

最低限 Unix (Linux) III

ネットワークの仕組み

情報実験第 4 回(2019/05/10)

北海道大学 大学院理学院 宇宙理学専攻
吉田 辰哉

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

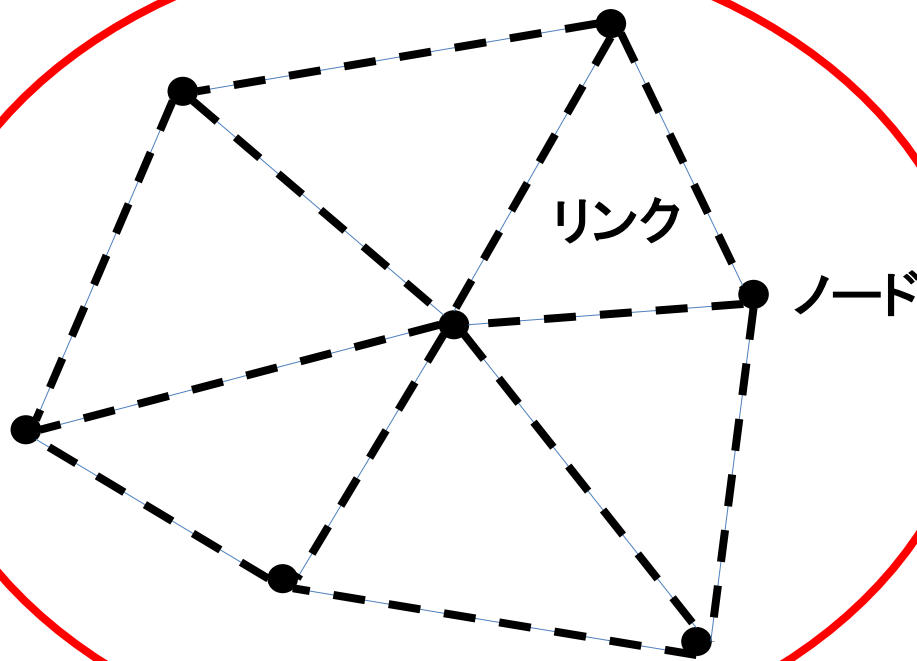
- ネットワーク概要
 - ネットワーク
 - コンピュータネットワーク
 - LAN, WAN, Internet
- ネットワーク通信の基本
 - TCP/IP
 - ネットワークパラメータ
 - DNS

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

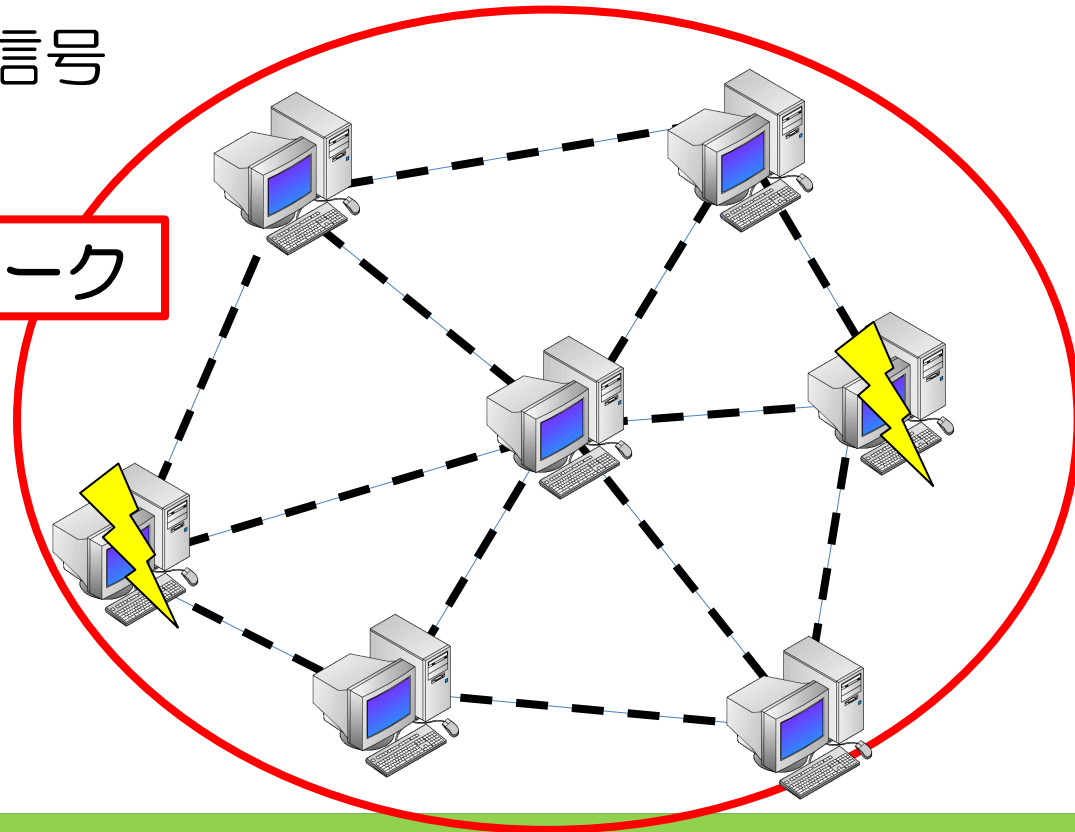
(IT用語辞典 e-Words, ネットワーク)



コンピュータネットワーク

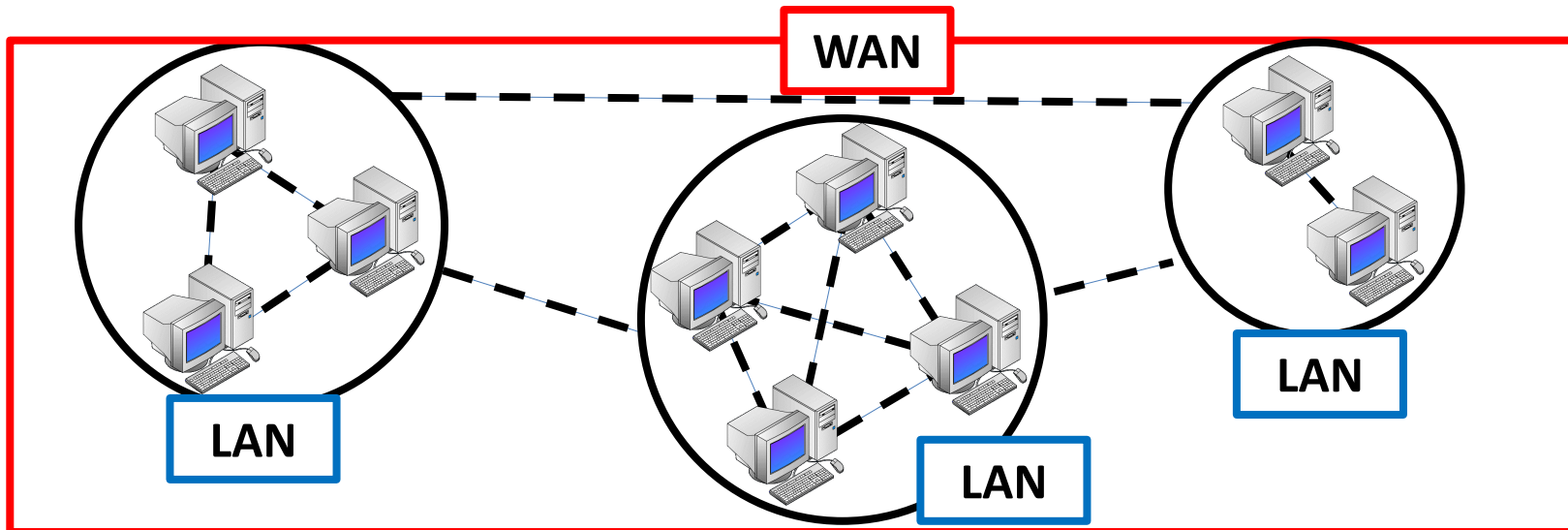
- 計算機同士の接続により構築されるネットワーク
 - 点(ノード)：計算機
 - 経路(リンク)：ネットワークケーブル, 電波
 - 伝達するもの：電気信号

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 (理学部 + 工学部 + 図書館 + …)



Internet

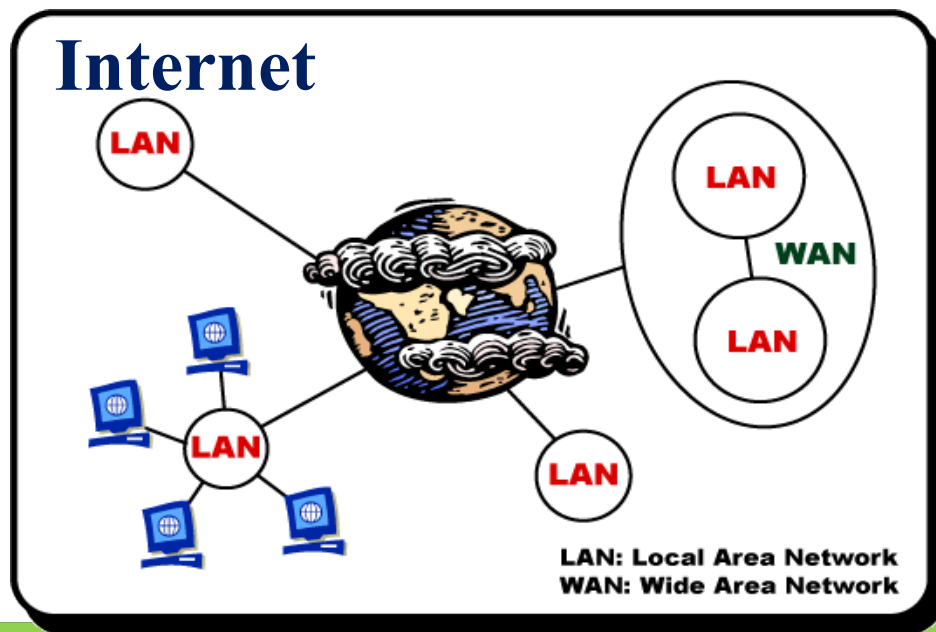
- Internet

- 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

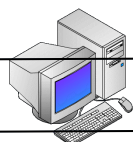
- ネットワーク概要
 - ネットワーク
 - コンピュータネットワーク
 - LAN, WAN, Internet
- ネットワーク通信の基本
 - TCP/IP
 - ネットワークパラメータ
 - DNS

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



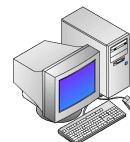
データ



自分の計算機

パケット

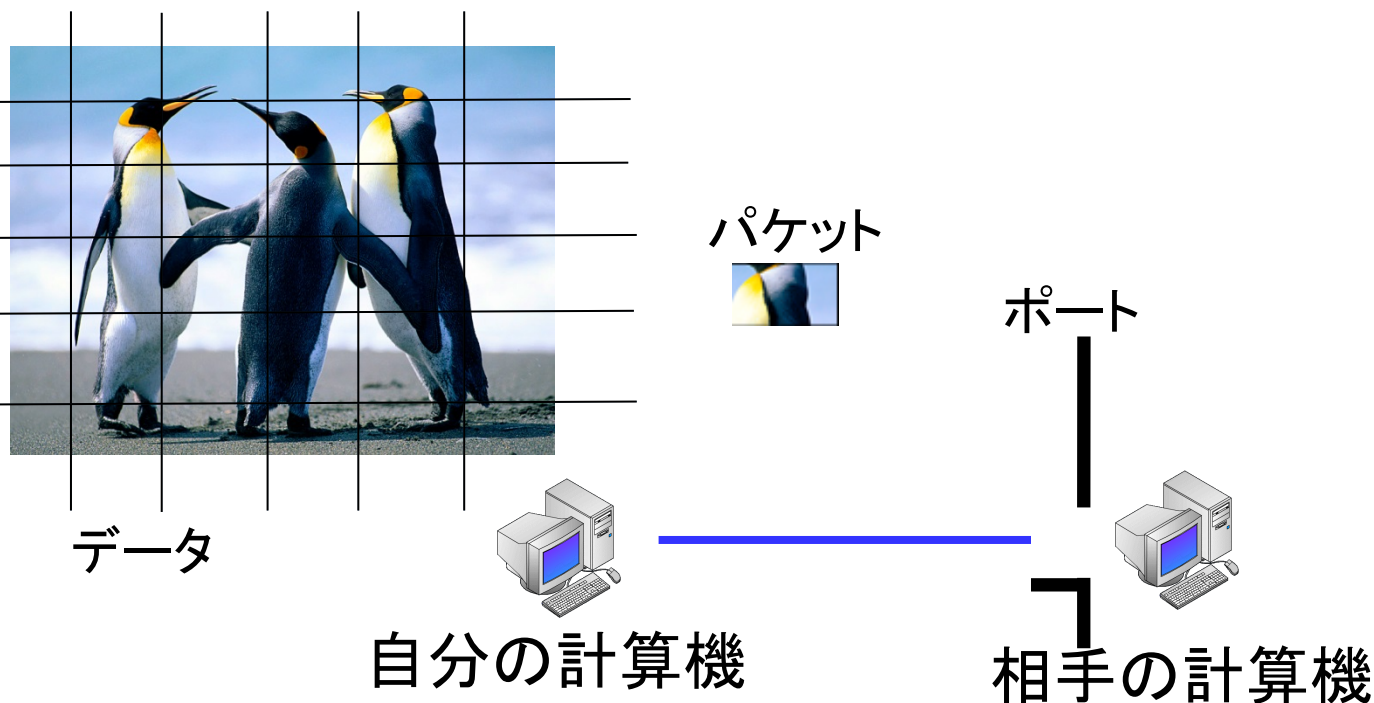
ポート



相手の計算機

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

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

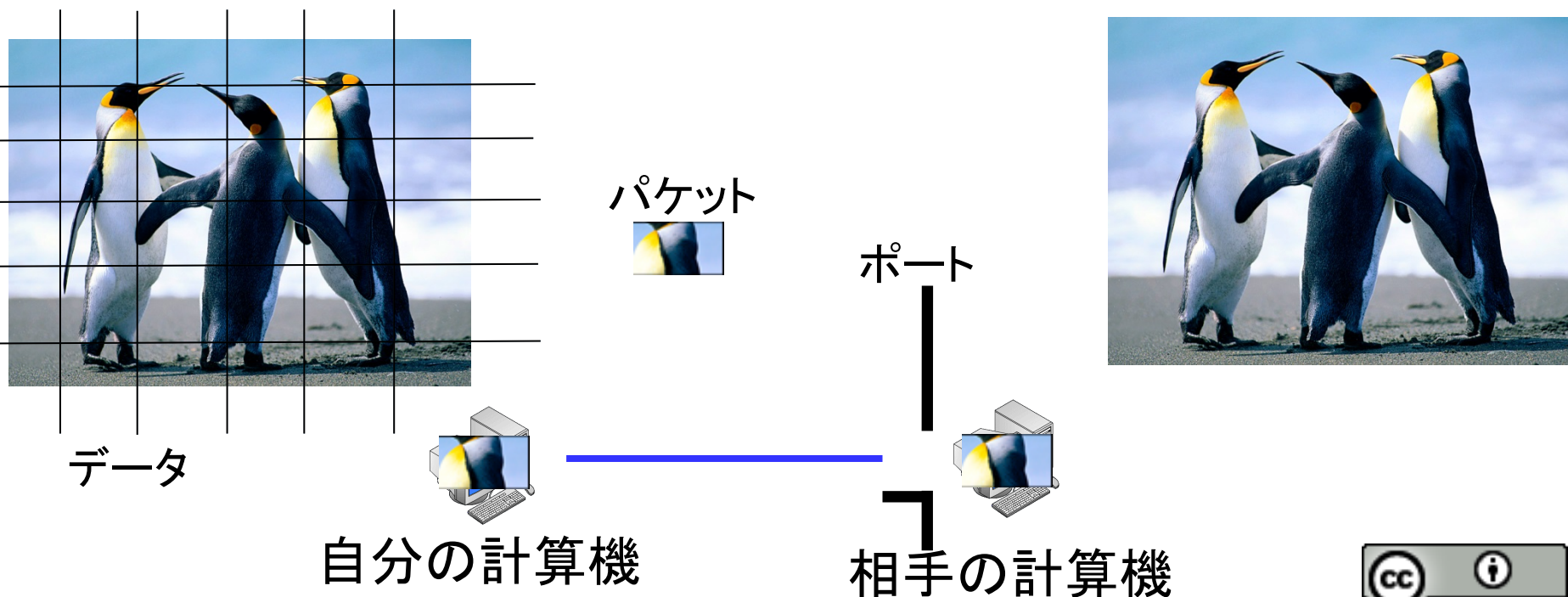
- 英数字一文字が 1byte

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

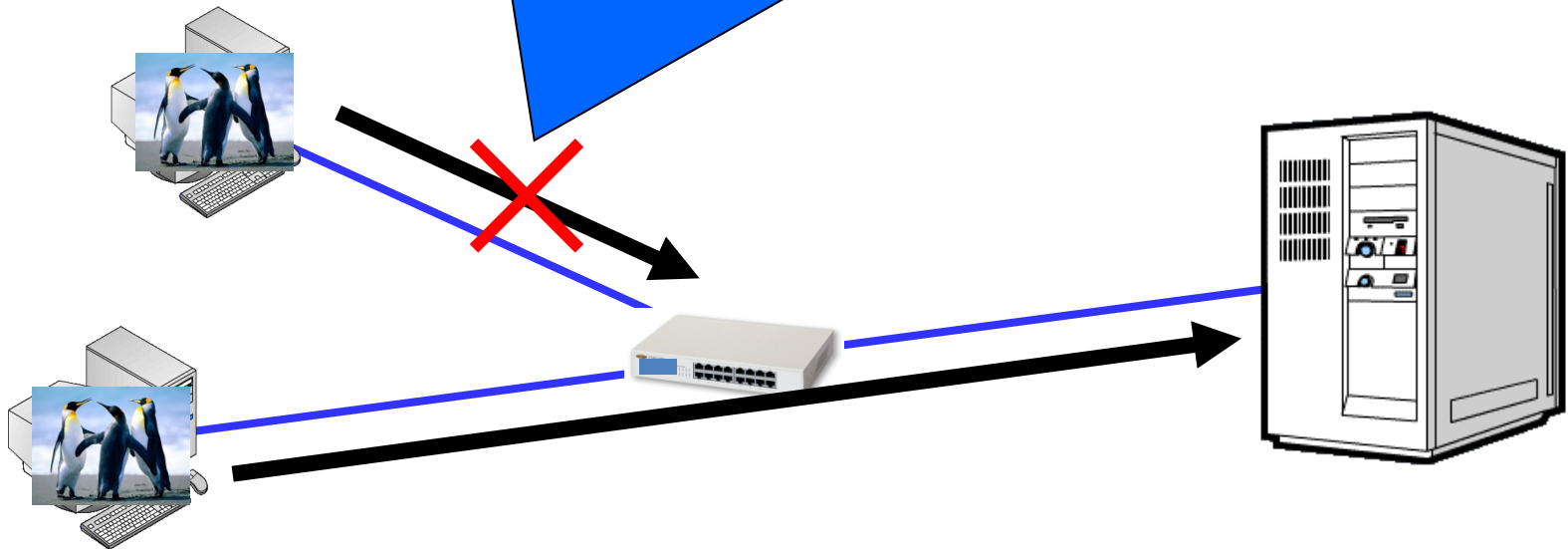
- データを**パケット**に分割
- パケットはネットワークを**通**って相手の**計算機**の**ポート**へ転送
- パケットは全て転送された後、元のデータに結合



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

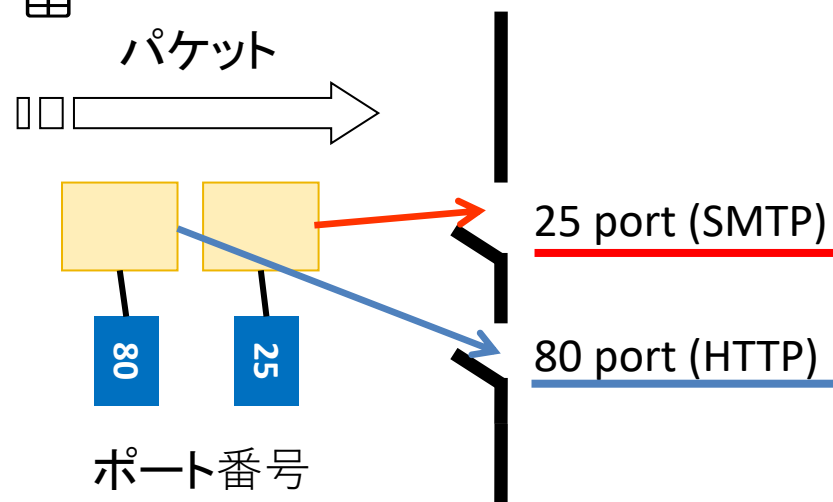
- データをパケットに分割した場合

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。



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



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：電話で誰かと通話するためのプロトコル

- 電話番号を打ち込む
- 相手が出る
- 「もしもし、〇〇です・・・」
- 電話を切る

– 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



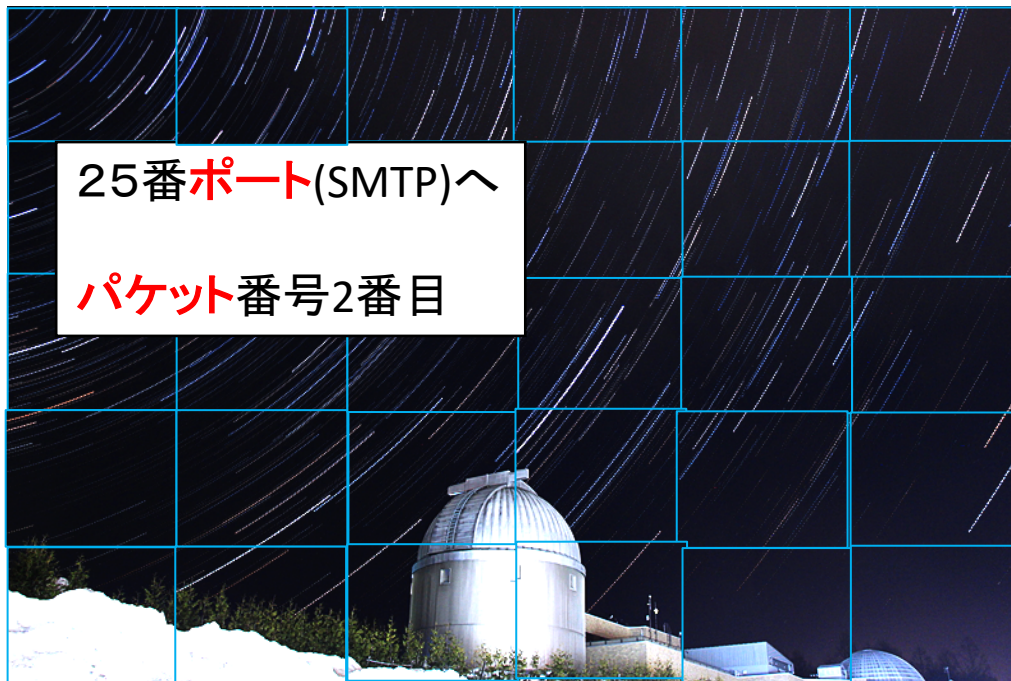
トランスポート層

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



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

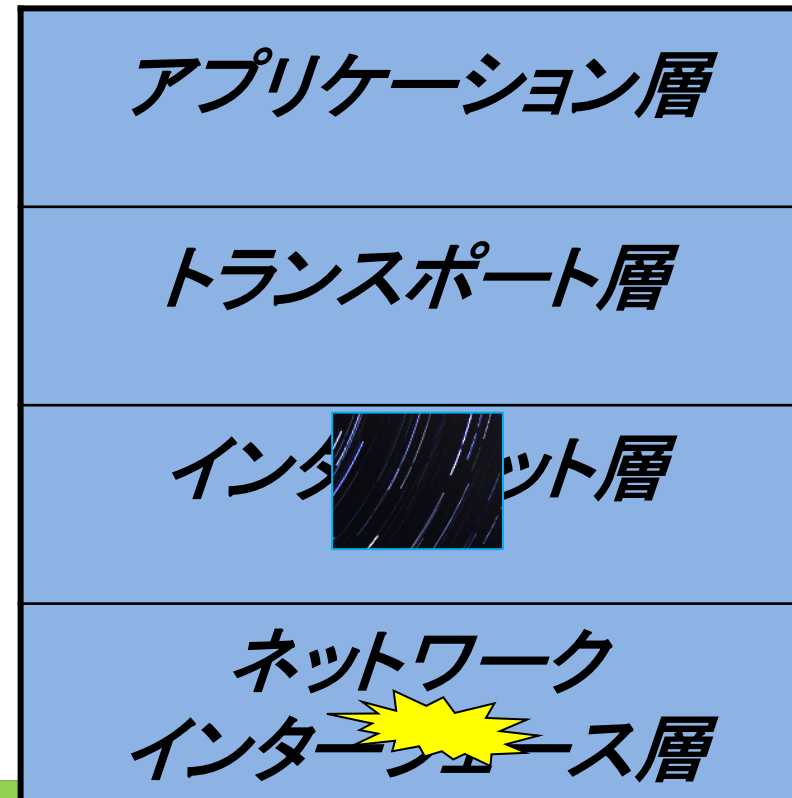
トランスポート層

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

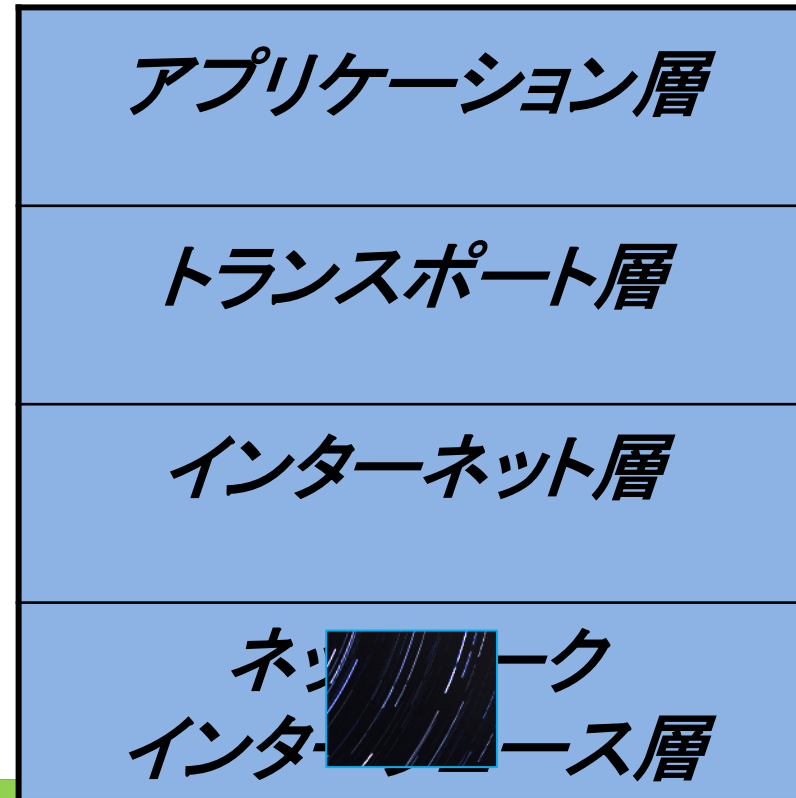
- インターネット層の仕事
 - 送信者・受信者情報（ネットワークパラメータ）からパケット通信経路の決定
- ネットワークインターフェース層の仕事
 - 電気信号への変換
 - ハードウェアが電氣的に接続しているか確認



送信完了！

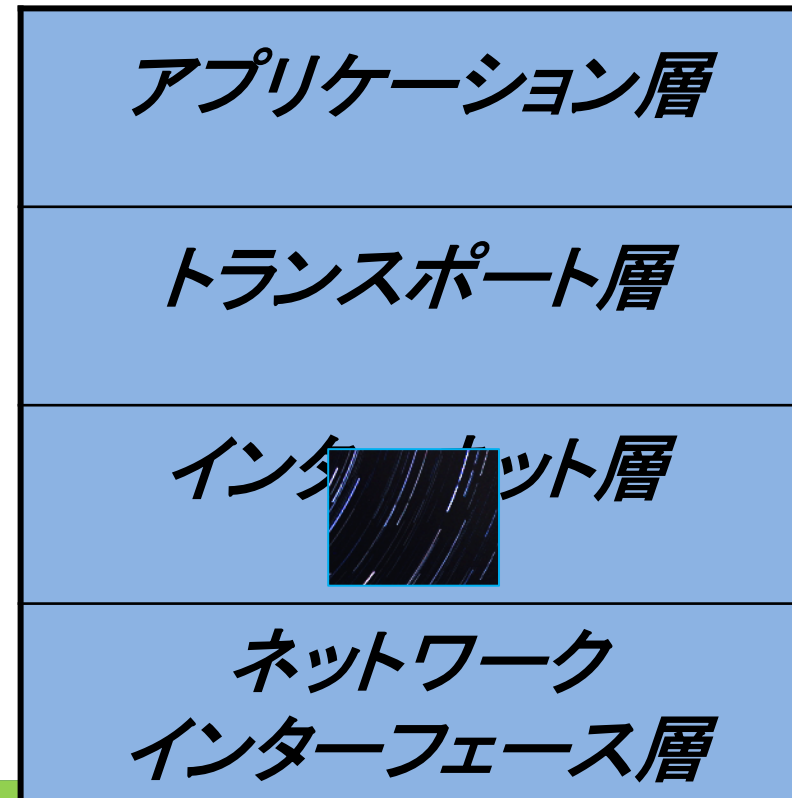
画像データを受け取る

- 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

ネットワーク
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

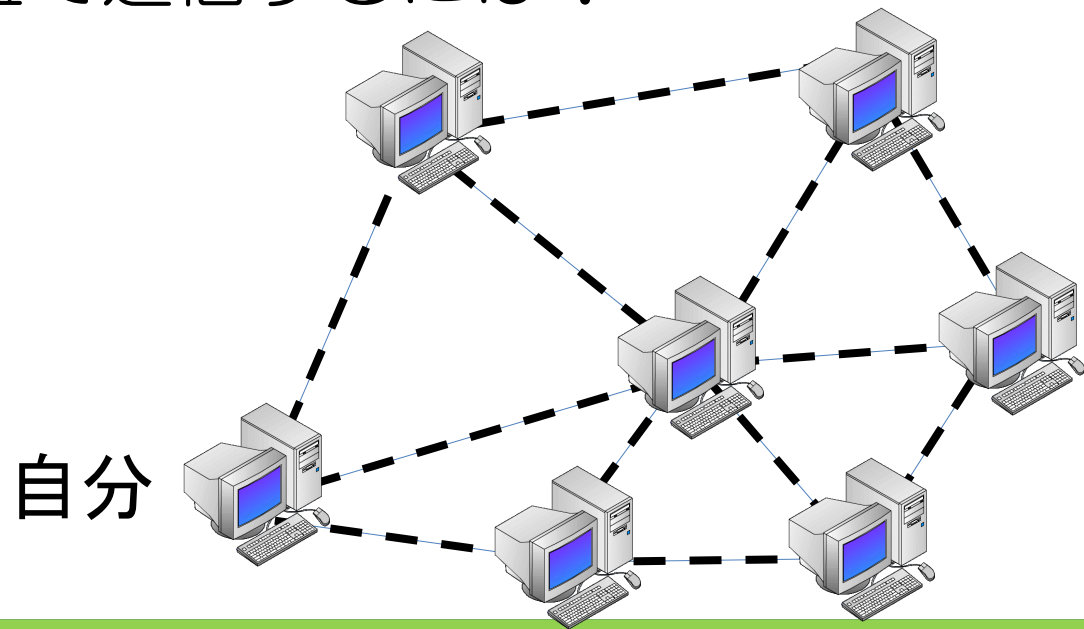
	送信時	受信時
アプリケーション層	TCP/IP で扱える データ形式へ変換	アプリケーション用の データ形式へ変換
トランスポート層	パケット分割 宛先ポート・パケット 順序情報等の付加	パケット結合 ポートへデータ転送
インターネット層	パケット通信経路の 決定	送信者・受信者情報 の復元
ネットワーク インターフェース層	データ ↓ (変換) 電気信号	データ ↑ (変換) 電気信号

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
 - 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)
 - 4octet = 32 bit の識別子
 - 1octet 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
X X X X	
11111111. 11111111. 11111111. 00000000	サブネットマスク
1000101. 01010111. 00101101. 00000000	ネットワーク
= 133. 87. 45. 0	アドレス

- 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 / 00 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
X X X X	
11111111. 11111111. 11111111. 00000000	サブネットマスク
10000101. 01010111. 00101101. 00000000	ネットワーク
= 133. 87. 45. 0	アドレス

- 所
- If
- と
最
.

	A	B	Z
	0	0	0
	0	1	0
	1	0	0
	1	1	1

ス
この論理積
}なのかを示すため
うる
ト

$Z = AB$

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

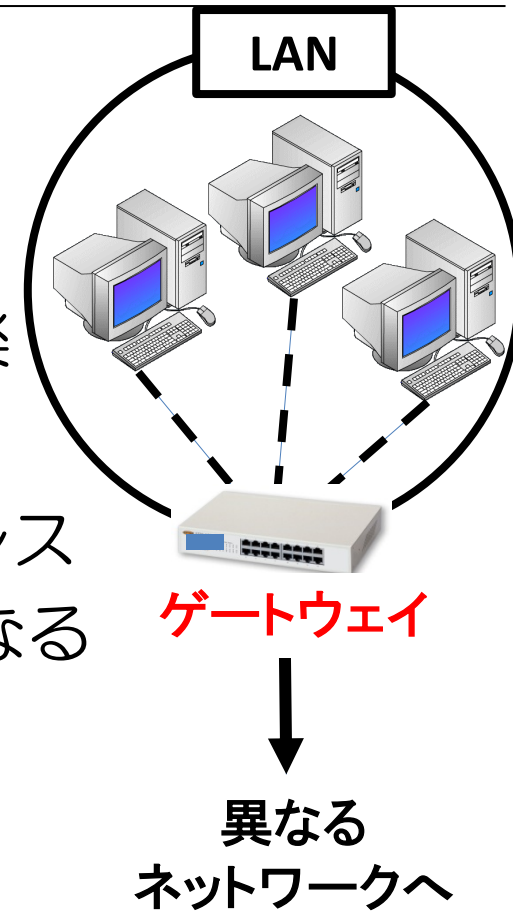
133.87.45.0/24

• 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

MAC アドレス

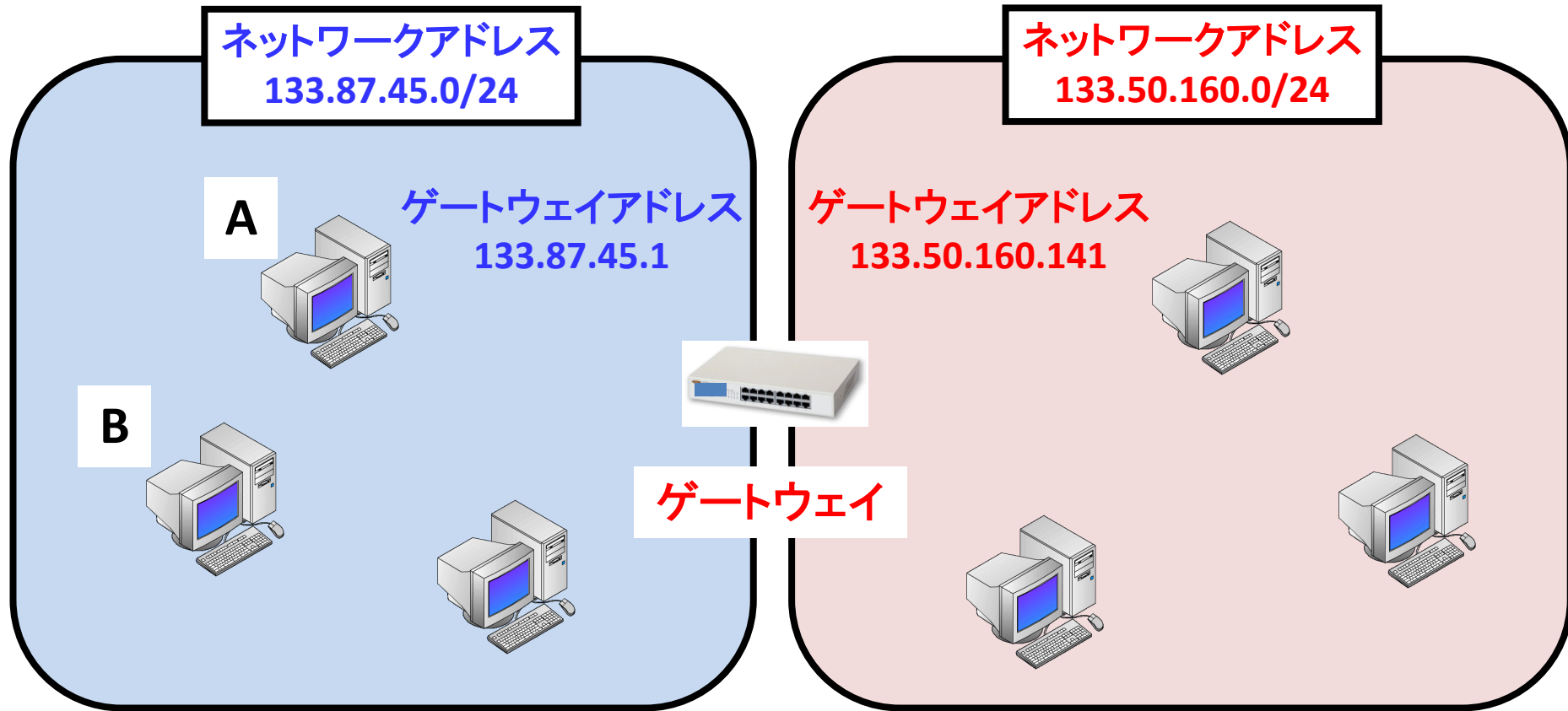
00: F3: A7: CC: 5D: R2

- 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

通信経路の設定 (同一ネットワーク内)

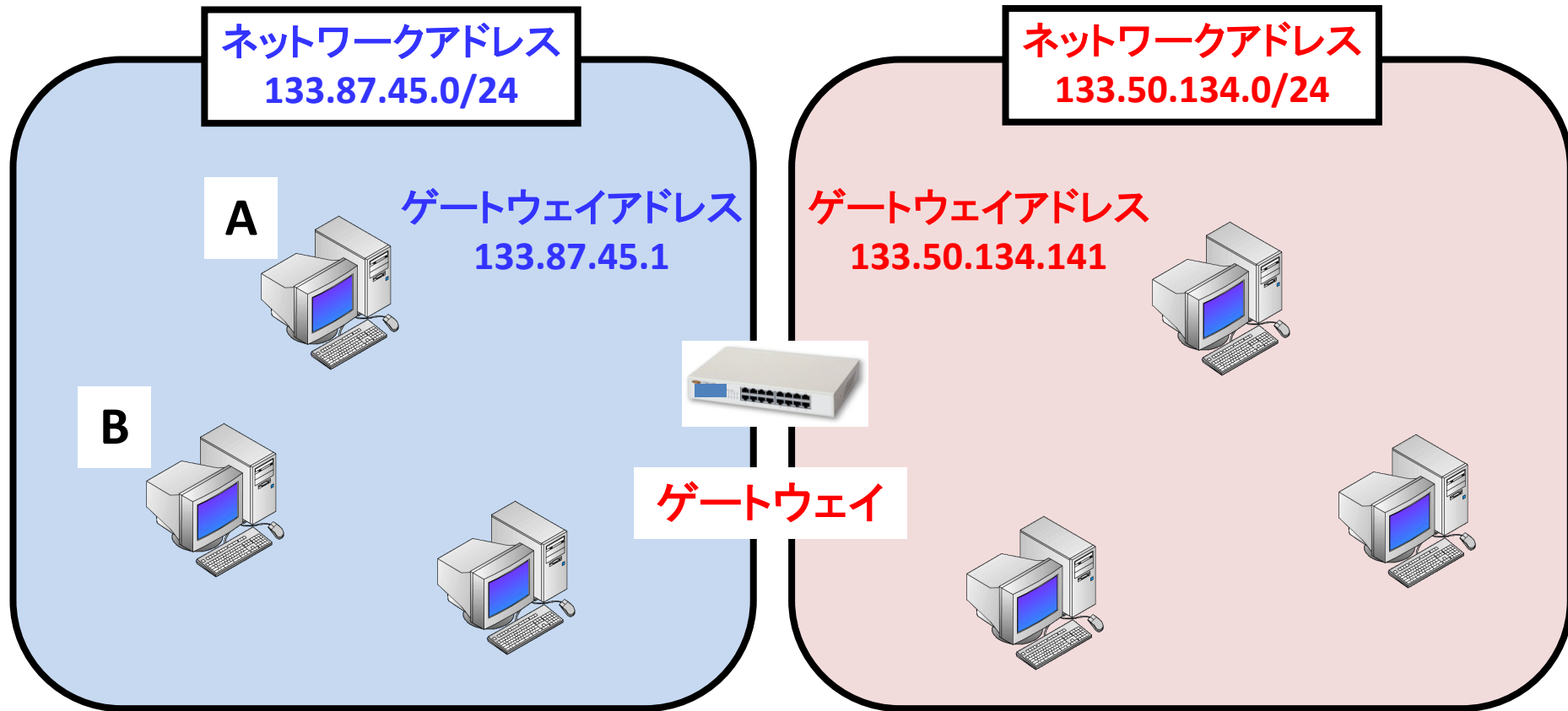
同一ネットワーク内の通信

(A がB に通信)



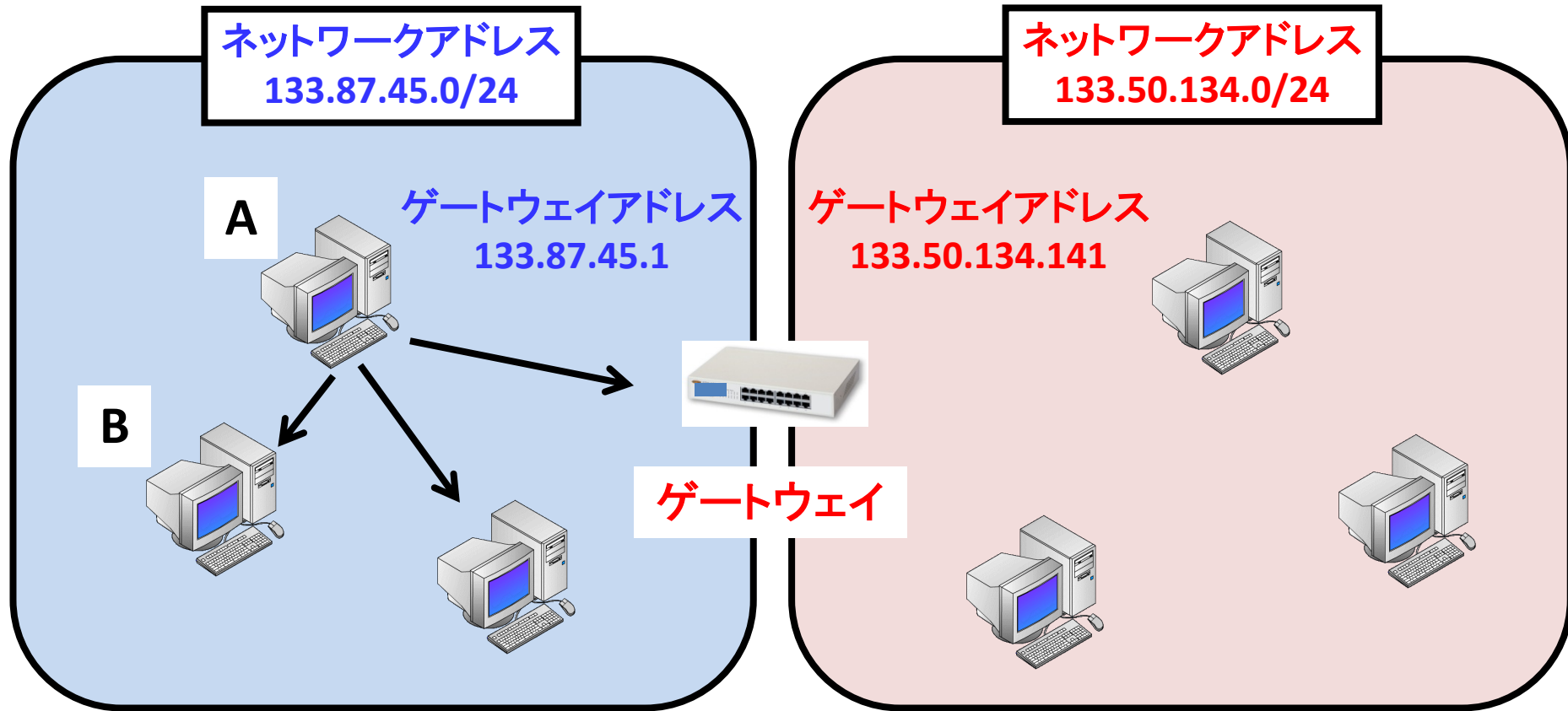
AはBのIPアドレスは知っているが、Bがどの
計算機(MAC アドレス)かは不明

同一ネットワーク内の通信 (A が B に通信)



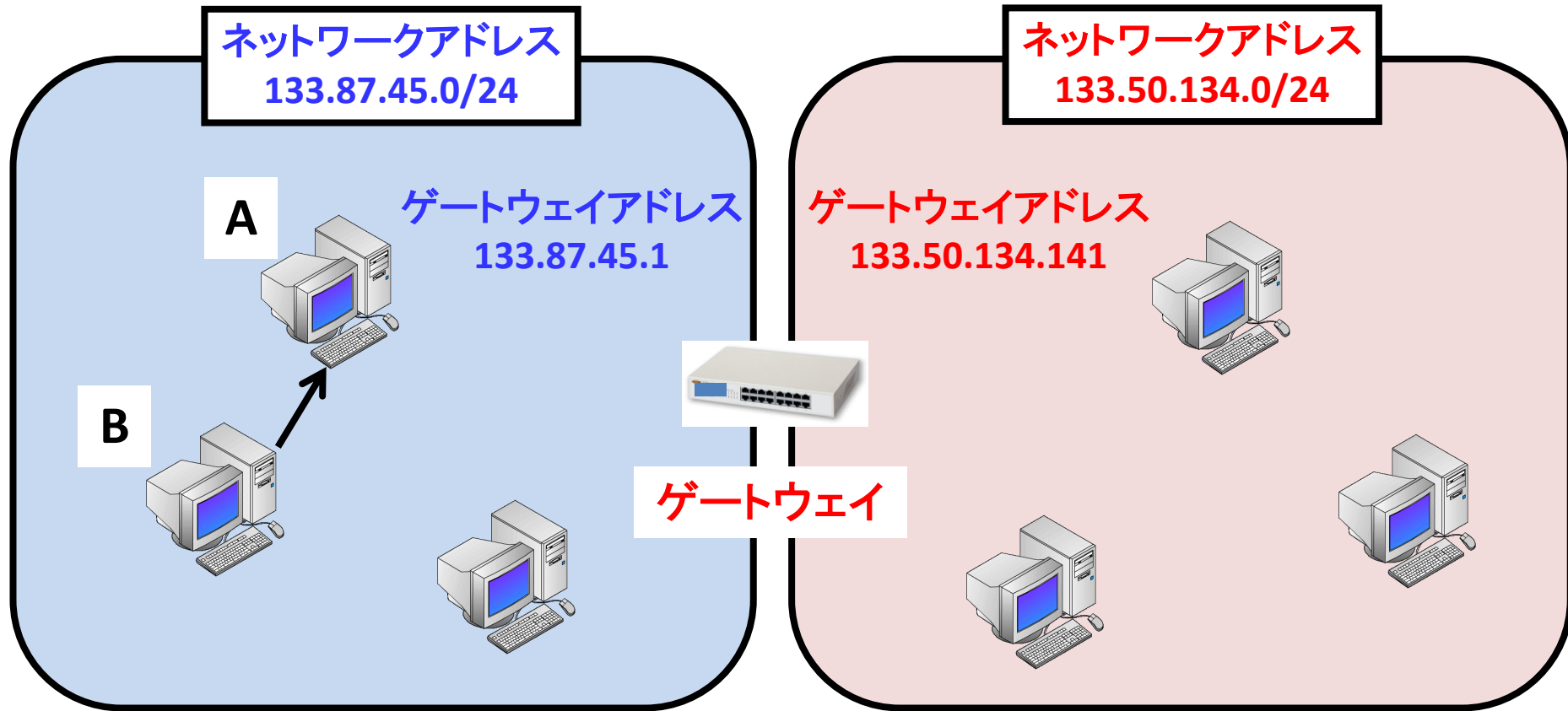
IP アドレスとサブネットマスクの論理積から、
Bが同一ネットワークにいると判定

同一ネットワーク内の通信 (A がB に通信)



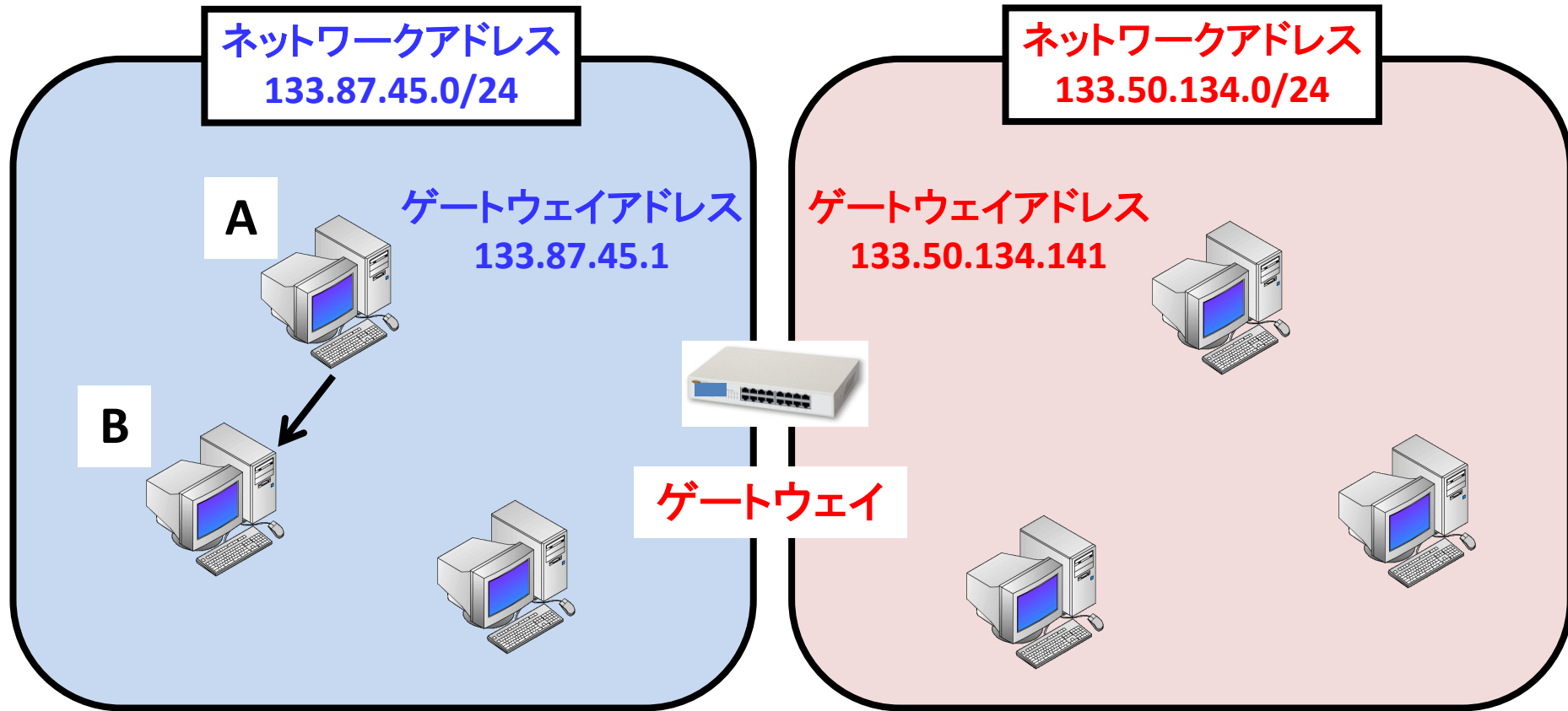
A はB のIP アドレス情報をブロードキャストアドレスへ送信

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

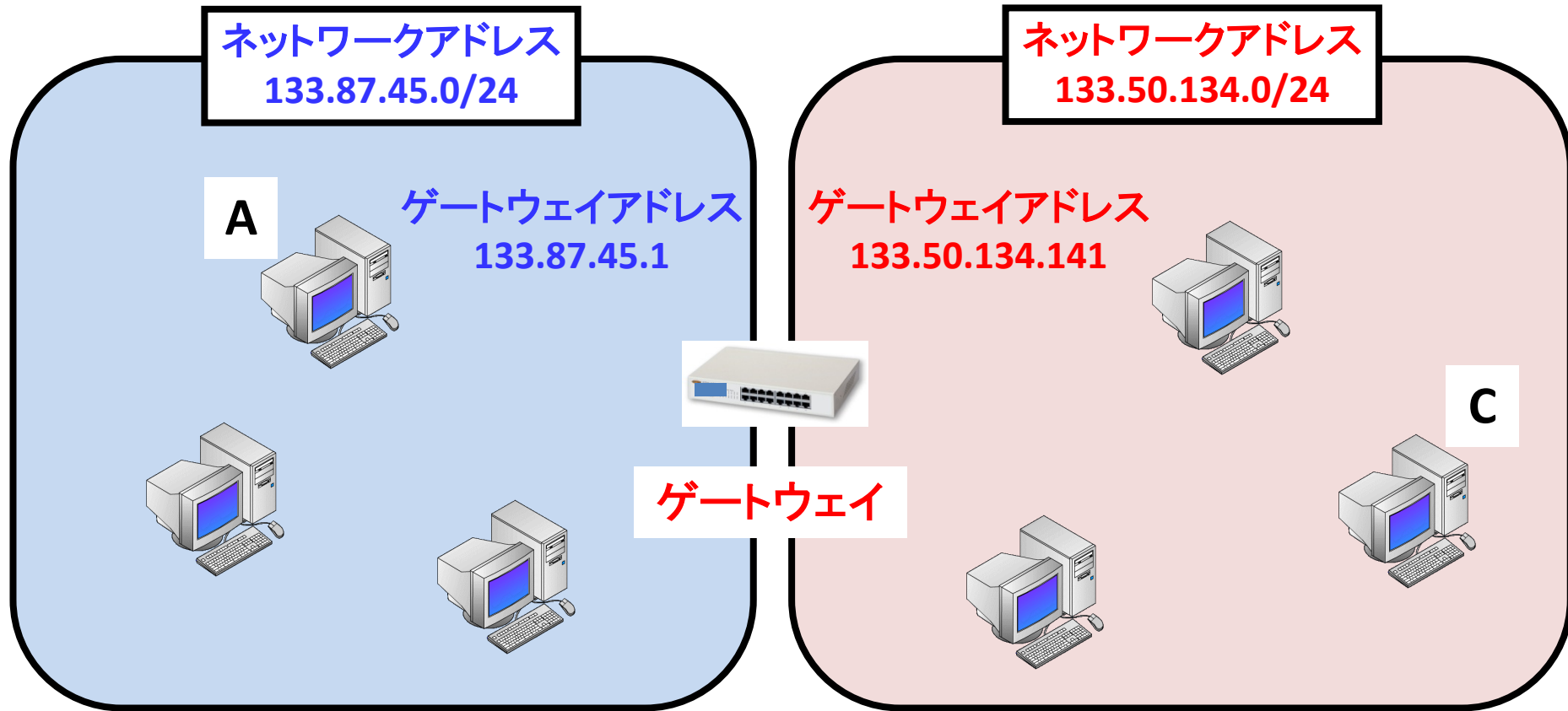
同一ネットワーク内の通信 (A が B に通信)



A は送信したい情報を取得したMACアドレスへ
送信

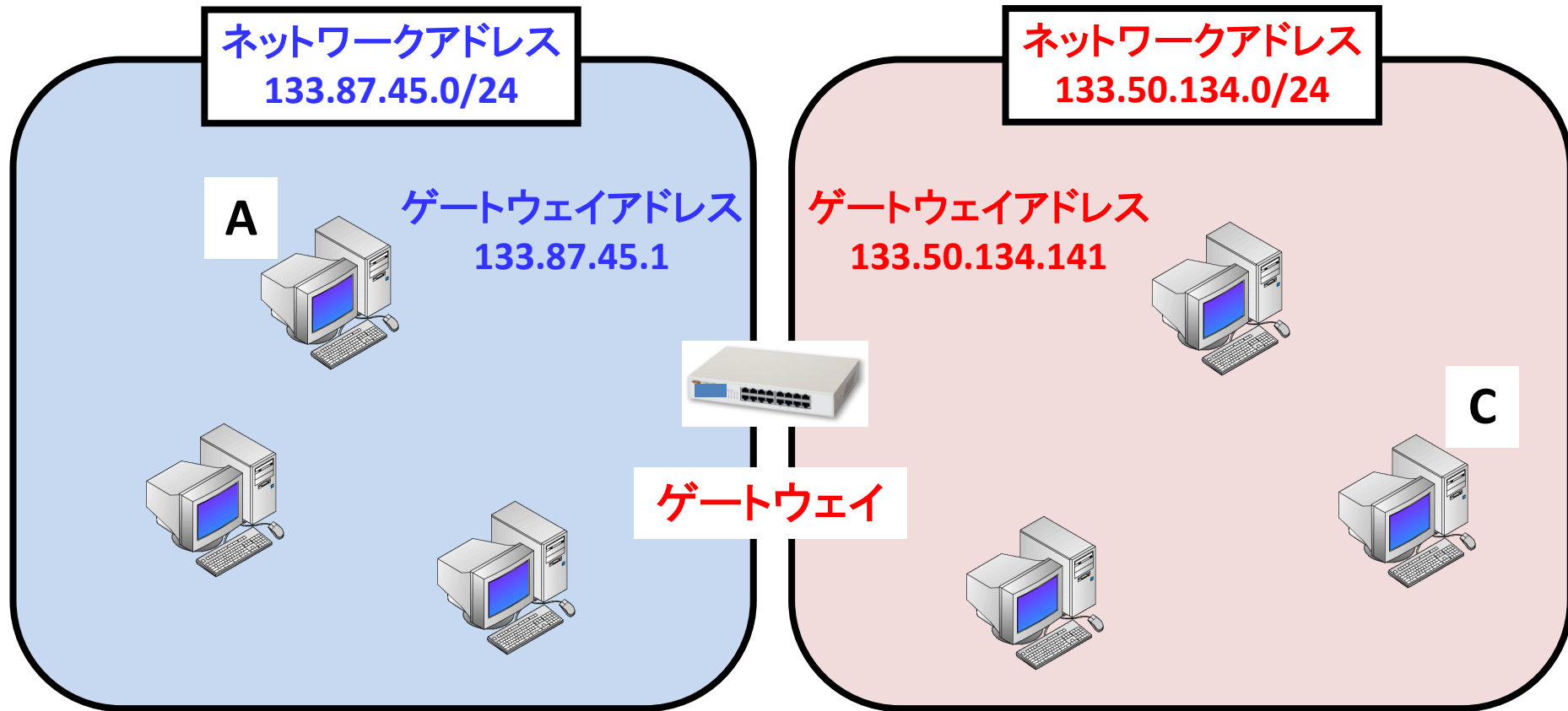
通信経路の設定 (同一ネットワーク外)

同一ネットワーク外への通信 (A がC に通信)



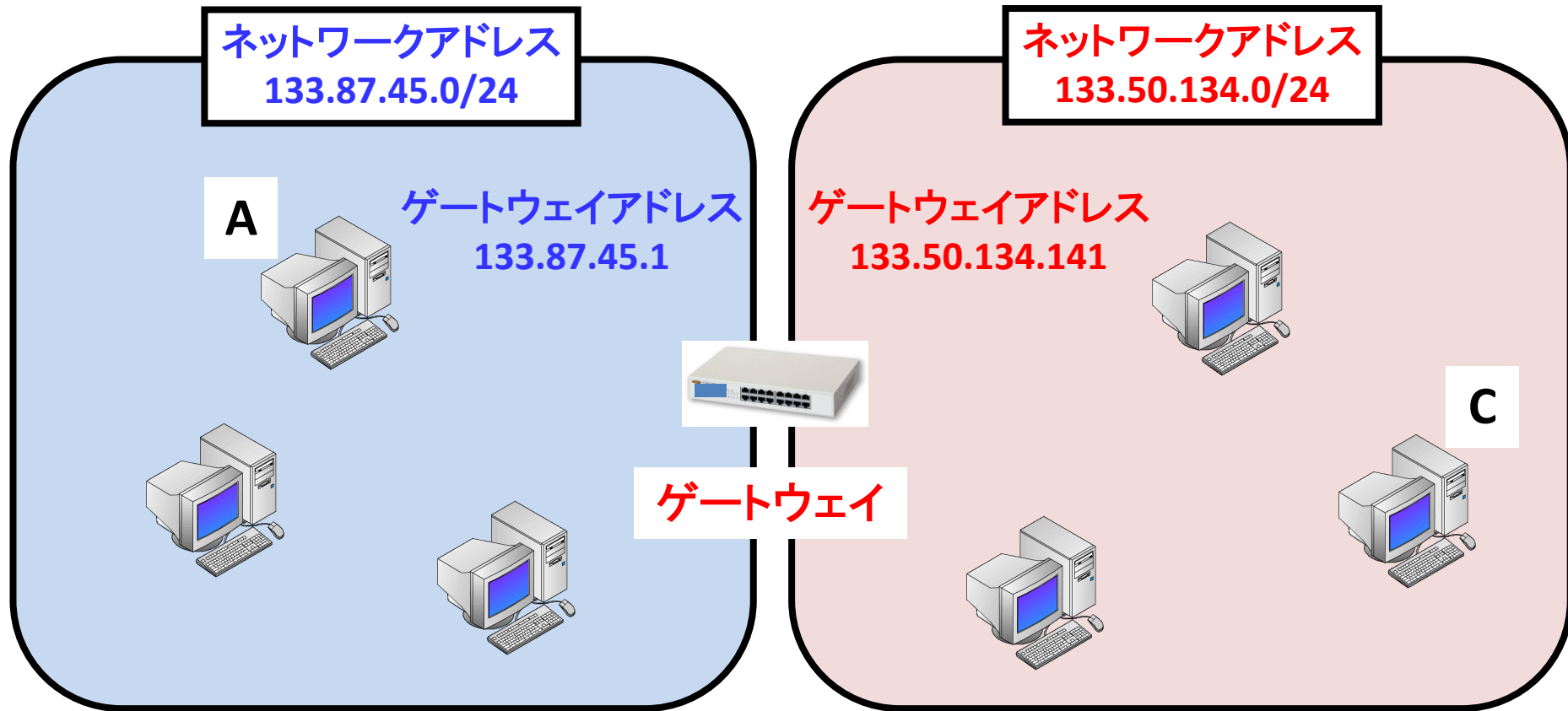
AはCのIPアドレスは知っているが、Cがどの計算機(MACアドレス)かは不明

同一ネットワーク外への通信 (A がC に通信)



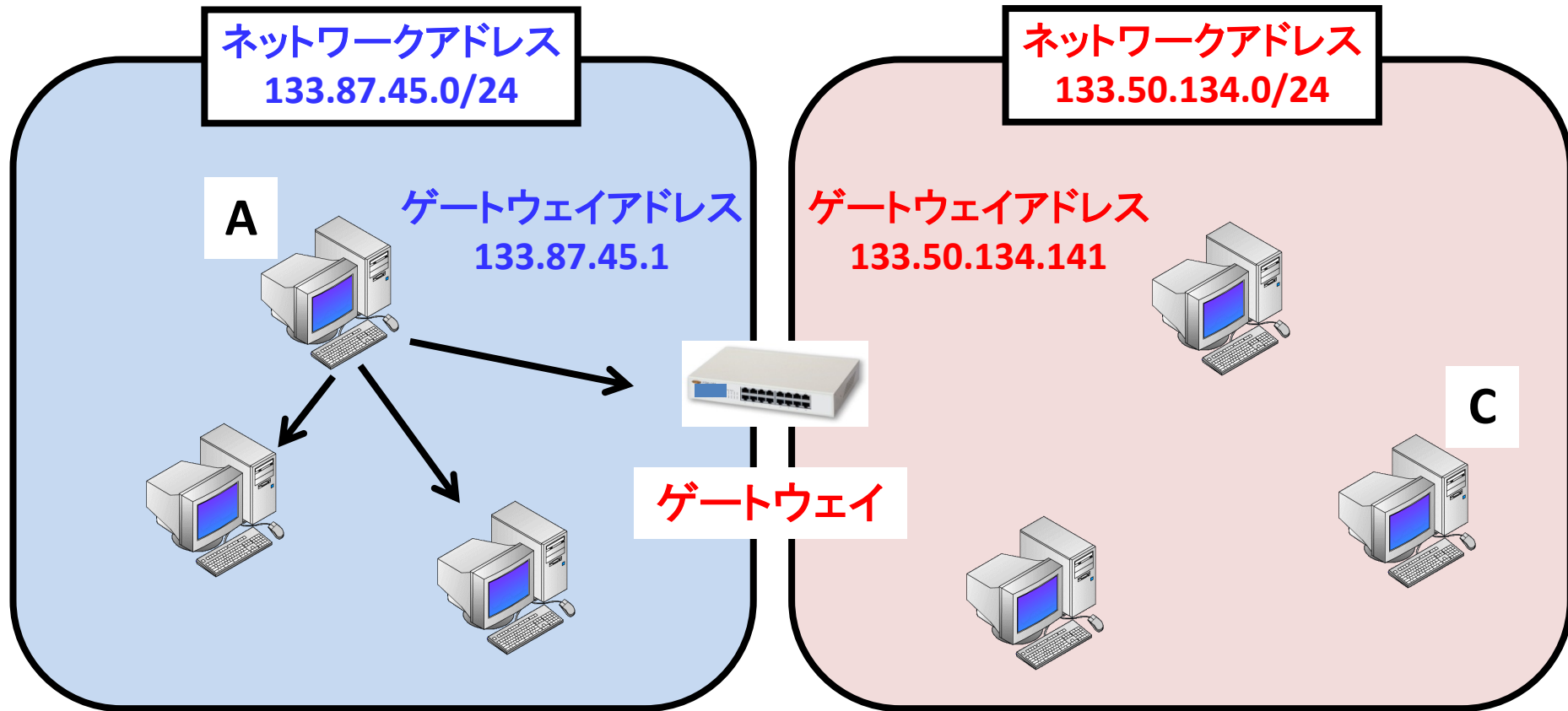
IP アドレスとサブネットマスクの論理積から、
C が同一ネットワークにいないと判定

同一ネットワーク外への通信 (A がC に通信)



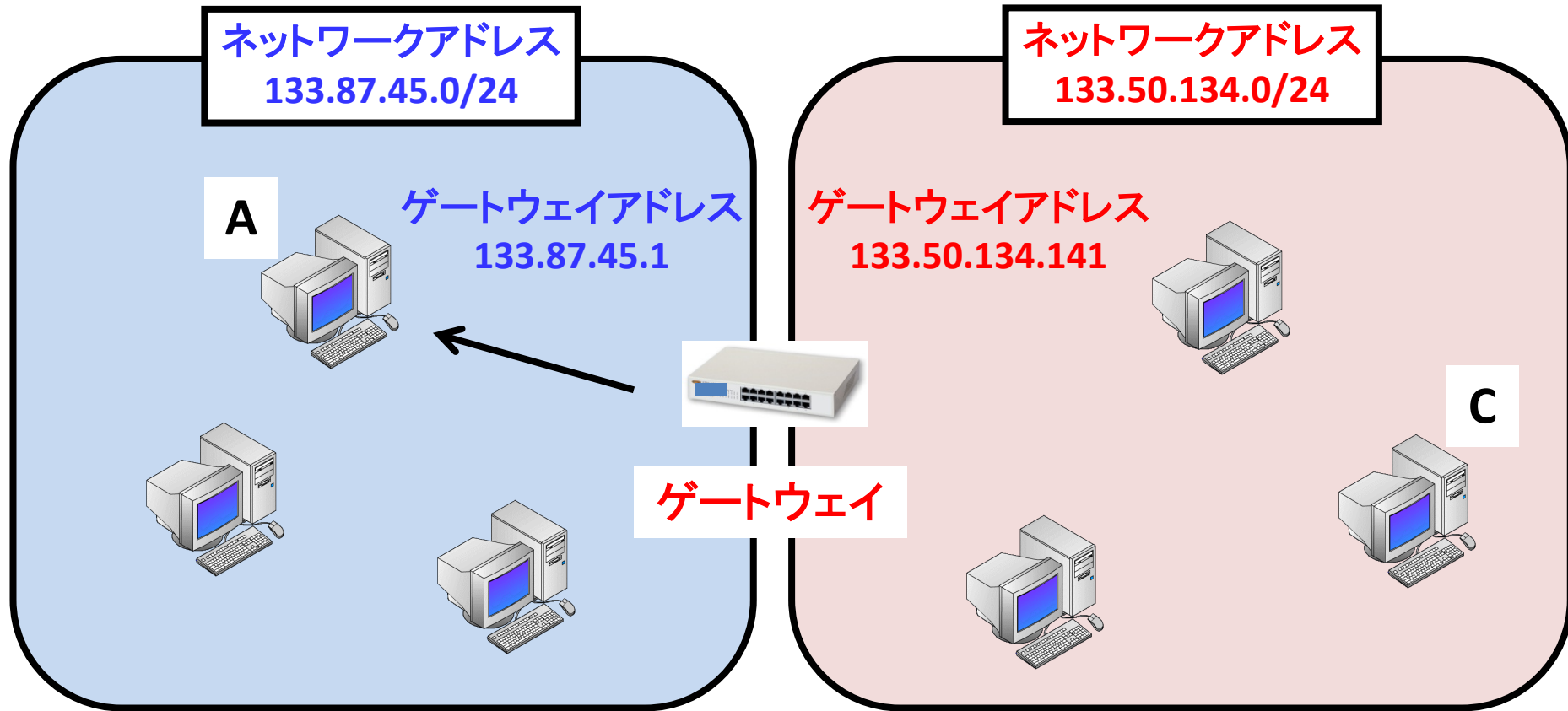
Cが同一ネットワークにいないとわかったので、
ゲートウェイに情報を送信しようとする

同一ネットワーク外への通信 (A がC に通信)



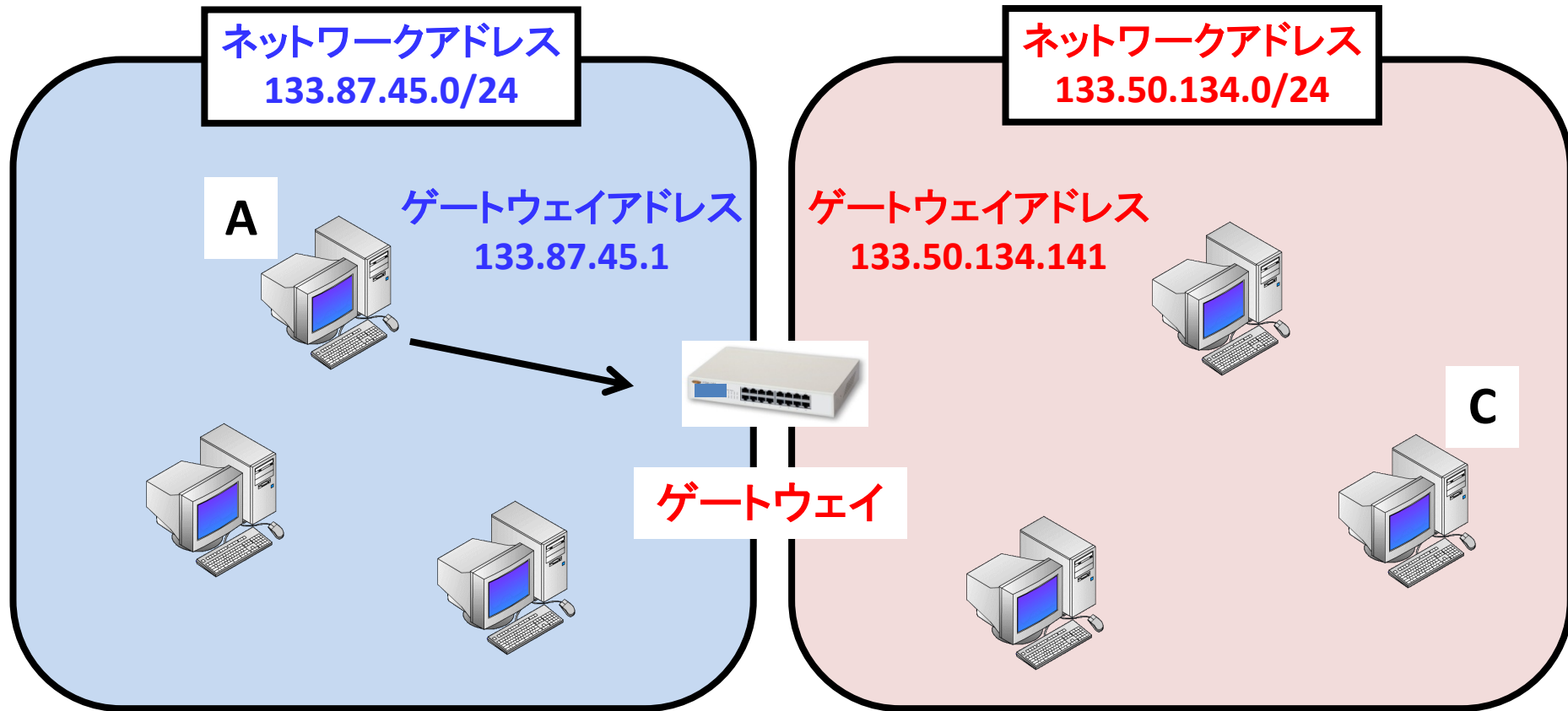
A はゲートウェイのIP アドレス情報をブロードキャストアドレスへ送信する

同一ネットワーク外への通信 (A がC に通信)



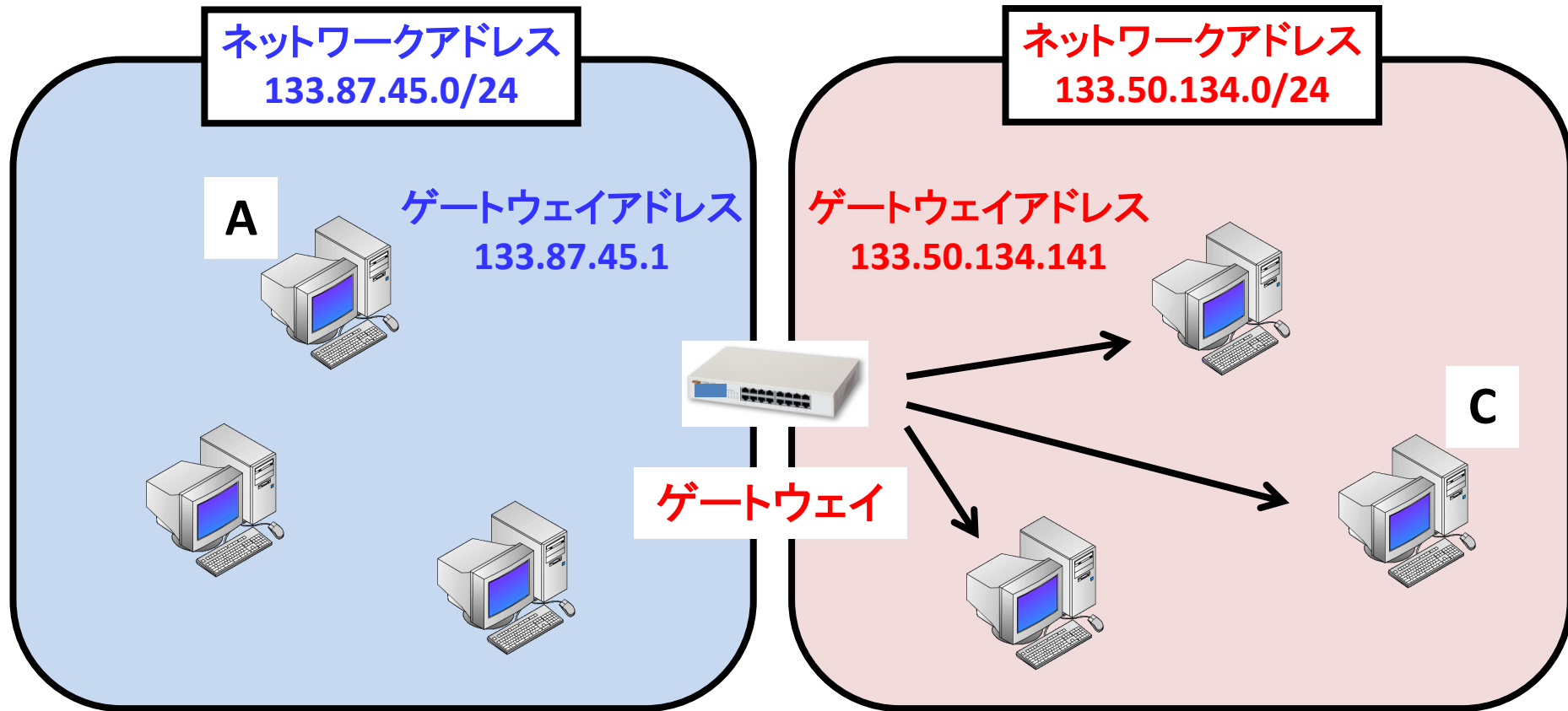
ゲートウェイは受け取った情報が自分宛てだと知り、ゲートウェイ自身のMACアドレスをAに返送

同一ネットワーク外への通信 (A がC に通信)



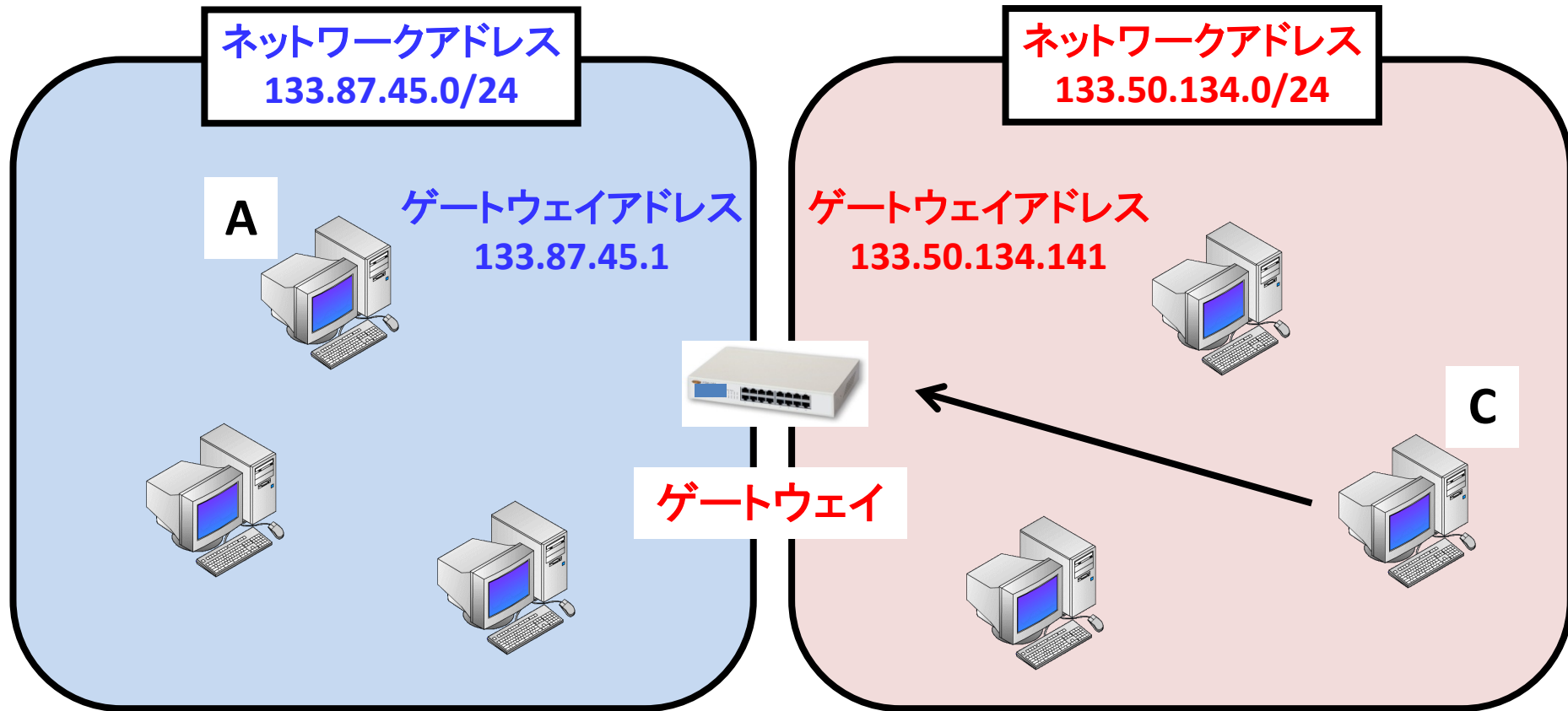
A は送信したい情報をゲートウェイのMAC アドレスへ送信

同一ネットワーク外への通信 (A がC に通信)



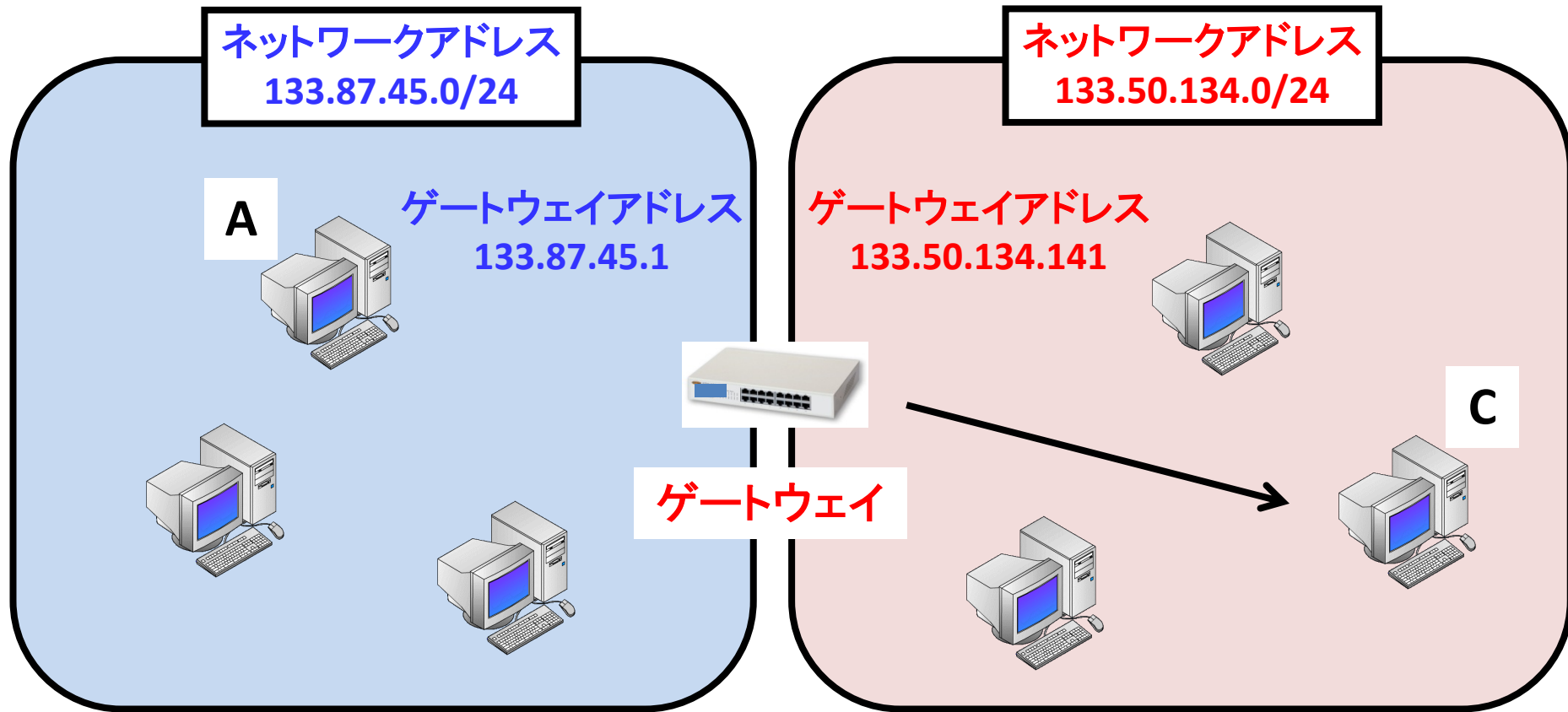
ゲートウェイはCのIPアドレスの情報をブロードキャストアドレスに送信

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

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
 - 国や時代が変わっても読み方が変化しない・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

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「ホスト部」)
 - 計算機の管理者が自由に決定
- ドメイン部 (IP アドレスの「ネットワーク部」)
 - 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)

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
 - 国や時代が変わっても読み方が変化しない・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名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

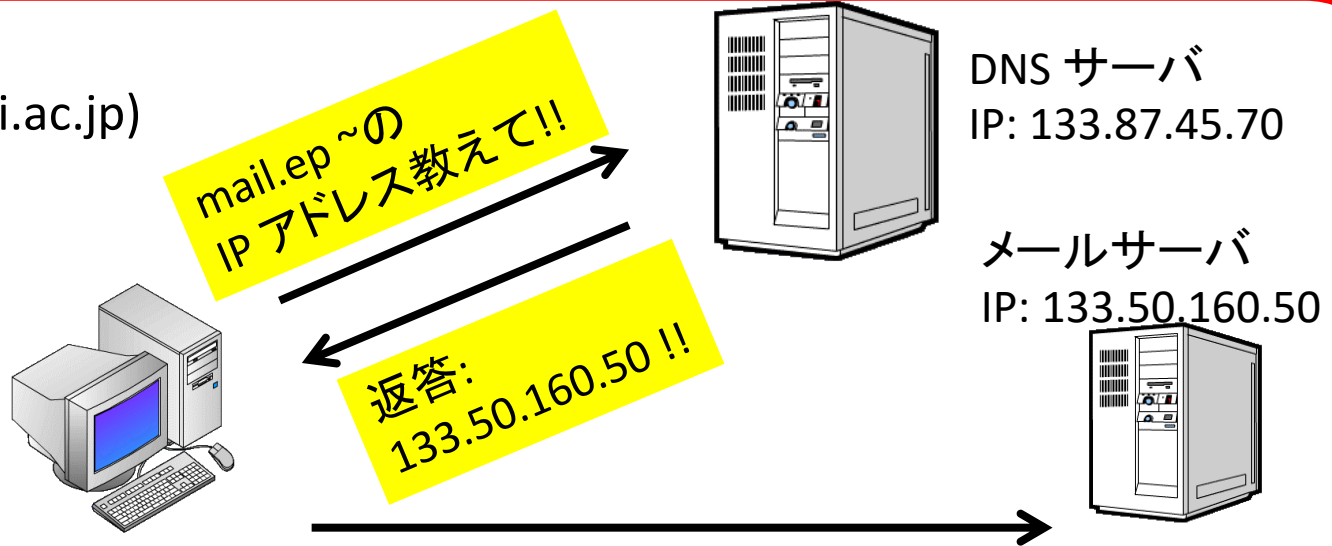
ネットワーク通信におけるDNS サーバの役割

• DNS サーバを介したネットワーク通信例

対応表

mail.ep.sci.hokudai.ac.jp	133.50.160.50
www.ep.sci.hokudai.ac.jp	133.50.160.51

メールサーバ
(mail.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

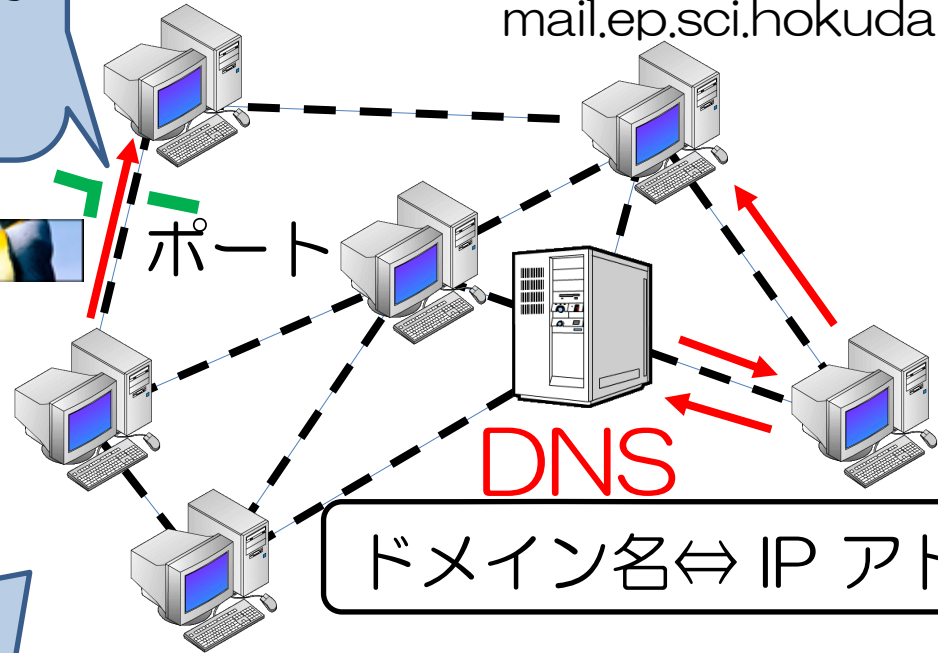
Internet

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
 - 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4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, 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>