

計算機通信基礎(2)

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



Kyushu Institute of Technology

1. インターネットの体験



Kyushu Institute of Technology

◆話の概要

- 「1.1 インターネットの効用」において、社会インフラとなった**インターネットの効用**を改めて整理する
- 「1.2 WWW」、「1.3 電子メール」において、WWWと電子メールを体験しながら、その際に出会う**専門用語を紹介**する
- 「1.4 インターネットサービスを支える仕組み」において、それらの**専門用語の説明**を行い、それを通じて**インターネットを支える仕組みを説明**する
- 「1.5 インターネット接続」において、インターネットへの入り口となるローカルエリアネットワーク(LAN)に焦点を当て、**インターネットへの接続方法を説明**する

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

◆1. インターネットの体験

- 1.1 インターネットの効用
- 1.2 WWW
- 1.3 電子メール
- 1.4 **インターネットサービスを支える仕組み**
- 1.5 インターネット接続

Kyushu Institute of Technology

2

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆(a) IPアドレス

◆(b) ドメインネームシステム

◆(c) ネームサーバとリゾルバ

◆(d) プロトコル

◆(e) プロトコルの階層化

Kyushu Institute of Technology

5

前回の授業の内容について



Kyushu Institute of Technology

- ◆社会インフラとなっているインターネットの効用を整理した
- ◆インターネットの重要かつ代表的なサービスであるWWWと電子メールについて、インターネットを利用(体験)する立場で出会う**用語の紹介**を行った
 - ハイパーテキスト、サーバ、クライアント、クライアントサーバモデル、ブラウザ、URL、プロトコル、HTTP、ホスト名、ドメイン名、IPアドレス、ネームサーバ、HTML、メールアドレス、SMTP、POP、IMAP、MIME、など

Kyushu Institute of Technology

3

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆(a) IPアドレス

- 私たちがウェブページを見ようとするとき、ブラウザに**ホスト名**を入力する
 - 例えば、www.kyutech.ac.jp
- 私たちが電子メールを送ろうとするとき、メーラーに**メールアドレス**を入力する
 - 例えば、oie@cse.kyutech.ac.jp
- 実際にインターネット上をメッセージが運ばれる際には、名称ではなく**数字で表されるアドレス**が用いられる
 - 現在最もよく用いられているものは、**32ビット**の2進数で表現されるIPアドレス
 - IPバージョン4 (IPv4) のIPアドレス と呼ばれる

Kyushu Institute of Technology

6

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆ IPバージョン4 (IPv4)

- 例えば、次のような32ビット
 - 11000000101010000000000000000010
 - 通常、32ビットを8ビットずつに区分する
 - 11000000-10101000-00000000-00000010
 - それぞれを10進数表示し、4つの部分を "." (ドット, dot) でつなげる
 - 192.168.0.2
 - このような表記法を**ドットアドレス** (dot address)、もしくは**DDN** (Dot Decimal Notation)と呼ぶ
- # IPバージョン6 (IPv6) は4倍の長さ(128ビット)のIPアドレスを持つ

Kyushu Institute of Technology

7

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆ DNSが生まれた背景

- インターネット接続するホストの増加に伴い、ホスト情報が増加し、1つのファイルの参照回数も増加した
- そのような量的な増加に対して、1カ所でホスト情報を集中管理するシステムでは対応が困難になってきた
- さらに、ホスト名の重複 (ホスト名の衝突) が起こらないようにする機構が必要になった

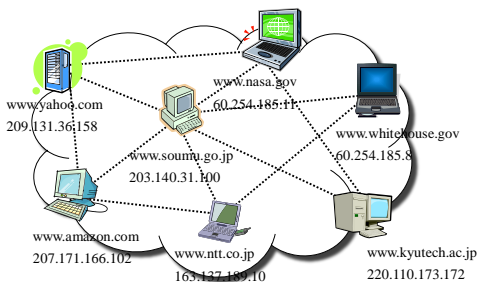
Kyushu Institute of Technology

10

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology



Kyushu Institute of Technology

8

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆ ドメインネームシステム (DNS) の概要

- ホスト名の一意性を保ち、ホスト情報の管理を容易にするために**階層的な名前空間**を備え、その構造と対応させてホスト情報を分散管理する
 - 私たちがホストに名前を付ける際には、他のホストと名前が衝突しないようにしなければならないが、**階層的な名前空間**のおかげで、インターネット上の全てのホスト名を知る必要はなく、限られた範囲のホスト名を知っていればよい

Kyushu Institute of Technology

11

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆ (b) ドメインネームシステム

- ドメインネームシステム (Domain Name System, DNS)
 - 1984年に発表された**ホスト情報管理システム**
- DNSが生まれる前の初期のホスト情報管理
 - インターネットの始まり (ARPANETと呼ばれるネットワーク)の時期においては、ホスト名とそのIPアドレス等のホスト情報の管理は、SRI (Stanford Research Institute) のNIC (Network Information Center)で行われていた
 - 一つのファイルで全てのホスト情報を管理し、各ホストはそのファイルを参照していた

Kyushu Institute of Technology

9

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆ ドメインネームシステムにおける階層的な名前空間

- 木構造をなしている (木を逆さにしたものに似ている)
- 一番上を**根**、そこから**幹**もしくは**枝**が伸び、それ以上分岐しないところを**葉**と見なす
- 節になる部分を**ノード** (node)と呼び、最上位のノードを**ルートノード**もしくは**ルート** (root)、最下位のノードを**葉** (leaf)と呼ぶ
- 階層の順位を示すときに**レベル** (level)という言葉が用いられる
- 実質、ルートのすぐ下のレベルが最上位であり、**トップレベル**と呼ばれる
- 各ノードには**ラベル**が付けられる
- ルートには空のラベルが付けられており、"."で表現される

Kyushu Institute of Technology

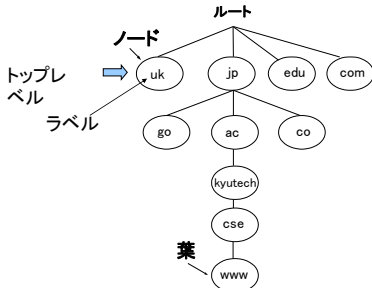
12

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆ドメインネームシステムにおける階層的な名前空間の例



Kyushu Institute of Technology

13

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆ドメイン名と組織の関係

■トップレベルドメイン名 (generic top-level domains, gTLDs)

- 国を識別するものが多い
 - 例えば、jp (日本)、kr (韓国)、ca (カナダ)、de (ドイツ)、fr (フランス)、uk (イギリス)、us (アメリカ)
- その他、edu (アメリカの大学等教育機関)、com (アメリカの企業)、gov (政府系機関)
- 新たなgTLD名は、ICANN (The Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) にて議論および提案がなされる
- ドメイン名には大文字と小文字の区別をしない

Kyushu Institute of Technology

16

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆ドメイン (domain)

- 階層的な名前空間における一部分を示す
- 階層的な名前空間は木構造をなし、その一部分は**部分木**と呼ばれる

◆ドメイン名

- 注目部分木のルートに当たるノードのラベル、およびそれが属する上位のドメイン名から定まる
- 各ドメインは、異なった組織に対応づけられる
 - jpラベルを持つノードに注目すると、それは最上位のノードであるから、jpドメインとなる。jpは日本という組織に対応する。
 - kyutechラベルを持つノードに注目すると、それが属する上位のドメイン名は、ac.jpであるから、kyutech.ac.jpドメインとなる。kyutech.ac.jpは、九州工業大学という組織に対応する。

Kyushu Institute of Technology

14

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆日本におけるドメイン名 (jpドメイン名)

- jpの次のラベルとして、ac (教育機関) のように、組織の性格を示す名称が用いられる
 - 例えば、kyutech.ac.jpのドメイン名は、三つの階層のラベル (kyutech, ac, jp) からなる
 - jp ... 日本 (Japan)
 - ac ... 教育研究機関 (academic)
 - kyutech ... 九州工業大学 (Kyushu Institute of Technology)
 - ac.jpはjpにとって**サブドメイン**となり、kyutech.ac.jpはac.jpにとって**サブドメイン**となる
 - さらに、九州工業大学がドメイン名を取得した後、管理上さらに分割する必要がある場合は、サブドメイン名の割り当てを行う
 - 九州工業大学情報工学部電子情報工学科に対しては、**cse** というラベルが割り当てられており、**cse.kyutech.ac.jp** というドメイン名になる

Kyushu Institute of Technology

17

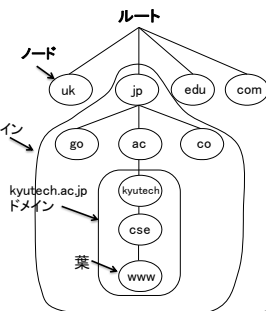
1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆ドメインの範囲

- 自らのラベルと上位のドメイン名とを“.”でつなげて、ac.jp、co.jp、go.jpのように表現する
- さらにac.jp、co.jp、go.jpはサブドメインを抱えている
- 例えば、九州工業大学は、kyutech.ac.jpのように表現する



Kyushu Institute of Technology

15

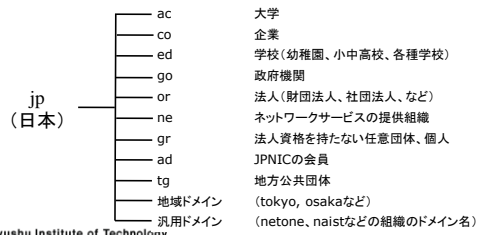
1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆日本におけるドメイン名 (jpドメイン名)

ドメイン名は長い間ASCII文字しか使えなかったが、現在は日本語などの多言語にも対応している (例、http://日本語.jp/)



Kyushu Institute of Technology

18

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆インターネット上のホストの一意的識別

- wwwだけを入力すると、入力したホストが所属する最も身近なドメイン内のwwwが指定されることになるが、もしそのようなホストがなければ、そのホストを一意的に識別できない
- ホストを一意的に識別するためには、階層的な名前空間を用いる必要がある
- トップレベルドメインから記述することによって絶対的な唯一のドメイン名となる

Kyushu Institute of Technology

19

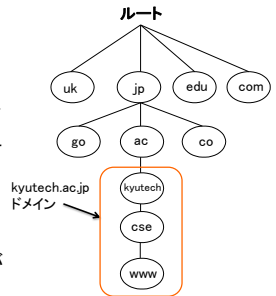
1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆ネームサーバのゾーンの例

- ドメイン **kyutech.ac.jp** をゾーンとするネームサーバは、その下のドメインである **cse.kyutech.ac.jp** のネームサーバとなるホストの情報を管理するとともに、直接管理するホストの情報も持つ
 - ゾーンとドメイン同一のときもある
 - 管理を容易にするために、複数のドメインを一つのネームサーバで管理することもある



Kyushu Institute of Technology

22

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆インターネット上のホストの一意的識別

- トップレベルドメインから記述するドメイン名は、完全に限定されたドメイン名 (Fully Qualified Domain Name) もしくは **FQDN**
- www.kyutech.ac.jp は、FQDN による表現
- ホストもドメインの一つであり、最小単位のドメインである
- www.kyutech.ac.jp は、ホスト名ともドメイン名とも呼ばれる
- ルート (.) まで表現するとさらに完全な表記となる
 - www.kyutech.ac.jp.
- kyutech.ac.jp ドメイン内で新たなホスト名をつける際には、インターネット全体のホスト情報を知る必要はなく、そのドメイン内でホスト名の衝突がなければよい
 - ホスト名の分散管理が可能

Kyushu Institute of Technology

20

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆他のドメインのホスト情報の取得

- **ルートネームサーバ**に問い合わせる
 - **ルートネームサーバ**はインターネット上で複数台稼働しており、日本にもその1台 (jpドメインをゾーンとする) がある
 - ルートネームサーバに問い合わせると、それより下位のドメインの情報を管理しているネームサーバの名称およびIPアドレスが返される
 - 必要であれば、さらに下位のネームサーバに問い合わせる
 - この繰り返しにより、必要な情報を持つネームサーバに到達し、情報を得ることができる
- ネームサーバ検索過程で得られたネームサーバの情報を保存しておく。これを **キャッシュ (cache)** するという
 - 再度、同じドメインのホスト情報を要求された場合には、キャッシュにあるネームサーバの情報を用いて、ルートネームサーバに問い合わせることなく、直接当該ネームサーバに問い合わせる
 - キャッシュの情報は、保存期間 (Time To Live, TTL) が定められている

Kyushu Institute of Technology

23

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆(c) ネームサーバとリゾルバ

- **ドメインネームシステム (DNS) の構成**
 - **ネームサーバ**
 - ホスト情報 (ホスト名、IPアドレス) のデータベースを管理しているソフトウェア
 - **リゾルバ**
 - ホスト情報を参照するクライアントソフトウェア
- **ネームサーバによる管理**
 - **ゾーン (zone)** と呼ばれる名前空間の部分集合におけるホスト情報を管理
 - その空間の分散管理を委任されている

Kyushu Institute of Technology

21

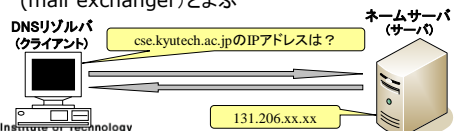
1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆ドメインネームシステム (DNS) の役割

- ホスト情報 (ホスト名とそのIPアドレス) を管理
- ホスト名とそのIPアドレスの対応付けを行う
 - **名前解決 (name resolution)** とよぶ
- あるドメインの電子メールの配送先となるホスト名とIPアドレスの管理
 - メールを配送するサーバを **メールエクステンジャー (mail exchanger)** とよぶ



Kyushu Institute of Technology

24

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆DNSの仕様を実装するソフトウェア

- 代表的なソフトウェアの一つ: BIND (Berkeley Internet Name Daemon)
 - <http://www.bind9.net/>
- BINDには、ネームサーバ、リゾルバライブラリ、いくつかのリゾルバライブラリを用いたユーザインターフェースが含まれている
 - nslookupは、そのようなユーザインターフェースの中で最も広く知られたもの
 - ネットワーク管理者は、nslookupによりリゾルバ機能を用いて、ネームサーバが正しく動作しているかを調べることができる

Kyushu Institute of Technology

25

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆アプリケーションプロトコル

- 個々のアプリケーションを実現するためのプロトコル
 - HTTP ... ウェブページの閲覧
 - FTP ... ファイル転送
 - TELNET ... 遠隔端末アクセス
 - SMTP ... 電子メール配送
- HTTP (HyperText Transfer Protocol)
 - 通信機能の全てを備えているのではない
 - クライアント(ブラウザ)からサーバへ送る要求コマンド(メソッドと呼ばれる)と、その要求に対するサーバからクライアントへの応答から成り立つ

Kyushu Institute of Technology

28

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆(d) プロトコル

- 通信の規約のこと
- もう少し詳しく ...
 - 情報を要求するクライアントと、要求された情報を提供するサーバの間で情報のやり取りを行うためには、**どのように要求するとどのように対応するかという規約**を予め作っておく必要がある
 - 予め定められた、転送するメッセージの形式とそのメッセージ交換するための規則が**プロトコル**である
 - 例えば、HTTPは、HyperText Transfer Protocolの略で、ハイパーテキスト情報転送のためのプロトコルを意味する

Kyushu Institute of Technology

26

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆HTTPにおける主なメソッド(要求コマンド)

- GETメソッドは、ウェブページの送信をサーバに要求する
 - 要求ページ(ファイル)の名前とHTTPのバージョンを指定
 - 例えば、ウェブサーバに対して次のようなメッセージを送る
 - GET /index.html HTTP/1.0
- PUTメソッドは、GETメソッドとは逆に、サーバへ書き込みを要求する

メソッド	内容
GET	指定したウェブページの送信を要求
HEAD	指定したウェブページのヘッダの送信を要求
PUT	ウェブページを格納することを要求
POST	指定したウェブページに追加を要求
DELETE	指定したウェブページの削除を要求

Kyushu Institute of Technology

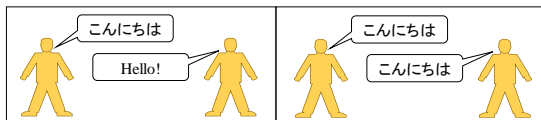
29

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆プロトコル(protocol)を会話に例えると



コミュニケーション不成立

コミュニケーション成立

- 日本語と英語: 「プロトコル」
- コミュニケーション: 「通信」
- 話の内容: 「データ」

Kyushu Institute of Technology

27

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆ウェブページが含むマルチメディア情報の送信

- 電子メールの説明の際に紹介したMIME (Multipurpose Internet Mail Extensions)を用いて、テキスト以外に画像や動画や音声などの情報を送信することができる
- 例えば
 - Content-Typeフィールド
 - Content-Transfer-Encodingフィールド
 によって、送信した情報の形式や符号化形式を記す

Kyushu Institute of Technology

30

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆(e) プロトコルの階層化

- アプリケーションプロトコルは、アプリケーションの実行に必須であるが、それが通信に関する全ての機能を備えているわけではない
 - 例えば、HTTPは、ブラウザとサーバ間のデータのやり取りを行う機能を与えるが、それがネットワークを介して行われていることを示すものではない
 - 実際、インターネット上をどのように経由して宛先となるホストにデータを届けるのかについて一切示されていない
 - データは最終的に、ビット単位で送信され、銅線もしくは光ファイバーの中で、0および1を何らかの電気信号あるいは光信号で伝送する必要があるが、そのような規約もプロトコルとして定めなければならない

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆トランスポートプロトコル (transport protocol)

- サーバおよびクライアントソフトウェア間の通信を実現するためには、ホスト上の他のソフトウェアおよびネットワーク機器内の様々なソフトウェア間で通信が必要である
- サーバとクライアントは、それらの様々なソフトウェアのうち、一番端にあるソフトウェアであるため、その間で協調して行う通信のことを、**エンド-エンド通信** (End-to-End Communication) と呼ぶ

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆インターネットサービス提供のための機能分担

- HTTP, FTP, SMTPなどのアプリケーションプロトコルは、他のプロトコルの助けを借り、さらにそのプロトコルも他の助けを借りるような階層構造になっている
- アプリケーションプロトコルは、サーバとクライアント間においてデータの通信が正確に行われていることを前提としており、受け取ったデータの内容にだけ関心がある
 - サーバとクライアント間においてデータの通信を正確に行うことについては、他のプロトコルに任せている
 - アプリケーションプロトコルが依頼するプロトコルが、TCP (Transmission Control Protocol) である

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆トランスポートプロトコル (transport protocol)

- **エンド-エンド通信**を司るプロトコルを、一般に、**トランスポートプロトコル**、と呼ぶ
 - TCP (Transmission Control Protocol)、UDP (User Datagram Protocol) は、トランスポートプロトコルの一つ
 - ドメインネームシステム (DNS) は、トランスポートプロトコルとして、TCPおよびUDPいずれも利用できるが、応答性に優れたUDPを主に使用

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆インターネットサービス提供のための機能分担

- TCPは、サーバソフトウェアおよびクライアントソフトウェアが稼働しているホストにデータが届いた後の処理を担当する
 - 送受信されるデータの内容については一切関与しない
 - ホストにデータが届いた後、それらをそれぞれの宛先となるソフトウェアに届け、誤りのない通信が行えるような機能を備えている
 - ホスト上には多くのサーバソフトウェアが稼働しており、宛先のホストにデータが届いた後、どのソフトウェアに届けるかは、**ポート番号** (HTTPは80) によって識別される

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆IP (Internet Protocol)

- トランスポートプロトコルも、通信の一部の機能しか備えておらず、**インターネットの中をどのように経由して、それぞれのホストにデータを届けるか**は、**IP** (Internet Protocol) の助けを借りる
- IPは、インターネットにおいて情報を配送する機能を果たす
- 大学や企業などの組織においては、様々な技術によってネットワークが構築されているが、IPは、その名前が示す通り、様々な**ネットワークの相互接続** (internetworking) を可能にする

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆IPによるデータ配送

- IPはデータを、**データグラム** (datagram) と呼ばれる塊を単位として送る
 - # 一般に、データの送信単位は**パケット**と呼ばれる
- IPデータグラムには、送信ホストおよび宛先ホストのIPアドレスが書かれている (この部分は**ヘッダ**と呼ばれる)
- 宛先IPアドレスをもとに、宛先ホストまでそのIPデータグラムが届けられる
- インターネットにおいては、IPデータグラムを、**ゲートウェイ**もしくは**ルータ**と呼ばれる**中継機器**が、適切な経路を選択して宛先ホストまで送り届ける
 - この一連の処理を**経路制御**と呼ぶ

Kyushu Institute of Technology

37

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆TCP/IPプロトコルスイート

- アプリケーション層のプロトコル (アプリケーションプロトコル)
 - HTTP、SMTP、FTP、など
- トランスポート層のプロトコル (トランスポートプロトコル)
 - TCP、UDP
- インターネット層のプロトコル (インターネットプロトコル)
 - IP
- ある層のプロトコルは、すぐ下の層のプロトコルのサービスを受けて (協力を得て) いる
 - データが送信される場合には、上の層から下の層に渡され、何かしらの処理が行われ、さらに次の下の層に渡される
 - データが受信される場合には、ある層で処理が施されると、すぐ上の層にデータが渡され、最終的にアプリケーションソフトウェアに渡される

Kyushu Institute of Technology

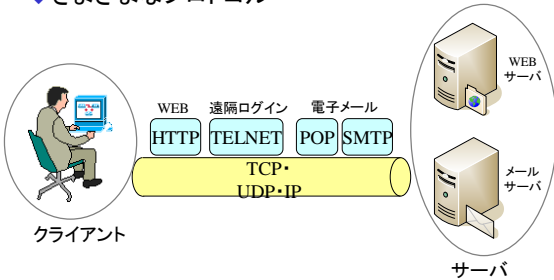
40

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆さまざまなプロトコル



Kyushu Institute of Technology

38

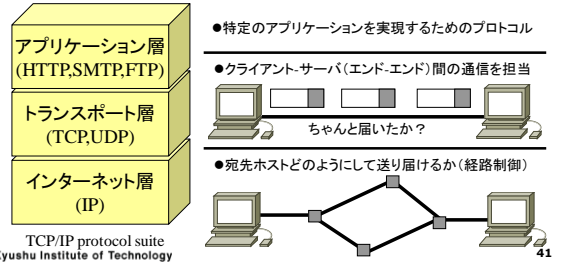
1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆TCP/IP プロトコルスイート

- IP上で動作するプロトコルの集合体



Kyushu Institute of Technology

41

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆プロトコルの階層

- インターネット上で何らかのアプリケーションを利用するために、様々なプロトコルが協力し合っている
- これらのインターネットのプロトコルの集合体を **TCP/IPプロトコルスイート** (TCP/IP (TCP over IP) Protocol Suite)、もしくは単に**TCP/IP**と呼ぶ
- これらは、TCPおよびIPだけのプロトコルを指すのではなく、**IP上で動作するプロトコルの集合体**をさす
- これらのプロトコルは、階層構造をなし、上から、**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**、と呼ばれる

Kyushu Institute of Technology

39

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆インターネットに接続するためのプロトコル

- 通常私たちが用いる計算機 (ホスト) は、大学や企業等における**LAN** (Local Area Network) と呼ばれるネットワークに接続されており、**私たちのホストは、LANを経由してインターネットに接続される**。また、ときに電話網を用いてインターネットに接続される
- このような通信のためには、インターネット層の下に、新たな種々のプロトコルが必要
 - それらは、**データリンク層**および**物理層**のプロトコル
 - インターネット内でデータを中継するゲートウェイもしくはルータ間の通信においても、これらの層のプロトコルが必要
 - 一方、TCP/IPプロトコルスイートは、インターネット層以上のプロトコルの集合体

Kyushu Institute of Technology

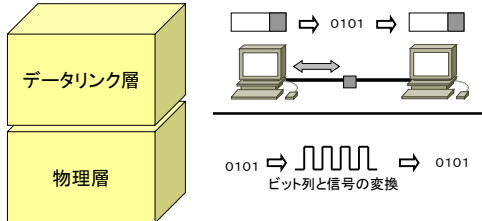
42

1.4 インターネットサービスを支える仕組み



Kyushu Institute of Technology

◆インターネット層の下位層



Kyushu Institute of Technology

43

今日のまとめ



Kyushu Institute of Technology

- ◆ WWWや電子メールなどのインターネットアプリケーションの体験において出会った用語の説明を通じて、それらのアプリケーションがどのように実現されているかの概要を見た
 - インターネットアプリケーションは、階層構造をなす様々な機能(プロトコル)が協力し合って実現されている
 - 機能の階層構造とは、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、データリンク層、物理層からなる

Kyushu Institute of Technology

44