

木表現を用いたクラスタリングによる色画像の領域分割

花岡 考宣 内村 圭一
熊本大学工学部電気情報工学科
〒860 熊本市黒髪2丁目39-1

あらまし 木表現を用いたクラスタリングによるカラー画像の領域分割法を提案する。画像情報の抽出において明度情報を利用した領域分割手法は照明条件の影響を受けやすいのに対し色情報を利用した領域分割手法は照明条件の影響を受けにくい。しかしながら、色情報はパラメータを3つ持つため、色のクラスタリングが複雑となる。本稿は対象画像の画素の色空間における分布を木で表現することで色空間を分割する。画像の領域分割は木表現の簡単化によって行われる。対象物体、照明条件が異なる複数の画像に対し領域分割を行い本手法の有効性を確認した。

和文キーワード 画像処理、コンピュータグラフィックス、パターン認識

Color Image Segmentation based on Clustering used Tree Representation

Takanobu HANAOKA, Keiichi UCHIMURA
Faculty of Engineering, Kumamoto University
Kumamoto, 860, Japan
Tel. 096-344-2111 ext.3638 Fax. 096-345-1553

Abstract

We propose a color image segmentation based on a clustering used tree representation. To extract the image information, image segmentation with lightness information is easy to be influenced by the light source condition, but one with color information is not so. In this paper, the color distribution of the image is represented by a tree, thereby color space is split. The merging region of the image are created by means of simplification of the tree representation. We apply this method to some images which are different in light source condition and in object, and we certify the effect of this method.

英文 key words Image Processing, Computer Graphics, Pattern Recognition

1 はじめに

近年、ロボットの普及と共に、人間同様に3次元物体認識の機能をロボットに持たせることが望まれている。そのため、カメラ等より入力される視覚情報から、外界を構成する物体の位置、形状を得る視覚システムの研究が各所で盛んに行われている⁽¹⁾。視覚システムの研究は入力された画像上の対象物体に対する特徴抽出、および得られた情報を用いて画像上の物体を認識する画像認識から成る⁽²⁾。視覚情報としてTVカメラからの明度情報やレンジファインダからの距離情報、観測形態としては単眼視やステレオビジョン等がある⁽³⁾。それぞれコストや性能、計算量等の一長一短があるが本稿では一般に広く用いられている単眼視のTVカメラを用いた。

本稿は特徴抽出の研究である。ここで特徴とは物体の輪郭線を指す。特徴抽出手法には輪郭線追跡法、領域分割併合法などがあり画像の明度情報が利用されている。しかし物体が重なって見える場合、各物体間あるいは物体の各面の間の明度差がノイズと区別できるほど十分でない場合が多く、物体の輪郭線を十分に得られない場合が多い。又、物体の明るさは物体の反射率や光源に対する距離や角度、あるいは光源の明るさにより変化し一定でない。そのため決定的な特徴抽出手法は確立されていない。一方、色は各物体について一定であり、光源の色温度が変化しない限り一定である。その結果、色自体が認識の1つのパラメータになる。又、色情報は画像解釈の為の知識に用いることが可能である⁽⁴⁾。

本稿では色情報に対し木表現を用いたクラスタリングによる画像の領域分割手法を提案する。本手法は従来の色情報を用いた領域分割に比べ雑音の影響を受けにくく、観測者が指定するしきい値に分割結果が左右されにくい長所を持つ。しかし色情報のみでは同一色の物体上の領域間の輪郭線が抽出されない。そこで色情報により分割された各領域に対し明度情報を用いて領域分

割を行った。ここでは両者を用いることで良好な分割結果が得られることを示す。

2 処理手順の概要

処理手順を図1に示す。

本稿では対象画像に色のついた積み木と部屋の風景の2つを選んだ。いずれも照明条件や撮影位置は任意に選んだ。

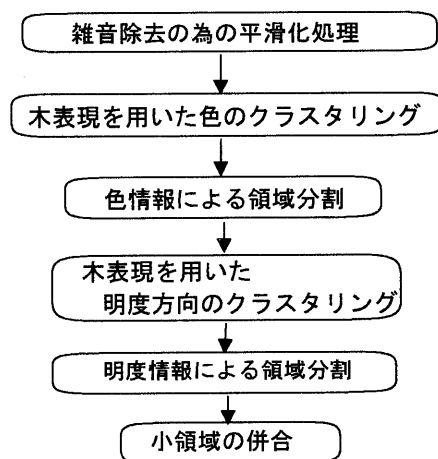


図1 処理手順

まず移動平均法により平滑処理された画像に対し色情報を用いた領域分割を行う。次に同一色であると見なされた各分割領域に対し個別に明度情報を用いた領域分割を行う。最後に十分小さい小領域を大きい領域に併合することで領域分割を終了する。以下各ステップについて説明する。

3 領域分割

3.1 色情報を用いた領域分割

本稿では画像中に含まれる色をいくつかの代表的な色に分類し、画像をそれらの色に対応させることで領域分割を行う。ここでは色分類の手法として木表現を用いたク

ラスタリングによる色平面の領域分割を提案する。

3.1.1 色平面の分割

色の3原色R, G, Bを互いに直交する座標軸に持つ色空間において、対象画像中の各物体の色は色空間の任意の一点を指すベクトル、即ち色ベクトルで表される。色ベクトルの大きさは色の明度を表し、色ベクトルの方向は色相、彩度を表す。

色空間の任意の色のRGB成分が(r_0 , g_0 , b_0)であるとき、これらの比 $r_0:g_0:b_0$ をその色の色度という。色空間で $r+g+b=1$ が成立する平面を単位平面とし、RGB成分を単位平面に投影した座標によって色度を表すことにする(図2)。

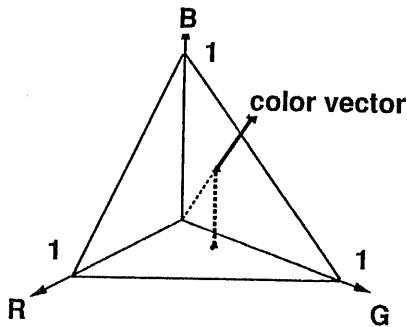


図2 色度座標

ある色(r_0 , g_0 , b_0)について

$$\begin{aligned} r' &= r_0 / (r_0 + g_0 + b_0) \\ g' &= g_0 / (r_0 + g_0 + b_0) \\ b' &= b_0 / (r_0 + g_0 + b_0) \end{aligned} \quad (1)$$

を求め、これを色度座標と呼ぶ。 r' , g' , b' は $r'+g'+b'=1$ を満たすので2変数分を示せば、色度座標は決定される。そこで、色度を r' , g' のみで表し、R, Gを座標軸とする2次元平面を色平面と定義する⁽⁴⁾。次に色平面上の各色度に対して対象画像上での出現頻度Nを色平面と直交する軸にとり色地図を作成する(図3

(a))。次に色地図を出現頻度N軸の向きにn等分し(nは任意)、各レベルの閉曲線ごとにノードを1つ生成する。生成されたノードを各レベル間の上下で接続し、木を作成する(図3(b))。生成された木の中で分岐ノードから葉ノードまでのレベル数がしきい値以下の枝を他のノードに併合することで簡単化を行う(図3(c))。これは色地図上に生成された頂点(葉ノード)をそのまま用いて色平面を分割すると分割数が数百のオーダーになるのを、木を用いて簡単化を行うことで画像中に含まれる代表的な色を1のオーダーまで大幅に絞ることができる。次に各葉ノードを中心として色平面を領域分割する(図3

(d))。最後に原画像中の各画素を色平面の各領域に対応させ画像の領域分割を行う。

3.1.2 雑音の軽減

現実には3.1で述べた色地図作成方法を用いて画像の領域分割を行うと不適当な領域が生成されやすい。これは低明度画素が雑音の影響を受けやすいためと考えられる。ここで、図4に雑音ベクトルDの大きさを一定とし色ベクトルCの大きさ、即ち明度を変化させた時の誤差角 $\tan^{-1}(D/C)$ を示す。明度の低い画素ほど色度の計算に対する雑音の影響が大きい事がわかる。

そこで本稿では色地図作成において有彩色部と無彩色および低明度部が分離されるよう色地図を作成することで雑音の影響を軽減した。まず図2の単位平面の代わりに $r+g+b=255$ の平面を考え、色ベクトルの終点をこの平面に垂直に写像する

(図5)。この写像された点を前節同様に色平面に写像することで色地図を作成する。これにより無彩色および低明度部は色平面上の点(255/3, 255/3)付近に集中し、その他の部分に有彩色部が集まる。以下前節同様に色平面を領域分割した後、画像を領域分割する。図6に原画像、図7に雑音を考慮しない分割結果(3.1.1の手法)、図8に雑音を考慮した分割結果(3.1.2の手法)を

示す。雑音を考慮することで低明度かつ互いに明度が近い領域間（図6の青の積み木と背景間）の分割が良好であることがわかる。しかしながら明度差はあるが色度が近い領域間（図6の白の積み木と背景間）の分割が行われていない。そこで次節で提案する明度を用いた領域分割手法を用いてこの様な領域間を分割する。

3.2 明度情報による領域分割

3.2.1 エッジ強度

これまでに明度情報を用いた領域分割手法が報告されており、これらはエッジ情報を用いている⁽⁵⁾。エッジ抽出手法として一次微分や二次微分をとる方法があるが、図9(b)のような部分はエッジとして認識されにくい為、間違った領域分割の原因と

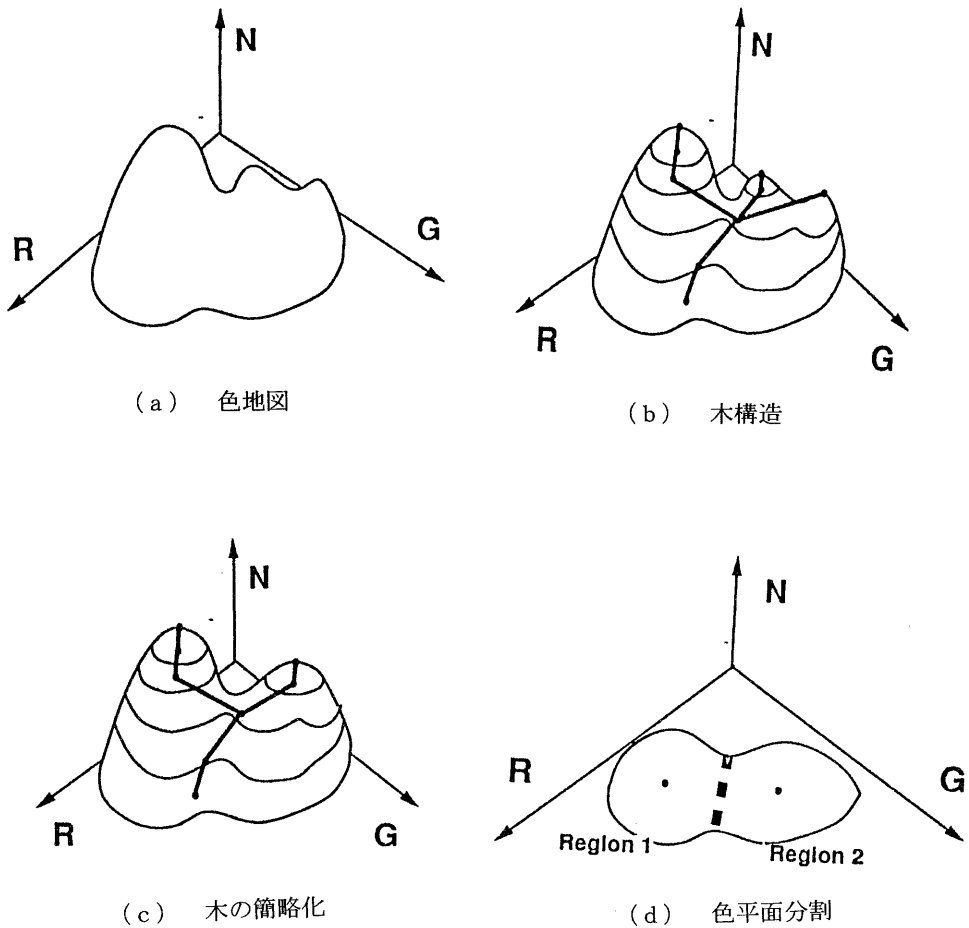
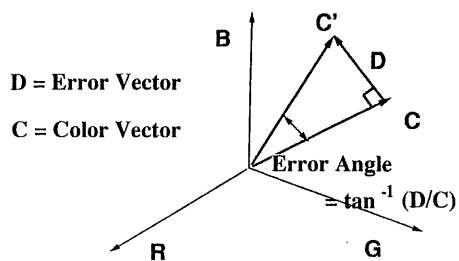
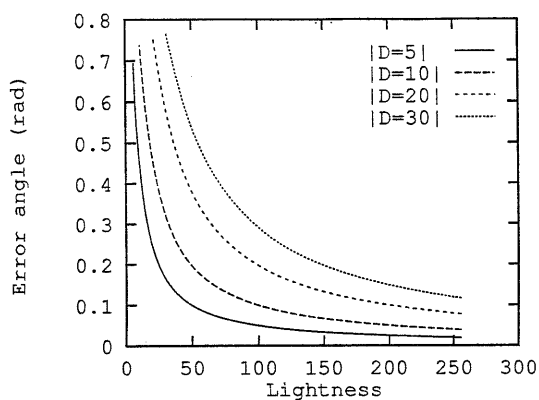


図3 色平面の領域分割



(a)



(b)

図4 雑音の影響

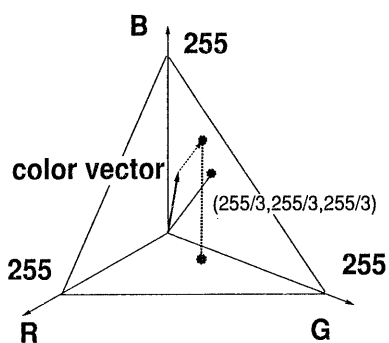


図5 雑音軽減の為の色度計算

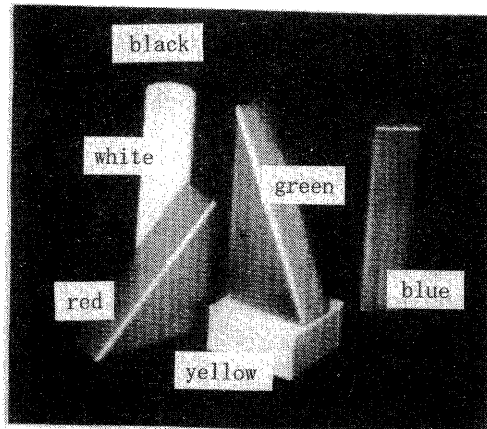


図6 原画像

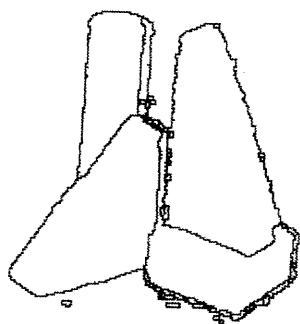


図7 雑音を考慮しない分割結果

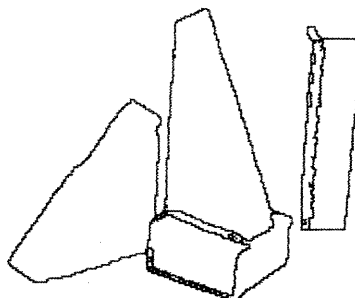


図8 雑音を考慮した分割結果

なる。そこで画像平面に直交する軸に画素の明度を取り明度地図を作成する。この明度地図の表面に対し法線ベクトルを定義し、木表現を用いた領域分割を提案する。図10に図6の明度地図を示す。

3.2.2 明度変化の方向

ここで画像平面を $x y$ 平面とし、明度を z 軸にとりこれを明度空間と定義する。画像平面上の任意の点 (i, j) の明度が B_0 であるとき、この点の明度空間での座標は (i, j, B_0) となる。画像平面上で点 (i, j) の東西南北に位置する隣接近傍画素の明度空間での座標を求め、これらの座標を終点、点 (i, j, B_0) を始点とするベクトルを $V_i (i = 0, \dots, 3)$ とする。このとき点 (i, j, B_0) における法線ベクトル n をベクトル V_i 間の外積の平均

$$n = \frac{1}{4} \sum_{i=0}^3 V_i \times V_{i+1} \quad (2)$$

(但し、 $V_3 = V_0$)

と定義する (図11)。次に法線ベクトルと単位球 $X^2 + Y^2 + Z^2 = 1$ との交点を $x y$ 平

面に写像しその頻度を取り法線地図とする (図12)。

以下3.1と同様に木の簡単化、 $x y$ 平面の領域分割を行う。ここでは $x y$ 平面の領域分割が直接、画像平面の領域分割となる。最後に十分小さい領域 (本稿では10画素未満) を大きい領域に併合する。図13、14に最終分割結果を示す。

3.3 結果

本稿で提案した色情報および明度情報に木表現を用いたクラスタリングによる領域分割方法が色画像の領域分割に有効であることを示した。これにより最終的に分割された各領域について、いかなる色を持った物体の部分領域であるかが認識できるようになった。また環境の異なる2つの画像に対し本手法を適用したところパラメータの変更なしに本手法が有効であることが確かめられた。しかしながら、図14(b)では物体表面が鏡面と見なされる様な箇所では間違った領域分割が行われた。

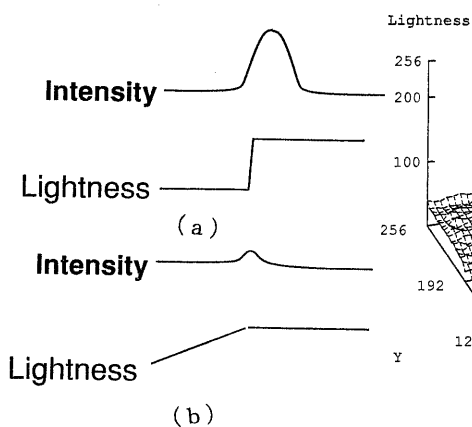


図9 エッジ強度

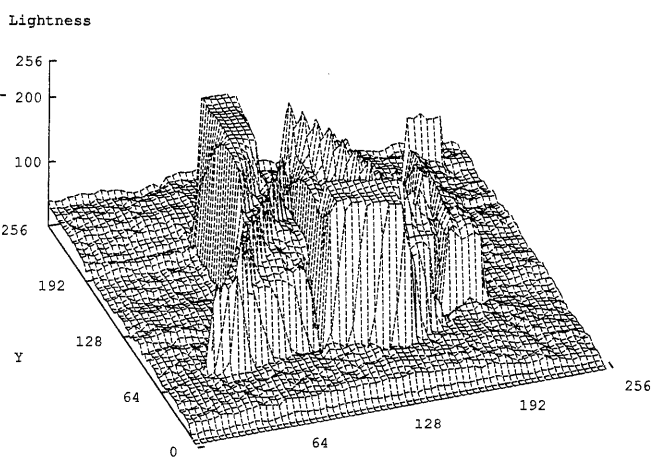


図10 明度地図

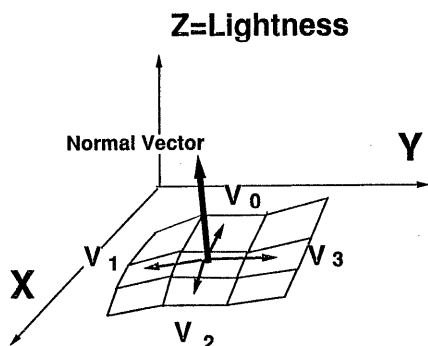


図 1 1 法線ベクトル

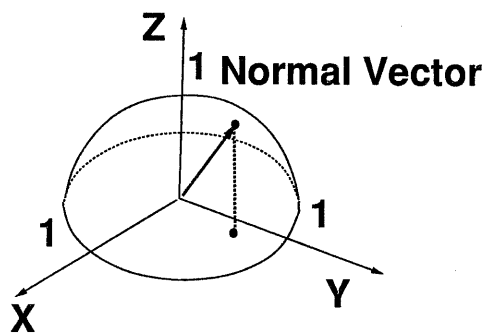


図 1 2 法線地図

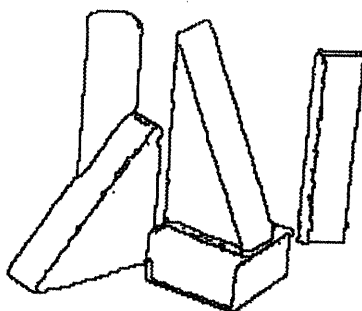
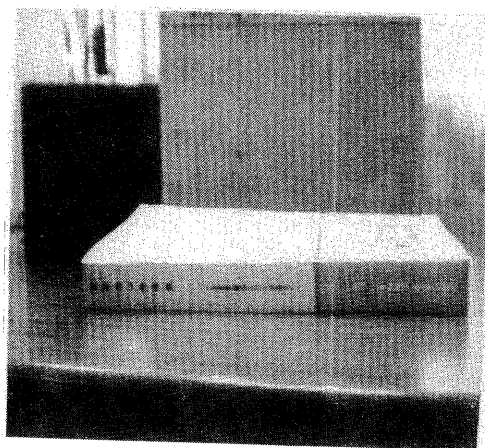
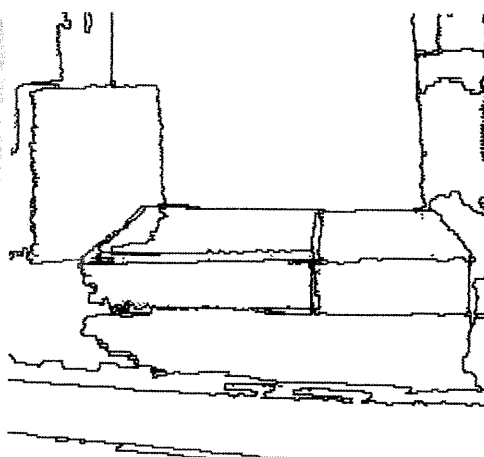


図 1 3 積み木に対する最終分割結果



(a)



(b)

図 1 4 部屋の風景とその最終分割結果

4 まとめ

色情報および明度情報に対し木表現を用いてクラスタリングすることで領域を分割する方法を提案した。本方法は以下のような利点を持つ。

通常、明度情報による領域分割手法では画像中の各領域間の相互関係は特には得られないため、画像中に複数の物体が存在する場合などでは画像の解釈が困難になる。ところが、本手法では画像中の各領域間の相互関係が明示的に得られる。また、同一物体を構成する各領域は一般に互いに近い色を持つため、色情報を用いることで画像の解釈が容易になる。さらに、本手法は木表現を用いたことでアルゴリズムが比較的単純で、分割結果が対象画像にあまり依存しない。

今後の課題として、画像上の領域間の相互関係を用いて画像中に対象物体が複数個ある場合の対象物体認識手法を検討する。

参考文献

- (1) 堀田: "均等色空間に基づくカラー画像の領域分割", 信学論 (D II), Vol. J-II, No. 10, pp1370-1378(1991)
- (2) 橋本他: "カラー画像を用いた材質間の判定と相互反射の検出", 信学論 (D II), Vol. J74-D-II, No. 6, pp727-735(1991)
- (3) 浅田: "ロボットビジョン", システム／制御／情報／, Vol. 34, No. 7, pp389-396(1990)
- (4) 内村他: "時系列カラー画像を用いた3次元物体の存在範囲の限定", 情報処理学会九州支部研究報告, 4-05(1992)
- (5) Theo.P and Yuh-tay.L : "Integrating Region Growing and Edge Detection", IEEE Trans, Vol. PAMI-12, No 3, pp225-233(1990)