

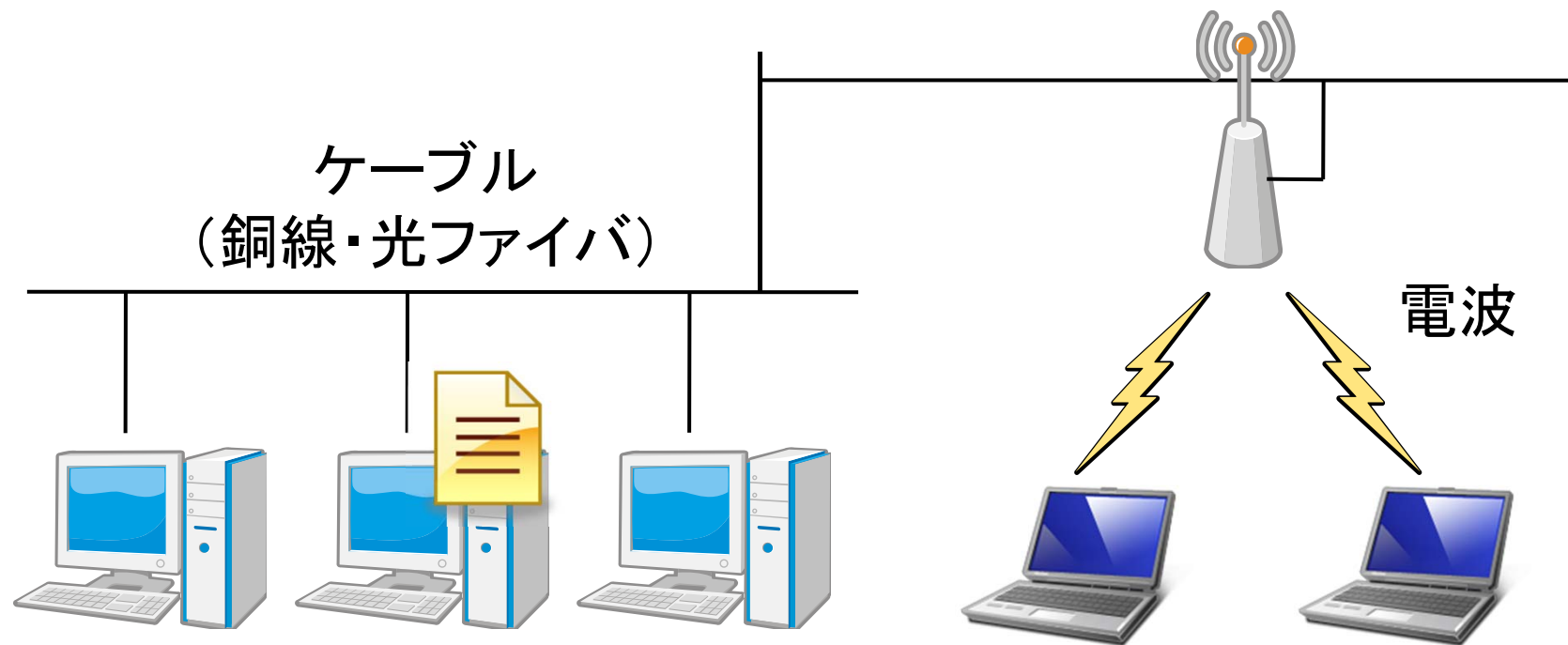
# 情報ネットワーク実践論 TCP/IPの仕組み

齊藤義仰



# コンピュータネットワークとは？

- コンピュータ同士をケーブルや電波などの媒体で接続し、データを送受信できる状態にしたもの

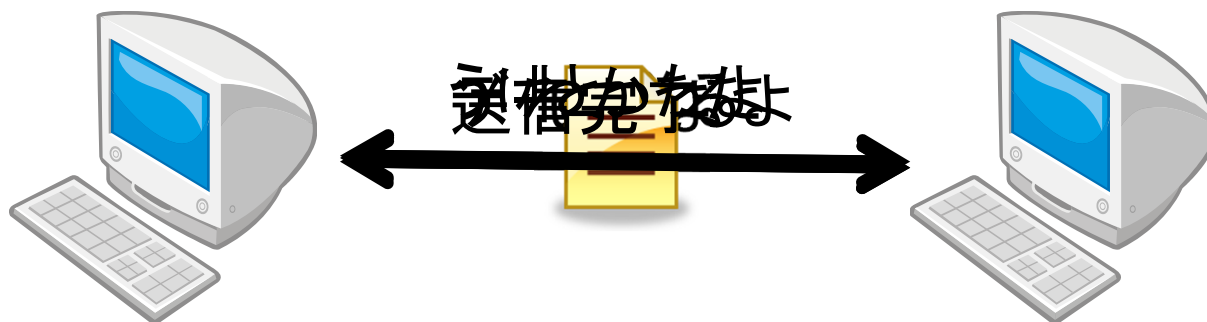


# コンピュータネットワークの種類

- LAN (Local Area Network)
  - 自宅や学校, 企業の施設内など, 狭い空間にある機器同士を接続した小規模ネットワーク
- WAN (Wide Area Network)
  - 会社の支店間など, 地理的に離れた場所にある機器同士を接続した大規模ネットワーク
- インターネット (Internet)
  - 複数のLANやWANを相互接続した世界規模ネットワーク
  - Inter (相互接続した) + net (ネットワーク)

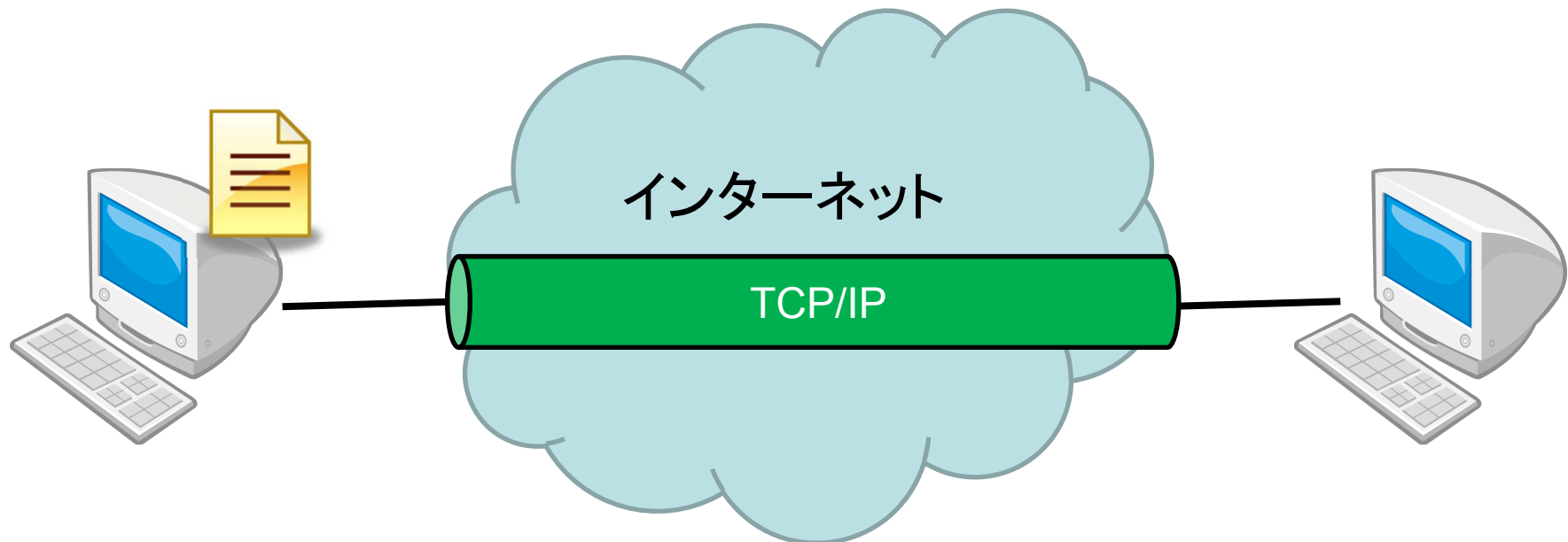
# データをやり取りするための仕組み

- コンピュータ同士がデータのやり取りを行うのは実は難しい
  - インターネットは様々な機種 of コンピュータや, 異なる通信方式を持つネットワークで構成される
  - 機種や通信方式が異なると通信できない
- 通信プロトコル
  - データの送信側と受信側のコンピュータが, あらかじめ決められた共通の規則に従いやり取りを行う
  - この共通規則のことをプロトコルと呼ぶ



# 通信プロトコルの基盤: TCP/IP

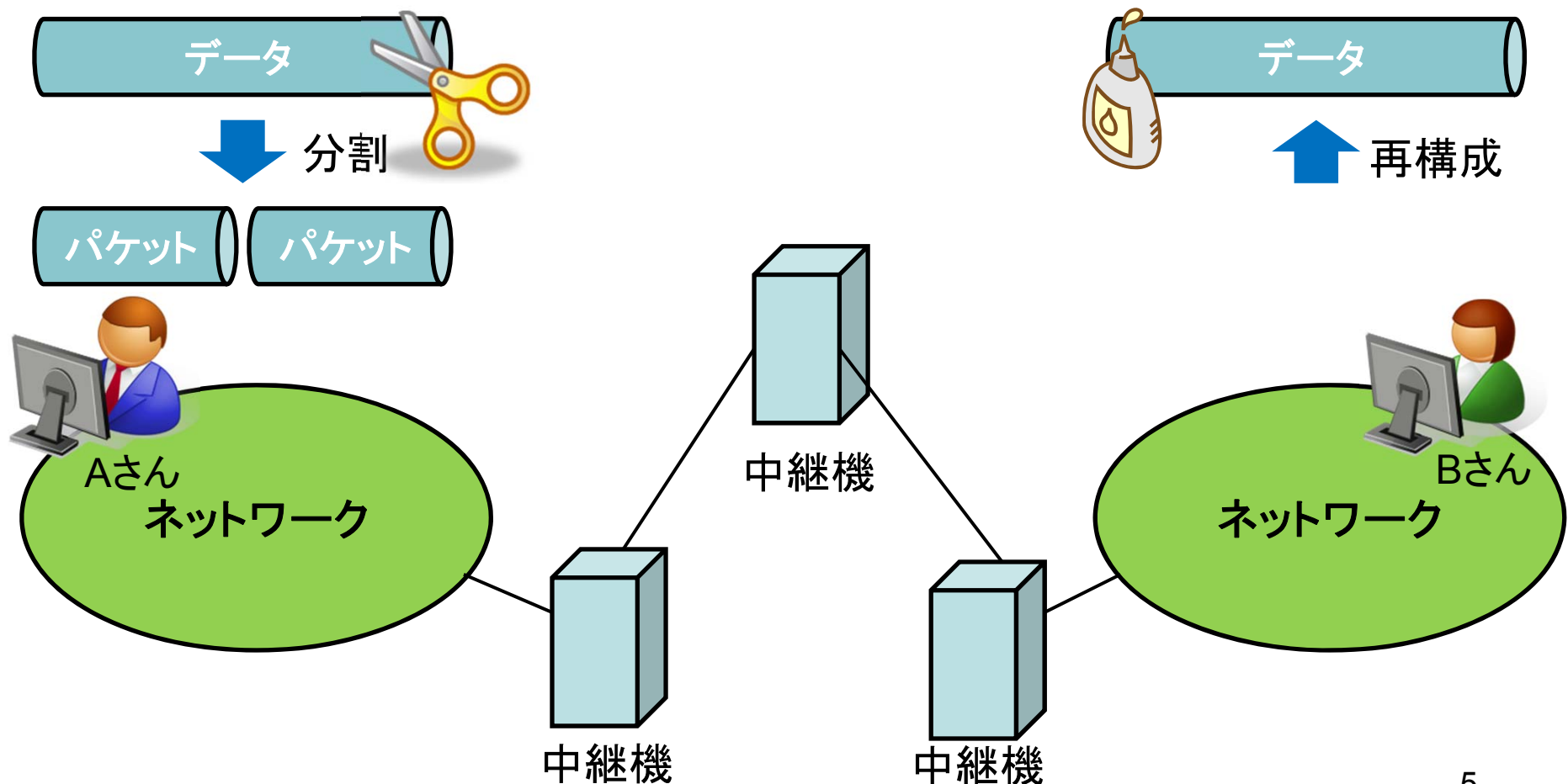
- インターネットで実質的な標準となっている全世界共通の通信プロトコル
  - **IP** (Internet Protocol) と **TCP** (Transport Control Protocol) という技術を組み合わせた通信プロトコル
  - インターネット上で安定した通信を行うための土管のようなものを作るために利用





# TCP/IPにおけるデータ通信の概要

- データを一定の大きさ(**パケット**)に分割して送受信するパケット交換という方法を用いる



# 復習(1)

1. コンピュータネットワークとは？
2. LAN, WAN, インターネットの違いは？
3. 通信プロトコルとはなにか？
4. TCP/IPにおいてデータを一定の大きさに分割した通信単位を何と呼ぶか？

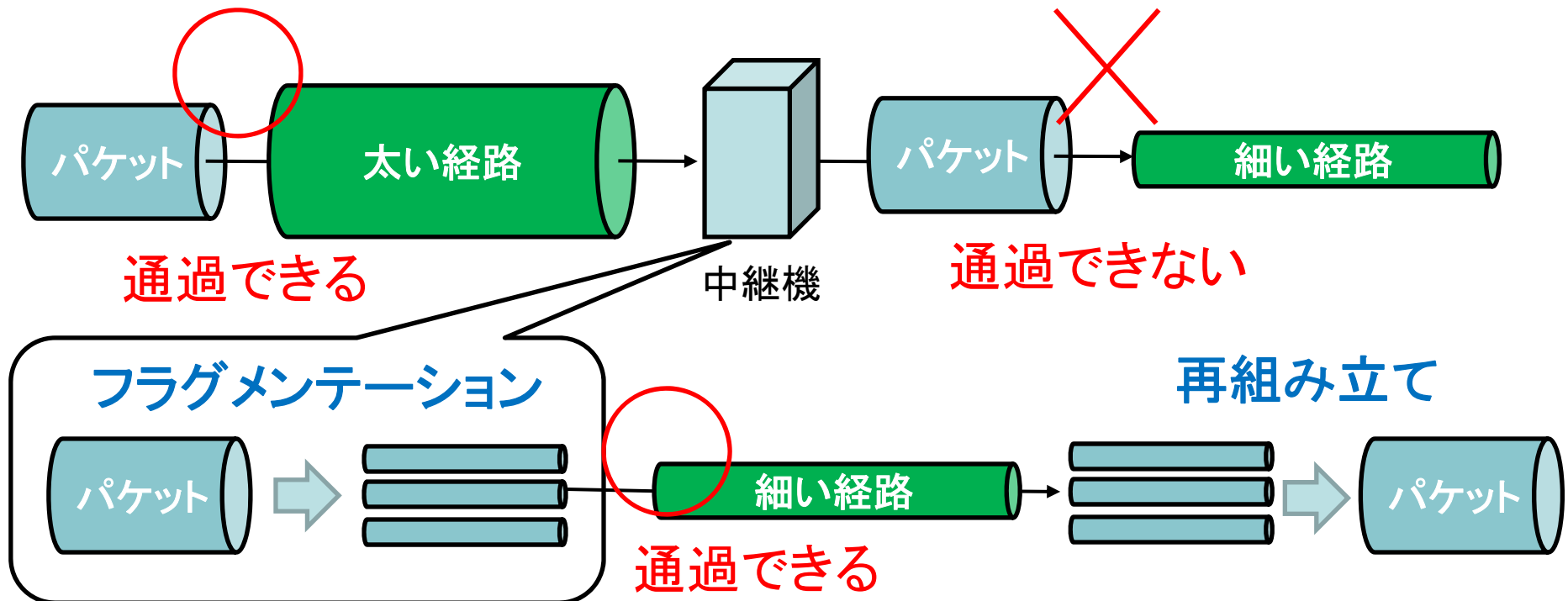
# IP (Internet Protocol)

- IPの役割
  - 通信手段の違いを吸収
    - フラグメンテーション
  - 通信相手を特定
    - IPアドレス
  - 宛先までの経路を決定
    - ルーティング



# IP: 通信手段の違いを吸収

- 宛先までの経路には、データを一度にたくさん送れる太い経路と、あまり送れない細い経路がある
- 太い経路から到着したパケットが大きすぎて細い経路にそのまま送信できない → パケットを細かく分解(フラグメンテーション)して通れるようにし、その後再組み立てする



# IP: 通信相手を特定(1)

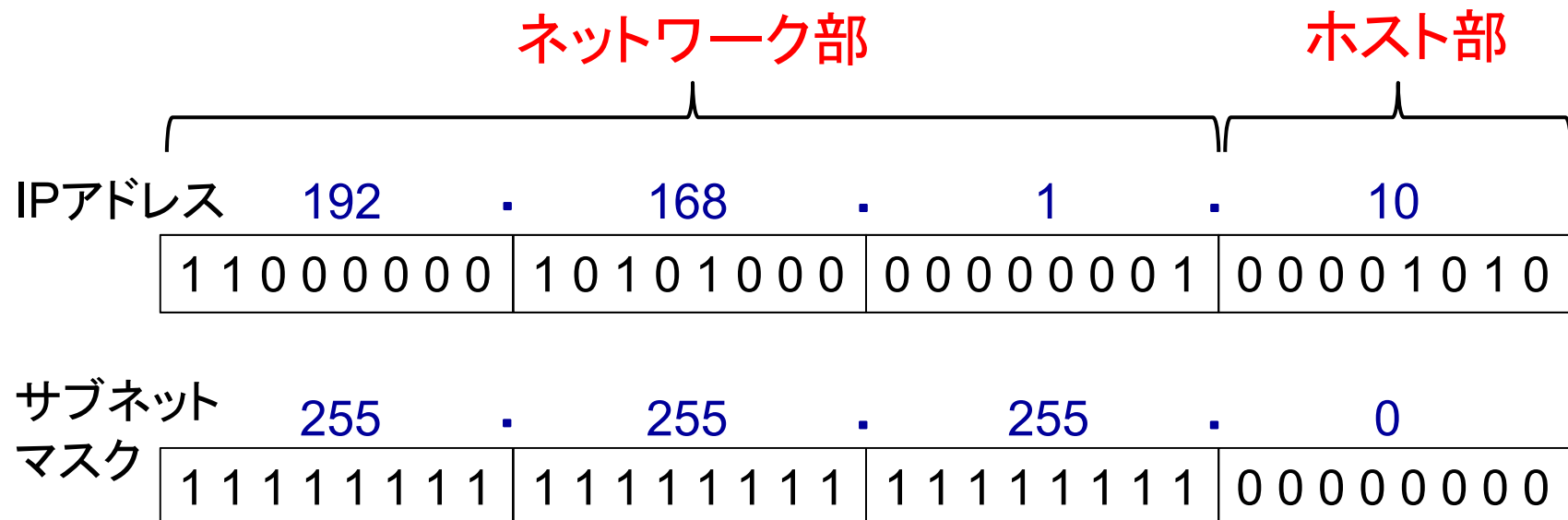
- ネットワーク上の機器を区別するため, **IPアドレス**という“住所”をコンピュータに与える
- IPアドレス(IPv4)は32ビットのビット列からなる
$$2^{32} = 4294967296 \div 43\text{億}$$
- 8ビットずつ“.”で区切って10進数表現する

1 1 0 0 0 0 0 0	1 0 1 0 1 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 1	0 0 0 0 1 0 1 0
192	168	1	10

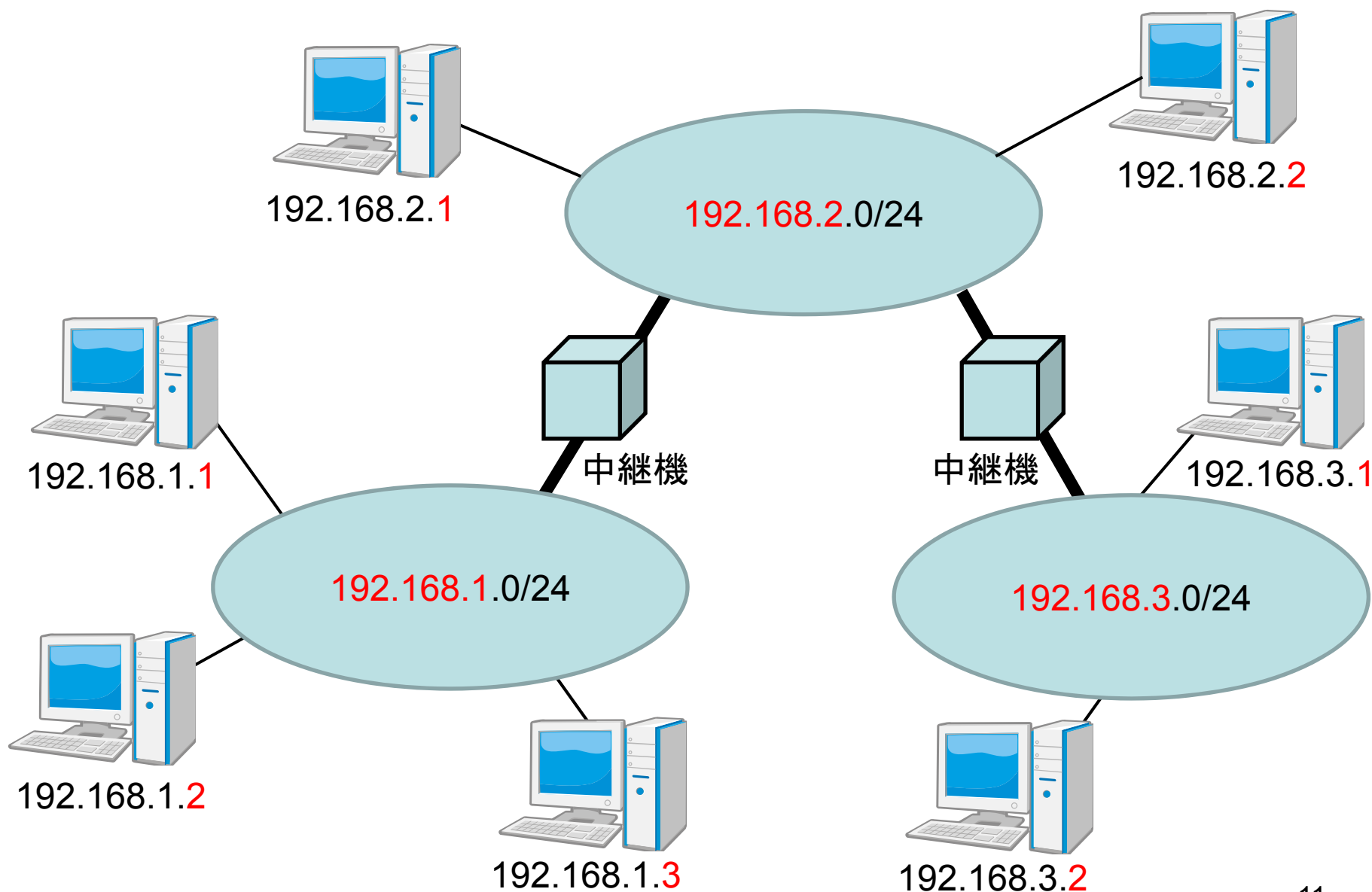


## IP: 通信相手を特定(2)

- IPアドレスにはネットワーク部とホスト部がある
  - ネットワーク部 = ネットワークを特定するための部分
  - ホスト部 = 個々のコンピュータを特定するための部分
- 32ビットのサブネットマスクを用いてネットワーク部とホスト部を指定



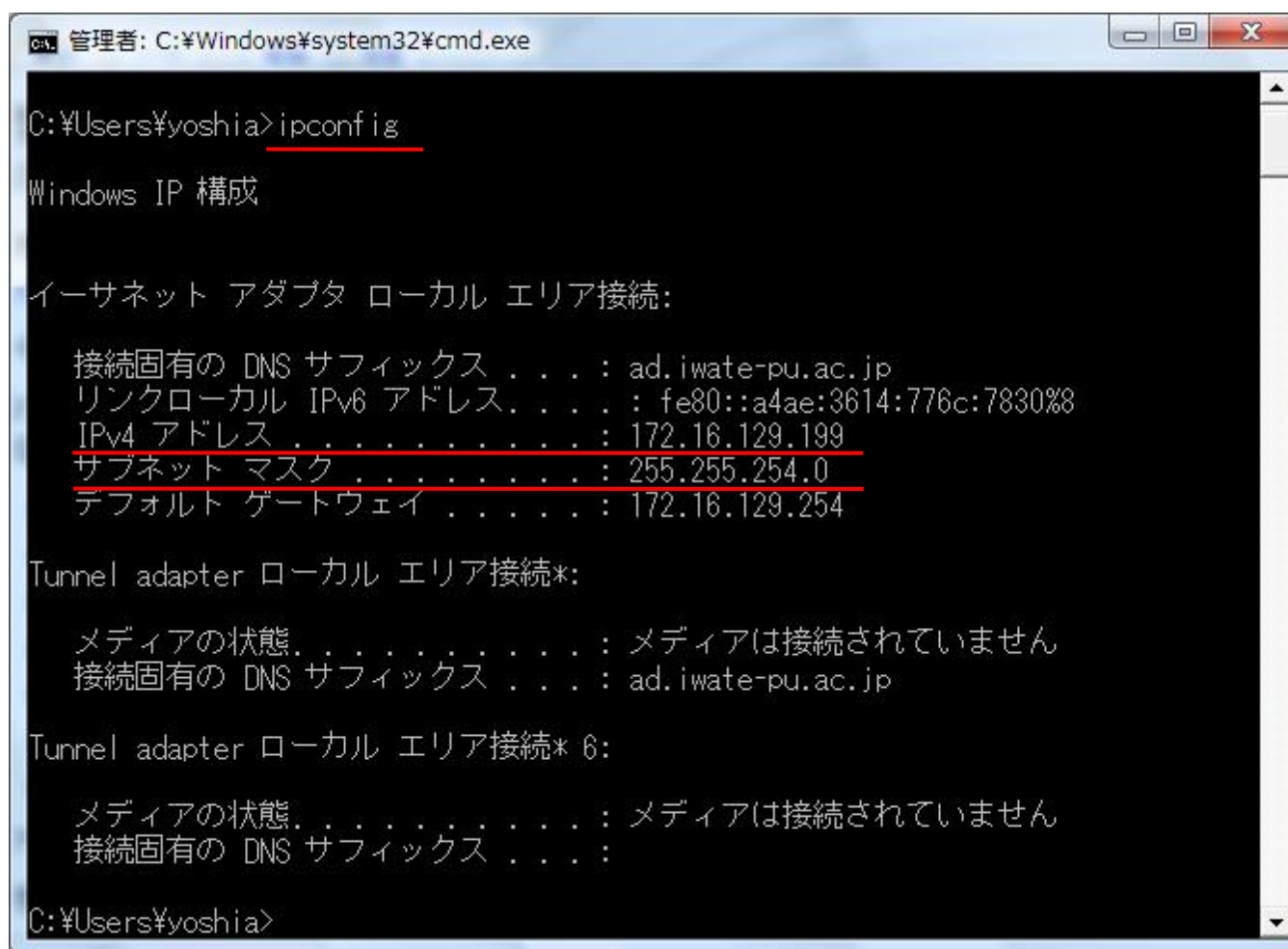
# IP: 通信相手を特定(3)





# IP: 通信相手を特定(4)

- IPアドレスの調べ方(ウィンドウズ)
  - プログラム>アクセサリ>コマンドプロンプト



```
管理者: C:\Windows\system32\cmd.exe

C:\Users\yoshia>ipconfig

Windows IP 構成

イーサネット アダプタ ローカル エリア接続:

    接続固有の DNS サフィックス . . . . : ad.iwate-pu.ac.jp
    リンクローカル IPv6 アドレス. . . . : fe80::a4ae:3614:776c:7830%8
    IPv4 アドレス . . . . . : 172.16.129.199
    サブネット マスク . . . . . : 255.255.254.0
    デフォルト ゲートウェイ . . . . . : 172.16.129.254

Tunnel adapter ローカル エリア接続*:

    メディアの状態. . . . . : メディアは接続されていません
    接続固有の DNS サフィックス . . . . : ad.iwate-pu.ac.jp

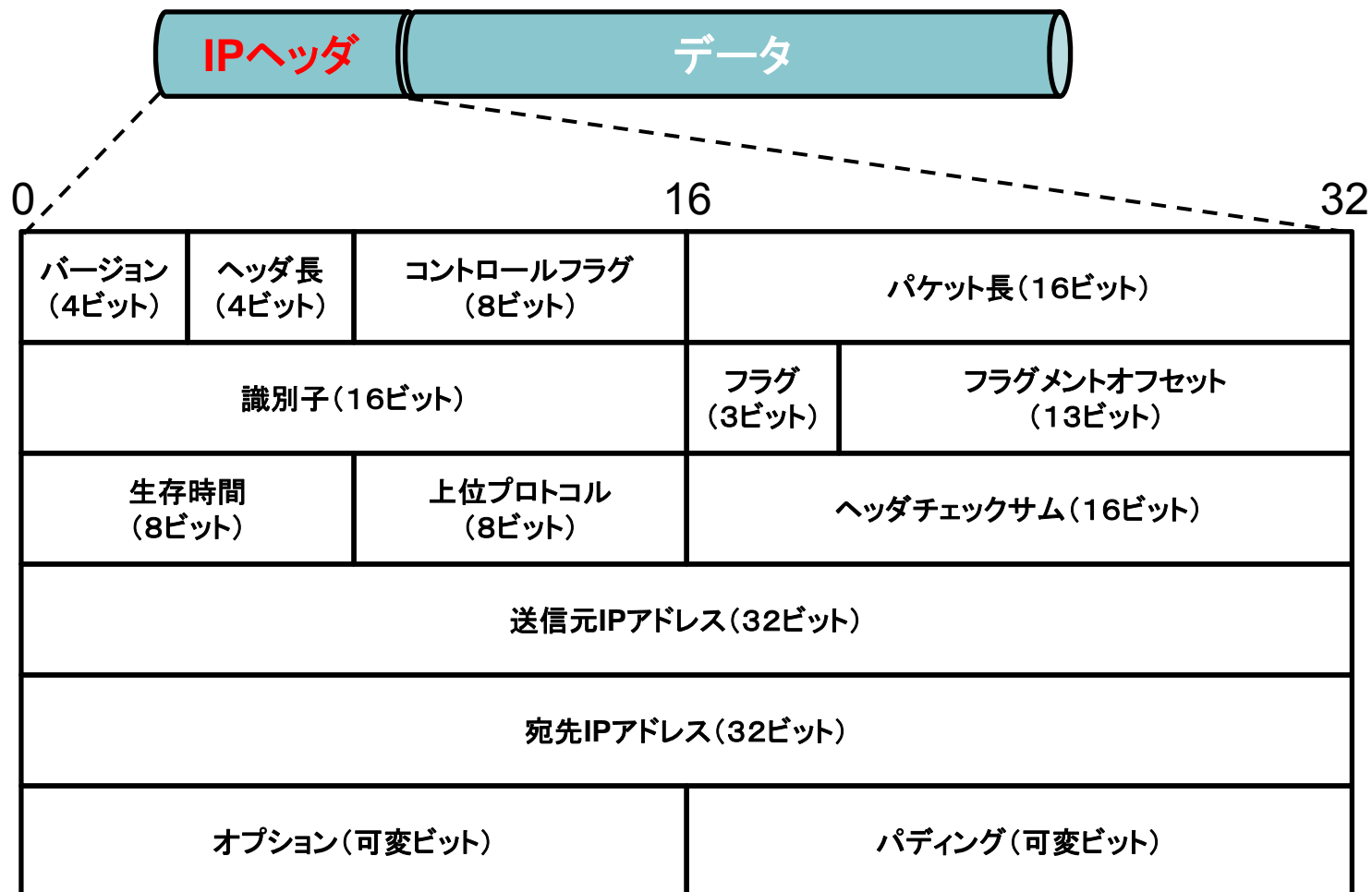
Tunnel adapter ローカル エリア接続* 6:

    メディアの状態. . . . . : メディアは接続されていません
    接続固有の DNS サフィックス . . . . :

C:\Users\yoshia>
```

# IP: 宛先までの経路を決定(1)

- IPヘッダ
  - IPの情報をデータの先頭にくっつける.

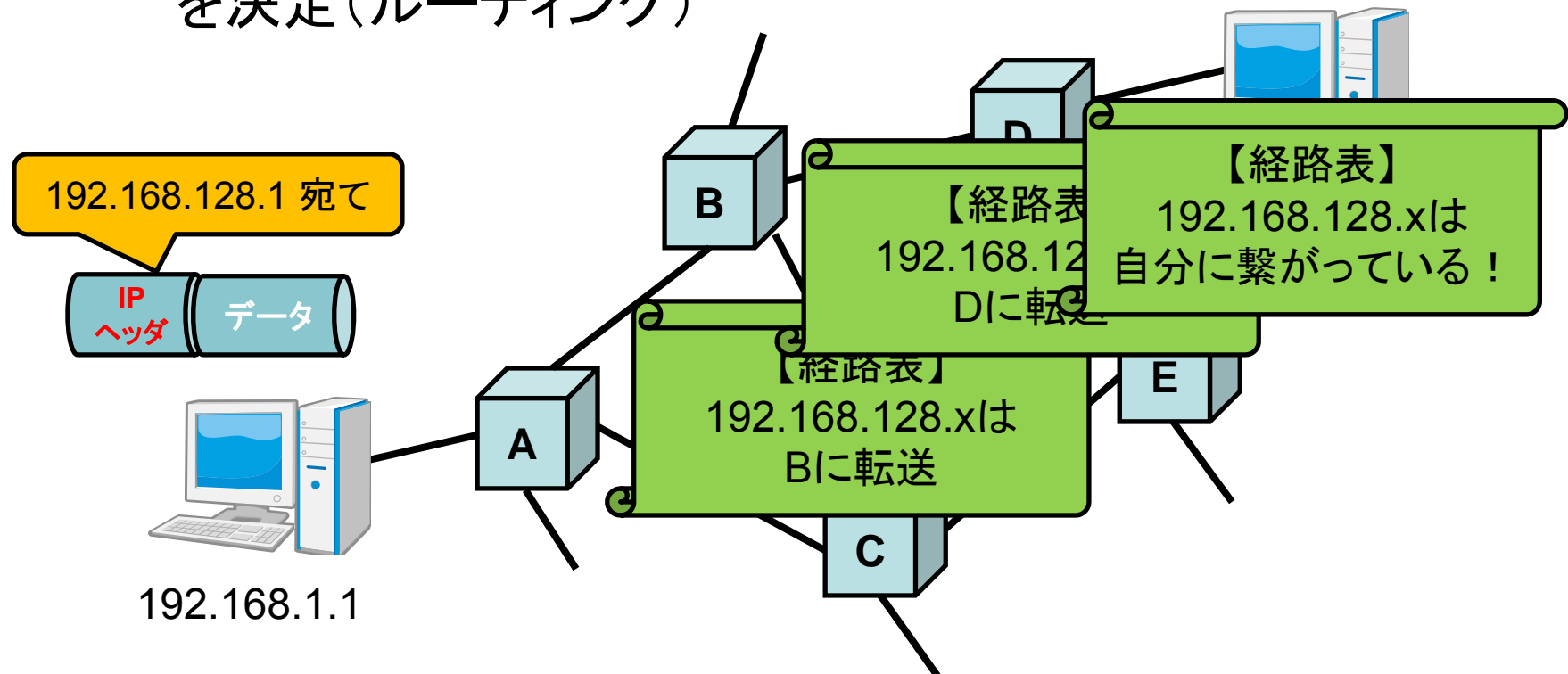




# IP: 宛先までの経路を決定(2)

- ルータ

- ネットワーク間を繋ぎ, パケットが宛先に届くまでの道案内をする機器
- IPヘッダに記述された宛先IPアドレスを見て, 次の転送先を決定(ルーティング)



# IP:宛先までの経路を決定(3)

- tracertコマンド(ウィンドウズ)を使うと, どのようにルーティングされているかわかる

経路上の  
ルータ

```
管理: コマンド プロンプト
Microsoft Windows [Version 6.0.6001]
Copyright (c) 2006 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\yoshia>tracert www.yahoo.co.jp

www.yahoo.co.jp [203.216.227.176] へのルートを追跡しています
経路するホップ数は最大 30 です:

 1  <1 ms    <1 ms    <1 ms    172.16.129.252
 2  <1 ms    <1 ms    <1 ms    172.16.2.68
 3  <1 ms    <1 ms    <1 ms    172.16.240.4
 4   1 ms     1 ms     1 ms    nwlsb102.iwate-pu.ac.jp [210.156.40.124]
 5   1 ms     1 ms     1 ms    nwlsb021.iwate-pu.ac.jp [210.156.40.129]
 6  10 ms    10 ms    11 ms    202.211.0.254
 7  11 ms    10 ms    11 ms    sendai-dc-rm-ge-7-1-0-102.sinet.ad.jp [150.99.190.9]
 8  19 ms    19 ms    19 ms    tsukuba-dc-rm-ae-1-11.sinet.ad.jp [150.99.203.6]
 9  25 ms    24 ms    24 ms    tokyo1-dc-rm-ae-2-11.sinet.ad.jp [150.99.203.10]
10  26 ms    25 ms    26 ms    tokyo2-dc-rm-ae-0-11.sinet.ad.jp [150.99.203.14]
11  26 ms    28 ms    25 ms    tyo2-ix1-xge-3-2.sinet.ad.jp [150.99.190.254]
12  26 ms    26 ms    26 ms    210.173.176.241
13  27 ms    28 ms    27 ms    202.93.74.223
14  27 ms    27 ms    27 ms    203.216.238.242
15  27 ms    28 ms    27 ms    f1.top.vip.tnz.yahoo.co.jp [203.216.227.176]

トレースを完了しました。

C:\Users\yoshia>
```

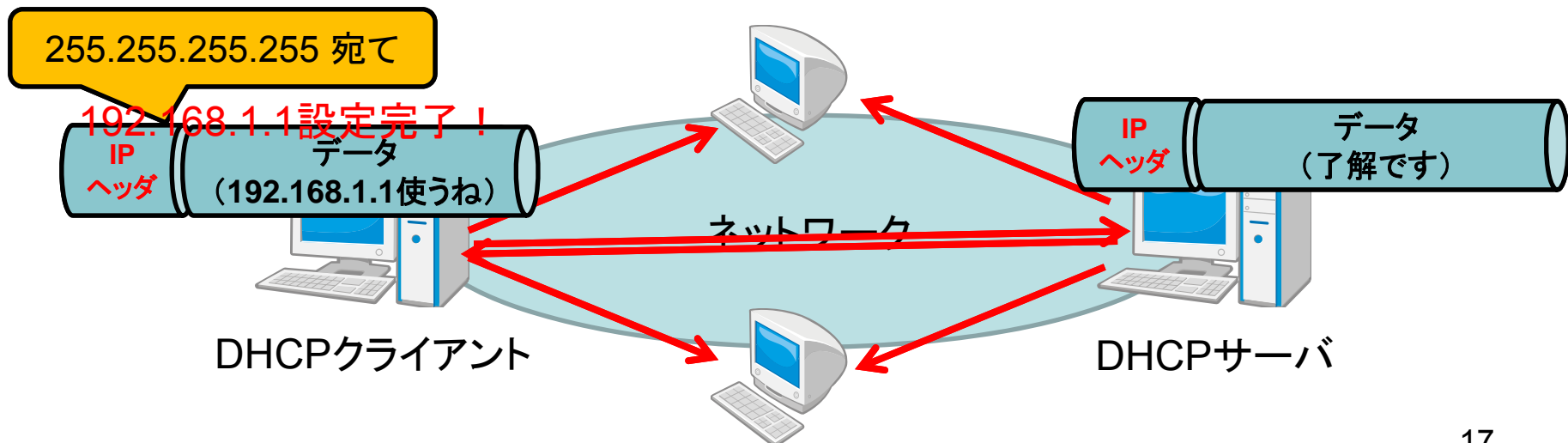


## 復習(2)

- フラグメンテーションはなぜ必要？
- IPアドレスは何ビット？
- IPアドレスをネットワーク部とホスト部に分解するビット列のことをなんと呼ぶ？
- ルータとはどのような働きをする機器？

# IPアドレスの設定方法

- 固定のIPアドレスを割り振る
  - 各コンピュータに手動でIPアドレスを設定する方法
- 自動的に割り振る
  - DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) を使い、ネットワークに接続すると同時に必要な設定が自動的に行われるようにする方法



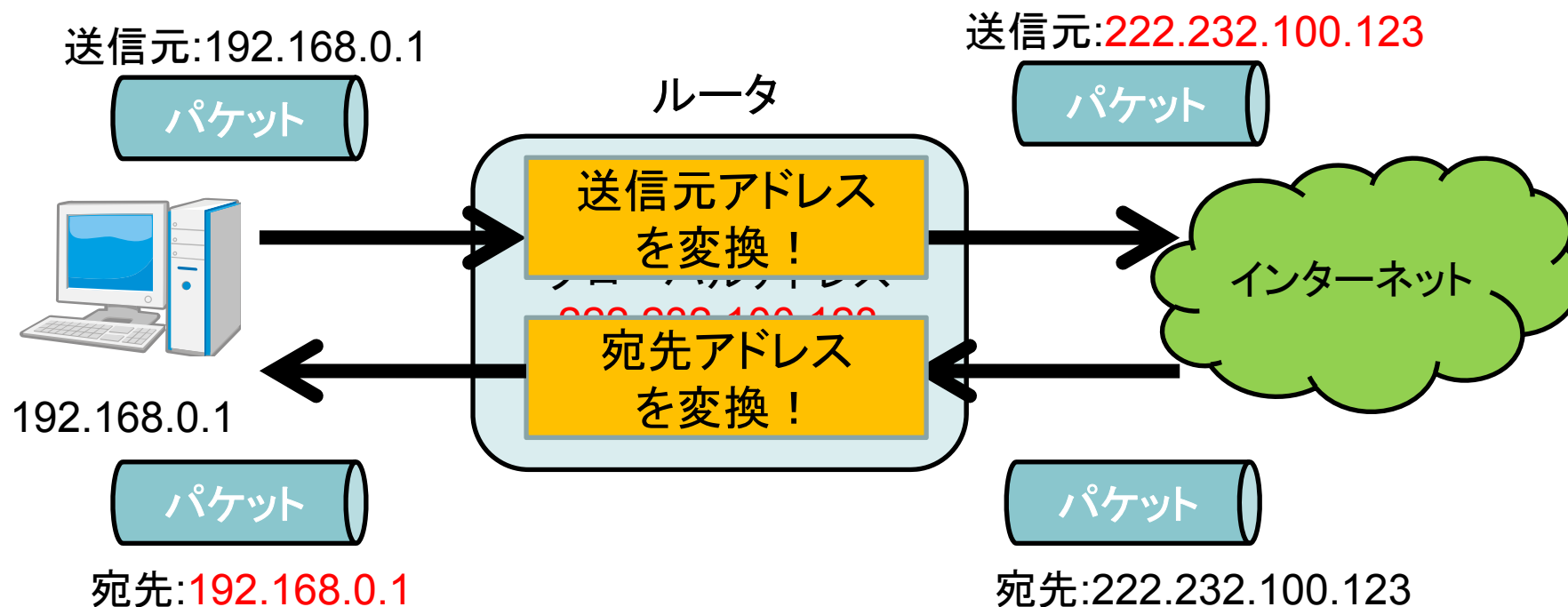
# IPの種類

- プライベートアドレス
  - 誰でも自由に利用可能だが, LANの中だけでしか使うことができない(つまり, インターネット上で利用できない)
  - プライベートアドレスの範囲
    - 10.0.0.0~10.255.255.255
    - 172.16.0.0~172.16.255.255
    - 192.168.0.0~192.168.255.255
- グローバルアドレス
  - 全世界で重複のない唯一のIPアドレス
  - ICANNという機関が中心となって厳重に管理されており, 勝手に利用することができない
  - インターネット上でゲーム対戦等をしたかったら, こっちのアドレスを友達に教えなければ駄目



# プライベートからグローバルへ

- プライベートアドレスのままではインターネットに接続できないので、**NAT (Network Address Translation)** という技術が用いられる
- NATを使うと、ひとつのグローバルアドレスを複数のコンピュータで利用することが可能

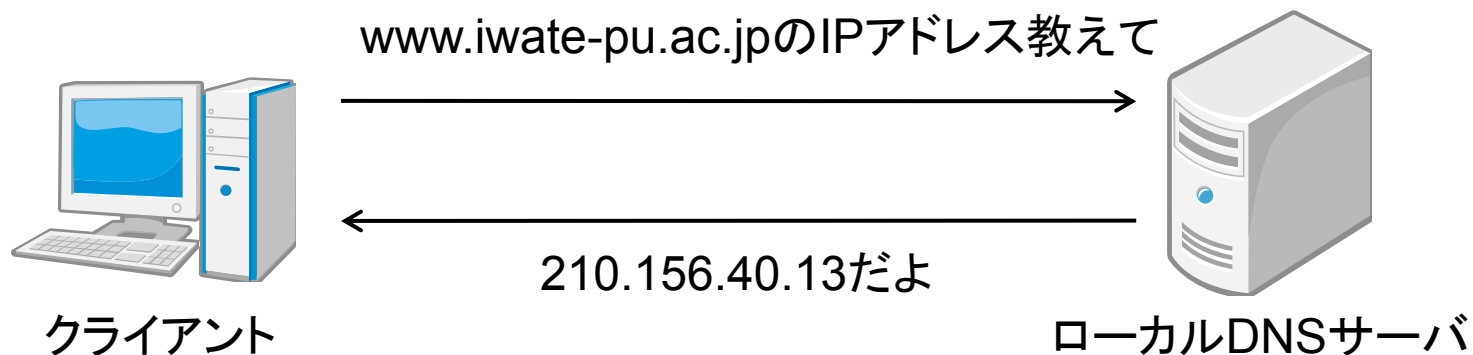


# IPアドレスに名前をつける

- 数字のIPアドレスは人間には扱いにくいので、名前をつけてわかりやすくする



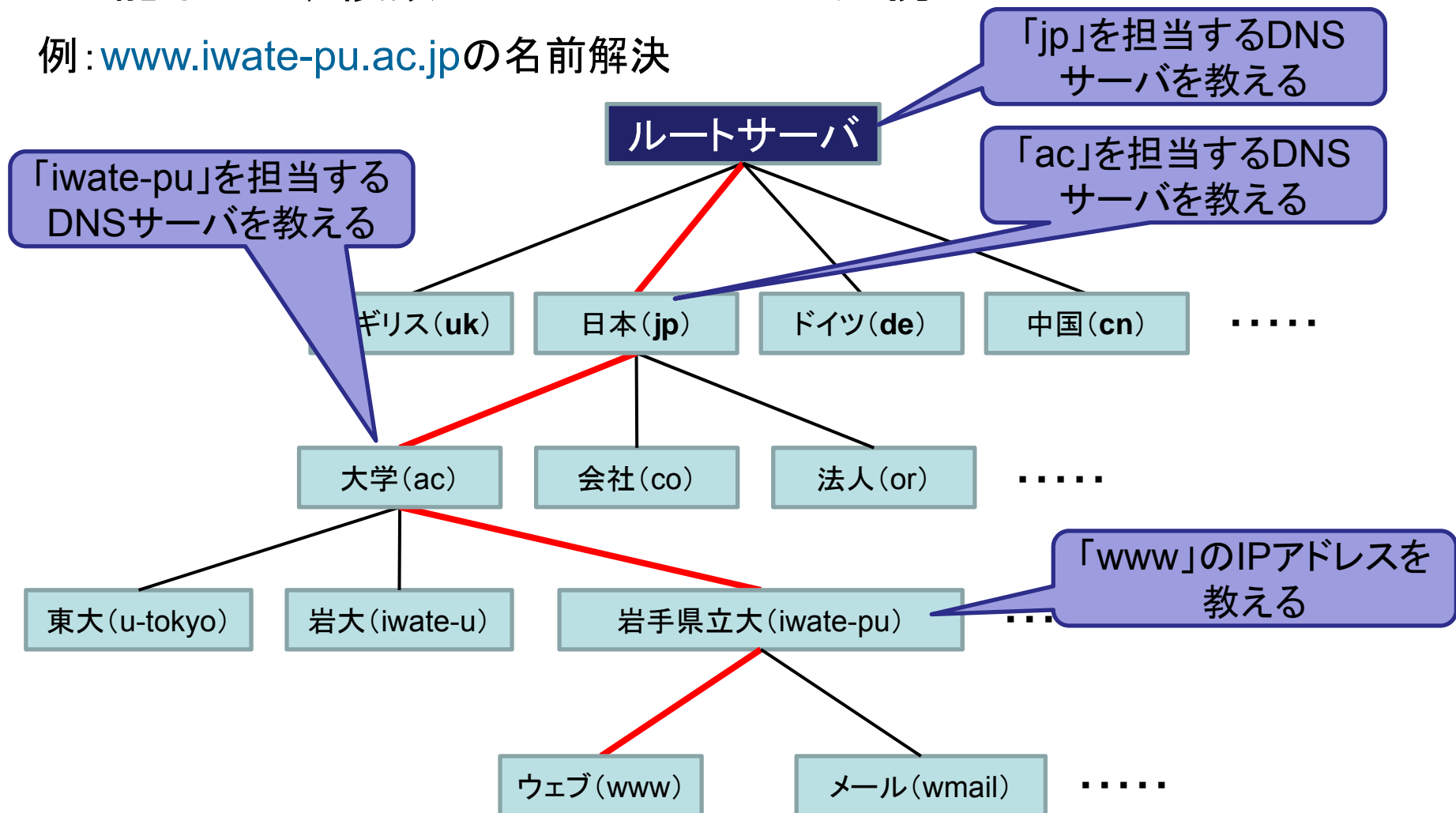
- IPアドレスとドメイン名を対応させるサービスをDNS (Domain Name System) と呼ぶ



# DNSの階層化

- 何十億という膨大なIPアドレスを1台で管理することは不可能なので、複数のネームサーバが連携

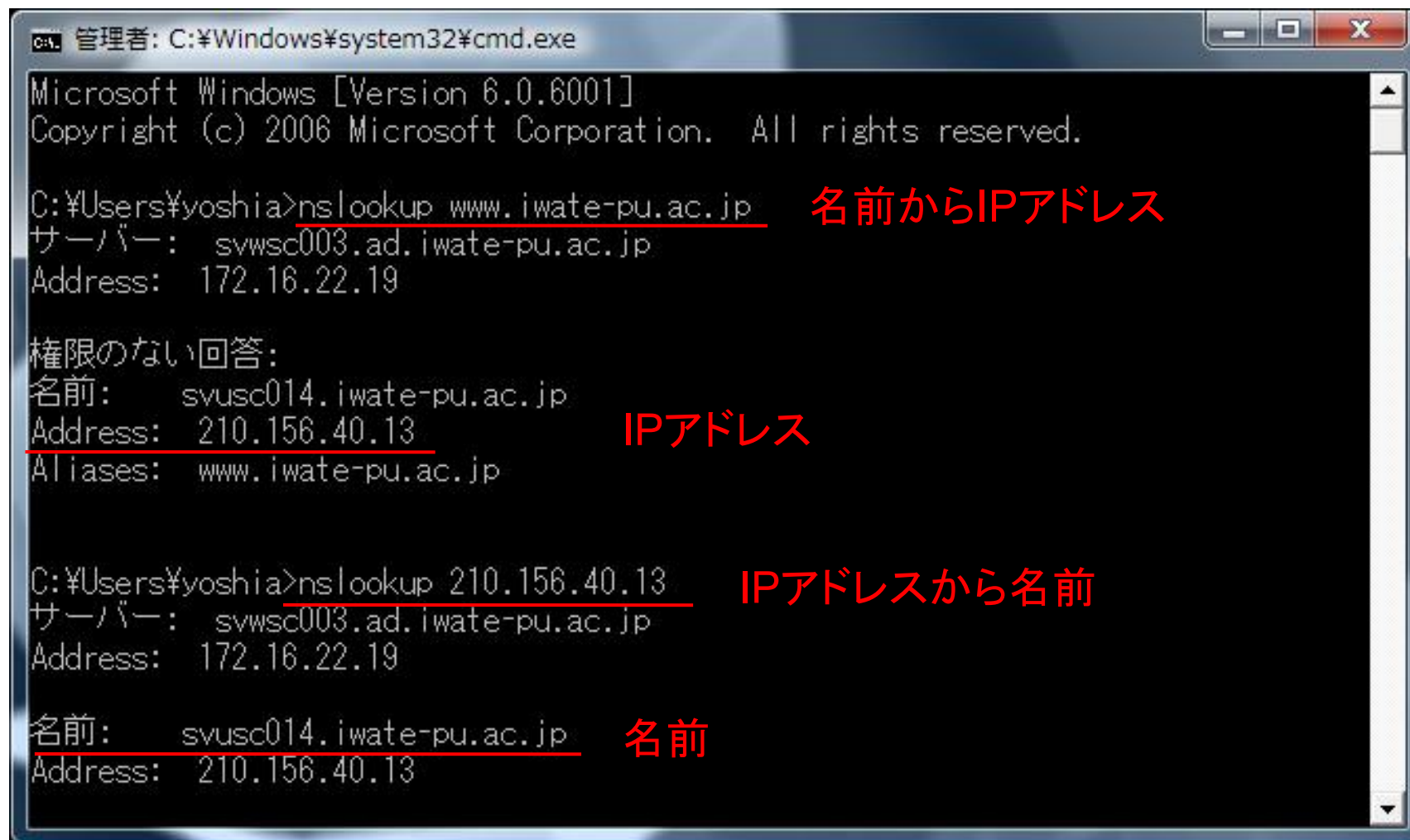
例: [www.iwate-pu.ac.jp](http://www.iwate-pu.ac.jp)の名前解決





# 手動での名前解決のやり方

- nslookupコマンドを使う



```
C:\> 管理者: C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 6.0.6001]
Copyright (c) 2006 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\yoshia>nslookup www.iwate-pu.ac.jp 名前からIPアドレス
サーバー: svwsc003.ad.iwate-pu.ac.jp
Address: 172.16.22.19

権限のない回答:
名前: svusc014.iwate-pu.ac.jp
Address: 210.156.40.13 IPアドレス
Aliases: www.iwate-pu.ac.jp

C:\Users\yoshia>nslookup 210.156.40.13 IPアドレスから名前
サーバー: svwsc003.ad.iwate-pu.ac.jp
Address: 172.16.22.19

名前: svusc014.iwate-pu.ac.jp 名前
Address: 210.156.40.13
```

## 復習(3)

- DHCPとは何をするためのプロトコル？
- プライベートアドレスとグローバルアドレスの違いは？
- NATとはどのような技術？
- DNSはなぜ階層的構造になっている？

# TCP(Transport Protocol)

- IPがあれば通信できるのに、なぜTCPが必要なのか？
  - データを確実に相手に届けることができない
    - ルーティング中にデータが壊れたり、紛失
    - IPパケットの到着順序が入れ替わる
- TCPは信頼性をIPに付加する通信プロトコル
  - データを確実に届ける



# TCPとアプリケーションの関係

- TCPはアプリケーションの玄関
  - アプリケーション毎に、データの出入り口を用意
  - この出入り口を**ポート**といい、各ポートには**ポート番号**が割り振られ、ポート番号を使って行き先のアプリケーションを指定

サーバ



ウェブサービスは80番ポートへ

ウェブサーバと  
通信がしたい

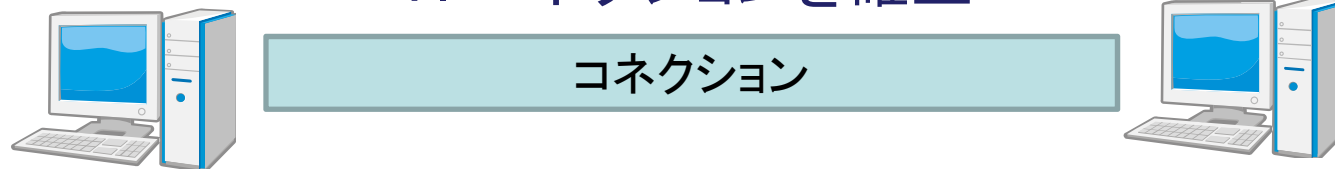


# TCP:コネクションの確立(1)

- データを確実に届けるため, 受信側と1対1で  
**コネクション**(仮想的な通信路)を確立
  - このような通信を**コネクション型通信**と呼ぶ

通信のおおまかな手順

## 1. コネクションを確立



## 2. データを分割, TCPヘッダをつけて送信



## 3. データが送り終わったらコネクションを切断



# TCP:コネクションの確立(2)

- 連絡方法

- 通信相手に通信状況を伝える手段として, TCPヘッダには6ビットの**コントロールフラグ**がある

## URG (Urgent)

セグメントが緊急のデータを含んでいる

## ACK (Acknowledgement)

データを受け取った  
(確認応答)

## PSH (Push)

すぐに処理しろ

## RST (Reset)

通信を強制的に  
切断

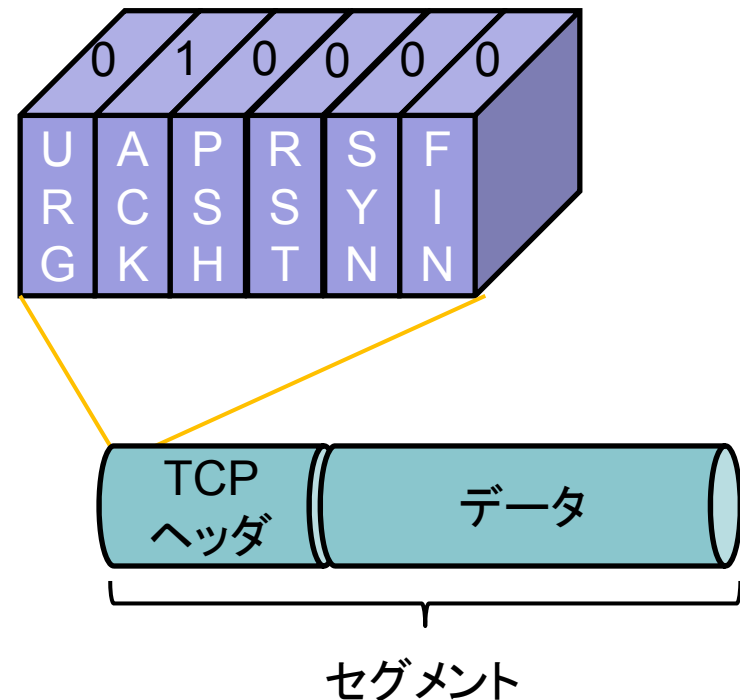
## SYN (Synchronize)

通信の開始を要求

## FIN (Finish)

通信の終了を要求

相手に伝えたい項目を「1」にする





# TCP:コネクションの確立(3)

- TCPのコネクション確立時に行うやり取りのことを,  
**3ウェイハンドシェイク**と呼ぶ



# TCP:コネクションの確立(4)

- 扱えるデータ量の確認
  - 実際の通信をはじめる前に、両者が扱えるデータ量を  
確認し、扱えるデータ量が少ない方に合わせる。

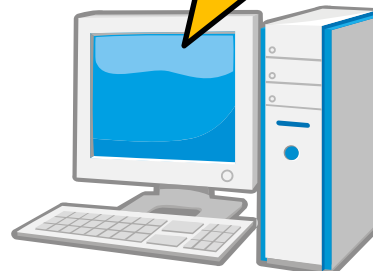
セグメントの大きさを  
**セグメントサイズ**と呼ぶ



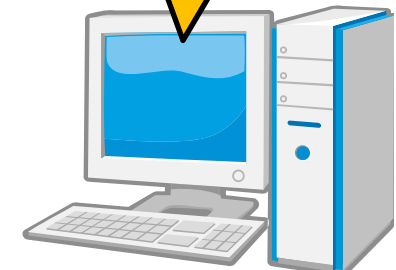
一度に受け取れる量を  
**ウィンドウサイズ**という



セグメントサイズ:  
1460Byte  
ウィンドウサイズ:  
32KB



セグメントサイズ:  
1024Byte  
ウィンドウサイズ:  
64KB

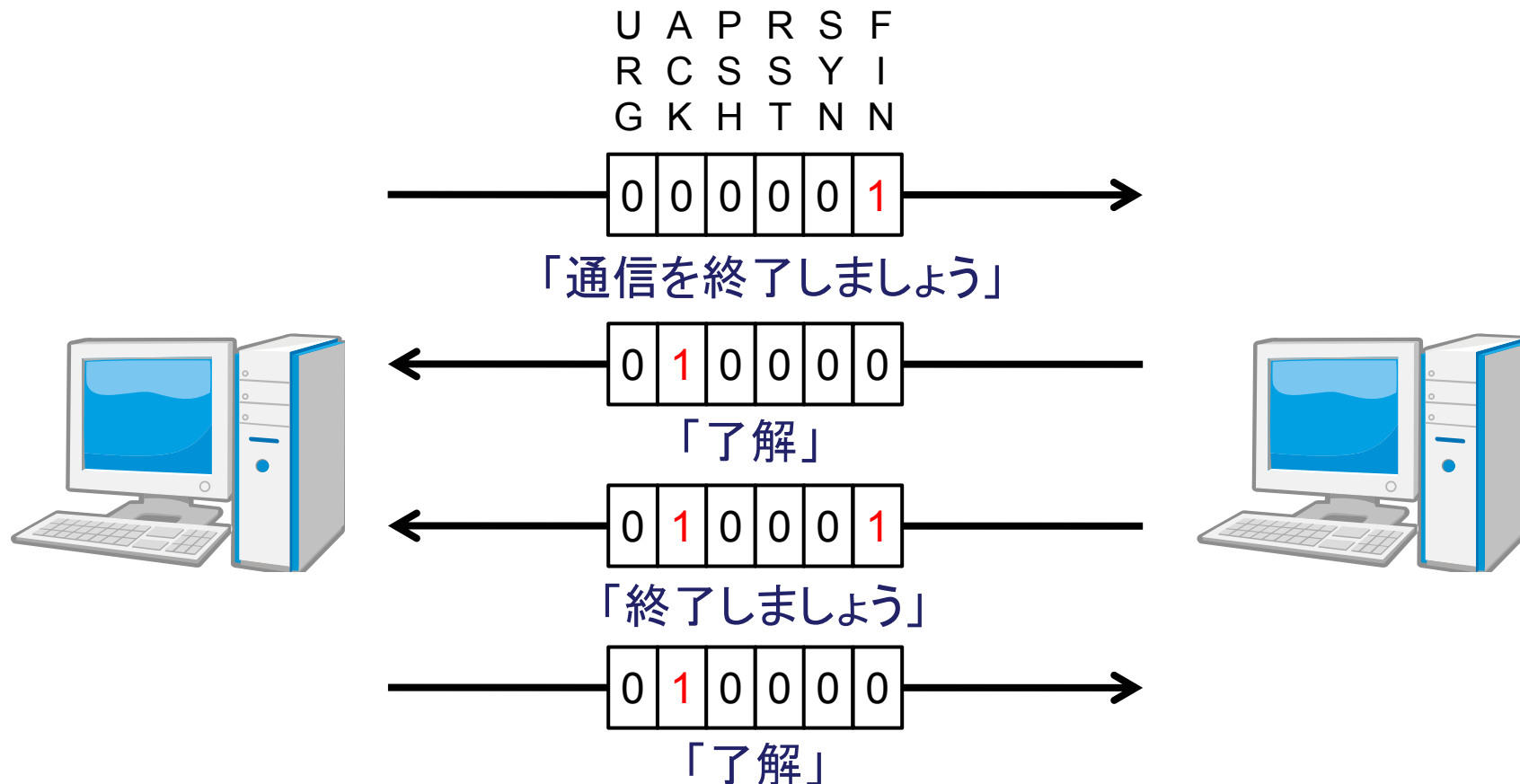


セグメントサイズ: 1024Byte  
ウィンドウサイズ: 32KB で通信する

# TCP:コネクションの確立(5)

- 通信の切断

- 通信を切断するときもTCPヘッダのコントロールフラグを利用して連絡を取りあう





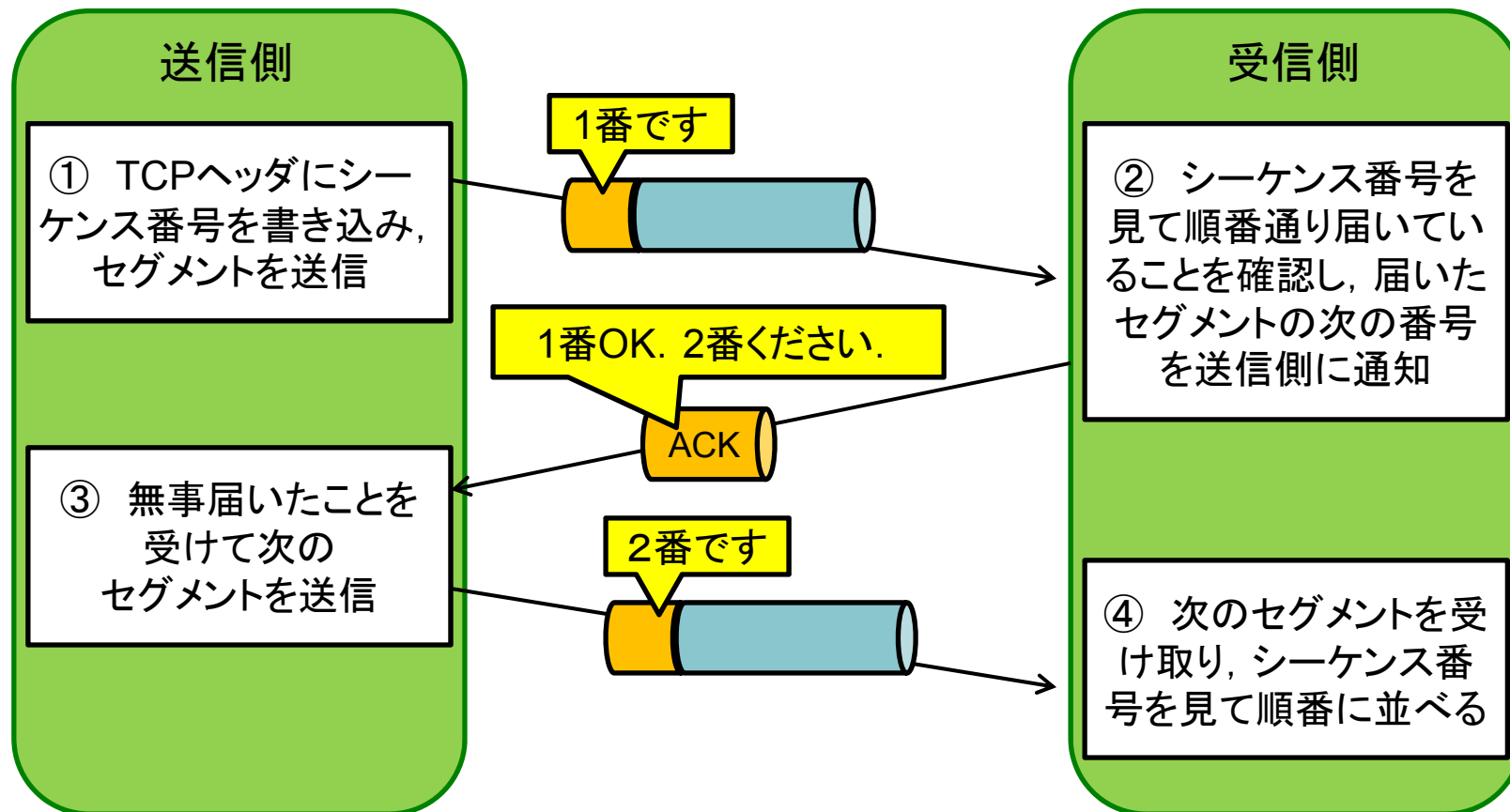
## 復習(4)

- なぜIPだけではダメでTCPが必要なのか？
- ポート, ポート番号とはなにか？
- セグメントサイズ, ウィンドウサイズとは？
- コントロールビットのSYN, ACK, FINはそれぞれどのような意味を持つか？

# TCP: データを確実に届ける(1)

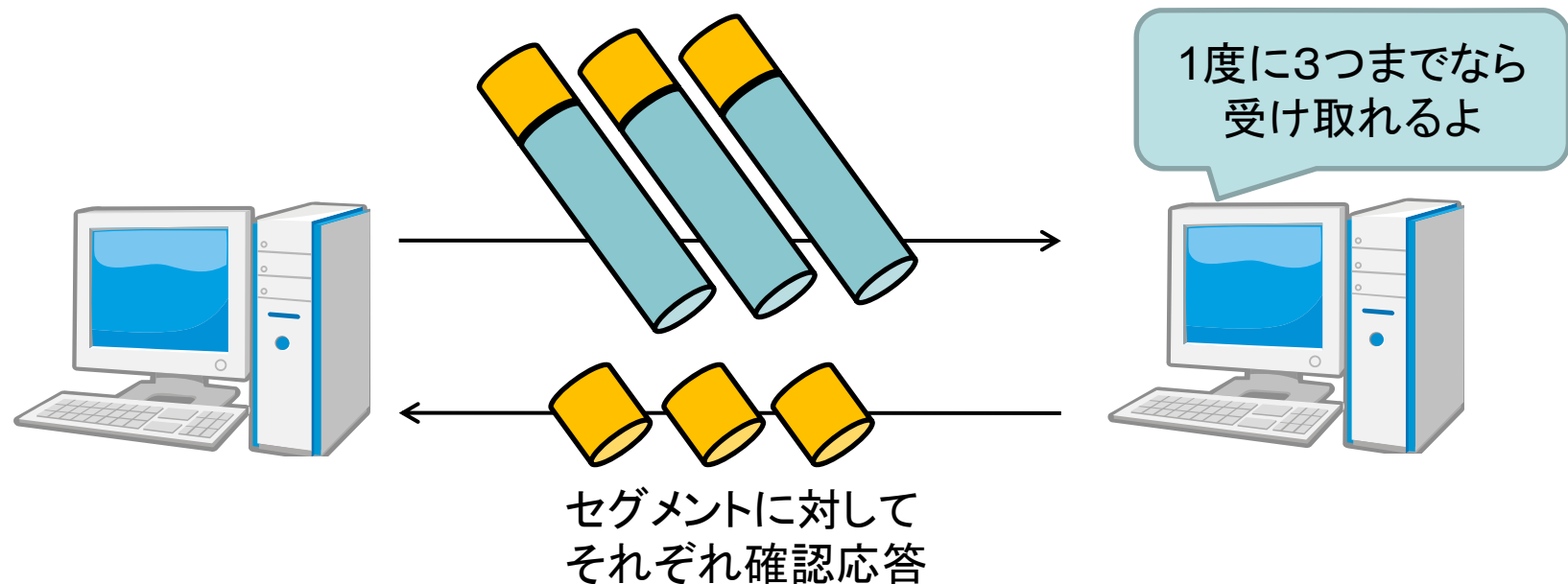
- やりとりの流れ

- TCPヘッダには, データの順番を示す番号(シーケンス番号)が書き込まれる.



# TCP: データを確実に届ける(2)

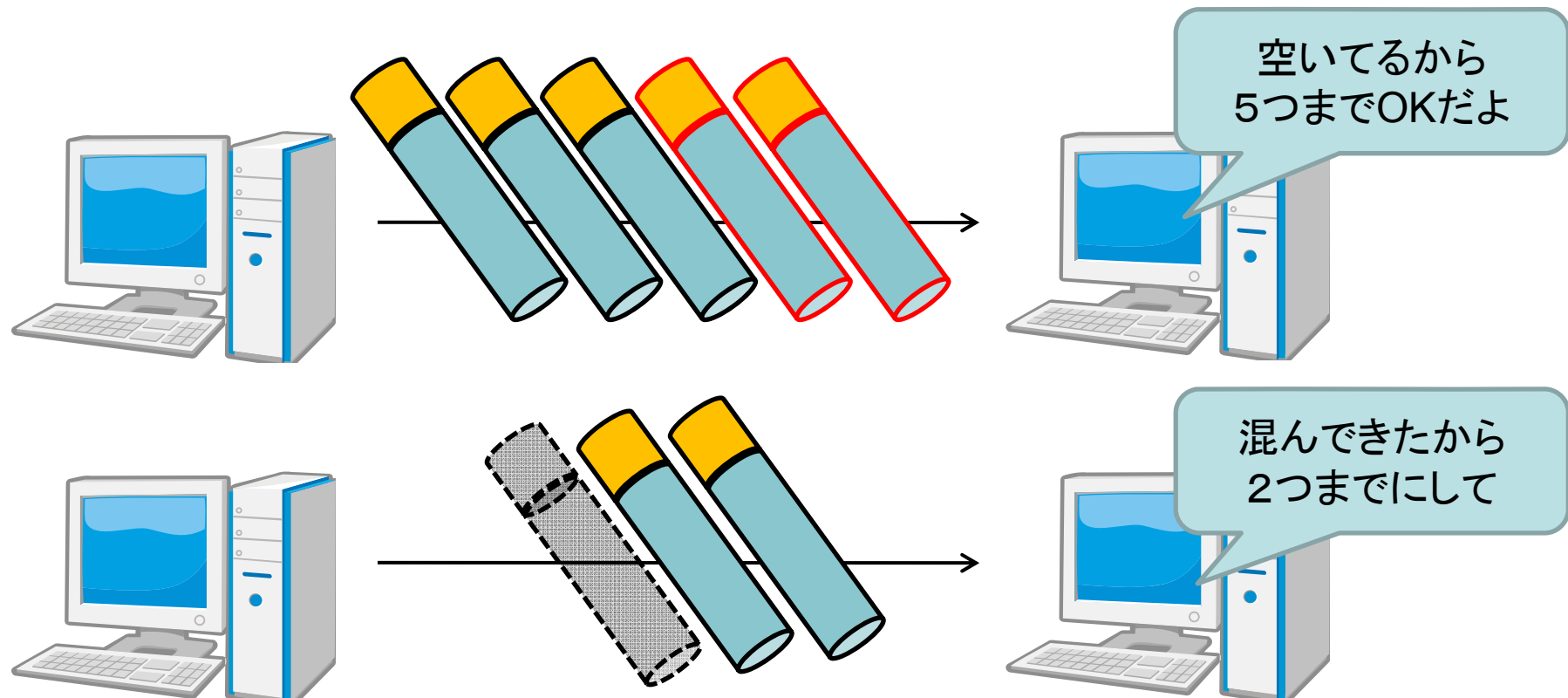
- まとめてセグメントを送る
  - セグメントをひとつずつ送るよりも, いくつかまとめて送ったほうが効率的
  - 通信をはじめるときに決めたウィンドウサイズまでなら, 確認応答をまたないでまとめて送ることが可能





# TCP: データを確実に届ける(3)

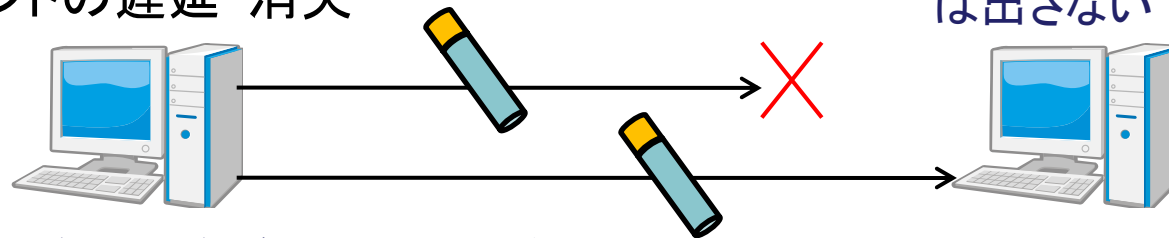
- ウィンドウサイズの変更
  - ウィンドウサイズは, 通信の途中で変更可能
  - ネットワークが空いている時は大きくし, 混んでいる時は小さくするなどの調整が可能(輻輳制御)



# TCP: データを確実に届ける(4)

- 確認応答がないときに再送する

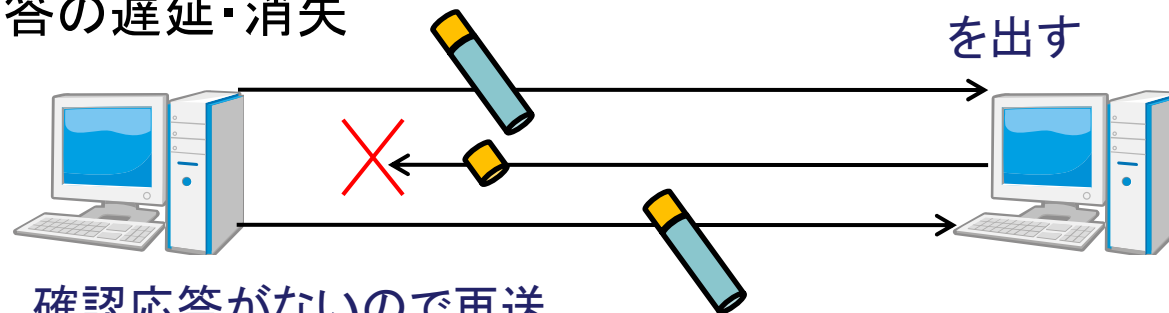
セグメントの遅延・消失



届かないので確認応答  
は出さない

確認応答がないので再送

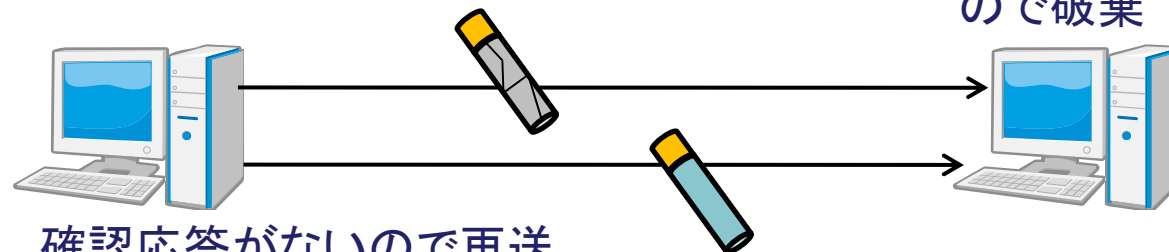
確認応答の遅延・消失



届いたので確認応答  
を出す

確認応答がないので再送

データの破損



データが壊れている  
ので破棄

確認応答がないので再送

# TCP: データを確実に届ける(5)

- 受信側の処理
  - TCPヘッダ中のポート番号を見て, 指定されたアプリケーションプロトコルにデータを渡す
- TCPヘッダの構造

0		16		32	
送信元ポート番号(16ビット)			宛先ポート番号(16ビット)		
シーケンス番号(32ビット)					
確認応答番号(32ビット)					
データ オフセット (4ビット)	予約 (6ビット)	コントロールフラグ (6ビット)	ウィンドウサイズ(16ビット)		
チェックサム(16ビット)			緊急ポインタ(16ビット)		
オプション(可変ビット)			パディング(可変ビット)		



## 復習(5)

- なぜセグメントをまとめて送信する仕組みがあるのか？
- 通信中にウィンドウサイズの調整がなぜ必要なのか？
- 確認応答がない到着しない場合を, 3通り答えなさい.

# まとめ

- インターネット上で用いられる通信プロトコルの基盤, TCP/IPについて学習した
- HTTP(ウェブページを見るプロトコル)やSMTP, POP3(電子メールを送受信するプロトコル)等は TCP/IPで構築した通信路を利用して信頼性のある通信を行っている.
- TCP/IPを知ることはインターネットの通信の仕組みを知ることである
- ネットワークプログラミングをする場合もTCP/IPの知識は必須

# 参考図書

- 初心者向け  
(株)アंक, “TCP/IPの絵本”,  
翔泳社, 2008年.
- 熟練者向け  
Andrew S. Tanenbaum,  
“Computer Networks (4th edition)”,  
Prentice Hall, 2002.  
A・S・タネンバウム (訳, 水野忠則他),  
“コンピュータネットワーク第4版”,  
日経BP社, 2003.

