

大学間コンピュータ・ネットワークを中心とした 日本におけるコンピュータ・ネットワークの現状

浅野 正一郎

(東京大学 宇宙航空研究所)

1. コンピュータ・ネットワークの現状と動向

地理的に離れた計算機システム相互を通信回線により結合することは比較的古くから行なわれていたが、当初は特定の目的のために構成されたものがほとんどであり、航空座席予約システムや軍事システムなどの例があった。これに対して、特定の目的から離れ、広範な利用者がその目的に応じて使用しうるような汎用の計算機網が技術的に、また経済的に意味を持ちはじめたのは、データ伝送、ミニコンピュータ、タイムシェアリングシステムなどの技術が成熟した最近のことである。専用・汎用を問わず、これらに対してコンピュータ・ネットワークという言葉が使われはじめたのは、1970年ころから運用開始された米国ARPA網からといえよう。

ARPA網は米国国防省のAdvanced Research Projects Agencyが主体となって構成している。汎用では世界最大規模のコンピュータ・ネットワークであり、その網の範囲は全米の著名大学、研究所の大部分を連絡しているばかりでなく、西はハワイ大学、東は大西洋を越えてノルウェー、ロンドンにまで及んでいる。このネットワークは研究者が主として利用するように構成されているが、これにはILLIAC IV(超大型機)、IBM 360/91(超高速機)、Burroughs 6700、Honeywell 645、PDP-10など規模・速度の異なる10種類以上のコンピュータが総計30台以上接続されており、利用者はこれらのコンピュータを他の利用者と共に共同利用できる。このようなコンピュータの処理装置や行列演算用の特殊装置など(ハードウェア)の共同利用がはかられるだけでなく、応用プログラム・言語プロセッサなど(ソフトウェア)の共同利用、自然科学・社会科学などのデータの共同利用も同時に可能となっている。

学術研究の分野においては、コンピュータ・ネットワークによりハードウェア、ソフトウェア、データなどの情報処理の資源(リソース)の共同利用体制が確立すれば、研究者間での情報の交換がやりやすくなり、むだが減り、あるいは広域での共同開発、共同研究が促進されるというように、総合的に大きな利益が得られることになる。また一斉、リソースを提供する側においても、処理すべき業務をより可っているコンピュータに回して処理の平均化(負荷配分)をほかったり、ネットワーク内のどれかのコンピュータがダウンしても他が利用できるという意味で信頼性が高まる、といった利益を期待できる。

このように、リソースの共用は提供/利用双方に利益となる可能性があるが、これをより発展させるためには、たとえば集中して設置することが有利であるリソースや、計画的に分散設置せざるをえないリソースなど、有効にリソースを使用するには広範な利用者の共用がはかられねばならぬ対象に対し、高層な判断からの共同利用体制の整備を必要とする。学術データの共同利用体制の確立を目標とする研究が文部省科学研究費による特定研究として現在進行中であるが、これらを含め、コンピュータ・ネットワークの意義の一つであるリソースの共同利用の体制が進展しつつあるといえよう。

さて、汎用/専用を問わず、地理的に離れたコンピュータ間を通信回線により相互接続する技術に関する国際動向を少しながめてみよう。

コンピュータ間の通信情報は、音声のようなアナログ情報とは異なるデジタル情報(データ)であるが、従来はこのデータ通信回線にはアナログ情報伝送用の電話網が用いられてきた。これに対しこの数年間にデジタル情報伝送に適した通信網を構成しようとする計画が各国で進展し、わが国日本電信電話公社では仮称新データ網がやがて実施されようとしている。このような各国のデータ網は、CCITT(国際電信電話諮問委員会)の場で国際標準化作業が進められており、機能(たとえば毎秒48,000ビットまでの伝送を可能とする)、品質(データ伝送の際の誤りが電話網に比べて百分の1程度となる)、経済性の面で優れた網を、利用者の目的に応じた多様なサービスをもって実現するための努力がはらわれている。

交換を行なうデータ網には、従来の電話と同様に発側と着側との間に回線を接続する形式の回線交換方式と、約1,000ビットあるいは約2,000ビット(文字符号に直すとそれぞれ128文字、256文字に相当する)の情報をまとめて、これにあて先を示す制御情報を付加したパケットという単位で相手に伝送する(いわゆる手紙の形式)全く新たな形態のパケット交換方式とが考えられている。前者は回線を接続している間にできるだけ多くのデータを伝送する場合に有利な方式であり、後者は頻度の少ないデータの伝送に有利な方式となっている。

このように、利用者の使用法により有利と判断される形態のデータ交換網を利用することで、独自の接続形態を実現するコンピュータ・ネットワークやオンライン・システムを構成することができ、同時にこれらの利用法が国際的に統一されているから、国内だけでなく国際ネットワークを構成することも容易となる。

また、回線の標準化だけでなく、コンピュータ間で通信を行なう際に、コンピュータ内に用意する交信手順プログラムの仕様の標準化作業がISO(国際標準機構)で進められている。

これは、各コンピュータ・メーカーや利用者が標準化された仕様に基づいてコンピュータ間交信プログラムを作成することにより、異なるメーカー・機種間のコンピュータ間の通信が容易に実現されることを目的としたものである。これに加えて、最近種類を増している端末、たとえばタイプライター形端末、ディスプレイ端末、銀行端末、POS端末、マイクローフィッシュを有するCOM端末等々の標準化も進められており、コンピュータがこれら端末からデータを得たり、あるいは端末へ送出したりと互に用いる制御符号の統一化作業が、やはりISOで行なわれている。またさらに、従来標準化の手がつけにくいと考えられていた情報ファイルの形式についても、仮想的な形式を定めて各自が仮想ファイル形式に対応付けを行なうことで標準化をはかろうとする動向が見られる。

2. 大学間コンピュータ・ネットワーク(N-1プロジェクト)^{1)~3)}

学術の急速な進展にともない、全国7大学に設置されている大型計算機センターの提供する情報処理サービスに対する需要は、量的な増大をとりつつあるばかりでなく、質的にも多様なものとなりつつある。

大型計算機センターは、大学により多少の时期的前後はあるものの、昭和40年代初期に初めて設置され、設置大学とその周辺の諸大学の情報処理(計算処理)を実施してきた。この初期のシステムは、当時の情報処理装置の能力から、年々20ないし30%の需要増加を支える限界が、昭和48年前後に現われ、各センターは第二期のシステムを導入することとなった。このように、第一期のシステムが計算処理需要の開拓にあたり、第二期システムでは継続する需要増の対応をはかりつつ、新たな計算機利用方式の開発と完成にあたり、たといえる。

東京大学大型計算機センターでは、昭和48年度に導入された現行システムから、センターの主たる機能であるオープン・バッチの自動化がはかられ、同時に新利用方式としてのTSS、リモートバッチが登場した。この新方式は共に通信回線を用いている利用形態であり、サービス開始から新方式の好便さの認識の高まりと共に、オープン・バッチと両立するセンター機能に成長した。

新利用方式の開発頭初は、現時点のごとく通信回線利用方式の標準化が進んでおらず、センターの持采を見渡した考案による方式が使用されている。その後、通信回線利用技術の完成、利用者の通信回線利用に関する知見の確立などから、方式的にもより前進したものが開発されている。この中でも特記すべき事項は、交換電話網を經由してセンターのTSSを利用する方式が登場したことである。

一斉にセンターの提供するサービスにも進展が見られ、TSS、ファイルの利用方式の単純化などと共に、オンライン・データ・ベース検索システムの開発(TOOL-IRシステムと称している)が行われ、既に稼働を開始している。

表1は、昭和50年度の大型計算機センターの概要を示している。

表1 大型計算機センターの概要 (昭和50年度)

	北海道大学	東北大学	東京大学	名古屋大学	京都大学	大阪大学	九州大学
システム名称	F230-75	N2200 ^{-700x2} -500	H 8800x2 8700x2	F230-60 -35	F230-75 -60	N2200 ^{-700x2} -500	F230-75
リモート端末数 ()内は学外	6 (2)		17 (8)	8 (1)	} 50	4 (1)	19 (6)
TSS 立席末数 ()内は学外	(14+16直通) 6 (2)	59 (15)	70 (48)	(14+16直通) 7		34 (1)	(14+16直通) 20 (18) (6)
申請者数	1.097	1.058	3.099	836	2.169	920	1.120
総処理件数	143.600	120.800	533.400	90.400	300.200	145.900	140.200
バッチ・ジョブ	137.600	73.600	439.700	80.800	263.700	134.400	97.500
リモート・ジョブ	2.200		44.800	6.800	20.100	1.300	23.800
TSS・ジョブ	3.800	47.200	37.600	2.800	16.400	10.200	17.400
TSS・ジョブ (電話網による)			11.300 (6+1月間)				
備考		ACOS 700 (予定)	H 8800x3 8700x1 (予定)	現在 F230-75	現在 M-190x2	ACOS 700 (予定)	M-190x2 予定

このように、従来主体をなしてきたローカル・バッチからリモート・バッチへ、TSSへ、さらにはデータ・ベース、特殊周辺機器、プログラムの共用へと利用方式は高度化しつつあり、特に集中化された汎用データ・ベース、分散配置された学術分野別のデータ・ベースの兩発動向にともない、これらのネットワークを介しての利用には大きな需要が顕在化しつつある。

米国で研究用コンピュータ・ネットワークが稼動しているが、我国でこれと同様な仕様のコンピュータ・ネットワークを開発するの否かにあたっては、我国の情勢を冷静に見直す必要がある。

先づ地理的条件であるが、我国の国土は米国の4%であり、この中に約3万台のコンピュータ(これは米国コンピュータ数の約16%に相当する)が存在する。従ってコンピュータの密度は米国の約4倍と見做すことができ、しかも大都市に集中して置かれていることを考慮すると、情報処理リソースはかなり近接して置かれていることになる。この様な状況であるから、例えば10巻の磁気テープのデータを東京-大阪間に伝送することを考えると、(たとえ48,000 b/sの伝送路を使用しても伝送に約10時間必要とし、経費も5万円程度のものであると思える。一方鉄道を用いると、時間・経費とも節約になる。)データ伝送は、十分高運かつ安価であるとは見えなくなる。即ち、ネットワーク化に際しては、それを実施することで十分利益のあるアプリケーションを見定めねばならない。

次に、ネットワークを経由するデータ量に着目しよう。例として東大並みに京大の大型計算機センターの各々が、月に5万件のジョブを処理するとして、その内の10%がネットワークを経由して他センターの処理を受けるとする。これは、月に1万件、日に400件に相当するが、代表的なジョブがジョブ当り 10^6 ビットの伝送を必要とするとして、48,000 b/sの伝送路を使用する時間を算出すると、日に2.2時間であることが分かる。このような伝送を行う回線を専用的に使用することは極めて不経済であり、計算処理費よりも多くの費用を伝送のために利用者が払わねばならない状況が生じる。例に挙げたネットワーク・ジョブ件数は、かなり樂觀的な値であるから、実際はより非経済的な数値が導かれることになる。即ち、ネットワーク化に際しては、そこに流れるデータの量からみて、経済的に最適な回線を選定使用すべきであり、汎用システムの場合の多くは、専用回線(leased line)の使用を可能とする程のデータ量は見込めないであろう。

このような局観的情勢の中でも、ネットワーク化への要請は疑いなく存在する。特に分散設置されたデータ・ベースへのアクセスをネットワークを手段として実現しようとする要請は、重要なものと考えられている。これは、特定の科学分野のデータ・ベースは、研究者グループで管理され維持されることになるが、これらの設置場所はグループの意向によりいづれかに定められるであろう。従って利用者の多くは、遠くからデータ・ベースにアクセスせざるを得ないし、同種のデータ・ベースは全国に散在することになることによる。また一方、汎用の大型データ・ベースは、メケール・メリットの観点から集中設置することになり、多数の利用者のオンライン・アクセスが利用形態となる。

以上を総合すれば、大学間コンピュータ・ネットワークは、当面はハイウェイ・ネットワークを構成することが必要なのではなく、多数のユーザと分散設置されているリソースの間のconnectivityを実現しておくのが必要であると考えられる。

以上の観点から、全国の大規模計算機センター相互間を接続するネットワークを構成しようとする計画が、昭和49年度より文部省特定研究「広域大量情報の高次処理」（代表者 島内武彦東京大学教授）の南産課題となり、計画推進の目的でネットワーク計画委員会（略称N-1委員会）が設立され、本計画もN-1プロジェクトと称されることになった。

利用者とリソースの間の connectivity を達成する回線手段としては、現在日本電信電話公社が開発中の新デジタル・データ網を利用することとしている。本網は、時分割デジタル伝送・交換の技術を用いて、データ交換として回線交換方式、パケット交換方式の双方をサービスする。新デジタル・データ網の利用により、専用網より経済性の高い回線利用がはかれると同時に、専用網の維持・管理に必要な人員・経費の節減をもはかれることになる。

大学間の実用ネットワークの構成に先立ち、N-1プロジェクトはその実証的実験を任務とし、東京大学・京都大学・日本電信電話公社の三者の協同研究体制を採った。当面の利用形態は、遠隔地からバッチ・ジョブを送りその処理を依頼し結果の返送を行う Remote Job Entry (RJE) と、会話処理、オンライン・ファイル（データ・ベース）・アクセスを端末から行う TSS とを対象としている。前者は、伝送中のデータの流れることが容易であることから回線交換方式の利用が有利である利用形態、又後者は、データの流れることが散発的でパケット交換方式の利用が有利な利用形態となっており、夫々の形態に応じ、新デジタル・データ網の交換方式を選択的に利用できる。このため、実現するハードウェア並びにソフトウェアのネットワーク機能は、両交換方式にコンパティブルになるよう配慮されている。

N-1プロジェクト実証実験システムは、新デジタル・データ網の公社内現場試験網及び研究所内試験網に接続され、昭和51年度から段階的に実験運用されている。図1は現在の実証実験システムの構成を示している。

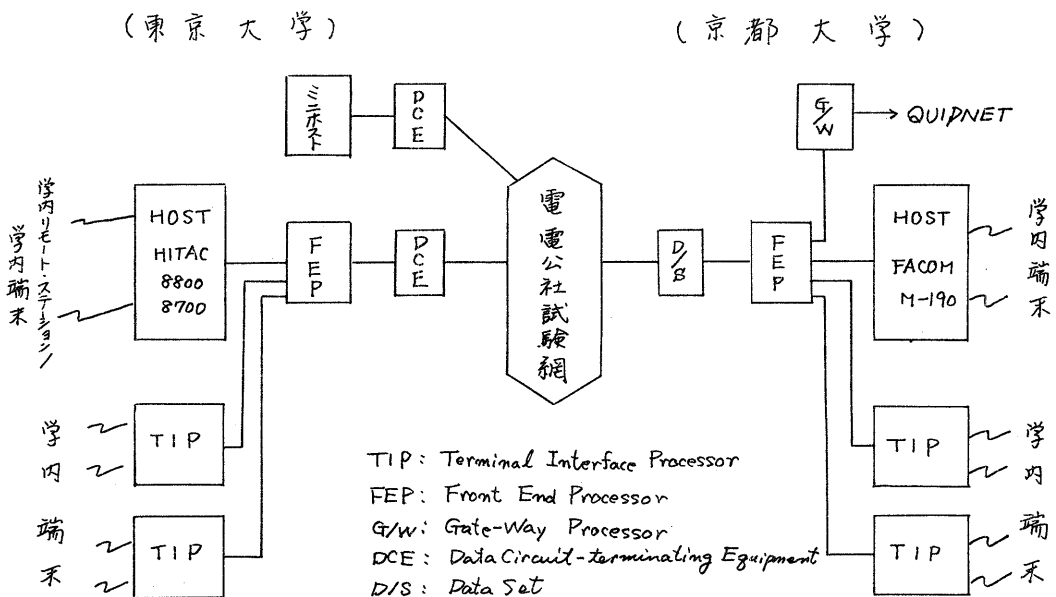


図1 N-1プロジェクト実証実験構成

図中には、リソースの提供者となるHOST、HOSTと通信網間のインターフェイス機能を実現するFEP、並びに学内端末の収録装置でありHOSTと同等の位置に置かれるTIPが示されている。ここでTIPは、大学あるいは地区に置かれ、一定数の端末を収録し、それら端末がネットワーク内の全てのHOSTからサービスを受けられるように制御することを目的としたもので、これにカード・リーダー、ライン・プリンタ等のI/Oを装備すれば、リモート・バッチ・ステーションの機能も果たしうるものである。TIPは汎用のミニコンを使用しており、ハードウェア価格4000万円程度で実現されている。

これらに加えて、実証実験網には、新デジタル・データ網に接続する以前にデバッグと機能の確認を行なうために使用した、東大側ミニホスト、京大側KUI-PNETが存在する。後者は、京都大学インハウス・コンピュータ・ネットワークとして開発されたものであり、研究者の要望に応じたリソースの提供が、大型計算機センター間、インハウス、ローカル各コンピュータ・ネットワークの間でいかに分担されるかを探索する目的にも使用されており、前者はミニコンピュータを用いた独立したHOSTとして、現行のリモート・バッチ・ステーションの機能拡大を伴った置き換えの形態を探るためにも使用されている。

図2は、実証実験におけるプロトコルの構成を示している。プロトコル(通信規約)としては、図に示す階層内で定められたものが存在し、下位から夫々、1) FEP-NETプロトコル、2) DLC(Data Link Control)プロトコル、3) FEP-FEPプロトコル、4) HOST-FEPプロトコル、5) HOST-HOSTプロトコル、6) ネットワーク・アクセス法プロトコル、7) NVTプロトコル・RJEプロトコルと称している。

これらの内 2)、4)、5) は夫々のレベルに応じて
 ・ 授受されるメッセージ・フォーマットの定義
 ・ メッセージ転送方式
 ・ メッセージ・フローの制御
 ・ 転送エラーに対する制御
 を行っており、1) は交換網への網制御信号のとり決め、3) は網内障害通知のとり決めを中心としたものである。

また7)のNVTプロトコルは、TSSを利用する種々の端末の仕様を、仮想的な標準形(NVT: Network Virtual Terminal)に変換する方式を定めたものであり、HOSTから見てNetwork内の端末は全てNVT一通りであるかのごとく認識できることを実現する規約である。また同じくRJEプロトコルは、リモートで処理されるジョブの転送、結果の受け取り、照会等を共通のコマンド体系で実現するための規約である。

以上の規約の内、1)、2)は国際標準化の達成された方式を用いている。また4)、6)は今後システム内で規格が進められる方向にあるが、今回の開発時点ではその規格化が進ん

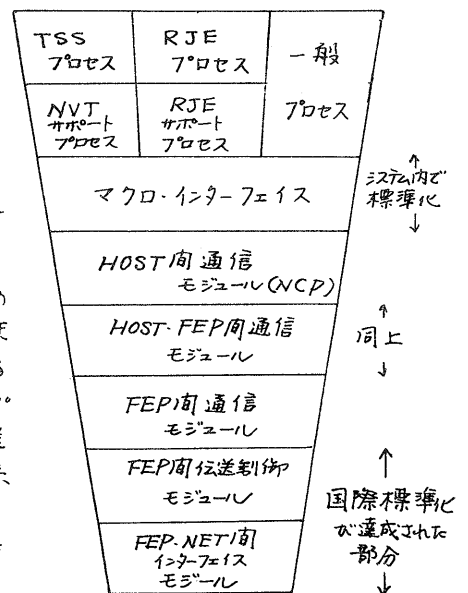


図2. 実証実験のプロトコル構造

でならず、この部分の設計が重要な意味を持っていた。

尚、7°プロトコルは、異なる階層間は独立であり、プロトコルの全ての機能を一つのコンピュータに実現することも可能であり、又、階層ごとに異なるコンピュータに実現するような複合体構成を採ることもできる。

N-1°プロジェクト実証実験システムは、その動作の確認を完了しており、今後昭和54年度の業務開始に向けた作業を行う予定である。

3. コンピュータ・ネットワーク技術の今後

大学間コンピュータ・ネットワークの実現を目指したN-1°プロジェクトは、大型計算機センターの才三期の後半の特采に向けた開発項目であり、たが、才三期のシステムでは、この知見が生かされ開発項目の多くは、システムに本質的なものとして登場するであろう。

これを予測する根拠の一つは、国際標準化の進展とその対象とする範囲の拡大であるが、他の一つは汎用コンピュータ・システム内で整備が進められている通信体系、ネットワーク体系の確立である。

従来汎用コンピュータ・システムの通信体系は、未整理あるいは未統合の状態にあり、システムのサービス内容に応じて通信系が個々に設定されていたりしており、利用者の要望に倒した通信システムを容易に実現するという点では、不十分であったものが多い。

筆者が経験した作業も、未整理のシステムの中に機能的に階層化されたモジュールをいかに実現するかという点に重点が置かれていた。これを図で表現すれば図3の左図の現状の整理に労力を費したことになる。

これに対し、IBM社SNA(System Network Architecture)を始めとする、国内メーカーのネットワーク体系の提案は、現状を整理し、

- 1) 分散処理(機能分散)
- 2) 接続の独立性
- 3) 装置の独立性
- 4) 構成の柔軟性

を前提としたシステムのあり方を定めるものとなっている。これは例えば図3の整理が行なわれると見做せることになり、階層化された機能を必須とするネットワークにとって好便なものとなっている。

もっとも、これにより異なるメーカーの機種との結合が何らの努力もなく実現されることにはならないであろうか。少くとも必要とする機能の設置箇所の明確化、インターフェイスの固定化は、目的達成の労力を大いに低減することになる。

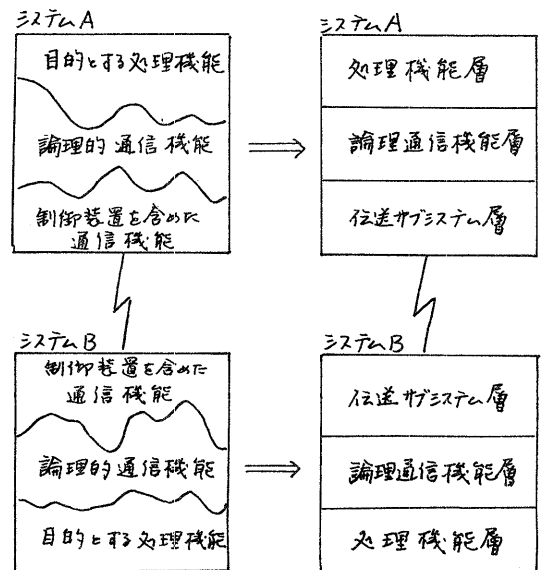


図3. 機能の整理

さらに標準化と合わせて考えれば、所望のネットワークを技術的な組合せとして達成される方向に進んでいるといえよう。

4. 参考文献

- 1) 島内、北川 "特定研究 - 広域大量情報の高次処理 総合報告" 東大出版会 (昭和51年)
- 2) H. Imose, T. Sakai, M. Kato and S. Amano: "Networking For Inter-University Computer Centers in Japan" ICCO (Int. Conf. on Computer Communication) 1976 (Toronto)
- 3) 猪俣、坂井、加藤、浅野他 "大学間コンピュータ・ネットワークの実証実験" 電子通信学会 交換研資 SE76-71. (昭和51年12月)
- 4) 三上. "システムネットワーク体系(SNA)概説" 情報処理学会 コンピュータ・ネットワーク研究会資料 CN-3 (昭和50年11月)
- 5) コンピュータ・ネットワーク講習会・テキスト. 情報処理学会 (昭和50年2月)