

インターネットの現状 - 国内バックボーンネットワークの構造
 Overview of the Internet - Backbone network in Japan -

牧野 晋

Susumu Makino

makino@cc.hit-u.ac.jp

一橋大学情報処理センター

Abstract: The Internet is growing day by day. A great number of hosts are connected to the Internet and so many people make use of it. In this circumstance, various attempt of educational using the Internet is starting. As the fundamental knowledge, it will be reported in this paper the present condition of the Internet, technical background of inter-network, outlines of representative backbone network in Japan (WIDE Internet, SINET, Commercial Network, etc.) and internet exchange project of Japan. Additionally, the current topic about the connectivity on academic network and commercial network is discussed.

Keywords: Internet, Backbone Network, Academic Network, Commercial Network

1. はじめに

最近のインターネットの普及には目をみはるものがある。各種のメディアにインターネットの文字を見ないことは希であるし、企業その他の広告にホームページの URL が登場することは珍しいことではなくなった。このような状況の中で、教育現場においてもインターネットは注目され、これを教育に積極的に応用していこうという動きが始まっている。100 校プロジェクトなどによる研究成果を踏まえ、現在もさまざまな試みがなされている。

千葉県柏地域でも、このたび教育利用を主な目的として、柏インターネットユニオン (KIU) が新たに立ち上がった。

しかし、一方で、インターネットを支える基盤整備が、ユーザー数の増大やサービスの拡大などに伴うトラフィック増大に追いついていないのではないかと指摘もある。

本論では、今後、教育現場等でインターネットを活用していく上で必要となるであろう前提知識として、インターネットの現状について解説する。また、その構造や技術的背景などについてレビューするとともに、インターネットを支える基盤となっている日本のバックボーン・ネットワークについて解説する。さらに、現在のネットワーク環境がかかえる

問題点について検討を加える。

2. インターネットの現状

インターネットは急激に成長している。

インターネット白書'97 の資料によれば、1995 年から 1996 年の一年の間に、インターネットに接続された世界のホスト数は、およそ 1,600 万台を超えている ('97 年 1 月)。ここ数年の伸び率 (一年で約倍増) を想定すれば、すでに 2,000 万台以上のホストが接続されていると考えられる。なお、同時点での日本 (.JP ドメイン) のホスト数は、約 73 万台となっている (図 1)。

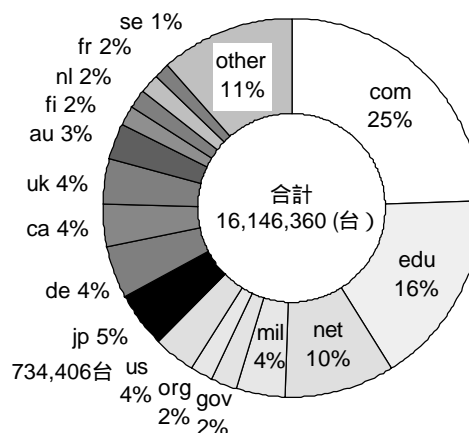


図1 インターネットのホスト数

「日本はインターネットに関して非常に遅れをとっている」という指摘を耳にすることがあるが、図1からわかるように、日本のホスト数はすでに世界第2位である。全体の約6割がアメリカに存在するわけで、インターネット超大国であるアメリカとそれ以外の国々という構図が見えてくる。

また、JPNIC (Japan Network Information Center) の調査¹によると、日本での接続ホスト数は、昨年 (1995年12月) の約3倍の71万7千台 (1996年12月) になっている。しかし、JPNICが調査に使用しているプログラムでは、DNSに登録されていないホストや、FireWallの内側にあるホストは調査できないこと、ダイヤルアップ接続のホスト数はカウントされないことなどを考慮すると、さらに多数のホストが接続されていることは間違いない。

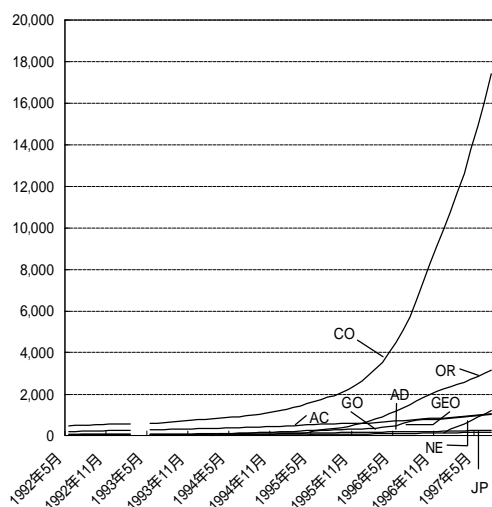


図2 接続ドメイン数の推移

ホスト数と同様に、接続する組織を示すドメインの数を見ても、その成長ぶりがうかがえる。JPNIC 発足当時 (1993年5月) の段階で、.JP 全体でも 1,049 ドメインであったドメインの割り当て数は、1997年7月現在で、24,256 ドメインに達している。この中で、実際に接続しているドメインの数は、昨年 (1996年7月) の約 2.9 倍、19,226 (1997

¹ <http://www.nic.ad.jp/jpnict/info/is.html>

年7月現在) に増えている (図2)²。

一方、インターネット利用人口も急増しており、1997年時点におけるインターネット・ユーザ数は、およそ 571.8 万人と推定されている。

1993年、わずか3社から始まった商用のインターネット・サービスを提供するプロバイダの数は、1996年12月の時点で1,538社とされている。電気通信事業法に定められている区分では、プロバイダは、自前の通信回線設備を持つ第一種電気通信事業者 (4社) そこから回線網を借りて事業を行なう特別第二種電気通信事業者 (29社) 一般第二種電気通信事業者 (1,505社) に区別される。1995年からの一年間で、約1,200社を超えるプロバイダが誕生したが、この多くは、郵政大臣への届出のみですむ、一般二種プロバイダである。

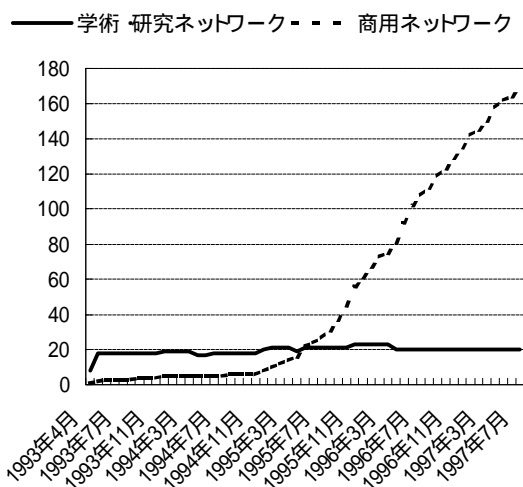


図3 学術ネットワークと商用ネットワーク

JPNIC の会員ネットワークは、学術研究ネットワークと商用ネットワークに大別されるが、JPNIC 発足時、全 10 会員のうち 9 会員は学術研究ネットワークであった。その後、1995年頃よりこの関係は逆転し、現在、学術ネットワークの会員数が 20 であるのに対し、商用ネットワークの会員数は 170 となってい

² ftp://ftp.nic.ad.jp/jpnict/statistics/Connected_Domains

る(図3、1997年7月現在)³。

地方公共団体や学校など、地域に密着した形で組織独自のドメイン名を取得したいというケースがある。この場合、従来のように、AC(研究・教育機関)、CO(会社)、AD(ネットワーク管理組織)、GO(政府関連機関)といった、従来からある属性型のドメイン名がそぐわない場合がある。このため、1994年1月より、地域ドメイン名(geographical domain)の割り当てが行われるようになった。これは、JPをトップレベルドメインとし、その下位ドメイン名として、都道府県市名(TOKYO、CHIBAなど)が来るというような構成となっている。

また、ネットワークサービスプロバイダーの増加に伴い、1996年12月より、ネットワークサービスを提供する組織用にNEドメインの割り当てが始まっている。

ドメイン名割り当てルールに関する問題点としては、現行のドメイン名割り当てルールに関することがある。現行のルールは「組織」を基本として割り当てられることになっており、1組織1ドメインといった制約がある。最近では、情報発信に商品名やサービス名などを使用して、1組織で複数のドメイン名を利用したいといった要望もあり、問題となっている。

ネットスケープ社とマイクロソフト社のブラウザ戦争にも見られるように、WWWが現在ではインターネット上の主要なアプリケーションとなっている。その急速な浸透は、「インターネット=WWW(ホームページ)」という誤った理解も生み出しているが、マルチメディアを駆使し、かつ情報発信のツールとして簡単に利用できるWWWの登場は、現在のインターネットの普及に多大な影響を与えた。さらに、Windows95にインターネットへの接続機能が標準で搭載されたこと、PPPによるダイヤルアップ接続の登場、モデムの高速化と低価格化、ISDNの普及などが、一般ユーザへのインターネット浸透に影響を与えていると考えられる。

商用ネットワークの普及には、上記の点の他に、AUP(Acceptable Use Policy)の問題があろう。日本のインターネット発展の歴史の中で、長い間、学術・研究用のネットワークがその基盤となってきた。大学などが接続しているアカデミック・ネットワークでは、現在でも「利用目的(トラフィック)は、研究・教育に限定する」というAUPで運用されており、商用ネットワークとの接続に関しては、今でも問題が多い。電子商取引(Electric Commerce)などにインターネットを利用する試みは、AUPフリーなネットワーク上でしか実現できず、このことも商用ネットワークの普及に拍車をかけている。

しかし、一方で、AUPフリーなネットワーク上で、さまざまな社会問題も発生してきている。いわゆる公序良俗に関することや、法的整備の遅れなどである。自由に情報を入力し、発信できる環境であるがゆえに、教育利用などの場合にそれが障害となる可能性がある。今後の重要な検討課題であろう。

3. インターネットとは

ARPANETに始まるインターネットの20数年の歴史の中で、特に重要だったのはTCP/IPの技術が生まれたことであろう。IP(Internet Protocol, RFC791)が生まれる以前、ネットワークは、「コンピュータとコンピュータをつなぐためのシステム」として理解されてきた。それがIPという概念のおかげで、大型計算機であろうと、パーソナルコンピュータであろうと、このIPという通信規格さえ守れば、機器の大小、能力を問わず、異機種間通信が行えることになったのである。インターネット上にはさまざまなTCP/IPプロトコル群が存在するが、インターネットはIPをベースとして成り立っていると考えてよい。

インターネットは、よく「ネットワークのネットワーク」とか「自律したLANの集合体」と表現される。インターネットに接続された組織は、それぞれ独自の管理方式・運用ルール等を持っており、互いの接続はそのルールに従って行なわれている。この

³ http://ftp.nic.ad.jp/jpnic/statistics/num_of_members

運用ポリシーが AUP である。このような自律システム (AS: Autonomous System) 同士が互いに相互接続し、インターネットが形成されている。

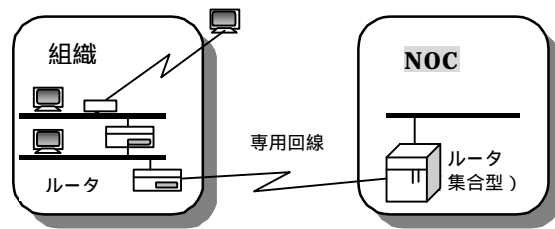
インターネットという用語は、広い意味でネットワーク同士をつないだもの (インターネットワーク) という意味で用いられてきたが、TCP/IP ベースに全世界を接続するネットワーク、固有名詞としての「The Internet」を指すものとして区別する場合もある。

4. インターネットの構成

一台のコンピュータは、一般的にはまず、Ethernet などのネットワーク・インターフェースを利用して自組織の LAN に接続したり、電話回線を利用したダイヤルアップ IP 方式などで自組織やプロバイダーの LAN に接続される。複数のコンピュータが接続された LAN ををインターネットに接続するためには、通常、高速デジタル専用線や ISDN などの通信回線を使って、どこかの NOC (Network Operation Center) まで接続するという形態がとられる (図 4)。

NOC の提供者は、WIDE のようなネットワークプロジェクト、SINET のような学術・研究ネットワーク、商用ネットワーク・サービス・プロバイダー、地域ネットワークなどである。

図 5 バックボーンの構成



広域のインターネットは、各地の NOC 間を再び専用線 (バックボーン回線) で結んでいくことで形成される (図 5)。

なお、地域ネットワーク (Regional Network) は独自のバックボーン回線は所有しないが、特定の地域に隣接する接続組織からのトラフィックを収容し、バックボーンへと中継するための、いわばハブ的な機能を果たすネットワークである。TRAIN (東京地域アカデミックネットワーク) や KIU などは、地域ネットワークの事例である。

バックボーンを持つ組織同士は、さらに相互接続され、全体として巨大なネットワークを構成している。インターネットはこのようにして構成されている。

インターネットに接続されたホストから発信されたパケットは、複数の NOC のルータを経由して、相手ホストに到達する。

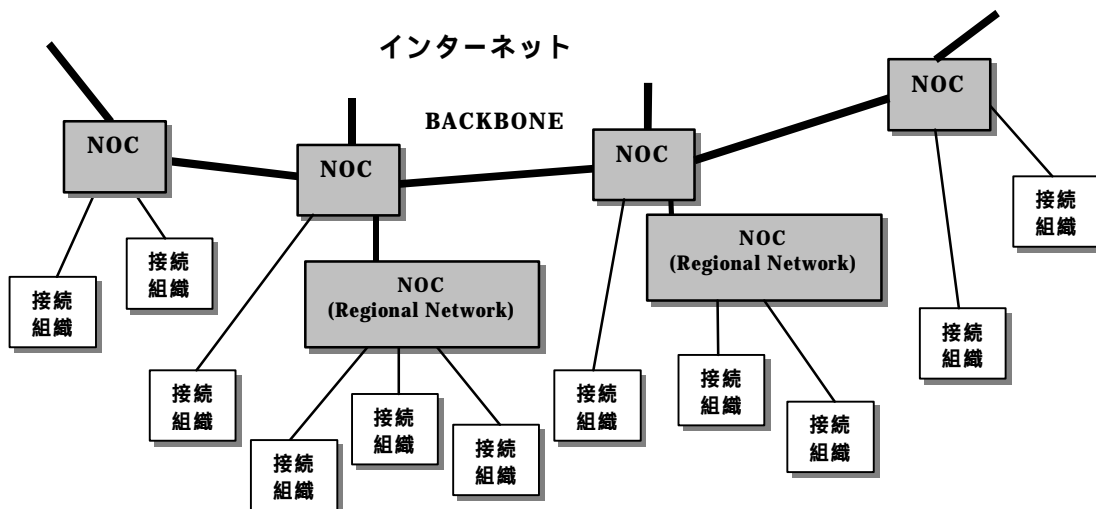


図4 NOC との接続

traceroute コマンドを使用すると、相手のホストに到達するまでの経路をある程度知ることができる。traceroute は、引数として終点のアドレスを与えることによって、そこまでの実際の経路と通過するルータの IP アドレス (DNS の逆引きに対応していれば、ドメイン名) ごとの RTT (Round Trip Time) を表示する。RTT はパケットが往復するのに必要な時間を示す。

traceroute コマンドは、Windows95 でも tracert.exe コマンドとして実装されており、MS-DOS プロンプト画面から実行できる。

traceroute は、経路の状況とネットワークの込み具合を知るために、さらにはネットワーク管理のために、非常に便利なコマンドである。

一般的に、行きと帰りの経路は同じであることが多いが、ネットワークが複雑になると経路情報によってはパケット往復の経路が異なることもある。traceroute では自ホストから相手ホストに到達するまでのルータが順次表示されるが、戻りパケットの経路までは表示されないのが注意が必要である。

なお、特定のホストに対する到達時間を知るためには、ping コマンドがある。このコマンドについても、Windows95 で、ping.exe コマンドとして実装されている。



図5 traceroute 事例

図 6 に、一橋大学内のホストから KIU の WWW サーバ (www.kiu.ad.jp) までの経路について調べた結果を例として示す。また、図 7 に、同様のホストから www.kiu.ad.jp までの ping の結果について示す。

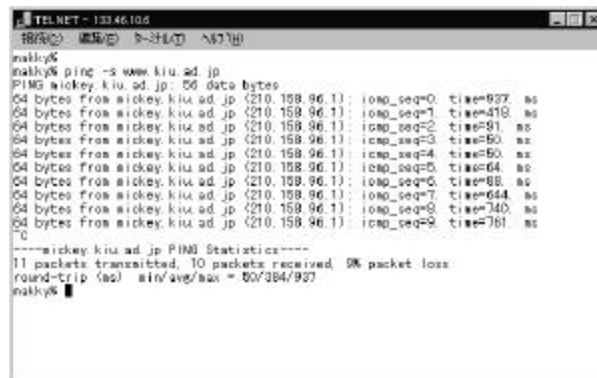


図6 ping 事例

5. 経路制御

5.1 経路制御

ネットワークとネットワークを接続するためには、ルータという装置が用いられる。これは、レイヤ 3 (IP) レベルでパケットを解析し、他のネットワークに転送する必要のないトラフィックをセグメント内に閉じ込めたり、宛先アドレスを見てデータの受け渡し先を決める (経路制御: routing) ことでトラフィックを中継する機器である。

各ルータは、届いた IP パケットを、次にどのルータに転送すればよいかといった情報を保持している。この情報のことを、ルーティングテーブルと呼ぶ。

インターネット上では、あるホストから出されたパケットは、複数のルータを経由して目的のホストまで到達する。パケットが正しく相手に到達するためにも、ルーティングが重要である。

経路制御のやり方は、大きく、スタティックルーティング (静的経路制御) とダイナミックルーティング (動的経路制御) に分けられる。

スタティックルーティングは、各ルータ上にルーティング情報を固定して設定する方法である。この方法は、ルーティング情報が不変なため、ネットワークの規模が小さいうちは確実な方法であるが、ネットワークの構成が変更されるたびに設定をマニュアルで変更せねばならず、管理が複雑になる。

一方、ダイナミックルーティングの場合は、TCP/IP プロトコル群の中のルーティングプロトコルを使用して、ルータ間で自動的にルーティング情報を交換し、ルーティングテーブルを変更・保持する。この方法は、ルーティング情報が自動的に更新されるので、ネットワークの構成変更に対して柔軟であるが、ルート情報交換のためのトラフィックが発生することになる。これは、ネットワークの構成が複雑となり、ネットワーク上を流れるルーティング情報が大量になった場合に、回線を圧迫する原因になることがある。

ダイナミックルーティングは、さらに IGP (Interior Gateway Protocols) と EGP (Exterior Gateway Protocols) に分類される。

IGPs は、主に単一の自律システム内でルーティング情報を交換するために用いられるプロトコルである。主な IGP として、RIP (Routing Information Protocol)、HELLO、IGRP (Interior Gateway Routing Protocol)、OSPF (Open Shortest Path First) などがある。これらは、一般的に、ある組織内部でのルーティングや組織と地域ネットワーク NOC との間のルーティングに使用される。

これに対して、EGPs は、自律システム間でルーティング情報を交換するためのプロトコルで、EGP (Exterior Gateway Protocol) や、EGP の拡張である BGP (Border Gateway Protocol) などがある。これらは、主にバックボーンネットワークに使用される。

5.2 マルチホーム接続

ところで、普通の組織ではインターネットへの接続は 1 ヲ所で行なっている。しかし、一部の組織では、複数箇所でインターネットに接続していることがある。このような複数箇所でインターネット接続を「マルチホーム接続」と呼ぶ。マルチホームとなる理由は複数あるが、研究ネットワークと商用ネットワークの両方に接続する必要がある場合や、複数の研究プロジェクトに参加する場合、さらにネットワークの相互接続を行なう場合などがある。

KIU では NOC において、マルチホーム接続の環境となっている。

マルチホーム接続は、注意して行なわないと、問題が発生した場合に、組織外に不要なルーティング情報がアナウンスされてしまったりして、影響がインターネット側にまで及ぶことがあるので注意が必要である。

マルチホーム接続を行なう場合には、(1)組織内のどのホストも、任意の接続点と正しく通信が可能であること (到達性)、(2)組織外から組織外への通信が、組織内を通過しないようにすること (トランジットの防止) の 2 点に注意して、ネットワークを構成し、ルーティングなどの設定を行なう必要がある。

6. バックボーン・ネットワーク

バックボーン・ネットワークとは、複数のネットワーク間を行き来するトラフィックが主に通過する、基幹ネットワークのことをいう。この意味で、バックボーンという用語は、組織内の LAN における FDDI やスイッチなどによる、高速な基幹 LAN 部分のことをさす場合にも使用されるが、ここでは、NOC 間を自前の通信回線を使って接続するような組織、あるいはそれらの組織が提供するネットワークをバックボーンと呼ぶ。

現在、バックボーンを提供する組織は、その組織が一つの自律ネットワークとして AS 番号を取得し、インターネットとの経路情報は、BGP4 などの EGP を用いて交換する方法が採られている。

以下に、日本においてバックボーンを提供する代表的な組織、バックボーン・ネットワークについて概略する。

6.1 WIDE インターネット

WIDE プロジェクトが運用する、日本最初のインターネットである。WIDE 以前、主に研究者間での電子メール交換は UUCP によって行われていた。JUNET は、そうした環境の中で生まれた日本初のコンピュータネットワークと言えるかもしれない。

1988 年、国内で初めて IP 接続によるネットワークの相互接続実験が JUNET とは独立

して開始された。当初は、慶応義塾大学、東京工業大学、東京大学の3校が64Kbpsの専用回線で接続された。これが日本のインターネットの始まりである。

WIDEは、国内では、札幌、仙台、東京、八王子、藤沢、浜松、岐阜、奈良、大阪、京都、広島、福岡の12ヶ所においてWNOCを運用し、それらの拠点として、100以上の組織との共同研究基盤を構築している。独自の国際専用回線も有し、国際的なインターネットとの相互接続を実現している。

WIDEインターネットは、WIDEプロジェクト⁴の研究活動を行なうためのテストベッドではあるが、NSPIXP (Network Service Provider Internet eXchange Project) に代表されるような、商用ネットワークや他の学術・研究ネットワークとの相互接続実験で提供される環境等、現在では、単純に利用者サイドから見れば、運用ネットワークとしても重要な位置を占めているといえる。

6.2 SINET

文部省学術情報センター⁵が提供する、学術・研究用のインターネット・バックボーンである。

TCP/IPバックボーンであるSINET以前から、学術情報センターでは、X.25パケット交換網である学術情報網を使用して、N1と呼ばれる大学間ネットワークを運用していた。これは各地の大型計算機間をネットワークで接続するものである。

文部省科学研究費総合研究で行われたJAIN (Japan Academic Inter-University Network) は、学術情報網を使用し、IP over X.25の環境を使うことで、大学間のIP接続を可能にした。JAINに参加した大学は、構築されたインターネット利用環境を使って、運用・管理についてのノウハウを習得していった。JAINの物理的な接続環境は、1993年で終了したが、研究活動はJAINコンソーシアム(JC)に引き継がれ、産学協同のオーブ

んな研究組織として受け継がれている。

SINETは、国内の主要な大学にノード(29大学)を設置し、ノード間をATMで結ぶという構成になっている。ノード間は、6Mbpsで接続されている他、一部では45Mbps、150Mbpsというさらに広い帯域幅の回線も使用されている。参加組織は、大学や研究機関などを含め、600組織を超えている。

海外との接続に関しては、アメリカ(6Mbps)、イギリス(2Mbps)への独自回線を所有している。近年のインターネット普及により、トラフィックが急増し、特にアメリカへの回線が混雑している。このため、通信の遅延が発生するなど支障をきたしていたが、1997年度後期より、45Mbpsの回線が整備されることになった。しかし、45Mbpsの国際専用線を確保するには、仮にKDDの国際回線を使用すると、回線費用だけでも月額6,500万円以上もの費用がかかる。厳しい財政事情の中、来年度以降も引き続き予算が確保されるかどうかは微妙なところである。

さらに、タイ(タイ王国人文科学学術研究ネットワーク、ThaiSarn)との間にも2Mbpsの国際通信回線が開通した。

図8にSINETのバックボーン構成⁶を示す。

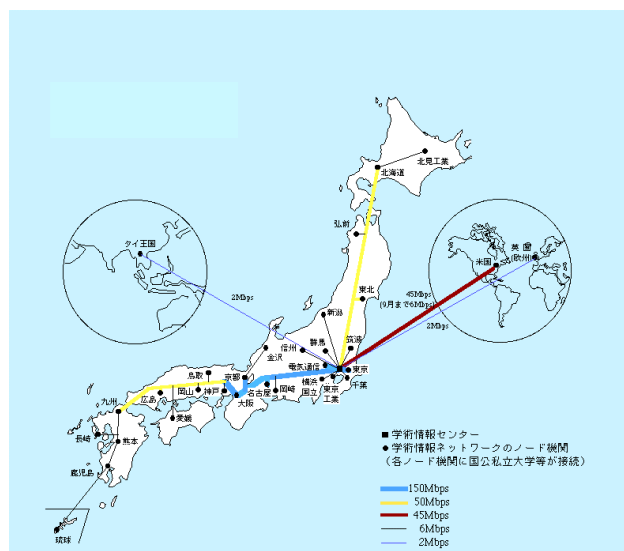


図7 SINETのバックボーン構成

⁴ <http://www.wide.ad.jp/>

⁵ <http://www.nacsis.ac.jp/>

⁶ <http://www.nacsis.ac.jp/network-j.html>

6.3 IMnet

省際ネットワーク⁷ (Inter-Ministry Research Information Network) と呼ばれるネットワークで、科学技術庁が中心となって整備しているネットワークである。1994年度予算から整備が始まり、研究情報整備・省際ネットワーク推進制度として11億円が計上されている。研究情報基盤整備の一環として、研究機関や省庁の枠を超えて、相互に研究活動を行なえるネットワーク環境の整備を目指している。

1994年から現在まで、省際ネットワークの整備・運用・構築は、研究委託機関であるNTTによって実施されてきた。ネットワークの運営に関しては、これまで科学技術庁が運用責任組織であったが、現在は、科学技術振興事業団(JST)に移行しており、国内バックボーンの構築及びネットワークの保守・運用業務全般を担当している。本格運用の開始は、1997年1月1日からである。

東京、筑波、大阪にNOCが置かれ、首都圏では、科学技術庁、運輸省、警察庁、経済企画庁、厚生省、国税庁、消防庁、郵政省、労働省、通産省などの各研究所や、地方自治体(神奈川県環境科学センター)、特殊法人、民間の研究所など、複数の組織が接続している他、WIDEやSINET、商用ネットワークなど、他のバックボーンとも相互接続されている(図9)⁸。

6.3 その他の学術・研究ネットワーク

JOINは、JOIN協会(旧日本BITNET協会)によって運用される、学術・研究ネットワークである。東京、久喜にNOCが置かれている。JOINバックボーンは、東京理科大構内に設置され、BITNETJPと相互接続している他、WIDEインターネット(6Mbps)、SINET(6Mbps)と相互接続されている。海外との接続に関しては、SINETを経由する。

また、HEPnet-J⁹(High Energy Physics network-Japan)は、高エネルギー加速器研究機構が整備するネットワークである。

6.4 商用ネットワーク

1993年、商用ネットワークがはじめて立ち上がってから、IIJ(株式会社インターネットイニシアティブ)、Spin(日本イーネヌエスAT&T株式会社:AT&T Jens)、InfoWeb(富士通株式会社)をはじめとして、各会社とも独自にバックボーンを整備に努めている。

これらは、いわゆる1次プロバイダーと呼ばれている企業である。各社とも、インターネットの普及に伴うトラフィックの増大に合わせて回線容量をアップする傾向にあるが、国内・国際のバックボーンを持ち、その回線費用を払うことが過負荷を強いられるケースもあるようである。バックボーンの構成や回線速度などが、公開されていないケースもあるが、IIJ¹⁰や東京インターネット¹¹のように、ホームページ上でネットワーク構成を公開しているところもある。

さらに、アジアインターネットホールディング株式会社のように、アジアのインターネットバックボーン(A-Bone)を構築・運営する会社も登場している(1995年11月)。現在、日本と香港、シンガポール、韓国、台湾、インドネシア、マレーシア、タイにそれぞれ回線を確保し、これまでアメリカやヨーロッパなどを回っていたトラフィックを、それらの国々へダイレクトに転送し、アジア域内の情報基盤環境を整備していこうとする動きも出

省際研究情報ネットワークの構成

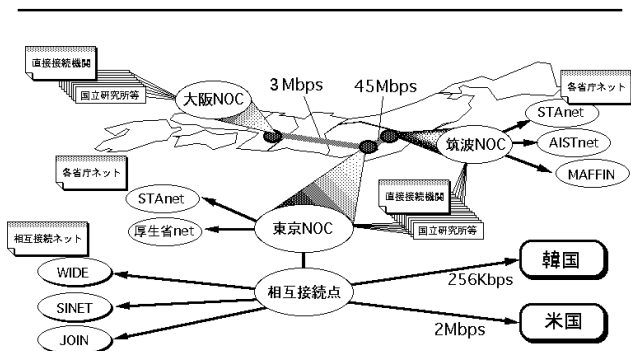


図8 IMnet のバックボーン構成

⁷ <http://www.imnet.ad.jp/>

⁸ <http://imnet.tokyo.jst.go.jp/guide/config.html>

⁹ <http://ccwww.kek.jp/kek/cc/network-j.html>

¹⁰ <http://www.ij.ad.jp/network/backbone.html>

¹¹ <http://www.tokyonet.ad.jp/news/tnnews/gradeup.html>

てきている。

一方、NTT が 1996 年 12 月より提供をはじめた OCN (Open Computer Network) は、昨年から今年にかけての話題となった。

当初、ベストエフォート型 (OCN エコノミー) として始まったこのサービスは、バックボーンとしてフレームリレー網が使用されているが、詳細なバックボーン構成やスループット¹²などの点で、まだ不透明な部分も多い。同様のサービスが、JT (日本テレコム) の ODN、テレウェイ (日本高速通信) のシリウスなど他の NCC (新規第 1 種電気通信事業者) によっても提供されはじめており、今後の動向が注目される。

7. NSPIXP

国内のバックボーンは、互いに相互接続を行ない、全体として国内のインターネット・バックボーンが形成されている。

NSPIXP¹³は、商用インターネットサービスの増大に伴うトラフィックの拡大やルーティングなど、国内の NSP の相互接続に関する問題点を明らかにするために 1994 年 4 月に始められた、WIDE による研究プロジェクトである。

実証的な研究を行なうため、このプロジェクトでは、実際に NSP を相互接続するポイントが設けられた。このポイントは、NSPIXP-1 (Network Service Provider Internet eXchange Point 1) と呼ばれた。

NSPIXP は、1994 年 4 月から 1995 年 3 月までが Phase 1、1995 年 4 月から 1997 年 3 月までが Phase 2 とされている。

従来存在したような、いわゆるバックボーン主体の相互接続方式では、相互接続のために介在するバックボーン・ネットワーク自体の AUP が、全体の運用に影響を与えることになる。この問題を避けるために、NSPIXP は、AUP 的に各 NSP から独立したポイント (WIDE から独立したセグメント) として

設置された。また、ルータによって相互接続 (レイヤ 3 モデル) を行なうことになると、経路制御を行なう関係上、どうしても AUP が存在することになる。この問題を避けるため、NSPIXP-1 では、Ether スイッチを基本とした、レイヤ 2 モデルによる相互接続方式が採用された。

1996 年に立ち上げられた NSPIXP-1 では、プロジェクトに参加する NSP 同士は、BGP によるルーティングに必要な AS 番号を取得し、IX ポイントまで 1.5Mbps の回線で接続された。方式としては、すべての NSP 間をフルメッシュにより IP レベルでのピアリングを行なうという方法で相互接続が行なわれた。ルーティングプロトコルとしては、BGP4 が使用されている。

その後、IX のトラフィック増大に伴い、帯域幅が十分でなくなったこと、フルメッシュによるピアリングが現実的でなくなったことなどから、1996 年 10 月より、FDDI スイッチを使用した NSPIXP-2 が構築されている。ここでは、より高速な IX の研究基盤として、「経路制御」、「IX のアーキテクチャ」、「IX のポリシーとビジネス」などを研究テーマとして、現在も実験が続けられている。

しかし、一方で、実験プロジェクトである NSPIXP によって提供されている IX ポイントは、国内のインターネット環境を支える「運用」面でも重要な役割を果たす現状がある。NSPIXP の実験趣意書¹⁴では実験終了後のコネクティビティは保証していない。このため、今後、市場原理を反映した、本格的な商用 IX が生まれてくる可能性もある。

8. 教育とインターネット

ここで、教育とインターネットとの関連についても触れておく。

インターネットの普及に伴い、これを教育にも積極的に取り入れていこうという動きも活発である。

1995 年からはじまった 100 校プロジェクト

¹² <http://www.ocn.ne.jp/ocn/network/index.html>
でスループットが公開されている

¹³ <http://xroads.sfc.wide.ad.jp/NSPIXP/>

¹⁴ <http://xroads.sfc.wide.ad.jp/NSPIXP/nspixp-1.txt>

ト^{15,16}は、文部省と通産省との協力で、全国111の学校及び施設を対象とし、初等中等教育でコンピュータネットワークを利用・活用する試みとして実施されたプロジェクトである。1997年3月までで、一応プロジェクトは終了し、現在は、新100校プロジェクト¹⁷として事業が引き継がれている。実際の運用は、財団法人コンピュータ教育開発センター（CEC）が当たっている。

さらに、NTTの支援により、全国1,000の学校に対してインターネット接続に関する支援を行ない、学校におけるインターネットをはじめとしたマルチメディア環境の整備を支援するプログラムとして、「こねっと・プラン¹⁸」と呼ばれるプロジェクトも始まっている。

ネットワークの構造的にこれらのプロジェクトを見ると、たとえば100校プロジェクトの場合、接続するネットワークは広域ネットワーク（2）、地域ネットワーク（11）、商用ネットワーク（1）と多岐に渡っている。

100校プロジェクトでは、以下に示すようなネットワークが利用された。

- WIDE インターネット
- SINET
- NORTH（北海道地域ネットワーク）
- TiA（東北インターネット協議会）
- RIC-Tsukuba
（つくば相互接続ネットワーク）
- FITnet（北陸地域情報ネットワーク協議会）
- TRAIN
- HINT（浜松テクノポリス推進機構）
- TIC（東海インターネットワーク協議会）
- NCA5
（第5地区ネットワークコミュニティ）
- ORIONS（大阪地域大学間ネットワーク）
- CSI（中国・四国インターネット協議会）
- KARRN（九州地域研究ネットワーク）
- SPIN

このように、使用するネットワークが多岐

に渡っていたことは、グローバルな展開をめざしていたプロジェクトとしてはごく当たり前のことである。しかし、ネットワークにはそのネットワークごとにAUPが存在するので、本格的に活用していく上でそれが障害となる可能性もある。

たとえば、教育関連プロジェクトとしてのAUPを独自に定めたいような場合、複数のネットワークをまたがっていることが問題となるケースが考えられる。例示すると、プロジェクトのポリシーとして、ネットワーク側でフィルタリングを行ないたいというような場合である。

また、学術・研究ネットワークの場合、基本的にAUPフリーではないので、そのことが将来足かせになってくる場合もあろう。

その点、KIUは、地域に密着した比較的狭い範囲にネットワーク環境を提供するNSPであるため、独自のAUPを決定できるという利点がある。このことは、たとえば有害情報のフィルタリングなどをサーバ（あるいはルータ等）上で行なおうとしたり、情報発信の際のセキュリティを考える上で有利になると考えられる。

もちろん、広域ネットワーク上でVPN（Virtual Private Network）を構築するという方法や、組織の入り口にセキュリティ・ルータを導入するという方法、クライアントで個別に対応する方法なども考えられるが、管理・設定に複雑さが生じるとか、対応機器への投資が必要になることがあるなどの問題点がある。

9. バックボーンにおける現状の問題点

現在、キャンパス情報ネットワーク環境において、非常に問題となり、議論を呼んでいるのは「多くの大学や学校などが接続されている学術・研究組織（主にSINET）と民間（商用ネットワーク）との間の通信速度が遅い」という点である。

電子メールやWWWなどをはじめとして、インターネット上のほとんどのサービスはDNSを使用している。しかし、通信環境の悪

¹⁵ <http://www.edu.ipa.go.jp/kyouiku/100/100.html>

¹⁶ <http://www.edu.ipa.go.jp/100school/index.html>

¹⁷ <http://www.cec.or.jp/net/shin100p.html>

¹⁸

<http://www.wnn.or.jp/wnn-s/prom/plan/summary.html>

化から、DNS がうまく参照できず、電子メールの配信すらうまくいかなかったり、特定の URL が参照できないなどの問題も発生している。このことは、大学や研究機関などと民間との間での共同研究や、学生の就職活動などにも影響を与えることになっている。

これには、ユーザの急増やマルチメディア情報の流通などによるトラフィック増大に回線帯域幅の整備が追いついていないという基本的な原因も考えられるが、それ以上にネットワークの構造上、組織間の調整などの問題があると思われる。

SINET は、現在、NSPIXP には正式に参加していない。このため、SINET と商用ネットワークとの通信は、WIDE が SINET との相互接続のために用意した 3Mbps の専用回線を経由して行われている。ここに、直接の SINET 参加組織のみならず、地域ネットワークなど、バックボーンとして SINET を利用するユーザのトラフィックが集中している。現状では、回線に接続されたルータでのバッファ溢れなどからパケットロスが生じたり、大幅な遅延が生じたりしている。

かつて、SINET 内部に IX ポイントを作成しようとする動き (JIX) もあったようであるが、実際にはここに接続してきている商用 NSP は 3 社 (InfoWeb, InfoSphere, Spin) のみであり、あまりうまく機能しているとは言いがたく¹⁹、その後も予算や調整等の問題であまり進展していないようである。

ネットワークに使用される回線容量を示す 64Kbps、1.5Mbps、10Mbps といった単位は、通常、回線速度というように速さとして表現されるが、これは回線の帯域幅を示すものである。容量の大小は、高速道路などの車線数として考えると理解しやすい。すなわち、車線数が走る車の量に比較して多ければ、車の流れはスムーズになるのに対し、車線数が少なければ渋滞が発生する。同様に、広い帯域幅があれば、トラフィックが制限されないため、結果として通信速度が上がるわけである。ネットワーク上に、上記のようなボトルネッ

クが存在すると、いくら近隣までの回線を太くしても、結果としてトータルのスループットは上がらないことになる。さらに、TCP/IP では通信回線上のエラー訂正などはアプリケーション側で行なうことになっているので、エラーが発生すると、頻繁に再送が生じることになる。このことも、状況をさらに悪化させる原因となっている。

以上のような問題点は、単に技術的な問題というよりはむしろ、背景にあるさまざまな要因に起因しているように思う。

たとえば、SINET が文部省予算によって構築された学術・研究ネットワークであり、「流れるトラフィックは研究・教育のものに限る」とする AUP にも関係していると考えられる。これが民間 (商用ネットワーク) との接続に影響を与えているかもしれない。同様の例は、アメリカでも NSFnet²⁰ が長くバックボーンとして機能してきたときにもあった問題である。AUP の問題に関しては、たとえば電子ニュースに流れる情報を見ても、きわめて曖昧になっていると言わざるを得ない。ニュースグループによっては AUP フリーなものも存在し、すでにそのトラフィックは SINET 上を流れている。AUP のためにトラフィックのすべてを監視することは現実的でなく、検討する必要がある。

学術情報センターが NSPIXP に参加していない理由に関しては想像の域を出ないが、予算品目の中に「研究プロジェクトへの参加費」といったような項目がないようなことも関係しているのではなかろうか。予算品目の問題は、たとえば JPNIC への負担金支払をどうするかといったような場合にも発生する。また、予算が単年度制であり、年度途中での変更が難しいことなども、柔軟な対応を困難にさせている。ネットワークの世界は特に動きが激しく、こうした環境に対応した柔軟な予算執行システムが必要となろう。さらに、いわゆる縦割り行政の中で、省際ネットワークなどとの関連もよく見えない点もある。

これまで SINET と民間との接続に関して

¹⁹ おそらくレイヤ 3 レベルの IX と思われる

²⁰ NSF (全米科学財団) が管理する広域ネットワーク

はよくわからない点が多く、情報公開もあまり積極的にはなされていなかった感がある。SINET 内部の事業については、情報が提供されているものの、この問題に関してはほとんど情報がなかった。インターネットは AS の集合体であり、各 AS の管理者は、基本的には、近接の NOC との接続に関してのみ責任を負っている。すなわち、バックボーンの構成やルーティング、AUP などには直接関与しない。

しかし、SINET が運用ネットワークとして機能するならば、情報の公開という点に関して十分な配慮が必要なのではなかろうか。あらに運用管理（24 時間のメンテナンス等）の面でも難しい問題が残されている。

なお、情報公開後の点に関しては、最近、SINET ユーザのメーリング・リスト²¹が立ち上がった。SINET 管理者による発言もあり、ようやく少しずつ状況が把握できるようになってきた。ここでも現状の問題点に関する活発な議論が行なわれており、今後、どのような展開となるかが注目される。

10. おわりに

以上、インターネットの現状、技術的背景、国内バックボーン、現状での問題点、トピックなどについて記した。解決していかねばならない問題はいろいろあるが、今後もインターネットが発展していくことは間違いない。教育場面においても確実に普及していこう。これをうまく活用していけば、これまでになかった新しい形の教育方法が展開されることが期待できる。しかし、新しいメディアゆえに、これまでに遭遇しなかった問題点が出てくることもある。試行錯誤的に解決していかねばならぬ点も多いと思われるが、それらがこれまでのインターネットの歴史を作ってきたとも言える。KIU の今後の活動で得られる成果に期待したい。

参考文献

- 1) 大塚秀治, 1997, 「KIU と KIU 運用ネットワークの構造」, KIU インターネット教育研究フォーラム 97
- 2) 瀧口良樹・久保美和子, 1997, 「教育ネットワークにおける情報流通(1) - 有害情報の抑制と個人情報の保護問題の現状 - 」, KIU インターネット教育研究フォーラム 97
- 3) 瀧口良樹・久保美和子, 1997, 「教育ネットワークにおける情報流通(2) - 有害情報の抑制技術の現状と KIU の対応 - 」, KIU インターネット教育研究フォーラム 97
- 4) 日本インターネット協会編, 1997, 「インターネット白書'97」, インプレス
- 5) 日経コミュニケーション別冊, 1996, 「通信サービス利用ハンドブック 1997」, 日経 BP 社
- 6) イミダス編集部, 1996, 「コンピュータネットワーク」, 集英社
- 7) 日本インターネット協会編, 1996, 「インターネット白書'96」, インプレス
- 8) 村井純・吉村伸監修、WIDE Project 編, 1996, 「bit 別冊 インターネット参加の手引き 1996 年度版」, 共立出版
- 9) 石田晴久・後藤滋樹編, 1995, 「インターネットの使い方」, 共立出版
- 10) 竹下隆史・伊藤長敏・苅田幸雄, 1995, マスタリング TCP/IP インターネットワーク編, オーム社
- 11) 相原玲二, 1995, 「100 校プロジェクトについて」, IP Meeting'95 論文集, pp49-53
- 12) 中村修, 1995, 「商用インターネット相互接続実験 - NSPIX - 」, IP Meeting'95 論文集, pp37-42
- 13) 石田晴久, 1994, 「はやわかりインターネット」, 共立出版
- 14) 力武健次, 1994, 「インターネットコミュニティ」, オーム社
- 15) 村井純・吉村伸監修、日本シスコシステムズ(株)編著, 1994, 「インターネット用語集」, 共立出版
- 16) 横河デジタルコンピュータ(株) SI 事業本部, 1994, インターネット商用化に向けて(CIX): アメリカでは今」, トップラン
- 17) 野口正一(研究代表者), 1993, 「高度学術ネットワークの構築と高度応用技術の研究」, 平成 3・4 年度文部省科学研究補助金(総合 A) 研究成果報告

²¹ sinet-users@sigw.sinet.ad.jp

