OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	大学間コンピュータ・ネットワークの実験システム
Author(s)	石田, 晴久
Citation	大阪大学大型計算機センターニュース. 1975, 17, p. 1-14
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/65269
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

大学間コンピュータ・ネットワークの実験システム

東京大学大型計算機センター　石田晴久

1．コンピュータ・ネットワークの目的

コンピュータ・ネットワークとはここでは「同種または異種の複数台のコンピュータを，データ通信回線を介して，“対等の”資格で結んだシステム」と考える。これで重要なことは，コンピュータ（ホストという）がお互に対等の資格でつながれていて，相互に仕事（ジョブ）を分担し合えるということである。これに対して，図1のような，いま盛んに使われているリモート・バッチ調（含ＴＳＳ）では，中央のコンピュータと端末コンピュータとの間には明白な親子関係があり，端末からは中央にジョブの依頼をするだけで，中央から端末へは処理結果を返すのみで，端末にジョブの依頼をすることはない。これはネットワークとの大きな差である。この観点からすれば，図1の点線をつなぐようなコンピュータ・ネットワークは，リモート・バッチ網から一段進んだ次のレベルのシステム概念であるということができる。コンピュータ・ネットワークは，広い地域に散在するコンピュータ（ホスト）をカバーするものになると，中間にある程度の数の中継コンピュータ（IMP＝Interface Message Processor）を置いて，メッセージの中継を行う必要が出てくるが，ネットワーク内のそうしたIMPを結ぶ部分，すなわちネットワークよりホストを除いた部分をサブネットと呼ぶ。日本では電々公社が新データ網としてディジタル回線によるサブネットを計画しているので，将来の日本の標準的なネットワークは電々公社のサブネットを利用するものになる可能性が強い。

それではコンピュータ・ネットワークの目的は何であろうか。これにはいろいろな考え方があるが，ここでは次のような点をあげておきたい。

(1) コンピュータのさまざまなリソース（資源）を共用する。ここでいうリソースとは，ハードウェア機能や周辺機器はもちろん，ライブラリ・プログラムやデータ・ベースなどをさす。

(2) データ通信費用をネットワークでプールして分担することにより，ひとつのホストのみにしばられることなく，1台の端末機からいろいろなシステムが容易に使えるようにする。

(3) （とくに同種のコンピュータ間では）ジョブをすいている方へまわすことによって，角荷分担（ロード・シェアリング）ができる。アメリカでは東と西で3時間の時差があることをこの目的に利用している。またＧＥ（クリーブランド・スーパー・センター）——電通ネットワークでは日米の時差を利用している。

(4) 全体として分散処理型のシステム構成をとり，システムの全体としての信頼性を高め（ど

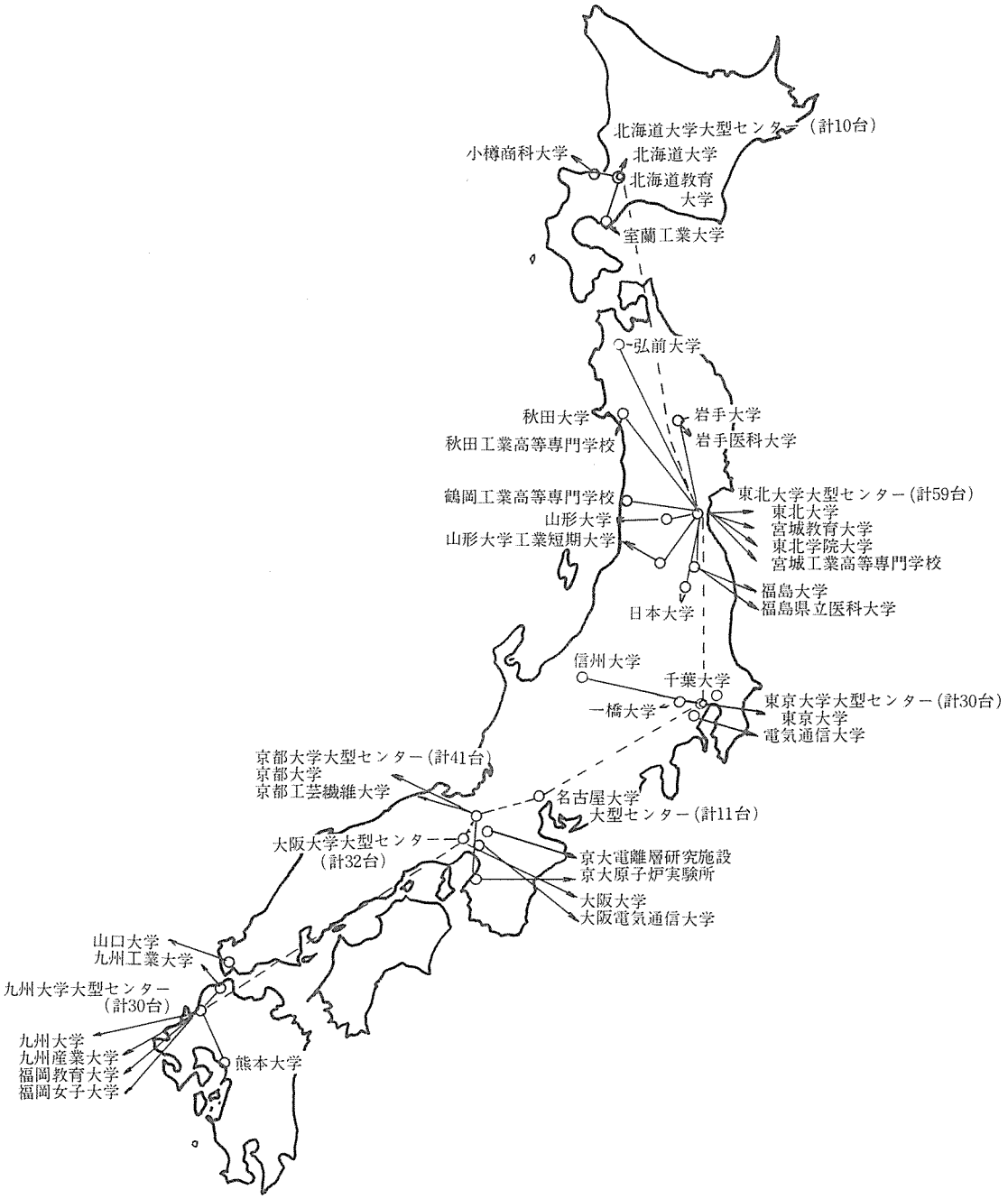


図１　全国共同利用大型計算機センターのリモート・バッチ網（1974年春現在）

れかがダウンしても他が使える), また機器の追加や変更の容易なシステムにできる可能性がある。

(5) ネットワークを通してユーザー間で情報の交換がやりやすくなるので, 広域での共同開発・共同研究が容易になる。

全国的に共用できる資源の例としては, 東大センターでは次のようなものがあげられる。

○大容量メモリ（ジョブ・クラスDでは仮想記憶上1500kW（6 MB）まで）

○超高速プロセッサ（HITAC 8800）

○大容量個人ファイル（1人最高8 MB程度まで）

○TOOL-IRシステム（Chemical Abstract 4年分の文献データ・ベースの検索）

○有機化合物結晶構造データ・ベース（5,000件, 他に結晶構造文献データ9,000件）

○PASCALコンパイラ（ALGOLの変種）

○LISPコンパイラ（バッシュ・コード法利用の高速コンパイラ）

○REDUCE-Ⅱコンパイラ（LISPにもとづく数式処理言語）

また音響カップラ付公衆網（電話網）用端末機をもつユーザの場合, 端末機はひとつのシステムにしばりつけになることはなく, そこから使えるリソースは現状では図2のようになるであろう。

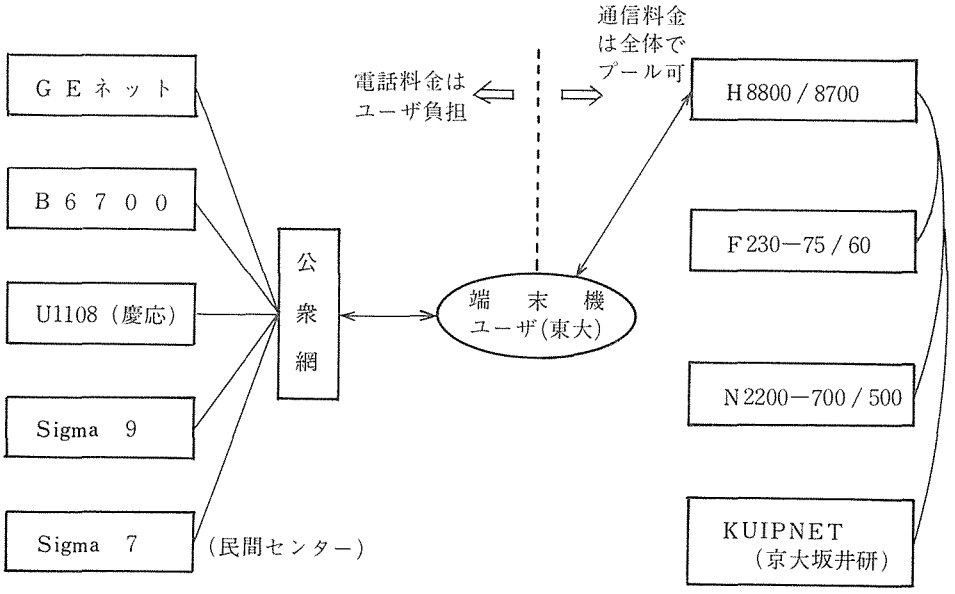


図2 端末ユーザからみたリソース

2. データ通信のコスト

前述のような目的が達成されればコンピュータ・ネットワークは確かに一歩進んだコンピュータ利用形態になるが, ネットワークを計画するに当っての問題のひとつはデータ通信のコス

トである。いま仮に4,800ビット/秒および48,000ビット/秒の電々公社の高速専用回線を用いて，表1のように札幌から福岡までをつなぐネットワークを作るとすると回線料金は表のようになる。このうち4,800ビット/秒の速度では，1字8ビット，120字/行，効率80%としても，4,800×0.8×60（秒/分）/（8×120）=240行/分となり，ラインプリンタ速度の数分の1にしか当らないから，ネットワークには遅すぎる。そこで48,000ビット/秒の回線を使うとすれば，表1のネットワークで回線費が年に1億5000万円にもなる。これは大型機1システムの年間レンタル料相当である。そこで仮にこの回線を通して大型機のシステム並みに月1万件強，年に15万件のジョブが処理されるとすると，1ジョブ当りの回線費は 1,000円となり，1ジョブの入出力量を平均 1,200レコード（東大リモート・バッチの平均）とすると，1レコード（カード1枚または印字1行，後述のパケットに相当）当りは1円弱となる。これで分るように専用線を利用するのでは交信量(トラヒック)が非常に多くない限り通信コストがかさみすぎて，ネットワークのメリットは出てこないであろう。

都　市	国鉄距離	電々距離	4800月額	48000月額
札　幌	822km	534km	89万円	320万円
仙　台	352km	302km	59万円	210万円
東　京	366km	269km	59万円	210万円
名古屋	148km	106km	25万円	110万円
京　都	43km	43km	15万円	80万円
大　阪	620km	492km	89万円	320万円
福　岡				
月合計	2,351km	1,746km	336万円	1,250万円
年　額	———	———	4,032万円	15,000万円

表1　全国7都市間のデータ通信費

そこで欲しくなるのが，高速で料金は従量制のデータ通信網（サブネット）である。今後電電公社が提供するディジタル回線網はそれに当る。東大大型計算機センターのリモート・バッチ網で，表2にも1部示すようにレコード当りの回線料金が0.06（電通大）～¥1.36(法政大)であることを考えると，将来の電々の新データ網でも料金単価はこれ以下であることを希望しておきたい。

なお48,000ビット/秒の回線で，回線効率を50%とすると，有効なデータ速度は24,000ビット/秒だから，カード300枚（東大のリモート・バッチ・ジョブでの平均）を伝送するには，

$$\frac{300\text{枚}\times 80\text{バイト/枚}\times 8\text{ビット/バイト}}{24{,}000\text{ビット/バイト}} = 8\text{秒}$$

また印字出力 900行（東大での平均）を伝送するには，

$$\frac{900\text{行}\times 132\text{バイト/行}\times 8\text{ビット/バイト}}{24{,}000\text{ビット/秒}} = 40\text{秒}$$

したがって入出力を同時に並行して送ると当然出力がネックになって，伝送可能リモート・バッチ・ジョブ数は1時間当り90ジョブ程度となる。ついでにいえば1MB（メガ・バイト）の

表2　リモート・バッチ処理の実際

大　　学	電気通信大	信州大学	千葉大学
距離	19km	179km	33km
専用回線料金(月)*	¥74,200	¥359,200	¥118,200
最多利用月	2月	2月	1月
利用者数（月間）	27人	55人	22人
入力レコード数	327,757	271,231	85,140
出力レコード数	859,753	836,938	270,773
合計レコード数	1,187,510	1,108,169	355,913
ジョブ数	960件	816件	365件
レコード/ジョブ	1,237	1,358	975
回線料金/レコード	¥0.06	¥0.32	¥0.33
回線料金/ジョブ	¥77	¥440	¥324
新専用回線料金(月)**	¥58,200	¥271,200	¥106,200

（＊ 2400ビット/秒で両端のモデム2台の借料も含む）
（＊＊今度改訂されて2割程度安くなる）

ファイルを転送するのに要する時間は約5分である。

3．新データ網の利用

さてわれわれの大学間ネットワークの実験システムでは，サブネット（データ交換網）としては，電々公社の新データ網を利用することにしている。これは軍がスポンサーになっているアメリカのARPANETの場合と異り，日本の大学では，われわれがIMP（メッセージ・スイッチングやルーティング〔最適経路の選択〕のための中継用ミニコン）を全国的に設置し，それの維持あるいは将来の技術的改善を続けて行くことは非常に困難だと考えられるためである。そこで，折よく電々公社が新データ網を計画しているところから，われわれとしては公社にできるだけ設計上の注文をつけ，現場試験の段階からサブネット作りに参加して，われわれにとっても不都合でないサブネットができるよう努力すべきだと考えるわけである。

電々公社の新データ網では，伝送はオール・ディジタルのパルスの形で行われて，従来の回線（アナログ）より経済的で信頼性が高く，データ通信は表3のように回線交換方式とパケット交換方式の二つの方法で行われる予定になっている。このうち回線交換方式は，現在の電話のように，必要な時に相手コンピュータを呼出して必要な時間だけ使い，終れば接続を切る方式である。(ディジタルのため接続所要時間は0.5～1.5秒と短い。) これに対し，パケット方式の方は，メッセージを1個づつパケット（packet，小包の意）として独立に送る方式で，いわば回線をパケット毎に切替える方式と考えてよい。メッセージが長い場合は，それが何個かのパケットに分割されてバラバラに送られることもありうる。パケットは一般には1個毎に別々の伝送ルートで送られることがありうるので，網内の混み方によって伝送時間が左右され，後発のパケットが先発のパケットより速く目的地につくこともありうるが，電々公社の新データ網では最終の交換局でパケットの順序を元通りに並べ変えた上で（これをリアセンブリと呼ぶ），相手ホストに届けるように計画されている。これだとホスト側でリアセンブ

方　　式	回線交換	パケット交換
用　　途	リモート・バッチ ファイル転送	TSS オンライン
料　　金	時間比例制	パケット単位
スピード	回線速度の通り	遅れありうる， スピード変換可
誤り制御	網内ではなし	網内で行う
伝送手順	自由	網に規定される

表3　回線交換とパケット交換

リする必要はなくなるが，長いメッセージと短いパケットに分割したり，短いパケット群をメッセージに組立てたりするという意味のディスアセンブリ / リアセンブリはホスト側の仕事になる。

次に回線上の伝送制御手順としては，これからのネットワークでは世界的にダブル・ナンバリング HDLC（High-level Data Link Control）手順が使われる気運があるが，われわれの実験システムでも，この方式を採用している。この方式は図３のように両方向に同時にデータがどんどん送れる全２重通信向きになっている。ここで Pm，n の形の二つの番号（ダブル・ナンバー）のうち，mはこれから送るP側のデータ番号，nは「相手からn－１番までのデータは確かに受取った。次はn番のデータを送れ」ということを表わす番号である。したがって，この方式では毎回受取確認の信号を出す必要はなく，時々まとめて確認情報を伝えればよいから，全２重性と合せて伝送効率は非常に高くなる。

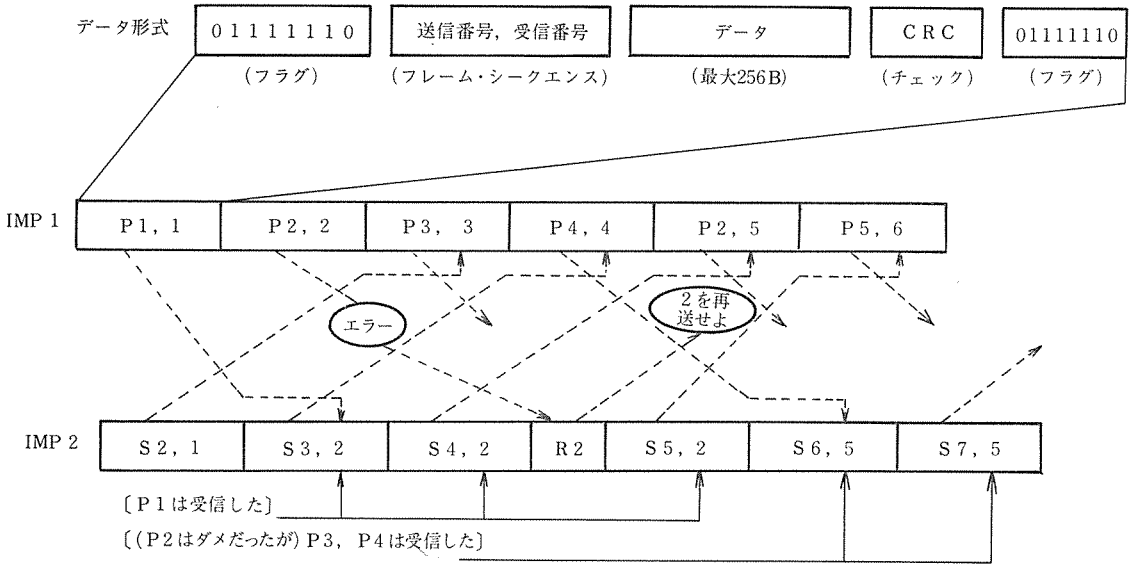


図３　ダブル・ナンバリング方式による高水準データ・リンク制御（HDLC）手順（ネットワーク用）

さらに HDLC では，１連のデータ（フレームと呼ぶ）の区切りを示すフラグだけが 0111111110という特殊なコードになっていて，他に伝送制御のための特殊コードはない。しかもこのフラグのパターンがデータの中に現われるのを防ぐため，データの中では，

01111111　→011111011
01111110　→011111010
01111101　→011111001
発信時にそう入↗　↘受信時に除去

のように１が５個続いていたら，発信時に強制的に（ハードウェアで）０を入れ，受信時には５個だけ続いた１の後の０は取り除くという規定を設けている。したがって HDLC方式では，

フラグのパターンも含めて，データとして任意の２進パターン（コード）が伝送できる。これをコード・トランスペアレンシーと呼ぶが，これもHDLCの大きな特徴である。こうしたHDLCはSDLC(Synchronous Data Link Control)という名でIBMの新しいデータ通信系すなわちシステム・ネットワーク・アーキテクチャ(SNA)でも統一的に採用されており、今後国内のコンピュータ・メーカーも追随するものとみられている。

4．実験システムの構成

次にわれわれのネットワーク実験システムの構成を図４に示す。これは東大電子工学科猪瀬研究室と共同開発中のシステムである。図の左上のホストにはフロンド・エンド・プロセッサ(FEP)として通信制御用にミニコンを接続したが，そのインターフェースは日本情報処理開発センターのJIPNETとほぼ同様とし，ホスト側とFEP側に分離した。これはホストが別のコンピュータでもFEPアダプタは共通にできるようにするためで，ホストの特異性はホスト・アダプタで吸収している。またホストの負担を軽くするためホストとFEPの間の転送は半２重（一時には片方向のみ伝送）にしてある。両アダプタのコンピュータ側はチャネル接続になっており，ひとまとまりのデータの転送はCPUが介入することなしに可能である。

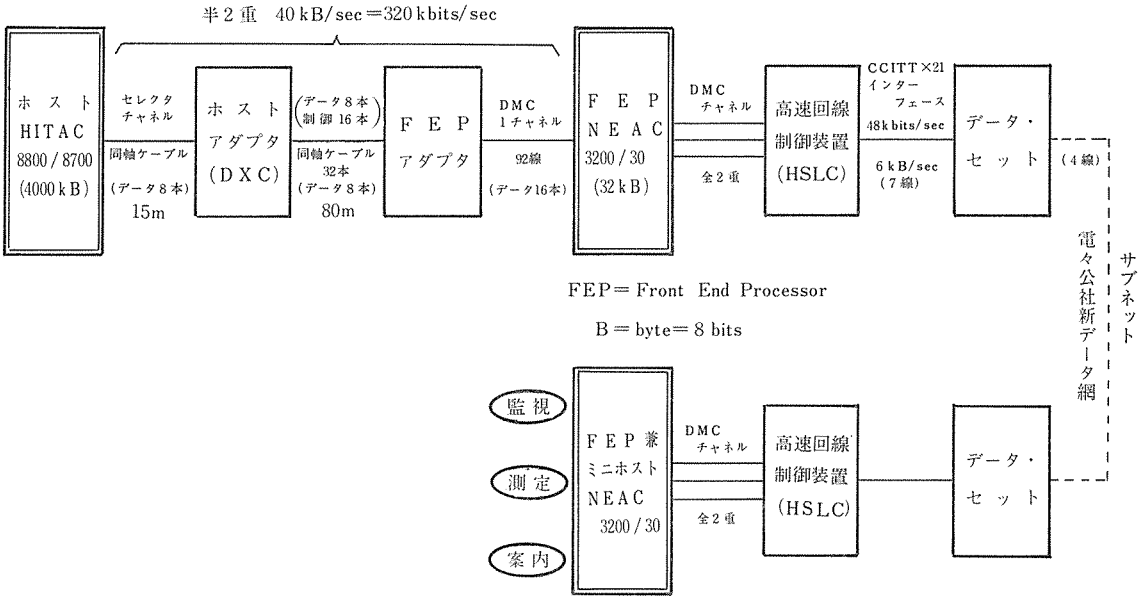


図４　コンピュータ・ネットワークの東大実験システム

一方FEPの回線側は，HDLC制御のためのチャネルHSLC(High Speed Line Controller)およびデータ・セットを介してサブネットにつながる。このHSLCは0111111110のフラグ・パターンの付加や除去，１が５個続くデータへの０の付加や除去，チェック(Cyclic Redundancy Check)のための16ビットの情報の付加および検査などの機能をもつ。またデータ・セットは従来のモデム（変復調装置）に代るものであるが，回線がディジタルなため変復調は必要でなく，

単なるディジタル・インターフェースであるが，相手コンピュータをパルス列（文字列）で呼出す文字ダイヤルの機能をもっている。この種のデータ・セットには将来は端末機を直接つなぐことも可能になるであろう。

次に図4の下側に示したのは，他センターのホストの身代りをするミニコン（ミニホスト）で，当面学内実験に使うためのシステムである。京都大学大型計算機センターの FACOM 230—60とわれわれのホストは，電々公社の現場試験用の試験的回線を通して明年（1976年）夏には接続できる予定であるが，そうなればこのミニホストは，ネットワークの監視や性能測定さらには他システムの使い方に関する情報を提供する案内サービスなどに使うつもりでいる。

5．プロトコルとネットワーク・ソフトウェア

ネットワーク利用のためのソフトウェアの方は，図4のシステム構成に対応して，ホスト内のものと FEP内のものとが必要となる。このうちホストの OS（オペレーティング・システム）に組込れる部分をネットワーク制御プログラム（NCP）という。この NCP や FEP プログラムを設計するには，その前にシステムの各要素間でどんな形式および手順でメッセージの送受を行うかをきめておかなければならない。こうした約束事をネットワークではプロトコル（元義は外交上の議定書）と呼ぶ。一般にプロトコルの設定には，当事者間（研究開発グループ内，各センター間，電々公社との間など）の打合せと合意を要する。このためプロトコルをどう設定するかはネットワークの開発の中でもっとも重要な事項であるとともにもっとも厄介な問題にもなっている。図5に示すようにプロトコルにはさまざまな階層（レベル）のものがある。先に述べた HDLC 手順は FEP—FEP プロトコルの1部である。

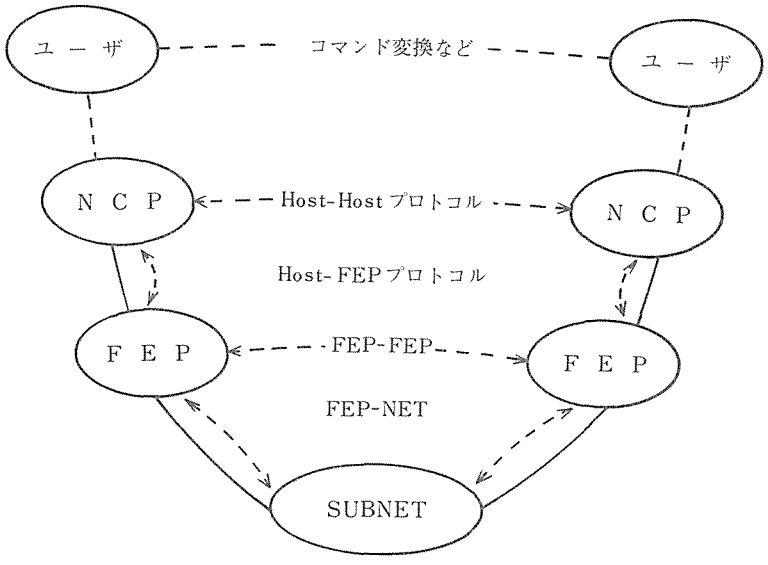


図5　プロトコルの階層（Host-FEP プロトコルはセンター毎に異ってよい）

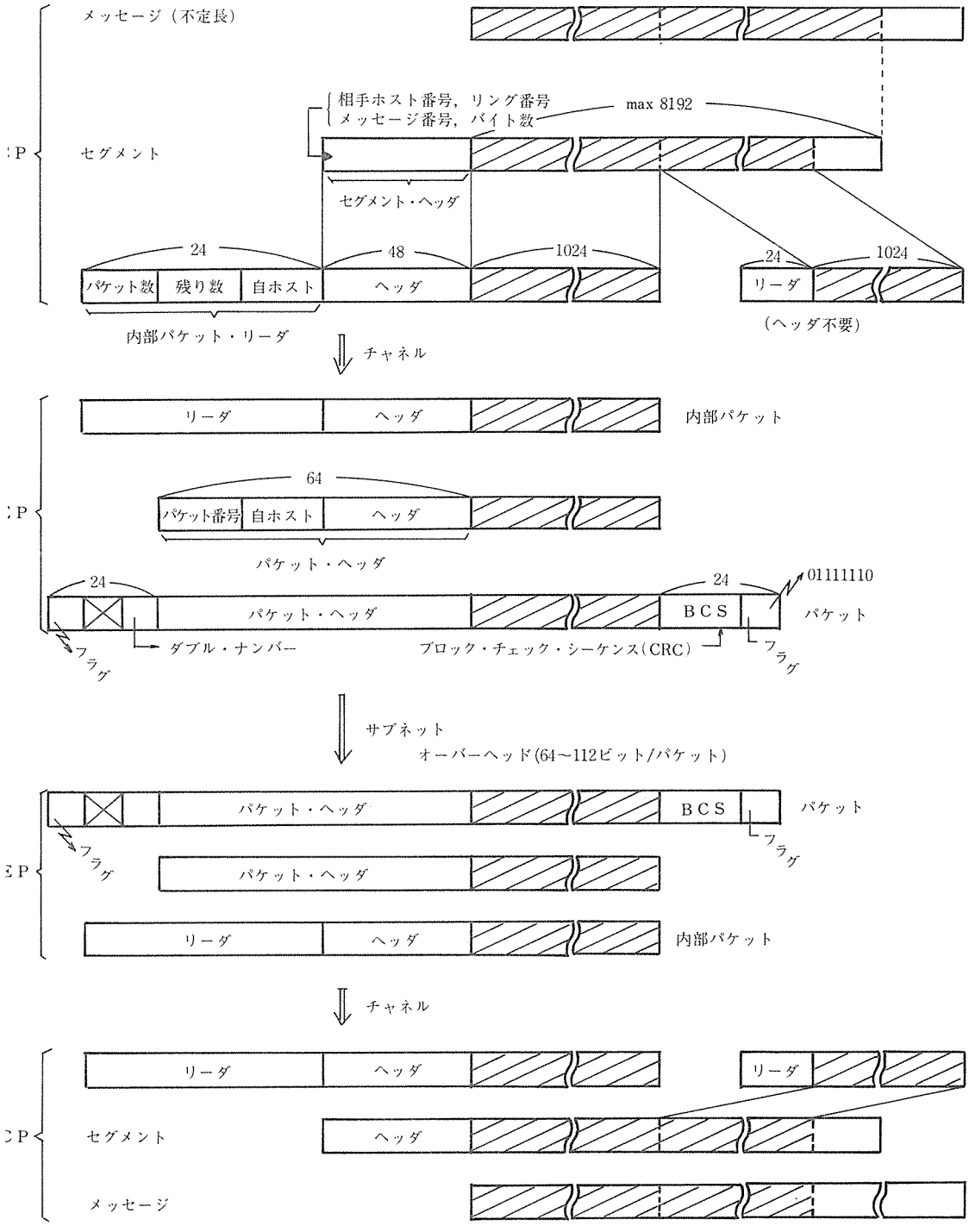
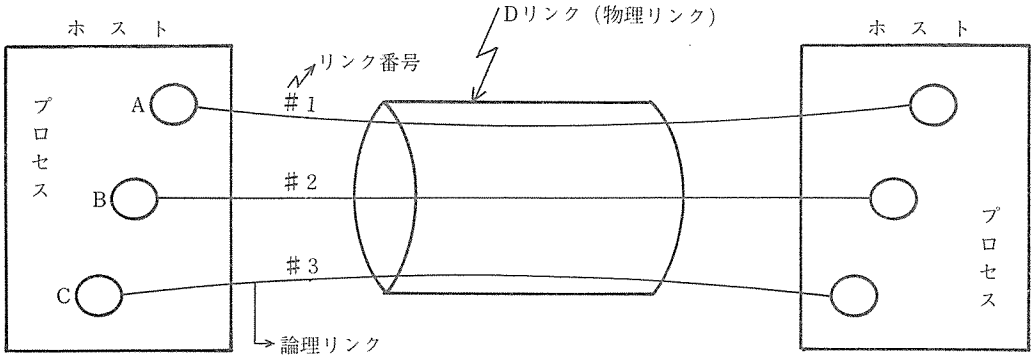


図6　NCP および FEP でのデータ形成

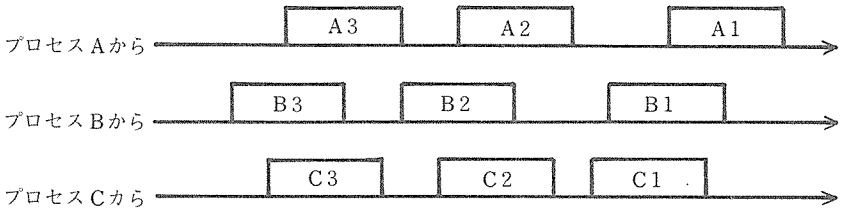
次にNCP（ホスト）およびFEPプログラムでのデータの形式を図6に示す。われわれのシステムでは，パケットは回線交換にも適用する概念として使っている。この図6で分るように，一般に不定長のメッセージは，長いものは切って，短いものはいくつかまとめてセグメントという単位に直される。このセグメントは次にパケットに分解されてサブネットにのせられてゆく。

こうしたデータを伝送するときに重要なのがリンクの概念である。リンクには物理リンクと論理リンクとがある。従来の普通のTSSやリモート・バッチでは回線速度が遅いこともあって，この両者の区別がなく，1回線上では1時にはひとつのジョブ（ジョブの走行状態をプロセスと呼ぶ）のデータしか流さないようになっている。これに対してネットワークでは，回線は物理的には1本でも，図7(a)のように論理的には複数の回線すなわちリンクがあるものと考える。そうすると，とくにTSSのような場合には，図7(b)のように同時に三つのプロセスからのデータが3本の論理リンク上を同時に流れる事態が生じうる。回線が物理的には1本だとすると，物理的なデータの流れは図7(c)のようになる。これをメッセージの多重化と呼ぶが，

(a)　1本の物理リンクと3本の論理リンクの場合



(b)　論理リンク上のメッセージの流れ



(c)　物理リンク上のメッセージの流れ

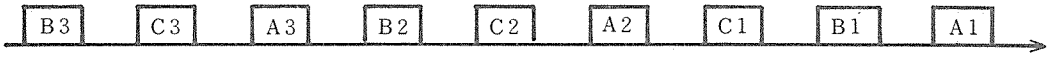


図7　物理リンクと論理リンク

このような考え方をとれば，１本の回線を多数のジョブ（プロセス）で同時に使うことが可能となる。図６のリンク番号は図7(a)のと同じである。

しかしその代償として，各メッセージが長くて多数のパケットから成る場合には，各論理リンク毎に，各メッセージに属するパケットを一時的に保持しておいてそれらをまとめてメッセージにしてホストに渡す必要から，パケットを保持するためのバッファー（一時的な格納場所）がNCPやFEPあるいはサブネット内のIMPにたくさん必要となる。そこでこのバッファーをできるだけうまく管理することがネットワーク用ソフトウェアの非常に重要な機能のひとつとなるわけである。一方メッセージ多重化はIMPのバッファーを多数要することから，これはデータ通信料金にも反映され，論理リンクの数により料金が異るようになる可能性がある。なお回線交換にもパケットの概念を適用するのは，バッファー１個の大きさを余り長くない一定長（1024ビット＝128バイト程度）にして管理したいためで，パケット長をバッファー長に合せればこれが楽になる。

次にNCPおよびFEPプログラムのもつべき機能を簡単に述べてみる。

(A) ネットワーク制御プログラム（ホストNCP）

あるホスト（東大）から他のホスト（京大）にリモート・バッチ処理を依頼する場合，ユーザはたとえば次のようにジョブを構成する。

```
// JOB
// NETWORK  KYOTO
$ KJOB
  ……
  ……
$ JEND
// END
```

京大ジョブのデック構成

この場合，このジョブが実行されてNETWORKコマンドが解釈されたところで制御はNCPに渡る。そこでNCPで，サブネットを通して京大センターを呼出して，リンクを確立した上で$ KJOBから$ JENDまでのジョブ内容を京大センタに送出し，終ったところでリンクを切断する。このためのホスト・ホスト・プロトコルを図８に示す。この場合京大での処理結果はこのジョブが東大側で終った後で，もうひとつ別のジョブを東大システムで走らせて取出すか，適当に京大から送ってもらうかのいずれかになる。上述の$ KJOBや$ JENDなどの制御コマンドは東大システムの // JOBのままの形で書いておいて，京大へ送出する前に京大型の$ KJOBなどに自動的に変換することもある程度は可能で，われわれはそのためのプログラムも用意している。

またTSSの場合，東大の端末ユーザが京大のTSSを使うというようなときは，東大ホスト

のNCPは，端末と京大TSSとの交信を自システム内でただ素通りさせるという機能も提供しなければならない。そのほかNCPでは，図6のようにメッセージ・セグメント・内部パケットの相互変換を行う必要もあるのは当然である。さらに論理リンクは1台の相手ホストの間に同時に複数個できるだけでなく，2台以上の相手ホストとの間に同時に張られることもあるから，NCPはそうした制御もしなければならない。NCPは現在HITAC8800/8700のOS7に組込むべく開発中であるが，すでに完成しているOSに組込むため，OSとのインターフェースをとるのがかなり厄介である。

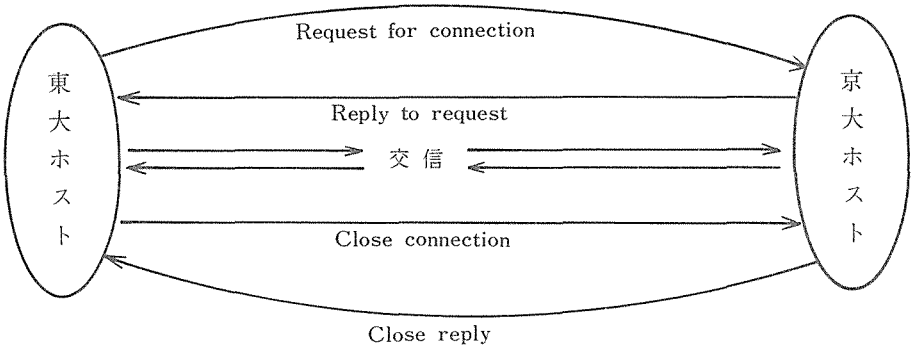


図8　ホスト・ホスト間制御コマンドの例

(B) フロント・エンド・プロセッサ（FEP）のプログラム

われわれのFEPプログラムはMINEX（MINi EXective）と呼ぶ自作のOSのもとではたらくソフトウェアで次のような機能をもつ。

① HDLC手順に従って他のFEPとの間でサブネットを通してパケットの送受信を行う。これにはエラー時の再送機能なども含まれている。

② パケットと内部パケットとの相互変換を行う。

③ Host-FEP間プロトコルに従って，自ホストの間で内部パケットの送受信を行う。

④ 自ホストからのパケット総数や残りパケット数の指示（図6参照），あるいは他FEPからのバッファー割付け指示などに従ってバッファーの管理その他の制御を行う。

⑤ 内部パケットをプールし，行先毎に振分ける。

⑥ パケットの数，ホストの混み具合などを測り，他FEPに通知する（これをバックグランド・タスクという）。

なおわれわれのFEPは単なるフロント・エンドであり，IMPではないので，ルーティング（最適径路選択），メッセージ・スイッチング，狭義のリアセンブリ（パケットの順序直し）などは電々のサブネットまかせで，FEPでは行わない。このFEPプログラムも目下開発中である。

6．ネットワークを前提とした広域システム設計

大学間コンピュータ・ネットワークは来年に予定される東京ー京都リンクを筆頭にして，今後徐々に全国に広まってゆくものと思われる。そこでこうした前提に立てば，これからの大型計算機センターをはじめとする各大学部局のコンピュータ・システムのあり方はネットワーク利用の可能性を含めて検討する必要が出てくる。

コンピュータをネットワークにつなぐ際，負荷分担や高信頼性の立場からいえば，コンピュータの機種は各センターで同一の方がよい。しかし現実には，機種は同一であっても，システム構成，運用パラメータ，ライブラリなどが異れば，ジョブを直ちに右から左にまわすというわけにはゆかず，システム相互間の互換性はそう簡単には実現できないのが常である。

一方，ネットワークの資源共有の立場からいえば，各センターの機種はむしろそれぞれ別で，お互にできるだけバラエティーのあるものにすべきだといってよい。今後はむしろネットワークは機種の多様化をうながすというこの考え方の方が重要であろう。そうだとすれば，各センターが特徴あるシステム作りを行い，学術データ・ベース・システム，アレイ・プロセッサ，高速フーリエ変換プロセッサ，画像処理プロセッサ，連想プロセッサといったものを全国共同利用設備として分散配置することも考えるべきだと思われる。日本の大学の各システムの現状のままでは，ネットワークで結んでもお互に共用できるリソースは非常に少い。

次に大学間ネットワークができるようになると，その管理体制も考えなければならない。これも現状のままなら，複数のセンターを利用するユーザは，各センターにいちいち申請して利用許可をえなければならないし，課金も各センター毎に行われることになり，ユーザにとってはわずらわしいであろう。またデータ通信料金を全国的にプールするとなるとその経費分担の方法は前例がないだけに新たに考えなければならない。いずれにせよ何らかの新しい管理体制が必要なことは明らかである。

さらにネットワーク固有の要請としては，ネットワーク運用のために大学間ネットワーク内にも次のようなコンピュータが必要になるであろう。

(1) ネットワーク情報センター …… 共用できる資源や他センター・システムの使い方などについての情報を提供する。

(2) ネットワーク監視センター …… 各センターや回線の混み具合，ダウン状況などを常時把握しておき，ユーザに知らせる。

(3) ネットワーク測定センター …… ネットワークの使われ方を常時把握して，ネットワーク管理者に知らせる。

こうしたシステムの運用にもまた新しい管理体制が必要である。

最後に本稿をまとめるに際し，その内容の大部分が，東大電子工学科猪瀬教授，浅野・片山両氏，東大センター長谷部助手，小野氏などとの共同研究によるものであることを付記し，これらの諸氏および電々公社の関係諸氏に謝意を表する次第である。このグループの検討結果に

ついては文献4を参照して頂ければ幸いである。

参考文献

1．安井　裕：コンピュータ・ネットワークと大型計算機センター，大阪大学大型計算機センター・ニュース，No.15，pp.1—18（1975）

2．高月敏晴：広域電子計算機網〔Ⅰ〕〔Ⅱ〕〔Ⅲ〕，電子通信学会誌，No.5，6，7（1974）

3．IBMのシステム・ネットワーク体系，日経エレクトロニクス，pp.66—79（1974.12.30）

4．ネットワーク計画委員会：大型計算機センター間コンピュータ・ネットワークの構成に関する研究，科研費特定研究・広域大量情報の高次処理研究報告，pp.276—298（1975年3月）