ISPバックボーンネットワークにおける経路制御設計　～実践編～

吉田友哉 yoshida@ocn.ad.jp
NTTコミュニケーションズ(株)

全般

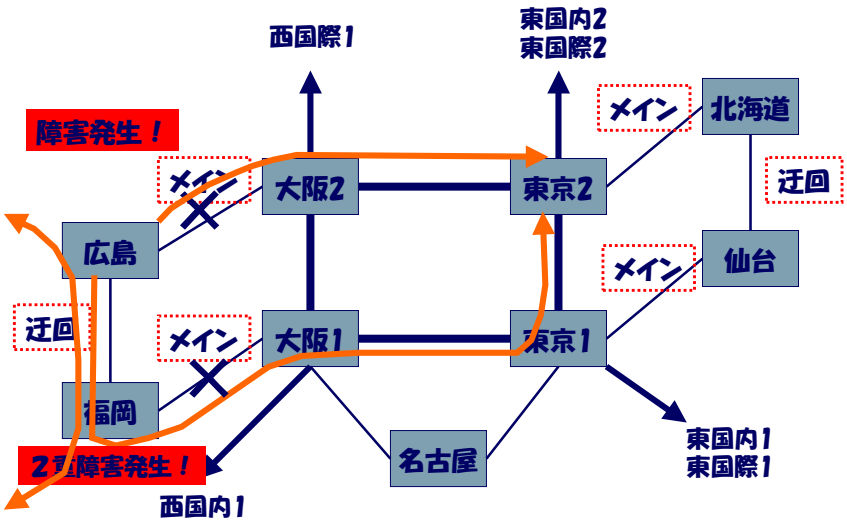
- ネットワーク設計の基本事項
- トポロー情報と経路情報
- アドレス設計
- N+1設計/N+M+1設計
- その他

ネットワークの経路制御設計

ネットワークを流れるトラフィックをどうさばくか
→ 必要な帯域をどうやって確保するのか(ピークトラフィックを救済)

- 各POPのトラフィック
  - 地方のPOPからのトラフィックは、一番近い東京・大阪のメインPOPにもってくる
    障害時は、あらかじめ設定してある迂回路にて救済
  - そもそもどこがPOPか？
    - トラフィックの多い地域をPOPとして立ち上げていく
- 国内ISPとのトラフィック交換
  - 大きなISPとはPrivatePeerを基本、落ちたらIXを利用、もしくはPrivate内で
    救済。他のISPはIXをメイン。最後は海外トランジットに
- 海外トランジット
  - 均等に2つの上流をうまく使い分ける
  - あるいは、コストの安い上流をメインとし、切れた場合には他に回す
- 2重故障もある程度考慮にいれて設計するのが望ましい
  - 冗長をとっている2回線とも、という場合にはどうしようもないが、例えば迂回し
    たその先での故障などの場合も考えながら

ネットワーク設計



シミュレーションソフトを使って実施することも可能

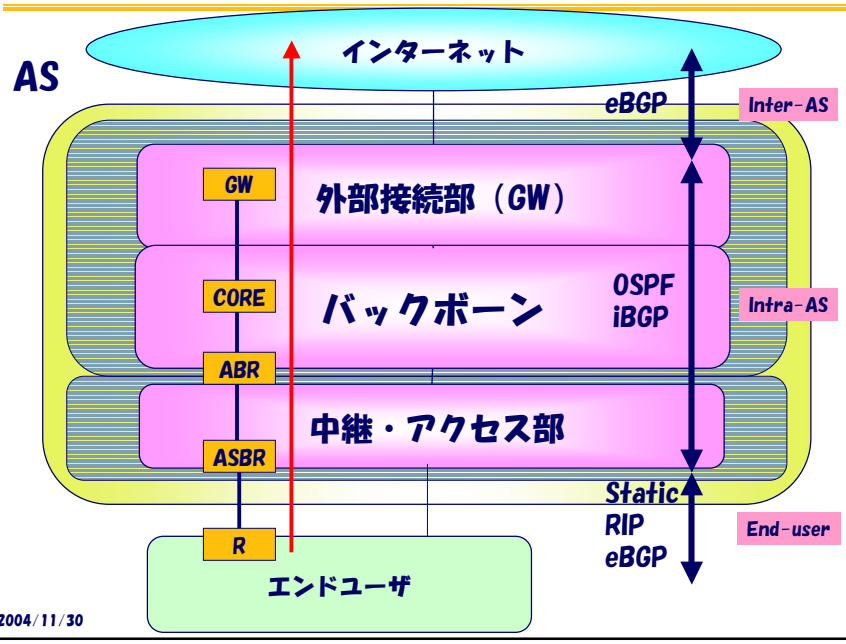
ネットワーク設計(基本)

- 信頼性(冗長性の確保)
  - 装置、ノード、リンクレベルの冗長化、負荷分散
  - ファイバー経路の異経路分散
  - 同機能相当の装置は分散拝眉をする
  - 電源系統の分散
- 品質
  - 必要な帯域をきちんと確保する
  - 装置単体、装置間における品質の確保
- 運用性
  - 容易にトラブル対応が可能な，物理的，論理的にシンプルな構成
  - 多段構成，HOP数の削減 → 今はルータの性能も上がってきたので，HOP数はそれほど影響しない(実質ナノミリsecオーダレベル)
- 将来性・拡張性
  - 新しいサービスや、新たなPOP、張り出し等の拡張に対応可能なネットワーク

ネットワークの規模・階層的構造

- 中規模・大規模なISPネットワーク
  - 物理ネットワーク
    - 外部から複数の上流経路を受信し，国内のピアも十数以上
    - GWは複数台，それぞれeBGP接続を複数本
    - 主要な地域はPOPになっている
    - COREルータや境界ルータは基本は2重化構成
  - 論理ネットワーク
    - IGPはOSPFメイン，EGPはBGP
    - 内部のTopology管理はOSPF，経路情報の管理はBGP(OSPF)
- 階層的構造に沿ったルーティングの設計
  - AS間 [eBGP] — inter-AS
  - AS内 [OSPF/iBGP] — intra-AS
    - 外部接続部(GW)
    - バックボーン
    - 中継・アクセス部
  - エンドユーザ[static/RIP/eBGP] — End-user

階層ルーティングネットワーク全体イメージ



トポロジー情報・経路情報

- トポロジー情報（ネットワークの地図）
  - バックボーン全体のリンクのつながりを表す情報
  - OSPFのリンクステートデータベース（トポロジカルデータベース）に格納
    - OSPFでは隣接とLSAを交換し，それに基づいてトポロジカルデータベースを作成する
- 経路情報
  - ユーザの経路情報
    - PAアドレス，上流ISPからの経路情報（フルルート/トランジット経路）
  - 基本はBGPにより交換
    - 最近は経路集成はあまり考えない
  - 以下の場合にはOSPFが有効
    - ユーザ経路を簡単にロードバランスさせたい場合
    - 実際にBGPを動かしていないルータから上位に経路情報を渡したい場合

アドレス設計

IPアドレスの設計は(可能な限り)
使用目的別にそれぞれアドレスを区分けする
区分けされた各々のアドレスのaccessabilityを考える
それらを経路集成が可能なように設計

- ネットワークの規模が増せば，よりルーティングネットワークに影響を与えるので、なるべく経路は集成可能なように設計する
  - 各POPやABRで集成(例:area-range, summary-address)
  - ユーザブロックの割り当てプールは連続した割り当てに
- とはいっても，豊富に最初からブロックを確保できないのも事実．現実はけっこう厳しいかもしれないので、可能な限りで実施すればよい
- できる範囲内でうまく → 最近はそれほど経路が細かくなっても，ルータ自体の負荷はあまりきにしなくてもよい
  - ネットワークの規模が大きくなれば，ルーティングに影響を与えるが，そもそもそのぐらいの大きなネットワークであれば，アドレスもあらかじめある程度豊富に確保可能なはず → 規模相応にうまく割り当てが可能となるだろう
  - 逆に規模が小さければ，それほど経路も爆発的に増えることもないので，気にしないでも大丈夫

アドレス設計

- 例えば以下のように分類し、それぞれある程度まとめてアドレスブロックを確保しておく

(1)バックボーンアドレス
  - LBアドレス
  - P2Pアドレス，POP間アドレス
  - バックボーンSWセグメントブロック

(2)ユーザアドレス
  - ユーザが実際に利用するブロック

(3)外部アドレス
  - GWなどで外部と接続する部分のアドレス(実際には (2) に含める)

- セキュリティーの観点
  - Telnetなどのリモートアクセス範囲の明確化
  - 経路広告の範囲の明確化(DOSなど)

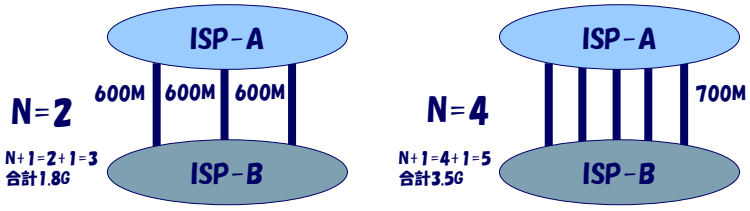
アドレス設計

分類	用途	割り当て	外部への広告	Telnetアクセス
(1)バックボーンアドレス	ループバックアドレス スイッチセグメント point-to-point POP間/POP内セグメント	/32 /27/26 等 /30 /30 等	不要 広告	許可
(2)ユーザアドレス	ダイヤルアッププール DSL用プール 常時接続/ハウジング	/24 等 /24 等 /29/28 /24 等	必要	拒否
(3)外部アドレス	プライベートピア・IX接続 上流ISP接続 (自ネットワークから相手に払い出す場合には，ユーザアドレスに含める)	/30	不要 広告	拒否

ルーティングに必要無いが，外部からの疎通確認などで実際には広報する．またちゃんとアドレスブロックがまとまっていない場合には，経路広報が細切れになってしまうので，実際にはそこまで細かく分けずに広告するのが一般的．範囲の明確化自体は必要

N+1設計

- 実際に流れている帯域に，+1 のN+1回線本数を用意する
  - N=1 の場合には，1+1 = 2本で冗長化
  - N=2 の場合には，2+1 = 3本で冗長化



100%救済を考えると，2GEのトラフィックに対して，3GEの容量を確保する必要がある
→ 3GEは，2GEの1.5倍の量に相当する

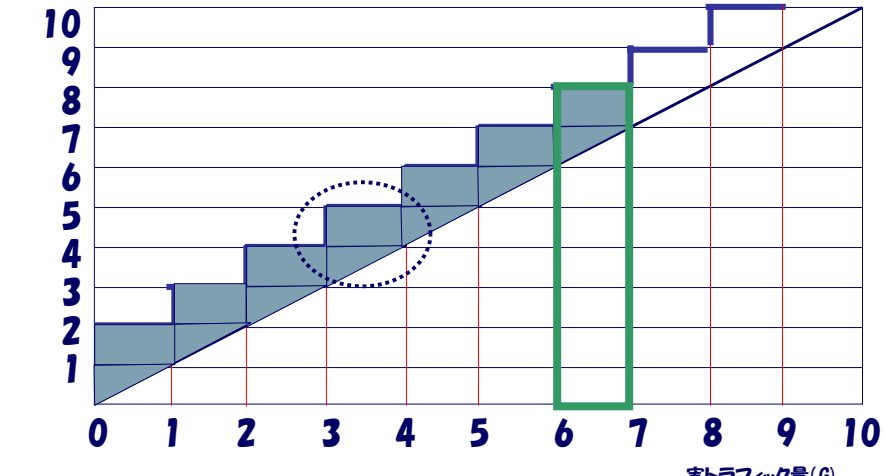
100%救済を考えると，4GEのトラフィックに対して，5GEの容量を確保する必要がある
→ 5GEは，4GEの1.25倍の量に相当する

トラフィック量が増加するにつれて，回線の有効利用が見込める

N+1設計

GE増設による100%救済設計例

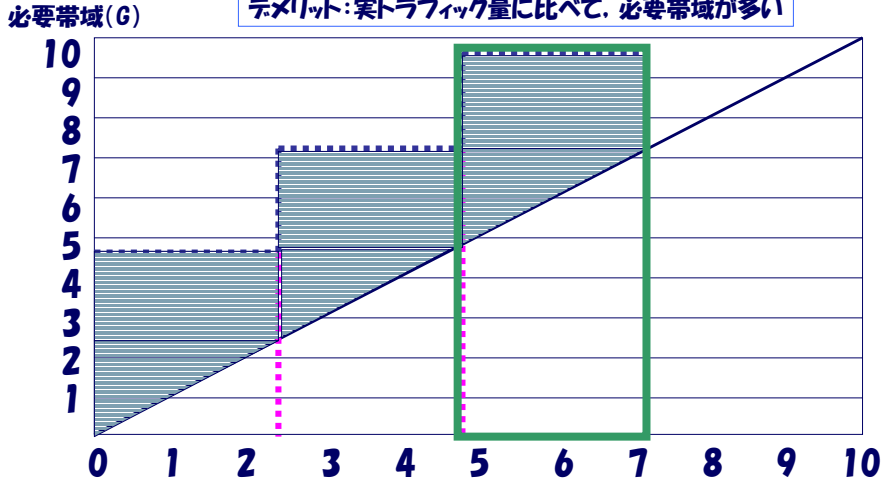
メリット：実トラフィック量が増えるほど，効率的に回線が利用できる
デメリット：増設ポイントが多いため，その都度増設設計が必要



N+1設計

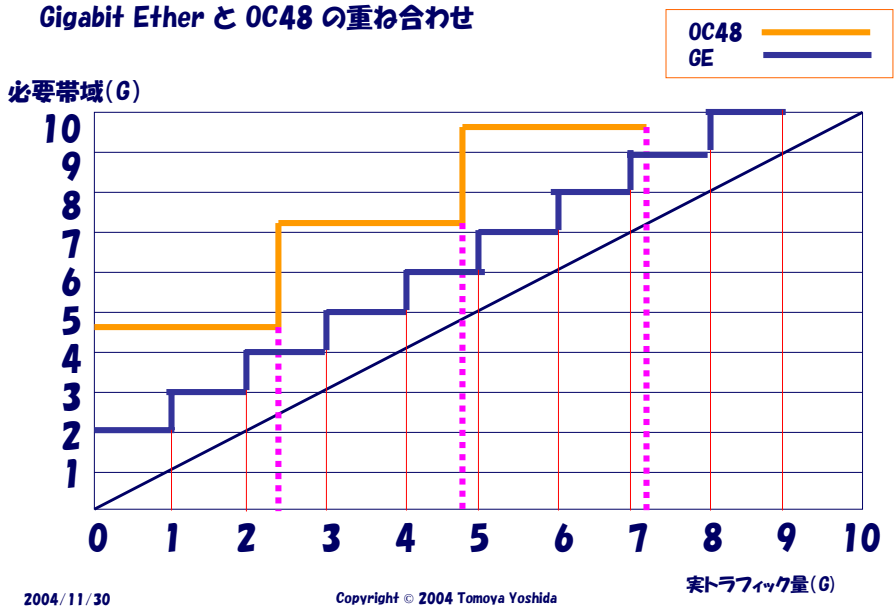
OC48増設による100%救済設計例

メリット：増設ポイントが少ない点は楽
デメリット：実トラフィック量に比べて，必要帯域が多い



N+1設計

Gigabit Ether と OC48 の重ね合わせ



N+1設計

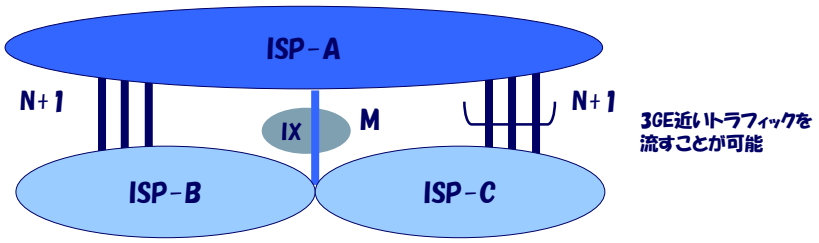
- 需要予測と回線増設
  - 過去から現在までのトラフィック量の伸びのデータをもとに，将来の需要を予測し，プロットした結果を線で結んでみる
  - その上で，どの時期までにどのぐらいの帯域を必要とするかを判断
  - 実際に回線やファイバーを調達する時間を見込んで，最終的にいつまでに増設の判断をして行動に移さなければならないのか，あるいはメディアの変更を考えるべきなのか(GExN → 10GE)の決断

    - GEを6本束ねるようになったら，Operationやルータの収容分散自体も厳しい → 10GEにすべき？
    - でも用意するなら 10GE x 2 これは厳しい・・・ OC48 x 4 なら 7.2GまでOKか・・・ など

N+M+1設計

- N+1に加え、他の接続形態(M)を含めた冗長性の確保
  - N=1、M=1 → N+M+1 =1+1+1= 3(本)
  - N=2、M=1 → N+M+1= 2+1+1= 4(本)

例えばPrivateピア(N)のバックアップにIX(M)を利用
→ バックアップ(M)を他のISPと共用させることが可能
→ N+1で100%救済が確保できない場合などに利用できる
→ 現実的にはIXの回線って浮かしておく余裕はないかも・・・

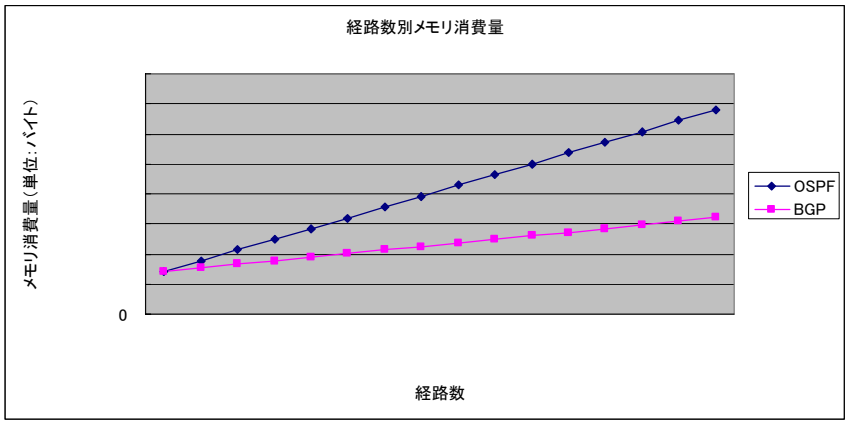


それぞれ+1本用意する必要がないので，合計7本で済む

CPU・メモリ

- 性能が高ければ、それに越したことはない
  - 512M 以上が一般的になってきている
  - どのぐらい必要なのかは，自分のネットワーク環境に近い検証環境をつくってテストする
    - ルーティングエンジンの性能アップで，より効率化されるかも
    - OSPFやBGPの経路数を実網と同じ値，あるいはプラスαの経路でテストを実施

OSPF・BGP メモリ消費量(例)



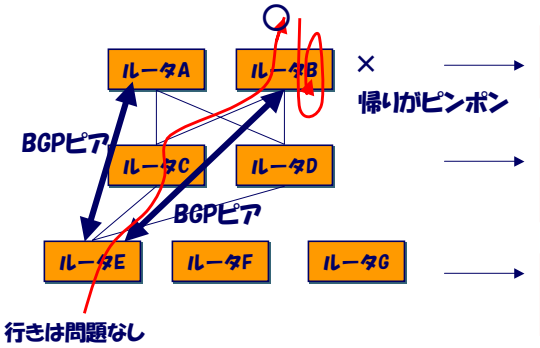
OSや機種によっても，消費量は異なるので，それぞれの組み合わせで
自分にあった環境で検証する必要がある

Loopback

- 装置自体が落ちない限りは生きている仮想インターフェース
  - 通常は/32
- 全ルータに付与するのが望ましい
- OSPFやBGPでは特に重要になってくる
  - OSPFのルータID
    - IDが変わってしまうと，LSAの交換を再度やり直し → 非常にまずい
  - BGPのピアはloopbackではるのが基本
    - インターフェースでピアをはると，たとえ回線を冗長していても，そのインターフェースが落ちると即BGPピアも断になってしまう
  - eBGPから受信した経路のnext-hopにも利用
- ルータへの各種アクセス制御で利用するのが一般的
  - telnet access
  - snmp access （MIB，Trap）

論理網と物理網

- ルーティングトポロジーと論理トポロジーの構造は一緒にしておくのが望ましいだろう
  - トラブル時における対応が容易になる
    - このルータが落ちれば，論理的にも落ちる
  - 極端に異なっていると，運用自体が複雑に
    - この場合には，どういう風に経路が流れるんだっけ・・・など



ルータEから下部の経路を
BGPピアにより受信している

ルータCは，OSPFのDefaultに
従ってルーティングしているため，
上位に投げ返してしまう
→ピンポン発生

ルータEは，ルータAとルータBに
BGPで経路配信をしている．
上位向けはOSPFのデフォルト

OSPF設計

- エリア設計
- リンクの数
- DR/BDR
- コスト設計
- 内部経路・外部経路
- Defaultルートの広告
- 経路数
- OSPFの安定性
- その他

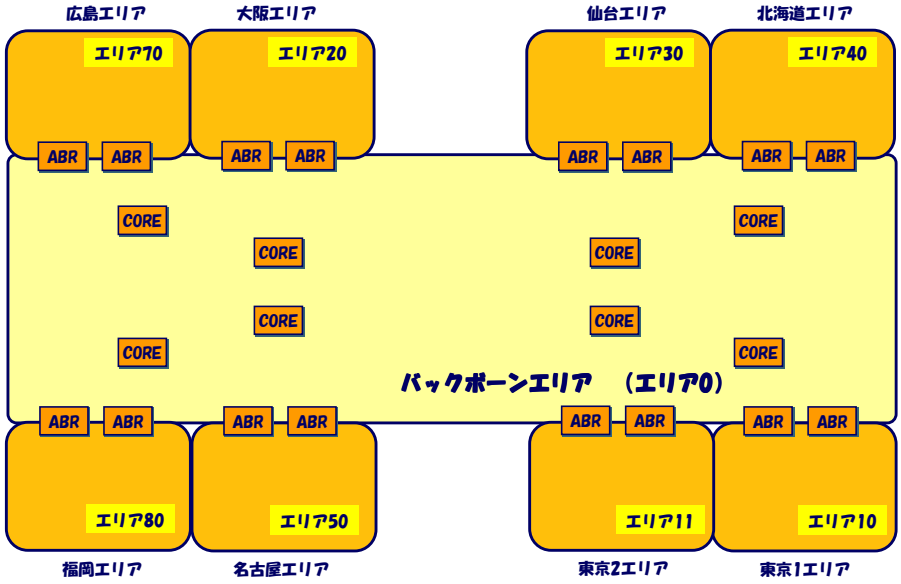
OSPFの動きの基本

- OSPFの動き(流れ)
  - リンクステートパケットを隣接ルータ間で交換
  - それをもとに，LDSB(トポロジカルデータベース)を各ルータが作成
  - そのデータベースから，ダイクストラのSPFアルゴリズム(ダイクストラ法)を用いて，自分を頂点とした最短パスツリーを作成
  - そのツリーをもとに，ルーティングテーブルを作成
- 自分を頂点としたリンクステート(トポロジカル)データベースをそれぞれのルータが保有しているので、ある個所で障害が発生しても，あらかじめ保持してるLSDBからすぐにそれぞれのルータが再計算可能．収束も非常にはやい
  - RIPなどは，ルーティングテーブルのアップデートを，30秒ごとに隣接へ伝達しているので，その点OSPFは非常に高速化されている

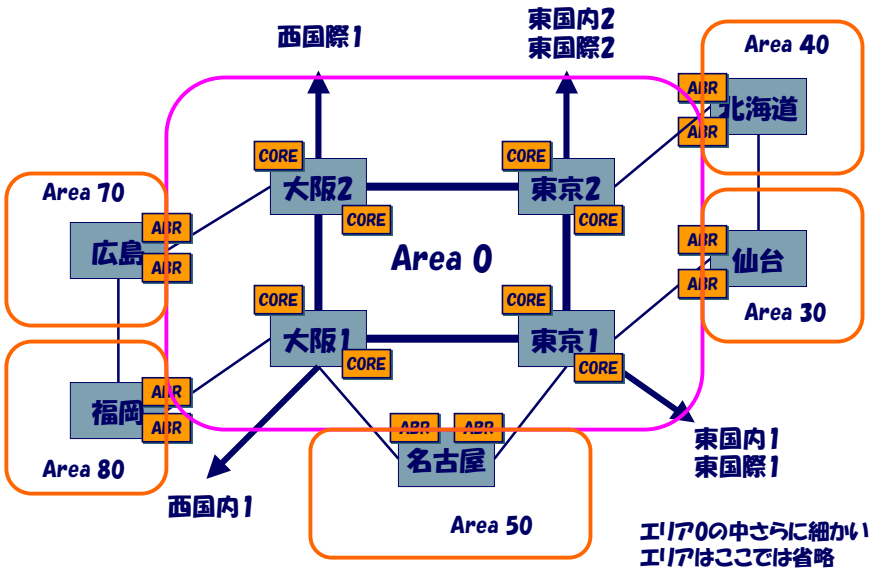
エリア設計

- まずは，エリア0(バックボーンエリア)を中心に考える
  - どこをエリア0にすればよいのか？
    - 鉄道を例に考えると，新幹線の走っている主要な駅をエリア0
    - それ以外の，ローカルな路線エリア(京葉線や中央本線など)は，エリア0にぶらさがる各エリアとする
    - ネットワークのコアとなる部分がエリア0となる
    - エリア0以外のエリアは，全てエリア0を介して接続する
    - エリア0に各エリアがぶら下がるような構成になる
- むやみにエリアは増やさない
  - エリア0はどんどん肥大化していくので注意が必要
  - エリア分けをする必要がなければ、あえてしない
- 1エリアにはABR(エリア境界ルータ)は2台(以上)
  - ABRが落ちると、そのエリアが全滅という状況は絶対に避ける

エリア設計



エリア設計



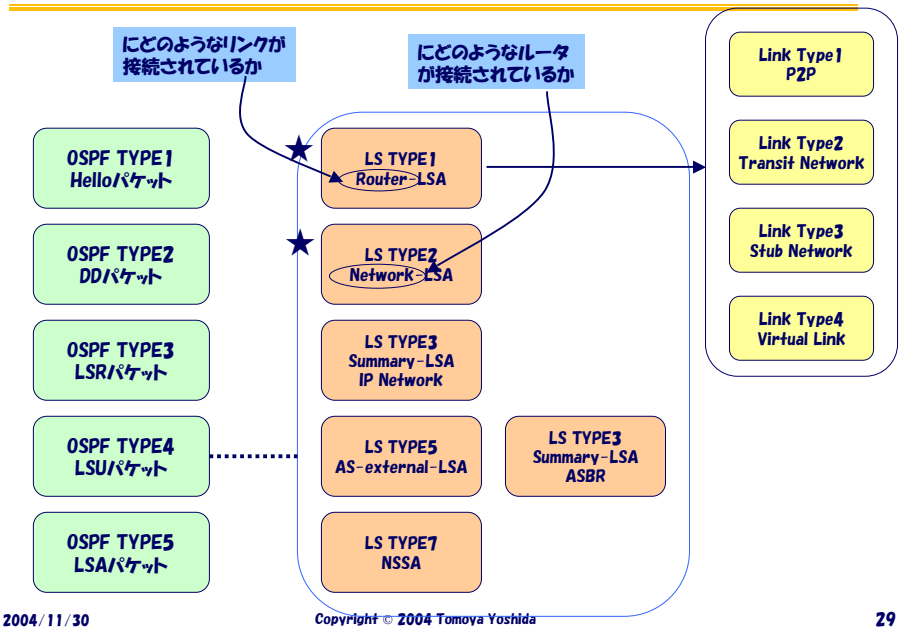
1つのエリアに置けるルータの台数

- 一概には言えません　が、
  - ネットワークのTopologyやリンクの数などにかなり左右される
  - 数十台程度なら，大抵1エリアでおさまるだろう(経験上)
    - ただ，これもあくまで一般論で，それぞれ事情は違う
  - OSPFの収束時間が以前に比べて長いと感じている場合
    - そろそろエリアを分割、あるいはエリア0の台数を減らすなどの対応
  - ルータの性能は侮れない
    - 処理能力の高いルータと，そうではない非力なルータとでは，随分と差がある
  - 参考書や文献は、あくまで指標にすぎない(実は結構古い)
    - Halabi：50台までだろう．60台や70台は避けるべき
    - Moy：1991年に多くて200台といったが，ベンダによっては，350台というところもあるし，50台やそれ以下というところもある
  - 実際には，色々動かしながら試行錯誤していく
  - エリア0の肥大化には注意

リンクの数

- point-to-pointとSWセグメントをバランスよく
  - むやみにpoint-to-pointのフルメッシュなどを増やすと，LSDBが増大してしまう可能性がある
    - そのルータにはどのようなリンクがつながっているのか
    - 1つのルータに属する同一エリアのリンク数が多いと、1つのRouter-LSAパケットに含まれるリンクの数が多くなり、肥大化
  - SWセグメントについては、DRがNetwork-LSAを生成
    - ネットワークには，どのルータがつながっているか
    - パケットフォーマットが単純で、DRがそのネットワーク内でneighborとなる各ルータをattachしていく

OSPFパケットの種類



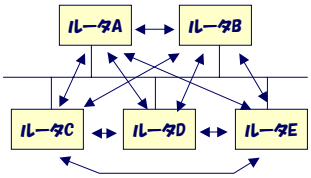
OSPFv3

- 大抵のalgorithm等はOSPFv2を継承。ネットワークの設計も概ね同じと考えてよいだろう(規模相応に)
- OSPFv2との違いは、RFC2740 Section2を参照
  - OSPFv3では、IPv6のアドレス空間の拡張を考慮して、よりsimpleな設計思想に帰着している
  - Authentication フィールドの除外 → IP_AH、IP_ESP
  - Neighbor 等はlink-local-addressを適応
  - Link-LSA (type8) の追加 → local-link での flooding
  - Intra-Area-Prefix-LSAの追加
    - Router-LSAs and Network-LSAs を運ぶ
  - LSAの名前の変更
    - Type-3 summary-LSAs → Inter-Area-Prefix-LSAs
    - Type-4 summary-LSAs → Inter-Area-Router-LSAs
  - Link state ID
    - 単純に、同一ルータで生成される複数のLinkStateパケットを区別
    - 例えば、最初のlink-state-id = 0.0.0.1、2番目 = 0.0.0.2 といった感じになっている

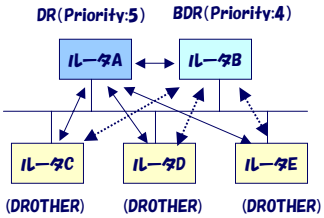
DR/BDR の設計

- DR/BDRは，処理能力の高いルータ，もしくはそれほど仕事をしていないルータにやらせる
- 絶対にDR/BDRにしたくないルータは，Priorityをはじめから0にセットしておく

DR/BDRがない場合



DR/BDRがある場合



Ciscoの場合には，priority = 1 がデフォルト

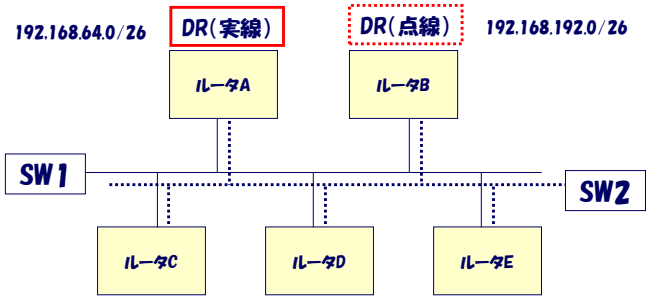
Priorityが低くても，最初に立ち上がったものがDRになってしまうので注意

DR/BDR の設計

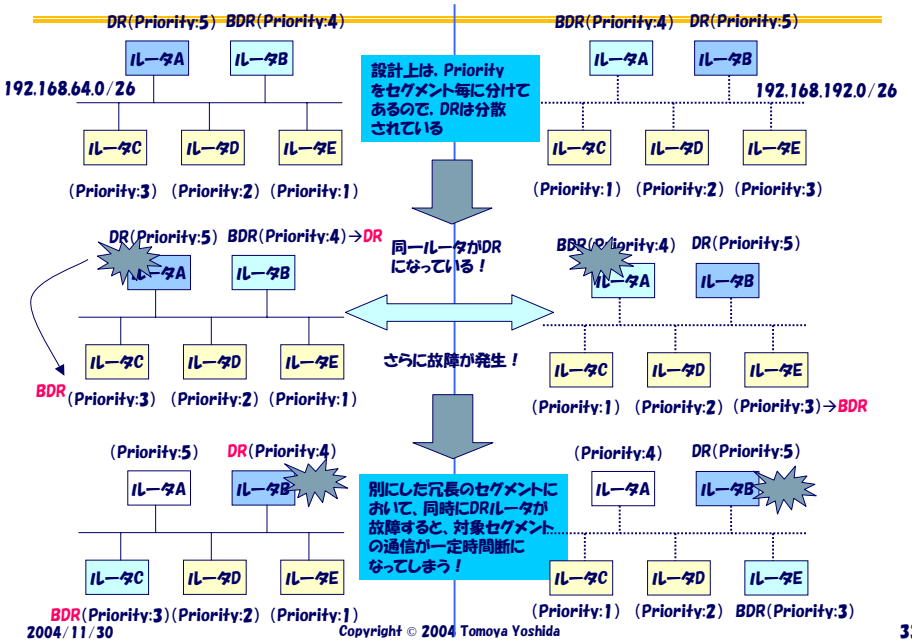
SW1とSW2で，2重化の冗長構成をとっている場合

→ DRやBDRをそれぞれのセグメントで分けて付与したい

- → SW1のセグメントでは，ルータAをDR
- → SW2のセグメントでは，ルータBをDR



ルータの故障でDRは重なる



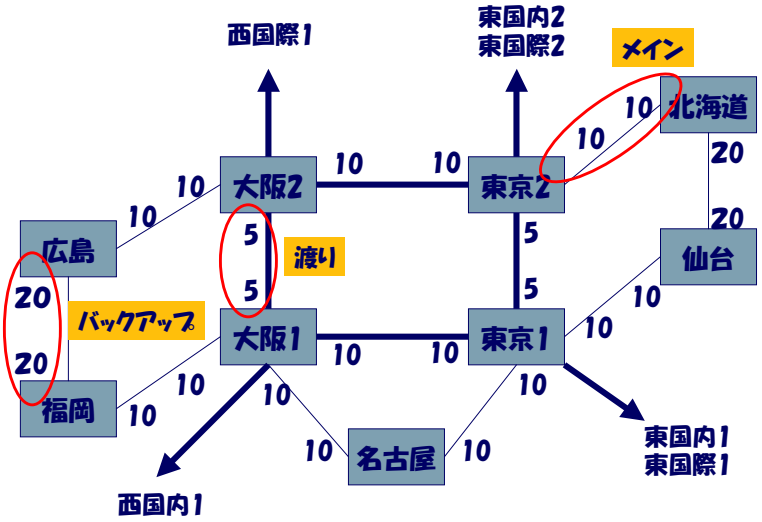
コスト設計

- ネットワークの設計ポリシーが前提（物理トポロジーを含めた）
  - どのリンクを普段メインで使うのか
  - イコールコストマルチパスにするのか，0/1 にするのか
  - あるリンクが落ちた場合には，どこで救済させるのか
    - POPが全断することを想定して，違うPOPで救済させる？
    - あらゆるパターンを想定して考えなければならない → シミュレーションを行う
- メイン回線を小さく，バックアップをそれよりも大きな値で
  - あまりにも値かけ離れていると，ぐるっと回ってしまう
  - 値は多少余裕のある設計にしておく
    - 緊急避難で，一時的に迂回させる
    - どうしようもない場合に，微妙に調整した場合
- ネットワークのトポロジーが複雑だと，非常に難しくなるので，シンプルな構成で，シンプルなコスト設計が望ましい
- ある程度体系的なポリシーを決めておく
  - 当てはまらない場合には微調整

渡り接続回線: :5
メインの回線: :10
バックアップの回線: :20

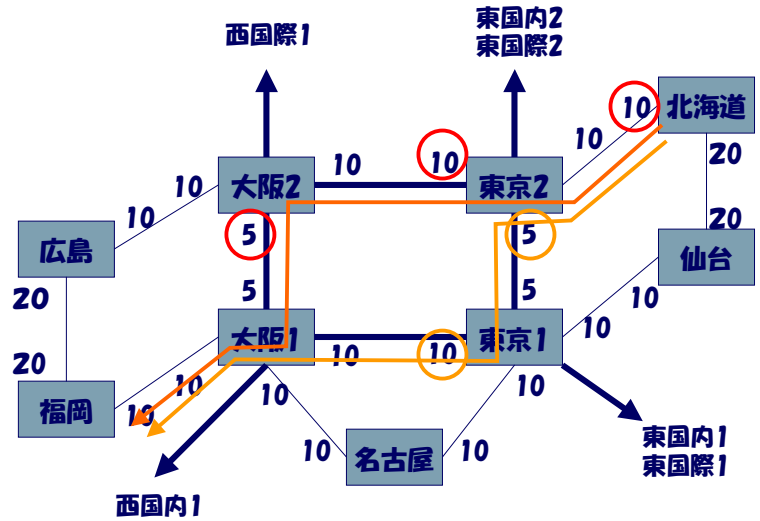
コスト設計

渡りが5，メインが10，バックアップが20



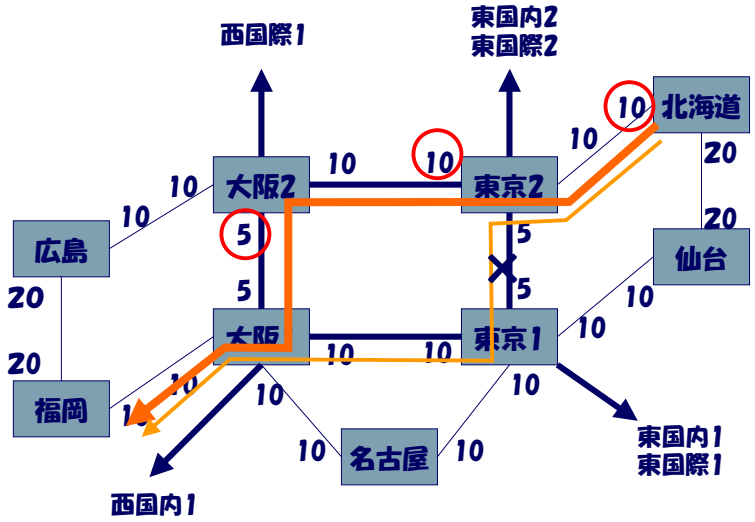
コスト設計

北海道から福岡への通信
→東京・大阪のスクエア部分は異経路分散，大阪1から福岡へ



コスト設計

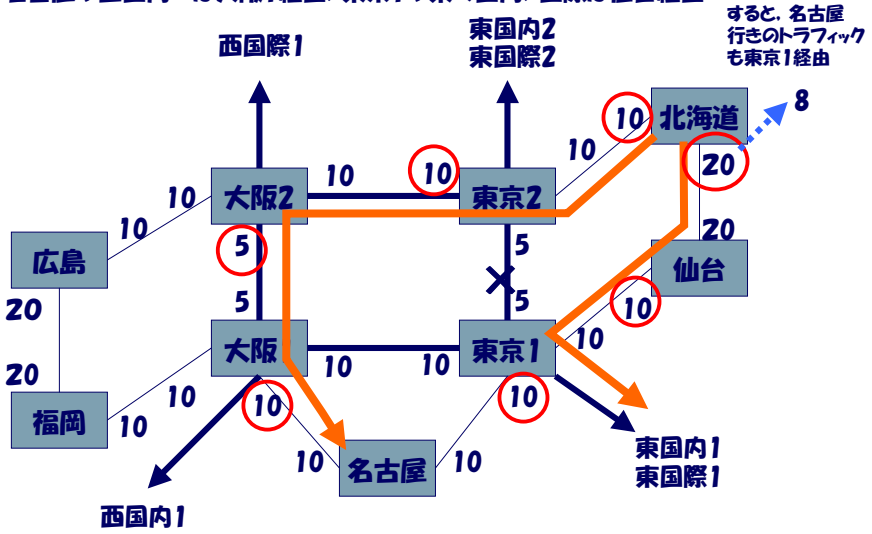
東京1と東京2のリンクがきれた場合 → 全て大阪2経由



コスト設計

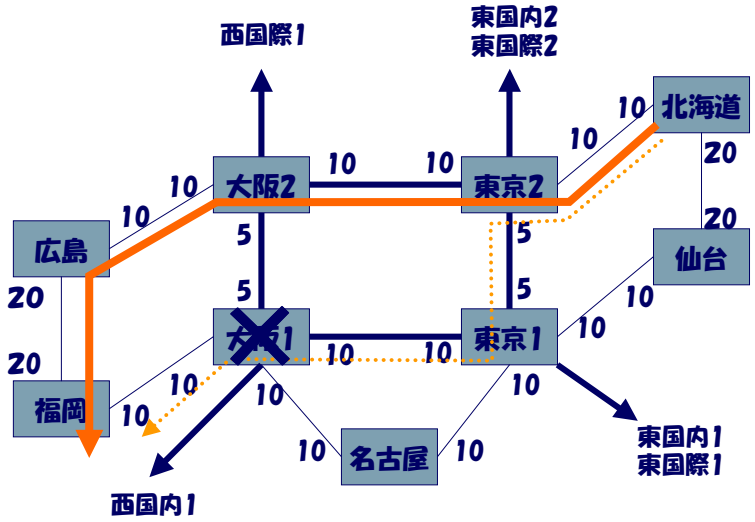
このとき，北海道と仙台のリンクが細い場合などは，
名古屋や西国内へは大阪1経由，東京1や東の国内，国際は仙台経由

これを8などにすると，名古屋行きのトラフィックも東京1経由



コスト設計

大阪1が崩壊 → 大阪2から広島経由で福岡へ



コスト設計(まとめ)

- ポリシー決め
  - 物理構成とトラフィックに基づいて，どこがきれたらどう迂回させるのか
  - 用意できる回線や帯域に依存してしまう場合もあるが・・・
- あまり複雑な設計はしない
  - オペレーションしやすい設計は大切
  - ある場所が故障した際に，あまりに複雑な救済経路にしない
  - 行きと帰りは基本は一緒にする(運用性)
    - わざと行きと帰りの経路をわける場合もあるが
- 思わぬ事態が
  - 設計どおりに実際いかない場合がある
    - 故障時に，想定していたパスとは違うパスに流れ込んでしまった・・・
    - その都度見直し

OSPFの内部経路・外部経路

- 内部経路(Internal経路)
  - OSPFのトポロジーデータベースを構築し，それをもとに経路計算を実施する
  - 全てがネットワークの地図(トポロジー情報)把握することになる為，多くなればなるほど再計算をする際にルータの収束に影響を与える
- 外部経路(External経路)
  - Internal経路のように，複雑な経路計算は出来ない
  - ただし，経路に変化があった際にも，OSPFデータベースの再計算を行わないため，負荷は軽い

OSPF内部経路

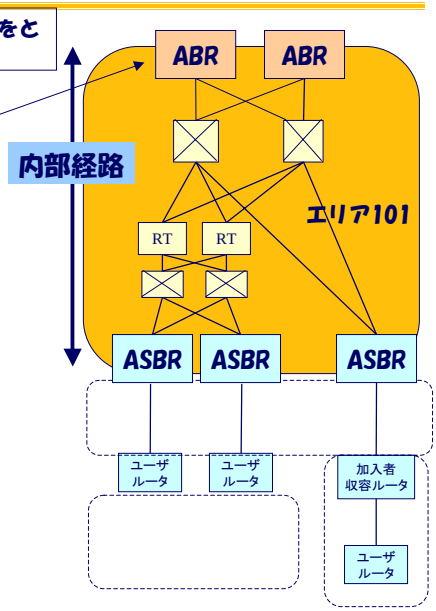
ASBRから上位は，トポロジーの冗長構成をとるためInternal経路である事が必須

■ Ciscoの場合

```
router ospf 2004
area 0 authentication
 area 101 authentication
 network 172.16.32.10 0.0.0.3 area 0
 network 172.16.32.14 0.0.0.3 area 0
 network 10.0.255.129 0.0.0.0 area 101
 network 10.101.1.64 0.0.0.15 area 101
 network 10.101.1.80 0.0.0.15 area 101
```

■ Juniperの場合

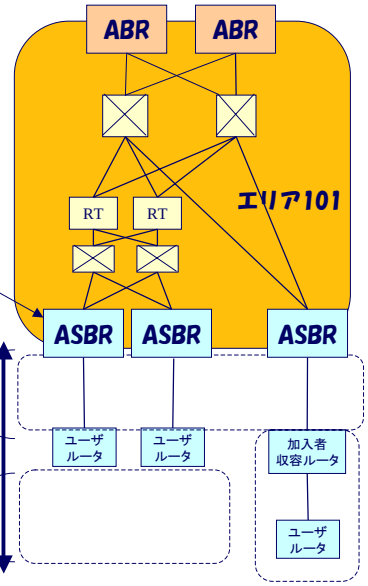
```
protocols {
 ospf {
    area 0.0.0.0 {
        interface so-0/1/0.0;
        interface so-1/1/0.0;
    }
    area 0.0.0.101 {
        interface lo0.0;
        interface so-2/1/0.0;
        interface so-2/2/0.0;
    }
  }
}
```



OSPF外部経路

■ Ciscoの場合

```
router ospf 2004
 redistribute connected subnets route-map c-to-ospf
 redistribute static subnets route-map s-to-ospf

ip route a.a.a.a b.b.b.b c.c.c.c
access-list 80 permit 10.0.0.32 0.0.0.3

route-map s-to-ospf permit 10
 set metric 1
 set metric-type type-1

route-map c-to-ospf permit 10
 match ip address 80
 set metric-type type-1
```



ASBR下部（1重化で/30）は，connected経路を上位に再配信すればOK

Networkコマンド + passive → Internal

ユーザルータ下部（ユーザアドレス）はstatic経路を生成し，それをOSPF Externalにて配信

外部経路

OSPFのデフォルトルートの広告

○デフォルトルートの広告とは・・・

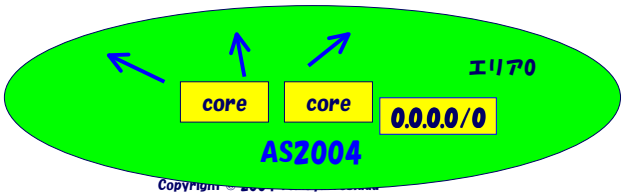
フルルートを保有していないルータが，フルルートを保有しているルータにルーティングできるように設定するもの

★パケット破棄能力にすぐれた中核のルータ等から配信するのが望ましい
→ 宛先のない経路に対してのパケットは全てデフォルトに向かってくる！

★BGPのフルルートなどが必要ない部分は，デフォルトルートを活用すべし

■ Ciscoの場合

```
router ospf 2004
 default information originate always metric-type 1 metric 5
```



OSPFのデフォルトルートの広告

■ Juniperの場合

```
protocols {
 ospf {
      export DEFAULT-ORIGINATE;
      }
}
policy-options {
   policy-statement DEFAULT-ORIGINATE {
      term 1 {
         from {
            protocol static;
            route-filter 0.0.0.0/0 exact;
         }
         then {
            metric 5;
            external {
               type 1;
            }
            accept;
         }
      }
      term 999 {
         then reject;
      }
   }
}
routing-options {
   static {
      route 0.0.0.0/0 discard;
   }
}
```

→ Protocol, OSPFの部分で，何をexportするのかを定義する．ここでは，「DEFAULT-ORIGINATE」

→ 「DEFAULT-ORIGINATE」の中身を定義

protocol が static で
0.0.0.0/0 に exact match した場合のみ
metric 5, external type-1 で広告

それ以外は，reject

→ Static route の生成
→ discard = null0

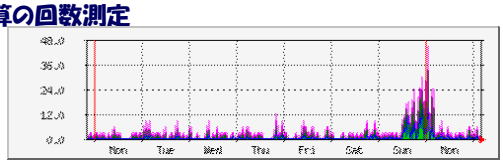
OSPFの安定性

- どの程度の規模まで現状のまま耐えられるか？
  - ルータの機器，メモリ量，CPU，ネットワークのトポロジーなど，色々な要素があるので，ケース・バイ・ケースというのが正直なところ
  - 検証をするにしても，何十台もルータをかき集めて同じ環境を作ってやるのは不可能

  - ある程度経験則を頼りに設計し，実網を監視していくしかない
  - 参考ドキュメント
    - OSPF Anatom of an Internet Routing Protocol
      - J. Moy (January 1998) RFC著者
    - OSPF DESIGN GUIDE
      - Bassam Halabi (April 1996)
        - インターネット・ルーティング・アーキテクチャーの著者

OSPFの安定性

- LinkStateパケット交換で負荷がけっこうかかる
  - neighborが確立されるのに時間がかかる
  - show ip ospf neighbor で見ても，DRとBDRに対して，Statusがしばらくfullにならない・・・
- 何故か不安定な事象がおこっている
  - Dead timer 値が30秒をかなり下回っていることが多い・・
    - 10秒ごとにHELLOをなげているので，落ちているということになる(別の原因かもしれない)
  - バグっていう事もよくある
  - 疑問に思ったら，ベンダやメーカに問い合わせをしましょう
- 普段からの確認
  - MIBによる，OSPFの再計算の回数測定
  - MRTGへのグラフ化



危ないと感じたら・・・

- 機器の性能をUpgradeしてみる
  - バージョンアップやメモリ増設で，劇的に改善される場合もある
  - なるべく，メモリをつんでおくのは悪いことではない
- 1エリアの台数を削減したり，リンクを減らす → LSDBの縮小化
  - 一定の性能のルータを並べている場合には，1台の大容量なルータに集約してしまう and 帯域を太くしてまとめて行く(序所に)
- 他の方式を検討
  - むやみにOSPFにのっけている人は，BGP化する → static-to-bgp
  - その他
    - Confederation
    - IS-IS化
    - OSPFのプロセスを分ける

その他

- エリアの表記
  - エリア0に関しては，0と表記すれば，自動的に0.0.0.0と解釈されるが，エリア1と書くと，ベンダによっては，
    - Area 0.0.0.1（ベンダA）
    - Area 1.0.0.0（ベンダB）

    の2通りの解釈があるので，ちゃんとエリア0.0.0.1 と書くのがよい
- ABRで，loopbackはどっちのエリアに属したらよいの？
  - エリアの中にいれておくのがいいでしょう
    - エリア0の孤立時に，通信断になってしまう

OSPF設計まとめ

- エリア設計
  - Area0を中心に設計し，序所に拡大していく
  - 1エリアに配置するABR（エリア境界ルータ）は，2台がよいでしょう
  - 1エリアに何台置けるかは，一概には言えない
    - ルータの性能やそれぞれのネットワークにおける挙動は異なる
    - CPUが落ち着くまでの時間が肥大していくようなら，台数を減らしたほうがよいだろう
- リンク数
  - あまりむやみに増やすような設計はさけたい
  - point-to-point とSWセグメントをバランスよく
- メモリ
  - OSPFはBGPよりも消費量が多いので、注意が必要
- DR/BDR
  - DRルータは，かなりの負荷がかかるので，そのセグメントにおいて処理の少ないルータや，処理能力の高いルータにやらせるのが基本
  - SWセグメントでは，同一ルータが，同じ冗長構成をとっている別SWセグメントのDRを兼任してしまわないように設計する
    - Priority設計
    - 運用での修正（DRがかさなった場合には，interfaceの開閉で対応可能）

OSPF設計まとめ

- コスト設計
  - 迂回路も含め，どのようにトラフィックをさばくのか，まずはポリシーをしっかりと決めることが大前提
  - あまり複雑な値や経路にはしない
  - 基本は，行きと帰りの経路を一緒にして，運用やトラブル時の対応をなるべく簡易にするのが望ましい
- 経路／経路数
  - なるべくエリアごとに経路が集成できるようなアドレス設計
  - External経路でも，それなりに数が多くなってくると不安定要因となるので注意
- デフォルトルート
  - デフォルトルートで用が足りる部分は，うまく活用しましょう
  - パケット破棄に強いルータを選定しましょう
- 何かおかしいと思ったら
  - 機器のUpgradeを検討
  - メーカやベンダへ問い合わせる
  - 他の方式を検討するのも価値がある
- 運用
  - 日頃から，MIBなどを用いて観測しておく（経路数なども）
- OSPFv3
  - 概ねIPv4と同じと考えればよいが、変更点に注意しながら、規模相応に設計する

BGP設計

- BGP設計の基本事項
- BGPポリシー設計
- iBGP設計
- その他

BGP設計

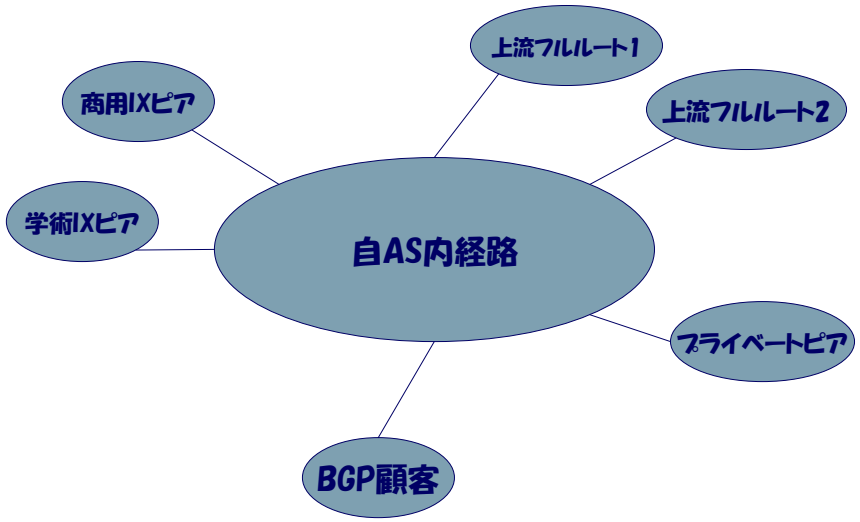
- AS内，AS間において，どのようなポリシーで，最適に，スケーラブルにBGP経路を配信させるか
  - 外部ASから何の経路を受信するのか，どのような優先性を与えるのか
    - 受信ポリシー
  - どのピア先に対して，何の経路を，どのように広告するのか
    - 広告ポリシー
  - 自AS内経路は，どうやって配信するのか
  - 外部から受信した経路はAS内部にどのように伝播させるのか
    - iBGPをフルメッシュにはるのか？リフレクタの階層構造を用いるのか？
  - AS内全体に一律に経路を配らない場合には、どこに対して何を配信したらいいのかを考える
    - COREやGWの必要保有経路は？ABRはフルルート必要？
    - BGPユーザの階層では？
    - 非BGPユーザの階層では？
    - 細かいことを考えずに、全てにフルルートを配信しても問題はない（性能依存）

BGPポリシー設計

- 受信ポリシー
  - 相手から経路を受信する際に，何の経路をどのように受信するのか
    - 複数の上流をどう使い分けるか
    - 国内のピアはどういったポリシーで制御させるのか
      - プライベートを優先？IXと同じ位置付けにする？複数回線で接続されていた場合には？切れた場合にはどこで救済？東西の制御方法は？
    - どういったパスアトリビュートを付与して経路制御をするか
  - 不必要な経路を広告されてきた場合にはどうする？（全体のポリシー）
    - GWでFilterをかける？
    - Filterするにはちょっと負荷が気になるので，受信したとしても，該当経路を優先させないように内部で制御をかける？
- 広告ポリシー
  - 自分の経路やBGP顧客などの経路を配信する際に，何の経路をどういう重み付けで，どういうパスアトリビュートを用いて広告するのか
    - あまり常時使用したくないリンクに対しては，Prependをかませる？
    - Prefixを分けて，回線ごとにトラフィックをさばく？

BGPポリシー設計(受信)

BGPポリシー設計(受信)



BGPポリシー設計(受信)

■以下の接続形態を考える

BGP顧客経路
自AS内広報経路
プライベートピア経路
商用IXピア経路
学術IXピア経路
上流フルルート1
上流フルルート2

基本は,「接続形態に対して,
LOCAL_PREF属性を適用し,それでは
強すぎる場合には,MED属性を用い,
この2つを組み合わせて制御する」

値づけはバッファをもって設計する必要あり
(ルートマップのinstance番号や
OSPFのコスト値などと同じ)
→ 新しい接続形態が増えた場合
→ 値を整理したい場合

```
route-map ebgp-out permit 10
 match as-path 3
 set metric 100

route-map ebgp-out permit 11
 match as-path 4
 set metric 200
...
```

途中にdenyのroute-mapを挿入
したい場合に,数字を書き直さないと駄目

BGPポリシー設計(受信)

接続形態	LOCAL_PREF	MED1	MED2	MED3	優先順位
BGP顧客経路	500				1
自AS内広報経路	400				2
プライベートピア経路	300	100	110	120	3
商用IXピア経路	300	200	210	220	4
学術IXピア経路	300	300	310	320	5
上流フルルート1	200				6
上流フルルート2	200				6

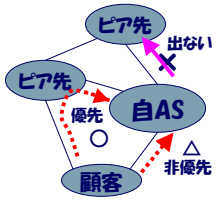
→ 数字には余裕をもって設計
→ ここでの優先順位とは,単純にLOCAL_PREFの値を元とした順位

BGPポリシー設計(受信)

ポイント1: BGP顧客経路は，まず最優先に設定する

接続形態	LOCAL_PREF	MED1	MED2	MED3	優先順位
BGP顧客経路	500				1
自AS内広報経路	400				2
プライベートピア経路	300	100	110	120	3
商用IXピア経路	300	200	210	220	4
学術IXピア経路	300	300	310	320	5
上流フルルート1	200				6
上流フルルート2	200				6

→ 顧客経路は他のISPなどにちゃんと広報する必要がある
→ もしその顧客が他のISPとマルチホーム接続をしていれば，ピア経路としても聞こえてくる場合がある
→ その際，仮にピア経由を優先してしまうと，自AS内でベストパスではなくなるため，経路がアナウンスされなくなってしまう！



BGPポリシー設計(受信)

ポイント2: BGP顧客の次に，自AS内広報経路は優先させる

接続形態	LOCAL_PREF	MED1	MED2	MED3	優先順位
BGP顧客経路	500				1
自AS内広報経路	400				2
プライベートピア経路	300	100	110	120	3
商用IXピア経路	300	200	210	220	4
学術IXピア経路	300	300	310	320	5
上流フルルート1	200				6
上流フルルート2	200				6

→ 自AS内経路が，仮に他から流れてきて、Filterにも何故かひっかからなかったような場合を想定して，念のため優先させておく必要がある
→ BGP顧客よりも優先度が低いので，顧客から自ASの経路が流れてきた場合を想定する必要がある．これは，顧客のエッジでフィルタをかけるなどの対応をして防ぐ必要がある(顧客経路しか受け取らない)

BGPポリシーは、Filterとの組み合わせで、複合的に考えていく必要がある
→ 一概に上記と同じPriority付けにはならない、ということに注意頂きたい

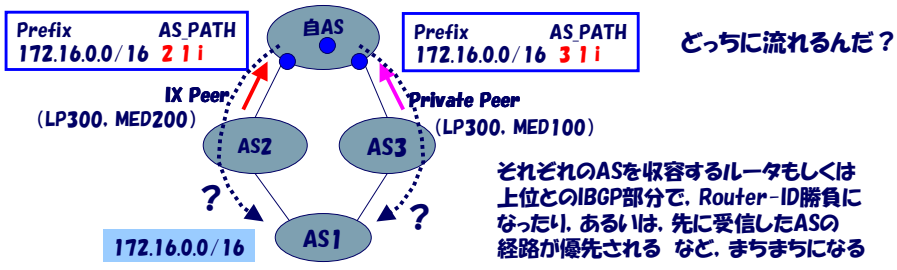
BGPポリシー設計(受信)

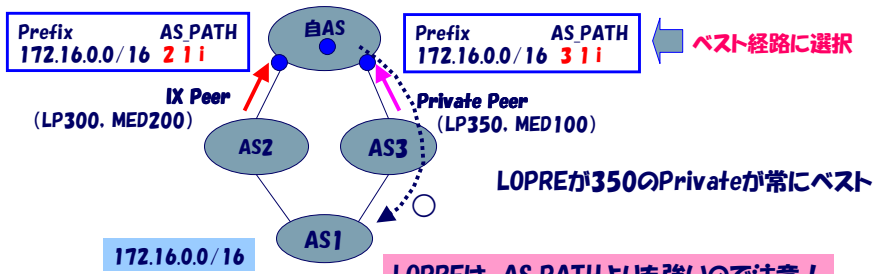
ポイント3-1: ピア経路は，LOPREを統一し，MEDで勝負させる

接続形態	LOCAL_PREF	MED1	MED2	MED3	優先順位
BGP顧客経路	500				1
自AS内広報経路	400				2
プライベートピア経路	300	100	110	120	3
商用IXピア経路	300	200	210	220	4
学術IXピア経路	300	300	310	320	5
上流フルルート1	200				6
上流フルルート2	200				6

→ ピア経由の経路は，基本はAS_PATHによる制御
→ 異なるAS間ではMED比較の対象ではないので，Router-IDの大小による比較や近いところ(IGP metric)から抜けていくなどが考えられる
→ プライベートピアを優先されるように，LOPREを高く設定する場合もある
(例)Local_Preference＝350

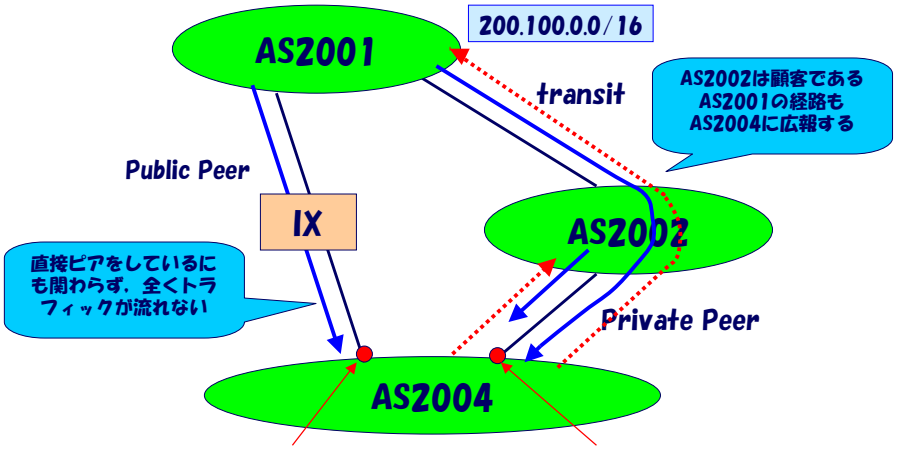
BGPポリシー設計(受信)





LOPREは，AS_PATHよりも強いので注意！

直接ピアをしているのにトラフィックが流れない例



AS2004での経路の見え方

	Prefix	AS Path	LP	
	200.100.0.0/16	2001	150	
>	200.100.0.0/16	2002 2001	200	○ベストパス

→ BGPを使った経路情報の流れ
⇢ 実際のIPトラヒックの流れ

IXなどでPolicyをまとめたConfig例

■ Ciscoの例

```
router bgp 2004
 neighbor IX1-Main peer-group
 neighbor IX1-Main next-hop-self
 neighbor IX1-Main route-map ix1-main-out
 neighbor IX1-Backup peer-group
 neighbor IX1-Backup next-hop-self
 neighbor IX1-Backup route-map ix1-backup-out
 …
 neighbor 192.168.1.10 peer-group IX1-Main
 neighbor 192.168.1.11 peer-group IX1-Backup
 neighbor 192.168.1.12 peer-group IX1-Backup
 neighbor 192.168.1.13 peer-group IX1-Main
 neighbor 192.168.1.14 peer-group IX1-Main
 …
ip as-path access-list 10 permit ^$
ip as-path access-list 10 permit ^2008$
ip as-path access-list 10 permit ^2008 2009$
 …
route-map ix1-main-out permit 10
 match as-path 10
 set metric 300

route-map ix1-backup-out permit 10
 match as-path 10
 set metric 310
```

■ ポイント1

通常どこのISPに対しても自分から広報する経路は一緒なので，メインとバックアップの2つに分けてグループを作っておく

■ ポイント2

作成したグループを用いて，実際の相手のアドレスに対してポリシーを適応させていく．そのピアをメイン回線として適応するなら，IX1-Main

■ ポイント3

もらう経路はそれぞれ違うので，それは直接相手のネイバーアドレスに対して route-map を定義する
（例） neighbor192.168.1.10
route-map as-4713-in in

BGPポリシー設計(受信)

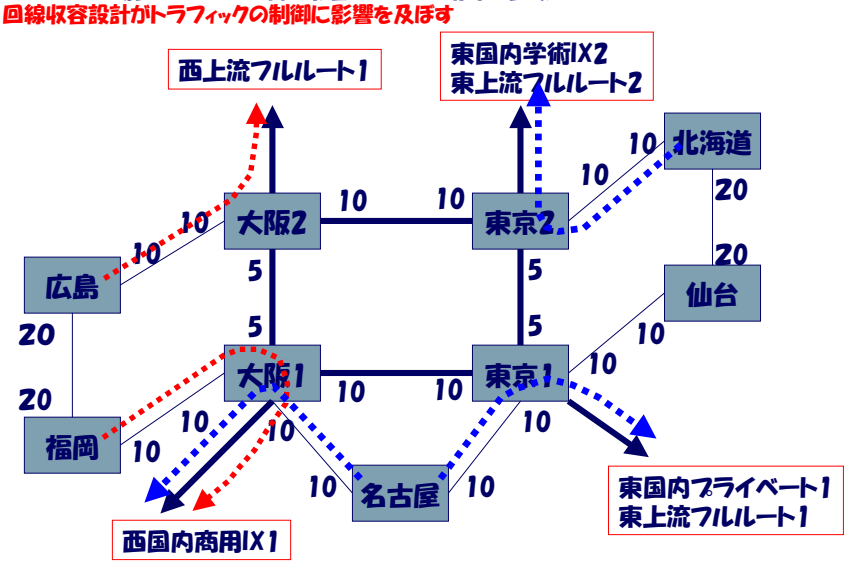
ポイント3-2: Closet Exit で，近いところからルーティング

接続形態	LOCAL_PREF	MED1	MED2	MED3	優先順位
BGP顧客経路	500				1
自AS内広報経路	400				2
プライベートピア経路	300	100	100	100	3
商用IXピア経路	300	100	100	100	3
学術IXピア経路	300	100	100	100	3
上流フルルート1	200				6
上流フルルート2	200				6

→ プライベートやIXなどは区別しない
→ IGPのもっとも近いところからルーティングさせる(IGPの設計が重要になってくる)

BGPポリシー設計(受信)

Closet Exit の場合には，どこに何を収容するのかが非常に重要になってくる
→ 回線収容設計がトラフィックの制御に影響を及ぼす



BGPポリシー設計(受信)

ポイント4: 上流フルルートは，うまく使い分ける

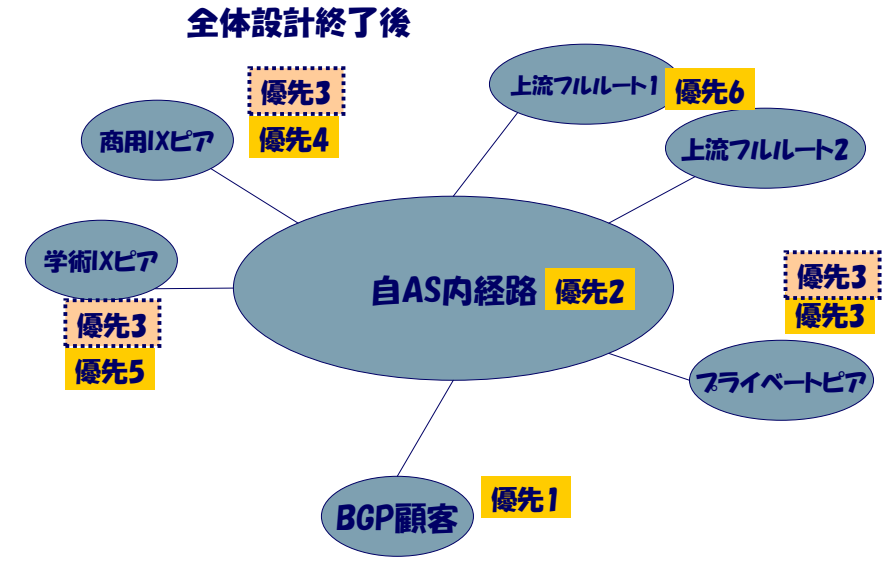
接続形態	LOCAL_PREF	MED1	MED2	MED3	優先順位
BGP顧客経路	500				1
自AS内広報経路	400				2
プライベートピア経路	300	100	110	120	3
商用IXピア経路	300	200	210	220	4
学術IXピア経路	300	300	310	320	5
上流フルルート1	200				6
上流フルルート2	200				6

→ もっとも優先度が低いので，何でも良さそうだが，多くの実装で，LOPREのデフォルト値が100になっているため，その値よりも大きくしておくのが望ましいだろう
理由：仮にLOPRE50などで設定していた場合，うっかりミスで，フルルートを他のBGP接続からデフォルトで受信してしまうと，全てがそちらにひっぱりこまれてしまう
→ 使い分けに関しては，AS_PATHにまかせるのが基本．AS-PATH Prepend や，コミュニティを用いて制御する場合も多くある(顧客経路はそれぞれ優先させるなど)
(例)上流1が安い場合には，上流2から受信するときに，Prependを1つかませる

BGPポリシー設計(受信)

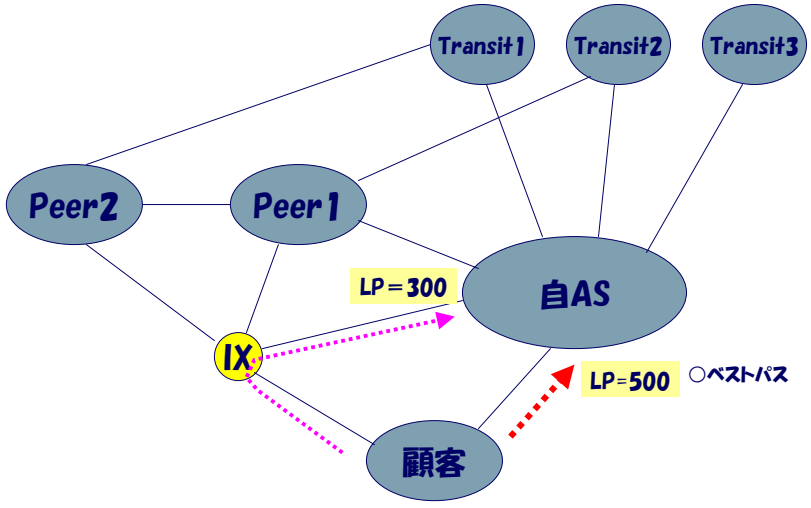
- Closest Exit の注意点
  - IGPメトリックがきいてくるので，OSPFのコスト設計が重要
  - Externalの回線をうまく分散収容する必要がある
    - おなじような位置付けのところに収容すると，ある部分ばかりに引き込まれて偏ってしまう
- 上流の制御
  - 上流が2つ以上ある場合，それぞれのCustomer経路は優先
    - 顧客コミュニティーにマッチしたら，優先度を高くして受信　など
    - 大抵上流ISP(Transit ISP)ではコミュニティーがインプリされている
  - それ以外のTransit経路は，コストの安いほうをとことん使う
    - 完全1:0形態にするなら，LOPREで制御したほうが確実
    - ある程度Topologyに依存させるには，AS_PATH Prependで制御
    - MEDは異なるASでは比較できないので使えない
- 自ASの経路
  - BGPのサービスを顧客に対してしないのであれば，受信ポリシーとして優先順位をつける必要はない．但し，外部から自分に対して広告されても，Filterではじくなどの仕組みは必要

BGPポリシー設計(受信)



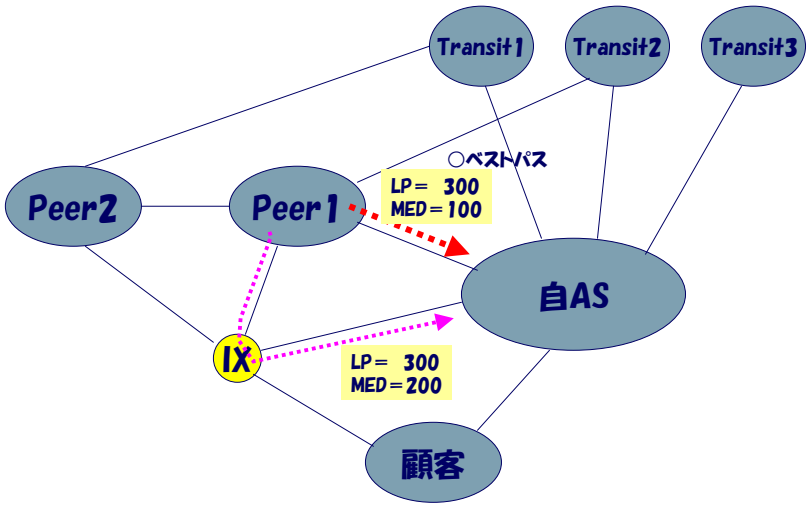
BGP受信ポリシー確認1

★顧客 かつ ピアの場合は顧客優先，切れたときはIX経由



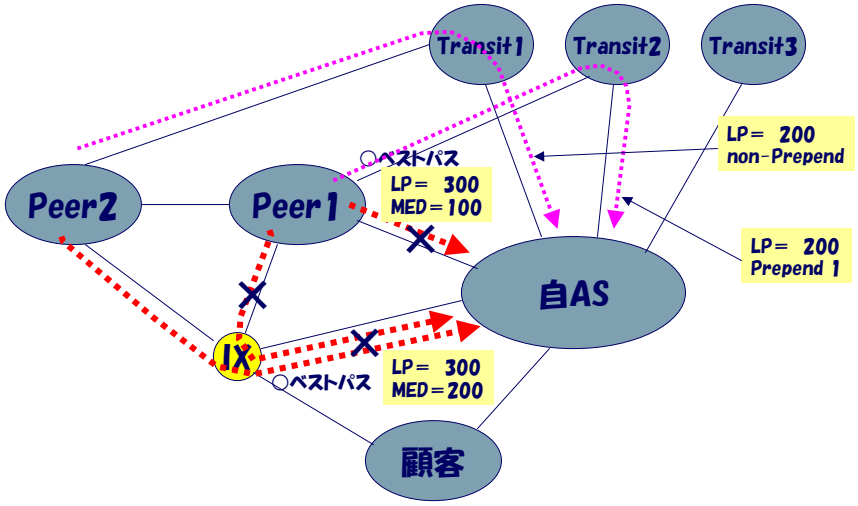
BGP受信ポリシー確認2

★PrivateピアとIXピアがある場合は，Privateピア優先



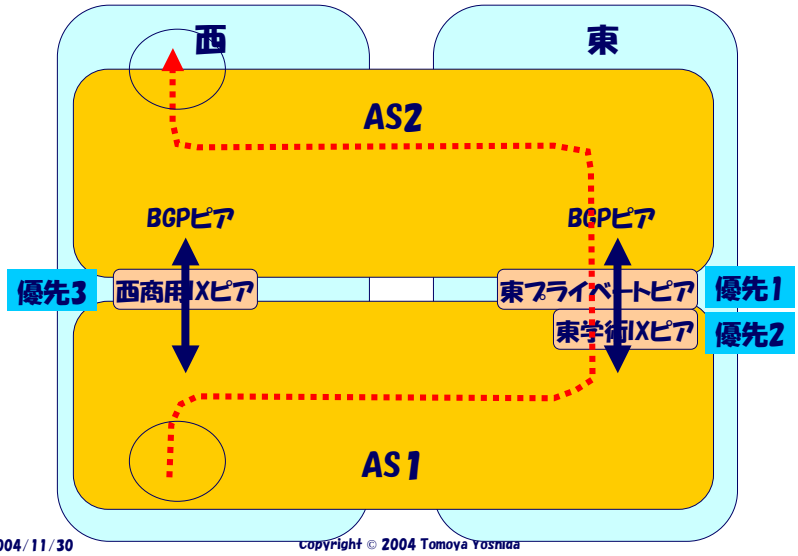
BGP受信ポリシー確認3

★国内ピアが落ちた場合には，（海外）Transitで救済したい



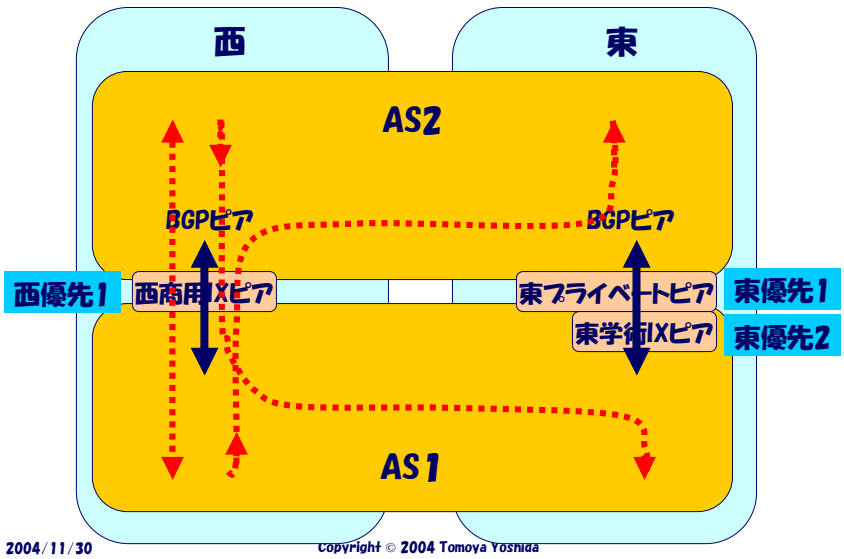
BGPポリシー設計(さらに)

今までのポリシーだと，折角西でピアをしているのに，わざわざ
東のプライベートを経由して西に戻ってしまう → うまく最適化できない？



経路の最適化

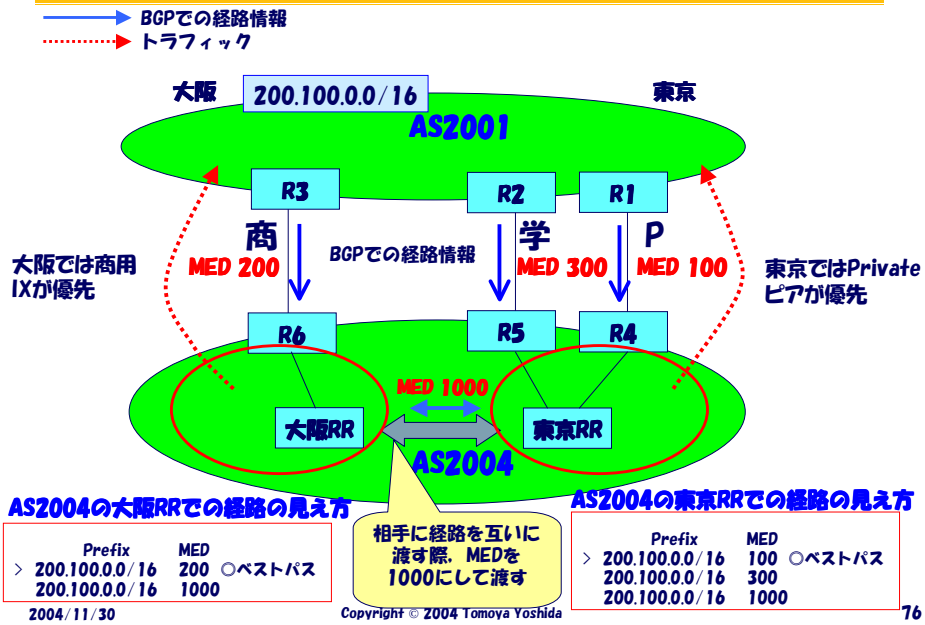
東，西　それぞれ近いところからルーティング



Hot-Potato と Cold-Potato

- Hot-Potato
  - 最も近いところから相手にパケットを出してしまう＝Closet Exit
    - AS1西 → AS2西
    - AS1東 → AS2東
- Cold-Potato
  - Hot-Potatoのように近いところからルーティングするのではなく，相手に近いところや，別のExit pointへルーティングさせる
    - AS1西 → AS1東 → AS2東

Hot-Potatoによる経路制御



Hot-Potatoによる経路制御(Juniperの例)

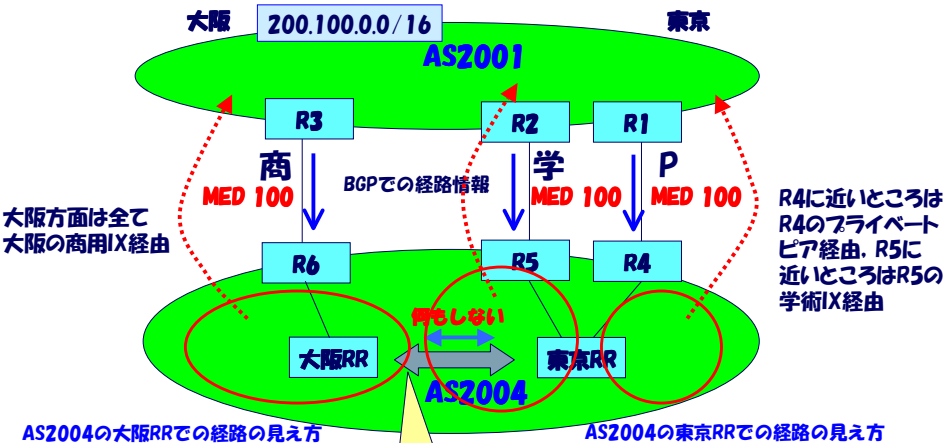
```
protocols {
    bgp {
        group to-RR {
            type internal;
            local-address X.X.X.X;
            peer-as 2004;
            neighbor Y.Y.Y.Y {              ← Neighborである大阪RRのアドレス
                import HOT_POTATO-IN;       ← Hot Potato 用Policy
            }
        }
    policy-statement HOT_POTATO-IN {
        term AS2004 {                       ← 対象ISP名
            from as-path AS2004;            ← 対象ISPのAS-Pathの指定
            then {
                metric 1000;                ← MEDを"1000"に設定
                local-preference 150;       ← ピアのLocal Preferenceとして設定
                accept;                       書かなければeBGPから受けた時に付加
            }                                 されたものがそのまま渡される
        }

        term AS-ALL {                       ← Hot Potato 以外のISP経路の受信を許可
            from as-path AS-ALL;
            then accept;
        }
        term Other {                        ← それ以外の経路受信を削除
            then reject;

        as-path AS2004 "(2004 .*)";         ← 対象ISPのAS Numberで始まるAS-Path
        as-path AS-ALL "(.*)";                を指定
```

東京RR
のConfig例

77

Closet Exit

BGPでの経路情報
トラフィック



大阪方面は全て
大阪の商用IX経由

R4に近いところは
R4のプライベート
ピア経由，R5に
近いところはR5の
学術IX経由

AS2004の大阪RRでの経路の見え方

	Prefix	MED	
>	200.100.0.0/16	100	○ベストパス
	200.100.0.0/16	100	

RR同士では特に
なにもしない

AS2004の東京RRでの経路の見え方

	Prefix	MED	
>	200.100.0.0/16	100	○ベストパス
	200.100.0.0/16	100	
	200.100.0.0/16	100	

2004/11/30

78

BGPポリシー設計(広告)

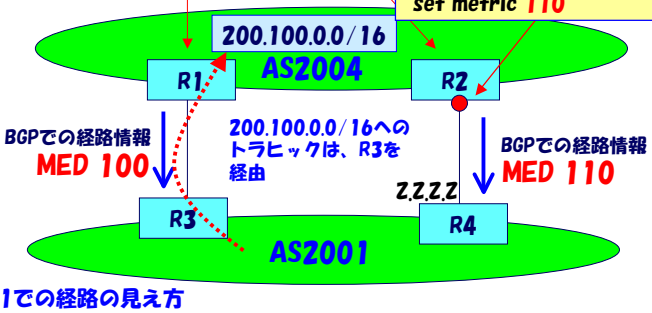
BGPポリシー設計(広告)

- 以下の3つのパスアトリビュート・手法を使って制御するのが基本
  - MED
    - 基本は異なるAS間で比較されないので，隣接AS同士が複数回線で結ばれている場合に有効
  - AS-PATH Prepend
    - 自分のAS-PATHを相手に遠くみせる手法
  - Communityのset
    - 相手と自分の間で，このCommunityはどうゆう制御をする，ということを事前に取り決めがされている，あるいは公開されているので，自分主体で相手のLoprefを制御したり，経路を調節したりといった柔軟な制御が可能
- 広告経路
  - 上流やピア先には，自分のアドレスとBGP顧客経路を広告
  - BGP顧客には，フルルートを
    - 場合によっては，デフォルトルートのみを配信 → お客さん側のBGPルータがメモリ的に厳しいような状況など

MEDを用いた制御

AS2004の出口でAS2001向けに経路をアナウンスするときにMEDを設定

```
router bgp 2004
 neighbor Z.Z.Z.Z remote-as 2001
 neighbor Z.Z.Z.Z route-map SET-MED out

route-map SET-MED permit 10
 set metric 110
```



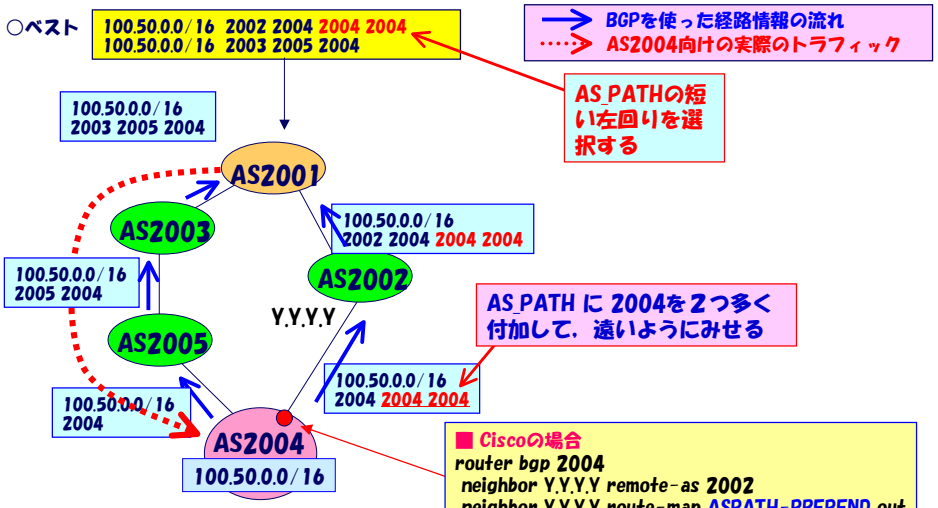
AS2001での経路の見え方

	Prefix	AS Path	MED	
	200.100.0.0/16	2004	110	
>	200.100.0.0/16	2004	100	○ベストパス

BGPを使った経路情報の流れ
AS2004向けの実際のトラフィック

相手から自分に帰ってくるトラフィックを制御することができる

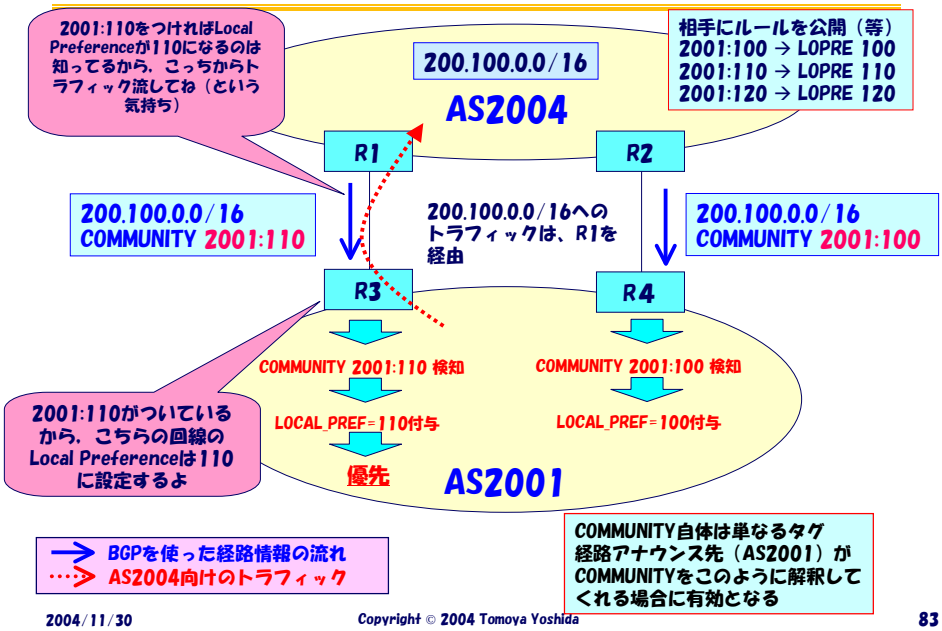
AS_PATHを用いた制御



■ Ciscoの場合

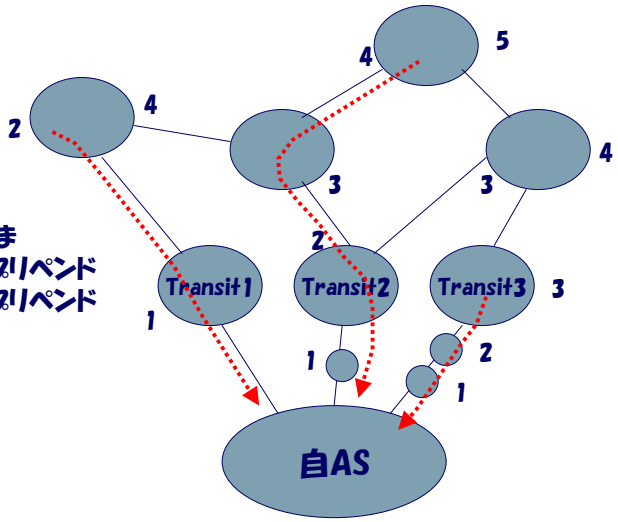
```
router bgp 2004
 neighbor Y.Y.Y.Y remote-as 2002
 neighbor Y.Y.Y.Y route-map ASPATH-PREPEND out

route-map ASPATH-PREPEND permit 10
 set as-path prepend 2004 2004
```

Communityによる戻りのトラフィック制御



BGP広告ポリシー確認1

★海外上流1>2>3 の順序でなるべく使いたい



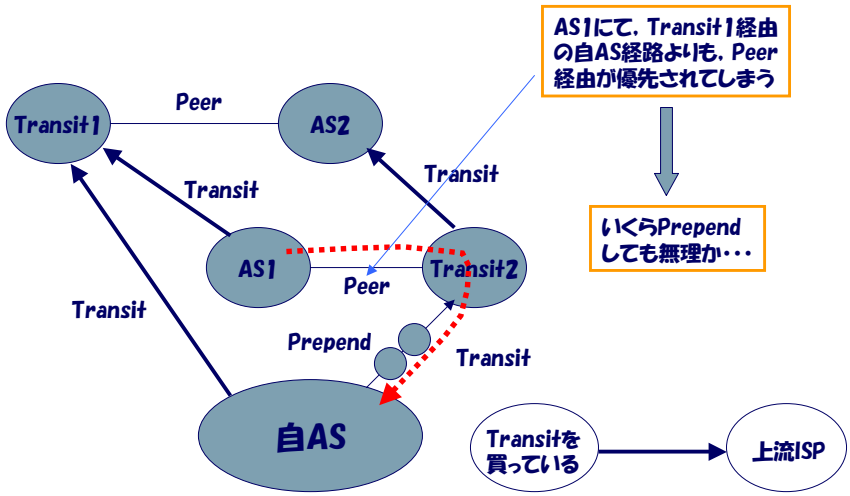
Transit1はそのまま
Transit2には1つプリペンド
Transit3には2つプリペンド

海外上流のトラフィック制御の難しさ

- 上流のその先のTopologyやPeerの関係などなるべく日々把握していく必要がある
  - 上流のTopologyはけっこう変わる
    - 突然急激にトラフィックが変動している．何故？
      - ASが統合されて、既存のTopologyがくずれた
    - よくよく見るとAS-PATHが変わっている
  - でも，Lopreだと強すぎるから，AS-PATH制御になってくる
  - いくらPrependしても，トラフィックが減らない
    - 上のTransit・Peerの関係上無理な場合がある

BGPポリシー設計(広告)

★どうPrependしても，ひっぱりこんでしまう場合



BGP4+

- RFC2858 Multiprotocol Extensions for BGP-4
- RFC2545 IPv6 への Extension
  - Neighbor address は、global or link-local
  - Next-hop-addressは、global＋link-local
  - TransportとしてIPv4を使用することも可能

iBGP設計

iBGP設計

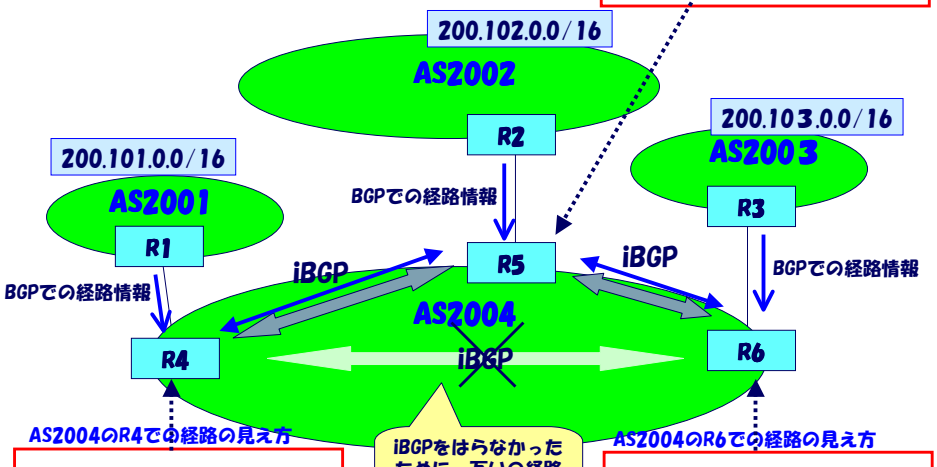
- 全BGPルータが正しくBGP経路情報を保有し，それぞれのルータが正しく経路選択を可能とするように設計する
  - 同じ情報を保持する必要があるのとは違う
- BGPの経路は配送すべきところに適切に配送する
  - OSPFのデフォルトルートなどで十分なところはデフォルトでルーティングさせる
  - 内部の細かい経路は必要ないところには配送しないなども可能
    - BGPユーザ向けの階層にはフルルートのみを
    - それ以外の収容ルータ向けには経路を配送しない
- リフレクタ階層構造を利用
  - それほど数が多くなければ，フルメッシュのほうが適当な場合もある

BGP経路情報の不一致

iBGPで受信した経路は，他のiBGPピアには渡さない．例えばR5はR4から受信した200.101.0.0/16をR6には広報しない

AS2004のR5での経路の見え方

	Prefix	AS Path
>	200.101.0.0/16	2001
>	200.102.0.0/16	2002
>	200.103.0.0/16	2003



AS2004のR4での経路の見え方

	Prefix	AS Path
>	200.101.0.0/16	2001
>	200.102.0.0/16	2002

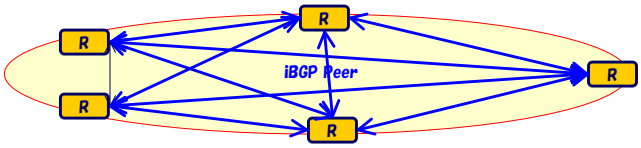
iBGPをはらなかったために，互いの経路情報を交換しない

AS2004のR6での経路の見え方

	Prefix	AS Path
>	200.102.0.0/16	2002
>	200.103.0.0/16	2003

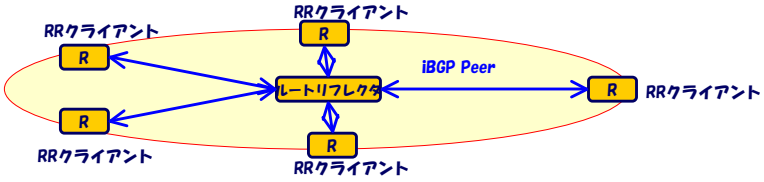
ルートリフレクタ(RR)

●一般的なiBGP Peer



iBGPはフルメッシュでなくてはならない

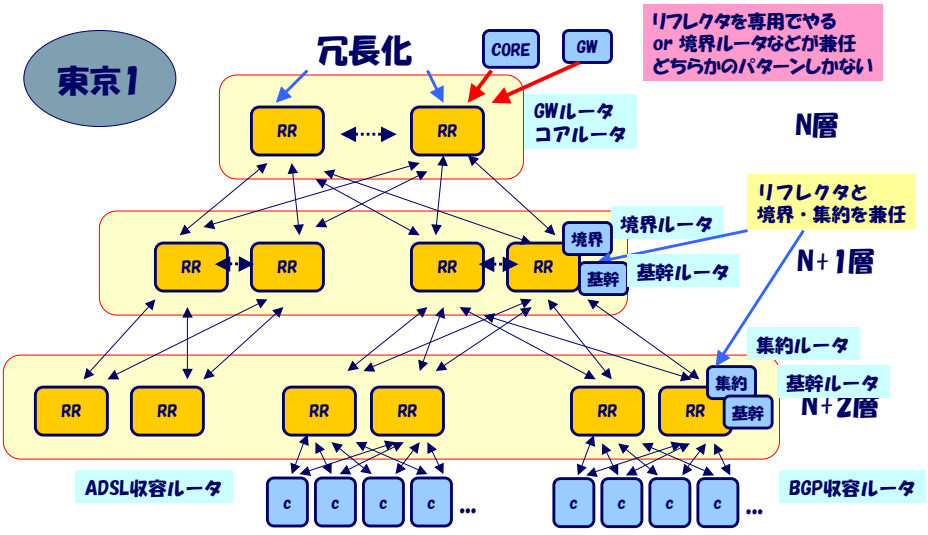
●ルートリフレクタ(RR)を使用したiBGP Peer

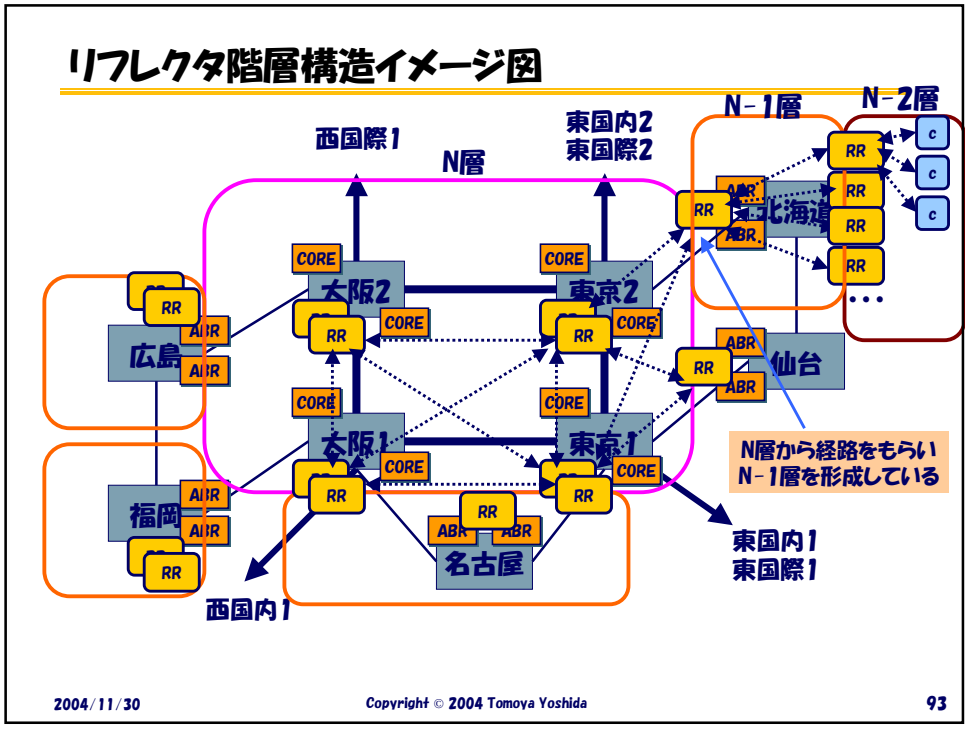


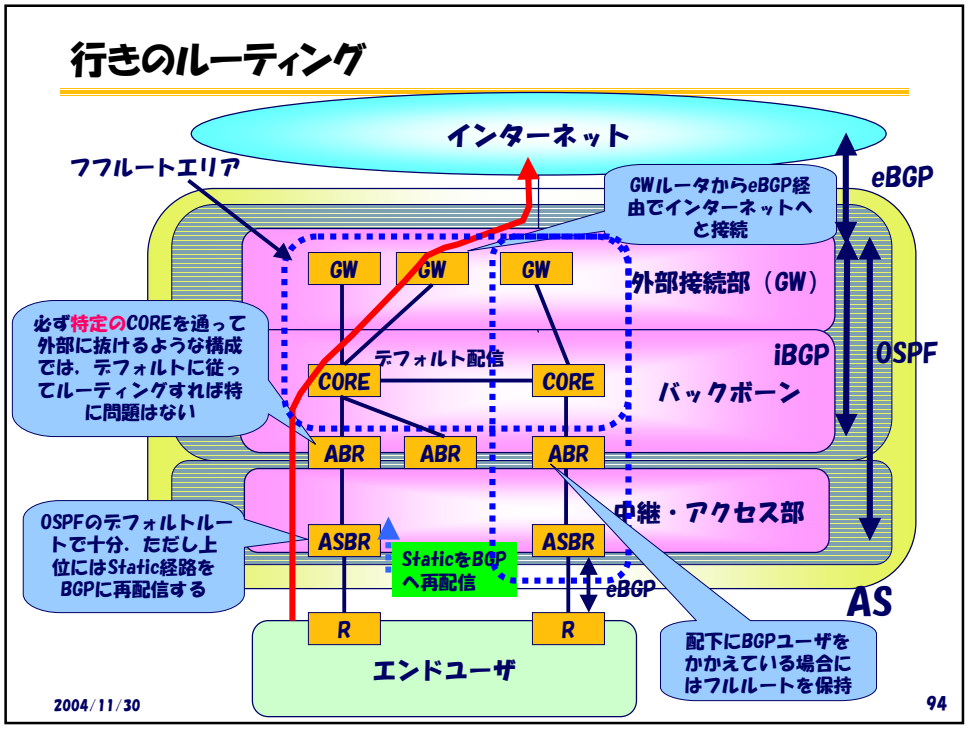
iBGPフルメッシュをルートリフレクタを用いたPeerにより代用

リフレクタ階層構造

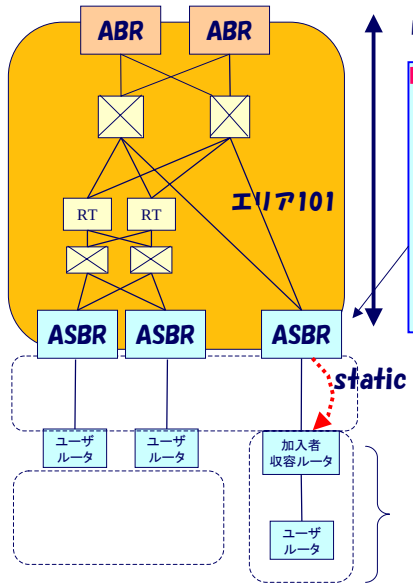
東京1地域を例とするルートリフレクタによるiBGP階層構造
ネットワークの規模により階層は異なる




リフレクタ階層構造イメージ図
N-1層
N-2層
西国際1
N層
東国内2
東国際2
CORE
太阪2
東京2
RR
ABR
北海道
広島
仙台
太阪1
東京1
福岡
名古屋
C
N層から経路をもらい
N-1層を形成している
東国内1
東国際1
西国内1
2004/11/30
Copyright © 2004 Tomoya Yoshida
93


行きのルーティング
インターネット
フフルートエリア
GWルータからeBGP経由でインターネットへと接続
eBGP
GW
外部接続部（GW）
必ず特定のCOREを通って外部に抜けるような構成では，デフォルトに従ってルーティングすれば特に問題はない
デフォルト配信
CORE
iBGP
OSPF
バックボーン
ABR
中継・アクセス部
OSPFのデフォルトルートで十分．ただし上位にはStatic経路をBGPに再配信する
ASBR
StaticをBGPへ再配信
eBGP
AS
R
エンドユーザ
配下にBGPユーザをかかえている場合にはフルルートを保持
2004/11/30
94

ユーザStatic経路をBGPに再配信



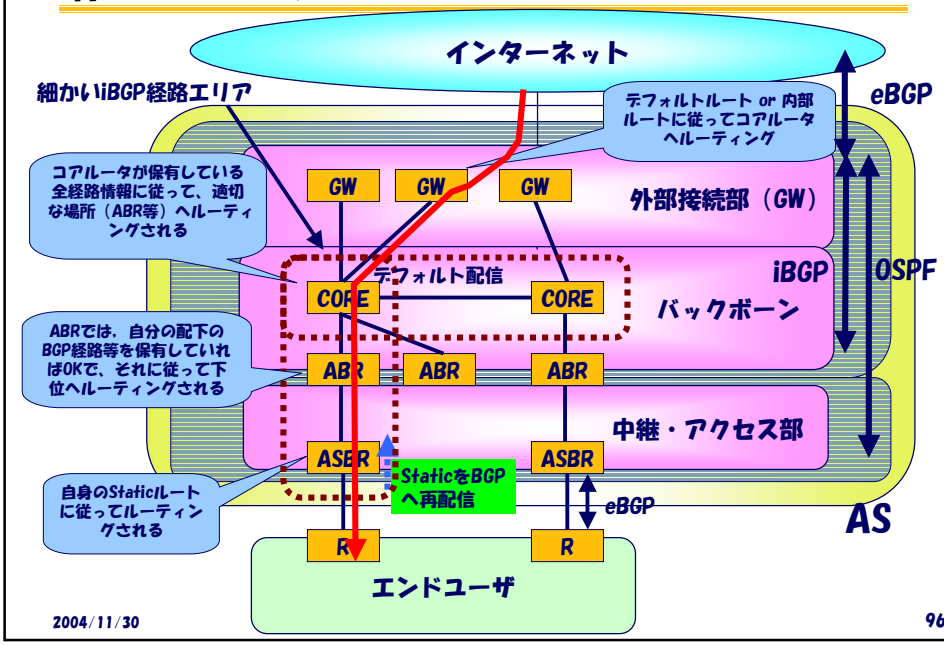
中継・アクセス部

■ Ciscoの例

```
router bgp 2004
 redistribute static route-map s-to-bgp
 neighbor X.X.X.X remote-as 2004
 neighbor X.X.X.X send-community
 neighbor X.X.X.X next-hop-self
 neighbor X.X.X.X update-source loopback 0

ip route a.a.a.a b.b.b.b c.c.c.c

route-map s-to-bgp permit 10
 set community no-export
```

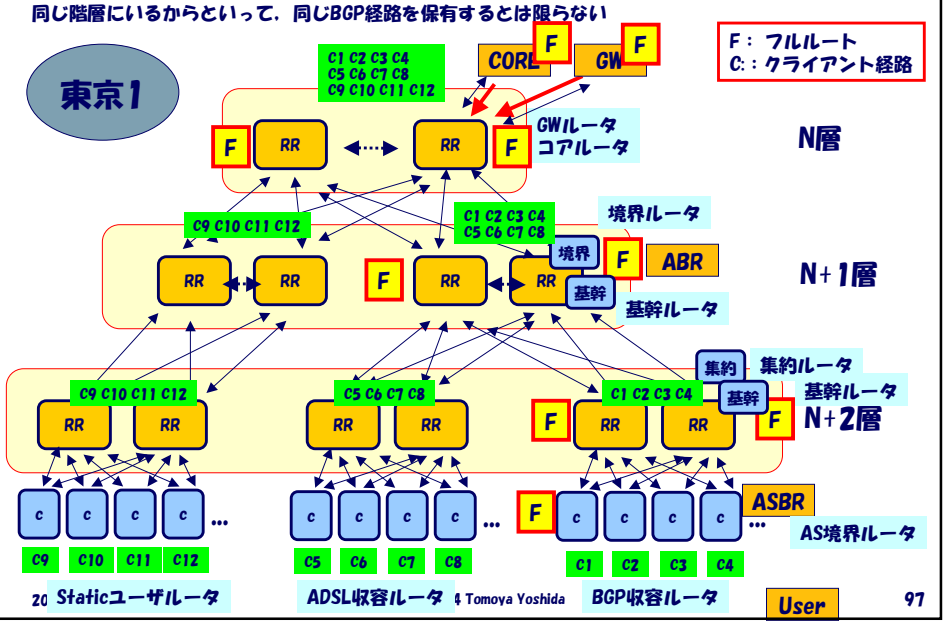
ASBRでユーザアドレスをstaticで記述．それを上位にBGPで再配信．BGPの場合には，no-exportをつけて，GWルータから外にでていかないようにする。内部のiBGPではsend-communityを動作させ，no-exportのCommunity情報がついたものは、内部でのみ伝播する

帰りのルーティング

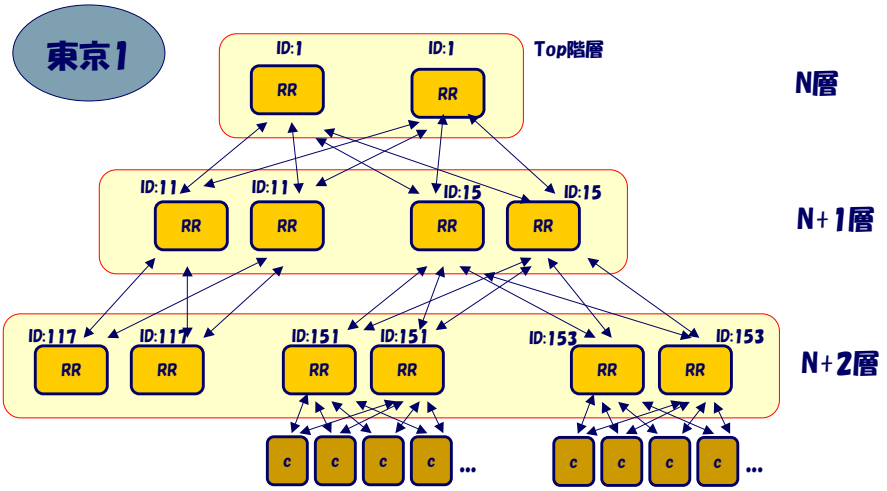


リフレクタ階層構造の経路配信イメージ

同じ階層にいるからといって，同じBGP経路を保有するとは限らない

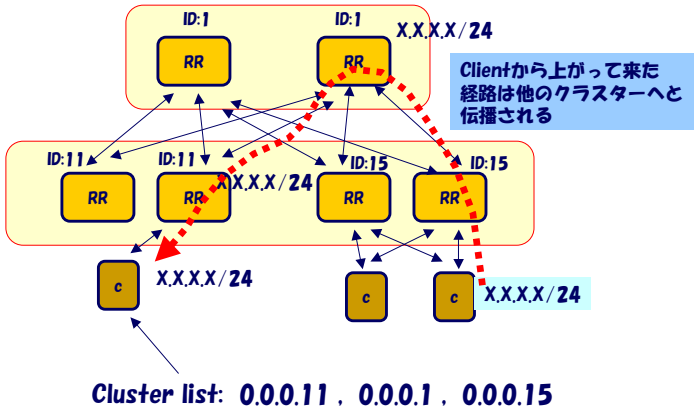


リフレクタ階層構造(東京1の例)



東京1地域を例とするルートリフレクタによるiBGP階層構造
1つ前の層からIDが辿れるような付与規則にするとわかりやすい

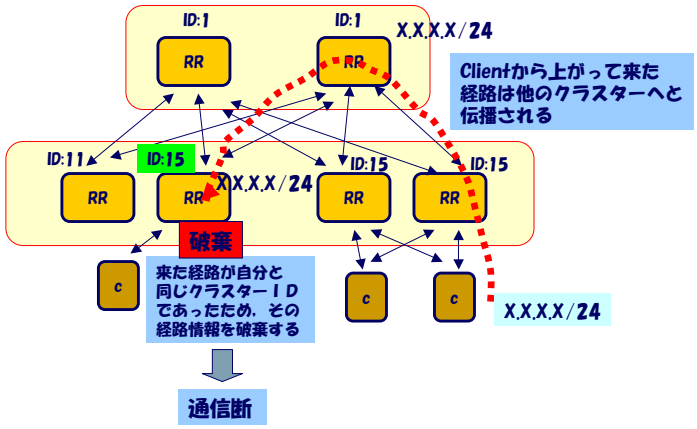
他のクラスターから経路が伝播される



リフレクタルータが，また別のリフレクタルータへと経路を配送している．Cluster list は，
辿ってきたクラスターが順に並んでいる．リフレクタが他のリフレクタに配送する場合に，
自分のIDを左につけて配送していく（AS_PATH同じようなイメージで，左がもっとも直近）

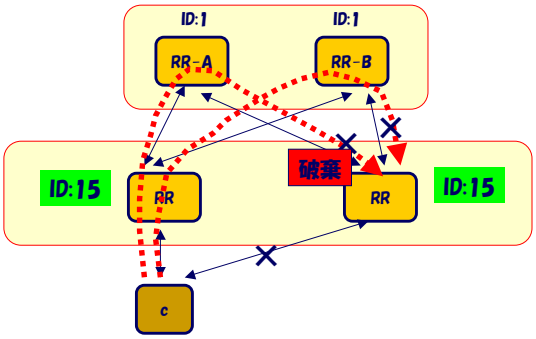
AS_PATH : 4713 2914 701

クラスターIDの設定ミス



クラスターIDが重複してしまったために，自分と同じクラスターIDの
経路を他から受信すると，routing loop protection により破棄
（AS_PATHのループディテクションと原理は一緒）

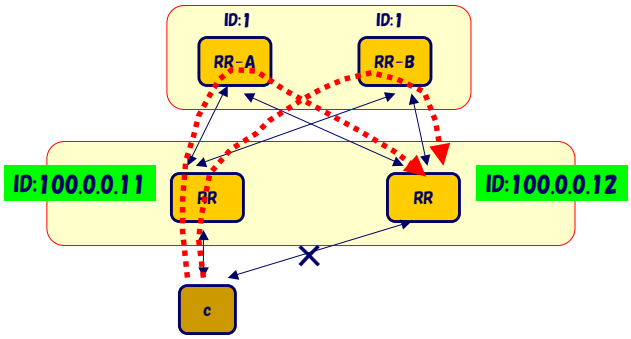
クライアントとのピアが切れた場合(同一ID)



クライアントの片方のピアがきれた場合には，もう一方のリフレクタから上位に配信された経路は，同一IDのため破棄される

ただし，通常各クライアントは，各々両方のリフレクタにピアをはっているので，どちらか一方から経路を受信できる

別のIDを付与した場合



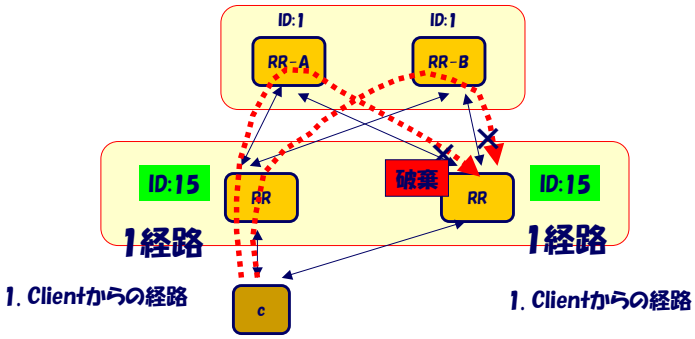
別IDの場合には，クライアントの片方のピアがきれても，
上位リフレクタから経路が配信される．(通常状態においても配信される)

RRがパケットフォワーディングもやっている場合には，この方法になる

Cluster-id ツリーが増えるので，適応個所には注意したいが，大きな問題はないと思われる。BGP経路の伝播が，同一ID適応時とは異なるので注意

経路の見え方(同一IDの場合)

クラスターIDが同一のため，上位リフレクタから反射した経路は
同一IDの下位リフレクタにはわたらない

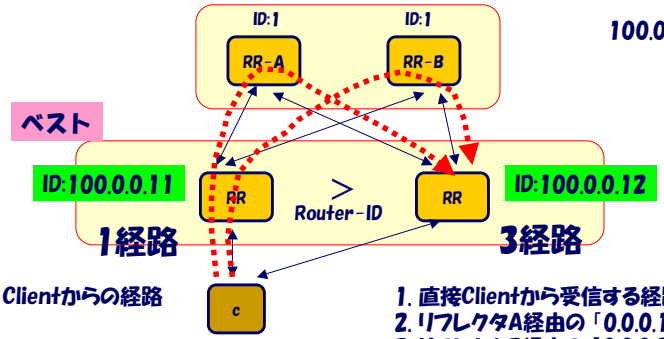


経路の見え方(別IDの場合)

IGPコストが同等の場合には，ルータID(リフレクタからの経路受信の場合には
Originator ID，それでも一緒の場合にはRouter-ID)が小さいほうをベストに
選択．この場合，RR-A，RR-B 共に100.0.0.11からの経路をベストに選ぶ

100.0.0.11 には反射しない

なので1経路しかない



1. 直接Clientから受信する経路
2. リフレクタA経由の「0.0.0.1，100.0.0.11」の経路
3. リフレクタB経由の「0.0.0.1，100.0.0.11」の経路

Originator ID：その経路の生成元(GWルータのLBなど)

iBGP設計のポイント

- リフレクタの階層化
  - COREを中心とした物理的な階層に沿った論理的な階層化が理想的
    - 経路配送自体も，GWから入ってきたフルルートはCOREを中心に
    - リフレクタがフォワーディングも兼任する場合には注意
  - IDを付与する場合に，わかりやすい数字かループバックアドレスが一般的
  - 何がどのように配信されるのかは，それぞれのネットワークによって異なるので，そのポイントをきちんと押さえて把握しておく必要がある
- サービスごとにクラスター化をし，各クラスターごとに配信経路やルーティング方式を検討する（フォワーディングトポロジーに追従）
  - BGPユーザのクラスタ
    - 当然BGPで経路を配信
    - 他のクラスタの細かい経路まではいらない
  - DSLクラスタ
    - 上位には，BGPでクライアント経路を配信．ルーティングはデフォルトルートに従えばよいところは、フルルートを保有させない、など → topologyに依存

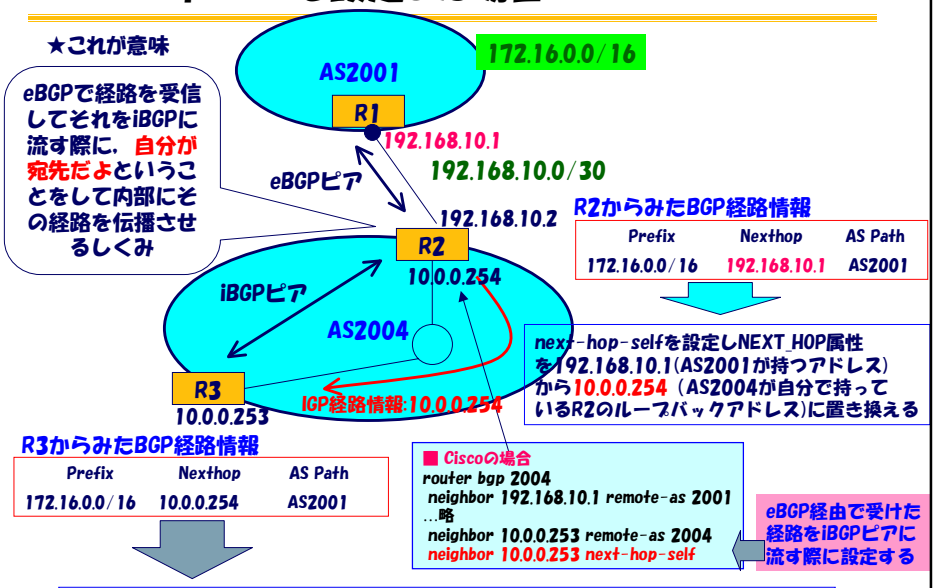
BGP その他

- next-hop-self
- リカーシブルックアップ
- eBGPマルチホップ/マルチパス
- CIDRの広報
- ルートダンプニング

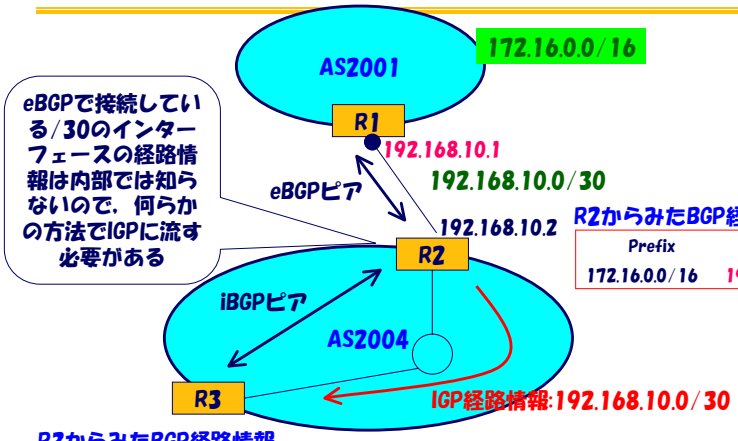
BGPのnext-hopの解決方法

- BGPでは，相手から受信した経路のnext-hopに到達性がなければ，その経路は無効とする(NEXT_HOP属性)
  - eBGPの場合には，受信時に破棄
- 外部経路のNEXT_HOPの解決方法には，2つの方法がある
  - eBGPから受信する際に，自身のループバックをnext-hopとする
    - iBGPに対して，「next-hop-self」を設定(Ciscoの場合)
    - そのループバックはOSPFなどのIGPでルーティング
  - eBGPピアで使用している/30などのconnectedアドレスを，IGPに流す
    - redistribute connected ←―― better
    - Netwrokコマンド + passive

next-hop-selfを設定した場合



eBGP経路をそのままiBGPに流した場合



eBGPで接続している/30のインターフェースの経路情報は内部では知らないので，何らかの方法でIGPに流す必要がある

R2からみたBGP経路情報

Prefix	Nexthop	AS Path
172.16.0.0/16	192.168.10.1	AS2001

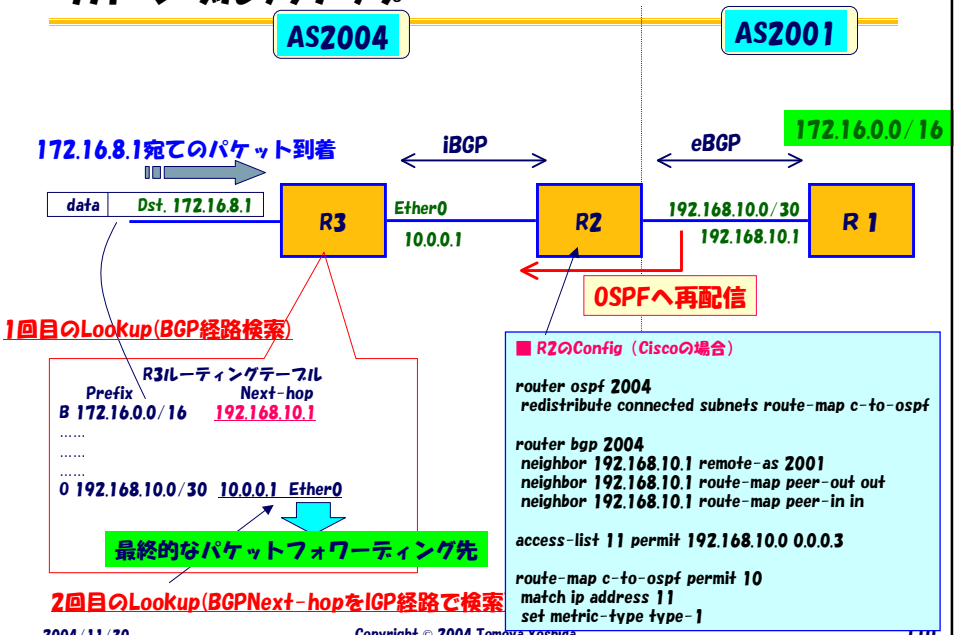
R3からみたBGP経路情報

Prefix	Nexthop	AS Path
172.16.0.0/16	192.168.10.1	AS2001

192.168.10.1に到達するためのルーティング情報がIGPで流れていなくてはならない

AS2001の172.16.0.0/16のNEXT_HOP属性の値は，AS2004から見たときの該当アドレスへのボーダールータのアドレス．この図では，192.168.10.1が出口のアドレス

リカーシブルックアップ



■ R2のConfig（Ciscoの場合）

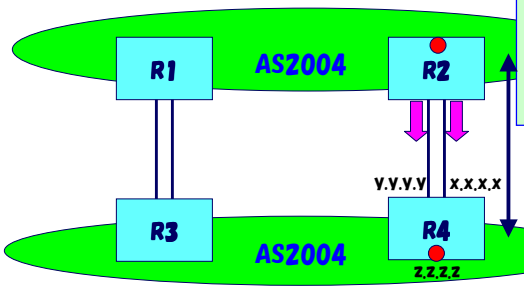
```
router ospf 2004
 redistribute connected subnets route-map c-to-ospf

router bgp 2004
 neighbor 192.168.10.1 remote-as 2001
 neighbor 192.168.10.1 route-map peer-out out
 neighbor 192.168.10.1 route-map peer-in in

access-list 11 permit 192.168.10.0 0.0.0.3

route-map c-to-ospf permit 10
 match ip address 11
 set metric-type type-1
```

eBGPマルチホップによるロードバランス

同一ルータで外部と複数本でeBGPピアをはる場合，eBGPマルチホップによりロードバランスが可能

■ Ciscoの場合（R2）
```
router bgp 2004
 neighbor z.z.z.z remote-as 2004
 neighbor z.z.z.z ebgp-multihop 2

ip route z.z.z.z 255.255.255.255 x.x.x.x
ip route z.z.z.z 255.255.255.255 y.y.y.y
```

■ Juniperの場合（R2）
```
protocols {
  bgp {
    group eBGP {
      type external;
        multihop {
            ttl 2;
        }
       peer-as 2004;
       neighbor z.z.z.z;
    }
  }
}
routing-options {
 static {
   route z.z.z.z/32 next-hop [ x.x.x.x y.y.y.y ];
 }
}
```



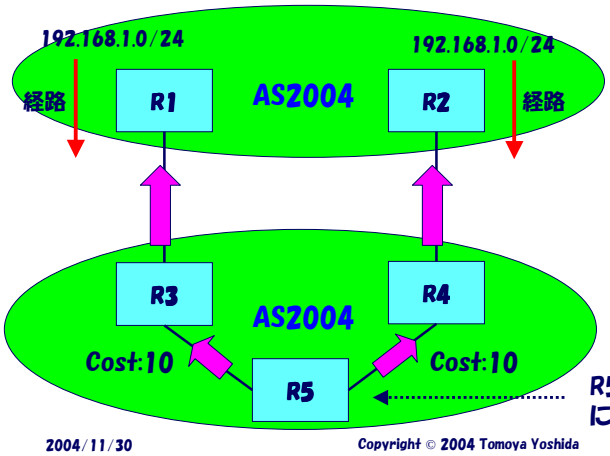
■ループバックアドレスで互いにピアをはる
■相手のループバックに対するルーティングは，Static Routeを物理インターフェースに対して設定することにより解決

z.z.z.z → ループバックアドレス

iBGP multipath によるロードバランス

複数のeBGPピアから受信した経路に対して，内部でバランスさせる

■ BGPマルチパスの条件
BGPのマルチパス機能が有効になっていること
経路選択プロセスで，IGPメトリックによる選択をしても決着がつかない場合
※ベンダによって，仕様が異なるので注意



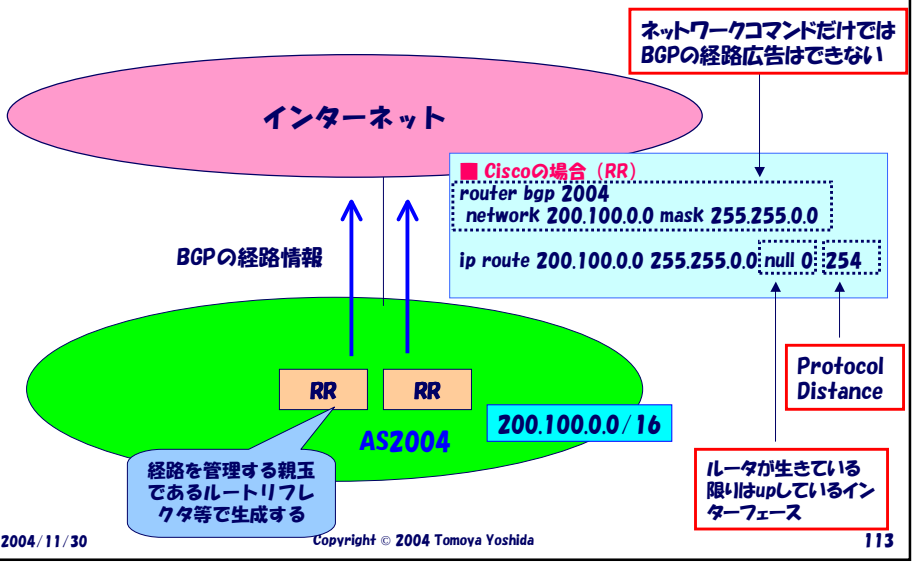
■ Ciscoの場合（R5）
```
router bgp 2004
 maxiumu-path ibgp 2
```

■ Juniperの場合（R5）
```
protocols {
  bgp {
    group iBGP {
      neighbor x.x.x.x {
          multipath;
```

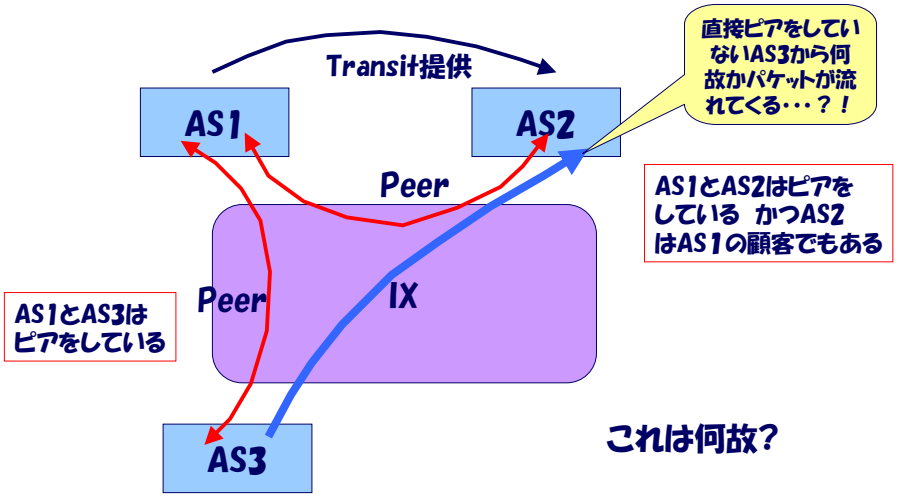
R5にて，マルチパス機能を有効にする．eBGPに対しても可能

PAアドレス(CIDR経路)の広告

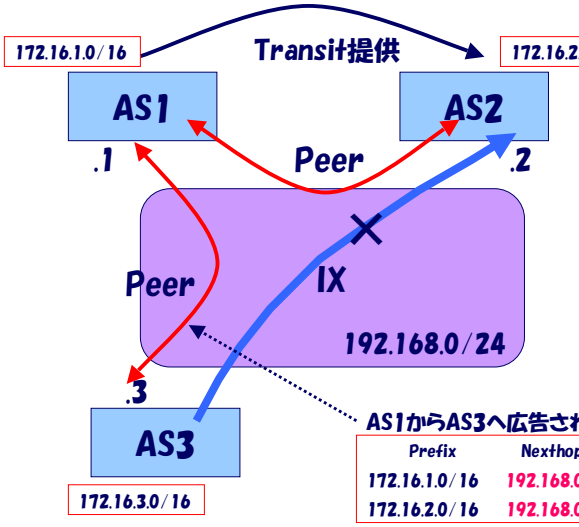
・CIDR経路は「安定して」インターネットに広報されていなくてはならない
・BGPで経路広告する際のIGPは，「static null0」で



next-hop-self つづき



next-hop-self つづき



本当は，マルチアクセスメディアSWネットワークにおける最適なnext-hopとするためのBGPの実装
→ 直接トラフィックを引き込んでしまう

だけど

next-hop-self の設定は，相手に経路広告する際にも設定しましょう

AS1からAS3へ広告される経路

Prefix	Nexthop	AS Path
172.16.1.0/16	192.168.0.1	AS1
172.16.2.0/16	192.168.0.2	AS1 AS2

AS1がnext-hop-selfの設定をしていなかったのが原因

フラップダンプニング（ルートダンプニング）

回線のup/downなどにより，BGPの経路がフラップしている場合には，そのUpdateパケットが頻繁に発生し，ルータのCPUを無駄に消費してしまう．それを回避するために，ある閾値を境に，その経路を抑制するしくみ

Penaltyのカウント方法

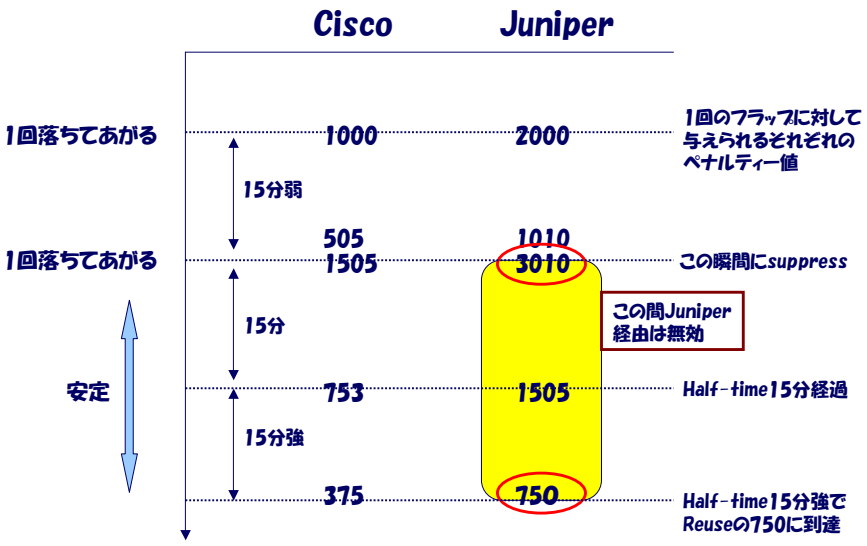
<Cisco>	
Penalty	1000/1Flap
<Juniper>	
* Route is withdrawn	1000
* Route is readvertised	1000
* Route's path attributes change	500

デフォルトのpenalty値

<Cisco>	
half-life:	15 minutes
reuse:	750
suppress:	2000
max-suppress-time:	60 minutes
<Juniper>	
half-life:	15 minutes
reuse:	750
suppress:	3000
max-suppress-time:	60 minutes

1. half-life: 加算されたペナルティー値が半分になるまでの時間
2. reuse: この値までペナルティー値が減れば，再度その経路を広告するという設定値
3. suppress: ペナルティー値の合計がこの値を超えた時点で，制限をかけはじめる
4. max-suppress-time: 制限をかける時間として設定する最大の時間

BGPフラップの例



マルチベンダ関連 他

マルチベンダ環境

- ベンダの仕様によって，挙動が異なる場合がけっこうある
  - BGPのベストパスセレクションの動作が違う
    - チューニングが必要なときもある
    - 場合によっては，経路選択時に障害も起こりうる
  - 経路表の持ち方が異なる
  - 他
- ちゃんと事前に検証を行って確認しましょう
  - 実網で判明した場合には、その都度検討
    - OSのVersionUpで挙動が異なってくる場合も多くあるので注意

BGP Hold-time

- 実装が異なる
  - Juniper → Keepalive:30秒，Holdtime:90秒
  - それ以外 → Keepalive:60秒，Holdtime:180秒
- Hold-timeは，2つのBGPピアの間で異なっていたら，値の小さいほうにあわされるので注意
  - Openメッセージの中にふくまれていて，最初にBGPピアを確立する際のネゴシエーションで決定される

Juniper ←→ Cisco　の場合には
Keep-alive 30秒 / Hole-time90秒 になる

BGPのバージョンは，最初のOPNEメッセージのやり取りの段階で，不一致の場合にはピア自体が張れない
（例えば，バージョン1とバージョン4）

next-hop-selfの実装

- Cisco
  - 記述しないと有効にならない
    - eBGPから受信した経路をiBGPに流す場合に，「next-hop-self」を記述すると有効
  - ただし，iBGPピア同士で書いても，有効にならない
- Juniper
  - 記述しないと有効にならない
    - eBGPから受信した経路をiBGPに流す場合に，「next-hop-self」を記述すると有効(Ciscoと同様)
  - iBGP同士においても，記述すると有効になってしまうので注意
    - ルーティングループを引き起こす可能性がある

send-communityの実装

- Cisco
  - 対向のピアに対して，「send-community」と記述しないと，ちゃんとコミュニティを伝播してくれない
    - 例えば，no-exportなどの経路を内部で利用していると，上流向けに対して「send-community」がはずれてしまった場合には，外部にもれてしまう
- Juniper
  - デフォルトでコミュニティー情報をわたす
  - 特に設定は必要ない

Route-Refresh メッセージ

- BGPのメッセージType5 = ROUTE_REFLESH
- RFC2918で規定．相手から全BGP経路情報の再送を要求
- BGPのOPNEメッセージのやり取り時に，各々自分がどのタイプが受け入れ可能かを通知する
  - 実際には，「BGP TYPE1 OPENメッセージ」の中の，「Optional Parameters フィールド」の値の中の，「Capability Code」に記述
    - Capability Code = 2 : rfc
    - Capability Code = 128 : cisco（128以上はベンダ独自使用領域）
  - 最近は，この2種類両方とも実装している，あるいは実装中というベンダが多い
- Juniper、RiverStone はデフォルトでキャッシュ方式を採用している
  - 各ピアから受信した経路をキャッシュしている
  - Ciscoの場合など，「soft-reconfiguration inbound」でキャッシュ
    - 事前にreceive-route を確認してからピアを確立するなどにも使える

BGPのpassiveモードの実装

通常はどちらか一方からのTCP179ポートに対するOPENメッセージによって，コネクションが開設される

Passiveと設定してあると，自分からコネクションをOPNEしようとせず，相手からのコネクション開設を待っている

Passive設定は，JuniperやRiverstoneが対応
「注意」 両方passiveだと，永久にBGPピアが確立しない

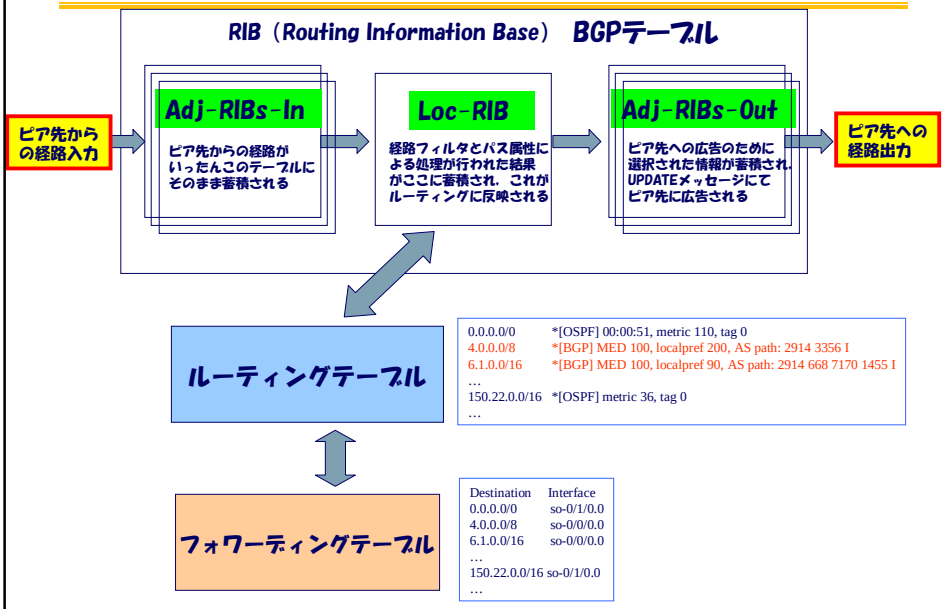
経路管理のされ方(1)

- ルーティングテーブルのみ:Juniper, RS
  - OSPFもBGPも全て1つのルーティングテーブルで管理されている
  - ルーティングテーブル上でベストではないと, BGPにて配信されない
    - 例えばJuniperでは,「advertise-inactive」というコマンドで, OSPFなどBGP以外のプロトコルがベストとなっていても, BGP上で最もベストな経路が配信可能となる
  - BGP以外の経路が配信されてしまう可能性があるので注意
    - Outのpolicy変更は, IPルーティングテーブル全体に適応される
      - match protocol ospf などでマッチしてしまうと, その経路がBGPで配信されてしまう
    - 逆にInのpolicyは, BGPピアに対しては, BGP経路しか受信しないので, BGPの経路に対してのみ適応される → 他のプロトコルの経路を受け取る心配はない

経路管理のされ方(2)

- ルーティングテーブルとBGPテーブルがある:Cisco, Foundry
  - BGP経路の制御は, BGPテーブルで行われる
  - BGPテーブル上のベスト経路が, ピア先に経路配信される
  - ルーティングテーブルとBGPテーブルの関係
    - BGP経路をピアから受信し, ベストパスを選択する
    - 同時に, そのBGPテーブルでベストとなっている経路を, 自身のルーティングテーブルに渡す
    - 渡されたあと, プロトコルディスタンスで, もっとも優先される経路がルーティングテーブルに正式にエントリーされる(OSPFで同じ経路が存在する場合には, BGPテーブルのみでベストパスとしてエントリーされ, ルーティングテーブルにはのらない ← プロトコルディスタンスの差)
  - BGPピアに配信される経路は, BGPテーブルを参照する
    - 通常のルーティングテーブルでベストになっていなくてもOK

BGPのRIB管理と各テーブルの関係

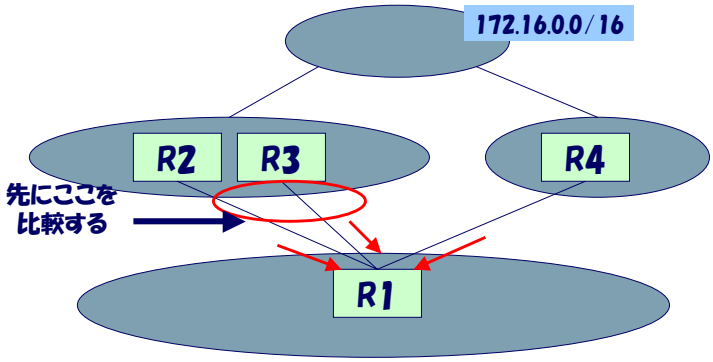


MEDについて

- MED(MULTI_EXIT_DISC)
  - 1つの隣接ASとの間に複数回線がある場合，MEDの値を互いに交換することによって，優先順位をつけることができる
  - 異なるAS間では通常比較の対象にはならない
    - always-compare-med で，異なるAS間でも比較することが可能
  - 値の小さいほうを優先する
  - 2つ以上のASをまたがっては広告されない
    - eBGPピアに対してUpdateを送信する場合には，MED属性は削除される
- MED値がついていない場合には，ベンダーによって解釈が異なる
  - MED = 0 or NULL（もっとも優先される）
  - MED = MAX値(もっとも値が大きいということは，使われないということ)
  - ベンダによっては，何も値がついていない経路に付与するMED値を変更することが可能

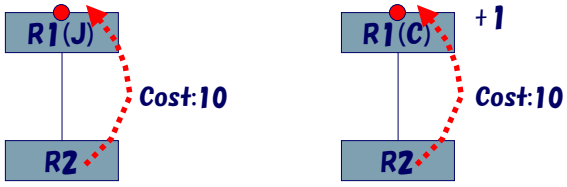
bgp deterministic-med

- BGPピア先から受信した経路のうち，先に同一ASの経路をまず比較して，そのあとに異なるAS間の経路を比較する
  - Ciscoは，デフォルトでは有効になっていない
  - Juniperは，cisco non-deterministic-med を入れると，Ciscoと同様に受信した順に比較するようになる



OSPFのループバックのコスト

- ループバックアドレスの見え方が異なる
  - Cisco:
    - R1がCiscoの場合，R2から見たR1のLoopbackのコストは10+1=11に見える
  - Juniper:
    - R1がJuniperの場合，R2から見たR1のLoopbackのコストは10のまま
- IGPコストで経路選択をしている場合などは注意が必要



フィルタリング

- 2種類，それぞれ2方向(in/out)のフィルタ
  - 経路フィルタ
    - 外部から自AS内に対して広報されてくる経路をフィルタ(in)
    - 自ASから外部ASに対して広報する際に適応するフィルタ(out)
  - パケットフィルタ
    - 外部から自AS内に対して通過しようとするパケットをフィルタ(in)
    - 自ASから外部ASに対して通過しようとするパケットをフィルタ(out)

経路フィルタ

- In方向(外部AS→自AS)
  - 共通
    - 自AS経路，Privateアドレス，マルチキャスト，リンクローカルなどを遮断
  - 上流・ピア
    - 細かい経路は受け取らない(/24よりも細かいもの など)
    - ピアに対しては，基本はAS_PATHフィルタでブロック
    - 異常な経路数に対しては，上限を設けておく(max-prefixなどの複合)
  - 顧客
    - 申告ベースのPrefixのみ(exact-much or 該当Prefix内)を受け取る
- Out方向(自AS→外部AS)
  - 共通
    - 内部で利用している細かい経路などは，ちゃんとはじくような設定
    - RFC1918な経路を利用している際には，それをはじくフィルタを設定
    - remove-private-AS などの適応
  - 上流・ピア
    - 自分と顧客経路のみを配信するようなAS_PATHフィルタ
    - コミュニティを利用しての経路広告も可能

パケットフィルタ

- パケットフィルタを考える前に・・・
  - まず，自分が経路を広報していなければ，パケットはやってこない
- 受信したパケットに対して，どういうPolicyを適応するのか
  - ソースアドレスを偽っている場合(スプーフィング)に対して(in)
  - ソースがPrivateアドレスの経路に対して(in)
- 逆に自分から外に対してのPolicyは
  - 自分が相手に出すパケットは，迷惑のかからないようにフィルタをしておく
  - 基本は「自分の身は自分で守る」

- In方向(外部AS→自AS)
  - 共通
    - ソースが自ASアドレス，Privateアドレス，マルチキャストアドレスなどのパケットはフィルタ (uRPFを複合させても良い)

- Out方向(自AS→外部AS)
  - 自AS内でちゃんと経路を管理していれば，特段必要ないはず
    - 顧客との接続部分ではじいてしまうなど、入り口の部分ではじくことも可能
    - プラスαで、予防保全的にFilterを適応しておけば完璧

Flow Monitoring

- PacketをMonitoringすることにより、どの対置からどの対置へPacketが流れているのかを統計的に解析し、ネットワークのデザインにフィードバックする
  - Flowコレクタは、市販のものからFreeのflow-toolsなど様々

Source/Dest IP
Source/Dest Port
Source/Dest AS Number (origin-as or peer-as)
Packet Count, Byte Count etc..

こういった情報を
UDPのPacketでコレクタ
に向けて送信する

- Netflow
  - Switching 方式として、Ciscoにより開発されたもの
  - Netflow Switching と呼ばれている
- cflowd : Netflowと同じflow export
- sFLOW
  - RFC3176
- IPFIX : IP Flow Information Export
  - IETFの IPFIX-WG にて検討中
  - http://www.ietf.org/html.charters/ipfix-charter.html
  - http://ipfix.doit.wisc.edu/

Netflow

- Netflow
  - 現在 Version 5 が広く使われている
  - Version8は、Version5のFlow情報をaggregateして転送
  - Version9は、特定のFormatに従って必要な情報を抽出してFlowをExportすることが可能

```
interface GigabitEthernet0/0
 ip route-cache flow sampled

ip flow-export source Loopback0
ip flow-export version 5 origin-as
ip flow-export destination 192.168.1.1 9996
ip flow-sampling-mode packet-interval 10000
```

「sample」を書いた場合には、
全てのPacket情報を種族せずに
Intervalをあけて取得する

cflowd

```
interfaces {
    ge-0/0/0 {
        unit 0 {
            family inet {
                filter {
                    input Cflowd;
                    output Cflowd;
                }
                address 202.249.2.131/24;
            }
        }
    }

firewall {
    filter Cflowd {
        term 999 {
            then {
                sample;
                accept;
            }
        }
    }
}
```

```
forwarding-options {
    sampling {
        input {
            family inet {
                rate 10000;
            }
        }
        output {
            cflowd 192.168.1.1 {
                port 9996;
                engine-id 0;
                version 5;
                autonomous-system-type origin; or peer
            }
        }
    }
}
```

sFLOW

- Sampling Flow
- RFC3176にて定義されているFormatに従ってFlowをExport

http://www.foundry.ne.jp/technologies/sFlow/definition.html より

セキュリティ関連

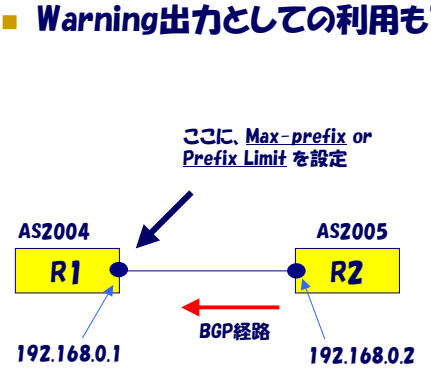
- BGP Max Prefix、Prefix Limit
- MD5(Message Digest 5)
- Unicast RPF
- TTL Hack(GTSM)
- Black Hole ルーティング
- PrefixのHijackと対応策
- IRRと経路フィルタ

セキュリティ設計

- 何を、どのように、何処を、どの程度　守りたいのか
  を明確にする
  - 不要なパケットが外部から来るのを可能な範囲でブロックしたい
  - 過った経路情報がお客さんから来るのをexactにブロックしたい
- それに対する対処を実施する
  - 手法は色々存在するので、その中で適切な対処を行う

BGP Max Prefix、Prefix Limit

- 受信経路数の上限を設定し、想定以上の経路を遮断
  - Peer先等からの経路受信時に設定する
- Warning出力としての利用も可能



Warningを
出力する%
上限値

■ Ciscoの場合(R1)

```
router bgp 2004
 neighbor 192.168.0.2 remote-as 2005
 neighbor 192.168.0.2 max-prefix 1000 50
```

■ Juniperの場合(R1)

```
protocols {
    bgp {
      group iw {
        family-inet {
          unicast {
            prefix-limit {
              maximum 1000
              teardown 50 idle-timeout forever
```

BGP Max Prefix、Prefix Limit

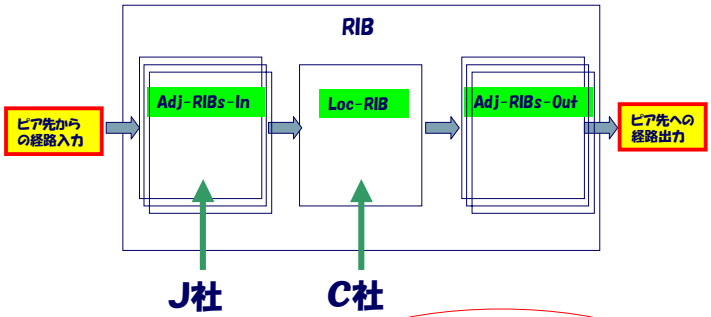
- http://www.cisco.com/en/US/tech/tk365/tk80/technologies_configuration_example09186a008010a28a.shtml
- http://www.juniper.net/techpubs/software/junos/junos64/swconfig64-routing/html/bgp-summary38.html

- 適応RIBの違いに注意
  - Cisco
    - → Loc-RIB
  - Juniper
    - → Adj-RIBs-in

```
iw2004(config-router)#neighbor iw maximum-prefix 200000 ?
  <1-100>       Threshold value (%) at which to generate a warning msg
  restart       Restart bgp connection after limit is exceeded
  warning-only  Only give warning message when limit is exceeded
  <cr>
        デフォルト＝75% で warningが出力される
```

```
iw2004# set protocols bgp group iw unit 0 family inet unicast prefix-limit ?
Possible completions:
+ apply-groups      Groups from which to inherit configuration data
  maximum           Maximum number of prefixes from a peer (1..4294967295)
➢teardown           Clear peer connection on reaching limit
      ➢<limit-threshold>  Percentage of prefix-limit to start warnings (1..100)
      ➢idle-timeout       Timeout before attempting to restart peer
```


BGP Max Prefix、Prefix Limit



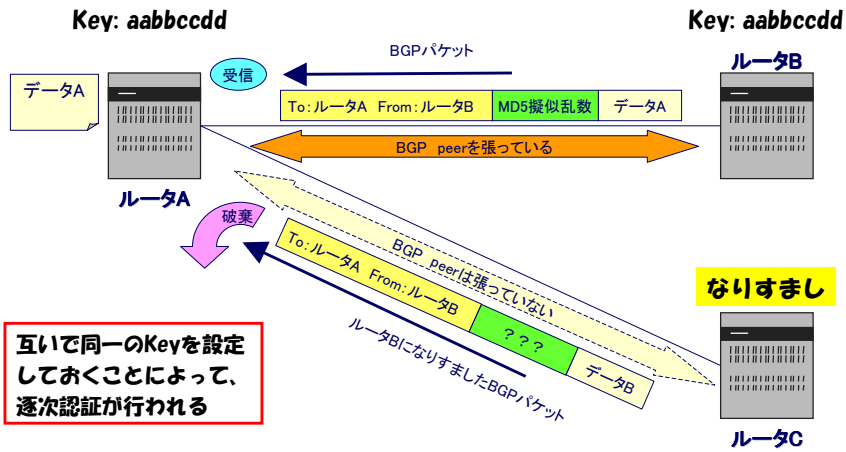
max-prefix以外のFilterを適応している場合には、その該当Filter適応後に、上限値を超えている場合には、limit制限がかかる

➔ Capability Option への拡張をIETFで議論

MD5

- Message Digest 5
- BGPのPeerに設定することにより、経路交換やPeerの確立時における安全性を向上させる技術の1つ
  - 認証やデジタル署名などに使われるハッシュ関数(一方向要約関数)のひとつ、認証アルゴリズム
  - 両端で同一なキーを設定し、MD5アルゴリズムを用いて変換された128bitの固定長のbit列を両端で比較することで、改ざんされていないか確認
  - MD2、MD4 → MD5
  - 簡潔さ，安全性，速度を重視
    - SHA-1(Secure Hash Algorithm) : 160bit
  - RFC1321

MD5認証イメージ

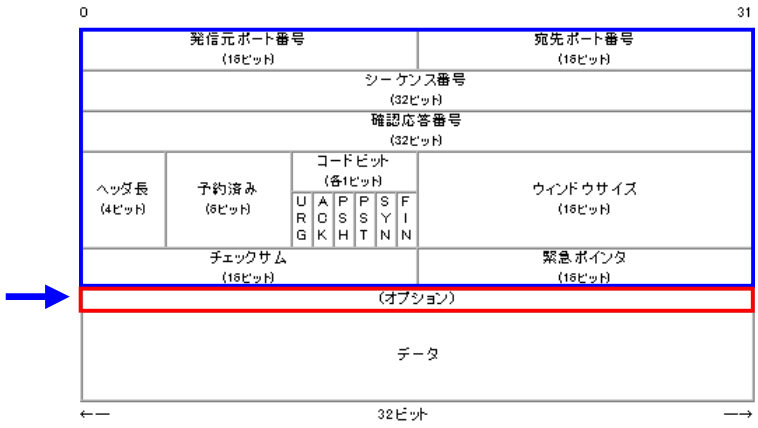


BGP MD5 Algorithm(RFC2385)抜粋

Every segment sent on a TCP connection to be protected against spoofing will contain the 16-byte MD5 digest produced by applying The MD5 algorithm to these items in the following order:

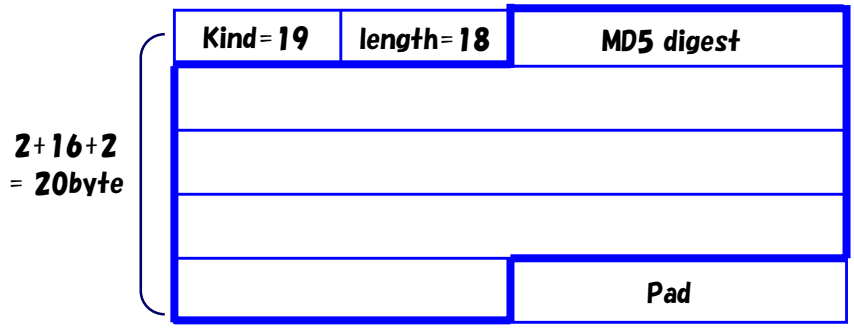
1. *the TCP pseudo-header (in the order: source IP address, destination IP address, zero-padded protocol number, and segment length)*
2. *the TCP header, excluding options, and assuming a checksum of zero*
3. *the TCP segment data (if any)*
4. *an independently-specified key or password, known to both TCPs and presumably connection-specific*

TCPヘッダ



MD5 Option

RFC2385で定義



MD5の設定

- 設定的には特に難しい設定はない
- Keyに使用可能な文字、不可能な文字については、対抗のルータそれぞれ事前に調査の上適応するのが望ましい
  - 特殊用途に予約しているような文字はなるべく使わない
    - お互いの機種が変更になる可能性もあるので

Encryptされている

■ Ciscoの場合

```
router bgp 2004
 neighbor 192.168.0.2 remote-as 2005
 neighbor 192.168.0.2 password 7 AABBCCDD
```

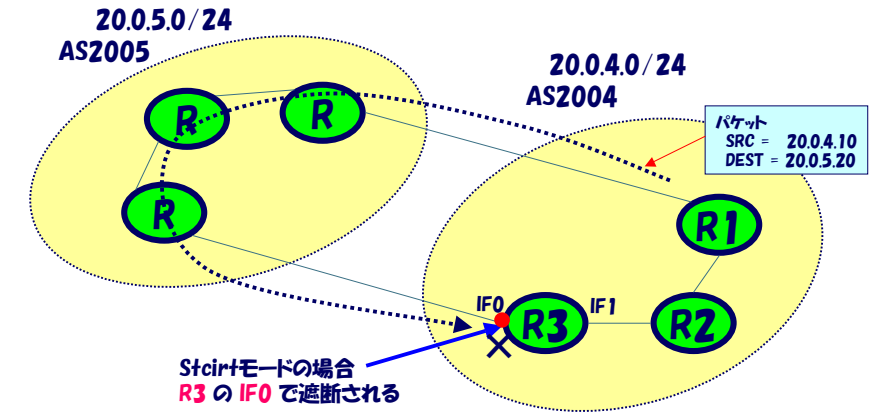
■ Juniperの場合

```
protocols {
    bgp {
      group iw {
        authentication-key "AABBCCDD"
```

Unicast RPF

- Unicast Reverse Path Forwarding
  - 経路情報を利用した Ingress Filter の手法
- RFC3704
  - Ingress Filtering for Multi-homed Networks
- Mode
  - 1) Loose Reverse Path Forwarding
    - DefaultをIgnoreする場合や、Strict的に実装するパターンもある
  - 2) Strict Reverse Path Forwarding
  - 3) Feasible Path Reverse Path Forwarding

Unicast RPF ～ 2) Strict Mode ～



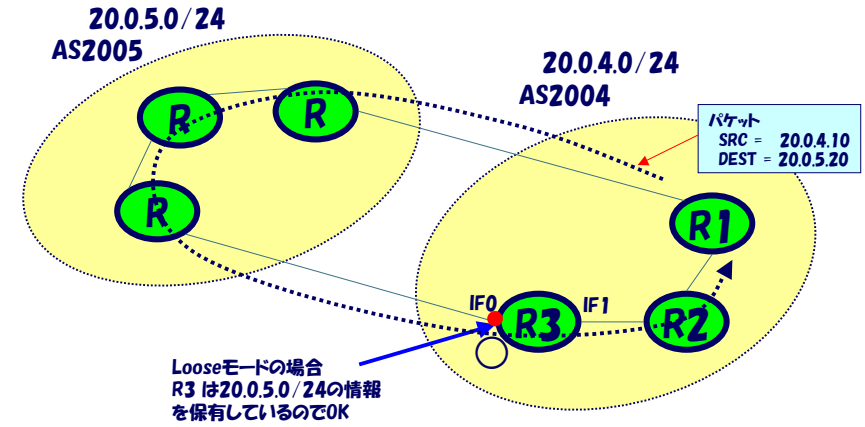
R3の FIB

経路情報	ネクストホップ
20.0.5.0/24	IF1

R3は、ソースが20.0.5.0/24内のパケットがIF0から入ってくることは想定外だと判断

R3のIF0でパケットを遮断

Unicast RPF ～ 1) Loose Mode ～



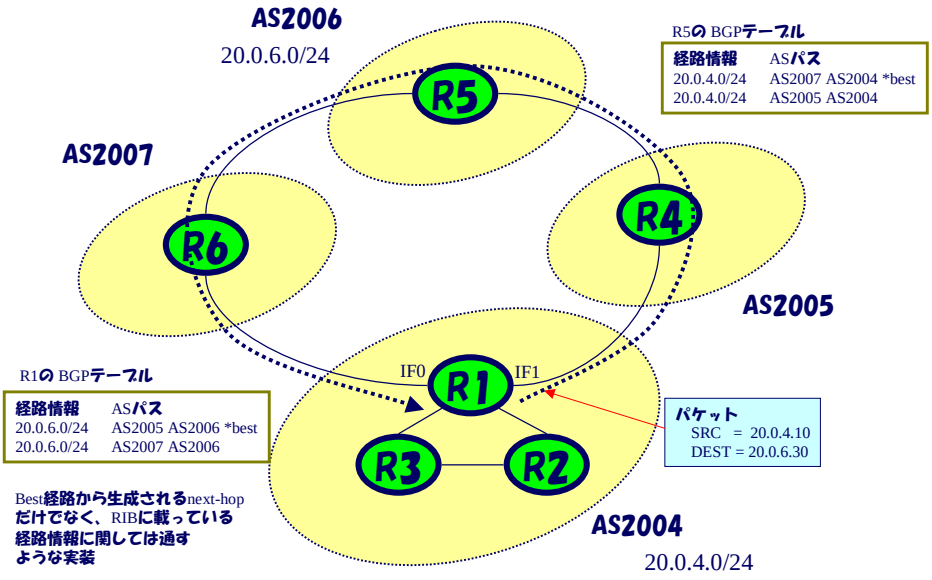
R3の FIB

経路情報	ネクストホップ
20.0.5.0/24	IF1

R3は、どのIFから入力されるか、どのIFから出力するかに寄らず、該当経路情報を保有していることにより、問題ないと判断する

R3のIF0でパケットを通過

Unicast RPF ～ 3) Feasible Path ～



R5の BGPテーブル

経路情報	ASパス
20.0.4.0/24	AS2007 AS2004 *best
20.0.4.0/24	AS2005 AS2004

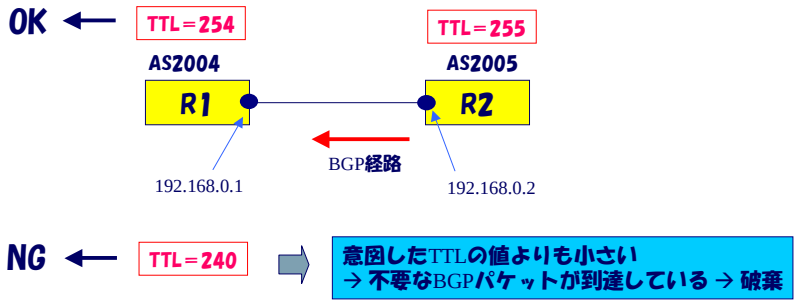
R1の BGPテーブル

経路情報	ASパス
20.0.6.0/24	AS2005 AS2006 *best
20.0.6.0/24	AS2007 AS2006

Best経路から生成されるnext-hopだけでなく、RIBに載っている経路情報に関しては通すような実装

TTL Hack （GTSM）

- Generalized TTL Security Mechanism
- RFC3682
- 事前に設定したTTLの値よりも小さな値のPacketをはじく



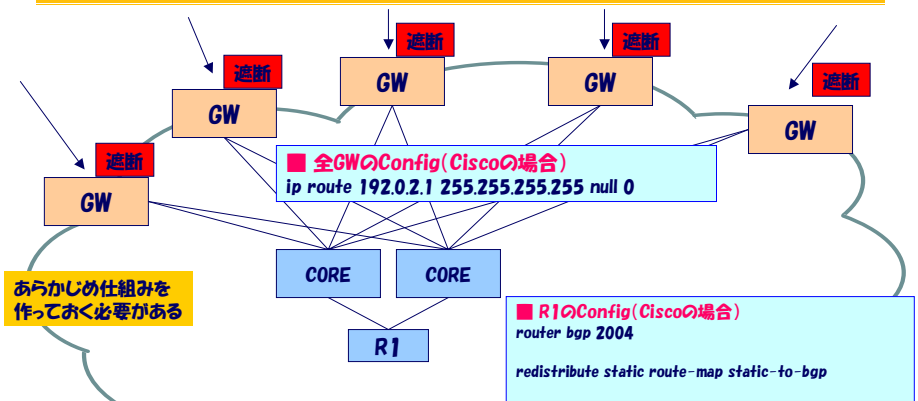
IRRと経路フィルタ

- Internet Routing Registry
  - BGPの経路情報やASのポリシーを記述したデータベース
  - BGP経路の信憑性確認やコンタクトポイントの検索に有効
    - 何か経路に異常が発生したら、まずIRRの情報を参照するのが一般的
- IRRToolSetを用いたPrefixフィルタの生成
  - http://www.janog.gr.jp/meeting/janog9/pdf/yoshida_janog9.pdf
- IRRの情報から様々なConfigを書くことが可能

Prefix Hijack 問題

- 本来の経路の持ち主ではない、第三者に経路をのっとられた場合を、PrefixのHijackと言う
- 自ASの経路が外部で広告されてしまった際の対策
  - LookingGlassや外部エージェントで確認する
  - さらに細かい経路を広告する
    - /24よりも細かい経路を広告しても、到達性は保証できないが、やってみる
  - 誤って経路広告している人、その上流に対して広告停止を依頼
- 事前に可能な対応策
  - 外部から自分の経路が広告されても受信しないよう設定
  - IRRを用いて、出来るだけPrefixベースのFilteringを実施する
- 自AS外のASが受信してしまった場合には、今のところ手立てが無い…

Black Hole Routing



1. DOS攻撃の対象を特定（171.68.1.4/30）
2. R1にstaticを1行きる

ip route 171.68.1.4 255.255.255.252 null 0 tag 66

3. 2.できったstaticは，BGP経路として配信．（next-hopが192.0.2.1）
4. GWにあらかじめ設定してある．null 0 により遮断される

ご清聴ありがとうございました

ISPバックボーンネットワークにおける
経路制御設計　～実践編～

吉田友哉 yoshida@ocn.ad.jp
NTTコミュニケーションズ(株)
1E7D 79AD C610 B5F2 A94E 7FF4 F4AC A722 329C 3DE8

参考資料

参考資料ー1

BGPのベストパス選択一覧表

上から順に経路比較を実施し，ベスト経路が選択

優先度	属性	内容
1	NEXT_HOP	ネクストホップへの到達性があること
2	WEIGHT	Cisco固有のパラメータで，値の大きな経路を優先
3	LOCAL PREF	Local Pref値の大きな経路を優先
4	LOCAL	Localで生成された経路を優先
5	AS_PATH	AS-PATH長の短い経路を優先
6	ORIGIN	Origin属性が，igp>egp>incompleteの順に優先
7	MED	MED値が小さい経路を優先
8	PEER TYPE	iBGPよりもeBGP経由で受信した経路を優先
9	IGP METRIC	IGPのMetric値が小さい(近い)パスの経路を優先
10	ROUTER ID	Router-IDが最も小さい経路を優先

参考資料ー2

CiscoとJuniperにおける，プロトコルディスタンス(ルートプリファレンス)値の違い

■Cisco

プロトコル	Preference値
Connected	0
Static	1
EBGP	20
EIGRP（内部）	90
IGRP	100
OSPF	110
ISIS	115
RIP	120
EIGRP（外部）	170
IBGP	200

■Juniper

プロトコル	Preference値
Connected	0
Static	5
MPLS	7
OSPF internal	10
ISIS level-1 internal	15
ISIS level-2 internal	18
RIP	100
P-to-P	110
OSPF external	150
ISIS level-1 external	160
ISIS level-2 external	165
BGP	170