

等色線情報に基づくカラー画像記述

Color Image Description Based on Information of Color Contour Lines

1C-3

武田 哲也 岡田 至弘
Tetsuya Takeda Yoshihiro Okada龍谷大学 理工学部 電子情報学科
Department of Electronics and Informatics Faculty of Science and Technology
Ryukoku University

1 はじめに

カラー画像を対象に等色線を用いて画像記述を行う。等色線とはカラー画像の色情報をその一定の変化ごとに区切った閉曲線であり、等色線と等色線の間隔の大きいほど色の変化がなだらかであり、間隔が小さいほど急な変化をしていることを示す。等色線は、付属する色情報により、色が大きく変化する境界線としての情報を抽出することが可能である。

ここでは、等色線によるグラデーション画像の記述を行い、その記述された内容を基にグラデーションの再生を行う。次に一般のカラー画像を対象を移し、等色線情報による領域分割への応用を試みる。色の漸次的変化であるグラデーションも、膨大なデータを持つカラー画像も、等色線を導入することで閉曲線の集合として記述できる。

2 カラー画像からの等色線抽出

2.1 RGB 色空間の分割

カラー画像から等色線を抽出するにあたり、原画像を写像した RGB 色空間を分割して画素の色のレベル分けをする。

- (1) カラー画像入力装置からのそのまの画像はノイズの影響が大きいため、選択的局所平均化(エッジを保ったスムージング)処理を入力画像にかけて原画像とする。
- (2) 原画像を RGB 色空間に写像して、すべての画素を包含する最小の直方体を形成する。実際には直方体を一意に決める互いに直行する3組のベクトル(ベクトル1, 2, 3)を求める。長さは、ベクトル1 $\geq$ ベクトル2 $\geq$ ベクトル3 である。
- (3) ベクトル1を n 等分し、その n 等分点を通り、かつベクトル1に垂直な平面を n 個作成する。同様に、ベクトル2, 3でもベクトル1を n 等分した間隔と同じ間隔で平面を作成する。それぞれの平面の数は、 m, l となる。($l \leq m \leq n$)(図1)
- (4) ベクトル1を分割した平面の i 番目の平面を A_i とする。同様に、ベクトル2における j 番目の平面を B_j 、さらにベクトル3における k 番目の平面を C_k とする。($0 \leq i < n, 0 \leq j < m, 0 \leq k < l$)
- (5) A_i, A_{i+1} と B_j, B_{j+1} 、さらに C_k, C_{k+1} の6平面にはさまれる領域内にある画素を、レベル $(i \times m \times l + j \times l + k)$ の画素と呼ぶ。レベル数は、合計 $(n \times m \times l)$ になる。(図2(a))
- (6) レベル $(i \times m \times l + j \times l + k)$ の代表 RGB 濃淡値は、(5)における6平面にはさまれる領域の重心点の座標とする。(図2(b))

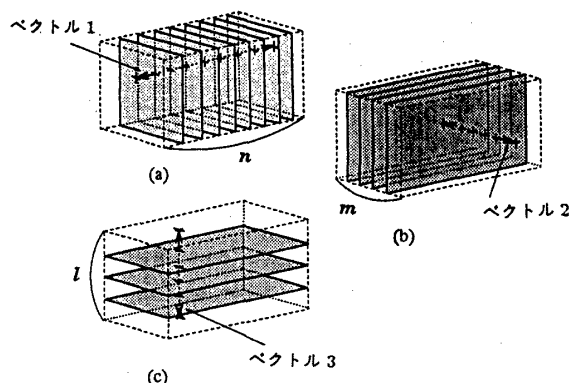


図1 RGB 色空間の分割

- (a) ベクトル1を n 等分する平面
- (b) ベクトル2を m 等分する平面
- (c) ベクトル3を l 等分する平面

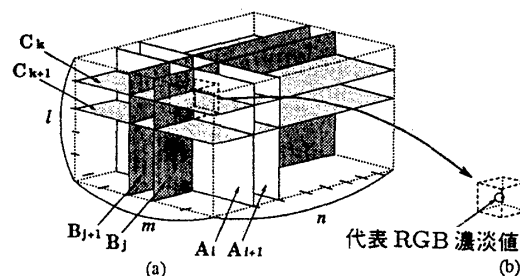


図2 色のレベル分割

- (a) 6平面に囲まれる領域
- (b) 代表 RGB 濃淡値

2.2 等色線の記述

以上のように RGB 色空間を分割することによって、画素が一定の色変化の間隔(レベル)ごとに分類される。このレベル分割された結果を用いて等色線を抽出する。以下にその処理の流れを示す。図3はあるグラデーション画像を $(n, m, l) = (7, 1, 1)$ でレベル分割を行なった結果例である。

- (1) レベル i の画素を黒、それ以外の画素を白とする2値画像(レベル画像と呼ぶ)を作る。($1 \leq i \leq (n \times m \times l)$) $(n \times m \times l)$ 個のレベル画像が出来上がる。
- (2) 各レベルごとに膨張・収縮処理を行い、輪郭線を抽出し、そのレベルの等色線とする。画像の端も境界線として残し、すべてを完全な閉曲線にする。
- (3) 輪郭追跡を行い、等色線を2値画像でなく画素の座標を用いて、そのレベルの代表 RGB 濃淡値とともに記述する。

基本的に1本の等色線には複数の色情報が記述される。レベル i とレベル j の間にある等色線には、その2つのレベルの色情報を記述する。これによりその等色線を調べるだけで、そこがレベル i からレベル j へと色に変化する境界線であることがわかる。

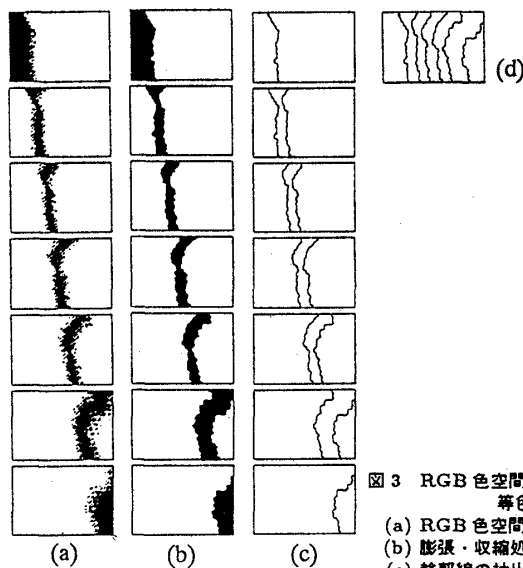


図3 RGB 色空間分割から等色線抽出まで

- (a) RGB 色空間の分割
- (b) 膨張・収縮処理後
- (c) 輪郭線の抽出
- (d) 等色線の記述

3 グラデーションの再生

3.1 再生の基本概念

次に、等色線によるグラデーションの再生を行う。グラデーションであれば色は等色線から次のレベルの等色線へ直線的な変化をすると仮定し、等色線間の画素を線型変換で補間する。以下にその基本となるアルゴリズムを述べる。(図4参照)

- (1) 対象とする点Pから等色線にぶつかるまで垂直・水平の4方向に線分を延ばし、それぞれの長さを求める。 (l_1, l_2, l_3, l_4)
- (2) ぶつかった等色線のレベルからRGB濃淡値を求める。 $(r_A, g_A, b_A), (r_B, g_B, b_B), (r_C, g_C, b_C), (r_D, g_D, b_D)$
- (3) 次の式を使って、点PのRGB濃淡値 (r_P, g_P, b_P) を求める。

$$\begin{pmatrix} r_{AB} \\ g_{AB} \\ b_{AB} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_A \\ g_A \\ b_A \end{pmatrix} + \frac{l_1}{l_1 + l_2} \begin{pmatrix} r_B - r_A \\ g_B - g_A \\ b_B - b_A \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} r_{CD} \\ g_{CD} \\ b_{CD} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_C \\ g_C \\ b_C \end{pmatrix} + \frac{l_3}{l_3 + l_4} \begin{pmatrix} r_D - r_C \\ g_D - g_C \\ b_D - b_C \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} r_P \\ g_P \\ b_P \end{pmatrix} = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} r_{AB} + r_{CD} \\ g_{AB} + g_{CD} \\ b_{AB} + b_{CD} \end{pmatrix}$$

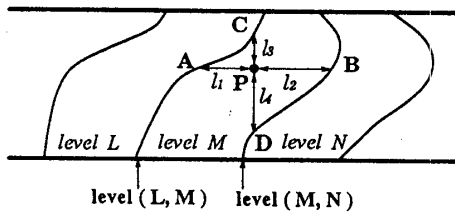


図4 グラデーション再生の基本概念

3.2 グラデーションの記述と再生結果

グラデーション画像に対する等色線抽出に、大日本インキ化学社製のグラデーションカード『GRADATION Color Guide』および、レトラセットジャパン社製の『フォト・トーン』からグラデーションを含むものを実験画像として用い、それぞれGRAD, TONEとした。

表1 実験画像一覧

	解像度 [dpi]	サイズ [pixels]	備考
GRAD	150	600×100	黄色から青紫色への単純なグラデーション画像
TONE	150	296×300	左上の黒から右下へ青を経由してオレンジ色へと変化するグラデーション画像

等色線抽出結果を図5に示す。どちらも原画像から知覚される色の変化に対応した等色線が抽出されている。さらに、等色線情報からグラデーションを再生した結果を図6に示す。原画像と同様のなめらかなグラデーションが再生された。

表2に、グラデーション再生に関する評価値を示す。分割レベル数は等色線抽出時のベクトル1, 2, 3の分割数 (n, m, l) の値を、分割間隔はベクトル1を n 分割した間隔で、色変化の1レベルあたりの範囲を意味する。分割間隔が小さいほど色空間を細かく分割していることになる。S/N比は、実際の処理に用いたスムージング処理後の画像と再生画像との結果を示した。

表2 グラデーションの再生に関する評価値

	分割レベル数	分割間隔	S/N比 [dB]
GRAD	$(25, 5, 2) = 250$	10	24.094
TONE	$(25, 14, 4) = 1400$	8	26.089

結果を見るとどちらも25[dB]あたりの値が出ており、良好な結果となっている。画像によってRGB色空間内の分布の大きさが異なるため、分割間隔も異なっている。分割間隔を小さくするとより詳しい等色線情報が抽出されるので、よりよい結果が出るものと思われる。

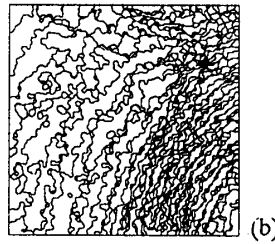
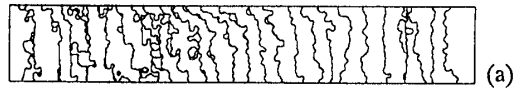


図5 等色線抽出結果
(a) 実験画像 (GRAD)
(b) 実験画像 (TONE)

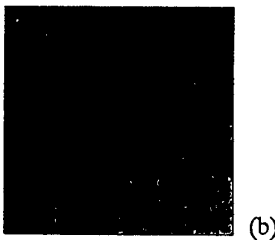


図6 グラデーション再生結果
(a) 実験画像 (GRAD)
(b) 実験画像 (TONE)

4 等色線情報による画像記述

4.1 領域の分割

カラー画像の領域分割において、色が急激に変化するところを領域の境界部分であると定義する。等色線情報を見て連続性（グラデーション）が途切れるところがその領域の境界線であり、色変化は起こっているがグラデーションと見なせる範囲はひとつの領域であるとする。連続性（グラデーション）の途切れた情報を持つ等色線だけを残り、記述することで領域の境界線が記述できる。

一般のカラー画像に対しての等色線抽出の結果を図7(a)に示す。原画像はラップトップ型パソコンの写真である。画像内の物体の形状が認識できる良好な結果が出ている。さらに、グラデーションの境界線を示す情報を持つ等色線だけを抽出したのが図7(b)である。前処理を施したにもかかわらず、ノイズの影響からエッジがぼけて境界線が途切れているところや、細かなエッジが出ているところが数多くある。グラデーションの境界線を抽出するには、入力時のノイズの除去はもちろん、通常よりもRGB色空間を細かく分割し、より詳しい等色線情報が必要となる。

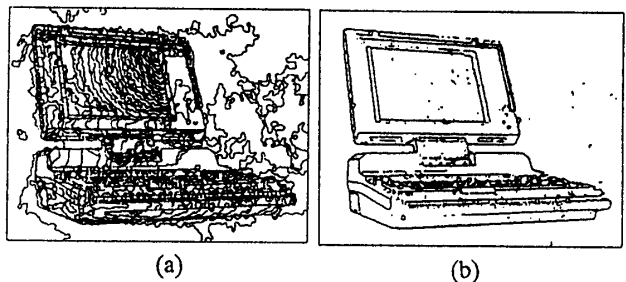


図7 領域分割への応用
(a) 一般のカラー画像の等色線抽出結果
(b) グラデーションの境界線の抽出結果

4.2 カラー画像の記述へ

抽出した境界線をすべて閉曲線にまとめ、各領域の輪郭線として色情報とともに記述する。輪郭線情報と色情報だけでなく、グラデーション情報も記述することで、通常不要としている背景領域も情報として取り込める。また記述内容から、原画像に近いものを再生できる点も大きな特徴である。

参考文献

- [1] 杉山敬三, 岡田至弘, 坂井利之: 領域を単位とした記述・生成法, 情報処理学会第34回全国大会, pp.1757-1758, 1987