

## 筑波大学学術情報処理センターにおける画像処理システム

池田克夫 西原清一 磯浜健一 中山和彦 (筑波大学)

## 1. はじめに

筑波大学学術情報処理センターでは、学術情報処理システム構築の一環として、総合的な画像および図形の処理システムの整備・開発を進めている。当システムは、複数の利用者により多目的に使用されることを想定しているため、次の点に配慮しつつ開発を進めている。

なお、当面の応用は環境関係、医療関係の画像処理と図形処理とを具体的な対象として予定している。

## 1) 画像の入力・解析・出力の機能および精度

画像の性質によって入出力および処理において要求される精度に大きな差異がある。また、処理に要する時間も精度に大きく影響されるのでこれらの間の整合が良くとれていること。ある程度の範囲で目的に応じた選択が可能なこと。

## 2) 図形の定義・生成機能

幾何学的な図形や模様などの定義や生成は広い応用を持つ分野である。一方、画像処理システムの入出力機器の利用も必要であり、画像処理と共通の資源管理が必要となる。

## 3) データ、プログラムの互換性

画像処理関係のライブラリの整備はSLIP<sup>(1)</sup>、SPIDER<sup>(2)</sup>、PAX<sup>(3)</sup>などに例がみられるが、数値解析のライブラリほどには一般的でない。これらは入出力が関係することもあるが、可能な限り互換性のよいシステムを目指さなければならぬ。

## 4) 画像データベース

SIDBA<sup>(4)</sup>のフォーマットを準用して、画像データベースの蓄積を計る。

## 5) 処理の安定性

特殊な入出力装置は応々にして動作の安定性に欠ける。これは、装置やインタフェースの設計・調整に原因があることが多い。このため、装置、インタフェースの試験、調整を厳密に行い、性能的な欠陥が動作の安定性に悪影響を及ぼさないように留意しなければならない。

## 6) 特殊処理用ホストとしてのコンピュータ・ネットワークへの接続

本システムは、単体の処理システムとしてのみならず、総合的な学術情報処理システムの中の一つのサブシステムとして機能することが望まれる。このため現在、計画・設計中の学術情報処理センターのコンピュータ・ネットワークに接続することを考慮する。

本稿では、システムの構成と特徴について述べる。

## 2. システムの構成 —ハードウェア—

図1に本システムのハードウェアの構成図を示す。以下にシステムの構成を機器の持つ機能により画像入力、画像出力、画像メモリ、画像処理に分けて特徴を説明する。

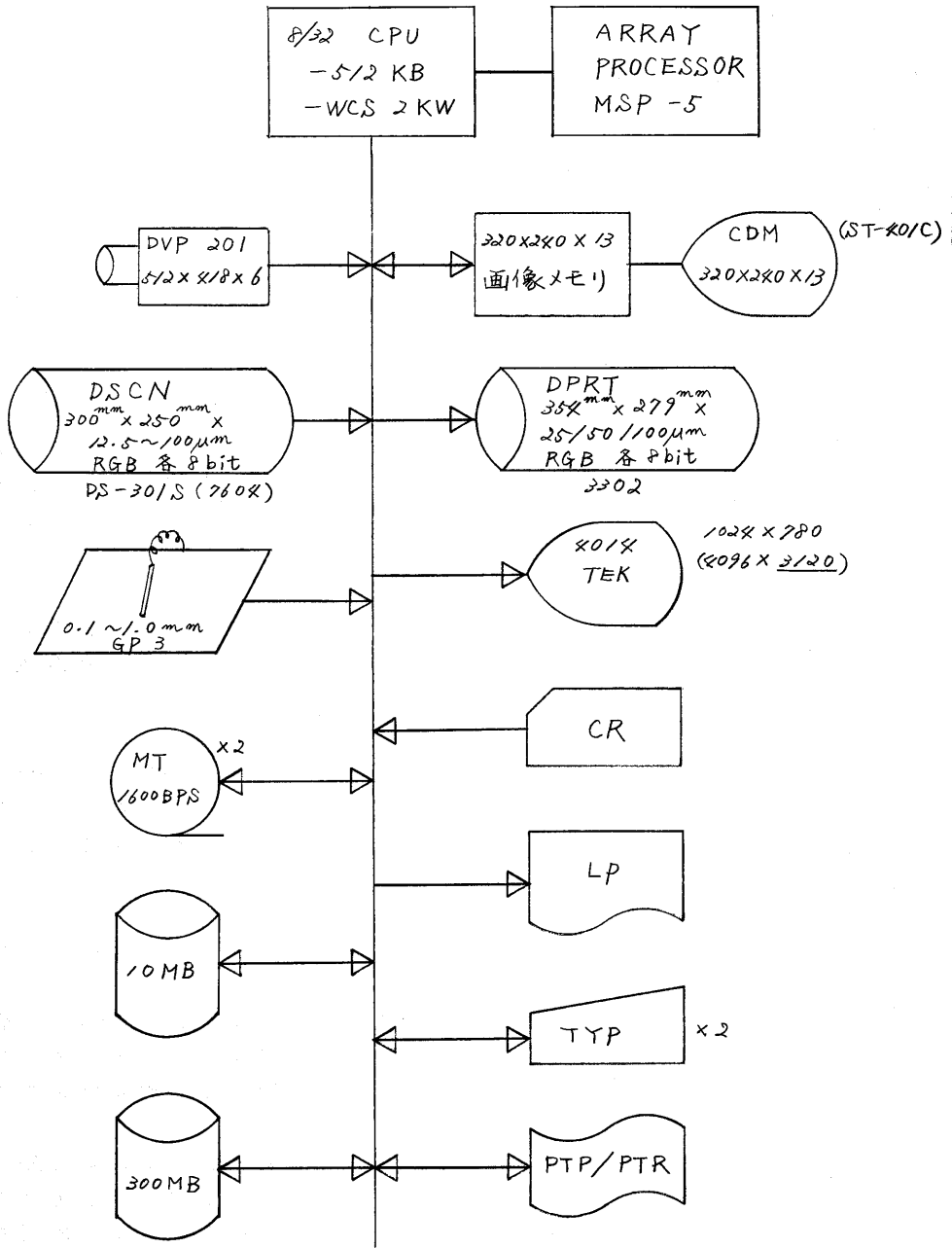


図1. システム構成

2.1 画像入力装置

画像入力装置は表1に示したようにビデオカメラ(DVP)とドラム形スキャナ(DSCN)とを備えている。これに加えて線図形の入力のためにグラフペン(GRPN)、カラーディスプレイ装置(CDM)および蓄積管形ディスプレイのジョイスティックがある。

装置名	入カ/出カ	精度	分解能	カラー	備考
デジタル・ビデオ・プロセッサ (DVP)	入カ	6 bit	512 × 512	手動フィルタ	対話型処理 DVP-201
カラー・ディスプレイ (CDM)	出カ/記憶/入カ	RGB各4bit/ B/W 6bit × 2 シンボル 1bit (合計 13 bit)	320 × 240	RGB/BW	対話型処理 A/Vキーボード; ジョイスティック テキストメモリ(80行×24列)7色 ST-801C
グラフペン (GRPN)	入カ	1 bit	0.1 ~ 1.0 mm		線図形処理 GP-3
蓄積管形ディスプレイ (TEK)	出カ	1 bit (6 bit)	1024 × 780 (8096 × 3120)	B/W	主として線図形処理 8014
ドラム形スキャナ (DSCN)	入カ	RGB各8bit	300 <sup>mm</sup> × 200 <sup>mm</sup> × 12.5 ~ 500 μm	RGB	高精度処理 DS-301S (7604)
ドラム形プリンタ (DPRT)	出カ	RGB各8bit	25 <sup>mm</sup> × 277 <sup>mm</sup> × 25/50/100 μm	RGB	高精度処理 3302

表 1. 画像入出力装置一覧

## 2.2 画像出力装置

画像出力装置は表 1 に示したようにカラーディスプレイ (CDM)、ドラム形プリンタ (DPRT)、および蓄積管形ディスプレイを備えている。

## 2.3 画像処理用メモリ

画像処理システムの一つの重要な要素は画像処理のために画像を格納しておくメモリである。本システムでは主記憶512KBおよびディスク装置 (10MB+300MB) の他に表 2 に示したように、高速の記憶装置を有しており、優れた応答性を得ている。

装置	容量	番地指定方法	速度	備考
CDM	320 × 240 ピクセル 13 bit / ピクセル	ピクセルの位置指定 (矩形領域の左下右下)	12 μs / ピクセル (13 bit)	カラーディスプレイ表示用であるが R/W 可

表 2. 画像処理用記憶装置

## 2.4 プロセッサ

本システムは interdata 8/32 計算機を中心に構成されているが、この他に表 3 に示したような処理装置を備え、高速の画像処理を可能にしている。

	容量・速度	主機能	ソフトウェア	備考
書き替え可能 制御記憶 WCS	2K - 32 bit アクセス 50 ns	16種のマイクロルーチン を収容する。	FORTTRAN用エンス メントパッケージ; マイクロプログラム開発 ツール	8x2 W利用可能 13ヶの入口が ユーザに残され ている。
アレー・プロセッサ MSP-5	2K - 24 bit 最大FFT 1K complex 2K real	ベクトル演算	MSP用ライブラリ (MSPUB) FFT, ベクトル演算	ファームウェアは 半固定
カラーディスプレイ のメモリ CDM	320x240ピクセル - 13 bit	行列の部分書込み, 読出し, データのシフト, データのマスク, データの 編集(ギャザー/スキャタ)	特になし	本来はカラーディ スプレイ表示用

表3. 画像処理機能

書き替え可能制御記憶(WCS)は 8/32 CPUの直接の機能拡張 / 高性能化に用いられる。WCSのための FORTRAN で使用する エンハンスメント・パッケージには基本的な初等函数が用意されているが、この他に 13種のユーザ・ルーチンの組込みが可能である。(表4参照)

アレー・プロセッサは大規模のベクトル演算や行列演算に偉力を発揮すると期待されている。このアレー・プロセッサはROMに記録されたファームウェアにて制御される。ファームウェアの変更はWCSほどには容易でないので事実上固定のプログラムとして使用される。システムにはFORTRANから呼出し可能なライブラリが用意されている。図2にプログラミング例を示す。また、表5に処理速度の一例を示す。

カラーディスプレイの画像メモリは、本来表示用のメモリが主な目的であるが、ピクセルの任意のビット位置への書込み読出しが共に可能である。この機能を利用すると、

行列の任意の位置へのデータの転送や、データのマスク、シフトが行える。また、カラー画像の処理において、色別の画像の各ピクセルを同じ語に編集したり、又は逆に、同じ語の中の各色の要素を別々の行列に分解したりするデータのギャザー / スキャタのような編集が容易にしかも高速に行える。

函数名	コア・メモリ μs	WCS μs
SQRT	81	35
EXP	118	55
SIN	116	46
COS	114	46
ALOG	111	49
DSQRT	147	61
DLOG	186	88

表4. WCSに13初等函数の計算速度

### 3. システム構成 —ソフトウェア—

本システムのソフトウェアの体系を図3に示す。

#### 3.1 I/Oドライバ

機能	平均時間 (ms)		
	512	1024	2048
Complex FFT	5.84	12.98	—
Real FFT	3.26	7.13	15.56
Vector Multiply	0.64	1.28	2.56
Scalar Multiply	0.64	1.28	2.56
Vector Add	0.41	0.82	1.64
Scalar Add	0.41	0.82	1.64

表5. アレー・プロセッサの処理速度

8/32のOS32システムでは、I/O装置の制御は原則として割込み駆動方式で組込まれる。CPUの割込み受付部はファームウェア化されている。一方、OSの資源管理およびSVCハンドラの規約も明確に定められている。標準的な入力装置に対してはシステムにおいてドライバ・ルーチンが供給されるが、画像入出力装置のような非標準的な装置の場合には各々についてドライバ・ルーチンを作成しなくてはならない。(図4参照) ドライバ・

```

C MSPLIB EXAMPLE #1
C PERFORMS THE CONVOLUTION
C RESULT = DATA *CONV* FILTER
C WHERE TRFIL = REAL FOURIER TRANSFORM (FILTER)
C AND *CONV* IS THE DISCRETE CONVOLUTION
C
C     DIMENSION DATA(1024), TRFIL(1024), RESULT(1024)
C SEND DATA TO MSP
C
C     CALL FLOAD(DATA,1024)
C
C     TRANSFORM
C
C     CALL RFFT(1024)
C
C     MULTIPLY TRANSFORMED DATA BY TRANSFORMED
C     FILTER FUNCTION
C
C     CALL RFTMUL(TRFIL,1024)
C
C     INVERSE TRANSFORM OF PRODUCT = RESULT
C
C     CALL RIFT(1024)
C
C ... FURTHER ARRAY PROCESSING COULD GO HERE ...
C
C BRING THE RESULT BACK INTO THE HOST
C
C     CALL FREAD(RESULT,1024)
C STOP
C END

```

図2 MSPプログラム例—コンボリューションの計算

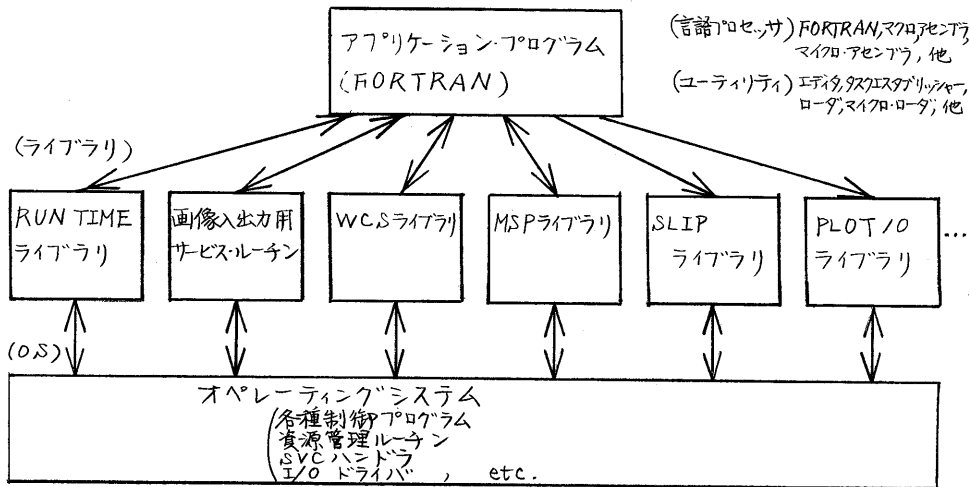


図3. 画像処理システムのソフトウェア

ルーチンをOSに組込んでおけば、ユーザ・プログラムは、割込み処理やその他の一切の特権状態を必要とする処理を自らで行うことなく、入出力装置を標準の手続(SVC)で駆動することができる。また、入出力装置のプログラムへの割付けも標準

的な ASSIGN コマンドにより行える。

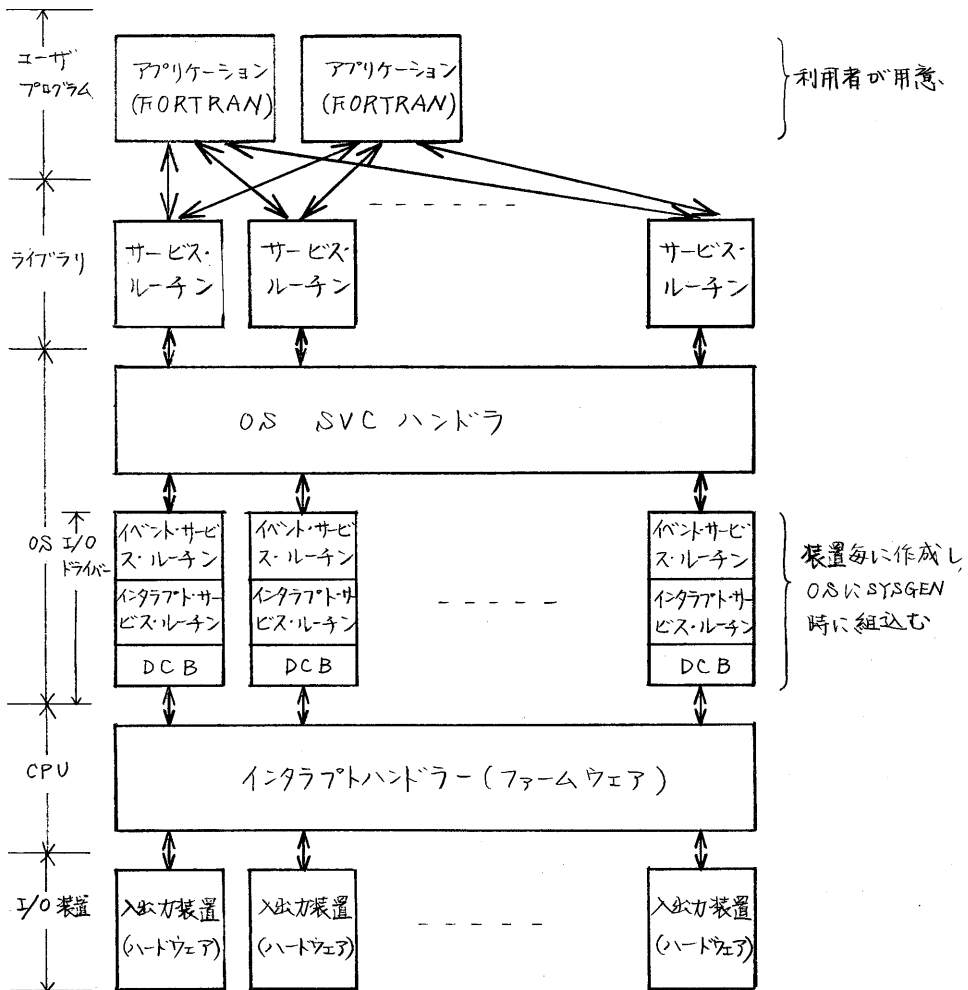


図4. 画像入出力装置制御のためのドライバおよびサービス・ルーチン

I/O ドライバは、入出力の駆動や終了処理および制御を行うイベント・サービス・ルーチンと、入出力装置から発生する割込みの処理の必要に応じて、ファームウェアのインタラプト・ハンドラから呼出されるインタラプト・サービス・ルーチンから構成される。I/O 装置の属性は DCB により記述され、I/O ドライバは、DCB のデータと、SVCL により要求された動作を指定する SVCL のパラメータブロックの中のデータを用いて入出力の制御を実行する。

### 3.2 サービス・ルーチン

高水準言語のプログラマが入出力の制御を SVCL (他の OS では EXCP のレベルに相当) を用いて記述することは、あまりにも機器の詳細にまで立入ることとなる。一般にはそのような必要は全くなく、標準的な制御手順により簡単に入出力装置

を利用できるようにすることが望まれる。高水準言語のプログラミングによって入出力プログラミングを能率よく行うため各装置についてサービス・ルーチンを作成し、ライブラリ・モジュールとしてシステムに登録して使用している。表6、7、8、9に各々DVP、CDM、DSCN/DPRT、GRPNのためのサービス・ルーチンを示している。尚、蓄積管形のディスプレイの制御にはPLOT 10を用いている。

機能	呼出し手順
カーソル位置の入力	RDPNT (機番、X、Y、濃度、状態)
画像の入力	RDAREA (機番、バッファ、X-beg、Y-beg、X-end、Y-end、X間隔、Y間隔、状態)

表6. DVPのためのサービス・ルーチン一覧表

機能	呼出し手順
画面の消去	CDERS (機番、モード、マスク、状態)
表示モードの設定	CDMODE (機番、モード、マスク、状態)
ランプの制御	SETIND (機番、モード、マスク、状態)
画像の出力	WRTIMG (機番、X-beg、Y-beg、X-end、Y-end、バッファ、データ長、マスク、シフト数、状態)
画像の入力	RDIMG (WRTIMGと同様)
テキストの出力	WRITXT (機番、行位置、文字位置、バッファ、転送文字数、データ・バイト数、色、停止コード、状態)
テキストの入力	RDTXT (WRITXTと同様)
鍵盤の入力	RDKEY (WRITXTと同様)
カーソル位置の入力	RDCURS (機番、バッファ、転送点数、モード、サンプル時間、状態)

表7. CDMのためのサービス・ルーチン一覧表

機能	呼出し手順
画像の入力 (DSCN)	DRAREA (機番、X-beg、Y-beg、X-end、Y-end、バッファ、サンプル間隔、スリット・サイズ、モード、状態)
画像の出力 (DPRT)	DPAREA (DRAREAと同様)

表8. DSCN/DPRTのためのサービス・ルーチン

機能	呼出し手順
ペン(カーソル)位置の入力	POINT (機番、バッファ、状態)
曲線の入力	CURVE (機番、バッファ、バッファ容量、読込点数、モード、状態)

表9. GRPNのためのサービス・ルーチン

### 3.3 擬似装置によるプロセス間通信

多くのジョブでは **入力** → **処理** → **出力** の形式で処理が行われる。画像処理の場合

のように入力部、出力部が装置依存のプログラムとなり、しかも、装置の種類が多い場合には、一つのプログラムに多種類の入出力機能を含めることをせずに、処理部と入出力部とを分離しておきたい。また、別の要求として、二つのジョブステップの連絡を行う一般ファイルを“束ファイル”として作るためのファイルスペースや入出力時間を節約したい。このような要求は、予め独立のプログラムとして作成しておいた入力部、処理部、出力部を擬似装置を介して結合することにより解決することができる(5)。

本システムにはこの目的で使用するための擬似装置およびこの装置のためのドライバを登録している。

#### 4. 会話型画像処理研究システム

画像処理のアルゴリズムを研究するためには、画像に対する各種の演算を会話型に選択実行して、結果を観察しながら処理を進めて行くことが有効であると考えられる。(図5参照) この目的のために、ライブラリ中の主要な画像処理ルーチンを利用して会話型画像処理研究システムを開発中である。

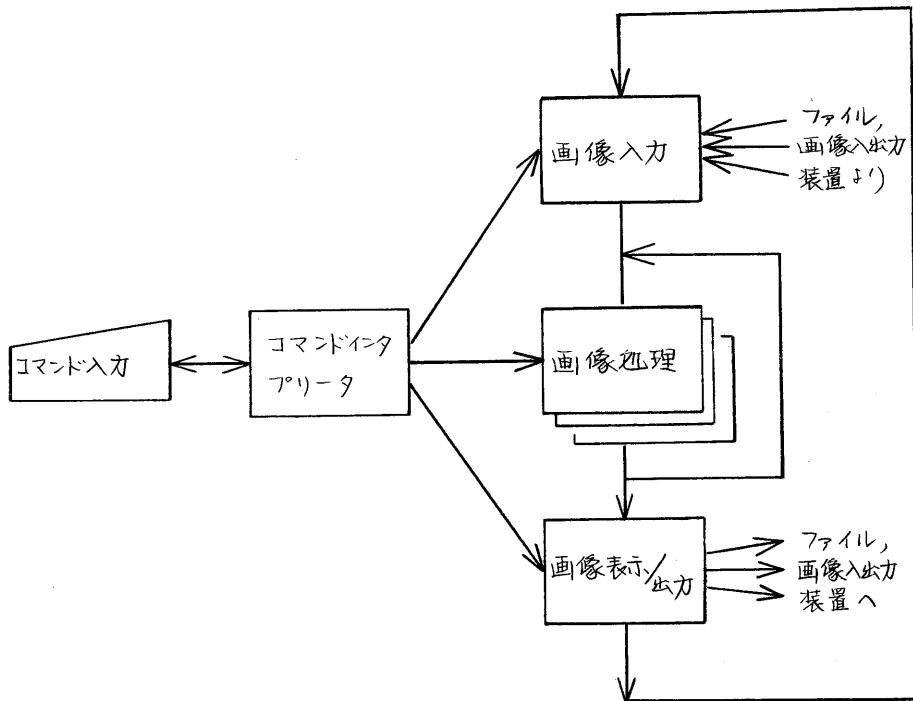


図5. 会話型画像処理研究システム

##### 4.1 コマンドの概要

コマンドはライブラリ・モジュールの名前にほぼ添った名前を与えられる。パラメータは必要最小限に止め、画像のサイズ等はデフォルトの値を予め設定しておく。コマンドの種類は大略次の通りである。

###### i) 画像の入出力



- ii) 画像に対する演算  
算術演算、微分オペレータ、AFFIN変換、FFT、閾値処理、細線化、フィルタリング、レベル変換、部分画像/画素の抽出、境界線追跡、連結成分処理、パターン・マッチング
- iii) 画像の特徴抽出 / 各種設計処理  
領域数、各領域の特徴数、一致度、連結数、距離変換、ヒストグラム、最大/最小値、極大/極小値
- iv) デフォルト・パラメータ設定
- v) システムの制御

## 5. おわりに

筑波大学学術情報処理センターの画像処理システムの構築は緒についたばかりである。現状はシステムの中核となるプロセッサに画像入出力装置を順次接続し、I/Oドライバー、サービス・ルーチンの作成が完了した段階であり、システムの本格的利用および、研究用システムの開発はこれからである。

本センターとしては、各種の画像処理パッケージや画像データベースの収集にも心掛けて、幅広い応用が可能なシステムとして成長させたいと考えている。

末筆ながらSLIPを提供して下さった名古屋大学鳥脇純一郎助教授に深甚の謝意を表す次第です。

## 参考文献

- (1) 鳥脇, 福村, 画像処理サブルーチンライブラリSLIPについて, 情報処理学会コンピュータ・ビジョン研究会資料, 1979,5.
- (2) 田村, 坂根, 富田他, SPIDER — ポータブルな画像処理サブルーチンパッケージ, コンピュータ・ビジョン研究会資料, 1979,11.
- (3) E.G. Johnston, The PAX II Picture Processing System, Picture Processing and Psychopictorics, pp. 427-512, Academic Press, 1970.
- (4) 尾上, 高木, 標準画像データフォーマット, 情報処理学会・イメージプロセッシング研究会資料, 1976,11.
- (5) 池田, タミ-デバイスを用いたプロセス間通信, 情報処理学会大会, 2J-2, 1979.
- (6) Common Microcode Assembler Language User's Manual, Interdata, 1975.
- (7) MSP-5 Peripheral Array Signal Processor Operation and Maintenance Manual, Computer Design and Application Inc., 1977.