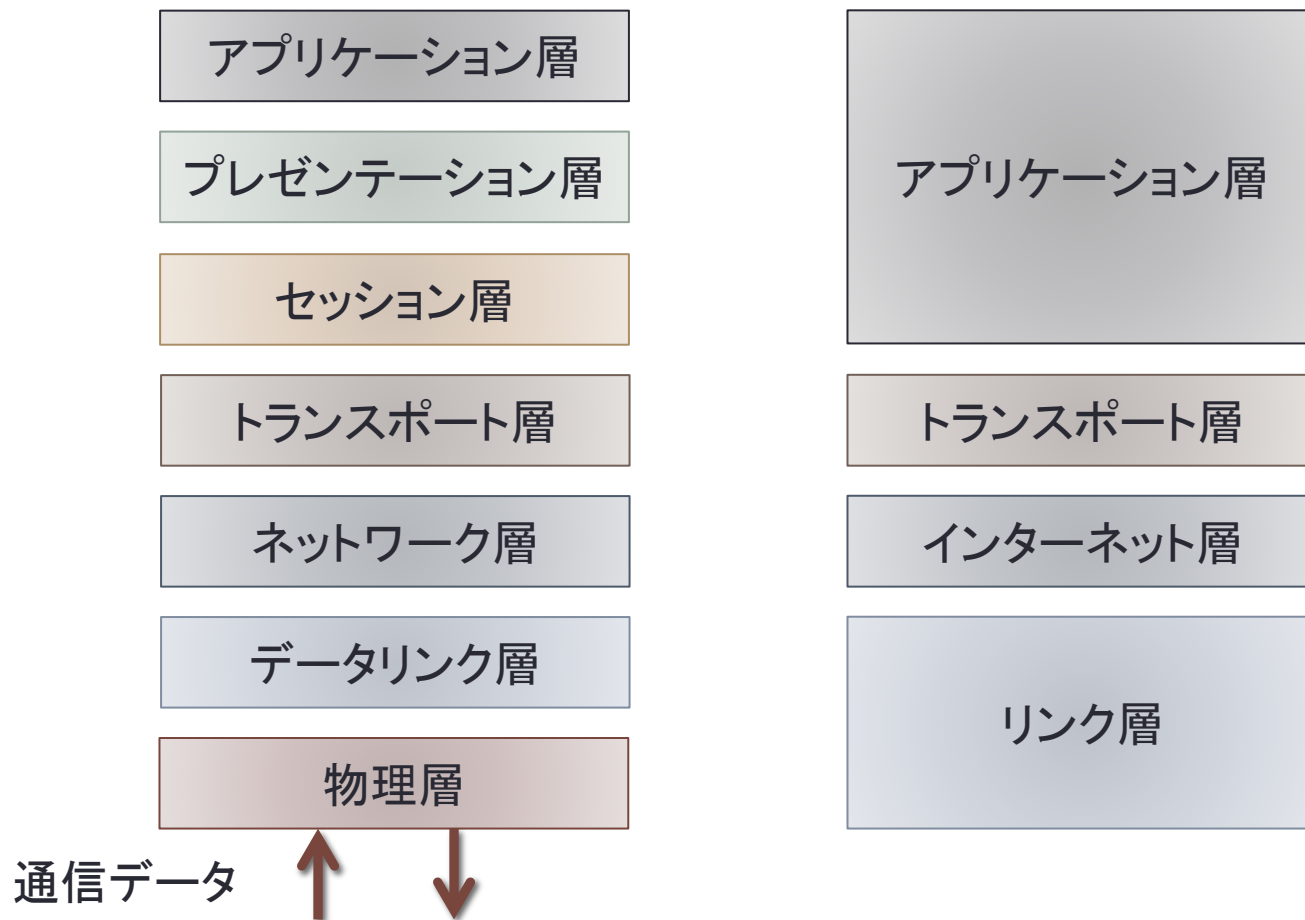


情報通信ネットワーク 第4回

理工学部情報科学科

松澤 智史

本日は……インターネット層



ネットワーク層の役割

- セグメントデータの packets によるカプセル化とアンカプセル化
- 論理アドレスを利用した異なるネットワーク上のノードとの packets 交換
- ルーティングプロトコルを利用した通信経路の決定

教科書より

とりあえず・・・カプセル化の話はIPヘッダと機能にも関係するので次回に
今回はネットワーク層の packets 交換についてお話しします

物理層

0,1のデータの切り分け

データリンク層

隣合う機器間の通信を可能にする)

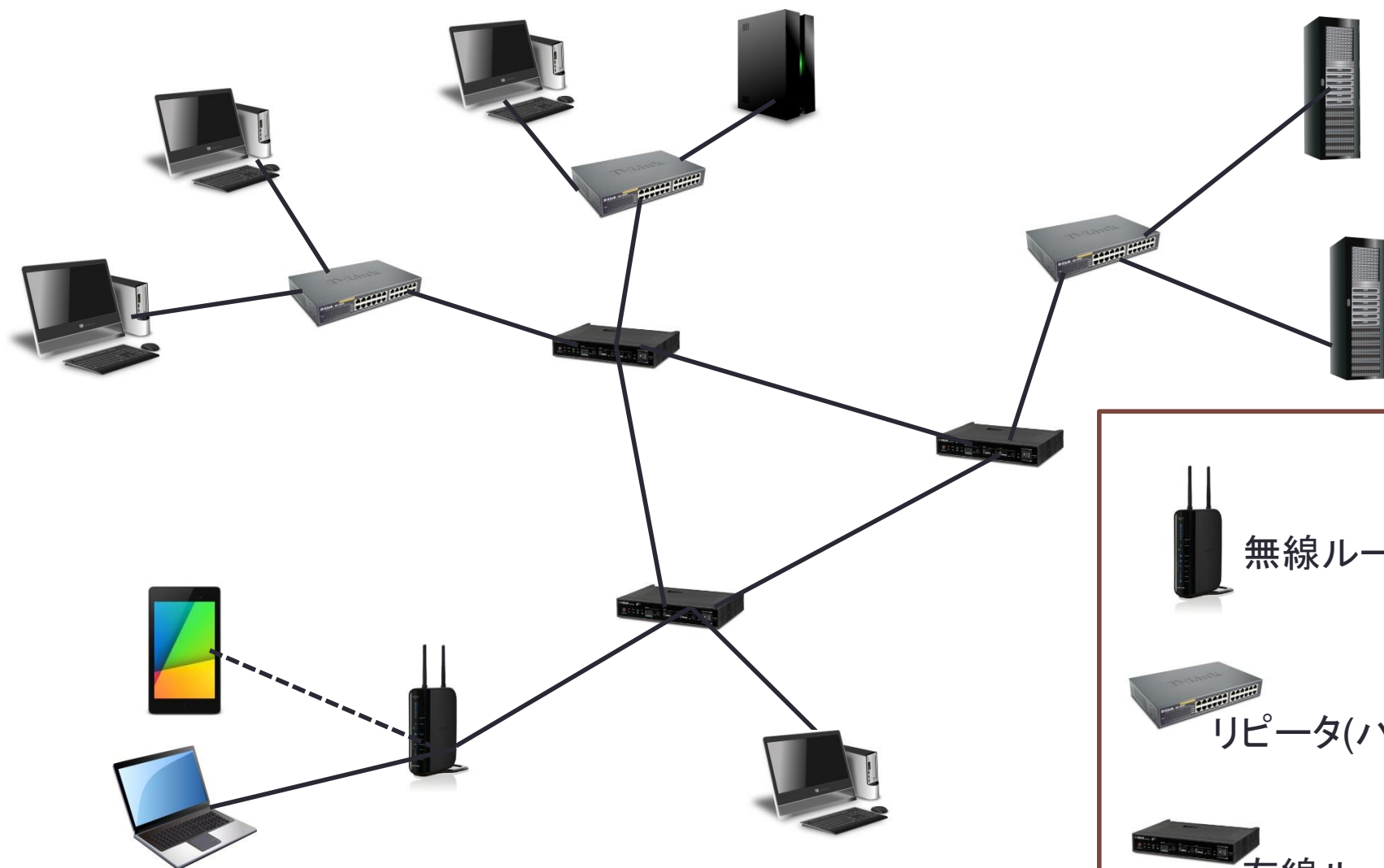
ネットワーク層

隣接しない機器間の通信を可能にする

論理アドレスを利用した異なる ネットワーク上のノードとのパケット交換

- 論理アドレス・・・？
- 異なるネットワーク・・・？

異なるネットワーク



無線ルータ



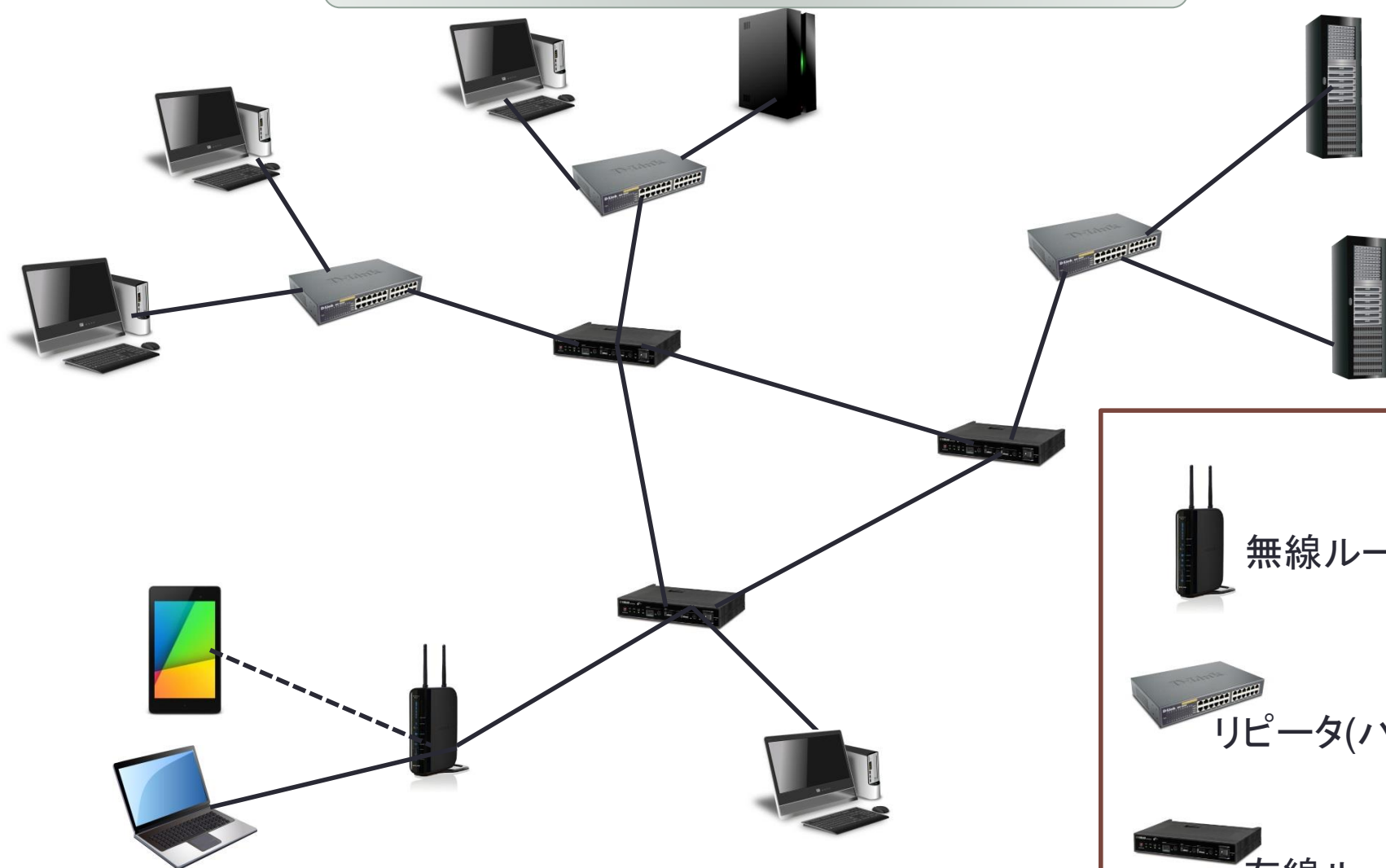
リピータ(ハブ)



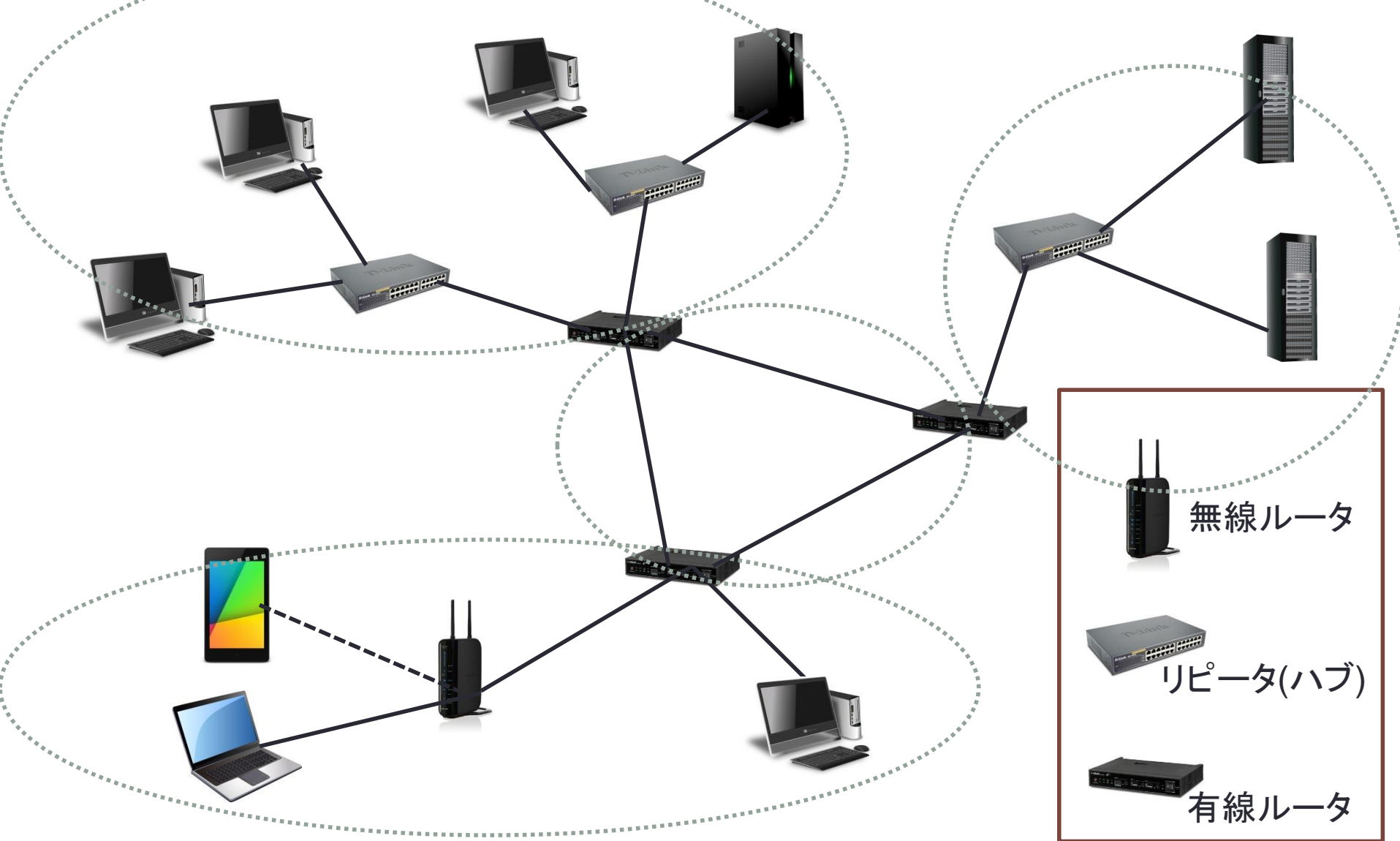
有線ルータ

異なるネットワーク

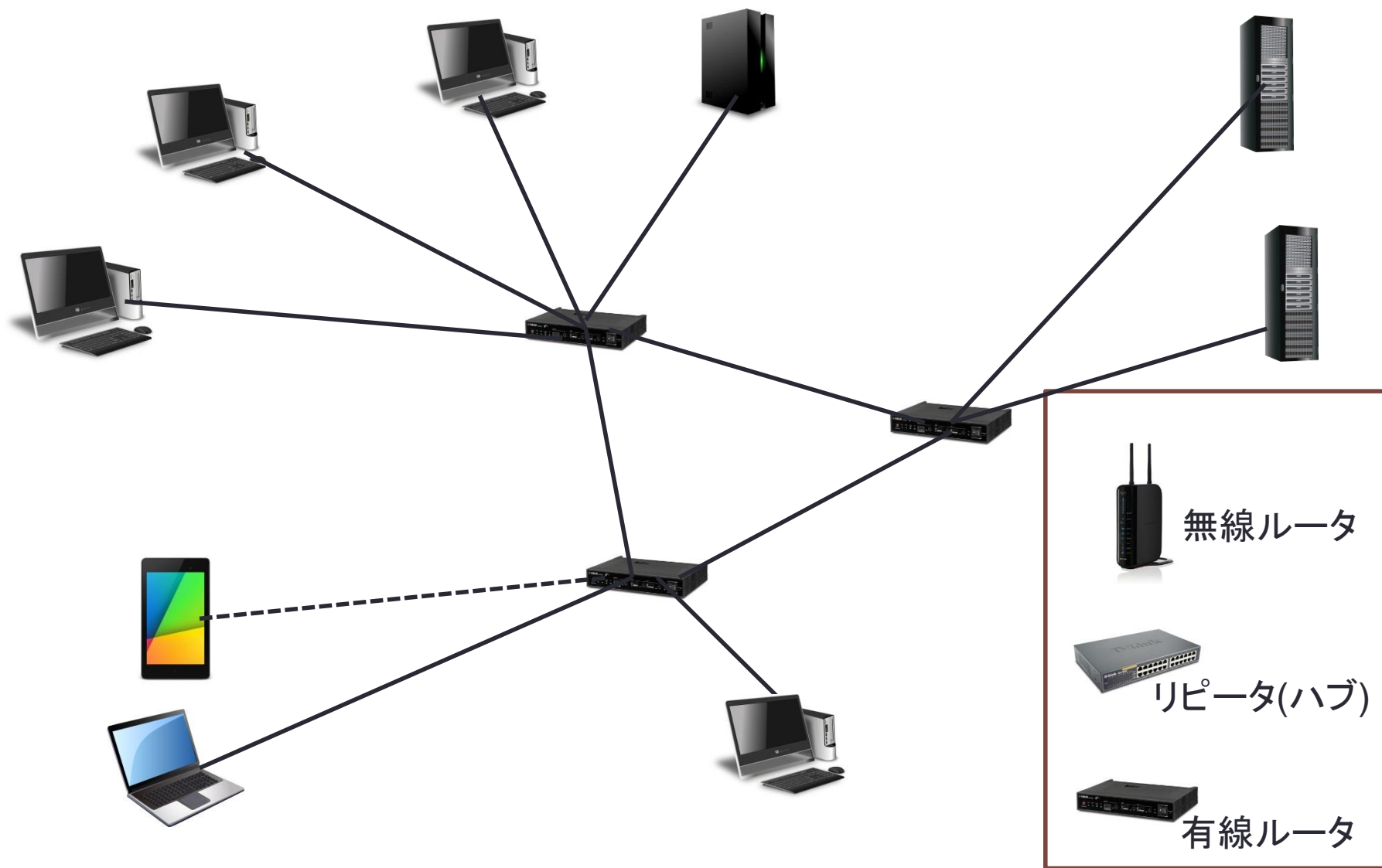
さて…どこが異なるネットワーク??



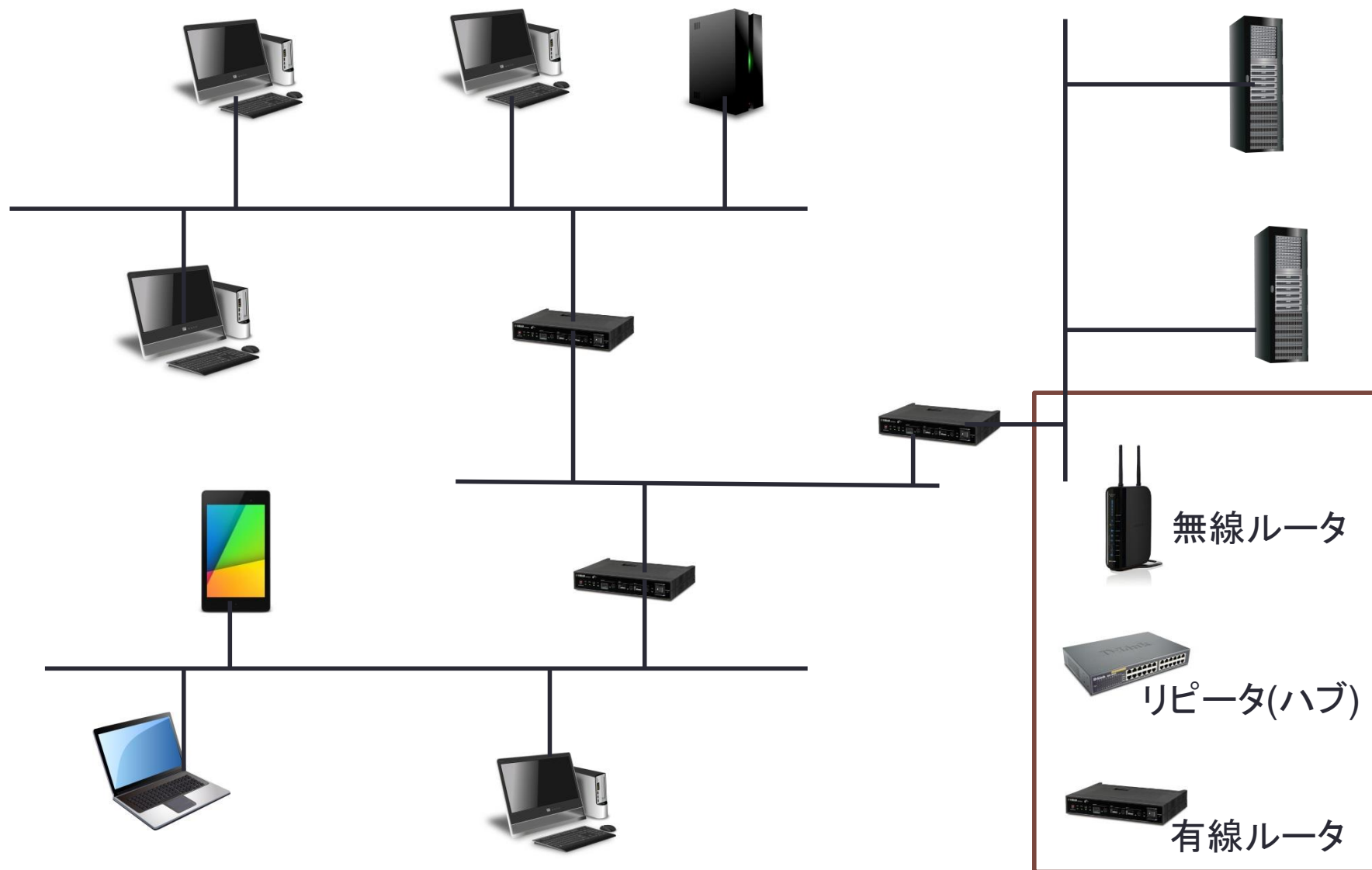
異なるネットワーク



ネットワーク図にすると...



ネットワーク図にすると...



イーサネット(データリンク層)では

- MACアドレスによる隣接した機器間の通信を可能にする
- つまり隣接しない他のネットワークとの通信は不可能

論理アドレス

- IPアドレス・ソフトウェアアドレスとも言う
- ネットワーク層のヘッダに送信元・送信先のアドレスを挿入
- 32ビットの一意のアドレスをインタフェースに割り当てる
- 機器固有のアドレスではなく、ネットワーク単位のアドレス
 - MACアドレスはベンダが一意を確保している
 - IPアドレスは、ネットワークで一意を確保している

IP (Internet Protocol)

ネットワーク層のプロトコルの1種

現在のインターネットの基盤
プロトコル

このアドレスでどのように通信するかは後回しにして、
まずはこのIPアドレスの仕組みを見てみよう

IPアドレスの仕組み

133.31.103.201

- 32bitのアドレスを8ビットずつドット「.」で区切る
- 各8ビットずつを10進数表記する
- 0.0.0.0～255.255.255.255の範囲
- ネットワークアドレスとホストアドレスにわけることができる
- ネットワークアドレスは階層化できる

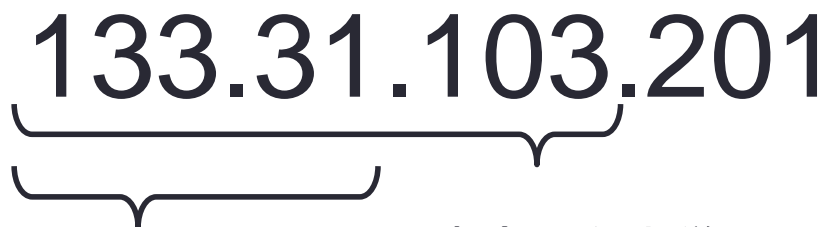
IPアドレスの仕組み

133.31.103.201

- 32bitのアドレスを8ビットずつドット「.」で区切る
- 各8ビットずつを10進数表記する
- 0.0.0.0～255.255.255.255の範囲
- ネットワークアドレスとホストアドレスにわけることができる
- ネットワークアドレスは階層化できる

IPアドレスの仕組み

133.31.103.201




東京理科大学のネットワークアドレス

東京理科大学工学部
情報科学科のネットワークアドレス

- 32bitのアドレスを8ビットずつドット「.」で区切る
- 各8ビットずつを10進数表記する
- 0.0.0.0～255.255.255.255の範囲
- ネットワークアドレスとホストアドレスにわけることができる
- ネットワークアドレスは階層化できる

IPアドレスの仕組み

133.31.103.201



東京理科大学のネットワークアドレス

東京理科大学工学部
情報科学科のネットワークアドレス

- 32bitのアドレスを8ビットずつドット「.」で区切る
- 各8ビットずつを10進数表記する
- 0.0.0.0～255.255.255.255の範囲
- ネットワークアドレスとホストアドレスにわけることができる
- ネットワークアドレスは階層化できる
- 組織ごとに異なるネットワークアドレスを割り当てる

IPアドレス割り当ての管理

- IANA(Internet Assigned Number Authority)が管理
- 地域ごとにアドレス群を委譲
- 日本のアドレス管理はJPNIC(JaPan Network Information Center)が管理

元に戻ってIPアドレスについて

10000101000111110110011100001010 (32bit)



10000101 00011111 01100111 00001010



133 31 103 10



133.31.103.10

ネットワークA

ネットワークB



ホストA



ホストB



ネットワークBのホストB宛のパケット

どのようにネットワークアドレスと ホストアドレスを切り分ける……？

- クラスによる分類
- ネットマスク(サブネットマスクによる区切り)

クラス

- ネットワークとホストをクラスでわけ.

(現在はほぼ使用されていない)

- クラスA(ネットワーク8bit): 1.0.0.0～126.255.255.255 先頭が0
 - ネットワーク数 126 ホスト数16777214
- クラスB (ネットワーク16bit): 128.1.0.0～191.254.255.255 先頭が10
 - ネットワーク数 16382 ホスト数 65534
- クラスC (ネットワーク24bit): 192.0.1.0～223.255.254.255 先頭が110
 - ネットワーク数 2097150 ホスト数 254

詳細はRFC3330参照

※ プライベートアドレス

LAN内に閉じられた範囲で自由に使えるアドレス

- 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

クラスによる分類の欠点

- 8ビット単位でしか切り分けできない
 - 非常に無駄が生じる(クラスBで65534, クラスAは16777214)
特にクラスAはとてもひとつの組織で使いきれない……
- 理科大のクラスB(133.31.0.0～133.31.255.255)がネットワークアドレスになってしまうので、各学部学科ごとのネットワークに切り分けできない

ちなみに……

IPアドレスは32bit(2^{32})=約42億しかないので
人類1人に1アドレス割り当てることができない

サブネットマスクによる切り分け

Classless Inter-Domain Routing (CIDR)と呼ぶ

- ・ 効率的にIPアドレスを割り振ることができる.
- ・ サブネットマスクを用いる.

例:

IPアドレス 133.31.103.150

サブネットマスク 255.255.255.0

10000101 00011111 01100111 11001000

11111111 11111111 11111111 00000000 AND演算をする

11000101 00011111 01100111 00000000

ネットワークアドレス 133.31.103.0

このネットワークは133.31.103.1～133.31.103.254

メモ

CIDRではIPアドレスの後ろに
ネットワークアドレスの長さを
/nと表記する.

Ex. 133.31.103.0/24

これによって情報科学科(133.31.103.0/24)の
ネットワークアドレスを作ることができる

WindowsでのIP設定

インターネット プロトコル バージョン 4 (TCP/IPv4) のプロパティ

全般

ネットワークでこの機能がサポートされている場合は、IP 設定を自動的に取得することができます。サポートされていない場合は、ネットワーク管理者に適切な IP 設定を問い合わせてください。

☐ IP アドレスを自動的に取得する(O)

☒ 次の IP アドレスを使う(S):

IP アドレス(I):	133 . 31 . 103 . 50
サブネット マスク(U):	255 . 255 . 255 . 0
デフォルト ゲートウェイ(D):	133 . 31 . 103 . 11

☐ DNS サーバーのアドレスを自動的に取得する(B)

☒ 次の DNS サーバーのアドレスを使う(E):

優先 DNS サーバー(P):	. . .
代替 DNS サーバー(A):	. . .

☐ 終了時に設定を検証する(L)

詳細設定(V)...

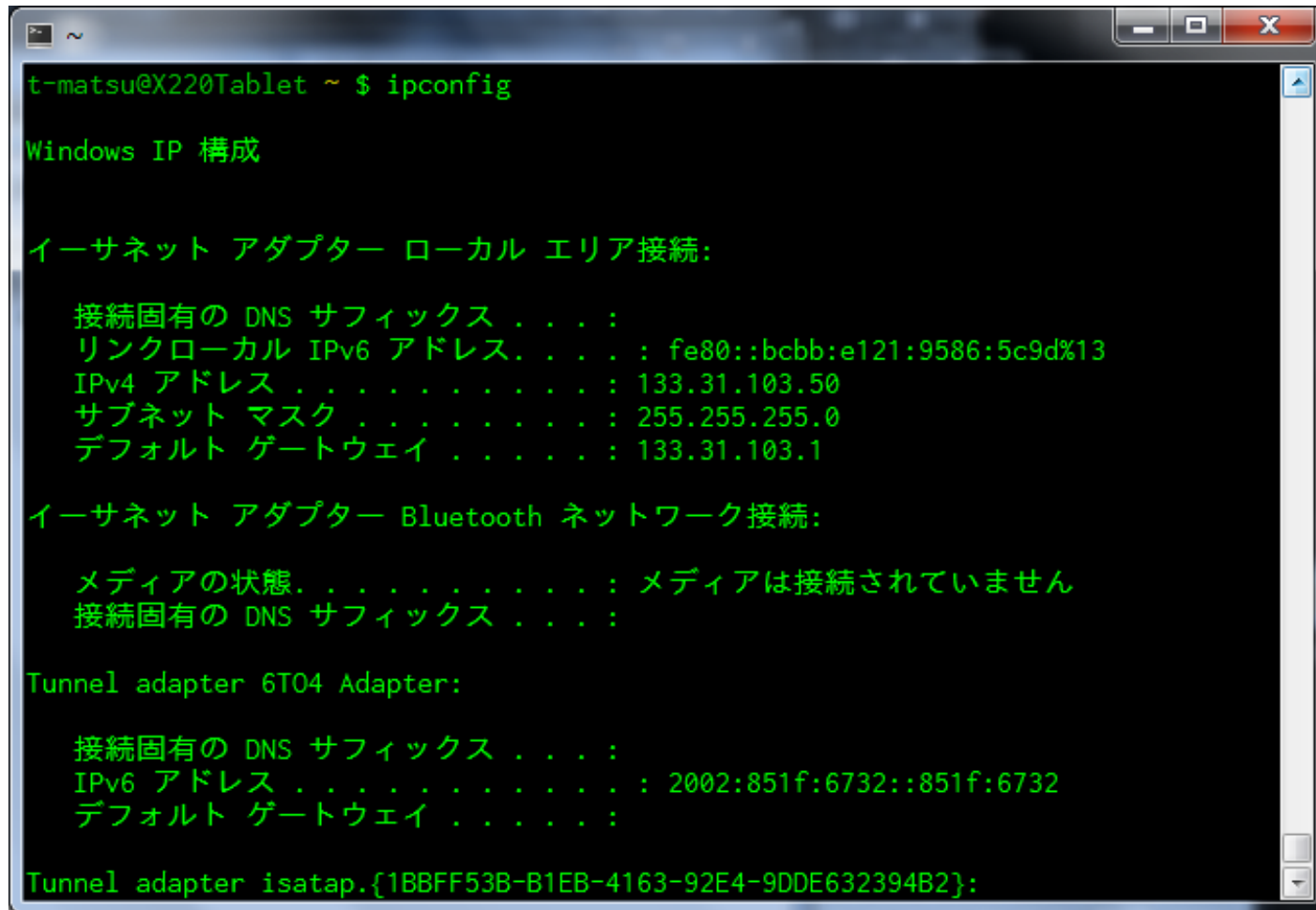
OK キャンセル

デフォルトゲートウェイ

同一ネットワーク内に対象の
IPアドレスがない場合
送る先のIPアドレス

通常ルータのIPアドレスを
設定する

WindowsでのIP設定



```
t-matsu@X220Tablet ~ $ ipconfig

Windows IP 構成

イーサネット アダプター ローカル エリア接続:

    接続固有の DNS サフィックス . . . . : 
    リンクローカル IPv6 アドレス . . . . : fe80::bcb:b121:9586:5c9d%13
    IPv4 アドレス . . . . . : 133.31.103.50
    サブネット マスク . . . . . : 255.255.255.0
    デフォルト ゲートウェイ . . . . . : 133.31.103.1

イーサネット アダプター Bluetooth ネットワーク接続:

    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 . . . . : 

Tunnel adapter 6T04 Adapter:

    接続固有の DNS サフィックス . . . . : 
    IPv6 アドレス . . . . . : 2002:851f:6732::851f:6732
    デフォルト ゲートウェイ . . . . . : 

Tunnel adapter isatap.{1BBFF53B-B1EB-4163-92E4-9DDE632394B2}:
```

Windows→ ipconfig ipconfig -allとするとMACアドレス等, もう少し詳細な情報が得られる
Unix→ ifconfig

特殊なIPアドレス

- クラスD (224.0.0.0)～239.255.255.255
 - マルチキャスト用アドレス
 - ホスト(インタフェース)単位ではなくグループに割り当てる
- ブロードキャストアドレス
 - ホスト部がすべて1 情報科学科(133.31.103.0/24)の場合 133.31.103.255が該当
 - 同一ネットワーク内すべての機器に対しての送信アドレスになる
- ループバックアドレス
 - 127.0.0.1が該当 自分自身へのアドレスになる
 - 自分のIPアドレス宛に送ってもよいがループバックアドレスの場合、データリンク層以下に送られずに受信できるため、効率が良い

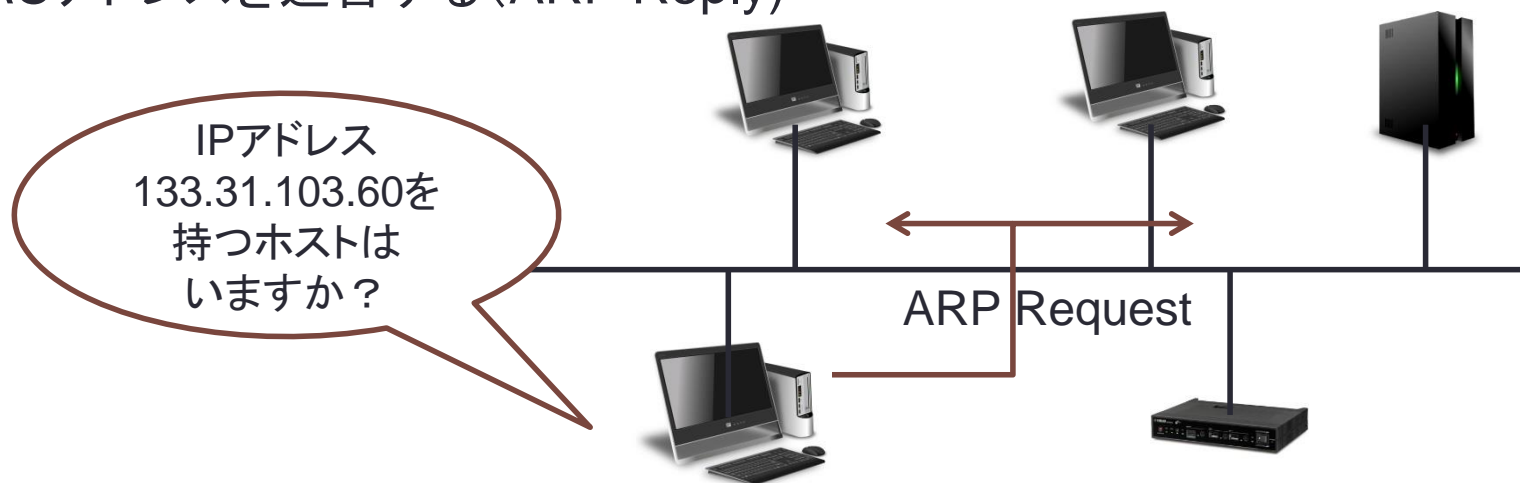
実際のパケット配送に入る前に..

ARP(Address Resolution Protocol)

- 実際に通信を行う再にはデータリンクでMACアドレスをつける必要がある
- IPアドレスからMACアドレスを調べる, または逆を調べるプロトコル

手順

- ブロードキャストで該当するIPアドレスを持つ機器にMACアドレスを問い合わせる(ARP Request)
- 該当するIPアドレスを持つ機器は問い合わせ機器に対して自身のMACアドレスを返答する(ARP Reply)



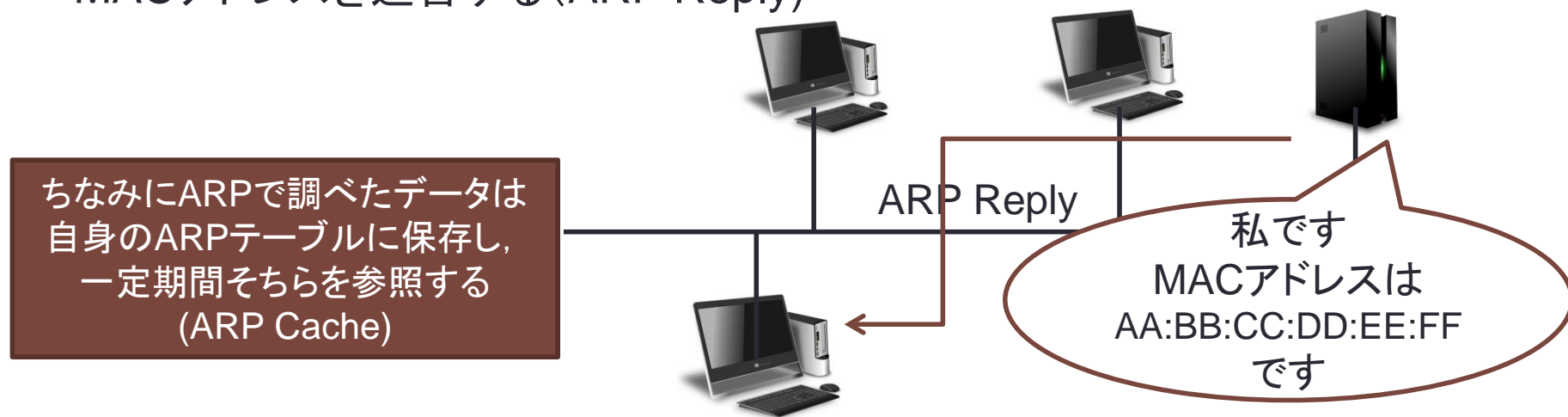
実際のパケット配送に入る前に..

ARP(Address Resolution Protocol)

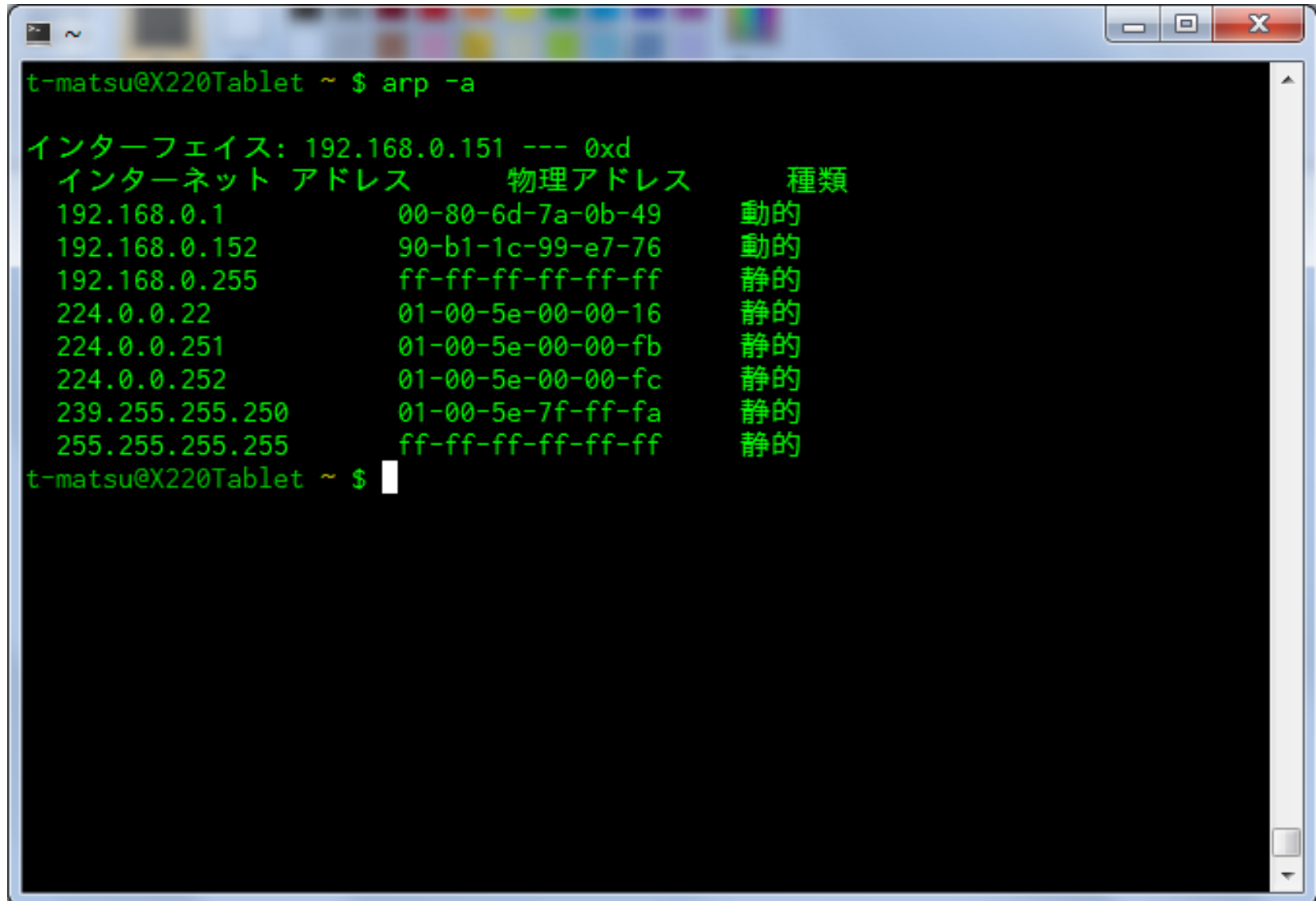
- 実際に通信を行う再にはデータリンクでMACアドレスをつける必要がある
- IPアドレスからMACアドレスを調べる, または逆を調べるプロトコル

手順

- ブroadcastで該当するIPアドレスを持つ機器にMACアドレスを問い合わせる(ARP Request)
- 該当するIPアドレスを持つ機器は問い合わせ機器に対して自身のMACアドレスを返答する(ARP Reply)



ARPコマンドの例



A terminal window titled '~' with standard window controls (minimize, maximize, close). The prompt is 't-matsu@X220Tablet ~ \$'. The command 'arp -a' has been executed, displaying the ARP table. The output is as follows:

```
t-matsu@X220Tablet ~ $ arp -a
インターフェイス: 192.168.0.151 --- 0xd
インターネット アドレス      物理アドレス      種類
192.168.0.1                  00-80-6d-7a-0b-49   動的
192.168.0.152                90-b1-1c-99-e7-76   動的
192.168.0.255                ff-ff-ff-ff-ff-ff   静的
224.0.0.22                   01-00-5e-00-00-16   静的
224.0.0.251                  01-00-5e-00-00-fb   静的
224.0.0.252                  01-00-5e-00-00-fc   静的
239.255.255.250              01-00-5e-7f-ff-fa   静的
255.255.255.255              ff-ff-ff-ff-ff-ff   静的
t-matsu@X220Tablet ~ $
```

IPアドレスを用いたパケット配送

各機器はルーティングテーブルと呼ばれるデータベースを持つ

該当IPアドレス	宛先
133.31.112.0/24	133.31.112.1
133.31.113.0/24	133.31.113.1
133.31.114.0/24	133.31.114.1
133.31.0.0/16	133.31.25.1
192.168.0.0/24	192.168.0.1
0.0.0.0/0	133.31.103.1

例:

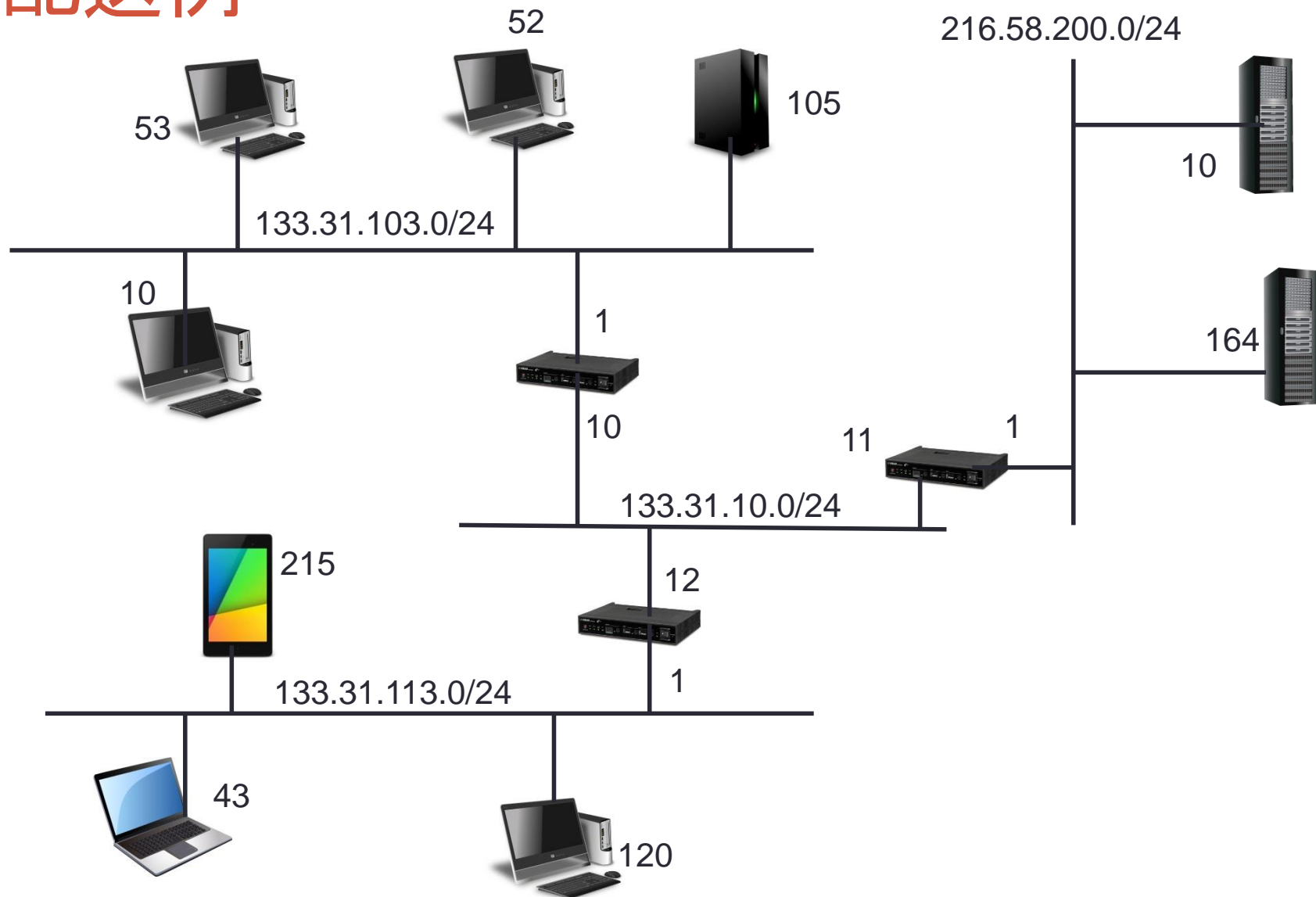
133.31.103.100宛は,
133.31.103.1宛に送る

133.31.113.76宛は,
133.31.113.1宛に送る

送りたい相手のIPアドレスからこのテーブルを調べる
ルール

- /nのビットまで一致する行の宛先が選ばれる
- 複数マッチする場合は最長一致する行が優先される
- 0.0.0.0はすべてのIPアドレスがマッチする(デフォルトルータ宛)

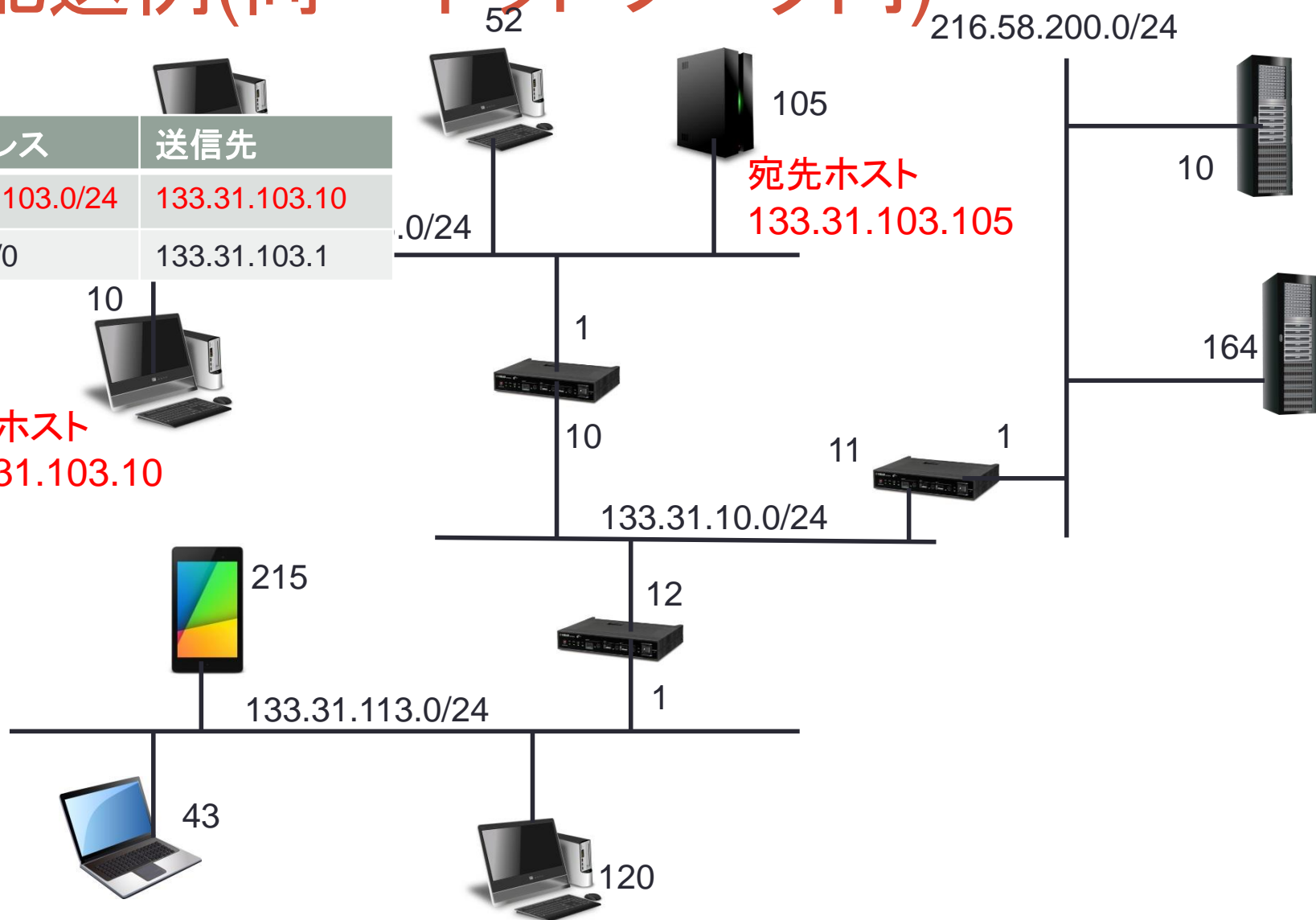
配送例



配送例(同一ネットワーク内)

IPアドレス	送信先
133.31.103.0/24	133.31.103.10
0.0.0.0/0	133.31.103.1

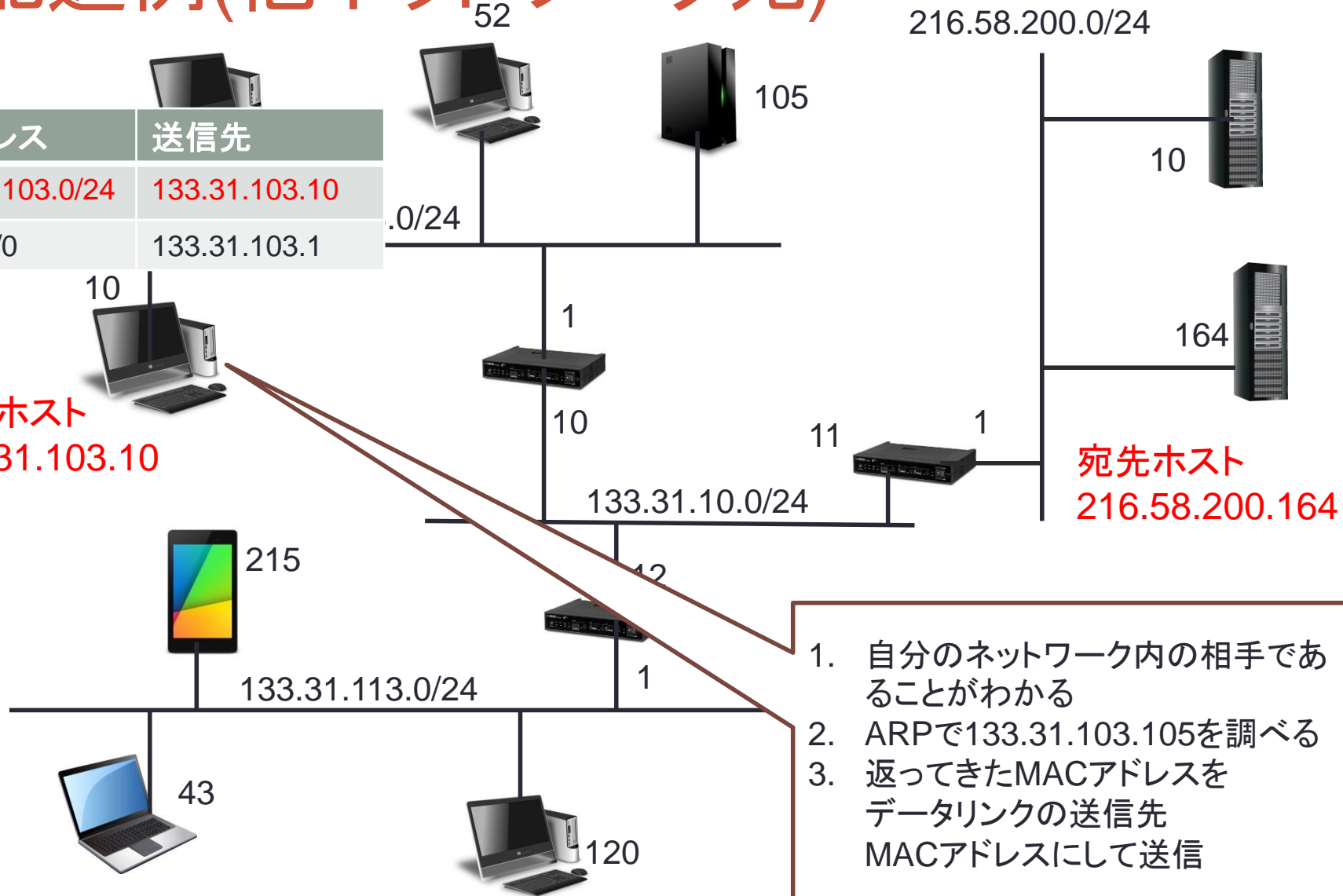
送信ホスト
133.31.103.10



配送例(他ネットワーク宛)

IPアドレス	送信先
133.31.103.0/24	133.31.103.10
0.0.0.0/0	133.31.103.1

送信ホスト
133.31.103.10



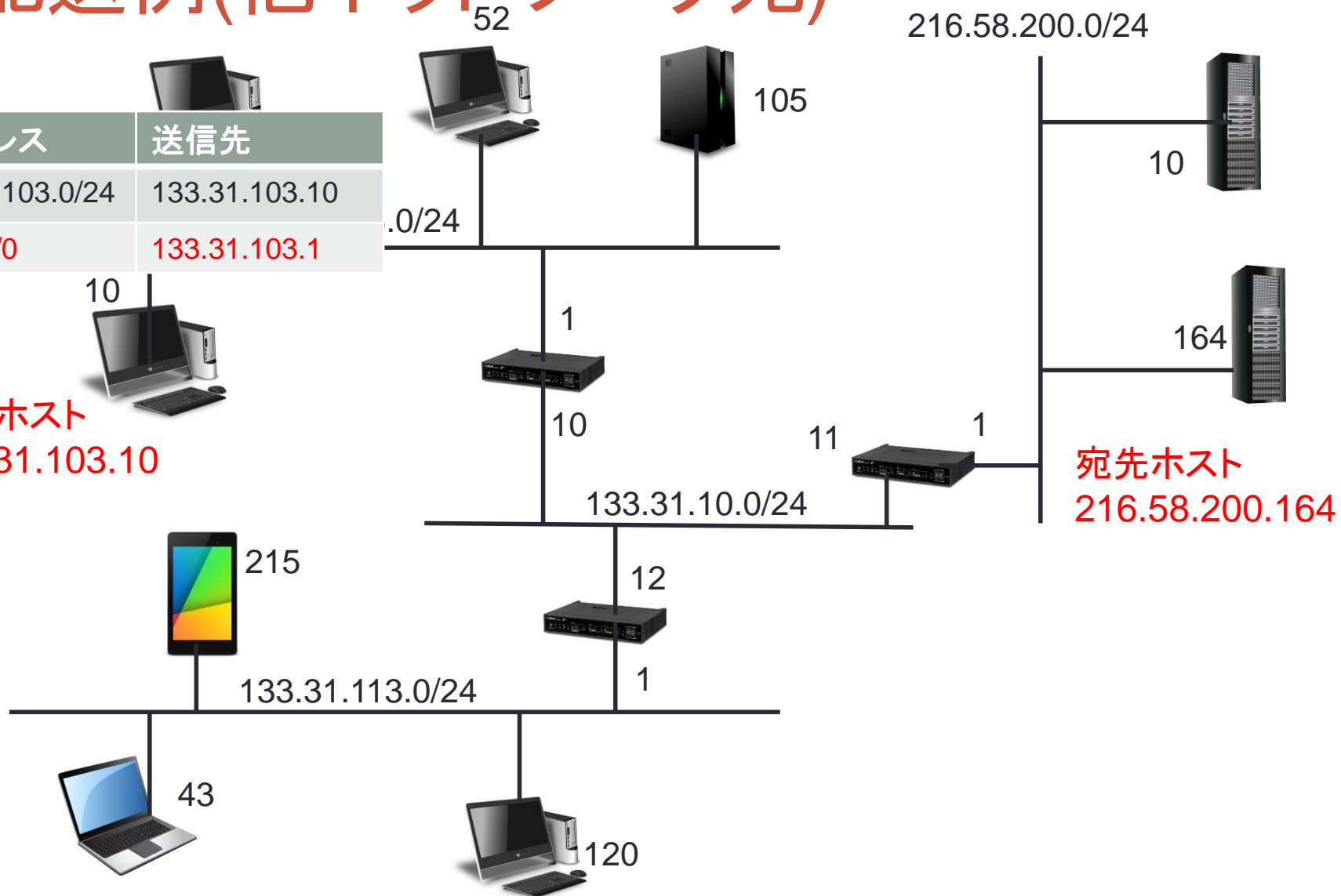
宛先ホスト
216.58.200.164

1. 自分のネットワーク内の相手であることがわかる
2. ARPで133.31.103.105を調べる
3. 返ってきたMACアドレスをデータリンクの送信先MACアドレスにして送信

配送例(他ネットワーク宛)

IPアドレス	送信先
133.31.103.0/24	133.31.103.10
0.0.0.0/0	133.31.103.1

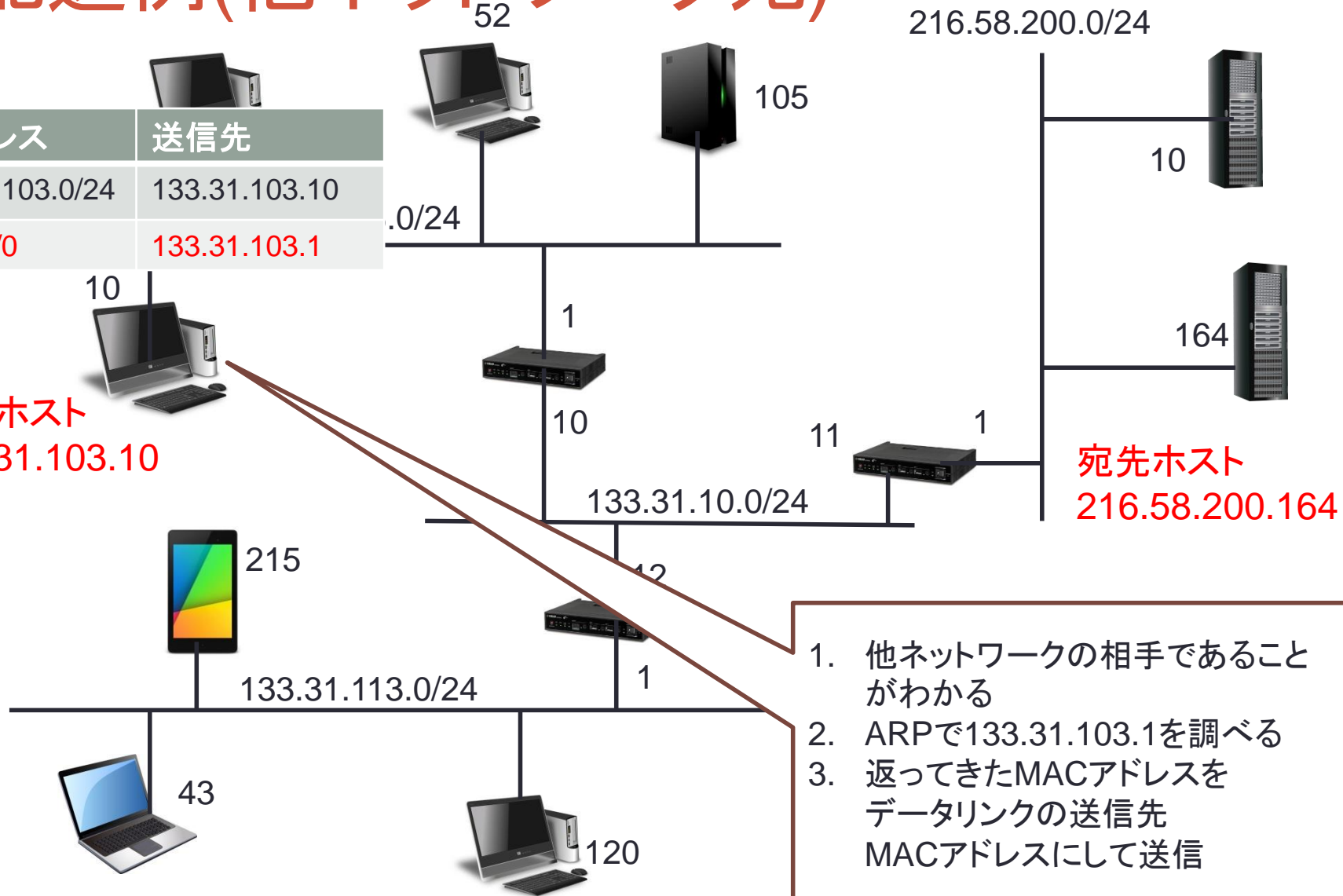
送信ホスト
133.31.103.10



配送例(他ネットワーク宛)

IPアドレス	送信先
133.31.103.0/24	133.31.103.10
0.0.0.0/0	133.31.103.1

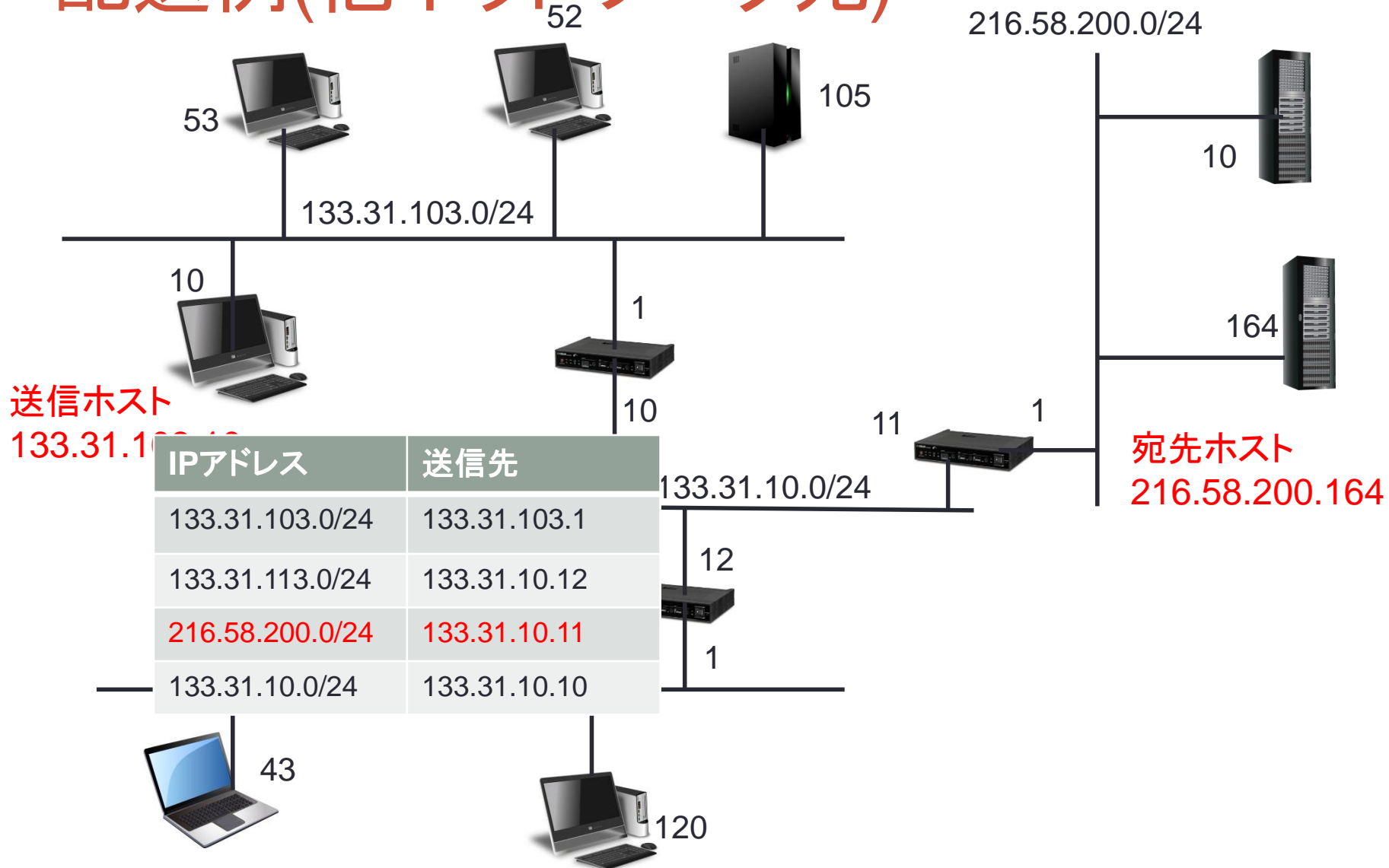
送信ホスト
133.31.103.10



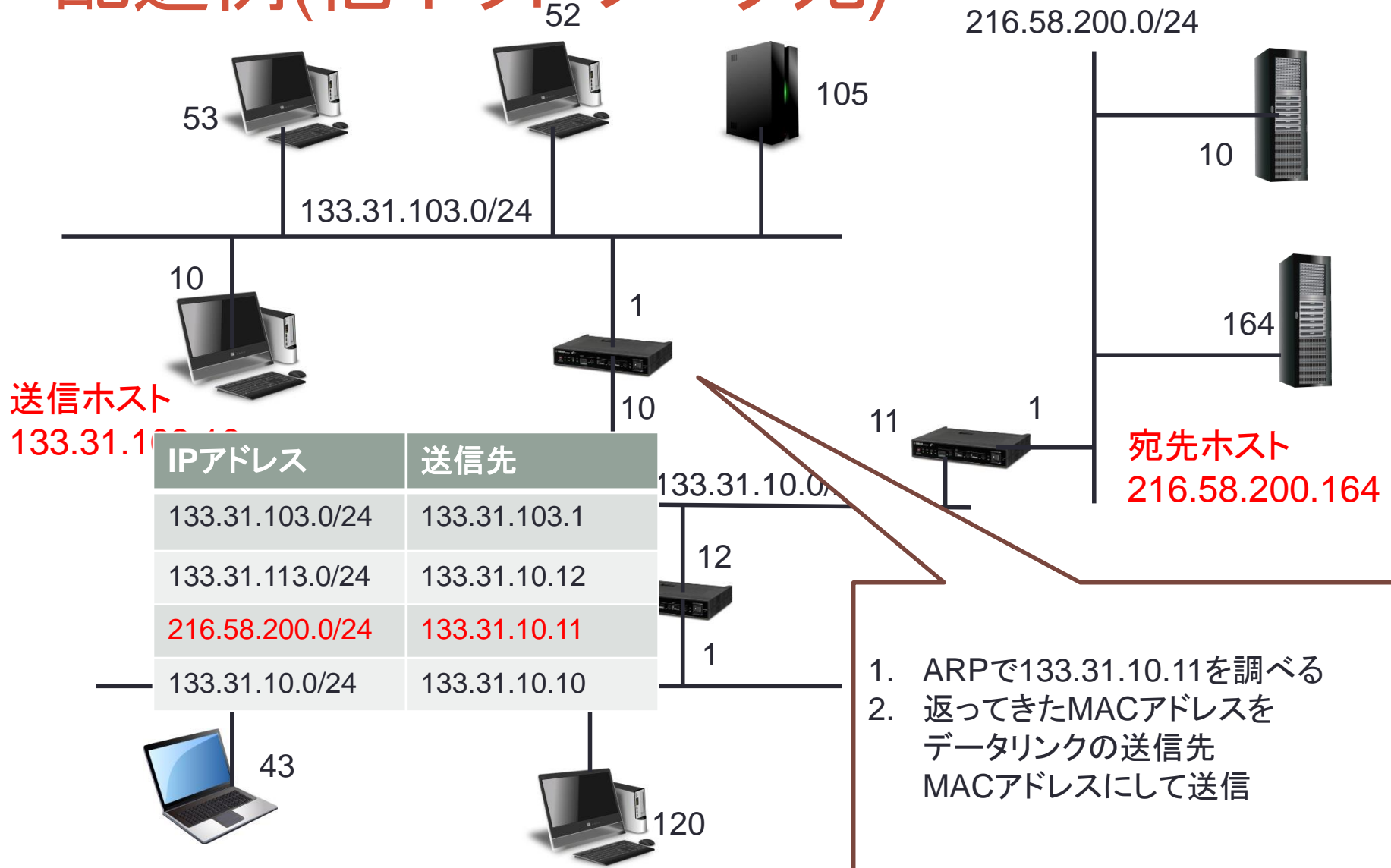
宛先ホスト
216.58.200.164

1. 他ネットワークの相手であることがわかる
2. ARPで133.31.103.1を調べる
3. 返ってきたMACアドレスをデータリンクの送信先MACアドレスにして送信

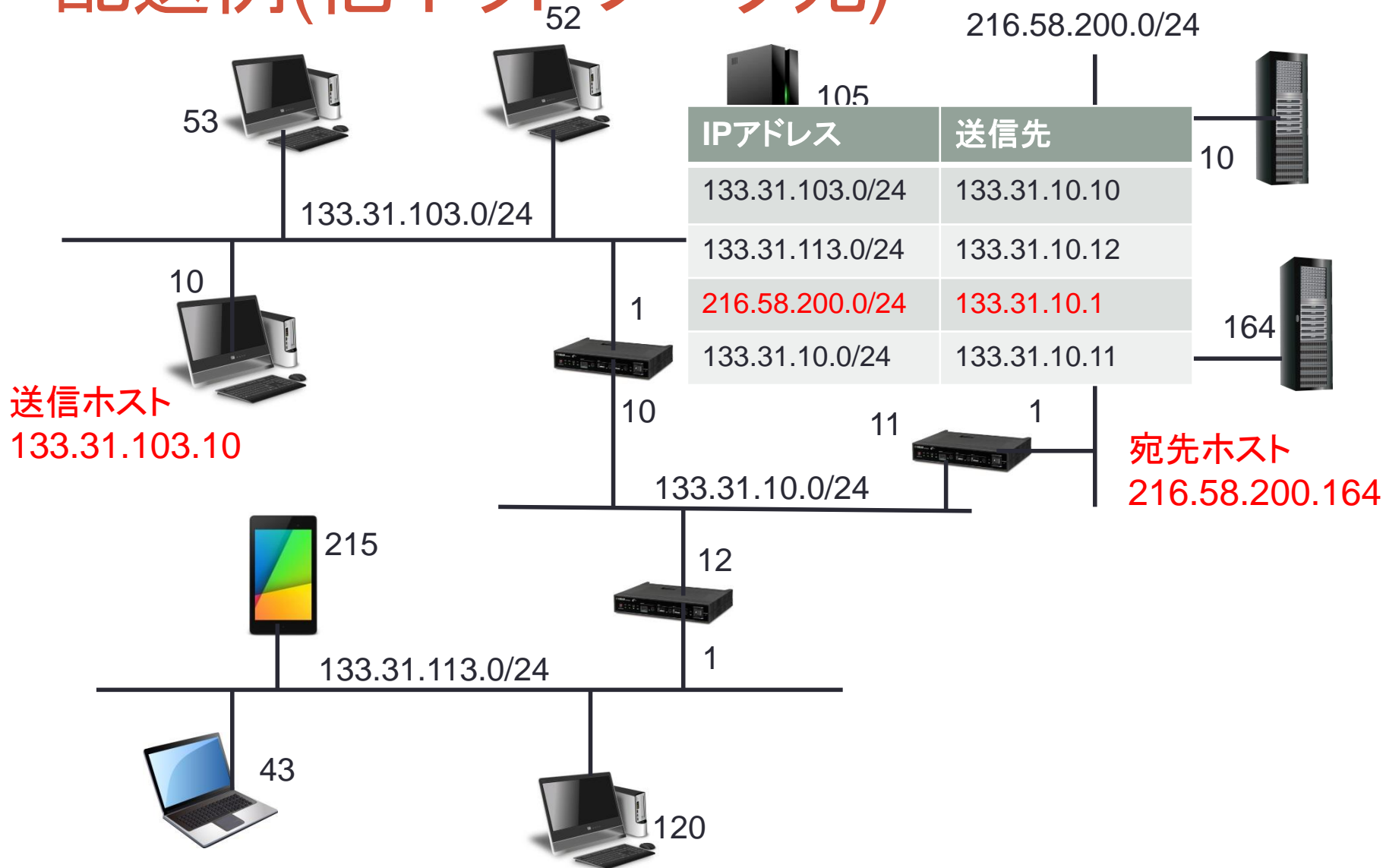
配送例(他ネットワーク宛)



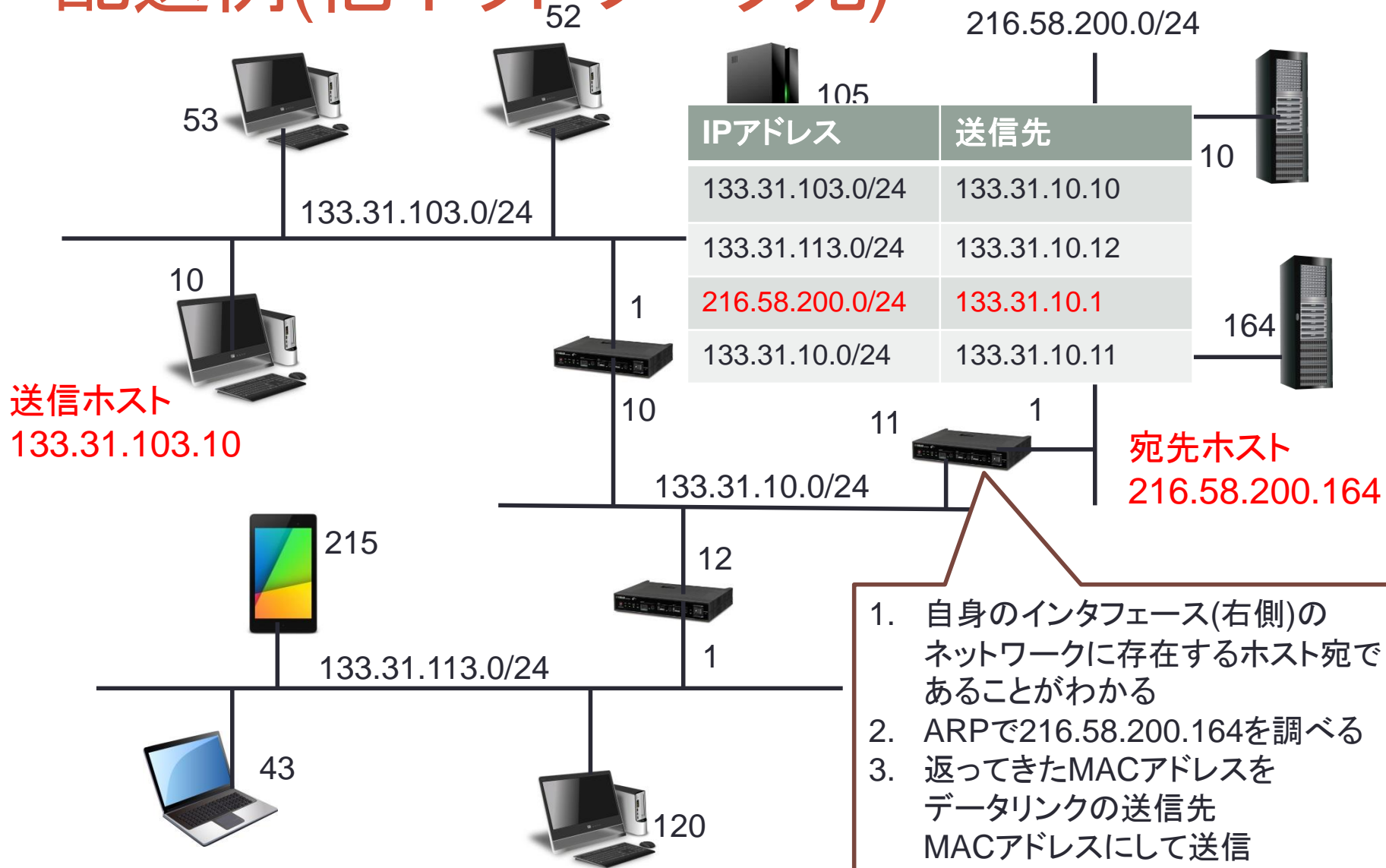
配送例(他ネットワーク宛)



配送例(他ネットワーク宛)



配送例(他ネットワーク宛)



配送まとめ

送信元ホスト

ルータ

送信先(宛先)ホスト

IPアドレス10.10.10.5/24
MACアドレスA

IPアドレス20.20.20.1/24
MACアドレスC

IPアドレス10.10.10.1/24
MACアドレスB

IPアドレス20.20.20.5/24
MACアドレスD

厳密にはここにTypeフィールドが入るが省略



配送まとめ

IPアドレス10.10.10.5/24
MACアドレスA



IPアドレス20.20.20.1/24
MACアドレスC



IPアドレス10.10.10.1/24
MACアドレスB



IPアドレス20.20.20.5/24
MACアドレスD



配送まとめ

IPアドレス10.10.10.5/24
MACアドレスA



IPアドレス20.20.20.1/24
MACアドレスC



IPアドレス10.10.10.1/24
MACアドレスB



IPアドレス20.20.20.5/24
MACアドレスD



配送まとめ

IPアドレス10.10.10.5/24
MACアドレスA



IPアドレス20.20.20.1/24
MACアドレスC



IPアドレス10.10.10.1/24
MACアドレスB



IPアドレス20.20.20.5/24
MACアドレスD



今回のまとめ

- ネットワーク層
 - 他ネットワークの機器との通信をサポート
- IPアドレス(論理アドレス・ソフトウェアアドレス)
 - IPアドレスはネットワークアドレス・ホストアドレスにわけられる
 - ネットワークアドレスの判別にはサブネットマスクを使用する
- パケット配送
 - 各機器はルーティングテーブル(経路表)を持つ
 - ルーティングテーブルに従い該当IPアドレスのMACアドレスをARPで調べて送る
 - 配送の中継をする機器をルータと呼ぶ

質問あればどうぞ

次回はネットワーク層(つづき)！

～IPヘッダやIPの他の機能について～