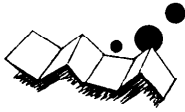


## 解説

## パケット交換技術の応用



## I. 公衆パケット交換網の利用†

—大学間コンピュータ・ネットワークにおける実例—

浅野 正一郎†† 安永 尚志†††

北川 一†††† 田畑 孝一††††† 三木 康生††††††

## 1. はじめに

日本電信電話公社によってサービスが開始される新データ網を利用して、全国7ヵ所の大型計算機センターをはじめ、種々の学術用情報資源を共用する学術情報システムの実現性を実証することを目的として、実験的コンピュータ・ネットワークの開発が行われている<sup>1),2)</sup>。

この開発計画は、東京大学、京都大学および電電公社の協同研究として行われており、N-1プロジェクトと仮称されている。本計画は、回線交換およびパケット交換サービスを提供する新データ網を介して大型計算機センター相互間を接続しようとするものであるが、そのためのシステム構成、ハードウェアおよびソフトウェアの開発が行われ、実証実験を通じてその実現性が確認されている。

コンピュータ・ネットワークによる情報資源の共用は多岐にわたっているが、これを負荷配分、ファイル転送、リモート・バッチなどメッセージ長の長い形態と、TSS、オンライン・ファイル・アクセスなどメッセージ長の短い形態とに大別することができる。前者については回線交換が、後者についてはパケット交換

が有利であり、また将来音声、画像などのデータのリアル・タイム処理が行われる場合には回線交換が不可欠であるなどの理由から、本計画では両交換方式を対象として開発を進めてきた。実証実験は電電公社の新データ網開発計画と協調して、第1期は回線交換、第2期および第3期はパケット交換について行っている。

ここでは、学術用コンピュータ・ネットワークとしての公衆パケット交換網の効用、本計画における公衆パケット交換網の利用方式を解説し、さらに第3期実証実験において測定した公衆パケット交換網の諸特性について述べている。

## 2. 公衆パケット交換網の効用

## 2.1 経済的実現性

高度の学術研究の目的に対応できる多様なサービスを、随時しかも十分な経済的実現性をもって達成することは、本計画の重要な課題となっている。

学術研究には多種多様な需要は常時存在しているが、現状ではそのトラヒックは専用線の経済性を支持するほど大きなものとは見込めず、また専用網を維持管理するための経費と人員を常時要することの困難さを考慮すると、海外の例にみられるような専用線によるネットワーク構成よりも、公衆交換網としての新データ網の利用によるネットワーク構成がより適切な方策と考えられる。

このような特質は、公衆交換網の一般的特性であるが、学術研究の分野においては、ネットワークを構成しそれを維持することが本来の目的ではなく、ネットワークを介した高度の情報処理を促進することが狙いであるために、そのような経済的実現性を最大限に發揮することが有効となる。

† Utilization on Public Packet Switched Network — An example of inter-university computer network — by Shoichiro ASANO (Institute of Space and Aeronautical Science, University of Tokyo), Hisashi YASUNAGA (Earthquake Research Institute, University of Tokyo), Hajime KITAGAWA (Data Processing Center, Kyoto University), Koichi TABATA (Department of Information Science, Kyoto University) and Yasuo MIKI (Musashino Electrical Communication Laboratory, N. T. T.).

†† 東京大学宇宙航空研究所

††† 東京大学地震研究所

†††† 京都大学大型計算機センター

††††† 京都大学情報処理教育センター

†††††† 日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所

公衆パケット交換網はまた、1つの加入者線で多数のネットワーク・ノードとの通信を同時に可能とするという意味で、優れた接続性を有する交換網であるが、このような属性も学術情報ネットワークの拡大に有効と考えられる。

## 2.2 国際標準への適合

新データ網のパケット交換網は、CCITT 勧告 X.25 に準拠したものとなっている。X.25 は物理的インタフェース、リンク・レベル・プロトコルおよびネットワーク・レベル・プロトコルを規定しているが、その検討に当っては、近年の技術要素が積極的に採り入れられており、コンピュータを含めた各種 DTE と網との間で実現上の配慮が十分になされたインタフェースとなっている。

学術情報ネットワークでは、学内の装置間の接続のように、必ずしも新データ網を介さずに接続されることも考えられるが、その際にも例えばリンク・レベル・プロトコルとして X.25 で規定しているのと同様な HDLC 手順が適用可能である。このように、国際動向に従った最新の方式が X.25 に採用されているため、その方式をローカルに応用することも可能となっている。同時に、X.25 は前述のごとく機能別に階層化されて規定されているため、その一部を流用する場合にも、ソフトウェアの共用が容易である。

一方、ISO においては X.25 より高位までの機能の階層化とその標準化が検討されているが、現存する各社の多様なネットワーク・アーキテクチャに対しても公衆パケット交換網の利用と、その高位の機能設定に何らかの標準として適用されるものと期待されている。このような国際標準に準拠した製品が開発されることにより、学術情報ネットワークの構成がより容易になることが予測される。さらに国際標準は公衆通信サービスとして TELENET, TYMNET, DATAPAC, TRANSPAC, EURONET などにも生かされ、また一部では国際間サービスも進展しており、国際標準を背景にした学術情報ネットワークの国際化も十分に可能であるといえよう。

以上は共に公衆パケット交換網が国際標準に準拠し、また回線交換よりも数多く公衆サービスが各国で実施されていることにより得られる特質といえるが、これらは学術情報ネットワークとしても十分に活用すべきものと考えられる。

## 2.3 付加機能

公衆パケット交換網では、パケット端末が網に接続

できるだけでなく、CCITT 勧告 X.28 に準拠した方式で非パケット端末を PAD によりパケット交換網に収容して、コンピュータ (パケット端末) との通信が可能となる。さらに、非パケット端末を PAD に接続する方式として、単に PAD への加入者回線によるだけでなく、公衆電話網を介する方式も検討されている。

学術研究分野では、比較的低価格の簡易端末が広く使用されており、従来はサービスを受ける HOST やその周辺に設置されている装置が、端末の差異を吸収しつつ処理を行っていた。これは、いわば自営の PAD 装置と見なすことができ通常 TIP (Terminal Interface Processor) と呼ばれている。このような形態は、TIP を独自に開発し運用せざるを得ないばかりでなく、TIP に収容される端末が遠方の HOST とも交信する場合には、近くの HOST の資源を単に情報転送の目的で無駄に使用する結果となり、望ましいものとはいえない。

PAD は、このような現状の問題を解決するものとして期待されており、また公衆電話網経由による PAD 接続により接続加入の負担が低減され利用性が向上する点や、HDLC 手順またはベーシック手順を使用する高機能端末の PAD 接続が標準サービスに含まれようとしている点をあわせて、学術情報ネットワークにとって有効な装置として位置付けられよう。

さらに、近年公衆パケット交換網の機能を拡充して、通信処理を網内で実現しようとする検討も行われている。ATT が発表している ACS (Advanced Communication Service) はこの一例と考えられるが、そこではパケット・モードの基本データ転送機能 (Call Feature 通信) に加えて、広汎なメッセージ通信、データ・エントリあるいはリモート・バッチなどを応用形態とするメッセージ転送機能 (Message Feature 通信) が可能となり、さらに端末が相手とする HOST プロトコルの仮想化 (Emulation) や、顧客の利用形態に応じてメッセージをチェック、編集し無駄な通信を省く顧客控え機能 (Customized Message Application) なども機能に含まれるとしている。

このような、より高度の付加機能の実現は将来のことではあるが、学術情報ネットワークにとってさらに有効な公衆パケット交換網になり得る期待を持たせている。

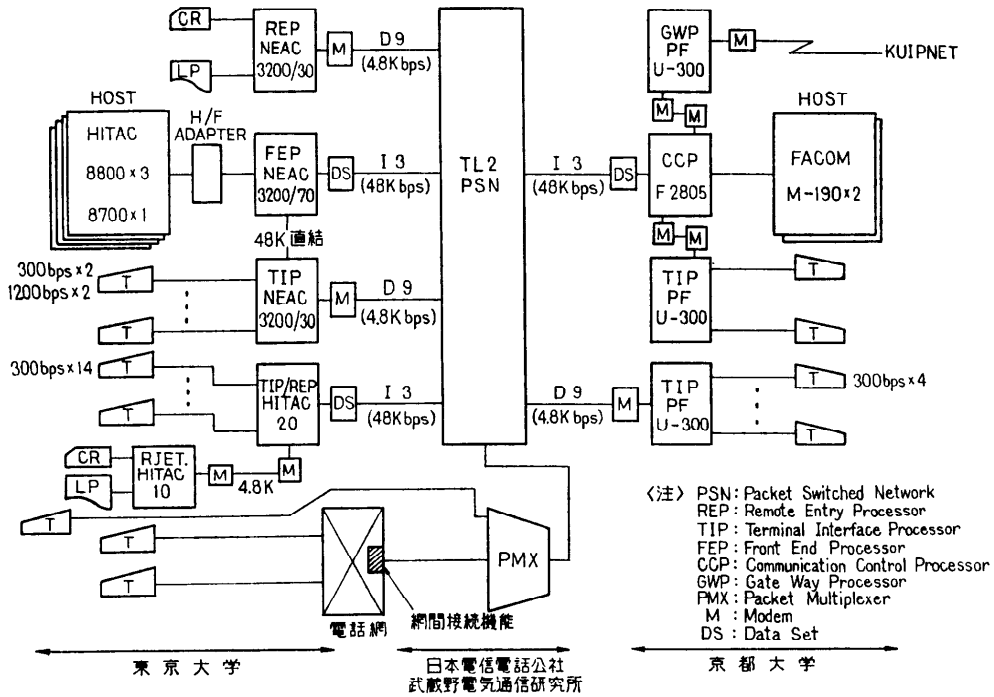


図-1 ネットワーク・システム構成 (昭和 53 年度)

### 3. 大学間コンピュータ・ネットワークにおける公衆パケット交換網の利用

#### 3.1 システム構成

N-1 プロジェクトは、電電公社の新データ網開発計画と協調して、第1期は回線交換、第2期および第3期はパケット交換について実証実験を行ってきた。

図-1 は、昭和 53 年度に行われた第3期のパケット交換による実証実験システム構成を示している。東大および京大の大型計算機センター所属の計算機 (HOST) は、FEP あるいは CCP を介してパケット交換網 TL2 に接続されている。さらに学内端末をネットワークに収容する装置である TIP、リモート・パッチを実現する REP、その複合形である TIP/REP が TL2 に接続され<sup>3)</sup>、また京大インハウス・コンピュータ・ネットワークとして開発された KUIPNET が CCP, GWP を介して接続されている。

パケット交換網 TL2 は、公衆パケット交換網のサービス開始に先立って、CCITT 勧告 X.25 に準拠した網の諸問題の解決のために実現された試験網であり、電電公社武蔵野電気通信研究所に設置されている。また、TL2 には非パケット端末の収容を行う PMX

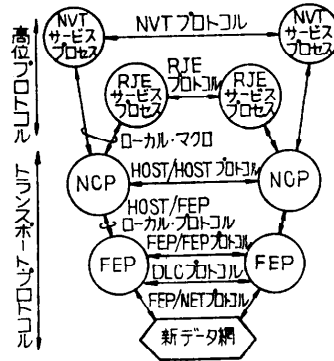


図-2 N-1 ネットワークのプロトコル構造

(PAD 機能と集線機能を備えている) も接続されている。さらに PMX に公衆電話網を経由して端末を接続する実験もあわせて行われている。

#### 3.2 プロトコルの概要

図-2 はN-1 ネットワークのプロトコル構造を示している。トランスポート・レベルの機能を利用する高位プロトコルとして、RJE プロトコルと仮想端末 (NVT) プロトコルが用意されている。前者は、RJE サービスを提供・利用するに最低限必要と考えられる機能を、主としてコマンド/レスポンスの体系で整備

したプロトコルである。一方、後者は、端末プロセスおよび端末間交信を広く行いうるよう、仮想端末とその動作を定めたプロトコルであり、現在は端末からの TSS に適用されている。

トランスポート・レベルの最高位である HOST/HOST プロトコルは、プロセス間の論理的通信路（リンク）の確立および解消、リンク上の情報転送、フロー制御などの方式を定めており、これらの機能はネットワーク制御プログラム（NCP）が実現している。本プロトコルは、リンクを片方向通信路としていること、リンクの確立・解消手順に HDLC の思想を導入していること、フロー制御にウィンドウ方式を採用していることなどの特色をもつ。

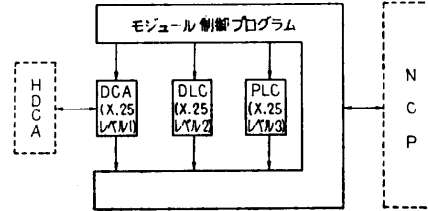
FEP/FEP プロトコルは、データ送出に際する使用回線の選択、パケット網のバーチャル・サーキットや回線交換回線の設定・解放に関する指示制御、これらに対するリンクの多重化制御などを定める一方、ネットワーク内の障害検知の手順をも定めている。

FEP/NET プロトコルは、新データ網とのインタフェースの規定であり、パケット交換に対する X.25 の 3 レベルから成るプロトコルを定め、回線交換に対してはフェーズ 1、5 の信号シーケンスと物理的インタフェースを定めている。また、回線交換および専用回線に対するフェーズ 2~4 については、データ・リンク制御（DLC）プロトコルを規定している。これは、X.25 のリンク・レベル・プロトコルで定めている LAPB に相当する HDLC の ABM（Asynchronous Balanced Mode）を定めており、X.25 との共通化をはかっている。

### 3.3 公衆パケット交換網インタフェースの実現

N-1 ネットワークでは、FEP、TIP（REP）および CCP に、X.25 に従ったインタフェース・プログラムが開発された<sup>5)</sup>。その際に、N-1 ネットワークで使用する回線交換や専用線についても、同一のプログラムが共用できるよう配慮されている。ここではその一例として、東大 TIP で開発したプログラムを紹介する<sup>4)</sup>。

図-3 はソフトウェア構成の概念を示したものであり、X.25 のレベルに則したモジュールから構成されている。これらモジュール間は、モジュール制御プログラムによって処理シーケンスの制御を受ける。これにより、個々のモジュールは独立に固有の処理を行うことが可能となり、パケット交換以外の回線種別に対してもモジュールの共通使用を実現している。



PLC: Packet Link Control⇒X.25 ネットワーク・レベル・プロトコル

DLC: Data Link Control⇒X.25 リンク・レベル・プロトコル

DCA: Data Communication Adapter Control⇒X.25 物理的インタフェース

図-3 X.25 インタフェース・ソフトウェアの構成

図中、DCA モジュールは、X.V 両シリーズ・インタフェースに適用できる高速回線通信制御装置（HDCA）の制御を行うものであり、本モジュールと HDCA で X.25 レベル 1 の機能を実現する。また本モジュールは、インタフェース種別や回線速度に依存しないように構成している。

DLC モジュールは、X.25 の LAPB に従った機能を実現している。ここでは、制御フレーム受信時に受信バッファを浪費しない配慮や、連続情報（I）フレーム受信時の伝送効率を高める目的の一括応答方式が採用されている一方、HDLC 制御マトリクス（状態遷移表）を直接テーブル化し、個々の処理を細モジュール構成することにより、仕様変更に対する柔軟性とプログラムの保守性の向上対策が採られている。同時に、回線交換や専用線に対して DLC プロトコルが定める HDLC-ABM として動作するよう、機能の拡張がはかられている。

PLC モジュールは、X.25 のネットワーク（パケット）・レベル・プロトコルに従った機能を実現している。ここでは、呼設定時に決定されるウィンドウ・サイズの値に従ってデータ（DT）パケットの連続転送の効率を高めるため、応答（RR）パケットの返送を一括応答により行う方式を採用しており、また DLC モジュールと同様にプログラムをマトリクス・テーブルに基づいて構成し、プログラムの保守性を高めている。

モジュール制御プログラムは、前述のごとくモジュール間のシーケンス制御を行うのと同時に、使用回線の選択、呼の設定・解放、リンクの多重化制御など FEP/FEP プロトコルの定める機能を実現し、それらをインタフェース情報として各モジュールに伝え動作指示を行っている。

### 4. 公衆パケット交換網の諸特性とその測定結果

#### 4.1 公衆パケット交換網の諸特性

公衆パケット交換網の品質は、伝送品質、安定品質、および接続品質の点から検討されている<sup>6)</sup>。伝送品質は、端末間における見逃しビット誤り率で評価し、安定品質は1端末からみた網の不稼働時間の比率として評価される。また、接続品質はパケット再送確率、網遅延、接続遅延、および呼復旧時間等の項目から評価される。ここで、パケット再送確率は、端末における送信パケット数に対する、網障害等により網内でパケットが粉失した場合の再送パケットの数の比である。また、網遅延、接続遅延、呼復旧の各時間の定義を図4に示す。

このような公衆パケット交換網の諸特性に関し、現在想定している目標値が本特集号の第2編に解説されているので参照されたい。

#### 4.2 試験パケット交換網における測定結果

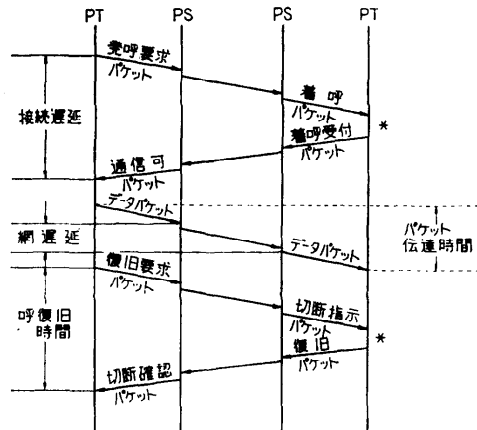
試験パケット交換網 TL2 を利用した第3期の実証実験の一環として、TL2 の接続品質の測定を行った。本測定は、電電公社にとっては公衆パケット交換網サービスの基礎データを採集すること、大学側としては公衆パケット交換網を利用して実現できるアプリケーションの制約を明らかにし、あわせて適切な公衆パケット交換網の利用技術を確立することを目的としている。

測定実験は、実証実験の運用形態に則して、図5に示すシステム構成で行った。ここでは、N-1 ネットワーク側の測定用端末に加えて、交換機に負荷をかける目的で負荷発生用の端末が接続されている。N-1 ネットワークの FEP および TIP のパケット交換網制御プログラムに、1 ms の精度の時間測定用プログラムを組み入れたものが測定用端末となっている。

表-1 に、接続品質の測定結果を示している。これらは共に、該当するパケットを個々に送出した場合の測

表-1 TL2パケット伝達時間の測定例  
(東大 HITAC-20 TIP 48 Kbit/s による)

TL2 CC 負荷		無負荷	約50%	約80%	
接続遅延	接続時間	35ms	37	42	
	呼復旧時間	28ms	31	37	
パケット伝達時間 (単発送信)	データパケット	5 バイト	18	19	18
		70 バイト	37	37	40
		250 バイト	100	100	98



注) PS: パケット交換機  
PT: パケット端末  
各時間から加入者に依存する部分はすべて除く (例えば\*印)

図-4 接続品質の概要

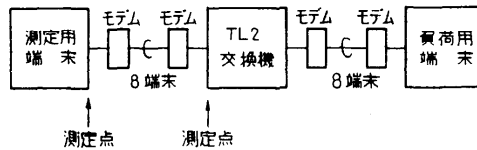


図-5 TL2 接続品質測定時のシステム構成

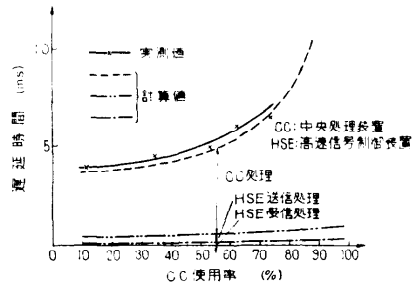


図-6 網遅延時間

定値の平均で示している。表中のパケット伝達時間は図4に示すように、端末と交換機間の伝送遅延と網遅延が加えられた値である。また回線モニタ装置による網遅延の測定値は図6に示すようにおおむね 5~10 ms である。なお、本測定結果は文献 7), 8) による解析モデルに適合したものであることが示されている。

#### 4.3 N-1 ネットワークの効率

TL2 を用いて、N-1 ネットワークの効率測定を行った。図7は、測定時のシステム構成を示したもので、TL2 に対する加入者線は共に 48 Kbit/s である。

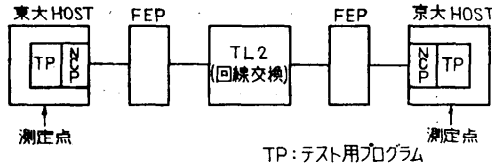


図-7 N-1 ネットワーク効率測定時のシステム構成

本測定は、NCP に対して直接インタフェースをとるプロセス間でデータの送受信を行い、1データの送信後その伝達確認を受けるまでのデータ伝達時間を求めている。これは、一般のアプリケーション・プロセス間の伝達時間に該当するもので、同時に存在しているネットワーク・トラヒックの影響や、各 HOST のローカル負荷による影響をあわせて測定するために、前者については同時に存在するリンク数、後者については負荷を共に設定している。

表-2 はこの結果を示したものである。表中には、第1期の実証実験において回線交換を利用した場合の測定結果をあわせて示している。パケット交換と回線交換を比較すると、パケット交換の場合データ送信時と、受信確認時にそれぞれ DT パケットが流れるため、網遅延を2倍受けることになり、その影響が現われているが、パケット交換を利用した場合にも十分に良好なネットワーク効率が得られているといえる。このような利用する交換方式に帰因する影響よりも、HOST 内のローカル負荷による影響が支配的である。

HOST の過負荷状態は、ローカル負荷によりメモリのページングやチャネル動作に十分な余裕が無い状態を起したものである。1日平均 2,000~5,000 件のバッチ、TSS を処理する HOST では、今後処理件数の増大が予想される中で、十分なネットワーク効率を維持するための技術的検討を必要としている<sup>9)</sup>。

4.4 まとめ

TL2 によるパケット交換網の測定結果から判断すると、公衆パケット交換網の当初の目標は十分に達成されていると思われる。また、N-1 ネットワークの処理効率からみれば、パケット網遅延はエンド・プロセス間通信にほとんど問題にならないことが結論されよう。

ただし、商用網においては、網拡大に伴う多段中継、輻輳、および多様なトラヒック条件による遅延の評価が必要と考えられる。

5. おわりに

表-2 N-1 ネットワークの効率 (加入者線 48 Kbit/s)

利用網	HOST 状態	リンク数	データ長	データ伝達時間/1データ	48 Kbit/s に対する回線使用率
TL2 注)	無負荷	1	10バイト	91ms	6%
		1	245	179	25
	過負荷	1	10	327	2
		1	245	755	6
	通常負荷	1	10	127	4
		1	245	236	19
回線交換	無負荷	1	10	69	9
		1	245	115	39

注) X.25 ネットワーク・レベル・プロトコルのウィンドウ・サイズは15としている。

学術情報ネットワークの実現性を実証する目的で開発された大学間コンピュータ・ネットワーク(N-1 ネットワーク)を例に、公衆パケット交換網利用の観点から解説した。

N-1 ネットワークは文部省科学研究費の援助のもとに、東京大学、京都大学および日本電信電話公社の協同研究として実施されたもので、多数の関係者のご協力を得ている。本稿をまとめるにあたり、本計画委員長東京大学猪瀬博教授、同副委員長京都大学坂井利之教授、日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所複合交換研究部加藤満左夫部長をはじめとする方々、試験パケット交換網の利用にご協力いただいた複合交換研究部パケット交換研究室松本允介室長、ならびにシステム開発にご協力いただいた日本電気(株)、富士通(株)、(株)日立製作所の関係各位に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 「特定研究・広域大量情報の高次処理—総合報告」東大出版会。
- 2) Inose, H. and Sakai, T. et al.: User Level Protocol for and Field Trial on the Experimental Inter-University Computer Network in Japan, Proc. 4th ICCO, Kyoto (1978).
- 3) 安永, 浅野他: N-1 ネットワークにおける TIP /REP システムの開発, 信学会計算機研究会資料, EC 79-32 (1979-11).
- 4) 安永, 浅野他: N-1 ネットワークにおけるパケット交換網の利用技術の検討, 信学会計算機研究会資料, EC 79-33 (1979, 11).
- 5) 浅野, 安永, 北川, 田畑, 大友, 吉江, 藤田: パケット交換網における端末接続試験, 情報処理学会コンピュータ・ネットワーク研究会資料, CN

16-2 (1978, 7).

6) 松本, 石野, 飯村: DDX-2 パケット交換方式, 通研実報, Vol. 26, No. 11, p. 2967 (1977, 11).

7) 藤田, 金重, 鎌倉, 三木: パケット交換網の遅延時間について, 信学会交換研究会資料, SE79-37 (1979, 7).

8) 橋田, 川島, 篠岡: DDX-2 パケット交換網の

網構成, 通研実報, Vol. 26, No. 11, p. 2979 (1979, 11).

9) 浅野: 大学間の実験的コンピュータ・ネットワーク, 情報処理, Vol. 20, No. 4, p. 332 (1979, 4).

(昭和55年4月23日受付)