

ISODATA 法を用いたカラー画像の領域分割のための 人間の色知覚に近い色空間の選定

3M-2

†松浦 正樹 †高橋 圭子 †杉山 岳弘 †阿部 圭一
†静岡大学 大学院 理工学研究科
†静岡大学 情報学部 情報科学科

1 はじめに

カラー画像から対象物の抽出を行うための第一歩として、画像を色特徴が均一な領域に分割する問題がカラー画像の領域分割である。我々は、クラスタリング手法中の ISODATA 法を用いて画素の色特徴を分類し、分類結果を画像平面に戻して領域分割結果とする方法を研究している。この際に用いる色空間には様々なものが提案されており、どの色空間を用いるかで領域分割結果は大きく変わる。

人間の行うような領域分割結果を得るために、領域分割という特定の課題に対して、人間の色知覚に近い色空間を求めることが本研究の目的である。その方法として、実際に人間が画像を色の情報のみで分類した結果を作成し、これを各色空間に投影して評価を行なう。

まず、本研究では、複数の被験者による色分類実験を行ない、人間の色の分類の共通部分を抜き出した標準の色分類結果を作成する。そして色空間上で、(1) 同じ色と考えられる画素の集合である色集合の広がり、(2) 色集合どうしの分離のしやすさ、(3) ISODATA 法 [1] のように、色集合の中心との距離によって分類した結果と標準分類結果との一致の程度を比較した。これにより、ISODATA 法を用いて色特徴のみで領域分割を行う際に、人間の色知覚に近い領域分割結果をもたらす色空間を選定する。

この研究で比較の対象とする色空間は、RGB モデル、Smith モデル [2]、Joblove モデル [3]、Tenenbaum モデル [4]、新 HSV1 モデル [5]、新 HSV2 モデル [5]、 $L^*u^*v^*$ モデル [6]、 $L^*a^*b^*$ モデル [6] の 8 種類の色空間である。

2 色分類実験

人間の色知覚とはどのようなものか知りたい。そこで、人間が色の情報のみによって画像中の画素を分類する実験を行なうことにより、人間の色分類結果を得る。

実験の様子を図 1 に示す。図 1 の画素の表示画面に、画像中からランダムに抜きだした画素が次々と表示される。被験者はその画素の持つ色によって、自分の作成した色集合に分類する。色集合は逐次的に作られ、いくつ作ってもよいものとする。これを画像中の画素すべてについて行ない、分類結果を得る。このとき被験者に原画像を見せないことにより、色の情報のみによる分類を行う。今回は図 3 の肌色、天気、フルーツ籠の 3 枚の画像について、それぞれ 5 人の被験者が色分類実験を行った。

3 標準分類結果の作成

色の分類の仕方は人それぞれによって異なり、一人の被験者の分類結果を人間の行なった色分類結果ということは難しい。そこで複数の被験者の行った色分類実験による結果から、人間の色の分類の共通点をまとめた標準分類結果を作成する。

図 2 は 2 人の被験者の分類の包含関係を示した例である。このように各被験者ごとの色集合が、大きな一つの色集合 (大分類) を越えて関係していることはほとんどなく、共通の切れ目で分かれる。

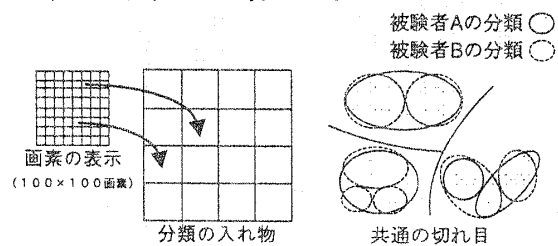


図 1: 色分類実験 図 2: 包含関係を表した図

そこで各被験者の分類結果において、他の被験者との色集合の間関係を調べて、すべての被験者が共通して色を分類している大分類を見つける。標準分類結果の作成は、次の 2 つのステップからなる。

1. 各被験者の包含関係から同じ色としてよい色集合を集めて色集合の集まりを作り、これを標準分類結果のクラスタとする。
2. 作成された標準分類結果において、各画素がどのクラスタに属するのかを決定する。

最初のステップでは、ある被験者の色集合が別の被験者の色集合にある包含率以上で含まれるときに、それらの色集合を統合する。包含率は、大きな値から順に少しずつ下げていき、最後に得られる分類結果においてどのクラスタにも属さない画素が画素中の画素の 10% 未満になったときに、その包含率 (画像ごとに異なる) と分類結果を採用する。このとき、上の条件のもとで、最も多くの標準分類結果のクラスタが生成される。この作業を全ての被験者の全ての色集合に対して行ない、色集合を統合して標準分類結果のクラスタを決定する。

次のステップでは、前のステップで作成した標準分類結果のクラスタに画素を割り付ける。被験者の半数以上がある画素を同じクラスタに分類しているときにその画素はそのクラスタに属するとし、半数に満たない画素は、未分類の画素とする。図 1 に原画像と作成された標準分類画像を示す。それぞれのクラスタに分類された画素に、クラスタ別に任意の濃淡値をつけてある。黒色の

Color Models close to Human Color Perception for Color Image Segmentation based on ISODATA Clustering Method

†Masaki MATSUURA †Keiko TAKAHASHI †Takahiro SUGIYAMA †Keiichi ABE

†Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University †Faculty of Information, Shizuoka University
3-5-1, Johoku, Hamamatsu City, Shizuoka Pref., 432-8011 Japan

E-mail: s5096@cs.inf.shizuoka.ac.jp (Masaki MATSUURA)

画素は未分類であった画素である。

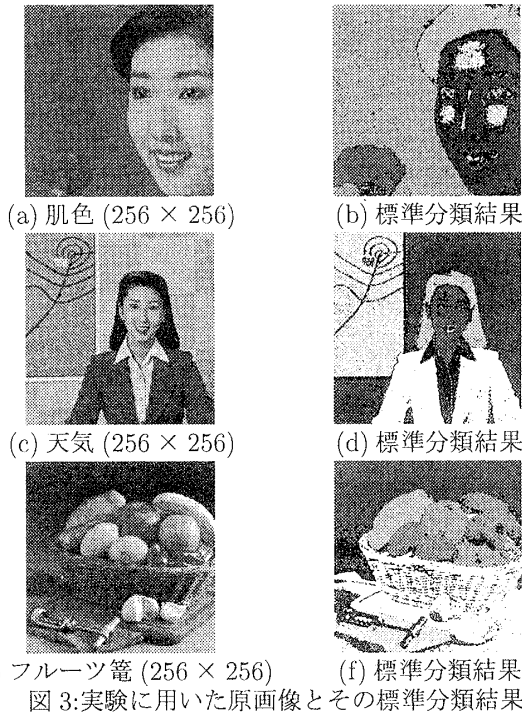


図3:実験に用いた原画像とその標準分類結果

4 色空間の比較基準

作成した分類結果を使用して、色空間の比較を行う。人間の色の知覚に近い色空間では、人間が同じ色と分類する色はよく集まっており、異なる色のクラスタ間は、よく分離していると考えられる。そこでこれらのことを考慮し、3つの比較基準を定義した。

凝集度 凝集度はクラスタの色空間内での大きさを表している。大きさはクラスタ内の色の分布の標準偏差の3乗で計算し、色空間の体積で割って正規化する。

分離度 分離度は隣り合うクラスタ間の分離のしやすさを表し、クラスタの中心間の距離/各クラスタの標準偏差の和で定義する [7]。ISODATA法では隣り合うクラスタ間においてのみ分割・統合を行なうため、ポロノイ空間を利用して隣り合うクラスタを求め、分離度の相乗平均をとり色空間を比較した。

一致度 それぞれの色空間において、各画素の色特徴を標準分類結果のクラスタ中心のうち最も近いものに分類した結果と、各画素の標準分類結果との一致の割合。ISODATA法などのクラスタリング手法では、最終的に得られたクラスタ集合に対して、各画素の特徴から最も近いクラスタ中心に分類するのが普通である。よって、この一致度は、ISODATA法による領域分割結果を人間の色分類による結果との一致の割合をある程度反映したものとなっている。

5 色空間の評価

図4, 5, 6に3枚の画像に対する、各色空間の凝集度、分離度、一致度のグラフを示す。一致度のグラフでは分かりやすいように、一致しなかった画素の割合を示している。凝集度、一致度では値が小さくなるほど、分離度では値が大きくなるほど良い結果を示す。どの比較基準においても高い評価であった色空間はL*a*b*モデル、Jobloveモデルである。どの比較基準においても低い評価であった色空間はRGBモデル、Tenenbaumモデルであった。よって、カラー画像の領域分割とい

う課題設定において、人間の色知覚により近い色空間はL*a*b*モデル、Jobloveモデルであると考えられる。

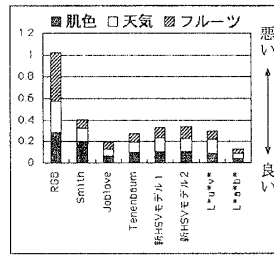


図4:凝集度

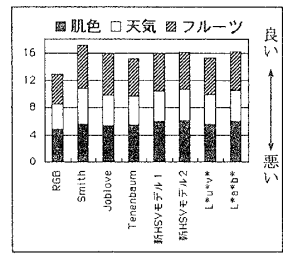


図5:分離度

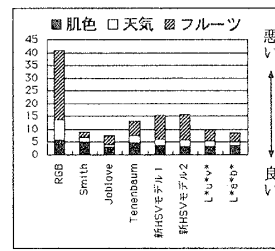


図6:一致度

6 まとめ

ISODATA法を用いてカラー画像を領域分割する際に用いる色空間を、人間の色知覚に近いという観点から考察した。そのために人間による色分類実験を行ない、複数の被験者の色分類結果から標準分類結果を作成した。作成した標準分類結果を用いて、8種類の色空間について凝集度、分離度、一致度の基準を定めて比較評価を行った。その結果、人間の色知覚に近い色空間はL*a*b*モデル、Jobloveモデルであるという結論が得られた。しかし、L*a*b*モデルでは赤や緑の色の部分での評価が低く、Jobloveモデルでは明度の高い部分の評価が低いというように、それぞれの色空間において色の種類や、明度の値によって特徴がある。今後はこのような色空間の特徴を明確にすることを考えたい。そのためには、今回定義した比較基準をもう一度考察する必要がある。

謝辞

本研究は文部省科学研究費補助金基盤研究(C)(No. 11689385)の研究助成金の援助による。

参考文献

- [1] J.T. Tou and R.C. Gonzalez, "Pattern Recognition Principles," Addison-Wesley, 1974.
- [2] A.R. Smith, "Color gamut transform pairs", Computer Graphics, vol.12, pp.12-19, 1978.
- [3] G.H. Joblove and D. Greenberg, "Color spaces for computer graphics", Computer Graphics, vol.12, pp.20-27, 1978.
- [4] J.M. Tenenbaum, et al., "An interactive facility for scene analysis research", Technical Note 87, Artificial Intelligence Center, Stanford Research Institute, 1974.
- [5] D. Yagi, K. Abe, and H. Nakatani, "Segmentation of color aerial photographs using HSV color models", Proc.MVA'92, pp.367-370, 1992.
- [6] 日本色彩学会編, "新編色彩科学ハンドブック", 東京大学出版会, 1980.
- [7] 高橋, 阿部, "ISODATAクラスタリング法を用いたカラー画像の領域分割", 電子情報通信学会論文誌, vol.J82-D-II, pp.751-762, 1999.