

解説



ACT-II ネットワーク†

—企業内コンピュータネットワーク—

長尾 篤 志†† 足立 勝††
中村 充 男†† 名 和 小太郎††

1. はじめに

旭化成におけるコンピュータネットワークは、51年7月より全面的に移動している。本システムはACT (Asahikasei Communication and Teleprocessing System) と呼ばれる。ACTは、旭化成を中心とする企業集団のコンピュータ・ユーティリティとして、多種多数のコンピュータ利用者と、多種多数のコンピュータとの間で、橋渡しの役割をもつものである。ACTは、パケット交換を主体とした実用システムとしては、日本で最初のものである。

ACTは2段階に分けて建設された。第1期システムはメッセージ交換を主体とするネットワークで、48年10月に運用をはじめた。第2期は、パケット交換方式を中軸とするコンピュータネットワークで、51年7月に稼動に入ったものである。

ACT-Iの役割は、第1にメッセージ交換であり、これにより在来のテレタイプ業務の省力化を実現した。役割の第2は、ファイル転送であり、これは複合端末の利用のミニコンに対する制御機能と相まって、東京、大阪、延岡の汎用コンピュータでリモート・バッチ処理(オフラインでの)を行うことを可能にした。

ACT-IIの役割は、第1にネットワークを汎用コンピュータに接続することにあり、第2に幹線路を高速化することにある。これにより、東京、大阪、延岡の汎用コンピュータに対しリモート・バッチ処理(オンライン)、リアルタイムでのファイルアクセス、およびリソース・シェアリングを可能とすることにある。役

割の第3は公衆回線*(テレックス、電話)への接続であり、これにより既設、新設の公衆回線端末から汎用コンピュータへのファイル・アクセスを実現することにある。本稿ではHOST間の伝送を行う、ACT-IIシステムに照準を絞り、システムの構成、機能概要、稼動状況を述べ、その後でシステム評価を、特に通信費、端末の共用、信頼性、処理能力の面から行う。

2. システム構成

ACT-II ネットワークの構成を図-1に示す。分散型ネットワークの変形である。ACT-II ネットワークでは、通信系(サブネット)と処理系(HOST)とを完全に分離している。サブネット系は、回線の追加、ノード(IMP)の追加により、いつでも完全な分散型ネットワークに移行できるようにしてある。

HOSTは表-1で示すように、処理系の汎用HOSTと、端末をサブネットに接続する通信系ミニHOSTとで構成される。IMP間は電電公社のD-1回線で9,600B/S IMP・ミニHOST間はOLA(On-line Adapter) 100kW/S、IMP・汎用HOST間は構内線48kB/Sである。

ACT-IIの機器構成を図-2に示す。

運用時は、コンソール、警報表示装置以外の一斉の周辺装置を利用せず、パケットスイッチングの信頼性と処理速度を上げるために、プログラムはすべて常駐

表-1 IMPに接続するHOST

機種	IMPとの接続	機能	設置場所
IBM 370/158*	48KBPS 半二重 BSC手順	汎用処理、データ・ベース	東京局 大阪局 延岡局
NEAC 3200/50**	オンラインアダプタ (100kW/S)	基本端末/複合端末制御	
NEAC 320/70***	"	複合端末/公衆通信回線制御	

* 延岡はFACOM M-160

** ACT-Iにおいて設置

*** ACT-IIIと称す

† ACT-II Computer Network by Atsushi NAGAO, Masaru ADACHI, Atsuo NAKAMURA (System Control Department, Asahi chemical industry Co. Ltd.) and Kotaro Nawa (Asahi Research Center Co. Ltd.)

†† 旭化成工業(株)システム管理部

††† (株)旭リサーチセンター

* この機能をうけもっている通信系ミニHOSTをACT-IIIと称す。

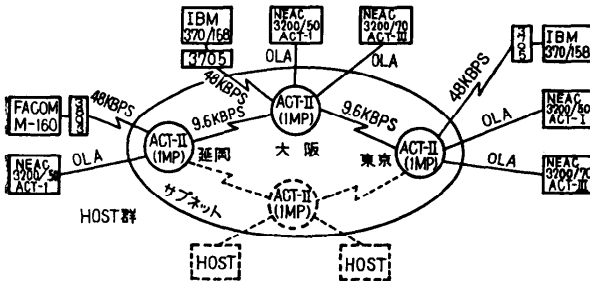


図-1 ACT-II ネットワーク

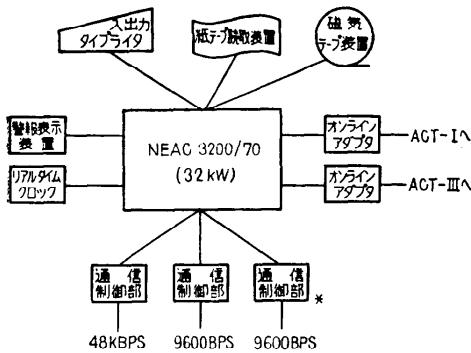
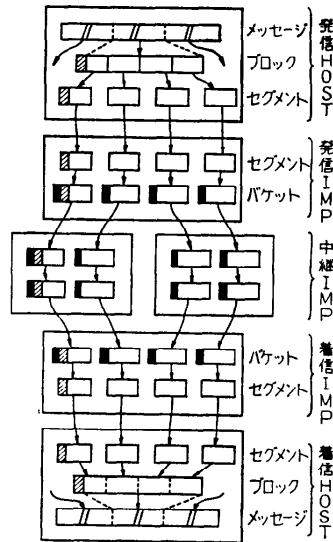


図-2 ACT-II 機器構成図



■:パケットリダグ □:ブロックリダグ

メッセージ:HOST内での業務処理単位
 ブロック:HOST-IMP間の論理的伝送単位 (現在 max 512バイト)
 セグメント: " 物理的 " " (" 128 ")
 パケット:IMP-IMP間の伝送単位 (" 138 ")
 *セグメント+パケットリダグ

図-3 データ処理形態図

形式でデータをコア上でスイッチングしている。

3. ACT-II 機能概要

IMP の機能は表-2 に示す通りである。データ処理形態を図-3、データの形式を図-4、ブロック転送フローを図-5 に示す。

ここでは開発時、特に考慮した点をピックアップする。

- (1) サブネット内でのパケットの追越しができるように、すべてのパケットにプライオリティをもうけた。
- (2) サブネット内でのデータの輻輳を緩和するため、ロジカルパスという概念を導入し、発信それぞれ IMP で設定できるパスを最大 16 本とし、HOST は、同一パスに対してデータを 1 ブロックしか送れず、着信 HOST からの論理応答を受信した後で、次ブロックを送信しなければならないようにした。
- (3) 長メッセージを速く送るため、ロジカルパスに対し発信 IMP のリアッセンブル用バッファを

- パスが解放されるまでリザーブするようにした。
- (4) 着信 HOST 側でのリソース管理、ファイル制御を容易にするため、伝送するデータの最初のブロックに伝送ブロック数を入れた。
- (5) 長メッセージの再送を容易にするため、ブロックに通番をつけ、ブロック単位で復旧できるようにした。

表-2 IMP の機能

機能	概要
蓄積交換機能	HOST 及び隣接 IMP よりの受信データを一時蓄積し、必要な変換をし、HOST 又は隣接 IMP に転送する。
経路選択機能	サブネットに入ったデータを固定ルーチングの方法でルート選択を行う。
フローコントロール機能	ロジカルパスの空き数を管理し、サブネットに流入するデータの輻輳をチェックする。
追越制御機能	サブネット内で発生したパケットの順序の乱れを着信 IMP で整える。
網管理機能	データの送受信又は一定時間間隔の診断により隣接回線の状態を知り、隣接 IMP に通知することにより全 IMP が網構成を認識する。
HOST 運転管理機能	HOST からの通知により、直結 HOST の運転状態を知り、他 HOST に通知する。
統計情報の収集機能	統計情報を累積し要求に応じ HOST に通知する。

4. システムの稼動状況

(1) ネットワークのデータ量

ACT-II ネットワークのデータ量のうち、HOST 間のデータ量を表-3 に示す。ネットワークを流れる全データ量は 703MB/月であり、汎用 HOST 発信約 83%，ミニ HOST(端末) 発信約 17% の比率になっている。汎用 HOST 間のファイル・レポート伝送は 287MB/月で全データ量の 41% をしめる。さらにそのうち特に、東京から大阪への伝送が約半分をしめている。3 地区(東京、大阪、延岡)の端末系から発生するデータ量は、それぞれ、54MB、38MB、31MB であるが、そのうち 72%、20%、77% が、その地区の汎用 HOST に集中している。

さらに、全端末発生データの過半数約 55% が東京の汎用 HOST に集中している。

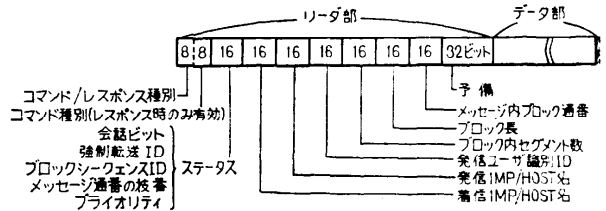
(2) IMP の処理量

IMP の処理量を表-3 より算出すると、各地区の IMP を通過するデータは、東京、大阪、延岡それぞれ 505MB、406MB、223MB であり、東阪間の回線には 384MB、阪延間には 95MB のデータが流れている。混み具合の高い東阪間での実データの回線利用率は月平均で、当システムの実効回線能力の約 18%、ピーク日で約 44% である。ちなみに当システムの実効回線能力は定格の約 50% である。

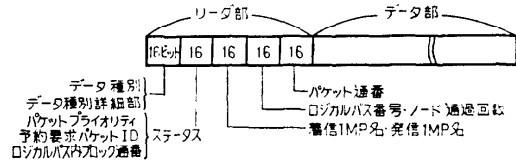
5. システム評価・考察

ここでは分散型システム全体よりも分散型のネットワークに焦点を合わせ、種々の角度から考察する。

(1) 回線費用の考察

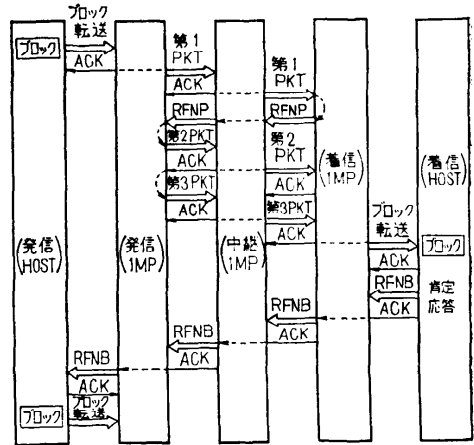


(a) ブロックフォーマット



(b) パケットフォーマット

図-4 データ・フォーマット



RFNB:肯定応答 RFNP:予約完了

図-5 ブロック転送フロー

表-3 HOST 間データ送受信量 (53/10 月度実績) 単位: 10⁶ バイト

送	受	東京 HOST	東 I	東 III	大阪 HOST	大 I	大 III	延岡 HOST	延 I	延 III	計
東京 HOST		5.0	85.7	7.0	145.6	56.8	4	7.3	9.5	—	320.9
東 I		31.2	3.4	3.1	5.0	1.1	0	0	0.3	—	44.1
東 III		7.5	0.2	0.4	0.1	1.0	—	0	0.1	—	9.3
大阪 HOST		64.0	3.5	0.7	5.1	5.8	2.7	12.4	—	—	94.2
大 I		18.5	0.9	2.8	6.6	1.0	0.1	0.4	0.8	—	31.1
大 III		5.5	0	—	0.9	0	0.3	—	0	—	6.7
延岡 HOST		51.9	0.5	—	5.5	0.3	—	—	100.2	7.1	165.5
延 I		4.5	0.2	0.4	0.8	0.7	0	23.5	0.9	—	31.0
延 III		—	—	—	—	—	—	0.4	—	0	0.4
計		188.1	94.4	14.4	169.6	66.7	7.1	44.0	111.8	7.1	703.2

—: データなし

当社のネットワークでは、50 B/S, 200 B/S, 1,200 B/S, 9,600 B/S が混在利用されている。

回線共用効果の評価方法は、現行のネットワークを全く利用せず、公社の公衆電話網のみを利用した場合の回線費用と、現行ネットワークの回線費用とを比較する。現実には通信制御手順、伝送スピード等の整合性の問題があり、実現不可能ではあるが、ここではあくまでも仮りに、これらの整合性の問題が解決されているとしての計算を示す。

- a. 現行の通信費 100
- b. すべて 1,200 B/S の電話網を利用し、Point to Point で伝送した通信費 200
- c. すべて電話網を利用し、現行の端末スピードの遅い方の速度に合せ Point to Point で伝送した通信費 292

注) データ量は 53/10 月の実績、回線効率 70% で試算現行を 100 とした指数で表示。

特定回線のネットワークの回線共用メリットが十分に発揮されている。現在の通信費用と比較した場合、相手端末の速度に合せる約 3 倍、現在の電話網の標準である 1,200 B/S に統一しても約 2 倍の通信費が必要になる。

(2) 端末・HOST 間の通信状況

現在 ACT ネットワーク全体では、53 の端末と HOST が特定回線・構内回線で結合されている。表-4 に、HOST・端末の通信相手数を示す。汎用 HOST、処理系端末では、それぞれ平均 27、12 の相手とデータ送受信し、全端末・HOST 平均では、約 9 つの相手と通信している。さらに処理系システムからの端末の共用という観点でみると、各処理系端末・HOST は平均 16 端末のデータを処理しており、各端末は平均して 3 つの処理系システムで共用されていることがわかる。

(3) 信頼性

① ネットワークの信頼性

ここではネットワーク全体の信頼性を通信系のミニ HOST、IMP について、運用の開始期に近い時期(51/10~12)、安定期(52/10~53/9)の 2 つに分けて評価する。表-5 に示すように、開始期の ACT-I, II, III の平均利用可能率はそれぞれ 98.92%、99.71%、99.02% であり、全システムの平均で 99.24% である。別の角度からみると、各システムは平均で稼働時間のうち 0.76% ダウンしており、全システムでみると稼働時間の 6.64% は少なくともどこかのシステムがダウ

表-4 端末・HOST間の通信相手先数(特定回線)

HOST・端末	発信端末・HOST 数	受信端末・HOST 数
東京汎用 HOST	39	41
大阪 "	26	23
延岡 "	16	18
処理系 6 端末平均	11.3	13
全 HOST・端末平均	8.9	9.2

表-5 ACT-I, II, III の利用可能率

システム	51/10~51/12	52/10~53/9
ACT-I	98.92	99.54
ACT-II (IMP)	99.71	99.92
ACT-III	99.02	99.84
平均	99.24	99.77

ンしていることになる。

安定期での ACT-I, II, III の平均利用可能率はそれぞれ、99.54%、99.92%、99.84% であり、平均で 99.77% である。すなわち各システムでの平均ダウン率は 0.23%、全システムでのダウン率は 2.05% である。分散型ネットワークの場合、全システムが同時にダウンしている率は無視できるので、危険分散の効果は大きく、特に開発時の効果には着目してよいと考える。

② IMP の信頼性

サブネットを形成する上で IMP の信頼性を上げることは特に重要な問題である。① で示したように開始期、安定期ともに、平均利用可能率は通信系ミニコンの中で最も高い。特に安定期に入ってから率の向上はソフトウェアの安定性もさることながら、周辺機器を利用せずオンコアでスイッチングしていること、ダウン後のリスタート方法の簡素化、東京・大阪での 24 時間運転による電源オン・オフ回数(週 1 回)によるところが大きいと考えている。

③ サブネット回線の信頼性

サブネットの信頼性を考える上で、もう一つの重要な問題は、IMP 間の通信回線の安定性である。53 年 1 月~53 年 10 月の間で、30 分以上続いた通信不可能回数は、東京-大阪間で、9 回、大阪-延岡間で 14 回であった。回線障害は IMP ダウンと異なり、復旧までに比較的長時間を要している。この影響を少なくするため、障害時代替できるルートがあることが望ましい。

(4) 通信制御手順上の問題

① 汎用 HOST-IMP 間の制御手順

汎用 HOST-IMP 間の制御手順は、開発当初(49 年 4 月)最もポピュラーであった。IBM 社の BSC

半二重の手順を採用した。この当ても、ハイレベル手順が近々発表されることはわかっていたが、当時、全容が必ずしも明確でなかったこと、汎用 HOST 側での新システム (VTAM) 導入上の問題、リソース上の問題が発生することがわかっていたため、上記の形で決定をした。

BSCの手順上で発生した問題は、送信権の反転、送信権獲得時のタイミングのずれの問題と、標準に設定している時間が伝送速度 (48 kB/S) に比して大きすぎるという問題である。

a. IMP 側が半二重制御のため、制御文字送信後の受信モード切り換えに一定時間要し、HOST 側が、コマンドチェイニング等で、早く送信した場合、IMP 側で受信できない。この対策として、現在 HOST 側では、コマンドチェイニングで実行される I/O マクロをつかわないようにする、ユーザプログラムで一定時間のディレイをかける、同期文字 SYN を多数挿入する等の特別対策をとっている。

b. コンテンションが非常に多く発生するため、IMP 側のセレクトイング ENQ の時間を 200 ms にしている (1秒で行くと、高トラフィック時の伝送量が、約 40% 低下する)。この時間間隔で ENQ を送出すると、IBM 側で SYN 同期がとれないケースが発生し、ユーザプログラムで特別なエラーリカバリをしなければならない。このケースは発生頻度が少ないため、現実面の被害は少ないが、原因追求に時間を要した。

c. 回線トラブルとは直接関係ないが、HOST 側の送信中に、IMP 側が送信権の反転要求を出す頻度が非常に多く、各 IMP とも月間 10 万回前後である。

以上のような問題は全二重にするか、少なくとも割込み受け付けレベルでは全二重処理にしておかないと解決しにくい。なおこの他にもインタフェース仕様の詳細がわからずつまらないミスが多く発生し、非常に苦勞した。

② IMP 間の制御手順

IMP 間は BSC 準拠の全二重通信手順を採用した。手順の詳細はさけるが、伝送の効率化をはかる目的で 1 テキストブロック中に複数のパケットを ITB ブロックとして送信し、一括して応答を受信する方式で行った。東京・大阪間両方向で同時に 1 ロジカル・パスずつ伝送した場合の処理量のテスト結果は次の通りである。

a. 1 テキスト = 最大 4 パケット時 0.9 BLK/sec

b. 1 テキスト = 1 パケット時 1.4 BLK/sec

注) 最大 4 パケットとは送信待ちにあるパケットを最大 4 パケット同時に送れるという意味。

結果は意外にも a. のケースの方が悪かった。原因は、同一回線を両方から長・短テキストが同時に流れた場合、応答を待って、次テキストを送信するシステムでは、応答待ちの空白時間による処理量の低下が意外に大きいためとわかった。現行では 1 パケット = 1 テキストにし、できるだけ同一長のテキストが流れるようにし、応答待ちの空白時間を少なくしている。

但し現行の実効回線能力は最大で定格の約 50% である。これ以上伝送効率を上げるためには、ハイレベル手順を採用し、応答待ちの空白時間をなくすための対策をとる必要があると考える。

(4) パケット分割の評価

現在のプロトコルでは、発言 HOST は 1 つのロジカルパスに対し 1 ブロックを 4 セグメント (4 テキスト) に分割し、発信 IMP に送信し、着信 HOST からの論理応答により、次のブロックを送信し、サブネット内で IMP は 1 セグメント = 1 パケットとして処理している。ここで問題になるのは、はたして 1 ブロック = 4 セグメント = 4 パケットにし、1 ブロックを分割して送ることがよいかどうかということである。

① 現在の 1 ロジカルパス内の処理時間

表-6 に東京・大阪間 1 ロジカルパスで送信した場合の各システムの処理時間の内わけを示す。IMP の伝送のための処理時間は、230 ms であり、IMP 全体の経過時間の 28.6% を占め、HOST の伝送のための処理時間はコマンド・レスポンス合せて 58.4 ms で HOST の通信処理時間の 35.6% を占めている。HOST、IMP 合せると通信処理のオーバーヘッド時間は、全体の経過時間の 28.5% も要していることがわかる。

② 1 ブロック = 1 セグメントでの処理時間

東京・大阪間 1 ロジカルパス片方向でテストした結

表-6 東大阪間 1 ロジカルパスで伝送した場合の HOST・IMP の処理時間

処 理 項 目	時間 ms
HOST の全処理時間	410
コマンドの送信と受信の処理時間	(90.4)
コマンドの実伝送時間	(195.6)
レスポンスの送信と受信の処理時間	(26.4)
レスポンスの実伝送時間	(15.6)
コマンドとレスポンスの処理時間	(82)
IMP の全処理時間	805
パケット処理時間	(230)
パケットの実伝送時間	(575)

() 内わけ

果は、4パケットに分割すると1,215ms/BLKであったのが、1ブロック=1パケットにすると893ms/BLKであり、26.5%処理スピードが向上する。1パケット化によりHOST・IMPとも大きな負荷の軽減がはかれることがわかる。

③ HOSTでのCPU負荷

1ブロック=4セグメント時と1ブロック=4セグメント時のHOST側のCPU負荷を測定すると、以下の通りであった。

1ブロック=1セグメント時 35ms/BLK

1ブロック=4セグメント時 50ms/BLK

すなわち1パケット化することにより、約30%のHOST側CPU負荷の削減がはかれることがわかった。これはBTAMでの結果であるが、VTAMになるとさらにアクセスモードの負荷が上がる(M-160での実測値は1ブロック=4セグメント下で1ブロック当りのCPU負荷は約101msであった)ことを考えると、I/Oの単位を大きくすることは、特に汎用機の場合非常に重要であることがわかる。

④ 1ブロック=1セグメント時のスループット

1ロジカルバス片方向で東阪間を流したときスループットが向上することが、確認されたわけであるが、過負荷時のスループットは伝送上の空白時間の問題があるため、測定する必要がある。3ロジカルバスずつ東阪間で両方向から流した場合のスループットは、以下の通りであった。

1ブロック=4セグメント時 2.08BLK/sec

1ブロック=1セグメント時 2.28BLK/sec

1パケット化により、高トラフィック時でも9.6%処理能力が向上することがわかった。また1パケット化による、IMP間での伝送文字数の減少による効果を考えると80msあるので、IMP間での送信テキストが大きくなることによる伝送空白時間の増加が、少なくとも1ブロック当り38msの処理能力を減少させていることも合せてわかる。

⑤ パケット分割のまとめ

1ブロックを4パケットに分割して処理することはIMP・HOSTの処理負荷、サブネットの処理能力の点でも、問題があることがわかった。今後、IMPバッファのゆとりをテストし、問題なければ、サブネットの回線品質向上を待って1ブロック=1パケット化の方向でいきたい。

(5) 1メッセージのターンアラウンドタイム

1メッセージを1つのロジカルバスに対応させ、複

表-7 東京・大阪汎用HOST間で測定した東-阪IMP間の処理能力

ケース	バス数	処理量 BLK/sec	回線効率
東京→大阪	1	0.62	0.48
東京↔大阪	1	1.41	0.34
東京→大阪	3	1.35	0.65
東京↔大阪	3	2.08	0.50

数のメッセージを混在させることにより、各HOSTが均等に利用し、サブネットの処理量を上げようというのが開発当初の考え方であった。実際の運用では、IMP間回線を利用するのは圧倒的に汎用HOST間が多く、汎用HOST間で長メッセージのファイル伝送を行う時間帯では、異なるプライオリティの複数メッセージが存在しないことが多く、1メッセージを早く送信完了することが、全体の伝送効率の向上に寄与する所大であることが認識された。そこで汎用HOST間では1メッセージを3つのロジカルバスを利用し、並行に伝送することにした。これによる効果は表-7に示す。片方向のみで伝送している時で、約65%、両方向から伝送している時で、約48%、1メッセージ当りの伝送時間を短縮することができた。さらにこの方式によれば、3レベルのプライオリティのメッセージの待ちがないときも3バスで伝送するため、全体の伝送効率の向上という意味もある。

6. まとめ

以上で、現在のACT-IIネットワークの利用状況問題点の考察を終わる。将来は他社のネットワークとのインタフェースも考えていきたいと考えているが、当面、サブネットについては1パケット化程度の簡単な修正で対応できるものにとどめ、主力は、端末システムの強化におき、ネットワーク全体の有効利用をさらに推し進めていくつもりである。

参考文献

- 1) 名和, 中村, 八木, 他: ACT-IIシステムについて, 第11回東北大学電気通信研究所シンポジウム論文集, pp. 77-86 (1975).
- 2) 名和, 中村, 八木: ACTシステム, 情報処理, Vol. 16, No. 7, pp. 645-649 (1975).
- 3) 中村, 島, 中, 他: 企業内パケット交換網ACT-II, 電気通信学会講演会論文集, pp. 71-78 (1976).
- 4) 中村, 足立, 下野, 中, 他: ACTシステム(I)~(IV), 情報処理学会第17回大会講演論文集, pp. 773-780 (1976).

(昭和53年11月27日受付)