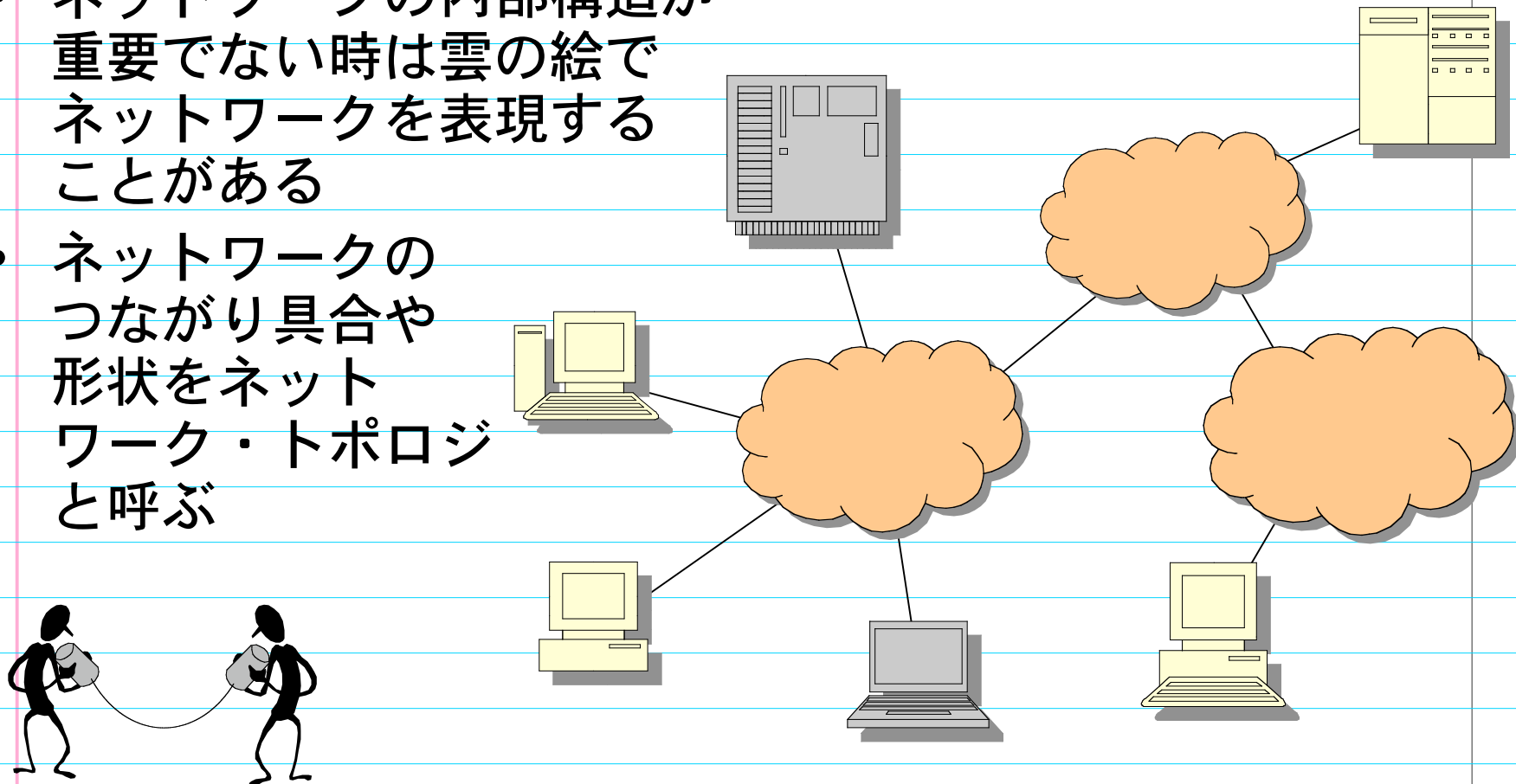


# 第六回 ネットワークの原理

2002年10月10日

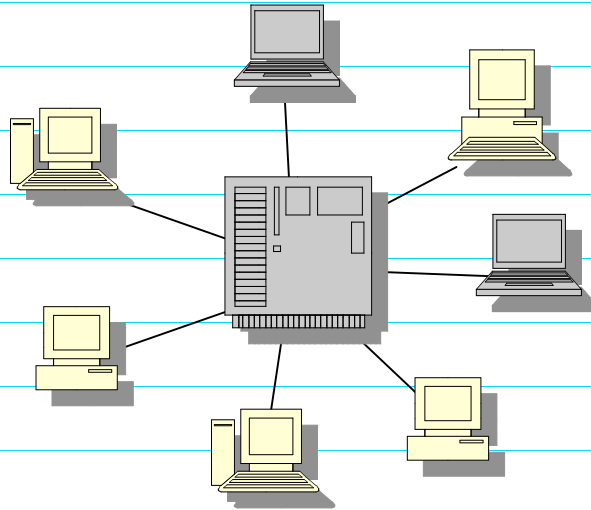
# ネットワークの構造

- 現代のコンピュータ・ネットワーク（インターネット）は、組織や建物、地域ごとに独立した局所的なネットワークの複合体
- ネットワークの内部構造が重要でない時は雲の絵でネットワークを表現することがある
- ネットワークのつながり具合や形状をネットワーク・トポロジと呼ぶ



# ネットワーク・トポロジ

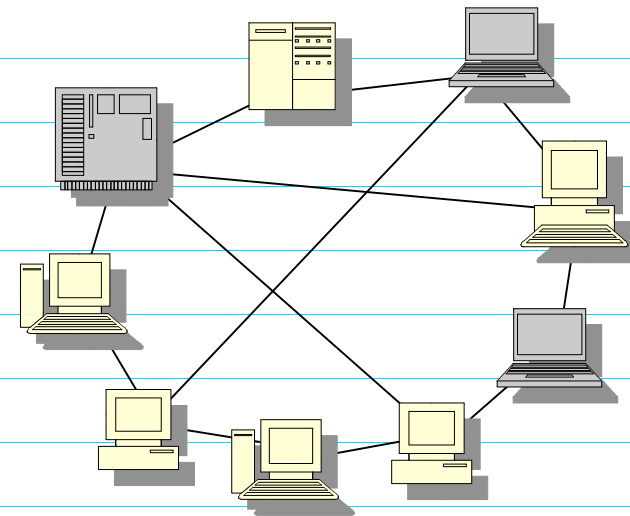
- コンピュータの役割に注目した接続形態



## 集中処理型ネットワーク

中央のコンピュータに処理が集中する

- データの統一的管理が楽
- 中央が故障するとシステム全体が麻痺する
- 銀行のオンラインシステム
- 80~90年代のパソコン通信



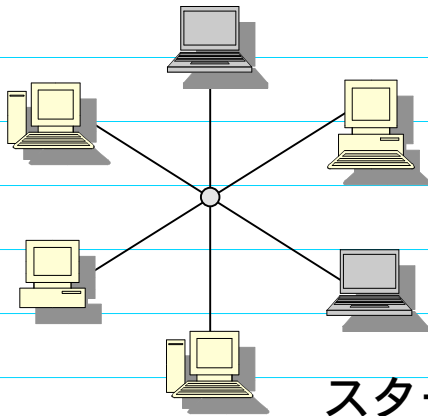
## 分散型ネットワーク

中心的なコンピュータがない  
生き残ったコンピュータ間で  
通信ができるケースがある  
システム全体の把握は困難

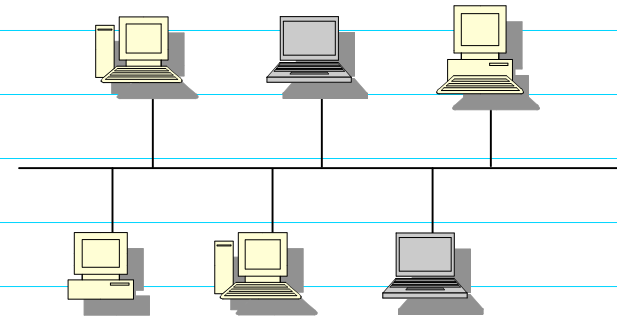
- インターネット

# ネットワーク・トポロジ (2)

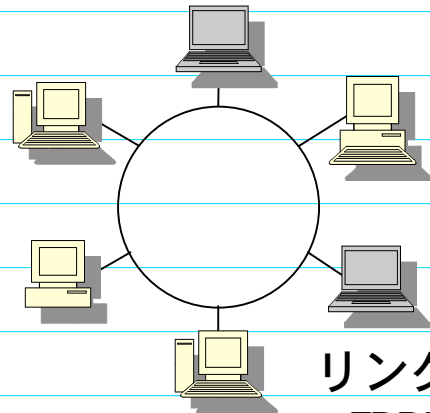
- ネットワークの媒体 (伝送線) に注目した接続形態



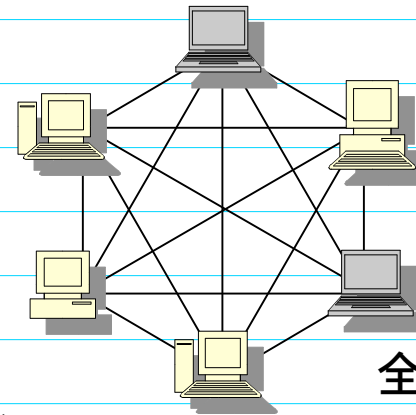
**スター型**  
スイッチングハブなど



**バス型**  
10Base5, 同軸ケーブルなど



**リング型**  
FDDI, トークンリングなど



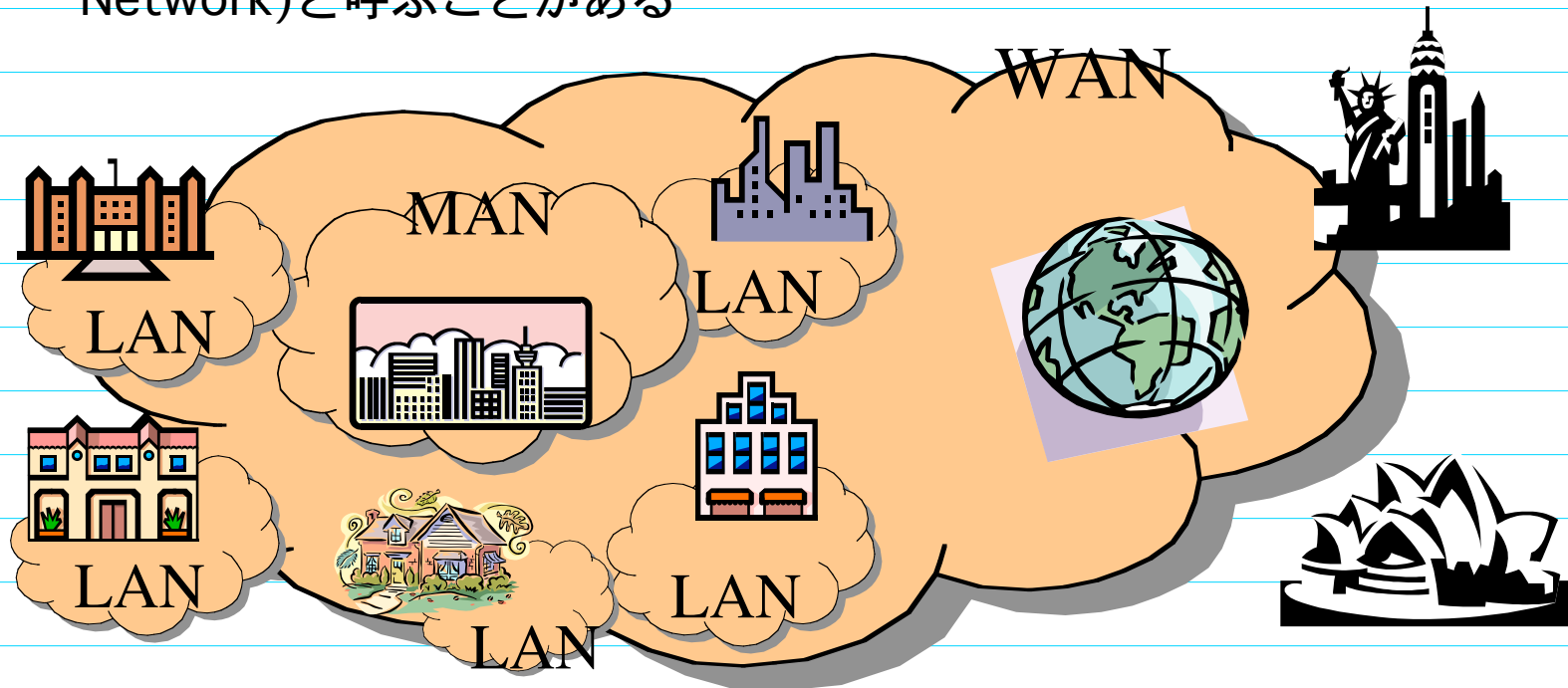
**全結合型**  
並列計算機など

# ネットワーク・トポロジの特徴

トポロジ	長所	短所
スター型	すべての計算機間の接続時間が比較的短い(二区間)	中央のスイッチの能力で全体の能力が決まる
バス型	一部の計算機が稼働していなくても動作する	通信量が増えると混雑して使えなくなる
リング型	通信量が多くなっても制御が容易	一台の不具合が全体を麻痺させることがある
全結合同型	全ての計算機間の接続時間が最短	計算機の数が増えると接続数が増え過ぎて現実的でない

# ネットワークの階層

- 建物や組織の内部のネットワークをLAN (Local Area Network)
- 外部（組織間、地域間、国内、海外）とのネットワークをWAN (Wide Area Network)と呼ぶ
- この他に「都市型ネットワーク」をMAN (Metropolitan Area Network)と呼ぶことがある



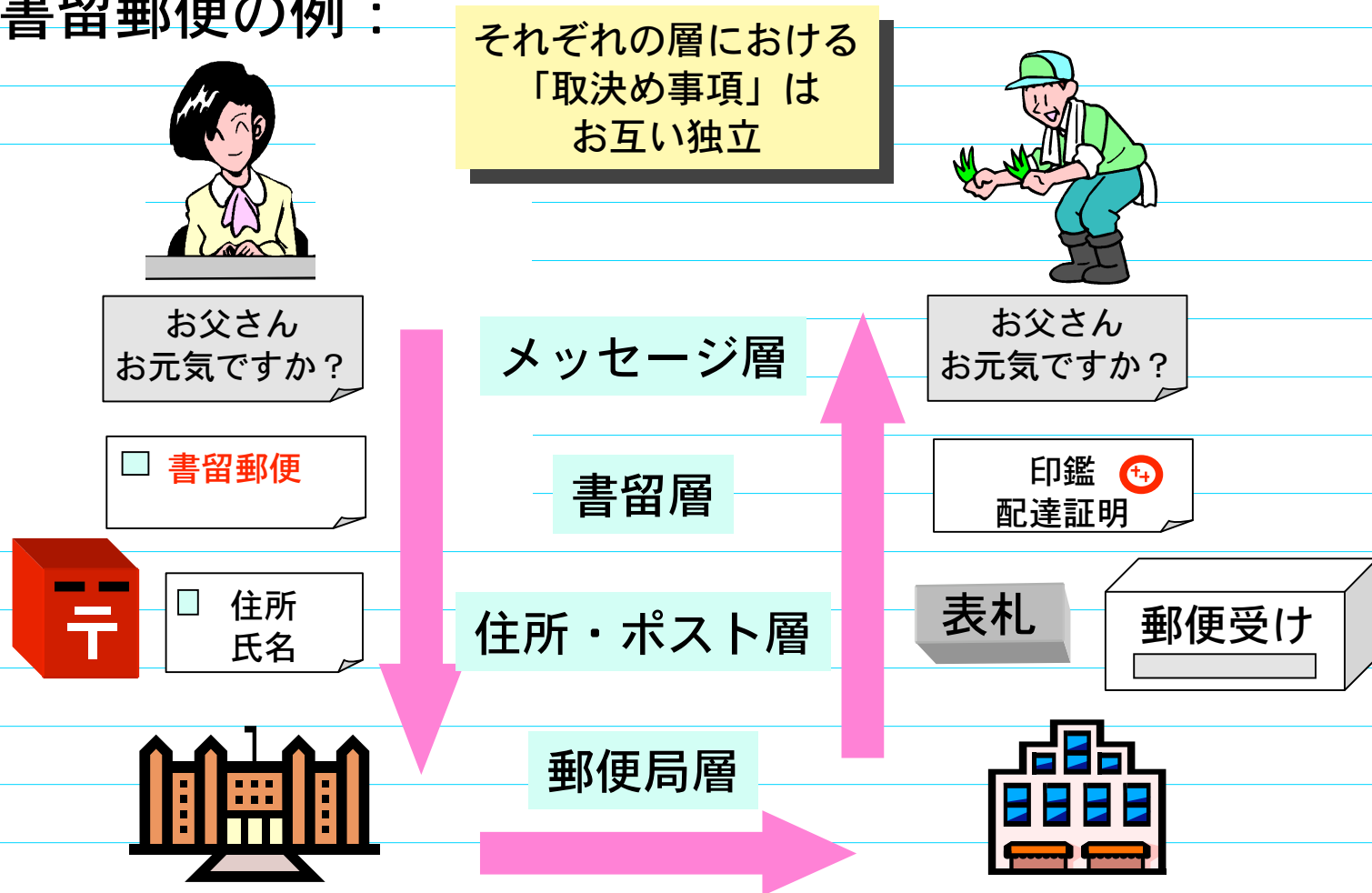
# 通信のプロトコル

- プロトコルとは  
コンピュータとコンピュータが情報をやり取りする場合の  
通信の「手順・手続き・取決め」
- 日常社会での例：  
「住民票を取りたいのですが」  
「承知しました。この用紙のこことここに〇〇を記入して下さい」  
（用紙に記入する）「これでいいですか」  
「結構です。おかけになってお待ち下さい」  
（数分後）「〇〇さん」  
「はい」  
「お待たせしました。これが住民票です。〇円になります」  
「はい」（お金を払って住民票を受け取る）
- プロトコルから外れた通信は成立しない



# プロトコルの階層

- 通信の取り決めには様々な階層があり、それぞれの階層のプロトコルは独立に定められている
- 書留郵便の例：





# OSI参照モデル

- 国際標準化機構(ISO), 国際電信電話諮問委員会(CCITT)などが定めた、システム間相互接続のための参照モデル
- OSI (Open Systems Interconnection)

上位層	7層	アプリケーション層	電子メール、ファイル転送など
	6層	プレゼンテーション層	文字コード、図形など
	5層	セッション層	仮想的通信経路の確立・解放など
下位層	4層	トランスポート層	データ圧縮、再送制御など
	3層	ネットワーク層	経路選択、アドレス管理など
	2層	データリンク層	伝送制御、エラー制御など
	1層	電気物理層	信号の規定、コネクタの規定など

# TCP/IPプロトコル

- 現在インターネットで広く使われているプロトコルの体系は「TCP/IP」と呼ばれている（事実上の標準：de facto standard）
- OSI参照モデルと似ているが、厳密な対応関係ではない

層	役割	各プロトコル
アプリケーション層	電子メールやweb等の各種サービス	telnet, ssh, http, ftp, SMTP, POP3
トランスポート層	エラー時のデータ再送などのデータ整合性保証	TCP, UDP, ICMP
インターネット層	IPアドレス、計算機特定、経路制御	IP
ネットワーク・インターフェース層	ハードウェアの制御、信号の伝達	100BaseT, FDDI, ATM, RS232C

# インターネットの歴史

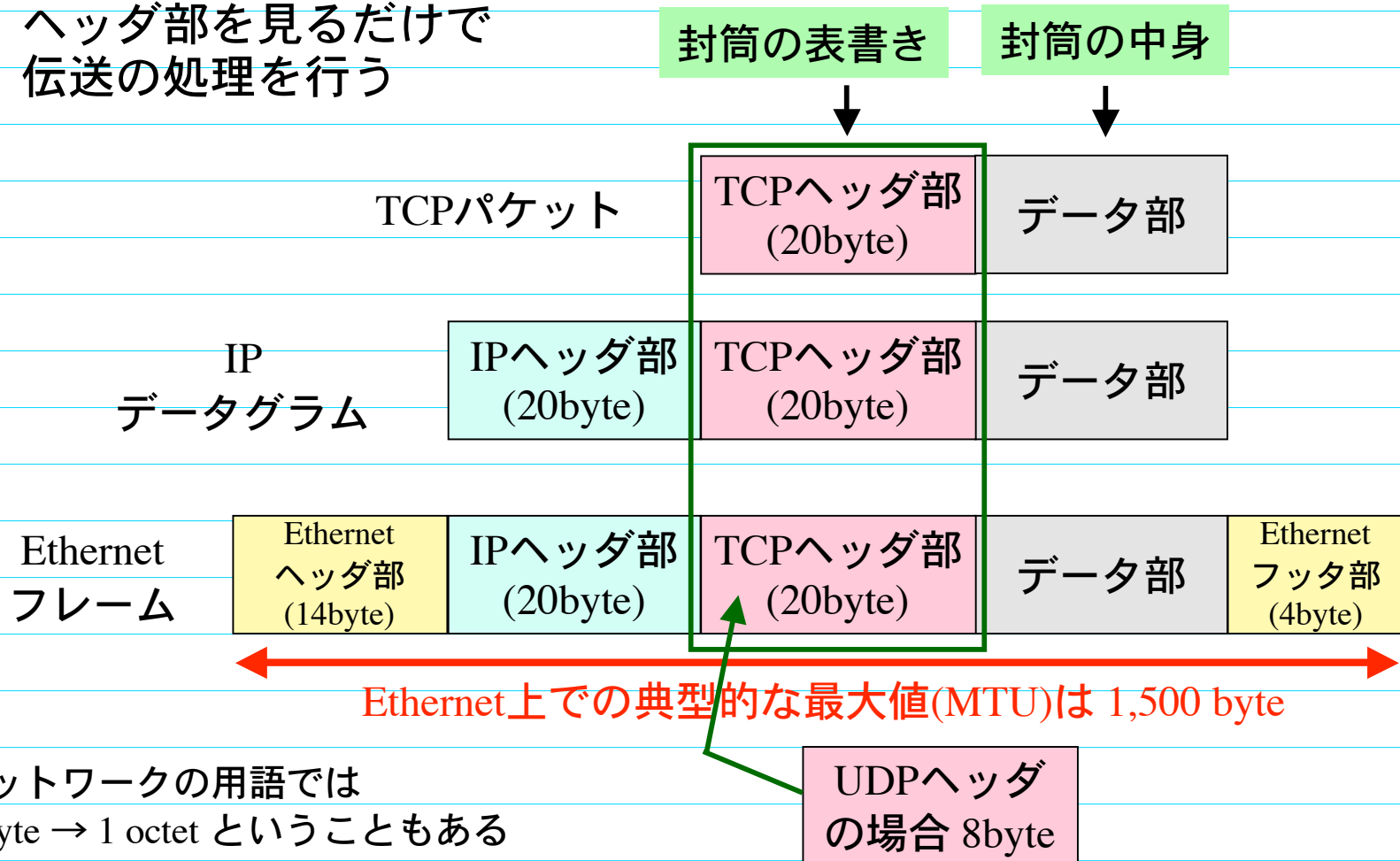
- 1969年に米国国防総省高等研究計画局が実験用・研究用に開発したARPANET (Advanced Research Projects Agency Network)が出発点
- 当初は軍事機関と大学のメインフレーム計算機を分散型で接続する専用ネットワーク
- 70年代から80年代にかけて、ARPANETに参加できない大学や研究所を結ぶUSENET, CSNET, BITNETなどのさまざまな類似な常時接続ネットワークが出現
- 1983年、UNIXにTCP/IPが組み込まれる
- 1986年、NSF(アメリカ科学財団)のNSFnetが発足
- 1987年、世界初の商用ISPであるUUnetが発足
- 大学の研究者を中心に自由闊達な研究活動の舞台へ
- 1990年代の商用ISPの普及と、パソコンの高性能低価格化、webの普及により爆発的に成長 → 世界的規模の情報通信基盤へ

# TCP/IPプロトコルとパケット

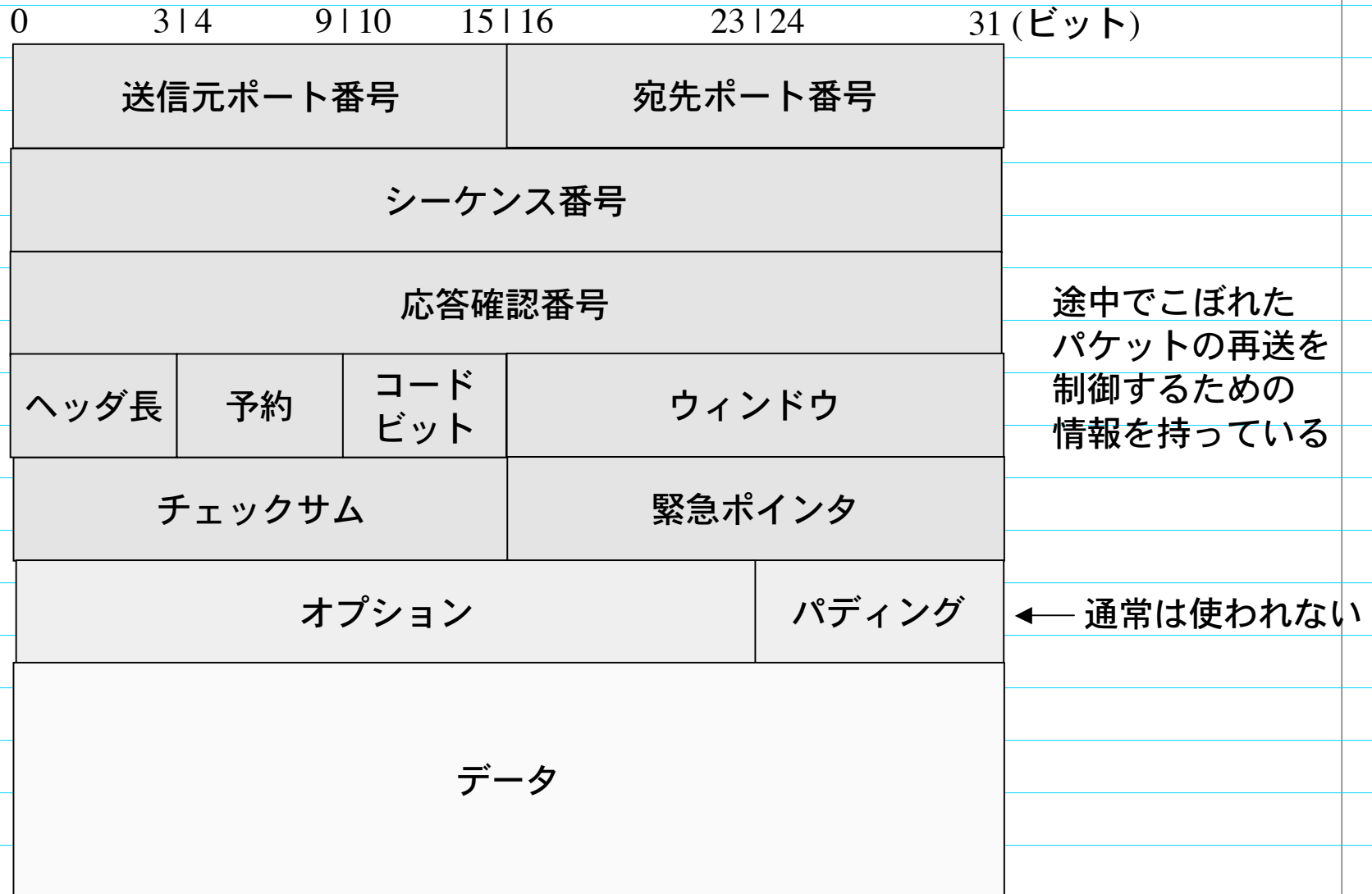
- コンピュータネットワークでの情報通信は「パケット」という情報単位に分割されて伝達される。
- より正確には
  - TCP層 「パケット」
  - IP層 「データグラム」
  - Ethernet層 「フレーム」
- プロトコルの各層は、パケットの送出時に本文に相当するデータ部に、ヘッダ部をつける。受信時には逆にそれぞれの層のヘッダ部を解読しながら剥ぎ取っていく。
- 現在使われているTCP/IPは「IPv4」と呼ばれる

# TCP/IPパケットの構造

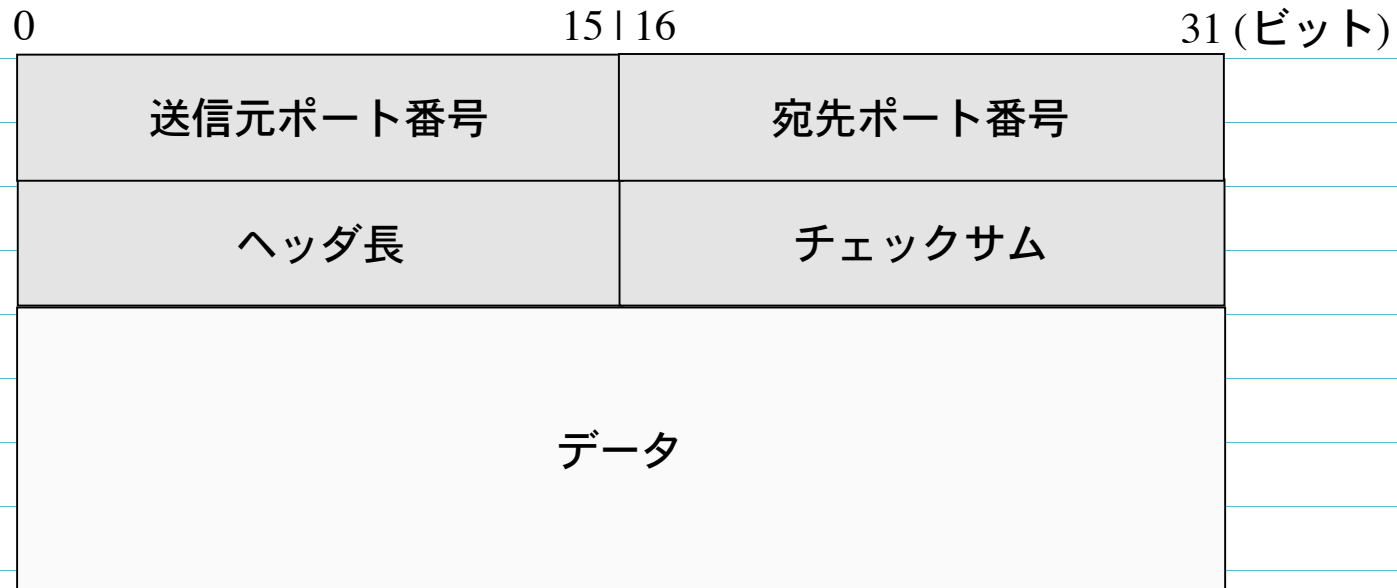
- TCP/IPの各層で封筒の中に封筒を入れるようにヘッダ部を加えていく
- 各層では自分の層のヘッダ部を見るだけで伝送の処理を行う



# TCPヘッダ

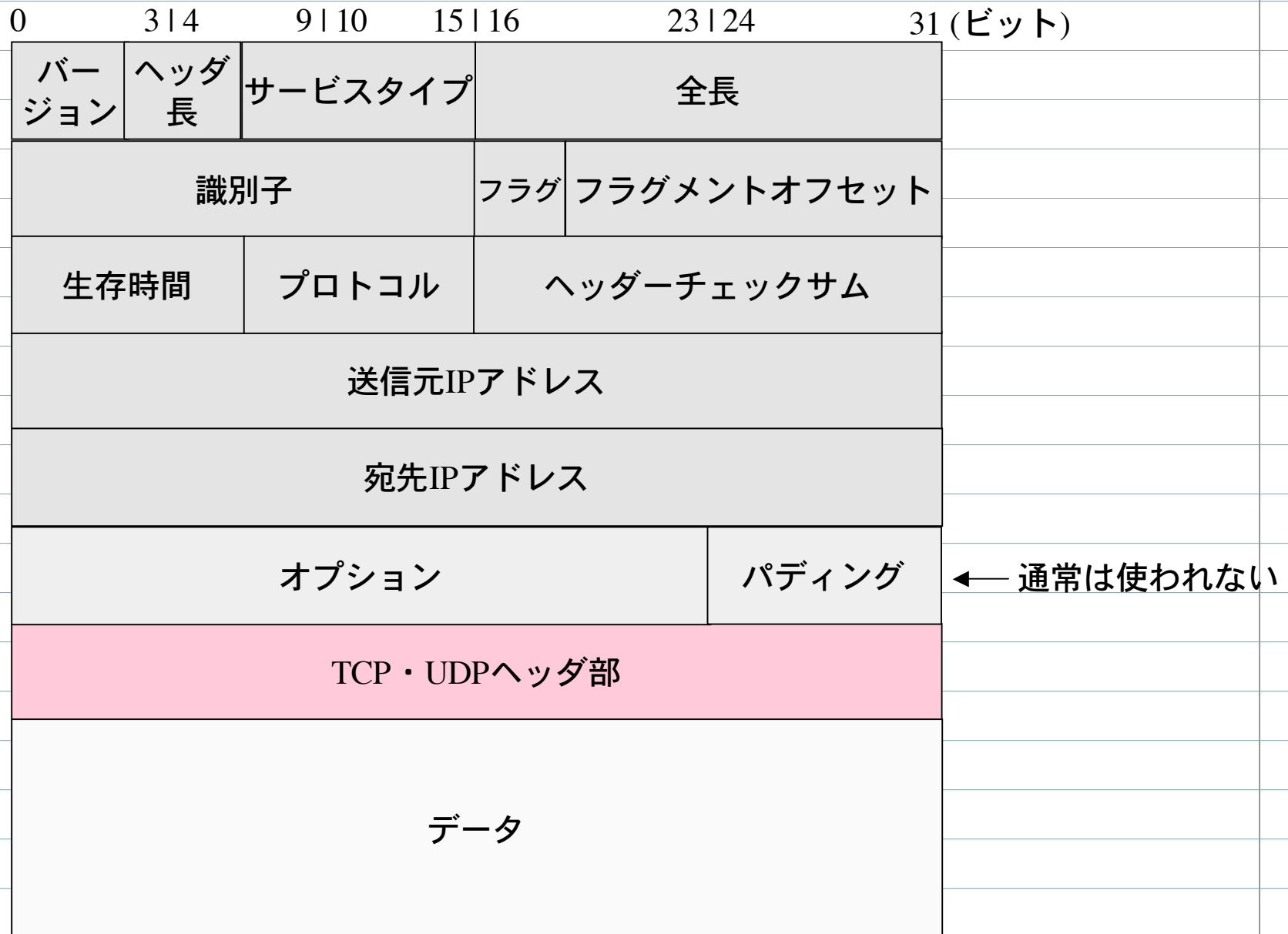


# UDPヘッダ



パケットがこぼれても再送を行わないので構造が簡単

# IPヘッダ





# IPアドレス

- TCP/IPで接続される全てのネットワーク機器の「住所」となる番号（世界中で一つ）
- IPv4では 32ビット → 理論上は約43億個
- 十進法で1バイトごとに「.」で区切って表記する  
例：130.158.65.1  
→ 16進法 82 9E 41 01  
→ 2進法 1000 0010 1001 1110 0100 0001 0000 0001
- 一連の番号をまとめてそれぞれの組織に割り当ててゆくので、現実にはアドレス枯渇の問題がある
- IPv6では 128ビットのアドレス空間( $3.4 \times 10^{38}$  個!)

# IPアドレスの管理

- ICANN: The Internet Corporation for Assigned Names and Numbers を頂点に各国にIPアドレスの管理団体
- 非営利組織として1998年に設立  
(その前は IANA : Internet Assigned Number Authority)
- まとまった数字の集まりごとに各組織に割り当てていく
- 割り当ての単位として、Class A, Class B, Class Cの三種類がある

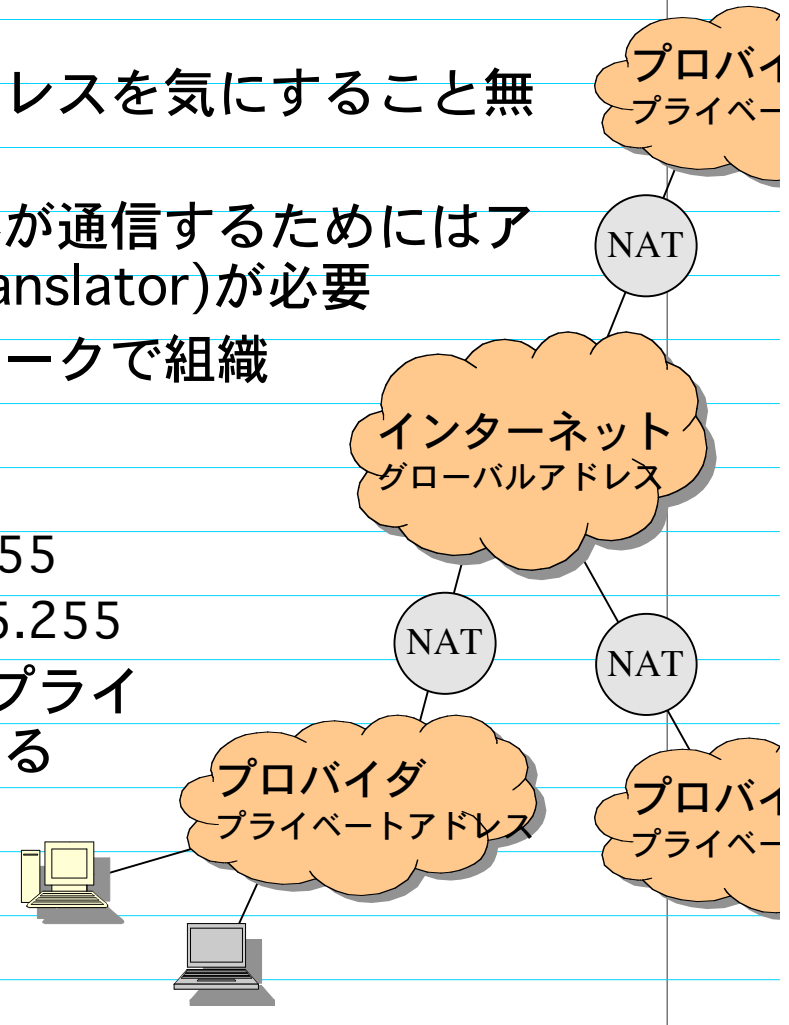
# IPアドレスのクラス

- Class A : 上位 8 ビットから各組織に割り当てる  
1.0.0.0 ~ 127.255.255.254  
組織数 127組織  
組織内では  $2^{24} =$  約1600万個のアドレス
- Class B : 上位 16 ビットから各組織に割り当てる  
128.0.0.0 ~ 191.255.255.254  
組織数  $(191-128+1) \times 2^8 = 16,384$ 組織  
組織内では  $2^{16} = (65,536-1)$ 個のアドレス
- Class C : 上位 24 ビットから各組織に割り当てる  
組織数  $(223-192+1) \times 2^{16} =$  約200万組織  
組織内では  $2^8 = (256-1)$ 個のアドレス  
192.0.0.0 ~ 223.255.255.254

※ 赤字は訂正部分

# プライベートアドレス

- IPv4アドレス枯渇問題の「当面」の回避策
- ネットワークをグローバル（表通り）とプライベート（自分の組織内）に分け、アドレスの唯一性はグローバルネットワークの中だけで保証する
- プライベートな空間では他の組織のアドレスを気にすること無くアドレスを割り振って利用できる
- グローバルの機器とプライベートの機器が通信するためにはアドレス変換(NAT: Network Address Translator)が必要
- 以下のアドレスはプライベートネットワークで組織ごとに自由に使って良い
  - Class A 10.0.0.0 ~ 10.255.255.255
  - Class B 172.16.0.0 ~ 172.31.255.255
  - Class C 192.168.0.0 ~ 192.168.255.255
- 最近のADSLプロバイダなどでは顧客にプライベートアドレスを割り当てるケースもある



# ドメイン名

- ドメインとは  
ネットワークの管理の単位の識別を容易にするための階層的な  
名前の空間
- ルートドメイン .
- トップレベルドメイン .jp, .com, .edu, .org など
- セカンドレベルドメイン .ac.jp, .co.jp, .go.jp など
- 組織の単位ごとなどにサブドメインを指定して、独立にネット  
ワークの管理を行うことができる
- 例:  
筑波大学 .tsukuba.ac.jp  
筑波大学教育用計算機システム .ipe.tsukuba.ac.jp  
筑波大学教育用計算機システムのサーバー

icho.ipe.tsukuba.ac.jp

※赤字は訂正部分

ホスト名    サブドメイン    筑波大学ドメイン

# IPアドレスとドメイン名

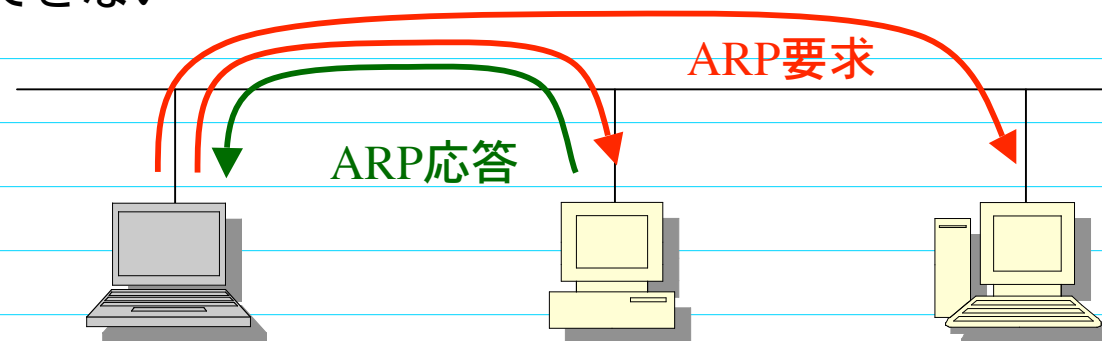
- ホスト名が決まればIPアドレスはユニークに(ただ一つに) 決まる  
icho.ipe.tsukuba.ac.jp → 130.158.56.1  
アドレス参照はDNSサーバー (Domain Name System)が答えてくれる (DNSの順引き)
- IPアドレスから元のホスト名を参照することを「DNSの逆引き」という
- 組織のドメイン名と、組織のIPアドレス空間とが  
一対一に対応している保証はない
  - 一つの組織が同じドメイン名で離れたIPアドレス空間を管理しているケースなど  
.nantoka.ne.jp → 133.104.xxx.yyy, 202.194.2.zzz, ...
  - ネットワーク管理の対応のしやすさから、サブドメインとIPアドレスの経路制御の空間を一致させて運用する例は多い

# インターネットへの接続

- プロバイダや組織のネットワーク管理者から以下の情報をもらう
  1. 自分の機器のIPアドレス
  2. DNSサーバーのIPアドレス
  3. ゲートウェイのIPアドレス
  4. ネットワークマスク
- 自分の機器と組織のネットワークがDHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)に対応していれば、1～4は自動的に完了する
- 他の機器から自分の機器を参照してもらうためにはさらにホスト名の登録、グローバルアドレス(またはIPマスクレード)、ファイアウォールへの登録などが必要

# ネットワークマスクとブロードキャスト

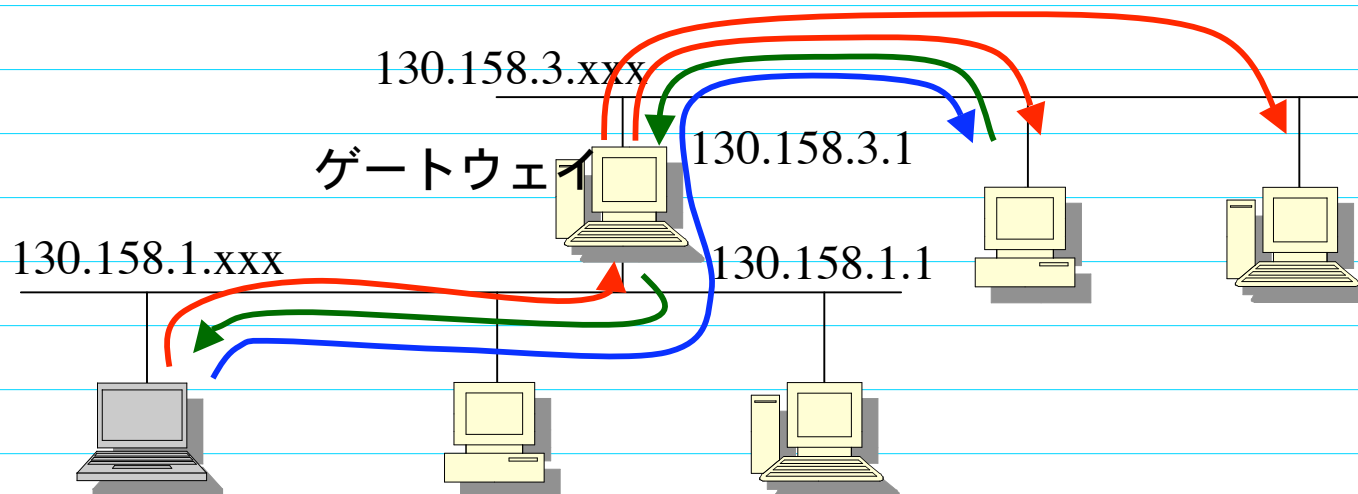
- 同じセグメントに属するネットワーク機器は「ネットワークマスク」を共有している
- ネットワーク機器は他の機器の存在を探るときに、ネットワークマスクに応じた「ブロードキャスト」パケットを発して特定のIPアドレスを持つ機器からの応答を待つ
- ネットワークマスクを共有する機器はブロードキャストパケットを受取り、自分のIPが要求されているとわかれば、要求を発した機器に自分の居場所(MACアドレス)とIPアドレスを回答する
- 要求を発した機器が、そのMACアドレスの機器と通信を開始する
- ARP : Address Resolution Protocol
- ネットワークマスクが違っていると、ブロードキャストを受信しないので通信できない





# ゲートウェイと経路制御

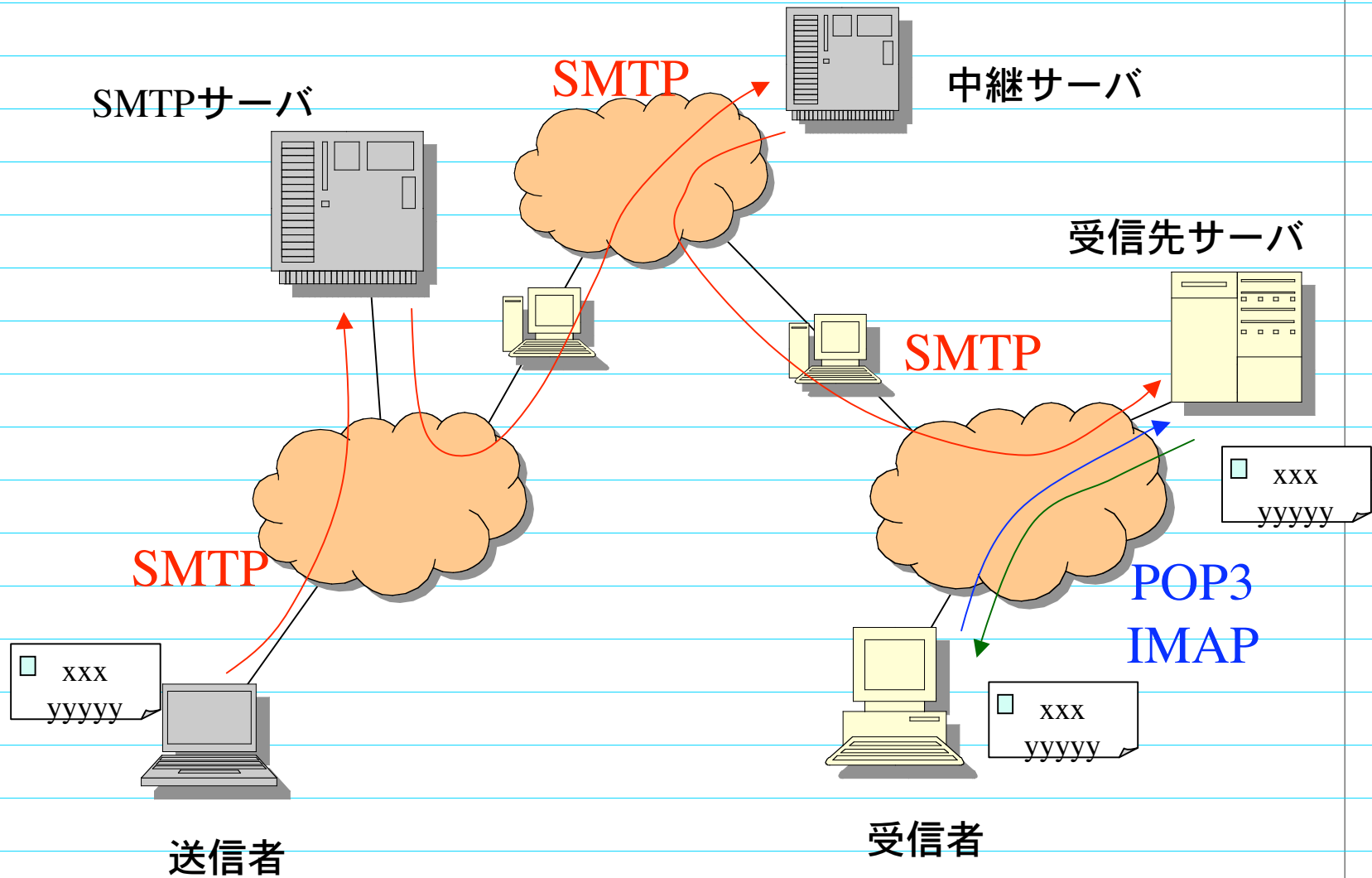
- ネットワークマスクの異なる機器と通信するには経路制御（ルーティング）を行う機器が必要：  
→ ゲートウェイ または ルーター
- 本来の意味のゲートウェイとは「異なるプロトコルや通信手段を接続する機器」の総称  
→ ネットワークマスクの異なるサブネットを接続する「IPルーター」の意味で使われることが多くなった
- ルーターとルーターの間で互いのサブネットの情報を交換し経路を決定することを経路制御と言う



# 電子メールの原理

- メールを送信すると、メールゲートウェイが一旦受信して、次のゲートウェイへ中継する
- 受信先の組織のゲートウェイが宛先のメールの受信箱をもつコンピュータにメールを配送する  
SMTP : Simple Mail Transfer Protocol
- ユーザーは、受信箱のある計算機で直接、メールソフトを起動して読むか、自分の手元にある計算機にメールを取り込む  
POP3 : Post Office Protocol ver. 3  
IMAP : Internet Message Agent Protocol

# 電子メールの原理 (2)



# 今週のレポート

問1: 近年急速に普及しつつある無線LANは、ネットワークのトポロジとしてはどの型に近いと思われるか。その理由も記せ。

問2: 自分の名前を持つドメインを登録したいと思ったら、どのような手続きが必要か。

問3: ARPによって同じサブネットに属する計算機どうしが通信を開始する手順について説明せよ。

問4: POP3とIMAPによる電子メールの受信ではそれぞれどのような特徴があるか。インターネットなどで検索してわかったことと、そのページのURLを記せ。

# 参考文献

- 稲垣耕作 著「コンピュータ科学の基礎」コロナ社  
ISBN4-339-02338-8
- 小舘香椎子, 上川井良太郎, 中村克彦 共著  
「教養のコンピュータサイエンス情報科学入門 第2版」丸善  
ISBN4-621-04871-6
- 菊沢正裕, 山川修, 田中武之共著「情報リテラシー：メディアを  
手中におさめる基礎能力」森北出版  
ISBN4-621-04871-6