

トポロジーマッチングを用いたフラクタル輪郭抽出法

Fractal Contour Extraction Using Topology Matching

本間 大 井田 孝
Masaru Honma Takashi Ida

1. はじめに

画像にある被写体（オブジェクト）の輪郭線を抽出する技術は画像認識や加工などの要素技術として重要である。輪郭抽出の手法としては、スネーク法[1]が知られているが、高精度で調整パラメーターが少ないフラクタル輪郭抽出法[2]の研究も進められている。

フラクタル輪郭抽出法では画像のコーナー部分などで高い精度が得られるが被写体領域に細い部分や小さい領域が存在すると輪郭が消滅しやすく抽出が難しいという問題がある。そこで本論文ではフラクタル輪郭抽出法で用いるブロックにトポロジーの概念を導入し、各ブロックのトポロジーを保つように処理することでその問題に対応する手法を提案する。

2. フラクタル輪郭抽出法

2.1 輪郭抽出

被写体の形状表現にはアルファマスクと呼ばれる画像が用いられる。これは、被写体領域に 1、背景領域に 0 を配置した 2 値画像である。このアルファマスクは例えばマウスでなぞって入力するがその際誤差が生じないようにするには、多大な集中力と時間を要する。そこで輪郭線の概略だけを入力しそのズレは自動的に補正できれば労力を省くことができる。アルファマスクの輪郭を A、抽出対象の被写体の輪郭を B とし A を B に近づけるのが輪郭抽出である。

2.2 フラクタル輪郭抽出法のアルゴリズム

以下にフラクタル輪郭抽出法[2]のアルゴリズムを示す。
Step1 概略形状 A を覆うように正方形のブロック C_i を配置する。この C_i をチャイルドブロックと呼ぶ。

Step2 各 C_i に対して抽出対象画像において C_i と相似で C_i よりも大きなブロックを探索し P_i とする。この P_i をペアレントブロックと呼ぶ。

Step3 アルファマスクにおいて P_i を切り出し C_i の大きさに縮小して C_i を置き換える。この置き換え変換を反復することで A は B に収束する。

上記 Step1~3 を C_i のサイズを小さくしながら(例えば 32, 16, 8, 4)繰り返す。被写体の輪郭に自己相似性があればフラクタル輪郭抽出法は有効である。

2.3 従来法の課題

従来のフラクタル輪郭抽出法では被写体の細い部分や小さな領域が消滅してしまう。これはこのような部分は置き換え変換による収束図形として表現できないからである。

3. 提案法

3.1 基本アイデア

画像ブロックの縮小写像において画像パターンが単純な場合概略形状は大きく変化しない。一方細い領域や複雑な形状が画像ブロックに含まれる場合は縮小写像によって細い領域がつぶれて概略形状が大きく変わってしまう。マスクの初期輪郭は抽出したいオブジェクトの輪郭に沿って描かれている場合が多いので置き換え変換によって概略形状が大きく変化することは望ましくない。そこでフラクタル輪郭抽出法においてチャイルドブロックやペアレントブロックを配置する際にアルファマスクの形状を確認して配置することで初期輪郭から大きく崩れない輪郭抽出が実現できると考えられる。

3.2 ブロックの特徴量としてのトポロジー

本研究ではアルファマスクから切り出したブロックに対し、そのトポロジーを画素値が変化する辺と、その変化の向き（「白→黒」あるいは「黒→白」）の組として定義する。なお 4 つの辺は、上から時計回りに上:1, 右:2, 下:3 左:4 とする。例えば図 1(a)のトポロジーは、{(2, 白→黒), (3, 黒→白), (4, 白→黒), (1, 黒→白)}である。

3.3 トポロジーマッチングを用いたフラクタル輪郭抽出法

ブロックの辺上での画素値変化が 2 箇所の場合は単純な画像パターンが、2 箇所より多い場合細い領域や複雑な形状がブロックに含まれると予想される。提案法のフローチャートを図 2 に示す。

まず、概略形状 A 上の点を中心にブロックを仮に設定する。次にその辺上でアルファマスクの画素値の変化が 2 回か否かを調べ、2 回でない場合（例を図 1(a)に示す）は、そのブロックの設定を削除し、別の位置に設定しなおす。画素値の変化が 2 回の場合（例を図 1(b)に示す）は、それをチャイルドブロックとしてトポロジーを記憶する。そして、ブロックマッチングによりペアレントブロックを探索し、トポロジーがチャイルドブロックと一致し、かつ、ブロックマッチングでの誤差が最小となるブロックをペアレントブロックとする。

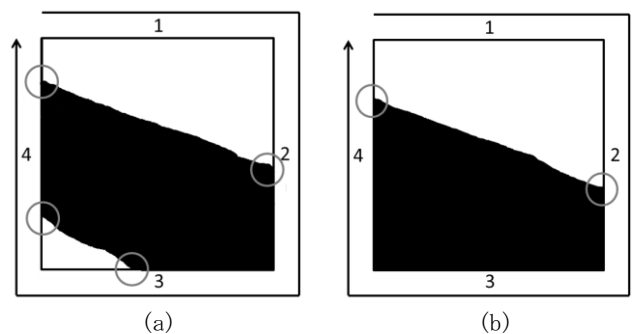


図 1 ブロックのトポロジー

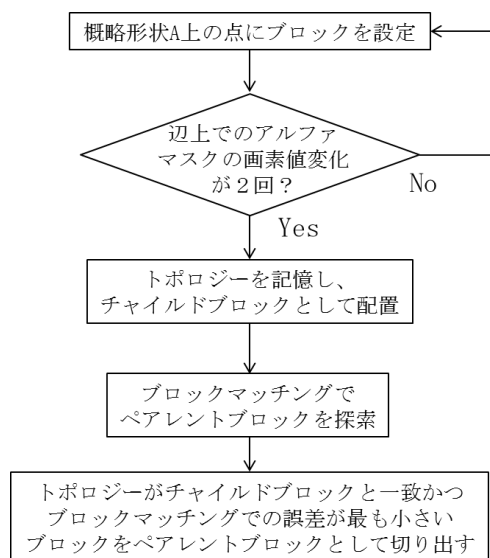


図 2 提案法のフローチャート

4. 実験

4.1 実験方法

図 3(a) に示すサイズ 400×600 の抽出対象画像に対し図 3(b) に示す初期輪郭を設定した. チャイルドブロックのサイズは 32, 16, 8, 4 と変化させペアレントブロックのサイズはチャイルドブロックの 2 倍とした. また誤差尺度として D_n を用いる. D_n が低いほど輪郭抽出精度が高いことを示す.

$$D_n = \frac{\text{対象アルファマスクと正解アルファマスクの値が異なるピクセル数}}{\text{正解アルファマスクの被写体領域のピクセル数}} \times 100(\%)$$

4.2 実験結果

従来法を用いた抽出結果画像を図 3(c), 提案法を用いた抽出結果画像を図 3(d) に示す.

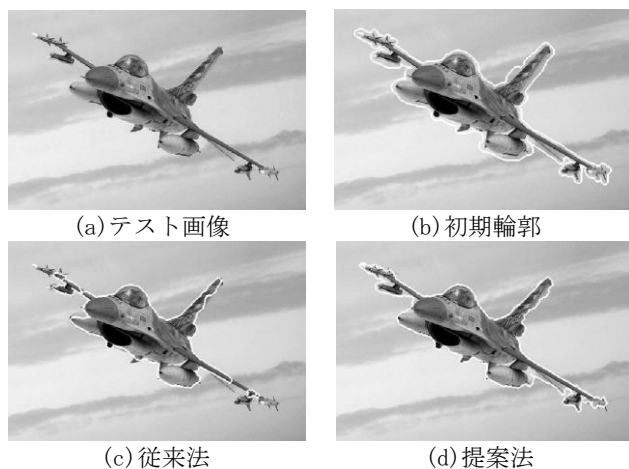


図 3 抽出結果画像

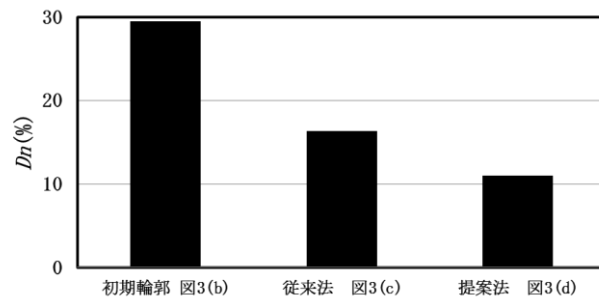
図 4 各画像での D_n

図 3(c) では翼部の抽出精度が低かった. これは処理ブロックサイズに対して対象となる領域が小さく縮小写像の際に本来得られるべきマスク領域がつぶれてしまうためである. 一方(d) では翼部のような細い領域でも輪郭が得られた. また図 4 に D_n を示す. 提案法では従来法より 5 ポイント低い D_n が得られた.

5. おわりに

フラクタル輪郭抽出法の欠点である被写体の細い領域が消滅してしまう問題の解決を試みた. 提案法ではチャイルドブロックとペアレントブロックのトポロジーを一致させることで細い領域の消滅を防ぎ輪郭線を正しく抽出できることを示した.

今後はトポロジーマッチング法で改善できなかった概略形状の凹部分の抽出精度の向上を目指す.

参考文献

- [1] M. Kass, A. Witkin and D. Terzopoulos, "Snakes: active contour models," *Int. J. of Computer Vision*, vol. 1, no. 4, pp. 321-331, 1988.
- [2] T. Ida and Y. Sambonsugi, "Self-Affine Mapping System and Its Application to Object Contour Extraction," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 9, no. 11, pp. 1926-1936, Nov. 2000.