

インターネットのマネジメント

中山 雅哉

1. はじめに

インターネットと日本語で表現する言葉は、広義には、大学や研究所のLAN (Local Area Network) を相互に接続したLAN間接続網のことを指し、“ネットワークのネットワーク”や“メタネットワーク”と表現されることもある。これに対して狭義には、組織内LANの多くで用いられているTCP/IP (Transfer Control Protocol/Internet Protocol) のプロトコルを用いて組織間を相互に接続した世界規模のネットワークを指すこともある。英語では、前者を“an internet”, 後者を大文字のIで始まるInternet (または, “The Internet”) と言って識別することが多い。いずれの表現を用いるにせよ、インターネットは、LANやWAN (Wide Area Network) の集合体として形成されるものであり、どこかの管理組織によって全体が運営される網とはならない。本稿では、インターネットを後者の意味として取り上げて、その現状を概説し、インターネットに関連する幾つかの管理方法についてまとめる。

2. インターネットの現状

2.1 米国でのインターネットの歴史

現在のインターネットは、米国で1969年に構築されたARPANETに由来すると言われている [1, 2, 3]。ARPANETは、米国国防総省 (DoD: Department of Defence) のARPA (Advanced Research Projects Agency) により構築された実験用パケット交換ネットワークで、この上でTCP/IPプロトコルの開発が行なわれた。その後、ARPAはDARPA (Defenced Advanced Research Project Agency) と

名称を変え、1983年にはARPANET自身が、実験用のARPANETと軍関係の実務に供するMILNETに分離されることになり、前者がInternetの中核の一部として歩み出すことになる。

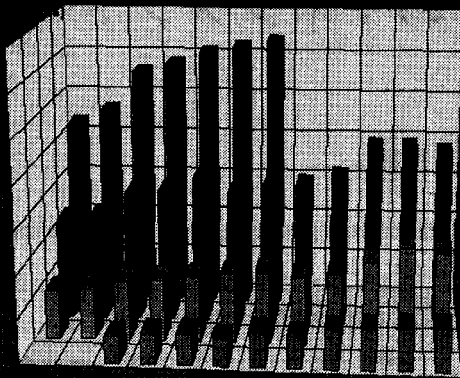
そして、1985年に米国科学財団 (NSF: National Science Foundation) が6つのスーパーコンピュータセンターを結ぶためのネットワークの構築を始め、1986年からNSFNETとして構成されるようになった。このネットワークはARPANETとも相互接続することができるようになっており、バックボーンネットワーク、中間レベルネットワーク、キャンパスネットワークの3階層の構造で構成されている。バックボーンネットワークの速度も当初は、56 Kbpsであったが、1988年7月より1.5 Mbpsに、1992年12月には45 Mbpsへと増強され現在に至っている。

図1¹には、1991年3月からのNSFNETバックボーン利用統計が示されているが、バックボーンが増強されると同時にトラフィックが一段と増加する傾向にあることがわかる。このように、高速なバックボーンとして機能するNSFNETの出現により、ARPANETはその使命を終え1990年6月に公式に解散された。そして、現在は、NII (Network Information Infrastructure) の一環として、NREN (National Research and Education Network) の計画が進められており、Gbps程度の速度のバックボーン構築が検討されている。

さらに、1989年頃からは、商用のネットワークサービスプロバイダ (NSP: Network Service Provider) が台頭することになる。NSFNETでは、「原則として、米国の研究機関と開放的学術通信と研究を約束した営利企業の研究機関の間で、開放的な研究と教育を

¹各図は、ftp://ftp.isoc.org/isoc/chartsより入手することができる。著者は、Rutkowski氏。

Traffic on the NSFNet Backbone



Copyright © 1991 A.M. Rutkowski & Internet Society

図1 NSFNET 利用統計 (traffic-gifs/nsfnet.gif)

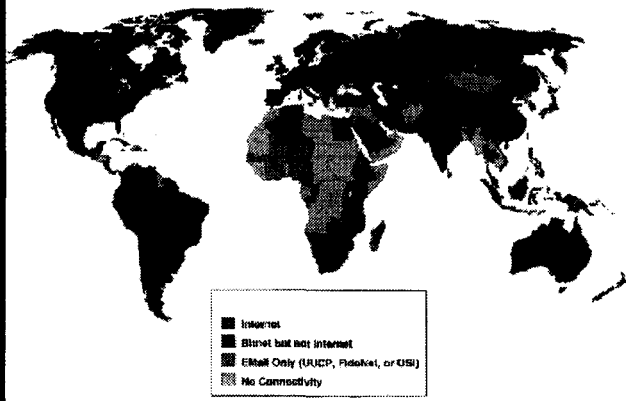
サポートするために提供され、他の目的での使用は許容可能ではない」とする AUP (Acceptable Use Policy) が定まっているのに対して、商用 NSP にはこの制限がなく、営利目的での活動等にもネットワークを利用することができる。このため、企業を中心としてインターネットへの接続が急速に増加することになり、現在に至っている。

2.2 世界におけるインターネットの広がり

前節で述べたように当初は、米国で始められた実験研究ネットワークも次第に世界中へと広がるようになってきており、現在では図2に示すように75カ国がIPのプロトコルにより接続されている。

Global Internet Connectivity

Version 11 - 11 July 1994



Copyright © 1991 A.M. Rutkowski & Internet Society

図2 Internet への接続状況 (connectivity-gifs/map.gif)

2.3 国内インターネットの現状

国内におけるインターネットの構築は、1987年頃から実験的に始められるようになってきた。1988年のWIDE[4]、1989年のTISN [5]、JAIN [6]等がこれにあたる。TISNは理学関係の研究利用に供する運用ネットワークとして発足したが、それ以外は、研究目的の実験運用ネットワークとして位置づけられている。

また、1992年頃からは、学術情報センターによるSINET、日本BITNET協会によるJOINや、日本各地の地域ネットワーク等、運用ベースの組織によるインターネットの構築が進められるようになってきた。

そして、1993年に入ると米国に遅れること約4年でIIJ、Spinといった商用NSPによるインターネットの構築が始まり、国内でもAUP制限のないインターネットが展開されるようになり、現在に至っている。

3. インターネットにおけるアドレス管理について

TCP/IPのプロトコルによるネットワークでは、4オクテット (=32 bit) から成るIPアドレスを用いることで、ネットワークに接続されている計算機同志をお互いに識別する方法が取られており、各アプリケーションプログラムは、このアドレスをもとにして計算機間での通信を行なっている。このため、IPアドレスは、電話網における電話番号や郵便システムにおける住所と同様に、TCP/IPネットワークに接続されているすべての計算機を一意に識別できるように割当て管理する必要がある。

組織内LANのように、管理を行なっている者が全体を見渡すことができる規模のネットワークでこの一意性を保証するには、たとえば、130.69.0.0で識別されるネットワークのIPアドレスを用いることで可能になる。しかし、前章で述べたように、世界中のLANを相互接続したインターネットにおいては、網全体を数人規模で把握

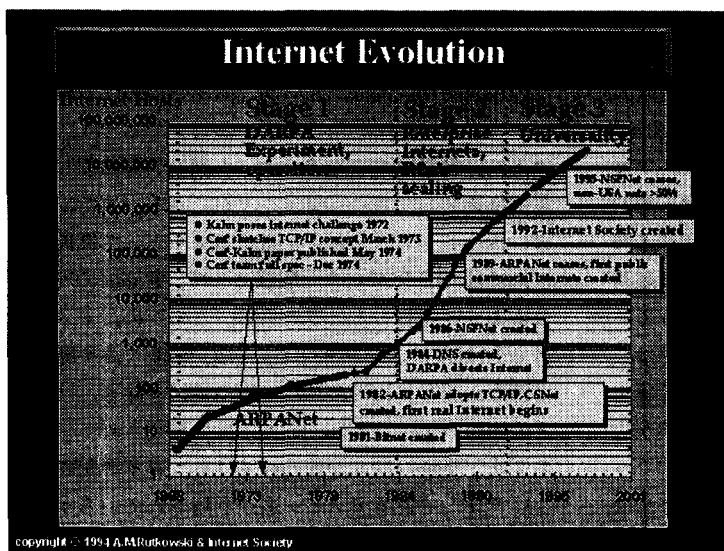


図3 Internetへの接続ホスト数 (history-gifs/timeline.gif)

することは困難であり、インターネット中に置かれる計算機のIPアドレスの一意性を保証するためには、世界規模での協調作業が必要となる。すなわち、例に示した130.69.0.0で識別されるネットワークが他のどの国でも利用されていないことが保証されていないと、簡単に組織内LANでも使用することができない。

そこで、古くからインターネットでは、IANA(Internet Assigned Numbers Authority)と呼ばれる機関によりインターネットで用いられる各種の番号についての調整が行われてきた。実際にIPアドレスの割当業務を行なっているのは、NIC(Network Information Center)と呼ばれる機関であり、現在はInterNICがその代表的役割を担っている。

代表的と言うのは、現在のインターネットは図2に示したように世界中に広がっているため、すべての接続を希望する組織からの依頼が1カ所に集中する方法では、実質的に調整機構が機能しなくなってきているため、欧州地域に関するNICとして、RIPE/NCC(Reseaux IP Europeans/Network Coordination Centre)が、アジア環太平洋地域に対するNICとして、APNIC(Asia Pacific Network Information Center)がその役割を委譲されているためである。また、アジア環太平洋地域では、日本(JPNIC)、韓国(KRNIC)、オーストラリア(AUNIC)等で国内NICが設置されており、各国のIPアドレスの割当管理が委譲されている。

これらのNIC機構が整備されていることにより、インターネット内で各組織が使用するIPアドレスの国

際的な一意性が保証されることになる。現在、JPNICでは、CIDR(Classless Inter-Domain Routing)方式にもとづいてIPアドレスの割当てを行なっており、RFC1466で規定された太平洋地域ブロック(最初のオクテットが202と203のCLASS Cアドレス)から2のべき乗個単位で各組織にCLASS Cアドレスを割り当てている。CLASS Bアドレスは、大規模な組織(たとえば4,096ホスト以上で、かつ32サブネット以上)で、複数のCLASS Cアドレスでは技術的な理由からネットワークが設計でない場合に限ってInterNICから割り当てられるようになっており、JPNICは申請の中継が行なわれているに過ぎない。CLASS Aアドレスについては、IANAにより予約されており、割当ては行なわれていない。

4. インターネットへの接続と経路制御管理について

NIC機構を用いることでインターネットに接続される計算機が世界中で一意になるようにIPアドレスの割り当てを行なうことができるとは前述のとおりである。それでは、インターネットに接続された2台の計算機同志がどのようにして通信を行なうことができるのだろうか？

郵便システムでは、国名、市町村区名や番地といった階層的な配送先の区分けがなされているため、目的とする宛先に応じて何回かの分集配が繰り返されて相手先に情報が伝達する仕組みが取られている。電話網も国際コードや区域番号等を用いて系統的に通信路を確保する方法がとられている。しかし、インターネットでは、前述したCIDR方式が導入されるようになるまでは、系統的なアドレス管理の方法が取られておらず、各組織のLANでIPアドレスが必要となった時点で、そのネットワーク規模に応じて3つに分類されたIPアドレス体系(CLASS A, B, C)から順番に割り当てが行なわれており、米国の組織LANが使用するアドレスの次にアジア内の組織LANのアドレスが割り当てられる場合もあり、宛先をアドレスから系統的に経路制御することができない。このため、経路制御管理はアドレス管理とは別に、非常に重要な役割を持つことになる。

一般に、ネットワーク同志を相互接続する場合は、ルータ (Router) と呼ばれるネットワーク機器で接続されることになる。ネットワーク相互の経路制御は、ルータ内部に保持されている経路制御テーブル (Routing Table) を用いて行なうが、この経路制御テーブルをネットワーク管理者により人手で維持管理する静的経路制御方式と、ルータ装置同志が経路制御情報 (Routing Information) を交換しあって自動的に維持管理する動的経路制御方式に分類することができる。世界規模で広がっているインターネットにおいては、人手によりネットワーク全体の経路情報の維持管理を行なうことは困難であるため、動的経路制御方式が広く使われている。

しかし、大規模なネットワークを持つ組織などでは、AUP の異なる複数の NSP を経由してインターネットに接続されるケースがあり、単純に1つのネットワークがある相互接続点を介して経路制御情報がアナウンスされるわけではない。また、2つ以上の NSP が、東京と大阪のように複数の相互接続点を持つ場合には、どの経路を用いて組織間の通信を行なうかを制御する必要が生じる場合もある。このように、複雑な経路制御が必要となる場合には、NSP 間等で運用調整を行ったり技術的な検討を行なう仕組みが必要となる。このため、国際的には IEPG (Intercontinental Engineering Planning Group) が、日本国内では JEPG/IP (Japanese Engineering & Planning Group/IP) があり、その役割を担っている。これらの組織は、ネットワークの運用管理を日常的に行なっている NOC (Network Operation Center) の担当者が中心となって構成されている。

5. インターネットにおける名前管理について

IP アドレスは、インターネットに接続された計算機同志が通信するのに不可欠であることはすでに述べたとおりであるが、計算機を利用するユーザにとってみると、数字列は必ずしも覚えやすいものではなく、膨大な数の計算機を識別するのに向いた識別子であるとは言えない。これは、大規模なネットワークを有する組織などでは、複数の IP アドレスを用いて LAN 管理を行なっているケースがあり、どのネットワークセグメントに接続されている計算機かによって、異なる IP アドレスを持つことがあるからである。

このため、IP アドレスとは独立に、計算機とそのネ

ットワークインターフェースを識別するために「ドメイン名」という文字による識別子が用いられている。この代表的利用例は、インターネットにおける電子メールのアドレスに利用されていることであろう。これにより、世界中のインターネット利用者を識別して情報交換をスムーズに行なうことができる。また、インターネット上で、ドメイン名が識別子として機能するためには、IP アドレスと同様にして、世界中で一意になるように保証する必要がある。このため、ドメイン名も IANA により調整され、NIC 機構により割り当て管理が行なわれており、米国や英国を除き、ほとんどの国のドメイン名は、ISO 3166 で規定されている国名 2 文字識別コードが使われている。日本の国内では、主に「JP」で終るドメイン名が利用されているが、これは JPNIC により割り当てが行なわれている。

このように、ドメイン名と IP アドレスという2つの識別子により、インターネット上の計算機を識別させた場合、ドメイン名と IP アドレスが相互に対応づけされており、それを機械的に検索する仕組みが必要となる。これは、あるユーザーに宛てて書かれた電子メールを目的の計算機に配送する時には、その計算機の IP アドレスを知らなければ、計算機相互の通信を行なうことができないためである。インターネットに接続されている計算機の数が少ない頃は、ホストテーブルと呼ばれる表形式でこの仕組みが実現されていることがあったが、最近では、図 3 に示したように、膨大な数の計算機が接続されるようになっているため、DNS (Domain Name Server) という分散型のデータベース管理方式により実現するようになってきている。

この仕組みでは、ある特定のドメイン名や IP アドレスに関する情報を個別に管理することができ、インターネットを介して他のサーバで管理している情報を検索する仕組みが用意されているため、多くのアプリケーションプログラムから利用されるようになってきた。このため、組織内 LAN の DNS に関する運用管理は、NOC 担当者が行ない、DNS の管理が行なわれている計算機に関する情報は、最終的に NIC が管理するという方法がとられている。

6. おわりに

本稿では、TCP/IP のプロトコルを用いて組織間を相互接続した世界規模のネットワークであるインターネットについて、現状の概説とそこで用いられている幾つかのネットワーク管理について紹介した。

冒頭でも述べたように、インターネットとは、どこかの管理組織により全体が運営されている網にならないため、NICのような国際的な機構のもとで調整が行なわれたり、各LANで日常の運用管理を行なうNOCの協調作業により維持されているメタネットワークとして機能しているものである。このため、本稿で特定のLAN管理に関するネットワーク管理一般については触れず、もっぱらLAN間接続を行なう場合にとられる管理の基本的な事柄についてのみまとめることとした。

しかし、IPアドレスに関する割り当て管理に関しては、現在の4オクテットのアドレスでは、世界中のホストの増加に対応するだけの空間がないことから、最近では、16オクテットからなる次世代IPアドレス(IPng)に対する検討が進められるようになってきていること。そして、近年、携帯型の計算機が盛んに製造されるようになってきているが、インターネット上では、移動するホスト局のアドレス管理や経路情報の扱いについての議論が行なわれるようになってきていること。さらに、CIDR方式の採用に伴い、オクテット単位でしか運用管理を行なうことができない現在のDNSのアドレス情報管理方式に対する解決方法について等の技術的な検討課題があるが触れることができなかった。

特に、インターネットの規模は図3にも示したように指数関数的な勢いで急速に拡大しているため、それぞれの技術的な検討課題に関しては、常にスケールラ

ブルな解決策となりうるものが必須の条件であると考えられている。詳細には触れられなかったが、現在採用されている経路制御方式は、この点に大きな問題があり、インターネットの規模拡大に伴って、ルータ機器として機能するのに要となるメモリサイズやソフトウェアの更新が頻繁に必要となる状態にあり、大きな問題となっている。これらについては、機会をかえて報告することとしたい。

参考文献

- [1] Douglas Comer, 村井, 楠本訳: “第2版 TCP/IPによるネットワーク構築 Vol. I — 原理・プロトコル・アーキテクチャー,” bit 別冊, 共立出版, (1991).
- [2] April Marine, et. al.: “INTERNET: Getting Started,” Prentice Hall, (1993).
- [3] Tracy LaQuey, Jeanne C. Ryer, 鈴木訳: “Internet ビギナーズガイド,” トッパン, (1993).
- [4] 加藤朗: “WIDE Project,” オペレーションズ・リサーチ, Vol.37, No.12, pp. 582-586, (1992).
- [5] 釜江常好, 白橋明弘: “TISN (東大国際理学ネットワーク) について,” オペレーションズ・リサーチ, Vol.37, No.12, pp.579-581, (1992).
- [6] 亀山義幸, 平原正樹: “学術研究大学間ネットワーク JAIN,” オペレーションズ・リサーチ, Vol. 37, No.12, pp. 599-602, (1992).

報文集価格表 (会員価格)

T-73-1	ネットワーク構造を有するオペレーションズ・リサーチ問題の電算機処理に関する基礎研究	1200円
T-76-1	オペレーションズ・リサーチのためのデータとプログラムに関する研究	4000円
T-77-2	環境アセスメントにおけるシステム分析手法に関する研究 — 第I編: 環境影響評価支援システムの検討— — 第II編: 空間に対する影響の評価に関する調査研究—	2000円
T-77-3	環境アセスメントにおけるシステム分析手法に関する研究 — 第III編: 米国における環境アセスメントマニュアル事例調査—	2400円
R-79-1	「ORの実践とその有効活用」視察団報告	1200円