国際コンピュータ・情報ネットワーク
に関する調査研究報告書 No. 1

国際コンピュータネットワークの現状と見通しに関する調査研究報告書

昭和50年9月

財団法人 日本情報開発協会

この資料は、日本小型自動車振興会からオートレース収益の一部である機械工業振興資金の補助を受けて作成したものである。

ま　え　が　き

わが国におけるコンピュータ利用の普及、高度化には著しいものがあり、社会、経済の各分野において必要不可欠なものとなってきています。このようなコンピュータ利用の進展にともなって、新しいコンピュータシステムの展開が期待されています。すなわち、これまでの一企業、一団体内での情報処理といった個別の局部的なコンピュータシステムから次第にネットワーク化され、その規模も広域化したコンピュータシステムへと進展してきております。

そのため、わが国においては全国規模のネットワーク化、それに対応する地域内のネットワーク化に関する研究開発が行なわれてきており、このような広範囲にわたるコンピュータネットワークシステムが国際的規模へ展開して行くことは必至のことと考えられます。

また、諸外国においても、コンピュータネットワークシステムの研究開発が活発に行なわれており、一部には本格的な国際コンピュータネットワークの形成がなされております。

しかしながら、国内におけるコンピュータネットワークについては、技術的、能力的に拡張すればできることでありますが、多国間を結ぶ国際コンピュータネットワークとなると、社会、経済および政治の各分野において種々の問題が生じ、これまで考えられなかった影響が予想されます。

このため国際コンピュータネットワークの現状と今後の動向を正確に把握し、これからの国際社会およびわが国への影響などを調査研究することは緊要なことと考えられます。

このようなことから、国際コンピュータネットワークの現状と今後の動向についての調査研究をシステムゼネラル株式会社に委託して実施しました。本報告書は、その成果をとりまとめたものであります。

本調査研究の成果が、わが国の情報処理の発展に何らかの素材として役立つことを念願する次第であります。

昭和50年9月

財団法人　日本情報開発協会
理事長　稲葉秀三

目　　次

はじめに

第1章　コンピュータネットワーク形成への歩み …… 1

第1節　通信手段の発達 …… 1

1）電気通信 …… 1

2）電　話 …… 2

3）データ通信 …… 3

4）米国の現状と動向 …… 4

第2節　コンピュータネットワーク …… 19

1）コンピュータ技術の発達 …… 19

2）TSSシステムの出現 …… 21

3）コンピュータ間コミュニケーション …… 22

第3節　コンピュータネットワーク関連技術の現状と動向 …… 24

第2章　コンピュータネットワーク関連技術の現状と動向 …… 27

第1節　伝送関連技術 …… 27

1）有線伝送路 …… 28

2）無線伝送路 …… 38

3）アナログ伝送からディジタル伝送へ …… 44

第2節　交換技術 …… 67

第3節　国際通信技術 …… 83

1）海底同軸ケーブル …… 83

2）衛星通信 …… 87

第 4 節　コンピュータコミュニケーション関連技術 …… 103

第 5 節　通 信 網 …… 120
1）通 信 網 構 成 …… 120
2）通 信 制 御 の 問 題 …… 124
3）通信網の系統信頼性 …… 128

第 6 節　各国にみる新しい通信網 …… 136
1）ア メ リ カ …… 136
2）カ ナ ダ …… 145
3）ヨ ー ロ ッ パ …… 151

第 3 章　事例にみるコンピュータネットワークの現状と動向 …… 161
第 1 節　国際コンピュータネットワークの分類 …… 161
第 2 節　公共機関専用ネットワーク …… 163
第 3 節　私企業専用ネットワーク …… 168
第 4 節　公共機関サービス提供ネットワーク …… 171
第 5 節　私企業サービス提供ネットワーク …… 187
第 6 節　ARPAネットワーク …… 223
第 7 節　拡大するコンピュータネットワーク …… 244

第 4 章　コンピュータネットワークの国際的展開 …… 255
第 1 節　国際化するコンピュータネットワーク …… 255
第 2 節　国際コンピュータネットワークの機能 …… 260
第 3 節　国際コンピュータネットワーク・モデル …… 261
＜補論Ⅰ＞　米国におけるコンピュータネットワーク研究開発の動向 …… 279
＜補論Ⅱ＞　コンピュータ・テレコミュニケーションの国際的側面――
――ブール報告の要約紹介 …… 291

はじめに

米国において１９４６年に史上初のコンピュータＥＮＩＡが開発されてからわずか３０年たらずの間にコンピュータは急激な発達をとげてきた。電子技術面からいえば真空管の第１世代、トランジスタの第２世代、ＩＣの第３世代、そしてＬＳＩの第３・５世代と呼ばれる程の顕著な画期的な技術革新によって発達してきており、最近では第４世代としてＦＳ（フュチャー・システム）の登場が予想されている。

一方、通信手段の発達も著しいものがあり、アナログ伝送からディジタル伝送へ、回線交換から蓄積交換へ、さらには海底ケーブル通信から人工衛星通信へと高密度で高速・高信頼性の通信手段が開発され、コンピュータを利用した新しい通信網が形成されている。

これらの技術の発達によってバッチ処理からオンライン処理さらにはＴＳＳ処理へとコンピュータ利用の形態は次第に高度化、広域化してきており、全国規模のコンピュータネットワークシステムの形成が進展してきている。また、近年の社会、経済の国際化にともなってこれらのコンピュータネットワークシステムが国内に留まらず国際的に展開することや、国際機関等における国際的な情報交換、情報処理の必要性が高くなってきているところから、本格的な国際コンピュータネットワークシステムが出現しはじめてきている。

このようなことから、国際コンピュータネットワーク化の現状と問題点を把握し、今後の動向について調査研究することとし、コンピュータネットワークについての技術面、適用面などに関する内外文献、資料の収集や海外調査の実施などによって次のように報告書をとりまとめた。

第１章においては、コンピュータと通信手段との相互関連について、その発展過程を調査分析し、コンピュータコミュニケーションの進展を系統的に把握することによって、コンピュータネットワーク化への展開過程について考察した。

…第2章においてはコンピュータネットワーク技術の基礎となる伝送技術、交換技術、国際通信技術およびコンピュータ間通信に必要となる通信制御などの関連技術の現状と動向について調査分析するとともに、国際コンピュータネットワーク化のための必要要件となる通信網についての現状と問題点を明らかにし、その将来について諸外国の動向を明らかにした。

第3章においては、現在稼動している、または開発中のコンピュータネットワークの事例を調査分析し、コンピュータネットワーク化の目的および組織主体者によって、コンピュータネットワークを「公共機関専用タイプ」「私企業専用タイプ」「公共機関サービス提供タイプ」「私企業サービス提供タイプ」の4つに分類し、それぞれの現状と動向を明らかにするとともに、さまざまな面から、今後国際コンピュータネットワーク形成の先導的役割が期待される米国防省のARPAネットワークの動向について調査した。

第4章においては、国際コンピュータネットワークの動向を把握するため、国際的な通信需要の増大、コンピュータパワーの国際的な有効利用、国際的規模での情報流通の増大などのコンピュータネットワークの国際的形成のニーズを明らかにするとともに、これらのニーズに対応するネットワーク機能を明らかにし、国際コンピュータネットワークの組織形態および利用形態毎に4つのコンピュータネットワークモデルを構築し、今後の国際コンピュータネットワーク形成の見通しを明らかにした。

最後に補論としてコンピュータネットワークに関する最新の情報を入手するため、調査員を米国に派遣し、ARPAネットワークの運用者であるBBN、MIT、マルティックス研究開発スタッフ、国際政治、経済の面からコンピュータコミュニケーションについて研究している学者などに国際コンピュータネットワークの今後の動向と問題点についてインタビュー調査を実施した。これらの海外調査の成果を「米国におけるコンピュータネットワーク研究開発の動向」としてとりまとめた。

とくにMITプール教授にインタビュー調査した際に入手した同教授のリポート「The International Aspects of Computer Telecommunication」が国際コンピュータネットワーク化における社会、経済、政治などについての影響に関し、詳細かつ体系的にとりまとめられているところからこの論文を翻訳し、その抜萃を掲載した。

第1章　コンピュータネットワーク形成への歩み

第1節　通信手段の発達

(1) 電気通信

遠く離れた人同士が互いにメッセージを交換しようとする試みは、人間の歴史とともに古くからあった。北アメリカ、インディアンののろしやジャングルのドラムは、もっとも原始的なメッセージ伝達の手段であり、カンネーの戦い（BC216年）でハンニバル将軍がローマに通ずる道をつくったときに使用したトランペットもメッセージを伝達する手段の1つであった。このような人間の視覚や聴覚に訴えてメッセージを伝達する方法は、今日でも形を変え、有視界内の簡便な通信手段として用いられているが、メッセージ伝達の範囲は狭く、中継地を設けて遠方へメッセージを送る場合でも、それは限られた範囲のものである。

この限界を破ってメッセージ伝達の範囲を広げるとともに、メッセージ伝達の時間を短縮したのは、通信に電気を応用する試みであった。19世紀に入ると、当時の商業の発展は、敏速な通信方法の必要性を切実に感じさせ、鉄道が出現したのちは、列車の進行のさきにいる信号手に通信する何らかの方法の必要性がさしせまったものとなった。そこで敏速な通信のために、伝書バトとか、中継地をつくって信号を次々に送るなど、さまざまな方法が用いられたが、満足な方法は1つもなかった。しかし1837年、アメリカのサミュエル・F・B・モールスと、イギリスのクックおよびホィートストンが互いに独立に電気を通信に応用する方法の発明に成功した。その翌年、イギリスではパディントンとウェスト・ドライデン間の鉄道（約20Km）に沿って電信設備が施設され、1844年にモールスはワシントンとバルチモアを結ぶ電信（65Km）を完成した。アメリカでは、これから4年後にミシシッピ河の東のすべての州で電信

が使われるようになり、カナダのナイアガラからバッファローに延びる線と結合されて、国境を越えた電信サービスが提供されはじめた。１８５１年に英仏海峡のドーヴァーとカレーの間に海底電線が敷かれた。そして大西洋横断海底電線の電信業務が１８６６年に確立されるとともに、電信は世界的規模の通信手手段となり、万国電信連合が結成された。

電信業務は、１８６０年代に実用に供された自動送信機や印刷通信機の開発、さらにはイタリアのマルコーニによる無線電信の発明（１８９４年）によって飛躍的に発展した。モールス通信は、印刷通信の普及、電報の中継機械化の進展とともに次第に主役の地位を失い、いまでは船舶通信の分野で使用されているにすぎない。その後も多重電信装置の開発、搬送方式の改善など電信装置の改良に伴って電信回線は急速に普及し、一方、ユーザー側からは記録通信の需要が高まってきた結果、１９３０年代初期にはテレックスサービスが開始された。また、電線にたよらずに通信を送る方法はマルコーニによって実現可能となり、１９０１年の大西洋横断の無線通信実験の成功によって時報や天気予報航海中の船の信号の伝達に無線通信が利用されるようになった。

(2) 電　話

電話は１８７６年、アメリカのアレキサンダー・グラハム・ベルによって発明され、遠距離通話実験がパリ、オンタリオ、ブラントフォード間で行なわれた。そして早くもその翌年、日本政府は電話機２台をアメリカから輸入して実験を行なった。日本における電話の実用化は、最初政府官庁で行なわれ、約１０年の期間をおいて一般公衆用の電話サービスの提供が始まった。一方、アメリカでは電話の特許を得ていたグラハム・ベルがアメリカン・ベル・テレフォン社を設立し、はじめから民間会社の手で電話システムの建設が始められた。１９００年アメリカン・ベル・テレフォン社は、長距離電話事業部を行うために設立されていたＡＴ＆Ｔ（American Telephon & Telegraph）に買収された。１８９４年ベルの電話特許の消滅に伴ってアメリカでは独立の小電話会社が簇生し、ＡＴ＆Ｔの幹線網に沿って多くのローカル網が建設され

た。しかし１９０７年の金融恐慌は、多大な資金を必要とする電話敷設事業を弱小電話会社が継続して行くことを困難にし、ＡＴ＆Ｔの電信電話部門の支配を容易にした。ＡＴ＆Ｔの支配が強くあるにつれて、反トラスト法との関係でアメリカの電気通信政策がとりあげられ、電信事業の公共性と膨大な資金を要する電信事業への重複投資の可否が１９２９年の恐慌を背景に問題になった。１９３４年、世界恐慌の混乱が続く中で連邦通信法がアメリカ議会を通過、連邦通信委員会が設置された。連邦通信法は、通信の秘密、公共の利益確保という観点から、州を越えて行なう通信や海外通信を規制する狙いをもっていたが各地域にあるベルの事業所を財政的に支配し、長距離サービスを提供して独立企業を全国組織の中に融合させ、ウエスタン・エレクトリック社に電話機製造の独占権を与えるという３つの柱によって維持されていたベル・システムは強固で、議会を中心にした大論争の中から生まれた「自然発生的な独占」「地域独占」の概念に守られて、ＡＴ＆Ｔによる公共通信事業の独占はそのまま承認されることになった。

この間、電話技術は主にアメリカとドイツで発達し、初期のエジソンのペグ式交換機や磁気式交換機が手動式であったのに対し、１９００年初期には自動交換式による電話局がアメリカで開局し、１９２０年代には自動ダイヤル式の交換機が出現して回線容量の増加、能率の向上が図られ、電話加入者は急速に増大して行った。また無線電信方式を音声通信に応用する研究も進み、１９１０年代には実用化の段階に達した。１９２７年にニューヨークを中継点とするカナダ・アメリカ、ヨーロッパ間の電話サービスがはじまり、１９３０年代にはさらにアジア、アフリカ、オーストラリアに地域を拡大して全大陸を結ぶ電話サービス網が完成した。そして、この頃には電信に代って電話が通信分野における主要な通信方式となった。

(3) データ通信

電気通信技術をコンピュータ技術に結びかけ、地理的な障壁を超えたコンピュータ利用技術の開発が各国で進められ、実用化されつつある。

現代の人間生活は、経済・社会的な分野において国境を越えた活動が拡がり、世界的な規模で相互に密接な関連をもってきている。こうした社会生活の広がりは、地域的な出来事であっても、その影響を広汎なものにせざるをえない。このことは世界の各地に発生し散在する情報を敏速に収集し処理する必要がつよくなっていることを意味する。従来、異なった系に属するものであった電気通信技術とコンピュータ技術は、この必要を充たすため、エレクトロニクス技術の進歩に促されて結合し、データ通信をあらゆる活動分野に応用、普及させるようになった。

データ通信の潜在的な有用性は、コンピュータが現われた初期の段階ですでに認められていた。１９３７年はじめてリレーを使った大型計算機マークＩの開発がはじまったが、３年後の１９４０年には米空軍においてカード上のデータを紙テープに変換して伝送し、受信側で紙テープ・データをカード・データに変換する試みが行なわれた。この実験を本格的に推し進めてデータ処理におけるコンピュータの有用性を実証したのは、ＭＩＴのリンカーン研究所がＩＢＭバローと共同で７年の時間をかけた後に完成したアメリカ空軍のＳｅｍｉ－Ａｕｔｏｍａｔｉｃ Ｇｒｏｕｎｄ Ｅｎｖｉｒｏｎｍｅｎｔ（ＳＡＧＥ：半地上自動装置）である。よく知られているように、ＳＡＧＥはアメリカを突然の空襲から防衛するためのもので、レーダー網に直結したコンピュータでアメリカの上空を１立方フィートごとに絶えず解析し、国内へ向かってくる飛行体をただちに追尾する。一方、指揮官たちはコンピュータに最新の情報を伝え、計算し、どのような方法をとるべきか、それを示すように命令し、決定の参考にする。

大量のデータをリアルタイムで処理するＳＡＧＥは、その後のリアルタイム・システムの開発に技術的に大きな影響を与えた。１９５０年代の終りごろに航空機の座席予約システムが幾つか開発されていたが、１９６４年に稼動したアメリカ航空会社（Ａｍｅｒｉｃａｎ Ａｉｒ Ｌｉｎｅ）のＳＡＢＲＥ（Ｓｅｍｉ－Ａｕｔｏｍａｔｉｃ Ｂｕｓｉｎｅｓｓ Ｒｅｓｅａｒｃｈ Ｅｎｖｉｒｏｎｍｅｎｔ）は、「ＳＡＧＥがなかったら、少なくともずっと長いあいだ存在しなかったろう」と

いわれるほどである（The Computa Age：Time Inc, 1965）。3000万ドルをかけた座席予約装置SABREは、世界各地に散在している代理店の端末機を通信回線で結び、座席予約から会計業務まで行なう大がかりなものである。（図1－1）

日本でも、国鉄の「みどりの窓口」をはじめ、1964年頃からオンライン・システムの導入が開始され、専用回線を利用したオンライン・システムは急速に伸びてきた。

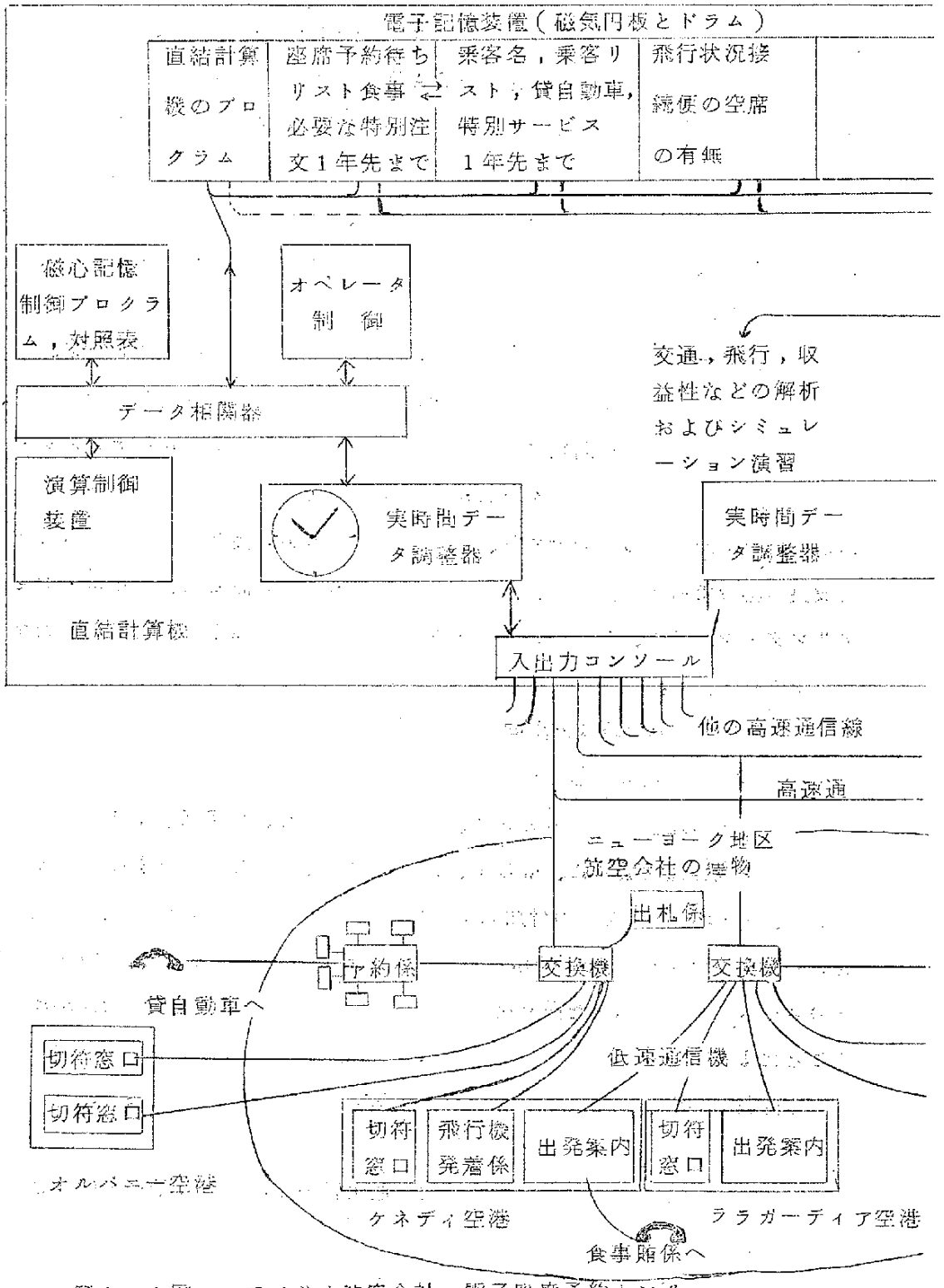
しかし、データ伝送システムの急激な伸びは、それまでの市販の通信装置や科学技術計算用コンピュータの単純な結合によって可能になったものではない。その間、通信制御装置が開発され、コンピュータも既存のオペレーティング・システムに通信網の制御プログラムが装着されてはじめてコンピュータによる通信制御が可能になったのであり、通信用端末機器が直接とりつけられるような改良も必要であった。また、コンピュータ利用技術の面でも、タイム・シェアリング・システム、リアルタイム・システムの開発が進んだことも、重要な1因であった。

(4) アメリカにみる現状と動向

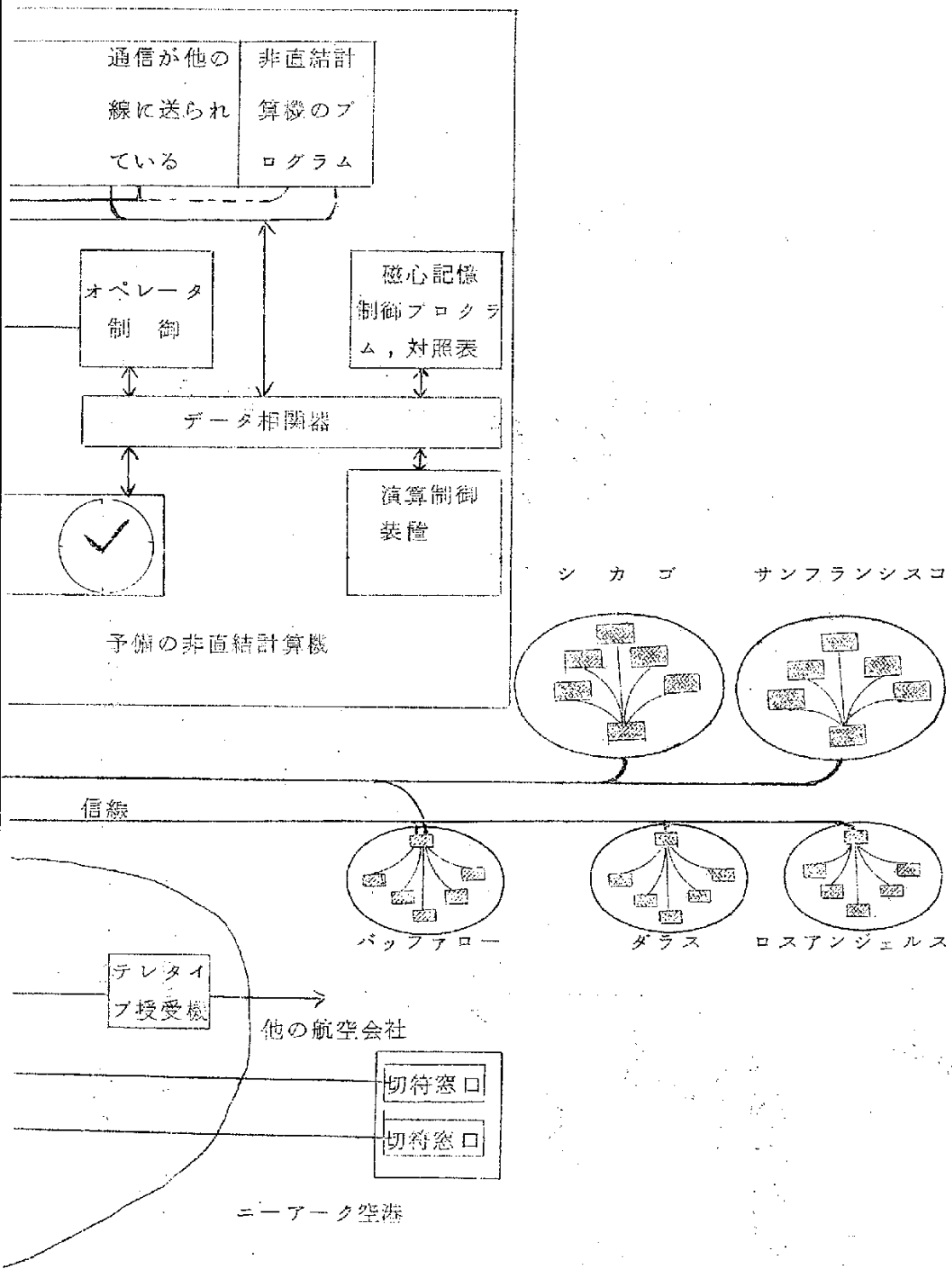
〔電気通信規制政策の推移〕

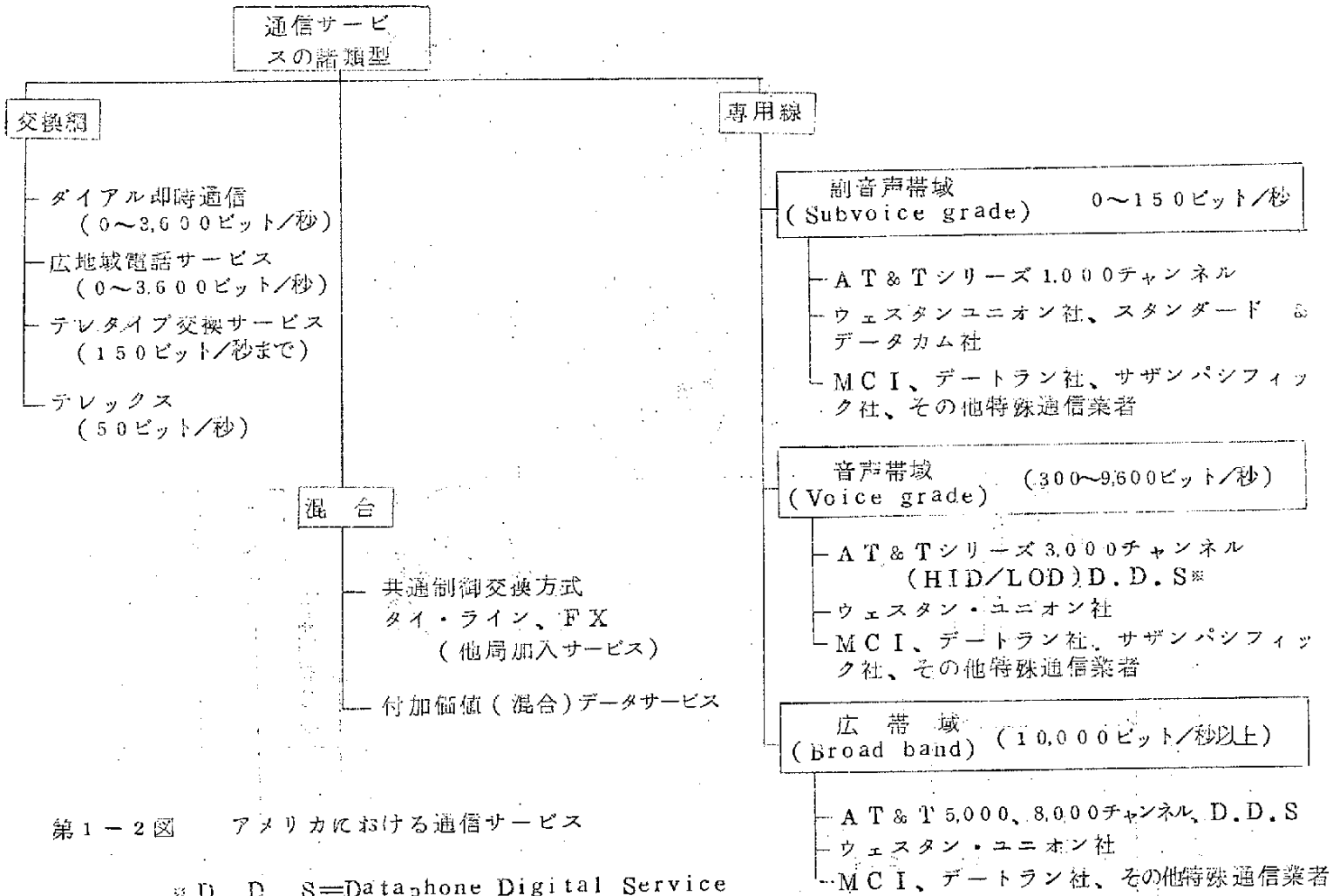
最近の米国の通信サービス業界は、AT&T WU、GTE、ITTなどの独占的大手既存通信会社に、MCI、Datranなどの特殊通信業者（SCC）PCI、Telenetなどの付加価値通信網（VAN）サービス業者、WU、RCA Globecomなどの国内通信衛星業者（DOMSAT）、等のユーザーのニーズにより呼応した様々な通信サービスを提供する新興通信会社が加わることによって目覚ましい変革をとげつつある。これを方向づけてきた米国における通信事業の規制面、政策面に関する基本的変化について考察し、今後の動向をみてみよう。

米国の通信事業の規制・政策面は、大雑把に言って次の4段階に分けることができる。



第1－1図　アメリカ航空会社　電子座席予約センター


通信が他の線に送られている
非直結計算機のプログラム
オペレータ制御
磁心記憶制御プログラム，対照表
データ相関器
演算制御装置
予備の非直結計算機
シカゴ
サンフランシスコ
信線
バッファロー
ダラス
ロスアンジェルス
テレタイプ授受機
他の航空会社
切符窓口
切符窓口
ニューヨーク空港



第1－2図　アメリカにおける通信サービス

※D.D.S＝Dataphone Digital Service

1) 1847 ～ 1907 年

1847 年に電信が国営から民営に移管され、群小会社が濫立し、それらの多くが破産に遭遇し、ウェスタンユニオン（WU）、ポスタル電信会社系統に合併され、全合衆国の電信網と海外の大洋横断ケーブルが両系統の手に握られて行った。電話は1877年に設立されたアメリカン・ベル・テレフオン社が主要な電話の特許をもって他社を寄せつけなかったが、1894～95年に特許が消滅し、1900年には長距離電話システムを経営するアメリカ電話電信会社（AT&T）に買収されるなど、1907年頃までは「自由放任下の競争主義」が展開される。

2) 1907 ～ 1934年

激しい自由競争によって企業淘汰が進み、1907年の金融恐慌を契機にさらに整理、統合が行われ、AT&Tを中心とするベルシステムが電信、電話の分野で独占的支配権を獲得した。しかしこれは独占禁止法による規制によって歯止めをかけられ、電気通信事業は公正競争を保証するため、各州公益事業委員会に規制されることになった。この段階は「規制下の自由競争主義」の時代といわれる。

3) 1934 ～ 1968 年

1929 年の大規模な世界恐慌を契機として、電気通信事業は、不経済な2重投資をさけるため、独禁法の特例法である「通信法（Communication Act）」が制定されるとともに、FCC（Federal Communication's Commission）が設立され、通信事業の規制を行うことになった。FCCは無線・電信・電話海底電線による州間通信および海外通信を規制する権限をもち、放送業務の正しい発展と運用を促し、国内および世界的規模の電報・電話サービスを適正な料金で利用できるようにし、通信組織を改善して生命・財産の安全を促進し、さらに国防を強化するために通信施設を活用することを目的としている。構成は上院に承認され大統領に任命された7人の委員からなる。現在の主要な活動は、民間無線サービスに対する周波数帯域の割当て、無線受信局および無線技

師の認可と規制、電報。電話による州間および海外通信の規制、地上。海中。空中における無線利用の安全性促進、効率的で広範な無線利用の奨励、国防に対する電気通信サービスの整備、宇宙通信体系の開発などである。この時期の特徴は、「自然独占」、「地域独占」という考え方が打出され、1949年の司法者によるAT&Tの独占禁止法違反を理由とした告訴（'56年に両者の同意審決となった）などがあったものの、基本的にAT&T、WU、GTEなどの大手通信会社の独占が法律によって保証されてそいたということで、「規制下の独占保証主義」の時期といわれる

4）1968年以降

60年代になるとマイクロ波伝送技術、衛星通信技術、データ通信技術など多彩な電気通信技術が開花し、一般社会に広く普及するとともにユーザーの需要も多様化し増大した。従来の加入電話サービスを中心とした基本的サービスの発展に加えてより副次的なサービス分野が開拓され拡大された。それとともに既存の基本的サービスを提供していた通信会社の副次サービス分野への取組み方が遅れたために種々の新会社の設立が提起され、FCCは、1968年のカータホン裁定、翌年のMCI認可などを通じて、基本的サービスに関しては従来の自然独占、地域独占という原則を認め独占を保証するが副次的サービスに関してはFCCの規制下での自由競争、つまり基本的原則としては自由競争を取るが実際的サービスの実施に関してはFCCの承認を要する、という方針を採用した。したがって「FCC規制下の独占。競争共存主義」の時代といわれている。

このオ4の段階を少し詳しく見てみよう。現在副次サービス分野として、国内通信衛星、CATV、相互接続、SCC、VANなどが主要なものであるが、最初のものは2章の通信衛星の頃で述べるので略し、CATVはいまだコンピュータネットワークとの関連が明確ではないのでここでは残る3者についてみてみよう。

相互接続：半世紀以上も昔から、ユーザーの端末装置や通信システムと電話

網との相互接続は議論されていた。なお通信会社以外の私営機関が私設のマイクロ波網などの通信設備を自社用に持つことは、１９５９年のＦＣＣの裁定「Ａbove 890」によって可能になった。

電話会社は、もし統制がとれなければ電話網に悪影響を及ぼすとして反対していた。もちろん通信会社の設備レンタル収入の確保を意図していたわけである。そしてこの主張は非常に功妙に作られていたため、ＦＣＣも各州の収益委員会も疑問を差挟まずに受入れていた。テキサス州ダラスのカーターエレクトロニクス社は移動体無線装置を電話回線に相互接続するための音響誘導装置を開発し、「カーターホン」として１９５９～６６年の間に米国と海外に約3,500台を販売した。これに対しＡＴ＆ＴとＧＴＥはユーザーに対し「電話会社の提供によらない設備、機械を回路又は誘導その他の方法により付設もしくは接続してはならない」というタリフ（料金条項）を理由にその使用を認めなかった。これに対しカーター社は１９６６年ついに、前２社を相手にアンチトラスト法違反であるとして提訴した。その結果１９６８年ＦＣＣは、タリフの禁止条項は「１９３４年の通信法からみて当初から不合理かつ不法であり、理由のない差別的取扱いを行っている」として「電話会社の運営又は他の加入者に悪影響を及ぼさぬ限り、どんな自営設備でも電話会社の設備に接続できる。」事を明かにした。これに対して通信会社はＦＣＣに再検討を求めたが結局却下され、一時裁判所への控訴なども行ったがすぐ取下げ、ＦＣＣの裁定の線に沿って、電話サービスや電話システムを保護するため通信会社が必要と考える、入力信号特性の制限や保護接続装置の設置などを含む接続方法の制限の下での相互接続を認める改訂タリフが１９６９年初に実施された。ＦＣＣはこの実施を認たが、なお関係利用者の意見を求め、ＮＡＳ（National Academy of Science）に研究を依頼した。１９７０年７月ＮＡＳの報告書は「無制限な相互接続は人体、回路網の特性・設備に急影響を与えるので、技術的に正確な信号振幅・波形およびスペクトラムの信号基準を有した現在のタリフは適切なものである。しかしこれらの問題に対し、通信業者、利用者、メーカー間の情報交換を推進

する機構が必要である。」としている。ＦＣＣは更にＮＡＳの報告書の分析や外国の接続規制緩和の現状分析などをデータ技術および電気通信の専門家であるDittberner Associates社に依頼した。同社の報告は、カーターホン事件の本質を"自由競争とサービス品質の問題"であるとし、それらに関連する技術、経済、機密保護、政策等多方面からの結論を出しているが、回線保護を行うとともに、設計や保守における基準化・標準化を指向し、その上で自由な相互接続を認め競争を促す事の必要性を指摘している。

カーターホン事件は、新しい「相互接続」装置産業を生み出し、又データ通信ハードウェアの革新とコスト引下げを促進させた。ＦＣＣの裁定以来、約２００社がデータモデム市場に進出し、それまで市場が閉ざされていた防衛面や航空方面の技術が多数もたらされ、各種の新しい改良された安上りの製品が広範に導入されることになった。またデータターミナルやマルチプレクサのメーカーは、モデムを自社で製造するなり、他社から入手するなりして直接自社装置の中に組込み、システム全体の底コストを図れるようになった。これに対して通信会社はこれらの競争会社に対抗するため、新製品の開発とともに料金の値下げを実施した。これによってユーザーはかなり大きな利益を受けたわけであるが、相互接続装置産業における競争は激化しつつあるといわれ、先の改訂タリフにある保護接続装置の設置義務が問題になっていて、ＦＣＣはこれにとって替る装置の標準化と認定制度の導入に力を入れている。現在特に手初めとして、ＰＢＸ（構内交換機）が取り上げられ検討されている。これらはインテリジェント・ターミナルなどの将来に大きな影響を与えると思われる。

ＳＣＣ：データ通信に対してますます複雑・高度化する要求に応えるには既存の電話網では不十分なことは早くから指摘されていた。１９６３年にＭＣＩ（Maicrowave Communication Inc）が設立され、マイクロ波によるセントルイスとシカゴの２局間の通信回線の建設申請をＦＣＣに行ったのは、電話網とは別個に新しいデータ伝送網を建設して、急増するデータ伝送需換に応えようとする動きの嚆矢である。しかしこれに対してＡＴ＆Ｔ、ＷＵ、ＧＴＥ

など既存の公衆通信サービス業者から激しい反対の声が上った。反対理由としては、(i)ＭＣＪは公衆通信サービス業務を行う財政的・技術的能力を持つかどうか疑わしい、(ii)ＭＣＩのサービスは信頼性に欠けるし、需要もない、(iii)MCIの申請許可は周波数スペクトルの浪費である、などであった。これらの反対に対しＦＣＣは６年間の聴聞と調査の結果から反対理由を退け、１９６９年８月ＭＣＩの申請認可は公衆の利益であるとして、マイクロ波による新しい通信サービス事業をＳＣＣ（Specialized Common Carrier）の事業と規定して申請を許可した。ＳＣＣとは既存の通信会社（Common Carrier）とは別のものとして明確に分離されていることに注意されたい。このＦＣＣの方針に対して、様々な意見が出され、既存の通信会社は依然反対の態度を取り続けた。しかしＭＣＩがさらに、全国に１７の子会社を設立し、全国の主要都市を結ぶ局間マイクロ波リンクを運営し、コンピュータ、ＣＲＴ、テレタイプ、ファクシミリなどデイジタル／アナログ・データ用の専用回線を提供する計画を発表したのに続いて、Datran社の全国的デイジタル端末間交換ネットワーク計画又ＣＰＩ社のマイクロ波のデイジタルデータをＣＡＴＶに接続しコンピュータから送られるデータをホーム・ファクシミリで受けとるサービスの提供計画など多様な計画が発表されその実現のためのマイクロ波網建設の申請が相次いだ。ＡＴ＆Ｔは「Datranのやり方は要するにクリーム・スキミング、うまい汁ばかり吸うやり方だ。又現在ＳＣＣサービスに対する市場はなく、既存の通信会社だけで十分需要に応じられる」などと反論していたが、結局ＦＣＣは翌年中頃に、「財政的能力、技術的能力があるなら、いかなる企業も自由にデータ伝送市場に参入する事を認める。」という立場を確認し明確化した。少し遅れてＡＴ＆Ｔは４年計画で全国規模のデイジタルデータネットワークを建設する構想を発表した。現在既に多くのＳＣＣが活動を開始しているが、各社の活動範囲・状態・組織編成などはまちまちであり、ＳＣＣ同志の合併など競争も激しいが何んと言っても最大の競争相手はＡＴ＆Ｔである。ＡＴ＆Ｔは最初必要な端末機器をＳＣＣに提供することを拒否したが、ＦＣＣの裁定によって不可能

になった。（最終的解決は1974年4月）。結局SCCの都市相互間市外専用線サービス分野への参入に対して、1973年初の州際音声規格専用線の料金体系の変更という、長い間採ってきた全国平均専用料金政策を放棄せざるを得なくなった。これによって、サービス提供コストが比較的安価で大容量の同軸ケーブルや極超短波無線施設などを利用する高トラフィックルートと、コストの高い低容量の搬送施設や近距離無線施設などを利用する低トラフィックルートの2種類のルートが提供されることになった。FCCは、州際専用サービス分野に競争原理を導入するに当って、SCCに対し公正競争することを認めており、そのためにはルート別料金設定もやむをえないとして料金変更を認めた。AT&Tにとって大きな問題は、"当初SCCは、既存の通信会社が提供していないサービスを提供するということで出発したが、現実には既存の通信会社と大して変りばえのしないサービスしか提供していない"ようにSCCが見られることであろう。AT&Tの才2の対策は近代的な端末装置の導入と新しいサービスの提供である。特にDDS（Dataphone Digital Service）は、従来のリース回線よりかなり低い料金で、2.4、4.8、9.6、56Kbpsのリース回線を用いて主要都市間のデイジタル伝送を提供しようとするものである。さらにAT&Tでは、現在持っている都市間を結ぶマイクロ波システム（チャネルあたり500KHzの帯域幅をもつ）の周波数帯域の内一般に使用されていない低周波の部分を利用してデイジタル伝送を行うDUV（Data Under Voice）技術を開発しており、全国的規模でのデイジタルデータネットワークを提供する準備を着々と進めている。他にWUなども国内通信衛星の打上げの他に、音声通信も使用できるスイッチ。データ。サービスを行っており、SCCは今後、より需要に応じたサービスの提供とマイクロ波ネットワークの利点をフルに生かして既存の通信会社との競争に打ち克つ必要があるだろう。

VAM：既存の電話網がデータ通信利用者の一層複雑化する諸要求に十分応えることができないことに対する才2の回答として、1960年代を通じて、TSS（Time Sharing Service）会社の電話会社の回線を利用して端末

機とコンピュータを結ぶ通信網の利用技術が開発・普及されると同時に1968年に実施に移された国防省の高等研究計画局（ＡＲＰＡ）の実験網のパケット交換技術の開発の成功から付加価値網（ＶＡＮ、Value Added Network）の概念が生まれた。１９７２年夏にＡＲＰＡ実験に参加していたリーＲタルバート博士を社長としてＡＲＰＡ実験網の参加者およびＴＳＳ会社の出身者が集まってＰＣＩ（Packet Communications Inc）が設立された。翌年１月ＰＣＩ社はＦＣＣに対して「１９３４年通信法才２１４条に基づく申請書」を提出し、既存の通信業者（ＳＣＣも含める）の回線を利用した全国的規模のパケット交換システムの計画の認可を求めた。同年１１月ＦＣＣは「ＰＣＩ社のような業者が対象としているサービスが成長市場であることははっきりしているし、既存の通信会社は現時点では、これらの市場の要求に応えていない。ＰＣＩ社の狙っているサービスについては、その開発と多様化を図るために競争環境が必要である。」として計画を認可した。ここでＶＡＮという概念がはっきりしてくる。ＶＡＮは通信サービス会社であって、通信回線提供会社とは異なり既存の通信会社ないしＳＣＣから回線をリースし、そのリースした回線に装置とか付随的なサービスを付加することによって回線の再構成を行う。ＡＴ＆Ｔはこのような回線の再構成業者を混合データサービス提供業者（Composite Data Service Vendors）と呼び次のように述べている。「混合データサービス提供業者とは、コンピュータ端末機器の効用と電話会社の通信サービスの効用とを統合して単一の統合されたデータサービスを提供し、データ処理とメッセージ交換の雙方、あるいはメッセージ交換のみを行うことを意味する。」（'73年5月）つまりＴＳＳのような通信回線を利用してデータ処理を行う業者および自前の交換網または子会社とか関連会社の交換網を用いて通信サービスを提供する者とＣＤＳ業者とを明確に分けようとしたわけである。現在ＶＡＮは次のような付加価値を提供するとみられている：

(i)エラーの検出および修正：従来のサービス網のエラー率は、電話交換網10^{-4}～10^{-5}、専用線10^{-5}～10^{-6}、ＳＣＣ又はデイジタルデータネット

ワーク10^{-7}程度であるがこの操作により10^{-12}程度にできる。

(ii)速度変換およびコード変換：メッセージ交換であることと途中にミニコンピュータがあることによる。

(iii)回線の故障の際の自動迂回中継路選択

(iv)自動的に回線の負荷を平準化して、回線の輻輳、ローカルエコー、トラフィックの集中化。稀薄化などを解消して回線の有効利用、信頼性の向上を図る。

(v)コンピュータおよび端末機器のインターフェースを標準化して、（異機種間をも含む）コンピュータ間通信を可能にする。

その他全２重通信である、高速接続が可能である。広帯域伝送もできるなどの特徴もある。さらに料金体系が距離によらない従量性でコストの低下が図れるという大きな利点を持っている。特にＶＡＮは小規模なユーザーが信頼度の高いデイジタル通信網に経済的に参加できるようにし、従来とは別の新しい通信サービス市場を、既存の通信会社、ＳＣＣなどと競合せずむしろ彼らの通信市場を拡大増加させるように、開拓するものと見られており、これが又ＰＣＩ社の認可が比較的スムースに行われた理由の１つである。

ＰＣＩ社の申請に続いて、主としてデイジタル通信方式によるファクシミリの送受信のためのよりメッセージ交換に近いＶＡＮサービスの提供する計画がグラフネットシステムズ社から、エラー制御および速度変換。コード変換を行うThroughput Maximizer Serviceとネットワーク伝送のためのPriority Concentration Serviceの２つがＭＣＩデータトランスファー社（ＭＤＴ）から提案され、又ＡＲＰＡ網の運用担当会社ＢＢＮ社（Bolt Beranek and Newman Inc）の子会社Telenet Communications Corporationが衛星通信回線をも用いて全米６２都市を結ぶ局間回線を使ったコンピュータネットワークの計画を発表した。現在グラフネット社およびテレネット社は認可を受けている。テレネット社はＡＲＰＡ網の実験で得られた経験をフルに生かしており、現在はまだ７都市間だけであるが、ＶＡＮの将来を占うものと言えるし、ＶＡＮサービスの発展はコンピュータネットワークの将来を占うものと言

えよう。

以上ＦＣＣの大まかな動きと電気通信事業の活動をみてきたわけであるが、実は１９６８年のカーターホン裁定と時を同じくして大統領特別調査団が提出した「米国の通信政策に関する総合政策」（通称ロストー報告）は、その後のＦＣＣの政策の基盤となったと思われるのでロストー報告について述べついでに今後の動向をみてみよう。

１９６７年８月当時のジョンソン大統領は通信政策に関する教書を出して、特別調査団（Task Force）を設立し当時のロストー国務次官が団長に任命され、政府関係者、民間研究機関、学会などを総動員して、次のような結論をまとめた。

(i)加入電話サービスの性格からみて、加入電話交換網は従来通り電話会社に一元的に運営されるべきである。

(ii)基本的な電話回線網の優れた性能を損なうことなく技術面・経済面の革新といった新しい開発のために自由競争のチャンスを保証する環境を作りあげるべきである。つまりメッセージ交換、回線の共同利用、データ処理を含めたコンピュータサービスの提供は公共の利益に反しない限り自由競争によって行わせるべきであり、自由競争こそが技術革新、コストダウン、資源の効果的配分などの確実な誘因になる。

(iii)無線周波数の割当制限に従う限りでのリースを目的とした都市間の専用線サービス提供事業への自由参加を認める。（ＳＣＣを認める）。相互接続を加入電話交換システムの優れた性能を損なわない限り認める。

(iv)通信機器製造業の競争環境を確立すべきである。

さらに今後の方向を定める政策として、

(v)提言された諸施策を効果的に実施するためＦＣＣと行政府の能力を強化する必要がある。１９３４年の通信法は急速に変化しつつある技術的環境の中で効果的な規制を行えるように若干の修正が必要である。規制方針の中でも、情勢に対応する料金設定の実施、コスト引下げのための誘因・市場の誘因を重視

すべきである。場合によっては通信サービスの料金設定に関する従来の方法を改め、コストと需要の弾力性に関する立証責任を公衆電気通信業者に負わせるべきである。

又「長期計画の策定と調整および大統領が行なっている各種の役割を統合するのに役立てることのできる電気通信政策」の必要を述べている。これを受けて1970年に「できるだけ高度でかつ将来のビジョンを有する通信政策を策定する」連邦政府の機関としてOTP（Office of Telecommunications Policy）が設立された。OTPの主な目標は、(i)米国政府自体の通信能力を向上させる。(ii)電気通信政策に関して、大統領府、FCC、議会、業界、国民の間の意思疎通を図る。(iii)特定の問題や政策の争点を徹底的に調査研究する、などである。したがってOTP自身の権限は勧告などの限られたものであるがその影響力は無視できないだろう。現在OTPはケーブル通信の政策とならんで国際的なパケット交換網建設の計画に力を注いでいる。後者の具体化のための幅広い研究をマサチューセッツ工科大学（MIT）の通信政策グループに委託している。現在いくつかの中間報告的なものがでているが、はっきりした政策を提言する段階ではないようである。

ロストー報告でみたように米国の通信政策は独禁法の問題と密接に関わっている。1974年11月には司法省がAT&Tを独禁法違反で提訴した。最近になって今日の通信業界が抱えている問題は、規制当局の機構と通信産業の構造に原因があり特に規制当局。政策の再検討を望む声が高くなっている。改革案には、FCCを廃止し新しい国家規制委員会を作るというものから、FCCから無線放送通信の規制を分割しようとするもの、司法省独禁局の強化などもある。OTPはロストー報告の線にそって現在ある規制機構の近代化をすべきだとし次のような案を出している。

(i)1934年通信法を改正して独占サービスに対する規制と競争サービスに対する規制をはっきり区別する。

(ii)規制のメカニズムが競争を避ける隠れみのにならないようにする。

(iii)議会はＦＣＣに働らきかけて今後とも広範かつ多彩な新規通信サービスが提供されるようにする。

いずれにせよ自由競争の方針は変らないと思われるが、ＳＣＣ、ＶＡＮなどの現実の競争の行方がまだ何とも言えない状態なので、こと当分は現実の方が先行しそうである。

第２節　コンピュータネットワーク
―コンピュータコミュニケーションへの歩み

(1)　コンピュータ技術の発達

世界で始めてプログラムによって稼動する自動計数型計算機が登場したのは１９４４年ハーバード大学のH•H•Aikon によって開発されたMarkＩである。MarkＩは、重量が５トン、使われた電線の長さ約８００*km*、７８台の機械部分で構成され、３３０４個のリレーを駆使して演算および制御を行った。その後まもなく、１９４６年才２次世界大戦中に米国陸軍当局の要請で今日の電子計算機の才１号機ともいうべきENIAC（Electronic Numerical Irtegrator & Calculator）がペンシルバニア大学のＪ•Ｐ•Eckertらの手によって完成された。これは真空管によってフリップ•フロップ回路を組むもので、電磁式リレーのMarkＩにくらべると、計算速度、計算機の大きさの点で画期的なものであった。プログラムやデータは機械語で書かれたため、計算機に仕事を行わせるまでが大変手間がかかった。その後J.von Neumann によってプログラム記憶式計算機の概念が提唱され、アメリカとイギリスでノイマン式計算機の開発が積極的に進められ、１９４９年才１号機ＥＤＳＡＣがケンブリッジ大学で稼動した。アメリカでは１９４９年から１９５２年までの間にマサチューセッツ工科大学のWhirl Wind １、国勢調査局のＵＮＩＶＡＣ１、など数台のコンピューターが完成した。ＵＮＩＶＡＣＩは商用化されたコンピュータの才１号機である。

その後コンピューターは今日に至るまで数度にわたってハードウェア、ソフトウェアとも画期的な変革をとげこの過程を世代概念でとらえている。すなわ

ち、1950年代の真空管電子技術をもとにし、機械語でプログラミングされた計算機を才1世代、1960年代前期のハードウェアとしてトランジスタ技術、ソフトウェアとしてモニター、コンパイラーが用いられた才2世代、1960年代後期のＩＣ、(集積回路)技術を用い、ＯＳ(オペレーティング・システム)概念によって稼動する計算機を才3世代さらには1970年から今日に至るＬＳＩ(高度集積回路)技術とバーチャル・メモリー、高性能ＯＳ等の高いコストパーフォマンスを有する才3.5世代と呼んでいる。この間に、計算機の中央処理装置(ＣＰＵ)内の回路数は、3年間で約10倍の割合、演算速度は、ＥＮＩＡＣが200μsであったものから最近の大型機の数十nsまで約5年に1桁の割合で向上してきており、コストパーフォーマンスの点でも8年間に約70倍も改良されてきている。こうした計算機の急速な発展の中で、Groshの法則とよばれる経験則が提示されている。それは、「計算機のコストは、その速度の1/2乗に比例する」というものであり、大型機ほどコスト面で有利であることを示している。

こうしたことから今日では、大型計算機の多重使用、共同利用の考え方が浸透してきており、複数台の計算機をネットワークで結びハードウェアだけでなくソフトウェアも含めたリソースシェアリングの概念、さらには将来の展望として電気や水道のようにコンピュータリソースを公共的に共有しようとするコンピュータ・ユーティリティの概念が提示されている。

こうしたレベルへ到達するまでには、誰でもが手軽にコンピューターへアクセスできかつ日常の人間活動に近い形のアウトプットが得られる必要があり、現在の3.5世代にとってかわる画期的な計算機としてＩＢＭのＦＳ(フュチャーシステム)の開発が進められている。このシステムは才4世代と呼ばれ方式、素子、ソフトウェア、通信技術などに新しい設計思想を導入している。

さらに、開発され、実用化が期待されている新しいコンピュータ技術に音声や画像などを理解するパターン認識システム、動的な事象に追従しながら最適解を与えるRoboticsシステム、光伝送、光記憶などがある。

(2) ＴＳＳシステムの出現

コンピューターは、人間のもつ演算能力に比べ桁はずれの能力を持っており、しかも時代とともに処理速度を増してきた。オペレーティングシステムの概念は、コンピューターを扱う人間の操作概念をプログラム化し、コンピュータオーターの処理速度でコントロールすることであり、このことによってコンピュータシステムの管理が著しく高度化した。このため、従来では不可能と考えられていた大量のデータ処理を可能とし、様々な分野においてコンピューターを利用できるようになった。

しかし、処理速度を増したコンピューターの側から見るなら、それでもやはり、アイドル・タイムは大幅に存在する。問題は、多くの場合コンピュータユーザーが常時フルタイムでコンピューターを稼動させることが困難なことである。

すなわち、高度で複雑な処理の場合は高い性能が要求されるが、その反面非常にコストの高いものとなる。そのため、コンピュータのアイドルタイムを減少させる努力がなされる。１９５９年、情報処理に関する国際会議がパリにおいて開催された。その席上、Strancheyは次のような提案を行なった。

現実にコンピューターでは処理できない問題が存在し、その問題を処理可能なコンピューターが開発されるなら、常に新たな問題が残る。「コンピューターに対して問題をコンスタントに送ることは明らかに非常に困難なことであり、１つ１つの問題のつなぎの時間として数秒単位の時間をも失わないということはまず不可能であると思う。まず１人のオペレーターが遊んでいるときに他のオペレーターがコンピューターを使っているというようにオペレーター間でのタイム・シエアリングを考えることも価値あることのように思える……。」

つまり、仕事に対してコンピューターは十分大きな処理能力を持つようにし、複数のユーザーが時間を分割してコンピューターを利用しようというのである。

ＭＩＴ（マサチューセッツ工科大学）でコンピューターのタイムシエアリングシステムに関する研究が行われ、１９６１年、最初の実験システムがＩＢＭ

709を用いてＭＩＴ計算センターで稼動した。コンパティブル・タイムシエアリングシステム（ＣＴＳＳ）の名で呼ばれるこのシステムは、１９６３年までに、遠隔地に設置された３０ユーザーの端末装置から同時にアクセスすることが可能なシステムに拡張された。

１９６３年代前期は、ＭＩＴだけでなく、多数の研究センターや大学でタイムシエアリングシステムの研究開発が盛んに進められた。代表的な実験システムとして、Bolt Beranek & Newman社のＤＥＣ／ＰＤＰ－１、Rand CorporationのＪＯＳＳシステム、System Development CorporationのＩＢＭ、Ｑ－３２システムなどがある。１９６３年には商用タイムシエアリングシステムを提供する会社が生まれ、１９６５年までには、ＩＢＭ、ＧＥなど５社がこの業界へ参入、これ以降商用タイムシエアリングシステムは、サービス提供会社、サービス網、加入者とも急速に拡大していった。とくに、ＧＥ社の場合、ヨーロッパや日本などへもサービスを提供しており、国際的なロードシエアリングサービス網を形成するに至っている。

(3) コンピュータ間コミュニケーション

タイムシエアリングシステムの概念が明らかにされると、それよりも高度のコンピューター利用技術の概念が頭をもたげてきた。各方面でタイムシエアリングシステムの研究開発が始まった１９６０年初期、ＭＩＴのLincoln Laboratoriesでは、更に一歩進んだ研究へと着手した。１つのコンピューターを多数のユーザーが時間を分割して多重利用しようとするタイムシエアリングシステムに対し、複数のタイムシエアリングシステムを連結し、１人のユーザーが同時に複数のタイムシエアリングシステムのリソースを活用し、より高度な処理を行おうとするものである。Lincoln Laboratoriesは、人間を中間に介せず直接コンピューター間でコミュニケーションを行いつつ目的の処理を行うことのできる基本的なソフトウエアの開発を進めた。主な内容は、ロードシエアリングを中心とするもので、ファイルの転送技術及びファイルへの遠隔地からのアクセスなどである。Lincoln Laboratoriesは、この研究を

通じて、ソフトウエア上のコンピューター対コンピュータ間コミュニケーションに関する問題は、納得いく解決を見たが、通信方式について、これまでの通信は、コンピュータ間コミュニケーションには、不適当であるとの結論に達した。すなわち、データ伝送方式がこれまでのダイヤルアップ通信、電話回線、専用回線を用いた、回線交換方式だと、データ伝送に先だって、信号のやり取りを通じ、発信地から目的地までのデータパスを確立し、以後伝送が終了するまで、このデータパスは、専有されることになる。またデータは、このルートのみを通じて送られる。この方式は、長大なメッセージを連続して伝送する場合には有利であるが、短いメッセージの列を不連続的に伝送するには、伝導性リスポンスタイムを得るのに不十分であり、一方、回線障害が発生したときに受ける打撃も大きく信頼性にかける。もしこれらの要求を満たした施設にするならコストが高くつきすぎるのである。

同じころRand社のPaul Baronは、分散型コンピュータネットワークを提唱した。単独のコンピューターシステムに対し遠隔アクセスする方式を更に発展させ、独立している複数のコンピュータシステムに対し遠隔アクセスしようというものである。

分散型コンピュータネットワークの概念は、コンピュータ間コミュニケーションの概念を含むものであるから、必然的に新たな通信方式の開発を前提とし、更に、異機種コンピュータ間通信及び異機種コンピュータへのアクセス技術の開発をも必要とする。

アメリカ国防省関連の情報技術開発援助のための機関であるアメリカ国防省高等研究局（ＡＲＰＡ；the Department of Defence's Advanced Research Projects Agency）では、１９６７年以来コンピュータのリソースをハードウエアだけではなく、ソフトウエアまで含め遠隔地から共有し合う方式の検討を進めてきた。その結果、P. Baran 氏の分散型ネットワークの概念が最良の技術であるとの結論に達した。１９６８年、ＡＲＰＡのL. Roberts は、リソース・シエアリング・ネットワークを考案し、タイムシエアリングシステム

DEC／PDP－1を開発したマサチューセッツ州ボストンのBolt Beranek & Newman社へ1969年初めコンピュータネットワークの開発を発注した。発注の主なねらいは、コンピュータ同志が経済的に相互作用できる新しい通信システムの開発である。1969年暮、アメリカの西海岸を結ぶ試験用ノード4個が結ばれ、ネットワーク技術の研究用に供された。

第3節　コンピュータネットワーク化への展開

これまで述べてきたARPAコンピュータネットワークにおいて最初に設置された4試験用ノード（連結点）間の通信様式はメッセージ交換方式によるものである。これは、コンピューターと通信回線の間にメッセージ交換用のミニコンピューターを入れ、コンピューターから送られてくるメッセージをパケットと呼ばれる伝送単位に分割し、パケットごとに目的地へばらばらに伝送し、目的地側のメッセージ交換機が順次到着してくるパケットを再び元のメッセージへ編集し直し、目的コンピューターへ送る方式である。蓄積交換方式、又はパケット交換方式とも言われる。

最初の試験用ノードによる実験によって、メッセージ交換用ミニコンピューターの開発が可能であることが示され、パケット交換方式は、コンピュータコミュニケーションに適した新しい通信方式として更に研究開発が進められていった。試験用ノードは1970年になって10ノードに増加し、1971年3月には15都市に試験用ノードは拡大された。

各ノードに設置されているメッセージ交換用ミニコンピューターはIMP（Interface Message Processer）と呼ばれている。初期のIMP方式では、ホストコンピューターと接続された端末を持つ人だけがネットワークを利用でき、ユーザーが制限された。またホストコンピューターがネットワークに対する端末機の維持コントロールにその能力の大部分をさき、地元の利用者に対するコンピューターとしての有用な処理ができないなどの欠点があった。

そのためTIP（Terminal Interaction Processer）が開発され、

端末機をホストコンピュータを経ずに直接サブネットへインターフェースすることが可能となった。ＴＩＰそれ自身はＩＭＰと同様従属的なノードであり、ホストコンピュータのようにサービスを提供することはできない。ＴＩＰ機の開発は画期的なもので、利用者の中には、地元コンピューターに加えて、NET内の他のコンピュータを研究の補完的なコンピューターとして使う例や、研究開発用以外の目的で端末機だけをＴＩＰ機に接続し、ネットワークのリソースを利用する例も現われだし、以後多数の新規ノードがネットワークに加わっていった。１９７２年４月には、２４ノードに増加した。

ＡＲＰＡ　ＮＥＴのリソースシエアリングは活発化し、利用率は月あたり26％の割で増加していった。ＡＲＰＡ　ＮＥＴの有用性が認められ、例えば、イリノイ大学の高等計算センターは、この頃同大学のリースしていたコンピュータを返却し、同大学で必要とするコンピュータ資源の９０％以上をＡＲＰＡ　ＮＥＴへ依存することになった。その結果、イリノイ大学では、特定の計算処理をするのに、最適のマシンをネットワークから見出すことができるようになったうえ、月間のシステム使用料は以前の1/4に、プログラミングコスト、コンピュータコストは５０％～８０％ぐらい節約できたとのことである。

イリノイ大学はまた、ＡＲＰＡの支援を受けて、ＡＮＴＳ(ＡＲＰＡ NET Terminal System)の開発を行った。ＡＮＴＳはＴＩＰと合わせてネットワーク概念を一層明らかにするものである。ＴＩＰの維持できる端末機の機種は実際には限りがあり、ホストコンピュータの維持可能なすべての端末機を維持できるわけではない。ところがＡＮＴＳは、各種の周辺入出力装置を装備することができ、それ自身の内部にネットワークコントロールプログラムを収納するミニホストとしての役割を果し、ネットワーク内の大規模なコンピュータシステムと、周辺機器とのインターフェイスになり得るものである。

１９７３年には、ネットワークは４４ノードに増加し、うちＴＩＰは２１ノードであった。ノードの増加率は、１ケ月に約１ケ所の割合にのぼり、ARPA NETはいまや、ネットワーク研究用の試験的システムから研究機能を有するオペレーショ

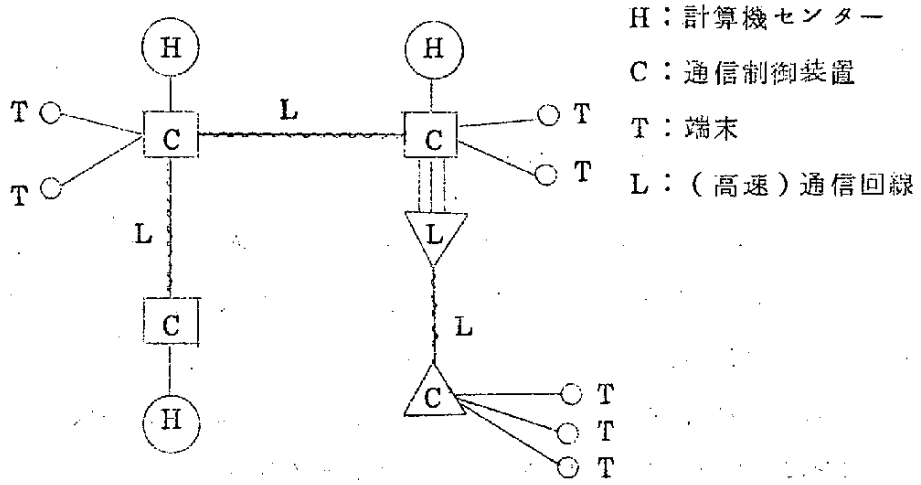
ナルネットワークへと発展しつつあり、適用システムとして一般に開放するか否かが問題となる段階へきている。

第2章　コンピユータネツトワーク関連技術の現状と動向

第1節　伝送関連技術

経済の成長・発展と国民生活の向上に伴って電気通信トラフィックは着実に増加している。また質的にも経済社会活動の複雑化、広域化などから生ずる要請をうけて電話の自動化、即時化が進んだのを始め、いわゆる情報化社会の発展に伴って、膨大な情報の処理、伝達の効率化が求められ、データ通信や画像通信といった新しい種類のトラフィックも増加している。データ通信は、電気通信技術と情報処理技術の結合されたトータルシステムと言われ、電気通信の持つ広範な地域からの情報の迅速な伝達と、コンピュータの持つ大量な情報の迅速正確な処理とを兼ね備えている。データ通信が、急速な情報処理技術の進歩に伴って発展をとげ、電信・電話とならんで、第3の通信と言われてから十数年を経過した現在、情報処理装置の普及も格段に進み、性能も飛躍的に向上しつつあり、ディジタル交換技術、ディジタル伝送技術データ室内装置技術の進歩・多彩化と結合されて、着実に第3の通信の位置を確立したといえよう。更に現在では、電気通信技術と情報処理技術を融合したトータル・システムとして、コンピュータ通信が提唱され実用化の段階にある。コンピュータ通信では、データ通信の場合と同じ、データ宅内装置、ディジタル伝送路、ディジタル交換機および中央処理装置により構成されるが、コンピュータ通信の方がより、中央処理装置とディジタル交換機の間での最適機能配分がやり易く、データ通信がデータ宅内装置対コンピュータ間の情報伝達が中心であるのに対して、コンピュータ対コンピュータ間の情報

伝達が中心である。コンピュータ・ネットワークはコンピュータ通信のための網であり、異なった場所にある複数のコンピュータおよびコンピュータ端末を通信回線で接続した網であり、従来のデータ通信網より格段と優れた機能・性能が期待されている。



ここでは、データ通信網からコンピュータ・ネットワークにまで関連する伝送・交換技術の現状と将来について述べ、それの網構成に対する影響についてみる。

(1) 有線伝送路 （裸電線から同軸ケーブルへ）

(i) 歴史と現状

有線通信は、まず電信事業の分野で始まった。その後１８７０年代後半になってグラハム・ベルによって電話機が発明されたが、当時は真空管技術などはなかったので、伝送媒体としては抵抗の少ない太い銅線（架空裸線）が使われた。裸線は回線コストが高価で、電柱に架設できる電線数にも制限があり、風雨などの自然現象の影響を構造的・電気的に直接に受けるという欠点がある。この欠点を克服して開発されたのが通信ケーブルである。しかし、ケーブルの心線は裸線より細く、かつ相互に接近しているので、通信電流の減衰による損失が大きいという欠点があるため、長距離用には裸線を使う時代が相当長く続いた。

19世紀後半になって、ピュピンが電線上に適当な間隔でコイルを挿入して伝送損失を低限する装荷線輪方式を提案し、1923年にベル研究所が優秀な磁性合金パーロマイを発見し、これが装荷線輪の磁性材料となるようになって装荷方式の全盛時代が訪れた。装荷線輪を使用する装荷ケーブル方式は、現在においても市内と短距離市外を結ぶ電話の中継線に広く使用されている。

増幅器を使わない裸線や通信ケーブルだけのいわゆるベースバンド伝送を行なっていた時代は、通信システム価格のほとんど大部分は線路価格で占められていた。そのため、なんらかの形で伝送路の有効利用を図り、回線当たりの伝送路価格の低減を実現することが当時の技術的課題であった。20世紀に入り真空管が発明され、さらにフィルタ理論が明らかにされて多重化搬送技術の基礎が確立され、有線伝送式術の分野に飛躍的な発展が始まった。当時の真空管技術はまだまだ幼稚なもので伝送帯域もごく狭いものであった。このため、限られた帯域内になるべく多くの回線を多重化する技術、すなわち信号をAM－SSB変調により周波数的に多重化するFDM方法が採られた。このFDM方式は今日に至るまでの有線伝送の基本技術となっている。

その後、搬送技術は米独両国において著しく発達し、アメリカにおいては初期に裸線搬送方式が考案され、1912年以来ベル研究所で4通話路多重のA形と3通話路多重のB形裸線搬送方式が開発され、次いで1925年にはA、B両形の長所を組合わせたC形が開発され、わが国にも輸入され広く使用された。

他方、1929年アメリカでエスペンシードとアッペルにより同軸ケーブル方式が提案され、1934年にはエスペンシードとストリービーによって同軸ケーブルによる広帯域伝送が発表され、1MHzまでの周波数を利用した240通話路多重方式が開発された。また、ディクソンによる多重伝送方式の負荷格定理論、ボーデによる負帰還増幅器の設計理論などにより、搬送多重方式設計は大いに進歩した。この同軸ケーブル多重方式はL－1と

呼ばれる６００通話路多重方式として１９４１年に完全な実用化が行なわれ、テレビ画像信号の伝送も含め、広く長距離回線に利用され始めた。

１９３２年（昭和７年）ごろ、逓信省の松前・篠原両氏によって無装荷ケーブルによる搬送電話方式が提案された。当時は装荷ケーブル方式全盛時代であったので、実現には相当の困難が予想されたが、無装荷ケーブル方式は伝搬速度が遅いこと、遮断特性により伝送周波数が狭く制限されること、位相歪が出ることなど装荷ケーブル方式につきものの欠点を持たず、当時の真空管中継器の技術の進歩に伴って、技術的にも経済にも最も優れた方式であることが確認され、多重搬送技術として確立され長距離回線の根幹となった。その後、電話の普及、テレビジョン伝送の要求などにより広帯域伝送の必要性が出てきたが、無装荷ケーブル方式は高周波における損失が大きく、また漏話特性も悪くなるので、新しい構造の同軸ケーブルに席をゆずることになるが、無装荷ケーブル方式は、２７ＫＨｚまで使用し、６通話路を多重化するＦ－６方式として実用化されてきたが、戦後さらに、その上部伝送帯域に６通話路を多重化するＳ－６方式、あるいは１８通話路を多重するＳ－１８方式などが実用化され、戦後の市外回線の増設の主役を演じた。その後、あくことなく増大する市外回線需要を満足させるため、欧米より９６０通話路同軸ケーブル多重方式に関する技術導入が行なわれ、その後広帯域増幅器の開発や、搬送方式、機器に対する設計技術の進歩に伴って、昭和３５年には、2,７００通話路方式の開発に成功し、３７年以降９６０通話路方式に代わり、幹線伝送路に同軸ケーブル搬送方式が大幅に採用されることになった。

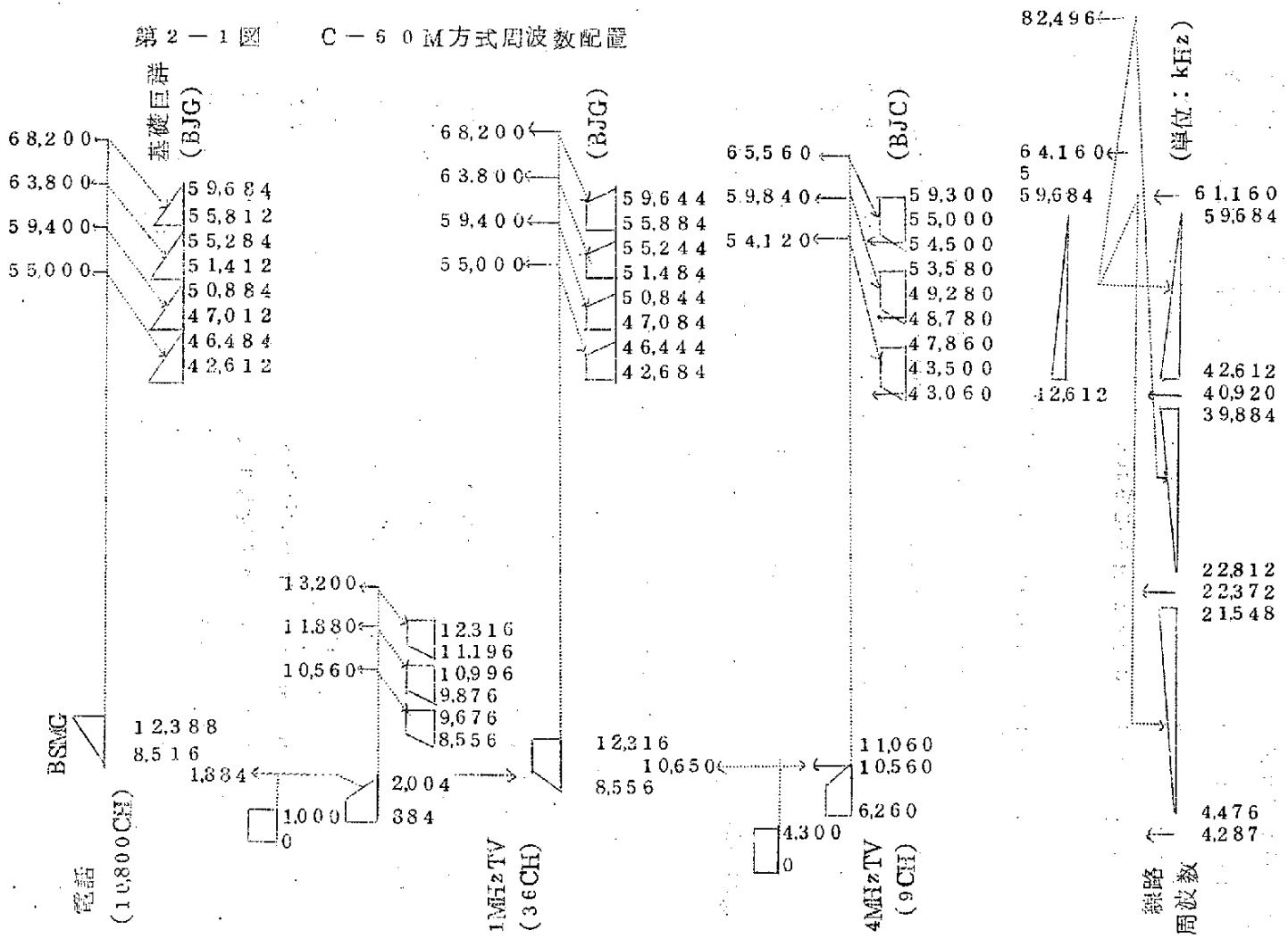
その後、同軸ケーブル方式は多重化の方向でその進歩改良が行なわれ、１９５２年米国で1.８００通話路Ｌ－３方式が実用化され、更に機器のトランジスタ化がはかられ3,６００通話路のＬ－４方式、１０,８００通話路のＬ－５方式が開発された。わが国においても、昭和４０年に細心同軸ケーブルを使用するトランジスタ化９６０通話路方式（Ｐ－４Ｍ方式）が開発され、昭和４２年には標準同軸ケーブルも細心同軸ケーブルにも適用できる2,７００

通話路多重方式全装置をトランジスタ化したＣＰ－１２ＭＴｒが成功した。今日ＣＰ－１２ＭＴｒ方式は基幹伝送路を構成する代表的方式として、全国自動即時網の構成に役立っている。昭和４７年には１０,８００通話路の超多重伝送方式Ｃ－６０Ｍ方式が商用化された。

第２－１表　各国の６０ＭＨｚ方式

設計諸元	アメリカ L－5	ドイツ V－10,800	イギリス 8TR314	日本 C－60M
伝送容量	TEL 10,800	同左	TEL 10,800 TV 6CH	TEL 10,800 TV 9CH
線路周波数	1.6～ 68MHz	4,332～59,684 (4,404～ 59,580)	3.2～60 MHz	4,476～ 59,634kHz
総合雑音	40dBrnc0 (4,000マイル)	1.5pW/Km (120Km換算)	1.5pW/Km	1.65pW/Km (280Km換算)
中継間隔	FIX1マイル AGC5～7″	1.55Km (1.5～1.6)	1.5～1.55Km	1.5Km
パイロット (kHz)	42,880 2,976 20,992 66,048	61,160 4,287 22,372	61,160	61,160 4,287 22,372 40,920
備考	MG帯にて13.29Mbit／／sのデータ伝送可能	中継器はエミッタ接地３段		中継器はエミッタ接地２段＋ベース接地１段

第２－１図　　Ｃ－６０Ｍ方式周波数配置



(ii) 今後の動向

将来電気通信の役割はますます増加するものと思われ、更にテレビ電話、高速ファクシミリなどの新サービスをも提供することとなると市外伝送路の大容量化とともに市内線路網の広帯域化、超広帯域化が要求されるのであろう。それに対して同軸ケーブルも、テレビ電話用の広帯域対形ケーブル、市外伝送路の超多重デジタル化に対する大口径同軸ケーブル、超電導同軸ケーブルなどが考えられている。又、その実用化については、幾分の時間を要するかも知れないが有望視される有線伝送路のケーブルとして、光ファイバーケーブルとミリ波導波管がある。

光ファイバーは、繊維1本毎にビデオ1チャンネルに相当する6MH_zまでの伝送が可能である。

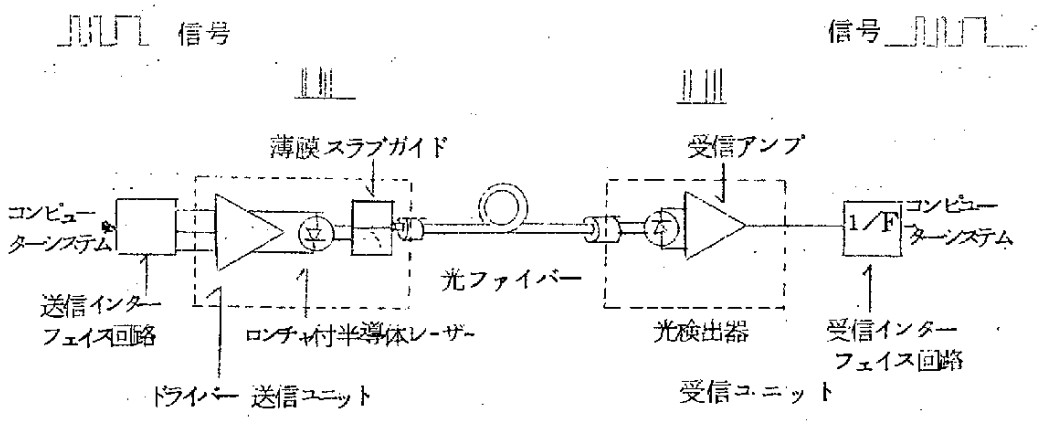
電気通信にファイバー光学を広応する技術は1963年イギリスの標準電気通信研究所のカオによって考案され、英国郵便電気通信公社の援助によって伝送性能を高めるガラス精製の研究が進められた。その後、コーニング、ベル電話研究所、日本電気、日本板ガラス、AEGテレフンケン、ジーメンスなどで続行されたが、1970年にコーニングのガラス工場で実用に供される程度の低価格の光ファイバーが開発された。当時研究段階では、損失特性が20db/Km程度に匹敵する光ファイバーが作られていた。さらに最近ででは、コーニングとベル電話研究所の協同研究により、損失特性が2db/Km程度の被覆光ファイバーが開発された。2db/Kmの損失率は、24ゲージの電話交換用導線の減衰率に匹敵する。又BTLによれば、最初引き抜き加工して作った時点での単一ガラス繊維の引張りの強さは鋼より強く、平方インチ当り数百万ポンドにもなるということである。これは、多数の繊維が束になった光ファイバーは、強度・耐久性にも非常に優れていることを示している。しかも、レーサー光線の変調技術も開発されつつあり、多重変調レーザービームが光ファイバーにより伝送され、数マイル毎にレピーターにより信号を最初の形に戻し、非常に低い誤差率で高能力、広帯域、低損失伝送が

可能になると予測される。又１０数年後には、光ファイバーによる光学的伝送方式が現在電話ネットワークに広範囲に使われている銅線に代ることも可能であると見られている。

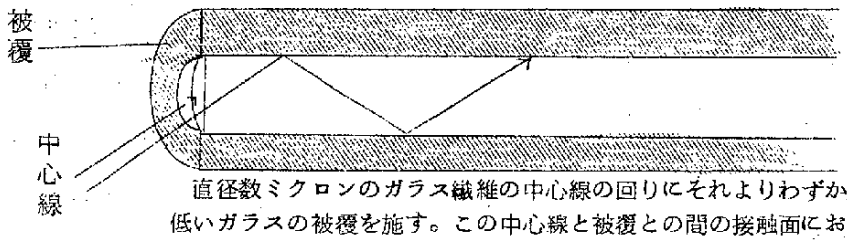
日本では、通産省工業技術院電子技術総合研究所が、２台のコンピュータシステムを４本の光ファイバーで結ぶ「光ファイバー・コンピュータ・リンク装置」の実験を行っている。そこで用いられる光ファイバー伝送システムは、レーザー光線を使用し、レーザー光の取り出しに半導体レーザーと「薄膜スラブガイド」と呼ばれる光集積回路の基本素子とを近接させる方式を採用している。この装置のデータ伝送速度は４８Ｋｂｐｓだが、光ファイバーの広帯域特性を活用できるように、伝送される光パルス幅が１０ｎｓ（１０億分の１秒）以下にできるようになっており、理論的には最大１Ｍｂｐｓの伝送速度が可能になるように配慮されている。電子技術総合研究所では、この装置を高速データ伝送やデータバスなどに使用される光情報伝送システムの基本型となるものとしており、今後も光スイッチ、光サーキュレーターなどの光集積回路を用いて伝送機能の増大、信頼性の向上に取り組むことにしている。このように最近は光集積回路などの光素子部品の開発によって次第に実用化の段階に入りつつあると言われている。

第２－２図

光ファイバー伝送サブシステム



第２－３図　　光ファイバーの原理



直径数ミクロンのガラス繊維の中心線の回りにそれよりわずか反射係数の低いガラスの被覆を施す。この中心線と被覆との間の接触面においてガラス繊維中に導かれた光が、Snell の屈折の原理に従って繰り返し反射される。

広帯域伝送技術研究の一環として、ベル電話研究所は特にミリメートル波の伝送の開発に力を入れている。４０－１１０ＧＨｚの非常に高い周波数の放射をパルスコード技術により変調し、円形の導波管に沿って送信する。このの伝送方式では、同軸ケーブルや光ファイバー伝送のように、ほぼ２マイル毎に増幅を必要とすることがなく、２０マイル毎に再生中継器を設ければよいという長所がある。各導波管は、４ＫＨｚの音声チャネル２５０,０００回線に匹敵する能力をもつ。この方式では導波管の幾何学的形状が非常に重要なため、導波管は保護コンジットの中に保護しなければならないなど特殊な設置技術が必要であるが、従来の伝送方式に十分代る可能性をもっている。わが国においても、日本電信電話公社により昭和４６年水戸－東海村間約２２Ｋｍにおいて直埋と管路の敷設実験が開始され、引き続き新宿－大久保間約１.５Ｋｍのとう道布設実験が開始されている。

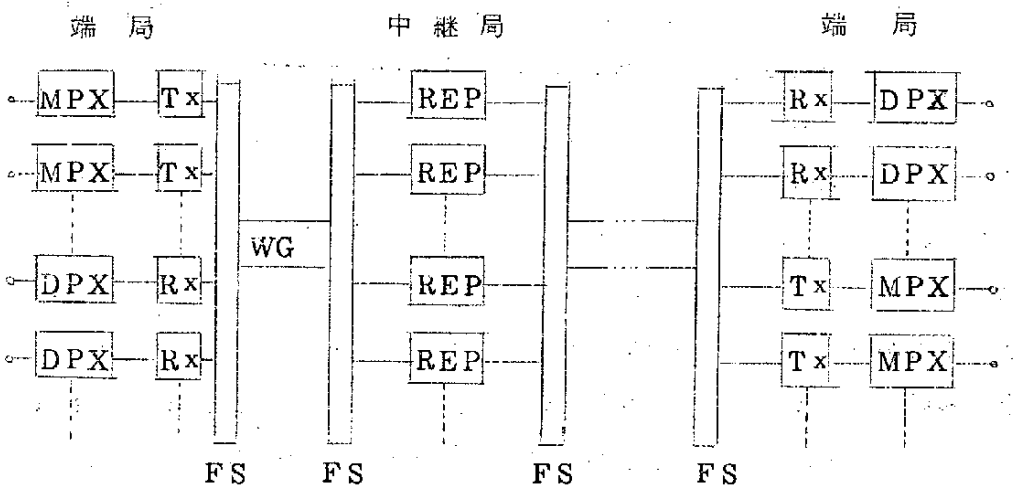
伝送路として円形導波管を用いる場合は、空間伝搬によるマイクロ波通信と違ってフェージング、降雨減衰、アンテナ間の干渉などがないので、安定性や信頼性の要求を比較的容易に満たし易い一方、円形導波管は他の有線伝送路と同様に、固有の歪特性を持っているから、アナログ変調方式においては長距離伝送には向かず、今後のディジタル網形成の構想と、ミリ波の広帯域特性を考えるとＰＣＭ方式が有利と言われ、日本ではＰＣＭ方式によって研究開発中である。またミリ波用の円形導波管はマルチモード導波管の一種でその高次モードの１種がきわめて低い減衰特性を持っているため長距離伝

送用に想定されている。他方、多数のモードが伝搬可能なため、いわゆるモード変換という従来の伝送路にない現象を生じ、普通の壁面構造では、寸法精度の狂いが伝送特性の劣化に結びつく。この寸法精度の狂いは、導波管の製造や布設において生じる管軸のうねり曲りによって出来ることから、らせん導波管や誘電体内装導波管などの実用的導波管が開発された。しかし、らせん導波管は、伝送歪が少ないが高価である一方、誘電体内装導波管は安価で減衰も少ないが不要モード損失が少なくないので伝送歪が大きいということから、経済性、減衰定数、伝送歪などの点で実用的な誘電内装４、らせん１の割合で混合した混合導波管が考案された。現在４３～８７ＧＨｚの周波数帯域をＡ、Ｂ、Ｃ、Ｄの４つの周波数ブロックに分割して、Ａ、Ｂを上り、Ｃ、Ｄを下りに用い１本の円形導波管で両方向通信ができるようにし、各周波数ブロックには各々１３個の搬送波を配置し、各搬送波毎に４００Ｍｂｐｓ、４相ＰＳＫ信号を伝送する。結局１導波管当たり２６往復システムとなる。なお電話約３０万通話路の双方向ＰＣＭ信号が伝送できるわけであるが、１中継局当たりの中継器数は８Ｍｂｐｓのとき2,５００、１００Ｍｂｐｓのとき２００、４００Ｍｂｐｓのとき５０必要であるといわれ、ミリ波のような超大容量方式では、現在実働しているＰＣＭ方式程度の符号速度によるかぎり、中継器の数が膨大なものになり、システムの経済性や分波装置の損失、局舎の床面積などの問題が生じるため、４００Ｍｂｐｓという高速伝送速度が選ばれている。わが国での高速ＰＣＭ中継器の研究はここ数年間、世界に先がけて推進され、高速パルス変復調回路、広帯域固体電子回路などの技術が急速に発展し、現在、機器の小型化、高信頼性を図ってＩＣ化、各部分の小型化を行った４００Ｍｂｐｓの４相位相変調中継器の試作がなされている。

第２－２表　　ミリ波導波管伝送方式主要諸元

項　　目	性　　能	項　　目	性　　能
使用周波数帯	４３～８７ＧＨｚ	再生形式	ベースバンド再生、完全リタイミング
伝送容量	電話換算２７６,４８０CH（両方向）	部　　品	全固体
標準中継間隔	２０Km	符号変換方式	二分周並列和分変換、データスクランブル付加
回線構成	１切替区間１４中継	回線監視	パリティチェックによる誤り率監視
情報伝送速度	８０６Mbps(1ミリ波チャネル当たり)	線路布設方式	鋼管防護方式
変調方式	４相ＰＳＫ、４０３.０４MHz（クロック周波数）	切替方式	現用１２回線、予備１回線
送信形式	アップコンバータ		

第２－４図　ミリ波導波管ＰＣＭ中継方式の構成図



WG：円形導波管伝送路　　ＦＳ：分波装置　REP：中継装置

Ｔｘ：ミリメートル波送信端局装置　　Ｒｘ：ミリメートル波受信端局装置

MPX：ＰＣＭ送信群変換装置　　ＤＰＸ：ＰＣＭ受信群変換装置

(2) 無線伝送路

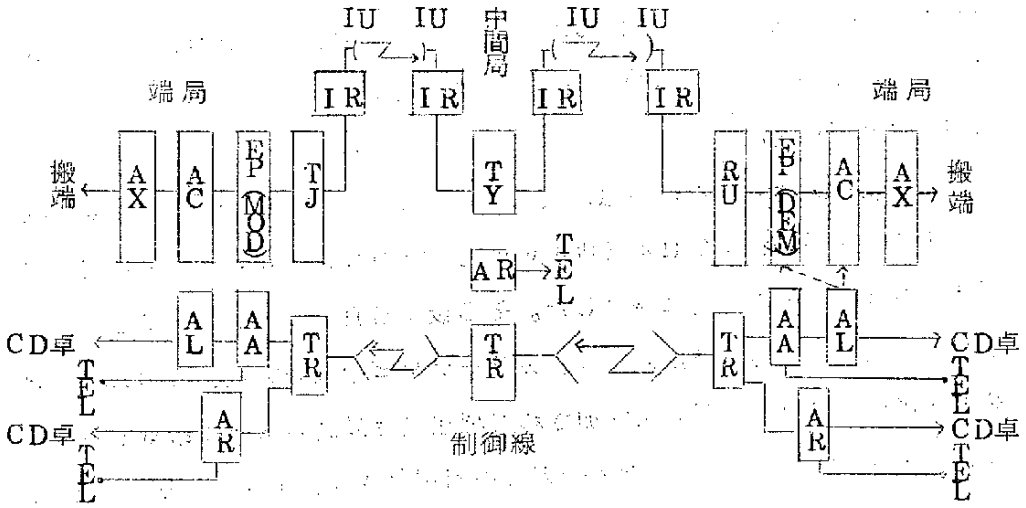
(i) 歴史と現状

無線通信の歴史はマルコーニによる無線電信の発明に端を発するが、有線方式と違い送受信装置、空中線装置など装置が複雑で高度の技術が要求されるため、当初は船舶への通信などが中心であった。公衆通信においても当初は船舶との通信や山岳地帯の回線など無線でなければできないような区間に限られていた。１９２０年代の後半から３０年余、国際および国内公衆通信網の一環として短波通信が重要な役割を果した。短波帯は電離層で反射される性質を有するため到達距離が長いからである。現在も離島への電話回線には短波を使っているものもある。又、船舶に対する無線電報サービスは、従来手送りモールス電信により行なわれてきたが、船舶量の増大に伴うトラフィックの増加により、これを印刷電信化した通信処理能力の向上を図ることになり、短波印刷電信方式が、１９７０年国際的に取り極められ、現在実用化されている。短波帯の欠点は、その特有の激しいフェージングや混信である。短波印刷電信方式もそれが大きな障害であった。

他方第２次世界大戦中のレーダをはじめとする高周波技術の発達や優れた変調技術の確立により、有線方式と同等以上の特性と信頼度を持った伝送路として、超短波帯、極超短波帯（マイクロ波帯）が出現してきた。超短波帯は比較的遮蔽物の影響を受けにくいこと、端末側の送受信機が容易に作成できることから内航船電話回線や無線呼出し方式（ポケットベルサービス）などの移動無線方式に広く使用されている他、一部の固定通信回線にも使われている。自動車電話方式や本格的な列車電話方式も、この周波数帯で間もなく実用化されるという。

マイクロ波帯は、(i)周波数が４～１５ＧＨｚと極めて高いので被変調波の比帯域幅も非常に小さくできるので広帯域伝送ができる。(ii)見通し内領域では非常に安定な伝搬特性を示し、高品質の回線が作れる。(iii)高い周波数帯の雑音発生源が少ないので外部から受ける雑音が少ない。(iv)アンテナの指向性

第２－５図　　マイクロシステム構成図



ＡＸ：回線接続架	ＩＵ：空中線	ＣＤ：操作卓
ＡＣ：回線切替架	ＡＬ：回線切替制御装置	ＭＯＤ：変調装置
ＥＰ：変復調装置	ＡＡ：打合せ装置	ＴＪ：送信装置
ＴＹ：送受信装置	ＡＲ：遠隔監視制御装置	ＤＥＭ：復調装置
ＩＲ：分波器	ＴＲ：監視制御回線用送受信装置	ＲＵ：受信装置

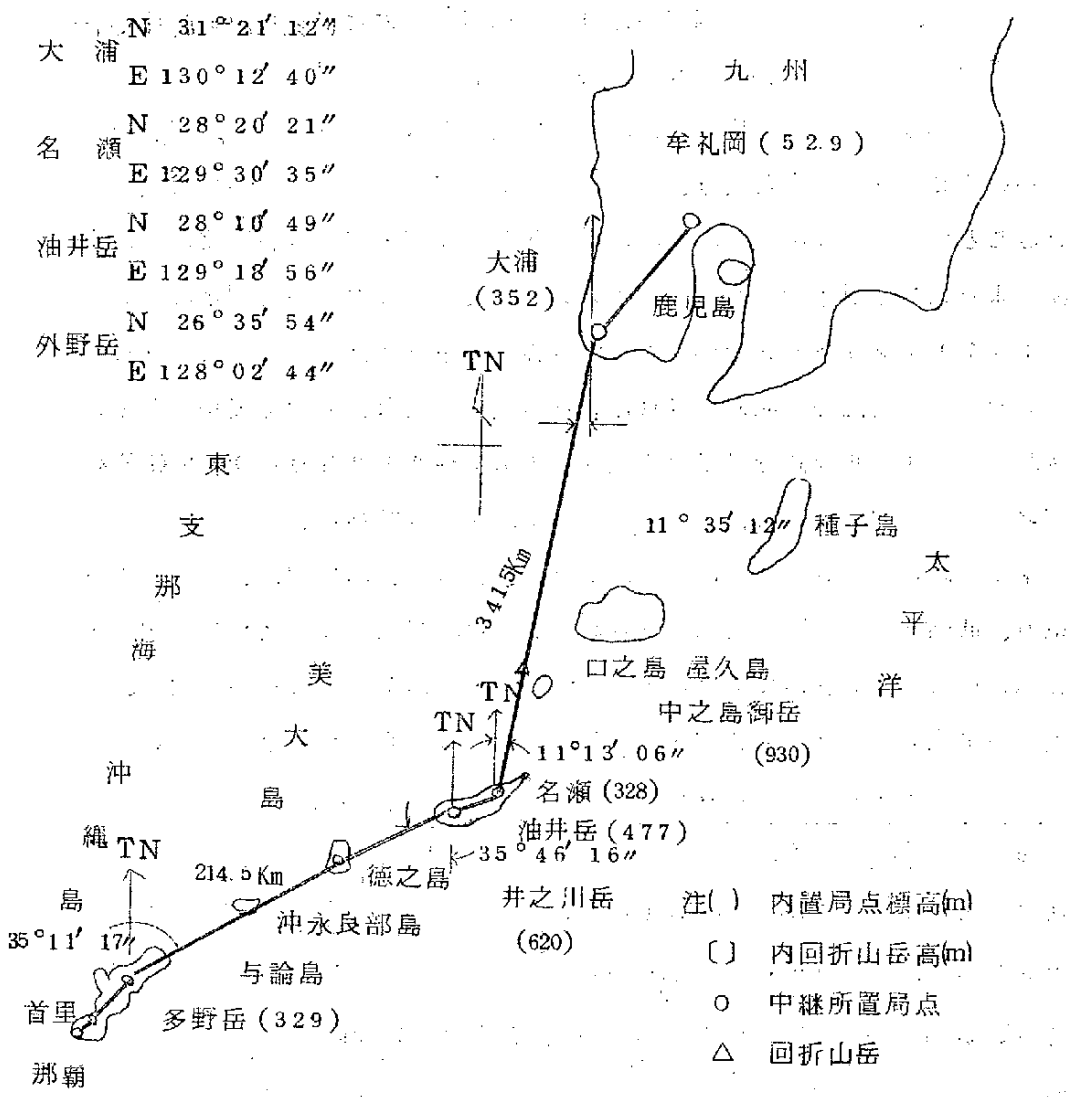
が良く、従来の通信の悩みである混信の除去ができる。また、小型のアンテナで高利得を得ることができるので小電力で十分なＳ／Ｎ比を得ることができる、などの利点があって高帯域、高品質の回線が得られる。他方マイクロ波のような高周波になると普通の平行２線では電流が放射さてしまうとか表皮効果による損失などによって使用できず、同軸ケーブルあるいは導波管が必要であり、抵抗、コイル、コンデンサなどもマイクロ波領域では分布インダクタンスやキャパシタンスなどを考慮にいれなければならず、共振回路も従来のＬＣ回路は使用できず各種の立体回路が必要となる、さらには発振、増幅なども電子走行時間が問題となって特殊真空管が必要となるなど多くの技術的問題がある。これらの難問が戦後の急速に発展したマイクロ波技術によって経済的にも解決されたことから、マイクロ波通信は急激な発展をみせ、

官公庁、各種企業の専用通信、レーダなどを始め公衆通信においても、急激なテレビの普及と市外電話回線の需要の激増により、マイクロ波通信方式はテレビ放送中継網や大容量の長距離伝送路としての市外電話網の主要構成要素となっている。

わが国では、テレビ放送の急激な発展などによる広帯域伝送の需要の高まった１９５４年に、４ＧＨｚ電話３６０通話路のＳＦ－Ｂ１マイクロ波方式が開発され東京～大阪間に開通した。その後４ＧＨｚ帯マイクロ波方式は電話９６０通話路に容量が拡大され、カラーテレビ中継の実現、機器のトランジスタ化などの新技術が開発付加されて現在世界最高の水準にあるといわれる。又６ＧＨｚ帯方式、５ＧＨｚ帯方式が商用化され、４ＧＨｚ帯方式と並んで長距離マイクロ波回線網を構成している。短距離用（ローカル回線用）には、２ＧＨｚ、1.1ＧＨｚの各周波数帯が使用されている。又１９６２年に電話２４通話路、１９６３年には電話６０通話路（２ＧＨｚ帯）およびテレビ３ルート（0.8ＧＨｚ帯）の九州－奄美大島－沖縄を結ぶ、見通し外マイクロ通信回路が作られた。これは、電波通路の中間に島を回折体となるように配置し、その回折電波を用いるものである。見通し外伝搬では普通の見通し内伝搬に比べて大きな伝搬損失およびフェージングを伴うが、それらを克服する種々の技術が開発されたのである。

(ii) 今後の動向

データ通信、テレビ電話、画像通信など広帯域情報伝送システムの導入、発展は情報革新の時代を反映して伝送路に対する需要の急増している最近の傾向をより一層加速させるとみられるが、無線通信の分野では、準ミリ波帯、ミリ波帯、光通信に至るまでの広範な新周波数帯の開発（もちろん、より高い周波数帯域の開拓ということは、いつの時代にも電気通信の歴史における本質的な進歩の方向であり、困難を克服するための新技術の誕生なくしては不可能である）と、電波の３次元的利用を図るための衛星通信方式の開拓がある。後者については節を改めて述べる。



第２－６図　九州－美大島－沖縄間マイクロ回線

マイクロ波から準ミリ波（１０～３０ＧＨｚの高周波マイクロ波）、ミリ波への移行を阻んだものは、１５ＧＨｚ以上の周波数帯にみられる大気吸収、降雨や霧などによる電波減衰の現象であった。このため準ミリ波通信には従来のマイクロ波方式に比べて次のような特徴がでてくる。

(i)中継距離が３～５Kmで従来のものより１桁以上短かくなる。

(ii)中継器数の増加により中継器機の信頼度を１桁以上高くする必要がある。

(iii)中継数が多いので、通話路当たりの伝送容量を大容量化し、中継所構成の簡略化、機器の低価格化を図る必要がある。

(iv)中継器数の増加に対応して、雑音、伝送歪の累加するアナログ変調方式を用いることは不適当となり、ディジタル変調方式で各局検波再生方式を用いることになる。又中継区間距離の短縮化と電波使用密度の高度化は電波干渉をより大きく引き起こすので、ディジタル変調方式の方が有利となる。

１９７１年ジュネーブで開催された世界無線主管庁会議において２０ＧＨｚ帯の使用周波数配分が明確にされた。日本電信電話公社で近く実用化が予定されている準ミリ波無線ＰＣＭ方式は、１７.７～２１.２ＧＨｚの3.5ＧＨｚバンドを使用するもので、その概要は次に示す通りである。

準ミリ波帯の中継器は上に述べたように、広帯域、高信頼性、小型低消費電力、低価格かつ直接外気にさらされる過酷な環境条件に耐えしかも保守・故障の修理なども容易にできるようにする必要がある。このため装置は、全固体電子化（トランジスタ化）および可能な限りＩＣ化が行なわれている。

第２－３表　２０ＧＨｚ帯準ミリ波無線ＰＣＭ方式諸元

項　目	性　能	項　目	性　能
使用周波数帯	17.7～21.2GHz	伝送容量（CH／RF）	電話換算5,760CH
チャネル周波数間隔	0.95　伝送クロック周波数	回線長中	2,500Km
周波数配置	2周波方式 10無線チャネル	中継間隔（標準）	3Km
使用偏波	VおよびH偏波	回線切替長伝	約100Km
無線伝送チャネル	8システム	伝搬損失（3Km）	126.6dB（21GHz）
伝送速度	400Mbit／s	アンテナ利得	49.6dB（1.8mφ）
変調方式	4相差動位相変調同	分波給電系損失	5dB
復調方式	同期検波瞬時検出	送信電力	23dB（100mW）
空中線形式（標準）	送受共用、1.8mφカセグレンアンテナ	受信雑音電力（NF=10）	−80.8dBm
		送受周波数間隔	480MHz

ミリ波帯方式としては空間伝搬方式と導波管伝送方式の２つがある。空間伝搬方式の場合、雨や霧による電波減衰が問題となり、中継間隔も１Km程度となるため同じ問題を抱える準ミリ波方式の開発完了をまつことになる。導波管伝送方式については、前節に述べた通りである。

光通信方式は、レーザ（ＬＡＳＥＲ）光を用いるものであり、光と言っても普通の可視光とは異なり、振幅とか周波数とか位相を情報媒体として考えることのできる非常に周波数の高い電磁波の意味であり、現在では大体波長0.5～1.ミクロン、帯域で３×１０^{5}ＧＨｚ相当という漠大な広帯域特性をもつ、その伝送路としては、空間伝搬方式、光ファイバー方式、ビーム導波管（光レンズ）方式の３つが考えられている。後の２者については前に述べた通りである。空間伝搬方式として、日本電信電話公社でＴＬ－６ＭＢ／ＴＲ－６ＭＢ光通信装置（表）として実用化されているが、準ミリ波、ミリ波と同様な電波減衰の問題を含んでおりその普及については少し時間を要すると言えよう。

第２－４表　　ＴＬ－６ＭＢ／ＴＲ－６ＭＢ光通信装置

主　要　性　能

ビット率	最大６Ｍｂｉｔ／ｓ
変調方式	ＰＣＭ－ＩＭ（１ＭＨｚ帯テレビ電話伝送の場合）
光源	発光ダイオード
発光出力	約５ｍＷ
光検出器	アバランシェフォトダイオード
最小受信電力	約－４４ｄＢｍ
最大中継距離	約８００ｍ（回線信頼度９９％）
電源	１００／２００Ｖ　５０／６０Ｈｚ　約５０ＶＡ（送信機）、約６０ＶＡ（受信機）
寸法（mm）	送受信機　各々４２０（Ｗ）×５２０（Ｌ）×５０５（Ｈ） 電源部　２５０（Ｗ）×２００（Ｌ）×３００（Ｈ）

(3) アナログ伝送からディジタル伝送へ

(i) アナログ通信とディジタル通信

通信は、発信者と受信者間の情報の伝達であり、それを媒介するものとして前2節で述べた、有線、無線の種々の伝送路がある。媒体中を伝達される信号は発信者の発した信号と同じである必要はなく又一般にも異なる場合が多い。これは、媒体中での伝送を効率よく行うためである。発信者の情報から伝送路内での信号への変換操作を変調（Modulation）と呼び、逆に伝送路を送られてきた信号を受信者に適した情報に変換する操作を復調（Demodulation）という。但し、これは広い意味の使い方であって、時によってはその一部の操作のみを指す場合もある。媒体中を伝送される電気信号は大別して、アナログ信号とディジタル信号の2つがある。それらの信号を送る波の形によって変調の方法は、大別して連続波変調とパルス変調の2種類がある。連続波変調は搬送波と呼ばれる1個の正弦の振幅、位相、周波数などを伝達すべき情報に従って変化させるもので、各々AM(Amplitude Modulation)、PM(Phase M.)、FM(Frequency M.)と言う。パルス変調は、搬送パルスと呼ばれるパルスの時系列のパルスの振幅、時間幅、位相（又は位置）などを伝達すべき情報に従って変化させるもので、各々PAM(Pulse Amplitude M.)、PWM(Pulse Width M.)、PPM(Pulse Phase or Position M.)という。なおディジタル通信系でアナログ情報（音声やビデオなど）を送る場合には、連続的に変化するアナログ信号からPAMによって振幅が連続的に変化するパルス信号を作り（標本化という）、それを有限個の振幅しかとらない離散的なパルス信号にし（量子化という）、さらに各々の離散幅に2進パルス符号を割り合て（符号化という）結局2進パルス信号の時系列として送る方法がある。これをPCM（Pulse Code M.）といい、前にあげたパルス変調をこれに対してPTM（Pulse Time M.）という。

2進パルス信号を送るディジタル通信系では、2進パルスの時系列を伝送品質上許容される誤り率の範囲で伝送するという単一な働きであるので、通信系の変復調方式は使用する伝送路の伝送特性だけを考慮すれば良くなる。さらにPCM方式では、その2進パルス化はディジタル通信路の通信容量を効率的に使用するように、受信側で必要とする情報をできるだけ小さい通信容量で伝達できるようにアナログ情報をディジタル化すれば良いという利点もある。

他方、アナログ通信系の変復調方式は伝送路の伝送特性ばかりでなく、伝送されるアナログ信号の性質をも考慮しなければならない。例えば、ビデオ信号やデータ信号では直流成分、線スペクトルが含まれているので、直流成分を忠実に伝送したり、相互変調によって線スペクトルが他チャンネルの帯域内で単一雑音となることを防ぐ必要がある。したがって、伝送路の伝送特性と信号の性質から要求される伝送条件とは相反することが多いので、アナログ通信系では変調方式の選択は両方からの条件の妥協にならざるを得ず、よりよい効率を得ようとすると入力情報の特性に従った特殊化を余技なくされる。これがアナログ伝送方式の弱点となっている。

(ii) PCM通信

PCM通信方式の原理は、1937年イギリス人A.H.リーヴスによって発明された。しかしこの方式は本質的に所要周波数帯域が広く、かつ多くの高速論理回路を必要とするため、当時の真空管技術による伝送実験も多少は行なわれたものの、実装スペース、消費電力、信頼度など実用方式にはほど遠く、実用化方式としてその利点が充分発揮できるには、なおしばらくトランジスタなどの高速半導体素子の出現を待たなければならなかった。1950年代になって、半導体技術の急速な進歩と伴にPCMに関する基礎研究が各国で盛んに行なわれるようになった。その中でも特に、アメリカのベル電話研究所の研究業績は群を抜き、PCM通信実用化のための技術的素地は1950年代に完成された。また当時アメリカでは電話局間の中継回線

に急激な需要増が見込まれており、回線の経済化と高品質化を図るため、近距離に対する新しい伝送方式の開発が求められていた。近距離搬送方式の経済効果は端局装置をいかに安く作るかにかかっており、そのための候補として高価な通話路濾波器のいらないＰＣＭ方式が考えられ、実用化が進められ、１９６２年にはＴ－１搬送方式としてＰＣＭ方式が商用化された。

わが国でも、１９５０年代の末ごろから通研を中心にＰＣＭ方式に関する基礎的研究が進められ、１９６０年代に入ると技術的問題はほぼ解決されるようになった。当時全国自動即時化が急速に進められていた時期でもあり、又近距離市外回線を大幅に増設する必要性や、大都市での地下管路不足や土木工事の困難性などから、市内中継線を含む近距離回線の多重化と経済化が強く要望され、１９６５年に電話２４通話路をもつＰＣＭ方式、ＰＣＭ－２４方式が初めて商用化された。現在、ＰＣＭ－２４方式は全国に１２,０００システム導入されている。１９７３年には装置の小型化、低電力化、保守・建設の簡易化を目ざして再設計され、端局装置は長距離回線用としても使えるように伝送品質が改善された。端局装置では、２４通話路の音声信号がＰＣＭ変調によりディジタル信号に変換されると同時に時分割多重化され、1,544KbpsのＰＣＭ１次群信号が作られる。中継伝送路は１システム当たり２対の平衡対形ケーブルの心線を使用し、約２Km毎に再生中継する。

平衡対形ケーブルでは８Ｍｂｐｓ程度のパルス伝送が限界で、しかも心線の選択など特殊な配慮を行なわなければ２～３Ｍｂｐｓが限界と考えられ、数百通話路以上を多重化したＰＣＭ方式を実現するためには、有線伝送媒体として同軸ケーブル、ミリ波導波管、光ファイバーなどを使用しなくてはならない。同軸ケーブルは高周波で漏話や誘導妨害が少ない特性を生かして、ＦＤＭ方式により高品質の回線が大量に供給されている。これをＰＣＭ方式の伝送路として使用する場合、回線数に比べて広い帯域が必要である（周波数不経済）、中継間隔が短い上、中継器が高価であるなどの点で経済的でな

いと考えられていた。しかし、PCM方式はFDM方式と比較して、中継器入力点における信号対雑音比の許容限度が低くてよいので、多重度が同一の場合には伝送帯域は広くなるが、中継間隔はFDM方式の70%になるだけであること、およびPCM方式の端局装置、多重変換装置の価格が安いので、回線距離が長くない場合には、同軸ケーブルをPCM方式の伝送路として使用しても、1回線当たりの価格はFDM方式より安くなり特に短距離回線ではPCM方式の方が非常に有利となる。こうした点を考慮して、1973年に伝送容量の増大を目的とし、さらには将来の長距離大容量ディジタル伝送方式の導入を予想して、総括局以下の中距離中容量区間のディジタル化推進をも目的とした、同軸ケーブルを使用し電話1,440通話路の伝送容量をもつPCM－100M方式が開発された。

第2－5表　PCM－100M方式の諸元

適用領域	RC－DC、DC－TC区間
クロック周波数	97,728MHz
伝送容量	電話　1,444CH 1MTV　15CH（将来60CH） 4MTV　3CH（将来15CH）
伝送媒体および中継間隔	標準同軸　3Km 細心同軸　1.5Km
中継器寸法	C－60M用中継器と同じ
筐体寸法	C－60M用筐体と同じ
給電電流	直流250mA、最大350V
誤り率	10^{-11}／REP以下
符号形式	バイポーラ

(iii) 無線ディジタル通信

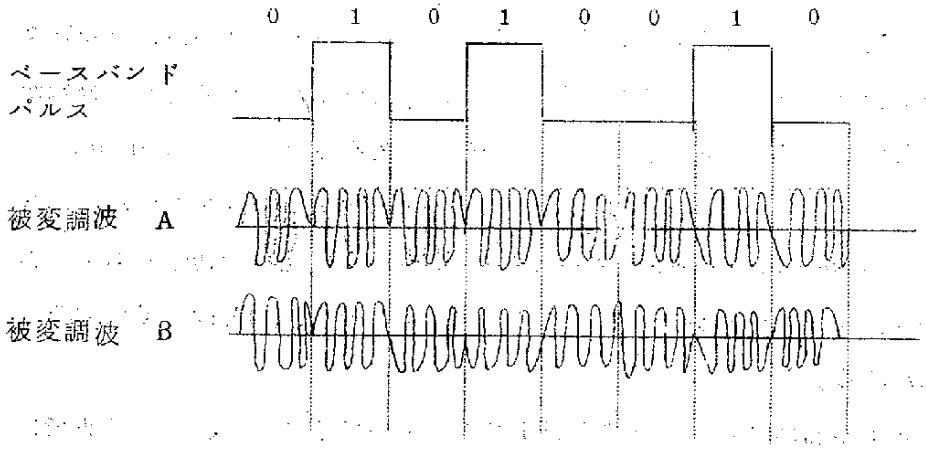
無線ディジタル通信方式としては、1968年に2GHz帯のマイクロ波

PCM方式である2S－P1方式が商用化された。これは今後のディジタル化を大きな主柱として進展する電気通信の新しい時代を切り開く可能性を最初に試されたもので、1無線チャネル当たり電話240通話路の伝送容量を持ち、既設PCM－24方式との接続および並設により、中心局以下の短距離回線に用いることを目的としている。新しい技術としては、マイクロ波の4相位相変調、周期検波、再生中継などが使われており、信号は制御情報を含めすべてディジタルで処理され、装置は100％固体電子化されている。無線PCM方式は従来高速度パルス技術が未発達である点と、PCM信号のスペクトラムがFDM－FM波より広がっているため周波数の有効利用が図れない点で実用化されなかったが近年の半導体技術の著しい進歩と、4相位相変調方式、同一周波数の水平・垂直偏波の共用などによりそれらが技術的に満たされるようになった。

ここで少しマイクロ波通信の変調方式について述べると、従来アナログ信号方式ではFM方式が用いられていた。それは、(i)FM方式は伝搬によって搬送波のエネルギーが、原信号の情報は振幅とは無関係の周波数偏移に変換されているため、そのままの強さで伝送される。他方占有帯域幅の点ではAM方式の2倍以上の帯域幅を要するが、比帯域を大きくとれるマイクロ回線では変調度を深く取ることができるので広帯域利得が得られ、信号対雑音比の良い回線が構成できる、(ii)FM区間でのレベル変動に無関係であるので、安定な回線が構成できる、(iii)ビデオの振幅周波数特性はFM区間の振幅周波数特性の変動に影響されることが比較的少ない、(iv)FM区間での熱雑音は信号周波数に比例するため、低周波での雑音が問題となるテレビの伝送には有利である、などの特徴があったからである。それに対して、PCM方式ではPM方式で、特に2進パルス信号によって搬送波に瞬間的に位相偏移を与える変調法である位相シフトキーイング（PSK）と呼ばれる方式を採用している。第2－7図で、Aの方法では受信側でパルスの状態を判定するのに基準の位相を与える搬送波が必要であり、この復調法を同期検波という。Bの

方法ではこのような基準となる位相は必要とせず、1つ手前の隣接続号の位相と比較することによって符号再生ができる。この方法を差動位相検波という。第2－7図は1列のパルス列による2相変調であるが、2列のパルス列により搬送波に4通りの位相状態を与える4相位相変調方式によれば伝送容量は2倍になる。もちろん搬送波の位相偏移を多くするとディジタル伝送の回線品質を決定する符号誤り率を犠牲にしなければならなくなる。このPSKに代表されるディジタル変調はパルス繰返し周波数の約2倍という広い帯域を必要とするが、雑音特性にきわめて優れているため干渉に強く、同一の周波数帯を用いて近接した地域に多数のルートを設置することができる。又先にも述べたように、準ミリ波帯以上の帯域においては降雨などによる電波減衰のため中継距離が制約され中継数が増加せざるを得なくなると、アナログ変調では中継による雑音相加が甚しくなり符号再生の可能なディジタル変調が有利となる。

第2－7図　変調信号と被変調波の波形関係



(V) データ伝送

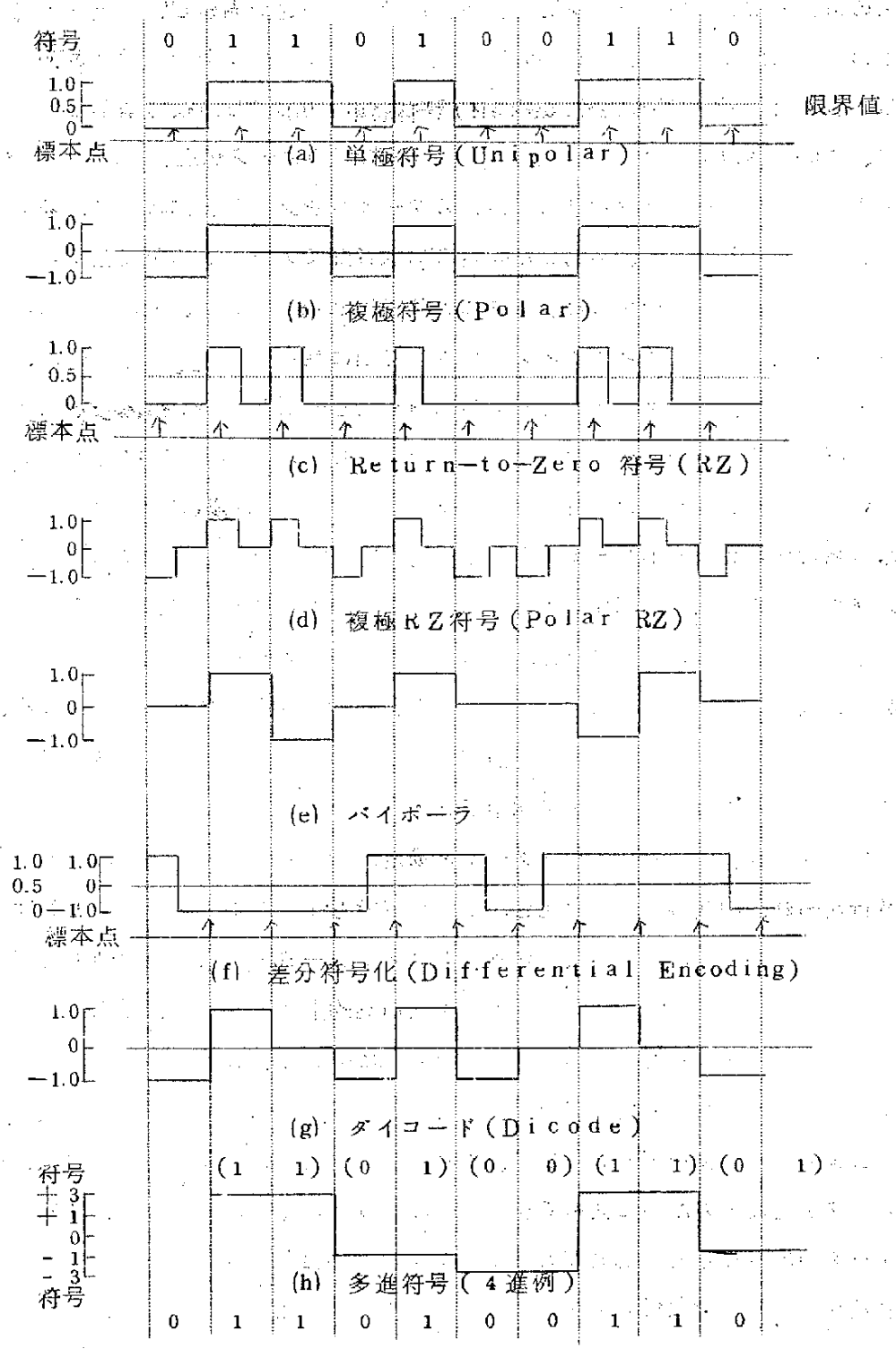
データ伝送は、「機械によって処理される情報の伝送、あるいは処理された情報の伝送」と定義されている（ＣＣＩＴＴ－国際電信電話諮問委員会－）したがって音声などの情報と異なり、情報の語義的内容が中心となって冗長度が小さい、情報を受信処理した結果が直接情報処理装置に結合され、人間

の判断を媒介しないのが普通であるなど、データ伝送で必要とされる伝送品質の評価もより厳しくなるため、伝送方式にも厳しい規格を要求される。たとえば周波数の帯域幅についてみると、現在会話音声の伝送には約4KHzの帯域幅があれば十分であるとされ、実際の電話回線では３００～3,４００Hzの帯域を持つように設計されている。ところがデータ伝送においては、伝送速度について低速から高速までさまざまの要求があって、必要とされる周波数帯域幅もさまざまで、３００～3,４００Hzを伝送する電話１回線を対象とすると最新の技術を駆使しても9,６００ｂｐｓ程度の速度が限界である。そして、４８Ｋｂｐｓのデータ伝送には電話１２通話路に相当する周波数帯域幅を使っている。逆に、低速度になれば所要帯域幅は狭くてすみ、電話１回線で例えば、５０ｂｐｓの伝送速度なら２４回線、２００ｂｐｓならば６回線分の同時通信ができる。

データ伝送では、情報処理機械がディジタル情報であるのが普通なので、情報信号はディジタルしかも２進符号であるのが普通である。なおそれらを電気的に表現する波形としては下図のようなものがある。(a)の直流分を除き電力の節約を図ったものが(b)である。又(a)では連続したマーク符号の分離がなされないのでタイミング波抽出のため(c)が考え出された。(d)は(b)と(c)を合わせたものである。以上はすべて低周波の連続スペクトラムをもつが、これを除くため(e)が考察された。又(f)は波形の変換点で情報を伝送するものである。(g)は情報の変換のみを複極パルスで表わすもので、(e)と同じく低周波成分が除かれる。

１９５１年商用コンピュータＵＮＩＶＡＣＩができてから、アメリカではすでに１９５８年にレーダ網とコンピュータとを結びつけた空軍のＳＡＧＥが、又１９６１年には民間航空会社の座席予約を含めた企業経営システムＳＡＢＲＥが開発された。日本でも、電々公社が１９５０年頃から電気通信研究所で５００～1,５００ｂｐｓの伝送速度で音声帯域の伝送路で伝送する基礎研究にとりかかった。１９６３年には、専用制度が全面的に改定され従

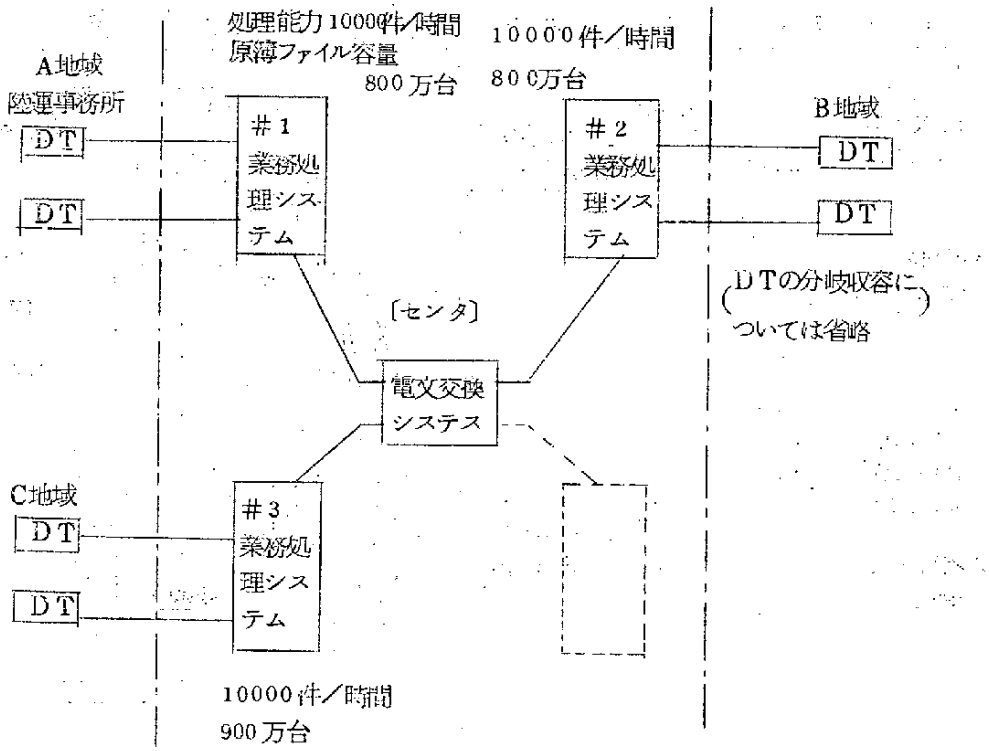
第２－８図　２進データ基本波形



来の電信・電話という分類を廃し、回線規格別の販売を開始し、データ伝送用の専用線については、変復調装置（ＭＯＤＥＭ）までを公社直営とし、ＭＯＤＥＭとデータ宅内装置間のインタフェースに関する新技術基準を定めて、５０ｂｐｓ以下のデータ伝送、２００ｂｐｓ以下のデータ伝送、1,２００ｂｐｓ以下のデータ伝送または通話の３種類のサービスを開始し、同時に自動即時区間の電話網を用いて、契約した特定の加入者間でデータ伝送が実施できる準専用サービスも開始された。これにより専用回線を用いた、国鉄の「緑の窓口」に代表されるオンラインシステムが急速に発展し、１９６８年には、コンピュータ、データ伝送回線および宅内装置を一貫して設計・建設・保守する直営のデータ通信システムサービスを開始した。為替通信、メッセージ通信を目的として６２の銀行を結ぶ全国的なデータ通信サービスを行う全国地方銀行システム（第２－６表）。全国の陸運事務所を結んで自動車の登録業務を行う運輸省自動車局のデータ通信サービス（第２－９図、１９７０年開始）。又万国博の会場の運営、管理を助けた万博データ通信システムなどがその代表である。さらに１９７０年から、国産高性能コンピュータによる、電話交換網を利用し不特定多数の需要者に各種のデータ処理サービスを提供する加入データ通信サービスが開始された。

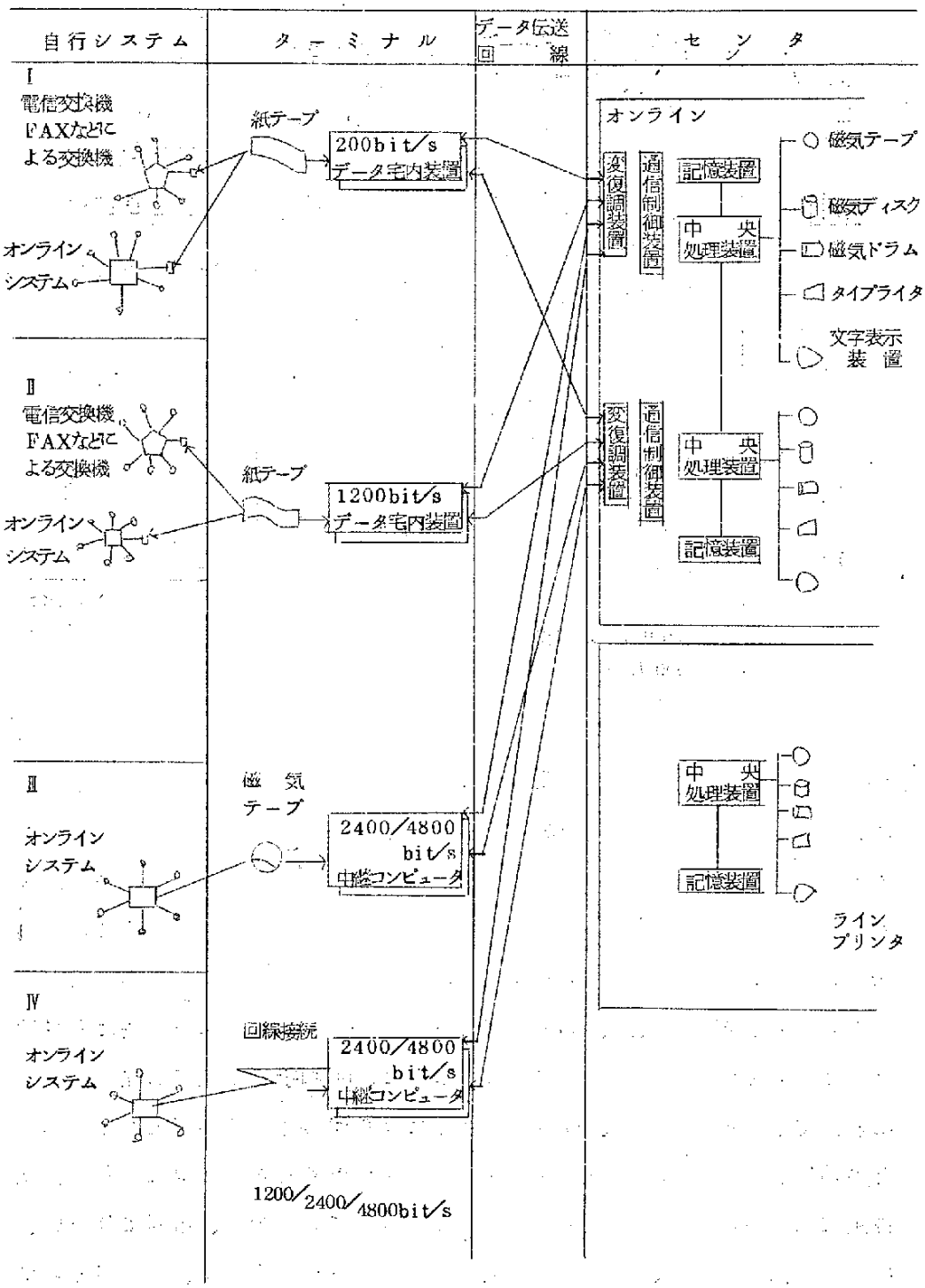
１９６８年、アメリカでカーターホン裁定が行なわれいわゆる"回線開放"が行なわれ、相互接続も自由化された。日本でも１９７１年～７３年にかけて、公衆電気通信法が順次改正され、(i)コンピュータと端末機器を結ぶ通信回線を専用して使用する「特定通信回線使用契約」制度を設け、従来の専用線の利用の場合よりも共同利用の範囲を大幅に拡大し、又他人使用の制限を緩和した。(ii)これまで使用が認められなかった加入電話網、加入電信網を「公衆通信回線使用契約」として、あるいは加入契約のままでデータ通信、データ伝送などのために使用できるようになった。現在の通信網は、コンピュータの出現などを予想せず音声やテレタイプ用に開発された電話網と電報中継交換網と加入電信（テレックス）網がある。電報の中継方式は、入（中

第２－９図　　運輸省自動車局システム



継）線の受信電報を受信さん孔機によっていったん紙テープに打ち込んで蓄え、次に指定の出（中継）線から送り出す「テープリレー」方式であるためデータ伝送には不向きである。ただしこのような蓄積交換方式が、高速回線と情報処理技術の発展によってパケット交換として再生しつつあることは興味深い。テレックス網は、１９５６年に開始されて以来１９７３年末で6,５００の加入者を数え、(i)全国即時交換、(ii)通信内容は送った側にも受けた側にも記録され、証拠としての価値をもつ、(iii)相手が不在でも先方の機械に通信文を送っておける、(iv)内容が冗長にならず要領よく通信できる。外国との通信もタイプライターと同じ様にキイをたたくことで容易にできる、(v)長距離伝送路は電信回線を用い電話より多重化できるので、電話より安い、などの特徴をもつが、網の規模が電話網よりはるかに小さく、伝送路として

第２－６表　全銀システム構成図



直流電信回線（複流式）のみでなく搬送電信回線も使っているため、伝送速度が５０ｂｐｓと遅いことが難点である。しかし最近における情報量の増大とその迅速な転送の要求によるディジタル通信の速度の向上に対する熾烈な社会的要求を満たすため、実線区間における高速直流伝送技術の開発とともに搬信方式の高速化も検討され、１９６７年　５０,１００および２００ｂｐｓの伝送速度に対応する通信路を混合収容する複合搬信装置の実験が行なわれ、後１００ｂｐｓおよび２００ｂｐｓ用の搬信装置が実用化され、引続き１,２００ｂｐｓ用の搬信装置も開発されている。

電話網については、コンピュータの急速な発達、普及に伴って、先にあげた特定区間の通信回線に利用者が持っているコンピュータや入出力装置を接続してデータ通信を行なう通信回線（特定通信回線）が１９７３年末で約２４,０００回線もあり、今後も年率２０％以上の伸びが見込まれるという。又伝送速度の高速化も進んでいるという。さらに１９７３年の公衆回線の開放により、大規模な公衆電話網がデータ通信に使えるようになりその需要も急増している。公衆電話網をデータ伝送に使うことは、のちに述べるように種々の欠点はあるものの、電話網利用のデータ通信技術の発展もかなり予想され、現時点のようにデータ伝送の量が電話通信量に比べて１％以下と言われる状態では、データ通信専用の公衆網は不経済である。しかし１０数年後の将来を見れば、データ伝送の量が電話通話量に比肩することが予想され、より普遍的でより自由な立場から、公衆電話網を脱却した新しいデータ（ディジタル）通信網の建設が予見されている。事実世界の通信主管庁は、このようなユーザのデータ通信への要求を満たすための公衆データ通信網の計画・建設に乗り出し、この新しいデータ通信網によって実現しうる標準的サービスを確定しようとしている。もちろん、現在すでに大量のデータ伝送を必要としている専用回線についてはディジタル通信が行なわれている。これについては、別項で述べられよう。

第２－７表、第２－８表は電々公社で使用されているＭＯＤＥＭの特性の概要を示している（ＤＴ－９６０１形は商用化されていない）。いずれ９,６００ｂｐｓの伝送速度をもつものもでるであろうが、数十ないし数百Ｋｂｐｓの超高速データ伝送に対しては伝送周波数帯域の前群、群、超群帯域を利用し電話数通話路を使った広帯域伝送が考えられている。これら超高速データ伝送は、磁気テープなどの高速記録媒体を用いる場合やコンピュータ相互間の伝送には是非必要なものである。電々公社で考えているものは次のようなものである。(i)前群帯域（１２～２４ＫＨｚ）を使うものは、電話３回線を要し、帯域幅１２ＫＨｚで２進データ信号をＡＭ－ＶＳＢ変調により前群帯域へ変換し、９.６Ｋｂｐｓの同期データ信号あるいは最高画周波数４.８ＫＨｚの非同期白黒ファクシミリ信号を伝送する。(ii)群帯域（６０～１０８ＫＨｚ）を使うものは、電話１２回線を要し、帯域幅４８ＫＨｚで、４８Ｋｂｐｓ同期データ信号あるいは最高画周波数２４ＫＨｚのファクシミリ信号を伝送するもので専用回線を用いるものとＤ－１０形交換機に適用する交換回線用の２つがあり、市内区間の伝送にはベースバンド伝送が考えられている。それは将来市外伝送路がＰＣＭ（または高速ディジタル回線）化された場合にも宅内のデータセットがそのまま利用でき、かつＭＯＤＥＭが不要であることや広帯域交換網においてはＭＯＤＥＭの共通利用ができるからだという。(iii)超群帯域（３１２～５５２ＫＨｚ）を用いるものは、電話６０回線を要し、市内ケーブル区間はベースバンド伝送、搬送区間はＡＭ－ＶＳＢ変調により超群帯域へ変換し、２４０Ｋｂｐｓの同期データ信号あるいは最高画周波数１２０ＫＨｚの非同期ファクシミリ信号を伝送する。

第2－7表　交換回線用MODEM

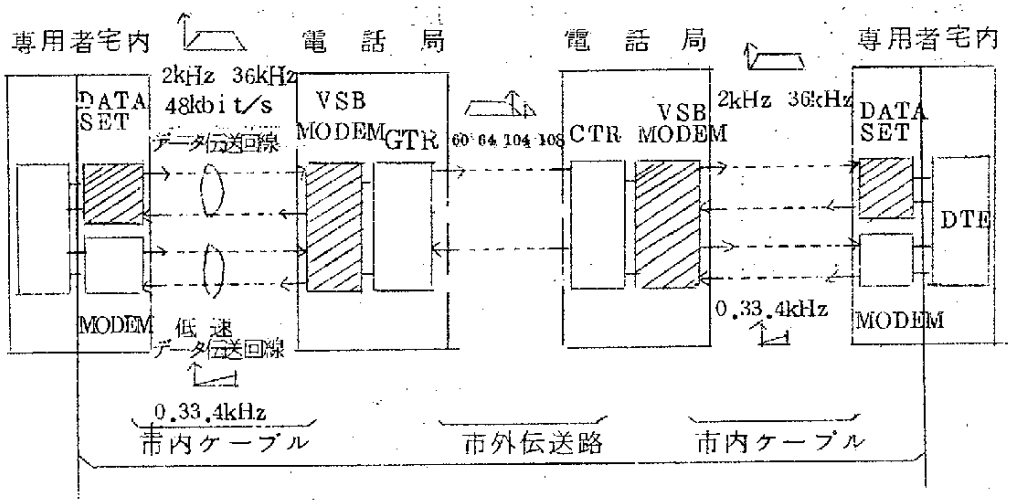
形名	DT－211形	DT－1211形	DT－2411形
データ信号速度	200bit/s以下	1,200bit/s以下	2,400bit/s
適用回線	交換回線（2線式）	同左	同左
占有帯域	音声帯域	同左	同左
伝送モード	両方向同時（全二重）	両方向非同時（半二重）	同左
同期方式	非同期	同左	同左
変調方式	FM	同左	4相 PhM
線路周波数	低群 中心＝1,080Hz Z＝980Hz A＝1,180Hz 高群 中心＝1,750Hz Z＝1,650Hz A＝1,850Hz	中心＝1,700Hz Z＝1,300Hz A＝2,100Hz	キャリア周波数 1,800Hz 帯域 0.6～3.0kHz
送信出力レベル	0～－15dBm	同左	同左
受信入力レベル	－6～－40dBm	同左	－6～－32 dBm
線路インピーダンス	600Ω平衡	同左	同左
インタフェース電圧	±(5～15)V	同左	同左
インタフェース負荷抵抗	3～7kΩ	同左	同左
通話	送受話器	同左	同左
自動着信機能および ACE接続機能	あり	あり	あり
電源	AC100V 50/60Hz	同左	同左
温度条件	5～35℃	同左	同左
大きさ	幅 270mm 奥行 380mm 高さ 162mm	同左	幅 360mm 幅行 430mm 高さ 165mm

第2－8表　音声帯域使用の専用回線用MODEM

形　　名	DT－203形	DT－205形	DT－1203形
データ信号速度	200bit／s以下	200bit／s 以下	1,200bit／s 以下
適用回線	専用線 4線式	専用線 2線式	専用線 4線または 2線式
占有帯域	1/6音声帯域	音声帯域	同　左
伝送モード	両方向同時（全二重）	同　左	4線式：両方向同時（全二重） 2線式：両方向非同時（半二重）
同期方式	非同期	同　左	同　左
変調方式	FM	同　左	同　左
線路周波数	中心＝1,200Hz Z＝1,100Hz A＝1,300Hz	低群中心＝1,080Hz Z＝980Hz A＝1,180Hz 高群中心＝1,750Hz Z＝1,650Hz A＝1,850Hz	中心＝1,700Hz Z＝1,300Hz A＝2,100Hz
送信出力レベル	0～－15dBm	同　左	同　左
受信入力レベル	－6～－25dBm	－6～－40dBm	－6～－32dBm
線路インピーダンス	600Ω平衡	同　左	同　左
インタフェース電圧	±（5～15）V	同　左	同　左
インタフェース負荷抵抗	3～7kΩ	同　左	同　左
通話	不可	送受話器 スピーカ	同　左
電源	AC100V 50／60Hz	同　左	同　左
温度条件	5～35℃	同　左	同　左
大きさ	幅270mm 奥行380mm 高さ162mm	同　左	同　左

DT−2403形	DT−4801形	DT−9601形
2,400bit／s	4,800bit／s	9,600bit／s
専用線 4線式	同左	同左
同左	同左	同左
両方向同時	同左	同左 ただし、逆方向は 150bit／s
同期	同左	同左
4相 PhM	8相 PhM	8レベル AM−VSB
キャリア周波数 1,800Hz	キャリア周波数 1,800Hz	キャリア周波数 2,700Hz 逆方向 FM 420±50Hz
同左	同左	同左
同左	同左	同左
同左	同左	同左
同左	同左	同左
同左	同左	同左
同左	同左	同左
同左	同左	同左
同左	同左	同左
幅 360mm 奥行 430mm 高さ 170mm	幅 360mm 奥行 500mm 高さ 170mm	

第２－１０図　４８ｋｂｉｔ／ｓ　広帯域データ伝送回線構成図



注，□：４８ｋｂｉｔ／ｓ広帯域データ伝送用諸装置

DATA　SET：DT－４８K形データ送受信装置

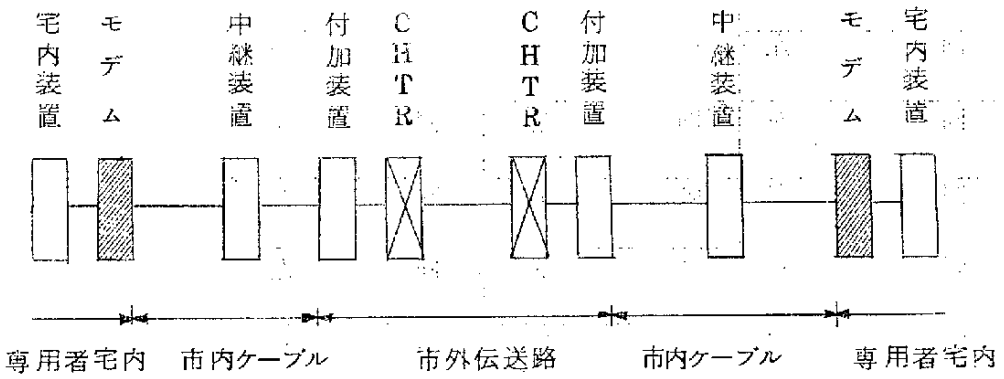
VSB　MODEM：DT－４８K形変復調装置

GTR：群変換装置

MODEM：音声帯域用変復調装置

DTE：データ端末装置

第２－１１図　９.６ｋｂｉｔ／ｓ広帯域データ伝送方式図



第2－9表　広帯域データ伝送

回線束	周波数帯域幅（kHz）	電話回線数（CH）	データ伝送速度（kbit/s）	同左、高能率化した時※ の速度（kbit/s）
前　群(PG)	12（ 12～ 24）	3	9.6	
群　(G)	48（ 60～108）	12	48	96
超　群(SG)	240（312～552）	60	240	480

※　多レベル変調または多位相変調による方式について検討中である。

なお先にあげたＭＯＤＥＭの他に、直接電話の送受信器を用いて、２進データ信号を音響的に変換してデータ通信を行う音響カプラという変調器がある。これは、電話回線の伝送特性に加えて音の特性（特に送話器の炭素粒の歪）の分も悪化するので、データ伝送速度上も３００～1,２００ｂｐｓと制限されるが、伝送品質的にもＭＯＤＥＭに数段劣る。

次に電話網をデータ通信に使用する際の制約条件を見てみよう。まず電話は聴覚をしか対象としていないので、①接続信号音、たとえばリングバック・トーンやビジー・トーンは可聴音の断続であるから機械が識別するのには都合が悪い。②サービス信号が介入すると、人間の耳は高度な選別機能を持っているから通話中の音と区別することができるが、データ機器にとっては識別しにくい。③瞬断；千分の１秒単位の瞬断は人間の耳にはさして支障はないが、データ機器では誤りの原因となる。④位相特性；人間の耳は周波数とレベルには敏感であるが位相特性には鈍感である。データ信号にとっては位相特性こそ重要である。次ぎに人間の音声波形が基になっていることから、⑤伝送帯域が４ＫＨｚに固定されている。データ伝送の需要は狭帯域から広帯域まで多種類のものがあり４ＫＨｚでは不十分である。さらに電話交換網の現行の特性に関して、⑥接続時間が長い；ダイヤルし終ってから接続完了までが、現在のクロスバ交換機では１０～１５秒かかる。データ通信では１秒以下との要望が強い。⑦誤り率が保証されない；電話回線では、音声信号

の品質しか考慮されていないので、データ伝送としての誤り率（もちろんこれは変調方式にも依存する）は保証されてはおらず、特に交換網を用いる場合には交換機からのインパルス性雑音や課金パルスなどの影響が大きい。⑧2線式である；電話回線は同時に送受のない半2重回線であるがデータ通信では全2重の要望が多い。⑨アンバランス回線の必要性；データ・アプリケーションによっては送りと受けに帯域差や伝送ビット・レート差のある回線構成が必要となる場合が多い。⑩伝搬時間；現在の端局装置や伝送路では50～60msの伝搬時間を要するが、高速かつ頻繁なループ・バックをおこなうシステムでは数msでも問題となる。

さらに現状での問題として、多少政策的問題であるが、アメリカの場合では、顧客の自営装置をダイヤル電話網に接続するのに次のような制約が法制上定められている；(1)過度の雑音、混話、干渉、不接続および回線保守マンに有害な電圧など、ネットワーク・サービスを保護するために、交換網に入ってくる信号に対して条件を課している。(2)顧客自営の装置やシステムをダイヤル電話網に相互接続する場合、月額数ドルの電話公社直営の「保護接続装置」を設置しなければならない。これは、他社製の装置から発生する可能性のある有害な電圧から回線を分離し効果的に保護し、同時に信号水準を適切に保つためのもので、データ・アクセス装置（DDA；Data Access Arangement）とか音声・アクセス装置（VAA；Voice A.A.）と呼ばれている。(3)ダイヤル呼出しやフック・スイッチ接続・切断など、ダイヤル電話網に対するすべてのネットワーク制御信号操作（Network Control Signality）を電話会社直営の装置が行なう。これに対し、F.C.Cには多くのユーザーや装置メーカーからアクセス装置は大きなやっかいもので、(1)装置の入手に手間どる、(2)装置を設置しても、この装置を経由すると信号の品質が落ちる、(3)装置の価格が高い、などの不満が多く、自営の装置についての技術基準が守られれば困難な問題はないとし、いくつかの公式のレポートでも、面倒な通信会社直営の装置がなくても安全で信頼性の

高い顧客自営の装置の相互接続は可能だとしている。そこでＦＣＣはこれにとって代る装置の標準化と認定制度の導入に力を入れてきたが、最終的な調停はまだ出ていない。

わが国においても、通信中の過大信号のレベルの送出、危険電圧の送出、直流電流の送出などを防止するものとして回線保護装置(PD, Protective Device)を、又発着信機能、通信中や通信終了後の機能など交換機の起動、復旧および応答に必要な機能は網制御装置（ＮＣＵ, Network Control Unit)が行うようにしてあり、それらを電々公社のみが扱っている。なお、機能上もしくは経済上から、ＰＤやＮＣＵよりもコンピュータなどに持せた方が良い、自動再呼の時の間隔や回数、データ処理不能時の再呼防止などの機能は自営のコンピュータなどにまかせている。下に大まかな概要を示す。Ⓐのパターンは簡易形ＮＣＵを利用する形態であり、既設の電話機を選択信号発生源、接続確認などのＮＣＵの一機能として利用し（人間が確認する）、簡易形ＮＣＵにはデータ通信路の切替機能、回線保護機能、ループ保持機能などを持たせてある。この場合、簡単なデータ通信（ファクシミリ、手書き伝送、ペースメーカなど）が既存の電話機と組み合わせて可能となる。Ⓑ、Ⓒのパターンは一般のデータ通信システムに用いられるデータ端末機、センター装置に組み合わせて使用する場合、その接続時の操作方法によるもので、手動発着信をＭＭ形、手動発信、自動着信をＭＡ形、自動発着信をＡＡ形として分けている。なおＣＡ２０形とは、センタ用自動発着信接続形（最大２０回線）のことである。

(V)　今後の動向

最後にディジタル化の傾向をまとめてみよう。まず今後需要が大幅に増大すると予想されるデータ通信や、テレビ電話、産業用テレビ、ＣＡＴＶ、ファクシミリなどの画像通信の伝送には、ディジタル伝送方式が技術的にも経済的にも有利であると同時に、それらが要求する膨大な伝送路需要は、準ミリ波帯、ミリ波帯、光通信などの広帯域伝送路を必要とするが、先にも述べ

第２－１０表　ＰＤ、ＮＣＵおよび電子計算機等が具備すべき電話網保護機能

区分	網保護上必要な機能	具備すべき装置		
		ＰＤ	ＮＣＵ	電子計算機等
発信接続	局線の無効起動防止		○	
	局線のループ保持		○	
	無効な選択信号の送出防止		○	
	選択信号の規格内送出		○	
	被呼者話中不出時の開放		○	○
	自動呼出し時の再呼間隔と回数制限			○
	自動呼出し時の発着信衝突の防止		○	
	擬似選択信号の送出防止		○	
着信接続	着信信号検出回路の高インピーダンス化		○	
	データ処理不能時の再呼防止（自動応答）			○
	自動応答時間の制限		○	○
	着信の可聴表示			○
通信中	局線のループ保持		○	
	途中切断時の開放			○
	線路不平衡の防止	○	○	
	過大信号レベルの送出防止	○		
	帯域外周波数信号の送出防止	○		
通信終了時	局線の開放		○	○
	ハウラ信号の受信			○
	局交換機の復旧補償		○	
その他	直流送出の防止	○	○	
	公社電源の不正使用防止	○		
	交換機で使用する信号の使用防止		○	○
	通話・通信品質の維持		○	○
	危険電圧の送出防止	○		
	回線使用中の表示		○	
	保守の分界点の明確化	○	○	○

注、□で囲んだ部分は各装置が相補して備えるべき機能を示す。

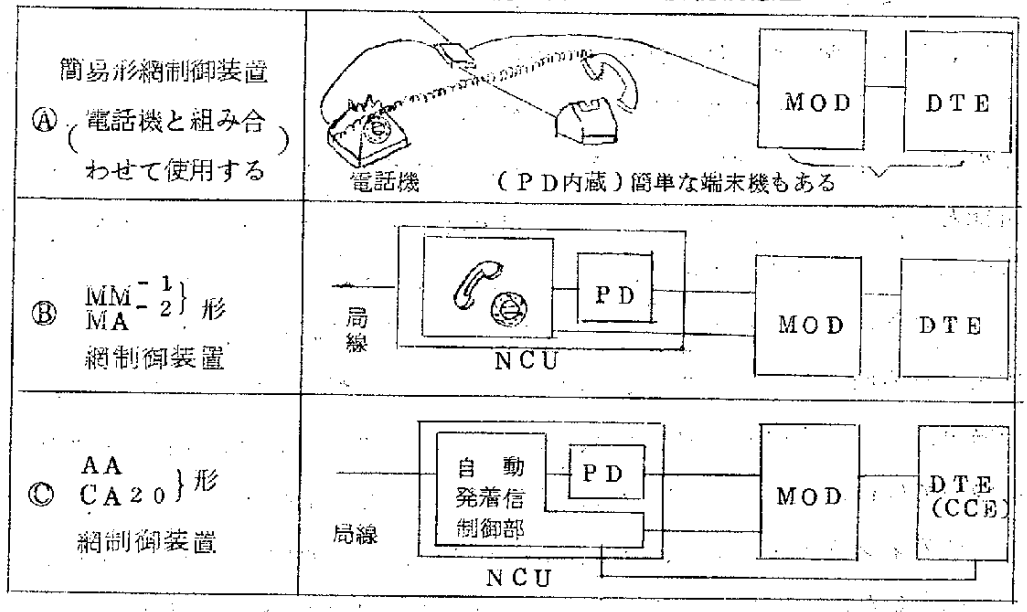
第２－１１表　電話回線用網制御装置の種類

使用区分	装　置　名	用　　途
１回線用	簡易形網制御装置	電話機と組み合わせて使用する切替器
	MM－１形網制御装置「」注(1)	手動発着信接続形 MM－１形はレベル変換回路あり MM－２形はレベル変換回路なし
	MM－２形網制御装置「」注(1)	
	MA形網制御装置「」注(1)	手動発信・自動着信接続形
	AA形網制御装置「」注(2)	自動発着信接続形
多数回線用	CA20形網制御装置「」注(2)	センタ用自動発着信接続形（最大20回線）

注　(1)　「」内は選択信号種別を示し、D１，D２（DP信号１０／20pps）またはP（PB信号）のものがある。

(2)　「」内は選択信号種別を示し、D（DP信号）またはP（PB信号）のものがある。

第２－１２図　電話回線用網制御装置の接続概念図



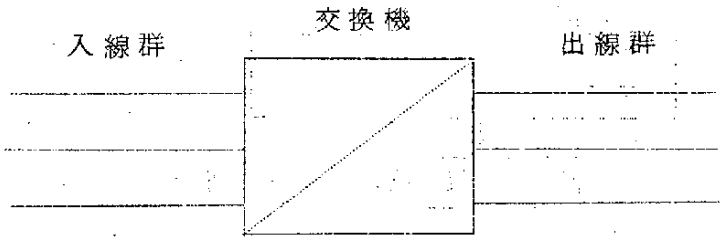
MM：手動発信・手動着信　　MA：手動発信・自動着信
AA：自動発信・自動着信　　CA：センタ用自動発着信（多数回線用）
PD：回線保護用品　　MOD：変復調装置
DTE：データ機品　　CCE：通信制御装置

た如くその伝送方式としては本質的にディジタル伝送方式が適している。日本での動向を見てみると、短距離伝送路にはPCM－24M方式が全国的に多数採用されており、さらにPCM－100M、同400M、マイクロ波PCM方式あるいは既設FDM伝送路を利用するPCM－FDM方式などの開発により長中距離伝送路のディジタル化が進展しつつある。これに加えて半導体技術やディジタル回路技術全般の長足の進歩により、経済的な電子時分割交換機の実現が有望となった。交換機を時分割多重化すれば、伝送路がディジタルの場合交換点ごとにアナログ／ディジタル変換することなく時分割多重化したまま交換することができ、したがって伝送路との整合が良い、そのため例えば中継線交換機の場合、電話交換の場合には当分の間空間分割形に経済的に及ばないが、交換機に収容される伝送路の20～30％以上がディジタル信号なら現時点でも空間分割方式よりも時分割方式の方が経済的に有利であるという。半導体部品などの価格が低下して時分割交換機自身やアナログ／ディジタル変換器などのコストが低下すれば、経済的有利性は増加する。そのほか、時分割交換機では交換機の小形化による局舎スペースの節減、交換機内部輻そう率が低いため運用管理の容易化、通話路動作の高速化による交換機処理能力の向上、蓄積プログラム方式により多元トラフィック処理機能が可能となることによる融通性の飛躍的向上なども期待できる。このように、技術的にも経済的にも伝送路、交換機ともにディジタル化が進み、ディジタル1リンクのいわゆる「ディジタル統合網」が実現されれば、単に通信網の伝送品質の向上ばかりではなく、伝送品質上の制約が大幅に緩和されるため経路選択上の自由度の増加により、より経済的な通信網が構成される（これについては後に述べる）のみでなく、サービス面でも電話網は超高速伝送速度をもつディジタル網として、電話、データ通信、画像通信などの各種サービスを総合した、総合サービス統合網（Integrated Services Digital Network）ISDNに発展すると見られている。

第2節　交換技術

(i) 歴史と現状

交換機の本質的な役割は、多数の回線および機器の中から所要のものを選びそれらを相互接続することであり、簡単化すれば、下図のように入線群と出線群の中から適当なものを選び出して相互の情報の送受を可能にすることである。



オ2－13図

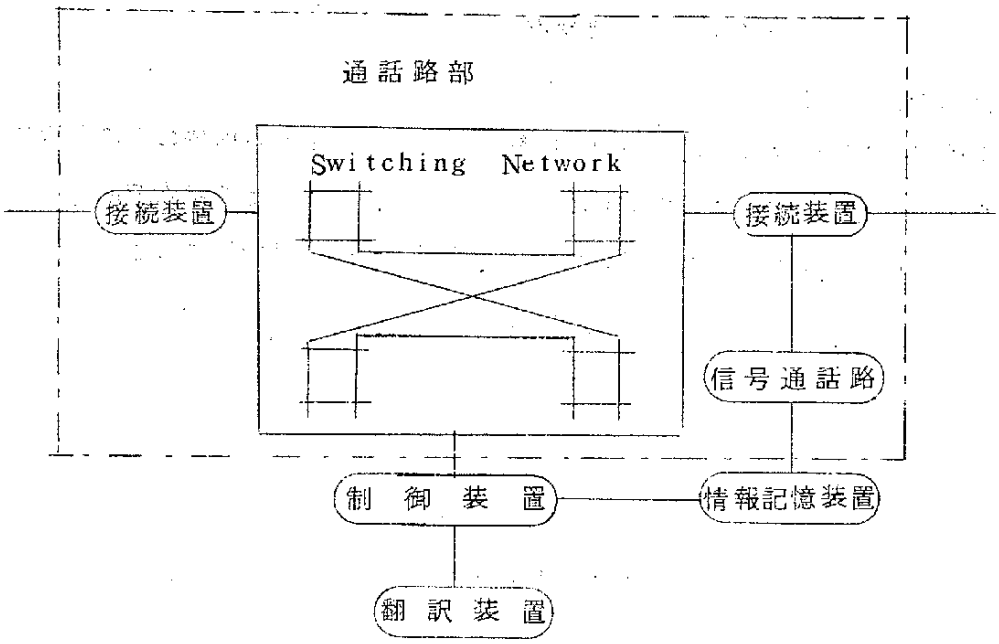
この相互接続の方法には大別して次の2つがある；

( )回線交換（Circuit Switching）；入線と出線を直接に接続する方式。

( )蓄積交換（Message or Store-and-Forward Switching）；入線からの情報を交換機で1度蓄積した後出線に送り出す方式。

回線交換としては、電話交換が一般的であり、蓄積交換には、TX形中継交換方式（電磁式）、国際電報交換機（電子式）などの電報中継交換や、最近データ通信用に注目を集めているパケット交換などがある。

電話交換機の基本的構成は下のようになる。加入者相互の通話の伝送路を形成する通話部分が根幹である。それは、通話状態を監視する接続装置（Trunk Circuit）と、接続装置間を接続する交換網（Switching Network）とからなる。さらに、加入者がダイヤルした信号を受信記憶する装置（Register）や他局へ選択信号を送る装置（Sender）などの情報記憶装置、又それらの情報を交換機の制御用に変換する翻訳装置、変換された情報に基づいて交換機を動作させ接続を行う制御装置などがある。



第2－14図　交換機の基本構成

もちろんこれは概念構成を表わしたもので、実際に明確に分離されているわけでもなく、制御方式および使用しているスイッチなどの形態によって、各要素の一部又は全部が一体となっているのが普通である。

1876年、グラハム・ベルの電話機の発明の翌年には、すでにボストンで電話交換の実験が行なわれ、1879年には、エジソンのペグ式交換機によるニューヨーク電話交換局が発足した。当初のものは回線容量も少なく能率の悪い手動式交換機であったが、1880年代には磁石式交換機がほぼ完成し、1890年には共電式交換機がアメリカで作られた。これらはすべて手動交換方式であり、交換機の機能としては通話路系のみからなり、制御系は交換手が行なっているのであって、その点からは交換手を機械に置き換えて考えると現在の全共通制御方式の交換機に非常に類似しているわけであるが、1足飛びにそこまで自動化するには当時の技術では無理であった。最初の自動交換方式は、1879年コノリ、とマックタイの"Girlless Telephone System"の特許および、

1891年のA，B，ストロジャの自動交換の特許による。ストロジャの発明の最大の特徴は出端子を円筒形に配列し、特定の出線群を選定し、さらにその群中の出線を選択する上昇回転形スイッチの基礎を作ったことである。

1895年アメリカのインデアナ州ラポート局が世界最初の自動交換局となった。後、レベル内の空き回線の選択方法やセレクタが考案され、100回線以上の加入者をもつ電話局を能率良く運営することが可能となった。又1905年にはキースがラインスイッチを発明した。従来加入者毎にセレクタを設備していたが、セレクタを数字選択を行なわないラインスイッチによって電話局に集束したもので、これにより交換方式に集束階梯が導入され、展開階梯だけで出発した自動交換方式も分配。集束階梯ができて方式上一応の完成を見ることになる。

AT&T社ではそのサービス地域である大都市で交換手の雇用難、局数が増えるに従って増大する中継接続の回数などによるサービスの悪化に対処するため、文字ダイヤルを採用し、交換方式として電力駆動形のパネル方式を導入した。このパネル方式も中小都市では不経済のため、1920年にはストロジャ方式の自動交換機が導入された。そして、ベル研究所でラインファインダが開発された。ラインスイッチは加入者毎にスイッチを設置し、加入者が受話器を上げると空いている1次セレクタを選択するのに対して、ラインファインダは1次セレクタと1対1に設備され、加入者回線がラインファインダのバンク側に収容されていて、加入者が受話器を上げると共通起動回路を通し空いているラインファインダが起動されて発信加入者を捕える。これは共通制御式自動交換機への道を開くものであった。

1940年頃までの問題は次の2つに大きくまとめられる。(i)ストロジャ方式の自動交換機は多くの改良を受けたが、電話交換機のトラフィックの研究が進んだ結果、自動交換機のセレクタの最大の欠点は、出ルート数（レベル）が10しかなく、その上1ルートの選択し得る出線数は10しかないこと、このため出線能率は45％程度にしかならない。(ii)電話交換を早くから始めた大都市は

手動式交換網がすでに出来上がっていたため、1挙に全局を自動化することができず、既設手動式交換網に導入して手動方式と混用する困難。

(ii)の解決策として、イギリスで1936年から数年かかって開発した2000号スイッチがある。これは選択時間を増加させずに出線を20回線まで増加し、出線能率を約60%にまで向上させた。

(iii)の解決策として、電力駆動方式（Power Drive System）が1910年代からアメリカおよびヨーロッパ諸国で種々のものが作られた。代表的なものとして、先にあげたAT&T社のパネル方式、スウェーデンの500ポイントセレクタ方式、ベルギーのロータリ方式などがある。しかしこの方式では、スイッチが大型となり出回線の使用能率は向上したものの個々のスイッチの出端子の能率が非常に低下し、さらにレジスタ、センダなどが必要となったので交換機の価格はかなり高価になった。

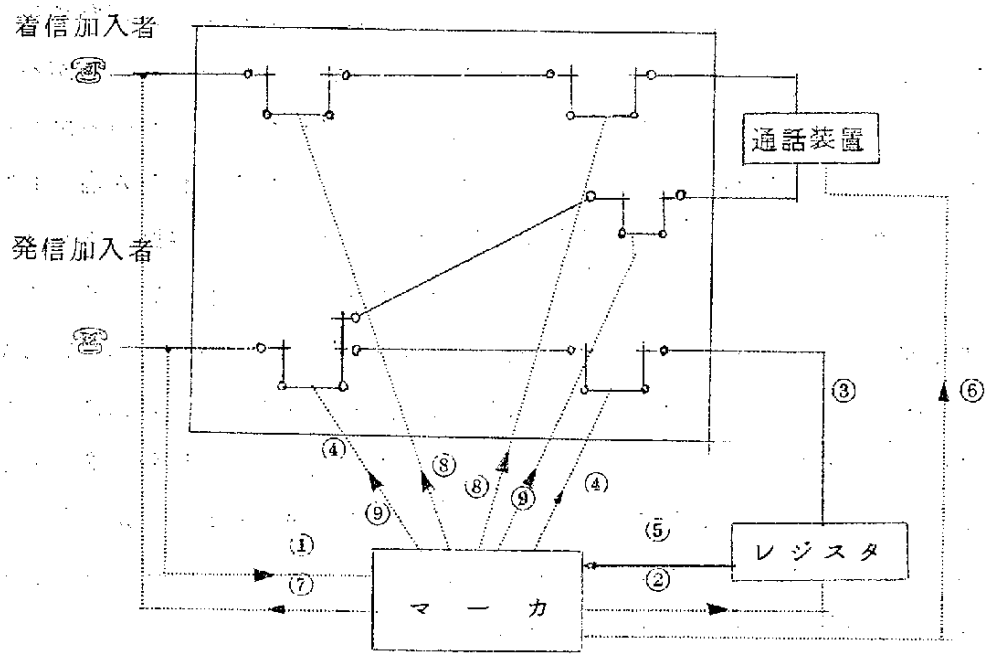
アメリカのベルシステムではこれらの問題の解決策として、1938年に大都市用交換方式として№1クロスバ方式を開発実用化し、さらに1943年には4線式市外自動交換機№4市外クロスバを完成し、クロスバスイッチの低雑音特性と共通制御方式による迂回中継機能などの豊富な機能を生かしてアメリカ全土にわたる市外手動即時通話を実行した。又1948年に完全共通制御方式の№5クロスバの完成商用化、1953年の№4クロスバを改良した加入者ダイヤルによる全国市外接続用の4線式交換機№4Aの完成により、ベルシステムのクロスバ方式は一応の完成を見ることになった。

この方式の特徴はクロスバスイッチによる多段リンク接続方式と、マーカによる共通制御方式である。従来の交換方式が発信、着信の接続毎に階梯が分かれていたのを改め、№5クロスバ方式では発着信階梯までを併合し局全体の通話路を1階梯として4段接続リンク構成を初めて採用し、これらを制御する部分を全く別の装置に独立させた。従来の交換方式は、方式を構成するスイッチがダイヤルパルスで直接動作することによって1階梯ずつ接続が直列に進んでいく方法であった。電力駆動方式でも構成するスイッチはすべてパルスで制御

されるため、加入者のダイヤルしたパルスをレジスタ、センダで蓄積し、接続経路に適した番号に変換したパルスを送り出すことによって接続がなされていた。これに対してマーカ制御によるクロスバ方式はクロスバスイッチがパルスによって直接動作するのでなく、加入者からのダイヤルパルスをいったん蓄積した後、その数字からマーカが他局への空き出線、または着信加入者を収容しているクロスバスイッチの端子を識別し発信加入者との接続経路のクロスバスイッチを動作させる。パルスによって直接スイッチが動作しないため、電力駆動方式のように接続用の番号（経路符号という）に変換する必要がないので、中継局に対して電話番号をそのまま送り出し、中継局で電話番号に従って接続する局を選べばよいわけで、迂回接続によって経由する中継局数が変わっても相手局に伝える番号に変更がなく、自由に各局で接続ルートを決定できる利点がある。№5クロスバでは通話路を1階梯にしたのに伴い、マーカも通話路全体を1度に制御する完全共通制御方式とした。

ここで共通制御方式の原理をみてみよう。下図のように、まず加入者が発信しようと受話器を上げると、受話器を通して加入者線が短縮され、ケーブルを介して局装置との間に閉回路が形成される、①この時流れる直流電流により加入者の発呼が検出されて共通制御装置（マーカ）が起動され、②マーカはこの発信加入者線と番号記憶装置（レジスタ）とを接続する。④レジスタは電話器のダイヤルから送られてくる電話番号を受信し記憶する。③レジスタで着信番号を受信終了するとマーカが起動され、⑤その番号の加入者回線が自分の交換機に収容されているか他の局の加入者かを判断する。自分の交換機に収容されている場合、着信加入者の収容端子を捕捉して話中試験をし、⑦空いていると発信加入者端子と着信加入者端子間の局内接続路を完成する。⑥⑧⑨他局の加入者の場合はその局への中継線群を選び出し、その中の空き中継線の1つと発信加入者とを接続し、この中継線を通して着信番号を他局へ送り出す。その後は着信番号の加入者回線を収容する局が上と同様のことをする。通話が終了すると、加入者線が開放の状態となるから、マーカはこれを検出して局内装置を

接続前の状態にもどす。



第２－１５図　共通制御方式の原理

スウェーデンでは№１クロスバと似ているが、より豊富な機能と経済性を持たせた、階梯毎に制御される部分共通制御方式（ステージ方式）のＡ－204形（主管庁）ＡＲＦ10形、50形、ARM20形、ARK30形（以上エリクソン社）などのクロスバ交換機が作られ、世界の輸出市場を席捲した。フランスでも、非常に大型のクロスバスイッチを使用した2段接続フレームからなるラインステージ、入、出セレクタステージの３つで構成される部分共通制御方式のペンタコンタクロスバ方式がCGCTとLMTによって開発された。他方ドイツでは、モータ駆動で衝撃振動を少なくし、銀、パラジウムなどの貴金属接点を使い雑音を減らし大型スイッチとして大群選択、４線交換の可能なEMD方式をとり、イギリスは2000号スイッチのままであった

わが国では1953年将来の自動交換方式としてクロスバスイッチを使用し、これにディレクタやマーカなどの共通制御回路を使用することを決定し、翌年

ケロッグ社のNo.7クロスバの輸入以来、クロスバ化が進められ、1956年の最初の国産クロスバ方式の開局以来種々の改良が行なわれ、現在市内クロスバ方式として、C400、410、460形、市外クロスバ方式として、C82、C63形など各種のものが開発され、1960年代からの全国自動即時網の完成に大きく貢献した。

コンピュータ技術の進歩によって、ベル研究所は1954年電話交換機の制御を蓄積プログラム方式によることに決定し、1960年に最初の試作品の実験がモリス局で行なわれた。この交換機の使用部品は従来の電子管を主体としたもので実用には程遠いものであったが、後実用的な蓄積プログラム制御方式の電子交換機No.IESSを開発した。当時イギリスのTEX－2形やドイツのジーメンス社のESKなど、クロスバ方式の制御回路を電磁系接点を用い電子化して高速化した電子交換機はあったが、特に新しい機能を持っていたわけではない。これに反し蓄積プログラム方式は従来のものに比べ飛躍的に融通性を持っている。1967年ベルギーBTM社の通話路にリードスイッチを使った10－C方式の商用試験を初め、スウェーデンエリクソン社の新開発機械保持クロスバスイッチを通話路に使ったAKE方式の開発・商用試験、フランス郵政省の通話路にリードスイッチを使ったペリクレス方式の商用化などが相継いで行われた。さらに、イギリスのTEX4方式、カナダのSP－1方式、ドイツのFWS－1方式など、いずれも通話路に電磁系の機械接点を使用した蓄積プログラム制御方式の電子交換機が実用化されつつある。わが国でも1965年フェリードスイッチを使った空間分割形蓄積プログラム制御のDEX－1号交換機が又翌年には、PCM時分割形蓄積プログラム制御のDEX－T1号が完成した。T1号はPCM通話路の安定性と経済性の検討を主目的として試作され、制御は汎用コンピュータを用いた。実験の結果、PCM通話路の動作は安定で、データ通信のようなデイジタル信号だけを交換する場合には経済的に有利だが、電話交換ではこと当分経済性の面で空間分割形に及ばないことがわかった。これにより実用化交換機としてDEX－2号が、新たに開発した機械保持の小型

クロスバスイッチを用い、ＩＣ中央制御装置、固定記憶にメタルカードメモリ、一時記憶にフェライトコアメモリを、外部記憶に磁気ドラムを使用した空間分割形電磁接点蓄積プログラム制御方式で設計され、1969年から2年間現場試験が行なわれた。以上の成果を基に本格的商用交換機として、経済性、製造性、新サービス機能面の大幅な改善を行なったＤ－１０形交換機が完成し、これを標準化して市内用および市外用交換機として大都市から導入を開始し、既に20余局が運用中である。さらにＤ－１０形は大局用であるが、適用範囲の拡張を図るべく、中小局用の電子交換機や遠隔制御方式の電子交換機も開発されつつある。

(ii) 今後の動向

以下Ｄ－１０形交換機を中心として、電子交換機の概要を述べ、今後の交換技術の動向をみよう。

Ｄ－１０形の基本装置は大別して次の３つである；

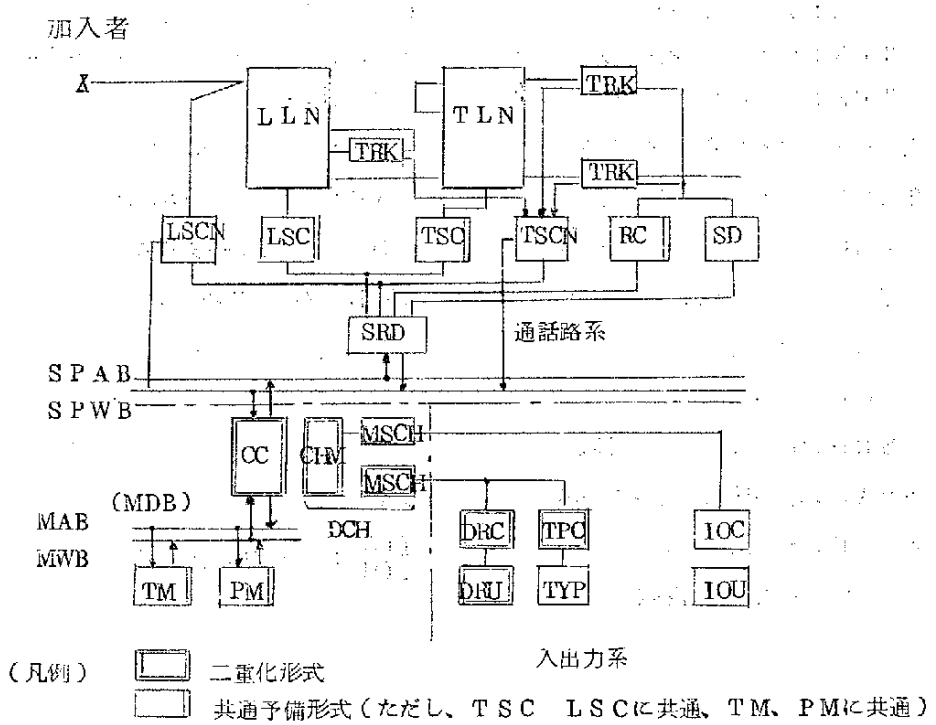
(i)通話路系（ＳＰ系、Speech Path System）；クロスバ交換機と同様、回線を接続することを主要機能とする装置系である。

(ii)中央処理系（ＣＰ系、Central Processing System）；交換機に入ってくるすべての情報を分析し、他の各装置に他して詳細な動作命令を出す。その構成・機能はコンピュータにほぼ近いが、一瞬の停止も許されない交換機の制御という面から、コンピュータに比べ桁違いに高い信頼性を要求される。

(iii)入出力系（ＩＯ系、Input Output System）；ＣＰ系の処理に必要なあらゆるデータの入力、処理結果の出力に関係する装置系である。この意味では、ＣＰ系からみればＳＰ系もＩＯ系の１部と言えるが、交換機という特殊な立場から電子交換機ではＳＰ系を重視し特別に考える。なおＤ－１０系として具体的にデータチャネル装置（ＤＣＨ）に接続される装置類を指す。

実際には上の各装置系の他に、監視試験のための付帯系、電源供給のための電源系がある。なお監視試験について注すると、共通制御方式の交換機では単に出線の話中試験を行なうだけでなく、被制御装置について各種の試験をして

第２－１６図　Ｄ１０形基本接続構成



〔凡例〕　　二重化形式

共通予備形式（ただし、TSC、LSCに共通、TM、PMに共通）

LLN：ラインリンクネットワーク
TLN：トランクリンクネットワーク
TRK：トランク
LSCN：加入者線走査装置
TSCN：トランク走査装置
LSC：ラインリンク通話路駆動装置
TSC：トランクリンク　〃
RC：継電器駆動装置
CD：信号分配装置
SRD：情報受信分配装置
SPAB：通話路系アドレスバス
SPWB：通話路系アンサバス
CC：中央制御装置

CHM：チャネル多重装置
MSCH：マルチプレクスサブチャネル装置
PM：半固定記憶装置
TM：一時記憶装置
MAB：メモリアドレスバス
MDB：メモリデータバス
MWB：メモリアンサバス
DRC：磁気ドラム制御装置
DRU：磁気ドラムユニット
TPC：タイプライタ制御装置
TYP：タイプライタ
IOC
IOU：出入力装置一般

障害のないことを確認して接続を行うことができる。もちろんどの装置をどう試験するか、障害を発見した場合どの程度の精度で記録するかなどは、技術的、経済的、動作特性などによって決定される。試験はふつう主に通話路を構成する交換網の断線、接触不良、混線などについて行う。監視の表示にはトラフィックの表示と障害の表示がある。障害の記録と合わせて保守には必要不可欠である。

中央処理系、入出力系の概要を表2－12表に、通話路系各装置の概要を表2－13表にまとめておく。

表2－12表　中央処理系、入出力系装置概要

略号	名称	概要	主要部品	最大設備数
CC	中央制御装置	プログラムの命令を解読し、所要の演算処理を行ってシステム全体を制御する。演算方式はワード（32ビット）単位で一般命令119、付加命令12を解読し得る。二重化され両CCを照合しながら運転できる。	電子回路	1×2
TM	一時記憶装置	交換処理上変化するデータを主に格納するが、常時はドラムに収容されているプログラムを一時的に使用する場合にも用いられる容量は32キロワードでサイクルタイムは1.44	フェライトコア 電子回路	TM、PM合計で7
PM	半固定記憶装置	プログラム、固定的なデータの格納。TMと異なり内容書替えには時間を要する 容量、サイクルタイムはTMと同様	電着磁性線メモリ 電子回路	ただし、PMは2
CHM	チャネル多重装置	IO機器とTM間のデータ転送制御を行うデータチャネル装置の共通部。1装置に4MSCHを接続。二重化	電子回路	1×2
MSCH	マルチプレクスサブチャネル装置	データチャネル装置のチャネル個別部。時分割多重により最大8の入出力制御装置（IOC）を接続できる	同　上	8
DRU	磁気ドラムユニット	加入者データ、常時使用しないプログラムの格納。また、TM、PMの障害に備えてその内容を常時更新して格納している。二重化容量は1,024ワード×848トラック＝870キロワード。毎分3,000回転で、平均アクセスタイムは10ms	浮動ヘッド方式のドラム 電子回路	通常の局では1×2
DRC	磁気ドラム制御装置	DRUの制御装置。方式的には8DRUまで制御可能であるが、通常の局では1：1で使用する	電子回路	同　上

TYP	タイプライタ	保守運用などの命令入力、およびシステムの内容を打ち出すのに用いる。紙テープのパンチも可能 入出力速度は1,200字/分	機構部品　3
TPC	タイプライタ制御装置	TYPの制御	電子回路　1×2
MTU	磁気テープユニット	監査データ、課金データ、トラヒックデータの出力およびファイル更新時のプログラムロードなどに用いられる 転送速度は19.2キロバイト/秒	機構部 電子回路
MTC	磁気テープ制御装置	MTUの制御	電子回路

第2－13表　通話路系装置概要

略号	名称	概要	主要部品	最大設備数
LLN	ラインリンクネットワーク	8×8のスイッチを4段接続した接続網で加入者線で収容する。TLNとシャンクタで接続して使用。呼量容量512erl 入端子数2,048～8,196加入者回路、スイッチ選択リレーを含む	小型クロスバスイッチ 小型リレー リードリレー	LLN数+TLN数=16
TLN	トランクリンクネットワーク	LLNとほぼ同様の構成で通話用トランク、信号用トランクを収容する TS用、画像用には4線式がある 呼量容量512erl,出端子数1,024 スイッチ選択リレーを含む	小型クロスバスイッチ 小型リレー	
TFK	トランク	中継線個別の監視、接続制御、通話電流供給（2線式の場合）。選択信号送受用回路もトランクとして扱われる 動作の大部分はプログラムの指示による	小型リレー 制御用には磁気ラッチ形	
LSCN	加入者線走査装置	加入者線のラインリレーの動作状態を読み取ってCCに返送する 32列×128行の構成で4,096回線分/装置の容量	電子回路	16

TSCN	トランク走査装置	トランクの監視リレーを介して接続回線の状態を読取りCCに返送する 32列×64行＝2,048回線／装置が標準の容量	電子回路	16
SRD	情報受信分配装置	通話路系制御装置の共通部でCCとの情報授受のインタフェースとなっている 二重化されている	同　上	2×2
MSD	保守信号分配装置	通話路系の試験診断用信号の分配、SC、RC、SCNDVの予備切替信号送出に使用	同　上	2
MSCN	保守走査装置	通話路系装置の状態を表示し、CCが必要に応じて読み取る。保守用のみならず、SC、RCの駆動時は事前にMSCNを読む必要がある。二重化	同　上	2×2
LSC	ラインリンク通話路駆動装置	LLNのスイッチを駆動する。2LLNに対し1LSCが対応する	同　上	6
TSC	トランクリンク通話路駆動装置	TLNのスイッチを駆動する。1TLNに対し1TSCが対応。2線TLN用、4線TLN用があるが構成はほとんど同様。LSC、TSCに対しては共通予備ST－SCを持つ	同　上	16
SD	信号分配装置	DP、MFセンダトランクの送出リレー駆動など時間精度の厳しいリレーの駆動に使用する。基本装置は256ポイント／装置であるが別に増設用もある	同　上	基本装置は2
RC	継電器駆動装置	TRKの磁気ラッチリレーの駆動に使用。容量は2,048ポイントあり、2線式のトランクは普通2ポイント／回路を使用する TOSの時は課金パルス送出リレーの駆動にも使用し、この場合は負荷が大きいので512ポイントあるいは256／装置の容量とする	同　上	LSでは12 TSでは32 他に予備2

以上でハードウェアの概略が解かったと思うが、ソフトウェアつまりプログラムは次のようである。

(i)交換用プログラム：交換機としての動作を規定するもので、正常運転時の接続動作を呼処理プログラム（ＣＰ）が担当し、運転管理プログラム（ＡＰ）はトラフィック統計、料金指数の出力などの処理を行なう。障害処理プログラム（ＦＰ）、障害診断プログラム（ＤＰ）は発生障害の検出、装置の切替えなどによるシステムの正常化、故障装置の診断など異常時の処理を担当する。実行管理プログラム（ＥＰ）は、ＦＰを除いた上記のプログラムの実行を一括管理するプログラムである。

(ii)試験用プログラム：従来の電磁系交換機に比べて各装置の構成が複雑かつ動作速度が速いため布線検査や簡単な測定器による試験では動作機能の確認が十分ではないので、装置納入時の検査、工事試験などのための試験用プログラムを用意して、ＣＰ系を使って大部分の機能試験を自動的に行っている。

(iii)サポートプログラム：ＣＰ系を普通のコンピュータのように用いるためのもので、プログラムの作成管理、局データの作成などのためのプログラム、および応用プログラムなどがある。

通常のコンピュータ用のプログラムに対して、交換用プログラムは、①多数の呼を同時に処理する（Ｄ－１０形で１分間に約1,500）②メモリの所要量をなるべく少なくする③処理能力を大きくする（Ｄ－１０形の場合呼当たりＣＰ系使用時間が約２８ｍｓ）ようにしてある。もちろん、オンラインリアルシステムであり、多重処理を行っている。

現在すでに、同軸ケーブルもマイクロ波回線も１つのシステムを電信、電話、テレビなど多目的に使うことが行なわれているが交換機についてはまだである。しかしハードウェアとソフトウェアに分離された蓄積プログラム式電子交換機では、装置の標準化、規格化ができて大量生産が可能になると同時に機能と無関係に見込み生産が出来るなど経済的な有利性とともに、プログラムの入替えと通話路系の１部の装置を組み替えるのみで、市内交換機、市外交換機、画像

交換機、事業所集団電話交換機およびこれらの複合交換機として用いることができるなど交換機能の追加、変更が容易である。さらに今後新分野の通信が現れると、各々の通信種別毎に加入者から送られてくる信号は多様となるし、料金体系も複雑になろう。こうして、蓄積プログラム式電子交換機の出現によって交換機自体も共用して各種の通信サービスを1つのネットワークで提供することが可能になったのである。

今後の問題点としては、(i)総合通信網において、データ通信、画像通信などの新サービスの需要量、トラフィック量などの予測は困難であり、その内容についても社会の要求は、需要の増加、経済、社会環境の変化とともに予想を超えて変わる恐れがある。こうした外部条件の変化に対して、柔軟に対処できるのが蓄積プログラム式の特徴ではあるが、現在電子交換機のソフトウェア技術は幼年期にあり、これからのソフトウェアの柔軟性と融通性を向上させるためにプログラム構成の明確化と機能条件表現方法の確立とを進める必要がある。他方技術の進歩によって、より広帯域、高速スイッチ素子、高速論理素子、経済的な記憶素子などの実用化が期待され、ソフトウェアの生産性向上も可能とみられる。(ii)データ通信の急激な発達により、当面は電話網、専用回線で間に合うとしても、いずれは専用のデータ通信網の出現が予測される。このデータ交換網の交換方式について、現在世界各国で色々の方式が検討中であるが、PCM回線用には時分割方式の有利性は確認されてはいるものの、又わが国においても電子交換機を回線交換のみならずトランクと通信制御装置を付加することによって変換交換、蓄積交換機能を持たせることが考えられているが、非会話型多数の小容量データを転送することを目的として設計されたパケット交換システム（これについては別項参照）と会話型ユーザーのために設計された高速回線交換システムのうちどちらが有効かということに関しては明らかではなく。両者を結合したネットワークも提案されるなど、データ交換機能の高度化については多少流動的である。(iii)従来の通信網では、交換点は単なる分配の機能しか持っていなかったが、これからの交換機は、サービス量の増大と質の変

化、多様化に対処する必要があり、単に点と線との接続のみではなく、交換網を監視しつつ全体の網の能率向上を考慮した信頼度の高い接続が望まれる。そのため電子交換機に通信網の管理・制御機能を持たせ、単なるトラフィック観測に限らず、トラフィック制御規制までを行なわせることを考えるとともに、その機能を十分に活用して災害、障害などによる異常時や、トラフィックの輻輳に際しても弾力的に対処し得るようになろう。しかし、この辺の議論はコンピュータネットワークの概念を待って初めて具体性を持ってくると言えるので別項を見られたい。(iv) 最も当面の問題として、電子交換機の経済性がある。これに関して、例えばアメリカでは経済的に有利なため大都市にクロスバ方式が早くから導入されたが、中小都市では従来のステップバイステップ方式に比べなかなか経済的にならないので今なおステップバイステップ方式の生産が大量になされているし、他方わが国ではクロスバ方式は中小都市では経済的となったが大都市ではそうではなく、C400クロスバの出現によりやっと経済的になった。1973年現在ベルシステムは455局の電子中央局を開設し、長距離通信用の電子交換システム（ESS、Electronic Switching Systm.）の面の開発にもかなりの進展をとげたが、1974年秋のデバッツ会長の発言では「我々が建設しているESSの大部分は、増分や取替え用のものであり、いわゆる純粋な近代化投資ではない。」と述べている。日本電々公社では、新電話サービス、データ通信・画像通信サービスなどの新サービスの需要は、当面大都市に集中すると想定し、新サービスの経済的提供、小型化という利点をもつ電子交換機が導入の初期においては、大都市の大局を中心に導入するという。他方で、交換機需要は、1萬端子以下の中小局も多く、それらに対する対策として先にあげたD－10形の機種系列の整備とを考えている。

国際交換設備のわが国の状態を補足すると、電話については、1964年にXK－1クロスバ交換機を導入すると共に世界最初の無ひも交換台を採用して半自動運用を始めた。1973年にはD－10形交換機収容加入者の1部を対象にアメリカなどを相手とする国際電話の全自動化も始められ、1976年にはXE－

1形ＥＳＳが導入され全自動呼の交換と共に、電子交換台による半自動呼の交換にも使われる予定である。テレックスについては、1969年以来クロスバ交換機による全自動化を実施しており、1976年にはＣＴ－１０形時分割電子交換機の導入を計画している。電報については、サービスの改善と業務の効率化、省力化を目的として大型汎用計算機を用いた電報中継処理システムＴＡＳを1971年に導入した。

第３節　国際通信技術

(1) 海底同軸ケーブル

海底ケーブルは距離が長くなると著しく伝送損失が増加する。この対策として連続装荷方式や海底同軸ケーブルなどが採用されたが、無中継では約200*km*が限界であった。これを打破したのが1943年イギリスで開発された浅海用海底中継器である。長距離深海用中継器を含む本格的な海底同軸ケーブル方式は、アメリカのＡＴ＆ＴでＳＢ方式として開発され、1956年米英両国によって大西洋横断のＴＡＴ－１方式の海底電話ケーブルとして布設された。これにより深海の長距離中継を可能とする技術が確認され、大陸間に高品質で安定な大容量回線を提供する道が開かれ、以来海底同軸ケーブル方式の発展は著しく、広帯域化を指向した新方式が続々と開発され同時に回線当たりの建設費なども低減され、1970年末ではケーブル長で8,500海里、中継器数約5,000ケに及び、衛星通信方式とともに国際通信に重要な役割を果たしている。海底ケーブルは衛星通信方式に比べて伝搬時間が少なく、高速データ伝送におけるエラー制御の容易さ、閉じられた伝送媒体を利用しているなどの特徴がある。以下に海底同軸ケーブル方式の開発を積極的に行なっている国々の動向を一瞥してみよう。

アメリカは、ＳＢ方式に続き1963年にＳＤ方式をさらに1969年にＳＦ方式を開発した。これは1.5インチケーブルを使用し、10海里毎に中継器を置き、最高伝送周波数６ＭＨｚ、電話７２０通話路の容量を持ち、中継器をトランジスタ化するなど信頼性の保証にも大きな努力を払っている。現在、最高伝

送周波数１２MHz 以上、電話３千通話路の容量をもつＳＧ方式が研究されており、さらに最高周波数４５MHz 以上、電話１万通話路以上の容量をもつＳＨ方式も計画されている。

イギリスは１９６９年に６４０ＣＨ方式を実用化したのに続いて、１,８４０ ＣＨ方式を完成させた。これは１.４７インチケーブルを使用し、６.６海里毎にトランジスタ中継器を置き、最高周波数１４MHz、電話１,８４０通話路の容量を持つもので、シングルアンプ形式特有の過負荷鳴音を避けるために、アンプだけは伝送方向別に２個使用するダブルアンプ形式をとっている。

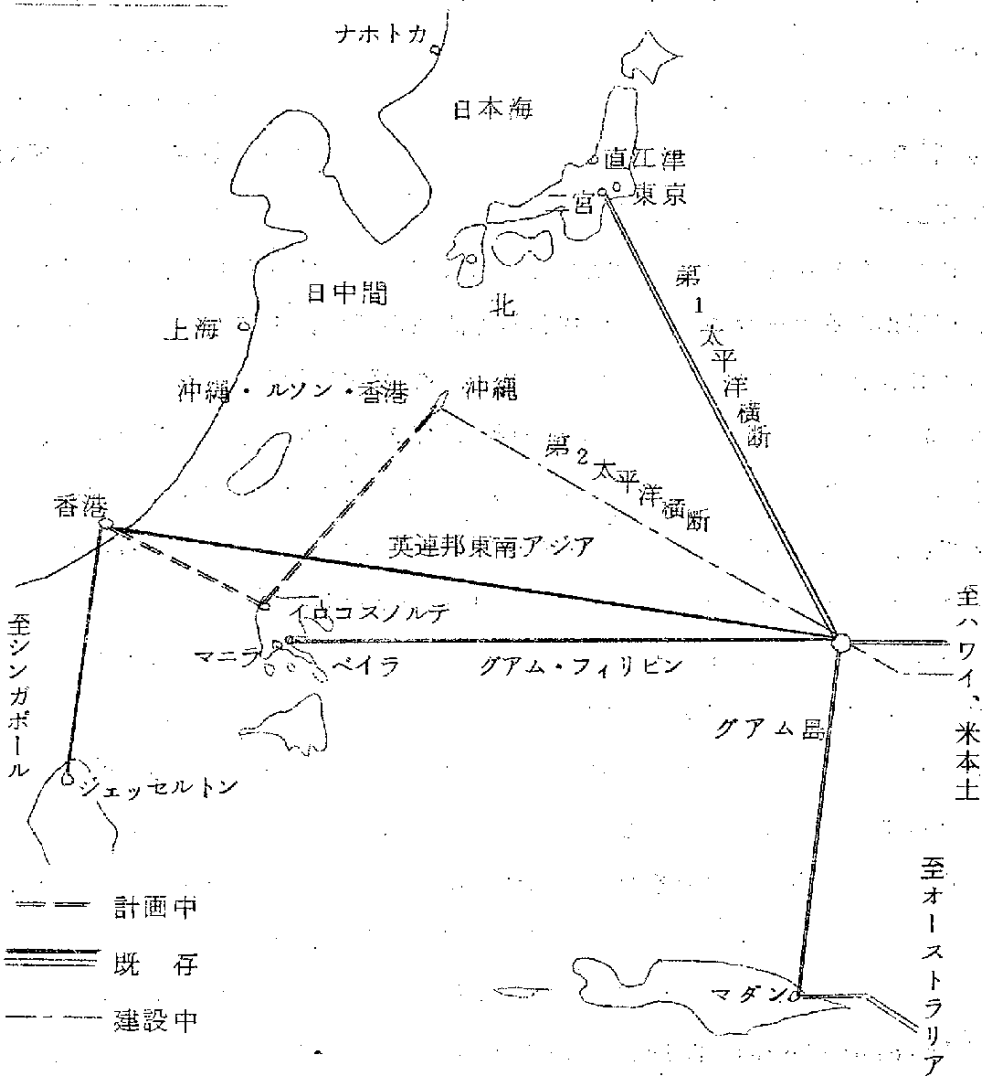
オ2－14表　各国の海底同軸ケーブル方式

		アメリカ系			イギリス系		
		BTL SB	BTL SD	BTL SF	BPO 160 CH	BPO 460 CH	STC－14MHz
最初の布設（開発）年		1956	1963	1969	1965	1969	1971
3 kHz 通話路数（　）は 4 kHz		48	128	720	160 (120)	640 (480)	1,840
設計方式長（nm）		2,400	3,500	4,000	3,000		3,500
最大給電電圧（V）		±2,500	±5,500	±3,500	±6,250		±6,250
伝送帯域（kHz）		20～164	108～504 666～1,052	564～2,788 3,660～5,884	60～552 672～1,164	312～2,292 2,792～4,772	312～6,016 7,996～13,700
海洋等化区間長（nm）		150～200	192	196		10～12 中継	
中継器	区間長（nm）	37	20	10	173	7.5	6.6
	利得 dB（kHz）	65 (164)	49.2 (1052)	40 (6)	50 (1,164)	47 (5,000)	43 (13,700)
	給電電流（mA）	250	370	136	415	80	500
	増幅素子	真空管	真空管	トランジスタ	真空管	トランジスタ	トランジスタ
ケブル	構造（インチ）	0.62，外装形	1.00，無外装	1.50，無外装	0.99，無外装	1.00，無外装	147，無外装
	水中重量（t/nm）	1.8	0.87	083	0.6	0.87	
中継器体	構造	可撓形	硬直形	硬直形	硬直形	硬直形	硬直形
	寸法（cm×cmφ），重量	210×5	90×30 227kg	90×30	270×26.6 680kg	300×28	
	材質	銅，銅リング	ベリリウム銅	ベリリウム銅	鋼鉄	鋼鉄	
監視方式		水晶ピークによる利得雑音測定	同左	監視用水晶発振器を各中継器に自蔵	相互変調歪測定	ループ利得，雑音測定	同左のほか相互変調歪測定
主な布設区間		TAT－1,2 HAWA11－1	TAT－3，TPC TAT－4 HAWA11－2	フロリダ－バージン諸島 TAT－5	SEACOM（一部）スペイン－カナリー諸島	イギリス本国－ポルトガル	スペイン－カナリー諸島

フランスでは１９57年にマルセイユーアルジェ間に８０CH方式を布設して以来、１２８CH方式、トランジスタ中継器を用いた１６０ＣＨ、６４０CH方式を実用化している。６４０ＣＨ方式は、１～1.5インチの軽量ケーブルを用い、中継間隔7.5～１１海里、最高周波数５MHz、電話６４０通話路の容量をもつもので、中継器の耐水性。耐腐食性を向上させるためポリエチレンモールドを施している。

わが国では、短波による国際通信回線に代わるものとして、1964年に日米間大平洋横断同軸ケーブル（電話１２０通話路）が開通し、さらに直江津ーナホトカ間の日本海海底同軸ケーブルが開通した。しかしそのケーブルの１部が国産のものであったのみで、中継器は外国の技術であった。現在国際電々公社では、才３大平洋ケーブルに使用することを目標に1,６００通話路の容量を持つ１２MHz方式の開発を終え、特性試験を行なっている。一方電々公社では国内通信網用に、1967年から本格的な海底同軸ケーブル方式の検討を開始し、ＣＰ－１２MTr方式の技術を採用したＣＳ－１０Ｍ方式が1969北海道内浦湾に布設された。国内網用としては、①幹線ルートの途中などにある海狭などに使用する短距離浅海用と②離島との通信に適用する長距離深海用の２つに大別され、信頼性、等化方式、給電などの技術面で大きな相違がある。①については、陸上の１２MHz方式と同一の2,700通話路（４kHz帯域幅）の容量をもつ浅海用ＣＳ－３６Ｍの開発を終え商用化試験中で、さらにＣＳ－２００Ｍ方式を計画している。②については国際用としても広く使える深海用ＣＳ－３６方式の研究が行なわれている。

第２－１７図　　・太平洋地域海底ケーブル網



(2)　衛星通信

(i)　国際通信衛生

地球を回る軌道上の人工衛星を無線の中継基地とする考えは1955年J.Rパースによって提案され、後にR、コンファーとともに極軌道上の受動、能動衛星を使って大西洋をまたぐ通信の可能性について論じた。両者はさらに、２４時間静止軌道衛星に必要な条件についても触れ、月や太陽の引力で引起される軌道上の位置の摂動のためにアンテナフィードを動かして、軌道上の位置を補

正する必要まで述べていた。受動型のものは気球衛星と呼びれたエコー1号が1960年に打上げられたのが最初である。これは直径30mの球で表面に電波を反射するように金属箔が貼られている。アメリカ国内及びアメリカとヨーロッパ間の送受信が実験された。能動型のものの最初は、クーリエ1号衛星でエコー1号のすぐ後に打上げられた。これは中に1分間6.8万語の送受信のできるテープレコーダと送受信機を積んでいて、予定していた実験もすべて成功した。これより後通信衛星が海底ケーブルに取って代わる可能性がでて、1962年ベルシステムとNASAと共同で打上げられたテルスタはこの可能性に答えるためのもので、965～5632km、傾斜角44.8度の軌道で2時間38分で地球を1周し、上り回線（地球→衛星）として6.4GHz、下りとして4.2GHzの周波数を用いて、出力2.25Wの多チャンネル中継機能をもつ通信衛星であった。コムサット（Communication Satellite Corporation）は、1962年のコムサット条例に基づき、1963年に設立された株式会社であり、他の国々と協力して商用通信衛星システムを確立する責任を負い、すべての国々に差別なくサービスし、新しい技術から得られる利益はサービスの質および料金の改善に向けられるようになっている。しかしもちろん国際商業衛星通信網の分野で米国が独占的地位を占めることを目的としている。1964年NASAは初の静止型同期通信衛星であるシンコム3号の打上げに成功し、同年には世界的な衛星通信ネットワークの創設に向けて、国際商業衛星通信機構（インテルサット、（International Telecommunications Satellite Consortium）が結成された。さらに翌年には、最初の商業通信衛星アーリー・バードが打上げられ、衛星を静止同期軌道にのせる技術が確立され、インテルサット・ネットワーク発展への道を開いた。コムサットはまた82ケ国の事業主体からなるインテルサットの主要な投資者でもありヌマネジャーでもある。インテルサット衛星は、NASAのロケットで打上げられ、コムサットが赤道上空の静止衛星軌道に静止させる。トラフィックの割当、テレメトリ情報の受信、地球局の発射電力の監視や管理の役割もコムサットが果す。インテルサットの地上局は

その国の関係機関の所有であり、1971～73年にかけて地上局をもつ加盟国は39→53ケ国、局数は52→69ケ処、地上局のアンテナ数は63→87に増加した。マイクロ波技術の応用としての通信衛星は、わずか10年の年月の間にトランスポンダ出力の飛躍的増大、アンテナ性能の向上などの技術的改良を加えて、表のような発展をみた。今インテルサット3、4号が各々3個ずつ軌道上にあり、3号は電話1,200通話路、TV4チャネルまたはそれらの組合わせの容量をもちTRW社によって製作された。4号はヒューズ社によって製造され、全地球カバーモードで電話3,000通話路、スポットビームモードで9,000通話路の容量をもち、36MHz帯域幅の12の中継器、全地球カバー送受信アンテナ各2、方向を変えられるスポットビーム送信アンテナを2個積んで7年間寿命を保障されている。1980年ごろには4号の約2倍の容量をもつ5号の打上げが計画されている。

才2－15表　インテルサットの性能

	INTELSAT-1	－Ⅱ	－Ⅲ	－Ⅳ	－Ⅴ ?
使用開始年	1965年	1967年	1968年	1971年	1980年
トランスポンダ (利用周波数帯)	25MHz×2台 (4.6 GHz)	126MHz×1台 (4.6GHz)	225MHz×2台 (4.6GHz)	36MHz×12台 (4.6 GHz)	スポット(複数) (4.6及び11.14GHz)
実効出力 (トランスポンダ1台当り)	10W	35.5 W	160W	グローバル200W スポット3,000W	
通信容量 (トランスポンダ1台当り)	電話 240ch 又は TV 1ch	電話 480ch 又は TV 2ch	電話720ch, TV 1ch 又は 電話1,200ch	電話G 900ch S 1,800ch 又は TV 1ch	(全トランスポンダ) 電話 25,000ch
寿命	1.5年	3年	5年	7年	7年

(ii) 国内通信衛星

通信衛星の国内通信への応用は当然考えられることで、ソ連では早くにテレビ放送用広帯域回線を主目的とする国内通信衛星システム「アルビータ（軌道）」を作り上げた。それはモルニア（稲妻）と呼ばれる系列の衛星を中継点としている。モルニア1号は1970年の終りに、傾斜角65度、周期11時間55分480～30,520 kmの長楕円軌道に打上げられた。伝送周波数は、テレビ用3.4～4.1 GHz、音声用1 GHzである。モルニア2号はほぼ1年後に類似の軌道に打上げられた。2号は6 GHz帯で動作していて、公表された目的はTVプログラム、音声およびその他の通信の伝送ということである。詳しい性能は不明だが、モルニア1、2号は現在合わせて30以上打上げられていて、北半球上空に遠地点をもっているためモルニア衛星の1回の通過で9時間、1日合計15時間の通信が可能とみられ、現在ソ連領の大半をカバーしていると見られる。又北アメリカとの通信が1日数時間可能であるが、現在はキューバにある地上局との通信にだけ使われている。なおソ連の技術では赤道上の静止同期衛星を打上げることは困難だといわれ、又通信範囲にも問題があるため、国際通信衛星の計画はないようである。

カナダにおいては、広大な土地、工業開発のレベル、2ケ国語を使用することなどの事情が、国内衛星通信システム設立に拍車をかけている。通信はカナダ経済にとって重要な要素であり、たとえばアメリカより1人当たりの電話回数、CATV加入世帯の割合などは高い。アメリカとの国境沿いにマイクロ回線があり、国境を離れると無数の小部落、町があり北部の政府の行政。健康管理。教育などで必要な通信は品質の悪いHF帯の回線にたよっていた。カナダ国内通信衛星システムを作るため1969年に議会の法例により、テルサット。カナダ社が設立された。通信衛星はアニーク（エスキモー語で「兄弟」の意）と呼ばれ、カナダ全土をカバーし、最初は英仏語のテレビ番組を南部の主要都市に送り、地上回線で再分配する。遠隔地で受信されたテレビ番組は、その地域の放送局より直接再放送される。又人口集中地域間の既存の幹線を補うと同

時に、北部地域間および北部から南部への小容量通信をさばく計画もある。さらに、既に設置された映像通信施設を利用しての雙方向通信サービスや、別キャリヤ方式で北部小集団用に良品質の電話回線とラジオ番組を伝送する計画もある。1972年にアニーク1号が、翌年に2号が打上げられた。合計3つの衛星が米国ヒューズ社によって作られ、その内2つがケープケネディからNASAによって打上げられ、1つは故障時の代りまたは増チャネルのためにとってあると言われている。重さ557kg、周期は約24時間で、上り回線6又は4GHz、下りに500MHzを用い、1伝送波当たり、1カラーテレビ番組、2音声回線、キュー制御用1回線、で一方向電話にして960通話路の伝送容量をもち40MHzの帯域幅を使用する。又コマンド、テレメトリ、測距離用に約20MHzの帯域幅を必要とする。

アメリカでは、1965年にABC・TVが国内テレビネットワーク専用の衛星通信システムをFCCに申請して以来同様な申請が相次いだ。しかしすでに裸線路、ケーブル、マイクロ波中継など相当長の地上通信回線が巨額の経費をかけて建設されており、ベルシステムや他の私企業もさらに設備の拡張を続けていたため、国内通信衛星システム（DOMSAT）がそれらに与える影響の大きさからFCCの決定は遅延した。しかし1970年に入って、ドムサットは民間企業で行なうという自由参入の原則を決定し、広く利害関係者から申請書とコメントを求めた。1971年までに、11件の申請があり、翌年FCCはドムサットの民間組織による確立という方針で一定の実績と条件に基づき資格要件を備えた申請者には平等にドムサット分野に参入する機会を与えられるといった個別認可の政策を出した。結局国内衛星通信の最初の実施はRCAGlobecom社であった。同社はRCAの子会社で、アラスカでの長距離電信電話サービスを行う子会社を持っていた。アラスカでの通信施設の配備はカナダでのそれと同様コストが高く数々の困難を伴ないしかも他の48州と地理的に隔絶しているという悪条件が重なっている。48州とアラスカ半島を結ぶ低容量音声周波数回線の海底ケーブル以外に商業上採算的に良いものとして、カナ

ダのアニーク衛星を利用する方式が、1973年末に実施された。

WU（Western Union）社はドムサットシステムの建設に最初に名乗りをあげ、1973年初に米国初のドムサットシステムの建設認可を得、ヒューズ社と宇宙。地上両面の契約を結んで、アニーク型の12のトランスポンダを持つ衛星を3つ製作し、FCCの認可後わずか15ケ月後の74年4月に軌道傾斜角1度、周期23時間35分、地上約35万kmの円軌道にNASAによりウェスター1号として打上げた。各トランスポンダ当たりの通信容量は単向音声回線で1,200通話路、50Mbps、カラーテレビ回線で1チャネルである。7月から、音声、データ、図形、ビデオの通信サービスを開始した。送受信局は、ニューヨーク、アトランタ、シカゴ、ダラス、ロスアンジュルスの5局である。サンフランシスコとワシントン地区にも地上回線を介してサービスが行なわれている。10月にはウェスター2号が打上げられた。最終的には3つの衛星を静止同期軌道に打上げ、スポットビームで全米48州をカバーする。上記の他にポートランド、ハワイに送受信局を、又カリフォルニア、オレゴン、ワシントンに受信専用局を設置し、西海岸のテレビ番組の分配用にも5局の地上局を設置する予定と言われる。ウェスターのリース方式としては、雙方向音声／データ回線リース、基礎群リース（電話12通話路）、超群リース（電話60通話路）、主群リース（電話300通話路）、トランスポンダ。リースがある。

以上の他現在2社が国内衛星通信回線を提供しているが、いずれも衛星施設をWUからリースして行っているものである、1973年6月現在申請中のドムサットシステムは次の通りである。

才2－16図　73年6月現在申請中のDOMSATシステム

運営業者	サテライト数	トランスポンダ	地上局	経費（単位100万ドル）	推定年間収入（単位100万ドル）
Western Union	2（軌） 1（地）	24（軌） 12（地）	5（送／受）	69.0	21.5
COMSAT General	3（軌） 1（地）	72（軌） 24（地）	—	145.0	37.5
AT & T	COMSATより リース	72（軌） リース	5（送／受）	65.0	58.1
National Satellite Services, Inc.（NSS）	2（軌）	24（軌）	2（送／受） 6（受）	47.5	16.5
GTE Satellite Corp.	NSSよりリース	8（軌） リース	4（送／受）	26.0	16.0
COMSAT－MCI－Lockheed（CML）	1（軌） 1（地）	48（軌） 48（地）	20（送／受）	170.0	70.0
RCA　フェーズ 　フェーズ	Telesatよりリース 1（軌）、1（地）	2（軌）リース 24（軌）、24（地）	（5（送／受）） 9（送／受）	27.5 84.5	11.0 35.0
Amarican Satellite Corp.（ASC）フェーズ フェーズ	Telesatよりリース 2（軌）、1（地）	2（軌）リース 24（軌）、12（地）	（4（送／受）） 6（送/受）、100（受）	15.0 120.0	7.0 33.0
Western Telecnmmunications（WTCI）	2（軌）	24（軌）	6（送／受）	68.0	25.0
Teleprompter	リース	2（軌）リース	5（受）	0.6	0.03

注：（軌）は軌道衛星、（地）は地上予備衛星を、また（送／受）は送受信局、（受）は受信専用局を示す

わが国の国内通信衛星システムに関しては、1960年代末に宇宙開発委員会宇宙開発事業団が発足し、このうち通信衛星の開発を目的として、郵政省、国際電々公社、NHK、電々公社の4者による宇宙通信連絡会議が作られた。しかし技術的に流動的な部分が多く、1976年を目標に電話約4千通話路、上り30GHz、下り20GHzの周波数でPCM方式による中容量実験衛星の打上げ、1978年ごろに、災害対策を主目的とし離島などの遠隔地通信および臨時回線の作成をも考えた中容量衛星通信の商用化が計画されている。

(iii) その他の通信衛星

注目すべき通信衛星として、1974年5月に打上げられたATS6衛星がある。これはNASAによって計画された実験衛星で、レーザ通信技術を含めた多くの実験および、アメリカの遠隔地域にある低コスト地上受信局に定期的にテレビ番組を送信することが、技術上、経済上、教育上可能かどうかを実験する。それには2.5～2.7GHz帯の周波数を用い15Wという強力な送信機を積んでいる。総重量1.5トンで軌道傾斜角2度、周期23時間56分、地上約36万kmの軌道にある静止同期衛星である。

他にアメリカ国防省による戦略用の通信衛星システムがある。これは民間の通信網とは別種のものであるが、通信技術、部品などの進歩に与える影響は無視できない。たとえば、DOD－Advent計画は、役に立たない衛星の製作に1億8千万ドルを費し、1960年代初期に終了したが通信用地上局やNASAのシンコム衛星の実験に非常に役立った衛星制御方式を開発した。軌道位置制御のできない単純スピン安定の準同期赤道軌道にある26ケの衛星と36局の地上および船上ターミナルからなるDSCS－I（Defense Communication Satellite System Phase I）がある。これは1960年代に作られ、7～8GHz帯を使用し、広帯域FMリミッタつき中継器を導入している。長距離戦略用司令および防衛用通信として、静止軌道上で位置制御できるジャイロスタット衛星を使用するDSCS－Phase IIが現在実施中である。携帯用警報装置からトラック、船舶および航空機上で使用するための雙方向装置などの超

小型軽量のターミナルを使った移動戦術通信用の衛星ＴＡＣＳＡＴも1969年に打上げられている。さらに、戦略空軍ＳＡＣに対して広範囲の警報、制御その他作戦上の通信を提供するとともに、海軍に対しても船舶対陸、船舶対船舶、船舶対航空機、および潜水艦など全世界にいる艦隊向けの通信を提供するためのＦＬＴＳＡＴＣＯＭシステムが計画されている。

(iv) 衛星通信の現状と動向

衛星通信がケーブル伝送に対して優れている点として、多元接続（Multiple Access）が可能で、多くの局の間でお互いが直接に交信できるということがある。多元接続の要求がないとしても、衛星による伝送は同じ4.16 GHzを用いる地上のマイクロ波通信とは少し異なる。それは地上の通信では数十から百に及ぶ中継器が間に入って信号を増幅し、各中継器は40 dB程度のフェージングにまで耐えるように設計され、正常時の入力のＣ／Ｎ比は約50 dBである。それとは対照的に、衛星通信では、将来衛星間中継も考えられるにしても、1つの中継器だけでしかも4 dB程のマージンしかないので正常時には14 dB程度のＣ／Ｎ比で動作する。このように低い雑音特性を満たすには、ＦＭ方式やディジタル方式が必要である。又多元接続を行なう場合、多数の相異なる搬送波を1ケの衛星を通して中継するにはどのような変調方式をとるのが良いかという問題が出てくる。

インテルサットでは、最初の1963～4年当時多元接続用として次の3つの変調方式が検討された。

(i)各国は、その国の全部のトラフックに必要なだけの多重度をもつ従来の周波数分割により多重化されたベースバンド信号を1つの搬送波でＦＭ変調してそれを送信する（ＦＤＭ／ＦＭ方式）。この方式では、ある国と交信する局はその国よりの電波を受信してから自国むけの信号だけを引き出す。したがって各局は1つの送信機と交信すべき国の数だけの受信機（又はそれに付随する搬端装置）とを持つ。又使用する機器は従来のものでよく、唯1つの問題点は、種々の振幅と種々の周波数間隔とをもつ多くの波を衛星のＴＷＴで共通増幅す

る場合に生ずる混変調雑音を正確に計算するということだった。しかし当時の目的にとっては近似計算で十分であったし、その後この方法は次第に洗練されて完全に実用化されている。

(ii)各地上局よりPCMパルスのバーストを送信し、それが衛星入力において正しい時間と順序で並ぶようにして時分割多重する（PCM－TDMA方式）。この方法によると、ある瞬間に衛星のTWTを通るのはただ1波だけであり、混変調の問題は全ったくない。インテルサットの目的には、50Mbpsのクロックで与えられた地域のすべての局が同期して働らくような装置が必要であった。それは可能とは思われたが当時では、総合的なチャネル容量がスレショールドを改善したFDM－FM方式と比べて特に優れた処がなかったので商用化には至らなかった。

(iii)各局が最終段の搬送波を周波数分割で多重化したベースバンド信号を用いてSSB変調して送信する。この方法ではすべての地上局は同一の"キャリヤ周波数"を用いて送信し、各局のベースバンド信号はお互いに重ならない様に選ばれる。各局から集まったSSB信号は衛星の中で特別な回路を用いてFM変調信号に変換される。この方法は必要な直線性を得るために地上局の送信機に過大な出力を要求した。

結局インテルサット1号では、装置がすでにできている点および方式として得られる効率が十分満足できることからFDM－FM方式が採用された。しかし当時は比較的大容量の音声回線をもつ国だけが衛星システムに参加すると見られていた。たとえば当時最初の衛星が中高度衛星になるか静止同期衛星になるかさえ明らかではなく、中高度衛星の場合各地上局は2基の完全追尾形アンテナとそれに関連する送受信装置という大がかりで経費のかかるものになってしまう。

シンコム、アーリーバードなどの静止同期衛星の打上げ成功は、衛星の通信装置並びに地上局に要するコストの低減の可能性を示した。さらに静止同期衛星の高高度であるための時間遅延およびそのエコーサップレッサに与える影

響もそれ程問題にならないことが明らかとなり、小容量トラフィック局に対する可能性もでてくると同時に衛星回線の両端を特定の地上局に固定することなく、呼びの発生に応じてその都度回線を設定するデマンドアサインメント（DA、Demand Assignment）に対する要求をもたらした。DAの主要な目標は、①トラフィック数の少ないリンクに能率のよい経済的なサービスを提供する。②各リンク毎に固定した回線数を割り合てている現在のインテルサットのプレアサインメント（PA、Preassignment）方式（現在の方式は、24、60、132チャネル／キャリヤ等の標準化された容量の搬送波を用い、各搬送波毎に行先を指定した、シングル又はマルチデスティネーションキャリア方式である）で運用されている大束回線からあふれたトラフィックを処理する。③同じ衛星の下にある地上局の間で任意の2局を必要に応じてリンクする。④各回線を個々に指定することによって衛星の容量をより能率よく使用する。⑤既存の地上局機器をより効率よく利用する。などである。

衛星を使用する伝送方法によって、衛星の容量がいかに変るかについては、インテルサット4号のグローバルビームを用いた場合のトランスポンダ容量の大体の計算を次に示す。

才2－17表

	キャリヤ数	キャリヤ当りのチャネル数	トランスポンダ当りのチャネル数
FDM－FM(PA)	14	24	336
FDM－FM(PA)	7	60	420
FDM－FM(PA)	3.5**	132	462
SCPC*－PCM/PSK(DA)	800	1	800

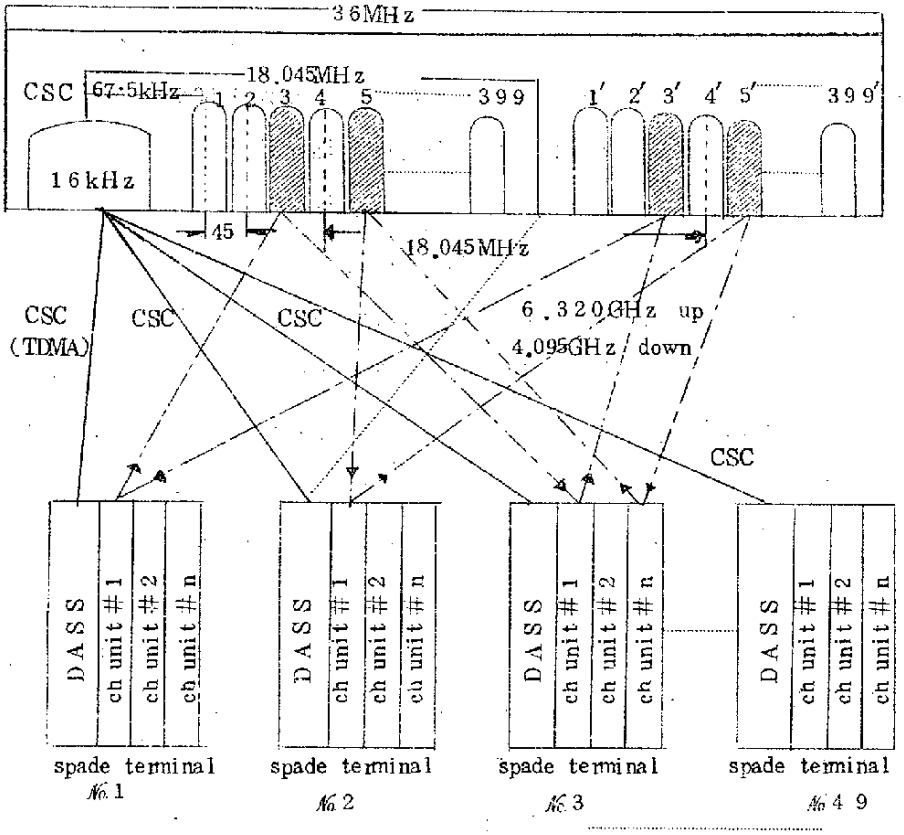
*Single Channel per Carrierの略

**10MHzキャリヤ3つと　5MHzキャリヤ1つ

さらにトラフィックという立場に立つと、ＤＡ回線は両端が固定されていないためＰＡ回線よりもはるかに大きい数の地上回線に使用できる。たとえば800ＤＡ回線があるとトラフィックパターンにもよるが1,600から2,400地表回線（国際関門局（ＣＴ）一地上局間）の接続処理をすることができる。

ＤＡ方式は、日本電気とヒューズ社により提案された"スター"システムで最初にとり上げられ、1965年の末に作成された。スターシステムは大洋域毎に１つの中央制御局をもち、ある国からの呼の要求に対して中央制御局が往復の周波数を関係する２国に割当てるという方法がとられた。変調方式はコンパンダ使用のＦＭ方式で周波数配置は混変調によって生じる結合波の妨害が最小になるように選ばれた。この方式では呼がある時のみ周波数が割当てられ実際に使用されるので衛星電力と帯域幅とに対して非常に効率的で、しかも中央制御局だけがどのチャネルがどの呼に使用されているかを監視記録していれば良いので各局に必要な機器も非常に簡単化できた。しかし８０局以上をもつインテルサットシステムでは、ある大洋域全体のトラフィックが１つの国にある中央制御局を経由し、それによって完全にコントロールされるということは政治的に受け入れられなかった。この問題を避けるためにスペードシステム（ＳＰＡＤＥ、Single channel per carrier PCM multiple Access Demand assignmeat Equipment）が考案された。最大４９局までのスペード局がインテルサット４号を介してスペードシステムを構成する。これらのスペード局は、共通の伝送路として衛星の１つのトランスポンダを使用し、36 MHzの帯域幅をもち、４５kHz間隔で約８００の一方向音声チャネル、160 kHz幅のＣＳＣ（Common Signaling Channel）用帯域およびパイロット信号が割当てられている。音声チャネルは、パイロット信号の下側のCh 1からCh３９９までと上側のCh 1'からCh ３９９'からなり、対応する番号間の周波数差は一定の18.045 MHzで、必ず対となって往復の衛星１通話路を形成する。

第2－18図　スペード方式



中央制御局による政治上の問題を避けるために、スペードでは各局の複雑さを少し増して、各局毎に通信制御用のコンピュータを装備した。又帯域幅の節約を図るため、アナログのＦＭ変調方式に代って、デイジタルの４相ＰＳＫ変調方式が採用された。このためスペードでは衛星の１つの音声チャネルが５０Ｋbps程度のデータ伝送にそのまま使えるようになった。ＦＭ方式ではせいぜい９.６Ｋbps程度であったと思われる。１つのキャリヤに１つの音声信号をのせ音声の有無によりキャリヤをオンオフするというスターの考え（ＳＣＰ、Single Channelper Carrier）はそのまま継承された。

1974年２月現在、スペードサービスを行っている局数、初期段階として実装しているチャネルユニットの数および実際にサービスに用いているチャネル

ユニットの数は次のようである。

第2－18表

	実装しているチャネル数	サービスに用いられているチャネル数	サービス開始月
アルゼンチン	12	12	1973－ 9
ブラジル	12	4	〃 －12
カダダ	24	24	〃 － 9
フランス	12	6	〃 －10
ドイツ	12	10	〃 －12
ギリシア	12	6	〃 － 9
イタリア	12	4	〃 －10
オランダ	12	7	1974－ 7
ペルー	12	4	1973－12
スウェーデン、デンマーク、ノルウェー、フィンランド	12	10	〃 －10
イギリス	24	4	1974－ 2
アメリカ	24	3	1973－11
サービスしている全チャネル数		94	

インテルサットはまずFDM－FM方式から始めたわけであるがこの方式は1国から他の1国に行く大容量トラフィック（900ないし1,800電話通話路）に対して最適の方法であり、現在でも最も広く使われている。そして最近のスペード方式は、20～30回線が多くの相手国に分散しているような国に対して最適と考えられ、特に小容量トラフィックルートへの使用が改善されるものと期待されている。一方その中間の組合せに対してはTDMA方式が最適といわれ、現在実験用のTDMAシステムが開発され、インテルサット衛星を介してアメリカ、ドイツ、日本で試験中である。又スペードのチャネルユニットを用いて48～56K bpsのデータ伝送を行うフォワードエラーコレクテング用

ＣＯＤＥＣをもつデータ伝送用チャネルユニットが開発され、1973 年末米英間の試験に成功した。これはビット当たり誤り率が10^{-7}という高品質のデータ伝送を可能にした。さらにスペードのＣＳＣと同じ１２８Ｋbps を用いて、５０bps の 2,500 電話回線あるいはもっと速くて数の少ない回線など時分割電信システムも研究されている。なおＦＣＭ－ＴＤＭＡ方式にはＤＳＩ(Digital Speech Interpolation)というコンセントレータを付加できるが、グローバルビームを用いたマルチポイントＤＳＩはＤＡ方式以上に回線数節減の効果を期待できるという。

国内通信衛星についても技術的には国際通信衛星とほとんど変わりはない。しかし、たとえば米国のドムサットでは、４８州、ハワイ、アラスカ、プエルトリコを１つの衛星でカバーできるようにアンテナ等の機器構成、衛星の位置が設計されているといわれるように、衛星の電波ビーム照射区域内ではどこでも地上局端末を設置することができ、端局間の距離が２００kmだろうが１万kmだろうが技術的にも経済的にも何の違いもないということと、レーザ光線まで使用できる広帯域特性のもつサービスの多種多様な可能性が既存の国内通信回線に与える影響は無視できない。そのいくつかについて見てみると、上にみたように長距離通信サービスに与える影響には甚大なものがあろう。安価な長距離電話通信サービスに対する潜在需要は、産業界・公共部門の双方で根強いものがあり、市外電話回線の料金の著しい低減が実現されればトラフィックも増大し、増加した回線設備を経済的に成立たせる収入も確保出来るようになるだろう。あらゆるタイプのサービス料金は、ドムサットシステムの出現による競争の激化で低下する。広帯域利用が継続的なものとなり、伝送率も削減させるので全く新しいサービス、たとえば、電子式郵便、文書伝送システム、情報検索システム、ビデオフォン、商業・教育両部門の閉回路テレビなどが実用化される。データ通信も安価で広汎なサービスが行なわれるようになり、パケット交換、ダイヤル式ディジタルシステム、超高速データ通信、ＤＡ伝送システム、リモートバッチ処理などの研究開発も加速化される。ＣＡＴＶに関する遠距離

接続が解決するので近距離接続の研究が加速される。ただし通信衛星は故障した場合修復の可能性はないので、安全性を重視する回線では不安が残る。したがって既存の長距離回線（たとえば同軸ケーブル回線）なども、故障・災害時やピークロード異常などのバックアップ用として存続活用されると思われる。

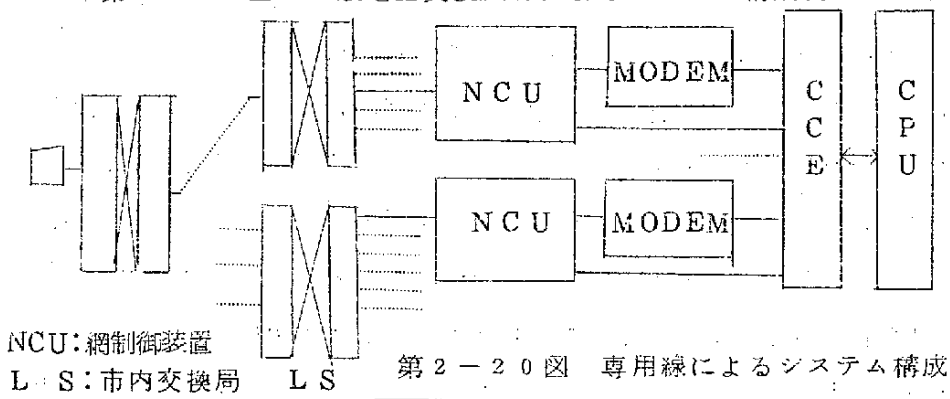
別の視点からの問題としては、衛星本体と地上局との性能のバランスが考えられる。つまり、(i)現在のモデルでは、衛星からのメッセージが地球上の各地域毎に分けられ、少くとも数十万ドルのコストがかかる地上局に送信される。(ii)もっと高コストで複雑な衛星を使えば、2～3千ドルのコストでできる地上局でも受信可能な強力な信号を送ることができる。このような信号を受ける"共同アンテナ"なら全米に数万基設置可能である。この方向の実験は先にあげたＡＴＳ衛星である。(iii)さらに高価で複雑で強力な衛星を使えば、2～3百ドルの付属装置を取付けた各家庭のＴＶ受像機に直接送信できる。この方向の実験がＴＡＣＳＡＴなどである。容易にわかるように、他通信系との電波干渉などの技術的問題もあるにしても、社会、経済・政治などの広い範囲にわたる影響を考える必要があり、政府当局者や、教育機関や、通信企業などとの合意が必要である。又いくつかの国内通信衛星システムの共存も考えられる。

第４節　コンピュータコミュニケーション関連技術

1)　通信制御の概要

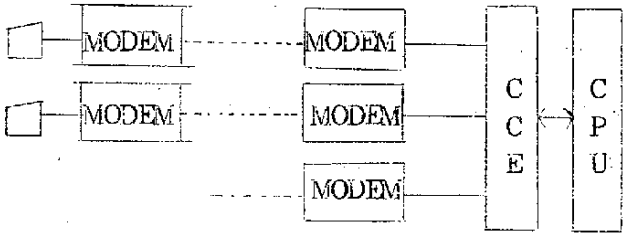
まず、従来のオンラインデータ通信システムにおける通信制御を考えてみよう。通信制御装置の位置は次の図のようになる。

第２－１９図　一般電話交換回線によるシステム構成例

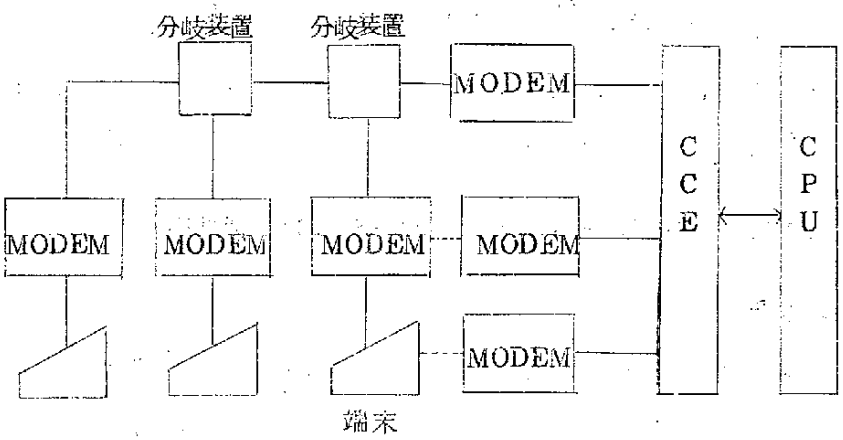


NCU：網制御装置
ＬＳ：市内交換局

第２－２０図　専用線によるシステム構成例



第２－２１図　分岐回線によるシステム構成例



ではそれらはどのような機能を果していたかと言うと、

①回線とのインターフェイス：データ伝送回線との電気的接続・切断のためのトランクの制御、変復調装置の制御、回線状態の監視などを行なう。

②文字の組み立てと分解：文字の組み立てとは、データ伝送回線から受信する直列のデータ信号をコンピュータ内部で扱われる並列のデータ信号形式に変換することであり、文字の分解とはコンピュータから送られてくるデータ信号

を直列に変換して、データ伝送回線の伝送速度に応じた速度で順次送り出すことである。もちろん並列伝送回線の場合には必要ない。

③バッファリング：データ伝送回線から、データはランダムに受信されるようなとき、これを多重化するため回線走者からＣＰＵがメッセージを処理するまでの各段階にバッファをおいて待ち合わせを行ない、同時にプログラムへの割り込みを少なくしてＣＰＵの負荷を軽減するとともにデータの消失を防いでいる。ビットバッファ、キャラクタバッファ、メッセージバッファなど種々のバッファがあるが、制御・論理装置とバッファメモリの配分からみた通信制御装置の分類を次表に示す。

第２－１９表　通信制御装置の分類

分類	バッファメモリ	制御方式	方式説明	記事	
				通信制御装置	論理装置
組立バッファ	なし	文字組立制御	受信サンプル機能を持ち、ビット文字組立制御メモリ領域はメインメモリと共用	融通性大 構成単純	メインメモリのスチール大 負荷大
	ビットバッファ		受信ビット組立機能を持ち、文字組立制御メモリ領域はメインメモリと共用	〃	〃
	組立文字バッファ		文字組立完成によりメインメモリに転送、その後の処理はメインメモリで行う	〃	負荷大 割込回数多
文字バッファ	処理文字用バッファ	伝送ブロック制御	伝送ブロックの始終を判別し、メインメモリ上に電文を組み立てる	融通性大	負荷大 割込回数少
	処理用文字バッファ、制御バッファ		伝送ブロックの始終判別のほか文字シーケンス制御なども行う	融通性はハードウェアによりやや制約される	負荷やや少
	〃		電文送信とその確認、電文受信と応答などの複合コマンド方式	〃	〃
ブロックバッファ	伝送ブロックバッファ		伝送ブロックのバッファリング、再送制御を行いクリーンデータをメインメモリに送る	バッファサイズに制約あり	〃
メッセージバッファ	メッセージバッファ	メッセージ制御	ストアードプログラム方式により電文、メッセージの伝送制御を行う	ハードウェアの規模大	負荷少

④符号変換：宅内装置が使用している符号形式とコンピュータ内部の符号形式が異なる場合に行なわれる。

⑤誤り制御：データ伝送回線では、伝送信号は雑音や瞬断などの妨害を受け、受信信号には確率的な誤まりが発生する。このためには伝送路の電気的特性を改善し、誤まりの発生確率を許容範囲に下げるのも必要であるが、これには経済的技術的に限界がある。そのため考え出された方法が、受信信号に発生する誤まりを検出し、検出した誤まりを何らかの方法で訂正するという方法である。誤まり検出の方法には次表のようなものがある。

第2－20表　誤り検出方式の分類

- アナログ波形のチェック
  - 信号品質検出方式
- 復号後の論理判断によるチェック
  - 返送照合方式
    - (1)キャラクタ返送照合方式
    - (2)ブロック返送照合方式
  - 連送方式
  - 冗長ビット付加方式
    - キャラクタチェック
      - (1)キャラクタパリティチェック
      - (2)定マークチェック
      - (3)ハミング符号
      - (4)その他
    - ブロックチェック
      - (1)水平・垂直パリティチェック
      - (2)サイクリックチェック
      - (3)その他
  - その他

データ伝送で最も一般的に使われているのは、垂直パリティチェックと水平パリティチェック方式であり、2.4Kbps以上の同期式伝送にはサイクリックチェック（CRC）方式が用いられている。パリティチェック方式とは各文字を表わす符号にもう1ビットの冗長ビットを付加して、その符号中の"1"の数を奇数か偶数かのどちらかに固定する方法である。これにより10^{-1}の程度誤まりを減らすことができる。垂直とか水平とかは冗長ビットを付ける位置による。CRC方式（Cyclic Redundacy Code）は、連続的に伝送される

一連のデータビットの最後に、定められた方法で作成された冗長ビットの列を付加して行うものであり、ビットの列に着目することにより文字を表わす符号形式に関係なく適用できるという長所をもつ。また冗長ビットの構成方法によってはある程度の誤まりの自己訂正すら可能という。誤まりの訂正は自己訂正によるか再送訂正によるかであるが、前者の場合は当然付加すべき冗長ビット数も多く論理機構も複雑になるので、受信側が誤まりを検出すると送信側に再送を要求する信号を送りそれを受けて送信側が再送信するという方式をとるのが普通である。受信側では誤まりデータの位置を特殊な符号で目印しする方法と、受信したデータをいったん記憶できるバッファメモリを持っていて、常に誤まりが訂正されたデータのみを出力するクリーンアウトプット方式とがある。

		データ									水平パリティビット ↓
	b8	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0 ← 垂直パリティビット
7単位符号	b7	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
	b6	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0
	b5	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
	b4	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1
	b3	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
	b2	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1
	b1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1

才2－22図　水平・垂直パリティチェック方式

⑥伝送制御：送信側と受信側が矛盾なく通信できるように制御することである。つまり情報の転送に先立ってまず送信側と受信側とで確立に情報が転送されるようなデータ回線が接続していなくてはならない。たとえば、電話交換網を使う場合には、ダイヤルによる相手の呼び出しと相手が受話器をはずすということがなければならない。次にはその回線を使ってデータの伝送ができるようにする（データリンクの確立）ことが必要である。たとえば、相手の確認、相手の送受信準備状態の判定、相手の入出力機器の決定などである。なお送信起動の方法には2つある。コンテンション方式はセンターと端末のどちらでも

任意に送信の起動がかけられる。しかし、半2重回線の場合には、雙方の競争（コンテンション）が起こり、先に送信した方が勝ちで相手の送信が終るまでは送信できない。交換網を利用する場合などは普通これになる。ポーリングセレクティング方式は送受信の起動は常にセンターの制御による方式で、センターが端末に送信を開始させる場合は、まず目的の端末にアドレスを送り、端末に準備されているデータを送らせる（ポーリング）。センターが端末に送信する場合には、まず目的の端末にアドレスを送り、その端末からの応答を得た後（セレクティング）、データを送信する。この方式は、分岐形網の場合などに用いられる、又この時には基幹回線上で他の端末のデータが混信しないようにデータの流れの制御とモデム搬送波の制御が必要である。この方式はデータの流れを完全にセンターが制御する集中制御方式である。データリンクが確立されるとデータ伝送が開始される。データ伝送が終了すると受信側に終了の合図を送り、それにより又受信側の受信終了を送信側に合図し、データリンクの解放が行なわれ最後に回線が切断される。

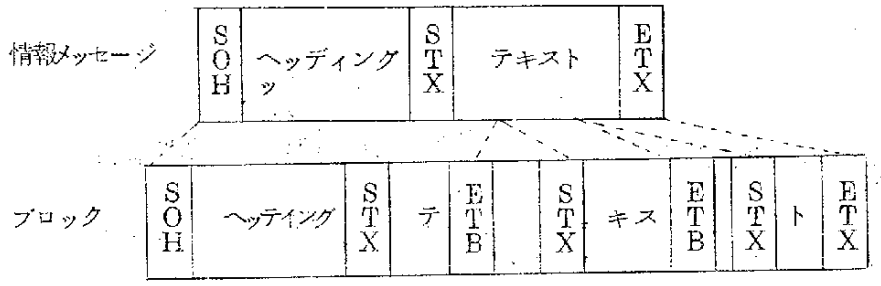
このような伝送制御をするために、特別な制御用のキャラクタ符号が用いられ、制御用データの形式及びそれらを送受信する手順（Protocol）が定っていなければならない。

第2－21表　機能キャラクタの分類

機能キャラクタ	説　　明	分　　類	
		記号	名　　称
ACK, DLE, ENQ, EOT, ETB, ETX, NAK, SOH, STX, SYN	電気通信網による情報伝送を制御しあるいは容易にするための機能キャラクタ	TC	伝送制御 (Transmission Control)
BS, CR, FF, HT, LF, NL, SP, VT	入出力媒体における情報の配列や位置を制御する機能キャラクタ	FE	書式制御 (Format Effector)
DC_{1-4}	情報処理または電気通信システムに関連する補助装置を制御する。例えば，装置の"オン""オフ"を制御する機能キャラクタ	DC	装置制御 (Derice Control)
FS, GS, RS, US	論理的に情報を分離し，区別するのに使用する機能キャラクタ	IS	情報分離 (Information Separator)
BEL, CAN, DEL, EM, ESC, NUL, SI, SO, SP, SUB			その他の特殊機能キャラクタ

第2－22表　伝送制御キャラクタ

符号	名	称	定　　義
SOH	Start of Heading	(ヘッディング開始)	情報メッセージのヘッディングの開始用
STX	Start of Text	(テキスト開始)	テキストに先行し，ヘッディングを終結するのに用いられる
ETX	End of Text	(テキスト終結)	テキストを終結する伝送制御キャラクタ
EOT	End of Transmission	(伝送終了)	一つあるいはそれ以上の伝送の終了を示す
ENQ	Enquiry	(問合せ)	相手局からの応答を要求する
ACK	Acknowledge	(肯定応答)	送信側に対する肯定的応答として受信側より送られる
DLE	Data Link Escape	(伝送制御拡張)	あとに続くキャラクタの意味を変え，新しい伝送制御キャラクタの意味を持たせる
NAK	Negative Acknowledge	(否定応答)	送信側に対する否定的応答として受信側より送られる
SYN	Synchronous Idle	(同期信号)	同期伝送システムの場合，他に全く符号のない（アイドル）状態に端末装置間の同期をとり，同期を維持するための信号を与える
ETB	End of Transmission Block	(伝送ブロック終結)	伝送上の目的で，データが幾つかのブロックに分けられる時，そのデータの伝送ブロックの終わりを示すために用いられる



第2－23図　ブロックの形式と情報メッセージ

⑦メッセージ処理：普通は必要ないが、大きなシステムのノードなどでは、受信したデータの内容を分析（電文解析）して、正しい伝送路を決定し、必要ならメッセージ組立・分解、コード変換、通番処理などをしてその方向へ送り出す。又メッセージ交換方式のネットワークでもある。

⑧システム統計の集計および記録保存：装置が扱ったメッセージの合計数や伝送路上で発生した誤り数、オーバフロー情報、連続したメッセージの合計時間などの集計やそれらの統計処理、又各種の記録の保存などである。これもどうしても必要というものではない。

2）　歴史と現状

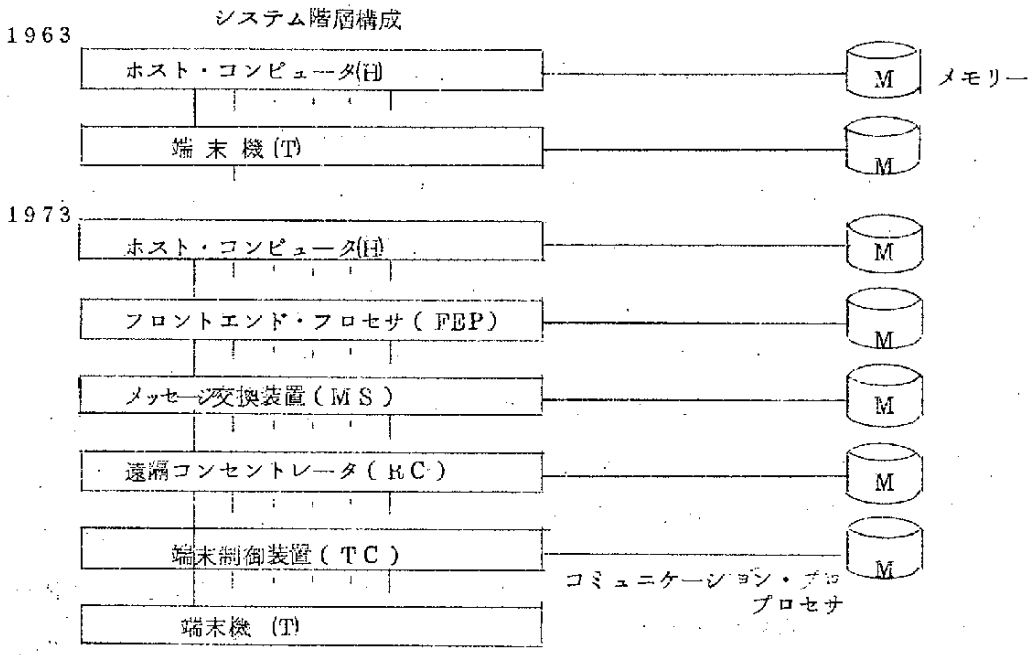
しかし上記のすべての機能を通信制御装置だけで行なっていたわけではなかった。かつてのオンラインシステムでは端末機そのものの機能は、主に電気機械的に信号と動作の変換を行なうだけであり、多くの判断機能はセンターのＣＰＵの助けをかりる必要があった。通信制御装置も、その機能はビット直列の信号流をサンプリングし、文字を組み立てバッファーに入れて、ＣＰＵとの間でビット並列に伝達を行うのが主な役割で、ポーリングやセレクティング、エラー検出や再送手順、適用業務プログラムと端末機間のデータ入出力結合に関して、ＣＰＵの機能のかなりの部分を要した。

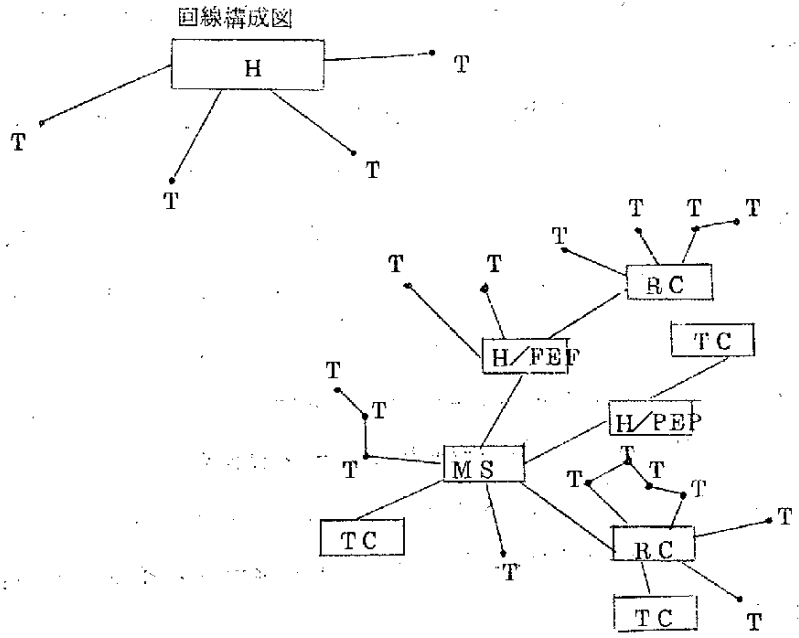
通信回線網が形を成し始めた初期の段階では、通信システムとコンピュータとのインターフェースを行なうメッセージ・スイッチャは、実際の配線によって相互接続するハードワイヤド方式のものであった。しかしこのようなハード

ワイヤド方式は接続変更がし難くく、通信回線網のような大規模なシステムでは網構成や端末機の型式がかなり頻繁に変わるので不便であった。さらにこの方式では、回線の制御やメッセージの記憶など重要な通信処理機能をすべてホスト・コンピュータに依存していた。しかもホスト・コンピュータは、そのソフトウエアまで含めて一般には高速四則演算に対して最適化が図られているから、本来の動作のほかに低速の通信処理を割り込ませると、効率が低下する。こうして通信処理と情報処理を分離して前者をミニ・コンピュータ（ＦＥＰ、Front End Processor）に完全に肩代わりさせるという考えがでてきた。ＦＥＰのない場合、通信回線を通じてアクセスする大型コンピュータのＣＰＵは、動作時間の１５～３０％以上を通信処理にさいているといわれ、ＦＥＰを使うことにより、これが１～４％になるという。さらにホストコンピュータのメモリも、２４～６４ＫＢの通信処理用の部分が、ＦＥＰにより、１～２ＫＢに減ったという。

多くの低速通信回線のデータを高速回線に乗せるため、データを圧縮する装置は、データ通信には必要なもので、ハードワイヤド方式のマルチプレクサ（Multiplexor）と呼ばれる多重化装置（多重化の方法には時分割と周波数分割の２種があった。）が広く使れていた。これにもミニ・コンピュータによってすぐれた機能をもつデータ・コンセントレータが出現した。これはデータ回線システムで伝送データ量が間欠的に急増した場合それをならすことができ、コンセントレータ出力に接続される高速回線のピーク負荷が、$1/4$ から $1/3$ と大幅に減り、回線コストが引き下げられる。さらにメッセージスイッチャとも組み合わせて使え、その時には回線集中度の高いメッセージスイッチャの負荷を減らす働きをする。

さらに、端末の数も増えそれらの間のネットワークも複雑化してくると、ＣＰＵに複数の適用業務プログラムが内蔵されており、各種の端末を結合した複合端末制御装置さらにそれらをＦＥＰと同様の役割をもつ通信制御装置で結びつけて高速回線を介してＦＥＰと結合する。





第２－２４図　ほんのここ数年の間に、ホスト・コンピュータから離たった地点に散在するデータ端末間の回線需要が急増し、それに伴なって、回線そのものの機能も複雑で高度なものが必要とされるようになってきた。回線統制の簡素化を図り、遠隔データ処理全体の効率を上げるため、回線中の各階層ごとにコミュニケーションプロセサが挿入されている。

しかも複合端末制御装置に結合している端末機器はそれらの必要に応じて適用業務プログラムをアクセスようになっている。そして端末の果す役割も変化してきている。集積回路を中心とする各種機能素子の開発進展とそれに伴う、装置の信頼性の増加、小型化、低価格、高性能化などとともに、最近のノンインパクトプリンタの進歩にみられるように機械系の電子化が進んでいる。さらにＬＳＩなどの集積回路は大量生産による規模の経済性が著しく、そのため端末装置の機能モジュール設計法の確立が要請されるとともに、ミニコンピュータの技術進歩。普及によりコストパフォーマンスのすぐれた小形プロセッサによるデータ宅内装置の伝送制御機能や入出力機器制御機能の肩代りおよび簡単な処理機能を行なうインテリジェントターミナルが出現し商用化されている。このようなインテリジエントターミナルはハードウエアを画一化してシステムに依存している諸機能を融通性。柔軟性のあるソフトウエアで実現するものであり、今後増々発展するものと思われる。他方データ宅内装置の会話的利用の増大は使い易さの要求となって現われてきている。銀行の窓口装置、鉄道や航空会社の予約装置、販売店窓口装置（ＰＯＳ）など、データ発生源で使用されてきた機器の端末化、入力データの記録媒体を人間と機械が共用できる形で利用する光学式マーク読取装置（ＯＭＲ）の導入、さらにはＯＣＲやＭＩＣＲなどのパタン認識機器の導入が図られつつあり、各種出力装置も高度の文字表示や図形表示機能をもつものが商用化され、人間とコンピュータを結ぶマンマシンインタフェースとしての機能をより高度化して行くと思われる。

3）　今後の動向

先にも述べたように、ＬＳＩ技術の動向から同一ＬＳＩの大量使用が低価格化を実現させる、ミニ。コンの技術進歩。普及によりコストパフォーマンスの優れた小形プロセッサが得られる、マイクロプログラミング技術が進歩普及し高速の制御記憶が半導体技術により比較的安価に入手できるようになり専用プロセッサの設計製作が容易になったなどにより、データ通信における情報処理機能と通信制御機能の分離が急速に進展してきた。他方で大型コンピュータの

コストパフォーマンスが大きさの巾乗に比例して改良されるというグロッシュの法則が、高速化、ソフトウエア開発能力などに限界のある汎用超大型コンピュータには必らずしも適合しないことがわかってくるとともに、データ伝送が技術的にも制度的にも次第に確立してくると同時にＦＥＰなどの通信制御処理装置の機能がホスト・コンピュータにほとんど依存しないようになりデータ通信網がホスト・コンピュータから離れて独立した実体として現われてきた。その結果システムの拡張性、信頼性をも含むパフォーマンスの向上を求めて複数のコンピュータの有機的な結合によるコンピュータ・コンプレックス、さらにはコンピュータ・ネットワークへと発展しつつある。

4）　パケット交換方式の通信制御

コンピュータ・ネットワークでは、高速回線を使用することによるので交換機能が重要である。回線交換方式でも先に述べたように電子交換機が導入されコンピュータ化されつつあるが、パケット交換方式ではコンピュータによらなければ不可能である。このデータの中継転送に用いられ、データの情報処理機能はもたないコンピュータをＩＭＰ（Interface Message Processor）という。普通ＩＭＰは、入出力の機能が高性能のミニコンで、端末とのインタフェース機能はもたず（特にこの機能をもったものはＴＩＰ（Terminal IMP）という）他のＩＭＰおよびホスト・コンピュータとのみ結合されている。結合されるホスト・コンピュータは１つとは限らず複数の場合もあり、普通はＦＥＰの機能も果している。したがってＩＭＰの機能は、①ホストおよび通信回線側とのインタフェース、②メッセージの蓄積交換、③メッセーシの経路選択、④フロー制御、⑤メッセージの順序制御（シーケンシング）、⑥障害回復、⑦ネットワークの監視および動作の測定などのバックグランド処理、などである。これらの問題点について考えてみよう。

①これにはハードウェア上のものと、ホスト－ＩＭＰプロトコル、ＩＭＰ－ＩＭＰプロトコルなどのソフトウエア上のものがある。これらのプロトコルは他のホスト－ホスト、プロセス－プロセスなどのプロトコルより比較的安定し、

実際のコンピュータ・ネットワークでも安定していて十分確立されているようであり、国際的標準化も近いと言われる。プロトコル、およびその国際標準化については別項に述べる。

②ホスト－ＩＭＰ、ＩＭＰ－ＩＭＰ間でメッセージのやりとりをする場合、各コンピュータの中でバッファメモリをどの位とるかということがまず問題となる。もちろん可変長であれば問題はないが、それではソフトウエアに負担がかかりすぎて効率が落ち、チャネル利用にも不便なので現在のところ固定長である。時に④で述べるようなロックアップを避けるためにもＩＭＰのバッファ容量は大きい方が望ましい。（現在１ＫＷ以上）。

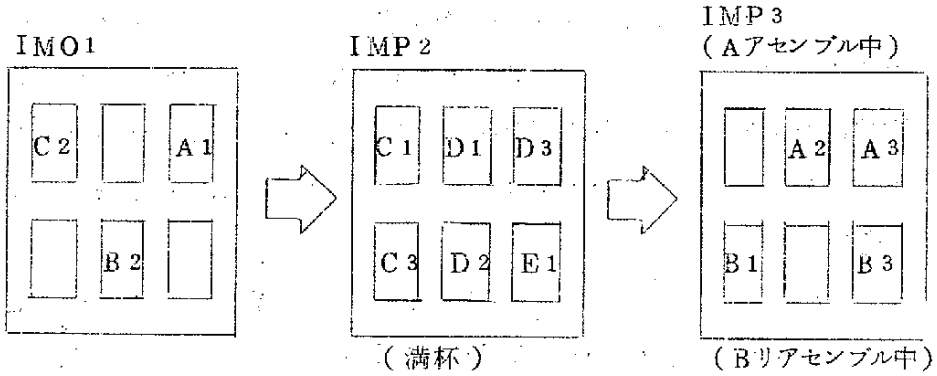
通常タイプライタでの１行、カード１枚、ラインプリンタでの１行などは大体百バイト前後でそれに合わせると千ビット位になる。これに対しホストで扱うメッセージは一般に不定長で、ホスト内で８Ｋビット程度のセグメントに区切ることもあるが、それを千ビット程度のパケットに区切るのをホストで行うかＩＭＰで行うかという問題がある。通信パケットの形式は、大体、メッセージのソース・目的、メッセージ内のパケット番号、メッセージ番号、リンク番号などを示すヘッダーが最初につき、次に利用者のデータ（メッセージの内の千ビット程度に区切られたパケット）、最後に誤り検出用の冗長コードという形である。利用者のデータ（メッセージ）をいくつかの通信パケットに分割して送り出し、又受け取った通信パケットからメッセージを組み立てる（アセンブリング）する機能のうちどの程度をホストとＩＭＰが受け持つべきかという問題である。

③ルーテングは、分散型ネットワークで特に問題となるもので、あるＩＭＰから相手ホストへの経路が沢山あるとき又はある特定ＩＭＰ間の回線がダウンした時などどういう回線経路を選択すれば最適かという問題である。これについては、別項で述べた。

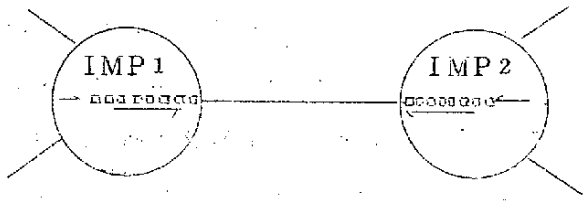
④たとえば隣接する２つのＩＭＰのバッファがともに相手に送るパケットで一杯になってしまうと、相手に空きバッファがないためお互いにパケットを送

信しようにもパケットは完全に動きがとれず交信が遮断する（ストアアンドフォーワードロックアップ）。これをさけるには受信用にも必らずバッファを割り合てるとか、緊急用のバッファを備えるとかすればよい。それに対し次の様な場合を考えてみよう。ＩＭＰ１からＩＭＰ３へＩＭＰ２を介してメッセージＡ、Ｂを送るとする。各々のメッセージはＡ１、Ａ２、Ａ３のように３つに区切られたパケットとして送られる。又ＩＭＰは受信されたパケットが完全に元のメッセージになるだけ集まらないとバッファからホストにメッセージを送らない。この時ＩＭＰ３がＡ２、Ａ３、Ｂ１、Ｂ３を受けとり、Ａ１、Ｂ２を受け取るとバッファが一杯になるとする。Ａ１、Ｂ２がＩＭＰ１にあって、ＩＭＰ２のバッファがＩＭＰ３へ送るパケットで一杯であるとすると、実質的にＩＭＰ３のバッファは一杯のためパケットは動けなくなる。もしＩＭＰ２に余備のバッファがあってもＩＭＰ１からＡ１又はＢ２を送り出さない限りだめである。あるいはＡ１かＢ２を別の経路でＩＭＰ３に送ってやっても良い。このようなロックアップをリアセンブリロックアップというが、このような場合にはパケットの流れを制御する必要がでてくる。これにはＡＲＰＡ方式や、ひとつのメッセージを端から一定の幅（windowと呼ぶ）だけとって送り、次にそのウインドウをずらして次々に一定幅ずつ送るウインドウ方式（これはリンクを通していくつかのメッセージを同時に送るメッセージ多重化の目的にも使われる）や、切符（permit）を発行してネットワーク内のトラフイック量の総量規則により混雑を一定限度内におさえるIsarithmic方式など種々ある。

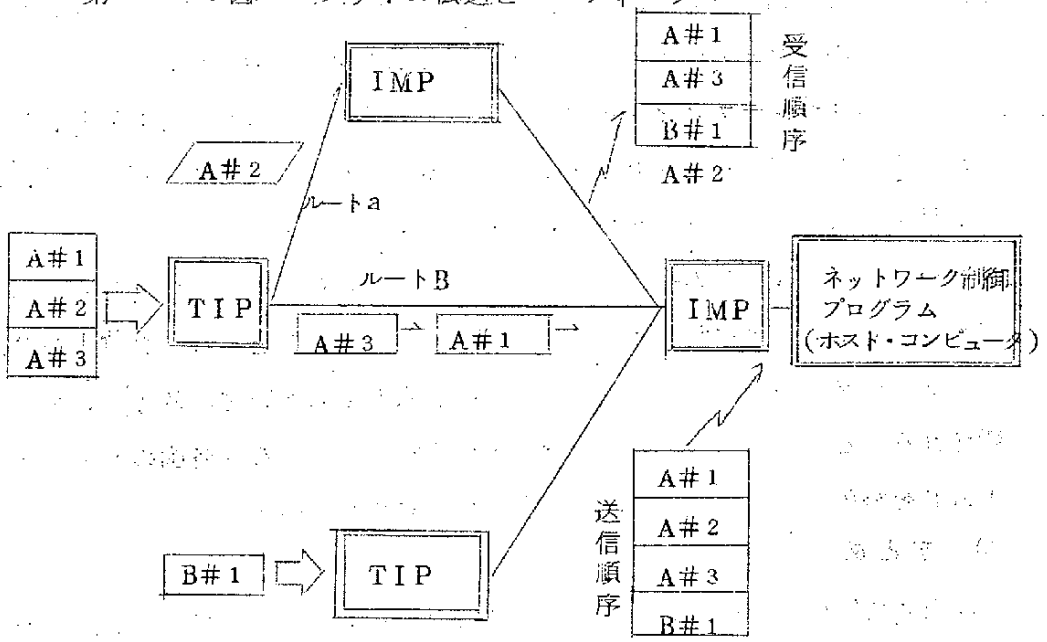
第２－２５図　蓄積交換ロックアップ



リアセンブリ・ロックアップ



第２－２６図　パケットの伝送とルーティング



⑤メッセージの多重化には、上にのべたリンク・ウインドウ方式の他に、リンクの代りに4個までのメッセージが同時に流せる2種のパイプを考えるＡＲＰＡの方式や3種のパイプを考えるＪＩＰＮＥＴの方式などもある。これらの場合、パイプを通して各4個のパケットに属するパケットがバラバラに送られてくるから、それらを各メッセージ毎に順序正しく並べる必要つまりシーケンス制御の必要がある。

⑥ネットワークでは、パケットに冗長ビットを着けてＣＲＣ方式による誤まり検査をし必要に応じて自動的にパケット再送が行なわれるので、パケットが紛失する確率は低いが、万一に備えてパケットを送出した側で、一定時間内に相手から受信確認通知が戻ってこない時には自動的に再送するとか、受信側で一定時間たっても後続パケットが到着しない場合に再送を要求するなでの時間監視による障害管理を行っている。又ＩＭＰは通信回線の接続状況などを監視する必要がある。これは電子交換機と同様の機能である。又ホストや他のＩＭＰのダウンも検出する必要がある。ＡＲＰＡではこうした障害情報を集めて通報するためのコンピュータをネットワーク管制センタに置いている。

⑦統計情報やルーティング情報（トラフィック情報を含む）などの収集、統計処理、報告などである。ＡＲＰＡでは、ＩＭＰは統計情報類の記憶をするための領域をメモリ内に取り、平均メッセージ（又はパケット）長のヒストグラムメッセージ数、ＡＣＫの送受信数、ＲＦＮＭ（受信確認通知）の送信数、送受信語数、パケット再送数、エラー数などを収集しているという。又各ＩＭＰはネットワーク内の他のあらゆるＩＭＰの状態表をもっていて、約 1/2 秒毎に更新される。この状態表によって最適経路が決定される。なお各国のパケットがＩＭＰを移動するにつれて経路は完全に再計算されている。

5) まとめ

以上通信制御に関連したコンピュータ技術をみてきたわけであるが、今後コンピュータネットワークの発展により各種のコンピュータが、比較的簡単なインタフェースと安い料金で気軽に使えるようになるとすれば、それに対して望

まれる通信制御用コンピュータ技術は次のようなものであろう。

(1)国際的なコンピュータネットワークのプロトコル

(2)ミニコンのメモリの大容量、低価格化

(3)ホストおよび通信回線とＩＭＰとのインタフェース機能のＬＳＩ技術によるハードウェア化・低価格化

(4)プロセッサの信頼性の向上と、故障位置の自動検出技術など動作の測定・監視がやり易くなること。

(4)に関しては、たとえばＡＲＰＡではノードの故障が起きた場合ホストかＩＭＰのどちらに問題があるのか判断するのが難かしいという。これはソフトウェアにも関係する問題であるが、ネットワーク全体の信頼性・経済性の向上に直接寄与する。それは現在、電子交換機の重要な部分が、２重化又は共通予備化されていることからもわかる。

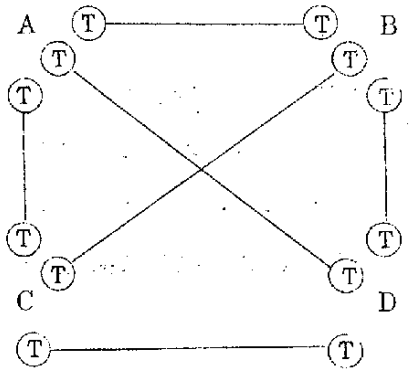
(1)については別に述べる。

第５節　通　信　網

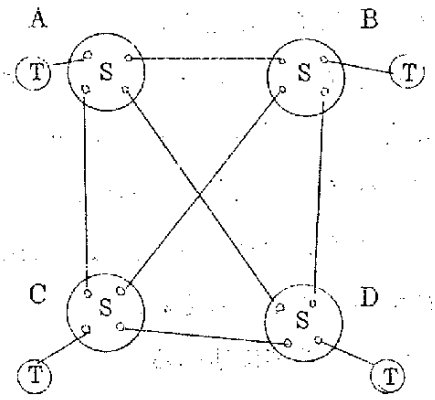
前節までで通信網を構成している諸要素について述べたので、ここでは意志あるいは情報の伝達系としての通信網のネットワークとしての諸側面を見てみよう。大体次の３側面に大別される：(イ)交換局や伝送路の配置に関する通信網構成の問題。これには通信の目的、トラフィックの量や流れの分布、伝送系や交換系の機能およびそれらの間の経済的比率などが主要な分析要因となる。(ロ)通信網制御の問題。これは主として接続経路の選択に関するもので、通信網の構成の諸要因と密接に結びついている。又網の効率性だけでなく信頼性や融通性などの要因も重要である。(ハ)通信網の系統信頼性。網を構成する諸機器の信頼性や運用保守などの外に、網構成や網制御法に冗長性をもたせて障害や異常トラフィックによる機能低下を防止またはその影響の分散を図るなどシステム的な手段による信頼性の向上に関するものである。以下に、もう少し具体的にこれらを見てみよう。

(1) 通信網構成

まず簡単な電話網について網構成の問題を考えてみよう。通信網には個別の意志・情報と通信回線とのインタフェースをとるものとして端末がある。電話網では、もちろん電話機が端末である。端末が2つなら網構成の問題はないことは明らかである。今加入者が4人いるとして、各々が2つの場合と同じ関係をとると図2－27の様になる。

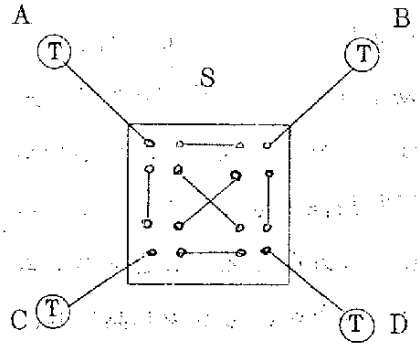


才2－27図　T：端末
S：交換機

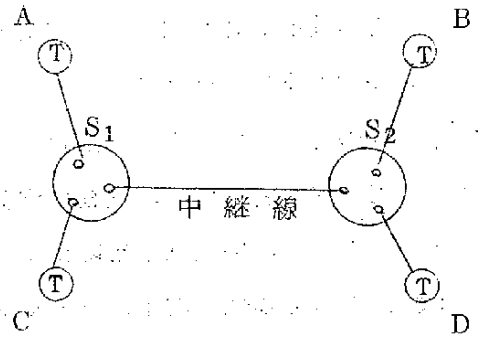


才2－28図

しかしこれでは各々の間の通信の量が少ない場合には無駄が多く、もし電話機よりも交換機の方が安ければ、図2－28の方がより経済的であろう。さらに伝送路および交換機設備費を安くする方法として図2－29の様なものを考えることができる。



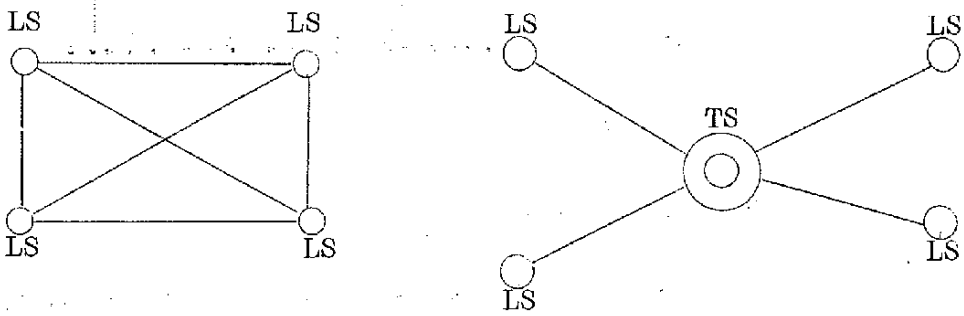
才2－29図



才2－30図

さらにAとC、BとDが距離的にも近く、通信量も多いとすると、交換機の機能を分散化した図２－３０の様なものが考えられる。なお容易にわかるように、図２－２８又は２－２９は同時に２組の通信しか可能ではなく、さらに図２－３０になると中継線を２本にするのでなければ、AとD、BとCの通信は同時にできなくなっていることである。逆に言えば図２－３０のような形の場合には、加入者が増えたり通信量が増えたりすることに対してある程度の融通性があるということである。

加入者が増え、中継器も増えると、上に述べたことを電話機の代わりに加入者と直接結びつく加入者交換機（ＬＳ、Local Switch）を基にした網構成を見ることができる。そして、電話網の場合比較的に交換機能が簡単ですみ、系統的な網構成が実現し易いなどから、図２－３１にあるような２つの基本的回線網がある。図２－２９と同様に中継線のみを収容する中継交換機（ＴＳ、Transit or Toll Switch）の考えがでてくる。

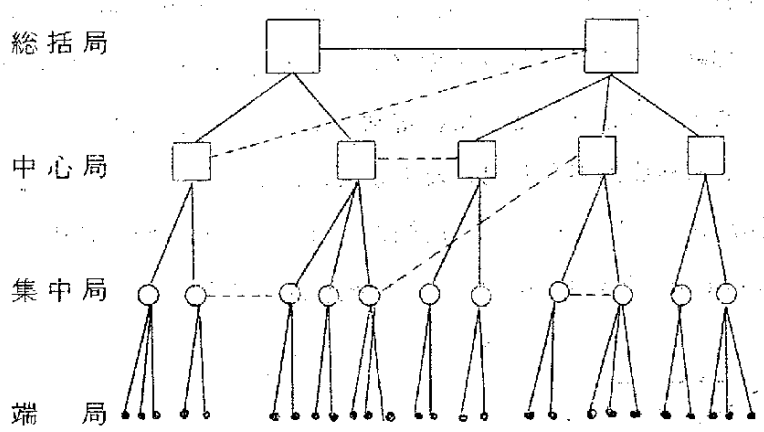


網　形　　オ２－31図　　星　形

さらに星形網の場合には、TSを基にして・・・と階層構造が考えられる。１つの交換機に収容する加入者の区域は、経済的には交換機と収容する回線の経費、サービス上は交換機の能力と通信量の分布によって決まることは前に述べたことからも明らかであるが、多段星形網は通信量の分布が均等で距離に反比例するような場合には理想的だが現実には特定の地域や区間に通信が集中する場合も多いので、それに応ずるように多段星形網を作って行くと全体の能力が極めて大きくなってしまって能率的でないため、階層の異なる交換局間や、

より上位の交換局を通して結合されている同階層の交換局間を結ぶ斜回線が導入される。通信量が多くて回線経費が安い場合には網形網の方が有利なことは明らかであるから斜回線の導入は星形と網形の特徴を生かした複合形とも言える。

日本の場合、端局（約6,000局）、集中局（約560局）、中心局（約80局）、総括局（8大都市に各1局）の4階梯で、総括局は網形通信網を形成している。アメリカのように広大な国土に多数の電話を設置している国でも5階梯である。



〔凡例〕―― 基幹回線

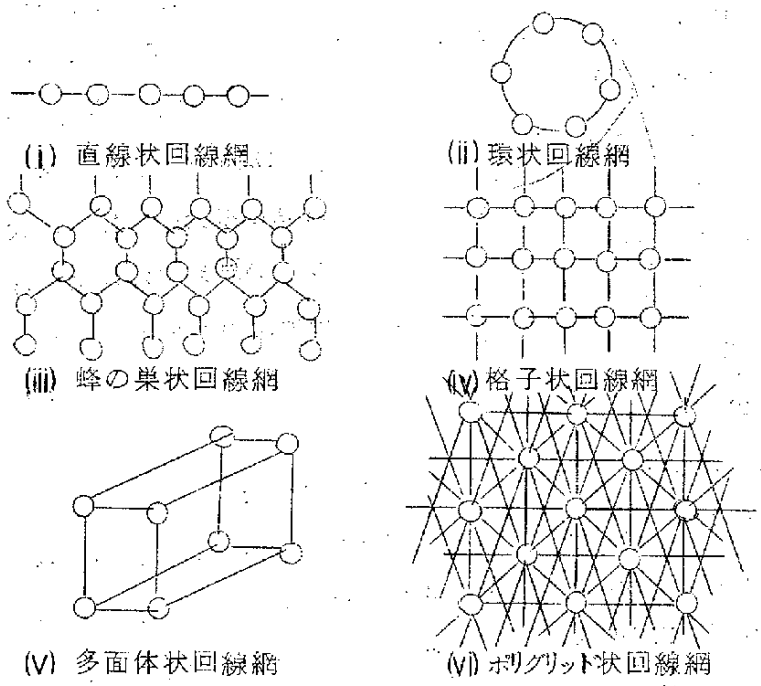
---- 斜回線

第2－32図　日本の電話網構成

公衆電話網では、星形、網形、複合形が基本となっているが、他の通信網で基本的な形としてあるものとして次のようなものがある：

(i)直線形、(ii)環状形、(iii)蜂の巣形、、(iv)格子形、(v)ポリグリッド形、(vi)多面体形。ここで(i)、(ii)は1次元的な通信網で、コンピュータ・ネットワークで使われている。交換機には分岐そう入交換方式のような多段中継機能が必要であるが、多数の局が回線を共用することから回線経路長が短かくて済み、小局が分散し各局当たりのトラフィックが少ない場合には有利である。又環状形では情報の流れは一方向で、ルーティングの必要がなく網制御も簡単で、さらに他の網とノードを通じて接続ができるので拡張性にも富んでいる。しかし回線共

用なのでトラフィックが多いとか変動が激しい場合には不利で、又1次元的であることの本質的欠点として1つの局の故障が網全体に影響を及ぼす。(iii)、(iv)は2次元的な通信網で、特に(iii)は各局に出入りする中継回線が3本という最も単純な2次元網である。これらの網は等質的で1次元網の機能も合わせもつと考えられるから、回線共用による伝送路のトラフィック処理能率の向上やルーティングの自由度が高いことによる網信頼性や融通性が幸い。これをさらに追求したものが両者を複合した網(v)である。これは網信頼性が高度に要求される米軍の軍用網に使用されている。(vi)は3次元網である。通信衛星などを使用することによって可能となった。機能はより1段と向上する。



オ2－33図　基本的な回線網形態

以上にあげたのはあくまでも基本形であり、実際には電話網での斜回線の導入のように複雑である。一般的に回線網構成に直接的影響を与えると思われる主要要因は次のようなものである：(i)通信要求の分布：呼びの時間的・空間的分布、接続距離分布、トラフィック流のパターン（集中形か分散形かなど）。(ii)網構成要素のコスト：特に伝送系、交換系のコスト比。(iii)評価の対象：経済

性、効率性、信頼性、融通性など力点の置き方。(iv)技術的制約条件：交換機の網制御機能、伝送品質とか、海底同軸ケーブル、衛星通信とか各種制約要因およびその除去。

なお(i)に関しては、トラフィック処理特性、待合せ特性など回線網の形態など外部条件が与えられた場合のトラフィック解析手法は現在ほぼ確立されていると言われ、最近では総合通信網設計の基礎となる多元トラフィック処理に関する研究や、コンピュータネットワークに関連した待合せ網の研究などが進められている。

結局、広帯域伝送を行なう画像通信網の実現には高価な伝送系を有効に使用できる回線網が要請され、ＰＣＭ統合通信網では、その安定な伝送特性から伝送品質上の制約は少なくなり網構成はかなり自由となる。又電子回路技術の進歩は交換系のコストを低下させ、電子交換機や通話路とは別に高速データ回線を網制御信号用として用いる共通線信号方式の普及は網制御機能を著しく向上させこの面でも網構成の自由度は増す。さらに通信の社会的責任の増大は、網信頼性や融通性の向上を強く要請する。このような周囲条件の変化から既存の電話網などの概念とは異なるより複雑高度な網構成が出現すると思われる。（各種事例をも参照）。

(2) 通信制御の問題

まず制御形式という視点から見ると次のようになる：

(i)集中制御形式：これは通信網のどこかに制御センタを置き、網内各部の接続状態やトラフィック分布などのデータを集めておきルーティングをセンタが集中して行う形式で、網全体を見渡した適切なルーティングができ同時に動的で複雑な網制御も可能である。他方で、状態データの収集。維持方法、遠隔網制御方法の構成、系統信頼性の維持など高度の技術を要求される。個々の局間のトラフィックが多い場合や交換系に比べて伝送系のコストが高くそのトラフィック処理能率が問題となる場合には有利であり、コンピュータネットワークで実施例がある（事例参照、ＴＵＣＣ、ＮＥＴＷＯＲＫ／４４０など）。

(ii)分散制御形式：これは個々の交換局が自律的に網制御を行う形式で次のようなものがある。段々式（順次式）選択法は自局の出線の接続状態だけを見て勝手に経路選択しながら次々と制御を受渡してゆく方式で、従来の電話網で用いられている遠近迂回法はこれに属する。整合（予知）選択法は自局のみならず隣接局の出線の接続状態までも問合せの上最適接続経路を選択しトラフィック処理能率を向上させた方式で、ＡＫＰＡで用いられている。又分散制御形式でも各局が直接あるいは間接的に通信網全体の接続情報を収集して、集中制御形式に準じた網制御ができる。これを情報収集選択法という、日本のＪＩＰＮＥＴがこれに近い方法をとっている。この場合最小限各交換局は網の接続状態を表わす接続行列を必要とし、故障、追加。取外しなどの際には情報の更新が必要となる。局数の少ない場合はまだしも良いが、１００局にもなると１万もの情報を処理することになり、ソフト上の問題がでてくる。最後に途中で閉塞を受けた場合に再発信を行う再選択法などがある。

ルーティングには、確率的要素を含むかどうか、たとえばルーティング順位にランダム性を加えることによりシステムに融通性を与えるとか、回線状態監視要素を含むかどうか、たとえば通信網各部回線の時々刻々のトラフィック状態に応じてルーティングに変更を加えて、回線のふくそうや障害などに対処できるようにするとか、時刻切換要素を含むかどうか、たとえば国際通信網のように時差による最繁時の時間差が利用できる場合や、国内網でも昼と夜のトラフィックの流れの変化に応じて時刻によってルーティングを変えるとかによって、確定的。確率的、静的、動的、定常的。非定常的などの分類もあるが以下に具体的アルゴリズムを分類してみる：

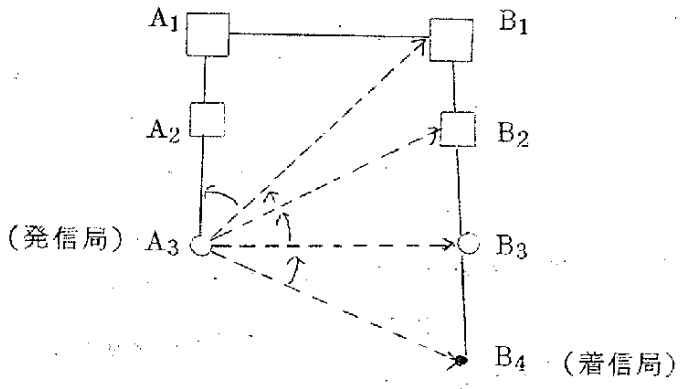
(i)固定中継方式：各発信局と着信局の組に対して接続経路を固定する方式。制御は簡単であるが、回線使用能率や網信頼性の点で問題がある。

(ii)ランダム中継方式：接続経路をランダムに選択し網構成やトラフィック条件などを考慮しない方式。もちろんループを含んだりの過度の遠回り接続を防ぐ必要があるが、網の障害や改変に対する融通性。信頼性を高くできる。しか

し回線使用能率・制御方法に問題があり軍用などの特殊目的の通信網にしか利用できない。

(iii)しらみつぶし中継方式：接続可能なあらゆる経路をすべてしらみつぶしに探策し、その中から最適なものを選択する方式。集中制御形式または情報収集式分散制御形式でのみできるが、いずれにしろソフトに過重な負担をかける恐れが強い。

(iv)迂回中継方式：発信局と着信局の各組に対してあらかじめ複数個の経路を定めておき所定の順序で通信経路を選択する方式。比較的簡単で組織的制御が行い易いし、網の障害にも適応的である。（もちろん完全な多段星形網ではだめであるが）。このため公衆電話網では次のような遠近回転法（Far to near rotation）が用いられている。まず発信局から着信局への直通回線があればこの回線が才1順路となる　もしないかすべての直通回線が使用中であれば相手区域内の低階位局より高階位局へ、さらに自区域内低階位局へという順序で迂回を行う。



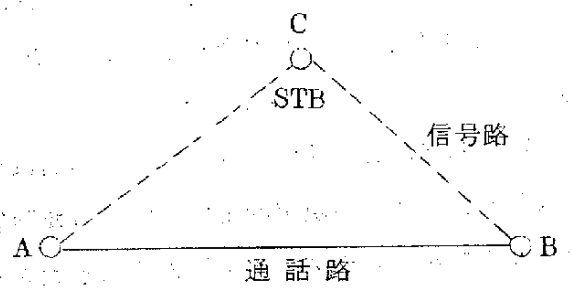
才2－34図

(V)適応中継方式：動的かつ非定常的方法を活用し、時々刻々の回線状態に適応した制御方式を取る方式である。異常トラフィックや障害などの周囲条件の変化に対しても適用性を持たせることもトラフィック処理能率の向上も図れることから将来のルーティング方式として種々の可能を持つものであるが、しらみつぶし方も時々刻々の網内部情報を用いれば適応中継方式とみられるように

具体的なソフトウェア上の問題が残されている。これに関しては、基礎理論的な立場からグラフ理論を用いて、しらみつぶし法やすべての辺を覆う最小の経路集合を求める方法、最短経路探索法、各枝に信頼度や容量などの条件をつけその条件を最大にする経路探索法などが研究されている。

なお国際電話網について補足しておくと、ＣＣＩＴＴ勧告によるルーティングは遠近回転法を基本にしているが、国際網では、回線距離が長距離であり伝送路の使用能率を重視する必要がある。各国の時差のため回線毎のピーク使用時にずれがある。衛星回線は長距離を１リンクでカバーし多元接続が可能である、国家の主権を尊重し相互に対等な関係を維持する必要があるなどのため、国際中継局（ＣＴ）は、ＣＴ１、ＣＴ２、ＣＴ３といういずれかの局階位をもっている（ＣＴ１が最上位で各世界番号地域毎に総計９局ある）が、現実には厳格な局階位構成に依存せずかなり柔軟に処理されている。

将来のルーティングについてみると、まず回線交換形の公衆データ通信網については、現在と同様のリンクバイリンクの遠近回転法が妥当であると見られているが、公衆パケット通信網になると先にもＡＲＰＡやＪＩＰＮＥＴを上げたように、整合選択法や情報収集選択法を用いた適応中継式が主流となると思われる。又共通信号方式では、通話路と信号路が分離されているので、信号路は必らずしも通話路と同一経路に設定されなくても良く下図のように信号中継点（ＳＴＰ）経由の非対応形信号路の設定が可能であり、通話路網からある程度独立した形の信号路網の構築も可能である。



第２－35図　非対応形信号路

共通信号方式は、今後改良が加えられ電子交換機間の主力信号方式となると思われ、将来の総合サービスディジタル統合網における高速共通信号方式がＣＣＩＴＴを中心に各国で研究されている。特に信号路の高速性と豊富な伝送容量は、新サービス、新機能の追加に有利であり、網管理用信号を充実させることにより従来と全く異なる網管理への道を開く可能性もある。いずれにしても電子交換機や信号方式の高度化に伴って、ルーティングは通信網の状況に時々刻刻即応して行く適応中継方式に向かうであろう。

(3) 通信網の系統信頼性

トラフィック処理の観点からみた通信網の異常現象としては、(a)異常トラフックの発生、(b)障害の２つに大別される。もちろん障害によって異常トラフィックが発生する場合もあるわけであるが、主として網の外部的又は社会的環境の急激又は緩慢な変化によるものを指す。普通、通信網は一定の確率的なトラフィック量を基にして設計されているので、設計基準量以上のトラフイック流に対しては、サービスの低下（たとえば待ち時間の増大）から交換機の障害の発生など通信網の広範囲にわたる障害が起こる可能性がある。又異常トラフィックに対しては通信網それ自身での種々の過負荷対策の他に入出力規制など直接的なトラフイック量コントロールという手段もある。特に集中制御方式では直接規制が容易である。(b)の障害については大体次の３つに分けられる。(i)平常障害、(ii)異常障害、(iii)災害。(i)は日常確率的に起こる障害である。この生起確率を小さくすることも当然必要なことであるが、ある程度以上は容認する他はないのであるからこれらの障害が起ってもそれを部分的な汲及効果に止める必要がある。したがって又この障害は予想される障害として通信網設計に当って考慮される。理論的にも、ふくそうと障害の両原因を総合的にとらえて、通信網のサービス不能率を評価基準にした研究がある。異常障害は予想されるかも知れないが網設計に取り入れることが現実的ではないような障害であり、その汲及効果も全体的で大きく網内のトラフィック流の分布も大きく変化するような障害である。たとえばある中継経路の全回線がまとまって切断されるなど

で、このような場合にはむしろ全然異なる回線による予備経路の設置とか保守。修復の簡単化、復旧の早期化などが重要となるだろう。理論的にも、予備伝送路設置問題、すべての接続経路を少なくとも2重化するための最適構成法、あるいは障害時におけるトラフィックの流れの変化をも考慮して星状。網状複合網の信頼性を評価するなどの研究がある。災害は、人災、天災に基づく異常障害のことで、異常障害が、広範囲、大規模に多数同時発生したものと言える。災害は通信網の外部環境を著しく変化させるから、当然トラフィック流の変化はもとよりのこと通信の目的。役割にも通常のものとは異なった緊急の目的。役割を与えることになるから異常障害とは別の対策が必要である。たとえば、公衆電話網などにとっては、緊急通信網として無線網や移動通信網など現用網とは異なった通信手段の併用も考えられる。理論的には、抽象化した理論モデルとした災害と同様に考えられる敵からの攻撃に対処すべき軍事網を対象とした議論であるが、災害の強さと障害の関係の確率論的検討、分散形通信網の冗長度と信頼度の関係、グラフ理論的立場からみた信頼度の評価基準や多経路通信網の最適構成の問題など多くの研究がある。

通信網の系統信頼性に関する理論的研究は、基礎的手法や評価基準など問題が多いが、現実的な手段としては大別して次の3つがある：(i)通信網の構成要素である交換系や伝送系における各種機器の信頼性の向上、

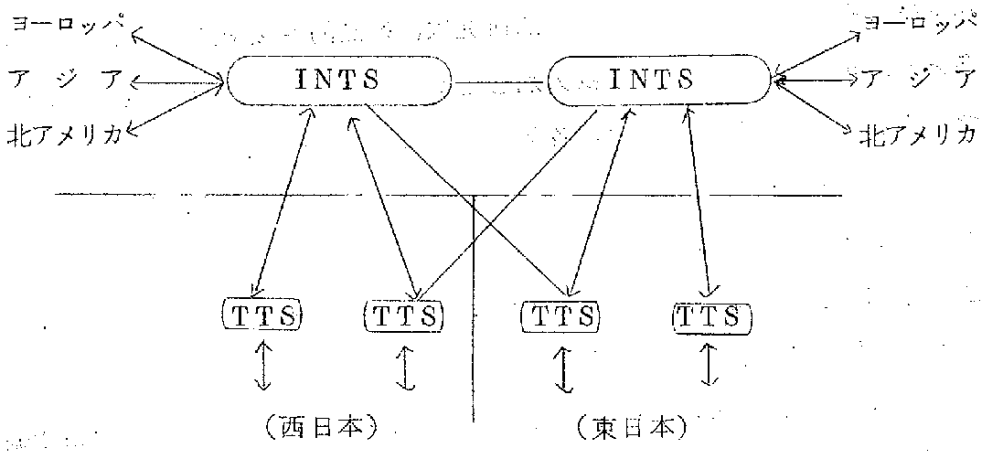
(ii)保守。管理を合理的に実行して障害を未然に防止したり、障害が発生した場合修理。復旧の簡単化迅速化、

(iii)通信網の回線網構成や網制御法に冗長性や融通性を与えて障害の影響を分散させたり、入出力規制などの緊急措置の実行。

より具体的には、予備の接続：装置を2重化する（対応形）とか多経路予備構成（非対応形）又は両者の混合形など、網構成によるもの：経路多重化、迂回中継網などによる多経路化（線の信頼性向上）、機能分割、分散形通信網による分散化。非階層化、又は上位交換機への2重帰属など多重帰属化（面の信頼性向上）などがある、網制御手段によるもの：迂回中継法、適応中継法（線

の信頼性向上）と、入出力規制、回線規制、優先順位付サービスなどのトラフィック規制（面の信頼情向上）などがある。災害時における緊急通信網の構成としては、生残網の再構成と無線網・移動通信網などによる別網の構成などがある。

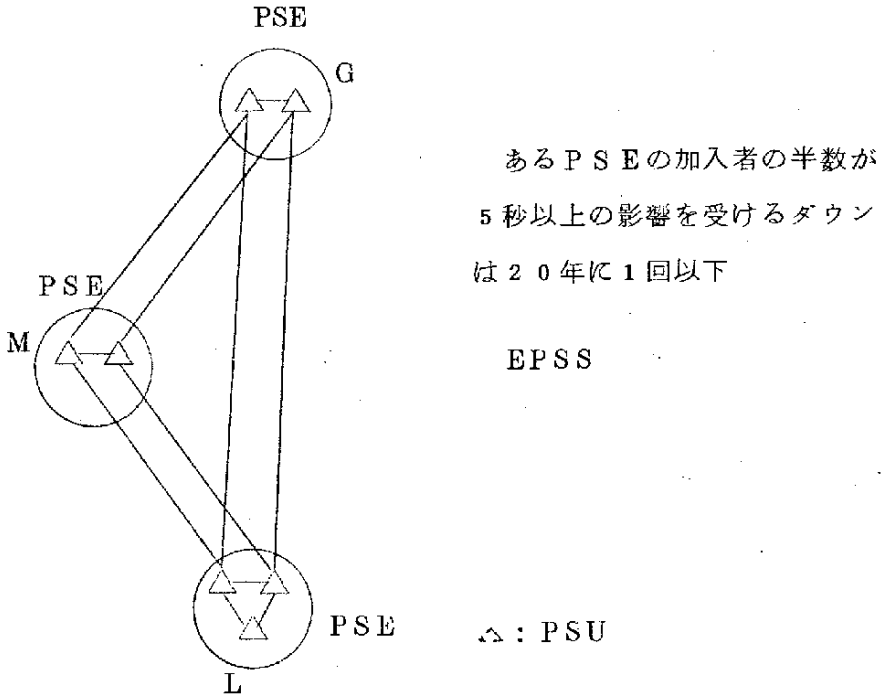
日本の公衆電話網についてみると、先の節でみたように部品や装置は２重化や品質・性能の向上により信頼度は近年非常に向上してきている。しかし災害時における信頼性はネットワーク的に確保する必要があり、通信に対する社会的責任の増大、全国自動即時化の達成・電子交換機導入による網制御機能の高度化により障害の波及効果の広域化などに対処するため、国内網では総括局レベルの市外中継交換局（ＴＴＳ）の分散配置と主要幹線をいくつかの独立な経路に分割配置する多経路化を図っている。国際網においても同様な方策が必要とされ、国際中継交換局（ＩＮＴＳ）を東日本・西日本に分散配置する計画が進められている　この計画の最終目標では、一定回線以上をもつ外国局との回線は必らず東西の２局に分割収容し、オバーフロー分を両国際局を結ぶ連絡トランクに回わすことになっている。



オ２－３６図

パケット通信網の系統信頼性についてユニークな方法を取っているのは英国のＥＰＳＳ（事例参照）である。ノードはロンドン（Ｌ）、マンチェンター

（M）、グラスゴー（G）の３つであるが、ＩＭＰに相当するＰＳＥは、Argus ７００Ｅをベースにしたパケット交換装置（ＰＳＵ）から構成され、Ｌでは３つの、Ｍ、Ｇでは各２つのＰＳＵが独立に配置され、あたかも７つのノードが１１のリンクで結ばれているように機能する。パケットの紛失確率は10^{-8}以下、目的地以外へ送られる確率は10^{-9}以下、さらにあるノードが10分以上ダウンするのは１００年内に１回以下であるという。もちろん停電時などには蓄電池による補助電源が供給される。



オ２－３７図

このように系統信頼性の面でも、従来の電話網などに用いた方法よりもより柔軟で自由度のある方式が取られる可能性がある。そして通信網の構成機器などのハードウェアの品質面の信頼性向上、経済性向上による２重化（たとえば電子交換機）などによる信頼性の向上とともに、網制御技術や網構成などのソフトウェア面における系統信頼性の向上の方法が急速に発展すると思われる。

それは、音声・データ・画像などの新しい通信サービスの出現とその総合化、トラフィックの量的拡大と質的変化、電子交換機・共通線信号方式・大容量伝送技術・衛星通信などの各種技術の進展、さらにはディジタル技術による伝送系と交換系を統合したディジタル統合網の出現を想定すれば、通信網の信頼性や外部条件の変動に対する融通性に対する要求が増々増加するということである。

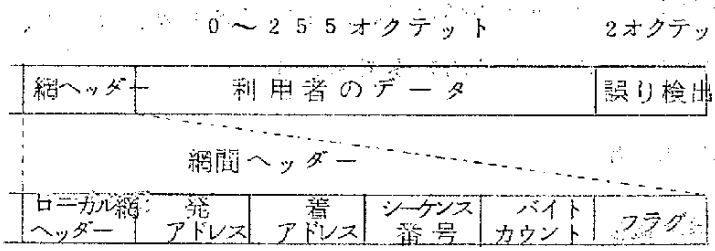
第6節　新データ通信網

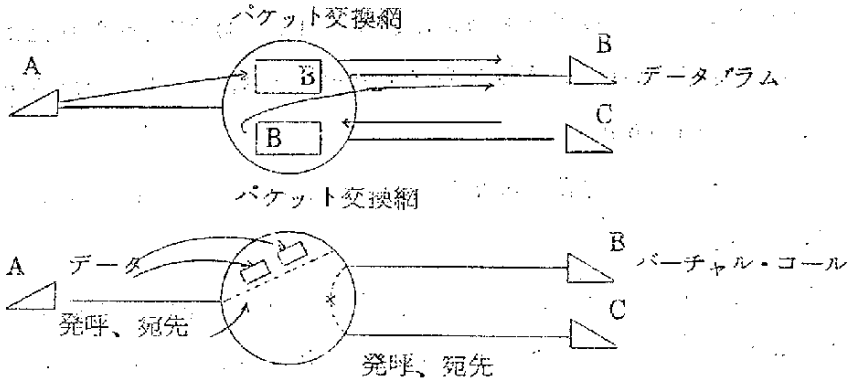
現在、データ通信の大部分は電話網や電信網などを用いて行なわている。しかしすでに述べたようにこれらの通信網では不十分と思われるような、高度のデータ通信、高帯域通信さらにはコンピュータ通信などの需要が漸次高まりつつあり、今後一層増加することが予想される。これに対処するため既存の通信網より、より機能、性能・経済性の面で優れた、データ通信をも含む多目的通信網が各国で建設又は計画されつつある。準ミリ波や光通信をとり入れたものはまだ計画の段階ではないが、衛星通信・マイクロ波通信はふんだんに取り入れられている。その方向としては、広帯域・高速伝送、パケット交換の3つが基本にある。近い将来の問題としてはパケット交換しかも既存の通信業者の通信網を借りて行うＶＡＮサービスが急速に発展する可能性がある。それに対してディジタル伝送の場合はより緩慢にしかし既存のアナログ伝送にとって代わる形で広範に普及すると思われる。又通信網構成に関しては、ヨーロッパ、日本などは国家的事業として新データ網の建設が進められているので他国の新データ網との結合を考慮に入れている。特にヨーロッパにおいては標準化の動きが活発であり、そのために事業の独占的性格と相俟て新データ網の建設も幾分遅れていることさえ言われている。又ヨーロッパ諸国の特長は新データ通信網を電話網をデータ通信用に使うことと必らずしも競合させず、むしろそれを補完するものと考えていることである。たとえば、フランスのCaducée 網やドイツのBDS網を見ればこのことは一目瞭然である。先にアナログ伝送からディジタル伝送への処で述べたようにディジタル伝送は今後の基本的伝送方式になると思われるが、パケット交換については交換技術の処で述べたように、データ通信やコンピュータ通信には有利であるが電話などの通信には回線交換の方が有利であることから、現在両交換方式の折衷方式であるハイブリッド交換などが考案されているが将来の電話・データ・画像などの諸種の通信サービスを総合した総合サービス網の実現には多少問題がある。なおこれに関しては、パ

ケット交換のサービス形式として国際標準化活動でも議論されているように、データグラム（Datagram）方式とバーチャルコール（Virtual Call 又は Circuit）方式の2つ及びその両者を可能とするファーストセレクティング（Fast Selecting）方式がある。図をみれば大略が理解できると思うが、データグラム方式はいわゆるパケット交換であり、電報又は葉書のデータ版でパケット交換網に接続するコンピュータから単発のパケットが網に送り込まれ、網はあて先のコンピュータに接続する回線が空いている時にパケットを送り込む。ARPA網で採用され、各国の研究機関、大学、会社の関係者によって推奨されている。他方バーチャルコール方式は回線交換に類似の方式で、コンピュータからの発呼により網は相手コンピュータとの間にデータリンクを設定した後そのデータリンクを通してパケットの送受を行う。この方式はフランスのRCPで採用されている又イギリスのEPSSはファーストセレクティング方式を用いている。このことからもわかるように、バーチャルコール方式は主に英・仏を中心とするヨーロッパのPTTの間で推奨されている。バーチャルコール方式の利点は、課金方式、キャラクタ端末を収容できること、フロー制御の確実性、シーケンス制御の容易性などである。まだ最終的に、CCITTがどちらをとることになるかは不明のようであるが回線交換の長所を取り込める方式であることが興味深い。なおフランスのCYCADES ではデタグラム方式を採用している。

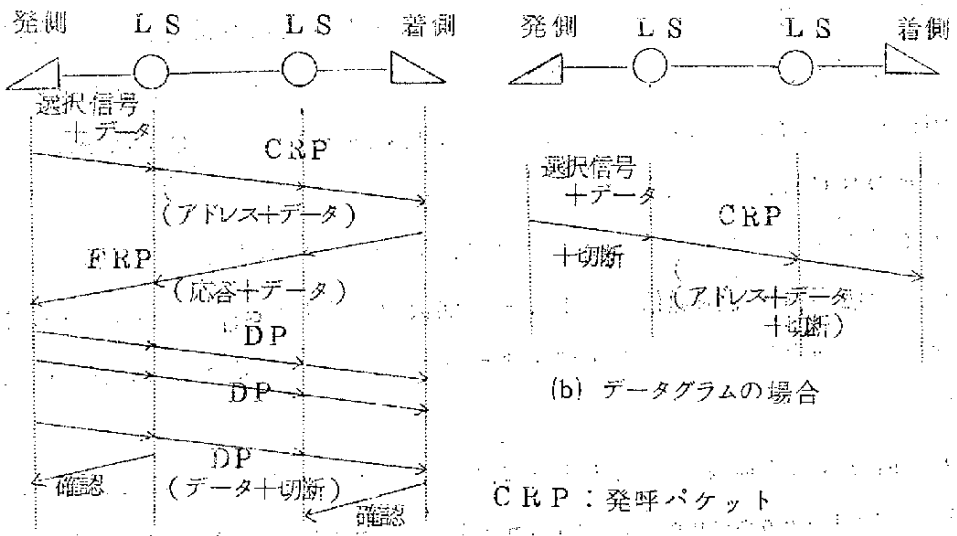
アメリカではむしろデータ専用網又はコンピュータ通信専用網への動きが強く、特にマイクロウェーブや通信衛星を用いたディジタル高帯域・高速網をリースして行うPCI、Telenet などのVANサービス業者とそれに対抗するBell 社などの既存独占通信会社との間の競争から、データ通信コストのより一層の低下、通信品質・機能の向上などによってデータ通信のあらたな需要が開発されることも考えられ、これにSCC、又GEやTym Net などのタイムシェアリングサービス業者の動きも加わってかなり複合的な網構成ができることが考えられる。

第２－３３図　　パケット形式





第２－３９図　２種類のパケット交換サービス



ＣＲＰ：発呼パケット

ＦＲＰ：応答パケット

ＵＰ　：データパケット

第２－４０図　ファーストセレクティング

以上大まかな各国の動向を述べたが、以下でアメリカ、カナダ、ヨーロッパ諸国の新しいデータ通信網の事例をみてみよう。

1) アメリカ

〔データ通信網概要〕

アメリカにおけるデータ通信は、1章1節(4)で述べられたように、1968年に下された私有通信施設と公衆電話網との相互接続を認めるカーターホン裁定、および1969年に下されたMCIに対する新しい通信サービスを行うマイクロウェーブ網の建設認可などの一連のFCCの新しい政策によって大きく発展していった。

特に、MCIなどのSCC業者が、FCCの規制下で、既存通信網を独占するAT&Tなどとデータ通信等の部門で自由競争できるようになったことは、データ通信分野に画期的な変化を持たらすものであった。

新しく多数のSCC業者が誕生し、主に次のような3種類の業務を行っている。

①、音声信号や、印刷電信、データ、ファクシミリなどのアナログ・ディジタル両信号をマイクロウェーブ網で伝送する専用線サービス・MCI系統などほとんどのSCCがこれにあたる。

②、ディジタルデータだけを扱うサービス。このサービスを提供しているのは、データ伝送専用の全国通信ネットワーク建設をめざしているDatran社や、国内衛星を利用してディジタルデータサービスを計画しているRCA系統である。

③ビデオ信号などの映像情報伝送サービス。このサービスを提供しているのは、CPI Telecommunications社、United Video社などである。

一方これらの通信回線を実際に建設し、サービスを行う業務とは別に、通信回線そのものを提供するのではなく、既存の通信網を利用し、それに付加機能を与えて、ユーザーの需要に応じるVANがある。

VANのネットワークは、AT&Tなど独占的通信会社や上述のSCC各社のネットワークと比較して、エラー率が少なく高品質のデータ伝送網を実現している。

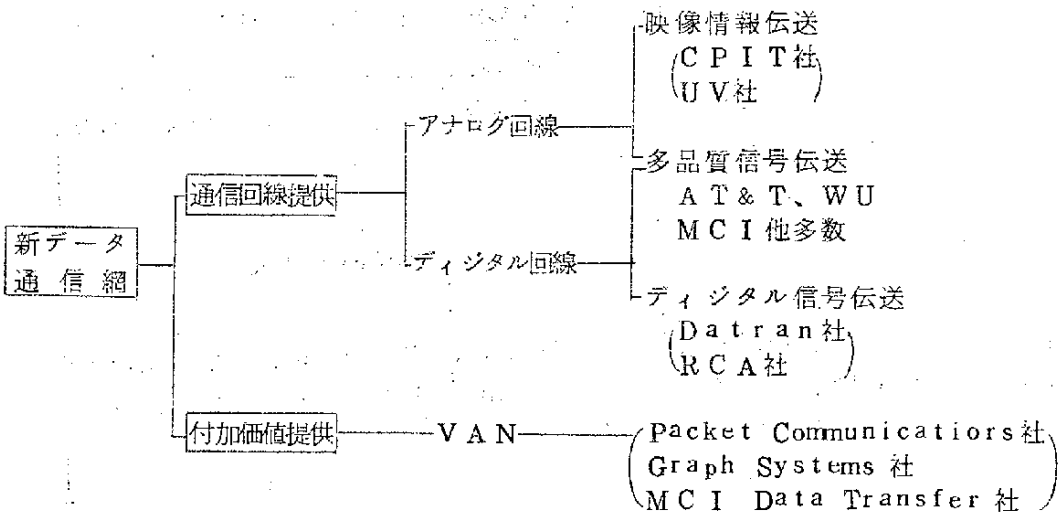
エラー率は次のように推定されている。

既存網	電話交換網	10^{-4} ～ 10^{-5} エラーbits／伝送bits
	専用電線	10^{-5} ～ 10^{-6} エラーbits／伝送bits
新データ通信網	AT&Tディジタルデータサービス網	10^{-7} エラーbits／伝送bits
	SCCネットワーク	10^{-7} エラーbits／伝送bits
	VANネットワーク	10^{-12} エラーbits／伝送bits

VAN業者ののサービスは主に、ユーザーのデータ集計、伝速速度の変換、コード変換、自動迂回中継路選択などである。

VAN業者には、PCI社、Telenet Communication社がある。

アメリカにおける新データ通信網をまとめると次の図となる。



〔新データ通信網事例〕

上述の新データ通信網の分類に従つて、現在稼動中又は計画中の新データ通信網の事例を分類し、その特徴やサービスの概要、将来の計画等を紹介する。

映像情報伝送、ネットワーク

ネットワーク	U V	C P I
社名	United Video Inc.	CPI Telecommunications Inc.
所在地	タルサ	テキサス州オースティン
サービス開始時期	1973年下旬	1973年下旬
特徴	point-to-point方式マイクロウェーブネットワーク 他のSCCと相互接続	point-to-point方式マイクロウェーブネットワーク テレビ伝送ネットワーク
ノード	1973年 ダラス、タルサ、オクラホマシティ 1974年 ジェフリン、セントルイス、ニューヨーク、アトランタ	1973年 ダラス、ワコー、オースティン等南部7都市 1974年 ニューオールリンズまで伸びる 1975年 エルパソ等南部一帯
サービス概要	主に営業用テレビ放送局やCATVネットワーク業務のためのビデオ信号伝送、音声データ	音声、データ、画像通信 低速から高速まで多種類のサービス
伝送速度		100bps～1Mbps
将来の計画	従来の映像情報だけでなくデータ伝送分野へも進出していきつつある。	南部一帯に、高信頼度のネットワークサービスを提供する。

多品質信号伝送、通信ネットワーク

ネットワーク	M C I	W T C I
社名	MCI Telecommunications Corporation.	Western Tele-communications Inc.
本社所在地	ワシントン	デンバー
サービス開始時期	1972年1月	1973年中旬
特徴	point-to-point 方式マイクロウェーブネットワーク アナログおよびディジタルの専用回線多種類の帯域幅を持つ。	point-to-point 方式マイクロウェーブネットワーク 自営通信衛星計画
ノード	1972年 シカゴ、セントルイス 1973年 ダラス、ピッツバーグ等東、中部11都市 1974年 サンフランシスコ、ミネアポリス等西部まで伸びる27都市	1973年 ロサンゼルス、ユマ、フェニックス 1974年 エルパソ、シアトル、サンフランシスコ等、西部および内陸部
サービス概要	音声、データ、テレプリンタ、ファクシミリ	音声、データ 狭帯域テレビ、ファクシミリ 各機器の提供を含めた総合データ通信サービス
伝送速度	300bps~9600bps	データ回線は 1.544Mbps
将来の計画	大陸横断ネットワーク構想、81都市まで拡げる予定	蓄積交換サービスによる、総合データ通信サービスの拡大

ネットワーク	N-Triple-C	S P C C
社　　名	Nebraska Consolidated Communications Company	Southern Pacific Communications Company
所　在　地	ネブラスカ州リンカーン	サンフランシスコ
サービス開始時期	1973年中頃	1973年下旬
特　　徴	point-to-point方式マイクロウェーブネットワーク 専用回線	point-to-point 方式マイクロウェーブネットワーク 南太平洋鉄道社(SPR)の自社ネットワークを拡張、専用回線
ノ　ー　ド	1973年 シカゴ－リンカーン オマハ－ジョブリン ミネアポリス－ヒューストン カンサスシティ－アトランタ 1974年 ロサンゼルス他21都市	1973年 サンフランシスコ－ロサンゼルス 1974年 ロサンジェルス－ヒューストン－セントルイス 1975年 サンフランシスコ－シアトル
サービス概要	音声、データ ファクシミリ サービスの信頼性は高いと評価されている。	データ、音声、テレプリンタ 低速、高速サービス SPR時代の豊かな経験を持っており、技術力、資金力がすぐれ、コンサルティングを行う
伝 送 速 度	2.4Kbps , 4.8Kbps , 9.6Kbps	
将来の計画	中部を起点に東部、南部、西部へ伸びるマイクロウェーブ網建設 50Kbps デイジタルデータ伝送サービス計画	United Video社を買い取り、東部へ進出する計画 コンピュータ・ネットワークとのインターフェースを取る計画

ネットワーク	ＡＳＣ
社名	American Satellite Corporation
所在地	ジャーマンタウン
サービス開始時期	１９７３年下旬
特徴	国内通信衛星回線 ＳＣＣ他社の回線とネットワーク接続可能 専用回線
ノード	１９７４年、カナダのＡＮＩＫ－２通信衛星を利用、その後自社衛星を打ち上げる。初期地上局、ニューヨーク、シカゴ、ロサンゼルス、ダラス
サービス概要	音声、データ、画像、ファクシミリ テレメトリ、テレタイプ
伝送速度	最高速度 60 Mbps
将来の計画	１９７５年 自社衛星２個を打ち上げる予定 最終的に全米に１２の地上局を設置し、ＳＣＣ回線と相互接続する。

ネットワーク	A T & T	W U T C
社　　名	American Telephone and Telegraph Company	Western Union Telegraph Company
所　在　地		
サービス開始時期	ディジタルデータサービス(DDS) 1974年上旬	ディジタルネットワーク 1972年
特　　徴	end-to-end 方式による マイクロウェーブ網、同軸ケーブル網、Date Under Voice (DUV)技術により伝送	point-to-point 方式マイクロウェーブネットワーク 公衆回線と専用回線の相互接続可能
ノ　ー　ド	1974年 ボストン、ニューヨーク フィラデルフィア、ワシントンDC、シカゴ 等24都市	1972年 シンシナチーアトランタ ニューヨークーワシントンDC ピッツバーグーシカゴ
サービス概要	ディジタル、アナログ混合伝送 多種類の伝送速度	従来のテレックス、TWX ボイル・グラム・メッセージの他に INFO-CON, DATACON, MULTIPOINT DATA SERVICE
伝送速度	2.4Kbps , 4.8Kbps 9.6Kbps , 56Kbps	DATACONの速度、75～1200bps
将来の計画	1975年中にDDSネットワークを60御市まで広げ、1976年には主要96都市へ拡張する計画	国内通信衛星回線の建設、地上局予定地、ニューヨーク アトランタ、シカゴ、ダラス、ロサンジェルス、回線交換新技術の開発

ディジタル・データネットワーク

ネックワーク	U S T S	D A T R A N
社　　名	United State Transmission Systemes Inc.	Data Transmission Company
所　在　地	ニューヨーク	ヴィエンナ(ウィーン)
サービス開始時期	1975年(予定)	1973年下旬
特　　徴	point-to-point 方式マイクロウェーブネットワーク専用回線	Point-to-point 方式マイクロウェーブネットワーク交換回線、専用回線
ノ　ー　ド	ニューヨーク、フィラデルフィア グリーンズバロ、アトランタ、ニューオルリンズ、ヒューストンなど	1973年 ダラス-ヒューストン 1974年 オクラホマシティ、タルサ カンジスシティ、セントルイス、シカゴの中部、南部都市
サービス概要	音声、データ 中小規模のユーザー向けにサービスを提供する予定	ディジタル・データ伝送サービス データ通信プログラムの提供 データ通信に関するコンサルタンティング業務
伝送速度		2.4 Kbps～1.344 Mbps
将来の計画	東部から南部へ至るネットワーク	1975年中に中部から東部南部、西部に至る幹線ネットワークを建設 完成後は専用線サービスだけでなく、交換回線サービスも行う

ディジタルデータネットワーク

ネットワーク	P C I	T E L E N E T
社名	Packet Communic Communications Inc.	Telenet Communications Cirporation
所在地		ボストン
サービス開始時期	1975年後半（予定）	1975年予定
特徴	リース回線を利用したパケット交換サービス全国ネットワーク。ARPAネットワークで開発された技術を応用したPSP、TAP機による各種サービス低いエラー率	国内通信衛星回線とリース回線を組み合わせたパケット交換ネットワーク 高速データ伝送
ノード	初期計画、シアトル、ボストン、シカゴ等18都市	衛星地上局、ロサンゼルス、ダラス、シカゴ、ニューヨーク パケット交換ネットワークノード 1975年中にボストン、ニューヨーク等18都市
サービス概要	パケット交換 ユーザーデータ集計 伝送速度の変換 コード変換 自動迂回中継路選択	コンピュータ間データ通信、端末、コンピュータ間データ通信高速、広域サービス、コード速度、フォーマットの変換
伝送速度		衛星リンク 1.544Mbps
将来の計画	1978年までに全国57都市までサービスを拡大 国内通信衛生回線のリースも計画、レーザ伝送や導波管伝送など、将来の新伝送技術にも注目	1977年には全米62都市まで拡張する計画 ARPAネットワークを建設したBBN社の子会社である。コンピュータ・ネットワーク技術を駆使したディジタル・ネットワーク

2）　カ　ナ　ダ

〔カナダにおける通信事情〕

カナダは、北アメリカ大陸にあって、東西に約８００Km、南北４８００Km という広大な国土を持っている。人口のほとんどは東部のアメリカとの国境ぞいに集中しており、北部の冷寒地帯は孤立した小集落が点在しているだけで、まだ荒廃したまま放置されている。

カナダは経済的にも社会、文化的にもアメリカと密接な関係を持っており、アメリカ資本によるカナダ支配がとりざたされる程である。

広大な国土と資源を持ち大国アメリカと隣接するカナダにとって、カナダの独自性、主体性の保持、国産企業育成の問題はどのような政策課題においてもその中心にすえられている。

カナダは、科学技術の発展とくに電気通信分野のそれには古くから敏感であった。電信システムは、モールスの実験から２年後の１８４６年にはやトロントとナイヤガラとの間に商業ベースの電信システムが実用化し、それは翌年米国のシステムと結合されている。電話システムは１８７６年グラハムベルによって行われた電話実験の４年後、１８８０年にはベル・カナダ社が設立され、電話網が建設されている。

電話分野においては、シェアの約７０％をにぎるベル・カナダ社が以前アメリカのＡＴ＆Ｔの子会社であったこともあってアメリカの影響は大であった。ベル・カナダ社は、ＡＴ＆Ｔが同意審決によって手を引くことになり、現在ではカナダ人の所有となっている。

データ通信分野においては、カナダは世界に先がけて最初の商用長距離デジタル・データ通信ネットワークＴｈｅ　Ｄａｔａｒｏｕｔｅを建設し、アメリカより一歩先んじた。

国内衛星通信分野においてもソ連を除いて初の国内通信衛星の打ち上げに成功している。

このような最近の電気通信分野における発展をもたらした要因として、(小) 規

模の経済性と歴史的につちかわれてきた電気通信機器開発製造能力があげられている。

カナダには約１５の主要電話会社と非常に小規模な独立電話会社が約１万８千ある。

ベルカナダ電話会社、アルバータ州政府電話会社、ブリティッシュコロンビア電話会社などの大手電話会社８社は、１９３１年汎カナダ電話システムTCTS（Trans-Canada Telephone System）を結成し、相互協定を結び全国的なサービス調整、設計手順、共通の実施方法などについて協議を行なってきた。TCTSは法人ではないが、加盟各社の代表者たる理事からなる経営理事会、運用委員会、管理委員会を持っている。TCTSは、東西両海岸を結ぶ完全な通信網を提供するために協力しあってきたが、現在では、システム化したコンピュータ通信グループとなっており、全国的なデイジタルデータ通信ネットワークサービスを提供している。

〔CATU〕

カナダには、４００余のCATVシステムがあり加入者数は１９７４年3月で約２１０万世帯にのぼっている。これは加入対象世帯の約３５％にのぼるもので、世界で一番高い加入率である。

ＣＡＴＶは一定の区域に向けて送るサービスであり、伝送は現在のところ片方向である。即ち、加入者端末は、提供されるチャンネルを選択するのみで、放送局への伝送機能は持っていない。

カナダは双方向伝送能力を有するＣＡＴＶシステムの可能性を高く評価している。１９８０年代に始まると考えられているマルチ・サービス通信システムは、カナダの大気汚染、都市の交通問題及び都市内、都市相互間の運輸問題の解決に重要な役割を果すと考えられている。また、マルチ通信サービスの実現によって、人口がそれほど密集していない地域でも便利な生活ができるようになり、労働、娯楽、その他の要求に応じることができるようになると考えられている。ＣＡＴＶサービスの拡大は、映像信号を伝送するためのマイクロウェーブ・ネ

ットワークに対する需要を増大させており、１９８０年代には国内衛星通信システムがこの問題の解決に大いに力あるものと考えられている。
カナダの通信サービスは優れた新しい設備の導入、新し方式の開拓が進み、現在アメリカと比較しても急速に成長していきつつあり、世界のどの国をとってもカナダほど各種のデータ・サービスを利用できるところは見当らないと言われるほど、カナダのデータ通信サービスは進んでおり、また将来にも目を向けている。

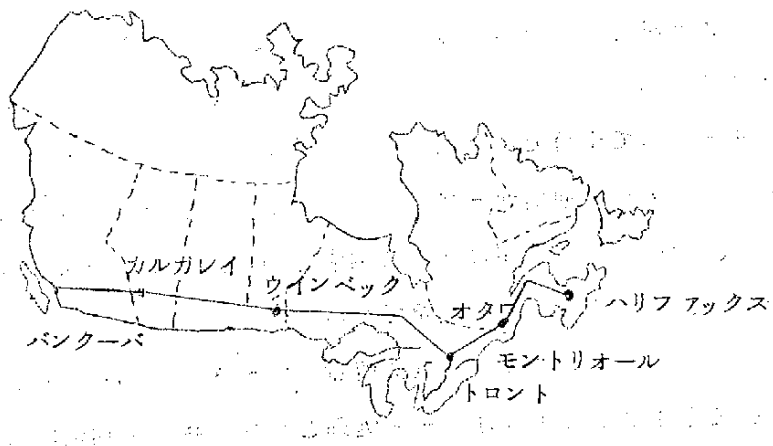
〔新データ通信網事例〕

The Data route

カナダのコンピュータ間通信は事実上公衆通信業者２社の手によって独占されている。一つはＴＣＴＳであり、もう一つは、カナダ国有鉄道とカナダ太平洋鉄道が共同運営しているＣＮ－ＣＰテレコミュニケーションズ社である。
カナダと米国の最も重要な相異点は、その規制環境にある。ＦＣＣは特殊通信業者に対しほとんど無制限の競争を認めたが、カナダの規制当局は、競争を導入しつつかつ独占も認めるいわゆる「ｄｕｏｐｏｌｙ」である。
１９５０年代のデータ通信サービスはテレタイプ交換（ＴＷＸ）とテレタイプライターサービスであった。まだコンピュータ通信が登場しない段階では低速ラインによるサービスで十分であった。しかし、コンピュータ通信がでてくると、電話サービスとデータ通信サービスにはいくつかの点で根本的な相異がでてきた。それは、伝送すべき情報の種類に関する相異、情報伝達量、ユーザーの利用する時間帯、それに技術上の相異である。
１９７１年ベル・カナダ社はこういう点に留意しデータ事業部を発足させた。ＴＣＴＳにおいても１９７２年９月データ処理とコンピュータ通信に重点を移した。
１９７１年３月にＴＣＴＳは全国ディジタル・データ・サービス網計画を発表し、１９７２年初めから、トロント、オタワ、カルガリー間で試用試験が行われた。試験には４人の顧客が協力し、あらゆる角度からテストが行われた。

それによると、新データ通信網の誤差率は、アナログ方式の1/10以下であった。テストは１９７２年度中で終わり、１９７３年２月 The Datarou－te という名で商用に供された。最初は国内１１都市を結ぶネットワークであったが、１９７３年までには３３都市まで拡張された。ネットワークのそれぞれの地点を結ぶ伝送容量は、２．４Kbps，４．８Kbps，９．６Kbps，４８Kbpsと低速度によるサービスから、中速、高速まで４段階に分かれて提供されておりユーザーは目的に応じてモードを選択できるようになっている。The Datarouteでは市場の需要が最も大きい低速度サービス分野の料金は、アナログ設備を使った伝送サービスよりも格段に安上がりになっている。片方向低速データチャンネルを用いた伝送の場合、従来方式より９０％安となっている。中速度サービス分野のコスト節減はそれほどではないが、高速度サービス（最大５万ワード／分）分野では相当大幅な節減が可能である。

TLe Dataroute



The Dataroute は基本的に次のような構成となっている。（図1参照）

(1)ローカル・ディジタル・ループ　全二重回線によって、利用者と利用者に最も近いＯＬＲ（Office Loop Regenerator）を結ぶ回線である。

ユーザー側にはＳＴＥ（Subscriber Terminal Equipment）が設置され、ユーザーのコンピュータとループのインターフェースとなっている。

ＯＬＲは、ユーザーと中央局との接点となり、信号変換、監視、警報発成などを行っている。

(2)トータル・センター データマルチプレキサー

ローカル・ディジタル・ループは、トータルセンターのデータ・マルチプレキサー（ＸＤＭ）へ集められる。ＸＤＭは、低速のメカデータを高速信号へ変換し、タイムスロットアクセス装置（ＴＳＡ）を通して、TIPCMシステムへ送る。ＸＤＭはＴ１ＰＣＭシステムから送られてくる信号に対しても同様に以上とは逆の働きを行う。

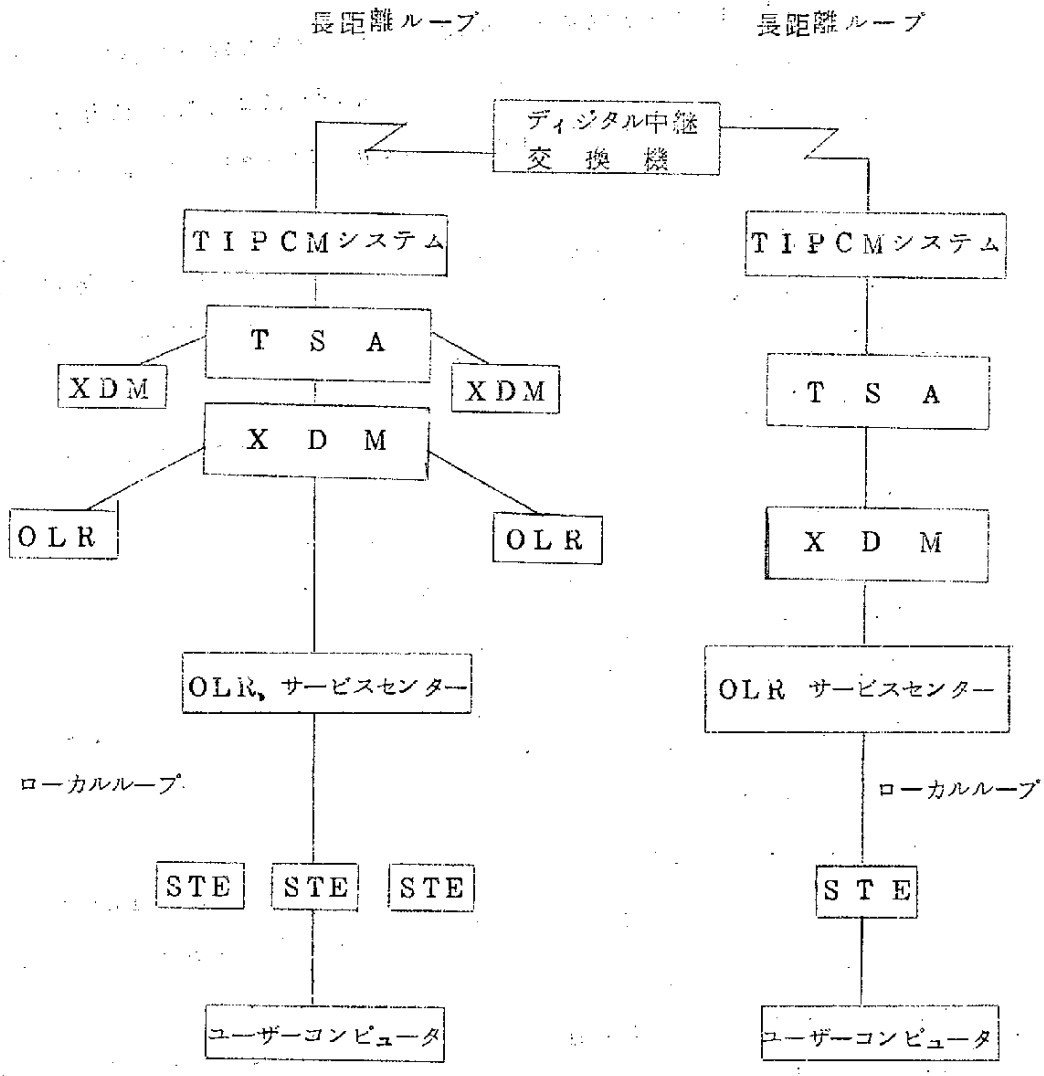
(3)ＴＩＰＣＭシステム（ＴＩ Pulse Code Modulation）

ＴＩＰＣＭシステムは２４個の電話チャンネルのうちＴＳＡを通過した信号を１．５Mボーの速度で長距離回線を通して搬送する。

(4)ディジタル中継交換機；長距離回線の途中に２００～３００マイルおきに設置されている。

ＴＣＴＳはThe Dataroute に続いて、現在、本格的な商用パケット交換網の建設を行っている。それは、Data Pack と呼ばれ、１９７６年中に4都市を結びサービスの提供を始める予定である。

（図1）　The Data route の基本構成



TIPCM;TI Pulse Code Modulation
TSA　;タイムスロットアクセス装置
XDM　;データ・マルチプレキサー
OLR　;Office Loop Regenerator
STE　;Subscriber Terminal Equipment

3)　ヨーロッパ

〔ヨーロッパにおける通信事情〕

〔ＰＴＴとＣＥＰＴ〕ヨーロッパ各国における電気通信事業は、アメリカやカナダの例とは異なり、政府の独占的な事業として行われている。イギリスのように直接政府当局の手によって管理、運営されているケースもあるが、他のほとんどの国においては、公社または強力な政府の統制の下にある独占的な私企業の手によって営まれている。これらの事業体は大ざっぱにＰＴＴ（Postes Telephone & Telegraphs）と呼ばれており、その名のように、郵便事業も合わせて営んでいる。

ＰＴＴには、事業に対する独占的な権限および特定の新規サービスを導入する際の独占的な権限が与えられている。このような独占および権限は、公共的性格を持つ通信サービスを広範囲の、利益の少ない需要にも応じ得ることをねらいとして付与されている。

ヨーロッパ諸国のＰＴＴは、連合して、ＣＥＰＴ（The Conference of European Pastal and Telecommunication Administration）を結成している。

ＣＥＰＴは、加盟各国の電気通信に関する政策交換や、電気通信に関する標準化等に関する協議機関である。

ＣＥＰＴは、協議の結果得られた結論にもとずき、各国のＰＴＴや政府に対し拘束力の弱い勧告を行う。

今日、電話が、カストマー・ダイヤル方式により、世界中あまねくコールできるようになったのは、ＣＥＰＴの多年にわたる作業と勧告のたまものである。

現在、ＣＥＰＴは、新データ通信網の分野において、標準化に関することや、コンピュータと通信ネットワーク相互間のインターフェースなどに関し、精力的な活動を行っており、その成果が期待されている。

〔新データ通信網建設への動き〕　現在ＰＴＴによって提供されている又は近い将来用意される予定の電気通信サービスは、次の表のようなものである。

現在提供中又は計画中のＰＴＴのサービス

	ネットワーク	伝送容量	備考
電信網	テレックス網	最大50bps	フランスは最大200bps
	公衆電話網 特殊電信システム	最大200bps	西ドイツのDatex スウェーデンは50bps
	専用電信回線	最大110bps 又は200bps	スウェーデンは75bps
電話網	公衆電話網	最大1200bps	古い回線や過重負荷ケーブルは600bps イギリスおよびイタリアは2400bps
	専用電話回線	4800bps	イギリス、西ドイツは9600bps
広帯域網	周波数48KHz	50Kbps	周波数帯域巾は72KHz 240KHz、MHzまで拡張可能 西ドイツは5MHz使用

これらは、既存の通信設備を使用したサービスである。現在のデータ伝送需要は、既に、これら既存網の能力を上まわっていきつつあり、需要に十分応え得るものとはなっていない。

ユーザサイドについてみると、多くのヨーロッパの大企業は、データ伝送機能を重要視してきており、国家的なわくや、産業の境界を超えるデータ伝送需要が高まってきている。特に、種々の支払い業務や、資金貸付け、旅行業などにおいて需要の高まりが見られる。

また主要企業では、既存の電話通信、テレックス通信、データ通信といった個の通信方式をばらばらに利用するこれまでのやり方から、それらを情報の流れとして、統一的な視点から考え直し、データ通信を中心にすえた、集中的なルートとそれを敏速に伝送処理するトータル通信システムの検討に入っている。

ＰＴＴは、このような、データ伝送需要の高まりに対応し、既存のアナログ方式通信網の検討や、ディジタル方式通信網の建設の可能性について検討を進めている。

当面の開発目標は、既存の回線の不完全性を補なう等価機を組み込んだ高度なモデムを使用し、公衆回線を利用した場合 2400bps、専用回線を利用した場合最大 9600bps までのサービスを実現しようとするものである。

一方ＰＴＴの計画以外に、国家的なプロジェクトとしても、多くの国において新データ通信網の研究開発が進められている。しかし、これらのプロジェクトは、現在までのところ、本格的な広帯域ディジタル伝送網の補完的な意味合いを持つものである。

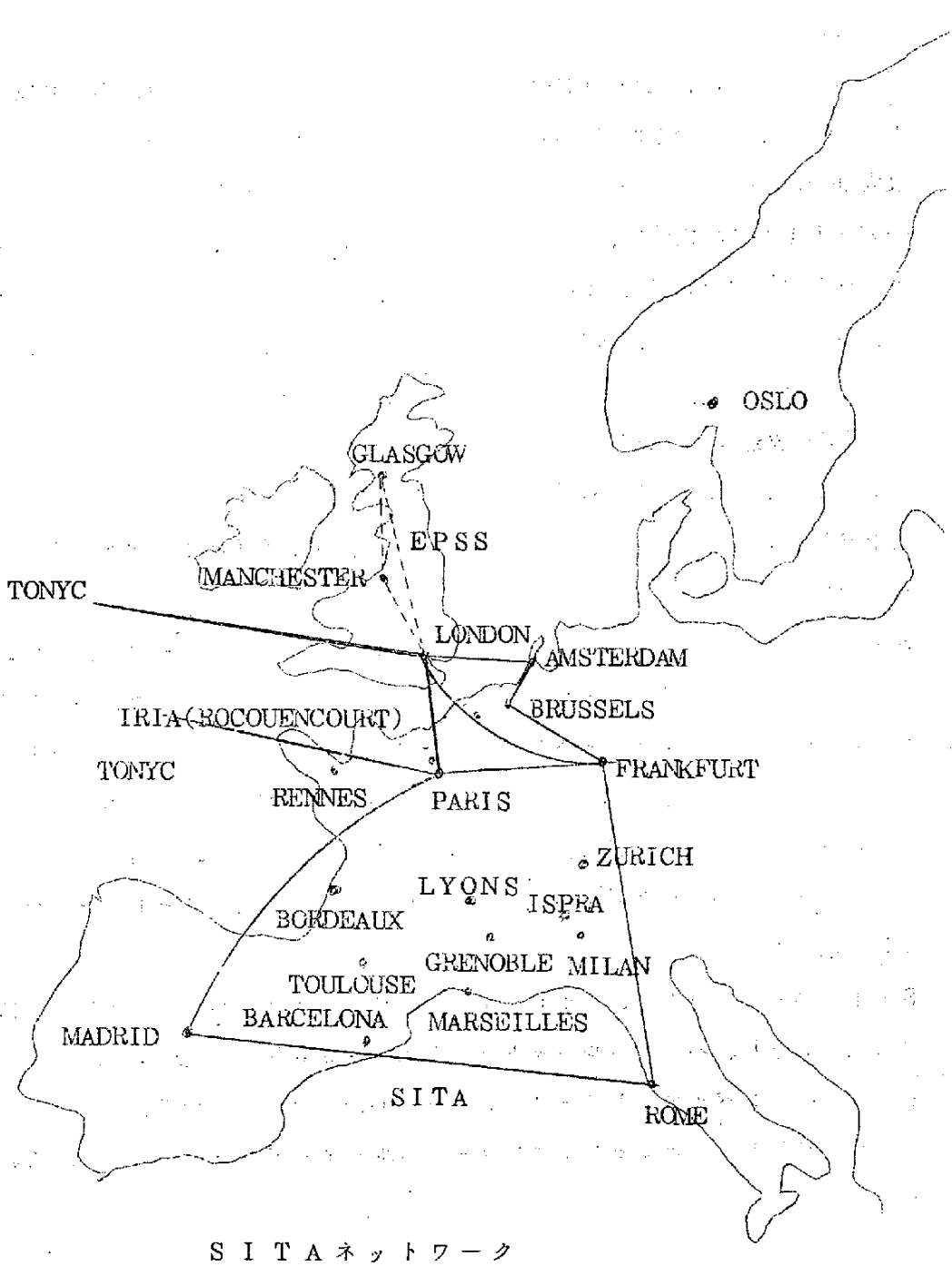
〔新データ通信網事例〕

1. ＳＩＴＡネットワーク

商用パケット交換ネットワークの最初のものは、ＳＩＴＡハイレベルネットワークである。

ＳＩＴＡは、ニューヨーク、ロンドン、アムステルダム、ブルッセル、フランクフルト、マドリード、ローマを結び、１９７０年に稼動した。後にパリとホンコンを結ぶ。ＳＩＴＡネットワークは、２５６文字で構成されたパケットを使用して伝送を行い、そのうち２５０文字はメッセージ伝送で可変長である。パケット交換とメッセージ交換サービスの両方を行っており、座席予約のためのコンピュータ間伝送と通常の電報メッセージの両方を同じネットワークを利用して取り扱っている。

ＳＩＴＡネットワークは、ハイレベルネットワークとローベルネットワークによって構成され、ハイレベルネットワークは４８００Ｂｐｓの伝送容量で、上記９都市のハイレベルネットワークセンター（ＨＬＮ）を結んでいる。各センターにはサテライト・プロセッサを含むローレベル・ネットワークが接続されている。


OSLO
GLASGOW
EPSS
MANCHESTER
TONYC
LONDON
AMSTERDAM
BRUSSELS
IRIA (ROCOUENCOURT)
TONYC
FRANKFURT
RENNES
PARIS
ZURICH
LYONS
ISPRA
BORDEAUX
GRENOBLE
MILAN
TOULOUSE
BARCELONA
MARSEILLES
MADRID
SITA
ROME

ＳＩＴＡネットワーク

2. ＥＩＮネットワーク

EIN(The European Informatics Network又はCOST 11PROJECT)は、フランス、イタリア、ノルウェイ、ポルトガル、スペイン、スイス、イギリス、ユーゴの９ケ国の合意調印により１９７１年に正式に発足したプロジェクトである。後に、イスプラのユーラトム・センターとオランダが加わった。初期のネットワークノードは、ロンドン、チューリッヒ、ミラノ、それにイスプラに設置される予定である。ＥＩＮは面ｉｔｒａ１５コンピュータとLogica及びＳＥＳＡを集線器として使ってからパケット交換ができるようになった。ＥＩＮではＣＩＧＡＬＥと同様に簡単な端末をつけたコンピュータ同志しか結合されない。つまりＴＩＰのようなものはないのである。

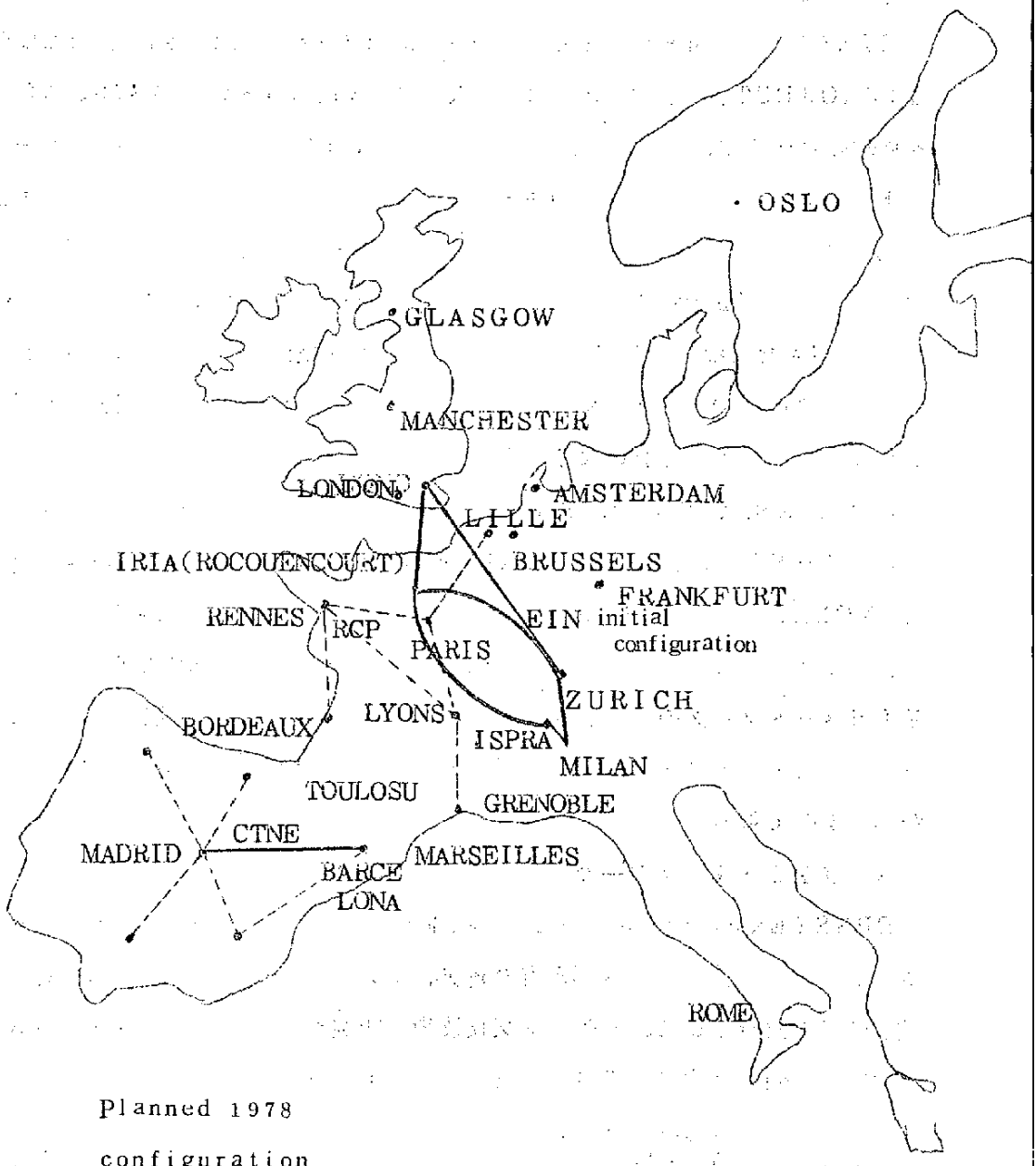
CYCLADES、CTNE、EPSS同様パケット長は２５５バイト可変長の予定である。ノード間は、伝送容量４８Ｋｂｐｓ回線で接続される予定である。ＥＩＮとCYCLADESとの協力は高レベルプロトコルの分野で有望であるがその間にも、イギリスのNPLネットワークとフランスのCYCLADESとの間をいずれＥＩＮネットワークの一部となる回線で結びいくつかの共同実験が行われている。ＥＩＮネットワークの現在のプロトコルは、CYCLADESのそれから導かれたものである。

3. ＥＰＳＳネットワーク

EPSS(Experimental Packet Switched Service)ネットワークは、イギリス郵政省の新ディジタル・データ・サービス構想(下表)の第１段階として、パケット交換技術の開発および、パケット交換方式の有効性の評価を目的に建設された実験用ネットワークである。

(表１)イギリス郵政省ＤＤＳ構想

開発手順	開発期間	目　　的
第１段階	１９７４年５月	実験用パケット交換サービス(EPSS)建設
第２段階	１９７６年７月	専用回線ディジタル伝送網建設
第３段階	１９７７年８月	国内回線交換ディジタルデータ網建設
第４段階	1977年8月以降	需要予測に基づくディジタルデータサービス



Planned 1978

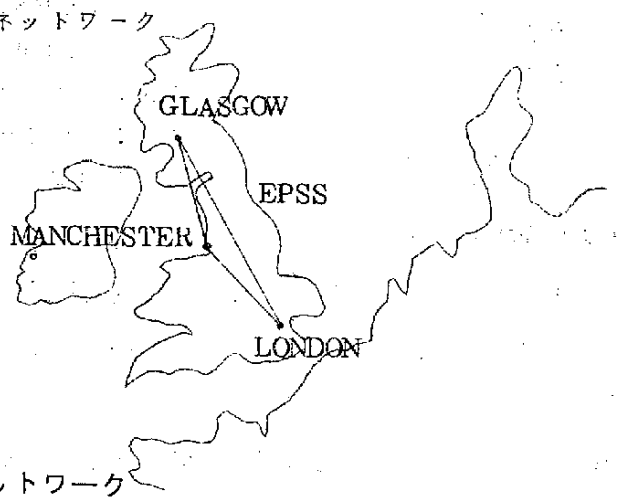
configuration

１９７５年４月、ロンドン、グラスゴー、マンチェスターの三都市にパケット交換局を置き、実験稼動に移された。各パケット交換局にはＦｅｒｒａｎｔｉ社のＡｒｇｕｓ７００Ｅプロセッサーをベースにしたパケット交換機（ＰＳＵ）が置かれている。局間を４８Ｋｂｐｓの全二重方式、専用回線で結び、端末からのアクセスは、１１０ｂｐｓおよび３００ｂｐｓの一般電話交換網と、２．４Ｋｂｐｓ、４８Ｋｂｐｓの専用回線網を使う。

一つの交換局で取り扱える端末は、２．４Ｋｂｐｓ、４８Ｋｂｐｓのパケット端末の場合、最大２４個、１１０ｂｐｓ、１３０ｂｐｓのキャラクタ端末の場合、最大１７０台である。

高度の信頼性とサービス能力を持ち、パケット交換ユーザーの半数が５秒以上ブレークダウンすることは２０年に１度以下とされている。

ＥＰＳＳネットワーク



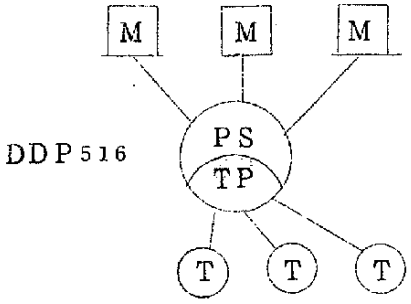
4. ＮＰＬネットワーク

ＮＰＬは、ＡＲＰＡ　ＮＥＴ　プロジェクトの始まる前から、コンピュータコミュニケーションのための伝送方式としてパケット交換方式を提案していた。１９７２年、ＮＰＬは、１個のパケット交換ノードを持つ実験用ネットワークを建設し、実稼動に移った。

プロジェクトの主な目的は、たくさんの異なる種類の端末をこのようなネットワークに接続したときに付随してでてくる問題を発見することであった。

ハードウェアは、ＤＤＰ５１６コンピュータ２台からなるダイナミックマルチプ

レクサーシステムから構成され、パケット蓄積転送方式である。
ターミナルからのデータ伝送容量は50Kbpsであり、ネットワークは最終的に500パケット／secの伝送能力を持つことができる。
最近の実験によると、約100万パケット／dayであった。
100個のターミナルを持っておりそのうち20個はパケット交換インターフェイスを持つコンピュータである。ノードはパケット交換と端末－ホストとのインターフェースを兼ねておりARPAのTIPの役目をしている。
NPLネットワークはEINネットワークおよびEPSSネットワークと現在接続する予定で準備が進んでいる。

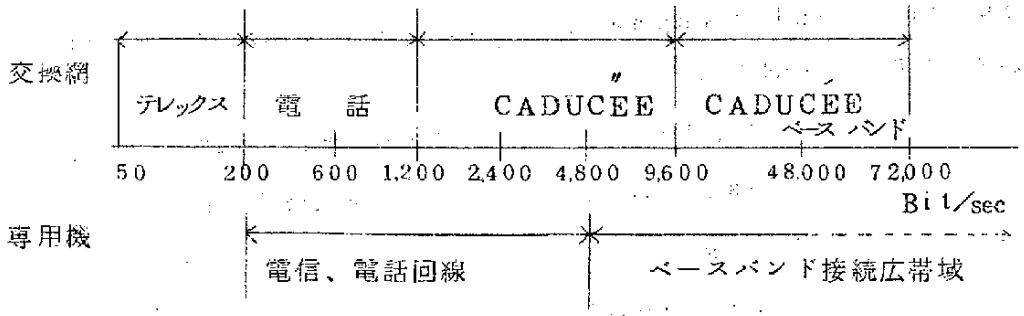


M：ユーザーマシン
ICL4120
PDP8
GE90 5など
PS：パケット交換
TP：ターミナルプロセッサ
T：端末

5. CADUCÉEネットワーク

フランスのCADUEEネットワークは、電気通信総局と国立電気通信研究所（CNET）によって設計され、交換機はフランスの国産コンピュータメーカーCITによって製作された。
1972年初頭に稼動した。高性能電話回線網で、ディジタル情報伝送の場合は、モデムを使用し、伝送容量、最大4800bps、高性能モデムを使用した場合は、最高9600bpsの伝送まで可能である。
なお近距離（自動交換機の周囲約30Km以内）の場合は、50Kbpsまで可能である。

既設網とCADUCEEの伝送速度比較図

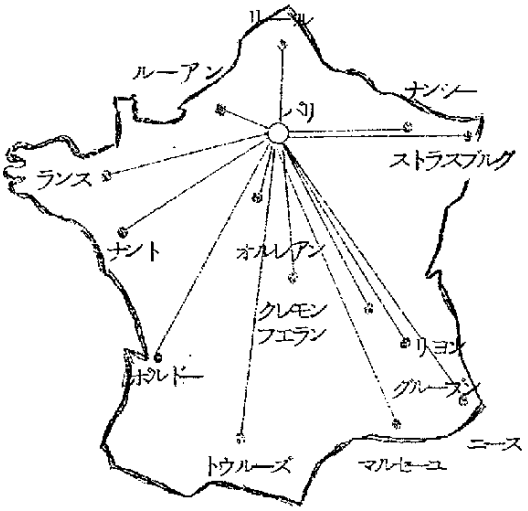


回線の両端末間は、すべて4線式回線網構成となっており、その全てが自動交換機又は集積装置と接続され、全2重通信方式である。

自動交換機はパリにクロスバCP400型が1台設置されており、1974年度中にリヨンに1台増設されることになっていた。

CADUCÉEネットワークのユーザー数は1974年現在で、金融、石油、鉄鋼食料、出版、電子工芸業者などの他、コンピュータ・センター、デパート、気象庁など204社におよび、1977年には2000社へ増大するみこみである。

図1－14　CADUCÉE伝送網の交換接続図



CADUCÉEの構成

自動交換機　1台（パリ）

集線装置　14台（リール、ルーアン、ランス、ナント、ボルドー、トウルーズ、オルレアン、クレルモンーフエラン、マルセーユ、リヨン、グルノーブル、ニース、ナンシー、ストラスブルグの都市に設置）

通常加入線　1,600LINE

大量トラフイック送信専用　240LINE

〃　受信専用　240LINE

この範囲のものは電子計算機に接続可能

6. CTNEネットワーク

スペインの電話システムは、CTNE(The Compagnia Telefonica Nacional España)によって運営されている。データ伝送についてもCTNEが受けもっている。

CTNEネットワークは、1972年マドリードとバルセロナを結んで稼動した。伝送容量は4800bps、全二重伝送方式でパケット交換ネットワークである。現在500余の端末がネットワークに接続され、主に銀行及び金融業者が積極的に利用しており、1976年には利益を計上できる見込である。

CTNEネットワークは、最大遅延時間2秒のリアルタイムサービスと、通常のメッセージ交換サービスを提供している。

パケットの長さは最大255オクテット可変長で、EPSSと互換性を持つものである。

CTNEは、将来スペインの各州に交換センターを設置する予定である

第3章　事例にみるコンピュータネットワークの現状と動向

本章においては、第1節で国際コンピュータネットワークをネットワークの組織者および用途の面から4つのタイプに分類し、第2節から第5節において、それぞれのタイプについて、現存するネットワークの事例を挙げる。

第5節の末に、第3章において述べた各タイプのネットワークの特徴を表3－1～表3－7において示す。

第6節では、特に、ネットワークの国際化が比較的容易と考えられるタイプのネットワークの事例としてアメリカ国防省プロジェクトのＡＲＰＡネットワークについて詳細に検討し、第7節でＡＲＰＡネットワークとハワイ大学プロジェクトのＡＬＯＨＡネットワークの結合について説明する。

第1節　国際コンピュータネットワークの分類

現在、コンピュータネットワークは、ネットワーク技術の開発が進むにつれ、いくつかの分野において、種々の目的を持ったコンピュータネットワークが国際的に広がりつつある。

コンピュータネットワークは、使用目的にそって相異特徴が現われてくる。たとえば、コンピュータネットワークに要請される技術的能力や処理能力、ホストコンピュータの種類や性能、リソースの選定、データ通信回線の容量、ネットワークノードの設定、およびこれらを適切に結び合わせ目的とする機能能を引きだすための各レベルにわたるプロトコールの設定などの点において基本的相異がでてくる。

ここでは、国際コンピュータネットワークをネットワークの組織者および

用途の面から4つのタイプに分類する。

コンピュータネットワークの設置は、技術的に高度のレベルを要求され、また設置コストもばく大なものである。もちろん、ネットワークにどれだけの機能を持たせるか、安全性にどれだけの配慮をするか等によっても、要求される技術レベル、設置コストは異なってくるが、それでも、単なるコンピュータの設置などとは比較にならない技術面、コスト面での困難性を持つものである。

このような事業をなし得る団体は、公共機関か又は、超大手の企業である。またコンピュータネットワークは、使用目的がコンピュータネットワーク組織者の独自の目的に供される場合と、広く一般ユーザーに開放され、ユーザーにコンピュータネットワークの持つハードウェア、ソフトウェア上のリソースを提供したり、国際的範囲にまたがる情報収集施設、通信施設としての機能を提供する場合とに分かれる。

従って、次のような4分類が可能である。

① 公共団体が専用目的で設立するコンピュータネットワーク

② 私企業が社内専用目的で設立するか又は、一つの業界が、業務専用目的で設立するコンピュータネットワーク

③ 公共機関が組織し、一般ユーザーへのサービス提供を目的として設立するコンピュータネットワーク

④ 私企業が組織し、一般ユーザーへのサービス提供を目的として設立するコンピュータネットワーク

図3－1は以上の分類をまとめ、各分類に入る現存するコンピュータネットワークの代表例を上げたものである。

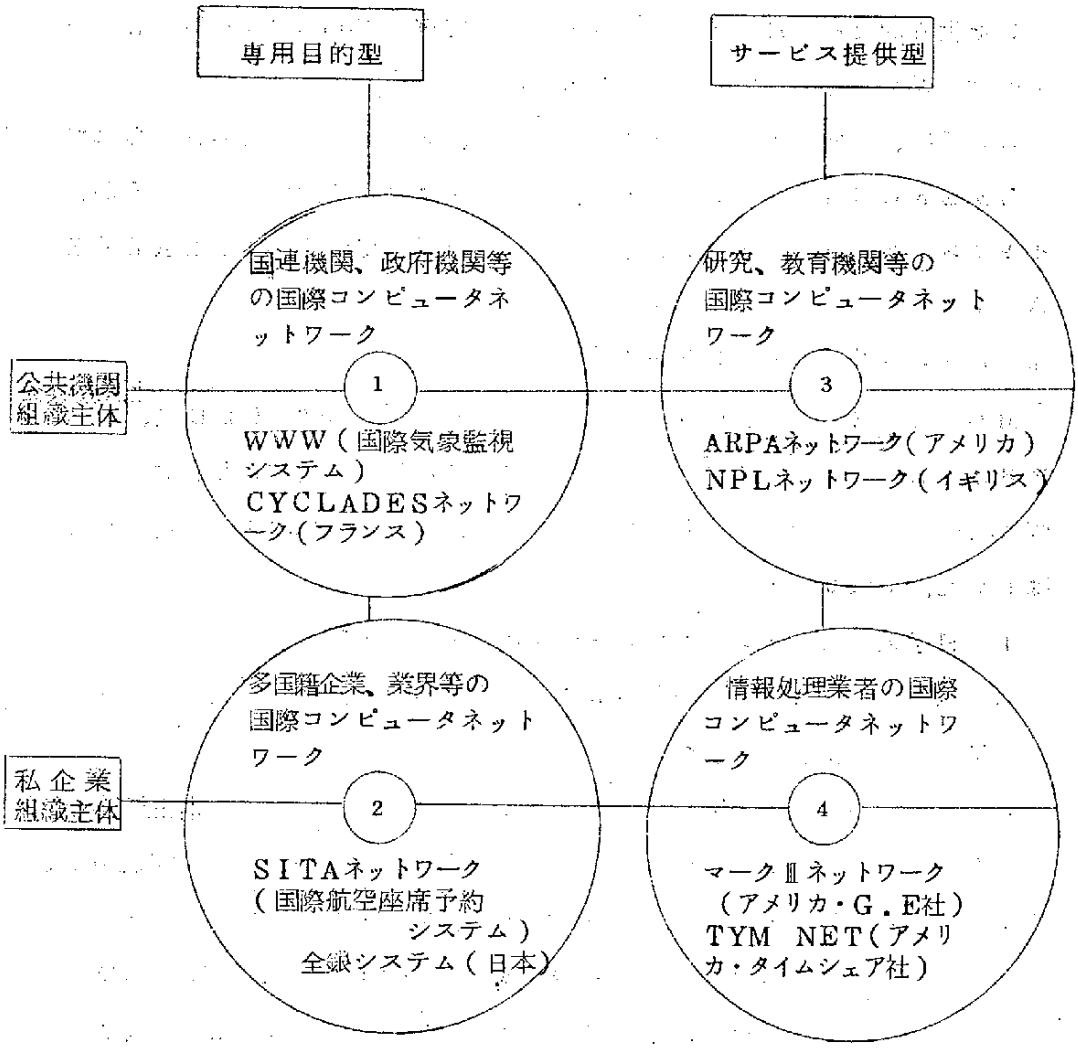


図３－１　　国際コンピュータネットワークの分類

第２節　公共機関専用ネットワーク（タイプ１）

これは、一国内で考えると、官庁や研究機関内につくられたネットワークなどであり、主に機関内部での情報交換、データベースの共有、事務処理のための共用等を目的としており、現存するものも多数ある。

国際ネットワークとしてみた場合、この分野には固有の障害（第４章参照）があり、現在実現しているものとしては、国連世界気象機構（ＷＭＯ）の建

設した世界的な規模にわたる気象観測用のWWW（Worldwide Weather Watch）システムぐらいである。

ここでは、国内用ネットワークの例として、フランスで開発の進められているMERCUREネットワークと、同じくフランスの国内用ではあるが、イギリスとネットワークの国際間結合実験を計画しているCYCLADESネットワークの二つの例を紹介する。

1. MERCUREネットワーク

MERCUREは Electricite De France（EDF、フランス電力公社）によつて次の3つの分野における適用を目的とし、データの収集と結果の利用を全国的規模で行なうために計画され、1971年以降稼動しはじめた。（図3－2）

1. 科学技術計算およびオペレーションズ・リサーチ
2. 水力、火力および原子力発電プラントにおける最適制御と送電ネットワークの制御。
3. 管理情報のデータ処理

端末はUNIVAC DCT－2000のような、制御装置とカード読取機、プリンタよりなる従来からの形の端末であり、プロセス用のコンピュータはもっていない。Clincy, Orleans, Toulouse, LyonにIBM－360／65を用いた地域的な計算センターがあり、この近くにUNIVAC－418／38のようなデータ通信用計算機が設置されている。以前には処理用計算機と通信用計算機の間は磁気テープでデータのやりとりをしていた。スイッチングセンタの間は、回線で直接つながり、その端末とともにネットワークを構成しているが、会話モードでは動いていなかった。計算センタは、科学技術計算センタと管理情報処理センタからなる。前者はパリの近くのClamartにあり、CDC－6600と、CDC－6400各1台が設置されている。後者はIssy－Les Monlineauxにあり、IBM－360／65および360／50によってEDFのすべての管理情

報処理サービスをおこなっている。ＵＮＩＶＡＣ－９３００がデータ通信用として設置され、他のスイッチングセンタに回線を通してつながっており、データを収集し処理して結果を送り直すサービスをやっている。

ＭＥＲＣＵＲＥシステムにはつぎのような効果がある。

1. フロントエンドコンピュータを介してＣＤＣ－６０００をつなぐことにより、データ転送の監視や、集線をフロントエンドにまかせ、ＣＤＣ－６０００が故障を起こしてもデータ転送は妨げられない。
2. 処理装置、オペレーティングシステム、保存ファイル、プログラムライブラリなどをユーザが選択することを可能にした。

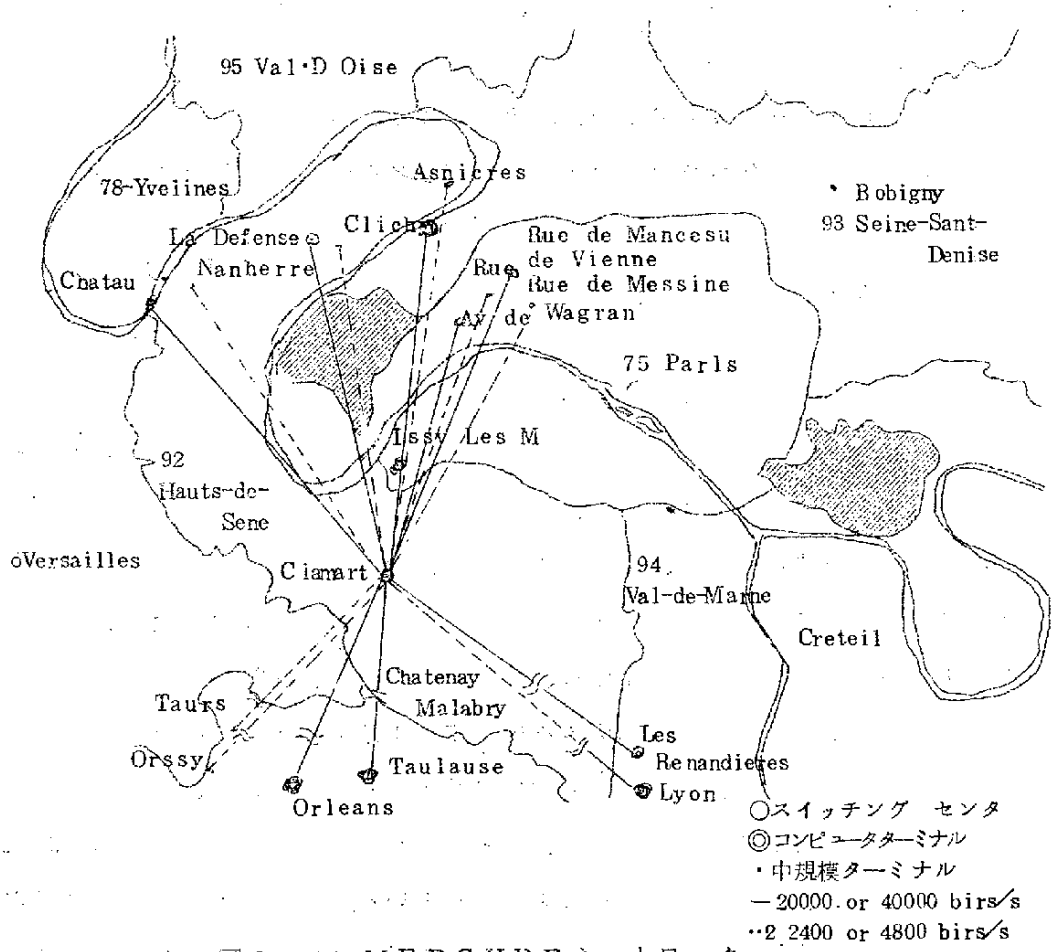


図３－２　ＭＥＲＣＵＲＥネットワーク

3. 端末の種類と数の増加に対処し、スイッチングセンタの通信プロセッサとつなぐことにより、データ通信ネットワークＴＩＧＲＥとの接続を可能にした。

4. 計算センタの計算機の改造あるいは能力の低下をきたすことなく、ＩＢＭ、ＵＮＩＶＡＣ，ＣＩＩなどの通信用計算機のプロトコールをサポートすることを可能にした。

将来の計画として、次のようなことが考えられている。

1. メッセージ交換サービス、任意の種類の情報の即時あるいは蓄積交換を可能とする。

2. ネットワーク内の端末計算機を、集信あるいはデータ伝送のほかにローカルにジョブ処理ができるよう強化する。

3. 端末オペレーションの統一、端末の種類や、センターの計算機の変更に依存しない標準化された端末オペレーションを確立し、サービスの連続性を保ちながらネットワークの拡大を可能とする。

2. ＣＹＣＬＡＤＥＳネットワーク

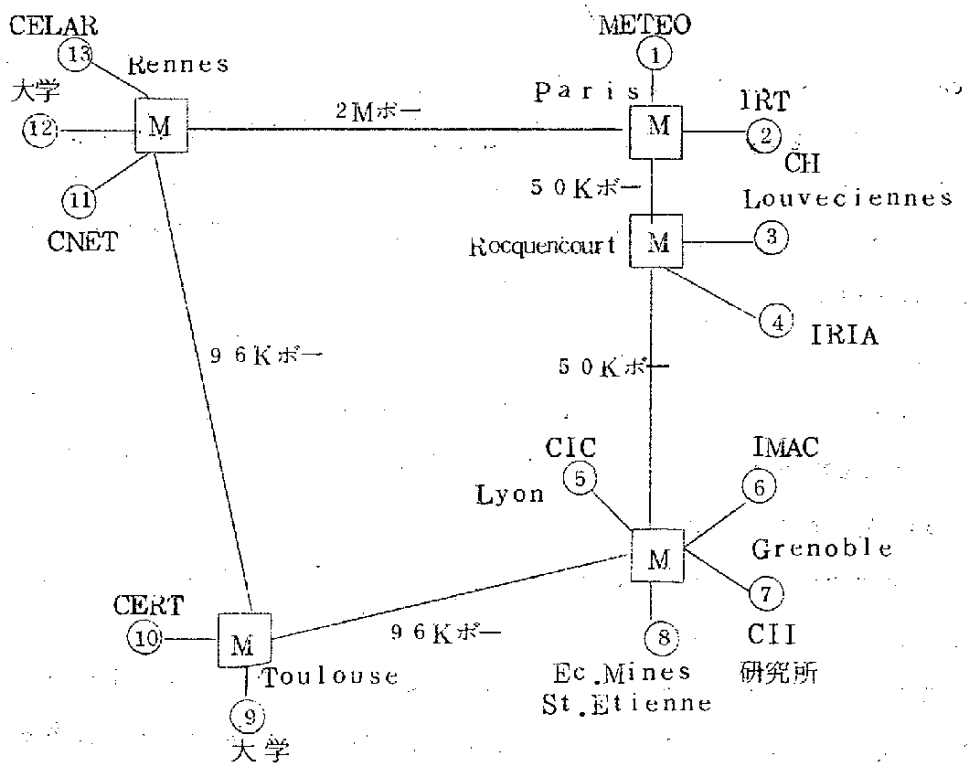
ＣＹＣＬＡＤＥＳコンピュータ・ネットワークは、コンピュータ・ネットワークの機能、利用方法、開発手順等を実際規模で実験的に考察するために、フランスにおいて、国の研究機関が中心となって、建設中のコンピュータ・ネットワークである。１９７３年中に、通信回線を設置して数台のコンピュータによるネットワークを構成し、１９７４年中に、すべてのコンピュータをネットワークに接続してコンピュータ・ネットワークに関する実験を行ない、ネットワーク利用上のマニュアルを整備し、１９７５年中に、利益があがるようないくつかのアプリケーションシステムを開発する予定である。（図３－３）

このネットワークは、行政機関の間でのデータベースの共用、情報交換の迅速化等を主目的としている。従って、ネットワークの構成や特性などはARPA等と類似するが、ＡＲＰＡでもっとも重視しているリソース・シェアリングの意義はあまり評価していない。またこのネットワークでは、コンピュータ間の

コミュニケーションはもちろん、コンピュータと端末、端末間のコミュニケーションも可能でなければならない。

通信回線にはPet Tの専用回線を利用し、IMPとしてはMitra 15を使用している。各端末はIMPを介してネットワークに接続される。1台のIMPには複数台の端末が接続可能である。

このネットワークの効果としては、各行政機関の情報の共用により無駄を省く、他の行政機関の情報の簡便な利用、行政サービスのプログラムの共用等が



注：①CDC 6400コンピュータ
②CII 10070コンピュータ
③CII 10070 IRIS80コンピュータ
④CII 10070 IRIS50コンピュータ
⑤CII IRIS50コンピュータ
⑥IBM 360/67コンピュータ
⑦CII 10070コンピュータ
⑧PHILIPS P1100コンピュータ
⑨CII 10070コンピュータ
⑩CII 10070コンピュータ
⑪CII 10070 IRIS80コンピュータ
⑫CII 10070コンピュータ
⑬CII 10070コンピュータ
M MITRA 15

図3－3 CYCLADESコンピュータ・ネットワークの構成図

期待されている。

将来、他のネットワークとの接続、例えばＡＲＰＡとの接続、により国際的なコンピュータ・ネットワークとして運用することも考えられる。

第３節　私企業専用ネットワーク（タイプ２）

このタイプは、多国籍企業などが社内専用目的で設置するか又は、国際航空業界のような、一つの業界が、業務専用目的のために設置するコンピュータネットワークである。

この分野は、国内的な範囲で考えるなら多数存在している。本社にあるコンピュータ・センターと支社や工場等のコンピュータ・センターをオンラインで結んだものや、我が国の全銀協加盟銀行間で為替業務を主に扱っている全国銀行データ通信システムなどは、広い意味でこのタイプに入るコンピュータネットワークである。

国際的なコンピュータネットワークとして見た場合には、多国籍企業が、本社のコンピュータ・センターと、海外の支社や関連会社のコンピュータ・センターを結んだネットワークや、特定業界の国際組織が、業界間情報交換用につくったネットワーク等である。

業界間のネットワークは、相互依存度の高い業界において、共通業務のためにネットワークが形成される。

ここでは、社内専用ネットワークの例として、イギリスのロイド銀行ネットワーク、業界専用ネットワークの例として、国際航空業界のＳＩＴＡネットワークを紹介する。

1.　ロイド銀行ネットワーク

図３－４は専用回線によるロイド銀行のネットワークである。全国的な広がりをもっており、二つの主センターを中心として、マルチドロップラインをもった集線装置を使用している。ネットワークはループにはなっていないが、多くの場所で異った回線につながる端末を近接して設置し、障害発生時の対策と

している。一つの端末が故障しても、同一あるいは近くの支店で別の電話回線につながる端末によってバックアップできるようにしてある。

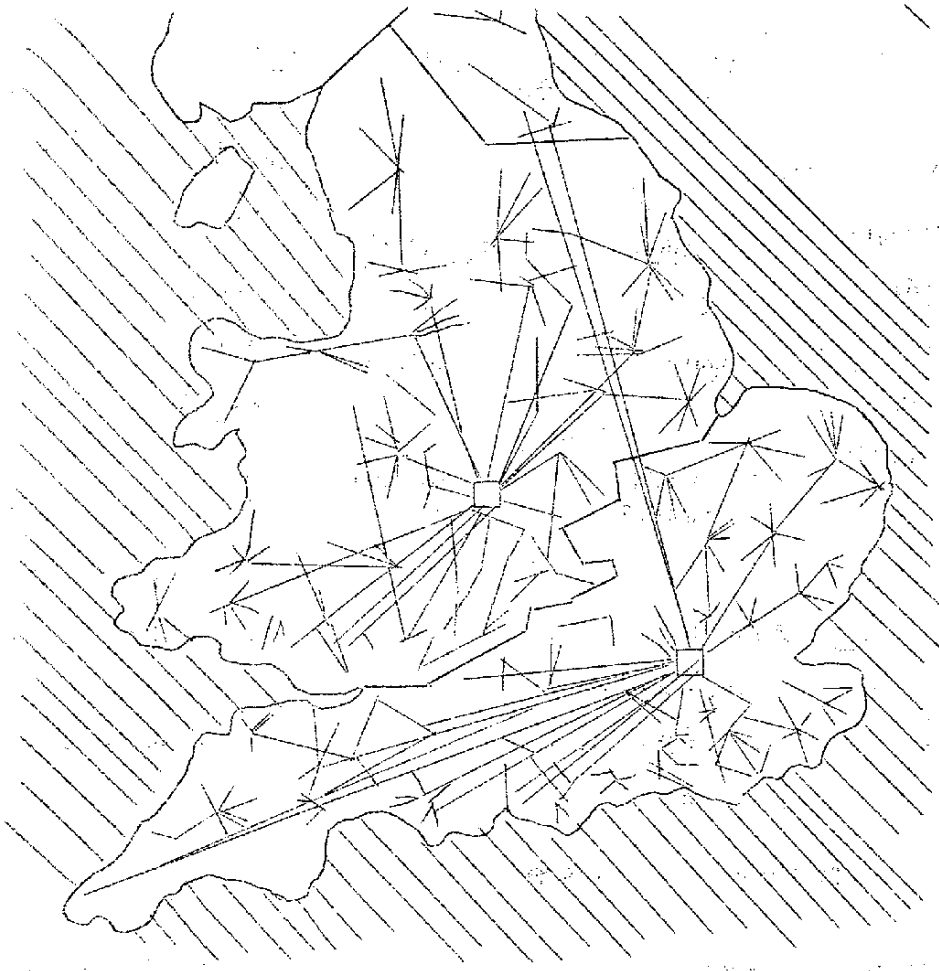


図３－４　ロイド銀行のネットワーク

2. ＳＩＴＡネットワーク

ＳＩＴＡ（Société International de Telecommunication Aeronautigue）は航空会社間通信を目的としてＩＡＴＡ（International Air Transport Association）によって整備された。（図３－５）

ネットワークには各航空会社の自社専用および業界共用の各ネットワークが

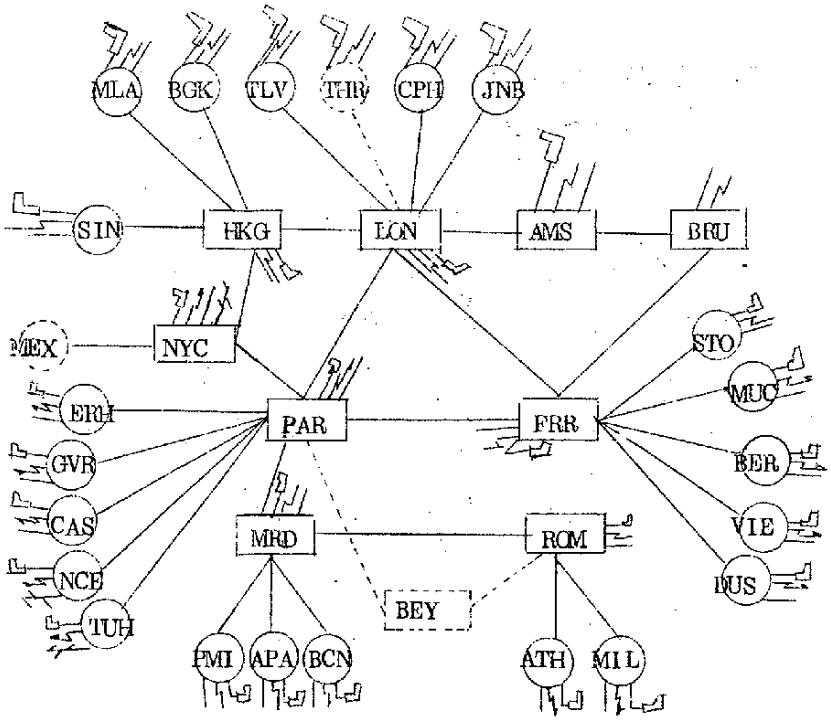


図３－５　　ＳＩＴＡ網

あり、共用ネットワークの標準プロトコルに従って各社は自社ネットワークを共用ネットワークに接続している。航空会社、特に大手航空会社ではそれぞれ近代的なオンライン座席予約システムを持っており、プロトコルは座席予約センタ側および端末側〔ＣＲＴ端末の場合、制御装置(Agent Set Control Unit)を対象〕について定めている。

ネットワーク構成を図－１に示す。ハイレベル・ネットワークは4.800bpsで構成され、世界の９都市にハイレベル・ネットワーク・センター（ＨＬＮＣ）があり、各センタにはサテライト・プロセッサを含むロー・レベルネットワー

クが接続されている。座席予約センタは直接または、サテライト・プロセッサを通じてＨＬＮＣに接続される。ＣＲＴ端末はＡＳＣＵを通じてサテライト・プロセッサに、また、テレタイプ通信端末は、ＨＬＮＣに直接、または、サテライト・プロセッサを通じてそれぞれ接続される。ハイレベル・ネットワーク内では、リンク・バイ・リンクによるキャラクター・オリエントなブロックの伝送交換が行なわれる。

第４節　公共機関サービス提供ネットワーク（タイプ３）

このタイプのコンピュータネットワークは、コンピュータネットワーク技術が現在研究開発途中の技術であることから、実現しているネットワークとしてはネットワーク技術開発目的に設置されたものが多いが、開発が一段落した段階においては、大学や種々の研究所、開発機関、教育機関等を結んだ本格的な情報提供、コンピュータリソース提供のサービスネットワークが形成されるであろう。

開発初期の段階においては、国内ネットワークとして設置されたとしても、学術研究、教育等の分野の性格から国際交流が必然的に求められ、ネットワークは国際化する可能性が大きい。

このタイプのネットワークは、現在、研究開発用として多数存在する。代表例として、アメリカのＡＲＰＡネットワークやイギリスのＮＰＬネットワークなどがある。

1. ＤＣＳネットワーク

ＤＣＳ（Ｄｉｓｔｒｉｂｕｔｅｄ　Ｃｏｍｐｕｔｅｒ　Ｓｙｓｔｅｍ）ネットワークは、Ｉｒｖｉｎｅのカリフォルニア大学で実験的に開発されたコンピュータネットワークである。（図３－６）

このネットワークのねらいは、低コスト、高信頼性、新しいサービス追加の容易さなどである。当初ミニとミディ・スケールのコンピュータに対するサービスを意図して計画された。

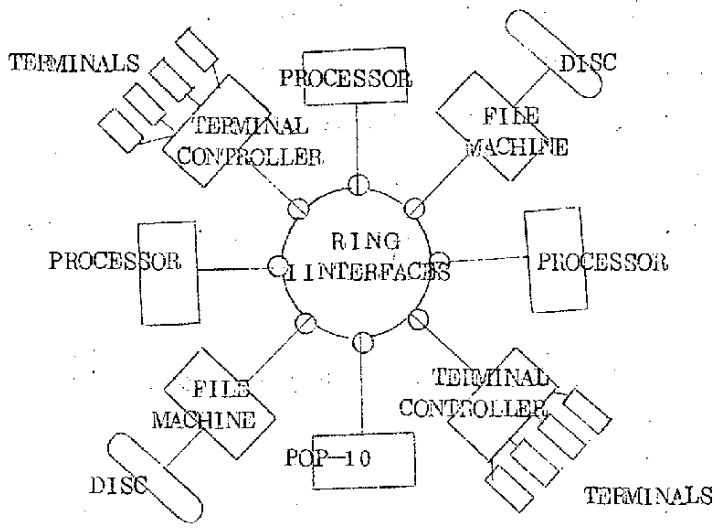


図３－６　　ＤＣＳネットワーク

データ通信のアーキテクチャは、ベルシステムのＴ１テクノロジーと同じリング型のネットワークと、固定長メッセージを利用するデジタル通信トポロジーをベースにしている。計算機は、リングインタフェースと呼ばれる功妙なハードウェアによってリング状の回線につながれている。プロトコールにおける特徴は、メッセージのアドレスが、受信装置の位置でなく、装置の名称によって呼ばれることであり、したがって装置を自由に移動させることができる。リングインタフェースには３つの役割りがある。１つはフロントエンドコンピューータのサポート、１つは端末をリングへ直接取り付ける事、もう１つは他のリングのネットワークを結合する事である。この"ｒｉｎｇ　ｏｆ　ｒｉｎｇｓ"は、基本リングと基本的に同じように運用する。

このネットワークは、データベースの分散配置と、一連のサービスをユーザに供給する実験的な試みであり、直接的には、大学のキャンパスにある多数のミニコンをつないで有効に利用し、ネットワークの新しい方式を研究することを意図している。

2. ＯＣＴＯＰＵＳネットワーク

ＯＣＴＯＰＵＳシステムは、ローレンス・バークレイ研究所（Lawrence Berkeley Laboratory）で開発された異機種コンピュータ・ネットワークである。主目的は核反応のシミュレーションである。このシステムは、２台のＣＤＣ６６００と２台のＣＤＣ７６００とを結合していて、将来、CDC ＳＴＡＲを結合する（図３－７）。これらのホストはワーカーズ(workers)と呼ばれ、すべてタイム・シエアリング・システムとして稼動している。研究所としては、集中階層データ・ベースとネットワークを単一リソースと見做すことのできるバラエティに富んだ入出力装置の設置を計画している。

通信システムは、蓄積交換方式プロトコルを採用している。ＯＣＴＯＰＵＳのワーカーズは、１２メガビットの容量のケーブルで相互結合されている。システムは、各々、特別の役割りをもつ２つのサブネットワークと考えられる。１つは、ワーカーズ、伝送制御コンピュータ、デュアルＤＥＣシステムとファイル記憶装置からなるファイル伝送サブネットである（図３－８）。他の１つは、ＰＤＰ－８（各々は１２８個の端末をサポートしている）、ワーカーズ、伝送制御コンピュータからなるテレタイプ・ネットワークである（図３－９）。テレタイプ・サブネットワークは分散型ネットワークで、ファイル伝送サブネットワークは集中型ネットワークである。デュアルＤＥＣシステム１０がこの集中型サブネットワークの信頼度を高めている。２つのサブネットは論理的に独立であるが、障害時のためにクロスした経路を余分に用意している。

3. ＮＥＴＷＯＲＫ／４４０ネットワーク

ＮＥＴＷＯＲＫ／４４０　プロジェクトは、ネットワーク網についての研究を目的として、ヨークタウン研究センター（Yorktown Research Center）で着手された。

ネットワークは、２つの基本要素から成っている。（図３－１０、１１）ネットワーク・コントローラと通信サブシステムCommunication Subsystem,（Ｓ）で、これらはグリド・ノード（Grid Node GN）

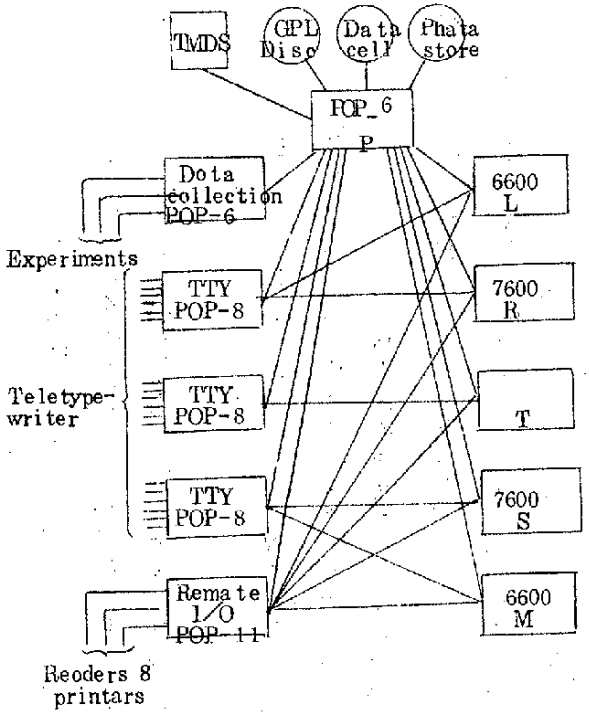


図３－７　Octopus Network Fall. 1970

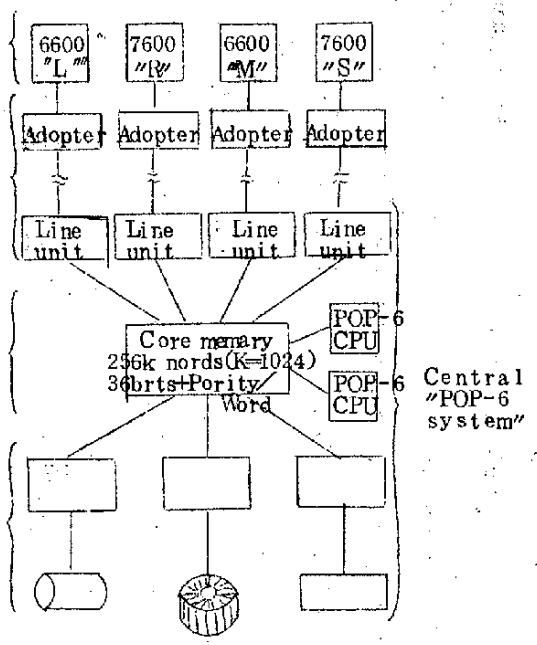


図３－８　Octopus File Transport Network

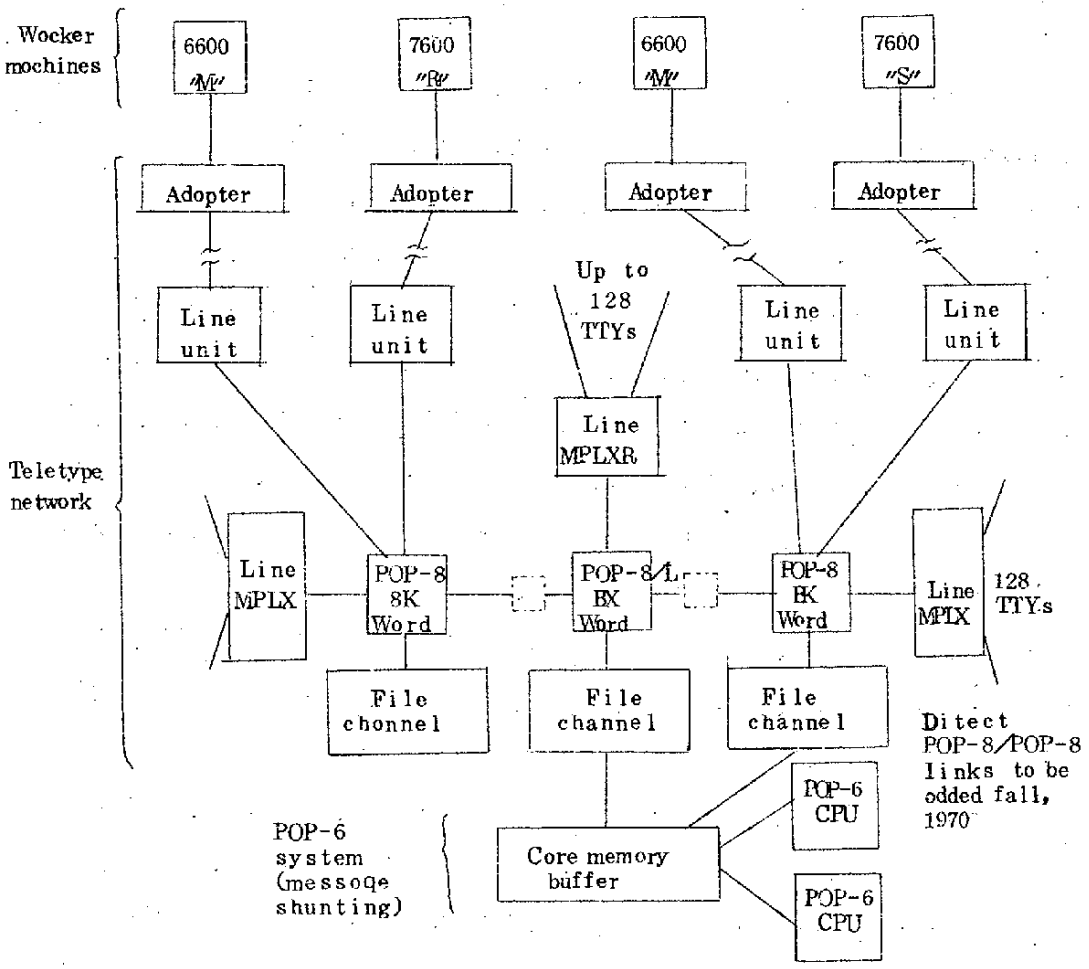


図３－９　Octopus Teletype Network

と呼ばれるセントラル・システム中に常駐している。現在、これらの２つのモジュールは、OS／MUTの下で３６０／９１のユーザ領域でランしている。ユーザ・ノード・インタフェースは、ネットワークに参加しているリモート・ユーザ・システムに常駐している。

ネットワーク・コントローラは、ユーザが作成したネットワーク制御言語プログラムを解釈しジョブやデータをネットワークに送るため、適切なコマンドをすると同時に、ネットワーク中のすべてのユーザ・ノードの状態を監視して

いる。また、このコントローラにより、各ユーザのネットワーク・ジョブの同期実行も可能となっている。

通信サブシステム（ＣＳ）は、ネットワークを通過するすべてのメッセージに対して、センターとして動作する蓄積交換の機能があり、ネットワーク待ち行列中のすべてのメッセージを管理し、それらを適切な目的地に伝送する。また、ネットワーク・コントローラをユーザ・ノードとして取扱い、たとえ、それらが、同じマシンの中に両方とも常駐していても、同じ基本プロトコルに従う。ＣＳは、ネットワークに対して、集合マルチプレクサとトラフィック・ディレクタとして振舞う（通信回線から入ってくるトラフィックを受取り、適当な出力回線に送出したり、必要ならばメッセージを一時蓄積し、適切な出力シーケンスを確立する（図３－１２）。論理メッセージを数個のブロックに分割し、ＧＮに伝送する。これらのブロックは、出ていく回線に物理的にマルチプレクスされる。ＣＳは、ネットワーク中のすべての回線の状態を監視し、オペレータ・コンソールに、この状態を記録し、ネットワーク・コントローラに状態の変化を通知する。

ＣＳプロトコルでは、ユーザ・ノードがあるノードへ、あるいは、あるノードからのマルチプレキシングの各種のレベルを指定することを許しており、もし、ある時刻に、ユーザ・ノードが、自分が要求していないメッセージを受取ったならば、それを棄却し、後で、そのメッセージの伝送を要求することができる。ＣＳは、ユーザ・ノードがメッセージを受信できるようになるまで、その論理メッセージのすべてのブロックを貯えることができる。加えて、ユーザ・ノードは、それに、"no new bussiness"メッセージを伝送することを要求できる。すると、すべての新しいトランザクションは、再開メッセージが、目的地ユーザ・ノードによって送出されるまで、ＣＳ中に貯えられる。

グリド・ノードに入ってきたり、出て行くすべてのメッセージの時系列の記録が、ＣＳによって作成される。それは、ＩＢＭのＢＴＡＭエラー・リカバリ処理よりももっと拡張されたエラー・リカバリ処理を行なっている。

ＣＳは次の通信規約を使って稼動している。

(1) コンテンション・ノードとの同期伝送通信

(2) ２つの端末で同時に要求が起った場合は、優先権処理を行なう。

(3) ２４－４０.８キロビットの帯域帯をもつ賃借半２重回線。

ネットワーク運用に関して、全二重オペレーション、フロントーエンド・マシン・オペレーション、前進エラー修正機能、そして最適ネットワーク設計の一部としてネットワーク・メソッドが研究されている。

4. ＮＰＬネットワーク

ＮＰＬネットワークは、英国の国立物理研究所（National Pysical Laboratory, NPL）が、英国のNational Networkの実現を前提として、試験的・実験的要素を含め、現実の強い要求にもとづいて、この研究所内に設置したネットワークである。このネットワークは、将来のNational Networkのローカル・ネットワークとなる可能性がある。１９７０年７月

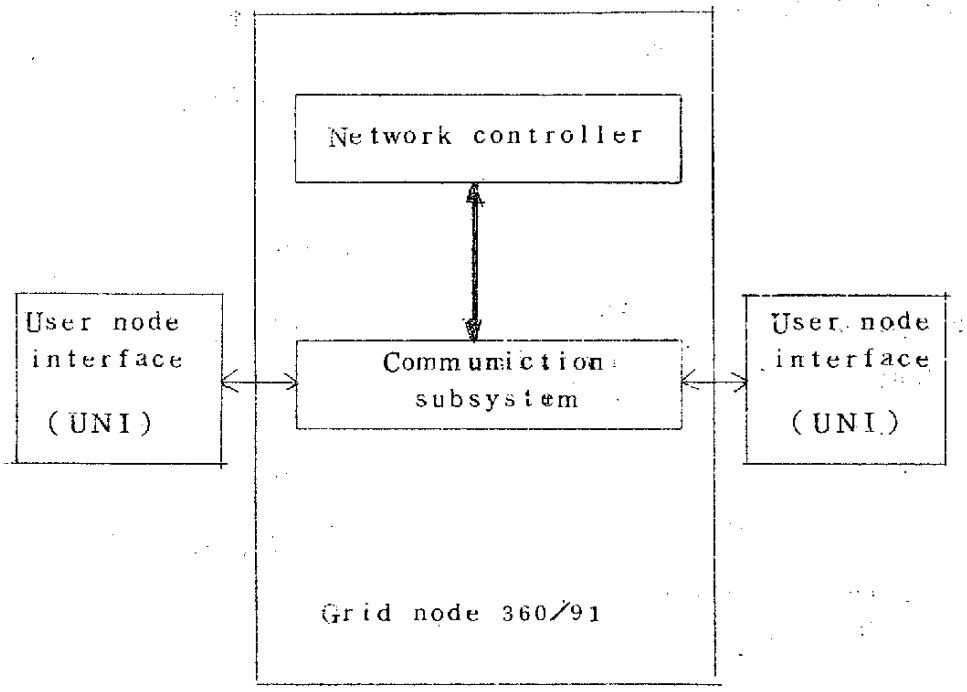


図３－１０ Logical Structure of Network/４４０

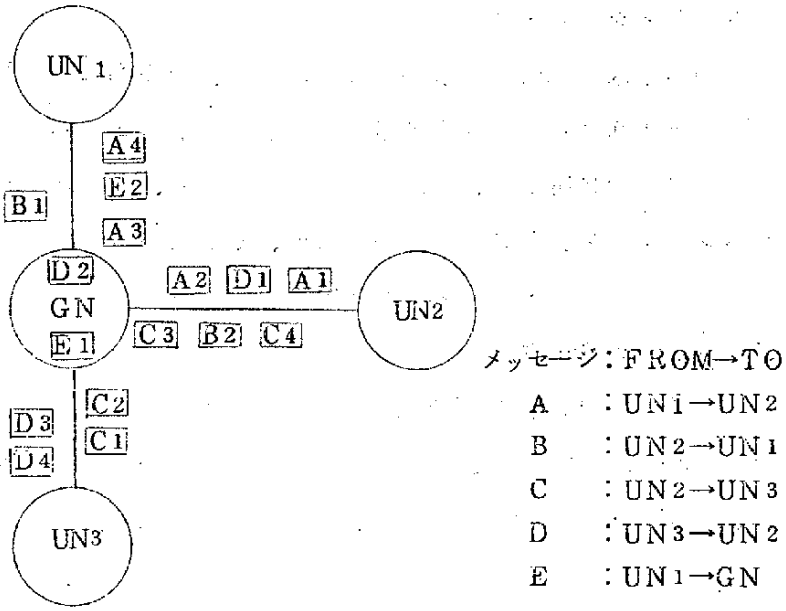


図3－12 Line Multiplexing

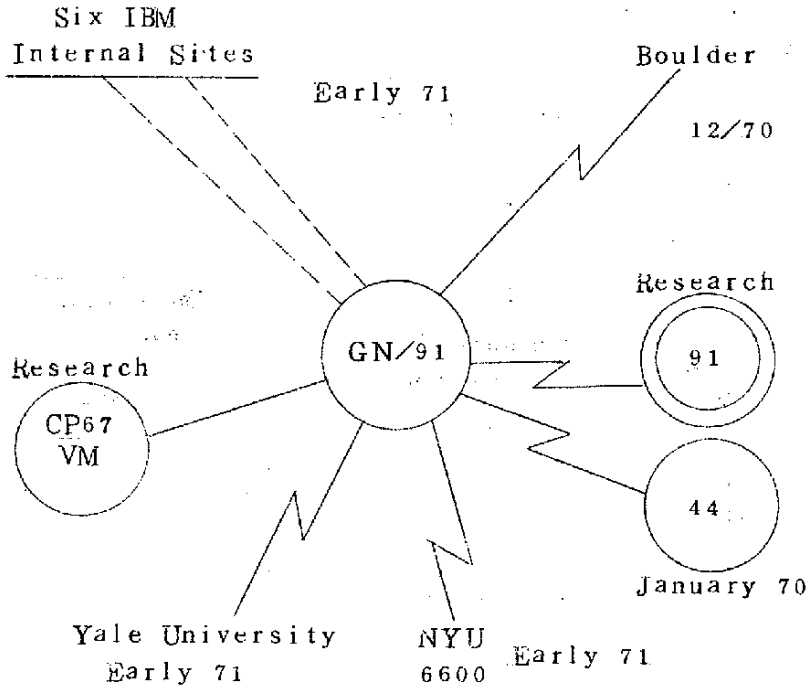


図3－11 NETWORK/440 LOGICAL MAP

から運転が開始され、現在も規模を拡張中である。

ＮＰＬにおけるＬａｂｏｒａｔｏｒｙ Ｎｅｔｗｏｒｋの要求は、次のような諸点がある。

① 身近の簡単な端末から中央のコンピュータへ容易にアクセス出来ること。特にプログラムの作成、修正、デバック、テストラン等が即座に自分の研究室からおこなえること。

② 計算結果が出来るだけ早いターンアラウンドで見られること。また結果が膨大で大量のプリントアウトやグラフ出力の要求が多いのでそれらの装置が至る所に設置されることが望ましい。

③ インタラクティブなグラフィック装置が多くの研究で使われているが、そのためのローカル・コンピュータは機能の制約が多く、より大きなリソースにアクセス出来るとより有効である。

④ 研究室単位に設置されているローカル・コンピュータでも、プログラムやデータの量が多くなると、適当な２次メモリが必要となる。これらのメモリーは方々に分散するよりも集中化した方が経済的であり、且つより大きなエリアを確保できる可能性もある。

⑤ ローカル・コンピュータでは不可能な大規模の計算も、それを通して自動的により大きなリソースにアクセスされ、目的に合ったリソースを効率よく使用することが出来る。

⑥ 外部のコンピュータ・サービスあるいはネットワークと電話回線によってコネクトすることによって、サービスの利用の範囲が広がる。

⑦ コンピュータ利用に関する一切の管理をネットワークを通しておこなうことができる。

現在、研究所内の２７個所が直接・間接に１メガビット／秒のライン（電話回線ではない）で接続されている。このうち１つは約４マイル離れたＳｈｉｐ Ｄｉｖｉｓｉｏｎの研究室にも接続されている（２５０キロビット／秒）。

制御方法は図３－１３および３－１４に示すように多段のＭｕｌｔｉｐｌｅｘｅｒ

がそれぞれ最大8個づつPCU(Peripheral Control Unit)から入って来る8ビットづつのパラレル・ビットをアキュムレートし、MSC(Message Switching Computer)で1024ビット(128バイト)のパケット(Packet)に組み立てられる。

この手法は、いろいろのことなるペリフェラル装置、例えば実験室や研究室にある中小のコンピュータ自身をはじめ、テレタイプ、キャラクター、ディスプレイ、グラフィック・ディスプレイ、プロッタ、データ・ロガー(Data logger)、磁気テープ、カード・リーダ、ライン・プリンター等それぞれ全く異なる速度の装置のすべてに適用可能であり、更にネットワークの拡張性も自由である。各種の装置間のインタフェースには、British Standard Interfaceが適用されている。

セントラル・コンピュータとみなされるのはKDF9と呼ぶICLの古いコンピュータであるが、その他H316、ELLIOTT4120、MICRO-16、MODULER-1、PDP8×3台および大容量ディスク等がコネクトされている。MSCとしては現在DDP-516を使用している。

このネットワークの使用形態は、インタラクティブな使用とファイル転送のような比較的転送量の多いものとがある。このネットワークの設計条件の一つは両方の目的にオプティマムなものとすることである。インタラクティブなものは1キャラクター単位の処理でよいが、後者の場合はパケットのブロッキングの機能によって転送の効率をあげている。また前者はレスポンス・タイムが問題になるが、端末対端末の応答は殆んど気にならないレスポンス・タイムである。但し、インタラクティブなピクチュアーの転送は、この速度では無理で128バイトの単位では一画面の絵にはならない。

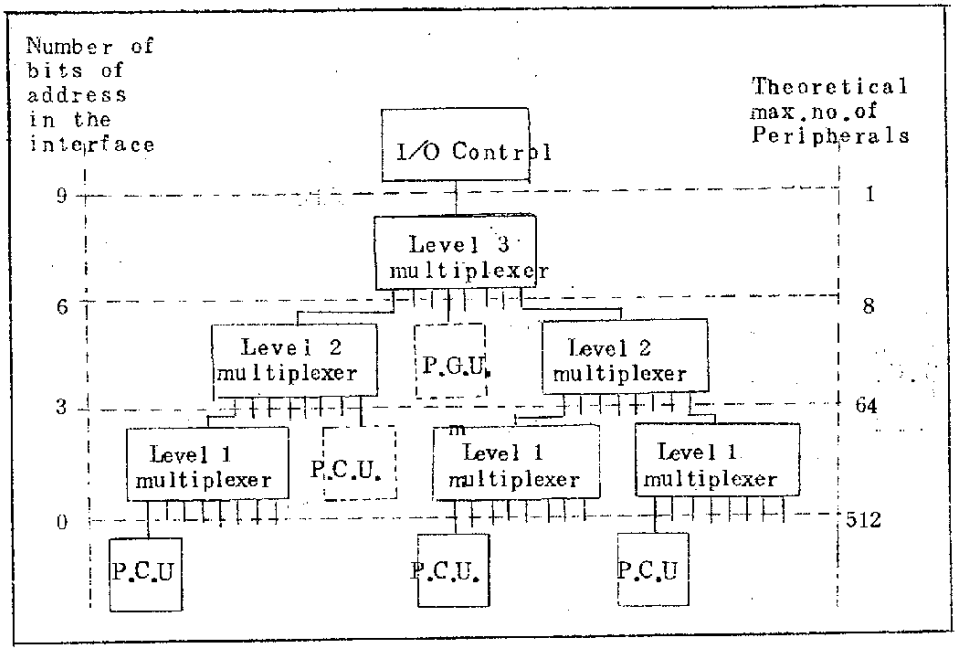


図３－１３　ＮＰＬネットワークにおけるマルチプレクサーによるコントロールの概念図
（PCU：Peripheral Control Unit）

5. ＴＵＣＣネットワーク

TUCC（The Triangle Universities Computation Center）は、１９６５年にノース・カロライナ州にある３つの主要大学、すなわち、ダーラム（Durham）にあるデューク（Duke）大学、チャペル・ヒル（Chapel Hill）にあるノース・カロライナ（North Carolina）大学とレイリー（Raleigh）にあるノース・カロライナ州立大学が共同で設立した非営利団体である。

最初の動機は、経済的理由であって、コンピュータを個々のサイトに置くよりも低いコストでより多くのコンピュータ・パワーを各々の大学がアクセスできるようにすることである。

現在、ＴＵＣＣは、各種の伝送速度の通信回線でセンタと州内の５０の小さ

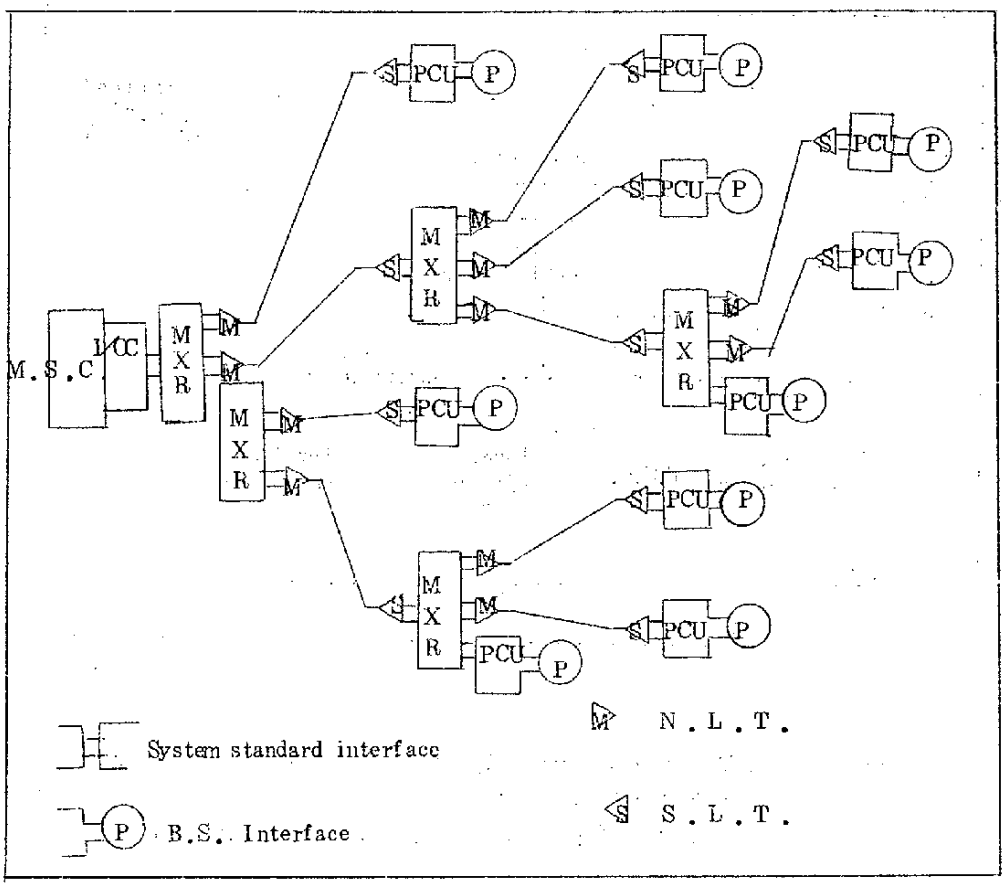


図３－１４　ＮＰＬネットワークのコントロール構成図

い公共機関と２・３の研究所にあるコンピュータ端末施設とを接続している。このネットワークにはＷＣＦ－ＲＣＦ概念が応用されている。これはネットワークをコンピュータ・リソースを売る（卸（ＷＣＦ）と小売（RCF））組織と考えるもので、ＴＵＣＣがＷＣＦとして卸の機能を果し、ＲＣＦが各公共機関、研究所になっている組織（図３－１５）で、３大学がリソースの２５％ずつを使い、残りの２５％が他のＲＣＦに売られている。

ＴＵＣＣは、中央サービス・ノード（ＩＢＭ３７０／１６５）と以下に示す３レベル・ジョブ・ソース・ノード群からなる中央集中型の同機種ネットワークである。

(1) 1次ジュブ・ソース・ノード3個

・IBM360／75、IBM360／40、IBM360／40

・センタ入力ジョブを扱う。

(2) 2次ジョブ・ソース・ノード23個

・専用回線用Data100、UCC1200、IBM1130、IBM2780と専用回線、又は、電話回線用IBM2770

・リモート・ステーション入力ジョブを扱う。

(3) 3次ジョブ・ソース・ノード125個

・64個の電話、又は、専用回線用Teletype 33 ASR、IBM1050、IBM2741、UCC1035、その他

・端末入力ジョブを扱う。

ネットのノードは、賃借の40,800bpsの半2重回線で中央ノードのコンピュータに接続している。この回線は、IBM2701データ・アダプタを用いて360システムにインタフェースしている。ネット中のすべてのソース・ノード・コンピュータは、中央サービス・ノードと同機種である。TUCCは、S／360－MVT／HASPを使って、2メガバイトの記憶容量をもつ通信用のIBM370／165のもとで稼動しており、多種類の端末をサポートしている（図3－16）。チャペル・ヒルにある360／75、ノース・カロライナ州立大とデューク大にある360／40は高速通信回線で結ばれている。3つの大学の計算センターは完全に同機種である。

遠隔処理サービスに加えてローカル計算サービスを行なっているが、現在、ノンローカルなネットワーク計算サービスは行なっていない。しかし1次ソース・ノードでのネットワーク計算サービスを行なう技術は、他のレベルでもそのまま利用でき、この技術を使ういくつかの重要な計画がある。TUCCユーザ・コミティに対するサービスは、リモート・ジョブ・エントリ（RJE）とインタラクティブ処理の両方である。インタラクティブ・サービスのプログラミング・システムとしては、BASIC、PL／I、とAPL言語が利用可

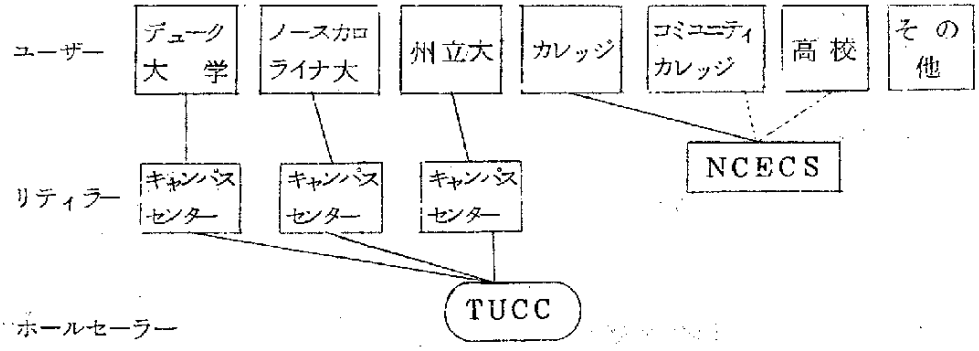
能である。又、ＴＳＯ(Time Sharing Options)は、実験的モードでランしている。ＲＪＥ(Remote Job Entry)を通して利用できるものは、ＦＯＲＴＲＡＮ ＩＶ、ＰＬ／１、ＣＯＢＯＬ、ＡＬＧＯＬ、ＰＬ／／Ｃ、ＷＡＴＦＩＶとＷＡＴＢＯＬの大規模のコンパイラ群である。これらの言語ファシリティは、学術計算用の広範囲のアプリケーション・ライブラリに結合している。

ネットワークには次のような利点がある。第１番目は、広範囲のアプリケーション・プログラムの共同利用である。プログラムは、１つの団体で開発されると、それをネットワーク中のどこからでも容易に使用することができる。第２番目は、研究や教育のために、大規模な計算を必要とする学部のメンバと大学の計算機科学部門に属している人を含めたＴＵＣＣのスタッフ・メンバーがこのシステムを利用できる。第３番目の利点は、非常に高度な能力をもったシステム・プログラムとか管理者が少ないので、センタに集中的に集めることができる。

6. ＭＥＲＩＴネットワーク

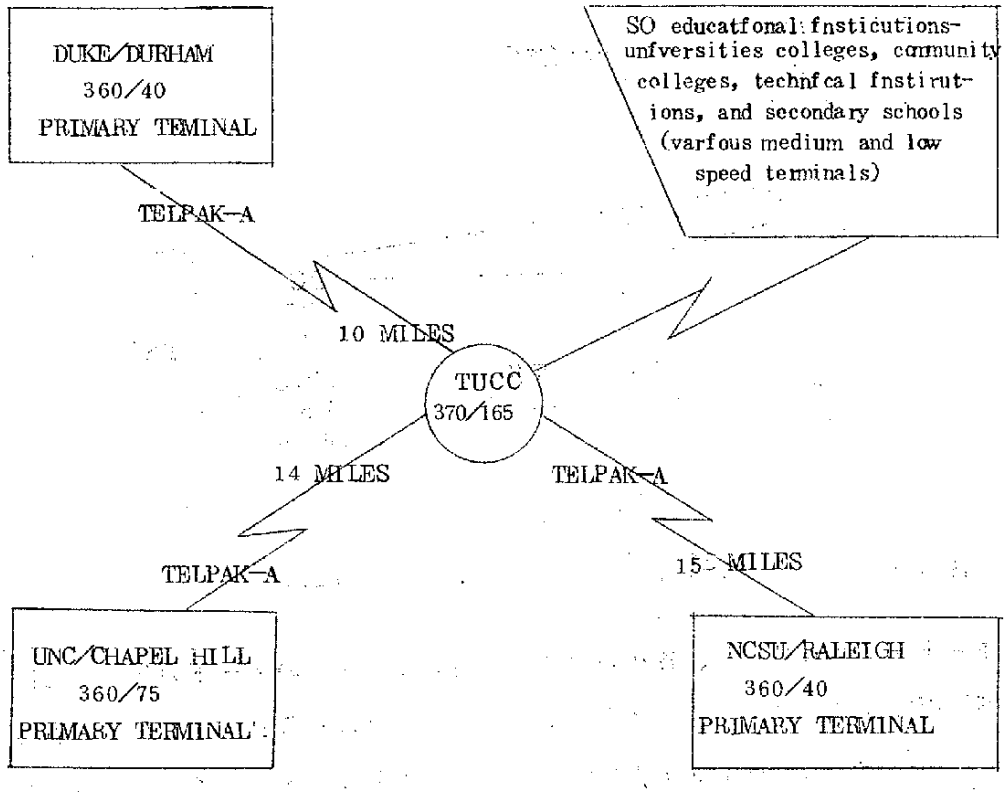
ＭＥＲＩＴ(Michigan Educational Research Information)コンピュータ・ネットワーク・プロジェクトの目的は、コンピュータ・リソース・シェアリングの研究である。１９６５年、ミシガン州立大学委員会のグループによって、このプロジェクトの研究が着手された。１９６９年までに、ネットワークは、州議会、米国科学財団と３つの大学（ミシガン州立大学、ミシガン大学、ウェイン（Wayne)州立大学）の協同作業によって作製された。リソース・シェアリングに対する考え方は、ＡＲＰＡネットワークの目的と同じである。(図３－１７、３－１８）

初期のインプリメンテーションでは、直通ダイアル、交換電話サービスを利用していた。「経済的である。負荷が低い。既存の施設を利用できる。」という理由によるが、しかし、ネットワークの負荷が増大したので、他のもっと効率のよい経済的な設備を設置した。



NCECS：North Carolina Educational Computing Service

図３－１５　ＴＵＣＣのＷＣＦ－ＲＣＦストラクチュア



NOTE：IN ADDITJON TO THE PRIMARY TERMINAL INSTALLATION AT DUKE UOC, AND NCSU, EACH CAMPUS HAS AN ARRAY OF MEDIUM AND LOU-SPEED TERMINAIS DIRECTLY CONNECTED TO TUCC.

図３－１６　The TUCC network

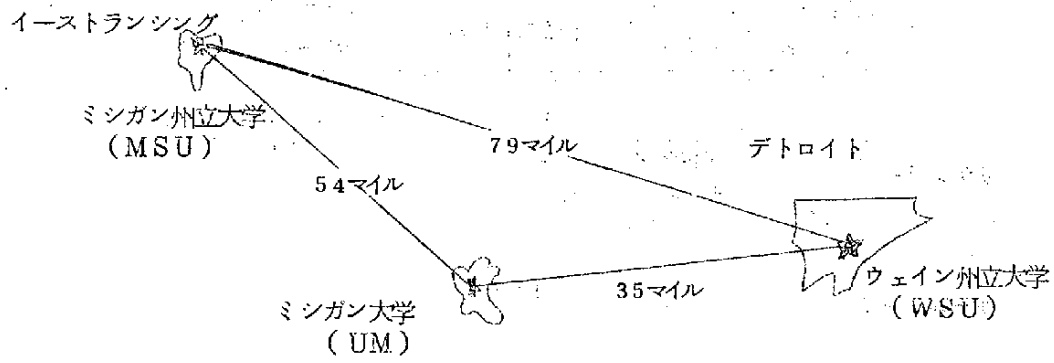


図３－１７　ＭＥＲＩＴコンピュータ・ネットワークの幾可学的配置

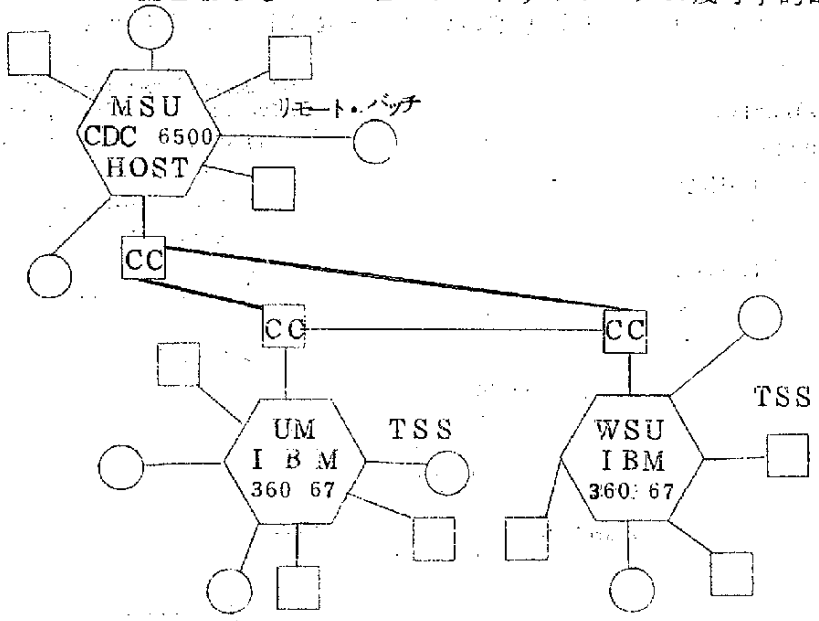


図３－１８　ＭＥＲＩＴコンピュータ・ネットワーク

ネットワークの構成は、各々のホストに接続した３つのノードの各々に通信制御機能を有するコンピュータ（ＣＣ）（ＤＥＣ社のＰＤＰ－１１／２０）を使用している（図３－１９）。２つのノードにはＩＢＭ３６０／６７、他の１つのノードにはＣＤＣ６５００が、ホスト・コンピュータとして用いられている。ＣＣは、特別に設計したハードウェア・インタフェースを介してこれらのホストと接続している。各サイトを相互接続する通信回線には、経済的理由により２０００ｂｐｓの音声用全２重回線が使用されている。この回線数はホスト・

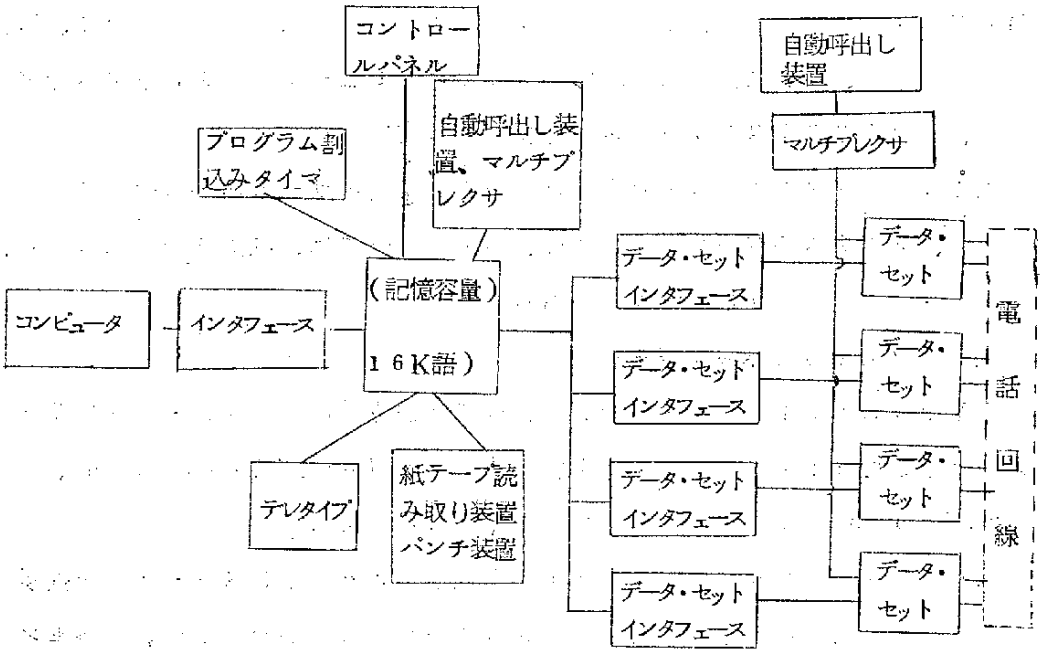


図3－19　MERITの回線制御用コンピュータ(CC)の構成

コンピュータ間の伝送容量によって変化する。

CCの構成は図3－6を参照。CCは、ホスト・インタフェース・モジュール装置を介して、自分自身の主記憶装置からホスト・コアーと通信システムに可変長メッセージを転送する機能があり、ホスト・コンピュータが、CCを周辺装置として扱うことが出来るようにしている。CCは、蓄積交換用システムとして稼動し、もし、経路が切断されれば、別のCC経由で迂回するようになっている。

第5節　私企業サービス提供ネットワーク(タイプ4)

このタイプのネットワークは、情報処理業者が、国際的なタイムシェアリングサービスを提供するために設置するネットワークである。

初期の商用TSSシステムは、複数台のユーザー側端末機から、情報処理業者の中央のコンピュータにアクセスし、コンピュータリソースを共有するものであったが、コンピュータネットワーク技術の開発が進むにつれ、GE社の

ＭＡＲＫＩシステムから、ＭＡＲＫⅡシステムへの移行にみられるように、情報処理業者は、中央に高度の処理能力を持つコンピュータコンプレックスを形成し、より高度のＴＳＳサービスを提供してきている。

大規模のＴＳＳシステムの運営へと情報処理業者のサービスが移行していくにつれ、システムの有効利用のために、ネットワークは、国際的規模に広がり、各国のユーザーを確保していきつつある。

1. ＴＹＭＮＥＴネットワーク

ＴＹＭＮＥＴは１９６６年に創立され今では独立系商用タイム・シェアリング会社としてはトップの座にあるＴymshare, Ｉｎｃ.（Ｃｕｐｅｒｔｉｎｏ, Ｃａｌｉｆｏｒｎｉａ）のネットワークである（図３－２０）。

同社は現在１５００社強の企業の１万人以上の人々にＴＳＳサービスを提供している。創業から３年経った１９６９年に一つの問題が発生した。当時センターはカリフォルニア州のパロ・アルトとロサンゼルス、それにニュージャージーと３つになっていたが、個々のセンターの個性がはっきりと出てしまって、すべてのカストマーに共通したグレードのサービスを提供することができなくなっていた。また、センターがマルチになるため要員、スペシャリストの中で優秀な人材を分散させる結果となった。こうした要因がネットワーク建設の動機になった。

ＴＹＭＮＥＴは、現在クーパーティノ（カリフォルニア州）、イングルウッド・クリフ（ニュージャージ州）、ヒューストン（テキサス州）とパリ（フランス）の４つのコンピュータセンターを持っている。コンピュータは２７台あって、ゼロックス９４０が23台、ＤＥＣのＰＤＰ１０が３台、ゼロックスのシグマ７が１台ある。通信回線は専用回線で４万マイルに及んでいる。ネットワークのノードは８４カ所で、ここにＴＶＭＳＡＴが配置されている。

ＴＹＭＳＡＴは信頼性と経済性をそなえた、第４世代のミニコン（Varian ６２０／i ）による通信制御用コンピュータで、これがＴＹＭＮＥＴの特徴の１つになつている。ＴＹＭＮＥＴで使用されるとき、使用場所によって２つのタ

イプに分けられる。１つはBase TYMSATで、親コンピュータに直結され、最大4個の他のRemoteまたはBase TYMSATと通信線を経由して接続することができる。これによりベース・コンピュータ及びその所有するデータ・ベースとの間に完全に自由な経路を設定することができる。他の１つはRemote TYMSATで、これ自身は親コンピュータは持たないが、他の１つのBase TYMSATまたはいくつかのRemote TYMSATに接続される。１Remoteあたり３０回線の低速通信回線（１１０～３００ボー）を収容できる。場合によっては高速周辺機器用として1.２００ボーのロング・ラインも収容できる。さらに他のRemoteと連結されたとき７０回線分を通過させることもできる。開発当初は周波数帯分割による多重化により、"拡大コード"を使用してメッセージ伝送の性能をあげようとしたが失敗した。このため、つぎにミニコンピュータを用いて、時分割多重化によるメッセージ伝送方式、すなわちTYMSATを使った方式を採用した。これは、はじめは図３－２１のような構成であった。しかしながら、この方式ではコストが高く、時間遅れがかなりあり、スピードが遅い（１０文字／秒）ので図３－２２のような方式にかわった。この方式では、１０、１５、３０文字／秒の伝送速度を選ぶことができる。

Remote TYMSATにはエコーイング（echoing）という機能がある。すなわち、オペレーターがキーボード・ターミナルに何らかのデータを入れると、この情報はコンピュータに送られ、チェックされ、ターミナルに送り返される。これをエコーイングと言い、通信回線の障害などで起る誤りを発見することができる。当初この機能は、ターミナルとコンピューターで行なわれていたが、これがTYMSATの設置により、TYMSATに移された。このためブロックエラー検出システムが考えられた。まづ文字は１２～６６文字のブロックにわけられ、その各ブロックの後に１０ビットの水平チェックと、１６ビットのらせん状チェックの情報がついている。ブロックがRemote TYMSATもしくはBase TYMSAT（Base TYMSATはホスト・コンピュータと

ダイレクトなメモリー・インタフェースを持っている）に到達してOKが出ると、ブロック番号が送出したRemoteもしくはBase TYMSATに返送される、もしエラーが検知されれば、再送の指示が出される。ベルシステムでは、1×10^{5} ビットあたり1個のエラーを許しているが、タイムシェア社では 4×10^{13} ビットあたり1個のエラーしか発生しないようにおさえている。

Base TYMSATには同社が所有しているコンピュータにはすべて接続できるが、この他にもカストマーの所有しているコンピュータともRemote TYMSATを介してインタフェースでき、この場合は、ターミナルの1つとして扱うことになる。現在、この形でインタフェースできるのはXerox 940、Sigma7、Dec system−10、PDP−9、IBM360／50、65、370／145、バロースB6700である。

専用回線は全2重音声グレード・ラインを利用している。音声回線は本来アナログ型伝送用に設計されているが、同社はこれを大量のディジタル伝送に耐えられるように工夫した。伝送スピードは2400、1800bpsでRemote TYMSATとBase TYMSATの間を結んでいる。ターミナルとRemote TYMSATの間のスピードは、ターミナル発信が300bpsまで、ターミナル着信が1.200bpsまでである。（図3−23）

ネットワークは主にリング接続で、例えば1つのリングはクーパーティノ→シカゴ→バッファロー→ボストン→イングルウッドクリフ→クーパーティノである。もう1つは、クーパーティノ→セントルイス→アーリントン→ボルティモア→イングルウッドクリフ→クーパーティノというリングを作っている。ほとんどの場合、ネットワークのノードのどの組み合わせを取ってみても少なくとも2ルートは確保されている。従って回路網のどの部分に障害が起きても、通信に支障はない。

ネットワークの利用としては、TSSの提供が一義的なものとしてあるが、その他にもいくつかのサービスが行なわれている。その1つは、"ローリング・ユース"で、東西の時差を生かして、コンピュータ・リソースをうまく使う方

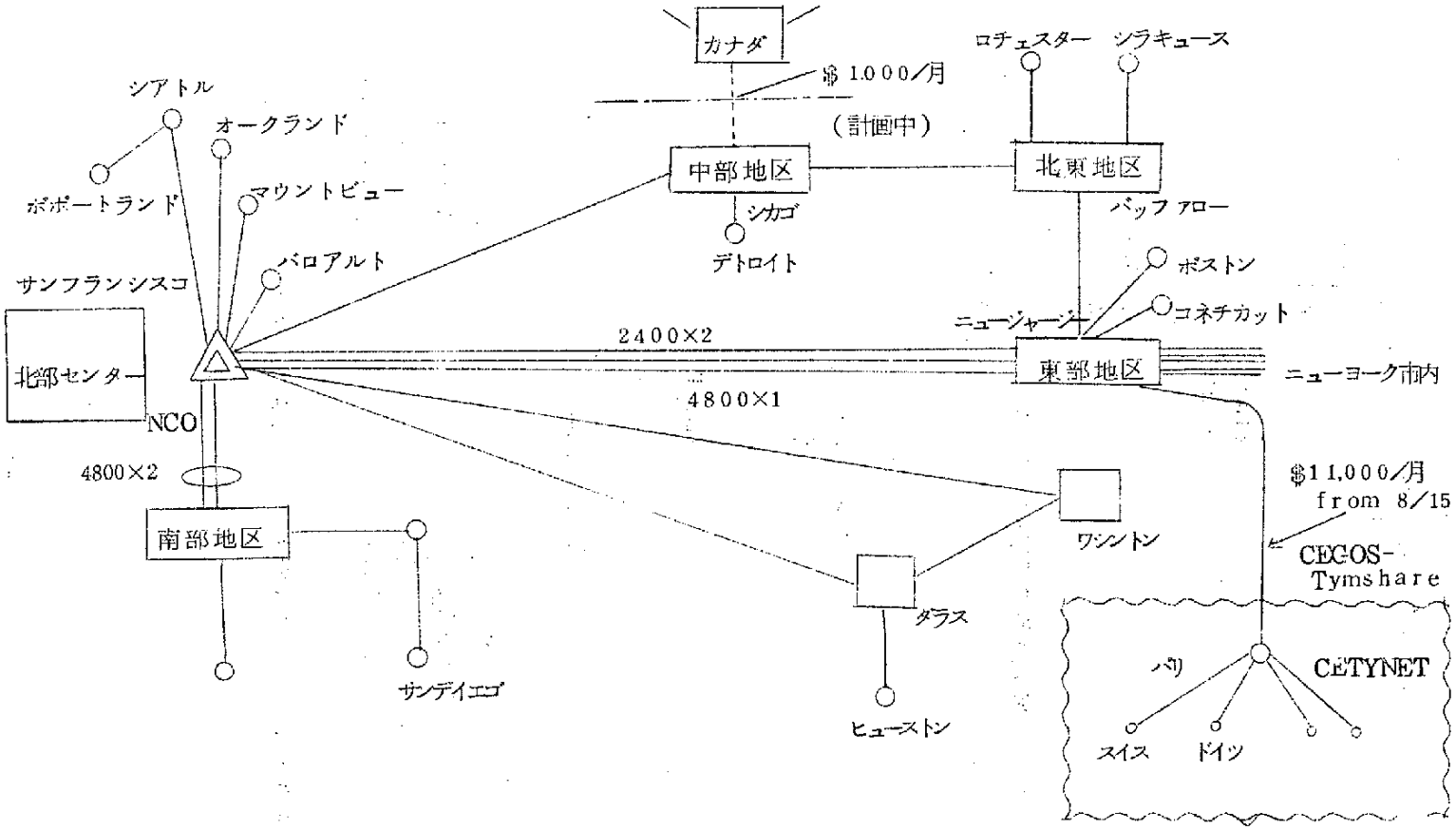


図３－２０　　ＴＹＭＮＥＴ概要図

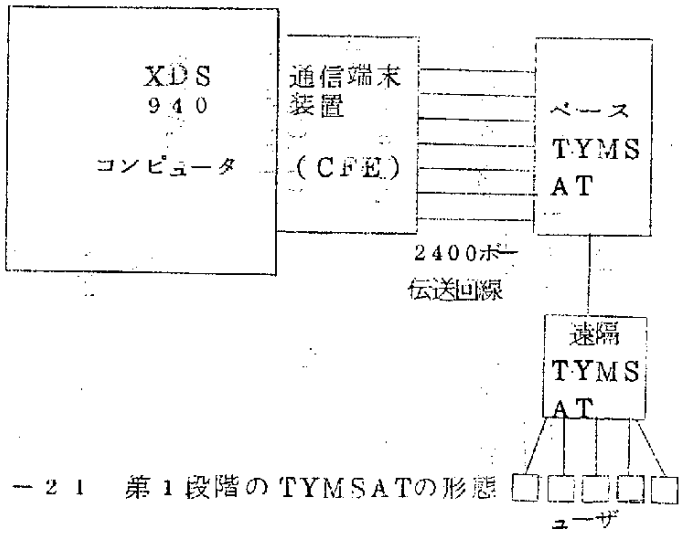


図３－２１　第１段階のTYMSATの形態

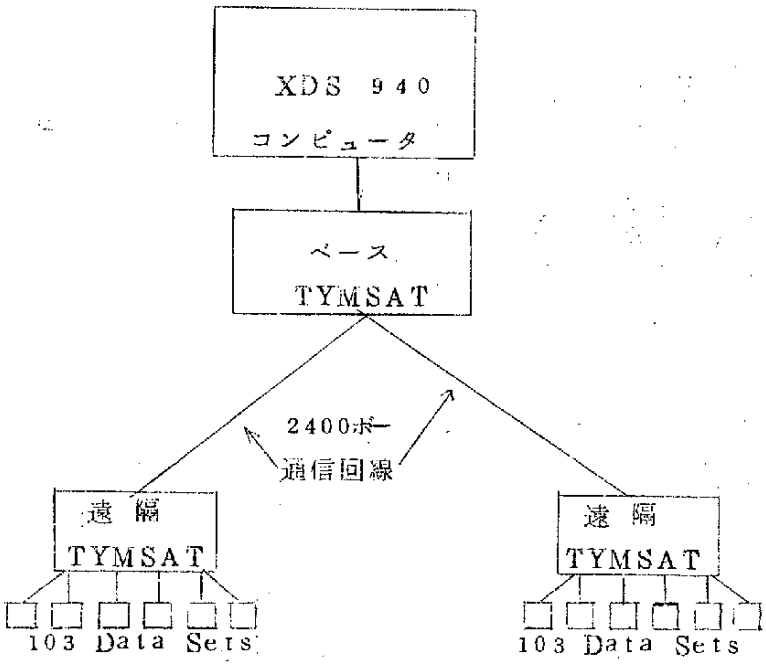


図３－２２　第２段階のＴＹＭＳＡＴの形態

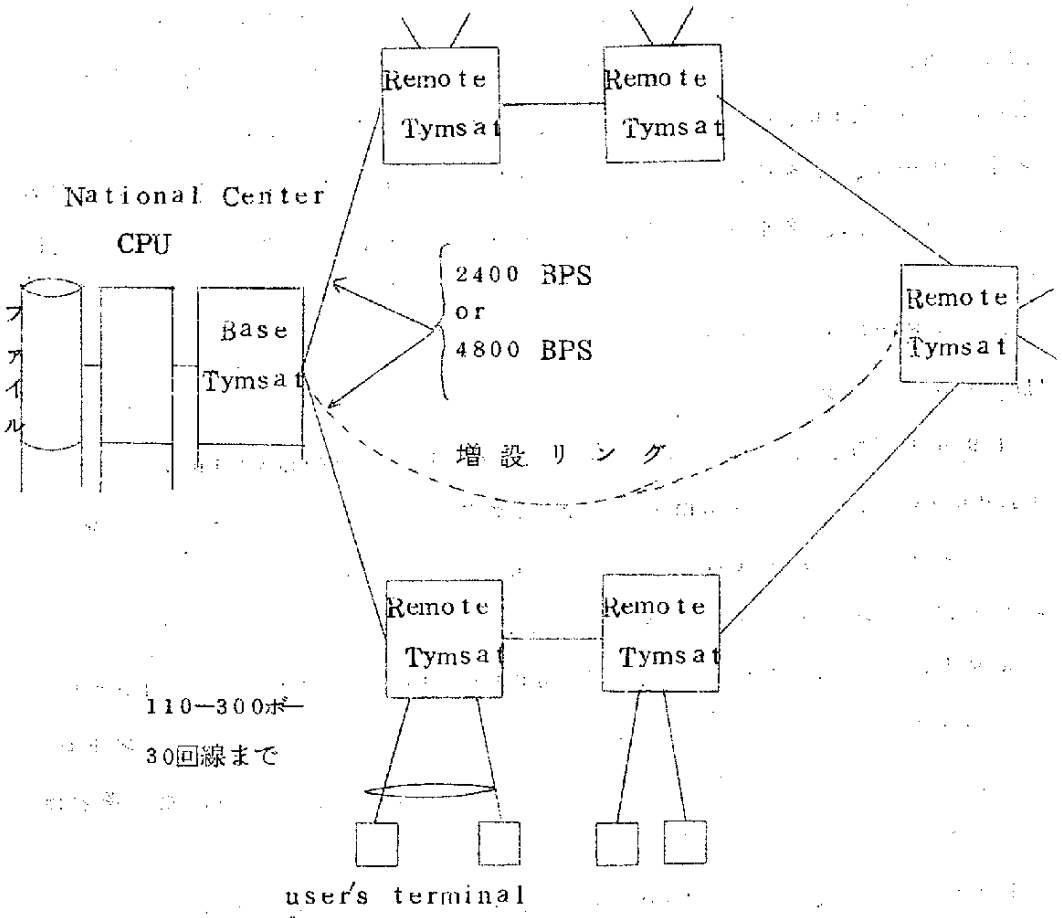


図３－２３　ＴＹＭＮＥＴ構成図

法である。次には、コンピュータとターミナルの両方を持つユーザとの間に行なうデータ処理の分担処理がある。これとよく似ているのが、ＴＹＭＮＥＴの共同利用で、カストマーのターミナルとコンピューターの間をＴＹＭＮＥＴが結んでやる通信サービスのみのものもある。但し、これはＦＣＣ（連邦通信委員会）のタリフ２６０でＴＹＭＮＥＴのキャパシティの１％を限度におさえられている。

１９７０年に全国的なネットワークを完成したタイムシェア社は、同年フランスのマネージメント・コンサルタント会社のＧＥＧＯＳ　Informatiqueおよび Ｇｒｅｄｉｔ　Ｌｙｏｎｎｉｓ銀行との三者提携でパリ郊外にＧＥＧＯＳ－

Tymshare社を設立した。同様にカナダの有力なコンピュータ・サービス会社であるバンクーバーのEDPインダストリー社と提携してTymshare Canada Ltd.(TCL)を設立し、トロントからサービスを開始した。モントリオール、オタワ、バンクーバーなどにTCLのオフィスを開く予定である。このように、タイムシェア社は国外へも進出し、ネットワークは国際化しつつある。

2. GE社ネットワーク

(1) ネットワークの歴史

1964年春、GE(General Electric)がDartmouth大学(Hanover, New Hampshire)にGE−225とコミュニケーションプロセッサー DATANET−30を提供し、両者は共同でタイムシェアリング・システム(TSS)の開発にあたることになった。この成果としてBASIC(Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code)プログラミング言語が設計された。TSSをコントロールするオペレーティングシステムはGEによって設計、開発された。それは1964年7月には稼動している。

1965年初め、GEはPhoenixとニューヨーク市でタイムシェアリング・センタの運営に入った。その年の10月GEは顧客に対する商業用TSSを開始した。

1966年9月1日GEのインフィメーション・サービス事業部がメリーランドのベセスダに本部を置いて設立された。このTS(タイム・シェアリング)サービスはその後商業用TSの分野では世界最大のものに発展し、現在では北米、ヨーロッパ、日本、オーストラリアの18カ国400の都市を結ぶ国際的で大規模なネットワークになっている。(図3−24)

(2) ネットワークの構成

GEには最初30〜40台の中型機が独立して設置されていたが、少ない台数の大型機にリプレースされ、次いで保安上の問題、信頼性確保の問題および

バックアップの必要性から、計算機を3個所のセンターに分置し、これらの間をデータ通信ネットワークでつないだ。

現在このネットワークは図3－25に示すように、多重中核星型(Polycentric Star)をなしている。米国オハイオ州クリーブランドにスーパーセンターが所在し、Honeywell6088大型中央演算装置、4020中央集線装置などのコンピュータ群で構成されている。このシステムはクラスターシステムと呼ばれ、オペレーションを中断することなく、システムを自由に拡大できる。また、システムのあるユニットがトラブルを起こしても、余力のある他のユニットで即時にバックアップに応じられる。

GEはMark I、MarkⅡ、MarkⅢという3つのタイムシェアリング・サービスとデスク・サイドで1種類の特異なサービスを提供している。MarkIは計算サービス用で、これには15Kワード（1ワード20バイト）コア・サイズをもつGE265中央処理装置とコミュニケーション・プロセッサDATA－30を使用している。この機器構成はアクセスタイム6マイクロセカンドで、同時に39のユーザにサービスできる。MarkⅡはプログラム・ソルビング用で各MarkⅡコンピュータ（GE635）について最大200のユーザを同時に扱うことができる。デスク・サイドはFORTRANだけを使用する計算サービスで、大規模ファイルのためのデスク・ストレージを持っている。このサービスは主としてエンジニアリング分野のユーザに対する科学技術計算サービスをねらったものである。特徴はランダムアクセスとバイナリー・ファイルそれにその他の特殊な要素である。デスク・サイドは96Kワード（1ワード36バイト）のコアーサイズを持つGE605中央処理装置とコミュニケーション・インタフェース用のGEテレタイプ・マルチプレクサーを使用している。この機器構成のアクセスタイムは1マイクロセカンドで、同時に104のユーザをサービスすることができる。

GEには4つの伝達ネットワーク・メディア、公共電話交換回線、海外電話交換回線、国内WATS回線、通信集収装置としてのDATANET－30が

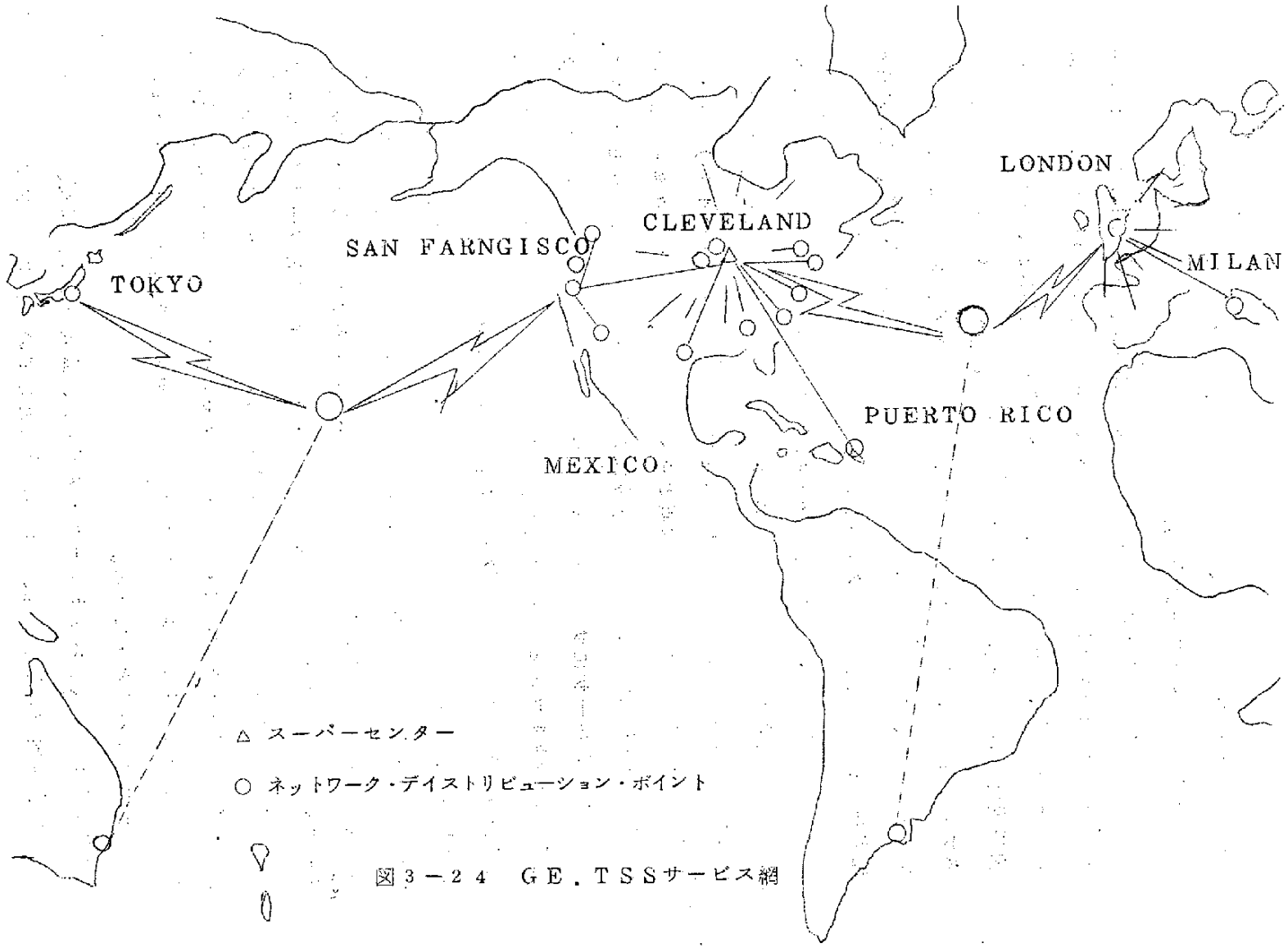
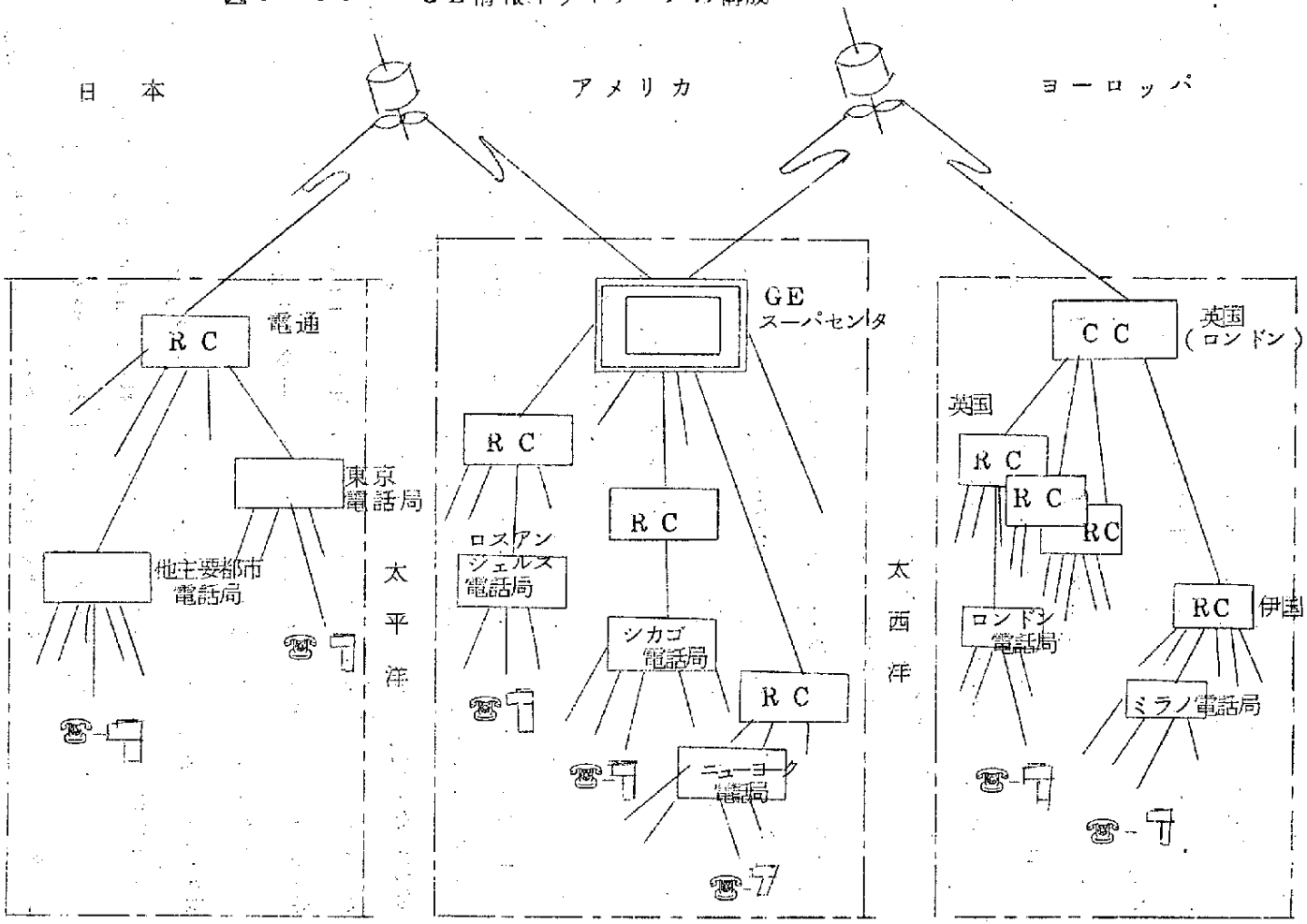


図３－２４　ＧＥ．ＴＳＳサービス網

図３－２５　ＧＥ情報ネットワークの構成



ある。このうち一番多く使用するのが公共ダイヤル交換電話回線ネットワークである。

伝送とディストリビューション・パスは全ネットワークを通じてストア・アンド・フォアワード方式を採用している。各通信プロセッサは次のようなものである。

・ディストリビューション　リモート・コンセントレーター（RC、Honeywell H416）最も外側に位置するノード・ターミナルの種類の識別、単純な編集、コンテキストの確認などを行なう。

・トランスミッション　セントラル・コンセントレーター（CC、GEPAC 4020）セントラル・システム（CS）とネットワークの間のインタフェス。具体的にはターミナルとの間のバッファー（磁気ドラム）、どのセントラル・システムを使うかの選択、CS、RC、SC、などとの連絡、ネットワークの現状把握など。

・スイッチング　スイッチングセンタ（SC、GEPAC4020）CC間のリングで現在2つのSCがあり、これらは全く独立して稼動している。

・処理　セントラル・プロセッサ（CS、GE635、605、265、HSI6000）CSはユーザ・ジョブをすべて処理する。MarkⅡはメモリー・トウ・メモリーでダイレクトに接続される。

最近になって、4800bpsまでの同期式ターミナルが使えるようになった。これはCCに高速コンセントレーター（Digit 1600S）が導入された為である。またOSテレプロセシング・パッケージでIBM360／370とネットワークが接続できるようにもなった。

MarkⅡに加えて各種のバック・グラウンド・ジョブの処理が新サービスとして追加されてきた。これがMarkⅢで、これは、MarkⅡTSとGECOS＋Ⅱリモート・バッチ・システムを一体化したものである。ハードウェアは同じものを使っているがOSは全く別系統のものである。MarkⅡ、GECOSという全く別のOSでそれぞれジョブは扱われるし、ファイル・システムも分離

しているが、広帯域インタフェースが、この間を結んでいる。図５は、この構成を示したもので、この共用ディスク装置は、いかなる形の共用ファイル・システムの役目も果していず、単に広帯域通信チャンネルとして働いている。この両者間は"受動的メイル・ボックス式"といわれる非同期のメッセージ転送がなされる。ある１つのメイル・ボックス・エリアはＭａｒｋⅡでは書き込み専門で、ＧＥＣＯＳⅢからは読み出し専門にしか使えぬ形になっており、むろんその逆のエリアもある。

機密保持、安全対策

・ユーザの機密　ユーザ・ナンバと他人には識別できないパスワードを待つ。特定のターミナルでしか使用できないようにターミナル識別番号を登録しておくこともできる。これらのコードがシステムによってクロスチェックされ、これをパスしない限り、ＭａｒｋⅡへの接続はできない。

・ファルの機密　ユーザはファイル名を自分で指定して登録できるファイルにパスワードをつけたり使用者あるいは使用方法を制限することが出来る。

・スーパーセンターは、完璧な防災体制、独自のバックアップシステムがあり、全回線の二重化、テープダンプの二重保管、巨大な予備電源装置等の対策を施している。機密保持のためスーパーセンタの場所は公にされてないし直接の関係者以外は立入りできない。

(3)　マークⅡ、Ⅲの特徴

マークⅡは大型技術計算用として優れた機能を発揮する。同一端末でＭａｒｋⅠにも接続が可能である。（ＭａｒｋⅠの方が使い易く経済的である。）ＭａｒｋⅡで利用できるライブラリープログラムは約１０００本あり、この他、ユーザである企業、研究機関が独自に開発した"オーサープログラム"と契約を結んで利用することができる。

マークⅢは、使った時間で料金が決まる従量料金体系と、オプション料金制を採用している。ＭａｒｋⅢをターミナルから切り離して、適当な時間に処理を

行なわせられる。"インディペンデント・ラン"の機能があり、これを利用すると、ユーザーはランコストの割り引きを受ける。バルクメディア・サービスは2400bpsの伝送速度により、パンチカード、磁気テープ、あるいはプリントアウトなど大量高速なインプット／アウトプットを可能にする。これによりユーザカタログへのファイルエントリーやユーザ・ファイルのダンプ・ファイルの作成などが容易にできる。他のコンピュータ・システムとMarkⅢとのインタフェースにも利用することが出来る。その他ユーザ自身でMarkⅢの利用管理のできる"アドミニストレーティブ・ユーザ制度」等ができる。MarkⅢのアプリケーションライブラリは、約800本のライブラリと、オーサプログラムからなる。（図3－26）

プログラミング言語はMarkⅠがALGOL、BASIC、FORTRANで、MarkⅡがBASIC、FORTRAN、MarkⅢがBASIC、FORTRAN（F.IV）、ALGOL、ADAPTとなっており、さらにバックグラウンドでは、COBOL、FORTRAN Y、アセンブラなども使用可能である。

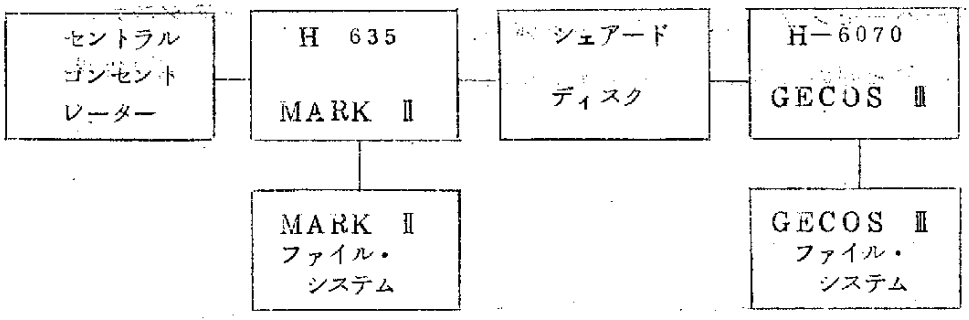


図3－26　MARKⅢの構成

(4)　MARKⅢの利用例

三菱銀行はMARK－Ⅲを使った外貨資金調達運用管理システムの運用を開始した。海外支店で発生するユーロダラー取引業務を円滑に行うとともに、じん速に取引状況を掌握することによって、資金運用を効率的にすることをねら

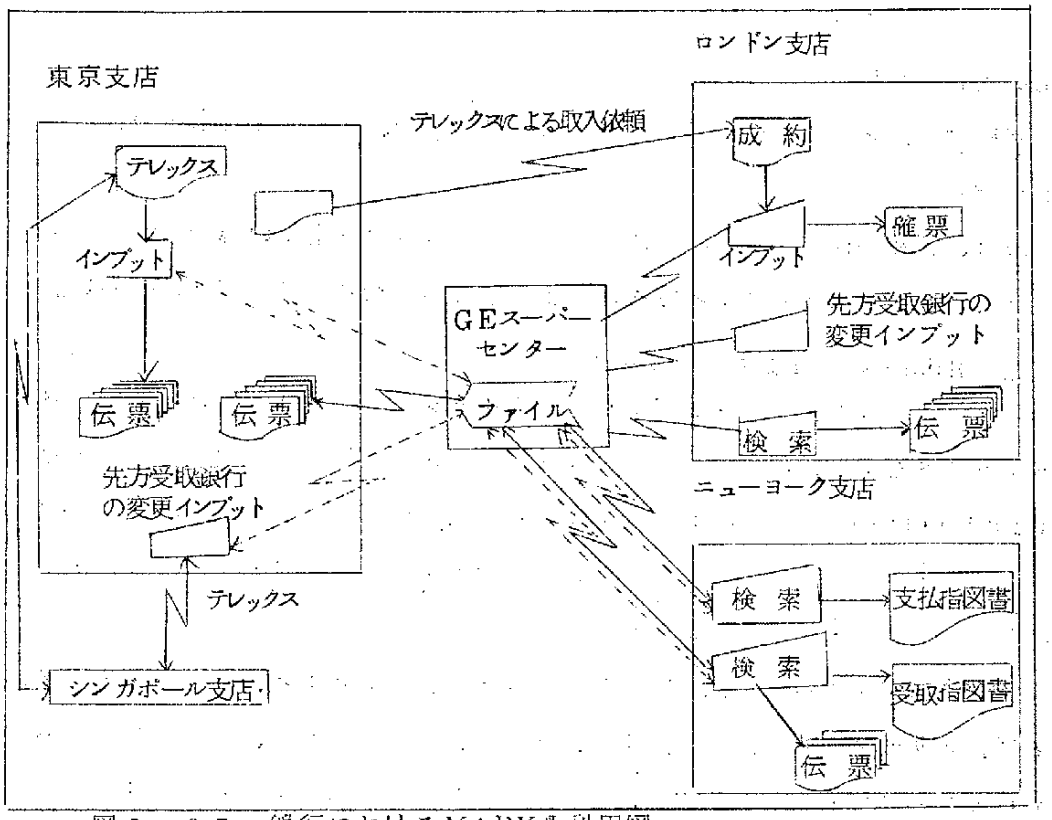


図３－２７　銀行におけるMARKⅡ利用図

っている。（図３－２７）

本店とロンドン、ニューヨーク支店の３カ所が通信衛星で結ばれ、両支店で発生するユーロ取引情報がスーパーセンタを通じて本店に伝送される。スーパーセンタでは伝送されてくる情報の処理を行い、本店に対する伝票発行を指示するとともに、国別、取引先銀行別の金額をファイルに集計、本店、両支店のいずれからの問い合わせにも即座に対応できる。時差を利用して、集計業務だけを夜間に行い、翌朝までに本店にデータ伝送することも可能。

このため、これまで取引の依頼から、伝票の発行、金額集計に２、３日かかっていたが、その日のうちに掌握できるようになった。資料の一本化によって状況掌握が一目ででき、政治情勢の変化や外貨の動向など急激な動きに対する即応体制がとりやすくなっている。また、外貨取引の事務手続きの大幅な省力

化が達成された。

同社では、シンガポール支店への端末機の設置や、他の外貨取引への応用などを考えている。

最近、証券会社もユーロ取引に加わるなど金融機関同士での競争が激化しているだけに、国際オンライン導入の機運が金融界全般に広まる可能性は強い。

3. Honeywellネットワーク

ハネウェル社は、1969年1月末にタイムシェアリング用コンピュータH－1648を開発、同時に商用タイムシェアリング市場に進出するためISD（Information Services Div.,）を設立した。当時ハネウェルはバッチ・センターとして運営していた全米の10のデータ・センターにタイムシェアリング・システムを導入した。

トップはミネアポリス、次いでニューヨーク、ワシントン、フィラディルフィア、クリーブランド、デトロイト、シカゴ、セントルイス、ロスアンゼルスそしてサンフランシスコである。これに1970年にはアトランタが加わり11センターが第一次計画とされた。

H－1648はハネウェルのH400・500シリーズの新しいタイプとみられ、このクラスのコンピュータの市場とみられる1億7,500万ドル（630億円、1969年）の10％シェアをこの機械が確保すると見込んだ期待のシステムであった。

会話型言語はFORTRAN、BASIC、特殊言語TEACH、SOLVE、そしてCOBLも開発されている。ソフトウェア・ライブラリーは1969年9月末の時点で70となっており、開発は月数件の割りで進められた。新しいタイプのものとしては銀行金融関係の各種パッケージとか電子回路分析用のHICAPと呼ばれるソフトなども含まれている。

ハネウェルは、コンピュータ・メーカーの中では商用タイムシェア・サービスに関しては後発企業である。しかし、スタート直後から実績は好調に推移した。

また69年10月からは、とりあえず大規模技術計算のユーザーをねらったバッチ・リモート・ジョブ・エントリー・システムのサービスを開始している。

またハネウェルは現在ナンバ1のGEよりもより完全な形でサービスを提供することを目標としている。すなわち、GEはバッチ処理やソフト開発をしていないが、同社はバッチ処理からプログラム開発システム・デザイン・サービス、それにタイムシェアリングのサービスを総合的に提供する。

4. CYBERNET

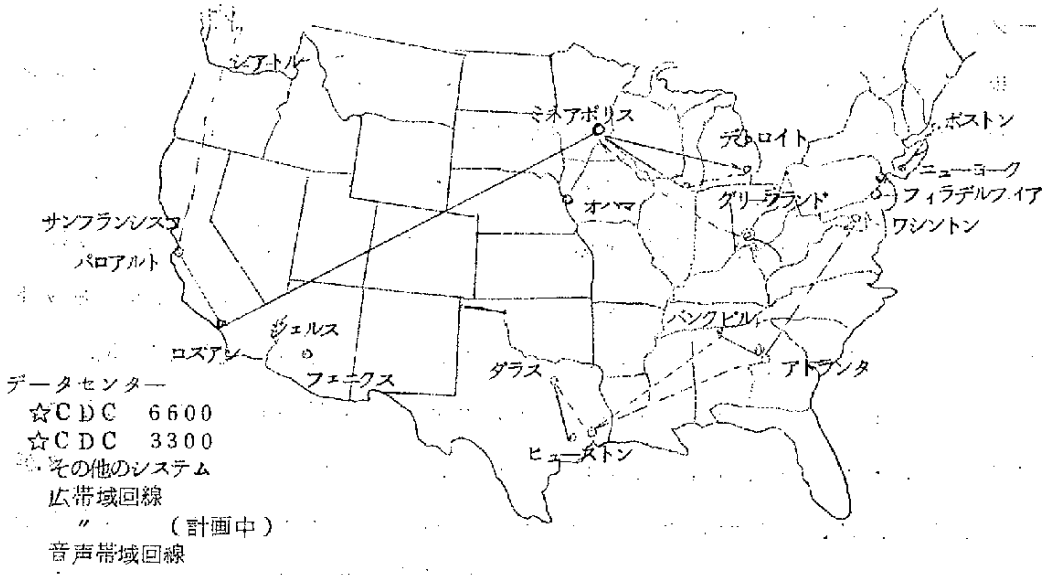
コントロール・データ社のデータ・サービス・ネットワークCYBERNETは、最初の商業ベースのコンピュータ・ユティリティ・ネットワークである。これは、広範囲のネットワークではないが、すでに、2つのサブネットワークが稼動している。米国の西部／中西部サブネットワークと東海岸サブネットワークは、お互いに結合し、さらに、南部で稼動している広い放射状のシステムに結合している（図3－28）。このほか、特殊目的のTSSがこのネットワークにつながっており、その1つはペセスダに設置されている。

東海岸、西部／中西部サブネットワークは、夫々、3つのCDC6600システムと、2つのCDC3300システムを高速伝送回線と交換回線で、お互いの、あるいは自分自身のエリアの放射状システム・サービスをお互いにサポートすることによって、相互に連結している（図3－29、30）。CDC6600のメインセンタをつなぐ回線の伝送容量は50Kbpsである。ネットワークにつながっている中型機は、ファイルの編集のために使れている。

このネットワークの利点はまづ、データセンタが相互接続されているため、あるデータ・センタに障害が発生した際には、ただちに、他のコンピュータが使えること、又、各データセンタが標準時の違う地域ゾーンにバランスよく配置されているので、データ・センタが混雑してくると、空いているデータ・センタを利用できる事、さらに、よそのデータ・センタのプログラムやデータ・ベースにアクセスすることができるので利用者は一番近いデータ・センタで、問題にもっとも適したコンピュータ・システムを利用することができる。

ＣＹＢＥＲＮＥＴは、5つの主要構成要素、すなわち、ユーザ、端末、通信回線、ノードそしてセントロイド・システム（ホストコンピュータ）から成っている。これらの要素の基本的な関係を、図３－３１に示す。ユーザは端末をを介して、別の端末ユーザと、ノードと直接又は別のノード経由でノードと、ノードを経由して別の端末ユーザと、セントロイドと直接、あるいは、ノード経由してセントロイドと通信する。この原理図が図３－３２に示されており、図中、ネットワーク要素の特別な成分であるスイッチは、分解して別々に示してある。スイッチは、蓄積交換機能をもつノードと同類である。この図は、ユーザ端末とノード及びセントロイド間のいくつかの可能な結合を示している。

図３－２８　ＣＤＣ　ＣＹＢＥＲＮＴ　ネットワーク



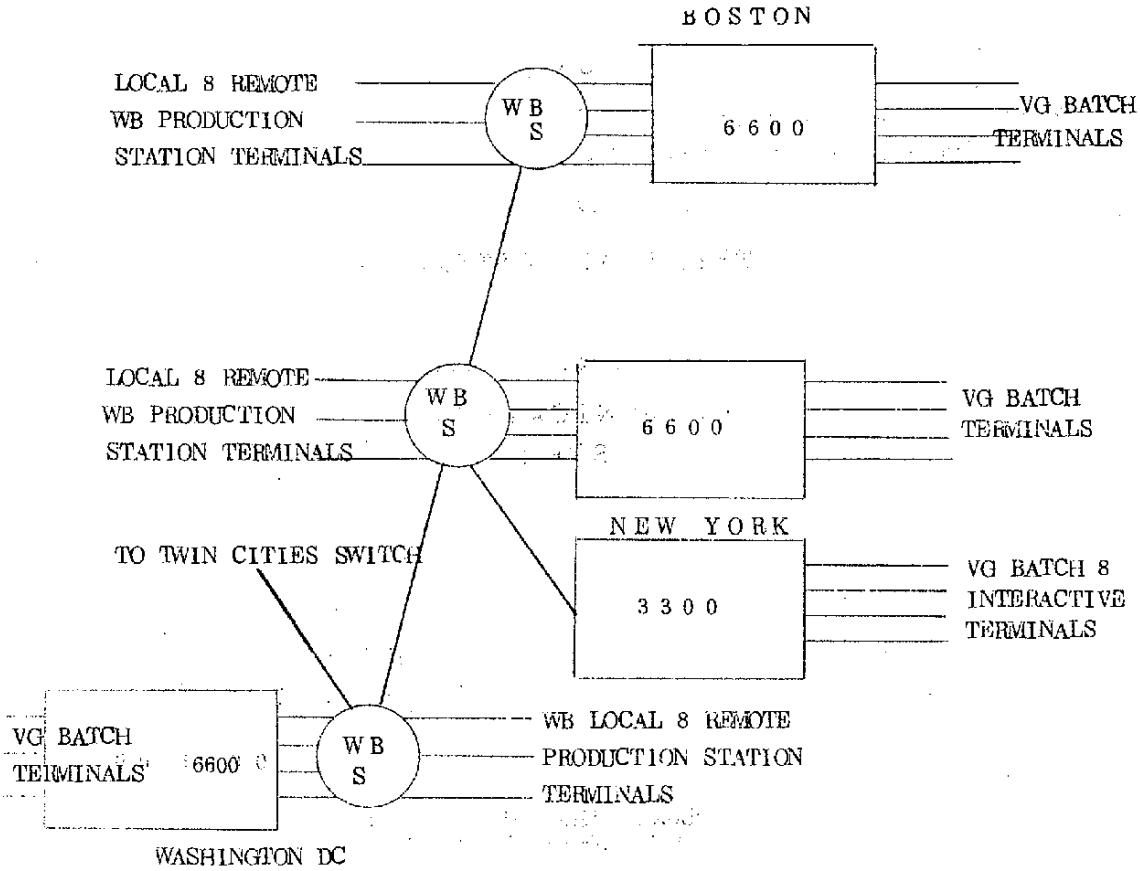


図3－29 Eastern Seaboard Segment of CDC's Cybernet

図3－30 West／Midwest Network Segment of DCD's Cybernet

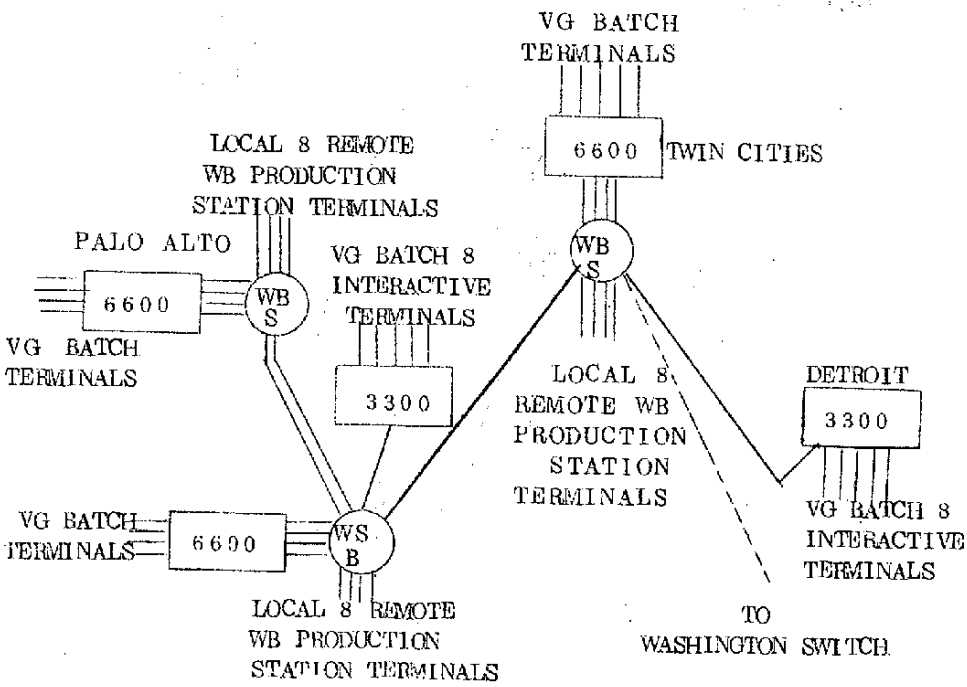


図３－３１　Elements of Cybernet-Simple Relationships

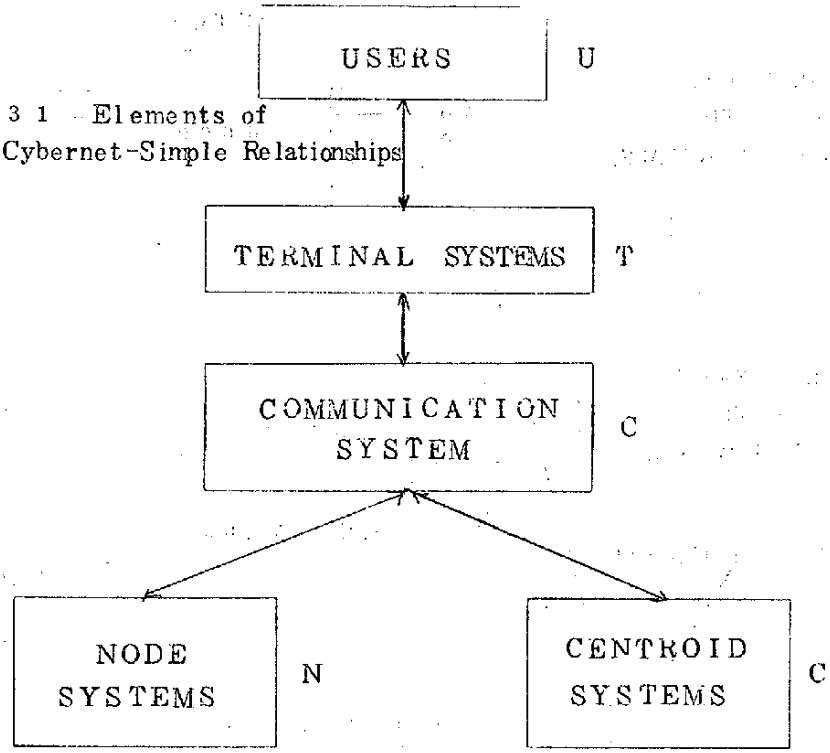
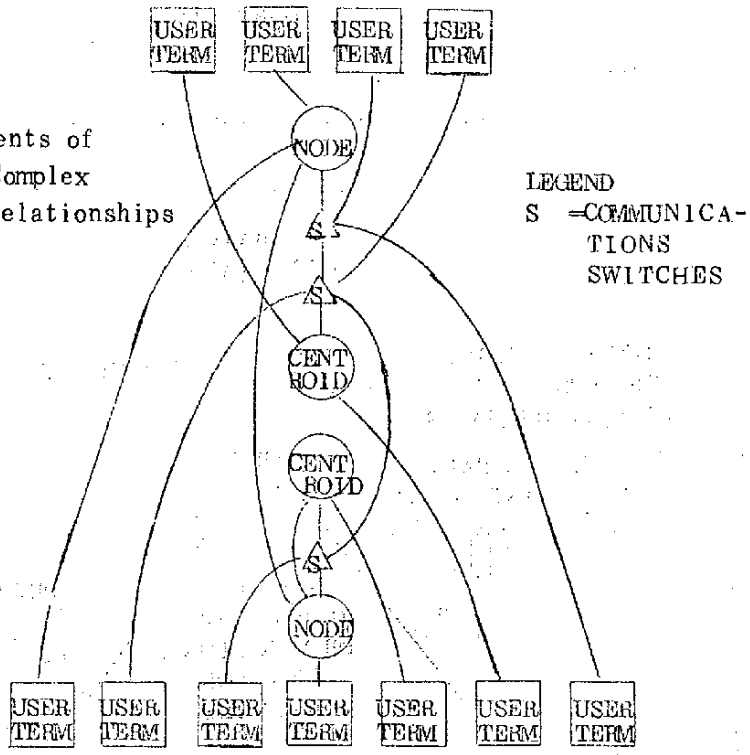


図３－３２　Elements of Cybernet-Complex Relationships



5. ＳＢＣネットワーク

ＳＢＣ（Service Bureau Corp.）のＴＳＳネットワークは、分散型で稼動する同機種ネットワークとしてＩＢＭと３６０／６７カストマの一部との共同事業によって開発された。当初ＴＳＳサービスはＩＢＭで行なっていたが独禁法抵触問題があって子会社のＳＢＣにバトンタッチした。１９７３年１月、アンチ・トラスト訴訟で係争中であったＣＤＣとＩＢＭが和解し、ＳＢＣはＣＤＣへ売却され、ＩＢＭはＳＢＣのサービスをユーザとして利用することになった。ＳＢＣのシェアは２０％前後でＧＥに次いで第２位である。

ＩＢＭはタイムシェアリング・コンピュータそのものについても熱心ではなかった。ＩＢＭ７０９４Ⅱを使ってスタートしたＱＵＴＣＫＴＲＡＮシステムや１４４０－１４１０によるＤＡＴＡＴＥＸなど当初第二世代機でお茶をにごしていた。第三世代機のシステム３６０については、ＩＢＭそのものよりもＡｌｌｅｎ－Ｂａｂｃｏｃｋ社のＲＵＳＨ（モデル５０）とか、ＳＤＣ（System Development Corp）のＴＤＭＳ（Time-Sharing Management Systemモデル６５、６７）とかＩＴＴ（Data Serrise社のＲＴＳ）などといった外部のソフト・ウェア開発が先行した。

Ｃａｌｌ／３６０ＢＡＳＩＣとか、Ｃａｌｌ／３６０DATA TEXTといったサービスはむろん開始されたが、当初からタイムシェアリング用として開発された肝心のモデル６７のソフトウェアＴＳＳ／３６０は大幅に引き渡しが遅れた。モデル６７は１９６５年８月に発表された。しかし、ソフトは、６６年夏に予定されたものが、６７年にのばされ、さらに遅れて６９年秋にようやく一部が使用に供されるようになった。なお、ＳＢＣは１９６９年秋から独禁法との関係でＣａｌｌ／３６０ Ｄａｔａｔｅｘｔサービスを中止していた。ＴＳＳネットワークで稼動しているホストの各々は、ＩＢＭ ＴＳＳ／３６０オペレーティング・システムを使っている３６０／６７である。

３６０／６７間を結ぶ通信装置は、音声用交換回線を利用している。これらの回線は、ＩＢＭ２７０１、又は、２７０３を使用して３６０／６７とインタ

フェースしている。この様に、このネットワークは、標準的なハードウェアを利用しているので、通信プロトコルに関しては、プログラムを組む必要がない。蓄積交換とかエラー制御などのすべてのプログラムは、ホスト・マシンに常駐している。事実、通信用ソフトウェアは、アクセス・メソッドを介してユーザ・プログラムとして動く。将来は、ＩＢＭ３７０／１４５を通信用コンピュータとデータ・ベース管理用として動かす計画がある。また、需要があれば、５０,０００ｂｐｓの回線をつけ加える計画がある。

ＴＳＳネットワークは、実験的なものである。ネットワーク中のすべてのマシンは、同機種であるので、プログラムとデータの相互交換が容易にできる。このネットワークでは、ダイナミック・ファイル・アクセスとリモート・バッチの両方が利用できる。

6. ＩＤＨネットワーク

図３－３３は英国におけるＩＤＨ（International Data Highways）の概念図である。これは実際には二つのコンピュータシステムである。一つはＵＮＩＶＡＣ－４１８による多くのオンライン問い合わせサービスの提供で、ＳＣＡＮと呼ばれる株式取引サービスをＴＳＳで行なっている。他の一つは、図に示されるようにロンドン、マンチェスター、バーミンガムなどに接続点をもつデータ通信サービスでＢＡＳＩＣやＦＯＲＴＲＡＮによるオンラインサービスを提供している。ユーザは市内の回線料金で、もよりのセンターを呼びだすことができる。

回線の障害が発生すると自動的に迂回する経路が選択され、ユーザがほとんど障害に気付かないで処理される。

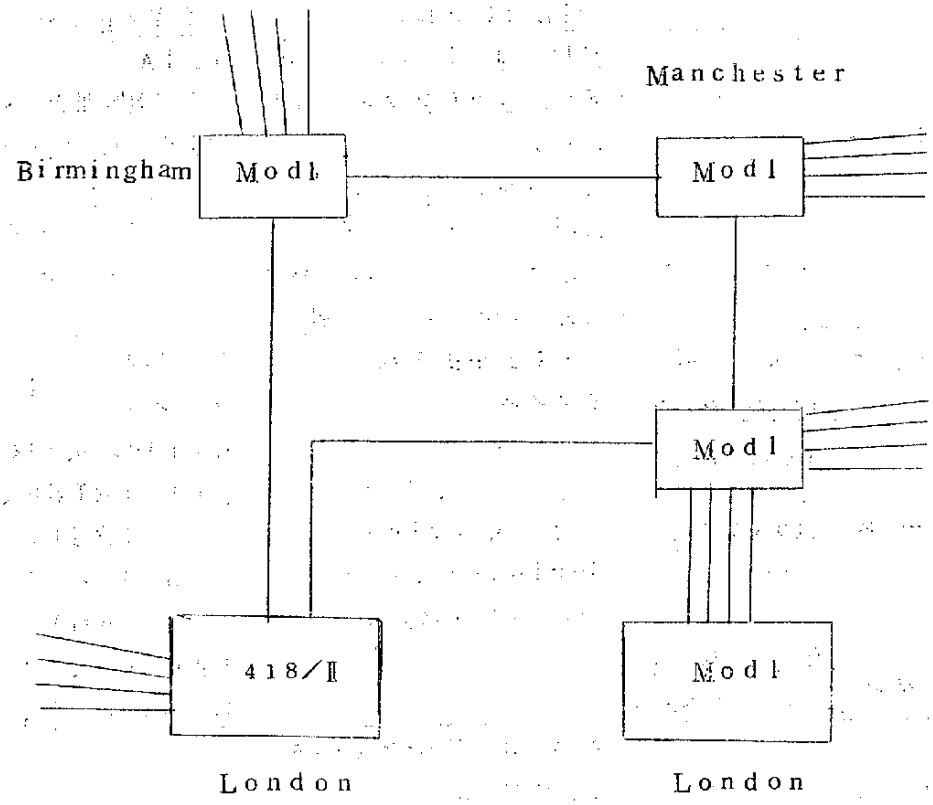


図3－33　IDHネットワーク

各タイプのコンピュータネットワーク事例のまとめ

		① 公共機関専用ネットワーク	
		MERCURE	CYCLADES
ネットワーク運用	設置者	Electricite De France（フランス電力公社）	IRIA（情報処理研究所） PTT（郵政電気通信省）
	主な使用目的	科学技術計算、OR 管理情報のデータ処理 発電プラントにおける最適制御と送電ネットの制御	行政機関間のデータベースの共用 情報交換の迅速化
ネットワーク形状	形態	集中（多星状）型	リング型（ノード数5）
	設置場所	フランス	フランス
リソース	Hostの種類	IBM−360／65、50 CDC−6600、6400	CII 10070、CDC6400 CII IRIS80、50
	Hostの設置場所	Clincy, orleaus Toulouse、Lyon Clamart Issy-les m.	PHILIPS1100、 IBM360／67 （16台）
伝送方式	伝送媒体		Pet Tの専用回線
	伝送容量（bps）		9.6K、50K、2M
安全性		フロンドエンドコンピュータを介してCDC−6000をつないである。従ってCDC-6000が故障してもデータ転送は妨げられない。	
交換方式			
アクセス方式			端末↔端末 端末↔コンピュータ コンピュータ↔コンピュータ

② 私企業専用ネットワーク	
ロイド銀行	SITA
ロイド銀行	IATA 航空会社間通信 ○座席予約 ○貨客に関する情報交換
2つの集中型サブネット イキリス	多星状
専用回線	
	4800(HLNC間)
異なった回線につながる端末を近接して設置	パケット交換
	CRT端末→ASCU ↓ サテライトプロセッサ ↑ ↓ 座席予約センタ HLNC テレタイプ通信端末

		③ 公共機関サービス提供ネットワーク
		D C S
ネットワーク運用	設置者	カリフォルニア大学
	主な使用目的	データベースの分散配置 多数のミニコンをつないで有効に利用 ネットワークの新しい方式を研究
ネットワーク形状	形態	リング型
	ノード数	9
	ノードの設置場所	カリフォルニア大学
リソース	ホストの種類、数	ミニコン
プロトコール	メッセージフォーマット	固定長
	メッセージの大きさ	900ビット
伝送方式	伝送媒体	同軸ケーブル
	伝送モード	デジタル
	伝送容量(bps)	800～500K
交換方式	交換方式	リング交換
	回線形態	交換回線
アクセス方式		リングインタフェースを介して
安全性		

NPL	OCTOPUS
NPL 1972年	ローレンス・バークレイ研究所 1971年
National Network設置の為の研究、所内の研究用 インタラクティブな使用とファイル転送	核反応のシミュレーション
分布型	ファイル伝送サブネットは集中型① テレタイプサブネットは分布型 ②
27 (端末数80)	10
NPL	ローレンス・バークレイ研究所
KDF9、H316、MICRD−16 ELLIOTT4120、MODULER−I、PDP8 3台	CDC6600 2台 CDC7600 2台
固定長	可変長
1024ビット	①は3780キロビット ②は1208キロビット
同軸ケーブル	同軸ケーブル
デジタル	デジタル
1M、250K	12 M
パケット交換	蓄積交換
直結回線、交換回線	①は直結回線、②は交換回線
	①と②は論理的に独立だがクロスした経路を余分に用意して障害時に備えている。

		NETWORK／440
ネットワーク運用	設置者	ヨークタウン研究所
	稼動開始日	1968年
	主な使用目的	ネットワーク網についての研究
ネットワーク形状	形態	集中型
	ノード数	12
	ノードの設置場所	ヨークタウン
リソース	ホストの種類数、設置場所	
プロトコール	メッセージフォーマット	
	メッセージの大きさ	
伝送方式	伝送媒体	
	伝送モード	アナログ
	伝送容量（bps.）	40,800
交換方式	交換方式	蓄積交換
	回線形態	交換回線
アクセス方式		
安全性		

T U C C	M E R I T
デューク、ノースカロライナ、ノースカロライナ州立、の3大学　1965年	ミシガン州議会米国科学財団 UM、WSU、MSU　1972年
低コストでより多くのコンピュータパワーを各大学がアクセスできるようにする。	教育学術用のTSS及びリモートバッチ処理
集中型	分布型
4　端末数　約50	3
ノースカロライナ州	ミシガン州
IBM360／75　ノースカロライナ大学 IBM360／40　デューク大学 〃　ノースカロライナ州立大学	IBM360／67　WSU 〃　UM CDC6500　MSU
可変長	可変長
1000バイト	240字
Telpak	Telpak
アナログ	アナログ
40,800	2000
	蓄積交換
	交換回線
	CCが蓄積交換用システムとして稼動、経路が切れれば別のCC経由で迂回

		ARPA
ネットワーク運用	設置者 稼動開始日	ARPAが出資、BBNが開発、管理、　1969年
	主な使用目的	リソースシェアリングネットワーク技術の開発
ネットワーク形状	形態	分散型
	ノードの設置場所	アメリカ
	ノード数	34
リソース	ホストの種類、数	IBM360/91、75、PDP−10等
		約50
プロトコール	メッセージフォーマット	可変長
	メッセージの大きさ	8,095ビット
	エラー訂正	
伝送方式	伝送媒体	賃貸全2重音線回線、衛星回線
	伝送モード	アナログ
	伝送容量(bps)	50K
	エラー率	10^5 あたり1個
交換方式	交換方式	パケット交換
	回線形態	交換回線
アクセス方式		
安全性		大部分のノードは2つ以上のノードと結合

ALOHA
ハワイ大学
無線通信によるTSS
IBM360/65 BCC500（建設中）
ACK信号
アロハチャンネル（無線）
24,000
パケット交換

		④ 私企業サービス提供ネッ
		TYMNET
ネットワーク運用	設置者	Tymshare Inc.
	主な使用目的	TSSサービス
ネットワーク形状	形態	マルチリング 分散型
	ノード数	84
	ノードの設置場所	U.S.A.、パリ、スイス、ドイツ
	端末数	約1700
リソース	ホストの種類、数	ゼロックス940：23台、PDP10：3台 シグマ7：1台
	設置場所	クーパーティノ、イングルウッド・クリフ、ヒューストン、パリ
プロトコール	エラーの訂正	エコーイング、ブロックエラー検出
伝送方式	伝送媒体	専用全2重音声回線
	伝送モード	ディジタル
	伝送容量(bps)	2,400、 1,800
	エラー率	4×10^{13}あたり1個のエラー
交換方式	交換方式	
	回線形態	交換回線
アクセス方式		TYMSATを介してアクセス
安全性		2つのループ状ネットワークになっているためどの2つのノードをとっても2ルート以上確保されている。

トワーク	
G　E	Honeywell
G　E	Honeywell
TSSサービス （科学技術計算、事務処理）	TSS、リモートバッチ サービス
多重中核星型	多　星　状
北米、ヨーロッパ、オーストラリア、日本の18カ国	アメリカ
GE635、265、605	H1648
クリーブランド	アメリカ
公共電話回線、国内WATS回線	
DATANET－30	
交換回線	
スーパーセンタの所在は明確にされてなく、立入禁止である。ユーザはユーザ・ナンバとパスワードをもつ。ターミナル識別番号を登録できる。ファイル名を登録したりファイルにパスワードをつけたり使用者、使用方法を制限することができる。	

		CYBERNET
ネットワーク運用	設置者	コントロールデータ社
	主な使用目的	リモートバッチ、タイムシェアリングサービス
ネットワーク形状	形態	多星状
	ノード数	36
	ノードの設置場所	アメリカ
リソース	ホストの種類、数	CDC6600 7台 CDC3300 5台
プロトコール	メッセージフォーマット	固定長
	メッセージの大きさ(最大)	1024字
伝送方式	伝送媒体	貸賃回線
	伝送モード	アナログ
	伝送容量(bps)	40,800
交換方式	交換方式	回線交換
	回線形態	交換回線
アクセス方式		端末↔端末、端末→ノード→端末 端末↔ノード、端末↔ノード→セントロイド 端末↔ノード→ノード、端末→セントロイド
安全性		データセンタが相互接続されている為1つのコンピュータが障害を起こしても他のコンピュータがサポートできる。

S B C	I D H
IBMと360／67のカストマーの一部	
TSSサービス	株式取引サービス データ通信サービス
分散型	
9	
アメリカ	イギリス
IBM360／67	UNIVAC 418
可変長	
8192ビット	
DDD	
アナログ	
2,000、40,800	
蓄積交換	
交換回線	
	回線の障害が発生すると自動的に迂回する経路が選択される。

DCS : Distributed Computer System

GE : General Electric

MERIT : Michigan Educational Research Information

NPL : National Physical Laboratory

SITA : Société International de Telecommunication Aeronautigue

TUCC : The Triangle Universities Computation Center

ARPA : Adrvauced Research Project Agency

SBC : Service Beaureau Corp.

IATA : Internatinal Air Transport Association

UM : University of Michigan

MSU : Michigan State university

WSU : Wayne state university

第6節　ＡＲＰＡコンピュータネットワーク

1. ＡＲＰＡネットワーク設立の目的

ＡＲＰＡ　ＮＥＴの研究開発に開する資金は主として米国防省のAdvanced Reserch Project Agency から出資されており、開発の主要契約者は、ＢＢＮ社である。ＢＢＮ社はネットワークの開発以来現在でも、ネットワークの管理上の責任を負っており、ＢＢＮ内にネットワークコントロールセンター（ＮＣＣ）が置かれている。

ＮＣＣは、２４時間体制でＡＲＰＡ　ＮＥＴのサブネットの運転状態を監視しており、ネットワーク管理目的のホストコンピューターは、１分きざみでネットワーク内の全てのノードのＩＭＰ又はＴＩＰから動作状態を示す記録を取っており、ラインにデッドが生じた場合には、自動的にＩＭＰからＮＣＣへ報告がいく。ネットワークに故障が生じたときには、ＮＣＣの保守員が修理、デバックを行い、ネットワークの保守についても全面的にＮＣＣが責任を負っている。

ＡＲＰＡ　ＮＥＴ開発の初期の目的は、リソースシェアリングネットワーク技術の開発であった。とりわけコンピュータ間コミュニケーションを実現するための新しい通信方式であるパケット交換技術の可能性を調査研究することであった。この初期の目的は既に十分に達成され、現在では、実用的なオペレーショナルネットワークへと発展していきつつある。今までのところ、政府の機密データを伝送することは開発目的に入ってない。しかし、米国防省は、軍事上の理由からパケット交換技術を応用したコンピュータネットワーク構想を持っており、１９７１年１０月に政府官庁３ケ所のコンピュータセンターを１個の蓄積交換用ノードに結んだ星型ネットワークＣＯＩＮＳが運転を開始した。

３台のホストコンピューターに４３５台の端末機とハワイにノードと連絡する遠隔端末機が接続されており、国防省関係の秘密データが主に取扱われている。米国防省は、ＡＲＰＡ　ＮＥＴによって開発されたコンピュータネットワーク

技術を駆使して信頼性の高い新しいネットワークを建設中である。その全容は完成したとしても紹介されるべくもないが、いずれにしろＡＲＰＡ　ＮＥＴの開発は、間接的に軍事目的とつながるものである。

2. ＡＲＰＡネットワークの特徴

(1)分散型ネットワーク

コンピュータネットワークの基本構成は、ユーザーに対してリソースを提供するホストコンピューターとネットワークを通して流れる情報を中継し、転送する蓄積交換機（ＩＭＰ又はＴＩＰ）を備えたネットワークノード、ユーザーがネットワークへアクセスするための端末装置およびそれらを連結すを有線又は無線式の通信回線からなる。ネットワークノードの結合のしかたによって　コンピュータネットワークは、(1)星型、(2)多星状、(3)分布型、(4)環状に分かれる。ネットワークの形状は、ネットワークを建設する際の目的およびコストの点から定まってくるものであるが、信頼性の点からいって、規模が大きくなるにつれ、星状であったものでもしだいに分散型へと成長していく。

ＡＲＰＡは建設の最初から信頼性を重視した分散型ネットワークの形成をねらって設計されてきた。現在、大部分のノードは、他の２ケ所以上のノードと接続されており、１つのラインに故障がおきても、もう一方のラインを利用してＩＭＰは機能を果すことができるようになっている。

ＡＲＰＡ　ＮＥＴ内で利用可能なホストコンピューターは、ＡＲＰＡ　ＮＥＴ用に開発されたミニコンピューターを用いた、あるいはＰＤＰ１０などの中型コンピューターからＩＢＭ３６０／９１、ＩＬＬＩＡＣＩＶなどの超大型コンピューターまでの、５０台以上のコンピューターで構成されている。

通信回線は、全二重（Full Duplex）通信方式で５０ kbps のリース電話線及び衛星回線で結ばれている。

(2)パケット蓄積転送方式

ＡＲＰＡによって開発の進められたパケット交換方式は、コンピュータコストの低下に負うところが大きい。ネットワークにアクセスするユーザーのほと

んどは、短い情報の受授を行うだけで、ファイル転送などの大量のデータ転送はごくまれである。そのような場合、回線交換方式によって通信を行うとすると通信コストが非常に高価なものとなってしまい、かわりにコストの低下したミニコンピューターを交換機として使用する方式がとられたのである。ＡＲＰＡ　ＮＥＴでは、ファイル転送などの大量のデータ転送がひんぱんに起こる部分については、広帯域の回線を使用し、スピードを遅くしてコストの低下をはかっている。

ホストコンピューターから送られるメッセージは、ホストコンピューターに収容されているネットワークコントロールプログラム（ＮＣＰ）によって、ブロックに分割される。ブロックは可変長で１ブロック最大８０９５bits である。１ブロックにおさまらないメッセージは数ブロックに分割され１ブロックずつＩＭＰへバッファー送りされる。ＩＭＰでは受け取ったブロックをパケットと呼ばれる１伝送単位に分割する。１パケットは約１０００bits からなりその中には、メッセージおよび、パケット番号ルート指定情報、誤まり検出符号、同期ビットなどの制御情報がもられる。ＩＭＰは各パケットを独立させて目的地へ向け転送する。送られたパケットは目的地へつくまでにいくつかのＩＭＰを通過するが、その通路はＩＭＰへ到着するごとにルートが再計算され、そのつど最良ルートを選びながら転送される。一連のメッセージを構成するパケットは全て独立してばらばらに目的地へ送られ、目的地側のＩＭＰは、ばらばらに到着してくるパケットをパケット番号に従ってそろえていき１ブロックを構成していた全てのパケットがそろったならば、もとのメッセージに編集しなおし、目的ホストコンピューターへ送る。メッセージがホストコンピューターへ送られ処理が行われた後必要とあらば再度送る際と同じ手順に従って、出力情報がユーザーの側へ送られてくる。パケット交換方式は、いくつかの流通センターを経由して、コンテナを目的地へ向けトラック輸送するようなもので、流通センターへいったん荷物をおろしてルートを選定しなおすことから、流通に交通渋滞のような状態がおこり得る。例えばとなり合うＩＭＰの記憶装置が雙

方とも相手側へ送る予定のパケットでいっぱいになった場合、送るに送れずまた、受けとるに受けとれないということになる。あるいは、都会における交通渋滞のようなことも起こり得る。道路を走る車の流れは、ある一定の車の流通量まではスムーズに流れるが、その値を超えると急に流れが悪くなり、渋滞が激しくなる。即ち回線のトラフィックが回線容量に対しある値以上増大した場合処理遅れ時間が急速に増大する。このような交通渋滞をロックアップと言い、ロックアップを回避する手段としてフローコントロールをＩＭＰに行わせる方法がいろいろ研究されている。

(3)サブネットワークの独立性が大

ＡＲＰＡ　ＮＥＴは、独立したホストコンピューターを持つデータ通信ネットワークの相互間を結合したもので、個々のコンピュータセンターの独立性は大きい。各センターは、それぞれ独自の目標を持ち研究開発を行っている。一方、多くのホストコンピューターはＡＲＰＡ後援のプロジェクトにも参加しており、また幾つかの研究センターは、ホストコンピューターを含むシステムをネットワーク利用者に提供している。ネットワークサービスは、初期の頃は、ＵＣＬＡ（the University of California at Los Angels）のＩＢＭ３６０／９１、ＵＣＳＢ（the University of California at Santa Barbara）のＩＢＭ３６０／７５などあったがネットワークノードが増えるに従い、ホストサービスのためのコンピューターが多数結合された。その結果、各研究センターのＡＲＰＡ　ＮＥＴリソースに対する依存度も増加してきつつあり、研究センターの開発目標にもＡＲＰＡおよび他の結合研究センターの開発目標との相互作用が現われてきている。

各コンピュータセンターがＡＲＰＡ　ＮＥＴに提供するリソスの主なものは次のようなものである。

－ＭＩＴのＭＡＴＨＬＡＢの利用

－ＳＲＩのTheorem Proverbs）定理証明用言語）

－ＢＢＮのNatural Language Processors（自然言語処理）

ーＭＩＴリンカーン研究所の図形処理言語

ーカーネギの会話形ＡＬＧＯＬ　ＬＣ^2

ータイムシエアリングによる機械間のファイル共有

　例　ＴＥＮＥＸ

ー多量ファイル記憶

　例　ＵＮＩＣＯＮファイルは8.5×10^{10}キャラクターの容量を持つ

ーテレコンファランシングのできるネットワーク形成

3.　現在の主な利用形態

ＡＲＰＡ　ＮＥＴの利用形態は用途別にみて大きく４種類に大別できる。即ち次の４つである。

①ネットワーク内のホストコンピューターの提供するタイムシエアリングシステムへの遠隔アクセス

②大型数値コンピューターのサブルーチン的利用

③ファイル転送

④テレコンファランス

(1)ＡＲＰＡネットワークへのアクセス手順

ユーザーは、自分がネットワークを通してアクセスしようとする資源についてあらかじめ予備知識を必要とする。一応ＡＲＰＡ　ＮＥＴのネットワーク資源の学習について、ネットワーク　ニュース　レターやネットワーク情報センターの提供する情報あるいは、ユーザーが所望の資源を見出すために、オンラインによるリソース・ロケーター・プログラムがケース・ウェスタン・リザーブ大学から提供されているが、十分ではないようである。端末ユーザーがネットワークへアクセスするしかたは、プロトコールの整備に従い、しだいに変化していくと思われるが、標準的なアクセスの手続きは、次のようにして行われる。

(i)ＴＩＰとの対話の確立

「ＨＥＬＬＯ」　すべての端末には端末の種類をきめる特定の定義キャラクタ

ーが決められている。ユーザーは自分の使用している端末を表わす単一パラメーターをＴＩＰへ向け連続してタイプインする。それまで動作していなかった端末から情報が送られてくると、ＴＩＰは、対話を確立するため端末へその言葉で「ＨＥＬＬＯ」とタイプアウトする。と同時に、ＴＩＰは、パラメーターを判読して、以後、端末がネットワークと会話する際に必要となる、実際の端末コードを仮想端末コードに変換するためのファンクションを用意する。ＴＩＰはリモートシステムの反答を端末用コードに変換することも行う。そのために、ユーザーは最大６回その定義キャラクターを送る必要がある。

「ＨＥＬＬＯ」信号によって、その端末機の送り出す信号はＴＩＰによって受けつけられることを意味する。

続いて、ユーザーは、メッセージのサイズ及び応答開始に関する会話パラメータを送る。このときリモートホストとの会話の際に必要なすべての初期値がセットされ、以後リモートホストとの連絡がついてからは、会話の間中ＴＩＰは無視される。

(ii)遠隔ホストコンピューターとの結合

「ＨＯＳＴ＃（０＜＃＜２５６）」

「ＬＯＧＩＮ」　ユーザーは「ＨＯＳＴ＃」によって、ＴＩＰに自分がどのリモートサイトと結合を望んでいるかを知らせ、「ＬＯＧＩＮ」によって、実際に、そのサイトにおいて、ロガーと結ばれることを希望しているという事実を知らせる。

ＴＩＰは、目的となるホストコンピューターに対し端末が会話を欲している旨を伝え、目的ホストコンピューターから返事が返ってくると、それを端末へ伝達する。

端末へ知らされるコメントは、次のようなものである。

1. 結合がなされた。

2. リモートサイドがアップシテいない。

3. アップしているが、会話を拒否している。

4. アップしたが、反応が弱い。

「TROPEN」　ＴＩＰは、目的ホストコンピューターとの結合に成功したことを端末に知らせる。

「LOG ON」　これは遠隔ホストコンピューターからのメッセージである。「ＬＯＧ　ＯＮ」を受け取ることによってユーザーは、求めていたリモートホストと自由に会話でき、この間は、ＴＩＰに対する命令は必要がなく、あたかもユーザーとリモートホストとの間で回線接続が行われたかのように通信できる。

(iii)遠隔ホストとの会話

ユーザーは、自分が誰であるかをリモートホストに知らせ、リソースにアクセスする。

「ＳＴＯＰ」

「NORMAL EXIT」　会話が終わると、ユーザーは「ＮＯＲＭＡＬ　ＥＸＩＴ」信号を送り、会話の終了をホストコンピューターへ知らせる。

「LOG ON」　リモートホストコンピュータは、ユーザーの会話終了を了解したことをユーザーにつげる。

(iv)ネットワークとの結合の終了

「CLOSE」　ＴＩＰはユーザーより「ＣＬＯＳＥ」信号を受けとると、リモートサイトを切り離すための命令を出し、ＴＩＰとリモートサイトは結合を閉じる。

「TRCLOSED」　一方ＴＩＰはユーザーに対し、プロセスの終了時点を知らせ、端末機との結合を閉じる。

(2)イリノイ大学によるＡＲＰＡネットワーク利用

イリノイ大学は、１９７２年同大学のコンピュータ資源をＡＲＰＡ　ＮＥＴ

に依存することにして以来、ネットワーク内のいくつかのコンピュータシステムに精通していき、目的とする研究を行うために各コンピュータシステムの特徴および能力を最良に生かし効果を上げている。

イリノイ大学では、現在のＡＲＰＡ　ＮＥＴの多面的な利用を満たすシステムをイリノイ大学単独で設置するとしたならば、ＡＲＰＡ　ＮＥＴを使用するのに比して、約３倍以上の費用がかかるであろうと見積っている。

イリノイ大学の大気研究所の行なったＡＲＰＡ　ＮＥＴお効果的な利用は次のようなものである。

同センターは、様々のＰＤＰ－１０ネットワークに対するグラフィック。ディスプレイ端末を利用した実験を通して、ＰＤＰ－１０は、コストパフォーマンスの点からいって、大規模処理の場合、ＩＢＭ３６０／９１よりはるかに劣るが、タイムシェアリング用の会話型マシンとしてはすぐれていることを知った。同センターは、ＰＤＰ－１０のこの特質とＵＣＬＡ（the University of Colifornia at Loss Angels）のＩＢＭ３６０／９１を結びつけて、同研究所にあるＩＢＭ３６０／７５では不可能な気象学の大規模実験を行なった。（図３－３４）

同センターはまず、①ＩＢＭ３６０／９１のプログラムとデータベースを待つＵＳＣ－ＩＳＩ（the University of Southern California's Infornation Sciences Institute)のインタラクティブテキストエディターＰＤＰ－１０を用い、バッチモードのプログラムとデータのファイルを準備し電文編集を行い、それをＵＣＬＡへファイル転送プロトコール（ＦＴＰ）を用いて伝送した。

②センターは、ＵＣＬＡにバッチモードのプログラムの実行を指示し、新しいデータベースを作成。

③ＵＣＬＡでの作業終了後、センターは、新しく作成されたデータベースをＵＳＣに返送するよう命令

④ＵＳＣにおいて、新しいデータベースを用いＰＤＰ－１０を使って、等高線

図の形成にならって結果の作図を行なわせる。

⑤グラフアウトプットをイリノイ大学へＦＴＰを用いて転送させる。

⑥イリノイ大学で、グラフィック表示装置又は、ハードコピー・プロッターのためのプログラムを用いそれぞれ端末上へその作図を行わせる。

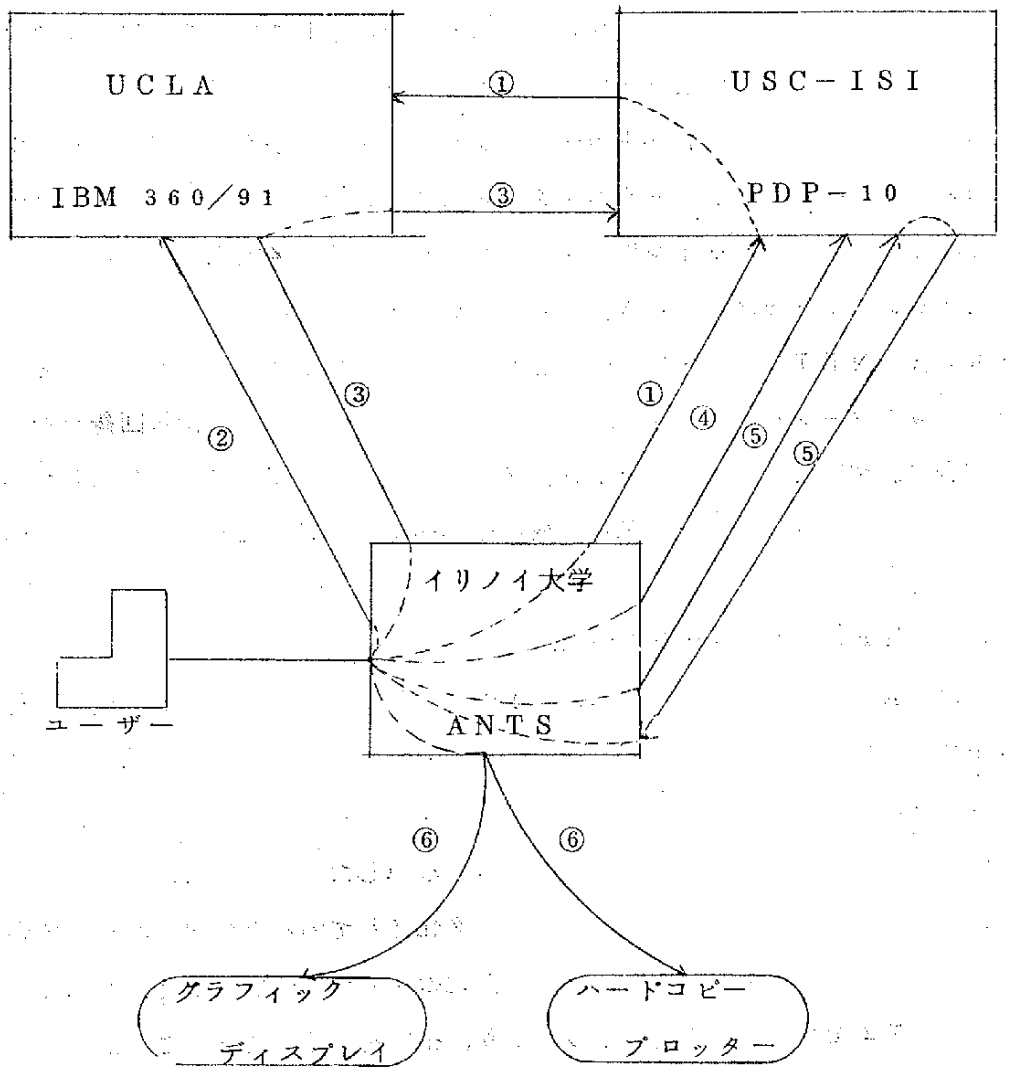


図３－３４　ARPAネットワークを利用した気象シミュレーション

イリノイ大学で行われたこの作業はＡＲＰＡ　ＮＥＴの有用な利用方法であ

る三形態即ち、ＴＳＳシステムへの遠隔アクセス、大型数値コンピュータのサブルーチン的使用、ファイル転送をうまく組み合わせ効果を上げた例である。

(3) ARPAネットワークを利用したテレコンファランス

テレコンファランスなどのＡＲＰＡ　ＮＥＴを介した人間対人間の通信がある。ＡＲＰＡ　ＮＥＴを通じた個人的な会話の方法としては例えば次のようなものである。遠く離れた会話者雙方ともがネットワークにアクセスしている場合は、その場で、それぞれ相手方へ通信文を送り又は相手から受け取ることができる。受け手がネットワークへアクセスしてない場合は送信者は、メッセージを特定のマシンのファイルにファイリングしておく、名宛人である受け手がそのマシンへアクセスしたとき、メッセージは伝達される。

ＡＲＰＡ　ＮＥＴニュースレターにしばしば掲載されているインタビュー記事は、ネットワークを通してインタビューしたものである。特に衛星回線を通じて結合されているハワイ、ロンドン、ノルウェーなどの海外に広く分散している利用者はネットワークの「郵送」機能や連絡機能を頻繁に活用しているということである。

4.　ＡＲＰＡネットワークの信頼性

コンピューターネットワーク形成の１つの目的は、コンピューター処理を行う上で信頼性を得ることである。１台のコンピューターに全ての処理をまかせたり、あるいは、仕事に必要な全てのファイルを１台のコンピューターにあずけておくなら、そのコンピュータシステムが故障した場合の損害ははかり知れない。コンピュータシステムがネットワーク化されていると仕事に利用しているコンピュータシステムが故障した場合、他のシステムへ収容かえ、もしくは、他のシステムで代替するなどの手段により、損害を低くおさえることが可能である。

しかし、このような操作は、通信ネットワークの信頼性が確保されてはじめて可能なことである。ＡＲＰＡ　ＮＥＴは計画の当初から通信ネットワークの信頼性確保に力が入れられてきた。その結果ＡＲＰＡ　ＮＥＴ内でも通信ネット

ワーク部分は最も信頼性の高い個所となっている。ノード間通信は全二重方式であり、1つのノードは少なくとも他の2ケ所のノードと結合されており、ラインがデッド状態になると、同時に別のルートが直ちに使用され、ライン内のデータが再伝送されることになっている。ＩＭＰの改善は、絶えず続けられ、分では、ＩＭＰの平均故障間隔（ＭＴＢＦ）は10,000時間（年1回以下）と見積られている。ＩＭＰに故障が起った場合、その機器はネットワークから切り離され、影響が他へおよぶのを防いでいる　最近の例では1回の故障によるＩＭＰのダウンタイムは約9時間であった。ＩＭＰは、伝送エラー検出・訂正機能を持ち、ノイズの多い回線でもネットワークのデータの信頼性を大巾に低下させることはなかった。伝送回線の誤差率は、一般の電話回線の誤差率である$1/10^5$である。

1973年夏のデータによると、ネットワーク全体から見て、機能休止が週に1度又は2週に1度の割合でおこり、それらの多くは、1時間か又はそれ以内の機能休止が続いた。

ネットワーク内に故障がおこった場合は、ＢＢＮにあるネットワークコントロールセンターへ直ちに報告がいくようになっていることは前に述べた通りである。

5. ＡＲＰＡにみるコンピュータネットワーク技術

(1)通信制御プロセッサー

(i)ＩＭＰ

ＩＭＰは、1章3節で述べられているように、ネットワークノードを構成するミニコンピュータである。

コンピュータ間コミュニケーションのネックの1つであった通信方式の問題をＡＲＰＡは、このＩＭＰの開発によって解決したわけである。

大部分のＩＭＰは、コアメモリー16000ワード、1ワード＝16ビット、を備えたミニコンピュータ、ハネウェル316型又は516型をベースに作られている。

ＢＢＮのネットワークコントロールセンター以外のノードは通常無人運転され、ＩＭＰの諸機能を果すためのソフトウェアは、ネットワークから自動的にロードされる。電源故障が起こった場合には、コアメモリ内に特殊プログラムが内蔵され、電源回復と同時に、そのプログラムによってＩＭＰの機能は回復される。

ＩＭＰの主要な機能は、ネットワークを流れるメッセージの蓄積、転送、コントロールを行うものでその概要は次のとおりである。

①ＩＭＰが、ネットワークへ伝送されるメッセージの送り手ホストコンピュータ側にある場合

○ホストコンピュータの状態を判断する。即ち、ＩＭＰの維持するホストコンピュータが、他のホストへメッセージを送るか否か又、送ったか否かを判断する。

○ホストコンピュータから送られてくるメッセージをヘッダー情報を伴なったパケットに変換する。

ヘッダー情報としては、次のようなものがあり、パケットのフォーマットは、図３－３５である。

ヘッダー情報
- メッセージの送り手ホストコンピュータ情報
- メッセージの目的
- メッセージ内のパケット番号
- メッセージ番号
- 通信コンピュータリンクのリンク番号
- 同期情報
- 誤り検出情報

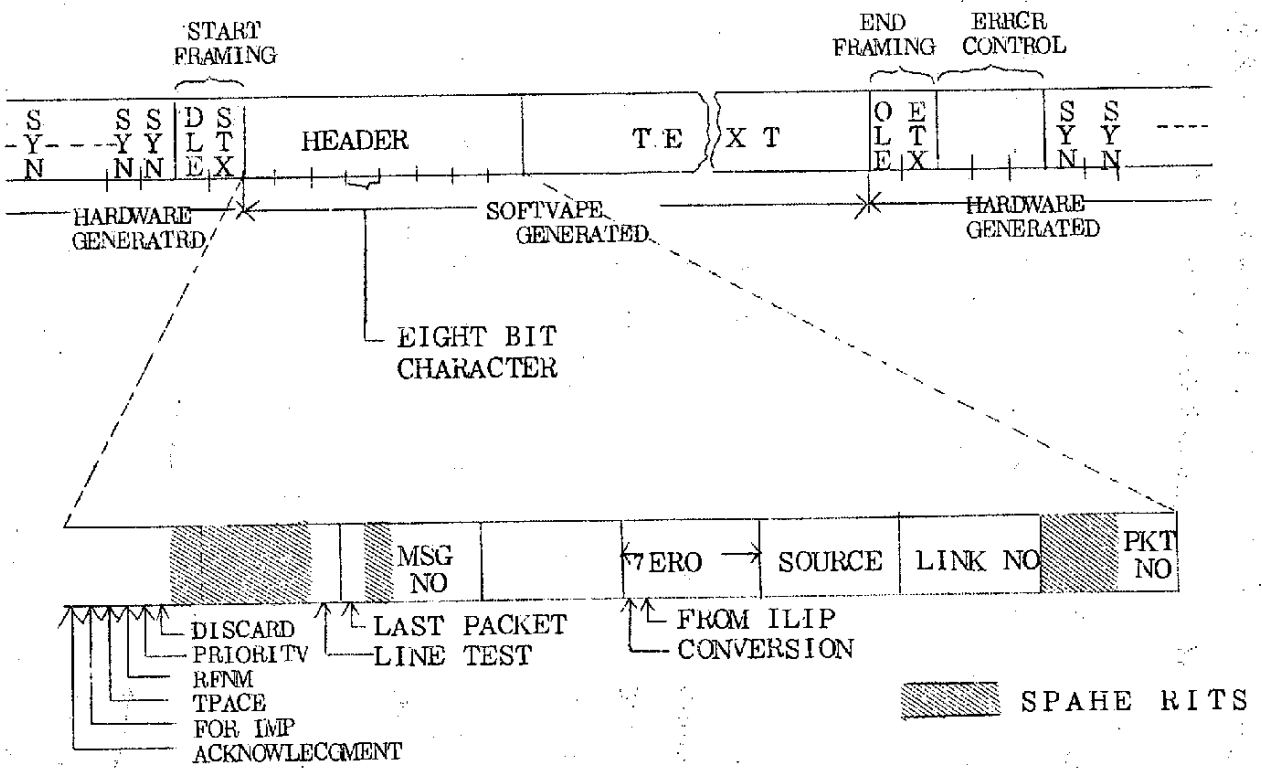


図3—35　ARPAでのパケットフォーマット

②ＩＭＰが、メッセージの目的地ホストコンピュータ側にある場合

○パケット集収

ばらばらに送られてくるパケットを集収し、１ブロック分全てそろえる。そして、パケットから伝送制御情報を取り去り、１ブロック分のメッセージを最初の順序通りに編集し、それを目的ホストコンピュータへ送る。

○受け取り信号およびＲＦＮＭ信号の送出

目的ホストコンピュータがメッセージを受け取ったことを確認し、ソース側ＩＭＰへ受信完了信号を送り、同時に、ネットワークに対し、次のメッセージ受け入れ可能状態を示すＲＦＮＭ信号を送る。

③ＩＭＰ間通信を行う場合

○パケットの伝送ルート指定

ＩＭＰは、ネットワーク内の他のノードの状態を表わす状態表を持ち、それを約５００ｍｓｅｃの周期で維持更新しており、パケットを伝送する際に、テーブルに基づいてネットワークルートの中から最適パスを決定する。このルートは、ＩＭＰがパケットを受信する毎に再計算される。

○伝送先のＩＭＰにバッファー空間をリサーブする。

ルート計算に基づいて、伝送先ＩＭＰが決定されると、ネットワーク内の伝送をすみやかに行なうために、あらかじめ、バッファー空間を確保しておくのである。

○伝送先である隣接ＩＭＰへパケットを転送する。

○ＩＭＰがパケットを受信した場合は、誤まりチェックを行い、誤まりのあるなしに対応して、承認応答又は否定応答信号を他のルートを通して送信隣接ＩＭＰへ返送する。

○送信ＩＭＰは、パケットを送信したにもかかわらず一定時間内に承認応答を受けないか又は否定応答を受信した場合、不良パケットと判断して、パケットを再伝送する。

④パケットの送受信にかかわりなく行われる作業

○隣接ＩＭＰ、ホストコンピュータの状態の定期点検

○ＩＭＰの自己診断

ＩＭＰは、内蔵プログラムの状態に問題がないかどうかをチェックするソフトウェアを持っており、自己診断を行う。異状があった場合は、隣接ＩＭＰに同じプログラムを伝送するよう要求する。

○ＩＭＰソフトウェアに新たな追加や更新があった場合、ＩＭＰソフトウェアを伝送し、自動的にそれぞれ、ロードする。

○統計データの集収

(ii)ＴＩＰ

ＴＩＰは、端末機とネットワークとのインターフェイスとなり得るＩＭＰ機能を持ったミニコンピュータである。ハードウェア的には、普通のＩＭＰに余分にコアメモリー（12000～16000ワード）を加えたものである。

ＴＩＰの維持できる基本端末機は、誤り検出やフロー制御、ローカル計算を必要としない極めて簡単な端末機からグラフィックディスプレイ装置などのような、はるかに複雑なインターフェイス条件を必要とする複雑な端末機まであり、ＴＩＰが開発されてからは、ＴＩＰプロトコールに合わせた端末機も出てきた。一方ＴＩＰの方も、複雑な端末機を維持可能となるように、コアメモリーの容量を増大させてきた。

ＴＩＰの維持可能な端末の主なものは次のようなものである。

ＴＩＰのの維持する端末機
- テレタイプ３３、３７、ＩＢＭ２７４１
- Odec ラインプリンター
- メモレックスラインプリンター
- Execuport テキサス、インスツルーメント端末機
- etc

(2)プロトコール

コンピュータネットワークに接続しているコンピュータや端末機には、様々

な種類があり、それらの内部で情報を処理する際の入力形式や出力形式および信号の形態は機種によって種々雑多である。
一つの計算機用に作られたプログラムは種類の異なる計算機では実行できないし、データについても計算機間の互換性が保てるようにするには、メッセージや制御信号について共通の約束事を注意深く取りきめておかなければならない。
ＡＲＰＡネットワーク開発の初期段階では、少数のコンピュータ間で会話を維持することに努力がそそがれ、ＩＭＰやＴＩＰのようなユーザーレベルとネットワーク間の通信インターフェース専用機が開発された。
ネットワークが拡大するにつれ、コンピュータ間の約束事は体系的に整備され一般化されなければならなかった。約束事が整備され体系化されていくことによって、ネットワーク開発の当初重要となっていた問題が殆んど解決され、ネットワークは、より広範囲のユーザーに開放されるようになってきた。
ＡＲＰＡネットワークのこの約束事のことをプロトコールという。
即ち、プロトコールとは、ネットワークを構成しているコミュニケーションリンク間で、一対のリンクが会話を行う際に送られるメッセージや制御信号のフォーマットや　相互に交換されるメッセージのタイミングのルール、およびバイトの流れそのものの内容等に関する取りきめのことである。
ＡＲＰＡネットワークのプロトコールについてみていくために、まずＡＲＰＡネットワークをいくつかの要素に分解する。
ＡＲＰＡネットワークは、簡略化すると、①コンピュータシステム（図３－３６）、②ターミナルシステム（図３－３７）、③二点間通信プロセス（図３－３８）の３つの基本的な構造の複合体である。
ＡＲＰＡ　ＮＥＴでは、このような結合が矛盾なく行われかつ、ネットワーク内の多くのこみ入ったオペレーティングシステムや通信方式の繁雑さからユーザーを開放し、かわりにユーザーに基本的な通信方式を提供するためにいくつかのプロトコールを取りきめている。

図３－３６　　コンピュータシステム

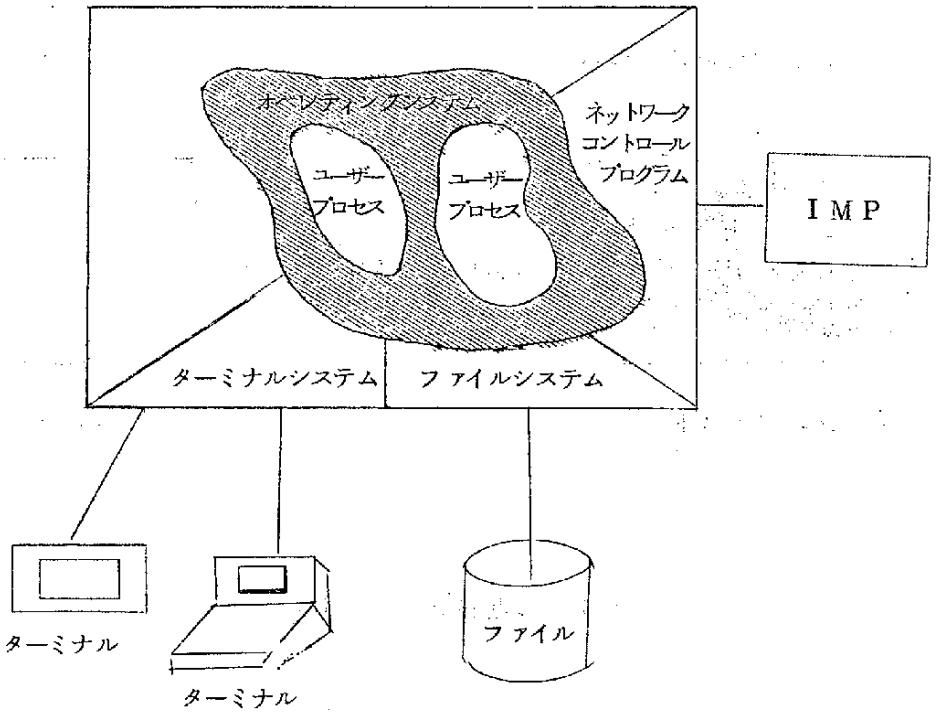
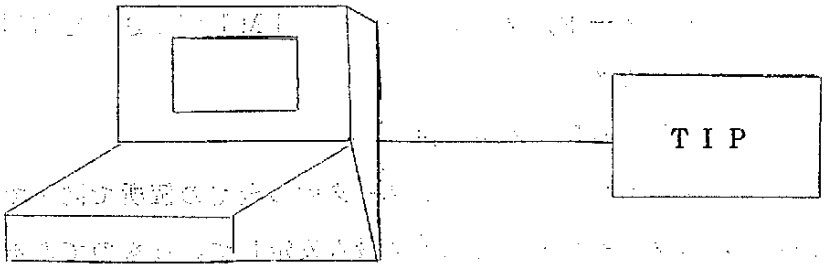


図３－３７　　ターミナルシステム



③　二点間通信プロセス

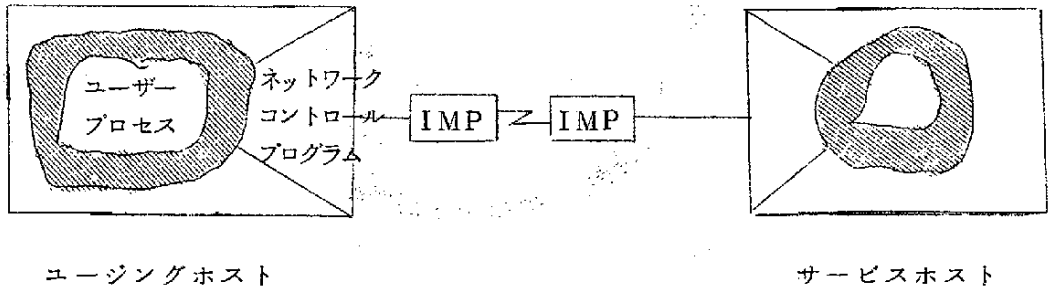


図３－３８　二点間通信プロセス

プロトコールには、４つのレベルがあり、高レベルのプロトコールほどネットワーキングの機能に最も密接に結びついており、レベルのプロトコールは、通信に関するものである。４つのプロトコールの概要は次のとおりである。

レベル０（ノード⟷ノード）プロトコール――ＩＭＰ間の通信を信頼性の高いものにするためのもので

ノード間通信を管理する取り決め――

レベル０プロトコールはネットワーク内の全ての個所で同一であり、高レベルのプロトコールと比べて最も安定しているものである。

ここでは、メッセージの流れが特定のノードに集中したり、伝送時間がかかりすぎたりすることを避け、最適ルートを選定するためのメッセージ、ルーティンゲ、伝送エラーを検出、訂正するためのエラー処理、ロックアップ現象を避けるためのフローコントロール、それに統計データ管理などを扱う。

レベル1（ノード⟷ホスト）プロトコール

――ホストコンピュータとＩＭＰ間の事実上の通信路を創り出すために、両者間の情報交換に関するフォーマットおよび通信手順を指示管理するものである。――

レベル1プロトコールもネットワーク全体におよんで適用されている。

異機種のホストコンピュータでは、ソフトウェア・ハードウェアサイズが複雑に異なり、コストも大きく異なり、プロトコールの取りきめしだいによってホストコンピュータの最終性能に影響が及ぶ。

レベル1プロトコールでは、ＩＭＰにホストコンピュータの行っていた多くの通信任務を移し、ホストコンピュータの伝送は制限されている。ユーザー側は相手側を意識することなしに、自分の使用するホストコンピュータの運用ルールでネットワークにメッセージを送るだけでプロトコールによって、これらのメッセージの処理方法がサービスホストコンピュータに知らされる。

レベル2（ホスト⟷ホスト）プロトコール

――ホストコンピュータ相互間の通信を建設、維持するもので、ホストコンピュータに収容されているネットワーク・コントロール・プログラム（ＮＣＰ）を管理しホストコンピュータ間におけるデータの論理転送を行う。――

レベル2プロトコールによると、同一機種コンピュータ間においては、どのコンピュータもそれぞれ他に対しインターフェースとして機能するが、ネットワーク内の全てのコンピューターに対し適用されるものではない。――

ＩＭＰソフトウェアがネットワーク内全体で同質化し得るのに対しＮＣＰは特定のホストコンピュータに合わせて設計されている。

通信路を建設する際、ユーザー側のローカルスーパーバイザーが

もっぱら通信路を建設、維持するように取りきめられている。

以上のレベル0からレベル2までのプロトコールは、機能的には、ユーザーとサーバーの間に標準的な通信を確立し、それを制御維持する範囲までのものである。レベル0のプロトコールは、IMPが同種のソフトウェアを備えている故、変更が容易であり、変更しても親機へは影響しない。ところがレベル1、レベル2プロトコールについては、ARPA NET内のNCPがバラエティに富んでいることから変更することが難かしい。ユーザー側から見た場合のプロトコールの流れは図3－39となる。

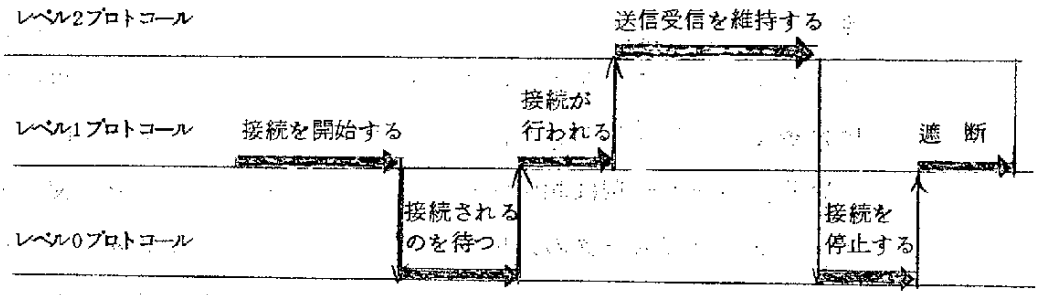


図3－39　通信時における各レベルプロトコールの機能図

レベル3（ユーザープロセス←→サーバプロセス）プロトコール

――ユーザープロセスとサーバープロセス間で行われる情報の受け渡し及び処理手順などの相互作用を管理する。――

レベル3プロトコールは、ARPA NETが整備されるにつれ新しく開発されつつあるもので、いまだこの領域に入る主要な事項すべてについてとりきめられているわけではなく従って体系化も進んでない。

次のようなものがこのプロトコールに含まれている。

プロセス間の最初の接続手順をきめるICP（Initial Connection Protocol）、ファイルの送信や、リモートファイルの検索、改称、削除を行うためのFTP（File Transfer Protocol）端末機からネットワークへアクセスする方法に関するTELNET

（端末プロトコール名）、高度なプログラムを使い、ネットワークの高性能マシンにバッチモードでアクセスし、周辺機器に大量のアウトプットを得ようとするとき有用なＲＪＥプロトコール（Remote Jol Entry）、磁気テープユニット装置をＴＩＰにインターフェースするための磁気テーププロトコール、などである。

レベル０からレベル３までのプロトコールの構成は図３－４０のようになる。

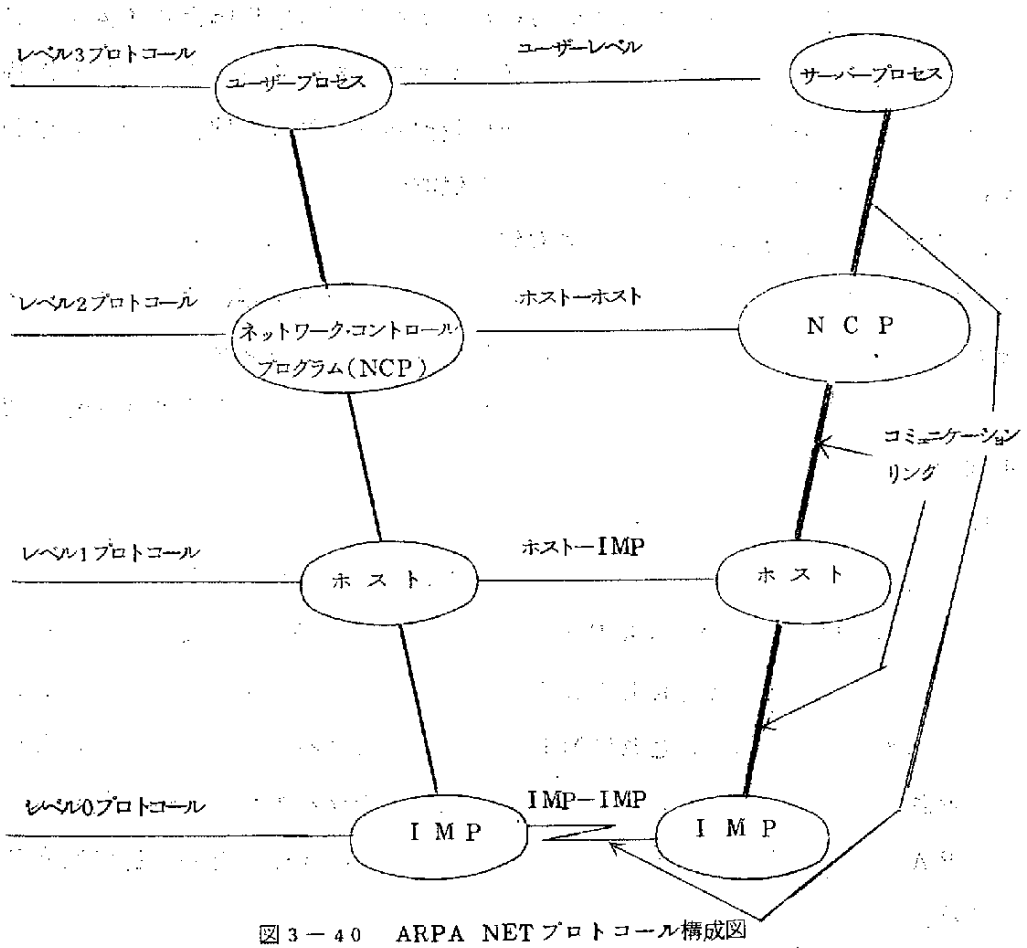


図３－４０　ARPA NETプロトコール構成図

第7節　拡大するコンピュータネットワーク

1. アロハ・システムとＡＲＰＡとの結合

アロハ・システム（Additive Links On-line Hawaii Area ＳＹＳＴＥＭ）は主としてＡＲＰＡの援助によるハワイ大学でのコンピュータ・ネットワークの研究開発計画である。この計画の目標はすぐれた情報処理センタをハワイ大学につくることと、有線通信のかわりに無線通信を用いたタイムシェアリング・システムの開発である。この様なシステムをつくる理由はハワイに特有な次の２つである。オ１に、大学の諸施設がハワイ群島全域にまたがっており、これらすべての施設がコンピュータを保有することは経済的でない。オ２に、多数の島々に分かれているので有線通信がむつかしい。

１９６８年９月リサーチ・プログラムが開始され、１９７１年、ランダム・アクセス・コミュニケーション方式によってＵＨＦ帯に２チャンネル割り当てたシステム（アロハ・チャンネル）がつくられた。両チャンネルとも２４Kbps で帯域幅は１００KHz である。

(1)アロハ・システムの基本構成

アロハ・システムの基本構成（図３－４１）は中央処理装置ＫＡＨＵＮＡ（ハワイ語で賢者）と端末群ＫＥＩＫＩ（ハワイ語で子供）とで構成されている。さらにＫＡＨＵＮＡとＫＥＩＫＩの間にミニ・コンピュータがマルチプレクサとして使われている。これはＭＥＮＥＨＵＮＥ（ハワイ語でいたずら者）と呼ばれている。（図３－４２）アロハシステムのマルチプレクサの設計は、ＡＲＰＡＮＥＴのＩＭＰ（Inter Message Processor）と基本的には同じである。

図 3－41　アロハ・システム基本構成

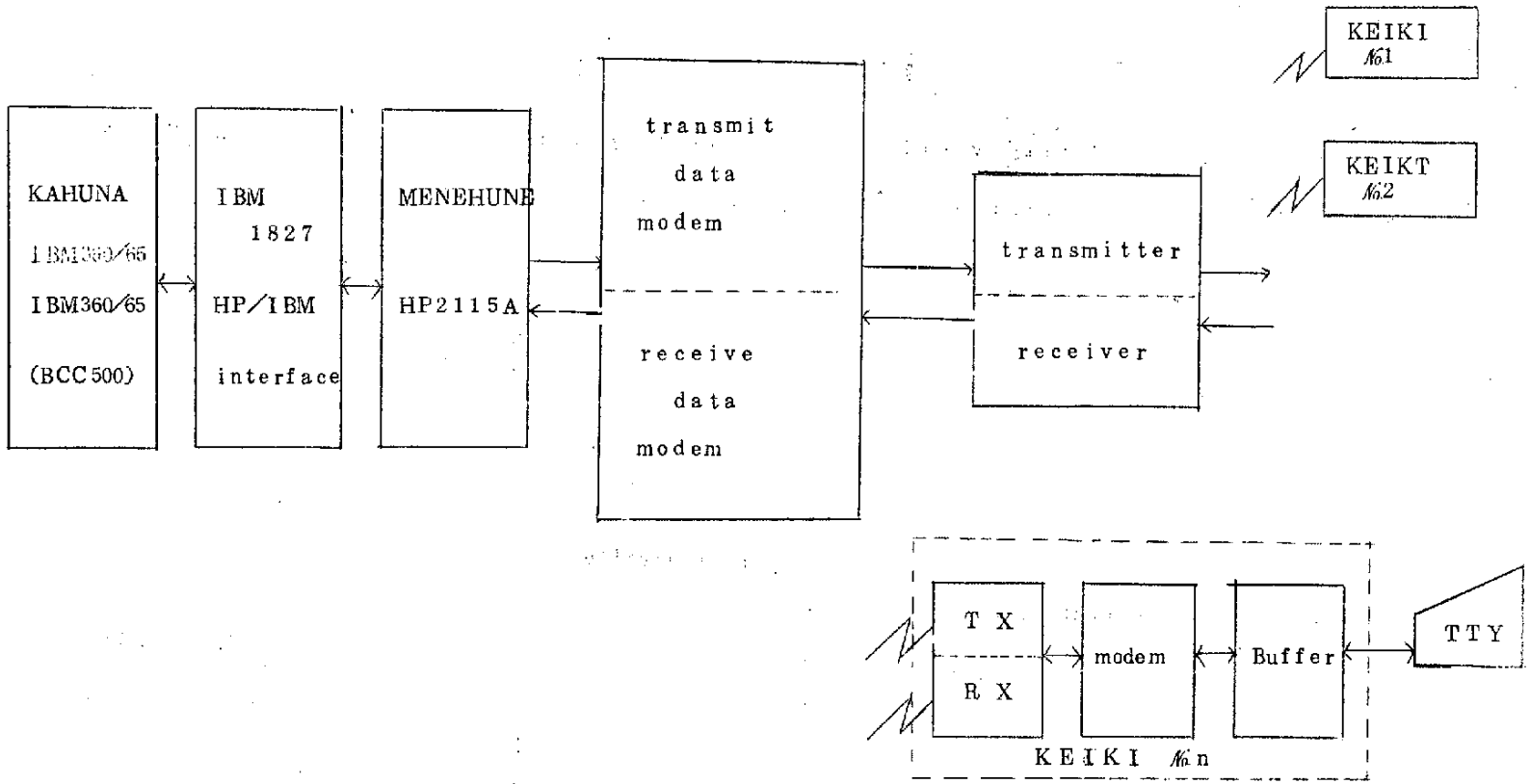
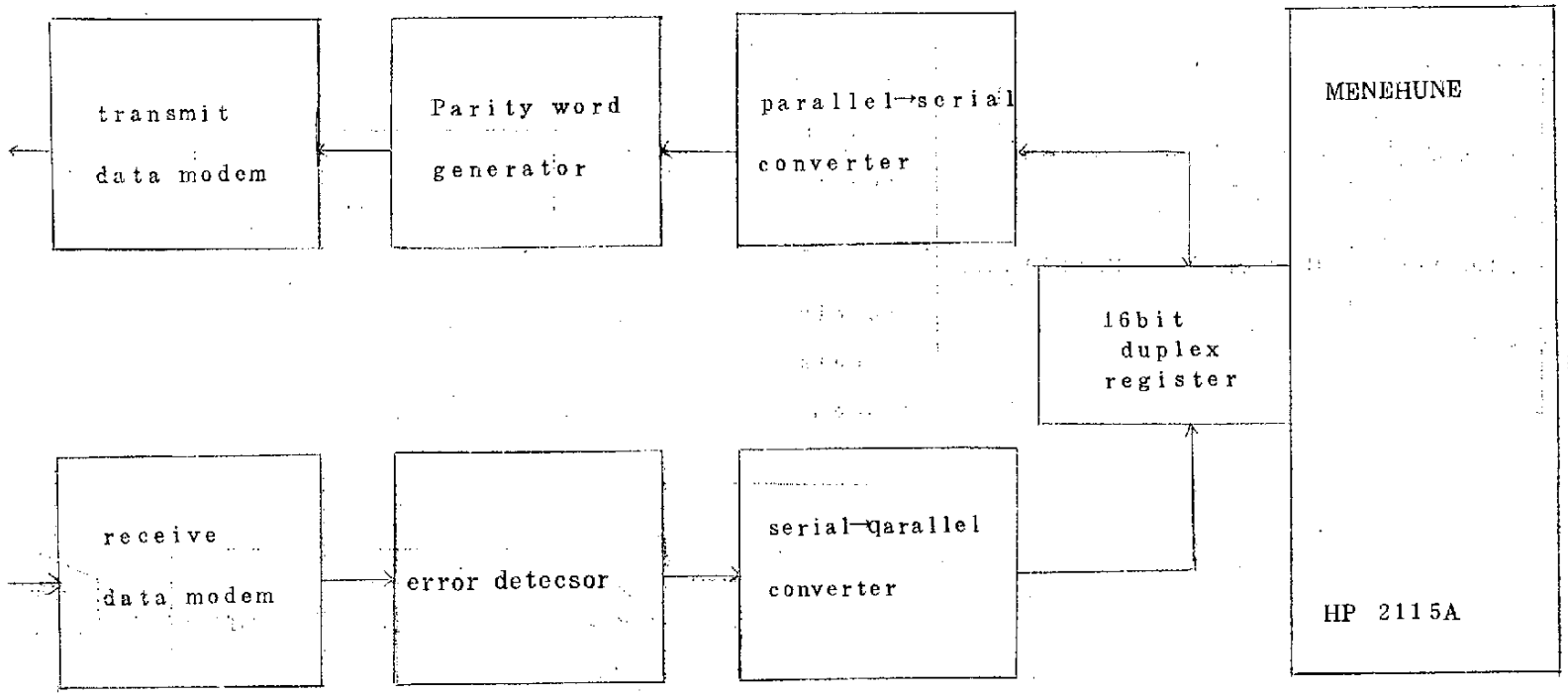


図3－42　MENEHUNE Interface



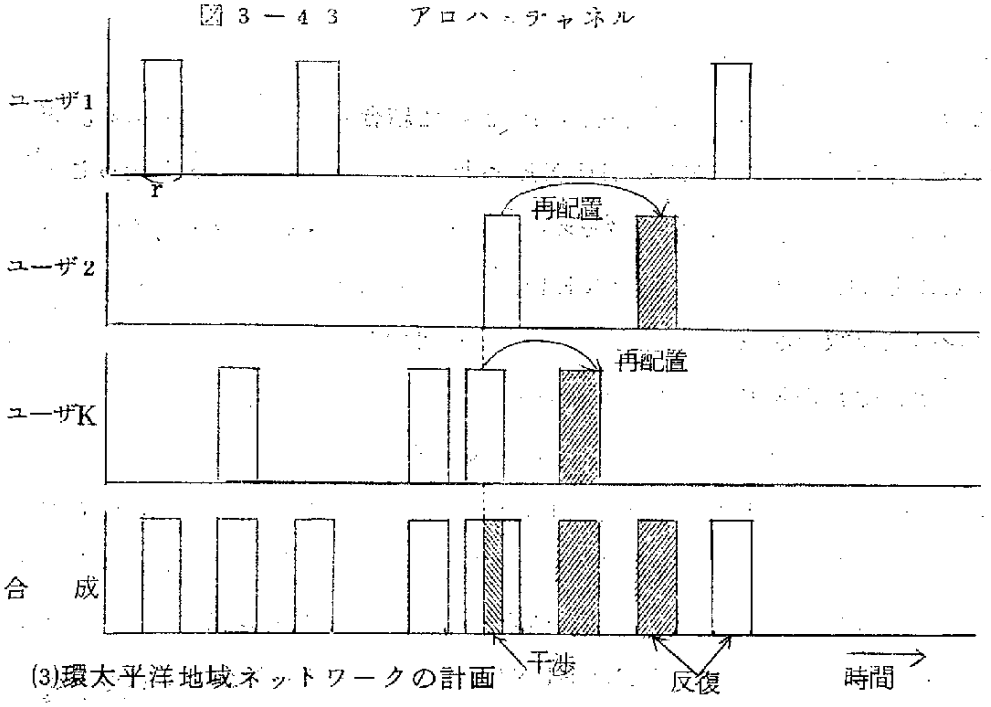
(2)アロハ・チャンネル

このシステムは親局と子局とを無線によって結合したシステムである。どのKEIKIも任意の時間にMENEHUNEへ同じ周波数でパケットを送ることができる。このことから、ランダム・アクセス・コミュニケーション・システムとよばれる。一方MENEHUNEは他の周波数で全部のKEIKIに送信する。したがって、アロハ・システムは2チャンネルの周波数を必要とする。親局と子局の同期などの相互制御はとられていない。それぞれのKEIKIはhalf-duplexモードで動作し、アロハ・システム全体ではthree-quarter-duplexで動く。

KEIKIがMENEHUNEにパケットを送る際、送ったパケットに対してACK(Acknowledgement)信号を受けとってはじめて、次のパケットを送ることができる。ACK信号がKEIKIに送られてこなかったときには、一定回数同じパケットが再送される。MENEHUNEはパケットに誤りがあればそのパケットを無視し、次のパケット受信に備える。MENEHUNEからKEIKIへパケットを送るときにも同じパターンで送られる。

MENEHUNEが受信したパケットに誤りを含むばあいがあるが、それには次の2種類がある。1つはランダム・ノイズによる誤りで、もう1つは複数のKEIKIが同時刻にパケットを送ったとき、1つのチャンネルを共用している為に起るパケットの干渉による誤りである。後者は多数のユーザーが1つのチャンネルを同時に使うアロハ・チャンネルの基本的問題である。図3-43はパケットの伝送状態および干渉を示す。今、ユーザー2とユーザーKが送るパケットが重なったとする。この場合、MENEHUNEはユーザー2にもユーザーKにもACK信号を送ることはできない。したがって、それぞれのユーザーは同じパケットをふたたび送らざるを得ない。アロハ・システムでは再送の際、それぞれのKEIKIに乱数を発生させ、その乱数によって再送のための時間差をつくりだし、ふたたび干渉が起らないようにしている。

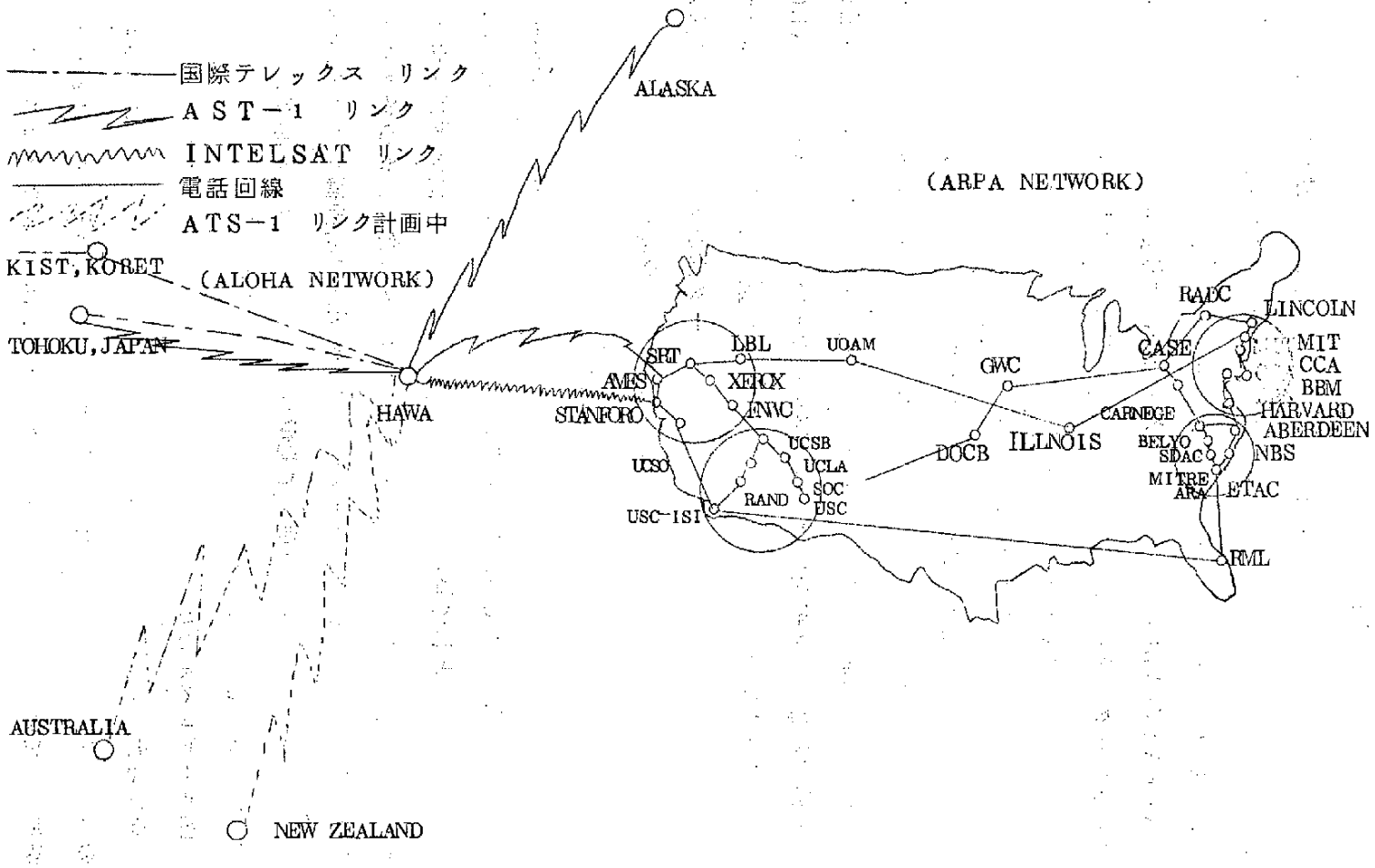
図３－４３　アロハ・チャネル



(3)環太平洋地域ネットワークの計画

ALOHAプロジェクトは通信衛星を経由する無線を用いたコンピュータ・ネットワークを実現する計画に入っている。ネットワークの目的は学術情報交換である。この計画の中では、商業衛星通信地上局の検討及びARPA NET SATELLITE SYSTEMの設置、経済性の良い小型地上局の利用価値の検討（NASA Ames Research Centerと共同）等が研究されている。これらに関連してALOHAプロジェクト・グループは、ARPA、BBN、UCLA、ゼロックスと共に通信衛星でのパケット交換について共同研究してきた。1972年12月にカリフォルニヤとハワイのコムサット地上局間に50 Kbpsの回線が開通している。また、静止衛星ATS－1を用いたハワイ大学と米本土のAmes Research Centerと東北大学及びアラスカ大学間ネットワークは完成まじかである。その他国際テレックス網を利用したコンピュータ・ネットワークはハワイ大学のＩＢＭ３６０をHostとして、インタフェース計算機MENEHUNE内に開発されたTXCP（Telex Control Program）を経由して日本側端局と結ばれ、さらにはKIST（Korea Institute of Science Technology）にまでそのリンクの拡がりをもっている。（図３－４４）

図３－４４　ALOHA AND ARPA NETWORKS GEOGRAPHIC MAP.



(4) ALOHA－NCP

ALOHA－NCP（Network Control Program）は異なるネットワーク間の互換性をもたせるゲートウェイとしての機能をもつ。

2. ネットワーク間結合インターフェース

ARPA及びALOHAネットワークも同様、今日の開発・計画されている各ネットワークはそれぞれ異なったアクセス方法・プロトコル形態からなる。これらの異なったネットワーク間のHostコミュニケーションに対しては、新らたな概念が必要となり、両ネットワーク間のコミュニケーションにおける互換性をもたせる中間媒体が必要となる。これをゲートウェイ又は中間制御プロセスと呼ぶ。プロセス対プロセス間の結合方法が異なるネットワーク間のコミュニケーションにおいてはすでに存在するネットワーク構成に重大な修正なくして計画することは必要条件である。実用化段階をむかえたARPAとALOHAネットワークにおいて、相互のプロトコルを修正・改良して条件をみたすには、多くの費用と時間を要する。異なるネットワーク間のプロトコルの制御を行う中間制御プロセスは次の様な最小限度の機能をもたせてある。

(1)コントロールレベルのプロトコル互換性

コネクションに対して各ネットワークのプロトコルに必要な最小限度の情報をユーザ毎に割り当てられたコネクションテーブルに記憶して、このテーブルをワークエリアとして異なるプロトコルを制御する。中間制御プロセスは各ネットワークのコントロールレベルのプロトコルを包含し、かつ各プロトコル間の情報のやりとりを行う。ヘッダに関する情報は中間制御プロセスが管理するコネクションテーブルに一括して記憶され、各プロトコルが必要とする段階で参照する様にしている。

(2)ユーザレベルの互換性

異なったネットワークにおいて、各ネットワークに結合されている端末はそのネットワークで定義された端末符号が使用されている。ユーザとしては自分が使用している端末符号で他のネットワークのHostにアクセスしたい訳だが、

この問題に、ALOHA－NCPではALOHA ALPA 両ネットワーク間の使用文字の対応をとり、両ネットで定義された使用文字の修正なくして対処している。

(3)中間パケット使用による各パケットの互換性

各ネットワークで使用されているパケットフォーマットは一般に異っているので、パケットフォマットの互換性を有効に行う事がパケットの流れを効率よく処理するのに必要である。ALOHA－NCPにおいてはパケットのヘッダ部とテキスト本体と分離して取り扱っている。これは異なるパケットフォーマットの処理を容易にするためであり、テキストにはテキストヘッダを付加し、その内容は最小限度の情報であるバイト数とコネクションテーブル・アドレス情報が組み込まれている。テキスト長は最大長制限の可変長であり、現在短い方のALOHAテキスト長（４０語、１語＝１６ビット）に合わせている。同一ユーザのテキストは一まとまりに道案内者（Gateway Leader）に結ばれている。道案内者は何処のネットからと何処のネットへの情報をもち、指定されたネットワークに導く役目をする。これら全体を中間パケットと呼ぶ。これらの中間パケットは異なるネットワーク間のコミュニケーションにおいて基本単位であり、相手ネットワークのパケット・サイズに変換される時には相手サイズに従って、中間パケットのブレーキング又はアセンブリングが行なわれる。図３－４５に示された左図がALOHA－NCPで行なわれているゲートウェイの形態で、右図はその一般形を示している。

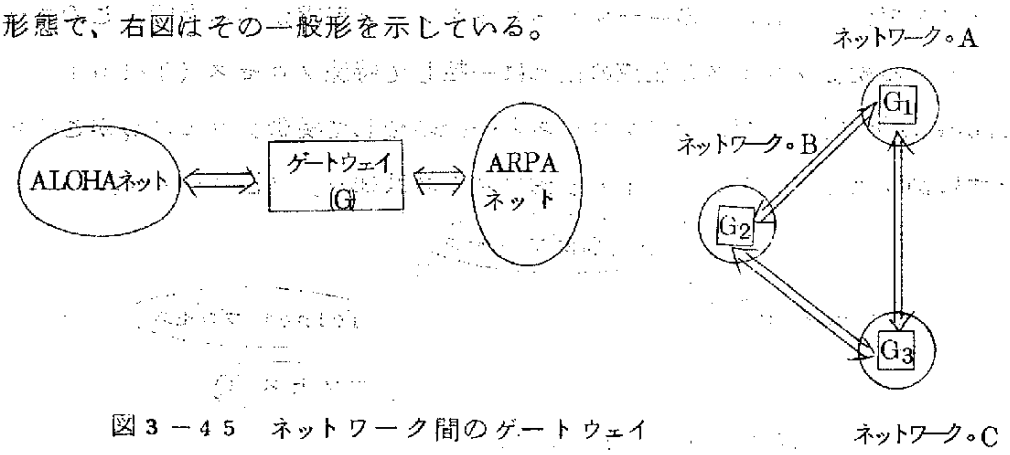


図３－４５　ネットワーク間のゲートウェイ

3. ネットワーク間のコネクション手続き

ALOHAユーザが相手ネットワーク内のあるHostをアクセスした時の、中間制御プロセスのとるコネクション手続きを示す。ALOHA側のコネクション生成プロセスをNIP（Netwoyk Interface Protocol）と呼び、ARPA側のプロトコルに従うコネクション生成プロセスをICP（Initial Connection Protocol）とすると、中間制御プロセスは両プロセスを使用して両ネットワーク間のプロセスを結合している。ALOHAユーザも1つのプロセス（P）という概念でとらえると、相手Hostへのアクセスとは相手Hostが疑似プロセス（Q）を生成したことと同じである。即ちNIPとICPプロセスを使用してプロセスP、Q間の結合を作ることである。最初にNIPプロセスの授助のもとに図3－46に示される様なプロセスPと中間制御プロセス間のコネクションが成立する。

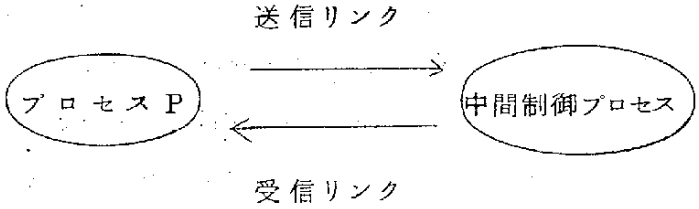


図3－46

ARPA側のコネクションとして次は中間制御プロセスに入る。ARPA側のプロトコルでは他のHostのユーザからコネクション要求があった時、このユーザに対する疑似プロセスの生成の制御は一括して特殊プロセス（Telnet process）が行うので、そのプロセスと一担結合して疑似プロセスQがこのユーザに割り当てられたことを中間制御プロセスは知る。（図3－47）

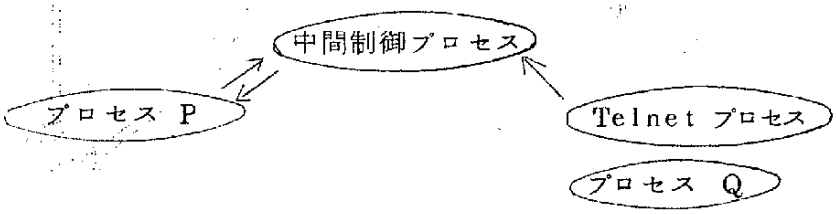


図3－47 プロセスの構成

中間制御プロセスは再びＩＣＰプロセスを使って、Telnet プロセスとのコネクション消滅させ、プロセスＱとの間に新たなコネクションを確立する。最後に両ネット間のプロセスＰ、Ｑ間の結合が成立する。このコネクション手続きはＡＲＰＡ側ユーザの場合も同様な逆過程を経て成立する。（図３－４８）

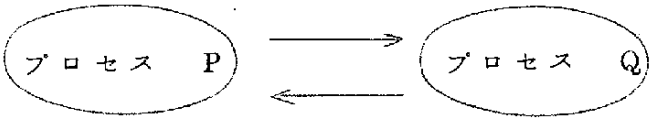


図３－４８　中間制御プロセス

第4章　コンピュータネットワークの国際的展開

第1節　国際化するコンピュータ・ネットワーク

これまでみてきたように、データ通信技術、およびコンピュータ・ネットワーク技術は、各国において熱心に開発が進められてきており、その一部については、研究開発段階から、実際にユーザーにサービスを提供する段階に到達しつつあり、さらには、これらのネットワーク・ノードが次第に国際化しつつある。

これらのことは、通信サービスやコンピュータサービスの充実、高度化を求めるユーザーニーズが高くなってきたことを意味し、さらには、これらのユーザーニーズが国際的なレベルまで進展してきつつあることを示唆している。

1. 国際的なコンピュータネットワークサービス

(1) 通信サービスへの需要増大

経済活動分野は、今日の多国籍企業化にみられるように、国際化の最も進展してきている分野である。

学術研究団体や宗教団体は、以前から、国際的に活動を展開してきており、現在もなお増大しつづけてきている分野である。しかしながら社会、経済活動が複雑化、高度化するにともなってこれらの特定の分野だけでなく、様々な分野において、民間の諸機関、諸団体さらには個人に至るまで、これらにおける利害が国際的に絡みあってくるようになってきたことから、利害を同じくする諸機関・団体や個人の国際的な交流もさかんになってきている。公共機関・団体においても、国連や政府間協力機構などの本来国際機関・団体だけでなく、国内問題を担当する部局、機関・団体においても、情報交換など活発に国際

的な交流を行ってきている。

そして、これらの各分野における国際的な交流は、従来は少数の人間に委ねられていたものであったが、その能力、範囲を超えてきたため様々な階層の多くの人間にまで広がってきている。

このように諸分野における活動の国際化が進展してきていることから次第にひとつの国のみで解決が困難な問題が増大してきており、国際的な交流情報交換が様々な側面からますます必要となってきている。

以上のようなことから、経済社会の著しい国際的な展開にともなって、国際的なレベルで迅速に正確に通信できる通信サービスの提供を求めるユーザーの需要は増大の一途をたどってきている。

(2) コンピュータネットワークサービスへの需要増大

国際的に社会、経済の活動が複雑化、高度化されてくるにしたがって、複雑で大量な情報を迅速、的確に処理し、高度な意思決定を可能にするための技術が要求されてくる。

このような要求に対応するものとして、人間の能力以上の演算速度で複雑で大量の情報を迅速、的確に処理するコンピュータを中心とした技術が開発実用化されてきている。

当初、コンピュータは、計算するための機械として主に科学技術計算に利用されていたが、現在では、企業等の事務計算から教育、医療等の社会福祉の分野に至るまで幅広く利用されるようになってきている。

このように、様々な分野においてコンピュータ利用の目的にあわせたコンピュータシステムが形成されてきている。例えば通信の分野ではコンピュータのハードウェア価格の低下によって、ＩＢＰやＴＩＰにみるように専用のプロセッサーとして効果的な通信制御機器へと応用され、パケット通信などの新しい通信方式の発達に重要な役割を担っている。

さらに、コンピューターの有効利用を図る方法として、コンピュータ間コミュニケーションを拡充するためのコンピュータ・ネットワーク技術の開発が進

められている。

コンピュータ・ネットワーク技術は、ディジタルデータ通信技術をベースに開発された技術であり、ディジタルデータ通信システムを通信技術と情報処理技術の結合されたシステムとして理解するなら、コンピュータ・ネットワーク技術は、コンピュータシステムの中核であるＣＰＵとディジタルデータ通信網とが相互補完的に最適な機能の配分が実現されているデータ通信技術と情報処理技術の融合されたトータルシステムであると言うことができる。

現在、各国で進められている新データ通信網の建設、コンピュータ・ネットワーク技術の開発が進むにつれ、データ通信技術と情報処理技術の融合の度合はますます高くなってゆくであろう。

これからのコンピュータ利用におけるひとつの方向として、このようなコンピュータ・ネットワーク技術を十分駆使したシステムの開発が増加してゆくであろう。

2. 国際パケット通信網

各国で進められている新データ通信網の建設および、コンピュータ・ネットワークの形成は、現在、開発研究の段階から実用化の段階へと展開してきている。さらに、これらのコンピュータネットワークは国内のみならず、各国で開発された技術方式を結合するインターフェース技術によって、国際的なコンピュータネットワークへと進展してきつつある。

このような段階にあってコンピュータネットワークが、先進国に限って利用されるなら、先進国と、発展途上国との間の技術格差、経済格差を現在以上に拡大させるであろう。

このようなことを避けるために、アメリカでは、国際パケット通信網形成の可能性について、研究が進められている。これは、アメリカ大統領府電気通信政策局（ＯＴＰ）が長期的国際通信網ビジョンを作成するために、マサチューセッツ工科大学（ＭＩＴ）通信政策グループに委託して研究を行なっているものである。

その概要は、次のようなものである。（図４－１参照）

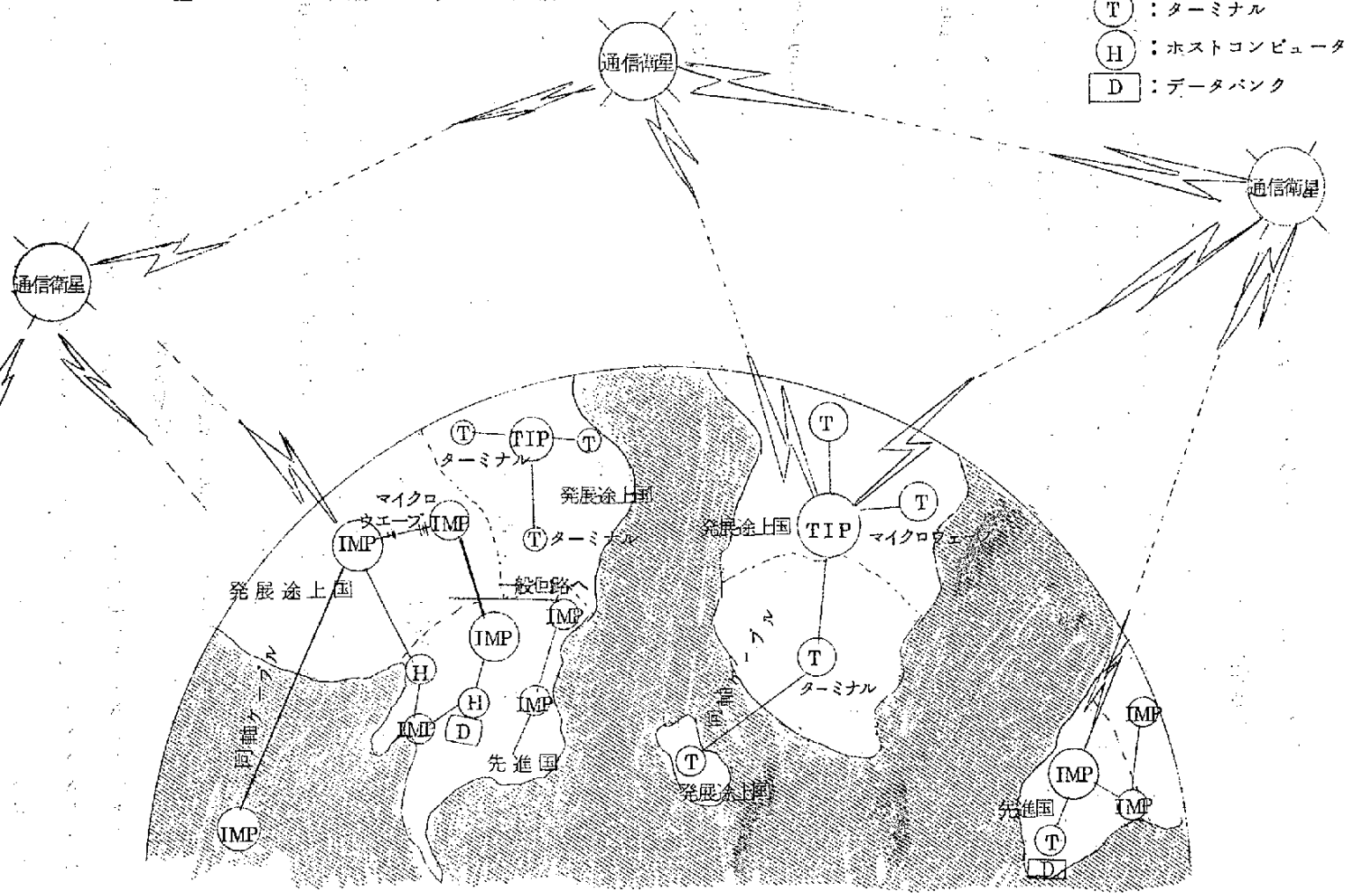
ノード：各国にＡＲＰＡネットワークで開発されたパケット交換プロセッサーであるＩＭＰ又はＴＩＰを配置し、それらをノードとする国内パケット交換ネットワークを想定する。発展途上国側にコンピュータが普及している場合は、ＩＭＰを設置して、自国のコンピュータをホストコンピュータとしてＩＭＰに結合した分散型ネットワークを形成し、発展途上国側にコンピュータの余力がない場合は、ＴＩＰ方式を採用し、一国又は一定地域にＴＩＰを設置して、ターミナルをＴＩＰに結合する星型パケット交換国内網とする。

そして、それらの国内パケット交換網を国際通信回線で結合し、国際パケット交換網とするツーレベルのネットワークである。

通信回線：通信回線としては、通信衛星、一般回線、マイクロウェーブ、海底ケーブル等の混合形式とするが、衛星通信回線の方が地理的制約を克服でき、安価であるので、主力は衛星通信回線とする。

利用形態：情報検索など国際情報バンクへのアクセス、国際テレコンファランスなどや、国際的な電子郵便、航空機座席予約、および貿易業務、銀行業務、などでの利用が考えられている。そして、国際パケット通信網は、第２章において述べたような光伝送方式や、ミリ波を利用した導波管伝送方式などの大容量伝送方式および高速交換技術の開発によって、さらに安価にかつ大量のデータ伝送が可能となり、国際通信の中核として飛躍的に発展してゆくであろう。

図４－１　国際パケット通信網を利用したコンピュータネットワークモデル



第2節　国際コンピュータ・ネットワークの機能

1. 国際的な情報資源の共有

前節でもふれたように、国際コンピュータネットワークは、先進国に多く設置されているコンピュータのハードウェアやソフトウェアを発展途上国にも等しく開放したならば、技術格差や経済格差の是正に役立ち得るものである。アメリカにおいて、商用タイムシェアリングシステムが社内用コンピュータに置き換るかあるいは共存するかしてその利用が広く普及するようになり、さらに国際的なＴＳＳシステムとしてネットワーク化してきつつあることは、国際的な情報資源の共有が次第に進展してきつつあることを示している。ハードウェア資源を各国で共同利用するだけでなく、ソフトウェア資源の国際的共有をも図ることは、国際的レベルでソフトウェアの標準化を推し進め、国際的レベルにおけるソフトウェア資源の重複投資を避けることが可能となり、さらに、発展途上国にあっては、先進国の情報バンクを等しく利用できるようになり、発展途上国の研究開発レベル、技術レベルをアップさせるのに役立つであろう。

2. 超大型計算機および特殊システムの採算性

国際的範囲でのコンピュータ資源の共同利用が行われるようになると、１企業や、１国の範囲では、経済的に成り立ち難いようなシステムの実現が可能となる。

また国連や各国の協力によって、発展途上国や特定地域に固有のテーマを扱う地域固有の情報バンクやコンピュータシステムの設置も可能となり、情報センターとしての機能をもち、その地域の実情にあった研究・技術開発、教育等を行なう中心機関となるであろう。

3. 国際通信における能力の飛躍的拡大

ＡＲＰＡネットワークにおける実験でその効用が認められているコンピュータネットワークを利用したパーソナルコミュニケーション、あるいはテレコンファランシングは、国際コンピュータ・ネットワークにおいても、利用法の最初にあげられるであろう。

国際通信を電話で行う場合、電話で伝達される情報は肉声（フィーリング）によって会話できるといった点を除けば、国際通信で伝達される有用な情報量は、非常に少ない。そして、回線交換方式で行われる国際電話は、通話時間だけ回線が専有されるため、伝達される情報量の少ない割合には、回線専有時間が長く、コスト高となる。

同じ情報量の伝達をパケット交換方式のコンピュータ・ネットワークを利用して行なった場合、情報量に比例した伝送のための回線専有が行われ、回線交換方式より安いコストで伝達できるため国際電話よりも格安となる。

国際通信としてのコンピュータ・ネットワークの適用例にテレコンファランスがある。テレコンファランスは、通信機器を伝達手段として遠隔地にいるメンバー同士が会議を行うものである。コンピュータ・ネットワークを利用してテレコンファランシングを行うと、単なる情報の伝達ばかりでなくコンピュータ・ネットワークの機能を十分に生かしたテレコンファランシングが可能となる。例えば、会議の途中で、一方にのみある資料を他方にいるメンバーが参照したい場合、その旨相手に伝えると、直ぐにコンピュータに記憶されている資料のハードコピーが必要な人の手元に送られるわけである。また、各国に散在して共通のテーマを研究している研究者同士のように、共通の目標を持った人や団体が、コンピュータネットワークを利用して、共同の情報バンクを持ち、テレコンファランシングによって効率的に意思の疎通を図って、研究の方向性や成果についてより有効な相互理解が得られるであろう。

このようにコンピュータ・ネットワークを国際通信手段として利用した場合、これまでの国際通信とは比較にならないほどの適用分野が期待される。

第3節　国際コンピュータネットワークモデル

第3章で分類された4種類の国際コンピュータネットワークについてモデル化しそれぞれの概要、性格、特徴および問題点について述べる。

1. 公共機関組織による専用ネットワーク

(1) ネットワークの概要および性格

これは関連機関や多国政府間の協力による国際コンピュータネットワークである。事例として現在WWWがあるが、将来可能性の考えられるものとしては、FBIの全米犯罪情報センターネットワークと同様な目的を持つ、国際的な犯罪情報センターとしてのICPOのネットワークや国連機関の業務をサポートするための総合的なコンピュータネットワークの構想などがある。

一般的にいって、この分野は、政治的な影響を強く受けるため、設置目的以外の利用範囲にまでネットワーク利用が拡大される可能性は少ない。

カナダにおけるデータ通信分野のアメリカからの独立性確保の諸施策にみるまでもなく、多国間でデータを共有し、あるいは共通の情報バンクを維持してゆくことは、強大な国には可能ではあっても、それ以外の国にとっては、非常に困難となる場合が多く、強大な国に、情報の授受を依存することになり、ナショナルセキュリティの面から問題が生起してくることが予想される。

また、コンピュータネットワーク内の各データ・ベースに集積されているデータは、加工されていると否とを問わず、公開されたものであっても、ネットワークのもつ機密性を必要とする場合がある。

すなわち、このようなデータが、いったんデータ・ベースに集録されると、ネットワークの範囲が大きい程その影響する範囲が大きくなり、ついには国家の枠を越えて意味を持つことになり、国内では問題とならない情報から国家機密が洩れるとか、意図的に攪乱情報を流すことになるとか、データ・ベース上のデータの修正が容易でなくなるなど予想困難な影響が出てくる。そのため、この分野における国際コンピュータ・ネットワークは、限定された特定の目的以外は利用できないと考えられる。また、限定された特定の目的で設置する場合であっても、国家間で利害が異なるデータは処理されないであろう。

(2) ネットワークの特徴

これまで述べてきたように情報の過剰流通を避けることが重要となっている。

ネットワークの性格から、ネットワークの利用範囲はそれほど大きくなく利用水準も低くならざるを得ない。

そのため適用業務としては、通信手段の代替としてのコンピュータ・コンファランシングを中心としたファイルの転送や、日常業務処理の分担などであろう。

このように適用業務がそれほど複雑にならないことから、高度な技術は要求されず、同レベルのミニコンピュータ程度のコンピュータ々をホストコンピューターとし、同程度の規模のセンターを分散型で結合したコンピュータ・ネットワークとなろう。そのためプロトコールは、低いレベルの通信プロトコールで十分であり、その活用が重要なこととなろう。

図4－2は、以上のような条件を満たした公共機関専用ネットワークモデルである。

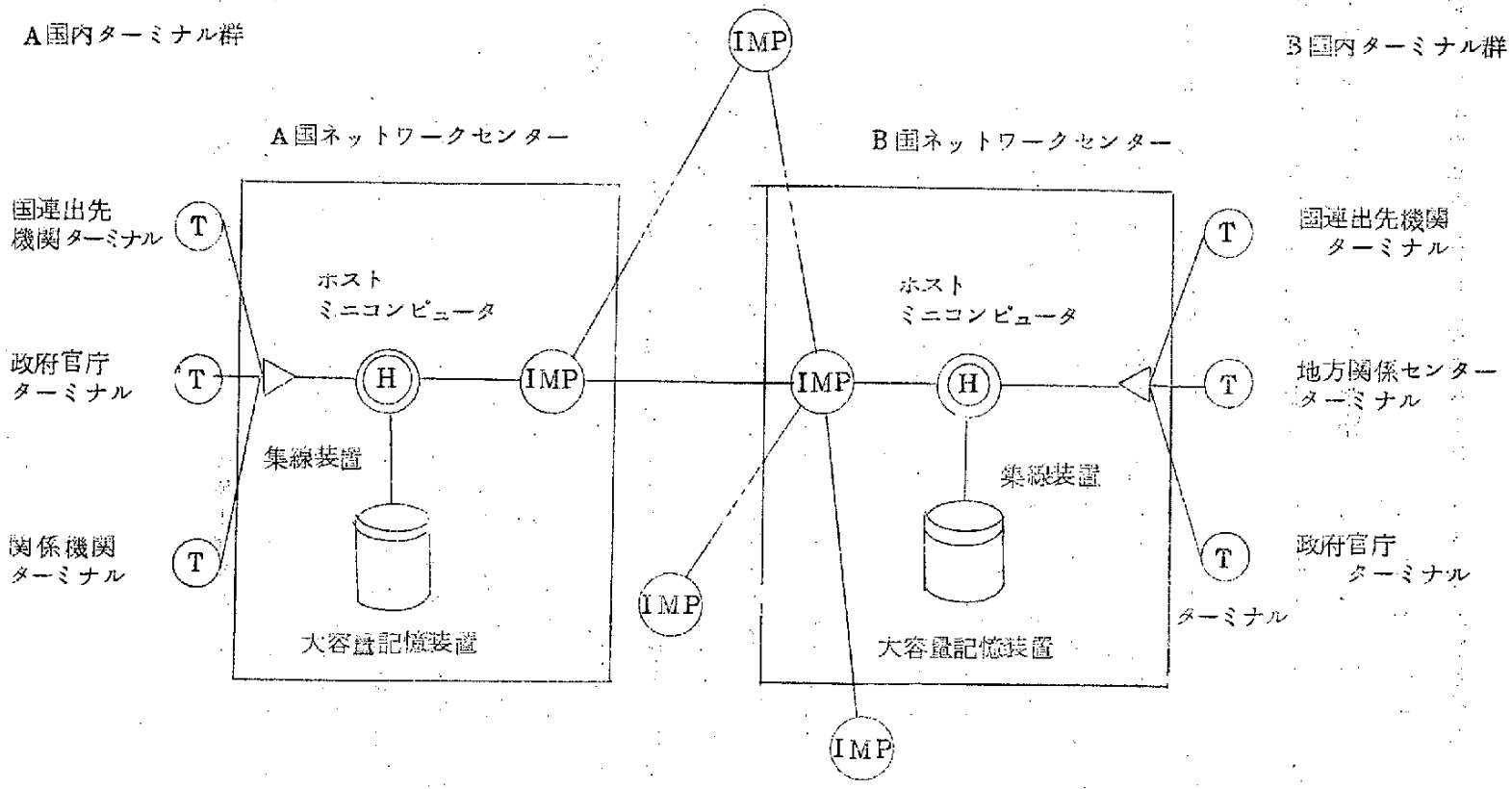
本モデルは、各国に設置されたＩＭＰを国際通信回線で結び、各国のネットワークセンターには、ＩＭＰの他に、大容量記憶装置を操作するミニコンピュータがホストコンピュータとしておかれ、ホストコンピュータと、国内の関連部局や機関に設置されたターミナルを国内回線で結んでいる。

大容量記憶装置は、送られてくるメッセージを記憶しておくためのものである。端末機からのアクセスは、直接、外国のネットワークセンターを通じて相手側端末機と行えばよい。また、外国からのメッセージが大容量記憶装置に格納されている場合は、記憶装置へアクセスすればよいわけである。

本モデルにおいて大規模な情報バンクを保有するシステムは、特殊な目的、例えば、気象情報システムなどに限り成立すると考えられる。

この場合のネットワークモデルは、図4－2とは異なり、ネットワークセンターには大型ホストコンピュータを持つ情報バンクが設置されるであろう。

図4－2　公共機関専用ネットワークモデル



2. 私企業組織による専用ネットワーク

(1) ネットワークの概要

ＳＩＴＡは航空関係業者間の専用国際コンピュータネットワークである。このＳＩＴＡネットワークにみられるように一般に航空会社等の輸送業者や、旅行代理店、ホテル、レンタカー会社などは、業務活動の国際化、スピード化にともなって、予約業務や支払い業務を国際的な規模で、迅速的確に処理する必要があり、関連業界間を結んだ専用国際コンピュータネットワークの形成が必須のこととなる。

また、多国籍化した企業にあっては、企業活動の拡大によって世界各国に支店や代理店、関連会社を持っており、世界経済のめまぐるしい変化、競争の激化に対応した経営の意思決定、経営管理を行なっていくためには、これらの支店、代理店などとの間で適切な情報交換、意思疎通を図っていかなければならない。

現在、多くの多国籍企業は、このような目的のために、国際テレックス網や電話網を利用して情報交換を行なっている。しかし、これらはコスト的な面や、送りうる情報量に限界があること、スピードが遅いなどの制約から、新しいシステムの開発が期待されている。

すなわち、海外に設置されている支社や代理店などのコンピュータセンターと本社のコンピュータセンターを結んだ、専用国際コンピュータネットワークが、これらの制約のない非常に実現性の高いシステムとして開発されつつある。

(2) ネットワークの性格

既に実現している多国籍企業のコンピュータネットワークを例としてその性格を述べる。

ＩＢＭ社のネットワークは、米国やヨーロッパ、日本などに散在する子会社の付属研究所を結び、主に技術情報の交換を行なっている。

British American Insurance Co.や Metropolitan Life などの保険会社は、経営データを本社に集中し、各国に散在する支店

に伝達するための専用ネットワークを持っている。

三井物産は、１９７１年に世界的規模での通信ネットワークを形成し、６９ケ国に散在する１１５支店のターミナルを東京にある本社のコンピューターセンターと連結している。これは、各種のマーケットに関する各国の様々な情報を日常的に収集し、経営の意思決定に利用するためのものである。

これと同様の社内専用の経営情報システムは、多数存在する。

Ｇｕｌｆ　Ｏｉｌは、世界的規模で石油の精製や石油の輸送販売を行なっており各地に２５のコンピュータセンターを持っている。それらのセンターとアメリカのピッツバーグにある中央コンピュータセンターとを直接結ぶコンピュータネットワークを形成し、石油精製の運転や原油輸送をモニターコントロールしている。

スペリーランド社は、世界的な規模の在庫管理用ネットワークシステムを持っている。

業者間の協力による専用ネットワークとしては、先に述べたＳＩＴＡネットワークの他に、Ｒｅｕｔｅｒ　＆　Ｕｌｔｒｏｎｉｃｓの株価情報ネットワークがある。これは、米国、カナダ、ヨーロッパ、日本、南アメリカなどの株式取引業者間を結び、多国籍化した株式取引や、情報サービスを行っているものである。

以上みてきたように私企業の専用ネットワークは、主にマーケティング業務経営、統計データの収集、支社や営業所の管理・運用業務、最新の技術情報の交換、および、時々刻々に変化するデータを扱う業者間でのリアルタイムのデータ交換などの目的で設置されている。

このようなネットワークは、資金力および技術力の大きな多国籍企業において成立し、収集データのリアルタイム性、信頼性を向上させ、それに基いて、最適の経営意思決定を行い、即時的に意思の伝達を行い、管理・運用の向上を図るものであり、企業の競争力を強化していくものと考えられる。

(2)　ネットワークの特徴

ネットワークの利用形態としては、ＩＢＭ社のような最新技術情報の交換、

共同研究といった目的を除いては、資料データの転送、コンピュータ・コンファランシングが主なものとなっている。ネットワーク技術の面からみるなら、公共機関専用ネットワークの場合と同様に、それほど複雑なネットワーク技術は要求されない。図４－３は私企業専用ネットワークのモデルである。

本社のコンピュータセンターに大型ホストコンピューターと、業務に関するデータ・ベースを持ち、支社においては、当地の業務にとって必要最小限の小型コンピュータまたはミニコンをホストとし、中央コンピューターセンターまたは、数ケ所に設けられる地域センターによって構成されこれらを結合する星状ネットワークあるいは多星状ネットワークでよいと考えられる。この場合のプロトコールについては公共機関専用ネットワークと同様、低レベルの通信に関するプロトコールで十分である。

中央のホストコンピュータセンター主導型のネットワークであり、アクセスは、企業の秘密データが取り扱われるために他者の利用に対して閉鎖されている。

業界専用ネットワークは、ＳＩＴＡのように業界のコンピュータセンターを結ぶ場合と、中央センターを設置し、中央センターに各社のターミナルからアクセスする場合が考えられる。前者の場合は、図４－２の政府間ネットワークモデルと同様のものとなり、後者の場合は、図４－３多国籍企業のモデルと同様になる。

3. 公的機関サービス提供コンピュータネットワーク

(1) ネットワークの概要

コンピュータネットワーク技術は、最新の通信技術、コンピュータ技術、情報バンク技術が有機的に結合され開発されつつある技術である。個々の分野の技術自体が、まだ試験研究的色彩が強く、従って実在するコンピュータネットワークは全て、過渡的なものであるか、または試験研究的色彩を持つものである。

特に、この分野におけるコンピュータネットワークは、実際に稼動しサービ

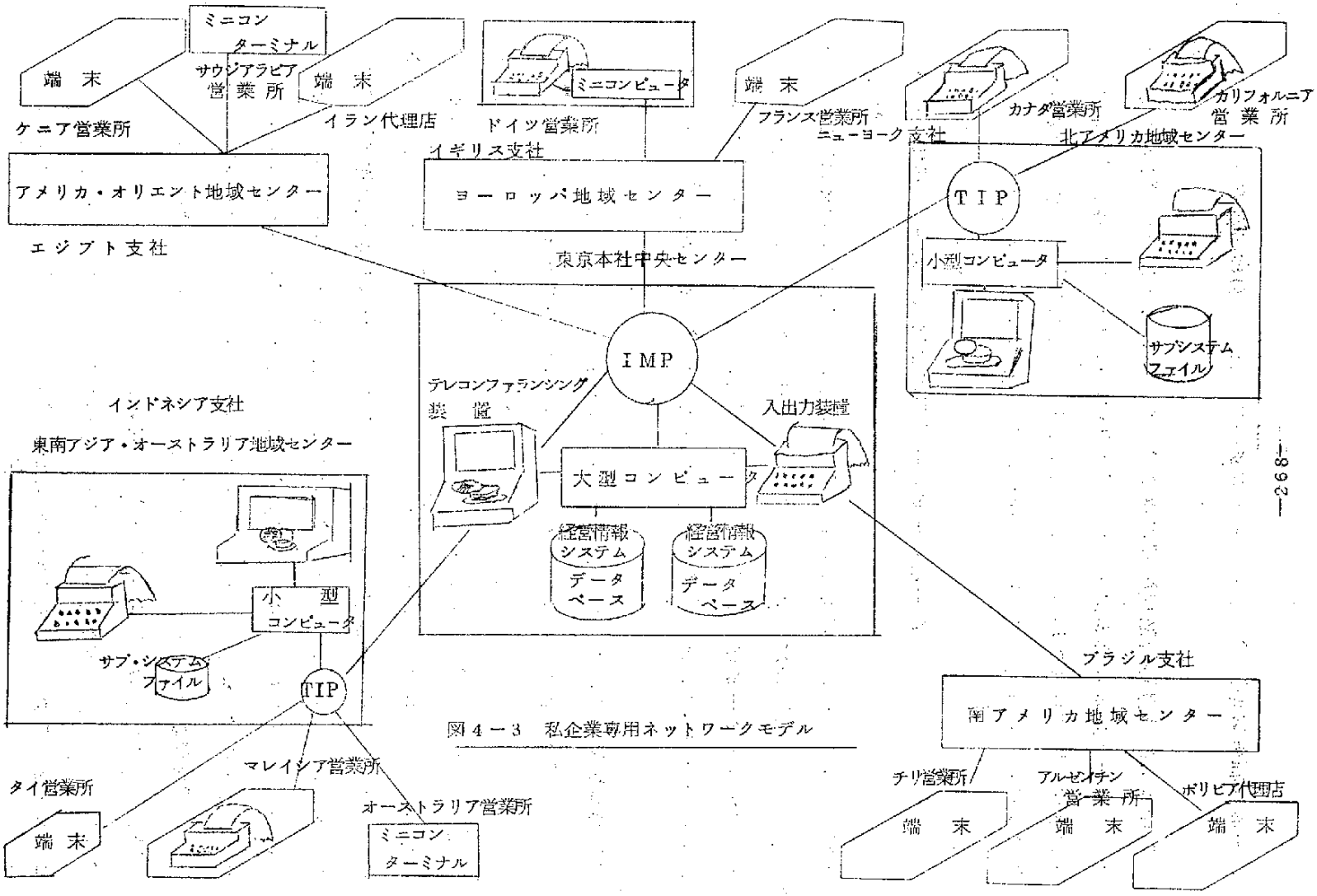


図４－３　私企業専用ネットワークモデル

スを提供しているものであっても、試験研究的色彩を強く持っている。

ＡＲＰＡＮＥＴは、現存する唯一の本格的なコンピュータネットワークであり、最初に開発されたこともあって、ほとんどのネットワークは、ＡＲＰＡＮＥＴの技術を参考としている。

コンピュータネットワークに関連する３つの主要技術は各国の大学や研究機関で大部分開発されている。すなわち、この分野に属する試験研究用ネットワークを利用して研究が行われており、コンピューターネットワーク技術が全面的に生かされ、その長所をいかんなく発揮できるのは、この分野においてであろう。

コンピュータ・ネットワークの国際化という面からみた場合も、この分類に属するコンピュータ・ネットワークは、他の場合よりも、実現が容易であると考えられる。

現時点においても、ＡＲＰＡネットワークは、主としてネットワーク技術の開発の目的で、ハワイ大学のＡＬＯＨＡネットワークや、イギリスのＮＰＬネットワーク、ノルウェーのＸ－ＮＥＴＴネットワークと結合し、実験を行っている。

ハワイ大学の場合は、国際コンピュータ・ネットワークの実現に一層積極的である。

ハワイ大学は、ＡＬＯＨＡ計画（Additive Links On－Line Hawaii Area System－大平洋地域教育用コンピュータネットワーク計画）を提唱しており、既に、ＡＬＯＨＡネットワークは、ＡＲＰＡネットワークとの結合だけでなく、アラスカのNASA Ames Research Centor アラスカ大学、わが国の東北大学（東北地区大学間コンピュータ・ネットワーク）、韓国のＫＩＳＴ（Korea Institute of Technology）へ、国際テレックス回線、衛星通信回線を利用し、ネットワークリングを広げている。さらに今後、ＡＬＯＨＡネットワークは、オーストラリア、ニュージーランド等へまで拡大する予定である。

(2) ネットワークの性格

(1)で述べたように、このタイプに属するコンピュータネットワークは、有力なネットワークを中心として、国際的にその網の目を広げてきており、このことがこのタイプのネットワークの性格をよく表わしている。それは、学術研究分野の国際性および、協調性ということと深く関連している。

そのことは、国際学術連合会議（ＩＣＳＵ）の提唱により、ユネスコで推進されている世界科学情報システム（ＵＮＩＳＩＳＴ）計画にもみることができる。ＵＮＩＳＩＳＴを例にして、このタイプのネットワークの性格をみていく。ＵＮＩＳＩＳＴ計画は大きく分けて２本の柱を持っている。１つは、①科学技術の文献や成果の国際的流通、処理に関するものであり、もう１つは、②発展途上国に対する援助に関するものである。

①について見ると、今世紀にはいって、科学技術の研究者数と文献の数量が加速度的に増大してきており、さらに増大することが考えられることから、それらをいかにして有効に流通、処理するかということを目的としている。今日世界中で、１年間に約７５万人の研究者が、約２００万もの論文を発表しており、約３万５千の学術雑誌が５０ケ国語で、定期刊行されているといわれる。

研究者が、既に結論の出ているテーマについて重複して研究することを避け、また、相互に交流しながら有意義な研究を行うためには、多数の研究者、多量の文献の中から適切に必要な人や文献を選択し、参考にしなければならない。

このようなニーズに応える手段としてコンピュータ・ネットワーク技術を駆使した情報システムの開発が要求されたわけである。

②についてみると、発展途上国は、これまで近代科学の恩恵にあずかる機会が多くの場合、奪われてきている。ところが、それらの国々が、経済や社会を発展させていくためには、最新の科学技術の成果を吸収し、国家建設に利用していくことが必要不可欠なことである。ところが、現実には、それらの国の科学技術者は、ほとんどの場合、欧米諸国のような、コンピュータを駆使した研究、教育活動とは比較にならない程度のもので、例えば複写機も満足にないと

いった劣悪な環境で研究・教育活動を行っている。

このような環境条件の研究者に対する必要機器の援助、教育、訓練計画、奨学制度をＵＮＩＳＩＳＴ計画の中で、実現していこうとするものである。

ＵＮＩＳＩＳＴ計画には、８１ケ国のユネスコ加盟国や関心を持つ団体が参加しており、文字通り世界を結ぶ、科学技術情報の蓄積、検索、統合、評価の情報サービスシステムの形成が検討されている。

(3) ネットワークの問題点

ＵＮＩＳＩＳＴ計画に限らず、研究教育用国際コンピュータネットワークは、その本来の目的を果しうるようになるまでには、幾多の困難な問題が存在している。

すなわち、設立資金や技術上の困難さに加え、ＵＮＩＳＩＳＴ計画で述べられているような発展途上国に対する効果的な援助を実行しうるシステムをいかにして実現するかということなど大きな問題がある。

この問題はコンピュータネットワークのリソースをどう設定するかということとも係わりあってくる。

ただ単に既設のコンピュータセンター、研究所をネットワークで結び、それらのセンターの持つリソースをサービスするというだけでは不十分である。

ネットワークに対し、コンピュータリソース、情報バンクリソースを提供できるのは、主として先進国のセンターである。ところが、これらのリソースは、開発途上国の研究者が、等しく要求している場合も考えられる。実際には、経済的、社会的環境の相異を前提とすると、発展途上国の科学技術者の主な関心事は、先進国とは異なると考えられる。すなわち食糧問題、資源問題をとりあげても直接に現実の国家建設と密接に係わりあった課題に対する解決という先進国とは異なった視点に立っているからである。また、発展途上国間においても全く同様な課題ばかりであるとは限らない。従って、特定の地域や国家における特定の問題を解決するようなネットワーク・リソースも用意されるよう配慮されなければならない。

このようなキメ細かな配慮が教育研究用国際コンピュータネットワークの建設に付加されなかったならば、学術研究活動及びその成果の国際化という、本来の目的に反することになる。

(4) ネットワークの特徴

公的機関サービス用国際コンピュータネットワークは、ネットワーク技術の粋を結集したシステムであり、処理能力の面でも、特殊システムという面でも他の分類に属するネットワークとは格段に異なる。

ＡＲＰＡの例からいっても、また特殊システムの設立という点からいっても、異なった機種のホストコンピュータがいくつもネットワークに結合されることになるであろう。

ネットワークの規模や、ノード数も他の分類のものと違って、世界を意図的にいくつかのブロックに分割し、ホストセンターの欧米諸国への偏よりや、発展途上国に対する援助の点などを考慮に入れた最適配置が考えられなければならない。また国内のネットワークと国際間のネットワークとの階層構造化、それらの接点にあたるノードの分配も問題となるだろう。ネットワークの拡大状況から考えて、分散型ネットワークが最適であろう。

情報バンクの効果的な運営ができるか否かは、ネットワークの評価を左右する問題である。そして、各国の研究所や大学は、そこの主要な研究に関するデータバンクを提供するであろうし、発展途上国には、地域固有のテーマを扱うデータバンクが建設されるであろう。

こうして成立したデータバンクの有効性を保持するためには、プロトコールの整備が重要な意味を持ってくる。低レベルの通信プロトコールの整備はもちろんのこと、高レベルのホスト－ホスト間プロトコール、プロセス間プロトコールまで整備されなければならない。

さらに将来の利用まで考慮に入れるなら、ネットワークの仮想化実現は、ネットワークが拡大し、それに接続するリソース、情報バンクの情報量が大量となり、ネットワーク内のリソースのうちユーザーのテーマに最も適したシステ

ムを選択することを可能とするために必要不可欠な技術である。すなわち、他所の資源の種類やそれに対するアクセスの方法を知らなくても、一般的な手続きだけで、例えば、ユーザーの行なおうとする仕事を表わすインデックスをネットワークに入力するだけで、最適のネットワークリソースの選択が自動的に行なわれ、標準のアクセス方法でそれにアクセスできるというような技術の開発が必要となる。

以上述べたようなシステムを実現するためには、世界的な大容量ディジタル通信網、例えばWorldwide Pachet Switcking Networkのようなものが順次整備されていかなければならない。

ARPANETがネットワーク技術の研究実験用とはいえ、各国へと拡大しつつあり、またUNISIST計画などにみるように、このような大規模な研究教育用国際コンピュータネットワークの実現は、決して現実とかけ離れた夢物語ではないのである。こうしたネットワークが実現したとすれば、現在、各国で進められている大学や研究所による試験、研究、教育用コンピュータネットワークは、この研究、教育用国際コンピュータネットワークとなっていくであろう。

図4－4は、以上のようなこの分野のネットワークの特徴を考慮した公共機関サービス提供コンピュータネットワークのモデルである。

ネットワークは3つのレベルに分かれている。

(1) 国内ネットワーク、地域内ネットワーク

国内または地域内のコンピュータ・ネットワークで、大学や研究所、公共機関の情報バンク等を結び、国際的にコンピュータ・リソースのサービス、利用を行う。ネットワークは、開放されているため、ネットワーク・リソースを利用する目的で民間企業等もネットワークに参加することができる。

地域ネットワークは、主として発展途上国を結ぶもので、この地域に属する発展途上国特有のテーマを扱う地域情報バンクが設置される。

② 地域中央センターネットワーク

国内または地域内ネットワークが、ひとつのブロック単位で統合されるネットワークである。地域中央センターが設置され、そこでは、ブロック内の国内ネットワークまたは地域ネットワークのコントロールを行う。また、これらのネットワークと国際パケット通信ネットワークとのインターフェース機能をも果している。

③ 国際パケット通信ネットワーク

第1節の2で述べたものと同様の国際パケット通信ネットワークである。PSU(Packet Switching Unit)を国際通信回線で結んだものである。PSUはIMPやTIPのようにホストコンピュータや端末を維持することはなく、純粋のパケット交換専用機器である。

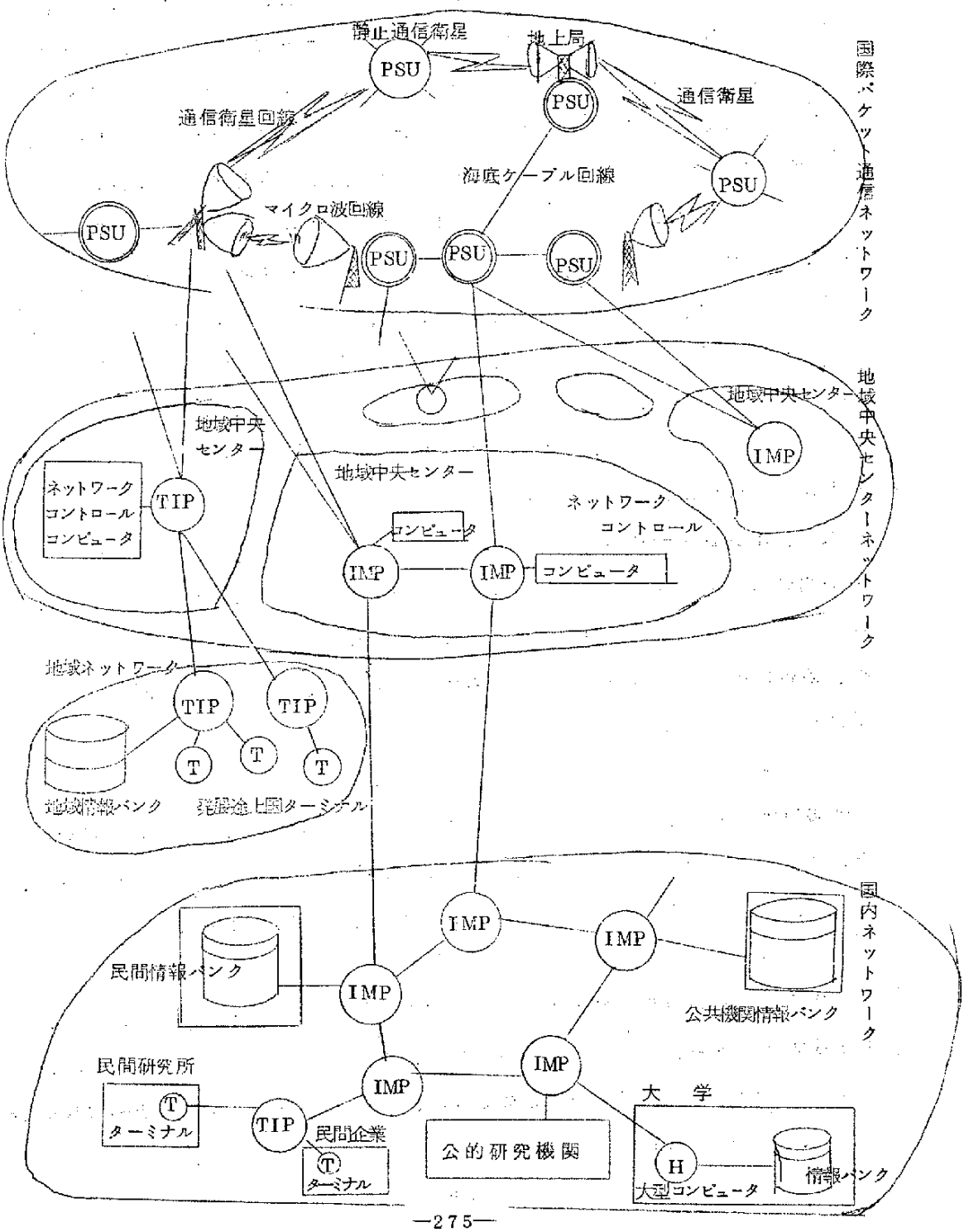
4. 情報処理サービス提供国際コンピュータネットワーク

(1) ネットワークの概要および性格

情報処理業者によるタイムシェアリングサービスシステムは、過大にあるいは過小に様々な評価が与えられてきたが、しかしながら、アメリカの例に見るように、現在、大きな技術かと資金力を持つ数社を中心に、1つの業界として確実に発展成長してきている。数百のタイムシェアリング会社が数十社に整理され、やがて有力な数社が、完全にマーケットシェアを分割するということになろう。実際、TSSサービスは大規模であればあるほど多様なサービスを提供でき、ユーザーを獲得できる。小規模システムは、結局採算がとれず撤退するということになっていくであろう。

TSS市場において生き残れるか、撤退せざるをえないかという岐路は、技術力、資金力によって殆んど決まるであろうが、どういったサービスに重点をおくかといった市場戦略の如何にも左右される。情報処理業者の市場戦略にはいくつかのタイプがある。1つは、特定の業界に対してその業界に最適なシステムを準備し、専門的なサービスを提供する場合であり、第2は、G.E社のMARKⅡシステムの狙いにみるように国際ネットワークとしての特性を十分

図4－4　公共機関サービス提供コンピュータネットワークモデル



に生かして、多国籍企業への専用ネットワーク的な国際通信ネットワークのサービス、さらには、各国にサービス業務を行なう支店、代理店を設置しその国のニーズに的確に対応しうるコンピュータ・リソースを提供する場合である。

第3に、タイムシェア社の狙いにみるように、種々の情報バンクをネットワークに結合し、ネットワークのユーザーに一般のＴＳＳサービスと合わせて、情報バンクへの通信ネットワークサービスを提供しようとするものがある。

情報処理業者のこれからの構想は、ＴＳＳサービス業者によって一般企業単独では実現が困難なレベルの大規模なコンピュータ・コンプレックスシステムが形成されると、一般ユーザでは、社内に中、小型コンピューターを保有し、比較的小規模のシステムを形成し、さらに上位の大型コンピュータによる処理が要求される場合は、ＴＳＳサービス業者の保有する超大型コンピュータを利用することにより安価に、仕事に適した処理を提供しようというものである。したがって今後は、インテリジェントターミナルや小型コンピュータの需要が増大し、ＴＳＳサービス業者と一般ユーザーとの間において情報処理の役割分担が明確に区別されてくる。このような視点から社会経済的な側面をみると、コンピューターに対する重複投資を避けることができるとともに一般ユーザーは、業務に応じた経済的な規模のシステムを構成し、その変更や拡張も容易にできるようになってくる。

(2) ネットワークの問題点

情報処理業者の狙いとしているサービスに全く問題点がないとはいい難い。それは、これらのシステムが大規模化し多くの企業のシステムを代替した場合、もはや、特定のＴＳＳサービス業者のみでは遂行不可能な社会的責任が派生してくるからである。

これは、国際的範囲に亘る1企業の独占の幣害に関する問題であり、また、ＴＳＳサービス業者が市場を拡大したために生じる社会的責任をどうするか、一般ユーザーとの間の争いが生じた場合に、それを誰がどのような基準で裁定するか、といった問題である。

具体的には、適正な使用価格の設定や、殆んど利益のない地域や分野に対するサービスの提供を保障させることとか、一般ユーザーのプライバシーをどの程度保障してくれるのか、などである。

(3) ネットワークの特徴

国際コンピュータネットワークの技術的な側面からこのタイプのネットワークをみるなら、ユーザーは、種々の要求を持つものであり、それに対応するためには、超大型機を結合したコンピュータコンプレックスセンターが必要となり、コンピュータの機種ごとに異なる特徴、性能を生かした異機種結合システムとなるであろう。

ネットワーク構成は、ＴＳＳサービス業者のセンターを中心にして、各国、各地の支店、代理店を地域センターとする多星状ネットワークが考えられる。地域センターにはノードが設定され、その地域の企業のコンピュータセンターが星状に結合される。

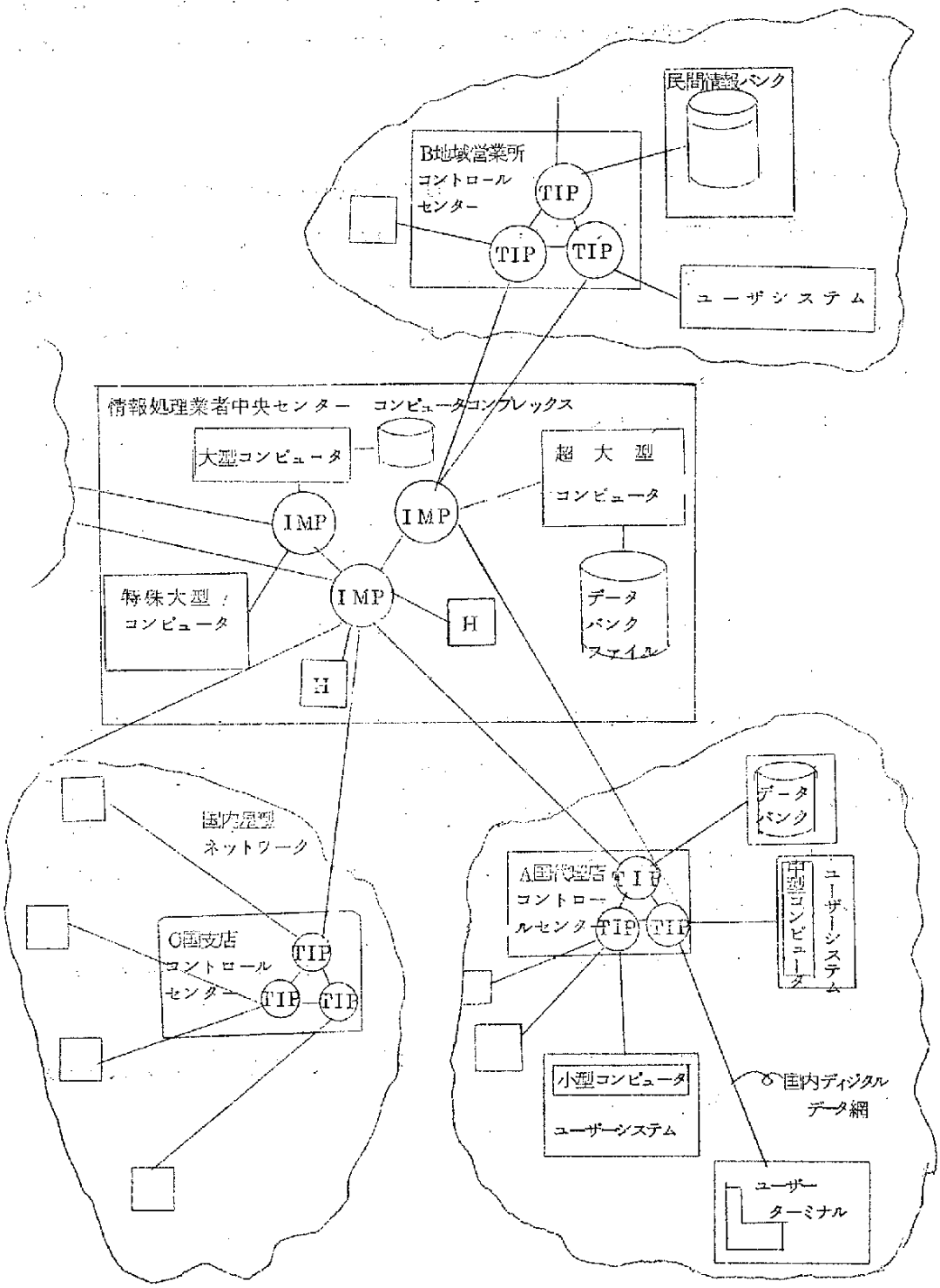
リソースとしては、大規模ハードウェア資源、種々の汎用サービスソフトウェア資源、それに有用なデータバンクである。

プロトコールは、当面は、ロードシェアリング中心にサービスが提供されることから、低レベルの通信プロトコールの整備で十分であろうが、将来、ネットワークがＴＳＳサービス業者の狙った状態となるためには、高レベルのホストーホスト間プロトコール、さらには、分散処理を可能とするプロセス間プロトコールが整備される必要があろう。

図４－５は以上の特徴を考慮した情報処理サービス提供ネットワークモデルである。

情報処理業者の中央センターを中心に、各国の支店、代理店を介して、一般ユーザと結ばれる多星状ネットワークである。

図４－５　情報処理サービス国際コンピュータネットワークモデル



〔補論Ⅰ〕

米国におけるコンピュータ・ネットワーク研究開発の動向

近年、欧米各国ではコンピュータ・ネットワークに関する種々の実験が行なわれ、商業ベースによる世界規模のコンピュータ・ネットワークの利用がはじまっているが、多国間を結ぶコンピュータ・ネットワークシステムとなると、コストパーフォマンスを中心としたネットワークの経済性の問題、システムの広域化による社会上、法律上の問題、セキュリテイ対策など社会、経済、政治、さらには技術の各分野において、さまざまな問題が生じているほか、これまでに考えられなかったような影響が予想される場合には、新しい考え方を導入することが必要になるといった問題もある。これらの問題は、コンピュータ・ネットワークシステムの発展、普及の観点からみて、その重要性を認識し、解決の方策が検討されなければならないことであろう。このため、コンピュータ・ネットワークの研究開発に豊富な経験をもつアメリカの現状と今後の動向に関して最新の情報を入手する目的で、9月13日から1週間にわたって海外調査を行なった。海外調査の日程および訪問先は次表のとおりである。

1. 調査の方法

国内で入手できる内外の文献、情報にもとづいて、コンピュータ・ネットワークの事例について可能なかぎりのデータを集め、開発の背景、形態・利用・運用の特徴などについて調査、分析を行なったので、海外調査ではこれらの調査、分析から摘出された問題点、ならびに米国におけるコンピュータ・ネットワークの運用を通じて得られた成果および問題点、国際コンピュータ・ネットワークの将来の3つの項目について最新の情報および資料を入手することに主眼をおいた。調査にあたっては、上記3項目にかんする次のような質問表を作

海外調査の日程と訪問先

海外調査派遣者　伊藤信徳（システム・ゼネラル主任研究員）

海外調査期間　昭和50年9月13日～21日

日	時	訪問先	
月　日	時刻	機関または組織名	氏名
9月13日	p.m. 3.05	PA002便で出発、ニューヨーク着 p.m 7.00	
14日		ボストンへ移動	
15日	a.m.10.00	Center for Policy Alternative (CPA)、MIT	J.H.Hollomon所長
	p.m. 2.00	BBN	R.H.Bolt社長他1名
16日	a.m.10.00	MIT	D.Clark教授
	p.m. 1.30	MIT	J.Wozencraft教授
17日	a.m. 9.30	MIT (CPA)	M.Sibu教授
	p.m. 1.30	MIT (CPA)	I.Pool教授
18日	a.m.11.00	MIT	A.Vézza教授
	p.m. 2.30	MIT	W.M.McMains教授
19日		ボストンからニューヨークへ移動	
20日	p.m.1.30	ニューヨーク発　JAL005便	
21日	p.m.7.40	羽田着	

成、予めこの質問表を提示して回答を得るという方法をとった。

なお、今回の調査を通じて入手した文献資料のリストは文末に一括して収録してある。

QUESTIONAIRE

Our research institute, System General, Inc., is conducting a small project whose purpose is to gather the information and relevant documents concerning the development and utilization of the computer networks in the United States.

I would be glad if you could teach me the following Questions.

Re: COMPUTER NETWORKS

I think that the comprehensive computer networks in the future will be based upon the development of the following three fields:

* the data communication networks
* the computer networks
* the information networks

For example,

* the construction of the new digital data communication system
* the technological progress of the host-host communication
* the arrangment of the data bank

These three components will be organized into the new computer networks.On this standpoit we have collected the examples.

I would like to have your comment. Especially I would like to hear your opinion about the relation of the above three fields.

Re: COMPUTER NETWORKS IN THE UNITED STATES

In the United States, there exist the famous ARPA network, so the experience after running the networks are compiled. I would like to know the results and problems.

For example,

* the technological problems
* the administrative problems
* the social effects

Re: INTERNATIONAL COMPUTER NETWORKS

I think that the individual network in various countries will develop into the international network connection. I would like to have your opinion on present situation and the perspective in the future.

For example,

* the problem of standarization
* the connecting method of interface
* the administrative problem after internationalization
* the legal problem
* the financial problem

Ⅱ．調査の内容

1．Center for Policy Alternative．MIT．

所在地：60 Vassar Street, Cambridge, Massachussetts USA．

調査期日：1975年9月15日 17日

面接者：Prof．J．H．Hollomon, Prof．I．S．Pool, Dr．M．Sirbu．

1－1 Prof．Pool

Pool教授は国際コンピュータ・ネットワークの問題を中心に、以下のような意見を述べた。

フィリッピン、メキシコ等8ケ国の農業国を結ぶネットワークに関する国際会議があり、最も良いシステムは、コンピューター・ポーリング・システムであるという結論であった。このシステムは、ダイアル電話線で、順番にデーターを入れるもので、ミニコンピューターを使った、低トラフィクシステムであり、このシステムで普通は充分情報の交換ができる。すなわち、一ケ所に一個のミニコンピューターをおき順々にデータの交換を行うもので、経済的に非常に安価なものである。ARPAシステムとは根本的に違うポーリング・システムの研究をすることを指摘された。

フランスとイタリアではパケット通信網を作ろうとしている。イタリアでは、PGTが独占を守るために行おうとしていると想像される。フランスではIBMの独占に対抗して作ろうとしているようである。IBM側では、オペレーターと密着したプロトコールを作ろうとする姿勢が強いので、それを打破するためである。標準化の問題では、フランスはIBMの規準を嫌っている。IBMの規準をさけるために、別個なネットワークを結びつけるインターフェイスの開発に精力的である。フランス、イタリア、イギリスは3ケ国間のネットワークの結合のための標準化を開発しようとしている。

コンピューター・ネットワークより情報ネットワークの方が需要が広い。例えば、ＡＲＰＡＮＥＴも運転してみると、計算のための使用より、コミュニーケーションのための使用の方が多い。つまり、特殊な計算だけを遠くのコンピューターでさせ、通常の計算は地域的なミニコンピューターですませることができる。計算のためのネットワークは余り重要でない。

これからは、ｅｌｅｃｔｒｏｎｉｃ ｍａｉｌ 電子郵便の重要性が増してくる。例えばＲｏｃｋｅｅｄ やＳｙｓｔｅｍ Ｄｅｖｅｌｏｐｅｍｅｎｔ Ｃｏｒｐｏｒａｔｉｏｎは電子印刷もやっている。これらは、オン・ラインシステムをとり、データ供給を行なっている。

１－２．Ｄｒ．Ｓｉｒｂｕ

Ｓｉｒｂｕ博士はデータ通信網の問題を中心に以下のように述べた。

米国では、ＡＴＴの他にいろいろなデイギタル通信網の会社がある。ＡＴＴは独占の電話網をもっているのでデイギィタル通信網の料金は低く下げてその分を電話使用料を上げることによって補なう事ができる。こうすればＡＴＴは強力になり、他の競争会社を追い出す事ができる。競争状態が技術革新に不可欠だとすれば、これは良い事ではない。ＡＴＴはデイギィタル通信網で最も技術革新の高い企業ではなく、保守的である。

ＡＲＰＡなどのコンピューター・ネットワークは、単なるデイギィタル通信網より広いものをもっている。何故ならＡＲＰＡは高レベル・プロトコールをもっているからである。Ｔｅｌｅｎｅｔが作られる前は、それぞれのコンピューターが別々の異なった情報を蓄積していたが、同一のプロトコールを開発する必要性がせまってきた。つまり、ターミナル対ターミナルの関係だけではなく、データー・ベース対データ・ベースとの連結が重要になってきた。現在、我々はそれぞれ異なったデータ・ベースの規格を用いており、統一的な連結手段をもっていない。ＡＲＰＡは現在カノニカル手法を用いており、それは標準化されたインプット（トランスミッター）をそれぞれ用途に応じたアウトプットに手渡すことである。自分は将来標準化が行なわれるとは思わないが、この

ＡＲＰＡのやり方が今では最もよいと思う。異なったネットワークを連結するインターフェイスを開発する事が重要であると考える。これは開発する技術が比較的楽で、経済的に使用者の使用コストをあげないという利点がある。

インターフェイスの問題では、もし、コンピューターとネットワークの間にボックスをおき、それをインターフェイスとするのは開発の点で速くできる。だが、ここで問題となるのは、コンピューターが次々と新しいものとおきかえられてゆく、コンピューターの進化に対応できないという事である。次にボックスの外にインターフェイスをおくと、コンピューターの変化にともないソフトウェアや操作手法が変化するので、インターフェイスを多少変えなければならないから、操作上の進歩が不可能になる問題がある。

ＡＲＰＡグループは外部のインターフェイス装置を用い得るが、ＩＢＭグループは全ての装置を使用するように要求する。この点に商業主義の問題がある。

国際化したＴｅｌｅｎｅｔの標準化に関してはかなりできると思う。ハードウェアのコストが低くなっておりインターフェイスの転換のための機械コストはそれ程かからないと思うからである。ただし、制度的に関税の様な事が多数国間でそう簡単にうまく行くとは思わない。つまり技術的な問題より手続上の問題がある。

社会主義国では、独占の遠隔通信網があるので、それをこわしてＴｅｌｅｎｅｔを作る必要性がない。ところが資本主義国、例えば米国では、Ｔｅｌｅｎｅｔの進歩によりＡＴＴは金を失っている。又フランスでは電話網があまり進歩していないため、Ｔｅｌｅｎｅｔを拡げて、その進歩の遅れをうめようという圧力が働く。独占をくずす事がネットワークを開発する事によってできる。

２．Ｐｒｏｊｅｃｔ Ｏｖｅｒｌａｐ

所在地：ＮＥ４０－５００（５１５ Ｔｅｃｈ Ｓｑｕａｒｅ，５ｔｈ Ｆｌｏｏｒ）
ＭＩＴ，Ｃａｍｂｒｉｄｇｅ，Ｍａｓｓａｃｈｕｓｅｔｔｓ，ＵＳＡ

調査期日：１９７５年９月１８日

面接者：Dr.W.M.McMaims

McMaims博士は、ARPAの問題を中心にして、以下のように述べた。

我々のコーザーはARPAのソフトウエアを用いている。例えば、スタンフォード研究所はエネルギー研究で、軍事ネットワークを通じて得られたデータをARPAにファイルしてARPAを使って解析している。

ARPAネットワークの使用者は通常のターミナル使用者が多く、コンピューターの相互作用を主目的に使うものは少ない。しかし、ネットワークの利点として、ある限られた場所のコンピューターを結合して何かしなければならない時、ネットワークでつなげればそれが可能になる。

ARPAは特定の解析のための機能をそなえているが、それは上記の目的に便利であり、これは地域的には使われていない。

3．Electronical Engineering, MIT.

所在地：35－209、MIT.Cambridge, Massachusetts, USA.

調査期日：1975年9月16日、18日

面接者：Prot.J.Wozencraft, Dr.D.Clark

Dr.A.Vezza

3－1．Prof.Wozencraft.

Wozencraft教授は、通信網を中心に以下のように述べた。

標準化は、不合理でかつ不可能である。それを補うためにはインターフェイスが重要になってくる。

3－2．Dr.A.Vezza

Vezza博士は、コンピューター・ネットワークを中心に以下のように述べた。

コンピューター・ネットワークは発展しつつあるが、もうバンドはいっぱいで先進的技術開発がない限り、ロードシェアリングはのびないと思う。

ARPAに関しては、少しの社会的影響はあると思う。それは、一つの組織の人間が、他の組織と、交流することが可能になる事を示唆している。これは将来電子郵便サービスに向かって行くと思う。このためのバンド域に関してどれくらいのものが必要かまだはっきりしない。ARPAネットはコンピューター・ネットワークが電話網にとってかわる事を示唆する。

情報データ・バンクの法制的な問題が残っているが、これはまだはっきり確立されていない。

ホスト・ホスト間コンピューター・ネットワークはまだ開発の余地があると思う。何故ならそのために高バンド域が必要であるからである。

3－3．Dr.D.Clark

Crark博士は以下のように述べた。

現在、私はMaltics システムに従事している。これは大きな情報を蓄積できるTSSでハニーウエルで製品化されたものである。将来ハードウエアのコストがさがり、だれでもTSSのターミナルを持つようになり大きなコンピュターをもつ必要がなくなる。機能的なニーズからいうと分割された機械が必要になる。

私が関心を持っている事は、洗練された防ギョ装置の問題である。私の考えでは、中心部をしっかりおさえる事が大切で、現在あるものとは違ったシステムになると思う。この問題は未だ考え始めたところであるが、ユーザーに対して、秘密性を認識させるか、あるいはユーザーを無視するかになるだろう。明確な答えはない。

国際コンピューター・ネットワークに関して本質的な問題は、結合の問題だと思う。ローカル・ネットワークは低コストのインターフェイスを提供するだろう。ARPAのような遠距離のネットワークは、中間的なコンセントレーターが必要になるだろう。ただ、疑問点として、一つのコネクターで結合

できるかどうかだが、私は一つのコネクターで結合できるとは考えていない。

電話を例にとっても、標準化の問題、インターコネクタビリティの問題、アドレシングの問題がある。これらはネーミングの問題で、どこに通じるか、これからどう処理するかが現在の問題点である。

ヨーロッパでは、国際コンピューター・ネットワークに興味があり、イギリス、フランス、イタリア、ドイツですでに、作ろうとしている。ＡＲＰＡの経験から、特別の問題をあつかうものより、一般的なもの、すなわち汎用目的なものの方がよいように感じられる。始めに予想した以外の問題がでてきて、新しいユーザーを吸収できる様になる。プロトコールの問題では、ホスト・ホスト・プロトコールをつなげる事が良く、特殊なプロトコールはだめである。

ＡＲＰＡネットの用途として、人間同志のコミュニケーションに使用されているが、将来もそうだとは思われない。将来は、遠くにアクセスする必要が少なくなり、ローカルなコンピューターで用がたせるだろう。機械と機械の結合が問題になってくるだろう。ＡＲＰＡの有用な点は、テレコンファレンスであり、全ての人に、データーが同時に伝わるようになる。これから将来の５年間のトラフィクでは、人間と人間の結合と機械と機械の結合の二つが重要になる。ＴＩＰを使って直接コミュニケーションができるようになるだろう。ＭＩＴではデーター通信を考えるプロジエクトが進行中で、ネットワークを通じてデーター伝送する場合の理論を作ろうとしている。

Ⅳ．入手文献リスト

ＢＢＮ

1) J. M. McQuillan et al.
   Improvements in the design and performance of the ARPA network

2) S. M. Ornstein et al.
   Pluribus—A reliable multiprocessor.

3) A. M. McKenzie.

Some computer network interconnection issues

4) S. M. Ornstein

The evolution of a high performance modular packet-switch

5) F. E. Heart

Networks and the life sciences: the ARPA network and telenet.

6) F. E. Heart.

Implications of the computer-communication partnership.

7) R. D. Bressler.

Pluribus: A multipsocessor for communication networks.

8) BBN.

Published technical papers.

9) A. A. McKenzie et al.

The network control center for the ARPA net work.

10) F. E. Heart et al.

A new mini computer/multiprocessor for the ARPA network.

11) D. C. Ealden.

Experiences in building, operating, and using the ARPA network.

12) R. H. Bolt.

The challenge of managing computer network.

13) S. Butterfield.

The satellite IMP for the ARPA network.

14) A. McKenzie.

Host/host protocol for the ARPA net work.

15) ARPA.

The ARPA net work.

16) ARPA.

Resource sharing computer networks.

17) I. S. Pool.

The international aspects of computer tele-communication.

18) M. Sirbu.

Soon:Public packet switched networks.

19) M. Sirbu.

Progress toward international data networks.

20) A. Vezza.

A model for an electronic postal system.

21) J. Haverty.

MIT-DMS Communication system overview.

〔補論Ⅱ〕

"The International Aspects of Computer Telecommunication" (Feb. 4, 1975)

by Ithiel de Sola pool

【まえがき】

多国間を結ぶコンピュータ・ネットワークの形成に伴い、政治、経済、社会、文化の各領域において、どのような影響が予想されるについては、本調査研究の随所でとりあげているが、米国のマサチュセッツ工科大学で通信政策の研究に従事しているプール教授がＯＥＣＤのコンピュータ・テレコミュニケーション政策会議に提出した報告書は、上記各領域における問題点について包括的な考察を加えている。そこで、ここでは問題点をとりあげた第３部を中心にプール報告を紹介することにした。

序　論

将来について語る人々は、大まかにいって２つのタイプに分けられる。すなわち楽観主義者と悲観主義者とにである。

ところが現在および過去について語る人々の場合には、われわれはもう少し微妙な性格づけをする。たとえば歴史的あるいは現在の事件を分析する者について形式的か経験的か、実証的か理論的か、ユーモラスか固苦しいか、特殊的か幅広いかというふうにである。しかし、われわれが将来について語る者を特徴づける場合は、こうした次元の性格づけはかくれてしまって、盲目的な楽観主義者か、あるいは極端な悲観主義者かといった１つの特徴しか表面には出てこない。

将来に関するわれわれの議論において焦点をこのように制限するのには十分

な理由がある。というのは、われわれは予知的なコメンティターについて正しいとか誤っているとか特徴づける確かな方法をもっていないし、そういう方法を知ってもいない。せいぜい彼が先を見越して出した結論について、好きか、好きでないかをいうことができるだけだからである。

私はコンピュータ・テレコミュニケーションの国際的な意義づけといった極めて微妙な主題を検討するに当って、そのような単純なアプローチは避けたい。利点は大きいが、問題点も同じぐらい大きい。私は自分が楽観主義者であることを認めはするが、そのバランスがどうなのか、よくわからない。しかし、それがこれから私の述べることを左右することのないようにしたい。私は利点と問題点をともに描き出すようにする。利点を極大化し問題点を最小化するように選択権を行使すること、それが人間の叡知というものであろう。

本論文は次の3つの点から成り立っている。

1. 技術上予知可能なこと、これは私達が自信を持って言うことのできるものだ。
2. 国際的なベースにおいて、人間にどのような機会を齎らすか。
3. 問題点とその困難性の評価及び問題点の可能な解決方法。

われわれはコンピュータ・コミュニケーションをこう定義する。即ち、メッセージが、コンピュータ・メモリーの中にストアされ、コンピュータのコントロールの下にプロセスまたは伝送されるようなコミュニケーション。この定義はコンピュータネットワークにおけるようなコンピュータ対コンピュータ・コミュニケーション、リモートターミナルからコンピュータに働きかける人間対コンピュータ・コミュニケーション、メッセージ・スイッチング・コミュニケーションシステムのような人々の間におかれたコンピュータがメッセージをストアし、送り出す人間対人間のコミュニケーションをも含んだ概念である。

1. 予知可能なこと

われわれは２つの点に関して、はっきり自信を持っていうことができる。１つは、コンピュータ・コミュニケーションを含め、テレコミュニケーションの国際的なフローが増大していくだろうということ、第２は、それらは距離に無関係になってくるだろうということである。最近の国際通信の伸び率は、よく知られているように、年平均約１８％である。一方、卓上電話の伸び率は、国際的にみて年平均７％である。ＯＥＣＤ諸国の国内電話回線の最近の伸びは、年率約１５％である。

１９６４年―１９７２年の間、アメリカから発信したテレックスの伸び率は年率約３３％、最近は２７％におちている。国際電話の伸び率は２５％である。コンピュータのデータ・コミュニケーションの伸び率は、ゼロから出発しているから天文学的になる。指数の伸び率というものは必ずどこかで限界条件が働き、いつかはストップするものである。しかし、ここ当分は変化しないであろう。国際的なコミュニケーションは、長距離の情報伝送コストが低下してきているので、伸び続けるであろう。

長距離電話のコストを決める諸費用（交換、請求、地方回線など）は一部距離の関数であり、これからだんだんなくなって行くであろう。たとえば同軸ケーブルの進歩、光学的導波管のドラマティックな進歩を考えてみよう。キャリアの世代的進歩は、情報伝播の容器を増大させ、回線あたりの伝送コストを著しく引下げてきている。マイクロウエーブ伝送、海底ケーブルの伝送コストもかなり低下してきている。こうして衛生通信が始まる前から長距離電送のコストが全費用に占める割合はだんだん小さくなってきた。衛生通信なしでも距離はすでにマイナーな要因になっていたのだから、衛生通信を使った場合は、もはや問題ではない。我々は将来、長距離通信コストが地域的な通信コスト以上にはならないようなテレコミュニケーションの世界に住むようになるであろう。従って将来は現在と比較し、長距離通信は天文学的な伸びをみせるであろう。

2. 人間にとっての機会

人間にとってお互いにコミュニケーションを行うことが良いことであると考えることは、部分的にしろ認められるであろう。従ってこれを第1の原理とすることができる。ほとんどの人は、異なった場所、異なった考え、異なった専門領域の人にとって、お互いに交流することは人間の知識を高める上で当然の権利と考える。また人類はえてして最も近い隣人と争うものであるが、地球上の平和は、お互いに相手をより良く知ることによって助けられるものだ。良い点も悪い点もあるが、それでもコミュニケーションは平和に寄与するだろう。

国際的コンピュータ・コミュニケーションの進歩が人間にもたらす便益を、具体的に示すと、次の5つの目的にそったサービスがあげられる。

1. 分散化された活動が世界の稀少資源の使用を経済的にすること。
2. コミュニケーションは技術進歩を促進させること。
3. 発展途上国は特に情報へのアクセスを必要としていること。
4. テレコミュニケーションは世界貿易を促進させること。
5. 新しい情報技術は、文化の表現の多様化を促進し、世界文化に単一のスタイルをおしつけるマスメディアの傾向をやわらげること。

(1) 分散された活動の経済性

適切なコミュニケーション施設の存在は、経済的に最適な形で配置された活動を可能にする。多くの予測者はテレコミュニケーションがビジネスや文化的生活を混雑した都市から郊外へ移動させ、都市の地方分散を推進すると見ている。

また、長距離情報伝送コストを低下させることができたなら、情報処理装置に対する二重投資を避けることができる。例えば、コンピュータメモリーのコストが低下するに従って、いろんな場所に大量の情報をたくわえておくことが経済的になり、場所から場所へデータを回送するコストを節約できる。また、コミュニケーションコストが低下すると、一つの場所にデータを集中してたく

わえておき、遠隔地からテレコミュニケーションによってアクセスすることができるようになる。

(2) 技術進歩の促進

情報の大学相互間の交換設備は、科学とその実際的応用のインフラストラクチャーである。大学や学会、図書館、雑誌、会議をして現時点の情報検索システムは、科学の制度的な基礎である。これらの施設は、世界主義的見地から運用されている。

オンライン・データベース出版が現在急速な勢いで伸びてきつつあることは注目に値する。株式市況と、不動産リスト、法令のリファレンスサービスといった非常に多くの商業サービスがある。また、多くの統計データベースがオンラインにのっている。アメリカでは１９７３年には約７０万のデータベースの検索があり、１９７４年には１００万を超えるだろうといわれている。コミュニケーション・システムをベースとする技術情報のためのコンピュータの効用については、まったく明らかである。

(3) 発展途上国の情報ニーズに供すること

発展途上国は経済発展と、開発のために、技術移転という形での情報の流入を求めている。しかしながら、その手段を手に入れることは大変難しい。しかし、パケット交換技術を使用したインターナショナル・データコミュニケーション・ネットワークといったものができるなら、世界中のどこからでもデータベースにアクセスすることができ、そしてコミュニケーションコストが距離に左右されなくなるとなれば、発展途上国と先進国間のインフォメーションギャップを早急に縮めることができるであろう。

結論的にいうと、先進国はしだいに図書館の参考文献を、ハードコピーからコンピュータ化されたりトリーバルシステムに移していくであろう。そうなったとき、発展途上国は、情報キャパシティにおいてとり残されるか、あるいはテレコミュニケーションによって新しい情報のストアにリンクし、先進国に追いつき始めるか、どちらかになるであろう。

通信衛星を利用したインターナショナル・コンピュータ・コミュニケーションシステムは、低コストの地上局を設置することによって、マイクロウェーブ、同軸ケーブル等に依存しないでよいし、通常の電話施設にも左右されない。そしてローカルサービスは、テレックスや電報といった低グレイドコードの転送能力さえあればよいのである。従って蓄積交換機能を持ったインターナショナル・コンピュータ・コミュニケーションは、発展途上国のニーズに非常に合致した特殊なシステムであろうと思う。

(4) 世界貿易の促進

コミュニケーションの障害は世界貿易の最も大きな障害である。特に、市場が短期間に変動するような商活動においてはそうである。

世界貿易において、売買の交渉、荷物の発送、支払い等々といったことに関する情報交換、ドキュメント作成交換は極めて重要である。そのために、世界中の多くの場所に貿易センターがおかれ、ファクシミリサービスが行なわれており、また、高価な国際電話、国際テレックス等が用いられている。世界貿易において、蓄積交換機能、メッセージ交換、パケット交換機能をそなえたコンピュータ・ネットワークが用いられたなら、単にメッセージ伝送コストを下げるのみならず、現在、距離的に遠いために取引を不可能にしている場所でも取引が可能となるであろう。そして、ローコストのデータコミュニケーションは、貿易業者に対し商品の売買の全体像を明らかにしてくれ、国内貿易のような感じで国際貿易ができるようになるであろう。また電子的ドキュメンテーションがハードコピーに取ってかわり、時間的制約をも取り除いていくと思われる。

(5) 文化の多様化

コミュニケーションシステムは、マスメディアのような、1点から多数へのコミュニケーション、請願のような、多数から1点へ、および1点から1点へのコミュニケーションに分けられる。

マスメディアは、1方向ではあるが世界中の出来事や、一流の演奏家の演奏を多くの人々に提供してくれる。これらは、一つの文化に限らないユニバーサ

ルな人間にアピールする。従って先進国のこのような文化は世界的にトレードされる。それは、別の面から言うなら、外国のマスメディアによる伝統的な文化の侵害ということにつながる。

幸いにして、ポイント対ポイントの新しいコミュニケーションはこのような問題は引きおこさない。これはむしろ、お互いに情報を出したり受けたりする会話に近いものである。従って、ポイント対ポイントのコミュニケーションは単一的な文化の陵駕をくずすきっかけになるものである。

国際的なコンピュータ・コミュニケーションの発展の意味ある点は、コミュニケーションが、多角的な方向へ発展していくこと、すなわち、コミュニケーションの個人化を促す点である。

新しい国際的コンピュータ・コミュニケーションは国際的な規模で見てメディアは独占的なマスメディアに変わって、二方向の状況に応じたメディアへと動いていくわけであり、それは、文化の調整を可能にし、文化の多様性、オリジナルにものの多様性を可能とするであろう。

問　題　点

私が論じたいと思う主要な問題は次の５つである。

(1) 標準化に関する国際協定

(2) 国際的な支払方法の発展

(3) セキュリティとプライバシーに対する要求の充足

(4) Protection of sunk investments

(5) ナショナル・インクレスト

(1) 標　準　化

標準化の問題は、パルスコードの変調に関して生じてくる。もう１つの問題は、ヨーロッパと米国のチャネルのパッキングに関係している。これらの問題は、

協定によるか、またはインターフェイスのコストの引下げによって解決することができる。

また、ユーザーがデータベースをリンクするときのインターフェイスを標準化することも必要である。現在、データベースを開発した研究機関は、それぞれ検索用のソフトウェアをもっている。１０年か２０年の間に研究者は次第に特性のあるたくさんのシステムを使うようになるだろうが、ソフトウェアの翻訳によってこの問題を解決する試みが幾つか行なわれている。

ＩＮＴＥＬＳＡＴ、ＮＡＳＡといった通信衛星システムのためのスペクトルの割当についても、協定が必要である。もっとも難しい選択は、高度に発達したネットワークをもつ諸国間のトラフィック部分への割当の最適化と発展途上国へのあるいは発展途上国からのトラフィック部分への割当の最適化の間の選択である。現在稼動中の通信衛星は４－６ＭＨｚのバンドを使用しており、通信衛星の利用を高度化して経済的にするには直径３０～８０フィートのアンテナをもつ高価な地上局が必要である。

発展途上国に対してはより適した代替案がある。開発した回線のコストを正当化しないような２点間の交信のためにＩＮＴＥＬＳＡＴはＳＰＡＤＥシステムをもっているが、このシステムの地上施設への投資〔約５０万ドル〕によって、同じ衛星を使う他の地上局と実際に接続された時間だけの料金を払って交信することができる。こうしてＩＮＴＥＬＳＡＴは、低容量のルートにとって最善のものとなる。他にも低容量のルートに適したシステムがある。たとえば小さくてコストの低いアンテナをもつ必要がある海上の船舶にサービスするＭａｒｉｓａｔ、衛星の中に強力な送信機を備えていて低コストの地上局にサービスするＡＴＳ－６がそれである。発展途上国のために通信衛星を使用することに関心をもつ人々には、この選択が間違いと思われるかもしれない。しかし本稿のポイントは、それを議論することではない。それぞれのシステムが使われているという事実と、それぞれのシステムが異なった国々に対して異なった経済的な効果を及ぼしていることを述べるのがポイントなのである。

一体、誰がそのような標準を実質的に選ぶことができるのだろうか。国際的な決定を行なうための手続きは十分に整備されていない。電話回線のどの部分をデータ通信に使うかといったことに関しては、ＣＣＩＴＴが勧告を作成している。この勧告に法律的な拘束力はないが、ＣＣＩＴＴの総会で受入れられると、技術的な標準化に関する勧告は、世界の電気通信管理者によって守られ、設計に組みこまれる。ＣＣＩＴＴは、さまざまな基準をもつ国内ネットワークの国際的接合を可能にする条件を作り出す点で、長い成功の歴史をもっているが、コンピュータネットワークに関しては国内ネットワークの成長に見合った速さで標準化しうるかどうか、疑問である。

アルファベットの表現と文字の表現コードに関しては、ＩＳＯ（国際標準化機構：International Standards Organization）が標準化をとり入れている。ローマ・アルファベットを使用する代表的な世界の言語のための標準のドラフトは、すでにできている。

現在情報検索プロトコール（information retrieval protocols）のような問題について標準化を行なうための自然な歩み寄りはない。情報検索がたくさんの人々の日常生活となり、異なったデータベースが広汎に使われているような世界では、確かに調整が必要である。通信衛星利用のためのスペクトルの割当について重要な決定が１９７７年と１９７９年のWorld Administrative Radio Conferenceで行なわれるだろうし、ここ数年内に若干の国では利用する衛星通信システムの基本タイプを決定することになるであろう。そしてINTELSATの運営委員会の決定がもっとも重要になるであろう。

これらの点に関するモラルは明白なように見えるが、実はそうではない。標準化はある問題を解決するかもしれないが、技術進歩を妨げる。標準化すべきかどうか、どの程度の標準化を採用すべきかといったことは、変化の利害得失を秤量できる技術専門家が判断しなければならない。

(2) 支払いの国際的システム

コンピュータ・コミュニケーション・システムにおいては3種のチャージが顧客に要求される。すなわち、公衆通信業者（Common Carrier)に対するチャージ、付加価値キャリアに対するチャージ、コンピュータセンターまたはデータベースのサービスに対するチャージである。これらのチャージを定期的な1つの請求書で処理して顧客に支払いを求めるシステムについては、いろんなことがいわれており、またこれから派生する問題もたくさんある。

コモンキャリアに対するチャージは、相対的にいって扱い易い問題で、国内、国際の如何を問わず、電話と同じような計算方式でチャージをつけることができる。

もし国際的な付加価値ネットワーク（VAN）がつくられるならば、支払いに関して新しい問題が生じてくる。VANの経営者がPTT以外の者である場合、この経営者とPTTの間に何らかの協定がないかぎり、第2の請求書が顧客に送られる。そして付加価値キャリアがPTTであるか、あるいはPTTを通して集金しないとすると付加価値キャリアは顧客を識別し、顧客の信用力を確め、契約を結ばなければならない。このような状況下では、VANの使用は巨大で一定のユーザーに限られ、メッセージの伝達や情報の検索についてVANの提供する経済性は何ひとつ、一般市民には利用できないであろう。

最後に、メッセージは計算したり、データを検索するコンピュータに送られるが、ここで問題なのは、通信費用の何倍もの費用がかかることである。通常、サービスはコモンキャリア以外の独立した商業機関または計算機関が行なっている。顧客が求めるコンピュータサービスは、特定のソフトウエアをもつ特殊なコンピュータを要求する。気象学者、物理学者、経済学者、医者はそれぞれ専門の施設をもち、政府機関やビジネス会社は自分たちのソフトウエアやデータを備え、自分たちで管理する計算センターの使用を必要とするようになってくるだろう。特定のソフトウエアやデータの使用にはそれなりのチャージをしばしば必要とする。国立医学図書館はデータ収集とデータ構造を整備するため

に高価な費用をかけており、そこで費用のかさむユニークなリソースを得ようと思うなら、それ相当の支払いを予想しなくてはならない。

もし、すべての人に開かれた公共サービスを求めるならば、多分支払システムは通信業者の支払いシステムに結びつけられなければならないであろう。通信業者だけが、データベースに連るそれぞれのターミナルを知っており、ターミナルに支払いを請求する方法を知っているからである。

国際的な支払いになると、問題は複雑になる。信用情報の獲得、支払いの強制はいちだんと難しくなり、集金には時間がかかる。公衆通信業者が使用している集中支払方式の利点は国内のコンピュータ使用よりも国際的なコンピュータ使用についての方が大きい。ＰＴＴはどの国においても顧客に請求し、集金する方法をもっているし、売り手に対して支払い保証者にもなる。しかし、国際電気通信についてとられている支払方式のイメージをコンピュータサービスの支払いに持込む難しさを過小評価してはならない。パーソン・ツウ・パーソン・コミュニケーションにおいて国境を越えて往復する情報量の方がサービス・センターのそれよりもはるかに多いからである。集金の難しさは、どんな支払いシステムでも起こりうることであるが、多分単一の方式で管理されるようになるだろう。

公衆通信業者が誰とでもインターフェイスできる唯一の組織であり、３つの異なったサービスの支払いを１つのものに統合するという点できわめて有用な機能をもっているという仮説には十分な考慮を払わなくてはならい。

(3) 情報の安全性とプライバシーの問題

もっとも望ましい状態においても、極秘情報の安全保障、所有情報の独占、個人のプライバシー、著作権の保護を維持することは難しい。超国家機関がないため、国際通信におけるこれらの問題は悪くなる一方である。

このことは、コンピュータ化されていない情報の流れについても、コンピュータ化された情報の流れについても、同様にあてはまる。いかなる政府も国境を越えて情報が流れるのを効果的にモニターしえないし、いかなる制御システ

ムも私的な、あるいは著作権をとった文書のコピーを作らぬようにすることは望めない。ただ1ついえることは、組織的な乱用を規制することと実害のある事実を把えて法律的な制裁を加えるということぐらいである。コンピュータ化された情報の流れについても、同じことがいえるのであって、この種の問題の完全な解決を求めることはドンキホーテみたいなものである。

国内のコモンキャリアの回線を通って送受される情報の流れについては、組織的乱用に対抗することが技術的に可能である。国際著作権会議に署名していない国において、ビジネス・サービスが提供され、高価な著作権のあるビジネス・サービスからデータを盗んだような場合には、その電話またはテレックスの受信に措置をとり、インプットをうけ入れたインターフェイス・コンピュータに対しても措置をとることができる。

予防的方法の適用は、たしかに緩慢であり非能率であるから、事実が発生した後の損害に対する措置は重要である。このような保護を実現可能なものにするためには、国際著作権協定のような国際協定が必要になるかもしれないが、そこではデータ権といった新しい問題がカバーされていなければならない。このような協定にもりこむ内容に関する討議については、多分ＯＥＣＤかWIPOがイニシャティブをとることになるであろう。その場合には国際著作権協定の経験から教訓を学びとらなければならない。

(i) 協定を仕上げるには少なくとも５年から１０年はかかるだろう。

(ii) 一般的にいって協定は、それぞれの国に単一の運用を押しつけることはできないし、国内で受入れられるよりも厳しい運用を押しつけることもできない。

(iii) 商業活動が不法とされるある国に対して国境を越えて情報を移す商業活動を目的とするようなビジネスについては、多分国家は法廷活動を認めることに同意するようになるであろう。

(iv) 協定の主要な結果は、もし協定に同意が得られるとしてのことだが、ダメージに対する多くの訴訟をつくり出すことではない。訴訟は高価につき、

勝訴も難しいだろう。むしろ協定は立派な会社なら理解できるようなゲームのルールをつくり、会社はそれに啓発されて自己の利益を考えるのに役立つものでなければいけない。

協定によるにせよ、あるいはよらないにせよ、情報の権利に対する国外からの侵害に対する主要な保護策は、伝送網の端末機を管理することによって組織的な乱用に対抗措置をとりうる国家の能力である。われわれは、多分、警察権を行使して自らを保護しえないということよりも、国家はそのような権力を気ままに使って国際コンピュータコミュニケーションの利点を失なわせる傾向があることについて心配すべきであろう。

(4) Sunk Investment

プライバシーとか所有権とか、国際コンピュータ通信を規制するために持出される理由づけの名称が何であろうとも、多くの場合、本当の理由は、確立された制度によって競争と変化から自分を守りたいということである。公衆通信業者は誰しも、現在の施設とサービスが妨害されないような一定の速さで将来も活動を続けたいと好んで説明する。原則的には、可能な最大速度の変化よりも低い変化率が資本を含む稀少資源の利用を最適化し、公衆に最善のサービスを提供し、長期成長の基礎をつくるということにクレームをつけて、議論することはできない。問題は、この立派な根拠のある一般化が想像力と進歩の欠乏をうまく合理化していることにある。

新技術に対する厳しい禁示例としては、電話回線を使ってデータの国際的な伝送を禁止しているＦＣＣの規制がある。この措置は、電話会社と弱体のレコード・キャリアの競争から守るために設計されたシステムの一部であるが、音響連結器（acoustic coupler）の使用を妨げ、音声とデータを同一回線で共用する経済性を失なわせている。人々は、どの位の間、この規制が新技術の可能性の前に立ちはだかっているのか、不思議に思っている。

幸いなことに競争は、峻厳な論理をもっている。１９７１－７２年のユーロデータ研究会は、ＰＴＴが速かに公共データネットワークをとり入れるように

勧告した。というのは、ＰＴＴがこうじなければ、他のものがやるからである。またデータサービスにおける国際競争もなくなっていない。競争から自国を守ろうとする諸国は、他の国々がコンピュータテレコミュニケーションによって生産性と経済性の利益を得ていることを見出すだろう。気象や資源の情報といった価値のあるデータベースへのアクセスを拒否する国があるだろうか。技術競争に関するパンドラの箱が開かれれば、どんな国でも効率のよいユーザーとして、また国際データ通信のプロデュサーとして早く参加するように助言されるだろう。

(5) ナショナル・インタレスト

これまで議論してきた国際コンピュータ・コミュニケーションの成長に対する障害というのは、専門家にとっての問題であるが、一般の人々にとってはもっと別の問題がある。その中で最も重要なのは政治家と外交官にとっての問題で、それは外国のデータの流れに対する国家主義的な恐怖という問題である。

恐怖は次の３点に表われている。

(i) 世界は富める国と貧しい国の間のギャップの拡大に直面しているという恐怖である。これはデータの豊かな国と貧しい国の間のギャップが増大していることでもある。

(ii) 情報の豊かな国に有利なようにbalance of paymentは流れるだろうという恐怖がある。

(iii) データ取扱者、とくに多国籍企業が国外にデータの置物所をつくれるような場合には、彼らの運命をコントロールする主権は侵されるという恐怖がある。

(i) データの豊かさ対貧しさ

短期的にいうと、最初にデータ施設を開発した人々が遅れた人々よりも優越していることは明らかである。適当なデータとコンピュータ・リソースを開発しなかった人々は、テレコミケーションを通じてそれを使用しなければならな

い。重要なのは、それが永続する状態なのか、それとも修正される状態なのかということである。

国際的なコンピュータ・コミュニケーションについて期待できるパターンは、ハリウッドにインドや日本、トルコ、メキシコが追いつき、いまではアメリカの映画制作者が成功しようと思えば外国の制作者と協同しなければならなくなった映画の発展のパターンと同じである。LDCの技術者が遠隔ターミナルから近代的なコンピュータを操作するよう訓練されるなら、次第にプログラマーは訓練され、アナリストはコンピュータの使用に習熟するだろう。やがて彼らは自分のインプットをもち、自身のデータベースを開発するだろう。つまり、ゲームに参入する障害は人間を訓練し、機械にアクセスすることである。初期段階ではリモート・アクセスが両者を用意する。間もなくミニコンピュータが、次いでより大きなコンピュータが続く。テレコンピュータがＬＤＣのコンピュータ化の発展をスローダウンさせるのではなく、加速化する。強力なミニコンピュータが存在する今日では、ＬＤＣに独立したコンピュータの仕事を拡大するのをチェックするような巨大コンピュータに投資する必要はない。この点に関してもっと重要なことは、データベースにあるように思われる。データベースの出版は、まだ初期の段階にある。多くの国がそれを行なう余地は大きく、多くの国がデータベースの出版をやるだろう。とはいうものの、この種の国際コンピュータコミュニケーション、すなわちデータベースからの情報の検索に関していえば、リードは永続的でなく、自己腐食的だというわれわれの一般的結論は、多分もう少し意味づけて行なわなければならないであろう。

(ii) 収支の均衡

カナダや英国のような先進工業国を悩ます別の種類の遠隔コンピュータ・アクセスがある。この悩みは、最も効率的なコンピュータセンターとＶＡＮを開発した企業家をもつ国は、国内のコンピュータセンターからサービス公社型の仕事を吸いあげるというものである。これは外国為替の損失と地方のコンピュータ設備を設置する機会の減少を意味する。

この点に関してはごく一般的にいって、どんな企業分野においても、ある国が他の国より効率的な仕事をするなら、その国はビジネスを得るだろうということがいえる。

このようなビジネスの喪失に対する1つの回答がユーロデータ・スタディによって示唆されている。外国の競争者は、自分の国の企業家のコンピュータにユーザーターミナルからアクセスするという私的なネットワークをもっている。もしコモンキャリアがその国ですべての国を結びつけるネットワークをつくることを果敢に行なえば、ユーザーはその国の中で多くの売手のコンピュータサービスを選ぶことができ、外国の売手はより多くの競争に直面することになるであろう。

同じ問題に対する伝統的な保護主義者のやり方は、海外のコンピュータサービスの購入を禁止するか、関税を課することである。コミュニケーションの場合には、国際回線より高い特別レートが適用される。

このような保護主義の政策は、非能率性を擁護し、自己改善へのインセンティブを失なわせ、消費者を不利な立場に陥れ、GNPを低下させる。これらの点は、過去数十年の間太西洋共同体において受入れられてきた考え方の一部である。

このような考えに対して、国防上の議論と幼稚産業の議論とがある。政府は、自国のコンピュータセンターに数年間有利な条件を付与することによって競争力をもたせたいと望んでいる。このような希望は、すでに述べた理由によって無駄であり、間違った指導であると思う。現在の英国の政策は、西欧のコンピュータ社会における英国の役割を高めるというよりは、むしろ減退させ、外国為替の稼ぎを失なわせていると考えられるし、FCCの規制も同じようにアメリカのデータサービスの売上げを減退させていると考えられる。

(iii) 主　　権

最後の恐れは、国際コンピュータ・ネットワークはデータの置場所を国外に移すことによって国家の主権に基く政策をないがしろにするのではないかとい

うことである。そのような場所があることは明らかである。人々は危険にさらされている国から安全な国へ移るし、独裁国から政治亡命した人は、彼らに寛容な民主主義国でジャーナルを出版する。女性は堕胎が合法な国に行くし、富者は課税されない国か、報告義務のないスイス銀行の勘定に貨幣を移す。同様にデータもまた、ある国に置いておくよりも他の国に移す方がよいと思う人がいるのである。

しかし、これらのことは国家の主権に対する重大な脅威を示すものなのだろうか。方向の定まらぬ政府の気まぐれさや圧力から逃れて他の国に移ることもできない世界を望んでいる人なんて僅かしかいない。このことは、移動が政府の統治能力を脅かすような規模で生じた場合にのみ問題になることを意味する。

データの流れに関しては、そのような脅威はないと思う。時として2つの恐ろしいことが例としてあげられることがある。その1つは、地球の資源に関するデータである。国連の最近の討論において、少数の国は衛星によって他の国の資源を観察することができ、開発権利の取得を申し出るとか、あるいは世界の食糧市場で安く買うためにその情報を使っているということがいわれている。しかし、勝ったことから得られる利益は、つねに主権の破壊に至るわけではないし、むしろそのような知識から利益を得る可能性の方がはっきりしている。米国がＥＲＴＳのデータに誰でもアクセスしうる政策をとっているのはこのためである。これは、第三勢力に対して好んで秘密にしておこうとする人々の議論になるようなことではない。現状ではそんな秘密は維持できないのである。もし問題があるとすれば、それはデータにアクセスする権利ではなく、衛星によって調べられた国が、すべてのデータを早く、十分に使用できるだけ物理的に受信できないという事実である。高速の国際データネットワークは役に立つものであって害にはならない。

いま1つの恐れは、多国籍企業がある国の市場にデータを置いたり、あるいは業務を行なったりすると、他の国では政府の効果的規制が妨げられるのではないかということである。しかしデータが多国籍企業によってホスト国の主権

が脅かされるような地点に移されるのを拒否するという意見は全くのところ本末顚倒のように思える。多国籍企業は、ホスト国の許可を得、ホスト国の暗黙の了解のもとにビジネスを行なうのである。政府が報告さるべきデータに課税するのを止めるものは何もないし、データのソースに関する記録を要求されても、それをとめるものはない。多国籍企業は、もし留ってビジネスを行なうとすれば、応諾する以外に殆んど選択する余地はないのである。どの国にデータを置こうと大きなちがいはない。国際コンピュータ通信は、データの産出を強いる政府を妨げるというよりは、むしろ助けることになろう。

問題の解決にとり組んでいる政府にとって、本当に問題となると考えてもよい唯一のデータの聖域は、多くの政府が採用しているプライバシーに関する法律に対するものである。クレジットのレートに関する報告を制限すれば、そのデータを欲しがっている他の国に情報が逃げることになる。プライバシーに関する立法措置の中で政府は、どんなに合法的なところに情報をストアしても、それを秘密にしておけるものではないといっている。これは励行するのが難しい要求である。しかし政府の規制の効果に限界があるということは、何も国家の主権に対する脅威になるわけではない。

客観的にみるならば、コンピュータ通信によって主権が脅威をうけるという問題について国が関係することは、指導を誤まるもとでお門ちがいのように思う。しかしながら、政治家の間でこのことが問題になる以上、コンピュータ通信が人類の利益になるようにするために働いている人々は、この問題についての展望を得るために貢献しなくてはならない。

国際コンピュータ・情報ネットワークに関する調査研究報告書 No. 1
——国際コンピュータネットワークの現状と見通しに関する調査研究報告書——

昭和50年9月

発行者　財団法人　日本情報開発協会　産業・エコロジー特別研究開発部

発行所　財団法人　日本情報開発協会（理事長 稲葉秀三）

東京都千代田区霞が関3丁目2番5号 霞が関ビル30階 電話 (03) 580 — 5324・5509

印刷所　（有）ＡＰ企画　東京都港区芝西久保巴町97番地　電話 (431) 0717