

# 最低限 Unix (Linux) III

## ネットワークの仕組み

---

情報実験第 4 回(2024/05/17)

北海道大学 大学院理学院 宇宙理学専攻  
修士1年 吉川 颯真

# 本日のお話

---

- ネットワーク通信の仕組みとは？
- ネットワークに繋げるために必要な情報は？

# 本日のレクチャー内容

---

- ネットワーク概要
  - ネットワーク
  - コンピュータネットワーク
  - LAN, WAN, Internet
- ネットワーク通信の基本
  - パケット通信
  - TCP/IP
  - ネットワークパラメータ
  - DNS

# ネットワーク

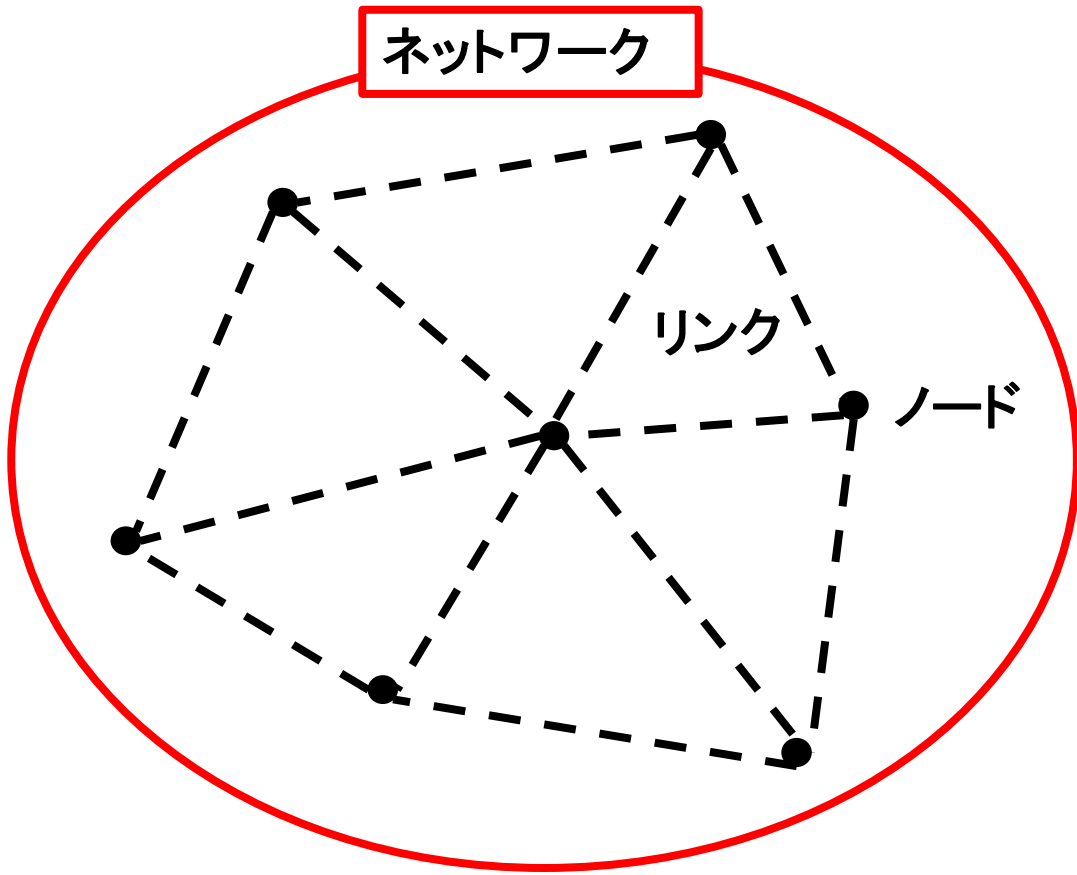
- 点(ノード)を経路(リンク)でつないだ網

ネットワーク

(IT用語辞典 e-Words, ネットワーク)

- 例)

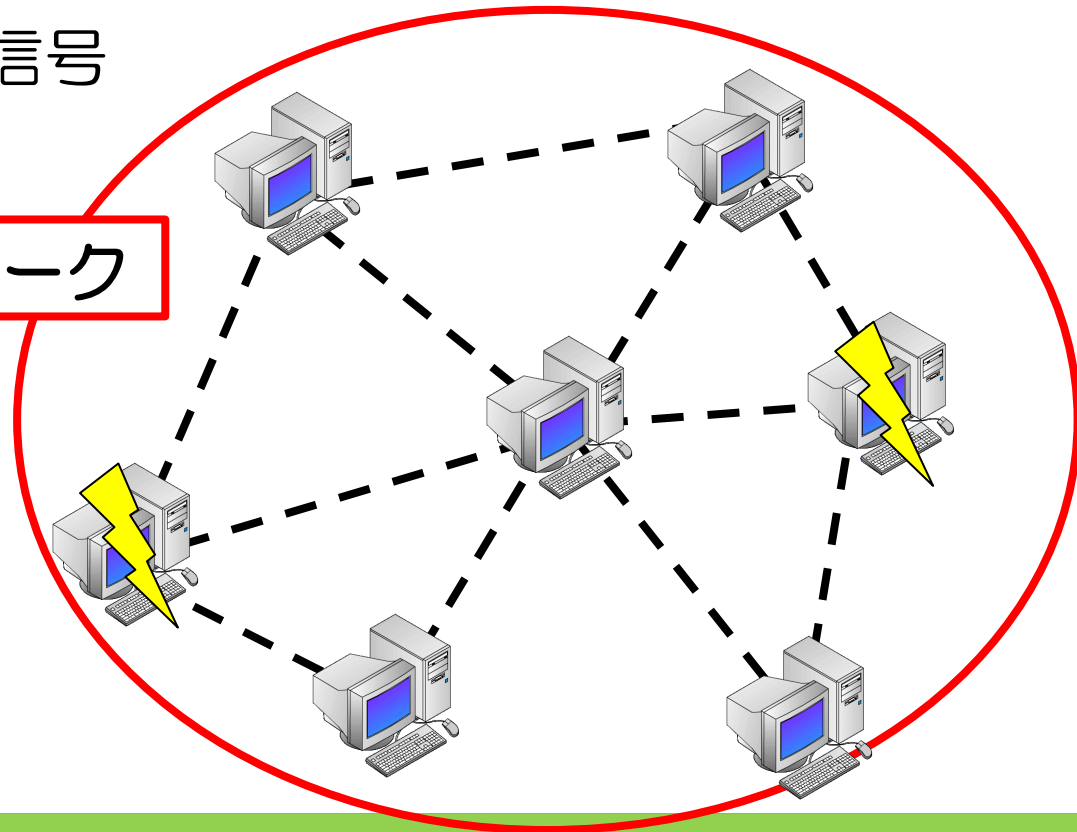
- 鉄道ネットワーク
- 口コミ
- コンピュータネットワーク



# コンピュータネットワーク

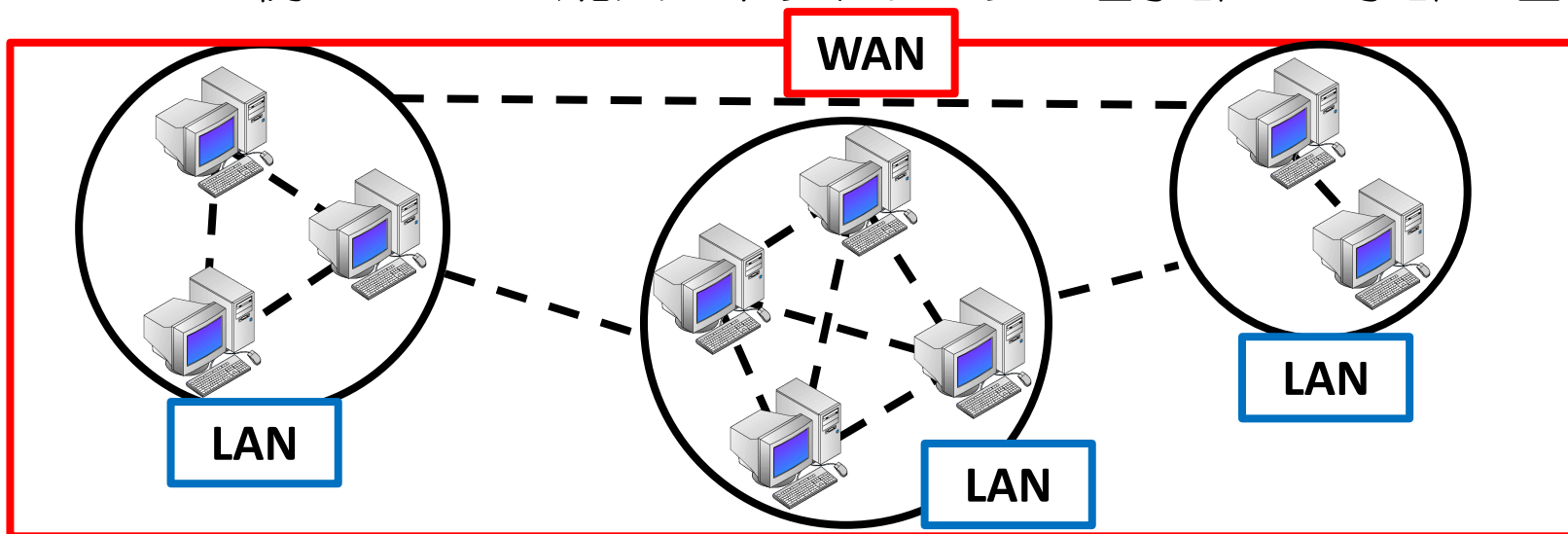
- 計算機同士の接続により構築されるネットワーク
  - 点(ノード)：計算機
  - 経路(リンク)：ネットワークケーブル, 電波
  - 伝達するもの：電気信号

コンピュータネットワーク



# LAN と WAN

- LAN (Local Area Network)
  - 複数の**計算機**を相互接続したネットワーク
    - 例：情報実験機同士，家庭内ネットワーク
- WAN (Wide Area Network)
  - 複数の**LAN**を相互接続したネットワーク
    - 例：HINES (北大のネットワーク：理学部 + 工学部 + 図書館 + …)



# Internet

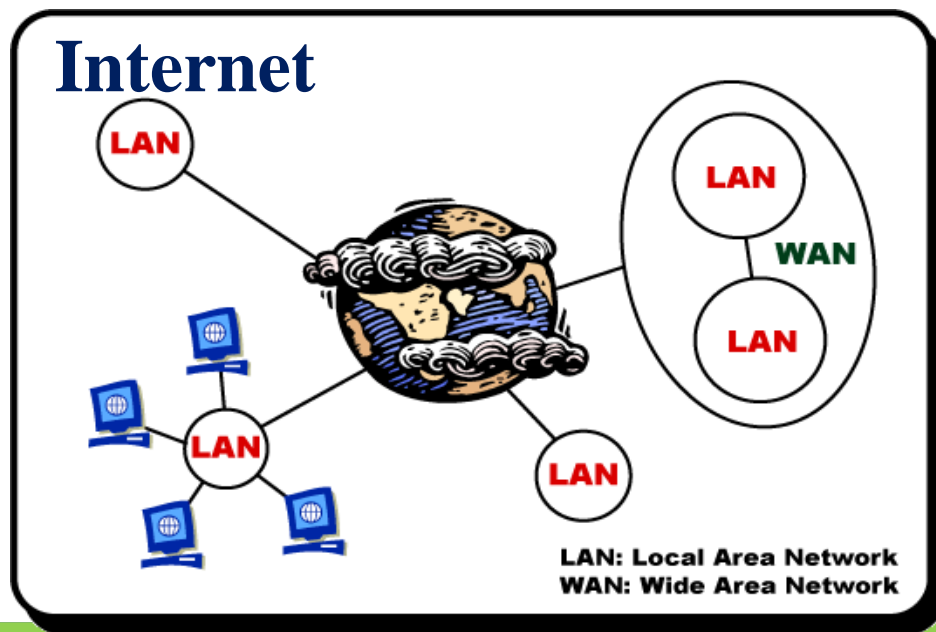
- Internet

- ARPAnet を起源とする世界規模のネットワーク

- ※ internet

- 複数のネットワークを相互接続するネットワーク

- ネットワーク通信は個人の計算機からLAN・WANを通じて Internet へ



# 本日のレクチャー内容

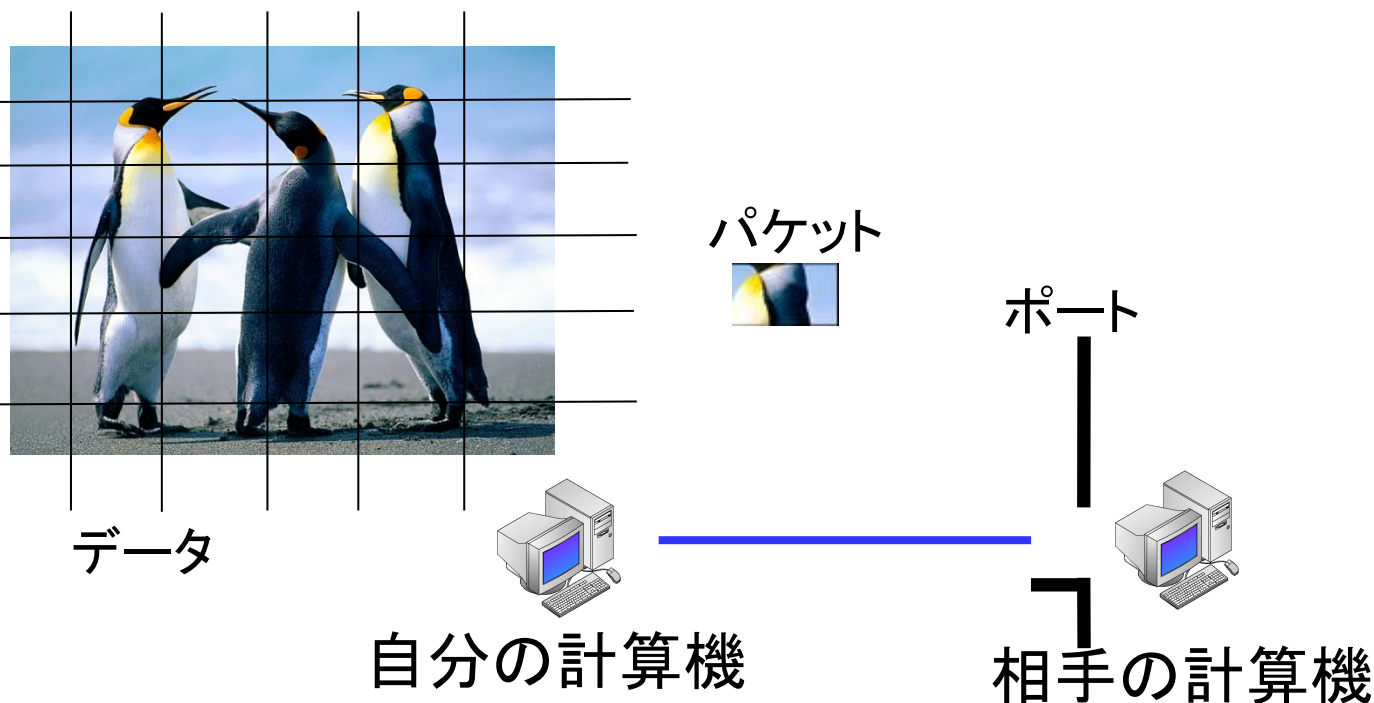
---

- ネットワーク概要
  - ネットワーク
  - コンピュータネットワーク
  - LAN, WAN, Internet
- ネットワーク通信の基本
  - パケット通信
  - TCP/IP
  - ネットワークパラメータ
  - DNS



# ネットワーク通信の基本：パケット通信

- データを**パケット**に分割
  - パケット：データ転送における最小単位
    - 1 パケット = 128 byte



# ネットワーク通信の基本：パケット通信

- データを**パケット**に分割
  - パケット：データ転送における最小単位
    - 1 パケット = 128 byte (= 128 octet)

bit：コンピュータの扱うデータの最小単位

- 0(off) or 1(on) の 2 通りの情報

byte：データ量や情報量の基本単位

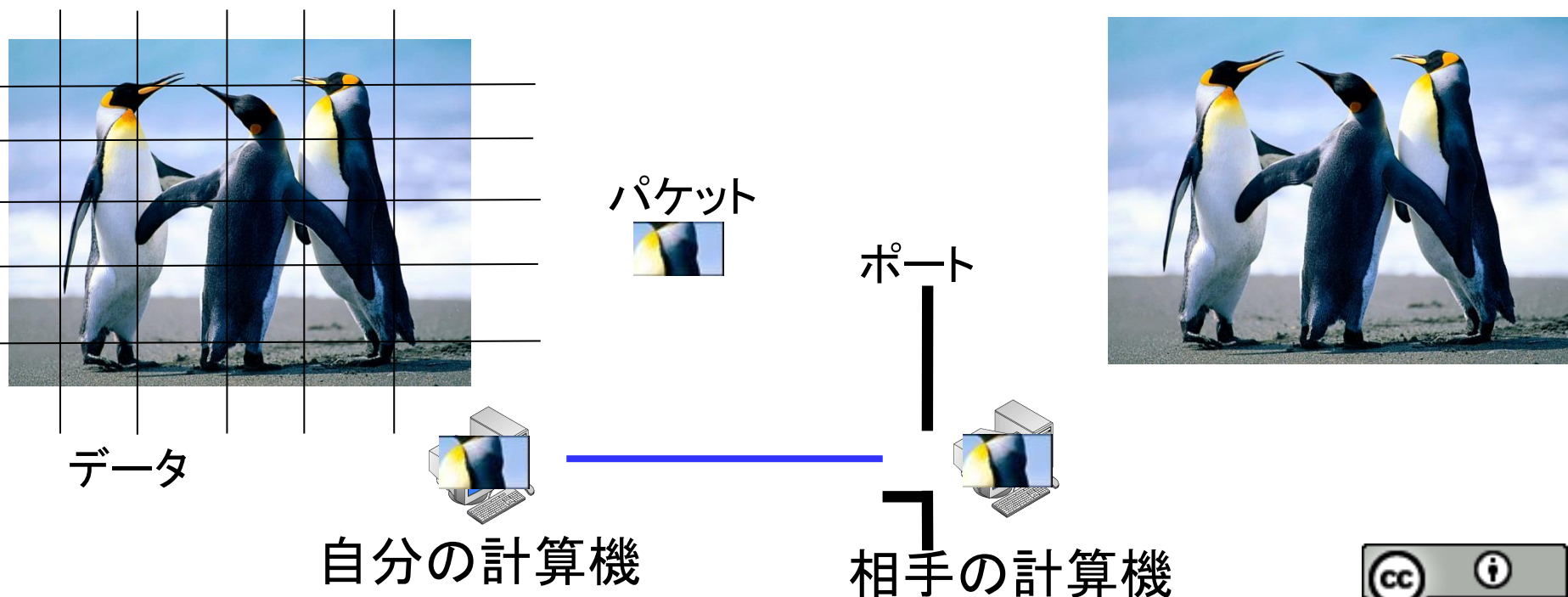
- 英数字1文字が 1 byte

octet：通信におけるデータの基本単位

- 1 octet = 8 bit =  $2^8 = 256$  通りの情報

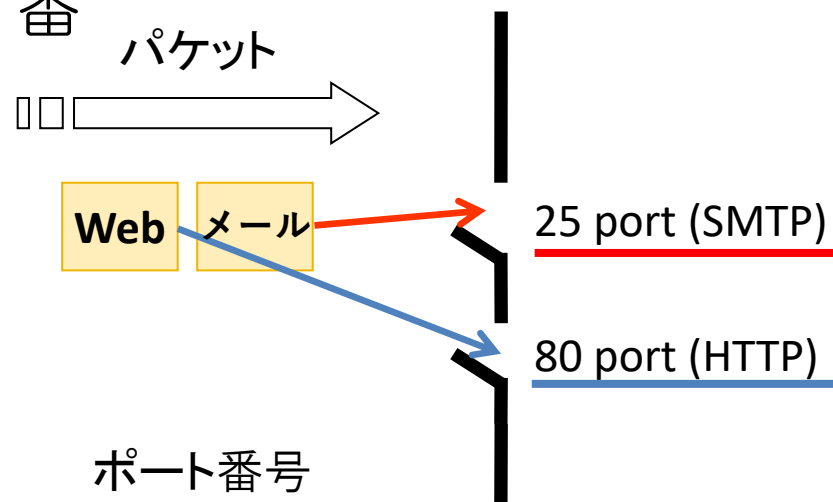
# ネットワーク通信の基本：パケット通信

- データを**パケット**に分割
- パケットはネットワークを通過して相手の**コンピュータのポート**へ転送
- パケットは全て転送された後、元のデータに結合



# ポート

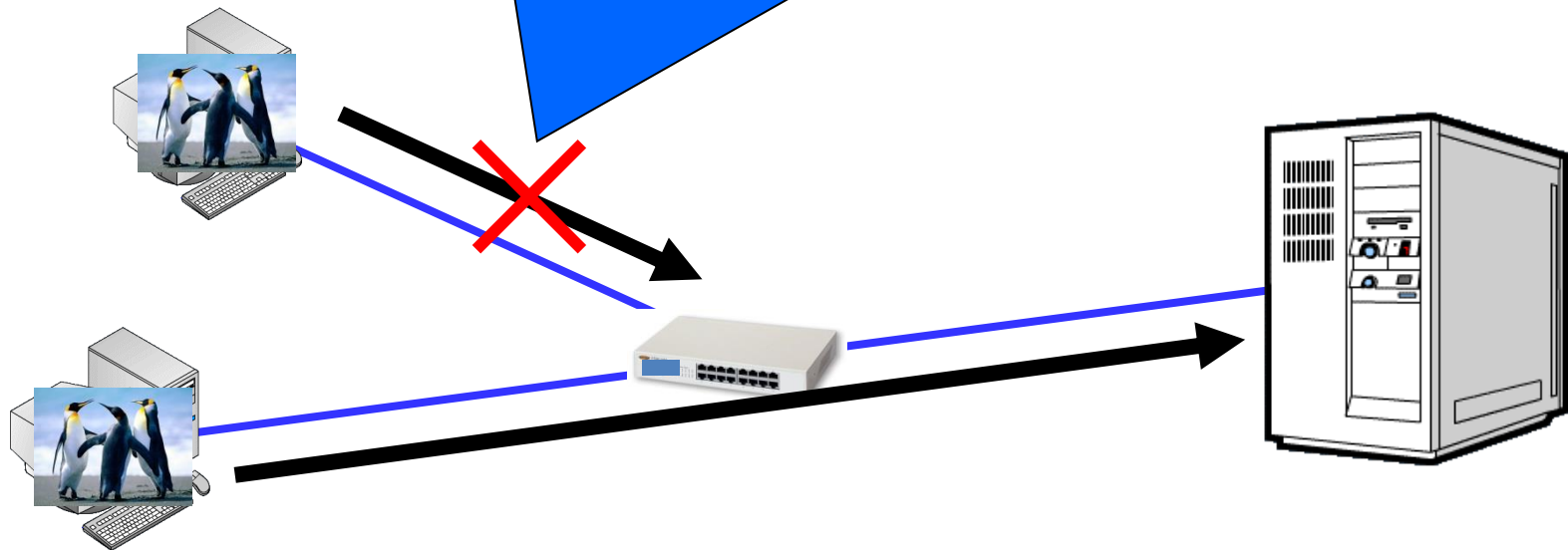
- パケットの受け取り窓口
  - パケットにポート番号などが付与
- ポート番号はサービスやアプリケーション毎に固有の値
  - メール送信 (SMTP) : 25 番
  - Web 閲覧 (HTTP) : 80 番



# パケットに分割する利点

- データをパケットに分割しない場合

伝送路が占有され、複数のコンピュータが同時に通信できない。



# パケットに分割する利点

- データをパケットに分割した場合

伝送路の占有がないため  
複数のコンピュータで  
1つの伝送路を共有可能となる。



# 本日のレクチャー内容

---

- ネットワーク概要
  - ネットワーク
  - コンピュータネットワーク
  - LAN, WAN, Internet
- ネットワーク通信の基本
  - パケット通信
  - TCP/IP
  - ネットワークパラメータ
  - DNS

# ネットワーク通信のために

- 通信を行うための規約(プロトコル)が必要

例：とある牛丼チェーン店での食事の流れ

- 食券を購入する
- 食券を渡し着席する
- 料理が届く
- 食べる
- 店を出る

– 同じプロトコルを使用しているならば、異なる OS 同士でも通信可能

- インターネットの通信規約 = TCP/IP



# TCP/IP

- コンピュータネットワークの標準プロトコル群
- 通信の手順を複数の層に分割
  - アプリケーションや階層により用いられるプロトコルが異なる

	階層	代表的なプロトコル
上位	アプリケーション層	SMTP (メール送信), HTTP (Web 閲覧)
送信	トランスポート層	TCP, UDP
受信	インターネット層	IP
下位	ネットワークインターフェース層	Ethernet

# 画像データを送る

- アプリケーション層の仕事
  - TCP/IP で扱える形式にデータを加工

北海道大学 大学院理学院 附属天文台 @ 名寄市



アプリケーション層

トランスポート層

インターネット層

ネットワーク  
インターフェース層

# 画像データを送る

- トランスポート層の仕事



アプリケーション層



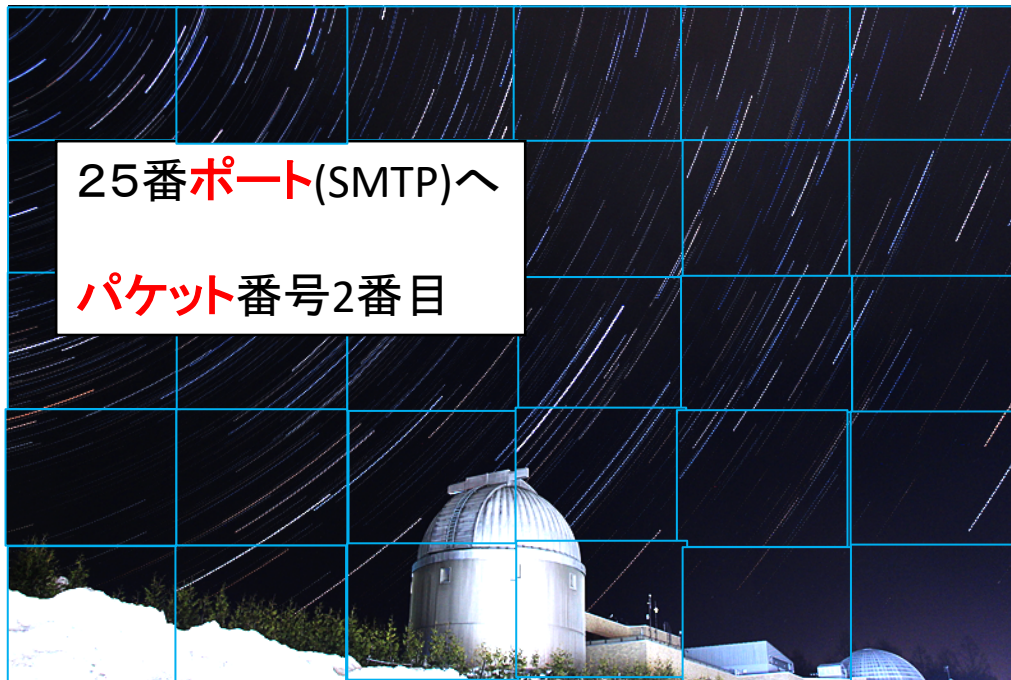
トランスポート層

インターネット層

ネットワーク  
インターフェース層

# 画像データを送る

- トランスポート層の仕事



アプリケーション層

トランスポート層

インターネット層

ネットワーク  
インターフェース層

# 画像データを送る

- トランスポート層の仕事
  - データをパケットに分割
  - 宛先ポートとパケット順序情報の付加 (ヘッダ)

TCP  
ヘッダ



25番ポート(SMTP)へ  
パケット番号2番目

アプリケーション層

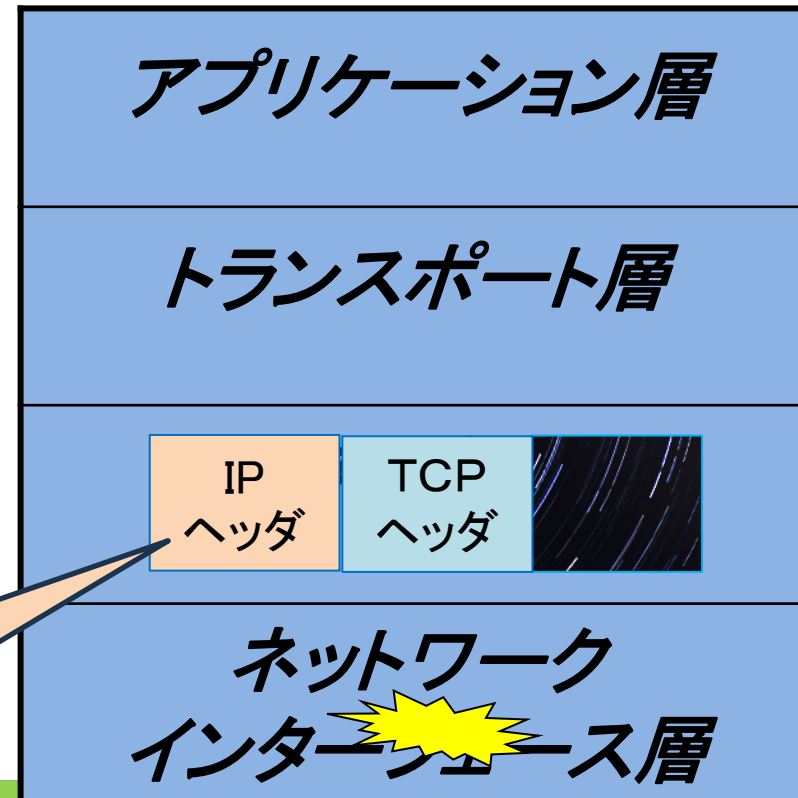
トランスポート層

インターネット層

ネットワーク  
インターフェース層

# 画像データを送る

- インターネット層の仕事
  - 送信者・受信者情報（ネットワークパラメータ）を付加
  - 通信経路の決定
- ネットワークインターフェース層の仕事
  - 電気信号への変換
  - ハードウェアが電氣的に接続しているか確認



送信完了！

# 画像データを受け取る

- ネットワークインターフェース層の仕事
  - 電気信号からデータを復元
  - 本当に自分宛ての packets が確認
- インターネット層の仕事
  - 送信者・受信者情報の復元





# 画像データを受け取る

- トランスポート層の仕事
  - 分割されたパケットの結合
    - 欠損チェックも行う (TCP の場合)
  - 宛先ポートへの転送



# 画像データを受け取る



アプリケーション層

トランスポート層

インターネット層

リンク層  
インターフェース層

# 画像データを受け取る

- アプリケーション層の仕事
  - TCP/IP 形式のデータをアプリケーション用に加工



受信完了！

# ネットワーク通信における各層の仕事

	送信時	受信時
アプリケーション層	TCP/IP で扱える データ形式へ変換	アプリケーション用の データ形式へ変換
トランスポート層	パケット分割 宛先ポート・パケット 順序情報等の付加	パケット結合 ポートへデータ転送
インターネット層	パケット通信経路の 決定	送信者・受信者情報 の復元
ネットワーク インターフェース層	データ ↓ (変換) 電気信号	データ ↑ (変換) 電気信号

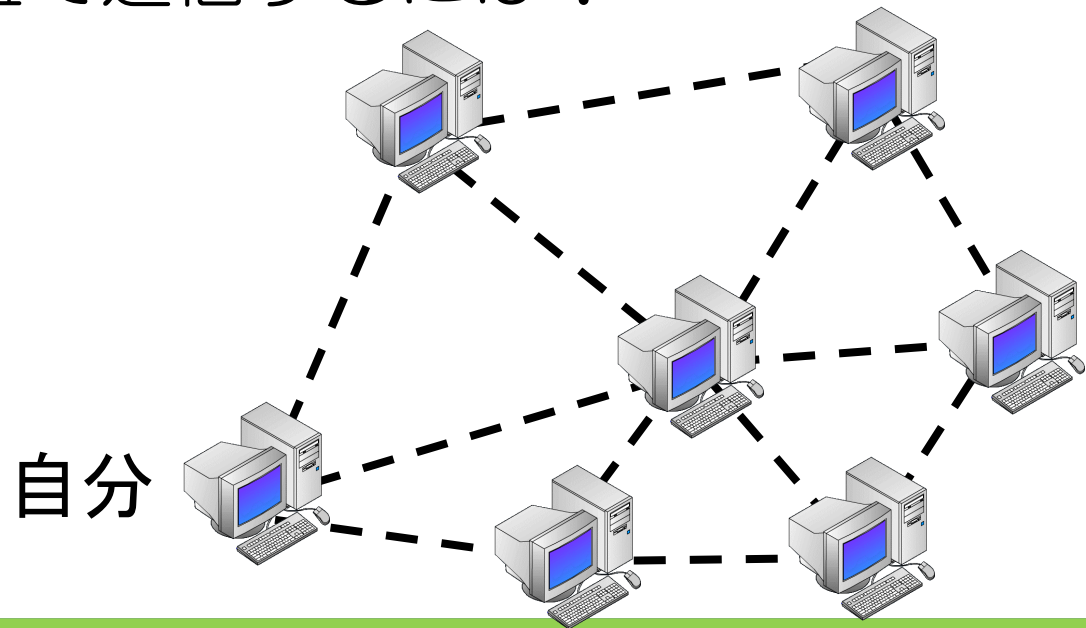
# 本日のレクチャー内容

---

- ネットワーク概要
  - ネットワーク
  - コンピュータネットワーク
  - LAN, WAN, Internet
- ネットワーク通信の基本
  - パケット通信
  - TCP/IP
  - ネットワークパラメータ
  - DNS

# 相手と通信するために必要なこと

- 送信先特定
  - 相手がネットワーク上のどこにいるか？
- 通信経路の決定
  - 相手まで最短距離で通信するには？



# 送信先特定と通信経路の決定

---

- TCP/IP 通信では以下のネットワークパラメータを用いて送信先と通信経路を決定する
  - IP アドレス
  - サブネットマスク
  - ネットワークアドレス
  - ゲートウェイアドレス
  - ブロードキャストアドレス
  - MAC アドレス



# IP アドレス (IPv4)

1 octet = 8 bit

133.

87.

45.

15

10000101. 01010111. 00101101. 00001111

- ネットワーク上の「住所」
  - ネットワーク管理者より, 一つのネットワークデバイスに対して一つ割り当てられる
- IPv4 (Internet Protocol version 4)
  - 4 octet = 32 bit の識別子
    - 1 octet 毎にピリオドで区切り, 10進数表記
  - 現在主に使用されている IP アドレスの一つ
    - IPv4 アドレスの総数は約 43 億個
    - 2011/02/03 IANA (Internet Assigned Numbers Authority) が管理する IPv4 枯渇 => IPv6 へ
- **ネットワーク部**と**ホスト部**から成り立つ

# IP アドレス (IPv4)

ネットワーク部 ← → ホスト部

133. 87. 45. 15

10000101. 01010111. 00101101. 00001111

- ネットワーク上の「住所」
  - ネットワーク管理者より、一つのネットワークデバイスに対して一つ割り当てられる
- IPv4 (Internet Protocol version 4)
  - 4 octet = 32 bit の識別子
    - 1 octet 毎にピリオドで区切り, 10進数表記
  - 現在主に使用されている IP アドレスの一つ
    - IPv4 アドレスの総数は約 43 億個
    - 2011/02/03 IANA (Internet Assigned Numbers Authority) が管理する IPv4 枯渇 => IPv6 へ
- **ネットワーク部**と**ホスト部**から成り立つ

# ネットワーク部・ホスト部

---

- ネットワーク部
  - 所属しているネットワークを示す部分
  - 「都道府県・市町村」のようなもの
- ホスト部
  - 計算機自身を示す部分
  - 「番地、マンション名、部屋番号」のようなもの
- ネットワーク部とホスト部は**サブネットマスク**により識別される

# サブネットマスク

133.	87.	45.	15	IP アドレス
10000101.	01010111.	00101101.	00001111	

ネットワーク部 ← → ホスト部

255.	255.	255.	0	サブネットマスク
11111111.	11111111.	11111111.	00000000	

- ネットワーク部とホスト部の境界を示す
  - IP アドレスのどこまでが「都道府県・市町村」でどこからが「番地・マンション名・部屋番号」なのかを表す
  - 上記の例では上位 24 bit 目までがネットワーク部となる
- 表記方法は IP アドレスと同じ

# ネットワークアドレス

1000101. 01010111. 00101101. 00001111

IP アドレス

×

11111111. 11111111. 11111111. 00000000

サブネットマスク

||

1000101. 01010111. 00101101. 00000000

ネットワーク  
アドレス

133.

87.

45.

0

- 所属ネットワークを示すアドレス
  - IP アドレスとサブネットマスクとの論理積
  - どこまでの bit がネットワーク部なのかを示すため最後に / 〇〇であらわすことがある
    - 上記の例では 133.87.45.0/24

# ネットワークアドレス

10000101.01010111.00101101.00001111

IP アドレス

11111111

ネットマスク

10000101

133.

- 所属ネ
- IP ア
- どこま
- 最後に

論理積の例

A	B	A × B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

ワーク  
ス

すため

- 上記の例では 133.87.45.0/24

# ネットワークアドレス

1000101. 01010111. 00101101. 00001111

IP アドレス

×

11111111. 11111111. 11111111. 00000000

サブネットマスク

||

1000101. 01010111. 00101101. 00000000

ネットワーク  
アドレス

133.

87.

45.

0

- 所属ネットワークを示すアドレス
  - IP アドレスとサブネットマスクとの論理積
  - どこまでの bit がネットワーク部なのかを示すため最後に / 〇〇であらわすことがある
    - 上記の例では 133.87.45.0/24

# 通信時の経路判定

## 1. 相手のIPアドレスと自分のサブネットマスクの論理積

133.87.45.15

255.255.255.0

133.87.45.0/24

133.50.160.51

255.255.255.0

133.50.160.0/24

## 2. 自分のIPアドレスと自分のサブネットマスクの論理積

133.87.45.26

255.255.255.0

133.87.45.0/24

133.87.45.26

255.255.255.0

133.87.45.0/24

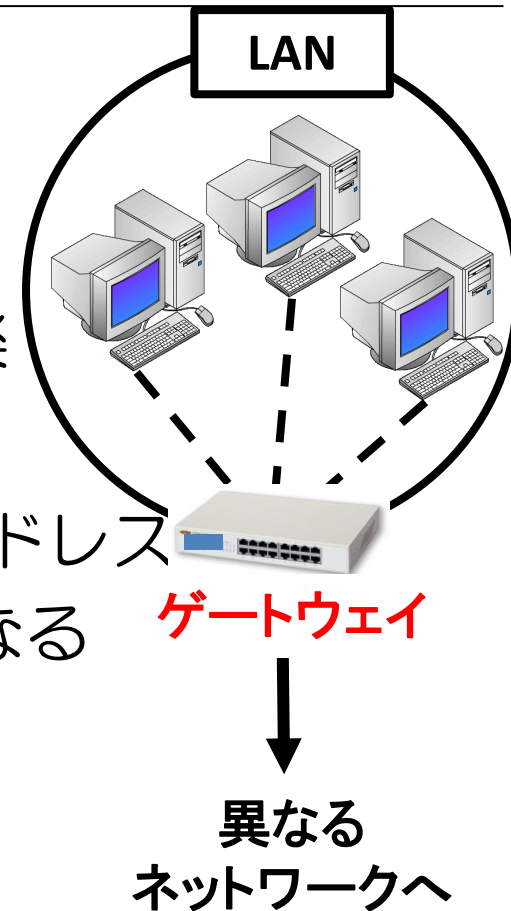
## • 経路判定

- 1と2が一致 = 同一ネットワーク内 ⇒ 直接通信
- 不一致 = 別ネットワーク ⇒ **ゲートウェイ**を仲介



# ゲートウェイ

- ネットワークの出入口
  - LAN の外側から見た LAN の「代表者」
    - 代表者として LAN 外部とのやりとりをおこなう
  - 出入り口を一元化することで経路制御が楽
- **ゲートウェイアドレス**
  - ゲートウェイに割り当てられている IP アドレス
  - LAN の内側と LAN の外側でそれぞれ異なる IP アドレスを持つ



# ブロードキャストアドレス

133. 87. 45. 255  
10000101. 01010111. 00101101. 11111111

- ネットワーク全体へ同時にデータを送信するためのアドレス
  - データを送信する際に送信先の計算機 (MACアドレス) を知るために必要
- ホスト部の bit が全て 1 の IP アドレス
  - ネットワークアドレス(ホスト部が全て 0)とともに, 特定の計算機の IP アドレスとして使用が禁止されている

# IPv6

ネットワーク部

ホスト部

fe80 : : 62a4 : 4cff : fe35 : ecf /64

サブネットマスク

- 新型の IP プロトコル
- IPv6 アドレス
  - 32 octet = 128 bit の識別子
    - 4 octet 毎にコロンで区切り, 16進数表記
    - コロンが連続する部分には ” 0000 ” が並び
  - IPv4アドレスの枯渇を危惧して導入
    - IPv6 アドレスの総数は約 34 澗個 (IPv4アドレスの  $10^{29}$ 倍)
    - IPv4との互換性がなく移行にはコストがかかる
- ネットワーク部とホスト部から成り立つ

# MAC アドレス

**00: F3: A7: CC: 5D: E2**

- Media Access Control Address
  - 別名：物理アドレス, ハードウェアアドレス, イーサネットアドレス
- ネットワークインターフェース層で認識されるアドレス
  - 最終的なデータの送信先の特定に使われる
  - 個々のネットワークデバイスに固有の番号

# 通信経路の決定 (同一ネットワーク内)

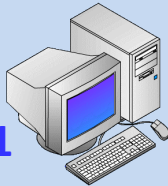
---

# 同一ネットワーク内の通信 (A が B に通信)

ネットワークアドレス  
192.168.1.0/24

A

IP アドレス  
192.168.1.101



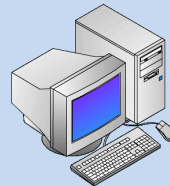
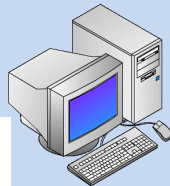
ゲートウェイ



ゲートウェイアドレス  
192.168.1.1

B

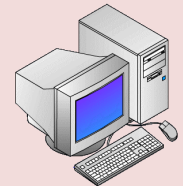
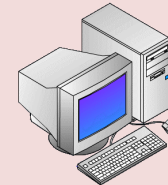
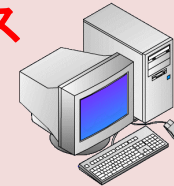
IP アドレス  
192.168.1.102



ネットワークアドレス  
192.168.2.0/24

ゲートウェイアドレス  
192.168.2.10

ゲートウェイ



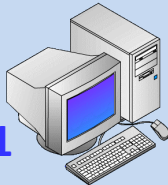
AはBの IP アドレスは知っているが、Bが  
どの計算機(MAC アドレス)かは不明

# 同一ネットワーク内の通信 (A が B に通信)

ネットワークアドレス  
192.168.1.0/24

A

IP アドレス  
192.168.1.101



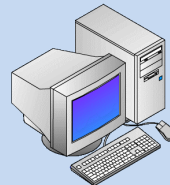
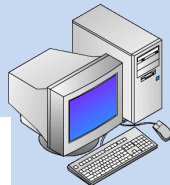
ゲートウェイ



ゲートウェイアドレス  
192.168.1.1

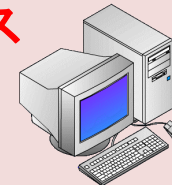
B

IP アドレス  
192.168.1.102

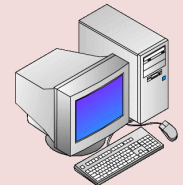
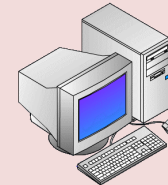


ネットワークアドレス  
192.168.2.0/24

ゲートウェイアドレス  
192.168.2.10

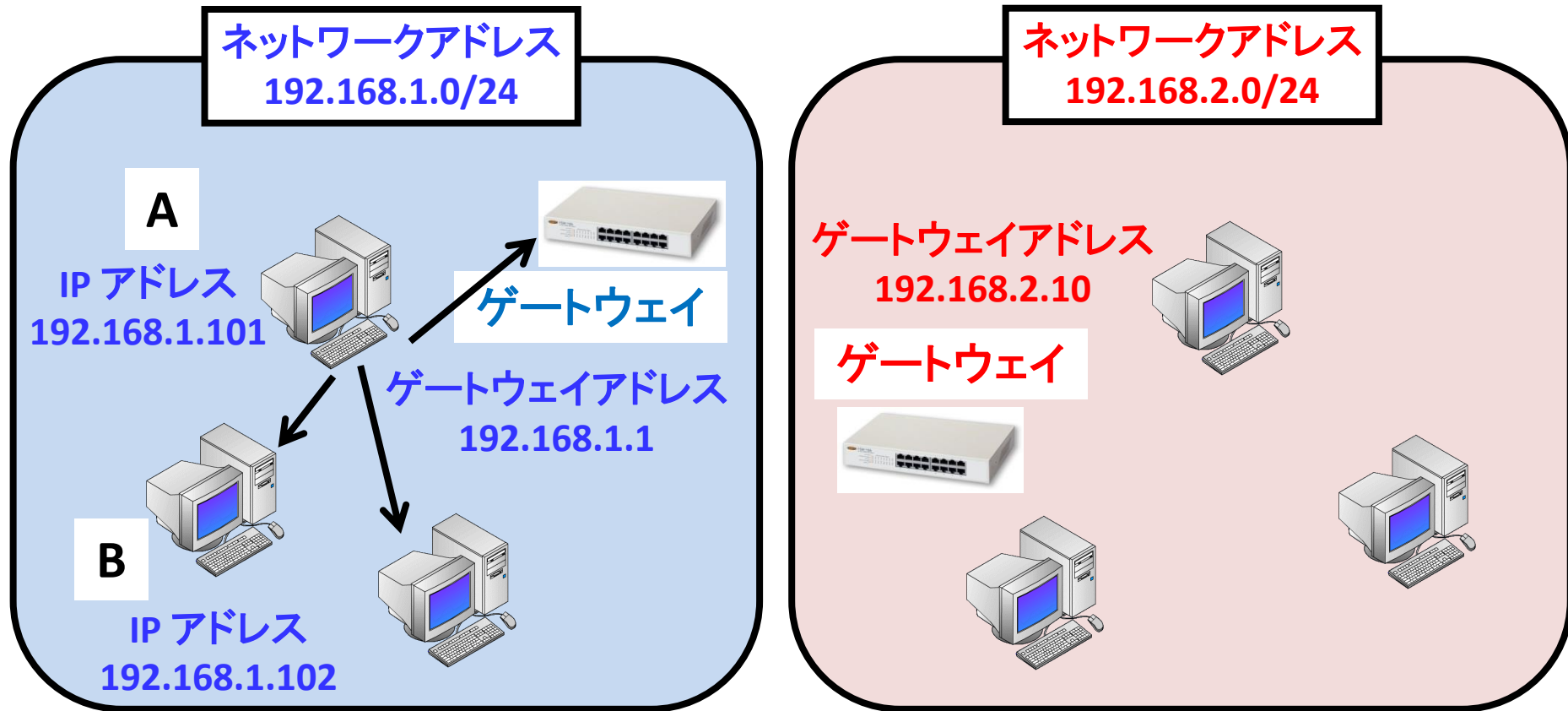


ゲートウェイ



IP アドレスとサブネットマスクの論理積から、  
Bが同一ネットワークにいると判定

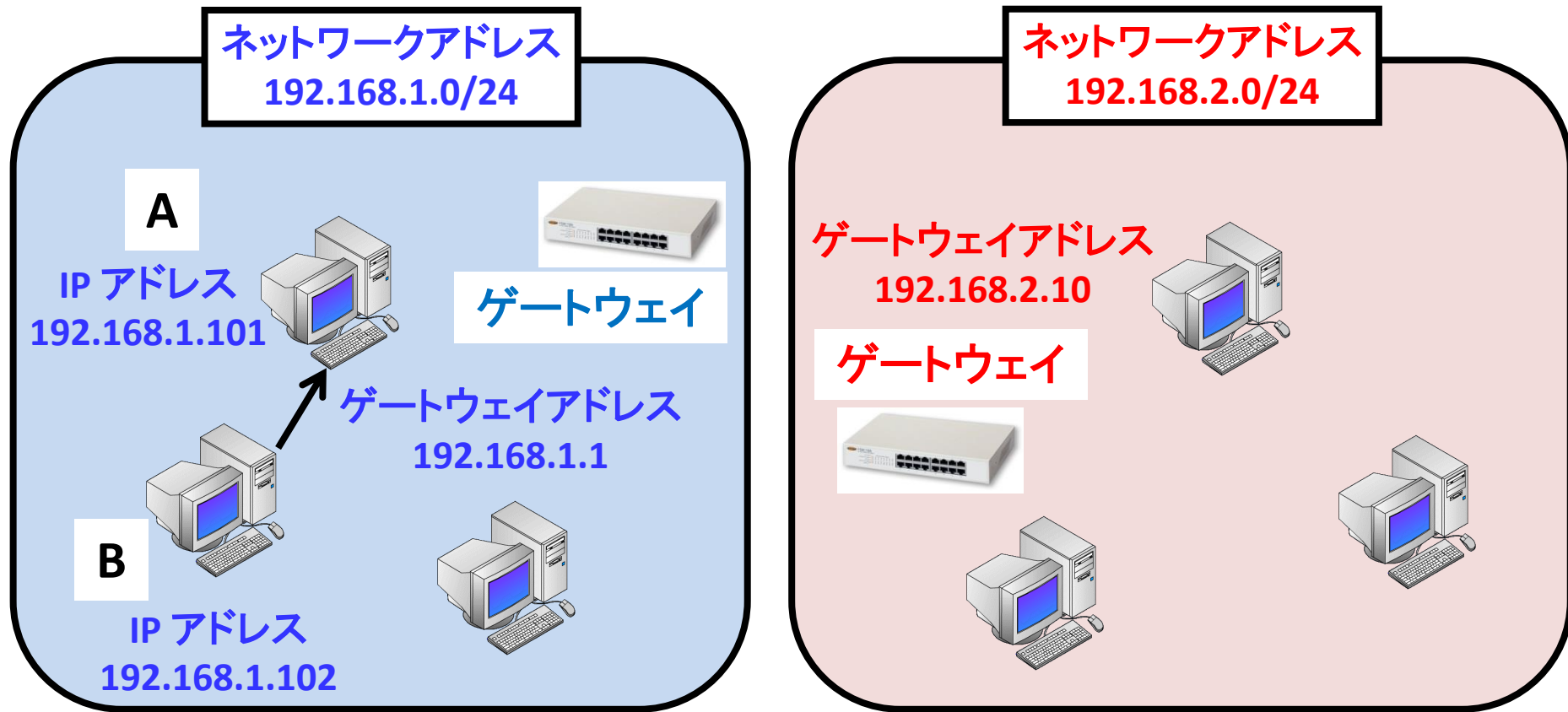
# 同一ネットワーク内の通信 (A が B に通信)



A は B の IP アドレス情報を  
ブロードキャストアドレスへ送信

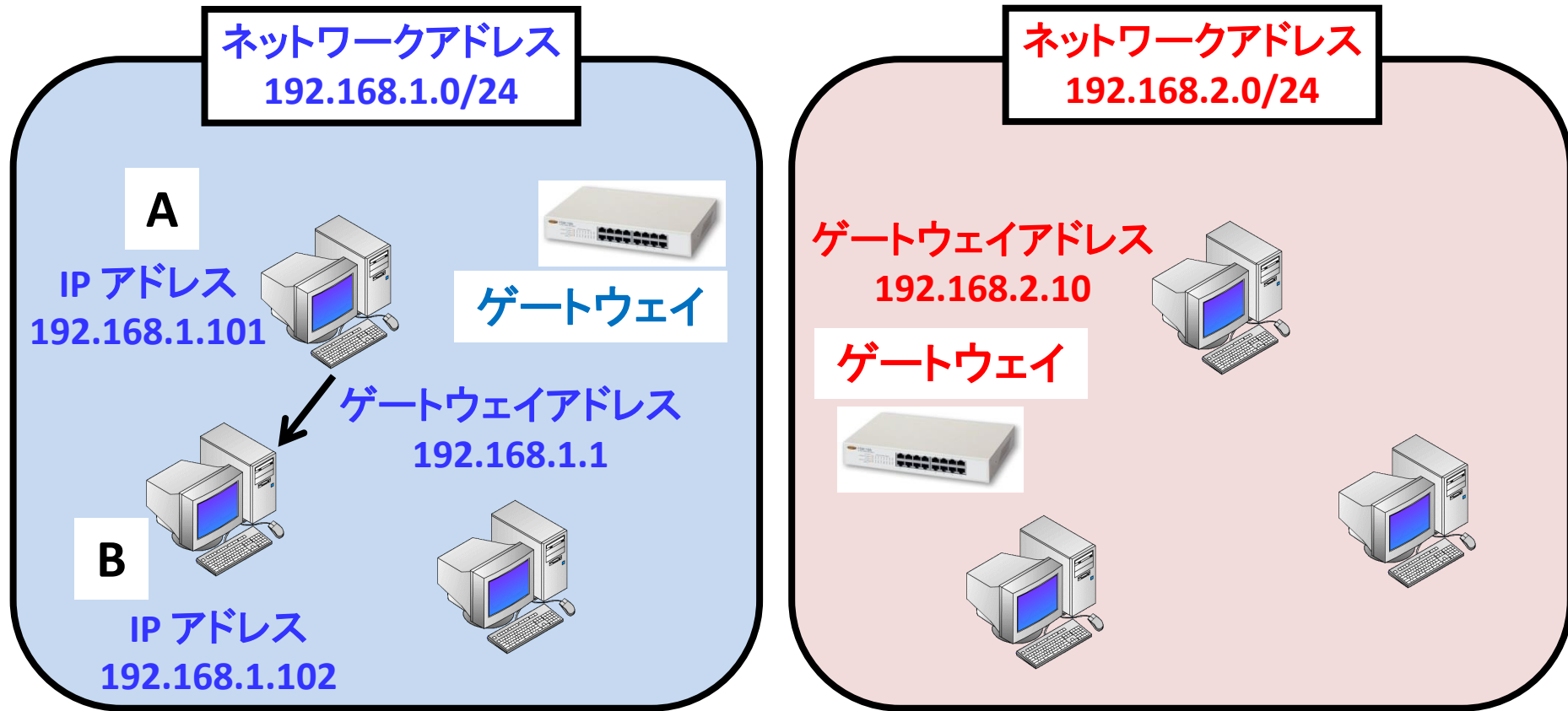


# 同一ネットワーク内の通信 (A が B に通信)



B は受け取った情報が自分宛てだと知り、  
B 自身のMAC アドレスを含む情報を A に返送

# 同一ネットワーク内の通信 (A が B に通信)



A は送信したい情報を  
取得したMACアドレスへ送信

# 通信経路の決定 (同一ネットワーク外)

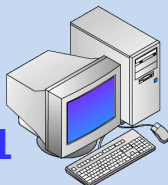
---

# 同一ネットワーク外への通信 (A が C に通信)

ネットワークアドレス  
192.168.1.0/24

A

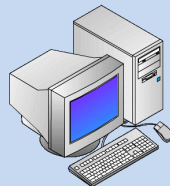
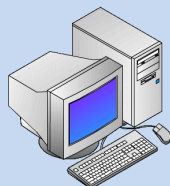
IP アドレス  
192.168.1.101



ゲートウェイ

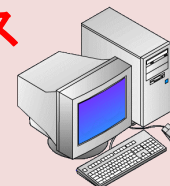


ゲートウェイアドレス  
192.168.1.1



ネットワークアドレス  
192.168.2.0/24

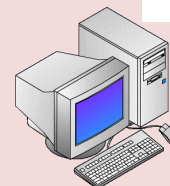
ゲートウェイアドレス  
192.168.2.10



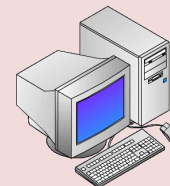
ゲートウェイ



C

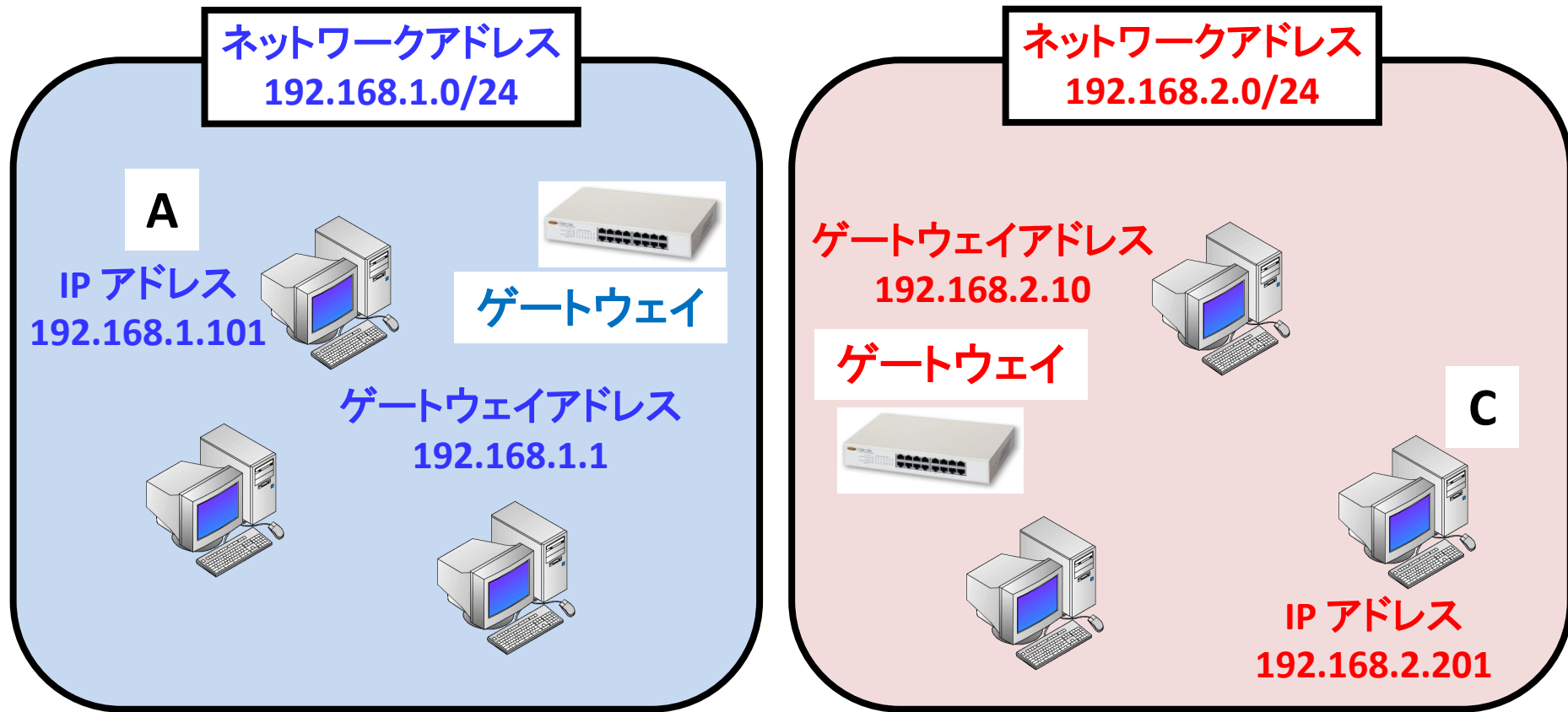


IP アドレス  
192.168.2.201



A は C の IP アドレスは知っているが、C が  
どの計算機(MAC アドレス)かは不明

# 同一ネットワーク外への通信 (A が C に通信)



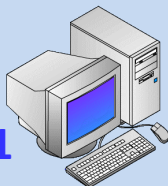
IP アドレスとサブネットマスクの論理積から、  
C が同一ネットワークにいないと判定

# 同一ネットワーク外への通信 (A が C に通信)

ネットワークアドレス  
192.168.1.0/24

A

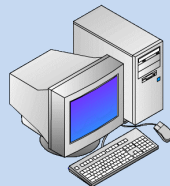
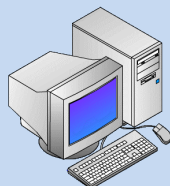
IP アドレス  
192.168.1.101



ゲートウェイ

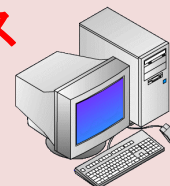


ゲートウェイアドレス  
192.168.1.1



ネットワークアドレス  
192.168.2.0/24

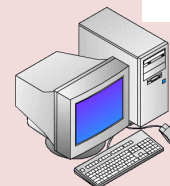
ゲートウェイアドレス  
192.168.2.10



ゲートウェイ



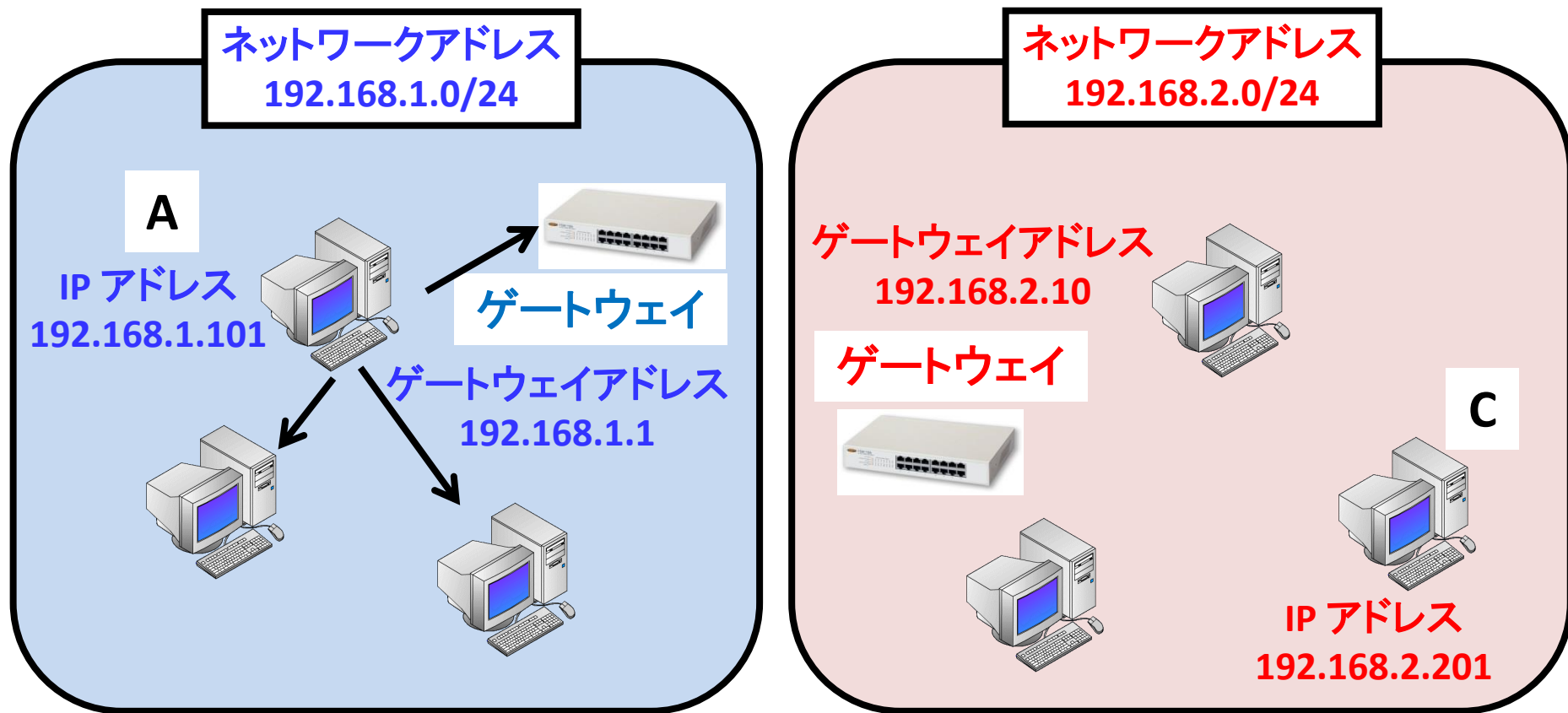
C



IP アドレス  
192.168.2.201

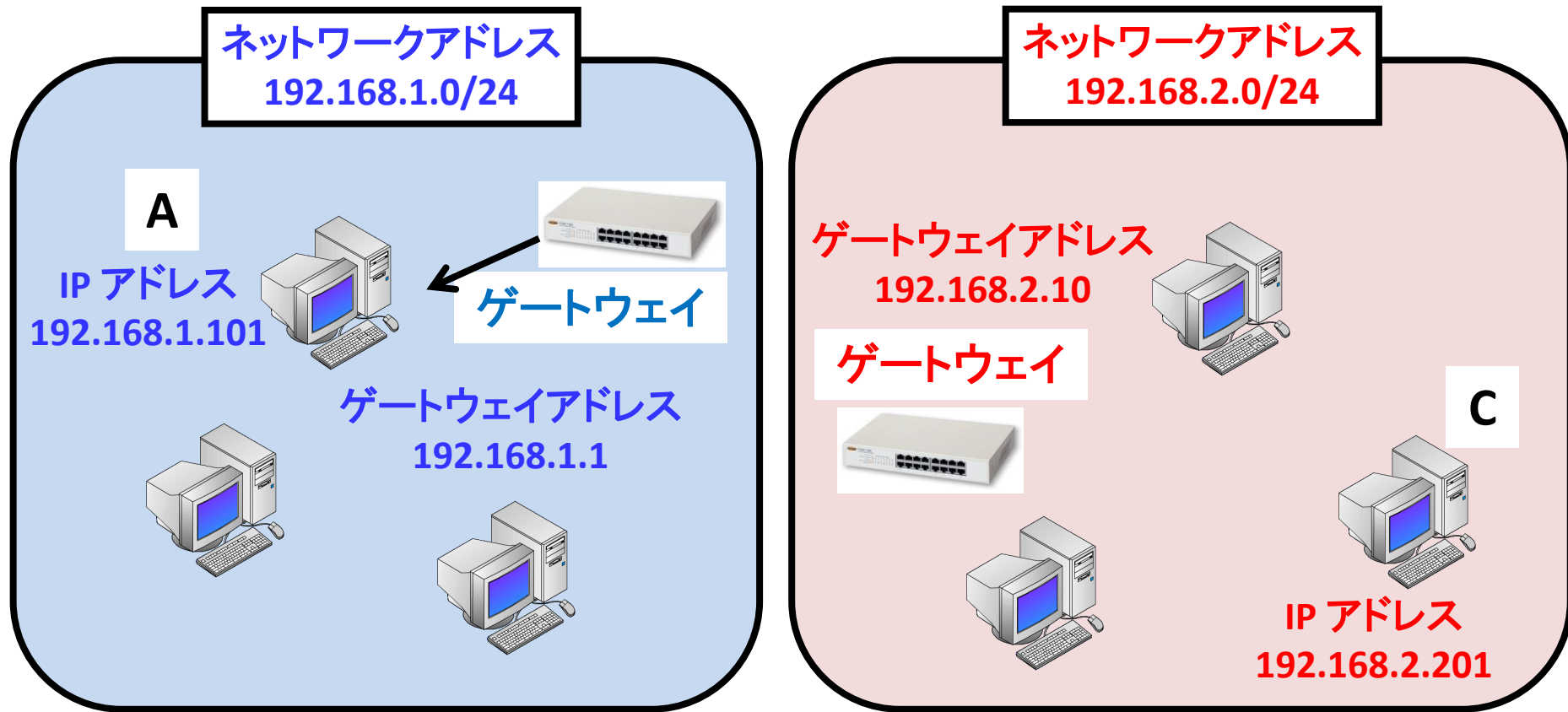
C が同一ネットワークにいないとわかったので、  
ゲートウェイに情報を送信しようとする

# 同一ネットワーク外への通信 (A が C に通信)



A はゲートウェイの IP アドレス情報を  
ブロードキャストアドレスへ送信する

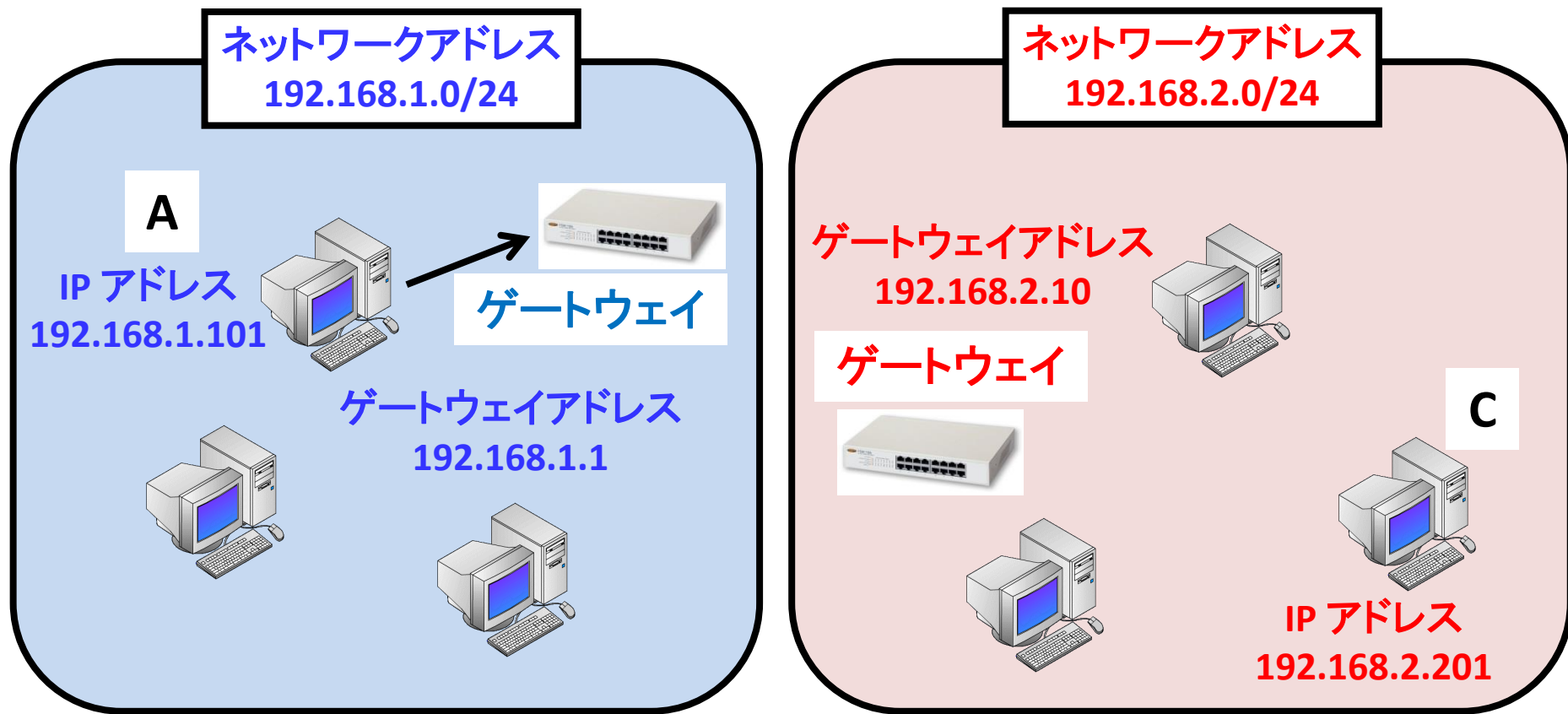
# 同一ネットワーク外への通信 (A が C に通信)



ゲートウェイは受け取った情報が自分宛てだと知り、  
ゲートウェイ自身の MAC アドレスをA に返送

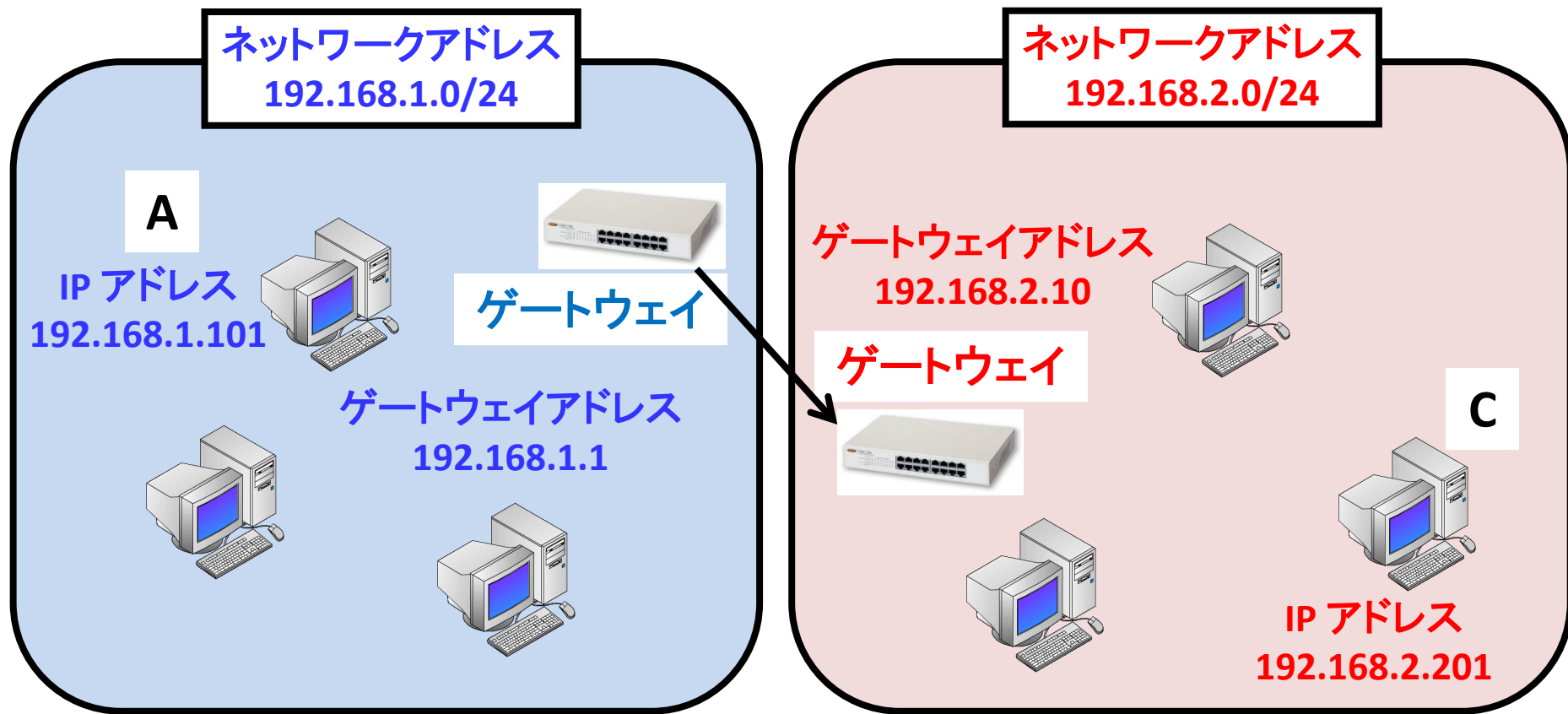


# 同一ネットワーク外への通信 (A が C に通信)



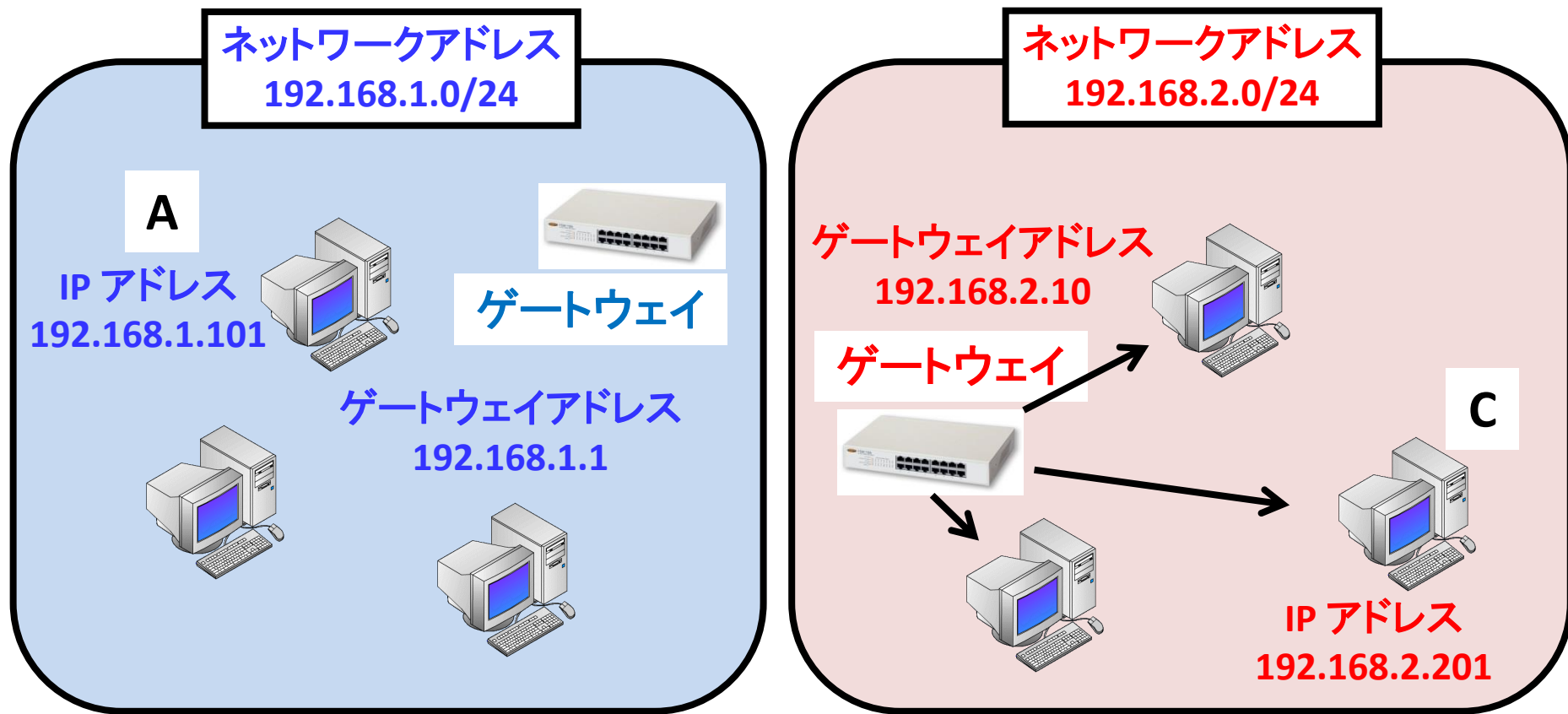
A は送信したい情報をゲートウェイの  
MAC アドレスへ送信

# 同一ネットワーク外への通信 (A が C に通信)



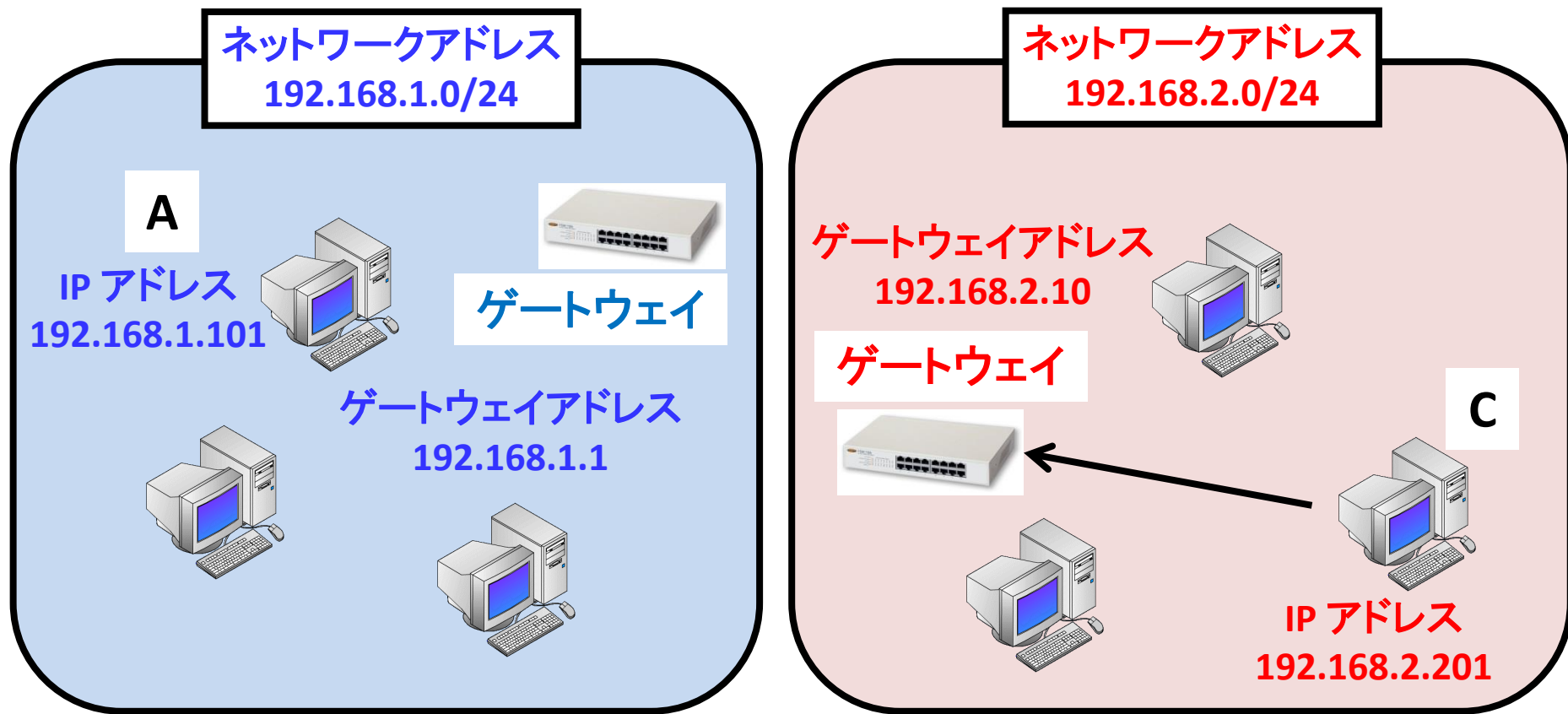
Aの所属しているネットワークのゲートウェイから  
Cの所属しているネットワークのゲートウェイへ情報を送信

# 同一ネットワーク外への通信 (A が C に通信)



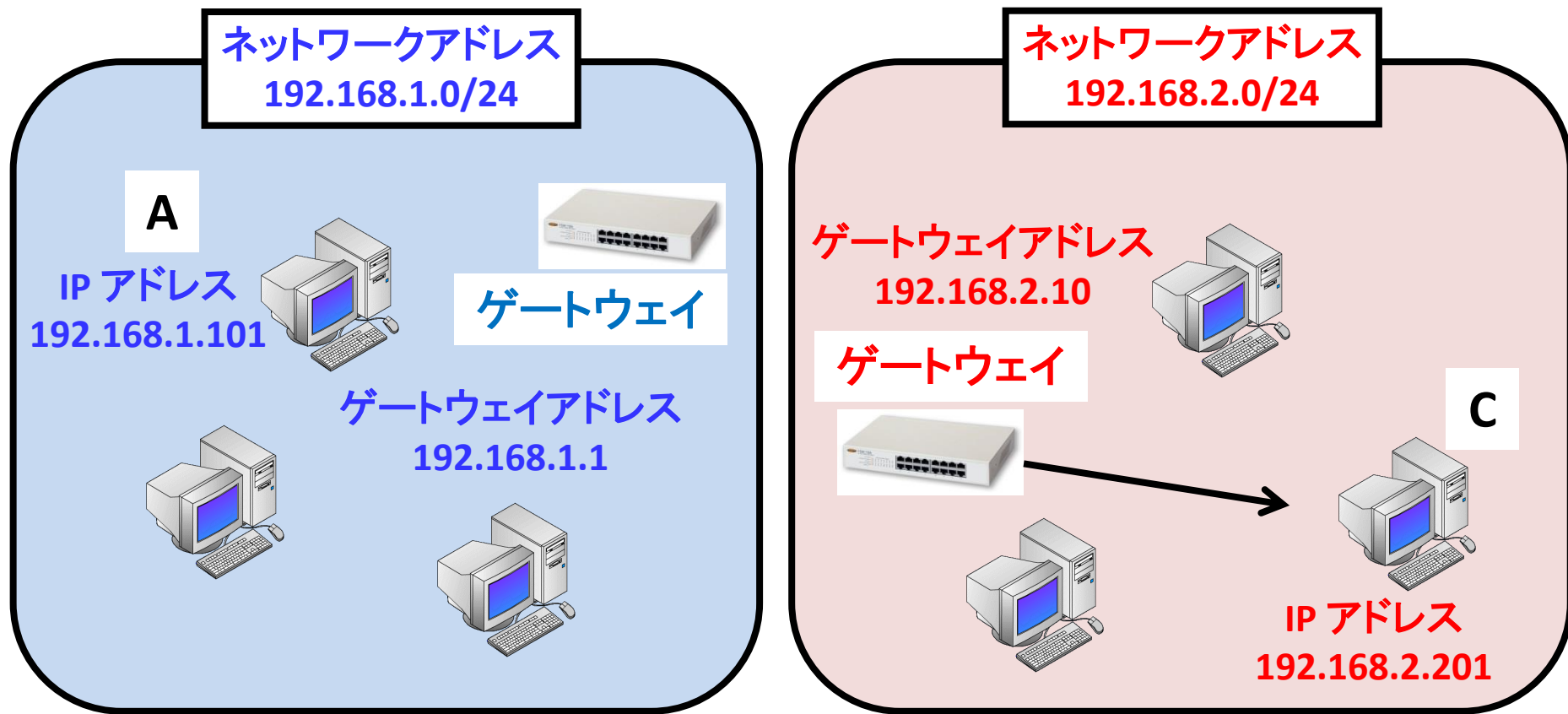
ゲートウェイは C の IP アドレスの情報を  
ブロードキャストアドレスに送信

# 同一ネットワーク外への通信 (A が C に通信)



C は受け取った情報が自分宛てだと知り, C の MAC アドレスを含む情報をゲートウェイに返送

# 同一ネットワーク外への通信 (A が C に通信)



ゲートウェイは A から受け取った情報を C の  
MAC アドレスに転送

# 本日のレクチャー内容

---

- ネットワーク概要
  - ネットワーク
  - コンピュータネットワーク
  - LAN, WAN, Internet
- ネットワーク通信の基本
  - TCP/IP
  - ネットワークパラメータ
  - DNS

# ドメイン名

**www**.ep.sci.hokudai.ac.jp  
ホスト部                      ドメイン部

- 構造は IP アドレスと同じ
- ホスト部 (IP アドレスの「ホスト名」)
  - 計算機の管理者が自由に決定
- ドメイン部 (IP アドレスの「ネットワーク名」)
  - 計算機が所属するネットワークの名称
  - ネットワークを階層的に示している(ドメイン名空間)
    - ep(地球惑星科学). sci(理学部). hokudai(北大)
    - .ac(学術関係) .jp (日本)
- ホスト部・ドメイン部を省略せず記述した記述形式
  - 完全修飾ドメイン名 (Fully Qualified Domain Name)

# IPアドレスとドメイン名

- IP アドレス (ex. 133.50.160.51)
  - コンピュータ同士が認識するための番号
  - 管理しやすい
  - 数字の羅列は「人間にとって」覚えづらい
- **ドメイン名** (ex. www.ep.sci.hokudai.ac.jp)
  - 人間が認識するための名前
  - IP アドレスよりも「人間にとって」覚えやすい
  - 日常の Web 閲覧やメール送信もこちらを利用
  - **IP アドレスとドメインとを対応させる必要がある**
    - DNS



# DNS

---

- DNS (Domain Name System)
  - IPアドレスとドメイン名を対応させるシステム
  - 各ドメイン名空間に一つずつ存在
- DNS サーバ
  - DNS サービスを提供するサーバ
  - ネットワーク接続のためには DNS サーバの IP アドレスも必要

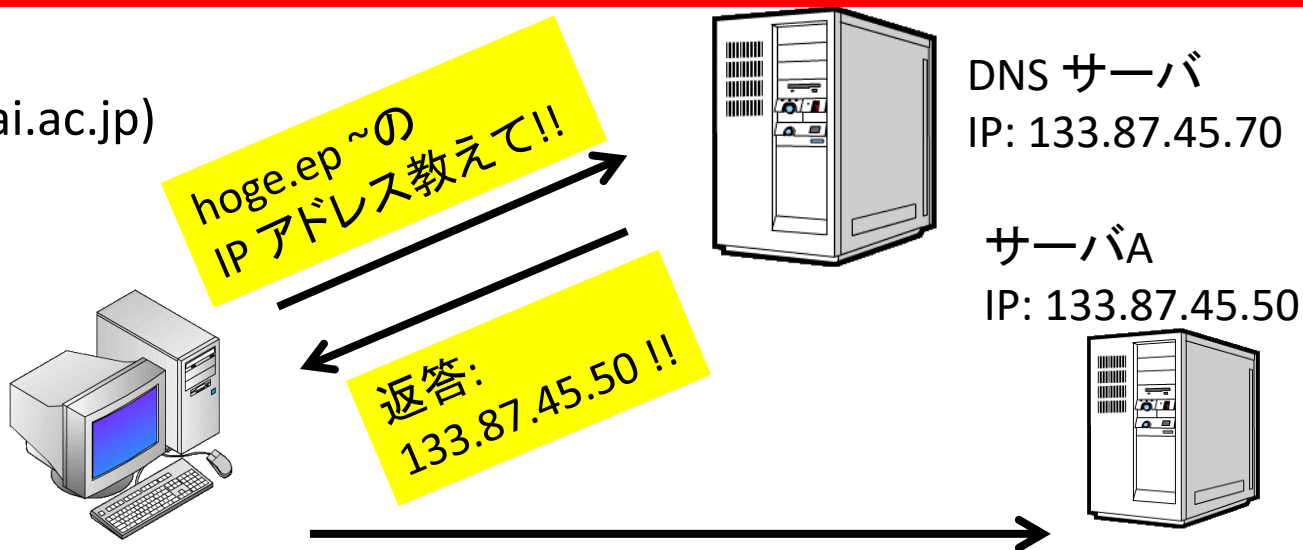
# ネットワーク通信における DNS サーバの役割

## • DNS サーバを介したネットワーク通信例

対応表

hoge.ep.sci.hokudai.ac.jp	133.87.45.50
hero.ep.sci.hokudai.ac.jp	133.87.45.51

サーバA  
(hoge.ep.sci.hokudai.ac.jp)  
と通信したい場合



# 本日のまとめ

## コンピュータネットワークにおける通信の仕組み

通信の仕組みとは？

- データをパケットに分割
- プロトコルを使用
  - TCP/IP

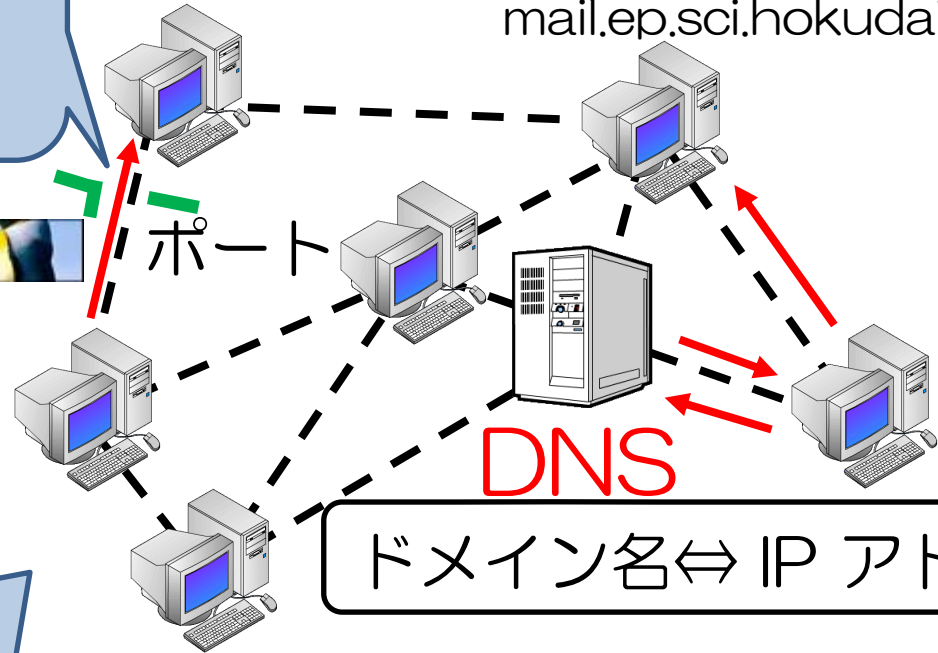
Internet

mail.ep.sci.hokudai.ac.jp

パケット



ポート



ドメイン名 ⇔ IP アドレス

ネットワークにつなげるための情報は？

- ネットワークパラメータ (IP アドレス, サブネットマスク…)

# 実技編

---

- 各情報実験機ごとに, TA/VTA がさまざまなネットワークトラブルを設定します
  - 前回までの授業・座学編・実技編の前半の内容をフル活用してトラブルシューティングしてください

# 参考文献

- 竹下隆史. 村山公保. 荒井透. 苅田幸雄, マスタリング TCP/IP 入門編 第6版, オーム社, 平成20年6月30日 第6刷, ISBN 978-4-274-06677-1
- 吉田 辰哉, INEX2018 第 4 回レクチャー資料, 2019/05/11
  - <http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~inex/y2019/0510/lecture/pub/>
- 吉田 辰哉, INEX2018 第 4 回レクチャー資料, 2018/05/11
  - <http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~inex/y2018/0511/lecture/pub/>
- 渡辺 健介, INEX2017 第 4 回レクチャー資料, 2017/05/12
  - <http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~inex/y2017/0512/lecture/pub/>
- 三上 峻, INEX2016 第 4 回レクチャー資料, 2016/05/13
  - <http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~inex/y2016/0513/lecture/pub/>
- キーマンズネット, 第1回通信ネットワークの仕組み2017/05/10
  - <http://www.keyman.or.jp/at/manage/nms/30002374/>
- IT 用語辞典 e-Words, ネットワーク, 2017/05/10
  - <http://ewords.jp/w/%E3%83%8D%E3%83%83%E3%83%88%E3%83%AF%E3%83%BC%E3%82%AF.html>