

会話型評価と自動評価による画像処理手順の プロダクションシステム†

折田 三弥彦^{††} 長谷川 純一^{†††} 鳥脇 純一郎^{††††}
金崎 守男^{††} 高藤 政雄^{††}

処理手法に関する知識だけを用いて手順を推論する画像処理手順のプロダクションシステムを提案する。すなわち、画像の特徴を大局的データベース、処理手法に関する知識をプロダクションルールとして各々対応付けるものである。また、手順推論の高速化および柔軟性の向上を目的として、問い合わせによる会話型評価と特徴例示による自動評価とを融合させる方式を採用した。実例を引用して本方法を考察したところ、知識ベースの単純化、あるいは推論の柔軟化が図れるものと期待できる。さらに本方法に基づき、部分的ではあるがモデルシステムを試作、評価したところ、画像処理エキスパートをより実用レベルに近づけられることが確認できた。

1. ま え が き

画像処理アルゴリズムの蓄積とともに、それらを活用して画像処理手順の設計を支援する、いわゆる画像処理エキスパートシステムが研究され始め、いくつかの試作、実験例が報告されている¹⁾。

画像処理エキスパートシステムの考え方は文献 2) で提案され、その後画像処理手法(または処理モジュール)の系列を発生する意味処理部^{3),4)}と具体的な実行プログラムを生成する構造処理部⁵⁾に分けての実現例がある。前者の意味処理部においては、入力画像の性質と処理結果の評価をシステムからの質問に応じて人が入力し、それに従ってシステムが処理手法を選ぶようにされており、対象として粒子画像が選ばれている。

文献 6) においては、処理目的と対象画像の属性を入力すると、まず、大まかな手順を選択し、それに従って具体的な処理手法やパラメータを、IF-THN 形式のルールに従って選択、実行する。文献 7), 8) は処理対象と目的を共に画像サンプルの形で入力し、それから処理の各段階における望ましい画像を推定していく点に特徴があるが、その後はやはり大まかな手順

を選択し、さらに具体的な処理手法やパラメータを定められた手順で最適化する。文献 9) でも入力画像の特徴や目的図形の存在範囲をやはり画像上で指定できるようにすることに重点がおかれている。これらは対象画像の範囲や種類を特に限定していないが、実験例では主に医用 X 線像^{7),8)} や産業応用画像⁹⁾ が用いられている。文献 10) は指定された画像特徴を抽出する処理手法を選択、駆動する機能を持つもので、処理プロセスと画像特徴との関係が意味ネットワークで表現されている。ただし、現在のところ人が直接に画像処理手順の設計に用いるよりもむしろ画像理解システムの中での利用を意図したものである。

上記のようにこれまでの諸研究では、その意図する適用対象画像、利用法、システムの機能、知識の内容や表現法、等のいずれにおいても極めて多様であり、一般性のある確立された方法はない。例えば、大まかな処理手順を知識として持つことは手順構成の効率をよくし、問題の枠組みを明確にする反面、システムの柔軟性に制約を加え、また、将来の知識の増加に対処しきれないかもしれない。一方、プロダクションルールやフレーム表現の利用がこれらの問題をどこまで解決できるかも未知数である。さらに、画像処理技術や画像処理システム設計に関する知識やノウハウ自体にも未知の点は少なくない。

このような状況のもとでは、様々な観点、方法、枠組みに基づいて多様な画像処理エキスパートシステムを試作し、その性能を評価しつつ知見を蓄積していくことが極めて重要であると思われる。さらに、それは画像処理アルゴリズムの整理や体系化にも大いに寄与しよう。

† A System for Producing Image Processing Procedures Using Interactive and Automatic Analysis by MIYAHIKO ORITA (Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.), JUN-ICHI HASEGAWA (Faculty of Liberal Arts, Chukyo University), JUN-ICHIRO TORIWAKI (Department of Information Engineering, Faculty of Engineering, Nagoya University), MORIO KANASAKI and MASAO TAKATOO (Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.).

†† (株)日立製作所日立研究所

††† 中京大学教養部

†††† 名古屋大学工学部情報工学科

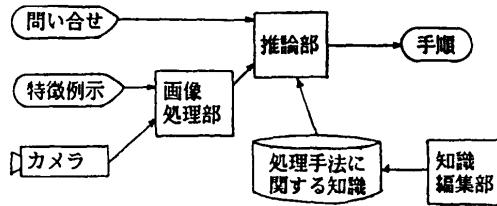


図1 システムの構成
Fig. 1 Structure of the proposed system.

そこで、本論文では、画像処理手法に関する知識に基づいて所望の処理手順を導く画像処理エキスパートシステムの一方式を提案し、その機能を検討する。本方式では、システムの機能を個々の手法に関する知識から画像処理の手順を推論するプロダクションシステムとみなし、個々の処理手法に関する知識をプロダクションルール、その入出力となる画像の特徴を大局的データベースと考える。一方、大まかな処理手順に類するものは知識としては持たない。さらに、処理手法を選ぶ手掛かりとなる画像の特徴は、システムからの問い合わせに応じて人が評価する会話型評価、および、人が画像上で指定する図形情報に基づいてシステムが評価する自動評価の両者を併用して手順推論の高速化および柔軟性の向上を図る。

2. 概要

本システムは、図1に示すように、ユーザとの対話手段として、問い合わせと特徴例示をサポートする。ここで、問い合わせは、システム側からユーザに入力画像の特徴や処理手法の実行結果に関する質問を發して答えを入れてもらう、いわゆる会話型評価に対応するものである。一方、特徴例示は、抽出したいパターンの領域やその背景の領域等の画像の特徴を、表示された処理対象画像の上で直接入力してもらい、その情報と画像から処理手法のパラメータを計算する、いわば画像の自動評価に対応するものである。問い合わせを使用する場合はキーボードやマウスから直接推論部に情報が渡されるが、特徴例示の場

合は画像処理部を経由する。そこで、このようにして得られた情報と、専門家があらかじめ編集しておいた処理手法に関する知識を用いて画像処理手順を推論する。

なお、最終的には、観測、前処理、特徴抽出、決定という画像の認識全体にわたる支援が必要であるが、当面は前処理から特徴抽出（または、面、線、点抽出⁷⁾）までの手順開発を対象とする。一方、入力シーン中の対象物に関する高度な知識を用いる、いわゆる画像理解のレベルの処理は本文では扱わない。

3. 手順の推論方法

専門家は画像または画像の特徴を評価して次に施す処理手法を選択し、これを実行するという操作を試行錯誤的に繰り返して手順を組み立てていくものと考えられ、このプロセスは文献11)で示すようなプロダクションシステムと類似している。そこで、ここでは専門家の思考モデルとしてプロダクションシステムを採用し、これを画像処理手順の推論に適用する。

3.1 概要

図2に推論の概要を示す。プロダクションシステムは大きく、大局的データベース、プロダクションルール（以下、ルールと略称する）、コントロールプログ

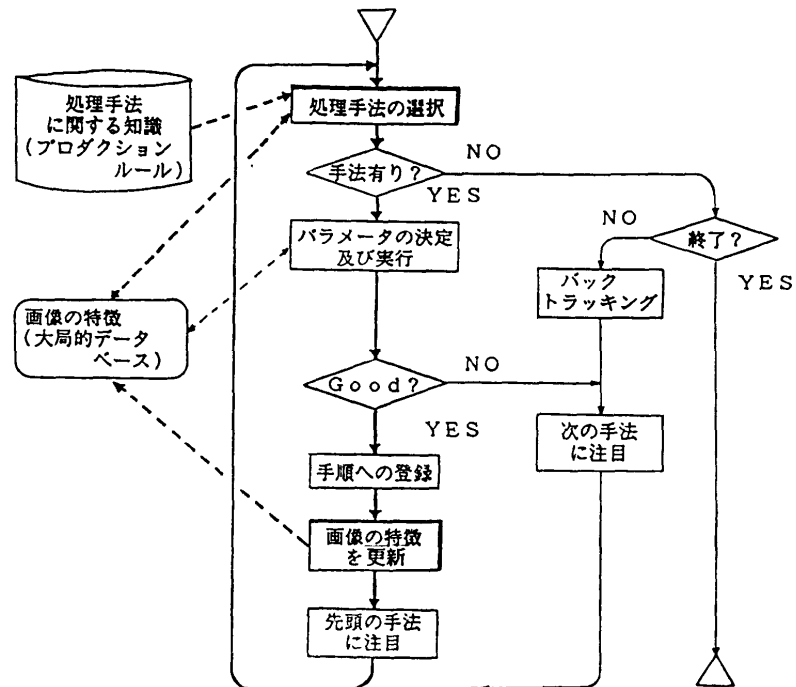


図2 推論の概要
Fig. 2 Outline of inference.

ラムで構成され、さらにルールは前提条件 (pre-condition) および動き (または帰結) (move) で構成される。そこで、画像処理手順を推論するために、大局的データベースとして画像の特徴、一方、ルールとして画像処理手法 (以下、単に手法と呼ぶ) に関する知識を対応させる。各手法に関する知識は、やはり前提条件と動きとで構成する。すなわち、前提条件としてその手法を適用すべき画像の特徴、一方、動きとして実行ルーチンおよび実行後の画像の特徴 (または手法が手順に登録されるための条件) をそれぞれ対応させるものである。なお、画像の特徴や手法に関する知識の表現形式や処理方法については 3.2 節で述べる。

処理手順の推論としては、まず、手法の前提条件が大局的データベースの画像の特徴を満足しているか否かを順次、判定して行き、満足した時点でその手法を一つ選択する。次に、選択された手法の実行ルーチンを起動する。実行ルーチンは、その手法に必要なパラメータを決定し、これを実行するものである。なお、手法の選択およびパラメータの決定に際しては画像の特徴を評価する必要があるが、この詳細は 4 章で述べる。

次に、手法の実行結果を評価する。ここでの評価項目は、動きに定義されている実行後の画像の特徴であり、この詳細についても 3.2 節および 4 章で述べている。ここで結果が良好であれば、手法およびパラメータを手順に登録した後、上記実行後の画像の特徴に従って大局的データベースである画像の特徴を更新し、再び手法の先頭から同様な操作を繰り返す。一方、結果が良好でない場合は、その手法が実行される前の状態に戻った後、その手法の次に並ぶ手法から同様に繰り返す。

ところで、画像の特徴に適合する手法が見当たらない場合、すなわち、手法選択に失敗した場合は以下のように動作させることにする。

- ① 所望のパターンが得られたならば正常終了。
- ② 正常終了でなく、かつ手法が未だ一つも登録されていない場合は異常終了。
- ③ 正常終了でなく、かつ手法が既に一つ以上登録されている場合はバックトラッキングする。すなわち、前回登録された手法を強制的に放棄して、その手法の次に並ぶ手法から同様に繰り返すものである。これにより、手法の並ぶ順序、すなわちルールが定義された順序に関係なく、所望の条件を満たす手順が少なくとも 1 つ得られるまでは前提条件を満足するすべての手

順が推論、試行できることになる。

3.2 画像の特徴および手法に関する知識の処理方法

画像処理手順を推論するためには、大局的データベースおよびこれを操作するルールを画像処理に適するように設計する必要がある。ここでは、これらに対応する画像の特徴、および手法に関する知識の表現形式および処理方法の基本的なアルゴリズムを説明した後、例を引用してその特性などを考察する。

3.2.1 アルゴリズム

① まず、専門家が評価する画像の特徴として、 $\{x_1 \cdots x_i \cdots x_n\}$ があるものとし、これらの現在の評価値を $\{f(x_1) \cdots f(x_i) \cdots f(x_n)\}$ とした時、 $f(x_1) \sim f(x_n)$ は有限な範囲で連続する整数値または実数値を取るようしておく。

② ルール中の手法 P が実行されるための前提条件を次に示すような不等式の連言および選言で定義しておく。

$$Th_{P^1}(y_j) \geq f(y_j) > Th_{P^2}(y_j) \quad (1)$$

ただし、

$$j : j=1, 2, \dots, m$$

$$y_j : \{x_1 \cdots x_i \cdots x_n\} \text{ のうち、手法 P が実行されるための前提条件に関連する画像の特徴}$$

$Th_{P^{1,2}}(y_j)$: 手法 P の実行の是非を決める特徴 y_j の評価値に対するしきい値。

③ さらに、(1) 式が成立して手法 P が実行された後、これが手順に登録されるための条件、すなわち実行後の画像の特徴を次に示すような不等式の連言で定義しておく。

$$Th^{*P^1}(z_k) \geq \Delta f_{P^1}(z_k) > Th^{*P^2}(z_k) \quad (\text{or } f^*(z_k)) \quad (2)$$

ただし、

$$k : k=1, 2, \dots, l$$

$$z_k : \{x_1 \cdots x_i \cdots x_n\} \text{ のうち、手法 P が手順に登録されるための条件に関連する画像の特徴}$$

$Th^{*P^{1,2}}(z_k)$: 手法 P の手順登録の是非を決める特徴 z_k の評価値に対するしきい値。

$\Delta f_{P^1}(z_k)$: 手法 P を実行した時の特徴 z_k に対する評価値の減少分。

$f^*(z_k)$: 手法 P を実行した後の特徴 z_k に対する評価値

④ (2) 式が成立して手法 P を手順に登録した後、次

表 1 画像の特徴の例 (大局的データベースの例)
Table 1 Example of image features. (Example of global database)

項目	評価値 $f(x_i)$ の範囲
1 画像の種類	2(濃淡), 1(2値), 0(5A ¹)
2 濃度変動	4(照明が点滅する程) ~ 0(全く一定)
3 細かいむら	4(一面模様状) ~ 0(極めて一様)
4 エッジぼけ	4(エッジ確認不可) ~ 0(極めて鮮明)
5 濃淡の複雑さ	4(極めて多階調) ~ 0(白と黒のみ)
6 背景との明暗関係	2(明), 1(暗), 0(中)
7 対象の形	4(輪郭全体が不一致) ~ 0(輪郭全体が一致)

表 2 処理手法に関する知識の例 (プロダクション・ルールの例)

Table 2 Examples of knowledge of image processing algorithms. (Examples of production rules)

	前提条件 (注)	動き	
		実行ルーチン	実行後の画像の特徴
1	$f(\text{画像の種類}) = 2$ $2 \geq f(\text{濃度変動})$ $2 \geq f(\text{細かいむら})$	固定2値化	$f(\text{画像の種類}) = 1$ $2 \geq f(\text{対象の形})$
2	$f(\text{画像の種類}) = 2$ $f(\text{濃度変動}) > 1$ $2 \geq f(\text{細かいむら})$ $2 \geq f(\text{濃淡の複雑さ})$	自動2値化 (判別分析)	$f(\text{画像の種類}) = 1$ $2 \geq f(\text{対象の形})$
3	$f(\text{画像の種類}) = 2$ $f(\text{細かいむら}) > 1$	平滑化	$\Delta f(\text{細かいむら}) > 0$
4	$f(\text{画像の種類}) = 2$ $f(\text{濃淡の複雑さ}) > 1$ $2 \geq f(\text{エッジぼけ})$ $2 \geq f(\text{細かいむら})$	輪郭強調	$\Delta f(\text{濃淡の複雑さ}) > 0$ $f(\text{明暗関係}) = 1$
5	$f(\text{画像の種類}) = 2$ $f(\text{濃淡の複雑さ}) > 1$ $2 \geq f(\text{エッジぼけ})$ $f(\text{細かいむら}) > 3$	輪郭強調	$\Delta f(\text{濃淡の複雑さ}) > 0$ $f(\text{明暗関係}) = 2$

(注): 区切り内は連言, 区切り間は選言
【*】: 問い合せによる評価項目

式に従って画像の特徴を更新する。

$$f(x_i) = f(x_i) - \Delta f(x_i) \quad (3)$$

$$(\text{or } f^*(x_i))$$

3.2.2 考 察

表 1 に画像の特徴の例, そして表 2 に手法に関する知識の例を示す。なお, 本例は領域 (または面) 抽出を前提として挙げたものであるが, あくまでも 3.2.1 項で提案する手順の推論方法の有用性を考察するためのものであり, 今後, 多数の専門家の知識に基づいて, より洗練されたものにしていく必要がある。

表 1 に示すように, 画像の特徴は, 画像の種類, 濃度変動 (画像ごとの濃度または照明変化の大きさ), 細かいむら (対象内部および背景における微小な不要パターンの数), エッジぼけ, 濃淡の複雑さ (濃度の階調の多様さ), 背景との明暗関係, 対象の形 (2 値パターンになった時の輪郭または形の損傷の大きさ),

等の各項目に分類しており, それぞれ連続する有限の整数値を取るようになっている。なお, このほかに 2 値画像を対象とするものとして, 他パターンとの接触の度合い, 分離または割れの度合い, 収縮処理の実行回数 (回数 1 は四方から 1 画素分の縮小, 負の場合は膨張処理を意味する), 等を表す項目があるが, ここでは省略している。また, 表中の 2 ~ 7 の項目の評価値は, 現在は利用者の主観的な 5 (または 3) 段階評価としている。

一方, 表 2 には各手法に対する前提条件, 実行ルーチン, 実行後の画像の特徴がそれぞれ定義してある。3.2.1 項で述べたように, 前提条件は画像の特徴に対する不等式の連言および選言で定義するようにしているが, 本例では選言を用いていない。一方, 実行後の画像の特徴は連言だけで定義するようにしている。もし, 実行ルーチンが等しいにもかかわらず, 実行後の画像の特徴が異なる場合には, 別のルールとして定義する。本表では, 輪郭強調が 2 つのルールに分割されて定義されている (一方の輪郭強調は領域を暗くするが, 他方の輪郭強調は領域を明るくするため, このように分割しているものである)。なお, 各不等式の片側を省略してあるが, 省略部分は表 1 で示す上下限値に従うものである。また, 不等式によって定義される評価値が 1 つである場合は等式を用いている。

ところで, 本例と 3.2.1 項で述べた処理方法および 3.1 節で述べた推論の概要とを合わせて考察すると, 画像処理手順が柔軟に推論できることが分かる。

例えば, $f(\text{細かいむら})$ が 4, すなわち細かいむらが多い場合は固定および自動 2 値化は選択されず, 平滑化が選択, 実行される。平滑化の実行によって細かいむらが減少, すなわち, 実行後の画像において $\Delta f(\text{細かいむら}) > 0$ が成立すれば, ここで平滑化が手順に登録される。

このとき, $\Delta f(\text{細かいむら})$ が 1 であったとすると, $f(\text{細かいむら})$ の新しい評価値が 3 となり, 次の手法選択のステップにおいても平滑化が選択, 実行されることになる。一方, $\Delta f(\text{細かいむら})$ が 2 以上であったとすると, $f(\text{細かいむら})$ の新しい評価値が 2 以下となり, 次のステップでは固定あるいは自動 2 値化が選択されることになる。そこで, ここでは $\Delta f(\text{細かいむら})$ が 2 で, 固定あるいは自動 2 値化が

選択, 実行されたものとし, さらにその実行結果を評価したところ, 所定の画像の特徴を満足しなかったものとする. すなわち, $2 \geq f$ (対象の形) を満足しなかった (または, 対象の輪郭または形が余りきれいに得られなかった) ものと仮定するものである. すると, 2値化は手順に登録されず, 次に並ぶ手法, すなわち, 平滑化の前提条件が評価される. ここで, 細かいむらに対する現在の評価値 f (細かいむら) は2であり, 未だ平滑化の前提条件の範囲内であるため, 再び平滑化が選択, 実行されることになる.

その後, 平滑化が手順に登録されたとすれば, 次の手法選択のステップで再び2値化が選択, 実行され, その結果が評価される (5章および図4に2値化実行ルーチンの動作例を示す). そして, 2値化の実行結果が良好であったとすると, 以後, 画像の種類は2値となる. 一方, 平滑化が手順に登録されなかったとすれば, 次の手法, すなわち輪郭強調の前提条件が評価される. ここで, 例えば, f (エッジぼけ) が4, すなわち, エッジが極めてぼけていたものとし, 輪郭強調は選択されなかったものとする. すると, 以降はすべて2値画像を対象とした手法であるため, 手法選択に失敗し, バックトラッキングが発生する. すなわち, 手順に登録された平滑化が放棄され, 手順の先頭に対する推論が改めて開始される. ここで, f (細かいむら) は4に戻るため, ルール4の輪郭強調は選択されない. そこで, 初期状態における f (エッジぼけ) が1であったとすると, ルール5の輪郭強調が選択, 実行されることになる (5章および図5に輪郭強調実行ルーチンの動作例を示す). なお, ルール5の輪郭強調は, 細かいむらを逆に利用して, 対象と背景に明暗差を設けようとするものである.

以上のような柔軟な推論は, 2値化, 平滑化, 輪郭強調を例に採った場合だけに限られるものではなく, 収縮や膨張, あるいはそれらで構成する, いわゆる図形融合¹²⁾や面積抽出, 等の手法がさらに加わっても同様である. また, 細線化や輪郭線抽出, 等の線抽出, および縮退やパターンマッチング, 等の点抽出を目的とした手法が加わってもやはり同様である (ただし, この場合, 目的が領域, 線, 点抽出のいずれであるかを区別するための項目を表1に追加し, 表2における各手法の前提条件にそれを反映させておく必要がある). しかも, 表2が示すように, 手順そのものを用いていないため, 知識ベースは極めて単純である. これにより, 画像処理エキスパートシステムにおける知

識ベースの煩雑化, あるいは推論の固定化がある程度, 解消されるものと期待できる.

4. 画像の特徴の評価方法

前提条件や動きの評価, そして手法のパラメータの決定に当たっては, 画像の特徴 (または画像) を評価する必要がある. 画像の評価方法としてこれまで提案されているものとしては, 会話型^{9), 4)}によるものと自動⁷⁾⁻⁹⁾によるものがある. しかし, 会話型評価によると量性を欠き, 一方, 自動評価による柔軟性を欠くということから, いずれの方法を用いても手法の選択やパラメータの決定に適切さを失うか, あるいは時間がかかり過ぎる恐れがある. そこで, 本システムでは, 会話型評価と自動評価とを融合させるようにする.

4.1 問い合せによる会話型評価

実行の前提条件となる画像の特徴, および実行後の画像の特徴の評価には, 主に問い合せ (または質問) による会話型評価を用いる. なお, 表2において『*』が添えられたものが, 問い合せで評価する項目であり, その他はシステムが自動で評価するものである.

問い合せに当たっては, 文章, 図形, 画像データに基づくグラフ, 等を駆使して特徴およびその評価値の意味を説明した後, ユーザの評価を促すようにする. 例えば, 濃度変動に関しては,

『濃度変動に関する評価値が必要です. 以下の説明を参考にして0から4までの値を入力して下さい.

評価値4—照明が消えることもあるというような悪条件.

評価値0—外部の照明が一切遮断され, しかも直流電源による安定した照明を用いるというような好条件.』

というように問い合せるようにする.

また, 濃淡の複雑さに対しては,
『評価値4—いろいろな濃度パターンがあり, ヒストグラムが多峰性または平坦.

評価値0—ほとんど白と黒のパターンしか無く, ヒストグラムが顕著な双峰性.』

というような説明に加えて, 処理の対象としている画像のヒストグラム等を表示してユーザの評価を促すようにする.

4.2 特徴例示による自動評価

手法のパラメータの決定には, 主に特徴例示による

表3 表2に対応する特徴例示による自動評価の概要
Table 3 Outline of automatic evaluation using direct feature indication.

実行ルーチン	パラメータ	特徴例示と自動評価の内容
1 固定2値化	しきい値	対象と背景領域を一括して例示後、判別分析法 ⁹⁾ で算出 対象と背景領域を別々に例示後、2クラス間のベイズ決定で算出 対象または背景領域だけを例示後、正規分布をあてはめて算出
3 平滑化	マスクサイズ	対象と背景領域を別々に例示後、実行結果における濃度分布の分離度 ⁹⁾ が最大になるものを選択 マスクサイズと並行して選択
4 輪郭強調	重み	対象の輪郭を例示後、輪郭と内部の濃度分布の分離度 ⁹⁾ が最大になるものを選択
5	種類	

自動評価を用いる。すなわち、抽出したいパターンの領域やその背景の領域等の画像の特徴を表示装置上の画像の上に直接入力してもらい、その情報と画像から計算または選択するものである。

表3に、表2で示した各ルールに対応する特徴例示による自動評価の概要を示す。

特徴例示や自動評価を実施するルーチンは、ルールの動きで定義されている手法の実行ルーチンにより、適宜コールされる。実行ルーチンは、特徴例示や自動評価をコールするだけでなく、その手法の実行に要する作業をすべて実施するものである。例えば、画像メモリの割り付け、自動評価を実施しないパラメータ(例えば、連結数、明、暗、中の三段階の濃度のうち、いずれを1とし、0とするかを決定する2値化の形式、等)の問い合わせによる決定、自動評価結果が承認されなかった場合に起動される会話型評価(これに関しては5章で実例を紹介する)、等を実施するものである。

5. モデルシステム

モデルシステムの構成を図3に示す。画像処理部や

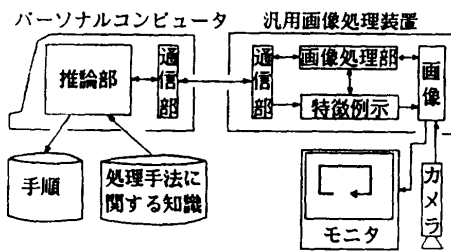
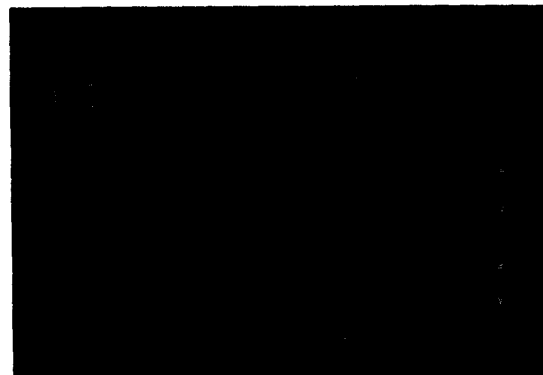


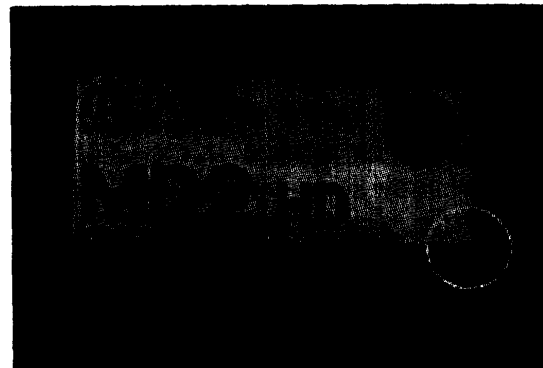
図3 モデルシステムの構成
Fig. 3 Structure of model system.

特徴例示は汎用型の画像処理装置、そしてその他の部分はパーソナルコンピュータで構成した。したがって、会話型評価に用いる問い合わせ文は日本語で容易に表示でき、分かりやすくなっている。なお、本モデルシステムは、主に会話型評価と自動評価との融合の有効性を検証するために試作したものである。

図4～図6に動作例を示す。図4は、表2における



(a) 問い合わせによる会話

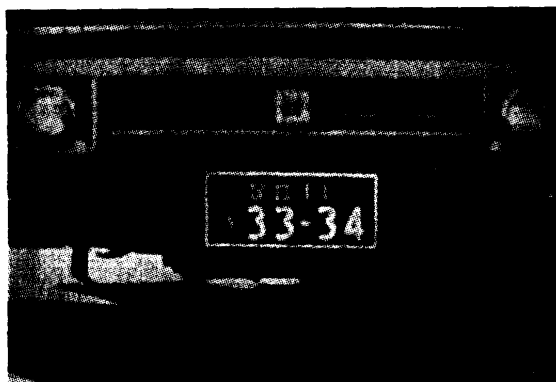


(b) 対象と背景の例示

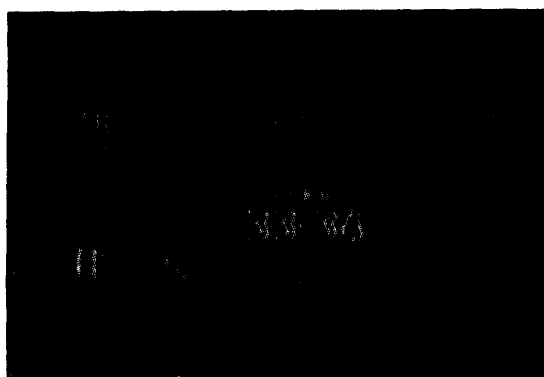


(c) 2値化の実行

図4 2値化の実行ルーチンの動作例
Fig. 4 An example of operation of binarization routine.



(a) 文字領域の例示



(b) 選択結果 (水平方向微分)

図 5 自動評価による輪郭強調の選択例

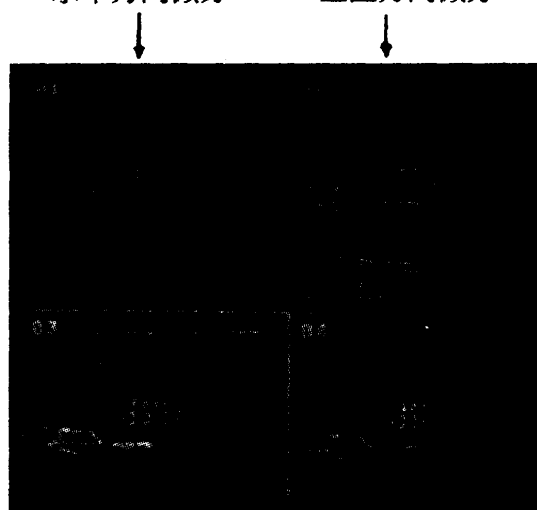
Fig. 5 An example of selecting edge detection by automatic evaluation.

ルール 1, すなわち固定 2 値化が選ばれた時の実行ルーチンの動作例である。まず, 2 値化の形式などが問い合せられた後, ユーザが画面に向かって対象と背景の適当な部分領域を一括して例示する。そこで, 表 3 に示したように, 例示された領域のヒストグラムを走査しながら判別分析法¹³⁾によって最適しきい値を算出した後, 2 値化が実行される。

図 5 および図 6 は, 輪郭強調の実行ルーチンの動作例である。ここでは, 濃度の細かいむらが多いナンバープレート領域の抽出を想定している。したがって, 3.2.2 項で述べたように輪郭強調は, ルール 4 ではなく, ルール 5 からコールされる。そこで, 図 5 に示すように, まず, 対象と背景の領域を例示する。なお, ここでは図中の長方形領域の外がすべて背景領域として例示されている。次に, 自動評価により, 最適な輪郭強調を選択する。すなわち, 表 3 に示したように, 種々の輪郭強調の実行結果について, 対象と背景のヒストグラムをそれぞれ求めた後, 両者の分離度 (両分布間の距離) を求め, これが最大になるものを

水平方向微分

垂直方向微分



↑
ラブラシアン
8 近傍

↑
ラブラシアン
4 近傍

図 6 会話時の観察画面例

Fig. 6 Examples of observed pictures in interactive analysis.

選択するものである。本例では, 水平方向微分 (または垂直方向の輪郭強調) が選択されている。

図 6 は, 上記の自動評価の結果をユーザが承認しなかった場合に起動される会話型評価の画面例である。これによると, 文字部分が明るく強調されているという点では他に優れたものもある。しかし, ナンバープレートの領域を他に比較して明るく強調するという立場から評価すれば, やはり自動評価の結果である水平方向部分を選択することが妥当であることが分かる。

ところで, 例えば, 図 4 の例に会話型評価だけを適用したとすると 2 値化のしきい値をユーザが自分でいろいろ換えて試してみるということになる。一方, 自動評価だけを適用したすると箱の輪郭だけでなく, 箱内部に存在するマークや文字, 等の不要な領域の輪郭をも, いちいちなぞる必要があるものと考えられる。したがって, いずれか一方の方法だけによると正確なパラメータが選択されないか, または手間が増大して時間を要することになる。しかし, 上記動作例で示したように, 会話型評価と自動評価とを融合させることにより, この問題が解決できる。

6. む す び

知識ベースの簡単化または推論の柔軟性向上を目的

として、処理手法に関する知識だけを用いて手順を推論する画像処理手順のプロダクションシステムを提案した。また、手順推論の高速化および柔軟性の向上を目的として、問い合わせによる会話型評価と特徴例示による自動評価とを融合させた。実例を引用して本方法を考察し、さらに部分的ではあるがモデルシステムを試作、評価したところ、画像処理エキスパートをより実用レベルに近づけられることが確認できた。

今後は、手順の処理性能を考慮した手法の選択方法の検討、手法および自動評価の充実、等を重ね、有用性の向上をさらに図る予定である。さらに、対象物に関する高度な知識を利用する画像理解システムの開発へも利用できるように拡張することも重要な課題と考えている。

謝辞 最後に、熱心に御討論いただいた名古屋大学情報工学教室の横井茂樹助教授、ならびにパターン認識グループの皆様に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 田村：エキスパート・ビジョン—画像処理と知識工学の接点—，第16回画像工学コンファレンス論文集，pp. 89-94 (1986)。
- 2) 田村，板上：画像解析エキスパート・システムのための3種の知識，電子通信学会研究会資料，PRL 83-49，pp. 27-40 (1983)。
- 3) 田村，坂上，久保，佐藤：DIA-Expert システム意味処理部の試作(1)—設計理念とシステムの機能—，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)。
- 4) 久保，坂上，田村：DIA-Expert システム意味処理部の試作(2)—粒子画像の解析手法とその知識の体系化—，情報処理学会コンピュータビジョン研究会資料，CV 43-3 (1986)。
- 5) 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. 19-22 (1985)。
- 6) 末田，三亀，星：画像処理エキスパートシステム，東芝レビュー，Vol. 40，No. 5，pp. 403-406 (1985)。
- 7) 長谷川，久保田，鳥脇：サンプル図形の提示による画像処理手順の自動構成方法とその線図形抽出手順構成への適用，電子通信学会研究会資料，PRL 85-38，pp. 35-46 (1985)。
- 8) 高須，長谷川，鳥脇：サンプル図形提示方式による面図形抽出手順の自動構成方法について，電子通信学会研究会資料，PRU 87-10，pp. 33-40 (1987)。
- 9) 折田，金崎，小沼，高藤：画像処理エキスパートシステムの検討，電子通信学会研究会資料，PRU 86-49，pp. 73-81 (1986)。

- 10) 松山，尾崎：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の開発，情報処理学会研究会資料，CV 36-3 (1985)。
- 11) Nilsson, N. J.: *Principles of Artificial Intelligence*, Tioga Publishing Co., Palo Alto, California (1980)。
- 12) 横井，鳥脇，福村：濃淡図形処理における図形融合，距離変換およびスケルトンの諸性質，電子通信学会論文誌，Vol. J61-D，No. 9，pp. 613-620 (1978)。
- 13) 大津：判別及び最小2乗規準に基づく自動しきい値選定法，電子通信学会論文誌，Vol. J63-D，No. 4，pp. 349-356 (1980)。

(昭和62年5月29日受付)

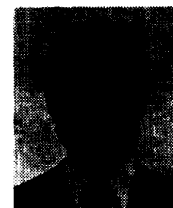
(昭和63年1月19日採録)

折田三弥彦 (正会員)

昭和33年生。昭和57年金沢大学大学院修士(機械工学専攻)課程修了。同年(株)日立製作所に入社。以来日立研究所にて画像処理・人工知能の研究開発に従事。電子情報通信学会会員。



長谷川純一 (正会員)

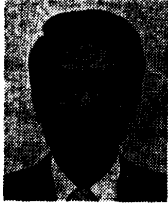


昭和49年名古屋大学工学部電気・電子工学科卒業。昭和54年同大学院工学研究科博士課程(情報工学専攻)修了。同年同大工学部電子工学科助手。工学博士。昭和57~59年カナダ・サスカチュワン大学博士研究員。昭和61年名古屋大学工学部情報工学科講師。昭和62年より中京大学教養部助教授。現在に至る。パターン認識，画像処理，エキスパートビジョンに関する研究に従事。電子情報通信学会，日本ME学会，IEEE各会員。

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，米国IEEE各会員。



金崎 守男 (正会員)

昭和40年金沢大学工学部機械卒業。同年(株)日立製作所入社, 日立研究所勤務。交通機器・システムの研究を経て, 昭和58年画像処理システムの研究に従事。昭和62年第10部主任研究員を最後として日立製作所退社, 現在日立エレベータサービス(株)勤務。



高藤 政雄 (正会員)

昭和23年生。昭和46年信州大学工学部電気工学科卒業。昭和48年同大学院工学研究科修士課程修了(電気工学専攻)。同年(株)日立製作所に入社, 以来日立研究所において計算機制御システム, グラフィックディスプレイシステム, 画像処理システムの研究開発に従事。現在第10部主任研究員。