

キャンパス・ネットワークにおける資源の有効利用

ケース・スタディー (I) 外部の情報資源の利用

Efficient Utilization of Resources

in a Campus Network (I)

平岡 信之

Nobuyuki Hiraoka

1. はじめに

筆者が本学に赴任してほぼ3年になる。その間、筆者は本学の教育・研究向け情報システムの整備に直接かかわって来た。この情報システム整備業務を行うに当たっては、学内外の事情（主として経済事情）及び教育・研究上の要請からほぼ自動的に以下のような互いに相反する要件が設定される。¹⁾

a) 最小限の投資で（既存の資源を最大限に活用して）

b) 最大限の効果を（最近の技術潮流に対応した環境構築）

言い換えると情報システムに関する諸資源の有効利用である。このテーマに関して、筆者がこれまでの業務を通じて得た知見等を、ケーススタディーとしてこの場所を借りて報告させていただく。報告は概ね以下の内容について、3回に分けてシリーズで行う予定である。

I 外部資源 主として学外にある情報資源

II ハードウェア資源

III その他の諸資源

本稿はその第1部として、学外にある（主として他の大学や研究機関から入手可能な）情報資源を学内ネットワーク上から利用するための仕組みについて述べる。

これに関して筆者が行った作業を要約すると、本学のキャンパス LAN をインタネットに接続した、と言うことになる。本稿ではその開始前の内外の状況に始まり、接続の設計時の考慮事項、実作業の概要、そしてその結果という順に話を進めていく。従って、本稿は一種の顛末記に近い性格を持つが、これが今後広域ネットワークに関心を持ち、またインタネットへの参加を試みる方々の

参考にもなれば幸いである。

なお、ここで説明する設計および作業の主な部分は92年秋から93年春にかけて行ったものであり、それ以降、本稿執筆までの間に、ハードウェアの価格体系や学内の機器構成等の様々な情勢変化が生じており、ここでの議論や選択が前述の要件に鑑みて必ずしも最適とは言えなくなってしまっているような事項もある事を付記しておく。また、筆者の元々の専門分野は計算機（主としてソフトウェア）であり、従って、本稿もその分野にいる者の視点から書かれている。特に通信関係の専門家から見て奇異に映る点も多々あると思われる。ご叱責を頂ければ幸いである。

2. 背景

ここでは筆者が本業務に着手した時点での学内外の状況を簡潔に述べる。なお、ここで使用しているインタネットという単語は、文脈から判断される通り、通常 Internet というように頭を大文字にして固有名詞扱いの表記がされる、世界規模の（一つの）ネットワーク複合体を指している。

2.1 インタネットについて

さてそのインタネットだが、すでにマスコミ等を通じて一般にも知られているように [例えば 1,2]、この約20年の間に様々な形で発達した研究用ネットワークが融合する形でインタネットが形成され、現在さらにその用途の（研究に限定しない）拡大および規模の爆発的とも言える増大の途上にある。その動きに呼応して、例えば書籍や雑誌といった印刷物の形で発行されない（電子的手段でのみ入手可能な）情報や、或は印刷されてい

1) ご承知のようにあらゆる分野に普遍的に存在するテーマである。

でも入手が困難なものがインターネット経由でなら容易にアクセスできるという状況が一般化しつつあり、その種の情報入手の道具として、或は連絡・議論などの人間同士のコミュニケーションの道具としても、インターネットへのアクセスが我々研究者にとって欠かせないものになってきている。

こうした動きは例にもれず米国がその震源地であるが、日本でもそれを追いかける形で WIDE および JAIN といった広域ネットワークに関する研究プロジェクトが活動し、研究活動とともにその基盤となる広域基幹網の運用を行っている。(ただし基幹網運用母体としての JAIN の事情は後述のようにやや複雑である。) 勿論これらの基幹網は直接或は間接的にインターネットに接続している。さらにこの1、2年の間には、学術情報センター(以下、学情と略記する)のIP網である SINET の整備、IPによる商用ネットワークサービスの開始、各地域における地域ネットワークの活発化といった変化も生じている。

なお、ここでいう「インターネットに接続する」という言葉は、巷間で曖昧な使われ方をする傾向がある。大まかに整理すると、インターネットの範囲は [広義] インターネットの流儀・形式・文化に則って、インターネット内の他のサイト(組織或は拠点)や人と電子メール等による通信が可能

[狭義] インターネット内のあらゆる計算機との間でIPプロトコル(TCP/IP或はインターネットプロトコルとも呼ぶ、インターネット及びその前身で培われて形成された、パケット交換に基づく通信プロトコル体系)による通信が可能

というような定義が出来るが、本稿では特に断らない限り後者の意味で用いる。

2.2 本学のキャンパスネットワーク

本学の教育・研究向け情報システムは88年の情

報学科設立の準備段階で導入された設備・機器を主体として構成されている [3]。情報学科設立以前の、オフコンを主体としたシステム [4] を第1次とすると、現システムは第2次システムということになる。ちなみにこの3年間においては、設備的に大きな変化はないが、ソフト・ネット・運用の点で本稿及びそのシリーズで述べるような変化が加わっているため、筆者は現在のシステムを第2、5次に分類している。詳細は次回以降に述べるとして、この第2次システムの特徴と状況の中で、本稿に関係の深いのは以下の4点である。

- a) 主要OSとしてUNIX
- b) 約15台のSunワークステーション
- c) イーサネットによる学内LAN
- d) (上記の当然の帰結として)学内LANにおけるプロトコル体系はTCP/IP

本シリーズではこの第2次システムの問題点を少なからず指摘することになる予定だが、少なくとも上記の選択は(今でこそ常識になっているが、当時としては英断である)昨今のオープンシステム指向の技術潮流を先取りしたものと、次に述べる早期JUNET参加と共に、本学の自慢すべき事柄であると言える。

2.3 JUNET

本章で言及する時間的順序は逆になるが、JUNETは日本で84年頃に開始された研究ネットワークであり、現在の日本のインターネットに関する活動(前述)を産み出す母体となったものである。[5]²⁾ 本学はその黎明期にこれに参加(勿論、大学としての組織的行動ではないが)している。

[6]³⁾ この研究ネットワークという呼称は、ネットワークを研究の道具、或は環境として使うものとして、及びネットワークそのものを研究対象としての、二面性をもった微妙な言葉ではある。実際、研究の性格上、多数の組織の協力が必要であり、その中で様々思惑が交錯することは避けられ

2) なお、研究活動としてのJUNETはすでにその役割を終えており、また、道具・環境としてのJUNETも、地域ネットワークを始めとする、実用指向の様々なネットワークプロジェクトへと発展する形で、94年秋に正式に解散する予定である。

3) ちなみに本学のドメイン名 nagano.ac.jp (当時は nagano.junet) は、その頃に取得したものであり、その時代の大らかさ [7] を体現したものである。後に名前空間が貴重な資源として認識されるにつれ、このような命名は許されなくなっており、例えば u-tokyo, kyoto-u などのように他の組織との衝突の可能性を極力排除した名前を使うことが通例になった。本学はとりあえず既得権としてその(名前空間資源浪費的)ドメイン名を使いつづけていると言える。

ず、またそれに法規制との微妙な関係もからんで、この二面性は、技術・文化・人材等と共に、後の活動にも継承されることになる。

さらに JUNET では、その構造的及び性格的背景から以下のような気風が生まれ後に受け継がれている事も、次章に関連する事項として特筆して置くべきだろう。1つはリンク（2サイト間の直接の接続のための回線や設備）のコストに関する大らかさである。これは多分に後述のバケツリレー方式に起因するものと思われる。ある2サイト間の通信において、その間に入ってその通信を中継するサイトが（場合によっては多数）存在することになるが、その中継サイトは他者の通信のコストにも負担することになる。しかし JUNET ではその不公平を「お互い様」或は「別のことでギブ&テイクしましょう」といった意識で解決する努力が払われてきている。

もう1つは、小規模活動から開始して徐々に範囲を活性化していく風潮である。いわばゲリラ的活動の文化である。JUNET(およびその後継のもの)は基本的に個人の活動(勿論それは組織人としての活動である場合が多いが)を支援するものであり、また、常に発展途上にあるという研究ネットワーク本来の性格もあいまって、特に組織にとっての有用性(研究上の価値、或は企業においては業務遂行上の利得)を客観的に評価するのは困難である。そのため、組織としての必要性を認知し、組織として公式に活動を起こす(少なくとも設備や労働力に関する費用を正式に計上する)までの道のりが非常に長く険しいものになる。そのため、組織内の有志が本業の裏仕事として諸資源の余裕分を融通してゲリラ的に活動を開始し、実績を積んだ後に組織内での認知を得ようというアプローチがよく用いられる。本学においても然りである。また、結果的に一部の活動者がネットワークからはその組織の顔のように見えてしまったりすることもある。

とまれ、JUNETはその後、規模の(やはり爆発的な)拡大の後、インターネットの(前述の広義解釈による)一部として道具・環境として利用され続けている。本学も92年の時点では引き続き JUNET の1参加組織として、東大(東京)及びセイコーエプソン(塩尻)等のサイトとの間にリン

クを設けていた。が、この頃から、我々がIP接続への移行に向けて動き出すきっかけ或は圧力となる外部状況が2つ生じ始めている。1つは組織化への動きである。つまり、JUNETの急激な拡大の結果生じた混乱を解消するため、(広義の)インターネットに参加する組織は、何れかのネットワークプロジェクト(本稿ではネットワーク組織とも呼ぶ)に属することが条件づけられたことである。それまでのJUNETは組織としての形をもたなかった(これが発展の要因でもあり混乱の要因でもある)が、これをきっかけにJUNET協会が発足し、どの組織も、接続性を継続するためには、JUNET協会を含む幾つかのネットワーク組織のうちどれに加盟するかを選択する必要が生じた。

もう1つの事情は、本学の上流としてメールやニュースの中継といった便宜を好意により計ってくれていた東大のマシンが、本学を含む多数の接続先をかかえて、機械の性能、電話回線の空き時間、管理の手間といった点での限界に達していたという事情である。別の接続先と接続方法を見つめることができる力と境遇を持ち合わせている(つむりの)組織が、ここで手をこまねいている訳にはいかない。

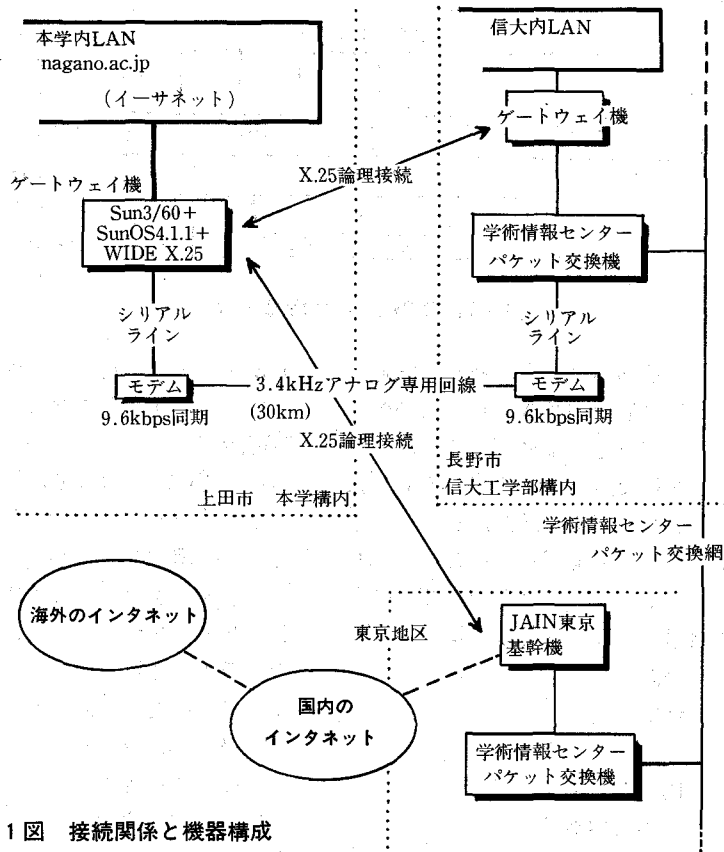
2.4 UUCP

ところで、JUNETではアナログ回線交換網(普通の電話線)上でUUCP(一種のプロトコル体系)を用いて電子メールの交換および電子ニュースの配送を行っている。この方式の特徴として以下の3点があげられる。

- a) バケツリレー方式
- b) バッチ型転送
- c) 送信側主導の通信

これは特に遠距離通信のためのコスト(電話代)を極力押さえながら充分な情報流通を図るために有効な方法であり、ゲリラ的活動者にとっては福音である。が、その方式に起因する機能的制限は、インターネットの時代においては利用者にとって不満の多い(機能的問題点の説明は第5章に譲る)ものになってきており、また、c)によりリンクの維持費用(電話代)が知らないうちに高額になってしまう等の問題も発生している。

上記のような様々背景と状況に対応すべく、本



第1図 接続関係と機器構成

学でもIP接続(UUCPからIPへの切り替え)の計画が筆者を中心として開始された。

3. 基本設計

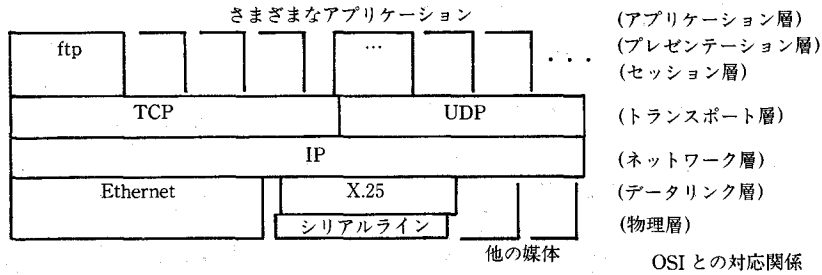
さて、そのIP接続の実現にあたっては、その準備段階において、それぞれの組織の目的や立場、状況に応じて様々な事項を考慮し選択しておく必要がある。本章ではその大要と、本学における(その時点での)選択を順次説明する(第1図)。ただし、実際の検討においては、本稿に述べる順に決定木を作って判断を進めて行けるほど単純ではなく、最終的には本章の各要件を総合判断して方針を決定し、或は一部については未確定或は不安要素を残したまま前進させることも必要となっている。

3.1 前提条件

インターネットは前述のように一種の packets 交換網であり、従ってネット内のいずれかのノードに接続すれば、原則として自動的に、その接続先ノードを通じてインターネット全体との接続性(コネクティビティ)が確保される。⁴⁾ 従って、我々の当面のテーマは、「どこかにつなぐ」ことである。勿論その接続先は、(場合によっては裏道も存在し得るとしても)制度的に接続を許可してくれる組織(通常はネットワーク組織)であることが必須条件になる。

それを満たした上で最も重要となる条件は、やはりコストということになるだろう。この場合のコストは、初期費用と維持費用に別けて考えることができるが、既存設備の流用による設備費用の

4) 即ち、遠方との通信において、その間の(直接の接続先より向こう側の)リンクのコストを支払う必要がないという、非常に虫のいい状況が現在においては実現されていることになるが、勿論この大らかな状態の永続性が保証されている訳ではない。もう一つ、現在のIPプロトコルの持つ制限として、中継可能なホップ数(パケットの発信者と受信者の間で通過するリンクの数)の上限が定められており、それを越えて位相的に離れたノード間での通信ができないことも付記しておく。



第2図 TCP/IP の階層構造

軽減を考慮し、また長期的な視点で考えた場合、やはり維持費用、特に通信回線費用が最大の要素になる。IPパケットをそのまま運んでくれるサービスが現在は存在しない以上、何等かの形で接続点までの足回りとなる回線の敷設は必要になる訳である。前述のように、実現したい機能は単純なものであり、従って、その回線費用に関りのある要素も以下に列挙するように比較的単純である。

- a) 常設リンクが間欠リンクか
- b) 通信速度(帯域幅)
- c) 距離

勿論外部との通信回線を自前で敷設するのは技術的にも制度的にも極めて困難であり、ここでは第一種または第二種通信業者⁵⁾の提供するサービスメニューの中から選択してサービスを購入することになる。

前にも少し触れたが、残念ながら本学でもネットワークの必要性に関して広く認知はされていない状況でもある。そこで、接続性確保のためのシナリオとして、まずは現状のサービスを継承できるだけの帯域幅を確保し、UUCPからIPへの乗り換えを行った後に、徐々にサービスの強化を進め、利用度増加を図り、その後、必要に応じて帯域幅の増強をすすめていくことにした。

3.2 媒体(1)

一般に通信業者の提供するサービスをその料金体系およびアナログ(A) デジタル(D)の違いかから分類すると以下のようになる。

月極固定料金	専用線(A, D)
従量性(接続時間)	回線交換網(A, D)
従量性(通信量)	パケット交換網(D)

専用線或はパケット交換網の場合はその性格上、

常設リンクが可能だが、回線交換網の場合は間欠リンクということになる(繋ぎっ放しにすることは可能だがコスト的に不適)。間欠リンクの場合、

- a) 管理的或は技術的困難が予想される
- b) 接続のための待ち時間が発生する

という問題があるため、コストが許せば常設リンクにしておきたいところである。従って、専用線かパケット網が候補に上がる。ただし、常設リンクの障害時や混雑時のバックアップとしての間欠リンクは有益だと思われるので、次のテーマとしては掲げて置きたい。

次に、専用線とパケット網の比較だが、これは想定するデータ量と距離とに応じて優劣が決まる。即ち、近距離でデータ量が多い場合は前者が、遠距離でデータ量が少ない場合は後者が有利になる。勿論、最終的にはこのような定性的議論だけではなく定量的な議論が必要である。我々の場合、以下の2点を考慮して、専用線を選ぶことに仮に決定した。

- a) 上田市近辺にはIPサイトはないが、後述のように約30km(専用線の料金算定におけるNTTの距離計測基準による)離れた長野市にはあり、この距離は比較的近距离であると考えられる。
- b) すでにJUNET等の電子ニュースをUUCPで購読しており、データの流通量は充分多い。(約50MB/週。但しIP接続後には後述のように減少した)

3.3 物理的接続先

接続先に関する議論の前に、「接続」という多義性のある用語に関して整理を行っておく必要がある。IPプロトコルは例にもれず階層構造をなし

5) ただし本稿の目的に関する選択肢として、私の調べた範囲では上田市では現在NTTしかない。

ており(第2図)、この種のプロトコルではほぼ各層毎に「接続」あるいはそれに近い機能が定義されている。本節と3.4節で、OSI参照モデルという物理層およびデータリンク層における意味での接続(後者を論理的接続と呼ぶことができる)について述べる。この接続に基づいて、IPパケット(ネットワーク層)の到達性が実現され、利用者からは、さらに上位層であるトランスポート層やアプリケーション層での「接続」(コネクション或はセッションとも呼ばれる)を利用出来る訳である。[8]

さて、本節はその最下層である物理層における接続先についてである。つまり電話線(専用線を使うことは前節で仮に決定した)をどこまで引くか、である。幸い、学情の packets 交換網のノード(接続点)が長野市の信州大学(以下信大と略記する)工学部構内に設置してあり、(論理的接続先によるが)これが無料で利用可能であることが分かった。勿論、学情の設立目的に従って、この利用は大学や図書館等の学術研究機関に限られている。この packets 交換網は DDX 等と同じく、X.25プロトコルに基づくものである(以下X.25網とも呼ぶ)。ノードの実体である packets 交換機には、9.6k, 48k, 64k(単位はbps)の3種類のインタフェースが実装されている。従って、

- a) 上記のいずれかの速度の回線を上田=長野間に敷設する
- b) X.25による論理的接続先を確保する
- c) X.25を用いてIPパケットを送受信する機能を本学内に実装する

この3つが実現可能ならば、比較的安いコストでIP接続が実現できることになる。

なお、その信大工学部内の同じ構内にある1学科では、本学と同時期に(本学に若干先行する形で)IP接続が行われている。従って、(制度的問題を除外すれば)この学科を物理的接続先をお願いして、同等のコストでIP接続を達成することも技術的には可能であり(好意に頼ることになるが)、さらに、後述のように速度的にはこの方がかなり有利である。しかし、この学科でのシステム管理が、現在の本学と同様に一部の教員のボランティアにより行われているらしいことを考慮する

と、やはり同様の立場の人間として、余分な負担をかける選択は謹むべきだと考え、⁶⁾ この案は除外することにした。

3.4 媒体(2)

NTTの提供する専用線サービスにはアナログ(帯域品目)とデジタル(符号品目)がある。前者でデータ伝送に利用可能なものは事実上一種類(3.4kHz)だけだが、後者には一般専用回線に加えてスーパーデジタル等のサービスが様々な速度についてラインナップされており、前述の packets 交換機の各インタフェースに対応可能である。次節以降に述べる幾つかの選択肢を考慮しつつ検討を行い、しかし最終的には当初のシナリオを重視し、現時点での接続費用(即ちUUCPリンクのコスト)を越えない額、できれば軽減できる額になることを条件として、当面は9.6kのインタフェースを使うことにした。

X.25プロトコルでは機器間の通信として同期通信が使われるので、最終的には、以下の選択をすればいいことになる。

- a) 符号品目 9.6kbps
- b) 帯域品目 3.4kHz に加えて9.6kbps同期通信が可能なモデムを両端に設置

価格的にはa)の方が若干割高であり、a)に付随して発生するDSU使用料(両端分)を合わせた額は、b)にモデム購入費用を合わせた額に対して約1年で割高になってしまうため、我々はb)の方を(実にみみっちい比較ではあるが)選んだ。但し帯域品目では、NTTが9.6kでの通信を保証している訳ではない。この選択は、最近のモデムの製品レベルが向上している事実と、モデムメーカーの提供する事例情報とに基づくものではあるが、一種の賭けになってしまう点もまた否定は出来ない。研究の過程ではこういう選択も時には必要なものではあるが。

ところで、この物理的接続の方式検討の過程で筆者を最後まで悩ませたのは、「これで本当につながるのか」という(根本的な)問題である。本章での検討は、各方面からの助言を仰ぎながらも、スタッフに通信の専門家を抱えることなく(いわゆる計算機屋に属する研究者だけで)手探りの状

6) それでも論理的接続その他において、好意に甘えた負担は随分かけている。

態で行われた。本稿での作業は従来の分類で言うと計算機分野と通信分野の両方にまたがるものだが、その両分野にまたがる形での確かな資料や人材が少なく、両分野で使っている用語も互いに違っているという現実が、こういった融合的作業において大きな壁になっている。

例えば本節の範囲で言うと、パケット交換や回線サービスのインタフェース条件として、前述の速度条件以外に、電気特性やコネクタに関する条件が、いわゆる CCITT 勧告の X、V、I シリーズといった形、或は ISO 規格等で示される。学情パケット交換機の物理回線の場合、コネクタとピン配列：ISO 2110・インタフェース：CCITT V.24/28 という表記がされる[9]。これを我々は「RS-232C の Dsub25ピン」というような計算機屋用語に翻訳して解釈し、検討資料に加えなければならなかった訳である。

3.5 通信機器と通信ソフト

次に通信方式を検討する。つまり、IP パケットをシリアルライン（電話線）上で送受信する方式、即ち 2 点間の直接通信のためのプロトコルの選択である。代表的なプロトコルとして以下のものが上げられる。

- a) X.25
- b) S L I P (Serial Line IP)
- c) P P P (Point to Point Protocol)
- d) その他、通信機器メーカーの独自方式の類

この選択は、すべてを自前で行う場合を除いて、物理的接続相手の機器に多分に依存する。残念ながら我々の場合は、相手がパケット交換機であることから、自動的に X.25 に決定してしまう。なお、相手が計算機や IP ルータ等の場合は、選択がもっと自由になる。この場合は通常は a) でなく b) または c) が選ばれるだろう。というのは、X.25 はそれ自身がパケット交換のためのプロトコルであるため、そのフレーム内に 2 点間の直接通信に必要な情報が含まれている等、b)、c) に比べてオーバーヘッドが大きくなる要素をもち、さらに、インタフェース条件が同期通信であることを要求しているため、速度が上げられないという問題があるからである。一方の b)、c) は、もともと 2 点間の IP リンクを目的として作

られている上、非同期通信が可能なので、最近の高速化および高機能化が進んだモデムを採用する事により、アナログ回線の通信能力を最大限に引き出して、かなり高速な通信が実現できる可能性がある。本稿執筆中に、信大工学部構内に学情の SINET のルータの設置が行われているとの情報も入っており、従って、現在では我々も X.25 を使わない IP 接続への移行が（制度的にもコスト的にも）可能になってきている。

さて次に通信機器であるが、通常はここで通信機器メーカーの提供する専用機材、或は専用のソフトウェアを導入するのが性能的にも信頼度の点でも最良の選択であることは想像に難くない。が、ここではコスト要件と、通信速度がたかだか 9.6k であることを考慮して、当面は既存のマシンの流用とフリーソフトウェアの利用を優先する。

ここでも幸いなことに、WIDE プロジェクトの開発した X.25 ソフトウェアが無料で借用可能であること、また、そのソフトウェアが Sun および News の両ワークステーションで利用なことが分かったので、これを使わせて頂くことにした。なお、WIDE の X.25 は、無料ではあるが、再配布可能ではなく、契約による借用の形で配布を受けることになっており、従って厳密な意味でのフリーウェアではない。この X.25 を動作させるゲートウェイマシンとしては、以下の 2 つの理由で、上記 2 機種のうちから Sun を選んだ。

- a) 本学では News は 1 台だけだが Sun は複数台設置してあり、マシン故障時などには、別の Sun の流用により急場を凌ぎ、接続を確保することができる。
- b) X.25 の動作条件として必要となる OS のバージョンが、本学で使用中的のものよりも新しいものであったが、前年度にたまたま別のソフトによる必要性から、Sun が 1 台だけ新しい OS の版に上げてあったため、それをそのまま使える。

こういった選択（と節約）を行っていった結果、IP 接続のために直接必要となる（監視のための若干の設備増強を除く）新規設備投資として（ここに再掲すると）、

- a) 普通の専用線を 1 本
- b) 普通のモデムを 1 対

という単純なものになった。これなら本学程度の小さな組織でも対応できそうである。

3.6 論理的接続先

ここでの論理的接続先の選択には、実は2つの意味がある。1つは前に触れたようにデータリンク層における接続(X.25の用語ではVCすなわちVirtual Circuitと呼ぶ)をどこのマシンとの間で張るか、ということであり、それと同時に、どのネットワーク組織に属するか、という意味でもある。ここでは後者の選択により前者がほぼ自動的に決まる。

ここで我々に可能な選択は、JAINかSINETか、である。前者はアカデミック・ネットワークに関する研究プロジェクトであり、後者は学情のサービスとしての実用ネットワークである。前章で述べたようにJAINは基幹網の運用も行っているが、実際にはそれは自前のネットワークではなく、学情のX.25網を間借りする形で運用されており、従って、いずれにしても学情のネットワーク資源を利用することにさほどの違いはない。結局、我々は研究プロジェクトとしてのJAINに加入し、そのついでの様態でJAINとの接続を選択したのだが、その根拠は以下に示すように実はかなり薄弱なものである。

- a) SINETは立ち上がって間もないため、その安定性等に不安がある(というJAIN関係者(!)からの助言)
- b) 研究者のはしくれとして何等かの形で研究プロジェクトに貢献できる可能性があるならばその方が望ましい

JAINは(当時)地区毎に分散した形で基幹網の運用を行っており、本学はその地区割から、JAIN東京に属することになり、東大に置かれたJAIN東京を統括するマシン⁷⁾との間にVCを張ることになり、また、同じマシンから本学に関する経路情報や名前情報のアナウンスもしてもらえることになった。

なお、この時点で、JAIN内の他のホストとも(他の地区でも)VCを張ることはできる。この場合、本学からそのVC相手サイトへのパケットは、一旦JAIN東京でIP的に中継されるのでな

く、X.25網だけを通して直接VC相手に届く(逆もほぼ同様)が、それによる性能的メリットがそれほど期待できず、また複数のVCを使っての通信ソフトの設定に不安があるため、当面は東京とだけのVCで立ちあげることにした。

4. 作業の概要

上記のように方針が決定し、必要な予算が確保出来れば、次に実作業に入ることになる。本章ではその概要を説明する。この中には、かなりの期間を必要とするものもある(例えば工事や機器の発注から納入まで)。従って、前章と同様、ここに述べる順に必ずしも事が進む訳ではなく、並行して実施していく必要がある。一方、前後の依存関係も当然存在する。一般的に、接続作業は下位層から上位層に向けて順々に確立させていく必要がある。少なくとも、本章の後半で述べるソフト的作業は、回線工事や機器の設置が終了しないと開始できないので、こういった手配は早めに行っておく必要がある。しかしその反面、敷設された回線は、上位層の接続が完了せずに無駄に遊んでいても、その回線費用は請求されてしまう。特に我々のケースでは、UUCPによる通信経路をIPに切替える作業でもあり、回線設置の後、接続及び切替えが完了するまでの間は、両方の回線費用を支払うことになってしまうため、この期間を極力短縮する必要があった。従って、Xデー(回線工事完了日)を設定し、それを基準にして、前に準備作業、後に切替作業という振り分けを行って工程調整を行った。

4.1 事務手続

4.1.1 ドメイン名及びIPアドレスの取得

組織内の各マシンにつける、ホスト名の後置部と、IPアドレスの範囲である。双方ともインタネット全体に渡ってユニークな記号及び番号である必要があるため、組織的かつ階層的な管理が行われている。日本では現在JPNICが窓口になっている。本学ではその双方ともJUNET参加の過程及びその延長上の経緯の中ですでに取得してあるため、この手続きは不要であった。なお、今後新たにインタネットに(広義の場合でも)参加す

7) 前章で述べたUUCP接続先のマシンとは別のマシンであり、同じ建物に置かれてはいるが、管理主体も別である。

る組織は、まず JPNIC に登録されているいずれかのネットワーク組織に加入し、その組織を通じて（直接 JPNIC からでなく）これらを取得する（UUCP による広義のインターネット参加の場合はドメイン名だけでいい）ことになる見通しである。

4.1.2 組織への加入

本学の場合は JAIN への加入である。参加するネットワーク組織によって違うが、JAIN についての加入手続は、加入申請書類のテンプレートを入力し、必要事項を記入して返送するだけであり、従って、つまり手続きそのものは1往復半の電子メールのやりとりで完了する、簡単な作業である。⁸⁾ 但し、その手続きにいたるまでの過程では、関係者との相談等の、多数の電子メールのやりとが行われている。

なお、その後の情勢変化として、JAIN は基幹網運用の役割を地域ネットや実用サービスに譲り、研究プロジェクトとしての活動に専心する方向へと転換中（本稿執筆時点）である。本学としてもいずれそれに対応する必要が生じるだろう。

4.1.3 X.25網への加入

学情のサービスを利用するための申請である。これには組織としての加入申請書類が必要であり、（電子的でない）紙の書類が加入組織と学情の間で2往復する [9]。申請書類には、責任者、接続形態、機器構成等の他に希望開通日に関する記入欄があり、学情側では（極力）それに合わせて機器および作業の手配してくれるが、実際にはかなり時間がかかるため、次項に関する手配と関係づけての日程調整を加入者側担当者で行う必要がある。

4.1.4 その他

順序は逆になったが、最初に行っておくべき手配作業は回線工事及び機器購入に関するものである。手引 [9] で推奨されている手順の中では優先度が低いが、これが遅れると他の手順に影響が大きいことを考慮しておくべきである。我々の場合、結果的にモデムの入荷が遅れ、次節のような対処

を必要とした。たまたま Xデーは9月に設定しており、8月前後の製造及び流通業者の仕事の乱れる時期⁹⁾ の影響があったと考えられる。

なお、工事手配の際に機器の認定番号の通知が必要となる等、並行しての手配ではうまくいかない部分が存在するので、その部分では適宜「後から知らせる」「先行して問い合わせ」などで凌いでおくしかない。また、工事等の手配にあたっては、他の組織（ここでは信大）の敷地や建物での作業や立ち入りが必要となる場合があり、その組織との連絡調整も必要となる。残念ながらこのフェーズでは計算機ネットワークは役に立ってくれず、電話と Fax が活躍し、技術者・研究者が手配師に化けてしまう場面である。

4.2 VCの確立（データリンク層以下）

4.2.1 物理的接続まで

最初に回線工事を行ってもらおう。デジタル回線の場合はテストを含めて業者におまかせである。我々の場合はアナログ回線を使ったため、データ伝送のテストはして貰えない（いざとなったら誰かがノートパソコンを抱えて長野に足を運ぶことになる）。モデムは本来ならば予め設置されて回線の接続を待っている筈だったが、前述の事情により、回線の終端にモジュージャックをつけるだけにして貰った。

従って、本来の順序とは逆だが、次の作業がモデム設置ということになる。電源およびシリアルケーブルを所定の場所に繋ぎ、機器のディップスイッチの設定を幾つか（通常は非同期通信向けに出荷時設定されているため）動かし、パワーオン、という手順である。実際にはモデムの入荷がさらに遅れ、結果的には後述の PMX（パケット多重化装置）接続当日となり、そのため、筆者がそのモデムの片割れを抱えて長野まで、接続立会いを兼ねて足を運び、PMXの傍のモデムラックに設置した。それと並行してもう一方のモデムが本学に納入・設置・接続され、（電車の中で機器マニュアルを読み、設定を決定し、現場から本学側の作業者に連絡するという綱渡りをやった）かろう

8) 現在、一般に加入できる大抵のネットワーク組織では、何等かの会費の納入が必要となっており、従って、もう少し複雑な手続きになるだろう。

9) こちらも気が緩む時期であり、業者に対する細やかな確認作業「つついておく」ができなかったこともある。

じてPMX接続にぎりぎり間に合わせることができた。

なお、些細なことだが、この時、長野側でモデムのため電源コンセントの空きがなく、急遽、二股を買いに走ってもらうという場面もあった。通信関係の設計や作業においては、つい信号線の方だけに目が行ってしまい、こういう見落としをしてしまうことはよくあることらしい。

さて、これで既に本学側のモデムは、これから通信機器に化ける途中のSunワークステーションのシリアル端子に接続されている。一方の長野側のモデムの接続先は、学情のPMXである。この接続・調整・テストの作業は、学情から手配された通信機器メーカーのCEが行う。これで物理的接続は完了である。

4.2.1 X.25による通信

説明の都合上、下の層から順に述べているが、本項の大半はXデー以前に準備可能であり、実際に、上記PMX接続日にはSun上でX.25が一応動いていたため、PMX側から(業者CEによる)動作確認が可能であった。

さて、X.25ソフトウェアはまずこれを入手することから始めることになる。これは簡単なライセンス契約をかわし、フロッピを1往復させる(生フロッピを送り、ソフトを入れて返送して貰う)だけの手続きである。このフロッピはDOSフォーマットであるため、ftp等でSunに転送する。そのゲートウェイ用のSunであるが、複数台あるとはいえ、遊んでいる訳ではないので、設置場所の移動、ディスク領域の確保、サービスの移動等の作業は発生する。これはハードウェア資源の融通にまつわる話であるため、別の機会に譲ることにする。

次に、このX.25をシステムに組み込む [10]。必要なファイルを抽出してしかるべき場所に置く手順は、コマンド一発に自動化されている。その後、X.25の動作オプションの指定を行った後、システムへの組み込みを行う。通常のUNIXでは、下位層の通信ソフトウェアはカーネル部分に組み込まれるが、このX.25でも同様であり、従って、ここでカーネルの再構成の作業を要する。これはBSD系UNIXのシステム管理経験者にはさほど

難しいことではない。また、ここで、モデムを接続したシリアルポートを非同期通信に利用する他のプログラム(getty等)が動作していないことも確認しておく必要がある。

その後、X.25の接続先を設定するファイル(アドレスマッピングテーブル)を作成し、X.25を立ち上げる。このテーブルには、VC相手の回線番号(予め問い合わせておく)およびこちらの回線番号(我々の場合は学情から4.1.3で述べた書類の中で通知される)および双方のIPアドレス等を記述する。相手側(JAIN 東京)にも同様の設定をしてもらっておく。なお、ここで、立ち上げるというのは、UNIXの用語で言うと、プロセスを起動する意味ではなく、寧ろデバイスを制御して、プロトコルエンティティをアクティブにする、ということになる。いずれにしても、このソフトはバイナリで提供されており、ソースを見ることができないし、またドキュメントに若干不十分な点もあり、そのためこういった仕組みを理解しながら使うのは困難である。テーブル作成に当たっても、メトリックの設定など、試行錯誤を要した部分があり、また前述の動作オプションも、通信の世界に慣れていないと困難な部分がある。

X.25が立ち上がることを確認したら、マシンの起動時処理の中の適切な箇所にこの起動コマンドを挿入する。Xデー以前に準備可能な作業はここまでである。この段階では接続テストはできない。PMX接続の際には、前述のようにPMXと本学の間X.25での接続が一応確認されている。従って、その後X.25に関して残された作業は、本学とJAIN 東京との間のIPのレベルでの接続確認である。ここではコマンドとしてpingが使えるだけである。相手マシンから返事が返って来れば、VCの開設ができていることになる。

4.3 ソフト的接続の条件

さて、IPパケットがX.25フレームに乗って、東京まで行って返ってくることが確認できた。が、これでIP接続が完了した訳ではない。次の作業の説明の前に、IPでつながっている状態とはどういう状態を意味するのか、即ち次節以降の作業の意義であるが、これを整理しておく。

4.3.1 パケットの到達性

X.25による論理接続が成功すれば、その直接の相手マシンとの間では、前述のようにIPパケットの到達性は確保される。しかしその向こう側にある任意のマシンとの間の到達性はまだ不完全である。こちらからの送信にあたっては、とりあえずJAIN東京(のマシン)にパケットを投げて置いて、あとの転送をお任せすることができるが、相手方のマシンがその応答として何等かのパケットを本学に送ろうとしても、その経路が分からないからである。

この経路情報の管理はインターネットでは(管理者を置くことも集中型データベースを置くこともせず)、一般にソフトウェアにより自律協調分散的に行われている。これは隣接する(直接のIPデータリンクを持つ)2つのネットワーク(例えば本学とJAIN等)のゲートウェイマシン同士が、それぞれ自分の知っている経路情報を定期的に互いに通知し合うことで実現している。[11]

4.3.2 アドレス検索

IPパケットはその宛先と送信元のIPアドレスを頼りに転送される。このIPアドレスは32bitの2進数で現される、電話で言うと電話番号のようなものであり、機械が扱うのに適した¹⁰⁾形であるが、人間が扱うのには不向きである。通常、ほとんどの(特殊なものを除く)サービスや資源のロケーションはホスト名で公開され、利用者はその名前前でアクセスするようになっている。そこで、名前からアドレスへの変換を自動的に行う仕組みが必要になる。

この名前情報の管理を行うソフトウェアはネームサーバと呼ばれる。ネームサーバもまた各サイトで動いており、自律協調分散的に動作することと、階層的管理が行われることが特徴である。ネームサーバは各サイト(本学も含む)にとっては以下の2つの意味を持つことになる。

- a) 問い合わせの仲介: 本学から学外の資源にアクセスする際に、各応用ソフトは学内のネームサーバに相手アドレスの問い合わせをする。ネームサーバが学外のネームサーバへ

の問い合わせを代理で行い、応用ソフトに結果を返す。

- b) 本学内の資源に関する情報管理元: 本学のネームサーバは、また学外からの問い合わせに答える機能ももつ。本学のような末端組織(他の組織を管轄しない)の場合、その問い合わせは本学の資源に関する情報だけである。

上記のb)に関する例を1つ示しておく。本学の誰か宛の電子メールは、以前のようなパケットリレー式でなく、原則として送信元マシンから宛先マシンに、SMTPという応用プロトコルを用いて直接送られる。或は組織によってはメール受取り窓口となるマシンを1台(mail exchangerまたはMXと呼ぶ)を決め、MXが外部からの受信を専ら担当するように設定することも多い。本学もそうしている訳だが、この時、メール送信側マシンは、まず本学、即ちドメインnagano.ac.jpのMXのIPアドレスを問い合わせ、本学のネームサーバからの回答を得た後、本学のMXに対してSMTPのセッションをオープンしに来ることになる。

このように、名前情報の管理に関しては、各組織が原則として自分の資源に関して責任を持てばいいという形で自動化が行われているが、ネームサーバの所在に関する問い合わせだけは、そのネームサーバに問い合わせる訳にいかない¹¹⁾ので、別の組織(普通は上位の組織、つまりいずれかのネットワーク組織)が問い合わせ先になる(つまり階層構造をとる)必要が生じる。本学の場合は、勿論JAIN東京をお願いしている。

4.3.3 応用プログラム

言うまでもなく、ネットワークの目的は、利用することである。最終的には、広域ネットワークを活用できる種々の応用プログラムが動作することが目標になる。

4.4 ソフト的接続

4.4.1 セキュリティ

IP接続を行い、外部へのアクセスが可能になるということは、裏を返せば外部から本学へのア

10) 但し、現状或は今後のインターネットの状況変化(特に規模の問題)に対しての問題は多数存在しており、次のアドレス体系が検討されている。

11) これも一種のブートストラップ問題だろう。

クセスも可能になるということである。従って、安定的運用の継続のために、セキュリティは重要な要件となる。接続までに可能なチェックはしておく必要があるだろう。我々の場合、幸い情報の機密重要性は少ないのに甘えて、この点ではまだまだ後回しになっていて不十分な点が多い(話題の性格上詳しくは書けないが)のだが、外部からホスト名検索可能なマシンについて、パスワードをチェックする等の処理はこの時点で行なっている。

4.4.2 ソフト、文書等の入手

広域ネットワーク(以下WANと書く)の運用に必要なソフトウェアは、大抵のワークステーションやOSにバンドルされており、この段階での心配の必要がないのが普通である。ただし、そのマシンやOSが古い場合は、付属していなかったり、バージョンが古かったりする事があり、その時には別途入手することが必要になる。特にこういうWANのオペレーションには、とりたてて最新の高速或は高機能なマシンは必要とせず、また、他の用途と兼用しない独立した運用を行うことが望ましいため、古いマシンを流用することは理に適っている。本学の場合も、新しい機種のマシンや、新しいOSを積んだマシンが授業や研究のための大きな役割を持っており、やはり古いSun3が活躍する場になる。Sun3には例えばbind(後述)は付属しているが、要求される版より古いものしかなく、また、gated(後述)は付属していない。

そこでインタネットから入手することになるが、ここにまたブートストラップ問題が発生する。接続が完了するまでftp等の(IP接続を前提とした)機能が使えないのである。ここで代用策としては以下のような可能性がある。

- a) インタネット内にいる友人に頼み(またはニュースを通じて協力者を求め)、メールで送って貰う。
- b) mail を通じてのftpの自動代行サービスとを利用する。転送するファイルのサイズに上限がある場合があったり、一操作毎のターンアラウンドが長いなど、使いづらい点はあるが、他人の好意に頼らず実行できる。

- c) 物理的媒体を利用する。普通はCD-ROMである。JUS(日本UNIXユーザ会)が頒布を行っている他、最近は取り扱い業者が増えている。

筆者は適宜この3つを併用した。電子メールの接続のないサイトの場合、c)に限定するか、パソコン通信(インタネットとの乗り入れをしている所)を利用することになる。本学の場合、当時は学内にCD-ROMドライブがMacにつながった1台限りしかなく、MacからSunへの転送を必要としたり、CD-ROMの記録形式の違いによりファイル名が化けてしまう等の問題に対処する必要があった。但しここでの問題は、ドライブの問題でなくドライバ(ソフトの側)の問題である。つまり古いSunにはCD-ROMのドライバが付属していないことである。

4.4.3 ネームサーバの起動

インタネットで標準となっているbindと呼ばれるネームサーバ(フリーソフト)を立ち上げる。バージョンとして4.8.3以降であることが条件とされている。UNIX用のフリーソフトは通常はソースで配布されるため、同じパッケージに添付のドキュメント等を読んで、makeおよびインストールを行う。生成されるプログラム名は大抵OS付属のものと同名であり、混乱の元になる場合がある(実際にあった)。起動に先立って、

- a) bindの動作を指示するテーブル(上位組織の間合わせ先ネームサーバのアドレス等を記述する)

- b) 本学で管理し、公開する情報のデータベース

を用意する。添付ドキュメントやOSに付属のマニュアルを見て行すが、ネットワーク組織によっては別の留意事項もあり、それに関する文書も参照する。日本ではJPNICに用意されている。

その後、起動およびテストを行う。上位のサーバに本サーバが登録されていることや、MXが外部から検索できることを、最低限ここで確認しておく。(実はそれ以上のチェックは問題が生じた時点で要求駆動で行っているため、恐らくまだ不完全な部分が残されているが、一応の通信は行えている。)

4.4.4 経路情報の交換 (1)

起動時処理の中でX.25が立ち上がると、インタフェース名が自動的に生成される。OSの標準的な処理として、起動時処理のその後の部分で、外部インタフェースの数を数えて、(LAN側を含めて)2つ以上あれば、そのマシンはゲートウェイマシンであると判断され、自動的にroutedというプログラムが起動される。routedは、インターネットで標準的なRIPと呼ばれるプロトコルにより経路情報を交換する。ここまで手続きは自動化されているため、ゲートウェイでの新たな設定作業は特に必要としない。

一方、学内の他のマシンでは、経路情報の管理方法として、静的経路制御と動的経路制御の2つの方法が選択できる。現在の本学のように単一セグメントのLANの場合は、どちらを選んでもさほど問題となる要素はない。各マシンの性能やLANの混雑が問題になっているのであれば、とりえず各マシンでroutedを動かしておけば、自動的に適当な経路の選択は行われる。

ここまでの作業が完了し、こちら側の準備が整うまでは、本学からの経路情報は、上流側で堰止められており、インターネットには流れていない。ここで上位組織の管理者にメールを送り、経路情報を流し始めてもらおうと、これで晴れて「つながった」ことになる。或は言い換えると、「後に引けなくなった」とも言える。システム管理者は、これ以降、次節の作業を行いながらも、これまでの何かのミスや思い違いによる影響を外部に与えて、苦情のメールが殺到するのではないかとこの心配をしながらの毎日を送ることになる。

4.4.5 経路情報の交換 (2)

3.6に述べたようにVCは1つとして接続を行ったが、次節に述べる過程の中で状況が変化し、最も(物理的にも、結果的に通信量においても)近いIPサイトである信大との通信を、東京経由で行うことは性能的にもマイナスであり、また、回線容量の無駄使いでもあるため、信大との間にもう1つのVCを設けることにした。X.25に関する作業は簡単である(アドレステーブルの記述を

1行増やすだけ)。その結果、X.25はインタフェース名を複数生成することになるが、ここで本学のゲートウェイの学外側の各インタフェースに別々のホスト名とIPアドレスとつけるか、1つの名前とアドレスでまかなうか、の選択ができる。¹²⁾ここでは名前とアドレスの資源としての貴重性を考えて、後者を選んだが、routedでこの方式での管理を行うことに不安があったため、より新しいプログラムであるgatedに変更した。gatedだとこの方式の事例についての情報があつたためである。

gatedもSun3には付属していないが、この頃にはすでにftpが可能になっていたので入手は容易だった。gatedはRIP以外の新しい経路制御方式にも対応しており、それらの利用法について種々の設定の組み合わせ可能だが、当面は本学は末端サイトであり、RIPだけで充分だと考え、RIPの機能だけを使う、最も簡単な設定で立ちあげた。

ところで、IPのプロトコルの中には、送りっ放して送達確認を行わないものが多数存在する。IPそのものもそうだし、RIPも然りである。IPは上位のプロトコルによりその問題を補うべく設計されているが、RIPに上位プロトコルはなく、その結果、エラーや混雑などによって取りこぼしが生じるなど、RIPは必ず相手側に到達することが保証されている訳ではない。gated導入後しばらくは、これに起因する(らしいことが後で分かった)問題に悩まされた。RIPのパケットの到達がしばらくとどえると、簡単設定で起動したgatedはそのインタフェースを、相手側での障害と判断して、閉じてしまう場合がある。特にLAN側のインタフェースについてこれをやると、他の通信にも大きく影響してしまう。現在はLAN側をpassiveなインタフェースだと設定してこれを回避している。なお、その後の実験で、routedでも1ホスト名で複数インタフェースを問題なく扱えていることも確認した。

4.5 転送経路の移行

以上の作業によりIPによる接続性が達成され

12) 本学では以前からホスト名に近隣の地名を借用する慣習があるため、ゲートウェイのLAN側はkaruizawa、WAN側はusuiとした。なおzとsの違いについての苦情はご容赦頂きたい。

たが、4.3.3に述べたように、応用プログラムを動作させ、サービスを運用すること、これが最終的にインターネット接続の目標となる。ここで、インターネットで利用可能なサービスを、IP接続前との状況の比較において、以下の3つに分類する。

- a) UUCP からの移行
- b) LAN から WAN への拡大
- c) 新しい機能

本節および次節で、これらの概要と筆者の行った作業、本学における状況を述べる。

さて、前述のように本学では以前から JUNET に接続して、UUCP によるメール及びニュースの転送を行っていた。従って、応用機能の中では、まずここから手をつけることになる。以下のそれぞれについて、IP 上での転送が実現し次第、順次 UUCP での転送を停止していく、という手順をとった。

4.5.1 メールを受信

これについては特筆すべき作業は残されていない。4.3.2に述べたように、ネームサーバにより本学のMXを公開することにより、外部からのメールがIPリンク経由で送られてくるよう、自動的に切替わる。MXとしては、UUCPにおけるゲートウェイを行っているマシン、ソフト及びその設定がそのまま使える。

4.5.2 ニュースを受信

これまでのUUCPで、転送データ量の大半を占めていたのが、このネットニュースの記事である。メールとは違って、ニュースは現在でもバケツリレー式の転送が基本構造となっている。流通量が大きいので、我々最寄りのIPサイトである信大からの転送をお願いすることにした。

IPリンク上でのニュース転送のためのプロトコルとして通常はNNTPが使われる。そこで、NNTPによる通信を行うためのソフトウェアパッケージであるnntp(名前は同じだが前者はプロトコル名であり後者はその1つのインプリメンテーションである)を入手し、インストールした。なお、NNTPを使って、記事の配送とは別に、ユーザが別のマシンから記事を読むこともできる(ニュースリーダとしてNNTP対応のソフトが必要になるが)。これにより、以前は学内で複数台

のマシンに記事を置いていた所を、1台ですまされるようになり、ディスク領域に余裕ができた。

さて、受信準備が整ったら、信大側の担当者にメールを送って、記事を流し始めてもらう。これで完了、の予定だったが、ここで転送がうまくいかず、行き詰まってしまった。送られて来た記事を取り扱うプログラム(一般にニュースシステムと呼ばれる)がBnewsという古い版のものだったことが、直接の原因かどうかは不明だが、少なくとも古いシステムは全体の見通しが悪く、トラブルシューティングに手こずる傾向があるため、これを機会にやや新しい版であるCnewsに入れ替えた。これでニュースが流れ始めたのを確認した上で、東大(UUCP接続先)に連絡し、転送を止めて貰い、これで受信に関してのIPへの移行は完了したことになる。ニュースの流入がIPに切り替わったことにより、UUCPリンクのデータ量は激減し、この時点で担当者は回線費用の心配から開放され、一息入れることになる。

4.5.3 ニュースの送信

受信と同様、送信においてもnntpパッケージに入ってるソフトを用いることが出来る。但しこの場合、OSの機能(cron)を用いてそのソフトを定期的に起動してやる必要があるなど、管理に手間がかかる。一方、最近普及したもう一つのプログラムnntplinkの場合、プログラムがデーモンとして常時動作またはスタンバイしており、送信キューにあるデータの量に応じて適宜自動的に相手のnntp受信プログラムとのコネクションを開設してくれる。勿論ここでは後者を選んだ。

4.5.4 メールを送信

IPの世界では、メールはバケツリレーでなく宛先マシン(またはその代理であるMX)に直接転送される。その転送を司るプログラムであるsendmailは、従って、まずネームサーバに宛先マシンのMXを問合せて、その回答として得たIPアドレスに対してコネクション要求を出す。IPを通じてメールを送るためには、sendmailがこういった動作をするよう、設定ファイルを準備してやればいいのだが、seindailは、その設定が複雑なことで有名である。また、古いsendmailはMXの問合わせの機能を持たないものもある。

本学においては、従来からメール配送マスタであったマシン(やはりSun3/60)のOSが(従ってsendmailも)古い。従って、以下のいずれかの方法で対処する必要がある。

- a) OSを新しい版に入替える
 - b) 新しい版のsendmailを入手する
 - c) 別の(OSが新しい)マシンをメール送信マスタにし、そこからインタネットに送る
- しかし、現メール配送マスタ機は、ニュースマスタを兼ねて常時活発に通信を行っているため、前2つの実行は困難であり、またc)に使う別マシンの都合がつかないこともあって、今なおペンディングになっている。

4.6 その他の応用プログラム

4.6.1 LANからWANへ

我々はすでに、LANにおいて、UNIXの機能の一部としてのネットワーク対応ソフトを多数利用してきている。¹³⁾ftpやtelnetがその代表格である。IPに基づいて通信を行うという点ではLANもWANも代わりはないので、従って、これらのソフトは原則として広域でも利用可能である。

ただし、度々問題になるが、古いOSにおいては、若干の手直し等を必要とする場合がある。前節のsendmailなどは、ネームサーバからMXといういわば特別なデータを検索しているので例外として、一般的なネットワークソフトは、ホスト名からIPアドレスを得る(解決するとも言う)ための問い合わせ機能を内蔵している。メジャーなUNIXで使われるアドレス解決方式として、以下の3つがある。

- a) ファイル(通常は/etc/hosts)を見る
- b) NISやnetinfo等のLAN用分散型情報サーバ(平板な管理構造)への問合せ
- c) ドメイン型管理構造による広域用分散型情報サーバへの問合せ

これらすべて、或は一部の組み合わせにより通常のアドレス解決が行われるが、このうちc)の欠けているソフトやOSについては、そのままでは広域へのアクセスができない。¹⁴⁾

本学ではSunが主体であることから、第2.5

次ではNISを利用している(詳細は次回に譲るが)ので、「Internetwork Domain」トークン付きのhostsマップを構築することによって、この問題を一応解決し、古いOSからも広域へのアクセスを可能にした。但し、現在は外向きのネームサーバだけを運用しており、即ち学外に公開しているホスト名だけがそのデータベースに収められているため、最近のフリーBSDなどのように、NISを持たず、専らbindによるアドレス解決を行っているOSの場合、不都合が生じている。学内用、学外用の2本立ての運用等を検討することが課題として残されている。

4.6.2 新しいサービス

この項は予告編の価値しかないだろう。これまで読んで頂いたように、筆者は概して下位層から順に、機能の実現を行ってきた。まだ不完全な部分も多々残されている。インターネット上では新しいアプリケーションが次々と生まれており、その多くはユーザ機に専用またはそれに準ずるクライアントソフトウェアを動作させて、離れた場所にある(場合によっては分散配置された)サーバとの間で通信をさせる形のものである。従って、この新しい動きに追随しているためには、多くのクライアントソフトウェアを入手し、インストールしておく必要がある。残念ながら現時点ではそこまで手が届いていない。別の機会にこれらの新しいタイプのアプリケーションについてサベイを行うことにしたい。筆者にとっては実はこれからの研究の始まりである。

現時点で分かった範囲内で、新しいアプリケーションの特徴および傾向を、以下に簡単に紹介しておいて、本章を終わることにする。

- a) クライアントサーバ 何等かのプロトコルでこの両者が通信を行う。
- b) 分散化 データは分散して配備される。多くの情報提供者が存在し得る。
- c) マルチサーバ 1つのクライアントが同時に或は自動的に切替えながら、複数のサーバと通信ができる。

13) 残念ながら、一台の大規模ホストに集中してログインして行っている現(第2~2.5次)システムによる授業形態では、それらがネットワーク対応であることに気づかずに終わってしまうことも多い。

14) 人間リゾルバにより手作業で問い合わせしてIPアドレスをホスト名の代わりにタイプインするという手はある。

- d) 単一情報空間 分散配備された情報空間が利用者からは1つの空間に見える。
 - e) 複合機能 1つのクライアントソフトから複数の種類のサービスが利用できる
 - f) GUI キーボードを殆ど使わずに操作ができる
 - g) マルチメディア テキストだけでなく音声、静止画、動画等も扱える
 - h) マルチキャスト 同時に多数の宛先にデータを送ることができる
 - i) 双方向リアルタイム性 会話に近い感覚でコミュニケーションが行える
- ここにインターネットならではの世界が展開されつつある。

6. 考察

6.1 結果

以上の述べた過程を経て、本学もインターネットの仲間入りができた。実現した機能としては「IPで通信できる」のひとつですませられる単純なものであるが、下位層から1つずつ積み重ねていく過程は、見ての通りの、不安の多い道りであった。また、その単純な機能の上でこれから繰り広げられる多彩な上位機能、或はそれらが今後我々の社会や生活に与える可能性のある影響¹⁵⁾などを考えると、当分は目が放せないものになる。さらに筆者にとっては、これでようやく研究者としての人並の情報環境を構築する前提が整ったことになる。さて、以下では本稿に述べた作業の、研究としての意義を2点だけあげておく。

6.1.1 一般人むけの技術

本研究では、新しい技術開発は一切行っていない。それどころか、最近の技術、製品、サービスに関しても、その利用には消極的な姿勢であり、寧ろ、開発後10年ないし20年が経過している「枯れた」技術に基づいての構築を試みている。勿論それは前述のように経済的事情の影響もあるが、それは同時に、今後何等かの形でネットワークに関与を試みる一般人達にも手が届きやすい形の技術の蓄積を試みたいという、筆者の考え方及び姿勢によるものでもある。ネットワークを含め

てあらゆる技術或は下位基盤は、一部の特別な人に独占されないように努力されなければならない。大学人は多分にその責を持っている、ということになるのだろう。なお、インターネットにおいては、その規格は策定の過程を含めてかなりオープンであり、その点は安心材料である。

6.1.2 情報メディアの新しい形態

今ではあたりまえになってしまっているが、電子ニュースは我々の情報流通形態に大きな変化を与えた。それは、一言で言うと情報発信者と受信者の垣根の除去である。マスメディアのように、不特定多数への情報発信を行う権力を一部の者が握るのでなく、誰でも希望すれば容易に情報発信者になれる、そういうコミュニティがネットの中で現在では展開されている。

さらにIP接続の結果として、情報入手にあたっての日常の姿勢に大きな変化が生じた。情報入手の主要な手段がニュースしかない場合、常に情報の取り落としがないよう、毎日の定常的なアクセスによる監視をする習慣がついてしまう訳だが、IP接続後には、必要なときに必要なものをftp等で入手すればいいことになり、即ち、以前が情報発生に応じる形での情報受信であったものが、要求駆動での情報受信のスタイルを確立することができるようになった訳である。この方式と、情報流通メディアとして広く普及しているマスメディアを比較した場合、(その品質はさておいて)アクセスのスタイルにおいて2世代分くらいの差違を感じる事ができる。

6.3 今後の課題

6.3.1 技術移転

本稿での作業は前述のように基本的に研究者の裏仕事として行われており、従って、サービスとしては不十分な面が多々ある。サービスを行うべき然るべき組織(が形成されれば)への技術移転は早い時期に行なっていくようにしたい。

6.3.2 性能と安全性

昨今のインターネットでは、テキスト以外の形態の情報、例えば音声や画像などの流通が盛んになりつつある。こうしたマルチメディア情報の流通

15) 「単純な命令を1つずつ実行する」だけの単純な機械が結果的に我々の生活を大きく変えたことは記憶に新しい。

には、勿論、現在の物理接続による通信速度では能力不足である。今後はこの点での改善を図っていきたい。また、残念ながら、システムの安定性と安全性にも不安がある。バックアップ回線の準備、組織立ってのセキュリティ対策などもまた今後の課題として残されている。

6.3.3 普及

前述のように、インターネットアクセスはもはや研究者だけのものではない。広く一般にその技術が利用できるような努力していく必要がある。また、本稿に述べたような設備を個人で、或は小さな組織単独で設置することは、コスト的に困難が大きいが、力(と資金)を合わせることによって可能になる場合がある。現在その一環として、国内の各地域で地域ネットワークの形成が進みつつある。しかし、ここでも残念なことに、信州地区ではこの動きは立ち遅れている。これを機会に、本学でとしても、地域内でのこうしたコミュニティ作り何等かの形で貢献できるようになれば嬉しいものである。

【謝辞】

本稿を含むシリーズで報告する内容に関して、筆者がかかわった業務は実務的性格のものと研究的性格のものにまたがっているが、そのうちの研究的部分に関しては、本学の平成4年度特殊研究助成を受けて行われたことをここに記し、感謝の意を表す。また、本稿に限らず、情報システムに関する本学内での筆者の活動は、学内の多くの方の支援によるものであるが、とりわけ、日頃から助言と指導を頂いている和田助教授、松原教授、谷口教授の名前をあげさせていただく。

本稿で述べた検討・作業にあたっては、多くのネットワーク関係者からの恩恵に預かっている。信州大学および学術情報センター(本稿で乱暴に

略記したこともお許し頂きたい)と、JAIN(現JAINコンソーシアム)の関係者各位、特に、助言を頂き、また様々な面倒をおかけした、九州大学(当時東京大学)平原助教授と、信州大学山本助教授に感謝申し上げる。さらに、筆者が利用させて頂いたフリーソフトウェアの開発関係者(のほとんどは見知らぬ極東の言葉で書かれた本稿を読むことはないだろうが)、および、X.25ソフトウェアの使用に便宜を計って下さったWIDEプロジェクトの方々にも感謝する。

最後に、だらだらと長い本稿をここまで読み進めて下さった方(もしあれば)にも感謝する。

(ひらおか のぶゆき 講師)

(94. 1. 18受理)

出典および参考文献¹⁶⁾

- [1] 石田晴久「コンピュータ・ネットワークの現状と将来」電子通信学会技術報告CS93-130、'93
- [2] 予稿集「IP Meeting '93」JEPG/IP、'93
- [3] bit別冊「知のキャンパス」共立出版、'91、P. 163-168
- [4] (関係者の談話による)
- [5] bit別冊「コンピュータ・ネットワーク」共立出版、'89
- [6] 和田勉「UNIX間UUCPネットワークJUNETへの参加」昭和60年度電子通信学会信越支部大会予稿、'86
- [7] (関係者の談話による)
- [8] M. サンティフェラー(矢吹監訳)
「TCP/IPとNFS」トッパン、'94
- [9] 学術情報センター「学術情報ネットワーク加入の手引き(第2版)」、'92
- [10] WIDE Project
「WIDE/X.25 Release Manual」、'90
- [11] bit別冊「TCP/IPによるネットワーク構築 Vol. 1」共立出版、'91
- [12] H. スターン(倉骨訳)「NFSandNIS」アスキー出版局、'92、P. 126

16) 各機器及びソフトウェアのドキュメント類、関連PFC(インターネットにおける規格草案)等は省略した。