

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  
—対象画像と適応アルゴリズムに関する一考察—

Image Segmentation by Scale Space Method Using Adaptive Search Methods  
— A Study on Images and Adaptation Algorithms —

永原 武征 広永 美喜也 西村 卓也  
Takemasa NAGAHARA Mikiya HIRONAGA Takuya NISHIMURA

近畿大学  
Kinki University

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。

本研究では画像の特徴を巨視的・微視的両面から解析するスケールスペース法を用いた領域分割を提案し処理の自動化を目指す。

2. スケールスペース法を用いた領域分割法

Lifshitz[1]らによるスケールスペース法による領域分割では、まずガウシアンフィルタの分散  $\sigma$  を変えながら複数のぼかした画像を生成する。2次元のガウス分布は Eq.(1)で表される。

$$G(r) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \times \exp\left(\frac{-r^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

ただし  $\sigma^2$  は分散、 $r$  は中心からの距離である。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  $\sigma$  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、極点を連結することで元の画像の構造木を生成できる。さらに極点以外の点についても同様に、次のぼかした画像で最も近い等輝度点と連結することにより、元の画像上のすべての構造木を生成する。この構造木からある分岐に属する点列をグループ化することで領域を分割する。

3. 探索手法

(1) 正円方式 (Circle)

最も基本的な Circle では結合探索領域は半径  $R$ 、着目点  $c(x_c, y_c)$  を中心とする正円である。中心からの距離を  $d_e$  とすると、連結候補点  $a(x_a, y_a)$  は Eq.(2)、(3)を満たす。

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

$$d_e = \sqrt{(x_c - x_a)^2 + (y_c - y_a)^2} \quad (3)$$

Circle は円形に近い領域で構成された画像では問題なく領域分割が可能である。しかし扁平な構造を含む複雑な画像

では連結候補点を探す際、同じ輝度を持った別の領域を同じ領域として誤って分割する事がある。

(2) 適応的連続法 (AO8  $\gamma$  : Adaptive Oval 8  $\gamma$ )

連結候補点を探る領域を楕円にし、画像の特徴に合わせて連続的に変化させる手法を松岡らが考案した。着目点と周辺8画素の輝度に方向微分マスクをかけて、8方向で輝度勾配が平らな方向を探し、その方向に探索領域の楕円を傾ける。結合探索領域は半径  $R$ 、着目点  $c(x_c, y_c)$  を中心とする楕円である。領域内の点  $a(x_a, y_a)$  は Eq.(4)を満たす。

$$R = \sqrt{\left(\frac{x_c - x_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{y_c - y_a}{b}\right)^2} \quad (4)$$

但し  $a, b$  は Eq.(5)、(6)により決定する。

$$a = 2 - \left(\frac{n}{255}\right)^{1.0/\gamma} \quad (5)$$

$$b = 2 - \left(\frac{o}{255}\right)^{1.0/\gamma} \quad (6)$$

$a, b$  は隣接する画素の輝度差より  $\gamma$  カーブを用いて連続的に変化させる。

(3) AO8  $\gamma$  LP (AO8  $\gamma$  Leap)

AO8  $\gamma$  は探索範囲を8方向のいずれかへ常に伸ばすため、連結点が伸ばした方向にない場合は間違った点と連結する事がある。そこでAO8  $\gamma$  LPでは着目点とその隣接輝度差  $\Delta a$  が  $L_p$  より小さい場合は楕円を伸ばさずに探索を行う。つまり  $L_p$  だけ  $\gamma$  関数の値をずらし、 $\gamma$  関数  $f_\gamma(x)$  の代わりに  $f_{L_p}(x)$  を用いて、AO8  $\gamma$  と同様の探索を行なう。

ただし、

$$f_{L_p}(x) = \begin{cases} 0 & \text{iff } x \leq L_p \\ f_\gamma(x - L_p) & \text{iff } x > L_p \end{cases} \quad (7)$$

である。

$L_p=50$  のときの  $f_{L_p}(x)$  を Fig.1 に示す。

(4) AO8  $\gamma$  CLG (AO8  $\gamma$  Ceiling)

隣接輝度差は最大で 255 までであるが、実際の平滑化された画像ではそこまでの輝度差が発生する可能性は低い。そこで AO8  $\gamma$  CLG では楕円の長径の伸縮を調整する  $\gamma$  関数の値を  $C_{LG}$  倍した  $f_{C_{LG}}(x)$  を用いて、隣接輝度差の少ない部分で密に探索を行なう。

ただし、

$$f_{C_{LG}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{iff } 1 < f_{C_{LG}}(x) \\ f_{\gamma}(x) \times C_{LG} & \text{iff } 1 \geq f_{C_{LG}}(x) \end{cases} \quad (8)$$

である。

$C_{LG}=1.2$  のときの  $f_{C_{LG}}(x)$  を Fig.2 に示す。

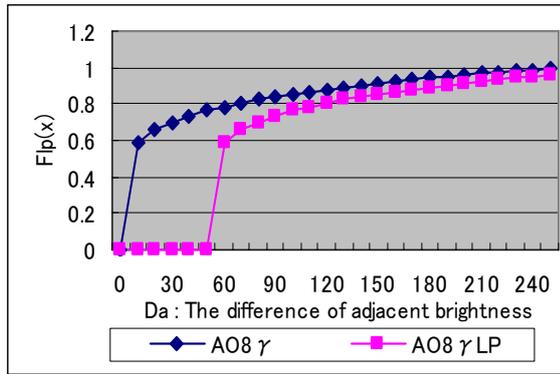


Fig.1  $f_{L_p}(x)$  of AO8  $\gamma$  LP

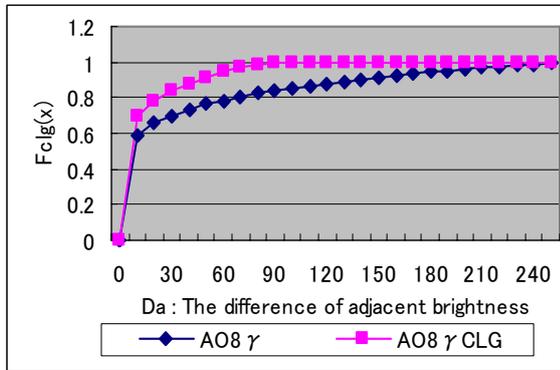


Fig.2  $f_{C_{LG}}(x)$  of AO8  $\gamma$  CLG

(5) AO8  $\gamma$  LP\_C (AO8  $\gamma$  LP Circle)

AO8  $\gamma$  LP では隣接輝度差が一定の値以下だと探索領域を伸ばさずに探索を行なっていた。この場合は探索領域が円となるのだが、探索手法 Circle より精度は低下する。そこで、AO8  $\gamma$  LP\_C では着目点と周辺 8 画素に方向微分マスクを掛けて 8 方向の輝度勾配を求め、その輝度勾配の最大値と最小値の差が一定以下だと、Circle で探索を行い、一定の値以上となると AO8  $\gamma$  LP で探索を行なう。

4. 研究結果

Fig.3、Fig.4 に示すのはサンプル画像と正解図である。本研究では領域分割の結果を判定するために Fig.3、Fig.4 を

用いて正解率を求める。既存手法で最も正解率の高かった AO8  $\gamma$  と新手法である AO8  $\gamma$  LP、AO8  $\gamma$  CLG、AO8  $\gamma$  LP\_C、の正解率を比較した表を Table.1 に示す。

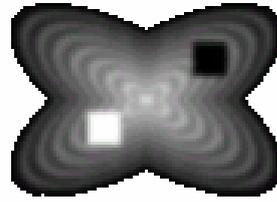


Fig.3 Original image



Fig.4 Answer picture

Table.3 Results of segmentation by each method

	AO8 $\gamma$	LP	CLG	LP_C
A: Total domains	503	501	518	531
B: Total pixels	2189	2180	2243	2262
C: Correct domains	395	398	414	436
D: Correct pixels	1156	1157	1193	1264
E: Incorrect domains	108	103	104	95
F: Incorrect pixels	1033	1023	1050	998
G: Correct Percent domains	78.53	79.44	79.92	82.11
H: Correct Percent pixels (C/A $\times$ 100)[100%]	52.80	53.07	53.19	55.88

(LP : AO8  $\gamma$  LP , CLG : AO8  $\gamma$  CLG , LP\_C : AO8  $\gamma$  LP\_C)

5. 考察

各探索手法で領域分割を行なった結果を見ると、AO8  $\gamma$  LP、AO8  $\gamma$  CLG より AO8  $\gamma$  の  $\gamma$  関数に修正を加えることによって正解率が向上している。また AO8  $\gamma$  LP\_C より輝度勾配に合わせて AO8  $\gamma$  LP と Circle とを切り替えて探索することでさらに正解率が向上している。

各手法の領域分割結果から探索手法を組み合わせで連結点を探す手法が有効であることが分かった。

今回、行なわれていない探索手法の組み合わせや探索手法の切り替え条件を変えることでさらに正解率が向上することが考えられる。

参考文献

[1] Lawrence M.Lifshitz and Stephen M.Pizer, 1990, “ A multiresolution hierarchical approach to image segmentation based on intensity extrema ”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol 12, No 6, 1990, pages 529-540

[2] 奥長、広永、西村、“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—探索範囲の制限に関する一考察—”、映像情報メディア学会 2005 年

[3] 永原、広永、西村、“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—適応アルゴリズムに関する一考察—”、情報処理学会 2006 年