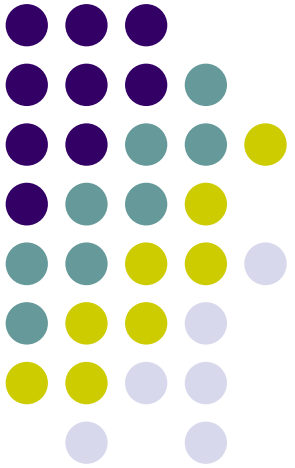
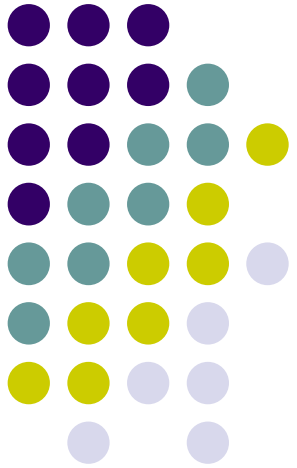
情報処理概論
後半6回目

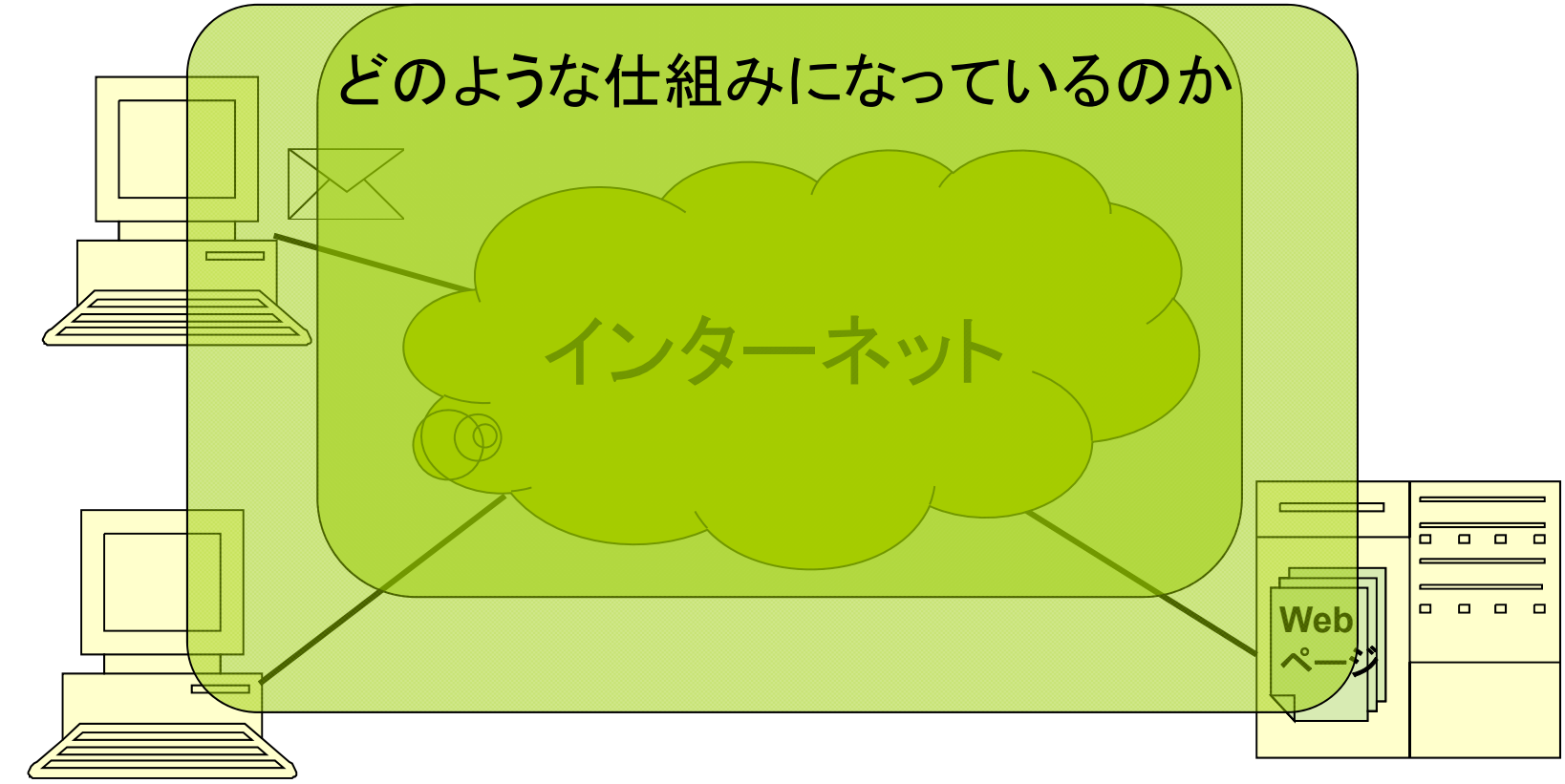


コンピュータ・ネットワーク

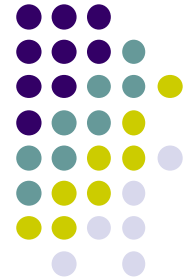
近年，コンピュータ・ネットワークというとインターネットが事実上の標準(デファクトスタンダード)となっているので，これを中心に講義する



インターネットの何を勉強するのか？



そもそもインターネットとは？



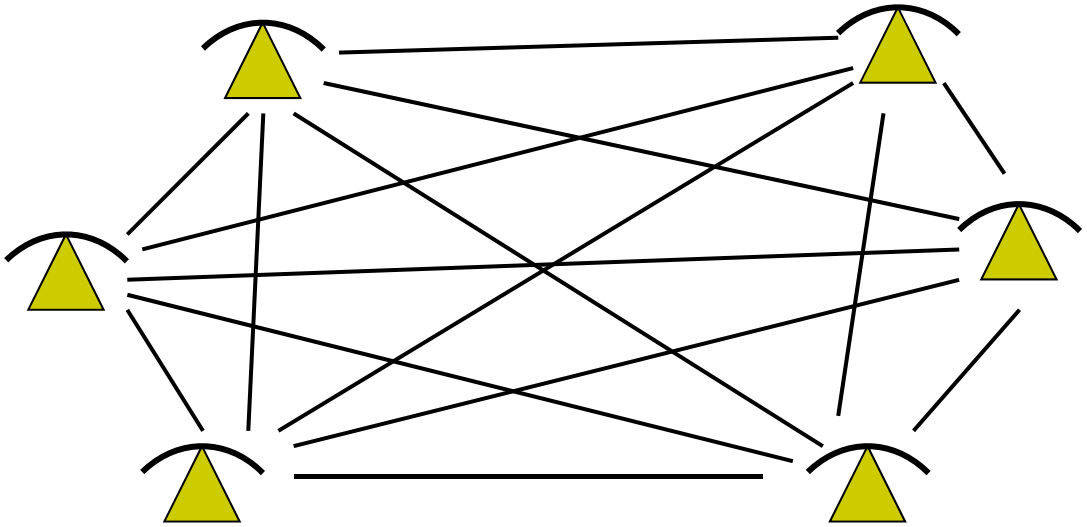
- データ通信ネットワーク
  - コンピュータが扱うデータを相互に転送する
  - データ：数値(数，金額)，文字，音声，音響，画像，映像，．．．
- 特徴
  - パケット交換
    - データのかたまりを小片に分けて転送
  - 自律分散型
    - すべての構成要素が自分の判断に基づいて動作
  - オープンで標準化されたプロトコル
    - 標準に従っていれば相互運用可→誰もが製品を開発できる
  - 世界中に普及

交換

- 条件
  - 多数の端局(電話機やPC)あり: 端局数をN
  - 任意の端局同士が，ある時にある時間だけ信号やデータをやり取りしたい
    - 個々の端局が通信するのは，1日のうち数分～数時間
    - 同時に接続する端局の組は，全端局数にくらべて十分に小さい

交換 (続き)

- とりあえず全部を線でつなげば. . .

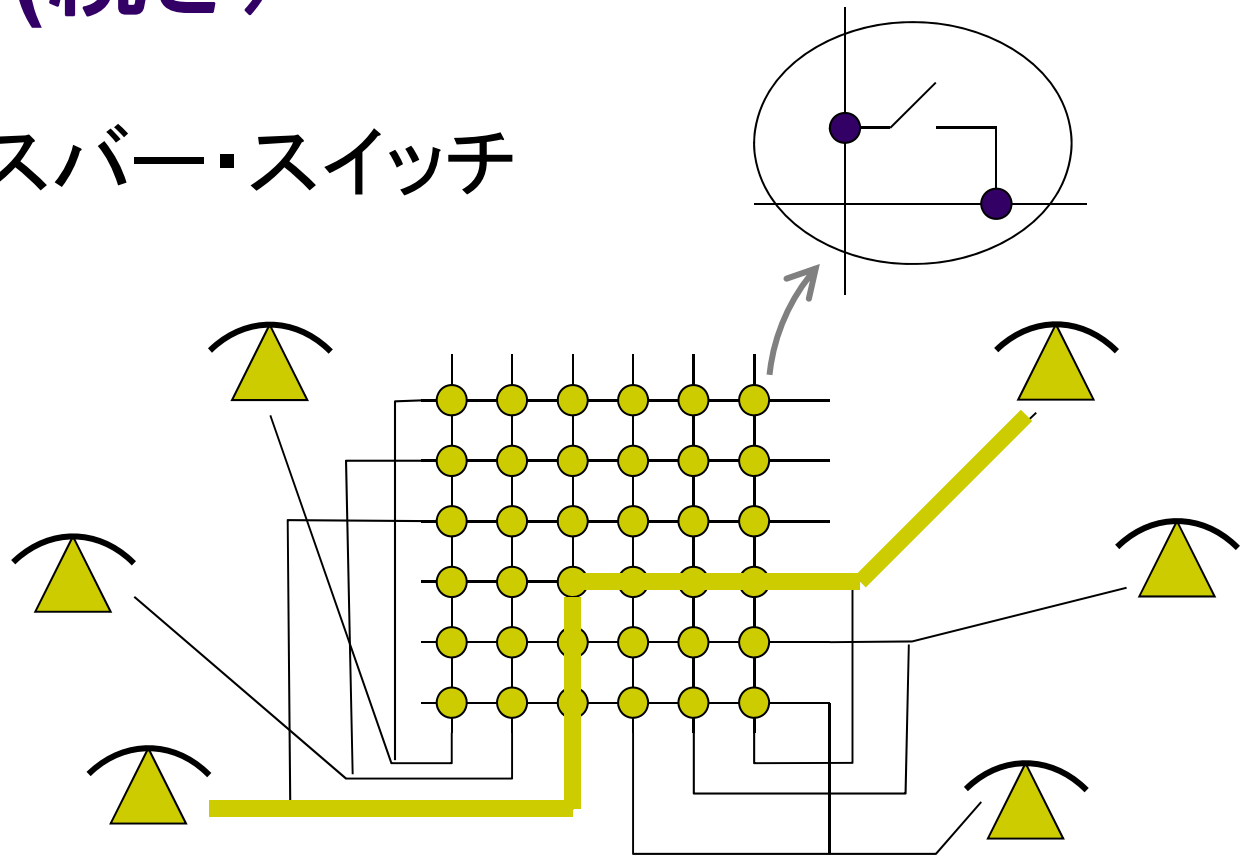


N×Nオーダーの線が必要
自分の手元にN－１本の線が来る

N=6000万とすると
3600兆本
5999万9999本

交換 (続き)

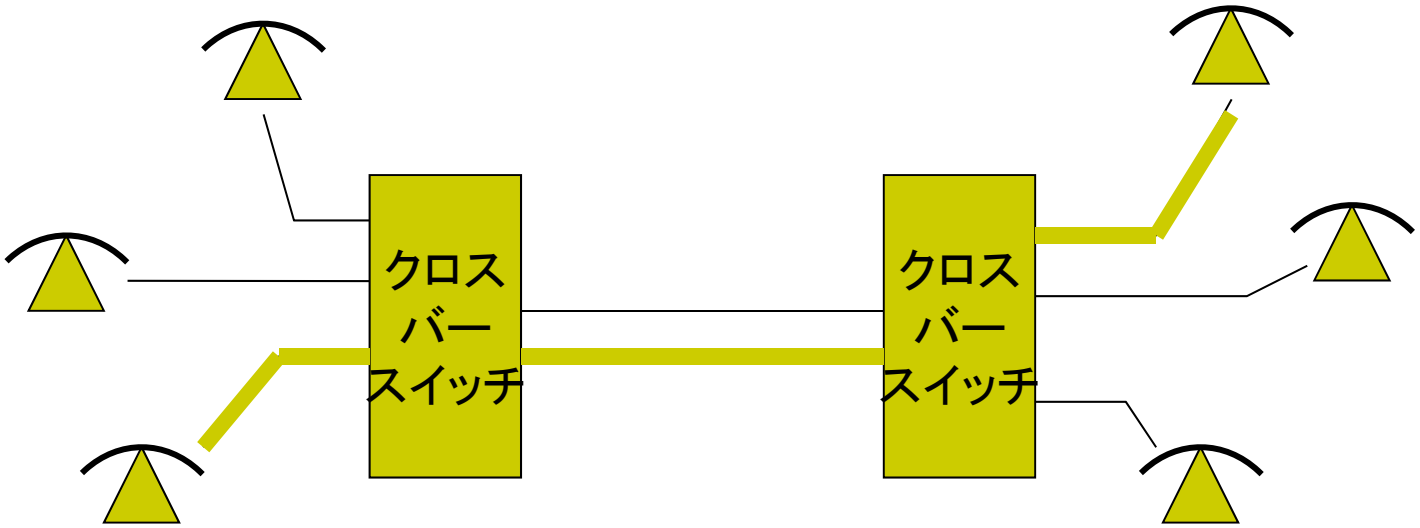
- クロスバー・スイッチ



スイッチで接続・切断することで，少ない設備で多数の端局間の通信を実現→交換

交換 (続き)

- 全端局が常に通信しているわけではないので. . .



回線交換

- スイッチ
  - 回線と回線をつなぐ: 空間スイッチ
  - データを載せるタイミングを入れ換える: 時間スイッチ（ディジタルの場合）
- 通信している間は，スイッチによりずっと接続されたまま→回線を占有

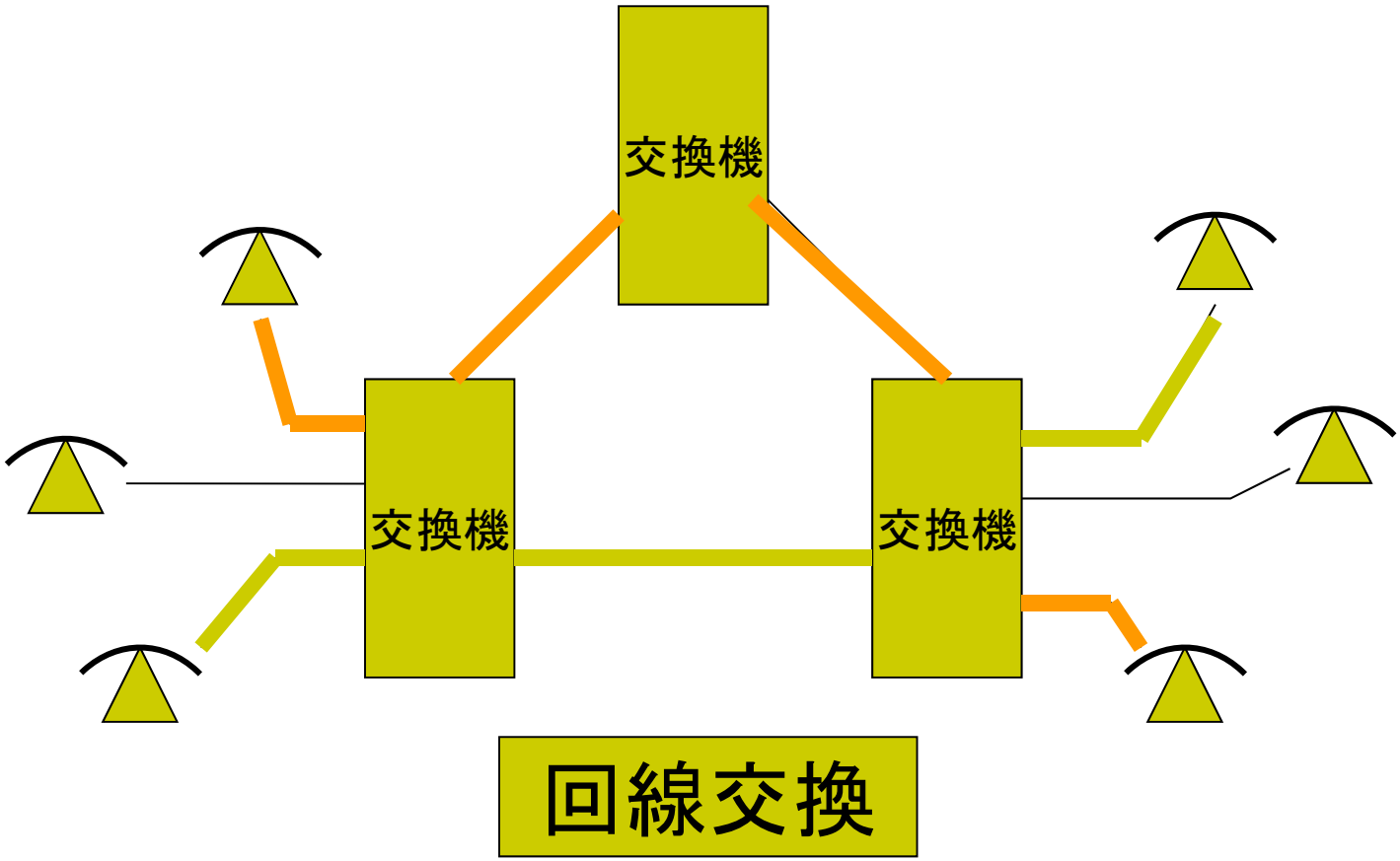
回線交換

回線交換以外の交換：パケット交換

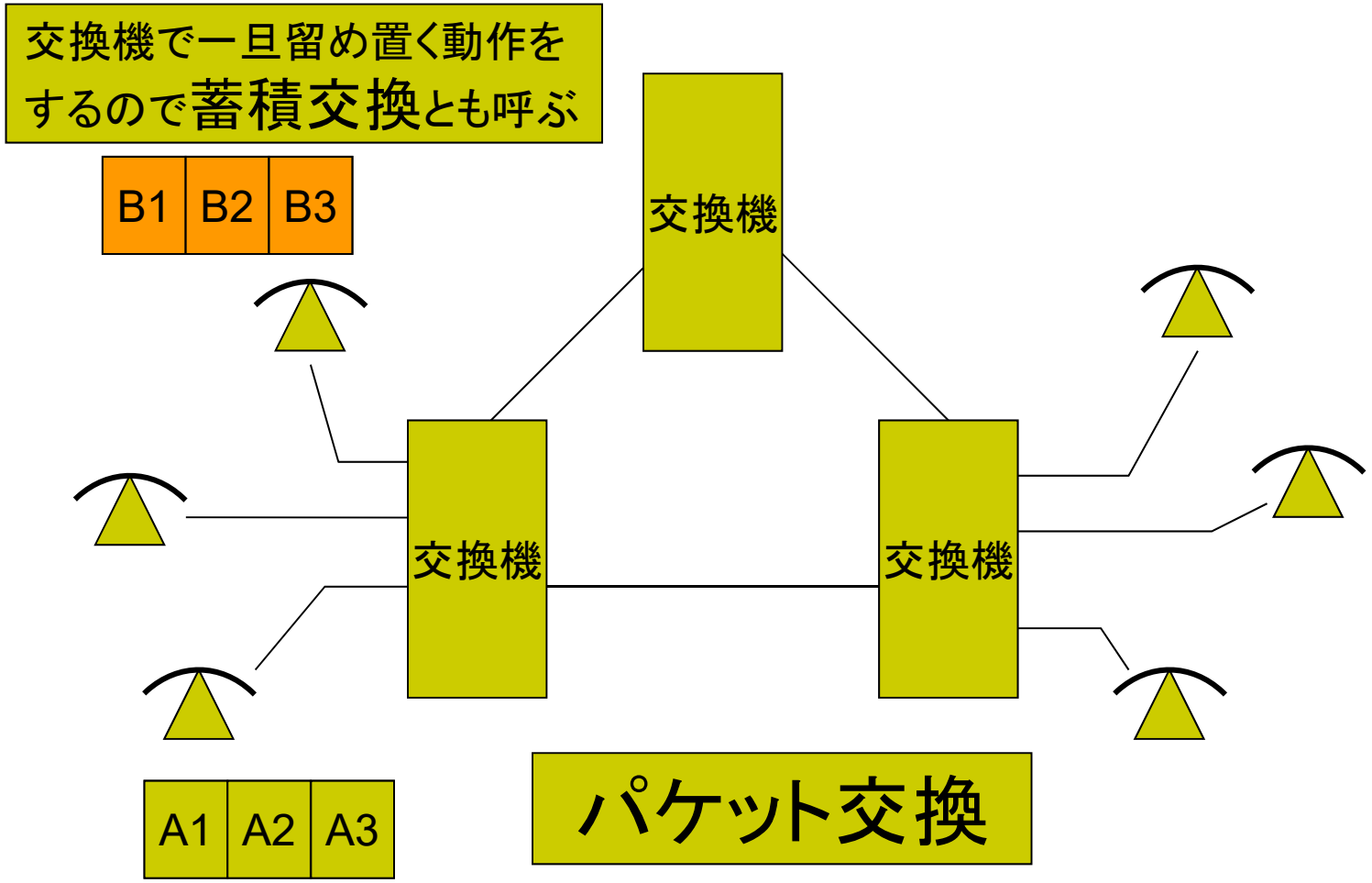
- データ通信の場合
  - 送りたいデータの「かたまり」がある
  - 受取る側も「かたまり」として欲しい
  - 受取るまでにすこしくらい時間がかかっても良い
  - 転送している間は，かならずしも「かたまり」のままでなくとも良い
- 回線が占有せずに送ることができる方法
  - データの「かたまり」を小片に分解：宛先と番号を付与
  - 小片ごとに一旦留め置き，すいていそうな回線に向けて送り出す
  - 受取り側で番号に基づき「かたまり」に組立て直す

パケット交換

回線交換とパケット交換



回線交換とパケット交換 (続き)



回線交換とパケット交換

- 回線交換
  - ○ 確実に信号を伝達
  - ○ 伝達遅延が一定
  - × 送るべきデータがない瞬間も回線を占有
  - × 回線の空きがないと全く伝達できない
- パケット交換
  - ○ 送るべきデータの分だけしか回線を占有しない
    - 回線を多数の端局で共用できる
  - ○ 回線が混んでいても，パケットはいつか(ほぼ)必ず伝達される
  - × 伝達遅延がばらつく

電話や映像などの時間依存性の高いメディアに適する

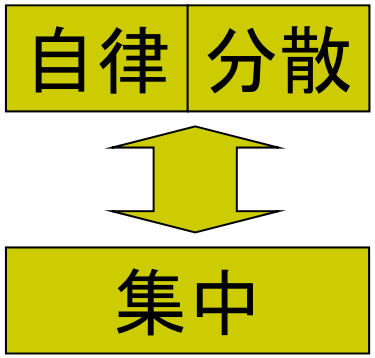
数量，テキスト，画像などの時間に依存しないメディアに適する

インターネットの特徴 (再掲)

- パケット交換
  - データのかたまりを小片に分けて転送
- 自律分散型
  - すべての構成要素が自分の判断に基づいて動作
- オープンで標準化されたプロトコル
  - 標準に従っていれば相互運用可→誰もが製品を開発できる
- 世界中に普及

自律分散

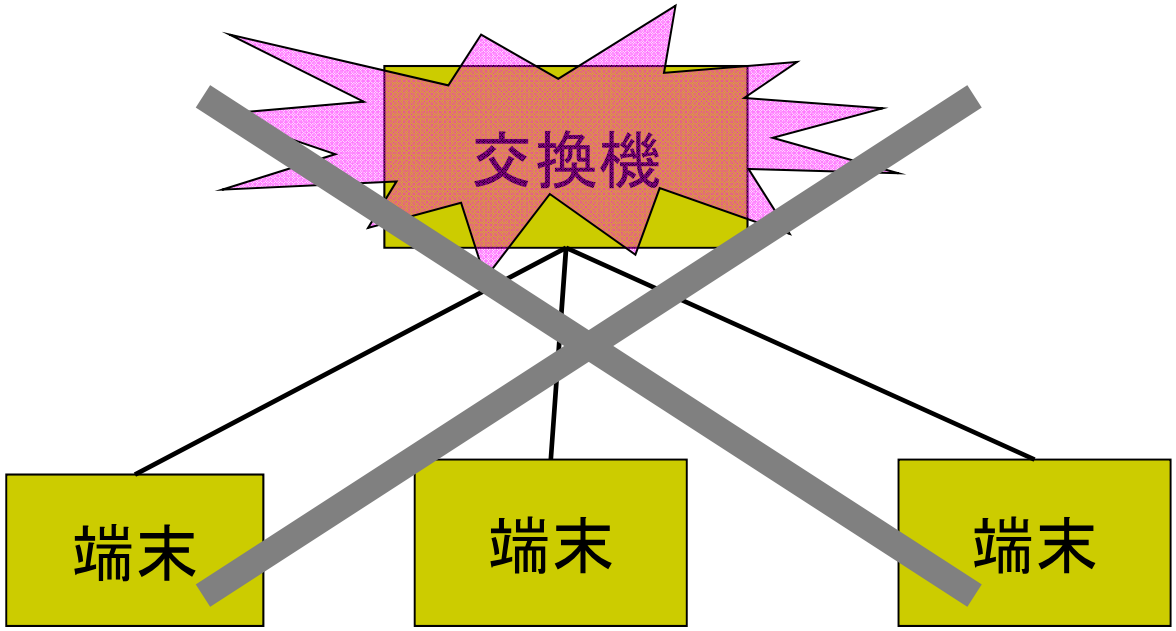
- 構成要素が自己の判断で動作
- 構成要素それぞれが全体機能の一部を担っている



- ひとつの(または少数の)要素が全体の制御を司る
- 他の構成要素は上位要素の指令に従って動作

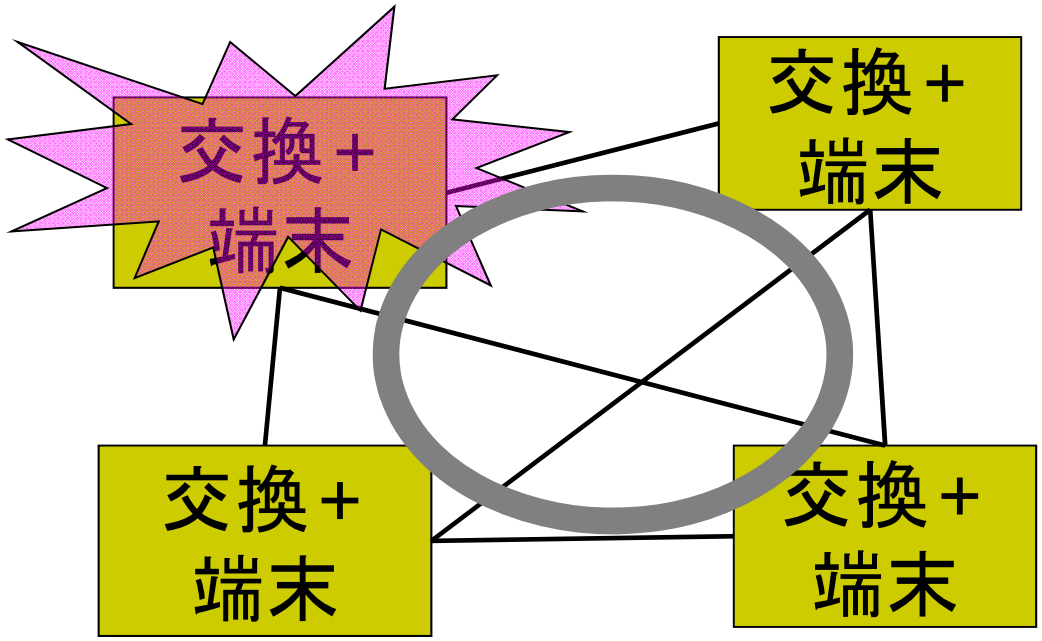
集中型ネットワーク

- 上位局が機能停止すると全体が通信不能に



自立分散型ネットワーク

- 一部が機能停止しても，残った局同士は依然として通信可能



インターネットの特徴 (再掲)

- パケット交換
  - データのかたまりを小片に分けて転送
- 自律分散型
  - すべての構成要素が自分の判断に基づいて動作
- オープンで標準化されたプロトコル
  - 標準に従っていれば相互運用可→誰もが製品を開発できる
- 世界中に普及

オープンで標準化されたプロトコル

- プロトコル：通信の手順やデータ形式に関する規約
  - 通信をどうやって開始するか
  - 通信路上での誤りや欠落を防ぐためにどうするか
  - データをどのような形式で転送するか
  - . . . . . .
- オープン，標準 → 相互運用性の保証
  - 規格標準が公表
  - 複数の実装が存在し相互運用性が確認されたものが標準として認められる

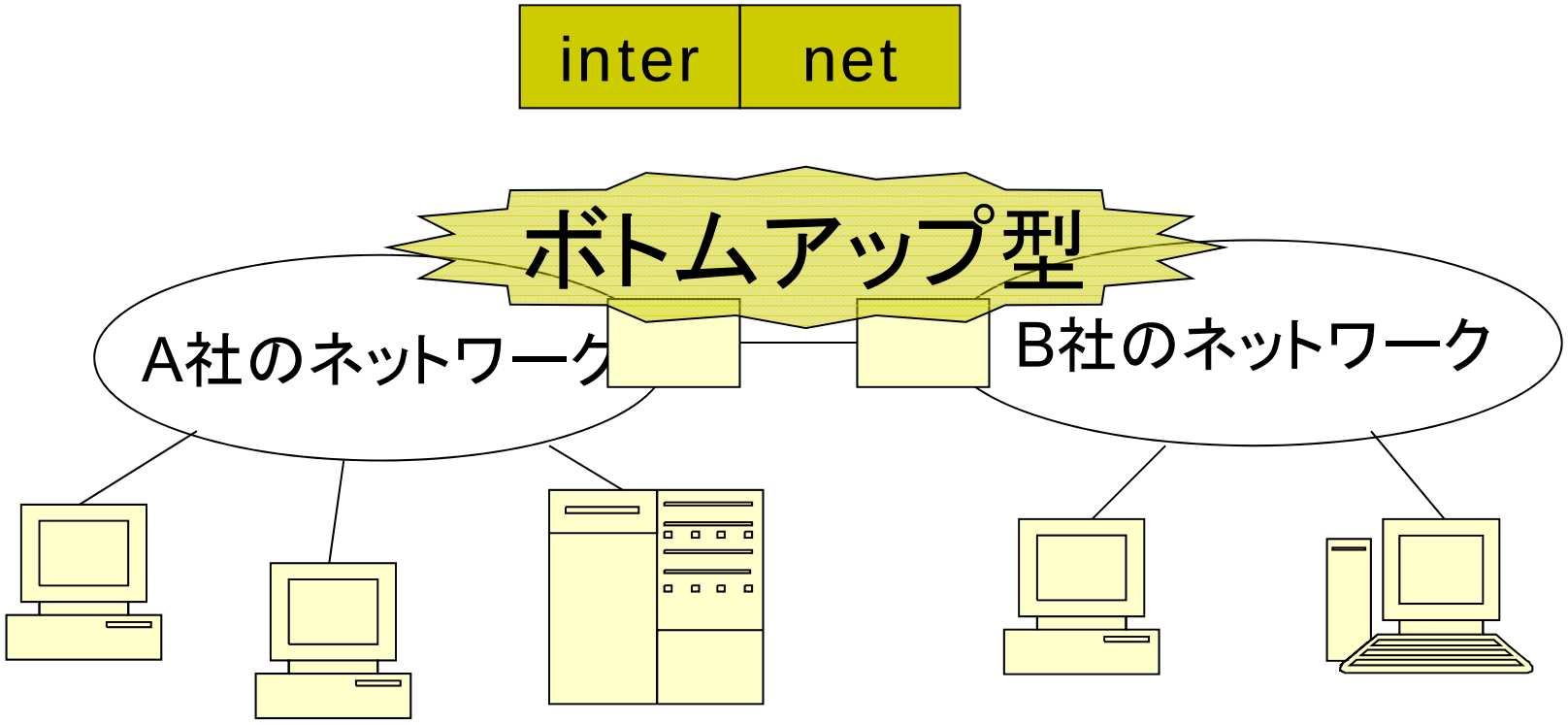
結局，インターネットって？

- オープンな標準プロトコル(インターネット・プロトコル)を用いて
- データ通信を行う
- 自律分散型の
- パケット交換網

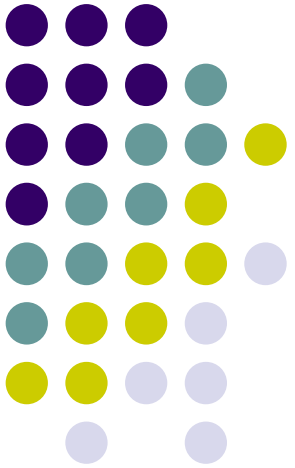
- 組織単独で構築しても動作し，それを相互接続しても同じように動作
- 部分的に容量の小さい回線があってもなんとか通信可能

結局，インターネットって？ (続き)

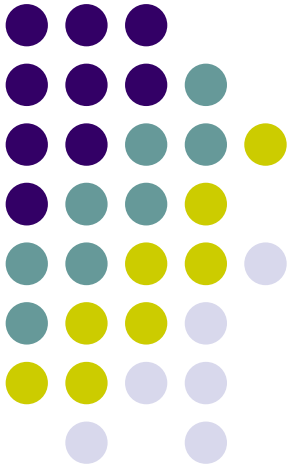
- とりあえず自分の組織内でネットワークを構築し
- 必要になったら交換機(ルーター)で相互接続する



確認問題13-1



プロトコル



プロトコルとは

- 通信(コミュニケーション)の手順や形式に関する取り決め
  - どうやって開始するか
    - 通信相手の指定方法，呼出し(接続確立)手順，．．．
  - 誤りや欠落を防ぐためにどうするか
    - 誤り制御(訂正，再送)
  - データをどのような形式にして，どのような意味を持たせるか
    - 文字コード，ヘッダフィールド

例:ハンバーガーを注文するプロトコル

通信の開始

いらっしゃいませ．こんにちは．

こちらでお召し上がりですか？

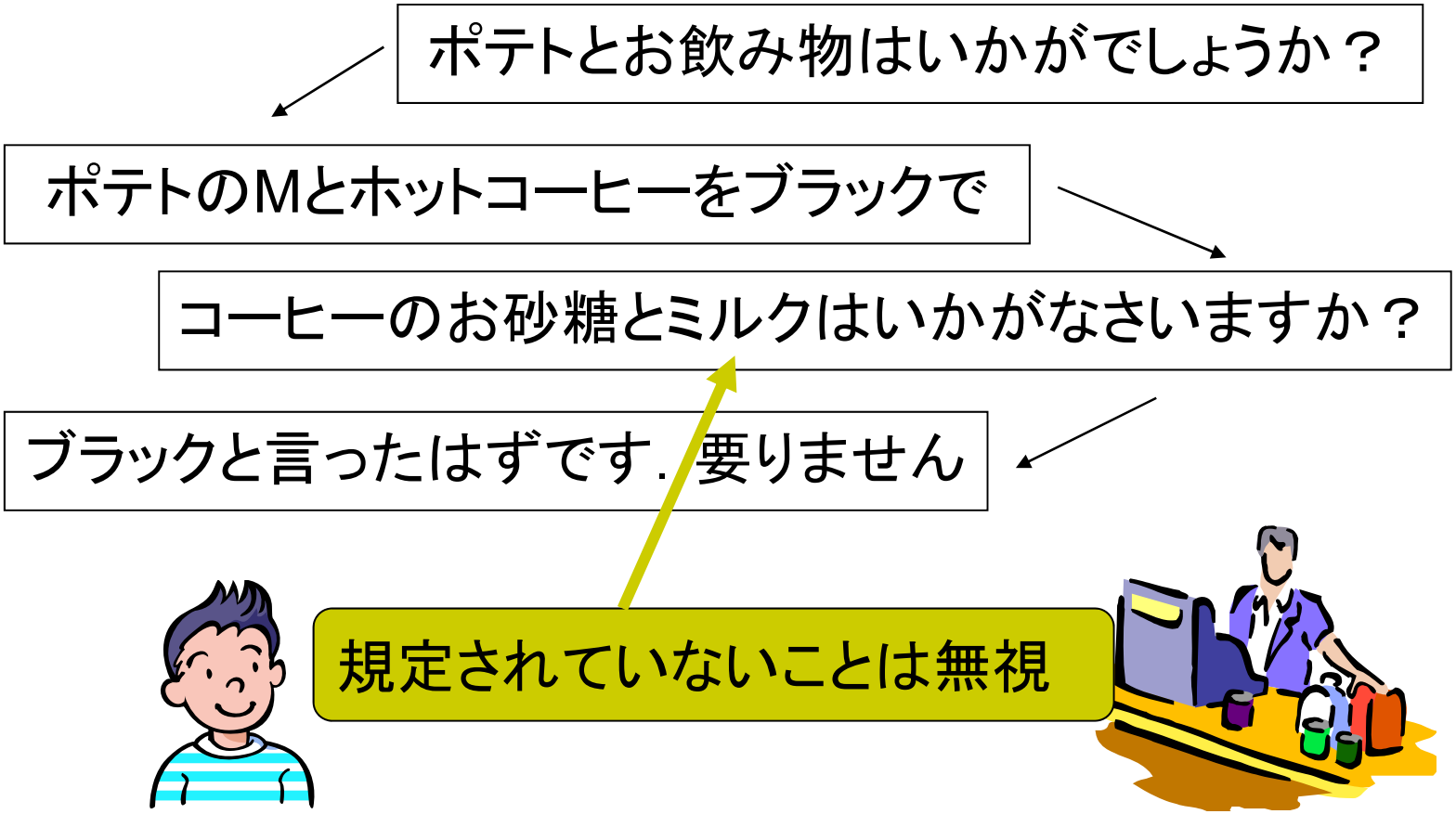
はい

何になさいますか？

チーズバーガーを下さい

ポテトとお飲み物はいかがでしょうか？

例:ハンバーガーを注文するプロトコル（続き）



例:ハンバーガーを注文するプロトコル（続き）

ご注文を繰り返します．チーズバーガーがおひとつ，ポテトのSがおひとつ，ホットコーヒーがおひとつ，でよろしいでしょうか？

ポテトはMです

誤り制御

失礼しました．チーズバーガーがおひとつ，ポテトのMがおひとつ，ホットコーヒーがおひとつ，でよろしいでしょうか？

はい

いろいろなプロトコルを定義する

- 通信の対象(アプリケーション)となるもの
  - WEB，電子メール，画像，電話，映画，．．．(N種類ある)
- 通信の媒体
  - 電話回線+モデム，ISDN，ADSL，同軸ケーブル，光ファイバ，．．．(M種類ある)
- 対象・媒体の個々の組ごとにプロトコルを定義すると

N×M種類のプロトコルを定義する必要あり

対象を1つ増やそうとするとMのプロトコルを考える必要あり

媒体を1つ増やそうとするとNのプロトコルを考える必要あり

プロトコルの階層(レイヤー)化

- 必要な機能をうまく整理する
- 切り口を決めて，媒体に関わらずアプリケーションから見て同じ機能が提供されるように

WEB	電子メール	電話	映画

アプリケーションのレイヤー(N)

アプリケーションは媒体の差異を気にしなくて良い

	媒体に関わらず同一機能を提供			
モデム	ISDN	ADSL	同軸	光ファイバ

媒体のレイヤー(M)

(N＋M)種類のプロトコルを定義すればよい

OSI参照モデル

- 様々な媒体，様々なメーカーや機種のコンピュータが相互に通信できるためには．．．

- まず，階層化における考え方や各層の機能について関連する人(会社・機関)が認識を統一する必要がある

- ISO(国際標準化機関)において標準化

OSI (Open System Interconnection;開放型システム間相互接続)の7階層モデル

OSIでは階層化の考え方だけでなく，実際のプロトコル標準も規定している

OSI参照モデル

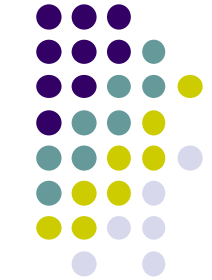
7	アプリケーション層	データ通信を利用した個々のアプリケーションを実現するためのプロトコルを規定
6	プレゼンテーション層	やり取りするデータの表現についての規定
5	セッション層	2ノード間の通信開始から終了(経路の確立～開放)までの一連の手順を規定
4	トランスポート層	任意の2ノード間において信頼性のあるデータ転送を行うためのプロトコルを規定
3	ネットワーク層	あるノードから他のノードへ(様々な媒体を経由して)データを到達させるためのプロトコルを規定
2	データリンク層	同一の媒体上でのデータ転送のためのプロトコルを規定
1	物理層	データ伝送媒体の物理的(電気的)特性と信号のデータビットとしての解釈を規定

OSIの階層モデルと インターネット・プロトコルの対応

インターネット・プロトコルの階層	プロトコル	OSIの階層
アプリケーション層	HTTP, SMTP, POP, TELNET, FTP, …	7. アプリケーション層
		6. プレゼンテーション層
		5. セッション層
トランスポート層	TCP, UDP	4. トランスポート層
ネットワーク層	IP (Ineternet Protocol)	3. ネットワーク層
ネットワーク・インタフェース層またはMAC（メディアアクセス制御）層	イーサネット, PPP (モデム, ISDN)	2. データリンク層
		1. 物理層

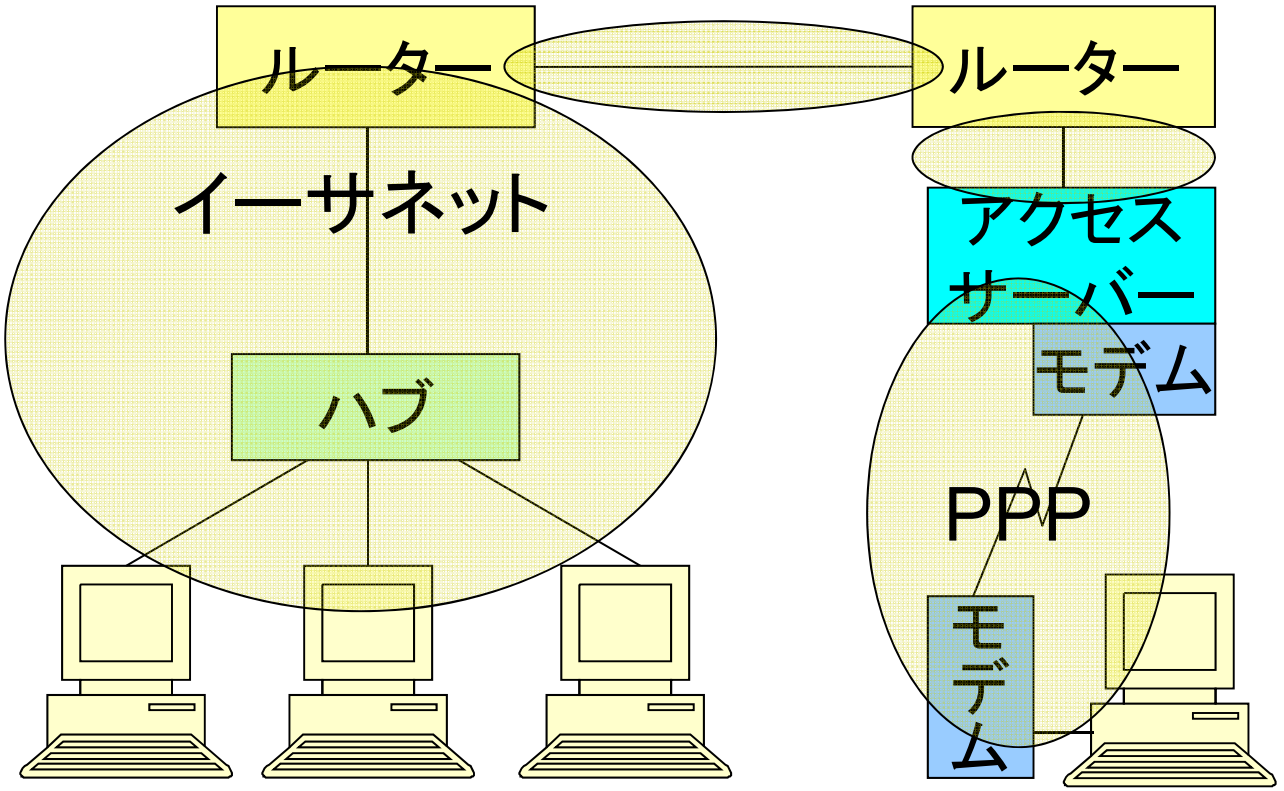
TCP/IP

物理層とデータリンク層



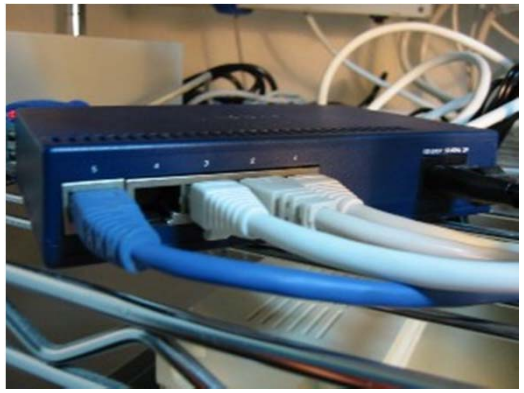
- 物理層 (レイヤー1): 媒体の物理的(電気的)特性や信号の解釈を規定
  - データ･ビット(0と1)の信号としての表現
  - ケーブル
  - コネクタのピン配置
- データリンク層(レイヤー2)：同一媒体上で複数のコンピュータが相互にデータを伝達するための規定
  - 媒体上の個々のコンピュータの識別
  - 宛先，送信元，データの区切り(境界)の認識
  - データ誤りや異常が起こった際の対処（訂正，再送，破棄等）

物理層とデータリンク層（続き）



イーサーネット（ethernet)

- Xeroxのパロアルト研究所で開発，IEEEで規格化（IEEE802.xx）
- ツイストペア(撚り対線)→今，よく使われているイーサーネット: 10BASE-T, 100BASE-T
- もともとは同軸ケーブル: 10BASE5, 10BASE2
- ベースバンド伝送
- CSMA/CD
  - 他のノードが送信していない時を見計らって送信，運悪く衝突したら適当に待って再送
- ノードには世界で唯一からアドレスが付与される→MACアドレス
  - 6バイト: 3バイトがベンダー固有のアドレス，3バイトがベンダーで決める個体固有のアドレス
    (例: 00:02:8a:01:02:03)



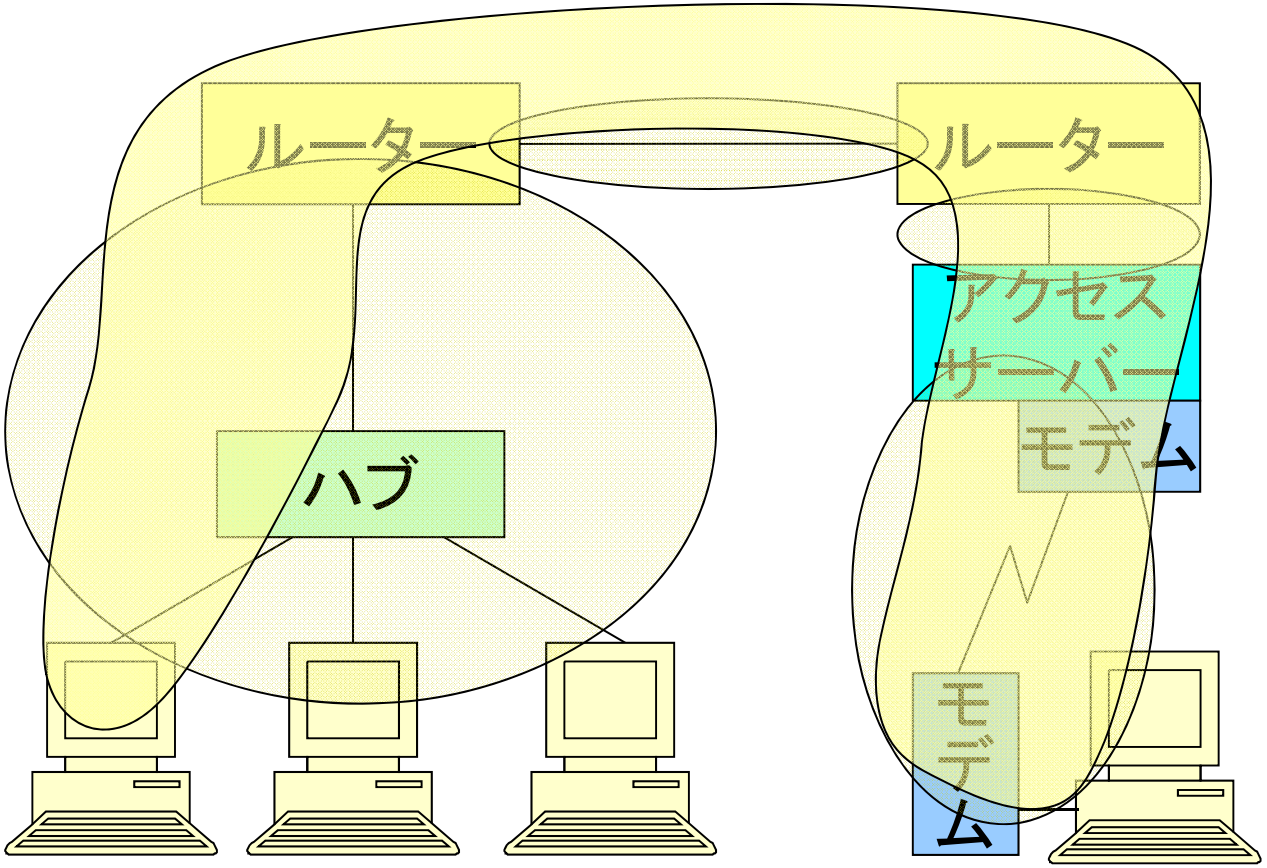
Point-to-Point Protocol（PPP)

- 電話回線等の1対1接続する媒体を介して，ふたつのノード間でデータ(パケット)を伝達するプロトコル
  - ダイヤルアップ接続に利用される
  - 誤り訂正，データの圧縮を行う
  - 複数の誤り訂正法，データ圧縮法から両ノードが対応しているものを交渉して決定＝ネゴシエーション
- 物理層は電話回線，ISDN，シリアルケーブル接続(，ADSL，光ファイバ)
- 実際にはデータの転送以外のプロトコルや上位層に関わるプロトコルも含む
  - ユーザの認証(認証法がいくつかあり，ネゴシエーションにより決定)
  - IPアドレスの付与

ネットワーク層
IP (Internet Protocol)

- 同一媒体で接続されたノードのデータ転送を規定する
  データリンク層を利用して
- いくつのも媒体を介し
- ２つのノード間でのデータの転送を行うためのプロトコル
  - ネットワーク内でのノードの識別
  - データリンク層が扱うことのできるパケットサイズが異なる場合のデータブロックの分割・組立て
  - どのデータリンク層へパケットを送り出すかの選択＝ルーティング

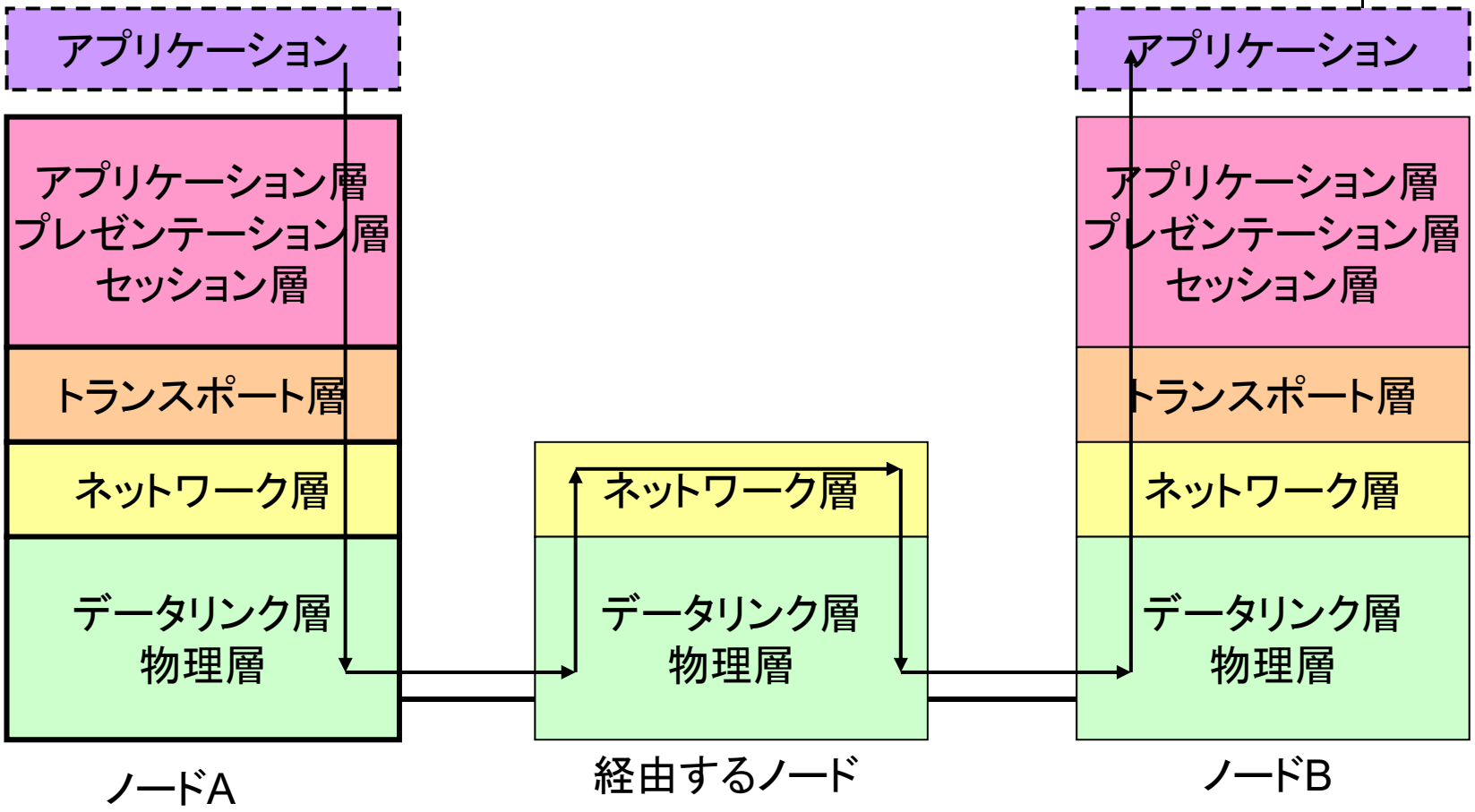
ネットワーク層（続き）



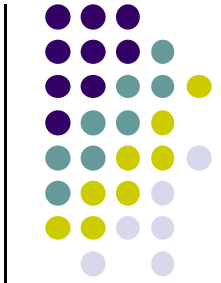
物理層・データリンク層

ネットワーク層

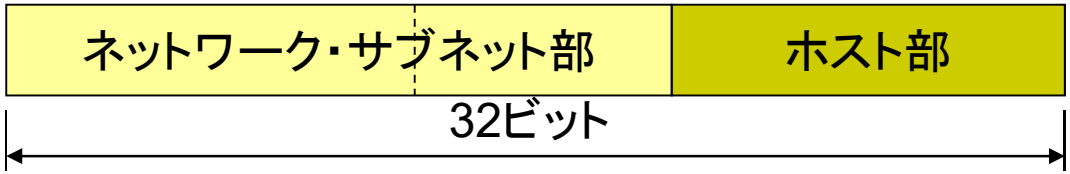
ネットワーク層


アプリケーション
アプリケーション層
プレゼンテーション層
セッション層
トランスポート層
ネットワーク層
データリンク層
物理層
ノードA
ネットワーク層
データリンク層
物理層
経由するノード
アプリケーション
アプリケーション層
プレゼンテーション層
セッション層
トランスポート層
ネットワーク層
データリンク層
物理層
ノードB

IPアドレス

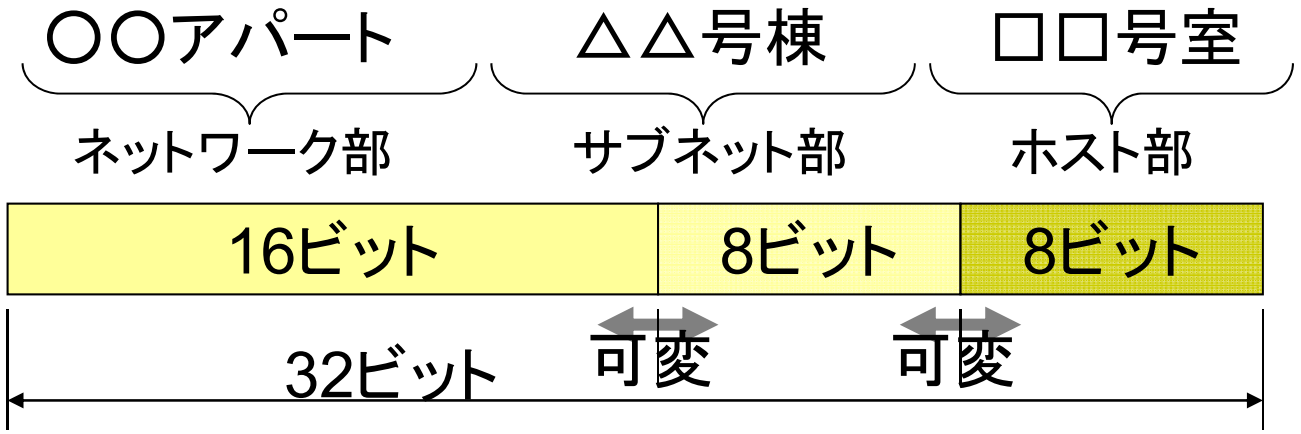


- ネットワーク上のノードを識別するアドレス
  - ノードごとに付与されるインターネット上（世界中）で一意な番号
  - 4バイト (1バイト=8ビットなので32ビット)
  - ルーティングしやすいように，32ビットをネットワーク・サブネット部とホスト部に分けて使う



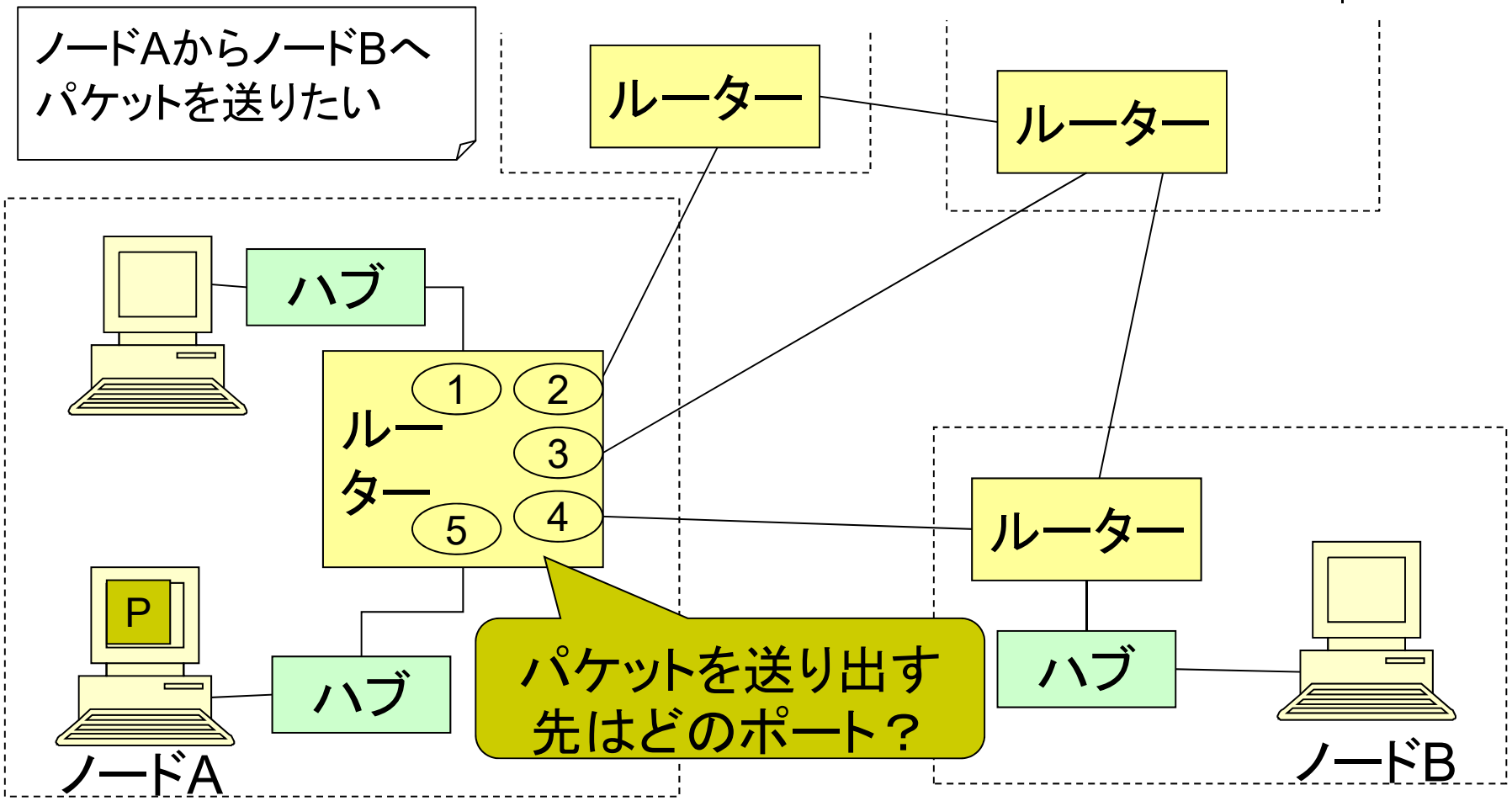
  - 各バイトの10進表記を'.'で区切って記述
    例: 133.44.72.27

IPアドレス（続き）

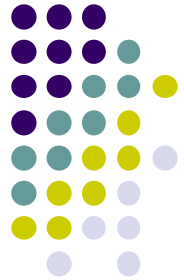


- ホスト部がすべて0:ネットワーク全体を表現
  - 表記: ネットワークアドレス/ネットワーク・サブネット部のビット数
- 例
  - 長岡技大のネットワーク: 133.44.0.0/16
  - 電気△号棟▲階： 133.44.72.0/24
  - そこにある，あるコンピュータ: 133.44.72.27

経路制御(ルーティング)


ノードAからノードBへ
パケットを送りたい
ルーター
ルーター
ハブ
1
2
ルー
3
ター
5
4
ルーター
P
ハブ
ハブ
パケットを送り出す
先はどのポート？
ノードA
ノードB

経路制御 (続き)



- ルーターの動作
  - 到着したパケットの宛先IPアドレスに基づいて
  - そのパケットを次にどのポートに出すか決め
  - 送出する

全体のことは気にしない
自分のまわりのことだけ考えている

- 宛先IPアドレスとそれを送出するポートの対応表：
  経路制御表(ルーティング・テーブル)

経路制御 (続き)

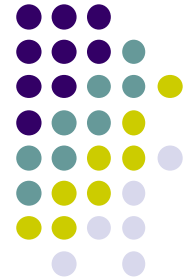
- 経路制御表をどうやって作る?
  - 人間が手作業で
  - ルーター同士が経路情報を交換して自動的に構築 → ルーティング・プロトコル
- 手作業で作るのは大変では?
  - 経路を良く知っているルーターが他組織(一般にプロバイダー等の上位組織)にあれば，とりあえず，そこのルーターに全部渡してしまえば良い: デフォルトルート
  - 手作業で作成するのは
    - 自組織内の経路
    - 明示的に指定したい経路

グローバルアドレスと プライベートアドレス

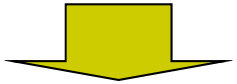
- IPアドレスは世界で一意でなければならない＝**グローバルアドレス**
  - 32ビット → 約40億－様々なオーバヘッド
- 世界中で多数のコンピュータがIPを使い出した
  → IPアドレスが足りない！！
- 実はインターネットに接続していない(社内や組織内のLANとしてだけ利用する)コンピュータも多い

- 社内や組織内だけで利用するアドレス領域を設定＝**プライベートアドレス** → 内部で勝手に使って良い
  - 10.0.0.0～10.255.255.255
  - 172.16.0.0～172.31.255.255
  - 192.168.0.0～192.168.255.255
- インターネット上では使えない(ルーティングされない)

グローバルアドレスと プライベートアドレス (続き)



- インターネット接続しないつもりでLANを構築したが，やはりインターネットにつなぎたい
- インターネットに接続したいが，IPアドレスが足りない



- 社内・組織内はプライベートアドレス
- インターネット接続部分だけグローバルアドレス
  - 社内のノードからどうやってインターネットに接続する？

  - NAT (Network Address Translation)
  - アプリケーション・ゲートウェイ: proxy, socks, Delegate

トランスポート層：TCP，UDP

- TCP (Transmission Control Protocol)
  - 2つのノード間のデータ伝送の信頼性を保証
    - パケット交換の場合，(データのかたまりを分割した)パケットが消失したり順番が入れ替わったりする
    - データが正しく相手まで届いたか確認し，問題(消失や誤り)があれば再送信する
  - ノード間に，アプリケーションごとに，あたかも回線が張られたかのようになる
    →バーチャル・サーキット (Virtual Circuit)
- UDP (User Datagram Protocol)
  - 同じレイヤーで，信頼性が保証されないプロトコル
  - そのかわり，1対Nでデータを送ることができたり，相手の負荷にかかわらずどんどんデータを送りつけることができる

TCP: ポート番号

- IPアドレス=ノード(コンピュータ)に1個
- ひとつのノードで複数のアプリケーションが通信をする場合
  - Webを見ながら，電子メールを受信する

↓

- どのアプリケーションの通信か識別が必要

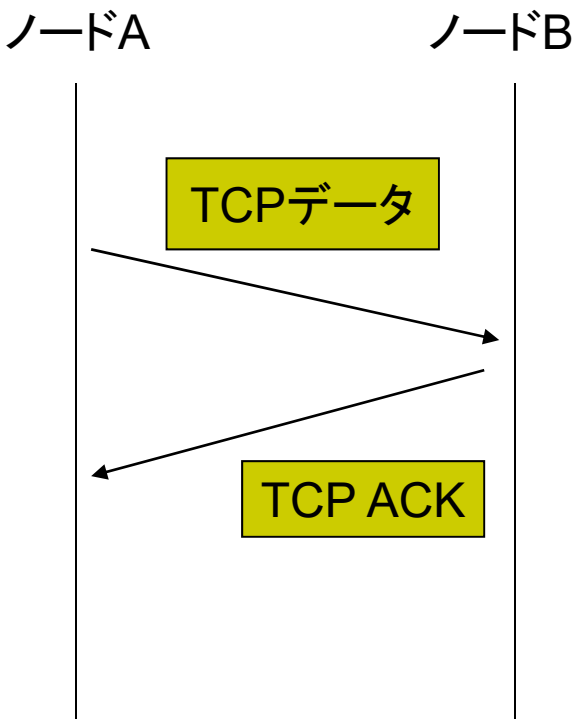
↓

- ポート番号(両ノードそれぞれに付与)
- ノードAのIPアドレス：ポート番号，ノードBのIPアドレス：ポート番号の組でバーチャルサーキットを識別

- 接続を開始する際に相手のどのポートを指定する？
- アプリケーションによって決まっている: Well-Known Port
  - Web=80, SMTP=25, POP=110, TELNET=23 (1024未満)

TCP: 順序の保証，誤り制御

- パケットにシーケンス番号をつけて送る
- ACKを待つ
  - ACKが来たら次のデータを送る
  - 待ってもACKが来なければ，パケットを再送



TCPにおけるさまざまな工夫

- 接続の確立時や開放時に「すくみ」や「尻切れ」が起こらないように
- パケットを1つ送るごとにACKを待っていると媒体が広帯域でも速度が出ない

↓

媒体の帯域を十分に使えるように: スライディング・ウィンドウ

- IP層以下の伝送品質は，接続先(経路)により様々で，また時々刻々変化する

↓

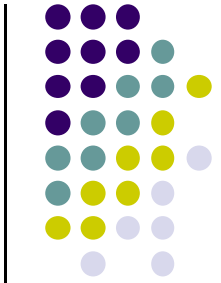
どのような状況でもそれなりに速度が出るように: 輻輳制御

- アプリケーションの特性に応じて，必要な伝送品質をできるだけ確保: QoS (Quality of Service)

名前からIPアドレスを見つける：DNS

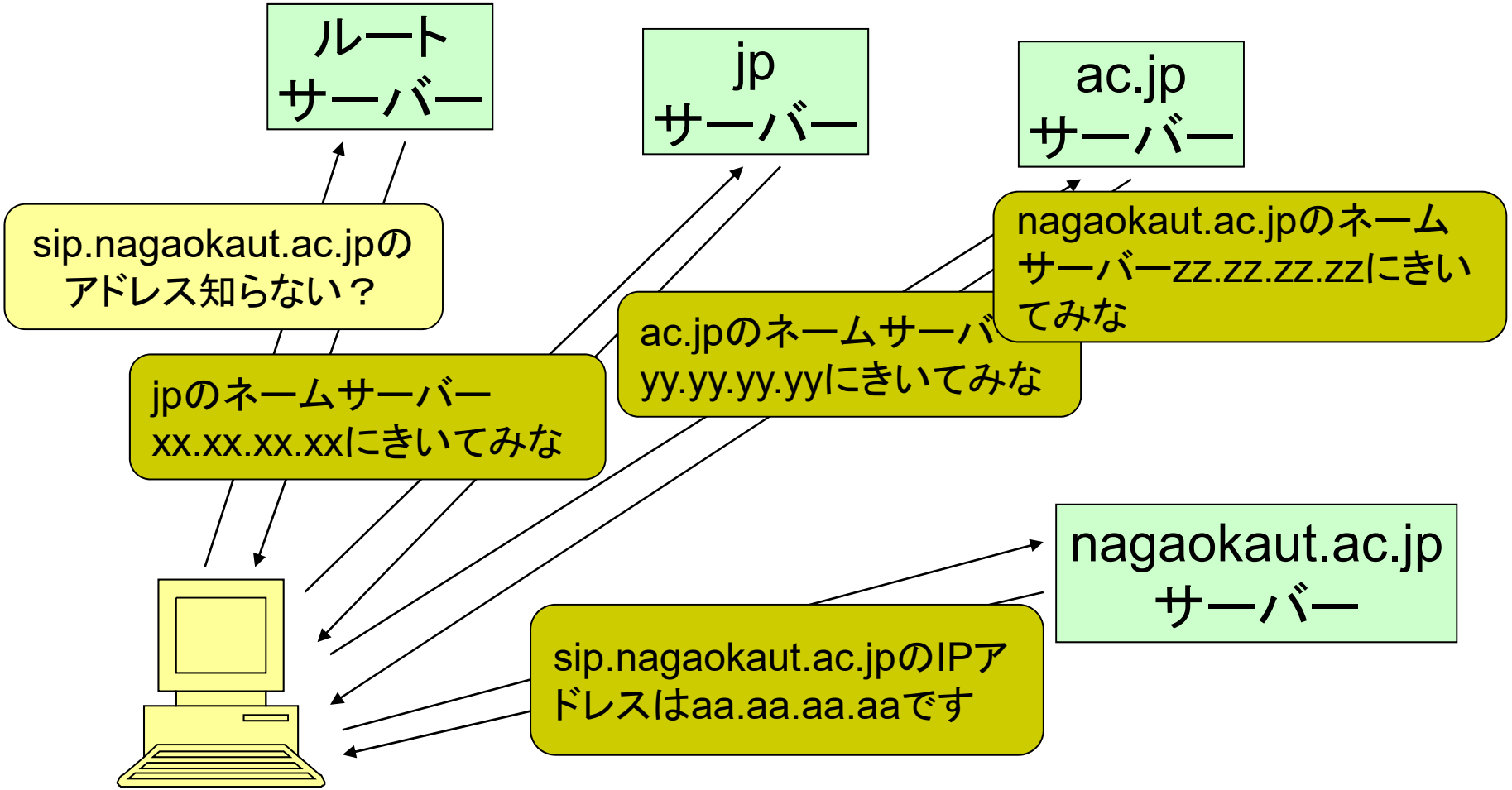
- ノードはIPアドレスで識別される
  - 4つの数字の並び: おぼえにくい，ノードの役割をイメージしにくい
  - 人間にとってもっとわかりやすい識別方法が欲しい!!
- 人間にとって意味のある語で名前をつけ，それにIPアドレスを対応させる
  - 好き勝手につけたら収拾がつかないので → Domain Name System
  - 名前とIPアドレスとの対応を見つける: 名前解決 (Name Resolution Service)

DNSの名前の構造



- 階層構造になっている
  sip.nagaokaut.ac.jp
  Second-Level Domain
  Top-Level Domain
  Top-Level Domain (TLD)
  - ccTLD: 国や地域別のTLD (日本はjp)
  - gTLD: 国に関わらず使えるTLD (com, org, net, …)
- Second-Level Domain (SLD)
  - ccTLDに対するSLDは，TLDを持つ国や地域で決める
  - jpの場合: co(企業), ac(高等教育機関), go(政府機関), or(団体), …
- その次のレベル
  - ドメイン名を管理するレジストラに登録する(早いもの勝ち)
- さらにその次のレベル
  - 組織内で勝手に決める

DNSでの名前解決


ルート
サーバー
jp
サーバー
ac.jp
サーバー
sip.nagaokaut.ac.jpの
アドレス知らない？
nagaokaut.ac.jpのネーム
サーバーzz.zz.zz.zzにきい
てみな
ac.jpのネームサーバ
yy.yy.yy.yyにきいてみな
jpのネームサーバー
xx.xx.xx.xxにきいてみな
nagaokaut.ac.jp
サーバー
sip.nagaokaut.ac.jpのIPア
ドレスはaa.aa.aa.aaです

確認問題13-2