

# 画像情報特論 (2)

## - マルチメディアインフラとしてのTCP/IP (1)

インターネットプロトコル (IP)

インターネットQoS (diffserv / MPLS)

2001.04.17

電子情報通信学科 甲藤二郎

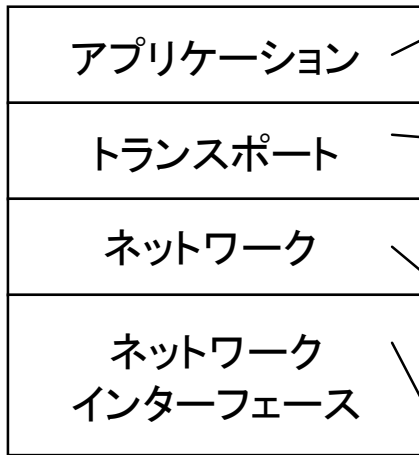
E-Mail: katto@katto.comm.waseda.ac.jp

# インターネットプロトコル

IP (Internet Protocol)

# インターネットの基礎

## プロトコルスタック



### アプリケーション

HTTP, RTSP, FTP, Telnet, ...

← RTP: 実時間メディア用途

### 端末・端末間

**TCP**: 誤り訂正、順序制御、フロー制御 ... 信頼性重視

**UDP**: オーバーヘッド少 ... 低遅延、高速性重視

### 端末・ルータ間、ルータ・ルータ間

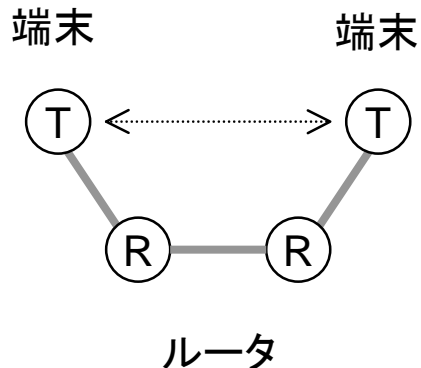
**IP**: 経路制御、フラグメンテーション

**ICMP**: エラー通知

**IGMP**: マルチキャスト (mbone)

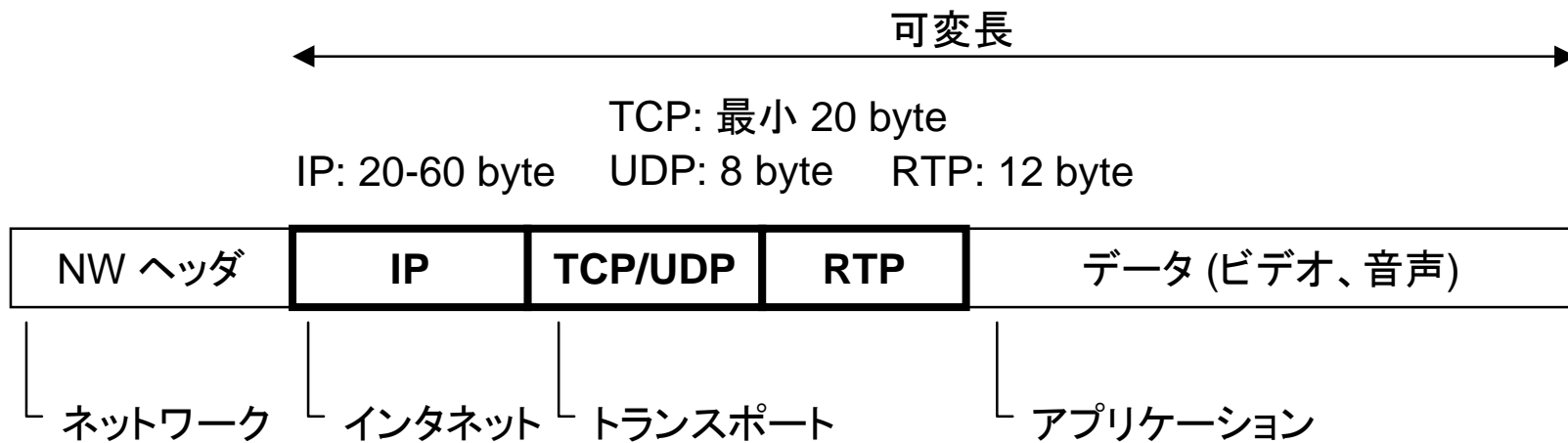
### 個別リンク

イーサネット, PPP, X.25, ATM, ...

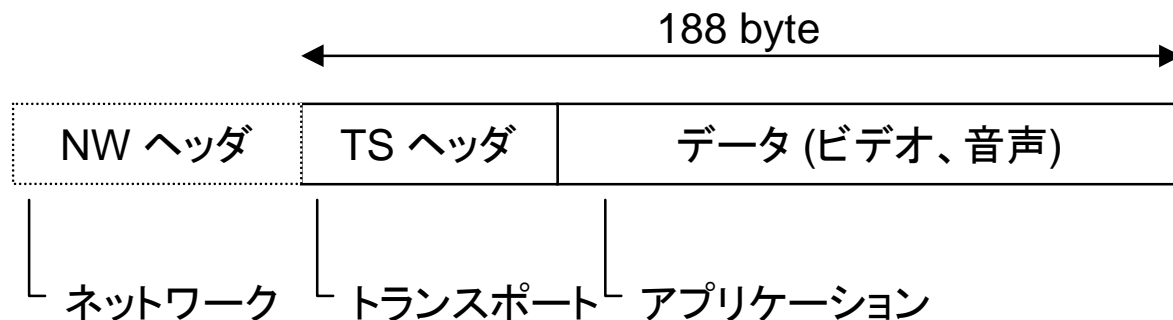


# IP データグラム

## IP データグラム



cf. MPEG-2 トランスポートストリーム (ITU-T H.222)



# IP ヘッダ

## IPヘッダ

4 byte

Version	ヘッダ長	サービスタイプ	パケット全長	
フラグメント識別値			フラグ	フラグメントオフセット
TTL (生存時間)	上位プロトコル		ヘッダチェックサム	
<b>送信元 IPアドレス</b>				
<b>受信先 IPアドレス</b>				
(オプション)			(パディング)	
データ				

パケット長:

データのフレーミング (可変長)

TTL:

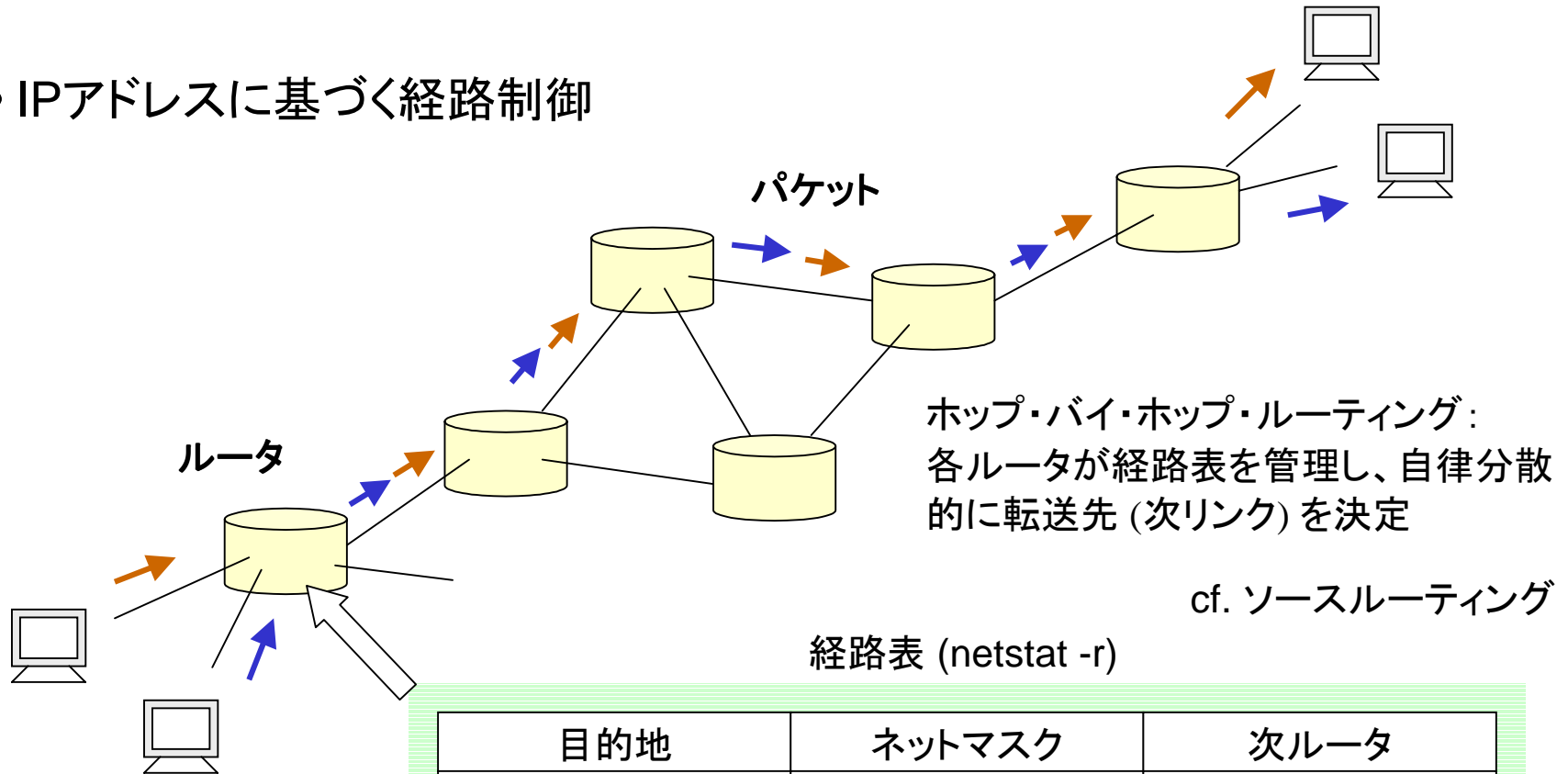
パケット生存時間 (ルータのホップ数)

IPアドレス:

インターネット全体で固有のアドレス。ARP によって  
MACアドレスに変換される (Ethernet の場合)

# IP の機能

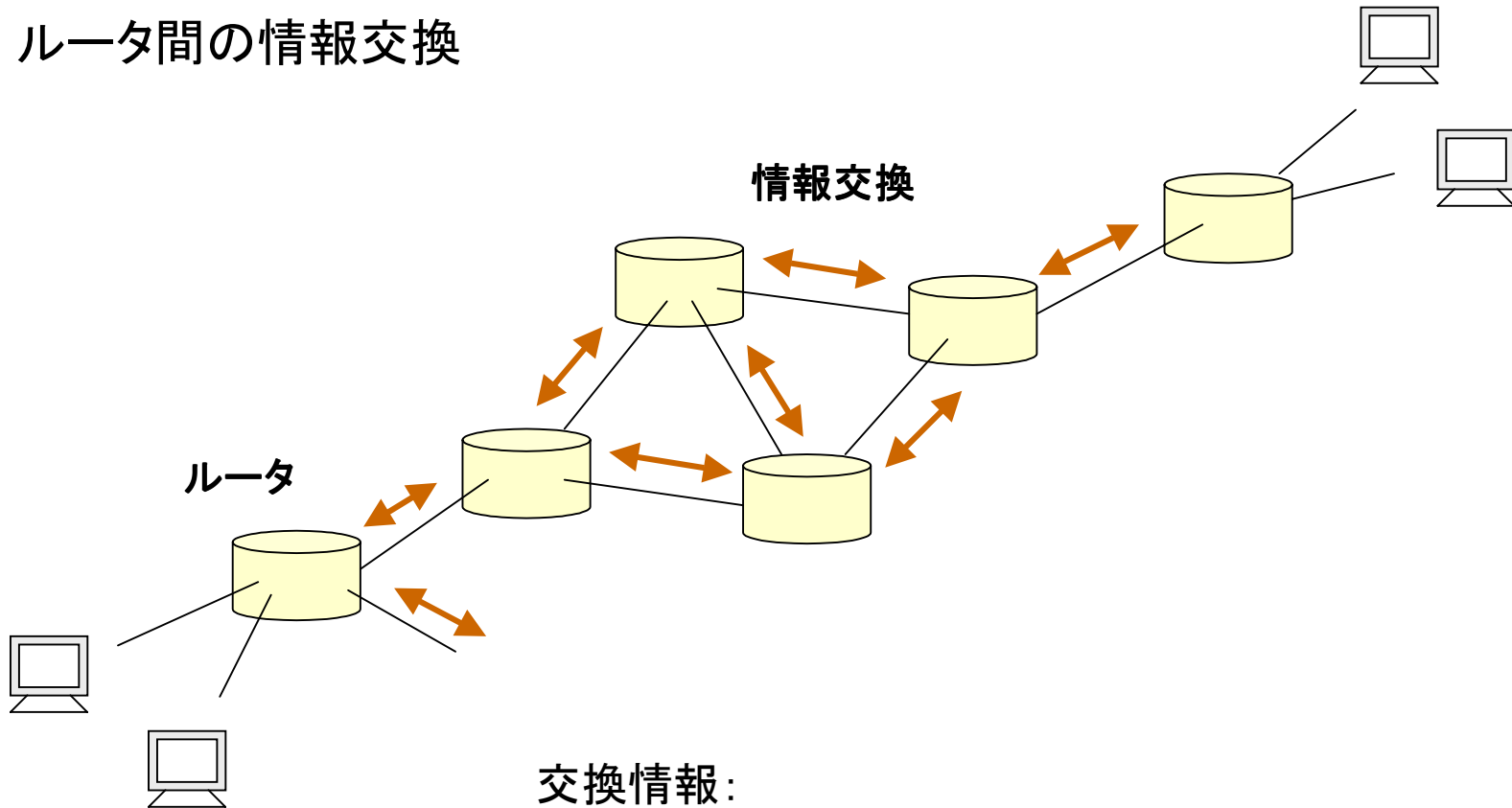
- IPアドレスに基づく経路制御



目的地	ネットマスク	次ルータ
133.9.2.x	255.255.255.192	133.9.1.a
133.9.3.x	255.255.255.192	133.9.1.b
133.9.4.x	255.255.255.192	133.9.1.c
default	0.0.0.0	133.9.1.d

# 動的経路制御

- ルータ間の情報交換



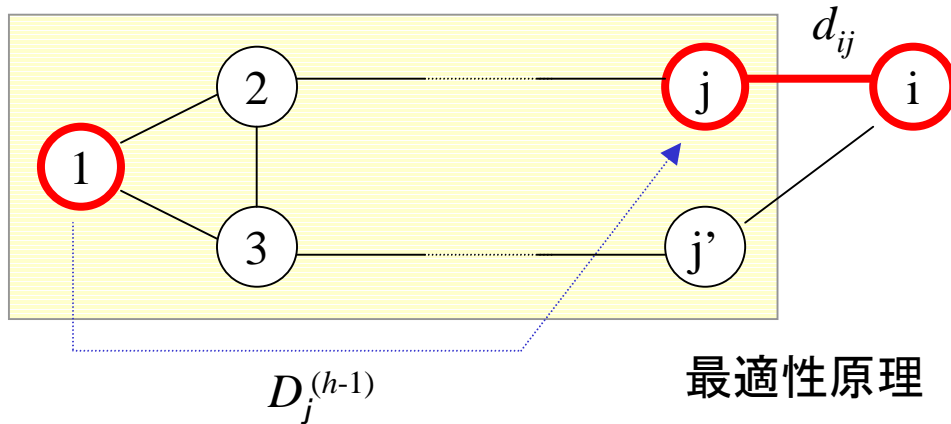
交換情報:

ホップ数、遅延、帯域幅、...

現状はホップ数のみ使っているのがほとんど

インターネットQoS関係でその他也考慮 (QOSPF 等)

# Bellman-Ford アルゴリズム



$D_i^{(h)}$ : ルータ 1 からルータ  $i$  までの  
ホップ数  $h$  以下の最短経路

$d_{ij}$ : リンク  $(i, j)$  のコスト (交換情報)

初期条件:  $D_i^{(0)} = \infty$

1 回目の情報交換:  $D_i^{(1)} = \min_j [D_j^{(0)} + d_{ij}]$

2 回目の情報交換:  $D_i^{(2)} = \min_j [D_j^{(1)} + d_{ij}]$

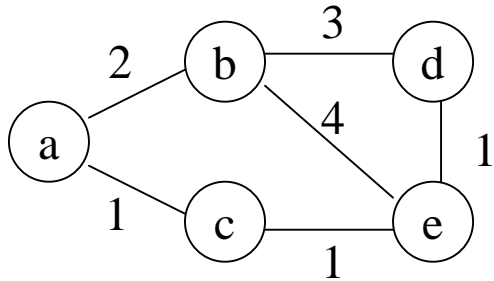
$h$  回目の情報交換:  $D_i^{(h)} = \min_j [D_j^{(h-1)} + d_{ij}]$

ネットワーク全体のノード  
数を  $N$  とすると、最大  $N-1$   
回の計算で収束

使用例:  
距離ベクトル制御 ... RIP



# RIP (Routing Information Protocol)

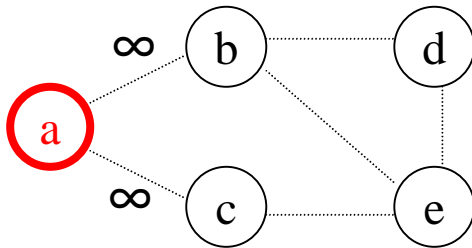


各ルータは隣接ルータへのコストのみ保有 (初期状態)

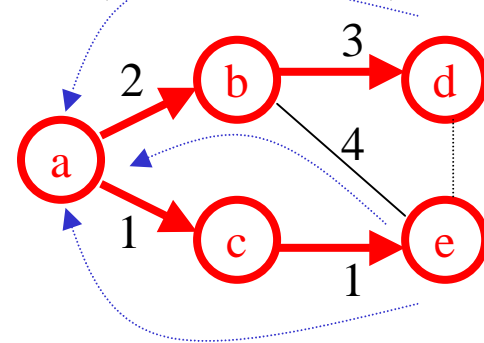


隣接ルータ間の情報交換の度に最短経路を更新

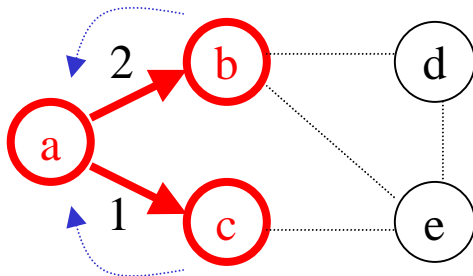
(1) 初期状態



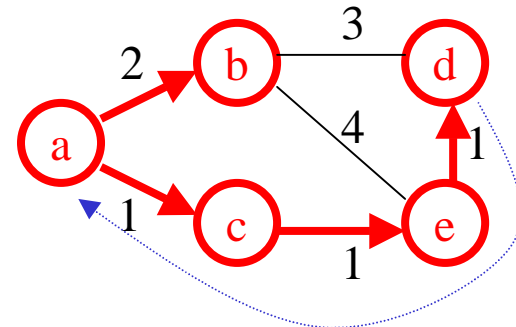
(3) 2回目 (ホップ数2まで)



(2) 1回目 (ホップ数1まで)

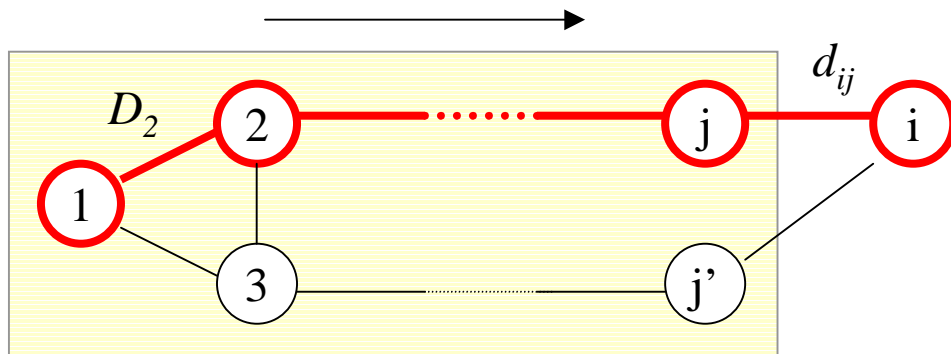


(4) 3回目 (ホップ数3まで)



$O(N^3)$

# Dijkstra's アルゴリズム



$D_i$ : ルータ 1 から  $i$  までの経路長

$P$ : ルータの集合

$d_{ij}$ : リンク  $(i, j)$  のコスト

初期条件:  $P = \{1\}$ ,  $D_1 = 0$ ,  $D_k = \infty$  ( $k \neq 1$ )

情報交換: すべてのルータ間でリンク状態の情報交換 (フラッディング)

ステップ1:  $D_i = \min_{k \in P} D_k$  となるルータ  $i$  を探索 (Shortest Path)

$P = P \cup \{i\}$  と集合  $P$  を更新

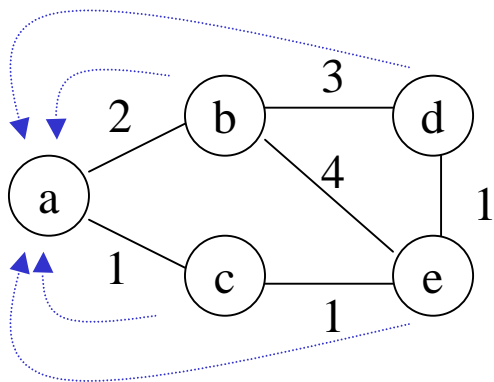
$P$  がすべてのルータを含んだら終了

ステップ2:  $j \notin P$  に対して  $D_j = \min[D_j, D_i + d_{ij}]$

ステップ 1 に戻る

使用例: リンク状態制御 ... OSPF

# OSPF (Open Shortest Path First)

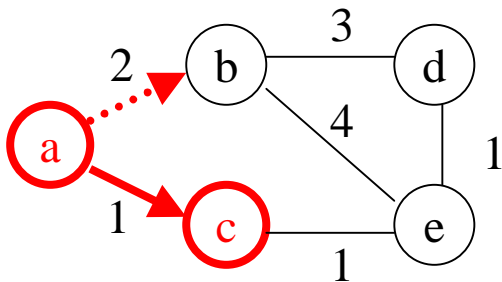


トポロジ (接続情報) とリンクコストを一斉にフラッディング

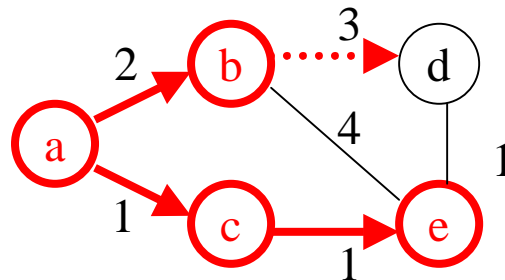


ローカルに Shortest Path を繰り返し探索

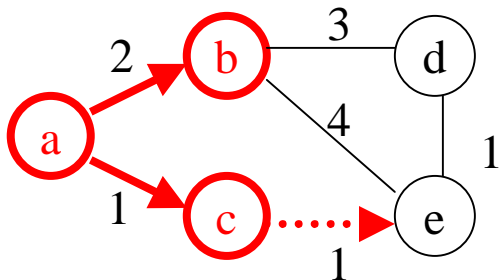
(1) フラッディング直後 ( $P = \{a, c\}$ )



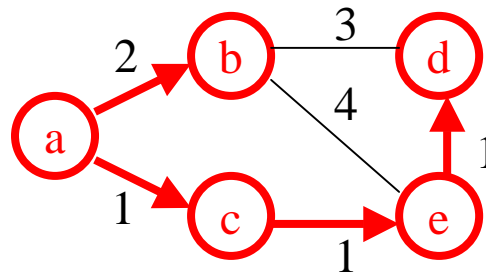
(3) 3回目 ( $P = \{a, b, c, e\}$ )



(2) 2回目 ( $P = \{a, b, c\}$ )



(4) 4回目 ( $P = \{a, b, c, d, e\}$ )

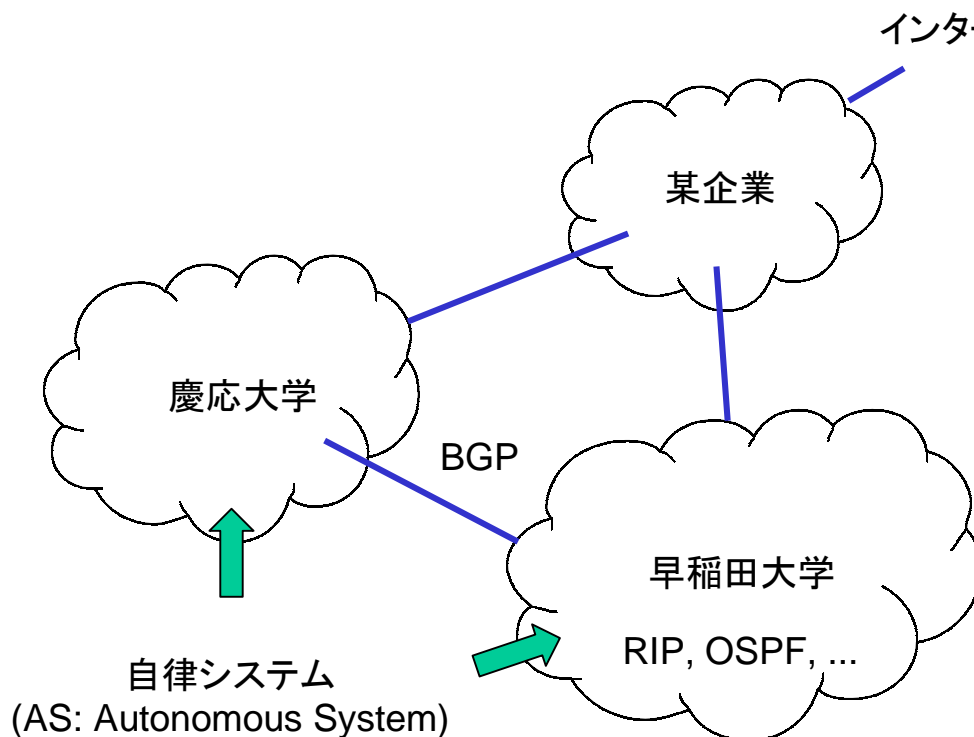


# IGP と EGP

- 経路制御プロトコルのスケーラビリティ

IGP: 自律システム内で使われる経路制御プロトコル (RIP, OSPF, ...)

EGP: 自律システム間で使われる経路制御プロトコル (BGP, ...)



BGP: パスベクトル経路制御

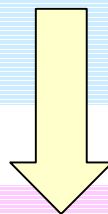
距離コスト +

経路上の自律システムのリスト

経路の到達可能性なども考慮

# インターネットプロトコルの欠点

- 蓄積交換 (store and forward) 故に、パケット転送時間の増大 (**delay**)、転送時間の揺らぎ (**jitter**)、パケット廃棄の発生 (**packet loss**) 等の問題は避けられない。
- パケットの到着順序が逆転することがある (順序制御)。\* ただし、実際には経路制御は静的であり、順序逆転はほとんど発生しない。



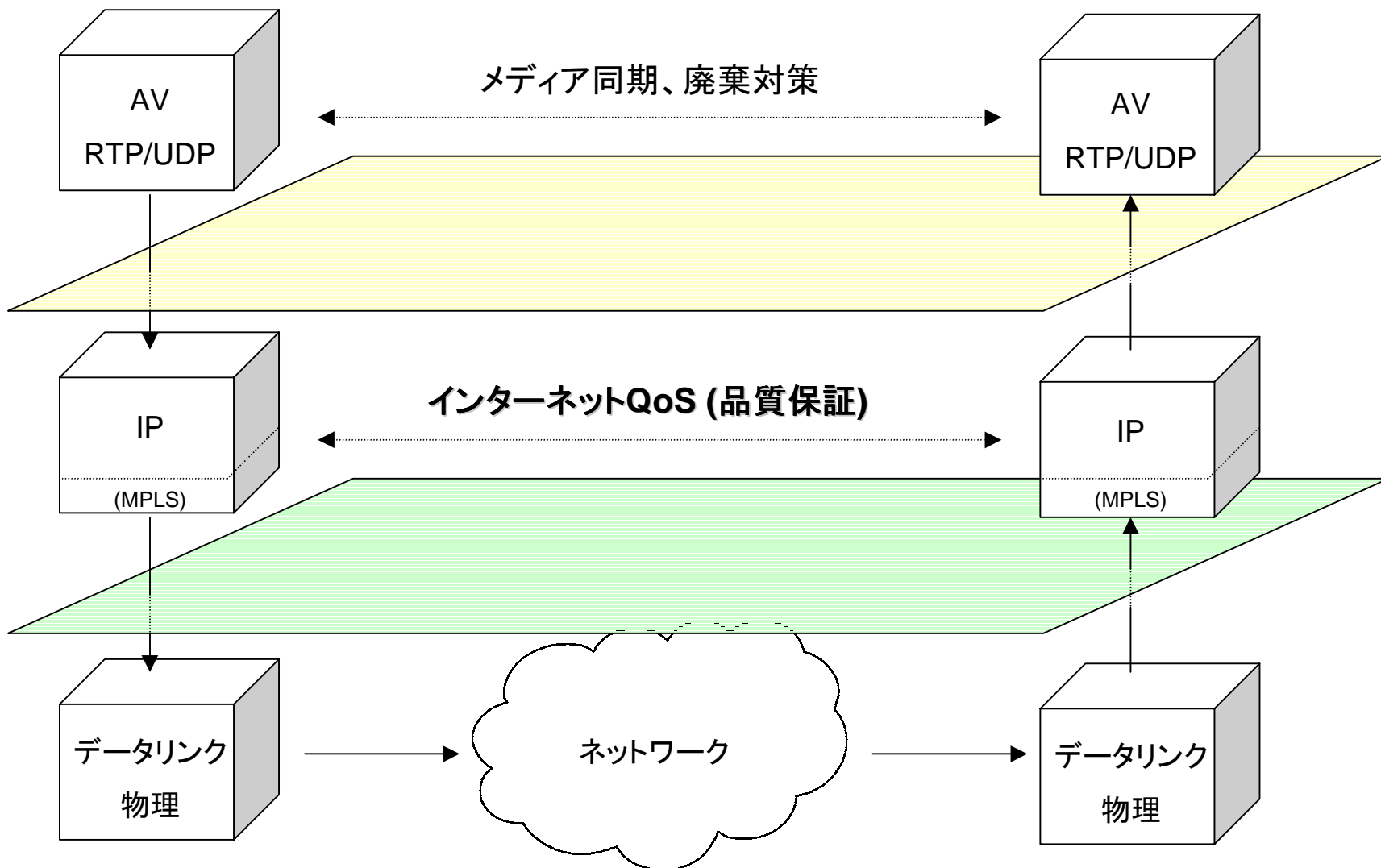
インターネットでもある程度の品質保証 (QoS 保証) を実現したい。

→ インターネット QoS

# インターネットQoS

MPLS、Diffserv、トラフィックシェイピング、(RSVP)

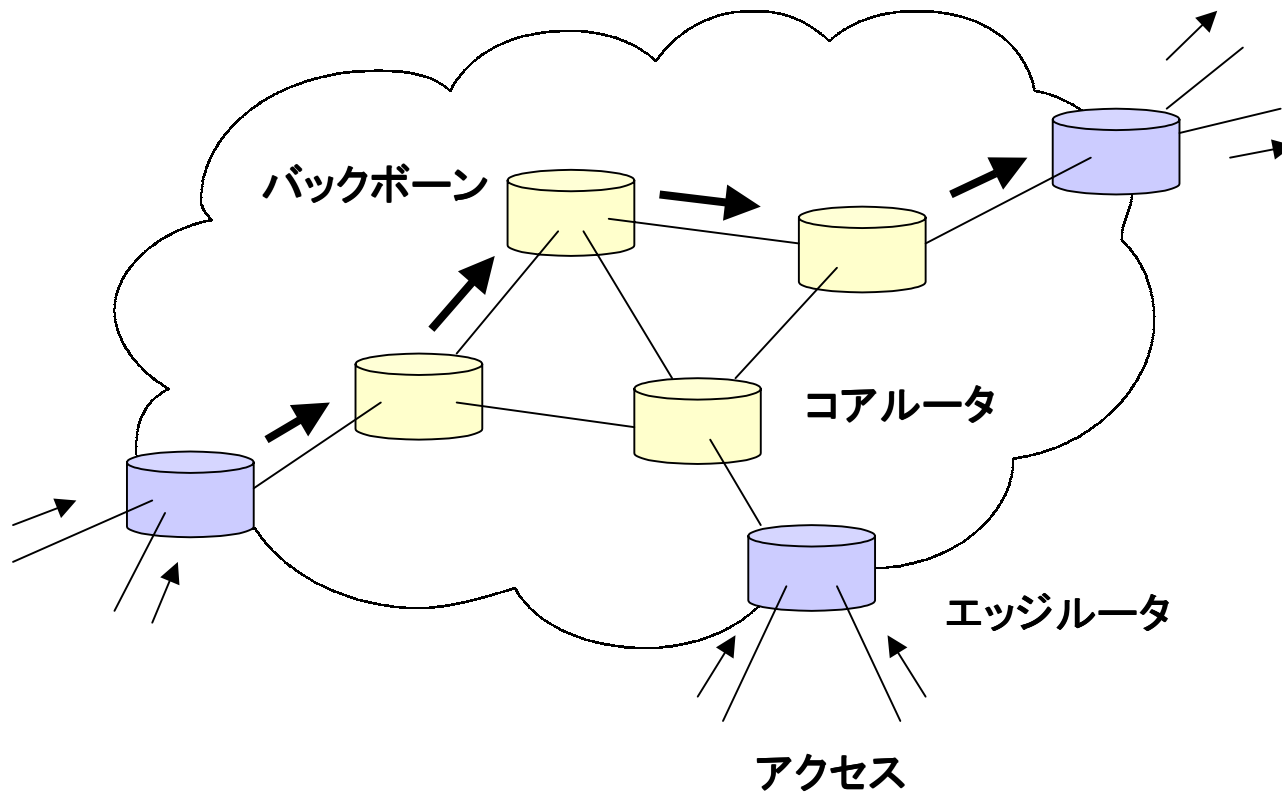
# インターネットQoS



# スケーラビリティ

## コンセプト

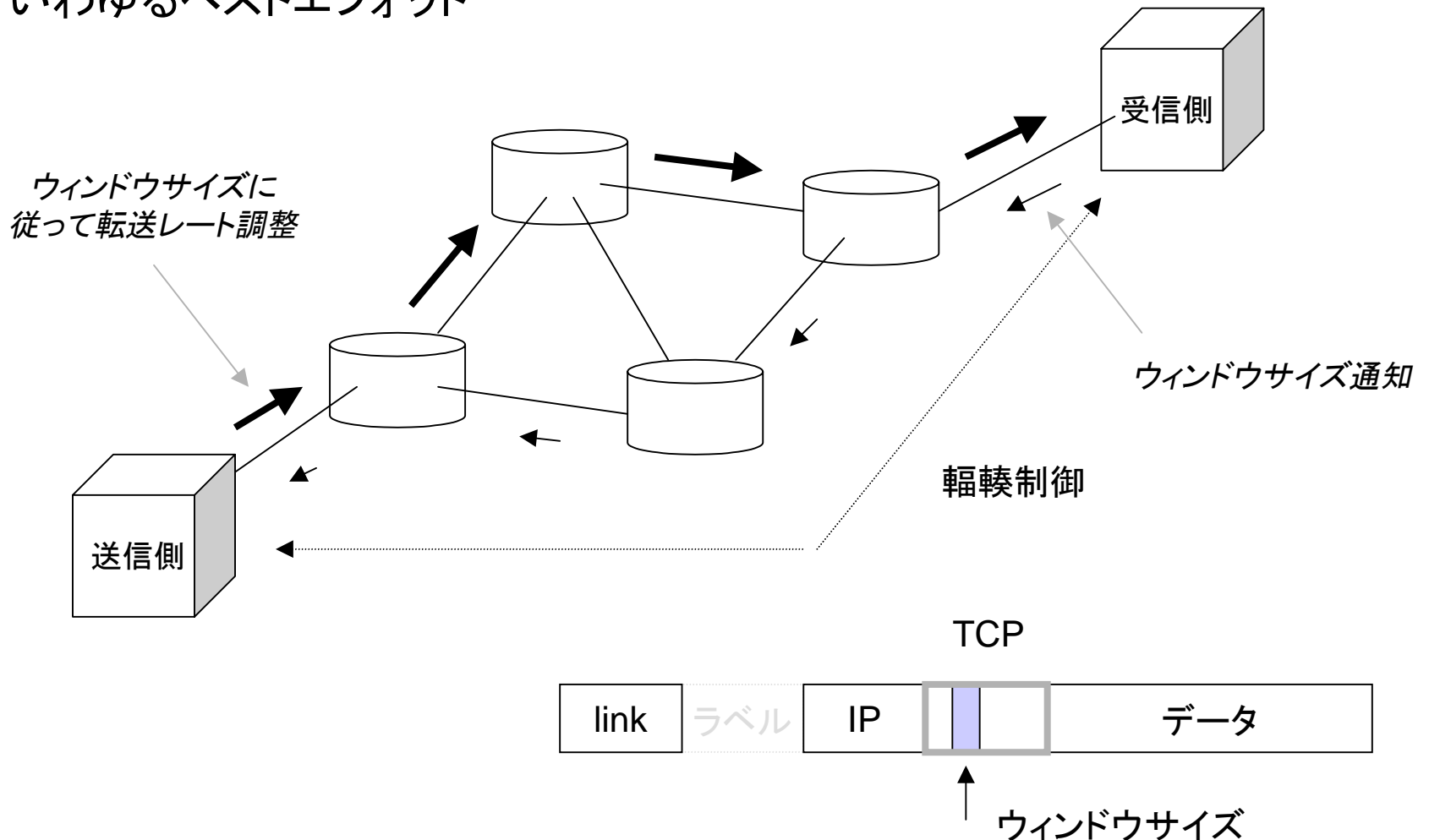
- エッジルータ: トラフィックシェーピング
- コアルータ: パケットの高速転送





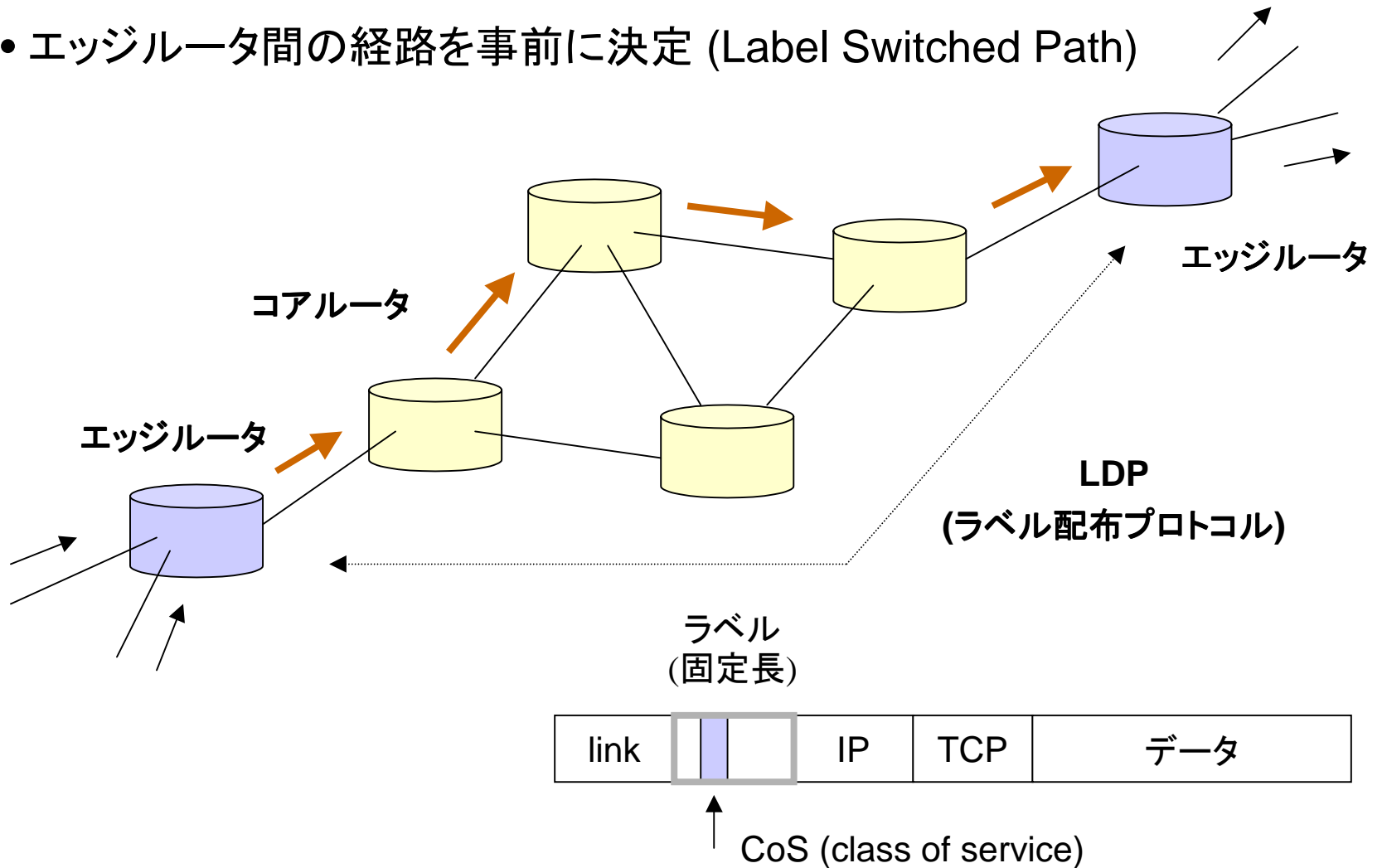
# End-to-End 制御 (従来: トランスポート層)

- TCP 輻輳制御 (ウィンドウ制御)
- いわゆるベストエフォット



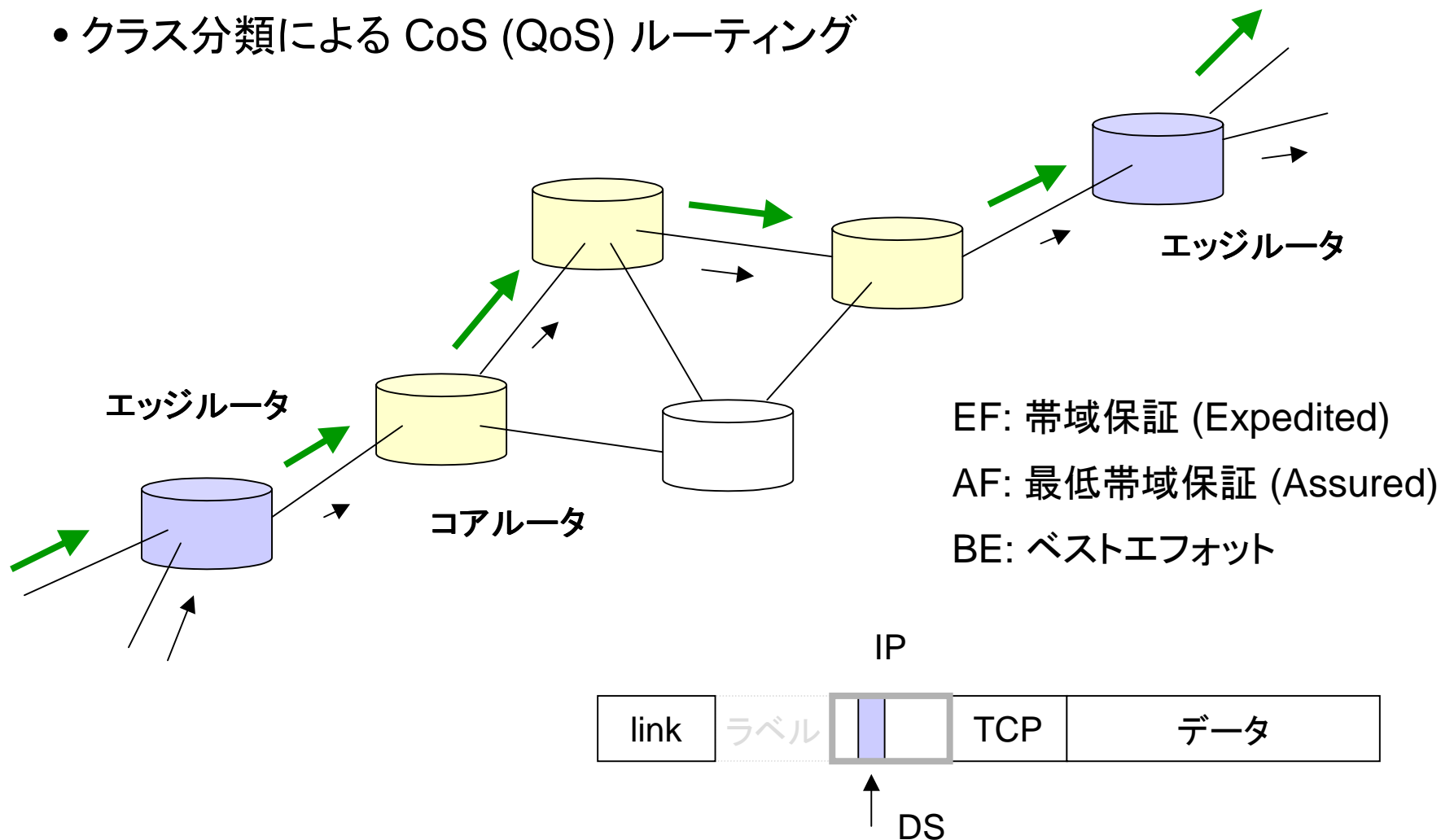
# (1) MPLS (ラベル・スイッチング)

- 固定長ラベルによるハードウェアスイッチング
- エッジルータ間の経路を事前に決定 (Label Switched Path)



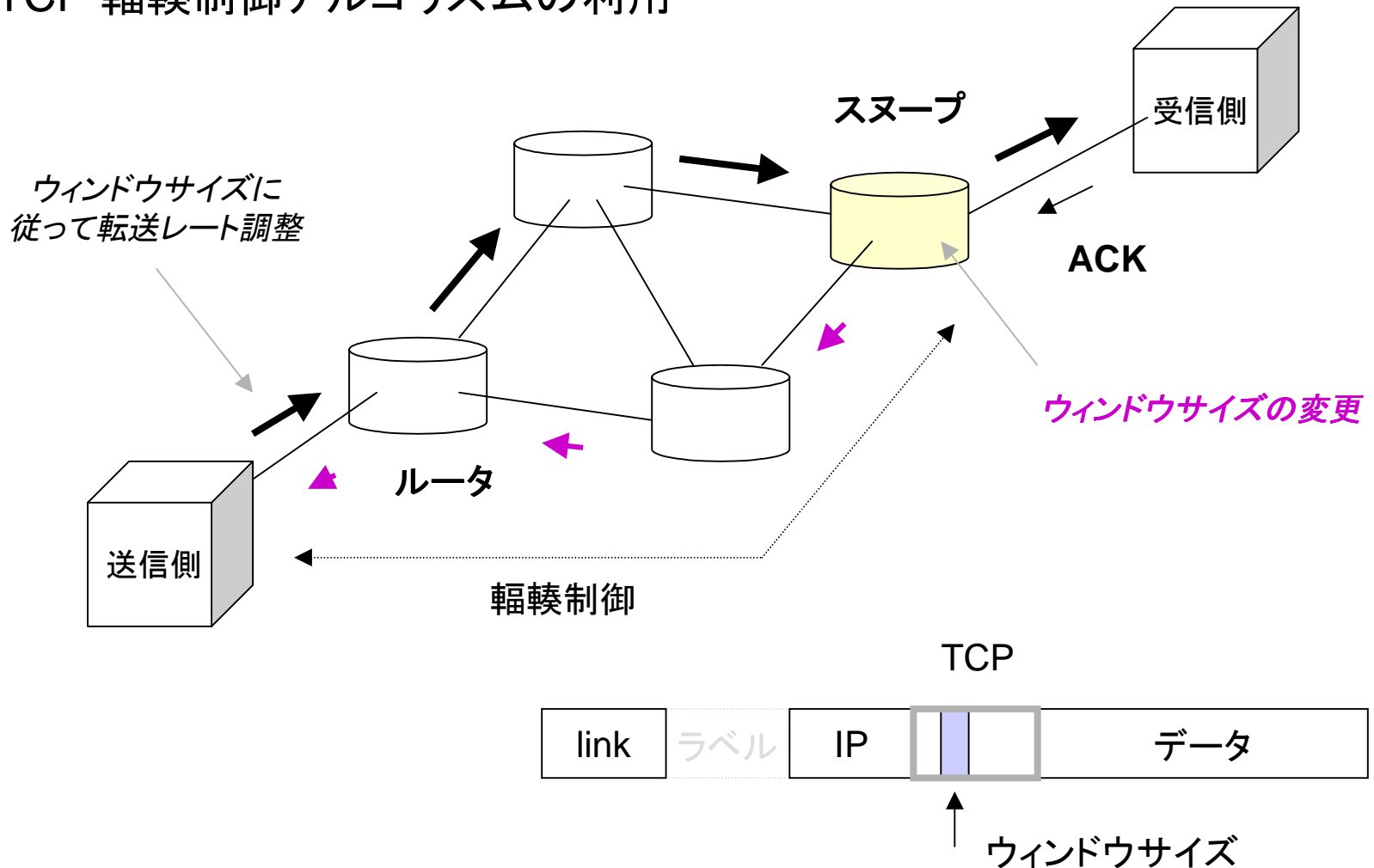
## (2) Diffserv (differentiated services)

- IP ヘッダの TOS フィールドの再定義 → DS フィールド
- クラス分類による CoS (QoS) ルーティング



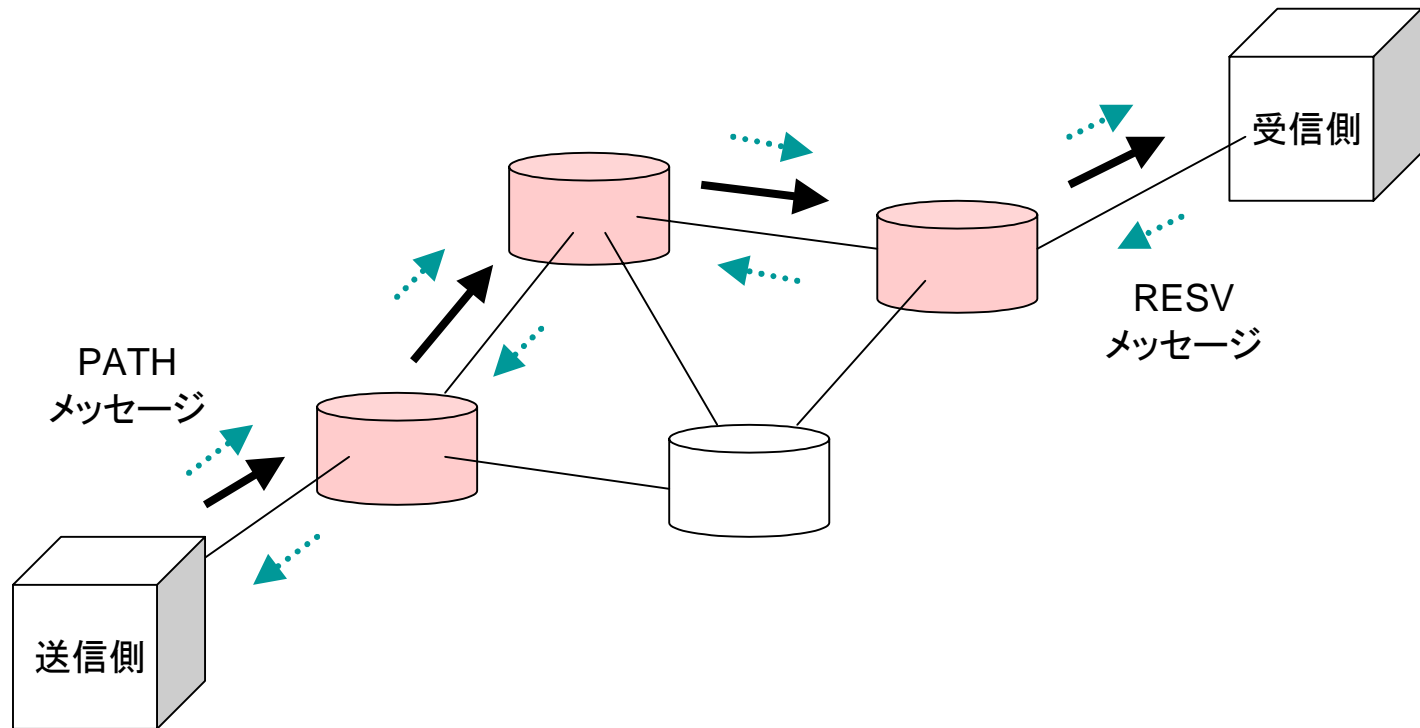
# TCP スヌーピング (参考)

- ルータによる TCP ヘッダのスヌーピング (L4-Switch)
- TCP 輻輳制御アルゴリズムの利用



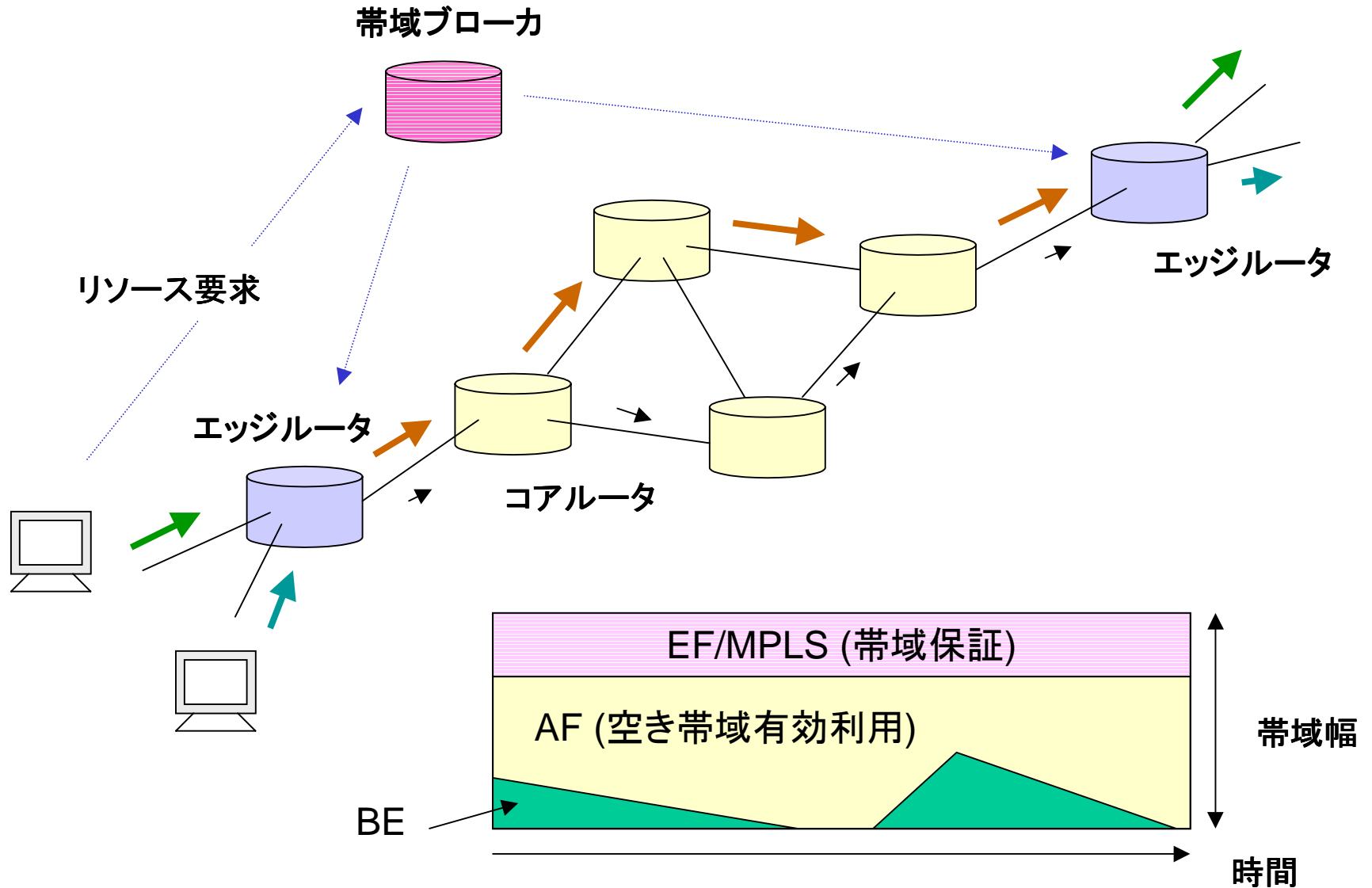
# RSVP (参考: intserv)

- ルータ間のメッセージ交換による帯域確保
- スケーラビリティに問題 (欠点)

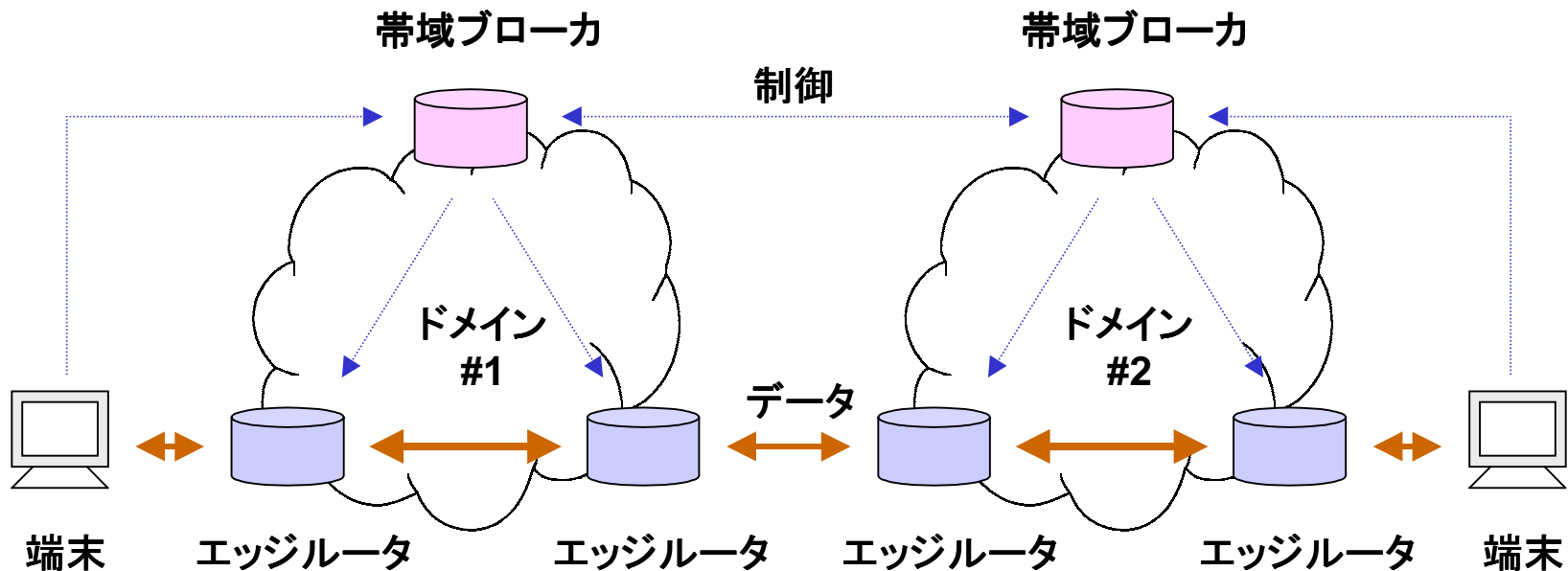


link	ラベル	IP	TCP	データ
------	-----	----	-----	-----

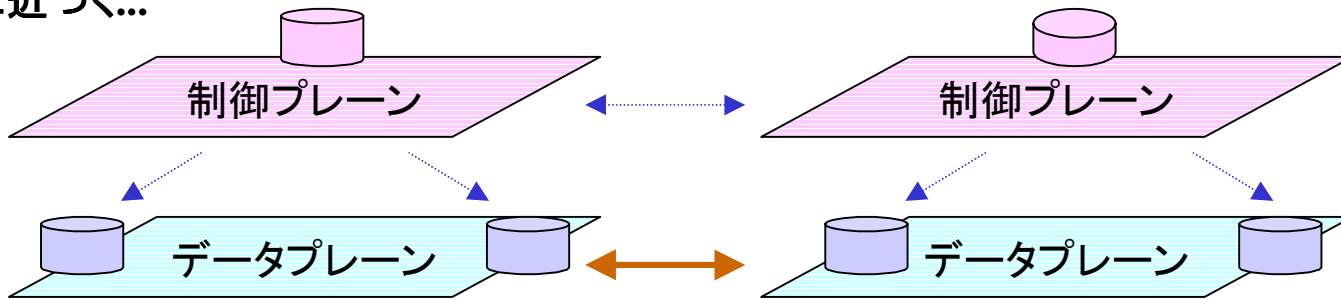
# MPLS / Diffserv のシナリオ (1)



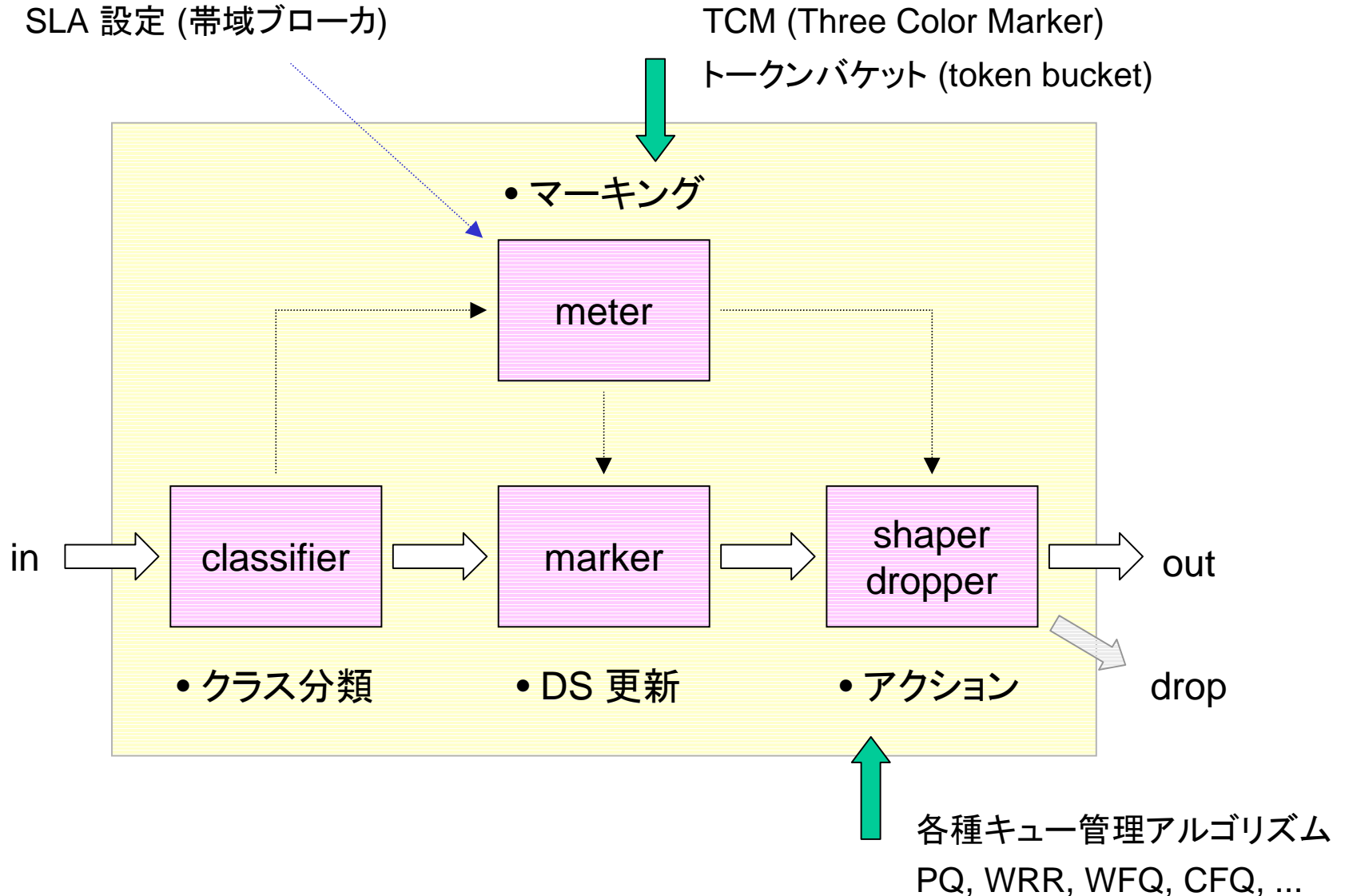
# MPLS / Diffserv のシナリオ (2)



電話網に近づく...



# Diffserv ルータの構成例





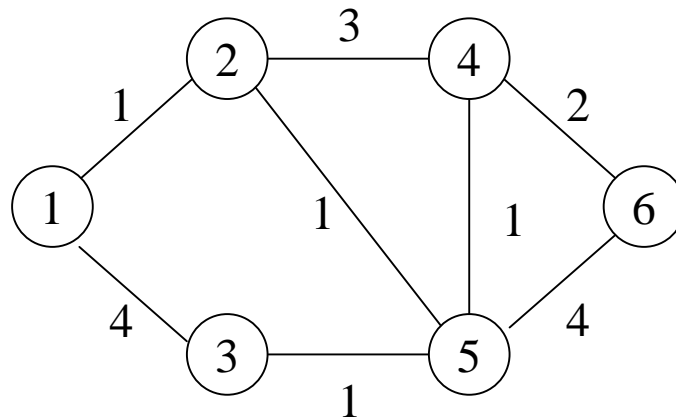
# これで QoS 課題は解決か？

- インターネット電話、インターネット放送にとって、より望ましい通信環境が提供されるのは明らか (大きな改善)
- ユーザ数の増加に伴う帯域ブローカ (ポリシーサーバ) の負荷の増大  
→ ポリシーサーバの階層化 (ますます電話網・ATMに近づく...)
- ユーザ数の増加に伴う制御トラヒックの増大  
→ EF / MPLS は制御トラヒック収容のため？
- SLA に従わないユーザを正しく排除できるか？ インターネットの共有アクセスの利点が失われないか？  
→ 適切なアドミッション制御、クラス分類、メータリング
- マルチキャストの大規模化に対応できるか？

他いろいろ ...

# 宿題

(1) 下記のようなリンクコストを持つネットワークがある (ただし、コストに方向性は無いものとする)。Bellman-Ford 法、Dijkstra 法、それぞれを用いて、ルータ 1 から他のルータへの最短経路を求めよ。



(2) コストを変更するなどして、自分の研究分野、あるいは情報通信全般における最短経路アルゴリズムの適用例を考え、説明せよ。