

コンピュータネットワーク

九州大学大学院 システム情報科学研究所

石田 繁巳 <ishida@f.ait.kyushu-u.ac.jp>

2014/06/26



九州大学
KYUSHU UNIVERSITY

アウトライン

- この講義の目的
- ネットワークの構造
- OSI参照モデル
- Ethernet
- IP
- TCP, UDP

この講義の目的

- コンピュータネットワークのレイヤ構造について理解する
 - OSI参照モデルを知る
 - 各レイヤの役割の概要を理解する
- TCP/IPについて簡単に知る
 - Ethernetについて知る
 - IPについて知る
 - TCP, UDPについて知る

参考書

■ マスタリングTCP/IP ~入門編~

- 竹下, 村山, 荒井, 荻田 共著
- オーム社

■ コンピュータネットワーク ~OSI詳説~

- タンネンバウム 著, 齊藤, 小野, 発田 監訳
- 丸善

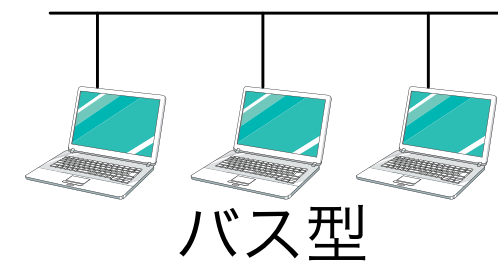
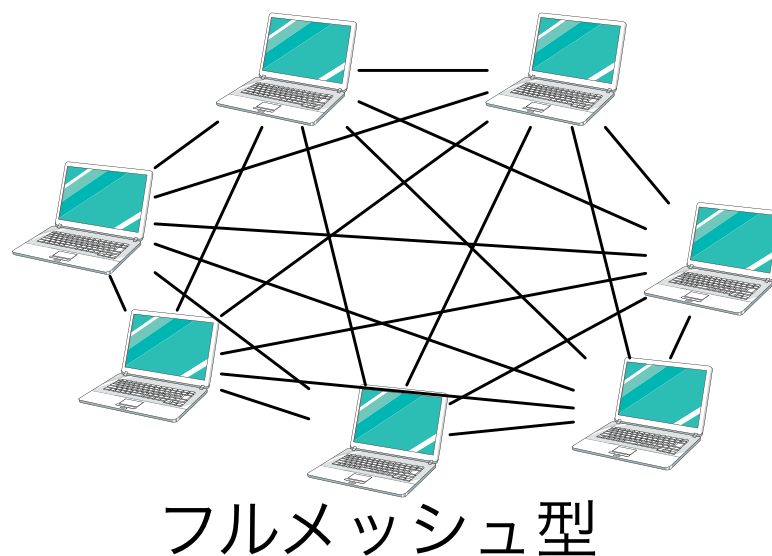
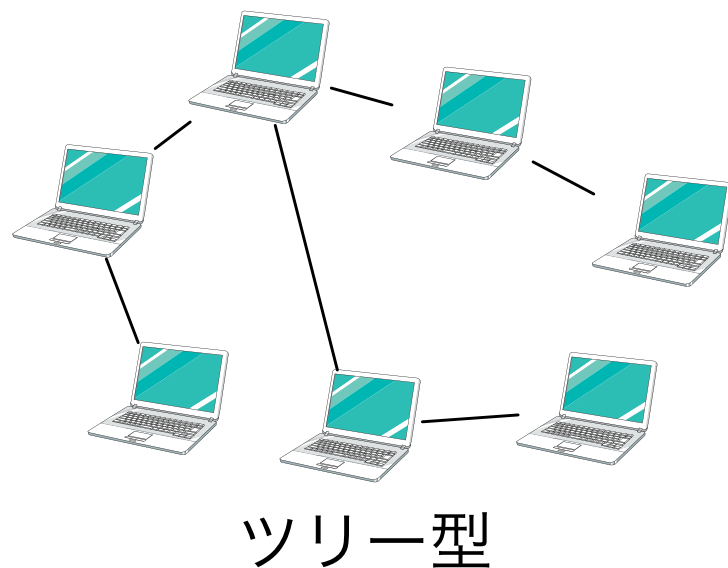
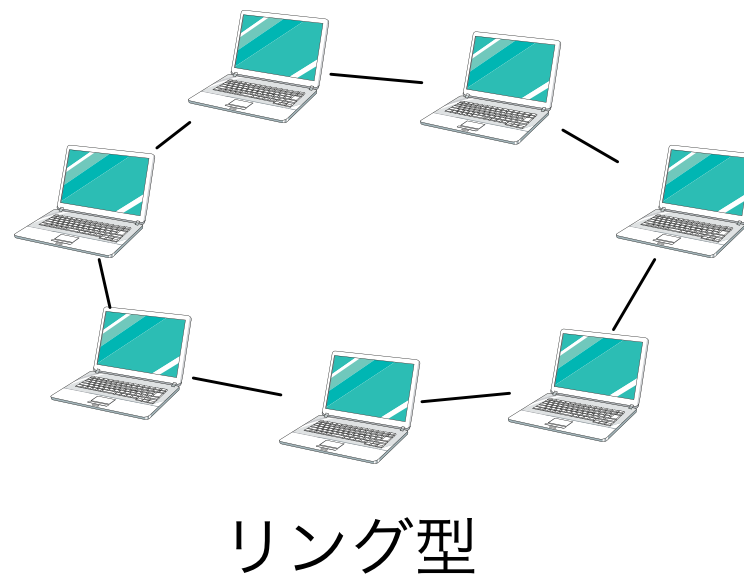
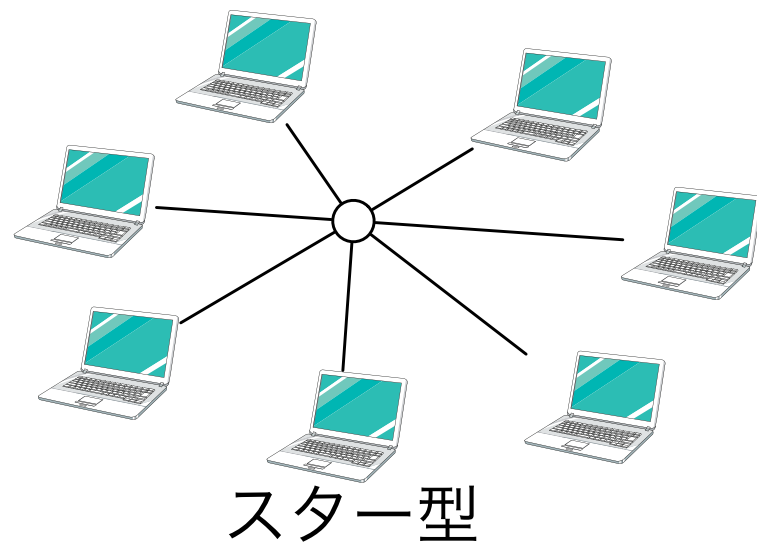
⇒ 両方とも研究室にあります

- ネットワークがよく分からないときに読むべし

ネットワークの構造

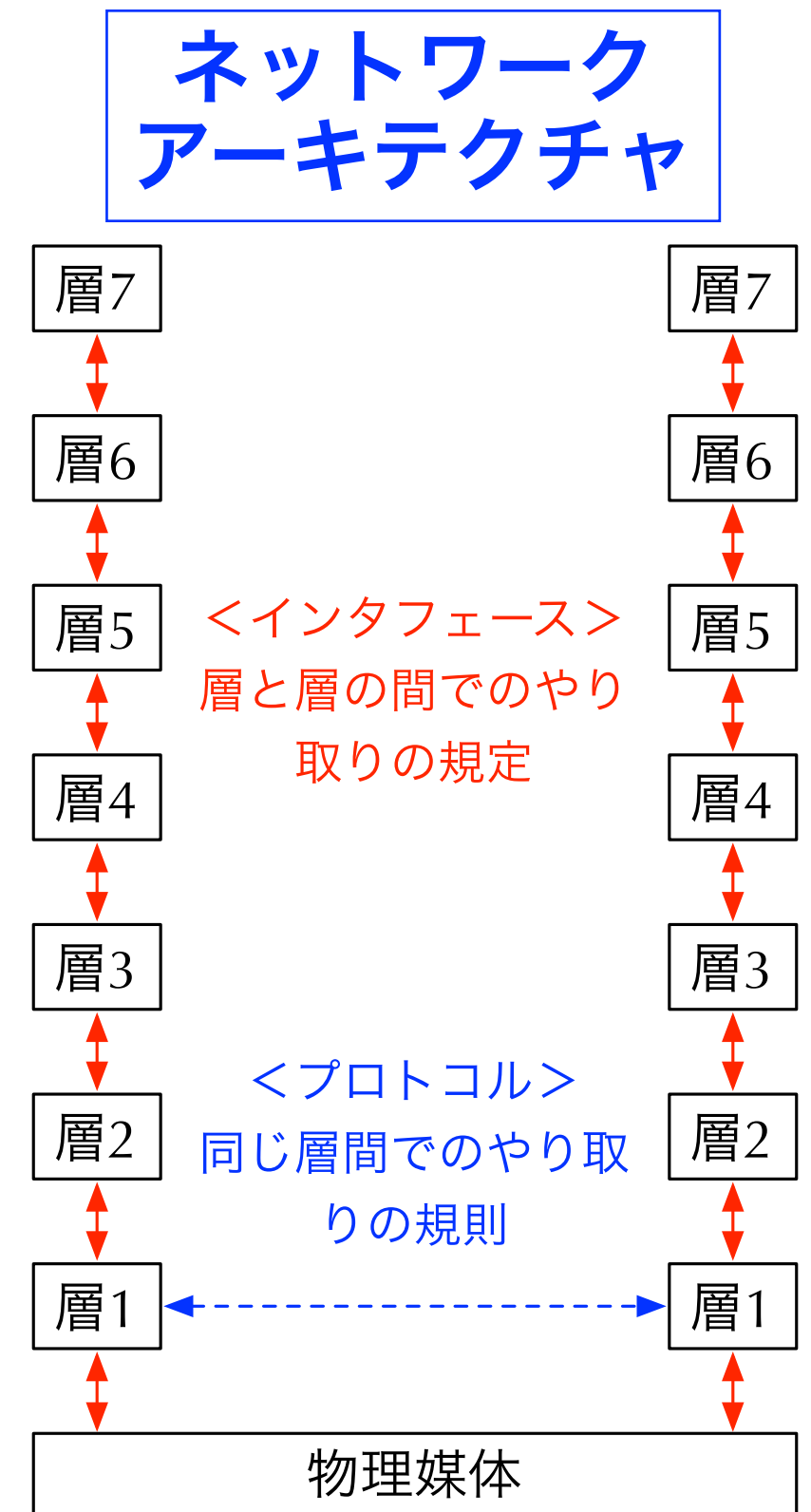
コンピュータネットワーク

- 相互通信可能な複数のコンピュータの接続
 - 接続の形: ネットワークトポロジ



プロトコルの階層構造

- 簡易化に向け、ネットワーク設計は構造化されている
 - プロトコル
 - 異なるホスト間の同じ層でのやり取りの規則
 - インタフェース
 - 同一ホスト内の隣接する層間のやり取りの規則
- ⇒ 各層がそれぞれ機能を果たすことで通信を実現



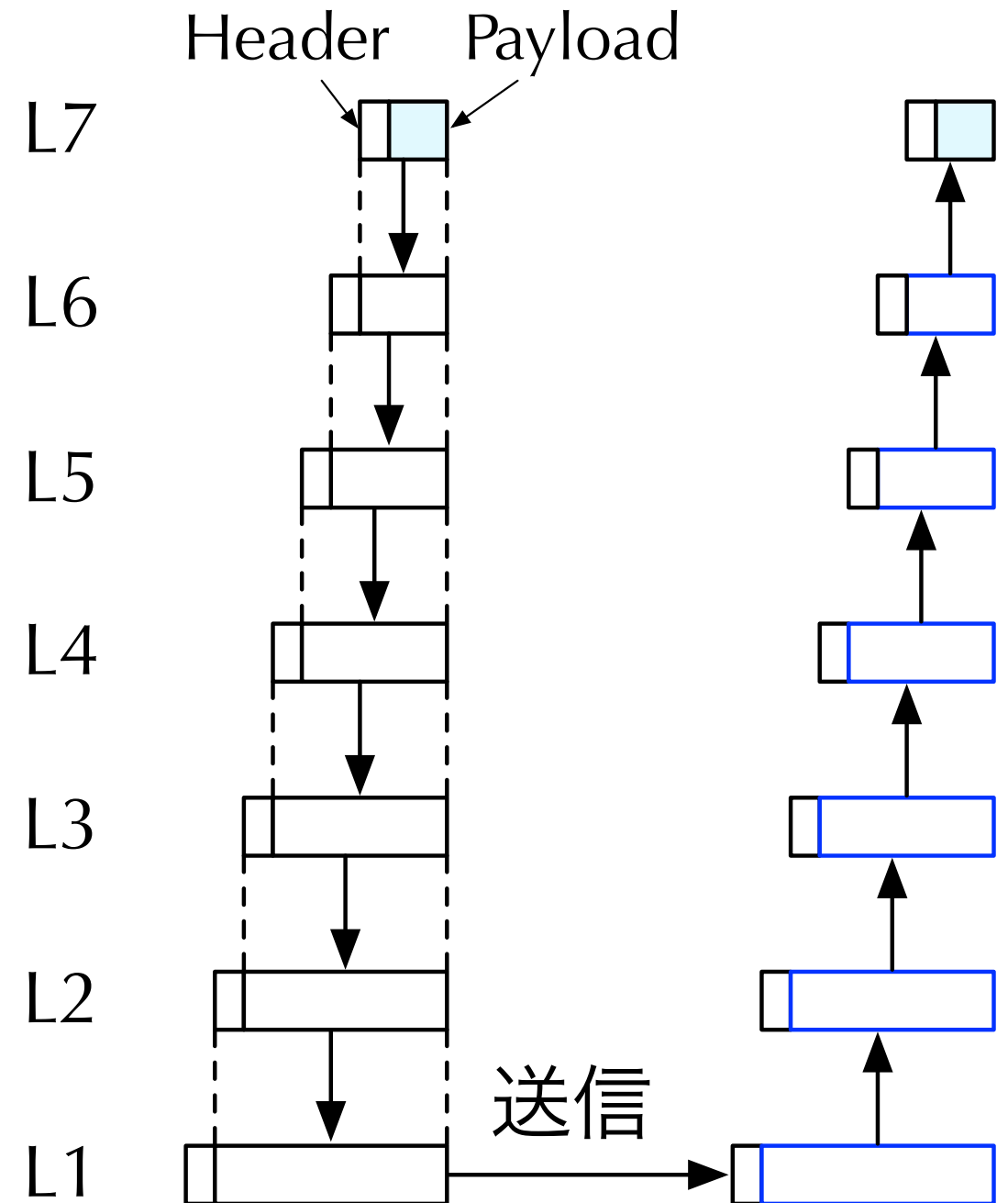
通信とカプセル化

■ 送信側

- データに各層のヘッダを付加し，下の層に送信を依頼する

■ 受信側

- 下の層から受け取ったデータからヘッダ除去等の適切な処理を施してから上の層に渡す



OSI参照モデル

OSI参照モデル

L7	アプリケーション層
L6	プレゼンテーション層
L5	セッション層
L4	トランスポート層
L3	ネットワーク層
L2	データリンク層
L1	物理層

■ Open system interconnection reference model

- ISOが策定した通信機能を階層構造にしたモデル
- OSI（開放型システム間相互接続）のために作られたが、OSI製品は普及せずにモデルのみが残った
- 7つの層から構成される
 - 下から順に、物理層、データリンク層、ネットワーク層、トランスポート層、セッション層、プレゼンテーション層、アプリケーション層

物理層

L7	アプリケーション層
L6	プレゼンテーション層
L5	セッション層
L4	トランスポート層
L3	ネットワーク層
L2	データリンク層
L1	物理層

■ 主な機能

- 通信チャネルを通してビット列を送受信する

■ 規定内容

- 変調方式や通信帯域幅, 通信周波数, コネクタの形状・使用ケーブルなど, ビット列のやり取りに必要な事項

■ 備考

- 前々回説明した変調方式は物理層に含まれる

データリンク層

L7	アプリケーション層
L6	プレゼンテーション層
L5	セッション層
L4	トランスポート層
L3	ネットワーク層
L2	データリンク層
L1	物理層

■ 主な機能

- L1を伝送誤りの存在しない線に見えるようにする

■ 規定内容

- エラー検出・エラー訂正方法, データフレームへの分割及び復元方法など

■ 備考

- MAC (media access control) 副層とLLC (logical link control) 副層に分けて考えられることが多い
- 前回やったMACプロトコルはMAC副層に含まれる

ネットワーク層

L7	アプリケーション層
L6	プレゼンテーション層
L5	セッション層
L4	トランスポート層
L3	ネットワーク層
L2	データリンク層
L1	物理層

■ 主な機能

- パケットを送信元ノードから宛先ノードに届ける

■ 規定内容

- 送信元・宛先アドレス管理, ルーティング (経路) 制御など

■ 備考

- IP (Internet protocol) はここL3に分類されることが多い

トランスポート層

L7	アプリケーション層
L6	プレゼンテーション層
L5	セッション層
L4	トランスポート層
L3	ネットワーク層
L2	データリンク層
L1	物理層

■ 主な機能

- データを小さな単位に分割し，宛先に全ての断片を届け，元のデータを復元できたことを確認する

■ 規定内容

- データの分割方法，データの順番管理，データ転送の信頼性の保証方法，コネクション設定方法など

■ 備考

- トランスポート層は送受信ノードのプログラム間でのデータのやり取りを保証してくれる

セッション層

L7	アプリケーション層
L6	プレゼンテーション層
L5	セッション層
L4	トランスポート層
L3	ネットワーク層
L2	データリンク層
L1	物理層

■ 主な機能

- 送受信ノード間でセッションを設定する
- セッションでは対話制御やトークン管理を行う

■ 規定内容

- コネクションの管理, トークンの管理, トークンを用いた対話制御, 同期制御など

プレゼンテーション層

L7	アプリケーション層
L6	プレゼンテーション層
L5	セッション層
L4	トランスポート層
L3	ネットワーク層
L2	データリンク層
L1	物理層

■ 主な機能

- ユーザが使いたい形にデータを変換する

■ 規定内容

- データのエンコーディング（文字コード等），データフォーマット，データ圧縮，暗号化等

アプリケーション層

L7	アプリケーション層
L6	プレゼンテーション層
L5	セッション層
L4	トランスポート層
L3	ネットワーク層
L2	データリンク層
L1	物理層

■ 主な機能

- 各種アプリケーションに特化した通信をする

■ 規定内容

- 特定のアプリケーション用のプロトコル
 - 電子メール, 遠隔ログイン, ファイル転送, ディレクトリサービス, ...

Ethernet

L7	アプリケーション層	HTTP, FTP, SMTP, POP, TELNET, SSH, ...
L6	プレゼンテーション層	
L5	セッション層	
L4	トランスポート層	TCP, UDP
L3	ネットワーク層	ARP, IP, ICMP
L2	データリンク層	Ethernet, 802.11 等
L1	物理層	

Ethernet

■ L1, L2の代表的存在

- 米Xerox社, DEC社の考案した方式が基になってる
- IEEE 802.3として規定されている

種類	最大ケーブル長	最大ノード数	ケーブル種類
10BASE2	185m	30	同軸
10BASE5	500m	100	同軸
10BASE-T	100m	–	ツイストペア (UTPカテゴリ3~5)
10BASE-F	1000m	2	光ファイバー (MMF)
100BASE-TX	100m	–	ツイストペア (UTPカテゴリ5/STP)
100BASE-FX	412m	2	光ファイバー (MMF)
100BASE-T4	100m	–	ツイストペア (UTPカテゴリ3~5)
1000BASE-CX	25m	–	シールドされた銅線
1000BASE-SX	220~550m	2	光ファイバー (MMF)
1000BASE-LX	550m/5000m	2	光ファイバー (MMF/SMF)
1000BASE-T	100m	–	ツイストペア (UTPカテゴリ5)

出典: “マスタリングTCP/IP 入門編 第2版”, オーム社

フレーム構造 (1)

Preamble 7	SFD 1	Dest MAC Addr 6	Src MAC Addr 6	Len/ Type 2	Data 4~1500	FCS 4
---------------	----------	-----------------------	----------------------	-------------------	----------------	----------

数字はoctet

■ Preamble

- “1”, “0”が交互に並んだもの × 56 bits
- パケットの送信開始, 同期用信号

■ SFD (Start of frame delimiter)

- 10101011
- フレームの始まりを示す信号

■ FCS (Frame check sequence)

- フレームの誤り検出用符号
- CRC16 (Cyclic redundancy check/code)

フレーム構造 (2)

- Len/TypeがLenとなるかTypeとなるかは値に依存
 - 0x0600 (=1536) 以上の場合 研究室のLANで見られる
 - Type: 上位プロトコルの種類を表す のはほぼ全部これ

Pre.	SFD	Dest MAC	Src MAC	Type	Data	FCS
------	-----	----------	---------	------	------	-----

- 0x05DC (=1500) 以下の場合

- Len: データ長を表す
SNAPヘッダあり

Pre.	SFD	Dest MAC	Src MAC	Len	LLC	Data	FCS
------	-----	----------	---------	-----	-----	------	-----

SNAPヘッダなし

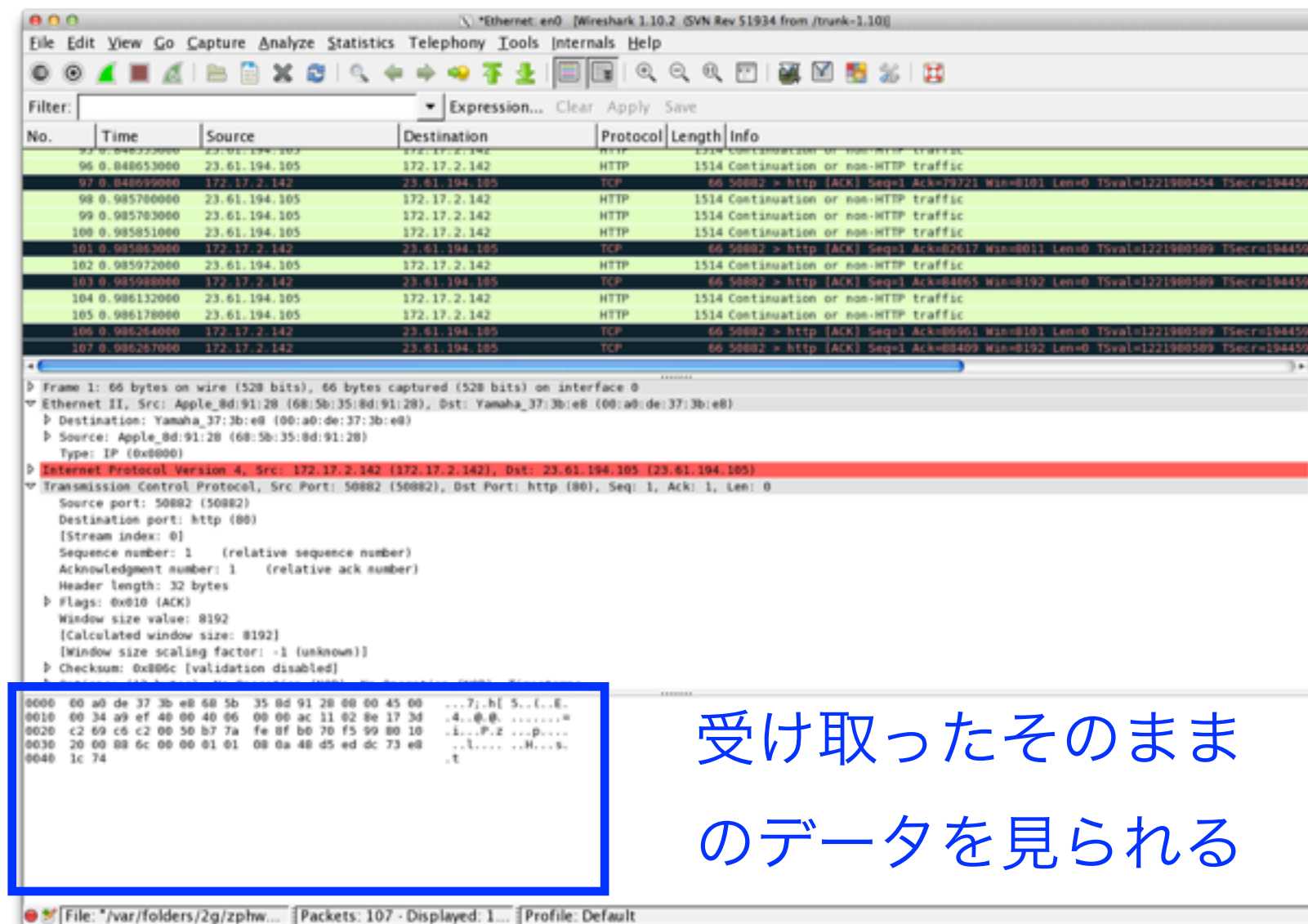
Pre.	SFD	Dest MAC	Src MAC	Len	LLC	SNAP	Data	FCS
------	-----	----------	---------	-----	-----	------	------	-----

1501~1535は
Reserved

Wireshark

■ パケット・フレームをキャプチャするソフト

- <http://www.wireshark.org/>



受け取ったそのまま
のデータを見られる

フレーム構造 (3)

Pre.	SFD	Dest MAC	Src MAC	Type	Data	FCS
------	-----	----------	---------	------	------	-----

■ Type

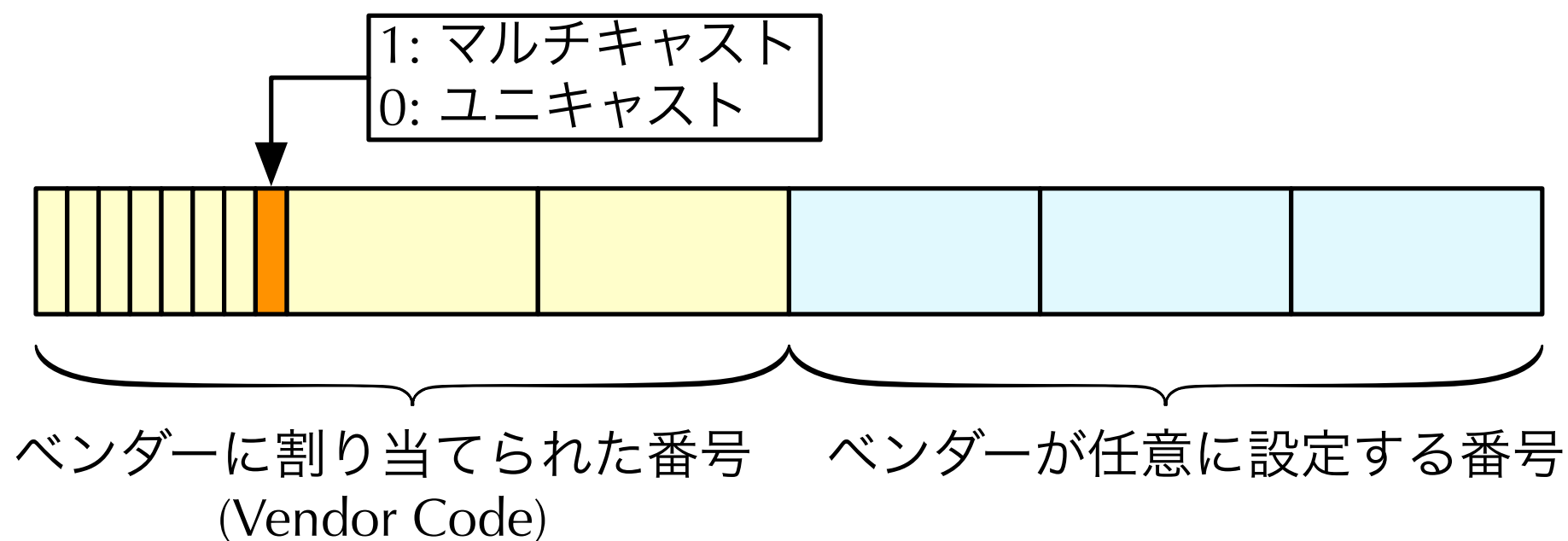
- 0x0800 : IPv4
- 0x86DD : IPv6
- 0x0806 : ARP (Address resolution protocol)
- IPアドレスとMACアドレスを対応させるプロトコル

	Dest MAC	Src MAC	Type	
0000	ff ff ff ff ff ff	54 42 49 97 6a 83	08 06	00 01TB I.j.....
0010	08 00 06 04 00 01	54 42 49 97 6a 83	ac 11 01 77TB I.j....w
0020	00 00 00 00 00 00	ac 11 01 36 00 00	00 00 00 006.....
0030	00 00 00 00 00 00	00 00 00 00	
0000	33 33 00 00 00 02	ac 22 0b 4f 70 16	86 dd	60 00 33....." .0p...`.
0010	00 00 00 08 3a ff fe	80 00 00 00 00 00	ae 22"
0020	0b ff fe 4f 70 16	ff 02 00 00 00 00	00 00 00 00	...0p...
0030	00 00 00 00 00 02	85 00 54 af 00 00	00 00T.....

MACアドレスの構造

■ 2つの番号の組合せ

- ベンダーに固有な値 (3 octets)
 - 例) Apple 68:5B:35
Sony 54:42:49
- ベンダーが設定する値 (3 octets)



Unicast, Broadcast, Multicast

■ ユニキャスト

- 1台のノード宛てに送ること

■ ブロードキャスト

- 全部のノード宛てに送ること
- 宛先MACアドレスはFF:FF:FF:FF:FF:FF

■ マルチキャスト

- 複数のノード宛てに送ること
- 宛先MACアドレスはマルチキャストアドレス

Frame, Packet

■ フレームとパケット

- 実際を送るビット列のこと
 - 本質的には同じ

■ レイヤによって呼び名が変わる

- L1 (PHY層) : シンボル
- L2 (MAC/LLC層) : フレーム
- L3 (以上?) : パケット

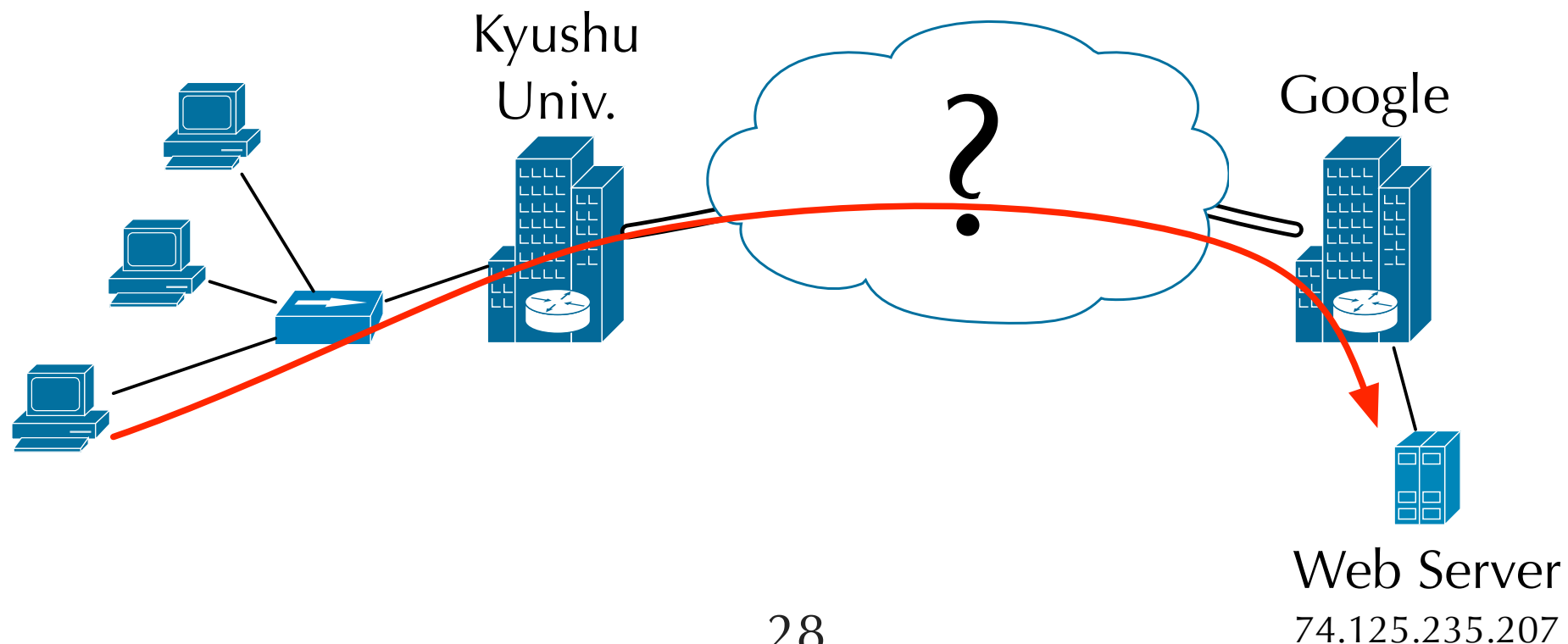
IP

L7	アプリケーション層	HTTP, FTP, SMTP, POP, TELNET, SSH, ...
L6	プレゼンテーション層	
L5	セッション層	
L4	トランスポート層	TCP, UDP
L3	ネットワーク層	ARP, IP, ICMP
L2	データリンク層	Ethernet, 802.11 等
L1	物理層	

IP

■ Internet protocol

- 例) GoogleのWebページを開く
 - www.google.co.jp → 74.125.235.207
 - DNS (Domain name system) で調べる
- LANから先はどうやってつなぐ？

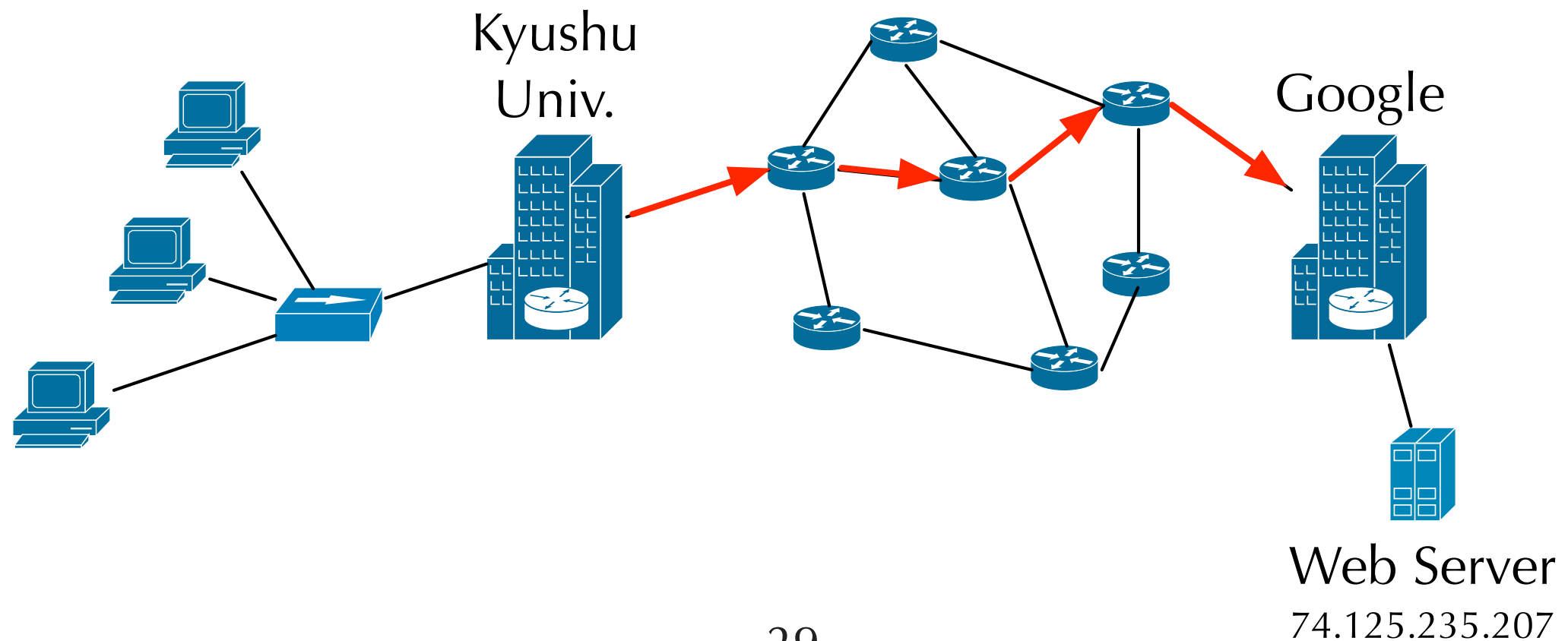


Routing

■ ルーティング（経路制御）

- パケットを宛先アドレスに届けるための通信経路を決定する

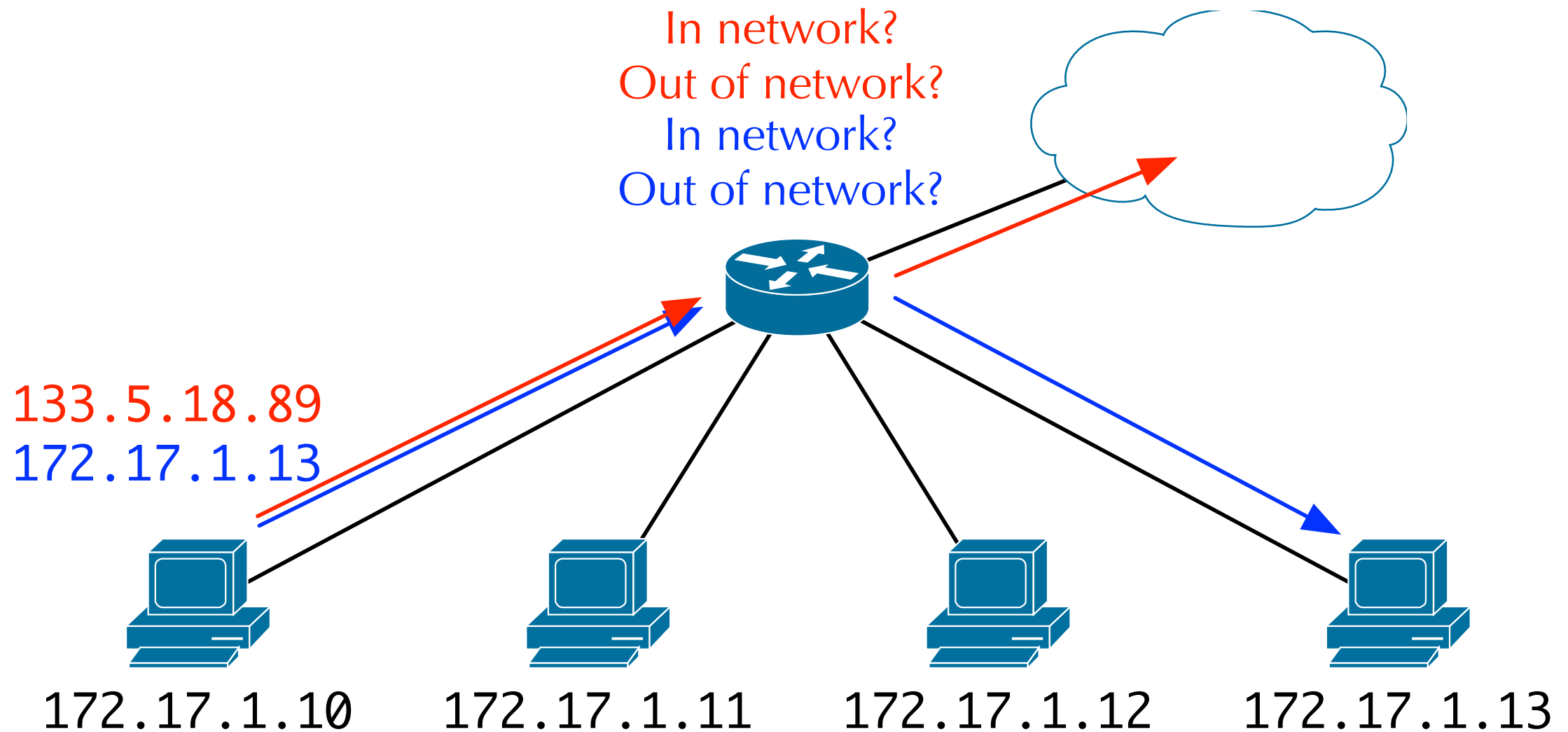
⇒ IPで一番重要な機能



インターネット

■ Inter-Net

- 「NetworkとNetworkをつなぐ」



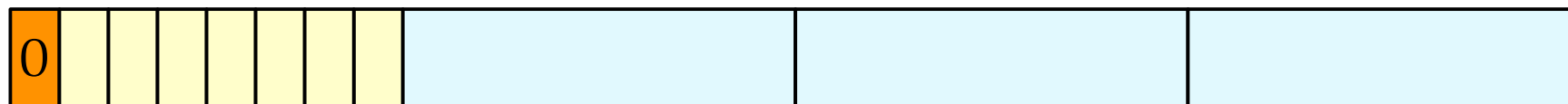
IPアドレスとクラス

■ IPアドレス

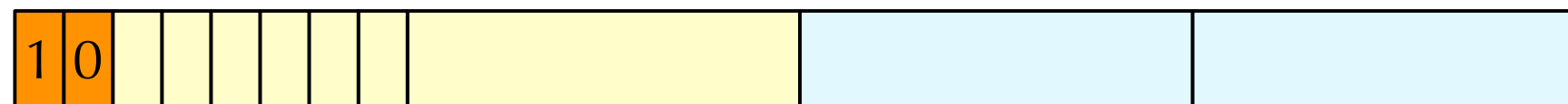
- ネットワークアドレス+ホストアドレス
- 同一ネットワークアドレス = 同じネットワーク内

■ ネットワークのサイズに応じて3つのクラス

クラスA

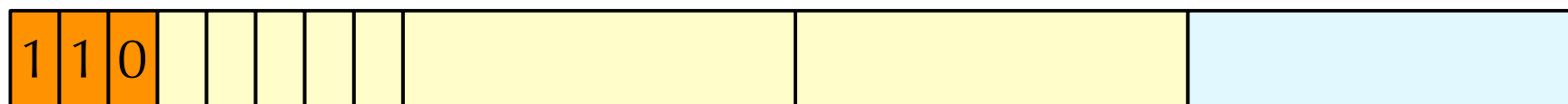


クラスB



Host Address=11...
→ Broadcast
(Reserved)

クラスC



Network Address

Host Address

※クラスD, クラスEもあるけど省略

サブネットマスク (1)

■ 各クラスの最大ホスト数

- A: 16,777,215
- B: 65,535
- C: 255

■ 「インターネット」で接続するネットワークの増加とともにホストアドレスが不足

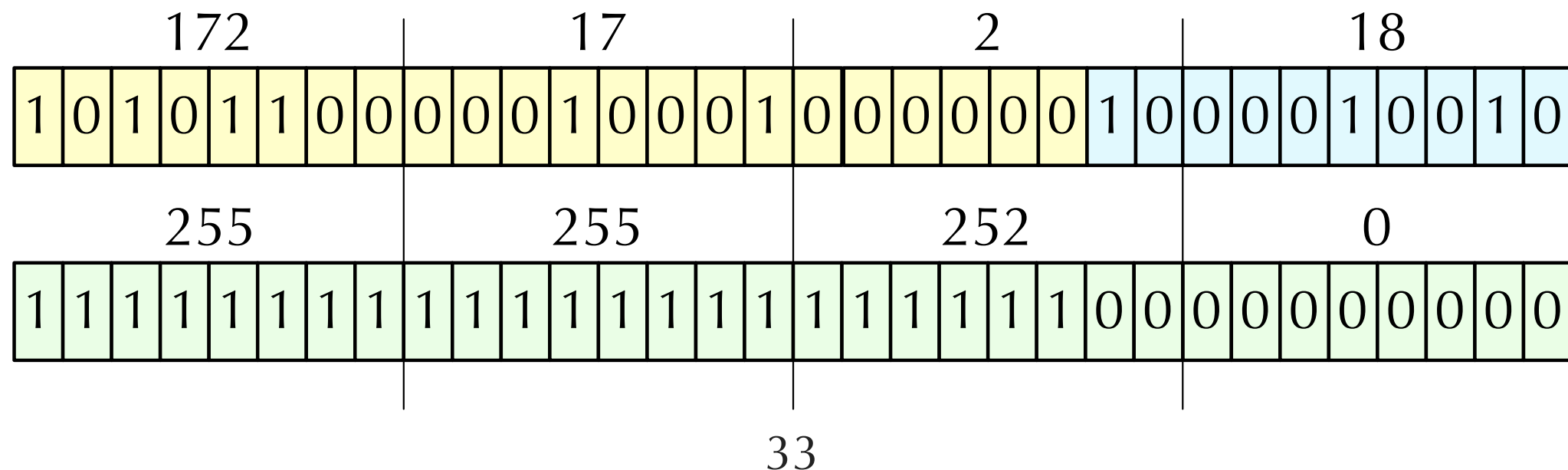
⇒ ホストアドレスのムダを減らす仕組み

= サブネットマスク

サブネットマスク (2)

■ サブネットマスク

- ネットワークアドレスの長さを示す「マスク」
 - 書き方の例
 - 255.255.255.0 $8+8+8+0=24\text{bits}$
 - 255.255.252.0 $8+8+6+0=22\text{bits}$
 - FFFFFFFC0 22bits
 - 172.17.1.0/22 172.17.1.0のネットワークで22bits



特別なIPアドレス

■ インターネットでのIPアドレス

- 世界中で見て唯一無二なIPアドレスの設定が必須

※ 例外

- プライベートなネットワーク内でのみ有効なアドレス
 - クラスA: 10.0.0.0 ~ 10.255.255.255
 - クラスB: 172.16.0.0 ~ 172.31.255.255
 - クラスC: 192.168.0.0 ~ 192.168.255.255

福田研で使ってるやつ

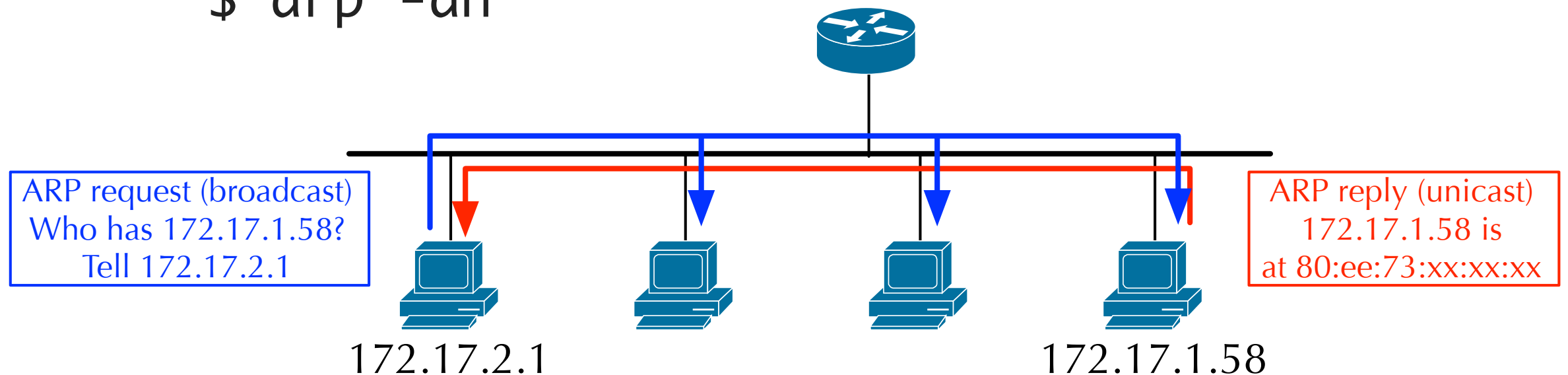
ARP

■ Address resolution protocol

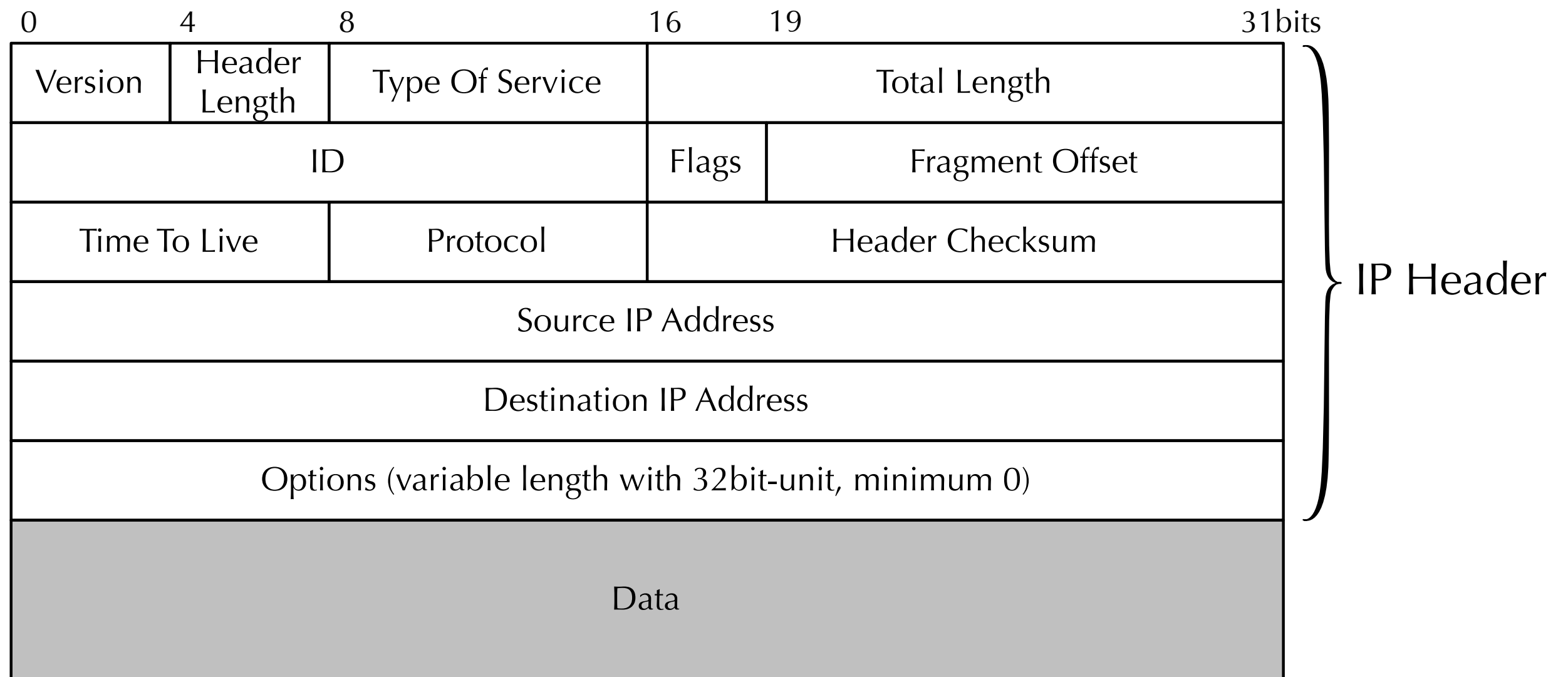
- IPアドレスとMACアドレスを対応させるプロトコル
 - ARP request : Broadcast Ethernet frame
 - ARP reply : Unicast Ethernet frame

cf.) arpコマンド

```
$ arp -an
```



IPパケット構造



※ IPv4の場合です

※ Optionsが32bit単位にならないときは0でpaddingする

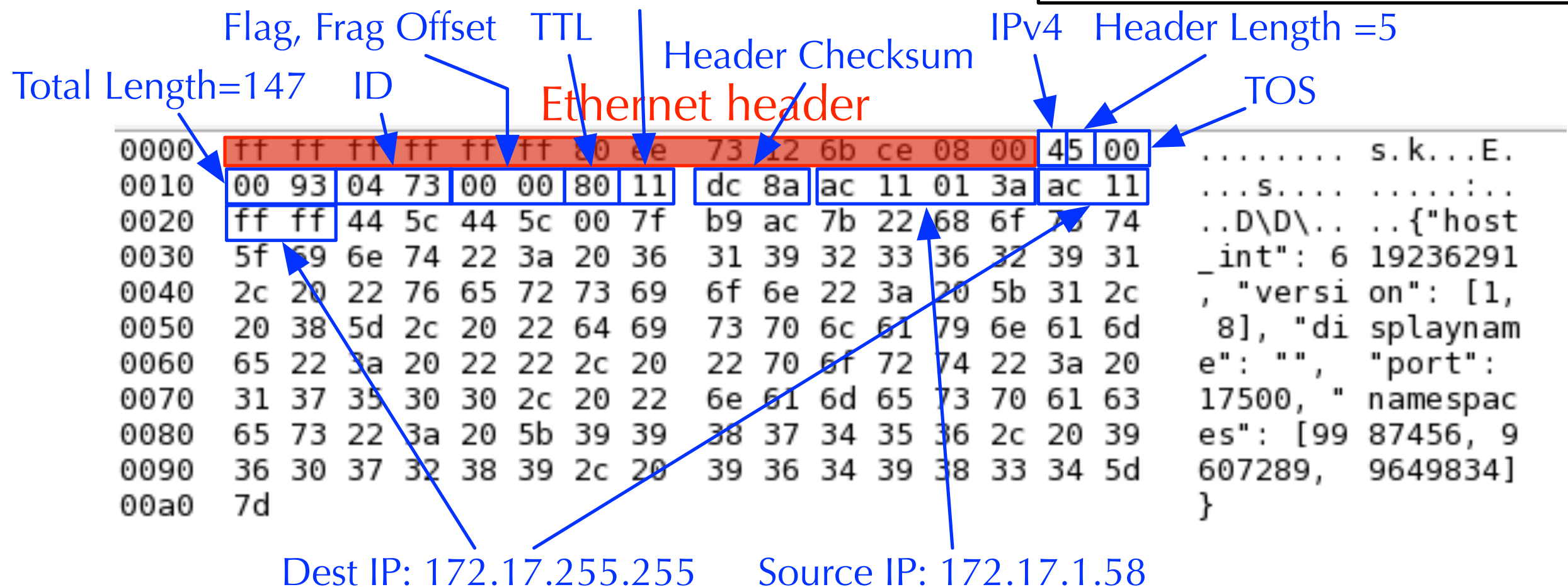
Wireshark再び

Protocolの例:

1	ICMP
4	IP
6	TCP
17	UDP

Protocol=17: UDP

Header Lengthは4-octet単位



TCP, UDP

L7	アプリケーション層	HTTP, FTP, SMTP, POP, TELNET, SSH, ...
L6	プレゼンテーション層	
L5	セッション層	
L4	トランスポート層	TCP, UDP
L3	ネットワーク層	ARP, IP, ICMP
L2	データリンク層	Ethernet, 802.11 等
L1	物理層	

TCPとUDP

■ Transmission control protocol

- コネクション指向で**信頼性の確保された通信**
 - パケットは送った順に確実に届けられる
- 例) HTTP, FTP, SSH

■ User datagram protocol

- コネクションレス指向, 送りっぱなしの通信
 - **パケットが届く保証も届く順番の保証も無い**
 - **遅延は小さい**
 - IPにポート番号とチェックサムがついたくらいのももの
- 例) DNS, NTP

ポート番号

- TCP, UDPを使った通信でプログラムを特定するための番号

⇒ TCP, UDPはポート番号をアドレスとして通信する

- 0~65535
- 0~1023は予約されている
 - Well known portと呼ばれている
 - 例) TCP/22 SSH, TCP/80 HTTP, UDP/53 DNS
- 1024~49151も一応用途が決まっている

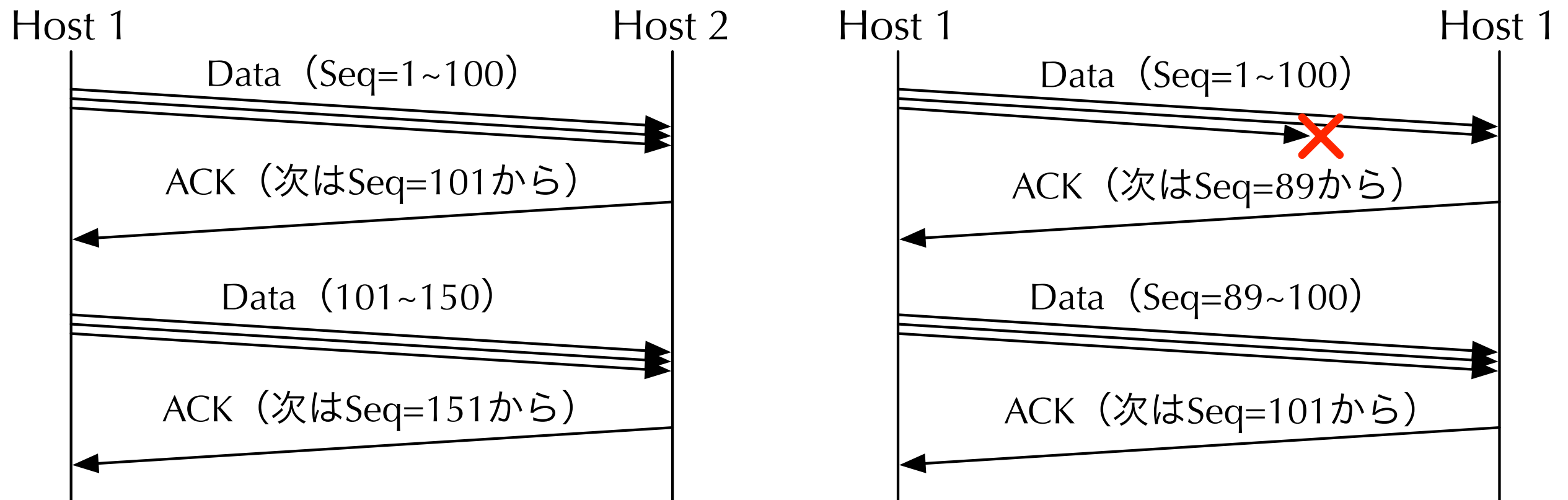
※ Linux系OSユーザは/etc/servicesを参照

TCPの機能

- 信頼性のある通信の提供に向けて
 - 再送制御
 - コネクション管理
 - ウィンドウ制御
 - フロー制御
 - 輻輳制御

TCPの基本アプローチ

- シーケンス番号とACKによりパケットが順番通りに到達することを保証



- 他の技術は自分で調べてみてね

まとめ

まとめ

- 通信の階層化
 - OSI参照モデル
- Ethernet (L1, L2)
 - みんなが使っている有線LAN
- IP (L3)
 - ネットワークとネットワークをつなぐ仕組み
- TCP, UDP (L4)
 - IPを使ってユーザに通信機能を提供する部分
 - TCPは信頼性の確保, UDPは小さい遅延

宿題

次回に向けた準備

- sshで下記サーバにログインし，パスワードを変更する
 - IP address: 133.5.151.36
 - user: 福田研メールと同じ
 - password: user123（userは自分のユーザ名）
 - パスワードは変更すること（passwdコマンド）
 - scpで上記サーバとファイルのやり取りをできるようにしておく
 - WinSCP, Cyberduck等を使ってもOK
- ※ 次回はCプログラミング演習中心の予定です