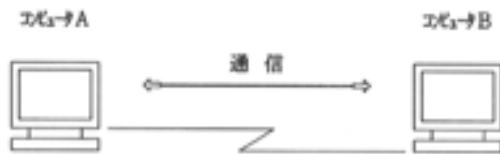


コンピュータ間通信でのプロトコル(通信手順・方式)

コンピュータの世界でプロトコルと言った時、プロトコルは通常「通信手順」、「通信規約」と訳されます。

それでは下記のようにコンピュータ A とコンピュータ B の間でコンピュータ間通信が正常に行われるためには何を予め決めて置く必要があるでしょうか。以下に例を上げます。



通信が成り立つために決めて置く必要のある事柄(例)

1. どのような回線を使用して通信を行うか？

イーサネット、NTT の専用線、RS-232C etc.

2. どのくらいの速さで通信を行うか？
3. 受信したデータの内容に誤りがないか判定するには？
また、誤っていた時の対処方法は？

誤り： ノイズ、データ抜け、順番間違い etc.

対処： 再送信、受信データから復元 etc.

4. どちらからデータを送るのか？

同時に送れるのか、交代交代なのか？

一方通行なのか？

相手に送信権を譲る時はどうするのか？

緊急データが出た時の割り込み方法は？

5. どのような道順でデータを送るのか？

神戸→大阪→東京→ニューヨーク

6. どのような言葉でデータを送るのか？

ASCII コード、JIS コード、シフト JIS コード、EUC コード etc.

7. 会話の構成はどのようにするのか？

会話形式、バッチ(一括)形式

プロトコルの種類

コンピュータ間通信で使用されるプロトコルは、TCP/IP 以外にあるのでしょうか。

実は世の中にはたくさんのプロトコルが存在します(表 1)。

プロトコルには IBM や富士通、日本電気のようなコンピュータメーカーが独自に定めた「メーカー独自規格」や ISO や JIS のような団体が定めたいわゆる「標準規格」、「コンピュータの利用者団体が定めた規格」などのたくさんの種類があります。ただ、残念なことに、日本人と英語を喋るアメリカ人が通訳を通してでないと会話ができないように、お互いのプロトコルを理解できないコンピュータ間では通信ができません。そこで最近では色々なメーカーのコンピュータを接続する時はなるべく「OSI プロトコル」のような「国際標準規格」や「TCP/IP プロトコル」のような「事実上の標準規格(De Facto Standard)」を使用するようになりました。

表 1 代表的なプロトコルの例

よく使用するコンピュータ	プロトコルの総称	プロトコルの種類
UNIXマシン	TCP/IP	TCP, UDP, IP, ICMP, ARP, TELNET, FTP, SNMP, SMTP, NNTP, HTTP ...
MS-DOS/パソコン	NetWare	IPX, SPX, NPC ...
Mac/パソコン	AppleTalk	DDP, RTMP, AEP, ATP, ZIP ...
ISO標準プロトコル	OSI	FTAM, MOTIS, VT, CMIP, CLNP, CONP...
IBM社メインフレーム	SNA	SDLC, RSCS, 3270 ...
富士通メインフレーム	FNA	RJEP, HICS, F6650 ...
DEC社ミニコン	DECnet	DPR, NSP, SCP
ISO標準プロトコル	OSI	FTAM, MOTIS, VT, CMIP, CLNP, CONP...

生活の中でのプロトコル

プロトコルを「約束ごと」、「手順」と考えた時、生活の中にもたくさんのプロトコルらしき物が存在します。ここでは、あるラーメン屋さんに行った場合を考えて見ます。

1 標準的なプロトコルの場合

客、ラーメン屋さんの暖簾をくぐる。

店員:いらっしゃいませ。ご注文をどうぞ。

客 : サービス定食。

店員: サービスはお昼しかやっていませんが？

客 : それじゃ、カラアゲ・ラーメン定食。

店員: ラーメンは何にしましょう。

客 : 醤油ラーメンをお願いします。

店員: 以上でしょうか。

客 : ビールをお願いします。

店員: 生とビンがありますが。

客 : 生をお願いします。

店員: 以上でしょうか？

客 : はい。

店員: 暫くお待ちください。

2 ハイレベルプロトコルの場合(その 1)

客、ラーメン屋さんの暖簾をくぐる。

店員:いらっしゃいませ。ご注文をどうぞ。

客 : カラショー、生一丁。

店員: 以上でしょうか？

客 : はい。

店員: 暫くお待ちください。

3 ハイレベルプロトコルの場合(その 2)

(いわゆる、常連さんの場合)

客、ラーメン屋さんの暖簾をくぐる。

店員: いらっしゃい。

客 : いつもの。

店員: はい。暫くお待ちください。

このように、上記の例で上げた会話がうまく成り立つためには客と店員の間でいくつかの「約束ごと」や「手順」が必要となります。

たとえば、「会話は声で行う」、「会話は日本語で行う」、またハイレベルプロトコルの例ではこの店独自の言い方「カラショー」、「生」、常連さんの「いつもの」が通じることが必要です。

OSI の参照モデル

プロトコルのお話をする場合に必ず避けて通れないのが OSI（Open System Interconnection）の階層化モデルです。これは ISO（International Organization for Standardization）が OSI プロトコルを作成する時にプロトコルは「7つの機能で出来ていて各機能はお互いに上下関係で組み合わされている」と説明したのが OSI の参照モデルです。

現在、世の中にあるプロトコルで明確に7層に分割できるものはあまりありませんが機能としては7層の機能をすべて備えています。たとえば、後でお話する TCP/IP については4層ないしは5層に分けることが可能です。

表2に OSI の参照モデルの意味、表3にその例を紹介します。

表2 OSI の参照モデルの意味

層	層の名前	機 能
7	アプリケーション層	利用者に実際の通信サービスを提供する。仮想端末機能やメール、ニュース、ファイル転送機能などがあります。
6	プレゼンテーション層	異なるデータの表現形式をある一定の形式にしたり、暗号化や圧縮化をします。
5	セッション層	転送経路の確保と転送の中断や再開、送信権の制御をします。
4	トランスポート層	データを確実に相手に届けるための転送確認、誤り制御、転送順序の確認を行います。

表 3 OSI の参照モデルに当てはめた例

OSIの層		ラーメン屋の場合	TCP/IPの場合
7	アプリケーション層	ラーメンの注文 ラーメン代の支払い	TELNET (Telecommunications Network) FTP (File Transfer Protocol) SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) NNTP (Network News Transfer Protocol) HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) NFS (Network File System) NIS (Network Information System)
6	プレゼンテーション層	言葉の定義 ミソラーメン、生 いつもの、カラショー	など
5	セッション層	いらっしゃいませ、ご注文は、 ご注文ありがとうございます。	など
4	トランスポート層	もう一度どうぞ。 お客さん早く決めてよ。	TCP (Transmission Control Protocol) UDP (User Datagram Protocol)
3	ネットワーク層	伝言、メモ	IP (Internet Protocol)
2	データリンク層	日本語、英語、文法	イーサネット、FDDI、ATM、 フレームリレー、ISDN、HDLC、 PPP、SLIP など
1	物理層	声、電話	同軸ケーブル、ツイステペアケーブル、 光ケーブル、無線、電話、 RS-232C など

TCP/IP とは

TCP/IP とは (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) の略で、もともとはアメリカの国防総省 (DOD) の主導で DARPA (Defense Advanced Research Project Agency) という機関が設立され、国防のためのコンピュータネットワークの研究から生まれたプロトコルです。

ところが、カルフォルニア大学バークレイ校で 1981 年ごろにコンピュータのオペレーティングシステムである UNIX (4.1BSD) にこのプロトコルを実装したことから、UNIX の標準通信プロトコルとして広がり、最近では UNIX 以外のコンピュータでも標準的に使えるようになりました。

現在では世の中で最も普及した「事実上の標準」プロトコルとしての地位を築いています。TCP/IP の特長を上げると以下ようになりますが何と言っても最近流行の「インターネット」の標準プロトコルである所が重要な点です。

●TCP/IP の特長

1. コンピュータ間で最もよく使われているプロトコル(通信手順)。

パソコン、ワークステーション、メインフレーム、スーパーコンピュータなど、何でも使える。

2. 国際ネットワーク「インターネット」を構成するプロトコル。
3. 仕様が RFC (Request For Comments)として公開されており(オープンソース)、誰でも入手できる。コンピュータメーカー固有のプロトコルでないため、誰でもコンピュータに組み込める。
4. ネットワーク利用者が使いながら改良、開発して来たプロトコル。

使い勝手がよい、幅広い互換性、日々進歩するプロトコル。

5. 動作検証済、動作実験済のソフトウェアがすぐに入手できる。

動作検証が済まないと標準仕様と認められない。そのため、仕様ができた時にはソフトウェアが完成している。

イーサネットの種類

まず、イーサネット(Ethernet)の簡単な紹介をしましょう。

LAN (Local Area Network)と言うとイーサネットという言葉が思い浮かびますが、実はこの「イーサネット」という言葉は元々の開発元である米国 XEROX 社の登録商標なのです。その後このイーサネットの規格を元にして IEEE (米国電気技術者協会) や ISO で IEEE 802.3 や ISO 8802.3 という LAN の規格が規定され、LAN そのものの規格は IEEE 802.3 や ISO 8802.3 にほぼ集約されました。しかし習慣的にこの IEEE 802.3 や ISO 8802.3 規格の LAN についてもイーサネットと呼んでいます。(IEEE 802.3 と ISO 8802.3 の規格は同じです。またイーサネットと IEEE 802.3/ISO 8802.3 は少し異なる所もありますがほぼ同じです)

イーサネットの種類には以下のような 3 種類があり、やや古い企業・退学などの施設の建屋内に設置されているのは 10BASE5 が多いです。

1. 10 BASE 5

- **太い同軸ケーブル**(イエローケーブル)を通信経路として使用した LAN

ケーブルの長さは最大 500m。端末台数 100 台。トランシーバでケーブルに接続。



2. 10 BASE 2

- **細い同軸ケーブル**(Thin ケーブル)を通信経路として使用した LAN

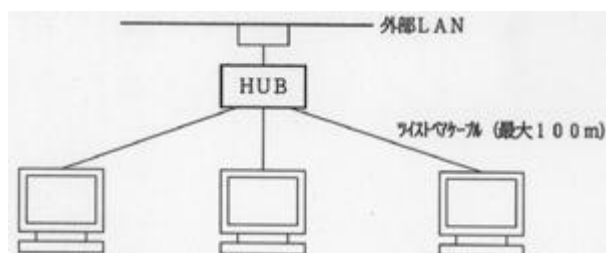
ケーブルの長さは最大 185m。端末台数 30 台。トランシーバ付 LAN ボードを使用。教室内 LAN や事務室内 LAN のような室内 LAN に適する。



3. 10 BASE-T

- **集線装置(HUB)とツイストペアケーブル**で LAN を構成

集線装置から端末までは最大 100m。一台の集線装置に最大 30 台程度の端末を接続。集線装置は 10 BASE 5 や 10 BASE 2 で外部へ接続。

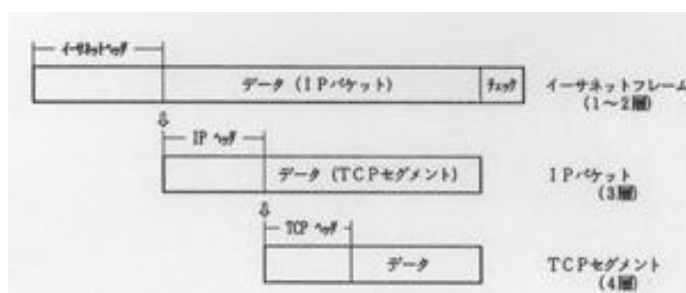


送受信データ内に見る OSI 階層構造

前節の OSI の参照モデルの所でプロトコルは幾つかの機能階層で構成されるという説明をしました。そして TCP/IP プロトコルでは 4 層ないし 5 層に分けられるという説明をしました。その一番分かり易い例がイーサネット上でのデータの階層です。

図 1 が示すようにイーサネット上を流れる「イーサネットフレーム」の中には「IP パケット」が含まれ、IP パケットの中には「TCP セグメント」が含まれるというような階層構造を取っています。そして、イーサネットフレームが OSI の参照モデルで言う所の 1 ～ 2 層(物理層、データリンク層)、IP パケットが 3 層(ネットワーク層)、TCP セグメントが 4 層(トランスポート層)で見た時のデータの形式に当たり、コンピュータとコンピュータが通信する時には、これらの各層を通して互いにやり取りが行われます。

図 1 TCP/IP データの階層構造



イーサネットフレームの構造

それではイーサネットフレームの内容をもう少し詳しく見てみましょう。

図 2 がその詳細図です。イーサネットフレームの先頭には 8 バイトの端末間で通信の同期を取るためのプリアンプルがあり、次に宛先 Mac アドレス、送信元 Mac アドレス、プロトコルタイプ、そして、データ(即ち IP パケット)、そして最後に伝送エラーチェックのためのシーケンスが含まれています。

この中でプロトコルタイプはデータ部分に含まれるプロトコルのタイプを示し、たとえば、TCP/IP では X'0800'や X'0806'の値が、Apple Talk の時は X'809B'や X'80F3' の値が入っています。

次に、Mac アドレスはハードウェアアドレスやイーサネットアドレスとも言い、アドレスはコンピュータや端末、LAN 接続のためのボードなどが製造メーカーから出荷される時にあらかじめ付けられ、

決して重複しない固有の値を持ちます。ただし、相手 Mac アドレスとしてすべてのビットが 1 (X'FFFFFFFF')を指定した時は特別な意味を持ち、LAN 上に接続される全ての機器に対して送信したい時、すなわちブロードキャストを示します。

※MAC アドレスは、次のように定義されるアドレスです。

ベンダー識別子(OUI)			各ベンダーが管理するアドレス		
第 1 オクテット	第 2 オクテット	第 3 オクテット	第 4 オクテット	第 5 オクテット	第 6 オクテット

最初の 24bit 分が、ベンダーコードで、「00:00:0C」なら Cisco、「00:00:39」なら東芝、を表し、IEEE で管理されています。残りの 24bit 分は、重複さえしなければ、ベンダーが任意に付けることができます。

IP アドレスと同様に MAC アドレスでも、予約されている番号があります。ブロードキャストアドレスとマルチキャストアドレスです。ここでは、ブロードキャストアドレスについて説明してゆきます。

48bit の全てのビットが「1」の「FF:FF:FF:FF:FF:FF」というアドレスは、ブロードキャストアドレスとして予約されています。

「FF:FF:FF:FF:FF:FF」のブロードキャストアドレスは、データリンク層レベルで、全ての宛先を意味し、このアドレスを宛先とするフレームは、ルータによって区切られるブロードキャストドメイン内の全ての端末に届きます。

ARP などのブロードキャストドメイン内の全ての端末と、通信を行いたい場合に、このブロードキャストアドレスが使用されます。

図 2 イーサネットフレームの形式



1. プリアンブル : ハードウェアの同期を取るための信号
2. プロトコルタイプ : 使用しているプロトコル

X' 0000' ~ X' 05FF'	IEEE802.3 形式フレーム
X' 0800'、X' 0806'	TCP/IP
X' 8137'、X' 8138'	NetWare
X' 809B'、X' 80F3'	AppleTalk

3. 宛先・送信元 Mac アドレス：各機器につけられる固有のアドレス。オール 1 はブロードキャスト。上位 3 バイトは IEEE より割り当てられたメーカー識別番号、下位 3 バイトはメーカー内で固有番号(順番)。上位 3 バイトの値は、

X' 00000E'	富士通
X' 080020'	Sun
X' 080046'	Sony
X' 00000C'	CISCO

など。

イーサネットフレームの取り込み方法

次にイーサネット上を流れているイーサネットフレームの取り込み方について説明しましょう。

たとえば次ページ図 3 のように、一本の LAN 上に端末 A、B、C が接続され、それぞれの端末が Mac アドレス MacA、MacB、MacC を持つネットワークがあったとします。

まず、特定の端末どうして通信する場合はどのようなのでしょうか。

端末 C が端末 A に対してイーサネットフレームを送るとした場合、端末 C が送信するイーサネットフレームの宛先 Mac アドレスには MacA が、送信元 Mac アドレスには MacC が、そしてプロトコルタイプには TCP/IP を示す X'0800'が入ることになります。

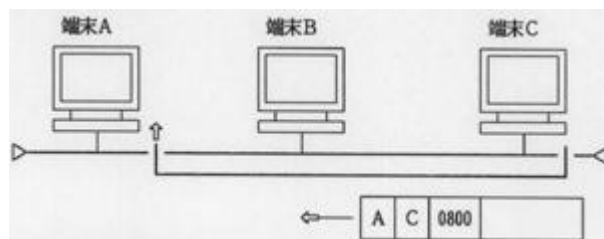
そして端末 C から送信されたフレームを端末 A は宛先 Mac アドレスが MacA のため自分宛のフレームと認識し取り込み、端末 B は自分宛でないと認識して無視します。フレームを取り込んだ端末 A はプロトコルタイプを見て TCP/IP であるため、TCP/IP の通信制御ソフトウェアにフレーム内のデータ部分、すなわち IP パケットを渡します。

次にブロードキャストの場合はどのようなのでしょうか。先程と同じように端末 C がイーサネットフレームを送信します。その時のフレームの宛先 Mac アドレスにはブロードキャストを示すオール 1 が、送信元 Mac アドレスには MacC が、プロトコルタイプには X'0800'が入ります。

次にそのフレームを端末 A も端末 B も宛先 Mac アドレスがブロードキャストのため取り込み、
プロトコルタイプを確認してから TCP/IP の通信制御ソフトウェアにデータ部分を渡します。

図 3 イーサネットフレームの取り込み方法

1. 特定の宛先の場合



(1)

端末 C が端末 A へフレームを送信

(2)

端末 A は自分宛のためフレームを取り込む

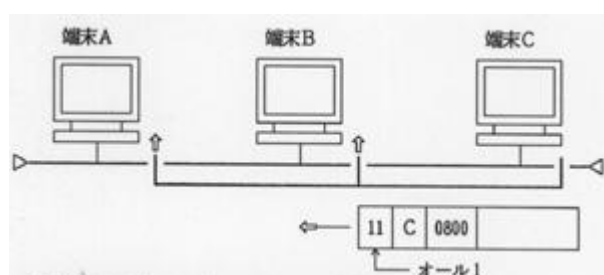
(3)

端末 A はプロトコルタイプが 'X'0800' のため TCP/IP と認識し、TCP/IP 通信プログラムにフレームを渡す

(4)

端末 B は自分宛でないためフレームを無視する

2. ブロードキャストの場合



(1)

端末 C がブロードキャストフレームを送信

(2)

端末 A、端末 B はブロードキャストのためフレームを取り込む

(3)

端末 A、端末 B はプロトコルタイプが 'X'0800' のため TCP/IP と認識し、TCP/IP 通信プログラムにフレームを渡す

IP

突然 IP という言葉が出てきましたが、IP (Internet Protocol) とは今までお話している TCP/IP プロトコルの OSI 参照モデルで言うネットワーク層に当たるプロトコルの名前です。従って IP は TCP/IP プロトコルの一部分ということになります。IP は端末から出た IP パケットを、中継装置(ルータ)を経由して相手先に届ける役目をします。

ここでは IP の機能を紹介するとともに、IP アドレスやサブネットアドレスなどと言う、お手持ちのパソコンなどを インターネットや LAN に接続する時に必要となる言葉を紹介します。

IP の特長(とにかく目的地に届けろ！)

前前節の「TCP/IP とは」の所で説明した通り、TCP/IP は元々軍のネットワークを作るためのプロトコルとして作られました。そのため、色々な面白い機能があり、かつ柔軟性に優れています。

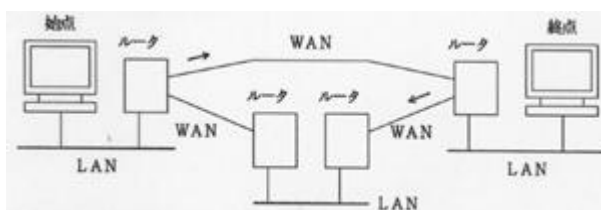
たとえば IP が担当するネットワーク層の機能においてもルーティングと言う機能があります。これは IP パケットが中継装置により中継されながら始点の端末から終点の端末まで送られる時、各中継装置で次の IP パケットの送り先を勝手に決めながら順次転送して行く機能です。

たとえば、アメリカの西海岸のロサンゼルスから中部のヒューストンを経由してワシントン DC まで行く軍用の回線が 1 回線しか無かったとしたらどうでしょう。ヒューストンにソ連の(いやロシアの)核ミサイルが落ちればロスとワシントン間の通信は途絶えます。

しかし、ロスとワシントンの間にシカゴ経由の回線がもう 1 回線あれば、ロスの中継装置はヒューストンの中継装置に何か障害が起きたのを認識し、自動的にシカゴ経由に切り換えます。このように、障害に対して柔軟な対応ができるというのも TCP/IP の特長です。

以下に IP の特長について列記します。IP の特長

1. OSI 参照モデルのネットワーク層を担当するプロトコル。
2. 中継装置(ルータ)を経由して最終目的地まで IP パケットを届ける。その時、中継装置の判断で次の IP パケットの送り先が決められる。
3. データの誤りのチェックや抜け、順番間違いのチェック、送信スピードの制御などはしない。とにかく、最終目的地までパケットを速く送り届ける。データの内容の保証はしない(データの内容の保証などはもっと上位の処理、具体的には TCP で行う)。
4. IP パケットは LAN (イーサネットなど)だけでなく、電話回線や専用回線、ISDN、無線、通信衛星などの多種多様の通信メディアを通過する。
5. 始点から最終目的地までの経路は一つとは限らない。また、行きと帰りが同じ経路を通るとも限らない、いつも同じ経路を通るとも限らない(これは中継装置の判断で経路が動的に決められるため、下図参照)。



IP アドレスとは

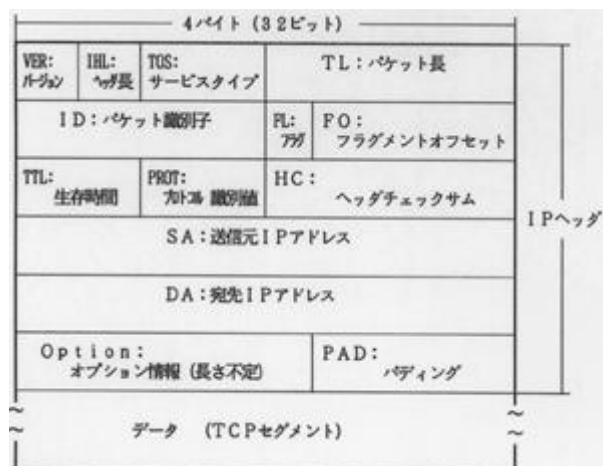
前節では Mac アドレスという、各端末固有につけるアドレスの話が出てきましたがここでは IP アドレスと言うアドレスの紹介をします。IP アドレスは Mac アドレスと同じように各端末に付けられる固有の 4 バイトの長さをもったアドレスであり、これも世界中で同じ値は存在しません。

それでは、なぜ同じ端末に Mac アドレスと IP アドレスと言う二つのアドレスが必要なのでしょう。それは、IP パケットは始点の端末から終点の端末まで中継装置を経由しながら送られると言う話をしました。また、IP パケットはイーサネットだけでなく、電話や専用線、無線などのいろいろな通信メディアを経由すると言う話もしました。

この通信メディアの中には専用線のように Mac アドレスを持たないものや電話のようにアドレスの体系が全く Mac アドレスと異なるものもあります。そこで、IP アドレスは始点と終点の端末の

アドレスを示し、**Mac アドレス**はイーサネット上だけで使われイーサネット上の相手端末(または相手となる中継装置)のアドレスを示すと考えれば良く分かります。

図 4 IP パケットの構造



1. パケット識別子：個々の IP パケットにつけられる識別子。
2. 生存時間：このパケットがネットワーク上存在してもよい時間(秒)。通常ルータを 1 台通過するたびに 1 つずつ引かれ、ゼロになったらそのパケットを捨てる。

パケットがループし最終目的地に届かなくなった場合などに捨てられるようする。この生存時間の機能を旨く使い IP パケットのルート情報を取るコマンドに traceroute コマンドがある。

3. プロトコル識別子：上位層のプロトコルタイプ番号。
 - 1(10 進): ICMP
 - 6("): TCP
 - 17("): UDP

それでは **IP アドレスの特長**を以下に示します。

1. 個々の端末(ワークステーション、パソコン等)に個々に割り振るアドレス。
2. 世界中で 1 つしか存在しない。世界的には NIC(Network Information Center)で一元管理。日本国内では JPNIC(JaPan NIC)で一元管理されている。(注:IP アドレスを表す時はアドレスの各バイトを 10 進で小数点で区切って表します)

IP アドレスの一例

- 神戸大学 : 133.30.xxx.xxx
- 大阪大学 : 133.1.xxx.xxx
- 富士通 : 164.71.xxx.xxx

3. 端末が接続されるネットワークを示す「ネットワーク部」とそのネットワーク内で端末ごとに付ける「ホスト部」とで構成される。
4. アドレスを割り振る組織の大きさによって、クラス(A～C)、および特殊クラス(D～E)がある(図 5)。(神戸大学には 133.30 から始まるクラス B のアドレスが割当てられている)



図 5 IP アドレスのクラス

ところで一つ重要な事を言い忘れました。それは IP アドレスは非常に貴重でかつ限りある資源であるということです。上記で IP アドレスは世界中で決して重複する事なく NIC によって割り当てられるといいましたが、IP アドレスは 4 バイトの値ですので世界中で 2 の 32 乗(約 42 億 9 千万)個しか取れません、そのうち、たとえば上の例で出てきた神戸大学には 2 の 16 乗(6 万 5 千)個が割り当てられていますが、地球上のひとりひとりに 1 個も割り当てられないのです。

また、最近のネットワークの普及やネットワークに接続されるパソコン、ワークステーションの急激な普及により、いくら IP アドレスを節約したり、割当方法を工夫したりしても、近い将来、だいたい 2013 年ごろには完全に IP アドレスが足らなくなることが予想されています。みなさんもその事を良く理解し、必要最小限の IP アドレスを取得するように心掛けましょう。

サブネットワーク

前項の説明で IP アドレスは端末が接続されるネットワークを示す「ネットワーク部」とそのネットワーク内で端末ごとに付ける「ホスト部」で構成されるという話をしました。ここでは、一例として、実在する神戸大学のネットワークを取り上げてみます。

神戸大学にはネットワーク部が 133.30.であるクラス B の IP アドレスが 1 個割当てられているという話がありました。

ところが神戸大学内には複数の教室や事務室など、ネットワーク部を割り当てるべきネットワーク(小規模 LAN)が約 60 箇所存在します。そこで神戸大学では 16 ビットあるホスト部(65,536 台の端末に割り振れる)の上半分(8 ビット)をサブネットワーク部とし(こうすると 256 箇所の地区内 LAN エリアを提供できる)、大学内部では 24 ビットのネットワーク部と 8 ビットのホスト部の組み合わせで運用しています。

この、IP アドレスのうち、「ネットワーク部がどこまでを占めるのか」ということを示す値をサブネットマスクと言います。

神戸大学でのサブネットの割当

ネットワークアドレス	サブネットワークアドレス	ホストアドレス
16ビット	8ビット	8ビット

1. ネットワークアドレス

神戸大学が NIC より指定されたアドレス。→ 133.30

2. サブネットワークアドレス

各建屋に設置されているイーサネット(Lan)ごとに指定。

例 → 133. 30. 10 総合情報処理センター

133. 30. 12 自然系図書館

133. 30. 56 理学部 A 棟 (1～2 階)

など

3. サブネットマスク

どこまでがネットワーク部かを示す値、神戸大学では 255.255.255.0 を指定する。(10 進数の 255 は、2 進数にすると、11111111= 1 がネットワーク部を意味します)。

参考 HP:

http://www.istc.kobe-u.ac.jp/contents/about_istc/mage/mage24/terashima/terashima.html