

■目次 (ほげが今回の範囲)

第1部 0と1だけでどうやって計算するの?

第2部 コンピュータの気持ち

第3部 情報をどのように表現するか

第4部 コンピュータシステム

⇒

★9 コンピュータシステム

★10 記憶装置

★11 オペレーティングシステム

★12 ネットワークのしくみ

★番外 この授業の先にあるもの

最終回の今回は、現代のコンピュータシステムにとって不可欠の要素であるネットワークについて学ぶ。ただし、この資料にはたくさんの事柄が登場しているが、説明が不十分な所が多い。興味を持った事項についてはインターネットを利用して検索するなどして調べてほしい。また最後に、この授業につづく数理情報学科の科目たちについて紹介する。

★12 ネットワークのしくみ

★12.1 ネットワークとインターネット

ネットワーク (network) とは、何らかの物や事を網の目のように相互接続したものを指す語である。この授業では、PC等の情報機器を相互に接続して情報をやりとりできるようにしたネットワーク (コンピュータネットワーク) を扱う。

初期のネットワークは、すぐそばにある同じメーカー・機種のコピー同士を接続して通信できるようにするだけのものではあった。それがやがて、メーカーや機種を越えて多様な情報機器を接続できるものに発展し、同時に、一つの組織や地域の内部をつ

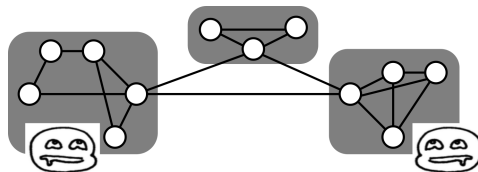


図1 LANとインターネット。○は個々の情報機器、線分はそれらをつなぐ通信経路、網掛けはLANを表す。

ながネットワーク (これをLAN(☆1)という) が他の組織・地域のネットワークとも接続されるようになっていった。このような発展の結果、世界中の情報機器をつなぐインターネット (☆2)(☆3) ができ上がった。

インターネットの歴史をごく大雑把に述べる：

- 1969年 前身とされる ARPANET で米国のいくつかの大学・研究所の間が接続される。
- 1970年代 80年代 後述の TCP/IP が策定・標準化された。この頃はまだ、大学や研究所の専門家が電子メールなどをやりとりするのに使うものだった。
- 1990年代前半 1990年代はじめに WWW(World Wide Web(☆4)) が考案されると、WWW とともに急速に普及しはじめる。商用利用も始まり、企業や一般家庭にインターネット接続サービスを提供するインターネットサービスプロバイダが登場した。
- 1990年代後半 WWW 上の情報を検索できる検索エンジンが登場。インターネットの普及はさらに加速するが、この頃はまだ、一般家庭からの接続手段は固定電話回線経由の低速なものが主流だった (速度は10から100kbps程度)。より高速なインターネット接続を指す「ブロードバンド」(☆5) という語が広まる。
- 2000年代 一般家庭への「ブロードバンド」インターネット接続が普及する (速度 > 1Mbps)。1999年からはじまった携帯電話のインターネット接続サービス (i-mode など) や、無線 LAN(☆6) が広まるのもこの頃から。

☆1) Local Area Network.

☆2) もともと internet という語は inter-network, つまり「ネットワークとネットワークの間をつなぐもの」という意味の普通名詞だったが、現在では固有名詞化しており、英語では “the Internet” という。

☆3) 「世界中の情報機器をつなぐネットワーク」という意味では例えば電話回線網もそうであるが、「インターネット」は後述の TCP/IP などのプロトコルを用いてコンピュータネットワーク間を接続したもののみを指す。

☆4) web は英語でクモの巣。相互にリンクして関連付けたテキストデータ (これを HyperText という) をインターネットでやりとりできるようにした仕組み。ウェブブラウザはこれを閲覧するためのソフトウェア。HTML(HyperText Markup Language) は、HyperText の記述法を定めた規格。

☆5) 「広帯域の」という意味の通信関係の専門用語から。

☆6) 近年では Wi-Fi とも呼ばれる。別項(☆11) 参照。

★ 12.2 ネットワークのプロトコル

情報機器をネットワークに接続しても、個々の機器が好き勝手なやり方で情報を送受信しようとするればまともな通信は成り立たない(☆7)。ネットワークに接続する機器たちが共通の手順(プロトコル)に従って動作することが大事である。現在のコンピュータネットワークの世界では、TCP/IP(☆8)と呼ばれるプロトコルの集まりが、事実上の標準となっている。

TCP/IP は図2に示すような階層構造を成している。最も下位のリンク層は機器間を実際に接続する物理的な仕組みを定めた層である。それより上位の層のプロトコルは、下位の層のプロトコルを利用する形となっている。このような階層構造とすることで、上位層のプロトコルは、下位層が実際にはどのような手段で通信を実現するのか気にしないで済ませることができる。

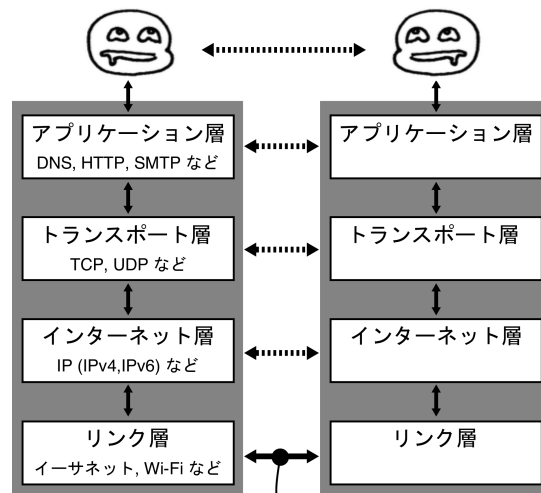
例えば、アプリケーション層のプロトコルに従ったプログラムを開発する際に、物理的な通信経路が銅線なのか光ファイバなのか無線なのか、といったことを一切考慮せずに済む(☆9)。

以下に、各層の役割や代表的なプロトコルをまとめる。

■**リンク層** 物理的な通信媒体(電線(ツイストペアケーブルや同軸ケーブル)、光ファイバ、電波、赤外線など)をどのように使って通信するかを定める。TCP/IPではこの層について規定していないが、**イーサネット**(Ethernet, 電線や光ファイバを用いる(☆10))や**Wi-Fi**(電波を用いる(☆11))などの規格がよく用いられる。

■**インターネット層** 主として**IP(Internet Protocol)**というプロトコルが用いられる。これは、送りたいデータを一定サイズで細かく分割した**パケット**(☆12)を、ネットワークに接続された機器に付けられた**IPアドレス**という番号をたよりに配送する手順を定めたものである。IPではパケットは送りっぱなしで、相手先にちゃんと届いたか確認するといった処理は行われない。

IPアドレスは、旧来のIP(IP version 4, IPv4)では32ビットで、8ビットずつをピリオドで区切って表す。例えば、この授業の情報を提供するWebサーバをやっているPCは、133.83.86.51というアドレスを持っている(詳細は省くが、常時ネットワーク接続するサーバは通常このような固定のアドレスを持つ一方、一般の機器は固定のアドレスを持たない場合が多い)。32ビットでは足りなくなったので、現在世界中で128ビットの**IPv6(IP version 6)**へ移行中(☆13)。



銅線中の電気信号、光ファイバ中の光信号、真空中の電磁波(無線)

図2 TCP/IPの階層。破線は、より下位の層を利用して作りだされる仮想的な通信経路。

☆7) 人間同士のコミュニケーションに例えると、お互いの言語が違うとか、複数人がてんでバラバラにしゃべって誰が何を言ってるかわからないとか、みんなが勝手に電話番号を付けて大混乱とか、送信側は電話かけてるのに受信側は手紙が来るとして郵便受けだけチェックしてる、とか。

☆8) TCPもIPも本来はそれぞれ一つのプロトコルを指す名称。ここで「TCP/IP」と呼んでいるものは、それらとそれらを利用する様々なプロトコルを含めた総称である。

☆9) 伝書鳩を用いてIPに従った通信を行う「鳥類キャリアによるIP」という規格があったりします。4月1日に公開されました。

☆10) イーサネット規格のうち広く普及しているものに、ツイストペアケーブルを用いて1Gbpsのスループットを実現する1000BASE-Tがある。現在のデスクトップPCではこれに対応したネットワークインタフェースを備えていることが多い。

☆11) **無線LAN**と呼ばれることもある(別項(☆6)参照)。IEEE 802.11aや同b, g, acなどの規格が広く使われている。

☆12) packet, 小包のこと。IPに限らず、情報通信では送りたい情報をパケットに分割してパケット単位で通信する方式がよく用いられる。携帯電話の料金体系でいう「パケット」(128B)は単に通信用を表す単位で、実際にこの単位で通信しているとは限らない。

☆13) $2^{32} = 4294967296$, $2^{128} > 3 \text{ 百潤} = 3 \times 10^{38}$.
すごいたくさん。

■**トランスポート層** アプリケーションプログラムに対して通信サービスを提供する。TCP(☆14)やUDP(☆15)というプロトコルが用いられる。IPではパケットは送りっぱなしであったが、TCPでは相手に届いたことを確認し不達なら再送するといった手順が定められており、信頼性が高い。一連のパケットの順番が途中で入れ替わったり(☆16)しても解決できる。さらに、ネットワークが混雑しにくいように配送を制御するようになっている。しかし、その分処理が複雑でレイテンシが大きくなるので、動画配信のように信頼性よりも転送速度を優先したい用途には向いていない。そのような用途にはUDPが用いられる。

■**アプリケーション層** 電子メールやWWWなど、ネットワークを利用した特定のサービスを実現するアプリケーションプログラムの動作を規定する。以下に代表的なプロトコルや仕組みをあげる。

DNS(☆17) IPアドレスは人にやさしくないで、文字列を使った名前を使えるように、両者の間の対応付けを実現する仕組み。この名前は**ホスト名**または**ドメイン名**と呼ばれ、階層構造をもつ。例えば、前述の133.83.86.51というIPアドレスを持つコンピュータの名前はwww-tlab.math.ryukoku.ac.jpであるが、これは、jpドメイン(国別で日本を表す)の下位のacドメイン(学術機関を表す)の下位のryukokuドメイン(龍谷大学)の下位のmathドメイン(数理情報学科)の下位のwww-tlabというホスト(高橋が管理しているPC。後述のHTTPのサーバをやってる)を表す。

SMTP(☆18) メールの配送に関するプロトコル。DNSの情報を利用してメールを配送すべきサーバ(メールサーバ)を特定し(☆19)、TCP等のプロトコルに従ってメールの情報を転送する。

HTTP(☆20) ウェブページなどを表すHyperText(☆4)の情報を転送する手順について定めたプロトコル。WWWはこれをベースとして実現されている。

■**補足: URL/URI** インターネット上のウェブページ等の情報源を指すために、
http://www-tlab.math.ryukoku.ac.jp/~takataka/hoge/fuga.html
のような文字列をよく見かける。これは、**URL**(または**URI**(☆21))と呼ばれる形のものである。URLの最初の「:」の前の部分は対象とする情報に到達するために用いるべき方式(この例ではHTTPを用いる)を表し、「:」の後の部分は対象の情報保持しているホストの名前(この例ではHTTPサーバのドメイン名www-tlab.math.ryukoku.ac.jp)を、その後はホスト中の対象の位置を表す。

★番外 この授業の先にあるもの

直接の後継科目

計算機システムⅠ 2年前期, コア選択必修科目(☆22)。「情報処理の基礎」で学んだ論理回路の話をもっと詳しく。

計算機システムⅡ 2年後期, コア選択必修科目。「情報処理の基礎」で学んだCPUの仕組みとオペレーティングシステムの話をもっと詳しく。

☆14) TCP: Transmission Control Protocol.

☆15) UDP: User Datagram Protocol

☆16) TCP/IPではパケット毎に異なる経路で配送される可能性があるため、先に送信したパケットが先に到達するとは限らない。

☆17) Domain Name System.

☆18) Simple Mail Transfer Protocol.

☆19) だからメールアドレスは「ユーザの名前@ドメイン名」という構造をしている。

☆20) HyperText Transfer Protocol. HTTPの通信経路は暗号化されないため第三者に傍受されやすい。そこで、暗号化された経路を用いてHTTPによる通信をより安全に行う**HTTPS**(HyperText Transfer Protocol Secure, secureは「安全な」という意味の英単語)という仕組みも使われている。

☆21) URL: Uniform Resource Locator. URI: Identifier.

☆22) 指定された科目グループの中から一定数以上の単位を習得することが必須のもの。

プログラミング関連の科目

何はともあれ、やばしプログラミングは大事です。単に「動いた、うれしい」だけでなく、「情報処理の基礎」で学んだコンピュータの仕組みを想像しながら取り組めたらすてき。

プログラミング及び実習 2年前期。必修科目。計算機基礎実習 I,II に続いて C 言語の基礎。関数や文字列処理など。

応用プログラミング及び実習 2年後期。コア選択必修科目。新しい言語 Python を学ぶ。ネットワークに関するプログラミングも。

グラフィックス基礎及び実習 3年前期。コア選択必修科目。Java 言語 (☆23)。初歩的なグラフィックスや GUI(☆24) についても。

アルゴリズム関連の科目

「7,3,2,5,9」を「2,3,5,7,9」に並べかえる (ソートする)、与えられた数が素数かどうか判定する、というような問題を解くための手順をきちんと定式化したものを**アルゴリズム**という。高度な情報処理のためには、とにかくプログラムが動けばよい、高速なコンピュータを使えばよい、というのではなく、問題に適した効率的なアルゴリズムを用いるのが大事。

アルゴリズム及び実習 2年後期。コア選択必修科目。ソートを中心とした基本的なアルゴリズムとその C 言語による実現。

データ構造とアルゴリズム 3年前期。コア選択必修科目。↑の続編、アルゴリズムと関連したデータの表現・格納の仕方 (データ構造) についても。

応用アルゴリズム 3年後期。選択科目。グラフ・ネットワーク (☆25) のアルゴリズム。

数値計算と計算科学

数値計算 というのは、コンピュータを用いて連立方程式や微分方程式の (近似的な) 解を求める手法。**計算科学**は、コンピュータシミュレーションなど、コンピュータを用いて科学技術の様々な問題に取り組む学問分野。ふつうの情報系学科ではあまり学べない、**数理情報**ならではって感じの科目たちです。

数値計算法及び実習 2年前期。コア選択必修科目。C 言語による数値計算。

計算科学及び実習 A 2年後期。コア選択必修科目。C 言語による計算科学。

計算科学及び実習 B 3年前期。コア選択必修科目。C 言語による計算科学。

その他の情報系科目

離散数学及び演習 2年後期。コア選択必修科目。論理回路の背景にある数学や、証明など。

パターン情報処理 3年前期。選択科目。画像や音声のような「パターン情報」の扱い方。圧縮したり成分を分析したり加工したり。**パターン認識**や**機械学習** (☆26) の基礎も。

記号処理 3年前期。選択科目。C コンパイラのように、ソースプログラムを機械語プログラムに変換する仕組みについて。

まだまだいろいろ オートマトン、ネットワーク構成論、認知科学と人工知能、デジタル信号処理、数理計画法、データベース、etc.

資格

情報処理分野の国家資格の制度 (情報処理技術者試験制度) の 1 つに、**基本情報技術者試験** (☆27) というものがある。年 2 回。上記の科目たちはそれなりにこの試験の範囲をカバーしているので、在学中に合格を十分ねらえます。

☆23) Java は、C 言語と並んで広く使われているプログラミング言語。携帯電話やスマートフォン向けアプリの開発などにも用いられている。

☆24) Graphical User Interface. コンピュータ画面中にウィンドウやボタンなどを描画し、マウス等の機器を使って直感的にコンピュータを操作できるようにしたユーザインタフェース。対比させて、キーボードによる文字入力と文字出力のみのインタフェースを CUI (Character User Interface) という。

☆25) ここでいうグラフは、曲線のグラフや円グラフのようなものとは全く別もの。ここでいうネットワークも、コンピュータネットワークとは別物。

☆26) パターン認識も機械学習もいわゆる**人工知能**と呼ばれる分野と重なるところ。パターン認識は、画像中の顔を検出したり、手書き文字を認識したり、音声認識したり、といった問題に関する学問・技術。機械学習は、自ら学習する機能をもったコンピュータを実現することを目指す学問・技術。ここだけやたら説明が詳しいのは、高橋の専門分野だからです (つまりは宣伝)。

☆27) <https://www.jitec.ipa.go.jp/>