


## 計算機通信基礎(6)

2014年度

九州工業大学大学院  
情報工学研究院  
尾家祐二 川原憲治(担当)

 **Kyutech**  
Kyushu Institute of Technology

Kyushu Institute of Technology

## 前回小テスト 解答例 1.



Kyushu Institute of Technology

1. 物理トポロジ: 接続コストや転送性能の違い
  - メッシュ型: 全ホスト間で直接接続  
転送性能は良好 ⇨ インターフェース・ケーブル数増大
  - リンク型: 「隣接」ホストと接続してリンク状に  
接続コストは減少 ⇨ ホスト参加・離脱時に切断、通信不能
  - バス型: 「基線」に対して各ホストが接続  
接続コストは効率的 ⇨ 複数ホストの同時転送制御が必要
  - スター型: 「集線装置(Hub)」への集中接続  
～集線装置の構成により論理的に上記3型を実現可能

Kyushu Institute of Technology

4

## 今日の授業の概要



Kyushu Institute of Technology

- ◆ 前回の授業の内容について
- ◆ 3. インターネットの体系
  - 3.1 データの単位
  - 3.2 ハードウェア要素
  - 3.3 データ交換方式
  - 3.4 ソフトウェアの構造
  - 3.5 ネットワークの構造
  - 3.6 各層のプロトコルの役割
  - 3.7 ネットワークの接続とその関連機器

Kyushu Institute of Technology

2

## 前回小テスト 解答例 2.



Kyushu Institute of Technology

2. ルータにおけるパケットの「遅延」と「廃棄」
  - 遅延(Delay, Latency)  
他ルータから複数パケットが同時に到着  
～バッファにより転送待機するため
  - 廃棄/損失(Loss, Blocking)  
バッファサイズは有限  
～同時到着が頻繁に生じる可能性があるため

Kyushu Institute of Technology

5

## 前回の講義内容



Kyushu Institute of Technology

- ◆ インターネットを支える個々の技術の役割や他の技術との連携などを理解するために、**インターネットの構成**を体系立てて紹介
  - データ: パケット化
  - ハードウェア: データの収容・中継・転送
  - データ交換方式
    - パケット交換 → インターネット
    - 回線交換 → 電話網

Kyushu Institute of Technology

3

## 前回小テスト 解答例 3.



Kyushu Institute of Technology

3. 回線交換方式の利点と問題点
  - 特徴  
送受信者間で「回線」を「予約・占有」してデータ交換  
↓
  - 利点  
パケット交換方式で生じる中継機器におけるパケットの「遅延」が抑制され、「廃棄」がなくなる。
  - 問題点  
転送データがない場合も資源占有するので、回線利用(ホスト収容)効率が悪い。

Kyushu Institute of Technology

6

### 3.4 ソフトウェアの構造



Kyushu Institute of Technology

#### ◆ クライアントサーバモデル

インターネットを構成するハードウェア(ホスト、ルータ)では、通信のための各種ソフトウェアが稼働

- サーバ: サービスを提供するプログラム(例: webサーバ)
- クライアント: サービスを受けるプログラム(例: ブラウザ)

- ◆ ソフトウェア: 通信の各機能を**プロトコル(protocol)**として実装し、個々のプロトコルを積み重ね(階層化) ~ 各プロトコル階層におけるデータの処理を紹介

### (3.4(a)) 階層モデル



Kyushu Institute of Technology

- ◆ **OSI参照モデル**(Open System Interconnection Reference Model)
  - 国際標準化機構(International Standard Organization, ISO)が提案
  - 下から順に1層(物理層)、...、7層(アプリケーション層)
  - 仕様記述に関する標準的な表記として利用
- ◆ **TCP/IP プロトコルスイート**(TCP/IP Protocol Suite)
  - 実装上優れていたため普及
  - 6層(プレゼンテーション層:各種データのデジタル化)、5層(セッション層:送受信ホスト間経路の管理) ⇒ 7層(アプリケーション層:ユーザへのサービス提供)で統合
  - 4層:TCP、3層:IPとしてインターネットの基盤プロトコルとして規定
  - 2層以下はEthernet/W-LAN等で提供されるが、便宜上OSIモデルと一致

### 3.4 (a) 階層構造



Kyushu Institute of Technology

- ◆ データ送受信に必要な機能(※ 前回講義分抜粋)
  - ユーザデータのデジタル化
  - 通信相手に対する**転送経路の設定、信頼性の提供**
  - 利用する**伝送媒体に応じた転送方式の規定**
  - ...
- ◆ **階層構造(layered architecture)**  
上記の各機能をプロトコルで規定し、積み上げたもの ~ プロトコルスタックとも呼ばれ、各層は層(layer)

### (3.4(a)) サービス/インタフェース



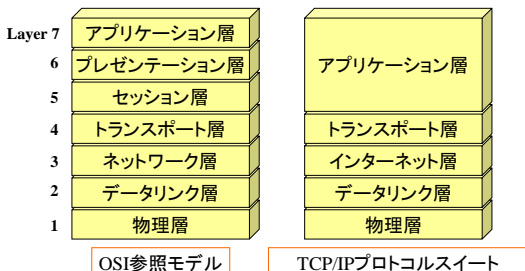
Kyushu Institute of Technology

- ◆ **サービス(service)**: 各層の提供機能 ~ 上位層⇒下位層へ依頼(下位層⇒上位層へ提供)
- ◆ **インタフェース(interface)**: 階層間の受け渡しを規定
  - 送信: 上位層が下位層にサービス依頼をする際にどのようなパラメータを用いるかを定義
  - 繰り返しにより、最終的に物理層にてビット信号を送信
- ◆ **対等通信(peer-to-peer communication)**
  - 送受信ホスト間における、同じレベルの層との通信
  - **プロトコル**: 対等通信に関する規定 ~ 送受信するPDUのフォーマットや付加するヘッダを定義

### (3.4(a)) プロトコルの階層化



Kyushu Institute of Technology

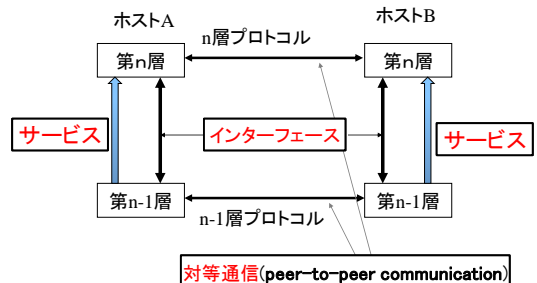


- ◆ 階層化(layering) ~ ※詳細は、次回説明

### (3.4(a)) 階層間の関係



Kyushu Institute of Technology



### 3.4(b) PDUの処理



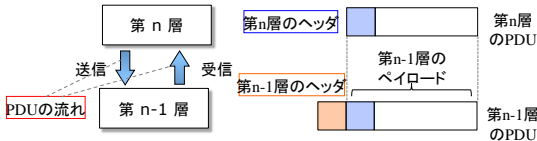
Kyushu Institute of Technology

#### ◆送信ホスト側: **カプセル化(encapsulation)**

- 第n層のPDU ⇒ 第n-1層
- 第n層のPDU ~ 変更することなく第n-1層のペイロード + 第n-1層の機能(ヘッダ) = 第n-1層のPDU

#### ◆受信ホスト側

- 第n-1層のPDUのヘッダを調査/処理して削除
- 第n-1層ペイロード ⇒ 第n層 ~ 送信ホストの第n層PDUそのもの



Kyushu Institute of Technology

13

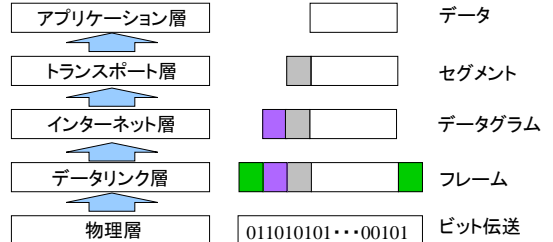
### (3.4(b)) 受信ホストのPDU



Kyushu Institute of Technology

#### ◆受信ホストにおける各階層とPDUの関係

~ 各層でヘッダを処理後除去し、最終的にデータを受信



Kyushu Institute of Technology

16

### (3.4(b)) カプセル化の流れ



Kyushu Institute of Technology

#### ◆TCP/IPプロトコルスイートにおけるwebサービス利用

- 送信ホストの5層: ブラウザにおけるHTTPコマンドの送信 ~ 4層TCPからのサービス提供
- 4層TCP: エンド-エンド通信における転送信頼性の実現 受け取ったコマンドをペイロードとし、TCPヘッダを付加 ~ TCPセグメントを生成して、3層IPからのサービス提供
- 3層IP: 転送経路(通過ルータ)の決定 宛先ホストのIPアドレスを書き込んだヘッダを付加 ~ IPデータグラムを生成して、2層からのサービス提供
- 2層: 伝送方式の決定とビット誤りへの対応 (※Ethernetを利用) 直接接続しているルータ/ホストのイーサネットアドレスをヘッダとして、また、ビット誤りに対応するトレイラを付加 ~ イーサネットフレームを生成
- 1層物理層: フレーム中のビット毎に、電気/光信号により伝送

Kyushu Institute of Technology

14

### (3.4(b)) ホストとルータの役割



Kyushu Institute of Technology

#### ◆(送受信)ホスト: **全ての層のプロトコルを理解**

~ ホスト間の対等通信は、トランスポート層およびアプリケーション層で行われる

#### ◆(中継)ルータ: **インターネット層までのプロトコルを理解**

- 3層IP(インターネット層)の経路決定を司る機能のみを提供 ~ どのホストのデータグラムを送受信しているか関知しない!
- 複数のネットワークインターフェースカード(NIC) ~ 複数のルータと相互接続し、NIC毎にデータリンク層および物理層の処理部を持つ

Kyushu Institute of Technology

17

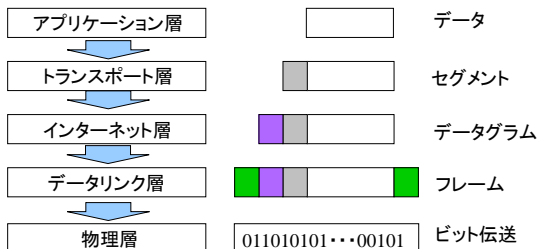
### (3.4(b)) 送信ホストのPDU



Kyushu Institute of Technology

#### ◆送信ホストにおける各階層とPDUの関係

~ 各層の機能をヘッダで付与し、最終的にビット単位で伝送



Kyushu Institute of Technology

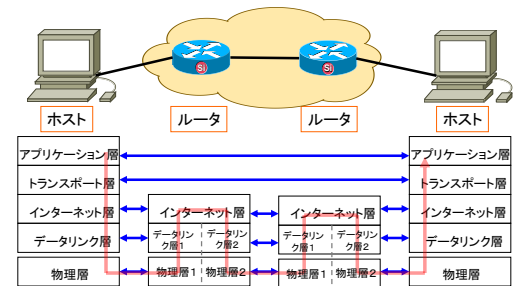
15

### (3.4(b)) ホストとルータの関係とデータの流れ



Kyushu Institute of Technology

#### ◆ルータ: 宛先ホストのIPアドレスをもとに転送経路を決定、中継!



Kyushu Institute of Technology

18

### (3.4) 階層化の特徴(まとめ)



Kyushu Institute of Technology

- ◆ 利点
  - サービスを提供するという問題(複雑な問題)
    - いくつかの部分問題に**細分化**し、解決を容易にする
  - 各層間の連携方法(**インターフェース**)を定義
    - ~ 各層を独立して設計、実装、変更が可能
- ◆ 問題点
  - 独立性の保証 ⇔ 各層で重複/類似作業の恐れ
  - 上位層のデータに機能付加して、下位層に受け渡し
    - ~ **下位層から上位層への情報提供は基本的に不可!**
    - (※効率的な転送に有益な情報の受け渡しに制限がある)

Kyushu Institute of Technology

19

### (3.5(a)) ホストとルータの対応



Kyushu Institute of Technology

- ◆ ルータ: 簡単な処理
  - ~ **ベストエフォートサービス(best effort service)**
    - 「IPデータグラムを宛先ホストに届ける」ことだけに専念
    - 処理(転送)出来る限り、処理する!(最善努力サービス)
    - 輻輳(混雑)やデータの廃棄について対処しない!
    - (※ネットワーク内異常はIPでなく、ICMP(例: ping)で対応)
- ◆ ホスト: 複雑な処理
  - トランスポート層(TCP)/アプリケーション層で信頼性を提供
    - **フロー制御**: ネットワークに注入するデータ量を制御
    - **輻輳制御**: 廃棄されたデータの検出と再送による回復
  - ~ 両制御まとめて**輻輳制御(congestion control)**とも呼ぶ。

Kyushu Institute of Technology

22

### 3.5 ネットワークの構造



Kyushu Institute of Technology

- ◆ これまで、インターネットを構成するハードウェア要素および**ソフトウェアの構造**について説明し、さらに、それらを用いたデータ交換方式の分類と基本的な説明を行った。
- ↓
- ◆ インターネットにおける基本的な方針、および、それに基づき構築されたネットワーク構造を紹介。

Kyushu Institute of Technology

20

### 3.5(b) 階層的なネットワーク



Kyushu Institute of Technology

- ◆ **自律システム(Autonomous System, AS)**
  - 単一管理者により管理されるルータとネットワークの集合体
  - **ASの識別子: 16ビットのAS番号**
  - ASの上位: AS間を繋ぐ基幹網(backbone network)
  - ASの例: **ISP(Internet Service Provider)**
    - ~ 独自の利用規定(Acceptable Use Policy, AUP)
  - ASの下位: スタブネットワーク(stub network)
    - ~ 大学、企業のLAN(Local Area Network)
- ◆ 階層的なネットワーク(hierarchical network)
  - インターネット: **ASの集合体**
    - ~ 全体を単一の管理者が管理(集中型)していない!

Kyushu Institute of Technology

23

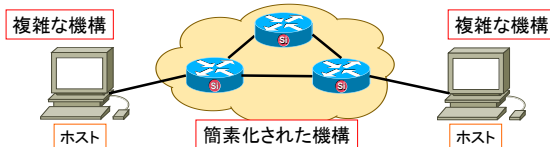
### 3.5(a) ホストとルータ



Kyushu Institute of Technology

- ◆ **インターネットの基本方針**
  - 複雑な処理は、ネットワークの端のホストにおいて行う!
  - ネットワーク内(ルータ)は、簡単な処理だけ行う!

インターネットの規模拡大に大きく寄与!



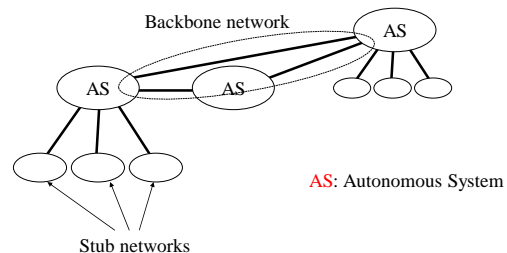
Kyushu Institute of Technology

21

### (3.5(b)) インターネットの階層構造



Kyushu Institute of Technology



Kyushu Institute of Technology

24

## (3.5(b)) 経路制御



Kyushu Institute of Technology

- ◆ 経路制御: 送受信ホスト間のパケット転送経路決定  
～ ルータは「経路情報」を接続ルータ間で交換
- ◆ ルータの分類と基本指針
  - AS内部のルータ/ゲートウェイ (interior gateway)
    - AS内のルータとのみ接続されるルータ
    - AS内の経路情報のみ交換 (※IPアドレスを用いた経路決定: 4章)
  - 境界ルータ/ゲートウェイ (border gateway)
    - 他のASと接続されるルータ
    - AS間の経路情報を交換 (※所属するAS内の経路情報も交換)
- ※ 自律分散型ネットワーク: AS単位の管理、経路情報交換  
～ 経路制御処理を軽減し、インターネット参加を容易にする!

Kyushu Institute of Technology

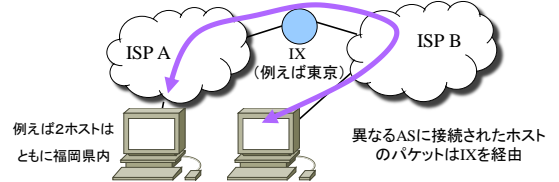
25

## (3.5(b)) IX (Internet eXchange)



Kyushu Institute of Technology

- ◆ AS 2者間のピアリングは膨大な構築コスト  
⇒ 少数のIXにおいて多くのASをピアリング
- ※ 日本では、東京と大阪に大規模なIXが存在  
～ 送受信ホストが地理的に近くても、所属ASが異なると大きく迂回



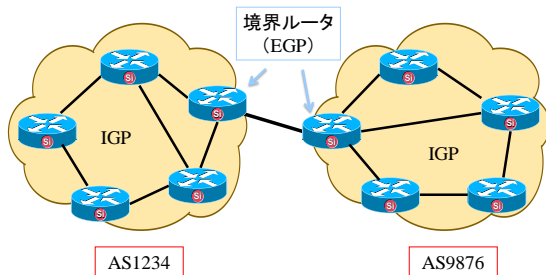
Kyushu Institute of Technology

28

## (3.5(b)) AS内部とAS間の接続



Kyushu Institute of Technology



Kyushu Institute of Technology

26

## 今日のまとめ



Kyushu Institute of Technology

- ◆ インターネットを支える個々の技術の役割や他の技術との連携などを理解するために、**インターネットの構成**を体系立てて紹介
  - ソフトウェア: プロトコルの階層構造とPDU
  - ネットワーク: 階層構造と経路制御指針
  - プロトコルの役割とフォーマット: 次回講義

Kyushu Institute of Technology

29

## (3.5(b)) 経路制御方式



Kyushu Institute of Technology

- ◆ AS内部の経路制御方式
  - 方針: AS内のネットワーク資源を効率良く利用  
～ **最小コスト経路**: 中継ルータ数(ホップ数)を最小化
  - 経路情報交換プロトコル: IGP (Interior Gateway Protocol)
    - RIP (Routing Information Protocol)
    - OSPF (Open Shortest Path First)
- ◆ 境界ルータ間の経路制御方式
  - 方針: **ピアリング (peering)**  
～ AS間の事前契約に基づき接続、トラフィック交換
  - 経路情報交換プロトコル: EGP (Exterior Gateway Protocol)
    - BGP (Border Gateway Protocol)

Kyushu Institute of Technology

27