

# コンピュータネットワーク

Internet Protocol 編  
2011/10/26

- Ethernet の仕組み
  - 伝送メディア
  - トロポジ
  - ループと障害
- 無線 LAN
  - 無線 LAN (WiFi) の仕組み
  - 無線 LAN のセキュリティ

## 前回の復習

2

11/10/26

- Ethernet の仕組み
  - 伝送メディア
  - トロポジ
  - ループと障害
- 無線 LAN
  - 無線 LAN (WiFi) の仕組み
  - 無線 LAN のセキュリティ

## 本日の流れ

3

11/10/26

## INTERNET PROTOCOL / IP アドレス

4

11/10/26



- IP (Internet Protocol)
  - Protocol とは「手順」とか「手続き」といった意味
- インターネットで通信を行う上での、統一したルール
  - それが Internet Protocol
  - 広域でのノード同士の通信を可能とした
- インターネットで通信を行うノードは、すべて Internet Protocol を使って通信を行う
  - デスクトップ PC もラップトップ PC も
  - Windows も Mac OS も iPhone も
- 世界標準

## IP とは

5

11/10/26

- もともとは軍事目的で開発された
  - 通信経路が破壊されても、自動的に代替通信経路を発見し、通信を行うための仕組み
- アメリカ国防総省にて研究
  - ARPANET
- その後技術が民間に開放
  - アメリカでインターネットとして展開
- 同一セグメント (LAN) 通信
  - イーサネット (MAC address) だけでも可能
- 広域 (WAN) 通信
  - IP によって可能となる

## IP の歴史

6

11/10/26

### • OSI 参照モデル

7	アプリケーション層	← HTTP, FTP, SMTP
6	プレゼンテーション層	
5	セッション層	
4	トランスポート層	← TCP, UDP, SCTP
3	ネットワーク層	← IPv4, IPv6, ARP
2	データリンク層	← Ethernet, 802.11b, 802.11a, ...
1	物理層	← UTP, 光ファイバ, 無線

## レイヤーモデル

7

11/10/26

- インターネット上の識別子
  - MAC address はイーサネット上の識別子
  - IP address は、IP (Internet Protocol) での識別子
  - 通信相手特定のために使う
  - 電話の世界で言う電話番号のようなもの
- 現行では 2 種類の IP がある
  - IPv4 (Internet Protocol Version 4)
  - IPv6 (Internet Protocol Version 6)
- 通常使われるのは IPv4

## IP アドレス (1)

8

11/10/26



- IP アドレス
  - IPv4: 32bit ( $2^{32}$ )
  - IPv6: 128bit ( $2^{128}$ )
- 表記法
  - コンピュータの中では2進数として処理
    - 10000101 00011011 00000100 01111001 (2進数)
    - 人がそのまま扱うには面倒すぎる.....
  - IPv4は 8bit ごとに4つに区切って10進数で表す
    - 130.69.251.130
  - IPv6 は 16bit ごとに区切って 16進数で表す
    - 2001:200:180:299:217:f2ff:fe0e:d6d0

## IP アドレス [2]

9

11/10/26

- IPv4では32bit (0~4,294,967,296)
- コンピュータの中では2進数として処理
  - 10000101 00011011 00000100 01111001 (2進数)
  - 人がそのまま扱うには不便
- 130.69.251.130 のように表記
  - 8bitずつ区切って、10進数

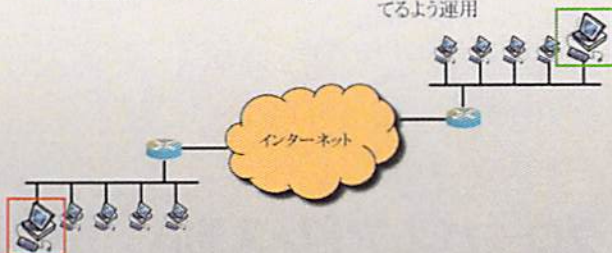
1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0			
130								69								251								130							

## IP アドレス [3]

10

11/10/26

- MACアドレス
  - 伝送媒体上での識別子
  - Ethernetアドレスは世界で一意
- IPアドレス
  - インターネットでの識別子
  - 世界で一意のアドレスが持てるよう運用



## MAC アドレスと IP アドレス

11

11/10/26

- ネットワーク部とホスト部
  - サブネット上のホストには、同じネットワーク部を付ける。
  - ネットワーク部の「長さ」を **サブネットマスク** で示す。
    - 下の例では25ビット分
- 130.69.251.130/25

1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0		
130								69								251								130							
ネットワーク部 ( /25 )																									ホスト部						

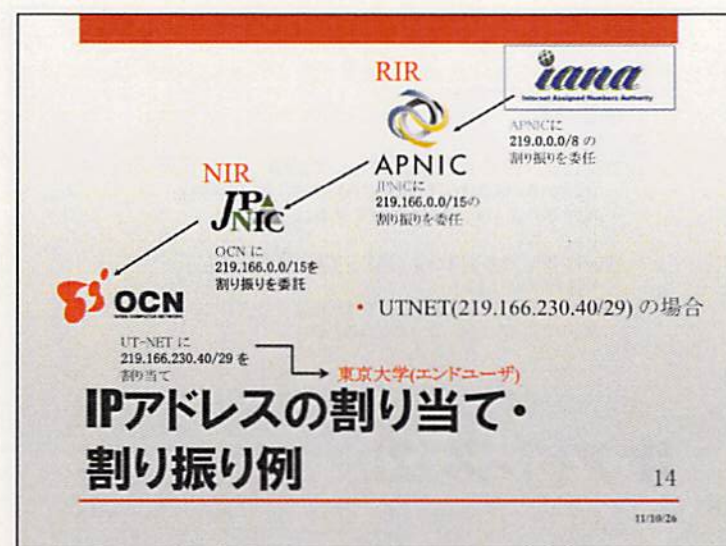
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
255								255								255								128											

## IPアドレスの構造

12

11/10/26





• whois というコマンドで調査

```
whois -h whois.nic.ad.jp 219.166.230.40
```

Network Information: [ネットワーク情報]

a. [IPネットワークアドレス] 219.166.230.40/29

b. [ネットワーク名] UTNET

f. [組織名] 東京大学

g. [Organization] University of Tokyo

m. [管理者連絡窓口] WHOISJP

n. [技術連絡担当者] FW433JP

c. [ホスト名] [ドメイン名]

[取得年月日] 2003/02/14

[更新年月日] 2003/02/14 13:52:16 (JST)

上位情報

エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社 (NTT COMMUNICATIONS CORPORATION)

[割り振り] 219.166.0.0/15

オープンコンピュータネットワーク (Open Computer Network)

SUBA-131-751 (SUBA) 219.166.230.0/24

下位情報

該当するデータがありません。

## アドレス所有者

15

11/10/26

- グローバル IPv4 アドレス
  - 世界中に一意に割り当てられるアドレス
  - 割り当てられたノードのみが利用する
- プライベート IPv4 アドレス
  - 10.0.0.0 ~ 10.255.255.255
  - 172.16.0.0 ~ 172.31.255.255
  - 192.168.0.0 ~ 192.168.255.255
- RFC1918 にて定義

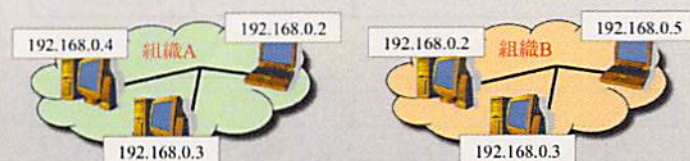
## グローバルアドレス VS プライベートアドレス

16

11/10/26



- 限られた範囲内で一意になるアドレス
  - 世界で一意ではないため、そのままでは他のネットワークと通信できない。
  - 自宅やオフィスのLAN、ファイアウォールの内側などで利用
  - NAT/NAPT とともに利用されることが多い



## プライベートIPアドレス

17

11/10/26

- Request For Comment
- インターネットにおけるプロトコルの標準化を行う団体である、IETF が発行する文章
- <http://www.ietf.org/>
- 年3回開催される会合にて標準化が行われる
  - 誰でも参加し、自由に意見を述べる事が可能

## RFC とは

18

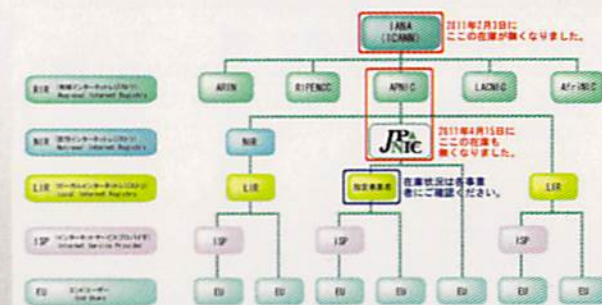
11/10/26

- インターネットユーザ数の増加に伴い、IPv4アドレスが枯渇
  - IANA の在庫は 2011/2/3 に枯渇
  - APNIC の在庫は 2011/4/15 に枯渇
- 各ISPは厳しい審査を経てIPアドレスを取得
- 限られたグローバルアドレスを有効に活用
  - NAT/NAPT
  - 弊害もあるが現状で主に使用されている
- 対策技術
  - IPv6
  - 長期的な解決方法

## IPv4アドレスの不足

19

11/10/26



## IPv4 アドレス枯渇

20

11/10/26



## サブネット

21

11/10/26

- IPアドレスのネットワーク部の長さを示す
- ネットマスクの長さにより、そのサブネットに収容できるホスト数が変化
- 130.69.251.130/25 というアドレス
  - ネットワーク部が25ビット、ホスト部が7ビット
  - このホストが接続するサブネットは130.69.251.128/25



## サブネットマスク

22

11/10/26

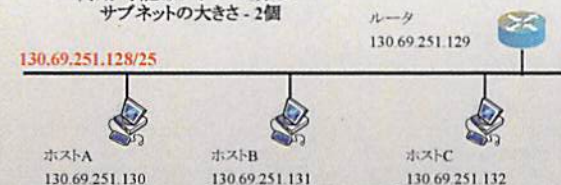
- IPネットワークの最小構成単位
- 割り当てられたアドレス空間を分割
  - ネットワークアドレスと、サブネットの大きさをあわせて記述
- 130.69.251.0/24
  - 130.69.251.0/25
    - 130.69.251.0/26
    - 130.69.251.64/26
  - 130.69.251.128/25
    - 130.69.251.128/26
    - 130.69.251.192/26

## サブネット

23

11/10/26

- 例: 130.69.251.128/25
  - 130.69.251.128 ~ 130.69.251.255 が含まれる
  - 130.69.251.128
    - ネットワークアドレス (ホスト部が全て0)
  - 130.69.251.255
    - ブロードキャストアドレス (ホスト部が全て1)
  - 利用可能なアドレス数は  
サブネットの大きさ - 2個



## サブネット内で使用可能なIPアドレス

24

11/10/26



- ある Linux サーバ

```
eth0 Link encap:Ethernet HWaddr 00:0E:0C:64:03:F6
inet addr:203.178.142.219 Bcast:203.178.142.223 Mask:255.255.255.224
inet6 addr: fe80::20e:eff:fe64:3f6/64 Scope:Link
inet6 addr: 2001:200:0:1e01:20e:eff:fe64:3f6/64 Scope:Global
```



## サブネットの例 [1]

25

11/10/26

- この IPv4 サブネットは
- 203.178.142.192 ~ 203.178.142.223
- までがホストが使える範囲となっている



## サブネットの例 [2]

26

11/10/26

- つまり
- この 203.178.142.219/27 というアドレスをもったホストは
- 以下のサブネットの中に存在している
- ネットワークアドレス : 203.178.142.192
- ブロードキャストアドレス : 203.178.142.223
- 実際に使えるアドレス : 203.178.142.193 ~ 222
- このサブネットを
- 203.178.142.192/27 と表現する

## サブネットの例 [3]

27

11/10/26

- サブネットマスクによる台数の最大値
- サブネットマスクが短いほど、一つのネットワークにたくさんのホストを接続できる

サブネットマスク	接続台数
/22 (255.255.252.0)	1022台
/23 (255.255.254.0)	510台
/24 (255.255.255.0)	254台
/25 (255.255.255.128)	126台
/26 (255.255.255.192)	62台
/27 (255.255.255.224)	30台
/28 (255.255.255.240)	14台
/29 (255.255.255.248)	6台
/30 (255.255.255.252)	2台

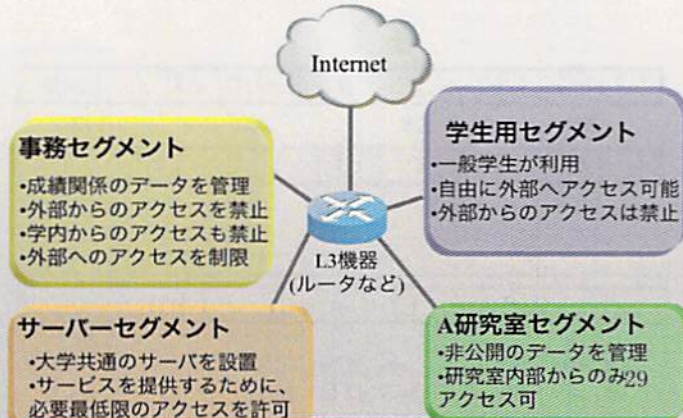
## サブネットマスクと接続台数

28

11/10/26

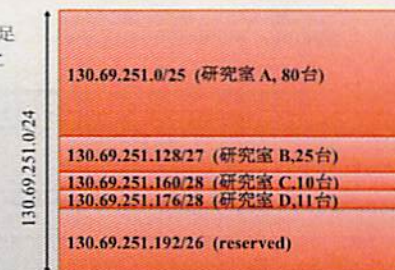


## サブネットの分割の目的



11/10/26

- 将来的なノード数を予測
- サブネットが大きすぎると無駄
- 小さすぎるとアドレスが不足
- 新しいサブネットが必要になる可能性もある

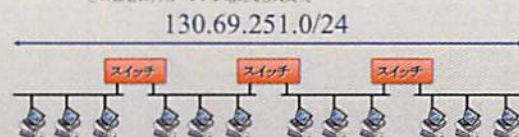


## サブネットの分割例 [1]

30

11/10/26

- サブネット分けしない方法もある
  - 4つの拠点をスイッチで接続
  - 昔は大きすぎるサブネットを切ると通信品質が低下する問題があった (Ethernet上で衝突が増加)
- メリット
  - ネットワークが単純、管理も楽
  - アドレスの利用効率が低い
  - ネットワークアドレス、ブロードキャストアドレスが一つで済む。
  - どの装置に何台マシンが増えても大丈夫



## サブネットの分割例 [2]

31

11/10/26

- 概念は IPv4 と同じ
- IPv4 との違い
  - アドレス長が長い (128bit)
  - ネットワーク部とホスト部が固定
  - いつでも /64
  - ホスト部のアドレス空間は  $2^{64}$  個

2001:200:0:1000:21c:42ff:fe00:0123

上位 64bit  
ネットワーク部

下位 64bit  
ホスト部

## IPv6 のサブネット

32

11/10/26



- 2001:0200:fe80::0
  - :: は0の省略
  - 2001:0200:fe80:0000:0000:0000:0000:0000 という意味
- これは？ 2001:200::1000:2356
  - 2001:200:0000:0000:0000:0000:1000:2356
- これは？ 2001:200:0000:0000:eb65:0000:0000:2390
  - 2001:200::eb65::2390 ←これ×
  - 2001:200::eb65:0:0:2390
  - 2001:200:0:0:eb65::2390

## IPv6 のアドレス表記

33

11/10/26

- 例 2001:200:1000::/48
- IPv6 のネットワークは /64 固定
- 使えるネットワークは
  - 2001:200:1000:0000::/64 ~ 2001:200:1000:ffff::/64 が含まれる



## IPv6 サブネットの割当例

34

11/10/26

- サブネット分割が必要になる要因
  - ネットワークごとに異なるポリシーがある
    - 用途・接続可能な範囲など
  - 管理団体が違う
  - ネットワークが巨大だと通信品質が落ちる
  - 分割しておけばトラブルシューティングし易い
- サブネット分割をするときに考えること
  - 運用ポリシー
  - アドレスの利用効率
  - ネットワークの冗長性、拡張性

## サブネットまとめ

35

11/10/26

- 次のネットワークを分割して割り当てなさい
  - 192.168.100.0/24
- 研究室 A PC 6台くらい
- 研究室 B PC 20台くらい
- 研究室 C PC 15台くらい
- 事務室 PC 4台くらい
- 教室 PC 80台くらい

## 例題

36

11/10/26



- 次のネットワークを分割して割り当てなさい
  - 192.168.100.0/24
  - 研究室 A PC 6台くらい
    - 192.168.100.0/28
  - 研究室 B PC 20台くらい
    - 192.168.100.16/27 ← これ ×
    - /27 というネットワークは 192.168.100.0/27 か 192.168.100.32/27 しか作れない



## 間違った回答例

- 192.168.100.0/24
  - 192.168.100.0/25
    - 192.168.100.0/26
      - 192.168.100.0/27
        - 192.168.100.16/28
          - 192.168.100.32/27
  - 192.168.100.64/26
    - 192.168.100.64/32
      - 192.168.100.96/32
  - 192.168.100.128/25

## サブネットの分け方

39

11/10/26

## 近隣探索プロトコル

40

11/10/26

- 誰がどの MAC address / IP address を持っているか、を確認するためのプロトコル
  - 130.69.251.130 という IP address を持っているのは誰ですか？
- ARP : Address Resolution Protocol
  - IPv4 で利用される
- NDP : Neighbor Discovery Protocol
  - IPv6 で利用される

## 近隣探索プロトコル

41

11/10/26



## • Address Resolution Protocol

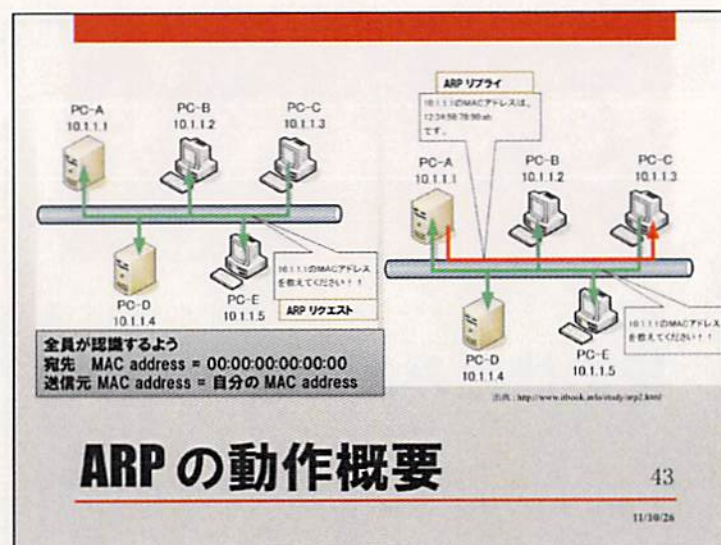
- 下位層アドレスと上位層アドレスを関連づける
- MAC address と IP address の対応付け

```
en0: flags=8863<UP,BROADCAST,SMART,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> mtu 1500
    inet6 fe80::217:f2ff:fe0c:d6d0%en0 prefixlen 64 scopeid 0x5
    inet 130.69.251.130 netmask 0xffff00 broadcast 130.69.251.255
    inet6 2001:200:180:299:217:f2ff:fe0c:d6d0 prefixlen 64 autoconf
    ether 00:17:f2:0e:d6:d0
    media: autoselect (1000baseT <full-duplex,flow-control>) status: active
```

## ARP

42

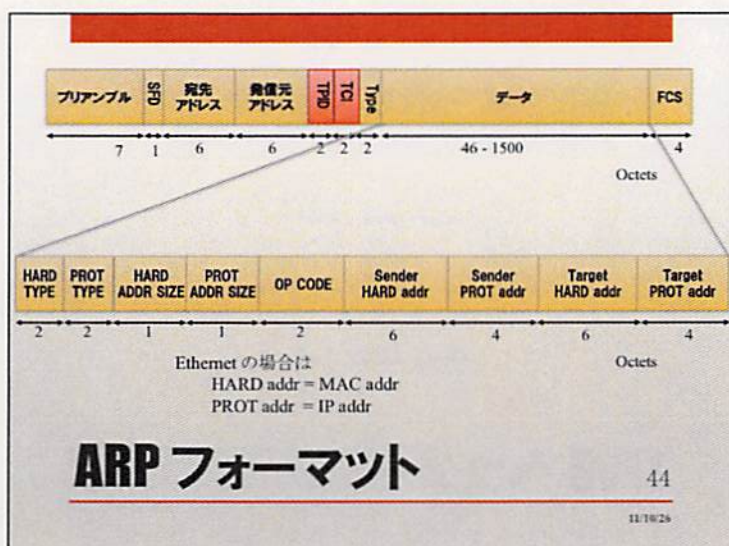
11/10/26



## ARP の動作概要

43

11/10/26



## ARP フォーマット

44

11/10/26

```
sekiya[~]% arp -an
```

```
? (130.69.251.79) at 0:e:c:9:43:58 on en0 [ethernet]
? (130.69.251.95) at 0:d:b:60:8c:47 on en0 [ethernet]
? (130.69.251.114) at 0:11:43:10:de:59 on en0 [ethernet]
? (130.69.251.116) at 0:c:29:fd:58:24 on en0 [ethernet]
? (130.69.251.118) at 0:a:95:a6:ae:c6 on en0 [ethernet]
? (130.69.251.120) at 0:10:18:14:8e:cc on en0 [ethernet]
? (130.69.251.231) at 0:7:eb:2f:75:3e on en0 [ethernet]
? (130.69.251.235) at 0:3:e3:62:fc:45 on en0 [ethernet]
? (130.69.251.237) at 0:1e:4f:58:6d:3b on en0 [ethernet]
? (130.69.251.251) at 0:1e:7a:82:de:0 on en0 [ethernet]
? (130.69.251.255) at ff:ff:ff:ff:ff:ff on en0 [ethernet]
```

## ARP テーブル

45

11/10/26



## IPの仕組みと仕様

46

11/10/25

Ethernet フレーム

Ethernet ヘッダ

データ(IP パケット)

IP パケット

IP ヘッダ

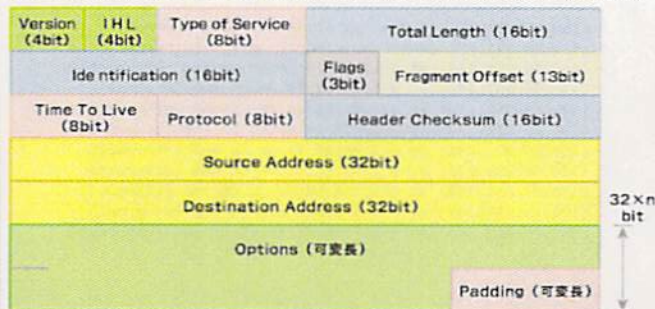
データ

## IP パケットの位置

47

11/10/25

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 ビット

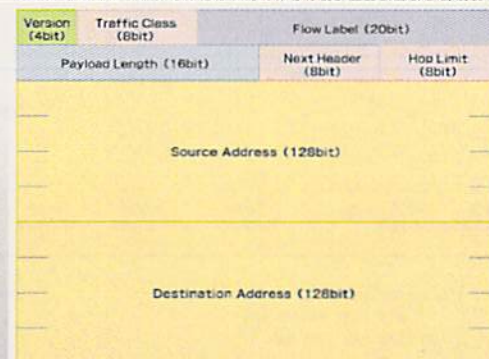
出典: <http://www.atmarkit.co.jp/Network/contents/ipv6-03/ipv6-01.html>

## IPv4 ヘッダー

48

11/10/25

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 ビット

出典: <http://www.atmarkit.co.jp/Network/contents/ipv6-03/ipv6-01.html>

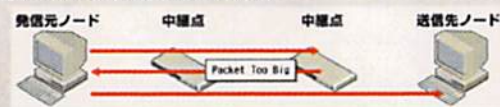
## IPv6 ヘッダー

49

11/10/25



- IPv4 に比べ IPv6 の方が構造はシンプル
  - いらないものを削除
    - Protocol フィールド
    - Fragment Offset フィールド
    - Header Checksum フィールド 等
- IPv6 ヘッダは固定長
  - 機器による高速処理が可能
- 途中分割の禁止による高速化



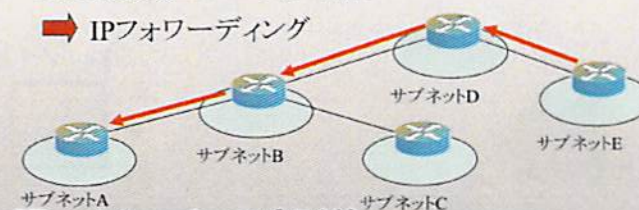
## IPv4 ヘッダーと IPv6 ヘッダー

50

11/10/26

- インターネットは無数のサブネットを相互接続
- あるサブネットから別のサブネットに到達するためには複数のルータが中継

### ⇒ IPフォワーディング



## IP パケットの転送 [フォワーディング]

51

11/10/26

- 同じネットワーク(サブネット)同士を延長する
  - L2 機器
    - リピータとかスイッチとかハブとか呼ばれる
- 違うネットワーク(サブネット)を接続
  - L3 機器
    - ルータと呼ばれる



## L3 機器と L2 機器

52

11/10/26

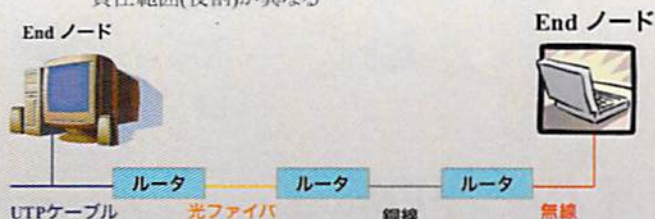
## IPによるパケットの伝送

- 複数のデータリンクを相互に接続
- 大規模なネットワークを構築
- ルータによって各ネットワーク(セグメント)間を接続
- IPはデータリンクのトポロジを意識しない
  - データリンクは1本の通信回線に見える





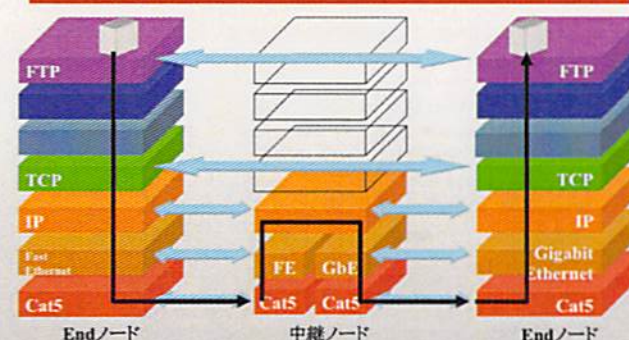
- Endノード同士(データ送信者と受信者)がデータの送受信をコントロール
- 中継ノード(ルータ)はデータを転送するだけ
  - Endノードと中継ノードでは、データ転送に対する責任範囲(役割)が異なる



## End-to-Endの通信モデル

54

11/10/26



## TCP/IPによるデータ伝送の流れ

55

11/10/26

- IP (IPv4/IPv6) の上で動くトランスポートプロトコル
- TCP (Transmission Control Protocol)
  - RFC793
  - 一対一での信頼性のある通信を行う
  - パケットが届いたかどうかの確認を行う
- UDP (User Datagram Protocol)
  - RFC768
  - 宛先に対して投げっぱなし
  - 到達確認は行わない

## TCPとUDP

56

11/10/26



## TCP/UDP パケットの位置

57

11/10/26