

多次元データ構造上での知的記号処理による高能率画像・図面処理方式の研究

坂内 正夫

東京大学生産技術研究所 教授

1. はじめに

情報処理の高度化に伴う画像処理へのニーズの高まりは広範なものがあり、テレビ画像程度の解像度の画像データを対象とした処理・認識については多くの効果が得られている。しかし、地図や各種設計図面などの図面処理、カラー動画像など実用上重要な画像には、きわめて大面積・大容量なものも多く、この様な画像データに対する汎用で有効な処理方法はまだ開発されていない。画素レベル情報を逐次処理するという通常の画像処理手法では多大な時間がかかりすぎ、またその解決策としての専用プロセッサ化もコスト面や拡張性の面で問題が多いためである。

本研究では、新しいアプローチの大面積・大容量画像処理方式を創案して上記の問題点を解決することを目的とする。即ち、まず画像データがある程度抽象レベルの高い記号プリミティブに変換し、これを多次元パターンデータ構造とよぶ独自の記憶方式で管理して、その上での高速で知的な記号処理を実行するという形の画像処理方式を開発しようとするものである。このために、本研究では次の課題について研究した。

1. 大面積、大容量の図面・画像情報処理の新しい枠組を提示する。
2. 各種のパターン情報(図形情報を含む)を、汎用高能率に管理する多次元グラフィックデータ構造を開発し、又、より有効な方式の創案を行なう。
3. 1の枠組みの中で、実際の大面積図面画像の認識・理解・処理方式を開発する。
4. 1の枠組みの中でカラー画像の知的量子化方式を開発する。

以下、これらについて研究成果の概要を述べる。

2. 新しい大面積大容量画像・図面処理方式の提示

大面積の画像処理において、抽象化レベルの低い大量の画像データのまま扱っていても、高速で知的な処理は望めない。そこで、本研究では、図1に示すように、与えられた画像データを高速且つ比較的簡易な方法で図形プリミティブ(画像の辺縁部のベクトル、同質の領域、色画素空間内の点など)に変換する。以降の処理は全てこの図形プリミティブに対して実行する。画像処理、認識処理で必要となる演算を図形プリミティブ上で能率よく実行することは通常の方法では困難であるが、これを可能としたのが多次元パターンデータ構造の導入である。ここが本研究の独創的な点であり、用いるデータ構造そのものも3.で述べるように独自のものである。こうして画像に対する処理は多次元デー

タ構造上での各種グラフィック演算となり、高速化され、また知識型処理との適合性もすぐれたものとなる。(具体的には4. 5. で述べる)

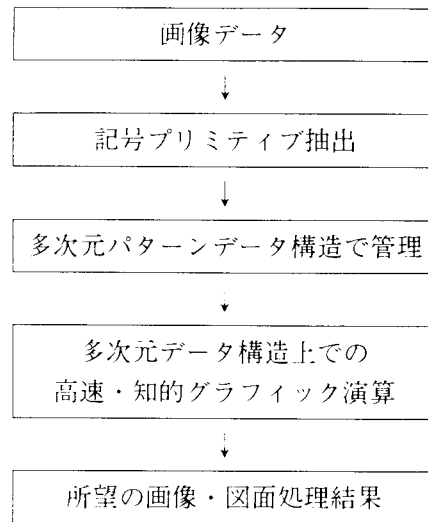


図1 本研究での画像処理の枠組

3. 多次元パターンデータ構造の開発

本研究における画像処理の中核となるデータ構造を提供するだけでなく、一般のグラフィックス処理、マルチメディアデータベースにおける高次な検索・演算にも有効な多次元パターンデータ構造グラフィックスBD木を開発した。更にその特性を改良する幾つかの構造、MD木、ML木など、をも合わせて創案した。

(グラフィックBD木)

グラフィックBD木は、研究者が既に開発していた多次元点データ構造BD木を、線や画面・立体等の図形・画像を扱える形に拡張・改良したものである。即ち、多次元の図形を、その重心点と最小外接長方形の組合せでとらえ、先ず重心点位置にもとずき、多次元空間を階層的に分割して、トリー(木)を形成する。次いで各種のグラフィックス演算を高能率に実行できるように、木の各ノードに対し、下位ノードに含まれる全データの最小外接長方形情報を付与する。このグラフィックBD木のデータ管理特性をシミュレーション等により評価し、従来方式に比して大幅に性能が改善されることを示した。

また、本データ管理構造上で各種処理や検索を行なうための効率よい基本処理アルゴリズムを開発し、その性能のよさも実証している。具体的には図形や点を指定して、それに最近接するデータベース中の図形を求めるアルゴリズム、空間中の範囲を指定して、その範囲内に含まれる全ての図形を高速に探査するアルゴリズム、図形の認識や理解で必要となる図形の周辺の各種特徴量を求めるアルゴリズムなどである。

本データ構造は、本研究の画像処理のための中核構造として使用されている。

〈MD木〉

先に開発したBD木は、データ管理効率などの点からは、まだ改良の余地があった。MD木はそのために創案されたものである。

MD木は、1次元データの管理構造である2-3木(3次のB-tree)を多次元に拡張したものであり、完全平衡木が構成できること、最悪時でも67%のメモリ効率が保証できることを特長とする。シミュレーションによれば、MD木では、木の作成時間は従来の手法より5~10%増加するものの、データの投入順序や分布によらずメモリ効率は80%以上となることが示され、また、検索効率も改善されることが実証できた。

〈ML木〉

グラフィックデータ構造を一般に利用しようとする、図形データを、レイヤ(種類)別に管理する必要がある場合がある。ML木は、単一の木構造のノードにレイヤ管理機能をもたせたもので、通常考えられる方法に比して、数倍以上のパフォーマンス向上が実現された。

4. 図面処理・理解システムの開発

2.で述べた本研究による一般的な枠組みのもとに、地図や設計図などの図面の処理や認識・理解システムを実現した。

開発したシステムは目的や重点のおき方の違いで3種、インテリジェントディジタイザ、自動認識処理、人間・機械協調型処理、に分けられるが、いずれもランレグス符号の形で与えられる図面画像データを、対象物(一般に、黒い線状、シンボル、文字等の形状をなす)の輪郭線のベクトルデータに変換し、これをグラフィックBD木で管理し、必要な図面処理認識を全てグラフィック演算の形で実現している点は同一である。

〈インテリジェントディジタイザ〉

大面積の画像データで与えられた図面内の対象物形状を、図形プリミティブ(代表的には点列データ(つまり、ベクトルや円等))に変換するAI-MUDAMSと呼ぶシステムを開発した。AI-MUDAMSでは、輪郭線ベクトルの形でグラフィックBD木で管理された原データから、まず、信頼性の高い部分を優先して中心線(芯線)を抽出する。次いで、後まわしにされた分岐部や他の対象物との接触部については、既処理結果と周囲状況、輪郭ベクトルの状況を知的に判断して、結合、分離を行なっていく。本システムは、C言語という汎用ポータブルな言語による純粋なソフトウェアにより実現されているが、実現された処理速度はA3図面1枚程度(4000×6000画素)で1~3分(1MIPS計算機)と、専用ハードウェアによるシステムをしのぐものであり、更に高度な処理品質をも実現している。