

画像処理手順開発支援システム SDIP における処理手順に関するコンサルテーション機能の開発†

鈴木秀智^{††} 本多祐司^{†††*} 鳥脇純一郎^{†††}

本論文では、画像処理系列に関する知識の分類法について紹介し、さらに、画像処理手順開発支援システム SDIP への画像処理系列に関するコンサルテーション機能の付加について報告する。SDIP は、画像処理用サブルーチンパッケージ SLIP および SPIDER を利用した画像処理プログラムの作成を簡略化するために開発された。しかし、従来の SDIP は処理系列に関する知識を持たなかったため、画像処理についてある程度の見識を持たなければ、利用するのが困難であった。そこで、著者らは、まず、代表的な画像処理系列を収集、整理して、入力画像と処理目的によって特定の画像処理系列を選択できるようなデータベースを作成した。各処理系列は、SDIP と同様に、いくつかの処理単位に分けられ、それぞれの処理単位には最適な処理を実行するサブルーチンがいくつか対応付けられている。次に、このデータベースを知識として利用することにより、SDIP での処理系列作成の簡略化のためのコンサルテーション機能を実現した。これは、利用者がシステムから提示される一連の質問に答えることにより、処理系列が決定されるものである。これにより、画像処理応用分野の研究者や初心者が最も苦手とする各処理単位間の整合や一連の処理系列の開発が容易になるものと期待される。

1. ま え が き

近年、画像処理技術は基礎研究の段階をほぼ終え、様々な応用分野への適用がますます盛んになってきている。特に、基礎研究の成果の多くは画像処理用サブルーチンパッケージ (SLIP¹⁾, SPIDER²⁾) の形で蓄積されており、これらが画像処理普及に果たした役割は多大である。しかし、これらが含む高度な画像処理手法の集積は、その膨大さゆえに、応用分野の研究者や画像処理の初心者が必要なサブルーチンを選択するのを非常に困難なものにしていた。

著者らは、先に、SLIP および SPIDER を有効に利用し、かつ、容易に画像処理プログラムを作成するための会話型支援システム SDIP (Supporting System for Development of Image Processing Procedures)³⁾ を開発した。SDIP はキーワード指定型の言語を用いており、SLIP などからのサブルーチンの選択や、作成したプログラムの保守については十分な役割を果たした。しかし、実際に一連の画像処理手順を記述する時には、各処理単位 (すなわち、ここでは SLIP 等の

サブルーチン) の選択に関する知識に加えて、最適な処理単位の系列、あるいは、少なくとも処理単位間の整合性に関する知識が不可欠である。従来の SDIP はこの種の知識を持っていなかったため、特に、初心者にとっては画像処理手順の構成上の難点が完全に解消したわけではない。

一方、最近、画像処理の知識と人工知能的な手法を利用した画像処理用エキスパートシステム、例えば、DIA エキスパートシステム^{4),5)}, LLVE⁶⁾, IMPRESS⁷⁾ などが開発され、画像処理手順設計の自動化がある程度実現されている。これらのシステムは、与えられた入力画像に画像処理を施しながら最適な画像処理手順を自動的または半自動的 (利用者の介入を極力減らす) に開発することを目的としているので、特定の画像に依存しない典型的な画像処理用プログラムの開発の効率化を目的とする SDIP と直接比較することはできないが、エキスパートシステムが持っている画像処理系列に関する知識と同様のものを SDIP に持たせることは、先に述べた問題の解決のためにも重要であると思われる。

そこで、本論文では、まず、画像処理系列の分類法とその知識ベース化について述べ、次に、その知識を SDIP に導入する方法について報告する。

2. 画像処理系列に関する知識

2.1 画像処理系列の分類

画像を処理する手順は、より小さい単位の複数の処

† Development of a Consultation Facility of Processing Sequences in SDIP (the Supporting System for Development of Image Processing Procedures) by HIDETOMO SUZUKI (Education Center for Information Processing, Nagoya University), YUJJI HONDA and JUN-ICHIRO TORIWAKI (Department of Information Engineering, Faculty of Engineering, Nagoya University).

†† 名古屋大学情報処理教育センター

††† 名古屋大学工学部情報工学科

* 現在 沖電気工業(株)

理機能（処理単位と呼ぶ）を順次適用するという形で表される。このような形で表現された手順を画像処理系列と呼ぶ。

画像処理系列を知識として蓄積するには、画像処理単位の定義、処理単位間の整合性についての検討、および、これらに基づく画像処理系列の分類が重要な問題になる。処理単位を厳密に定義することは難しいが、ここでは、画像処理用サブルーチンパッケージ SLIP および SPIDER の各サブルーチンのレベルのものを考える（例えば、平滑化、フィルタリング、細線化、など）。これは、上記のサブルーチンパッケージがそれらの処理単位を非常に使いやすい形で提供しているので、本研究でそれらのサブルーチンを活用することが極めて有利と考えられるためである。

次に、画像処理系列（手順）については、それらを系統的に分類しておき、必要に応じて選択し、利用できる形で蓄積する必要がある。しかしながら、画像処理系列に関する系統的な分類を行った例は今のところないので、本研究では、主に著者らの研究経験と適当な範囲の文献の中から処理系列を抽出し、分類を行った⁸⁾。

ここで、画像処理系列の分類における分類キーとしては、

- (1) 入力画像の種類（画像特徴）
- (2) 処理の目的（最終的な画像特徴または特徴量）

表 1 入力画像特徴
Table 1 Input image features.

画像特徴				処理目的番号 (表 3)
画像	濃淡画像	物体画像	勾配なし	I
			勾配あり	II
		領域画像	III	
	半濃淡画像	2値画像	点図形	IV
			線図形	* V
	ラベル図形	面図形		VI
				VII

* 現在未登録。

を採用した。これらは、画像処理の内容を記述する時にエキスパートが最初に確認する項目であり、実際、(1)の画像特徴は、ビジョンエキスパートシステムにおいても、画像処理手法の選択のキーとして重要な役割を果たしている^{6),9)}。

また、実際にどのような画像特徴および処理目的があるかを知るために、前記のサブルーチンパッケージ SPIDER を資料として、画像特徴と処理目的の整理を行った。これらの結果を要約したものを表 1 および表 2 に示す。

本研究の場合、処理手順開発の最初の段階におけるコンサルテーションが目的であるため、従来の実績のある典型的な処理系列を得れば十分であると思われる

表 2 画像処理単位
Table 2 Modules of image processing.

番号	画像処理単位	処理内容	SDIP の対応する機能指定用キーワード
1	平滑化	画素間の濃度値変化の抑制	(SMOOTH) or (FILTER, MEDI)
2	1階差分	画素間の濃度値変化量（離散的1次微分）	BASIC 1
3	2階差分	画素間の濃度変化の変化値（離散的2次微分）	BASIC 2
4	しきい値処理	与えられた濃度しきい値による2値化	BINARIZE
5	図形融合	領域成分の拡張と収縮	FUSION
6	2値細線化	2値線状図形の線図形化	THIN, BIN
7	縮退化	領域成分の1画素への収縮	SHRINK
8	クリッピング	対象物のみの濃度分布の抽出	CLIP
9	領域分割	同質の領域成分への分割	SEGMENT
10	2値距離交換	2値画像の距離変換	(TRANS, BIN) or (TRANS, OCT) or (TRANR, QE)
11	小成分除去	面積の小さい領域成分の除去	ERASE
12	境界追跡	領域成分の境界の抽出	BORDER
13	ラベル付け	領域成分ごとのラベル付け	LABEL
14	特徴量計測	領域成分の特徴量（面積、長さなど）の計測	SHAPE
15	特徴点抽出	端点、分岐点などの画素の抽出	CON-NUM
16	濃淡細線化	濃淡線状図形の線図形化	(THIN, ITERATIV, GRAY) or (WPM) or (THIN, TRACE) or (THIN, L-MAX)
17	濃淡距離変換	濃淡画像の距離変換	TRANS, GRAY

(1) キーワードの欄で、“or”はOR、“,”はANDを表す。

る。そこで、本システムでは、応答の効率に重点をおいて、固定的な処理系列を知識として準備することにした。ちなみに、文献 4) の DIA エキスパートシステムや文献 7) の IMPRESS などのビジョンエキスパートシステムにおいても、数種類の半固定的（処理単位中のいくつかの処理手法からの選択は可能）な処理系列を用意し、それぞれの処理単位のパラメータを自動調整する方法によってかなり妥当性のある結果を示していることから、固定された処理系列からの選択という方法でも有効性があるといえよう。

2.2 画像特徴

これは、SPIDER の画像処理手法間の整合性にに基づき各処理の入力画像の種類を調べたものであり、先に発表された DIA エキスパートシステム¹⁰⁾および画像処理手法の分類に関する阿部らの文献¹¹⁾を参考にした。その結果を表 1 に示す。

画像特徴は、最初に 4 種類に大分類し、さらに、種々の制約に基づき 8 種類に細分した。

(1) 濃淡画像：一般に、任意の濃度値をとり得る（濃度値に特に制限がつかない）画像。これは、さらに以下のように細分される。

- (a) 物体画像：対象物と背景が存在する。
 - i) 勾配なし：画像内に雑音による濃度勾配（シェーディングのような濃度値のゆるやかな変化）がない。
 - ii) 勾配あり：画像内に雑音による濃度勾配がある。

(b) 領域画像：画像全体が互いに排反な領域に分かれる画像（各領域またはその一部が対象物となる）。

(2) 半濃淡画像：(1) の画像のうち対象物内部だけはその濃度値を残し、背景には一定の値（典型的には 0）を入れた画像。

(3) 2 値画像：対象物と背景を 2 つの値で分類した画像。

(a) 点図形：すべての対象物が唯 1 つの画素から成る画像（孤立点が分布している画像）。

(b) 線図形：すべての対象物がほぼ幅 1 の線状の図形から成る画像。

(c) 面図形：すべての対象物が領域を成す画像。

(4) ラベル画像：各画素の値が領域（連結成分）ごとに付けられたラベル（通し番号）である画像。

(1) では、濃度勾配（雑音の一種）の有無で物体画像をさらに細分している。このような雑音に関する特性を画像特徴とみるかどうかは異論のあるところであるが、本研究では、2.4 節の処理目的の分類での煩雑さを避けるためにこの分類法を採用した。

2.3 画像処理単位

入力画像の画像特徴に基づいて、画像処理単位を表 2 のように分類した。表中に、各画像処理単位に対応するキーワードを示す。それらは従来の SDIP における機能指定用キーワード³⁾である。

2.4 処理目的に関する分類

処理目的とは、画像処理のゴールとして何を求めているか（ここでは主に画像をどのような状態に変形したいか）を表すものである。本研究では、表 3 のように木構造で処理内容の記述を表現し、このパスをたどって処理内容を具体化することによって、処理目的の細部を順次決定し、最終的には適合する処理系列を選択できるようにした。ただし、処理内容は 2.2 節で述べた入力画像の画像特徴に強く依存するので、画像特徴ごとに木構造表現を作成した。

処理目的の情報は、画像処理系列を選択する時に、2.2 節の画像特徴だけでは不足している部分を補うという重要な役割を果たす。したがって、画像特徴と処理目的に関する知識を利用すれば、2.3 節の処理単位を組み合わせた大まかな処理系列を決定することが可能になる。

画像処理手法に関する系統的な分類はまだ確立されてはならず、いくつかの研究で個別に分類されているのが現状である。2.1 節から 2.4 節の画像処理系列に関する分類法もまだ完全なものではなく、今後の新手法の開発とともに絶えず拡充されていくべきものであるが、次章で述べるコンサルテーション機能には十分に使用に耐え得るものであり、今後の本研究の発展のための指標的なものとしても有用であると考えられる。

3. SDIP へのコンサルテーション機能の付加

3.1 SDIP の概要

SDIP (Supporting System for Development of Image Processing Procedures) は、画像処理用言語 HILLS (High Level Language for SLIP and SPIDER) を用いた画像処理プログラムの作成を支援するための会話型システムである³⁾。

HILLS は、簡単なキーワードの系列で一連の画像

表 3 処理目的の分類
Table 3 Classification of aims of image processing.

番号	処 理 目 的	おおまかな処理系列*		
I	雑音成分除去	1		
	濃度変化強調	エッジ強調	1-2	
		領域強調	1-3	
	背景の濃度値を0にする	1-8		
	2値面図形化	1-4-5-13-11-4		
	2値線図形化	境界線抽出	1-4-5-12	
		尾根線抽出	幾何学的中心	1-4-5-6-13-11-4
	濃度値尾根線		1-8-16-13-11-4	
	ラベル図形化	1-4-5-13-11		
	特徴点抽出	分岐点, 端点など	境界線	1-4-5-12-15
			尾根線	幾何学的中心
		濃度値尾根線		1-8-6-13-11-15
		極大点抽出	1-15	
	縮退点抽出	1-4-5-13-11-4-7		
	面積, 長さなどの計測	1-4-5-13-11-14		
II	雑音成分除去	1		
	濃度変化強調	エッジ強調	1-2	
		勾配除去	1-3	
	背景の濃度値を0にする	1-3-8		
	2値面図形化	1-3-4-5-13-11-4		
	2値線図形化	境界線抽出	幅, 大きさ既知	1-3-4-5-12
			幅, 大きさ未知	1-2-4-5-6
	尾根線抽出	幾何学的中心	1-3-4-5-6-13-11-4	
		濃度値尾根線	1-3-8-16-13-11-4	
	ラベル図形化	1-3-4-5-13-11		
	特徴点抽出	分岐点, 端点など	境界線	幅, 大きさ既知 1-3-4-5-12-15
			幅, 大きさ未知 1-2-4-5-6-15	
		尾根線	幾何学的中心 1-3-4-5-6-13-11-15	
			濃度値尾根線 1-3-8-6-13-11-15	
	極大点抽出	1-15		
縮退点抽出	1-3-4-5-13-11-4-7			
面積, 長さなどの計測	1-3-4-5-13-11-14			
III	領域分割	1-9		
	濃度変化強調	エッジ強調	1-2	
		領域強調	1-3	
雑音成分除去	1			
IV	距離変換	17		
	尾根線抽出	16		
V	線図形化	中心線	5-6	
		境界線	5-12	
	特徴点抽出	分岐点, 端点など	中心線	5-6-15
			境界線	5-12-15
	重心など	5-15		
	縮退点抽出	5-7		
	面積, 長さなどの計測	5-14		
	ラベル付け	13		
穴や突起の除去	5			
小成分除去	13-11			
距離変換	10			

VI	分岐点, 端点の抽出	15
	ラベル付け	13
	小成分除去	13-11
	長さ計測	13-14
VII	面積, 長さなどの計測	14

* おおまかな処理系列の欄の番号は, 表 2 の番号に対応する.

処理手順を記述する言語である. キーワードは, 画像処理に関する用語から選ばれたものであり, 画像処理の初歩的な教育を受けた者には理解しやすいものになっている. HILLS は画像処理手法とキーワードの系列との対応関係, および, 処理条件の標準値に関する知識を持っているので, 利用者が希望する画像処理手法に近いキーワードをいくつか指定した時, 指定の足りない部分を標準値 (デフォルト値) で補って, 画像処理の機能 (すなわち, サブルーチン) と条件値 (すなわち, 引数の値) を決定することができる. なお, HILLS を用いたプログラム例は, 図 5 を参照されたい.

SDIP は, HILLS を用いて画像処理プログラムを作成する時, 前記の画像処理手法に関する知識を利用して, キーワードの意味の説明, キーワード指定の簡略化 (メニュー選択形式など), 設定していない項目への標準値の割り当て, HILLS プログラムから FORTRAN プログラムへの変換などを可能にするシステムである.

SDIP の使用評価によると, ごく標準的な画像処理手順の開発は非常に容易であるが, 処理の手順がはっきりしていない場合には, 処理手順 (系列) 自体の開発が困難であることが知られた.

そこで, 以上の問題点を解決するために, 2章で分

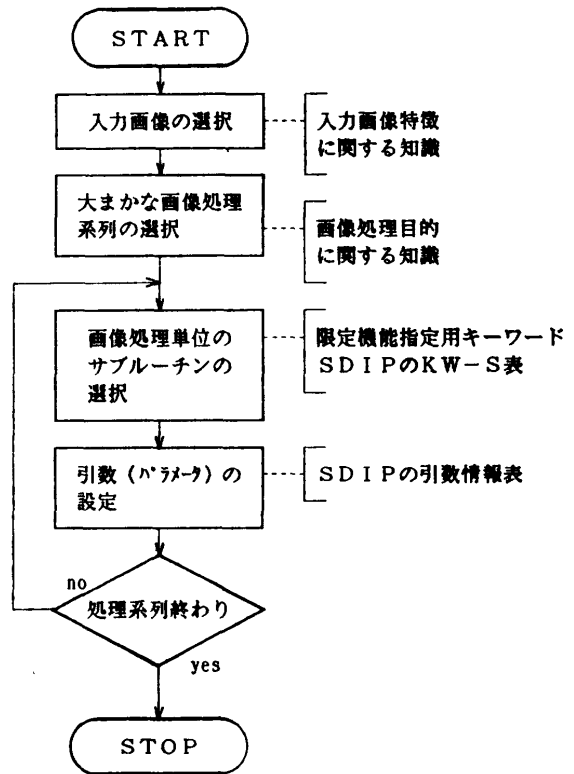


図 1 画像処理系列選択の流れ図
Fig. 1 Flowchart for selection of an image processing sequence.

```

LINE NUMBER = 5
1
WHICH KIND OF INPUT IMAGE ? ← query
1 1 GRAY IMAGE
2 2 CLIPPED IMAGE
3 3 BINARY IMAGE
4 4 LABELED IMAGE } menu
1 ← answer (underlined part)
WHICH KIND OF GRAY IMAGE ?
1 1 OBJECT IMAGE ( CONSISTS OF OBJECTS AND BACKGROUND )
2 2 REGION IMAGE ( CONSISTS OF REGIONS )
1
WHICH KIND OF OBJECT IMAGE ?
1 1 IMAGE WITHOUT LOW FREQUENCY NOISE
2 2 IMAGE WITH LOW FREQUENCY NOISE
1
SELECTED IMAGE IS AS FOLLOWS.
OBJECT IMAGE
    
```

図 2 入力画像特徴の選択
Fig. 2 Selection of an input image feature.

類した画像処理系列に関する知識を利用して、SDIPに画像処理系列構成のためのコンサルテーション機能を付加した。コンサルテーション機能は、SDIPの編集機能の中で HILLS 文を入力する時に利用できるようになっている⁹⁾。

3.2 画像処理系列に関する知識の実現

まず、入力画像の画像特徴(表1)とそれに対応する処理目的の分類(表3)の木構造表現を主記憶上に置けるようにした。

処理目的の分類に関しては、質問とその回答の選択肢メニューという形式で提示を行い、一連の質問の系列の終端に表3のおおまかな処理系列を対応させる。各系列は表2の画像処理単位の組合せで与えられ、この処理単位の各々は表2のようなキーワードの組合せで分類されている。これらのキーワードは、SDIPに登録されているKW-S表(機能指定用キーワードの系列とサブルーチンの対応表—詳細は文献3)参照)に基づいて候補となるサブルーチンを選択するのに使われる。例えば、平滑化(番号1)は、SDIPのKW-S表で、

- (1) SMOOTH を含むパス、
- (2) FILTER と MEDI の両方を含む

パス、

のいずれかのパスの端点になっているサブルーチンを候補とする。

このようにして、選択された画像処理系列の各処理単位には複数のサブルーチンが対応している。それらの中から最適なサブルーチンを1つ選ぶために表2の機能指定用キーワードとSDIPが持つKW-S表を利

```

WHICH KIND OF PROCESSING ?
1 NOISE REDUCTION
2 EMPHASIS OF DIFFERENCE IN GRAY VALUE
3 CLIPPING
4 EXTRACTION OF MASS PATTERN
5 EXTRACTION OF LINE PATTERN
6 LABELING
7 EXTRACTION OF FEATURE POINTS
8 MEASUREMENT OF GEOMETRIC PROPERTY

5
WHICH KIND OF LINE PATTERN ?
1 BORDER LINE
2 RIDGE LINE

1
PROCESSING SEQUENCE IS SELECTED AS FOLLOWS.

SMOOTHING
THRESHOLDING
FUSION
BORDER FOLLOWING

```

図3 画像処理系列の選択

Fig. 3 Selection of an image processing sequence.

```

SMOOTHING
INPUT NUMBER OR FKW. INPUT 0 FOR EXIT.
1 SMOOTH SMOOTHING
2 UNIFORM UNIFORM LINEAR FILTERING ( USING UNIFORM LINEAR WEIGHTS )
3 INT INTEGER VALUE ( DATA TYPE )
4 REAL REAL VALUE ( DATA TYPE )
5 L-MAX EVALUATION OF LOCAL-MAXIMUM VALUE
6 L-MIN EVALUATION OF LOCAL-MINIMUM VALUE
7 MEDIAN MEDIAN FILTER

1
INPUT NUMBER OR FKW. INPUT 0 FOR EXIT.
1 UNIFORM UNIFORM LINEAR FILTERING ( USING UNIFORM LINEAR WEIGHTS )
2 INT INTEGER VALUE ( DATA TYPE )
3 REAL REAL VALUE ( DATA TYPE )
4 L-MAX EVALUATION OF LOCAL-MAXIMUM VALUE
5 L-MIN EVALUATION OF LOCAL-MINIMUM VALUE

1
INPUT NUMBER OR FKW. INPUT 0 FOR EXIT.
1 INT INTEGER VALUE ( DATA TYPE )
2 REAL REAL VALUE ( DATA TYPE )

1
SELECTED SUBROUTINE IS AS FOLLOWS.
FILT2I LINEAR FILTERING ( UNIFORM WEIGHT : INTEGER IMAGE )

```

図4 サブルーチンの選択(平滑化)

Fig. 4 Selection of a subroutine (smoothing).

用する。

なお、これらの知識は SDIP の外部ファイルとして蓄積され、SDIP 中のデータ管理機能でその内容を編集できるようにする。これにより、今後の研究の進展による知識の項目や構造の変化に容易に対処することができる。

3.3 使用例

コンサルテーション機能の使用手順を図 1 に示す。

コンサルテーション機能は、SDIP の編集モードで HILLS 文を入力している時に利用することができ、“/” を入力すると起動される (図 2)。

この機能に入ると、まず、システムが入力画像の種類を利用者に尋ねてくる。図 2 では、入力画像として、濃淡画像で、かつ、低周波雑音のない物体画像を選択している。

入力画像の画像特徴が決定されると、それに対応する処理目的に関する知識 (表 3) を使って、処理目的に関する一連の質問がなされる (図 3)。これらの質問に答えることにより、大まかな処理系列が決定される。図 3 では、平滑化、しきい値処理、図形融合、境界追跡という系列が選択されている。

大まかな処理系列が決まると、画像処理単位ごとにサブルーチン選択と処理条件の設定を行う。画像処理単位が決定されたことによって、表 2 に示すような機

能指定用キーワードが決まるが、これだけではそれを実行できるサブルーチンを一意に決めることができない。そこで、まず、サブルーチンの選択のために、

(1) 機能指定用キーワードの追加指定

(2) 候補サブルーチン群からの選択

のいずれかの方法を使う (図 4)。

(1) は、表 2 中の機能指定用キーワードに追加可能な SDIP のキーワードをメニュー形式で表示し、その中から必要なものを利用者に選ばせることを、1 個のサブルーチンを指定できるまで繰り返す方法である。

(2) は、それまでに指定された機能指定用キーワードで選択し得るすべてのサブルーチンを、メニュー形式 (説明文付き) で表示し、そこから利用者に選択させる方法である。図 4 のサブルーチンの選択では、前者の方法を使っている。

サブルーチンが決定した後は、SDIP の編集機能に戻って、その引数 (処理条件) の設定を行い、1 つの HILLS 文が完成する。引数 (パラメータ) の設定の詳細については、文献 3) を参照されたい。

コンサルテーション機能を使って作成した HILLS プログラムとそれを変換した FORTRAN プログラムを、それぞれ、図 5 および図 6 に示す。図 5 の 5 行目から 7 行目、および、図 6 の 8 行目が、図 3 で決定した系列のうちの平滑化の部分に相当する。

```

TITLE :   BORDER FOLLOWING

1         DO 100 J=1,128
2           READ(5,1000) (IA(I,J),I=1,128)
3     1000  FORMAT(20A4)
4     100  CONTINUE
5 : FILTER,SMOOTH,UNIFORM,INT
   IN=IA(128,128),OUT=SYSV03(128,128),SI=128,SJ=128,WINDOW-I=3,
   WINDOW-J=3,GAIN=0.111111 ;
6 : THRESHOL,BINARIZE,1-TH,INT
   IN=SYSV03(128,128),OUT=SYSV04(128,128),SI=128,SJ=128,TH=100,
   IND=4HOVER ;
7 : CON-COMP,FUSION,BIN,4-CON,INT
   INOUT=SYSV04(128,128),SI=128,SJ=128,I1=1,I2=128,J1=1,J2=128,
   CON=4,IND=4HTHIC,ITERATE=1 ;
8 : CON-COMP,BORDER,ALL-COMP,BIN,4-CON,INT
   IN=SYSV04(128,128),ISI=128,ISJ=128,OUT-I=OUTI(2000),
   OUT-J=OUTJ(2000),OS=2000,LENGTH=LNG,NUMBER=NUM,CON=4 ;
9         WRITE(6,2000) LNG
-----

```

HILLS statements made by
consultation facility

図 5 コンサルテーション機能で作成された HILLS プログラム
Fig. 5 A HILLS program written by consultation facility.

```

C   BORDER FOLLOWING
      INTEGER IA(128,128),OUTI(2000),OUTJ(2000),LNG,NUM,SYSV03(128,128),
      *SYSV04(128,128)
      DO 100 J=1,128
        READ(5,1000) (IA(I,J),I=1,128)
1000  FORMAT(20A4)
100  CONTINUE
      CALL FILT2I(IA,SYSV03,128,128,3,3,0.111111)
      CALL CUT1I(SYSV03,SYSV04,128,128,100,4HOVER)
      CALL THIC1I(SYSV04,128,128,1,128,1,128,4,4HTHIC,1)
      CALL BODR2I(SYSV04,128,128,OUTI,OUTJ,2000,LNG,NUM,4)
      WRITE(6,2000) LNG

```

図 6 図 5 の変換出力 (FORTRAN プログラム)
Fig. 6 Translated output of Fig. 5 (FORTRAN program).

コンサルテーション機能の中の質問のメッセージおよび説明文は、SDIP の他の部分と同様に、移植性を保つために英語で書かれている。ただし、その内容はなるべく簡単にすることを原則とし、文章ではなく、キーワードの並びに近い表現にしている。

3.4 実 現 状 況

現在、コンサルテーション機能を SDIP 上で実現するために、以下のような項目が登録されている。

- (1) 画像特徴 8 種類 (表 1)
- (2) 画像処理単位 17 種類 (表 2)
- (3) 処理目的に関する質問 (表 3, 木構造)
 - 最大レベル: 4
 - 項目数 (木のノードの数): 72
- (4) サブルーチン 64 個
 - (SLIP: 55 個, SPIDER: 9 個)

なお、SDIP には、223 個のサブルーチンが登録されているが、現在登録されている画像処理系列では、そのうちの 64 個だけが使われている。これは、典型的な画像処理系列では、使用されるサブルーチンがいくつかのものに限定されるためである。

コンサルテーション機能を実行するプログラムは FORTRAN で書かれており、約 4000 行である。ただし、SDIP 本体は約 8200 行の FORTRAN で書かれており、コンサルテーション機能でこの中のサブルーチンをいくつか利用している。

4. む す び

本報告では、キーワード列指定に基づく画像処理用語 HILLS を用いた画像処理手順を開発するシステム SDIP において、従来欠けていた画像処理系列に関する知識を導入し、それをを用いてコンサルテーション機能を実現する試みについて述べた。

画像処理系列に関する知識を SDIP に付加することにより、従来は困難であった一連の処理系列の指定を簡略化することができた。また、この機能を付加することにより、SLIP および SPIDER を基にした画像処理手順のプログラミングのための支援システム SDIP はほぼ完成したと考えられる。しかし、登録した画像処理系列や分類項目は、現在の膨大な手法の蓄積から見ると、その一部分にすぎない。今後、SDIP のデータ管理機能を使って、逐次知識を収集していく予定である。

一方、最近の画像処理エキスパートシステムの開発動向を見ると、プログラミングのみでなく、入力画像に処理を施しながら処理手法や処理パラメータを自動設定していくシステムの必要性が高まっているのわかる。そこで、今後は SDIP 開発で蓄積された画像処理に関する知識を利用して、入力画像と最終結果に関する記述に適合した画像処理手順を自動構成するシステムを開発することを計画している¹²⁾。このシステムの実現には、ここで述べた知識のみでは不十分であり、各処理手法のパラメータの分類、処理間のパラメータの相統性、処理目的を記述する手段としての特徴量の分類と意味付けなどが必要である。また、今回は処理手法に重点を置いて知識を整理したが、処理パラメータについても系統的な分類が必要であろう。

謝辞 本研究に関して御討論および助言を頂いた研究室の諸氏に深謝する。また、日頃御鞭撻を頂く名古屋大学情報処理教育センター長川又晃教授に深謝する。SDIP およびコンサルテーション機能を実現するプログラムは名古屋大学大型計算機センター FACOM M-382 上で実行されている。なお、本研究の一部は文部省科研費 (奨励 (61750329, 62750318)) による。

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, 情報処理学会論文誌, Vol. 22, No. 4, pp. 353-359 (1981).
- 2) 田村, 坂根, 富田, 横矢, 金子, 坂上: ポータブル画像処理ソフトウェアパッケージ SPIDER の開発, 情報処理学会論文誌, Vol. 23, No. 3, pp. 321-328 (1982).
- 3) 鈴木, 鳥脇: 画像処理用言語 HILLS とその支援システム SDIP, 信学論 (D), Vol. J 68-D, No. 4, pp. 917-924 (1985).
- 4) 田村, 坂上, 久保, 佐藤: DIA-Expert システム意味処理部の試作(1)一設計理念とシステムの機能一, 情報処理学会コンピュータビジョン研究会資料, CV 43-2 (1986).
- 5) 田村秀行: エキスパート・ビジョン一画像処理と知識工学の接点一, 第 16 回画像工学コンファレンス論文集, 4-1, pp. 89-94 (1985).
- 6) 松山, 尾崎: LLVE: トップダウン・セグメンテーションのための画像処理エキスパートシステム, 情報処理学会論文誌, Vol. 27, No. 2, pp. 191-204 (1986).
- 7) 久保田, 長谷川, 鳥脇: サンプル図形提示による線図形および面図形抽出手順の自動構成方法の実現, 情報処理学会コンピュータビジョン研究会資料, CV 42-5 (1986).
- 8) 本多祐司: 名古屋大学修士論文 (1987).
- 9) 折田, 長谷川, 鳥脇, 金崎, 高藤: プロダクションシステムを用いた画像処理手順の推論方法, 信学技報, PRU 87-11 (1987).
- 10) 坂上, 田村: 処理モジュールの構造的知識を利用した画像処理プログラム自動生成システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 26, No. 4, pp. 652-661 (1985).
- 11) 阿部, 田村, 坂上, 鳥脇: 画像処理ソフトウェア・パッケージ SPIDER-II の新機能(1)一画像データ型の導入と引数の分類一, 第 32 回情報処理学会全国大会論文集, 1 N-2 (1986).
- 12) 鈴木, 鳥脇: 特徴量計測に基づく画像処理エキスパートシステム, 昭和 61 年度電気関係学会東海支部連合大会講演論文集, 593 (1986).

(昭和 62 年 7 月 29 日受付)

(昭和 62 年 11 月 11 日採録)



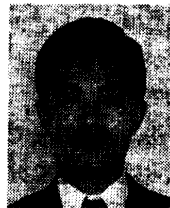
鈴木 秀智 (正会員)

昭和 32 年生。昭和 55 年豊橋技術科学大学情報工学課程卒業。昭和 57 年同大学院修士課程修了。同年同大学教務員。昭和 59 年名古屋大学工学部助手。昭和 60 年同大学情報処理教育センター助手。現在に至る。画像処理および画像処理用エキスパートシステムに関する研究に従事。電子情報通信学会, 日本 ME 学会各会員。



本多 祐司

昭和 37 年生。昭和 60 年名古屋大学工学部電子工学科卒業。昭和 62 年同大学院修士課程修了。同年沖電気工業(株)入社。在学中画像処理用エキスパートシステムの研究に従事。



鳥脇純一郎 (正会員)

昭和 14 年 7 月 20 日生。37 年名古屋大学工学部電子工学科卒業。42 年同大学院博士課程修了。同年 4 月名古屋大学工学部助手。以後, 45 年同助教授, 49 年名古屋大学大型計算機センター助教授, 55 年豊橋技術科学大学情報工学系教授, 58 年名古屋大学工学部電子工学科教授を経て, 60 年 4 月より同情報工学科教授。工学博士。パターン認識, 画像処理, グラフィックス, および, それらの医学情報処理への応用に関する研究に従事。著書「現代確率論の基礎」(オーム社)(共著)。電子情報通信学会, 日本 ME 学会, 医療情報学会, 人工知能学会, 米国 IEEE 各会員。