

インターネットルーティング入門

渡邊研究室

00j007 市川祥平

一章 IPとルーティング

・ルーティングとは

送信元から目的の宛先までの最適な経路を選択する仕事

・ルーティングの必要性

- ・同じネットワークにつながっている装置同士の通信では、ルーティングの設定は不要。
- ・異なるネットワークにつながっている装置同士の通信では、どこにパケットを送出すればよいかわからないので、ルーティングが必要。

・IPの基礎知識

- ・IPアドレス
- ・サブネット
- ・CIDR etc

ルーティングについて

◆ ルーティングテーブル

- ・ IPパケットの宛先IPアドレスが属しているネットワークとネクストホップの関係をまとめた対応表

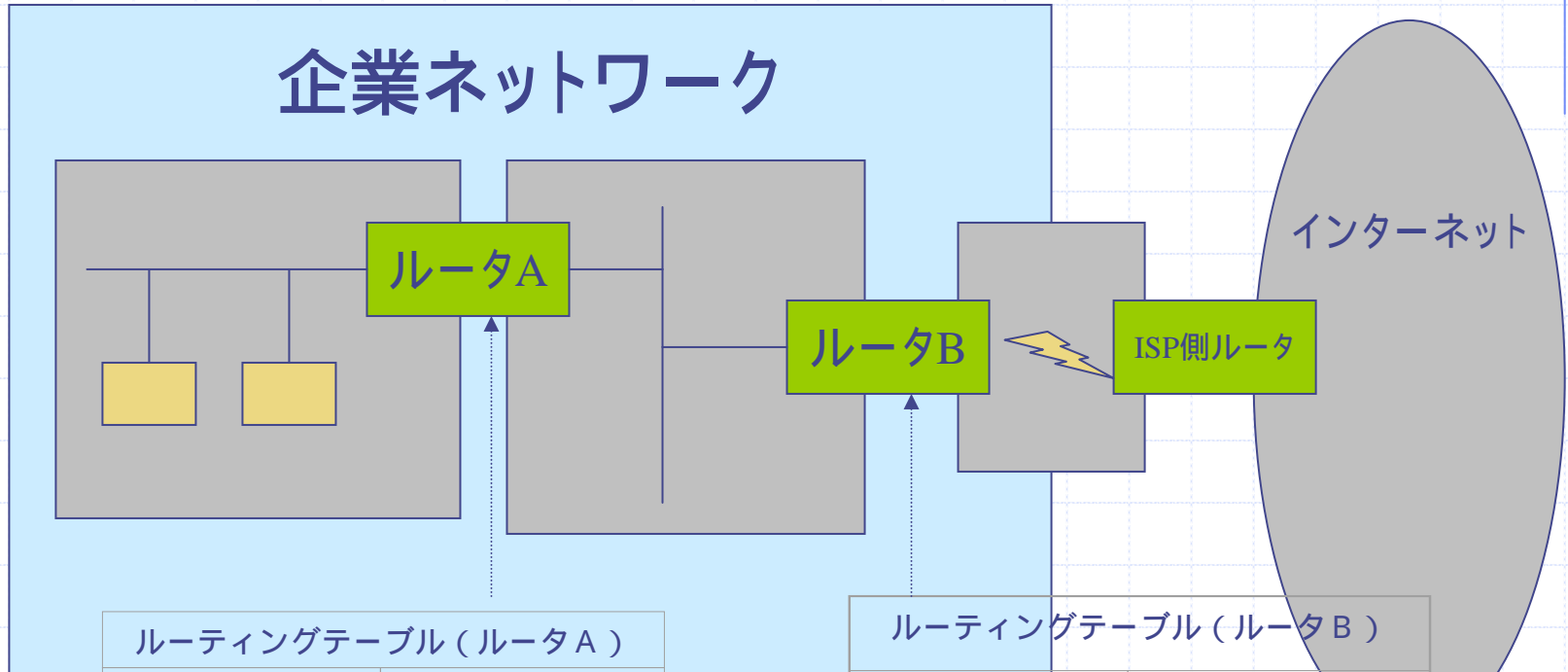
高速道路や国道にあるマップ(～方面)のようなもの

二章 ルーティングの概要

・デフォルトルートとは

ルータにきたパケットの宛先アドレスがルーティングテーブルに登録されていなかった場合に、そのパケットをどこに送ればいいのかを指定するもの

デフォルトルートの例



IPアドレス	ネクストホップ
192.168.0.0/24	192.168.0.1
192.168.1.0/24	192.168.1.1
0.0.0.0/0	192.168.0.2

IPアドレス	ネクストホップ
192.168.0.0/24	192.168.0.1
192.168.1.0/24	192.168.1.1
10.1.2.0/30	10.1.2.1
0.0.0.0/0	10.1.2.2

スタティックルーティングとダイナミックルーティング

・スタティックルーティング

- ・人間が直接手でルータにデータを入力し、ルーティング情報を固定で設定する方法。
- ・各ルータに、目的のアドレスとネクストホップを入力する。
- ・手作業でのルーティングテーブル作成後、パケットが送信される。

・ダイナミックルーティング

- ・ルータ同士が話し合い、経路情報をやりとりし、自動的にルータでルーティングテーブルを作成する方法。

ポイント

ダイナミックルーティングでは、経路情報と実際のデータの向きは異なる

スタティックルーティングとダイナミックルーティングの比較

・スタティックルーティングの長所と短所 長所

- ・ルータに負荷がかからない
- ・ルーティングプロトコル自体のトラフィックが生じない

短所

- ・設計管理が困難
 - 大規模ネットワークの場合、設定作業の量が膨大に
- ・動的経路変更が不可能
 - 障害時にバックアップ経路に切り替わらない

スタティックルーティングとダイナミックルーティングの比較

・ダイナミックルーティングの長所と短所

長所

- ・設定が容易
- ・動的経路変更が可能
障害発生時、障害を検地して経路を切り替える

短所

- ・ルータに負荷がかかる
大規模で複雑なネットワークの場合
- ・ルーティングプロトコル自体のトラフィックが発生

ルーティングプロトコルの種類

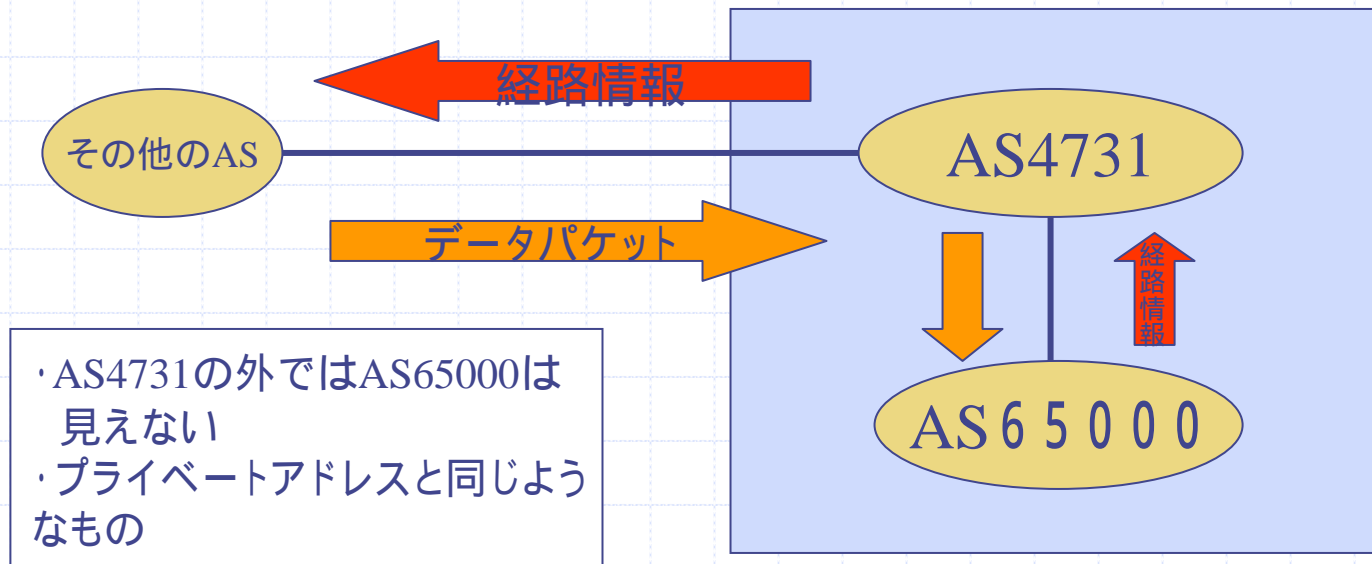
◆ AS 「Autonomous System」

インターネットを構成する、1個の運用ポリシーを持ったネットワークのかたまり。

・主にISPがそれにあたる

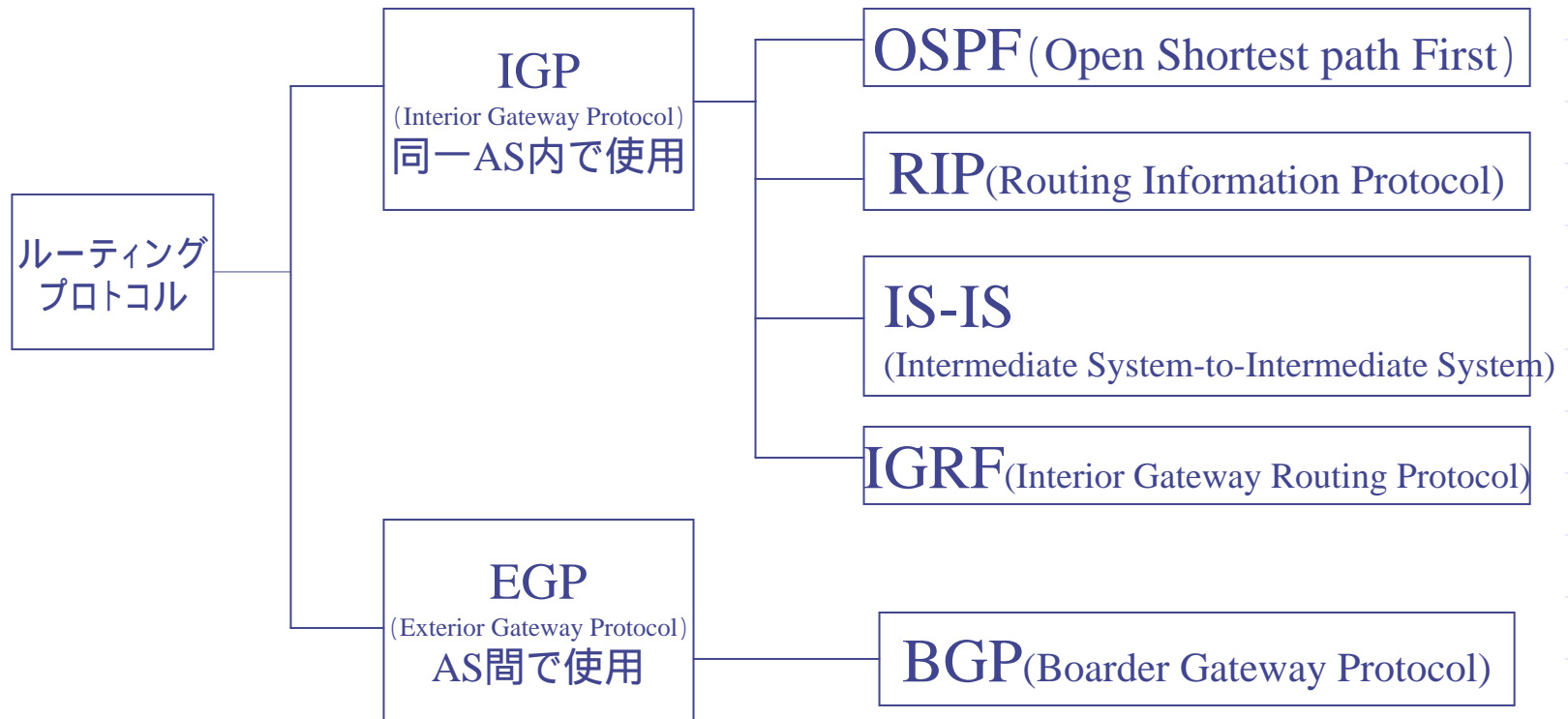
各々のASは「AS番号」という、世界で一意的な番号を持つ

・OCNというASは「4713」



IGPとEGP

◆ ダイナミックルーティングのプロトコル



3章 OSPF

◆ 概要

AS内で使用されているIGPのひとつで、大規模なネットワークに適した特徴を持つ

現在“OSPF Version2”が一般に使われている【RFC 2328】

◆ 特徴

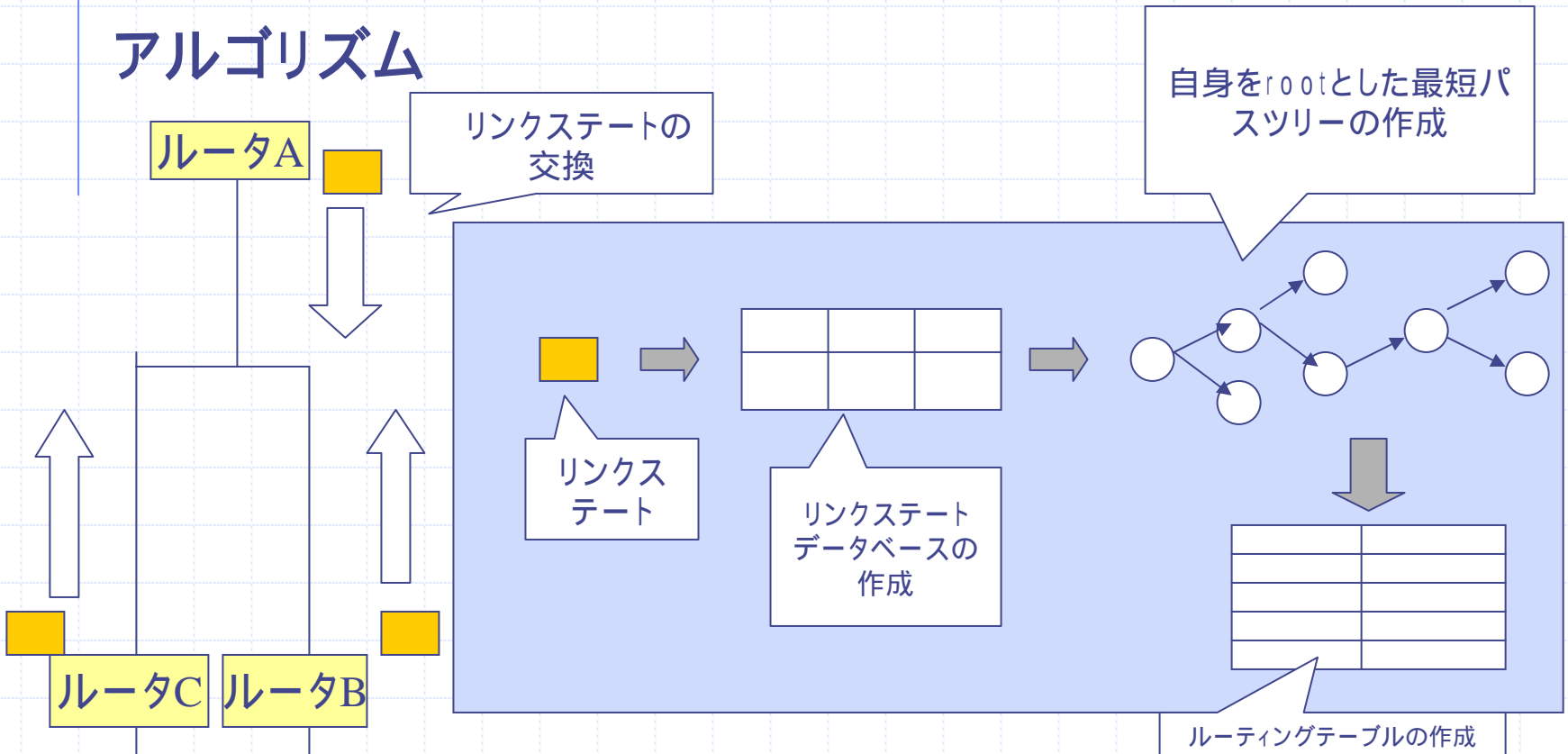
- ・リンクステートアルゴリズムを採用し、素早い収束性を実現
- ・コストにもとづいたルーティング
- ・VLSMのサポート
- ・エリアの使用による高いスケ - ラビリティ(規模対応性)の実現
- ・イコールコストマルチパスのサポート
- ・DRとBDRの概念
- ・マルチキャストの使用
- ・認証のサポート

リンクステートルーティングアルゴリズム

◆ リンクステート

あるルータがどのリンクにどのように接続しているか。
という情報が書かれている

アルゴリズム



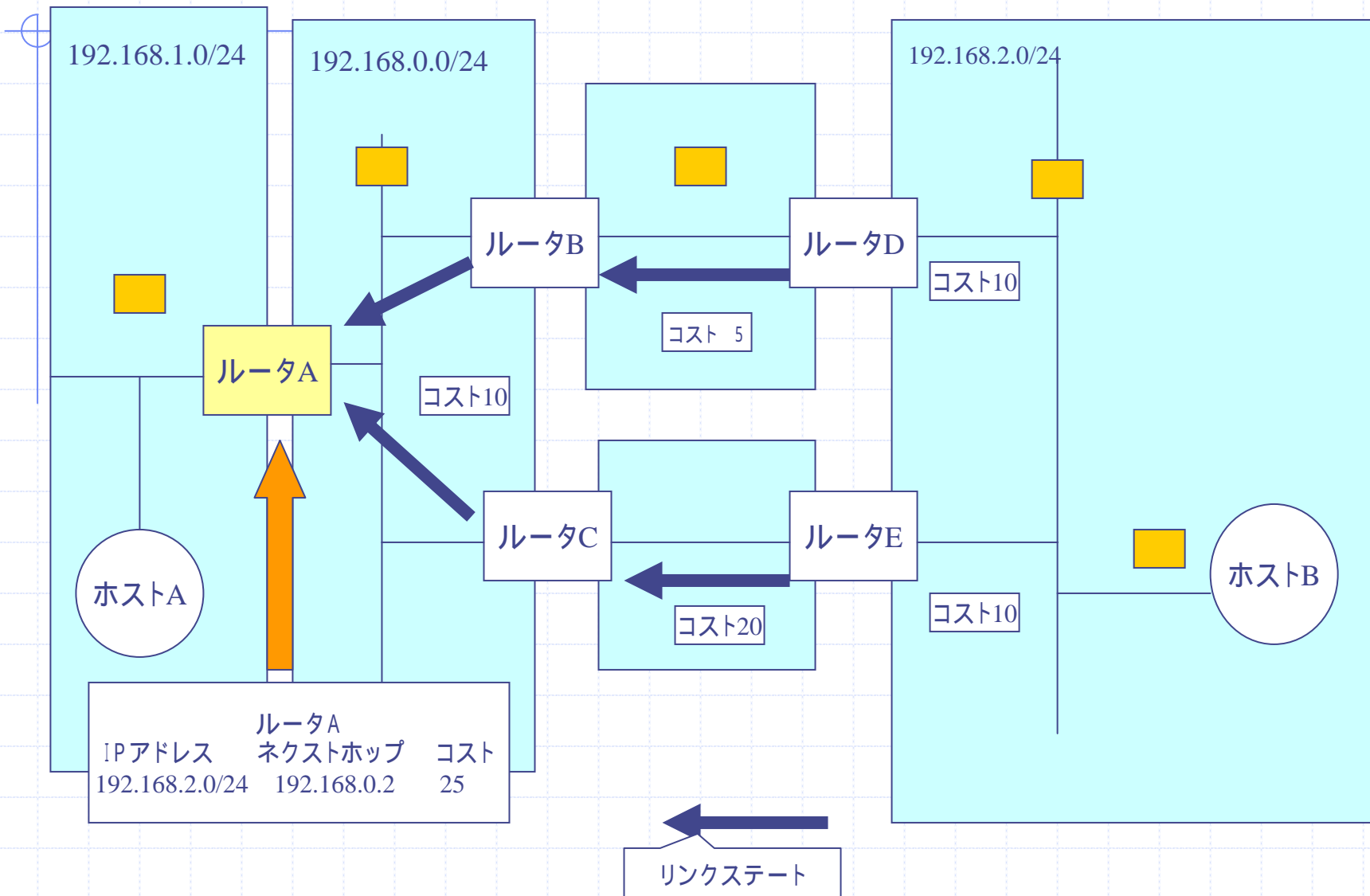
・リンクステートアルゴリズムのメリット

各ルータがネットワーク構成を把握していることで、ネットワーク構成が変化した場合、素早くルーティングテーブルを再構成できる

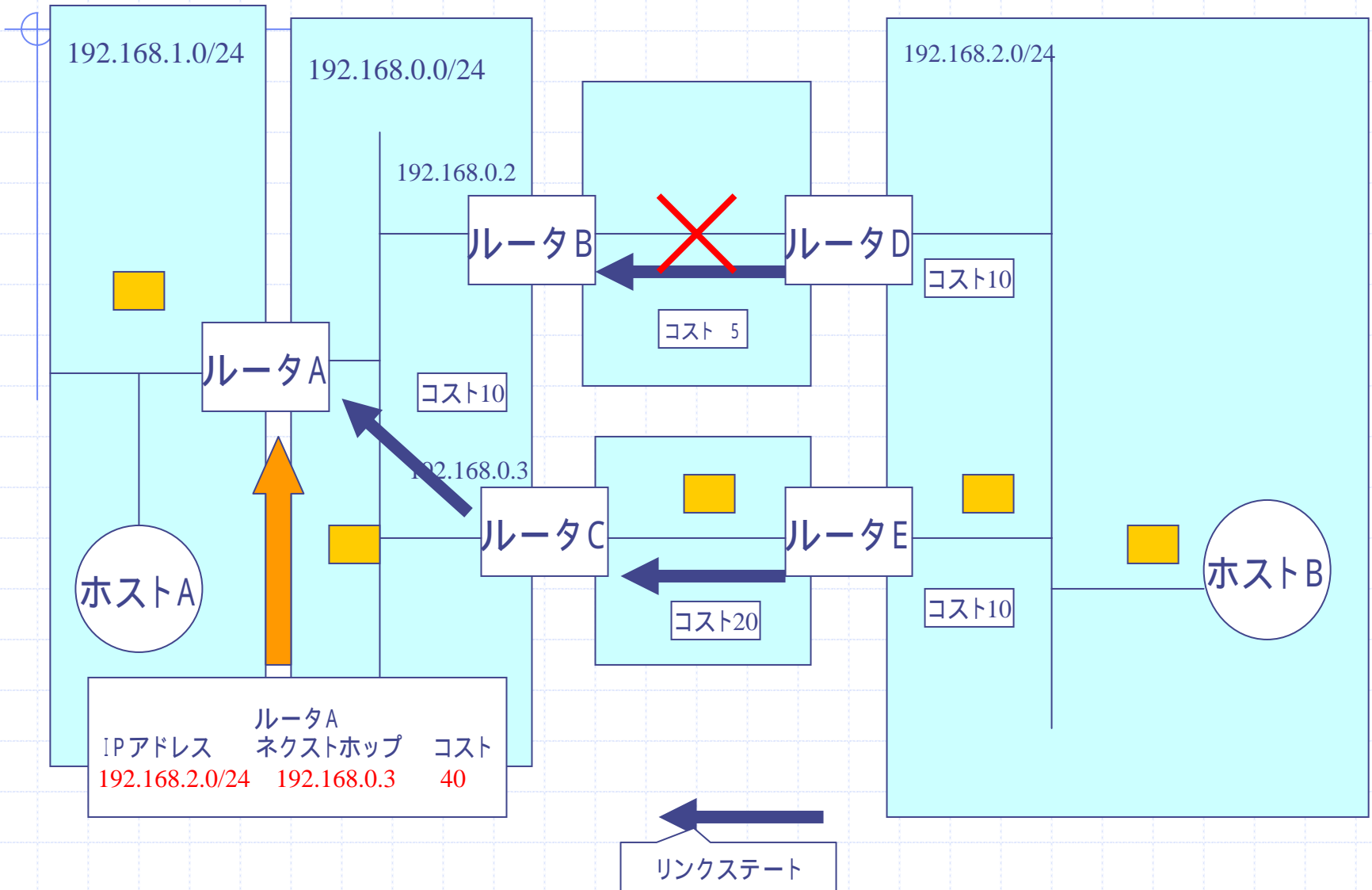
このことは大きなネットワークで安心して運用できることにつながる(スケ-ラビリティに優れている
由縁)

実際、OSPFはISPなど多くの大きなネットワークで安定して使用されている

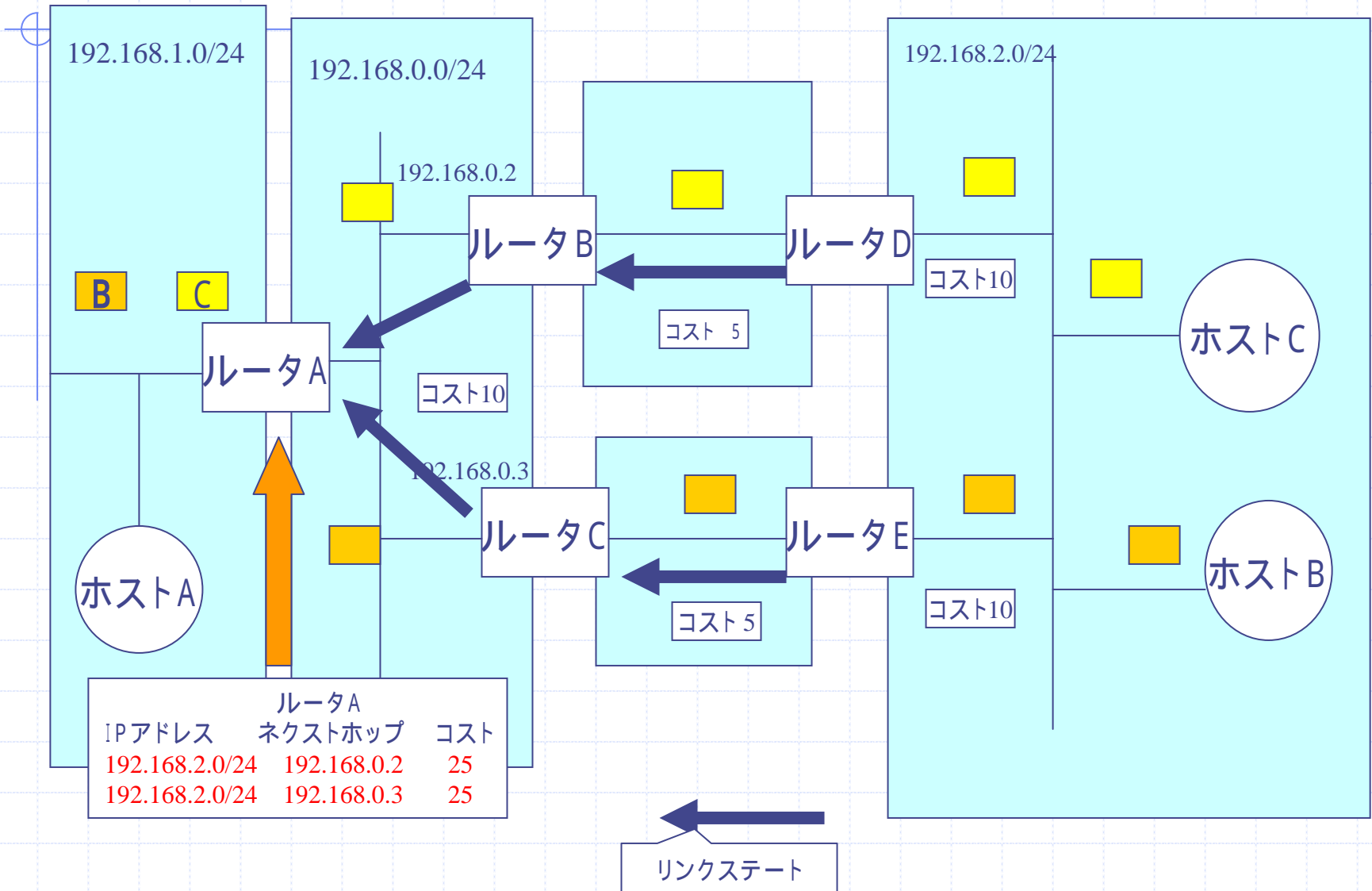
OSFCにおけるコスト



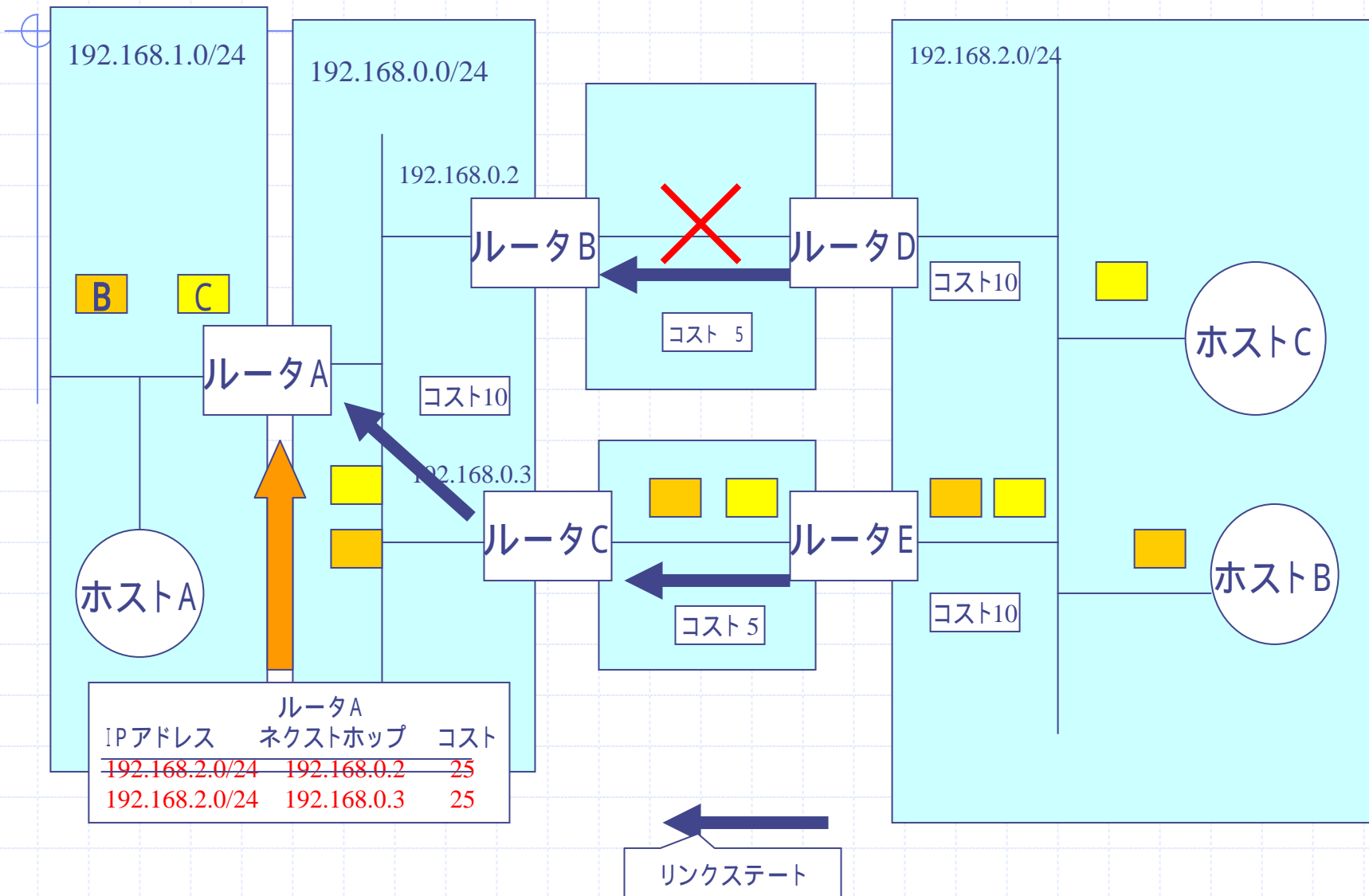
バックアップ経路



イコールコストマルチパス

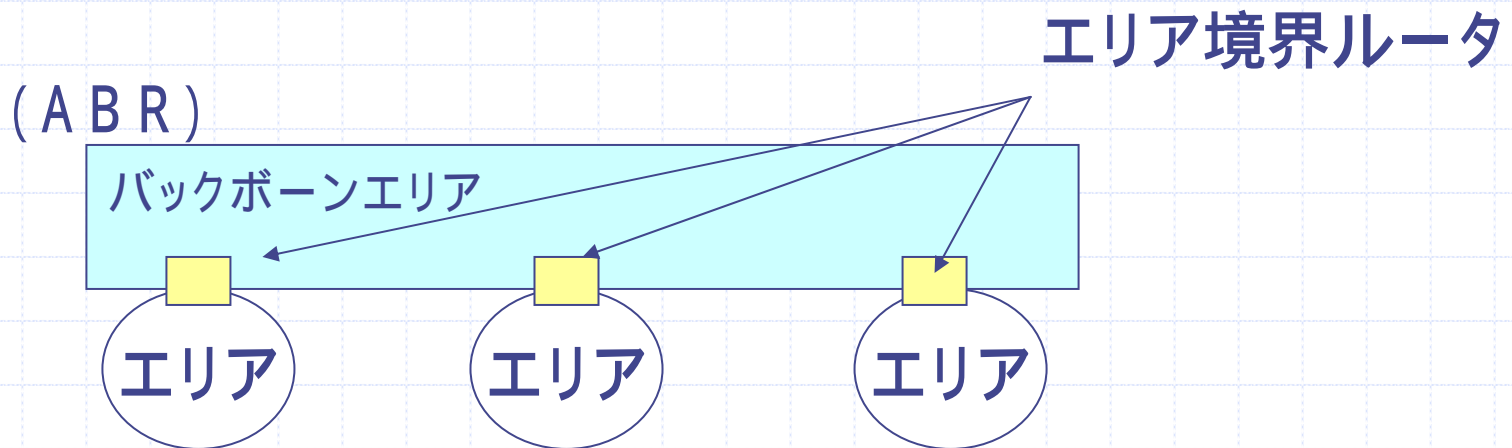


ロードバランス障害時



エリアの概念

ネットワークをエリアと呼ぶ論理的な単位に細分化して運用化する仕組み



各エリアのルータは、自分の属するエリア内だけのネットワーク構成がわかるリンクステートデータベースをもつ
(自分のエリア内だけ把握)

自エリア外のネットワークについては、どのルータの向こう側にそのネットワークがあるかだけ把握

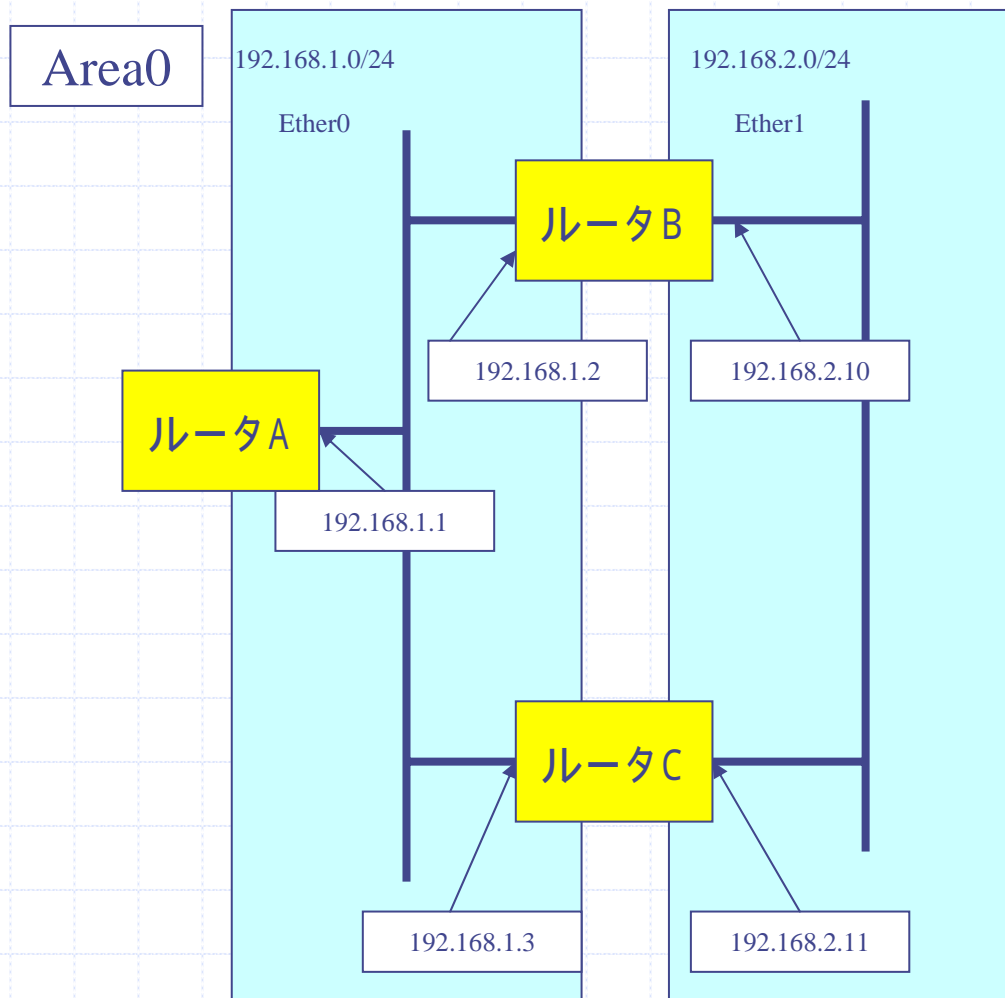
エリアの概念

- ・ エリア導入で起こること
 - ・ 32ビットのエリアIDで区別される
 - ・ エリアに細分化することによって、リンクステートデータベースのサイズが小さくなる そのおかげで、ルーティングテーブルを作成するための演算も少なくてすむ
 - ・ エリア内部で交換するリンクステートのトラフィック量も少なくてできる



この仕組みによって、高いスケ - ラビリティを実現している

Cisco社ルータにおける実際の設定例



Cisco社ルータにおける実際の設定例

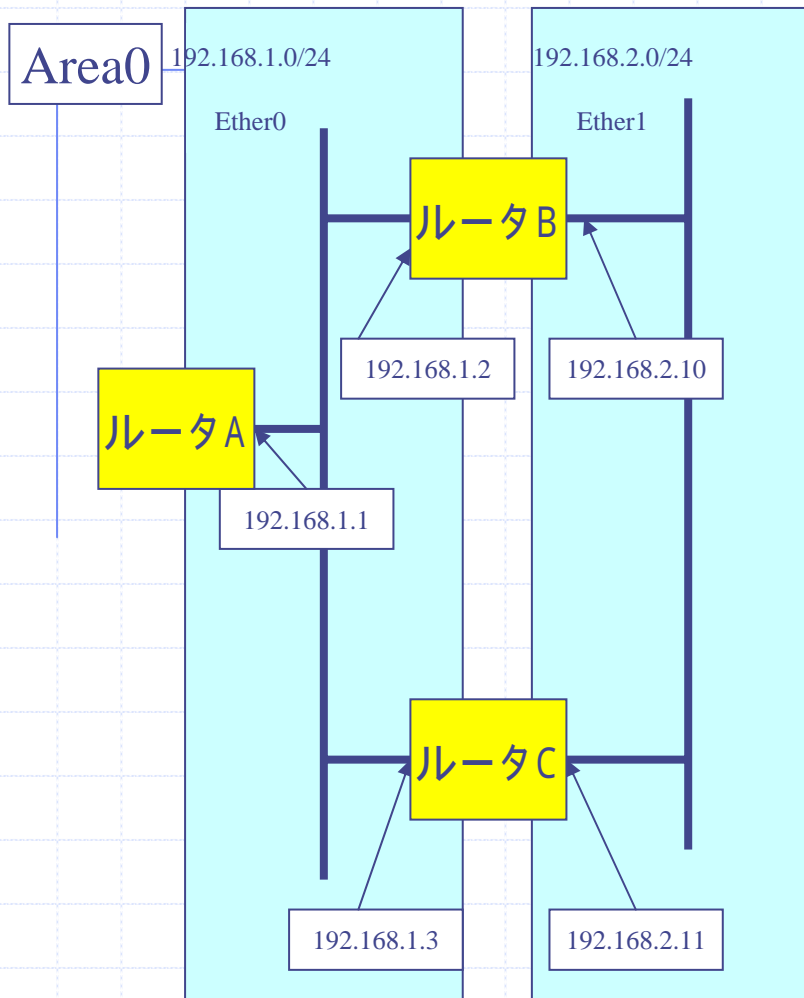
- ・ルータのインタフェースにアドレスを振るコマンド

```
interface インタフェース名  
ip address アドレス サブネットマスク
```

- ・OSPFの設定

```
Router ospf プロセス番号  
Network アドレス ワイルドカードマスク area エリア番号
```

- ・プロセス番号
- ・ワイルドカードマスク



ルータAの設定

```

interface Ethernet0

ipaddress 192.168.1.1 255.255.255.0
!
router ospf 1
network 192.168.1 0.0.0.255 area 0
  
```

ルータBの設定

```

interface Ethernet0
ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
!
interface Ethernet1
ip address 192.168.2.10 255.255.255.0
!
router ospf 1
network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 0
  
```

ルータCの設定

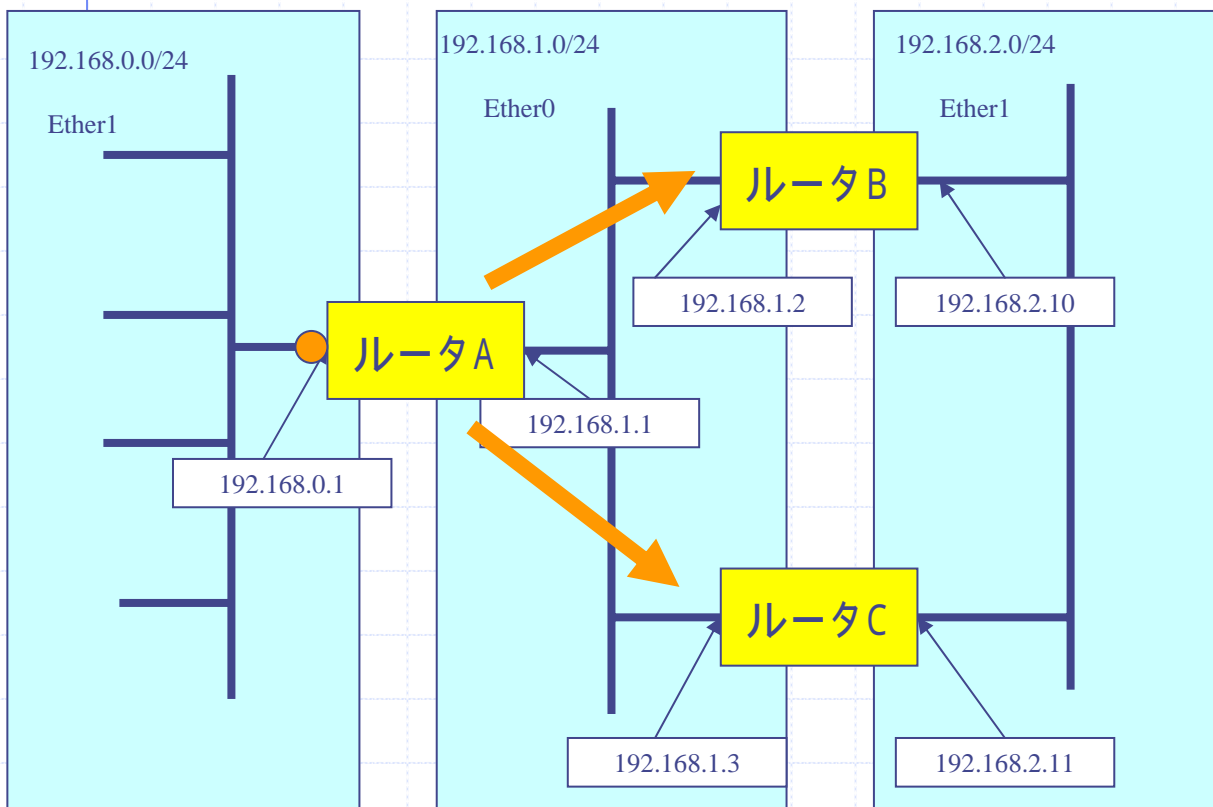
```

interface Ethernet0
ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
!
interface Ethernet1
ip address 192.168.2.10 255.255.255.0
!
router ospf 1
network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 0
  
```

passive-interfaceの設定

・passive-interfaceコマンド

あるインタフェースでOSPFを話したくないが、そのインタフェースが所属するネットワークの経路情報を他のインタフェースで話しているOSPFに広告したいときに使うコマンド



ルータAの設定

```
interface Ethernet0
```

```
ipaddress 192.168.1.1 255.255.255.0
```

```
!
```

```
router ospf 1
```

```
network 192.168.0.0 0.0.0.255 area 0
```

```
network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
```

```
passive-interface Ethernet 1
```

コストの設定

◆ コスト設定のコマンド

```
interface インタフェース名  
ip ospf cost コスト値
```

- ・この設定はリンクステートがルータに入ってくる方向で効く
つまり、そのインタフェースからデータパケットを送出するかどうか
判断するためのコストとなる
- ・設定できるのは1 ~ 65535の値
なお、設定しない場合はそのインタフェースのコストは

$100M \div \text{インタフェースの速度 (bps)}$

となる

4章 RIP

・RIP

目的地までのホップ数(経由するルータの数)を距離と考え、目的のネットワークまで最もホップ数の少ない経路でパケットが配送されるように各ルーティングテーブルを作る、ディスタンスベクター型ルーティングプロトコル

・スパイ例

RIPの基本的な動作

- ◆ 各ルータは、いくつかのルータを経由した先にどんなネットワークがあるかというルーティングテーブル上の情報を、直接接続されているルータに定期的送信する
- ◆ 各ルータは、直接接続されたルータから教わった、どのネットワークがいくつかのネットワークを経由した先にあるかという情報を、自分のルーティングテーブルに付け加える。その際、そのネットワークテーブルへのネクストホップは、情報を教えてくれたルータにする
- ◆ いくつかのルータを経由した先にあるか、という情報は、教わった情報に自分自身の分である「1」を足しておく

タイマーとレギュラーアップデート

◆ タイマー

「0」から始まって1秒に「1」ずつ値が増える
ルータはこれを見張っており、タイマーが「30」になると持っているルート情報を隣接するルータに送信してタイマーを「0」に戻し、これを繰り返す

このような定期的なルート情報の送信を
レギュラーアップデートという

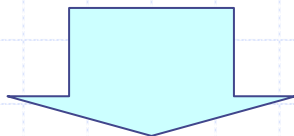
ルート情報のタイムアウト

◆ ルータの回線が切断されたとき

タイムアウトタイマーで管理している

レギュラーアップデートで情報を受け取ると、情報を受け取ったルートのタイムアウトタイマーを「0」にリセットする

RIPではこのルートの有効、無効の判断基準に180秒という時間を使用する



ネットワーク構成の変化に素早く対応することが難しい

ルート情報のタイムアウト

◆ ルート取り消し情報の送信

切断など、障害が発生したら「ルートがなくなった」と通知すること

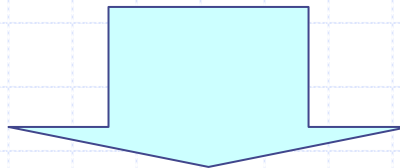
これにより障害発生即時に新しいルートに切り替わることができる

・ 実際

目的ネットワークへのメトリックに「16」を入れたRIPアップデート情報を送信

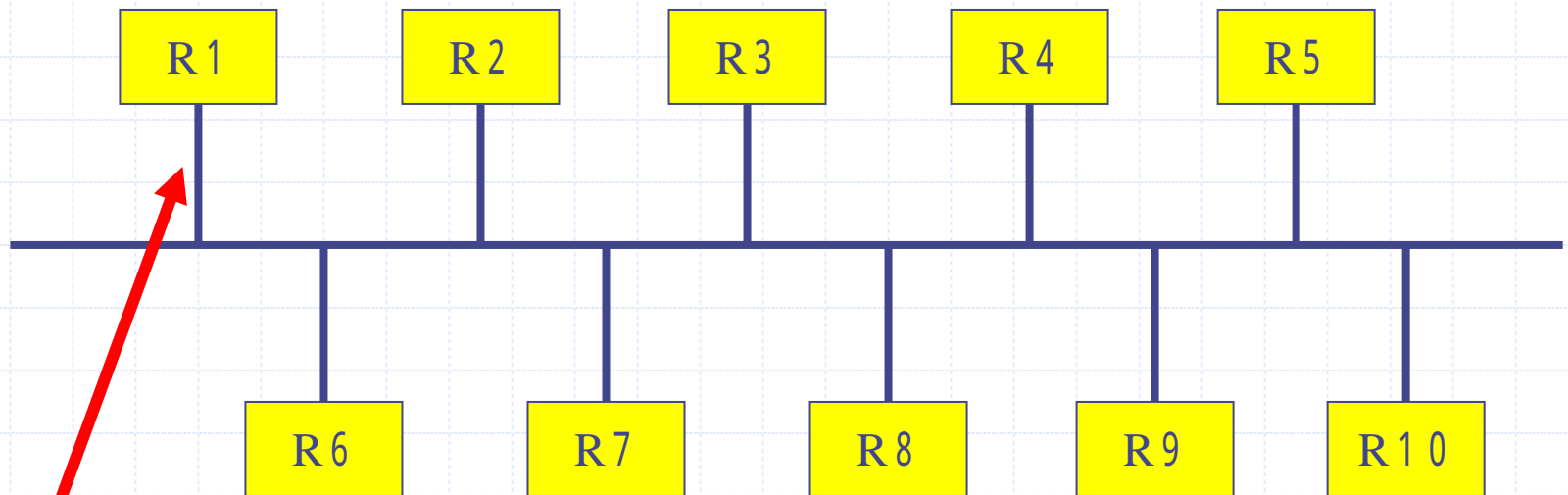
ループの発生

- ・ループを防ぐため、他のルータからもらった情報は、その情報をくれた本人には流さないというルールができた
これを**シンプルスプリットホライズン**という
- ・さらに、相手にメトリック「16」を入れてルートをくれた本人に送り返す**ポイズンリバーサ付スプリットホライズン**がある(より誤りを正す力が強くなる)



これは良いことばかりではなく欠点もある

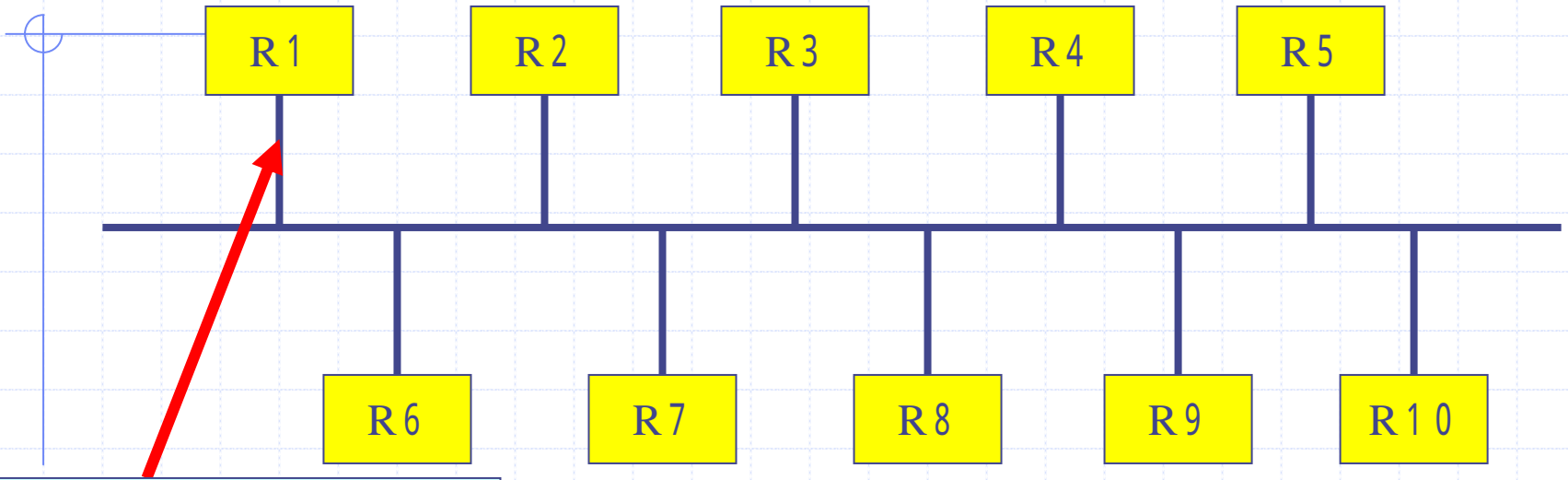
比較(シンプルスプリットホライズンの場合)



R1からのRIPパケット

R1へのルート コスト1

比較 (ポイズンリバーサス付スプリットホライズン)

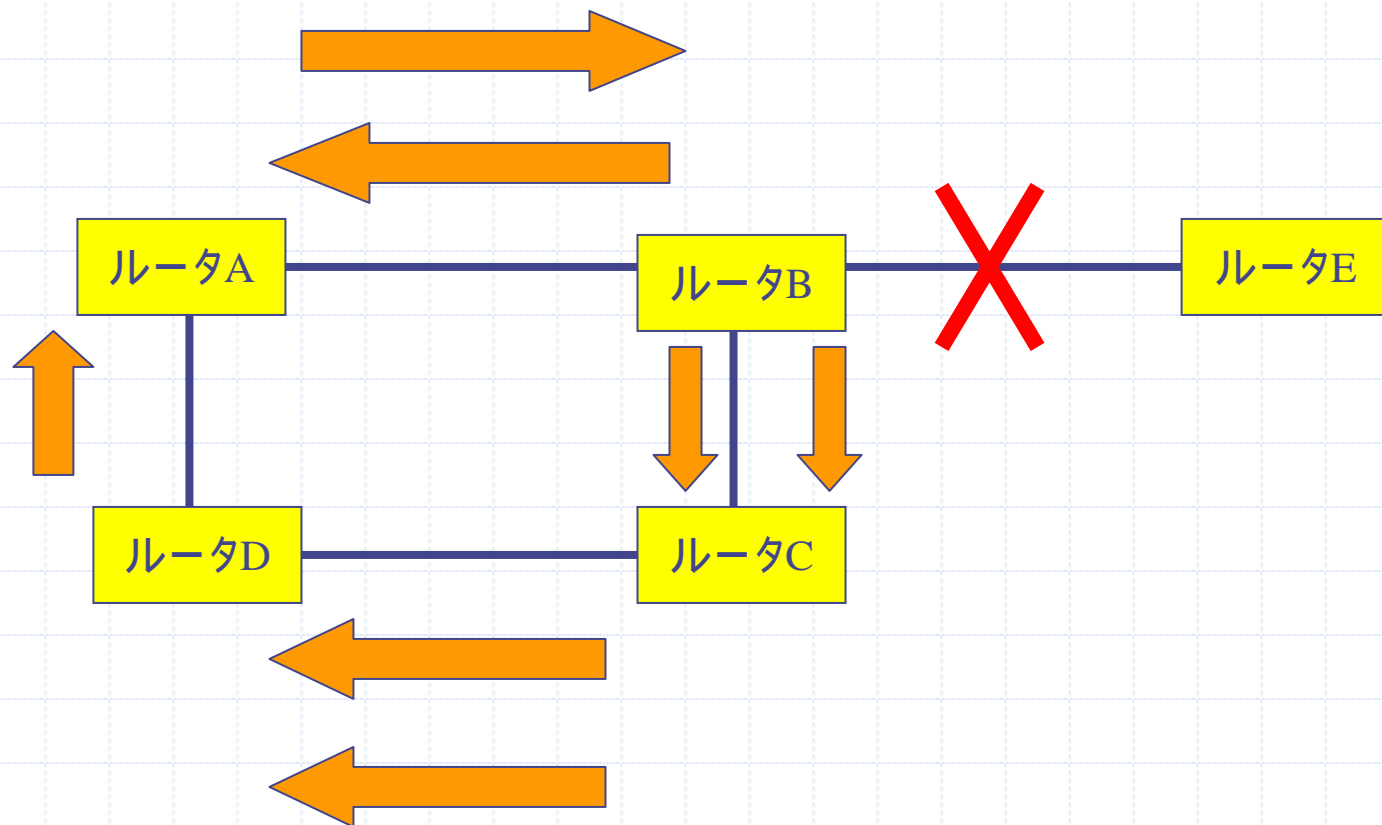


R1からのRIP packets

R1へのルート	コスト1
R2へのルート	コスト16
R3へのルート	コスト16
R4へのルート	コスト16
R5へのルート	コスト16
R6へのルート	コスト16
R7へのルート	コスト16
R8へのルート	コスト16
R9へのルート	コスト16
R10へのルート	コスト16

通信量の差は10倍

無限カウント問題とトリガーアップデート



最終的に各ルートのメトリックが「16」になった段階でループが解消

◆このようにリンク状になっているネットワークで情報がループしてしまう

このループの発生を防ぐことはできない

解決策

・トリガーアップデート

無限コストに達するのを早める

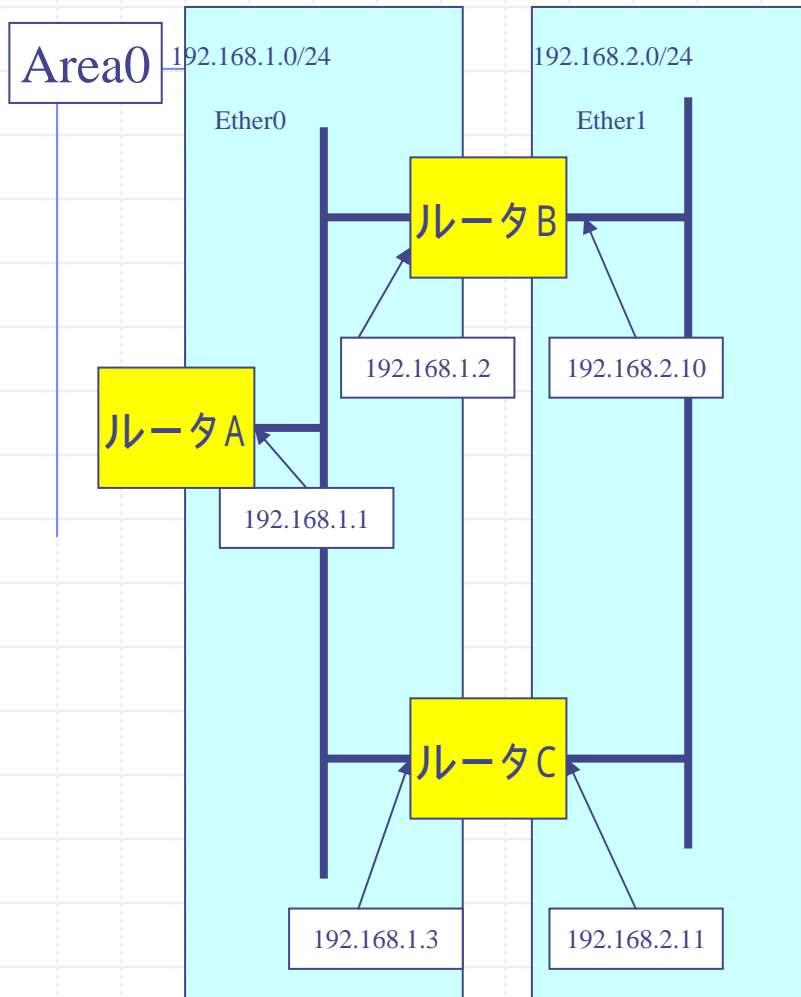
各ルータは自身の経路情報に変化があったらレギュラー アップデートを待たずに、すぐに変化のあった情報を隣 接ルータに送る

トリガーアップデートと呼び、30秒ごとのレギュラーアップデートと区別する

Cisco社ルータにおける実際の設定例

◆ RIPの基本コマンド

```
router rip  
network ネットワークアドレス
```



ルータAの設定

```

interface Ethernet0

ipaddress 192.168.1.1 255.255.255.0
!
router rip
network 192.168.1

```

ルータBの設定

```

interface Ethernet0
ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
!
interface Ethernet1
ip address 192.168.2.10 255.255.255.0
!
router rip
network 192.168.1.0
network 192.168.2.0

```

ルータBの設定

```

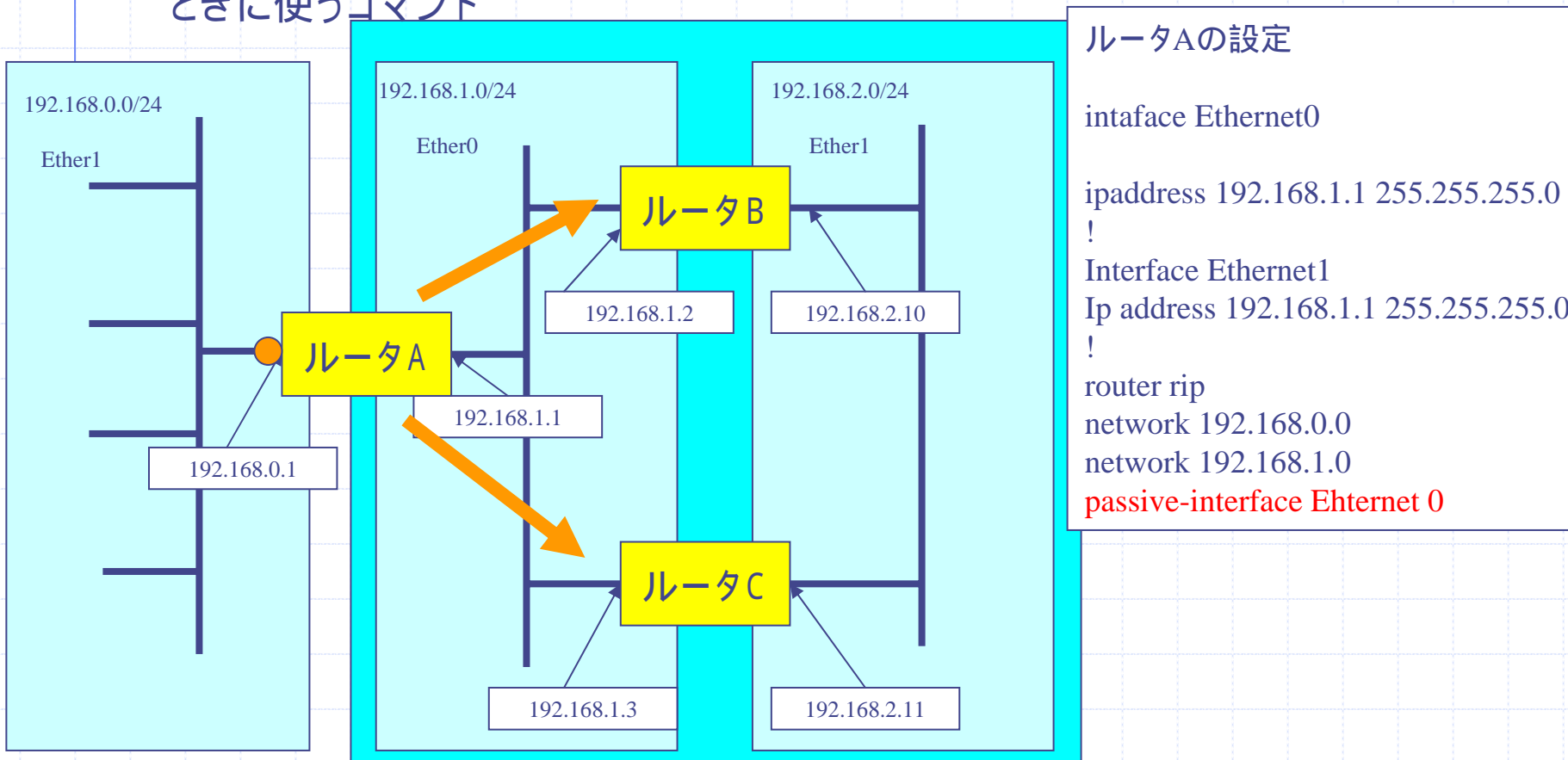
interface Ethernet0
ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
!
interface Ethernet1
ip address 192.168.2.10 255.255.255.0
!
router rip
network 192.168.1.0
network 192.168.2.0

```

passive-interfaceの設定

・passive-interfaceコマンド

あるインタフェースでRIPを話したくないが、そのインタフェースが所属するネットワークの経路情報を他のインタフェースで話しているRIPに広告したいときに使うコマンド



RIPの限界とOSPFとの比較

◆ 長所

- ・多くのネットワーク機器で実装されている
- ・処理の負荷が小さい

◆ 短所

- ・ディスタンスベクター型のため、ネットワーク変更の際、収束に時間がかかる
- ・ポップ数が「15」までしかない
- ・ルーティングテーブルすべてのエントリをブロードキャストで流してしまうので帯域を必要以上に消費する
- ・基本的にネットワークの重み付けができないため、回線の帯域に応じて適切な経路を選ぶことが難しい
- ・エリア分けできないため、RIPネットワーク全体で同じ情報を使わざるを得ない

それぞれの適応範囲

- ◆ 大規模ネットワークには収束が早く、階層構造を作ることができる**OSPF**が適する
- ◆ さほど大規模ではなく、デフォルトルートを効果的に使えるようなネットワークで、VLSM(ルートごとにサブネットマスク情報を運ぶことができる)が**必要でない場合**(RIP v2では実装している)には実装している**機器の多いRIP**が適する

5章 BGP

◆ BGP-4

- ・パスベクターアルゴリズムを使用する
- ・IPアドレス(NLRI)と、それに付随するパス属性をつかうことによって、ASの持つポリシーに従って、AS間の経路制御を行うことができる

ポリシーの例

AS(ISP)がインターネットに接続する際、どのISPと接続し、どのようにトラフィックを流すか

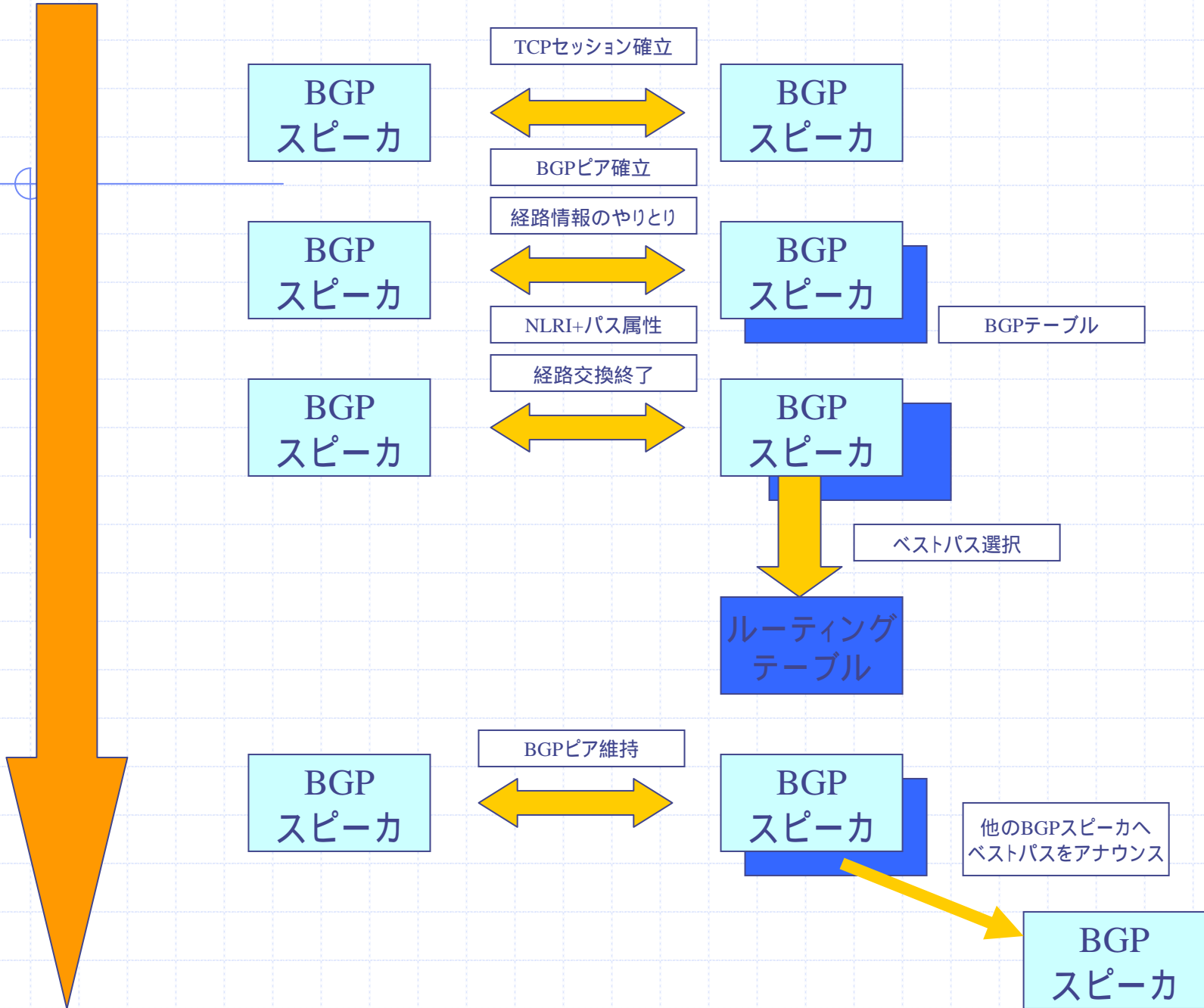
上りトラフィック: 自ASから外ASに流れるトラフィック

下りトラフィック: 外ASから自ASに流れてくるトラフィック

自分のASの持つポリシーを接続先に伝えることはできても、接続先がそのポリシーを認めてくれる、または解釈してくれるかは接続先次第

BGP-4での経路情報交換

- ・経路情報を交換するためにTCPを使用
- ・BGPピア
 - 情報を交換するルータ同士でTCPを用いた1対1のセッション
- ・BGPスピーカ
 - BGPを設定した装置
- ・ベストパス
 - 最適経路



メッセージの種類

◆ OPENメッセージ

ピアを張る際にやりとりされるメッセージで、AS番号などの情報交換

◆ UPDATEメッセージ

NLRIとパス属性をやりとりする際に使用。ピアが確立した直後には全ての経路情報をやり取りするが、その後は更新分だけをやりとり

◆ NOTIFICATIONメッセージ

エラーなどを検知した際に、相手にそのことを伝えるために使われる

◆ KEEPALIVEメッセージ

ピアが正常に確立されているかを定期的に確認するために使われる

パス属性

◆ パス属性はベストパス選択などBGP 4の動作を決める重要な役を担う

-ORIGIN属性

-AS_PATH属性

-NEXT_HOP属性

-LOCAL_PREF属性

-MULTI_EXIT_DISC(MED)属性 etc

Cisco社ルータでのBGPのピア設定例

◆ eBGP

BGP本来の目的であるAS外のBGPスピーカと経路情報のやりとりをする

◆ iBGP

eBGPから得た自分以外のASからの経路情報を、さらに自分のAS内の他のBGPスピーカに伝えるときに使われる

・コマンドの設定

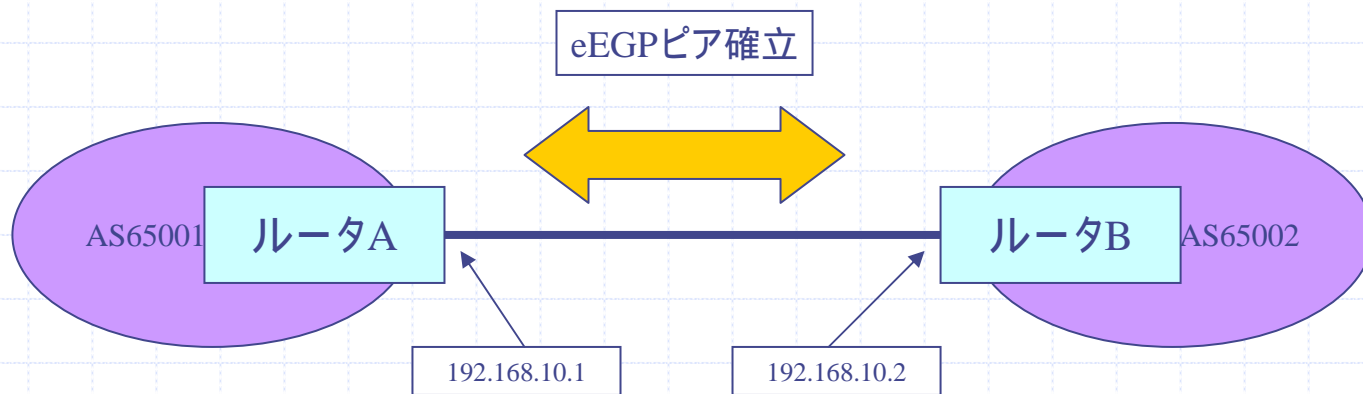
プロセス起動: `router bgp` そのルータが所属するAS番号

eBGPでピアを張る設定: `neighbor *.*.*.* remote-as` 相手のAS番号

*:ピア先のBGPスピーカが持つアドレス

iBGPでピアを張る設定: `neighbor *.*.*.* remote-as` 相手のAS番号
`neighbor *.*.*.* update-source loopback`

eBGPの設定例



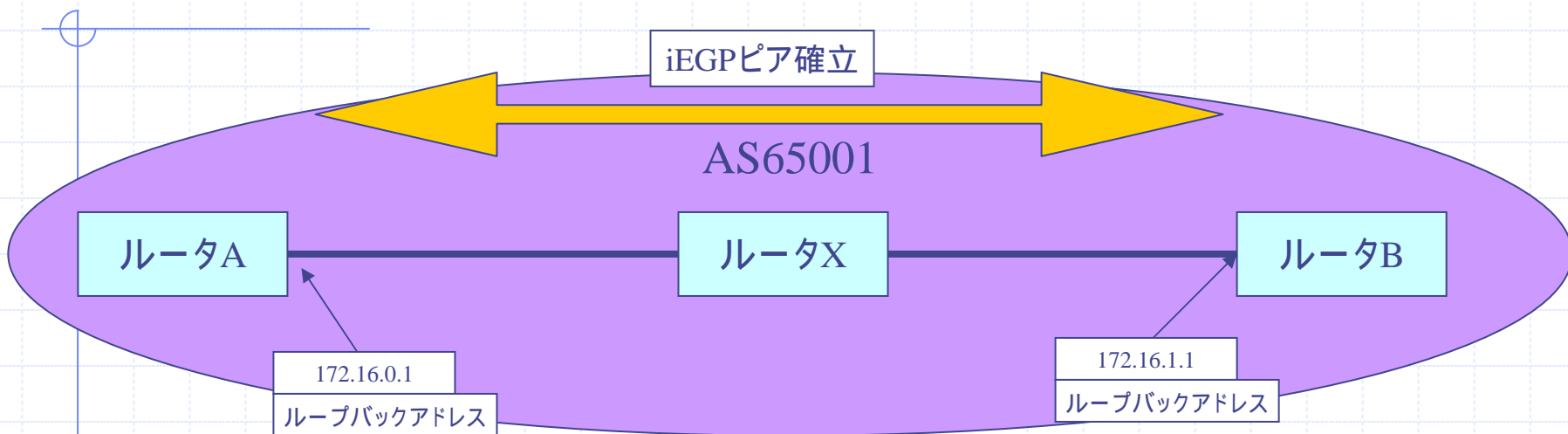
ルータAの設定

```
router bgp 65001  
neighbor 192.168.10.2 remote-as 65002
```

ルータBの設定

```
router bgp 65002  
neighbor 192.168.10.2 remote-as 65001
```

iBGPの設定例

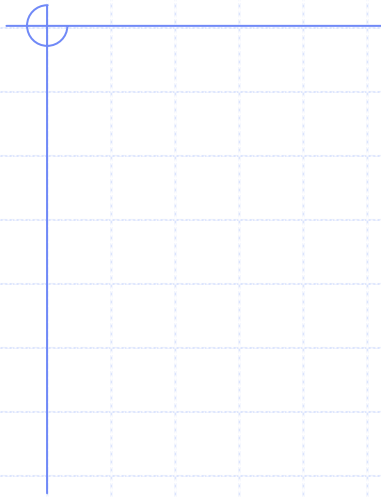


ルータAの設定

```
router bgp 65001
neighbor 172.16.1.1 remote-as 65001
neighbor 172.16.1.1 update-source loopback0
```

ルータBの設定

```
router bgp 65001
neighbor 172.16.0.1 remote-as 65001
neighbor 172.16.0.1 update-source loopback0
```



終わり