

画像処理のためのサブルーチンライブラリ SLIP について†

鳥 脇 純一郎^{††} 福 村 晃 夫^{†††}

本論文は、画像処理用サブルーチンライブラリ SLIP の概要を紹介している。SLIP は FORTRAN でかかれたサブルーチンの集合で、デジタル画像処理の実行に役立つ道具（ツール）の提供、および、画像処理アルゴリズムの組織的な収集、蓄積（アルゴリズムデータベースの提供）を目的として開発された。現在約 350 個のサブルーチンを含み、1975 年 1 月以来、5 年以上にわたって名古屋大学大型計算機センターのライブラリとして不特定多数の研究者の利用に供されてきたのみでなく、10 カ所以上の大学計算機室等に提供されてきており、十分な使用実績をもつ。その機能は、濃淡画像の解析、認識のための前処理、および、統計的パターン認識を中心とする。また、FORTRAN で書かれているため、異機種計算機への移植も容易である。本文では、SLIP の構成や開発の基本方針の概要、機能の詳細、問題点、等を整理しつつ述べることにより、今後、さらに高度の画像処理用プログラムパッケージを開発するための資料を提供する。

1. ま え が き

デジタル画像処理は、最近では実用期に入ったと言われる。それと共に新しい応用分野も急速に拡がり、画像処理を専門としない研究者、技術者が画像処理の実験を行う機会も増加している。このような時期において、一層強力な画像処理の手法の開発が重要であることはいうまでもないが、それと共に、従来の膨大な研究成果の蓄積の有効な利用を図ることもきわめて重要である。そこで、著者らは画像処理サブルーチンライブラリ SLIP (Subroutine Library for Image Processing) の開発をすすめ、1975 年 1 月以来名古屋大学大型計算機センターのライブラリとして大学の研究者の利用に供してきた。本文は、その開発および利用の経験に基づいて、SLIP の構成、作成方針、特徴、現状、および、問題点、等について述べ、今後さらに高度の画像処理ソフトウェアを開発するための資料に供しようとするものである。

さて、SLIP は FORTRAN サブルーチンの集合であるということで、ソフトウェア技術としては特に目新しいものはない。しかしながら、次の諸点において、独自の性質と意義をもつと考えられる。

(1) 従来報告された画像処理システムのほとんど

† On a Subroutine Library for Image Processing: SLIP by JUN-ICHIRO TORIWAKI (Department of Information and Computer Sciences, Toyohashi University of Technology) and TERUO FUKUMURA (Department of Information Science, Faculty of Engineering, Nagoya University).

†† 豊橋技術科学大学情報工学系
††† 名古屋大学工学部情報工学教室

がミニコンを中心として独立したシステムであるのに対して^{1)~3)}、実際に不特定多数の利用者に対して 5 年以上にわたって提供された実績をもつほとんど唯一のパッケージである。

(2) 画像の入出力やデータベース管理のみでなく、画像パターン解析やパターン分類の豊富な機能をもつ。

(3) 単に当面の画像処理の便宜のみでなく、アルゴリズムの組織的な収集、蓄積、保存を意図しており、また開発者の研究グループのオリジナルなアルゴリズムを多数、組織的な形で含むことから、アルゴリズムのデータベースとしての意義も大きい。

(4) FORTRAN で書かれているため、異機種計算機間の互換性に富む。実際、10 カ所以上の大学関係計算機室等に移植された実績をもつ。

(5) 今後のこの種のライブラリ開発のパイロットモデルとして有用な基礎資料を提供する。

最後の点については、すでに SLIP をモデルとして開発されたパッケージ SPIDER (Subroutine Package for Image Data Enhancement and Recognition) の例がある⁴⁾。また、国際的にも互換性のある画像処理プログラムパッケージが話題になっており、欧米でも非専門家による画像処理応用や画像処理の学習のための使いやすいソフトウェアの開発が計画されている所も少なくない⁵⁾。そして、このような傾向の中で SLIP の論評もなされ、その意義が評価されつつある^{3), 6)}。

以下、本文 2. で SLIP の構成や開発の基本方針の概要を述べ、3. で SLIP の現状（利用可能な機能や

使用状況)をやや詳しく述べる。続いて4.では、各ルーチンの性格の分類、関連システムについて、今後の問題も含めて考察する。

2. SLIP の概要と開発の基本方針

まず、SLIP の概要と開発に際しての基本的な考え方を簡単に述べておこう。

(1) 目的 複雑な濃淡画像のパターン認識に関連して、次の諸機能を提供する：①具体的な画像処理の実行、または、画像処理装置開発の道具、②画像処理アルゴリズムの基礎研究の道具、③画像処理アルゴリズムデータベース。①は画像処理を専門としない者でも容易に利用できることを、②、③は画像処理の専門家の研究手段や資料を提供できることを目指す。一方、画像処理用プログラムパッケージの持つ機能は画像処理につながる情報処理として何を考えるかによってかなり異なる。SLIP の場合は、パターン認識を考慮しているため、パターン分類や特徴選択^{24), 25)}等を含めている。

(2) 構成 FORTRAN サブルーチンの集合とする。これは、以下のような長所、短所をもつ。

長所 汎用性、異種計算機間の互換性に富む。バッチ処理システムの計算機センターの利用形態によく適合、会話型システムでもライブラリとして組み込みは容易、ソースリスト公開により利用者の修正が容易。

短所 処理時間やメモリ使用効率はアセンブラ言語より劣る、記号処理や複雑な論理操作には向かない*、2次元並列処理の直接的記述はできない。

(3) 利用形態 計算機センターにおけるバッチ処理(リモートバッチを含む)を想定。会話型処理は特に意識はしない。画像入力、ファイル管理は除き、主記憶上におかれた画像の処理のみを扱う。出力は、多くの計算機センターにおいて標準的とみなされるラインプリンタとXYプロッタのみを考慮する。ファイル管理や補助記憶の使用は、画像データベースの方で考慮する⁷⁾。

(4) 機能 前述の目的を考慮して、濃淡画像の前処理と特徴抽出^{24), 25)}、パターン分類^{24), 25)}に重点をおく。具体的には、次の点を目安にして機能を選択する：①実際の画像処理に有用な道具、②画像処理アルゴリズムの研究用資料、③画像処理手順の記述に有用な道具。さらに、筆者の研究グループにおける経験や諸文献を参考にして詳細な機能一覧を用意し^{8), 9)}、具

*この点はFORTRANで書かれた処理プログラムを持つ特殊言語の開発で、ある程度は補える。

体的な機能の選択の指針とした。現在利用可能な機能の一覧を付録に示す。なお、各サブルーチンの性格に關しては、本文4.で詳しく述べる。

(5) プログラム作成の基本方針

(i) 画像データの記憶方式 SLIP の各ルーチンに対する入力、および、出力(処理結果)を表わす画像データは、主記憶上の2次元配列に、1画素の濃度値が1語に入る形で記憶されているとする。

(ii) プログラムの仕様 個々のプログラムの機能を厳密に定義することは難しいが、ここでは、画像処理アルゴリズム、または、画像演算として比較的まとまった単一の機能とする。たとえば次の例では、右辺に書かれた各処理を1つのプログラムとする：《エッジ検出=(フィルタリング→しきい値処理→細線化)》、《領域分析=(領域生成→連結成分処理→特徴抽出)》。アルゴリズムデータベース(4.1参照)としては、この程度の段階でまとめるのが適当であろう。対象画像を固定できる場合や非専門家の利用のためにはもう少し大きい単位(たとえば上記左辺)が便利であろうが、可変パラメータが多くなり過ぎたり、逆に融通性に欠ける場合が出てくる。プログラムパッケージ自体の開発のためにはより細かい単位が便利であるが、利用者には煩雑になりかねない。なお、このような単位を厳密に規定するよい方法はまだ知られていない。

各プログラムは、原則としてすべてサブルーチンサブプログラムとし、プログラム間の情報授受はすべて引数による。その他詳細は文献¹⁰⁾参照。

(iii) プログラミングの方針 言語は原則としてFORTRAN JIS 7000 によるが、次の拡張機能の使用は許す：添字式およびDO文制御変数での簡単な式の使用、DO文増分パラメータとして-1の使用、FORMAT文中におけるR変換と文字列 $'h_1h_2...h_n'$ の使用、および行送り制御の一部省略、簡単な多重代入文の使用(A=B=0.0程度のもの)。ただし、何れも最小限にとどめる。また、プログラムの書き方にも基本的原則を設けて極力それに従うようにした。この場合、一般的なプログラミングの手法と画像処理独自の要請を注意深く考え合わせる必要があり、文献10)に詳細な検討がなされている。

なお、本節の諸項目については、文献10), 11)において具体的に詳細な検討が行われている。

3. SLIP の現状

本章では、SLIP の現状(利用可能な機能、および、

```

SOURCE LIST
C ***** PICTURE PROCESSING EXAMPLES *****
C ***** CODED BY J.TORIKAWA 1979.11.27 *****
0001 DIMENSION IA(100,100),IB(100,100),IC(100,100)
0002 DIMENSION MT(10)
0003 DATA IE,JF/100,100/
0004 DATA INDEX//
0005 DATA IT1/1//,ICHO,ICHI/4H.,4HQB//
0006 DATA ITYPE//
0007 DATA ISKIP,JSKIP/560,480/
0008 DATA K//
0009 DATA NTYPE//
0010 DATA LTYPE//
0011 DATA IT//
0012 DATA MT/40MPICTURE PROCESSING EXAMPLES EXOSKELETON /
C ***** DATA READ-IN *****
0013 HE=IND K
0014 CALL READMT(IA,IB,JE,K,ISKIP,JSKIP) Read a picture from MT.
0015 #CALL PA4(CU,OU,IA,IB,JE,IAAA,IAA1,M,1,0) Printing.
C ***** THRESHOLDING *****
0016 #CALL CUT4(IA,IB,IE,JE,IT1,4HUNDR) Thresholding(point operation).
0017 #CALL PA3(CU,OU,IB,IE,JE,ICHO,ICHI,1,MT,1) Printing.
0018 #CALL THIN1(IE,IE,JE,ITYPE) Thinning(iterative, DD)
C ***** HOLEY MARKING *****
0019 #CALL HPL6(IE,IE,JE,2,IE-1,2,JE-1,0,1,2,4) Marking.
0020 #CALL DISP1(CU,OU,IB,IE,JE,1,1,1,9,5,MT,1) Printing.
C ***** DISTANCE TRANSFORMATION AND SKELETON *****
0021 #CALL CUT4(IE,IA,IE,JE) Thresholding(point operation).
0022 #CALL WING2(IA,IB,IC,IE,JE,ITYPE) Distance transformation(iterative, DD).
0023 #CALL PA4(CU,OU,IB,IE,JE,IAAA,IAA1,M,1,0) Printing.
0024 #CALL DISP1(CU,OU,IB,IE,JE,0,1,5,0,5,MT,1) Printing.
0025 #CALL HPL5(IE,IE,JE,1,IE,1,JE,4H,0) Constant substitution(point operation).
0026 #CALL TRANS1(IE,IC,IC,IE,JE,1,IE,1,JE,4H0) Picture transfer(point operation).
0027 #CALL PCML1(IE,IE,JE,10) Constant multiplication(point operation).
0028 #CALL PA4(CU,OU,IB,IE,JE,IAAA,IAA1,M,1,0) Printing.
C ***** EXOSKELETON *****
0029 #CALL CUT4(IE,IA,IE,JE) Thresholding(point operation).
0030 #CALL EXS01(IA,IB,IC,IE,JE,NTIPF,M,DF,LTYPE,IT,LMAX) Exoskeleton(iterative, DD).
0031 #CALL PA3(CU,OU,IB,IE,JE,ICHO,ICHI,1,MT,1) Printing.
0032 #CALL NVRS4(IE,IE,JE,1) Negation(point operation).
0033 #CALL PA3(CU,OU,IB,IE,JE,ICHO,ICHI,1,MT,1) Printing.
C *****
0034 HE=IND K
0035 STOP
0036 END

```

: CALL statements of subroutines in SLIP Library.

図 1 SLIP の使用例 (#印が SLIP ルーチンを参照する CALL 文. プログラムは文献²¹⁾の図 2 の実験を実行したもの.)

Fig. 1 An example of application of SLIP. (CALL statements with the mark #)

利用状況等)について簡単に述べる。

3.1 SLIP の機能と利用状況

SLIP の最新版(名古屋大学大型計算機センター)では, 1980年4月の時点で約350個のルーチンが利用できる。上記計算機センターでは, 利用者は各自のプログラムで必要なルーチンを CALL 文で参照するだけでよく, それ以上の手続きはいらない。利用状況を示す具体的な最新の資料はないが, 登録直後の調査¹²⁾, およびその後の筆者の見聞する範囲では, 使用頻度の高い機能(線形フィルタリング, 主記憶内転送, 連結成分処理, 等)は, いわゆる科学計算用ルーチン(行列の固有値計算等)と同程度に使われているようである。一方, 中にはほとんど使われていない特殊なものもあるが, これはアルゴリズムデータベースという性格上やむをえないであろう。

次に, 使用例を図 1 に示す²³⁾。たとえば, 最近開発

された胸部 X 線像識別システム AISCR-V 3 では約 40 個の SLIP のルーチンが用いられている¹⁹⁾。その他, 顕微鏡画像の計測²⁰⁾, 地形図の構造解析²¹⁾, X 線像における心陰影パターン分類²²⁾, アルゴリズム開発²⁶⁾, など, 多くの使用例がある。

利用者サービス開始(1975年1月)以来5年以上の使用経験によれば, 本パッケージの最大の利点は複雑な画像処理の過程を初心者でもきわめて容易に実行できることであり, 特に画像処理システム開発のための基礎実験やデジタル画像解析の学習に有用である。また, 画像処理アルゴリズムの体系的な蓄積は, アルゴリズムの基礎研究にも非常に有効である。さらに, 最近(1978年)追加されたパターン分類の機能*は,

*特徴量, 計測値のベクトルで表わされたパターン集合に対して, 判定関数の計算とそれに基づくパターン分類(pattern classification)を実行する。パターン分類については文献^{21), 25)}参照。

表 1 SLIP の使用経験をもつ電算機

Table 1 Computer systems on which SLIP was implemented.

FACOM 230-60	} 名大大型計算機センター	
" 230-75		
" M-160		同上、および、東大生産技術研究所電算機室
" M-190		京大大型計算機センター
" M-200		名大 " "
" 230-38		名大工学部情報工学科電算機室
" 230-45 S	静大工学部情報工学科電算機室	
TOSBAC 5600	筑波大学術情報センター	
IBM 370-138	国立民族学博物館	
MELCOM COSMO 700 II	豊橋技科大情報工学系電算機室	

表 2 SLIP 移植における主な修正項目の例*
(IBM 370-138の場合)

Table 2 Examples of modifications which were needed at the transfer of SLIP to the IBM 370-138 system.

(1) DO 文制御変数における算術式、組み込み関数、配列要素の使用
(2) DO 文の増分パラメータにおける負定数の使用
(3) 多重代入文の使用
(4) FORMAT 文における R 変換の使用
(5) 文字定数の代入文中の使用
(6) DATA 文の文字定数の長さの制限

* 民族学博物館 八村広三郎博士の御協力による。

本パッケージで実行できる実験内容の顕著な拡大をもたらしたことが痛感された。

3.2 異機種計算機への移植

SLIP は、これまでに 10 カ所以上の大学計算機センターや計算機室に提供されてきた。また、名大大型計算機センター内でも、システム更新に伴って 4 種類の機種を経験している。これまでの主な使用機種を表 1 に示す。これらの移植に際して、大型機同志の場合にはごくわずかの修正で済んでいる（一例を表 2 に示す）。一方、中型機の場合は、主として FORTRAN JIS 7000 をはみ出す機能に関連してかなりの手直しが必要であったが、作業量は大したことはない。

4. 考 察

4.1 サブルーチンの性格の分類

SLIP の各ルーチンの機能は、2. に述べた方針にしたがって選ばれたものであるが、結果的にみると次のような異なった性格のものが含まれることが知られる。

(1) 単独で有意の画像処理が実行できるもの：たとえば各種のフィルタリング（平滑化、差分、等）、細線化、等。パッケージの中核をなすものであり、通常のプログラムライブラリの考え方は、この種のものを集めることを目的とする。最近開発された画像処理

表 3 連結成分処理ルーチン—画像処理実行の道具の一例
(表中の記号はルーチン名)

Table 3 Subroutines for the processing of connected components—Examples of the tool to perform picture processing.

(a) ラベルつけ

アルゴリズム	ラスタ走査, バックトラック有, 作業領域なし.	ラスタ走査, バックトラックなし, 作業領域使用.
任意	LABL 1I*	なし
4 連結	なし (LABL 1I で兼用できる)	LABL 5I
8 連結	LABL 2I	LABL 4I

* 水平, 垂直, 対角線方向の任意の組み合わせで連結性を定義できる。その他のルーチンは特定の連結性の専用。
その他: ラベル通し番号化, LABL 3I

(b) 連結成分の取捨選択

成分の消去—判定パラメータ=縦長 (ERS 1I), 横幅 (ERS 2I), 面積 (ERS 3I), 成分ラベル (ERS 4I)
成分の抽出と計測

計測値	成分抽出法		位置, 平均長, 平均幅	最大濃度値
	長さ, 幅, 面積			
成分名ラベル	CCOM 1I			
計測値最大成分	CCOM 2I			
全成分	CCOM 3I, 4I	CCOM 4I	CCOM 5I	

その他: 指定点を含む成分抽出 PROP 1I

パッケージ SPIDER もこれを中心とする。

(2) 画像処理実行を助ける道具: 複雑な画像処理の過程を実行する上では非常に便利な道具となるが、単独では特に有意な画像処理とはみなし難いもの。代表的なものとして連結成分処理がある。たとえば、各連結成分に識別用ラベルを付けることや特定の成分の除去、抽出、等は、目的とする画像解析を電算機上で能率よく実現するためには非常に便利であるが、単独ではあまり意味はない。この種の機能をきめ細かく作成しておくことはパッケージの使い勝手を良くする上で非常に重要であり、実際、連結成分処理の充実(表 3)は SLIP の有効性に大きく寄与している。

(3) インタフェース機能: 入出力の規格や仕様の異なるサブルーチンを連続して使用する場合には、その相違を調整するためのごく簡単な変換が必要になる。たとえば、主記憶内の配列間のデータ転送、定数代入、型変換、画像間演算、等¹¹⁾。個々のサブルーチンはおおむねきわめて簡単なもの（簡単な 2 重 DO ループを 1 つ書く程度）であるが、一連の画像処理の中で何度も用いられるため、われわれの経験によればこれらをパッケージに入れておけば大変便利である。

(4) 基本要素: 複雑な機能をより単純な機能の合成として実現するときの構成要素となるもの、たとえば、一様重み線形フィルタ（ある種の差分型フィルタは、このフィルタとより簡単な差分型フィルタの合成

表 4 距離変換, スケルトン関係のルーチン
—アルゴリズムデータベースの一例

Table 4 Subroutines related to the distance transformation and the skeleton.

対象	種類	距離変換	スケルトン抽出	逆距離変換
2値図形	基本形並列型 逐次型	DIST 11 DIST 21	RIDG 21 "	DIST 41 ODT 31
	8角形近傍 類似ユークリッド 方向性	ODT 11 QEDT 11 DIST 61, -71	ODT 21 QEDT 2	QEDT 31
濃淡画像	基本形並列型	DIST 11	RIDG 21	DIST 51 "
	逐次型	DIST 21	"	
	一般化逐次型	DIST 31	"	
線図形	基本形	DTLP 11-51		
	変形	MDTL 11		
	一般化	GDTL 11, -71		

(表中の各処理の内容については文献^{9),10,11}とその文献表参照)

その他関連機能 幅変換 DIST 81, DIST 91
細線化 付録参照

で高速に実行できる), 特定の一点の近傍 3×3 画素の特徴抽出 (連結数⁹⁾の計算等). 個々の利用者のためよりはパッケージ開発の道具として有用であり, この種のものをもどの程度サブルーチン化しておくかは, 開発者の方針による. SLIP では比較的少ない (文献 8) 参照).

(5) アルゴリズムデータベース: 当面の画像処理における有効性よりは, 画像処理アルゴリズムの組織的な記録, 蓄積, 保存を目的として集められるもので, 筆者はアルゴリズムデータベースと呼んでいる. アルゴリズムの基礎研究や比較論, 能力評価等には重要な資料となるもので, 今後重要性を増してこよう. このタイプのものの包含は SLIP の大きな特色であり, 特に筆者の研究グループで開発されたオリジナルな手法を中心とする距離変換, 局所処理, 等に特徴がみられる (表 4).

ただし, これらの区別は必ずしも厳密かつ明確なものとは限らず, 同一サブルーチンが上記の 2 種以上の性格をもつこともありうる. 最後に, 使い勝手の良さという点からは, 上記のすべてのタイプが適度に包含されており, しかも, かなり多様な機能がそろってはじめて, この種のパッケージの効果が認められることをつけ加えておきたい.

4.2 関連システムと今後の発展

SLIP 自体は互いに独立なサブルーチンの集合であるが, その十分な活用と今後の発展のためには, 現在のシステムの問題点を克服する, より高度の関連ソフトウェアシステムの開発が必要である. 本節ではいく

つかの発展の方向について簡単にふれる.

(1) 機能の充実 画像処理実行の道具として基本的な機能は一応確保されているが, 一研究グループで開発されてきたものであるだけに, 手薄な領域が生じることは否定できない. 最近開発された類似のパッケージ SPIDER¹²⁾はより広範囲の手法を包含しているため, その併用は非常に有効であるが, なお不足する機能 (たとえば線図形処理等) は今後逐次追加されねばならない. また, パターン分類機能にみられるように周辺分野への拡張はパッケージの有効性を著しく増加する. この点では現状はまだ非常に不十分であるので, 今後の拡充が望まれる. パターン分類以外にも, 人工知能, グラフィックス, 広義画像処理 (画質改善等), 画像データベース管理, 等の領域への拡張が期待される.

(2) アルゴリズムデータベース管理システム サブルーチン数が数百をこえるパッケージになると, その管理のためのプログラム, および, 能率のよい管理法が必要になる. また, 利用者のためには検索システムも必要となろう. 後者については, サブルーチン名, または, 機能に関するキーワードを入力すると関連するサブルーチンのマニュアル情報を出力する検索システムを試作したが¹³⁾, まだ一般に公開されていない. この際もっとも問題になるのはマニュアル情報やキーワードの計算機入力であり, 特に, 日本文説明, 英文説明, 図による説明の使い分けが難しい. また, これに関連して SLIP 自体をデータ集合とみたときの性質を調べることは, 1つの興味ある研究課題である⁸⁾.

(3) 高次パッケージ サブルーチンの集合ではなくて, より高水準の専用パッケージの作成が望まれる. これには, 会話型使用のためのコマンドシステム, 高次の画像演算表現とその解釈ルーチン, 等種々の方向が考えられるが, 詳細は別の報告にゆずる⁸⁾.

(4) 画像データベースとその管理システム 画像データベースはすでに多数報告されているが^{14),15)}, 筆者らも独自に胸部 X 線像を中心としたデータベースとその管理システムを開発してきた^{11),16),17)}. この中には, 外部記憶, 主記憶間の画像データ転送プログラムも含まれており, SLIP におけるこの種の機能の不足を補っている. また, 画像データベース SIDBA¹⁵⁾は, データライブラリとして名古屋大学大型計算機センターで本年 (1980 年) 4 月から一般利用者に公開されており¹⁸⁾, 共同利用大型計算機センターとしてはじめ

て、画像データとアルゴリズムデータを合わせて提供できたことになる。

5. むすび

本文では筆者の研究グループで開発された画像処理サブルーチンライブラリ SLIP の概要と現況を述べた。SLIP は FORTRAN サブルーチンの集合で、現在約 350 個のサブルーチンを含み、名古屋大学大型計算機センターで 5 年以上にわたって一般利用者の使用に供されてきた。SLIP の機能は決して完全とは言えないが、これまでの使用経験からそれは十分有用であり、その意味でもこの種のパッケージの画像処理における有用性を確かめるパイロットモデルとしての役割は十分果し得たと思われる。

最近、画像処理用の transportable なソフトウェアやその標準化が話題になっており、また、欧米においては、非専門家にも容易に使える画像処理ソフトウェアの開発が随所で計画されている⁵⁾。一方、最近は大学の学部、学科における計算機も大型化の傾向にあり、また、研究室レベルのミニコンも過去の中型機程度の能力は十分備えるようになってきている。このような時期にあって、この種のパッケージの意義は益々高まるとと思われる。したがって、今後のよりすぐれた画像処理プログラムパッケージの開発のためにも、本文は有用な基礎資料を提供しうるのであろう。なお、SLIP のソースリスト、ソーステープは全国共同利用大型計算機センターの利用規定で許可される研究機関へは、関係者の了解を得て提供できる見込みである。詳細は筆者まで連絡されたい。

謝辞 SLIP の開発は、筆者の研究室でパターン認識の研究に携わったすべての方々のご協力による。特に、末永康仁（現在電電公社通研）、奥水大和（現在名古屋市工業研究所）、横井茂樹（現在三重大）、長谷川純一（名大）、塩見佳久（現在日本電気）の諸氏の寄与が大きい。また、利用に際しては名古屋大学大型計算機センターの吉田雄二博士以下研究開発部の方および業務掛、共同利用掛の各位にお世話になった。さらに、名古屋大学本多波雄教授の絶えざるご鞭撻にも深謝する。なお、本研究の一部は名大大型計算機センターのライブラリ開発課題、文部省科研費 (No. 285072, 588021)、および、厚生省がん研究助成金 (52-04, 55-17) による。

参 考 文 献

- 1) 長尾：画像処理のためのソフトウェア，信学誌，Vol. 58, No. 1, pp. 13-20 (1975).
- 2) 伊藤：画像処理ソフトウェア，同上，Vol. 59, No. 11, pp. 1208-1215 (1976).
- 3) Preston, K. Jr., Duff, M. J. B., Levialdi, S., Norgren, P. E. and Toriwaki, J.: Basics of cellular logic with applications in medical image processing, Proc. IEEE, Vol. 67, No. 5, pp. 826-856 (1979).
- 4) 田村，坂根，富田，横矢，坂上，金子：SPIDER ポータブルな画像処理サブルーチンパッケージ，情報処理学会研究会資料，コンピュータビジョン，3-1 (1979).
- 5) たとえば，Stiehl, H. S. and Chavel, P. 何れも私信。
- 6) Preston, K. Jr.: Languages for biomedical image processing, Proc. the IEEE Comp. Software Applications Conf., pp. 718-723 (1979).
- 7) 鳥脇：画像データベースとその管理システム，名大大型計算機センター研究開発部研究報告，No. 6, pp. 71-81 (1980).
- 8) 鳥脇：画像処理サブルーチンライブラリ SLIP について一現状と拡充計画，同上，No. 5, pp. 64-82 (1979).
- 9) 鳥脇，福村：画像処理サブルーチンライブラリ SLIP について一機能一覧，情報処理学会研究会資料，コンピュータビジョン 1-2 (1979).
- 10) 鳥脇，塩見，福村：画像処理サブルーチンライブラリ SLIP について，電子通信学会パターン認識と学習研資 PRL 78-69 (1979).
- 11) 鳥脇：画像処理研究用データベースについて，名大大型計算機センター研究開発部研究報告，No. 3, pp. 21-43 (1977).
- 12) 鳥脇，福村：画像処理サブルーチンライブラリ SLIP について，昭 52 電子通信学会部門別全大講演論文集 (情報部門)，p. 147 (1977).
- 13) 塩見，鳥脇，福村：画像処理プログラムライブラリのためのプログラム情報検索システム，電子通信学会パターン認識と学習研資，PRL 78-85 (1979).
- 14) 田村：パターン情報処理のための画像データベースとその管理，同上画像工学研資，IE 77-84 (1979).
- 15) Onoe, M., Sakauchi, M. and Inamoto, Y.: SIDBA-standard image database, MIPC Rep. 79-1, Multidimensional Image Processing Center, Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo (1979).
- 16) 柴田，鳥脇，福村：胸部 X 線データベースの開発と素描の応用，電子通信学会パターン認識と学習研資，PRL 78-70 (1979).
- 17) 中里見，長谷川，鳥脇，福村：直接撮影胸部 X

- 線像の定量診断データベースと成分図形自動識別, 第19回日本 ME 学会大会論文集, pp. 518-519 (1980).
- 18) 鳥脇, 岡部: 画像データベース SIDBA とその利用法, 名大大型計算機センターニュース, Vol. 11, No. 2, pp. 155-184 (1980).
- 19) 鳥脇: 胸部 X線写真の自動スクリーニングのためのソフトウェアの開発, 文部省科研費(試験(2))研究成果報告書(1979).
- 20) 大槻, 鳥脇, 福村: Texture 識別を伴う生体組織顕微鏡画像の自動識別, 電子通信学会論文誌, Vol. 61-D, No. 2, pp. 135-142 (1978).
- 21) 加茂, 阿部: 16 近傍を用いた濃淡画像の構造情報の抽出とその地形図への応用, 電子通信学会パターン認識と学習研究, PRL 79-38 (1979).
- 22) 横井, 鳥脇, 福村: 胸部 X線像の心輪郭トレース図形による先天性心疾患の識別(2), 電子通信学会パターン認識と学習研究, PRL 78-36 (1978).
- 23) 鳥脇, 横井: 画像処理のアルゴリズム, 情報処理, Vol. 21, No. 6, pp. 613-619 (1980).
- 24) Duda, R. O. and Hart, P. E.: Pattern Classification and Scene Analysis, Wiley-Interscience, New York (1972).
- 25) 電子通信学会編: 電子通信ハンドブック, 第7部門, パターン認識・人工知能, pp. 302-310, オーム社(1978).
- 26) 鶴岡, 木村, 吉村, 三宅: デジタル 2 値図形の一細線化法, 電子通信学会パターン認識と学習研究, PRL 78-47 (1978).

付 録 SLIP で利用できる機能の一覧表

()内数字はサブルーチンの個数, ただし, 一部のルーチンは2カ所以上の項目に含まれている。

I 出力(ラインプリンタ, プロッタ)

ラインプリンタ(33)数値(濃度値)*
濃淡画像(7段階濃淡, 任意レベル数記号)*
波形(グラフ)

特殊情報(ヒストグラム, 散布図, confusion 行列)
* 全画像または任意部分画像

プロッタ(12)鳥瞰図, 散布図, 平面図(しきい値処理, 隠線消去, ハッチング機能つき)

II フィルタリング

線形(任意重み, 一様重み, 差分型-2点間一階差分, 3点間二階差分, 3×3点各種差分演算)(14)

非線形(range, 局所最大(小)値, 極大(小)点抽出, 3×3点差分演算, 局所分散)(16)

III 点演算

しきい値処理(8)2値化, 指定値以下(以上)の抑

制

代入(14)定数→(画面全体, 部分画像, 不規則領域内部, 線, 指定点近傍, 指定点)

型変換(2)実数型→整数型

画像定数間演算(9)

入力 $F = \{f_{ij}\} \rightarrow$ 出力 $G = \{g_{ij}\}$

$$g_{ij} = f_{ij} \pm c, c \cdot f_{ij}, f_{ij}/c, c - f_{ij}$$

画像間演算(10)

入力 $F = \{f_{ij}\}, G = \{g_{ij}\} \rightarrow$ 出力 $H = \{h_{ij}\}$

$$h_{ij} = f_{ij} \pm g_{ij}, f_{ij} \cdot g_{ij}, f_{ij}/g_{ij}, \max\{f_{ij}, g_{ij}\}, \min\{f_{ij}, g_{ij}\}$$

量子化(1)

データ転送(10)画像(全体, 部分, 不規則領域内部)
→画像(全体, 部分, 不規則領域内部)

IV 細線化(11)極大点抽出型, 細め型各種, Wave Propagation Method

V 連結成分処理(24)ラベル付け*, 取捨選択*, 変形(収縮, fusion)特徴抽出(輪郭追跡, 計測(長さ, 面積, 位置, モーメント)), 対応づけ(*表3参照)

VI 距離変換とスケルトン(29)表4参照

VII 局所処理(21)連結数, 曲率係数, 図形融合(各各固定近傍と可変近傍), 各種差分型フィルタ等。

VIII 線図形処理(17)要素分類, 簡単化, 方向指数コード, 指定方向線分抽出, 接続, 変形, 距離変換。

IX 画像変換

幾何変換(29)アフィン変換*, 2次変換*, 反転, 回転, 縮小(*補間処理各種)

フーリエ変換(17)2次元フーリエ変換, 逆変換, 振幅強度スペクトラム, スペクトラム積, 閉曲線フーリエ展開。

X 統計(30)基本統計量(濃度平均, 分散, 最大, 最小, その他), ヒストグラム(1次元, 2次元), 局所統計画像(局所平均, 分散, range, 最大(小)値, 局所相関), しきい値選択(p-tile法, 微分ヒストグラム法)

XI 画像生成(7)2値画像(格子, 平行縞, 市松, 円, 木, 濃淡画像(混合正規密度型))

XII その他(7)時間測定, 画像間一致度, ランレングス符号化。

XIII 統計的パターン分類(56)パターン統計量(正規化, 基本統計, 距離行列, ヒストグラム, 散布図), データ管理(並べかえ, サブグループ選択, 特定成分選択), 出力(前出), パターン分類(Resubstitution, Leave-one-out, k-近傍則)

なお, 特殊パッケージとして, リスト処理用パッケージ DLOP 3 がある。

(昭和55年9月29日受付)

(昭和56年1月22日採録)