vpn-rfc2547bis-01.txtにて改定中
- 現在、L3VPN-WGにおいて、Provider Provisioned Layer3 VPNをサポート
- Cisco社中心から、現在では、複数のメーカの実装が出ている。
- 同じMPLSを使ったVPN技術としてVR方式やルーティングのアウトソーシングを受けないLayer2 MPLS-VPN, EoMPLSなど新しい技術がどんどん現れ、IP-VPNを実現するための唯一の解ではなくなっている。

BGP/MPLS-VPN技術の実際

- ISP内部の設計に関しては、バックボーンは軽くなったが、エッジルータはVPNをハンドルするため負荷がかかる傾向
- ISPにてルーティングのアウトソーシングを受けるためISPとしては、経路数が莫大に増える可能性
  - 1VPN*1000経路×200VPN=20万経路！
  - リフレクタを分ける、PEルータ収容を分ける、BGP Peer構成を分ける等のスケーラビリティ対応要

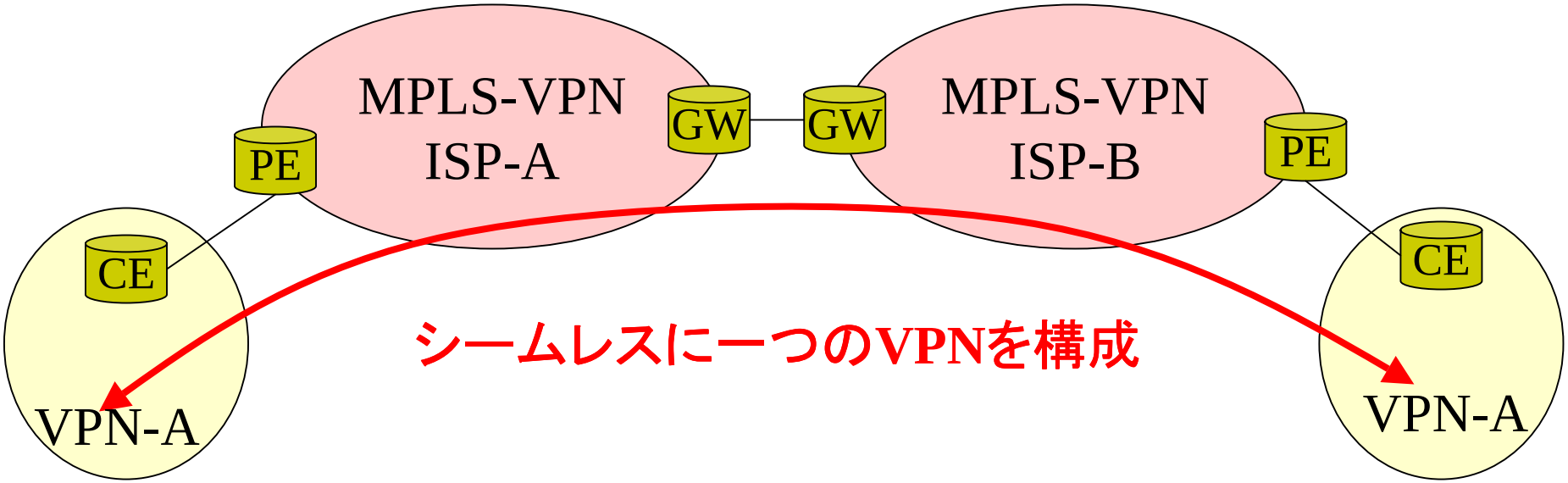
BGP/MPLS-VPN関連の新しい技術

- **Multicast over MPLS-VPN**
  - **Multicast PIM-SMをVPNユーザ単位に分けで機能を提供**
  - **ユーザは個々に独立したMulticast網として利用可能**
  - **限定される設定や機能がまだ多い**



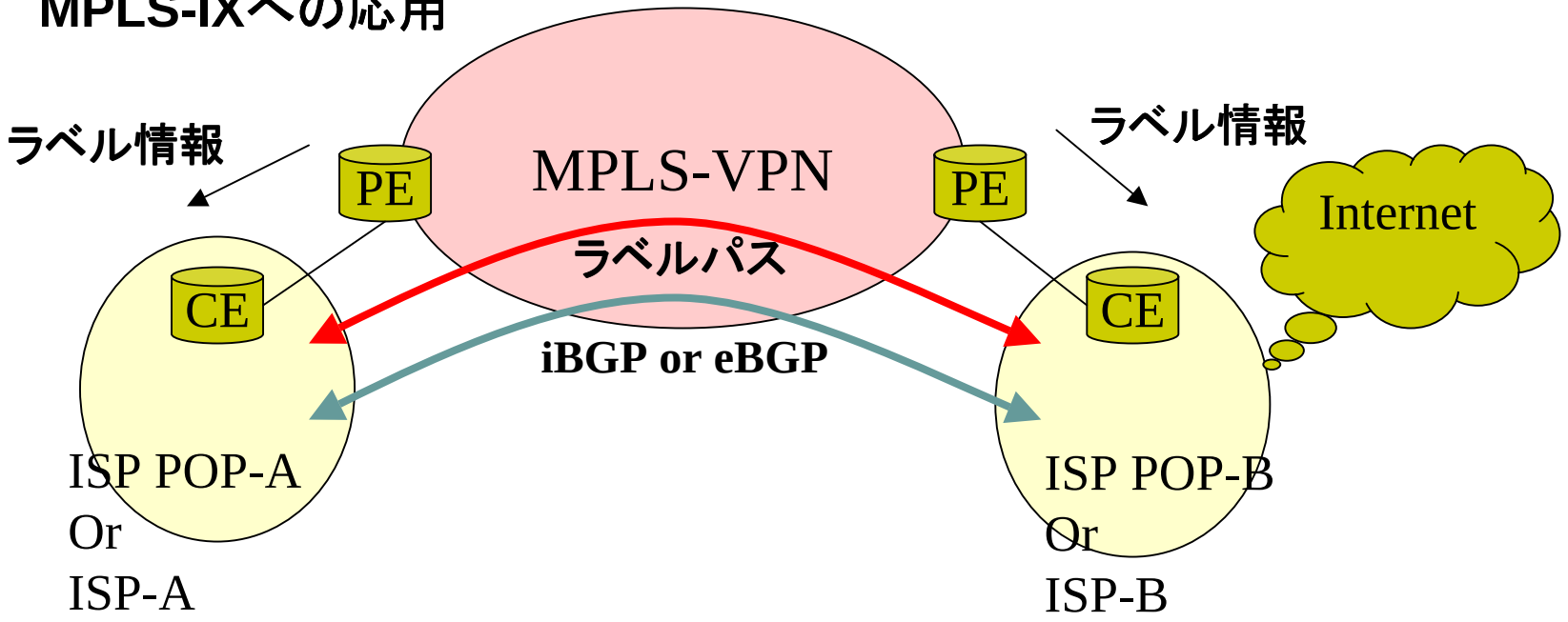
BGP/MPLS-VPN関連の新しい技術

- MPLS-VPN事業者間接続
  - Inter-mpls-vpn機能を使ったMPLS-VPNのeBGPによる事業者間接続
  - 複数のキャリアをまたがって一つのVPNを実現する技術
  - ISP間は、3つの接続Optionがある(draft参照)。



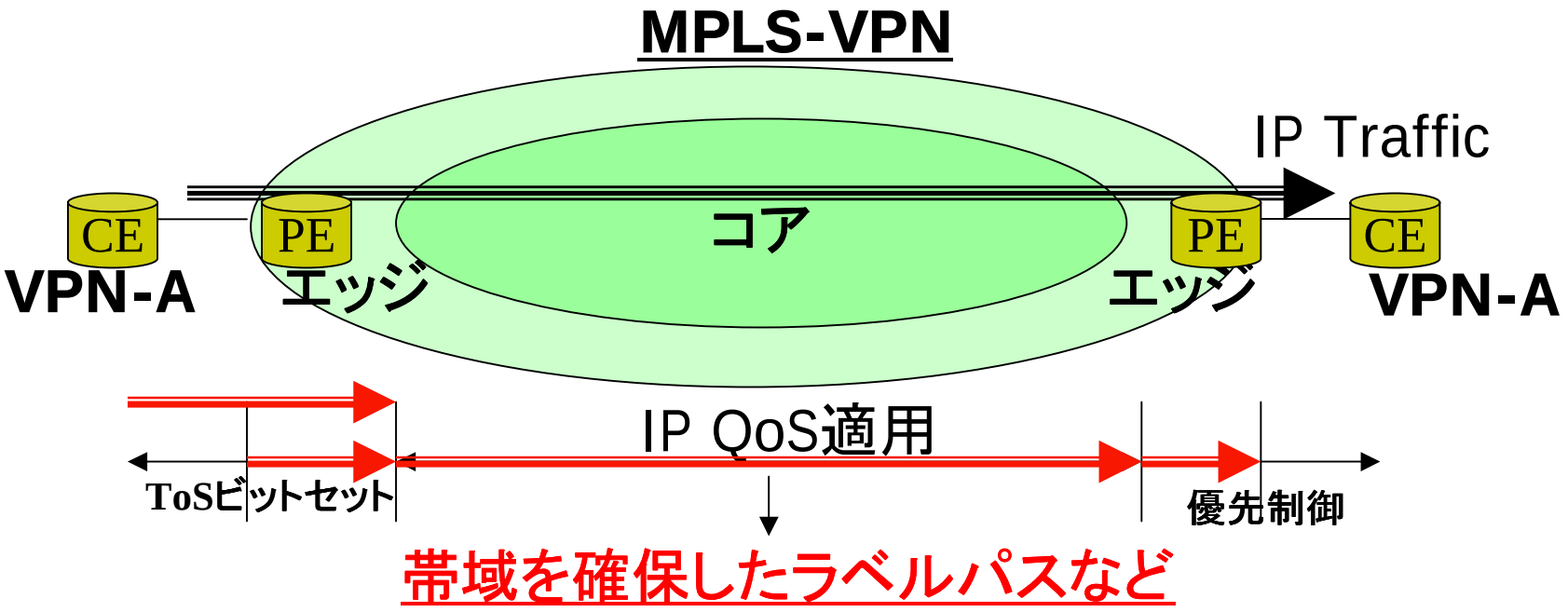
BGP/MPLS-VPN関連の新しい技術

- Carrier's Carrier機能
  - IP-VPNを使ったISPバックボーンの構築
  - 既存のIPネットワークをMPLS-VPNの統一プラットフォーム上に実現できる。
  - CEルータでもMPLSを設定しラベルパスをCEから張る。
  - MPLS-IXへの応用



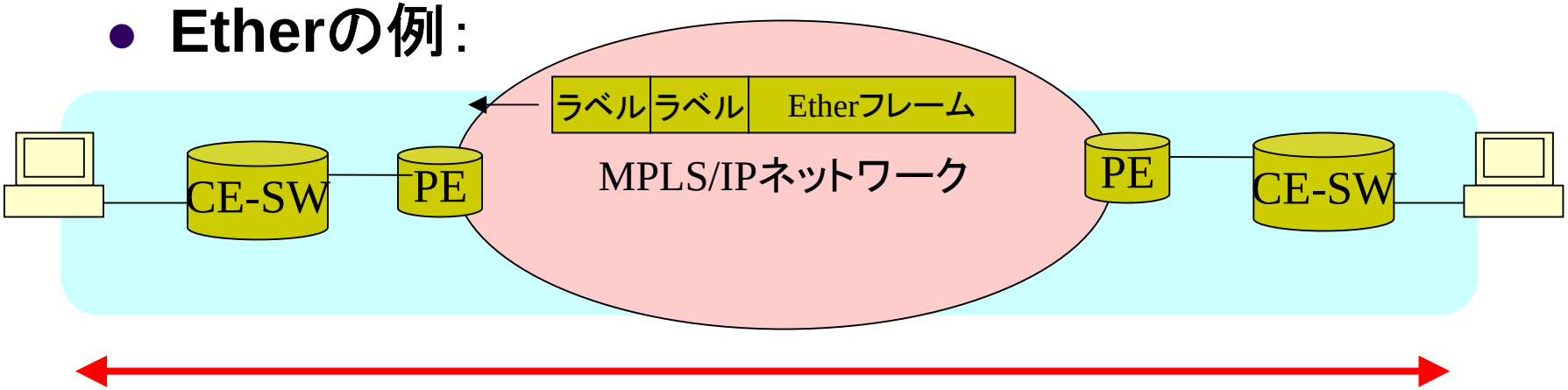
BGP/MPLS-VPN関連の新しい技術

- MPLS-VPNとTraffic Engineeringとの組合せ
  - 特定のVPNに対してTEの機能を適用して、バックボーンを含めたQoS(MPLS-Diffserve, Diffserv-aware-TE)やFRR(FastReroute)等の機能を提供



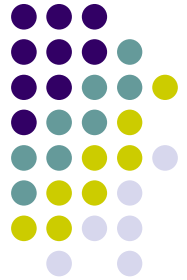
参考：Layer2 VPN

- IPネットワーク上で、レイヤ2フレームを転送する技術
  - Ether/ATM/Framerelay/SDH：VPW(Wire)S, VPLS
  - BGP/MPLS-VPNと組み合わせてさらに多様なVPNの実現が可能となる。
- Etherの例：



同一セグメント、1つのLANに見える
VPLS(Virtual Private LAN Services)

L3VPN まとめ



- BGP/MPLS-VPNとは
- BGP/MPLS-VPNの動作概要
- BGP/MPLS-VPNのラベルパス決定方法
- BGPにおけるVPN経路情報
- BGP/MPLS-VPNにおけるQoSの提供
- BGP/MPLS-VPN設定例
- BGP/MPLS-VPNユーザ構築事例
- BGP/MPLS-VPNまとめと新技術