



初歩のインターネット技術

《第1回 IPアドレスのしくみ》

インターネットの技術を学ぶためには、いったいどこから手をつけたいのでしょうか？ そんな質問をよくされます。コンピュータの技術者であっても、ネットワークの技術について触れてきた方はそれほど多くないと思います。この連載では、これからインターネットの技術を学ぼうという技術者の方のために、その初歩から解説することにしましょう。

はじめに

いまから2年前、「インターネット」という言葉がトレンドー雑誌にまで登場する時代がくるなどと、いったい何人の人が想像していたらう。2年前といえば、おりしも日本にも商用インターネットサービスプロバイダーを作ろうと、筆者も含めた数人の人間が夜な夜な画策していたころだ。それでもたった2年で、老若男女、道ゆく人々、猫も杓子も、みな口を揃えて「インターネット」とうそぶくような時代になってしまうなどは、誰も空想すらしていなかったのではないだろうか。

考えてみれば、当時はGopherでさえ一般的ではなかったし、いまでは一世を風靡した感のあるMosaicも、やはり始めたのはわずか1年ほど前のことだ。それまでは「世界中に電子メールを送ったり、世界中からフリーソフトウェアをダウンロードしたりできるんですよ」という、いまひとつ歯切れの悪いセールストークを口にしては門前払いをくらっていたインターネットの宣教師たちも、ほんの数か月後には「では、ちょっと気象衛星ひまわりの映像でものぞ

いてみましょうか？」と軽やかな口上とマウスさばきで、つぎつぎに人々を改宗へと導き、申込書にハンコを押していただけるようになってしまったのだ。

このように急激な普及が進んでいるなかで、大部分の読者にとってはインターネットはある日突然どこからともなく現れたもののように思えるかもしれない。しかしインターネットの歴史は意外に古く、1960年代末のアメリカ国防総省主導の分散ネットワークプロジェクト、ARPANETに源流をたどることができる。今日のインターネットの姿は、実はこのARPANETに始まる25年間の研究・実験の結晶なのだ。

インターネットを支えているTCP/IPプロトコル群と呼ばれる一連の通信プロトコルも、80年代初頭に標準化されたもので、それ以後、ネットワークの規模の拡張や時代のニーズに合わせた修正が加えられたり、新しいプロトコルが導入されたりはしているものの、基本的な部分は当時のままだといえる。

インターネットはコンピュータ間の通信ネットワークとして設計され、発展してきているので、コンピュータ上のすべての情報を扱える。過剰ともいえるインターネッ

トへの期待は、単にGopherやMosaicのようなすぐれたユーザーインターフェイスをもつアプリケーションの登場が、インターネットのもつマルチメディア情報通信媒体としての側面を鮮烈に人々に印象づけたからだ。しかし、これはインターネットというネットワーク自体がもっているポテンシャルから考えると氷山の一角を見ているにすぎない。今後さらにインターネットを活用したアプリケーションを生み出していくためには、それを支えている技術を理解しておくことが重要だ。

この連載では、インターネットの技術的な側面を理解していくために、IPアドレスとそれを使ったデータ配送のしくみとを解説していくことにしよう。

インターネット接続とIPアドレス

たとえば、あなたが偶然にも、会社のLANに接続されているイーサネットのハブに、誰も使っていないポートがあることを発見したとしよう。健全なる読者諸兄ならば「しめしめ、家に転がっているPowerBookを持ってきてつなげてやろう」と思うはずだ。もちろん、インターネットマガジ

ン創刊号で紹介されていたwww.cnam.frに上司の目を盗んでアクセスするためだ。会社のLANがI*J社のインターネット接続サービスに加入していることもすでに調査済みだ。ソフトウェアはどうする？大丈夫、創刊号のCD-ROMに何だかいろいろ楽しそうなものが入っているではないか。会社のマッキントッシュにはCD-ROMドライブがついているから、そこでフロッピーディスクに落として使えばいいはず。ぬかりはない。決行はまだ誰も出勤していない明朝午前7時。今夜は眠れそうもない！.....。

ところで、何か大事なことを忘れてないだろうか？ そう、インターネット上で通信を行うホストには、かならずついているIPアドレスのことを忘れていた。

IPアドレスとは、インターネット上のホストを識別するためのIDのようなもので、そのホストがインターネット上で接続されている場所を示す住所のようなものだ。2つのホストが、互いのIPアドレスを知らなければ相互に通信はできない。これはちょうど互いの住所を知らなければ手紙のやりとりができないのと同じだ。

現在、インターネットで使われているIPアドレスは、32ビット（4オクテットともいう。通信の世界では8ビットの数値のことをオクテットと呼ぶ）の数値により表現する。アドレスの表記は、図1に示すように各オクテットを10進表記したものを「.」（ピリオド）で区切って並べる。図1にある「192.244.176.50」というアドレスをもつホストは、世界中で1台しかなく、このアドレスを指定すれば間違いなく目的のホストにアクセスできるのだ。

インターネット上のすべてのホストには、この32ビットのIPアドレスが割り振られていて、通信をする双方のホストのアドレス

が決まると、図2に示すようにインターネットを經由して、双方向にデータを送れるようになる。

それでは、インターネット上での通信の基本ともいべき「IPアドレス」のもつ意味について詳しく解説していこう。

インターネットの構造とIPアドレスの構造

32ビットで表現できる数値（IPアドレス）は約42億通りある。しかし、これは単純に「0.0.0.0」から「255.255.255.255」まで、順番に割り当てられているわけではない。IPアドレスの構造とその割り振られ方は、実はインターネット自体の構造を反映しているのだ。

インターネットは、その名前が表してい

るように、ネットワークが相互に接続されてできあがったネットワークだ。概念的には図3のように、いくつかのネットワークがルータを介して相互に接続されたものだ。インターネット上の各ホストは、インターネットを構成しているネットワークのいずれかに属している。図3ではホスト1はネットワークAに属していて、ホスト2はネットワークBに属している。雲の絵で表されている各ネットワークは、それぞれ大学や企業などのユーザー組織や、組織間の接続を提供するネットワークサービスプロバイダーのネットワークを表している。これらのネットワークの内部も、実は同様な構造をしていて、図4のように、イーサネットやFDDIなどのいくつかの物理ネットワークがルータを介して相互に接続された構成にな

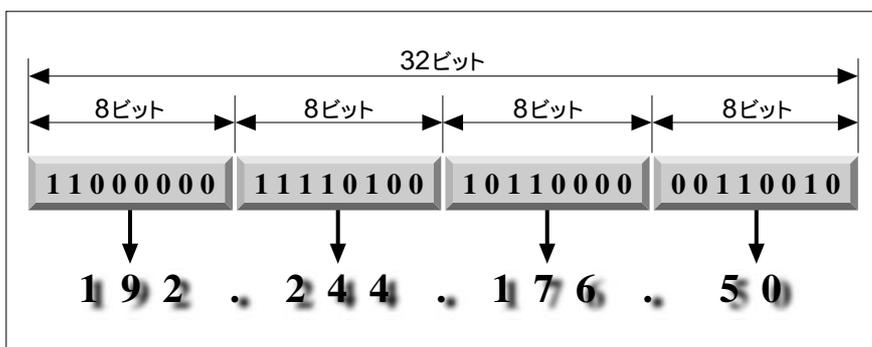


図1 IPアドレス

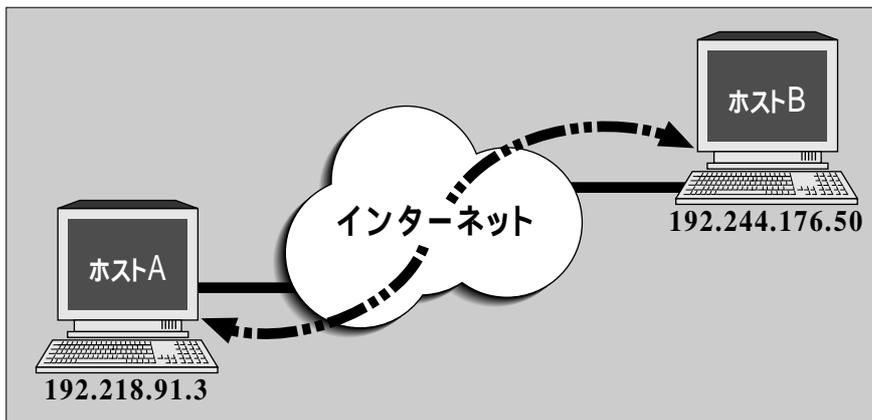


図2 インターネット上での通信

っていて、個々のホストはいずれかの物理ネットワークに接続されている。

32ビットのIPアドレスも、このネットワークの構造を反映して図5のようにネットワーク部、サブネット部、ホスト部の各部分に分けられる。

ネットワーク部は、1つの組織のネットワーク全体を表している。つまり、ある組織に属するすべてのホストに割り当てられているIPアドレスは、すべて同じネットワーク部をもつことになる。サブネット部は1つの組織の中の個々の物理ネットワーク（厳密にいうと物理ネットワークとサブネットとは、かならずしも一対一には対応しない。サブネットとは、ルータを介さずに接続されている1つの閉じたネットワークのことで、1つのイーサネットセグメントや、FDDIのリングで構成されている場合が多いが、複

数のイーサネットセグメントがブリッジやリピータで接続されて1つのサブネットを構成しているような場合もある）を表している。同じサブネットに属しているホストはすべて同じネットワーク部とサブネット部をもっている。ホスト部は、1つのサブネット内部に接続されている個々のホストを表す。

ネットワーク部に何ビット使うかは、そのネットワークのサブネットの数と、そのネットワークに接続されるホストの総数によって決めることができる。また、サブネット部に何ビットを使うかは、そのサブネット内に接続されるホストの数で決めることができる。特に1つのネットワーク内で使うサブネット部の長さは固定する必要はなく、サブネット間で重複がなければ、各サブネットの規模に応じて自由に設定できる（ただし、1つのネットワークアドレス内で、

異なる長さのサブネットを使えない機器もあるので注意が必要。また、サブネット部のすべてのビットが0だったり、すべてのビットが1だったりするサブネットを扱えない機器もあるので、こちらにも要注意）。

たとえば、ある組織が24ビットのネットワーク部をもつアドレス「192.244.176/24」をもっているとする。ここで末尾につけた「/24」は、有効なビット数を表す表記法だ。この組織では、5つのサブネットが必要で、それぞれのサブネットには、40台、50台、20台、23台のホストが接続されるものとする。

この場合、図6のようなサブネット部のとりかたができる。この例では、サブネット1～5では、それぞれ62台、62台、62台、30台、30台のホストを収容できるので、無事に要求を満たせる。

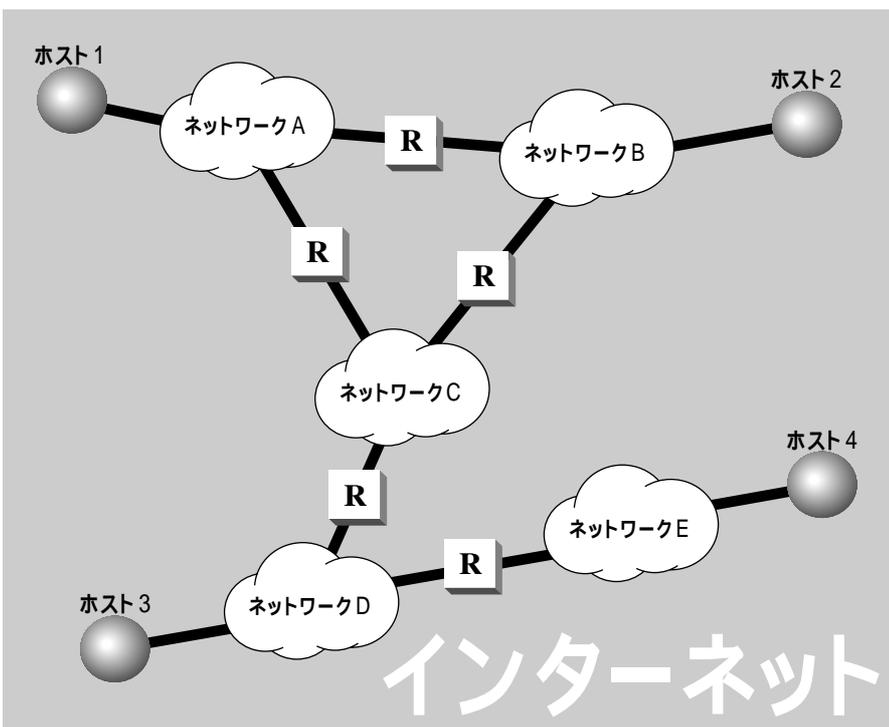


図3 インターネットの構造（図中のRはルータを示す）

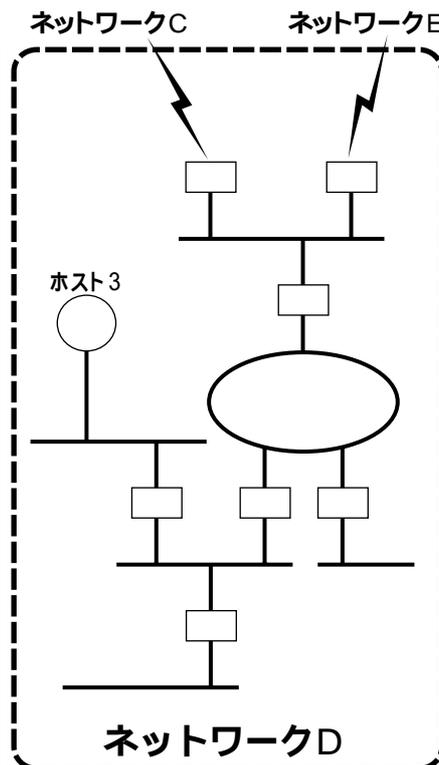


図4 ネットワークDの内部

ところで、サブネット1~3で収容できるホストの数が64台ではなく62台になり、サブネット4~5で収容できるホスト数が32台ではなく30台になることに疑問を感じた読者もいるだろう。それは、ホスト部のすべてのビットが0であるアドレスは、そのサブネット全体を表し、またすべてのビットが1であるアドレスは、そのサブネット上のすべてのホストを表す（ブロードキャストアドレス）ものとして使われるので、ホストには割り当てることができないからだ。

このように、インターネットに機器を接続する際のIPアドレスは、その機器を接続しようとしている物理ネットワークによってほぼ決まっているといつてよい。その物理ネットワークが、どの組織のネットワークの、どのサブネットを構成しているものかによって、ネットワーク部、サブネット部は決まってしまう。あとは、そのサブネット上に接続されている他の機器と重複しないようなホスト部を選んでつけねばよい。

それでは、結局明日持ってこようと思っているPowerBookには、どのIPアドレスをつければいいかって？ そんなことは私に聞かないで、そのサブネットを担当している管理者に相談してください。)

アドレスクラスとCIDR

これまで、IPアドレスのネットワーク部を何ビットにするかは自由に決められるかのように書いた。しかし歴史的には図7のように、ネットワーク部の境界はオクテットの境界に固定されていた。各組織には、それぞれのもつネットワークの規模に応じて、クラスA、クラスB、クラスCという3つのクラスのどれかに属するネットワーク部が割り当てられ、それ以降の部分をも



図5 IPアドレスの構造

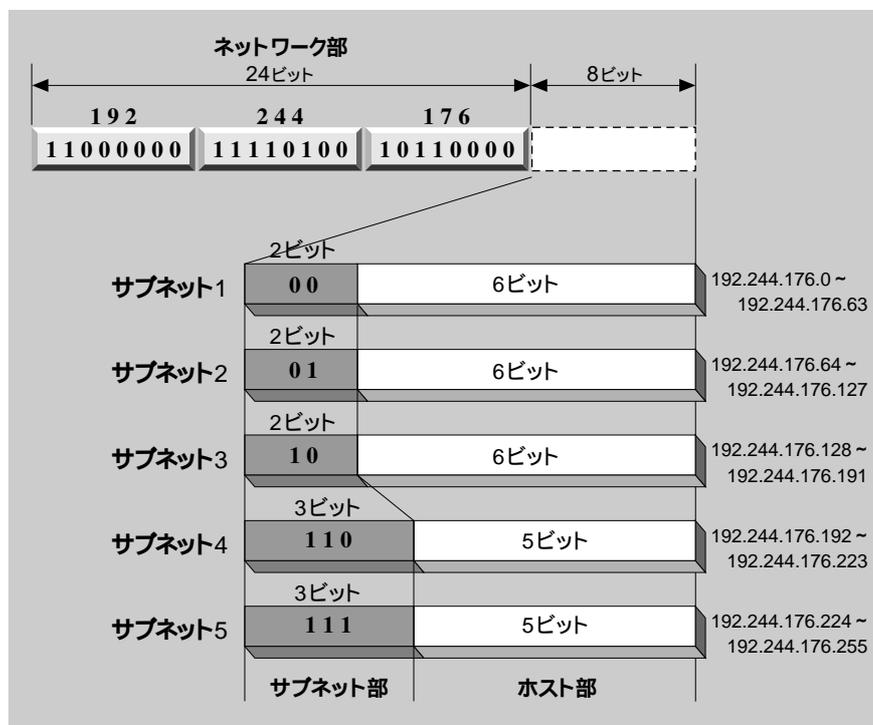


図6 サブネットの例

のように使うかは各組織に委ねられていた。

クラスAのアドレスは、サブネット部とホスト部あわせて24ビット分を使え、最大で1,677,214台のホストを1つのネットワークに接続できる。同様にクラスB、クラスCのアドレスは、それぞれ最大で6万5534台、254台のホストを1つのネットワークに接続できる。図7のクラスDのアドレスはマルチキャストアドレスと呼ばれるもので、他のクラスのアドレスとは性格が異なるので、ここでは割愛する。

さて、このネットワーク部の境界をオクテットの境界に固定した3つのクラスによるIPアドレスの割り当ては、インターネット

に接続される組織の数が爆発的に増加したことで、近い将来、つぎのような問題を引き起こすことが予想されている。

クラスBのアドレス空間の枯渇
ルータのルーティングテーブルのエントリー数の爆発的増大
32ビットのIPアドレス空間そのものの枯渇

の問題は、クラスCで使える254個のホストアドレスでは足りないが、クラスBで使える6万5534個のホストアドレスでは多すぎるという、比較的中規模のネットワークをもつ組織に適切なアドレスクラスがなかったために発生した問題だ。

これまででは、そのような組織には複数のクラスCを割り当てるよりも、少々無駄があってもクラスBを1つ割り当て、それを組織の内部でサブネット化して使うことが推奨されていた。この結果、クラスC1つでは足りない組織にはすべてクラスBが割り当てられ、クラスBのアドレス自体が不足するという状況を生み出した。

さらに、それらのほとんどの組織では、クラスBのアドレスで表現できるアドレス空間の大半が未使用のままになる。たとえばホストが500台しかない組織にクラスBのアドレスが割り当てられた場合には、6万5034個分のIPアドレスが無駄になったことになるのだ。これにより、この問題が促進される結果になる。この問題についての解説は、次回のルーティングの解説に譲る。

この問題は、インターネットに接続される組織が増大し、IPアドレスの必要な機器の絶対数が増加すれば、いつかは起こる問題だ。これに対する根本的な解決は、現在の32ビットのアドレス空間を使うIP自体を修正し、より大きなアドレス空間を採用した新しいIPを定義する以外に方法はない。これはこれで検討するとして、新しいIPの設計、実装、移行が完了するまでの間は、なんとか現在のアドレス空間をより有効に使ってほしいといくしかない。

そこで、従来のアドレスクラスに即したアドレスの割り当てをやめ、組織に割り当てられるアドレスのネットワーク部の境界をビット単位で選べるような方式へと徐々に移行が始められたのだ。この新しい方式は「CIDR (Classless Inter-Domain Routing)」と呼ばれ、次回に解説するIPのデータの配送の仕組みにも大きく関係する。

CIDRでは、まずクラスBとクラスCの間の境界を取り払うことから始められた。つまりクラスCを超えるアドレスが必要な組

織にクラスBを割り当てるのをやめ、その代わりにネットワーク部の境界が16ビットから24ビットの間になるような複数のクラスCの割り当てをするわけだ。たとえばホストを1000台持つ組織に対しては、数的にはクラスCのアドレスが4つあれば足りるが、その4つのクラスCアドレスを選ぶときに、うまくネットワーク部が22ビットになるように選んでやるのだ。

この4つのクラスCの組み合わせの1つの例としては「192.244.180.0」から「192.244.183.0」までの連続した4つが考えられる。この場合、古いアドレスクラスに即した考え方では4つのクラスCのアドレスが割り当てられたことになるが、CIDRの考え方では192.244.180/22という1つのネ

ットワークアドレスが割り当てられたと考えるのだ(図8)。

このように複数のクラスCをうまく選んでやることで、16ビットから24ビットの間にネットワーク部の境界を設定できる。このやり方で従来のクラスCのアドレス空間を使い尽くしてしまった場合には、クラスAの適当なサブネットを組織に対して割り当てることも考えられている。

今回はCIDRのアドレスの割り当て方式という側面だけを解説したが、次回はCIDRのもう1つの側面である経路制御方式についても解説する。

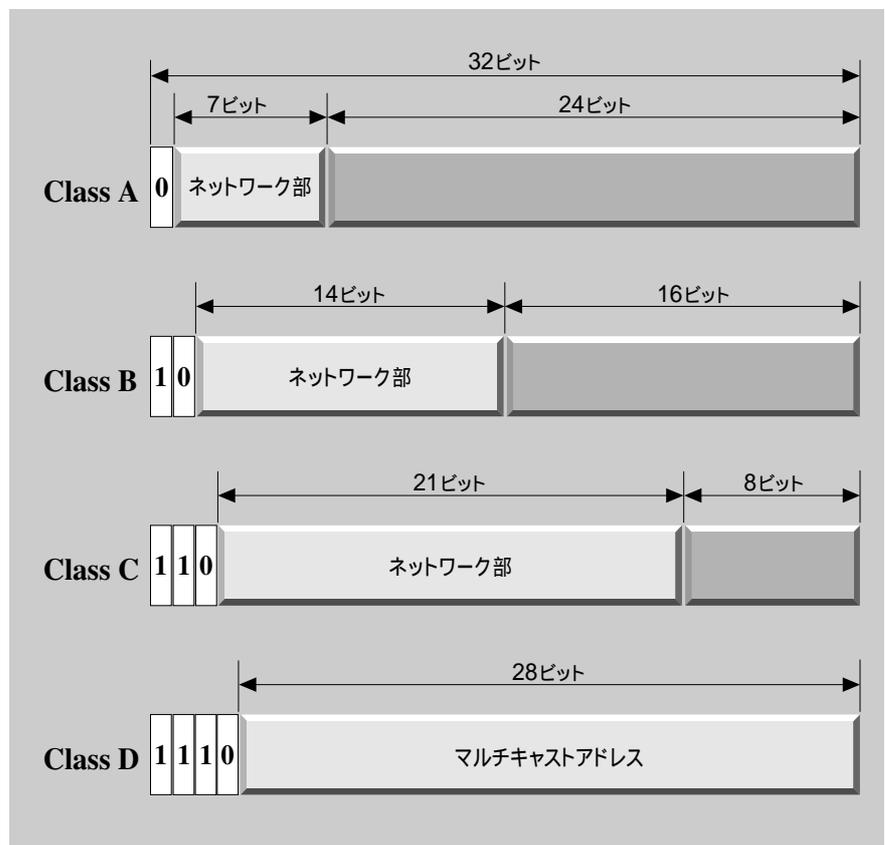


図7 アドレスクラス

アドレスの管理

これまでIPアドレスを「割り当てる」という表現を使ってきたが、いったい「誰が」割り当てるのだろうか。

インターネットに接続されるすべての機器にはIPアドレスが必要になるということは、すでに説明したが、重要なのは、複数の機器で同一のIPアドレスを使ってはならないということだ。またネットワーク機器につけられるIPアドレスは、その機器が所属するネットワークによって決められることもすでに説明した。つまり誰かが32ビットのIPアドレス全体を管理し、重複のないように各組織にネットワークアドレスを割り当てれば、重複なくIPアドレスを使える。もちろん、ネットワークアドレスの割り当てを受けた組織内で重複することなく、ネットワーク機器にアドレスを割り振っていかねばいけぬことはいうまでもない。

IANA (Internet Assigned Number Authority) という ISOC (Internet Society) の下部組織が、インターネット上で使われるさまざまな番号の管理を行っている。これらの番号のうち特にIPアドレスに関しては、IANAの下部組織であるNIC (Network Information Center) が実際のIPアドレスの割り当て作業や管理を行っている。日本にはJPNIC (Japan Network Information Center) という組織があり、日本国内で使うIPアドレスやドメイン名の割り当てを行っている。

最近ではCIDRの一環として、インターネットへの接続サービスを行うネットワークサービスプロバイダーの一部が、そのユーザーに対するアドレスの割り当てをJPNICから委任を受けて行っている。このようなネットワークサービスプロバイダーが、ユーザー組織に対してIPアドレスの割

り当てを行うことの意味については、次回により詳しく解説しようと思う。ここでは、今後インターネットに接続して新たにIPアドレスの割り当てを受けようとした場合には、どのインターネットサービスプロバイダーに接続されているかによって、割り当てられるIPアドレスが決まるようになる、とだけいっておこう。これはちょうど住んでいる場所によって住所が決まるのと同じことだ。これまでNICは、どのサービスプロバイダーに接続されているかとは関係なくアドレスの割り当てを行ってきた。しかしよく考えてみると、これは住んでいる場所に関係なく住所が割り振られているようなもので、たとえば、私の家の住所が東京都千代田区三番町なのに、隣の家の人の住所が京都市左京区田中春菜町であるようなものだ。こんな住所の割り振られ方がされて

いたとしたら、郵便のシステムはいまより何倍も複雑なものになってしまうことは簡単に想像できる。現在のインターネットの場合には、物理的な場所ではなく、どのネットワークサービスプロバイダーを選ぶかということが、インターネット上のどこに住むかということに相当しているのだ。住む場所が変われば住所に相当するIPアドレスが変わることも自然なことではないだろうか？

おわりに

今回はインターネット上でのすべての通信の基本ともいえるIPアドレスの意味について解説した。今回はこのIPアドレスを使って、どのようにして通信をしたい相手にまでデータが届けられるのか、その仕組みについて解説する予定だ。

クラスCアドレス	2進数表記			
192.244.180.0	11000000	11110100	10110100	00000000
192.244.181.0	11000000	11110100	10110101	00000000
192.244.182.0	11000000	11110100	10110110	00000000
192.244.183.0	11000000	11110100	10110111	00000000

← 先頭22ビットが共通 →

新しい表現

192.244.180/22

図8 CIDRによるアドレスの割り当て



[インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ] ご利用上の注意

このPDFファイルは、株式会社インプレスR&D(株式会社インプレスから分割)が1994年～2006年まで発行した月刊誌『インターネットマガジン』の誌面をPDF化し、「インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ」として以下のウェブサイト「All-in-One INTERNET magazine 2.0」で公開しているものです。

<http://i.impressRD.jp/bn>

このファイルをご利用いただくにあたり、下記の注意事項を必ずお読みください。

- 記載されている内容(技術解説、URL、団体・企業名、商品名、価格、プレゼント募集、アンケートなど)は発行当時のものです。
- 収録されている内容は著作権法上の保護を受けています。著作権はそれぞれの記事の著作者(執筆者、写真の撮影者、イラストの作成者、編集部など)が保持しています。
- 著作者から許諾が得られなかった著作物は収録されていない場合があります。
- このファイルやその内容を改変したり、商用を目的として再利用することはできません。あくまで個人や企業の非商用利用での閲覧、複製、送信に限られます。
- 収録されている内容を何らかの媒体に引用としてご利用する際は、出典として媒体名および月号、該当ページ番号、発行元(株式会社インプレス R&D)、コピーライトなどの情報をご明記ください。
- オリジナルの雑誌の発行時点では、株式会社インプレス R&D(当時は株式会社インプレス)と著作権者は内容が正確なものであるように最大限に努めましたが、すべての情報が完全に正確であることは保証できません。このファイルの内容に起因する直接のおよび間接的な損害に対して、一切の責任を負いません。お客様個人の責任においてご利用ください。

このファイルに関するお問い合わせ先

株式会社インプレスR&D

All-in-One INTERNET magazine 編集部

im-info@impress.co.jp