

画像の対話的および自動的認識のためのソフトウェアシステム—IMARS†

富田 文明^{††}

コンピュータによる画像の認識方法は、画像の種類や認識する対象物の種類に依存し、画像が異なればそれぞれに特殊な画像処理プログラムを書く必要がある。そこで、画像サンプルを用いて対話的に効率よく画像を認識するプログラムを作成するシステム IMARS を開発した。IMARS の実行には、対話モードと自動モードがある。対話モードでは、ユーザは、画像サンプルを用いて、プログラムを試行錯誤で実行することができ、認識に成功した場合のプログラム番号とパラメータ値、および、対象物の属性の値を“モデル”と呼ばれるデータベースに登録することができる。モデルの内容は、同種のすべての画像に適合するように、できるだけ多くの画像サンプルを用いて、更新・改良される。そして、モデルがいったん完成すると、自動モードで、システムはモデルに従って自動的に同種の画像を処理し、必要な対象物を認識することができるようになる。モデルはそれぞれの種類の画像に対して作ることができ、システムはモデルを取り替えるだけで多種類の画像を認識できることになる。IMARS を用いた画像認識の例として、頭部 CT 像の診断に必要な脳の部位と異常部位の認識を紹介する。

1. ま え が き

コンピュータによる画像の認識方法は、画像の種類や認識する対象物の種類に依存し、画像が異なればそれぞれに特殊な画像処理プログラムが必要である。一般的に言うと、コンピュータが画像を認識するためには、その中の対象物についての情報あるいは知識を学習しなければならない。学習は、最近の人工知能研究のメインテーマの1つである¹⁾。学習の方法を、やさしい順に、①プログラムによる学習、②教示による学習、③事例による学習、④発見による学習、に分類することができる。従来では、画像処理の専門家が、①の方法によって、アルゴリズムの開発と同時にそれぞれの画像処理プログラムを書いていた。しかし、個々のアルゴリズムの開発が一段落し、それらを収めたサブルーチン・ライブラリ²⁾も流通している現在では、画像処理の専門家ではなく、画像判読の専門家（例えば、医者）がそれぞれに特殊な画像（例えば、医用画像）を認識するプログラムを効率よく作成することが課題となってきている。

現在市販されている画像処理プロセッサの多くはコマンドによる②の方法に属し、プログラムの仕様を知らない人には使いにくい。そこで、最近の画像処理エキスパートシステムでは、画像処理の専門家の知識をプロダクションルールによって表現し、利用する方法

が考えられている。例えば、プログラム利用のコンサルテーションシステム³⁾⁻⁵⁾や画像特徴の自動抽出システム⁶⁾などが提案されている。その多くは知識を言葉（記号）によって表現しているが、画像処理では記号では表現できないパターン情報が本質的である。特に、画像判読の専門家のそのような知識を獲得することが問題となる。そこで、本論文では、画像判読の専門家をユーザとして、ユーザの画像認識の知識を③の方法によって学習することによって、与えられた種類の画像を専門に認識するプログラムの作成を支援するソフトウェアシステム—IMARS (Interactive Modeling and Automatic Recognition System)を紹介する。

2. システムの概要

画像中の任意の対象物は、領域、境界線、中心線、頂点、または、それらの集合（群と呼ぶ）のいずれかの形式で表現されると考え、それを対象物を表すユニットと呼ぶことにする。例えば、図1の胃X線写真の認識する場合には、対象物である“胃”は領域、“大彎”は境界線、“胃角”は頂点というユニットで表すことができる。そこで、画像中の対象物を認識する過程を、次のように2段階の処理（サイクルと呼ぶ）に分けて考えることができる。

- (1) 画像から認識したい対象物のユニットを抽出する。
- (2) 抽出したユニットの属性値を測定し、その値に基づいてそれが何であるか（記憶している対象物のいずれであるか）同定する。

† A Software System for Interactive and Automatic Image Recognition—IMARS by FUMIAKI TOMITA (Computer Vision Section, Electrotechnical Laboratory).

†† 電子技術総合研究所制御部視覚システム研究室

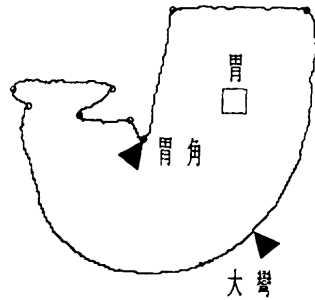


図1 胃X線写真の認識（胃は領域，大彎は境界線，胃角は頂点で表されている。）

Fig. 1 Recognition of stomach X ray image.
(Objects are represented by region, boundary, and vertex.)

この“抽出-同定”サイクルの各ステップは，画像の種類および対象物の種類に大きく依存する。また，複雑な対象物を認識する場合には複数回のサイクルが必要となる。すなわち，先に求めたユニットをさらに処理しないと所望の対象物のユニットが得られない場合もある。このように，新しい画像を解析する場合には，新しいプログラムを書くことが原則となるのであるが，このプログラミングの浪費をできるだけなくすることが主題となる。IMARSでは，画像処理アルゴリズムは機能別に分類され，そのプログラム・モジュールが用意されている。その結果，画像認識の問題は，モジュールの選択と各モジュールに付随するパラメータの値の設定の問題となる。

IMARSの実行には，対話モードと自動モードがある。対話モードでは，ユーザは，画像サンプルを用いて，提供されるモジュールを試行錯誤で実行することができ，認識に成功した場合のプログラム番号とパラメータ値，および，対象物（を表すユニット）の属性の値をモデルと呼ばれるデータベースに登録することができる。モデルの内容は，同種のすべての画像に適合するように，できるだけ多くの画像サンプルを用いて，更新・改良される。そして，モデルがいったん完成すると，システムはモデルの“抽出-同定”サイクルに従って自動的に同種の画像を処理し，必要な対象物を認識することができるようになる。

モデルはそれぞれの種類の画像に対して作ることができ，システムはモデルを取り替えるだけで多種類の画像を認識できることになる。

3. システムの構成

システムは，図2のように，プログラム・ライブラリ，画像メモリ，画像記述，モデル，インタフェースの5つのブロックで構成されている。各ブロックの役割は以下のとおりである。

- (1) プログラム・ライブラリ：画像処理プログラム・モジュールが格納されている。ユーザまたはモデルによって指定されたモジュールが，指定されたパラメータの値を持って起動される。
- (2) 画像メモリ：プログラムによって入力画像用，画像演算用，ラベル画像用，出力画像用に用いられる。
- (3) 画像記述：ユニットの抽出に利用したプログラム番号とパラメータの値，測定したユニットの属性とその値，およびユニットの同定の結果を一時的に記録する。
- (4) モデル：対象物の名前，対象物のユニットを抽出するプログラム番号とパラメータ値，測定するユニットの属性とその値，を格納する。
- (5) インタフェース：モデルと画像記述の照合を中心として，ユーザ，プログラム・ライブラリ，画像記述，モデルとの間の情報交換を行う。ディスプレイに，入力画像，処理結果，認識結果などの他，必要な情報が適宜表示され，ユーザ

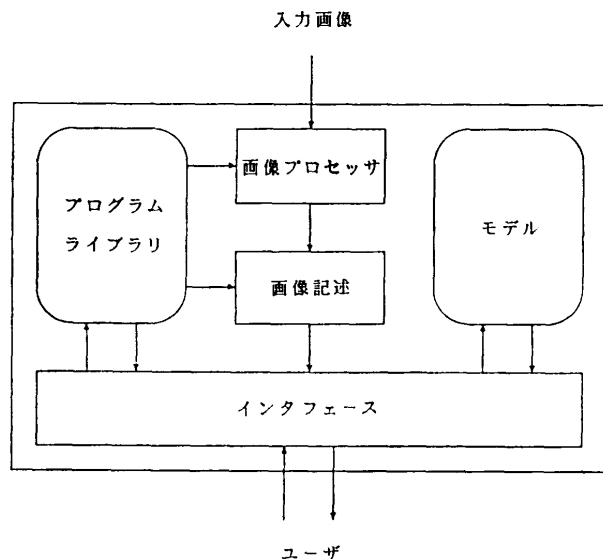


図2 システム構成

Fig. 2 System configuration. (System is composed of program library, image processor, image descriptor, model, and interface.)

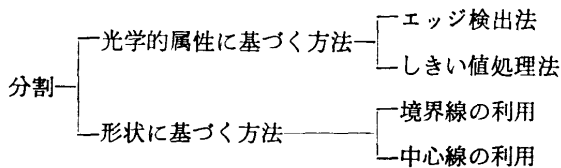
は、キーボードとカーソルを介してシステムと対話することができる。

4. ユニットの抽出方法

4.1 プログラムの選択

対象物のユニットの種類には、領域、境界線、中心線、頂点、群がある。ユーザは、画像からそのようなユニットを抽出するために、分割、統合、群化のいずれかの方法を選択しなければならない。例えば、図3のように、領域の分割は1つの領域から複数の小さな領域を生成し、領域の統合は複数の隣接する領域から1つの大きな領域を生成し、領域の群化は、花びらが花を形成するように、複数の領域から1つのクラスター(群)を形成する方法である。

領域の分割に関しては、次のように、さらに2段階の選択岐がある。



4.2 パラメータ値の設定

ユニットを抽出するプログラムは固定のプログラム・モジュール系列で構成されている。そして、モジュールがパラメータを持つ場合には、ユーザはその値を指定しなければならない。

例えば、光学的属性に基づいて領域を抽出するエッジ検出法のプログラムは、図4のように、画像の局所的な光学的属性の計算、微分演算、エッジの細線化-しきい値-延長処理、の各モジュールで構成されており、各モジュールは、処理をする領域、利用する光学

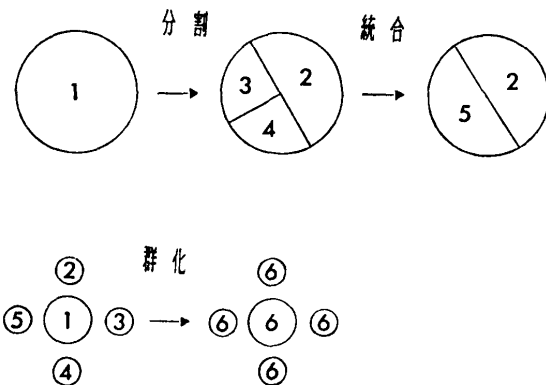


図3 領域の分割, 統合, 群化
Fig. 3 Three kinds of processes for region extraction.

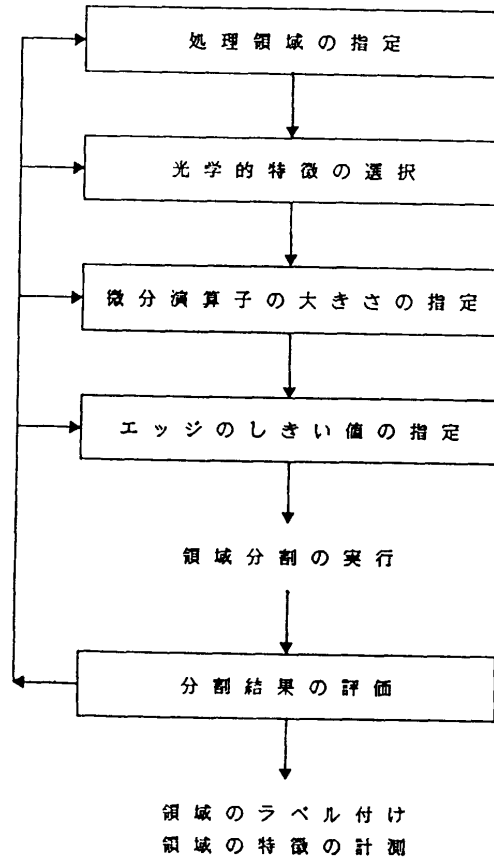


図4 エッジ検出法による領域抽出過程のパラメータの設定
Fig. 4 Setting parameters in region extraction by edge detection method.

的属性、微分オペレータの大きさ、エッジのしきい値の大きさ等のパラメータを持つ。システムは、このようなパラメータのメニューとそのデフォルト値を表示するが、ユーザはキーボードあるいは表示装置のカーソルを用いて適当な値を入力する。

例えば、エッジのしきい値を決定する場合には、しきい値を数値で直接与えることもできるし、画像上でエッジとして残るべき点のいくつかをカーソルで示すことによって、少なくともそれらの点は残るようにしきい値を設定することもできる。

どのプログラムにおいても、連続的な数値パラメータを決定することは画像処理の専門家にとっても難しい問題である。IMARS ではできるだけ後者のような視覚に依存する手続きを取れるようにしている。そして、数値パラメータを持つモジュールに対しては、その処理結果を随時表示することができ、結果が不満足な場合には処理前の段階に戻ってパラメータの値を変え、処理をやりなおすことができる。

5. ユニットの属性

ユニット自身の属性については、抽出されたすべてのユニットに対してそのすべての属性値が測定される。例えば、領域の属性には、明るさ、色（赤、青、緑の成分）、テクスチャー（粗さ、コントラスト、ランダム性、方向性）の光学的属性と、面積、幅、伸長度、対称性、方向性、重心位置などの幾何学的属性がある。

一方、ユニット間の相対的な関係を表すものとして、ユニットの属性の差または比（相対的な明るさ、位置、方向など）の他、隣接性、対称性がある。しかし、これらの関係は、ユーザによって指定された対象物のユニット間についてだけ調べられる。

Winston の積み木の世界⁷⁾のように、ユニットの数も関係の種類の数も少ない場合には、すべての関係をすべてのユニット間に対して調べることも可能である。しかし、多くの画像では、認識する必要のない余分なユニットも含めて多数のユニットが存在し、また、多種類の関係を定義することができるので、すべての関係をすべてのユニット間に対して調べると、メモリも計算も効率の悪いものとなる。

そこで、IMARS では、ある対象物がそれ自身の属性だけでは同定できない場合に限り、他の対象物との特定の関係を調べる。したがって、システムがそのような対象物を認識する場合には、まずユニット自身の属性に基づいてその対象物の候補となるユニットを選び、次にその候補ユニットの中から指定された関係を満足するユニットがあるかどうか調べることになる。

6. モデルの構築

モデルはグラフで表現される。例として、医用画像の頭部 CT (Computer Tomography) 像を認識するモデルを図 5 に示す。

- (1) ノードは認識する対象物の種類を表す。特に、ルート・ノード (HEAD) は画像の種類 (頭部 CT 像) を表す。ノードには属性スロットがあり、対象物の名前 (B1, FH1 などユーザが登録した脳の各部位の医学名の略語である)、対象物のユニットの種類とユニットの属性値、他の対象物のユニットとの関係が記入される。属性値には最大値と最小値があり、その対象物のユニットの属性値の範囲を表している。したがって、学習の結果、その対象物に特有な属性は

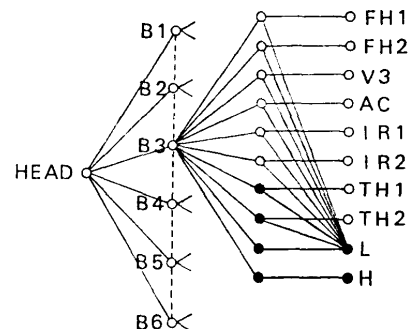


図 5 頭部 CT 像の認識モデル
Fig. 5 Recognition model of cranial CT images.

- 狭い範囲の値を持つことになり、反対に、重要でない属性は広い範囲の値を持つことになる。
- (2) 実線リンクは親子関係を表し、親ノードの対象物から子ノードの対象物が抽出される。この場合、親ノードの処理スロットに、利用するプログラムの番号とパラメータの値が記入される。パラメータの値もその最大値と最小値で表され、子ノードの対象物のユニットが正しく抽出されるようにその範囲でパラメータの値が調節される。
 - (3) 点線リンクは排他的 OR 関係を表し、リンクされた対象物の 1 つが認識される。例えば、B1, ..., B6 は頭部 CT 像の異なる断面の頭蓋内領域に対応している。また、画像を分類する場合には、モデルに複数のルート・ノードが生成されるが、それらは OR 関係を持つことになる。
 - (4) 白いノードは必ず認識されるべき対象物を表しているのに対して、黒いノードは必ず認識されるとは限らないフリーな対象物を表している。例えば、頭部 CT 像の異常部位 (L と H) は必ずしも存在しないフリーな対象物である。

7. モデルの構築

ユーザは、サンプル画像を用いて、認識したい対象物の名前、対象物のユニットの抽出方法、対象物のユニットの属性をモデルに登録してモデルを構築するとともに、そのモデルが同種の画像すべてに適用できるように、モデルの更新と改良を行わなければならない。

7.1 初期モデル

ユーザは、最初の画像サンプルから初期モデルを構築するが、まず、画像の種類の名前をシステムに入力

しなければならない。システムはモデルにルート・ノードを生成し、その名前を記入する（画像を分類する場合には、画像全体の光学的属性を測定する）。次に、ユーザは、画像から認識したい対象物のユニットを抽出するプログラムを選択し、適当なパラメータ値を与えて実行する。何回かの試行錯誤の後、所望のユニットが得られると、ユーザはそのユニットをカーソルで指示し、その名前を与える。その名前が新しい場合には、システムはモデルに新しいノードを生成し、それを親のノードに接続する。そして、親ノードの処理スロットに、利用したプログラムの番号とパラメータの値が格納される。新ノードの属性スロットには、与えられた名前とユニットの属性が格納される。一方、名前が以前に登録したものである場合には、その名前を持つ対象物のノードの属性スロットの値と、その親ノードの処理スロットの値が更新される（更新の方法は7.2節参照）。

登録した対象物のユニットを親としてさらに処理する場合には、処理するユニットをカーソルで指示する必要があるが、最初と同じように、親ユニットから所望の子ユニットを抽出するプログラムを選択・試行し、その結果生まれる新しい子（孫）ユニットの中から認識する対象物を選んで登録する。この“抽出-登録”サイクルは、認識したいすべての子孫が登録されるまで再帰的に繰り返されることになる。

7.2 モデルの更新と改良

最初の画像サンプルから得られる初期モデルは、通常、その画像サンプルだけにしか適用できないにちがいない。また、認識すべき対象物で、最初の画像サンプルには存在しないが他の画像サンプルには存在する場合もある。そこで、同じ種類の画像すべてに適用できるようなモデルを作成するためには、できるだけ多くの画像サンプルを用いてモデルの更新と改良を行う必要がある。IMARSは、たとえモデルが未完成であっても、8章で述べるように、現時点のモデルを参照しながら画像の自動認識を試行することができる。そして、ユーザによるモデルの検証方法として、システムの各“抽出-同定”サイクルごとにその自動認識の結果を見ることができ、必要に応じてモデルを更新・改良できるようになっている。認識の失敗には、対象物のモデルへの未登録の場合と、認識すべき対象物を見落とす場合と、誤った認識をする場合がある。

7.2.1 未登録の場合

新しい画像サンプルに、モデルに登録していない対

象が存在している場合には、初期モデル構築時と同様に、新しい対象物のユニットを抽出するプログラムを試行錯誤によって求め、その対象物の名前と属性をモデルに登録しなければならない。

7.2.2 見落としの場合

一方、システムが、モデルに登録している対象物の認識に失敗した場合には、システムは、どの対象物が認識できなかったかをユーザに知らせる。ユーザは、次のいずれかの手段によって、モデルを更新・改良しなければならない。

- (1) 登録している対象物のユニットが正しく抽出されていない場合は、そのユニットを抽出するプログラムのパラメータの設定値が悪いことになる。ユーザは、そのユニットを抽出するプログラムを実行する前の段階に戻し、初期モデル構築時と同様に、ユニットが正しく得られるまでパラメータ値を調節しながらそのプログラムを再実行しなければならない。そして、その結果正しく得られたユニットをカーソルで指示し、その対象物の名前を与えると、親ユニットを処理するプログラムのパラメータ値の最大値または最小値が更新され、今後その範囲でパラメータ値が調節されることになる。
- (2) 登録している対象物のユニットは正しく抽出されているのに、同定されないでいる場合は、モデルに登録されている対象物のユニットのいずれかの属性の値の範囲が不十分である。ユーザは、そのユニットをカーソルで指示し、その対象物の名前を与えなければならない。その結果、その対象物のユニットの属性の最大値または最小値が更新され、少なくともそのユニットを同定することができるようになる。
- (3) 登録している対象物の候補をその対象物自身の属性から求めることはできるが、他の対象物との間で存在すべき関係が成立していないので、その対象物を同定できないでいる場合は、その関係を表す属性の値の範囲が不十分である。ユーザは、関係の種類とその関係を持つべき対象物のユニット対をカーソルで指示しなければならない。その結果、その対象物が持つ関係属性の最大値または最小値が更新され、少なくともその関係は成立することになる。
- (4) 画像に、登録している対象物（Aとする）は存在しないが、その代わりとなる対象物（Bとす

る)が存在している場合には、初期モデル構築時と同様に、新しい対象物Bのユニットを抽出するプログラムを試行錯誤によって求め、対象物Bの名前と属性をモデルに登録すると同時に、対象物Aと対象物BはOR関係を持つことを登録しなければならない。

- (5) 登録している対象物が画像に必ずしも存在するとは限らない場合には、その対象物がフリーな対象物であることを登録しなければならない。

7.2.3 誤認識の場合

システムが、誤った認識をする(例えば、対象物Aを対象物Bと認識する)場合は、対象物Aと対象物Bはその属性空間で共通部分を持っていることになる。ユーザは、次のいずれかの手段によって、両者が属性空間で共通部分を持たないようにモデルを改良しなければならない。

- (1) もし、2つの対象物を区別するような関係が、少なくとも一方の対象物(Aとする)と他の対象物Cとの間に存在するならば、ユーザは、その関係の種類と関係を持つべき対象物Aのユニットと対象物Cのユニットをカーソルで指示し、その関係を対象物Aに登録しなければならない。その結果、対象物Aと対象物Cの間に成立する関係が対象物Bと対象物Cの間には成立しないので、両者を区別することができるようになる。
- (2) 対象物Aが対象物Bのいずれかを優先できる場合には、ユーザは、対象物Aと対象物Bとの間にOR関係を定義し、そのOR関係を持つ対象物間で優先順位を付けることができる。
- (3) その他の場合は、少なくとも一方の対象物(Aとする)の定義が悪く、分類できないものを分類しようとしているので、ユーザは、対象物Aに関連する情報をモデルから抹消し、認識する対象物の定義を変更しなければならない。

モデルがトレーニング用の画像サンプルすべてを正しく認識できるようになるまで、ユーザは、モデルの更新と改良を繰り返すことになる。一般的に、ユーザの負担は最初のうちは大きいかもしれないが、モデルが熟成するに従ってモデルを修正する部分が少なくなるために、ユーザの負担は減ることになる。

8. 自動認識

モデルがいったん完成すると、システムは、そのモ

デルの“抽出-同定”サイクルに従って、同種の画像を自動認識することができる。ここで問題となるのは、対象物のユニットを抽出するプログラムのパラメータがある範囲の値を持つことである。システムは、認識する対象物ごとに最適なパラメータ値を指定範囲内で決定しなければならないが、その値は一般的に連続量であり、すべての値を調べることはできない。今、あるプログラムの1つのパラメータが最大値 P_{max} と最小値 P_{min} を持つとしよう。IMARSでは、パラメータの値として P_{max} , $(P_{max}+P_{min})/2$, P_{min} を順にプログラムに与えるようにしている。したがって、もし、プログラムが n 個のパラメータを持っているとすると、システムが所望のユニットを得るまでに、最大 3^n の場合を調べることになる。

また、親ノードの対象物が先に認識されることになるが、その決定はその子孫ノードの対象物がすべて正しく認識されるまでは一時的なものであることに注意したい。システムが、ある“抽出-同定”サイクルで、パラメータの値を調節しても予想された対象物を認識することができなかった場合には、間違った親ノードを選択したことになるので、そのサイクルの実行前の段階まで戻り、別の親ノードの解釈があるかどうか調べる。このようなバックトラックを繰り返しながら最後の子孫まで首尾良く認識できると成功である。一方、バックトラックしてルート・ノードの対象物(画像)も認識できなくなった場合には失敗である。原因としては、モデルが不十分な場合と異なる種類の画像が入力された場合とが考えられるが、前者の場合には、ユーザが、認識に失敗した画像を用いて、7.2節のように、モデルの更新・改良を行わなければならない。

9. 画像認識例

IMARSを用いた画像認識の例として、図5のモデルを用いて、頭部CT像の診断に必要な脳の部位と異常部位を対象物として認識する方法を紹介する。利用している頭部CT像は、GE社CT/Tスキュナシステムの磁気テープから入力したもので、画像サイズは 320×320 点、濃度レベルは11ビット(0~2047)である。頭蓋と頭蓋内領域との濃度差は大きいのであるが、診断する頭蓋内領域の濃度は1000~1100程度でコントラストが小さく、しかもテクスチャー状である。脳の各部位の形状や位置は、正常であっても個人や年齢によって異なっており、それらの認識には柔軟

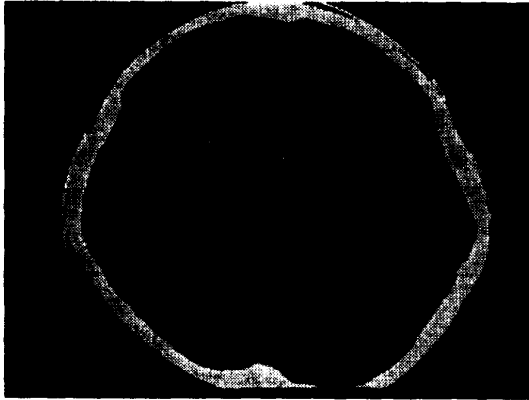


図 6 頭部 CT 像
Fig. 6 Cranial CT image.

なモデルが必要である。

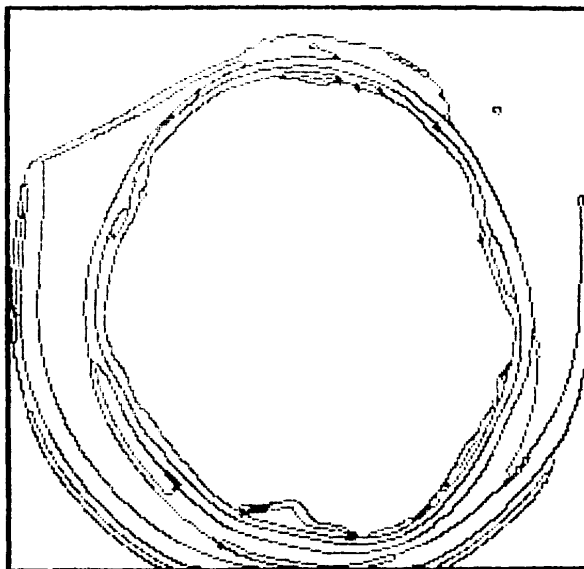
①まず、図 6 のような画像を与えると、システムは、その（光学的）属性値に基づいて、それが“頭部 CT 像” HEAD であると同定する。モデル検証時に、もし、モデルの属性値が不十分で、HEAD の認識に失敗した場合には、“NO MODEL MATCHES.” というメッセージを出す。そこで、対象物の登録を請求するコードを入力すると、画像の名前を要求するので HEAD と打ち込めば、モデルの属性値は更新される。

②次に、システムは、この画像をエッジ検出法によっ

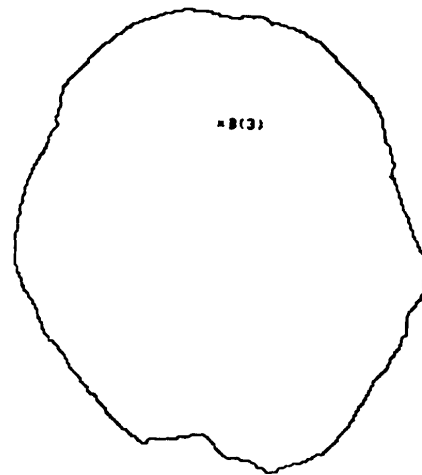
て分割して図 7 (a) の領域を抽出し、その属性値に基づいて図 7 (b) の領域が“頭蓋内領域” B(3) であると同定する。モデル検証時に B(3) の認識に失敗した場合には、“B(3) IS NOT FOUND.” というメッセージを出す。モデルの属性値が不十分である場合には、対象物の登録を請求するコードを入力するとカーソルが表れるので、カーソルを図 7 (a) の B(3) の領域内に移動し、クリックするとその領域の名前を要求するので B(3) と打ち込めばよい。また、B(3) の領域が正しく抽出されていない場合は、バックトラックを請求するコードを入力すると、強制的に分割する前の段階に戻る。そこで、領域の分割を請求するコードを入力し、4 章で述べたように、正しく B(3) の領域が得られるまで対話的に分割を行うことになる。

③次に、システムは、この“頭蓋内領域” B(3) の領域だけをやはりエッジ検出法（パラメータ値は異なる）によってさらに細かく分割して図 8 (a) の領域を抽出する。そして、各領域の属性値に基づいて、図 8 (b) の領域が頭蓋内の各部位の候補領域（各部位が細分化された領域で、名前は省略している）であると同定する。

④最後に、システムは、隣接している各部位の候補領域を統合し、その結果得られる各領域の属性値に基づいて図 9 の領域が各種の脳脊髄液領域 (FH(1), IR



(a)



(b)

図 7 (a) エッジ検出法によって抽出された領域, (b) 頭蓋内領域 B(3) の同定
Fig. 7 (a) Regions extracted by edge detection method.
(b) Identification of brain B(3).

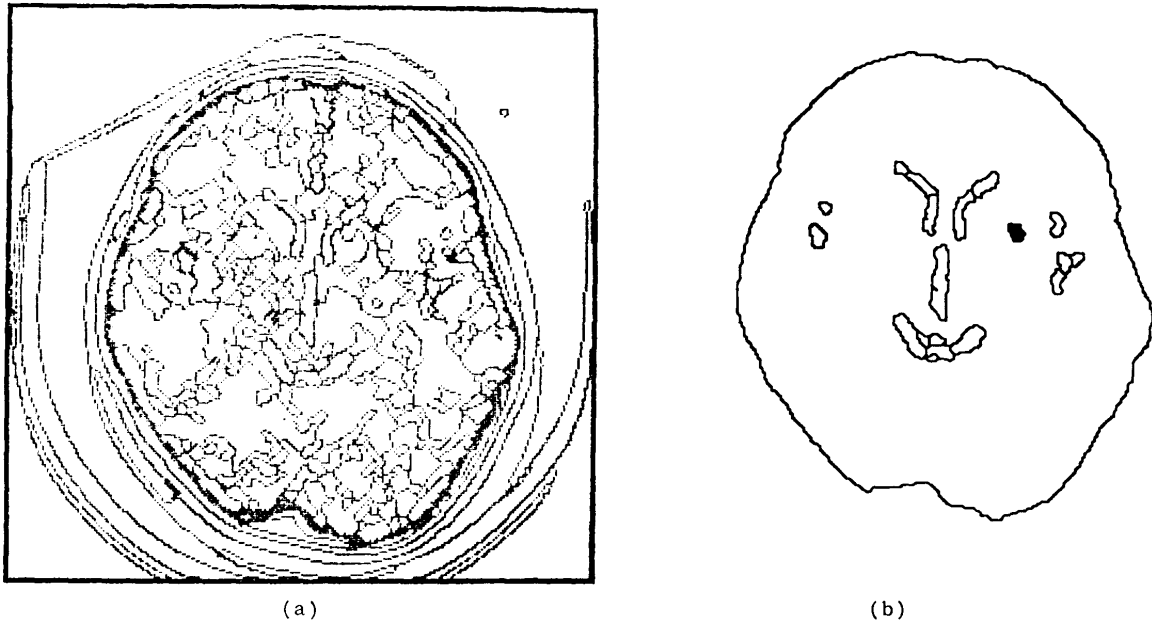


図 8 (a) エッジ検出法によって抽出された領域, (b) 脳の各部位の候補の同定
 Fig. 8 (a) Regions extracted by edge detection method.
 (b) Identification of candidates for brain parts.

(1) など)と“低密度の異常部位”Lであると同定する。ここで、脳脊髄液領域と脳腫瘍などの低密度の異常部位は同じ属性の値を持つ場合があり、それらを区別する関係として対称関係を調べている。すなわち、正常な脳脊髄液領域(例えば、FH(1)とFH(2))は脳の中心線に対してほぼ対称な形で存在するが、異常部位は対称性を持たないことが多いので、脳脊髄液領域間の対称関係を調べている。モデル検証時にこの関係が成立しなかった場合には、“FH(1) IS MISS-

ING FH(2) WITH SYMMETRY.”というメッセージを出す。そこで、関係の登録を請求するコードを入力すると、関係のメニューが表れるので、その中から SYMMETRY を選択する。そして、その関係を持つべき FH(1) と FH(2) の領域を、図9の画面上でカーソルにより指示することになる。そして、最後まで首尾よく認識できると“SUCCEEDED.”というメッセージが表れる。

10. む す び

IMARS は、ユーザの認識する対象物についての概念を獲得し、そのモデルを構築するシステムであると考えることができる。通常、そのような対象物についての概念は記号では表しにくい曖昧なものであるので、実データを用いてユーザの概念に一致するまで試行錯誤によってそのモデルを構築する方法をとっている。その結果、システムとともにユーザ自身もその概念を明確化できるようになる。ただし、そのためにはシステムにはユーザの概念を実現できるだけの十分なプログラムが完備していることが前提となる。IMARS では必要最小限のプログラムを用意し、機能的にほぼ同じであれば最も一般的なものを1つ利用するようにしている。例えば、微分オペレータには非常に多種類のものが提案されているが、IMARS では、オペレータの大きさだけを可変として、エッジの強さ

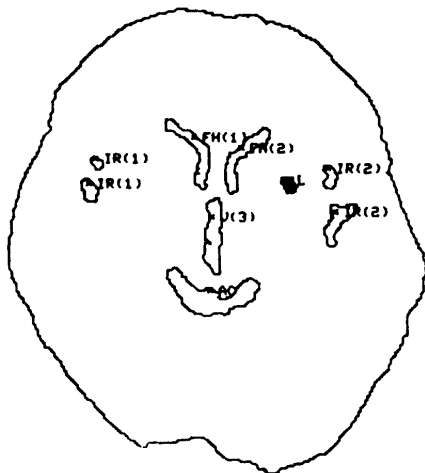


図 9 統合法による領域の抽出と脳の各部位の同定結果
 Fig. 9 Regions extracted by merging and identification of brain parts.

と方向を計算できる1つのオペレータだけを利用して
いる。したがって、ユーザは機能だけを考えればよい
ので、利用するプログラムの選択で迷うことは少な
い。また、IMARSは、プログラムの試行錯誤が容易
にできるシステムであり、必要なプログラムが不足
している場合にそれを発見することは比較的容易であ
る。今後、できるだけ多くの画像認識を行い、不足し
ている機能を発見し、補充することが必要である。ま
た、プログラムの選択とパラメータ値の設定の過程や
対象物の登録の過程もできるだけ自動化し、ユーザの
負担をさらに軽減することが要求される。そのため
には、システムが類推・発見という非常に高度な学習機
能を持たなければならない。

参 考 文 献

- 1) Michalski, R. S. et al.: *Machine Learning*,
p. 572, Tioga Publishing Company, Palo Alto,
CA (1983).
- 2) 田村ほか: 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) 末田ほか: 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).
- 4) 田村ほか: 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, 43-2
(1986).

- 5) 久保ほか: 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, 43-3 (1986).
- 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) Winston, P. H.: *Learning Structural Descrip-
tions from Examples*, Winston, P. H. (ed.),
The Psychology of Computer Vision, pp. 157-
210, McGraw-Hill, New York (1975).

(昭和62年5月26日受付)

(昭和62年10月14日採録)

富田 文明 (正会員)



昭和25年生。昭和47年大阪大学
基礎工学部制御工学科卒業。昭和53
年同大学院博士課程修了。同年電子
技術総合研究所入所。昭和58年～
59年カーネギーメロン大学計算機
科学科客員研究員。現在制御部視覚システム研究室主
任研究官。画像処理, コンピュータビジョンの研究に
従事。工学博士。電子情報通信学会, 日本ロボット学
会各会員。