

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

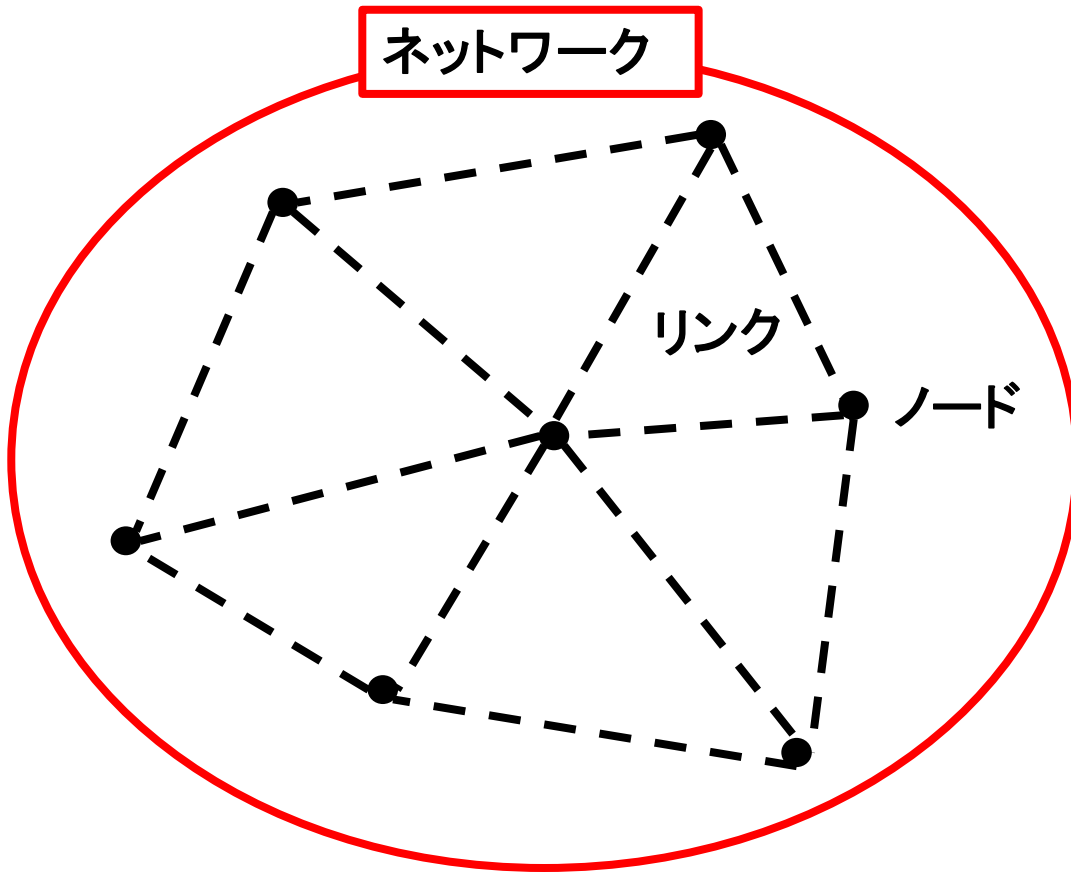
- 点(ノード)を経路(リンク)でつないだ網

ネットワーク

(IT 用語辞典 e-Words, ネットワーク)

- 例)

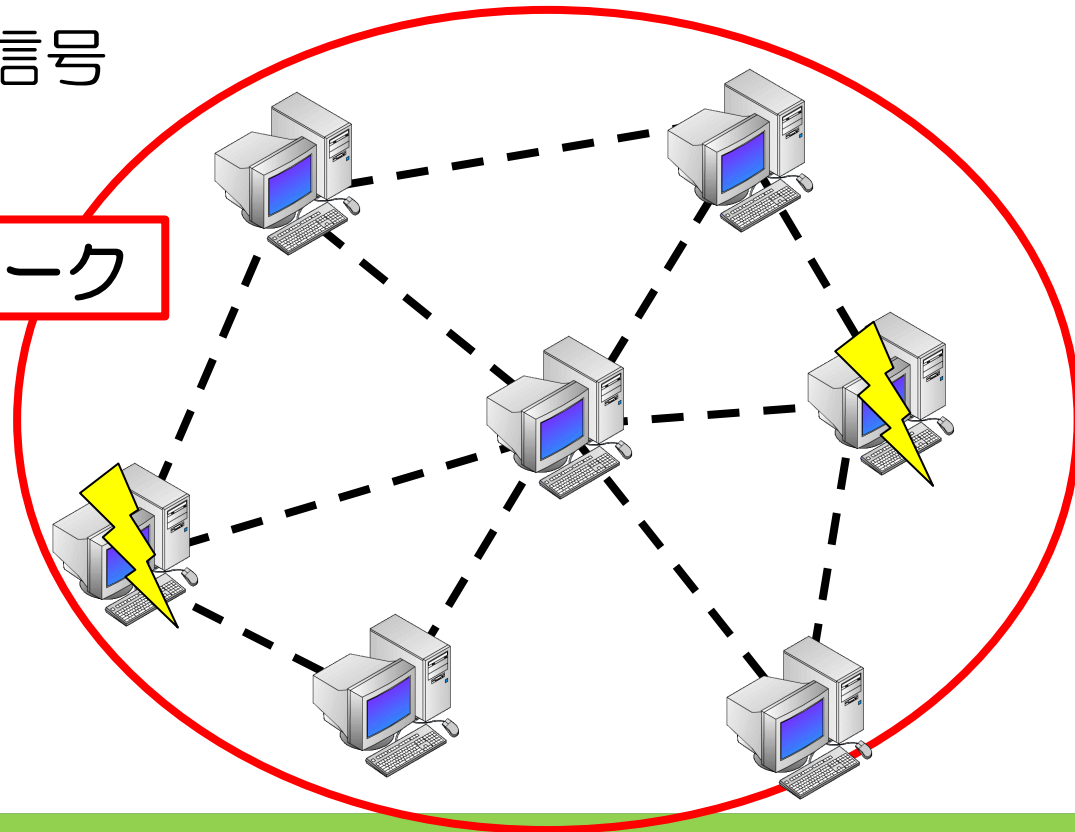
- 鉄道ネットワーク
- 口コミ
- コンピュータネットワーク



コンピュータネットワーク

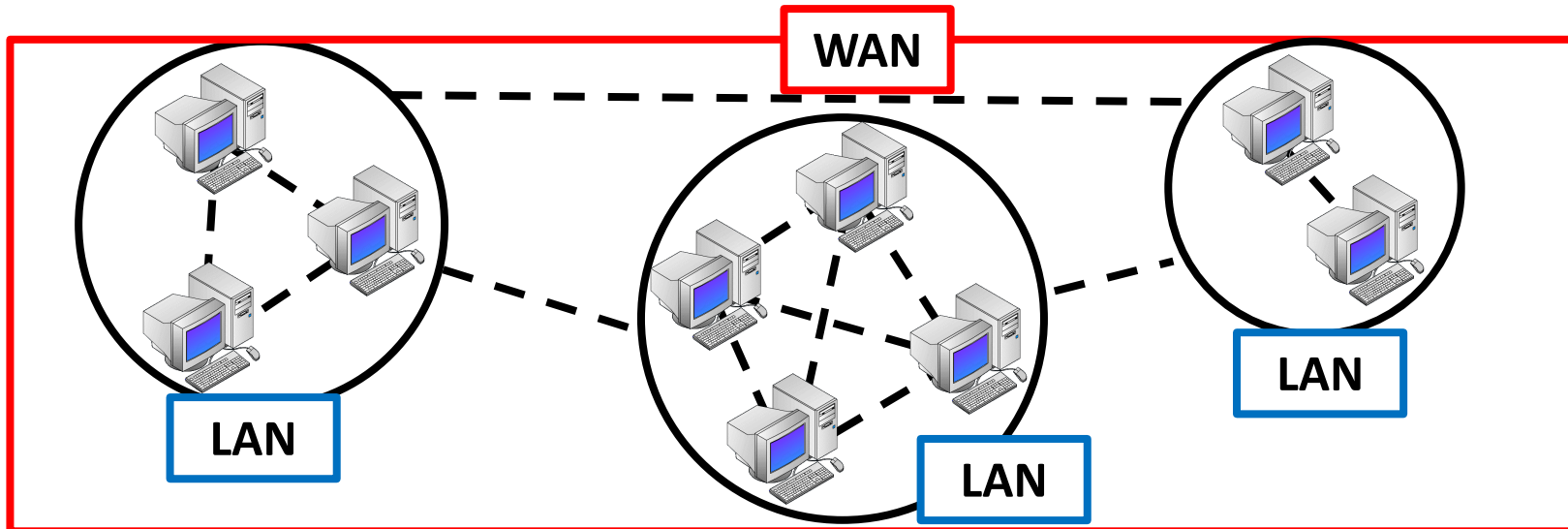
- 計算機同士の接続により構築されるネットワーク
 - 点(ノード)：計算機
 - 経路(リンク)：ネットワークケーブル, 電波
 - 伝達するもの：電気信号

コンピュータネットワーク



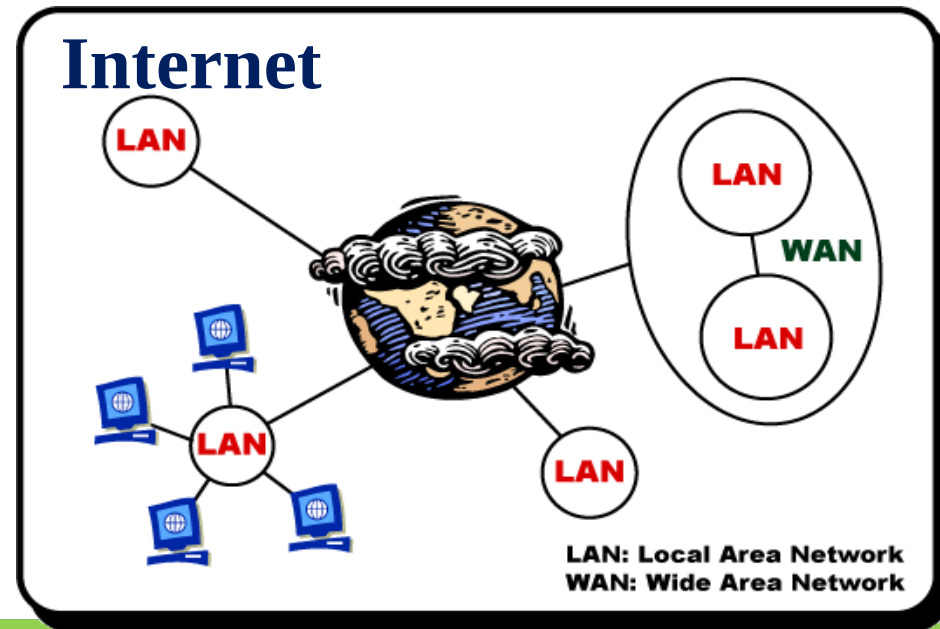
LAN と WAN

- 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

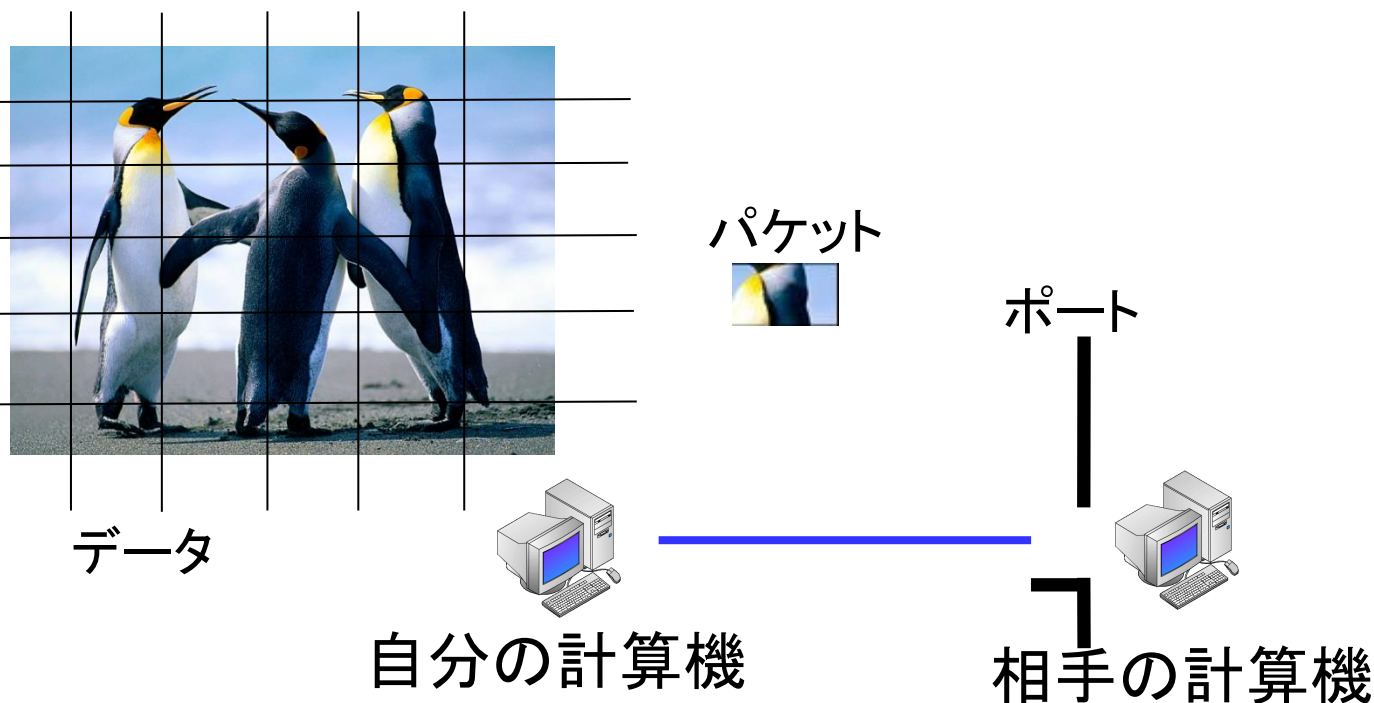


本日のレクチャー内容

- 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

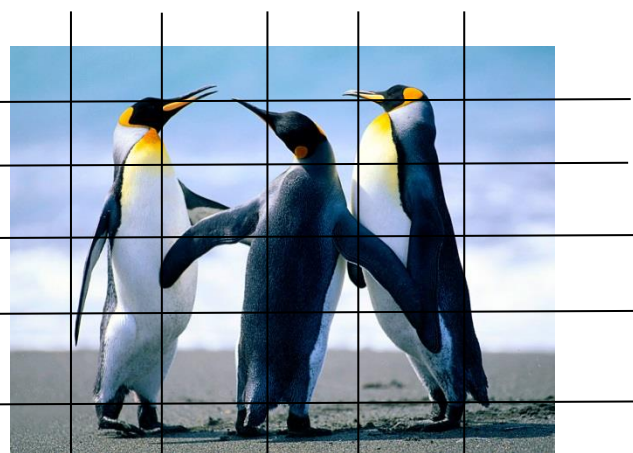
- 英数字1文字が 1 byte (= 8 bit)

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計算機の**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



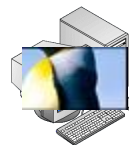
データ

パケット



自分の計算機

ポート

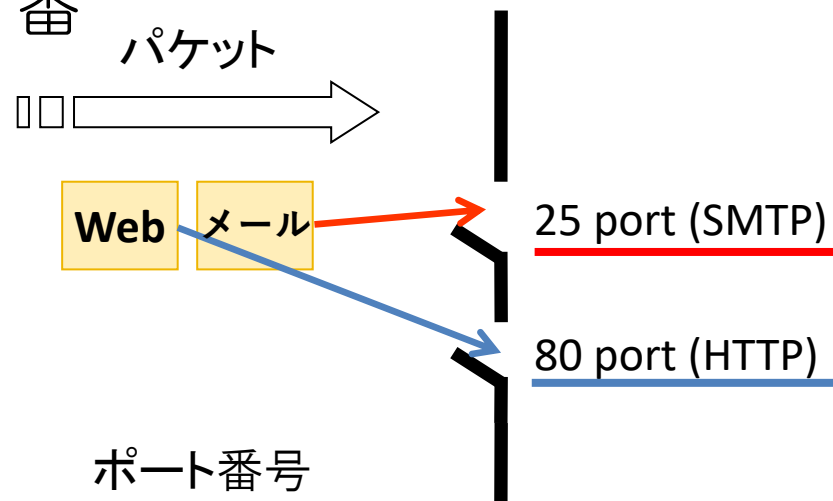


相手の計算機



ポート

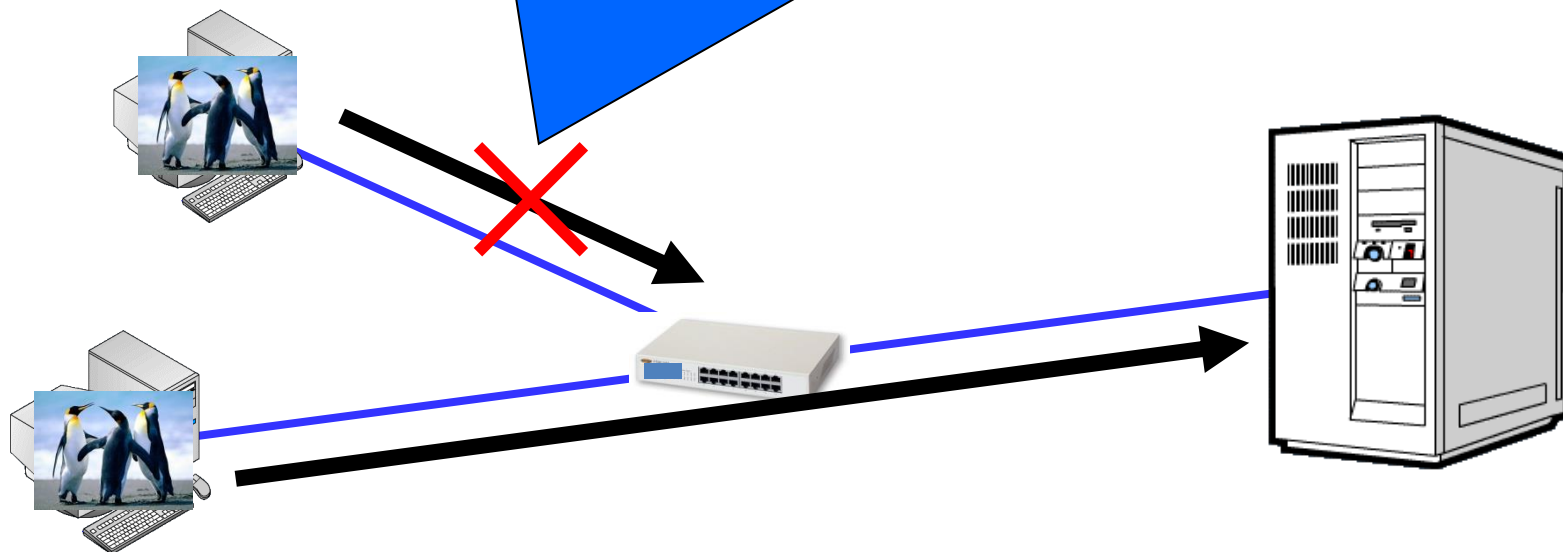
- パケットの受け取り窓口
 - パケットにポート番号などが付与
- ポート番号はサービスやアプリケーション毎に固有の値
 - メール送信 (SMTP) : 25 番
 - Web 閲覧 (HTTP) : 80 番



パケットに分割する利点

- データのパケットに分割しない場合

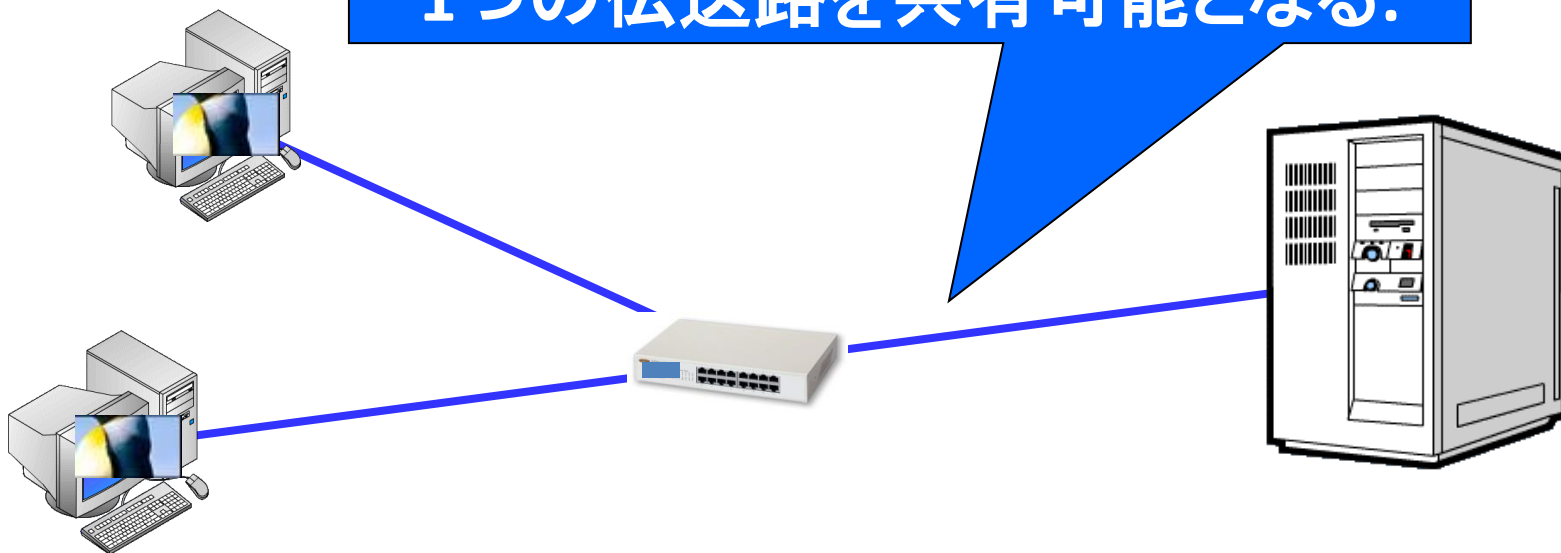
伝送路が占有され、複数のコンピュータが同時に通信できない。



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
- 帰る

– 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

上位 ↓送信 受信↑ 下位	階層	代表的なプロトコル
	アプリケーション層	SMTP (メール送信), HTTP (Web 閲覧)
	トランスポート層	TCP, UDP
	インターネット層	IP
	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



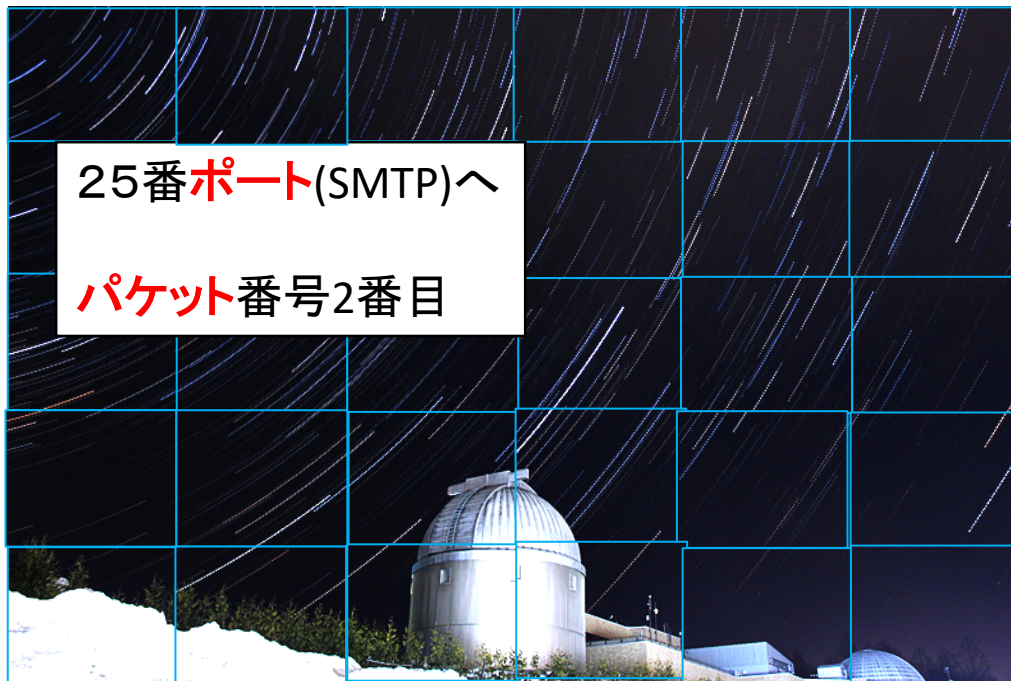
トランスポート層

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

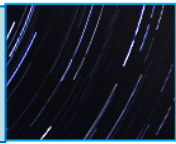
インターネット層

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

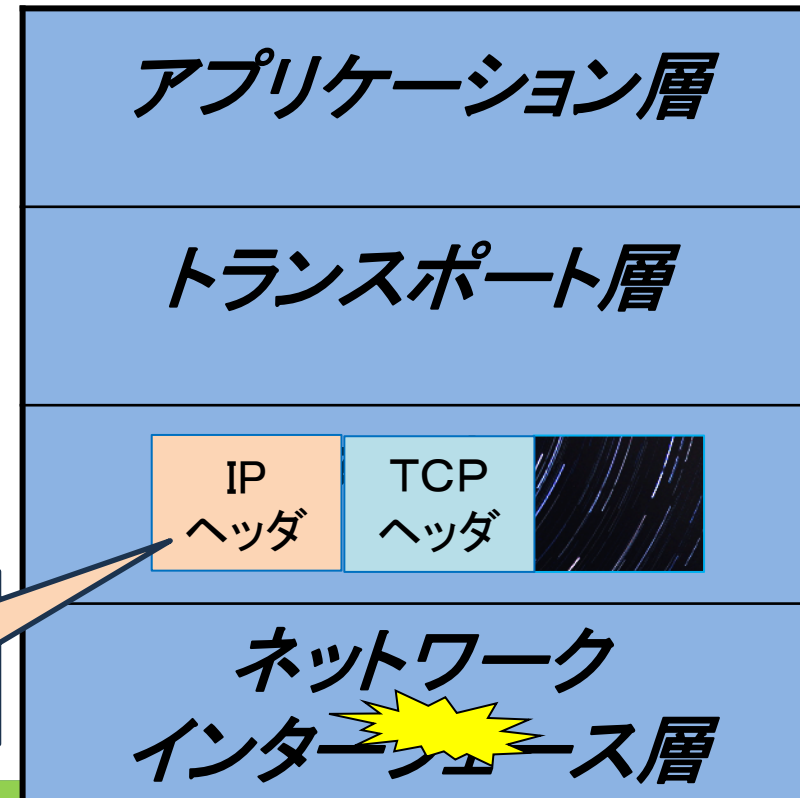
トランスポート層

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



送信者情報: XXX.~~~
受信者情報: YYY.~~~

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
 - 本当に自分宛てのパケットか確認
- 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
 - 分割したパケットの結合
 - 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



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

受信完了！

ネットワーク通信における各層の仕事

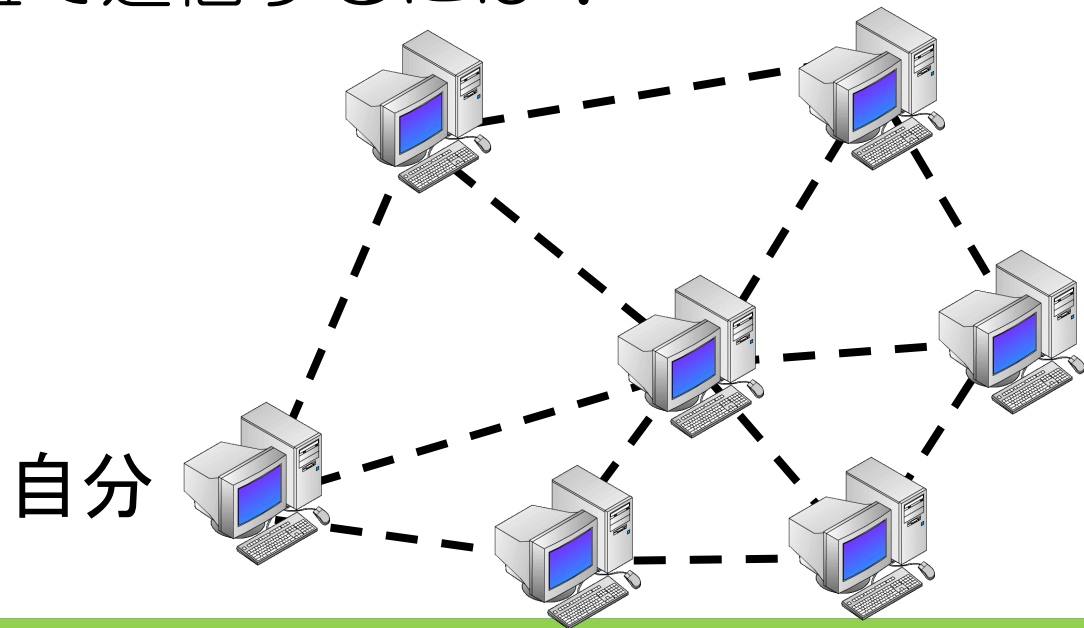
	送信時	受信時
アプリケーション層	TCP/IP で扱える データ形式へ変換	アプリケーション用の データ形式へ変換
トランスポート層	パケット分割 宛先ポート・パケット 順序情報等の付加	パケット結合 ポートへデータ転送
インターネット層	パケット通信経路の 決定	送信者・受信者情報の 復元
ネットワーク インターフェース層	データ ↓ (変換) 電気信号	データ ↑ (変換) 電気信号

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 ← 133. 87. 45. → ホスト部 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
10000101.	01010111.	00101101.	00001111

IP アドレス

ネットワーク部 ← → ホスト部

255.	255.	255.	0
11111111.	11111111.	11111111.	00000000

サブネットマスク

- 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

10000101. 01010111. 00101101. 00001111

IP アドレス

×

11111111. 11111111. 11111111. 00000000

サブネットマスク

||

10000101. 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 / ○○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

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

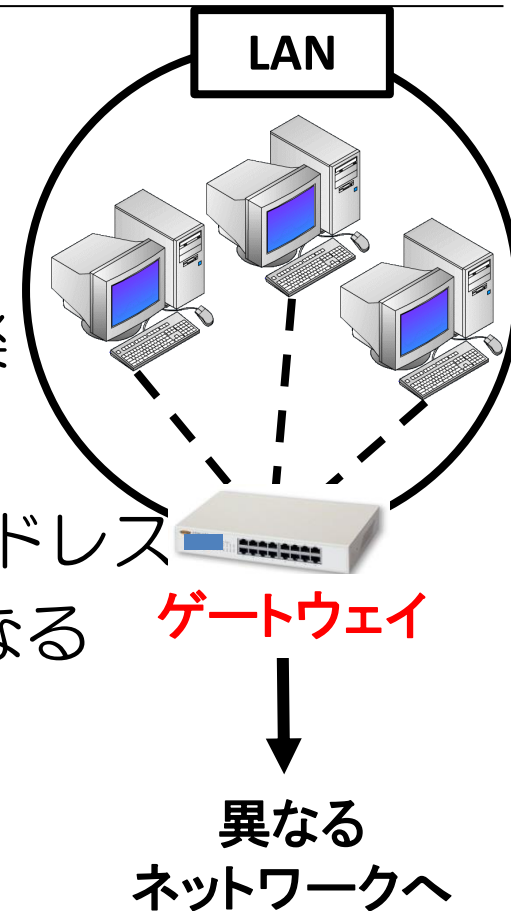
133.87.45.0/24

• 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

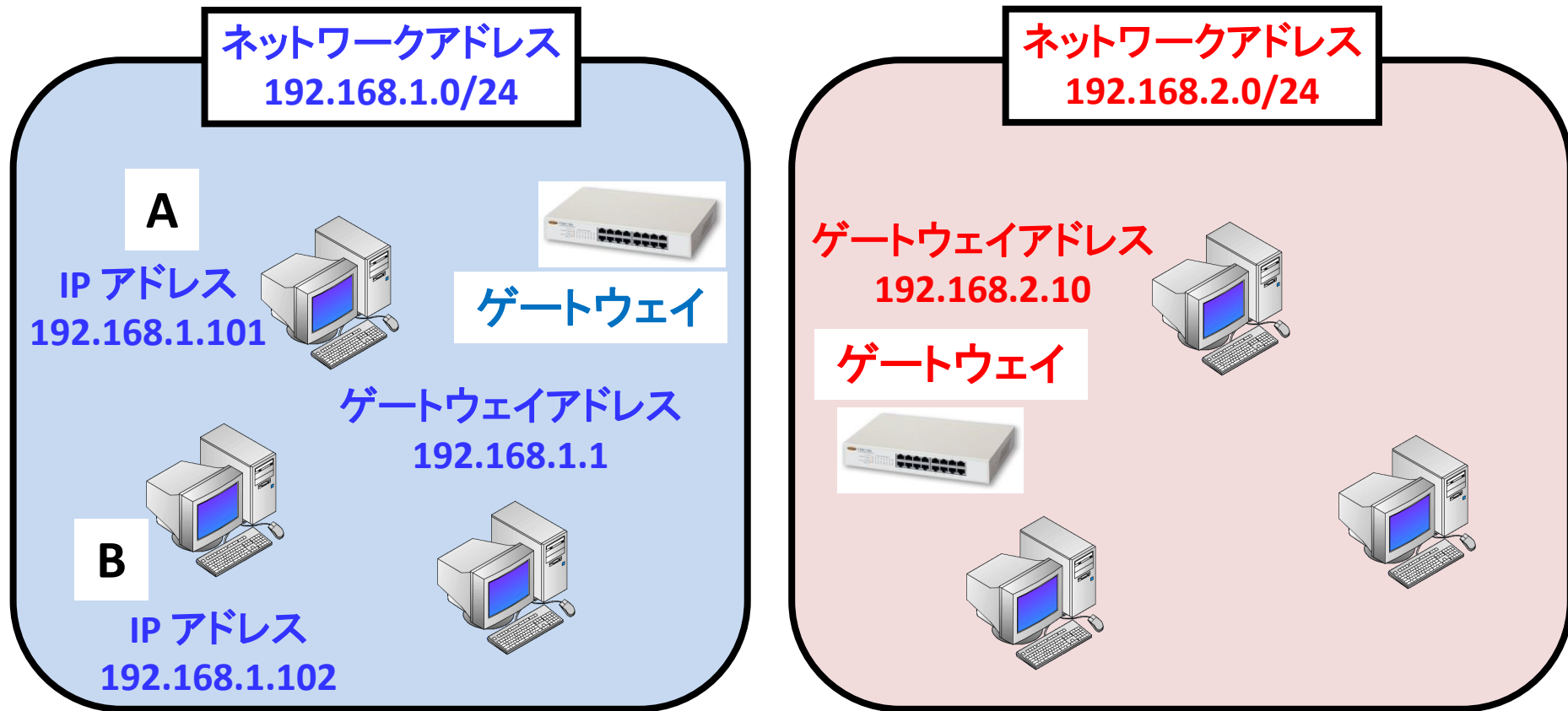
00: F3: A7: CC: 5D: E2

- 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

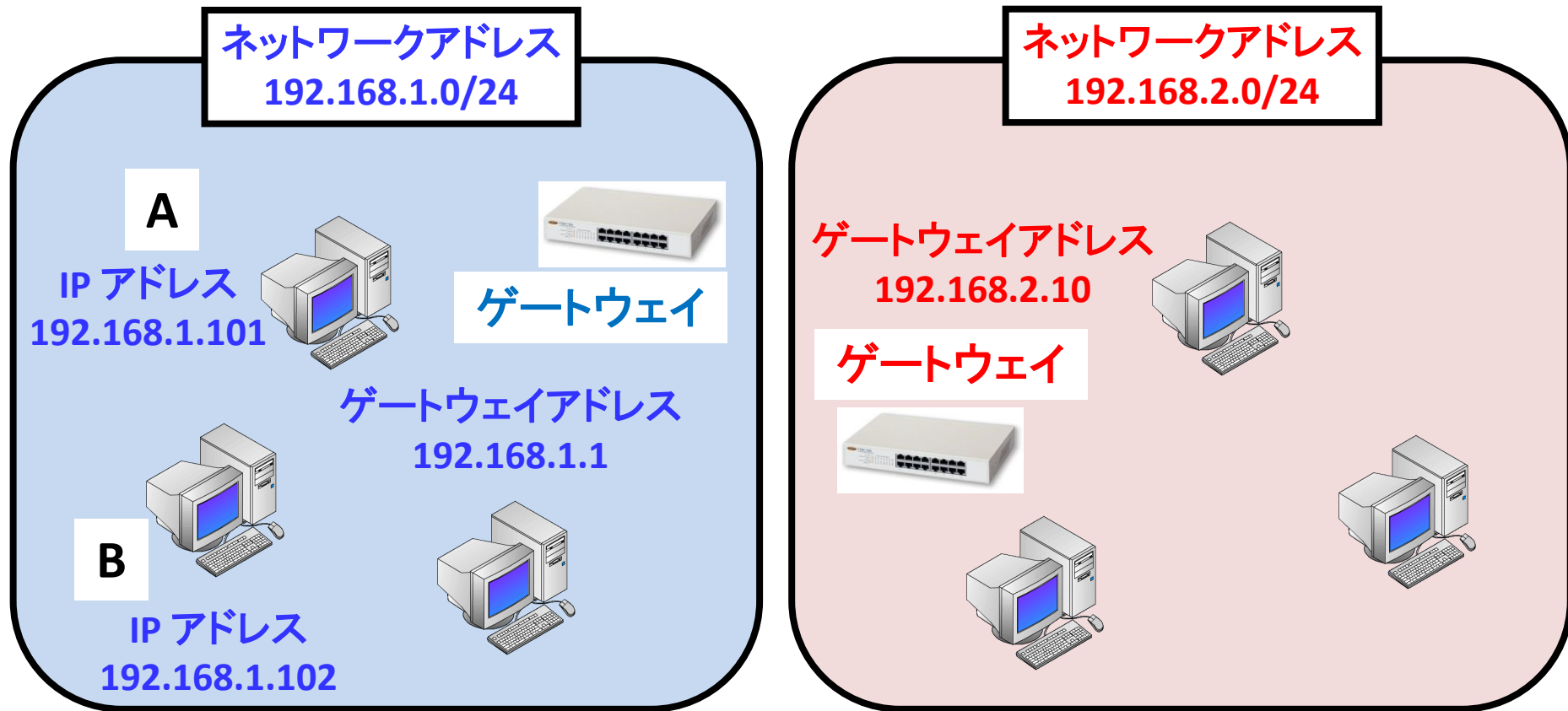
(A が B に通信)



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

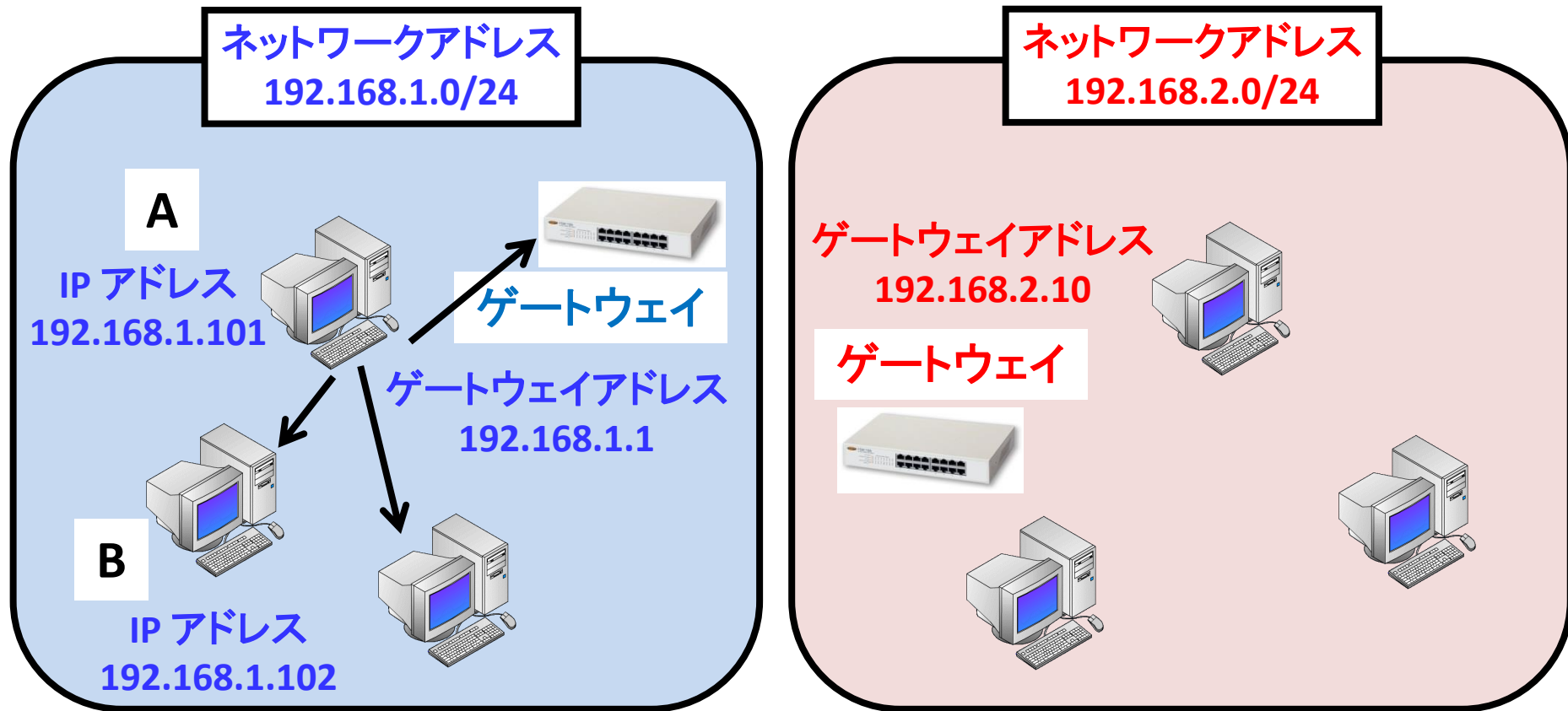
(A が B に通信)



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

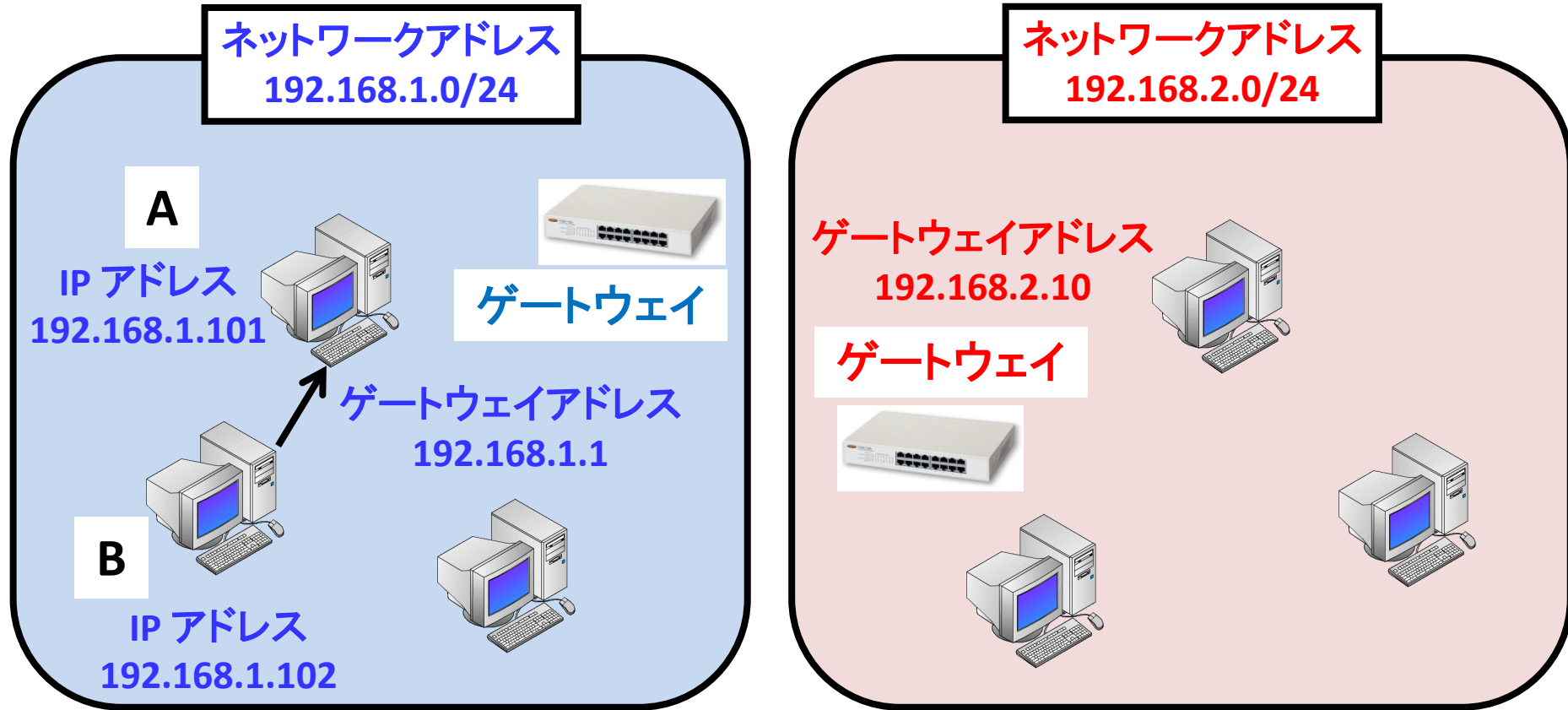
(A が B に通信)



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

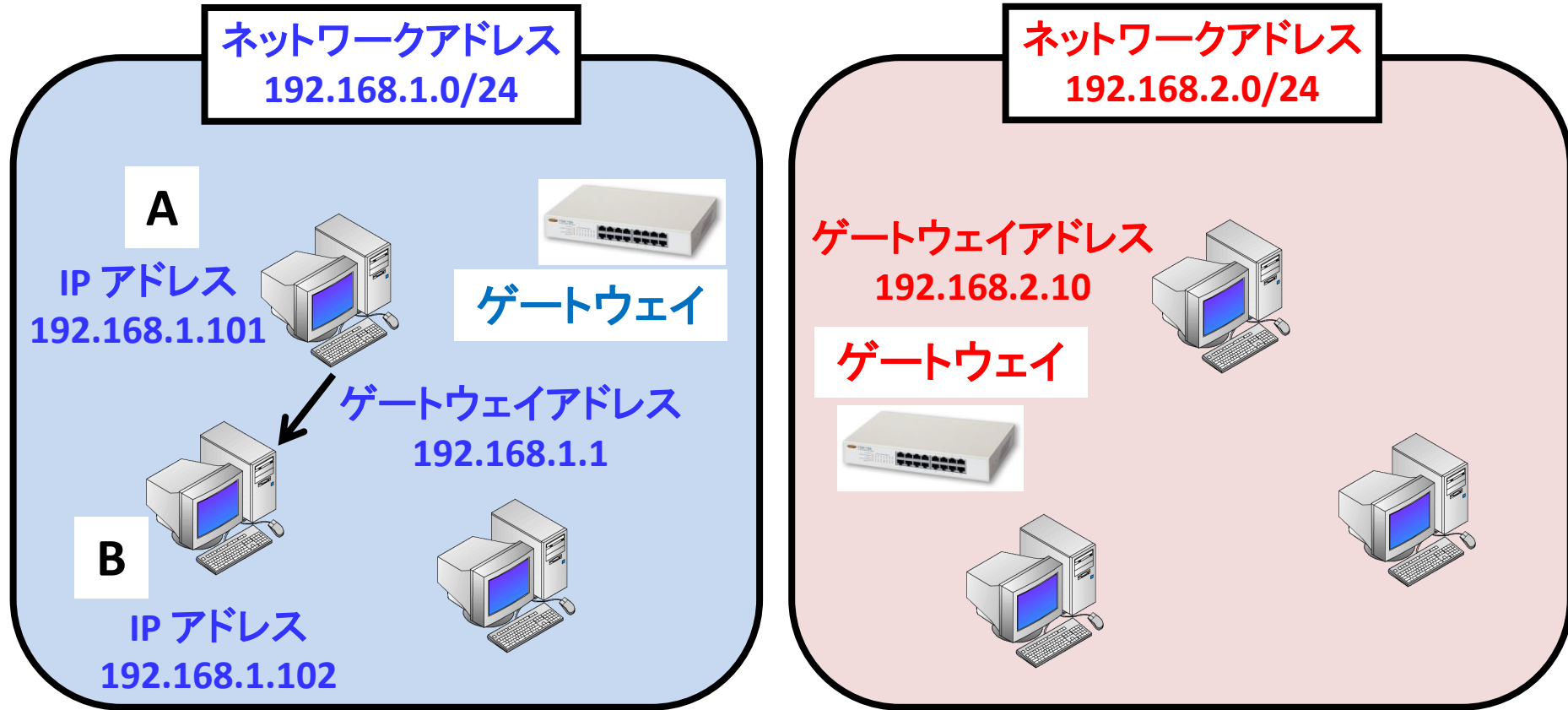
(A が B に通信)



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)

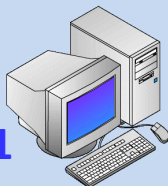
同一ネットワーク外への通信

(A が C に通信)

ネットワークアドレス
192.168.1.0/24

A

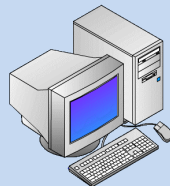
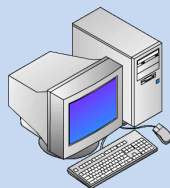
IP アドレス
192.168.1.101



ゲートウェイ

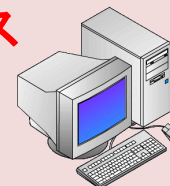


ゲートウェイアドレス
192.168.1.1

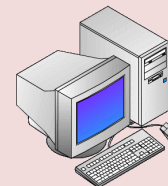


ネットワークアドレス
192.168.2.0/24

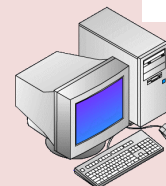
ゲートウェイアドレス
192.168.2.10



ゲートウェイ



C

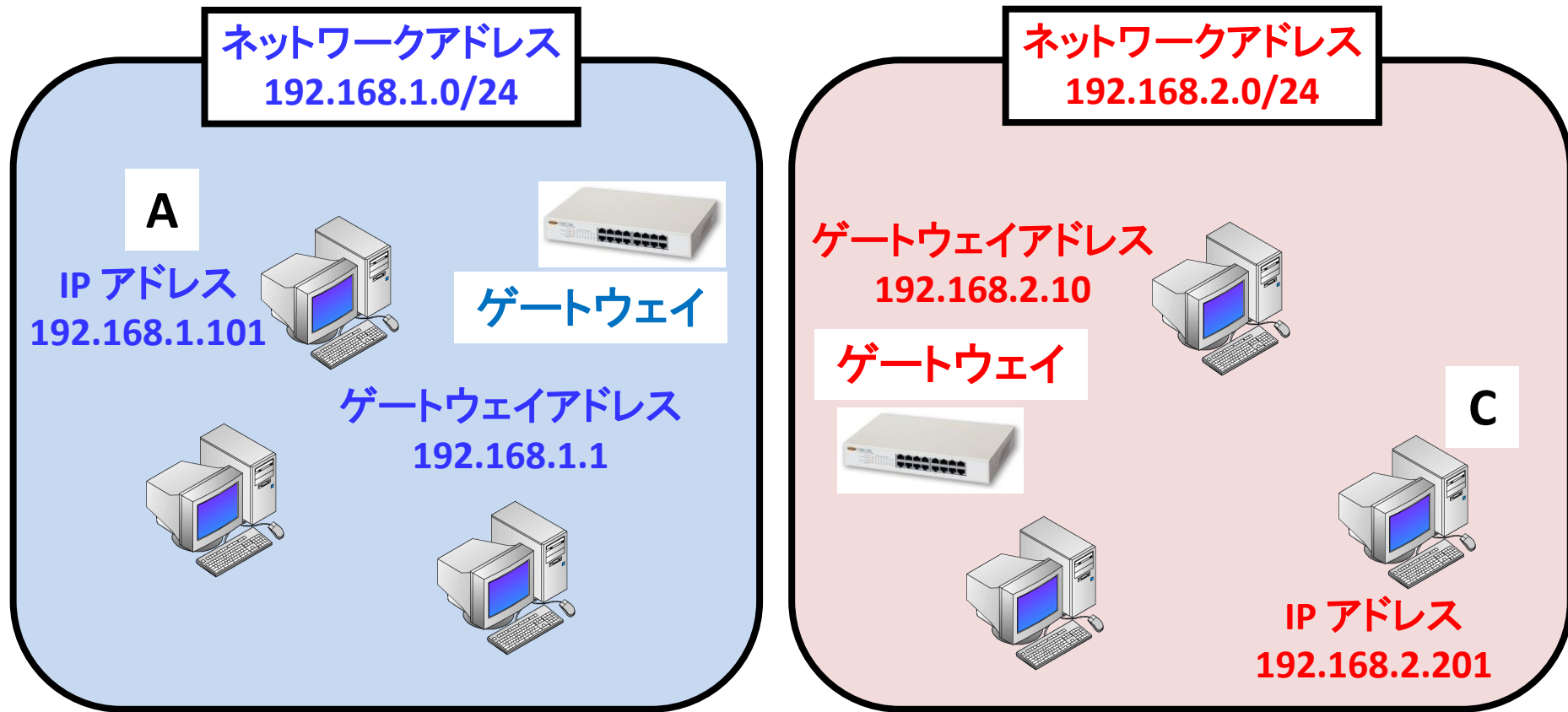


IP アドレス
192.168.2.201

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

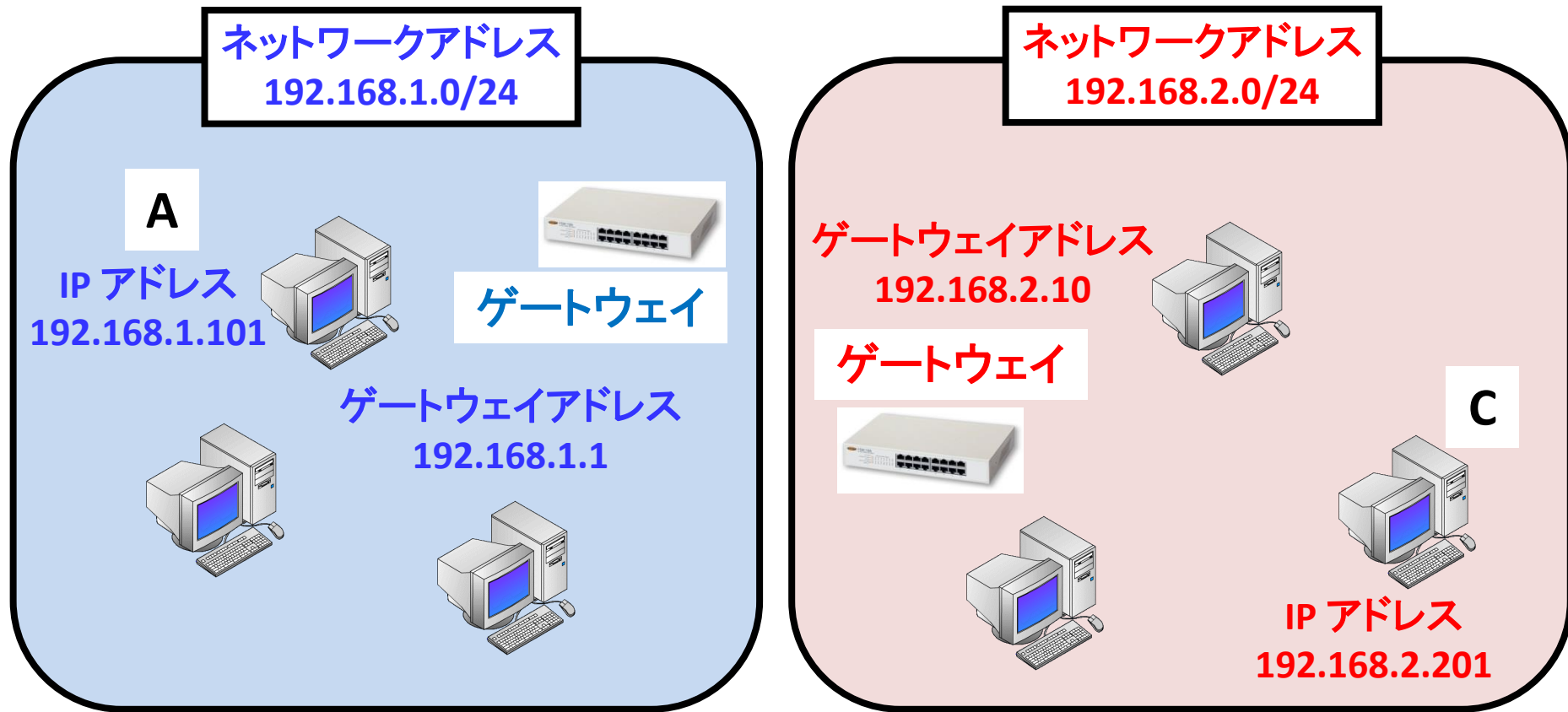
(A が C に通信)



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

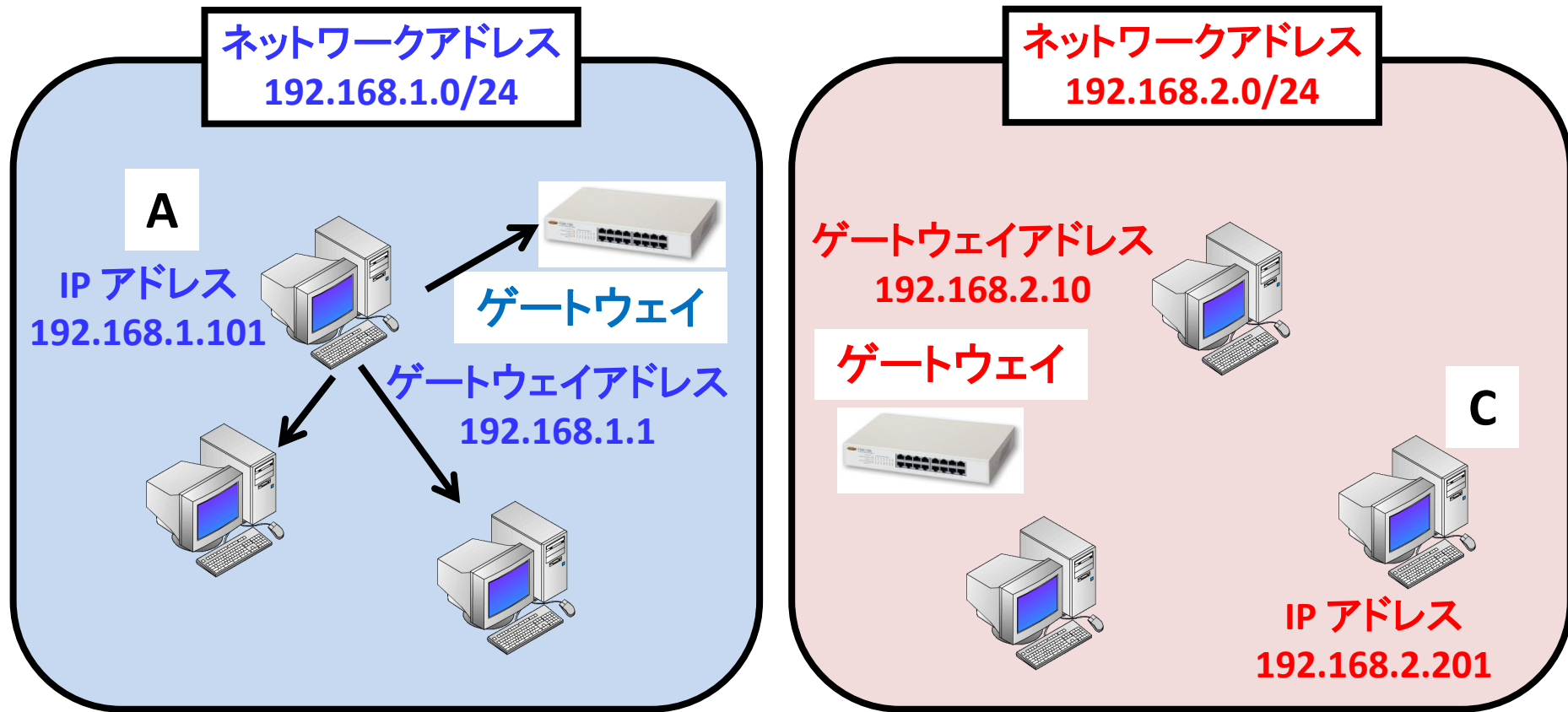
同一ネットワーク外への通信

(A が C に通信)



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

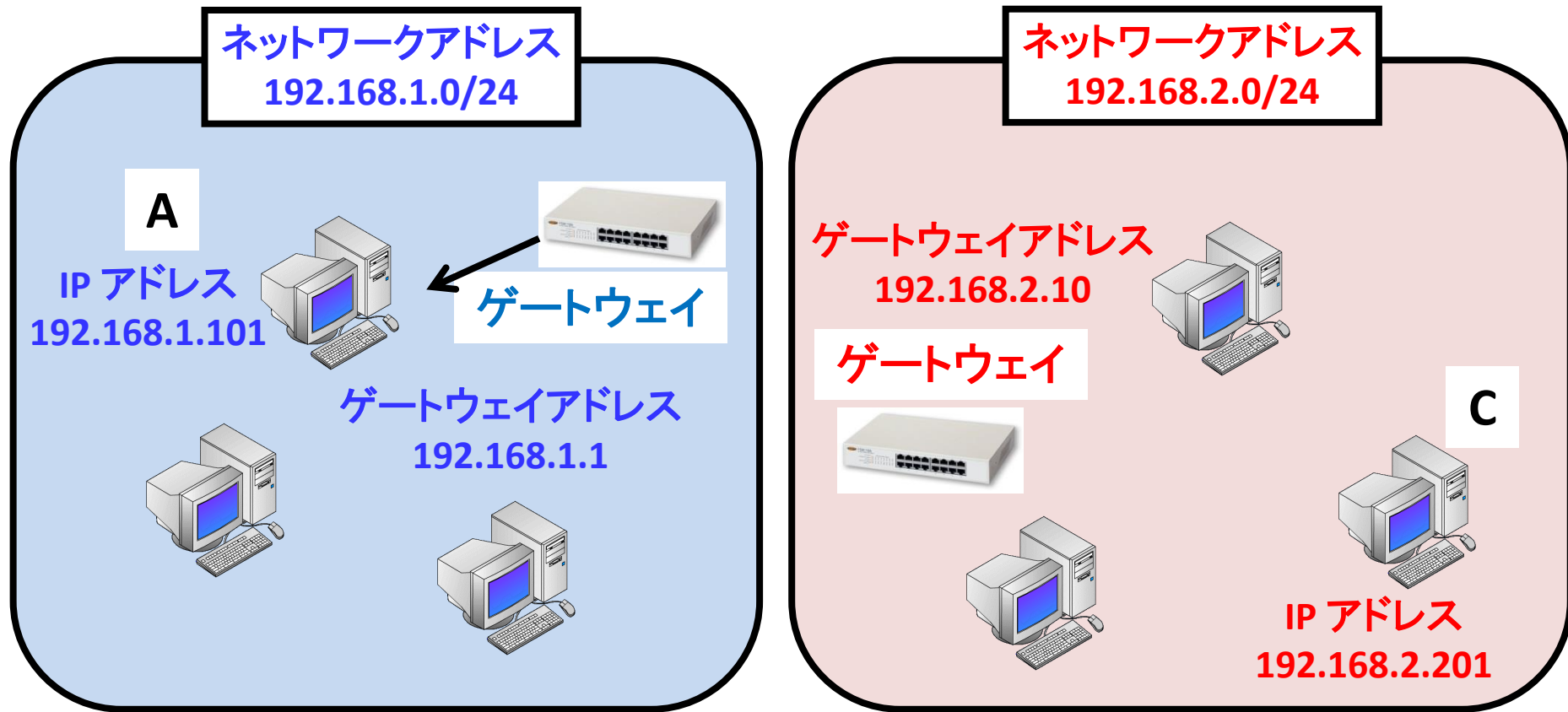
同一ネットワーク外への通信 (A が C に通信)



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

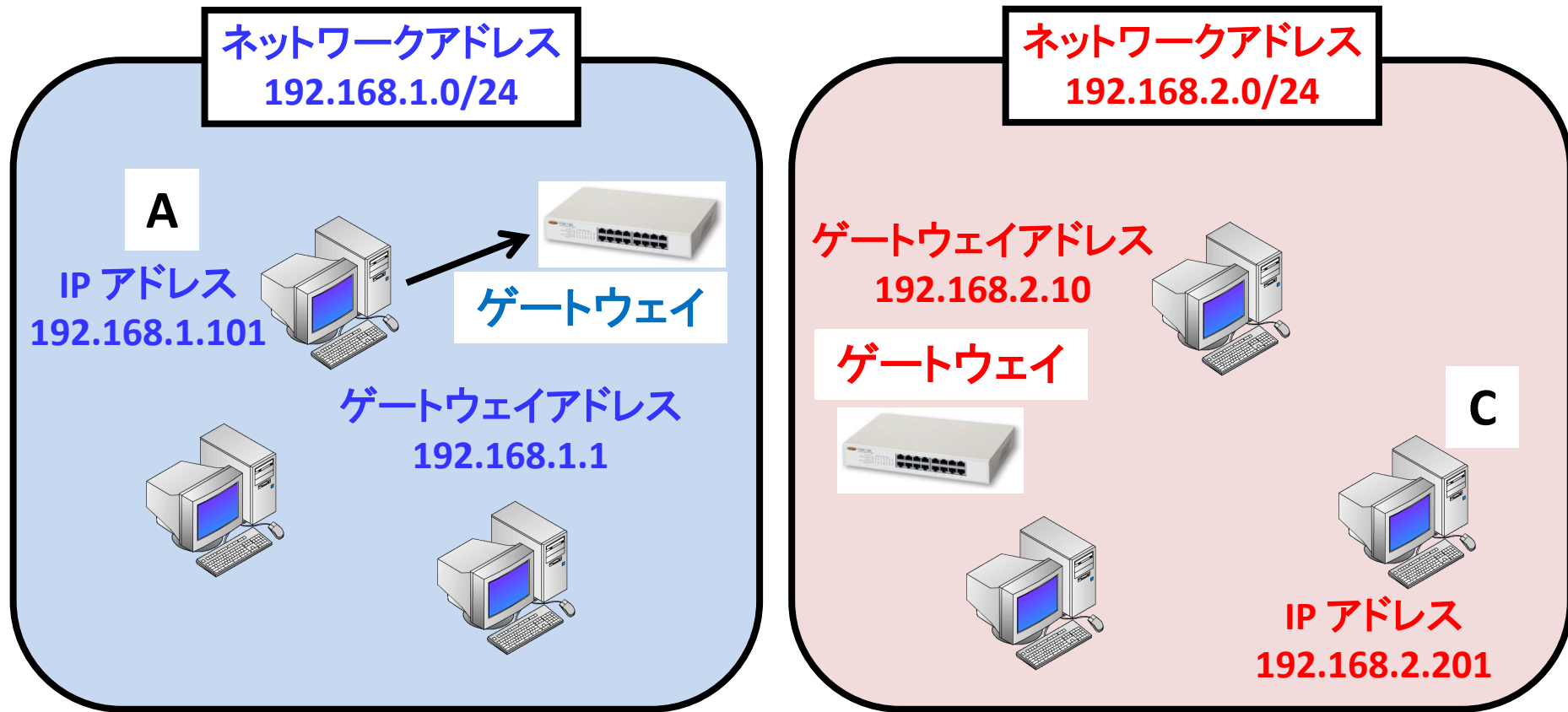
(A が C に通信)



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

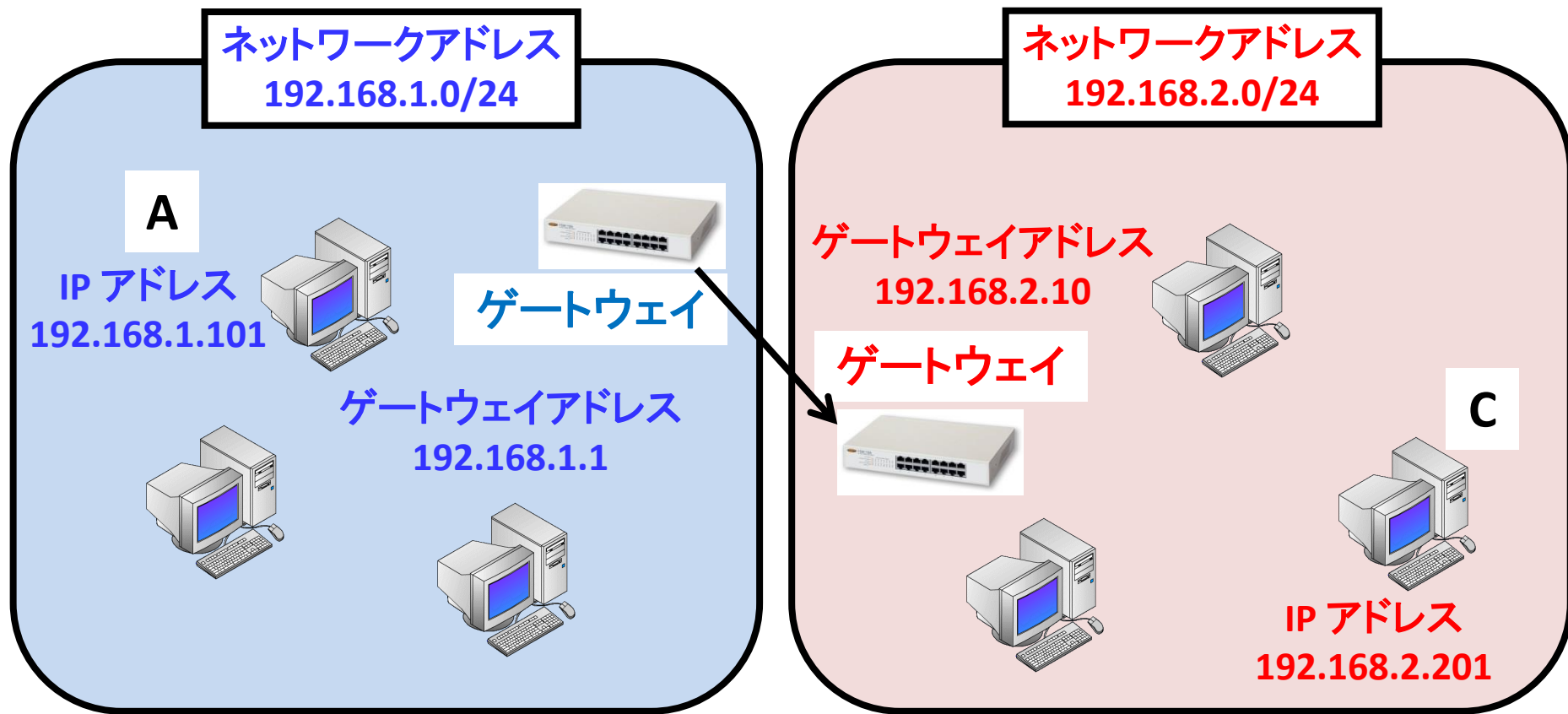
同一ネットワーク外への通信

(A が C に通信)



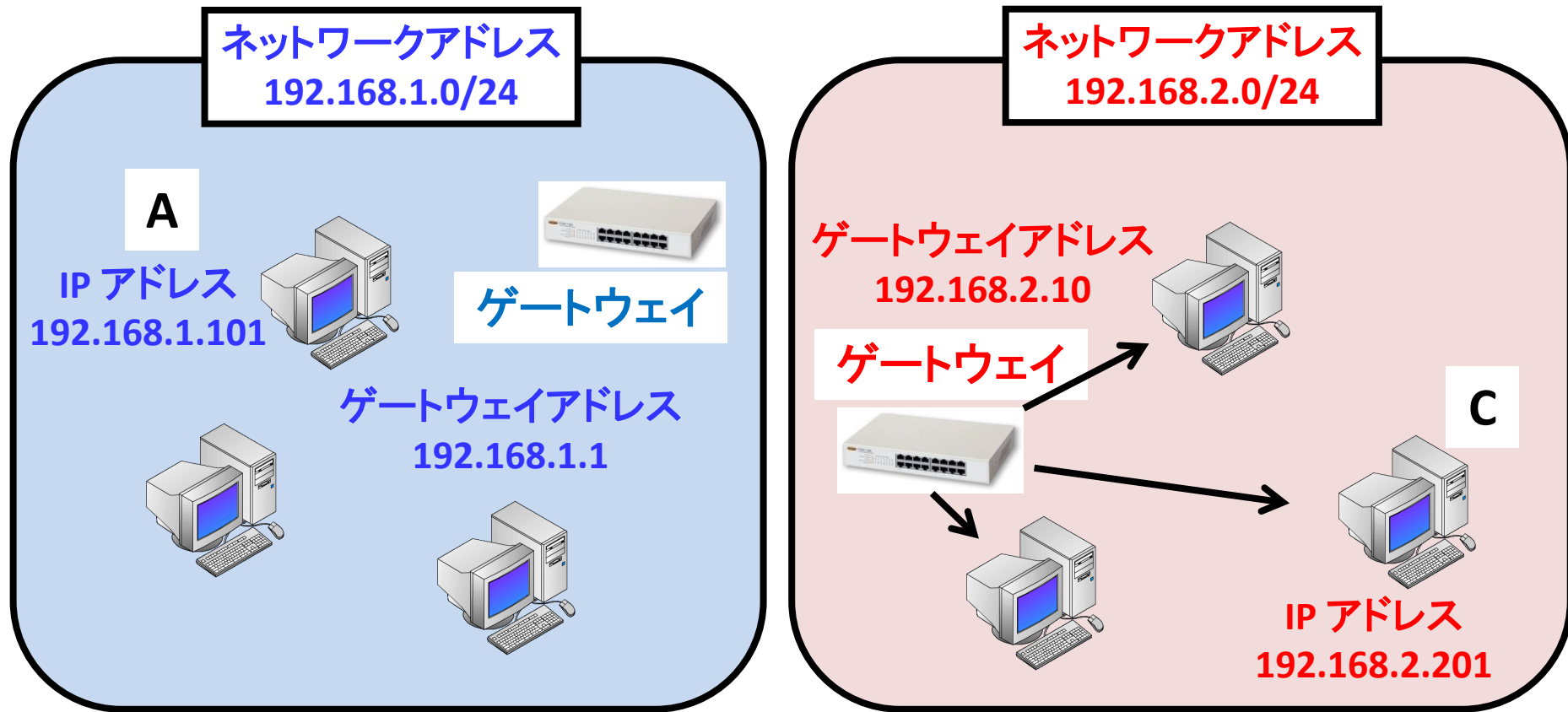
A は送信したい情報をゲートウェイの
MAC アドレスへ送信

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

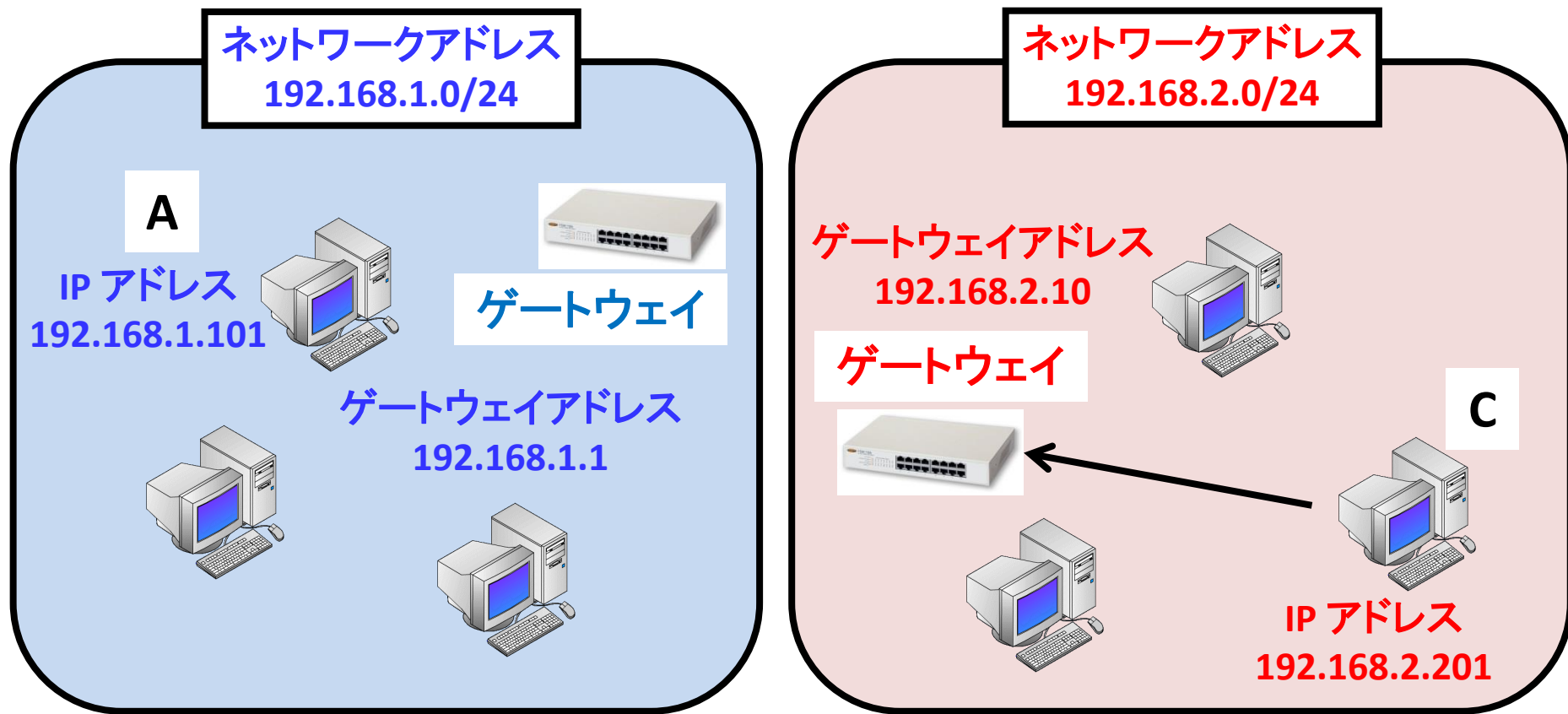
同一ネットワーク外への通信 (A が C に通信)



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

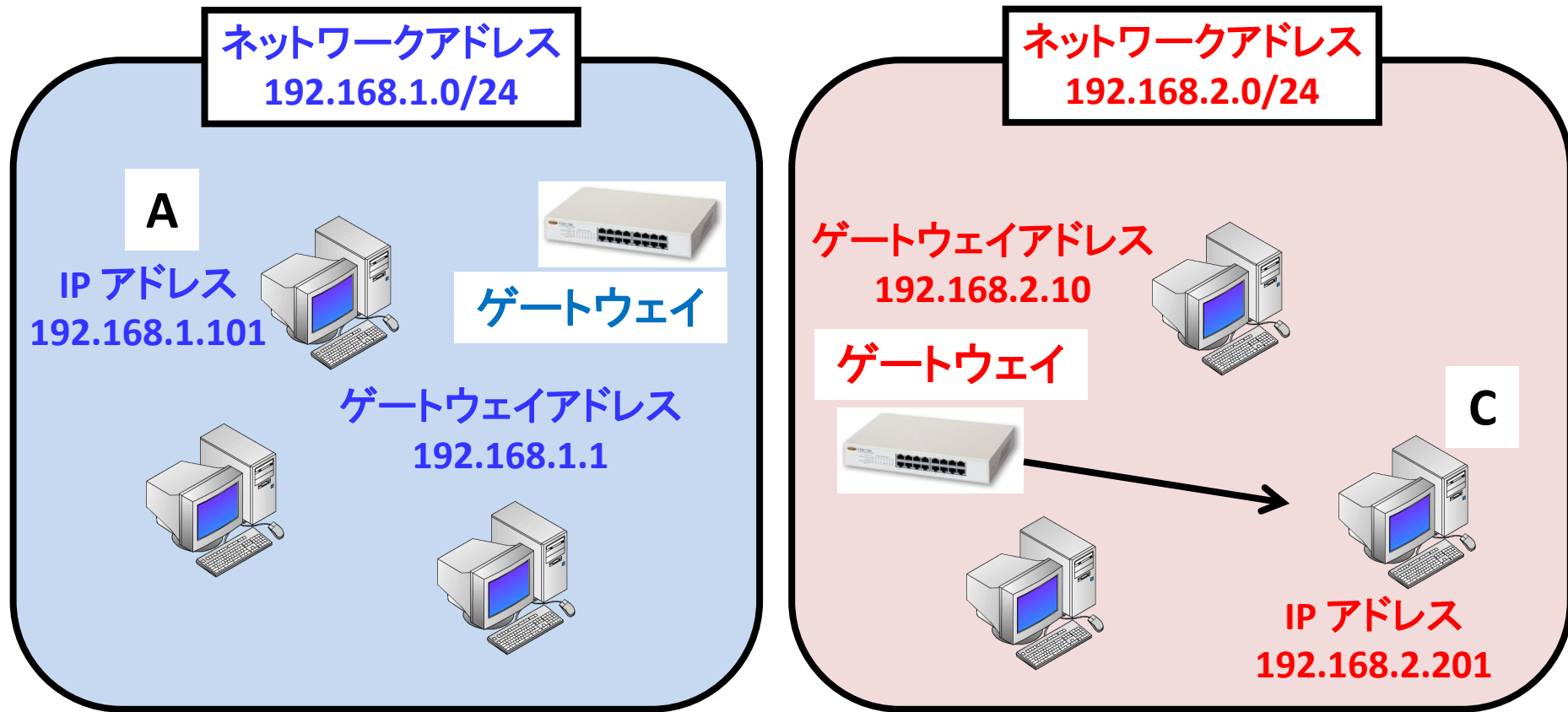
(A が C に通信)



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」憶えづらい
- **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」憶えやすい
 - 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

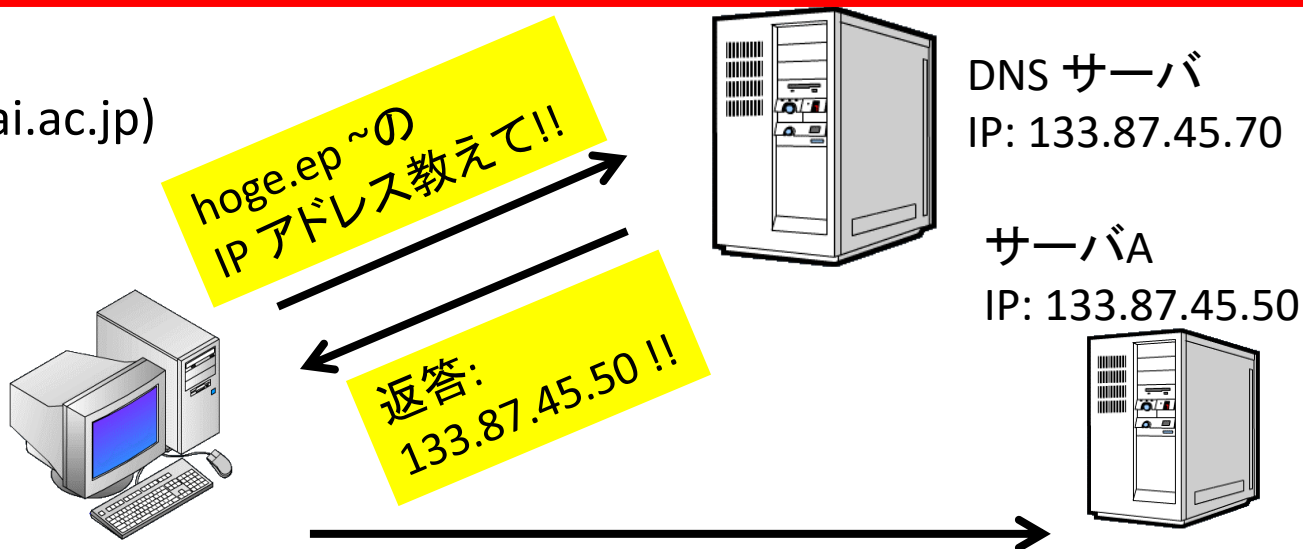
ネットワーク通信における DNS サーバの役割

• 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

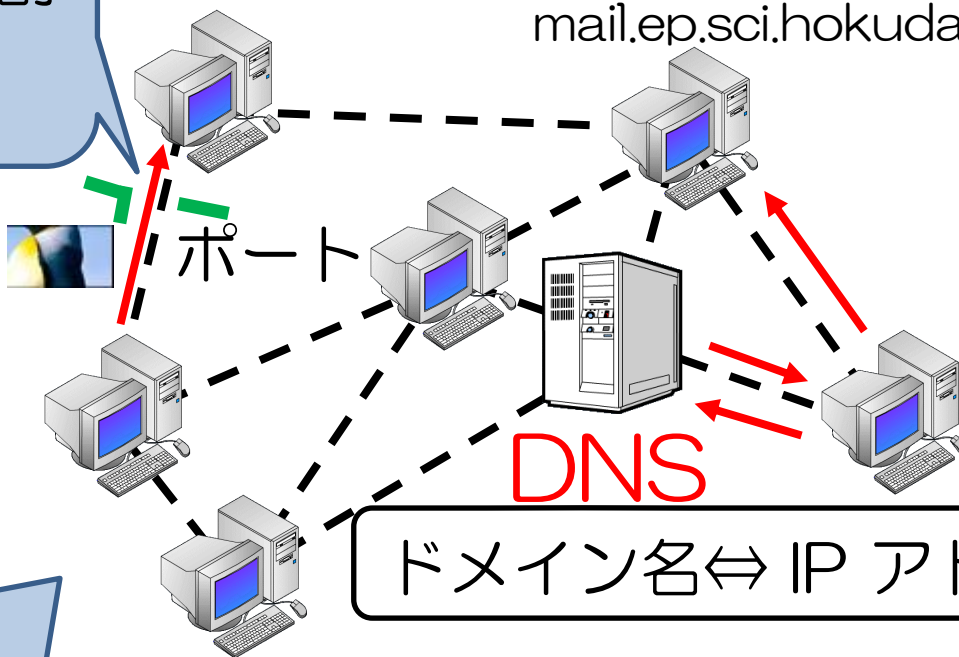
通信の仕組みとは？

- データをパケットに分割
- プロトコルを使用
 - **TCP/IP**

パケット



ポート



Internet

mail.ep.sci.hokudai.ac.jp

DNS

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/VT A 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>