

最低限 **Unix (Linux)** Ⅲ

~ネットワークの仕組み~

情報実験第 4 回(2026/05/08)

北海道大学 大学院理学院 宇宙理学専攻
修士 2 年 花田 陸斗

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

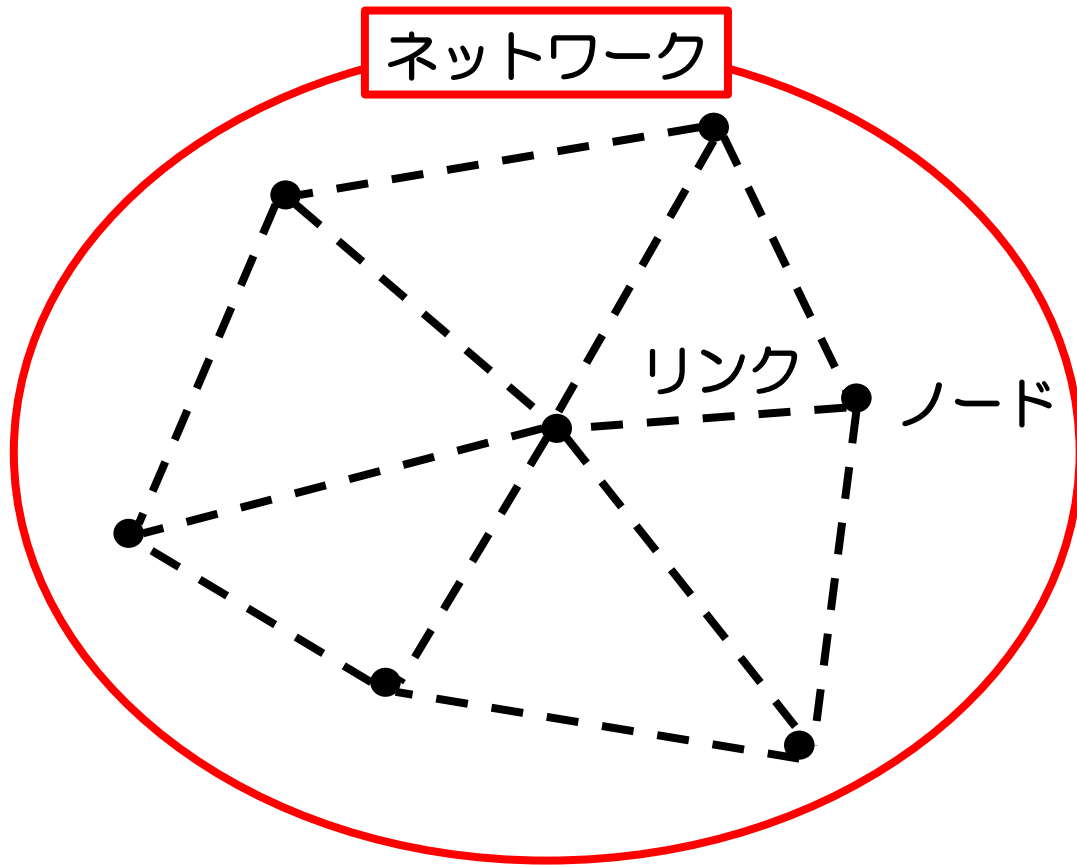
- ネットワーク概要
 - ネットワーク
 - コンピュータネットワーク
 - LAN, WAN, Internet
- ネットワーク通信の基本
 - パケット交換方式
 - TCP/IP
 - ネットワークパラメータ
 - DNS

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
 - パケット交換方式
 - 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

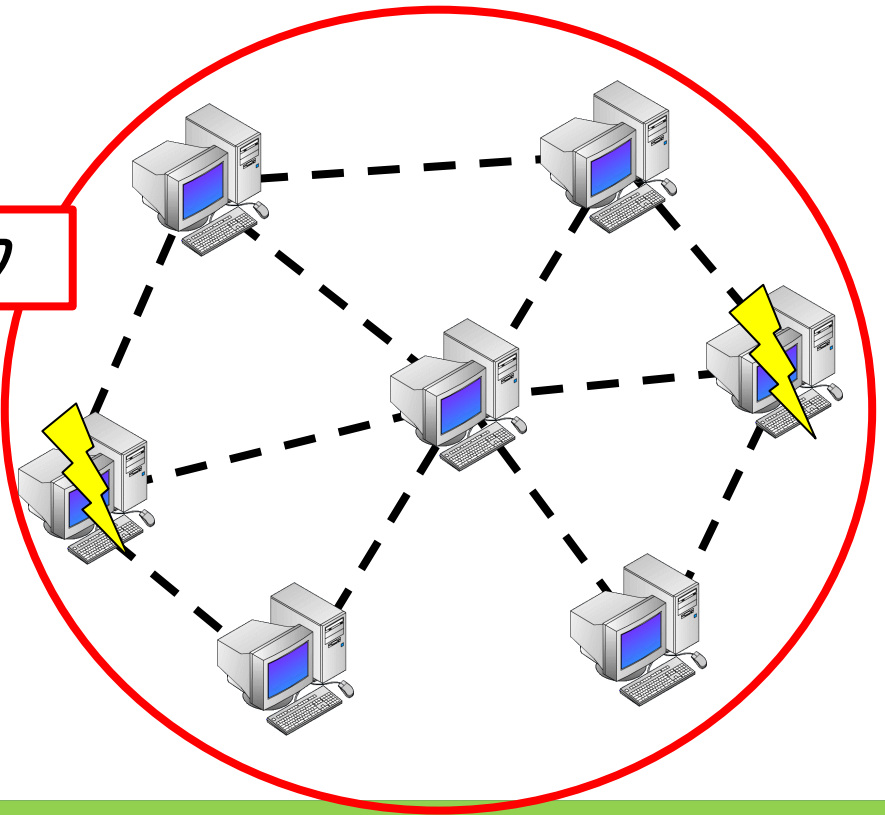


- 例)
 - 鉄道ネットワーク
 - 口コミ
 - コンピュータネットワーク

コンピュータネットワーク

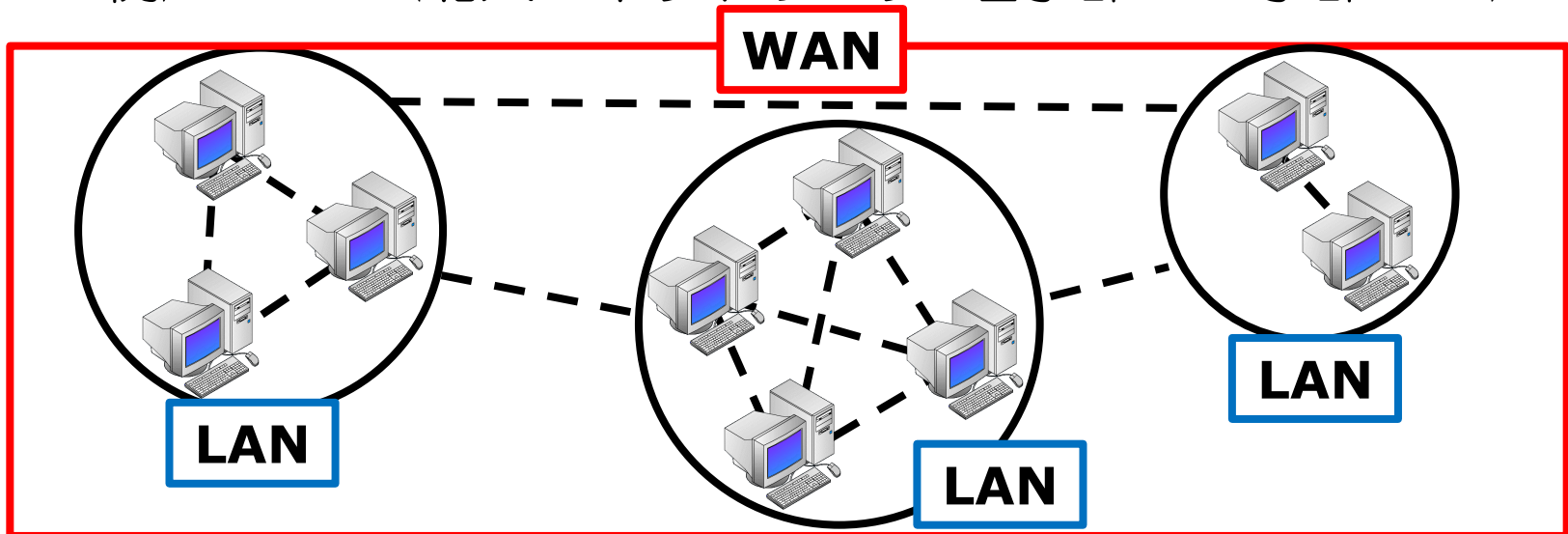
- 計算機同士の接続により構築されるネットワーク
 - ノード: 計算機
 - リンク: ネットワークケーブル, 電波
 - 伝達するもの: 電気信号

コンピュータネットワーク



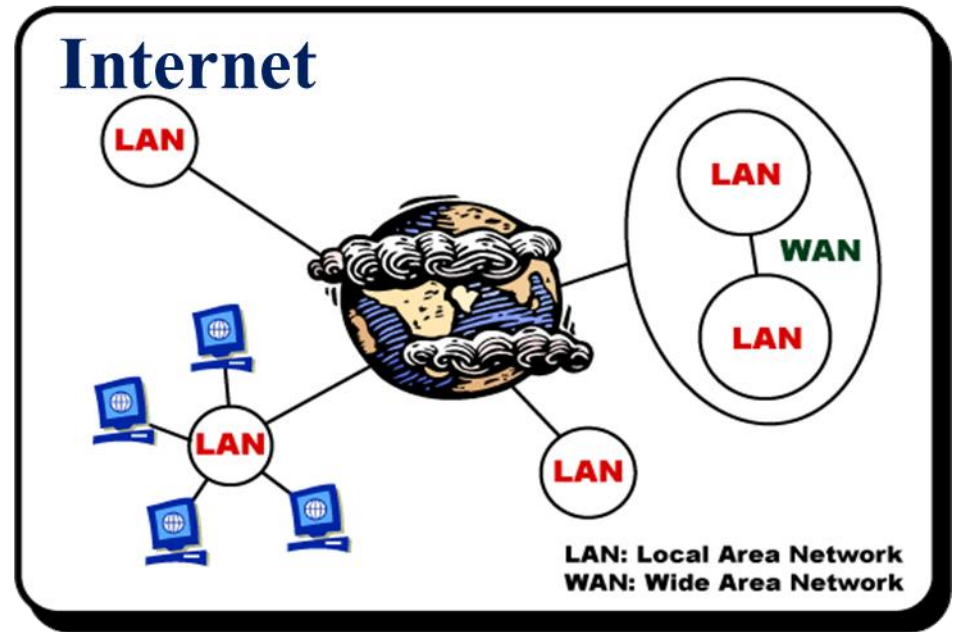
LAN と WAN

- **LAN** (**L**ocal **A**rea **N**etwork)
 - 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** (**W**ide **A**rea **N**etwork)
 - 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 + …)



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

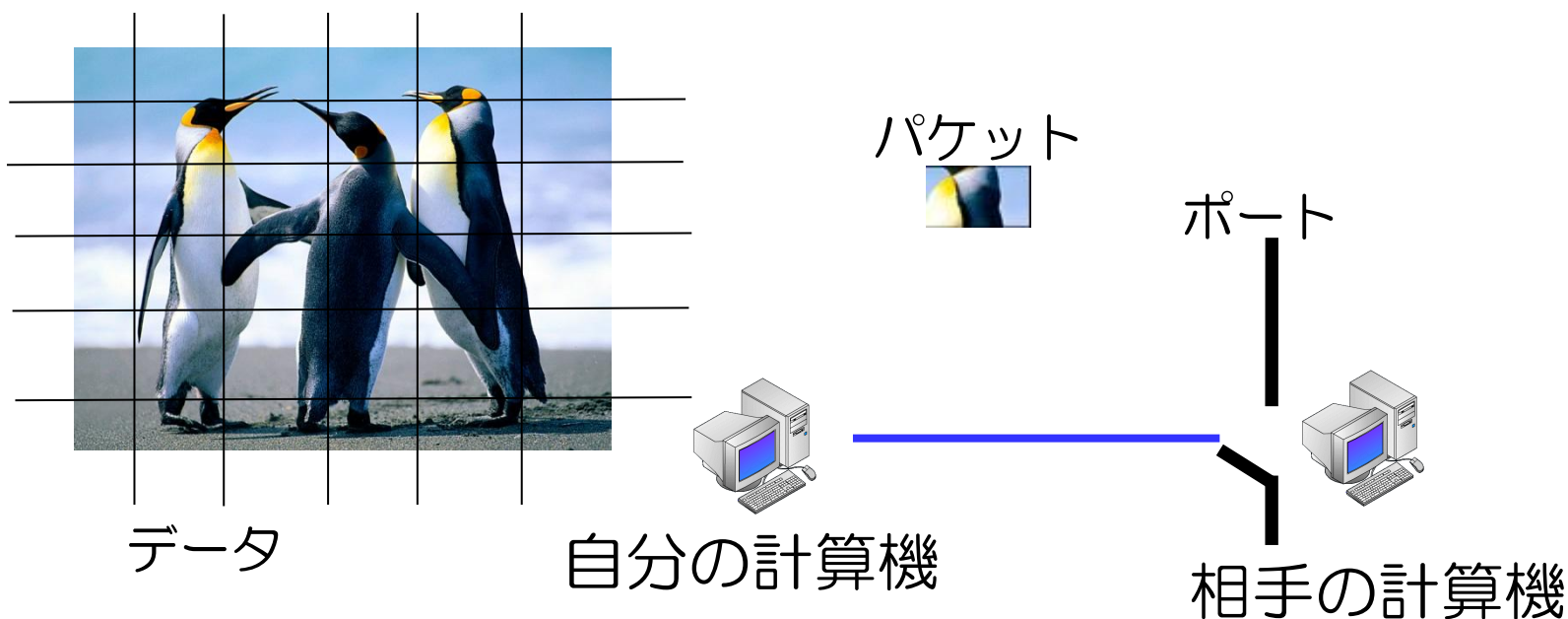


本日のレクチャー内容

- 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
 - パケット交換方式
 - TCP/IP
 - ネットワークパラメータ
 - DNS

パケット交換方式

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



パケット交換方式

- データを**パケット**に分割して通信
 - パケット: データ転送における最小単位
 - 1 パケット = 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

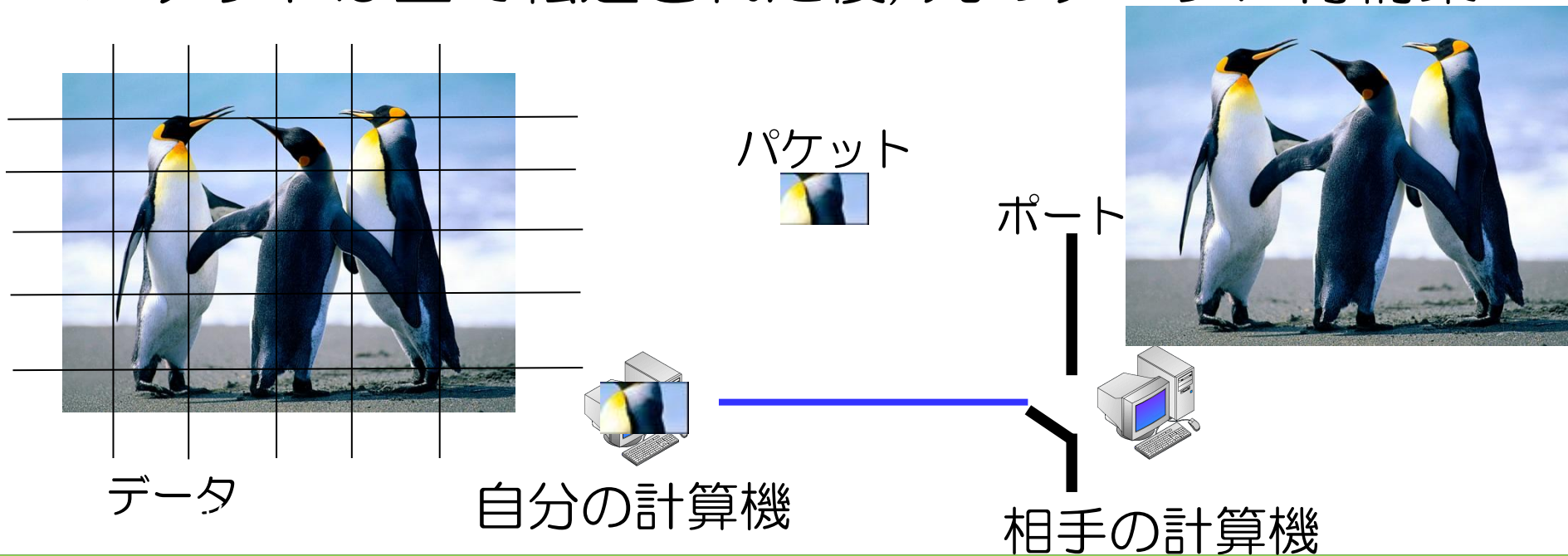
データ

自分の計算機

相手の計算機

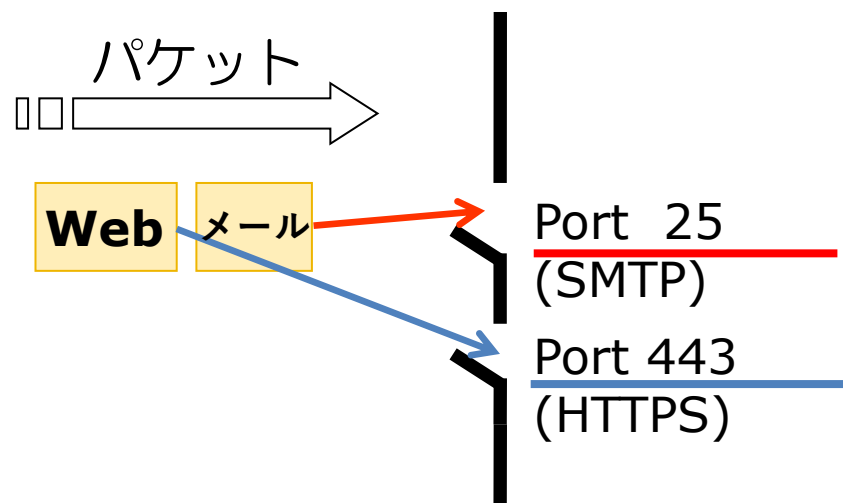
パケット交換方式

- データを**パケット**に分割して通信
- パケットはネットワークを通じて相手の計算機の**ポート**へ転送
- パケットは全て転送された後, 元のデータに再構築



ポート

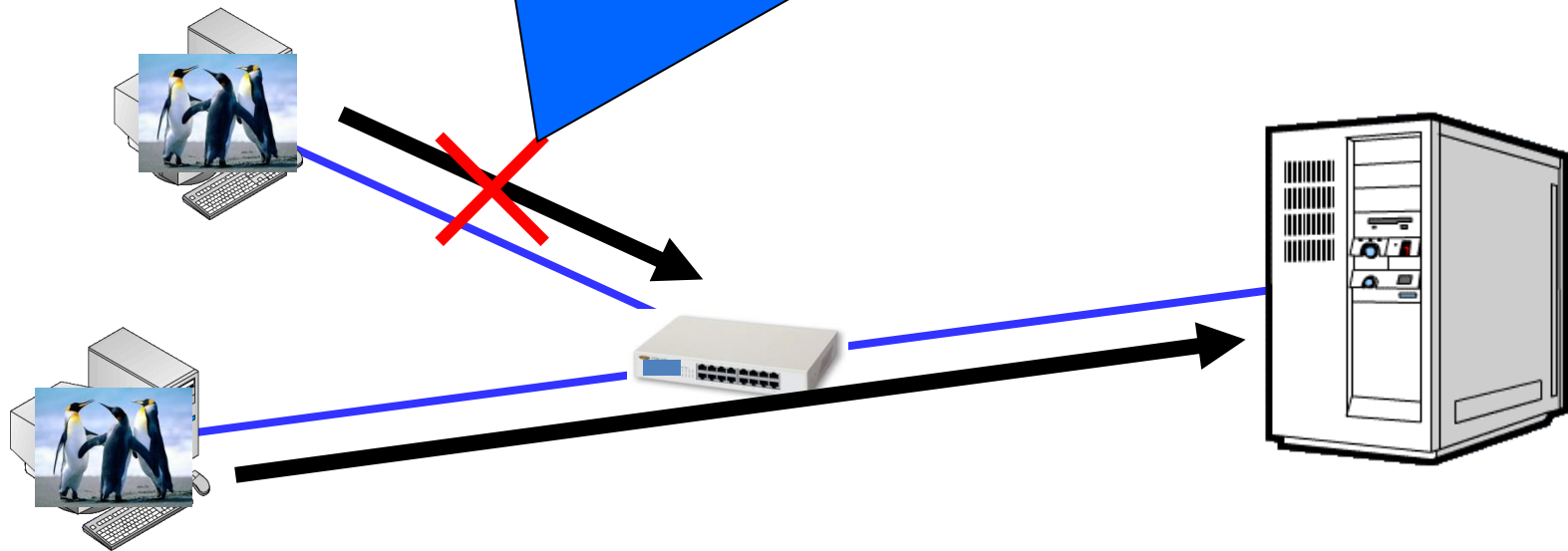
- パケットの受け取り窓口
- ポート番号はサービスやアプリケーション毎に固有の値
 - メール送信 (SMTP): 25 番, Web 閲覧 (HTTPS): 443 番
 - パケットにポート番号が付与されている



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（回線交換方式）

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（パケット分割方式）

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
 - パケット交換方式
 - **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

- インターネットの通信規約 = TCP/IP
 - 異なる OS 同士でも通信可能

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, HTTPS
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

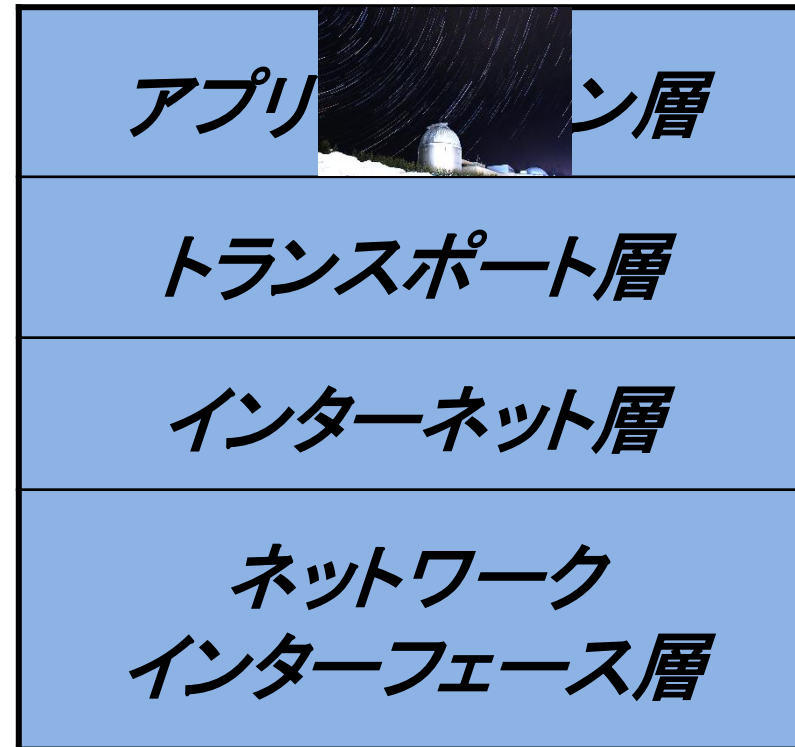
トランスポート層

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



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

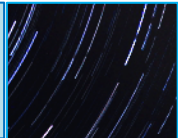
インターネット層

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の順序情報の付加 (ヘッダ)

TCP
ヘッダ



25番ポート(SMTP)へ
シーケンス番号2番目

アプリケーション層

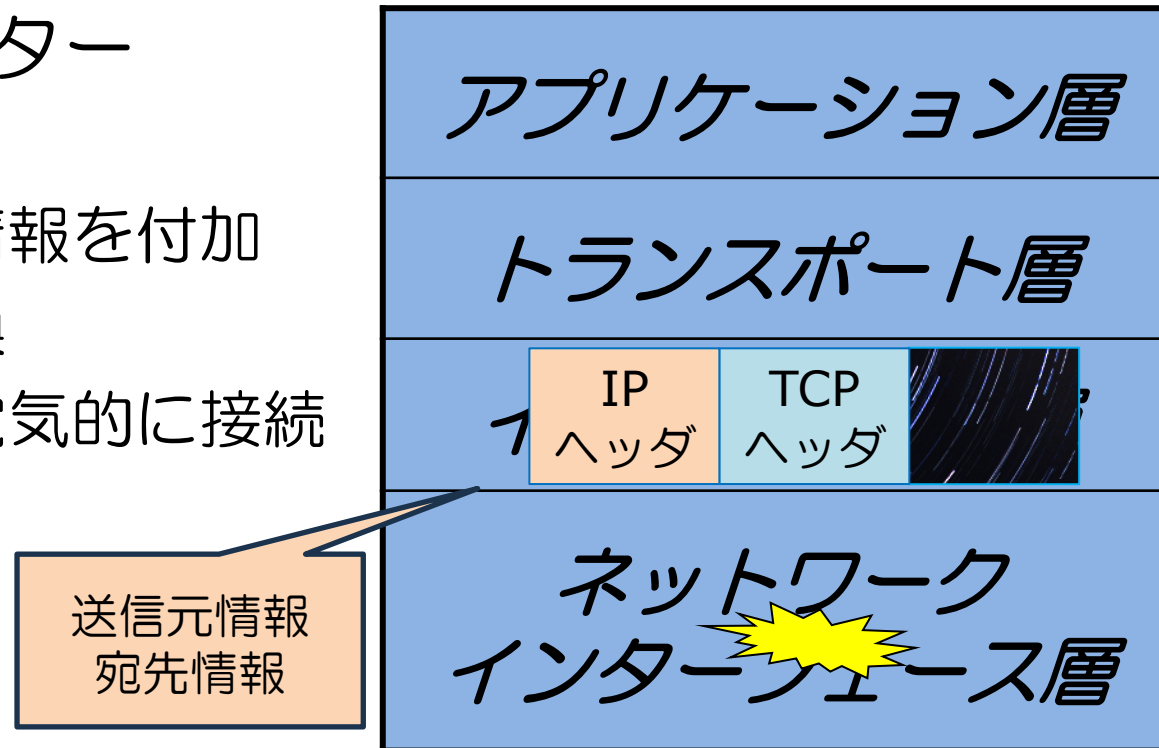
トランスポート層

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

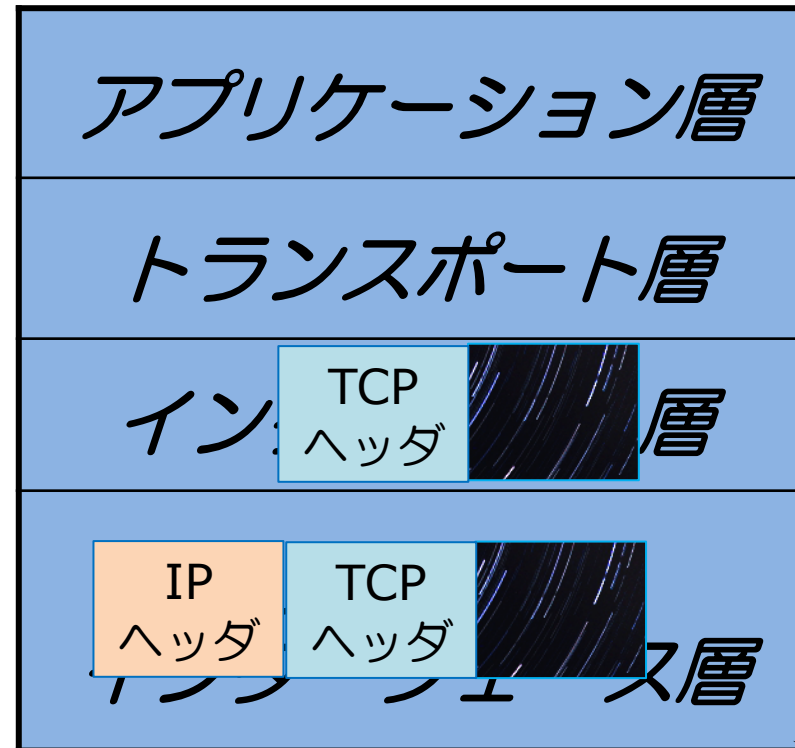
- インターネット層の仕事
 - 送信元・宛先情報 (ネットワークパラメータ)の付与
 - 通信経路の設定
- ネットワークインターフェース層の仕事
 - 次の送信先への情報を付加
 - 電気信号への変換
 - ハードウェアが電氣的に接続しているか確認



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
 - 本当に自分宛のパケットか確認
- インターネット層の仕事
 - 送信元・宛先情報の復元



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再構築
 - 欠損チェックも行う (TCP の場合)
 - 指定されたポートへの転送



画像データを受け取る



アプリケーション層

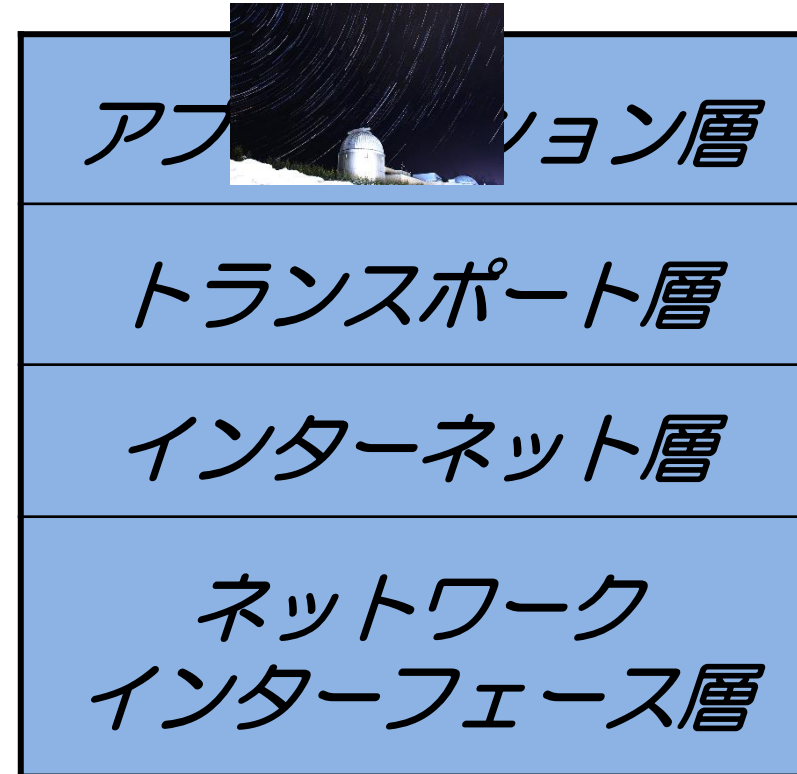
トランスポート層

インターネット層

ネットワーク
インフラフェース層

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

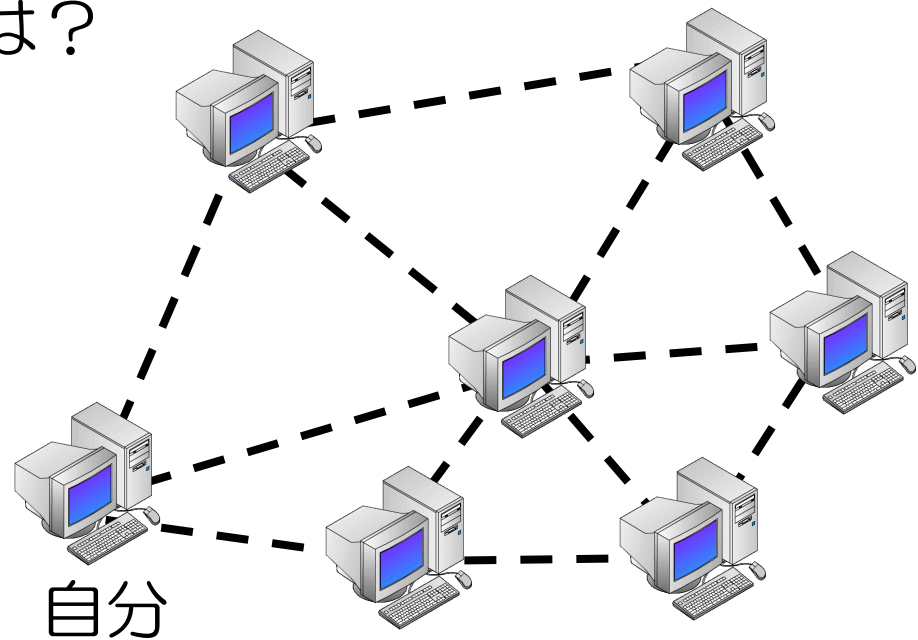
	送信時	受信時
アプリケーション層	TCP/IP で扱える データ形式へ変換	アプリケーション用 のデータ形式へ変換
トランスポート層	パケット分割 指定ポート・パケット 順序情報等の付加	パケット再構築 ポートへデータ転送
インターネット層	送信元・宛先情報 の付加 通信経路の決定	送信元・宛先情報 の復元
ネットワーク インターフェース層	次の送信先の情報 付加 データ → 電気信号	電気信号 → データ 自分宛か確認

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
 - パケット交換方式
 - 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

- 送信先の特定
 - 相手がネットワーク上のどこにいるのか？
- 通信経路の決定
 - 相手まで通信するには？



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

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, 1 つのネットワークデバイスに対して 1 つ割り当てられる
- **IPv4** (**I**nternet **P**rotocol **v**ersion **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

IP アドレス

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

- **IPv6** (**I**nternet **P**rotocol **v**ersion **6**)
 - 32 octet = 128 bit の識別子
 - 4 octet 毎にコロンで区切り, 16進数表記
 - 各セクションの最初の “0” は省略可能
 - コロンが連続する部分には “0000” が省略されている
 - IPv4 アドレス枯渇を危惧して導入
 - IPv6 アドレスの総数は約 340 潤個 (IPv4 の 10^{29} 倍)
 - IPv4 との互換性がなく, 移行にはコストがかかる

IP アドレスの構成

IPv4 10000101. 01010111. 00101101. 00001111

IPv6 fe80 : : 62a4 : 4cff : fe35 : ecf

- 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・市区町村」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 (IPv4)
10000101.	01010111.	00101101.	00001111	
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表す
 - 上記の例では上位 24 bit 目までがネットワーク部
- 表記方法は IP アドレスと同じ

ネットワークアドレス

IPv4	10000101. 01010111. 00101101. 00001111
サブネット マスク	11111111. 11111111. 11111111. 00000000
ネットワーク アドレス	10000101. 01010111. 00101101. 00000000
	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の論理積
- IP アドレスのどの bit までがネットワーク部なのかを示すために最後に /00 を付けることもある
 - 例) 133.87.45.15/24
fe80 :: 62a4 : 4cff : fe35 : ecf/64

ネットワークアドレス

IPv4

10000101. 01010111. 00101101. 00001111

サブネット
マスク

11

0000

ネットワーク
アドレス

10

0000

0

論理積の例

A	B	A × B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

- 所属ネット
- IP ア
- IP アドレ
を示すた

- 例) 133.87.45.15/24

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

部なのか
うる

ネットワークアドレス

IPv4	10000101. 01010111. 00101101. 00001111
サブネット マスク	11111111. 11111111. 11111111. 00000000
ネットワーク アドレス	10000101. 01010111. 00101101. 00000000
	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の論理積
- IP アドレスのどの bit までがネットワーク部なのかを示すために最後に /00 を付けることもある
 - 例) 133.87.45.15/24
fe80 :: 62a4 : 4cff : fe35 : ecf/64

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

- 1 と 2 が不一致 = 別ネットワーク ⇒ ゲートウェイを仲介

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

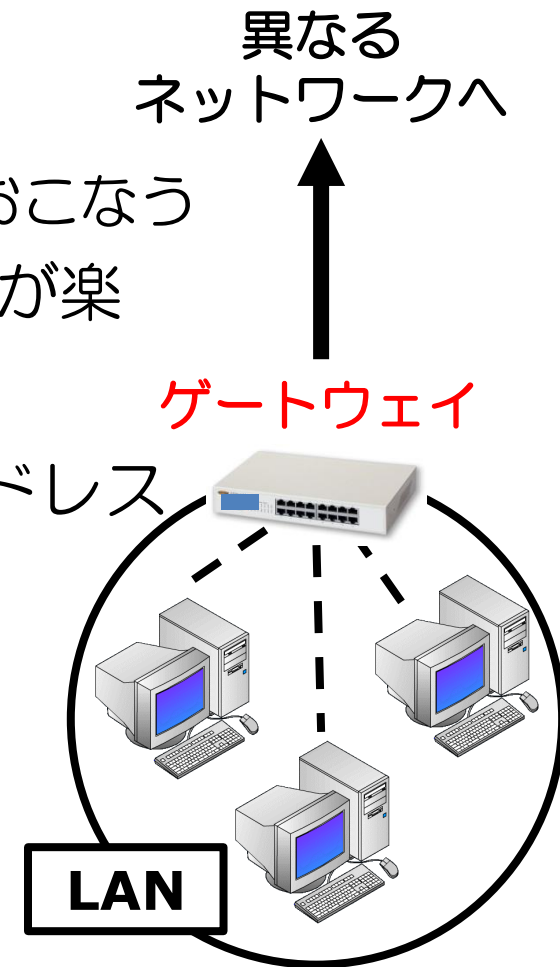
• 経路判定

- 1 と 2 が一致 = 同一ネットワーク内 ⇒ 直接通信

- 1 と 2 が不一致 = 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り口
 - LAN の「代表者」
 - 代表者として LAN 外部とのやり取りをおこなう
 - 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る IP アドレス
 - LAN の内側と外側でそれぞれ異なる IP アドレスを持つ



グローバル IP と プライベート IP

- **グローバル IP アドレス**
 - 直接 Internet と接続する計算機が持つ
 - 世界中で同じアドレスは存在しない
- **プライベート IP アドレス**
 - 間接的に Internet と接続する計算機が持つ
 - LAN が異なっていれば同じアドレスが存在可能
 - 使用できるアドレスが決められている
 - 10.0.0.0 – 10.255.255.255
 - 172.16.0.0 – 172.31.255.255
 - 192.168.0.0 – 192.168.255.255

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

MAC アドレス

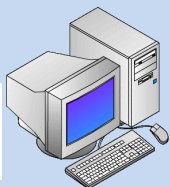
00:F3:A7:CC:5D:E2

- **M**edia **A**ccess **C**ontrol 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
 - 基本的にはデバイスに固有のアドレスだが, 近年はセキュリティ等の観点から変更可能

同一ネットワーク内の通信 (A → B)

ネットワークアドレス
192.168.1.0/24

A



IP アドレス

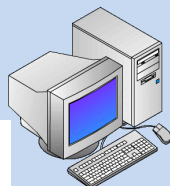
192.168.1.101

ゲートウェイ

ゲートウェイアドレス
192.168.1.1

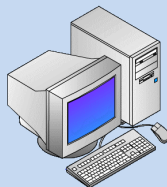


B



IP アドレス

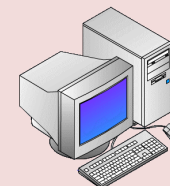
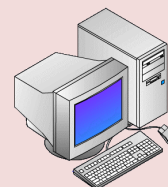
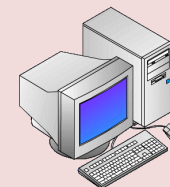
192.168.1.102



ネットワークアドレス
133.87.45.0/24

ゲートウェイアドレス
133.87.45.1

ゲートウェイ

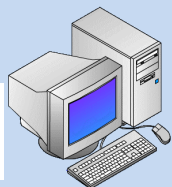


A は B の IP アドレスは知っているが、
B がどの計算機 (MAC アドレス)かは不明

同一ネットワーク内の通信 (A → B)

ネットワークアドレス
192.168.1.0/24

A



IP アドレス

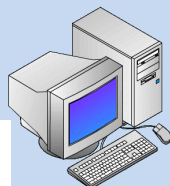
192.168.1.101

ゲートウェイ

ゲートウェイアドレス
192.168.1.1

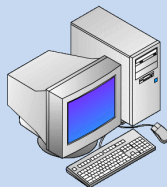


B



IP アドレス

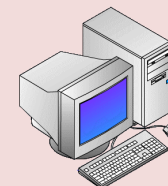
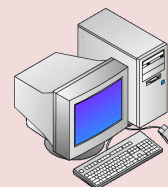
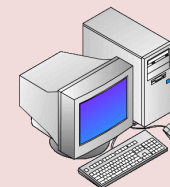
192.168.1.102



ネットワークアドレス
133.87.45.0/24

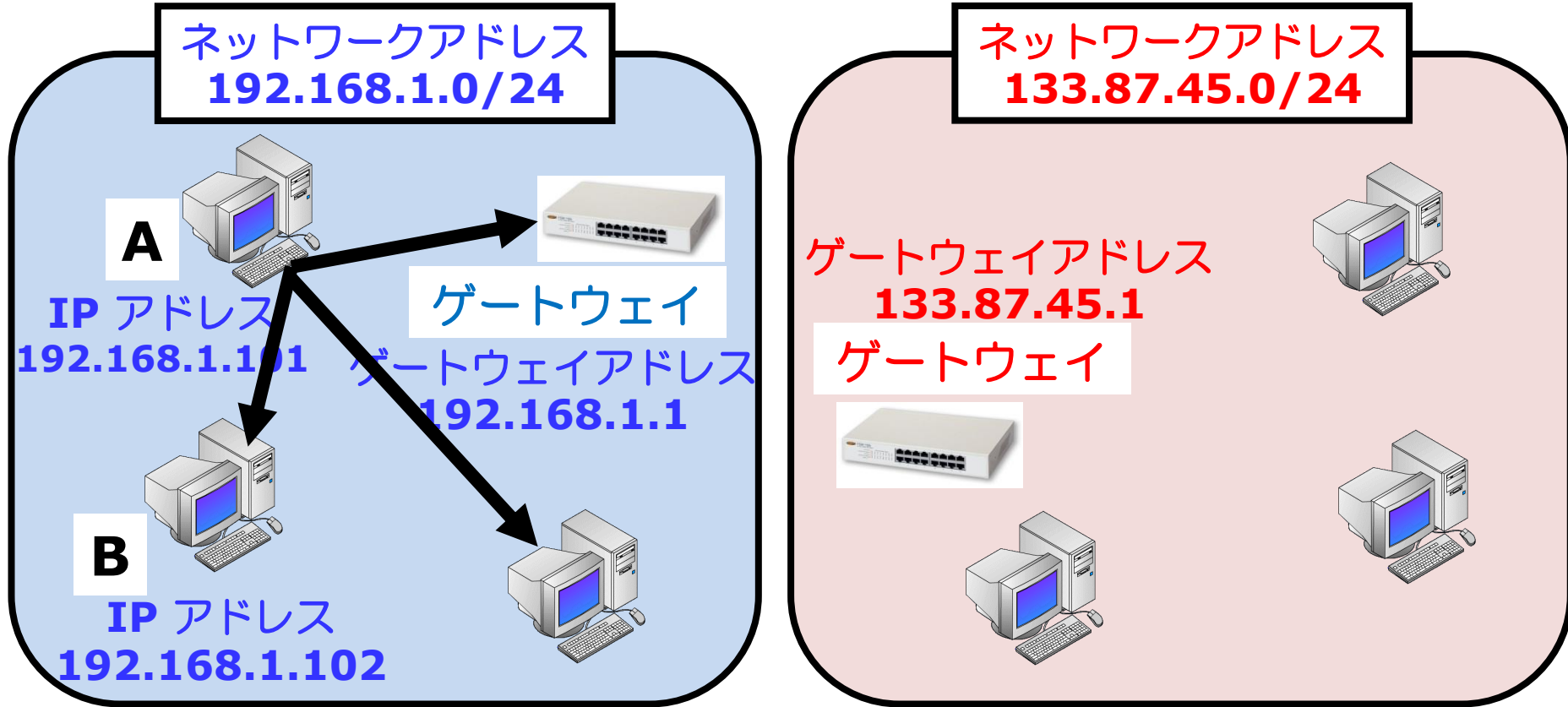
ゲートウェイアドレス
133.87.45.1

ゲートウェイ



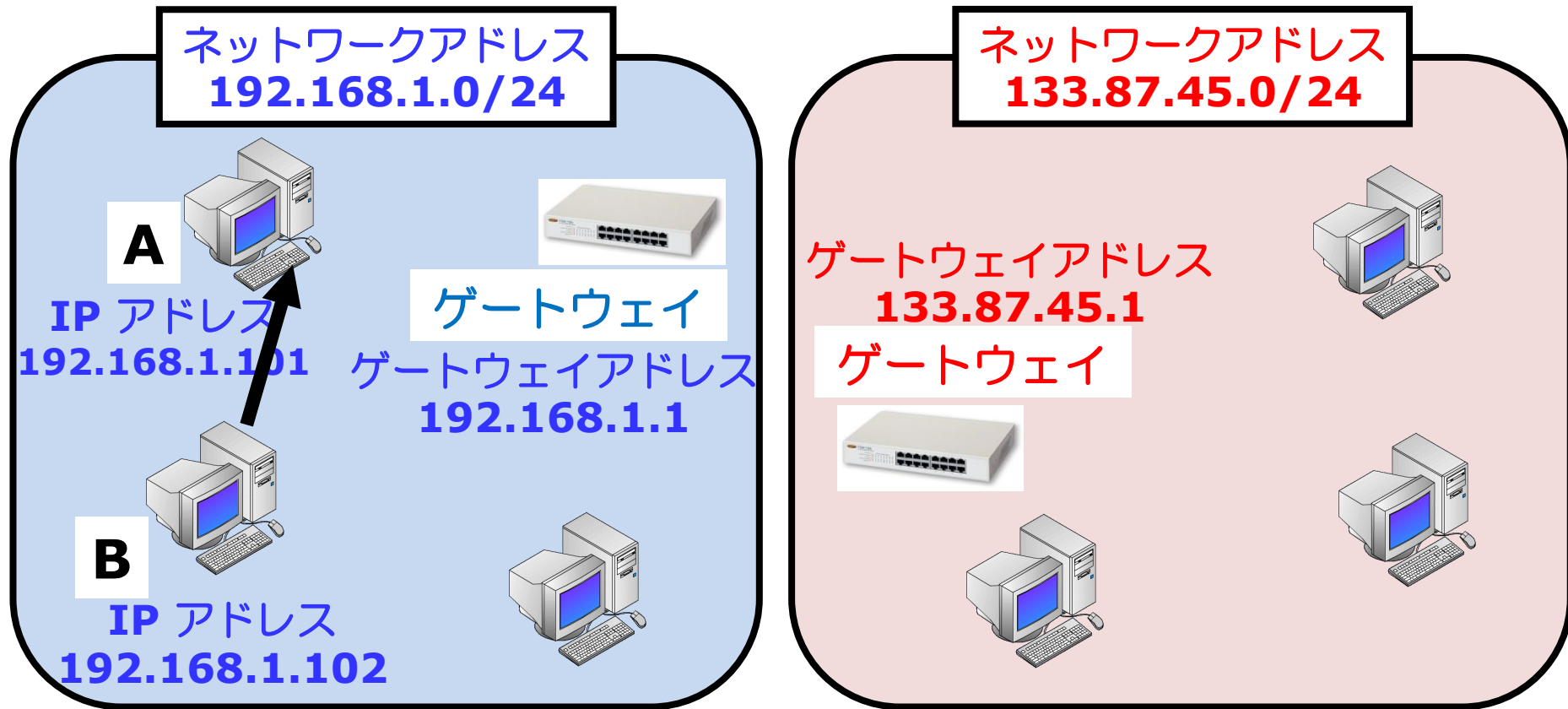
IP アドレスとサブネットマスクの論理積から、
B が同一ネットワークにいると判定

同一ネットワーク内の通信 (A → B)



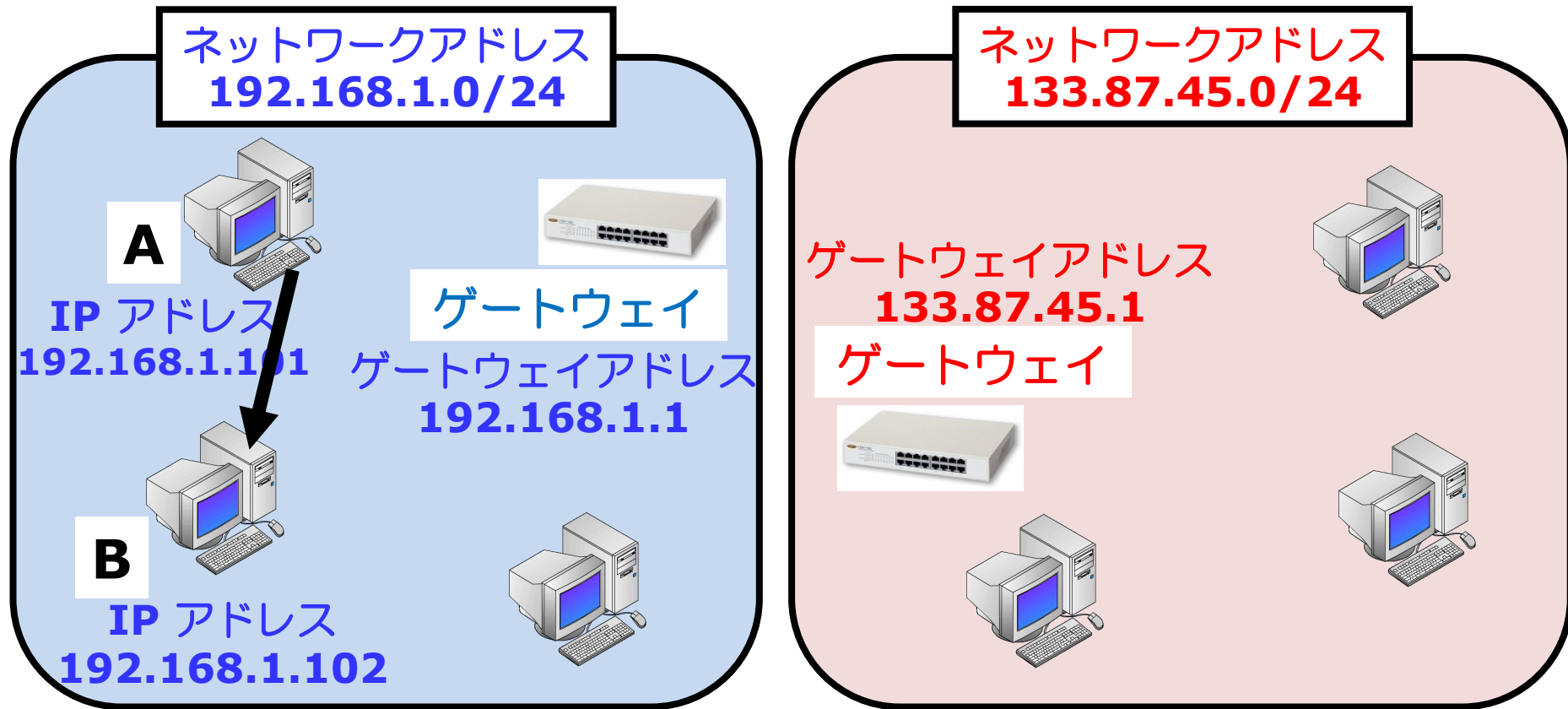
A は B の IP アドレス情報を
ブロードキャストアドレスへ送信

同一ネットワーク内の通信 (A → B)



B は受け取った情報が自分宛だと知り、
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 → B)

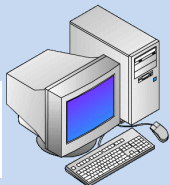


A は送信したい情報を
取得した MAC アドレスへ送信

同一ネットワーク外への通信 (A → C)

ネットワークアドレス
192.168.1.0/24

A



IP アドレス

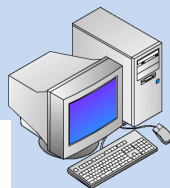
192.168.1.101

ゲートウェイ

ゲートウェイアドレス
192.168.1.1

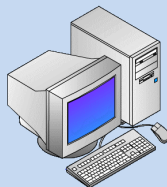


B



IP アドレス

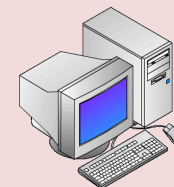
192.168.1.102



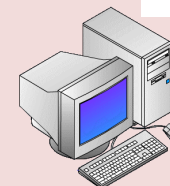
ネットワークアドレス
133.87.45.0/24

ゲートウェイアドレス
133.87.45.1

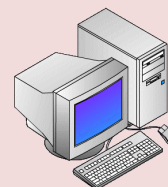
ゲートウェイ



C



IP アドレス
133.87.45.26

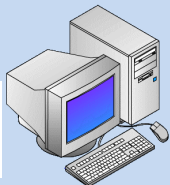


A は C の IP アドレスは知っているが、
C がどの計算機 (MAC アドレス)かは不明

同一ネットワーク外への通信 (A → C)

ネットワークアドレス
192.168.1.0/24

A



IP アドレス

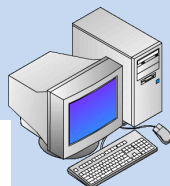
192.168.1.101

ゲートウェイ

ゲートウェイアドレス
192.168.1.1

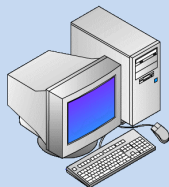


B



IP アドレス

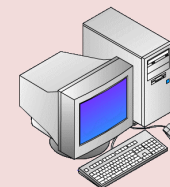
192.168.1.102



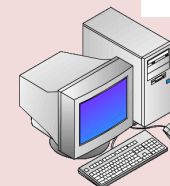
ネットワークアドレス
133.87.45.0/24

ゲートウェイアドレス
133.87.45.1

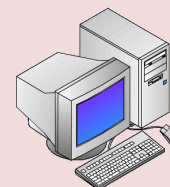
ゲートウェイ



C



IP アドレス
133.87.45.26

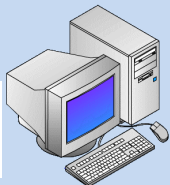


IP アドレスとサブネットマスクの論理積から、
C が同一ネットワークにいないと判定

同一ネットワーク外への通信 (A → C)

ネットワークアドレス
192.168.1.0/24

A



IP アドレス

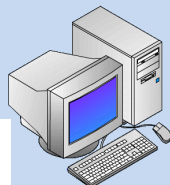
192.168.1.101

ゲートウェイ

ゲートウェイアドレス
192.168.1.1

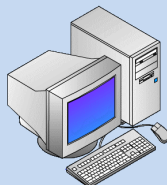


B



IP アドレス

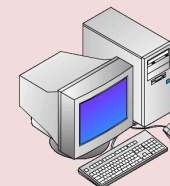
192.168.1.102



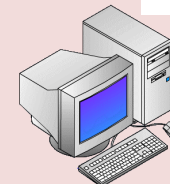
ネットワークアドレス
133.87.45.0/24

ゲートウェイアドレス
133.87.45.1

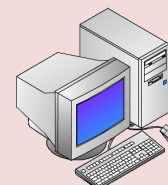
ゲートウェイ



C

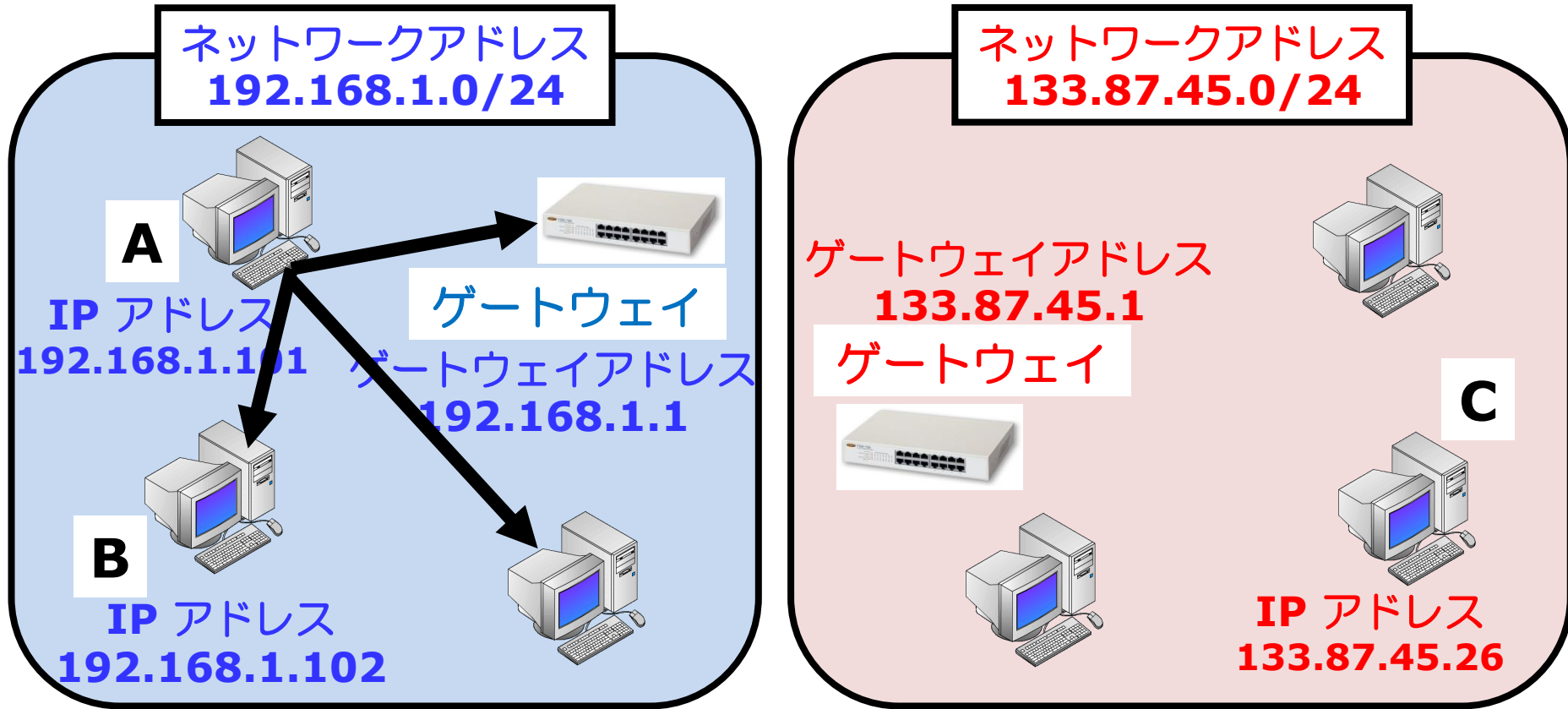


IP アドレス
133.87.45.26



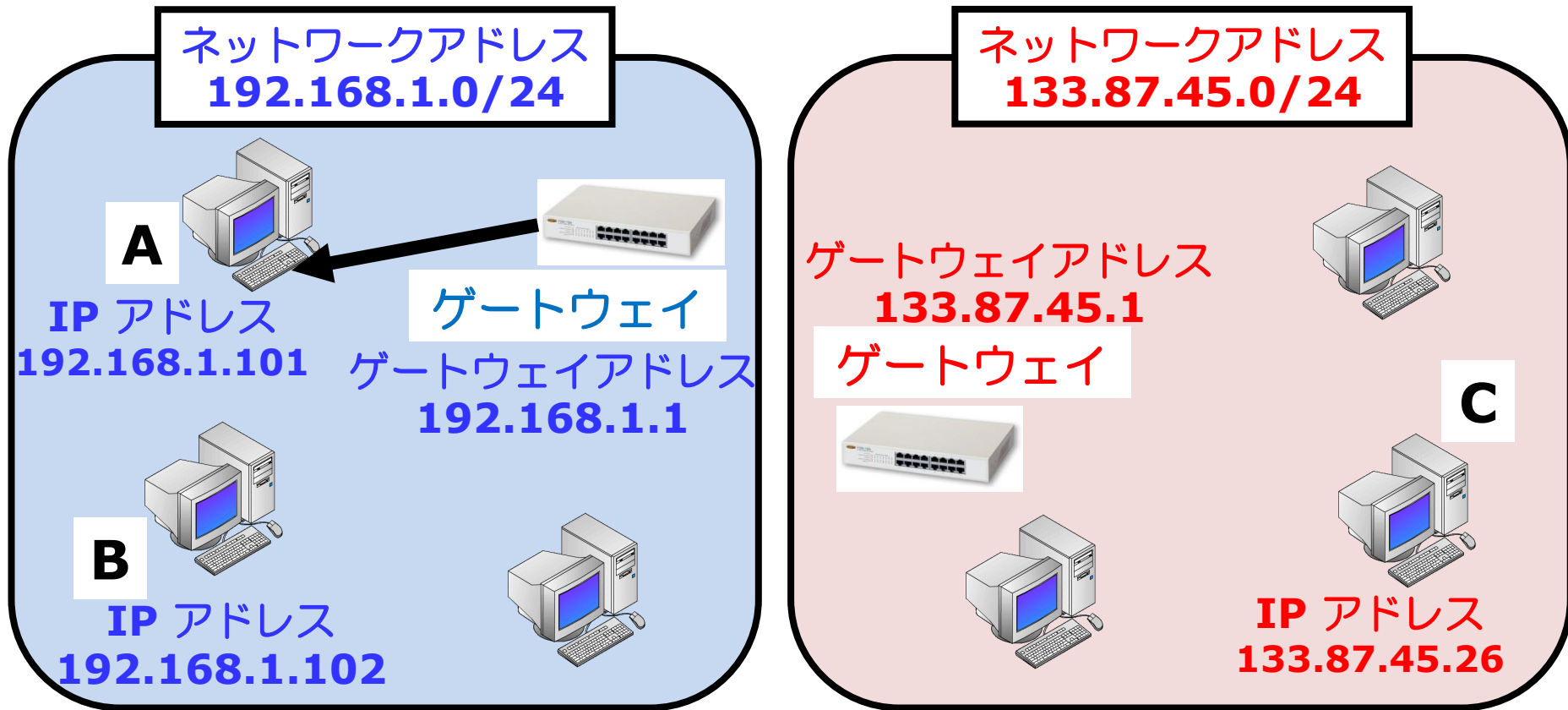
ネットワーク外への通信のために、
ゲートウェイに情報を送信しようとする

同一ネットワーク外への通信 (A → C)



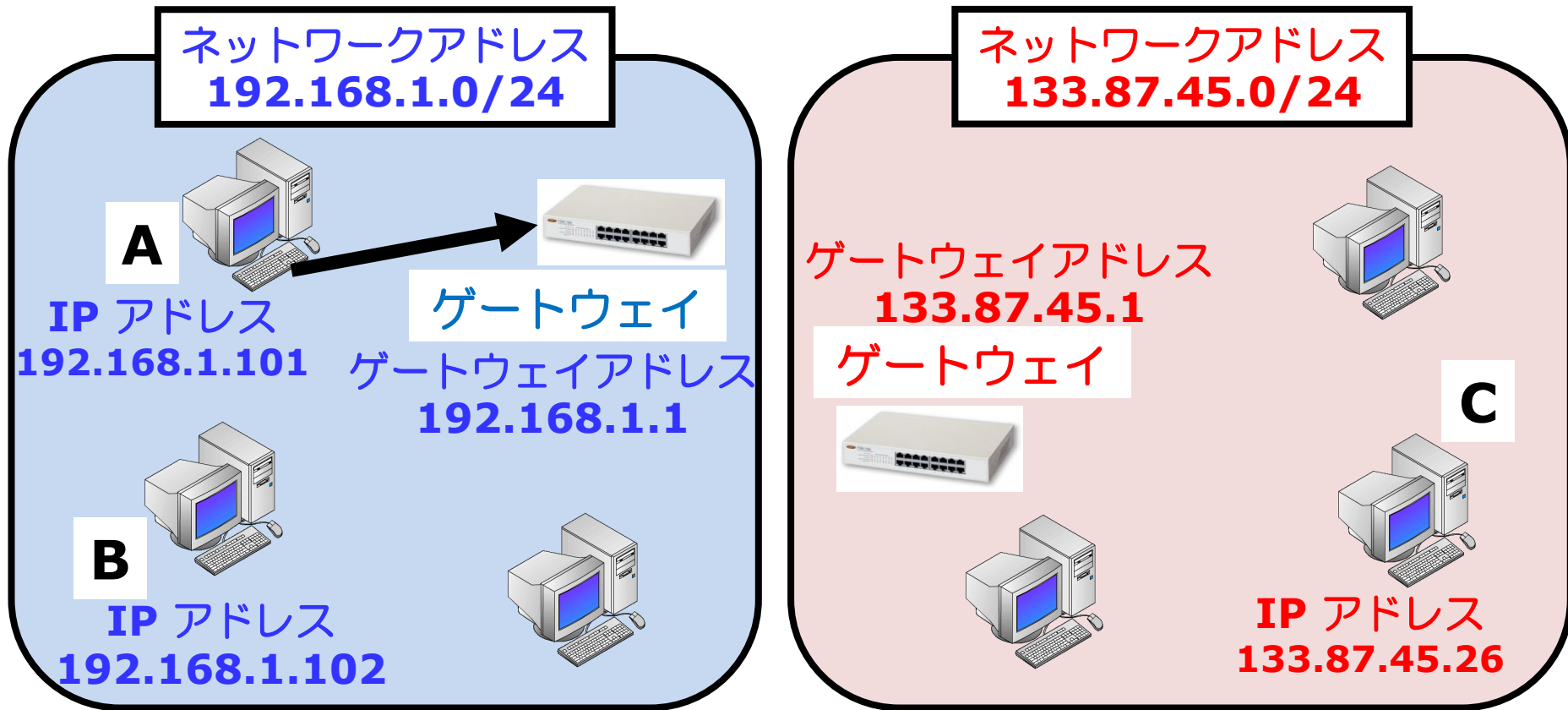
A はゲートウェイの IP アドレス情報を
ブロードキャストアドレスへ送信

同一ネットワーク外への通信 (A → C)



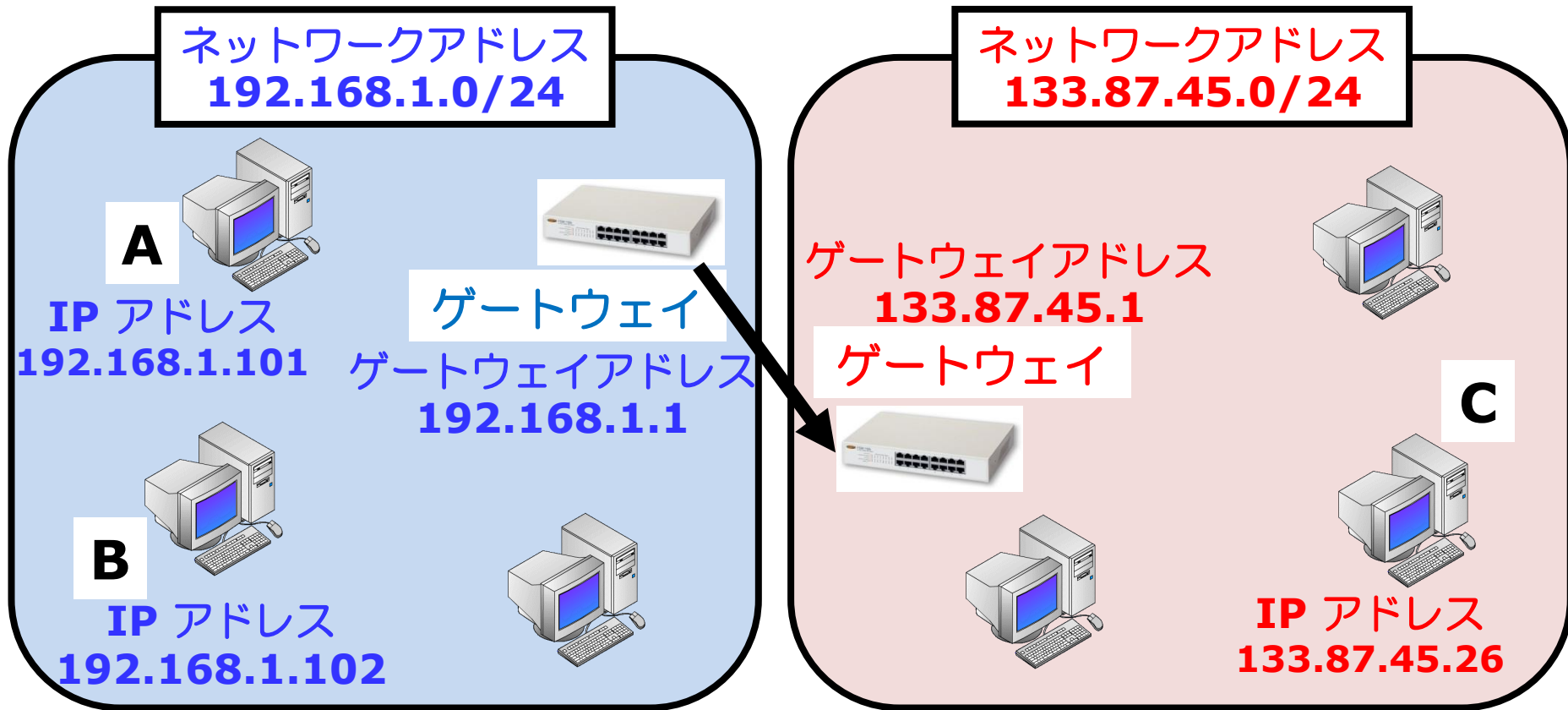
ゲートウェイは受け取った情報が自分宛だと知り、ゲートウェイ自身の MAC アドレスを A に返送

同一ネットワーク外への通信 (A → C)



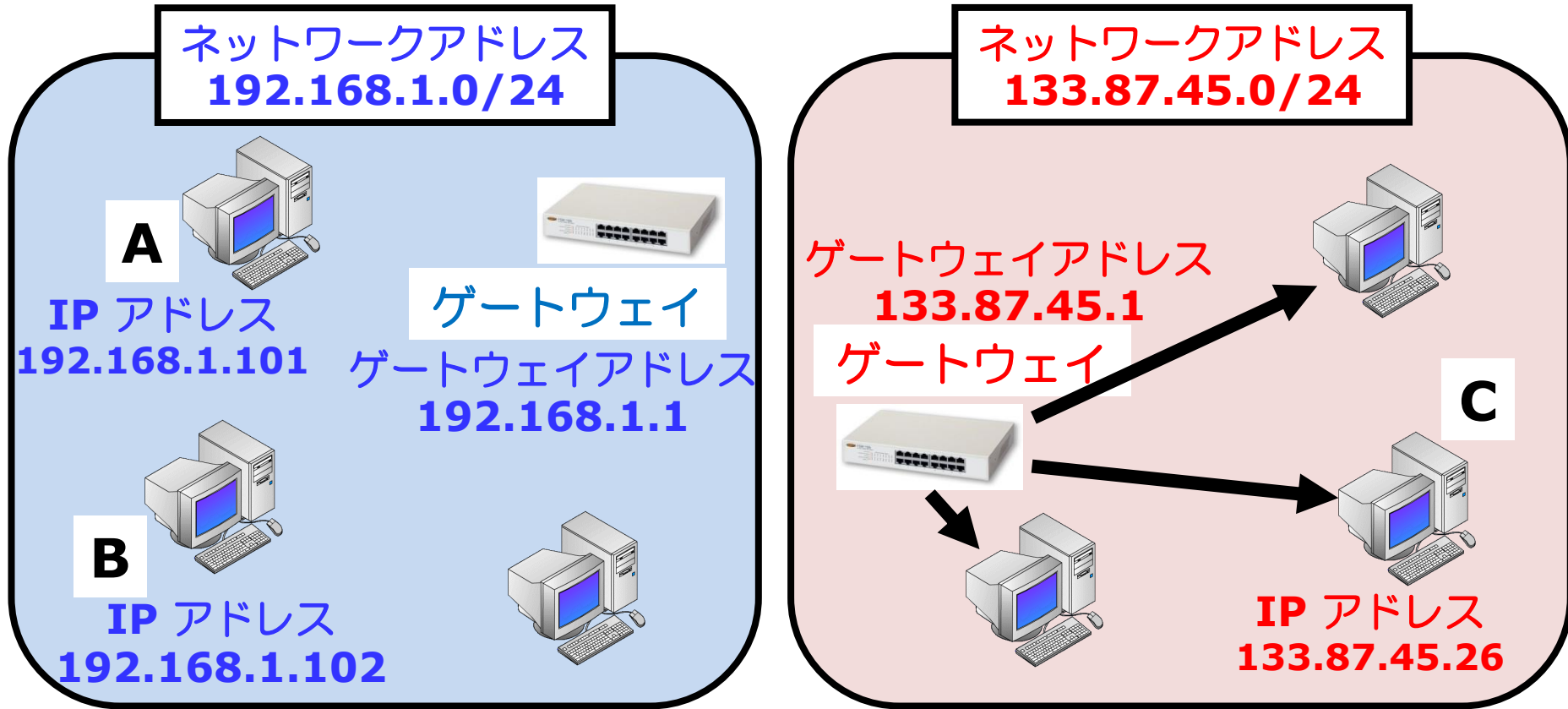
A は送信したい情報を
ゲートウェイの MAC アドレスへ送信

同一ネットワーク外への通信 (A → C)



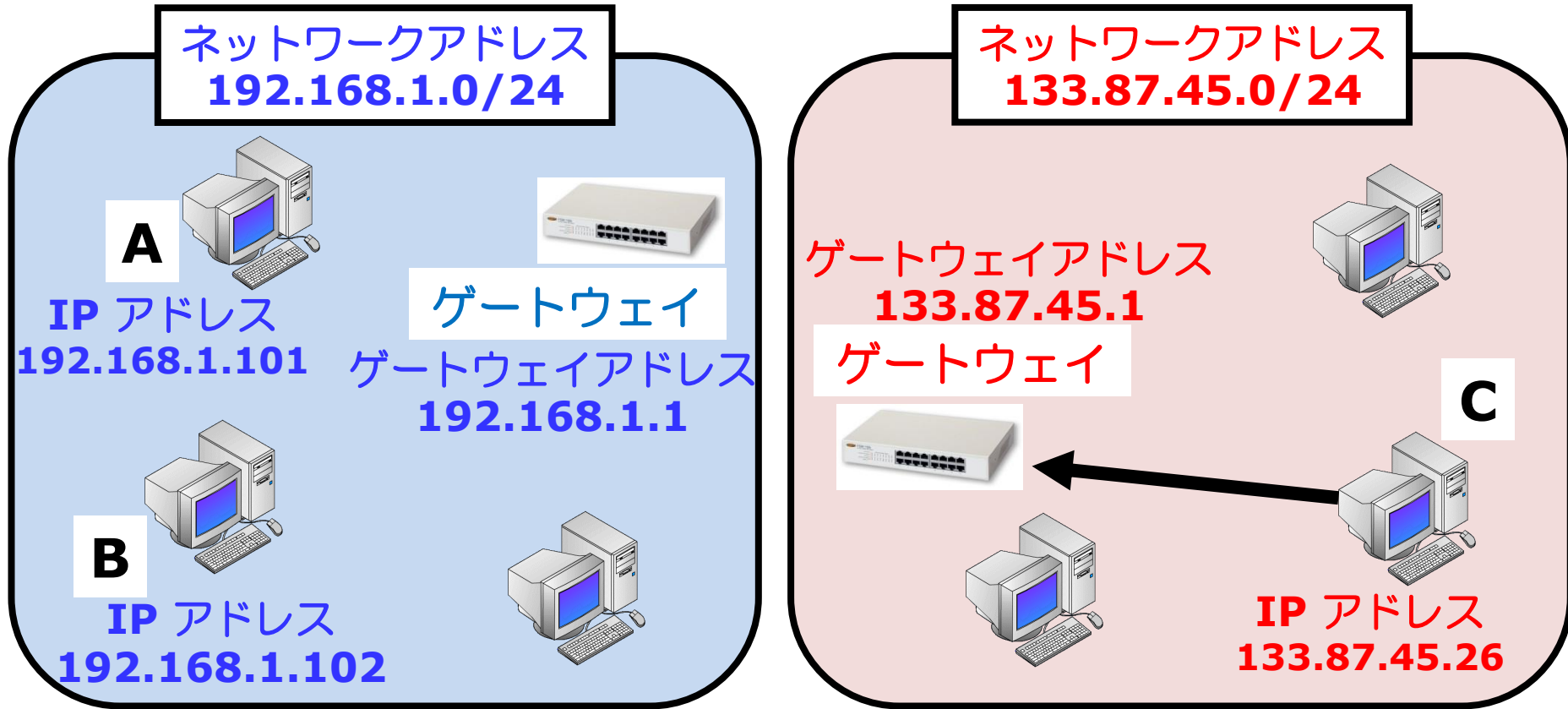
A の所属しているネットワークのゲートウェイから
C の所属しているネットワークのゲートウェイへ情報を送信

同一ネットワーク外への通信 (A → C)



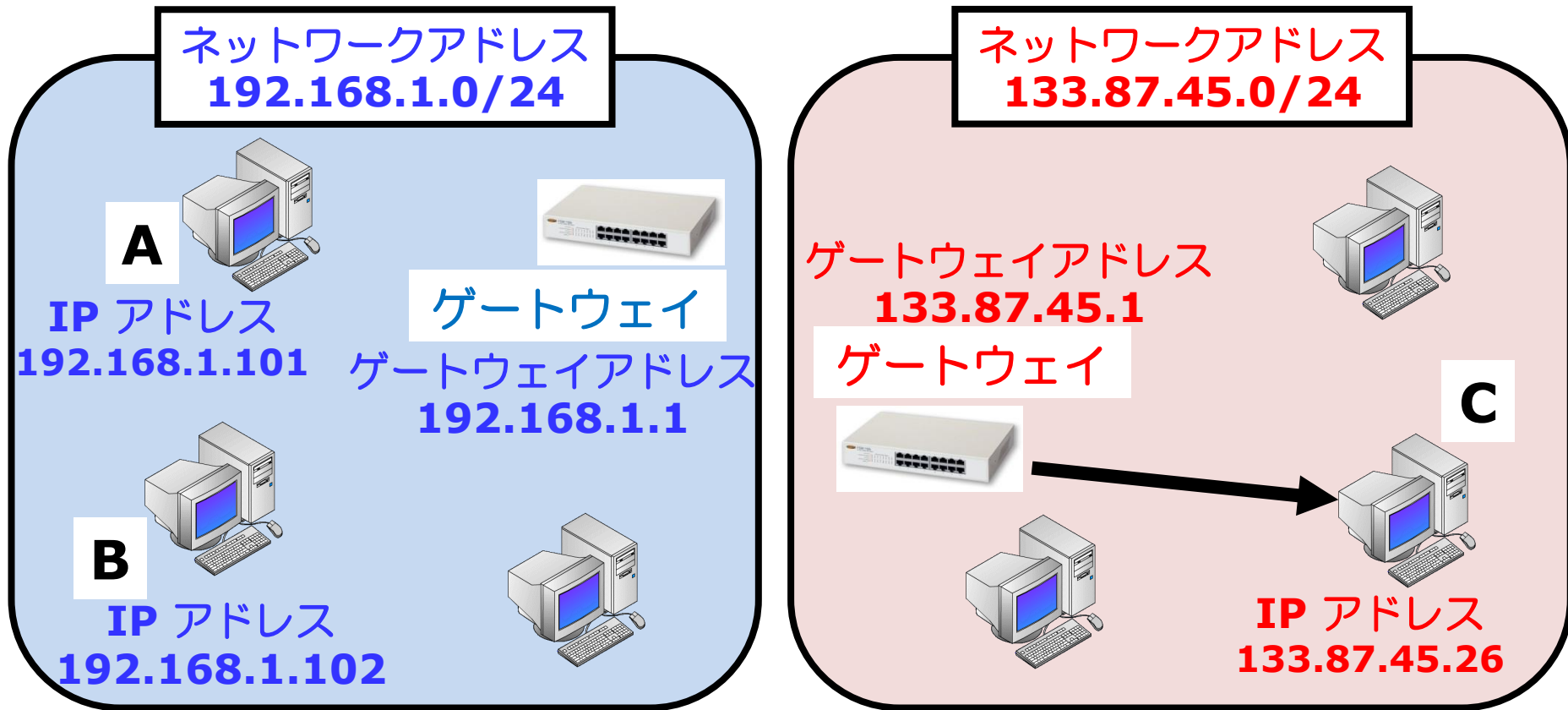
ゲートウェイは C の IP アドレスの情報を
ブロードキャストアドレスに送信

同一ネットワーク外への通信 (A → C)



C は受け取った情報が自分宛だと知り、
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 → C)



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
 - パケット交換方式
 - 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

- 構造はホスト部 + ドメイン部
 - 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 (ドメイン空間)
 - ep (地球惑星科学).sci (理学部). hokudai (北大)
.ac (学術関係).jp (日本)

IP アドレスとドメイン名

- IP アドレス (例 133.50.160.51)
 - コンピュータ同士が認識するための番号
 - コンピュータが管理しやすい
 - 「人間にとって」おぼえづらい
- **ドメイン名** (例 `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」おぼえやすい
 - 日常の Web 閲覧やメール送信もこちらを使用

IP アドレスとドメインを対応させる必要がある

DNS

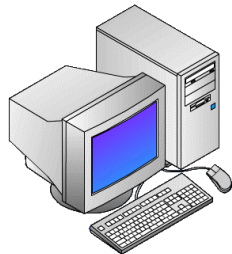
- **D**omain **N**ame **S**ystem
 - IP アドレスとドメイン名を対応させるシステム
 - 各ドメイン空間に一つずつ存在
- DNS サーバ
 - DNS サービスを提供するサーバ
 - ドメイン名を用いた通信のためには DNS サーバの IP アドレスも必要

DNS サーバを介したネットワーク通信例

対応表

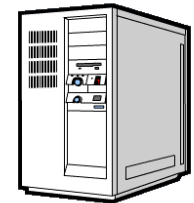
hoge.ep.sci.hokudai.ac.jp	133.87.45.50
hero.ep.sci.hokudai.ac.jp	133.87.45.51

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



DNS サーバ
IP: 133.87.45.70

サーバ A
IP: 133.87.45.50



返答:
133.87.45.50 !!

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

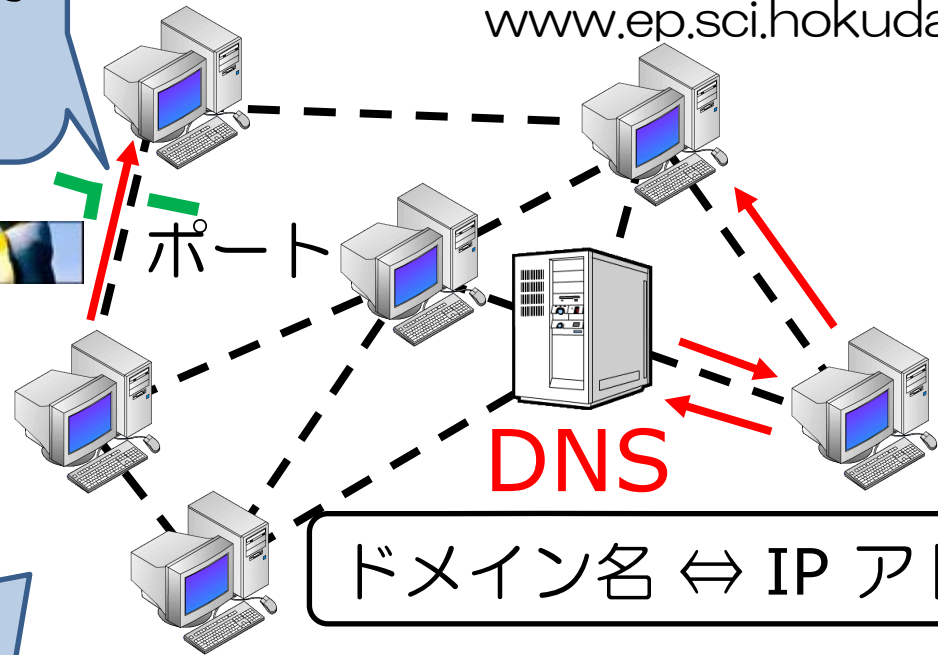
通信の仕組みとは？

- 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

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
- 文部科学省, ネットワークシステム, 実教出版株式会社, 令和5年1月25日, ISBN 978-4-407-20675-3
- 吉田 辰哉, INEX2019 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>