

# 一般カラー画像における目立つ対象物の抽出

○森 文彦\*<sup>1</sup> 菅野 直敏\*<sup>2</sup>

キーワード：領域分割 目立つ対象物 大域的特徴 仮想境界線分 目立ち度 背景

## 1. はじめに

画像を色情報など特徴の様な領域に分割する技術は、画像認識・理解の初期処理の重要な技術の1つである。領域分割は1960年代から現在に至るまで終始最も盛んに取り組まれてきた課題の1つである。一般に、パターン認識は、特徴群の空間的配置を読み解くこと（特徴群と位置情報を総合的に取り扱うこと）であるので、領域分割においても位置情報と色などの特徴群を総合的に取り扱うことが望ましい。しかしながら、位置情報と特徴群の大域的取扱いの具体例はCarson et al.(2002)[1]の報告まで現れなかった[2][3][5]。残念ながら、Carson et al.(2002)では、手法の限界上分割すべき領域の数は固定されているので一般の画像の領域分割には適用できないものであった。位置情報と特徴群を同時に大域的に取り扱うという精神を受け継ぎCarson et al(2002)の短所を克服する全く新しい手法が森(他)(2011a)[3]によって報告された。

他方、画像の初期処理のもう1つの重要課題であるエッジ抽出[7][8][9][10][11][12]の新しい手法である「仮想境界線分の抽出法」が、森(他)(2011b)[4]により提案された。この手法は、各区画を統計的特性に基づいて小領域に2分割し、小領域間の統計的特徴量(分離度 $\eta$ )により「ステップ型」や「ランプ型」などエッジを定量的に判定するものである。

人間はこれら2つの相補的手法をうまく統合していると思われる。ここでは、2つの手法の簡単な統合法を提案する。森(他)(2011a)[3]は、様な特徴を持つ区画を領域分割の出発点にし、画素の色情報の変化(標準偏差)の激しい区画は領域の境界部であると考え、第1段階では対象外にしていた。この境界部の判定を文献[4]の「明確なステップ型の境界線分」のある区画とするのが本研究である。すなわち、領域の境界は単に「標準偏差の大きい区画」の替りに「明確な境界線分の存在する区画」で判定することである。この考え方であまり支障がなければ上記2つの相補的手法の統合研究をさらに前進できると考えられる。

第2章で提案手法について述べ、第3章で実験結果を述べる。

## 2. 仮想境界線と位置・色の大域的特徴群による領域分割

提案手法は、「区画の分割による仮想境界線分の抽出部」と「位置・色の大域的特徴群による領域分割部」からなる。

## 2.1 仮想境界線分の抽出

図1に全体的な処理の流れを示す。以下この図に従って詳細説明を行う。

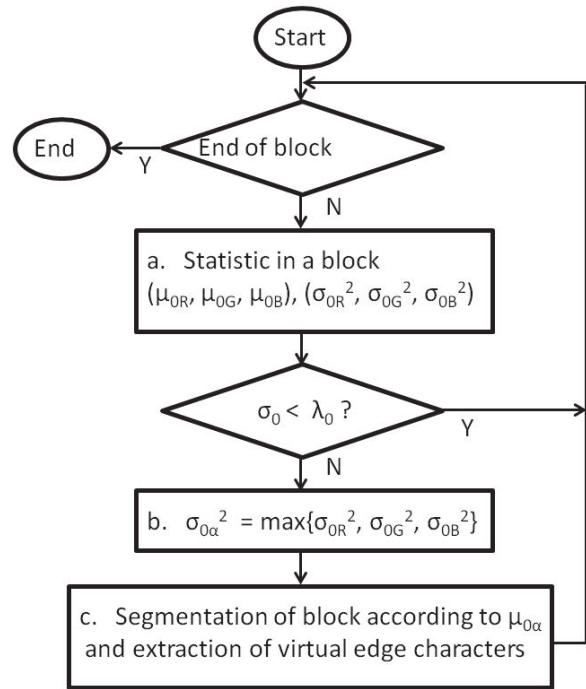


図1 仮想境界線分の抽出過程[4]

処理aは、すべての区画(サイズ $n \times n$ )について行われるものあり、区画内の色情報(R, G, B)の平均値( $\mu_{OR}, \mu_{OG}, \mu_{OB}$ )と分散( $\sigma_{OR^2}, \sigma_{OG^2}, \sigma_{OB^2}$ )が求められる。その後、標準偏差 $\sigma_0 (= \sqrt{\sigma_{OR^2} + \sigma_{OG^2} + \sigma_{OB^2}})$ が十分小さい( $< \lambda_0$ )場合は、明らかに特徴が様な領域、すなわち、区画内には境界線はなく1つの領域であると見なし、分離度 $\eta$ は0と設定する。閾値 $\lambda_0$ 以上の場合は、処理bに進む。処理bでは、三原色RGBの標準偏差の内、最大値を与える色 $\alpha$ を求める。

次に、処理cに進み、区画の分割と仮想境界線分と称する特徴群を求める。区画の分割は、最大標準偏差の色 $\alpha$ の平均値 $\mu_{0\alpha}$ を閾値として行われる。濃淡画像の場合は、輝度の単純平均でもよいが、カラー画像の場合は、例えば、濃淡画像に変換してその輝度の平均値で領域分割を行うと、輝度は同じだが色の異なる領域間の境界線を抽出できな

くなるという不都合が生じる。3次元色空間における固有ベクトル法の使用など望ましい区画の分割法は種々あると思われるが、今回はこの種の手法の有効性を確かめることを目的としているので、簡単のため最大標準偏差の色 $\alpha$ の単純平均を使用する。このとき、平均値 $\mu_{\alpha}$ 以上の画素からなる小領域を $R_1$ 、平均値以下の小領域を $R_2$ とする。この分割処理中に、各小領域の画素数 $N_i$ 、平均色と平均位置 $\mu_{i\xi}$ とそれらの分散 $\sigma_{i\xi}^2$ が同時に求められる。ただし、 $i \in \{1, 2\}$ ,  $\xi \in \{x, y, u, v, R, G, B, I, r, g, b\}$ ,  $u$ と $v$ は、 $x, y$ 座標系を45度回転した座標系の座標、 $I=R+G+B$ (輝度),  $r=R/I, g=G/I, b=B/I$ .

各小領域の持つその他の特徴群は、分離度 $\eta$ 、色差 $\Delta$ 、エッジの位置 $(e_x, e_y)$ 、エッジの方向 $(\theta_x, \theta_y)$ 、小領域間距離 $d$ である。

$$\eta = 1 - \frac{N_1 * \sigma_1 + N_2 * \sigma_2}{n * n * \sigma_0} \quad (1)$$

$$\Delta = |(\mu_{2R} - \mu_{1R}, \mu_{2G} - \mu_{1G}, \mu_{2B} - \mu_{1B})| \quad (2)$$

$$(e_x, e_y) = \frac{N_1 * (\mu_{2x}, \mu_{2y}) + N_2 * (\mu_{1x}, \mu_{1y})}{(n * n)} \quad (3)$$

$$(\theta_x, \theta_y) = \frac{(\mu_{2y} + \mu_{1y}, \mu_{2x} - \mu_{1x})}{|(\mu_{2y} + \mu_{1y}, \mu_{2x} - \mu_{1x})|} \quad (4)$$

$$d = |(\mu_{2x} - \mu_{1x}, \mu_{2y} - \mu_{1y})| \quad (5)$$

区画の分割状況とこれらの量との関係を図2に示す。

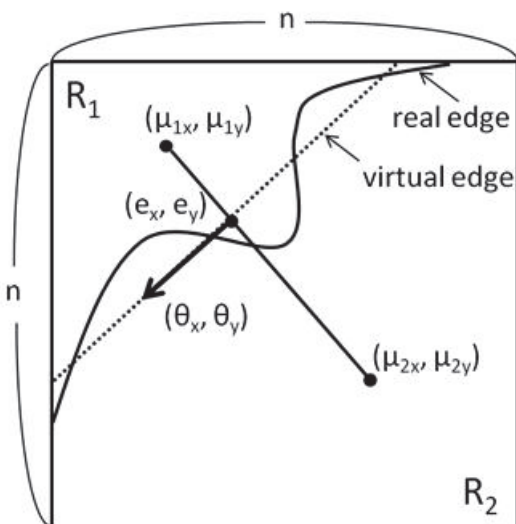


図2 仮想境界線分のイメージ図

## 2.2 分離度と色差による対象外区画の判定と領域分割

領域分割の全体の処理過程を図3に示す。図3は文献[3]

のものとはほとんど同じものである。処理過程aとbの処理と判定条件のみが新しくなっている。

処理過程cでは、登録されている領域群の中に所属条件式(6)(7)(8)を満たすものがあるかどうか調べられる。

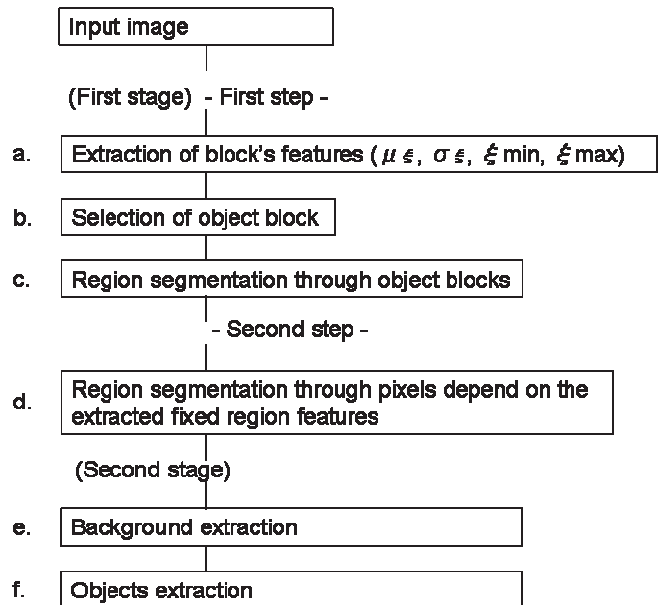


図3 仮想境界線分と大局的特徴による領域分割過程

$$\rho_{\min} - \lambda \leq \rho \leq \rho_{\max} + \lambda \quad (6)$$

$$\mu_{\rho} - k\sigma_{\rho} - \lambda \leq \rho \leq \mu_{\rho} + k\sigma_{\rho} + \lambda \quad (7)$$

ただし、 $\rho \in \{x, y, u, v\}$ .

$$\frac{(\mu_r, \mu_g, \mu_b) \cdot (b_r, b_g, b_b)}{|(\mu_r, \mu_g, \mu_b)| * |(b_r, b_g, b_b)|} > \cos \theta_0 \quad \text{かつ}$$

$$\mu_l - \lambda_l < b_l < \mu_l + \lambda_l \quad (8)$$

ただし、「 $\cdot$ 」は、内積、 $||$ は、ベクトルの大きさ、「 $*$ 」は単純な積を表す。また、 $b_r, b_g, b_b, b_l$ は、区画内の画素の色情報の平均値である。

式(6)(7)は、区画が空間的に登録領域の存在範囲近傍にあるかどうか検定している。式(6)は区画の重心座標が登録領域に含まれる画素の最小値と最大値に基づいた凸8角形領域内に含まれるかどうかを検定しており(min/max法)、式(7)は登録領域の存在範囲を統計値(重心と標準偏差)で表し、その中に区画が含まれるかどうかを検定している(SD法)。SD法はmin/max法のノイズによる拡大を防ぐ作用を持ち、min/max法はSD法の点群の分布による不用意な拡大(例えば空洞の多角形)を防ぐ作用を持つので、ここでは両者の組み合わせが採用された。 $\lambda$ は統合の用意さを示す定数である。

式(8)は領域の持つ色情報の同一性に関する検定、すなわち、色の類似性と輝度の許容範囲を検定するものである。

所属領域が存在しない場合は、処理 **b** に移行し、その区画を統合の種として領域群に登録する。

所属領域が 1 つのみの場合は、統合処理 **c** が実行される (基本的統合処理は各種特徴量の単純和である.)。

所属領域が複数存在し、それらが十分類似している (条件式(9): 過統合の誘発を防止する条件) 場合それらは統合される。条件式(9)が満たされない場合は、特徴が最も類似している領域に統合される。

$$\frac{(\mu_r, \mu_g, \mu_b) \bullet (\mu'_r, \mu'_g, \mu'_b)}{(\mu_r, \mu_g, \mu_b) * (\mu'_r, \mu'_g, \mu'_b)} > \cos \theta_0 \quad \text{かつ}$$

$$\mu_l - \lambda_l < \mu'_l < \mu_l + \lambda_l \quad (9)$$

ただし、 $\mu'_r, \mu'_g, \mu'_b, \mu'_l$  は、もう 1 つの領域における平均値である。

類似度閾値  $\cos \theta_0$  としては、経験的に 0.996(5deg) が使用された。

式(8)(9)の適用において、輝度の低い場合はカラーベクトルの方向が不安定になるので、最大輝度 765 の約 10 分の 1 (80) より小さい場合はネガカラー(255-R, 255-G, 255-B)で比較した。

次に、第 2 ステージの処理過程(f)「目立つ対象物群の抽出」について述べる。この処理は、第 2 ステージの処理過程(e)で求めた背景を除いた領域群を何らかの評価値にしたがって並べ、評価値の高い領域群に適切な基準で統合するものである。そのために、背景群を除いた領域群の評価と順序付けを行うため式(10)で定義される目立ち度  $M$  を導入する。目立ち度に関しては、6 種類の固定した形やサイズの局所領域における中心領域( $c=2,3,4$ )と周辺部( $\delta=3,4$ )の差(ラプラシアン型フィルタ)の和で各点の目立ち度を計算し、そのマップを作成する場合が報告されている[36]。しかしながら、実画像に含まれる対象物の領域の形やサイズは、複雑かつ千差万別であるので、目立ち度としてはその領域とその周りの領域との特徴差などを直接用いるのが望ましいと思われる。そこで本稿では固定した形や固定したサイズの局所的目立ち度ではなく、大域的特徴に基づいて抽出した各領域に対する目立ち度を式(10)で導入した。

$$M = N * \rho * C * Q_l \quad (10)$$

ただし、 $N$  は画素数、 $\rho$  は密度、 $C$  は背景とのコントラスト、 $Q$  は境界包囲度である。すなわち、目立ち度  $M$  は、領域に属する画素数  $N$  が多いこと、密度  $\rho$  の大きい(点群がばらばらでない)こと、隣接領域とのコントラスト  $C$  が大きいこと、および、周囲を明瞭な境界で囲まれた度合い  $Q$  が大きいことにより大きくなる指標である。背景とのコントラスト  $C$  は、 $C = (|\Delta R| + |\Delta G| + |\Delta B|) / (I + I_c)$  である。ここで、分子の値は対象領域に外接する背景領域  $X$  との色差で

あり、分母は対象領域と領域  $X$  の輝度の和である。

次に背景以外の領域の統合アルゴリズムを示す。領域群のうち最も目立ち度の大きい領域  $R$  を取り上げ、包含条件式(11)あるいは、(12)を満たすその他の領域  $r$  をすべて領域  $R$  に統合し、主要対象物領域の 1 つとする。統合された領域群の目立ち度は加算される。

$$\rho^R_{\min} - \lambda \leq \rho^r_{\min} \quad \text{and} \quad \rho^R_{\max} + \lambda \leq \rho^r_{\max} \quad (11)$$

$$\frac{S^A}{S^R} > \lambda' \quad \text{and} \quad \frac{S^A}{S^r} > \lambda' \quad (12)$$

ただし、 $\rho \in \{x, y, u, v\}$ 、統合の種領域  $R$  および統合される領域  $r$  の面積を  $S^R, S^r$ 、両者の重なり領域の面積を  $S^A$  とする。式(12)の相互重なり度の閾値  $\lambda'$  は経験的に 0.8 を採用した。以下、残りの領域群に対して同様の処理を施す。

## 2. 実験結果

処理過程 **d** の結果例を図 4 に示す。

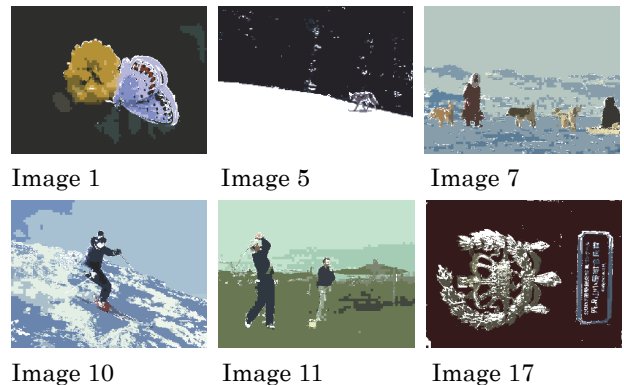
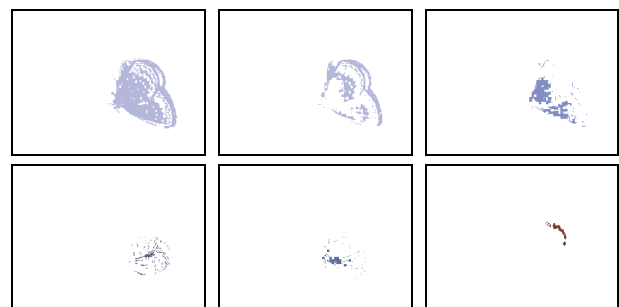


図 4 処理過程 **d** の結果例。

処理過程 **e** (背景抽出) の結果と蝶に統合される個別領域群の例を図 5 に示す。



(a) Unified object region 1~6



(b) Background region

図 5 統合領域と背景領域の例

抽出された最大目立ち度の対象物領域例を図6に示す。64名の被験者によって選ばれた目立つ対象物と文献[4]や当該研究で抽出した目立つ対象物領域とはよく一致している。(文献[4]参照)

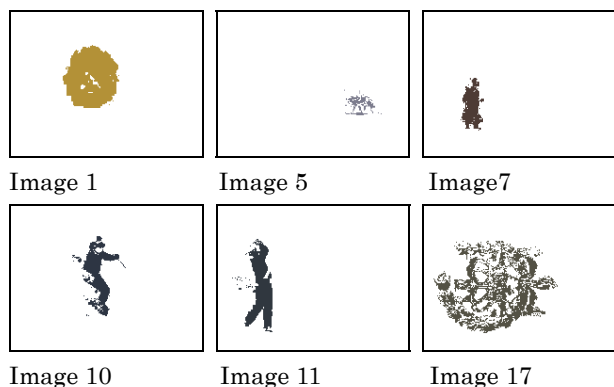


図6 最大目立ち度の対象物の抽出結果例 (処理過程 f).

#### 4. まとめ

画像処理の基本的初期処理である領域分割法と仮想境界線を統合した1つの簡単な領域分割法を提案とその実験結果を示した。実験結果は、既に発表した文献[3]とほぼ同じであることを示した。提案手法では、文献[3]の「領域間の境界部を含む区画である」という判定に仮想境界線の特徴が使用されたが、そのような特徴で十分目立つ対象物抽出のもとになる領域分割ができたという結果は、両者のより緊密な統合システムの開発を促していると考えられる。

具体的新しい統合システムとしては、仮想境界線分抽出法で自然に得られる小領域(区画の分割で得られる小領域)を領域分割に使用する最小単位として使用することが考えられる。このような統合システムが本研究で提案したシステムより格段単純であることは「区画の統合と画素の統合の2段階の統合処理を必要としない」事実からでも明らかである。さらに、文献[3]や本研究で現れていた「細い線の領域や離散小領域群からなる領域がその他の領域すなわち抽出されない」という現象が克服できる可能性がある。現在この研究は実行中であり、予想通りの結果が出つつある。また、新しい目立ち度の見当も進行している[6]。

approach”, Peasons Education Inc. (2003) (大北剛: 訳): 「コンピュータビジョン」, 共立出版 (2007).

- 3) 森文彦, 山田博三, 水野真, 菅野直敏: 「位置の統計量と特徴の類似性によるカラー画像の領域分割法」電気学会論文誌C, Vol. 131, No. 11, pp.2022-2029, 2011.11.
- 4) 森文彦, 山田博三, 水野真, 菅野直敏: 「統計的分離度に基づく仮想境界線分抽出法」, 電子情報通信学会論文誌, J94-95D, No. 12, pp. 2105-2114, 2011.12.
- 5) S. J. Belongie, C. Carson, H. Greenspan, and J. Malik: “Color- and texture-based image segmentation using the expectation-maximization algorithm and its application to content-based image retrieval”, Proc. sixth ICCV, pp. 675-682, 1998.
- 6) 森文彦, 菅野直敏: 「タッチセンサ付ディスプレイによる目立ち度の構成要素の解析」BMFSA 和文誌, Vol.15, No. 2, pp. 55-61, 2013. (掲載予定)
- 7) J. Canny, “A Computational approach to edge detection”, IEEE Trans. PAMI, Vol-PAMI-8, No. 6, pp. 679-698, (1986).
- 8) A. Kundu. “Robust edge detection”, Pattern Recognition, Vol. 23, No. 5, pp. 423-440, (1990).
- 9) Y. Yakimovsky. “Boundary and object detection in real world images”, J. ACM, Vol.23, No.4, pp. 599-618, (1976).
- 10) K. Fukui. “Edge extraction method based on separability of image features”, IEICE Trans. INF. & SYST, Vol. E78-D, No. 12, pp. 1533-1538, (1995).
- 11) M. Hueckel. “An operator which locates edges in digitized pictures”, J. ACM, Vol. 18, No. 1, pp. 113-125, (1971).
- 12) I. Sobel. “An isotropic 3x3 image gradient operator”, In H. Freeman (editor) Machine vision for three-dimensional scenes, pp. 376-379, Academic Press, (1990).

\*1 玉川大学工学部機械情報システム学科 非常勤講師 博士(工学)

\*2 玉川大学工学部機械情報システム学科 教授 工学博士

#### [参考文献]

- 1) Carson, C., Belongie, S., Greenspan, H., and Malik, J., “Blobworld: Image segmentation using expectation-maximization and its application to image querying,” IEEE Trans. PAMI 24(8), 1026-1038, 2002.
- 2) D. A. Forsyth, J. Ponce: “Computer Vision: A modern