

# 学生実験

IPネットワークアーキテクチャ

江崎研究室

# ゴール

インターネットの動作原理を理解する

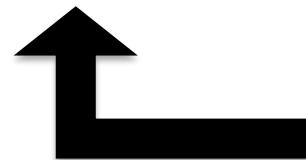
インターネットは様々な技術が連携して動作する  
家族に聞かれて説明できるように主要技術を理解する

# インターネットを支える二つの技術

IP

TCP

IPアドレッシング  
経路制御  
DNS



今回のフォーカス

# 内容

- 1日目 IPアドレッシングと経路表
- 2日目 経路制御アーキテクチャ
- 3日目 DNS
- 4日目 (積み残し)+相互接続実験
- 5日目 相互接続接続実験

# 最終レポート課題

- 課題1

(本テーマ後半で実施する)相互接続実験で作成したネットワークについて解説せよ。解説では、本テーマ内実験で確認した要素技術を具体的に示すこと。また、他チームとの相互接続、インターネット接続をしている点に着目し、各要素技術の動作状況を示すこと。**(本日最後に、相互接続実験で利用するアドレスとドメイン名をチーム毎に割り当てます。)**

- 課題2

各自の自宅にて、PCの電源が投入され、ネットワーク接続を行い、東大のウェブページ([www.u-tokyo.ac.jp](http://www.u-tokyo.ac.jp))を閲覧するまでに、どのような通信が行われているかを、可能な限り詳細に記述せよ。その際には、各部分において利用されるプロトコル、および通過する経路も調査せよ。

# 実験環境

箱庭のネットワークを構築

学科貸与のPCをルータにします  
ネットワーク構築用ケーブルは自作



本物のインターネットと相互接続

学科貸与のPC + 製品ベースのルータ

1日目

IPアドレッシングと経路表

# イントロダクション

# 課題(1) 通信方式の確認

パケット交換と比較される通信方式には回線交換がある。それぞれどのような特徴があるのか、長所と短所を交えて議論せよ。

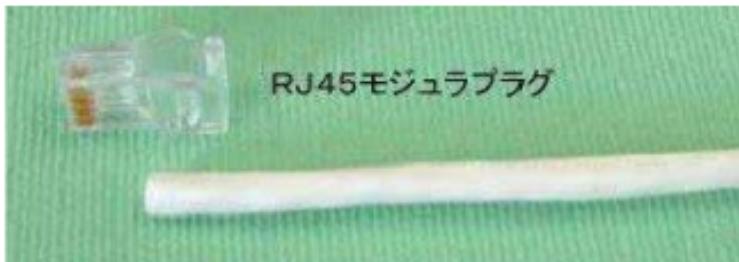
# ネットワークを作る ケーブルの話

# イーサネット(Ethernet)

- ・最も一般的に(安価に)利用されるLAN技術
- ・最近はWANでも利用され始めた
- ・UTP (Unshielded Twist Pair)ケーブル
  - カテゴリー5 (Cat5) or better
- ・希にSTP (Shielded Twist Pair)ケーブル

# 課題(2) UTPケーブルの作成

1. プラグとケーブルを準備



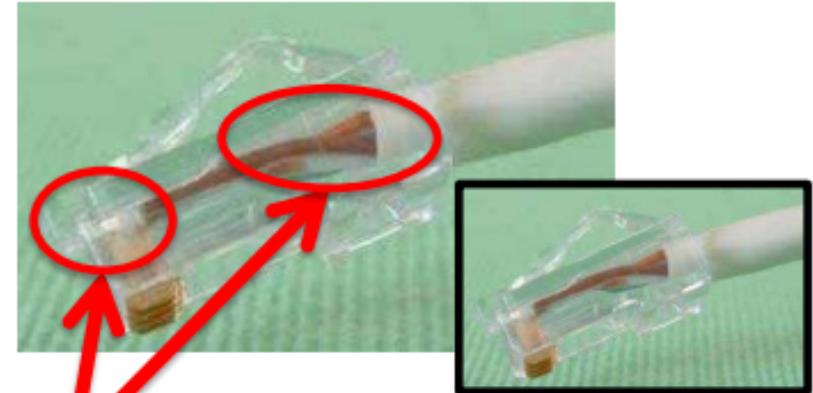
2. ケーブルストリッパで皮膜を削除



3. 皮膜を取り除くと芯線があらわれる

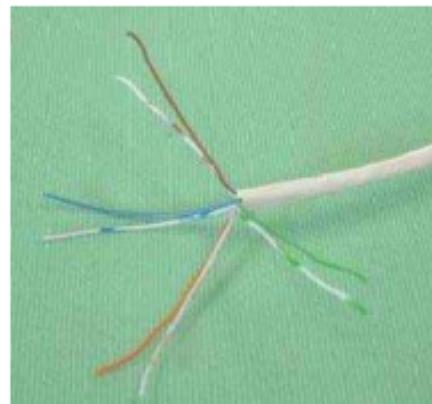


5. プラグにケーブルを押し込む  
(芯線の並びは次頁を参照)



まだ押し込みが甘い

4. 芯線の"より"を取り除く



6. しっかり押し込んだ後、  
圧着器で圧着して完成



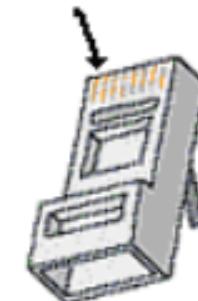
# 課題(2) UTPケーブルの作成(cont)

EIA/TIA-568A

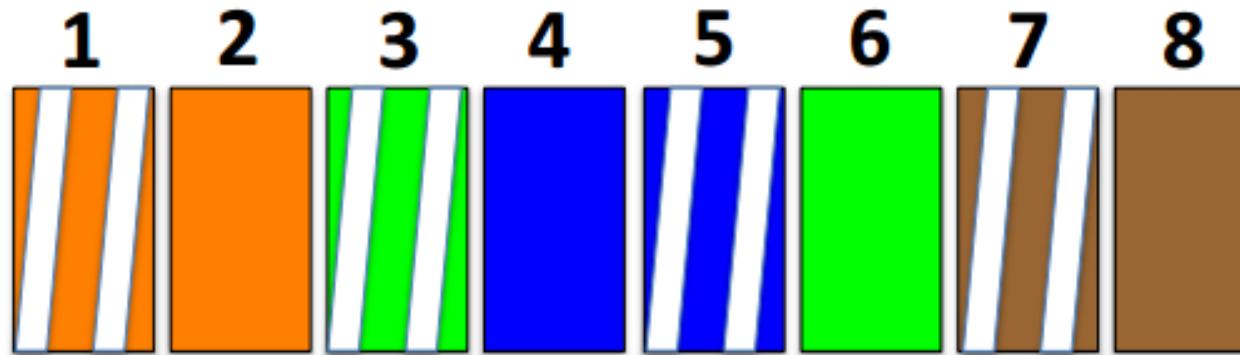


RJ-45 Plug

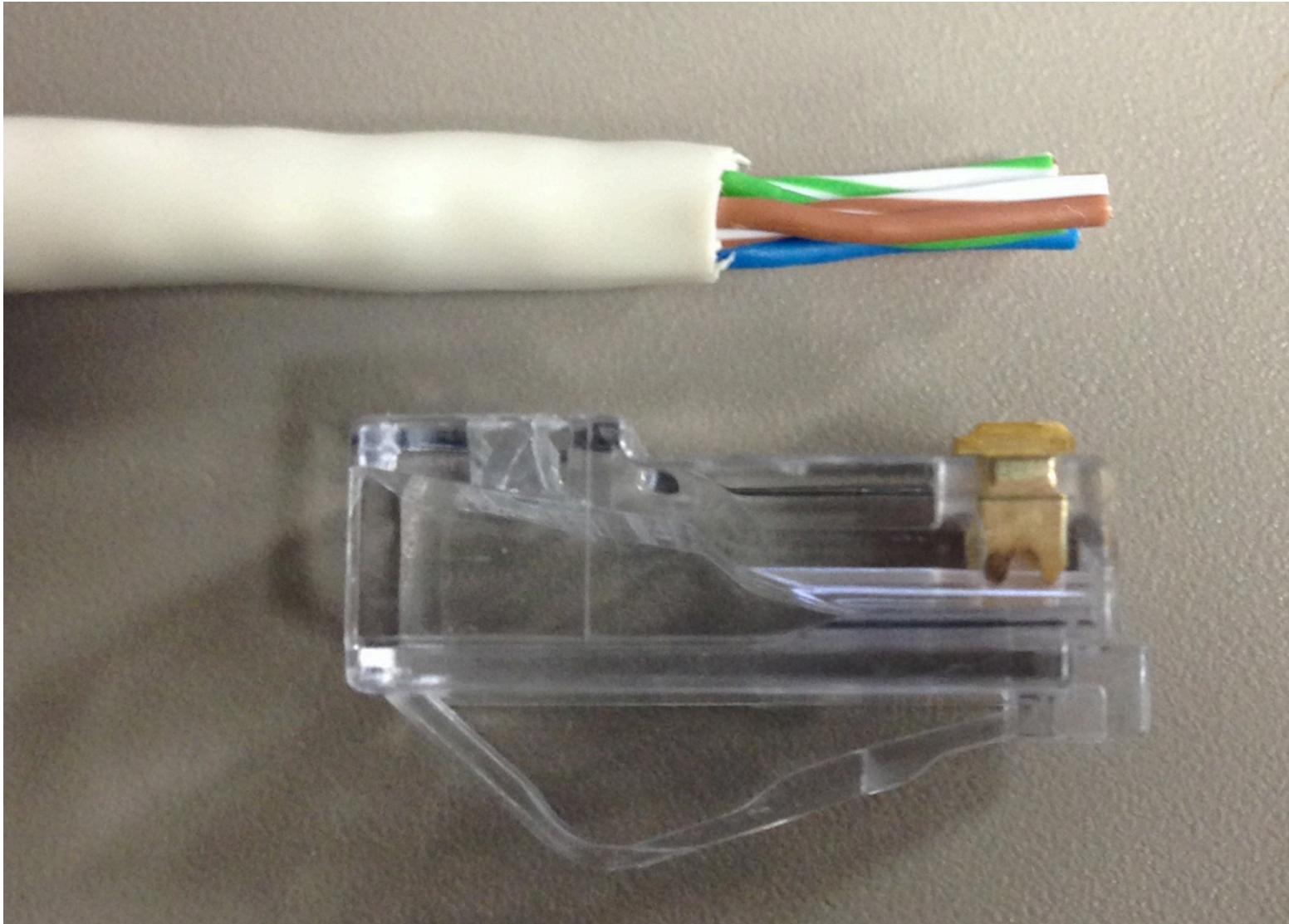
Pin 1



EIA/TIA-568B

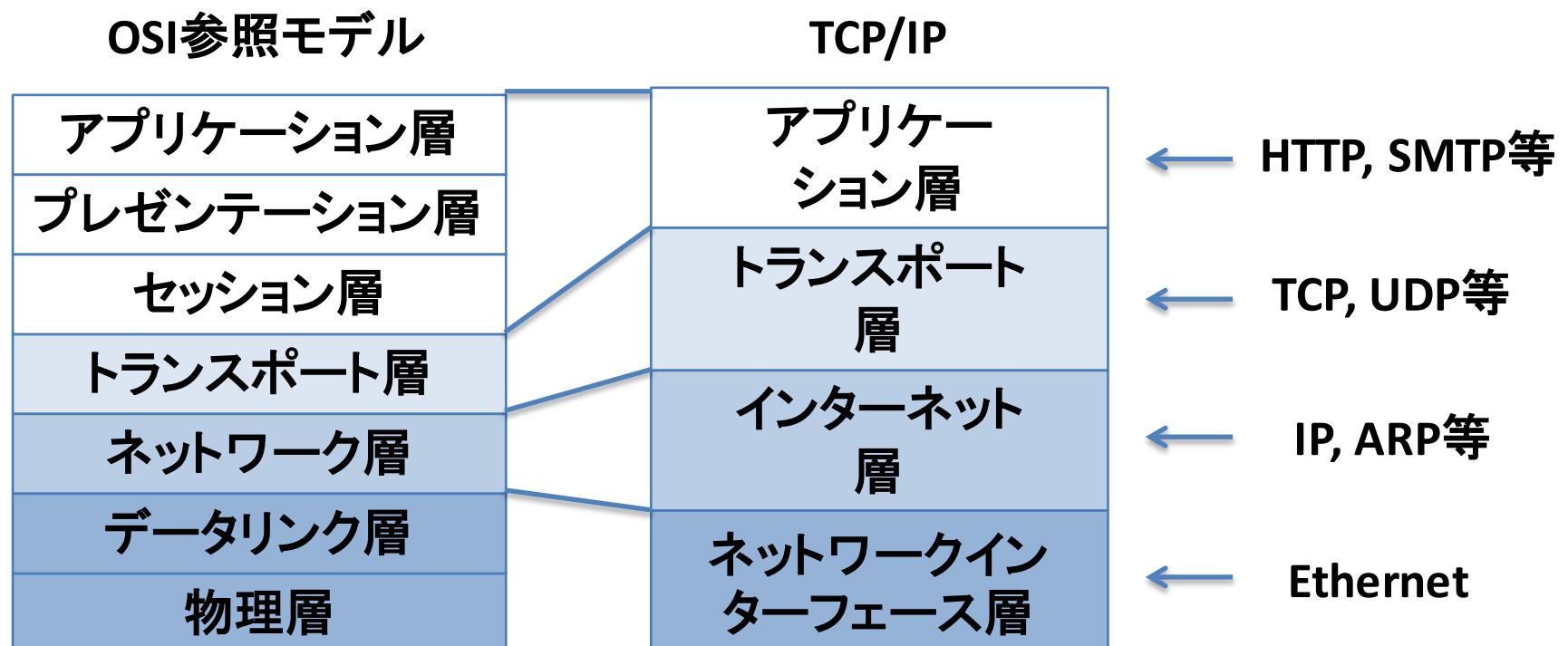


# UTPの長さのサンプル

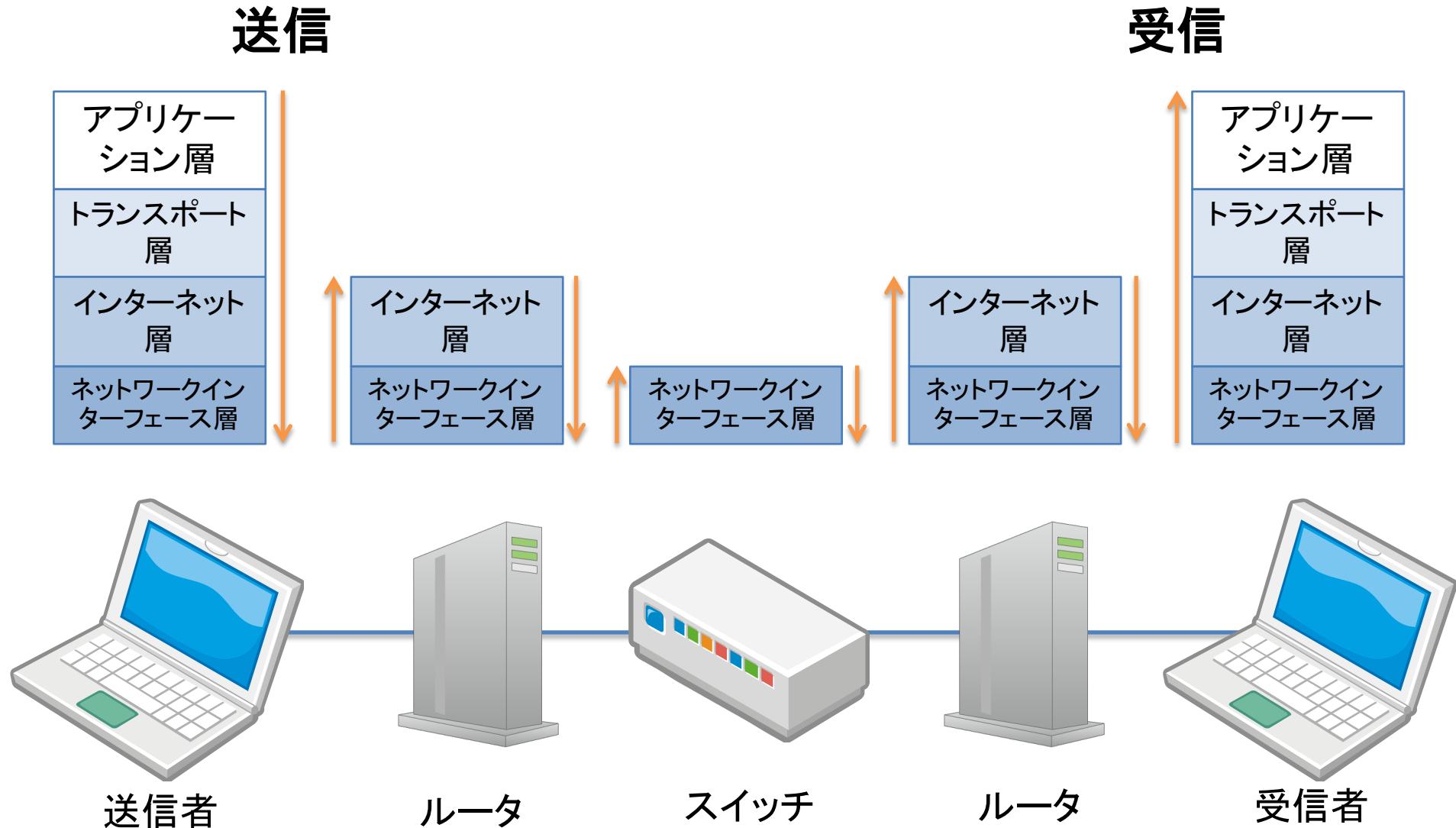


一番小さなネットワークから

# TCP/IPプロトコルスタック



# 通信の流れとプロトコル

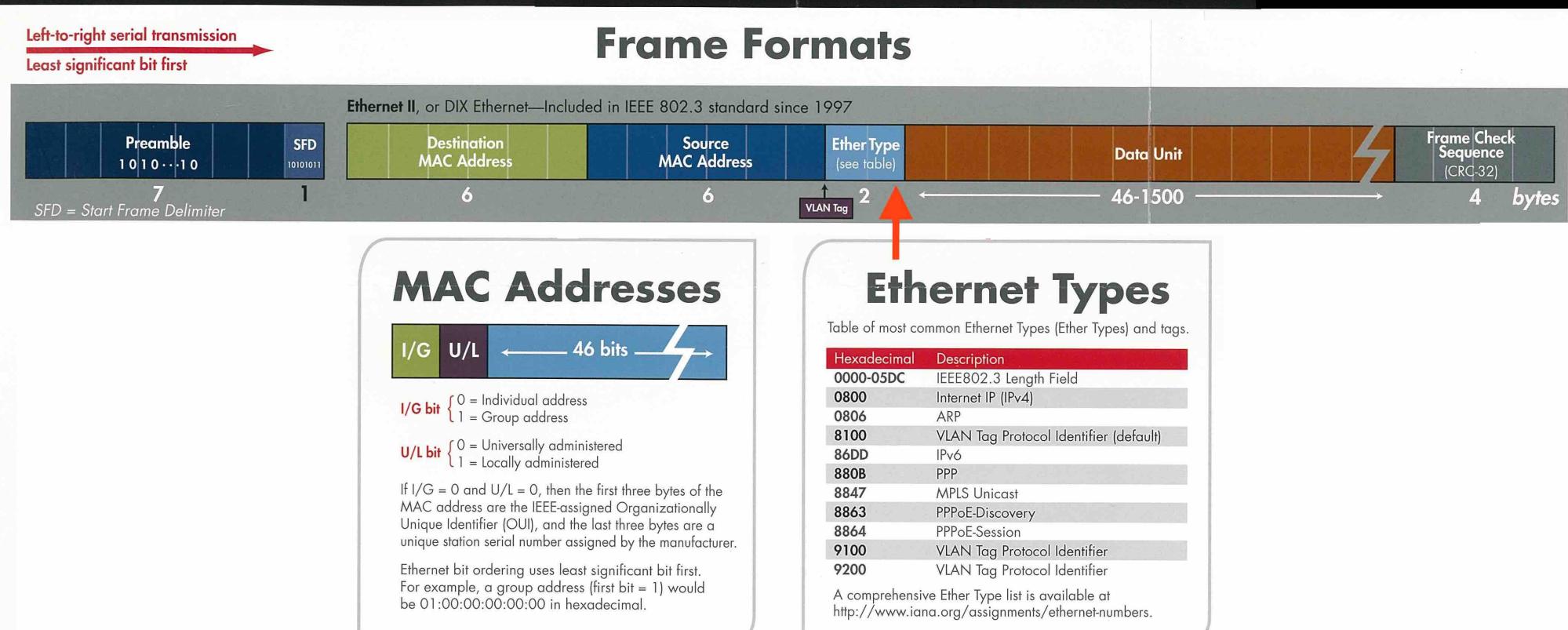


# イーサネットフレーム

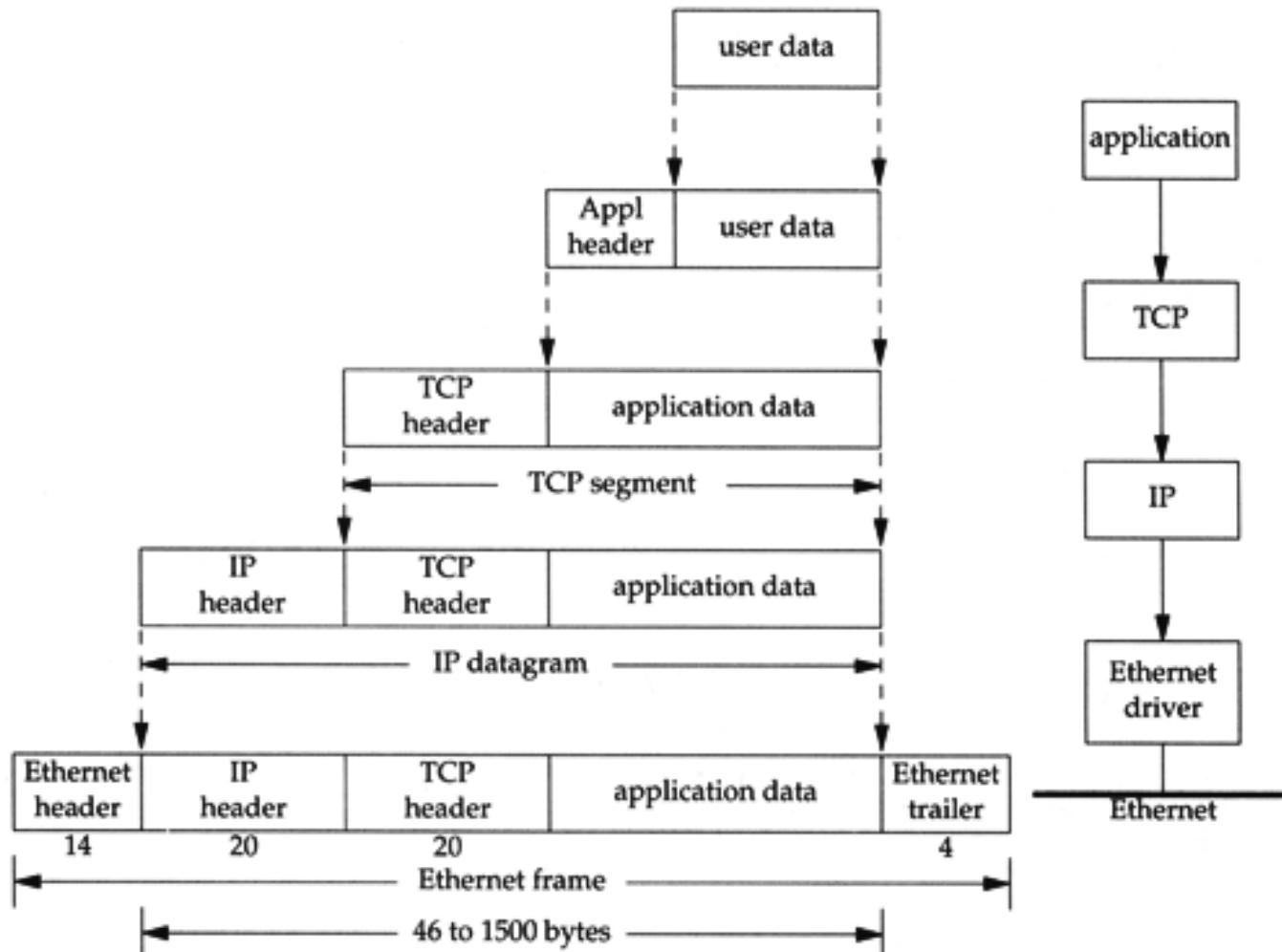


Enabling a Converged World™

## Ethernet Protocol Reference



# フレーム・パケットフォーマット

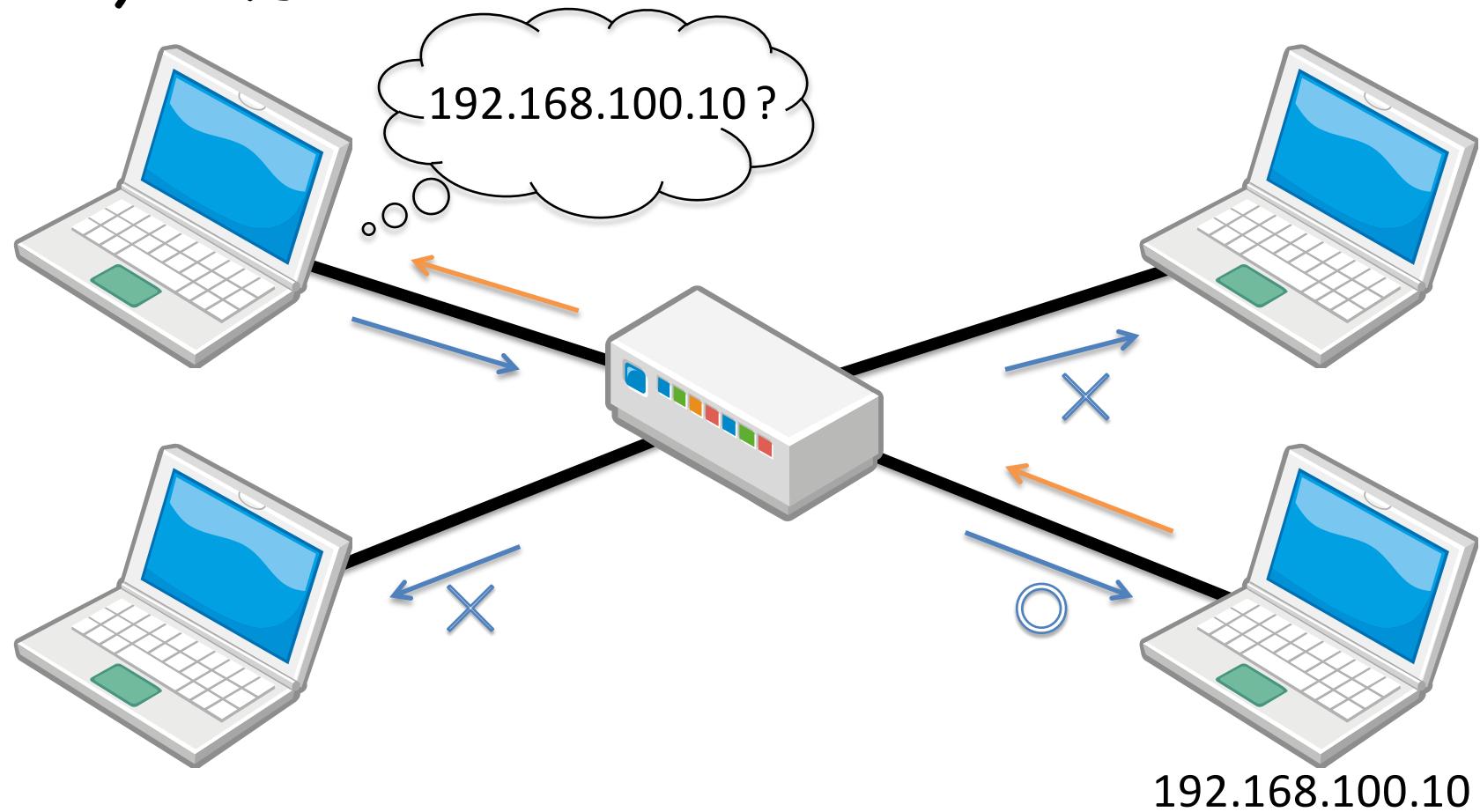


# アドレッシング

- ネットワークつけられる様々な番号
  - 番号=アドレス
  - 層によって違う意味を持ったアドレスがつく
- 例) データリンク層 → MACアドレス  
ネットワーク層 → IPアドレス  
トランスポート層 → ポート番号
- アドレッシング=アドレス割り当て
  - 論理的なインターフェースに付くと考えれる
  - ホストに割り当てられるわけではない

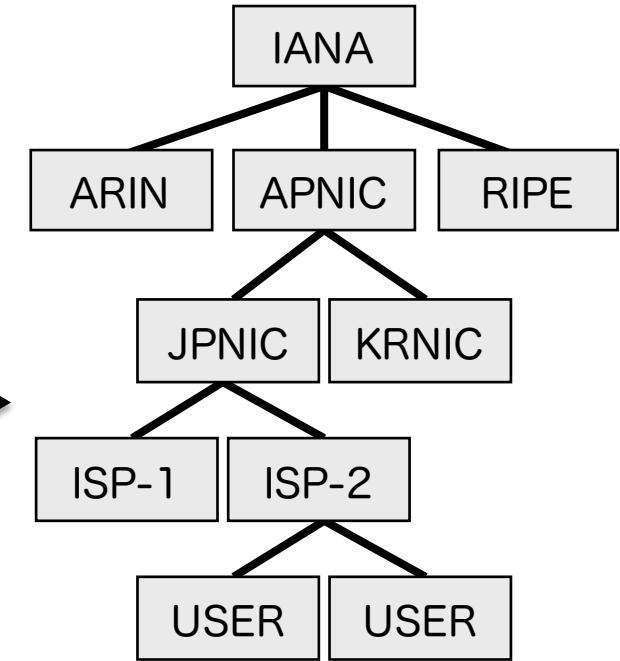
# ARP

- IPアドレスに対応する機器(のMACアドレス)を調べる



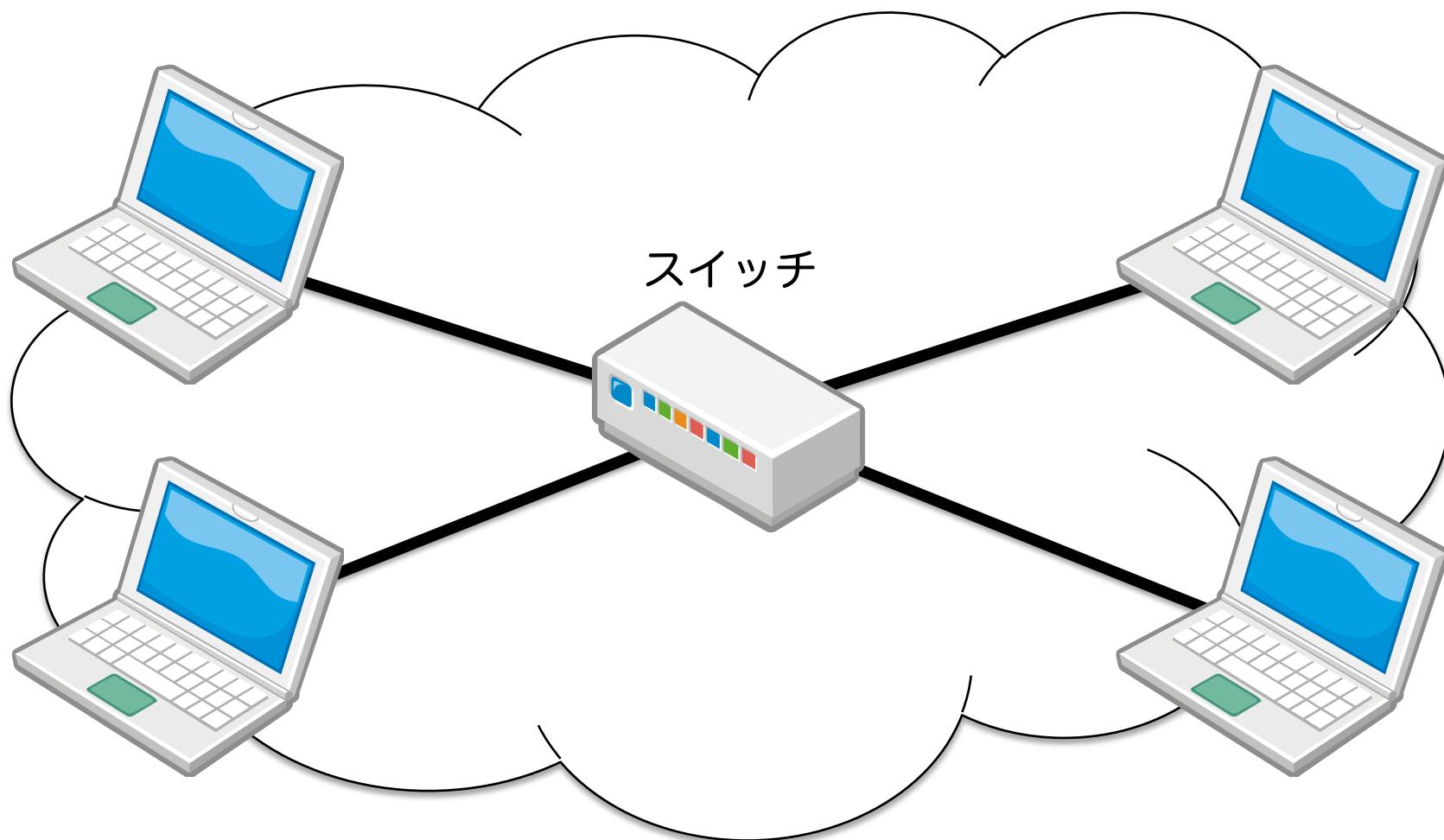
# IPアドレス

- IANAが管理
  - 階層的に管理
- 世界中でユニーク
  - 階層的な割り当ての成果
  - 基本的に同じアドレスを割り当たない
- ネットワークごとに固まりで割り当たられる
  - 接続ネットワークが変わればIPアドレスも変わる



# ネットワークの単位

スイッチを介してPCがダイレクトに通信しあう  
最もシンプルなネットワーク



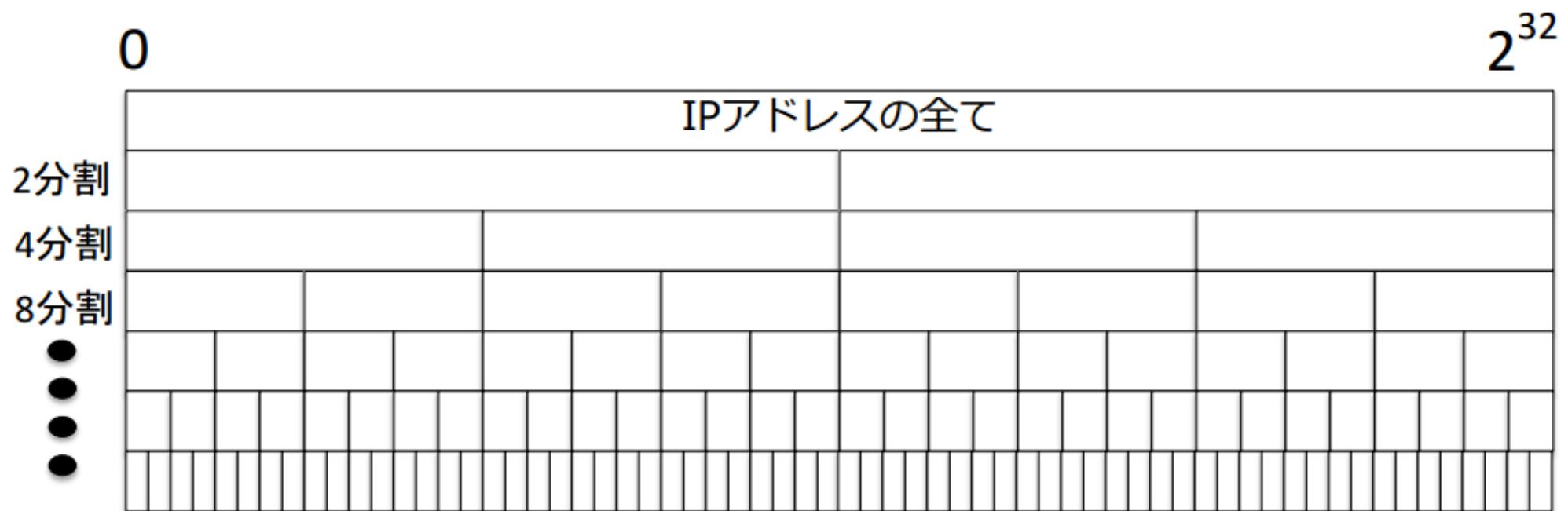
# IPアドレス (2)

## IPアドレスの表現方法

- 32ビット長
  - 何台の端末が接続できるか考えてみよう
  - $2^{32}$
  - 0 ~ 4,294,967,296
- 8ビットずつ区切ったドットつき表現
  - 0.0.0.0 ~ 255.255.255.255
  - 各オクテットの最大値は255

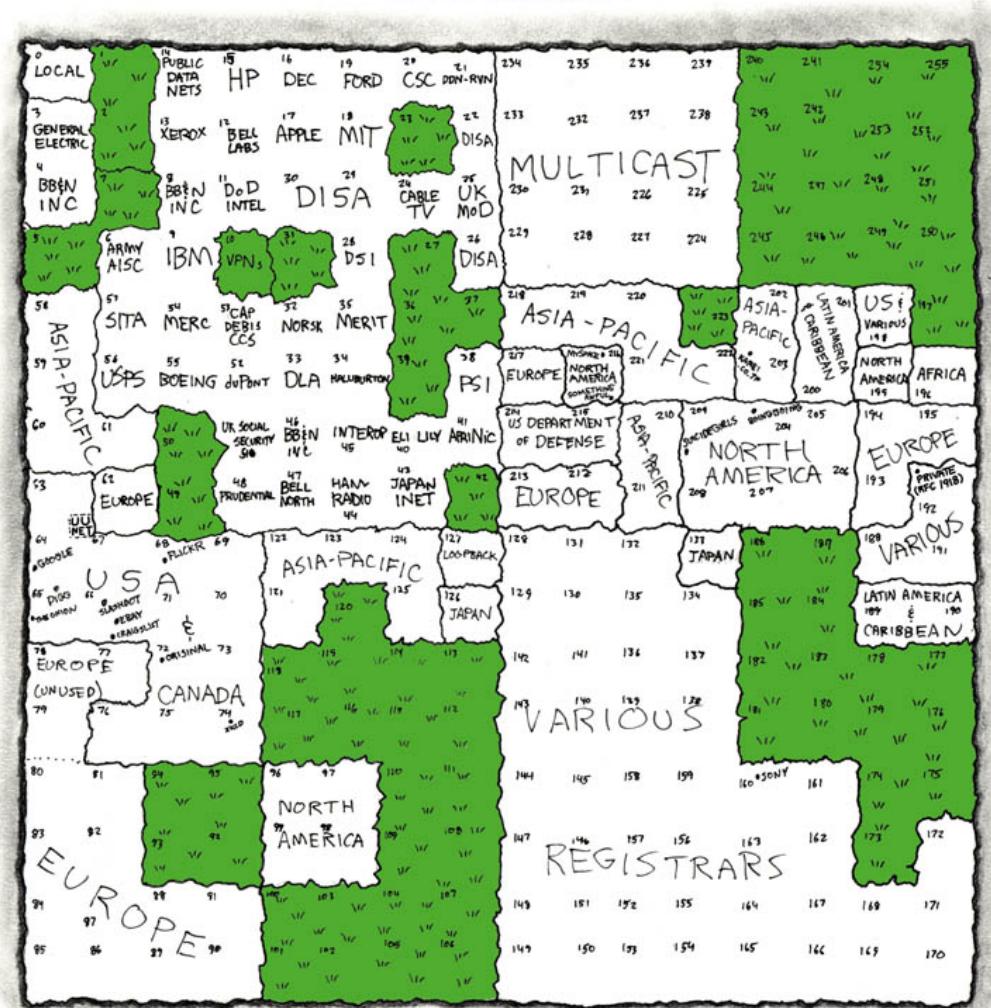
# IPアドレス (2)

## IPアドレスブロック



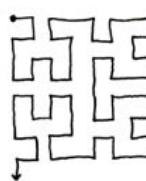
# MAP OF THE INTERNET

THE IPv4 SPACE, 2006



THIS CHART SHOWS THE IP ADDRESS SPACE ON A PLANE USING A FRACTAL MAPPING WHICH PRESERVES GROUPING -- ANY CONSECUTIVE STRING OF IPs WILL TRANSLATE TO A SINGLE COMPACT, CONTIGUOUS REGION ON THE MAP. EACH OF THE 256 NUMBERED BLOCKS REPRESENTS ONE /8 SUBNET (CONTAINING ALL IPs THAT START WITH THAT NUMBER). THE UPPER LEFT SECTION SHOWS THE BLOCKS SOLD DIRECTLY TO CORPORATIONS AND GOVERNMENTS IN THE 1990'S BEFORE THE RIRs TOOK OVER ALLOCATION.

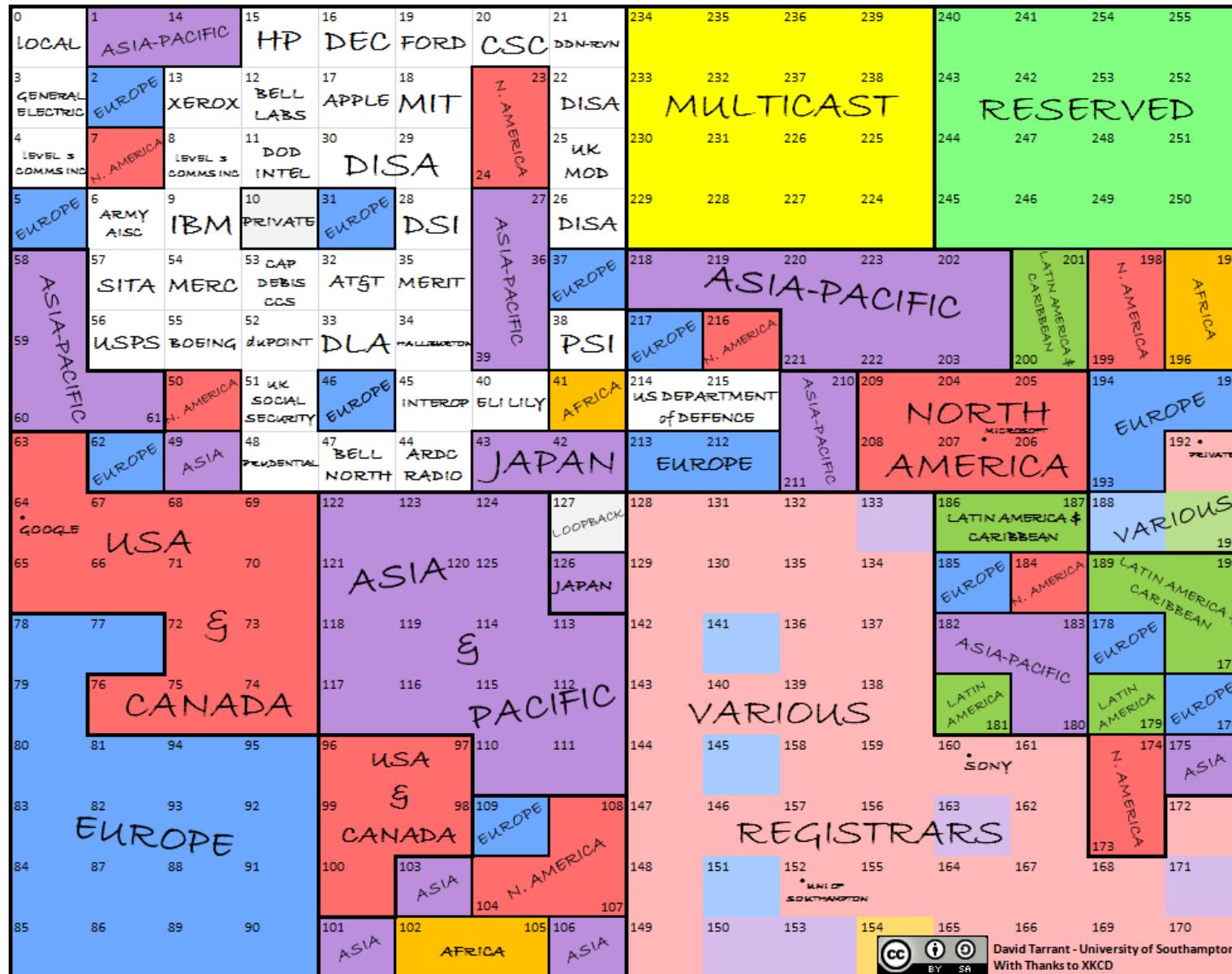
0	1	14	15	16	19 →
3	2	13	12	17	18
4	7	8	11		
5	6	9	10		



= UNALLOCATED  
BLOCK

Map of the Internet  
<http://wkcd.com/195/>

# Map of the Internet The IPv4 Space 2012



[http://users.ecs.soton.ac.uk/dct05r/ipv4\\_map\\_of\\_the\\_internet.png](http://users.ecs.soton.ac.uk/dct05r/ipv4_map_of_the_internet.png)

# IPアドレス (3)

## ネットワークの固まりとは

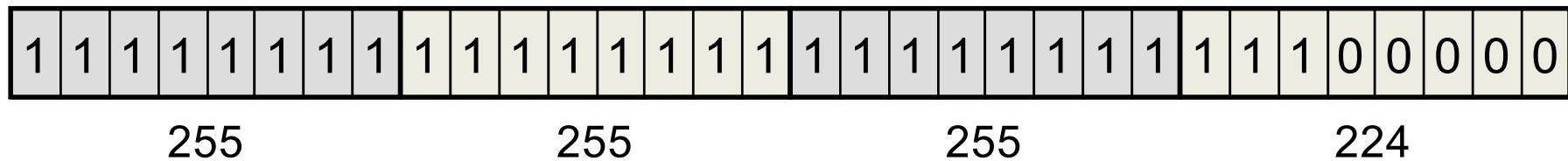
- ・ ネットマスクでネットワークを決定する
- ・ IPアドレスとのAND処理
  - ネットワーク部
  - ホスト部

# IPアドレスの構造

- ・インターフェースを識別するための番号
- ・ネットマスクにより意味が変化する
  - －いつも一緒に扱うと思って良い
- ・ネットマスク
  - －階層的な構造をとるために重要な役割
  - －アドレスからネットワークも表せる
    - ネットワーク部
      - －接続しているネットワークを識別
    - ホスト部
      - －そのネットワークに接続されたホストを識別

# ネットマスクの表記方法

- 255.255.255.128
  - /25
  - 0xFFFFF80
- 使われる数字
    - 0 248
    - 128 252
    - 192 254
    - 224 255
    - 240



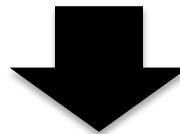
# ネットマスクの考え方(1)

# IPアドレス

133	27	4	160
1 0 0 0 0 1 0 1	0 0 0 1 1 0 1 1	0 0 0 0 0 1 0 0	1 0 1 0 0 0 0 0

AND

## ネットマスク



## ネットワークアドレス

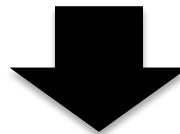
# ネットマスクの考え方(2)

## IPアドレス

133	27	4	160
1 0 0 0 0 1 0 1	0 0 0 1 1 0 1 1	0 0 0 0 0 1 0 0	1 0 1 0 0 0 0 0

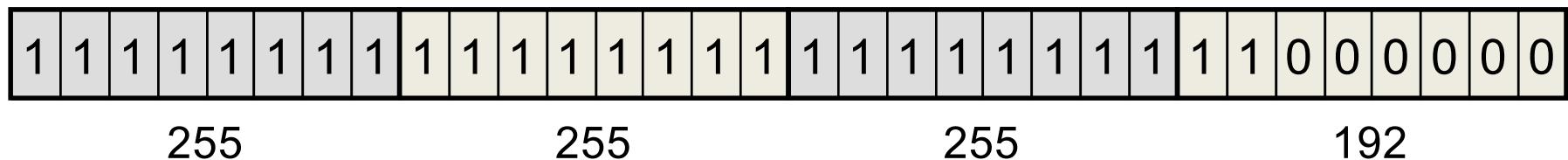
AND

## ネットマスク



## ネットワークアドレス

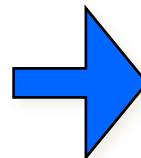
# ネットマスクとネットワークの大きさ



- ネットワークの大きさ
  - 2の累乗で表される
- RFC1878
- /26の場合
  - ホスト部=6ビット
  - $2^6 = 64$
  - アドレス範囲
    - 0~63
    - 64~127
    - 128~191
    - 192~255

# ネットマスクの持つ意味

- ・ ネットワークを示す部分を導き出す
- ・ 計算手法
- ・ IPアドレス
  - 202.244.32.83
- ・ ネットマスク
  - 255.255.255.192



AND処理

11001010.11110100.00100000.01010011  
11111111.11111111.11111111.11000000  
—————  
11001010.11110100.00100000.01000000

所属するネットワークは...  
202.244.32.64 であることがわかる

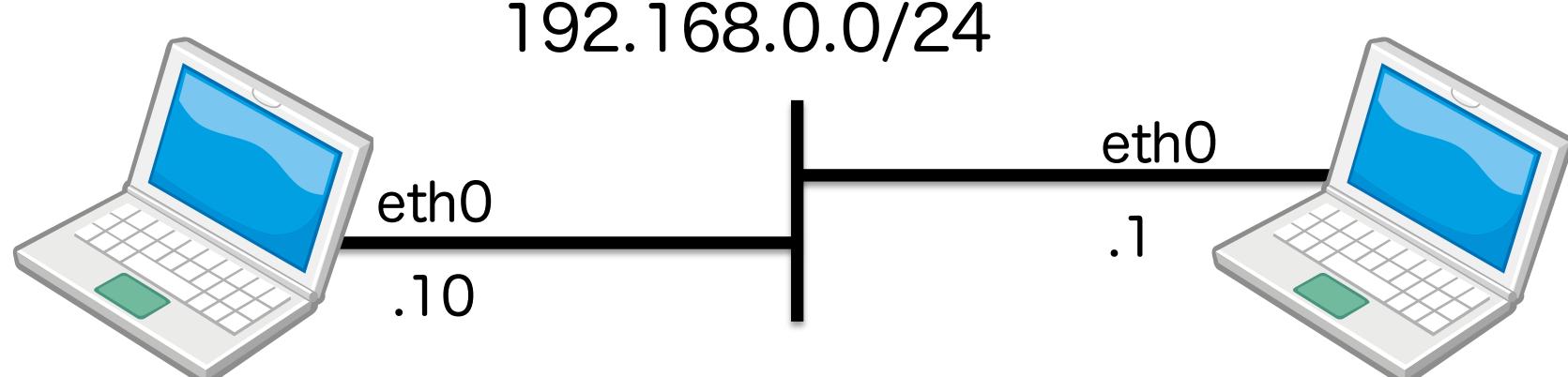
## 課題(3) IPアドレッシング

それぞれのIPアドレスが同一ネットワークに存在するか答えなさい

- 1) 192.168.10.130と192.168.10.150は、同一の28ビットネットワークに存在するか
- 2) 10.100.5.1と10.100.62.180は、同一の18ビットネットワークに存在するか

# 課題(4) 到達性の確認

2台のPCをUTPケーブルを用いて接続し、それぞれのPCのIPアドレスを設定しなさい。また、お互いが通信できることをpingを利用して確認しなさい。加えて、接続されたPC以外のIPアドレスでは通信できないことを確認しなさい。



キーワード : ping, ip コマンド ← manコマンドで説明を読む(例 man ping)

# IPコマンドの利用例

- IPアドレスの確認  
    \$ ip address
- IPアドレスの追加  
    \$ ip address add 10.0.0.1/24 dev eth1
- IPアドレスの削除  
    \$ ip address del 10.0.0.1/24 dev eth1
- インターフェースの状態確認  
    \$ ip link show
- インターフェースのup  
    \$ ip link set up dev eth1
- インターフェースのdown  
    \$ ip link set down dev eth1
- ヘルプ  
    \$ ip help  
    \$ ip address help 等
- マニュアル  
    \$ man ip-address  
    \$ man ip-link 等

注)

- インターフェースの利用にはupが必要
- ヘルプやマニュアルを見て書式を確認すること

# IPコマンドの利用例 2

- 経路の確認

```
$ ip route
```

- 経路の追加

```
$ ip route add 192.168.10.0/24 via 10.0.0.2
```

- 経路の削除

```
$ ip route del 192.168.10.0/24 via 10.0.0.2
```

## その他

- IPアドレス消去

```
$ ip address flush dev eth1
```

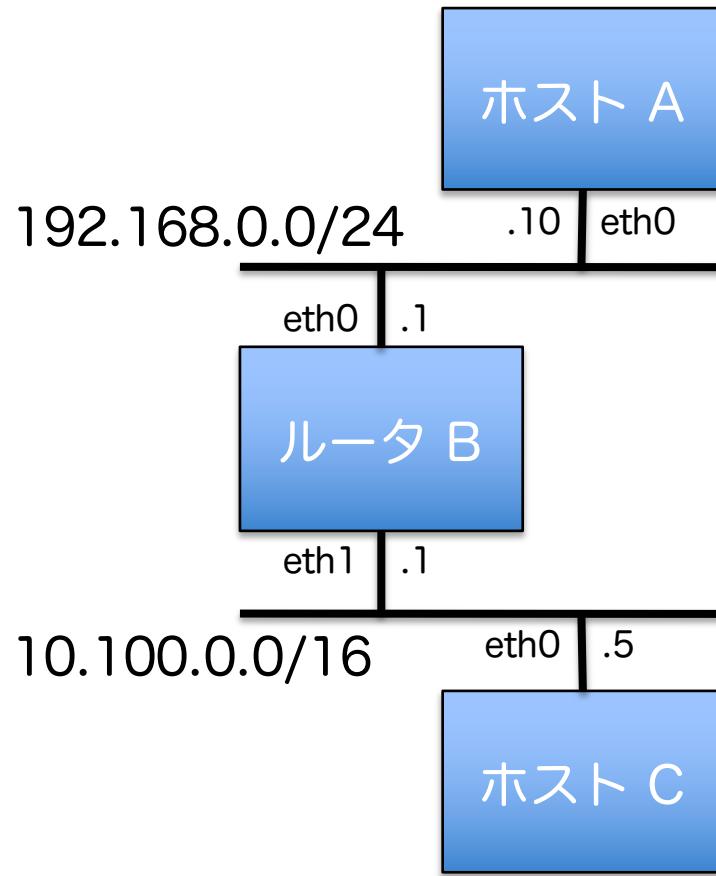
- 経路消去

```
$ ip route flush dev eth1
```

## 注)

- 経路の指定ではネットワークアドレスを使うこと
- ネットワークアドレス
  - A.B.C.D/X
  - A.B.C.D は同一ネットワーク内で最も小さなアドレス

# ネットワークのサンプル



# ホストA の設定例

## インターフェイス

```
$ ip address show dev eth0
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state UP group default
qlen 1000
```

link/ether 52:54:00:12:34:56 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff

inet 192.168.0.10/24 brd 192.168.0.255 scope global eth0

valid\_lft forever preferred\_lft forever

inet6 fe80::20c:29ff:fe12:3456/64

valid\_lft forever preferred\_lft forever

インターフェース名で指定

MACアドレス  
※詳細は後ほど

インターフェースについて  
IPアドレスに関する情報

## 経路表

```
$ ip route
```

10.100.0.0/16 via 192.168.0.1 dev eth0

192.168.0.0/24 dev eth0 proto kernel scope link src 192.168.0.10

経路情報(宛先となるネットワークのアドレスとネットマスク、転送先のルータ)

# ルータB の設定例

## インターフェイス

```
$ ip address show dev eth0
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state UP group default
    qlen 1000
        link/ether 52:54:00:78:90:12 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
        inet 192.168.0.1/24 brd 192.168.0.255 scope global eth0
            valid_lft forever preferred_lft forever
        inet6 fe80::20c:29ff:fe78:9012/64
            valid_lft forever preferred_lft forever

$ ip address show dev eth1
3: eth1: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state UP group default
    qlen 1000
        link/ether 52:54:00:34:56:78 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
        inet 10.100.0.1/16 brd 10.100.255.255 scope global eth1
            valid_lft forever preferred_lft forever
        inet6 fe80::20c:29ff:fe34:5678/64
            valid_lft forever preferred_lft forever
```

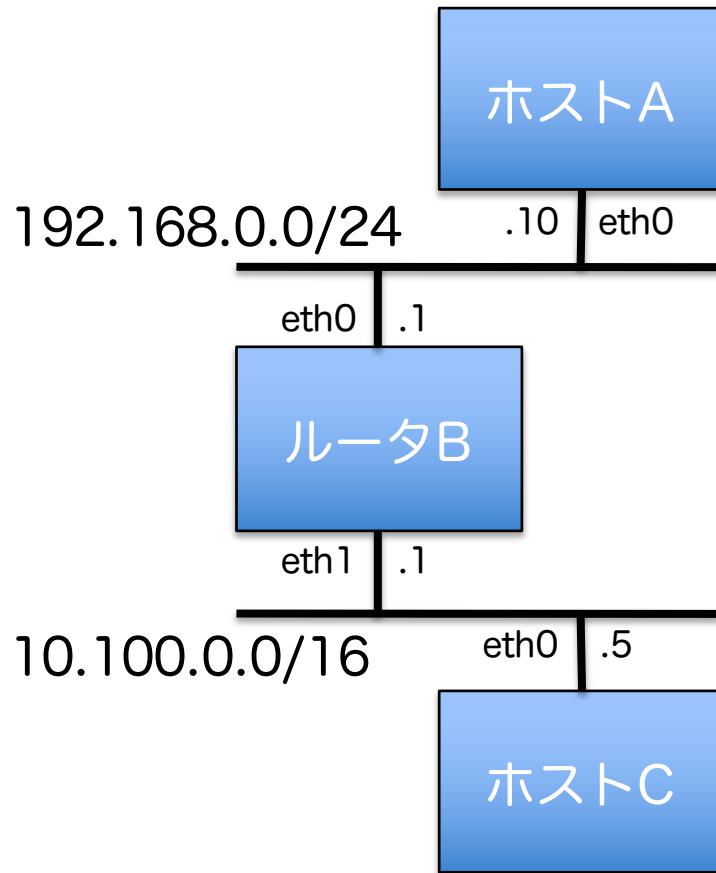
## 経路表

```
$ ip route
192.168.0.0/24 dev eth0 proto kernel scope link src 192.168.0.1
10.100.0.0/16 dev eth1 proto kernel scope link src 10.100.0.1
```

## 課題(5) ホストの経路表確認

ホストCのIPアドレスは、 $10.100.0.5/16$ である。ホストCの経路表はどのように定義されているか考察せよ。

# 課題(6) ネットワーク構築



右のネットワークを構築し、  
pingを用いて到達性を確認すること

到達性はありましたか？

注意点)

PCをルータとして動作させる場合、  
IPパケット転送機能を有効にしなければならない  
`# sysctl -w net.ipv4.ip_forward=1`

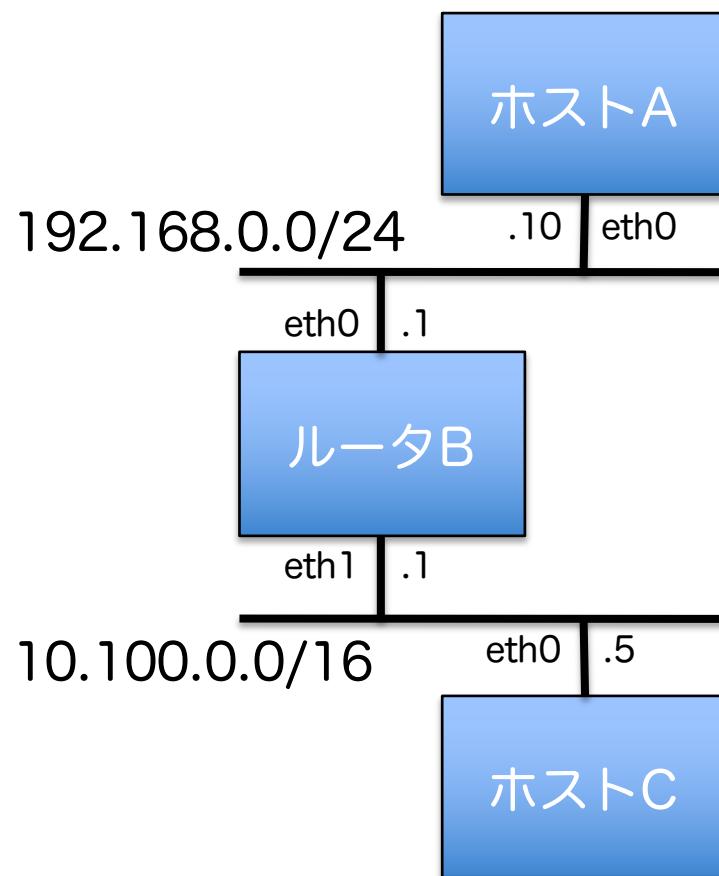
## 課題(7) パケットキャプチャー

課題(6)の構成にて、ping を実行しなさい。また、別のターミナルを用意し、同時に tcpdump を実行し、出力を確認しなさい。更に wireshark を用いて、パケットの内容を確認しなさい。

キャプチャーする場所でパケットの内容に変化があるかを確認しなさい。

さらに、pingのオプションでインターバル(-i)や TTL(-t)を変更し、パケットの内容に変化が生じるかを確認しなさい。

# 課題(8) ネットワークの拡張



ホストCの下にPCをホストDとして追加しなさい。また、ホストCをルータCに変更しなさい。なお、ルータCとホストDの間のネットワークでは、172.16.0.0/16を利用すること。

ホストD追加後、全てのPC間で pingを利用して接続性の確認をしなさい。