

画像処理支援システム IPSSSENS の開発†

谷口 倫一郎^{††} 一番ヶ瀬 広^{††} 河口 英二^{††}

著者らは、画像処理アルゴリズム研究の汎用的ツールとして、画像処理支援システム IPSSSENS を開発した。このシステムは、種々の画像データの処理に対応できるように、柔軟性があり、かつ拡張性のあるものを目指している。特に、従来の画像処理システムでは取り扱いにくかった画像データ間の関連性を取り扱うために、画像関係データを導入し、画像データの関係を簡単な木構造で表現できるようにしている。また、各ユーザの要求レベルに応じて、各々が適当な画像処理コマンドを作成できるような画像処理コマンドプロセッサを組み込んでいる。これは、FORTH 言語を核として、画像処理用に拡張したものであり、FORTH の持つ自己増殖性・会話性を利用して、新しいコマンドを容易に作成することができるものである。本論文では、このような特徴を持つ IPSSSENS に関して設計方針・画像データ構造・開発したシステムの構造・画像処理コマンドプロセッサの構成等について述べている。

1. ま え が き

計算機によるデジタル画像処理は、計算機システムの発達とともに、近年急激にその研究領域を広げてきており、そこで対象とされる画像の種類は、2値画像、カラー画像、動画等多岐にわたり、また研究開発されている画像処理の手法、アルゴリズムは相当数にのぼってきている。このような状況を背景として、画像処理研究の促進およびその成果の集積を目的とした画像処理技術に関する標準化がいくつか行われている^{1),2)}。

しかし、実際に画像処理アルゴリズムの研究を行う場合、これらの集積された画像データ/画像処理プログラムを効率的に管理運用するためのツールがなければ、必ずしもそれらの有効利用は容易ではない。特に、将来の画像処理技術の発達に適用可能な、機能性・拡張性に富んだ画像処理支援環境の整備が必要である。

従来より、多数の画像処理システムが開発されてきたが³⁾、それらの多くは目的指向であるため、種々の画像処理アルゴリズムの研究を行うためのツールとしては、いくつかの問題点があった。特に重要な問題としては以下の2点が挙げられる。

- (1) 取り扱う画像データの種類が限定され、しかも画像データの本質的構造が必ずしもその蓄積・管理方法に反映されていない。これは、画像データを単に2次元の配列としてのみ取り扱うシステ

ムが多いため、画像データ間の関連性を取り扱うことができないということである。例えば、カラー画像のように、赤・緑・青の3つの特徴画像から成る画像に関しても、赤画像・緑画像・青画像が独立にしか管理されないというようなことがある。

- (2) システムの柔軟性・拡張性に乏しい。特に、システムに対する要求のレベルが各ユーザで異なってくる場合、システムがそれにどれだけ対応することができるかということが問題である。例えば、あるユーザは定型的な画像処理しか行わないが、他のユーザは細かく処理のパラメータ・手順を変更するという場合に、システムがどちらのユーザにとっても利用しやすいものでなければならないということである。したがって、各ユーザがそれぞれの要求レベルに応じて画像処理コマンド体系を構築できることが望ましい。

我々はこのような問題点を解決すべく、種々の画像処理アルゴリズム研究のツールとしての画像処理支援システムの開発を行った。

本論文では以下に、プロトタイプとして作成した IPSSSENS (Image Processing Support System for Experimental Studies) の、設計方針⁴⁾・画像データ構造・システム構成・画像処理コマンドプロセッサ⁵⁾等について述べる。

2. 設 計 方 針

IPSSSENS は、種々のユーザにとって満足できる汎用の画像処理環境を提供することを目的として開発したが、その主な設計方針は以下のとおりである。

- (1) 画像の入出力・蓄積管理・画像処理のモニタ

† Implementation of IPSSSENS—Image Processing Support System for Experimental Studies by RIN-ICHIRO TANIGUCHI, HIROSHI ICHIBANGASE and EIJI KAWAGUCHI (Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University).

†† 九州大学大学院総合理工学研究科情報システム学専攻

等は、基本的には対話型で行う。初心者にも容易に使用できるように必須パラメータに関する Q/A 機能・省略時解釈機能・ヘルプ機能等を設ける。

(2) 複数ユーザによる同時利用を可能とする。特に画像データベースを共同利用ができるよう留意する。

(3) 拡張性の高いシステムとする。特にユーザごとに、独自の画像処理コマンド体系を作成可能とする。このため、IPSENS の動作モードを、画像データ管理モード（基本モード）と画像処理実行モードとに分け、後者ではプログラミング言語 FORTH を基盤とした画像処理コマンドプロセッサ (IPCP) のもとで、画像処理コマンドの実行管理を行わせることとする。

(4) ユーザが IPSENS の動作モード下でなく、ユーザプログラムから IPSENS の管理下にある画像データベースおよび画像入出力装置をアクセスするためのプロシジャライブラリを用意する。

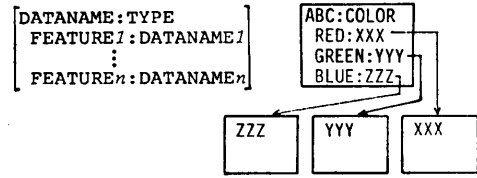
(5) 画像データは、情報処理学会制定の標準画像データフォーマット（以後、「標準画像フォーマット」と呼ぶ）に準拠した形で二次記憶に蓄積する。このフォーマットを用いることによって、計算機の記憶容量より大きい画像を取り扱うことが可能となる。

(6) 複数画像データ間の関係を記述するための画像関係データを導入し、(5)と同様二次記憶に格納する。（これに関しては3章で詳しく述べる。）

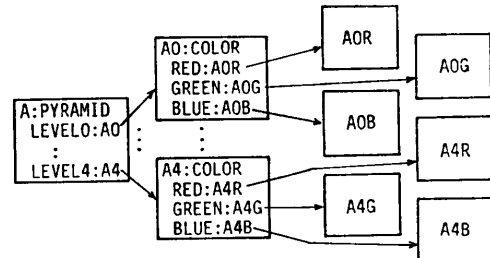
(7) 既存のサブルーチンライブラリ (SPIDER 等) の活用を図るためそれらを画像処理コマンドとして直接実行できるようにする。

3. 画像データの形式

画像データを蓄積しておく場合にどのような形式で蓄積するかということは重要な問題である。IPSENS は画像データの蓄積・検索を目的としたシステムではないので、蓄積効率には特別の注意を払っていない。しかし、多様な画像データを管理するために標準画像フォーマットに準拠したデータ構造を画像データベースのフォーマットとして導入した。このフォーマットでは1つの画像を部分画像に分割することができるので、大容量の画像に関しても部分画像単位で処理を行うことができる。画像データベースはランダムアクセスを行うため、蓄積効率・アクセス効率が良くなるよう物理記録長を固定とした。実際の物理記録



(a) Basic image relation data.



(b) Hierarchy of image relation data.

図 1 画像関係データの概念

Fig. 1 Concept of image relation data.

長はヘッダの長さと同じ512バイトである。

標準画像データフォーマットを導入することによって、様々な画像データに対応することができるようになったが、これはスカラ画像に関してだけであり、ベクトル画像あるいは画像集合をいかにして総括的に管理するかという問題は残っている。例えば、カラー画像（赤・緑・青の特徴画像からなるベクトル画像）は、赤・緑・青の各画像が別個に管理されていることになり、これらの関連性はユーザが責任を持たねばならない。したがって、赤画像だけを誤ってデータベースから消去してしまうといった事態が起こり得る。このような欠点を除き、画像集合を総括的に管理するため、IPSENS では通常の画像データとともに画像関係データをデータベースで取り扱うことができるようにした。画像関係データの概念図を図1に示すが、画像関係データは、一つの画像データを構成する画像実体（特徴画像）の集合を記述した表であり、画像集合を表すデータ名、画像集合の型名（カラー・複素数等）、構成する特徴名のリストおよびそれに対応する画像データ名のリストから成っている。画像関係データを用いて一つの特徴画像を指定するには画像関係データの名前と要素名を指定すればよいことになる。

この画像関係データは、単なる画像集合の記述だけでなく、1つの画像データの持つ多面性—ある画像がカラー画像の赤成分であると同時に他のピラミッド構造を構成する画像の一部である—というようなことを容易に記述することができる。また、画像データのレ

ベルでは画素の属性はそのビット数しか考慮していないが、この画像関係データを属性の記述に利用することにより種々の属性を陽に管理することもできる。

IPSENS では標準的な画像関係データの型として COLOR・COMPLEX・PYRAMID・SEQUENCE の4つの型を用意している。画像関係データを用いて、複数の画像実体を画像データベースへ格納するとき、システムは各画像実体間の画像構造が正当な関係にあるかを調べる。例えば、カラー画像の場合は赤・緑・青の各画像のフレームの構造・画素値の属性が等しいかが調べられる。

さらに IPSENS では、拡張性を考慮して、新たな画像関係データの型を定義する機能を持たせている。この場合ユーザは、その画像データの型を構成する特徴の名前および各特徴画像の構造の関係を記述することができる。構造の関係を記述に用いることのできる要素は、標準画像フォーマットのヘッダ部の項目であり、それらに関して、等号・不等号・四則演算子を用いて関係を記述することができる。例えばシステム標準の PYRAMID の場合は以下ようになる。

FEATURE: LEVEL(*i*)

CONDITION:

(LEVEL(*i*).FX=LEVEL(*i*+1).FX*2,

LEVEL(*i*).FY=LEVEL(*i*+1).FY*2,

LEVEL(*i*).PIXEL=LEVEL(*i*+1).PIXEL)

ただし FX, FY はヘッダ部の項目, PIXEL はヘッダ部で画素の属性を示す項目である NBIT, EBIT, LR, SCALE を示す。

IPSENS では、画像関係データの階層的使用を許しており、ピラミッド形式のカラー画像という記述が可能である。この場合、画像集合は画像関係データの木構造として表現され、葉に2次元画像配列データが対応付けられる(図1(b))。

この画像関係データを用いて画像集合を表現した場合、個々の画像実体を指定するための表記法は本システムでは、

データ名\特徴名\…\特徴名

とした(\\は区切り記号)。データ名は、画像集合全体を表現する木構造の頂点にある画像関係データに記されている名前である。なお、標準画像フォーマットのサブフレームを指定する場合は上の表記に〔サブフレーム番号〕を連結することにした。

4. IPSENS の構成

IPSENS は図2に示すハードウェアシステム上で動作し、そのソフトウェアは図3に示すように2つのサブシステムから構成されている。汎用機(M-240H)

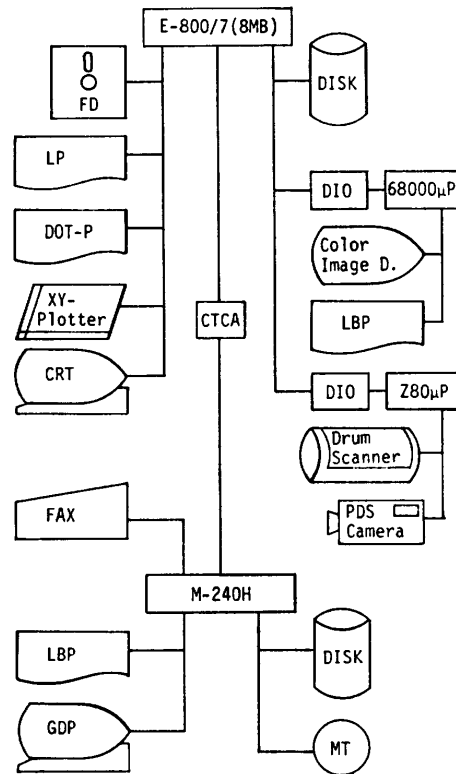


図2 IPSENS のハードウェア
Fig. 2 Hardware system of IPSENS.

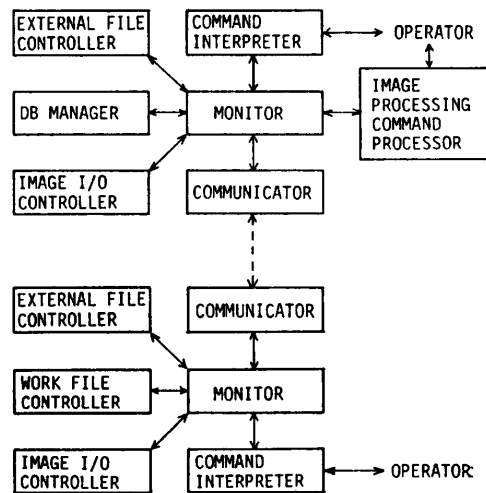


図3 IPSENS のソフトウェア
Fig. 3 Software organization of IPSENS.

側は画像データ管理サブシステム (IDMS) として動作し、ディスク上の画像データベースにおけるデータの蓄積管理・検索および画像処理コマンドの実行を行う。一方ミニコン (E-800/7) 側は画像入出力サブシステム (IPMS) として動作し、非標準画像入出力装置の制御および作業用画像ファイルの管理等を行う。

IPSENS では、複数の IDMS を TSS 環境下で並行に動作させるため、IDMS の使用する装置の動的割り当て、資源管理 (共用/排他制御) を行っている。IPMS も IDMS から見た場合 1 つの資源として取り扱うため、IPMS がスレーブ、IDMS がマスタという関係になっている。

画像の入力は、装置が IPMS で制御されており、対象物と入力装置の位置合わせ・モード設定等マニュアルでの調整が必要なものが多いので、IPMS の作業ファイルに画像データを一度取り込み、適当と判断したものを IDMS へ転送するという方式を用いることとした。

一方、画像出力に関しては、入力の場合ほど詳細な条件設定を行う必要はないが、使用頻度が高くなるため、その度に条件を設定するのは煩雑である。特に一連の画像処理を行っている場合、出力の条件が大幅に変わることは少ない。そこで、IPSENS ではユーザが定義する出力参照リスト (出力装置・大きさ・位置・サンプリングピッチ・濃淡/2 値等を指定したリスト) を記憶しておき、Image I/O Controller はそれを参照して出力を行うという方式を採用した。したがって、ユーザは必要に応じて、参照リストの必要な項目のみを変更するだけで出力形態が変更でき、画像出力を指示するときの煩雑度が緩和される。

図 3 の各モジュールのうち画像処理コマンドプロセッサ (Image Processing Command Processor) については、次章で述べるが他については、誌面の都合上省略する。

5. 画像処理コマンドプロセッサ

IPSENS の基本設計方針は、「汎用的な画像処理支援環境を提供し、各ユーザがその下で会話型で画像処理の実験を行い、また、要求レベルに応じて独自の画像処理コマンドを作成できるようなシステム」を作成することであった。筆者らは、FORTH 系言語の持つ良好な会話性・階層性・拡張性⁹⁾ が上述の条件に合致することに着目し、画像処理コマンドプロセッサを

FORTH 系言語を基盤にして作成した。

5.1 画像処理コマンドプロセッサへの FORTH の拡張

FORTH は基本的にはインタプリタ言語であり、実行速度の点ではコンパイラ言語に比べると遅くなる。したがって、コマンド処理系を FORTH を核として作成した場合は、計算量の多い基本的な画像処理ルーチンを画像処理ユニットとしてコンパイラ言語等で記述しておき、画像処理コマンドプロセッサでは、画像処理ユニットの組合せとしての実行手順を制御するという構成が適している。ユーザは、FORTH のワード定義機能を利用して独自のワード (コマンド) を作成することができるだけでなく、その会話性を利用してユニットの組合せや処理手順、またパラメータの変更を容易に行うことができる。

ベースとした FORTH は FIG (Forth Interest Group)-FORTH であるので、ここではシンタックス等についての詳細は省略するが、FORTH を画像処理コマンドプロセッサの核として用いるために、画像処理用ワードの付加等、以下の拡張・再構成を行った。

(1) データ型の整備

IPCP でサポートするデータ型は、整数 (8 bits, 16 bits, 32 bits) ・実数 (32 bits, 64 bits) ・複素数・文字列・配列 (1~3 次元) とした。

(2) 画像ファイルのアクセス機能

IPSENS の画像データベースと IPCP で定義した画像配列の間で画像データの読み出し・書き込みを行うためのワードを付加した。また、IPCP の記憶領域を有効に利用するため、当面必要でない画像データを一時的に退避しておく一時退避ファイルを作成し、そのアクセスのためのワードを付加した。

(3) 画像の表示・印刷機能

画像処理の状況をユーザがモニタするための表示・印刷用ワードを付加した。なお画像の入力に関しては、一度画像データベースに画像データ管理モードで入力したものを (2) のワードで読み込むという形式をとったため、直接画像入力装置を動作させるためのワードは作成していない。

(4) 外部プログラムの動的呼出し機能

FORTAN 等で記述されたサブルーチンプログラムを IPCP の記憶域に動的にロードして実行させるワードを準備した。このワードを用いることによって、SPIDER 等既存の画像処理プログラムの呼出

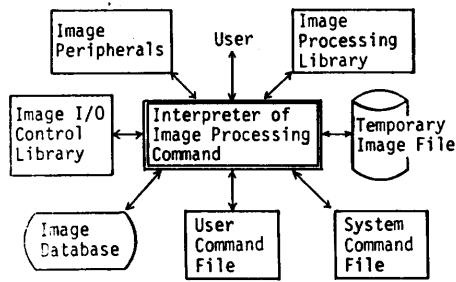


図 4 IPCP の構成

Fig. 4 Structure of IPCP.

しを可能にしており、多種の画像処理が即実行可能となっている。

5.2 IPCP の実行環境

IPCP のアクセスする、ファイル・入出力装置の構成は図 4 のようになっている。IPCP のコマンドファイルとして、システムコマンドファイルとユーザコマンドファイルがあり、どちらもコマンドのワード定義がソース形式でテキストファイルとして格納されている。ユーザは必要に応じてコマンドファイル中のコマンドワードを直接実行するか、あるいは IPCP のワード辞書中に登録して用いることができる。ユーザコマンドファイルは各ユーザごとに作成され、独自のコマンド処理体系が構築できる。一方、システムコマンドファイルは、SPIDER ルーチン呼出しワードをはじめとして、IPCP 言語で記述された各ユーザ共通のユーティリティが登録されている。

画像処理ライブラリは、FORTRAN 等、コンパイル言語で記述されたプログラムモジュールの集合であり、必要なプログラムがコマンドに応じて動的に主記憶にロードされ実行される。

一時退避ファイルは、画像データの退避等に頻繁に使用するため、高速アクセス可能な仮想入出力ファイル⁷⁾を用いて、処理速度の向上を図っている。

6. 開発状況

IPSSENS は九州大学大学院総合理工学研究科情報システム学専攻教育用計算機システム (M-240 H・E-800/7) 上に作成した。M-240 H 上で動作する IDMS は、画像データのための記憶領域をできる限り大きく取れるよう、管理プログラムの一部だけを常駐化し、ほとんどの部分はコマンド入力に従って動的にロードされ、実行されるようにした。また、画像データベースはアクセス速度を早くするため VSAM ファイル⁸⁾を使用した。

表 1 IPSSENS のコマンド
Table 1 Commands of IPSSENS.

種 類	コ マ ン ド
画像データベース管理	DB* STATUS DIRECT MASTER* OWNER* CONDENSE
画像データファイル管理	COPY DELETE RENAME CHANGEH* LISTH* DBCOPY* SPLIT* MERGE* ALLOC* FAXCONV*
外部ファイルアクセス	LOAD* DUMP* BACKUP* RECOVER*
画像入力・出力	INPUT* OUTPUT EDIT-ORL
システム制御	HELP BREAK* TSS* END
IPCP 起動	EXPR*
画像関係データ管理	DEF-TYPE* MAKE-IRD* DEL-IRD*

† IPMS でのみ受け付け可能

* IDMS でのみ受け付け可能

表 2 IPCP の拡張ワード
Table 2 Extended words of IPCP.

種 類	ワ ー ド (コ マ ン ド)
コマンドファイル指定	SYSFILE USELIB ALLLIB USERFILE ULOAD ALOAD
画像ファイルアクセス	READ-IMAGE WRITE-IMAGE REWRITE-IMAGE READ-SUB WRITE-SUB ALLOC-IMAGE READ-HEADER PUSH-IMAGE POP-IMAGE
画像データ入出力関係	OUTPUT DISPLAY DCL-ORL DCL-HEADER EDIT-ORL EDIT-HEADER
配 列 処 理	ARRAY1 ARRAY2 ARRAY3 REF1 REF2 REF3 SET1 SET2 SET3 SIZE1 SIZE2 SIZE3 DIMENSION PRECISION BODY AREA
TSS コマンド実行	TSS

作成に使用した言語は、IDMS に関しては、PL/I (約 10,000 行)、アセンブラ (約 20,000 行) であり、そのうち IPCP はアセンブラ (約 9,000 行)、IPMS は PASCAL (約 5,000 行)、アセンブラ (約 1,000 行) である。また IDMS の常駐部の大きさは約 30KB である。表 1 に作成した IPSSENS のコマンド一覧表を示し、表 2 には IPCP のコマンドワードのうち、特に

表 3 IPSENS の性能
Table 3 Efficiency of IPSENS.

画像の大きさ	256×256	512×512	1024×1024
画像ファイルの複写 (database→database)	秒	秒	秒
(database→work file)	4.72	7.91	18.00
画像データの読み込み (from database)	1.97	3.18	8.05
(from temporary file)	0.24	0.30	1.08
画像データの書き出し (to database)	4.24	5.87	12.10
(to temporary file)	0.35	0.45	0.94
画像の表示 (CRT) (カラー)	5.22	13.18	44.47
(モノクロ多値)	1.79	4.44	14.90
(モノクロ2値)	1.15	1.86	4.44
画像の印刷 (LBP) (モノクロ多値)	0.91	1.92	—
(モノクロ2値)	0.45	0.81	—
画像処理コマンド実行 (EGLP)	4.07	15.50	—
(image read+EGPR +image display)	25.21	90.82	—

(EGLP・EGPR は SPIDER のルーチン名)

拡張されたものを示す。

表 3 に IPSENS の基本的な処理性能 (データアクセス時間・画像表示時間等) を示す。利用者にとって、入出力に要した時間を含めた応答時間がどの程度であるかがシステムの操作性の大きな要因であるが、IPSENS の動作する TSS 環境下では他の計算機利用者の負荷によってかなり応答時間が異なってくる。したがって、表 3 での処理時間は IPSENS の性能を示す一応の目安として、他の計算機利用者が無い場合の実時間での応答時間を掲げている。

また、図 5 には、IPCP を用いてユーザが定義したコマンドの例を示す。この例は、濃度ヒストグラムの作成・閾値の決定・2 値化・周囲長の測定・閾値以下の領域の消去を連続して行うコマンド EXTRACT を定義している例 (a) である。①はコメント、②は使用するライブラリの指定、③はそのなかで使用するプログラム (コマンド) の指定 (システムコマンドファイルから対応するコマンド定義を登録する。コマンド ALLLIB を使用してすべての定義を一度にロードすることも可能である。)、④はコマンドの実行部である。一方 (b)、は、その定義されたコマンドを使用した例で、⑤はユーザコマンドファイルの指定および使用す

```

: EXTRACT
$ --- array1 array2 value (IN) $
$ (3RD) (2ND) (1st) $ ①
$ --- array2 (OUT) $

SYSFILE SPIDER.COMFILE ALLLIB ②

3RD 256 HIST1
RHST.HIST1 THDS2
3RD 2ND JTHD.THDS2 REFV 1 SLTH1
2ND 2ND 1 8 100 CLAB 0= IF
2ND 0 JNR.CLAB REFV STPT1
JNR.CLAB REFV 1 DO ③
2ND I 8 JF.STPT1 PRMT2
I JF.PRMT2 REF1 1ST <= IF
2ND I JF.STPT1 ERALBL
ENDIF
LOOP
ENDIF
2ND
FORGETV
;

(a) Definition of command EXTRACT.

USERFILE USER.FILE ④
ULOAD EXTRACT
512 512 32 ARRAY2 IP ⑤
512 512 32 ARRAY2 JP

" SAMPLE" IP READ-IMAGE ⑥
JP 20 EXTRACT ⑦
DISPLAY ⑧

```

(b) Use of user defined command EXTRACT.

図 5 IPCP の使用例

Fig. 5 Example of IPCP command definition.

るコマンドの指定、⑥は画像を格納するための画像配列の定義、⑦は画像の読み出し、⑧は EXTRACT の実行 (⑦の READ-IMAGE の出力 (配列) もオペランドになっている。)、⑨は結果の表示である。この例は IPCP の例を示すために多少、手順を煩雑にしているが、実際はユーザコマンドの定義を細かく行えば (例えば、配列の定義や画像の読み出しを EXTRACT の中で行う等) (b) の実行時の手順はより簡素化できる。

7. む す び

本論文では、汎用画像処理支援システム IPSENS について述べた。IPSENS は画像処理アルゴリズム研究のツールを目的として開発したもので、対話型で画像データの蓄積管理・検索・画像処理コマンドの実行等が可能である。設計にあたっては、システムの拡張性、柔軟性にも十分留意した。

IPSENS の特徴は、

- (1) 画像関係データと標準画像データフォーマットを併用することによって、多様な画像データ形式を管理することが可能になった。

(2) FORTH 言語をベースにした会話性のよい画像処理コマンドプロセッサを組み込んでおり、各ユーザが要求レベルに応じて画像処理コマンドを容易に作成することができる。

という2点である。

現在、IPSENS は画像情報の圧縮符号化や LANDSAT 画像の解析等に利用されており、研究の効率化に寄与しているが、さらに今後、ユーザの評価に基づいた拡張・改良を行うことにより一層有効な画像処理研究のツールになることが期待できる。また、コンピュータビジョン研究のツールとして利用すべく、LISP・PROLOG 等とのインタフェースの開発も進めている⁹⁾。

参 考 文 献

- 1) 尾上守夫：イメージプロセッシングの振興と標準化，情報処理，Vol. 21, No. 6, pp. 645-659 (1980).
- 2) 田村，富田，坂根，横矢，坂上，金子：SPIDER 一移植性の高い画像処理ソフトウェア・パッケージ，電子総合技術研究所集報，Vol. 44, No. 7-6, pp. 413-433 (1981).
- 3) Preston, K., Jr.: Image Processing Software, in Kanal, L.N. and Rosenfeld, A. (ed.) *Progress in Pattern Recognition*, pp. 123-148, North-Holland Publ. Co., Amsterdam (1981).
- 4) 一番ヶ瀬，谷口，河口：画像処理支援システム IPSENS について，昭 58 信学会情報・システム部門全国大会講演論文集〔分冊 1〕，S 7-3, pp. 455-456 (1983).
- 5) 一番ヶ瀬，谷口，河口，田町：画像処理支援システム IPSENS における画像処理コマンドプロセッサについて，昭 58 電気関係学会九州支部連合大会講演論文集，841, p. 475 (1983).
- 6) 井上外志雄：拡張性のある言語 FORTH, *bit*, Vol. 13, No. 14, pp. 20-33 (1981).
- 7) 日立製作所：プログラムプロダクト VOS 3/SP ジョブ制御言語，8090-3-802-10 (1982).
- 8) 日立製作所：VOS 2/VOS 3 VSAM 解説，8080-3-107-90 (1982).
- 9) 一番ヶ瀬，谷口，河口：画像処理支援システム IPSENS の拡張—Lisp interface を中心に—，情報処理学会第 28 回全国大会講演論文集，4N-5, pp. 989-990 (1984).

(昭和 60 年 2 月 12 日受付)

(昭和 60 年 3 月 20 日採録)