

大学間コンピュータ・ネットワーク・システム 「N-1ネットワーク・システム」

Inter-University Computer Network System “N-1 Network System”

大学間コンピュータ・ネットワークの計画は、文部省科学研究費の援助を受けて、昭和49年度からスタートした。当初の計画は、東京大学と京都大学の各大型計算機センターの超大型機を日本電信電話公社の新ディジタル・データ網試験回線で結び、相互に利用しあうことを目的としている。大学間コンピュータ・ネットワークの大きな特徴は、異機種間で相互にRJEやTSSの機能が利用できる分散形ネットワークの形態をとっていることである。日立製作所は東京大学大型計算機センターの指導の下に、当初からこの計画に参加し、東京大学大型計算機センターのHITAC 8800/HITAC 8700システム、及びHITAC 20システムに、大学間コンピュータ・ネットワークのサポート機能を実現した。

石坂裕之*	Ishizaka Hiroyuki
野口健一郎**	Noguchi Kenichirō
高橋洋一***	Takahashi Yōichi
中田幸男****	Nakata Yukio
安永尚志*****	Yasunaga Takashi

1 緒言

近年、学術の急速な進歩により、全国7大学に設置されている大型計算機センターの提供している情報処理サービスに対する需要は、量的にも急激に増大しつつあり、かつ質的にも極めて多様なものとなってきている。例えば、情報処理サービスの質的發展を東京大学大型計算機センターを例に考察してみると、

- (1) ローカル・バッチ
- (2) リモート・バッチ
- (3) TSS (Time Sharing System) サービス
- (4) プログラム(言語・ライブラリなど)の共用
- (5) データ・ベース

などの段階を経てますます高度化しつつある。特に、集中化された汎用データ・ベース、分散配置された学術分野別のデータ・ベースの開発動向に伴い、これらをネットワークを通して利用するという新しい需要が顕在化しつつある。

このような情報資源の高度の共同利用形態を達成するためには、全国的規模をもつ学術情報ネットワークとも呼ぶべきシステムを早急に具現する必要がある。その第一歩として、全国の大型計算機センター相互間を接続するネットワークを建設しようとする計画が、昭和49年度からの文部省科学研究費、特定研究「広域大量情報の高次処理」及び「情報システムの形成過程と学術情報の組織化」の開発課題となり、東京大学、京都大学及び日本電信電話公社による共同研究が行なわれている。

このようなネットワークの構成に当たっては、高度の学術研究及び教育の目的に対応できるよう、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に留意しなければならない。

この計画は、「N-1プロジェクト」と仮称されているが、東京大学、京都大学両大型計算機センター相互間を、回線交換及びパケット交換サービスを提供する新データ交換網を介して接続しようとするものであり、そのためのシステム構成、ハードウェア及びソフトウェアの開発を行ない、実証実験を

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図ることにより、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。実証実験は日本電信電話公社の新データ交換網開発計画と協調して、第1期は回線交換、第2期はパケット交換について行ない、現在既に両交換方式の基礎的実験を終了し、今年度、パケット交換の第二次フェーズとして国際基準に準拠したインタフェースの実験を終了し、運用実験を通じて、その実用性を証明する予定となっている。

表1に「N-1ネットワーク・システム」の開発計画を、図1に現在の「N-1ネットワーク・システム」のシステム構成を示す。日立製作所は、東京大学大型計算機センターの指導の下に当初からこの計画に参加し、東京大学大型計算機センターのHITAC 8800/HITAC 8700システム及びHITAC 20システムに、「N-1ネットワーク・システム」のサポート機能を実現した。

2 「N-1ネットワーク」の特長

「N-1ネットワーク」は、1章で述べたように、その開発の背景が全国に散在する大学の大型計算機センターを相互に接続することを目標としたものであるため、大学の大型計算機センターの処理業務、処理形態を考慮し、次に述べるような特長をもたせている。

- (1) 分散形コンピュータ・ネットワーク・システムである。
このネットワーク・システムに接続される各計算機は、互いに対等の関係をもつことが可能である。各計算機は、サーバ(他計算機にサービスを提供する)あるいはユーザー(他計算機からサービスを受ける)の両方、あるいはいずれか一方の機能をもつことが可能である。したがって、目的に応じたネットワークへの参加ができる。
- (2) 日本電信電話公社の新データ網に接続することができる。
このネットワーク・システムは、日本電信電話公社の新データ網の回線交換網及びパケット交換網に接続することができる。

* ファコム・ハイタック株式会社 ** 日立製作所ソフトウェア工場 工学博士 *** 日立製作所旭工場 **** 日立製作所システム開発研究所 ***** 東京大学大型計算機センター

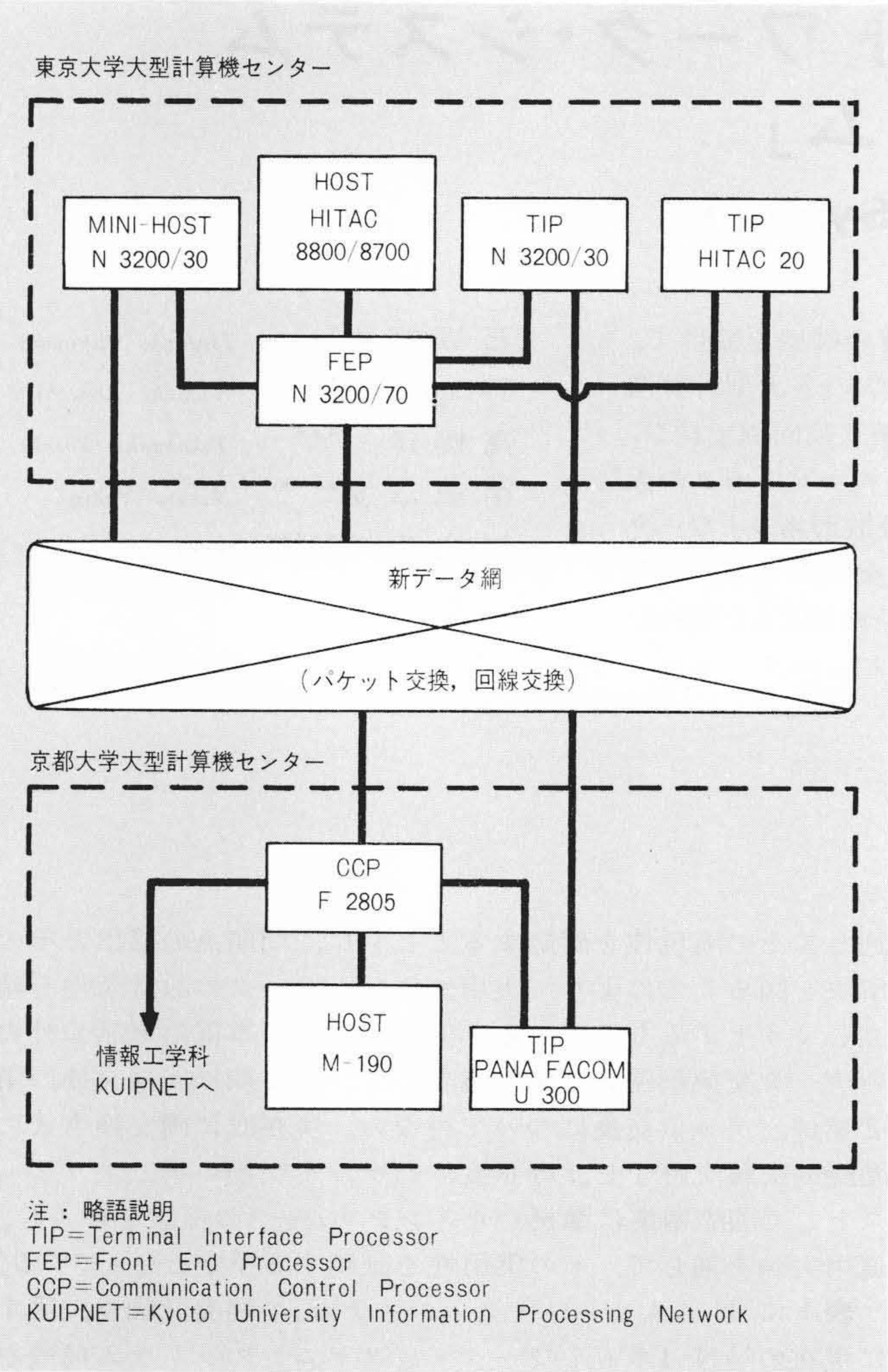


図1 現在の「N-1ネットワーク」のシステム構成 「N-1ネットワーク」は、各種の装置で構成されており、その間はN-1プロトコルにより接続される。

(3) 異機種計算機間の接続ができる。

このネットワーク・システムは、簡便で汎用性のある階層的なプロトコルが採用されており、プロトコルを守ることにより異機種計算機相互間を接続することができる。また、インハウス・ネットワーク、ローカル・ネットワークもプロトコル交換を行なうことでこのシステムに接続することが可能である。

(4) 複数業務で同一の回線を共用することができる。

表1 「N-1ネットワーク」の開発計画 実証実験では、適時、性能測定実験運用を行なっている。

計 画	交 換 網	期 間	主 な 項 目
開 発		昭和49年4月～ 同51年5月	システム構成/プロトコルの整備 ソフトウェア開発・デバック
実 証 実 験	フェーズ1 回線交換 現場試験	昭和51年6月～ 同52年5月	トランスポート・レベルの検証 RJEプロトコルの検証
	フェーズ2 第一次パケット 交換試験 (TL1)	昭和52年6月～ 同52年12月	NVTプロトコルの検証 TIPシステムの開発
	フェーズ3 第二次パケット 交換試験 (TL2)	昭和53年2月～ 同54年3月	国際標準に準拠したインタフェースの実証 各種総合実験
業務サービス (予定)	回線交換 パケット交換	昭和54年4月～ 同54年7月	RJE サービス TSSサービス

このネットワーク・システムは、パケット交換網を使用する場合はもちろん、回線交換網あるいは専用線を使用する場合でも複数業務〔例えばRJE (Remote Job Entry) サービス及びTSSサービス〕で同時に同一回線を共用することができる。このため、回線の使用効率を高めることが可能となる。

(5) 障害対策をもっている。

このネットワーク・システムでは、ネットワーク内で発生する障害(例えば回線ダウンあるいは計算機ダウン)の検出、通知機能がプロトコルの設定に当たって考慮されているため、各計算機は障害に対して速やかに対処することができる。

3 「N-1ネットワーク」のプロトコル構造

「N-1ネットワーク」の基本的構成は、図2に示すようにHOST、FEP (Front End Processor) 及び回線から成り、一般にHOSTの中にネットワークを利用するユーザー・プロセスがある。

これらの構成要素を矛盾なく組み立てるために、図3に示すような各種のプロトコルと呼ばれる通信規約が階層的に設定されている。各構成の要素は機能分担化されており、コンピュータ・ネットワーク・システムの建設及び参加が容易であるように配慮されている。プロトコルは、論理的なプロトコルであるアプリケーション〔RJEあるいはNetwork NVT

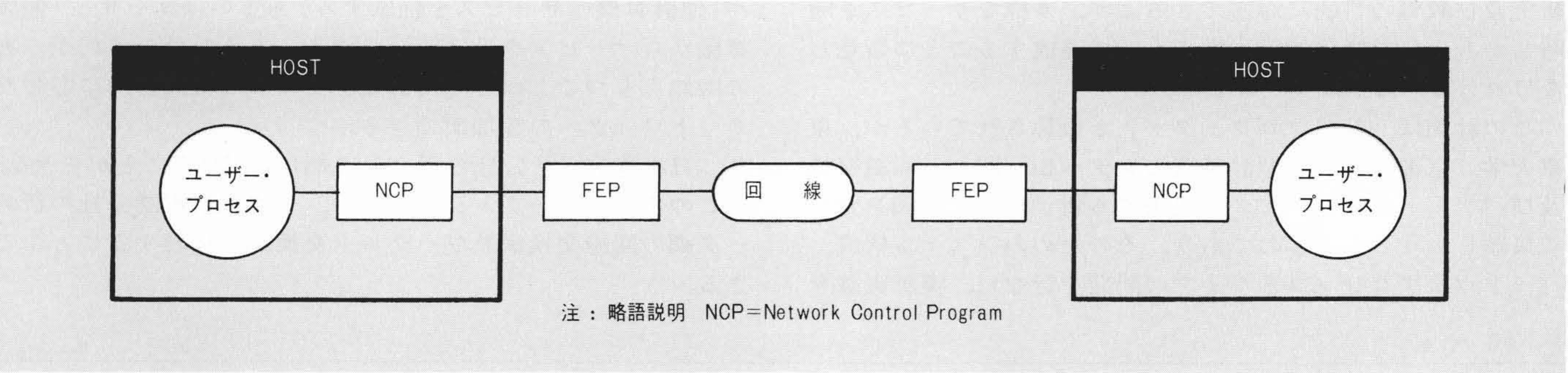


図2 「N-1ネットワーク」の基本構成 「N-1ネットワーク」の基本的な構成は、HOST、FEP及び回線から成り、一般にHOSTの中にネットワークを利用するユーザー・プロセスがある。

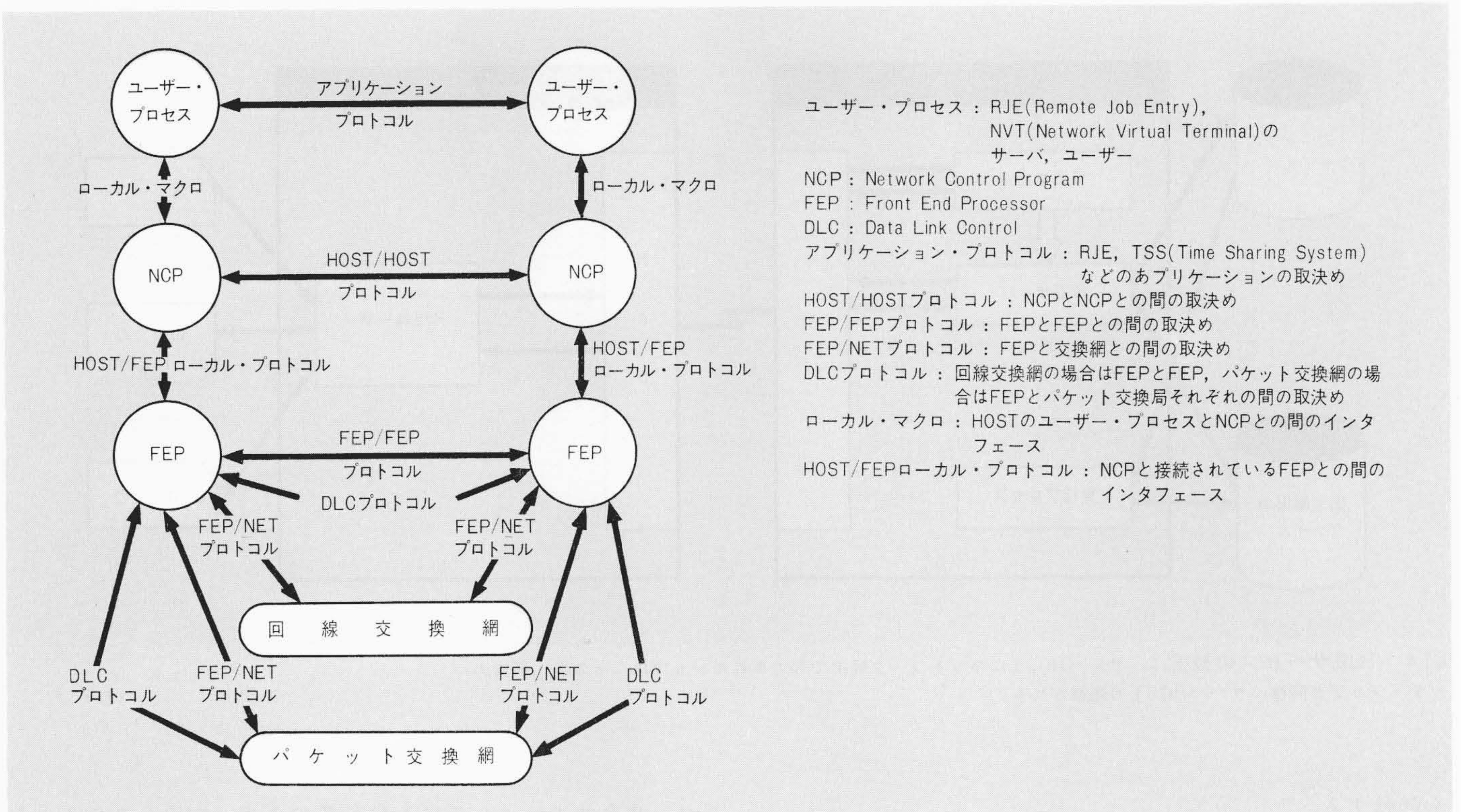


図3 「N-1ネットワーク」のプロトコル構造 プロトコルは階層的に設定されており、「N-1ネットワーク・システム」の建設及び参加が容易であるように配慮されている。

(Virtual Terminal)など], HOST/HOST及びFEP/FEPの各プロトコルと、ハードウェアに依存するプロトコルであるHOST/FEP, FEP/NETそしてDLC(Data Link Control)の各プロトコルに大別できる。プロトコルの設定に当たって、HOST計算機のユーザー・プロセス(端末あるいはプログラムなど)間で任意長の情報伝送が行なえ、情報伝送のオーバーヘッドを少なくすること、また回線の接続制御などを効率よく実現するためにHOST/FEP間の機能分担を適切に設定すること、ネットワーク内の障害の早期検出通知のための障害対策をHOST及びFEPに組み込むことなどが考慮されている。

4 「N-1ネットワーク」とアプリケーション

「N-1ネットワーク」がサポートしているアプリケーションには、RJEサービスとTSSサービスとがある。

4.1 RJEサービスの概要

RJEサービスでは、サービスを提供する側のHOST(サーバHOST)は、ネットワークを通じて他のHOST(ユーザーHOST)からバッチ処理のジョブを入力し、バッチ処理の結果をユーザーHOSTへ出力する処理を行なう。この場合、入力元と出力先が異なってもよい。図4にRJEサービスの概念を示す。

このネットワーク・システムのRJEサービスは、次の手順で行なわれる。

- (1) 利用者はユーザーHOSTのローカルのバッチ・ジョブ又はTSSジョブでRJEユーザーを起動する。
- (2) RJEユーザーはNCP(Network Control Program)を介して相手サーバHOSTのRJEロガーに対して初期接続要求を行なう。
- (3) 初期接続の要求を受けたサーバHOSTのRJEロガーは、

RJEサーバを起動する。

- (4) サーバHOSTのRJEサーバとユーザーHOSTのRJEユーザーの間でリンクの確立が行なわれる。
- (5) リンク確立後、サーバHOST～ユーザーHOST間のRJEプロトコルに基づいたコマンドを利用して、RJEユーザーからRJEサーバへ、サーバHOSTで実行するバッチ・ジョブ(サーバHOSTのローカル・バッチのサービスと同一のジョブ形態)を転送する。
- (6) RJEサーバは、受け取ったバッチ・ジョブを入力ジョブ・ファイルに入れる。
- (7) 入力ジョブ・ファイルに入れられたジョブは、サーバHOSTのバッチ・ジョブの実行プロセスとして取り出され、バッチ・ジョブ実行後、ジョブ出力結果のファイルに入れられる。
- (8) 利用者が先に入力したジョブの出力結果を取り出す場合は、上記(1)～(5)の手順後、サーバHOST～ユーザーHOST間のRJEプロトコルに基づいたジョブの出力結果を取り出すコマンドを、RJEユーザーからRJEサーバへ送信する。
- (9) RJEサーバはジョブ実行出力結果、取出しのコマンドを受信すると、ジョブ出力結果のファイルから該当する出力結果をRJEユーザーに対して送信する。

4.2 TSSサービスの概要

このネットワーク・システムのTSSサービスは、TIP(Terminal Interface Processor)に接続されている端末からサービスを受けたいサーバHOSTをユーザーNVT経由で呼び出すことにより、該当サーバHOSTのTSSサービスを受けることができる。図5にTSSサービスの概念を示す。

このネットワーク・システムのTSSサービスは、次に示すような手順で行なわれる。

- (1) 利用者はTIPに接続されている端末からユーザーNVT

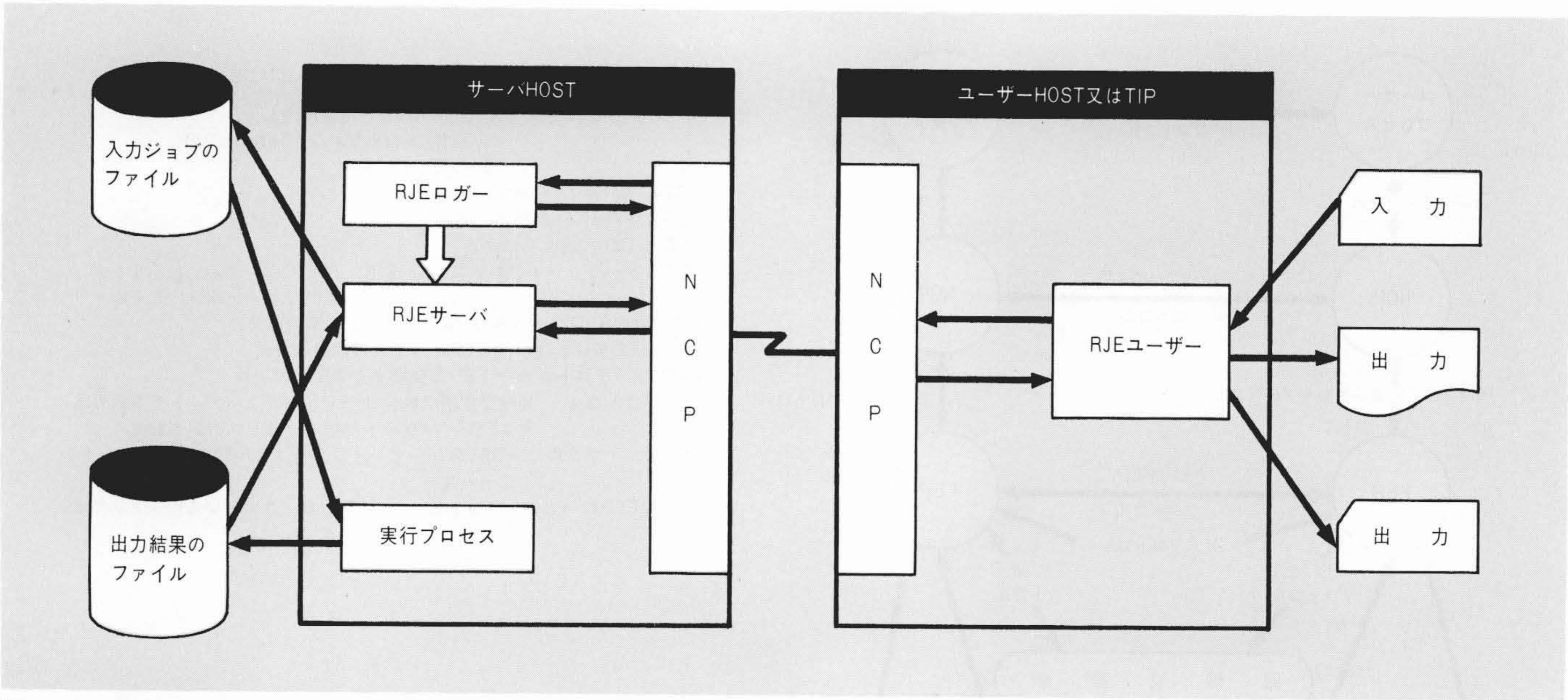


図4 RJEサービスの概念 サーバHOSTにネットワーク経由で入力されたジョブは、その後、通常のバッチ・ジョブと同様にサーバHOSTで処理される。

を起動する。

- (2) ユーザーNVTはNCPを介して、サーバHOSTのTSSロガーに対して初期接続要求を行なう。
- (3) 初期接続要求を受けたサーバHOSTのTSSロガーは、サーバNVTを起動する。
- (4) サーバNVTは、TSSサーバを起動すると同時にユーザーNVTとの間でリンクを確立する。
- (5) TSSサーバは、NVTプロトコルに基づくサーバNVT～ユーザーNVT間の通信機能を使用して、TIPの端末に対しTSSサービスを開始する。
- (6) その後端末の利用者は、サーバHOSTの既存のTSSサービスと同じ形態で、このネットワーク・システムのTSSサービスを利用する。

5 東京大学HOST及び東京大学TIPでの「N-1ネットワーク」の実現方式

5.1 東京大学HOST

東京大学大型計算機センターの中央処理装置は、HITAC 8800×3台、HITAC 8700×1台及びメモリが8Mバイトのマルチプロセッサ構成で、これらは仮想記憶及びマルチプロ

セッサをサポートしているOS7の下で一つのシステムとして稼動している。

ネットワークのハードウェアとしては、FEP (N3200/70) との間のハードウェアとしてアダプタを使用している。これは半二重モードで8bit、パラレルにデータ転送を行なうほか、互いに相手に対して外からの割込みを行なう機能をもっている。HITAC 8800/HITAC 8700にはセクタ、チャネルを通して接続され、約40kバイト/秒の速度でデータ転送を行なう。

ネットワークのソフトウェアを開発するに当たっては、次に述べるような点を考慮した。

- (1) 伝送効率及びネットワークを使用するアプリケーション・プログラムとのインタフェースを考慮し、大部分のプログラムをシステム・プログラムとして開発する。
- (2) 既存ソフトウェアとの整合性
 - (a) 既存のOS(OS7)の改造を最小限にとどめる。
 - (b) OS7で備えているRJE機能、TSS機能を利用する。
- (3) ソフトウェアのモジュール化
- (4) 信頼性の確保

東京大学HOSTのソフトウェア構成を図6に示す。

NCPはHOST/HOSTプロトコル及びHOST/FEPプロト

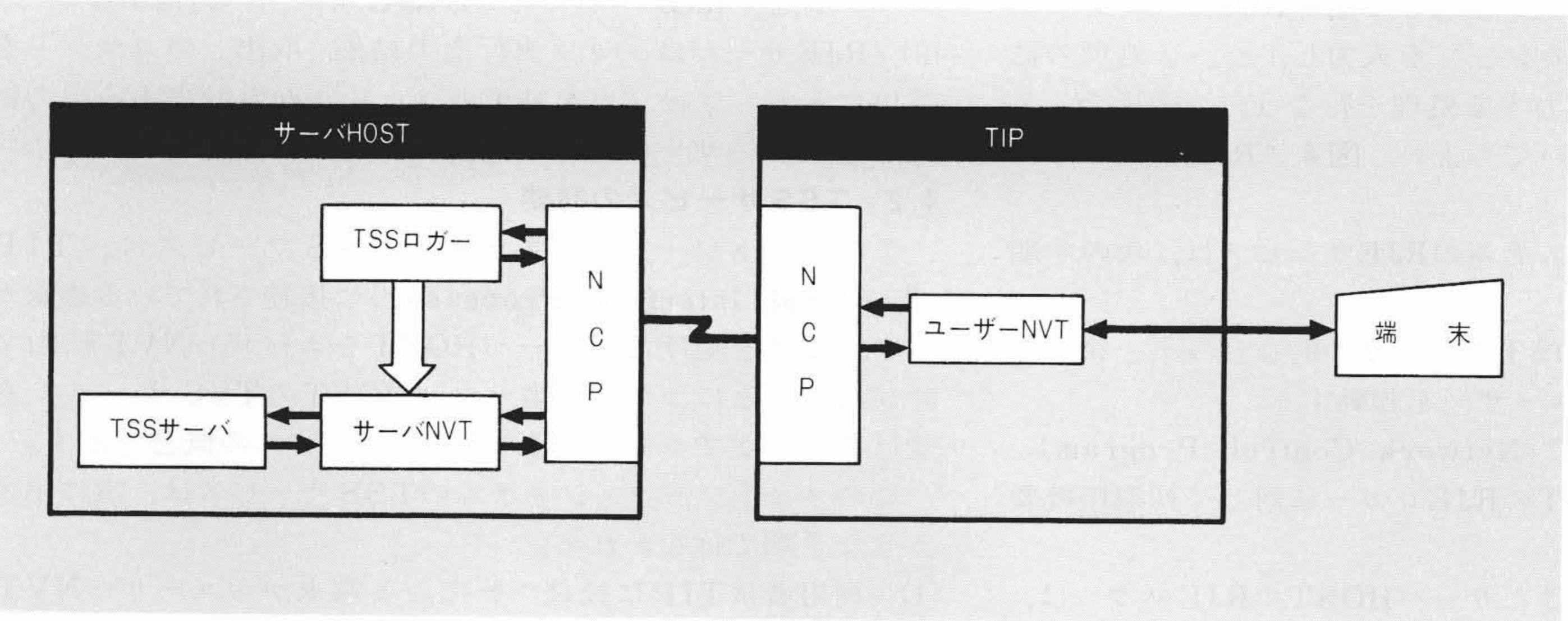


図5 TSSサービスの概念 端末とサーバHOSTの間でリンクが確立されると、その後、端末の利用者はサーバHOSTのローカルなTSSと同じ形態でこのネットワーク・システムのTSSサービスを利用する。

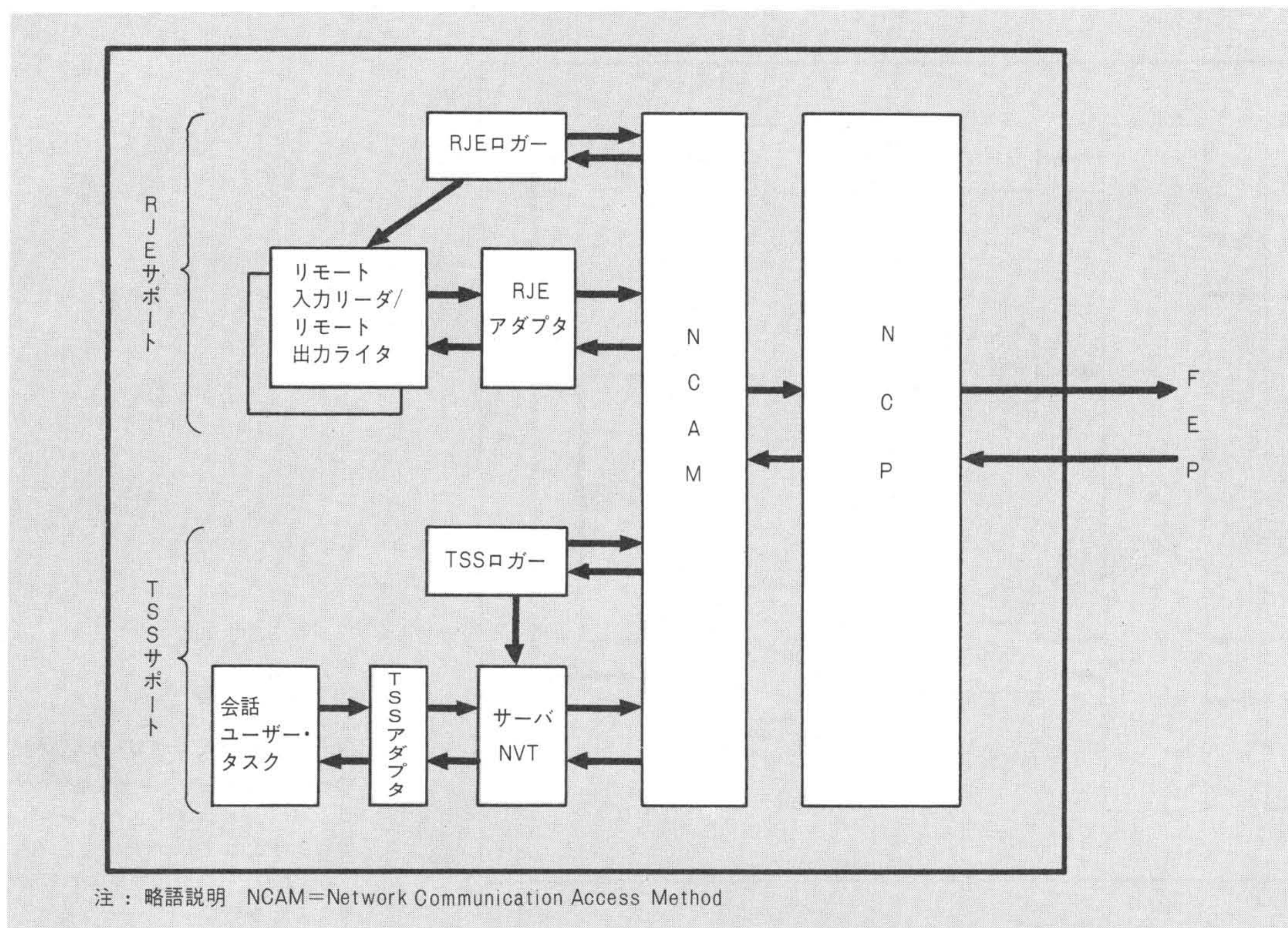


図6 東京大学HOSTのソフトウェア構成 リモート入力リーダー/リモート出力ライター及び会話ユーザー・タスクは既存のOS7のプログラムを使用している。

コルをサポートするプログラムで、リンクの確立/解放制御、リンク上のデータ転送制御などを一括管理している。このプログラムは一般のユーザー・タスクより優先度の高いシステム・タスクで実行される。またNCAM (Network Communication Access Method) はユーザー・プロセスとNCP間のローカル・マクロをサポートするプログラムである。RJEサービスをサポートするためのRJEサーバとしては、OS7の既存のリモート入力リーダー/リモート出力ライターを使用し、このほかに、アプリケーション・プロトコルである東京大学RJEプロトコルをサポートするRJEアダプタを付け加えた。また、TSSサービスをサポートするためのTSSサーバは、OS7の既存の会話ユーザー・タスクを使用し、アプリケーション・プロトコルであるNVTプロトコルは、サーバNVTプログラムでサポートしている。東京大学HOSTがユーザーHOSTとなる場合必要なRJEユーザー・プログラムは、ユーザー・レベルのプログラムとして作成した。

またこれらのプログラムは、大部分がシステム・プログラムとして動作するため、プログラムの障害がシステムの全面ダウンとならないよう、次に述べる2点を中心に対策を講じた。

- (1) 他のシステム・プログラムに悪影響を及ぼさないよう、他システム・プログラムの領域とこのプログラム領域とのアクセス保護レベルを変えている。
- (2) 回復不能な障害に対しても極力部分停止にとどめている。

5.2 東京大学TIP

東京大学大型計算機センターで我々は東京大学HOSTのほかに、ミニコンピュータ(HITAC 20)を用いたTIPシステムを開発した。TIPは端末(TSS端末及びRJE端末)をHOSTに接続することなく、直接「N-1ネットワーク」に参加させることを目的としたものである。

TIPのソフトウェアは、おおむね端末を制御するプログラム、新データ網とのインタフェースをサポートするプログラ

ム(X.25のサポート・ソフトウェアを含む)、NCP、ユーザーNVTプログラム及びRJEユーザー・プログラムから構成される。TIPのソフトウェア構成を図7に示す。ソフトウェアは機能別にモジュール化されており、各プロトコルのサポートはマトリックスによる制御としている。

6 RJE運用実験

「N-1ネットワーク」の実用化に際して、操作性、利用性、障害対策、課金対策などを含むセンター運営上、あるいはネットワーク運用上の諸問題と、ネットワーク全体の効率、性能評価の問題がある。そこで、「N-1ネットワーク」を大型計算機センターの業務サービスに供することを前提に実際に運用実験を行なった。これは昭和52年10月に東京大学、京都大学両大型計算機センター共に、「N-1ネットワーク」がOSの標準サポートとしてシステムに組み込まれたことを背景に、同年11月から19日間にわたり通常のセンター業務として、日本電信電話公社回線交換現場試験網を利用し東京大学、京都大学間で実施された。

表2に運用実験中〔昭和52年11月7日～12月2日の月曜日～金曜日10:00～13:00〕に処理されたRJEジョブの統計を入出力レコード数を中心にまとめた。

仮に純粋にデータだけについてみると、約25万パケット程度を処理したにすぎない(データ量として27Mバイト程度)。ただし、1日運転に換算した処理件数では、1日処理件数3,000件(東京大学大型計算機センター)の1%程度である。ジョブの内容はFORTRAN及びシステム・ユーティリティを利用する一般的なものが大半で、特に東京大学大型計算機センターのTOOL-IR(文献データ・ベース)の利用も多く、分散形データ・ベースといったリソースの開発の必要性が再認識される。

運用実験中で発生した障害に関しては、基本的に「N-1ネットワーク」の構造に起因するものは皆無で、この点では「N-1

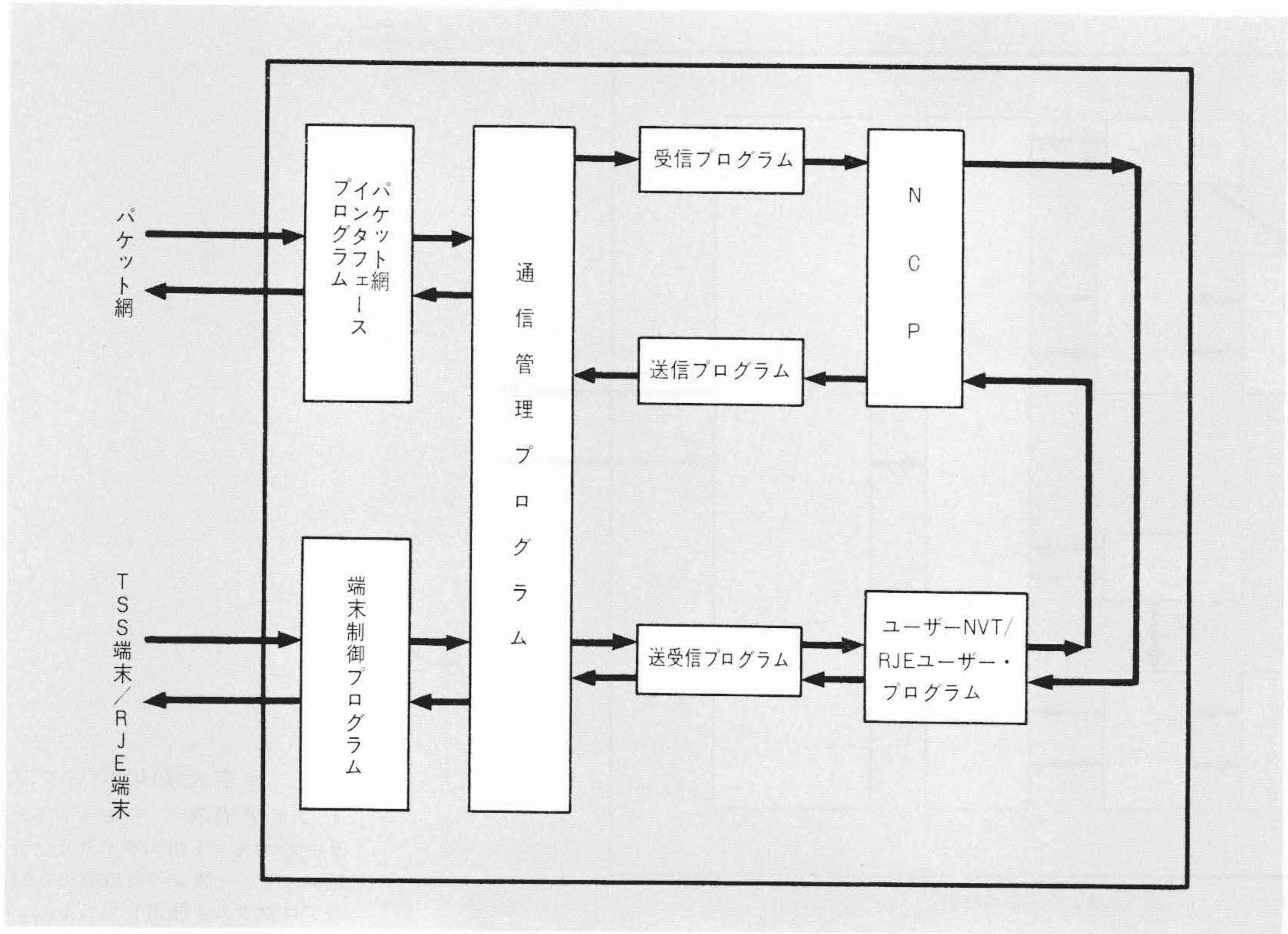


図7 東京大学TIPのソフトウェア構成 ユーザー-NVTプログラムあるいはRJEユーザー・プログラムは、種々の実端末を「N-1ネットワーク」の正規端末に写像することを行なう。

ネットワーク」は十分運用に耐えることが実証されたと言える。また立上げ時のオペレーション・ミスが目立ったが、障害切分けなどについては十分対処でき、これらを初期的エラーと考えれば、RJE運用実験は成功し、運用化が可能といえる。

表2 運用実験中に処理されたRJEジョブの統計 運用実験中「N-1ネットワーク」を使用したRJEジョブ件数の全体処理件数に占める割合は、1日に換算すると東京大学大型計算機センターの場合、約1%である。

(a) RJEジョブ統計(東京大学RJEユーザー⇄京都大学RJEサーバ)

ジョブ・クラス	件数 (件)	入力レコード数(枚)*	平均入力レコード数	出力レコード数**	平均出力レコード
A	87	12,306	141	13,491行	155
B	66	77,248	1,170	43,209行	655
C	2	1,521	761	3,123行	1,562
計	155	91,075	588	59,823行	386

注：* JCLレコードは含めない。
** LP出力最終ページ(仕分/アカウント情報)は含めない。

(b) RJEジョブ統計(京都大学RJEユーザー⇄東京大学RJEサーバ)

ジョブ・クラス	件数 (件)	入力カード数(枚)	出力LP行数	出力カード数(枚)	CPUタイム(s)
A	4	1,169	389	—	2.52
(Aの平均)		(292)	(97)	—	(0.63)
B	42	2,329	50,235	20	286.07
(Bの平均)		(55)	(1,196)	(2件)	(6.81)
C	7	5,259	12,095	2,494	927.73
(Cの平均)		(751)	(1,728)	(2件)	(132.53)
M	24	318	21,121	—	41.59
(Mの平均)		(13)	(880)	—	(1.73)
計	77	9,075	83,840	2,514(4件)	1,257.91

7 結 言

現在、運用実験及び各種の性能評価テストで得られた成果をもとに、昭和54年度の業務サービス化の準備を進めている。昭和53年度の実験計画としては、開発終了したTIPの運用実験と効率評価、東京大学～京都大学間連動による総合的運用実験を行なう予定である。

日立製作所は東京大学大型計算機センターの指導の下に、HITAC 8800/HITAC 8700(OS7)及びHITAC 20に「N-1ネットワーク」のサポート機能を実現したが、今後更にHITAC MシリーズのOS〔VOS3(Virtual Storage Operating System 3)〕にもOS7での経験を生かして、「N-1ネットワーク」のサポート機能を実現する計画である。

最後にこの論文をまとめるに当たり、「N-1プロジェクト」関係各位に終始適切な御指導と御協力をいただいた。ここに深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 島内, 北川: 広域大量情報の高次処理, 総合報告, 東大出版会(昭和51年)
- 2) H. Inose, T. Sakai, M. Kato and S. Asano: Networking for Inter-University Computer Centers in Japan, Proc. ICC, Toronto (1976)
- 3) 猪瀬ほか10名: 大学間コンピュータ・ネットワーク(N-1プロジェクト)におけるRJE実証実験, 情報処理学会, コンピュータ・ネットワーク研究会資料CN7-4 (1976・9)
- 4) 安永ほか3名: N-1ネットワークにおける運用実験, 情報処理学会, コンピュータ・ネットワーク研究会資料CN15-3 (1978・5)
- 5) H. Inose, S. Asano, K. Hasebe, T. Sakai, H. Kitagawa, K. Tabata and M. Kato: User Level Protocols for and Field Trial on the Experimental Inter-University Computer Network in Japan