

ベクトル形式をもつ図形データ からの任意図形検索

4H-8

本田 康弘 佐藤 隆士
(詫間電波工業高等専門学校)

1. はじめに

最近, CADや図面・地理データベースに関する研究が盛んに行われている^{1), 2)}が, その1つに図形のパターンマッチングがある. 画像として入力された図面については, Hough 変換を利用した研究が進められているが^{3), 4)}, 改良はされているものの大きな記憶領域が必要である. 端点のはっきりした線分を要素とする図面であれば, 線分がはっきりしているため, 記憶量・計算量について更に効率のよいアルゴリズムを構成することが可能である⁵⁾. また2次記憶上では, 線分を端点と曲率で表示した, いわゆるベクトル形式で記憶しておけばよいので, 取扱いも簡単である. 本稿では, 線分を直線と円弧に限り, 端点のはっきりしたベクトル形式の図形データから, 与えられた連結図形と幾何学的に相似な図形を検索するためのアルゴリズムと, そのためのデータ構造について報告する.

2. データ構造

基本的には, 図形全体をグラフとみなして処理をすすめるのであるが, グラフに幾何学的な情報をもたせるため, 次に示すような隣接リストを拡張したF-リスト(Figure-List)という構造を提案する^{6), 7)}.

図面における交点及び端点(以下総称して, 端点)を, グラフの節点に対応させ, 節点には端点の番号, 座標, グラフの深さ優先探索番号の情報をもたせる. 図形における線分を, グラフの辺に対応させ, 線分の曲率の情報をもたせる. 隣接リストの場合, ある節点に隣接する節点をリストの形で列挙するのに対し, F-リストでは線分の長さで分類できる木(たとえば, 2分探索木, 平衡木など)を採用する. 以下では, 線分の長さについて降順に整理しているとみなせる木を仮定する. たとえば図1のような図形であると, 図2のようなF-リストが形成される.

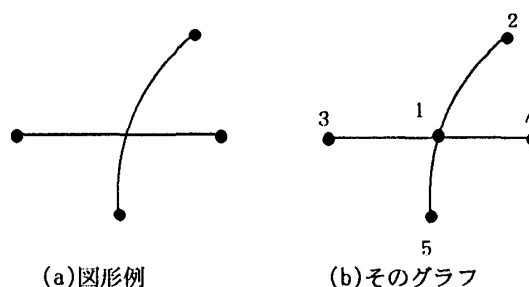
また, 2次記憶に格納されているベクトルデータの形式は以下のとおりである.

$[x_1, y_1, x_2, y_2, \rho, s]$

ただし, 各パラメータの意味は,

x_1, y_1 : 始点座標
 x_2, y_2 : 終点座標
 ρ : 曲率
 s : 曲率円の中心に関する情報
 (半円以下の円弧なら0,
 半円を越える円弧なら1)

であり, (x_1, y_1) から (x_2, y_2) へ曲率 ρ の円弧でつながっている, ということを表現する.



(a) 図形例

(b) そのグラフ

図1

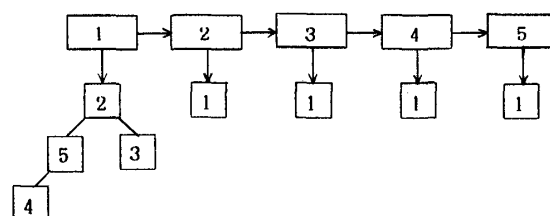


図2 図1のF-リスト
(木としてヒープを採用)

3. 検索対象図形のなぞり

検索対象図形に関しては, 図3に示す系統的なぞりを採用する.

F-探索は, 始点 s のまわりの辺については幅優先探索, 残りの辺については深さ優先探索を行っている^{6), 7)}.

なぞりを開始する点を特徴点と以下では呼ぶが, この点は多くの辺がでているとか, 検索対象図形において特徴のある端点とする. s のまわりの点について幅優先探索を行うのは, s からでていっている辺の本数を知って, 後述する参照点のまわりの辺の取り方を減らして比率の候補を減らすためである.

4. 検索のアルゴリズム

被検索図面については, まず前処理として, 元のベクトル形式の図形を交点ごとに切って, さらに細かい線分ベクトルを得る. 前処理によって生成されるベクトル形式のデータを読みとり, F-リストを生成する. 検索対象図形については, 検索木をF-探索によって生成する. 検索処理を行うアルゴリズムは図5のとおりである. アルゴリズムで述べられている参照点とは, 検索木 R の根から出ている枝の本数より多くの辺が出ていっている端点である.

アルゴリズム：F-探索

入力：検索対象図形 f
 なぞりを開始する点 s
 出力：系統的検索を行うための”検索木”

```

procedure f_search(f,s);
begin
  検索木の初期化;
  i:=1;
  s.number:=i; (端点sのF-探索番号を1にする)
  for sに隣接する端点 w を長い辺から順に do begin
    i:=i+1;
    w.number:=i;
    枝(s,w)を検索木内に追加
  end;
  for 検索木内で枝(s,w)を満たす w について do
    w を始点として深さ優先探索を行い palm tree
    を生成する
end;

```

図3 F-探索アルゴリズム

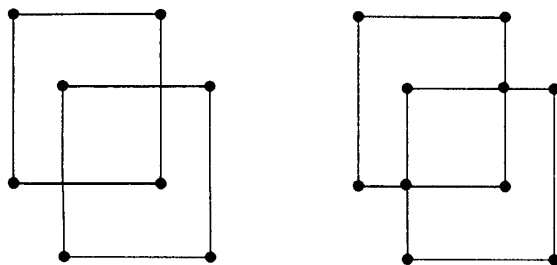


図4 線分ベクトルの分割

アルゴリズム：図形検索

入力：検索木 R
 被検索F-リスト F
 出力：検索結果

```

begin
  for 全ての参照点 c について do begin
    for cから出ている枝を長い方から順にdo begin
      (この枝を e とする)
      Rの辺(1,2)とeから比率及び回転角を計算;
      for Rの基準点まわりの残りの辺についてdo
        eのまわりの辺について選択, 見つからなければFの1つ前の辺にバックトラックして, 他の候補を調べる;
      for Rの未探索の辺 l について do begin
        a←lの既探索側の点に対応するFの点;
        for aに隣接する端点(辺)について do
          lに対応するFの辺の選択, 見つからなければ1つ前の辺にバックトラックして他の候補を調べる
        end
      end;
      選択した F の辺を検索結果とする, バックトラックした結果選択すべき辺がなければ候補がないとして終了
    end;
  end;
end;

```

図5 検索アルゴリズム

5. 評価

検索木の頂点を m 点, 辺を e 本, F-リストが表すグラフを最悪の場合を考え n 点の完全グラフ K_n とし, 1つの候補を検索するためにかかる手間を評価する。

R の1本の辺に対応する F の辺の検索はF-リストの木構造より $O(\log n)$ の手間でできる。Fの1つの参照点については次のようになる。比率が決まったとすると, R の $(e-1)$ 本の辺が F の $(n-1)$ 本のどの辺に対応しているかを調べる。この手間は $O(e \cdot \log n)$ である。 R において, 全ての辺が特徴点からでているような図形を考えると, この場合に比率を決める辺が一番多く $(n-e)$ 通りある。 $n \gg e$ とすると, 1つの特徴点に対しては $O(n \cdot e \cdot \log n)$ の手間で検索が可能である。完全グラフを被検索図形として考えているので, 図面全体に対して $O(n^2 \cdot e \cdot \log n)$ の手間で検索ができる。拡大/縮小を許さない検索を行う場合は, 比率を決める自由度がないので $O(n \cdot e \cdot \log n)$ の手間で検索可能である。

6. むすび

ベクトル形式を持った図形データからの任意図形検索アルゴリズムと, そのためのデータ構造, 図形のなぞりについて報告した。検索対象図形の辺の本数を e , 被検索図面の頂点数を n とすると, 相似な図形の検索には $O(n^2 \cdot e \cdot \log n)$, 合同な図形の検索には $O(n \cdot e \cdot \log n)$ の手間で検索できることを示した。

参 考 文 献

- 1)伊理正夫 監修: 計算幾何学と地理情報処理, 共立出版, bit 別冊 (1986).
- 2)松山隆司 他: 関数的検索機能を有する地理情報システム MILES, 情報処理, Vol.23, No.6, pp.608-616 (1982).
- 3)大橋靖弘 他: 一般化 Hough 変換による任意図形検出アルゴリズム, 信学技報, PRU88-123, pp.33-39 (1988).
- 4)松山隆司, 興水大和: Hough 変換とパターンマッチング, 情報処理, Vol.30, No.9, pp.1035-1046 (1989).
- 5)本田康弘, 佐藤隆士: 図形データの検索について, 平成元年度電気関係学会四国支部連合大会, 12-24, pp.393-394 (1989).
- 6)A.V.Aho, J.E.Hopcroft, J.D.Ullman(大野義夫訳): データ構造とアルゴリズム, 培風館 (1987).
- 7)尾崎弘 他: グラフ理論, 現代応用数学講座 2, pp.127-142, コロナ社 (1975).