

図形パターン知覚的・知識的処理に関する研究

美濃 導彦
京都大学 助教授
工学部附属高度情報
開発実験施設

1. はじめに

図形パターンをコンピュータで処理する研究は、実用的には各種の図面の自動読み取り、地図のデータベースなどの分野で精力的に進められているが、まだ信号処理の域を出ていない。本研究では、実用的な図形パターンの理解システムのための基礎研究として、信号処理に知覚的処理と知識的処理に基づくトップダウン処理を取り込むことの利点を様々な角度から実証する事を目的としている。

ここで考えるパターン理解システムは図1に示すような構造を持つ。ボトムアップ的信号処理において、論理的には多くの可能性がある特徴の中から人間が最も自然と感じる特徴を抽出する処理を、ここでは知覚的処理と呼ぶ。抽出された特徴をモデルとマッチングしてシンボルとすれば知識処理が可能になるが、シンボルが多くの誤りを含んでいる点が従来の知識処理とは異なる。この処理をここでは知識的処理と呼ぶ。知識的処理が様々な仮説を生成できたとして、それをどのように信号処理に活用するかは重要な問題である。ここでは、知覚的処理と知識的処理に基づくトップダウン処理についての研究成果を報告する。

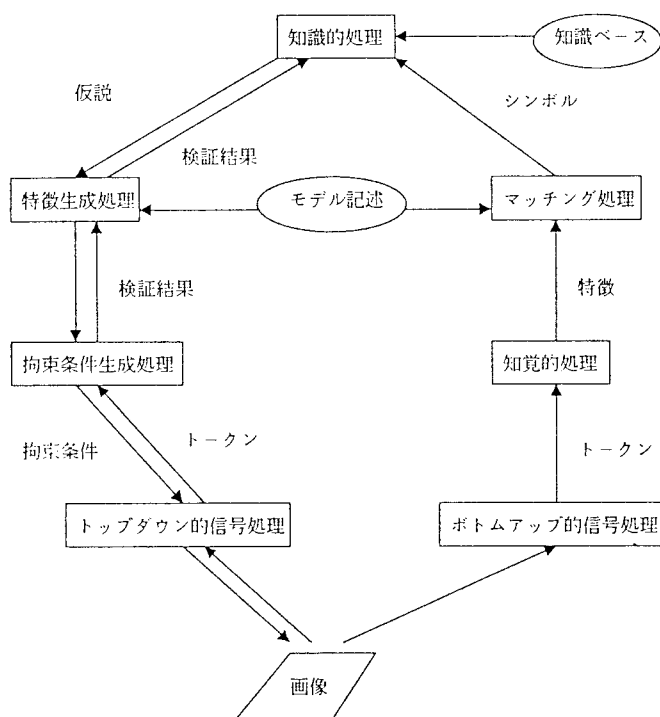


図1 パターン理解システムの構成

2. 知覚的処理

[図面の種類によらないシンボル抽出法の提案]

人間は特定の図面に対して知識がなくても図面シンボルを検出できる。これは、図面が人間と人間のコミュニケーションのために描かれるものであり、人間の知覚に訴えるようにシンボルが定義されているからである。

このように考えると、図面シンボルに関する知識を用いなくても、図面シンボルを知覚的に抽出する処理が可能になる。具体的には、図面シンボルを① ループを含むもの、② 短線の集合となっているもの、③ 形のいい領域を含むもの、の3つの観点からとらえれば、多くの種類の図面に対してある程度正しく図面シンボルが抽出できる事を示した。

同じ図面にこれらの3種類の処理を同時に適用し、各処理結果を統合してゆく問題が今後に残されている。

[ニューラルネットワークによる図面の構成要素抽出法]

図面の構成要素（文字、図面シンボル、線要素）に対する知識を人間が言語を用いて計算機が利用できる形で表現することは困難である。そこで、ニューラルネットワークに学習させることを考える。ニューラルネットワークは、その中に含まれるニューロン間の結合の強さ（重み）を変更する事により学習してゆくが、その結果は、ある意味で、図面の構成要素に対する知識を分散的に表現していると考えられる。

そこで、図面からその構成要素を抽出する処理をニューラルネットワークで実現した。実際に処理を行うアルゴリズムは手続き的に記述しなければならないので、アルゴリズムにより抽出された特徴を評価する箇所にニューラルネットワークを利用する。アルゴリズムとニューラルネットワークを1組にした処理単位を考え、これらを階層的に接続して、図面からその構成要素を抽出する。

この結果、実際にニューラルネットワークが知識を分散的に表現できること、及び、学習がうまく行われることを確認した。他の手法と比較して処理能力としてはそれほど差はないが、しきい値の設定などが少なく、扱い易いシステムとなり得ることを実証した。

3. 知識的処理に基づくトップダウン処理

[トップダウン処理の新しい枠組みの提案]

トップダウン処理は従来までは制御構造として考えられてきたが、我々はトップダウン的信号処理が存在する事を主張している。

例えば、何らかの知識的処理の結果、ある仮説に基づいて拘束条件生成処理により、画像のある部分にある形の存在が予想されたとする。このとき、指定された部分から望みの形をどの程度の信頼度で抽出できるかが仮説を検証するために重要となる。このような検証を行うプロセスは画像処理と密接に結びついており、一つのトップダウン的画像処理プロセスとして考えるべきである。

このようなトップダウン的画像処理プロセスを管理する枠組みとして、拘束条件生成処理が生成する拘束条件を3つのタイプ（拘束の強さが大、中、小）に分類し、それぞれに応じた処理方

法を提案した。

この枠組みのもとで、実際の画像から図形パターンを抽出できることを示すための研究は現在も継続中である。

[動的輪郭によるトップダウン処理]

画像から望みの形を抽出するためのモデルとして動的輪郭 (Snakes) がある。このモデルは初期輪郭を与えれば、エネルギー最小化の原理により望みの輪郭に収束していくものである。知識的処理により予測された形状を初期輪郭として利用すれば、トップダウン的画像処理の有効なプロセスになる。

このモデルをトップダウン的画像処理に利用するための問題点は、パラメータの設定が困難で大変使いにくいこと、収縮はするが拡張はしないこと、単一物体にしか適用できない事である。

これらの問題に対して、圧力エネルギーを導入し、拡張する動的輪郭モデルを提案すると共に、圧力エネルギーがパラメータの安定性に有効に働くことを示した。また、分裂する動的輪郭のモデルを考案し、知識的処理が誤って、2つの物体を含む領域を指定した場合も有効に利用できる可能性を示した。

4. マンマシン対話とパターン認識処理

パターン認識システムに於いては、その処理過程の各段階で人間が対話修正のために介入する事が出来る。初期の段階で人間が介入すれば、それに続く認識処理がシステムにとって楽になり、最終的に人間が修正すべき誤りは減少する可能性がある。反面、処理アルゴリズムは初期の段階で修正したところでも誤って処理をする可能性があり、初期段階の修正が無駄になることもある。

そこで、パターン認識システムを実用的なものとするために、どの段階で人間が介入するのがシステムとして最適かを図面認識システムを例にとって評価した。

図面処理は大きく分けると、ビットレベル、ベクトルレベル、シンボルレベルの3段階に分かれる。各段階でのエディタの操作を抽象化し、認識システムの処理結果を修正するのに要する手間を統一した。最終的に正しい結果を得るまでの処理の手間を様々なレベルで介入することにより評価した。

その結果、一般的には、修正に要する手間は、アルゴリズムの認識能力、図面の品質、対話修正をする人間の知識に大きく依存する事が判明した。あえて、結論を述べるならば、初期段階で人間が介入するよりは、最終段階で修正した方が、システムのことをよく知らない人たちには効率がよいことが定量的に示された。

5. おわりに

図形パターンに対する知覚的・知識的処理の重要性はこの研究により十分に実証できたと確信する。ただ、知覚的処理とマッチングによるシンボル生成は、最初考えていたよりもうまく行かなかったために、本格的に知識的処理を行う時間がなかったのが心残りである。

この期間に、この研究テーマに関連した発表は、学会（国際会議を含む）など口頭発表18件、論文（投稿中を含む）2件、雑誌1件、単行本（共著、発行予定を含む）2冊などであるが、紙面の都合で省略する。

この助成を頂いてから心理学関係の書籍を多く購入し、計算機を利用した知覚処理の研究のための基礎的な知識を得た。情報処理システムは人間が使うものであるから、人間が使いやすいように構築しなければならない。この観点が大切なことを認識すると同時に、認知科学など境界領域の研究の重要性を痛感した。

高柳先生及び財団からのご支援は、旅費や研究調査、消耗品の購入に活用させて頂きました。このような機会が得られて心から感謝しております。今後とも、研究助成を受けたということを誇りにして、この研究助成で得られた成果を十分活用して研究を進めていく所存です。最後になりましたが、高柳先生のご冥福を心からお祈り申し上げます。

末筆ながら、本研究を推進するにあたりご強力を頂いた坂井利之先生、池田克夫先生、有木康夫博士、岡田至弘博士に心から感謝いたします。