

電子ネットワークとインターネット

竹 下 徹

Tohru TAKESHITA

Department of Physics, Faculty of Liberal Arts,
Shinshu University, Matsumoto

はじめに

近年我々の身近に現われた電子ネットワークとインターネットについて、主にユーザーの立場でアプローチを行なう。すなわちこれらを我々の日常生活（研究・教育）の新しいコミュニケーション・ツールとしての位置づけやその内部・外部にわたる解析を行ない、実際にこれらを用いて今実現出来ることを実行しまとめる。更に今後の電子ネットワークの発展についてユーザーとしての視点でその望ましい在り方を展望する。

電子ネットワーク

人と人の間の意志疎通（コミュニケーション）は、古来、会話と記述物という相補的二種類の方法により長い間媒介されてきた。近年この世界に革命的变化が訪れている。それが電子ネットワークを用いたコミュニケーションである。この方法は、まず距離と時間の両方を一挙に飛び越える事のできる画期性を持った方法であり、また以下に述べるようなこれまで使われてきた二種類の方法（すなわち会話によるものと記述物による伝達方法である）とは本質的に異なる型の相互理解を深め、思考の革命的变化をもたらす可能性を秘めた道具である。

長い間使われてきた意志伝達の方法に大きな革命をもたらした技術革新は、電話の発明であろう。この結果音声による意志の相互伝達は、飛躍的に広い地域（今や全地球）をカバーすることが可能となった。しかしながら現在に至っても会話（音声と画像の相互やり取りによる）の成立する電話システムは実現されていない。もちろんその原因は伝達能力が数Kビット/秒と非常に低い事とアナログデータの転送のためデータの劣化を免れえないという二つの決定的短所のためである。

記述物による意志疎通は、印刷の発明によりやはり同様に飛躍的变化をとげた。しかしながらコミュニケーションの形式としては、（基本的に）一人の意志を多数に知らせるという形が主であり、相互に意志を通わせる事の難しい一方通行の手段であり、完全な相互疎通とは言いがたい。また印刷物という形式上リアルタイムな反応や応答を期待できない欠点を持つが、結果が形として残るため時間を越えて重要性が大きくなる。この形式の発展形として動画を扱いリアルタイム性を向上させたテレビ等の現代メディアが存在するが、一対多の図式はそのままである。

会話によるリアルタイムな音声と（動）画像によるコミュニケーションと、印刷物等によ

る一対多の両者の長所を合わせ持つ事の出来るコミュニケーションルーツが電子・デジタル信号ネットワークによる情報相互伝達である。このシステムは、高度の電子ネットワーク網の発達と同時にこれと平行して起こったコンピュータの進歩に大きく依存している。即ち計算機と計算機を結び付けるべく導入された電子ネットワークは、この意味で今までの概念を打ち破る全く新しいコミュニケーション・ツールとして一人歩きを始めている。

電子（デジタル）ネットワークの生い立ち

1960年代後半にアメリカ合衆国国防総省（DoD：Department of Defense）の Advanced Research Projects Agency（ARPA：現在は、Defense Advanced Research Projects Agency：DARPAへ改称）は異なる計算機同志をネットワークに接続する研究課題に資金を提供するようになった。この組織名に由来する ARPAnet は、ネットワーク用ソフトウェアや通信用ハードウェア（パケット交換ノードを専用電話により結び付けていた）の集合体であった。まもなくネットワークの利用価値に気づいた軍や政府の研究所、大学の研究者たちがこのネットワークに自らの計算機を接続し今日の INTERNET（インターネット）の基を作った。ARPAnet の特徴は、軍事目的のネットワーク使用を考慮して設計されているため全体に冗長性が高く、一つのサイトで起こった故障がネットワーク・トラフィックを停止させる事はない。すなわち各ノードは、他のバックボーンサイトとの接続回線を少なくとも2回線は用意するように規定されている。さらに通信ソフトウェアは、ハードウェアの故障に自動的に対処しパケットの代替経路を選ぶように設計されている。このため ARPAnet は、たとえどこかの回線が落ちたり、バックボーンサイトが故障してもその機能を維持することができる。またそもそもパケット交換システムでは、電話の様な回線交換（一時的に必要な回線を完全に確保し他のデータを通すことなくある点から他の点までデータを送受信する）と異なり、ネットワーク網全体の中をパケットと呼ばれる小さなデータが行き来する。パケットには識別子と呼ばれる認識データが付加されており、そのデータがどの計算機からどこへどのように行くかという情報が載せられている。例えば二つの計算機の間で転送されるファイルは、送り主の計算機により多数のパケットに分断され、ネットワーク上を走る他のパケットに混ざって送り出される。一方ファイルを受け取る計算機側ではネットワークソフトウェアが、到着した複数のパケットを一つのファイルに識別子の情報を基に再構成する。このようにパケット交換の最も有利な点は、接続された多くの計算機間の通信網を占有することなく共有しつつお互いの種々の組み合わせの通信を確立することが出来ることである。

こうして実験的に運用されてきた ARPAnet の研究をもとに DoD は、現在の TCP/IP（Transmission Control Protocol/Internet Protocol）¹¹の基本的プロトコルを実装した標準を1983—84年の間に発表し、多くの大学等の研究者ユーザーがこの TCP/IP を採用するように奨励した。このため、低価格で実装し利用できるように、これらのプロトコルを BSD（Berkely Software Distribution）-UNIX 上に移植統合化する助成をカルフォルニア大学バークレイ校に行なった。この結果現在の UNIX 上での TCP/IP の標準実装が実現された。ここでは ARPAnet 上に TCP/IP を実装したネットワークを INTERNET（インターネット）と呼ぶ。

インターネットとプロトコル

TCP/IP は、次のような代表的なプロトコルを含む。IP (Internet Protocol)：ネットワーク通信を行なうコネクションレスサービス（信頼性を保証しない）。TCP (Transmission Control Protocol)：2つの計算機間で信頼性の高いデータ通信サービスを行なう。FTP (File Transfer Protocol)：ファイルの転送を行なう。SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)：電子メール機構。TELNET Protocol：スクロール機能を持つターミナルエミュレーション機能。また TCP/IP は、次々と新しいプロトコルを含むことができるし、古いものは改定され続けている。こうして INTERNET は次々と接続する計算機及び研究者ユーザーの数を増やしてきた。例えば1980年に存在したネットワーク数は全世界で約10であったが、1990年には、約1000と10年間で100倍に膨れ上がっている。これに伴いネットワーク・トラフィックも増大を続け初期の電話回線による接続では全く用をなさなくなった。

そもそも INTERNET は、新種の物理ネットワークではなく、ネットワーク同志を相互接続するための約束（プロトコル）の集まりであるため、ネットワーク・トラフィックの増大のような物理的条件の変化はハードウェアの様な低レベルな機構により吸収し、プロトコル自身には変更の必要がない。このような仕組みを確立するために階層構造によるネットワークのモデルが規定されている。TCP/IP では、ハードウェア層を除いて4つの階層によりモデルを構築している。最上位層はアプリケーション層とよばれ、ユーザーに最も近い存在で実際ユーザーはあるネットワーク・アプリケーションを実行する。例えばターミナルアクセスを行なう TELNET やメールを配送する SMTP がこれに当たる。アプリケーション・プログラムはすぐ下位の層（トランスポート層）と相互作用しメッセージやストリームと呼ばれる形式でデータをトランスポート層へ渡す。トランスポート層は、受け取ったデータを必要なパケットに分解し、相手と交信を行ないながら信頼性の高いデータトランスポートを実現する（例えば失われたパケットは再送される）。この層の代表的なプロトコルに、

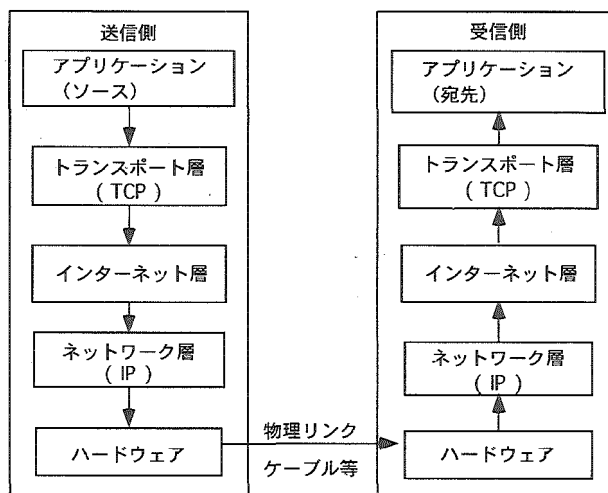


図 1

TCPがある。この下のインターネット層は、計算機同志の通信を確立し制御する。このため経路制御アルゴリズムを用いて転送データの最適な転送を実現するようにして、最終的にデータの検査をおこないネットワーク・インターフェース層へ送る。この層は、ただ一つのプロトコルであるIPから構成され、計算機特有の通信ハードウェアに乗取りデバイス・ドライバを用いてデータを送り出す。このようすを図1に示す。このように階層化したおかげで、各層のプログラムは上下の層との受渡しを規定するだけで独立にプログラミングでき汎用性が向上し実装に無理がなくなる利点がある。

TCP/IPは、いくつもの物理プロトコルをサポートしている。FDDI (IEEE(Institute for Electrical and Electronic Engineers)802.5)のようなハイスピードネットワーク(100Mbps)からEthernet(10Mbps)やトークンリング(16Mbps)の様な中速ネットワーク、さらにはUUCPの様な低速のシリアル回線(9.6Kbps)に至るまできちんと通信を実行してくれる。特に9.6Kbpsのような(電話回線方式の)超低速回線を経由しても、あるいはネットワーク・トラフィックが大量で輻輳が起こりつつあっても何とか通信を達成する強さを持っている。

イーサネット(Ethernet)

Ethernetは、1970年代初期にアメリカ合衆国のXeroxにより開発されたローカルエリアパケット交換ネットワーク技術である。Ethernetは、1本の同軸ケーブルを複数の計算機により共有して電気信号をやり取りする物理形態である。このとき電気信号の反射を防ぐために同軸ケーブルの両端で芯線とシールドの間に50オームの終端抵抗を取付ける(この様子を図2に示す)。イーサ(ether:エーテル:ドイツ語読み)と呼ばれるのは、ケーブルそれ自体は完全に受動素子で計算機と計算機の間を満たす媒体としての存在であり、過去に宇宙を満たし光を伝えるための媒質として考えられていた“エーテル”から取って名付けられたためらしい。Ethernetにおいてネットワーク機能を果たす電子部品は、ネットワークに接続された計算機の中にあり、信号の媒体であるイーサネット・ケーブルとはトランシーバと呼ばれる比較的簡単な電子回路を介してつながっている。トランシーバのイーサネット・ケーブルへの接続は図3に示すようなタップによってなされる。それぞれのタップのとこ

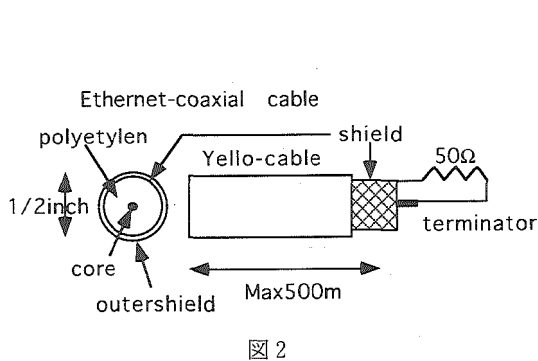


図2

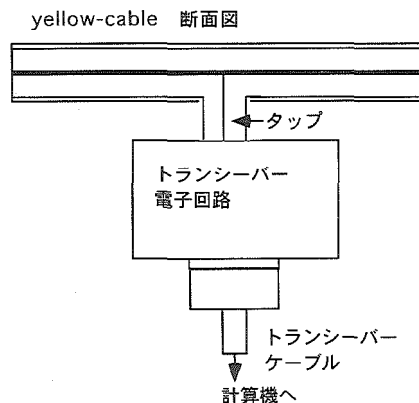


図3

ろで、ケーブルの外側から小さな穴を開け同軸ケーブルの中心にある芯線と小さなピンが接触し電気的接続を確保する。トランシーバ回路は転送データを選別することではなく、全ての同軸ケーブル上のパケットを計算機に送り、また逆に計算機からの情報を同軸ケーブル上に乗せる。イーサネットは基本的にデータを送信し始めた送信者に対してパケットが適切に配送されたかどうかの情報を提供しない（最善努力配送）。何らかの理由によりパケットの消失が起こりうるが、送信者に知らされることがないため、TCP/IP の上位のプロトコルによりこのような事態を保証するように作られている。

イーサネットは1本の同軸ケーブルで500 mまでの長さをカバーすることが出来、さらにトランシーバケーブルも50mまで作ることができるが、建物全体を覆うようなネットワークを構成するには不十分である。この問題の解決は、イーサネットをリピーターと呼ばれる信号中継増幅装置により同軸ケーブル同志をつなぎ延長して行くことで達成できる。しかしリピータによる接続拡張は電気信号の全てを中継増幅するためやたらに延長することは危険

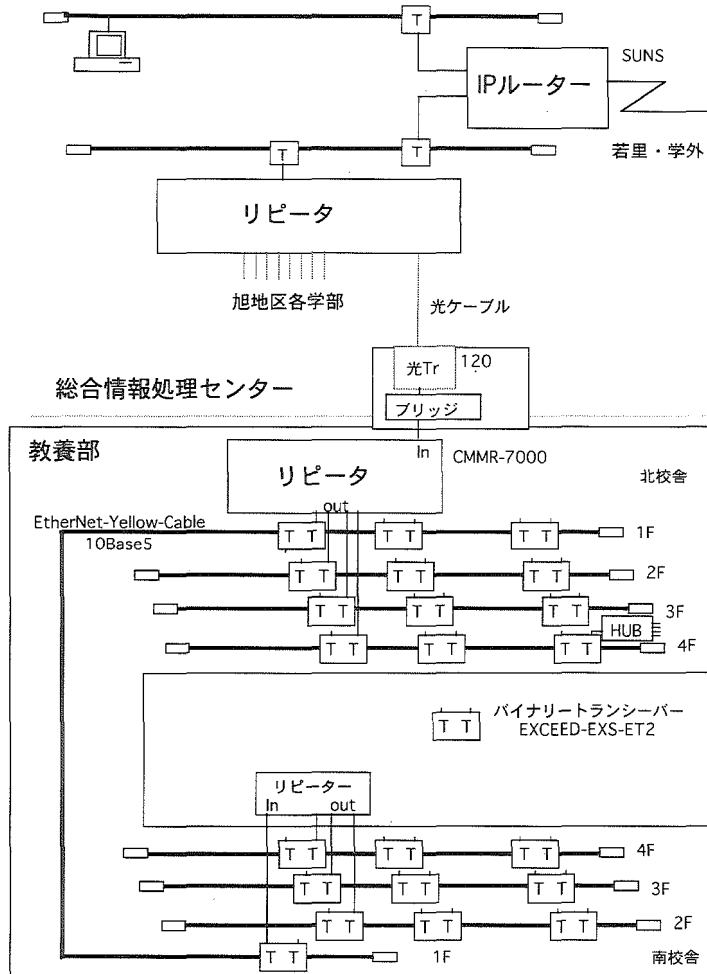
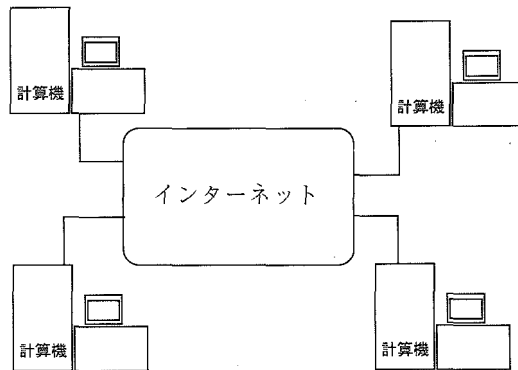


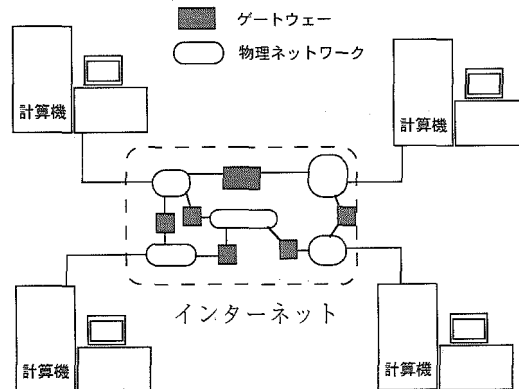
図 4

である。最大4台までのリピータにより中継された一つの同軸ケーブルの振る舞いをするネットワークの単位をセグメントとよびその最大延長は2500 mである。この例を教養部の場合について図4に示す。

セグメントとセグメントの接続にはブリッジが用いられる。電気信号を複製するリピーターと異なり、ブリッジはパケットを複製する。実際ブリッジは内部に2つのイーサネット・インターフェース回路と固定プログラムを持つ高速の計算機である。ブリッジはノイズやエラーや壊れたデータフレームを複製しないためリピーターより優れている。さらにブリッジ内のネットワーク・インターフェースはTCP/IPのプロトコルに従ってプログラムされており衝突検出とキャリヤ検出を行なうため、ブリッジで接続される2つのイーサネット・セグメントは電気信号の伝搬遅延の問題で独立に切り離すことが出来る。そのうえ学習機能のついたブリッジはどのデータフレームを一方のセグメントから他方のセグメントへ転送中継するかどうか知的判断をくだす。すなわちこの種のブリッジは2つのイーサネット・アドレ



各計算機が一つの大きなTCP/IPネットワークに接続している様子をユーザー側から見た時



実際のTCP/IPネットワークの内部での接続のようす

ス・リストを持っていてどの計算機がどちらのイーサネット・セグメントに位置するのか学習するため不必要なデータ複製を行わないなど多くの利点をもっている。ただしブリッジで接続されたセグメント同志はネットワーク的には透過的であり単一の物理ネットワークとして機能できる。

ネットワークはさらに大きな領域をカバーすることが求められている。このために個々の計算機が接続されているネットワーク・セグメントあるいは物理的に一つのネットワークとして機能する単位同志を接続する機能が必要とされる。このように2つの物理ネットワークを接続しパケットを相互に送受信する装置をインターネット・ゲートウェイまたはインターネット・ルーター（あるいはIPルーター）と呼ぶ。このような例を図5に示した。ゲートウェイは接続されているネットワークを越えてインターネットのトポロジーを知る必要がある。つまりゲートウェイはどのようにしてパケットを終点まで経路制御するかを知っていなければならない。このようにゲートウェイを中間に置いて物理ネットワーク・レベルでの相互接続を提供することは、各末端の計算機にとってインターネットを介して通信する限り接続の細部を知る必要がないことである。またユーザーはそのネットワーク・トラフィックを意識することなく（経路制御はゲートウェイにより最適化されているので）ネットワークを利用できるし、ネットワークの物理的接続状態が変化した場合でも問題なくデータ転送を行なえる。こうして全ての物理ネットワークを平等に扱うことによりインターネット内でTCP/IPプロトコルを用いる事により、どのようなネットワーク（極く小規模な例えば会社内のローカルエリアネットワーク（LAN）でも、日本全国を結び付けるワイドエリアのバックボーン・ネットワーク）もすべて一つのネットワークでありゲートウェイが中間に介すれば自分の属するネットワーク上と同じプロトコルにより動作（例えばデータ転送や他の計算機へのログイン等）を保証する。本来異機種間の接続により起こる色々の問題をこのようなネットワーク接続方式により解決あるいは減らそうという試みは大きな成功を治めているといえよう。最終的にはネットワーク・ハードウェアを全く意識することなく通信が可能になるであろう。

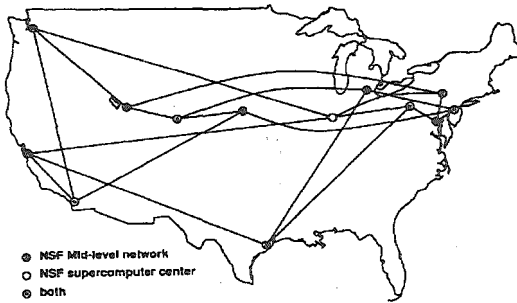
今やTCP/IPによるネットワーク接続の理論は、欧米および日本において実現され地球上のこれらの地域へのネットワーク・アクセスが可能となっている。もう一つ別な観点から重要な事は、歴史的経緯の所でも述べたように、TCP/IP接続による世界的なネットワークは、先端的科学技術研究の基盤を提供するために開発されてきた。このため公共的な意味合いが強く研究ネットワークとして政府による助成金と研究者の（必要からかも知れないが）熱意により初まり、多くのネットワーク・サイトでボランティア的な運営と労力により発展してきた。この形は、アメリカはもとよりヨーロッパや日本においても同様である。すなわち研究者や政府関係者の努力は標準化やPDS（Public Domain Software）やShare Wareという形で外に現われ、基本的にどのユーザーでも自由にかつ代価を要求しないことが慣例となっている。これはUNIXの発展とそのネットワーク技術であるUUCP接続によるUSENETが同様のプロセスを経て、最終的には合体してきた事に対応している。この結果全てのネットワーク・アクセスは無料の形でユーザーにオープンに供される。実際には多くのゲートウェイやルーターあるいはリピーター等のネットワーク通信機器の導入のため、あるいは回線の引き回しや敷設に大きな初期投資や運営維持費が必要であるが、多くは政府機

関や大学研究所等の公共的機関により出資されているため、ネットワークそのものの使用やゲートウェーの通行等に課金されることはない。この原則（AUP: Acceptable Use Policy と呼ばれ、その代表的なもので NSFNET (National Science Foundation NETWORK: 全米科学財団ネットワーク) の Use Policy がある) は喩え通信相手が会社のような営利企業であっても適応されて運用されるべきである。NSFNET の Use Policy では、その利用目的として、研究・教育およびこれらへの支援と研究機関の活動を支援する営利活動に限定している。研究機関の本分と無関係な営利活動や民間機関の幅広い利用は禁止されている。このため一般企業の間で上記活動以外の目的のための商用ネットワークの導入が始まっている（日本でも IJ (インターネットイニシアティブジャパン) が発足した)。ただしこれらのネットワーク・プロトコルとしては、すでに十分な実用性と高い接続性を証明した TCP/IP プロトコルを用いるものであり、現段階で最もポピュラーな学術研究用ネットワークとの相互接続は緊密に保たれるように配慮されている。これらの商用サービスの目指すところは、政府や一部研究者だけのものであった TCP/IP ネットワークのユーザーを企業や一般市民のレベルに拡大し普及を図るものである。商用のネットワークに於ては多くのアクセスポイントを全国に分散配置し、また種々の接続方式（電話回線、INS64、ISDN 等）を用意し多種多用のユーザーのニーズに答えることを目的としている。ただしこれらのサービスは有料となるであろう。

インターネットの広がりの実際

インターネットは今や全世界に広がりを見せている（特に学術研究および政府関係においてが顕著である）。上で述べたように一つ一つの小さなネットワークをそれぞれ結び付け拡大して大きくなることが出来るために地球の規模の実現が可能であった。一方ネットワーク的には、どんなに広がっても適当なゲートウェーにより接続される限り自分自身のあるネットワークと同等にアクセス出来るために大きさの問題がないという利点を持っている。その広がりをアメリカ合衆国、西ヨーロッパ及び日本に於ける例として図6に示す。ただしこの図6は、主要なゲートウェーサイトのみを載せた図であり、特に最も充実したアメリカ合衆国の場合は、1989年に完成した最も重要な NSFNET の基幹バックボーンネットワークのみの図を示した。その後改良されて実質的運用に供されているネットワークのスピードは 1.5Mbps にもものぼる。またさらにこの上に全米の 8 拠点間を結ぶ 45Mbps の光ケーブルによるバックボーンネットワークが計画されている。これは日本の多くの基幹ネットワークラインが 64Kbps (図7における日本の代表的ネットワークである JAIN と TISN の接続図参照³⁾) であることを考えると非常に高速度であることがわかるし、一方日本における普及と運用がいかに遅れているかを痛感させられる。

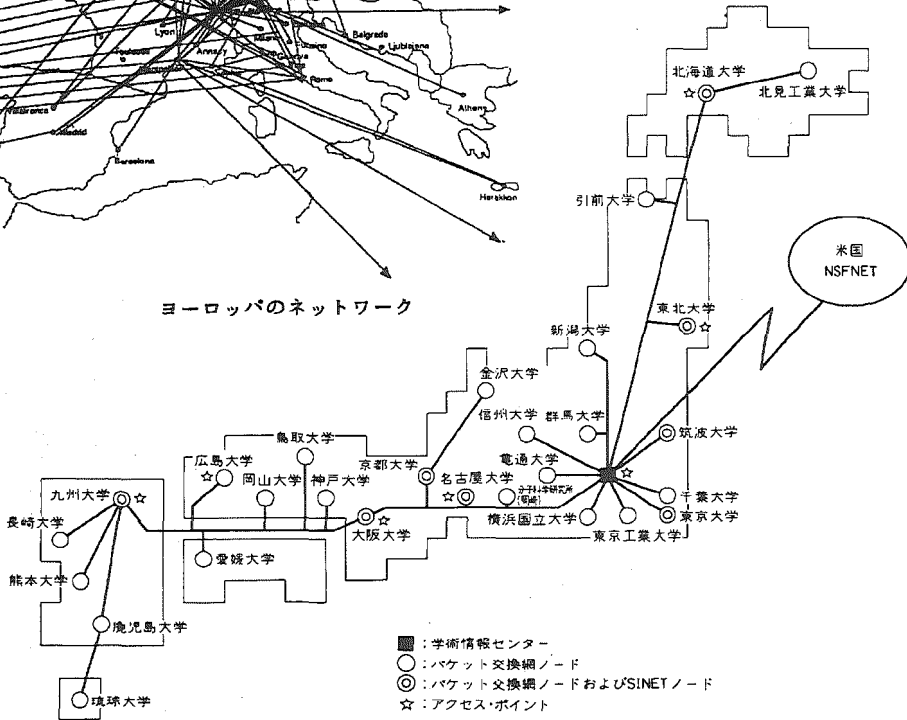
イーサネットワーク網は、ほぼ欧米や日本を中心としてほぼ全世界に行き渡りこのうで動作する TCP/IP プロトコルが現在主要な位置を占めていることが実感される。その主要な例は、多くの大学や研究所はいうに及ばず、企業に於てすら、公開性の高い匿名ログイン (anonymous ftp やあるいは guest による login である計算機に登録されたユーザーではなくその他外部の任意のユーザーが計算機の資源 (ファイルや計算能力という) を使用できる仕組み) を許す様になってきたことである。実際に世界にまたがるイーサネットワークと



1988年夏から1989年夏までの第二NSFNETバックボーンの論理回線



ヨーロッパのネットワーク



- : 学術情報センター
- : バケット交換機ノード
- ◎ : バケット交換機ノードおよびSINETノード
- ☆ : アクセス・ポイント


```

ftp ftp.u-tokyo.ac.jp
Connected to ftp.u-tokyo.ac.jp.
220 ftp.u-tokyo.ac.jp FTP server (Version 6.9 Mon Aug 31 17:37:13 WET 1992) ready.
Name (ftp.u-tokyo.ac.jp:tohru): ftp
331 Guest login ok, send e-mail address as password.
Password:
230-Next time please use your e-mail address as your password
230-      for example: joe@tkyice.icepp.s.u-tokyo.ac.jp
230-Welcome, archive user! This is an experimental FTP server. If have any
230-unusual problems, please report them via e-mail to ftp@ftp.u-tokyo.ac.jp
230-If you do have problems, please try using a dash(-)as the first character
230-of your password -this will turn off the continuation messages that may
230-be confusing your ftp client.
230-There are some extensions to the FTP server such that if you
230-specify a filename (when using a RETRIEVE command) such that:
230-True Filename Specified Filename Action
230-----
230-<filename>.Z <filename>          Uncompress file before transmitting
230-<filename> <filename>.Z          Compress <filename> beforetransmitting
230-<filename> <filename>.tar         Tar <filename> before transmitting
230-<filename> <filename>.tar.Z       Tar and compress <filename> before
230-                                     transmitting
230-<directory> <directory>.tar.Z    Tar and compress <directory> before
230-                                     transmitting
230=====
230 Guest login ok, access restrictions apply.
ftp> cd pub
250 CWD command successful.
ftp> dir
200 PORT command successful.
150 Opening ASCII mode data connection for /bin/ls.
total 12
lrwxr-xr-x  1 root    0           9 May 23 18:09 GNU -> ../.3/GNU
drwxr-xr-x  2 root    0        1024 Dec  3 1992 NetNews
lrwxr-xr-x  1 root    0           7 Dec  3 1992 X -> ../.1/X
lrwxr-xr-x  1 root    0        14 Mar 21 03:02 info-mac -> ../.
3/info-mac
( 中略)
lrwxr-xr-x  1 root    0        10 Mar 31 12:37 x68k -> ../.3/x68k
226 Transfer complete.
909 bytes received in 0.091 seconds (9.7 Kbytes/s)
ftp> cd GNU
250 CWD command successful.
ftp> get vmstar.README
200 PORT command successful.
150 Opening ASCII mode data connection for vmstar.README (614 bytes).
226 Transfer complete.
local: vmstar.README remote: vmstar.README
625 bytes received in 0.13 seconds (4.7 Kbytes/s)

```

```

% archie washington
01 etlport.etl.go.jp
Location: /pub/NeXT/Literature/Gutenberg/freenet/washington-farewell.Z
File -rw-rw-r-- 12307 1992 Oct 24 00:00:00 GMT washington-farewell.Z
02 srawgw.sra.co.jp
Location:
/pub/news/comp.archives/auto/alt.censorship/USENET-censorship-strikes-
University-of-Washington
File -rw-r--r-- 4285 1991 Oct 20 00:00:00 GMT USENET-censorship-strike
s-University-of-Washington
03 srawgw.sra.co.jp
Location:
/pub/news/comp.archives/auto/alt.comp.acad-freedom.news/Special-Bullet
in-Newsgroup-censorship-at-U-of-Washington
File -rw-r--r-- 1619 1991 Oct 20 00:00:00 GMT Special-Bulletin-Newsgro
up-censorship-at-U-of-Washington
04 srawgw.sra.co.jp
Location:
/pub/news/comp.archives/auto/sci.virtual-worlds/APPS-Multiverse-releas
e-1-0-2-on-ftp-u-washington-edu
File -rw-r--r-- 1602 1993 Apr 09 04:29:00 GMT APPS-Multiverse-release-
1-0-2-on-ftp-u-washington-edu
05 srawgw.sra.co.jp
Location: /pub/news/comp.archives/auto/soc.culture.japan/fj-groups-arrive-at-Uni
versity-of-Washington
File -rw-r--r-- 2639 1992 Jan 12 00:00:00 GMT fj-groups-arrive-at-Univ
ersity-of-Washington

```

図 9

TCP/IP の調査段階で多くの企業にログインし、匿名ログインを可能としている現実に直面できた。このことはネットワークの公開性は今後もいよいよ進むことを示唆するものである。

この調査で多くの大学や研究所や企業の TCP/IP アドレス等の情報を入手する事ができたのを手始めとして有用な種々のデータを手に入れる事ができた。このほかにも多くの欧米の図書館等が匿名のログインを許しその蔵書の目録を公開している事実も解かった。これら

```
% finger quake@geophys.washington.edu
[geophys.washington.edu]
Login name: quake                In real life: Earthquake Information
Directory: /u0/quake            Shell: /u0/quake/run_quake
Last login Fri Jun 18 00:58 on tty1 from eskimo.com
New mail received Thu Jun 17 07:33:58 1993;
unread since Thu Jun 17 00:56:36 1993
Plan:
Information about Recent earthquakes are reported here for public use.
Catalogs are available by anonymous ftp in geophys.washington.edu:pub/seis-
net
DATE-TIME is in Universal Standard Time which is PST + 8 hours, LAT and
LON are in decimal degrees, DEP is depth in kilometers, N-STA is number
of stations recording event, QUAL is location quality A-good, D-poor, Z-from
automatic system and may be in error.
```

```
Recent events reported by the USGS National Earthquake Information Center
DATE-TIME (UT)  LAT  LON  DEP  MAG  LOCATION AREA
93/06/12 05:45  10.7S 162.7E  33  6.1  SOLOMON ISLANDS
93/06/12 07:02  5.5S 148.0E 160  5.7  NEW BRITAIN REGION, P.N.G.
93/06/12 11:15 13.0N  87.5W  220  5.6  NEAR COAST OF NICARAGUA
93/06/12 18:26  4.3S 135.4E  33  6.2  IRIAN JAYA REGION, INDONESIA
93/06/12 20:33 51.2N 157.8E  50  6.1  NEAR EAST COAST OF KAMCHATKA
```

```
Recent earthquakes in the Northwest located by Univ. of Wash. (Mag > 2.0)
DATE-TIME (UT)  LAT(N)LON(W)  DEP  MAG  N-STA  QUAL
93/05/18 20:43 49.33 122.25  0.0  2.3  10  C 58.2 km  N of Deming
93/05/19 08:29 48.08 122.88 49.6  2.0  16  B 41.5 km  E of Port Angeles
93/05/21 17:06 45.03 122.60  8.1  2.4  35  C 22.7 km  ESE of Woodburn, OR
93/05/23 18:52 45.03 122.60  6.1  2.1  27  C FELT 21.6 km  ESE of Woodburn,OR
93/06/02 21:09 45.03 122.60 11.8  2.8  35  C FELT 22.6 km  ESE of Woodburn,OR
93/06/04 04:55 46.83 121.88  6.5  2.5  8   C 9.8 km   W of Mount Rainier
93/06/08 00:01 45.01 122.58 20.2  3.7  38  C FELT 23.9 km  ESE of Woodburn,OR
93/06/08 09:37 46.46 122.28 15.9  2.1  34  A 9.1 km   S of Morton
93/06/13 15:11 48.70 119.46  0.0  2.2  12  C 38.0 km  NNE of Okanogan
93/06/15 08:18 48.10 122.81 50.5  2.4  22  B 44.0 km  NNW of Poulsbo
93/06/15 20:51 46.30 122.23 11.9  2.5  39  B 3.4 km   S of Elk Lake
```

図10

の研究の結果得られた情報の一部を図8から11に示す。

図8は、日本国内のFTPサイトの一つの拠点である東京大学理学部情報科学科の運営するFTP-Server ftp.u-tokyo.ac.jpに入ってDirectoryを/pub/GNUへ移りここからstartvm. READMEというファイルを自分の計算機上にもって来る(get-command)ときの相手計算機(ftp.u-tokyo.ac.jp)との通信記録である。

図9は、TCP/IPネットワーク上のプログラムで各サイトに存在するファイルを探し見つかった計算機名とdirectory-pathをしらせるプログラム“archie”により“washington”という名のファイルを日本中の計算機から見つけた例である。

図10は、アメリカ合衆国ワシントン大学の地震情報サーバーにTCP/IP接続して最近の地震情報を入手したときのデータである。

```

TEN-> help
A basic search request consists of three parts in the following order:
  FIND [index] [search terms]
The part that is missing from your command is the index name which tells the
system the type of search you want. Please be sure that all three parts are
included when you retype your command.
The main indexes that can be used with a FIND command are:
  Keyword Indexes (search words in any order)
For books:
For periodicals:
PA Personal Author      TW Title Words      SU Subject      PE Periodicals
CA Corporate Author    UT Uniform Title  SE Series
  Exact Indexes (search words in exact order)
XC Exact Corp. Author  XT Exact Title (main title)  XPE Exact
XS Exact Subject      XOT Exact Other Titles      PE Title
For more information, type EXPLAIN followed by an index name, e.g., EXP XT.
For other indexes, type EXPLAIN INDEXES.
TEN-> find pa nishijima
  Search request: FIND PA NISHIJIMA
  Search result: 21 records in the TEN-YEAR Catalog database
  Type D to display results, or type HELP.
TEN-> d
  Search request: FIND PA NISHIJIMA
  Search result: 21 records in the TEN-YEAR Catalog database
  Type HELP for other display options.

1. Akamatsu, Shunsuke, 1938-
   Tennoron o yomu / Akamatsu Shunsuke, Inaba Akira, Nishijima Takeo cho.
   Tokyo : Asahi Shinbunsha, 1989.
   Series title: Asahi sensho ; 391.
   UCB East Asia DS836 .A338 1989

2. Daijingu honin shusei / [henshusha Shinto Taikei Hensankai ; kochusha
   Gomazuru Atsuyuki, Nishijima Ichiro]. Tokyo : Shinto Taikei Hensankai,
   Showa 59-60 [1984-1985].
   Series title: Shinto taikei. Jingu hen ; 4-5.
   UCLA Oriental BL 2216.2 S518 v. 4-5

3. Higashi Ajia shi ni okeru kokka to nomin : Nishijima Sadao Hakushi
   kanreki
   kinen / Nishijima Sadao Hakushi Kanreki Kinen Ronso Henshu Iinkai hen.
   Tokyo : Yamakawa Shuppansha, 1984.
   UCLA Oriental HC 427 H54 1984

Press RETURN to see the next screen.
TEN-> exit

```

図11

図11は、アメリカ合衆国カリフォルニア州カリフォルニア大学バークレー校の melvyl という計算機の書籍データベースから“nishijima”なる人物の著作を検索した例である。

将来への展望

比較的狭い領域での通信スピードは、世界中に標準的に採用されているイーサネットでデータ転送量としては10Mbpsである。この制約は同軸ケーブルを用いて電気信号のパルス幅100nsを用いるためであるが、多くの電気ノイズ源の存在するオフィス環境内ではこの幅を

もう一桁狭くして安定な運用をはかることは困難である。とすればこれを光通信技術で置き換えることにより速度の飛躍的（約10倍）向上をもたらすことが可能である。技術的にはすでに FDDI において通信速度として100Mbpsが実現されており光イーサネットもこの程度の速度で運用することは可能であろう。光ケーブルの普及面においては、現状のネットワーク・ハードウェアに替わり、初期投資を必要とするためネットワーク負荷の大きな LAN でのみ利用が進む可能性が高い。

一方現状のイーサネット通信速度はそのまま、プロトコルの不備な部分に改良を施して次の世代のネットワークにつなげる動きもある。それは、近年の超高速スイッチング回路の発展による技術を利用するもので、イーサネット上でのパケットの衝突を回避し実行的に10 Mbps と言う最高速度を常に実現しようとする試みである。すでにブリッジ等においては、超高速スイッチ回路を用いた製品が現われており、ブリッジでつながるセグメント間のパケット衝突はこの方法によりなくすることができる。こうして運用實際上1 Mbps と言われるイーサネットの通信速度を一桁あげることが可能となる。この種のスイッチング・ブルッジの普及もネットワーク・トラフィックに画像情報等の負荷の高いシステムを運用する LAN 同志の接続に進むであろう。ただしスイッチング・ブリッジのほうが初期投資が少なくてすむため広く速く普及すると考えられる。

高速電子ネットワークの次の課題はより広い領域即ち地球規模のサイズでの高速通信である。同軸ケーブルをただ長くするだけでは、環境条件のさらに厳しい屋外での安定運用は期待できない。より高速な WAN (Wide Area Network) の普及には明かに光通信技術の向上と全世界的な光ケーブルの敷設が不可欠である。これにより日本国内での標準的64kbps (アメリカの約1/100ではあるが)の通信網を2桁高速にした1 Mbps 程度の WAN の構築が可能となる。それは、アメリカの例に見る間でもなく通信網の普及と利用者の増加はベキ級数的であり（この時点では）10年遅れの日本でもいよいよ本格的に光通信回線による WAN の構築が急がれる。

またコミュニケーションの新しい道具としてのネットワークは、いつでもどこでもという条件を満たすために移動体通信による無線通信（衛星通信を含む）をサポートするようになるであろう。すでに携帯電話が普通になりノートブックパソコンが主流になる現代では当然のごとく語られる未来かもしれないが、電波による通信の限界は実はすぐ近くにあり、この稿で述べたような超高速通信の世界がすぐに移動体通信でも実現するかどうかは、技術的なブレークスルーの出現にかかっている。

こうしてより広くより速く通信が可能になると同時に、より大量のデータがネットワークを流れるようになる。（またいたちごっこではあるがより高速ネットワークが求められる。）より大量のデータとは、現時点では画像や音声情報を意味することが多い。画像や音声情報は、テレビや電話により我々に身近なデータであるが、これらの品質は本稿で扱ってきたデジタルデータと比較すると比べものにならないほど悪いものである。これが許される理由は、データを取り込んだ人間の側で欠損データの補間を行なっているためである。計算機のような厳密な機械にデータ処理を任せる場合、このような人間的な処置を期待することはできず、完全なデータ転送が要求される。しかしデータ量としては、画像や音声情報は超大量で、欠損なく（1ビットたりとも失うことなく）このような大量のデータを素早く転送することは

現在まで実現できなかった。今ややっと電子ネットワークの発達により動画と音声をまじえた完全な意味のコミュニケーション情報を送りこれを再生することが出来るようになった。たとえば、人はコンサートに行くことなく（ディスプレイ上で）音楽を観賞することが可能となった。もちろんいままでもテレビにより同様のことは実現されていたが、画質と音質において遥にテレビを上回るものであり、レーザーディスクのリアルタイム版というべき質を備えている。この全ての情報を蓄えておけば、各コマ単位で再生が可能となる。決してビデオテープのようにチラつく事がない。電子ネットワークの発展は、このような高品質の大量データ転送を可能にする。

また現在企業レベルで最も重要なデータの一元管理を全世界的に行なうことが出来るようになる。すなわち十分に高速なネットワークのもとでは、それぞれの人の計算機は最低限の計算機を運転するために必要な資源のみを保持し、その他必要なデータは、そのつど適当な全世界で数（最終的には一）箇所そのデータの管理されているデータベースを参照すればよい。このようにすれば、現在は何百万と存在するデータのコピーは不必要であり、その信頼性は100%確保される。例えば、もはや出版の必要がなくなる。これは創作や広く人に情報を流布させる事を辞めるのではなく、ただ一個所の本データを世界中の読者が読みにくれば良いことである。このような無駄なコピーを作らない、あるいは無用な重複を避けることにより、より簡素で実ある活動を支援することとなる。

果たしてこのような高度なネットワーク社会は実現するのであろうか？

本研究は電気通信普及財団の研究助成により支援された。

参 考 文 献

- 1) Douglas Comer, TCP/IP によるネットワーク構築（共立出版, 1991）
- 2) Brian W. Kernighan and Rob Pike, UNIX Programming environment（アスキー出版局, 1985）
- 3) 東京大学大型計算機センター, 学内 LAN とインターネットワーキングの展開（研究会論文集, 1991）未発表