【1974年1月号掲載】

特集:システム・ネットワークの展望より

システム・ネットワークの提案

●尾佐竹 徇
東京大学工学部教授

新春を迎えるにあたって、想いを新たにしてここに「コンピュータ・システム・ネットワーク」ということを提案してみたいと思う。

ここでいうシステム・ネットワークとは、それぞれのコンピュータ・システムならびにコンピュータ・ネットワークをシステム要素と考えて組み立てるネットワークのことであって、それぞれエレメントであるシステムおよびネットワークの中に潜在する機能を引き出し共用することによって、ハード、ソフトの資源の利用をより高度化し、ネットワーク総合体としての別の機能をも発揮することを目的として構成するネットワーク・デザインをめざして名づけたものである。

ここでこの提案をしても、現状からすると多分に時期が早すぎるとも思われるが、コンピュータ・ネットワークの今後の発展を考えると、この考え方を今日から発足することが必要であろうと思われて提案したものである。

われわれはかつて、1970年代を迎えるにあたって、情報化社会の名のもとに、コンピュータを主軸とした社会がくることを期待した。もはやこの70年代も半ばを迎えることになってしまった。ここ10年ほどの間に、われわれはコンピュータ・システムをいかに理解し、作りあげてきたであろうか。

コンピュータと最初に接したときの驚きと、作りあげていったときのパイオニアの物語は、すでに歴史のかなたに消え、現在では地球をとりまくコンピュータ・ネットワークのうえに、われわれの生活が営まれており、極言すれば、われわれの生活はコンピュータ・ネットワークの網の中にうずもれてしまったとまで言えるようになった。

われわれがここまでくる間には、あるときはコンピュータを持つことをステータス・シンボルのように考えてみたり、または新規の巨大な機能を持つ機械に接する楽しみで使ったこともあった。次の時期には、コンピュータに多大の期待をかけすぎてみたり、また逆に人間社会との異和性を強調してみたりしていた。これらはすでに、ほほえましい昔語りとなって、歴史のかなたに消えてゆき、現在ではコンピュータ・システムもそれぞれ十分に機能一杯に使われるようになり、またわれわれの生活様式も次第にコンピュータ・システムに歩み寄って社会が営まれるようになった。

今日のコンピュータ・システムは、ネットワークとしての地域的なカバー範囲の拡大とともに、インテリジェント・ターミナルやコミュニケーション・プロセサなどの発展により、ネットワークとしての形態も次第にそれぞれとしては完成に近づく一方では、将来を指向した、複雑なコンピュータ・ネットワークへの機能拡大がとめどなく進められている。

すなわち、コンピュータ・ネットワークをサブ・システムとするものの集合体としてのネットワーク・システムが稼動し、高度の機能と資源の共用がおこなわれることを指向するようになった。

しかし、今日までのコンピュータ・ネットワークは、主としてそれぞれの業務目的別にネットワークが作られ

ており、使用目的が比較的限定されているということができる。しかし、ハードウェアおよびデータ・ベースの観点からは、一部で試みられ考えられているように、コンピュータ・ネットワークは最初に設計された目的以外にも利用の余地が多いし、方法もあり、またそれにたいする社会的ニーズも高まっていると観察される。

ここで想い起こされるのは、数年前に多大の議論を呼んだ MIS、NIS である。今日では影が薄くなったように見える。その理由を振り返ってみると、既存のシステムとのインタフェースのうえで、社会的ならびに政治的な種々の障害があり、それを乗り越えるための努力と費用のわりには、十分な成功を収める見通しが得られないという点にあったように観察され、現在では、それよりも各分野別のシステム化の方向に進んでしまった。

しかし、そのときに目標とされた異種業務間のネットワーク化は、基本的に誤りであったということにはならないのであって、あえて評するならば、MIS、NIS などを完成するための必要な努力を軽視した、安易な幻影による期待感とでもいうものではなかったかと思われてくるとともに、ちょっと手がけて失敗するとすぐにそれを忘れてしまう日本人特有の性急さと日本社会の強力なセクショナリズムとが熱をさまさせてしまったとも言うことができようかとも思われてくる。

今日および今後のコンピュータ・システムを支えているハード、およびソフトの進歩は、毎日毎日、止まるところをしらないし、それらを踏まえて作りあげられるシステム構成法も、またネットワーク構成法も、限りなく進歩している。現在のものでも、ここ数年前のものとは比べものにならないほど、格段の進歩を遂げている。これらの進展はコンピュータ・ネットワークの複雑・高度化をもたらし、ネットワーク間の連繋の可能性を必然的に拡大し続けている。

日本の現状では、それに対応するハードもソフトも、まだまだであり、また既存のコンピュータ・ネットワークにも余裕はない。

しかし、われわれが歩んできたコンピュータ・システムの発展の歴史を正視するならば、われわれの好むと好まざるとにかかわりなく、コンピュータ・ネットワークは高度化に進むことは必然である。またそれによって、われわれの持つ資源利用の高度化が進むことによってのみ、われわれの生活が維持され得ると考えられる。

そこでわれわれとしては、その傾向に対応する考え方として、システム・デザインの基本に返って、各種のコンピュータ・ネットワークをシステム・エレメントとして、ネットワークを組み上げるための手法を確立する必要があると思われ、個個のシステム・デザインの方向をその観点から考えてゆくのがその第 1 歩であると思われ、ここに提案したものである。

今日すでに海の彼方では、地球上の各種の資源、農業、工業、経済等々の各種データ処理が全世界的規模でおこなわれている。われわれ日本の狭い国の中で、1 事業体や業務内容の機密保持などの議論をしているうちに、日本の各種の基礎データはすでに世界中に流れ出し、処理されており、日本のデータを知らないのは日本の政府と日本の企業であるという奇妙な現象が生まれている。

上記のこの巨大なシステムは、今後相互にネットワークで結ばれてさらに高度のシステムとして働こうとしている。これがいつ完成するかは知らないが、いつか近い将来完成するであろうと思われる。

現在、世界の中で巨大なネットワークを作りあげる能力のある国は、アメリカと日本だけである。しかも日本がアメリカの実力を恐れている以上に、アメリカをはじめ世界各国は日本の実力を恐れている。しかもその実力を実証された方がたが、ほかならない本誌の読者諸兄姉である。

資本のない日本が世界の中で生き残るためには、世界の人びとから尊敬される文化的功績をあげる以外にはない。その最大の可能性のある分野はコンピュータ・システムであり、ネットワークにたいする考え方であると考えられる。

諸兄姉のご努力により作り上げられたシステム・ネットワーク・デザインの考え方が、世界の人びとから尊敬の念を持って迎えられる日の 1 日も早からんことを祈り筆を擱くこととする。

コンピュータ・ネットワーク開発・実現のために
＜システム・リサーチャの立場から＞

●大泉 充郎
東北大学教授

1　コンピュータ・ネットワークの利点

昭和44年の秋のことである。わたくしはロンドン大学のインペリアル・カレッジを訪れ、計算センターの状況を伺ったところ、ロンドン大学には共同利用の計算ユニットがあってそこにCDC6600機があり、インペリアル・カレッジの小形計算機とは48kbpsのデータ伝送線で結ばれているとのことであった。当時わたくしは東北大学の大型計算機センターの建設にあたっており、大形計算機の共同利用の実をあげるには端末から中央処理装置をオンライン・リアルタイムで使えるようにする必要があると考え、TSSの実現に努力していた。

データ伝送速度は、ラインプリンタを動作させるには少なくとも10kbpsは欲しいのだが、メーカのカタログには2.4kbpsが最高、しかもその2.4kbpsもいわゆるカタログ・データで、要求があっても製造する意志はないとのことで、やむを得ず1.2kbpsで端末装置を働かせる計画を進めていたので、これはやられたという感じであった。中央処理装置については日本はイギリスに比べてなんら遜色なく、少なくとも層の厚さにおいては日本のほうが優れているようであったから、データ伝送の立遅れは特に気にかかった。

去る9月、ロンドンから約100km南にあるサセックス大学でコンピュータ・コミュニケーシヨン・ネットワークの国際会議に参加する機会を得て、イギリス、フランスのコンピュータ・ネットワークの現状をある程度知ることができたが、ネットワークについては依然としてイギリス、フランスのほうが日本より若干進んでいる印象を受けた。日本は通信回線の開放がおこなわれてから未だ日が浅く、その点からだけみてもアメリカと比べて遅れているのはやむを得ないとしても、イギリス、フランスとの差は大いに反省させられるものがあった。

アメリカのARPA Networkについては、多くの人びとが紹介しておられるので詳しい説明は省略するが、全米50数ヵ所の大学・研究所の計算機が50kbpsのデータ伝送回線で結ばれていて、1969年発足以来利用は急激に増えている。このネットワークによって、各機関にある多くの機種の計算機とそのソフトウェア、データ・バンクおよびファイルの共同利用が実現し、その結果コンピュータ・ネットワークには次のような利点のあることが明らかとなった。

①**大型情報処理装置の共同使用による使用率の向上**：特にアメリカは時差が大きいのでこの効果が大きい。

②**情報処理装置の分業化**：各機関は自己の要求にもっとも適したシステムを整備し、それによって処理できないジョブは他の計算機に依存すればよいので、分業化が促進され、効率的なシステムが設置されるようになった。

③**データ・バンクの利用の飛躍的向上**：医学情報MEDLINEなどが接続されている他、ニュースなども収められているようである。

④**ファイルを通じての情報の変換**：同一分野の研究者間の情報変換その他に広く利用されており、共同研究をおこなうための強力なメディアとなっている。

アメリカではARPA Networkの成功に刺激されて、多数の商業ベースのコンピュータ・コミュニケーション・ネットワークが開設されているが、アメリカでの

経過にヨーロッパ、さらに日本も従うものと思われる。現在、ネットワークと言われるものは全国主要銀行を結ぶものなどがあり、計画中のものには科学技術情報用、行政事務処理用その他わが国にも多くあげられる。その将来について考えてみると、次のようになる。

2　コンピュータ・ネットワークの将来性

コンピュータ・コミュニケーション・ネットワークは、今後きたるべき情報化社会の尖兵であり、もっとも強力な情報のメディアである。それはテレビ、電話と並んで、否両者を包含する新たな情報システムとして各家庭にまで進出するであろう。

わたくしは1年前、ハワイで一見タイプライタのような、電話機を通じて計算機と情報の送受をおこなう装置と計算機と送受した情報を家庭にあるテレビ･セットの空きチャネルを利用して表示する装置を内蔵しているセットが働いているのを見た。このようなセットが電話機を通じて特定の計算機、さらにそこから国内、国際のコンピュータ･コミュニケーション・ネットワークに接続されれば、国内または国際の各種情報が得られるばかりでなく、大小各種の計算機が利用できるようになる。このようなセットにさらに複写装置やカセット・テープ装置などの記録装置が付加されれば、一層便利になるであろう。

その時考えられるサービスの種類としては、現在すでにおこなわれている時報、天気予報等はもちろん、電報の送受、ニュース、旅行案内、切符の購入、通信販売の申込み、銀行を通じての支払い、振込み、貯金現在高の問合わせ、戸籍謄・抄本、経歴、免許、病歴などの写し、百科辞典などへの問合わせ、病気の手当、各種の教育等、利用の範囲はきわめて広い。たとえば通信教育をこのシステムを通じておこなえば、受講者の理解に従って進み、質問、演習、実験（シミュレーションによる）、試験、合否の判定もおこなわれ、社会人の教育などに威力を発揮することと思われる。

以上はいわばコンピュータ・ネットワーク利用の底辺であって、より専門的には行政上、事業運営上、技術開発、科学研究上の利用はさらに深く広い。たとえば行政事務をコンピュータ・ネットワークを通じて機械化し、全国を一元化すれば、現在各事務所にある膨大な書類はほとんど姿を消し、代りにキーボード、表示機、複写機が配置されることによって内定した予算を本当に写しにいくとか、特別昇給有資格者をいちいち地方部局に問い合わせるといった無駄な事務はなくなる。住民登録、健康記録などにも激しい異動に対処するため、全国ネットワークが必要である。また各官庁の持っている行政上の資料を一元化し、それにつづいて可及的公開をおこなえば、社会学・経済学の発展に大きな影響を与えることであろう。

自然科学の面では、たとえば有機化合物が毎年数万発見あるいは新たに合成されるが、その構造式、諸特性を一元的にファイルに収め、各研究者は居ながら入力および出力することができれば研究の飛躍的な促進となろう。気象、地震などは情報源が世界的に分布しているので、世界ネットワークを必要とする。これは前記の化学のばあいでも同じで、その他にも世界的な協力を必要とする分野が多い。企業の経営についての利用は特に述べるまでもないと思われるので省略するが、以上のようなコンピュータ・ネットワークを実現するためには、次の諸項目の実現が必要である。

3　克服すべき諸問題

(1) **高速データ伝送回線**：50kbps 以上の速度で、安く信頼性のある方式が必要。国際線を含む。

(2) **データ交換システム**：高速データ伝送回線を高能率で使用するために必要。電子交換の一種ではあるが、従来の電話交換とは非常に違った面があり、新たな観点から見直さなければならない。電報交換においておこなわれている宛先つきのメッセージ単位での交換を1歩進めた、宛先つきのパケット単位の交換方式を検討する必要がある。

(3) **異種計算機相互の接続**：コンピュータ・ネットワークにはどの計算機でも接続可能であることが原則である。これは主としてソフトウェアの開発によるが、ハード面の開発も必要である。

(4) **ネットワーク用の新たな端末の開発**：前述したよ

うな一般家庭で使える簡易端末や、かなりの情報処理をおこなってデータ伝送回線の負担を軽くする知能端末など、種々の端末を開発する必要がある。

(5) **端末、計算機、インタフェース相互間の伝送手順などに関する約束の設定**：これはプロト・コールといわれ、電報の本文の前後に付加される符号に類するもので、その合理設定が必要である。

(6) **網制御、保全、記録方式の開発**：網の制御は効率がよく、しかも閉塞がおこらぬこと、また障害の報告・発見・修理が敏速におこなわれ、使用記録、障害に関する記録が残るような運営のためのハード、ソフトの開発が必要である。

(7) **超大型ディスク記憶装置の開発**：データ・バンク用

(8) **情報検索方式とデータ・バンクの研究開発**：コンピュータ・ネットワークを通じて利用する側の研究や開発である。

(9) **超大型情報処理装置の開発**：コンピュータ・ネットワークの中には少なくとも1システムの超大型装置が必要で、これは全国的に共同使用される。その他の特殊な装置についても同様である。

(10) **国際コンピュータ・コミュニケーション・ネットワーク形成にたいする国際的な政治・技術的な障害の打破**：科学研究における国際協力の要望はきわめて強いものがあり、コンピュータ・コミュニケーション・ネットワークはその強力なメディアであるが、その形成には多くの政治・技術的な問題があり、障害となっているので、これを打破する必要がある。なお国内的な制度上の問題がすべて解決されたわけではない。

以上述べたように、コンピュータ・コミュニケーション・ネットワークの開発は、わが国の発展のためにきわめて重要であるにもかかわらず、アメリカに比べて6年以上、ヨーロッパに比べても2～3年の遅れが認められる。これは始めに述べたとおりであるが、日本の技術能力のレベルからみて遅れの大きいことは甚だ残念である。

わたくしは昭和40年頃から通信線を通じた会話型のTSSによるコンピュータ・システムの研究を始め、冒頭に述べたように昭和44年東北大学に大形計算機が設置されたとき、東北地方の大学・工専を対象としてわが国初のコンピュータ・ネットワークといえるものを実施する機会を得た。現在、端末数は55に及び、東北6県の国、公、私立大学、短大、工専がネットワークに参加している。この規模はアメリカの大学に比べてもたいして遜色のないものと自負していたが、以上に述べたように通信速度、特に全国的なネットワーク形成において立遅れが甚だしいことが明らかである。

幸い日本学術会議の勧告により、文部省科学研究費により東大・島内教授を代表、九大・北川名誉教授を代表幹事とする“広域、大量情報の高次処理”研究班が昭和48年度に発足し、コンピュータ・コミュニケーション・ネットワークとそれに繋るデータ・バンクの研究と諸研究分野への応用についての研究が開始され、この研究班では数年後の全国的なコンピュータ・コミュニケーション・ネットワークの実現をめざして、各方面の研究者が協力して熱心な研究が進められている。

またわたくしは、昭和47年度からハワイ大学が進めている“汎太平洋教育用コンピュータ・ネットワーク”通称“アロハ・システム”に参加し、昨年10月末に初めて、テレックスによってではあるがハワイ大学の計算機を東北大学から使うことができるようになった。通信衛星回線によるデータ伝送については電波送出の許可が得られないので、受信だけを実施することとなり、工学部佐藤教授の手によって近々完成する予定である。これにより日本から送信-テレックス、受信-通信衛星の国際コンピュータ・ネットワークが実現する。

わが国でもGE-電通の国際コンピュータ・ネットワークはすでに稼動し、行政網、科学技術情報網、その他大小のネットワーク計画が進行中と聞く。また一方、アメリカARPAは国際コンピュータ・ネットワークを企画し、すでにノルウェー、イギリスに端末局を設置し、ヨーロッパにけるコンピュータ・ネットワークとの接続を図って、次は東洋、オーストラリアとの接続が日程に上るものと予想される。

官学民一体の努力により、わが国におけるコンピュータ・ネットワーク開発・実現の動きはようやく軌道に乗ったようにみえるが、国内、国際の動きには厳しいものがあり、精一杯の努力が必要であると思う。

コンピュータ・ネットワークの考え方と進め方
＜システム・リサーチャの立場から＞

●坂井 利之
京都大学工学部教授

はしがき

コンピュータ・ネットワークと呼ばれているものの中にも、いくつかの段階がある。まず、これらを列挙してみよう。

①1つのコンピュータにつながる電話帯域幅のデータ通信回線がネットワークになり、広域に多種類の端末を配置して、通信制御装置またはミニコンの制御の下に使用するデータ回線ネットワーク

②同種のコンピュータ、または同じシリーズ、同じファミリーのコンピュータを複数台中央において、上記のデータ通信回線網からの負荷配分を主としておこなうプロセサ・ネットワーク

③異種のコンピュータでのデータ処理を含むが、網形成の目的が座席予約、電報交換、証券取引、在庫管理、為替交換のように単一目的、専用回線的で、データの形式、伝送スピード程度の差異のみを許容するデータ交換ネットワーク

④異種のコンピュータを含み、データの高速の転送が相互のコンピュータのプロセス間でおこなわれるが、個々のコンピュータの独立性はそれほど保障されていないコンピュータ・コンプレックス

⑤任意のコンピュータを含み、個々のコンピュータの独立性を保障するとともに、高速、リアルタイムのプロセス間の広域通信が可能である（狭義の）コンピュータ・ネットワーク

⑥⑤と同格であるが、必ずしも高速、リアルタイム性を必要とせず、したがって常識的な意味でコンピュータをエレメントとし、エレメント間のデータ交換を可能とする広義の統合通信網

ここで、わたくしがコンピュータ・ネットワークと呼ぶとき、この提言の後章では⑤の立場からの発言になるが、最初のほうでは広く上述の６つの分類、つまりシステム・ネットワークについて述べることになる。

1　コンピュータ・ネットワークの考え方

コンピュータ・ネットワークの考え方を Bottom to Top、Top to Bottom の２つで考察してみよう。

Bottom to Top というのは、現存のコンピュータの機能、利用可能な地域範囲、利用可能な適用分野をさらに拡大してゆきたいというユーザの声を基盤にしている。既存のコンピュータのビルディング・ブロックとしての拡大、同じシリーズ（ファミリー）の中でのレベル・アップ、既存のソフトウェア、データをそのままにして、より上位のファミリー・シリーズへの移行などである。

しかしコンピュータに重要な仕事、大切なデータを多くストアすればするほど、時間的に切れ目なく、信頼できるサービス、アクセス時間が少なく、より多くの人びとが利用できるようにしたい。ところがコンピュータの記憶能力、処理能力に限界があり、またあるタイプのものには他のタイプにある機能も備わっていない。その１つの解決法は、複数のコンピュータにおける負荷配分の適切化と、地域的なコンピュータの分散による通信コストの節減である。

オンライン・コンピュータの特徴はどこにあるかといえば、電気通信網によるデータ、情報の収集、配布能力と遠隔地からのコンピュータのデータ・バンク、処理能力の利用の可能性にある。単体としてのコンピュータの性能向上、小形化、マイクロ・コンピュータの開発などがいかに進展しても、オンライン・コンピュータの特徴として残る最大のポイントは、電気通信網との結合能力である。したがって、空間的には広域で、ユーザのレベルも異なり、既存の各種のコンピュータの独立性を尊重するという条件、つまりハードウェア、歴史的現実としてのソフトウェアの変更を最小限にとどめ、コンピュータのオペレーティング・システム（OS）の変更なしにコンピュータ・ネットワークができるようにしなければならないという根本仕様が出てくるのである。

しかしコンピュータの命令形式、データ形式の差異をどのようにして乗り越えて相互に通信するか、データのみならずプログラムも翻訳（エミュレート）して自分のコンピュータで処理するのか、相手のコンピュータにサービスをさせるのか、所要時間はどのくらいにするか、どのようにして異なる種族のコンピュータと会話をおこない、同族化をおこなうか。これらにたいしてARPA Netでは通信規約：プロト・コールが、マクロ命令をより一般化し、規約化した形で形成されるようになったのである。

一方、用途としてのBottom to Topには、専用目的のコンピュータ・システムのネットワーク化がある。予約業務の相互提携とか、流通情報の相互ネットワーク化がある。公共的な情報としては医療情報、特許、判例、文献、統計などの情報、行政事務も考えられる。問題は、これらの情報がオンライン化を必要とするほど緊急であり、コストが高くてもよいかどうか、つまり情報価値のある情報であるか否かということである。

Top to Bottomというのは少し言葉が不適当かもしれないが、計画性に基づいてネットワーク化が進められるようなばあいである。たとえばコンピュータがネットワークを意識して、特徴のある機能をもった異種のコンピュータが、最初からネットワークに加入することを頭に入れてネットワークを計画し、通信網もそのルート、階層構造、容量も積極的にコンピュータ・ネットワークにふさわしいようにあらかじめ設置するというような立場である。

ところがここで問題になるのは、コンピュータ・ネットワークにしたときに、どのような使い方が実際におこなわれ、そして通信網をどの程度の容量でネットワークにするかの予測がたてられないことである。未経験の問題にたいする予測のむずかしさに加えて、その価格、需要を起こすユーザに関する法律、行政所管の問題、社会慣習、住民の反応などが複雑にからみ合ってくる。

Top to Bottomとして計画的にネットワーク化した際の特徴は、そのネットワークに入力される仕事の種類、仕事の量を推定して、専門的、あるいは特殊能力のコンピュータを最初からネットワーク内に配置し、これらのネットワーク化によって、全体として汎用のコンピュータ能力をもたせることができて一段とコスト・パフォーマンスを向上させ得ることである。

原点に返って、そもそもコンピュータ・ネットワークとはなにか。一体コンピュータ・ネットワークにしてなにが有利なのか。またその有利さを発揮できるような態勢が人間のほうでも、ユーザ・システムでもとり得るのであろうか。リソース・シェアリングといってハードウェア資源、ソフトウェア資源、コンピュータをサポートし利用するアプリケーション資源、を共有可能であると一口に言うけれども、利用目的が異なっていても、なお多角的に利用し得る数値情報があり得るのか。またそれを一体誰が集めるのか。それを維持・管理し、更新するのは誰の責任か。また、その情報にたいする責任の限度は……。

これらはさておくとしても、情報のストアのためのデータ構造はどうするか。能率よく検索するための技術はすでにできているのだろうか。数値情報だけ、しかも官公庁、業界、協会等の発表するデータや既発表の諸資料、文献、判例、特許情報等だけでは、利用しようとする意欲がわき、しかも価値のある情報が導出されるであろうか。情報検索（IR）のためだけでなく、各種のリソースの利用のための手引とか、コンピュータとの質問応答の方法、どこになにが入っているかを受け持つネットワーク・インフォメーション・センタ

はどうするか。ネットワークの管理の責任は、費用の分担方法は、責任範囲は、ID や会計カウントの方法は、プライバシーの保護はいかん、などと次つぎに疑問点・問題点が出てくる。さらに、公衆ネットワークと専用ネットワークの関連、CATV 網との関係や CAI との関係はどうなるのだろうか。こう考えてくると誰 1 人として適確な予測の下に、決断を下して GO を簡単に指令でき難いようにも思える。

わたくしはそこで、実験研究用のネットワークをまず国家公共機関で作るより方法がないと思う。アメリカでもイギリスでも、まず実験用のコンピュータ・ネットワークを作成することから始めている。なぜそんな主張をするのかとの問いにたいしては、未開拓の宝庫であるからと答えよう。電気通信にとっても、コンピュータにとっても、また人間社会における情報処理、通信網としても、ともかくコンピュータ・ネットワークとしてやってみなければ判らないことが多いし、またやれば必ず新しい知見が豊富に得られ、単にネットワーク化の目的のためだけでなく、他の関連分野にも利用できる成果が数多く得られるものと思われる。

以上のような考え方から、わたくしは 1 つの組織内に存在する多数のコンピュータをまず PBX 的にネットワーク化し、これを他の組織、公共的なネットワークのものとつなぐことができるようにすることが妥当であると考えて、Inhouse Computer Network より着手するのが個々の組織にとってはよいのではないかと思う。

2　インハウス・コンピュータ・ネットワーク KUIPNET について

わたくしどもの研究室で開発中のインハウス・コンピュータ・ネットワーク KUIPNET（Kyoto University Information Processing Network）の概要を述べるが、ここでは一般にリソース・シェアリング・コンピュータ・ネットワークの具備すべき性質を明らかにし、次に情報処理研究用のインハウス・ネットワークの望ましい形態をわれわれのユーザとしての経験から討議しよう。KUIPNET はこれらの要件を満たすように計画され、また冒頭⑤の定義の広域コンピュータ・ネットワークに加入できる配慮もされている。

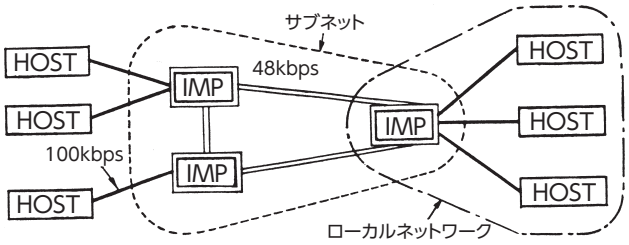

図 1　ARPA ネットワーク

さて、リソース・シェアリング・コンピュータ・ネットワークの特徴は、

①リソースの共有

② Host の独立性

③分散型制御

の 3 点が重要である。この種のネットワークの代表的な例は、全米にゆきわたる ARPA（Advanced Research Projects Agency）ネットワークである。

図 1 のように ARPA では Host とそれらの間の通信システムの部分の明確な分離が重要視され、点線で囲まれた部分をサブネットと称している。通信は IMP（Interface Message Processor）をノードとする Store and Forward 方式でおこなわれている。

リソース・シェアリング・ネットワークは、同一建物・同一構内（インハウス）でも、まったく同様に可能である。インハウスのばあいには、広域の具備条件に加えてさらにユーザ自身で高速通信線の布設が可能なので、インハウスの Host のプロセス間では互いに緊密な同期をとりながら 1 つの処理系を構成することが可能である。

すなわち、

④メッセージ交換型コンピュータ・コンプレックス

の形態が可能となる。このコンプレックスでは、“メッセージ交換”によって同期がとられるわけで、割込線による相互の割込みによって構成されるコンプレックスと対比される。音声のように遅延時間一定で、数秒の連続したデジタル伝送を必要とするようなばあいには、通常の会話型 TSS のモニタでは駄目である。一方交換網は、リアルタイム性の強いコンピュータ・コン

プレックスらしくするために、KUIPNET ではメッセージ変換の優先順位を固定的でなく、プログラムで任意に指定できるように配慮する必要がある。またインハウス・ネットワークは、広域リソース・シェアリング・ネットワークに加入可能なように電話の PBX 的に設計されるべきだろう。

KUIPNET

上述の仕様条件から、京都大学・坂井研究室で開発したインハウス・ネットワーク KUIPNET の構成は図 2 のとおりである。

(1) 広域ネットワークとしては ARPA ネットワークの成果をほぼ全面的に取り入れる：上記の①、②、③を満たす。

(2) ARPA におけるローカル・ネットワーク、つまり同一 IMP につながる Host 群をインハウス・ネットワークとして択え、この中では超高速転送、さらにはリアルタイム処理を可能にする強力な能力を持たせる。つまり上記の①、②、③に加えて④を満たすようにする。特に解決すべき問題は次のようであつた。

ⓐ Host-IMP 間の中距離高速通信の実現。

ⓑ IMP において優先度を持つメッセージを処理できるメッセージ・スイッチング方式の実現。

ⓒ Host におけるソフトウェアの整備。

以上のように書き連ねてくると、少しわかりにくくなるであろう。コンピュータ・ネットワークの利点と KUIPNET の由来をわかりやすく書くと次のようになる。

アメリカの TSS は根本思想としてタイプライタ端末を多数のユーザに供給することであって、ARPA もこのネットワーク化である。一方、われわれはタイプライタ端末よりも速い音声（20kHz サンプル、1 サンプル 11 ビットで 220kbps)、さらには大量高速の画像を扱っている。静止画像を縦・横 10 ビットの分解能、濃淡を 5 ビットとして走査すると、1 枚の濃淡画像のもつ情報量は 500 万ビットになる。このようにスピードの異なり、50bps のタイプライタから数 Mbps の画像を一緒に扱うためには、端末制御はどうあるべきか、ファイルはどうすればよいか、通信線はどうしたらよいかと

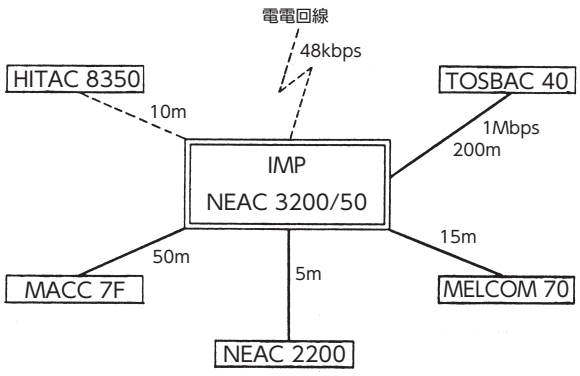

図 2　KUIPNET

いうことをいつも考えざるを得なかった。各種端末に共通のバッファ・メモリをつけ、さらに処理機能を導入して知能端末とすればどれだけシステムが能率化し、マン・マシン・システムが有利になるかの経験も積んだ。

問題はミニコンが、ミニコンの分際を守りながらコンピュータ・ネットワークの Host にできるかという点である。ミニコンの分際とは、個人ベースに近い使いやすさ、TSS 化したときのコアの増大を防ぎ、価格的にも、レスポンス時間でも、条件をそれほど悪化させず、しかもネットワークに入っているリソースを利用できることである。ミニコンの CPU は安価だが、ラインプリンタ、ファイルなどをつけるといちじるしく高価になる。これらの欠点を除くため、周辺装置の集中化と効率化を狙ったのである。

そしてファイルの共有化、ラインプリンタの共有化とともに、特殊リソースやコンパイラ言語のネットワーク・モードでの使用が可能となるようにするとともに、ミニコンの TSS モニタはユーザの数を制限し（現在 2)、1 つはネットワーク・モード、他はそのミニコン専用のユーザとして計画したのである。さらにはミニコンの TSS 化のみならず、IMP をメッセージ・スイッチングのみならず、ライン・スイッチング的にすることも情報処理の性質上必要であった。

このようなインハウス・コンピュータ・ネットワークの実験が進み、使い方の特徴、欠点などが明らかになってくると、次には広域のネットワーク化が問題として提出されることになる。

システム・ネットワークの可能性とそのあり方
＜システム・リサーチャの立場から＞

●手塚 慶一
大阪大学工学部教授

はしがき

システム・ネットワークという概念を、ここでは個々のシステムを節点に対応させ、それらをデータ通信回線により結合したネットワークとして捉える。結合されるシステムとしては、生産システム、事務システムのほかに情報処理システム、データ・バンクなどが考えられ、そこに存在し、ないしは発生する情報をシステム内のコンピュータを介して、伝送・処理するものとする（図１参照)。このように、ネットワークの接点となるシステムを、ここでは単位システムと呼ぶことにする。

このような観点からみれば、システム・ネットワークは、流通する情報の発生分布、メッセージ長、伝達形態などが、個々の単位システムによって特性づけられたコンピュータ・ネットワークであると考えることができる。この種のネットワークは、使用目的により、次の形態に分類される。

①資源共用型モデル
②情報管理型モデル
③通信型モデル
④機能分散型モデル

①の資源共用型モデルとは、今日、広く論ぜられているコンピュータ・ネットワークの発想理念に連なるものであり、各地に分散設置されたコンピュータの３資源―ハードウェア、ソフトウェア、データ・ファイル―を、各システムに所属する利用者が自由に使用し得るような体制を設定することにより、情報処理システムの総合的な機能を向上させるとともに、重複投資を防いで経済的な合理化を図ろうとするものである。したがって、このばあいの節点に対応する単位システムはコンピュータ・システムそのものとなり、単位システムは図２のような構成となる。

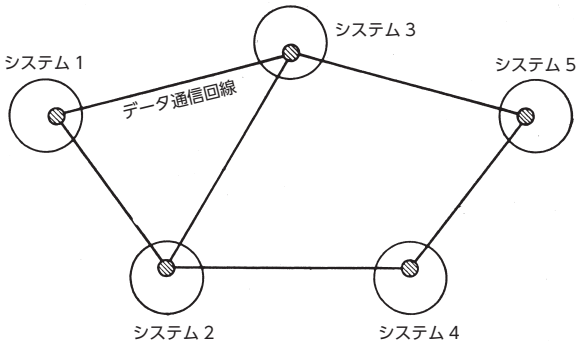

図１　システム・ネットワーク

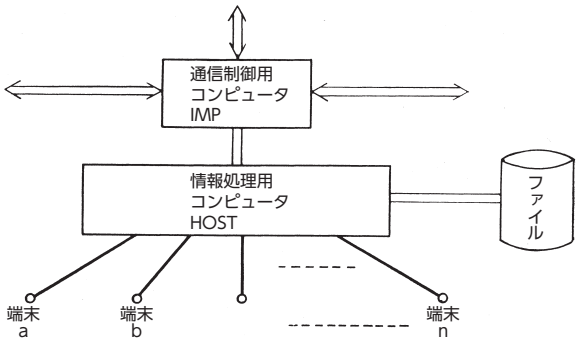

図２　資源共用型モデルにおける単位システム

この種のネットワーク化への目的のうち、とくに機能向上のみを目的としたものが、④のモデルである。これはインハウス･コンピュータ･システムとも呼ばれており、単位システムとなる各コンピュータがそれぞれ機能を分担し、各システムの機能和以上の機能を総合的に実現し

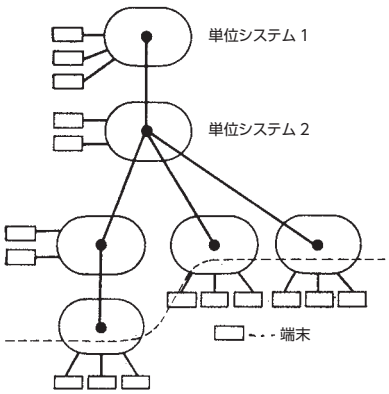

図３　機能向上型モデル

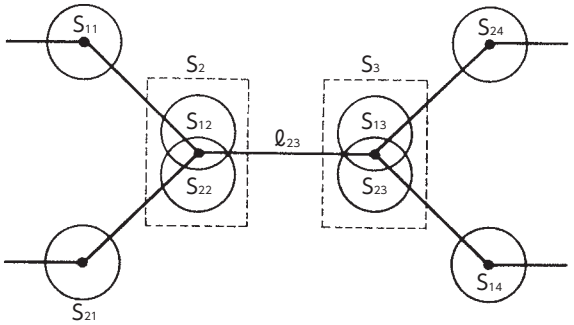

図４　２重システム・ネットワーク

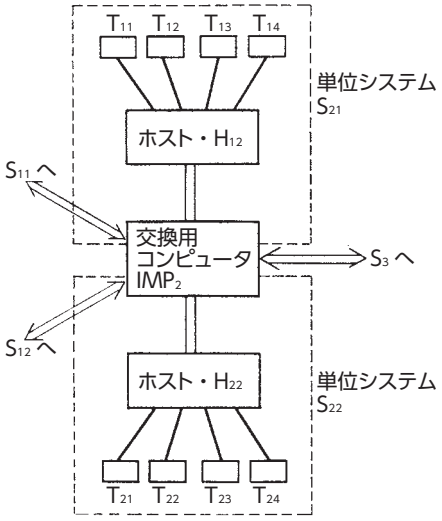

図５　２重単位システム

ようとするものである。この種の方式では図３のように、各コンピュータは樹枝状に接続されるだけであって、システム間距離もきわめて短いのが普通である。

②の情報管理型モデルは、同一企業内ないしは関連機関群を対象とする情報システムであり、情報の集中管理、効率的な検査などを目的とする。このネットワークと同じシステムを対象に、単位システム間の情報伝達の効率化のみを考えるのが④の通信型モデルであり、使用コンピュータは交換用小形コンピュータのみとなるが、やはりシステム・ネットワークの１つのパターンを与えるものと考えられる。

本稿は、以上の４形式のモデルについて、そのあり方ならびに実現可能な諸方式について論及するものである。

1　資源共用型ネットワークのあり方

前述したように、この形式のモデルは今日のコンピュータ・ネットワークを対象としており、本節の論議も、おのずからコンピュータ・ネットワークのあり方を追及することになる。今日、コンピュータ・ネットワークの適用対象として主に考えられているのは、研究集団である。ARPA、NPL など、現存のネットワークのほとんどがそれであるし、わが国においても、大学間ネットワーク、筑波地区研究ネットワークの構想が作られつつある。この他、CDC の CYBERNET のように、データ・サービス・ネットワークとして商業ベースで運営されているものもあり、この種のものも、わが国において実現可能なものと考えられる。

コンピュータ・ネットワークの有用性は、①適用場所が広域（全国的）であること、②データ処理にたいする需要が膨大であること、③多種のソフトウェアないしは高レベル機能にたいする要求のあること、④多種のデータ検索への要求のあること、などの条件の下で保証される。これらの条件は、すべてシステム・ネットワークの設置・維持・管理に必要なコスト効果の点から導出されるものであるが、このような需要面からの条件の他に、技術的な条件ならびに、国全体からみた情報伝送・処理体制の合理化の面から、いくつかの施策的条件が必要となる。これらの詳細については後述するが、たとえば個々のシステムごとに、長距離専

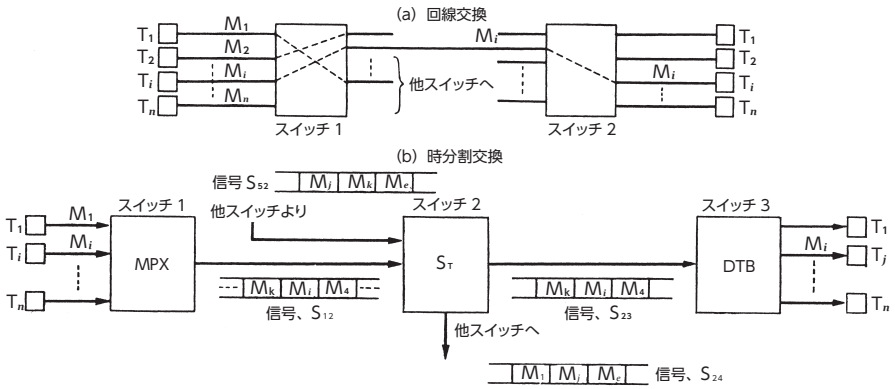

図 6　交換方式 (M_i は端末 T_i よりのメッセージ)

用回線を設置するよりも、図 4 のように、回線 l_{23} を両システムの共通回線として用いるほうが、回線コストとして有利であることは明らかであろう。

図 5 は 2 つのシステム・ネットワークが、部分的に回線を共用するばあいを示しており、単位システム S_{ij} は i 番目のシステム・ネットワークに属する j 番目の単位システムであることを表わしている。このような多重システムを考えるばあいには、回線を大容量にしてできるだけ共用化するほうがコスト的に望ましいわけである。ただし、S_{12} と S_{22} よりなる多重単位システムは図 5 のような構成となる。このような多重ネットワークでは、流れる情報の長さとか発生時間分布などの諸特性がネットワークごとに異なる。したがって、入出力バッファ容量をも考えた IMP の構造、制御ソフトウェアなども一般の IMP のものとは異なってくるのが普通であり、これらの点を考慮して、IMP の標準型を設定する必要がある。

一方、このような多重ネットワークは、前述のように、情報処理にたいする需要が増大し、処理技術と機能にたいする要求の隔差が大きくなるに従って、ますますその数を増し、共通回線の必要度と回線容量が増大する。わが国のシステム・ネットワークの将来計画にあたっては、このような諸点を考慮して、そのネットワーク・トポロジーとか伝送方式を決定していく必要があるであろう。

2　コンピュータ・ネットワークにおける伝送と交換

伝送方式と交換方式は、原理的には相互依存するものであり、ここでは、コンピュータ・ネットワークの重要な要素となる交換用コンピュータ IMP（Interface Message Processor）の形態を中心に論及し、それより伝送方式について考えていくことにする。

交換方式に回線変換と時分割交換の 2 方式のあることは広く知られているところである*。前者は 1 本の回線で 1 端末のメッセージのみを伝送し、したがって 1 本の入線はスイッチにより 1 本の出線に接続される（図 6（a））。一方、後者の時分割交換では、図 6（b）に示すように、1 本の出線の使用時間帯が一定の時間間隔に寸断され、1 個の入線のメッセージが出線の 1 個の時隔に挿入されるような形で交換がおこなわれる。

＊この他に周波数分割交換方式もあるが、コンピュータ・ネットワークではまだ取りあげられていないので省略する。

図 6 は、端末 i と端末 j の間で通信がおこなわれているばあいを示しているが、時分割交換のばあいには、その前後で集信装置 MPX と配信装置 DTB を必要とする。図 6（b）のスイッチ 2 の前後をみても明らかなように、時分割交換であっても、出線、入線はそれぞれ 1 本であるとは限らず、ネットワークの形に応じ、また伝送容量の増設などから、同方向ないしは異方向に複数本の入・出線が存在するばあいが考えられる。このようなばあいは、両方式の複合方式であると考えられ、またコンピュータ・ネットワークのように全国的な広域システムを考えるばあいには、回線コストの面より時分割交換を主に考えていくほうが有利である。したがって、ここでは時分割交換のみについて述べること

にする。前に述べたIMPは時分割交換の中でも、特にパケット変換を対象にして用いられている用語である。

時分割交換方式で、今後コンピュータ・ネットワークのように高速伝送が可能で、メッセージ時間長を比較的短くし得る通信に適した方式に、パケット交換がある。これは、1つのメッセージを一定長ごとに寸断し(これをセグメントという)、このセグメントの前にアドレス信号などを付加してパケットを作り、パケット単位ごとに伝送・交換をおこなう方式である(図7参照)。

この方式では、パケット長が短いことより、回線に少しの空き時間があっても、ただちにそこへパケットを挿入伝送することができ、回線の使用効率を増す長所がある。1つのメッセージに属するパケットは、必ずしも同じ経路を通過せず、したがって受信地点で元のメッセージに編集する必要があるが、今日の情報処理技術からすれば比較的容易であり、簡単なIMPで実現可能である。

パケット変換には以上の他に、回線の使用効率を高めるためのパケット分配方式、信頼性向上のためのACK方式などの諸問題が存在する。特に前者の問題においては、最近NPLでシステム内パケット数を常に一定に保つIsarithmic方式が提案されており、これに各リンクの $\left(\frac{\text{パケット数}}{\text{容量}}\right)$ を一定するように交換アルゴリズムを付加すれば、かなり有効な伝送方式が得られるものと考えられる。

3　ファイル・アロケーション

情報管理型モデルにおいて特に重要な問題の1つに、ファイル・アロケーションの問題がある。これは、情報の発生→伝送→蓄積→検索→伝送の流れを時間的・経済的に合理化することの問題であって、次のように定式化できる。

数種類の情報にたいし、伝送ネットワークと発生情報量の時間分布・需要分布が与えられているとする。このばあい、

①情報要求にたいして、ファイルへの平均アクセス時間を許容限界値以下にする。

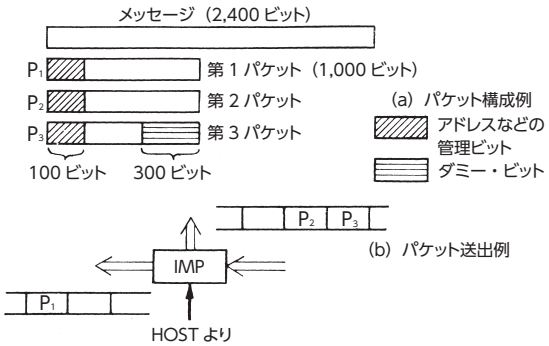

図7　パケット交換

②各ファイルのアベイラビリティをあるレベル以上にする。

③返送（検索）情報の伝送時間を一定値以下にする。

ことを条件に、総費用を最小にするためには、それぞれの情報別ファイルをどの節点に設置すべきであるか。

この種の問題は整数計画法で解くことができるが、それよりも、情報種別ごとの発生・需要量を求め、またその解答を実際のシステム運営に沿って、いかに変形していくかの問題のほうが重要であり、困難である。

また、情報検索システムを考えるばあい、パケット変換方式を用いると、メッセージ長が長いことより、情報の転送時間が膨大となりシステムの全閉塞現象をおこす可能性がきわめて大となる。このようなファイル情報システムにたいしては、音声、ビデオ回線などを考慮した総合通信方式を用いるほうが有利であり、これとコンピュータ・ネットワークとの併用方式が検討される必要がある。

むすび

コンピュータ・ネットワークを中心に、その可能性を考察してきたが、システム・ネットワークの重要な方式の1つに、ループ・ネットワークがある。

この方式は、単にコンピュータ・ネットワークの発展的システム拡張を可能にする方式として有効であるばかりでなく、ミニ・コンピュータなどを対象として、局地的な情報伝送・処理を合理化するインハウス通信処理システムとしてきわめて有効であると考えられる。紙数の都合で述べることができなかったが、次の機会にゆずりたい。