

階層的データ構造とオブジェクト表現に もとづく図形処理パッケージ

原田 裕明 齋藤 由香梨 伊藤 能一

株式会社 富士通研究所

1. まえがき

最近、図面や文書の自動読取り技術は飛躍的に向上したが、その認識アルゴリズムの開発は依然として対象に応じたヒューリスティックな方法がとられている。これらの認識アルゴリズムにおいては、たとえば「ある領域に含まれる点すべて」とか「ある閉曲線の周囲長」という表現が頻繁に必要となるが、それを一般的に記述する適当な手段がなかった。そこでわれわれは図形の取扱いが簡便で、かつ特徴抽出や各種の演算が記号処理として表現できるような図形処理パッケージをLisp上に開発し、大型計算機、WS、パソコンにインプリメントした。開発にあたっては(a)図形の内部表現形式などを使用者に意識させない、(b)処理時のメモリ(セル)消費量を少なくする、(c)処理関数の数は最小限にとどめる、などを方針とした。これらの実現のために、位相構造に基づいて図形を一意に表現する階層的データ構造、図形集合に対する各種の射影、個々の処理関数を隠蔽するオブジェクト指向の概念などを取り入れた。

2. データ表現方法

線図形を記号として表現して地図検索や図形認識をおこなう例⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾は既にいくつか発表されている。ここで述べるパッケージも、2値化画像から折線近似によって得られたベクトルデータを記号化してリスト表現したものを図形データの基本形としている。

本パッケージでは上記のような既存のパッケージに比べて、図形の記述や操作をよりコンパクトにすることに主眼を置いて、線図形を点線面という次元の階層的なままで表現している。具体的には「点」「ベクトル」「アーク」「ネット」の4種の図形要素を階層的に配置したグラフ構造を用いる(図1参照)。たとえばベクトル v_1 は両端点 p_1, p_2 によって表現される有向線分で、アーク a_1 に含まれる。アークとは分岐点または開放端点の間に存在するベクトルの順序系列をさす。連結成分はこのアークの集合として記述できる。これをネットとよぶことにする。このグラフは図形の位相構造に基づいているため一意かつ完全な表現である。またこの他に閉領域を示すループ(アークの集合)と矩形領域(2点の集合)の図形要素を用意した。これら6種の図形要素を相互に結ぶポイントはあらかじめ検索テ

ーブルとして作成しておく。また座標をキーとして図形を検索するための特殊なインデックスも同時に作成する。実際の図面でこれらの図形要素数の比率を測定したものが表1である。たとえば機械図中の文字は小さな連結成分(ネット)とみなせるので、文字列をネット単位に探索すればベクトルを直接扱うのに比べてメモリ消費量、処理時間も平均10分の1程度ですむ。

本パッケージは以上の図形表現を基本にして、4層の表現を用いている。最下層は図形データの内部表現で、大量の図形データが検索用テーブルと共に圧縮された状態にある。次の記号表現層では内部表現へのインデックスを一つの図形シンボルとして扱う。これにより図形は抽象化され、そのアクセス方法などは意識しなくて済む。リスト表現層ではさらに図形シンボルをリスト表現しており、集合演算や射影の関数が利用できる。最上層のオブジェクト表現層ではリスト表現された図形をオブジェクトとしてまとめ、図形のクラスに属するインスタンスとして生成する。オブジェクト化された図形シンボルはデータの型を意識しないで取り扱うことができる。

3. 基本関数とメソッド

本パッケージで用いる図形処理の基本関数は、ある図形から別の図形表現を検索する関数、いくつかの特徴抽出関数、集合演算関数などから成る。検索関数は6種の図形要素間で「あるベクトルを含むネット」とか「あるループの重心(点)」など自由な組み合わせの検索ができる。特徴抽出関数は図形の面積、長さ、角度、モーメントなど最低限必要なものを用意した。集合演算はリスト表現された図形集合間の和、差などを扱う。また図形処理で頻出する図形集合(リスト)に対する繰り返し処理(マッピング)や、条件に合致したものだけを選択する処理(フィルタ)もマクロとして用意した。

これらの関数は個々の図形シンボルやリストに対して直接作用させることができるが、各図形要素(最低6種)とそれらの集合表現(シンボル、リスト、リストのリスト、計3種)に対応した最低18種の関数を使いわけなければならない。このようなデータの型と関数との対応を意識しなくてすむように、各図形要素の型をクラスに、具体的な図形をインスタンスに、それぞれの関数をメソッドとして取り扱うことにした。特定のクラスに属する図形インスタンスに処理名をメッセージとして送ると、クラスに登録さ

An Object-oriented Graphics Package for Drawings
based on Hierarchical Data Structure

Hiroaki HARADA, Yukari SAITO, Yoshikazu ITO
FUJITSU LABORATORIES LTD.

れたメソッドを呼出し、出力側のインスタンスを自動的に生成する。特徴抽出関数の出力のためには数値の特別なクラスを用意する。画面に処理結果を表示する場合はインスタンスは生成しない。使用者は画面上で図形を直にヒットするかインスタンス名リストを参照して対象図形を指示し、同じくメソッドのメニューから処理名を指定する。

また複雑な処理手順を一つのグローバルな手続きとして登録したい場合や、基本的に用意してある6種の図形要素クラス以外に目的に応じた図形要素(たとえば複数のアークから成る直線ストロークや円弧など)を特別な図形クラスとして使用したい場合などには、新しいクラスの定義とメソッドの登録をおこなう。

図2に以上のインスタンス生成の概略を図示する。

4. 処理例

図3に図1中のベクトル v_4 が属するループをリスト表現層において検索する例とループの周囲長による選択の例を示す。同様にオブジェクト表現層でメソッドを使ってベクトル系列の両端点の距離を求める例もあげる。また図4はオブジェクト表現層での会話処理例を示す。左端にインスタンス名一覧、その隣にメソッド一覧を出して「重心G」を求めている状況である。図中右上に指示した対象図形(家屋)が、左下に求めた重心座標が数値インスタンスとして表示されている。

5. まとめ

以上の記述例のように、本パッケージを使用することによって少数の関数と図形の集合表現の組み合わせによって複雑な図形処理が実行できる。

[文献]

- (1) 松山, 三根, ハオ, 長尾: "関数的検索機能を有する地理情報システム MILES", 情報処理学会論 Vol.23, No.6, pp.608-616 (1982)
- (2) 木村, 鶴岡, 三宅: "一般化境界表現に基づく図形処理パッケージ", 信学技報 PRL85-7 (昭60)
- (3) 塩谷, 中村: "Prologによる図形パターンの記述と認識", 情処全大第30回(昭60前期) 5M-8
- (4) 金, 馬場口, 手塚: "ハンガルのトップダウン的ストローク抽出", 信学会春季全大(平成元年度) D-440

表2. 主な処理メソッド

分類	メソッド
検索	$\beta \leftarrow (op, \alpha)$: 含む $op = \{ \text{属する, 含む} \}$ $\alpha, \beta = \{ \text{点, ベクトル, アーク, ネット, ループ, 矩形など} \}$
特徴量	長さ(距離), 面積, 角度, モーメント, 最小矩形, 内積, 外積 など
演算	集合和, 差, 積, 排他和, 否定
マクロ	マッピング: $\{ f(x) \mid x \text{ object} \}$ を求める. フィルタ: $\{ x \mid f(x) = \text{真}, x \text{ object} \}$ を求める.
入出力	ファイルI/O, 表示, 図形作成

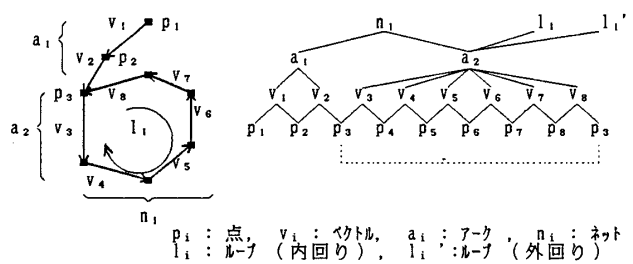


図1. 図形構造の階層

表1. 図形要素数の比率

図面種類	点	ベクトル	アーク	ネット	ループ
機械図	1.03	1.00	0.50	0.10	0.08
市街図	1.05	1.00	0.37	0.14	0.10
P & I 図	1.09	1.00	0.52	0.16	0.16

ベクトルの要素数を1.0として比較。

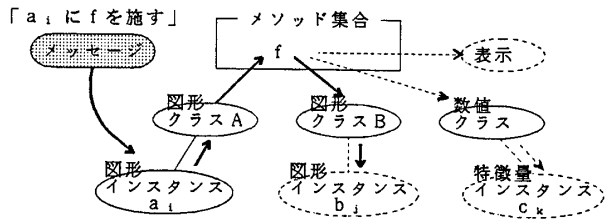


図2. メソッドの作用

【リスト表現層での関数記述例】

$(la (av ((v_4)))) \Rightarrow l_i$: v_4 の属するループを求める
 $(fc* length < th (la (av (vn ((n_i)))))) \Rightarrow l_i$
 : n_i に含まれるループの中で、周囲長が th 未満のものを選択
 $\beta \alpha$ の形の関数は $\beta - \alpha$ の検索をおこなう。 $fc*$ は選択のマクロ。

【オブジェクト表現層でのメソッド記述例】

(method-D (method-EXOR (method-P
 (make-instance (v1 v2 v3 v4))))))
 : ベクトル系列 v_1, v_2, v_3, v_4 の両端点の距離を求める
 method-D, EXOR, P はそれぞれ距離, 排他和, 点を求めるメソッド

図3. 関数の適用例

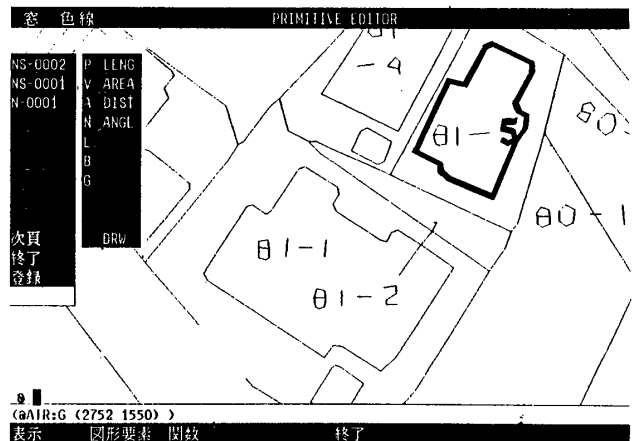


図4. 画面表示の例