

工学博士 学位論文

画像データベースのオンラインリモートアクセス  
に関する研究

昭和 54 年 12 月 22 日

東京大学大学院 電気工学専門課程

中川 裕志

# ◁ 目 次 ▷

第1章	序論	1
1.1	はじめに	2
1.2	本論文の構成	7
第2章	システムの基本的設計条件	11
2.1	画像データベースシステムの研究開発の現状	12
2.1.1	オンライン画像データベースシステムの事例	12
2.1.2	各システムの比較	20
2.1.3	端末システムの動向	22
2.2	システムの設計条件	25
2.2.1	システムの適用分野と機能	25
2.2.2	対象とするシステムの構成	30
2.3	システム設計の方法	42
第3章	実験システムの設計	46
3.1	システム構成	47
3.1.1	集中型構成	47
3.1.2	分散型構成 — (1)	56
3.1.3	分散型構成 — (2)	61

3.1.4	実験システムの構成	62
3.1.5	端末システム	64
3.2	画像伝送システム	67
3.2.1	速度変換方式	67
3.2.2	複合情報伝送システム	74
3.3	画像データベースリモートアクセスにおける通信方式	81
3.3.1	通信方式	81
3.3.2	実験システムにおける伝送効率の最適化	84
3.3.3	伝送制御手順	89
3.3.4	複合情報通信プロトコル	95
オ4章 センター・システムの構成		106
4.1	センターシステムのハードウェア構成	107
4.1.1	システム構成	107
4.1.2	画像ファイル検索システム	111
4.1.3	画像計算機入力システム	115
4.2	センターシステムの基本ソフトウェア	126
4.2.1	OSの構造と主な機能	126
4.2.2	スーパバイザモニター	130
4.2.3	通信制御	133
4.2.4	入出力制御	136

4.3	セクター・システムのユーザインタフェース	140
4.3.1	ユーザコマンド	140
4.3.2	実験システムのユーザインタフェース	142
	第5章 端末システムの構成	148
5.1	端末システムのハードウェア構成	149
5.1.1	方式設計	149
5.1.2	ハードウェア構成	155
5.2	端末システムの基本ソフトウェア	162
5.2.1	ソフトウェアの概要	162
5.2.2	ターミナル制御モータ	163
5.2.3	通信制御	167
5.2.4	ファクシミリ出力制御	168
5.2.5	Disket 入出力制御	171
5.3	端末システムのユーザインタフェース	173
5.3.1	通信管理	173
5.3.2	画像出力管理	177
5.3.3	ユーザコマンドとシステム動作	180
	第6章 実験システムにおける実験結果および評価	183
6.1	実験システムにおけるリモートアクセス実験	184

6.1.1	リモートアクセスの手順	184
6.1.2	実験結果および評価	187
6.2	画像情報の帯域圧縮符号化伝送	199
6.2.1	帯域圧縮処理の組み込み	199
6.2.2	16bit DPCM 方式による実験	200
6.3	端末システムの処理能力の検討	204
6.3.1	プロセッサ負荷の測定法	204
6.3.2	測定結果と処理能力評価	210
6.3.3	復号処理能力の評価	214
6.4	実験システムの評価	219
第七章 現実的規模の原型モデルの設計		222
7.1	画像データベースの応用	223
7.1.1	応用分野	223
7.1.2	図書館システムへの応用	225
7.2	現実的規模システムのハードウェア	228
7.2.1	システムの規模	228
7.2.2	ハードウェア構成	233
7.2.3	ネットワークおよび端末	239
7.2.4	画像情報の大容量ファイル	242
7.3	現実的規模システムのソフトウェア	246

7.3.1	ユーザインタフェース	246
7.3.2	汎用データベースとのインタフェース	248
7.4	画像検索・通信系における問題点	258
7.4.1	画像ファイル検索装置	258
7.4.2	通信バッファ	261
第8章 原型モデルのトラヒック解析		265
8.1	システムのモデル化	266
8.1.1	トラヒック解析すべき問題点	266
8.1.2	システム全体のモデル	268
8.1.3	シミュレーションシステム GASP II	273
8.2	画像ファイル格納方式	277
8.2.1	画像ファイル検索装置毎の検索要求到着率の偏り	277
8.2.2	検索待ち時間	280
8.2.3	格納方式の最適化	296
8.3	画像ファイル検索と画像入力処理の直列接続	304
8.3.1	直列システムのモデル化と近似計算	304
8.3.2	シミュレーションによる解析	308
8.4	原型モデル全体のトラヒック解析	315
8.4.1	解析すべき問題点	315
8.4.2	シミュレーションモデル	316

8.4.3	平均伝送開始待ち時間の評価	329
8.4.4	通信バッファ容量	347
8.5	システム設計のまとめ	360
	第9章 結論	362
9.1	各章のまとめ	363
9.2	今後の課題	370
	謝辞	373
	参考文献	375
	付録 - 1. 実験センターシステム OS のマニアック一覧	
	付録 - 2. 実験センターシステムのユーザインタフェースのリスト	
	付録 - 3. 複合入出力知能端末 COMET の回路図	

## II。序論

---

本論文で検討を行なうオンライン・リモートアクセス可能な画像データベース・システムの概念を明らかにし、次に本論文の構成について述べる。

---



## 1 / はじめに

工学、技術の進歩には、二つの方向がある。オ一の方角は、現在の技術環境において可能と考えられることを実現し、積み上げる方向である。オ二の方角は、現在の技術環境においては、想像の域にあるものを実現せようと努力する方向である。この一見矛盾する二つの方向が数多の人々の英知と努力により止揚し、工学技術は大きな発展を遂げた。しかし、電子計算機が現実のものとなって以来、約30年の歴史をもつ計算機技術の分野においては、常にオ一の方角が主導的であったように思われる。このためか、計算機での扱いの容易な符号情報の処理、またはそのためのシステムは飛躍的に進歩したが、その反面、現在の計算機で扱いの難しい画像情報の扱いは、遅れをとっているように見える。将来の計算機の主な利用法と考えられているデータベース・システムについてもこのことがあてはまる。現在のデータベース・システムにおいて扱われているのは、文字、数値等の符号情報であり、画像情報を扱うことのできるデータベース・システム（画像データベース・システム）は、幾つかの実験システムを数えるだけである。これらの実験システムの詳細については、2章で述べるが、その概要は、次のような機能を持つセンター・エンド型の画像検索システムである。遠隔端末においてキーボード等を用いてセンターの磁気ディスク等に蓄えられている画像情報を検索

し、端末に伝送し、テレビジョン表示を行なう。このようなシステムの概念を図1/1に示す。このようなシステムは、生活関連情報を扱う地域情報システムから発展したものが多く、次のような性質を持っている。

- (1-1) センターで蓄積する画像の量が比較的少ない。
- (1-2) 画面当りの画像情報の量が比較的少ない。
- (1-3) 端末での出力は、テレビジョン表示のようなソフトコピーで十分である。
- (1-4) 複雑な検索機能は必要とされない。

ところで、上述の実験システムの分野とは別の画像データベースシステムを必要としている分野もある。例えば、原文献へのアクセス可能なオンライン文献検索システム（オンライン図書館システム）は、画像データベースシステムを利用することが有利な分野である。現在の図書館の利用形態は、利用者が交通機関等を利用して図書館へ出向き、図書分類索引を利用して目的の文献名を得、その後、目的とする原文献を入手するものであり著しく労力がかかる。この労力を軽減するためにまず、通信回線を介してオンライン文献検索システムにより目的とする文献名を得ることができると便利である。ここまでは現在実現されている。しかし、現在のシステムでは、通信回線を介して原文献を入手することができないので、利用者は原文献の入手には、まだ多くの労力を使う必要がある。したがって、通信回線を介して

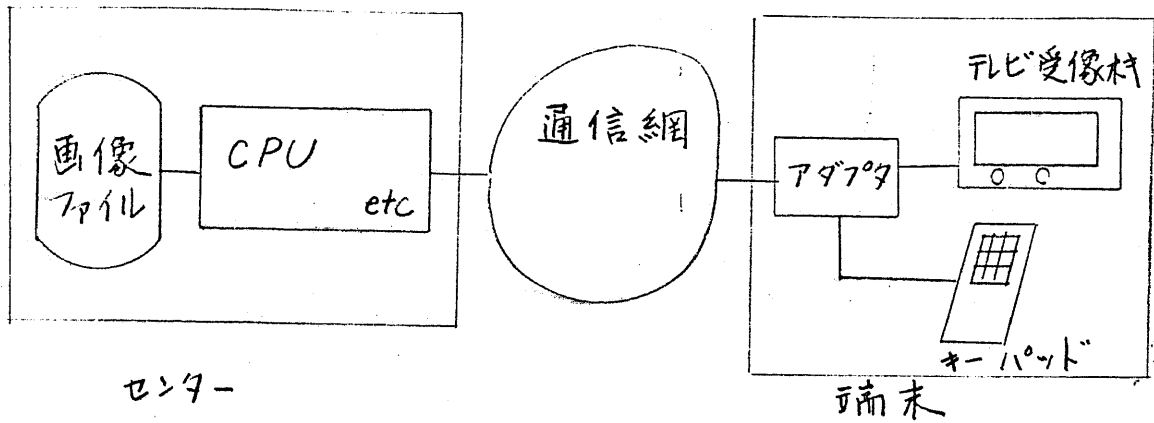


図1.1 センター・エンド型画像検索システムのご概念

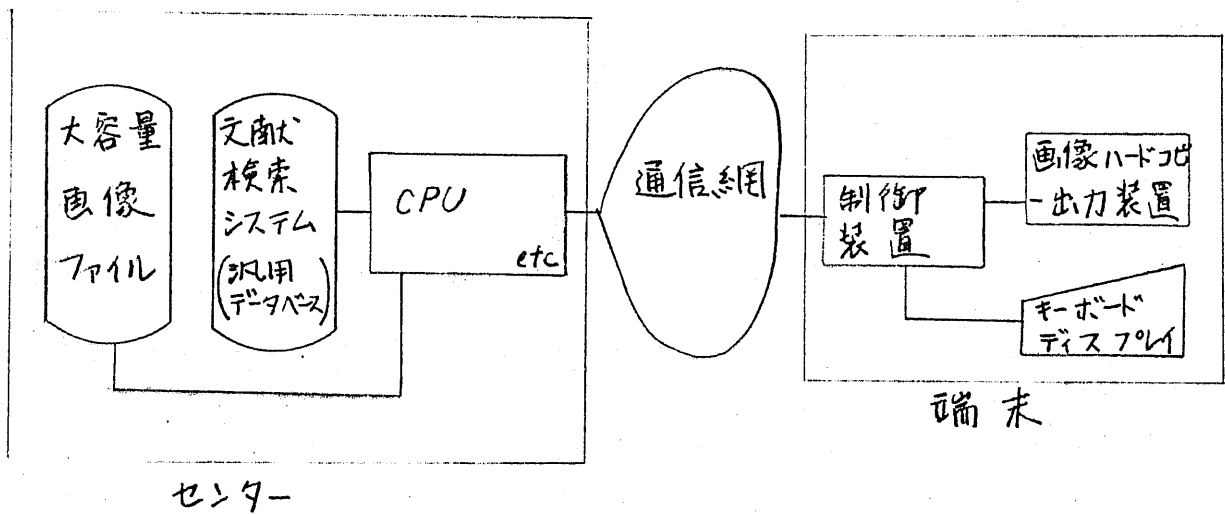


図1.2 原文献検索用の画像データベースシステムのご概念

オンラインで原文献の入手ができれば、図書館は利用者に対して大きな利便を提供でき、学術研究に対して大きな恩恵を与えることができる。このようなシステムでは、大量の原文献をキーボード入力することは量的に困難であり、むしろ画像入出力技術を利用して、画像情報の形で原文献を蓄積する方法が現実的である。したがって原文献データベースは、画像データベース・システムの技術が必要としている分野であることがわかる。この種の画像データベース・システムは、次のような条件を持つ。

- (Z-1) センターで蓄積すべき画像の量が膨大である。
- (Z-2) 画面当りの情報量が多い。(高画質)
- (Z-3) 端末ではハードコピー入手が必要である。
- (Z-4) 複雑な検索機能を必要とする。

オンライン図書館システムを例にとり、これらの条件を具体的に考えてみよう。このシステムでは、大量の原文献を網羅性よく蓄積する必要がある。— (Z-1) 原文献は精細な文字組みからなるので画像情報としては高解像度が必要である。— (Z-2) 端末で入手した原文献は時間をかけて読む、あるいは保存する必要があるのでハードコピー入手が不可欠である。— (Z-3) 目的とする文献を検索するために、かなり複雑な検索機能が必要である。— (Z-4) このような条件を備えた原文献検索用の画像データベース・システムのご概念は、図1-2に示すようなものである。 (Z-1)~(Z-4)の機能を

を實現するための技術的環境が成熟していないこと、あるいは上記の応用が比較的地味な分野であることなどから、(Z-1)~(Z-4)の機能を持つセンター・エンド型の画像データベース・オンライン検索システムは、実験システムにしても類例がない。技術的環境の整わない現時点において (Z-1)~(Z-4)の機能を持つシステムを検討することは、計算機技術の主流ではないかもしれず、また空論に終る危険性もある。しかし、システム概念を明確化し、システム實現のために必要な技術的条件を明らかにすることができれば、技術的環境が整うと同時に、システム實現へ向って動き出せるであろう。かつて計算機概念がトランジスタ技術の発達により電子計算機として世に出たことと同様に、画像データベース・システム概念も、これを實現する技術基盤の整備により、現実のシステムとして開発され、数多くのユーザに利用される日を願って、遠隔端末からオンライン・アクセス可能な画像データベース・システムの検討を以下の章で展開する。

## 1.2 本論文の構成

本研究は、次のような方針で進めた。まず画像データベース・システムの適用の対象となる分野を明らかにし、ここにおいて求められるシステムの機能等に関する基本的な検討を行なう。次に、このようなシステムの実現可能性の証明、あるいは問題点の明確化のために、パイロットモデルとなる実験システムを開発する。次に、この実験によって得られた知見を踏まえて、現実的規模のシステムの設計に関する問題点を検討し、基本的なシステム設計基準を得る。

このような研究の流れの中で、以下の各章がどのように位置付けられるかを説明しよう。各章の位置付けを図1.3に示した。

第2章においてシステムの基本的な設計条件を検討する。まず、2.1節において、画像データベース・システムの研究の現状について述べ、2.2節で応用分野、必要とされる機能について、2.3節で実験システムの試作目的について述べる。

第3章においては、実験システムの方式的な設計について述べる。まず、3.1節において、画像データベースのセンターシステムの構成について比較検討し、実験センターシステムの構成を決める。3.2節において、画像伝送において必要となる速度変換方式と画像、符号の複合情報の伝送について検討する。3.3節において、複合情報伝送におけるソフトウェア的側面、例えば通信プロトコルについて検討し実験システムで採用した方式を説明する。

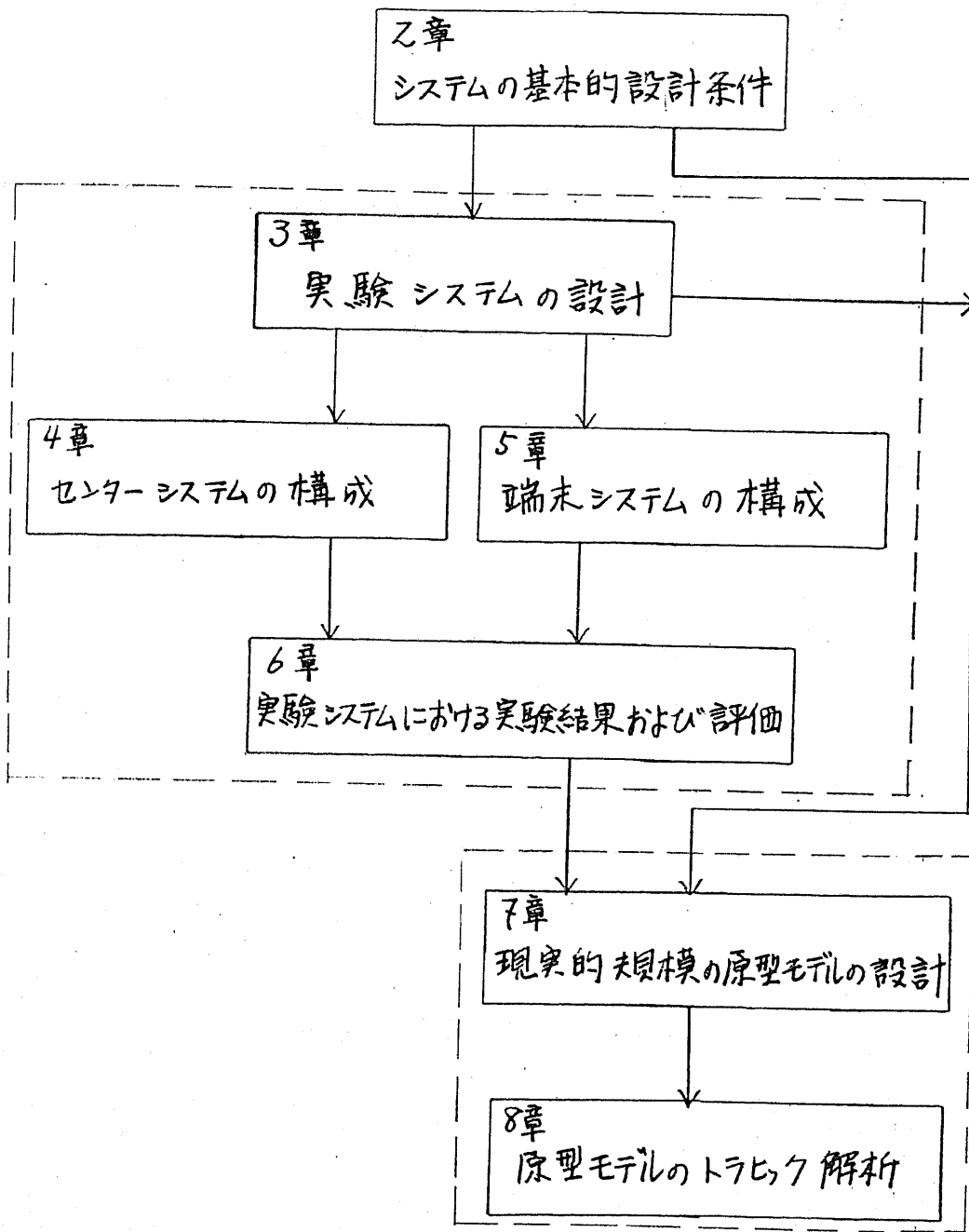


図1.3 各章の位置付け

第4章においては、実験システムのうち、センター・システムについて述べる。4.1節においてハードウェア、4.2節において基本ソフトウェア、4.3節でユーザインタフェースを実現する応用ソフトウェアについて述べる。

第5章においては、実験システムのうち、端末システムについて述べる。5.1節でハードウェア、5.2節で基本ソフトウェア、5.3節でユーザインタフェースを実現する応用ソフトウェアについて述べる。

以上、第3章においてシステム全体の方式を決め、これに基づいて製作した実験システムのうち、第4章においてセンター、第5章において端末について述べるが、これらの結果をまとめて評価するために、第6章で実験結果およびその評価について述べる。6.1節でリモートアクセス実験の結果、6.2節で帯域圧縮符号化伝送実験の結果、6.3節で端末プロセッサ能力の評価、6.4節で総合評価を行なう。

第7章においては、現実的規模のシステムの基本的な設計について述べる。7.1節で応用分野、7.2節でハードウェア、7.3節でソフトウェアについて検討する。特に問題となる画像検索装置および通信バスの準備として基礎検討を行なう。

第8章においては、第7章の結果に基づき、現実的規模システムのトラヒック理論的な解析を行なう。8.1節で、システムの待ち行列モデルを明らかにする。8.2節で検索装置毎の検索要求到着率の偏りを考慮した画像情報の格納方式について検討し、8.3節において



は、検索装置と入力処理の直列接続の問題について検討する。  
8.4節で通信バッファの有限性を考慮してシステム全体の解析と  
シミュレーションを主体として行ない、前節までの結果の有効性を評価  
する。8.5節は、システム設計を行なう場合の、7章、8章の検討  
結果の使い方について述べる。

## 2. システムの基本的設計条件

---

従来のオンライン・リモートアクセス可能なデータベース・システムでは取り扱いの対象となる情報は、全て符号情報であり画像情報を扱えるシステムは、現在はまだ実験段階である。本章ではまず、各所で開発されているオンライン・リモートアクセス可能な画像データベースの実験システムを紹介し、次にオンライン・リモートアクセス可能な画像データベースシステムの備えるべき条件について考察し、さらにシステム設計上の問題点および方法論について検討を行なう。

---

## 2.1 画像データベース・システムの研究開発の現状

### 2.1.1 オンライン画像データベース・システムの実験例

現在、画像情報を対象とする通信システムは、ファクシミリとして発展しているが、これはエンド・エンド型のシステムで伝送される情報の種別と時刻の選択には自由度があるが大量の画像情報を共有する画像データベース・システムとしての組織化は全く進んでいない。一方、大量の画像情報を共有するだけなら、テレビジョン放送は、その目的を達しているが、規格化された画像情報が一方的に利用者に送られるにすぎず、情報の種別と時刻の選択に関する自由度が欠除している。したがって、今後は利用者が欲する画像情報を欲する時刻に入手できるシステムが要求されるであろう。このようなシステムの萌芽として各所で実験システムが開発されているが、本節で、これらのシステムについて説明する。

#### ▷ Intrex (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7)

Intrex は 1968 年頃 MIT で開発された典型的なオンライン文献検索システムであり、当時としては画期的なことに、画像の形で蓄積された原文献情報の端末への表示を行っていた。システム構成を図 2.1 に示す。原文献情報は、マイクロフィッシュの形態で蓄積されている。検索装置の容量は、マイクロフィッシュ 1500 枚で、約 15,000 件の文献を収容、検索できる。画像入力は FSS により、解像度 2000 本である。端末の表示装置は、蓄積管を用い

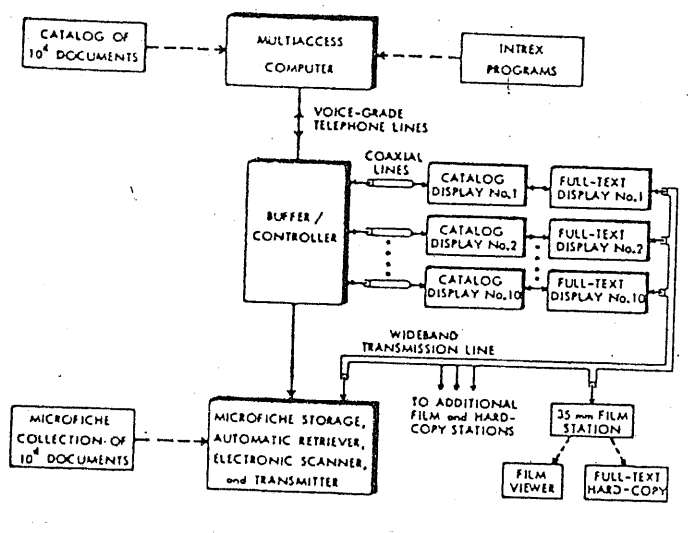


図2.1 Intrex のシステム構成

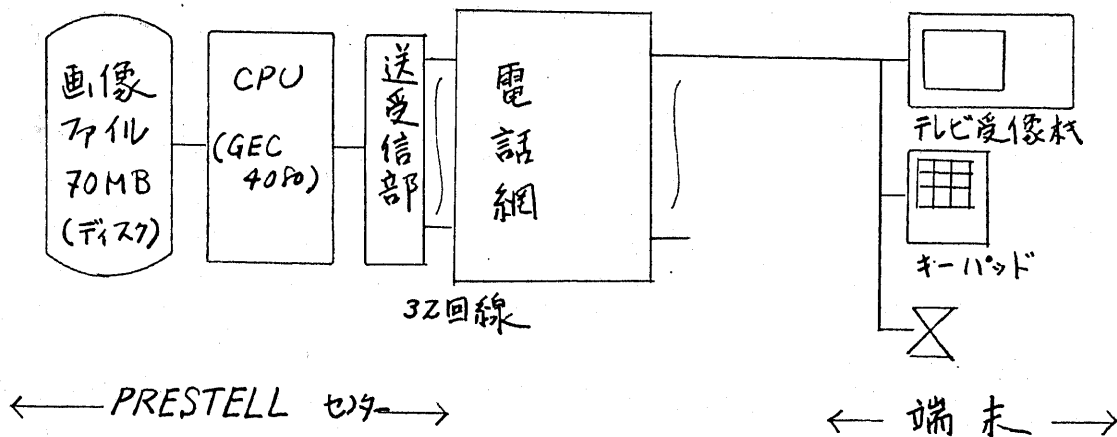


図2.2 PRESTELL のシステム構成

て速度変換し CRT に表示している。伝送は同軸ケーブルを用い、検索要求から、端末表示までの時間は、約 3~7 秒である。この方式では、伝送路と端末表示系との速度変換は、端末の蓄積管で行なっている。しかも、伝送路は同軸ケーブルで高速であるから、多数の端末も時分割的に制御できる。このように、技術的には高度なシステムであったが、ネットワークを介してのリモートアクセスという考え方はなく、伝送路が、高価であるため、普及性に乏しかった。

### ▷ PRESTELL<sup>(8)</sup>

PRESTELL は、イギリス郵電公社が開発したもので、1976 年から実験が始まっている。図 2.2 に示すようなシステム構成でセンターのファイルは、 $10^4$  画面分の画像を格納できる 70 MB の磁気ディスクを用いている。端末への画像の伝送は電話網を用いた 1200 bps の調歩同期式伝送である。端末からセンターへの検索要求は 75 bps である。端末のキーボードから画面単位で指定された画像情報をコード情報として伝送し、端末で各コードに対応するパターンを発生して CRT ディスプレイ上に表示する。1 画面は横 40 字、縦 24 行からなり 1 字は、 $5 \times 7$  のドットパターンで表現される。また図形パターンの表示の場合には、境界を含めた 1 字分の領域 ( $6 \times 9$  ドット) を  $2 \times 3$  の 6 個の小領域に分割し、各々を塗りつぶすか否かの  $2^6$  個のパターンの表示が可能である。また、8 色のカラー表示が可能である。このシステムでは、コード伝送のため端末にコードパターン変換器が必要だ

が、センターで蓄積し、端末へ伝送すべき画面当りの情報量が少ないのは、有利である。その反面、画面構成の自由度に欠ける。データベースへの図形入力もテレビ端末よりキーボードで入力する。

### ▷ CAPTAIN<sup>(9)</sup>

CAPTAINは、郵政省、電々公社により、開発された画像情報サービスシステムの商用化のための実験システムであり、図2.3に示すような構成である。センターの画像用ファイルには、磁気ディスクを用い、 $10^5 \sim 10^8$ 画面を格納することを目標にしている。これらの情報は、コード化された約3000字の漢字、カナ、アルファベット7の文字情報とからなる。端末へ伝送されるのは、マクシミリ入力のパターン情報である。1画面は、120字からなり、電話線をを用いて、4800 bpsで約15~30秒で端末へ伝送される。端末は、1画面分のリフレッシュメモリを持ち、受信した画像情報をテレビ受像機に表示する。伝送する画面の指定は、端末のキーボードからの入力で行なう。図形入力は、センターのマクシミリ、タブレットから行なう。CAPTAINがPRESTELLと異なる点は、コード情報から画像情報への変換をセンターで行ない、伝送されるのは、画像情報である点である。したがって、端末に出力される画像は自由度が大きい。

### ▷ VRS (Video Response System)<sup>(10)(11)</sup>

VRSは、電々公社により、開発されているセンター・エンド型の画像応答システムであり、構成の概略を図2.4に示す。このシステムでは

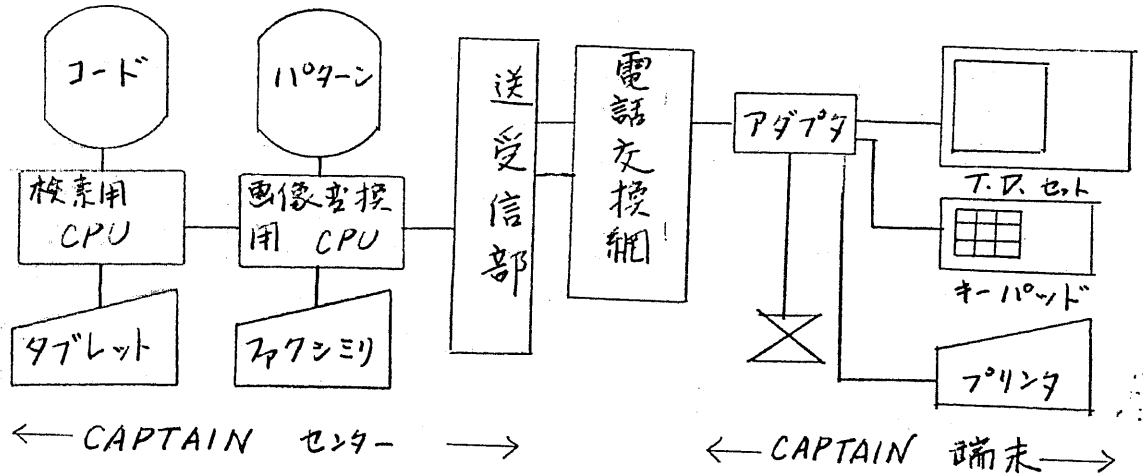


図 2.3 CAPTAIN システム構成

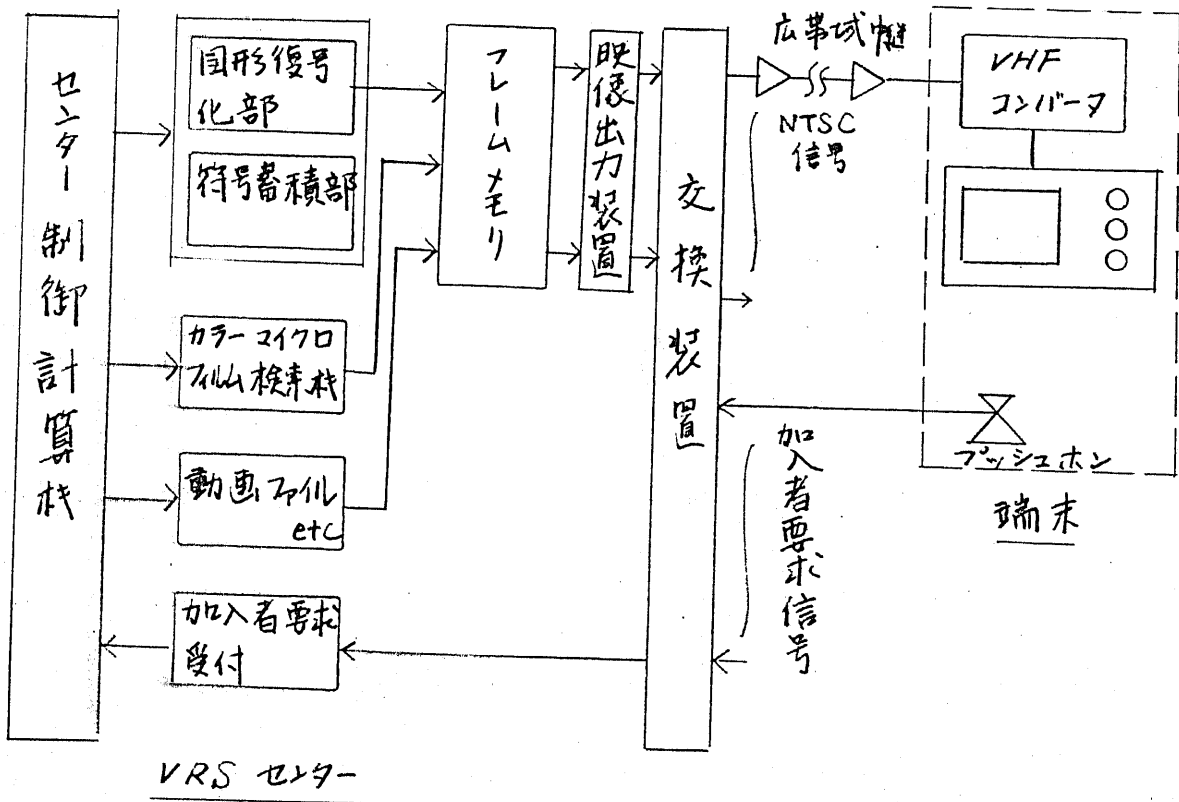


図 2.4 VRS システム構成の概略

00	YIQ	RL(250)	01	Y	RL(2)	1	RL(100)
----	-----	---------	----	---	-------	---	---------

図 2.5 半固定長符号化方式の符号化例

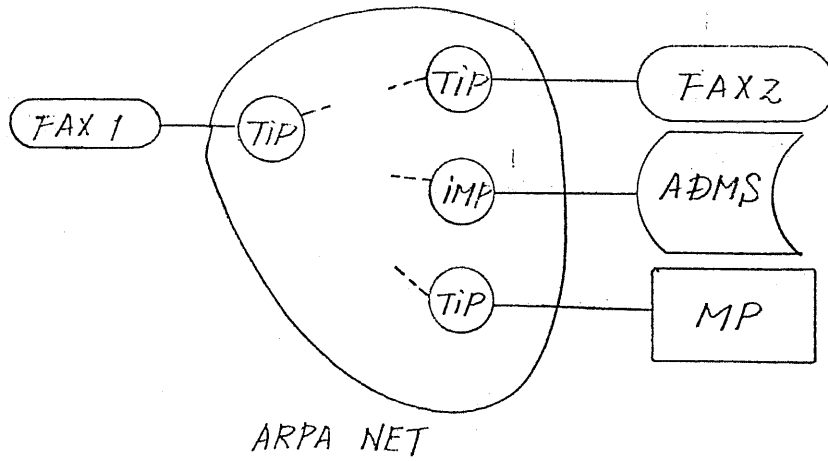
画像情報の伝送路は、既設電話用ケーブルに広帯域中継器を挿入した4MHz帯域回線を用いている。したがって、静止画像の他に動画や音声の伝送も可能となる。また端末での表示は、市販のテレビ受像機でよく、検索はフロッピーディスクで行なう構成である。しかし、センター側では、毎秒30回同一画面を端末へ伝送する必要があるため、センターの画像ファイル装置を単一ユーザが独占しないために、回線対応にフレームメモリが必要である。次にセンターの画像ファイルについて述べる。VRSでは、画像の性質に応じた画像蓄積方法を用いる方針であり、簡単な図形はカラーランレングス半固定長符号化方式により帯域圧縮符号化を施して磁気ディスクに格納している。半固定長符号化方式とは、カラー画像を各走査線毎に、次のように符号化する方式である。長いランに対しては、色情報をYIQ表現6ビット、ラン長8ビット、識別符号2ビットの3バイトで表現し、短いランに対しては、Y信号2ビット、ラン長4ビット、識別情報2ビットの1バイトで表現し、さらに短いランにより中断された長いランは、短いラン符号の後に、識別情報1ビット、ラン長7ビットの1バイトで符号化する方式である。符号化の具体例を図2.5に示す。これは背景色領域250、文字画素が2、同じ背景が100(画素)の場合である。このシステムでの検索応答時間は、平均0.1秒である。一方、マイクロフィルムは、円板に放射状に装着されたマイクロフィルムを円板の回転と半径方



向の制御を同時にサーボモータで行なうことにより、従来の装置の平均検索時間（4秒）に比べて10倍程度高速な（0.4秒）検索装置に格納されている。図形入力にはカラーFSSによる。

### ▷ UCLのファクシミリデータ管理システム<sup>(12)</sup>

ロンドン大学（UCL）では、ARPA網を利用した図2.6に示すようなファクシミリベースの画像サービスシステムを開発している。ADMSは各ファクシミリ端末から入力された画像情報を蓄積するシステムでARPA網のData Computerが用いられている。MPは画像情報に付随するデータ、メッセージを扱う。このシステムは元々画像情報の多端末への伝送の効率化を狙ってADMSに一時的に画像情報を蓄積するものだが、これ自体すでに画像データベースシステムと呼べよう。このシステムでは、画像情報をデータおよびこのデータの出入力制御情報として、統一的にデジタルデータとして扱っており、端末は図2.7に示すような構成で、μP (PDP10) に4-6分枝アナログファクシミリ送受信装置（FAXD）、フロッピーディスク（FDD）、キーボードターミナル（KBT）、通信インターフェース（ACI）を接続したものである。FAXDへの入出力は2値化され、2.4 KbpsのV-24標準インターフェースで接続されている。これにより走査線当り約800画素の解像度であり、FAXDの解像度と整合している。FDDは、FAXDとネットワークの速度変換用バッファとして利用される。μPの性能により、画像データの出入力制御、ネットワークへのアクセス制



MP : Message Processor  
 ADMS : Archival Database Management System  
 FAX 1, 2 : Intelligent Facsimile Terminal

图 2.6 Overview of an Idealized Facsimile System

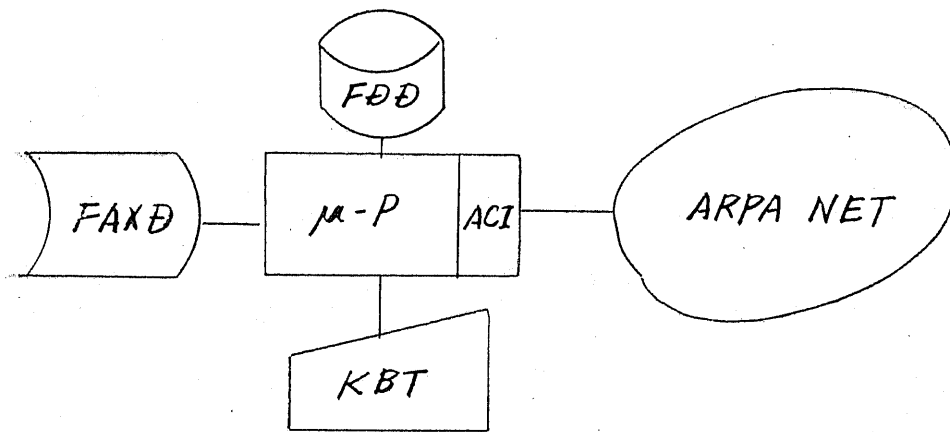


图 2.7 UCL Facsimile Terminal

御が行なわれるために、KBTを介してのユーザとのインタフェースは、簡単なものになっている。ネットワークとFAXD間の速度変換用のFDは、可変速度紙送り機構をもつデジタルファクシミリを用いた場合には不要である。しかし、画像データの入出力と伝送を別の時間帯に行うためには有効であろう。

## 2.1.2 各システムの比較

ここでは、前節で述べた各システムについて、画像情報の扱いに關する以下の各点について比較検討する。

- (1) 検索、伝送、出力における速度変換方式
- (2) 端末出力方式
- (3) 画像ファイル方式

これらをまとめたのが表2.1である。この表からわかるように、各システムは大別すれば、(1) センターで速度変換を行ない広帯域伝送する方式と、(2) 狭帯域伝送を行ない、端末におけるバッファメモリで速度変換する方式とに分類される。各種のデバイス技術の進歩等を考えれば、将来どちらの方式が主流になるかを簡単には判定できない。しかし、現在のところ、伝送路価格の高さを考えると、(2)の方式が現実的ではないかと考える。端末出力は大部分が刷みの良さや簡便さ、普及性を考慮してか、テレビジョン受仕装置等によるソフトコピーである。しかし、より精細な図面のような画像や文

システム名	伝送および速度 変換方式	端末出力方式	画像ファイル方式
Intrex	同軸ケーブルによる広帯 域伝送と端末における 蓄積管による速度変 換方式	CRT	マイクロフィッシュ (FSS入力)
PRESTELL	電話網による狭帯域 コード伝送と端末での コード・パターン変換	テレビジョン端末 (アダプタ付き)	磁気ディスク (コード化)
CAPTAIN	電話網による狭帯域パ ターン伝送と端末のリフ レッシュメモリによる速度変換	テレビジョン端末 (リフレッシュメモリ付き)	磁気ディスク (パターンおよびコード)
VRS	センターのリフレッシュメモ リによる速度変換と4MHz の広帯域伝送	商用テレビジョン 端末	磁気ディスク(コード) および マイクロフィルム
UCL システム	ARPA 系網による伝送および 端末のフロッピーディスクによる 速度変換	ム-P を用いた 知能ファクシミリ 端末	ARPA 系網の Data Computer

表 2.1 各システム的方式比較

書の出カとしては、ハードコピーが欠かせない。さらに、画像情報の蓄積媒体としては、磁気ディスクが多いが、大容量記憶や自然画像の記憶という点から光学的媒体、例えばマイクロフィッシュ等が使われ始めている。

以上の検討からもわかるように、この分野は技術的に主流となりうる確立した方式は未だ存在せず、混沌とした状況にあるといえよう。

## 2.1.3 端末システムの動向

前節の分類からもわかるように、画像データベースの端末としては、ソフトコピー表示のテレビジョン型のものが多いが、ハードコピー入手の要求も潜在的にかなり大きいと考えられる。ハードコピーという点からいえば、ファクシミリが最も発達しているであろう。ファクシミリの側でも、ファクシミリのシステム化、知能化に大きな関心を示しており、これらの機能のためにマイクロプロセッサ ( $\mu$ -P) を利用しようとする動きがある。現在では、表 2.2 に示すように主としてファクシミリ特有の処理を  $\mu$ -P で肩代りしようというものであるが、 $\mu$ -P 制御のファクシミリは、 $\mu$ -P の持つ柔軟性、汎用性を利用して画像データベースのハードコピー入手可能な端末として有望であろう。

画像端末システムとしてさらに進んだ形態として、かなりの画像処理を端末でできるようなシステムも考えられ始めている。このようなシステムは、画像入出力装置を装備した計算機システムと叩き合うようなものである。例えば、現在開発中の Text fax は、テキスト情報と画像情報とを統一的にデジタルデータとして扱う能力をもつ端末として開発中のシステムであり、その構成を図 2.8 に示す。端末の機能としては、タブレット、ファクシミリによる画像入力およびソフトディスプレイを利用した対話型画面編集機能、ビデオモニタによるソフトコピー、プロッタによるハードコピー表示機能、画像の短期的ファイル機能、G-3 系ファクシミリ (デジタルファクシミリ) 信号形

制御項目	適用マイクロプロセッサ						
	4040×2 (μCOM 43×2)	8080 (6800)	8080* (6800**)	8085×2	Am 2900 シリーズ	Am 2900 シリーズ	
遠隔制御	○	○	○			○	
伝送機	中速機	○					
	高速機		○			○	
	高速機 (HDLC)			○			
機構制御	○	○	○			○	
マンマシンインタフェース制御	○	○	○			○	
帯域圧縮伸張処理				○	○**	○	
その他	マーク読取処理			○		○	
	ジャーナルプリンタ制御		○	○			
適用したマイクロプロセッサにより制御した場合のプログラム総量	3~4kB	6~8kB	9~11kB	2~3kB	4~6kB	9~14kB	

(注) \*印はマイクロプロセッサに DMA コントロール, HDLC 用 LSI 等の周辺 LSI を使用するか, もしくはマルチプロセッサにて実現される。

(注) \*\*印は2次元逐次符号化方式

表 2.8 マイクロプロセッサとファクシミリ制御の処理範囲例

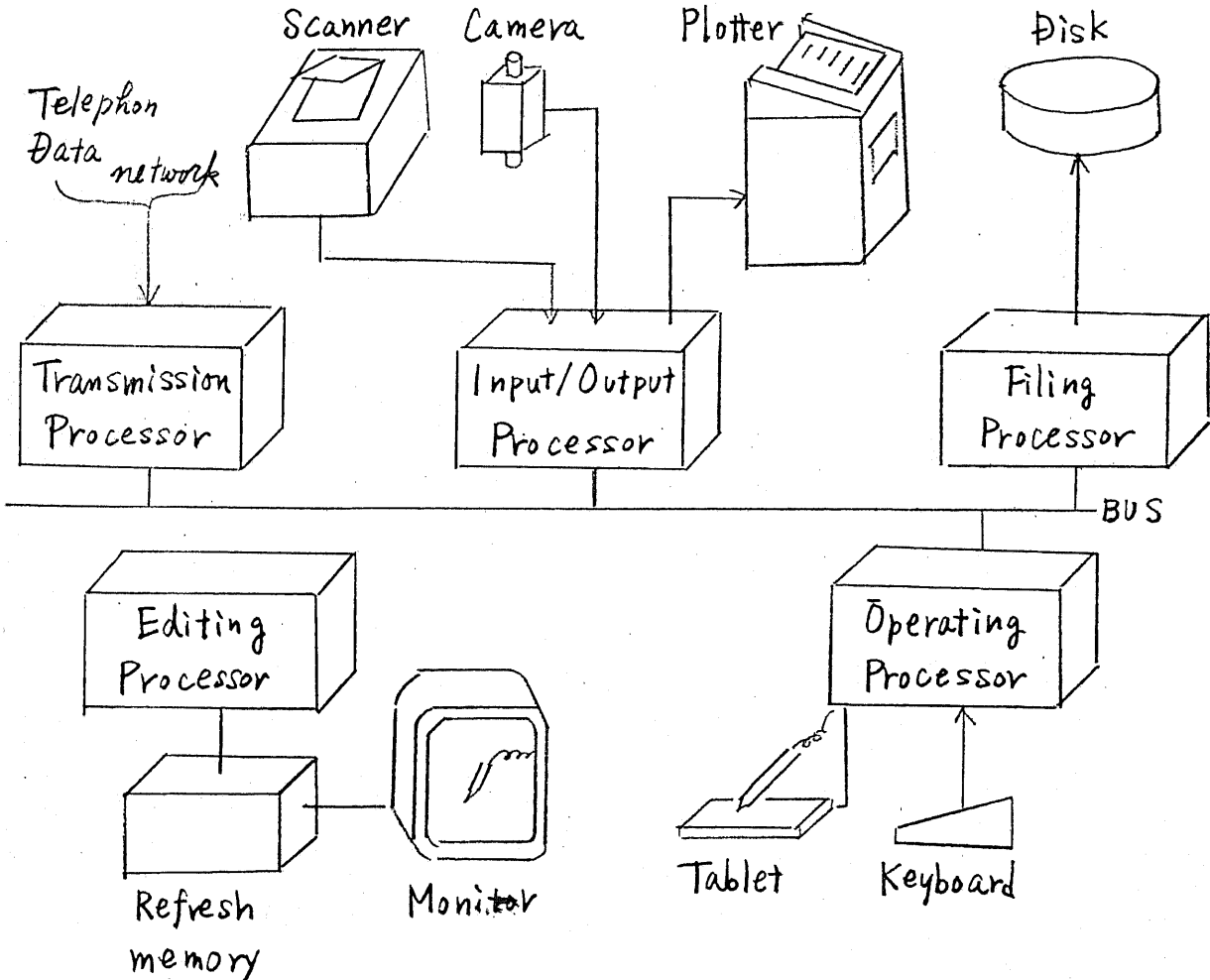


図 2.8 Text fax のシステム構成

式での画像伝送性能等を持つ。このような高度な性能を持つ  
端末システムの普及は、リモートアクセス可能な画像データベースシステムの  
発展に寄与するところ大であるといえる。つまり、このような画像端  
末の普及で「端末ユーザ」が、(i) 大量の画像情報をデータベースとして集中  
管理することにより、重複した蓄積を避けることによる経済性、(ii)  
計算機およびデータベース技術を利用する検索の効率性、を要求  
する流れを引き起すと考えられる。しかし、高度な性能を持つ端末  
システムは、現在では、相当に高価格であり、その普及のためには、  
デバイス技術の進歩による大幅な価格低下を期待しなければな  
らぬ。

## 2.2 システムの設計条件

### 2.2.1 システムの適用分野と機能

システムを設計する場合、まずその適用される分野における利用目的から要請される各種の機能を明らかにしなければならない。次に、これらの機能を実現するハードウェア、ソフトウェア構成を考えることになる。画像データベース・システムを考えるにあたって、この手順を踏むことになる。したがって、まず画像データベース・システムの適用分野を明らかにする。一般に、オンライン情報提供システムの適用分野としては、(1)生活関連、(2)産業社会関連、(3)学術研究関連が考えられる。次に、これらの分野のより詳細な分類と画像情報の必要性について考えてみる。

#### (1) 生活関連

- 1) 生活一般 (買い物情報 etc)
- 2) 教育      3) 娯楽      4) 公共一般 (行政窓口手続案内 etc)
- 5) 報道 (ニュース etc)

これらの分野においては、いずれも画像情報は役立つが、その性質としては、地図のような簡易図形が多いであろう。また情報の性質は一過性であるから表示はソフトコピーが適当であろう。

#### (2) 産業社会関連



1) 企業の経営活動に利用する各種の経済統計, 財務データ等.

2) 行政, 法律関係の文書類

3) 医療関連のデータ

これらの分野においては, 本質的に画像情報が必要とされるのは, 証明書のような手書き文字, 医療における X線写真などで比較的少ない。画質は, 自然画像に近いものも要求される。証明書類の場合には, 表示においてハードコピーが必要となる。

### (3) 学術 研究 関連

1) 文献検索      2) 学術上有用なデータ類

3) 特許関連

この関連において大きな分野である文献検索は, 現在のところは, 文献名, アブストラクト(抄録)の検索に留まっており, 原文献へのアクセスはできない。これは主として, 現在の計算機に用いられている磁気記憶媒体の容量と入力の制御がネックになっているからである。原文献を画像として見たとき, 経済的な画像蓄積媒体があれば, 原文献へのアクセスシステムは, 大規模な画像データベースシステムになるであろう。また, 原文献中に頻出する図面, 写真なども, 原文献全体を画像として扱えば, 統一的な扱いが可能となり都合がよい。また, 学術上有用なデータでは, 写真などのように, 本質的に高品質の画像情報であるものが多い。さらに, 学

術文献や写真も時間をかけて綿密に読むないし観察するものが多く、ハードコピー入手が必要である。また学術文献、データの場合は、その網羅性に意義のある場合が多く、蓄積される画像情報の量は膨大となることが予想される。このようにみえてくると、学術研究関連の分野では、本格的な画像データベース・システムが要請されているといえる。

以上の考察から、画像データベース・システムにおいて要求される性能を分野毎にまとめたのが表2.3である。

性能項目	生活関連	産業社会関連	学術研究関連
画質	簡易	中	高品質
蓄積される画像の量	比較的小	大	大
表示方式	ソフトコピー	ソフトコピー (一部ハードコピー必要)	ハードコピー

表2.3 各分野において要求される性能

ここで問題になるのは、これらの性能を実現するための技術的問題点である。そこで、上記の各性能がシステムのどの部分の技術的問題に依存するかを明らかにする。

- (1) 蓄積される画像の量と画質は、画像の蓄積媒体および検索入力系に依存する。

生活関連                      比較的少量の簡易な画像情報であるから、磁

気ディスク等の現在の計算機システムで利用されている媒体で間に合う。

産業社会関連 小規模なシステムなら磁気記憶媒体で十分であろうが、高品質な画像が要求される大規模システムでは容量が問題である。

学術研究関連 高品質な画像を大量に蓄積するため、従来の磁気記憶媒体に比べて経済性の高い光学的フィルムやビデオディスク等の新しい媒体を利用した画像情報の蓄積、検索、入力系の開発が必要である。

(2) 端末で入手される画像の画質は、リモートアクセスに利用する伝送路に依存する。

生活関連 簡易な図形が中心であるから、音声帯域の電話回線のような狭帯域伝送路で十分である。

産業社会関連 扱う画像の性質にもよるが、音声帯域の電話回線では不十分な場合も考えられる。

学術研究関連 高品質な画像入手のためには、電話回線では十分とはいえない場合もある。高速なデータ網の利用を考える必要がある。

(3) 表示方式は、端末のハードウェア構成に依存する。

生活関連 簡易な図形のソフトコピー表示には CRT、あるいは市販のテレビ受像機の程度で十分である。

産業社会関連

高品質な画像の表示には、ソフトコピーでは高解像度のCRTが必要であり、ハードコピー入手には、ファクシミリを応用することを考える必要がある。

学術研究関連

原文献情報のような高解像度な画像のハードコピーには、63枚ファクシミリ以上の画質が必要である。また、写真のような自然画像のハードコピーには多値表示のできるファクシミリが必要である。

以上の結果をまとめると、生活関連は技術的な可能性は、はきりしており、システム実現にあたっては、このようなシステムに対するニーズをはきりさせることが重要であろう。一方、産業社会関連では画像以外の現在の技術で実現可能なシステムは、必要性の強く、資金力も豊かな分野では発展するであろう。しかし、技術的に確立されていない。画像を扱うシステムは、余程強いニーズが生じない限り実現への歩調は鈍いであろう。最後の学術研究関連では、要求される機能を實現するための技術的問題の多いことがはきりしている。しかし、各種の文献アブストラクト検索システムの発展から推して原文献、あるいは画像情報へのアクセスの要求は、はきりしている。したがって現実的規模のシステムの実現へ向けての努力は、技術的価値からみても、実用上の価値からみても意味のある分野である。

## 2.2.2. 対象とするシステムの構成

前節の検討結果から、画像データベースシステムの適用分野と適用する場合の技術的問題点が明らかになった。各適用分野のうち、生活関連については、その必要とする性能を満にし、またその目的も生活関連に絞ったシステムとして、CAPTAIN、PRESTELLなどが開発されている。一方、産業社会関連、学術研究関連に関しては、開発の動きは少なく、また技術的問題も未解決の部分が多い。このように見ると、研究の対象として意味があるシステムは、前節の最後で述べたように学術研究関連に適用するシステムである。したがって、今後の検討の対象としては、その適用分野が、一部産業社会関連をにらんだ学術研究関連のシステムを選ぶ。

次に対象とするシステムの備えるべき性能、すなわち外部仕様についてより詳しい検討を行なう。大量の画像情報を集中して管理する画像データベースセンターが多数の遠隔端末からの検索要求に応じて画像を検索し要求元の端末に伝送し、端末で出力表示を行なう図2.9に示すようなシステムにおいて次のような条件が対象システムの外部仕様となる。

### (1) — 高品質な画像

具体的には、次のような画質を目標とする。

解像度： CCITTのファクシミリG-3様に対する勧告案

による A4 版の短辺 1728 画素, ファクシミリ  
副走査方向 8 本/mm。原文献を扱う 2 値画  
像では、これ以上の解像度が望ましい。

階調性: テレビ画質 (6~8 ビット/画素) 程度

色彩: カラー表示はできれば望ましい。

画面構成: 原文献を扱うためには、同一画面内に文字、  
図表 (2 値), 写真類 (多値) の性質の異なる  
画像情報の混在の可能性が望ましい。

情報量: 2 値で ファクシミリ G-3 様の画質を満にする  
ためには、約 4.3 Mbit が必要である。また多値  
のテレビ画像では、512 x 512 画素, 8 ビット/画素  
として約 2.1 Mbit が必要である。

## (2) — 大容量の画像情報の経済的な蓄積

学術研究関連では、その網羅性の重要性ゆえに比較

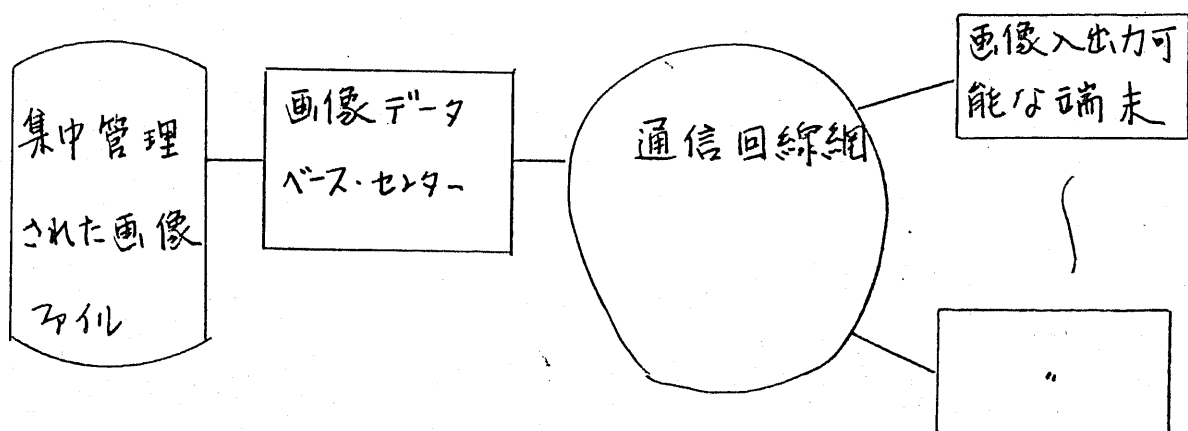


図 2.9 画像データベースシステムの概要

的、検索頻度の低い画像情報を大量に検索可能な状態に蓄積する必要がある。したがって、画像情報のデータベースへの登録のための入力がかつ経済性の良い蓄積媒体を利用しなければならない。

(3) — 端末でのハードコピーの入手可能性

学術研究関連では、遠隔端末においてハードコピーの入手できることが不可欠である。ハードコピーの画質としては、(1)に述べた品質が必要である。

(4) — 検索要求に対する迅速な応答性

端末で検索要求を出してから、画像情報を入力するまでの待ち時間、すなわち応答性は、学術研究関連に限らず、利用者に対するサービス性に関する重要な基準であり、これはできる限り短縮しなければならない。

(5) — 強力な対話機能

画像（あるいは原文献）を入力する場合でも、まず目的とする画像名を検索する必要がある。このために強力な対話機能が必要である。

(6) — 汎用データベースとの結合

(5)と同様の理由で、目的の画像名を検索するための汎用データベースがセンターに装備され、かつ画像データベースと適切なインタフェースをとって動作する必要がある。

(7) — 通信網の広域性

(8) — 通信路の経済性

これらは、通信網に要求される性質である。この二つの条件を満たすネットワークがなければ、システムの利用目的に応じて、いずれかに重点を置かなければならない。

(9) — センターにおける画像データベース管理の容易さ

システム運営上重要な条件であり、原文献データベースを拡張したオンライン図書館システムを考えると、センター管理者 (= 司書) にとって、扱いの容易なシステムでなければならない。

(10) — 端末からの画像情報入力機能

端末において研究者等が、価値の高い画像情報をシステムのデータベースに追加できるならば、システムの大きな発展が期待できる。しかし、端末からの画像データベースの更新に付随する技術的課題 (データベースの安全性の維持、画像のデータベースへの登録方法、等) が多い。

(11) — 端末操作成

端末操作性の良さは、学術研究関連に限らず重要な点で、システムの普及、発展にとって無視できない条件である。

以上の検討で、対象とするシステムの理想とする外部仕様が明確になった。次に、近い未来において技術的に可能な範囲内



で、この外部仕様を満足するシステムの構成を明らかにしてみよう。  
このために、まずシステム構成の技術的側面と、外部仕様との関係を明らかにする。

### ▷ 画像情報の蓄積媒体

(2)の大容量、経済的な蓄積という条件を満たすと同時に、(1)の画質に関する条件もできる限り満たす媒体を選択しなければならない。この選択については、後に下章で詳述するが、はっきりしていることは、現在汎用データベースで用いられている磁気ディスクでは、容量、入力の容易さ、および経済性の点で問題が多いことである。このため、マイクロフィッシュ等の光学的記憶媒体、ビデオディスク等の新技術の導入が必要である。このような媒体の開発は、最近、各所で進められており、技術的な可能性は十分期待できる。しかし、光学的記憶媒体、ビデオディスク等の場合は、書き込みのオフライン化、読み出し専用化の問題があり、(9)の管理、(10)の端末からの入力において問題が生ずる。

### ▷ 画像ファイルの検索方式

画像蓄積媒体に蓄積された画像ファイルから目的とする画像情報を高速に検索することは、(4)の迅速な応答性の実現のための重要な条件である。磁気ディスクに比べてみると、マイクロフィッシュ、ビデオディスクは、計算機による自動検索は可能であるが、応答性の点でかなり劣っており、検討すべき点が多い。

### ▷ 画像ファイルからの入力

画像ファイルから検索された画像を入力するシステムに依存する外部仕様は、(1)の画質 および (4)の応答性である。磁気ディスクの場合は、この莫の問題は少ないが、光学的記憶媒体を用いる場合は、光電変換操作が必要であり、ここにおける画質の劣化 および 入力に要する時間は大きな問題点である。

### ▷ 画像データベースシステム制御用計算機システムの構成

(5)の対話機能、(6)の汎用データベース、(9)の管理の容易さ、(10)の端末からの入力機能は、制御用計算機システムの能力に依存する。汎用データベースの結合に関しては、分散処理システムも考えられる。また、(4)の応答性を良くするための制御用計算機システムのハード、ソフト構成をどう決めるかも検討する必要がある。

### ▷ センター・遠隔端末間の通信網

(1)の画質、(4)の応答性、(7)広域性 および (8)経済性が通信網の特性に依存する。音声帯域の電話回線は、広域性に優れているが、狭帯域伝送路だから、画質、応答性には問題が多い。画質に関しては、端末における速度変換機能(1画面分のバッファメモリ)の導入によりかなりの解決がはかれる。しかし、応答性の改善には、例えば DDX 網のような高速通信回線の利用が望ましい。

### ▷ 画像伝送の速度変換方式

画像情報の入力、伝送、端末出力において必要となる速度変換方式は、2.1.2節の各システムの比較でも論じたように、システム構成および外部仕様に大きな影響を持つ。2.1.2節で述べたことから、速度変換を端末側で行なえば通信路に対する制約は緩和され、一方、速度変換をセンター側で行えば、画質が通信路の帯域により制限されるので高品質画像の伝送には広帯域な回線が必要になる。

#### ▷ 画像および符号情報の伝送方式

画像データベースシステムでは、検索要求、検索結果、端末制御情報等の符号形式の情報（符号情報）と画像情報が伝送されなければならない。これらの情報を別々の回線で伝送する方法は、(A)の通信網の経済性、(11)の端末操作性の点から好ましくないので、同一の回線上を伝送する伝送方式が必要となる。

#### ▷ 画像情報の帯域圧縮符号化伝送

通信網、速度変換方式にかかわらず、帯域圧縮符号化伝送方式は(4)の応答性、(8)の通信路の経済性に役立つので、現実のシステムでは不可欠の機能であろう。

#### ▷ 端末システムの構成

端末システムの機能として必要なのは、外部仕様(1)と(3)の高品質画像のハードコピー出力の可能性である。この機能を実現するために現在最も適した技術は、ファクシミリであり、これを応用する

ことにより実現可能である。通信回線の制約を受けずに高い画質を得るために、端末に速度変換機能が必要であることは、前述の通りだが、可変副走査機能のない円筒走査型の G-1, G-2 機ファクシミリを利用する場合は、1画面分のバッファメモリが端末での速度変換機能実現のために必要である。(5)の対話機能の裏から、端末には、キーボードディスプレイ等の入出力装置が必要であり、(11)の操作性の向上のためには、インテリジェンスのある端末が望ましい。(10)の端末からの画像入力機能も、ファクシミリ技術の応用により可能であろう。

以上、検討した結果をまとめたのが表 2.4 である。この表をみれば、ある外部仕様すなわち機能を実現するために、どの技術的側面を検討すればよいか、また技術的な変化が外部仕様にどのように反映するかが明らかになり、システム設計、解析の一つの手段となる。この表から簡単にわかることは次の裏である。

(1)の高品質な画像、(4)の応答性は多くの技術的側面に依存する。

画像情報の蓄積媒体、センターの計算機システム、通信網、伝送方式、端末システムが、多くの外部仕様に反映する。

最後に、これまでの検討から明らかになった範囲で、対象とす

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
外部仕様	高品質画像	大容量・経済的な画像蓄積	端末でのハードコピー入手可能性	検索要求に対する応答性	対話機能	汎用データベースとの結合	通信網の広域性	通信路の経済性	画像データベース管理の容易さ	端末からの画像入力機能	端末操作性
技術的側面											
画像情報の蓄積媒体	○	○		△					○	○	
画像ファイルの検索方式		△		○							
画像ファイルからの入力	○	△		○							
センターの計算機システム				○	○	○			○	○	
センター-端末間の通信網	○			○			○	○		△	
画像伝送の速度変換方式	○			○						△	△
画像および符号情報の伝送方式	△		△		○	△		○			○
画像の帯域圧縮 符号化伝送	△			○				○			
端末システムの構成	○		○	△	○					○	○

○ 外部仕様と技術的側面に強い関連あり

△

やや

表2.4 技術的側面と外部仕様の関連

るシステムの構成を考えてみよう。

センターの構成としては、画像ファイル検索装置と通信制御機能を持つ計算機システムである。汎用データベースも組み込むとするなら、かなり大型の高性能プロセッサと大容量磁気ディスクが必要になる。ソフトウェアとしては、画像ファイル管理、通信管理、データベース検索等を並列に実行できるマルチプロセス可能なオペレーティングシステムが必要である。画像ファイルとしては、大容量かつ経済的な媒体であるマイクロフィッシュ等の光学的記憶媒体あるいはビデオディスクを利用し、画質の劣化要因になり易い入力システムに技術的改善を施して、外部仕様(1)(2)を満たす構成とする必要がある。センターの構成としてもう一つ考えなければならぬのは、端末から入力された画像情報をデータベースに登録する方法である。画像ファイルが磁気ディスクのように読み書きの容易な媒体に蓄積されている場合は、データ転送量が多いことを除けば、汎用(非画像)データベースにおける更新処理と類似の処理でよい。しかし、マイクロフィッシュやビデオディスクのように読み出し専用の記憶媒体で、さらに書き込みがオフライン化するような場合には、困難が生ずる。ファイル作成の方法としては、まず画像ファイルに登録する画像情報を磁気テープ、ディスクなどに蓄積し、ある程度の量に達した時点で、マイクロフィッシュやビデオディスクに媒体変換を行なって、画像ファイル検索装置にマウントすることになる。但し、この媒体変

換およびマウントの作業は、オフライン化する可能性がある。

センター・端末間の通信網としては、広域性、普及性を考慮すれば、電話交換回線網の利用であるが、応答性を重視すれば、DDX網のような高速回線を利用することも考えられる。広域性、普及性を考慮した回線を選択をすると、伝送速度は、DDX網であっても高々 48 Kbps であるから、高品質画像を入手するためには、端末において速度変換機能を持つにしなければならない。また通信路の経済性等から、画像と符号が同一回線で伝送し、画像の場合は帯域圧縮符号化伝送を行なうべきである。

端末システムは、キーボードディスプレイ等の I/O を装備した知能端末が望ましく、これに画像情報のハードコピー入手のためにフクシミリを応用した画像入出力装置を付加した形態となる。

以上、述べたシステムの構成を図 2.10 に示す。

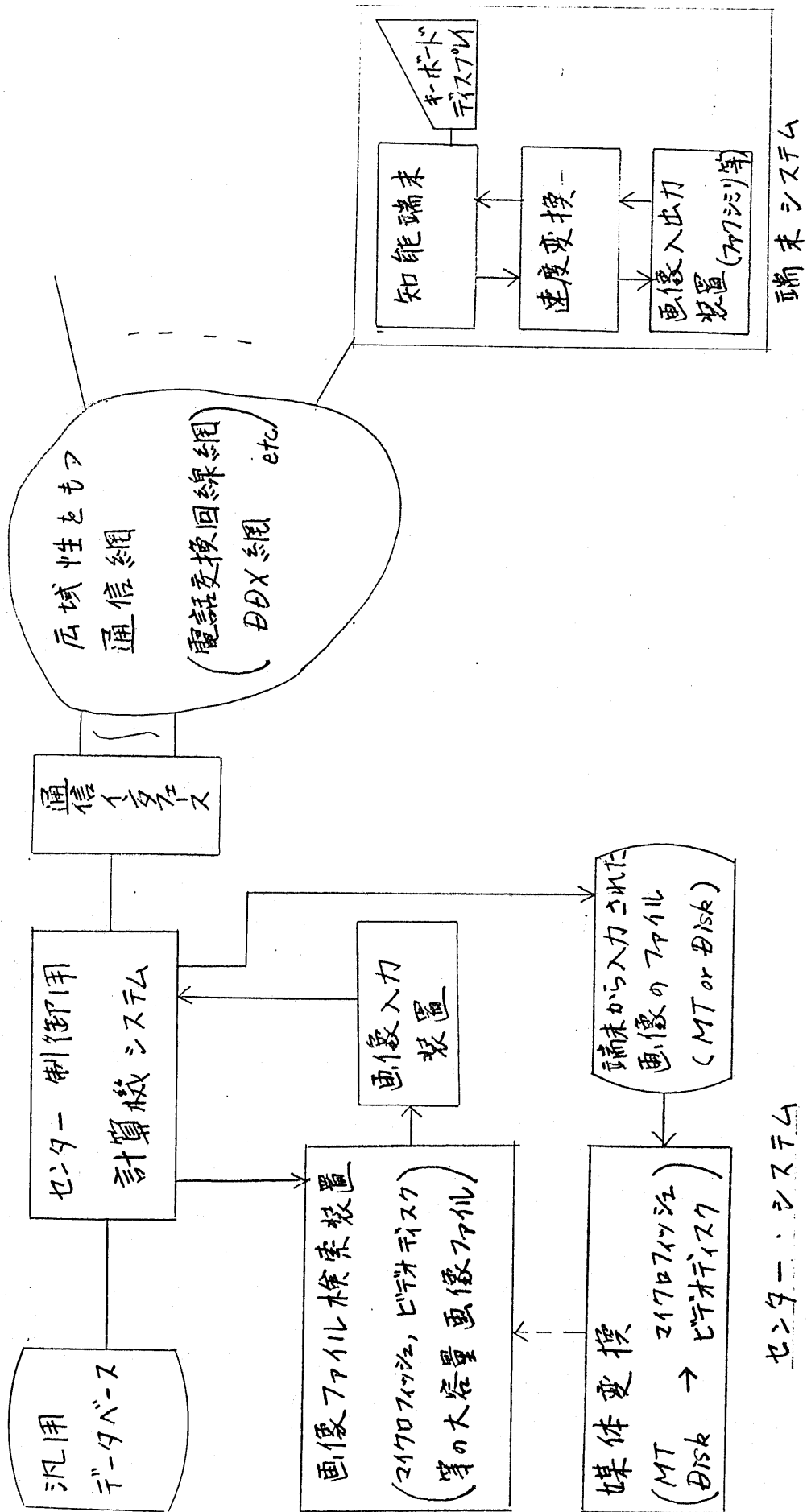


図 2.10 画像データベースシステムの構成概要



## 2.3 システム設計の方法

ここでは、まず 2.2.2 節での検討結果から明らかになった対象とするシステムの構成に関する技術的課題を整理する。

### ▷ 画像データベース・センターに関する技術的課題

#### (1) 画像ファイル

技術的に未知の部分が多く、かつシステムの外部仕様に大きな影響をもつのは、画像ファイルの蓄積媒体の選択とこれにともなう検索、入力システムの設計である。

#### (2) センター・システムの構成

画像の情報量は他の情報に比べて膨大であり、これを効率的に処理し、多数の端末へ送信するセンター・システムの構成法が検討課題である。

### ▷ 画像データベースセンターと端末間の通信方式に関する技術的課題

#### (3) 画像、符号の同一回線による伝送方式

属性が異なり、かつ端末での処理も異なるこれらの情報を同一回線上を伝送する場合の効率的な分離制御方式を開發しなければならぬ。

#### (4) 画像情報伝送の速度変換方式

帯域の制限された回線で高品質画像を伝送するために必要な速度変換方式を確立しなければならぬ。

## ▷ 端末システムの設計に関する技術的問題点

### (5) 画像のハードコピー入手可能な複合入出力知能端末

ハードコピー出力装置としてファクシミリを利用する複合入出力知能端末の構成を明確にする必要がある。

現実的規模のシステムを設計するためには、スズ節で明らかにした図2.10のシステム構成を踏まえて、上記の(1)~(5)の技術的問題点を解決しなければならない。これらの問題点の解決手法としては、

(i) 実験システムの試作による実証

(ii) 技術動向の調査、把握

(iii) 理論解析、シミュレーション等による設計基準の明確化

の3つの過程が考えられる。現実的規模のモデルにおいて、(i)の方法がとれば一番良いが、これは現在の技術基盤の整備状況、現実的規模の大きさからして困難である。したがって、研究室規模で可能なスケルダウンしたパイロットモデルを試作し、(1)~(5)の問題に対する解決法のうち、この規模で検証可能な問題についての実証実験を行なう。このような試作、実験により原理的な可能性の証明、技術的なボトルネック、現実的規模のモデルへスケルアップする場合の問題点を明らかにできる。一方、実験システムで明らかにできなかった問題点については、質的

な問題に関しては、利用可能性のある技術の動向の調査、把握を行ない、量的な問題に関しては、理論解析あるいはシミュレーションの手法により検討する。次に、これらの方法について具体的に述べる。

### ▷ 実験システムの規模

研究室規模で可能な範囲で、できる限り多くの問題集の実験的検討、および解決法の実証ができることが目標である。このため、システムの規模に依存しない問題に重点を置いた実験システムを試作することになる。具体的には、1) 画像ファイルの蓄積および画像の計算機入力方式、2) 画像と符号の複合情報の伝送および速度変換方式、3) 複合情報の処理可能な端末システムの開発、に重点を置くことになる。

### ▷ 技術動向の調査、把握

これについては、主に次の点について検討する。

- 1) 画像ファイル： 経済的問題 および技術の未成熟により、実験システムで実験できなかった媒体について可能性を検討する。
- 2) システム規模： 学術研究関連の画像データベースシステムへのニーズから推定した センターシステムに必要な能力から、センターシステムの構成法 および、ハードウェア、ソフトウェア構成について検討する。

▷ 理論解析、シミュレーション： 上記の検討により明らかにな

ったシステム構成で現実的規模のシステムを設計する場合のハードウェア規模等に関する具体的設計基準を得るために、システムのトラヒック理論的性質に関する理論解析およびシミュレーションを行なう。

本論文の以下の部分では、(i) (ii) (iii)の方法で現実的規模の画像データベース・システムを実現するために解決する必要がある問題を検討している。(i)~(iii)の方法について、それによる検討結果を述べている章は以下の通りである。

- 実験システムの試作による実証 — 3, 4, 5, 6 章
- 技術動向の調査, 把握 — 3, 7 章
- 理論解析, シミュレーションによる設計基準の明確化 — 8 章

### 3. 実験システムの設計

---

2章で提示した実験システムの基本設計について述べる。まず、各種のシステム構成について検討し、これに従って決定した実験システムの「センター側」のハードウェア構成概略について述べる。次に画像情報の伝送と速度変換方式を考慮した伝送システムについて検討する。最後に画像と符号の複合情報伝送のソフトウェア的側面である通信プロトコルの設計について述べる。

---

### 3.1 システム構成

画像データベース・システムは画像情報のデータベースとテキスト情報を扱う汎用データベースとの複合体となつて始めてその真価が発揮されるものである。したがつて、この複合体には種々の構成法が考えられる。また、その規模によつても、システムの最適な構成法は変わるであらう。そこでまず、システムの各種構成法について 3.1.1 節～3.1.3 節で論じ、次に実験システムの規模に応じて選択された構成法およびその動作について 3.1.4 節～3.1.5 節で述べる。

#### 3.1.1 集中型構成

##### ▷ ハードウェア構成

集中型構成は、図 2.10 で示したシステムを最も忠実にハードウェア化した構成であり、画像ファイルの制御、通信制御、汎用データベースを 1 台の計算機で実現する方式で、典型的には図 3.1 に示すようなハードウェア構成となる。システムは 1 台のホストプロセッサを中心に構成されている。蓄積されている画像の属性値、あるいは属性相互間の論理的関係を汎用データベースに格納し、画像検索の際にユーザが利用する。

画像ファイルは、これまでの検討により、大容量性を考慮して、磁気ディスクとはかなり性格の異なる媒体上に実現される可能性が高い。このため、画像ファイル内の特定の画像情報の物理

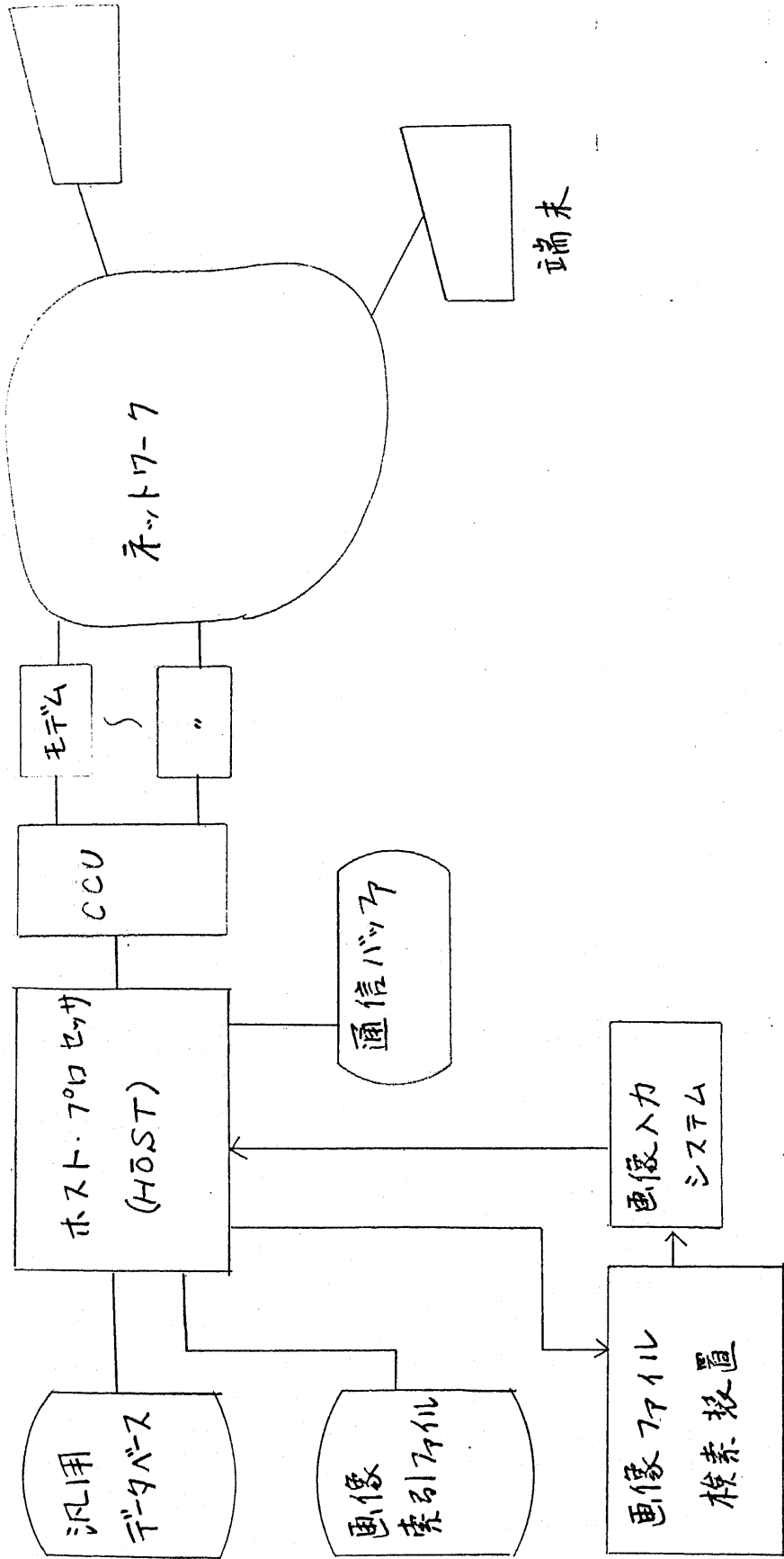


図3.1 集中型システムのセンター・ハードウェア構成

アドレスは結局、汎用データベース内の画像エンティティに対する属性として定義される。このため、汎用データベース検索の結果得た画像名を画像ファイルの物理アドレスに変換する必要がある。この変換情報は汎用データベース内に組み込んでもよいが、管理の容易さや、後述のシステムの検索時の動作上の問題点からみて、図3.1のように、汎用データベースとは独立した画像索引ファイルとして準備する方法がよい。また、たとえ簡単なシステムで汎用データベースが存在しない場合でも画像名・物理アドレス変換機能は、実用上必要な機能でありこの機能を実現する画像索引システムは必要な要素である。

画像蓄積媒体に応じた画像ファイル検索装置は、画像入力システムと組み合わせて、ホストプロセッサに制御される。画像入力システムは、画像ファイル蓄積媒体に応じた入力装置（テレビカメラ、FSS etc）と必要に応じてA/D変換、速度変換用バッファメモリ等を組み合わせたシステムで、画像データの計算機への入力転送のために、チャネルを介してホストプロセッサに接続される。

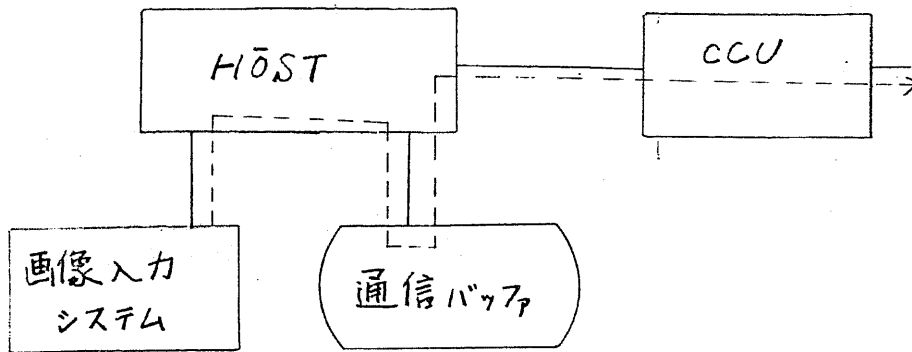
ホストプロセッサと通信回線との間の通信インターフェースの部分は通信制御装置（CCU）とモテムからなる。大規模なシステムではCCUは多回線制御装置でモテムも複数台装備される。また、CCUとホストプロセッサの接続もセレクトチャネルではなく、マルチプロレクチャネルとなるであろう。多回線制御の場合には、伝送すべき画像情報を、一時的に通信バッファへ格納すべきである。これがない場



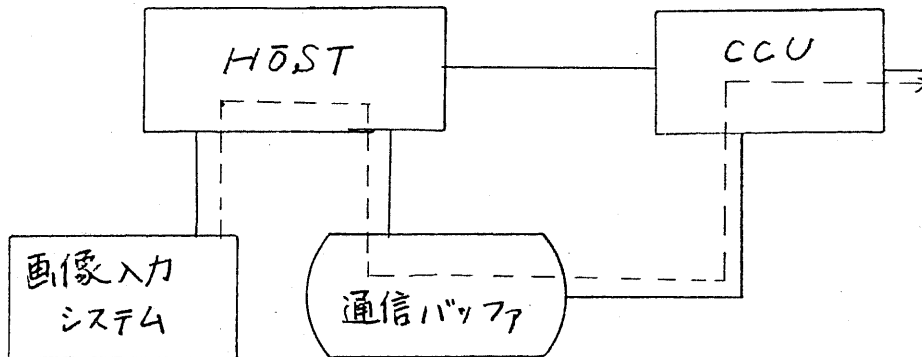
合はある回線に画像情報を送信している間中、画像ファイル検索装置、画像入力システムが、この回線への画像データを供給するために占有されてしまい、他の回線からの検索要求が待たされる。一般に画像伝送には、かなり長時間（10秒～数分）かかるので、これは、システムのスループットを大幅に低下させる。通信バッファを用いれば、回線が画像伝送中か否かとは独立に画像ファイル検索装置、画像入力システムが動作できるので、上述のボトルネックは解消し、スループットは向上する。通信バッファは、磁気ディスク、ドラム、あるいは大容量半導体メモリなどで実現され、最も簡単な場合は、図3.1のようにホストプロセッサにチャネル結合している。しかし、通信バッファの接続方式には、スループット向上を目的として、図3.2に示すような種々の場合が考えられる。

図3.2の(a)方式の場合には、図3.1と同じ方式であり、通常のプロセッサとI/Oのチャネル接続方式を用いており、実現容易な構成である。画像情報は、破線に示すように、画像入力システム → HOST → 通信バッファ → HOST → CCU のように転送される。したがって、各装置がすべてホストプロセッサチャネル接続されていると、画像データは4回チャネル転送され、ホストプロセッサを2回通過する。

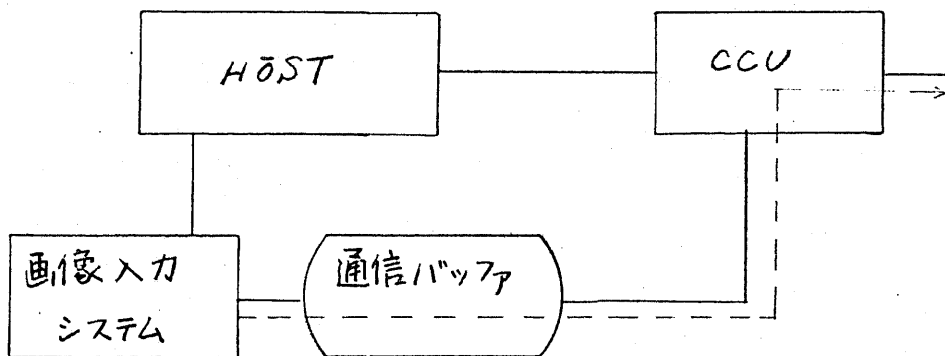
図3.2の(b)方式の場合には、クロスコール機能のある通信バッファを用いてホストプロセッサとCCUを結合した方式であり、画像情報の流れは、画像入力システム → HOST → 通信バッファ → CCU のようになり



(a) 方式



(b) 方式



(c) 方式

---> : 画像情報の流れを表わす

図3.2 通信バッファ結合方式

、画像データは3回チャネル転送され、ホストプロセッサを1回通過する。しかし、この場合は、通信バッファに付加するクロスコル機能でハードウェア的にはかなり複雑になる。また、通信バッファ - CCU間のチャネルのデータ転送の制御タイミングは、ソフトウェア的にもむずかしく、できれば、CCUに何らかのインテリジェンスが欲しい。

図3.2の(c)方式の場合は、クロスコル機能のある通信バッファを用いて画像入力システムとCCUを直接接続したもので、画像情報の流れは、画像入力システム → 通信バッファ → CCUであり、画像データは、2回チャネル転送され、ホストプロセッサは通過しない。ハードウェア的には、画像入力システムとCCUの両方に独立のチャネル機能が必要で、かなり高級になる。また、これらをホストプロセッサから制御するソフトウェアは、かなりの複雑化が予測される。この場合は、画像入力システム、CCUの両方にインテリジェンスが欲しい。この両者をインテリジント化すれば、各々、後置プロセッサ、前置プロセッサとなり機能分散型の分散処理システムである。

以上の比較の中で画像データのチャネル転送回数は、システム全体のスループットに影響し、(転送回数が多くなると、オーバーヘッドが増加し、スループットが落ちる。) またホストプロセッサの通過回数は、ホストプロセッサのオーバーヘッドに比例すると考えられる。このことと、ハードウェアの複雑さを考慮して、以上の3つの方式を比較すれば、次のようになる。

(a) 方式： ハードウェア構成は簡単だが、スループットが低く、ホスト

プロセッサのオーバーヘッドが大きく、大量のトラフィック処理には不向きである。したがって、比較的小規模なシステムに適した方式である。

(b)方式： ハードウェア構成はやや複雑化するが、スループット、ホストプロセッサオーバーヘッドは改善され、大量のトラフィック処理向きである。したがって、比較的大規模なシステムに適した方式である。

(c)方式： ハードウェア構成は複雑で、むしろ分散処理型に近く、ソフトウェアも複雑である。しかし、スループットは高く、画像データ転送のためのオーバーヘッドがなく、大量のトラフィック処理に適する。したがって、大規模システム向きの方式である。

### ▷ システムの動作

利用者は、遠隔端末からネットワークを介して画像データベースセンターにアクセスを行なう。まず、汎用データベースを検索し、目的とする画像名の集合およびその属性に関する情報を得る。汎用データベースの検索結果は、端末に送信され、利用者は、この結果の中から伝送を希望する画像名を再びセンターに送信する。このような利用者とのインタラクティブ処理を省くと次のような問題が生ずる。

- (i) 利用者に伝送される画像の総数があらかじめわからず、不必要に大量の画像が端末に伝送される可能性がある。
- (ii) 利用者に伝送される画像の名前があらかじめわからず、すでに利用者が所有している等の理由で、不必要である画像を伝送

する可能性がある。

画像情報は、その量が膨大であるため、不必要な伝送は、利用者にとっての通信コストなどの経済的損失であるばかりでなく、システム資源の浪費であり、実質的には、オーバーヘッドの増大である。この点からみても、本節のハードウェア構成に関する記述で述べた画像索引ファイルを用データベースから独立させておいた方が有利といえる。

さて、端末への送信を要求された画像は、ホストプロセッサの制御で画像索引ファイルにより、画像名から画像ファイルの物理アドレスに変換され、画像ファイル検索装置から検索され、画像入力システムを介して通信バッファに一時蓄積され、通信回線に適合した速度で通信バッファから読み出されて、端末へ送信される。多数の端末がセンターへアクセスしている場合は、このような処理が、複数回並列実行されることになり、制御プログラムもかなり複雑になることが予想される。

### ▷ ソフトウェア構成

画像データを、論理的に、他の一般的なデータと同様にとらえることにより従来からのデータベース管理システム (DBMS) 技術が、そのまま適用できる。しかし、画像データベースにおいては、画像を処理する場合に、他種のデータと同様に扱うのは、画像の情報量の膨大さからみて、非実用的であり、応答性が劣化する。したがって、この点を解決するために、DBMS内では、各画像情報に対応した画像インデックスを設ける。これにより画像を参照し、効率化をはかる。画像ファ

ル内の画像情報へのアクセスは、画像索引システムにより画像インデックスを物理アドレスに変換して行なう。このような考察により、画像データベースシステムのソフトウェア構成は、図3.3のようになる。

(1) スーパーバイザー

システム全体を制御する OS の核になる部分。マルチプロセス制御能力が必要である。

(2) 汎用 DBMS

画像のエンティティと画像の属性に関するテキストデータや、これらの論理関係を表現するテーブルなどを収めた汎用 DBMS である。

(3) 画像管理サブシステム

画像インデックスの物理アドレスへの変換、画像ファイルの検索制御および検索された画像の計算機入力制御を行なう。また、画像ファイルの更新時における保全性の維持を行なう。

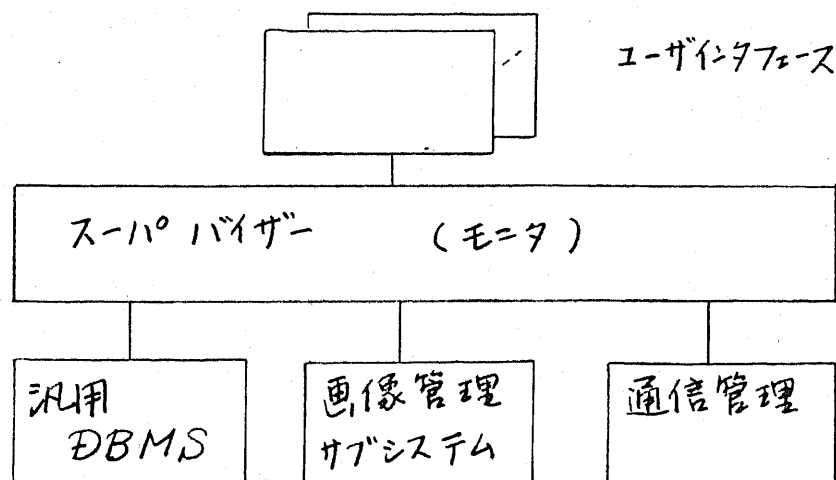


図3.3 集中型システムのソフトウェア構成

#### (4) 通信管理

画像伝送を含む、端末との間の通信の管理を行なう。

#### (5) ユーザインタフェース

利用者が画像データベースを使用するために作られるインタフェースで、ユーザ毎に作られるユーザタスクと考えられる。

#### ▷ まとめ

以上、集中型構成の画像データベースシステムのハードウェア構成、システム動作、ソフトウェア構成について記述した。集中型の構成は、次節で述べる分散型システムを考える上での基本となるものである。このため実用上の価値とともに、概念上の価値も高いので、やや詳しい記述を行なった。

### 3.1.2 分散型構成 — (1) 機能分散型システム

単一のプロセッサからなる大規模な計算機システムでは、システムを大型化しても処理能力が頭打ちになるという問題が指摘されている。この解決策として提唱されているのが分散処理システムである。3.1.1節で述べた図3.2の(c)方式は、通信バスの接続方式において分散化志向をとり入れたものであったが、本節では、分散化をもう一歩押し進めた機能分散型構成のシステムについて述べる。

#### ▷ ハードウェア構成

オンライン通信機能を持つデータベースシステムでの機能分散を考え

る場合、通信機能の部分を分離した前置プロセッサ (front-end processor : FEP) とデータベース機能を分離した後置プロセッサ (back-end processor : BEP) とシステム全体の制御を行なう中央計算機 (main processor : MP) とに分割される。このような機能分散化の長所は、次のものである。

(長所 1) システム全体の経済性の向上が期待できる。なぜなら、FEP は通信制御専用、BEP はデータベース専用であり、汎用計算機のような広範な高級諸機能を必要としないので、低価格のプロセッサである。MP は、それに適した処理に専念できる。

(長所 2) 機能分散により、各プロセッサ間のインタフェースが確立すれば、ソフトウェア開発が、その専用化と小規模化により容易になる。

機能分散を行なう場合のシステムのハードウェア構成を図 3.4 に示す。

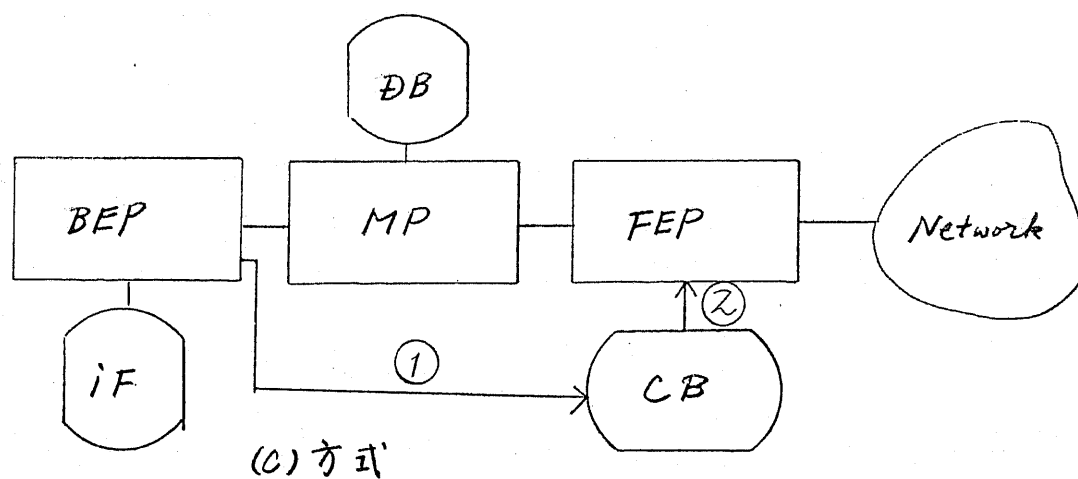
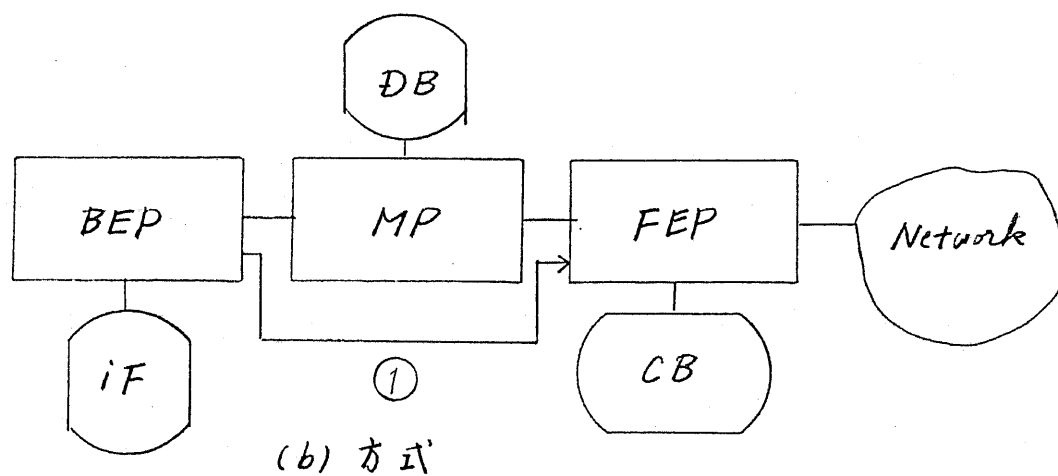
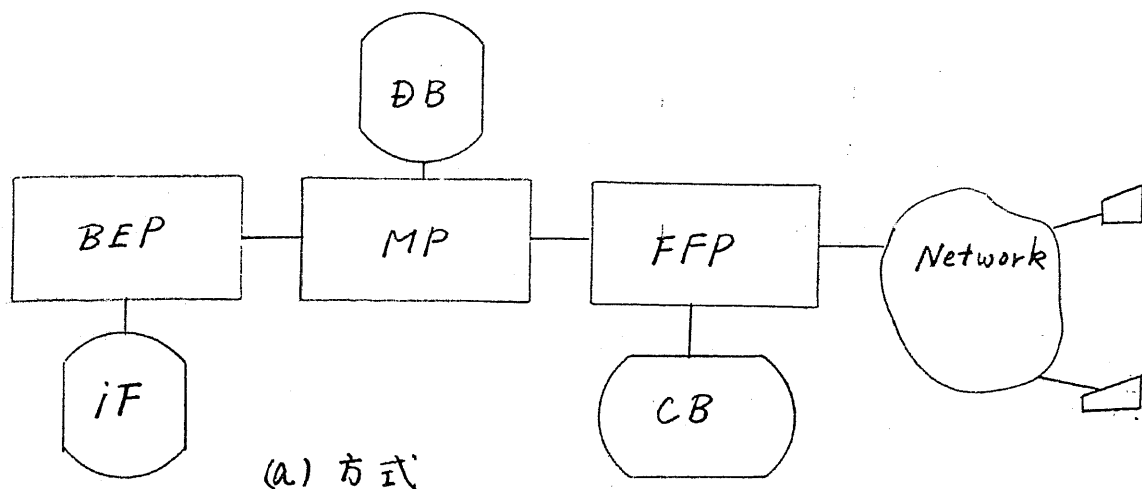
(a) 方式: 最も基本的な機能分散型構成である。BEP は、画像ファイル検索の他、画像入力、帯域圧縮処理等の処理を分担する。この方式では、画像情報は、

IF → BEP → MP → FEP → CB → FEP → Network

の順に流れ、MP を大量の画像情報が通過することが問題である。

(b) 方式: BEP から FEP へ送られる大量の画像情報を MP を ① のようにバイパスさせて MP のオーバーヘッドを軽減させる方式である。画像情報の流れは、次のようになる。





MP: main processor  
 FEP: front-end processor  
 BEP: back-end processor  
 DB: 汎用データベース  
 IF: 画像ファイル検索装置  
 CB: 通信バッファ

図3.4 機能分散型システムの構成

$IF \rightarrow BEP \rightarrow FEP \rightarrow CB \rightarrow FEP \rightarrow Network$

(C)方式: BEPからの画像情報を直接①の経路で通信バッファ(CB)に転送し、(b)方式に比べFEPのオーバーヘッドを軽減している方式である。ハードウェア的には、クロスコール機能のある通信バッファが必要である。画像情報の流れは、次のようになる。

$IF \rightarrow BEP \rightarrow CB \rightarrow FEP \rightarrow Network$

これらの各方式を比べると、システムの処理効率は、(a)(b)(c)の順で良くなるが、ハードウェア構成は、(a)(b)(c)の順で複雑になる。したがって、(c)、(b)、(a)の順でより大規模システム向きであるといえる。

### ▷ システムの動作

システム動作の概要は、集中型と同じである。ここでは、分散型システムにおける各プロセッサの機能分担および全体の制御について述べる。

FEPは、最低、伝送制御手順の制御を行なう。FEPに用いられるプロセッサの能力に従って、メッセージ管理までを行なう。(b)方式、(c)方式のFEPでは、画像情報を直接BEPから受けとるから、メッセージ管理機能まで必要である。

BEPは、伝送すべき画像の画像ファイル検索装置からの検索および入力を行なう。汎用データベースの検索結果は、結局、画像インデックスで与えられるので、画像インデックス - 画像ファイル物理アドレスの変換操作

も BEP での機能分担が望ましいので、集中型構成で述べた画像索引システムも BEP の管理下におくことが望ましい。画像伝送に特有の帯域圧縮処理は、ハードウェアによる実現が望ましいが、このためのハードウェアは、全て的方式でシステムのスループット向上のために BEP が制御すべきである。以上のことから、BEP は、画像管理システムの性格をもち、そのハードウェア構成は、図 3.5 のようになる。

MP では、汎用データベースの検索、ユーザインタフェースの提供、システム全体の制御等を行なう。(b)(c)方式では、画像ファイルの検索結果の画像情報の BEP から FEP への転送の同期制御を行う必要がある。

### ▷ ソフトウェア構成

ソフトウェア構成は、図 3.3 の集中型の場合と似ているが、画像管理、通信管理のかたりの部分が、BEP, FEP に移行する。最大の課題点は、MP, BEP, FEP 間のインタフェースである。(b)(c)方式では、BEP, FEP のインタフェースが問題となる。

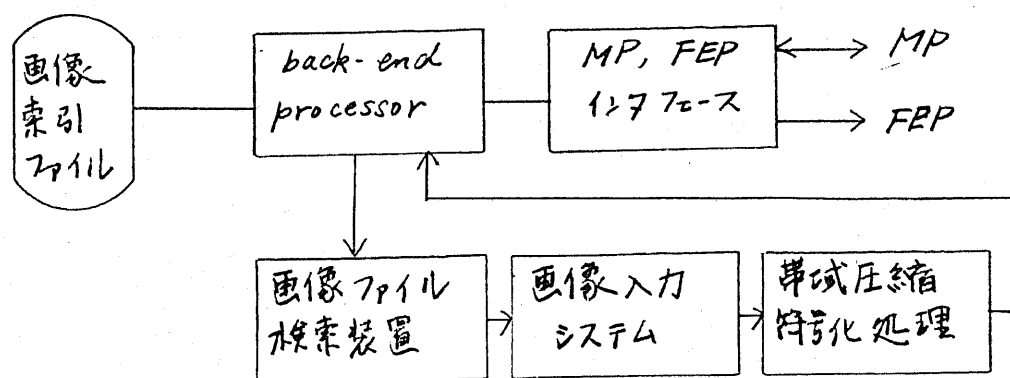


図 3.5 back-end processor 中心の画像管理システム

### 3.1.3 分散型構成 — (2) ネットワークによる結合

機能分散型システムを一步進めると、特色あるシステムをネットワークを介して結合する分散処理システムが考えられる。ネットワークにより結合される分散処理システムの一般的な長所、短所については、各所で論じられているので、ここでは省略し、画像データベースシステムをネットワークを介した分散処理システムとして構成する場合についてのみ述べる。

前節の機能分散についての考察から、システム構成は、図3.5で示した機能を持つ画像管理システムと汎用データベース管理システムをネットワークによって結合する図3.6に示す方式となる。この場合、画像管理システムにおいては、画像索引ファイルが必須である。このような分散型システムでは、利用者のアクセスの方法は、次のようになる。画像管理システムでは、画像情報とその識別に必要な情報を

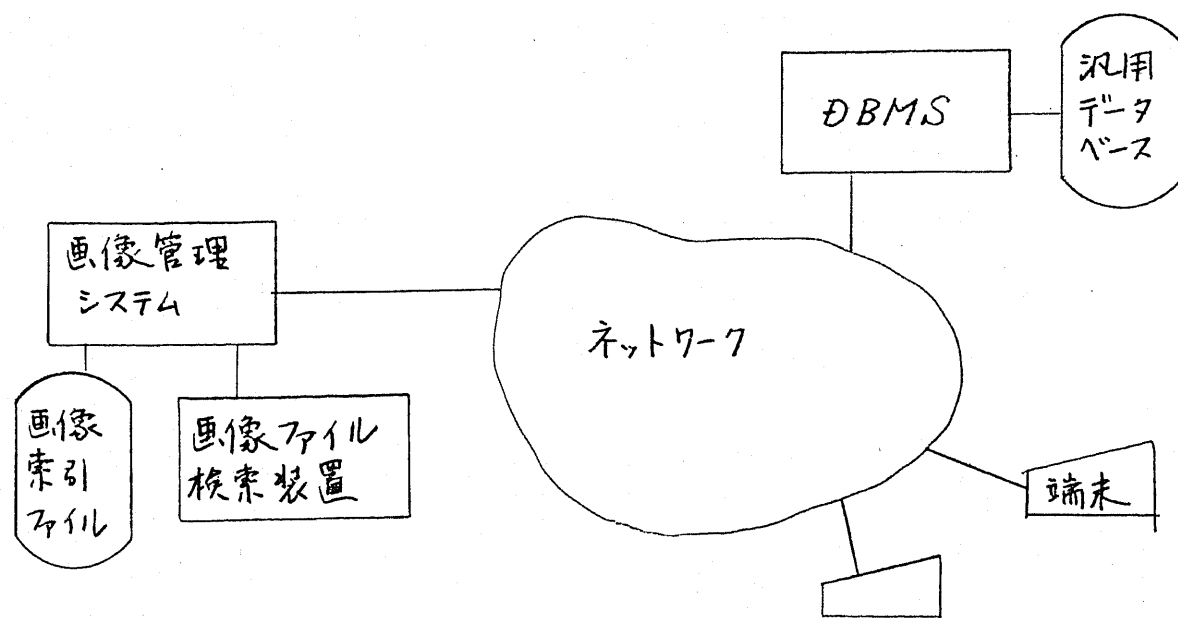


図3.6 ネットワークを介した分散型システム

提供し、汎用 DBMS では、画像インデックス および その画像の属性に関する情報の提供を行なうという形になる。この場合、利用者は、汎用 DBMS で目的とする画像に関して、そのインデックス 等を求め、画像情報まで必要な場合は改めて、画像管理システムにアクセスすることになる。より発展した段階においては、分散していることを利用者意識させない形のアクセスを実現することになろう。この際には

ネットワーク全体におけるデータスキーマの構成 および 管理

更新トランザクションの同期

障害回復

等の分散型 および マルチユーザシステムに伴う各種の問題が生じてくる。この形の分散処理システムで画像データベース・システムを構成することの長所は、以下のようなものである。

- (1) 画像管理システムがネットワーク資源として他のサイトにある汎用 DBMS を利用すれば、高価な汎用 DBMS を自前で準備する必要がなく、大規模システムを経済的に構成できる。
- (2) 画像管理システムの機能を複数の汎用 DBMS で共有することができる。

### 3.1.4 実験システムの構成

画像データベース・システムの構成には、3.1.1 ~ 3.1.3 節で述べた各方式がある。実験システムの試作の目的は、2.3 節で述べたよ

うに、"規模に依存しない問題集の検討および解決法の明確化"であるから、できるだけ基本的な構成の小規模システムがよい。したがって、集中型構成の(A)方式を採用する。汎用DBMSについては、各所で研究がなされており、画像データベースとのインタフェースのみが問題だから、実験システムには含めない。以上の考察から、実験システムの構成は、次のように決定する。

### ▷ 画像ファイル

記憶媒体は、現在入手容易で取り扱いが簡単であり、かつ現実的にも有望な媒体としてマイクロフィッシュを選択する。画質は、入力装置の経済性、安定性を考慮して、標準テレビ画質とする。

### ▷ センター・システムの規模

研究室規模での実験に適したミニコンピュータを用い、全体の構成は、集中型システム(A)方式とする。また、制御する画像ファイル検索装置および通信回線数は、方式の原理の実証を目的としているため各1とする。

### ▷ 伝送方式

通信回線は、扱いの容易さと現実性を考慮し、電話交換回線を想定する。音声帯域の電話回線を使って、無等化でデジタル伝送する場合の伝送速度の上限は単方向2400 bps程度であるから、実験システムにおける通信回線の伝送方式は、半二重2400 bpsとする。画像、符号の同一回線上の伝送および分離制御に関して

は、現実のシステムでも利用可能な方式設計を行ない、これを実証する。

### 3.1.5 端末システム

前節までに、画像データベースのセンターシステムについて考察してきたが、実際のシステムにおけるもう一つの重要な要素は、画像データベースに対するアクセス能力を持つ遠隔端末である。この端末の機能としては、2.3節で述べたように、画像、符号の複合情報の入出力と画像のハードコピー出力能力が要求される。このような端末の構成は、2.1.3節で述べたように、(i) ファクシミリ<sup>1)</sup>の知能化、(ii) 画像入出力装置を付加した計算機システム、という方法がある。しかし、これらはいずれも開発中であり、特に(ii)の方式のシステムは、実現してもかなり高価であろう。端末の普及性は、システム全体の発展に大きな影響をもたらすから、できるだけ安価な端末が望ましい。実験システムの試作にあたって、このような端末は市販されていなかったため、端末は試作することになった。要求される機能を実現する経済的方法を以下に考察する。

#### ▷ インテリジェンス

画像・符号の複合情報の入出力制御に必要なインテリジェンスを実現するためには、(i) ハードウェア (ii) ミニコン、(iii) マイクロプロセッサ (μ-P) が考えられる。各々の特徴を表3.1に示す。

	ハードウェア	ミニコン	μ-P
開発労力	大	小	小
価格	量産すれば低	高	低
拡張性・柔軟性	小	大	大
処理速度	高	中	低
伝送方式等の変更	難	易	易

表 3.1 端末のインテリジェンス実現の各方法の比較

実験システムは、回線速度が低く、この点での高速性は要求されないこと、ソフトウェア的な方式変更の容易さ、経済性から考えてμ-Pが実験システムの端末として最適である。現実のシステムにおける端末としても、処理速度が十分な範囲では、μ-Pが最適であり処理速度の不足分は、一部ハードウェア化、マルチプロセッサ化により補うのが適当である。このような検討と実験システムとしての最適性、および現実システムの実現性の双方の観点から実験システムにおいては、μ-Pを使用した知能端末を開発する。

#### ▷ ハードコピー出力機能

画像のハードコピー出力の手段として、経済性および技術的な安定性からみて、ファクシミリ受信装置が適当である。高解像度、可変副走査、高速性の点ではG-3機（高速ファクシミリ）が優れている。しかし、経済性（価格）、インターフェース接続の容易さ、中間階調表示の点では、G-1機（低速ファクシミリ：6分機）が優れており、実験シ



システムへの適性という点からは、G-1機を用いるのがよい。

### ▷ 端末からの画像入力機能

端末においては、出力の逆操作であり、ファクシミリを利用すれば、容易に実現できる。しかし、この場合の問題点はむしろ、センターの画像ファイルシステムにある。この問題の解決をみる前に、端末の入力機能だけを削減することは、意義が少なく、実験の主目的は、検索システムの検討であるから、今回の実験では、この機能は省略する。

以上の検討から明らかになった実験システムの構成を図3.7に示す。

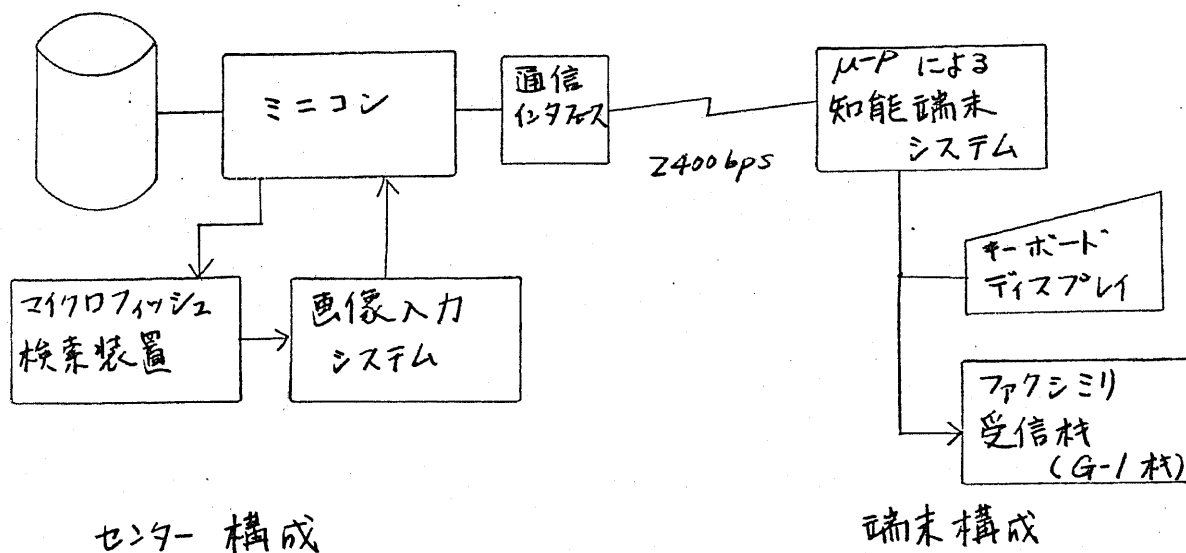


図3.7 実験システムの構成

### 3.2 画像伝送システム

前節の検討で明らかになったシステム構成において、より詳細な設計を進めるためには、画像を含む複合情報の伝送方式および速度変換方式を決定する必要がある。本節では、この問題を検討する。

#### 3.2.1 速度変換方式

画像のような大量の情報をネットワークを介して伝送する場合の最大の制約条件は伝送路の帯域制限である。ゆえに、送信端あるいは受信端において伝送路の速度と画像出力速度の整合のための速度変換機能が必要になる。2.1節で、現実のシステムで用いられている速度変換方式を紹介した。これをまとめると、速度変換方式は、2つに分類される。

- (A) センター側で速度変換を行ない広帯域伝送する方式
- (B) 端末にバッファメモリを設けて速度変換を行ない狭帯域伝送する方式

画像伝送における速度変換方式は、いずれにしても、この(A)(B)両方式に分類されることを考慮して、ここでは、実験システムの仕様により、次の2つの条件下で速度変換方式を考えなければならない。

条件-1. 使用する伝送路は音声帯域の電話交換回線である。

条件-2. 端末の画像出力が一定速度で出力を行なう連続副

走査方式の円筒走査型の低速ファクシミリ受信装置である。

実験で利用するファクシミリは、電話交換回線用の一般的な CCITT 標準 G-1 機 (6 分機) であり、直接電話回線で接続した場合、次のような画質を持つ。

円筒回転数	180 rpm	} (3.2.1)
最高画周波数	1258 Hz	
主走査方向解像度	838.7 画素/走査線 (3.88 画素/mm)	
副走査方向解像度	3.78 本/mm	
記録方式	放電破壊 階調は 16レベル以上	

これらの値は、G-1 機ファクシミリ受信装置の画像表示能力の上限を示すと考えられる。次に、電話交換回線で 2400 bps のデジタル伝送を行なった場合、この G-1 機ファクシミリと同じ速度で出力する時、どの程度の画質が得られるかを計算してみよう。円筒走査型 G-1 機ファクシミリの円筒の回転速度は 180 rpm であるから、1 走査線当りの時間で伝送可能な情報量  $I_d$  は、2400 bps 連続転送という仮定の下で

$$I_d = 2400 \text{ (bps)} \times 333 \text{ (ms/走査線)} = 800 \text{ (ビット/走査線)}$$

である。半二重伝送であるから、伝送ブロック毎の誤り制御を行なうとすれば、実際得られる 1 走査線当りの情報量は、式 (3.2.2)

よりかなり小さく、 $I_d \doteq 700 \sim 600$  (ビット) 程度とすることが予想される。一方、式 (3.2.1) で示した画質を、走査線当りの情報量  $I_F$  に換算してみると、1画素 4ビット (=16レベル) の階調性として、

$$I_F = 838.7 \text{ (画素/走査線)} \times 4 \text{ (ビット/画素)} \\ \doteq 3350 \text{ (ビット/走査線)} \quad (3.2.3)$$

となる。ファクシミリ受信装置で出力可能な画質の画像を得ること、すなわちファクシミリ出力速度に整合した情報を伝送するための条件は、

$$I_d > I_F \quad (3.2.4)$$

である。しかし、式 (3.2.2), (3.2.3) より、2400 bps の伝送速度と、G-1機ファクシミリでは、

$$I_d < I_F$$

であるから、デジタル伝送を行なった場合の伝送速度は、ファクシミリ出力速度に整合していない。かりに、帯域圧縮を施して伝送する情報量を  $1/4$  程度に圧縮しても、式 (3.2.4) の条件を満たせない。G-1機と同程度の量の情報を半分の時間で伝送出力する G-2機 (3分機) では、事情はより深刻である。この速度不整合の原因は、デジタル伝送方式は、伝送品質の向上と引きかえに、伝送速度を落としていることになり、G-1機、G-2機のファクシミリのアナログ形式の伝送に比べて、実質上かなりの狭帯域伝送となっているからである。

さて、この速度不整合をとり除く方法としては、原理的には上記の(A)あるいは(B)方式を適用することになる。(A)(B)方式をこの問題に適用すると現実には、次のような方式となる。

(A)方式： 画像伝送に際しては、デジタル伝送に比べて高速伝送できる G-1 概 ファクシミリ形式のアナログ信号を用いる。このためセンター側には、センター側には、速度変換機能に相当するファクシミリ形式のアナログ信号発生装置が各回線毎に必要である。この方式のハードウェア構成を図3.8に示す。

(B)方式： ファクシミリ形式のアナログ信号より低速伝送となるデジタル伝送を用いる。このため、端末側には、速度変換用のバッファメモリが必要である。この方式のハードウェア構成を図3.9に示す。

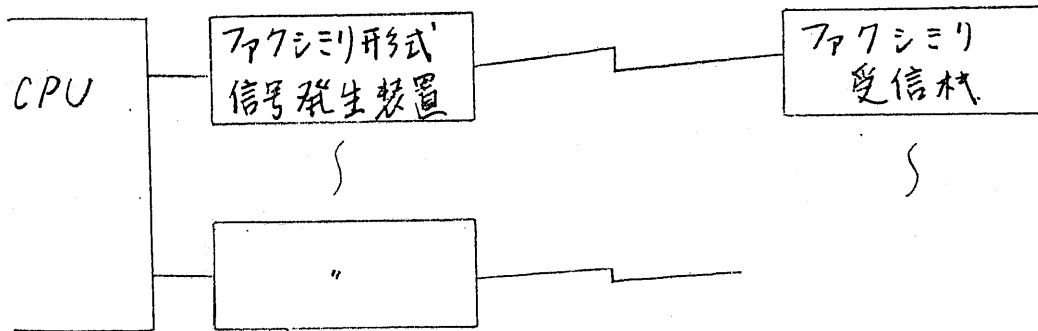


図3.8 (A)方式のハードウェア構成

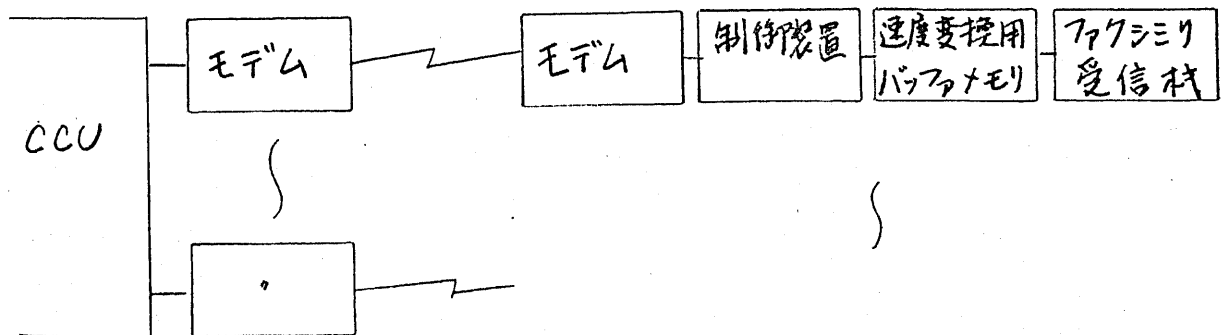


図3.9 (B)方式のハードウェア構成

次に (A) (B) 各方式の長短について論ずる。

(A) 方式の長所は、

- (i) 端末画像出力装置としてファクシミリ受信機がそのまま使用でき、端末システムが簡単かつ経済的であること。
- (ii) 狭帯域伝送である電話回線を、冗長性が高く誤りが目立たないという画像情報の性質を活かして、高速なアナログ伝送路として用いていること、である。

(A) 方式の問題点は、センター側が速度変換機能のためのファクシミリ形式の信号発生装置等のハードウェアが必要なことである。さらにセンター側において速度変換機能を受け持っていることによつて生ずる問題点として、センターの通信処理の負荷がある。つまり、センター側では、各端末のファクシミリ出力速度に遅れないように画像情報を伝送しなければならないため、画像伝送時の通信処理の負荷が大きい。しかも、画像伝送を多回線において同時に行なう場合は、各回線への伝送遅れを防ぐため、かなりの量の速度変換用のバッファメモリが必要であり、また高い処理能力のプロセッサも必要である。もし、このような能力が不足する場合は、同時画像伝送可能な回線数が制限され、利用者に対するサービス基準の一つである応答性が劣化することが予想される。

(A) 方式の別な問題点は、ファクシミリの信号形式を規格化する必要が生ずることである。このために派生する欠点は、

- (i) 規格外のファクシミリ受信機を端末として使用できない。
- (ii) 新しいファクシミリ信号方式の導入において、センター側、端末側とも同時にハードウェアを変更する必要があり、システムの upward compatibility に乏しい。
- (iii) デジタルデータ網への移行が困難

等である。

(B) 方式の長所は、

- (i) センター側のハードウェアが簡単（既成の通信制御ハードウェアでよい。）で、画像伝送において端末ファクシミリの出力速度を意識する必要がないこと。
- (ii) ファクシミリの方式あるいは伝送方式の変更がソフトウェア的に可能で、比較的容易なこと。
- (iii) デジタルデータ網への移行が容易

等である。

(B) 方式の短所は、

- (i) 端末に速度変換用のバッファメモリが必要で、端末システムのハードウェアが複雑なこと。
- (ii) デジタル伝送のため、伝送速度がファクシミリ形式のアナログ伝送より低速であること

等である。

次に (A) (B) 両方式の短所に対する対策について検討し、

実用上の可否について考えてみる。

(A)方式のセンター側の速度変換機能に付随する通信処理の負荷は、センターの処理能力の強化以外に有効な対策がない。ファクシミリ信号形式の規格化の問題は、各社の製品に共通なファクシミリ信号形式の標準の固定化により解決できるが、技術革新の激しいこの分野では、かなり難しいことといえよう。

(B)方式の端末における速度変換用バッファメモリの問題は、安価な記憶媒体により解決できる。半導体メモリや磁気ディスク等の記憶媒体の価格は低下傾向にあるので、問題は明白方向へ向っている。しかし現時点で容量、アクセス速度、価格の3つの点の総合評価で最も優れているのは、フロッピーディスクであろう。フロッピーディスクを速度変換用のバッファメモリとして用いれば、現時点においても、この点は解決されているといえよう。デジタル伝送における低速性の問題は、帯域圧縮符号化伝送方式の導入によりかなり緩和される。

以上の検討結果をまとめていえば、次のようになる。

(A)方式は、伝送路の使用効率がよく端末も簡単である。しかし、センター側で速度変換を行なう負荷が大きく、伝送方式の固定化により、全体的に柔軟性が欠如している。

(B)方式は、デジタル伝送のため、伝送路の使用効率が低く、端



末が複雑である。しかし、センター側は比較的単純である。また、デジタル伝送を行っていることが、システム全体に柔軟性を与えており、各問題点に対する解決策もかなり期待できる。

以上、画像伝送における速度変換と伝送路の問題に焦点を絞って検討してきたが、画像データベースへのリモートアクセスを考えると、画像情報の他に符号情報も伝送されるので、複合情報伝送システムとして全体を最適化する必要がある。これについては、次節で述べる。

### 3.2.2 複合情報伝送システム

ここでは、前節の結果を踏まえて画像データベース・リモートアクセスのための伝送方式を検討してみる。単なる画像伝送システムと、画像データベースのリモートアクセスとの相異点は、伝送される情報が、画像のみか、画像と符号の複合情報であるかの点である。最も単純な解決策は、画像と符号を物理的に別の回線を用いて伝送することであり、この方式なら、伝送システム構成上の問題は、前節の画像伝送システムのみに関する検討で済んでいる。しかし、このように2回線を用いる方法は、次の点で問題である。

- (1) 通信路の非経済的使用
- (2) センター側の制御回線数が2倍になることのハードウェア増加
- (3) センター側での同一端末に対する画像伝送回線と符号伝送回線

## の対応付け および 同期の問題

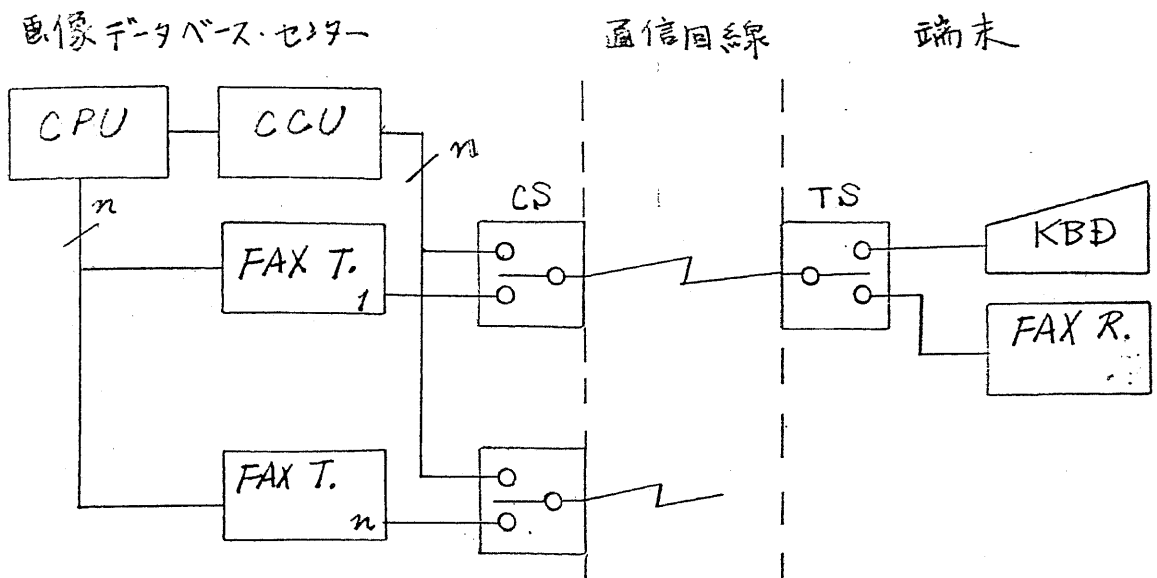
### (4) 端末操作性の悪さ

以上の問題のうち、(3)については、ソフトウェア的な対処、(4)については、端末にインテリジェンスを導入することにより緩和が計れる。しかし、そのためのコスト高は、まぬがれないし、(1)(2)については解決策がない。したがって、本節で述べたように、同一回線を用いての複合情報の伝送が望ましく、以下の検討は、同一回線による伝送を前提とする。

さて、以上の方針に従って、前節の(A)(B)方式について、画像伝送回線と符号情報をも伝送する方法について検討してみる。

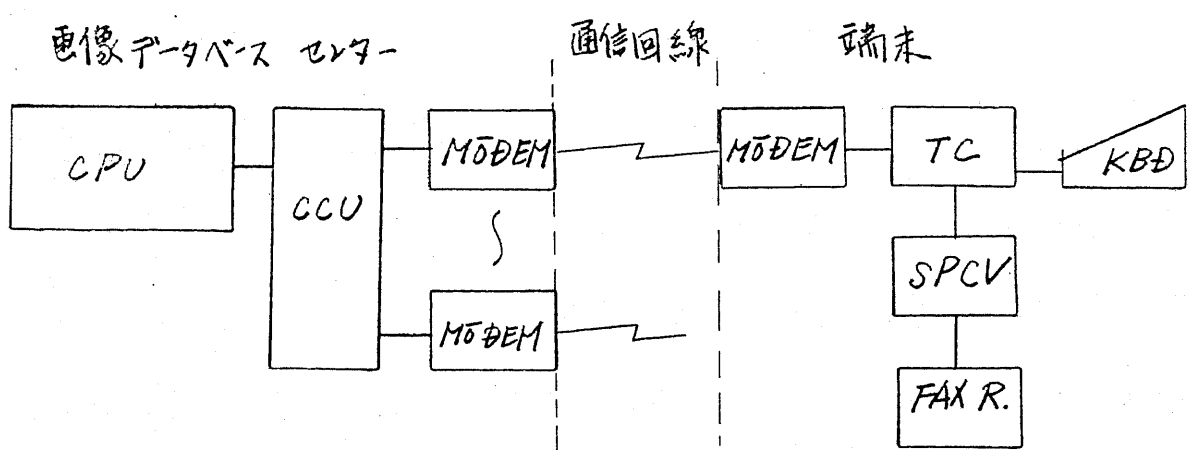
### (A) 方式の場合

この場合は、センター側において、ファクシミリ形式の信号とデジタル形式の符号情報を適宜、切り換えて回線に送出しなければならない。一方、端末側でも、ファクシミリ信号と符号情報を分離してファクシミリ受信機あるいはキーボードディスプレイに出力する制御装置が必要である。したがって、ハードウェア構成は、図3.10のようになる。この方式はセンター側では、ファクシミリ形式信号発生装置の他に、画像と符号情報の切り換え用の信号切り換えスイッチが各回線毎に必要であり、センター側のハードウェアはより複雑になり、これらのハードウェアの制御にもかなり複雑なソフトウェアを必要とする。端末側において必要な複合情報の識別および分離の機能を持つ切り換えスイッチは、(1)



- FAX T. : ファクシミリ形式信号発生装置
- FAX R. : ファクシミリ受信機
- CS : センター側信号切り換えスイッチ
- TS : 端末側信号切り換えスイッチ
- CCU : 多回線用通信制御装置
- KBD : キーボードディスプレイ

図3.10 (A)方式のハードウェア構成



- TC : 複合情報識別分離制御装置
- SPCV : 速度変換用バッファメモリ

図3.11 (B)方式のハードウェア構成

手動で行なう方式, (2) 自動的に<sup>1</sup>行なう方式, が考えられる。手動切り換え方式の場合は, 端末ハードウェアは簡単であるが, 操作性が悪くなる。自動切り換え方式の場合は, 操作性は悪くないが, 端末ハードウェアが複雑化し, しかも ファクシミリ信号形式に依存するハードウェアであり, 帯域圧縮, 符号化 あるいは 信号方式'の変更に対する柔軟性が欠如する。また, 端末から画像をセンターに伝送する場合には, センター側に, ファクシミリ形式の信号受信装置および速度変換用の大容量高速のバッファメモリが必要となり, センター側のハードウェアはさらに複雑化する。

### (B) 方式の場合

この場合は, 画像, 符号ともデジタル伝送されるから, 伝送路を同一の信号形式で用いる。ゆえに, センター側の通信制御用のハードウェアで特に増加するものはない。また 端末側では, 同一形式のデジタル情報の中から, 画像, 符号を識別, 分離するためのインテリジェンスのある制御装置が必要になる。したがって, 図3.11に示すハードウェア構成になる。この方式では, 端末における画像, 符号の識別, 分離は自動的に行なわれるため, 操作性は良い。また, センター側における画像, 符号の制御は, ソフトウェアで可能であり, (A)方式と異なり画像伝送における時間的制約がないため, ソフトウェアは比較的簡単である。また, 画像伝送における帯域圧縮符号化等の処理もソフト, ハードのいずれによっても実現でき, 方式変更に対して柔軟に対

処できる。また端末から画像をセンターに伝送する場合は、画像受信時に用いる速度変換用のバッファメモリを利用して、やはり端末で速度変換を行えば、伝送における時間的制約もなく、センター側では、比較的簡単なソフトウェアで、この機能を実現できる。

以上の本節における画像、符号の複合情報の伝送および前節で論じた画像伝送における速度変換方式を考慮して (A)(B) 両方式の長短について表3.2にまとめた。これによれば、(A)方式の(B)方式に対する優位点は、端末の簡単さ、つまり経済性である。この点は、システムの普及にとって重要である。しかし、(A)方式における端末の簡単さは、利用者の立場から見れば、操作性の悪さとの引きかえに成り立っているものである。また、将来予想される使用通信網のデータ網への移行も含む方式変更に対して柔軟性を欠く。さらに、LSI技術の進歩により、知能端末システムのかんりの価格低下が見込まれる以上、(A)方式は、必ずしも利用者にとって長期的にみて経済的な方式とは断言できない。さらに、センター側についていえば、(B)方式に比べての(A)方式の複雑さ、柔軟性の欠如は決定的である。

このような考察により、現状および将来性から見て(B)方式が有利と判断し、実験システムにおける速度変換および複合情報伝送は、(B)方式を選択する。

次に、将来におけるシステム展望について述べる。この場合のシ

		(A) 方式	(B) 方式
速度変換機能		センター側	端末側
複合情報の伝送		ファクシミリ信号、デジタル符号情報の二元伝送	すべてデジタル伝送に一元化
センター・システム	ハードウェア構成	各回線毎にファクシミリ形式信号発生装置、信号切り換えスイッチが必要で複雑	従来のデジタル通信システムと同様でよい。
	ソフトウェア構成	画像の送受において端末のファクシミリ速度に整合させるための時間的制約が強く難しい。	複合情報の制御を行なう以外は従来のシステムと同様でよい。
	従来システムとの両立性	小	大
	信号方式の変更	困難	容易
端末	ハードウェア構成	簡単(但し操作性を改善するためには複雑化)	複雑
	ソフトウェア構成	(ハードウェア制御が大部分)	複雑
	操作性	悪い	良い
	画像伝送および出力方式の変更	センター側規格に一致するファクシミリ装置が必要	ソフトウェアで吸収
	画像出力方式の拡張性	なし	各種表示装置への応用可
データ網への適合性		なし	あり
帯域圧縮符号化方式の導入		難	易
画質		端末ファクシミリの性能および回線の帯域に依存	端末出力装置の性能のみに依存
経済性	設備費	端末安価、センター高価	端末高価、センター比較的安価
	回線料	回線使用時間長く高価	帯域圧縮、ソフトウェアの改善で短くなる可能性あり

表3.2 複合情報伝送 および 速度変換方式における (A) (B) 両方式の比較

システム構成は以下のよう to 想定できる。

- (1) 伝送路は 48 Kbps 程度の高速デジタルデータ網
- (2) 端末画像出力は、可変副走査機能（これは速度変換機能とみられる。）をもつ 知能化した高速ファクシミリ（G-3 機）

この想定は、方式的な分類をすれば (B) 方式であり、これまで考えてきた、端末においてファクシミリを用いる 画像ネットワーク・リモートアクセスシステムにおいては、将来的にみても (B) 方式が有利であると考えられる。

### 3.3 画像データベースリモートアクセスにおける通信方式

複合情報伝送方式に関しては、3.2節での検討により、画像と符号とともにデジタル情報として伝送する方式を用いる。この場合問題になるのは、伝送の効率性と同一形式のデジタル情報である画像と符号の論理的な識別、分離方式である。前者は、伝送プロトコルを含む通信方式および伝送制御手順の問題であり、後者は、より高位のプロトコルの問題である。本節では、これらの問題についての検討を行なう。

#### 3.3.1 通信方式

画像情報の伝送における特徴は次の3つである。

##### (1) 情報量

たとえば、帯域圧縮を施したとしても情報量は膨大であること

##### (2) 透過性

画像情報伝送ではあらゆるビットパターンが現れるから、任意のビットパターンの情報が伝送できなければならない。即ち、伝送路の透過性が必要である。

情報量が膨大であるから、必然的に伝送の効率化が必要である。

したがって、キャラクタ毎に同期用のスタートビット、ストップビットを付加する調歩式伝送方式は、簡単な方式であるが、効率の面で問題が多い。そこでキャラクタ毎の同期を必要としない SYN 同期、あるいはフラグ同期による同期式伝送方式を用いるべき



である。<sup>\*</sup> 実験システムにおいては、試作するハードウェアの簡単さから、SYN同期による同期式伝送を用いる。次に、伝送速度であるが、これも伝送路の効率的利用のため、電話交換回線での無等化伝送で実用上可能である上限の片方向2400 bpsとする。このため半二重通信方式になる。

一方、透過性については、二重DLE方式を用いて実現する。二重DLE方式について簡単に説明しておこう。同期式伝送においては例えば同期確立のためのSYNパターンなどの幾つかの制御キャラクタが必要である。このような制御キャラクタを単独で情報ビットからなるキャラクタシーケンス中に挿入せず、次のキャラクタが制御キャラクタであることを示す特殊キャラクタ（これをDLEパターンと呼ぶ）と組にして挿入する方式である。（例：DLE・SYN）このようにすれば、すべての制御キャラクタに等しい情報ビットパターンを伝送できる。尚問題は、情報ビットからなるキャラクタ中にDLEパターンと等しいものが現われた場合であるが、この場合は、DLEを二回連続させることにより識別する。これにより、任意のビット・シーケンスの情報伝送可能になり透過性が実現できる。この方式を二重DLE方式と呼ぶ。

符号情報の伝送にあたっては、JIS 8単位コードを用いる。ま

---

<sup>\*</sup> 脚注

SYNパターン、あるいはフラグと呼ばれる1バイトの特殊なパターンを伝送の開始時に送信してビット同期を確立し、以後は情報ビットのみを伝送する方式

た。誤り制御方式は、誤り検出能力の高い CRC チェックが望ましい。  
 以上、ソフトウェアで CRC チェックを行なうことは、かなりの負担であり、ハードウェア的には、制御回路が複雑になるため、実験システムでは、簡単な水平パリティチェック方式を用いる。

なお、実験システム試作当時からの LSI 技術の進歩により最近では CRC チェック機能、透過性機能まで含んだ フラグ同期による同期式伝送用の LSI (例えば Intel 8273 etc) が市販され始めており、今後の流れとしては、効率のよいフラグ同期、CRC チェックによる通信方式が主流になると思われる。また、将来は伝送速度はより高速 (例えば 新データ網の 48 Kbps) で、全二重通信方式が望ましい。以上で述べた実験システムにおける通信方式の諸元および理想的なシステムにおける通信方式の諸元を表 3.3 にまとめた。

項目	仕 様	
	実験システム	将来のシステム
通信回線	加入電話交換回線	DDX 網 など
複合情報伝送方式	デジタル伝送	デジタル伝送
伝送速度	2400 bps	48 Kbps 程度
通信方式	半二重	全二重
同期方式	SYN 同期	フラグ同期
伝送コード	JIS 8 単位	JIS 8 単位 etc
誤り制御	水平パリティチェック	CRC チェック
透過性	2重 DLE 方式	5桁連続した "1" の後に "0" を挿入する方式

表 3.3 通信方式に関する諸元

### 3.3.2 実験システムにおける伝送効率の最適化

実験システムでは、半二重通信を用いているため、データの伝送方向反転が必要であり、この反転の度にモデムでキャリアをオン・オフし、かつビット同期の引き込みを行う必要がある。データの伝送方向反転のための時間は、100 (ms) 程度の比較的長い時間を要する。一方、画像伝送にあたっては、誤り制御、ビット同期の確保等の理由で、大量の情報を適当な長さの伝送ブロックに分割して伝送することになり、伝送ブロック毎に応答を確認するため、データの伝送方向反転時間の長さは問題になる。伝送ブロックへの分割は、加入電話交換回線等の品質のよくない、すなわち誤り率の高い回線での伝送に際しては、必要であり、通常は、回線誤り率を考慮して伝送ブロック長を決定する。しかしながら、大量の画像情報を半二重通信で伝送する実験システム的方式では、回線誤り率のみならず、上記のデータ伝送方向反転時間も考慮して、伝送効率を最大とする伝送ブロック長を決めなければならない。以下において、このような最適伝送ブロック長の計算法および実験システムにおける値について述べる

#### (1) データ伝送方向反転時間

最適伝送ブロック長を計算する前に、伝送方向の反転時間  $T_c$  を求める。今、A局とB局があり、 $A \rightarrow B$ の伝送方向を  $B \rightarrow A$ に反転する場合を考え、モデムに関するパラメータを以下のように定義する。

$D_{RS\ off}$  : A局がキャリア・オフ命令を出してから、実際にキャリアがA

局においてオフになるまでの遅延

$D_{CO\ off}$  : B局において実際キャリアがオフになってからキャリアオフを検出するまでの遅延

$T_P$  : B局がキャリアオフを検出してから、キャリアオン命令を出すまでのプログラム処理時間

$D_{RS\ on}$  : B局がキャリアオン命令を出してから実際キャリアオンになり、それがB局自身にわかるまでの遅延

B局からのデータの送信は、このような遅延を経た後開始されるため、伝送方向反転時間  $T_C$  は、これらの遅延の総和と、さらにB局の送信開始がA局に伝わるまでの遅延とA局の送信終了がB局に伝わるまでの遅延、すなわち伝送路遅延  $D_T$  の2倍を加えたものになり、次式で表わされる。

$$T_C = D_{RS\ off} + D_{CO\ off} + D_{RS\ on} + T_P + 2 \cdot D_T \quad (3.3.1)$$

実験システムで用いたモデル (NEC DATA X 2400A) では、これらのパラメータは、以下の通りである。

$$D_{RS\ off} \leq 30 \text{ (ms)}$$

$$D_{RS\ on} = 35 \pm 10 \text{ (ms)}$$

$$D_{CO\ off} = 10 \pm 5 \text{ (ms)}$$

} (3.3.2)

$T_P$  は、処理プログラムの工夫によりほとんど 0 にできる。伝送路遅延  $D_T$  は、センター、端末間の距離により変化するが、以上の考察から、

$T_c$  は約 100 (ms) 程度に評価する。

## (2) 最適伝送ブロック長の計算

直観的には、同一量の情報を伝送ブロックに分割して伝送する場合は、ブロック数の少ない方が伝送方向の反転回数が少なく、全伝送時間が少ないように思える。しかし、伝送路の誤りを考えた場合、伝送ブロック長が長すぎると、そのブロックのどこかで誤りの生ずる確率が高くなり、再送を行なう確率が高くなる。しかも、再送に要する時間もブロック長が長いだけにかなり長くなる。これらのことを考えると、同一量の情報を最少の時間で伝送する最適伝送ブロック長が存在することが理解できる。以下の計算では、一定量の情報  $L$  を考え、これをすべて伝送するのに必要な伝送時間  $T_{total}$  を 1 伝送ブロック内の情報量  $l_1$  をパラメータとして最適化することになる。使用するパラメータを次のように定義する。

$P$  : 通信回線のビット誤り率

$l_1$  (bit): 1 ブロック内の情報ビット数

$l_2$  (bit): 1 ブロック内の制御ビット数

$L$  (bit): 伝送する全情報ビット数 ( $L = N \cdot l_1$ )

$N$  : 分割して作られた伝送ブロックの数

$T_R$  (sec): 逆方向応答伝送時間

$T_F$  (sec): 順方向 1 伝送ブロック伝送時間

$T_c$  (sec): 伝送方向反転時間

$l_r$  (bit): 逆方向応答の全ビット数

$V$  (bps) : 伝送速度

$d-1$  : 2重DLE法による送信情報の増加率

以上のように定義すると、回線ビット誤り率  $P$  を用いて、1ブロック毎の誤り率  $P_B$  が次式で求まる。

$$P_B = 1 - (1 - P)^{d l_1 + l_2}$$

$$\approx P (d l_1 + l_2) \quad \text{但し } P \ll 1 \quad (3.3.3)$$

次に誤りの生じた伝送ブロックを無制限に再送すると仮定した場合の誤りブロック再送を含めた全送信伝送ブロック数  $n$  は次式で表わされる。

$$n = N (1 + P_B + P_B^2 + P_B^3 + \dots)$$

$$= \frac{N}{1 - P_B} = \frac{L}{(1 - P_B) l_1} = \frac{L}{\{1 - P(d l_1 + l_2)\} l_1} \quad (3.3.4)$$

ここで、1伝送ブロックを送信してから、伝送方向を反転し、送方向応答を受信した後、再び伝送方向を反転し終るまでの時間を  $T_1$  (sec) とすると、

$$T_1 = T_F + T_R + 2 \cdot T_C \quad (3.3.5)$$

であるから、式(3.3.4) (3.3.5)により全情報伝送時間  $T_{total}$  は、次式となる。

$$T_{total} = n T_1 = n (T_F + T_R + 2 \cdot T_C)$$

$$= \frac{L (T_F + T_R + 2 \cdot T_C)}{\{1 - P(d l_1 + l_2)\} l_1} \quad (3.3.6)$$

$$\text{式(3.3.6)に、} \quad T_F = \frac{d l_1 + l_2}{V} \quad (3.3.7)$$

$$= \frac{l_r}{V} \quad (3.3.8)$$

を代入して整理すると

$$T_{total} = \frac{L}{V} \cdot \frac{a + \alpha l_1}{l_1 (b - P \alpha l_1)} \quad (3.3.9)$$

$$\text{但し、 } a = l_2 + l_r + Z T_c V, \quad b = 1 - P l_2$$

$T_{total}$  の最小値は、次のようにして求まる。

$$\frac{dT_{total}}{dl_1} = 0 \quad \text{より、} \quad P \alpha^2 l_1^2 + Z a P \alpha l_1 - ab = 0 \quad (3.3.10)$$

を解けばよい。ゆえに、1 伝送ブロック内の最適情報ビット数  $opt l_1$  は、次式で与えられる。

$$\begin{aligned} opt l_1 &= \frac{a}{\alpha} \left( \sqrt{1 + \frac{b}{aP}} - 1 \right) \\ &= \frac{l_2 + l_r + Z T_c V}{\alpha} \left\{ \sqrt{1 + \frac{1 - P l_2}{P(l_2 + l_r + Z T_c V)}} - 1 \right\} \quad (3.3.11) \end{aligned}$$

また、この結果を全二重通信方式に適用するには、逆方向応答時間と伝送方向反転時間を 0 とすればよい。すなわち  $T_c = l_r = 0$  とすればよいから、全二重通信方式における最適伝送ブロック長  $opt l_{1F}$  は、次式になる。

$$opt l_{1F} = \frac{1}{\alpha} \left( \sqrt{\frac{l_2}{P}} - l_2 \right) \quad (3.3.12)$$

最後に、 $\alpha$  の値を求める。二重 DLE 法の場合、 $\alpha - 1$  は、1 バイトの DLE パターンに一致するビットパターンの出現確率であるから、 $1/2^8$  である。ゆえに、 $\alpha = 1 + Z^{-8} \doteq 1.0039$  である。 (3.3.13)

### (3) 実験システムにおける最適伝送ブロック長

実験システムにおける各パラメータの値は、

$$V = 2400 \text{ (bps)}, \quad T_c = 1/100 \text{ (ms)}$$

次節で述べる伝送制御手順により、

$$l_2 = 96 \text{ (bit)}, \quad l_r = 48 \text{ (bit)}$$

を式(3.3.11)に代入し、回線ビット誤り率  $P$  と  $\text{opt } l_1$  の関係を示したのが図3.12である。電話交換回線においては、通常  $P = 10^{-4} \sim 10^{-5}$  といわれている。  $P = 10^{-4}$  とすると  $\text{opt } l_1 \approx 241$  (バイト) となり、この時の最適伝送ブロック長  $l_1 + l_2$  は、約 253 (バイト) になる。この結果およびセンターと端末における処理の容易さとメモリ容量を考慮して、実験システムにおいては、 $l_1$  は最大 254 (バイト) とし、最大伝送ブロック長は 266 (バイト) とした。

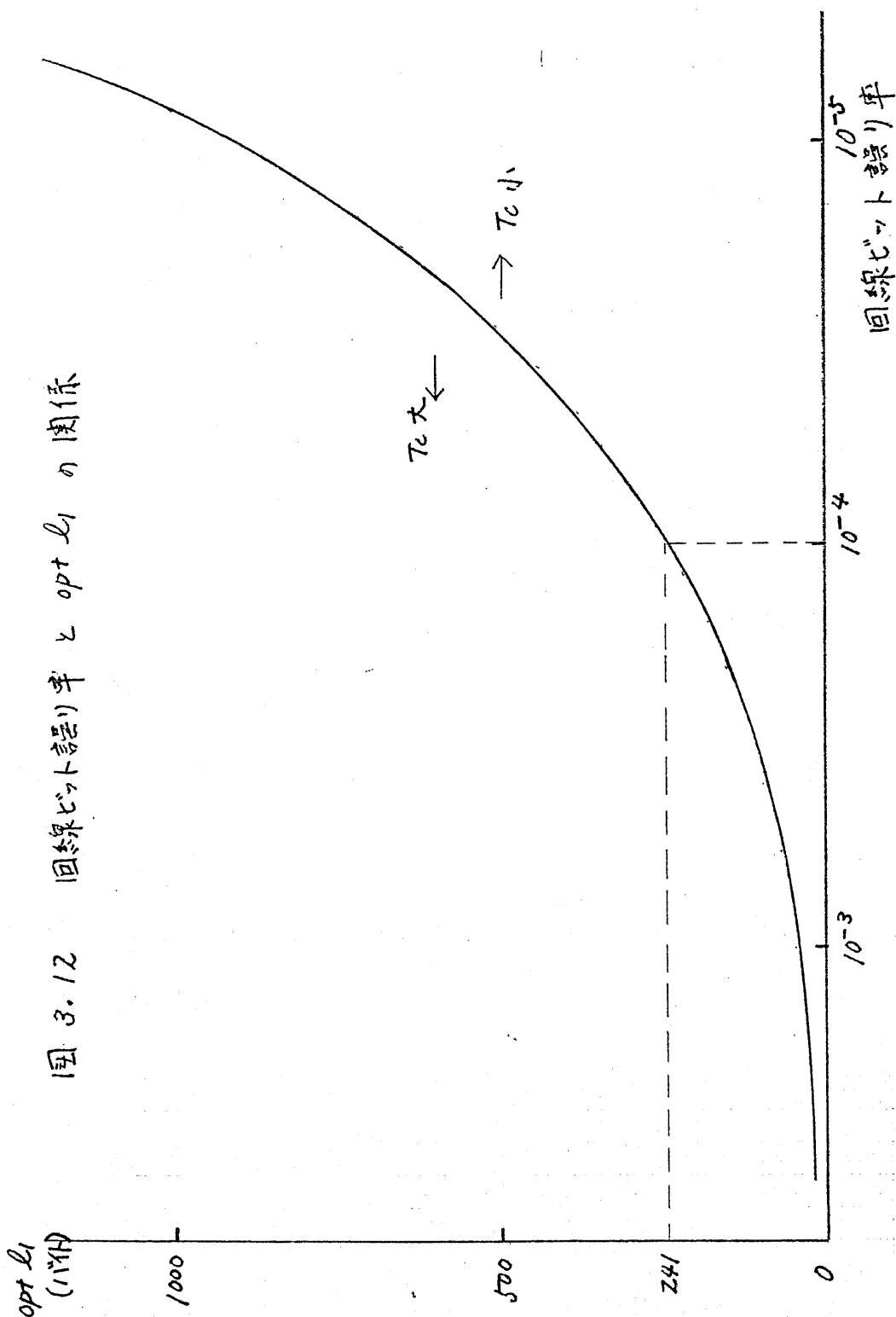
### 3.3.3 伝送制御手順

通信方式の次に設計するのは、リンクレベルの制御を司る伝送制御手順である。伝送制御手順の果たすべき基本的な機能は、

- (1) データリンクの初期設定および終結を行なうこと
- (2) 伝送されるデータの完全性を確保すること

である。すなわち、交信を希望する局との間の論理的な通信路(データリンク)を設定し、その通信路を通じて情報を誤りなく相手局に届け、交信が終了した場合には、通信の終結を行なうという動作を





予省なく行なうことが基本的な機能である。

伝送制御手順には、従来から使われている基本型データ伝送制御手順 (Basic Mode Data Link Control Procedure: Basic DLC) があるが、この手順に代表される現在の DLC はその出現以来改良を重ねられ、リモートデータ・プロセッシングやメッセージ交換などデータ通信網を使用する業務の増加に応じて、その制御機能の規模はそのたびに拡大されてきている。しかし、このように次々と制御キャラクタが追加され、コードセットが拡張されてきた結果、DLC は複雑なものになった。かつての数少ない DLC キャラクタは、二局間の接続と、この二局間を転送されるメッセージの完全性を確保するという基本的な仕事を割り当てられていただけなのに対して、追加された DLC キャラクタには、周辺装置の制御や通信網の制御、さらにメッセージフォーマット制御のような仕事まで課せられている。このような DLC の複雑化に対して、データリンクコントロールを単純化し、より効率のよいものにして、計算機網の可能性を拡大しようとする動きもある。

実験システムにおいては、セクターおよび端末におけるソフトウェア開発を容易化するために、比較的簡単な伝送制御手順が望ましい。そこで、基本型手順会話モードを土台にして、以下に示すような簡単な伝送制御手順を新しく設計した。これにより、セクター側の伝送制御プログラムは、同じ計算機で実現されていた基本型手順のプログラムの 70% 程度に減少した。以下に、この手順について説明する。

## ▷ 伝送制御手順の仕様

以下に、本伝送制御手順の主な仕様を列挙する。

- (1) 本手順は、半二重通信のみを対象とする。
- (2) 二重DLE法による透過モードを採用している。
- (3) 主局の競合は行なわず、原則として情報の伝送方向は必ず交互に反転する。つまり送信局が主局になる。
- (4) 伝送方向が反転した後に送信される情報メッセージ開始用キャラクタ (DLE・STX) が肯定応答の意味を持つ。
- (5) 情報メッセージを正しく受信して伝送方向が反転したが送信すべきデータがない場合には、肯定応答 (DLE・ACK) を返送する。  
(3)~(5)が行なえるようなモードを一般に会話モードと呼ぶ。
- (6) データリンクの確立は、端末からの ENQ シーケンスによって行なわれる。
- (7) 受信した情報メッセージに誤りが検出された場合は、否定応答 (DLE・NAK) を返送する。
- (8) 情報メッセージに対して無応答、または否定応答が受信された場合は、情報メッセージを再送する。
- (9) (8)に示す手順では、ブロック重複が起こることがある。このため、情報メッセージの終了キャラクタに2種類 (DLE・ETX0, DLE・ETX1) 設けて、これを交互に使用してブロック重複を監視する。
- (10) データ送信を一時中断して欲しいときは、DLE・0を送信する。DLE・0は、否定応答と同等の意味を持つが、情報メッセージの再送は、一定

時間を経に後に行なわれる。

図3.13に、本伝送制御手順における情報メッセージの送信手順を示す。本伝送制御手順の特徴は、以下の通りである。

- (1) 送信局が主局になるため、データリンクの制御が簡単になり、伝送制御プログラムが簡単になる。
- (2) 会話モードで動作する。
- (3) 無応答監視や誤り制御などの障害回復機能を持つ。
- (4) 2重DLE法による透過モードを採用している。

以上、述べてきた伝送制御手順を実現する実験システムにおける伝送制御プログラム(回線DSR : Device Specific Routine)の状態遷移図を、図3.14に示した。

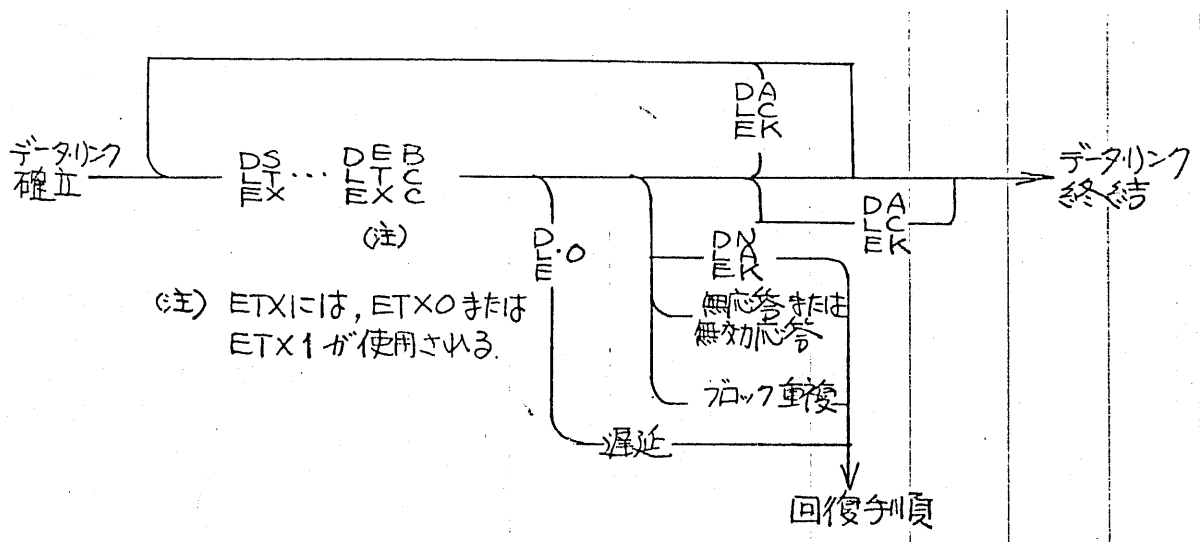


図3.13 情報メッセージの送信手順

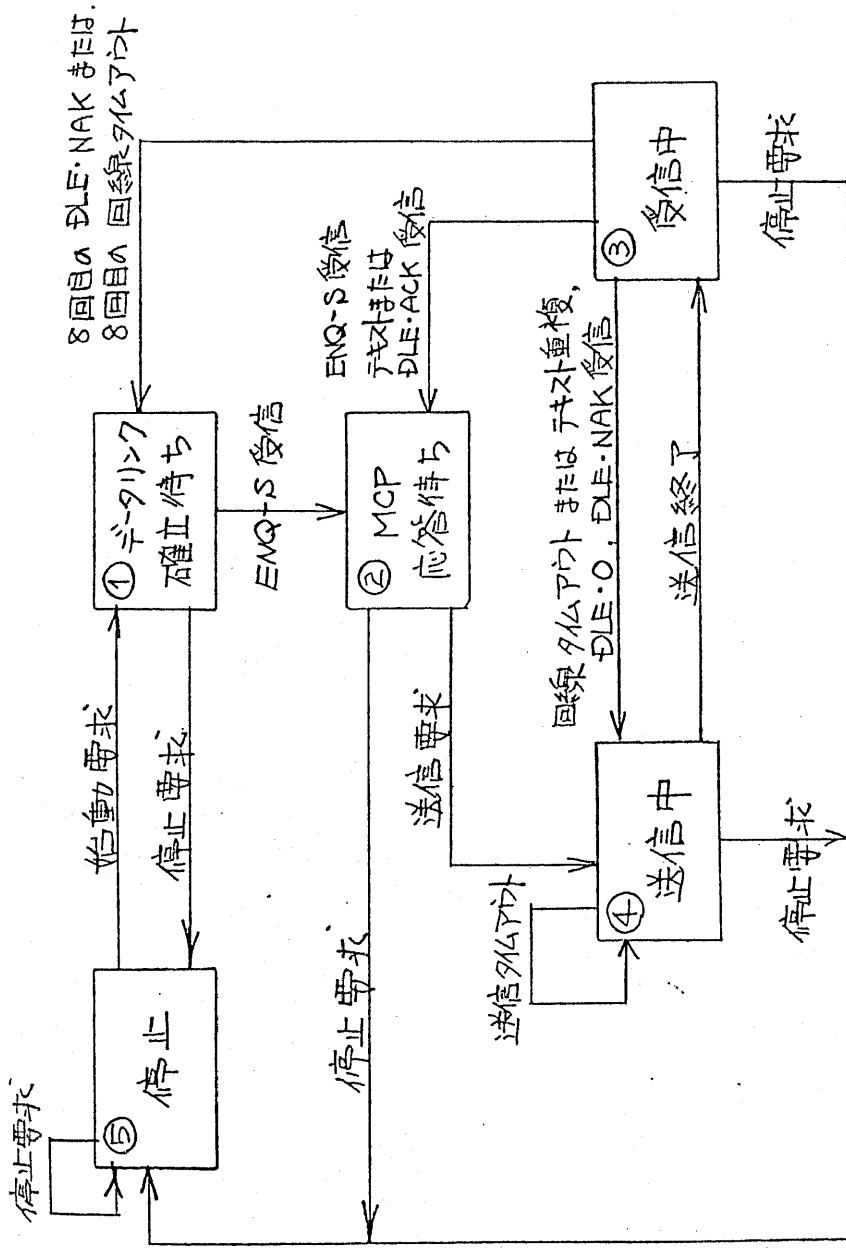


図 3.14 回線 DSR の状態遷移図

### 3.3.4 複合情報通信プロトコル

現在のネットワークアーキテクチャにおいては、プロトコルが図3.15に示すように多層化している。前節までに述べてきた通信方式および伝送制御手順は、図3.15のプロトコルのうち、レベル1の *Physical Control* と、レベル2の *Link Control* のプロトコルに対応している。ここでは、画像ネットワークリモートアクセスにおける図3.15のレベル3以上のプロトコルに対応する部分について説明する。

デジタルファクシミリにおける処理手順に多層のプロトコルを対応づけた例としては、次のようなものがある。

レベル3： 通常のネットワークと同様の網制御機能

レベル4： 端末制御情報の処理、また伝送する情報を伝送ブロックに分割して、内容に応じた端末制御情報を付加する。

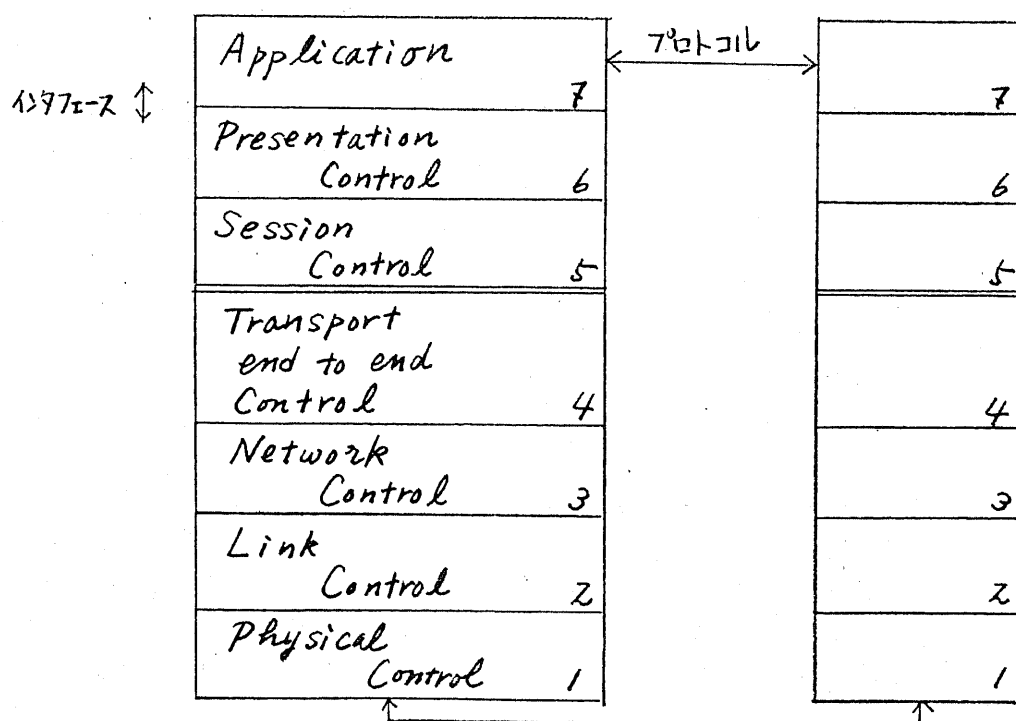


図3.15. プロトコルの階層構造

レベル5 : 画像情報の処理機能を分担し、帯域圧縮、伸長、符号化、復号化、等の処理方式の識別と処理を行なう。

レベル6 : ファクシミリ端末の操作および装置制御機能

この例は、元々のプロトコルの各層の機能に対応するファクシミリ処理手順を割り付けたものである。画像データベース・アクセスにおける複合情報の通信プロトコルについても、ほぼ同様の割り付けが可能である。この場合は、複合情報の制御に関する各機能は、次のように分担される。

- |  |        |
|--|--------|
| (1) 複合情報の識別分離制御 および 識別情報の付加            | — レベル4 |
| (2) 画像情報の属性 (画質, 符号化方式) の定義と、それに適合した処理 | — レベル5 |
| (3) 端末システムにおける、端末全体の制御                 | — レベル6 |

### ▷ 実験システムにおけるプロトコル

上記の機能分担は、現行のプロトコルの階層構造に忠実に従ったものであり、実際図3.16のような階層構造に造られたプロトコルを持つシステムに、複合情報の制御を割り付ける場合の一つの方向を示している。

実験システムにおけるプロトコルもほぼ、この階層構成を基準とする。

しかし、実験システムは、センターはミニコン、端末は  $\mu$ -P という小規模構成で、処理能力も低いため、プロトコルの多階層化におけるオーバーヘッドを避けるために、次のように階層を統合した。

センター側： レベル5 と レベル6 を レベル7 の応用プログラムの一部として実現した。

端末側： レベル4, 5, 6 を通信管理として統一し、レベル7を端末制御プログラムとした。

レベル3： 実験システムではセンターと端末が1対1で接続されているので、ネットワーク制御を行なうレベル3は省略する。

以上の方法によりプロトコルの階層分けが決まったが、次に問題になるのは、各階層の実現法である。通常これは、元々の情報に各階層で付加されるヘッダと呼ばれる制御情報で実現される。そこで、複合情報の制御に用いられるヘッダおよび全体としての情報構造について述べる。

#### ▷ 複合情報の識別分離制御 — レベル4

このレベルにおける機能である複合情報の種類の識別分離の単位を実験システムにおいては、伝送ブロック<sup>※</sup>とする。そのため、伝送ブロック毎に、その伝送ブロックの内容の情報の種類を示すバイトの伝送ブロック。

---

※ 実験システムにおいては、レベル3のネットワーク制御を省略しているため、伝送ブロックは、物理的な伝送の単位（フレーム）としての意味と、複合情報の識別分離の単位としての論理的な意味を併せ持っている。ネットワークを使用し、レベル3のプロトコルを持つシステムで考えるなら、物理的な伝送の単位はパケットであり、ここで言う伝送ブロックは、複合情報の識別分離の単位としての論理的な意味のみを持つと考えればよい。



ヘッダ（以下、THと略記する。）を付加する。THで識別される情報の種類は、以下の4種である。

- (1) 符号情報
- (2) 画像属性情報
- (3) 画像情報
- (4) 端末制御情報

また、次に続く伝送ブロックも同じ種類の情報であることを示す1ビットのチェインフラグもTHに含まれる。次に各種類の情報について詳しく説明する。

(1)の符号情報とは、端末においては、キーボード入出力されるメッセージであり、通常の文字情報で、内容としては、検索コマンド、汎用データベースの検索結果などである。

(2)の画像属性情報は、画像名、画質等の伝送される画像の属性を定義している情報である。

(3)の画像情報は、実際の画像データである。

(4)の端末制御情報は、前節で述べた伝送制御手順だけでは、不可能な端末あるいはセクタの状態の制御を行なうものである。

#### ▷ 画像情報の属性定義 — バイト

原則的には、画像1枚分の情報を画像テキスト、画像1ライン分の情報を画像ブロックと定義する。画像テキスト毎に、その画像情報の属性を定義する画像テキストヘッダ（以下ではXHと略記する。）を付加する。

XHは、結局 (2) の画像属性情報に一致する。XHに入る情報は、次のものである。

- |     |                    |     |                  |
|-----|--------------------|-----|------------------|
| (1) | 送信テキスト通番           | <Z> | 〈〉内の数値は、バイト数を表す。 |
| (2) | テキスト中のブロック数        | <Z> |                  |
| (3) | 1ライン当りの画素数         | <Z> |                  |
| (4) | 階調表現のための1画素当りのビット数 | <1> |                  |
| (5) | 帯域圧縮方式             | <1> |                  |
| (6) | 表示方式               | <1> |                  |
| (7) | 画像名の長さ             | <1> |                  |
| (8) | 画像名                | <n> | n=1, 2, ..., 255 |

このうち、(2) (3) (4) は、画質に関する情報、(5) (6) は、符号化表示の方式に関する情報、(7) (8) は、ユーザに対して示す画像名に関する情報である。画像テキストを原則的に画像1枚に対応すると定義したのは、1枚の画像が、自然画素と文字からなり、その画質や符号化法を別々にした方が、効率が良い場合、これを別々の画像テキストとして扱えることを考慮したためである。しかし、このような機能を利用者に使い易い形で実現するには、より精細な画像情報の構造を考える必要がある。

画像テキストは、複数の画像ブロックからなるが、画像ブロック毎にも、その画像ブロックの情報の属性定義のために、画像ブロックヘッダ(以下、BHと略記する。)を付加する。BHに入る情報は次のものである。

- (1) 画像ブロック長 <1>

## (2) 画像ブロック通番 &lt;1&gt;

帯域圧縮符号化を行なうと 1ライン (すなわち 画像ブロック) の情報量が可変になるから、1ライン当りの情報量を表わす画像ブロック長が必要である。画像ブロック通番は、この画像ブロックが何番目の走査線に対応するかを示している。

以上のような各ヘッダを付加されて構成された画像テキストは、3.3.2 節の結果により、最大長 254 バイトの伝送ブロックに分割されて、各々 2 バイトの TH を付加された 256 バイトの伝送ブロックとして伝送される。このことを図示したのが 図 3.16 である。

一方、符号情報であるこの検索コマンド、汎用データベース検索結果等は、ひとまとまりの文字情報であるが、このひとまとまりも、画像と同様にテキストと定義し、図 3.17 に示すように伝送ブロックに分割して伝送する。

画像情報の上記のような分割によるオーバーヘッドの一例を次に計算してみよう。全情報量  $N$  (バイト) が  $L$  (ライン) からなる画像情報に付加されるヘッダの情報量  $H$  は次式で表わされる。

$$H = (BH \text{ の情報量}) + (XH \text{ の情報量}) + (\text{画像名の情報量}) + (TH \text{ の情報量}) \\ = Z \cdot L + 10 + n + Z \cdot \left\{ 1 + \left[ \frac{N + Z \cdot L}{254} \right] + 1 \right\} \text{ (バイト)} \quad (3.3.14)$$

典型例として、 $N = 128 \text{ KB}$ ,  $L = 1024$ ,  $n = 4$  の場合は、

$H = 3112$  (バイト) であり、情報の増加分 (= オーバーヘッド) は、

$H/N \approx 0.024$  となり、約 2.4% であり、大きな問題にはならない。

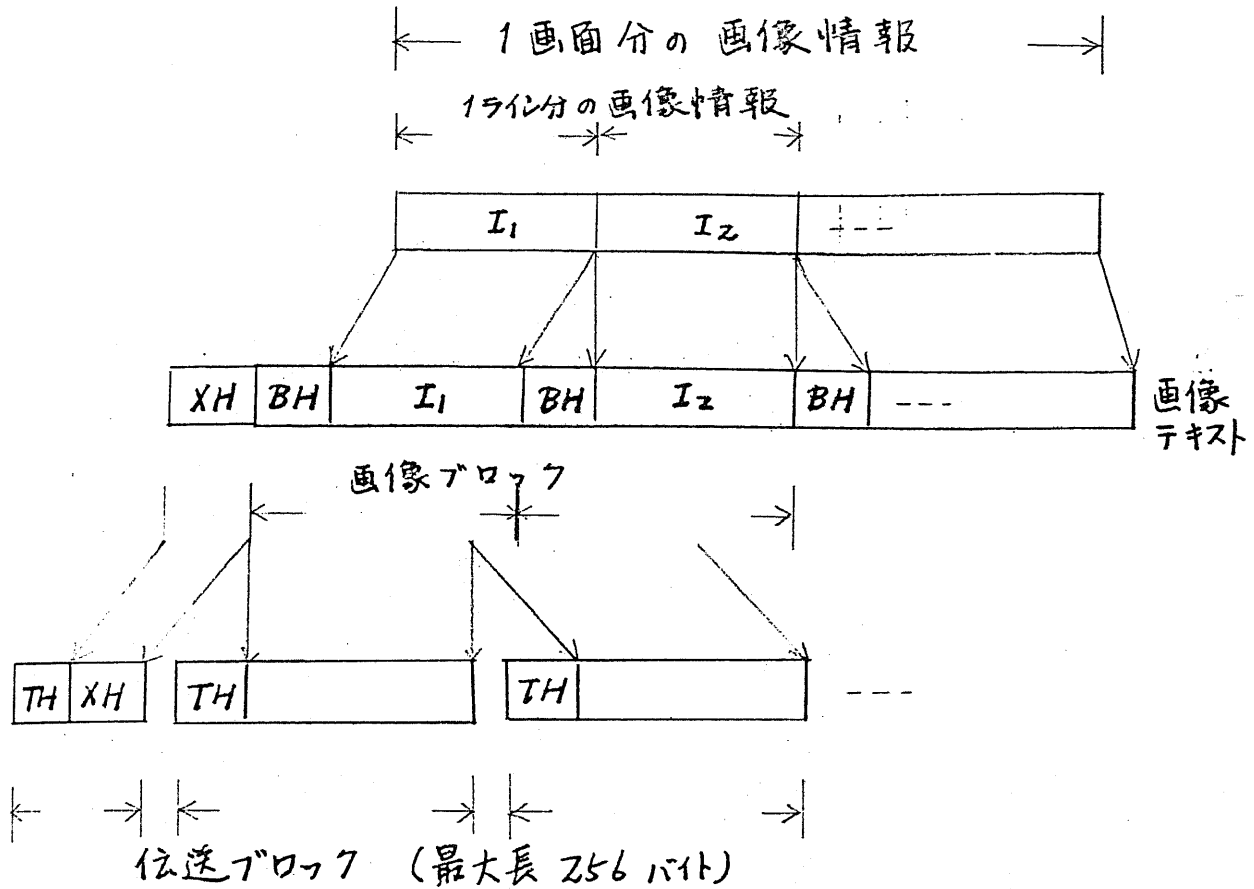


図3.16 画像情報の伝送ブロックへの分割

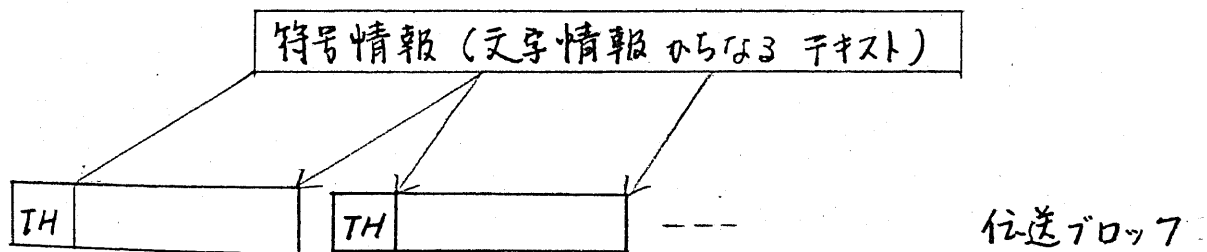


図3.17 符号情報テキストの伝送ブロックへの分割

## ▷ 端末制御 — レベル 6

画像情報の端末への送信出力においては、ファクシミリ装置のセット等のオペレータが介入する場合がある。このような場合のタイミング制御等に関する情報が TH によって識別される情報の一種である (4) の端末制御情報である。端末制御情報は、主として次にオペレータが介入する状態になった時、伝送されるが、オペレータ介入の原因により以下に示すような機能に対応するものがある。

### (1) テキスト受信完了

同一の種類別の情報の伝送ブロックの連続したまとまり、すなわちテキストの受信の完了を示す。例えば、1枚の画像情報、ひとまとまりの汎用データベース検索結果などは、1つのテキストである。

### (2) 送信中断要求

テキストの受信途中での一時的な送信中断を要求する。

### (3) 送信再開要求

中断されていたテキストの送信の再開を要求する。

### (4) 再送要求

中断されていたテキストを最初から送信し直すことを要求する。

### (5) 送信中止要求

テキストの送信を中止することを要求する。

(1) のテキスト受信完了は、次に何らかの情報がキーボードから入力されるか、あるいは、データベース検索等の長時間の処理が予想される場合であり、

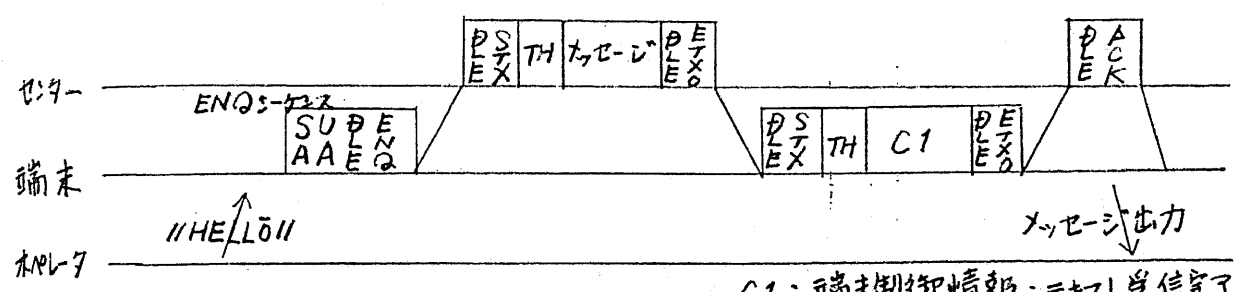
(2) (3) (4) (5) は、受信側のプログラム、あるいはハードウェアの状態（エラー、ファブシリの記録紙のセット etc）により発生するものである。

### ▷ 交信の具体例

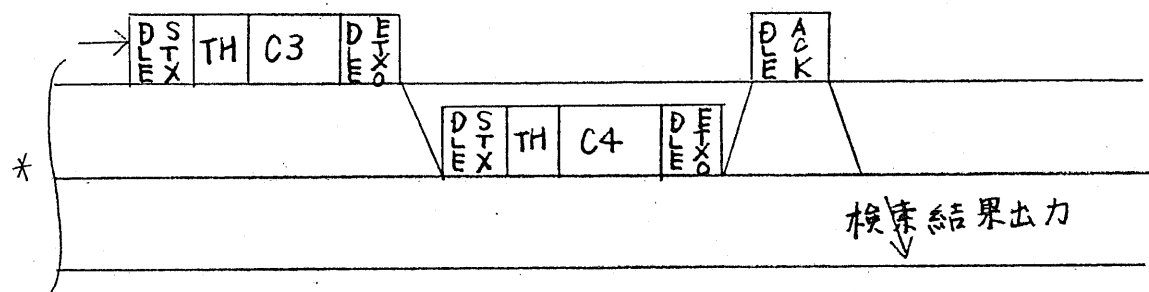
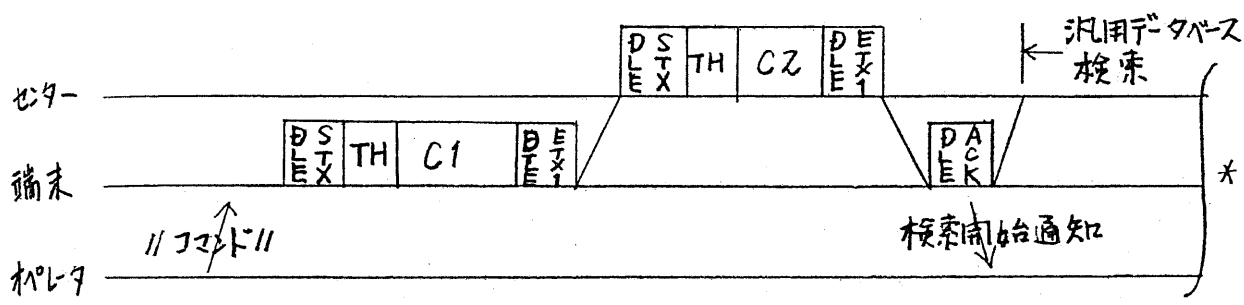
以上、本節で示されたプロトコルならびに、前節で述べた伝送制御手順を用いた交信の具体例を図 3.18 に示す。

### ▷ 本プロトコルの拡張性

本節では、実験システム開発において設計した複合情報通信プロトコルのうち、レベル 3 ~ レベル 6 の部分について説明した。プロトコルの階層化の結果、ここで述べたプロトコルは、レベル 2 以下の変更にはほとんど影響を受けず使用可能であると思われる。将来は、レベル 1 においては、通信技術の変化があり、レベル 2 においては HDLC が導入されるであろうが、ここで述べたプロトコルの概要は、その場合でも利用価値を持つであろう。



(1) ENQ シーケンスによるデータリンク確立



C1: 汎用データベース検索コマンド      CZ: 端末制御情報: テキスト受信完了  
 C3: 汎用データベース検索結果      C4: "

(2) 汎用データベース検索に対する検索結果の返送

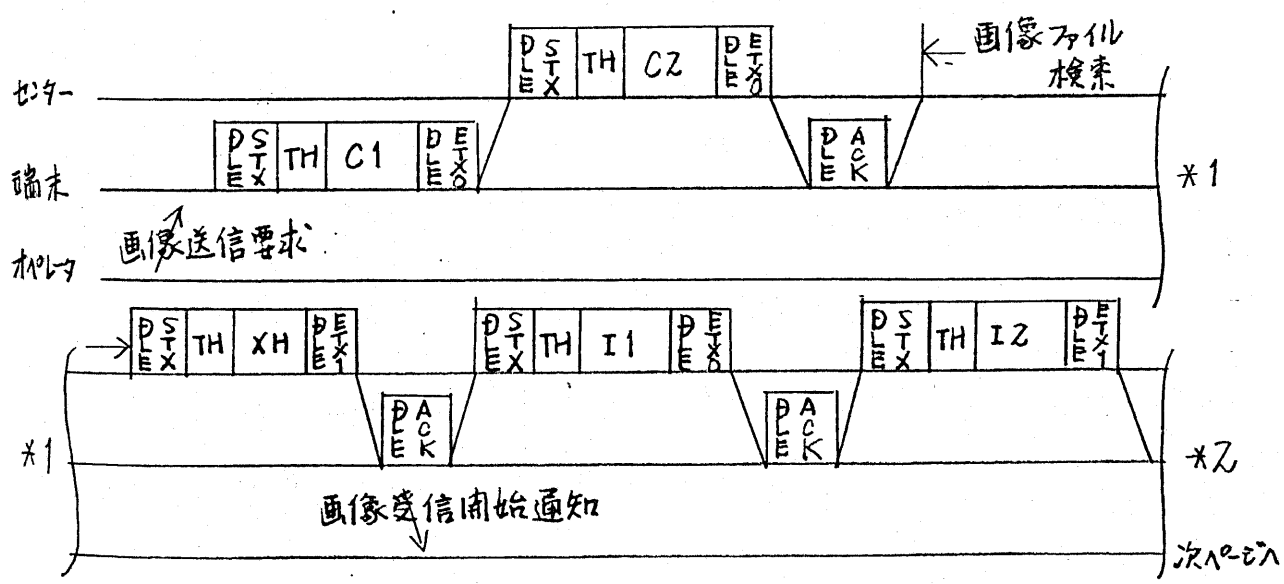
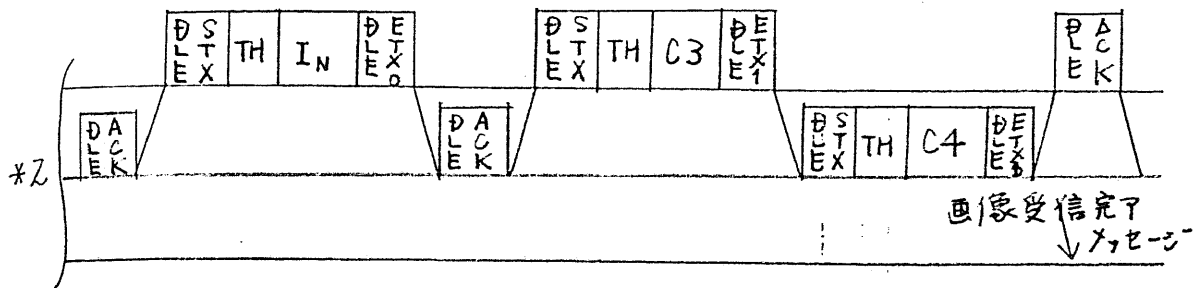
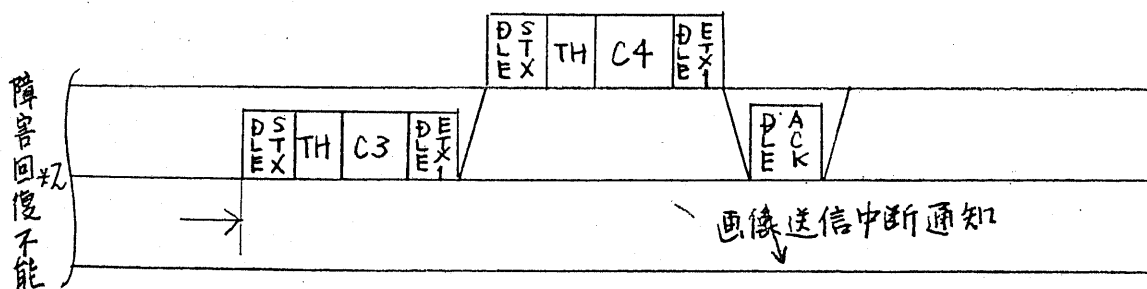
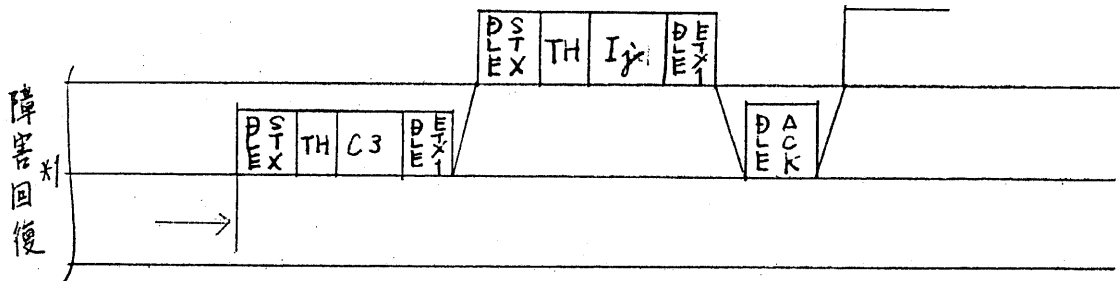
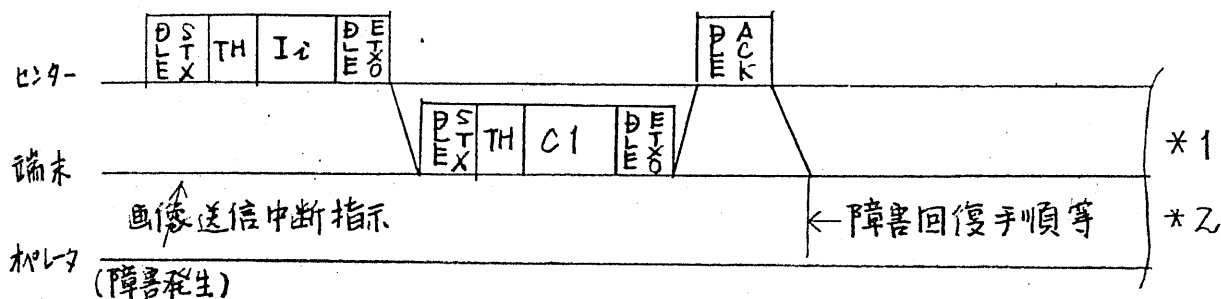


図3.18 通信の具体例 (1) (2)



C1: 画像送信要求コマンド      CZ, C4: 端末制御情報: テキスト受信完了  
 C3: 画像終了メッセージ      I1, I2... IN: 画像情報

(3) 画像情報の送信



I<sub>i</sub>:  $i$ 番目の画像伝送ブロック      C1: 端末制御情報: 送信中断要求  
 CZ: 端末制御情報: 再開要求 あるいは 再送要求  
 I<sub>j</sub>: { CZが再開要求なら  $i+1$ 番目の画像伝送ブロック  
       { CZが再送 "                                    "  
   "  
   "  
 C3: 端末制御情報: 送信中止要求      C4: 端末制御情報: テキスト受信完了

(4) 画像送信の中断処理

図 3.18 交信の具体例 (3) (4)



## 4. センター・システムの構成

---

3章での検討により、実験システムの基本的な設計が完了した。この設計方針に従って具体的なハードウェア、ソフトウェアを製作することになる。このうち、4章では、製作されたセンター・システムについて具体的に説明する。4.1でハードウェア構成、4.2で基本的なソフトウェア、4.3でユーザインタフェースを実現するソフトウェア、コマンドおよび動作について述べる。

---

## 4.1 センター・システムのハードウェア構成

センター・システムはミニコンを中心に構成される。まずシステム全体の構成について述べ、次に、センター・システムの重要な要素である画像ファイル検索 および 画像情報計算機入力について述べる。

### 4.1.1 システム構成

画像データベース・センター・システムの構成は、3.1節で述べたようにミニコンを中心にして、通信インターフェース、画像ファイル検索装置、画像入力システムからなる。この他に、通信バッファとして使用する磁気ディスク、その他のI/O装置が付加される。画像ファイル媒体としては、3.1節での検討結果に従い、光学的フィルム媒体であるマイクロフィッシュを用いている。また画像入力に光電変換を標準方式のテレビカメラで行ない、AD変換、速度変換を行なって計算機に入力する。通信インターフェースは、同期式伝送を制御する単一回線用通信制御装置(SCCU) および2400 bps のモデムからなる。以上に述べた実験センター・システムのハードウェア構成の概要を図4.1に示す。

次に実験システムで利用した計算機について述べる。利用した計算機は、NEAC 3200/70 で、その中央処理装置の仕様を表4.1に示す。また、NEAC 3200/70 CPUを中心とする通信インターフェースを含む計算機システムの構成の概要を図4.2に示す。この計算機システムの外観を図4.3に示す。

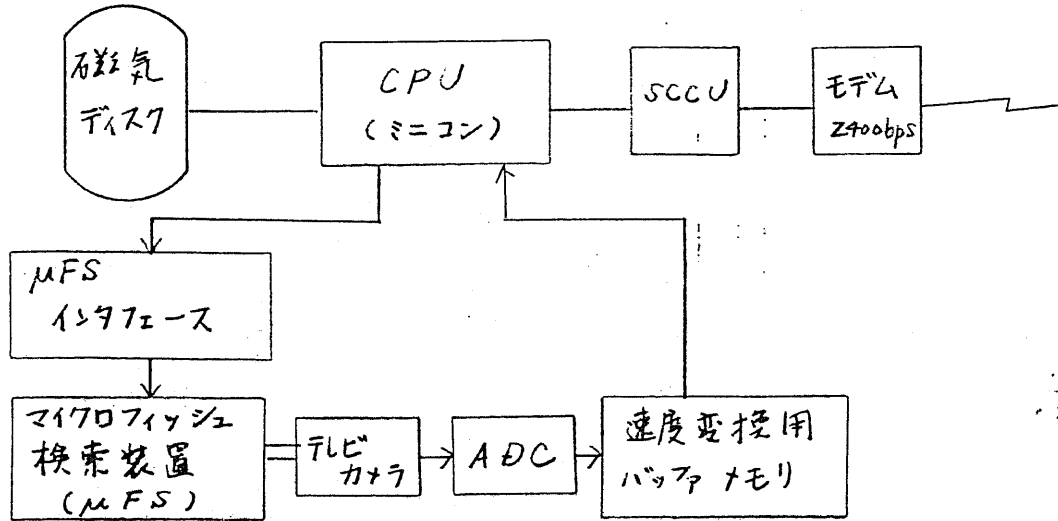


図 4.1 実験センターシステムのハードウェア構成概要

中央処理装置	
主記憶部	演算制御部
プログラム及びデータを記憶する。	コンピュータシステム全体の動作を制御する。
入出力制御部	
周辺装置との入出力動作を制御する。	
NEAC-3200/70仕様概要 (*印はオプション)	
語長	16ビット+2パリティビット
記憶容量	8kワード~64kワード(8kワード単位の増設)
メモリ・アドレス	ロジカル アドレス 0~32767 フィジカル アドレス 0~65535
メモリ・セクタ	1セクタ=512ワード
メモリ・サイクル	850 ns
データ形式	単精度データ: 16ビット 倍精度データ: 32ビット
命令形式	1ワード形式
数値	2進数 負数は2の補数形式
命令数	標準命令 88種, 付加命令 4種
演算方式	2進並列, 固定小数点
演算速度	加算 1.7 μs 減算 1.7 μs 乗算 4.15 μs 除算 7.65 μs
アドレス方式	1アドレス方式
アドレス修飾	直接, 間接, インデックス
割込み	外部割込み 64レベル 内部割込み 5レベル
タイマ	インターバルタイマ/インターバルタイマ *ウォッチドッグタイマ
エラーチェック	*リアルタイムクロック *メモリパリティチェック *DMAバスパリティチェック
その他	スタックオペレーション レジスタオペレーション 電源新オートリスタート機構 アドレスホルト ベースセクタリロケーション機構 *記憶保護機構 *64k記憶拡張機構 *CRC/LRC演算機構 *遠隔電源制御機構/起動制御機構
入出力バス	標準 I/Oバス (DMAバスを含む) *コンパティブル I/Oバス (DMCチャネル)
入出力モード	プログラムモード 1ワード転送 DMAモード 1ワード・バイト転送 *DMCモード 1ワード転送

表 4.1 NEAC3200/70仕様

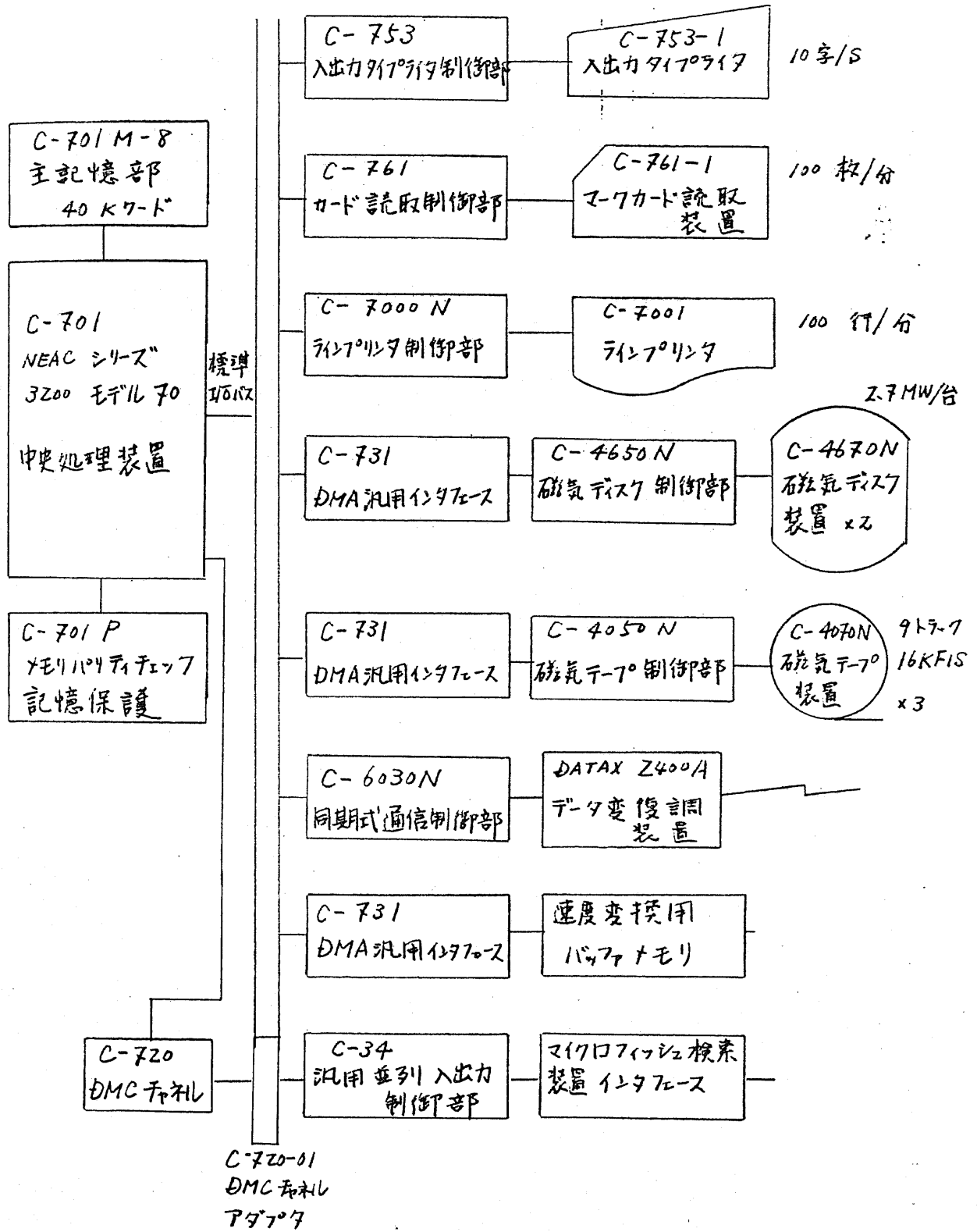


図 4.2 実験センター・システム、計算機システムハードウェア構成

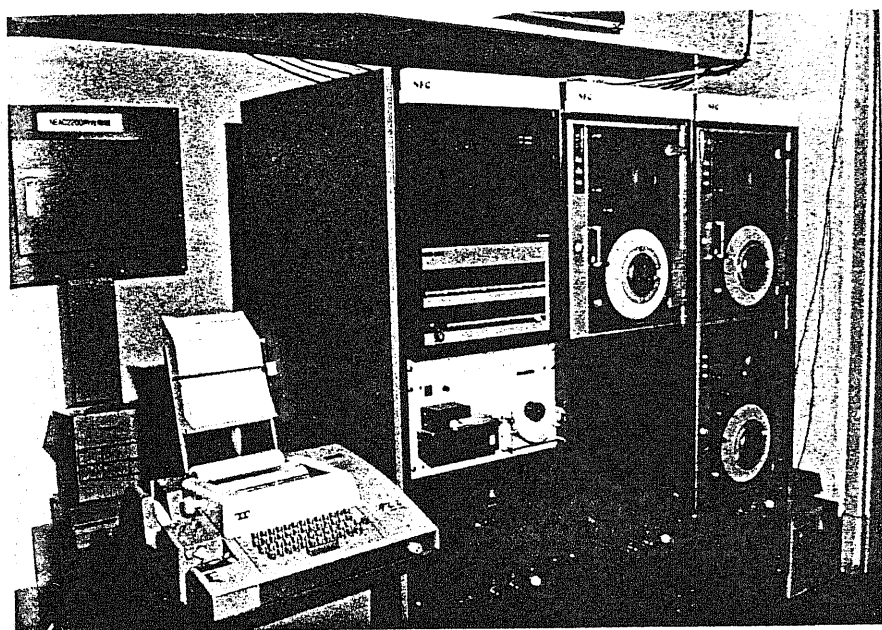


図4.3 実験センターシステムの計算機  
NEAC 3200/70の外観

## 4.1.2 画像ファイル検索システム

実験システムでは、画像ファイル記憶媒体としてマイクロフィッシュを用いている。マイクロフィッシュは1枚のシートに63枚の画像が記憶できる光学的フィルム媒体である。ロール型フィルムに比べて、交換の単位が小さいこと、アクセス時間が短いことなどが特徴である。マイクロフィッシュ検索装置は、富士写真フィルム製品（RFA1-T）をテレビカメラ内蔵用に改造したものをを用いる。図4.4、4.5にマイクロフィッシュ検索装置の外観を示す。マイクロフィッシュの検索は、図4.6に示すように、マイクロフィッシュを搭載したドラムを回転させ、目的のマイクロフィッシュシートをピックアップし、シート内の位置決めを機械的に行なう、テレビカメラの被写位置に固定する方式である。表4.8に、マイクロフィッシュ検索装置 RFA1-T の主な仕様を記す。

① 目的シートの位置決め  
(ドラム回転)

② 目的シートのピックアップ

③ シート内位置決め

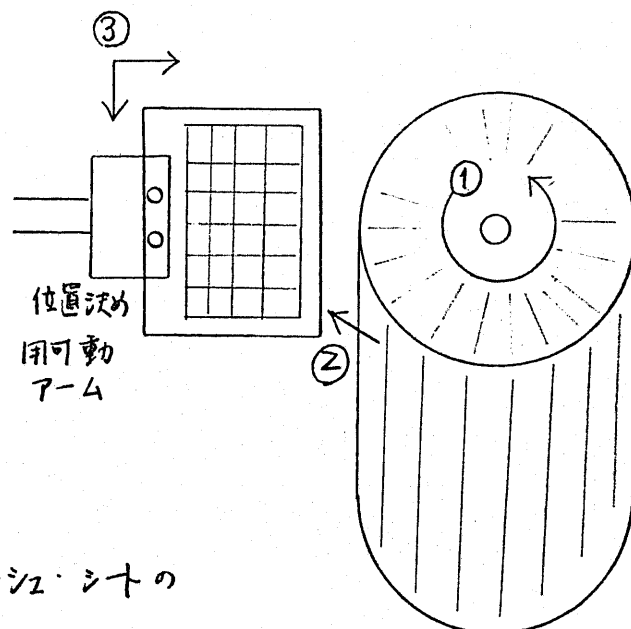


図4.6 マイクロフィッシュシートの検索

回転式マイクロフィッシュ装着ドラム

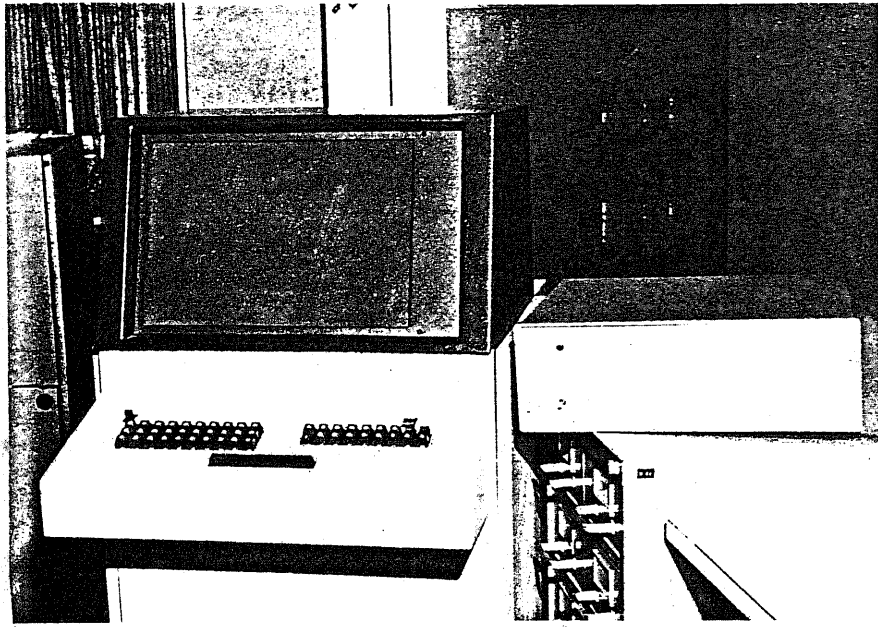


図4.4 マイクロフィッシュ検索装置 RFA1-Tの外観  
 (右側は、計算機 (NEAC 3200/70) インターフェース)

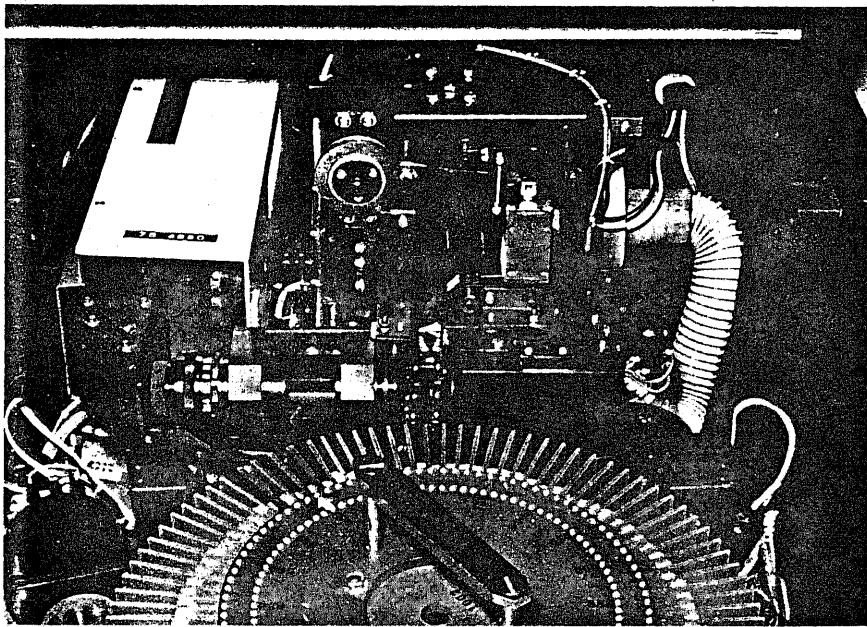


図4.5 マイクロフィッシュ検索装置 RFA1-Tの内部  
 (左はテレビカメラ, 下は、フィッシュ収納用ドラム)

使用フィルム	マイクロフィッシュフィルム サイズ ... 105 x 148.75 mm 7枚、105 x 148 mm 厚さ ... 0.150 ~ 0.200 mm 材質 ... PET フィルムベース 特殊加工 ... タイトル部に穿孔スリット加工
フィルムフォーマット	NMA-A3 91° (7×9 = 63 フレーム)
フィルム収納	着脱式マガジン
フィルム容量	1000 シート (最大) (63,000 画面相当)
検索速度	平均 4.5 (秒) (最大 5.5 (秒))
倍率	テレビ系 0.72 倍 (12.4 ビジコン管面上) 約 14 倍 (12.4 モニタ画面)
スクリーン	275 x 395 mm インクレスクリン (A3 サイズ)
映像切換	手動レンズ系交換による
検索キーボード	シート選択 1,000 = 000 ~ 999 10-進選択 行 ... B ~ H 列 - 1 ~ 9
入出力コネクタ	ON-LINE コネクタ ... ILL 00-8016-056-000-907 テレビ信号コネクタ ... BNC コネクタ
電源	AC 100 V 3.1 A 50/60 Hz
外形寸法	幅 62 x 奥行 96 x 高さ 120 cm

表 4-2 マイクロフィッシュ検索装置 RFA1-T 仕様諸元



マイクロフロッピーを計算機の命令で検索するためには、マイクロフロッピー検索装置と計算機のインターフェースが必要である。このため、NEAC3200/70の汎用入出力制御装置C-34とRFA1-Tとのインターフェースを試作<sup>\*</sup>した。以下に、NEAC3200/70からC-34を介してインターフェースに与える命令とその動作について説明する。

(1) 100, 10, 1 位データ制御命令 OCP '0230

この命令は、インターフェースに、図4.7に示すシート選択のための100, 10, 1位データをRFA1-T内のバッファメモリにセットさせるための制御命令である。

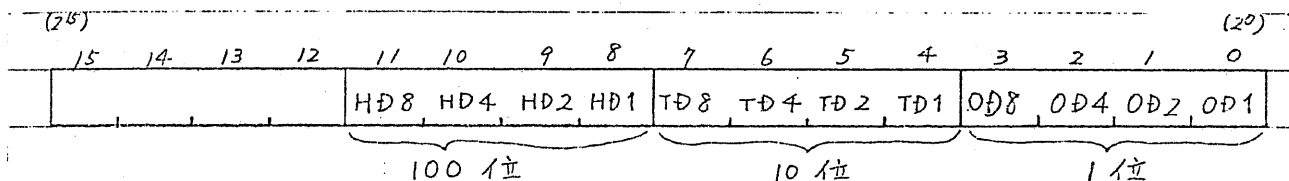


図4.7 シート選択のためのアドレスデータ形式

(2) X, Y データ制御命令 OCP '0330

この命令は、図4.8に示すフロッピーのXY方向の位置決めを行なうためのXYデータをRFA1-T内のバッファメモリにセットさせるための制御命令である。

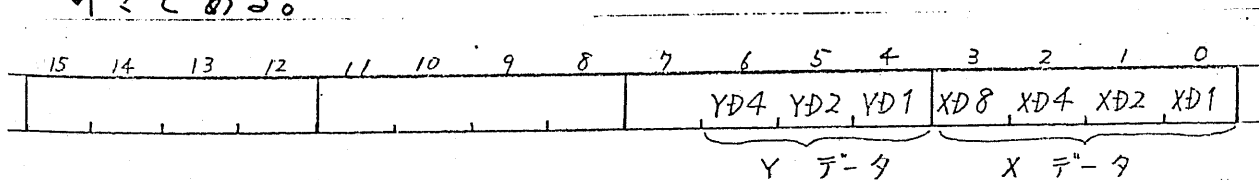


図4.8 シートのXY方向位置決めのためのXYデータ形式

(3) ステータスデータ制御命令 OCP '0430

<sup>\*</sup>仕様を決めて富士フィルムに外注

この命令は、RFA1-Tより出力されるステータスデータを読み取りのための制御命令である。

(4) データ入力命令 INA '0030, INA '1030

この命令により、OCP 0430でインターフェースに入力されたデータをCPUに入力する。

(5) データ出力命令 OTA '0030

この命令は、データ制御命令(OCP '0230, OCP '0330)で選択されたインターフェース内のデータバッファにデータをセットする。

(6)サーチスタート命令 OCP '0530

この命令はRFA1-Tに対してサーチスタート命令となる。この命令を実行すると、RFA1-Tは検索を開始し、ステータスはセージになる。

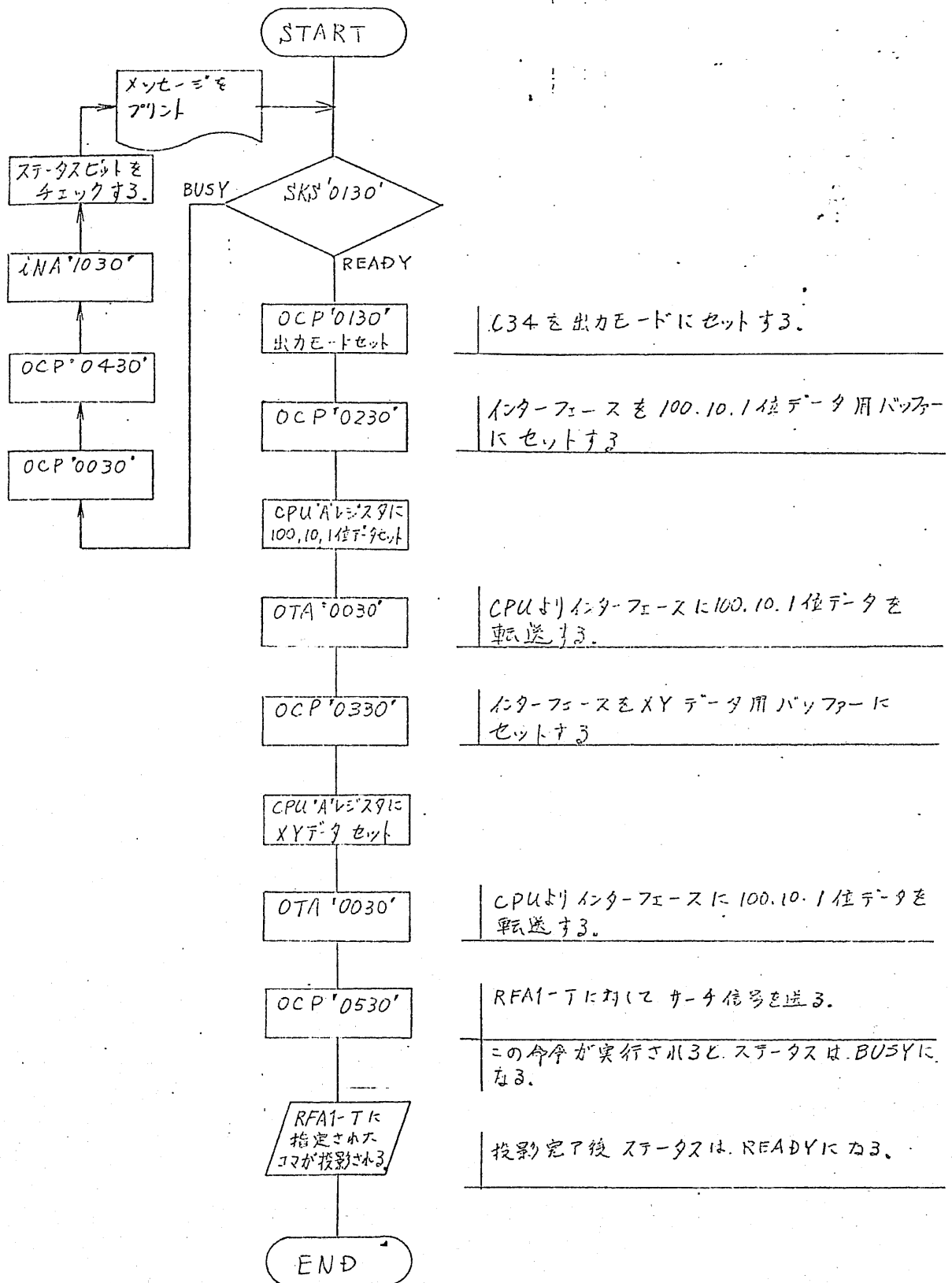
(7) ステータスチェック命令 SKS '0130

この命令は、RFA1-T およびインターフェースのステータスをチェックする命令で、レディならば、次の命令をスキップする。

以上の命令を用いた検索プログラムの例を図4.8に示した。

### 4.1.3 画像計算機入力システム

マイクロファイシユ化された画像情報はアナログな二次元情報であり、これを計算機入力する場合には、次の3つの変換が必要である。



C34 を出力カードにセットする。

インターフェースを 100.10.1 位データ用バッファにセットする

CPUよりインターフェースに100.10.1位データを転送する。

インターフェースをXYデータ用バッファにセットする

CPUよりインターフェースに100.10.1位データを転送する。

RFA1-Tに対してサーチ信号を送る。

この命令が実行されると、ステータスは、BUSYになる。

投影完了後 ステータスは、READYになる。

図4.8 RFA1-Tの検索プログラムのフローチャート例

## (1) 光電変換 (2) AD変換 (3) 速度変換

入力される画質の真では、FSS（ライティング スポット スキャナ）が望ましいが、現在 マイクロフィッシュ用の FSS は市販されていない。したがって、光電変換は、テレビカメラで行なうことにした。この場合の入力方式は、画像入力に際して行なわれる 3つの変換の順序によって異なる。変換順序に関しての物理的制約は、AD変換に先立って光電変換が行なわれるという条件である。これは、AD変換が現在のところ電気信号に対する変換技術だからである。この条件を満たす可能な変換順序および各順序において、速度変換機能かどのようにして実現されるかをまとめたのが、表 4.3 である。

(a) 方式による入力システムとしては、FSS、スロースキャンテレビカメラを使ったシステムなどが考えられる。しかし、マイクロフィッシュ用の FSS は未だしであり、スロースキャンテレビカメラは、入力速度の低速性や、撮像時間中の被写体の固定等に問題がある。

(b) 方式による入力システムとしては、速度変換用 アナログバッファメモリにスキャンコンバータ（蓄積管）を用いた、図 4.9 に示すシステム例がある。

	変換順序	速度変換機能の実現法
(a)	速度 → 光電 → AD	機械式 可変速度走査
(b)	光電 → 速度 → AD	アナログな 1フレーム分のバッファメモリ
(c)	光電 → AD → 速度	デジタルな 1フレーム分のバッファメモリ

表 4.3 画像入力における各変換の順序

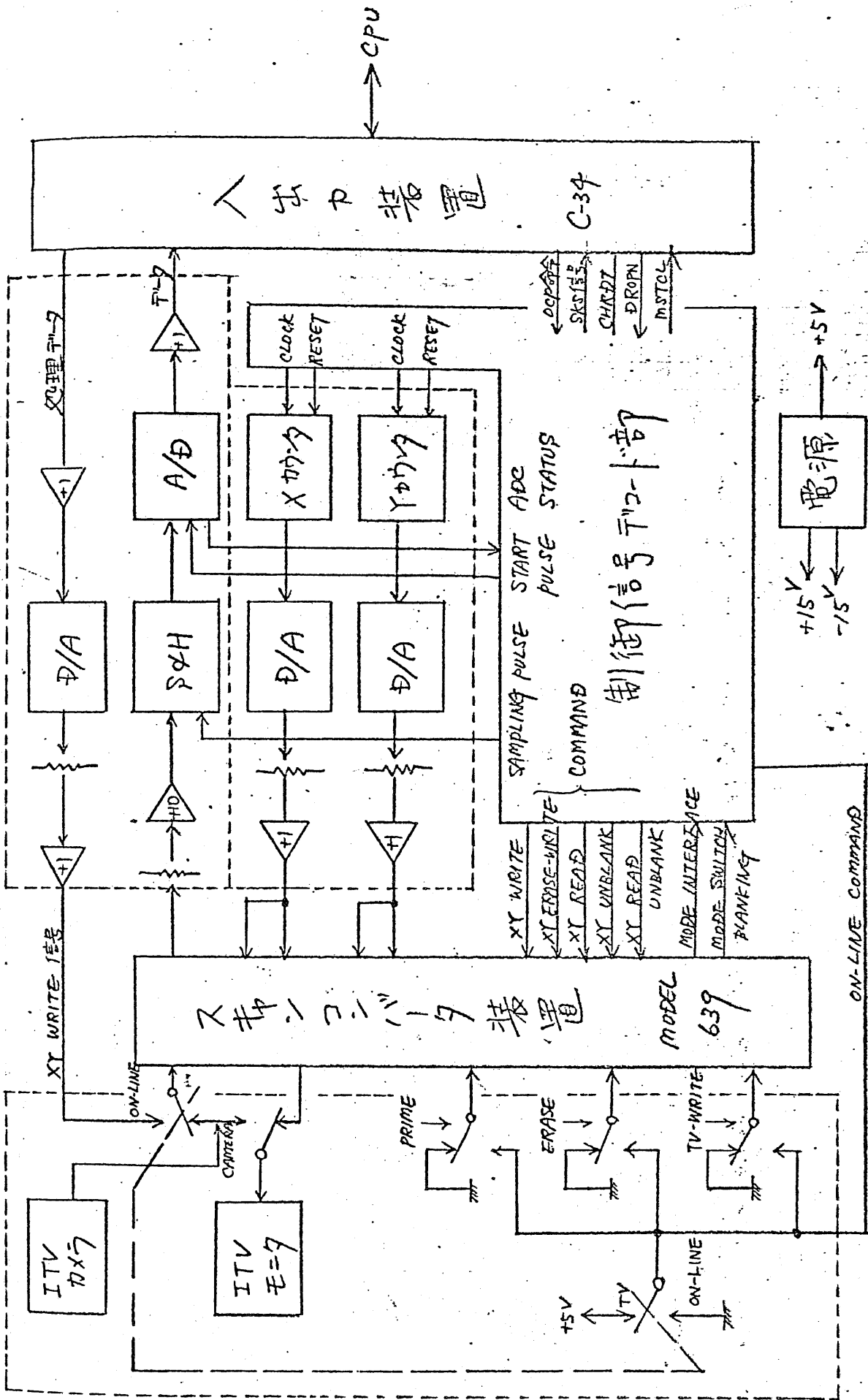


図 4.9 1-7-7-a 構成

レカシ スキャンコンバータの不安定性, 寿命による画質の安定性に問題があった。

(C)方式による入力システムとしては, 速度変換用デジタルバッファメモリに半導体メモリを用いる図4.10のような構成が考えられる。この方式の場合の技術的課題は, テレビカメラ出力のビデオ信号に対する高速AD変換器が必要になること, 高速AD変換器の出力を, これと比較してかなり低速なICメモリに書き込む点である。このような点が解決されれば, 高速入力可能で, 装置および画質が安定しており有望な方式である。

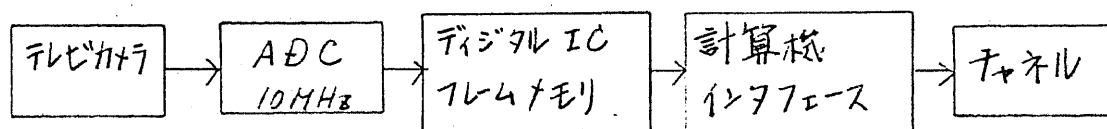


図4.10 (C)方式の入力システムの構成

実験システムでは, 当研究室で試作された上記の機能をもつデジタルICフレームメモリを利用した画像入力システムを用いる。以下に, このデジタルICフレームメモリの構成について説明する。

ここで用いたデジタルICフレームメモリは, 次の二つの特徴を持っている。

- テレビカメラから高速・高解像度入力可能
- インタレース, 画素数, 画素当りのビット数の異なる3種の方法(モードI, II, III)でのテレビカメラからの入力とモニター受像機への出力が可能

製作されたフレームメモリのハードウェア構成を図4.11に示した。

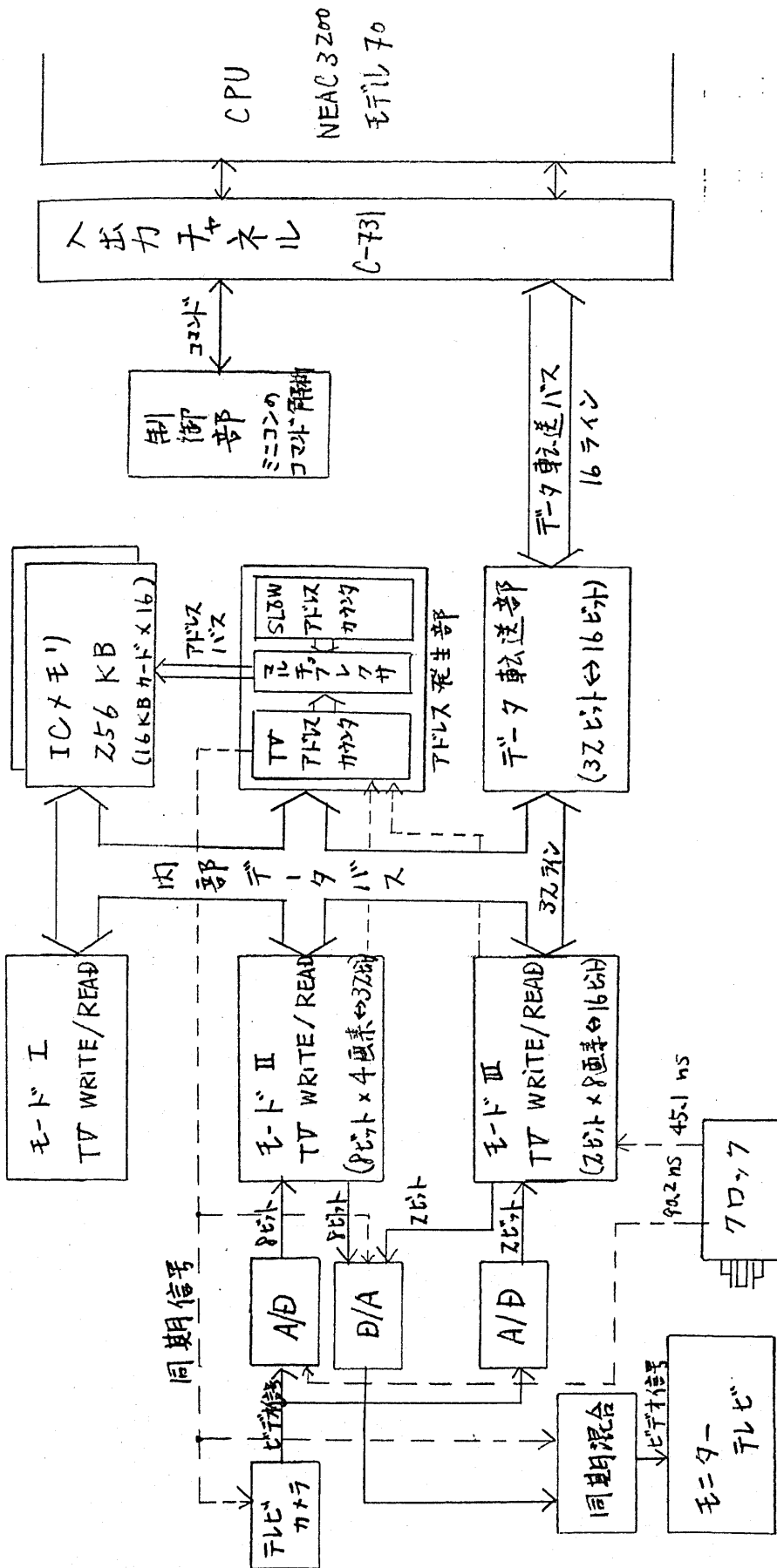


図4.11 ティンパル IC 764メモリの構成図

画面の画素構成図を図4.12に、また3種類のモードの諸元を表4.4に示した。以下に、図4.11に示したハードウェアの各部分について、実験システムで利用したモードⅡの部分の説明する。

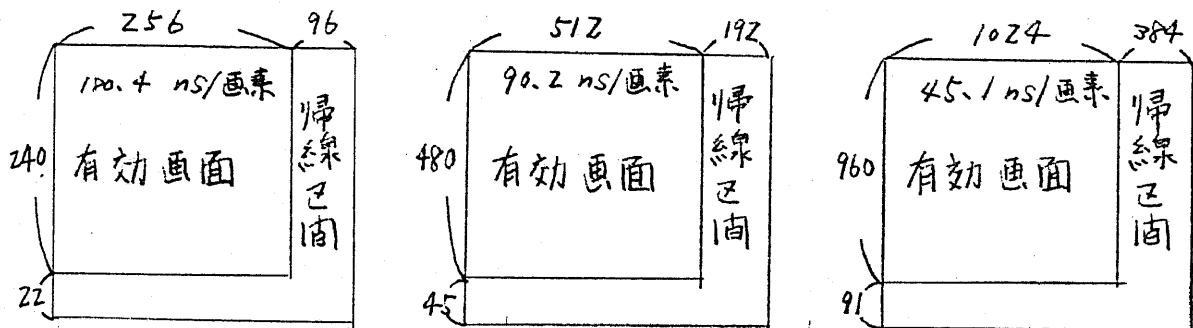
(1) テレビカメラ仕様

CTC-6000 (池上通信機)

1. 8541B ビジョン (セパレートマッシュ型)
2. 電源非同期 2:1 インタレース
3. SG-10ZA 同期基板内蔵

(2) AD変換器

テレビカメラからの高速入力のためには、高速AD変換器が必要で



モードⅠ  
モードⅡ  
モードⅢ  
図4.12 画面の画素構成図

モード	画素数 (縦×横)	ビット/画素	画素/ワード	インタレース	テレビカメラからの書き込み時間
I	240 × 256	16	2	1:1	1/60 秒
II	480 × 512	8	4	2:1	1/30 秒
III	960 × 1024	2	16	4:1	1/15 秒

表4.4 各モードの諸元



ある。モードⅡ用に 8ビット直並列形ビデオAD変換器、変換速度最大 70 ns/画素 (シバック 950) を 90.2 ns/画素 で動作させている。

### (3) TV WRITE / READ 部

一般に用いられている ICメモリー素子の最小サイクルタイムは、約 150 ns ~ 500 ns 程度であるから、高速AD変換器の出力を直接書き込むことはできない。そこで、TV WRITE / READ 部では、4画素分まとめて、ICメモリーに読み書きする。したがって、ICメモリーのサイクルタイムは、

$$90.2 \text{ ns} \times 4 = 360.8 \text{ ns} \quad \text{になる。}$$

### (4) 使用メモリー素子

従来、画像用 ICメモリーとしては、低価格でチップ当りのビット数が多く、低消費電力のダイナミック RAM が多く用いられてきた。だがダイナミック RAM は、リフレッシュを考慮しなければならず、この莫大ミニコンとの間のデータ転送をバススチールで行なう場合に問題になる。このため、このシステムでは、スタティック RAM を採用した。使用メモリーおよび容量は、以下の通りである。

メモリー: 4K × 1 (ビット)    スタティック RAM (IM714LZ) × 512

容量: 256 KB.                      メモリアクセスタイム 200 (ns)

### (5) メモリーのワード構成

図 4.13 に示すように、1ワード 32ビット、64Kワードである。モードⅡでは、1ワード当り 4画素である。

6) 画面とメモリアドレスとの対応

図4.11に示すように、アドレス発生部内には、2つのカウンタがある。T<sub>AD</sub>アドレスカウンタは常時360.8 nsのピルスでカウントアップされている。また、SLOWアドレスカウンタは、ミニコンとのデータ転送の対象となる番地が格納されている。テレビカメラからの書き込みの場合は、T<sub>AD</sub>アドレスカウンタがマルチプレクサで選択されてアドレスバスに接続され、T<sub>AD</sub> WRITE/READ 基板からのデータを書き込む番地をメモリに与える。モニタ受像板への読み出しの場合もT<sub>AD</sub>アドレスカウンタがアドレスバスに接続されて、各番地の内容が次々と読み出される。ミニコンとの間のデータ転送の場合は、バスステールが起こり、マルチプレクサによりSLOWカウンタがアドレスバスに接続されると共に、データバスがデータ転送部に接続される。以上の説明から明らかのように、有効画面内のどの画素が何番地に書き込まれるかの対応関係は、T<sub>AD</sub>アドレスカウンタの構成による。モードIIにおける有効画面とメモリアドレスの対応を図4.14に示す。

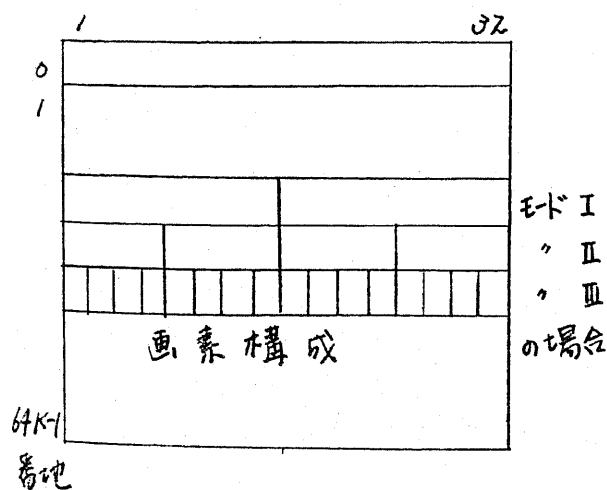


図4.13 ワード毎の画素構成

4画素			
1	0	---	127
2	128	---	255
3	256	---	
480		---	60K-1

図4.14 有効画面とメモリアドレスの対応づけ

図4.15にデジタルICフレムメモリの外観, 図4.16に画像入力システムおよびマイクロフラッシュ検索装置の外観を示す。

また、計算機とのインタフェースは、次に示す命令セットにより行われる。

(1) モードの設定

モード I に設定	OCP '0136
モード II に設定	OCP '0236
モード III に設定	OCP '0336

(2) フレビカメラからフレムメモリへの1画面分の書き込み

OCP '0036

(3) フレムメモリ内のアドレスレジスタのセット

OTA '1236

(4) フレムメモリから1語 (=16ビット)の計算機入力

INA '1036

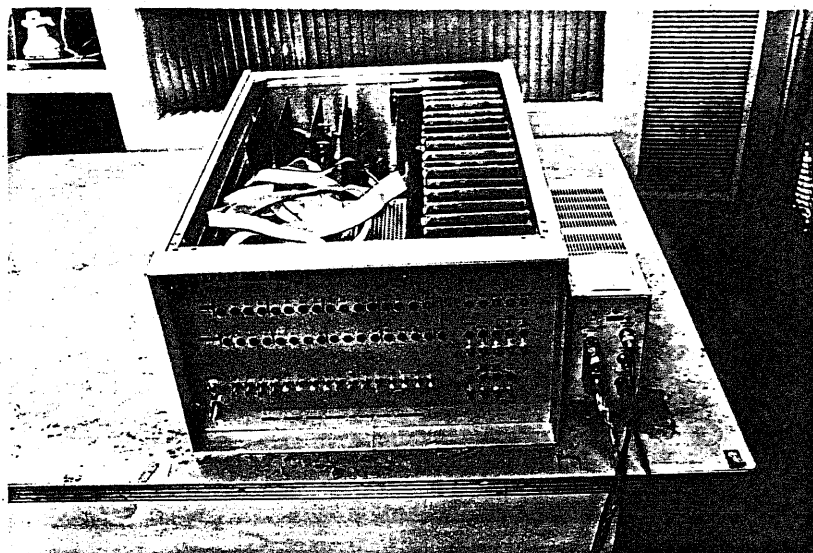


図4.15 デジタルICテストメモリの外観

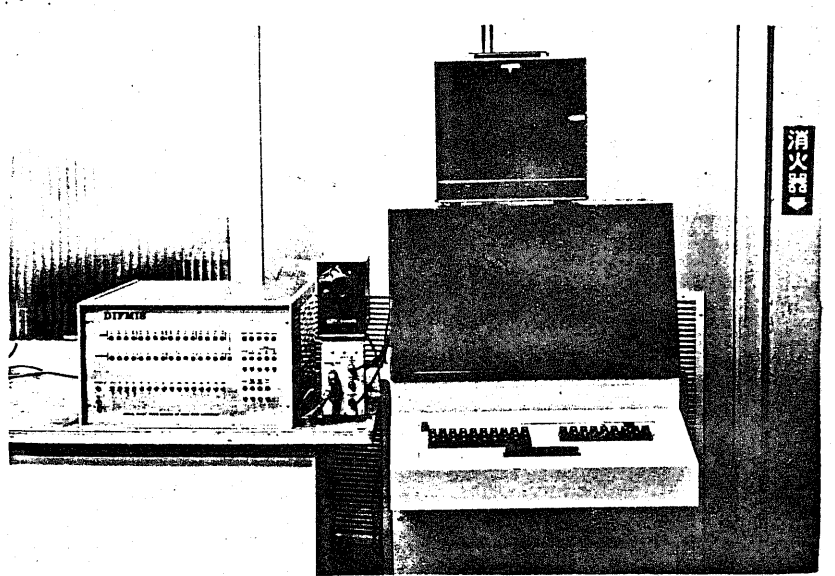


図4.16 実験システムにおける画像入力システムの外観

## 4.2 センターシステムの基本ソフトウェア

画像データベース・センターのソフトウェアは、汎用DBMS, 画像管理, 通信管理, ユーザインタフェースおよびこれらを制御するスーパーバイザ・モジュールからなる。ここでは実験センター・システム用に製作したOS (Operating System) である。スーパーバイザ・モジュール, 通信管理, 画像管理, 等について述べる。

### 4.2.1 OSの構造と主な機能

実験システムのソフトウェア構成を図4.17に示した。本ソフトウェアは、スタートアップ, 通信制御, 入出力制御およびスーパーバイザ・モジュールの基本ソフトウェアといくつかのユーザタスクからなる。

#### ▷ OSの機能

OSは、中央処理装置, 周辺装置等のリソースを管理し、画像端末とのデータの送受信を制御し、ユーザタスクを実行させる。

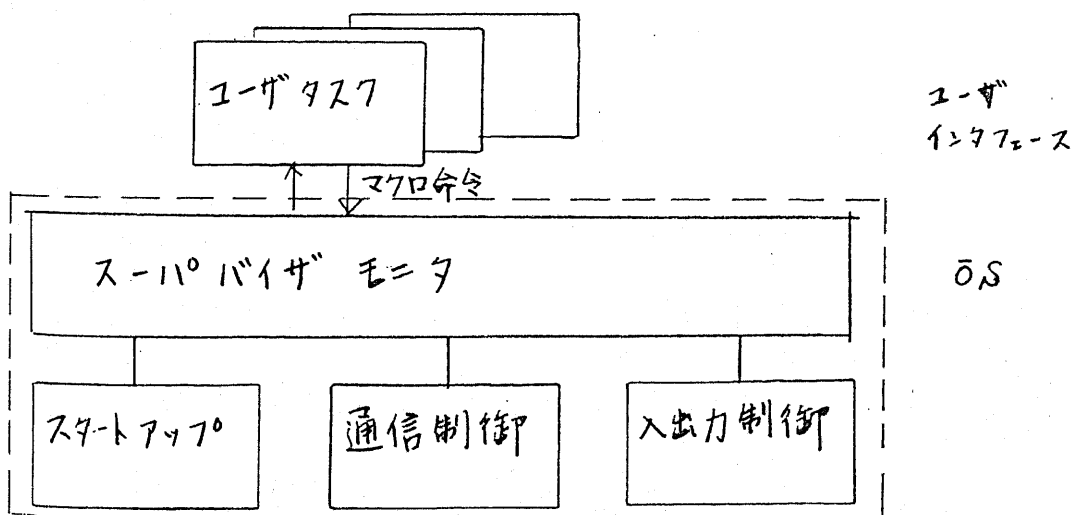


図4.17 実験システムのソフトウェア概要

## (1) スーパーバイザモニタ

- a. 割り込み分析
- b. マルチ・タスクの実行制御
- c. タイマ制御
- d. マクロサービス
- e. 各種エラー処理

## (2) 入出力制御

- a. 周辺装置に対するデータ入出力制御
- b. 入出力待ちの制御
- c. 入出力動作の異常検出および通知

## (3) 通信制御

- a. 通信制御装置の制御
- b. データ伝送制御
- c. 入出力メッセージの待ち合せ
- d. 多重ブロック・メッセージの制御

## (4) スタートアップ

システムの起動に際して初期化を行なう。

OSは、機能単位に分割された多数のモジュールからなり、マイクロ  
フロッピー検索装置、フレームリを含む周辺装置に対する入出力関係マクロを  
始め、タスクの走行制御マクロ、タイママクロ、通信メッセージを扱うマクロ等  
19種のマクロ命令を用意している。スーパーバイザモニタの機能により、いわゆ

るマルチ・プログラミングが可能で、理論的には無限個のタスクの同時動作が可能である。

### ▷ メモリ・レイアウト

データベースセンターの計算機の主記憶装置の容量は32KW (1W = 16ビット) である。このうち、OSの部分が約11KWを占めている。図4.18にそのメモリレイアウトを示す。

### ▷ ユーザ・プログラム

これまで述べてきた基本ソフトウェアだけでは、遠隔端末との通信は行えない。システムが完全に動作する場合には、基本ソフトウェアの他に汎用DBMSとのインタフェース・プログラムや画像処理プログラム、端末とのセッションを制御するユーザ・インタフェースが必要である。これらのプログラムは、ユーザ・プログラムと呼ばれ、スーパーバイザモジュールによって制御されるタスクとして動作する。

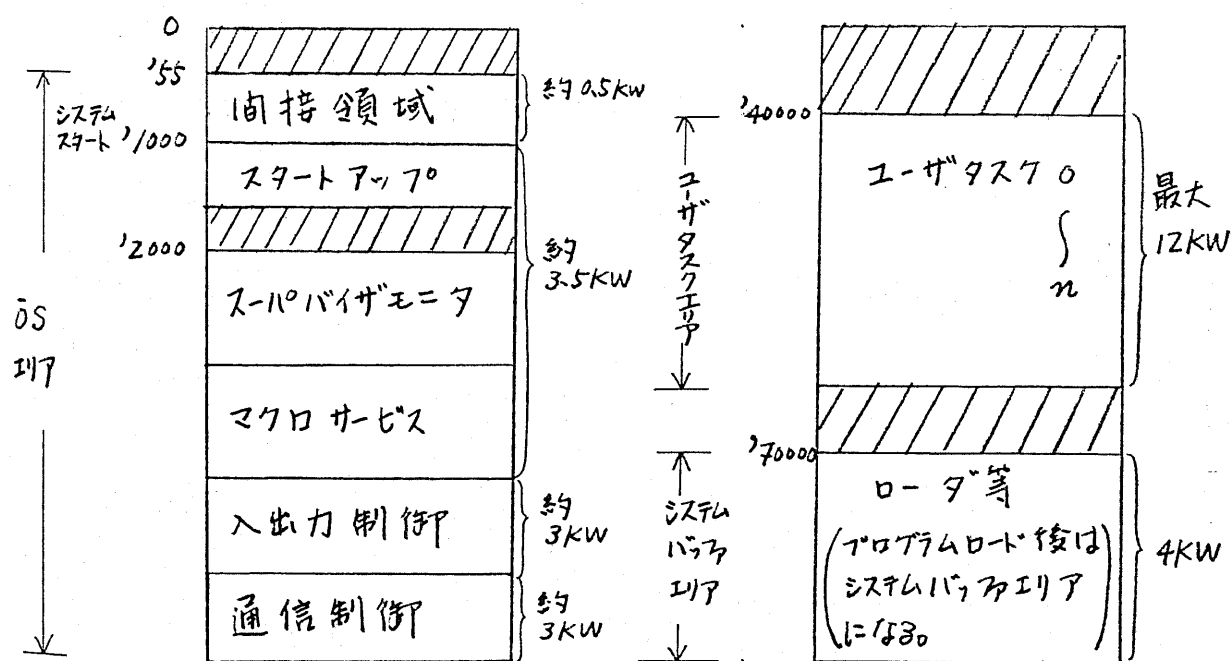


図4.18 メモリ・レイアウト

'xxxx' は 8進表現

そして、このようなタスクを基本ソフトウェア内のタスクと区別するために、ユーザタスクと呼び、一方、基本ソフトウェア内のタスクをモニタタスクと呼んでいる。

### ▷ タスクの走行制御

タスクがプログラムを実行する場合、そのタスク以外の外部条件(例えば周辺装置からのデータ入力完了)を待たなければ先に進めないことがある。このような外部条件をイベント(Event: 事象)という。タスクの走行制御とは、このイベントをタスク毎に管理し、タスクの実行中断、再開を制御することという。タスクの状態は、種々のイベント発生や、待ち合せにより変化する。ある一つのタスクに着目したときのタスクの状態遷移を図4.19に示す。イベントの待ち合せ要求(WAITマクロ)があると、タスクの実行を中断(タスクをWait状態にする。)し、イベントの通知(POSTマクロ)があると通知先タスクが期待しているイベントかどうかチェックし、一致すればタスクを再開可能状態(Ready状態)にし、実行優先権が回ってくるとタスクは再開される。タスクの走行制御としては、本質的には、イベントによる制御しかなく、例えば複数のタスクがある特定のタスクに対して処理を依頼する場合がある。このようなタスクはキュー制御タスク

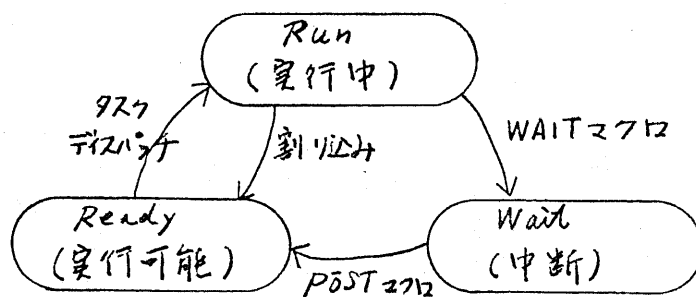


図4.19 タスクの状態遷移



と呼ばれるが、このシステムでは、このようなタスクを1つのリソースとみなし、このタスクに対して処理要求を出す前にリソース要求のための  $RENQ$  マクロを発行して、そのタスクを専有する。一方、処理を依頼されたキュー制御タスクは、その処理の終了時に、リソース解放のための  $RDEQ$  マクロを発行して専有を解除する。このように  $RENQ$ ,  $RDEQ$  マクロを利用することによってキュー制御タスクの走行も制御できる。一例を図4.20に示す。

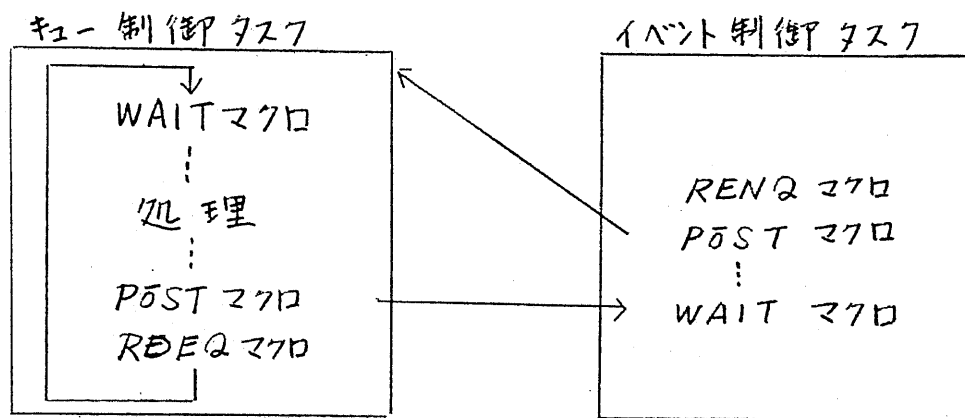


図4.20 キュー制御タスクの走行制御

#### 4.2.2. スーパーバイザモニタ

スーパーバイザモニタは、OSの核であり、システム内のプログラムの基本的な動作はすべてこのスーパーバイザモニタによって制御する。スーパーバイザモニタは、割り込み分析、分配およびマクロサービスからなり、それらの主な機能は以下の通りである。

##### (1) 割り込み分析およびタスク切り替え

標準割り込み、デバイス割り込み、メモリロックアウト割り込み等の割り込みを分析し、該当処理ルーチンに制御を渡す。また、割り込みによるタスク

タスクの実行の中断、再開に伴うタスク切り替えの制御を行なう。

## (2) タスク制御

タスクの実行中断や再開の制御を行なうマクロ命令 (POST, WAIT) をサービスする。

## (3) リソース管理

システムで共通に使用するリソースの管理をタスクで容易に行えるようにするためのマクロ命令 (REQ, DEQ) をサービスする。

## (4) タイマ・サービス

インターバル・タイマの一定間隔の割り込みを用いて、タスクや他のモニタ・プログラムにおいて任意の時間間隔をとることができる。

## ▷ プログラム構成

スキャンバザモニタは機能面から分類すると下記の4つに分けることができる。

### (1) スイッチャ

スイッチャは、タスク・ディスパッチャとアイドル・ルチンから成り、システム内で CPU を要求しているプログラムに対し、優先度に従って制御を引き渡す。なお、システムがアイドル状態 (動作すべきタスクがない状態) のときは、スイッチャ内のアイドル・ルチンでループを描いている。

### (2) 割り込み分析

割り込み原因のチェックを行ない、それぞれ処理ルチンに制御を渡す。タスク実行時の割り込みの場合は、各レジスタおよび PSW を退避しタスクの状態を変更する。スイッチャと割り込み分析を合わせて、割り込み分析・

分配 (Interrupt Analysis and Dissemination: iAD) と呼ばれる  
モジュールを構成している。

### (3) マクロサービス

各種マクロ命令のサービスを行なう。

### (4) 各種割り込み処理

周辺装置と通信制御装置以外からの割り込みの処理を行なう。例  
えば、プログラム・タイムの更新ルチン等。

### ▷ スーパーバイザモータの動作

以上述べてきたスーパーバイザモータの構造を図4.21に示し、これをも  
とにモータ内の制御の流れを説明する。図4.21において、タスクの走行  
中に割り込みが発生すると、iADに制御が渡り、レジスタ類が退避され  
た後に割り込み原因が分析される。なお、システム内におけるすべての割  
り込みがここで分析される。分析した結果、スーパーバイザコルによる割り

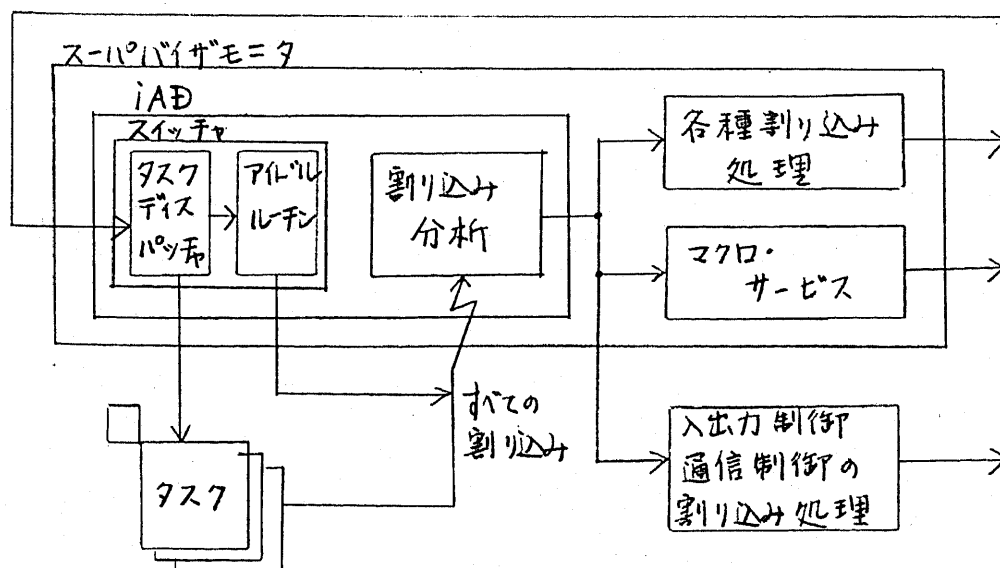


図4.21 スーパーバイザモータのプログラム構成

込みであった場合は、結局マクロ・サービス・ルーチンに移る。また、割り込み原因が周辺装置 あるいは通信制御装置であった場合には、それぞれの割り込み処理ルーチンに制御が渡る。また、それ以外（タイマ等）からの割り込みの場合は、スーパーバイザモジュール内の各々の処理ルーチンに制御が渡る。いずれの場合にも、処理が正常に終了すると、iADに制御が渡る。iADでは、ディスパッチすべき（Ready状態の）タスクがあれば、ディスパッチしなければ、アイドル・ルーチンで割り込みが発生するまでループを描いている。

#### 4.2.3 通信制御

通信制御は、通信回線で結ばれた端末と通信制御装置(CCU)を介して、データの入出力を行なう。その主な機能は以下の通りである。

##### (1) 通信制御装置 (CCU) の制御

CCU を制御し、データの送信、受信に関する制御を行なう。

##### (2) データ伝送制御

伝送制御手順に基づいて、端末とのデータ伝送を制御する。

##### (3) 入出力メッセージの待ち合せ

端末へ送信すべきデータ または 端末から受信したデータを一時的にバッファメモリまたは、ディスク中に格納し要求に応じて取り出す。

##### (4) 多重メッセージの制御

伝送するメッセージが複数ブロックから構成される場合におけるメッセージの分解、組み立て処理、およびメッセージの再送などに関する制御を行なう。

結局、通信プロトコルのレベル1～レベル4に関する処理を行なっている。

▷ モジュール構成

通信制御は、機能単位に分割された、CCUインタフェース、回線DSR、およびMCP (Message Control Program) の3つのモジュールから構成される。図4.22に通信制御のプログラム構成を示す。以下に各々のモジュールについて説明する。

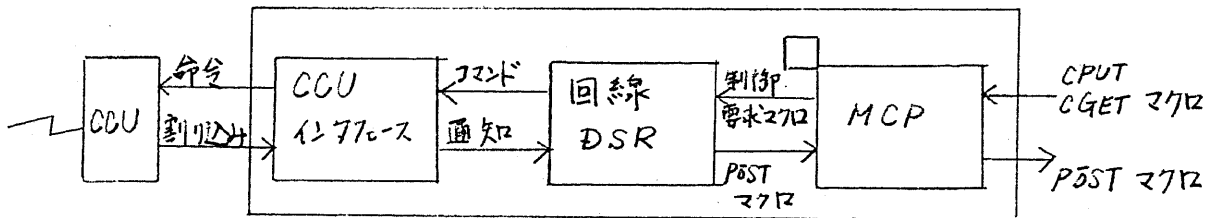


図4.22 通信制御のプログラム構成

(1) CCUインタフェース

CCUインタフェースは、CCUハードウェアと回線DSRの間に位置し、フィジカル・ロジカルのインタフェース機能を持っている。CCUインタフェースでは、回線DSR

からのコマンドを数種類の命令に分解してCCUに伝え、CCUからの割り込みを分析して処理し、その旨を回線DSRに通知する。

CCUインタフェースは、プロトコルのレベル1に相当する。したがって、CCUインタフェース

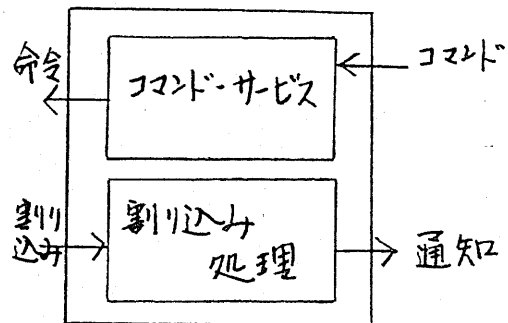


図4.23 CCUインタフェースの構造

を作成した目的は、次に述べる伝送制御プログラム（回線DSR）の作成を容易にし、通信制御装置の種類が変わっても、回線DSRの変更が不必要にすることである。

## (2) 回線DSR

回線DSRは、MCPからの制御要求マクロにより起動され、3.3節で述べた伝送制御手順にしたがって動作する伝送制御プログラムであり、プログラムのレベル2に相当する。データリンクの制御、テキスト送受信の指令、制御符号の付加や削除、さらに回線の誤り制御などを行う。回線DSRは、図4.24に示すようにMCPからの制御要求マクロを実行する制御要求処理と、CCUインタフェースからの通知を処理する通知処理からなっている。

## (3) MCP (Message Control Program)

MCPは、図4.25に示すようにCPUTマクロとCGETマクロのサービスルーチンおよびエラー処理の3つのモジュールからなる。MCPは、CPUTマクロにおいて送信を依頼されたメッセージや画像情報を伝送可能なフォー

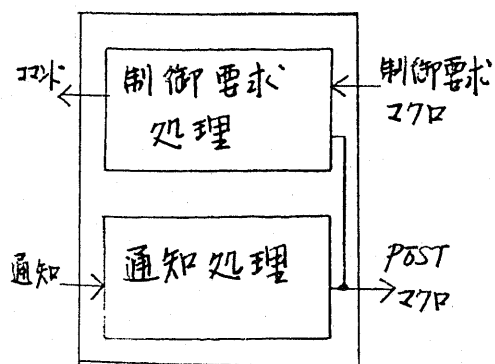


図4.24 回線DSRの構造

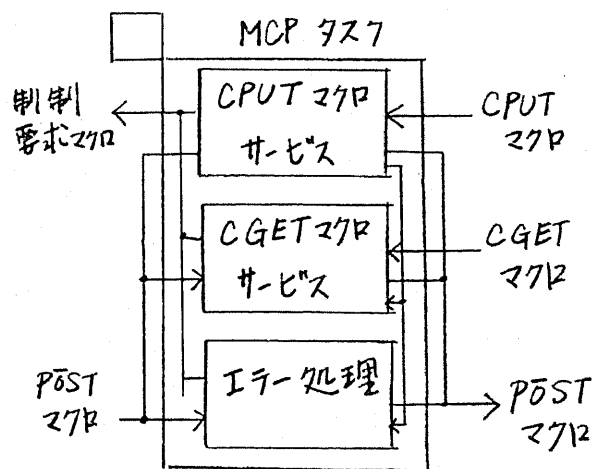


図4.25 MCPの構造

マツにして回線 DSR に対し送信要求マクロを発行する。一方、端末から伝送されてきたコマンド等については、CGET マクロにより、ユーザプログラムに引き渡される。すなわち MCP では、伝送データのブロック、デブロックを行なう一方、伝送ブロックヘッダの付加や識別、およびそれに対する必要な処理等を行なっている。

#### 4.2.4 入出力制御

入出力制御は、CPU に接続する周辺装置（通信制御装置を除く）に対する物理的な入出力制御ループと入出力データの操作を行なう論理の入出力マクロ・サービスからなる。入出力制御が制御する周辺装置およびその使用目的は、以下の通りである。

- (1) テレタイプライタ (TTY) : センターのオペレータとの交信用
- (2) 磁気ディスク (Disk) : 通信バッファ用
- (3) マイクロフロッピー検索装置 ( $\mu$ FIS) : 画像ファイル検索
- (4) フレームメモリ (FRM) : 検索された画像の入力

以下に各 I/O に対する入出力制御の機能について説明する。

##### ▷ テレタイプライタ (TTY)

エラーメッセージ等の TTY 出力を制御する。

##### ▷ 磁気ディスク (Disk)

3.1 節で述べたように情報量の大きい画像の伝送を行なう場合には、通信用バッファを介することが望ましい。実験システムでは、通信用バッファと

て磁気ディスクを使用する。ディスクを通信バッファとして用いる場合、複数  
 のドからなるファイルに格納された画像情報を順番に読み出す。したがって  
 ファイルは順編成でよい。したがって、実験システムにおけるディスク入出力制御  
 は、順編成ファイルのみを扱える簡単なファイル管理システムの機能を持つ。ソフト  
 ウェアは、図4.26のようなモジュール構成であり、各モジュールの機能は、以下  
 の通りである。

物理入出力制御ルーチン

(1) D\$IO

マクロサービスの要求によりディスクへのレコード(=512B)単位の読み書きを行なう。

(2) DQCR

マクロサービスからD\$IOに対して生ずる待ち行列の制御を行なう。

論理入出力制御 マクロ・サービス

(1) DOPEN

指定ファイルのオープン処理を行ない読み書き可能とする。

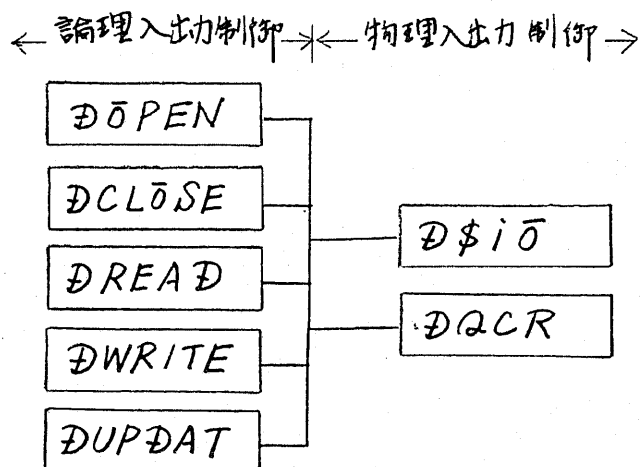


図4.26 ディスク入出力制御のモジュール構造



## (2) DCLOSE

指定ファイルに対するクローズ処理を行ない、読み書きを禁止する。

## (3) DREAD

指定された順編成ファイルからレコード単位で読み出す。

## (4) DWRITE

指定された順編成ファイルに任意長のデータを書き足す。

## (5) DUPDAT

ファイルの新規登録、抹消を行なう。

以上のマクロは、多回線拡張時に備え、リインタラ構造となている。DQCRは、このため必要になった。

## ▷ マイクロフィッシュ検索装置 (μFS)

μFSの制御は、マクロ・サービスの一部であり、MFSLCTのマクロ名で呼び出され、マイクロフィッシュの検索とテレビカメラを介してのフレームメモリカを行なう。

## MFSLCTの動作

- (1) マイクロフィッシュの物理アドレス (4.1.2節で述べたマイクロフィッシュ検索装置 RFA1-Tのフィルムアドレスフォーム) を汎用入出力制御装置 C-34とシフトレジスタを介して RFA1-Tに出力し、目的とする画像の検索を開始する。
- (2) 検索終了の検出 (この状態で検索されたマイクロフィッシュ上の画像は、テレビカメラに映っている。)
- (3) テレビカメラからフレームメモリに入力

## ▷ フレームメモリ (FRM)

フレームメモリの制御は、物理入出力制御を行なう F\$IN ルーチンと  
画像データの処理を行なう論理入出力制御 FRMIN マクロから成る。  
各モジュールの機能は以下の通りである。但しフレームメモリはモード II  
に固定して用いる。

### (1) FRMIN

F\$IN による画素単位の入力を行ない、入力された画像データのビット  
操作による圧縮により、1画素当り、1, 2, 4 ビットの3種類のうち  
任意の画質の画像データを作成し、指定されたバッファエリアへ格納  
する。

### (2) F\$IN

F\$IN は、FRMIN の要求により、フレームメモリから画素単位のアド  
レッシングで任意の長さの画像データを入力する。

### 4.3 センターシステムのユーザインタフェース

実験センターシステムが稼動するためには、4.2節で述べたOSに加えて、遠隔端末ユーザから送られてくるコマンド等を解析し、適当な処理を行なうユーザインタフェース・プログラムが必要である。以下では、ユーザインタフェースの外部仕様であるユーザコマンド、内部仕様であるプログラムの構造および動作について述べる。

#### 4.3.1 ユーザコマンド

遠隔端末のユーザは、次のような手順により画像データベースの検索を行なう。

1. センターとのデータリンクの確立、セッションの開始
2. 汎用データベースの検索
3. 画像ファイルの検索および送信要求
4. セッションの終了、データリンクの解除

3. の画像検索は、2. の汎用データベースの検索結果を利用して、必要ならば複数回繰り返される。検索全体は、このような2. と3. の組み合わせが数回、行なわれるものになる。したがって、任意の検索動作は、次のように定式化される。

$$1 \cdot (2 \cdot 3^n)^m \cdot 4 \quad (4.3.1)$$

$$m, n = 0, 1, 2, \dots$$

但し、 $i^n$  は、動作  $i$  の  $n$  回繰り返し、 $\cdot$  は動作の連続を示す。

そこで実験システムでは、1~4の動作に対応するユーザコマンドを用

意する。

### 1. に対応するコマンド

センターのソフトウェアにおいては、データリンクの確立は ENQ シーケンス (ENQ-S と略記する。) により行なわれる。多数のユーザが使用料を払うシステムや、機密保護を問題とする場合で、ユーザの識別が必要な場合には、ユーザ毎のパスワードをチェックするセッション開始用コマンドが必要である。しかし、これは画像データベース特有のコマンドではなく、多くのオンラインシステムで行なわれていることなので、実験システムでは省略し、ENQ-S をもって代行する。このコマンドにより、センターシステムのユーザマスクが起動される。

### 2. に対応するコマンド

このコマンドにより、ユーザは汎用データベースの検索開始をシステムに要求することになる。したがって、このコマンドの投入後、ユーザは汎用 DBMS の管理下に入り、汎用 DBMS の仕様に従って検索を行ない、必要とする画像名を含む検索結果を得る。実験システムでは、汎用 DBMS は省略したが、これを組み込むためのコマンドとして / DATA BASE (あるいは /D) を用意している。

### 3. に対応するコマンド

画像の送信要求に関して、画像ファイル検索装置から検索すべき画像を識別するための情報が、このコマンドのパラメータとして必要である。実験システムでは、簡単のため、マイクロフィッシュに関しては マイクロフィッシュ

検索装置 RFAIT のアドレスデータフォームを直接この情報として用いた。実験システムにおいては、このためのコマンドとして /SEND (あるいは /S) を用意している。

#### 4. に対応するコマンド

このコマンドにより、セッションは終了し、データリンクが解除される。したがって、ユーザタスクは消滅ないしは待ち状態となる。実験システムにおいては、このためのコマンドとして、/BYE (あるいは /B) を用意している。

以上の4つのコマンドが、ユーザインタフェースのための基本コマンドであり、実験システムでは、/ABC... の形式で表わされ、/D, /S のようにこれらに引き続いて、サブコマンド または パラメータが投入される。

### 4.3.2 実験システムのユーザインタフェース

前節の式(4.3.1)の検索動作を実験システムのコマンドを用いて書くと次式で表わされる。

$$END-S = ( /D \cdot ( /S )^n )^m \cdot /B \quad (4.3.2)$$

$m, n = 0, 1, 2, \dots$

さらに、実際のシステムでは、基本コマンドの誤りは、コマンド待ちの状態に戻ること、実験システムでは、汎用データベースは省略していることなどから、実験システムにおいて検索動作を実現するためのオートマトンは、図4.27の通りで十分である。したがって、ユーザインタフェースは、図4.27のオートマトンを実現するプログラムをユーザタスクとして作成すればよい。

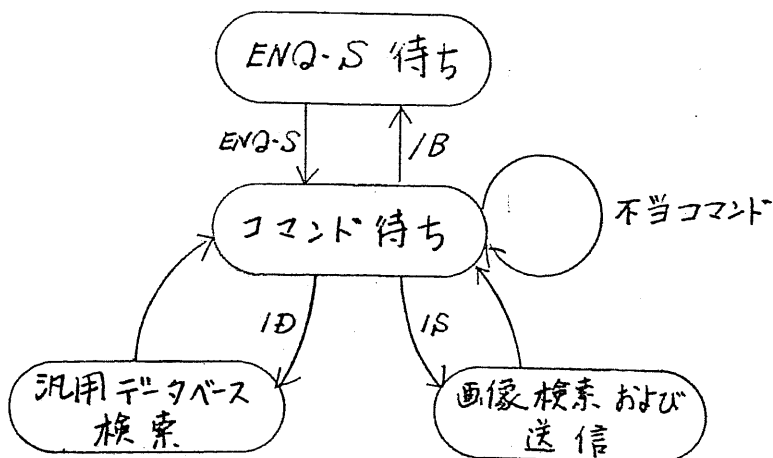


図 4.27 検索動作オートマトン

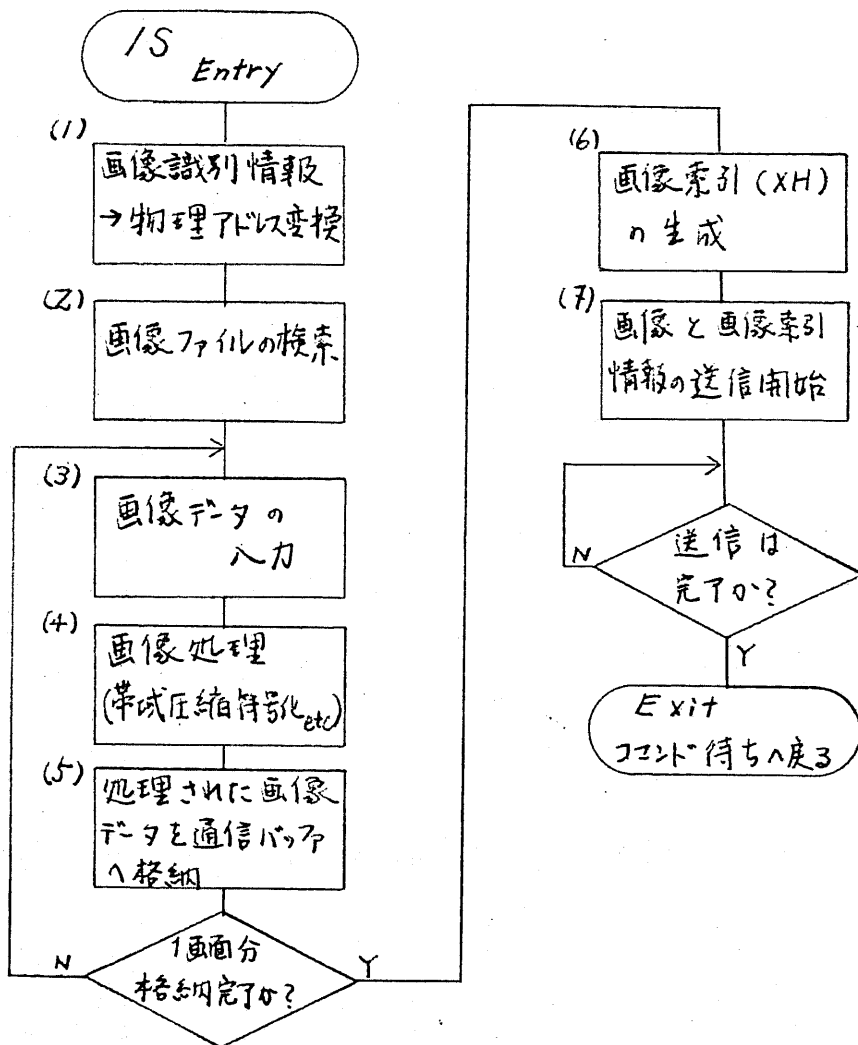


図 4.28 IS コマンドの処理シーケンス

次に、画像データベースに特有の IS コマンドの動作について説明する。IS コマンドの一般的動作は、図 4.28 に示すようなシーケンスになる。以下に図中の (1) ~ (7) の各動作の詳細および実験システムで実現したものであるについて述べる。

### (1) 画像識別情報・画像ファイル物理アドレス変換

IS のパラメータである画像識別情報は、結局、画像ファイル管理用の画像インデクスに変換される。この変換は、汎用データベースとのインタフェースの問題であり、下章で述べる。画像インデクスは、さらに画像ファイルの物理アドレス（実験システムにおいては、マイクロフィッシュ検索装置 RFAI-T のフィルムアドレス）に変換しなければならない。これは、3.1 節で述べた画像索引ファイルによって行なわれる。実験システムにおいては、この機能は省略した。したがって、画像識別情報としては、物理アドレス（RFAI-T のフィルムアドレス）を用いる。

### (2) 画像ファイルの検索

実験システムにおいては、入出力制御の MFSLCT マクロを用いている。

### (3) 画像データ入力

実験システムにおいては、入出力制御の FRMIN マクロを用いて、1ライン毎に画像データを入力する。

### (4) 画像処理

実験システムにおいては、FRMIN マクロの画像データの 1, 2, 4 ビット/画素への変換がこれに相当する。画像処理は、ソフトウェアで

行なってもよいが、時間がかかり過ぎることが問題である。<sup>※</sup> このため、この部分は、ハードウェア化して画像入力システムに移行することが望ましい。

#### (5) 処理された画像データの通信バッファへの格納

実験システムにおいては、 $\text{DWRITE}$  マクロ等の磁気ディスク関係の入出力制御を用いて、磁気ディスク上に作られた順編成ファイルを通信バッファとして利用している。

#### (6) 画像索引情報 (XH) の生成

実験システムにおいては、フレームリモードによる解像度、4ビット/画素の画像として XH を生成している。

#### (7) 画像と画像索引情報の送信開始

実験システムにおいては、 $\text{DS}$  の MCP に関連する CPU マクロにより行なっている。

### ▷ 試作したユーザインタフェース

#### (1) マイクロフィッシュベースのユーザインタフェース

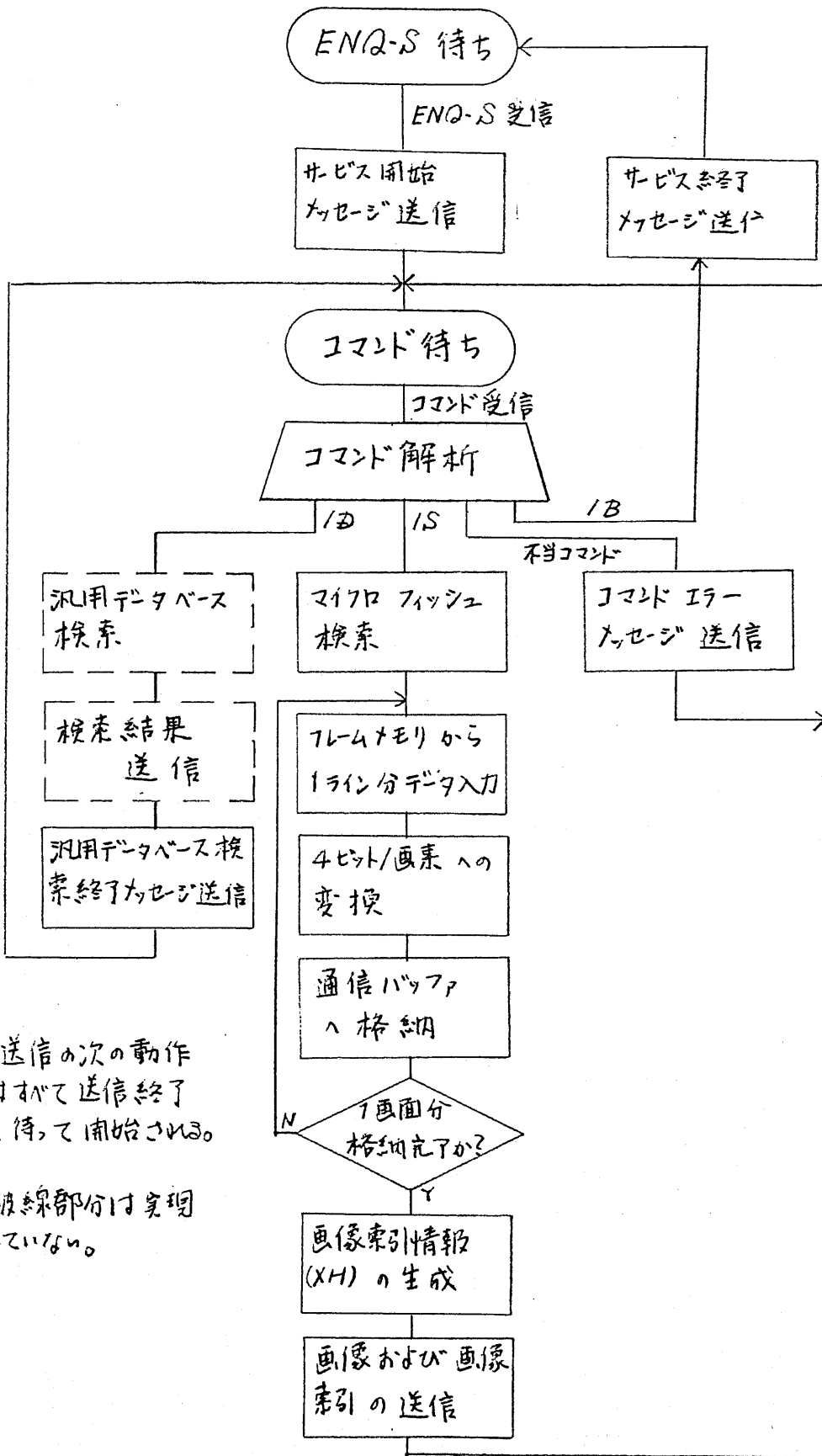
図4.27, 図4.28 に示したシーケンスを実現したユーザインタフェースのフローチャートを図4.29 に示す。このシステムにおいては、フレームリモード II で用い、下記の画質の画像を端末へ伝送する。

解像度  $480 \times 512$  (画素)      4 (ビット/画素)

※

後に述べるように、画像伝送実験のために、MTベースの画像ファイルを用いた実験システム、ユーザインタフェースを作成した。これでは、画像処理として1bit DRAM 内の帯域を逐次符号化処理をソフトウェアで実現している。





- (1) 送信の次の動作は  
おぼえて送信終了を  
待って開始される。
- (2) 破線部分は実現  
していない。

図 4.29 実験システムユーザインタフェースのフローチャート

## (2) MT ベースのユーザインタフェース

実験システムでは、帯域圧縮処理および端末出力における画質を、マイクロフィッシュ、テレビカメラ、フレッチャモリの画像入力システムの画質劣化と分離して検討するために、MT (磁気テープ) ベースの画像ファイルのユーザインタフェースを作成した。MT ベースの画像ファイルとしては、標準画像データベース *SIDBA* を利用した。このユーザインタフェースのフローチャートは、画像ファイル検索および入力磁気テープからの入力である点と、画像処理を同4.28 に示した位置に挿入していることを除いては、同4.29 と同様なので省略する。

以上で、実験センターシステムの説明を終るが、その性能、評価に関しては、5章で端末の説明を行なった後、システム全体の評価を併わせて6章で述べる。

## 5. 端末システムの構成

---

画像データベースのリモートアクセスにおいて、センターシステムと同様に重要なシステム要素は端末である。このシステムにおける端末は、複合入出力知能端末でなければならない。5章においては、試作端末システム COMET について述べる。5.1 でハードウェア構成、5.2 で基本ソフトウェア、5.3 でユーザインタフェースを実現するソフトウェア、コマンドおよび動作について述べる。

---

## 5.1 端末システムのハードウェア構成

### 5.1.1 方式設計

画像データベースのリモートアクセス端末として必要な機能は、次の通りである。

- (1) 画像、符号の複合情報の入出力制御機能
- (2) 画像情報のハードコピー出力機能

3.1.5 節での検討結果より、(1)の機能は、 $\mu$ -Pで実現し、(2)の機能は、ファクシミリ受信機で実現するのが有利である。実験システムにおいては、経済性、インタフェースの容易さの点で、G-1機（低速ファクシミリ）を用いることになった。G-1機の場合、円筒走査型で、可変副走査機構がないため、円筒の回転速度に整合した速度で画像データを出力する必要がある。実験システムで用いるファクシミリ受信機（PANA FAX1000B）は、円筒の回転数が180 rpmであるから、1走査線分の画像データを、333 ms以内にファクシミリに出力する必要がある。このことは、3.2.1節で述べたように、ファクシミリ出力速度と回線の伝送速度の不整合を引き起し、回線速度2400 bpsの場合には、1走査線当り600ビット程度の画質しか得られぬ。この制約条件を越えて高画質の画像を得るためには、3.2節で述べた(B)方式に従えば、端末に1画面分のバッファメモリを用意すればよい。このバッファメモリには、半導体メモリを用いる方法がまず考えられるが、高品質画像を1画面分蓄積する量の半導体

ペリシステムは、現在でもなお高価であり、端末価格を押し上げてしまう。次に考えられるのが、知能端末システムには装備されている場合の多いフロッピーディスク（ディスクレットとも呼ばれる。以下、Disketと記す。）を用いる方法である。この方法であれば、経済的問題もほとんどない。受信した画像データを一度 Disket に蓄積する方式では、画像出力は、Disket からファクシミリ受信装置へのデータ転送による。この場合に問題になるのは、次の二点である。

### (1) 速度整合

ファクシミリ装置の画像出力速度に整合した速度での Disket からのデータ読み出し

### (2) 画像データ出力の同期

円筒走査型のファクシミリの円筒の回転（主走査）に同期した画像データの出力

(1)の速度整合については、ファクシミリの1走査線分のデータ出力時間  $333 \text{ ms}$  の間に Disket から読み出し可能なデータ量が画像を決定するが、Disket のデバイスの特性上の制約と  $\mu\text{-P}$  における入出力処理時間の制約から決まる。Disket のデバイス上の入出力速度を制約しているのは、データ転送速度  $t_0$  (sec/byte), 読み出しヘッドのトラック間移動時間  $t_1$ , 回転待ち時間  $t_2$ , およびヘッドロフト時間  $t_3$  である。標準的な Disket 制御装置 FDD 101 型では、 $t_0, t_1, t_2, t_3$  は、以下の値をとる。

$$\left. \begin{aligned}
 t_0 &= 32 \quad (\mu S / \text{byte}) \\
 t_1 &= 8 \quad (\text{mS} / \text{トラック}) \\
 t_2 &= \text{平均 } 83.3 \text{ (mS)}, \text{ 最大 } 167 \text{ (mS)} \\
 t_3 &= 40 \quad (\text{mS})
 \end{aligned} \right\} (5.1.1)$$

Disket のデータ入出力の単位 (=セクタ) を  $n_s$  (byte) とすると、1セクタを読み出すための時間  $t_{is}$  は、直前にヘッドを  $n_H$  トラック移動すると仮定すると次式で表わされる。

$$t_{is} = n_s \cdot t_0 + n_H \cdot t_1 + t_2 + t_3 \quad (5.1.2)$$

したがって、1バイトの転送に要する時間  $t_b$  は等価的に次式となる。

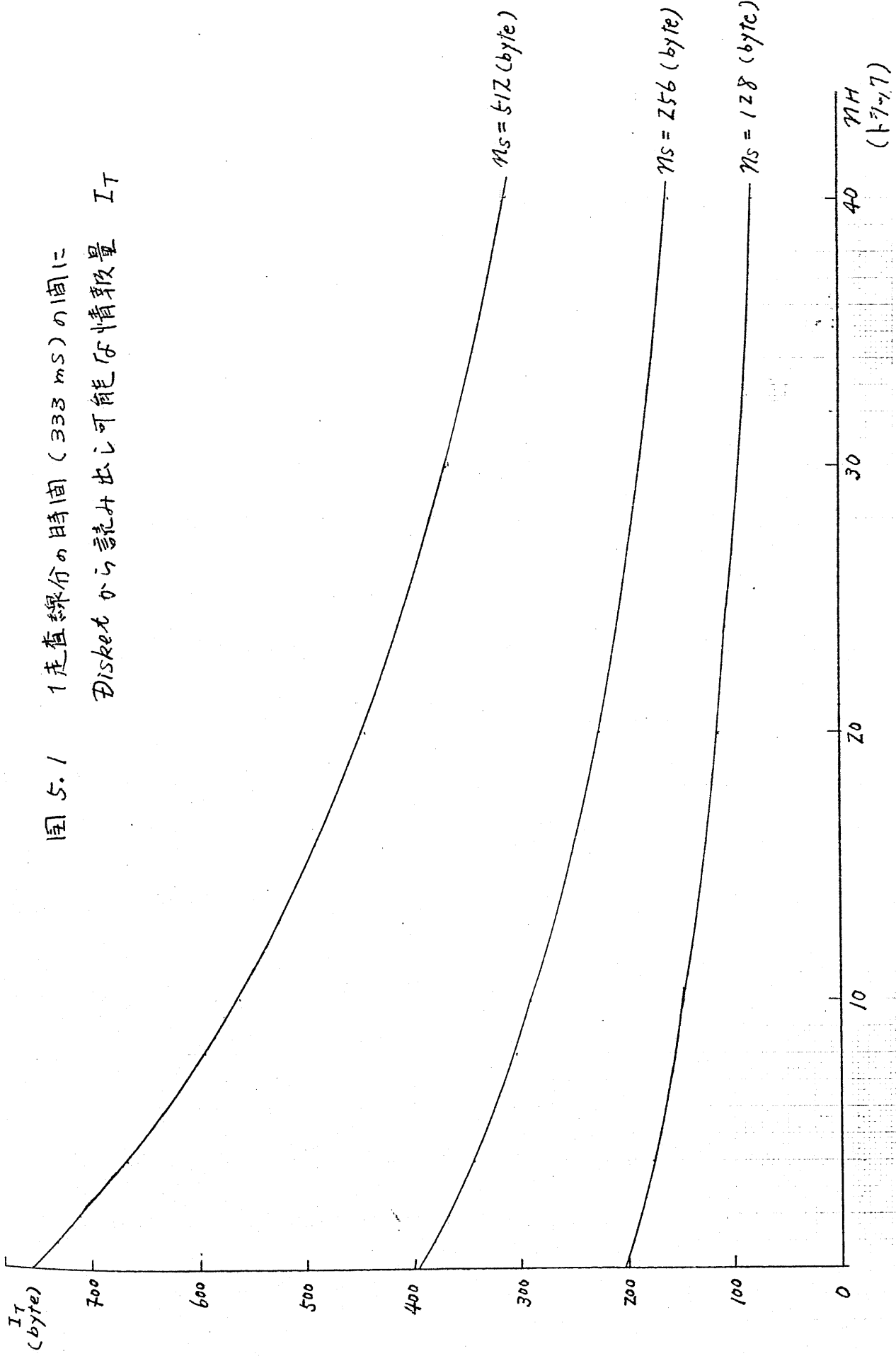
$$t_b = \frac{t_{is}}{n_s} = t_0 + \frac{1}{n_s} (n_H \cdot t_1 + t_2 + t_3) \quad (5.1.3)$$

時間  $T$  の間に確実に読み出せる情報量  $I_T$  は、上式より

$$I_T = \frac{T}{\max t_b} = \frac{T}{t_0 + \frac{1}{n_s} (n_H \cdot t_1 + \max t_2 + t_3)} \quad (5.1.4)$$

$T$  を 1 走査線分の時間  $333 \text{ mS}$  とし、 $t_0 \sim t_3$  に式 (5.1.1) の値を代入した場合の  $I_T$  の値を図 5.1 に示した。これによれば、画像読み出し時のヘッドのトラック間移動量  $n_H$  が大きくなると、1 走査線当りの読み出せる情報量は低下するので、 $n_H$  は、極力小さくすべきである。また、セクタ当りのバイト数  $n_s$  は、大よい程有利である。後述するように、実験端末システムでは、1 画素当り 4 ビットであり、ファクシミリ of 解像度は、式 (3.2.3) より、 $8387$  (画素 / 走査線) である。したがって、図 5.1 からわかるように、セクタ当り 256 バイトのファイル構成なら、

図 5.1 1 走査線分の時間 (333 ms) の間に  
Disket から読み出し可能な情報量  $I_T$



$\mu H = 1$  とすれば、ほぼこの解像度に相当する量のデータを Disket からファクシミリ出力速度に合わせて読み出せる。したがって、Disket と G-1 級のファクシミリの入出力速度は十分整合しているといえよう。一方、 $\mu P$  の処理速度に関しては、データ転送は、1 バイト毎の割り込み処理で行なうか、DMA チャンネルによるかで異なる。割り込み処理による場合、割り込みに対しての処理は、レジスタ退避等の処理を含み、例えば  $\mu P A$  においては、 $100 \mu S$  以上の時間がかかる。ここでは、Disket のデータ転送速度は実現できない。したがって、DMA チャンネルによる転送をしなければならぬ。

(2) のデータ出力の同期に関しては、種々の方式が考えられる。ファクシミリ受信機の回線からのデータ入力端末に回線からのデータ受信時と同形式のデータを転送する方法であれば、同期についての外部的な考慮は必要ないが、ファクシミリ装置に整合した形式のデータ生成が面倒である。後述の実験端末システム COMET では、画像データを直接、ファクシミリ装置の受信記録部を与えているが、この場合は走査線毎の同期が必要である。COMET は、このため、ファクシミリの円筒の回転に同期して、1 回転毎に出力される位相パルスを用いている。

以上、述べた点を考慮すると、画像出力装置に低速ファクシミリ受信機を利用した複合端末システムのハードウェア構成の概要は、図 5-2 に示すようになる。このシステムの特徴をまとめると、以下に列挙する通りである。



1) 複合入出力

文字等の符号情報と画像情報の複合情報の入出力が可能である。したがって、キーボード操作により画像データベース・センターの汎用データベースの検索や画像の送信要求を行ない端末において画像情報を入力する利用法が可能になる。

2) 画像出力装置

ハードコピー入手可能で経済的な低速ファクシミリ受信機 (G-1機) を用いている。

3) 速度変換用記憶媒体

通信回線の速度 (2400 bps) とファクシミリへの出力速度の不整合を緩和するための速度変換用記憶媒体として経済的な Disket を用いる。

4) 入手画像の画質

Disket による速度変換機能により、低速回線での高品質画像の入手が可能になる。

5) DMA 機能

Disket からファクシミリへの効率のよい画像情報転送のために、ファク

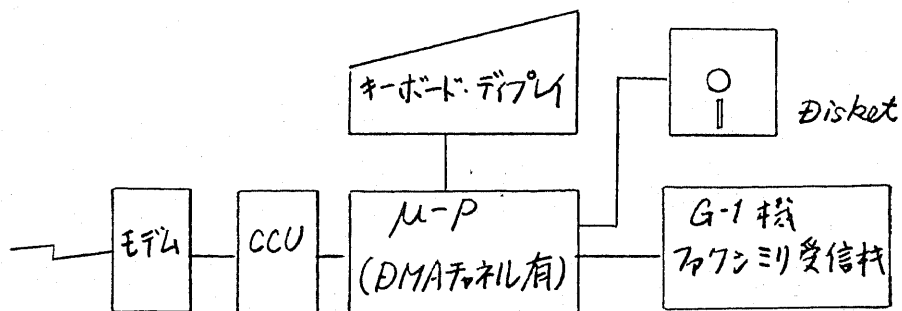


図5.2 複合端末システムの構成概要

シリと Disket のデータ入出力には、DMA チャンネルを用いる。

### 5.1.2 ハードウェア構成

前節の検討結果に基づいて試作した複合入出力端末システム COMET (Combined Output Microprocessor oriented Experimental Terminal) のハードウェア構成について述べる。図 5.3 に COMET のハードウェア構成を示す。プロセッサは、Intel 8080A を用いた。前節で述べたようにファクシミリと Disket の入出力データ転送は DMA チャンネル (Intel 8257) によって行なう。通信インターフェースには、同期式伝送用の LSI (UC1671B), キーボードディスプレイ制御用には、シリアルインターフェース LSI (Intel 8251), Disket インターフェースは (FD1771B) 等を用いて構成した。また、COMET は複合端末システムのソフトウェア開発の目的も持つので、メモリはシステムプログラムおよびバッファ用に RAM 16KB, とロータリィディスク用の ROM 2KB からなる。このためプログラムは、外部からロードされるので、並列入出力インターフェース (Intel 8255) を持っている。μP を用いたシステムを開発するためには、このようなハードウェアが必要である。

COMET のハードウェア構成は、ファクシミリ出力インターフェース (以下、FAXC と略記する。) を除いては、通常の μP を用いた知能端末と類似の構成である。しかし、入出力装置が多様であること、複数の入出力装置が同時動作することが多いことから、強力な割り込み制御機能が

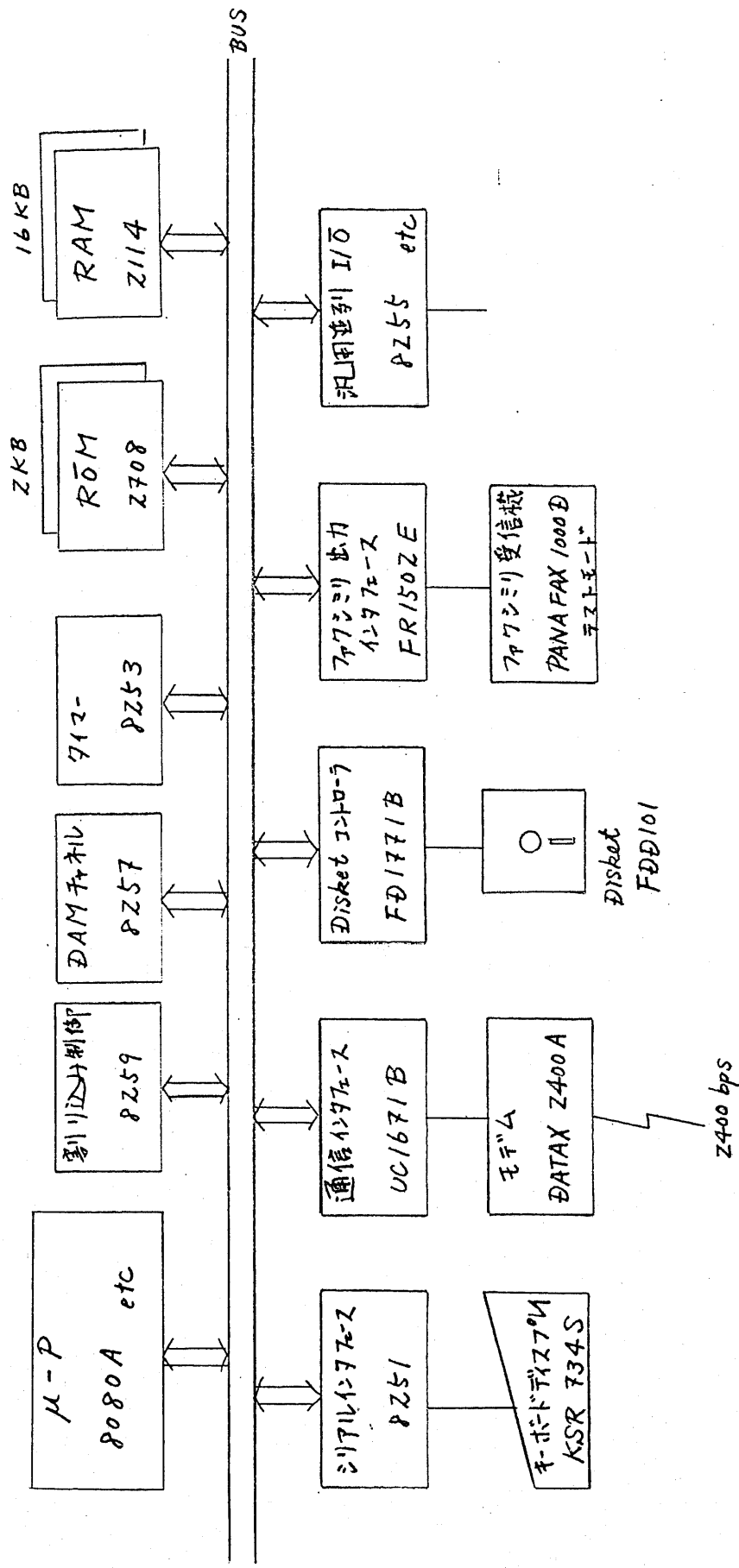


図5.3 複合入出力知能端末 COMET のハードウェア構成

必要のため、プログラマブル割り込みコントローラ (Intel 8259) を用いている。  
 また、ファクシミリへのデータ出力の画素毎の同期のために、任意周波数のクロックパルスを必要とするので、プログラマブルタイマ (Intel 8253) を用いている。以上に述べた部分のハードウェアの動作は、通常の  $\mu$ -P を用いたシステムとほぼ同様である。

COMET において特徴のあるのは、ファクシミリ出力インターフェース (FAXC) であり、以下に FAXC の回路および動作について説明する。COMET で用いているファクシミリ受信機 PANAFAX 1000 D には、テストパターンが発生記録を行なうテストモードがある。COMET から PANAFAX 1000 D に画像出力を行なう場合には、このテストモードにセットして、テストパターンの代わりに DA 変換を施した画像信号を与える方式である。画像信号の走査線毎の同期のためには、図 5.4 に示すように、円筒の 1 回転のうち紙押え用バーの部分が発出子の前を通過する時に発生される位相パルスを利用する。つまり、各走査線に対応する画像データの出力は、位相パルスの立下りに同期して行えばよい。このような画像出力方式を実現する FAXC の部分の回路構成を図 5.5 に示す。また FAXC の各信号のタイムチャートを図 5.6 に示す。

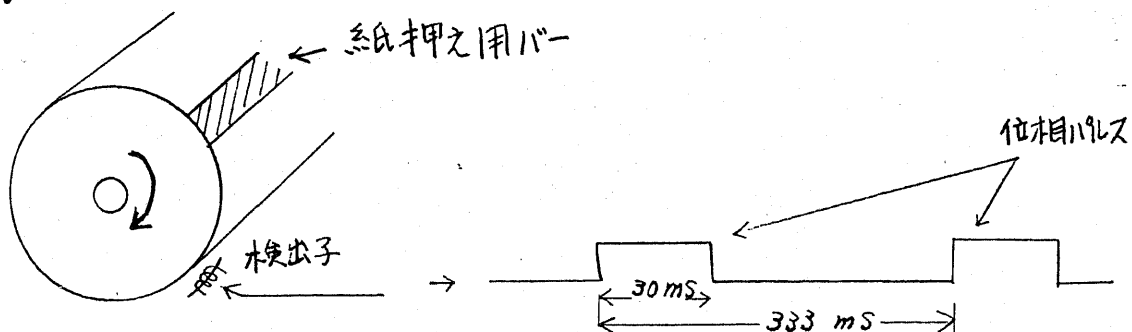


図 5.4 PANAFAX 1000 D の位相パルス

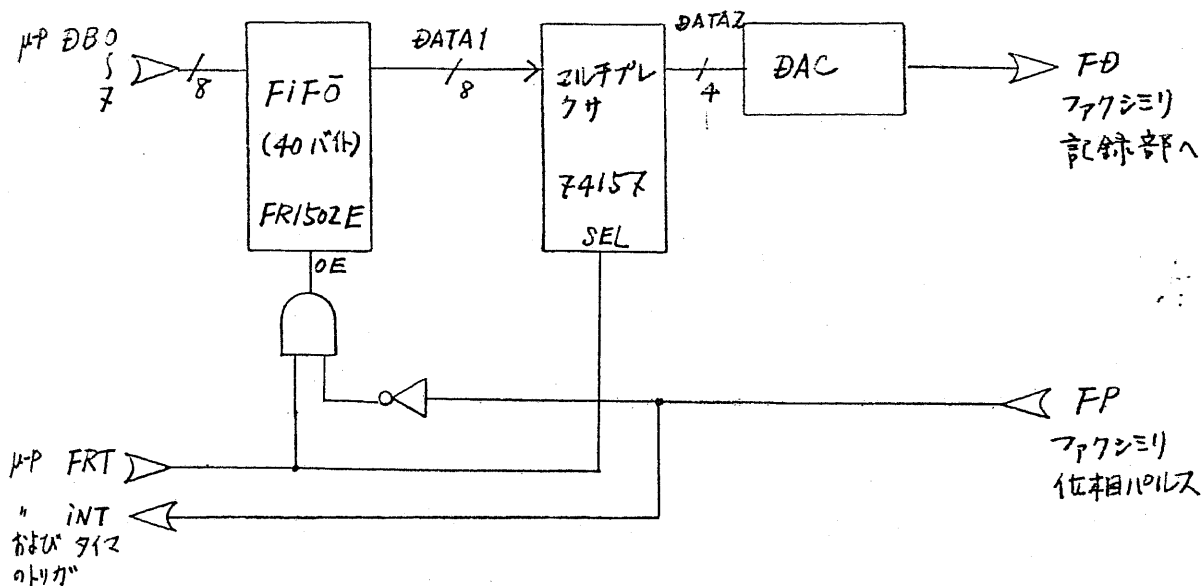


図 5.5 FAXC の回路構成

9128253 の出力

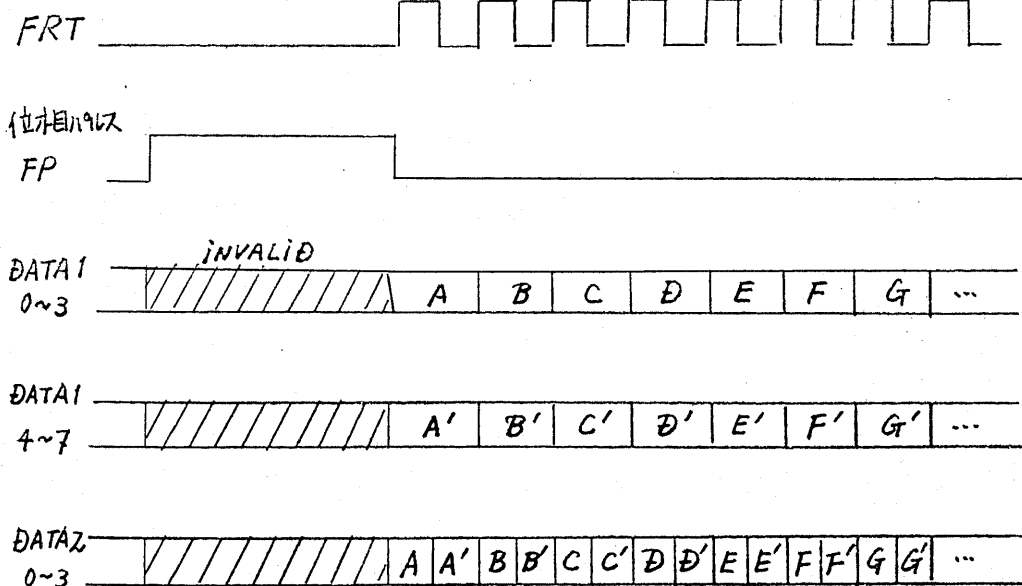


図 5.6 FAXC のタイミングチャート

$\mu$ -Pのデータバス DB0~7に接続される40バイト分のFIFOは、ファクシミリ  
 のデータ出力を遅れさせないための入出力非同期のバッファであり、あ  
 らじめFIFOに出力データを格納する先回り制御により画像の同期を確  
 保にしている。位相パルスの立上りでかかる割り込み(INT)により起動  
 された $\mu$ -Pのプログラムにより位相パルス(FPがオン)の間に、FIFO  
 に40バイト分の画像データが格納される。位相パルスの立下りでトリガ  
 がからて発生されるプログラマブルタイマからの矩形波パルス列FRT  
 により、位相パルスの立下りに対して遅れなく画像データを出力できるから、走査  
 線毎の完全な同期が保証される。しかし、高解像度の場合、1走査  
 線に対して大量のデータ出力を行なうため、 $\mu$ -Pのメモリのバッファ容量の  
 制限から、ファクシミリ出力のためのDMAチャネル起動が位相パルス毎で  
 は不足し、走査線の途中でDMAチャネル起動の必要が生ずる。この再  
 起動のためのプログラムの実行を、FIFOに格納された40バイト分  
 のデータ出力の時間で行なうことができる。<sup>\*</sup>つまり、FIFOを用いることに  
 より、画像信号の完全な同期出力および高品質画質の出力を可能にし  
 ファクシミリに出力される画像の画質を向上させている。次に各画素の  
 出力タイミングについて説明する。図5.6のFRT信号は、画素毎の出  
 力タイミングを決めるデューティ50%のクロックである。このクロックの周波  
 数を変化させることにより、解像度を変化させることができる。FRTは、

<sup>\*</sup>

この機能は、コマンドチェインニング機能を持つDMAチャネルなら必  
 ずしもFIFOを必要としない。

プログラマブル・タイマ (Intel 8253) で発生しており、 $\mu$ -Pの命令で周波数を制御できるから、任意解像度の画像信号を生成できる。また、そのスタートストップは、位相ハルスで制御できるので、画素同期も制御できる。次に、図5.5のマルチプレクサ (74157) の役割りを説明する。PANAFAX 1000Dの階調性は実験により16~32レベル程度であることがわかったので、COMETでは、画素当り4ビットの画質の画像出力を行なっている。一方、FIFOの出力DATA1は8ビット単位である。このため、DATA1の0~3ビットと4~7ビットの各々に1画素を割り当てている。そこでマルチプレクサにより、FRTのオン、オフに従って、DATA1の0~3ビットと4~7ビットを交互にDA変換器(DAC)への4ビット入力DATA2に切り換えている。DATA2はDACによりDA変換されて、ファクシミリへ出力される。この方式により、1バイト当り2画素の画像データをハードウェア的にファクシミリに与えることができる。以上に述べたように、図5.5のような比較的簡単な回路構成で、少ないソフトウェア負担で柔軟性のある画像データ出力が可能になる。

上記の設計で試作した複合端末システムCOMETの外観を、図5.7に示す。また、COMETの回路図を付録に載せた。

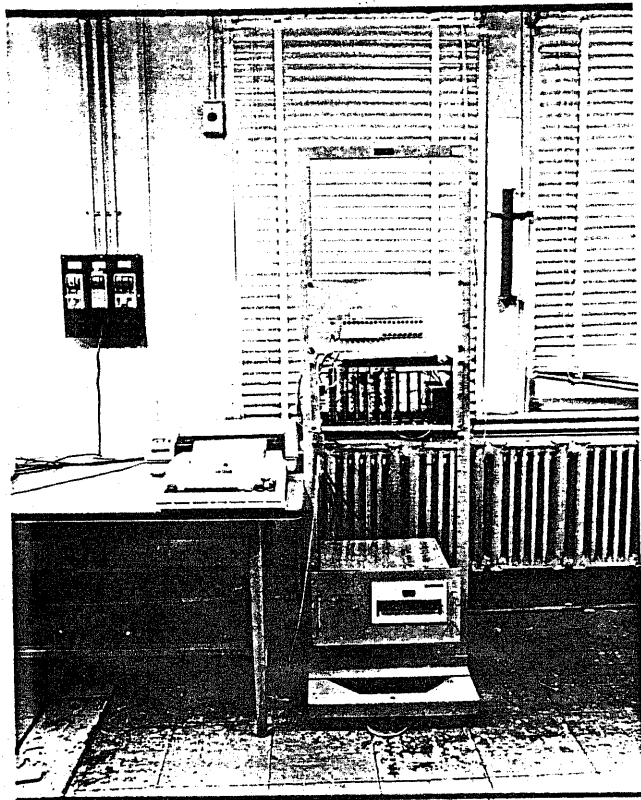


図5.7 複合入出力知能端末 COMET の外観



## 5.2 端末システムの基本ソフトウェア

### 5.2.1 ソフトウェアの概要

複合入出力端末が画像データベースシステムの遠隔端末として稼動するためには、画像データベースセンターへのリモートアクセスを行なうためのソフトウェアを開発しなければならない。端末のユーザは、始めにキーボード・ディスプレイによって汎用データベースを検索して結果を得、つらにこの検索結果から何枚かの画像を選んで、キーボードからのコマンド投入により送信を要求する。この要求に応じてセンターから送信された画像情報は、符号情報と分離されて、速度変換のために一度 Disket に蓄積される。Disket に蓄積された画像情報は、ファクシミリ出力速度に整合した速度で読み出されて、ファクシミリに出力される。

このような機能を實現するためのソフトウェアは、単一機能の専用ソフトウェアでもよいが、通常の計算機システムにおいてと同様に、スーパーバイザモジュール、I/OCS などからなる OS とユーザプログラムに分離した方が、モジュール化による開発の容易さ、方式変更等に対する柔軟さの面で優れている。したがって、ここでは  $\mu P$  での動作に適した小型の OS を開発し、その上に、ユーザインタフェースを構築する。このような方針で開発した COMET のソフトウェア構造の概要を図 5.8 に示す。

この図で、通信制御、Disket 入出力制御、ファクシミリ出力制御は、各々、ハードウェアとのインタフェース・プログラムであり OS に属する部分である。

そこで、これらのプログラムは、システム・タスクと呼ぶ。COMETのユーザインタフェースを提供する部分は、システム・タスクを利用して動作するユーザタスクであり、図中の通信管理、画像出力管理がこれに相当する。これらのタスクの走行を制御するのがOSの核にあたる部分で、ここではこれをターミナル制御モータと呼ぶ。

以下の本節では、システム・タスクとターミナル制御モータのいわゆる基本ソフトウェアについて説明する。ユーザタスクについては、5.3節でユーザインタフェースの機能とともに述べる。

### 5.2.2. ターミナル制御モータ

#### ▷ モータの主な機能

ターミナル制御モータは、COMET上を走る各タスクの走行制御およびキーボード入力の管理を行なうモータ・プログラムである。すなわち、当時、

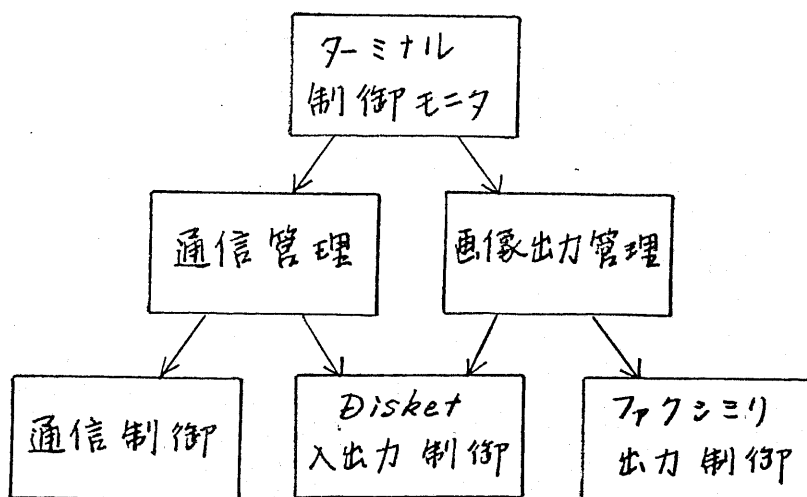


図5.8 端末ソフトウェアの構造

キーボードおよびタスクの状態を監視し、キーボード入力された文字、あるいはタスクの終了に対して次に必要とされる処理に制御を渡す機能を持つ。このような機能を持つターミナル制御モニタの動作の概図を図5.9に示した。図中のコマンドの処理は、結局、タスクの起動になる。

ターミナル制御モニタに関連したマクロサービスとしては、次のものが用意されている。

(1) タスク走行制御に関するマクロサービス

MWAIT : 発行情ユーザタスクがシステムタスクの終了待ちを行なう。

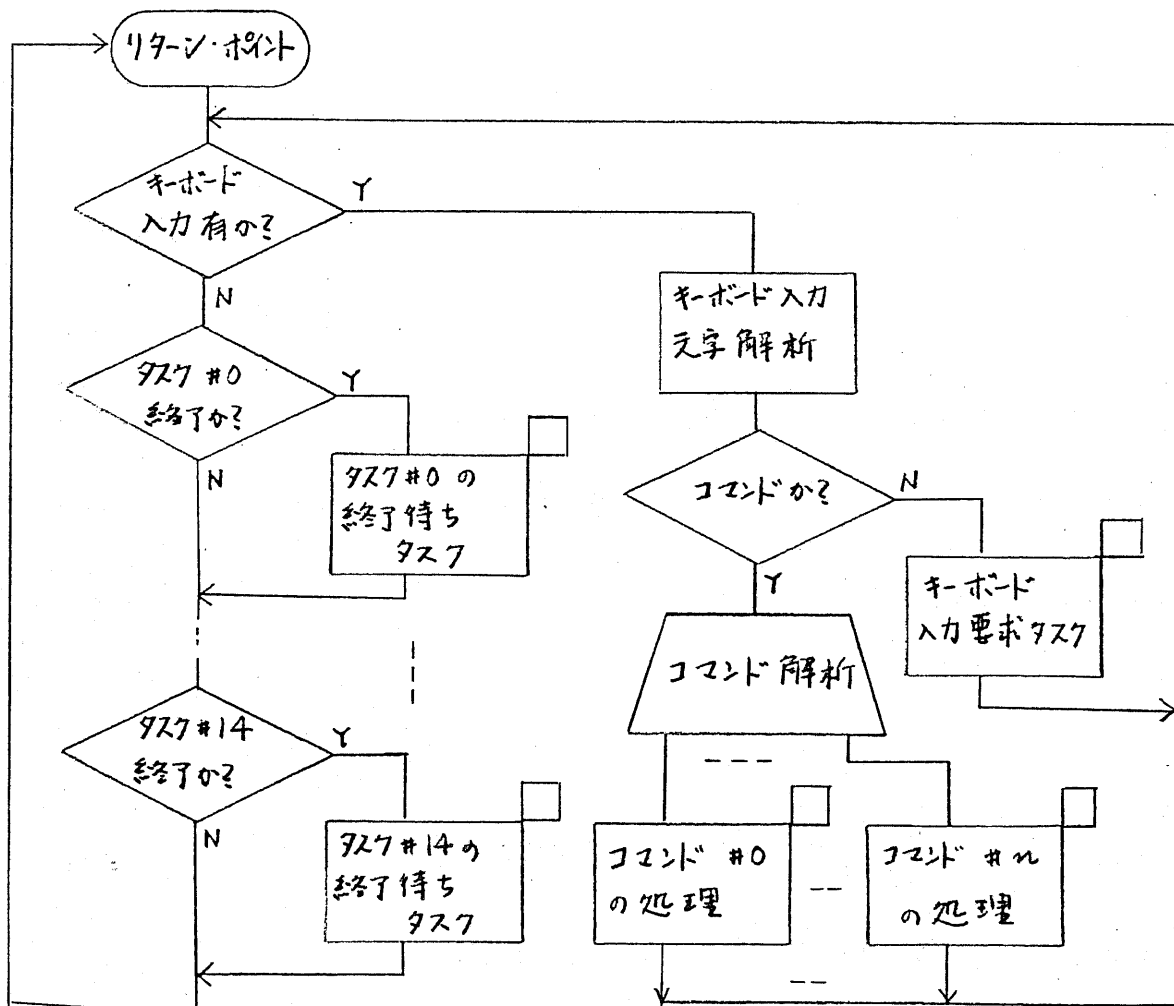


図 5.9 ターミナル制御モニタの動作概図

MPPOST : システムタスクがその終了を、発行元のユーザタスクに知らせる。

(2) キーボード-ディスプレイの入出力制御に関するマクロサービス

KBDIN : タスクがキーボードからの入力要求をする

KBDCAN : KBDINによる入力要求をキャンセルする。

KBDOUT : キーボード-ディスプレイにメッセージを出力する。

(3) タイムに関するマクロサービス

RQTM : 指定時間経過後、リスタートアドレスから実行を再開する。

CNTM : RQTMをキャンセルする。

### ▷ タスクの走行制御

タスクの走行制御の原理は、セクタ OS で述べたものと同様である。ユーザタスクが入出力に関する要求を実行する場合は、システムタスクを起動し、その終了をイベントとして待つことになる。ユーザタスクは、複数個のシステムタスクを並列に起動できるので、複数の I/O も並行動作させることができる。つまり、物理的には、通信と Disket 書き込みの同時実行、Disket の読み出しとファクシミリ出力の同時実行を可能としている。

### ▷ キーボード入力管理

COMET では、キーボードの入出力は、プログラムモードで行なっているので、タスクがキーボードからの入力要求する場合、タスク内でキーボードの状態チェックを行っていると、その間、割り込みによる場合を除いて、他の

タスクの実行が不可能になる。このことは、このタスクと並列動作しているタスクの走行に支障をきたす。そこで、キーボードの状態フラグを図5.9のように、ターミナル制御モニタのタスク終了フラグのループに含めることにより、この問題を解決している。

以下に、キーボードからの入力管理システムについて説明する。

### (1) キーボード入力文字解析ルーチン

ターミナル制御モニタにおいてキーボード入力があった場合、入力文字は、まずキーボード入力文字解析ルーチンで解析され、その後、かかるべき処理に制御が渡される。キーボードから入力される文字情報は、

- (i) モニタに対するコマンド
- (ii) 各タスクからの入力要求への応答

の2種類である。モニタに対するコマンドは、次のフォーマットを持つ。

$$(ESC) \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot \dots \cdot C_n \cdot (C/R) \quad (5.2.1)$$

\*  
 $C_1 \sim C_n$  は英数字

タスクからの入力要求は、先頭文字が (ESC) 以外で、C/R で終了する任意の文字列である。すなわち

$$C_1 \cdot C_2 \cdot \dots \cdot C_n \cdot (C/R) \quad \text{但し } C_1 \neq (ESC) \quad (5.2.2)$$

キーボード入力文字解析ルーチンでは、入力文字列が、この2種類のいずれに属するかを判別し、式(5.2.1)のモニタに対するコマンドであれば、

$\$ \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot \dots \cdot C_n \cdot (C/R)$  をエーバックし、次に述べるコマンド解析ルーチンへ制御を渡す。式(5.2.2)にあてはまる場合は、キーボード入力も要求

\*

(ESC) : Escape コード ASCIIコードでは 16進 9B である。

ているタスクがあれば、そのタスクに制御を渡し、なければ、エラーとして表示する。また、上記の種類の内いずれにも当てはまらない場合もエラー表示を行なう。

## (2) コマンド解析ルーチン

コマンド解析ルーチンでは、入力されたコマンドの最初の4文字をターミナル制御モジュールで管理しているコマンドと、そのコマンドによって起動されるユーザタスクの対応表であるコマンド・テーブルに登録されているコマンドと照合し一致するものがある場合は、そのコマンド・テーブルで示されたユーザタスクを起動して制御を渡す。但し、コマンドは、同義語を発生しない範囲で、単縮形を用いてよい。(例えば、(ESC) HELLO → (ESC) H) 一致するものがコマンド・テーブル内になく場合には、コマンド・エラーを表示する。

## 5.2.3 通信制御

通信制御は、センター・システムの OS における CCU インタフェースと回線 DSR に対応するものである。その機能は、通信インタフェース LSI の制御、3.3 節で述べた通信方式および伝送制御手順を実現するプログラムであり、システム・タスクの一つである。通信制御では、ネットワークの確立、終結、データの送受信を行なうために、次に示す 5 種類のマクロサービスを用意している。

### (1) LSEND

バッファの内容を送信し、これに対する肯定応答を確認する。

(2) LRECV

まず、肯定応答を送信し、これに対するテキストを受信する。

(3) LOPEN

END-S を送信し、これに対するテキストを受信することにより、モデムリンクを  
確立する。

(4) LCLOSE

モデムリンクを開放する。

(5) LNRCV

エラーチェックを行わない LRECV と同じ動作を行なう。

各マクロによる状態遷移を図 5.10 に示す。

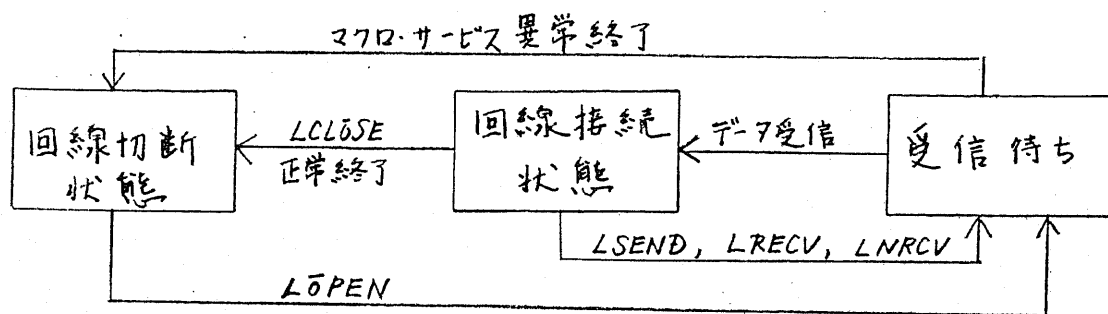


図 5.10 通信制御の各マクロによる状態遷移

#### 5.2.4 ファクシミリ出力制御

ファクシミリ出力制御は、画像データを RAM 上のバッファから FAXC を介して、ファクシミリ受信機に出力するためのもので、4つのマクロサービスからなり、次のようなパラータを与えることにより出力画像の画質を選択す

ることができる。

解像度 1走査線上の画素数

階調 画像当り、1, 2, 4ビットの選択を行なう。

### ▷ ファクシミリ出力制御マクロの動作

ファクシミリ出力制御マクロは、FAXCとDMAチャネルを制御して画像データを出力するためのもので、COMETに固有のマクロサービスである。

以下に4つのマクロサービスの機能と実行タイミングについて述べる。

#### (1) XINIT

解像度を決定するFRT信号を発生しているプログラマブル・タイマ(PZ53)のセット、ファクシミリ装置の起動状態の確認等の画像出力に関するハードウェアの初期化を行なう。

#### (2) XOUTL

画像データが格納されているバッファの内容を4(ビット/画素)のFAXCへの出力形式に変換して、ファクシミリ出力用バッファに転送し、その内容のDMA転送による出力をファクシミリ装置からの位相パルスの立ち上がりによる割り込みに同期して開始する。

#### (3) XOUTC

XOUTLとほぼ同様の機能を持つ。但し、データ出力は、前のマクロによって起動されたDMA転送の終了に同期して開始する。

#### (4) XOEND

画像出力終了時の後処理を行なう。



ファクシミリ出力用のバッファ長が128バイト(256画素分)であるため、走査線当り256画素以上の画像データの出力を行なう場合には、XOUTLマクロの次に、XOUTCマクロを用いる。図5.11にXOUTL, XOUTCと走査線上の出力データのタイムチャートを示す。この図において、DMA転送終了は、FAXCの40バイトのFIFOにより、実際の画像データのファクシミリ出力終了時より早くなる。この間を利用して、XOUTCによるDMA転送を起動する。なお、図5.12に、ファクシミリ出力制御における状態遷移を示す。

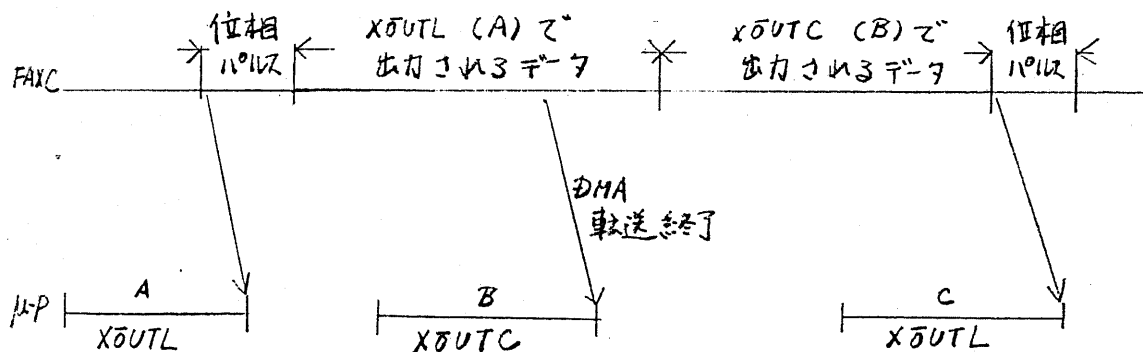


図5.11 XOUTL, XOUTC のタイムチャート

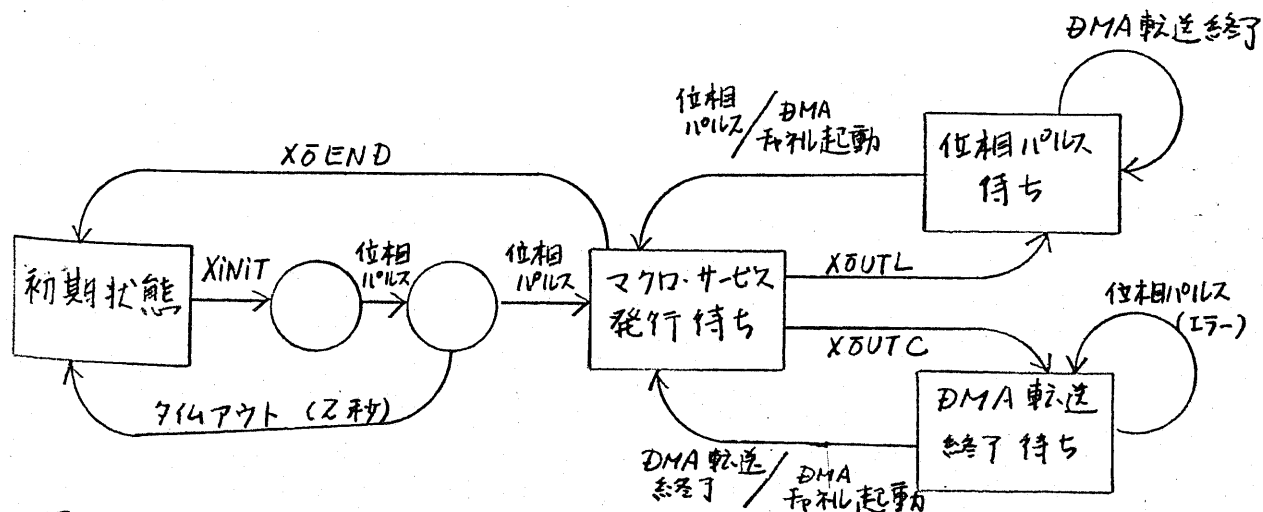


図5.12 ファクシミリ出力制御の状態遷移

## 5.2.5 Disket 入出力制御

COMET では、画像情報の速度変換用バッファメモリとして Disket を用いているが、通常のディスクファイルと異なる点は、フロッピー装置の各走直線に同期して画像データを出力する必要から、読み出し時に高速アクセスが要求される点である。このためファイルは順編成とし、図 5.13 に示すように、データは隣接するトラックへ順に書き込む方法により、高速アクセスに悪影響をおよぼすヘッドのトラック間移動量を最小化している。この方法によれば、Disket はセクタ当り 256 バイト、トラック当り 15 セクタの構成なので、ヘッドのトラック間移動量  $m_H$  は、15 セクタ毎に 1 トラックであり  $m_H = 1/15$  である。したがって式 (5.1.4) より、1 走直線当り約 400 バイト (= 800 画素分のデータ) の読み出しが可能である。

上記の Disket 上のファイルの入出力制御を行なうために、Disket 入出力制御では、次のマクロサセスを用意している。

OPEN

ファイルのオープンと Disket のヘッドの初期設定

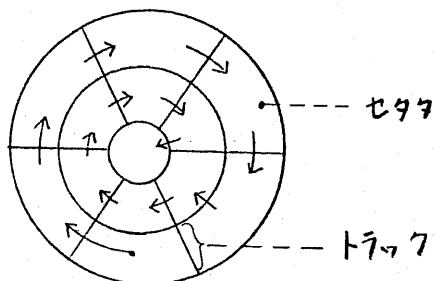


図 5.13 Disket 上の各セクタの入出力順序

INPUT SECTOR

図5.13の順番で1セクタづつ読み出す。

OUTPUT SECTOR

図5.13の順番で1セクタづつ書き込む

CLOSE

OUTPUT SECTORによるファイル作成の後処理

DELETE

ファイルの消去

に比べて、マクロの発行順序は、書き込み時は、

OPEN → OUTPUT SECTOR → … → OUTPUT SECTOR → CLOSE

読み出し時には、

OPEN → INPUT SECTOR → … → INPUT SECTOR → (DELETE)

の順でなければならぬ。なお、DELETEは、必要なら行なう。

### 5.3 端末システムのエーザインタフェース

端末システムにおけるエーザインタフェースの主要な機能は、複合情報通信プロトコルの実現、画像情報受信と Disket への書き込みの同期、Disket からの読み出しとファクシミリ出力の同期、エーザとのマニマシジョンインタフェースの実現である。これらは、通信管理と画像出力管理の二つのモジュールによって実行される。以下で、この二つのモジュールおよびマニマシジョンインタフェースについて説明する。

#### 5.3.1 通信管理

通信管理は、通信に属する最上位モジュールであり、その仕事は、通信制御のマクロによるセンターとの通信と受信した情報を識別し、符号情報のキーボード・ディスプレイへの出力、画像情報の Disket ファイルへの出力を、Disket 入出力制御により行なうことである。よく詳しくは、以下の機能を持つ。

- (1) 通信制御の上位に位置し、データの送受信のタイミングを制御する。
- (2) 複合情報の識別分離制御 (複合情報通信プロトコル レベル 4)
- (3) 画像情報属性の識別および処理 ( " レベル 5)
- (4) 端末制御情報に従った端末の動作制御 ( " レベル 6)
- (5) 画像情報受信時における Disket ファイルへの出力管理
- (6) エラー処理

以上の機能を実現する通信管理は、キーボードからのコマンド投入で起動されるエーザタスの一つとして定義され、その動作は、次の4つに大別される。

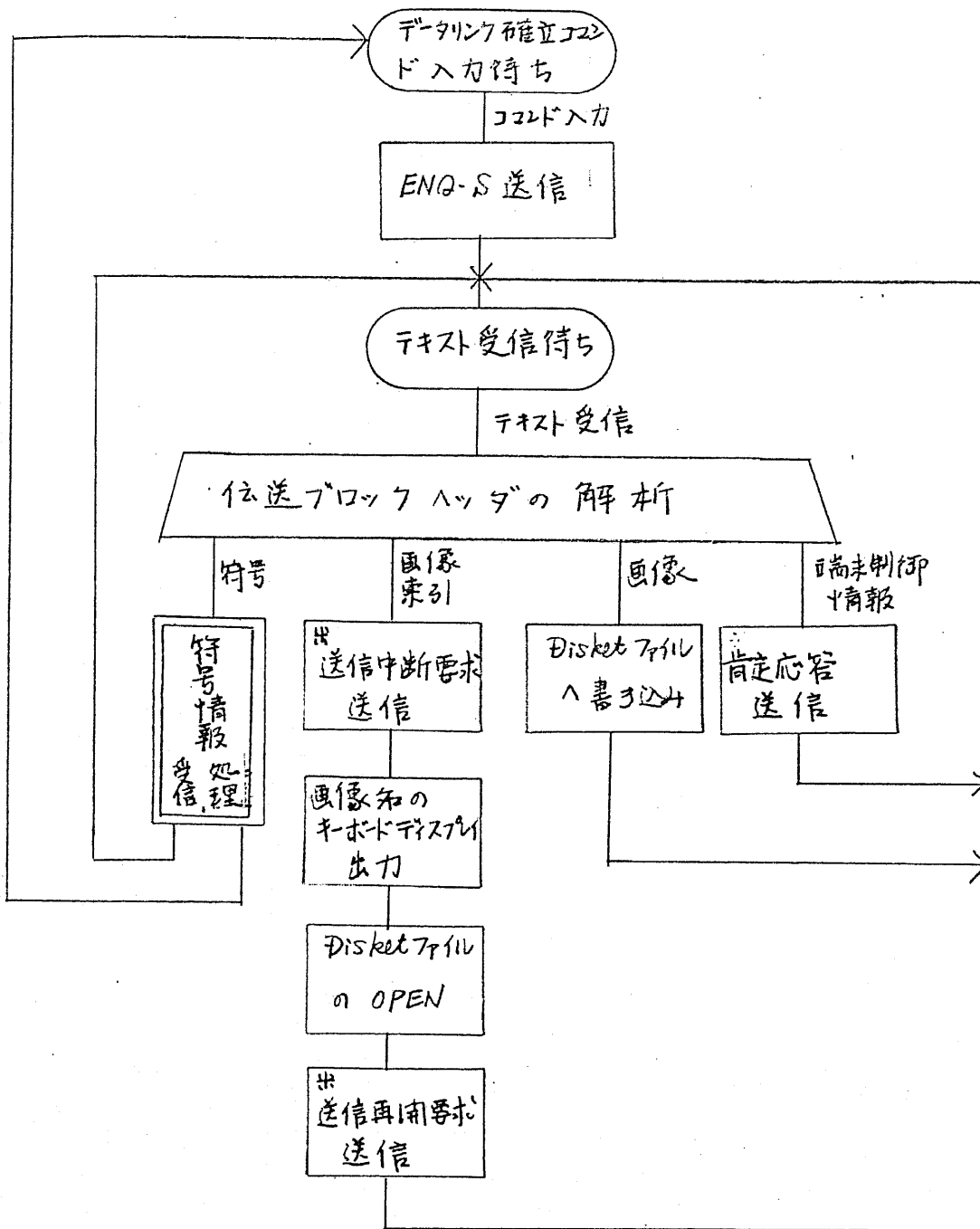
- (1) テーミングの確立
- (2) 符号情報（キーボード入出力メッセージ）の受信およびキーボード出力
- (3) 符号情報のキーボードからの入力および送信
- (4) 画像および画像索引の受信および Disket ファイルへの書き込み。

この処理は、ダブルバッファリングを行なって効率を上げている。

以上の処理がキーボード入力および受信伝送ブロックの伝送ブロックハンドラの解析により適宜選択されて実行される。これらの動作の関連をフローチャートの形で、図5.14に示す。図5.14(b)は、図5.14(a)の符号受信処理の部分を詳細に説明したものである。このフローチャートに含まれていないエラー処理関係について次に説明する。通信管理内で検出されるエラーは、次のものである。

- (i) Disket ファイルの入出力エラー
- (ii) 通信制御により検出されたエラー
- (iii) 複合情報通信プロトコルのエラー
- (iv) 画像情報のエラー（不当な画像および画像索引情報、画像索引情報に書かれた画像の属性と、実際に伝送された画像情報の属性の不一致等。）

これらのエラーが発生すると、その旨がキーボードに出力され、さらに次のような



※：端末制御情報

：図5.14(b)に詳細説明

図5.14 (a) 通信管理のフローチャート - (1)

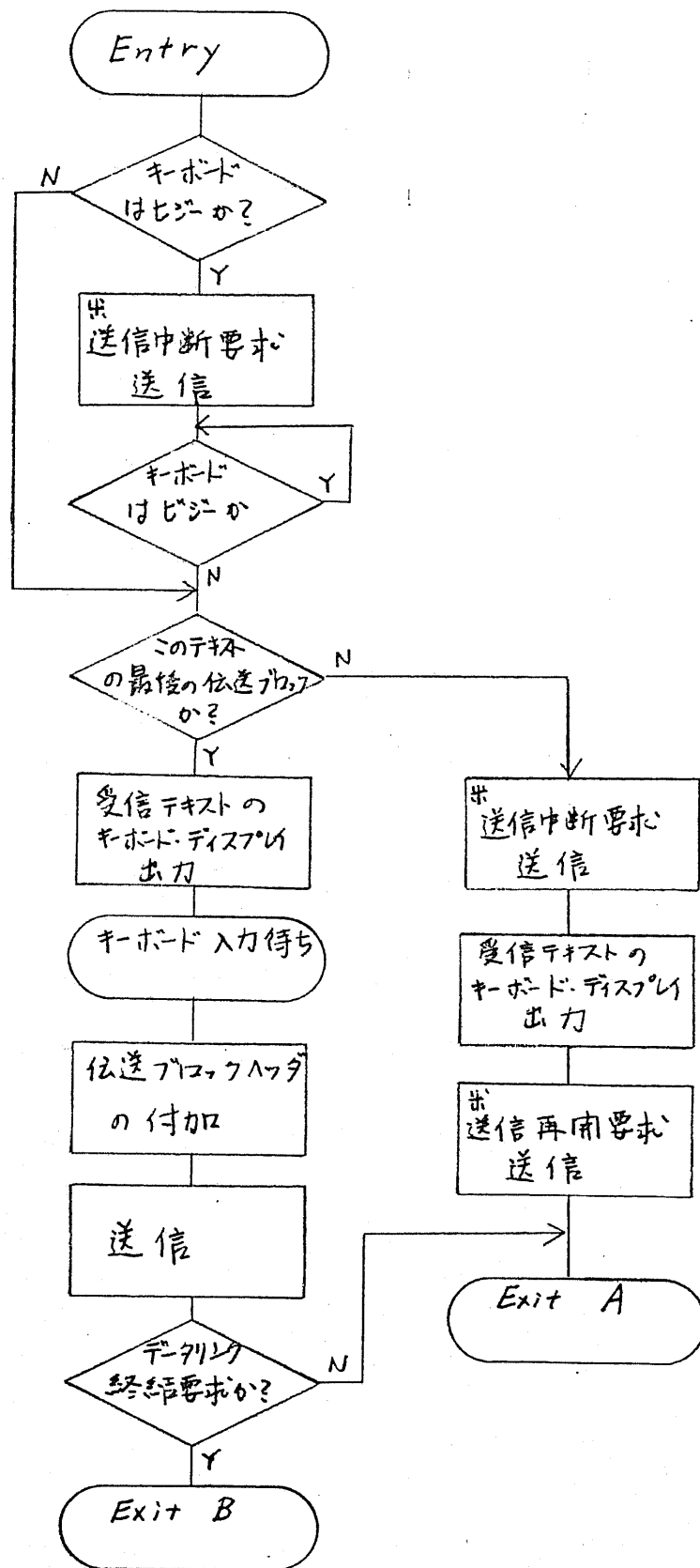


図5.14 (b) 通信管理のフローチャート - (2)

処理が行なわれる。

Disket ファイルの入出力エラーの場合

送信中断要求をセンターに送信し、オペレータが介入してエラー回復等の処理を行なった後、エラーが回復できれば送信再開要求、エラー回復不能なら送信中止要求をセンターに送信する。

その他のエラーの場合

センター側のエラー、なにより、通信関係ハードウェアのエラーと考えられるから強制的にデータリンクを切断する。

### 5.3.2 画像出力管理

画像出力管理は、ファクシミリ出力制御、Disket 入出力制御のノウハウを同期をとって実行することにより、Disket に格納されている画像データをファクシミリに出力するプログラムであり、キーボードからのコマンド投入で起動されるユーザタスクの一つである。通信管理と同様に、このプログラムもダブルバッファリング方式により円滑な動作を実現している。このプログラムのフローチャートを図5.15に示す。以下に図中の(1)~(9)の処理について説明する。

- (1) 画像出力コマンドが入力されると、画像ファイルの OPEN に必要なパラメータをとり込み、画像ファイルを開く。
- (2) 次に、ファイルの先頭セクタを読み出す。このセクタには、画像名を含めた、画像索引情報が格納されている。ダブルバッファリングを行なって



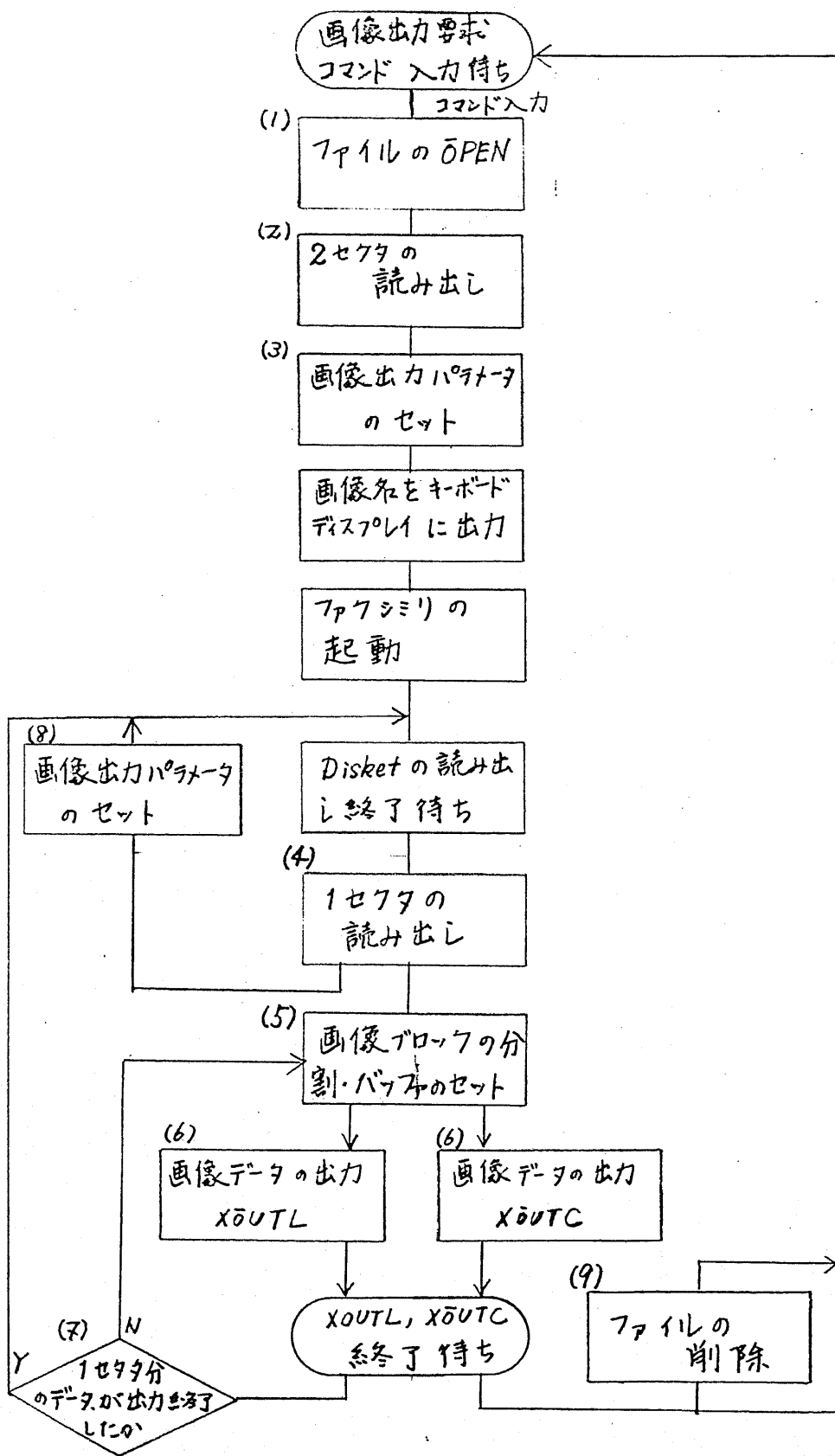


図4.15 画像出力管理のフローチャート

るので、このセクタの読み出し終了とともに、次のセクタの読み出しを開始する。

(3) 読み出された画像索引より、画像名をキーボードに出力し、画像出力に必要なパラメータを取り出して、ファクシミリを起動する。(ファクシミリの起動をオペレータに要求する。)

(4) ファクシミリの起動および1セクタの読み出しが終了すると、次のセクタの読み出しを開始する。

(5) それと同時に、読み出された画像データをファクシミリへ出力するが、ファクシミリ出力制御の項で記述したように、1走査線当たりの画素数が256を超える場合には、1走査線当りの画像データをいくつかのブロックに分割して出力しなければならない。

(6) その際、分割された画像ブロックの最初のブロックは、XOUTL マクロによって出力され、2番目以降のブロックは、XOUTC マクロによって出力される。1個のブロックの出力終了後、まだバッファにブロックが残っている場合には、同じ手順で出力される。

(7) その結果、バッファ内のブロックを全て出力し終ると、Disket のファイルの1セクタ読み出し待ちになる。読み出しがすでに終了していれば(5)へ戻る。

(8) 1枚の画像が複数のテキストからなる場合には、画像出力の途中で画像索引が読み出されるが、これに対しては、パラメータの変更があれば、再設定し、読み出し終了待ちへ戻る。

(b) ファイルの最終セクタの読み出しに対しては、次のセクタの読み出しは行われず、また最後の画像ブロックの出力を完了すると、必要ならば、そのファイルを削除し、画像出力コマンドは終了し、コマンド入力待ちに戻る。

### 5.3.3 ユーザコマンドとシステム動作

前節までに述べてきたユーザインタフェースを実現するユーザタスクは、キーボードからの式(5.2.1)の形式のユーザコマンドの投入により制御される。これらのユーザコマンドは、端末オペレータであるところの本システムのユーザとのマンマシン・インタフェースにあたる部分である。以下に、各コマンドおよびその機能、発行シケンス等について述べる。

#### ▷ 通信関係コマンド

##### (1) HELLO

通信管理を起動して、ENQ-Sを送信して、センターとのデータリンクを確立する。サービス開始メッセージを受信し、キーボードディスプレイ出力した後は、キーボード入力待ちになる。

##### (2) BYE

センターに /BYE コマンドを送信し、データリンクの切断を要求する。サービス終了メッセージを受信後、データリンクは解放状態になる。

##### (3) BREAK

テキスト受信の最中に、障害等の理由でテキスト送信の中断を要求

す。このコマンドが投入されると、セクターには、送信中断要求の端末制御情報が送出される。

#### (4) RESTART

BREAK コマンドにより中断されたテキスト受信を再開して継続することを要求する。セクターには、送信再開要求の端末制御情報が送出される。

#### (5) RESEND

BREAK コマンドにより中断されたテキストを改めて最初から受信することを要求する。セクターには、再送要求の端末制御情報が送出される。

#### (6) STOP

テキスト受信中にこのテキストが不要あるいはエラー等により受信不可能となった場合に、このテキストの受信を強制終了する。セクターには、送信中止要求の端末制御情報が送出される。

以上の6個のコマンドのうち、(3)~(6)は、連続して長大なテキストを受信する画像受信時における端末状態の変化（例えば、Disketのホバフロー）に適応するためのものである。図5.16に、これらのコマンドの発行による端末状態の遷移を示す。この図の発行条件に適合しないコマンドが投入されるとエラーとみなされ、その旨が SYNTAX ERROR としてキーボードディスプレイに出力される。

▷ 画像出力関係のコマンド

#### (7) FAX OUT

受信した画像情報の画像名を入力してこれに対応する Disket  
 ファイルを OPEN する。次にファクシミリ受信機の起動をオペレータに促し、  
 その起動を待って、画像情報を Disket ファイルから読み出して、ファクシミリ  
 に出力する。図 5.15 の画像出力要求コマンドに相当するものである。

### (8) DSTOP

FAXOUT コマンドにより出力されている画像が不要であったり、あるいは、  
 ホドウェアの障害が発生した場合に、このコマンドにより、画像出力を強  
 制的に終了させる。

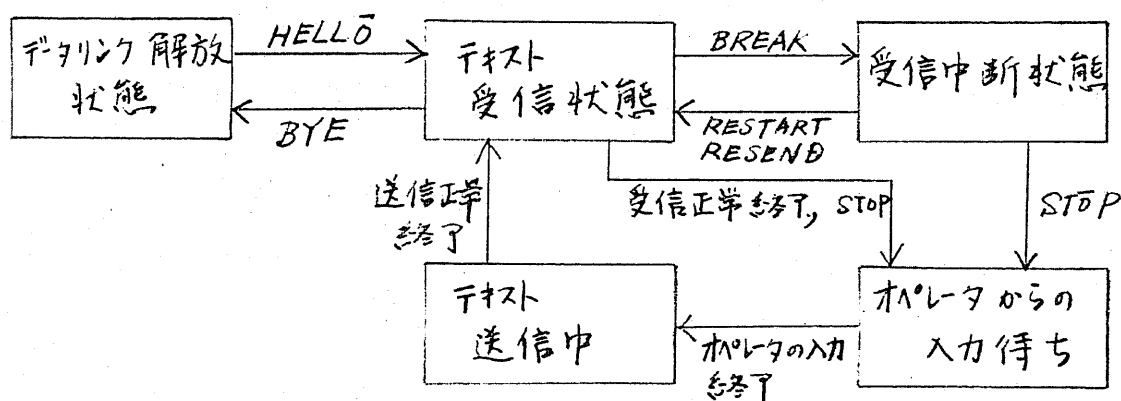


図 5.16 コマンドによる端末の状態遷移

## 6. 実験システムにおける 実験結果 および 評価

---

4章と5章で実験システムのセンターと端末の構成について説明した。本章では、実験システムで行なった実験の結果およびその評価を述べる。具体的には、6.1で述べるリモートアクセス実験、6.2で述べる画像の帯域圧縮符号化伝送実験、6.3で述べる端末処理能力の測定である。これから、システムの総合的な評価を導く。

---

## 6.1 実験システムにおけるリモートアクセス実験

試作した実験システムの動作の確認、能力の評価のために端末からセンターの画像ファイルを検索し、端末へ画像伝送、受信、出力という画像データベースにおける典型的なリモートアクセスの実験を行なった。実験システムでのリモートアクセスの手順および実験結果について述べる。

### 6.1.1 リモートアクセスの手順

リモートアクセスの実験を行なうためには、4.3節ならびに5.3節で述べたセンターと端末に対するユーザコマンドを端末キーボードから適当な順序で入力する。本節では、実験システムを用いてリモートアクセスを実行するための端末キーボードからのコマンドの入力手順について説明する。

#### (1) 画像ファイルの検索および画像受信のコマンド・シーケンス

端末からのテータリンク確立、汎用データベース検索、画像ファイル検索、画像受信、テータリンク終結の動作のためのコマンド・シーケンスを以下に示す。但し、ここでは便宜的に、左端のマーク T. は端末システム制御コマンド、C. はセンターのユーザインタフェースへのコマンド、M. はセンターから送信されるキーボードディスプレイ出力メッセージ、MT. は端末で発生したメッセージを示し、また下線部は、キーボードディスプレイ出力された部分を示すことにする。また、ESC コードは、\$として表わす。

T.        \$HELL0

①

M.	<u>* WELCŌM TŌ PICTURE DATABASE *</u>	} ①
C.	/DATA BASE	} ②
M.	(汎用データベースの検索結果)	
C.	/SEND Picture name	
MT.	<u>NŌW RECEIVING FOLLOWING PICTURE</u> <u>Picture name</u>	} ④
M.	<u>* PICTURE END *</u>	} ⑤
T.	\$BYE	} ⑥
M.	<u>* GOOD BYE *</u>	

- ① 通信管理が起動されデータリンクが確立する。
- ② 汎用データベース検索
- ③ 画像送信要求, Picture name は、マイクフィジックの場合は物理アドレス, 磁気テープの場合は画像名
- ④ 画像受信開始
- ⑤ ' 終了
- ⑥ データリンク 終結。 (6.1.1)

複数枚の画像を受信する場合は、⑤の後③へ戻ればよい。

(2) 画像受信中に回復可能な障害が発生した場合の

コマンド・シーケンス

この場合は、(1)の③④⑤にあたる部分のシーケンスだけを記す。

C.	/SEND Picture name	} ①
MT.	<u>NŌW RECEIVING FOLLOWING PICTURE</u> <u>Picture name</u>	
	(障害発生)	} ③
T.	\$BREAK	
MT.	<u>NŌW WAITING</u>	



(障害回復)

T. \$RESTART   あるいは  \$RESEND  
M. \* PICTURE END \*

} ④  
} ⑤

③ 送信中断要求

④ \$RESTART   なら 送信再開要求  
\$RESEND    なら 画像テキストの再送要求

(6.1.2)

(3) 画像受信中に回復不可能な障害が発生した場合の

コマンド・シーケンス

C. / SEND   Picture name  
MT. NOW RECEIVING FOLLOWING PICTURE  
      Picture name

} ①  
} ②

(障害発生)

T. \$BREAK  
MT. NOW WAITING

} ③

(障害回復不可能が判明)

T. \$STOP  
M. \* PICTURE END \*

} ④

③ 送信中断要求

④ 送信中止要求

(6.1.3)

(4) 受信した画像のファクシミリ出力を行なう場合の

コマンド・シーケンス

T. \$FAXOUT  
MT. TYPE IN PICTURE NAME  
      Picture name

} ①

MT. FROM NOW FAXOUT FOLLOWING PICTURE } ②  
Picture name  
 MT. START FAX

(ファクシミリ装置の起動)

MT. DO YOU DELETE THIS FILE? } ③  
 T. Y おひい N  
 MT. END OF FAXOUT

- ① 画像出力管理起動, 出力画像名の入力
- ② ファクシミリ装置の起動を要求。起動後、画像出力開始
- ③ 画像出力終了。今出力を終了した Disket 7枚を消去するか否かを問う。Yなら消去、Nなら消去せず

(6.1.4)

このシーケンスにおいて、画像出力を中断する場合は、②と③の間で \$DSTOP をキーボードから入力すればよい。

以上が、実験システムでインプリメントしたユーザコマンドの主要な使用例である。

## 6.1.2 実験結果 および評価

実験は、(1) 端末のファクシミリ出力画像の画質の検討、(2) センターにおいては標準画像を用いた伝送、出力を行なう、センターおよび端末の通信関係のハードウェア、ソフトウェアの動作確認 (3) センターにおいてマイクロプロセッサから入力した画像を伝送、出力する。システム全体としての動作の確認 および評価を行なう 3段階に分かれる。

(1) 端末のみによる画像出力

ファクシミリ受信機における階調性表現を調べるために、COMET  
 において、出力可能な16レベルを濃淡の順に出力した結果を図6.1に  
 示す。これによれば、画素当り4ビット(=16レベル)の階調性は十分  
 得られていることがわかる。一方、解像度を調べるために、走査線当  
 り最大480画素の細かさで白黒を交互に出力した画像を図6.2  
 に示す。この程度の解像度までは肉眼で確認できるが、放電破  
 壊記録方式のため、かなり雑音がのっていることがわかった。

## (2) 標準画像の伝送実験

この実験は、センター、端末のシステムとしての動作確認および画  
 像入力系を除いた伝送、出力における画質の評価のために行なった。  
 この実験のため、センター側のシステムは、(i) 計算機内で発生した簡単な  
 パターン、(ii) 磁気テープベースのユーザインタフェースの2種類で実験を行な  
 った。また、センターと端末のモデム間は、10m程度のペアケーブルで接続  
 した。

計算機内で発生したパターンを伝送し、ファクシミリ出力した結果を  
 図6.3に示した。この画像は、白黒2値で、解像度は、 $64 \times 100$   
 (画素)である。(副走査方向は、同じ画像データを4回繰り返して出  
 力している。) この実験により、センターと端末の正常な動作が確認  
 された。

次に、磁気テープベースの標準画像データベースを用いた伝送、出力  
 実験を行なった。この実験では、次の2種類の画質の画像を用いた。

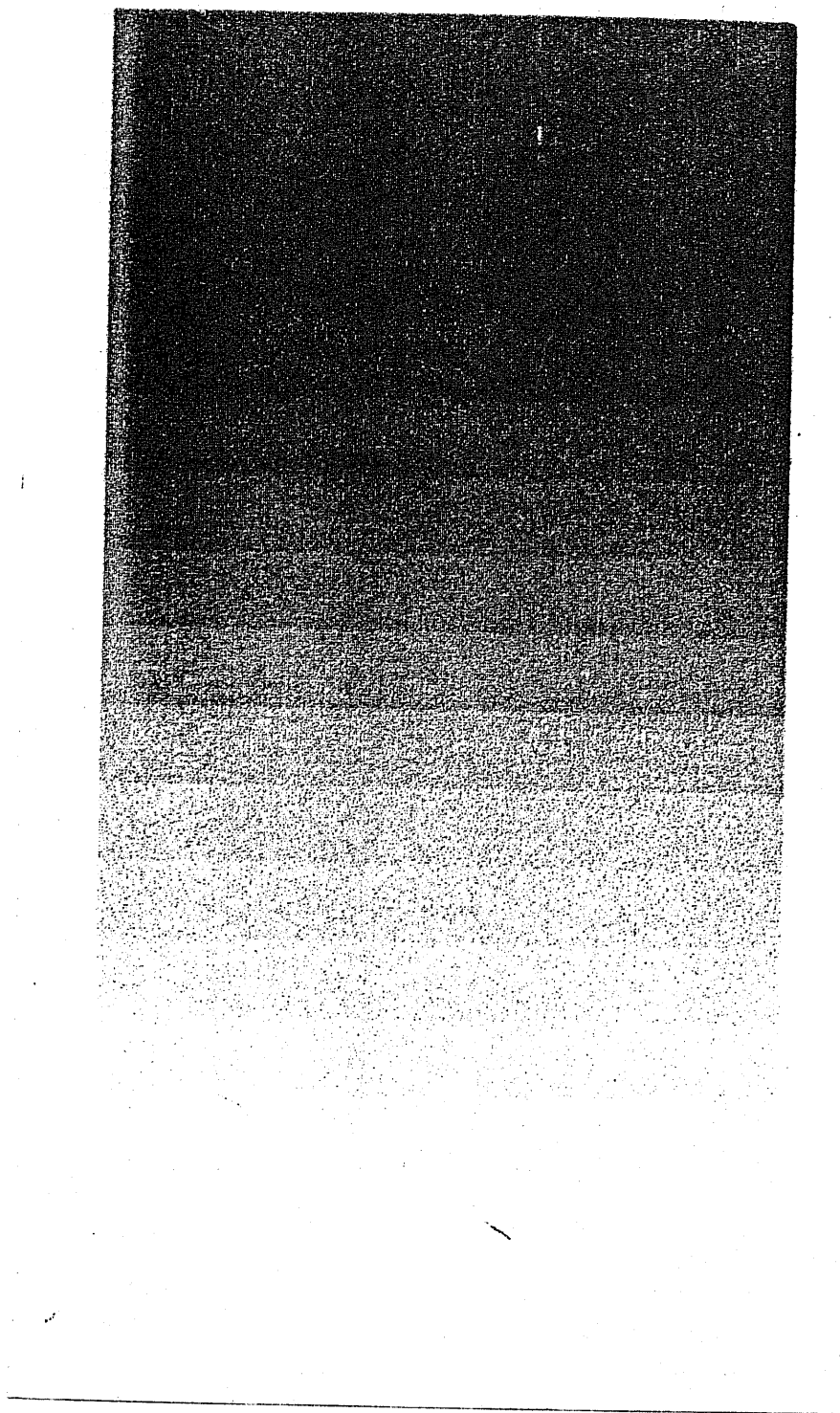


図6.1 端末ファクシリの階調性 (16レベル)

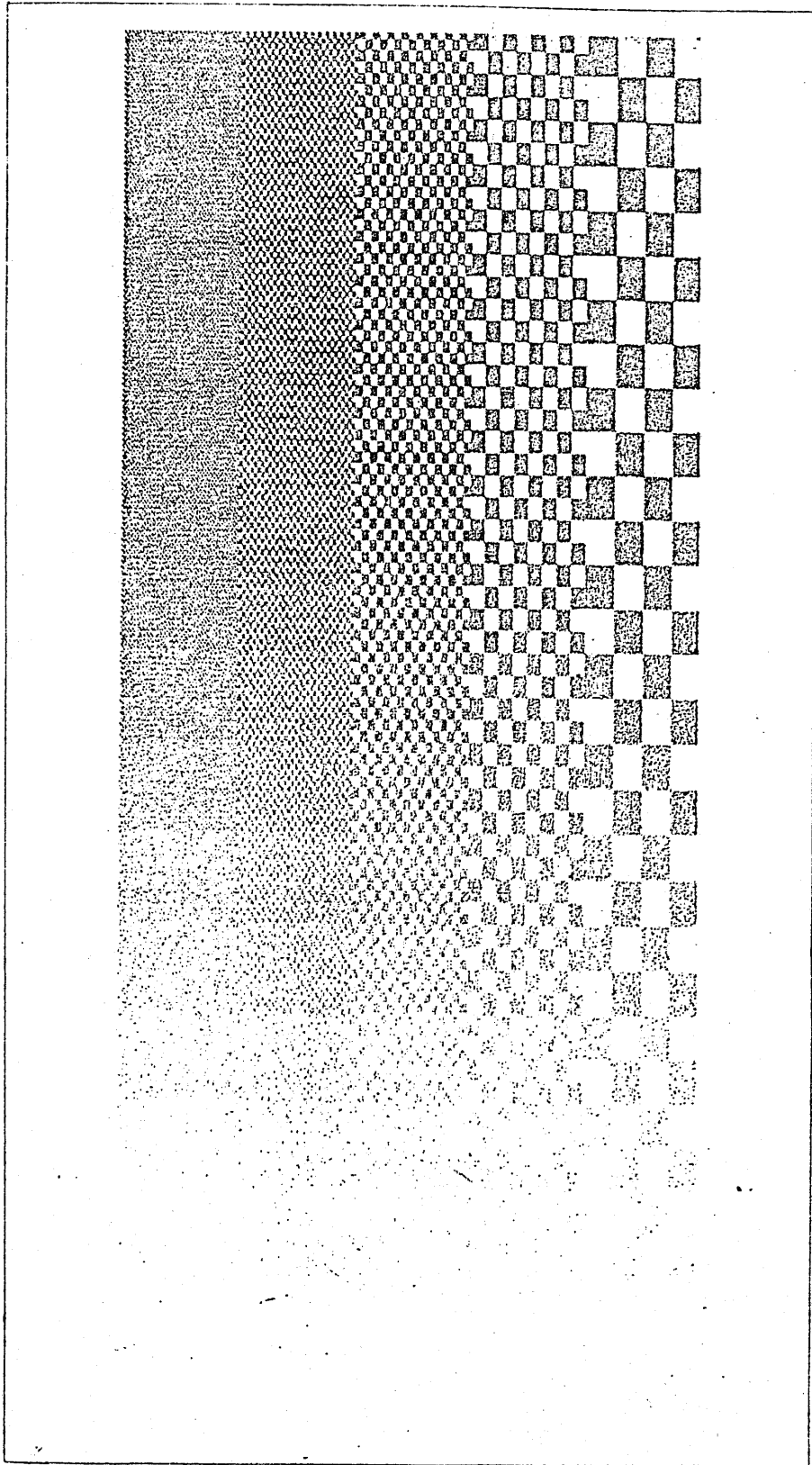


図 6.2 | 端末ファクシミリ の 解像度

a. 解像度  $256 \times 256$  (画素) 4 (ビット/画素)

b. 解像度  $480 \times 512$  (画素) 4 (ビット/画素)

a. の画像を図 6.4 に、b. の画像を図 6.5 に示す。これとみ  
ると、ファクシミリ記録方式の性質から、かなり雑音のある画像となっ  
てゐることがわかる。逆にいえば、ファクシミリ装置で得られる画質とし  
ては、かなり満足できるものであるといえよう。また、a は b に比べて、かな  
り粗い画像であることもわかる。次にこれらの画像の伝送にかかった時  
間(画像伝送時間:  $T$ ) について述べる。

a. の場合の画像伝送時間  $T$  の実測値 140 秒

b. の場合の画像伝送時間  $T$  の実測値 535 秒 (6.1.5)

$T$  の値は、伝送制御手順から次のようにして計算できる。

$$1 \text{ 伝送ブロックの送信時間 } t_b = \frac{(\text{伝送ブロック内の情報量}) + (\text{制御情報量})}{(\text{伝送速度})}$$

$$\text{伝送ブロック内の情報量} = (\text{伝送ブロック長}) \times (1 + (2 \text{ 重 DLE の増加分})) \quad (6.1.6)$$

2 重 DLE の増加分は、画像データ中に DLE と同じパターン (A ビット) が  
現われる確率であるから  $2^{-8}$  とみられる。一方、制御情報は、次の 10 バ  
イトである。

P A D	S Y N	S Y N	S Y N	D L E	S T X	伝送ブロック内の情報	D L E	E T X 0,1	B C C	B C C	(6.1.7)
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	------------	-------------	--------------------	-------------	-------------	---------

よって

$$t_b = \frac{(256 \cdot (1 + 2^{-8}) + 10) \text{ (バイト)}}{2400 \text{ (bps)}} = 0.89 \text{ (sec)} \quad (6.1.8)$$

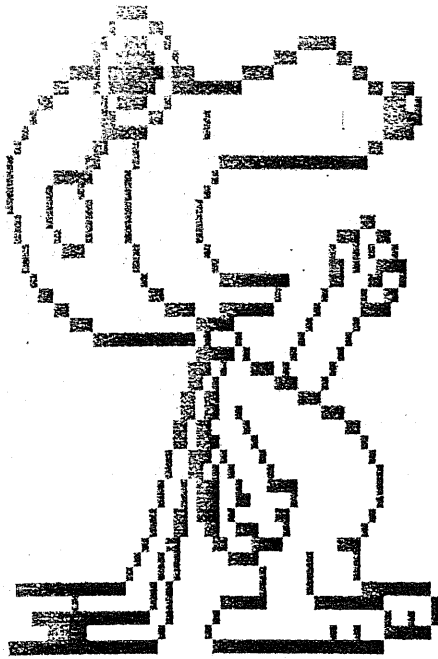


図 6.3 計算機内で発生した二値パターン  
の端末ファクシミリ出力結果

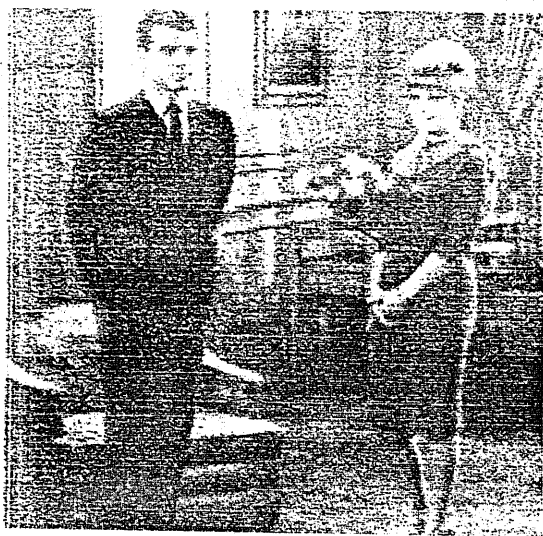


図 6.4 MTの標準画像の伝送および端末ファクシミリ  
出力結果 - (1)

256 × 256 (画素) 4 (ビット/画素)



図6.4 MTの標準画像の伝送および端末ファクシミリ出力結果-(2)  
256×256 (画素) 4 (ビット/画素)



図6.5 MTの標準画像の伝送および端末ファクシミリ出力結果-(3)  
480×512 (画素) 4 (ビット/画素)



$$\text{肯定応答送信時間 } t_a = \frac{\text{(肯定応答制御情報量)}}{\text{(伝送速度)}} \quad (6.1.9)$$

肯定応答は次の6バイトである。

$$\begin{array}{cccccc} D & S & S & S & D & A \\ A & Y & Y & Y & E & C \\ 1 & N & N & N & & K \end{array} \quad (6.1.10)$$

したがって、

$$t_a = \frac{6 \text{ (バイト)}}{2400 \text{ (bps)}} = 0.02 \text{ (sec)} \quad (6.1.11)$$

モデムの伝送方向反転時間  $t_c \doteq 100 \text{ (ms)}$

したがって、1ブロックの誤りのない伝送時間  $t$  は、

$$t = t_a + t_b + 2t_c = 1.11 \text{ (sec)}$$

a. の画質の場合、

伝送ブロックに2走査線分の画像情報が入るので、伝送ブロック数は

128である。したがって、 $T = 128 \cdot t = 142.08 \text{ (sec)}$

となり、実測値とほぼ一致している。誤差の原因としては、モデムの伝送方向反転時間が考えられる。

b. の画質の場合

伝送ブロックに1走査線分の画像情報が入るので、伝送ブロック数は

480である。したがって、 $T = 480 \cdot t = 532.8 \text{ (sec)}$

となり、実測値とほぼ一致している。

### (3) マイクロフィッシュの検索および伝送出力実験

実験システムを現実ユーザが利用する場合の動作を実験した。

これは、前節の(1)と(4)の動作を組み合わせたものであり、センター側では

マイクロフィッシュに蓄積された画像を端末から検索し、伝送出力する実験である。マイクロフィッシュ化された画像情報としては、

- (i) 考古学的にも意義があり、典型的なパターン情報である奈良時代に製作された平城宮跡出土の古代瓦の拓本の文様
- (ii) 文献情報への適用を展望した文字とパターンを含む雑誌の表紙、である。

各々の検索、伝送、ファクシミリ出力された結果の画像を図6.6、図6.7に示す。この画像の画質は、解像度  $480 \times 512$  (画素)、4 (ビット/画素) である。この結果を見ると次の問題点がわかる。

▷ 画像に黒っぽい部分があるが、これはマイクロフィッシュにおける光学系の照射ムラのためであり、現実のシステムでは、より高精度な光学系を導入する必要がある。

▷ 図6.6 における瓦のパターンであれば、実験システムの解像度でほぼ問題ないが、図6.7 からわかるように細かい文字と出力する場合には実験システムの解像度では不足している。解像度の低下は主としてテレビカメラを用いた光電変換系に起因する。現実にはテレビジョン画像では、細かい文字の表現には解像度が不足している。よって、この欠点を改善するためには、次のような入力光電変換装置の導入が必要である。

高解像度テレビカメラ、マイクロフィッシュ用 FSS

高品質 (高解像度、階調性、周辺部の歪がないこと) の画像を得るためには、FSS が理想的だが、市販されたものは、まだない。

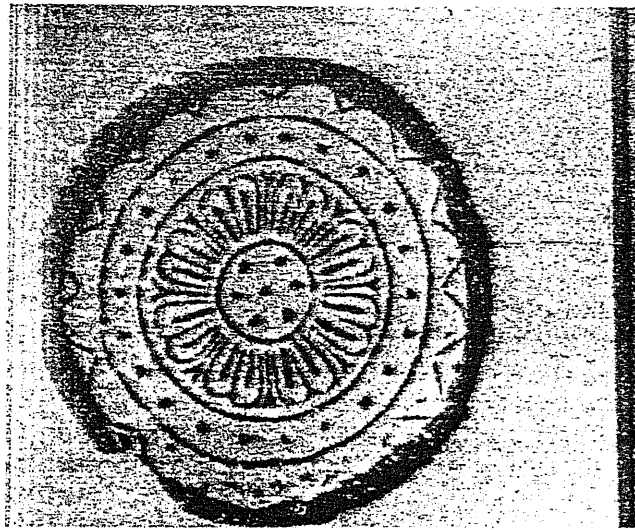


図 6.6 マイクロフィッシュから入力し端末ファクシミリ出力した画像  
 - (1) 瓦の文様のパターン  
 480 x 512 (画素) 4 (ビット/画素)

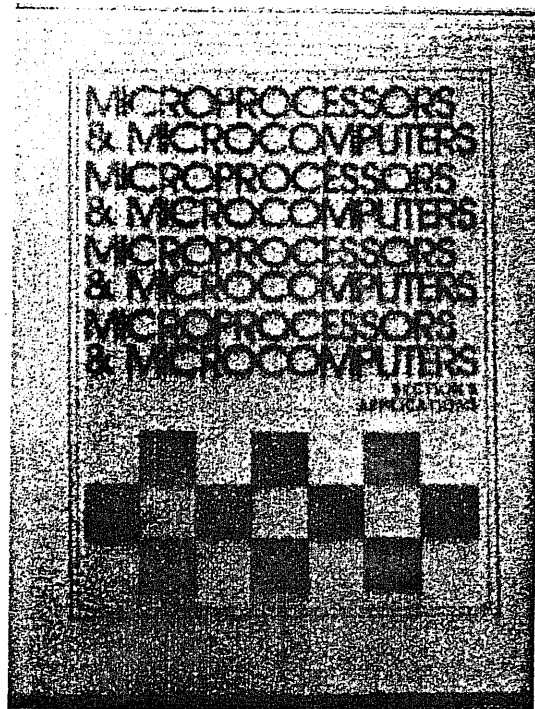


図 6.7 マイクロフィッシュから入力し端末ファクシミリ出力した画像  
 - (2) 雑誌の表紙  
 480 x 512 (画素) 4 (ビット/画素)

マイクロフィッシュがこのようなシステムで使用されるためには画質劣化の少ないマイクロフィッシュ用の光電変換系が必要であることが明らかになった。

次に、マイクロフィッシュ検索装置から画像を検索、入力し、磁気ディスク上の通信バッファに書き込むまでの時間  $T_{MD}$  について検討する。この実験における  $T_{MD}$  の実測値は、約50 (秒) である。

$T_{MD}$  は、次のように計算できる。

$$T_{MD} = (\text{マイクロフィッシュ検索時間} = t_1) + (\text{テレビカメラ入力時間} = t_2) \\ + (\text{計算機内の処理および磁気ディスクへの書き込み時間} = t_3) \\ \quad \quad \quad (6.1.12)$$

装置の仕様から、 $t_1 \approx 5$  (sec)  $t_2 = 1/30$  (sec)

$t_3$  は、次のように計算する。ディスクへの書き込み単位は1走査線分 (=254 バイト) であり、ディスクのレコード長 (=512 バイト) と整合している。また、OSのディスク入出力制御が、入力情報をレコードにすき間なく書き込むから、ディスクへの書き込みの約半数は、2回のレコードアクセスを必要とする。さらに、セクタ OS におけるディスクへの書き込みは、ディスク全体のフェイン情報を読みとるために、一度読み込んでから書き込んでいるので、結局ディスクへのアクセス回数は、 $480 \times 2 \times 1.5 = 1440$  (回/画) となる。NEAC3200/70 のディスクの平均回転待ち時間は、12.5 (ms) だが、処理は簡単で、同一、ないし隣接するレコードの読み出し、書き込みが多いので、ディスクの入出力待ち時間はむしろ最大回転待ち時間で評価した方がよい近似である。さらに、フェインニングされたレコード毎に、ヘッド移動 (1トラック分 8ms) をともなうため、アクセス待ち時間は、

平均  $25 + 4 = 29$  (ms) である。したがって、

$$t_3 \approx 1440 \times 29 \text{ (ms)} \approx 42 \text{ (sec)}$$

以上の結果から、 $T_{MD} \approx 47$  (sec)

により、実測値にほぼ一致する。しかし、 $T_{MD}$  が相当大きく、この値は、OS 作成上の問題点である。この点に関しては、次のような改善が可能である。

- (1) ディスクへの入力単位をレコード長に一致させる。
  - (2) ファイル構成を工夫して、書き込み時の読み出し動作を省く。
- この点を改善すると、ディスクへのアクセス回数が実験システムの  $\frac{1}{6}$  の 240 回になり、また、回転待ち時間の平均化を考慮したファイルのレコード・フォーマットを行えば、

$$T_{MD} = 240 \times 12.5 \text{ (ms)} = 3 \text{ (sec)}$$

程度にまで改善できる。したがって、検索、入力および通信バッファへの書き込みは、実験システムにおいても 8 秒程度まで短縮できる。しかも、この点に関しては、主記憶の容量拡大、ディスクレコードのフォーマットの工夫（長いレコードを作り、アクセス回数を減らす。）等により、さらに改善が期待できるので、システム構成上の大きな問題点とはならないと考える。

以上の実験により、センタ、端末を含む全実験システムの正常な動作が確認された。また、実験システムの実用化に際しての種々の問題点が明らかになった。

## 6.2 帯域圧縮符号化伝送

### 6.2.1 帯域圧縮処理の組み込み

6.1 節で述べた実験では、画像情報は帯域圧縮されずに伝送されている。実験結果からわかるように、この場合は、画像伝送にかかる長時間を要し、ユーザに対するサービス基準として重要な応答性が悪く、改善の必要がある。したがって、帯域圧縮処理を施して伝送時間を短縮することが必要である。実験システムにおいて、これを導入する場合は、センター側に帯域圧縮符号化機能、端末側に復号化機能をインプリメントすることになる。ここでは、両機能をソフトウェアで実現して伝送実験を行った。

センター側でソフトウェアで帯域圧縮符号化処理を組み込むためには、4.3 節の図 4.28 に示す位置に符号化処理プログラムを挿入する。端末側でソフトウェアで復号処理を行う方法は 2 種類考えられる。第 1 の方法は、5.3 節の図 5.13 (a) の通信管理の画像の Disket ファイル出力の部分に復号処理を組み込む方法である。この場合は、復号された画像が Disket ファイルに書き込まれるので、他の部分の変更が不要で、復号処理を画像受信中のプロセッサの空き時間に行えるから、復号処理を行うための時間的損失が少なく効率的である。また、復号処理に時間がかかる場合でも、センターからの画像送信を適当に待たせればよい。第 2 の方法は、Disket には符号化された情報をそのまま

書き込み、FAXOUT コマンドによるファクシミリ出力時に復号処理を行  
 う方法である。この方法の長所は、Disket に多数の画像を蓄積  
 できることである。しかし、1走査線の画像情報の復号処理は、ファク  
 シリの1走査線の出力時間内に行う必要がある。このため、復号  
 処理に時間のかかる複雑な処理を行うことができない。したがって  
 実験システムでは、インプリメントの容易さを考慮して、制約条件の少ない  
 方法を用いることにした。

### 6.2.2 1bit DPCM 方式による実験

帯域圧縮符号化方式には、種々の方式が提案されているが、そ  
 のうちで最も簡単でかつインプリメントが容易である 1bit DPCM を実験シ  
 ステムにインプリメントして、帯域圧縮符号化伝送導入の可能性につ  
 いて検討した。1bit DPCM は、隣接画素の差分情報を 1ビットで  
 表わし、差分=0 が連続する場合には、0, 1 を交互に伝送する符  
 号化方式である。この方式は、1画素1ビットで伝送できる単純で  
 圧縮率の高い方式であるが、差分を1ビットで表わしているため画像の  
 エッジ部でオーバーロードノイズを生じ易く、画質はかなり劣化する。

実験システムでは、MTハースの  $256 \times 256$  (画素) の標準画像  
 の場合について帯域圧縮処理をインプリメントし、実験を行った。実  
 験センターシステムのユーザインタフェースに組み込んだ 1bit DPCM 符号化  
 処理のフローチャートを図 6.8 に示した。この図に示した部分は、4.3節

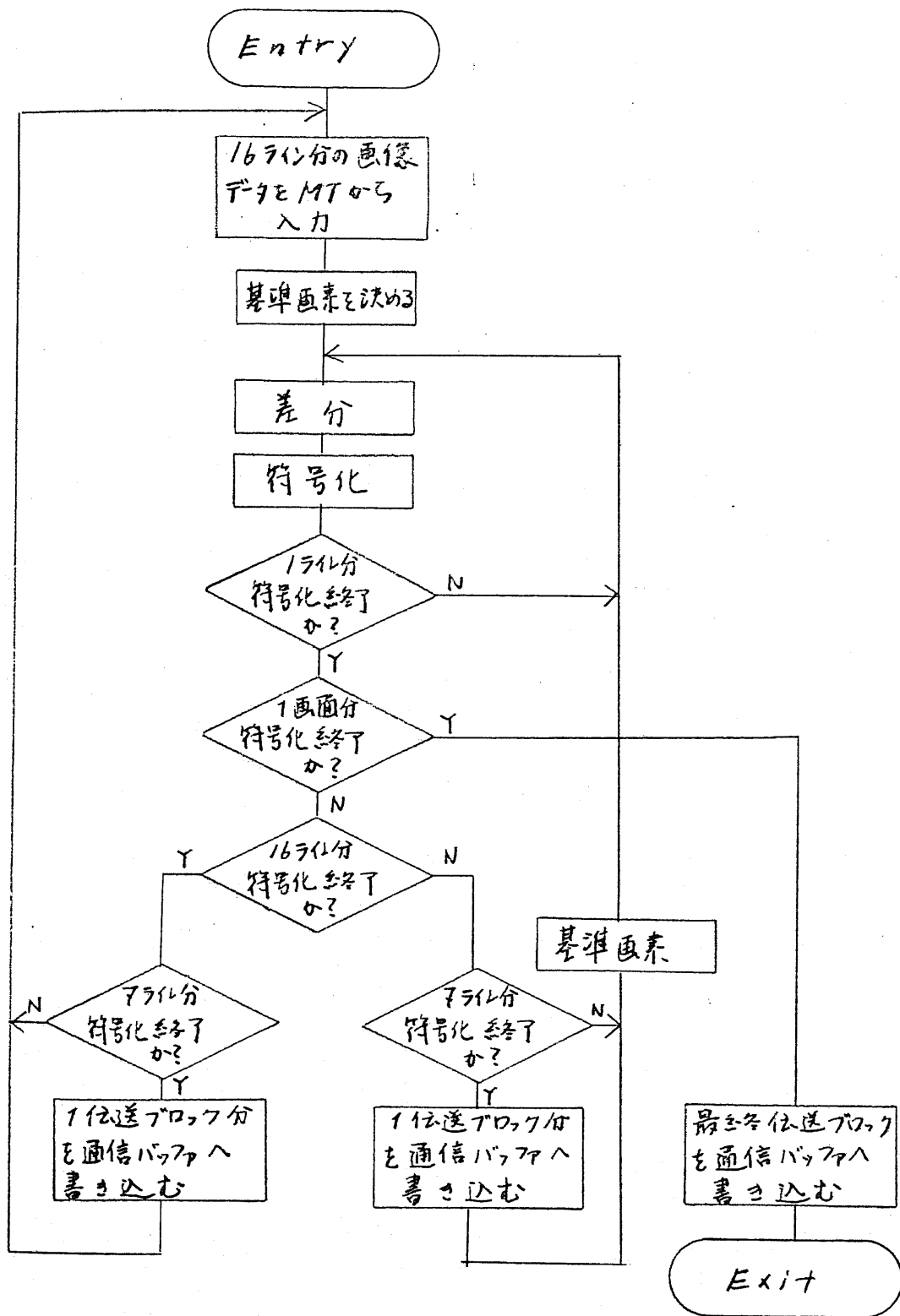


図 6. 8 実験センターシステム. 1bit DPCM 符号化処理フロー



図4.29のユーザインタフェース・フローチャートのうちの（フレームメモリから1ライン  
 出力）から（1画面分の通信バッファへの格納のチェック）までの部分に置き  
 代ることになる。このフローチャートから明らかのように、この1bit DPCMで  
 は、伝送ブロック当たり7走査線分の画像情報が入るので、圧縮率は、  
 3.5である。端末側における復号処理は、図6.9のフローチャートに示す。  
 この処理は、前述のように通信管理のDisketファイルへの書き込みの部分と  
 置き代る。以上に述べた方式による帯域圧縮符号化伝送、ファクシミリ  
 出力の実験結果を図6.10に示した。ホバノイズによるかなりの  
 画質劣化が見られる。この画質劣化は、4 (ビット/要素) でそのまま伝送し  
 た場合に比べて、S/Nで7.53 dBの劣化である。したがって、実用シ  
 ステムでは、より高性能な符号化方式の導入が必要である。しかし、この  
 実験により、このようなシステムにおける帯域圧縮符号化伝送の原理的  
 可能性が証明された。一方、画像伝送時間は、約42秒である。  
 この値は、圧縮率3.5、および4 (ビット/要素) の時の伝送時間140  
 秒から計算される1bit DPCMの画像伝送時間 =  $140/3.5 = 40$  秒  
 にほぼ一致している。つまり、復号処理による伝送待ち合せは生じてい  
 ないことがわかる。帯域圧縮処理のソフトウェアでのインプリメントに関する  
 問題は、6.3節で詳述する。

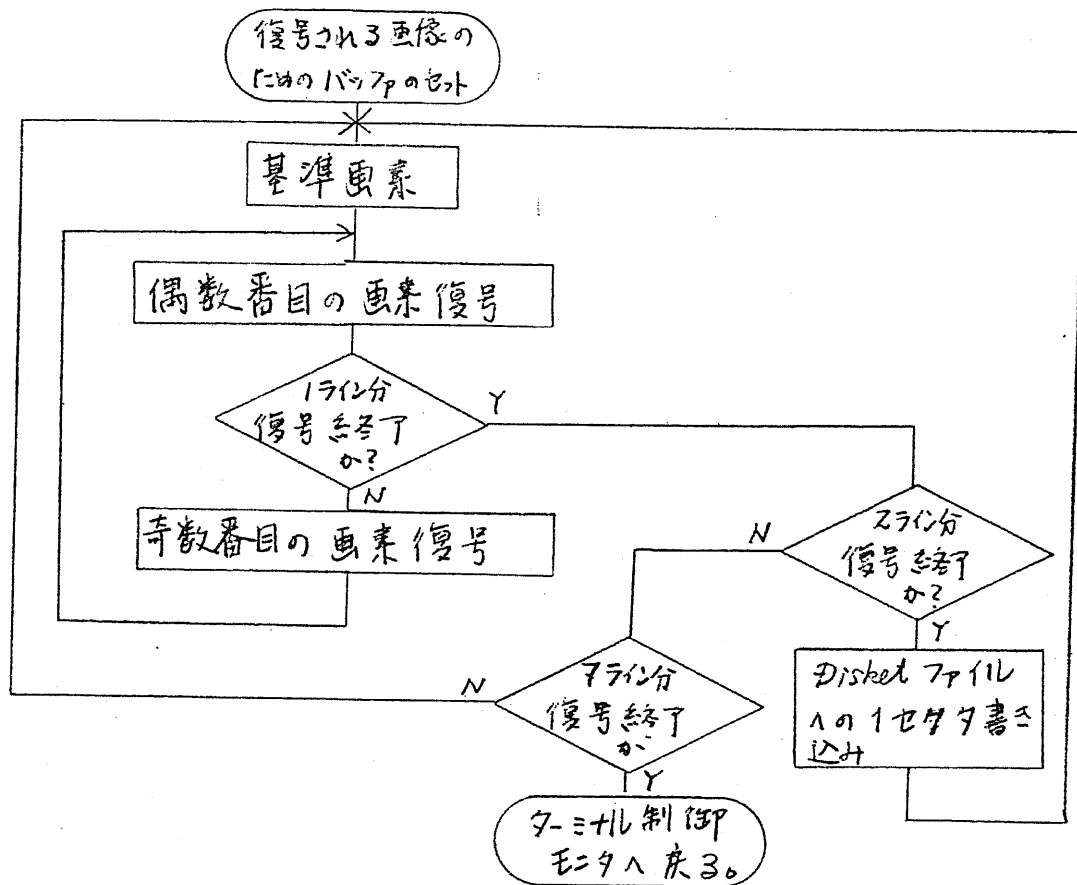


図6.9 実験端末システム. 1bit DPCM 復号処理フロー



図6.10 1bit DPCM方式による伝送. 端末ファクシミリ出力例.

256 × 256 (画素) | 4(ビット/画素)

### 6.3 端末システムの処理能力の検討

プロセッサの処理能力に比べて処理すべき仕事の多い端末システムでは、プロセッサの負荷の状況を把握することが必要である。本節では、端末のプロセッサの負荷を測定し、これに基づいて  $\mu-P$  を用いた端末の処理能力を検討する。

#### 6.3.1 プロセッサ負荷の測定法

COMET のターミナル制御モータの動作は、5.3 節の図 5.9 で説明した。図 5.9 を簡単にまとめたのが図 6.11 である。これによると、ターミナルは、次の 3 種のモードで動作していることがわかる。

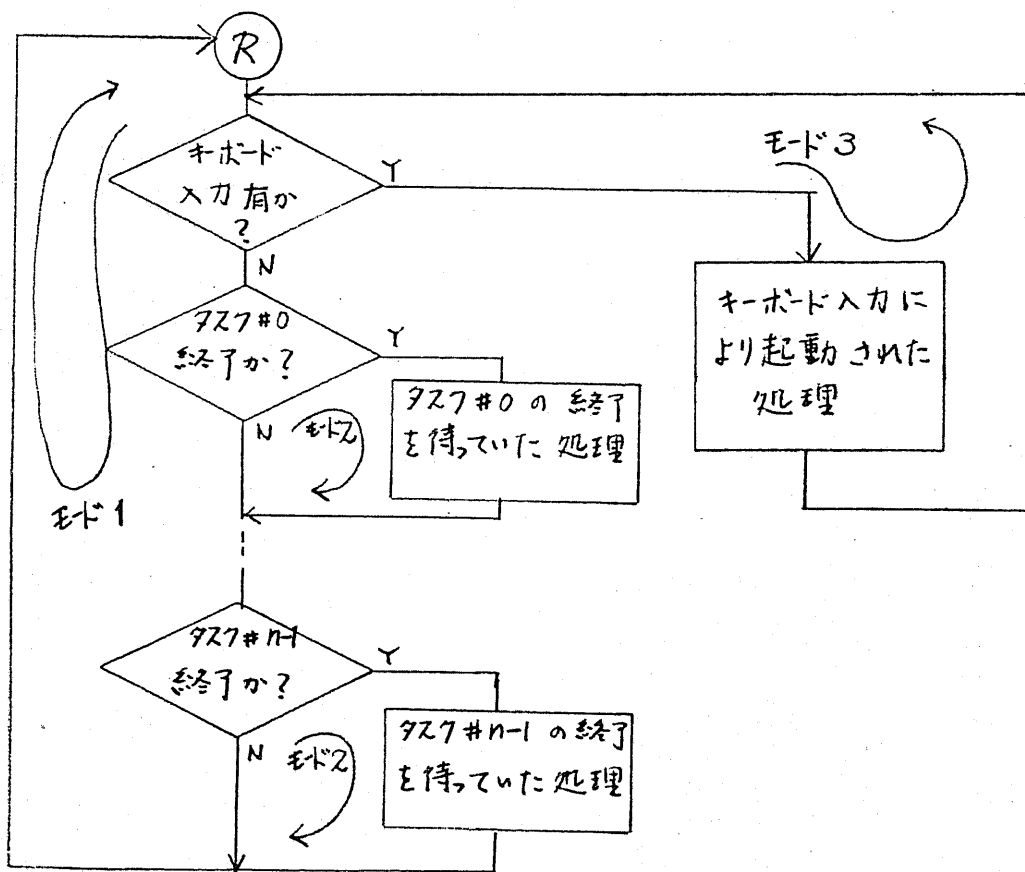


図 6.11 ターミナル制御モータの概略フローチャート

- モード1. キーボード入力およびタスクの終了の監視のみを行っているループ (アイドリングモード)  
 モード2. タスクが終了したことにより起動される処理  
 モード3. キーボード入力により起動される処理

モード1. (これをアイドリングモードと呼ぶ) のみで動作している場合は、プロセッサは、特に処理すべき仕事はなく、端末の状態を監視しているだけである。これに対して、モード2, 3 で動作している場合は、プロセッサは通信、画像出力等の処理を実行している。したがって、プロセッサが外部的に何らかの意味のある仕事をしている時間の割り合いは、次式で表わされる。

$$\frac{(\text{モード2の時間}) + (\text{モード3の時間})}{(\text{モード1の時間}) + (\text{モード2の時間}) + (\text{モード3の時間})} \quad (6.3.1)$$

式(6.3.1)で表わされる量をプロセッサ負荷:  $L$  と呼ぶ。但し、この量は時間の比で定義されているので、プロセッサが直接行なわない DMA 転送等の処理も加算されている。結局、この量が、プロセッサが通信等の処理にどの程度能力をついたかを示し、負荷と考えられる。式(6.3.1)は、次のように書き換えられる。

$$L = \frac{T - T_i}{T} \quad (6.3.2)$$

但し、 $T$ : 測定した時間全部  
 $T_i$ :  $T$ のうちのアイドリングモードの動作時間

図6.11から、 $T$  および  $T_i$  は、次のように測定できることがわかる。

#### ▷ $T, T_i$ の測定法

モニタ内のリターンポイント  $\textcircled{R}$  で時間をカウントし、制御が  $\textcircled{R}$  を出発

てから ⑧ に戻るまでの時間  $t$  を測定して総和をとればよい。最終的に求めるべき  $L$  の形からみて  $T$  および  $T_2$  は、 $t$  の平均値である。但し  $T$  は、COMET が通信等の何らかの仕事をしている場合の  $t$  の平均値、 $T_2$  は COMET がアイドルモードのみで動作している場合の  $t$  の平均値である。 $t$  は、COMET のタイマを用いて測定すればよい。但し、平均値であるので、タイマのインターバルの精度を考慮して 1000  $t$  (すなわち ⑧  $\rightarrow$  ⑧ のループ 1000 回の時間) を測定し、つらにこのようにして測定した 1000  $t$  を平均することにより\*  $T$  および  $T_2$  を求める。

ところで、 $T$  および  $T_2$  は、COMET のタイマを用いているので、 $T$  および  $T_2$  の測定のために タイマ割り込みに対するソフトウェアの処理時間が  $T$  および  $T_2$  に依存することを考慮する必要がある。ハードウェアのタイマは、10 ms 毎に割り込みを生ずる。したがって、タイマに関する処理は、 $T$  および  $T_2$  に比例している。すなわち、タイマ割り込み処理のない場合の全プロセッサ時間を  $\hat{T}$ 、アイドルモードの動作時間を  $\hat{T}_2$  とすると

$$T = (1+d)\hat{T}, \quad T_2 = (1+d)\hat{T}_2 \quad (6.3.3)$$

但し、 $d$  は タイマの割り込み処理の増加分を表わす  $\hat{T}, \hat{T}_2$  に対する比例係数

であり、ここで測定したい量は、プロセッサ負荷  $L$  であるから、

$$L = \frac{T - T_2}{T} = \frac{(1+d)\hat{T} - (1+d)\hat{T}_2}{(1+d)\hat{T}} = \frac{\hat{T} - \hat{T}_2}{\hat{T}} \quad (6.3.4)$$

\*

$T_2$  の場合は、120 秒。  $T$  の場合は、特定の仕事をしている時間全部にわたって 1000  $t$  を測定し (結果は適切に格納しておく)、平均をとる。

となり、測定する時間の長さ依存(比例)するタイムの割り込み処理時間は、 $L$ の値には影響しないので、別々に測定した、 $T$ と $T_2$ を用いて式(6.3.2)において $L$ を計算すればよい。

次に、 $L$ を求める際の基準になる $T_2$ を測定した結果について述べ、ならびに、測定方法の正確さを押えておく。

$T_2$ は、ターミナル制御モータがアイドリング・モードのみの時の1000 $\tau$ の平均値として求める。(アイドリング・モード時に回っているループをアイドリング・ループと呼ぶ。)この時、タイム割り込み処理を考慮すると、アイドリングループ1回に要する時間 $\tau$ の平均値(これを便宜上、 $\tau$ と書く)は、次式で表わされる。

$$\tau = a + nb + \frac{c}{\tau} \quad (6.3.5)$$

但し、 $a$ : アイドリングループ内におけるタスクの終了フェック以外の部分

$b$ : 一つのタスクの終了をフェックする時間

$c$ : タイムの割り込み処理時間

$\tau$ : タイムの割り込み間隔

ここで、 $n$ および $\tau$ をパラメータとした場合の $\tau$ の測定結果を、それぞれ図6.12, 6.13に示す。次に、求められたデータから、式(6.3.5)の $a, b, c$ を計算する。<sup>※ 次ページ脚注</sup> この結果、 $\tau = 10 \text{ ms}$ の

$$\left. \begin{array}{l} \text{場合} \quad c = 322 \quad (\mu\text{S}/\text{割り込み}) \\ \quad \quad a = 108.5 \quad (\mu\text{S}) \\ \quad \quad b = 102.4 \quad (\mu\text{S}) \end{array} \right\} (6.3.6)$$

による。一方、実際のプログラムのステップ数から概算すると、

図 6.12 スキャン数  $n$  をパラメータとした時の  $t$

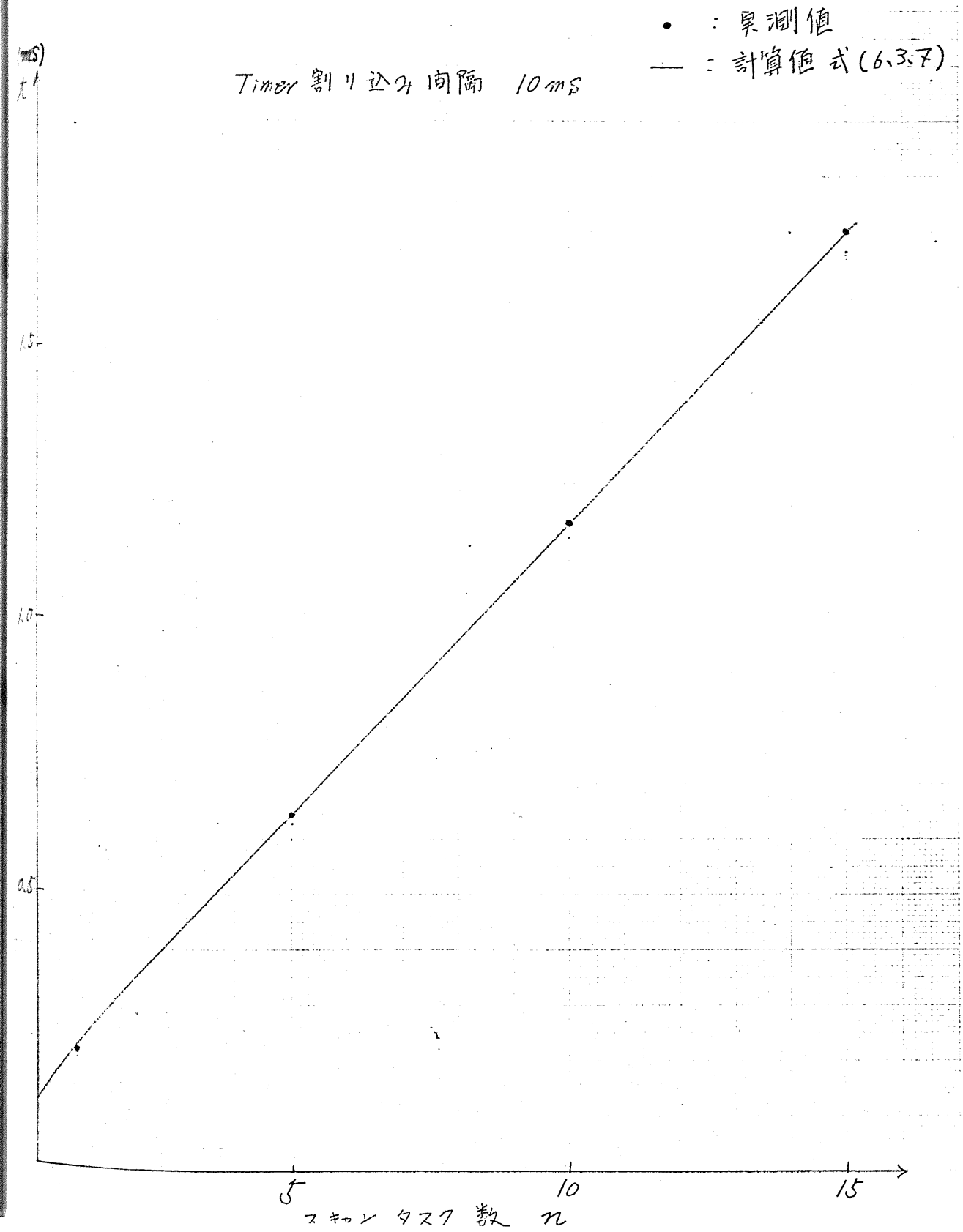
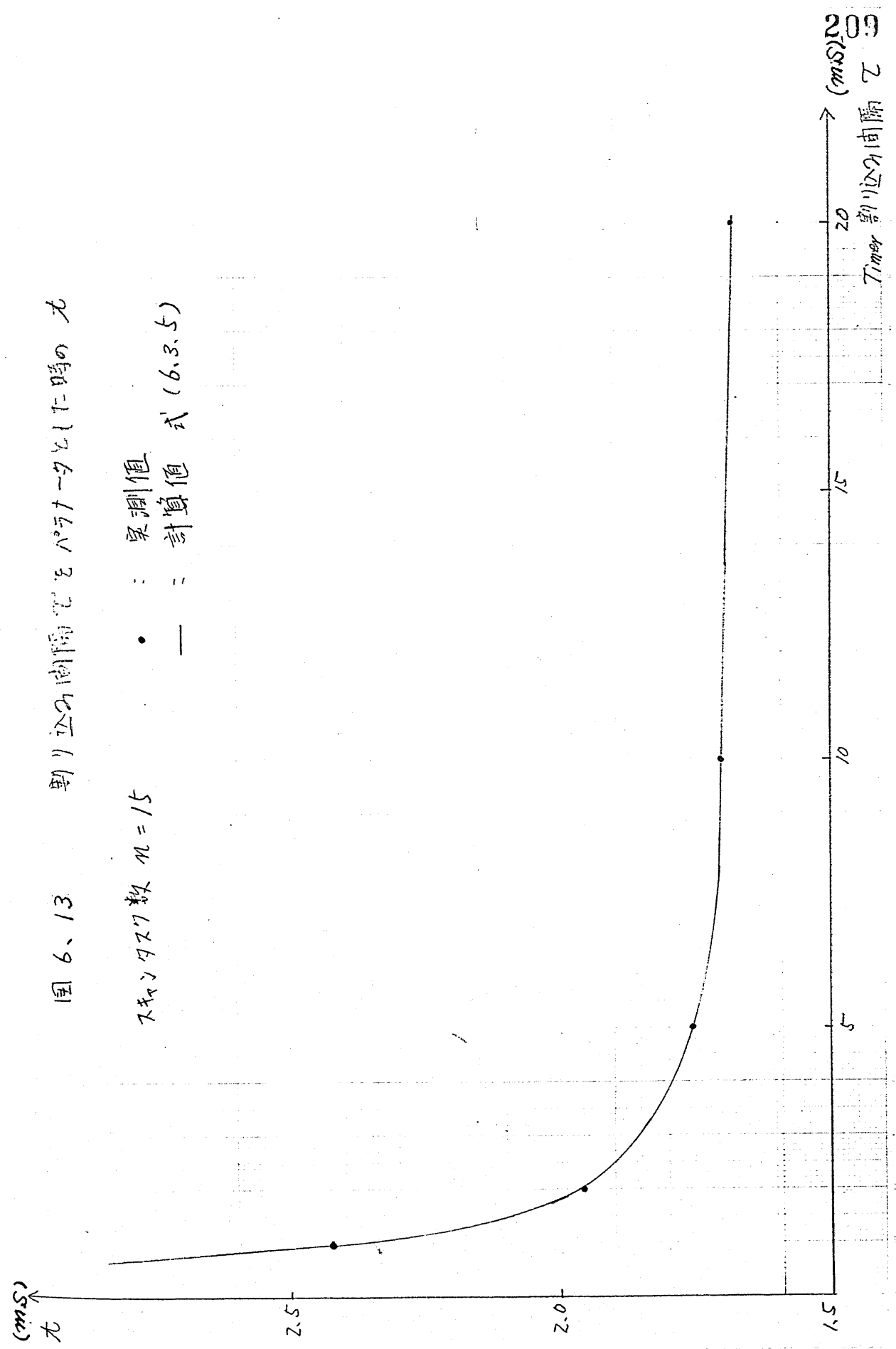


図 6.13 判り込の距離をパラメータとした時の  $\tau$

サンプル数  $n = 15$

• : 実測値

— : 計算値式 (6.3.5)



判り込の距離 (m)  $\tau$



$$a = 107.52 \quad (\mu S)$$

$$b = 101.28 \quad (\mu S)$$

$$c = 325.92 \quad (\mu S)$$

$$\left. \begin{array}{l} a = 107.52 \quad (\mu S) \\ b = 101.28 \quad (\mu S) \\ c = 325.92 \quad (\mu S) \end{array} \right\} (6.3.7)$$

は例、誤差1%程度である。したがって、以下の測定では、ここで測定して求めた  $T_i$  を基準にして  $L$  を計算する。

### 6.3.2 測定結果と処理能力評価

ここでは、時間的制約条件が厳しく、プロセッサ負荷が問題になる画像情報の受信時と、画像ファクシミリ出力時について検討し

\*

$T_1, T_2$  に対して  $t = t_1, t_2$  が得られたとすると式(6.3.5)より

$$a + nb = t_1 \left(1 - \frac{c}{T_1}\right) \quad (1) \quad a + nb = t_2 \left(1 - \frac{c}{T_2}\right) \quad (2)$$

$$(1)-(2) \text{ より、} \quad t_1 - t_2 = \left( \frac{t_1}{T_1} - \frac{t_2}{T_2} \right) c$$

$$\text{ゆえに、} \quad c = \frac{t_1 - t_2}{\frac{t_1}{T_1} - \frac{t_2}{T_2}} \quad (3)$$

また、 $n_1, n_2$  に対して  $t = t_3, t_4$  が得られたとすると

$$a + n_1 b = t_3 \left(1 - \frac{c}{T}\right) \quad (4) \quad a + n_2 b = t_4 \left(1 - \frac{c}{T}\right) \quad (5)$$

$$(4)-(5) \text{ より} \quad b = \frac{t_3 - t_4}{n_1 - n_2} \left(1 - \frac{c}{T}\right) \quad (6)$$

$$a = \frac{n_1 t_2 - n_2 t_1}{n_1 - n_2} \left(1 - \frac{c}{T}\right) \quad (7)$$

したがって、(3), (6), (7) の順で計算すれば、 $a, b, c$  が求まる。

この両者の処理の並列動作の可能性について考察する。

### (1) 画像受信時

この場合は、ブロック長 256 バイトの伝送ブロックの受信と、6 バイトの肯定応答の送信が交互に繰り返されており、さらに受信したデータを Disket ファイルに書き込んでいる。この場合のプロセッサ負荷  $L$  の測定結果は、

$$L = 8.14 (\%) \quad (6.3.8)$$

である。

### (2) 画像ファクシミリ出力時

この場合は、Disket ファイルからの読み出しと、ファクシミリへの出力が並列に動作している場合である。ここでは、階調は 4 (ビット/画素) とし、解像度、すなわち 1 走査線当りの画素数をパラメータにしたプロセッサ負荷  $L$  を測定した。その結果を図 6.14 に示した。また、プログラムステップ数から概算した  $L$  を同図中に実線で示した。

この結果から見ると、プロセッサの余裕は、帯域圧縮符号化伝送を導入した場合の復号処理、また、画像の受信とファクシミリ出力の並列動作を行なうためには、平均値としては、十分であるといえる。

以下に、画像の受信とファクシミリ出力の並列動作の可能性についてより詳細に検討する。並列動作を行なわない場合は、 $n$  枚の画像の受信とファクシミリ出力を完了するための時間  $T_n$  は、

$$T_n = n \cdot (T_R + T_F)$$

但し、 $T_R$  は 1 枚の画像の受信時間、 $T_F$  は 1 枚の画像のファクシミリ出力時間

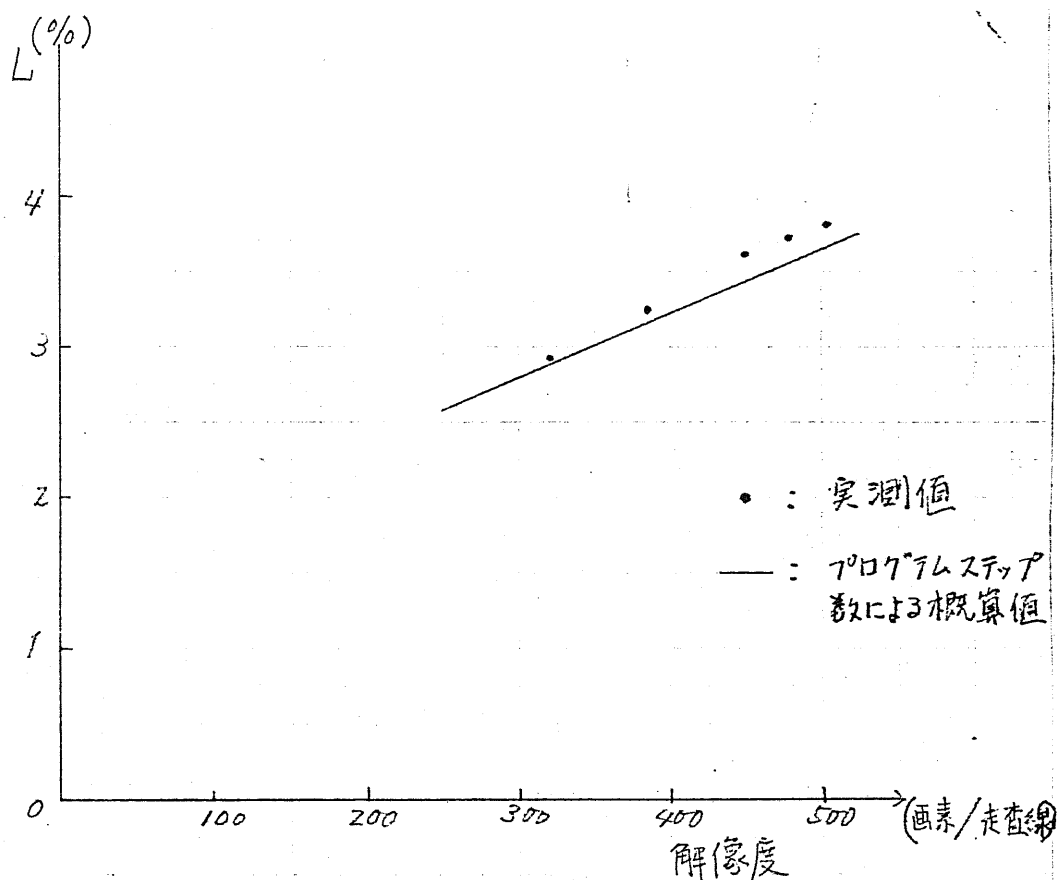


図6.14 画像ファクシミリ出力時のプロセッサ負荷

であるが、並列動作を行なうと、

$$T_n = n \cdot \max(T_R, T_F)$$

により、全体の時間を最大  $1/2$  程度 ( $T_R = T_F$  の時) まで短縮できる。

並列動作の可能性を明らかにするには、すべての処理が集中したピーク負荷時の遅延時間が、通信とファクシミリ出力の時間的制約のわく内に入っているかどうかを調べればよい。

画像受信時には、伝送速度 2400 bps で 1 バイト毎、すなわち 3.3 ms 毎に割り込みがわかり、次の割り込みまでの 3.3 ms の間に処理を終了しなければならない。割り込み毎の処理時間は、式 (6.3.8) の結果から、次の値になる。

$$3.3 \text{ (ms)} \times 8.14 \text{ (\%)} \div 296 \text{ (\mu S)} \quad (6.3.9)$$

画像ファクシミリ出力時の制約条件は、画像データのファクシミリ出力のためのDMAチャネルの起動がファクシミリの円筒の回転に同期が必要から生ずるもので、次の二つの場合がある。

- a) 円筒の各回転毎の位相パルスによるDMAチャネル起動時には、位相パルスの長さ 30 ms 以内に起動する必要がある。
- b) 円筒の回転の途中でのDMA転送終了によるチャネル起動時には、図6.5に示したFAXC回路の40バイト (= 80画素)分のFIFOのバッファ内のデータ出力時間内に起動しなければならない。したがって、 $n$ 画素をファクシミリの1走査線の紙押え用バー以外の部分で出力するならば
- $$\frac{80}{n} \times (333 - 30) \text{ (ms)} \quad (6.3.10)$$
- 以内で、チャネルを起動しなければならない。実験で使用したファクシミリの主走査方向の解像度は、最大約 840 (画素/走査線)だから、 $n = 840$  とすると、式(6.3.10)より、28.86 (ms)以内の起動が制約条件になる。

一方、画像出力中のDMAチャネルの起動には、プログラム・ステップ数より、

$$\left. \begin{array}{l} \text{Disket 制御時に } 1.167 \text{ (ms)} \\ \text{ファクシミリ制御時に } 1.411 \text{ (ms)} \end{array} \right\} (6.3.11)$$

の処理が必要である。以上の検討から、多重割り込みなしでは、制約条件は、一番厳しい 3.3 ms であり、すべての負荷を重畳すると、2.874 ms であるから、プロセッサの処理能力的には、制約条件を満たしている。

もラフの問題は、画像受信およびファクシミリ出力の両方で Disket  
ファイルへアクセスしていることである。Disket へのアクセス時間  $T_a$  は、ヘッドの  
トラック移動量を  $n$  とすると、5.1 節で述べたように、ほぼ

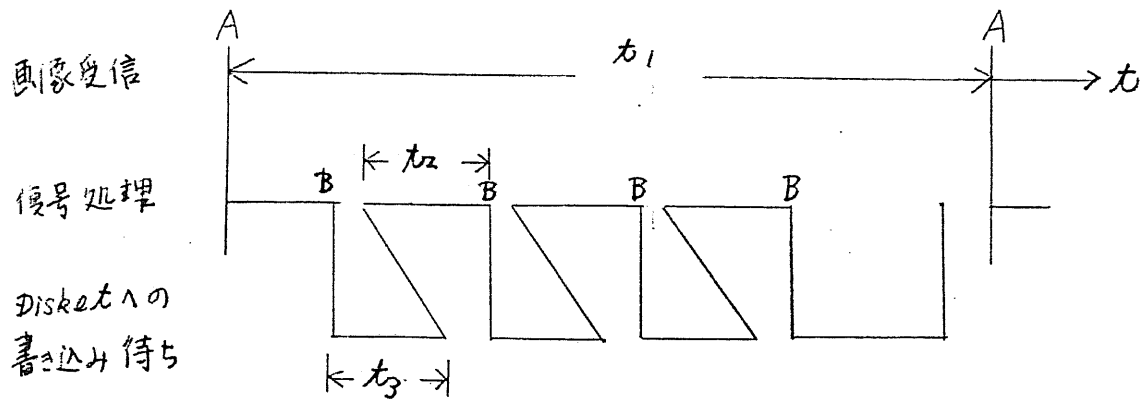
$$T_a = 207 + 8 \cdot n \quad (\text{ms}) \quad (6.3.12)$$

になる。画像の 1 走査線分のファクシミリ出力は、333 ms であり、テレビ画  
質であると、1 走査線分の画像情報が 1 回の Disket アクセスで読み出せる。  
したがって、 $n$  が小さければ、1 台の Disket で間に合うが、この場合は、  
入出力が別のファイルであるため、 $n$  を小さくすることは困難である。Dis-  
ket が 2 台あれば、この点については問題ない。

以上の検討から、画像の受信とファクシミリ出力の並列動作は、プロセ  
ッサの負荷としては可能な範囲であり、Disket を 2 台装備すれば、可能  
であることがわかった。

### 6.3.3 復号処理能力の評価

実験システムでは、帯域圧縮符号化伝送された画像データの復号処理  
を画像受信中のプロセッサの空き時間を利用して、ソフトウェアで行っている。  
このように、画像受信と復号処理と、復号された画像データの Disket への  
書き込みを並列に行っている場合のタイムチャートを図 6.15 に示す。  
この図では、復号および Disket への書き込みが、画像受信より少ない時  
間で済んでいるが、これが画像受信より長い時間かかると、画像伝送が  
媒介だけ遅らされることになる。この遅れが大きくなると帯域圧縮されて



A: 1 伝送ブロックの受信完了した時点

B: Disket ファイル 1セクタ分の復号完了し、Disketへの書き込み命令を発行した時点

$t_1$ : 1 伝送ブロックの受信と肯定応答送信に必要な時間

$t_2$ : Disket ファイル 1セクタ分の画像情報の復号処理時間

$t_3$ : Disket の回転待ち時間 + データ書き込み時間

図 6.15 受信、復号、Disket 書き込みのタイムチャート

へも、復号処理に要する時間のため、実際の伝送時間は、あまり短くならない。以上のことを定式化してみよう。

1 伝送ブロックに、Disket ファイル  $n$  セクタ分の画像情報が圧縮こめられているとする。(実験システムでは、伝送ブロック長 = Disket の 1 セクタ = 256 バイト なので、 $n$  の値が、圧縮率である。) 図 6.15 からわかるように、通信処理と復号と Disket への書き込みにかかる時間は、前節で求めた画像受信時の負荷  $L = 8.14\%$  から、次式で表わされる。

$$n t_2 + t_3 + 0.0814 t_1 \quad (6.3.13)$$

(1)  $n t_2 + t_3 + 0.0814 t_1 \leq t_1$  の場合

この場合は、プロセッサの処理時間が、画像伝送時間  $t_1$  より短いので遅れはない。全体の時間が  $t_1$  なので、プロセッサ負荷  $L$  は、次式で表わされる。

$$L = \frac{nt_2 + 0.0814t_1}{t_1} \quad (6.3.14)$$

(2)  $nt_2 + t_3 + 0.0814t_1 > t_1$  の場合。

この場合は、プロセッサの処理時間が、画像伝送時間  $t_1$  より長いので、お分の遅れが生ずる。全体の時間が  $nt_2 + t_3 + 0.0814t_1$  なので、プロセッサ負荷  $L$  は、次式で表わされる。

$$L = \frac{nt_2 + 0.0814t_1}{nt_2 + t_3 + 0.0814t_1} \quad (6.3.15)$$

式(6.3.14)と(6.3.15)から通信に遅延を生じない最大復号処理時間  $\hat{t}_2$  を求めると

$$n\hat{t}_2 + t_3 + 0.0814t_1 = t_1$$

$$\text{よ、} \hat{t}_2 = \frac{0.9186t_1 - t_3}{n} \quad (6.3.16)$$

ここで、 $t_1$  は、伝送プロット長、伝送速度、伝送制御手順から求まる。一方、処理時間を実際の処理量であるステート数 ( $\mu\text{-P}$  では、1命令は、4~20 ステートからなる。) に換算すると、次の様になる。つまり、プロセッサのサイクルタイム =  $\tau_p$  とすると、 $t_1$  時間の間に、 $t_1/\tau_p$  ステートの処理が可能である。

実験システムにおけるプロセッサ負荷  $L$  と、遅延を含む全画像伝送時間  $T_0$  と、復号処理において画素当りに要するステート数をパラメータにして測定した結果を、図6.16に示す。なお、復号処理は、近似似的

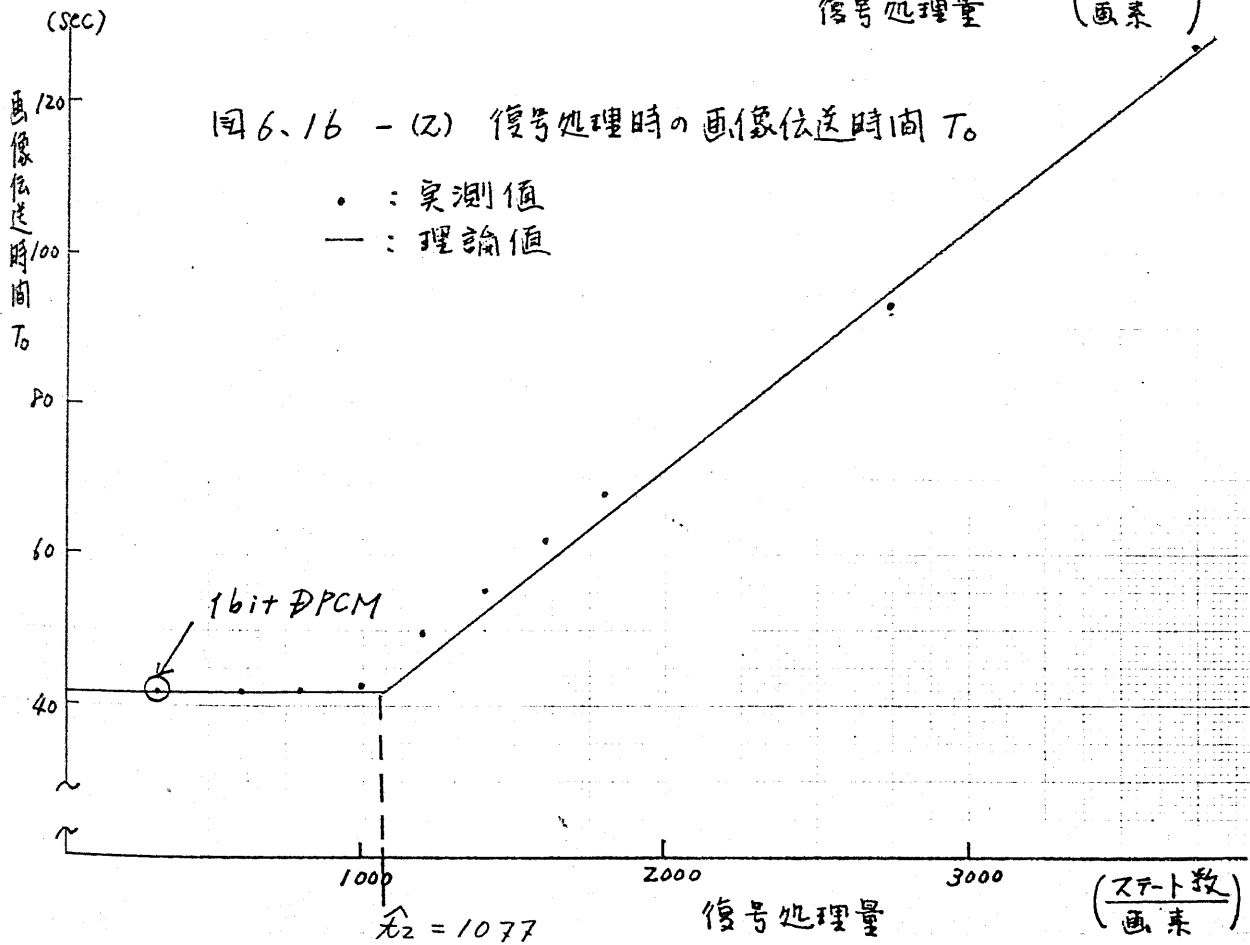
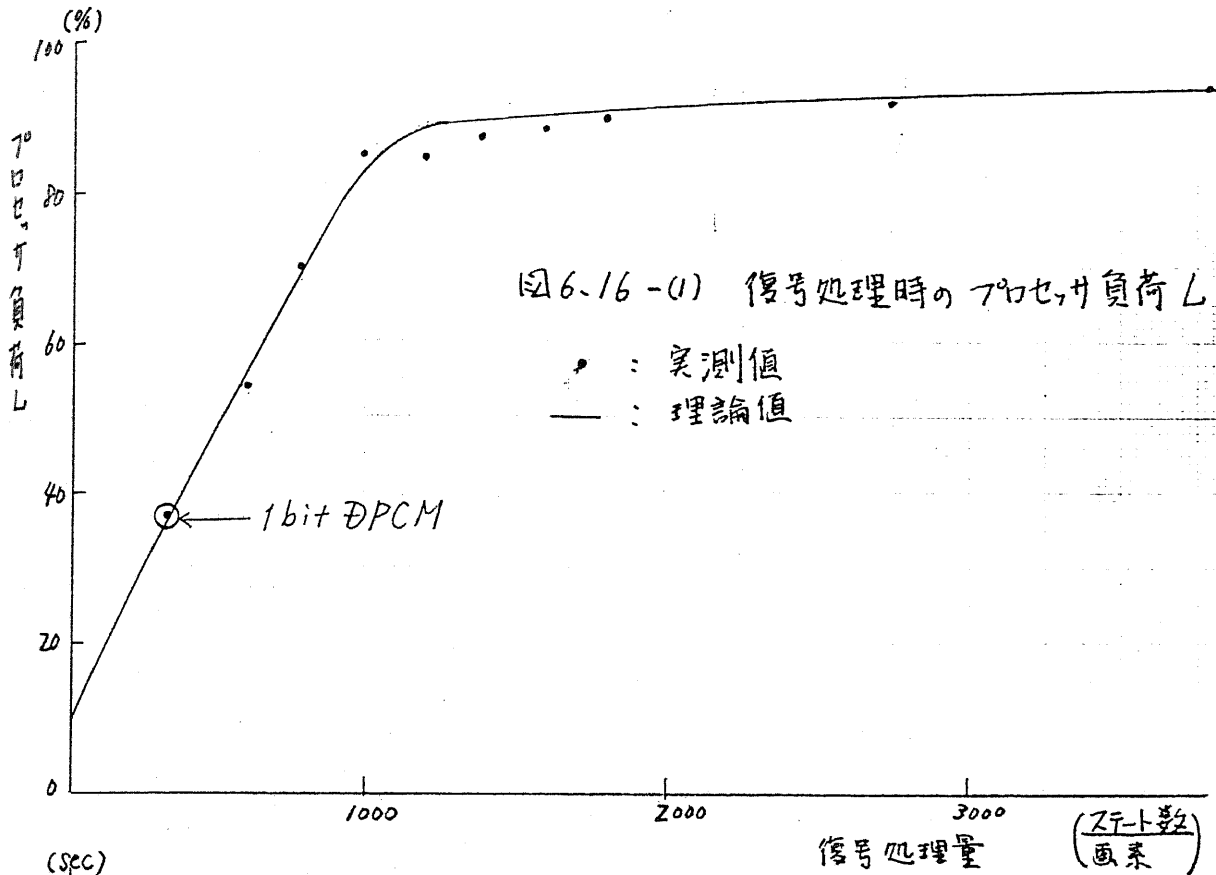




図6-7<sup>o</sup>を回るプログラムで代用した。

画像伝送時間  $T_0$  の理論値は、伝送ブロック数を  $m$  とすると、

$$t_2 \leq \hat{t}_2 \quad \text{なら} \quad T_0 = m \cdot t_1$$

$$t_2 > \hat{t}_2 \quad \text{なら} \quad T_0 = m \cdot (n t_2 + t_3 + 0.0814 t_1) \quad (6.3.17)$$

である。また、プロセッサ負荷  $L$  は、

$$t_2 \leq \hat{t}_2 \quad \text{なら} \quad \text{式} (6.3.14)$$

$$t_2 > \hat{t}_2 \quad \text{なら} \quad \text{式} (6.3.15)$$

により求まる。但し、実験システムでは、

$$n = 3.5 \quad m = 37 \quad \hat{t}_2 = 1077 \text{ (スタート/画素)}$$

$$t_1 = 1.135 \text{ (sec)} \quad t_3 = 133 \text{ (ms)} \quad \tau_p = 0.488 \text{ (}\mu\text{s)}$$

である。以上の値から求めた理論値を図6.16に併記する。両者は、ほぼ一致しており、復号処理時の動作状態は、明らかになった。さて、実験システムでインクリメントした1bit DPCMでは、 $L \approx 37\%$  であり、余裕をもって復号処理をしていることがわかる。しかし、復号処理量の多い符号化方式を用いる場合で、復号処理による伝送の遅れが問題になる場合は、処理の全部あるいは一部分を、ハードウェア化するなどの対策が必要になるであろう。

## 6.4 実験システムの評価

3章から前節まで、実験システムの構成、実験結果等について述べてきたが、ここで振り返って、初期の目的をどの程度達することができたかを考察してみる。実験システム作成の目的は、2章で述べたように、次のことである。

画像データベース・リモートアクセスシステム構成上の技術的問題点、および

- (1) 画像ファイルの蓄積媒体および検索、入力系
- (2) センター・システムの構成
- (3) 画像、符号の同一回線による伝送方式
- (4) 画像情報の速度変換方式
- (5) ハードコピー入手可能な複合入出力知能端末

の各問題点に対して研究室レベルで可能な限りの実証実験を行い、原理的な可能性の証明、技術的なボトルネック、現実的規模へ拡張する場合の問題点等の明確化

以上の目的として各々の技術的問題点に関して、実験システムによって明らかにするために、各点について述べる。

- (1) 画像ファイル

実験システムでは、媒体としてマイクロフィッシュを用い、光電変換入力には、テレビカメラ、ICフレームメモリを用いた。このような画像ファイルシステムは、常に動作し、高速入力可能なことが実証された。しかし、原文献等の精密な画像に対しては、テレビカメラを用いる本方式では、解像度が大幅に不足していることが判明した。したがって、マイクロフィッシュを媒体として用いる場合には、例えば、FSSのような安定した高解像度入力の可能なマイクロフィッシュ用の入力装置が不可欠であることが明らかになった。

#### (2) センター・システム

ミニコンを用いて、1回線のシステムを実現した。ハードウェア、ソフトウェアとも、従来の計算機技術を応用すれば、十分機能するシステムが構成できることが明らかになった。大規模なシステムへの拡張は、必ずしもこのシステムをそのまま量的拡大すればよいとは言えないが、3.1節で述べたように、分散処理技術が適用できるであろう。

#### (3) 伝送方式

画像、符号を同一回線上をデジタル伝送する方式については、3.2節、3.3節で提案した複合情報に対する通信方式および通信プロトコルを実験システムにおいてイミュレートし、この方式が、現実のシステムでも利用可能であることが証明できた。

#### (4) 速度変換方式

端末に速度変換用バッファメモリとして disket を用いる方式を実現した。この方式により、狭帯域の電話回線による高品質画像の伝送が、

可能であることが実証できた。しかし、ユーザに対するサービス性を改善するためには、高能率帯域圧縮符号化伝送を導入する必要があることが判明した。実験システムでは、簡単な1bit DPCM方式による帯域圧縮符号化伝送を実現したが、より優れた方式の導入の検討が必要である。

#### (5) 複合端末

ハードコピー出力装置として低速ファクシミリを用いた知能端末のハードウェアを試作し、ソフトウェアを開発し、その動作を確認した。但し、低速ファクシミリで得られる画質（特に解像度）は、原文献等の精細な画像に対しては、不足していると考えられる。

以上、述べたように、(1)～(5)について、現実のシステムで利用できる技術、また逆にボトルネックとなる部分が明らかになった。したがって、実験システムの開発は、初期の目的を一応果したといえる。

## 7. 現実的規模の原型モデルの設計

---

画像データベース・リモートアクセスシステムを実用化するにあたっては、現実的規模のシステムに関して、その応用分野、規模、技術的問題点等を明らかにしなければならない。紙の上の設計では、完全な解決の得られない点が多いであろうが、本章では、問題点の抽出および明確化を目標として議論を進める。

---

## 7.1 画像データベースの応用

### 7.1.1 応用分野

画像データベースの応用で3分野は、次の3種類に大別できると考えられる。

- (1) 本質的に画像情報が必要な分野, すなわち、写真等の自然画像のデータベース
- (2) 本質的には符号情報であるが、画像として扱う方が便利な場合
- (3) (1)と(2)の混合形態

(1)の分野は、画像データベースの最も自然な応用分野である。しかし、現実に、このような形態のデータベースを必要としている分野は以外に少ない。この理由は、ひとつには、画像というのは、人間にとって最もプリミティブな情報であるが、使い易い形に整理された情報ではないという事実に基づいていると考えられる。人間にとって意味のある情報はより精製度の高い抽象化された情報である。画像でいえば、これに処理を施し抽出された特徴量に意味のある場合が多いのである。もうひとつの理由は、画像情報は、入出力の難しさ、情報量の膨大さという性質のゆえに、従来は計算機での扱いが困難であったことである。以上の二つの理由に関して、後者は今後の技術の発展により解決していくであろうと予想されるが、前者は、将来にわたって、人間の社会活動にとっての意味の大きさという点では、記述的な情報は優位を保つと予想されるので、状況

が変化することは考えにくい。このような理由で、当面の画像データベースシステムとしては、(1)の分野が有望とはいえない。

(2)の分野は、画像データベースの応用分野としては、一見不自然に見える。しかし、記述的情報は文字による表現を主体として文献の形で現在に至るまでに莫大な累積をみている。しかも、最大の課題は、文献の形にならぬ情報では、目的とする情報の検索や入手が困難で労力を必要とする点である。文献を画像情報として扱う画像データベースができれば、検索は、計算機の助けを借りてはるかに容易に行なえ、画像情報に対するオンラインリモートアクセスが可能になれば、遠隔地のユーザにとって文献の入手のための労力は大きく軽減される。このように考えると、表面的な不自然さとは逆に、(2)の分野は、画像データベースにとって、有望かつ意味のある応用分野であることがわかる。

(3)の分野は、(1)あるいは(2)の分野の拡張として当然考えられる形態である。自然画像にしてもそれを説明する文字情報は当然、必要であるように、文献にしてもその内容は文字の他に図や写真を含むものが多いからである。しかし、この場合は文字を画像として表現した場合の画像と、自然画像とは、同じ画像とはいえず、その性質が大きく異なり、またそれによつて効率的な取り扱いの方法も異なってくる。したがって、この場合は両者をどのように切り分けるかという点に、技術的問題が潜んでおり、またこれは、未開拓の技術分野でもある。(1)あるいは(2)のいずれの分野から出発しても、画像データベースは最終的には、(3)の

形態になると予想される。

6章までで述べた実験システムは、その機能からいうと、むしろ(1)の分野に近いものであったが、以下ではむしろ発展性の高いと考えられる(2)の分野を急頭において議論を進めることにする。

### 7.1.2 図書館システムへの応用

前節で述べた文献を画像として扱う画像データベースは、要言すれば現在の図書館システムを計算機で制御された画像データベースシステムにすることである。文献そのものを検索の対象とする画像データベースシステムにおいては、現在の文献検索システムで検索の対象としている文献アブストラクト等と区別する意味で、文献そのものを原文献と呼ぶことにする。さて、原文献を扱うシステムにおいては、原文献は元々が符号化容易な文字情報を主体とするものだから、ことから原文献を画像として扱わなくても、文字を符号化してディスク等の磁気記憶媒体に蓄積すればよいとも考えられる。この方法であれば、情報が計算機で扱いの容易な形で蓄積されるから従来の計算機技術が直接応用できるので有利である。しかし、この方法には、次の二つの問題点がある。第一の問題点は、原文献の計算機への入力、符号化の問題である。莫大な量の原文献を計算機にタイプ入力することは、その労力を考えると禁止的である。自動文字認識を用いるにしても、様々な形式の原文献の入力や、処理量の膨大さは問題である。さらに、日本語の場合は、漢字入



出力の問題もかなり重大である。才二の問題は原文献には文字以外の図形や写真が混在している点である。これは、読者にとっては、これがかなり重要な情報だから、これを全く省いてしまうと、原文献蓄積の意味が失われる。

以上のことから結局、現在の技術では、画像情報の入出力を含めた取り扱いが容易にできれば、原文献を画像として扱う画像データベースの方が図書館向きであるといえよう。

原文献データベースのリモートアクセスシステムが実現すれば、目的とする文献の検索は、遠隔端末におけるキーボード操作で容易に行なえ、また原文献の入手は、交通機関に代って通信回線を介して可能になる。したがって、遠隔地の図書館ユーザにとっては大きな福音になるであろう。通信回線を介してのアクセスにより、現在では地理的に離れているという理由で入手困難な文献も容易に入手できる。さらに、ネットワーク化された大規模なシステムができれば、無駄に重複した文献の蓄積を過剰に減らすため、蓄積の経済性をも実現できる。また、このような原文献データベースの成果を受けて、事務関係の文書等を画像データベース化できれば、事務能率の大幅な向上が期待できる。

次に、原文献データベースシステムの概念を明らかにする。ユーザが原文献を入手するまでの手順は、画像データベースシステムにおいて画像を入手するまでの手順からの類推で次のようになるであろう。

(i) 文献名、アブストラクト等を検索結果とする磁気ディスクベースの文

献検索システムを利用して、目的とする文献集合を得る。

- (iii) (ii)の結果を見て、原文献入手を希望する文献を原文献データベースから検索し、得られた原文献情報（すなわち画像情報）を通信回線を介して端末に伝送させ、端末において原文献のハードコピーを得る。

このような原文献検索機能を有する原文献データベースシステムは、図7.1に概略を示すような構成となる。このシステムは、現実的規模の画像データベースシステムを設計する場合の一つの典型例である。したがって、以下の節では、画像データベースシステムの現実的規模の原型モデルの設計に関する諸問題の検討を図7.1にその概念を示すような原文献データベースシステムを例にとって行なっていく。

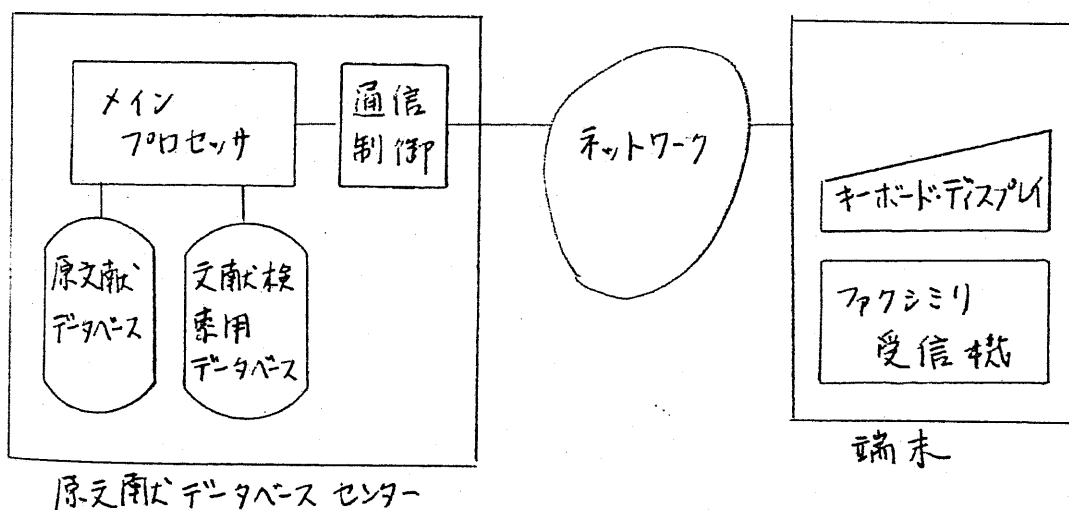


図7.1 原文献データベースの概念

## 7.2 現実的規模システムのハードウェア

現実的規模システムの設計にあたっては、外部仕様によってシステムの規模を決定し、これを実現するハードウェア、ソフトウェアを設計することになる。本節では、前節で述べた方針に従って、原文献データベースシステムを例にとって、システムの規模、ハードウェア構成を中心に述べる。

### 7.2.1 システムの規模

遠隔端末からオンライン・アクセス可能な原文献データベースシステムの設計にあたっては、端末からのセンターへのアクセスの度合い、すなわちセンターにかかるトラフィックの特性を評価し、それに応じた規模のセンター・システムを構築しなければならない。以下において、まず現在、存在するオンラインアクセス可能なデータベースシステムの、2, 3の例を示し、次にこの例からの類推が、原文献を画像として扱うことによる特殊性を考慮し、原文献データベースセンターの実現すべきシステム規模について検討する。

#### 例.1 東京大学大型計算機センター TOOL-IRシステム

TOOL-IRは、アブストラクト等の文献検索をオンラインでサービスしているシステムである。

##### (1) ハードウェア規模

CPU HITAC 8800 × 3 + 8700 × 1

主記憶容量 8MB

磁気ディスク 7200 MB (うち TOOL-IR 1500 MB 21%)

リモートバッチステーション 30  
 TSS回線数 40  
 TSS 端末数 約 300

## (2) センターの利用状況 (最近1年間)

年間ジョブ数 約 70 万件 (約 2000 ~ 3000 件/日)  
 TOOL-IR は 1500 件/月 (約 39%)  
 年間 TSS ジョブ数 約 17 万件 (約 24%)  
 1400 件/月 470 件/日

## (3) TOOL-IR の利用状況 (1978年6月)

TOOL-IR 利用 総ジョブ数 1327 件 (57 件/日)  
 " TSS " 957 件 (37 件/日) (72%)  
 " TSS 端末時間 192 時間 12.04 分/セッション  
 " バッチ出打文献数 37927 件 (28.58 文献/ジョブ)

参考に同月のセンター全体の利用状況を示すと以下の通りである。

総ジョブ数 59289 件 (2470 件/日)  
 TSS ジョブ数 18020 件 (693 件/日) (約 30%)  
 TSS 端末接続時間 20.90 分/セッション  
 TSS CPU 時間 19.34 秒/セッション

## (4) TOOL-IR の収納文献数

CAS, XDC, INSPEC etc 約 108 万文献  
 72 億容量 1500 MB

## (5) まとめ

TSSによる TOOL-IRの利用は、接続時間、CPU時間の真から見て、平均的TSS利用の場合の60-75%位で済んでいる。一方、バッチによる TOOL-IRの利用では、CPU時間は平均44.84秒であり、中型システムである。

## 例 2. JICSTのオンライン検索システム JOIS

JOISは、一般ユーザ向けのオンライン文献検索システムである。

## (1) ハードウェア規模

CPU HITAC M-170 × 1

主記憶容量 2 MB

磁気ディスク 6400 MB

通信回線数 特定 25回線, 公衆 20回線

端末数 100台

## (2) 利用状況

接続時間 15分/件で500件/日を想定しにシステムであるが、現在のところ10分/件で200件/日位である。

次に以上の2つの例を土台にして、現実的規模の原文献データベース・システムにおけるトラヒックを評価してみる。例として電気、情報の分野における原文献データベース・システムを考えてみよう。1つのセンターに対して、大学、研究機関等に散在する100台程度の端末からアクセスがなされる

とする。端末当りのアクセス頻度は、10 回/日 とすると、サーバー全体としては、1000 回/日 = 120 回/時 程度になる。セッション当りの出力量は、例 1. と同程度と仮定し、文献アブストラクト 20 文献程度とする。このうち、原文献が必要とするものは、セッション当り 1~2 文献とする。

以上のようなトラフィック評価の下に、原文献データベース・システムを従来のアブストラクト検索中心の文献検索システムと比べてみると、次のような特徴が考えられる。

#### (1) CPU 時間

セッション当りの CPU 時間は、画像処理等の特殊な処理を行わなければ、従来のシステムに比べて、それ程増大しないであろう。

#### (2) システムで扱う情報量

文献アブストラクトに関しては、セッション当り 20 文献としても、高々 30KB 程度である。次に原文献情報の量を評価してみよう。1 画面の画質として白黒 2 値、解像度は、CCITT のデジタルファクシミリにおける勧告案である A4 判の短辺 1728 画素程度とすると、1 画面当りの情報量は、約 0.5 MB になり、これに現在の技術で可能な圧縮率 5 程度の帯域圧縮を施したとしても、約 0.1 MB になる。1 文献当り 10 ページとすれば、原文献当りの情報量は、約 1 MB であり膨大である。このような大量の情報、システム内を転送する、かつ、端末へ伝送されることを考えれば、次の点で従来の文献検索システムと異なると考えられる。

#### a) セッション当りの接続時間が少なくとも原文献情報の検索、伝送

の分だけは、増大する。しかも、このための時間はかなり大きいと予想される。

b) 原文献以外のアブストラクト等の検索に対しては、従来のシステムからの類推が可能であり、例えば CPU は例. 2. から M-170 程度 (中なり大型) でよいと推定される。しかし、システム内での原文献情報のデータ転送が問題であり、メインプロセッサ、通信制御装置 (あるいは、通信制御プロセッサ)、原文献データベース間の効率的なデータ転送を行なうシステム構成が重要な問題点である。

### (3) 所要回線数

これは、回線速度によってかなり変化すると考えられる。加入電話回線のような低速回線であると、前記の画質の原文献情報の伝送には、画面別、1~2 分程度かかるので、接続時間は、15~30 分位増大する。したがって、この場合は、接続時間は、例. 1. のアブストラクト検索時間と合わせて、30 分程度になる。この場合に、必要な回線数は前に評価したように 120 回/時を仮定すると、即時式系としてアランの損失確率式を用いると、呼損率 1%, 5%, 10% に対して各々 75, 66, 60 回線が必要になる。

一方、DDX 網のような高速回線 (48 kbps) を用いると、原文献情報の伝送には画面当り 20 秒程度であるから、接続時間の増加は、高々 5 分程度である。結局、この場合は、アブストラクト検索の時間も検索結果の出力に因っては短くなるので、例. 1. の TSS 接続時間から見て、15 分程度の接続時間が予想される。この場合の必要な回

線数を前と同様にして求めると、呼損率 1%, 5%, 10% に対して  
約 42, 36, 30 回線が必要になる。

#### (4) 蓄積される原文献情報の量

例えば、東大・電気電子工学科では、電気・情報の分野で約  
300種の雑誌、論文誌を購入している。100論文/誌・年、10  
ページ/論文とし、これらを10年分蓄積するなら、文献数約 $3 \times 10^5$ 件  
、原文献情報としては、 $3 \times 10^6$ ページになり、これらの膨大な量の情  
報の蓄積、検索の技術は、従来の計算機技術の延長線上では考  
えにくい。例えば、 $800\text{MB}$ の大容量磁気ディスク装置を用いても、画像  
として蓄積すると帯域圧縮を施して蓄積しても装置当り高々 $8000$ ペー  
ジの収容能力しかない。したがって、原文献の蓄積には、記憶密度の高  
い全く別の記憶媒体の使用を考える必要がある。また、この記憶媒体  
を用いた場合の原文献データベースの検索速度等の性能を考慮したシ  
ステム全体の最適な構成なども検討する必要がある。

以上の考察から明らかになった規模の原文献データベースのセンタース  
テムの設計にあたっての問題点について、以下の各節で検討していく。

### 3.2.3 ハードウェア構成

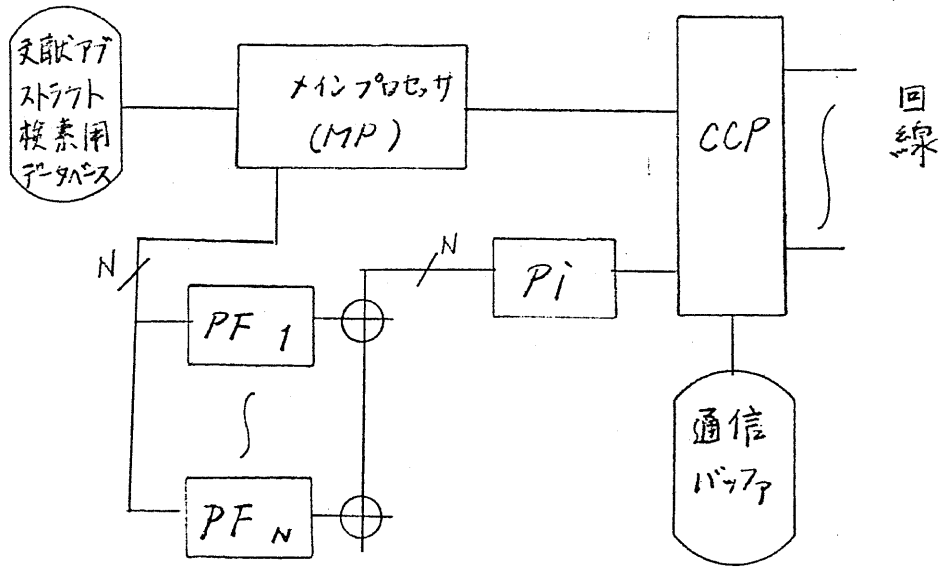
前節に述べたシステム構成上の問題点の一つである、メインプロセッサ、  
原文献データベース、通信制御プロセッサ間での原文献情報の効率的  
な転送を可能にするシステム構成について考えてみよう。まず、画像データ



がシステム内を転送されることによるオーバーヘッドを考える。システムの稼働状況は、次のように仮定する。

- (i) 回線速度 48 Kbps (1画面を 20 秒で伝送)
- (ii) 端末からのアクセス頻度 120 回/時
- (iii) マインプロセッサのチャネルのデータ転送速度 (= マモリサイクルタイム と仮定)  
 $2\text{MB/sec}$                       バイト当り  $0.5\mu\text{s}$
- (iv) 回線数 40

原文献の平均ページ数を 10 とすると (i) より 1 文献の伝送に必要な時間は  $t = 200 \text{ (sec)}$ 。一方、原文献の送信要求は、端末からのアクセス当り 1.5 文献とすると (ii) より、要求到着率  $\lambda = 1/20 \text{ (1/sec)}$  に対して原文献伝送中の回線数は、 $a = \lambda t = 10$  より 10 回線である。ゆえに、画像データの転送量は、 $48 \text{ (Kbps)} \times 10 = 60 \text{ (KB/sec)}$  になる。これだけの情報量がマインプロセッサ内を通過すると、そのオーバーヘッドは、画像ファイルからマインプロセッサへの入力で 30%、マインプロセッサから回線への出力で 30%、計 60% になり マインプロセッサは マモリサイクルの 60% をデータ転送のオーバーヘッドに使われる非能率なシステムになってしまう。このことを考慮すると、3.1 節での検討結果から、図 3.4 の (b) あるいは (c) の方式が適すると考えられる。ここでは、図 3.4 の場合から BEP を除いた図 3.5 に示すようなハードウェア構成を考える。ここで、画像入力装置とは、画像情報を原文献ファイル検索装置から通信バッファに入力するための装置を意味し、CCP プロセッサおよびチャネルまで含めて考える。この構成は、原文



PF: 原文献ファイル検索装置      Pi: 画像入力装置

図7.2 原文献データベースシステムのハードウェア構成 - (1)

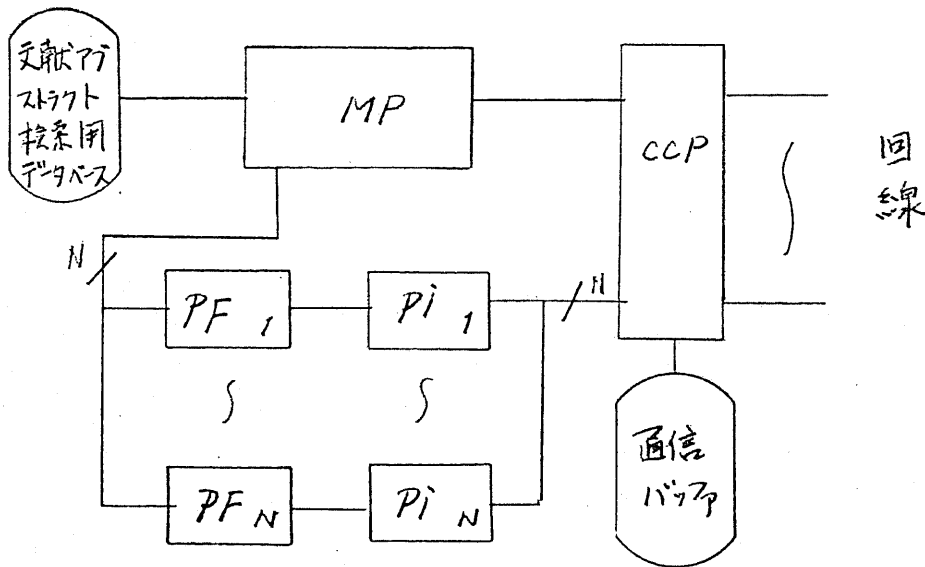


図7.3 原文献データベースシステムのハードウェア構成 - (2)

献ファイルの検索時間にくらべて、画像入力装置の入力時間がかなり短かく、また物理的にも多数の原文献ファイル検索装置を1台の入力装置でまかなえる(例えば、実験システムにおけるようなテレビカメラとフレームメモリを計算機に接続した高速入力装置)場合には、有利なシステム構成である。原文献ファイル検索装置の検索時間にくらべて画像の(光電変換)入力時間がかなり短くない場合、あるいは、原文献ファイル検索装置毎に入力装置が必要な場合は、図7.3に示すようなハードウェア構成になる。

図7.2, 7.3のようなシステムにおいて必要になるハードウェアについて述べる。原文献情報の伝送には大量の情報の高速伝送が要求される。この要求は、従来の計算機センター、TSS端末間で行なわれていた低速度の通信方式で満足することは到底困難であり、むしろ最近開発の進んでいる計算機ネットワークで行なわれているような高速高効率な通信方式が適当である。しかも、伝送されるべき情報の量が膨大であるから、より完全に通信制御ハードウェアが準備される必要がある。具体的には、

- (1) 多回線高速通信制御装置(プロセッサ)
- (2) 大容量通信バッファ
- (3) 画像情報の帯域圧縮符号化装置

以下に、各々について少し詳しくみてみよう。

#### (1) 多回線高速通信制御装置

近年、通信制御機能は、ハードウェアから柔軟性のあるミニコン制御のものへと移行している。しかし、通信制御機能は、処理速度の

十分であれば、マイクロプロセッサ ( $\mu$ -P) による方がはるかにコストパフォーマンスが優れている。特に、ここで必要としているような多数の高速回線と制御する場合は装置の経済性は重要なことである。 $\mu$ -P の利用に関しては、8080 A 程度のプロセッサによっても伝送速度 48 kbps の HDLC 手順の伝送制御手順が実現可能であるという報告があり、このシステムの要請を満足する一つの方法である。

### (2) 大容量通信バッファ

ある回線が原文献情報を送信している間、その原文献情報が格納されている原文献 (画像) ファイル検索装置が原文献情報の読み出しのために占有されてしまうと、多回線稼働時のシステムのスループットは大幅に低下し、ユーザへのサービスは低下する。これを防ぐためには、各通信回線毎に 1 画面分以上の容量の通信用のバッファメモリ (これを通信バッファと呼ぶ) を持つ必要がある。このためのバッファメモリには大容量で入出力速度の高速なものが要求される。この要求を満たすハードウェアとしては、通常の可動ヘッド型磁気ディスクに比べて、ヘッドの移動が不要で高速アクセスの可能な固定ヘッド型磁気ディスク、あるいは ICメモリが考えられる。両者は、容量と速度の点で相補的な関係にある。両者を用いた場合の定量的な検討を 8.5 節で述べる。

### (3) 画像情報の帯域圧縮符号化装置

原文献ファイル装置に蓄積されている画像情報がマイクロビジュアルのように、二次元パターンである場合や、テレビジョン画像のフォーマットで蓄積

されているビデオ信号の場合には、このままの形で端末へ伝送するので、極端に冗長度が高く無駄が多い。したがって、帯域圧縮処理を施して、冗長性を削減してから送信すれば、通信時間、通信コストとも大幅に節約できるので、帯域圧縮機能は本システムにとって必須の機能である。原文献のような逐画画像情報の帯域圧縮方式は、グループⅢ規格(G-3規格)7アグシヨリにおいて数多く提案されている。1977年11月のCCITT, SG XIVの勧告は、1次元処理かつモディファイド・ハフマン(MH)符号表を用いたランレングス符号化方式である。この方式による符号器の構成は、図7.4に示すようなものである。帯域圧縮符号器内では、白黒ランレングスの測定、MH符号表による符号化等を行っている。このようなハードウェアの符号器による符号化の時間は、図7.4のような入力画像情報のダブルバッファリングを行えば、画像のラインメモリ入力時間のオーダーで考えられ、解像度がA4版短辺1728画素、ラインメモリへのアクセス時間を500 ns/B とするとA4版1画面当りの符号化処理時間は、1秒内外で可能と考えられる。またより高能率の符号化が期待

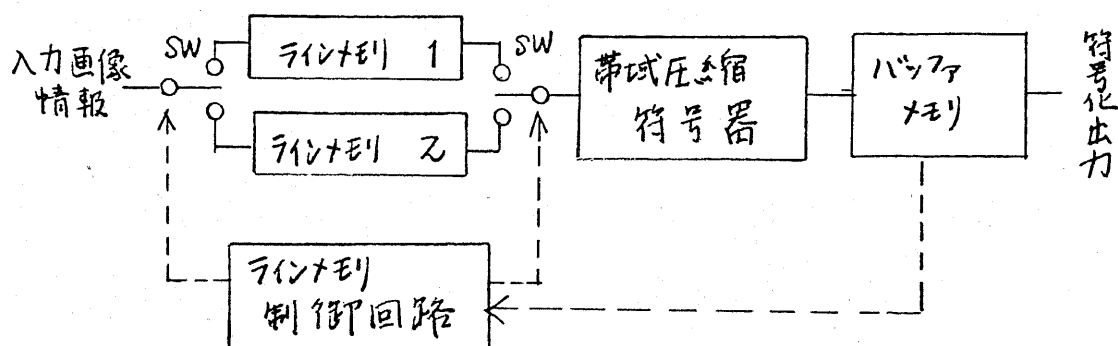


図7.4 符号化装置の構成例

される二次元逐次処理方式では、符号器のハードウェア構成はより複雑になるであろうが、大筋では、1次元方式と同程度に見れるであろう。

以上述べた帯域圧縮符号化機能は、システム内を転送されるデータの量を削減させてスループットを向上させるために、原文献情報入力直後に行なうべきである。したがって、図7.2, 図7.3における画像入力装置の機能に含まれるべきである。

以上で、原文献データベース・システムのシステム構成および通信関係のハードウェアについて述べた。もう一方の要素である原文献ファイルについては、重要な問題であるので、7.2.4節で詳しく述べる。

### 7.2.3 ネットワーク および 端末

原文献データベースへの遠隔端末からのアクセスを考える場合、センターの構成とやらんで重要なのが、伝送路として利用するネットワークの選択である。現状では、システムに対するアクセスの広域性を満足するネットワークとしては下記のものが挙げられる。

- (1) 電話交換回線網 (加入電話, 電信回線, 公衆通信回線)
- (2) テータ通信回線 (特設通信回線)
- (3) DDN 網
- (4) 公衆ファックス網

このうち、(4)の公衆ファックス網は電々公社で計画中のものであり、現在は実用化されていない。これらのネットワークの特徴を表7.1に示す。

	料金体系	回線速度	伝送制御	その他
電話交換回線網	時間, 距離に依存	半二重 2400 bps 以下	基本型 HDLC	通信制御プロトコルは特に定まていない。
データ通信回線網	定額	全二重 48Kbps 以下	"	
DDX 網	従量制	"	HDLC	2000 bit/パケットの パケット交換方式
公衆ファックス網				ファクシミリ専用サービス 40 Kbit/パケットで 1 画面 4~5 パケットで伝送

表 7.1 各種ネットワークの比較

この表で、各ネットワークを比べると、普及度の点からは、電話交換回線が一番良いが、伝送速度が低い。(9600 bps 程度まで可能だが品質が劣化する。) このため、原文献情報のような大量のデータ伝送には、時間と距離に依存する料金体系ともあわせて不利な点が多い。特定通信回線のようなデータ通信回線を利用すれば、高速性は得られるが、ホスト・ポイント間の回線で普及性に欠ける。DDX 網は、ネットワークを介して端末相互間で高品質 高速データ伝送可能なネットワークで、原文献情報のような大量の情報を各地の遠隔端末に送信するには適している。但し、DCNA のような階層的なネットワークアーキテクチャによるプロトコルの各レベルでのオーバーヘッドは無視できない。一方、電通公社では、高速デジタルファクシミリ専用の公衆ファックス網を計画しているが、原文献の表現に対して十分な画質(特に解像度)が得られるのか、かなり有望なネットワークといえよう。

原文献データベースのリモートアクセスにおいてネットワークの他に端末が重

要な要素である。端末の備えるべき能力については、3章、5章で述べたので、ここでは原文献情報を扱うという点を中心にして述べよう。原文献の高解像度ハードコピーを得るための手段としては、G-3複写機シリ以外には適当なものが見当たらない。これを利用すると、DDX網を使用する場合の端末は、図7.5のような構成であろう。結論をいえば、G-3複写機シリの記録機構と、ネットワーク・インターフェース、複合情報入出力制御を行なうインテリジェンスを組み合わせたものである。このような端末は、実験システムで開発した複合端末 COMET に比べて通信速度が高速な点で困難さはあるが、現在の技術で十分可能なシステムである。

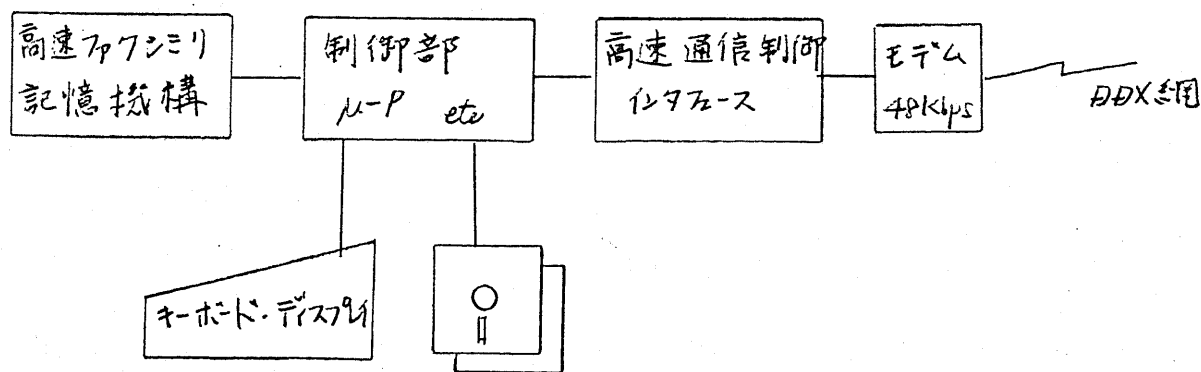


図7.5 高速回線用・原文献データベースの遠隔端末の構成



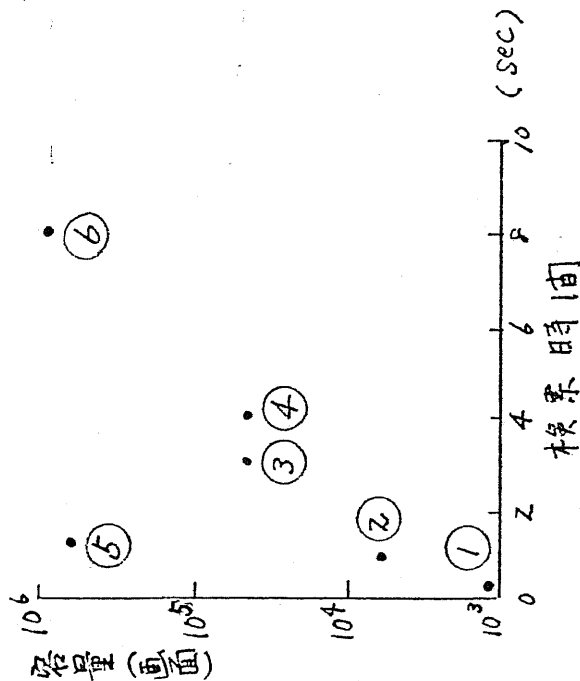
#### 7.2.4 画像情報の大容量ファイル

7.1節で述べたように、原文献情報の蓄積を磁気記憶媒体を用いて行なう方法は、入力の困難さ、経済性、容量の点から大きな期待がでない。これに対して、原文献を画像情報として例えばマイクロフロッピーのような光学的記憶媒に蓄積する方法、またレーザ技術を活用したビデオディスクやホログラム等を用いる方法は、いずれも大量の画像情報の蓄積可能な大容量の記憶媒体として期待できる。現在の技術で可能と考えられる各記憶媒体の比較を表7.2.1に示す。また、各種記憶媒体の検索装置の性能を図7.2.2に示した。

これらの結果からみると、読み出し専用の媒体で優れた性質を持っているのは、ビデオディスクである。現在のビデオディスクは、画像情報をテレビジョンフォーマットのアナログ信号の形で記憶しているものが多いので、この場合は、計算機入力においては、A/D変換、速度変換が必要であるものの、1次の電気信号であるからインタフェースは比較的容易である。また、近頃東芝から発表されたビデオディスクシステムは、デジタル信号として画像を記憶する方法で、 $G=3$  程度の画質の画像を帯域圧縮符号化を施して蓄積しており、高画質、高密度およびインタフェースの容易さの点で注目されるシステムである。ところで、フロッピーディスク方式のビデオディスクは、母原盤を作成し、これから大量の複製盤を作る方式であり、追加書き込みがでない。これに対し、日立、あるいは東芝で開発した方式は、記録面に金属薄膜を利用した方式で、現象処理が不要のため、追加書

記憶媒体の種類	画像の書き換え	追加書き込み	平均検査時間	1画面当りのコスト	装置当りの容量	計算機入力インタフェース	画質、解像度
マイクروفライム (フィルム)	不可 (フレーム単位での交換可)	フレーム単位の追加可	長 4秒程度	低	大 $10^4 \sim 5$ 枚	難	フイルムそのものは高解像度だが、光電変換に問題あり
ホログラム	不可	不可	中 1秒程度	中	大 $10^5 \sim 6$	難	解像度は1000本程度 光電変換入力系に依存
ビデオディスク	不可	可	長 3秒程度	低	大 $10^4 \sim 5$	中~易	高品質
磁気ディスク	可	可	短 $10^{-1}$ 秒程度	高	小 $10^3$ 以下	易	"
MSS	可	可	長 10秒程度	低	大 $10^5 \sim 6$	易	"

表 7.2 各種記憶媒体の比較



- ① 磁気ディスク
- ② 小容量マイクروفライム
- ③ ビデオディスク
- ④ マイクروفライム
- ⑤ ホログラム
- ⑥ MSS

図 7.6 画像検査装置の性能

き込みが可能である。たとえ書き換えができなくても、追加書き込み可能であると、データベースの作成には、柔軟性がでる。このように見ると、技術的には理想に近いビデオディスクであるが、新技術であることから、データベース管理者ユーザにとって馴染みの薄いことに若干の問題がある。

ホログラムは、性能的にはビデオディスクと同程度ないしそれ以上であるが、最大の欠点は、二次元記憶の点である。したがって、読み出した後、計算機入力するためには、再生画像をテレビカメラで撮る必要がある。このことが、画質を劣化させる。

マイクロフィッシュは、容量、検索速度の点でビデオディスクと同程度である。しかも、記憶媒体が安価で、一般への普及度が高く、ユーザにとって抵抗の少ない媒体であることが利点である。また、フィッシュの作成が写真技術により可能なため画像ファイルの作成が容易であることは、莫大の量の原文献ファイルを作成するにあたって有利である。マイクロフィッシュの場合、フィッシュのシート1枚は、1度に作成し、書き換えもできないが、シート単位での交換は容易であるから、追加書き込みないし凝似的に書き換え可能といってもよく、このような意味では優れた記憶媒体である。しかし、マイクロフィッシュの場合もホログラムと同様に二次元記憶媒体であるため、入力のために光電変換が必要で、テレビカメラを用いると、画質の劣化が大きいことは、実験システムにおける経験の示すところである。この点を解決するためには、高品質画像入力可能なマイクロフィッシュ用FSSの開発が望まれるが、実験段階としては、このような装置も出現

始めている。以上の点からみて、マイクロフロッピーは、原文献用ファイル記憶媒体としてかなり希望がもてる。

これらの装置のいずれについても言えることは、書き込みがオフライン化  
おと、読み出し専用であることで、データベース作成時の編集作業や  
更新処理は大変な作業になるであろう。

MSSの場合は、書き換え可能なこと、容量、計算機インターフェースの容  
易さの点で優れているが、検索時間の長さは問題である。つまり、装  
置当りの容量が大きくても、検索時間が長いと、検索要求頻度が大きくな  
った場合の検索待ち時間が問題になる。

次に原文献データベースにおいて何台程度の画像ファイル検索装置  
が必要になるかを考えてみる。要求されるファイル容量は、前記の考察から  
画像  $10^6$  枚以上である。マイクロフロッピー、ビデオディスク、ホログラムはい  
ずれも装置当り  $10^5$  枚程度の容量を持つから、 $10^1 \sim 10^2$  台が必要であ  
ろう。一方、磁気ディスクは、帯域圧縮を施して蓄積しても装置当り  $10^3$  枚程  
度であり、 $10^2 \sim 10^3$  台が必要になる。装置当りの容量、媒体の性質を考  
えれば、マイクロフロッピー、ビデオディスクが望ましいといえよう。

### 7.3 現実的規模システムのソフトウェア

画像データベースシステムのソフトウェアに関しては、気つかの問題がある。通信に関連したソフトウェアについては、3.3節で複合情報通信プロジェクトとして述べたので、ここでは省略する。ソフトウェアに関する別の問題は、ユーザインタフェース および 汎用データベースと画像データベースのインタフェースの問題である。ここでは、主としてこの問題を考えてみる。

#### 7.3.1 ユーザインタフェース

実験システムのユーザインタフェースは、まとめていえば次のようになる。

- (1) /DATA BASE (/D) コマンドで汎用データベースの検索を開始し、目的とする画像名集合を得る。(原文献データベースの場合は、汎用データベースは、アブストラクト検索中心の文献検索システムで、得られる結果は、文献集合である。)
- (2) /D コマンドの検索結果の集合から、伝送を希望する画像名をパラメータとした /SEND (/S) コマンドを送信し、画像情報を得る。

ここで問題になるのは、画像名のつけ方である。例えば、文献名の場合には、文献のタイトルであるが、これは一般にかなり長いもので /S コマンドのパラメータとしては、ユーザにとっても、システムにとっても、必ずしも好ましいものではない。その代りに、システムで画像情報識別用に作った画像インデックスを用いると、ユーザにとって劇的な薄く、マシン・インタフェース

が悪くなる。このような実を解決する方法としては、次に述べるように、

IS コマンドの パラメータを 仮想化する方式がよいと考えられる。

### ▷ 仮想 パラメータ方式

1D コマンドの検索結果において、アブストラクト等の出力された順番を数字として IS コマンドのパラメータとする方式。(例えば番号にアブストラクト等の出力された画像は、数字で仮想的に表現される。)

この方式によれば、ユーザは、IS コマンドのパラメータとして、高々 1, 2 桁の数字を入力すればよく、円滑なマシン・インタフェースが期待できる。さて、

1D コマンドの検索結果、画像集合  $\{P_1, P_2, \dots, P_n\}$  を得たとする。

この場合、画像  $P_i$  に対する仮想パラメータは、 $i$  である。この時、仮想パラメータの指定方式には、次のようなバージョンが考えられる。

(1) 単一指定： 仮想パラメータとして、1 個の数字を指定する。

例  $IS \sqcup i$

(2) 全体指定： 仮想パラメータとして、得られた画像集合全体を指定する。 例  $IS \sqcup all$

(3) 部分指定： 仮想パラメータとして、得られた画像集合のうちの一部を指定する。 例  $IS \sqcup i_1, i_2, \dots, i_k$

(4) 排除指定： 仮想パラメータとして、画像集合のうち特定のものを除いた残りの部分を指定する。 例  $IS \sqcup exclude(i_1, \dots, i_k)$

仮想パラメータ方式を用いると、1 回の IS コマンドで、複数の画像が送信

られる。また、原文献データベースの場合は、1文献が数ページからなるため仮想パラメータ方式によらなくても、1回のI/Oコソトで複数の画像が送信されることある。このような場合のセンターのユーザインタフェースプログラムは、実験システムの場合(図4.28)とは異なる。すなわち、複数の画像の効率的な検索および送信のためには、検索と送信を並列動作させる必要がある。例えば、図7.7のフローチャートに示すようなアルゴリズムで動作しなければならぬ。検索と送信が互いに干渉し合う(処理に時間がかかると、他方の処理がその実行を拘束されること)と、システムのスループットは低下する。したがって、システムの効率的な動作のためには、検索と送信の動作の独立性が要求される。図7.7によれば、大容量の通信バッファにより、この独立性が保たれることがわかる。この点に関しての定量的な検討は、8章に述べる。図7.7の中でのもう一つの、重要な点は、仮想パラメータの画像ファイル物理アドレスへの変換である。このことは、実は、汎用データベースと画像データベースのインタフェースにあたる部分である。これについて、次節で詳しく述べる。

### 7.3.2 汎用データベースとのインタフェース

汎用データベースと画像情報の集合(今までは、これを単に画像データベースと呼んでいる。)との結合を考える場合、まず、汎用データベースにおいては、画像というエンティティが存在し、このエンティティに関して、画像情報そのものに対する何らかのアクセスパスが提供される必要がある。以下に、このアクセ

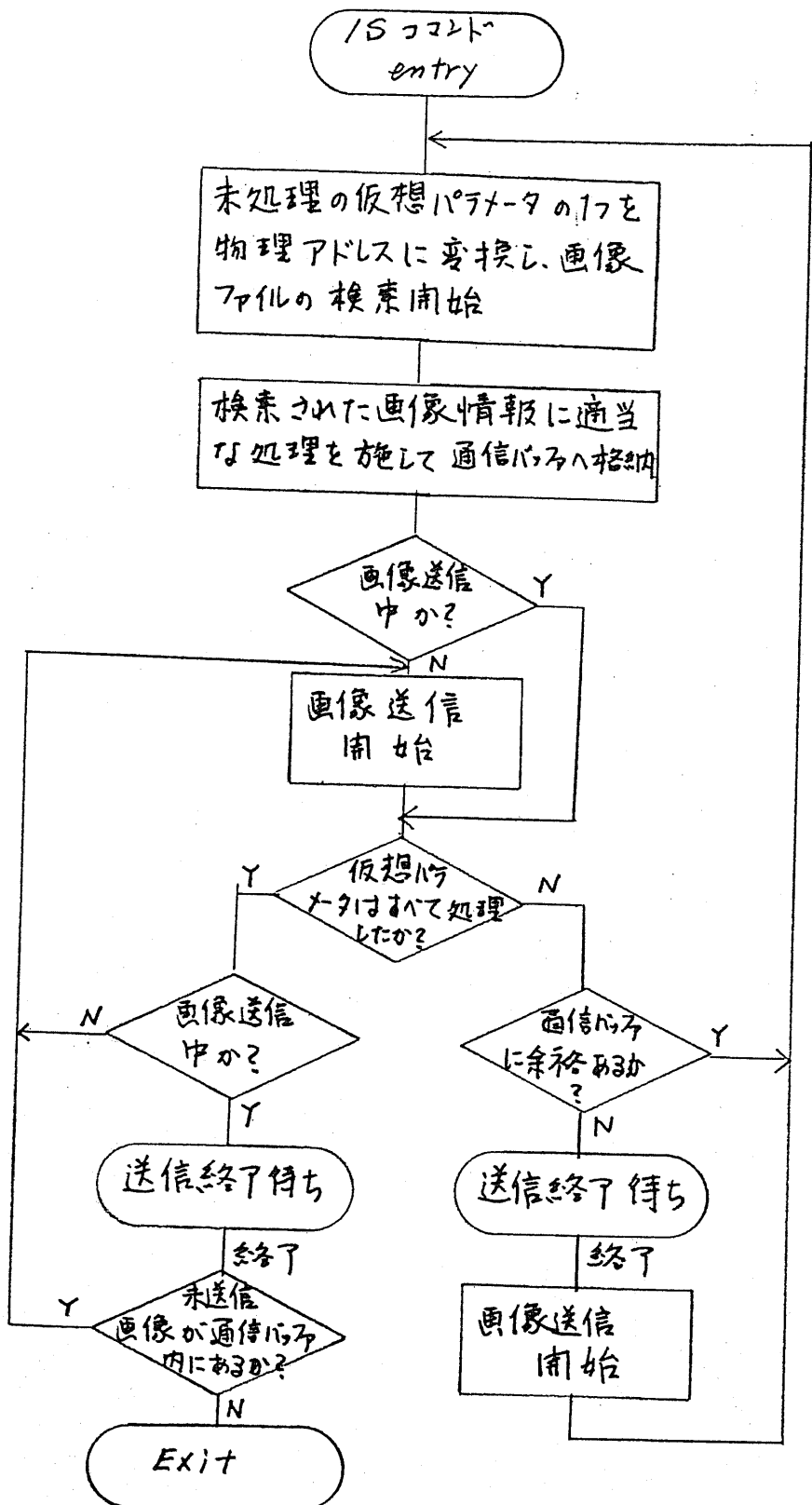


図7.7 仮想パラメータによる IS コマンドのフローチャート



スキームのいくつかの実現法について述べよう。

### (1) 属性 = 画像情報

最も簡単には、図 7.8 (a) のように、画像情報それ自体は、画像というエンティティの属性の一つと考えることにより、汎用データベースが画像情報を扱える。しかし、画像情報は、膨大な情報量を持つため、異なる媒体に蓄積され、通信や端末での出力についても特別の扱いが必要なのは、これまで述べてきたとおりである。したがって、画像エンティティの属性が、いなり画像情報であるという方法は非現実である。

### (2) 属性 = 物理アドレス

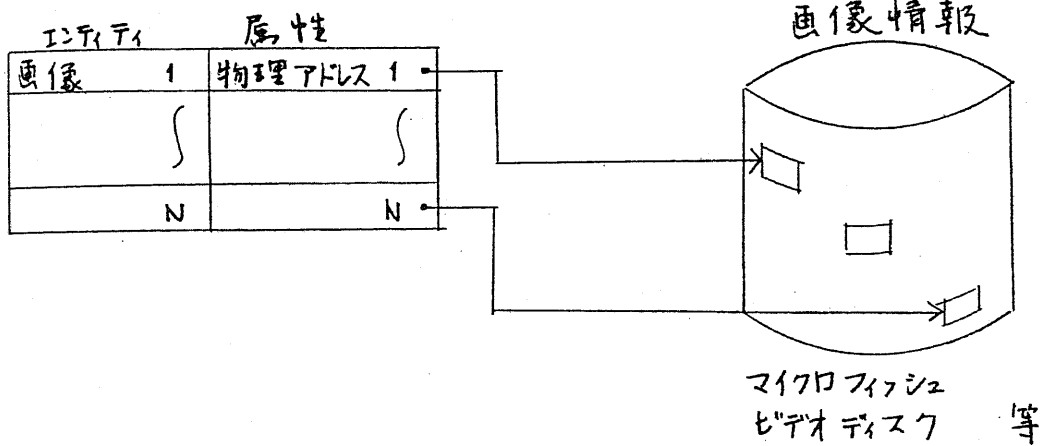
次に考えられるのは、図 7.8 (b) のように汎用データベースにおける画像エンティティの属性は、画像情報自体へのアクセスパスを提供すればよい。すなわち、画像情報の格納されている画像ファイル検索装置における物理アドレス（実験システムであれば、RFAI-T のフィルムアドレスフォーム）とする方法である。この方法によれば、汎用データベースは、画像データベースと独立に考えることができ、従来開発されてきた汎用データベースを利用することが可能になる。しかし、この方法では、次のような点が、インタフェース上の問題となる。

### (1) 画像情報の扱いの汎用 DBMS の負荷

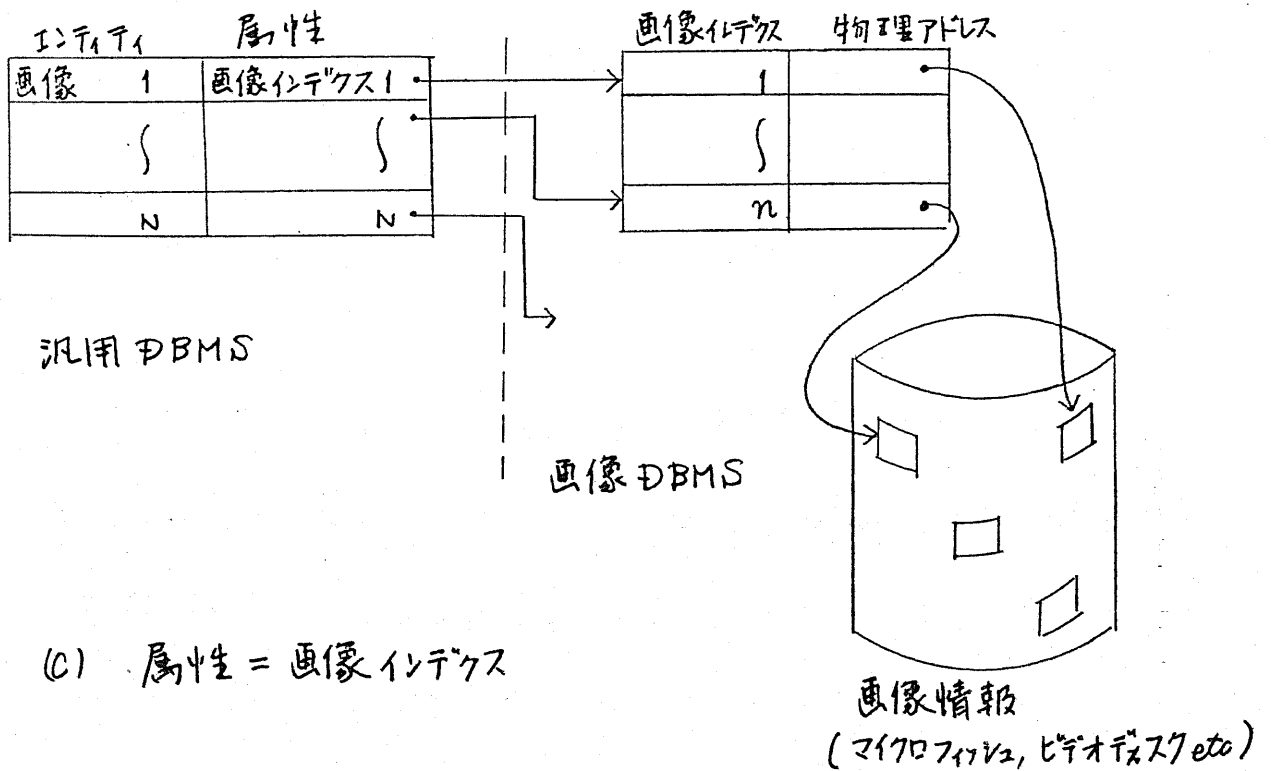
画像情報への物理的なアクセスが汎用 DBMS の制御によって行われる。このため、長い検索時間や膨大な情報量に適応した検索や通信、さらには、画像処理といった、本来汎用 DBMS と無関係な仕事

エンティティ	属性
画像 1	画像情報 1
}	}
N	N

(a) 属性 = 画像情報の場合



(b) 属性 = 物理アドレスの場合



(c) 属性 = 画像インデクス

図 8 汎用データベースからの画像情報へのアクセスパス

がデータ独立性を保つために、汎用DBMSの仕事になってしまう。

### (ii) 画像データベース更新時の扱い

画像データベースにおいては、不必要になった画像情報の削除、新しい画像情報の登録等の更新処理が行なわれる。原文献データベースの場合には、かなり頻繁に、このような更新処理が行なわれる。更新処理においては、汎用データベースにおいてもそうであるように、検索装置の利用効率を上げるために、不要な情報を物理的に抹消し、有効な情報の並べ替えを行ったりする。画像ファイルでのこのような処理は、具体的には、次のようになるであろう。

マイクロフィッシュ : 各シートの装填位置の変更

ビデオディスク : 不要な画像情報の割合の多くなった数枚のディスクを1枚のディスクにマージする。 etc

このような時、画像情報の内容が不変でも属性である物理アドレスだけが変化する。このような処理は、ある意味では、おど無駄な処理である。また、分散型システムにおいては、1つの画像情報に複数の画像エントリが存在する場合もあり、この場合の更新時におけるデータベースの完全性を維持することは、大変なことであるにもかかわらず、前記の更新処理は論理的には、無駄な処理といえる。

### (3) 属性 = 画像インデックス

(2)の方法における問題を解決するために、汎用データベースと画像データベースの独立性をより高めるために、図7.8(c)のような方法が考

えられる。この方法では、各々の画像情報に対して、論理的にこれを一意的に表現する画像インデックスをおき、画像インデックスとその画像情報の物理アドレスとの対応表を作っている。画像インデックスと物理アドレスとの変換は、画像データベース管理システム(画像DBMS)の仕事にする。したがって、汎用データベースの画像エンティティの属性は画像インデックスになる。このようにすると、汎用DBMSは、画像情報に対してアクセスする場合は、画像インデックスを画像DBMSにわたすだけでよく、従来の汎用DBMSは、ほとんどそのまゝの形で利用できる。また、(2)の(ii)における無駄な更新処理は、画像DBMS内で処理でき、汎用DBMSは、更新に関する完全性維持等に対して特別な留意の必要はない。さらに、画像情報を画像インデックスにより仮想的に扱えるので、分散型システムへの適応性などの面で優れた柔軟性を期待できる。

次に、図78(c)のようなデータ構造が与えられた場合の汎用DBMSと画像DBMSの関係を考えてみよう。これは、2つに大別できる。

#### (1) 従属型

画像DBMSは、汎用DBMSのサブシステムという関係である。これは、見方を変えれば、画像DBMSは汎用DBMSにとっては、画像情報に対するアクセス法を提供しているといえる。したがって、画像データベースは、画像インデックスを介して完全に汎用DBMSの管理下にある。また、ISコマンドは、汎用DBMSのサブコマンドの一つになり、仮想パラメータ方式の実現は容易である。しかし、この場合は、両DBMSの独立性が低く

分散型システムには不向きである。

## (2) 独立型

汎用DBMSと画像DBMSは独立しており、インタフェースは画像インタフェースと、幾つかのコマンドでとられる。したがって、この場合には両者は地理的に分散していてもよく、分散型システム向きである。また、画像DBMSは、画像データベースに関するかなりの管理能力を持つと考えられる。この方法では、ISコマンドは、汎用DBMSのサブコマンドではなく、画像DBMSのコマンドとして扱ってもよいが、仮想パラメータの処理が問題である。したがって、この場合でも、画像DBMSはユーザに対して、直接のインタフェースを持たず、汎用DBMSあるいはより高位のスーパーバイザを介して、ユーザとインタフェースされるべきである。

次に、原文献データベースへの適用における問題点について述べる。原文献の場合には、画像エンティティの代わりに文献エンティティになる。ところが、文献エンティティの場合、原文献は数ページからなるから、一つのエンティティに対して複数の画像がつながる。これを表現するデータ構造は、図7.9の(a)(b)(c)に示す種類が考えられる。

### (a)方式

原文献エンティティにページ数分の属性を与えることにより、複数の画像へのアクセスパスを形成するものである。画像情報の画像ファイルへのアクセスの自由度、アクセスの自由度は高い(例えば、任意ページへのアクセスができる。)が、記憶容量が多く必要であり、属性→画像インタフェース

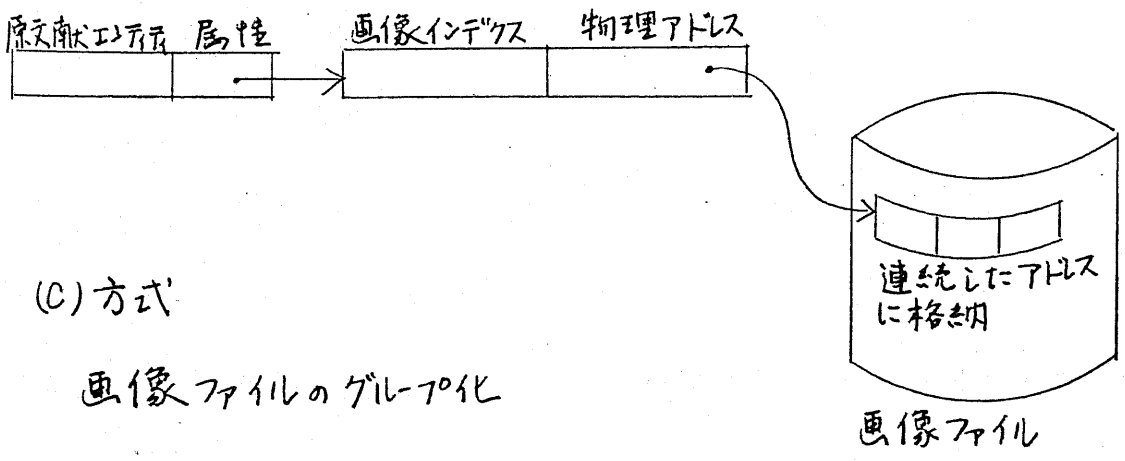
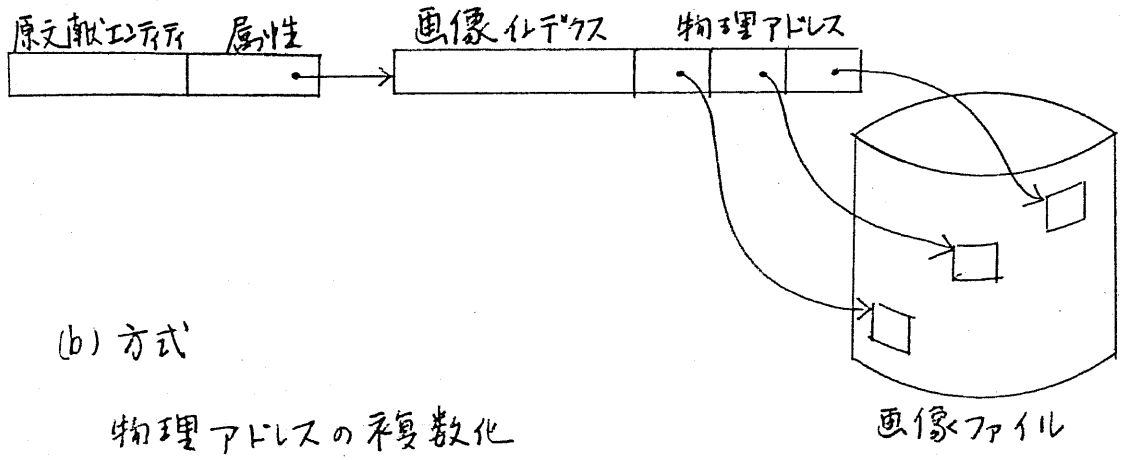
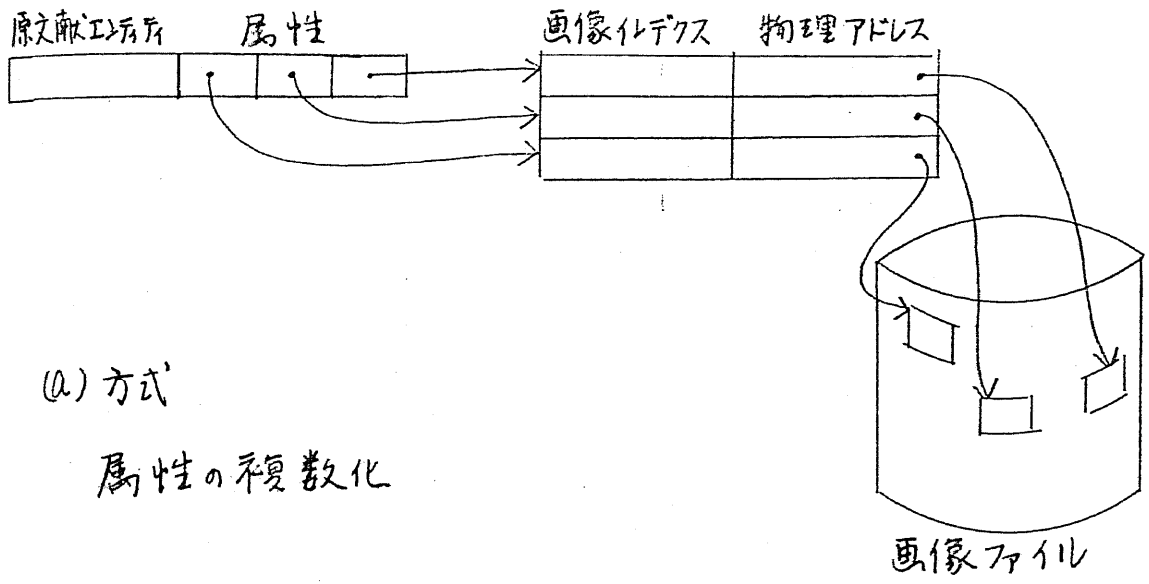


図 7.9 複数ページからなる原文献データへのアクセス法

→物理アドレスの変換がページ毎に行なわれ、処理量が多い。

### (b) 方式

画像インデクスに対して、複数の物理アドレスを付加することにより、複数の画像へのアクセスパスを形成するものである。アロケートおよびアクセスの自由度が高く、記憶容量も少なくて済む。また、属性→画像インデクスの変換は1回でよく、処理量も低減している。しかし、画像DBMSが画像インデクス→複数の物理アドレスの変換を行なうため、やや複雑になる。

### (c) 方式

一つの原文献に属する画像は、画像記憶媒体上の物理的に連続したアドレス（あるいは領域）に格納される。物理アドレスは、連続したアドレスに格納された画像情報の先頭のアドレスを示し、以下のページは、連続したアドレスから読み出すことにより、複数のページからなる原文献へのアクセスパスを形成する。この場合は、画像インデクスに関連する記憶容量も少なくて済み、画像インデクス→物理アドレスの変換も1回でよい。しかし、原文献が物理的に連続した領域（or アドレス）に格納されるという条件のため、アロケートおよびアクセスの自由度は低く、原文献データベースの管理（特に更新）も困難である。

もう一つの不可欠な問題は、検索された画像が正しいものである（すな

から、検索を要求した画像と一致する。)かどうかのチェックである。  
 なぜなら、ソフトウェアおよびハードウェアのエラー、あるいは人為的なファイル管理のミスにより、必ずしも正しい画像が検索されるという保証はないのである。このためには、画像記憶媒体上の各画像情報に計算機に判読可能な形で、画像インデックスを付加することが必要である。  
 マイクロフロッピーでは、これが困難である。一方、ビデオディスクであれば、フォーマットした画像インデックスを画像情報に付加することは容易であり、前者では、好ましい性質を持っているといえる。

最後に、画像(原文献)エンティティの属性 → 画像インデックスの変換法について述べておこう。問題は、画像インデックス・物理アドレス対応表の格納されている磁気ディスクへのアクセスにおいて、目的とする対応表に入っているレコードの探索である。画像エンティティの属性値である画像インデックスはユーザにとって直接見えないもので、システムにとって都合のよいように決めてよいため、画像インデックスを適当に決めて、ハッシュ関数により、目的レコードを求めする方法が効率的であろう。その他、二分探索、etcの探索アルゴリズムを適宜用いればよいであろう。



## 7.4 画像検索・通信系における問題点

前節までで、原文献データベースを例にとりながら、現実的規模の画像データベースの原型モデルのハードウェア、ソフトウェアに関するシステム構成上の特徴および問題点を明らかにし、これに対処すべき方策について定性的に述べた。これらの検討によりシステムの基本的構成はかなり明らかになったが、具体的な設計にあたっては、より定量的な考察が必要である。このためには、システムをトラック処理能力の観点から検討しなければならないが、このシステムはかなり大規模かつ複雑で、システム全体の解析はかなり複雑なものになる。この解析については、8章で詳しく論ずることにして、ここではまず、システムの部分毎の簡単なトラック解析を行ない、8章への準備を行なう。

### 7.4.1 画像ファイル検索装置

システムに装備すべき画像ファイル検索装置（以下、検索装置と略記する。）の数は、基本的には、検索装置の容量とシステムに蓄積すべき画像の数から決まるものである。しかし、ユーザに対するサービス性、すなわち、待ち時間を考慮すると、それだけでは決められない。例えば、超大容量の検索装置があり、大規模な画像データベースを1台の検索装置で作ったとしよう。この検索装置の検索速度があまり早くなるとすると、検索要求が1台の装置に集中して、検索待ち時間が極端に長くなり、結局システムは使いものにならないとい

これに反りかねない。この裏を考慮すると、検索装置の数は蓄積される画像の数から決まるよりも大よくなる必要が生ずる可能性がある。以下に、この問題について検討してみる。

各記号を次のように定義する。

システム全体への検索要求到着率	$\lambda_T$
検索装置数	$N$
検索装置の平均検索時間	$h$ ( $=1/\mu$ )
検索装置の検索時間の分散	$\sigma_h^2$

各検索装置への検索要求は等しくかつポアソン到着とする。これにて、各検索装置の待ち行列モデルは、到着率  $\lambda = \lambda_T/N$  の  $M/G/1$  系として考えればよく、この場合の平均検索待ち合せ時間  $W$  は、ポアソン・ヒンチンの式より、次式で与えられる。

$$W = \frac{a^2 + \lambda_T^2 \sigma_h^2 / N^2}{2 \lambda_T (1-a) / N} \quad \text{但し } a = \frac{\lambda_T \cdot h}{N} \quad (7.4.1)$$

今、マイクロフィッシュ、あるいはビデオディスクを考え、 $h = 4$  (sec) とする。また簡単のため、 $\sigma_h^2 = 0$  とする。さて、ここで  $W = \alpha h$  とするための  $N$  を求めると次式になる。

$$N = \frac{\lambda_T h (1 + 2\alpha)}{2\alpha} \quad (7.4.2)$$

7.2.1 節で評価したアクセス頻度 120 (/時)、アクセス当り 1.5 原文献、文献当り 10 ページから、 $\lambda_T = 0.5$  (/sec) (7.4.3) とすると、式(7.4.2)より、

平均検索待ち合せ時間 = 検索時間 ( $\alpha=1$ ) で  $N=3$

“ =  $\frac{1}{2}$ (検索時間) ( $\alpha=1/2$ ) で  $N=4$

が得られる。7.2.4節の検討により、マイクロフィッシュ、ビデオディスクでは、10台以上の検索装置が必要だったから、両媒体は、この点で問題は無い。一方、MSSは、仮に1台の装置で全画像を蓄積できるようにしても、検索時間が10秒として、 $\alpha=1$  なるためには、8台の装置が必要になり、不経済であることがわかる。

つて、以上の考察からわかるように、検索装置の性能は、容量だけでは評価できないことがわかる。式(7.4.1)から、 $W$ は、 $\alpha$ の単調増加関数であるから、 $\alpha$ がでるだけ小さいことが望ましい。このためには、 $\alpha$ を小さくしなければならない。一方、装置あたりの容量 $B$ は、大きい方が望ましい。この点を定量的に評価してみよう。システム全体で蓄積すべき画像総数を $M$ とすると、検索装置は、 $M/B$ 台必要である。一方、ユーザのサービス性を保つ、すなわち検索待ち合せ時間を検索時間の $\alpha$ 倍以下にするために必要な装置数は、式(7.4.2)で求まる $N$ である。したがって、ユーザのサービス性を維持するために、余計な装置を用意しなくてよい条件は、

$$N \leq M/B \quad (7.4.4)$$

この条件式を式(7.4.2)を用いて書き換えると、

$$B\alpha \leq \frac{2\alpha}{1+2\alpha} \cdot \frac{M}{\lambda T} \quad (7.4.5)$$

が得られる。この式から、画像ファイル媒体の定量的な選択基準が得られ、次のような設計の指針が明らかになった。

- (1) 検索装置の性能は、 $B$ と $n$ の積 ( $Bn$ 積) で評価しなければならぬ。
- (2) アクセス頻度  $\lambda_T$  が大きい場合は、 $Bn$ 積の小さい媒体、例えば磁気ディスクを選ばなければならぬ。(  $Bn$ 積の大きさは、磁気ディスク < ヒトディスク, マイクロフィッシュ < MSS である。)
- (3) アクセス頻度が低いが、多数の画像を蓄積するシステムでは、 $Bn$ 積の大きい媒体を使用する方が有利である。
- (4) 以上の方針に基づいて具体的な設計を行なう場合は、式 (7.4.5) を用いて評価すればよい。

#### 7.4.2 通信バッファ

画像伝送における各回線当り 1画面分の容量の通信バッファの必要性については、前に述べた通りであるが、ここでは通信バッファをより多くする場合についてまず考察する。大容量の通信バッファが検索と伝送の並列動作を可能にし、システムのスループット向上に役立つことは、7.3.1 節で述べた。ここでは、まず無限大容量の通信バッファがあると仮定して、この利用率を求め、実際のシステムにおける通信バッファ容量の目安にする。

原文献データベースを例にして考えることにする。ここでは、検索装

置に到着した検索要求は、即刻実行され、検索された画像情報はすべて一時通信バッファへ格納されるとする。この方式は、画像伝送によって生じる待ち行列を通信バッファ内に作る方式であり、前節の画像ファイル検索装置の解析もこの方式が前提になっている。つて、この方式による場合の通信バッファに滞留する画像の数を計算してみよう。以下の仮定をおく。

- (1) システムへの検索要求は、到着率  $\lambda_T$  のポアソン到着
- (2) 画像伝送は回線速度  $C$  で連続的に行はわれる。
- (3) 回線の数は  $N_e$  とする。
- (4) 通信バッファへの入出力時間は無視する。
- (5) 1画面の情報量は  $J$  とする。

すなわち、1画面の伝送に要する時間は、 $t_h = J/C$

$J$  が一定と仮定すると、サービス分布は、サービス時間  $t_h$  の一定分布になる。また、回線毎の到着率  $\lambda = \lambda_T / N_e$  とはなる。このシステムは、各回線が独立とすれば、各回線毎に  $M/G/1$  系と考えられるから、1つの回線における平均待ち行列長、すなわち通信バッファ使用量の平均値  $\bar{B}'$  は次式で与えられる。

$$\bar{B}' = \left\{ \frac{(\lambda/N_e)^2}{2(1 - \lambda/N_e)} + \frac{a}{N_e} \right\} \cdot J \quad a = \lambda t_h \quad (2.4.6)$$

回線数は  $N_e$  だから、全回線に対する通信バッファ使用量の平均値  $\bar{B}$  は、次式で与えられる。

$$\bar{B} = \left\{ \frac{a^2}{2(N_e - a)} + a \right\} \cdot J \quad (7.47)$$

7.2.1節で評価した $\lambda_T$ 等を用いて $\bar{B}$ を計算してみよう。

$$\lambda_T = 0.5 \text{ (1/sec)} \quad N_e = 40 \quad J = 1 \text{ (Mbit)}$$

また $C = 48 \text{ (kbp/s)}$ として、 $h \approx 20 \text{ (sec)}$

これらの値を式(7.47)に代入すると

$$\bar{B} = 1.17 \text{ (MB)}$$

かりに、この程度の量であれば、入出力が高速であるICメモリで実現する方法も可能である。しかし、簡単に磁気ディスクを使用する方法も考えられる。ここでは、アクセス速度の早い固定ヘッド磁気ディスク(平均アクセス時間 $T_a$ )を用いた場合のアクセス時間を検討してみる。通信バッファへの入出力要求は回線と画像ファイル検索装置の両方から到着する。このため、画面単位でみた到着率の平均値 $\lambda$ は、7.2.1節での評価から、

$$\lambda = 0.5 \text{ (1/sec)} \times 2 = 1 \text{ (1/sec)} \quad \text{になる。}$$

また、1画面の情報量 $J = 1 \text{ (Mbit)}$ 、ディスクの転送単位を1ワード(=512B)とすると、ディスク通信バッファへの入出力要求の到着率 $\lambda_D \approx 250 \text{ (ワード/sec)}$ となる。ディスクが $n$ ユニットあれば、ユニット単りの到着率 $\lambda = \lambda_D/n$ である。一方、ディスクのサービスは、次のようになる。

$$\text{サービス時間の平均値} \quad h = T_a$$

$$\text{サービス時間の分散} \quad \sigma_h^2 = T_a^2/3$$

この場合、各ディスクユニットは、M/G/1系とみれば、待ち時間  $W$  は、次式で表わされる。

$$W = \frac{a^2 + \lambda'^2 \sigma h^2}{2\lambda'(1-a)} \quad a = \frac{\lambda_0 h}{n} = \frac{\lambda_0 \cdot T_a}{n}$$

$$= \frac{2\lambda_0 \cdot T_a^2}{3(n - \lambda_0 \cdot T_a)} \quad (7.4.8)$$

固定ヘッドディスクでの  $T_a$  の値 10 (mS) を用いて  $W$  を計算すると、

$$W = \frac{50}{3(n - 2.5)} \quad (\text{mS}) \quad (7.4.9)$$

回線速度を 48 kbps とすれば、1 レコードの送信に 0.064 (sec) 要するから、通信バッファの入出力待ち時間は、この程度にしなければならぬ。つまり、 $W < 0.064$  (sec) が条件になり、式 (7.4.9) から、 $n > 3$  になる。したがって、固定ヘッドディスクを通信バッファとして利用する場合、3台用意する必要がある。

以上の検討から、通信バッファに IC メモリを使用する場合の容量とディスクを使用する場合の入出力速度の内題についての定量的な結果を得た。通信バッファについては、現実システムで想定されるような、容量無限大の仮定が成立しない場合は、その前後におけるトピックを独立に扱えなくなり、システム全体を1つの待ち行列系として解析する必要が生じる。このような場合については、8章で詳しく論ずることとする。

## 8. 原型モデルの

## トラセック解析

---

7章において現実的規模の原型モデルの構成を考え、題  
意の抽出と定性的検討を行なった。本章では、この結果を  
踏まえて、定量的な解析を行なう。画像ファイル検索装置  
毎の検索要求の到着率の偏りを考慮して、画像の格納方式  
、画像ファイル検索装置と画像入力装置の直列接続に  
ついて検討し、最後にシステム全体の動作をシミュレーション  
により解析し、具体的な設計基準を得る。

---



## 8.1 システムのモデル化

### 8.1.1 トラヒック解析すべき問題点

7章では、原型モデルのシステム構成を明らかにし、その上で最も基本的な画像ファイル検索装置と通信バッファのトラヒックの問題を簡単な場合について扱った。すなわち、この両者とその前後に存在するシステムの状態と完全に分離して扱ったわけである。しかし、これはあくまでも近似的扱いであり、現実のシステムでは、各部分はその前後の部分の状態に依存するから、独立に解析するわけにはいかないのである。したがって、より精密な解析を行なうためには、前後の部分も含んだ直列型の待ち行列系を解析する必要がある。しかし一般に直列型の待ち行列系は、トラヒック解析が困難で、解析解は、極簡単な場合についてしか知られていない。したがって、このような場合については、シミュレーションと適当な近似計算による方法を用いることになる。具体的に直列型待ち行列系として扱うべき部分は、部分的にみると画像ファイル検索装置と画像入力装置の接続部分である。この部分において問題になるのは複数台の画像ファイル検索装置が1台の画像入力装置に接続される場合である。一方、原型モデルシステムも全体としてみれば、画像ファイル検索および入力系と伝送系が有限容量の通信バッファを介して直列に接続されたシステムである。さて、ここでシステム全体の解析と各部分の解析の

関係について考えてみよう。システム全体としての解析ができれば、各部分の解析は不要になるとは、必ずしもいえない。これは、システム全体の解析は、全体の見通しを得るのに役立つが、かなり大規模かつ複雑であり、各部分において変化させたいパラメータが多く、全ての場合を解析するための労力は莫大である。特にこのシステムのように解析解が求まらず、シミュレーションによる方法を用いる場合は、システム全体の解析を全ての場合について行なうことは困難であるし、無駄が多い。一方、各部分のみの解析は、部分については詳しく調べられるが、その前後のシステムとの関連がわからないから、得られた結果にどの程度意味があるものかはおきりしない。このように、全体と部分の解析法には、各々長短があるので、ここでは、両者を次のように使い分ける方法をとる。

(i) システム全体の解析では、システム全体としてのサービス性の検討と、各部分の相互依存の影響を調べる。

(ii) 各部分の解析は、解析解が求まる場合（3.4節での解析）を含め、より多くの場合を検討し、部分的にみて最適なシステム構成を求める。

(i)(ii)の役割分担により、(ii)の各部分の解析がどの程度意味をもつかがおきりする。より詳細な設計を行なう場合には、(i)(ii)の結果を互いにフィードバックして解析を繰り返すことにより具体的な設計へ進むことになる。

さて、直列型システム以外の部分で、各部分の解析として重要であ

3のは、画像ファイル検索装置毎の検索要求到着率の偏りの問題である。この偏りが大きくなると、特定の画像ファイル検索装置にトラヒックが集中し、ボトルネックになる可能性がある。この問題については、偏りの原因、その影響等について検討する。

以上の問題点を本章では、3つの点に絞って 8.2~8.4の各節で、以下の順に論ずる。

8.2 検索要求の偏りに関する解析

8.3 画像ファイル検索装置と画像入力装置の直列接続の解析

(以上、部分における解析)

8.4 システム全体としての解析

8.1.2 システム全体のモデル

7章では、システムのハードウェア構成を明らかにしたが、定量的なトラヒック解析を行なうためには、ハードウェア構成に対応する待ち行列モデルを明らかにする必要がある。ハードウェアのモデルとしては、8.2.2節で述べた図8.2の構成を考える。待ち行列モデルを求めるためには、図8.2のシステムの画像検索、送信における動作を考えてみよう。

(1) 検索要求の発生

各回線から画像の検索および検索された画像のその回線への送信要求が発生する。但し、その要求は、次の3つの属性を持っている。

(i) 要求発生元の回線番号

(ii) 検索すべき画像が格納されている画像ファイル検索装置番号

(iii) 送信すべき画像の数

特に (iii) の属性は 原文献データベース・システムにおいて、1文獻が複数ページ（すなわち複数枚の画像）から成ることに対応している。

## (2) 画像検索

原則的には、目的の画像ファイル検索装置が空きならば検索を開始し、検索中等のビジー状態なら、検索要求は待ち行列（検索要求キュー）にたがれる。

## (3) 画像入力

検索された画像情報は、画像入力装置（これは CPU、あるいは、ホストと考える。）を介して通信バッファに格納される。但し、画像入力装置が使用中であると、画像ファイル検索装置は、ビジー状態のままで待たされる。

## (4) 画像伝送

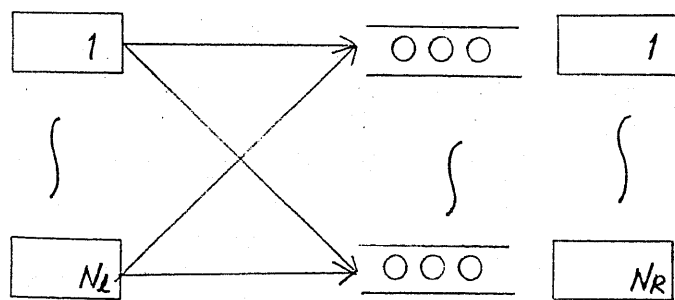
宛て先の通信回線が空き状態であれば、通信バッファに格納された画像情報は、即刻伝送が開始される。通信回線が使用中の場合（画像伝送中）は、空きになるまで、通信バッファ内に滞留する。

以上のような動作により、待ち行列モデルの概略はわかるが、ここに1つの問題点がある。それは、(2) の画像検索要求の検索要求キューの作り方である。これには、図 8.1 に示す次の2つの方法が考えられる。

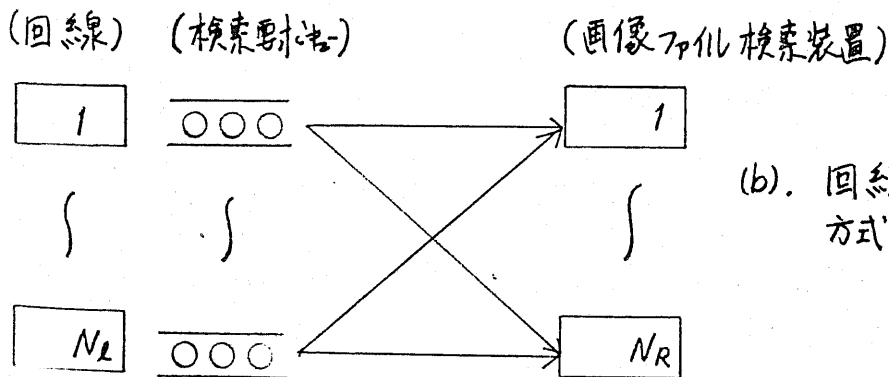
(a) 検索装置毎にキューを作る。

(b) 回線対応にキューを作る

(a)の方式は、バッチ処理的、(b)の方式は、TSS処理的であり、一長一短である。ソフトウェア的観点からみると、(a)の方式では、ある検索装置が空きになると、その装置のキューから要求を取り出して実行する。但し、このキューが必ずしもFIFOのキューでよいとはいえない。なぜなら、完全なFIFOキューとすると、原文献のように集団で検索要求が到着する場合は、1つの回線からの検索要求がかなり長時間にわたって装置を占有し、後から到着した他の回線からの要求が、その前に到着した要求に対する画像伝送がすべて終了するまで待たされ、サービスの低下を引き起すからである。この状況は、通信バッファ容量が小さい場合に起こりやすい。例えば、通信バッファが各回線毎に、1画面のみ割り当てられている場合を考えると、集団で到



(a). 画像ファイル検索装置毎にキューを作る方式



(b). 回線毎にキューを作る方式

図8.1 検索要求キューの作り方

着した要求が全て伝送終了するまで、検索装置を占有してしほう。したがって回線等の状態を見ながら、キューの中から適当な要求を取り出してサービスしなければならぬ。一方、(b)の方式は、見方をかえれば、ユーザ対応にキューを作る方式である。この方式では、ある検索装置が空きになると、各回線毎の検索要求キューを調べ、その検索装置宛ての要求があれば、取り出して検索開始することになる。そのため、各回線(ユーザ)は、平等なサービスを受けることが可能になり、(a)方式における検索装置占有の問題はない。但し、いずれにしても上記の動作(1)で述べた検索要求の持つ3つの属性のいずれをキーのインデックスとしてキューを作るかという問題であり、結局(a)(b)どちらの方式を選ぶかは、ソフトウェア実現の容易さにより決まる。以下では、(b)の方式を考えることにする。この場合のシステム全体の待ち行列モデルは、(1)~(4)の動作から図8.2のようになる。さて、以前からも指適したし、またこのモデルからもわかるが通信バッファ容量が無限大の仮定が成り立てば、その前の検索、入力系と其後の伝送系は分離して考えられる。そこで、8.2, 8.3節で述べる各部分の解析は、この仮定を前提として行なう。8.4節の全体の解析で、通信バッファとして実際どの程度の容量があれば、無限大容量とみなせるかを検討しそれまでの解析結果の意味付けを行なう手順になる。以下の各節で共通に用いている記号の意味について表8.1にまとめた。

$N, NR$	検索装置数
$N_L$	回線数
$B_f$	通信バッファ容量 (画面単位)
$\lambda_T$	システム全体への検索要求到着率
$\lambda_i$	$i$ 番目の検索装置への検索要求到着率 ( $i=1, 2, \dots, NR$ )
$\lambda$	各回線毎の検索要求到着率 ( $= \lambda_T / N_L$ )
$N_B$	集団到着する要求の集団の大きさ (1つの集団を構成する要求の数)
$h_1 = \mu_1^{-1}$	検索装置の平均検索時間
$\sigma_{h_1}^2$	" の検索時間の分散
$h_2 = \mu_2^{-1}$	画像入力処理装置の平均サービス時間
$\sigma_{h_2}^2$	" のサービス時間の分散
$h_3 = \mu_3^{-1}$	平均画像伝送時間
$\sigma_{h_3}^2$	画像伝送時間の分散
$W_{12}$	検索, 入力処理系の待ち時間の平均値
$W_3$	画像伝送における列平均待ち時間
$W_T$	回線からの検索要求到着から伝送開始までの待ち時間平均値
$AB(\lambda)$	通信バッファ内に滞留する画像のうち、伝送中でないものの数の平均値 (通信バッファ使用量と呼ぶ)

表 8.1 各記号の意味

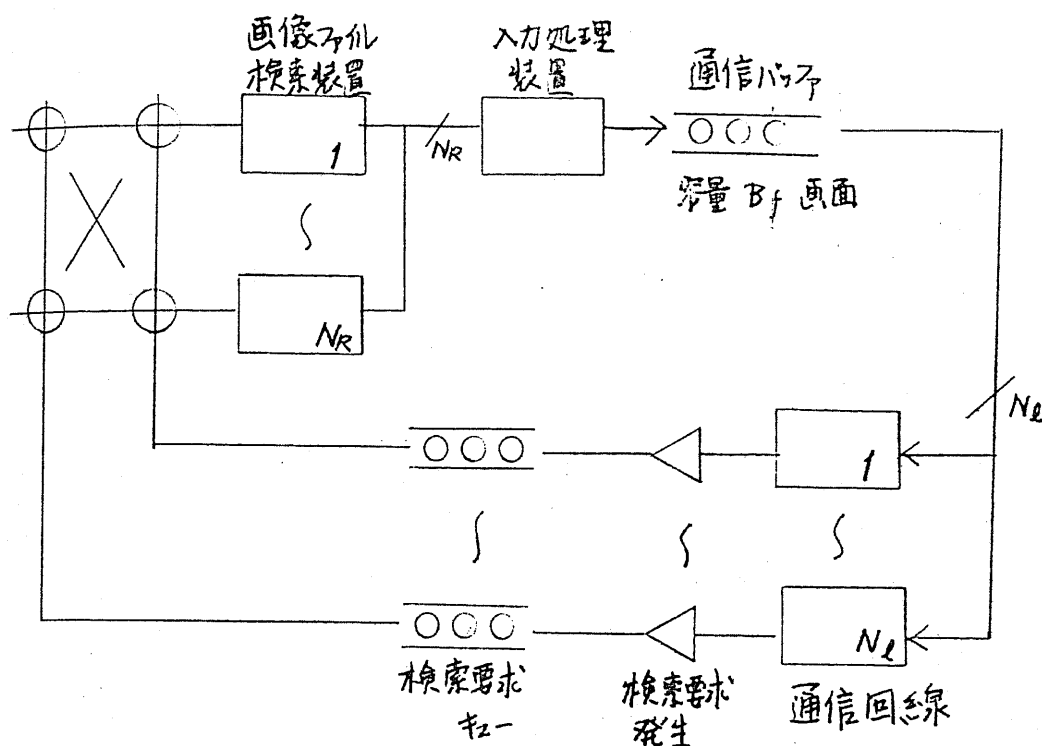


図 8.2 システム全体の待ち行列モデル

### 8.1.3 シミュレーションシステム GASP II

前述のように、このシステムは、直列型待ち行列が多く、解析的に解けないので、シミュレーションによる解析が有力な手法である。シミュレーションプログラムは、何々の問題毎に全部製作することも考えられるが、労力が重む。プログラム作成の容易さを目的として、ここでは、シミュレーション専用の言語を用いる。シミュレーション言語としては、待ち行列モデル解析に適しており、ユーザのプログラミングに柔軟性のある GASP II を用いる。本節では、GASP II についての簡単な説明を行なう。

GASP II は FORTRAN を親言語とするシミュレーション用プログラム・モジュールの集合である。GASP II は、U.S. Steel で作られたオリシビル・バジンを基に、アリゾナ州立大学で開発されたシステムである。



GASP IIでは、シミュレーションの対象としているシステムにおいて、システムの状態の変化をもたらす事象（これを EVENT と呼ぶ）の発生に従ってそれに応じた処理を施すことにより、シミュレーションを進行させる。EVENT の例としては、呼の到着、サービスの終了等がある。EVENT の処理の中で次の EVENT の発生をスケジュールし、システムに登録する。システム側では、このようにして登録された EVENT の中から、発生すべき時刻の最も早い EVENT から順に取り出して、EVENT 処理を行なう。このような形で、時間を追ってシミュレーションがでくするため、待ち時間の測定等ができる。さて、この EVENT には、その内容を記述する部分（これを Attribute 略して ATRIB と呼ぶ）が付属する。ATRIB としては、その EVENT の意味（これを EVENT コードと呼ぶ）、発生時刻、その他の EVENT 処理に必要な情報が記述されている。GASP II では、この他に、モジュールはバッファなどを実現するための FILE というデータ構造が用意されている。FILE に書き込むべき要素にはやはり、その内容を記述する ATRIB が付随しており、EVENT の処理、各種統計量の測定等に役立つ。FILE のデータ構造としては、FIFO, LIFO 等が可能であり、FILE の内容、すなわち、ATRIB の検索機能を持つモジュールも用意されている。実は、EVENT も一つの FIFO 構造の FILE である。

次に、GASP のモジュール構成について述べよう。典型的な GASP II のプログラムは、図 8.3 のような構成になっている。GASP II のシステムプログラムとして用意されているのは、図 8.3 の右半分、EVENT の

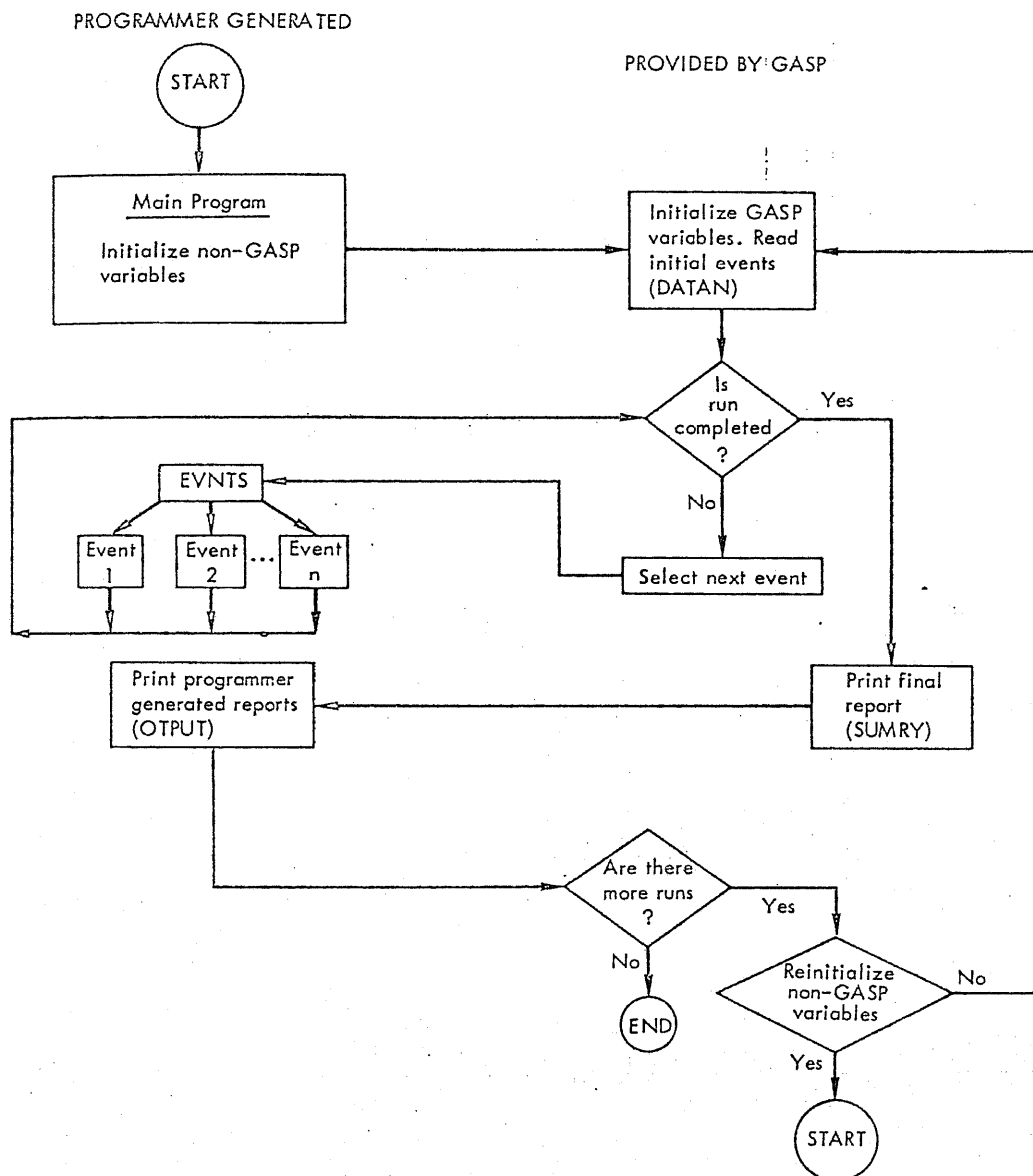


図8.3 典型的な GASP II のプログラムの構造

流いの制御や FILE の管理を行なっている。一方、ユーザは、図8.3の左半分  
のモジュールを作成する必要がある。ユーザ作成の各モジュールの機能につ  
いて簡単に説明しよう。

### Main Program

ユーザの使用する変数の初期化を行なう。

### EVNTS

取り出された EVENT の EVENT コードを解析して、そのコードに対応する処理プログラム (Event 1 ~ n) に制御をわたす。

Event 1 ~ n

各 EVENT コードに従った処理を行なう。この処理としては、システムの状態の書き換え、次の EVENT 発生スケジュール等である。

OUTPUT

ユーザ独自の統計処理結果の出力

図8.4に、Main Program および EVNTS モジュールの構成例を示す。

GASP II システムでは、EVENT の制御、FILE 管理の他に統計処理モジュール、各種の乱数発生モジュール等が用意されている。

```

C      MAIN PROGRAM
      DIMENSION NSET(6,ID)
C      ID; to be specified
      COMMON (GASP variables)
      COMMON (non-GASP variables)
C      Initialization of non-GASP variables
      CALL GASP(NSET)
C      If more runs are desired, insert GO TO statement
C      to either reinitialize non-GASP variables or
C      to CALL GASP again
      CALL EXIT
      END

      SUBROUTINE EVNTS(I,NSET)
      DIMENSION NSET(6,ID)
C      ID; to be specified
      COMMON (GASP variables)
      COMMON (non-GASP variables)
      GO TO (1,2,3),I
1     CALL ARRIV(NSET)
      RETURN
2     CALL ESERV(NSET)
      RETURN
3     CALL ENDSM(NSET)
      RETURN
      END
  
```

図8.4. Main Program と EVNTS モジュールの構成例

## 8.2 画像ファイル格納方式

### 8.2.1 画像ファイル検索装置毎の検索要求到着率の偏り

7.4.1節の解析では、画像ファイル検索装置（以下、検索装置と略記す）毎の検索要求到着率は、等しいと仮定していた。しかし、現実のシステムでこの仮定が成り立つとは、必ずしもいえない。むしろ、検索装置毎の到着率は、かなり異なると考えるべきであろう。到着率がランダムにバラつくことは当然だが、系統的に偏る場合も考えられる。ここでは、このような偏りの原因として特定の画像に対する検索要求到着率の経年変化による減衰について考えてみる。このような経年変化は、図書館学においては文献に対する参照頻度の変化として研究されている。普通は、この参照歩度の変化は、近似的に指数関数による減衰で表わされているので、ここでこれを扱う。画像情報に関しても、それが参照される歩度が文献の場合と同様に減衰するというのは自然な仮定であろう。また、原文献情報においては、その参照頻度に関しては、まったく文献の場合と同様に考えられるので、文献の参照頻度減衰をそのまま適用してよいと考える。

さて、各装置への画像格納は、画像が作成された順番に空いている装置を端から埋めてゆく方式が最も簡単であり、また現実的でもある。このような格納方式を「作成順格納方式」と呼ぶことにする。

各画像毎の参照歩度、すなわち検索要求到着率と、作成順格納

方式から、各検索装置の検索要求到着率を以下に計算してみよう。

### (1) 検索要求到着率

前述のように各画像に対する検索要求到着率は近似的に指数関数で減衰することが知られているから、時刻  $t=0$  で作成された画像への時刻  $t \geq 0$  における検索要求到着率  $P_0(t)$  は、次式のように表現できる。

$$P_0(t) = C e^{-\alpha t} \quad (\text{p.z.1})$$

### (2) 作成される画像数の増加

検索装置への画像の作成順格納を考える場合に問題になるのは、格納すべき画像の数が時間に従って変化することである。この変化は増加であると考えられる。図書館学の研究によれば、文献出版量の増加は指数関数的である。ここでは、この結果を利用して、作成された検索装置に格納される画像の数が指数関数で増加すると仮定する。従って、時刻  $t \sim t+\Delta t$  の間に作成される画像の数を  $P_G(t) \Delta t$  とすると  $P_G(t)$  は次式で表現できる。

$$P_G(t) = C' e^{qt} \quad (\text{p.z.2})$$

さて、 $N$  台の検索装置に作成順格納方式で画像が格納されており、 $i$  番目の装置に  $t_{i-1} \sim t_i$  の期間に作成された画像が格納されているとしよう。この  $t_i$  を求めてみる。但し、

$t_0 = -\infty$ ,  $t_N = 0$  と仮定する。これは、過去無限大から、現在のまでの画像の格納を意味するものであり、妥当な近似である。この

よ、 $N$ 台の検索装置の全格納画像量を  $K$  とすると、式 (8.2.2) より

$$K = \int_{-\infty}^0 P_G(t) dt \quad (8.2.3)$$

式 (8.2.3) を計算すると  $C' = GK$  (8.2.4)

各検索装置に格納されている画像の数が等しいとすると次式が得られる。

$$\int_{t_{i-1}}^{t_i} P_G(t) dt = \frac{K}{N} \quad i=1 \sim N \quad (8.2.5)$$

これを計算すると、次の連立方程式が得られる。

$$K(e^{Gt_i} - e^{Gt_{i-1}}) = K/N \quad i=1 \sim N \quad (8.2.6)$$

ここで、 $t_0 = -\infty$ ,  $t_N = 0$  を代入すると、 $t_i$  が求まり次式で表わされる。

$$t_i = \frac{1}{G} \log \frac{i}{N} \quad i=1 \sim N \quad (8.2.7)$$

$i$  番目の検索装置に格納された画像に対する検索要求到着率の総和、すなわち、 $i$  番目の検索装置への到着率  $\lambda_i$  は次式で表わされる。

$$\lambda_i = \int_{t_{i-1}}^{t_i} P_D(-t) P_G(t) dt \quad (8.2.8)$$

この式に、式 (8.2.1) (8.2.2) (8.2.4) および上述の検討で得られた式 (8.2.7) の  $t_i$  を代入すると、 $\lambda_i$  が次のように計算される。

$$\begin{aligned} \lambda_i &= \int_{t_{i-1}}^{t_i} CGK e^{(G+D)t} dt \\ &= \frac{CGK}{G+D} (e^{(G+D)t_i} - e^{(G+D)t_{i-1}}) \end{aligned}$$

$$= \frac{CK}{A} \cdot \frac{z^A - (z-1)A}{N^A} \quad \text{個し, } A = \frac{G+D}{G} \quad (8.2.9)$$

∴ 全検索装置に対する到着率の総和 (すなわち、システムに対する到着率) を  $\lambda_T$  とすると

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i = \lambda_T \quad \text{だから}$$

$$\frac{CK}{A} = \lambda_T \quad \text{あるいは} \quad \frac{CGK}{G+D} = \lambda_T \quad (8.2.10)$$

が得られ、個々の画像への検索要求到着率とシステム全体への検索要求到着率の関係が得られ、システム設計あるいは解析の場合に役立つ。

さて、ここで到着率最大および最小の検索装置の  $\lambda_i$  の比  $R$  を求めてみよう。式(8.2.9)より、 $\max \lambda_i = \lambda_N$ ,  $\min \lambda_i = \lambda_1$  であるから

$$R = \frac{\lambda_N}{\lambda_1} = N^A - (N-1)A \quad (8.2.11)$$

図書館学の研究から得られている  $G$ ,  $D$  の値の一例

$$P_D = 1/8 \quad (1/10\text{年}), \quad P_G = 3 \quad (1/10\text{年}) \text{ を用いると}$$

$A=3$  になる。この場合は、 $R=3N^2-3N+1$  になり、各検索装置毎の検索要求到着率の偏りは、かなり大きいことがわかった。各検索装置への到着率が平均化される方がトラヒック処理特性上好ましい。

このためには、格納方式を作成順以外のより工夫した方式にすることにより、少なくとも画像ファイル媒体は、追加書き込み可能である必要がある。

## 8.2.2 検索待ち時間

前節で述べたような作成順格納方式における検索装置毎の検索要求到着率の偏りは、特定の検索装置に対する到着率が大きく、あるいは小さくなることを引き起す。到着率の大きな検索装置では、多数の検索要求に対する検索待ち時間が長くなる。一方、到着率の小さな検索装置では、検索待ち時間は小さくなるが、このような検索要求は少数である。したがって、システム全体としてみれば、検索待ち時間の平均値は増大し、ユーザへのサービスは低下する。本節では、このサービス性の低下度を定量的に検討する。

作成順格納方式を比較評価する基準として均一化格納方式を考へる。均一化格納方式は、各検索装置への平均到着率が完全に等しいような格納方式である。現実には、このような格納方式が可能かどうかは尚問題であるが、各画像への検索要求到着率の統計をとって、検索装置毎への分配を考える等のきめ細かい管理を行えば、かなり均一化格納方式に近いものは可能である。例えば、定期刊行物の原文献情報であれば、その参照頻度は、あらかじめ予測できるから、均一化格納方式に近いものは、比較的容易に実現できるであろう。しかし、この方式のためには、画像ファイル媒体に対する画像書き込みの柔軟性が必要だから、前にも述べたように、画像ファイル媒体が書き換え可能とまではいなくても、追加書き込み可能である必要はある。

さて、各検索装置における平均待ち時間は、7.4節と同様に、M/G/1系として計算する。画像ファイル媒体としては、マイクロフロッピー、



ビナリタスク等を想定し、検索装置の性能は、検索時間  $r_1 = 4.0$  (sec)  $r_1$  の標準偏差  $\sigma_{r_1} = 1.0$  (sec) とする。また、検索装置数  $N$ 、システム全体への検索要求到着率は  $\lambda_T$  とする。

▷ 均一化格納方式の平均待ち時間  $\bar{W}_0$

各検索装置の平均検索待ち時間は、等しいからシステム全体としての平均待ち時間  $\bar{W}_0$  は次式で表わされる。

$$\bar{W}_0 = \frac{a^2 + \bar{\lambda}^2 \sigma_{r_1}^2}{2 \cdot \bar{\lambda} (1-a)} \quad \text{但し、} \quad \bar{\lambda} = \frac{\lambda_T}{N}, \quad a = \bar{\lambda} \cdot r_1 \quad (8.2.12)$$

▷ 作成順格納方式の平均待ち時間  $\bar{W}_1$

$i$  番目の検索装置の平均待ち時間  $W(i)$  は次式で表わされる。

但し、 $\lambda_i$  は式(8.2.9)で求めたものである。

$$W(i) = \frac{a_i^2 + \lambda_i^2 \sigma_{r_1}^2}{2 \cdot \lambda_i (1-a_i)} \quad \text{但し、} \quad a_i = \lambda_i \cdot r_1 \quad (8.2.13)$$

システム全体での平均待ち時間  $\bar{W}_1$  は、 $\lambda_i$  で重み付けした  $W(i)$  の平均値であり、次式で表わされる。

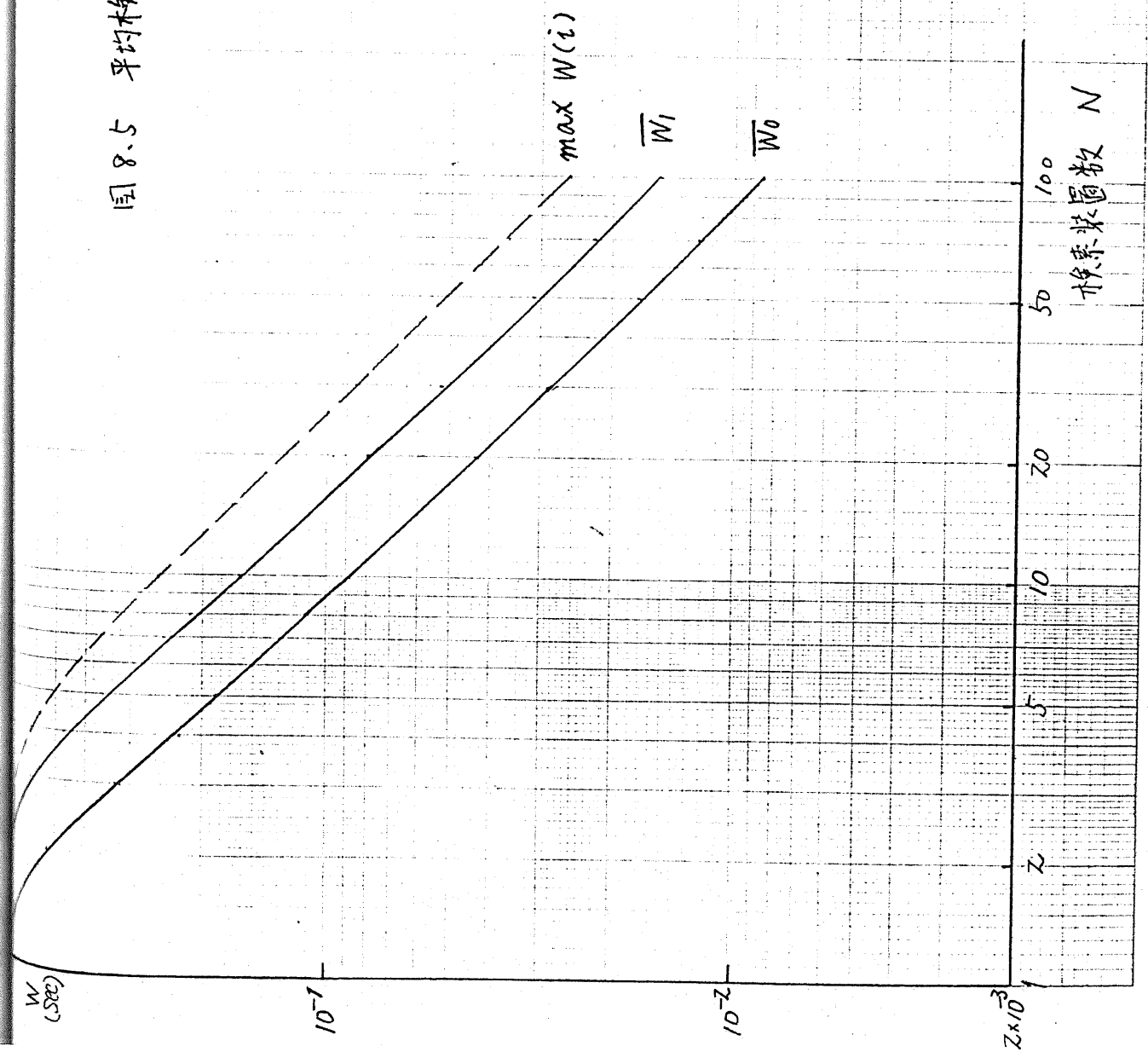
$$\bar{W}_1 = \frac{\sum_{i=1}^N \lambda_i \cdot W(i)}{\sum_{i=1}^N \lambda_i} = \frac{\sum_{i=1}^N \lambda_i \cdot W(i)}{\lambda_T} \quad (8.2.14)$$

また、式(8.2.9)によれば、 $\max W(i) = W(N)$  である。

▷ 計算結果 — (1)

検索装置数  $N$  を変数とした  $\bar{W}_0$ ,  $\bar{W}_1$ ,  $\max W(i)$  の計算結果を  $\lambda_T = 0.1, 0.5, 1.0$  (1/sec) の各値に対して示したのが図 8.5 ~ 8.7 である。但し、式(8.2.9)の  $A (= \frac{G+D}{G}) = 3$  としている。

图 8.5 平均檢束待ち時間  $\bar{W}_0, \bar{W}_1$  vs  $N$   
 (1)  $\lambda T = 0.1$  (1/sec)



$A = 3.0$
$\bar{M}^1 = 4.0$ (sec)
$\sigma_{M^1} = 1.0$ (sec)

图 8.6 平均搜索时间与  $\bar{W}_0, \bar{W}_1$  vs  $N$   
 $\lambda_T = 0.5$  (/sec)

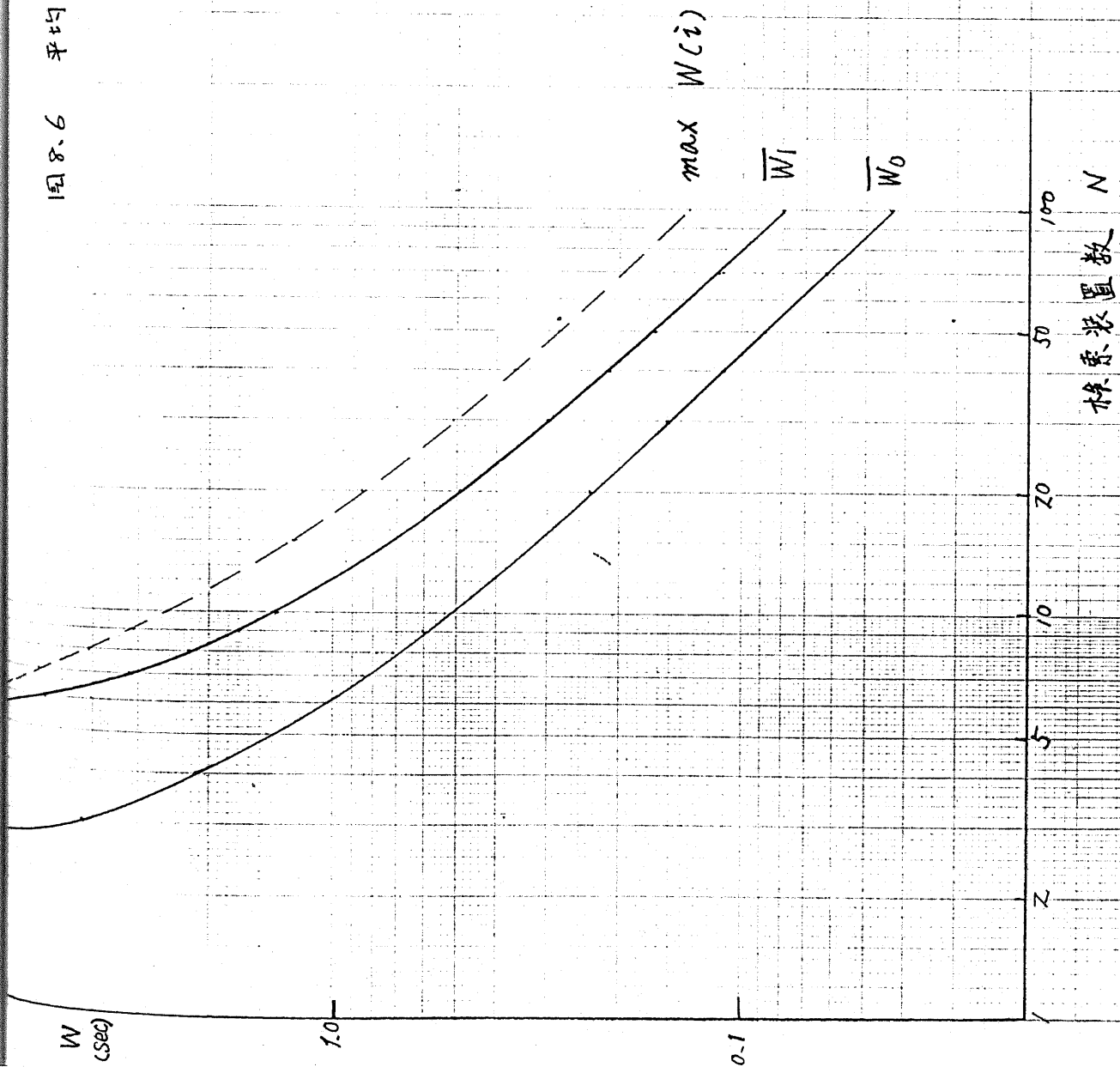
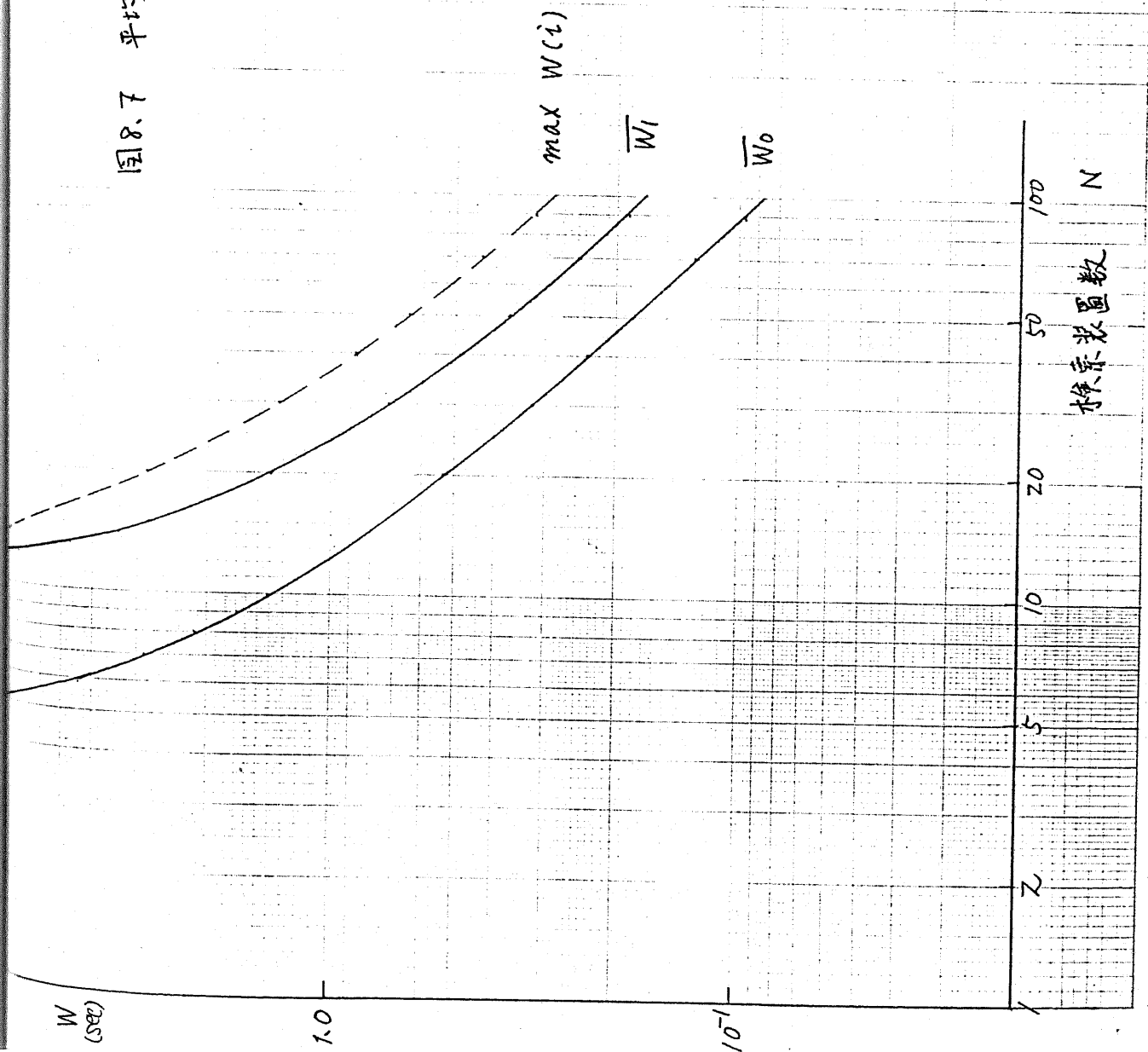


图 8.7 平均搜索时间与  $\bar{W}_0, \bar{W}_1$  vs  $N$   
 (3)  $\lambda_T = 1.0$  (sec)



この結果から、システム全体への検索要求到着率と許容される平均検索待ち時間が与えられた場合の必要とする検索装置数  $N$  がわかる。例えば、7章で評価した  $\lambda_T = 0.5$  (sec) を用いると、各格納方式において平均検索待ち時間を検索時間の  $1/2$  ( $= 2$  (sec)) にするために必要な検索装置数  $\hat{N}$  は、

均一化格納方式の場合  $\hat{N}_1 = 4$

作成順格納方式の場合  $\hat{N}_2 = 8$

また、作成順格納方式の最繁検索装置の平均検索待ち時間  $\max W(c_i)$  を  $2$  (sec) にするためには、 $\hat{N}_3 = 12$

である。システム全体で収容すべき画像を格納できる検索装置数を  $N$  とすると、ユーザのサービスに関しては次のことがいえる。

- $\hat{N}_3 < N$  : 作成順格納方式で問題なし
- $\hat{N}_2 < N < \hat{N}_3$  : 作成順格納方式では頻繁にアクセスされる画像の検索応答性に問題あり
- $\hat{N}_1 < N < \hat{N}_2$  : 均一化格納方式をとるべきである。
- $N < \hat{N}_1$  : 検索装置を余分に設置するか、B/C積の小サイズの媒体を用いて検索装置の使用を考慮すべきである。

一方、検索装置数  $N$  を固定した場合の  $\lambda_T$  と平均検索待ち時間の関係を図 8.8 ~ 8.10 に示す。この結果から、 $\lambda_T$  の変動による平均検索待ち時間の変化がわかる。

W  
(SEC)

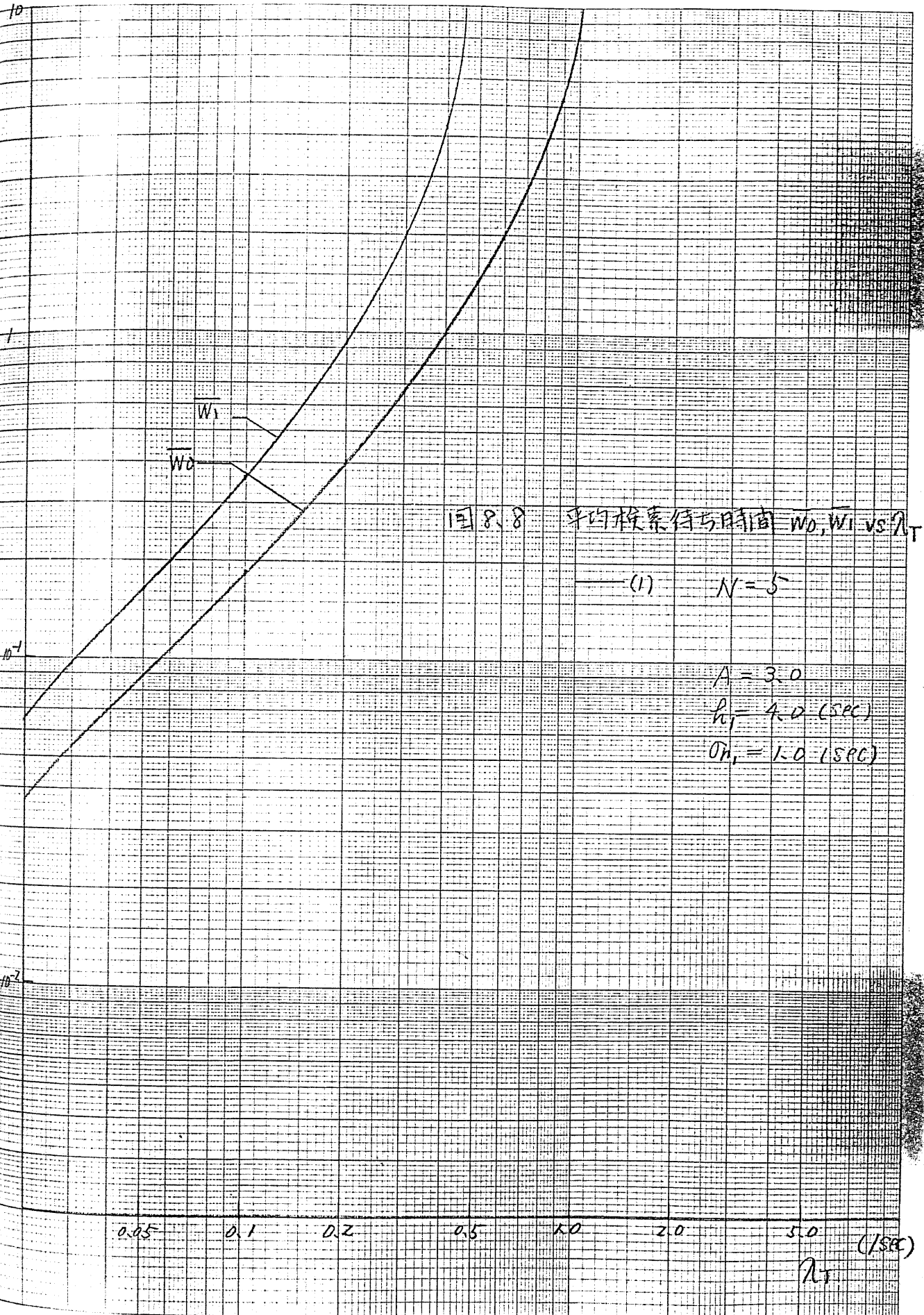


图 8.8 平均檢索时间与时间  $W_0, W_1$  vs  $\lambda_T$

(1)  $N=5$

$A=3.0$

$h_1=4.0$  (SEC)

$Oh_1=1.0$  (SEC)

0.05 0.1 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 (1/SEC)  
 $\lambda_T$

W  
(SEC)

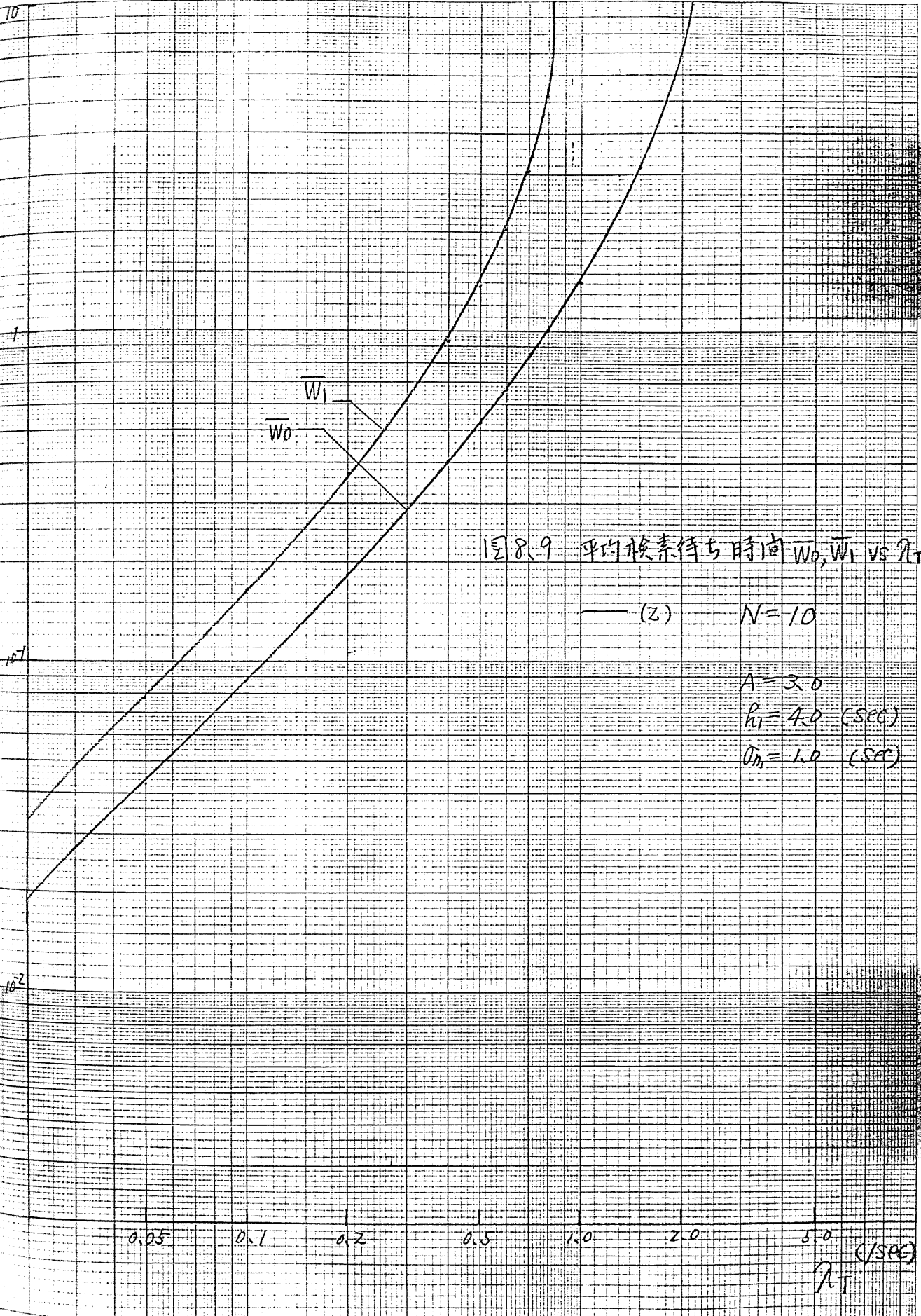
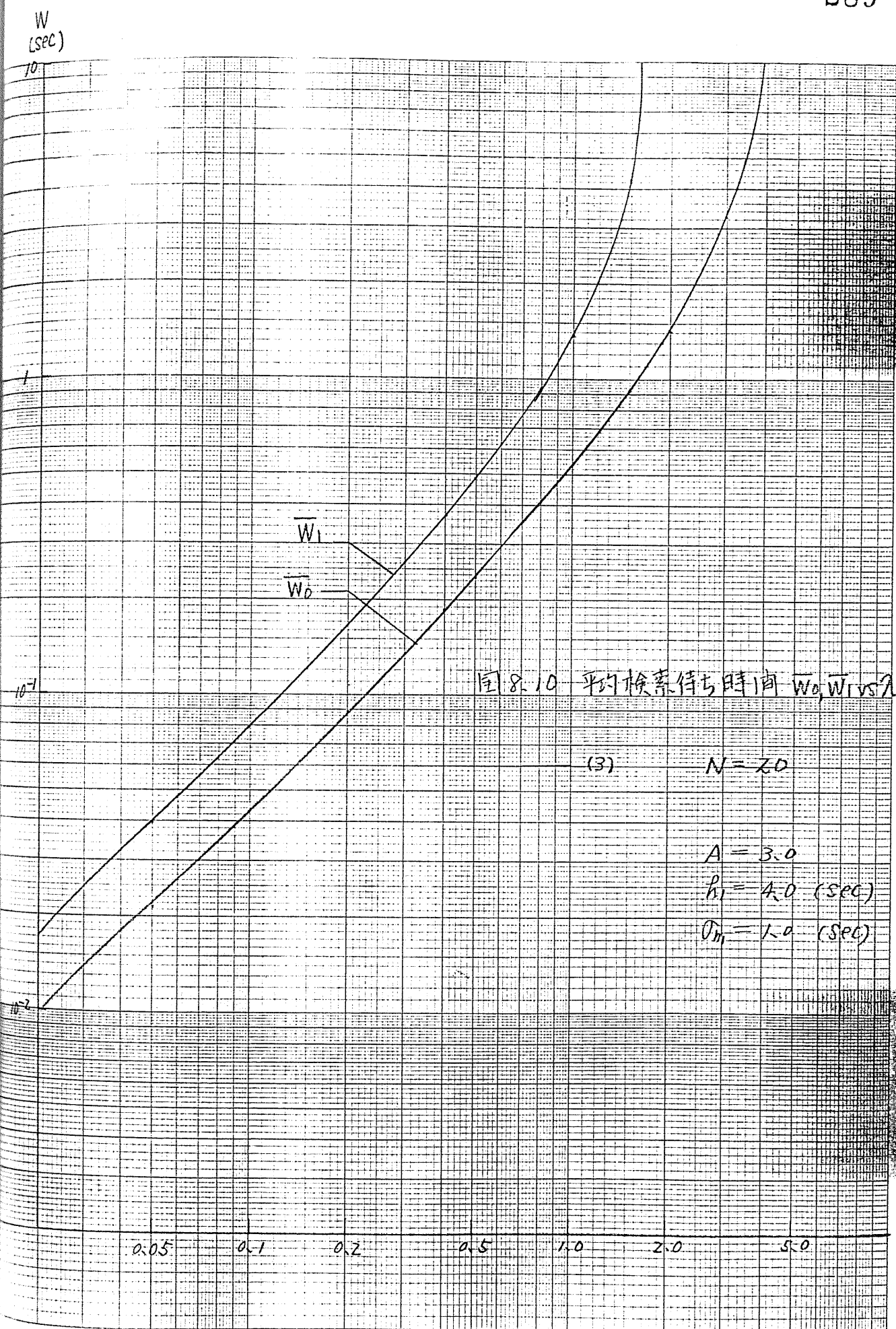


图8.9 平均顾客等待时间  $\bar{W}_0, \bar{W}_1$  vs  $n_T$

(z)  $N=10$

$A=3.0$   
 $h_1=4.0$  (SEC)  
 $a_n=1.0$  (SEC)





さて、以上で検討した平均検索待ち時間では、各画像に対する検索要求到着率の偏りは考慮したが、バラツキは考慮していない。そこで、次に画像個々に対する到着率のバラツキを考慮した場合、前記の平均検索待ち時間に、どの程度の影響があるかを検討する。

まず、画像毎の到着率のバラツキを  $P_D(\omega)$  の初期値のバラツキとしてモデル化する。すなわち、 $P_D(\omega)$  に次式を用いる。

$$P_D(\omega, \tau) = C(\omega) e^{-D\tau} \quad (8.2.15)$$

但し、 $\omega$  は各画像を表わし、 $C(\omega)$  は確率集合である。ここで時刻  $\tau$  における  $i$  番目の検索装置の検索要求到着率  $\lambda_i$  は、 $t_{i-1} \sim t_i$  の期間での検索装置への入力  $P_G(t)$  に対して  $P_D$  でフィルタをかけたように考えれば、次式になる。

$$\lambda_i(\omega, \tau) = \int_{t_{i-1}}^{t_i} P_G(t) P_D(\omega, \tau-t) dt \quad (8.2.16)$$

こゝで、 $\omega$  に関して集合平均をとると

$$\begin{aligned} \bar{\lambda}_i(\tau) &= E_{\omega} [\lambda_i(\omega, \tau)] \\ &= \int_{t_{i-1}}^{t_i} P_G(t) \cdot E_{\omega} [P_D(\omega, \tau-t)] dt \\ &= E_{\omega} [C(\omega)] \int_{t_{i-1}}^{t_i} P_G(t) e^{-D(\tau-t)} dt \\ &= E_{\omega} [C(\omega)] \frac{K}{A} e^{-D\tau} \int_{t_{i-1}}^{t_i} G e^{(G+D)t} dt \\ &= \bar{C} \cdot \frac{K}{A} e^{-D\tau} \cdot \frac{e^{iA} - (i-1)A}{N^A} \end{aligned} \quad (8.2.17)$$

$$\text{但し } \bar{C} = E_{\omega} [C(\omega)]$$

したがって、現在の  $\lambda_i$  の平均値  $\bar{\lambda}_i$  は、次のように求まる。

$$\bar{\lambda}_i = \bar{\lambda}_i(\tau=0) = \bar{\lambda} \cdot \frac{z^A - (z-1)^A}{NA} \quad \text{但し } \bar{\lambda} = \frac{CK}{A} \quad (8.2.18)$$

次に、 $\overline{\lambda_i^2}$  を計算する。これは、 $\lambda_i(\omega, \tau)$  の自己相関関数を求めればよい。

$E[\lambda_i(\omega, \tau_1) \cdot \lambda_i(\omega, \tau_2)]$  を計算し  $\tau_1 = \tau_2$  とおくと  $\overline{\lambda_i^2}$  が次式のように求まる。

$$\overline{\lambda_i^2} = \frac{C^2 K^2}{A^2} \left\{ \frac{z^A - (z-1)^A}{NA} \right\}^2 \quad (8.2.19)$$

したがって、 $\lambda_i$  の標準偏差  $\sigma_{\lambda_i}$  は次式である。

$$\sigma_{\lambda_i} = \sigma_C \cdot \frac{K}{A} \cdot \frac{z^A - (z-1)^A}{NA} \quad (8.2.20)$$

式 (8.2.18) (8.2.20) より  $\omega$  の確率変数としての  $\lambda_i(\omega)$  の分布は、 $C(\omega)$  の分布に比例していることがわかる。そこで、ここでは、 $\lambda_i(\omega)$  に次のような分布を仮定して計算する。

$\lambda_i(\omega)$  の分布

$E[\lambda_i(\omega)] = \lambda_T/N$  の正規分布とし、標準偏差  $\sigma_{\lambda_i}$  は、10%程度として適当な値を想定する。

このような確率変数  $\lambda_i(\omega)$  に対して、 $\bar{w}_0, \bar{w}_1$  を計算おこなうことになるが、式 (8.2.12) (8.2.13) からわかるように、 $\bar{w}_0, \bar{w}_1$  は、 $\lambda_i(\omega)$  に対して線形ではないため、解析的にその統計的性質を求めるとは、困難である。したがって、ここでは乱数を発生して

$\lambda_i(\omega)$  とし、 $\bar{w}_0, \bar{w}_1$  を計算してその傾向を把握することにする。実際の計算は次のようにして行なう。

▷ 均一化格納方式の場合

$$\lambda_i = \frac{\lambda_T}{N} (1 + \alpha(\omega)) \quad (\text{8.2.21})$$

とて、 $\alpha(\omega)$  を平均値 = 0, 標準偏差 =  $\alpha$  の正規乱数として  $\alpha$  をパラメータとした時の  $\bar{w}_0$  を 100 回計算し、その平均値  $\bar{w}_0'$  を求める。次に、バラツキを考慮しない場合 ( $\alpha(\omega) \equiv 0$ ) の式 (8.2.12) の結果に対する変化分の割合  $w_0$  すなわち、

$$w_0 = \frac{\bar{w}_0' - \bar{w}_0}{\bar{w}_0} \quad (\text{8.2.22})$$

を、検索装置数  $N$  を変数として、 $\alpha = 0.05, 0.1, 0.15, 0.2$  の各場合について計算した結果を図 8.11 ~ 8.14 に示した。但し  $\lambda_T$  は、下章での評価値 0.5 (1sec) を用いている。これによると、 $N$  が小さい場合 ( $N < 5$ ) は、 $w_0$  は大きい (10% 程度) が、 $N$  が大きくなるにつれて、急速に  $w_0 \rightarrow 0$  になることがわかる。

▷ 作成順格納方式の場合

$$\lambda_i = \frac{\lambda_T}{N} (1 + \alpha(\omega)) \cdot \frac{i^A - (i-1)^A}{NA} \quad (\text{8.2.23})$$

とて、均一化格納方式の場合と同様にして  $\bar{w}_1$  を計算し、バラツキを考慮しない場合の式 (8.2.14) の結果に対する変化分の割合  $w_1$ 、すなわち、

$$w_1 = \frac{\bar{w}_1' - \bar{w}_1}{\bar{w}_1} \quad (\text{8.2.24})$$

図 8.11 検索要求のバラツキによる待ち時間変化

の割合  $W_0$  vs  $N$

(1)  $\sigma_d = 0.1$

$A = 3.0$

$\lambda_T = 0.5$  (1/sec)

$\mu_1 = 4.0$  (sec)

$\sigma_{h_1} = 1.0$  (sec)

95% 信頼区間

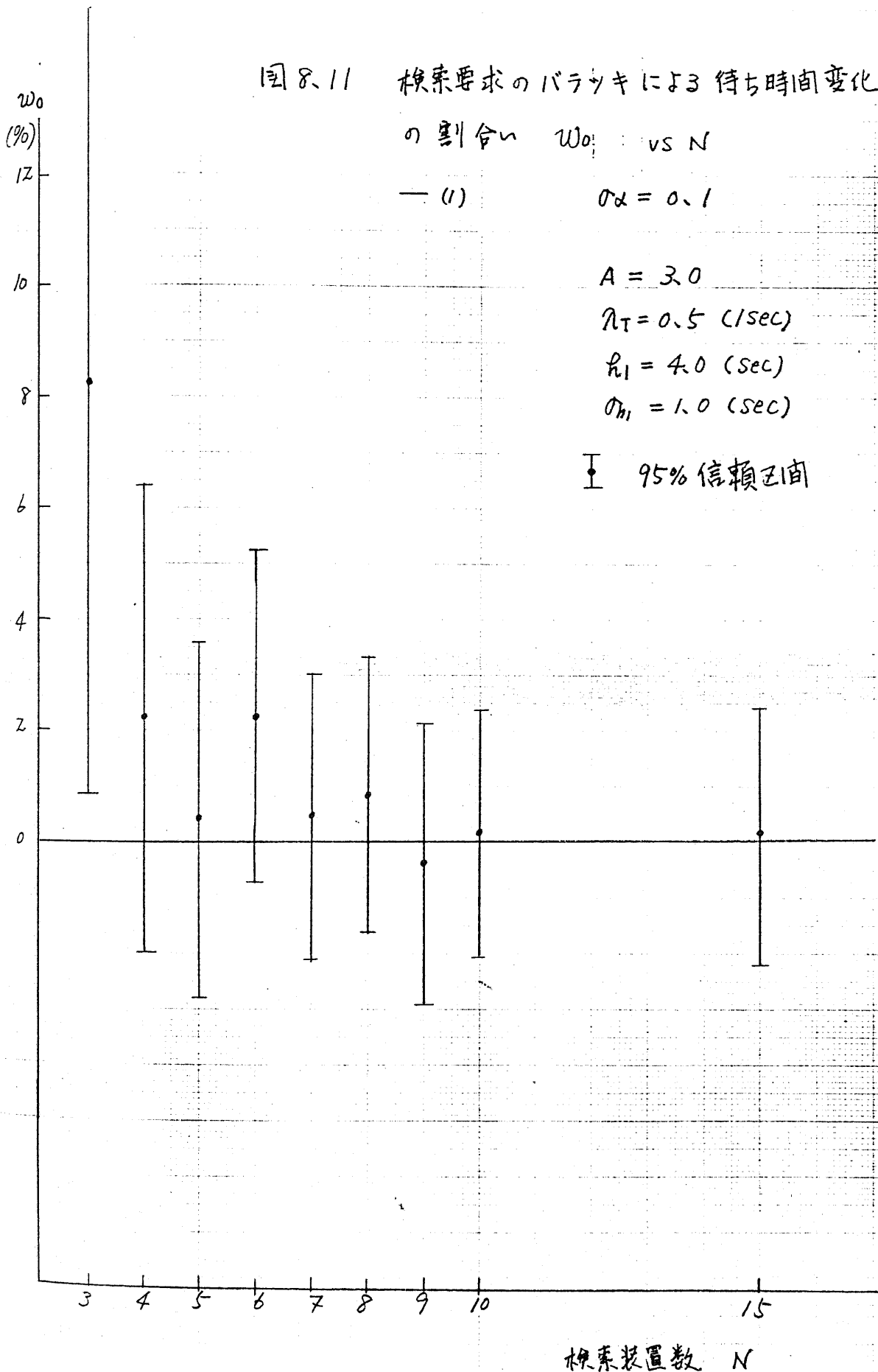


図 8.12 検索要求のバラツキによる待ち時間変化

の割り合い:  $w_0$  vs  $N$

— (Z)  $\sigma_a = 0.2$

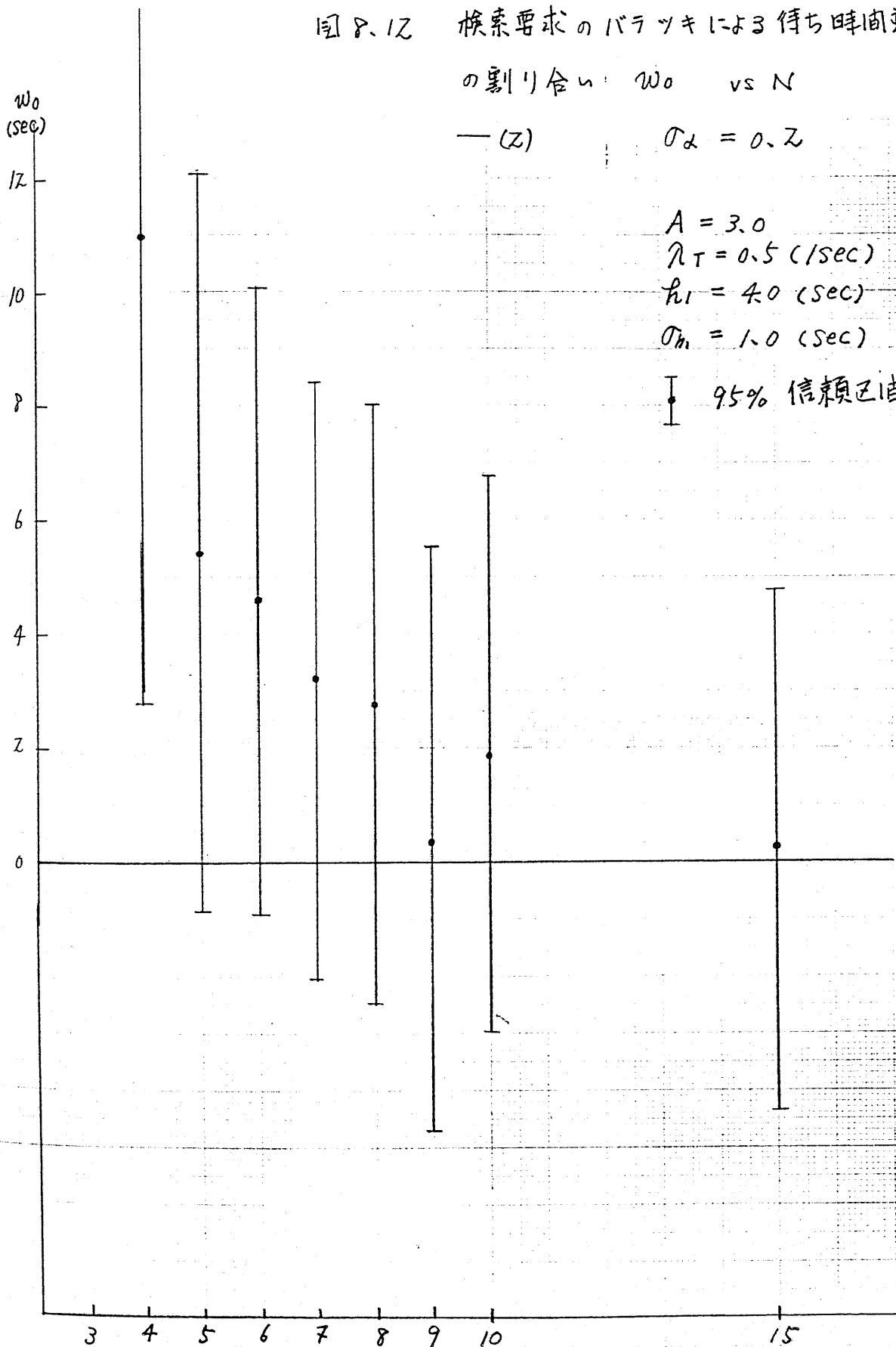
$A = 3.0$

$\lambda_T = 0.5$  (1/sec)

$\mu_1 = 4.0$  (sec)

$\sigma_m = 1.0$  (sec)

95% 信頼区間



検索装置数  $N$

图 8.14  $w_0, w_1$  の比較

$\sigma_x = 0.2$

$A = 3.0$

$\lambda_T = 0.5 \text{ (1/sec)}$

$\mu_1^{-1} = 4.0 \text{ (sec)}$

$\sigma_{h_1} = 1.0 \text{ (sec)}$

$w_0, w_1$   
(%)

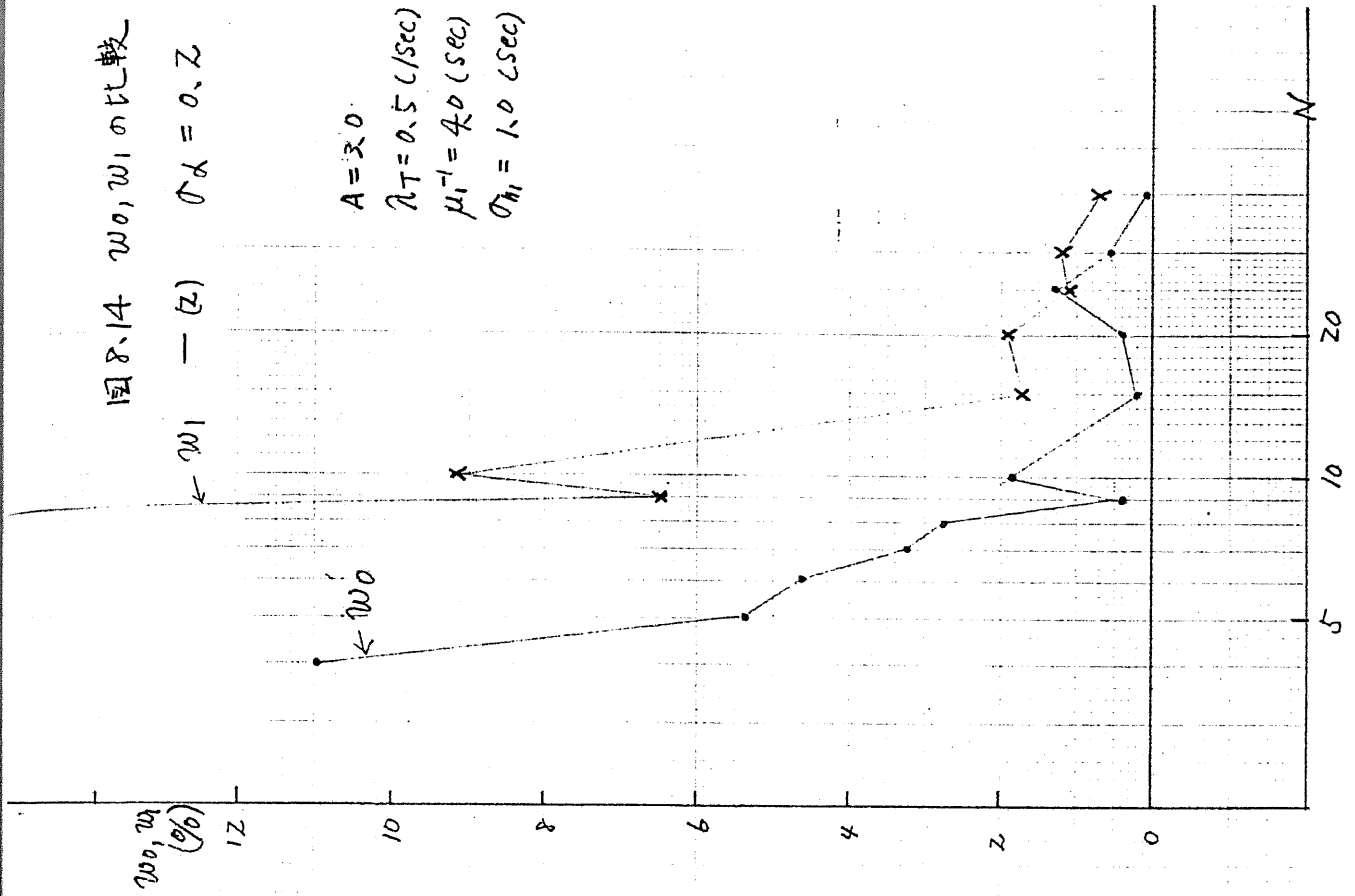


图 8.13  $w_0, w_1$  の比較

(1)  $\sigma_x = 0.1$

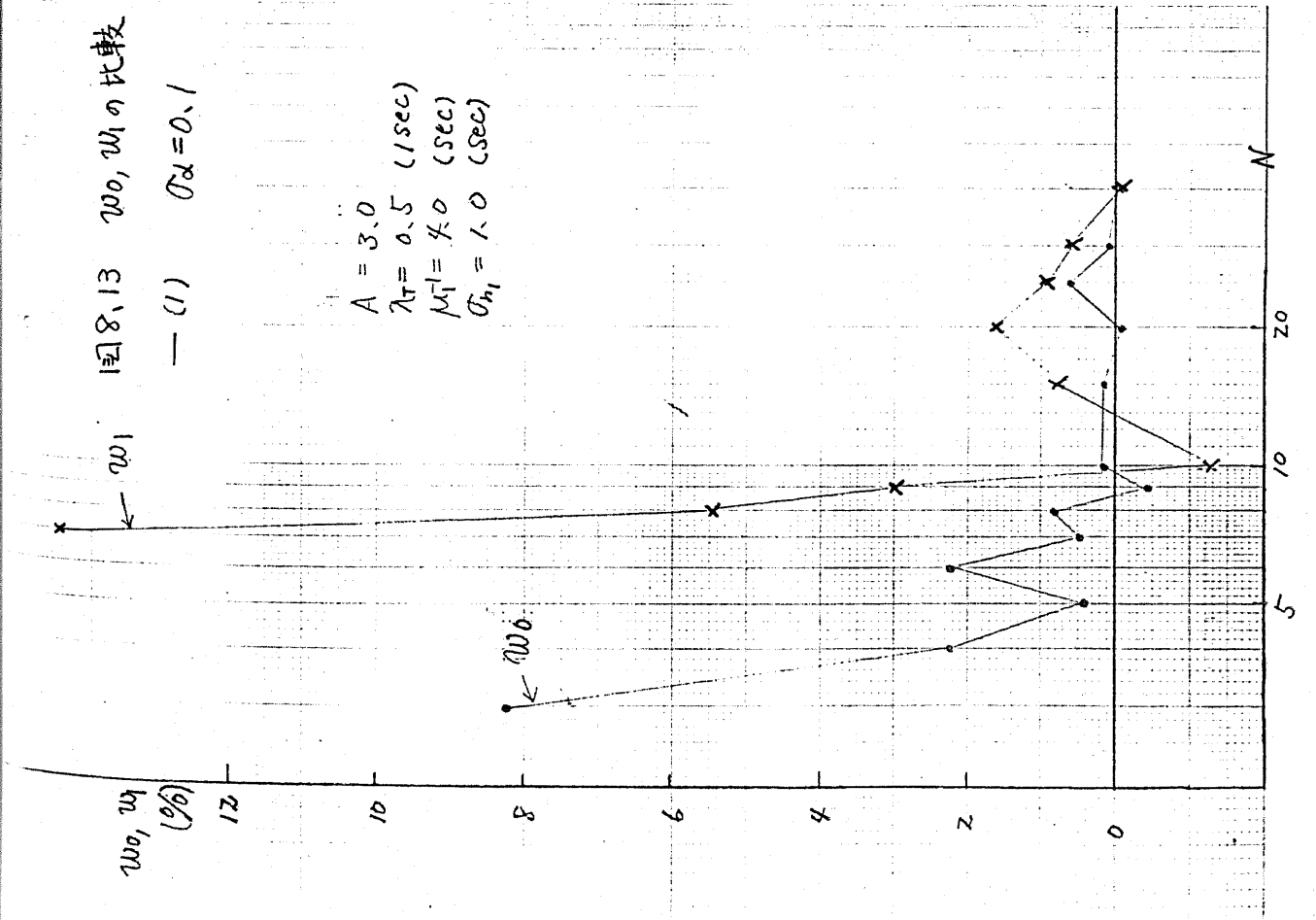
$A = 3.0$

$\lambda_T = 0.5 \text{ (1/sec)}$

$\mu_1^{-1} = 4.0 \text{ (sec)}$

$\sigma_{h_1} = 1.0 \text{ (sec)}$

$w_0, w_1$   
(%)



を検索装置数  $N$  をパラメータにして、 $\rho = 0.1, 0.2$  の各場合について計算した結果を、同じ条件での  $w_0'$  と比較して、図 8.13, 8.14 に示した。これを見ると、パラメータの影響が、均一化格納方式の場合に比べてかなり大きくなっている。この原因は、到着率の偏りによって等価的に  $N$  が小さくみえるためであろうと考えられる。しかし、これは、 $N$  が小 ( $N < 10$ ) の場合で、 $N$  が大きくなるにつれて、 $w_0, w_1$  とともに同程度に 0 に収束する。

以上の結果からわかるように、 $N > 10$  の場合では、 $\lambda/\mu$  の 20% 程度の標準偏差の検索装置毎の到着率のパラメータが、検索待ち時間に与える影響は、重大ではないことがわかった。

### 8.2.3 格納方式の最適化

前節で検索待ち時間のみからみた作成順および均一化の両格納方式の有利な場合を論じたが、均一化格納方式においては更新を含む画像の検索装置への格納時に、かなり大きな労力が必要であるから、検索時間だけの比較では、完全ではない。そこで、ここでは検索待ち時間と画像データベースの格納のためのコストの両者を考慮した場合の作成順、均一化両格納方式について論ずる。

#### ▷ 格納コストの評価

画像情報がデータベースに追加あるいは削除される場合は、データベースの更新をとらなう。作成順格納方式の場合には、最古あるいは

最新の画像ファイルが格納されている検索装置の内容を変更分と交換すればよいから、更新処理は、1台の検索装置に対して行なえばよい。1台の検索装置の更新コストを  $C$  とする。

一方、均一化格納方式では、更新は一般に全検索装置  $N$  台に行なわれると考えられる。1台の検索装置に対する更新コストは、更新の量にかかわらず一定であるとみなせる部分が多い。これは、マイクロフィッシュなどのように、更新時には、検索装置をオフライン化しなければならない場合を考えれば理解できる。したがって、均一化格納方式の更新コストは、作成順格納方式の  $N$  倍と考えられ、 $N \cdot C$  になる。

### ▷ 評価関数

この場合は評価関数の設定がむずかしい。なぜなら、第一に、検索待ち時間と、更新コストは次元が一致しない。第二に、ユーザへのサービス基準である検索待ち時間と、システム管理側の労力である更新コストをどのように結びつけて評価するかは、純粹に技術的問題として割り切れない。そこで、ここでは、次のような考え方をとする。

- (i) 更新コストは、検索待ち時間に換算した値と考える。
- (ii) 更新コストの評価は特に行なわず、これを一つのパラメータとする。このようにして得られた結果は、とりたてて絶対的な意味を持つものではないけれども、システム設計者が、実際のシステムの設計時に参考にする価値はあてあろう。

以上の考察に基づき評価関数は、検索待ち時間と、検索待ち



時間換算の更新コストの和とする。すなわち、

$$\text{作成順格納方式の評価関数 } H_1 = \bar{w}_1 + C \quad (8.2.25)$$

$$\text{均一化格納方式の評価関数 } H_0 = \bar{w}_0 + N \cdot C \quad (8.2.26)$$

ここで、 $\bar{w}_0$ ,  $\bar{w}_1$  は、前節での結果からバラツキの影響を無視した値を用いる。7章で評価した  $\lambda_T = 0.5$  (1/sec) の場合、作成順格納方式と均一化格納方式の優劣がはっきりしないのは、前節で述べたように、

$$\tilde{N}_2 < N < \tilde{N}_3 \quad \text{すなわち} \quad \delta < N < 12$$

の場合であるから、ここでは、この範囲の  $N$  のうち  $N=10$  についての  $H_0$  と  $H_1$  の  $C$  をパラメータとした計算結果を図8.15に示す。

$H_0 = H_1$  とする  $C$  の値を  $\hat{C}$  とする。  $C$  を検索待ち時間に対してどの程度に見積るかで、どちらの方式が有利か決まる。

$C < \hat{C}$  と評価すれば、均一化格納方式

$C > \hat{C}$  " " 作成順格納方式

が有利である。

次に、最適格納方式決定の指標となる  $\hat{C}$  の値がシステム構成、その他の条件によつて、どのように変化するかを検討する。  $H_0 = H_1$

より、 $\hat{C}$  は次式で表わされる。

$$\hat{C} = \frac{\bar{w}_1 - \bar{w}_0}{N - 1} \quad (8.2.27)$$

▷  $N$  の関数としてみた場合の  $\hat{C}$

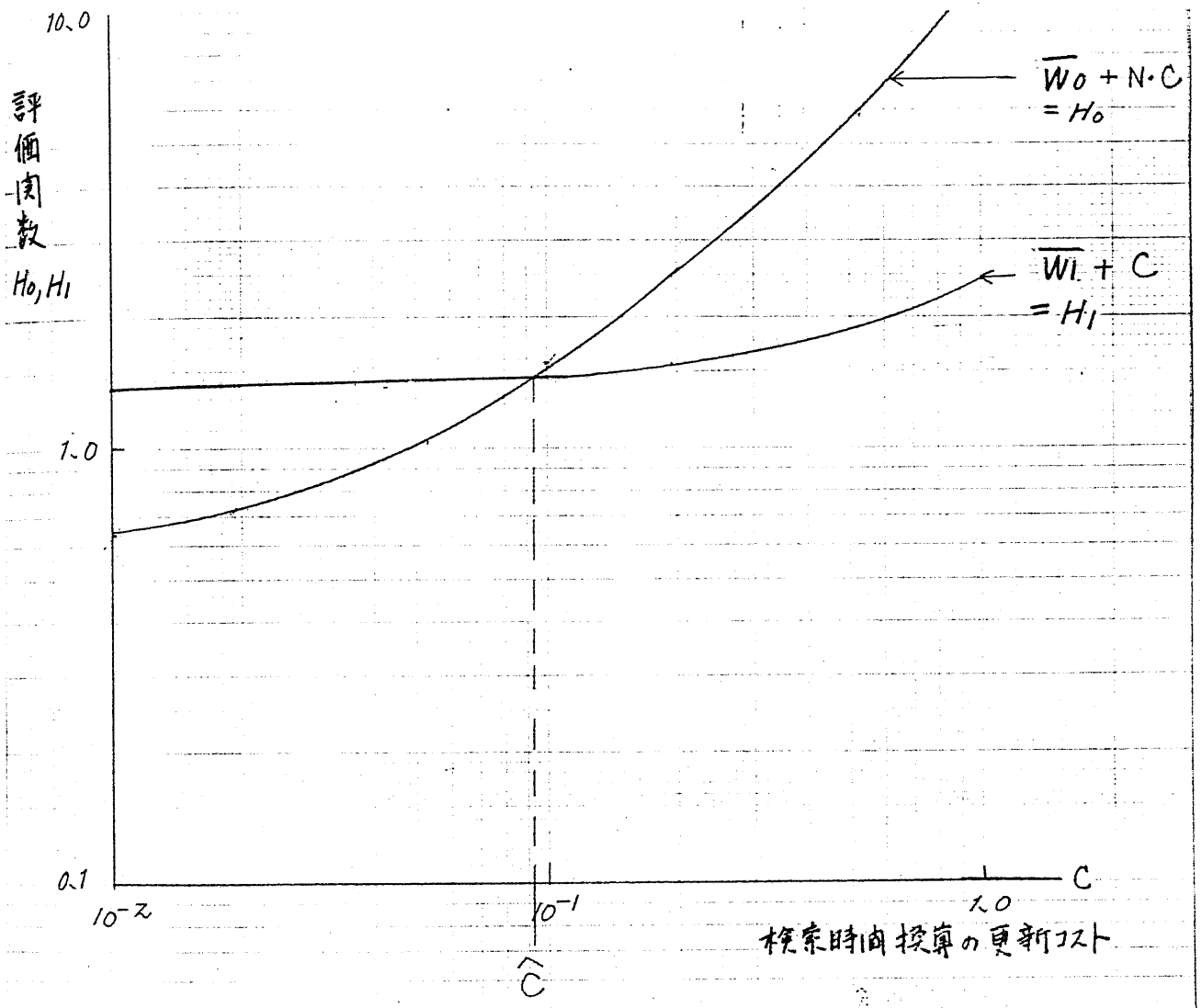


図 8.15 両方式の評価因数  $H_0, H_1$  vs  $C$

- $\lambda_T = 0.5$  (1sec)
- $h_1 = 4.0$  (sec)
- $\sigma_{h_1} = 1.0$  (sec)
- $A = 3.0$
- $N = 10$

システム全体への検索要求到着率  $\lambda_T$  の各値に対する  $N$  を変数にした  $\hat{C}$  の計算結果を図 8.16 に示した。この結果から、次の二つの傾向を知ることができる。

$$(1) \lambda_T \rightarrow \text{大} \quad \text{と} \quad \hat{C} \rightarrow \text{大}$$

すなわち均一化格納方式の有利な領域が増す。

$$(2) N \rightarrow \text{大} \quad \text{と} \quad \hat{C} \rightarrow \text{小}$$

すなわち、作成順格納方式の有利な領域が増す。

(1) (2) により、 $\lambda_T$  および  $N$  の一方が固定された場合、有利な格納方式を知ることができる。しかし、 $\lambda_T$  と  $N$  が単独に設計パラメータとなることはありえない。なぜなら、システムの規模が大きくなると、 $\lambda_T$ 、 $N$  とも大きくなる。この場合に対する設計基準が  $N$  の関数としてみても  $\hat{C}$  では不明確である。

▷  $\lambda_T/N$  の関数としてみた場合の  $\hat{C}$

$\lambda_T/N$  は、システム規模に対して比較的不变なパラメータである。 $\lambda_T/N$  は、検索装置あたりの平均到着率であり、検索装置の容量と、画像個々への参照頻度に依存するもので、システム規模とは直接の関係がない。直接システム規模を表すパラメータである  $N$  の各値について  $\lambda_T/N$  を変数とする  $\hat{C}$  の計算結果を図 8.17 に示した。この結果から、次の二つの傾向を知ることができる。

$$(1) \lambda_T/N \rightarrow \text{大} \quad \text{と} \quad \hat{C} \rightarrow \text{大}$$

すなわち、均一化格納方式が有利な領域が増える。このことは、

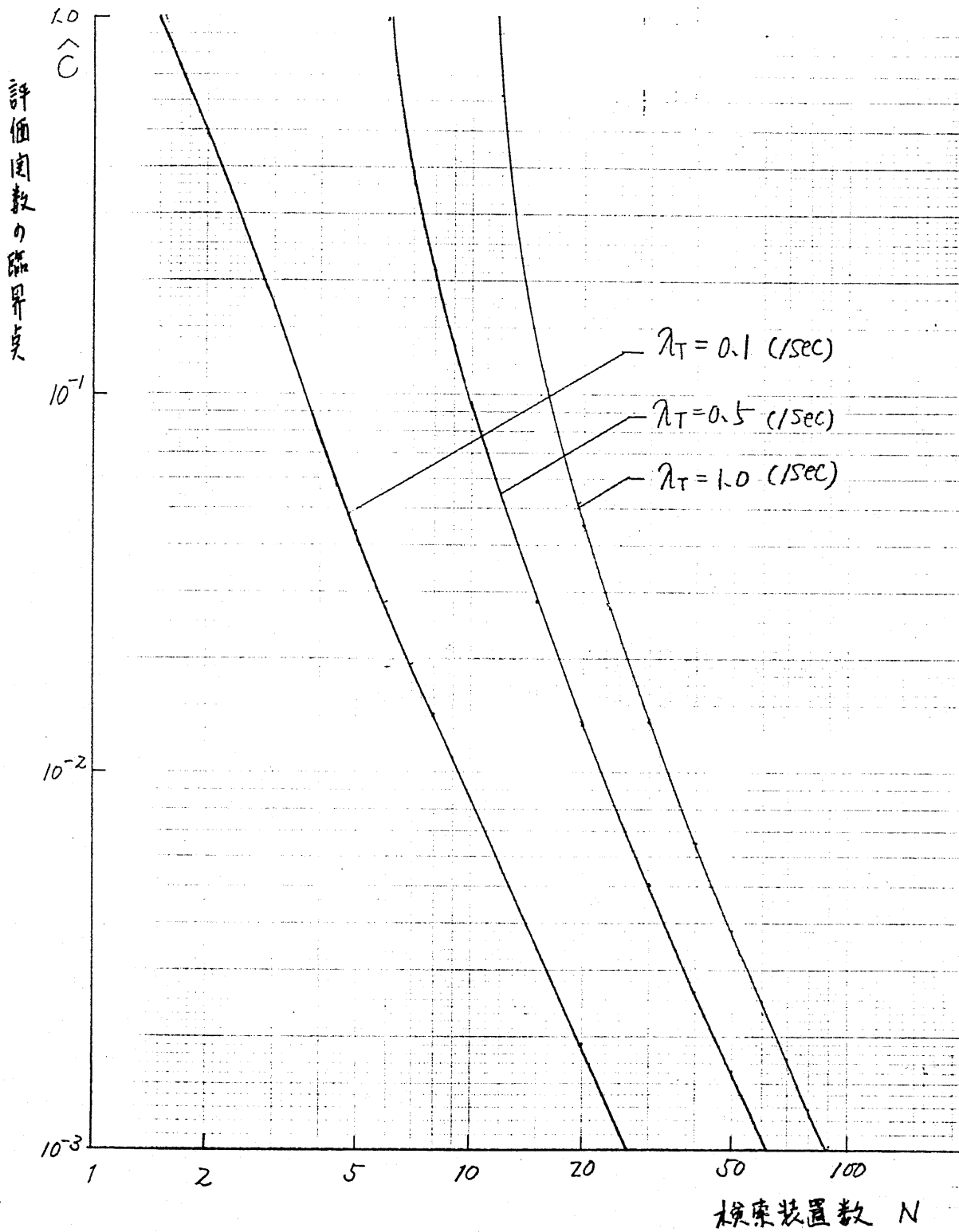


図 8. 16  $\hat{C}$  vs  $N$

$A = 3.0$   
 $\mu_1 = 4.0$  (sec)  
 $\sigma_{\mu_1} = 1.0$  (sec)

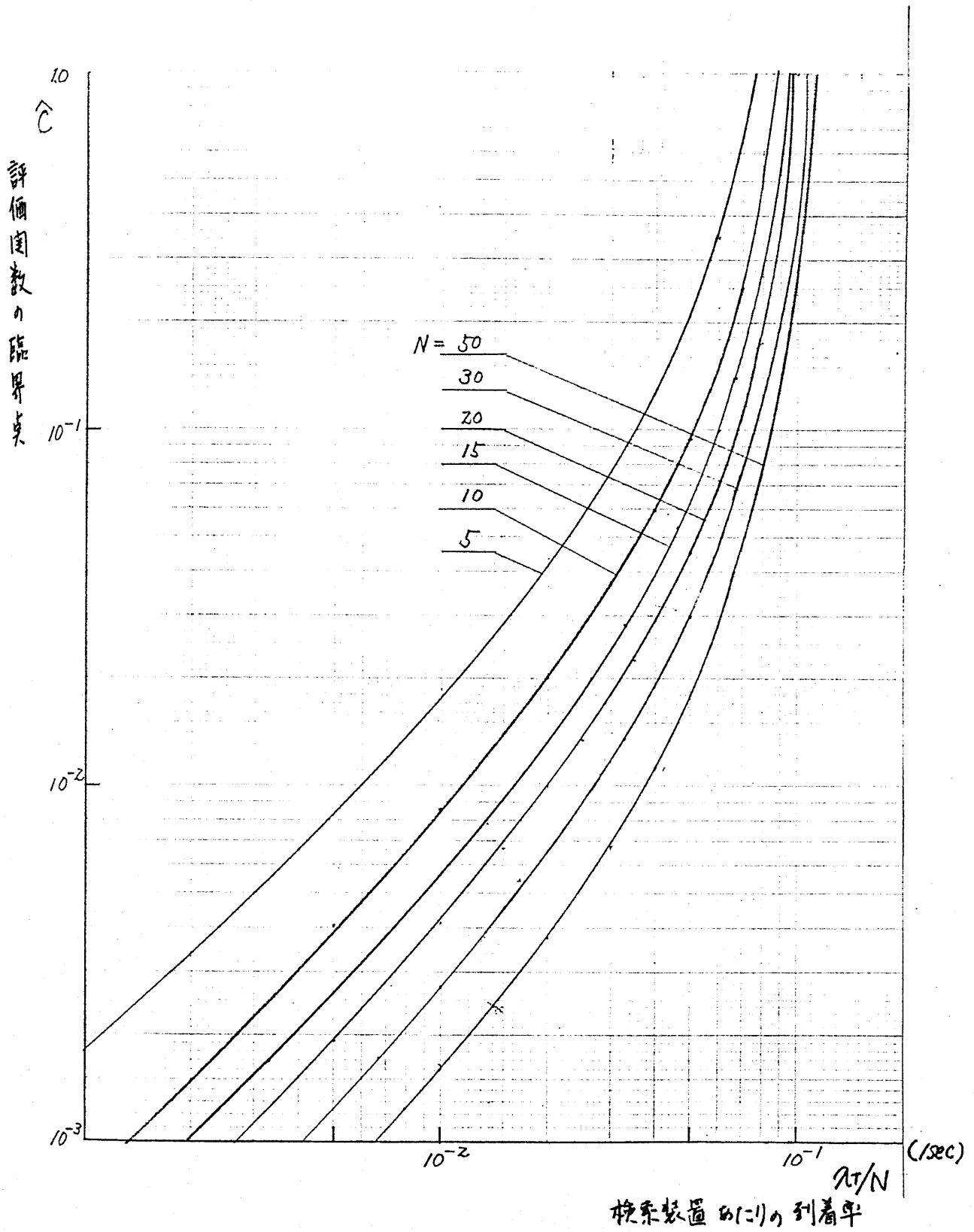


図 8.17  $\hat{C}$  vs  $\tau/N$

$A = 3.0$   
 $\mu_1 = 4.0$  (sec)  
 $\sigma_{h_1} = 1.0$  (sec)

画像化への参照歩度の高いシステム、あるいは容量の大きな検索装置を用いたシステムでは、均一化格納方式が有利といえる。

(2)  $\lambda/N$  が一定なら、 $N \rightarrow$  大になると  $\hat{C}_1 \rightarrow$  小、すなわち、作成順格納方式が有利である。このことは、 $N \rightarrow$  大、つまりシステム規模が大きくなると作成順格納方式は、更新コストが小さく検索待ち時間が比較的悪化しないことからみて当然である。

以上、本節では、作成順および均一化の両格納方式について比較してきた。この両方式は、格納方式の両極を表わすものだから、実際の格納方式は、両者の中間の性質を持つものである。ただ、その場合にも、本節の結果による傾向の把握、解析法の応用などで役に立つ部分はあるかもしれない。

### 8.3 画像ファイル検索と画像入力処理の直列接続

#### 8.3.1 直列システムのモデル化と近似計算

現実的規模のシステムにおいては、複数台の検索装置が並列に検索動作を実行し、検索された画像情報が次々にCCPのチャネルを介して通信バッファに入力される。整形化した帯域圧縮処理などが必要であれば、計算機入力時にハードウェアで行なわれる。したがってN台の検索装置からの画像情報を1台で処理する図8.2のようなモデルになる。このようなシステムでは、入力処理がネックになって、検索装置がブロック(阻塞)されて、全体としてのサービス処理能力が低下する可能性が考えられるので、この点について以下に検討する。さて、この部分だけを取り出してみると、図8.18のような1段の窓口が複数の直列型待ち行列モデルである。1段と2段のサービスは一般分布を考へる。1段と2段の間にはキューは作らず、1段のサービスが終了した時、2段がサービス中なら1段はブロックされ、新たなサービスは開

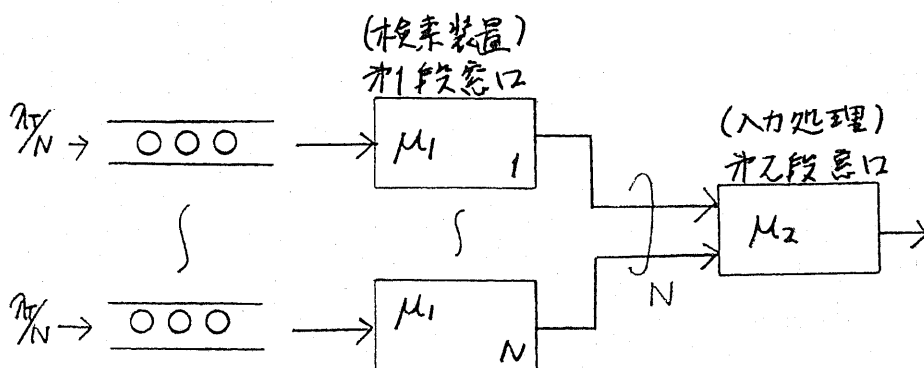


図8.20 直列型待ち行列モデル

始されない。またシステム全体への到着率  $= \lambda_T$  で、各検査装置へ等分配されるものとする。

さて、このような待ち行列系は、 $N=1$  の場合は、かなり詳細に検討されているが、 $N>1$  の場合は解析解を求めることは困難で、厳密解は求まっていないようである。そこで、ここでは適当な仮定を置いて近似解を求める。まず、各サービス窓口のサービス性能を定義しよう。

オ1段 サービス率  $\mu_1$  (平均サービス時間  $t_1 = \mu_1^{-1}$ )、サービス時間の分散  $\sigma_{h_1}^2$  の一般分布サービス

オ2段 サービス率  $\mu_2$  (平均サービス時間  $t_2 = \mu_2^{-1}$ )、サービス時間の分散  $\sigma_{h_2}^2$  の一般分布サービス

また、オ1段の各サービス窓口への到着率  $\bar{\lambda}$  ( $= \lambda_T/N$ ) とする。

定性的にみて、ネットワークになるのは、トラヒックの大きい方の段である。

各段のトラヒックは、次式で表わされる。

$$\text{オ1段} \quad a_1 = \bar{\lambda} \cdot t_{1/2} \quad \text{但し} \quad t_{1/2} = t_1 + t_2$$

$$\text{オ2段} \quad a_2 = N \cdot \bar{\lambda} \cdot t_1 = \lambda_T t_1$$

オ1段の窓口にておこる待ち行列での待ち時間は、次の2つの原因によるものである。

(i) オ1段 サービス中のため

(ii) オ2段がサービス中で、オ1段がブロックされているため

ここでは、近似的に待ち時間が、(i), (ii)の原因のいずれか一方のみにおと考慮してみる。さらに、オ1段、オ2段とも  $M/G/1$  系で近



似する。<sup>※</sup> このような近似をおくと (i) の原因による場合の系平均待ち時間  $W_1$  (待ち時間 + サービス時間) は次式で表わされる。

$$W_1 = \frac{\bar{\lambda} (h_{12}^2 + \sigma_{h_{12}}^2)}{2(1-a_1)} + h_1 + h_2 \quad \sigma_{h_{12}}^2 = \sigma_{h_1}^2 + \sigma_{h_2}^2 \quad (8.3.1)$$

(ii) の原因による場合の系平均待ち時間  $W_2$  は次式で表わされる。

$$W_2 = \frac{\bar{\lambda} \cdot N (h_2^2 + \sigma_{h_2}^2)}{2(1-a_2)} + h_1 + h_2 \quad (8.3.2)$$

待ち合せの原因が (i), (ii) の片方のみであるという仮定を用いると、この待ち行列系における系平均待ち時間  $W_{12}$  は近似的に

$$W_{12} = \max(W_1, W_2) \quad (8.3.3)$$

と考えられる。さて、式 (8.3.1) (8.3.2) からわかるように、 $a_1 > a_2$  ならば (i) の原因による待ち時間が支配的で、近似式 (8.3.3) においては、 $W_{12} = W_1$  になる。換言すれば、第 2 段のトラヒックは増加しても、システムの特性を劣化させない。つまり、 $N$  をより大きくとれることがわかる。逆にいえば、

$$a_2 > a_1 \quad \text{すなわち} \quad N > h_{12}/h_2 \quad (8.3.4)$$

ではじめて、この待ち行列系でトラヒック特性が問題になる。そこで、

(i) の原因と (ii) の原因が同程度に似た状態の  $\bar{\lambda}$  (これを  $\bar{\lambda}_0$  と書く) を求めてみよう。これは、 $W_1 = W_2$  を解けばよく、計算してみると、次式で表わされる。

※

このような仮定は厳密には成り立たないことが知られている。なぜなら、第 2 段への到着が第 1 段のブロック状態のために、独立に考えられないからである。

$$\bar{\lambda}_0 = \frac{(h_{1z}^2 + \sigma_{h_{1z}}^2) - N(h_2^2 + \sigma_{h_2}^2)}{N(h_2(h_1^2 + \sigma_{h_1}^2) - h_1(h_2^2 + \sigma_{h_2}^2))} \quad (8.3.5)$$

結局.  $N > h_1/h_2$  では.  $\bar{\lambda} > \bar{\lambda}_0$  で  $W_{1z} = W_z$   
 $\bar{\lambda} < \bar{\lambda}_0$  で  $W_{1z} = W_1$  (8.3.6)

になる。次に  $\bar{\lambda}_0 > 0$  なる条件を求めてみよう。  $\bar{\lambda}_0 > 0$  はオズ段のトラヒックがオ1段のトラヒックより大きい状態だから、式(8.3.5)の  $\bar{\lambda}_0$  の分子  $> 0$  を  $\bar{\lambda}_0 > 0$  の条件にしてよい。すなわち次式が得られる。

$$N < \frac{h_{1z}^2 + \sigma_{h_{1z}}^2}{h_2^2 + \sigma_{h_2}^2} \quad (8.3.7)$$

よって、式(8.3.7)が成立しないなら、全ての  $\bar{\lambda}$  に対してオズ段がネックと考えるよ。

次に現実モデルに対する計算例を示す。

オ1段

検索装置にマイクロフィッシュ、ビデオディスク等を想定し、検索時間は、3~5秒に一様分布を仮定する。すなわち、

$$h_1 = 4 \text{ (sec)} \quad \sigma_{h_1}^2 = 1/3 \text{ (sec}^2\text{)} \quad (8.3.8)$$

オズ段

計算機のチャネル転送速度を2MB/Sに考えると、1画面分の画像情報0.1MBの転送は、50(mS)で可能だが、計算機でのホバハット<sup>\*</sup>、通信バッファへの転送<sup>\*</sup>、帯域圧縮処理等を考慮して、

<sup>\*</sup> 通信バッファが磁気ディスクであると、データ転送は、チャネルの速度より1ケタ以上遅い。

サービス時間を次のように選んだ。

$$r_2 = 1 \text{ (sec)} \quad \sigma_{r_2}^2 = 0 \quad (8.3.9)$$

この場合、式(8.3.4)より、 $N \geq 5$ でサービス段の影響を受け、式(8.3.7)より、 $N \geq 25$ でサービス段が全ての $\lambda$ において支配的になる。 $N=10$ の場合について計算してみると、次のようになる。

$$W_1 = \frac{25 \cdot 3\lambda}{2(1-5\lambda)} + 5 \text{ (sec)} \quad W_2 = \frac{10\lambda}{2(1-10\lambda)} + 5 \text{ (sec)}$$

$$\bar{\lambda}_0 = 7.5 \times 10^{-2} \text{ (1/sec)} \quad (8.3.10)$$

### 8.3.2 シミュレーションによる解析

前述で求めた近似式は、かなり大胆な仮定を置いているので、この近似の度合いを何らかの手段で確かめる必要がある。また、参考文献データベースの場合は、文献あたり複数の画像を検索するので、集団到着として扱う必要があるが、解析的に解くことは困難である。このような理由で、本節で扱っている図8.18の直列型待ち行列の振舞いは、シミュレーションを行なって解析する。シミュレーションは、8.1.3節で述べた GASP II を用いて行なう。

#### ▷ シミュレーションの概要

GASP II によるシミュレーションでは、システムの状態の遷移要因である EVENT と、その EVENT に関する処理を記述すれば、シミュレーションの概要を理解できる。主な EVENT は、次の3つである。

#### (1) 検索要求の到着

ATTRIB としては、検索装置番号と集団の大きさ NB である。

(2) 検索終了

(3) 入力処理終了

この3つの EVENT に関する処理の概要を図 8.19~8.21 に示す。

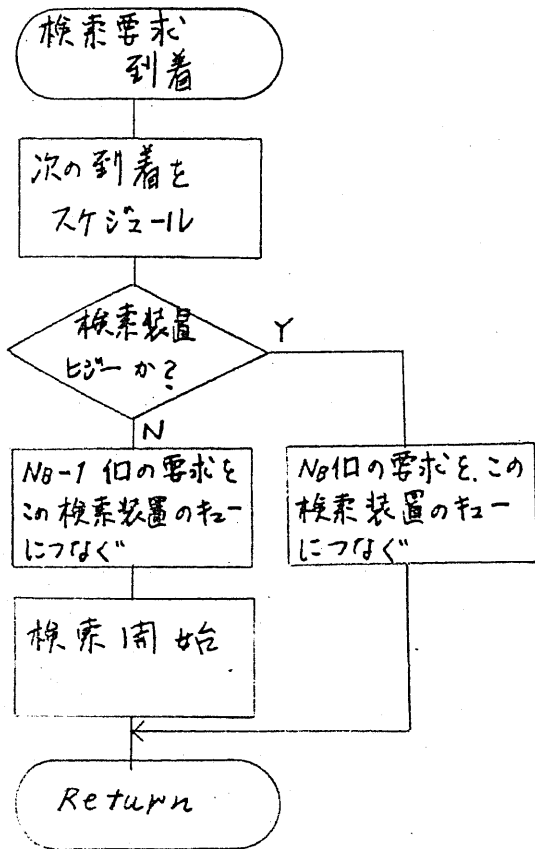


図 8.19 検索要求到着 EVENT に対する処理フロー

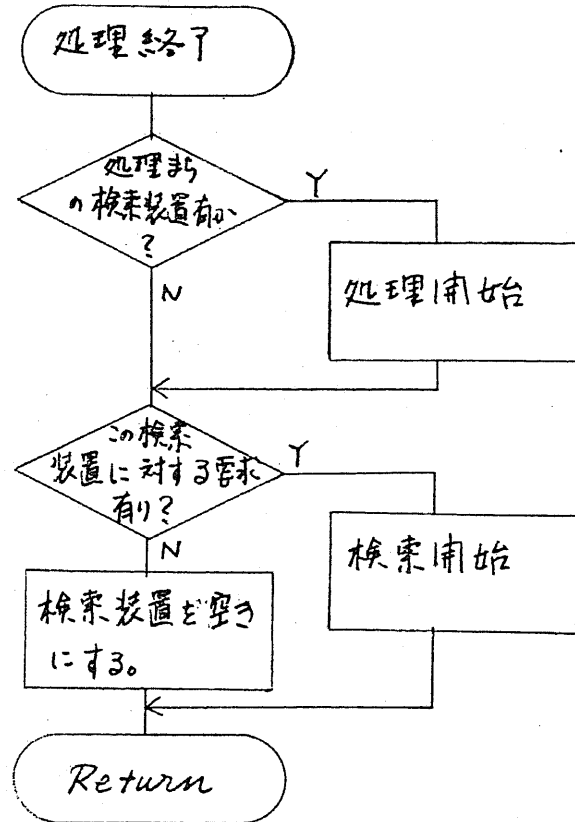


図 8.21 処理終了 EVENT に対する処理フロー

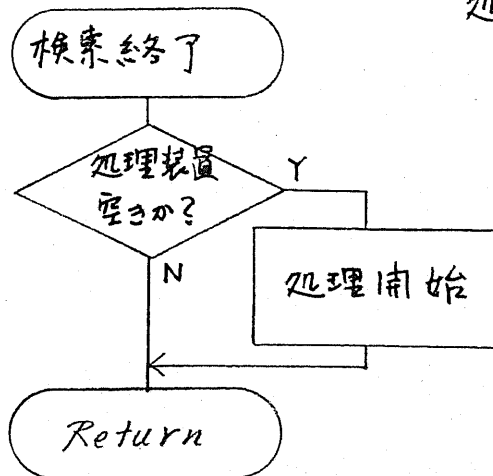


図 8.20 検索終了 EVENT に対する処理フロー

▷ シミュレーション — (1) ポアソン到着

各検索装置への要求到着は、独立で、ポアソン到着である。検索装置数  $N = 10$  にする。また、各段のサービスは式(8.3.8) (8.3.9)の値を用いる。シミュレーション結果を式(8.3.10)の近似式と併わせて、図8.22に示した。これを見ると、式(8.3.10)は、かなりよい近似式になっていることがわかる。この場合、まず段に集中する処理要求が、 $\lambda$ が大きくなると時に問題になることがわかる。この結果からも、システムは式(8.3.5)の  $\lambda_0$  の到着率で動作している時が各段が最も無駄なく動作していることがいえる。このことから、検索装置数  $N$  を選ぶ場合のもう一つの考慮すべき条件が得られる。

まず、式(8.3.5)をシステム全体への検索要求到着率  $\lambda_T$  を用いて、書くと次式になる。

$$\frac{\lambda_T}{N} = \frac{(h_{12}^2 + \sigma_{h_{12}}^2) - N(h_2^2 + \sigma_{h_2}^2)}{N(h_2(h_{12}^2 + \sigma_{h_{12}}^2) - h_{12}(h_2^2 + \sigma_{h_2}^2))} \quad (8.3.11)$$

これを、 $N$  について解くと次式が得られる。

$$N = -\lambda_T \left( h_2 \cdot \frac{h_{12}^2 + \sigma_{h_{12}}^2}{h_2^2 + \sigma_{h_2}^2} - h_{12} \right) + \frac{h_{12}^2 + \sigma_{h_{12}}^2}{h_2^2 + \sigma_{h_2}^2} \quad (8.3.12)$$

システム設計に際し、検索待ち時間を短くするために  $N$  を大きくしても、式(8.3.12)で与えられる  $N$  を越えた場合は、検索装置そのものの待ち時間より、その次の入力処理における待ち時間の影響が大きくなり、検索入力系全体としての特性の改善度は小さくなる。

本節で仮定している検索入力系の性能、式(8.3.8)、(8.3.9)を用

$W_{12}$   
(sec)

図 8.22 ポアソン到着の場合の検索入力系平均待ち時間  
 $W_{12}$  vs  $\bar{\lambda}$

$\mu_1 = 4.0$  (sec)

$\sigma_{h1}^2 = 1/3$  (sec<sup>2</sup>)

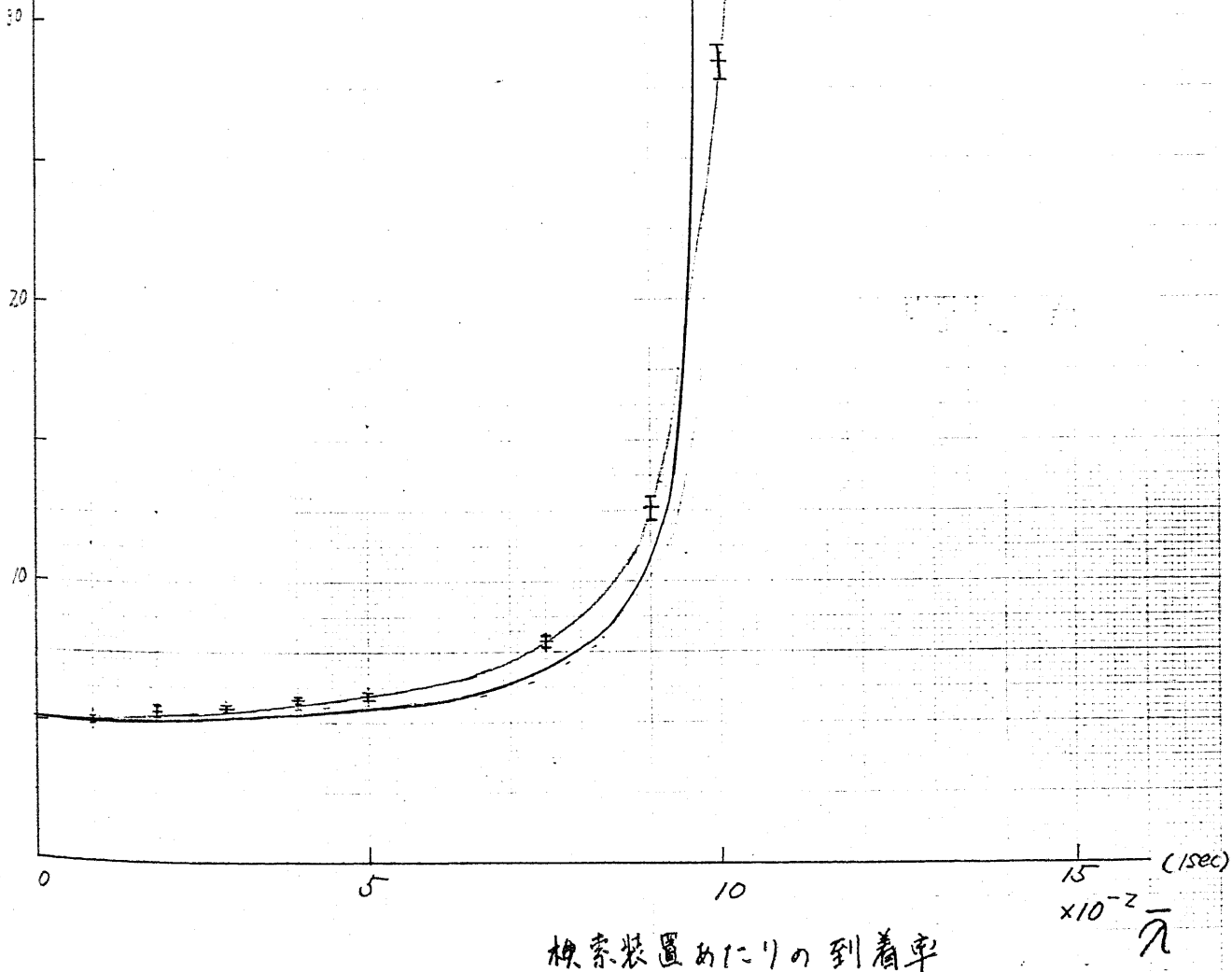
$\mu_2 = 1.0$  (sec)

$\sigma_{h2}^2 = 0$

$N = 10$

I シミュレーション結果  
95% 信頼区間

近似式 (8.3.10)



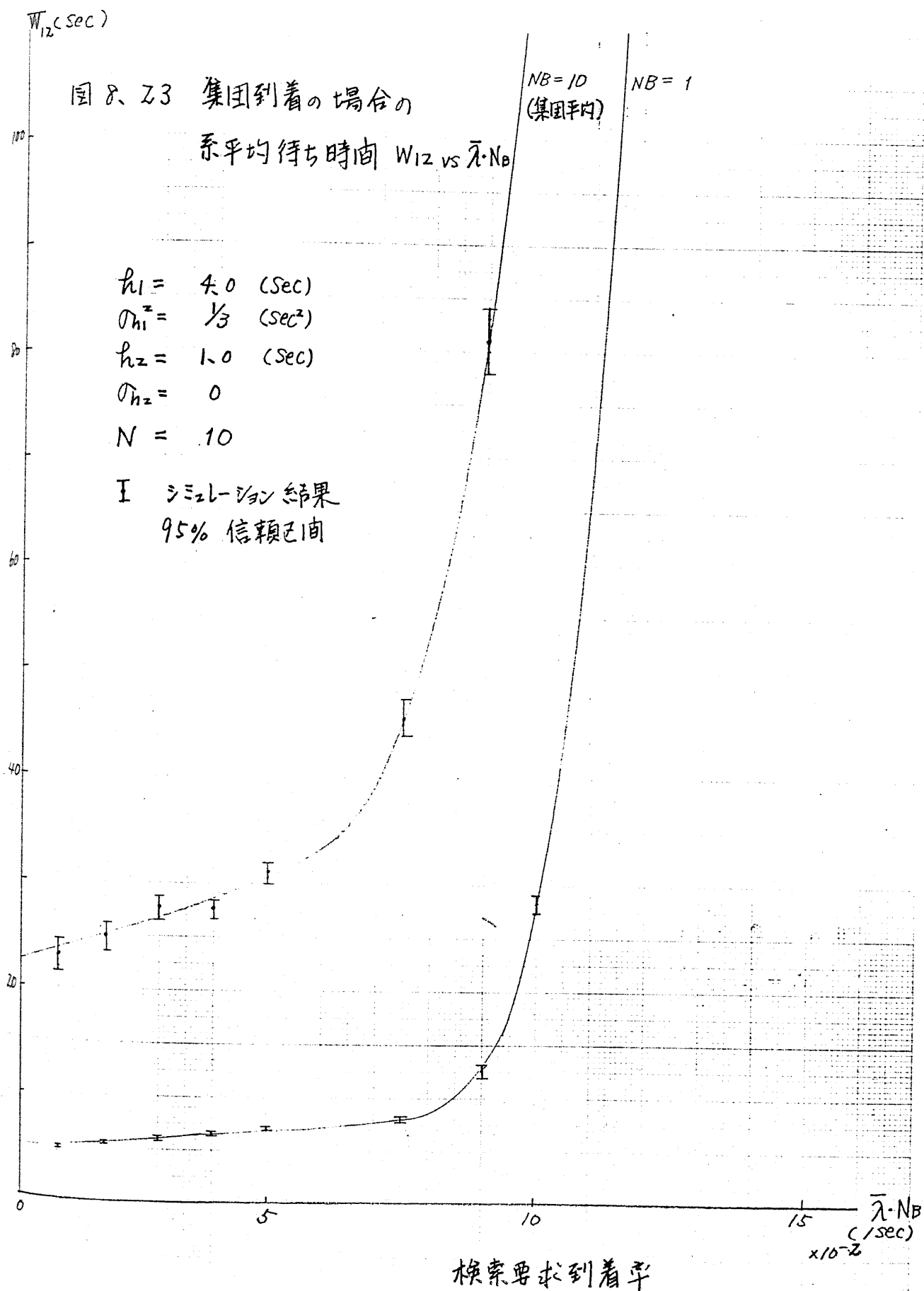
いて、式 (8.3.12) を評価すると

$$N = 25.3 - 20.3 \lambda_T \quad (8.3.13)$$

例えば、7章で評価した  $\lambda_T = 0.5$  (/sec) の場合では、検索装置数  $N$  を 16 以上にしても、大きな特性の改善は得られないことがわかる。

### ▷ シミュレーション — (2) 集団到着

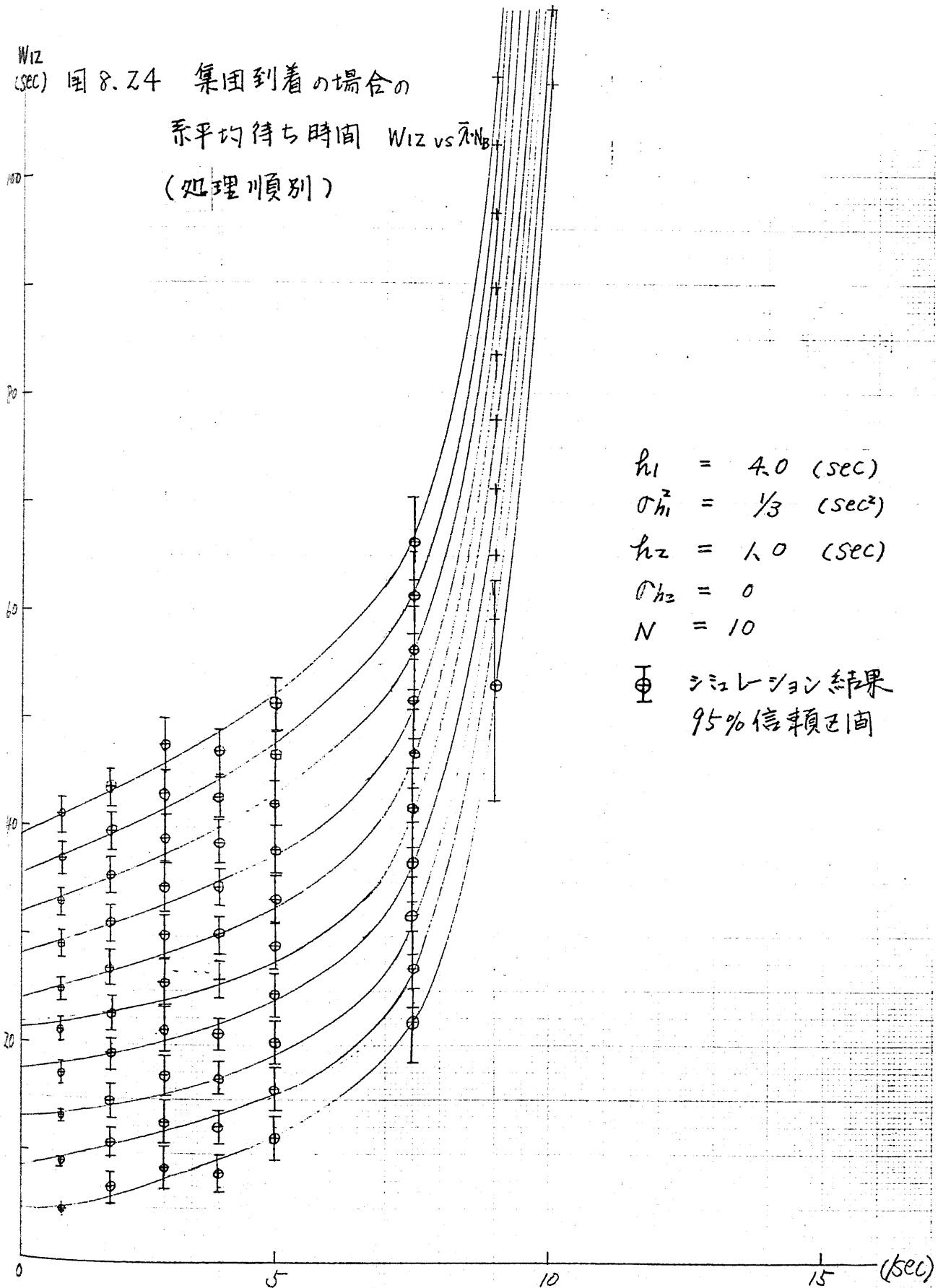
原文献データベースを考えると、検索要求は集団到着で扱う必要がある。集合到着の場合のシミュレーションは、検索要求到着 EVENT の ATTRIB の集団の大きさ  $N_B$  に適当な数を与えればよい。したがって、集団毎には、ポアソン到着である。ここでは、 $N_B = 10$  の場合についてシミュレーションを行なう。図 8.23 にこのシミュレーション結果を示す。この結果は、集団内の各要求の系平均待ち時間の平均値である。また、横軸は、パラメータとして  $\bar{\lambda} \cdot N_B$  をとり、ポアソン到着の場合の結果と比較している。さて、集団到着であると、集団内の処理順により、待ち時間が異なる。集団内の処理順別に系平均待ち時間を求めた結果を図 8.24 に示す。これを見ると、集団内で最初に処理されるものでも、集団でない場合 ( $N_B = 1$ ) と同一の  $\bar{\lambda} \cdot N_B$  について比較すると、待ち時間が大きくなっている。この現象は、集団到着においては、かなり一般的なものであり、特にこの直列型待ち行列の意であるとは、いえない。





W12 (sec) 図 8.24 集団到着の場合の

系平均待ち時間  $W12$  vs  $\bar{\lambda} \cdot N_B$   
(処理順序別)



$h_1 = 4.0$  (sec)

$\sigma_{h_1}^2 = 1/3$  (sec<sup>2</sup>)

$h_2 = 1.0$  (sec)

$\sigma_{h_2} = 0$

$N = 10$

⊕ シミュレーション結果  
95%信頼区間

検索要求到着率

$\times 10^{-2} \bar{\lambda} \cdot N_B$

## 8.4 原型モデル全体のトラヒック解析

### 8.4.1 解析すべき問題点

8.3節までにおいて、画像データベースの検索において特有と考えられる比較的長いサービス時間を要する画像ファイル検索装置回りについて解析を行ってきた。この結果、検索装置回りについては、システムの動作や、そのトラヒック理論的な性質がかなり明らかになった。ところで、これらの解析においては、最もサービス時間が長いと考えられる画像情報の伝送との関係については、検索系と通信系の間に容量無限大の通信バッファを置くことを仮定して、検索系を通信系から分離して独立に扱ってきたわけである。しかし、これまでに得られた結果がどの程度の有効性を持つかを知るためには、伝送系の影響も考慮した解析すなわち通信バッファの容量が有限の場合の解析が不可欠である。具体的にいえば、どの程度の通信バッファ容量があれば、通信バッファ容量無限大が妥当な近似とみなせるかを知らなければならぬ。通信バッファ容量の有限性に関する解析のための簡単な近似モデルとしては、ケントール記号で次のように表わせる待ち行列モデルが考えられる。

$$M/G/N.R \rightarrow I/G/N_e(B_f) \quad (8.4.1)$$

$N.R$ : 検索装置数     $N_e$ : 回線数     $B_f$ : 通信バッファ容量

しかし、この程度の簡単な系でも、解析的には解けないので、シミュレーションを行なうことになるが、この程度のシミュレーションを行なうよりは、むしろ

システム全体のシミュレーションを行なう方が得られる結果の重要性と労力の差からみて有利である。本システムのトラヒック理論的な性質を解明する上で、システム全体のシミュレーションは、結局行なう必要がある。以上の考察から部分的解析は、本論文においては、8.3節までとし、本節では、システム全体のシミュレーションによるトラヒック解析を行なう。

#### 8.4.2 シミュレーション・モデル

本節においては、シミュレーションを行なう待ち行列モデルのトラヒック理論的な定義付け、シミュレーション・モデルの動作などについて説明する。

シミュレーションを行なう待ち行列モデルは、8.1.2節での検討から得られた図8.25に示すようなものである。

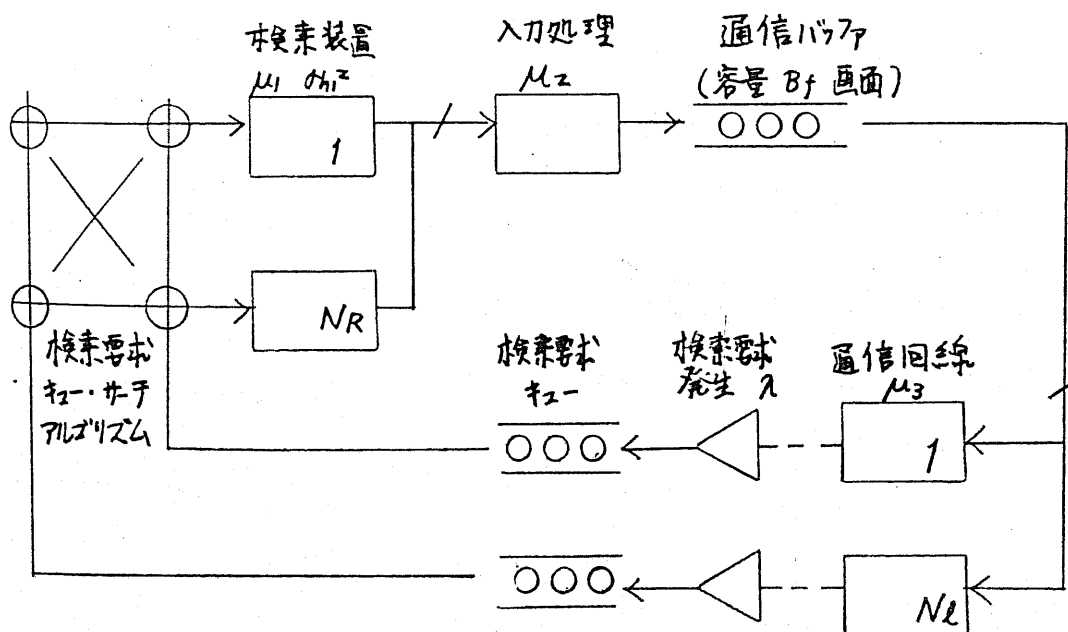


図8.25 システム全体の待ち行列モデル



## (2) 伝送時間

解析が簡単なのは、指数分布の場合であるが、一般の電話網における通話と異なり画像伝送において指数分布を用いることは、現象の姿をよく反映しているとは、いいがたい。画像情報は、帯域圧縮を施してもなおかなり膨大な情報量を持つこと、帯域圧縮率は、画像の性質によって大きく異なるという二つの性質を持つ。この姿を考慮して、次に述べるような下駄ばき指数分布を考えてみる。

下駄ばき指数分布とは、ある一定時間  $t_0$  は、必ず必要とし、それ以上の時間は、平均値  $t_1$  の指数分布に従うという分布である。したがって、サービス時間の確率密度関数  $f(t)$  は、次式に示すようになる。

$$f(t) = \begin{cases} \frac{1}{t_1} e^{-\frac{t-t_0}{t_1}} & t \geq t_0 \\ 0 & t < t_0 \end{cases} \quad (A.4.2)$$

一画面分の平均情報量を  $I$  とし、回線速度を  $C$  とすると、平均サービス時間  $T = I/C$  である。 $f(t)$  の平均値 ( $= t_0 + t_1$ ) は  $T$  に等しい。ここでは、簡単に、 $t_0 = t_1 = T/2$  とする。1画面分の情報量は、平均  $0.1 \text{ MB}$  で、伝送速度は  $48 \text{ kbps}$  にすると、一画面を約  $20$  秒で伝送できるので、ここでは、 $t_0 = t_1 = 10 \text{ (sec)}$  とする。したがって、平均サービス時間  $\mu_3^{-1} = \lambda_3 = 20 \text{ (sec)}$ 、サービス時間の分散  $\sigma_{h_3}^2 = 100 \text{ (sec}^2\text{)}$

## (3) 伝送途中の送信中止

実際に画像伝送を行っている場合に、端末側で、1画面全

部の受信が完了しないうちに、送信中止要求を出すこと考えられるが、ここでは、簡単のため、このような場合は無視する。

#### (4) 検索装置毎の到着率の偏り

この偏りは、作成順格納方式という特殊な格納方式の場合に起るものである。各検索装置への格納方式には数多くのバリエーションが考えられるから、ここでは、解析の容易さのため、一番簡単な先入格納方式の場合を考える。また、回線から到着する検索要求の宛先検索装置は、ランダムに選択される。

#### (5) 検索装置，入力処理系

8.3節で述べた直列型待ち行列モデルを用いる。サービス時間は、前節と同様に次の値とする。

検索装置の検索時間  $3 \sim 5$  秒に一様分布 すなわち、

$$\mu_1 = \lambda_1 = 4 \text{ (sec)}, \quad \sigma_{h_1}^2 = 1/3 \text{ (sec}^2\text{)}$$

入力処理装置のサービス時間  $\mu_2 = \lambda_2 = 1 \text{ (sec)} \quad \sigma_{h_2}^2 = 0$

#### (6) 通信バッファ

通信バッファの入出力時間は無視する。これは、入力時間は、入力処理時間に、出力は、伝送時間に含まれているからである。

通信バッファ容量  $B_f$  は、システム特性解析上の重要なパラメータである。ここでは、次のように考える。ある回線が、画像伝送を行なうためには、1画面分の通信バッファが必要である。特定の回線が通信バッファ全部を占有して、別の回線の画像伝送を妨げることかない

よに、各回線に1画面分の通信バッファは確保してあるとする。

その上で、さらに  $B_f$  画面分の各回線が適宜使用できるバッファがある場合を考え、この  $B_f$  をパラメータとして解析する。したがって、以下では、通信バッファという時は、 $B_f$  に相当する部分を指すとする。なお、本節では、通信バッファ容量を、1画面分のメモリ容量を単位容量として計算する。

### (7) システムのハードウェア規模

トラヒック的性質とは別に、ハードウェア規模は、以下のように選んだ。

$$\text{回線数 } N_L = 20$$

$$\text{検索装置数 } N_R = 10$$

$$\text{入力処理装置数} = 1$$

### ▷ GASP II によるシミュレーション・モデル

シミュレーションは、GASP II を用いて行なう。GASP II における

主要 EVENT は、次のものを考える。

- (1) 検索要求の到着
- (2) 検索終了
- (3) 入力処理終了 (入力処理は、以後簡単に処理と呼ぶ)
- (4) 伝送終了

その他に、シミュレーションの流れを制御するために、次の3つの EVENT を考える。

- (5) 初期設定
- (6) シミュレーション終了
- (7) 途中統計

また、EVENT 以外の FILE としては、各回線毎の検索要求キュー、処理要求キュー、通信バッファを定義する。各 FILE の属性 ATTRIB を表 8.1 にまとめて示した。上記の各 EVENT の EVENT コードと、その EVENT の ATTRIB を表 8.2 に示した。なお、ATTRIB (6) のフラグは、集団到着の場合、集団内で最初にサービスを受けるか、最後にサービスを受けるかの情報を持ち、シミュレーションの流れを制御するために用いる。

#### ▷ シミュレーション・モデルの動作

シミュレーション・モデルの動作を説明するために、GASP II の各 EVENT の発生に対する処理のフローチャートを、図 8.26 ~ 8.29 に示した。この中で、検索装置が空になった場合に、回線毎に作られている検索要求キューをサーチして検索要求をとり出し、検索を開始する操作が幾つかある。これは、図 8.25 の待ち行列モデルの左上のサーチ・マトリクスにあたる部分である。このサーチアルゴリズムは、回線毎のサービスの平等性を考慮して、次の方法を用いる。

#### 検索要求キュー・サーチ・アルゴリズム

検索の終了した要求の最先回線番号 =  $i$  のとき、次の順番で、各順番に対応する回線の検索要求キューをサーチする。



FILE 番号	属性	ATRIB 1	2	3	4	5	6
1	EVENT	EVENT 発生時刻	EVENT コード	回線番号 etc	装置番号 etc	検索要求 到着時刻 etc	フラグ
2~21	各回線毎の 検索要求 キュー	検索要求 到着時刻	/	回線番号	宛先 装置番号	検索要求 到着時刻	"
30	処理要求 キュー	処理要求 時刻	/	"	"	"	"
31	通信パルス	パルス格 納時刻	/	"	"	"	"

表 8.1 各 FILE の属性

EVENT コード	EVENTの意味	ATRIB			
		3	4	5	6
1	検索要求の到着	回線番号	装置番号	集団の大きさ NB	
2	検索終了	"	"	検索要求 到着時刻	フラグ
3	処理終了	"	"	"	"
4	伝送終了	"	"	"	"
5	初期設定	"		集団の大きさ NB	
6	シミュレーション終了	シミュレーション 回数			
7	途中統計				

表 8.2 各 EVENT の意味

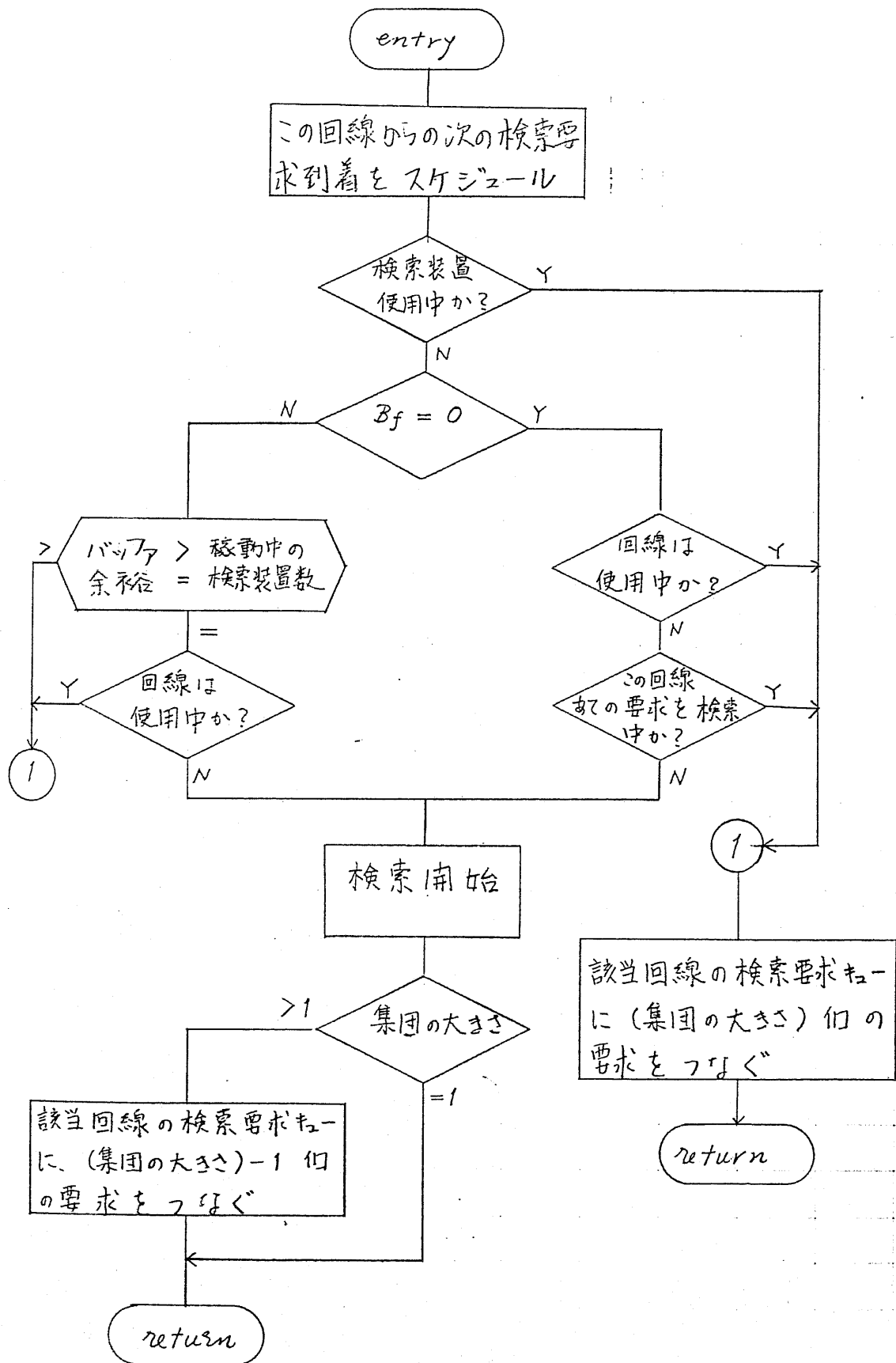


図 8.26 通信回線からの検索要求到着に対する処理

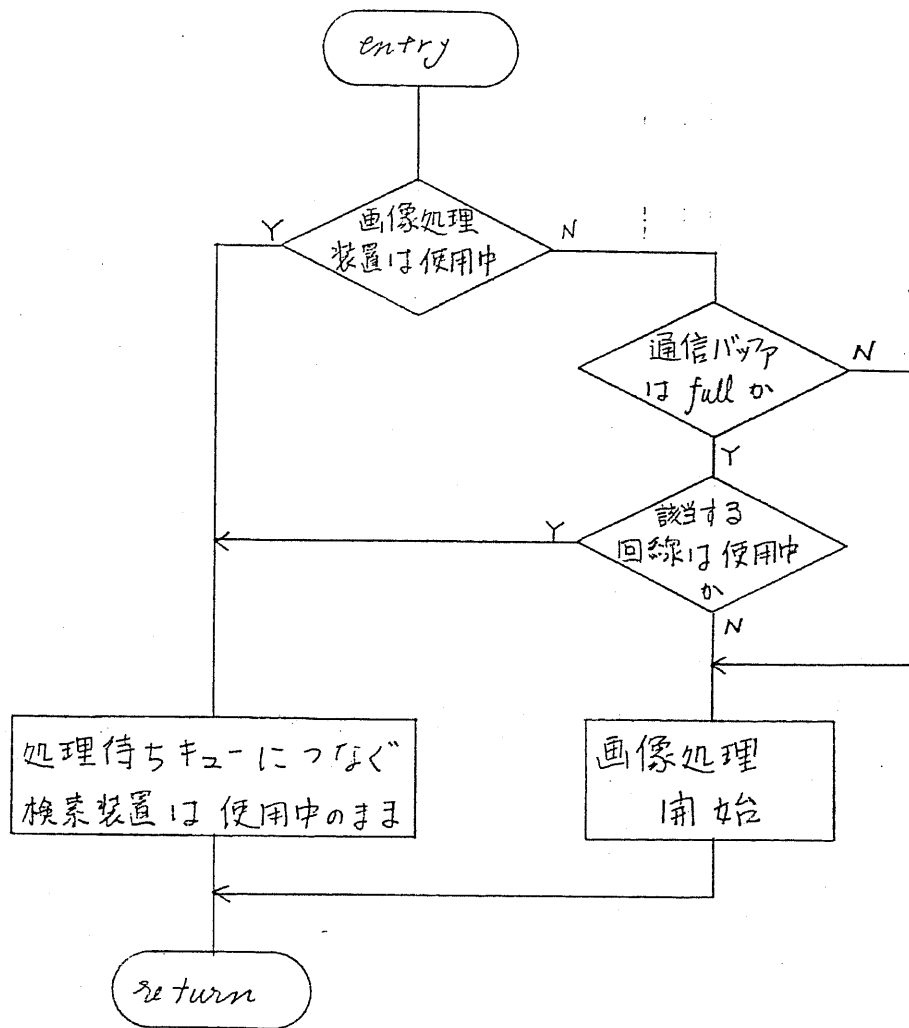
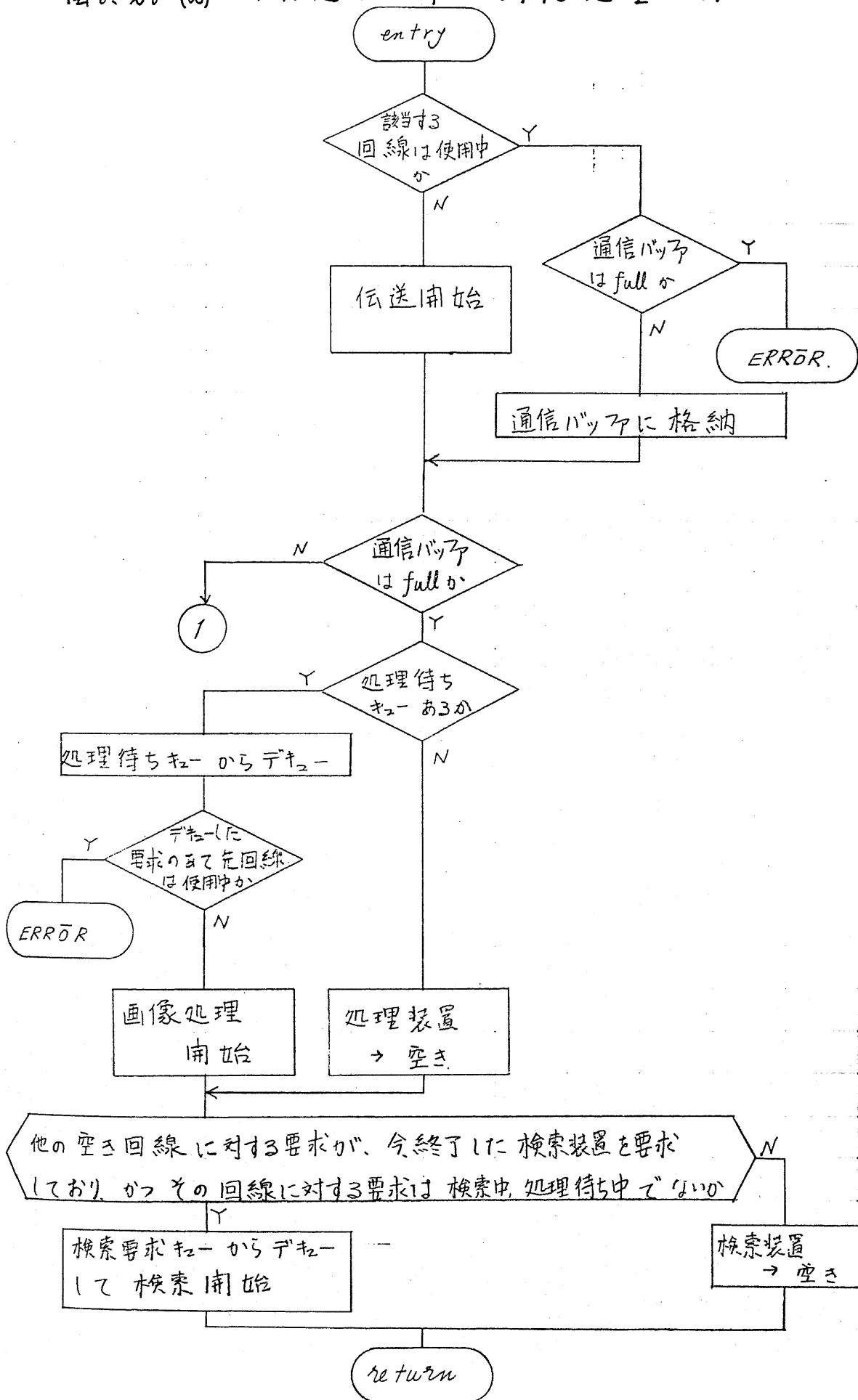


図8.27 検索終了に対する処理

図 8.28 (a) 入力処理終了に対する処理 - (1)



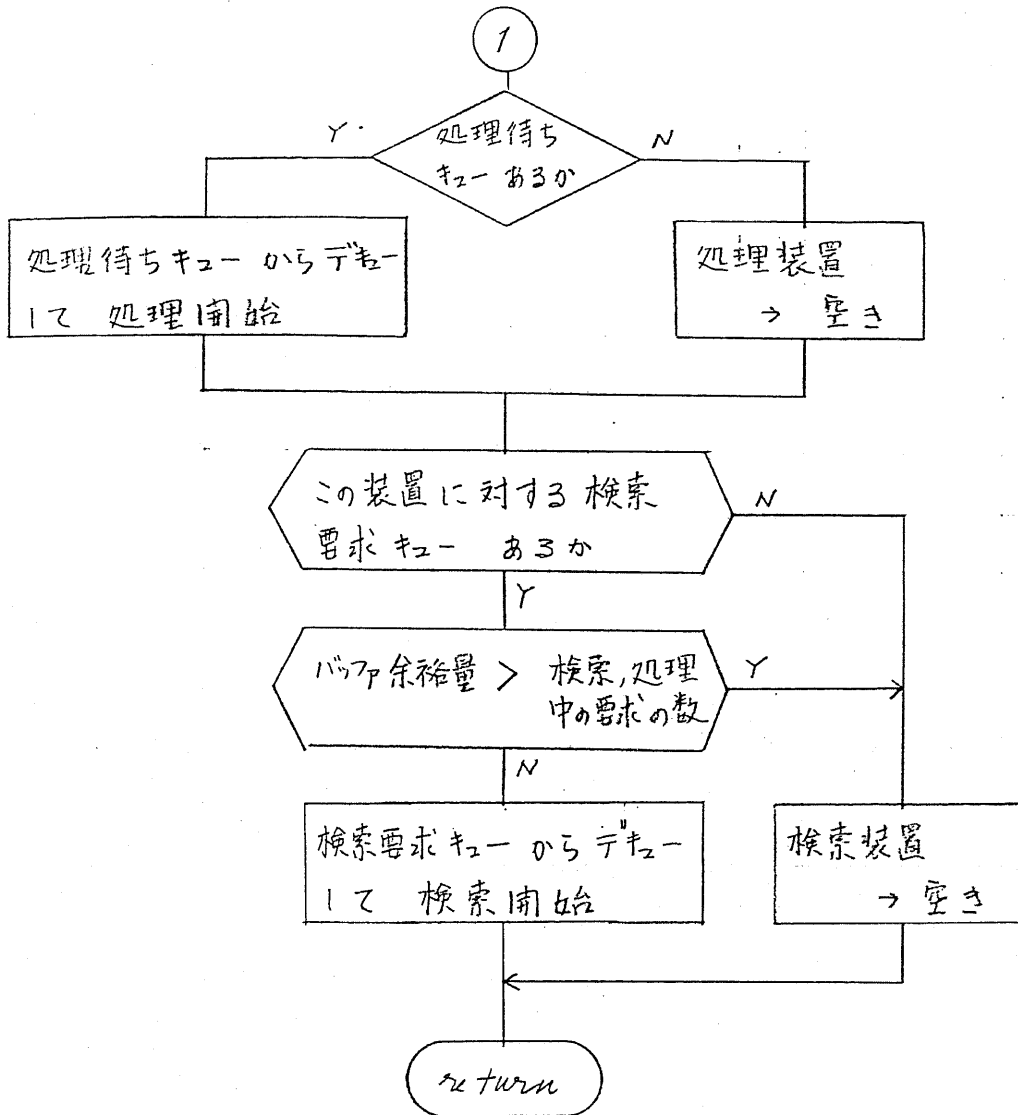


図8.28 (b) 入力処理終了に対する処理 - (2)

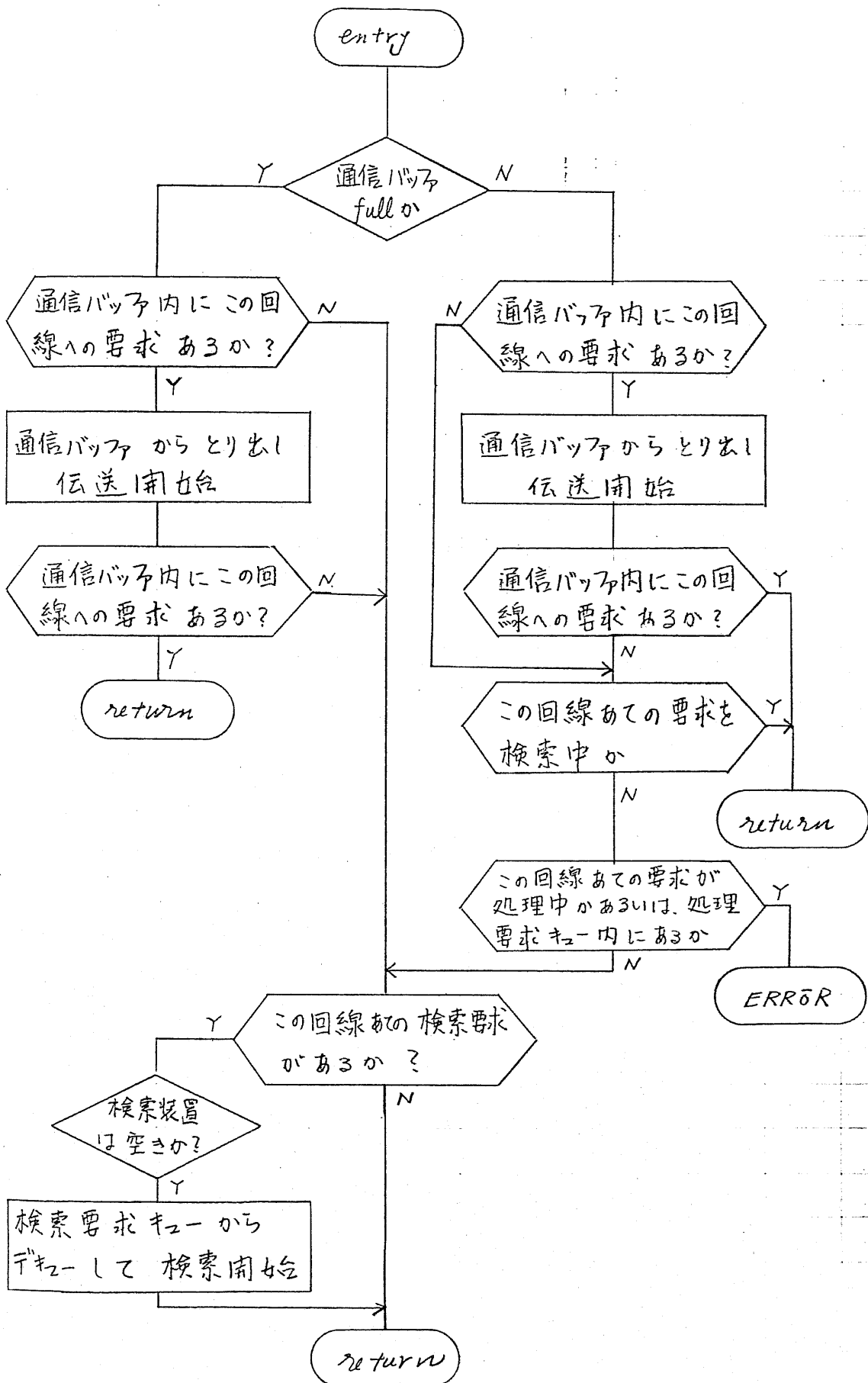


図8.29 画像伝送終了に対する処理



以上に述べたような動作をするモデルのシミュレーションを行なうわけだが、システムの定常状態における統計量を求めるために、シミュレーション開始から定常状態になるまでの統計データは使わず、定常状態に達した後での統計データを解析のために用いる。

### 8.4.3 平均伝送開始待ち時間の評価

ユーザに対する直接的なシステムのサービス性能を表わすパラメータは、検索要求が到着してから伝送開始までの待ち時間である。本節では、 $B_f$  を変化させた場合の、各回線からの検索要求到着率  $\lambda$  に対する伝送開始までの平均待ち時間  $W_T$  の挙動を解析する。また、この解析において、 $B_f = \infty$  の仮定がどの程度の大きさの  $B_f$  なら妥当な近似になるかを調べる。解析手法としては、シミュレーションおよびその結果を無理なく説明できる近似式の導出という方法を用いる。始めに、ポアソン到着、次に集団到着の場合について解析する。

#### ▷ ポアソン到着の場合

図 8.30 ~ 8.32 にポアソン到着の場合の各回線からの到着率  $\lambda$  に対する平均伝送開始待ち時間  $W_T$  の値のシミュレーション結果を示す。図 8.30 ~ 8.32 は、各々  $B_f = 0, 10, 50$  の場合である。  $B_f = 50$  の場合は、あまり大きくない  $\lambda$  に対しては、ほぼ  $B_f = \infty$  と同じような振舞いをしておりと考えられ、  $B_f = 0$  の場合と、両者の中



WT

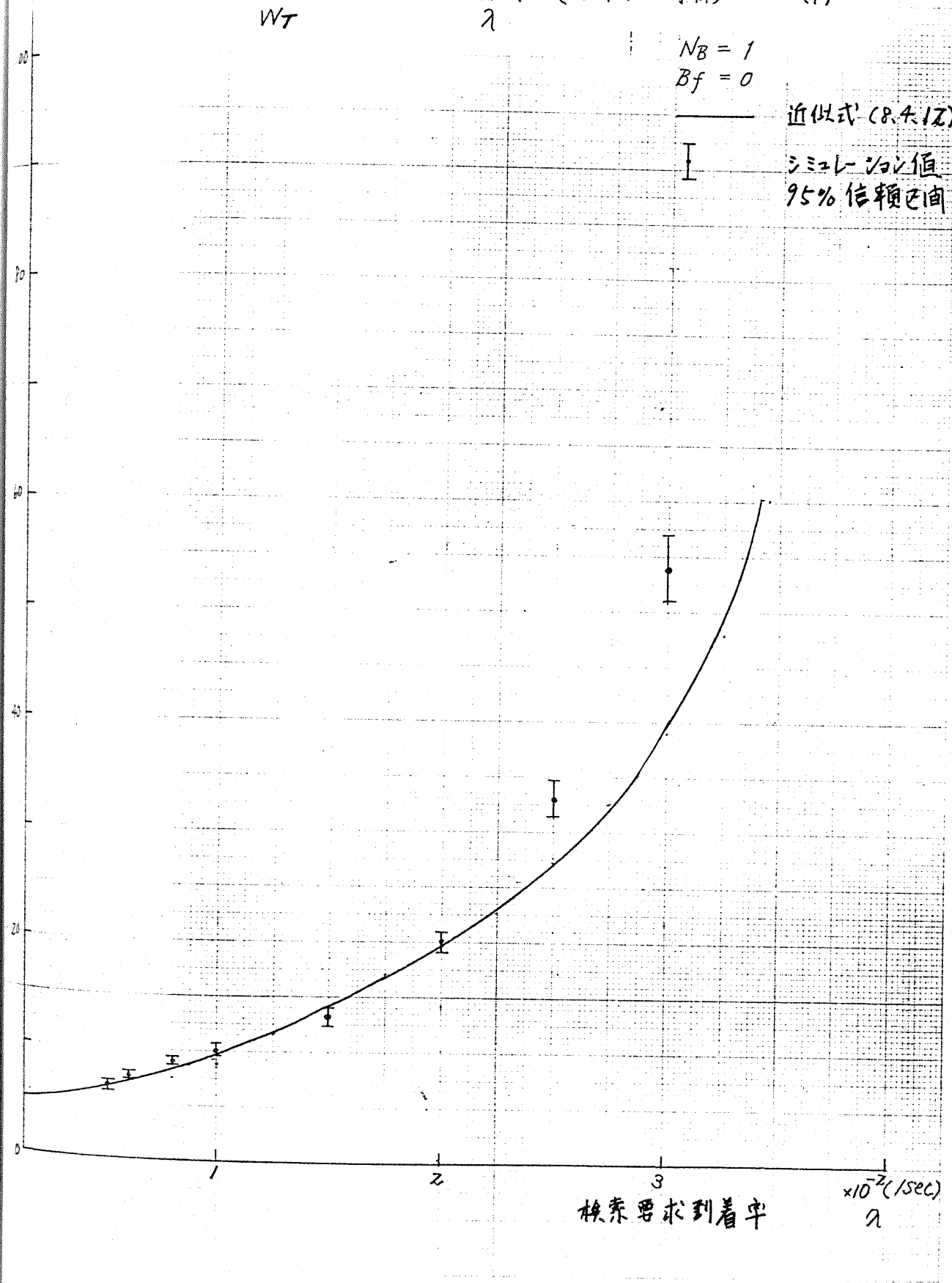
(sec) 同 8.30 伝送開始待ち時間 vs 到着率 (ホップに到着) — (1)  
 $WT$  vs  $\lambda$

$N_B = 1$   
 $B_f = 0$

近似式 (8.4.12)

I

シミュレーション値  
 95% 信頼区間



検索要求到着率

$\times 10^{-2}$  (1/sec)  
 $\lambda$

图 8.31 依送开始待ち時間  $W_T$  vs 到着率 (ポテン到着)  $\lambda$  — (2)

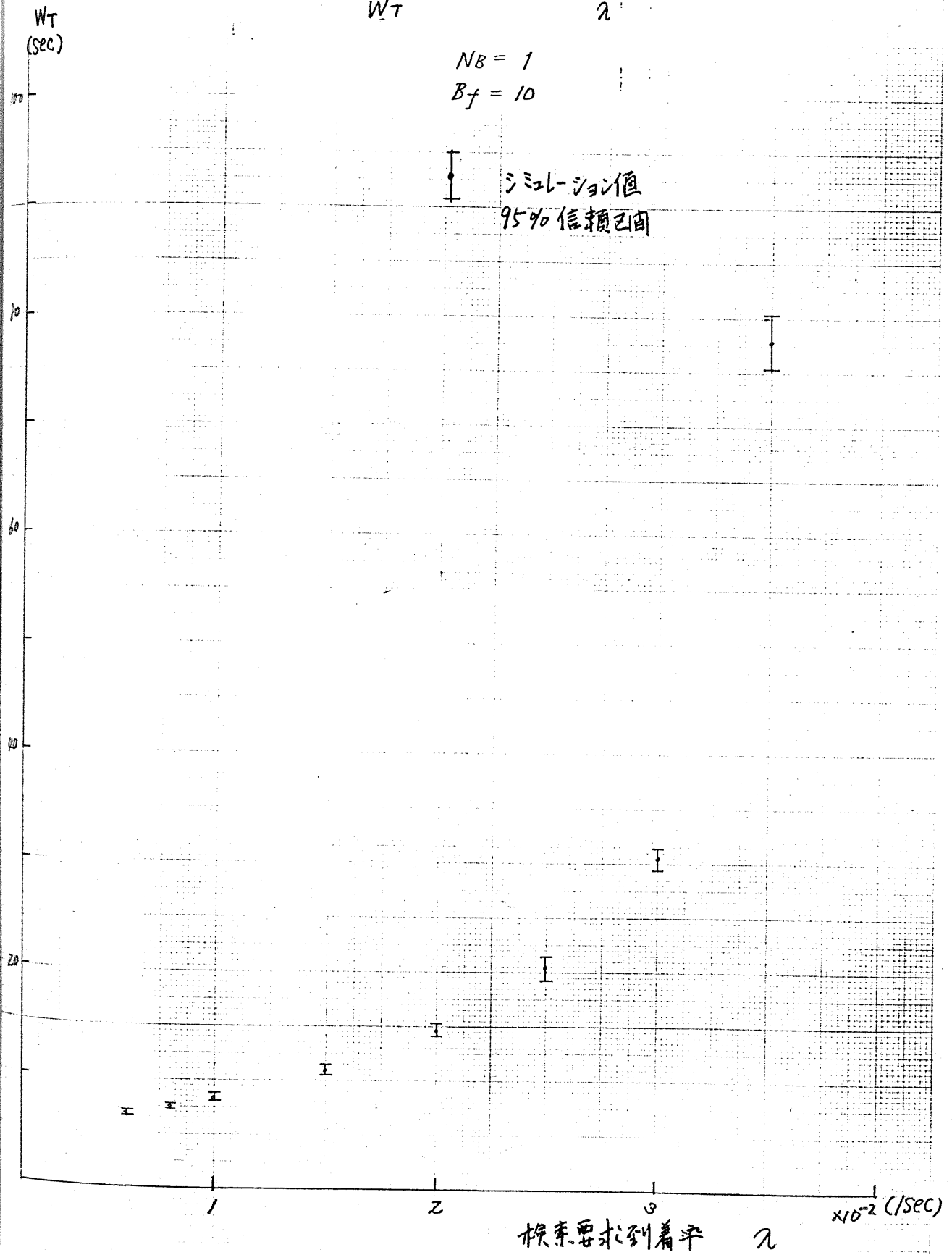
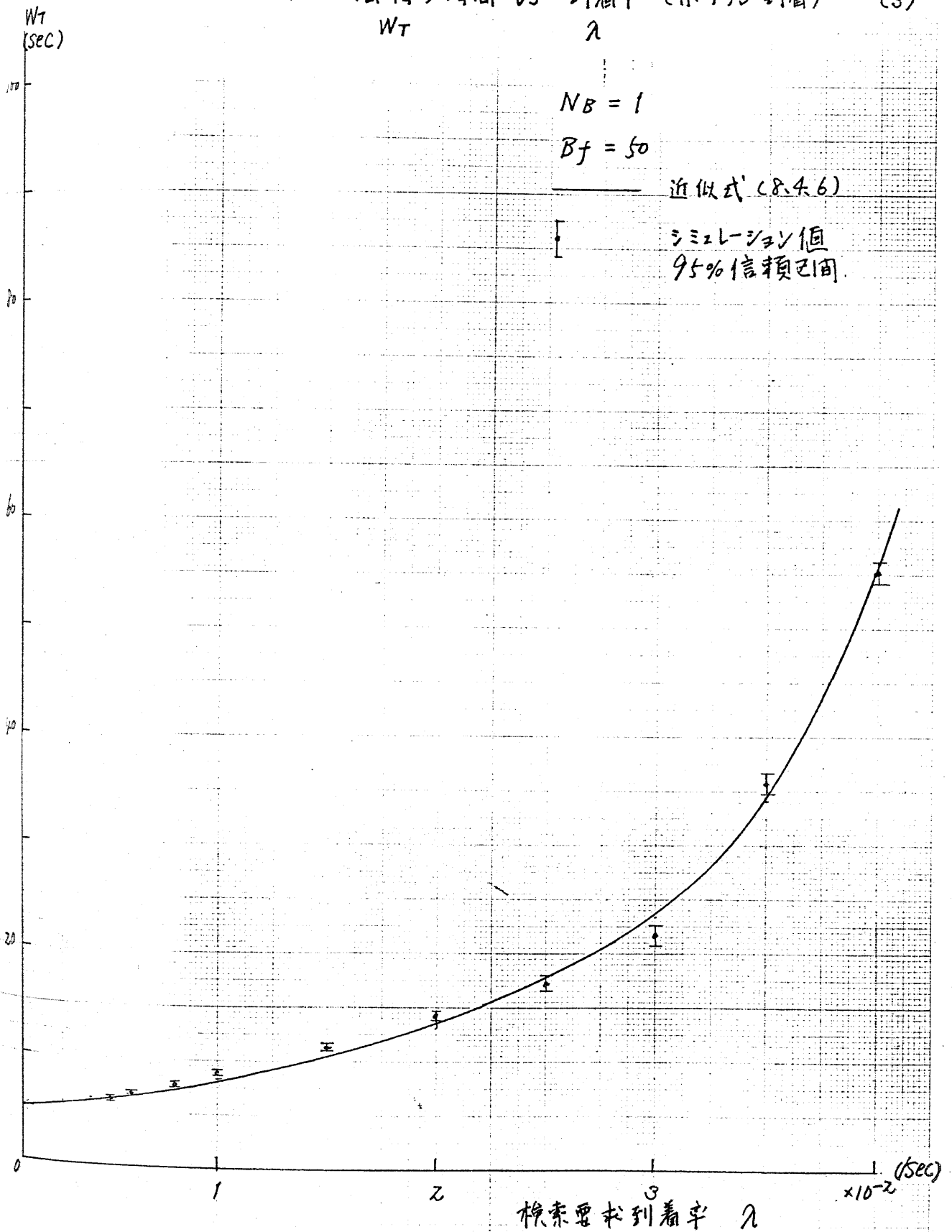


図 8.3Z 伝送開始待ち時間 vs 到着率 (ポアソン到着) — (3)



間の  $B_f = 10$  の場合をシミュレーションした。

(1)  $B_f = 50$  の場合の検討

$B_f = \infty$  と考えた場合の近似式を求めてみる。この仮定をけば、検索、入力系と伝送系は別々に考えてよい。1画面分の伝送時間には比べて、検索および入力処理は十分短いサービス時間だから、検索、入力系は低トラヒックであると考えてよい。したがって、検索終了後の入力処理待ちは無視して、両者を合わせて、平均サービス時間  $= h_1 + h_2$ 、サービス時間の分散  $= \sigma_{h_1}^2 + \sigma_{h_2}^2$  のサービス窓口と考えればよい。ところで、1台の検索装置へ到着する要求は、各回線からの要求がランダムに選ばれて集まる。したがって、回線あたりの到着率を  $\lambda$  とすると、検索装置毎の到着率  $\lambda_R = \lambda \cdot N_L / N_R$  になる。各装置毎に独立に  $M/G/1$  系と考えられるから、検索、入力系における平均待ち時間  $W_{12}$  は、次式で表わされる。

$$W_{12} = h_1 + h_2 + \frac{\lambda \cdot N_L ((h_1 + h_2)^2 + \sigma_{h_1}^2 + \sigma_{h_2}^2)}{2 \cdot N_R \cdot (1 - \rho_{12})} \quad (8.4.4)$$

$$\text{但し、} \rho_{12} = \frac{\lambda \cdot N_L \cdot (h_1 + h_2)}{N_R}$$

一方、入力処理終了後からの画像伝送開始の待ち時間、すなわち通信バッファ内での滞留時間  $W_3$  は、回線毎に独立に  $M/G/1$  系と近似する。<sup>※</sup> この場合、 $W_3$  は次式で表わされる。

※

$M/G/1$  系の出力分布が入力と同じ  $M$  になることが保証されているのは、 $G=M$  の場合だけである。ゆえに、回線のサービスの入力分布を、検索系への到着と同じ  $M$  にするのは近似である。

$$W_3 = \frac{\lambda (h_3^2 + \sigma h_3^2)}{\lambda (1 - a_3)} \quad \text{但し } a_3 = \lambda h_3 \quad (8.4.5)$$

したがって、検索要求到着から伝送開始までの平均待ち時間  $W_T$  は、伝送時間に下駄ばき指数分布をあてはめれば、次式で表わされる。

$$W_T = W_{12} + W_3 = \frac{\lambda \cdot N_2 \cdot ((h_1 + h_2)^2 + \sigma h_1^2 + \sigma h_2^2)}{\lambda \cdot NR (1 - a_{12})} + \frac{5\lambda h_3^2}{\lambda (1 - a_3)} + h_1 + h_2 \quad (8.4.6)$$

この近似式の計算値を図 8.32 にシミュレーション結果と併べて示した。

これによれば、両者はよく一致しており  $B_f \geq 50$  では、ほぼ  $B_f = \infty$  の仮定が妥当であることを裏づけている。また、式 (8.4.6) は、通信バッファ容量を増加させた場合の  $W_T$  の改善限界の近似値と見ることもできる。

## (2) $B_f = 0$ の場合の検討

この場合は通信バッファ容量に関してみれば、 $W_T$  は最悪値をとる場合である。図 8.30 と図 8.32 を比較してみれば、特に到着率  $\lambda$  の大きい場合に、 $W_T$  の劣化が激しくなっている。(例えば、 $\lambda = 3 \times 10^{-2}$  (1/sec) で  $W_T$  は 2 倍以上) この場合の近似としては、まず段に対する待ち合い量の大きさを 0 に制限した式 (8.4.7) に示す直列型待ち行列が考えられる。

$$M/G/1 \rightarrow G/1(1) \quad (8.4.7)$$

この形の待ち行列モデルの解析は、一般に難解で、サービスが一般分布であると解析的に解けないので、ここでは、サービスを指数分布の場合で近似してみる。以下に、この系の解析を行なう。

次のような状態を考える。

$(0, 0)$  系が空

$(0, 1)$  系1段が空, 系2段がサービス中

$(0, 2)$  系1段の行列が0で, 系1段がブロックされている

$n \geq 1$   $\left\{ \begin{array}{l} (n, 0) \text{ 系1段の行列長} = n-1 \text{ で系1段がサービス中, 系2} \\ \text{段は空} \end{array} \right.$

$(n, 1)$  系1段の行列長 =  $n-1$  で系1段, 系2段ともサービス中

$(n, 2)$  系1段の行列長 =  $n$  で系1段がブロックされている。

状態図は、図 8.33 に示すようになる。但し、この図に示す  $\mu_1, \mu_2$  は、図 8.25 に示したものでなく、この解析だけで用いる記号である。これによると、状態方程式は、次に示すものになる。

$$\mu_2 P_{01} - \lambda P_{00} = 0$$

$$\mu_1 P_{10} + \mu_2 P_{02} - (\lambda + \mu_2) P_{01} = 0$$

$$-\mu_1 P_{11} + (\mu_2 + \lambda) P_{02} = 0$$

次回へ続く。

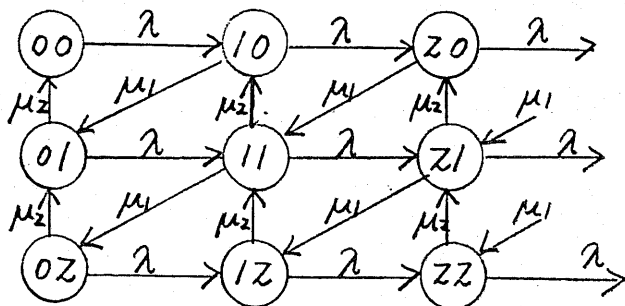


図 8.33 直列型待ち行列の状態遷移図

$$\text{例1} \begin{cases} \lambda P_{n-1,0} + \mu_2 P_{n,1} - (\lambda + \mu_1) P_{n,0} = 0 \\ \lambda P_{n-1,0} + \mu_1 P_{n+1,0} + \mu_2 P_{n,2} - (\lambda + \mu_1 + \mu_2) P_{n,1} = 0 \\ \lambda P_{n-1,2} + \mu_1 P_{n+1,1} - (\lambda + \mu_2) P_{n,2} = 0 \end{cases} \quad (8.4.8)$$

これらの連立方程式を直接解くのは困難なので、母関数

$F_j(z)$  を求める。

$$F_j(z) = \sum_{n=0}^{\infty} P_{n,j} z^{n+j}$$

$F_j(z)$  を式 (8.4.8) から求めると。

$$F_1(z) + (a_1 z - a_1 - \mu) F_2(z) = a_2 z P_{00}$$

$$(1 + a_1 - a_1 z) F_0(z) - \frac{\mu}{z} F_1(z) = P_{00}$$

$$-F_0(z) + (1 + \mu + a_1 - a_1 z) F_1(z) - \frac{\mu}{z} F_2(z) = (a_2 z - 1)$$

$$\text{但し. } a_1 = \lambda/\mu_1, \quad a_2 = \lambda/\mu_2, \quad \mu = \mu_2/\mu_1 \quad (8.4.9)$$

$$\text{また. } \sum_{j=0}^2 F_j(1) = 1 \quad \text{の条件が成立する。}$$

これを解くと。

$$F(z) = \sum_{j=0}^2 F_j(z) = \frac{\mu(\mu+1)(1-a_1) - a_1}{1 + \mu + a_2 \mu}$$

$$\frac{a_1 z - (1 + \mu + a_1 + a_2 \mu)}{a_1^3 z^3 - z a_1^2 (1 + \mu + a_1) z^2 + a_1 (1 + 3\mu + \mu^2 + z a_1 \mu + z a_1 + a_1^2) z - \mu(1 + \mu + z a_1)}$$

(8.4.10)

系平均個数  $L$  は、 $F(z)$  より次式で求まる。

$$L = \left. \frac{dF(z)}{dz} \right|_{z=1} = \frac{a_1(1 + 3\mu + \mu^2 - z a_1(1 + \mu))}{(1 - a_1)(1 + \mu)\mu - a_1} - \frac{a_1}{1 + \mu + a_2 \mu} \quad (8.4.11)$$

式 (8.4.11) より、 $z$  段サービス開始までの待ち時間  $W_T$  は、Little

の式を用いて

$$\begin{aligned}
 W_T &= \frac{L}{\lambda} - \frac{1}{\mu_2} \\
 &= \frac{1}{\mu_1} \left( \frac{1+3\mu+\mu^2-2a_1(H\mu)}{(1-a_1)(\mu+1)\mu-a_1} - \frac{1}{1+\mu+a_2\mu} \right) - \frac{1}{\mu_2}
 \end{aligned}
 \tag{8.4.12}$$

ここで、本節で扱っているモデルにおける値  $\mu_1^{-1} = h_1 + h_2 = 5$  (sec)  
 $\mu_2^{-1} = h_3 = 20$  (sec) を式(8.4.12)に代入して  $W_T$  を近似計算した結果をシミュレーション結果と併せて図8.30に示した。  $\lambda$  が小さい部分では、良好な近似であるが、  $\lambda$  が大きくなると式(8.4.12)は過小評価になる。これは、回線のサービスが下駄ばき指数分布で、普通の指数分布に比べて、サービス時間の小さい部分が切り捨てられていること、この近似では無視した検索装置相互間の累積などが原因として考えられる。

### (3) $B_f = 10$ の場合の検討

この場合は、待ち行列モデルでいえば、オズ段の待ち合い室の大きさが0以上有限の場合であり、ケンドールの記号で書ける次式に似た系である。

$$M/G/1 \rightarrow G/1(n+1) \tag{8.4.13}$$

しかし、この系は、 $G=M$  としても解析が著しく困難であるため、定性的な考察のみを行なうことにする。図8.31のシミュレーション結果を見ると、 $W_T$  は、 $\lambda$  が小さい部分では  $B_f = \infty$  の場合に近く、 $\lambda$



が大きい部分では、 $B_f = 0$  の場合に近づく。これは、 $\lambda$  が小の場合は通信バッファ使用量が小さく通信バッファ容量の有限性が問題にならないので  $B_f = \infty$  とみなせるが、 $\lambda$  が大きくなるにつれて通信バッファが容量一杯に使われ、到着間隔の変動を吸収する能力を失なって  $B_f = 0$  の状態に近づくという定性的考察を裏付けていると考えられる。

### ▷ 集団到着の場合

集団到着の場合に関しては、集団の大きさ  $N_B = 5, 10$  の2つの場合について、各々  $B_f = 0, 10, 50$  としてシミュレーションを行ない、 $\lambda$  に対する  $W_T$  を求めた結果を図 8.34 ~ 8.39 に示した。結果は、集団内で最初に処理された要求に対する伝送開始平均待ち時間  $W_T$  と集団内の各要求の伝送開始待ち時間の平均値  $\bar{W}$  を示した。ポアソン分布の場合と同様に  $B_f = 0, 10, 50$  の各々の場合について近似式等を検討する。

#### (1) $B_f = 50$ の場合の検討

ポアソン到着の場合と同様に、 $B_f = \infty$  と仮定して、検索、入力系と伝送系を別々に解析する。検索、入力系は、ポアソン到着の場合と同様に、到着率  $\lambda_R = \frac{\lambda \cdot N_B}{N_R}$ 、サービス時間  $= h_1 + h_2$ 、サービス時間の分散  $= \sigma_{h_1}^2 + \sigma_{h_2}^2$  のサービス窓口をもつ系とする。集団の大きさ  $N_B$  の集団到着は、見方を変えれば、ポアソン到着、位相数

$W_T$   
(sec)

図 8.34 平均伝送開始待ち時間 vs 到着率

$W_T, \bar{W}_T$   
(集団到着) — (1)

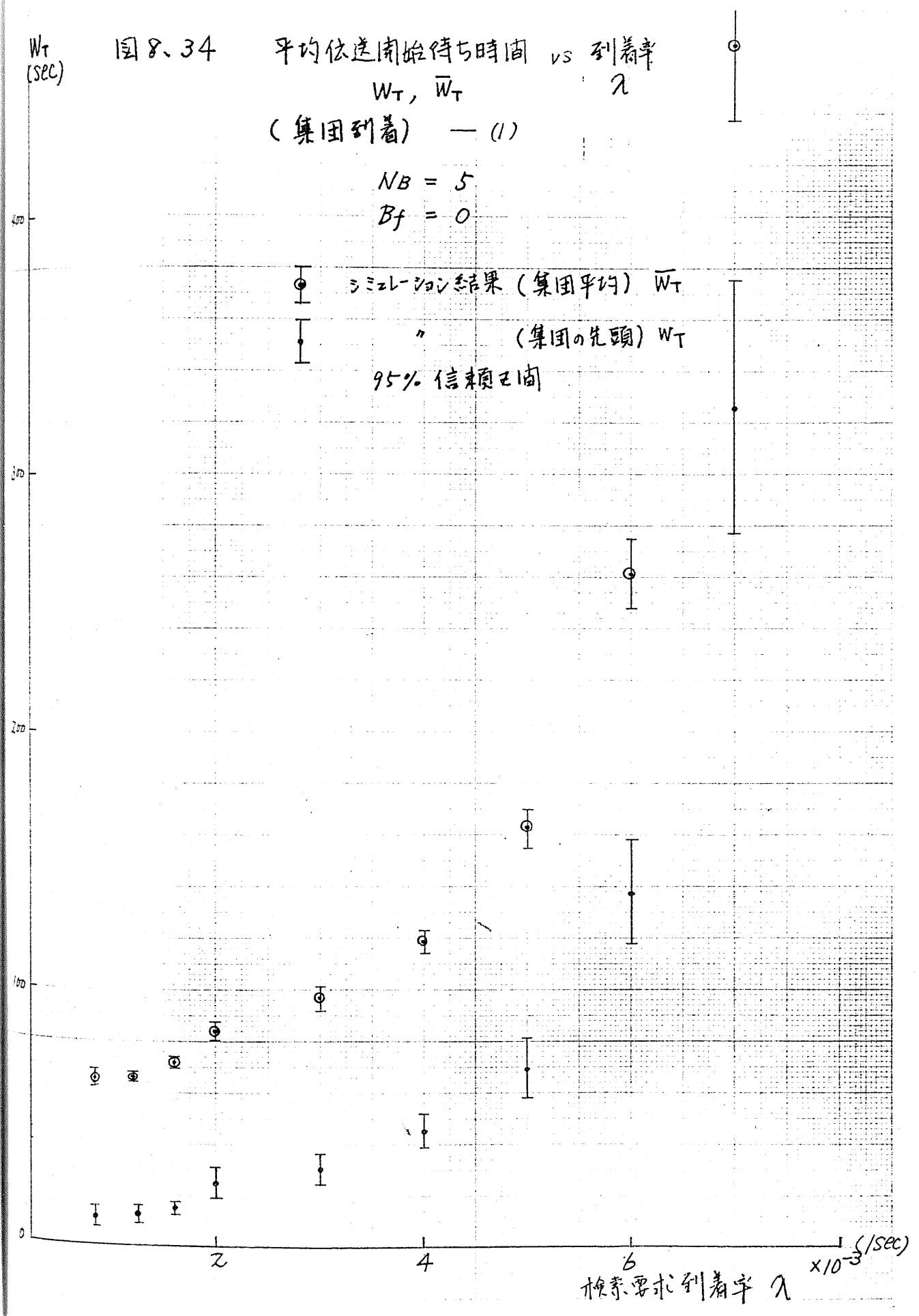
$NB = 5$

$B_f = 0$

シミュレーション結果 (集団平均)  $\bar{W}_T$

(集団の先頭)  $W_T$

95% 信頼区間



検索要求到着率  $\lambda \times 10^{-3}$  (/sec)

$W_T$   
(sec)

図 8.35 平均伝送開始待ち時間 vs 到着率

$W_T, \bar{W}_T$  vs  $\lambda$

(集団到着) — (Z)

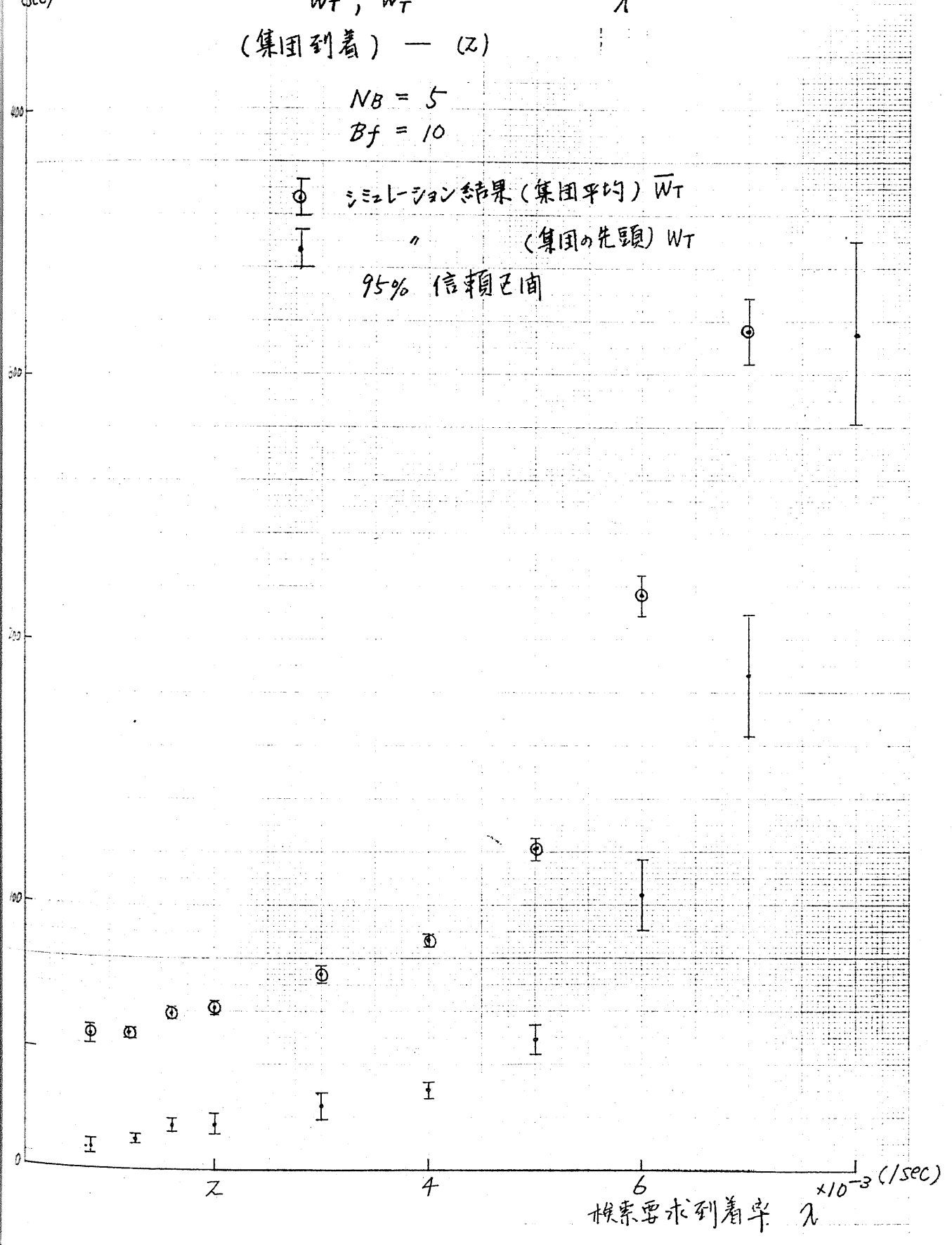
$NB = 5$

$Bf = 10$

○ シミュレーション結果 (集団平均)  $\bar{W}_T$

● " (集団の先頭)  $W_T$

95% 信頼区間



検索要求到着率  $\lambda \times 10^{-3}$  (/sec)

图 8.36 平均伝送開始待ち時間 vs 到着率

$W_T$   $\bar{W}_T$   $\lambda$   
 (集団到着) — (3)

$N_B = 5$   
 $B_f = 50$

⊙ シミュレーション結果 (集団平均)  $\bar{W}_T$

⊥ (集団の先頭)  $W_T$

95% 信頼区間

—  $\bar{W}_T$  の近似式 (8.4.17)

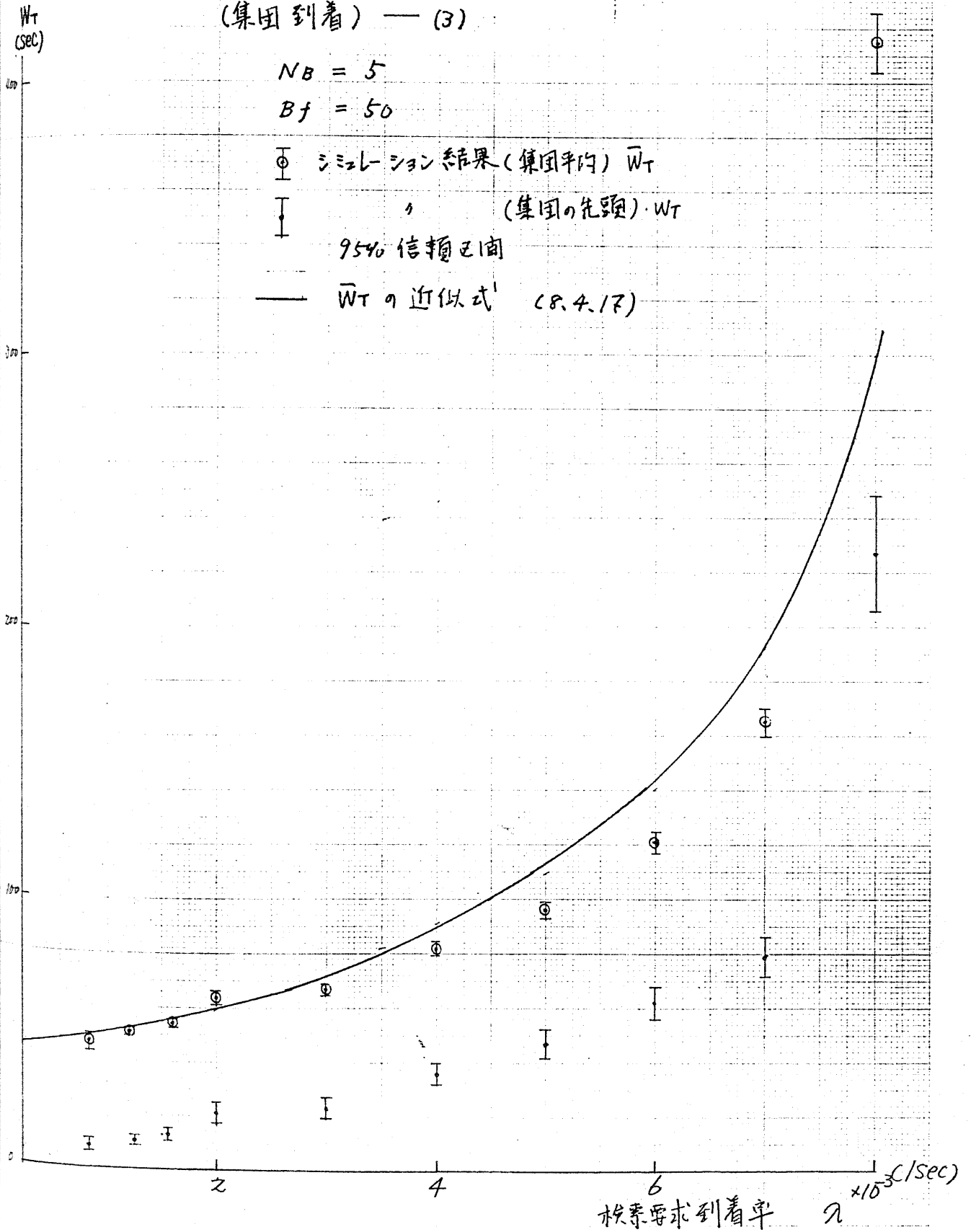


图 8.37 平均伝送開始待ち時間 vs 到着率

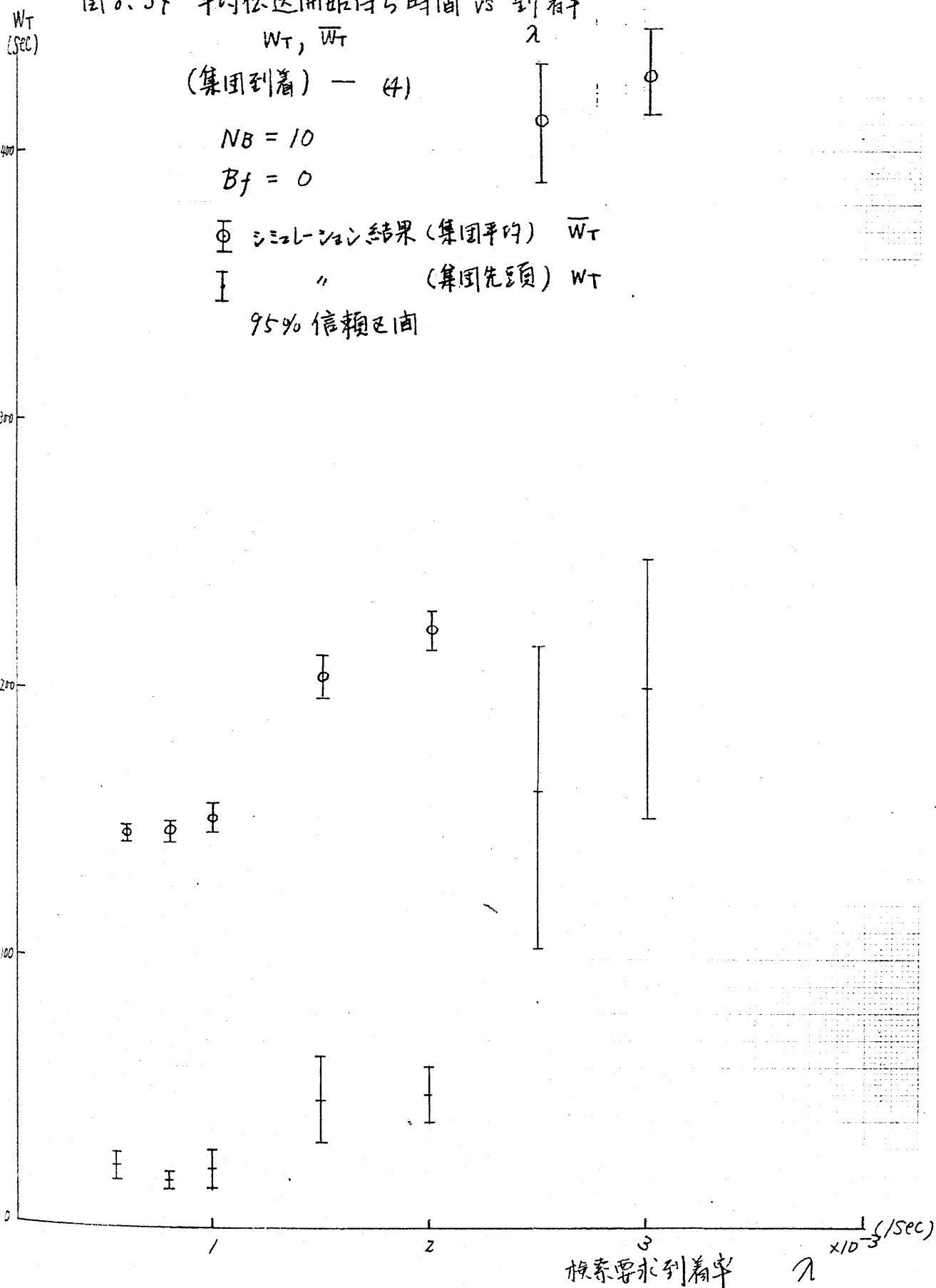


图 8.38 平均伝送開始待ち時間 vs 到着率  
 $W_T, \bar{W}_T$   $\lambda$

(集団到着) — (5)

$NB = 10$

$Bf = 10$

○ シミュレーション結果 (集団平均)  $\bar{W}_T$

⊥ “ (集団先頭)  $W_T$

95% 信頼区間

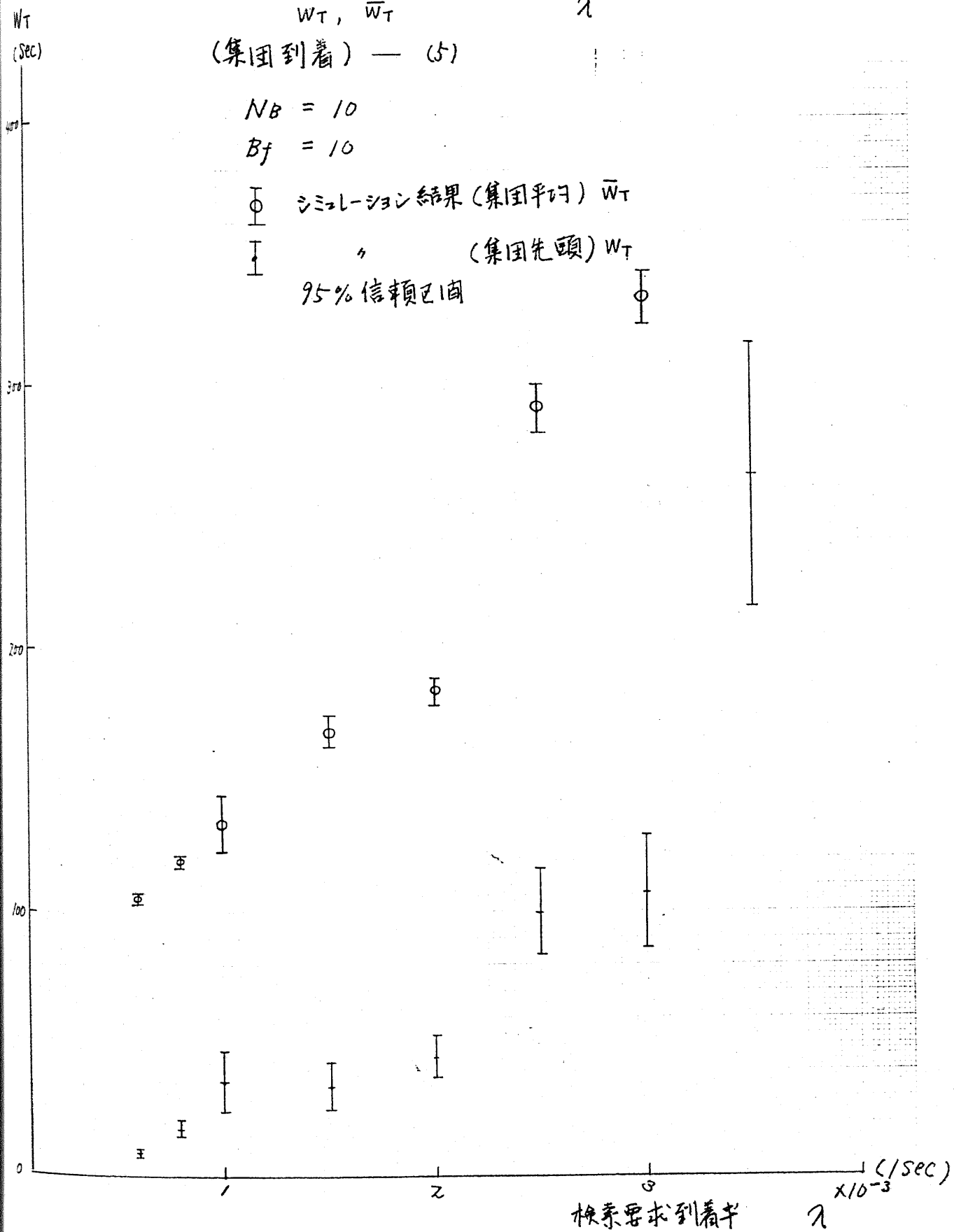


图 8.39 平均位送開始待ち時間 vs 到着率  
 $W_T, \bar{W}_T$  vs  $\lambda$

(集団到着) — (6)

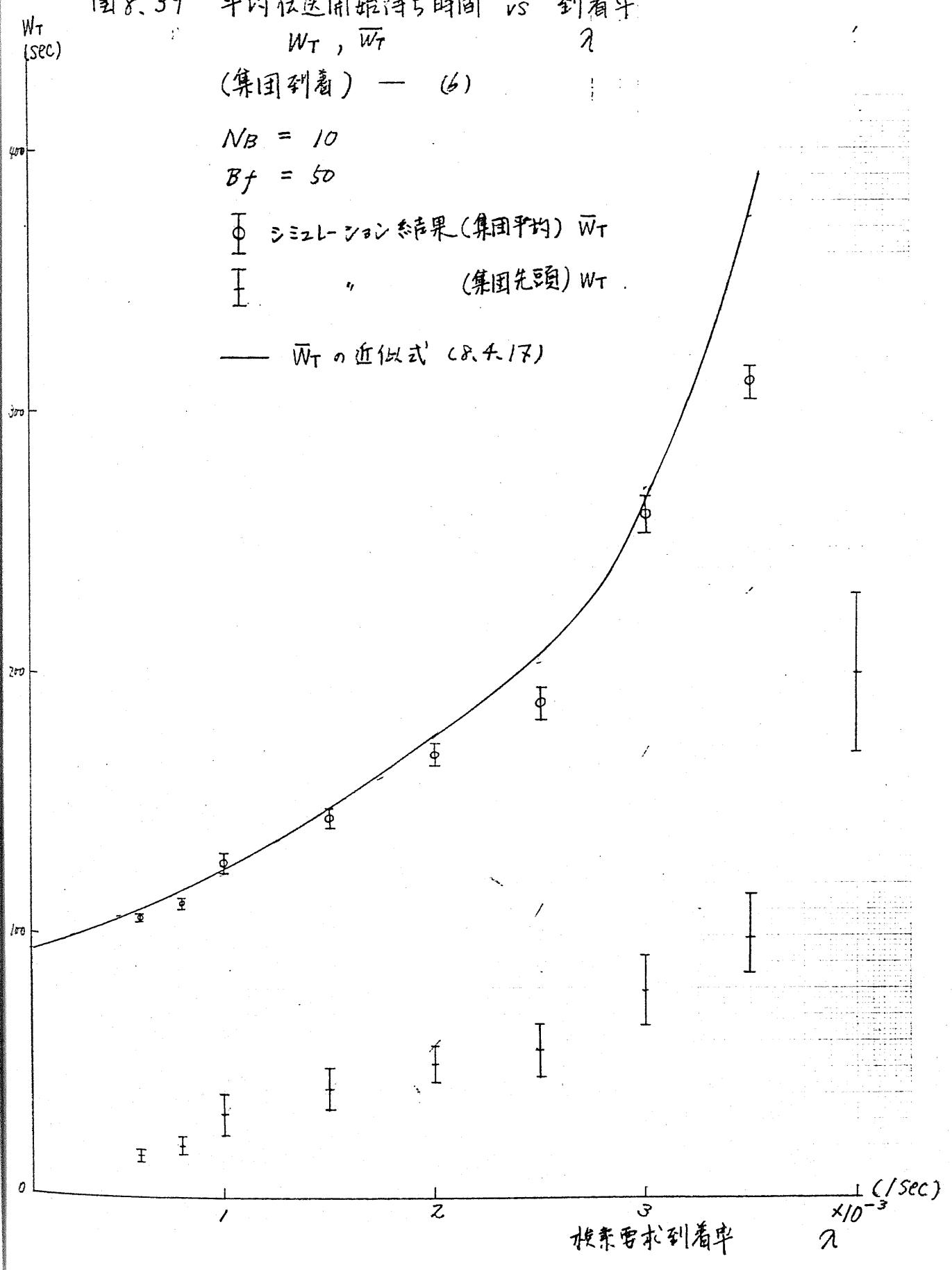
$NB = 10$

$Bf = 50$

○ シミュレーション結果 (集団平均)  $\bar{W}_T$

⊥ " (集団先頭)  $W_T$

—  $\bar{W}_T$  の近似式 (8.4.17)



$NB$  のアーラン分布サービスに置き代えてもよい。しかし、シミュレーションでは、サービス分布が指数分布ではないので、この点を考慮しなければならぬ。 $n_0$  検索、入力系の平均サービス時間は  $NB \cdot (h_1 + h_2)$  とすればよい。また、サービス時間の分散については、各サービスが独立とみなせるから、確率変数の和の分散を求める方法により、 $NB \cdot (\sigma_{h_1}^2 + \sigma_{h_2}^2)$  になる。伝送時間の方が、検索、入力サービス時間よりかなり長いことと、無限大容量の通信バッファを考えれば、検索、入力系における系平均待ち時間  $W_{12}$  は、集団内で最初に処理された要求の系平均待ち時間と考えられるから、 $W_{12}$  は、 $M/G/1$  系を仮定して次式で与えられる。

$$W_{12} = \frac{\lambda \cdot Nl \cdot NB \cdot (NB (h_1 + h_2)^2 + \sigma_{h_1}^2 + \sigma_{h_2}^2)}{2 \cdot NR (1 - a_{12})} + h_1 + h_2$$

$$\text{但し、 } a_{12} = \lambda \cdot Nl \cdot NB (h_1 + h_2) / NR \quad (8.4.14)$$

次に、伝送系について考えてみよう。これも検索入力系と同様に、位相数  $NB$  のサービス分布として考えればよい。平均サービス時間は、 $NB \cdot h_3$  になる。また、サービス時間の分散は、下駄ばき指数分布の和だから、 $NB h_3^2 / 4$  になる。したがって、通信バッファ内の滞留時間  $W_3$  は、次式で表わされる。

$$W_3 = \frac{a_3 h_3 (NB + 1/4)}{2 (1 - a_3)} \quad \text{但し、 } a_3 = \lambda \cdot NB \cdot h_3 \quad (8.4.15)$$

集団の平均伝送待ち時間  $\bar{W}_T$  は、以上で求めた待ち時間の他に、集団の各要求の伝送待ち時間の平均値  $\bar{T}$  を加算する必要がある。

$$\bar{T} = \frac{h_3}{NB} \sum_{i=0}^{NB-1} i = \frac{NB-1}{2} h_3 \quad (8.4.16)$$



以上の結果を総合すると、検索要求到着から伝送開始までの平均待ち時間の集団としての平均値  $\bar{W}_T$  は、式(8.4.14), (8.4.15), (8.4.16)を用いれば、次式で表わされる。

$$\bar{W}_T = W_{12} + W_3 + \bar{T} \quad (8.4.17)$$

この近似式の計算結果を図8.36, 8.39にシミュレーション結果と併せて示した。 $\lambda$ が小さい時は、良い近似であるが、 $\lambda$ が大きくなると、 $B_f$ の有限性が表面化して過小な評価になる。なお、集団内の最初に処理される要求の伝送開始待ち時間  $W_T$  は、予想される値  $W_{12} + W_3$  より小さめであるが、これは次の理由による。すなわち、同一回線からの要求でも、検索装置が別なら後から到着した要求の宛先検索装置が空きの場合、前に到着している要求より早くサービスが開始されてしまうからである。このことは、 $W_T$  のみに影響し、 $\bar{W}_T$  には影響しないと考えてよい。なぜなら、早くサービスされる要求があれば、その分遅らされる要求もあるからである。

## (2) $B_f = 0, 10$ の場合

この場合は、集団到着が、ある段の前につく待ち行列長に制限がある直列型システムでサービスされることになり、解析解はおろか、適当な近似式を見つけることも困難である。定性的には、 $B_f$  が小さい程  $\lambda$  が大きい領域で  $W_T$  が激しく劣化するというホアソン到着の場合と同じ傾向をもつ。

以上の結果をまとめると、次のようなことがいえる。

$B_f = \infty$  の仮定が成り立つ場合は、ポアソン到着、集団到着の場合とも、サービス性を表わす  $W_T$  に関して良好な近似式が得られた。しかし、 $B_f$  の有限性の影響がある場合は、定性的な傾向は把握したもの、定量的に価値のある結果は得られなかった。次節において、 $B_f = \infty$  の仮定が妥当である  $B_f$  の値について詳しく検討を行なう。

#### 8.4.4 通信バッファ容量

通信バッファ容量の検討にあたって重要なことは、通信バッファの使用量を把握し、解析することである。本節では、まず  $B_f = \infty$  の場合の通信バッファ使用量を求め、次にシミュレーションにおける通信バッファ使用量について検討し、最後に通信バッファ容量の設計基準について論ずる。

##### ▷ 通信バッファ使用量の評価

ここでは、まずバッファ容量  $B_f = \infty$  の場合における通信バッファ使用量  $A_B$  の近似式を求める。  $A_B$  は、通信回線でサービスを受ける場合の待ち行列の長さである。

##### (1) ポアソン到着の場合

各回線を  $M/G/1$  系と近似すれば、  $A_B$  は、各回線毎の行列長の総和であるから、次式で表わされる。

$$A_B = \frac{\lambda^2 (\bar{h}_3^2 + \sigma_{h_3}^2)}{2(1-a)} \cdot Ne \quad \text{個、} \quad a = \lambda \bar{h}_3 \quad (8.4.18)$$

伝送時間に下駄はき指数分布をあてはめれば、次式になる。

$$A_B = \frac{\lambda a^2 \cdot N_e}{\rho(1-a)} \quad (8.4.19)$$

## (2) 集団到着の場合

この場合は、各回線毎には前節で述べたように、位相数  $N_B$  の下駄はき指数分布を考えると、集団としての行列長  $L_g$  は次式で表わされる。

$$L_g = \frac{a^2(N_B + 1/4)}{2 \cdot N_B(1-a)} \quad a = \lambda N_B h_3 \quad (8.4.20)$$

この値は、到着した集団のうち集団内の先頭の要求がまだサービスを開始されない集団の数である。したがって、検索要求個々としてみれば、 $L_g \cdot N_B$  個が行列を作っている。一方、サービスされている集団の数の平均値は  $a$  個である。サービス中の集団内の要求のうち、まだサービスされていない要求の数の平均値は、到着したと同時にサービスされる1個の要求を考慮して  $(N_B - 1)/2$  個である。したがって、つらに  $\frac{N_B - 1}{2} \cdot a$  個を加えなければならぬ。バッファには  $N_e$  回線分のキーができているから通信バッファ内に滞留する要求の数の平均値  $A_B$  は次式で表わされる。

$$A_B = \frac{a \cdot N_e}{2} \left\{ \frac{a(N_B + 1/4)}{1-a} + N_B - 1 \right\} \quad a = \lambda N_B h_3 \quad (8.4.21)$$

図8.40～8.42に、 $\lambda$ をパラメータにした  $A_B$  のシミュレーション結果が並び式(8.4.19)、(8.4.21)の近似式の計算結果を示した。

図 8.40 通信バッファ平均使用量 vs 到着率  $\lambda$   
(ポアソン到着)

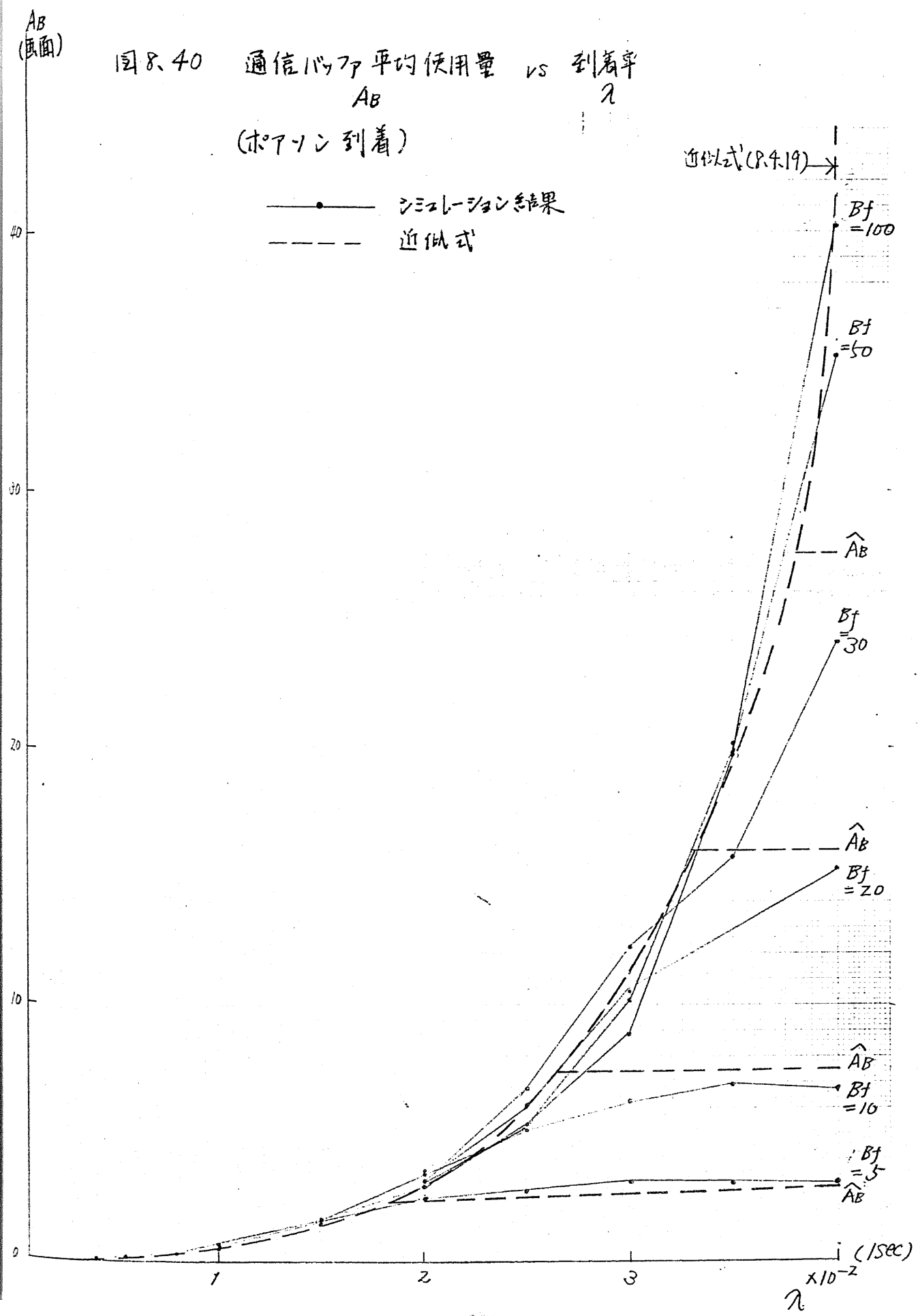


図 8.41 通信バッファ平均使用量 vs 到着率

$A_B$   
(個数)

$A_B$   
(集団到着  $N_B = 5$ )

—●— シミュレーション結果  
- - - 近似式

近似式 (8.4.21) →

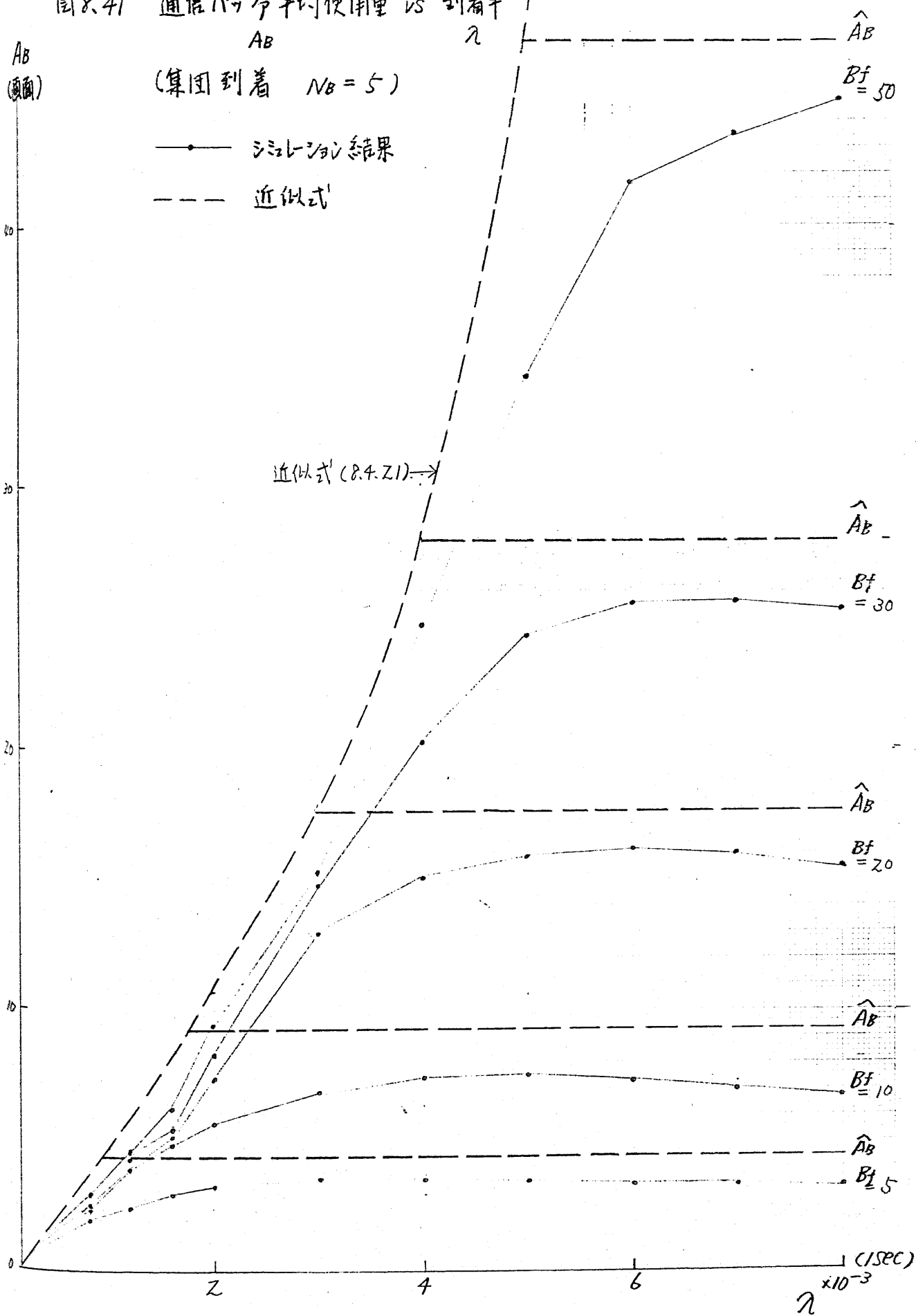


图 8.4Z AB vs  $\lambda$

(集团到着  $N_B=10$ )

$A_B$   
(原图)

—●— シミュレーション結果  
- - - 近似式

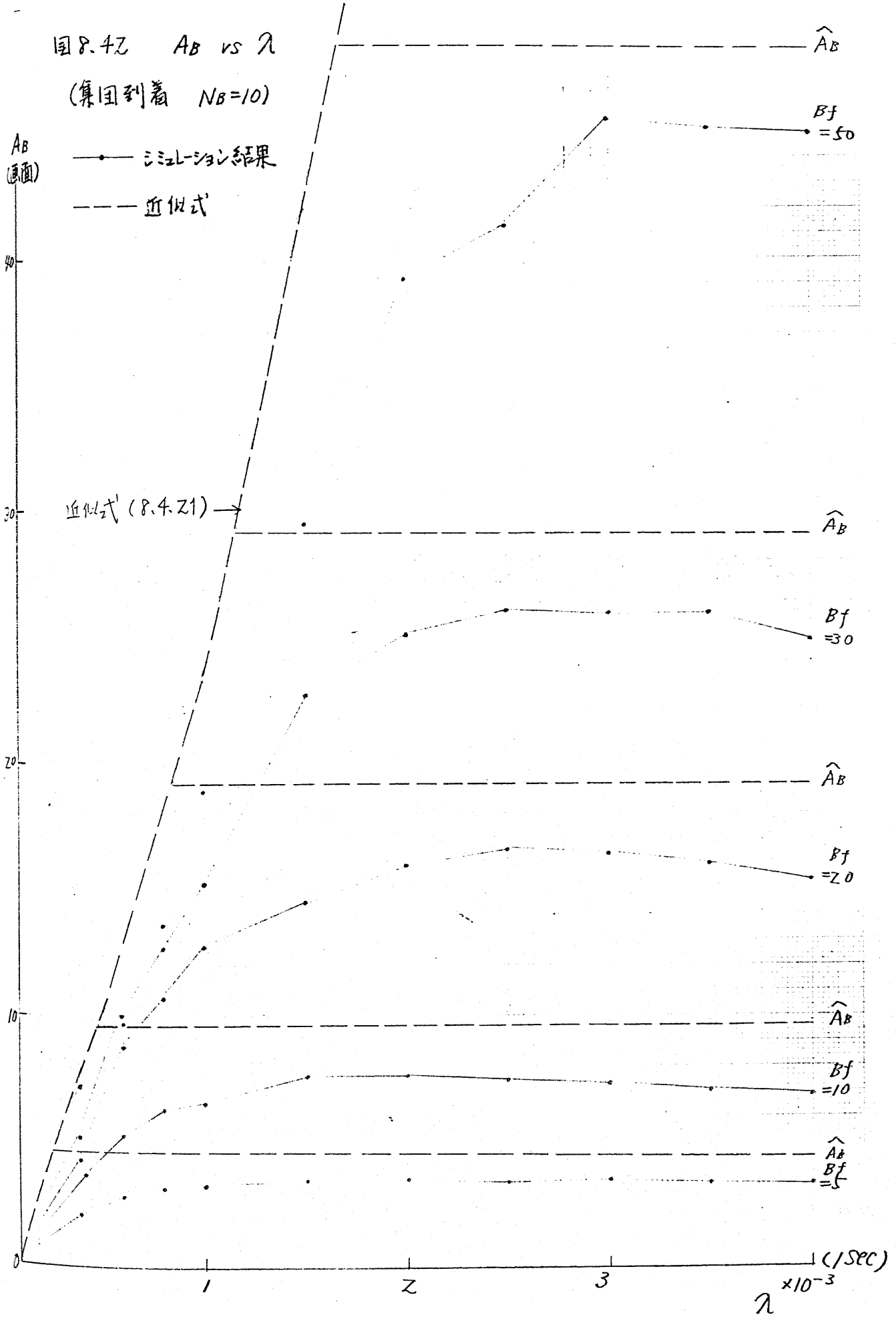


図8.40のホアソン到着の場合は、 $\lambda$ の小さい部分では、両者がよく一致しており、 $B_f = \infty$ の仮定が妥当であることがわかる。また、 $B_f \geq 50$ であると、 $\lambda$ がかなり大きくなっても、シミュレーション値と近似式(8.4.19)の値がよく一致し、ほとんどの $\lambda$ に対して $B_f = \infty$ とみなしてよいことが裏づけられる。図8.41, 8.42の集団到着の場合でも、 $B_f \geq 50$ では、シミュレーション結果と近似式(8.4.21)の値はかなりよく一致しているが、全体として近似式が大きい評価を与えている。この理由は、集団到着の影響で一時的にバッファが大量に必要とされても通信バッファ制御アルゴリズムの効果で、通信バッファ使用量が抑えられているためと考えられる。いずれにしても、 $A_B$ の近似式(8.4.19), (8.4.21)は通信バッファ使用量を検討する場合の基本式として役立つことが示された。

#### ▷ シミュレーション・モデルにおける通信バッファ使用量

シミュレーション・モデルにおいては、通信バッファ使用量を8.4.2節で述べた通信バッファ制御アルゴリズムの条件1, 条件2で制約している。この条件は、 $B_f$ が与えられた場合の通信バッファ平均使用量 $A_B$ の上限を次式で与えていることとほぼ等価である。但し、 $A_R$ は、平均同時稼働検索装置数である。

$$A_R + A_B \leq B_f \quad (8.4.23)$$

ここで、 $A_R$ は、検索入力系に関して、今まで述べてきたことから、次のように近似できるであろう。

$$AR \doteq \lambda \cdot N_B \cdot N_e (h_1 + h_2) = N_e a_{12} \quad (8.4.24)$$

図 8.43 ~ 8.46 に、各場合についての  $\lambda$  に対する  $AR$  のシミュレーション結果と式 (8.4.24) の近似式の計算結果を併記したが、両者はおおむね一致している。式 (8.4.24) を仮定すれば、式 (8.4.23) は次式のように表わされる。

$$A_B \leq B_f - \lambda \cdot N_B \cdot N_e \cdot (h_1 + h_2) \quad (8.4.25)$$

この結果から、 $B_f = \infty$  の仮定が妥当である最大の  $A_B = \hat{A}_B$  は、 $\lambda$  の関数として次式で与えられる。

$$\hat{A}_B(\lambda) = B_f - \lambda \cdot N_B \cdot N_e (h_1 + h_2) \quad (8.4.26)$$

この式において左辺の  $\hat{A}_B(\lambda)$  は、式 (8.4.19) あるいは (8.4.21) で表わせるから、結局この式は、 $\lambda$  についての方程式とみれるので、これを解いて得られた  $\lambda = \hat{\lambda}$  とすると、

$$\hat{A}_B = A_B(\hat{\lambda}) \quad (8.4.27)$$

になる。つまり、この  $\hat{\lambda}$  によって、通信バッファの使用状況を以下のように分類することができる。

$\lambda < \hat{\lambda}$  : 通信バッファの平均使用量は、 $B_f$  の値で抑えられておらず、実質的に  $B_f = \infty$  とみよせる領域

$\lambda = \hat{\lambda}$  : 通信バッファの平均使用量の上限

$\lambda > \hat{\lambda}$  : 通信バッファ容量の有限性のため、システム全体のトラヒック処理能力が抑えられている領域

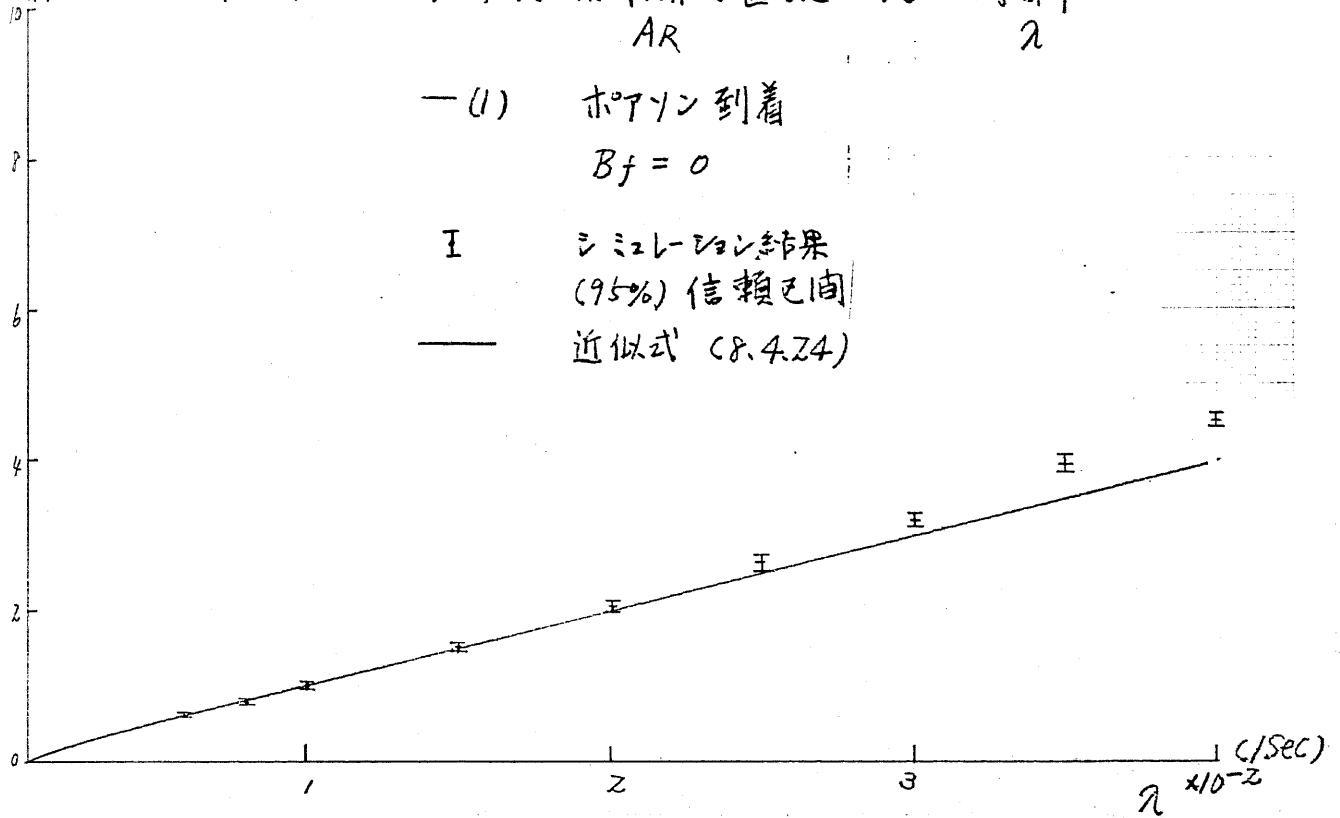


AR  
(台)

图 8.43 平均稼働検索装置数 vs 到着率  
AR λ

— (1) ポアソン到着  
Bf = 0

I シミュレーション結果  
(95% 信頼区間)  
— 近似式 (8.4.24)

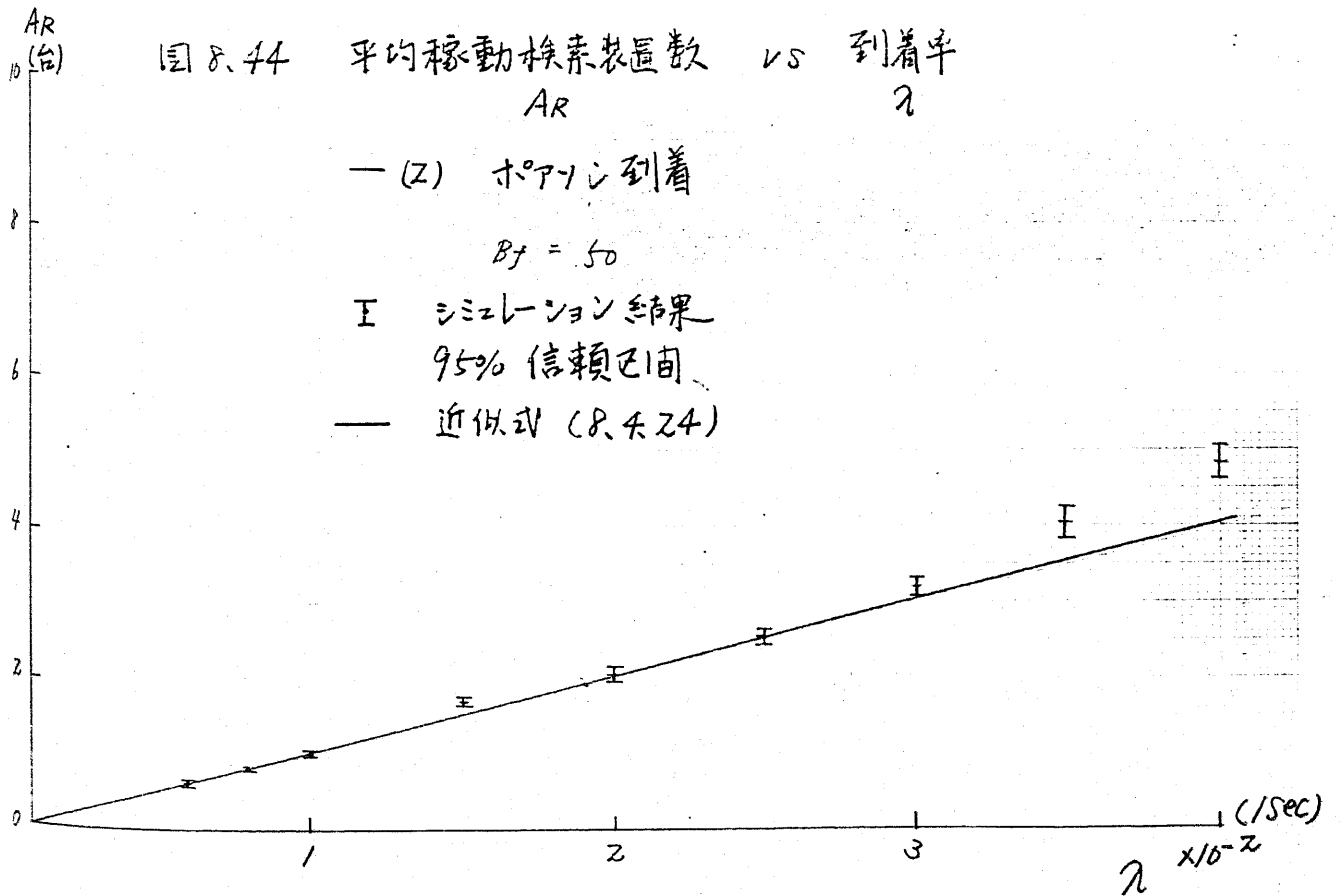


AR  
(台)

图 8.44 平均稼働検索装置数 vs 到着率  
AR λ

— (2) ポアソン到着  
Bf = 50

I シミュレーション結果  
95% 信頼区間  
— 近似式 (8.4.24)



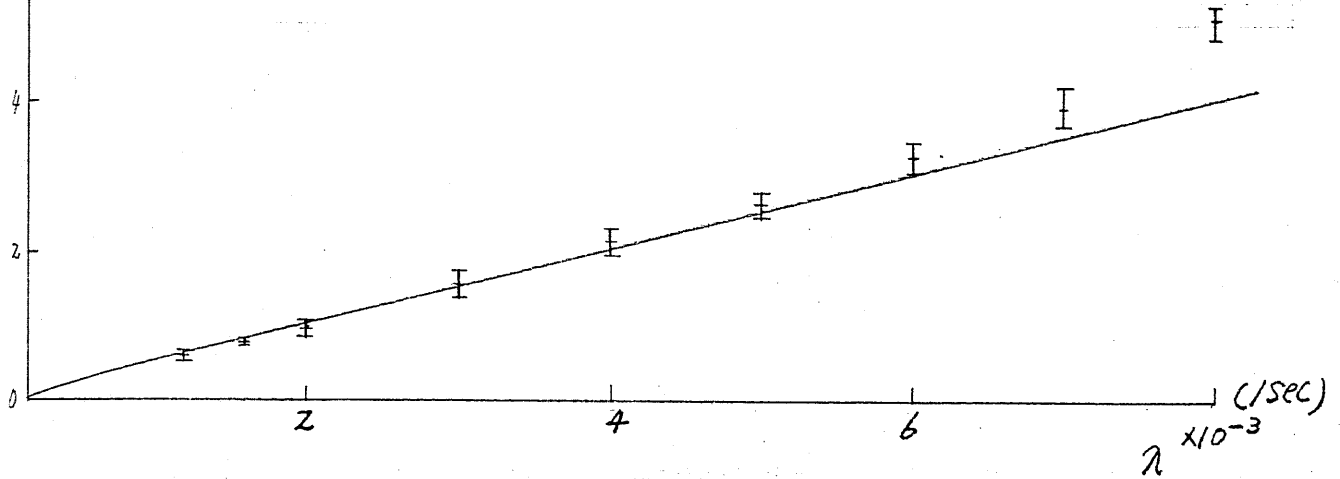
AR  
10 (台)

图 8.45 平均稼働検索装置数 vs 到着率  
AR λ

— (3) 集団到着  $N_B = 5$   
 $B_f = 50$

⊥ シミュレーション結果  
95% 信頼区間

— 近似式 (8.4.24)



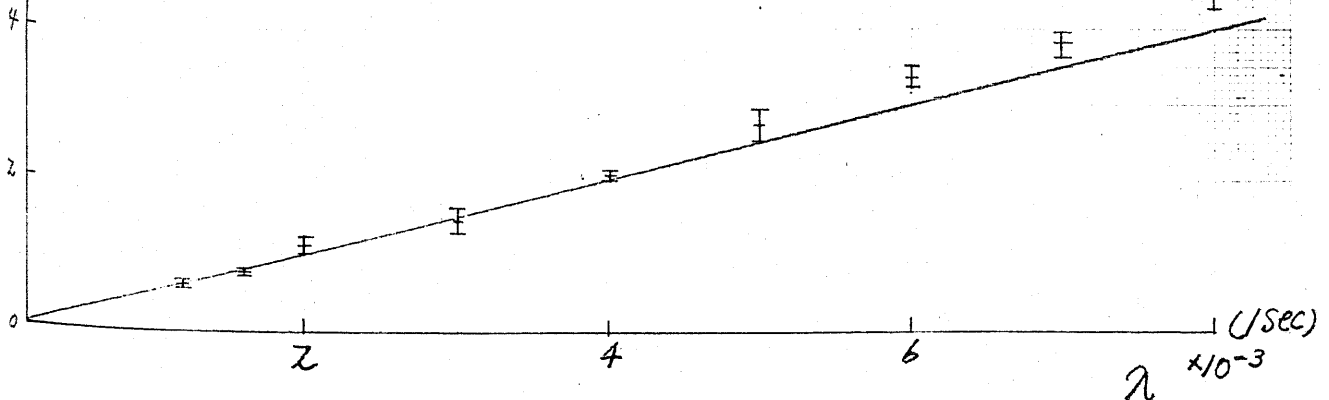
AR  
10 (台)

图 8.46 平均稼働検索装置数 vs 到着率  
AR λ

— (4) 集団到着  $N_B = 5$   
 $B_f = 0$

⊥ シミュレーション結果  
95% 信頼区間

— 近似式 (8.4.24)



次に、 $\hat{\lambda}$  を計算してみよう。ホップオン到着の場合は、式(8.4.18)と式(8.4.26)から

$$\frac{\lambda^2 (h_3^2 + \sigma h_3^2) N_e}{Z(1 - \lambda h_3)} - B_f + \lambda (h_1 + h_2) N_e = 0 \quad (8.4.28)$$

これと、 $\lambda$  について解けば、次式の  $\hat{\lambda}$  が得られる。

$$\hat{\lambda} = \frac{-(h_3 B_f + (h_1 + h_2) N_e) + \sqrt{(h_3 B_f - (h_1 + h_2) N_e)^2 + Z B_f N_e (h_3^2 + \sigma h_3^2)}}{N_e (h_3^2 + \sigma h_3^2 - Z h_3 (h_1 + h_2))} \quad (8.4.29)$$

図8.40に、この計算結果の  $\hat{\lambda}$  および  $AB(\hat{\lambda}) = \hat{A}_B$  を示した。これによれば、 $AB(\hat{\lambda})$  は、 $AB$  のシミュレーション結果の上限にほぼ一致している。シミュレーション結果がなめらかであるのは、シミュレーションモデルにおいては、通信バウヤ制御アルゴリズムの制御が、 $\lambda < \hat{\lambda}$  でも働く場合があるからである。

集団到着の場合は、式(8.4.21)と(8.4.26)から

$$\frac{a^2 N_e (N_B + 1/4)}{Z(1-a)} + \frac{a N_e (N_B - 1)}{Z} - B_f + \lambda N_B N_e (h_1 + h_2) = 0$$

但し、 $a = \lambda \cdot N_B \cdot h_3 \quad (8.4.30)$

これと  $\lambda$  について解けば  $\hat{\lambda}$  が次式で得られる。

$$\hat{\lambda} = \frac{-\{h_3 (N_e (N_B - 1) + Z B_f) + Z N_e (h_1 + h_2)\} + \sqrt{*}}{(\frac{5}{Z} h_3^2 - 4(h_1 + h_2) h_3) N_e \cdot N_B}$$

$$\sqrt{*} = \sqrt{\{h_3 N_e (N_B - 1) + Z (B_f h_3 + N_e (h_1 + h_2))\}^2 + Z B_f h_3 N_e (5 h_3 - 8(h_1 + h_2))} \quad (8.4.31)$$

図8.41, 8.42に、この計算結果の  $\hat{\lambda}$  および  $AB(\hat{\lambda})$  を示した。これによれば、 $AB(\hat{\lambda})$  は、 $AB$  のシミュレーション結果の上限に対して大きめの近似になっている。この理由は、集団到着の場合は、一時的に大量の

通信バッファが要求されるが、通信バッファ制御アルゴリズムのため、通信バッファ使用量の一時的な増加が抑えられるからである。  
 図8.47に、式(8.4.29), (8.4.31)の計算例を示した。但し、到着率を集団の個数ではなく、要求の個数で考えるため、 $\lambda \cdot N_B$  vs  $B_f$ の表現にした。

### ▷ 通信バッファ容量の設計

以上の結果をまとめると、通信バッファ容量の設計に関して、次のような方針が得られる。

#### (1) $\lambda$ があらかじめ知られている場合の $B_f$ の決定法

通信バッファ容量がシステムのトラヒック処理のネックにならないためには、

$$B_f > A_B(\lambda) + \lambda N_B N_e (h_1 + h_2) \quad (8.4.32)$$

となる  $B_f$ を選ぶ。

#### (2) $B_f$ があらかじめ決まっている場合の $\lambda$ の評価

通信バッファ容量がシステムのトラヒック処理のネックになるのは、

$\lambda > \hat{\lambda}$ の場合である。

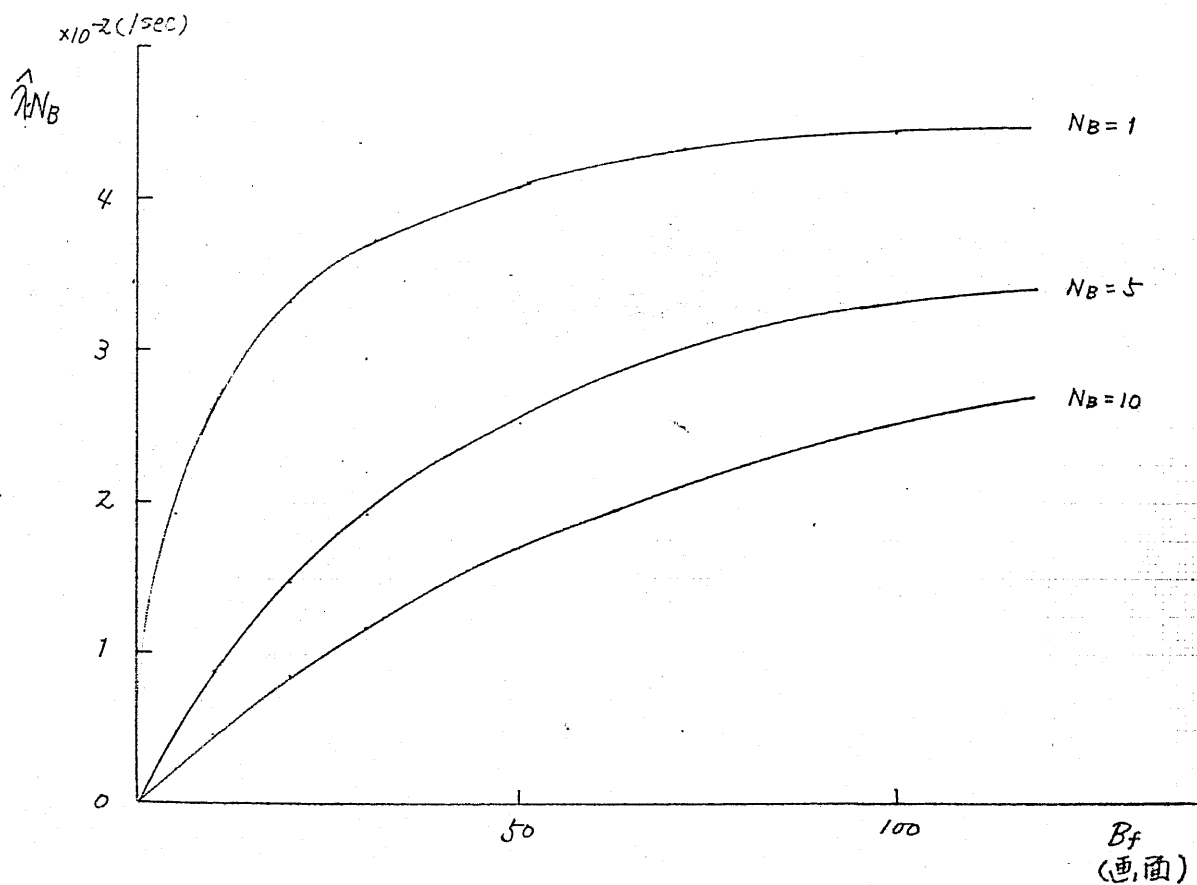
さらに、システムのトラヒック解析にあたって、

$\lambda < \hat{\lambda}$ であれば、検索、入力系と伝送系を別個に解析してよい。すなわち、 $B_f = \infty$ の仮定が妥当である。 $\lambda > \hat{\lambda}$ では、両方の系が独立ではないことを考慮する必要のある。

最後に、計算例として、 $\lambda$ がかなり大きくても、 $B_f = \infty$ の仮定が

図8.47 通信バッファ使用量の上限を与える到着率  $\hat{\lambda}$  と  
バッファ容量の関係

$$\hat{\lambda} \cdot N_B \text{ vs } B_f$$



シミュレーション・モデルにおいて妥当であった  $B_f = 50$  を実際の情報量に換算してみよう。帯域圧縮された1画面分の画像情報は、これまでの評価から、0.1MB程度であるから、 $B_f = 50$  は、約5MBである。この大きさは、磁気ディスクなら1台で満足できるが、7.4.2節の結果から、入出力時間の制御により、3台以上必要であり、ディスクを用いることが経済的な大きさではない。一方、ICメモリで実現する場合は、現在の技術ではかなり大きなメモリシステムになるが、将来の半導体技術の発展を考えれば、十分実現性を持つ大きさといえる。

## 8.5 システム設計のまとめ

画像データベースシステムのトラヒック処理能力の立場からの設計において問題になるのは、画像ファイル検索装置、大容量通信バッファであることを、7章で指摘し、この二つの要素に関する簡単な解析を7.4節で行った。続いて8章において、システムとして動作する場合の解析を行った。これらの検討の結果得られたシステムの設計方針を本節においてまとめる。本論文で述べた待ち時間評価に関する解析によれば、次のような設計手順が考えられる。

### 設計手順

- Step 1. 画像ファイル検索装置の選択
2. 画像ファイル検索装置数の計算
3. 通信バッファ容量  $B_f$  の評価
4. 通信バッファ媒体の選択および  $B_f$  の決定
5.  $B_f$  の有限性を考慮してシステムの再評価
6. 5.の結果に基づく設計変更

以下に、この設計手順の各 Step で利用できる本論文の検討結果についてまとめる。

#### Step 1. 画像ファイル検索装置の選択

例えば、7.4節および式(7.4.5)の評価により選択する。

#### Step 2. 検索装置数の計算

格納方式との関連では、8.2節の結果を用いればよい。また、検索、入力の直列接続においては、式(8.3.12)により、 $N$ を増加した場合の検索入力系の待ち時間を改善できる上限がわかる。

### Step 3. 通信バッファ容量の評価

$B_f$ と $W_T$ の関係は、8.4.3節のシミュレーションおよび近似式の結果が利用できる。また、検索入力系と伝送系を分離して考えらる、すなわち、 $B_f = \infty$ の仮定が妥当になる $B_f$ と $\lambda$ の関係は、ホップン到着の場合、式(8.4.29)、集団到着の場合、式(8.4.31)で与えられる。

### Step 4. 通信バッファ媒体の選択

例えば、8.4.2節、あるいは、8.4.4節の結果を用いる。

### Step 5. $B_f$ の有限性を考慮した再評価

適当な近似式がなく、例えば、8.4.2節で説明したシミュレーションによる。

### Step 6. 設計変更

システム各部のパラメータの変更が、システム全体の動作に与える影響の大きさの解析、いわゆる感度解析は、全体の解析的モデルが求まっていな本システムにおいては困難な問題である。今後の課題として残った問題である。



## 9. 結論

---

これまで述べてきた本論文における研究内容をもう一度振り返る意味でのまとめの章である。結果についての不満足感を明日への糧とすべく、残された問題点と今後の課題を明らかにして、締めくくりにする。

---

## 9.1 各章のまとめ

2~8章まで、リモートアクセス可能な画像データベース・システムについてパイロットモデルとしての実験システムの試作と、現実的規模のシステムの設定の両面から検討を行ってきたが、これまでに得られた結果について以下、各章毎に簡単にまとめ、残された問題点について触れる。

### ▷ 2章のまとめ

画像データベース・システム的应用分野として研究の意義と価値の高い分野として、学術研究関連を選び、この分野への应用を考えた場合のシステムに必要な以下の外部仕様を抽出した。

- (1) 高品質画像
- (2) 大容量の画像情報の経済的な蓄積
- (3) 端末でのハードコピーの入手可能性
- (4) 検索要求に対する迅速な応答性
- (5) 強力な対話機能
- (6) 汎用データベースとの結合
- (7) 通信網の広域性
- (8) 通信路の経済性
- (9) センターにおける画像データベース管理の容易さ
- (10) 端末からの画像入力機能

## (1) 端末操作性

次に、これらの外部仕様がどのような技術的側面と結びついているかを図 2.10 に示した。このうち、特に重要な次の5つの技術的側面に注目してみる。

- (1) 画像ファイルの媒体、検索、入力
- (2) センター・システムの構成
- (3) 画像、符号の同一回線による伝送方式
- (4) 画像情報伝送における速度変換方式
- (5) 画像のハードコピー入手可能な複合入出力知能端末

これらの技術的課題点を検討する方法として、実験システムの試作による実証、技術動向の調査、理論あるいはシミュレーションによるシステム解析の各手法を用いる必然性について述べた。

## ▷ 3章のまとめ

センター・システムの構成として (1) 集中型、(2) 機能分散型、(3) ネットワークにより結合される分散型、の各々について各方式の有利な領域などに関して検討した。(1)については、画像ファイル検索装置からの画像入力システムと通信バッファの各種の結合方式について比較検討し、(2)については、メインプロセッサ、前置プロセッサ、後置プロセッサと通信バッファの結合方式について各種比較検討し、結局、実験システムとしてはシステムの可能性を実証でき、研究室規模で実現可能な集中型構成を採用することにした。

次に画像伝送における速度変換方式および複合情報伝送方式について検討し、端末に速度変換用バッファメモリを持ち、画像と符号情報を統一的にデジタル伝送する方式が有利であることを示した。さらに、大量の情報を連続的に送信する画像伝送に適した通信方式、伝送制御手順を提示した。

最後にプロトコルの階層構造において複合情報の処理がどのように分担されるかを検討した。伝送ブロック毎に付加する伝送ブロックヘッダ、画像1ライン毎に付加する画像ブロックヘッダ、1画面毎に定義される画像テキストヘッダを定義し、これらと、端末制御情報により実現できる複合情報通信プロトコルを提案した。

#### ▷ 4章のまとめ

3章の検討結果に基づいて試作した画像データベースのセンターシステムについて説明した。ハードウェアとして特徴のある部分は、マイクロフィッシュを記憶媒体に用いた画像ファイル検索装置および検索されたマイクロフィッシュをテレビカメラによる光電変換、AD変換、ICフレームメモリによる速度変換を行なって画像を高速入力するシステムである。基本的なソフトウェアとしては、マルチプロセスモニタ機能を持つOSと、上記の画像ファイル関係ハードウェアの制御システム、通信管理システムを開発した。応用ソフトウェアとしては、遠隔端末とのセッションの制御、端末からの検索要求に応じて、画像の検索、伝送を管理するユーザインタフェースプログラムを開発した。

## ▷ 5章のまとめ

試作した複合情報の入出力可能な知能端末について説明した。ハードウェアとしての主な特徴は、ハードコピー入手可能な画像出力装置として安価なG-1機(低速)ファクシミリ受信機を用いた点、複合情報の入出力制御を $\mu P$ で実現した点、および速度変換用バッファメモリとしてフロッピーディスクを利用している点、等である。基本的なソフトウェアは、端末制御プログラムの核である端末制御モニタ、および基本入出力制御である通信制御、ディスク入出力制御、ファクシミリ出力制御からなる。応用ソフトウェアは、送受信される複合情報の識別、分離、受信画像情報のディスクへの書き込みなどを行なう通信管理、画像情報のディスクからの読み出しと、ファクシミリへの出力の制御を行なう画像管理である。これらはいずれも、インタラクティブに実行される。

## ▷ 6章のまとめ

3, 4, 5章で説明した実験システムにおける実験結果を、述べ、評価を行なった。複合情報通信プロトコルを実現するセクターおよび端末のソフトウェアの正常な動作が確認された。伝送された画像についての評価は、アナログファクシミリ(低速ファクシミリ)出力に関しては、標準テレビジョン画質に近い画質(1画素あたり4ビットの階調表現)を十分表現しうることが実証できた。一方、マイクロフィッシュから入力した画像については、光学系に

かける明るさのむら、テレビカメラを用いた光電変換系における解像度に問題があることがわかった。帯域圧縮符号化伝送実験は、簡単な1 bit DPCM を実現し、原理的可能性を明らかにした。端末プロセッサの負荷を測定した結果、ディスクドライブ装置を2台装備すれば、画像の受信およびディスク書き込みの処理と、画像のディスクからの読み出しおよびファクシミリ出力処理の並列動作が可能であることが判明し、結局、画像の受信、ファクシミリ出力時間の最大1/2程度の短縮の可能性が明らかになった。

### ▷ 7章のまとめ

7章では、現実的規模の原型モデルの基本的な設計方針について述べた。特に、原文献へのアクセス可能な文献検索システムを想定して設計方針を考えた。この場合、 $10^6$ オーダーの枚数の画像を収容する必要があり、このような大量の画像情報を格納できる各種の画像記憶媒体およびその媒体を用いた大容量画像ファイル検索装置について比較検討した。検索装置の主な性能は、容量： $B$  および 検索速度： $R$ 、経済性、計算機インタフェースの容易さ、などで表わされるが、トラヒック特性の立場から見ると、 $B \cdot R$  の積がなるべく小さい方がよい。以上の点から見て、ビデオディスクがその将来性を含めて望ましい性質を持つことがわかった。その他のハードウェア的問題点としては、使用するネットワーク、画像伝送のための大容量通信バッファ、帯域圧縮符号化

装置などが検討されなければならない。さらに、これらの諸要素を組み合わせるにあたっての、効率良い画像転送を実現するシステム構成も検討する必要がある。一方、ソフトウェア的には、画像管理部分と汎用データベース（原文献の場合は、アブストラクト検索中心の文献検索システム）とのインターフェースが問題になる。各画像対応の画像インデックスを設け、汎用データベース側が画像を論理的に扱う方法が有力である。

### ▷ 8章のまとめ

ユーザへのサービス基準として重要な検索要求から画像入手までの待ち時間を評価の中心として、現実的規模のシステムのトラヒック解析を行なった。

各画像毎の参照率の経年変化を考慮した場合の検索装置毎の検索要求到着率  $\lambda_i$  の偏りを解析し、画像を作成順に各装置へ格納した場合には、 $\max \lambda_i / \min \lambda_i$  が検索装置数  $N$  の2乗程度のオーダーであることが予想された。さらに、このことが検索待ち時間に与える影響を考慮し、装置数と格納方式の選択の方針を求めた。

$N$ 台の画像ファイル検索装置と、CPU等を想定した1台の入力処理装置からなる画像検索および入力システムについて検討した。これは、直列型待ち行列系であり、シミュレーションを主体として解析した。検索待ち時間の平均値を減少させるために効果をもつ  $N$  の上限値の近似

式(8.3.12)を求めた。

検索要求到着から画像伝送開始までの平均待ち時間  $W_T$  などのシステム全体のトラフィック特性をシミュレーションにより解析した。特に、通信バッファ容量  $B_f = \infty$  の近似が成り立つ場合の  $W_T$  の良好な近似式を得た。 $B_f = \infty$  の場合は、検索入力系を伝送系とは独立に扱えることが解析を容易にしているわけである。そこで、通信バッファの使用量を解析し、 $B_f = \infty$  の仮定が妥当となる  $B_f$  の値と、回線毎の検索要求到着率  $\lambda$  の関係を求めた。これにより、システム全体の設計についての見通しを得ることができた。



## 9.2 今後の課題

前節で述べた各章のまとめからわかるように、実験システムの開発を通して、リモートアクセス可能な画像データベースシステムの実現可能性を立証できたとともに、現実的規模システムの設計について、かなりの知見を得ることができた。しかし、同時にかなり多くの課題が湧き周りにされたまま残されている。今後のこの分野の研究の糧として、本節では、抽出された課題について述べよう。

### (1) 画像ファイルについての残された課題

実験システムで用いたマイクロフィッシュは、光電変換入力における画質の劣化に大きな課題があることが判明した。また、検索された画像が正しいものかどうかを検知する適当な手段がないことも、この媒体の課題である。安定した品質の高解像度画像を得るためには、最近発展の著しいビデオディスクの導入を計るべきであると考えられる。ビデオディスク等の静止画記憶ファイル媒体は、シーズオリエンテッドに発展した技術であり、これらの応用分野としての画像データベースの有効性を示すことは、必要なことであると考えられる。

### (2) センター・システム構成

集中型、分散型等についての定性的な検討を行なったが、実際のシステム設計にあたっては、より定量的な検討が必要である。特に画像ファイル検索装置から、前置プロセッサの通信バッファに直接画像

データが転送されるシステム構成では、検索要求および画像データの流れを制御するソフトウェアの問題が未解決である。

### (3) 複合情報通信プロトコル

従来のプロトコルの各層への機能分配について一方式を提案し実験システムで実現した。しかし、これについては数々の方式が考えられるであろう。ゆえに、ファクシミリを中心とする画像通信におけるネットワークアーキテクチャの総合的な検討が必要になるであろう。

### (4) 複合入出力知能端末

最も身近かに残された課題は、端末における画像入力機能であるが、この実現は比較的容易であろう。但し、入力された画像のセクタ個別での処理は全く今後の課題である。現実的な問題として、より高品質画像を高速に入手したいという希望と、より安価な端末システムを希望するという二つの要求のジレンマをどう解決するかという問題がある。一つの方法としては、ユーザの種類により、高性能システムと、経済的システムに分極化し、そのいずれにもサービス可能なセクタシステムを検討する方向がある。

### (5) 汎用データベースとのインタフェース

この点に関しては、大部分の問題が残されている。特に画像データベースの管理に関しては、画像データベースの更新において、汎用データベースの保全性と画像データベースとのインタフェースの整合性の維持が問題になる。これに関しては、読み出し専用型フレキシブル媒体を用いる場合

の対策、画像データベースへ書き込むデータ量の膨大さへの配慮が必要である。また、原文献データベースを考えると、一般ユーザへのアクセスの良否がシステムの価値を左右する問題である。

#### (6) 画像データベースの実現のための環境

技術的にみて、画像データベースが可能になっても、それが商用システムに結びつくとはいえない。それは、画像データベース製作のための巨額の投資に対する社会的意義に関して、共通の認識が形成されているとはいえないからである。かつてデータベース管理システムが計算機の発展という技術的基盤を得ながら、その実現は、各企業などによる多数の小規模なシステムの形成という道を経て、やがてデータベース管理システムの価値に関する共通の認識になり、計算機の分野における大きな流れにわたる事実がある。画像データベースが実用に供されることは十分期待できるが、経済性を満足するシステムを可能にする技術的基盤の整備、社会的価値に対する共通の認識の形成に、なお多くの時間を必要とするかもしれないのである。

## ◁▷ 謝 辞 ▷◁

本研究にあたって常に暖かい御指導を賜った、猪瀬博教授、斉藤忠夫助教授に対して何ものにも代えがたい感謝の気持ちを表わしたいと思います。

3～6章で述べた実験システムは、数多くの人々の協力により製作されました。センターシステムのOSおよび伝送制御手順を分担された日立研究生、野呂輝雄氏、センターシステムの通信管理を分担された卒業生、馬立稔和氏、フレームリの開発を行なった大学院生、谷中一寿氏、端末の制御プログラムの開発に尽力された卒業生、堀内秀俊氏、加古一氏、帯域圧縮符号化方式を検討された日立研究生、佐野文男氏、汎用データベースとのインタフェースを検討された卒業生、曾根岡昭直氏の本研究に直接参加された各氏の努力に対し深く感謝いたします。また、7章の検討に参加していただいた猪瀬研助手、富山忠宏氏、大学院生、安達淳氏に深謝いたします。

研究室の打合せ等を通じて、積極的に御討論いただき、有益な助言を与えていただいた、大学院生 浅田邦博氏をはじめとする猪瀬、斉藤研究室の各位に深謝いたします。

本研究に関する数々の清書に御協力いただいた秘書の岩本佳子史、森屋リ子女史に深謝いたします。

また、実験システムは、文部省科学研究費による特定研究「情報システムの形成過程と学術情報の組織化」およびNHK放送文

化基金の補助を受けて開発されたものである。

## \*\*\* 参考文献 \*\*\*

- (1) J. F. Reintjes, et al., "System Characteristics of Intex", Proc. SJCC, Vol.35, pp.457-459 (1969)
- (2) R. S. Marcus, et al., "An Experimental Computer-Stored Augmented Catalog of Professional Literature", Proc. SJCC, Vol.35, pp.461-473 (1969)
- (3) D. R. Knudson, et al., "Remote Text Access in a Computerized Library Information Retrieval System", Proc. SJCC, Vol.35, pp.475-481 (1969)
- (4) J. K. Roberge, et al., "A Combined Display for Computer-Generated Data and Scanned Photographic Images", Proc. SJCC, Vol.35, pp.483-490 (1969)
- (5) 植村, "オンライン文献検索システム — イントレックスを中心に — " 情報管理, Vol. 15, No. 8, pp. 559~560.
- (6) C. F. J. Overhage, et al., "INTREX Report of a Brief Description", M.I.T. Press (1971)
- (7) W. R. Nugent, et al., "A Page Image Transmission and Display System for Congressional Information Retrieval", Conf. ASIS (Oct., 1980)
- (8) "特集—新情報メディア—画像通信サービス" ビジ. コミ., Vol. 15, No. 9, pp. 35~62 (1978. 9)

- (9) T. Tomita, "Introducing the CAPTAIN System", PTC'79, pp.4A-15  
~23 (Jan., 1979)
- (10) 星野他, "図形音声ファイル装置とその制御法", 研実報, Vol. 28, No. 2,  
pp. 123~142 (1979. 2)
- (11) 石井, 他, "デジタル図形ファイル装置", 研実報, Vol. 28, No. 2.  
pp. 143~160 (1979, 2)
- (12) P. T. Kirstein, et al., "Facsimile Transmission in Message  
Processing System with Data Management", Proc. 4th, ICCG,  
pp.717-725 (Sept., 1978)
- (13) W. Horak, "Textfax-Principle for New Tools in the Office of  
the Future", Proc. AFIPS, NCC, Vol.48, pp.125-134 (1979)
- (14) W. L. Paisner, "The Evolution and Architecture of a High-  
Speed Workstation for Interactive Graphics", Proc. AFIPS,  
NCC, Vol48, pp.165-173 (1979)
- (15) 森他, "フクシミリにおけるマイクロコンピュータの利用", 画像電子学会誌,  
Vol. 7, No. 4, pp. 275~284 (1978. 4)
- (16) 前川, "ファイルプロセッサとデータベースマシン", 情報処理, Vol. 18,  
No. 4, pp. 357~367 (1977. 4)
- (17) 関野他, "データベースマシン", 情報処理, Vol. 17, No. 10, pp. 940~946  
(1976, 10)
- (18) R. H. Canaday, et al., "A Back-End Computer for Data Base

- Management", CACM, Vol.17, No.10, pp.575-582 (Oct., 1974)
- (19) G. M. Booth, "Distributed Information System", Proc. AFIPS, NCC, Vol.44, pp.789-794 (1976)
- (20) T. Marill, et al., "The Datacomputer — A Network Data Utility", Proc. AFIPS, NCC, Vol.44, pp.389-395 (1975)
- (21) D. R. Anderson, "Data Base Processor Technology", Proc. AFIPS, NCC, Vol.45, pp.811-818 (1976)
- (22) M. Edelberg, "Intelligent Memory", Proc. AFIPS, NCC, Vol.46, pp.393-400 (1976)
- (23) L. A. Hollar, "A Specialized Architecture for Textual Information Retrieval", Proc. AFIPS, NCC, Vol.46, pp.698-702 (1977)
- (24) C. S. Lin, "Sorting with Associative Secondary Storage Devices", Proc. AFIPS, NCC, Vol.46, pp.691-695 (1977)
- (25) K. E. Batcher, "Sorting Networks and Their Applications", Proc. AFIPS, SJCC, Vol.33, pp.307-313 (1968)
- (26) C. R. Defiore, "A Data Management System Utilizing an Associative Memory", Proc. AFIPS, NCC, Vol.42, pp.181-185 (1973)
- (27) R. R. Linde, "Associative Processor Applications to Real-Time Data Management", Proc. AFIPS, NCC, Vol.42, pp.187-195



(1973)

- (28) D. E. Eastlake, "Tertiary Memory Access and Performance in the Datacomputer", 2nd VLDB, pp.259-267 (1977)
- (29) E. D. Carlson, "Graphics Terminal Requirments for the 1970's", IEEE, Computer, pp.37-45 (Aug., 1976)
- (30) U. W. Pooch, "Computer Graphics and Man-Machine Interactions", IEEE, Computer P.13 (Aug., 1976)
- (31) J. D. Foley, "A Tutorial on Satellite Graphics Systems", IEEE, Computer, pp.14-20 (Aug., 1976)
- (32) 高月, "コンピュータネットワーク", オーム社. (1975, 3)
- (33) 都丸, "通信制御プロセッサ". 情報処理. Vol.18, No.4, pp350~356 (1977, 4)
- (34) W. F. Mann, et al., "A Network-Oriented Multiprocessor Front-End Handling Many Hosts and Hundreds of Terminals", Proc. AFIPS, NCC, Vol.45, pp.533-540 (1976)
- (35) N. J. Nelligan, "Compatibility Switched Network Service", ILLUSTRATIVE TARIFF F.C.C., No.1
- (36) S. M. Ornstein, et al., "The Terminal IMP for the ARPA Computer Network", Proc. AFIPS, NCC, Vol.40, pp.243-254 (1972)
- (37) K. Tomaru, et al., "Architectural Design of a Multipurpose Communication Control Processor", 2nd USA-JAPAN, Comp. Conf.,

pp.47-51 (1975)

- (38) F. E. Heart, et al., "The Interface Message Processor for the ARPA Computer Network", Proc. AFIPS, SJCC, Vol.36, pp. 551-567 (1970)
- (39) 松永他, "コミュニケーションプロセッサ 717°2" 三菱電機技報, Vol. 50, No.9, pp. 491~494 (1976.9)
- (40) 沢田他, "通信制御処理装置" FUJITSU, Vol.27, No.4, pp. 145~157 (1976.4)
- (41) F. E. Heart, et al., "A New Minicomputer/Multiprocessor for the ARPA Network", Proc. AFIPS, NCC, Vol.42, pp.529-537 (1973)
- (42) J. S. Soboiewski, et al., "Programmable Communication Processors", ICC'72, Software Aspects, pp.380-389 (1972)
- (43) S. M. Ornstein, et al., "Pluribus — A Reliable Multiprocessor", Proc. AFIPS, NCC, Vol.44, pp.551-558 (1975)
- (44) P. M. Russo, "A Microprocessor Implementation of a Dedicated Store-and-forward Data Communication System", Proc. AFIPS, NCC, Vol.43, pp.439-445 (1974)
- (45) J. T. M. Pryke, et al., "Interfacing Communication Network to IBM System/360 and System/370 Host Processors — An End Users Viewpoint", Proc. AFIPS, NCC, Vol.43, pp.299-302 (1974)

- (46) C. B. Newport, et al., "Communication Processors", Proc. IEEE, pp.1321-1332 (Sept., 1972)
- (47) D. L. Mills, "Communication Software", Proc. IEEE, Vol.60, No.11, pp.1333-1341 (Nov., 1972)
- (48) 斎藤他, "東京大学大型計算機センターにおけるリモートバッチ端末の開発".  
情報処理, CN-7-2.
- (49) J. H. McFadyen, "Systems Network Architecture: An Overview", IBM SYSTEM, Jour., No.1, pp.4-25 (1976)
- (50) H. R. Albercht, et al., "The Virtual Telecommunication Access Method: A System Network Architecture Perspective", IBM SYSTEM, Jour., No.1, pp.53-80 (1976)
- (51) W. S. Hobgood, "The Role of the Network Control Program in Systems Network Architecture", IBM SYSTEM, Jour., No.1, pp.39-52 (1976)
- (52) 小笠原, "コンピュータネットワークにおける伝送制御手順". 情報処理.  
Vol.16. No.7. pp.616~621 (1975.7)
- (53) 石田, "コンピュータネットワークにおける通信制御コンピュータ". 情報処理.  
Vol.16. No.7. pp.622~628 (1975.7)
- (54) 伊藤, "コンピュータネットワークにおけるHost-Hostフォーマット". 情報処理.  
Vol.16. No.7. pp.629~634 (1975.7)

- (55) 浅野. "コンピュータネットワークに対する各分野の関心". 情報処理, Vol. 16  
No. 7. pp. 635~637 (1975. 7)
- (56) "ネットワークアーキテクチャの活用とその期待". ビジコム, Vol. 14. No. 7. pp. 31~75 (1977)
- (57) L. Pouzin, "Virtual Circuits vs. Datagram — Technical and  
Political Problems", Proc. AFIPS, NCC, Vol. 45, pp. 483-494  
(1976)
- (58) "System Network Architecture Format and Protocol Reference  
Manual", System Architecture Logic 1'st Edition IBM (Mar., 1976)
- (59) 三井, "SNAの概要", 情報処理, Vol. 16. No. 11 (1975. 10)
- (60) 石野, "パケット交換網の通信規約", 情報処理, Vol. 18. No. 11. pp. 1148~  
1156 (1977. 11)
- (61) "米国におけるデータ通信の中期展望", 日経エレクトロニクス, No. 119. pp. 137~  
141 (1975)
- (62) 片山, "コンピュータ間通信における伝送制御手順", 東京大学修論 (1976)
- (63) 日本規格協会, "JIS ネットワーク. 情報処理 1971 データ通信"  
pp. 763~768 (1971)
- (64) 小杉他, "会話機能を持つ簡易形遠隔図形表示方式" 信学論,  
Vol. J60-D. No. 7. pp. 485~490 (1977. 7)
- (65) C. J. Jenny, "Distributed Processing Within an Integrated  
Circuit/Packet — Switching Node", IEEE, Trans., Vol. COM-24,

No.10, pp.1089-1100 (Oct., 1976)

- (66) "パケット交換サービスのインタフェース条件" 電々公社資料 (1977.9)
- (67) 安田他, "ファクシミリの基本と応用" 電気通信学会 (1977.8)
- (68) D. R. Neary, "The Integration of Microfilm and the Computer",  
Proc. AFIPS, NCC, Vol.45, pp.627-637 (1976)
- (69) 岩城, "オンラインプログラム設計入門", 日刊工業新聞社. (1978.9)
- (70) A. Rybczynski, "A New Communication Protocol for Accessing  
Data Networks — The International Packet-Mode Interface",  
Proc. AFIPS, NCC, Vol.45, pp.477-482 (1976)
- (71) 菊地他, "タイムシェアリングシステム設計概論 I", 共立出版 (1971.2)
- (72) 関野, "分散処理アーキテクチャと計算機システム技術", 信学誌. Vol. 61.  
No.3. pp. 261~ 269 (1978. 3)
- (73) 植田, "データ通信のための通信回線利用マニュアル", 企画センター. (1977)
- (74) "NEAC シリーズ 3200 リアルタイムオペレーティングシステム 通信制御  
モジュール説明書" 日本電気. (1978.2)
- (75) D. C. Tsichritzis, et al., "Operating Systems", Academic  
Press (1974)
- (76) A. C. Shaw, "The Logical Design of Operating Systems",  
Prentice-Hall (1974)
- (77) P. B. Hansen, "The Programming Language Concurrent Pascal",

IEEE, Trans., Vol. SE, No.1, pp.199-207 (Feb., 1975)

(78) S. E. Madnick, et al., "Operating Systems", McGraw-Hill (1974)

(79) 電々公社, "プログラミング Ⅱ OS 編". オーム社 (1973)

(80) 猪瀬 他, "データ通信". 産報 (1971, 7)

(81) C. A. R. Hoare, "Monitors: An Operating System Structuring Concept", CACM, Vol.17, pp.549-557 (Oct., 1974)

(82) G. R. Andrews, "Language Features for Parallel Processing and Resource Control", Lecture Notes in Computer Science, Vol.54, pp.243-287, Springer-Verlag (1976)

(83) J. B. Dennis, "A Language Design for Structured Concurrency", Lecture Notes in Computer Science, Vol.54, pp.231-242, Springer-Verlag (1976)

(84) E. Akkoyunlu, et al., "Interprocess Communication Facilities for Network Operating Systems", IEEE, Computer, pp.46-55 (Oct., 1974)

(85) W. A. Wulf, et al., "C. m mp — A Multi-Mini-Processor", Proc. AFIPS, FJCC, Vol.41, pp.765-777 (1972)

(86) H. C. Forsdick, et al., "Operating Systems for Computer Networks", IEEE, Computer, pp.48-57 (Jan., 1978)

(87) W. A. Wulf, et al., "HYDRA: The Kernel of a Multiproces-

- sor Operating System", CACM, Vol.17, No.6, pp.337-345 (June, 1974)
- (88) 鎌田 他. "マイクロフィルムファクシミリ方式", 研美報, Vol.25, No.8, pp.1311~1317 (1976.8)
- (89) 蜂谷. "マイクロプロセッサを用いた通信制御方式", 東大.卒論 (1976)
- (90) "データミナル特集", 日本電気技報, Vol.119 (1977.2)
- (91) W. W. Plummer, "Asynchronous Arbiters", IEEE, Trans., Vol. C-21, pp.37-42 (Jan., 1972)
- (92) 南谷 他. "非同期方式アービタの構成法", 信学論, Vol.J57-D, No.4, pp.242~244 (1974.4)
- (93) 山中 他. "マイクロコンピュータ入門", 日本工業新聞社 (1976.1)
- (94) 猪飼. "デジタルシステム的设计", CQ出版社 (1972.6)
- (95) P. G. Heckel, "A Terminal Oriented Communication System", CACM, Vol.20, No.7, pp.486-494 (July, 1977)
- (96) D. Stanzione, "Microprocessor in Telecommunication Systems", Proc. IEEE, Vol.66, No.2, pp.192-198 (Feb., 1978)
- (97) P. D. Hunter, et al., "An Example of a Microprocessor Controlled Switching System Peripheral Design Yielding Improved Diagnosibility, Flexibility of Design and a Short Design Interval", NTC'77, pp. 24:l-lvl-5 (1977)

- (98) B. E. Briley, et al., "Telecommunication Processors", Proc. IEEE, pp.1305-1313 (Sept., 1977)
- (99) J. C. Stoffel, et al., "Analysis and Design of a Store and Forward Facsimile Switching Node", Proc. ICC, PP.81-87 (1976)
- (100) E. L. Dagless, "A multi Micro Processor — CYBAM", Proc. IFIP'77, pp.843-848 (1977)
- (101) S. H. Fuller, et al., "Multi-Microprocessors: An Overview and Working Example", Proc. IEEE, Vol.66, No.2, pp.216-228 (Feb., 1978)
- (102) A. K. Jones, et al., "Programming Issues Raised by a Multi-processor", Proc. IEEE, Vol.66, No.2, pp.229-237 (Feb., 1978)
- (103) A. K. Jones, et al., "Software Management of C m<sup>\*</sup> — A distributed Multiprocessor", Proc. AFIPS, NCC, Vol.46, pp.657-663 (1977)
- (104) 上条, "データベースシステム" 産業図書 (1972)
- (105) 福岡 他, "情報検索システムと端末装置に関する一考察", 日立評論, Vol. 59, No. 2, pp. 63~68 (1977. 2)
- (106) "コンピュータ通信システムの未来形の研究 — オンライン情報提供サービスの未来形の研究", 未来工学研究所 (1978, 3)
- (107) 藤山崎, "コンピュータネットワークにおける通信インタフェースに関する研究"



東大. 研究報告 (1976. 3)

- (108) “静止画像ファイルシステムを収める各種画像記録技術”, 日経エレクトロニクス pp. 60~80 (1977. 11)
- (109) “発展する光ディスク技術”, 日経エレクトロニクス. pp. 81~91 (1977. 11)
- (110) 岩本地, “大容量高速検索静止画像ファイルシステム”, テレビ学会.  
全大 14-1 (1977)
- (111) “小特集. ビデオディスク” テレビ学会誌. Vol. 32-1. pp. 2~31.
- (112) G. C. Kenney, et al., "An Optical Disk Replaces 25 Mag Tapes",  
IEEE, Spectrum, pp.33-38 (Feb., 1979)
- (113) R. A. Bartolini, et al., "Optical Disk System Emerge", IEEE,  
Spectrum, pp.20-28 (Aug., 1978)
- (114) M. J. Green, "Computer-Microfilm Systems Interface to Retrieve Information", THE OFFICE, 1979, 9, pp.40-48
- (115) 堀川他, “カラーマイクロフィルム検索装置”, 研究報. Vol. 28. No. 2.  
pp. 85~108 (1979, 2)
- (116) C. J. Date, "An Introduction to Database Systems", Addison-Wersley Publishing Company (1976)
- (117) 浦, “データ構造”, 共立出版. (1974. 2)
- (118) R. Peebles, et al., "System Architecture for Distributed Data Management", IEEE, Computer, pp.40-47 (Jan., 1978)

- (119) M. B. Line, et al., "Progress in Documentation", Journal of Documentation, Vol. 30, No.3, pp.283-350 (Sept., 1974)
- (120) M. Schwartz, "Computer-Communication Network Design and Analysis", Prentice-Hall (1977)
- (121) B. Pritsker, et al., "Simulation with GASP II", Prentice-Hall (1969)
- (122) 牧野, "待ち行列の応用", 森北出版. (1969)
- (123) 尾佐竹.他 "交換工学" コロナ社 (1963)
- (124) 猪瀬, "システム工学Ⅲ" 岩波 (1975)
- (125) P. J. Schweitzer, et al., "Buffer Overflow in a Store-and-Forward Network Node", IBM, J. RES, pp.542-550 (Nov., 1976)
- (126) 伊藤.他, "感熱階調フクシミの検索", 画像電子学会誌, Vol. 8. No.2. pp.50~59 (1979.2)
- (127) "NEAC 3200/70. 間待マニュアル類", 日本電気 (1975)
- (128) "Intel 1977. Data Catalog." inte corp. (1977)
- (129) "Western Digital Data Sheet" (1975)
- (130) "FDD 101形フロッピーディスク駆動装置接続仕様書" 日立 (1974)
- (131) "PS-20 制御プログラム解説", 日立 (1975)
- (132) 野呂, "画像データベースシステムにおけるリモートアクセス方式に関する研究". 東大. 研究報告 (1978.3)

(133) 村熱, "マクシミリを用いた画像データベースアクセス方式", 東大卒論 (1976.3)

(134) 馬立, "画像データベースシステムにおける通信およびファイル管理" 東大卒論.

(1978, 3)

(135) 猪瀬, "画像情報のFのデータベースの開発", テレビジョン学会誌.

Vol. 31, No. 12. pp. 933 ~ 939 (1977, 12)

◁ 本研究に関連した発表文献 ▷

- (1) 野呂, 中川, 斎藤, 猪瀬 " 遠隔端末に対する画像情報伝送における通信制御 " 昭和53年信学会全大 No. 1330
- (2) 中川, 斎藤, 猪瀬, 野呂 " 画像データベースオンラインリモートアクセス方式 " 昭和53年 信学会通信部門全大 No. S6-6
- (3) 馬立, 中川, 斎藤, 猪瀬, 野呂 " 画像データベースオンラインリモートアクセスシステムにおける通信管理 " 昭和53年信学会通信部門全大 No. 516
- (4) 中川, 斎藤, 猪瀬 " 画像データベースのオンライン・リモートアクセスシステム " 情報学会技報 コンピュータネットワーク 19-1 昭和54年2月
- (5) 中川, 佐野, 斎藤, 猪瀬 " 電話網を用いる画像データベースリモートアクセス実験システム " 信学会技報 SE 79-46 昭和54年8月
- (6) 佐野, 中川, 斎藤, 猪瀬 " 画像データベースリモートアクセスシステムの試作・実験 " 昭和54年 信学会情報システム部門全大 No. 436
- (7) 加古, 中川, 斎藤, 猪瀬 " 画像データベースリモートアクセス端末の動作 " 昭和54年 信学会情報システム部門全大 No. 437

- (8) 中川, 奇藤, 猪瀬 " 画像データベースのオンラインリモートアクセスシステム " 信学論 J63-D No.1 昭和55年1月採録決定
- (9) 佐野, 中川, 奇藤, 猪瀬 " 濃淡画像のファクシミリ伝送における帯域圧縮のためのマイクロプロセッサ処理方式 " 昭和55年 信学会 総合全大 No. 1114
- (10) 中川, 谷中, 奇藤, 猪瀬 " 原文献情報データベース・システムの設計に関する考察 " 昭和55年 信学会 総合全大 No. S 19-4

付録 - 1.

実験センターシステム OSのマクロ一覧

画像データベースのセンタシステムにおいて開発されたオペレーティングシステムを使用する場合、プログラマは、ユーザタスクとスーパーバイザモータとのリンクをマクロ・インタランス・テーブルでとる。これは、ユーザタスクとスーパーバイザモータを分離するためである。以下に、OSでサービスしている19種のマクロ命令とインタランス・テーブルの対応ならびに、各マクロ命令の発行方法を記す。

インタランス・テーブル のアドレス (8進)	マクロ命令	
1001	WAIT	] タスク同期に関するマクロ
1002	POST	
1003	RENQ	] リソース管理に関するマクロ
1004	RDEQ	
1005	RQTM	] タイムに関するマクロ
1006	CNTM	
1007	CPUT	] 通信に関するマクロ
1010	CGET	
1011	STRQ	] MCPが同線DSRを 呼び出すためのマクロ
1012	TRRQ	
1013	SPRQ	
1014	TYPW	] TTYに関するマクロ

1015	DOPEN	Disk File に 関するマクロ
1016	DCLSE	
1017	DWRITE	
1020	DREAD	
1021	DUPDAT	
1023	MFSLCT	マクロスイッチ検索に関するマクロ
1024	FRMIN	テレメモリからの入力に関するマクロ

### ▷ マクロ命令の発行方法

マクロ命令の発行方法は、OSの内部で発行する場合とユーザ・タスクから発行する場合では異なる。これは、OSの内部は非制限モード（特権命令使用可）・プログラム割り込み禁止状態で動作するが、ユーザ・タスクは、制限モード（特権命令使用不可）・プログラム割り込み許可状態であることによる。したがって、ユーザ・タスクからマクロ命令を発行する場合は、スーパーバイザコール割り込みを発生する INH・NOP 命令を必要とする。各々の場合のマクロ命令発行は、次のようなシーケンスになる。

#### (1) OS内部からのマクロ発行方法

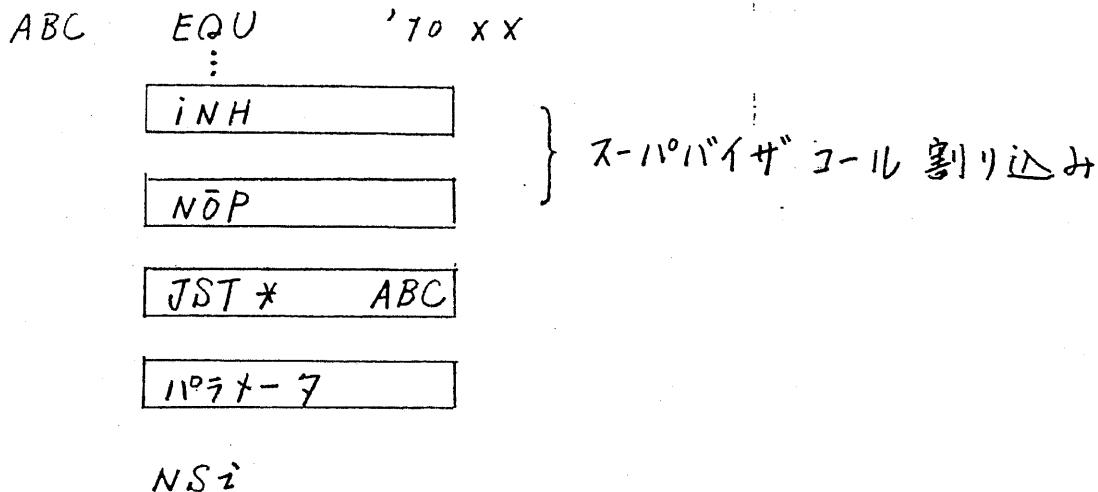
CALL XXXX (CALL WAIT etc)

パラメータ

NS2 (次の命令)



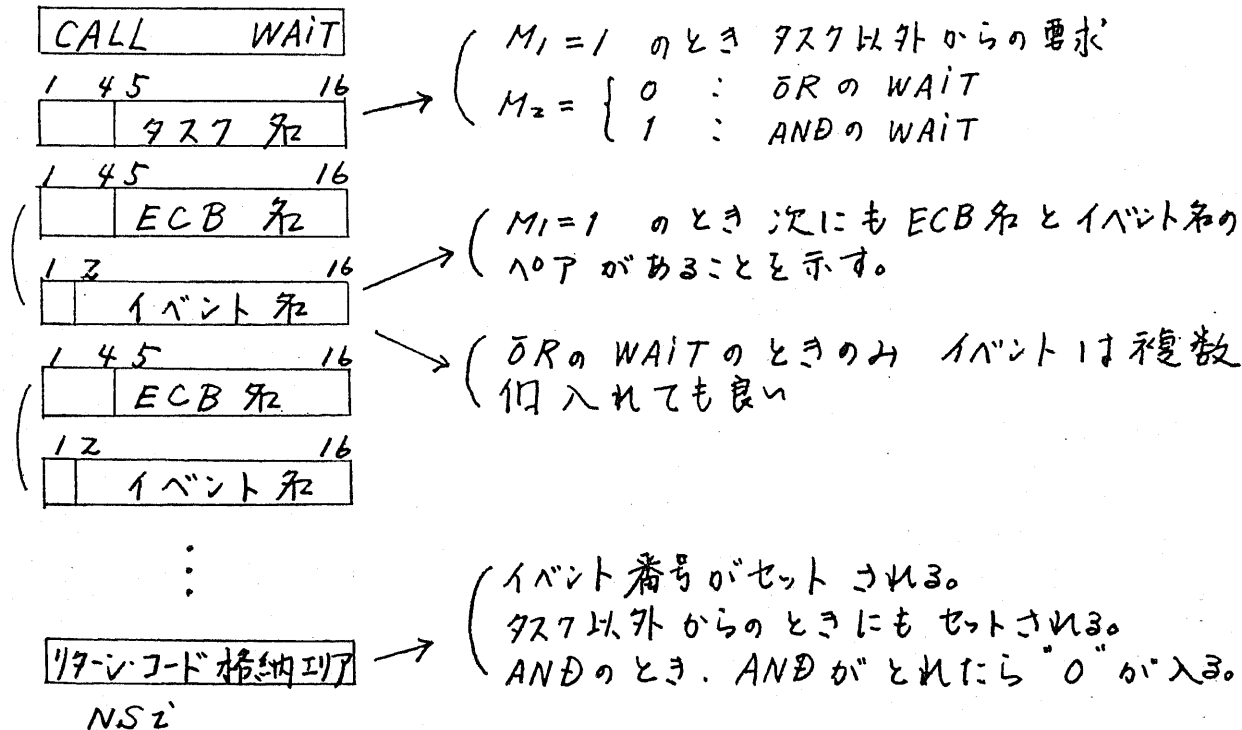
(2) ユーザタスクからのマクロ実行方法



▷ 各マクロ命令の実行方法

以下のマクロ実行シーケンスでは、INH・NOP は省略する。

(1) WAIT マクロ



(2) POST 2712

CALL POST

1 45 16

727 72

1 45 16

ECB 72

1 2 16

イベント 72

NS2

→  $M_1=1$  のとき 727 以外の POST

→ ( $M_1=1$  のとき、この ECB につながるお  
 への TCB に対する POST になる。イ  
 ントは 1 個しか指定できない。

(3) RENQ 2712

CALL RENQ

1 45 16

727 72

1 2 16

リリース 72

NS2

(4) RDEQ 2712

CALL RDEQ

1 45 16

727 72

1 2 16

リリース 72

NS2

(5) TYPW 2712 - 727 からの要求

CALL TYPW

1 45 16

727 72

メッセージ長 (ワード)

メッセージ格納アドレス

NS2

→  $M_1=0$  か  $M_2=1$  であること

TYPW マクロ — タスク以外からの要求

```
CALL TYPW
1 4 5      16
|-----|
| Xメッセージ長 (ワード) |
```

$$\rightarrow \begin{cases} M_1 = \begin{cases} 0 & \text{: 出力モード} \\ 1 & \text{: 出力後停止モード} \end{cases} \\ M_2 = 0 \quad \text{であること} \end{cases}$$

```
|-----|
| Xメッセージ格納アドレス |
```

```
|-----|
| XRegへのパラメータ * |
```

\* : 出力モードのときは不必要

NSZ

(6) RQTM マクロ — タスクからの要求

```
CALL RQTM
1 2      16
|-----|
| タイム ID |
```

(タイムアウト時は NSZ からスタート)

```
|-----|
| タイムの初期値 |
```

— 初期値 × 100 (ms) = タイムアウト時間

NSZ

RQTM マクロ — タスク以外からの要求

```
CALL RQTM
1 2      16
|-----|
| タイム ID |
```

```
|-----|
| タイムの初期値 |
```

```
|-----|
| PTG アドレス |
```

→ タイムアウト時は PTG アドレス からスタート

```
|-----|
| タイムセルの相対アドレス |
```

→ タイムアウト時には かわらず クリアすること

NSZ

(7) CNTM マクロ

```
CALL CNTM
1 2      16
|-----|
| タイム ID |
```

PTG アドレス

アドレスの相対アドレス

NS2

(8) DOPEN マクロ

CALL DOPEN

1 45 16  
 [ ] 7 7 7 7

→  $M_1 = \begin{cases} 0 & \text{READ} \\ 1 & \text{WRITE} \end{cases}$

ファイル名

NS2

(9) DREAD マクロ

CALL DREAD

1 45 16  
 [ ] 7 7 7 7

ファイル名

読み出し長 (ワード)

バッファアドレス

→ 読み出しバッファの1ワード目にテキスト長とトグルが格納される。

NS2

(10) DWRITE マクロ

CALL DWRITE

1 45 16  
 [ ] 7 7 7 7

ファイル名

書き込み長 (ワード)

→ オ1ビット = トグル  $\begin{cases} 0 & \text{半語} \\ 1 & \text{全語} \end{cases}$

バッファアドレス

NS2

(11) DCLOSE 2712

CALL DCLOSE

1 4 5 16  
タスク 名

ファイル 名

NS2

→  $M_1 = \begin{cases} 0: & \text{正常時のCLOSE} \\ 1: & \text{異常時} \end{cases}$

(12) DUPDAT 2712

CALL DUPDAT

1 4 5 16  
タスク 名

旧ファイル 名

新ファイル 名

NS2

→  $\begin{matrix} M_1 & M_2 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{matrix}$       ファイル名 登録  
"      削除  
ディレクトリ 更新  
"      名前更新

(13) CPUT 2712

CALL CPUT

1 4 5 16  
タスク 名

1 2 16  
メッセージタイプ

メッセージアドレス

メッセージサイズ

リターンコード

NS2

$M_1 = \begin{cases} 1 & \text{1/BYE に対する終了メッセージ} \\ 0 & \text{その他} \end{cases}$

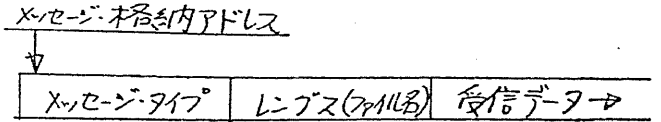
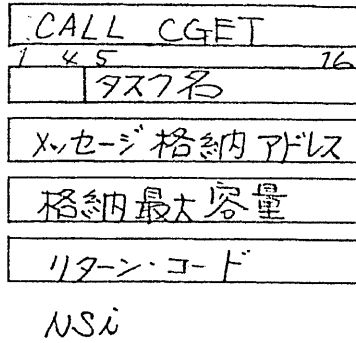
$M_{2 \sim 16} = \begin{cases} 1 & \text{メッセージ} \\ 2 & \text{画像索引情報} \\ 3 & \text{画像情報} \\ 4 & \text{端末制御情報} \end{cases}$

→ { メッセージタイプが画像索引または画像のときは、ファイル名を入れる。

→ { メッセージタイプが画像索引または画像のときは無視される。

→  $\begin{cases} 1 & \text{CPUT 正常終了} \\ 2 & \text{END-S 受信} \\ 3 & \text{CPUT 2712 エラー} \end{cases}$

(14) CGET マクロ

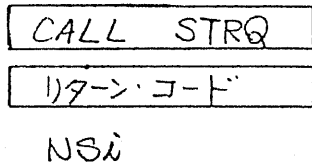


(メッセージタイプが画像索引または画像のときは、2 Word目にファイル名が入り、受信データは Disk ファイル中に格納される。  
 (受信データは、伝送ブロックヘッダも含んでいない。)

(受信データが格納最大容量を越えた場合は、メッセージをタイプアウトし CPU は停止する。)

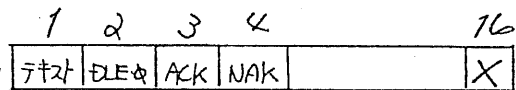
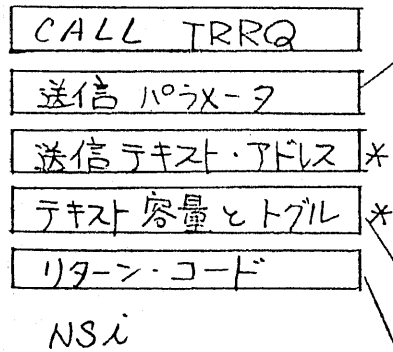
- |                |                   |
|----------------|-------------------|
| 1. CGET 正常終了   | Restart 時にセットされる。 |
| 2. ENQ-S 受信    |                   |
| 3. CGET マクロエラー |                   |

(15) STRQ マクロ



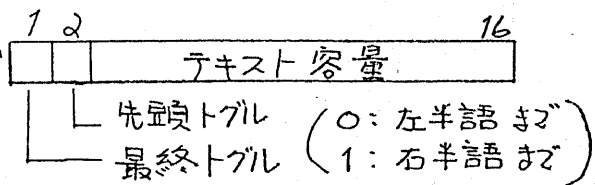
- |              |                   |
|--------------|-------------------|
| 1. STRQ 正常終了 | Restart 時にセットされる。 |
|--------------|-------------------|

(16) TRRQ マクロ



- 複数ビット立ると、左側のビットが優先する。
- ACK 応答送信(3ビット目)を指定し、さらに 16 ビット目もオンすると、ACK 送信終了後に送信終了(回線切り離し完了)を Post する。
- MCP は、その Post を待つかと SPRQ, STRQ マクロを発行しななければならぬ。

\* テキスト送信以外は 必要ない。



- |              |
|--------------|
| 1. TRRQ 正常終了 |
|--------------|

(17) SPRQ 2712

CALL SPRQ

リターンコード → 1, SPRQ 正常終了

NSZ

(18) MFSLCT 2712

CALL MFSLCT

1 45 16

タス7 72

ファイルアドレス → 本文 図 4.7 の形式

XY アドレス → 本文 図 4.8 の形式

NSZ

(19) FRMIN 2712

CALL FRMIN

1 45 16

タス7 72

先頭ライン番号

ライン数

1画素当りのビット数

バッファ先頭アドレス

NSZ

付録 - 2.

実験センター システムのユーザインタフェースのリスト



```

*
0001
0002
0003
0004
0005
0006
0007
0008
0009
0010
0011
0012      000000      ORG
0013
0014
0015
0016
0017 00200      101000      CUP
0018
0019
0020
0021 00201      001001      INH
0022 00202      101000      NOP
0023 00203      0 10 00000 E      CALL      WAIT
0024 00204      000000      HEX      0
0025 00205      000001      HEX      1
0026 00206      000020      HEX      10
0027 00207      000000      BSZ      1
0028
0029
0030
0031 00210      001001      INH
0032 00211      101000      NOP
0033 00212      0 10 00000 E      CALL      CPUT
0034 00213      000000      HEX      0
0035 00214      000001      HEX      1
0036 00215      0 001031      DAC      MSG1
0037 00216      100033      HEX      801B
0038 00217      000000      P00      BSZ      1
0039
0040 00220      0 02 01700      LDA      =A 1
0041 00221      000201      IAB
0042 00222      0 02 00217      LDA      P00
0043 00223      0 10 00765      JST      ANAP
0044
0045
0046
0047 00224      001001      C05      INH
0048 00225      101000      NOP
0049 00226      0 10 00000 E      CALL      CGET
0050 00227      000000      HEX      0
0051 00230      0 001642      DAC      RVBF
0052 00231      000040      HEX      20
0053 00232      000000      P02      BSZ      1
0054
0055 00233      0 02 01700      LDA      =A 1

```

/ CUP OF PICTURE DATA BASE  
ONLINE REMOTE ACCESS SYSTEM /

1979.3

BY NAKAG

0056	00234	000201	IAB
0057	00235	0 02 00232	LDA P02
0058	00236	0 10 01007	JST ANAG

\*  
\*  
\*  
\*

COMMAN& ANALYSIS

0063	00237	0 02 01644	LDA RVBF+2
0064	00240	0 11 01677	CAS =A/S
0065	00241	0 01 00243	JMP *+2
0066	00242	0 01 00267	JMP C10
0067	00243	0 11 01676	CAS =A/D
0068	00244	0 01 00246	JMP *+2
0069	00245	0 01 00674	JMP C15
0070	00246	0 11 01675	CAS =A/B
0071	00247	0 01 00251	JMP *+2
0072	00250	0 01 00712	JMP C20
0073	00251	101000	NOP

\*  
\*  
\*  
\*

COMMAN& ERROR

0078	00252	001001	INH
0079	00253	101000	NOP
0080	00254	0 10 00000 E	CALL CPUT
0081	00255	000000	HEX 0
0082	00256	000001	HEX 1
0083	00257	0 001064	DAC MSG2
0084	00260	100013	HEX 800B
0085	00261	000000	P04 BSZ 1
0087	00262	0 02 01674	LDA =A 7
0088	00263	000201	IAB
0089	00264	0 02 00261	LDA P04
0090	00265	0 10 00765	JST ANAP
0091	00266	0 01 00224	JMP C05

\*  
\*  
\*  
\*

/S COMMAND

0096	00267	0 02 01645	C10 LDA RVBF+3
0097	00270	0 03 01673	ANA =\$F
0098	00271	141340	ICA
0099	00272	140401	CMA
0100	00273	0 04 00345	STA MFST
0101	00274	0 02 01646	LDA RVBF+4
0102	00275	0 03 01672	ANA =\$F00
0103	00276	0404 74	LGR 4
0104	00277	140401	CMA
0105	00300	0 03 00345	ANA MFST
0106	00301	0 04 00345	STA MFST
0107	00302	0 02 01646	LDA RVBF+4
0108	00303	0 03 01673	ANA =\$F
0109	00304	140401	CMA
0110	00305	0 03 00345	ANA MFST

0111	00306	140401		CMA	
0112	00307	0 04 00345		STA	MFST
0113			*		
0114	00310	0 02 01647		LDA	RVBF+5
0115	00311	0 03 01671		ANA	=\$7.
0116	00312	0414 74		LGL	4
0117	00313	140401		CMA	
0118	00314	0 04 00346		STA	MFYX
0119	00315	0 02 01650		LDA	RVBF+6
0120	00316	0 03 01672		ANA	=\$F00
0121	00317	141340		ICA	
0122	00320	140401		CMA	
0123	00321	0 03 00346		ANA	MFYX
0124	00322	140401		CMA	
0125	00323	0 04 00346		STA	MFYX
0126			*		
0127	00324	001001		INH	
0128	00325	101000		NOP	
0129	00326	0 10 00000 E		CALL	DUPDAT
0130	00327	000000		HEX	0
0131	00330	000001		HEX	1
0132	00331	000001		HEX	1
0133			*		
0134	00332	001001		INH	
0135	00333	101000		NOP	
0136	00334	0 10 00000 E		CALL	WAIT
0137	00335	000000		HEX	0
0138	00336	000021		HEX	11
0139	00337	003000		HEX	600
0140	00340	000000		BSZ	1
0141			*		
0142	00341	001001		INH	
0143	00342	101000		NOP	
0144	00343	0 10 00000 E		CALL	MFSLCT
0145	00344	000000		HEX	0
0146	00345	000000	MFST	BSZ	1
0147	00346	000000	MFYX	BSZ	1
0148			*		
0149	00347	001001		INH	
0150	00350	101000		NOP	
0151	00351	0 10 00000 E		CALL	WAIT
0152	00352	000000		HEX	0
0153	00353	000023		HEX	13
0154	00354	000003		HEX	3
0155	00355	000000		BSZ	1
0156			*		
0157	00356	001001		INH	
0158	00357	101000		NOP	
0159	00360	0 10 00000 E		CALL	DOPEN
0160	00361	100000		HEX	8000
0161	00362	000001		HEX	1
0162			*		
0163	00363	001001		INH	
0164	00364	101000		NOP	
0165	00365	0 10 00000 E		CALL	WAIT

```

*
0166 00366 000000          HEX 0
0167 00367 000021          HEX 11
0168 00370 000021          HEX 11
0169 00371 000000          BSZ 1
0170
0171
0172
*
* PICTURE DATA INPUT
*
0173 00372 0 02 01670      LDA  =-480
0174 00373 0 04 01153      STA  CNTR
0175 00374 140040          CRA
0176 00375 0 04 00404      STA  F1
0177 00376 0 02 01667      LDA  =-4
0178 00377 0 04 01154      STA  BLK
0179
*
0180 00400 001001          C25 INH
0181 00401 101000          NOP
0182 00402 0 10 00000 E    CALL FRMIN
0183 00403 000000          HEX 0
0184 00404 000000          F1 BSZ 1
0185 00405 000001          HEX 1
0186 00406 000004          HEX 4
0187 00407 0 001155        DAC  BLK+1
0188 00410 001001          INH
0189 00411 101000          NOP
0190 00412 0 10 00000 E    CALL WAIT
0191 00413 000000          HEX 0
0192 00414 000022          HEX 12
0193 00415 000003          HEX 3
0194 00416 000000          BSZ 1
0195
*
0196 00417 0 02 01154      LDA  BLK
0197 00420 0 06 01666      ADD  =$100
0198 00421 0 04 01154      STA  BLK
0199
*
0200 00422 001001          INH
0201 00423 101000          NOP
0202 00424 0 10 00000 E    CALL DWRITE
0203 00425 000000          HEX 0
0204 00426 000001          HEX 1
0205 00427 100177          HEX 807F
0206 00430 0 001154        DAC  BLK
0207
*
0208 00431 001001          INH
0209 00432 101000          NOP
0210 00433 0 10 00000 E    CALL WAIT
0211 00434 000000          HEX 0
0212 00435 000021          HEX 11
0213 00436 000210          HEX 88
0214 00437 000000          BSZ 1
0215
*
0216 00440 0 12 00404      IRS  F1
0217 00441 0 12 01153      IRS  CNTR
0218 00442 0 01 00400      JMP  C25
0219
*
0220 00443 001001          INH

```

```

*
0221 00444 101000 NOP
0222 00445 0 10 00000 E CALL DUPDAT
0223 00446 140000 HEX C000
0224 00447 000001 HEX 1
0225 00450 000001 HEX 1
0226
*
0227 00451 001001 INH
0228 00452 101000 NOP
0229 00453 0 10 00000 E CALL WAIT
0230 00454 000000 HEX 0
0231 00455 000021 HEX 11
0232 00456 003000 HEX 600
0233 00457 000000 BSZ 1
0234
*
0235 00460 001001 INH
0236 00461 101000 NOP
0237 00462 0 10 00000 E CALL DCLOSE
0238 00463 000000 HEX 0
0239 00464 000001 HEX 1
0240
*
0241 00465 001001 INH
0242 00466 101000 NOP
0243 00467 0 10 00000 E CALL WAIT
0244 00470 000000 HEX 0
0245 00471 000021 HEX 11
0246 00472 000042 HEX 22
0247 00473 000000 BSZ 1
0248
*
0249 * GENERATE PICTURE INDEX
0250 *
0251 00474 001001 INH
0252 00475 101000 NOP
0253 00476 0 10 00000 E CALL DUPDAT
0254 00477 000000 HEX 0
0255 00500 000002 HEX 2
0256 00501 000002 HEX 2
0257
*
0258 00502 001001 INH
0259 00503 101000 NOP
0260 00504 0 10 00000 E CALL WAIT
0261 00505 000000 HEX 0
0262 00506 000021 HEX 11
0263 00507 003000 HEX 600
0264 00510 000000 BSZ 1
0265
*
0266 00511 001001 INH
0267 00512 101000 NOP
0268 00513 0 10 00000 E CALL DOPEN
0269 00514 100000 HEX 8000
0270 00515 000002 HEX 2
0271 00516 001001 INH
0272 00517 101000 NOP
0273 00520 0 10 00000 E CALL WAIT
0274 00521 000000 HEX 0
0275 00522 000021 HEX 11

```

0276	00523	000021	HEX	11
0277	00524	000000	BSZ	1
0278				
0279	00525	0 10 00727	JST	XHD,
0280				
0281	00526	001001	INH	
0282	00527	101000	NOP	
0283	00530	0 10 00000 E	CALL	DWRITE
0284	00531	000000	HEX	0
0285	00532	000002	HEX	2
0286	00533	100012	HEX	800A
0287	00534	0 001630	DAC	TXHD
0288				
0289	00535	001001	INH	
0290	00536	101000	NOP	
0291	00537	0 10 00000 E	CALL	WAIT
0292	00540	000000	HEX	0
0293	00541	000021	HEX	11
0294	00542	000210	HEX	88
0295	00543	000000	BSZ	1
0296				
0297	00544	001001	INH	
0298	00545	101000	NOP	
0299	00546	0 10 00000 E	CALL	DUPDAT
0300	00547	140000	HEX	C000
0301	00550	000002	HEX	2
0302	00551	000002	HEX	2
0303				
0304	00552	001001	INH	
0305	00553	101000	NOP	
0306	00554	0 10 00000 E	CALL	WAIT
0307	00555	000000	HEX	0
0308	00556	000021	HEX	11
0309	00557	003000	HEX	600
0310	00560	000000	BSZ	1
0311				
0312	00561	001001	INH	
0313	00562	101000	NOP	
0314	00563	0 10 00000 E	CALL	DCLOSE
0315	00564	000000	HEX	0
0316	00565	000002	HEX	2
0317				
0318	00566	001001	INH	
0319	00567	101000	NOP	
0320	00570	0 10 00000 E	CALL	WAIT
0321	00571	000000	HEX	0
0322	00572	000021	HEX	11
0323	00573	000042	HEX	22
0324	00574	000000	BSZ	1
0325				
0326				
0327				
0328	00575	001001	INH	
0329	00576	101000	NOP	
0330	00577	0 10 00000 E	CALL	CPUT

```

*
0331 00600 000000 HEX 0
0332 00601 000002 HEX 2
0333 00602 000002 HEX 2
0334 00603 000000 BSZ 1
0335 00604 000000 P06 BSZ 1
0336 *
0337 00605 0 02 01665 LDA =A 2
0338 00606 000201 IAB
0339 00607 0 02 00604 LDA P06
0340 00610 0 10 00765 JST ANAP
0341 *
0342 * PICTURE DATA TRANSIMIT
0343 *
0344 00611 001001 INH
0345 00612 101000 NOP
0346 00613 0 10 00000 E CALL CPUT
0347 00614 000000 HEX 0
0348 00615 000003 HEX 3
0349 00616 000001 HEX 1
0350 00617 000000 BSZ 1
0351 00620 000000 P08 BSZ 1
0352 *
0353 00621 0 02 01664 LDA =A 3
0354 00622 000201 IAB
0355 00623 0 02 00620 LDA P08
0356 00624 0 10 00765 JST ANAP
0357 *
0358 00625 001001 INH
0359 00626 101000 NOP
0360 00627 0 10 00000 E CALL CPUT
0361 00630 000000 HEX 0
0362 00631 000001 HEX 1
0363 00632 0 001077 DAC MSG3
0364 00633 100011 HEX 8009
0365 00634 000000 P10 BSZ 1
0366 *
0367 00635 0 02 01663 LDA =A 4
0368 00636 000201 IAB
0369 00637 0 02 00634 LDA P10
0370 00640 0 10 00765 JST ANAP
0371 *
0372 * COM FILE DELETE
0373 *
0374 00641 001001 INH
0375 00642 101000 NOP
0376 00643 0 10 00000 E CALL DUPDAT
0377 00644 100000 HEX 8000
0378 00645 000001 HEX 1
0379 00646 000001 HEX 1
0380 *
0381 00647 001001 INH
0382 00650 101000 NOP
0383 00651 0 10 00000 E CALL WAIT
0384 00652 000000 HEX 0
0385 00653 000021 HEX 11

```

```

*
0386 00654 003000 HEX 600
0387 00655 000000 BSZ 1
0388 *
0389 00656 001001 INH
0390 00657 101000 NOP
0391 00660 0 10 00000 E CALL DUPDAT
0392 00661 100000 HEX 8000
0393 00662 000002 HEX 2
0394 00663 000002 HEX 2;
0395 *
0396 00664 001001 INH
0397 00665 101000 NOP
0398 00666 0 10 00000 E CALL WAIT
0399 00667 000000 HEX 0
0400 00670 000021 HEX 11
0401 00671 003000 HEX 600
0402 00672 000000 BSZ 1
0403 *
0404 00673 0 01 00224 JMP C05
0405 *
0406 *
0407 * /D COMMAND
0408 *
0409 00674 101000 C15 NOP
0410 *
0411 * // IF YOU WANT TO INPLEMENT
0412 * DATA BASE FOR THIS SYSTEM,
0413 * ** PLEASE INSERT DATA BASE
0414 * SUBROUTINE IN TO THIS PLACE //
0415 *
0416 00675 001001 INH
0417 00676 101000 NOP
0418 00677 0 10 00000 E CALL CPUT
0419 00700 000000 HEX 0
0420 00701 000001 HEX 1
0421 00702 0 001110 DAC MSG4
0422 00703 100015 HEX 800D
0423 00704 000000 P12 BSZ 1
0424 *
0425 00705 0 02 01662 LDA =A 6
0426 00706 000201 IAB
0427 00707 0 02 00704 LDA P12
0428 00710 0 10 00765 JST ANAP
0429 *
0430 00711 0 01 00224 JMP C05
0431 *
0432 *
0433 * /B COMMAND
0434 *
0435 00712 001001 C20 INH
0436 00713 101000 NOP
0437 00714 0 10 00000 E CALL CPUT
0438 00715 000000 HEX 0
0439 00716 100001 HEX 8001
0440 00717 0 001125 DAC MSG5

```



```

*
0441 00720 100014          HEX 800C
0442 00721 000000      P14  BSZ  1
0443          *
0444 00722 0 02 01661      LDA  =A 5
0445 00723 000201          IAB
0446 00724 0 02 00721      LDA  P14
0447 00725 0 10 00765      JST  ANAP
0448          *
0449 00726 0 01 00200      JMP  CUP
0450          *
0451          *
0452          *
0453 00727 0 000000      XHD  DAC  **
0454 00730 140040          CRA
0455 00731 000015          XFX
0456 00732 0 04 00000 A     STA  0
0457 00733 1 04 01630      STA  TXHD,1
0458 00734 0 02 01660      LDA  =480
0459 00735 0 12 00000 A     IRS  0
0460 00736 1 04 01630      STA  TXHD,1
0461 00737 0 02 01657      LDA  =508
0462 00740 0 12 00000 A     IRS  0
0463 00741 1 04 01630      STA  TXHD,1
0464 00742 0 02 01656      LDA  =$400
0465 00743 0 12 00000 A     IRS  0
0466 00744 1 04 01630      STA  TXHD,1
0467 00745 0 02 01655      LDA  =8
0468 00746 0 12 00000 A     IRS  0
0469 00747 1 04 01630      STA  TXHD,1
0470 00750 0 02 01645      LDA  RVBF+3
0471 00751 0 12 00000 A     IRS  0
0472 00752 1 04 01630      STA  TXHD,1
0473 00753 0 02 01646      LDA  RVBF+4
0474 00754 0 12 00000 A     IRS  0
0475 00755 1 04 01630      STA  TXHD,1
0476 00756 0 02 01647      LDA  RVBF+5
0477 00757 0 12 00000 A     IRS  0
0478 00760 1 04 01630      STA  TXHD,1
0479 00761 0 02 01650      LDA  RVBF+6
0480 00762 0 12 00000 A     IRS  0
0481 00763 1 04 01630      STA  TXHD,1
0482 00764 -0 01 00727     JMP*  XHD
0483          *
0484          *
0485          *
0486 00765 0 000000      ANAP DAC  **
0487 00766 0 11 01654          CAS  =1
0488 00767 0 01 00771          JMP  **+2
0489 00770 -0 01 00765      JMP*  ANAP
0490          *
0491 00771 000201          IAB
0492 00772 0 04 01145      STA  TMP+4
0493          *
0494 00773 001001          INH
0495 00774 101000          NOP

```

```

*
0496 00775 0 10 00000 E CALL RENG
0497 00776 000000 HEX 0
0498 00777 000005 HEX 5
0499
*
0500 01000 001001 INH
0501 01001 101000 NOP
0502 01002 0 10 00000 E CALL TYPW
0503 01003 040000 HEX 4000
0504 01004 000005 DEC 5
0505 01005 0 001141 DAC TMP
0506
*
0507 01006 0 01 00200 JMP CUP
0508
*
0509
*
0510 01007 0 000000 ANAG DAC **
0511 01010 0 11 01654 CAS =1
0512 01011 0 01 01013 JMP *+2
0513 01012 -0 01 01007 JMP* ANAG
0514
*
0515 01013 000201 IAB
0516 01014 0 04 01152 STA TMG+4
0517
*
0518 01015 001001 INH
0519 01016 101000 NOP
0520 01017 0 10 00000 E CALL RENG
0521 01020 000000 HEX 0
0522 01021 000005 HEX 5
0523
*
0524 01022 001001 INH
0525 01023 101000 NOP
0526 01024 0 10 00000 E CALL TYPW
0527 01025 040000 HEX 4000
0528 01026 000005 DEC 5
0529 01027 0 001146 DAC TMG
0530
*
0531 01030 0 01 00200 JMP CUP
0532
*
0533 * MESSAGE
0534 *
0535 *
0536 01031 025040 MSG1 BCI 26,* WELCOM TO PICTURE DATA
01032 053505
01033 046103
01034 047515
01035 020124
01036 047440
01037 050111
01040 041524
01041 052522
01042 042440
01043 042101
01044 052101
01045 020102
01046 040523
01047 042440

```

\*

01050 051105  
 01051 046517  
 01052 052105  
 01053 020101  
 01054 041503  
 01055 042523  
 01056 051440  
 01057 051531  
 01060 051524  
 01061 042515  
 01062 020052  
 0537 01063 005015

HEX 0A0D

0538

\*  
 MSG2 BCI 10,\* ILLEGAL COMMAND \*

0539 01064 025040  
 01065 044514  
 01066 046105  
 01067 043501  
 01070 046040  
 01071 041517  
 01072 046515  
 01073 040516  
 01074 042040  
 01075 025040

0540 01076 005015

HEX 0A0D

0541

\*  
 MSG3 BCI 8,\* PICTURE END \*

0542 01077 025040  
 01100 050111  
 01101 041524  
 01102 052522  
 01103 042440  
 01104 042516  
 01105 042040  
 01106 025040

0543 01107 005015

HEX 0A0D

0544

\*  
 MSG4 BCI 12,\* DATA BASE SEARCH END \*

0545 01110 025040  
 01111 042101  
 01112 052101  
 01113 020102  
 01114 040523  
 01115 042440  
 01116 051505  
 01117 040522  
 01120 041510  
 01121 020105  
 01122 047104  
 01123 020052

0546 01124 005015

HEX 0A0D

0547

\*  
 MSG5 BCI 11,\* GOOD BYE THANK YOU \*

0548 01125 025040  
 01126 043517  
 01127 047504  
 01130 020102  
 01131 054505  
 01132 020124

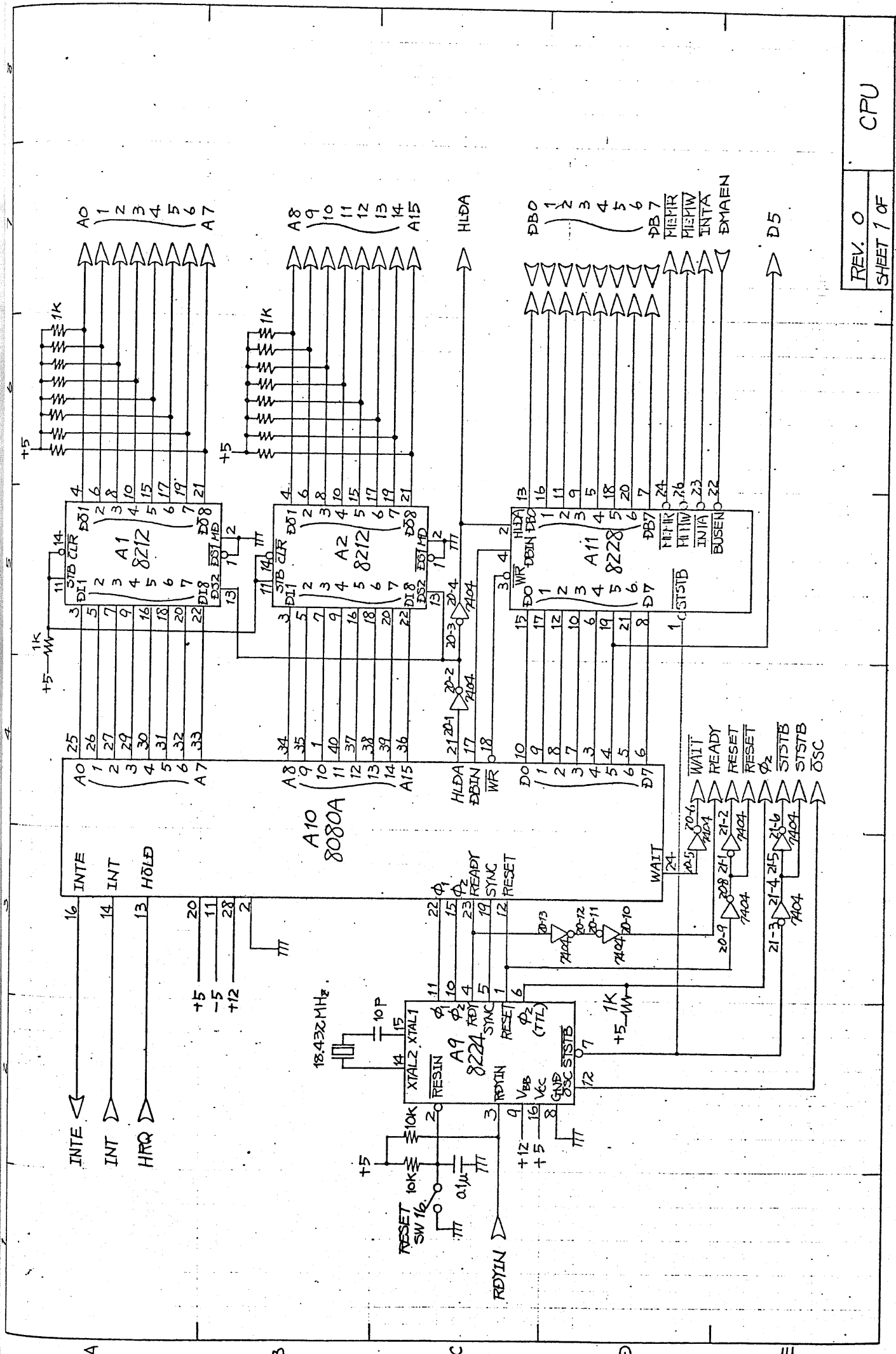
	01133	044101			
	01134	047113			
	01135	020131			
	01136	047525			
	01137	020052			
0549	01140	005015		HEX	0A00
0550			*		
0551	01141	041520	TMP	BCI	5,CPUT ERR
	01142	052524			!
	01143	020105			!
	01144	051122			
	01145	020040			
0552			*		
0553	01146	041507	TMG	BCI	5,CGET ERR
	01147	042524			
	01150	020105			
	01151	051122			
	01152	020040			
0554			*		
0555			*		
0556	01153	000000	CNTR	BSZ	1
0557	01154	000000	BLK	BSZ	300
0558	01630	000000	TXHD	BSZ	10
0559	01642	000000	RVBF	BSZ	10
0560			*		
0561	01654	000001		END	
	01655	000010			
	01656	002000			
	01657	000774			
	01660	000740			
	01661	020065			
	01662	020066			
	01663	020064			
	01664	020063			
	01665	020062			
	01666	000400			
	01667	177774			
	01670	177040			
	01671	000007			
	01672	007400			
	01673	000017			
	01674	020067			
	01675	027502			
	01676	027504			
	01677	027523			
	01700	020061			

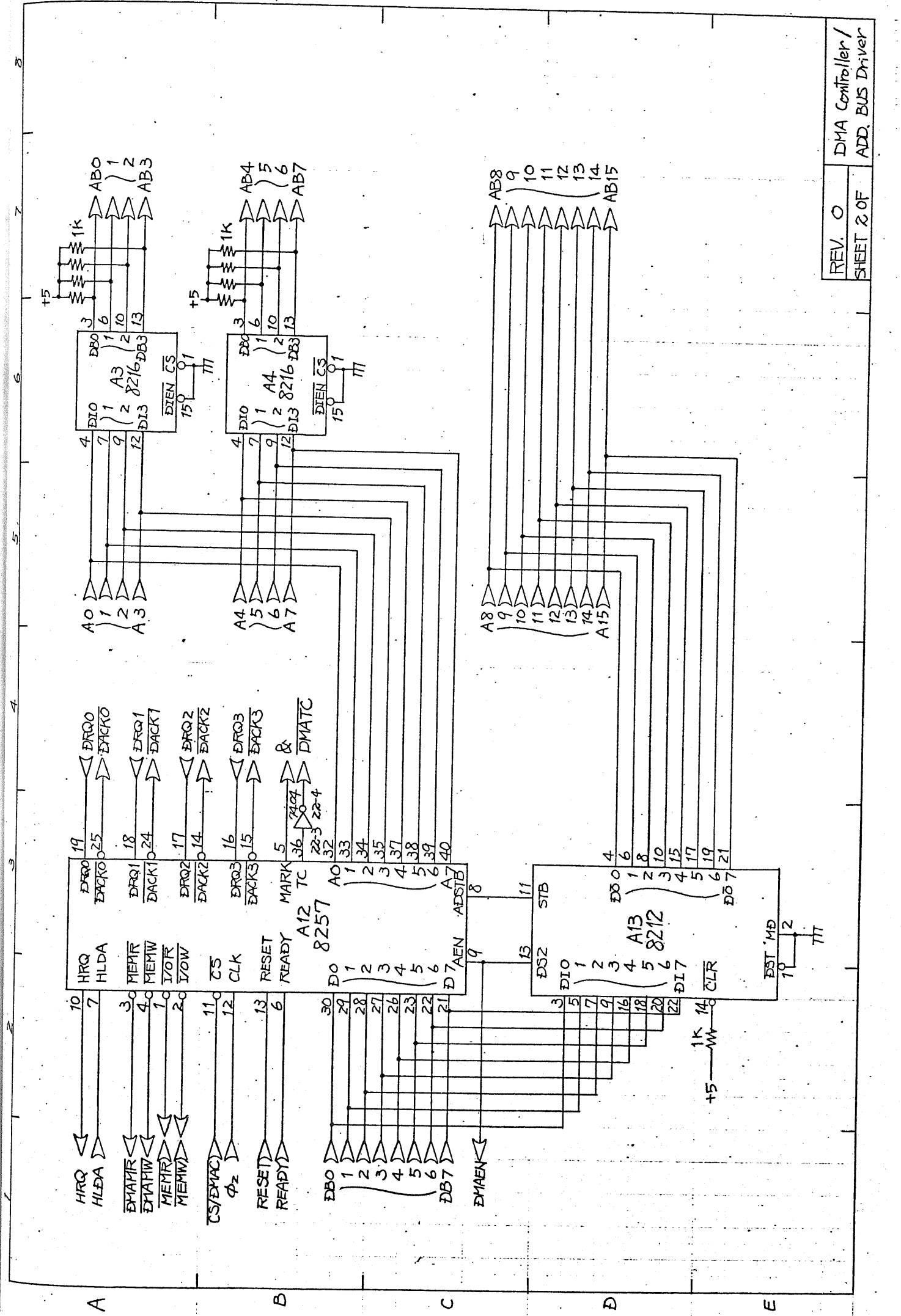
ANAG	001007	ANAP	000765	BLK	001154	C05	000224
C10	000267	C15	000674	C20	000712	C25	000400
CNTR	001153	CUP	000200	F1	000404	MFST	000345
MFYX	000346	MSG1	001031	MSG2	001064	MSG3	001077
MSG4	001110	MSG5	001125	ORG	000000	P00	000217
P02	000232	P04	000261	P06	000604	P08	000620
P10	000634	P12	000704	P14	000721	RVBF	001642

付録 - 3.

複合入出力知能端末 COMET

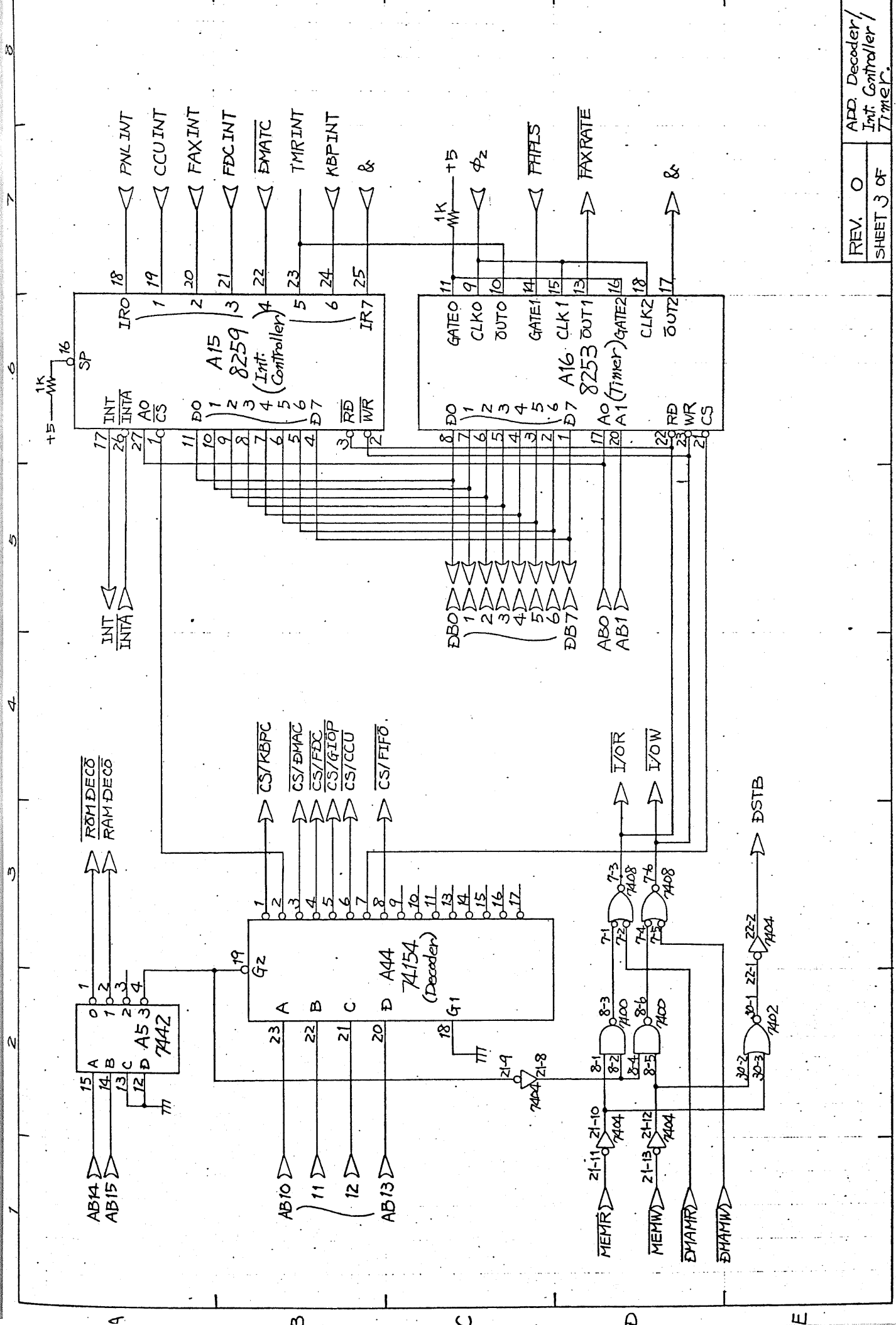
の回路図





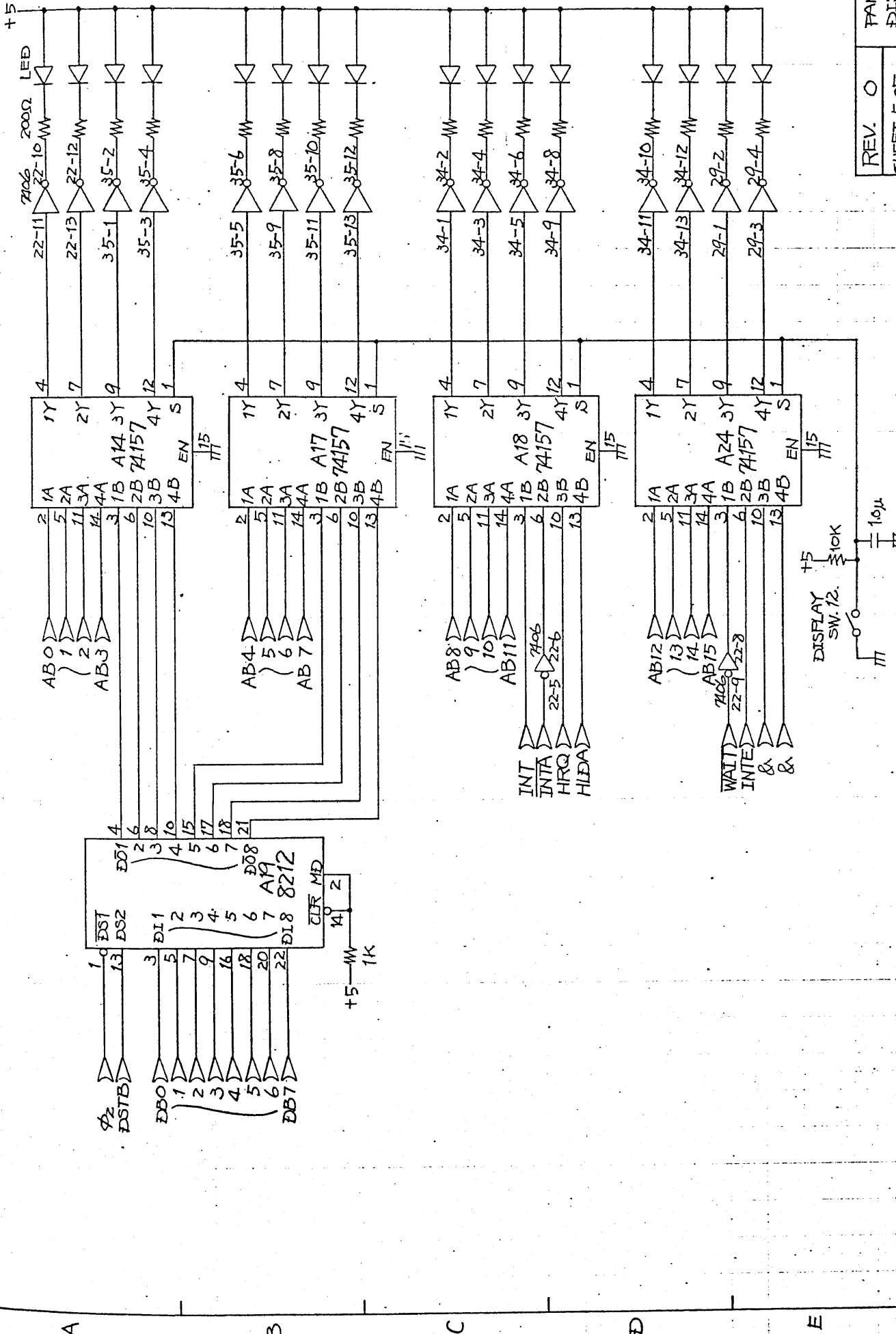
REV. 0  
SHEET 2 OF

DMA Controller/  
ADD. BUS Driver

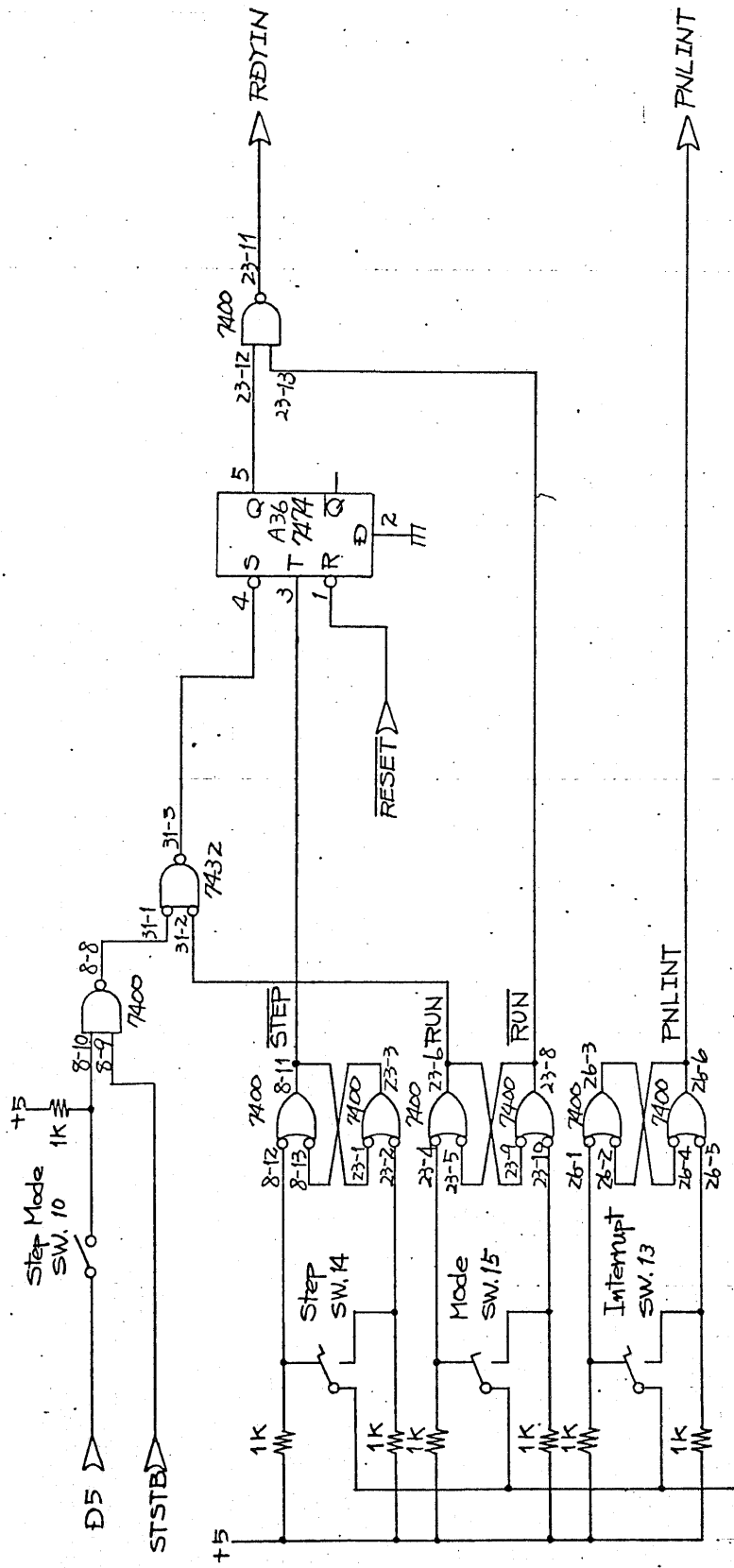




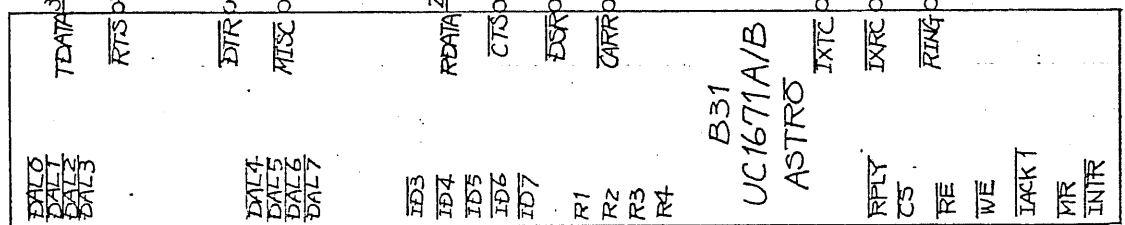
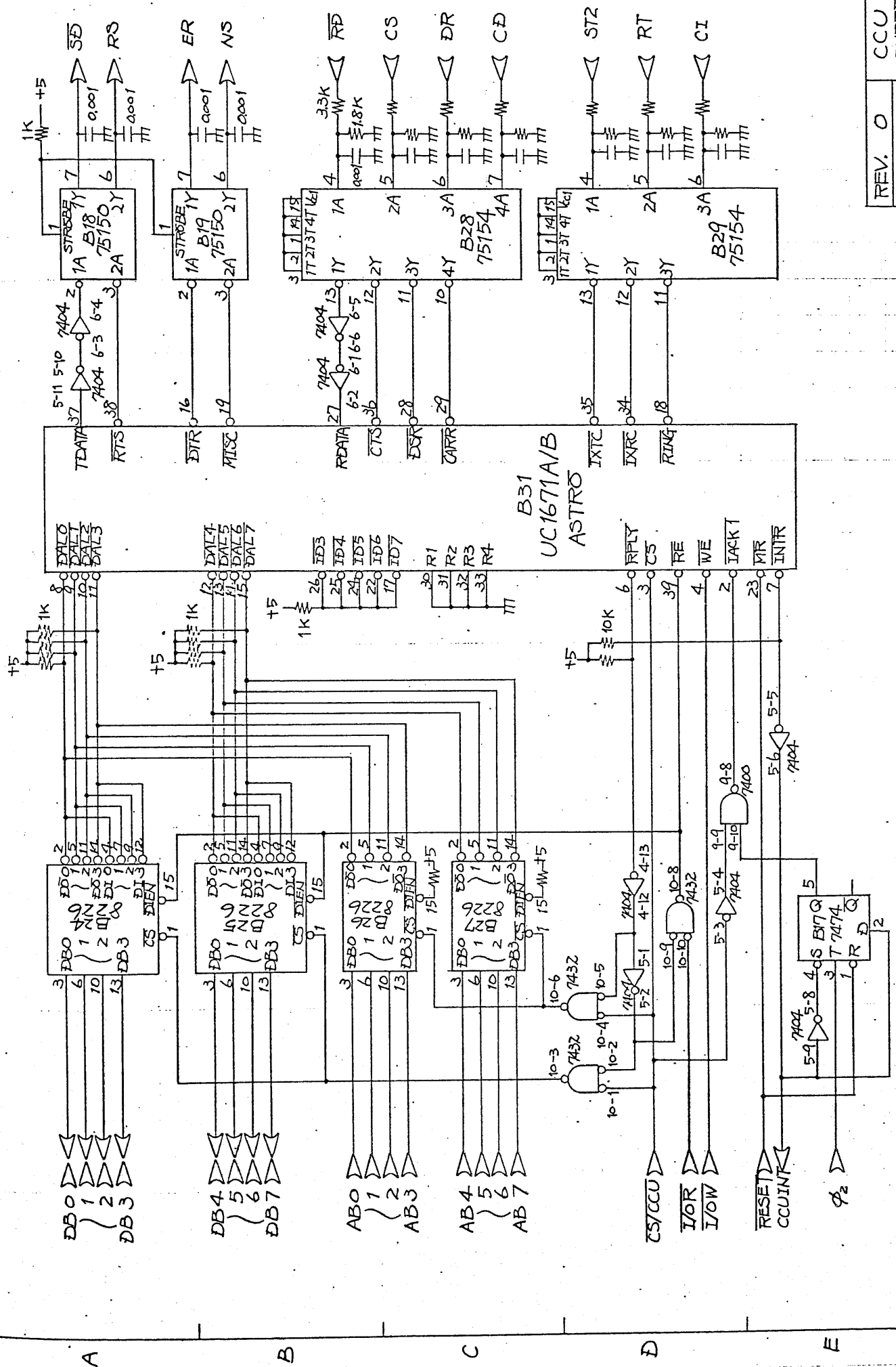


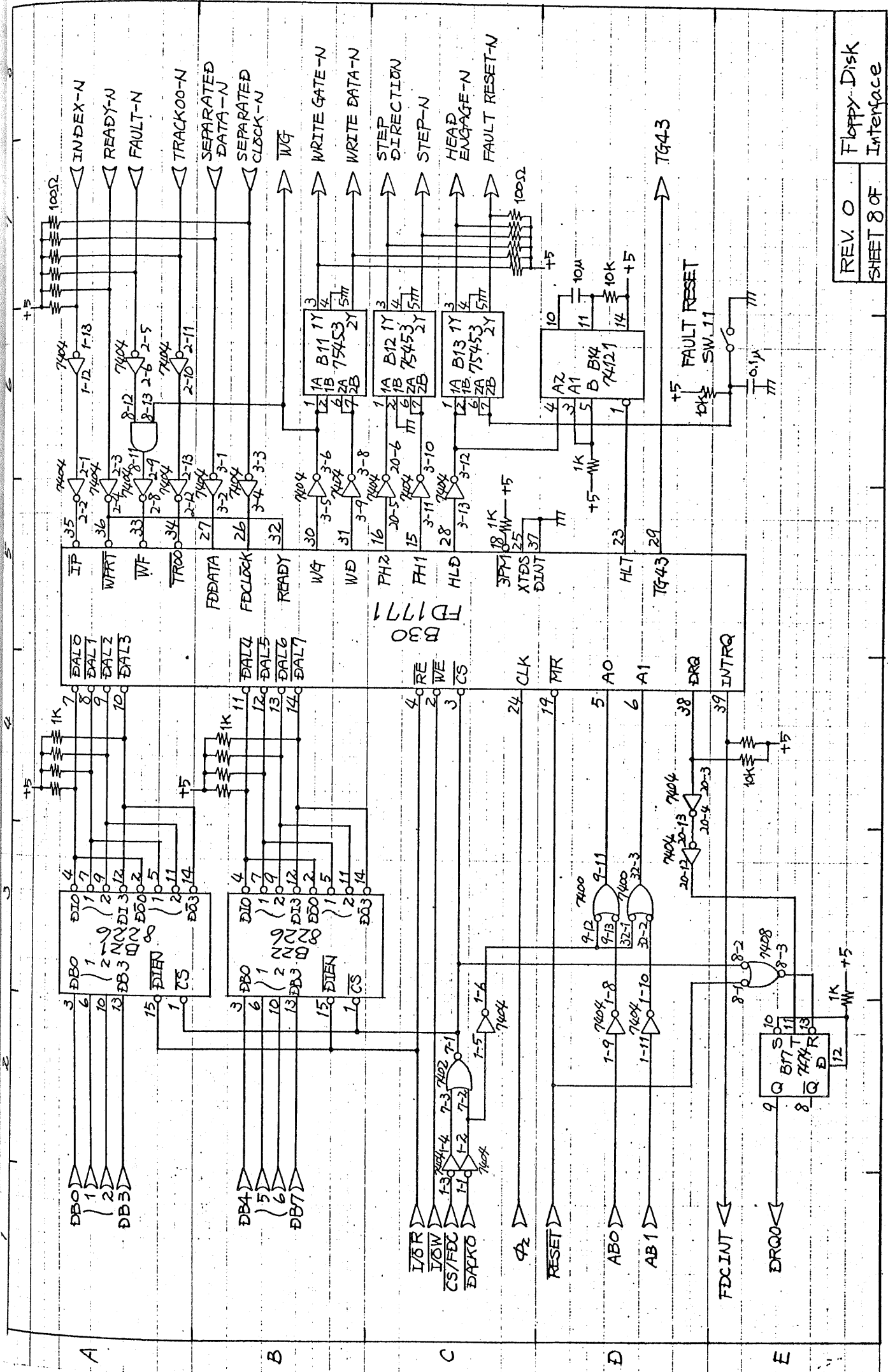


1 2 3 4 5 6 7 8

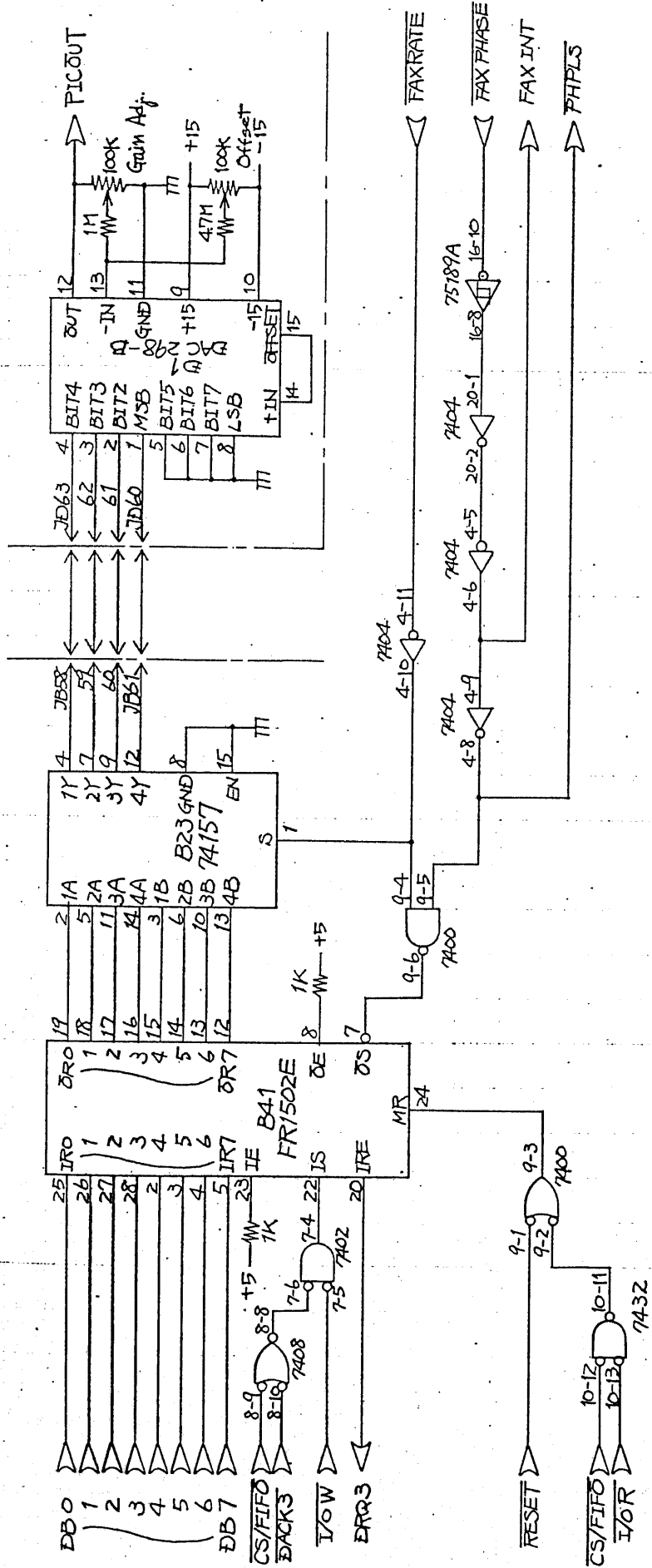


1 2 3 4 5 6 7 8

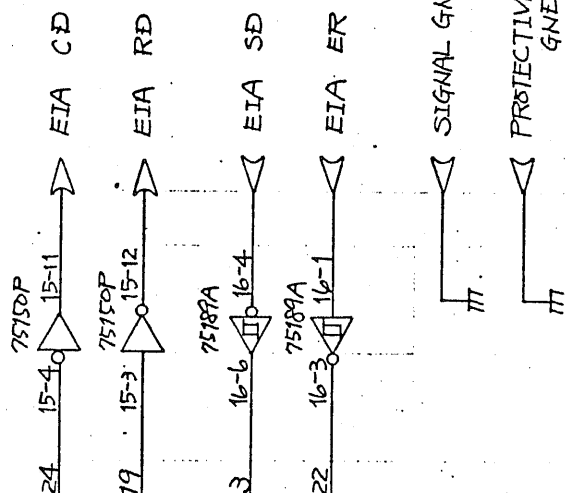
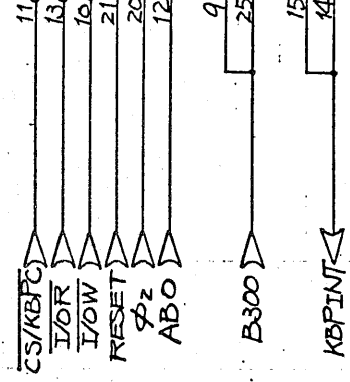
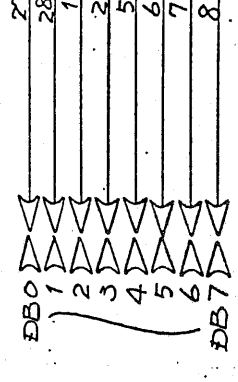
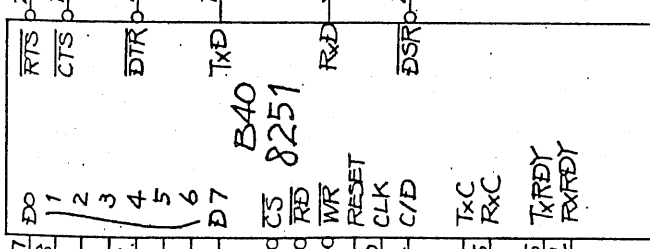




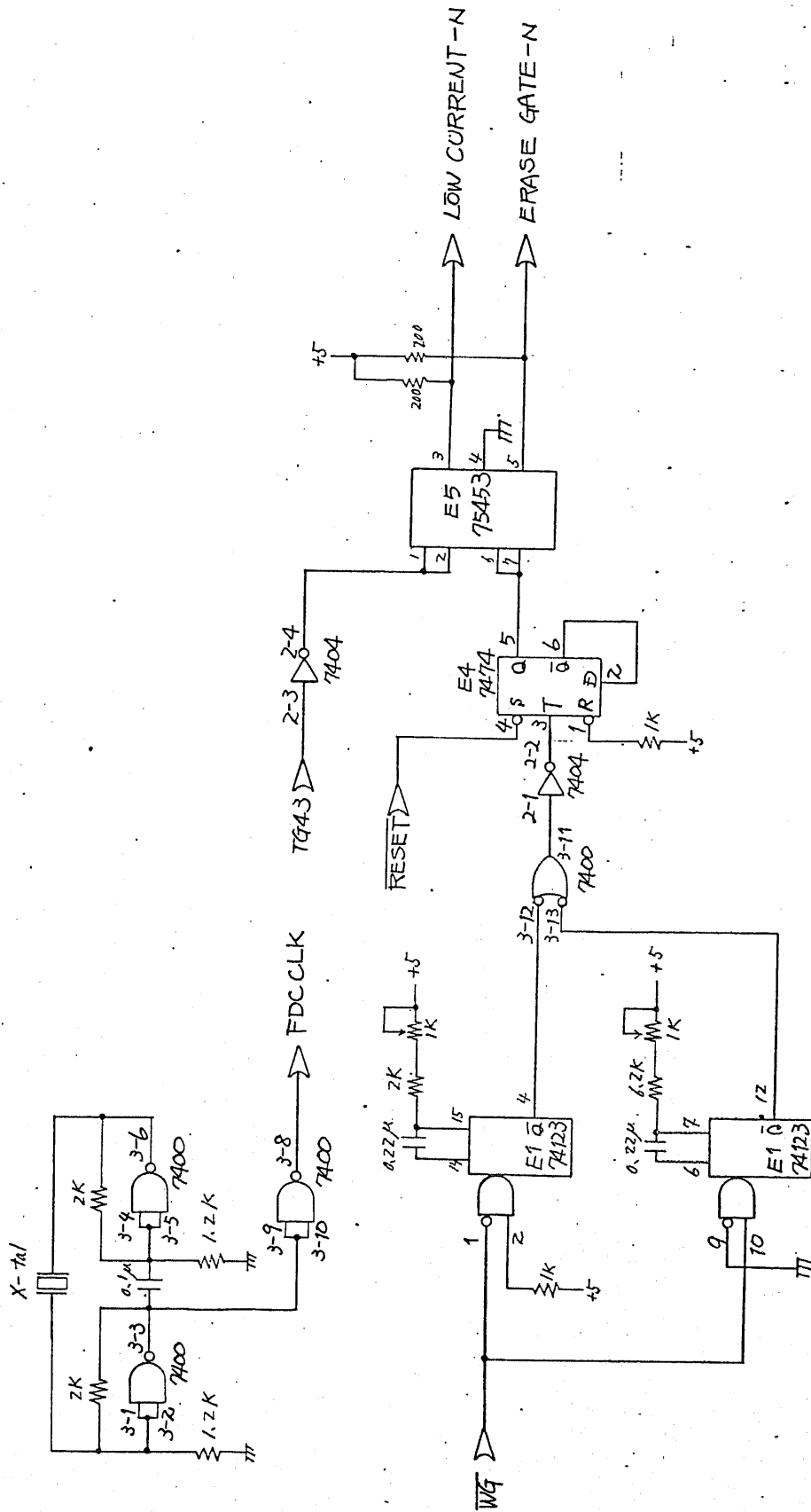
1 2 3 4 5 6 7 8



1 2 3 4 5 6 7 8

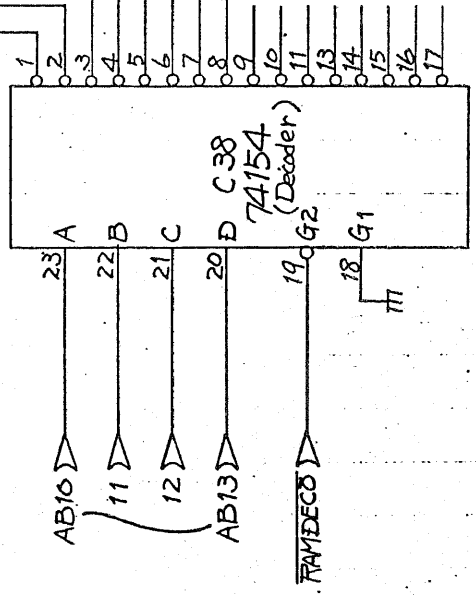
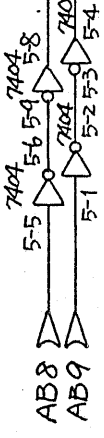
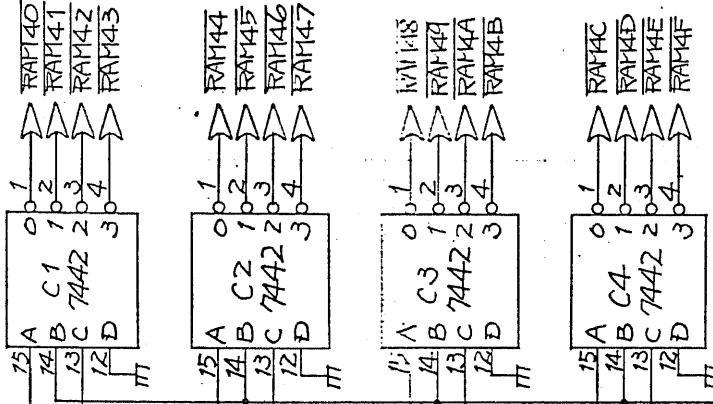
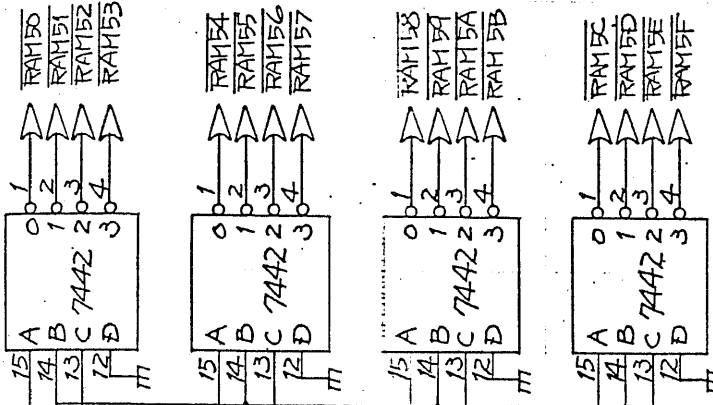


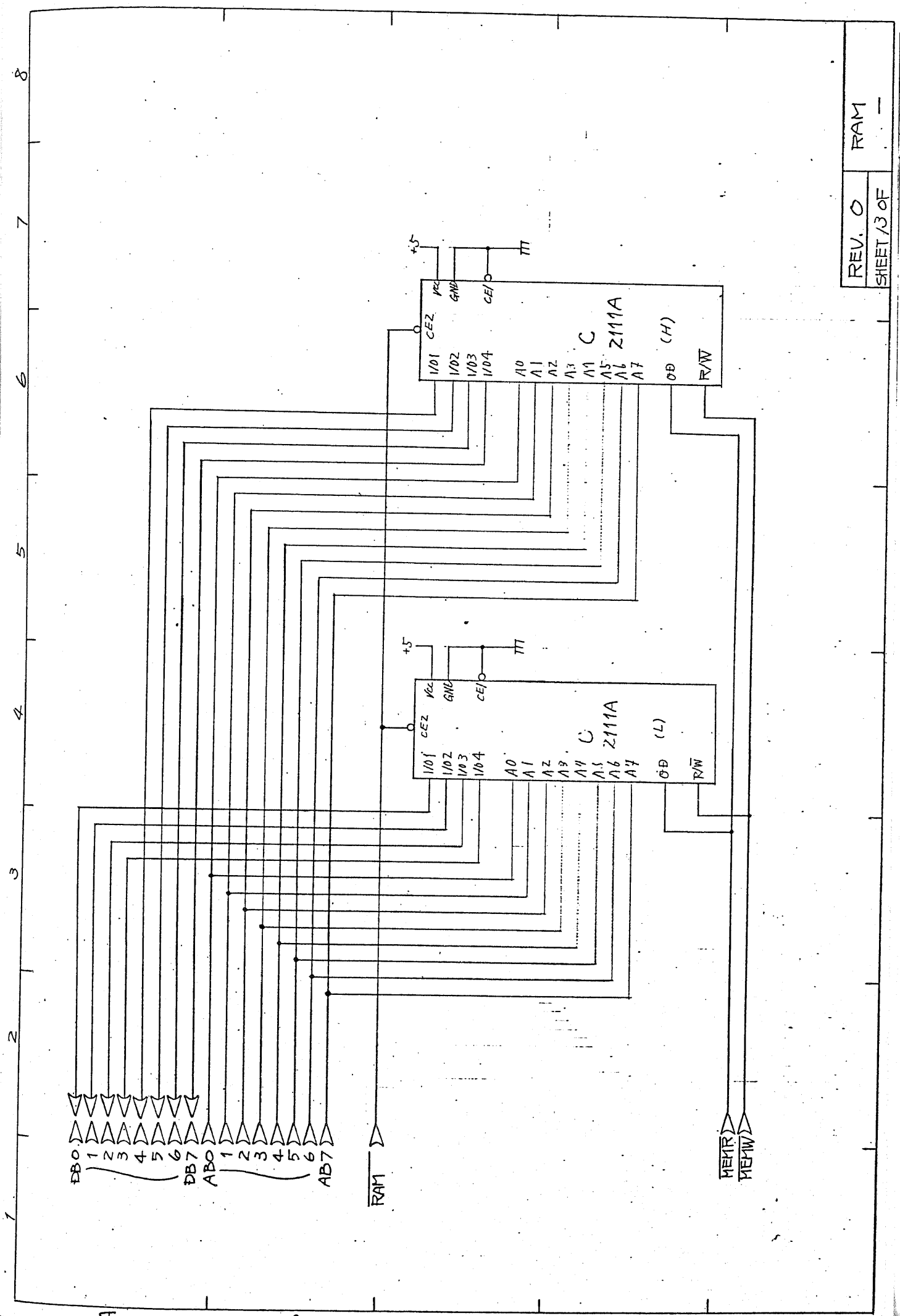
1 2 3 4 5 6 7 8



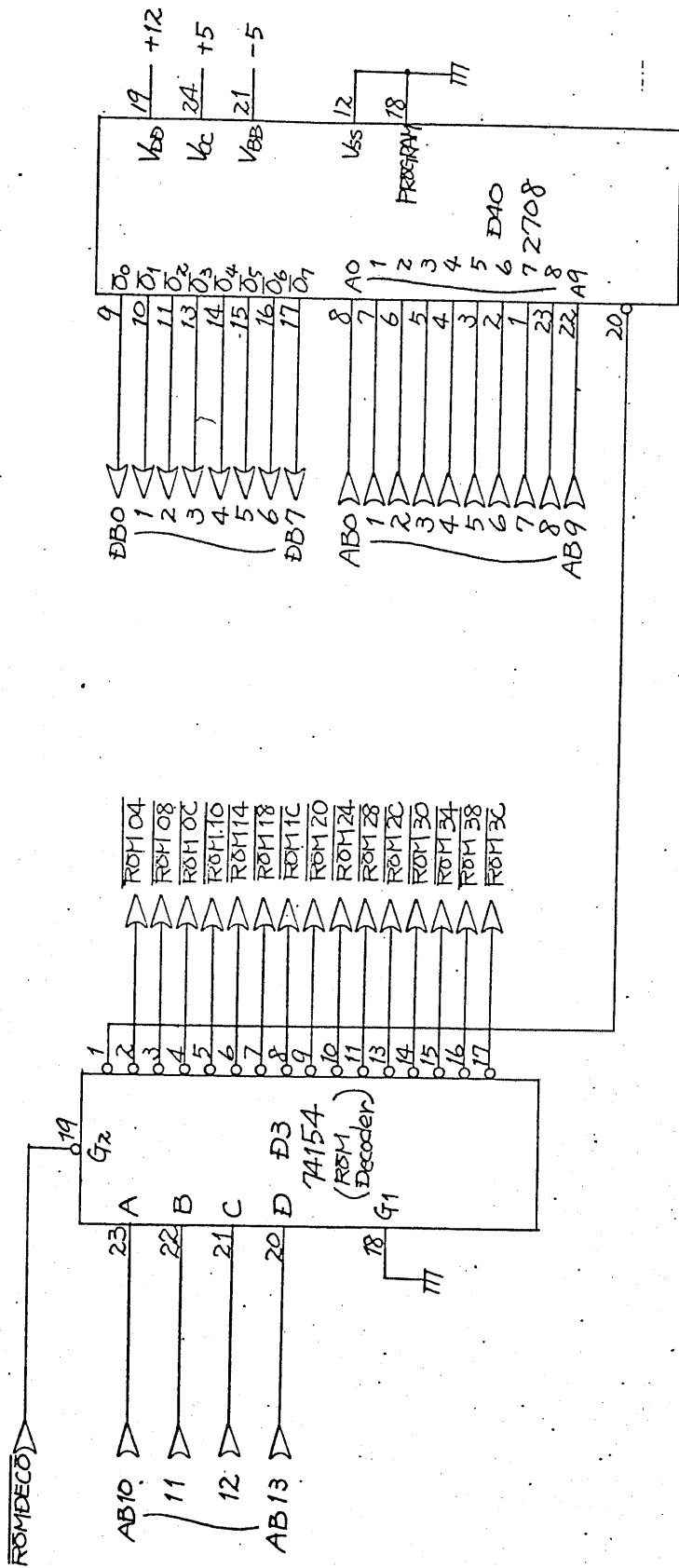


1 2 3 4 5 6 7 8





1 2 3 4 5 6 7 8



8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1

A B C D E

