最終更新　2023.10.4

# ネットワークのしくみ

奈良教育大学　薮哲郎

## ネットワーク通信のイメージ



図.　パソコンのEdgeでwww.google.comに接続

　図1.1はパソコンでEdgeを起動し、denki.nara-edu.ac.jpに接続した状態です。このときの状況は図1.2のようになっています。パソコンの中でEdgeというアプリが起動し、denki.nara-edu.ac.jpというWebサーバに接続しています。「Edge」と「denki.nara-edu.ac.jpのサーバプログラム」が接続を確立し、双方向通信を行います。



図.　ブラウザでWebサーバに接続した状態

## IPアドレス

　ネットワークに接続された個々の機器（パソコン、スマホ、タブレットなど）はIPアドレスと呼ばれる識別番号を持っています。ネットワーク通信では通信相手をIPアドレスで指定します。

　IPアドレスにはグローバルなIPアドレス（世界で唯一のIPアドレス）とプライベートなIPアドレス（住宅内あるいは大学内だけで有効なIPアドレス）があります。グローバルなIPアドレスから説明します。

　たとえばwww.googld.comは172.217.175.4というIPアドレスを持っています。IPアドレスは4バイトの数字で、通常は

 172.217.175.4

のように、1バイトずつピリオドで区切って表示します。ピリオドで区切られた個々の数値は1バイトなので、0～255の範囲の値を持ちます。

### FQDN (Fully Qualified Domain Name：完全修飾ドメイン名) [[1]](#footnote-1)

　IPアドレスは覚えにくいので、通信相手を指定するときはwww.google.comのように文字で表したアドレスを用います。www.google.comのように文字で表したアドレスをFQDN (Fully Qualified Domain Name：完全修飾ドメイン名」と言います。

　インターネットではDNS（Domain Name System) と呼ばれるシステムが動作してます（利用者が意識することはありません）。「FQDN」と「IPアドレス」の相互変換をするサーバをDNSサーバ（ネームサーバとも呼ばれる）と呼びます。学校や会社はその組織が所属する機器のFQDNとIPアドレスの対応表を保持するDNSサーバを最低1台は設置しています。奈良教育大学もDNSサーバを立てています。インターネットにはDNSサーバが多数動作しており、お互いに連携してDNSを維持しています。

　FQDNとIPアドレスの変換は以下のサイトで確認できます。

https://www.cman.jp/network/support/ip.html

https://so-zou.jp/web-app/network/ip-address/

課題1

(1) 以下のFQDNに対応するIPアドレスを調べなさい。

 www.nara-edu.ac.jp

 denki.nara-edu.ac.jp

 www.sony.co.jp

 www.msn.co.jp

(2) .jp .uk .fr .de .au .cn .kr はどこの国のドメインか。

(3) .co.jp .ac.jp .go.jp はどのような組織を表しているか。

　https://www.cman.jp/network/support/ip.html　にアクセスすると、利用者情報の欄にアクセス元パソコン（スマホ）のIPアドレスが表示されます。あるいはhttps://www.cman.jp/network/support/go\_access.cgi　にアクセスしても同じ情報が表示されます。

　Windowsパソコンにおいて、自分のIPアドレスを調べるには以下のように操作します。

(1) 左下のWindowマークを右クリック → ファイル名を指定して実行 →「cmd」と打ち込む。

(2) ipconfig /all と打ってEnterを押す

　ipconfigで調べたアドレスはwww.cman.jpで調べたIPアドレスとは異なります。その理由を図1.3に示します（この図は推測に基づいて書いているので正確ではない）。



図.　NATのしくみ

　この図は学内のパソコン（192.168.1.2のPC）がインターネット上のサーバにアクセスしたときの様子です。図中に「ルータ」と呼ばれる装置があります。ネットでは情報をパケットと呼ばれる小さな塊に分けて送ります。パケットは1つのサブネット内の機器同士でのみ送受信することができます。1つのサブネット内の機器のIPアドレスは192.168.xまでが共通です。

　ルータは2つのネットワークを接続します。パケットはルータ間をリレーするように輸送されます。リレーをするルータは2つのサブネットに所属することになります。ルータaは奈良教育大学の外からは202.236.x.yというIPアドレス持ちます。一方、サブネットAにおいては192.168.0.1というアドレスを持ちます。

　サブネットB内のPCは192.168.1.2というアドレスを持ちますが、サブネットB内だけで通用するアドレスです。奈教の外部のサーバにアクセスしたとき、奈教内のどのPCからアクセスしても、サーバ側から見ると、IPアドレス202.236.x.yからアクセスしてきたように見えます。どのPCからアクセスしたかは分かりません。ただし、奈教のネットワーク管理者はネットワーク通信のログを取っているので、奈教の管理者に問い合わせたなら、だれがアクセスしたかは判明します（PCを特定し、そのPCにログインした人間を特定する）。

課題2

(1) 今、自分が使っているPCのIPアドレスをipconfigコマンドを使って調べなさい。

(2) 今、自分が使っているPCは外部から見るとどのようなIPアドレスに見えるか？　https://www.cman.jp/network/support/go\_access.cgiを使って調べなさい。

(3) denki.nara-edu.ac.jpに奈教内から接続するとき、どのようなIPアドレスになるか（192.168ではじまるアドレスになります）。

(4) denki.nara-edu.ac.jpを外部から見るとどのようなIPアドレスになるか（202からはじまるアドレスになります）。自宅からアクセスするか、WifiをoffにしたスマホでIPアドレスを調べるサイトにアクセスしなさい。

## サーバとクライアント



図.　サーバとクライアント

　Edgeでネットを閲覧している状況を図1.4に示します。接続先のサーバコンピュータはIPアドレスで識別します。サーバコンピュータの中には多数のプログラム（この例ではWebサーバ、プログラムA、プログラムB）が同時に動作しています。1つのコンピュータ内で動作する多数のプログラムをどうやって識別するかというと、ポート番号で識別します。

　コンピュータの中で動作するプログラムのうち、ネットワークに接続するプログラムは「ポート番号」を持っています。Webサーバは起動時にOSに対して「80番ポートを使わせて下さい」と要請し、許諾されたなら、80番ポートで待ち受け状態に入ります。そして、80番ポートに接続してきたプログラムがあったなら、そのプログラムと双方向の通信路を確保します。ポート番号は0～65536までの番号を使うことができます。

　2つのプログラムが接続を確立するとき、以下のルールに従います。

(1) 片方がサーバ、片方がクライアントという役割になる。

(2) サーバはポート番号を確保して、待ち受け状態に入る。

(3) クライアントは接続先のIPアドレスとポート番号を指定して接続を要求する。

(4) 接続が確立したなら、双方向の通信が可能な状態になり、立場は対等である。

## 双方向通信の実験

　「コンピューターβで動作するクライアントプログラムX」が「コンピューターαで動作するサーバプログラムA」に接続する場合を考えます。「コンピューターα」はIPアドレスで識別します。「プログラムA」はポート番号と呼ばれる番号で識別します。図1.5のような感じになります。



図1.5　クライアントとサーバ

　クライアント側のポート番号（この例では54000番）はOSが自動的にその都度割り当てるので、気にする必要はありません。

　2つのプログラムが通信することを確認するためのミニアプリが図1.6の server.pyと図1.7のclient.pyです。server.pyはサーバ役のプログラム、client.pyはクライアント役のプログラムです。どちらもpythonというプログラミング言語で書かれているので、実行にはpythonインタープリタが必要です。



図1.6　server.pyの外観

◆ server.pyの使い方

1. 待ち受け用ポート番号を指定して「待ち受け開始」ボタンを押す。そのポート番号でクライアントからの接続を待ち受ける状態に入る。

2. 接続を受けたら「プログラム動作状況」にそのことを表示する。

3. 受信データを「受信文字列」に表示する。

4. データを送信したいときは、送信先ソケット番号を選び、送信用テキストボックスに文字列を入力して「送信」ボタンを押す。クライアントのソケット番号は「受信文字列」のボックスに表示された番号を手がかりにして指定する。

◆ client.pyの使い方

1. 接続先IPアドレスorホスト名のテキストボックスに接続先のホスト名を入れる。

2. ポート番号を設定する。

3. 「接続」ボタンを押すと、接続し、通信を開始する。受信したデータは「受信文字列」に表示する。

4. 送信用テキストボックス（2個用意してある）のテキストボックスに送りたい文字列を入れ「送信」ボタンを押す。



図1.7　client.pyの外観

課題3

　2人1組（あるいは3人1組）になり、片方がserver.pyを起動する。ポート番号は50001に設定し、「待ち受け開始」ボタンを押す。

　もう片方の人がclient.pyを起動し、server.pyと双方向の通信をしなさい（お互いに文字を送り、相手先の画面に表示されることを確認する）。server.pyを操作する人は、「接続先ソケット番号」を指定して、送り先を指定してから送信して下さい。

　3人の場合はserver.pyを起動する人が1人、client.pyを起動する人を2人にします。

　双方向の通信を行っている画面のスクショを取りレポートに貼り付けなさい。スクショは「Print Screen」と書いたボタンを押します。altを押しながらPrint Screenを押すと、アクティブなウィンドウのスクショを取ります。

### Well known port

　ポート番号のうち、0～1023番はWell known portと呼ばれ、用途が決まっています。代表的なポート番号を表1.1に示します。各プロトコルの詳細は以下に解説があります。

http://www.atmarkit.co.jp/fnetwork/rensai/netpro00/netpro01.html

表.　代表的なポート番号

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ポート番号 | プロトコル名 | 用途 |
| 20, 21  | ftp | ファイルの送受信 |
| 22 | ssh | 遠隔ログイン（暗号化付き） |
| 23 | telnet | 遠隔ログイン |
| 25 | smtp | メール配送 |
| 80 | http | Web |
| 137～139 | NetBIOS | Windowsのファイル共有 |
| 443 | https | Web（暗号化付き） |
| 445 | SMB | Windowsのファイル共有 |
| 587 | smtp AUTH | メール配送（認証付き） |
| 993 | imap4 over SSL | メール受信（暗号化付き） |

## プログラムとそのプログラムが使っているポート番号の調査

　コマンドプロンプトを起動して以下のように入力します。

netstat -no

　パソコンの中からネットワーク通信をしているプログラムのリストが得られます。1列目がプロトコル（TCP）、2列目が自マシンIPアドレスとポート番号、3列目が接続先マシンのIPアドレスとポート番号、右端がプロセスIDです。IPアドレス127.0.0.1は自マシンを意味します。192.168.x.0はそのパソコンが所属するサブネットのルータなので無視してよいです。

　次にタスクマネージャを起動し、「詳細」タブを押し、PIDを押してプロセスID順に並べて下さい。図1.8のようになり、PIDとそのプロセスのファイル名が判明します。

　以上より、外部と通信しているプログラムを特定することができます。



図.　プロセスをPID順に並べ直した様子

課題4

　自分が使っているPCにおいて、外部と通信しているプログラムの名前（例：chrome.exe）を全て列挙しなさい。

## ファイアウォールとは



図1.9　ファイアウォールのしくみ

　住宅に光ファイバを引いている場合、ONU (Optical Network Unit) が置かれていると思います。ここではWifi機能付きのONUが住宅に設置されている場合を取り上げます。図1.9のような状態になっています。ONUより左側が住宅内のネットワークです。右側は外部のネットワーク（インターネット）です。

　住宅内のネットワークをプライベートネットあるいはLAN (Local Area Network) と呼びます。この例ではLAN内のパソコンは192.168.1.xxというIPアドレスが付いています[[2]](#footnote-2)。住宅内だけで通用するIPアドレスです。

　住宅の外側のネットワークをWAN (Wide Area Network) と呼びます。WAN側の202.232.5.16は外からルータを見たときのIPアドレスです。外側から見るとプライベートネット内の全ての機器（パソコン、スマホ、タブレット）からのアクセスは202.232.5.16というIPアドレスを持った1台の機器からのアクセスに見えます。

　この場合、プライベートネットワーク内のIPアドレスは192.168.1.x (xは0～255) となります。約250台の機器を接続することができます。このプライベートネットワーク内に存在する機器のIPアドレスは192.168.1までが共通です。すなわち上位24 bitまでが共通です。このことを「サブネットマスクは255.255.255.0である」と表します。255.255.255.0を2進数で表すと、上位の24 bitに1が立っています。

　通常はWAN側からプライベートネットワークの中のパソコンに接続することはできません。ルータが外部からの侵入を防止しており、ファイアウォール（直訳すると防火壁）の機能を果たしています。



図.　プライベートネット内に外部からの接続を許す場合

　プライベートネットワーク内にWebサーバを設置し、外部から接続したい場合を考えます。図1.10のような場合を考えます。ルータにおいて「外部から80番ポートへのアクセスがあった場合、プライベートネット内の192.168.1.100の80番ポートへ転送する」という設定をしています。

　ただし、このように外部からの侵入を許す設定にすると、192.168.1.100のマシンがハックされたなら、プライベートネット内の機器全てが危険に晒されます。通常はこのような設定はお勧めできません。

## DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

　図1.10において、パソコンAとスマホは192.168.1.10と192.168.1.11、Webサーバには192.168.1.100、ルータには192.168.1.1というIPアドレスがついています。これにはどういうルールがあるのでしょうか？

　最後の数字が1番の機器はルータと決まっています。

　通常、それ以外の機器のIPアドレスはDHCPというしくみを使って、自動的に割り当てられます。パソコンやスマホをネットワークに接続するときに、DHCPサーバ（通常はルータがDHCPサーバ機能を持つ）からIPアドレスの割り当てを受けます。

　図1.10の場合、ルータにおいて外部から80番ポートにアクセスされた場合は、192.168.1.100に転送するという設定がなされています。従って、パソコンBは接続するたびにIPアドレスが変わってはいけません。パソコンBはDHCPを使わずに固定IPアドレスを設定します。

## http (hypertext transfer protocol)

　2022年の時点で、Webサーバとの通信はほとんどの場合、httpを暗号化したhttpsプロトコル[[3]](#footnote-3)が使われます。ここでは、しくみを学習するため、暗号化されてないhttpプロトコルを扱います。httpはWebブラウザがWebサーバと通信するためのプロトコルです。まずは、Webブラウザで次のページを開いて下さい。

http://denki.nara-edu.ac.jp/~yabu/edu/jyoho/html/simple.html

　薮哲郎のホームページから「教材（講義・実験・演習）」→「コンピュータのしくみ」→「最もシンプルなファイル」です。

　ブラウザのurl（Uniform Resource Locator）欄に上記のアドレスを入力すると、ブラウザは以下の動作を行います。

1. コンピュータ denki.nara-edu.ac.jp の80番ポートに接続する。

2. ファイル /~yabu/edu/jyoho/html/simple.html を要求する。

3. 取得した内容を表示する。

　ブラウザがWebサーバから得た生のデータを見てみましょう。ブラウザがアクティブな状態で「右クリック」→「ページのソースを表示」で表示できます。

　Webブラウザが行っている操作を手作業で行ってみましょう。client.pyを使います。denki.nara-edu.ac.jpに接続した後、以下のような文字列を送信してください[[4]](#footnote-4)。ある程度時間が経過すると、サーバ側から接続を切断しますので、送信文字列入力用のテキストボックスにあらかじめ送信文字列を入れ終わってから「接続」ボタンを押してください。

GET /~yabu/edu/jyoho/html/simple.html HTTP/1.0

　　（空行）

　GET はファイルを取得する命令です。大文字で打って下さい。取得したいファイル名をその後に書き、使うプロトコルのバージョンを書きます。HTTPも大文字で送って下さい。GETを含む行の次に、空行を1行送る（Enterを2回押す）ことに注意して下さい。空行は命令の終わりを表します。次のような文字列が送られてくるはずです。

Date: Tue, 11 Oct 2022 10:29:22 GMT

Server: Apache

Last-Modified: Tue, 11 Oct 2022 09:37:59 GMT

ETag: "ab-5eabf0822d550"

Accept-Ranges: bytes

Content-Length: 171

Connection: close

Content-Type: text/html

<html>

<head>

<meta http-equiv="content-type" content="text/html; charset=utf-8">

<title>The simplest page</title>

</head>

<body>

This is a simplest page.

</body>

</html>

　先ほど見た「ソース」は <html> から下側そのままです。Webブラウザはサーバから受け取った文字を解釈して、内容を画面に表示します。ここでは簡略化のため、client.pyからWebサーバに送る文字列は1行だけにしましたが、実際のWebブラウザは「使っているOS, ブラウザのアプリ名, 直前に見たページのurl, クッキー」などをWebサーバに送っています。

　Webサーバは1回通信すると、コネクションを切断してしまいます。従って、Webサーバに対して何かをGETするときは、その都度、接続を要求する必要があります。client.pyの「接続」ボタンは毎回押してください。

　GETは指定したファイルを取得する命令でした。httpプロトコルの主な命令は2つしかありません。1つはここで紹介したGETであり、もう1つはブラウザからWebサーバへ大きなデータを送るときに使われるPOSTです。

課題5

　下線部に答えなさい。

(1) 上記の例において、サーバから送られてきた文字列の中に、以下の文字列がある。何を表しているか。

Last-Modified: Thu, 02 Oct 2003 03:04:29 GMT

(2) 薮哲郎のホームページの中にある「ブラウザのチェック」と書かれたリンクをクリックすると、サーバが受け取る情報を表示します。例えば、HTTP\_REFERER = xxxxxx という表示は、= の左側が変数名、右側がその内容です。

 パソコンとスマホの両方からアクセスしなさい。

 パソコンかスマホかを判別する変数はどれか？

実験

　ブラウザが送っている生の文字列を以下の操作で確認してみましょう。

1. server.pyを起動し80番ポートを開けて待機する。すなわちserver.pyはWebサーバのふりをします。

2. Edgeなどのブラウザを起動し、http://localhost/ へアクセスする。localhostは自マシンを意味します。ブラウザがWebサーバに送信した文字列を見ることができます。

3. server.pyがサーバのふりをしていることを確認します。送信先ソケット番号をブラウザのソケット番号に設定し、以下の文字列を送ります。

HTTP/1.0 200 OK

Content-Length: 2

（空行）

ab

 ブラウザの画面に

ab

 と表示されたと思います。操作をやり直す場合は、ブラウザの「再読み込み」のボタンをクリックして下さい。

　送信文字列の中に、接続元のOSやアプリ名があります。多くのサイトでは、パソコンでアクセスするか、スマホでアクセスするかで表示を変えます。接続元のパソコンのOSによって表示するページの体裁を変えていると思われます。

1. 厳密な定義ではdenki.nara-edu.ac.jpにおいて、ホスト名はdenki, ドメイン名はnara-edu.ac.jp, FQDNはdenki.nara-edu.ac.jpです。しかし、中学校技術の教科書ではFQDNのことを「ドメイン名」と呼んでいます。FQDNを「ホスト名」と呼ぶこともあります。本テキストでは厳密な定義に従って、FQDNという用語を使います。ただし自作ミニソフト中の「ホスト名」はFQDNを意味します。 [↑](#footnote-ref-1)
2. この例では192.168.の次の番号を1にしています。この値は自由に設定することができます。メーカーによってデフォルト値が異なりますが、通常は0か1を使うことが多いです。 [↑](#footnote-ref-2)
3. プロトコルは理解がしづらい概念です。サーバとクライアントが情報のやりとりをするときの取り決めのことです。「命令」と「応答」の繰り返しで情報のやりとりをするとき、「命令のコマンド体系」「応答のフォーマット」を定めておくことを意味します。 [↑](#footnote-ref-3)
4. ここでは単純なHTTP/1.0プロトコルを用いました。通常のブラウザはHTTP/1.1プロトコルを用います。HTTP/1.1はHOSTヘッダなどが必須となり、タイプ量が増えます。 [↑](#footnote-ref-4)