

本資料について

- 本資料は下記の論文を基にして作成されたものです。文章の内容の正確さは保障できないため、正確な知識を求める方は原文を参照して下さい。
- 著者：友近剛史，池尻雄一，小早川知昭
- 文献：(翔泳社)インターネットルーティング入門
- 初版：2001年9月18日

第一回 輪講

～インターネットルーティング入門～

渡邊研究室

030432106 宮崎 悠

目次

- 1章 IPとルーティング
- 2章 ルーティングの概要
- 3章 OSPF
- 4章 RIP
- 5章 BGP
- 6章 MPLS

1章 IPとルーティング

■ 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

■ ルーティング

送信元から目的の宛先までの最適な経路を選択するタスク(仕事)

■ フォワーディング

入力したパケットをルーティングによって選ばれた出カインターフェースに出力すること

■ ルーティングの必要性

異なるネットワークに繋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分からないため、ルーティングの設定が必要

2章 ルーティングの概要

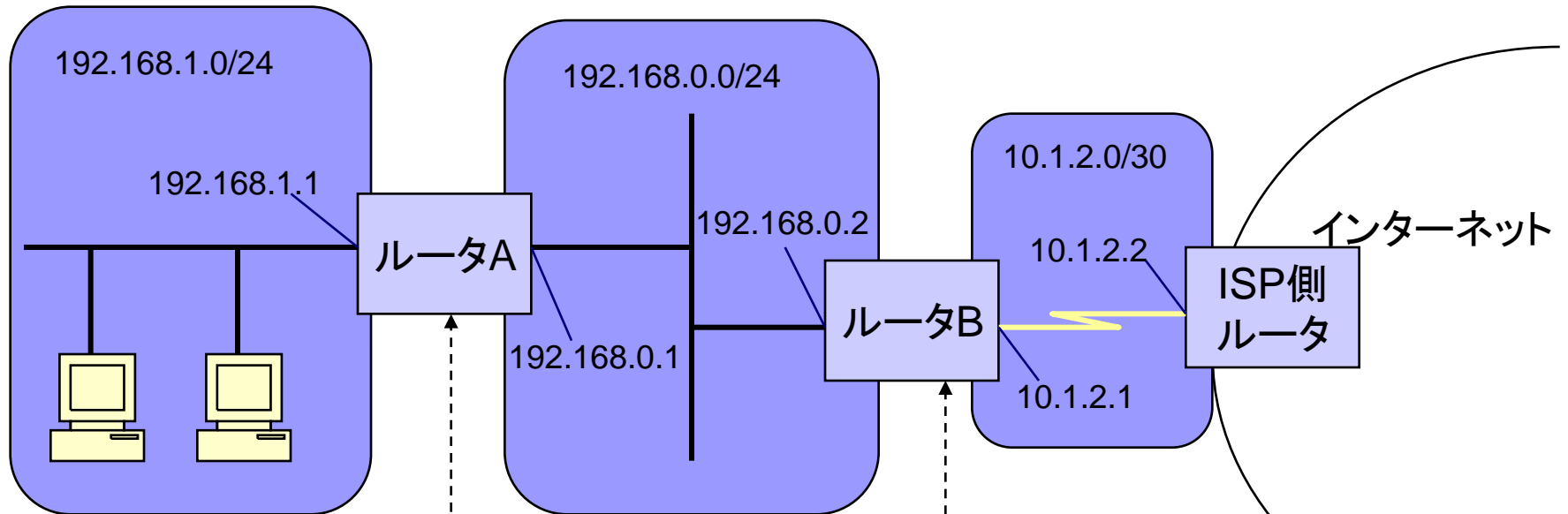
■ デフォルトルート

ルーティングテーブルに宛先アドレスの登録のないパケットがきた場合、どこに転送すべきかの指定をするもの

- * ルータが複数のインターフェースをもっている場合、ネクストホップは直接接続されたネットワークのインターフェースのアドレスを指定
- * デフォルトルートは設定するルータより一つISP側のルータをネクストホップして設定することが多い

ISP : internet service provider

デフォルトルートについての例



IPアドレス	ネクストホップ
C 192.168.0.0/24	192.168.0.1
C 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
C 192.168.0.0/24	192.168.0.2
192.168.1.0/24	192.168.0.1
C 10.1.2.0/30	10.1.2.1
0.0.0.0/0	10.1.2.2

0.0.0.0/0はデフォルトルート

C: Connected

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。

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なる
- ・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

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、障害を検知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」

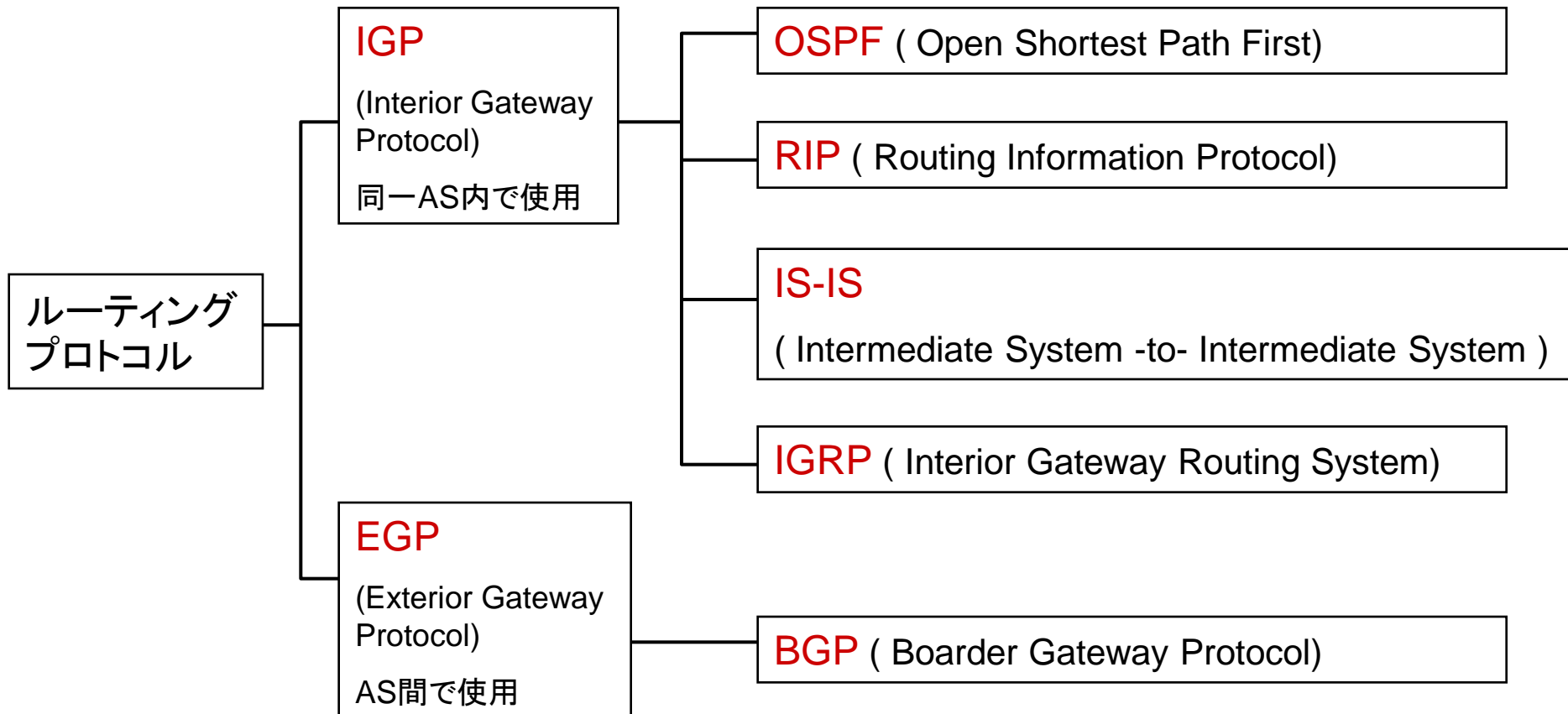
- ・インターネットを構成する、1個の運用ポリシーを持ったネットワークのかたまりを指す
- ・主にISP
- ・ASは「AS番号」というIRから割り当てられた世界で一意的な番号を持っている

例えばOCNというASは4713というAS番号を持つ

- ・IPアドレスのようにグローバルAS番号やプライベートAS番号がある。

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の一つで、大規模なネットワークに適した特徴を持つ

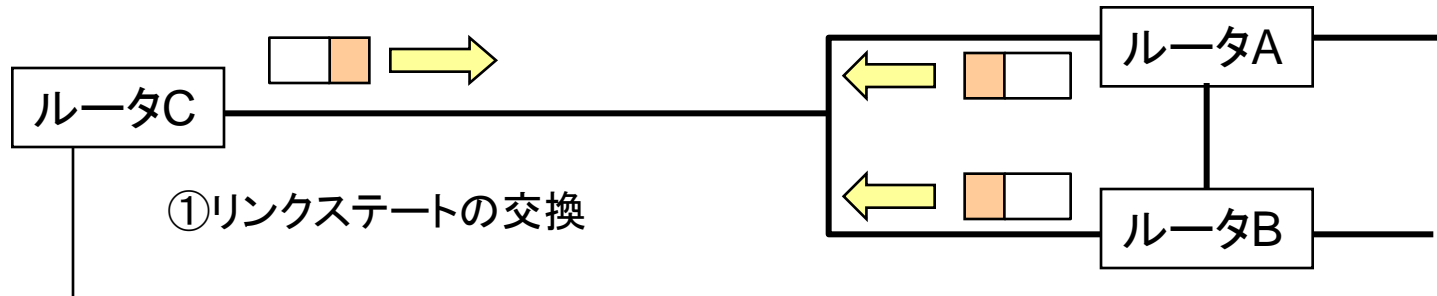
■ 特徴

- ・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
- ・コストに基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ーラビリティ(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

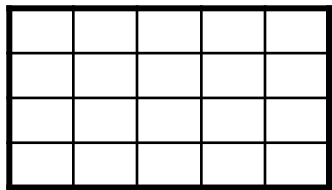
リンクステートルーティングプロトコル

- 各ルータは、ルータが接続しているリンクの状態や、そのリンクのネットワークアドレス、コストなどの情報を含んでいる「リンクステート」と呼ばれるメッセージを出す
- 各ルータがリンクステートの情報に基づいてネットワーク構成を表す「リンクステートデータベース」と呼ばれる表を作成する

リンクステートアルゴリズム

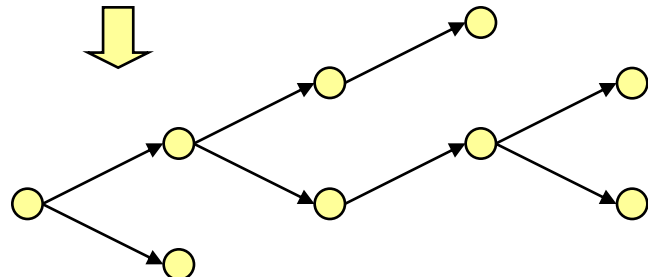


 リンクステート



②リンクステートデータベースの作成

③自信をrootとした最短パスツリーの作成



④ルーティングテーブルの作成

IPアドレス	ネクストホップ

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により、ネットワーク構成が変化した際に、素早くルーティングテーブルを再構成できる

(素早い収束性)

大きなネットワークで安定して運用できる

(スケーラビリティに優れている由来)

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る

OSPFを例とした一般的なダイナミックルーティングの説明

- メトリック
- バックアップ経路
- イコールコストマルチパス
- ロンゲストマッチ

メトリック

メトリックとは宛先ネットワークとの距離を表すパラメータを示す一般用語

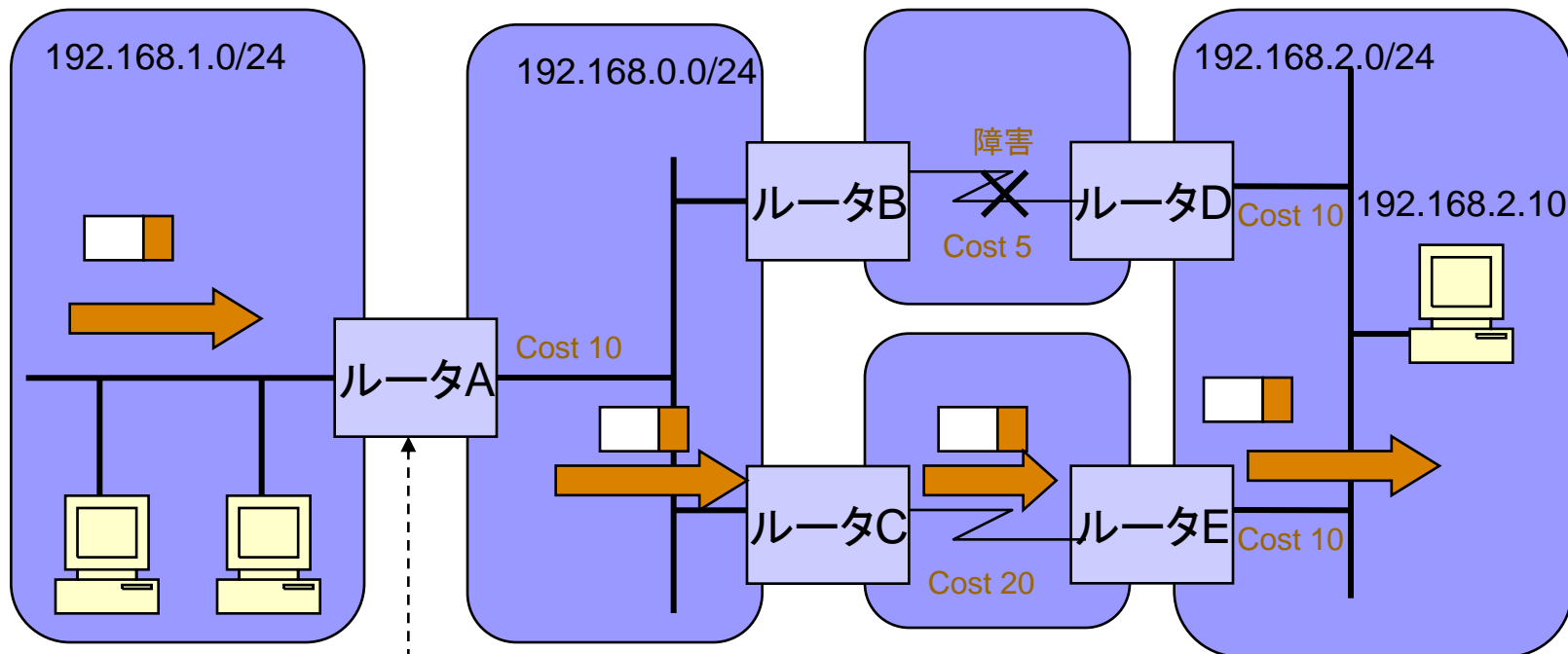
同じネットワークの経路情報が複数方向から来た場合（そのネットワークにたどり着くのに複数の経路がある場合）、ルータはメトリックが小さい経路の方が近いと判断してそちらの方にパケットを転送する

OSPFではコストという値をメトリックとして用いる

コストはネットワーク管理者が各ルータのインターフェースで設定し、リンクステートがルータのインターフェースを通過するときに足されていく

バックアップ経路

2本の経路がある場合コストの低い方がメイン経路、高い方がバックアップ経路となる



ルータA		
IPアドレス	ネクストホップ	コスト
192.168.2.0/24	192.168.0.2	25
192.168.2.0/24	192.168.0.3	40

障害時にはコストの高いバックアップ経路に切り替わる

イコールマルチパス

コストが同じ場合複数の経路を選択すること
OSPFはイコールマルチパスをサポートする

トラフィックを分散させることをロードバランスま
たはロードシェアリングという

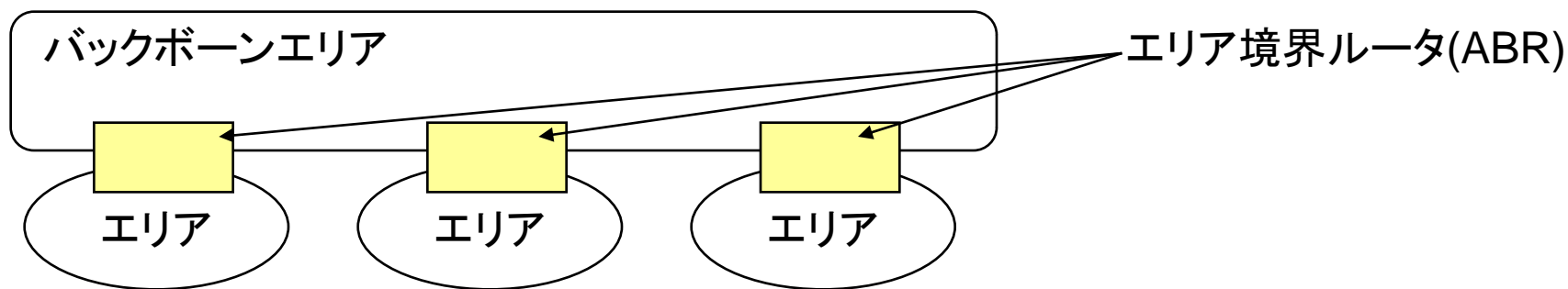
ロングストマッチ

- OSPFに限ったことではなくスタティックルーティングを含めた全てのルーティングプロトコルに当てはまる
- ルータにIPパケットが来た際、IPパケットの宛先アドレスがマッチするネットワークアドレスが複数ある場合には、通常プレフィックス長(マスク長)が長いほうのネットワークを選択して転送すること

エリア

- OSPFを適用したネットワーク上の全てのルータは、各ルータが発信したリンクステートをもとに作成したリンクステートデータベースを持つため、大規模になるほどリンクステートデータベースのサイズが膨大になってしまう
 - ネットワークを飛び交うリンクステートの数も増えてしまう
- 論理的な単位に細分化して運用管理する

エリアの概念



各エリアのルータは、自分の所属するエリア内だけのネットワーク構成が分かるリンクステートデータベースをもつ

自分のエリア外のネットワークについては、ネットワーク構成までは把握せず、自エリアのエリア境界ルータの内、どのルータの向こう側にあるのかだけを把握するようにする

その他の特徴

■ VLSMに対応

ネットワークの規模に見合うプレフィックス長を設定できるため、IPアドレスを無駄に使用しない

■ リンクステートのアップデートのタイミング

30分に一度の定期的なリフレッシュを除くとネットワーク構成が変更になったときにしかアップデートされない為、ルータで行う処理を軽減できる

■ プロトコル

IPを直接使用している IPプロトコル番号は「89」

■ マルチキャスト

ルータ間でIPマルチキャストを使用できる

■ 認証

ルータ間の情報交換について認証を行わせることによって、信頼できるルータにだけOSPFに参加させることができる

4章 RIP

■ ディスタンスベクター型アルゴリズム

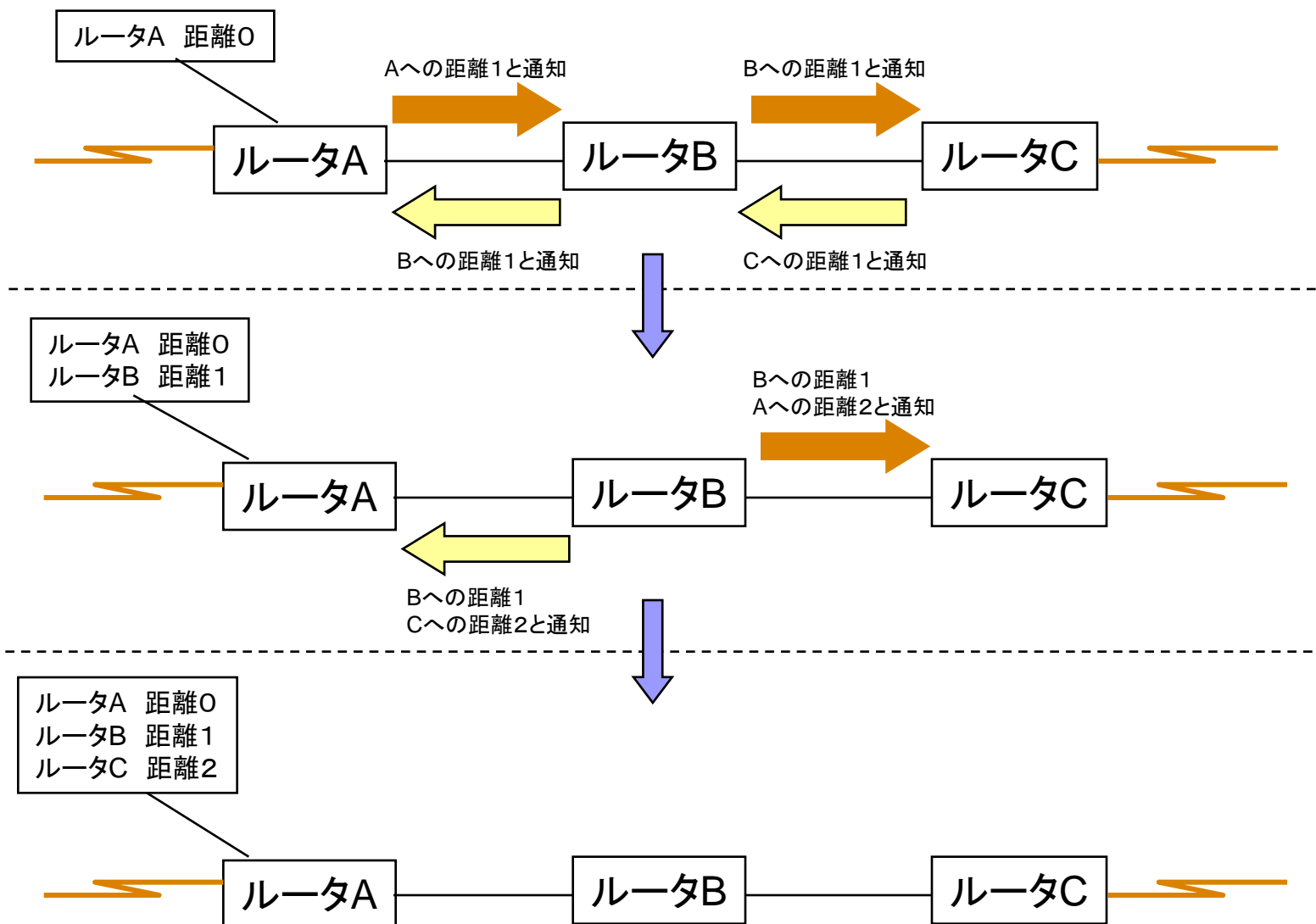
RIPは目的地までのホップ数(経由するルータの数)を距離と考え、目的のネットワークまで最もホップ数の少ない経路でパケットが配送されるように各ルータのルーティングテーブルを作る、ディスタンスベクター型のアルゴリズムである

OSPFではコストとなっているものがホップ数となっている

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の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を送信する
- 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のかという情報を、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。また、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
- これを繰り返して情報を交換することにより、各ルータは全てのネットワークそれぞれへの経路情報を知ることができる

RIPの基本的な動作(図解)



ルート選択

■ メトリック

宛先ネットワークとの距離を表すパラメータ

ルータの場合、どのネットワークがいくつのルータを経由した先にあるか

→ホップカウントとも呼ばれる

経路が複数ある場合、メトリックの小さい方をルーティングテーブルに採用する

■ ルータ通過時のメトリックの増加数(コスト)を意図的に増やすことにより、そこを通過する経路を選択させることができる

→RIPではメトリック数を「15」までに制限

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。こうして定期的に情報を送信するという動作をする

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

- 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。
- タイムアウトタイマーの値の大小で更新情報の度合いを見る
 - RIPではルートの有効、無効という判断基準に180秒という時間を使用
- 切断など、障害が発生したら「ルートがなくなった」と通知し、新しいルートに切り替わる
 - 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

先に説明した基本動作をそのまま実行すると、RIPルータはルートをくれたルータに対しても、そのルートは自分経由で到達できると教え直してしまう

■ シンプルスリットホライズン

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

■ ポイズンリバーサ付スプリットホライズン

相手に無限遠を指すメトリック「16」を入れて、そのルートをくれた本人に送り返すことにより、明示的にルートがないことを示し、誤解を防ぐ

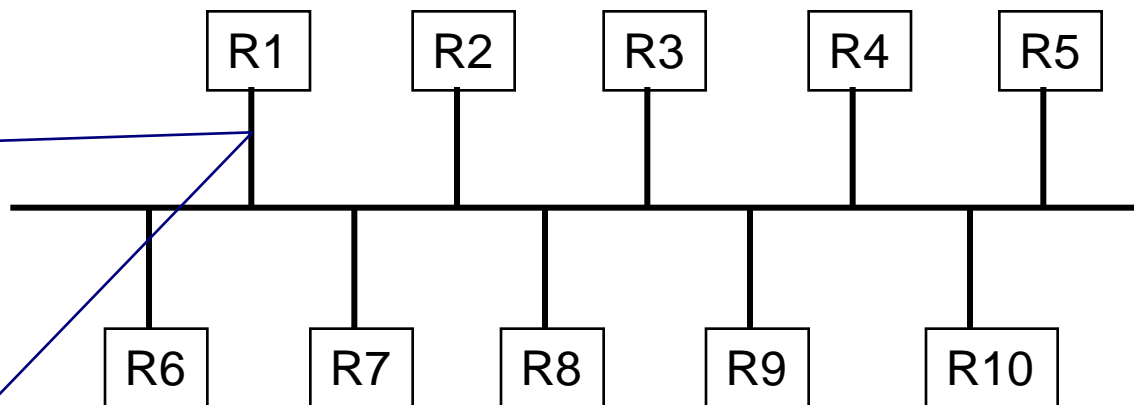
比較

シンプルス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

ポイズンリバーサ付
シンプルスリットホライズンの場合

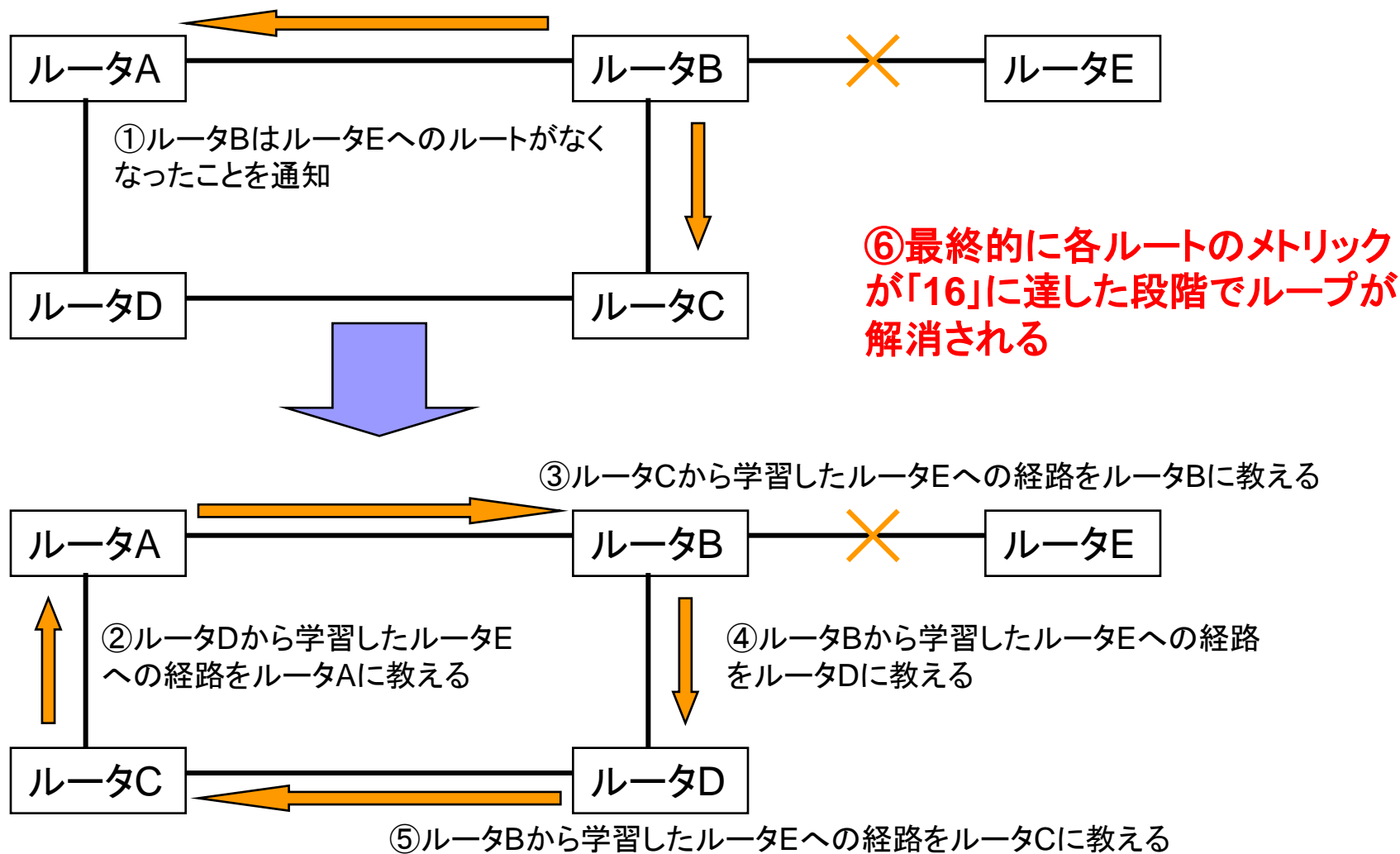
R1からのRIPパケット	
R1へのルート	コスト1
R2へのルート	コスト16
R3へのルート	コスト16
R4へのルート	コスト16
R5へのルート	コスト16
R6へのルート	コスト16
R7へのルート	コスト16
R8へのルート	コスト16
R9へのルート	コスト16
R10へのルート	コスト16



通信量の差は10倍にもなり、それぞれのルータが他のネットワークにつながっているとすると、膨大な量の差が出る

ポイズンリバーサ付シンプルスリットホライズンの必要性は、ネットワークの規模やループの可能性を考慮して検討する必要がある

無限カウント問題



トリガーアップデート

- 先ほどのようにありえないルートではあるが、各ルータ間の定期的な情報交換は30秒に一回しかないため、メトリックが「16」に達してループが取り除かれるのに30秒×15コストで7分以上かかる場合もある
- 解決策としてトリガーアップデート
無限コストに達するのを早める
各ルータは自信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
→30秒ごとのレギュラーアップデートとは区別する

RIPの限界

- ループの解消を基本的にホップの無限カウントに頼っている
- 通常全てのネットワークに対して、等しく「1」のコストを使用する
- 最大15までのメトリックしかサポートしていない

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

OSPFとの比較

- 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が必要でない場合には実装している機器の多いRIPが適する

5章 BGP

全世界のインターネット上の組織を結ぶため使われているルーティングプロトコル

インターネットのバックボーンの運用に重要

■ BGP-4

- ・現在(01年9月)標準的に使われている
- ・パスベクターアルゴリズムを使用
- ・IPアドレス(NLRI)と、それに付随するパス属性を使うことによって、ASの持つポリシーにしたがって、AS間の経路制御を行うことができる

* パス属性: ベストパス選択などBGP-4の動作を決めるもの

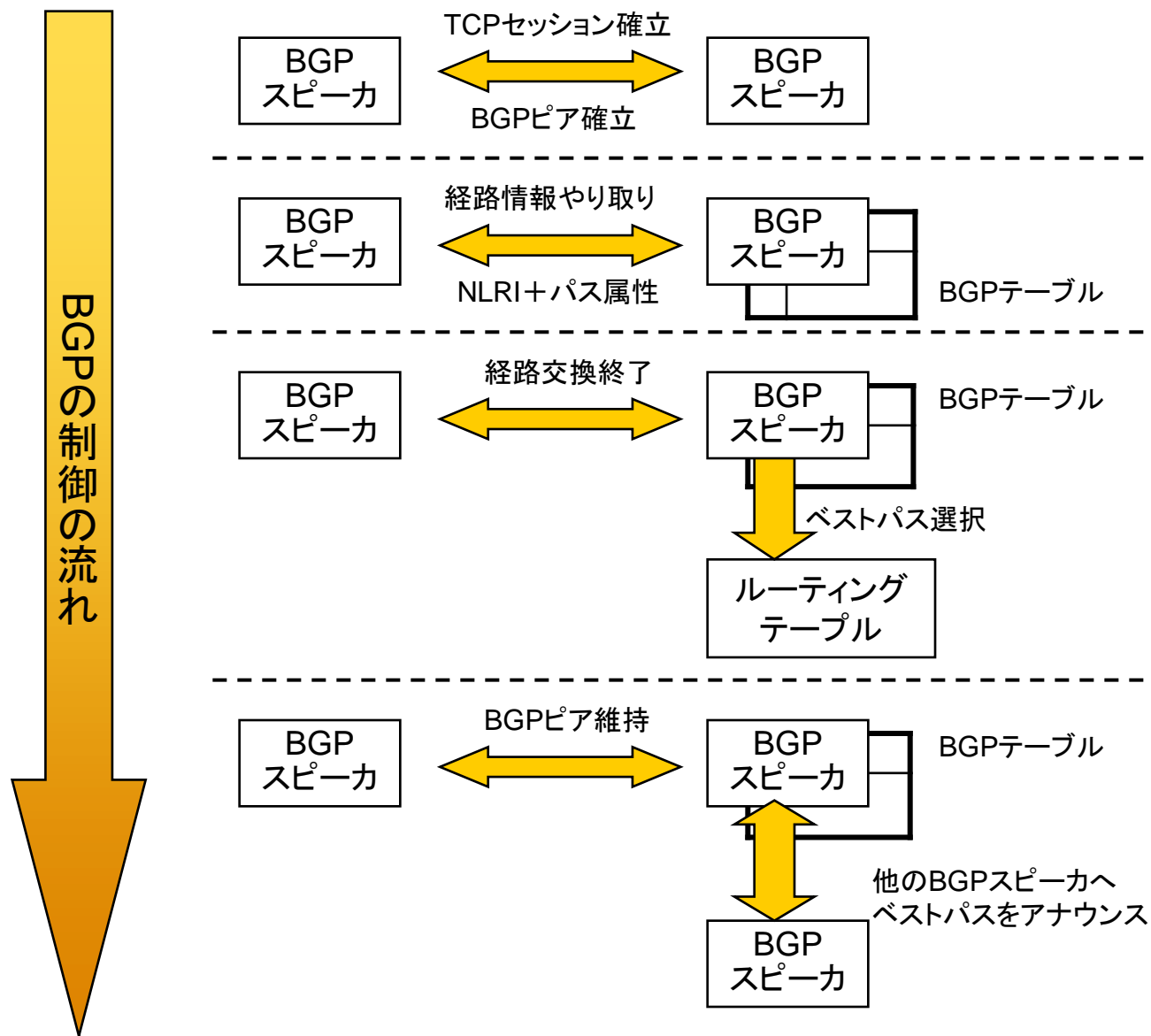
* ポリシー: AS間のトラフィックの設計方針などを指す

BGP-4での経路情報交換

- BGPを設定した装置をBGPスピーカと呼ぶ
- 確実に安定的に伝えるため、TCPを利用したピアを張ることによって経路情報の交換を行う
- 経路情報はBGPテーブルに格納され、パス属性の評価後、ベストパスが選ばれる

* BGPピア: 情報交換をするルータ同士で用いた1対1のセッション

BGPの基本的な動作の流れ



eBGPとiBGP

■ 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、更に自分のAS内のほかのBGPスピーカに伝える時に使われる

* iBGPは間に複数のルータが入るような離れたBGPスピーカ間でもピアを張ることができるが、IP通信ができる必要があるため、OSPFなどのIGPが設定されている必要がある

BGPとOSPFの違い

■ やりとりされる情報の違い

BGPはAS間で経路情報をやり取りする為のプロトコルであり、経路の有無さえ分かれば相手のISP内のトポロジ情報まで把握しておく必要がないため、OSPFと比べ、アップデートの容量が少なくて済む

■ 情報交換契機の違い

BGPは経路に何らかの障害があった場合、OSPFとは違い経路の再計算は行わないでその経路を削除するだけ

またOSPFのような定期的な全情報更新はなく、状態変化があった時のみその情報が伝えられる

このようにすることでBGPはインターネット全体の経路情報をやり取りするため、なるべく簡単な制御にして、スケーラビリティのあるルーティングプロトコルになっている

6章 MPLS

(Multi-protocol Label Switching)

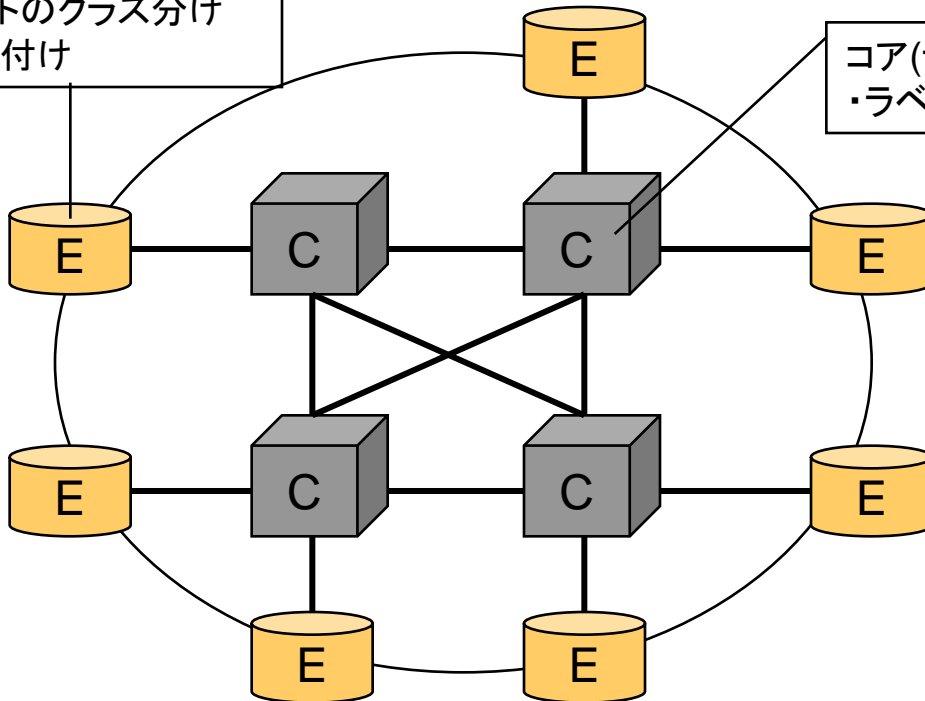
もともとパケットフォワーディングの高速化の目的で開発され、近年ISPバックボーンにおける「トラフィックエンジニアリング」と呼ばれるトラフィック制御やIP-VPN実現技術として注目されている

- 複数のIPアドレスをまとめて一つのラベルとして表現できるため、フォワーディングテーブルを節約できる
- ラベルパスを使うことによって、IPフォワーディングの世界にコネクションの概念を持ち込むことができる
- 最適なラベル値を使い、フォワーディング処理を最適化、高速化することができる

MPLSの基本概念

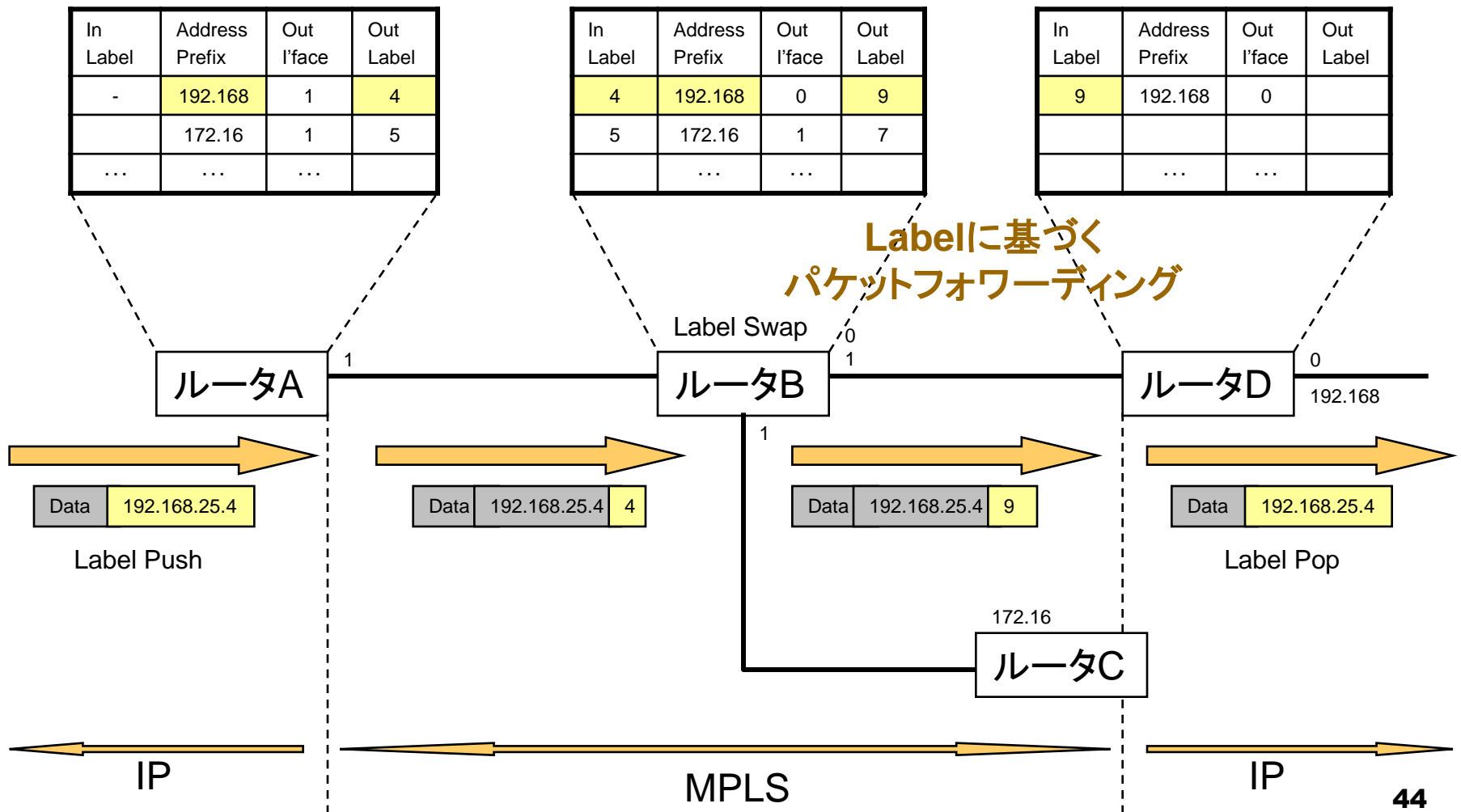
エッジ(Edge Router)
・パケットのクラス分け
・ラベル付け

コア(ラベルスイッチ)
・ラベルに基づき高速転送



- MPLSはMPLSエッジルータとMPLSコアルータで構成
- MPLSエッジルータではMPLSドメイン外から来たIPパケットをクラス分けし、該当するラベルを付与してMPLSドメイン内にパケットを送り込む
- MPLSコアルータでは、エッジルータで付けられたラベルのみを解釈し、高速にフォワーディングを行う

MPLSの動作概要



MPLSの応用技術

- トラフィックエンジニアリング
- IP-VPN(MPLS-VPN)



END

備考 IPアドレス

- ネットワークアドレス部とホストアドレス部からなる
 - ・ネットワークアドレス部
インターネット全体の中でネットワークがどこにあるかを示す
 - ・ホストアドレス部
そのネットワークの中でホストがどこにあるかを示す
- クラス
32ビットのIPアドレスのうち、ネットワークアドレス部とホストアドレス部の部分が決まる

CIDR (Classless Inter-Domain Routing)

- IPアドレスのネットワーク部とホストアドレス部の長さを任意に決めることを可能にする考え方
- 経路を集約することにより対応情報数が減れば、ルーティングテーブルの登録数を減らすことができ、ルータの使用メモリを減らすことができる

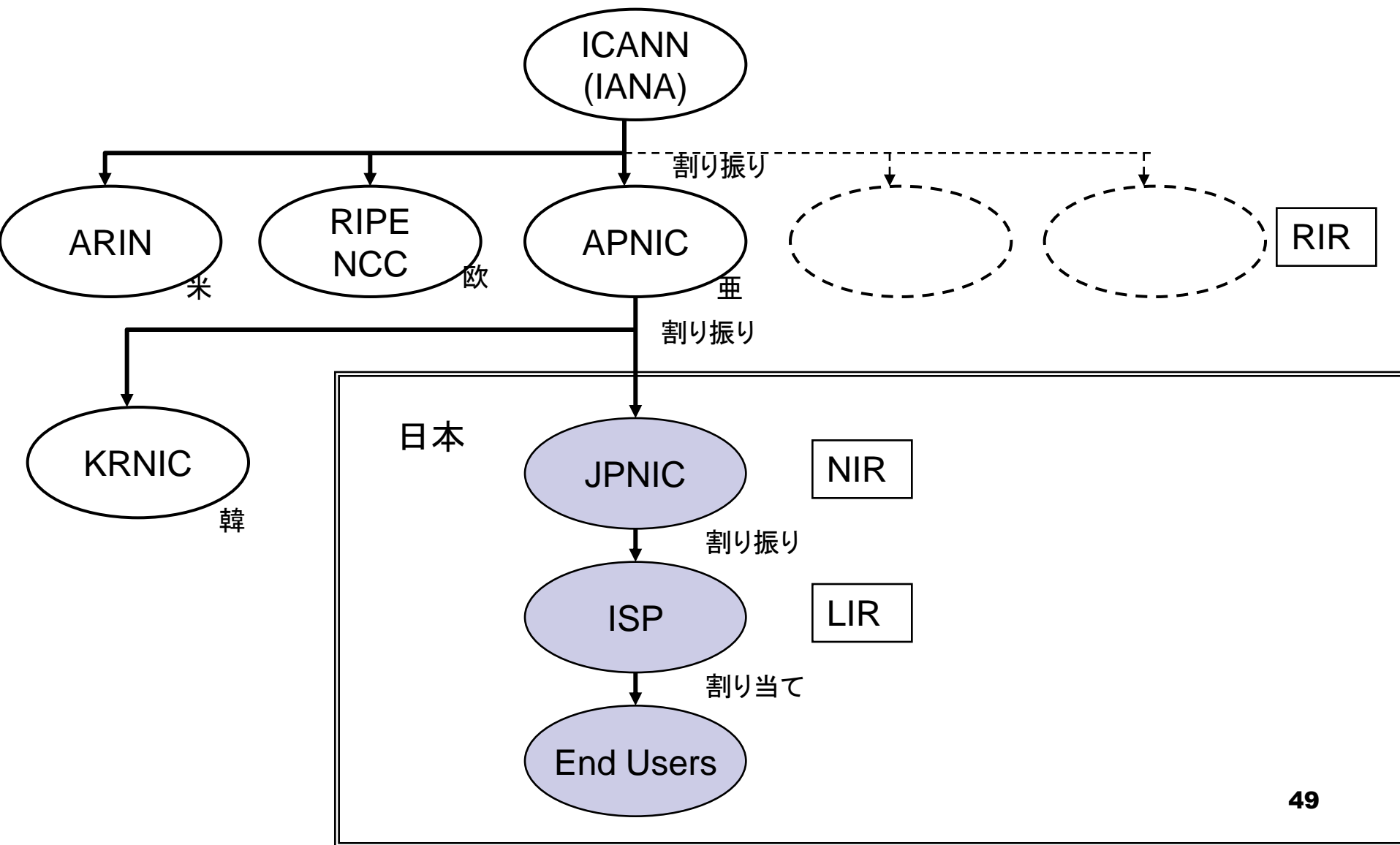
192.168.8.0/24	11000000	10101000	00001000	*****
192.168.9.0/24	11000000	10101000	00001001	*****
192.168.10.0/24	11000000	10101000	00001010	*****
192.168.11.0/24	11000000	10101000	00001011	*****

アドレスの集約



192.168.8.0/22	11000000	10101000	000010**	*****
----------------	----------	----------	----------	-------

備考 IPアドレスの分配方法



備考 アルゴリズム

■ OSPF: リンクステートアルゴリズム

- それぞれのルータが自分の接しているネットワークについての情報等をネットワーク全体に通知する
- 各ルータで共通のリンクステートデータベースを持つ

■ RIP: ディスタンスベクターアルゴリズム

- 隣接ルータ同士で経路情報を交換することでネットワーク情報を知る
- 他のルータから受信したルーティングテーブルに自分が直接接続しているネットワークを加え、受信したインターフェース以外のインターフェースに流す

■ BGP: パスベクターアルゴリズム

- 経路情報が伝わっていく際に、経路情報に「パス属性」と呼ばれる付加情報が付いて伝わる