

# パケット交換網における端末接続試験

— 大学間コンピュータネットワークの接続 —

浅野正一郎                      安永尚志                      (東京大学)  
 北川 一                          田畑孝一                      (京都大学)  
 大友宏樹   吉江金三郎   藤田克孝                      (電々公社)

## 1 まえがき

電々公社武蔵野電気通信研究所では、デジタルデータ交換網の開発の一環として、DDX-2回線交換機の現場試験を東銀座局で実施し、商用化への見通しを得た。他方、DDX-2パケット交換機は、計算機間通信に機能を限定した第1次所内試験(TL1)を試作し、すでに試験を終了した。さらに、一般端末を收容するとともに、国際標準(CCITT勧告X.25等)に添った第2次所内試験(TL2)を試作し、諸試験を終了し、本年1月から所内運用を実施中である。現在、TL2の成果を踏まえ、来春の商用サービス開始に備えて、諸般の準備を進めている段階である。

他方、全国の大学に設置されている大型計算機が提供するデータベースサービスに対する需要は、量的に増大するとともに、質的にも多様化・高度化しつつある。これらの需要を満たすとともに、情報資源の共同利用を促進するためには、全国的規模での学術情報ネットワークの早期実現が望まれている。その第一歩として、昭和49年度より始まった文部省科学研究費特定研究「広域大量情報の高次処理」の中にネットワーク計画委員会が設立され、東京大学・京都大学両大型計算機センター間を、DDX網(回線交換およびパケット交換)を介して接続しようとする実験計画(略称N-1プロジェクト)が開始された。このN-1プロジェクトでは、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を行ない、接続試験を通じてその実現性を確認するとともに、問題点の摘出と、その解決をはかり、実用的ネットワークの設計条件を確立しようとするものである。

システム名		DDXとの接続時期			大学間コンピュータネットワークの試験内容
		S2°	S3°	S4°	
回線交換		⇔			<ul style="list-style-type: none"> <li>トランスポートレベルプロトコル及びRemote Job Entryプロトコルの検証</li> <li>ネットワークの効率測定(実効伝送効率, 呼設定, 切断時間)</li> </ul>
パケット交換	第1次所内試験	⇔			<ul style="list-style-type: none"> <li>Network Virtual Terminal (NVT) プロトコルの検証</li> <li>Terminal Interface Processor (TIP) の構成と動作の確認</li> <li>ネットワーク効率測定</li> </ul>
	第2次所内試験		⇔		<ul style="list-style-type: none"> <li>会話形通信プロトコルの整備と検証</li> <li>NVTの概念にもとづく端末-計算機, 端末-端末間通信の実現とTIPの設計・開発</li> <li>センター運用をも含めた総合実験</li> <li>ネットワーク効率測定</li> <li>開通試験方法, 障害切分方法の検証</li> </ul>

図1. DDX網と大学間コンピュータネットワークの開発経緯



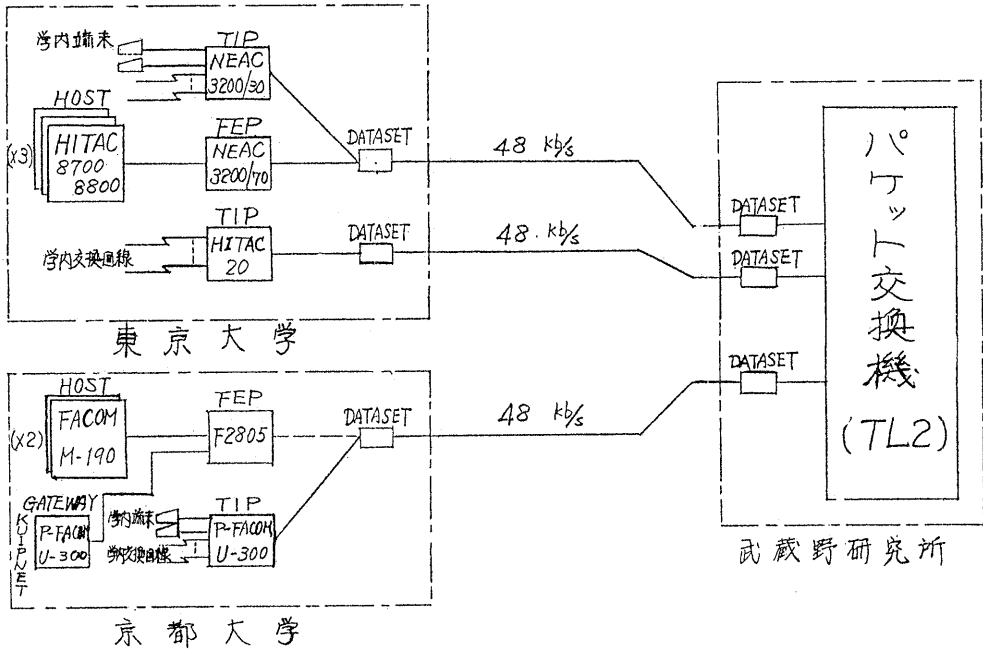


図2. 中継方式図

2.3 接続試験の構成

商用サービス時の試験形態に準じ、図3に示す接続試験構成とした。

開通試験は、工事検査と加入者開通試験に相当する試験で構成されている。工事検査は、ユーザ装置が網に加入する際の技術的適合性（すなわち ①網内の第三者に迷惑を及ぼすことを防止する。②網設備の損傷および人体に対する危害を防止する。③網とユーザ装置の責任分解点を明確にし、相互の保守・運用が円滑に行なわれるようにする。）を検査するものである。具体的には、DTM/DCEインタフェースの電気・物理的条件と論理的条件を試験する。電気・物理的条件は、従来の専用線または電話交換等が使われている技術の延長で、試験が可能である。論理的条件に関しては、パケット交換網では呼設定・解放のみならず、データ転送手順にも関与しているため、論理条件の内容が極めて深く、かつ複雑なものとなっており、この論理的条件の試験方法の確立が主要課題である。加入者開通試験は、加入者対応部の総合動作確認試験であり、ユーザ装置とは独立に試験可能である。

これらのことより、以後、工事検査の論理的条件の試験方法を中心に述べる。

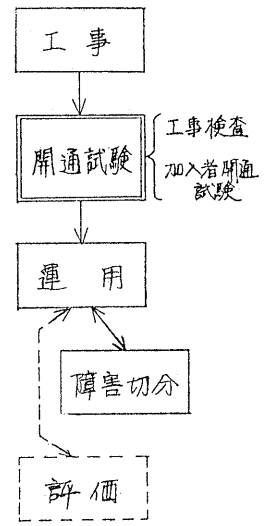


図3. 接続試験構成

### 3. 論理的条件の試験手法

#### 3.1 ユーザ装置および網の具備機能

パケット交換網からみた論理的条件(プロトコル)は、フレームレベル、パケットレベルおよびユーザレベルから構成され、このうちパケット交換網では、前者を規定している。両プロトコルの試験方法は、ユーザ装置および網の具備する試験機能に依存する。ユーザ装置および網の具備機能と試験条件の関係は、表2、表3に示すとおりである。

表2. ユーザ装置の具備機能

	試験機能あり	試験機能なし
概要	実通信機能と試験専用機能の両者を具備する	実通信機能のみ具備する。
具備機能	パケットとユーザレベルを擬似し所定の信号を送受信する	なし
試験可能範囲	原理的には、フレームとパケットレベルの全範囲	実通信の範囲に限定

表3. 網の具備機能

	試験機能あり	試験機能なし
概要	試験専用機能を具備する	通信の監視機能を具備する
具備機能	フレームとパケットレベルを擬似し所定の信号を送受信する	信号シーケンス・異常状態を監視する
試験方法	網と端末の対向通信	端末対向通信網による折返し(2論理チャネル使用)
試験可能範囲	原理的には、フレームとパケットレベルの全範囲	ユーザ装置で実現可能な範囲に限定

#### 3.2 試験手法

(1) 試験方法 試験方法は、各プロトコル階層を個々に試験するか、全体を通して行なうかど、3種類に大別できる。試験方法の例を表4に示す。

表4. 試験方法

	(A) 階層別検査法	(B) 併合検査法	(C) 全体的検査法
概要	フレームおよびパケットレベルを他レベルとは独立に検査する	フレームレベルのみ独立に試験し、その後、全体を検査する <small>フレームレベル/パケットレベル</small>	フレーム・パケット・ユーザレベルを一体として検査する
試験機能	ユーザ装置: 必要 網: 必要	ユーザ装置: 必要 網: 不要	ユーザ装置: 不要 網: 不要
試験方法	 F: フレームレベル P: パケットレベル U: ユーザレベル	フレームレベル (A) に同じ パケットレベル (C) に同じ	 監視機能
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>階層別に全範囲の試験が可能である。</li> <li>ユーザ装置・網とも試験用具備機能が最も大きい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ユーザ装置・網とも試験機能が不要(フレームレベル)である</li> <li>パケットレベルの試験範囲は限定される</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ユーザ装置・網とも試験機能が不要である</li> <li>試験範囲が限定される</li> <li>レベル間にまたがるパケットの解析が困難である</li> </ul>

(2) ユーザ装置の構成例 試験専用機能をも備えたユーザ装置の構成例を図4に示す。

(3) 網内装置の構成例 網側の試験機(プロトコルテスト)は、交換機の予備系を利用しており、その構成を図5に示す。本テストは、網および相手ユーザ装置の擬似機能を有しており、被試験ユーザ装置との対向通信が可能である。主な機能は以下のとおり。

① フレームレベル・パケットレベルの試験 被試験ユーザ装置への送信信号シーケンスを発生するとともに、ユーザ装置からの受信信号の論理チェックと形式チェックを行なう。試験シーケンスは、本テストのコンソールタイプライタから入力する。

② ユーザレベルプロトコルの擬似 あるレベルの試験を行なうには被試験プロトコルより高い階層のプロトコルが必要であり、それを擬似する。

主な仕様を表5に、パケットレベル試験時の動作の例を図6に示す。表5 プロトコルテストの主な仕様

項目	内容
端末種別	パケット端末 一般端末(HDLC端末)
速度クラス	2400 b/s, 4800 b/s 9600 b/s, 48 kb/s
試験可能プロトコル	X.25プロトコルおよび HDLC
同時使用論理チャネル数	128 チャネル

試験用信号シーケンスフロー

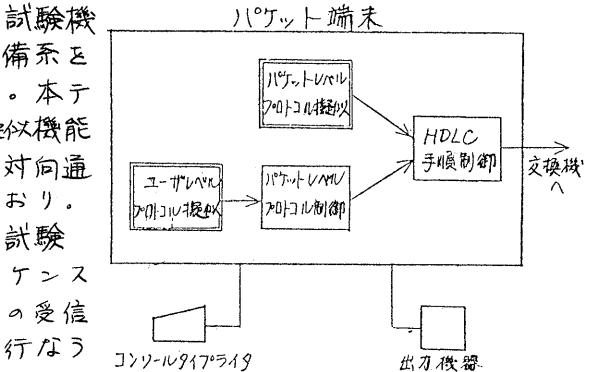
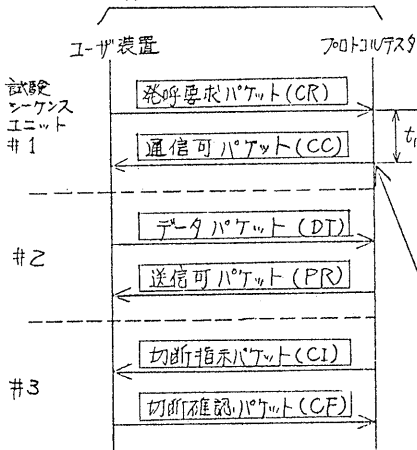


図4. ユーザ装置構成例

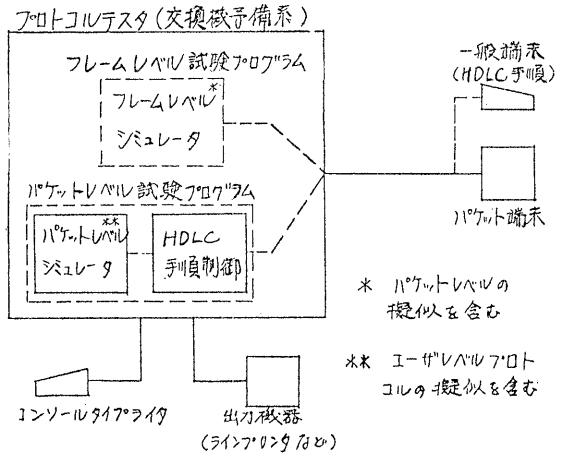
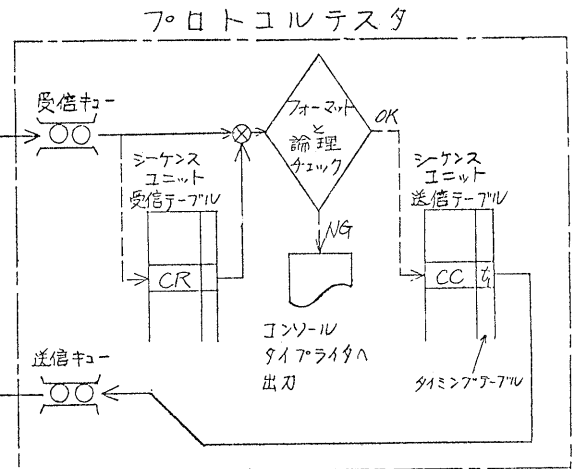


図5. プロトコルテストの構成



→ 情報の流れ  
--> 制御の流れ

図6. プロトコルテストの動作概要

(4) 試験用信号シーケンス例

試験用信号シーケンスは以下の点を考慮して定めた。

- ① 開通試験の主体性を考慮し、網主導形を原則とした。
- ② 試験効率上、網保護機能の確認に限定した。
- ③ ユーザの試験用機能を必要最小限にとどめるため、網からの指示に対して応答する形態を中心とし、逆に、ユーザ操作は呼設定・解放、データの(連続)送出等にとどめた。
- ④ 試験効率上、複数の試験要素を組合わせて、一連のシーケンス群を構成した。

表6. 試験用信号シーケンス例

プロトコルレベル	試験要素	シーケンス例
フレームレベル	同期確立 始業 Information フレーム送受信(1) Information フレーム連続送受信(7) タイムアウトからの回復 Reject フレームによる回復 送信抑圧・解除 再帰	Information フレーム送受信 同期確立 始業 Iフレーム送受信 終業
パケットレベル	発信着信 切断 Data パケット送受信 Data パケット連続送受信 Restart 制御 Reset 制御 別込の制御 送信抑圧・解除 発信拒否 着信拒否	Data パケット送受信 発信着信 DTパケット送受信 切断

4 試験経過および結果  
4.1 経過

接続試験の経過を図7に示す。開通試験については (A)階層別検査法 (B)併合検査法 (C)全体的検査法 の3種類の試験方法を実施した。階層別検査時には、ユーザ装置では、試験専用機能(任意のデータの発生・送受信および照合機能)を具備し、網側の試験機としては、プロトコルテストを使用した。

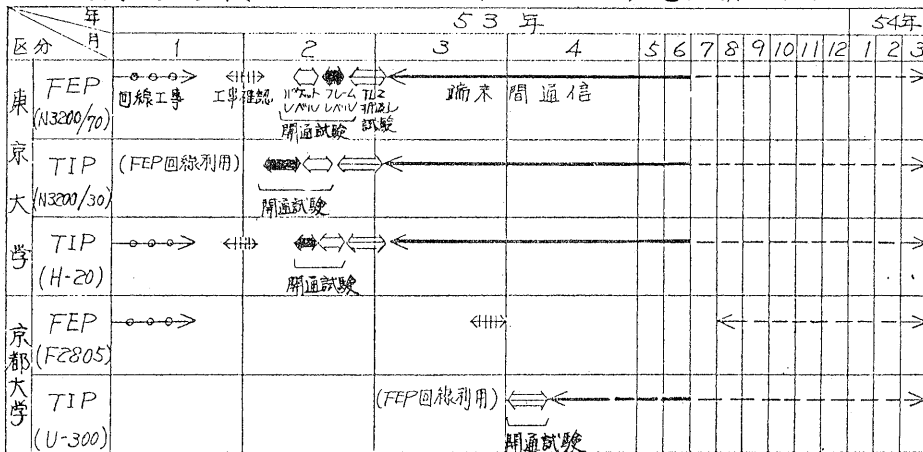


図7. 試験経過

4.2 結果

開通試験では、基本的な試験要素について試験を実施したが、その後の運用を通じて、特に問題は発生していないことから、試験用信号シーケンス選定の妥当性が確認できたといえる。試験結果の詳細を以下に示す。

(1) 試験方法と所要時間の関係 ユーザ装置にバグのない場合の所要試験時間を図8に示す。準備・試験・解析の各段階のうち、準備、特に試験条件の事前調査については、「全体的検査法(C)」ではユーザ装置側の負担が大きく、他の方法では差がない。また、試験および解析時間は、いずれの試験方法でもほぼ同等であり、有意差は認められない。

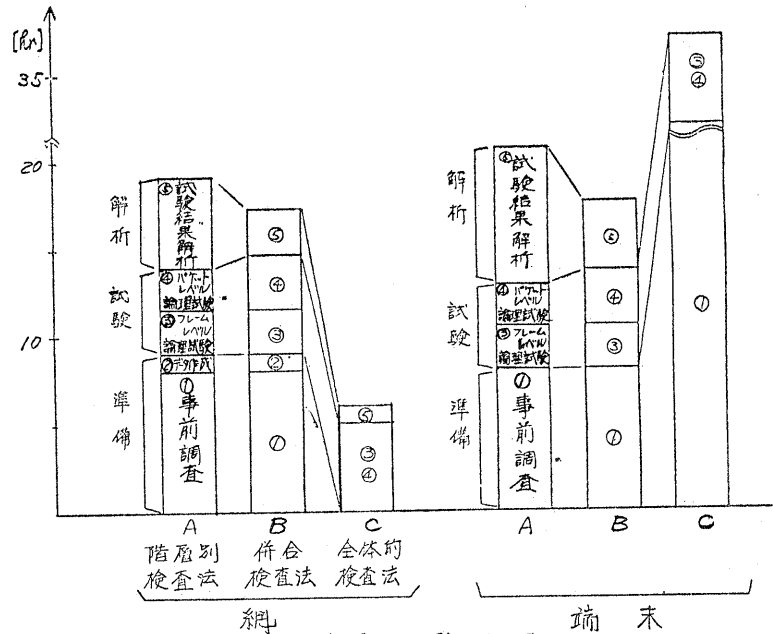


図8. 所要試験時間

(2) バグと所要時間の関係 ユーザ装置バグ（試験条件設定誤りも含む）発生時に、開通試験所要時間が増加する要因は以下のものがある。

- ① 試験 異常の判定および再試験の実施
- ② 解析 原因の究明
- ③ 準備 プログラムファイル等の修正

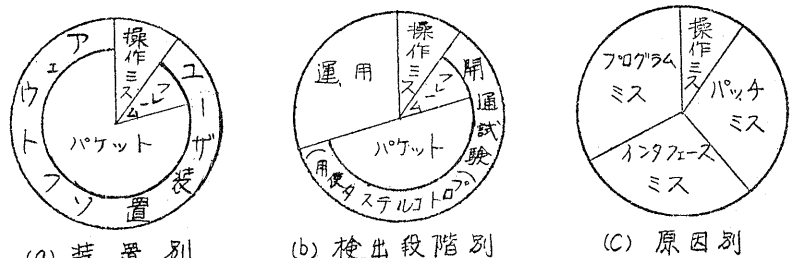


図9. バグ発生状況

本開通試験でのユーザ装置バグ発生時の所要時間は、バグなし時の約2倍であった。この値は、バグの難易度に大きく左右されるが、本開通試験では以下の要因から、小さな値にとどめることができた。

- ① ユーザ装置・網ともに十分な情報収集機能を具備していたこと
  - ② 比較的簡単なバグであったこと
  - ③ プログラム設計者が試験を実施したため、試験者のレベルが高かったこと
- 一方、試験方法による差異は、本開通試験では特に認められなかった。しかし、一般的には、フレームレベル、パケットレベルおよびユーザレベルを一体として取扱った場合（「全体的検査法(C)」）には、バグの解析が困難になることが予想される。

(3) 試験範囲とバグの関係 ユーザ装置バグの発生状況を図9に示す。

本接続試験の運用段階で見つかったものは、以下のとおりである。

- ① 検査後の人為的バグ 検査後のファイル更新に伴う単純な人為的バグであり、ファイル更新に十分な注意を払うことにより減少させることが可能である。この問題は、開通試験段階でも発生しており（ユーザ装置ソフトウェアバグの約3割）、網側で、ユーザ装置のプロトコル違反に対する監視が必要と考えられる。

②インタフェースの不一致 ユーザ装置のバグ内容は、設定した試験範囲外のものもあり、今後、最適な試験範囲について、さらに詳細に検討する必要がある。また、事前に連絡調整を十分に行なったにも拘らず発生しており、今後、プロトコル記述方法等についても、検討を要するものと考えられる。

③開通試験での判定誤り 試験結果の判定を人間が行なっており、その際に発生したミスである。試験結果判定の自動化等の検討が必要と考えられる。

運用時に発見されたユーザ装置バグは、開通試験での見逃しバグであり、試験手順に改良の余地のあることを示すものである。

(4) 試験の反復による効率化 同一試験を反復した場合、以下の要因により、ユーザ装置当りの試験所要時間の短縮が実現できる。

①準備作業の共通化 試験用信号シーケンスの事前調査と試験データの作成が共通であり、ユーザ装置当りの準備作業を軽減できる。

②試験・解析時間の短縮 今回の開通試験では、2回目の試験は1回目甚至比べ約40～70%に短縮できた。しかし、3回目以後は、必要最低限度の時間に近づくため、大幅な短縮は期待できないであろう。

## 5 考察

今回の接続試験で得られた結論は、ユーザ装置数が4台であり標本数が少ないこと、ユーザ特性もかたよっていることから、必ずしも一般的とは言えない面があるが、今後、公衆パケット交換網の開通試験方法を確立する上の一助となるものである。

### 5.1 網試験機能（プロトコルテスト）の機能拡充

(1) 試験効率の向上 大規模なデータ通信システムを、公衆パケット交換網に收容する場合、プロトコルテストの同時接続数が1であることと、テスト数が少ないこと（商用サービス開始当初は特に著しい）により、試験期間が長期にわたる恐れがある。そこで、同時接続数の複数化や、試験機能を専用の試験センターまたは交換機とは独立の装置とする等の解決方法が必要となろう。

(2) 試験結果判定の明確化・厳密化 試験用信号シーケンスには、一括応答と個別応答のように、ユーザの選択可能な点があるため、一義的に定めることはできない。そのため、試験時の信号シーケンスの正常性を個々に判断する必要があり、現在は、試験担当者が行なっている。しかしながら、試験作業の効率化および人為的誤りの防止のため、判定処理の自動化が望ましい。

(3) ユーザ宅内からの遠隔制御 被試験ユーザ装置が設置されているユーザ宅内から、電話網等を經由して、プロトコルテストを遠隔制御することができれば、試験効率の向上のほか、デバッグ用ツールとしての利用が可能となろう。今後、プロトコルテストの遠隔制御技術の検討が必要である。

### 5.2 ユーザ装置の構成

プロトコルテストを使用して、開通試験を実施する場合、ユーザ装置には、試験専用の機能は不要である。しかし、プロトコルテストをユーザ装置のデバッグ用



ツール(相手ユーザ装置および網の擬似)として使用する場合には、試験シーケンスの発生機能が必要となり、具体的機能としては、任意データの発生と送受信および照合機能等である。今後、最少限度必要な機能の検討が必要である。

### 5.3 開通試験方法

試験の主導性は、網への加入条件を確認する意味から、網主導形であることが望ましいと考えられる。これにより、試験方法が統一でき、網保守の効率化が実現でき、ユーザへの過剰な負担が回避できる。また、ユーザ装置のプロトコル機能については、種々のユーザ装置が存在すること、実現上もソフトウェア制御のものもあればハードウェア化されているものもあることから、これらを統一して処理するためには、網側で準備する試験機能を使用し、ユーザ装置には専用の試験機能を持たせることなく、機能を確認できることが望ましい。今回の一連の試験を通して、ユーザ装置に試験専用の機能がなくとも、基本機能の確認を目的とした開通試験は実行可能であることが判明した。

## 6 あとがき

大学間コンピュータネットワークとパケット交換第2次所内試験機との接続試験は、本年2月に開始し、順調に開通試験を終了し、ユーザシステムの安定化もほぼ終了したので、今後は、パケット交換網を利用した大学間コンピュータネットワークの運用と評価を行なう予定である。

これまでに、開通試験を各種の方法で実施し、所要時間、試験範囲、ユーザ装置の具備機能等の観点から比較評価した結果、試験方法・手順・範囲等の妥当性が確認できたとともに、所要時間に一応の見通しを得ることもできた。また、開通試験においては、ユーザ装置に試験専用機能を具備しなくとも、基本的には、網主導形により実行可能なことが判明した。他方、ユーザ装置のデバッグ用ツールとしてプロトコルテストを使用する場合は、デバッグ効率上、任意データの発生・送受信および照合機能等の試験専用機能がユーザ装置に必要である。

今後は、大学間コンピュータネットワークの運用を通じて、パケット交換網の利用技術の向上をはかっていくとともに、本試験結果を、商用サービス時の試験方法の確立に反映させていく予定である。

最後に、本接続試験の実施ならびに本稿とりまとめに御協力いただいた関係各位に感謝いたします。

### 参考文献

- (1) H. Inose, T. Sakai, M. Kato and S. Asano: *Networking for Inter-University Computer Centers in Japan, the Third International Conference on Computer Communication (ICCC), Toronto, 1976.*
- (2) H. Inose, T. Sakai and M. Kato: *Experimental Network for Inter-University Computer Centers in Japan, International Switching Symposium '76 (ISS76), Kyoto, 1976.*
- (3) 猪瀬・坂井・浅野・田畑・北川・加藤他: 大学間コンピュータ・ネットワークの実証実験, 信学会交換研究会資料, SE76-71, 1976.

- (4) 浅野・田畑・平田：N-1プロジェクトにおけるTIPシステムの開発，情報学会コンピュータネットワーク研究会資料，CN13-1，1977。
- (5) J. Iimura, M. Matsumoto and F. Ishino: *The DDX-2 Packet Switched Network, Review of the E.C.L.*, NTT Jap., Vol. 26, No. 3-4, p.315, Mar-Apr., 1978.
- (6) 大友・土井他：公衆パケット交換網における保守インタフェースの構成法に関する一考察，信学会交換研究会資料，SE76-82，1977。
- (7) 中島・土井・大友：パケット交換網における端末試験の問題と対策，信学会交換研究会資料，SE77-73，1977。