

Image Segmentation by Scale Space Method Using Quantum Adaptive Methods

—A Study of Permissible Error—

松岡 昌利†
Masatoshi Matuoka

富永 哲貴
Hiroki Tominaga

広永 美喜也†
Mikiya Hironaga

長江 貞彦†
Sdahiko Nagae

1. はじめに

画像の解析を行う前処理として画像の領域を分割する研究が行われている。従来のしきい値の場合、人間の手による修正が必要である。そこで、本研究ではスケールスペース法を用いた領域分割法を提案し分割の自動化を目指している。スケールスペース法を用いて画像の領域分割を行う場合、平滑化された複数の画像の極大点及び極小点（以後、極点と呼ぶ）を探索し関連する極点間を連結した構造木を生成する。また極点以外に近似した輝度の点を結ぶことにより領域分割する画像全体の構造木を生成することができる。本研究では構造木を生成する際の探索範囲における輝度の許容誤差に関する考察を行う。また本手法の実用性を検討するためにCT画像において実験を行う。

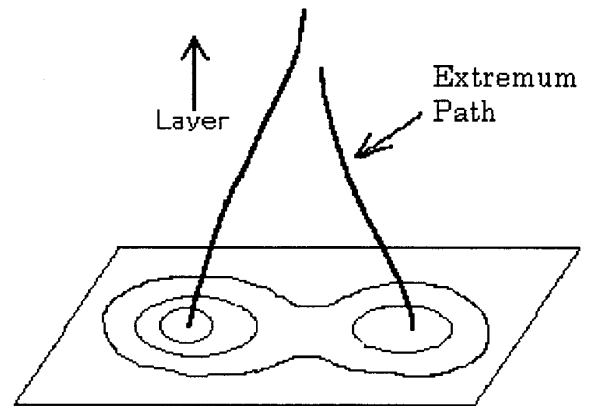
2. スケールスペース法を用いた領域分割

まずガウシアンフィルタの分散 σ を変えながら複数のぼかした画像を作成する。二次元のガウス分布は

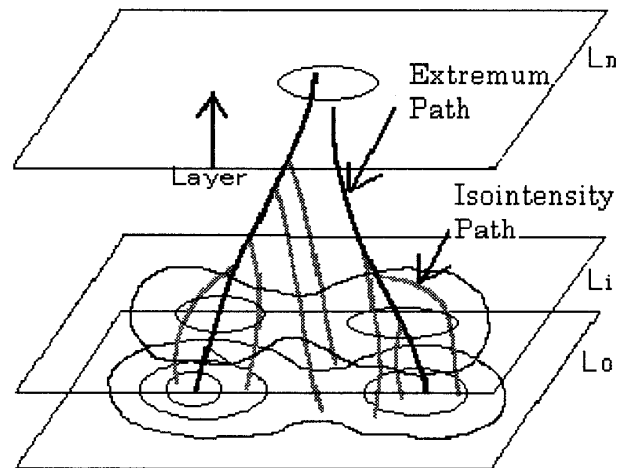
$$G(r) = 1/2\pi\sigma^2 \times \exp(-r^2/2\sigma^2) \quad \dots (1)$$

で表される。ただし σ^2 は分散、 r は中央からの距離である。ぼかした画像の極点は、ぼかしが進むにつれて位置が変化し、最後には消滅してしまう。このように σ が大きくなる、つまり、ぼかしていく大きさに応じて局所的な情報は取り除かれ、大局的な情報のみが抽出される。この極点の移動を調べて、 L_i の極点と L_{i+1} の極点を連結することにより L_0 から L_n までを経路にする事により元の画像上の構造木を構成できる。さらに極点以外の点についても同様に、次のぼかしたLayer(L_{i+1})の最も近い等輝度点と連結する事により、元の画像上のすべての構造木を構成することができる(第1図)。この構造木によりある分岐に属する点列をグループ化する事で領域を分割する事ができる。

スケールスペース法ではぼかした画像を連続的に観測することができるため、局所的な構造のみならず大局的な構造も含めた様々な構造を一度に捉えることが可能である。前述のように、 σ を大きくすると極点は移動してしまうので必ずしも同じ位置にあるとは限らない。プログラムで離散的に処理する際には円形の探索範囲を定め、その範囲内で最も近い極点を探す。また、これは極点と同様に移動する等輝度点でもこの探索範囲を用いる。



(a) 極点の変化



(b) 等輝度点の変化

第1図 構造木の構築

3. 探索方法

3.1 正円方式 (circle)

結合探索領域は半径 R 、着目点 C を中心とする正円で中心からの距離を d_e とする。連結候補点 α は(2)、(3)式を満たす。

$$R \geq d_e \quad \dots (2)$$

$$d_e = \sqrt{(x_c - x_\alpha)^2 + (y_c - y_\alpha)^2} \quad \dots (3)$$

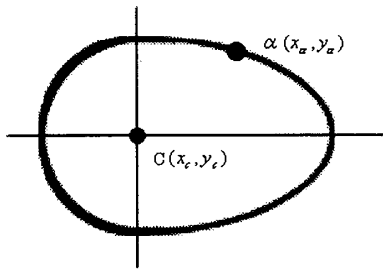
(2)、(3)式の結果、ただ単に正円で連結候補点を探す方式である。

3. 2 適応的段階法(q_adaptive_oval)

結合探索領域として、楕円を段階的に変化させる適応的段階法を検討する。結合探索領域は半径 R 、着目点 C を中心とする半円と半楕円を接合した領域である。連結候補点 α は(4)式を満たす。

$$R \geq \sqrt{\frac{(x_c - x_\alpha)^2}{a^2} + \frac{(y_c - y_\alpha)^2}{b^2}} \quad \dots (4)$$

但し a, b は画像の輝度勾配により決定する。(第2図)



第2図 q_adaptive_oval

係数 a, b を拡大縮小させることにより探索範囲は輝度勾配が平坦な所では正円になり輝度勾配が扁平な所では楕円になる方式である。

3. 3 許容誤差 (E_p) について

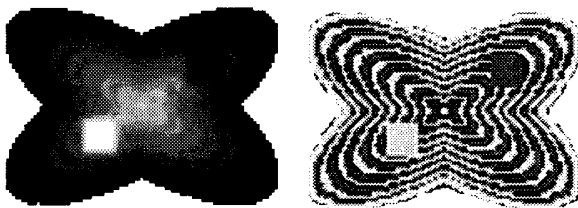
探索範囲内で最も近い極点を探す時、連結候補点 α が見つからない場合は許容誤差 (以後、 E_p と呼ぶ) を用いて極点を探す。 E_p は(5)式を満たす。

$$|I_c - I_\alpha| \leq E_p \quad \dots (5)$$

ただし I_c は着目点 $C(x_c, y_c)$ の輝度値であり I_α は連結候補点 $\alpha(x_\alpha, y_\alpha)$ の輝度値のことである。また等輝度点についても同様にこの E_p を用いる。

4. 研究結果

本研究では分割結果を判定するために原画像と原画像の正解図(第3図)を用いて全領域での正解率を求め E_p ごとに第1表に示す。また正円方式の $E_p=10$ と適応的段階法の $E_p=10$ の時のCT画像(膝画像)での分割結果を第4図に示す。



(a)原画像 (b)正解図

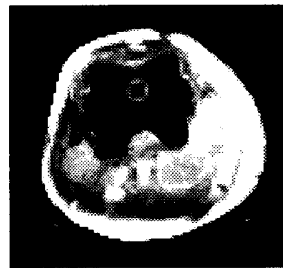
第3図 原画像と正解図

第1表 全領域での正解率

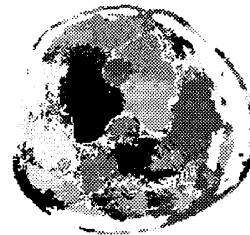
search range	circle			q_adaptive_oval		
	10	5	2	10	5	2
permissible error	10	5	2	10	5	2
Total domains	572	559	481	534	534	534
Total pixels	2693	2683	2767	2378	2378	2378
Correct domains	422	412	365	413	413	413
Correct pixels	1313	1174	1025	1187	1187	1187
Incorrect domains	150	147	116	121	121	121
Incorrect pixels	1380	1509	1742	1191	1191	1191
Correct Percent domain	73.8	73.7	75.9	77.3	77.3	77.3
Correct Percent pixel	48.8	43.8	37.0	49.9	49.9	49.9

5. 考察

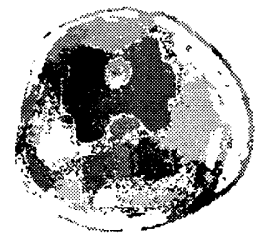
第1表をみると正円方式は E_p が増えていくにつれて正解率が変化していることが分かる。しかし適応的段階法では E_p が増えても正解率は変化しない。これは探索範囲を輝度の差の変化により決定することで E_p を小さくしても正解率は変化しないと考えられる。また正円方式と適応的段階法の正解率を比べるとどの E_p でも適応的段階法が良い結果となっている。



(a)膝画像



(b)circle



(c)q_adaptive_oval

第4図 CT画像の分割結果

6. おわりに

本研究では E_p による正解率の変化を調べたが今後は探索方法の改善の余地があり、また他の画像での領域分割も試みる。

参考文献

- [1] 富永 哲貴, “2つの探索方法を用いたスケールスペース法による領域分割”, 映像情報メディア学会, (2001)
- [2] 富永 哲貴, “平滑化画像を用いたスケールスペース法による領域分割”, 映像情報メディア学会, (2001)
- [3] 富永 哲貴, “適応的探索法を用いたスケールスペース法による領域分割”, 映像情報メディア学会, (2002)
- [4] 松岡 昌利, “適応的探索法を用いたスケールスペース法による領域分割”, 映像情報メディア学会, (2003)
- [5] 松岡 昌利, “適応的連続法(8方向)を用いたスケールスペース法による領域分割”, 信学会, (2004)