

セル分割モデルに基づく図形の形状認識

3F-2

上田 哲正
東京大学

佐藤 真一 濱田 喬
学術情報センター

1 はじめに

近年の計算機環境の発展に伴い CAD/CAM 統合が進められ様々な図形に対して多角的な視点からその図形を処理することのできるシステムが構築されている。また、画像認識の研究においても与えられた画像内の図形の形状を認識する研究が行なわれている。従来の研究では、境界表現に基づき対象の各構成要素の接続グラフを作成して、そのグラフマッチングを行なうことにより、その特徴を抽出する手法がとられてきた[1]。しかしながら、この手法ではグラフの同形性判定問題となり、NP 完全問題に属してしまう。また、人間が図形を認識する場合は、ボリューム主体の着目によりその存在性から形状を認識するものと考えられる。そこで、我々は対象図形を基本的なセルに分割し、その存在性から形状の認識を行なう手法についての検討を行なう。

2 セル分割モデル

2.1 セル分割モデル

本研究では、対象の図形をいくつかの基本領域(セル)に分割したセル分割モデル(図1)を用いる。セル分割モデルでは、対象の図形を含む空間をいくつかのセルに分割し(図1(a))、それぞれのセルをその図形に含まれている(activeである)か含まれていない(activeでない)かによって分類する。

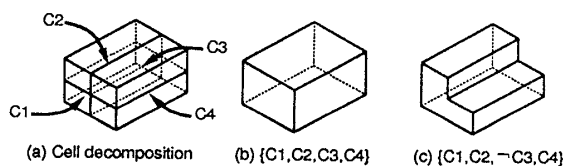


図 1: セル分割モデル

図形の形状特徴のほとんどはその図形の凹凸に起因し、特に凹な形状に注目することにより、形状特徴を認識できる[2]。図形をセル分割モデルで表現したとき、凹な部分は active でないセルで表現されることになる。図1(c)ではセル C3 が active でないこと(-C3)により、切り欠き(step)という形状が構成されている。ここで、

重要なのはセル C3 が active でないことに加えて、その下のセル C4 と隣のセル C2 が active であるということである。一般に図形の形状特徴は active でないセルと隣接する active なセルの存在性の組み合わせを判断することで認識できることになる。

2.2 分割方法

対象の図形を分割する場合、その図形の凹凸を生成する領域を独立したセルに分割する必要がある。対象図形を多角形とすると、セルへの分割方法は次のようになる。

1. 対象図形を包含する最小のプリミティブを求める。
2. 対象図形の境界をプリミティブ内で延長し、そのプリミティブを分割する。
3. 対象図形の1次元低い構成要素(2次元図形では辺、3次元図形では面)のループを辿り、各セルに属性値(内部であれば active)を与える。
ループが入れ子の場合は、奇数番目のループの内部を active とする。
4. 各セルにその大きさ等の幾何学的特性の属性を与える。

部分領域の体積 V が

$$V = \sum_i V(C_i) \quad C_i : \text{active なセル}$$

で求められるように、各幾何学的特性はそれを構成するセルの和で求められる。

3 形状の認識

3.1 空洞領域の抽出

2.1節で述べたように、図形の形状特徴はその凹な部分の空洞領域を捉えることにより、認識される。しかし分割されたセルが単体で1つの領域を表しているとは限らない。そこで、図形の部分領域を幾つかのセルの集合体として扱う。

空洞領域は、対象図形 $Part$ を包含する最小のプリミティブ $Stock$ からの差分 $Delta$ で表現される[3]。

$$Delta = Stock - Part$$

また、図形の形状を認識する場合、平滑化を考慮する必要があるので、対象の図形を $Part_0 = Part$ として

$$Delta_i = Stock_i - Part_i \quad (n = 0, 1, 2, \dots, n)$$

$$Part_{i+1} = Delta_i$$

の操作を $Delta_n = \emptyset$ になるまで再帰的に繰り返す。

Understanding Form Features of Figures Based on a Cell Decomposition Model

Tetsumasa Ueda¹, Shin'ichi Satoh², Takashi Hamada²

¹University of Tokyo

²National Center for Science Information Systems

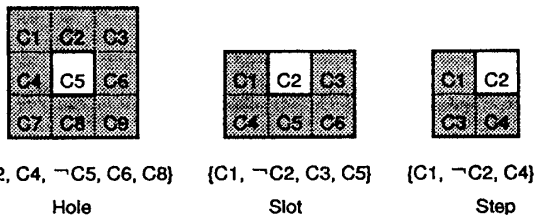


図 2: 2次元におけるマスクパターン

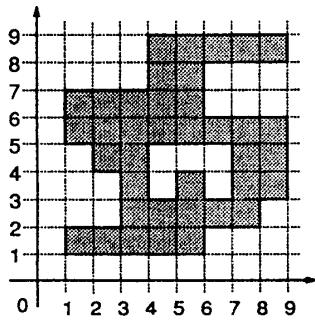


図 3: 実験図形

形状特徴は Δ_i で表現されるが、図形に含まれる小さな構造を平滑化し、大きな構造を残すために、領域全体を表す $Stock_i$ と $\Delta_i = Part_{i+1}$ を包含する最小プリミティブの $Stock_{i+1}$ との差分領域を空洞領域として形状の判定を行なう。これにより、段のある溝のような複合形状は、まず「溝 (slot) がある」と判断し、その溝の形状として「切り欠き (step) がある」と認識することができる。

3.2 パターンマッチング

図形の各領域はセルの集合体から構成される。各セルの属性について、active であるセルを真 (1)、active でないセルを偽 (0) として、領域を構成するセルの属性の論理和をその属性とする。

得られた空洞領域の境界を用いてその領域と隣接する領域の属性を求め、それをベクトル化する。そして、予め辞書として登録しておいた形状特徴を表すマスクパターンとのマッチングを行なう。2次元におけるマスクパターンの例を図2に示す。マッチングは、各領域の属性からなるベクトルの排他的論理和を用いることにより、処理の高速化と効率化を図る。

4 実験結果

本手法における形状の認識を平面図形について行なった結果を示す。簡単に直交座標に平行な辺のみから構成される多角形のみを対象図形として、図2に示す3種類の形状とその回転体のマッチングを行なった。この時の入力データは図3の形状を持つ図形のワイヤフレーム表現である。実験結果を図4に示す。

```
% match fig.wir
Figure {
  Location : (1,1)-(9,9)
  Size    : Width = 8 ; Height = 8
  step {
    Location : (1, 7)-(4, 9)
    Size    : Width = 3 ; Height = 2
  }
  slot {
    Location : (6, 6)-(9, 8)
    Size    : Width = 3 ; Height = 2
  }
  hole {
    Location : (4, 3)-(7, 5)
    Size    : Width = 3 ; Height = 2
    slot {
      Location : (5, 3)-(6, 4)
      Size    : Width = 1 ; Height = 1
    }
  }
  slot {
    Location : (1, 2)-(3, 5)
    Size    : Width = 2 ; Height = 3
    step {
      Location : (2, 4)-(3, 5)
      Size    : Width = 1 ; Height = 1
    }
  }
  step {
    Location : (6, 1)-(9, 3)
    Size    : Width = 3 ; Height = 2
    step {
      Location : (6, 2)-(8, 3)
      Size    : Width = 2 ; Height = 1
    }
  }
}
```

図 4: 実験結果

5 おわりに

本研究では図形を幾つかのセルに分割し、そのセルの集合体としての領域の存在性と組み合わせに着目した。また、形状特徴のマッチングを論理演算にて行なうことにより、その効率化を図った。

現時点では2次元の多角形に限定された図形のみを対象としたが、今後の課題として、3次元への拡張とともに曲線および曲面への対応を検討していく。

参考文献

- [1] Leila De Floriani. Feature Extraction from Boundary Model of Three-Dimensional Objects. *IEEE Trans.PAMI*, Vol. 11, No. 8, pp. 785-798, Aug. 1989.
- [2] M. Marefat and R. L. Kashyap. Geometric Reasoning for Recognition of Three-Dimensional Object Features. *IEEE Trans.PAMI*, Vol. 12, No. 10, pp. 949-965, Oct. 1990.
- [3] Jan H. Vandenbrande and Aristides A. G. Requicha. Spatial Reasoning for the Automatic Recognition of Machinable Features in Solid Model. *IEEE Trans.PAMI*, Vol. 15, No. 12, pp. 1269-1285, Dec. 1993.