

絵画における感性情報の抽出 -背景色と主要色の抽出-

八村 広三郎
立命館大学 理工学部

英保 茂
京都大学 工学部

絵画から主要な色を抽出する画像処理手法について検討した。すなわち、背景となっている部分の色と、絵の中で主にモチーフを表現するのに使われていると考えられる主要色を抽出する。対象の絵画としては明治以後の近代日本画を取り上げた。まず、マンセル色空間におけるクラスタリングと領域統合処理により、対象絵画をいくつかの色領域に分割する。その後、それぞれの色領域ごとに評価関数により評価を行い、この評価値を色ごとに累積して背景色と主要色を求める。これらの色に対応する領域を、それぞれ背景色領域、主要色領域として抽出する。比較的簡単な処理であるが、ほぼ満足のいく結果が得られた。この結果、対象の絵画をいくつかの主要な色とその空間的な分布で表現できるようになった。さらに、それぞれの色には、ある種のイメージや印象が伴うことが知られており、このことから、使われている色の印象語によりその絵画の印象を近似的に表現することができる。

Extraction of Principal Colors from Paintings

Kozaburo Hachimura
Ritsumeikan University

Shigeru Eiho
Kyoto University

This paper describes a method for extracting principal color regions and background color regions from paintings. We used pixel clustering technique in Munsell color space followed by region merging to obtain region segmented representation of original paintings. Then we evaluate each region as for the likeliness for background color region as well as principal color region. Values of evaluation were accumulated color by color, and the color with high evaluation value were chosen as background and principal colors. We tried the method on a data set of Japanese traditional paintings. Although the method used here was rather simple, the processing results were satisfactory. We can use these information for getting impression factor contained in paintings.

1 はじめに

近年、人間の感性の仕組みを解明し、またそれを利用してメディアから感性情報を抽出したり、さらに、人間の感性に働きかける機能を持つ情報処理システムを作ろうとする、感性情報処理研究 [1] の試みが盛んになってきた。

われわれは、この感性情報処理研究の一例として、絵画の中に含まれる感性情報の抽出、および、絵画における感性情報の表現について研究している。ここでは、日本の現代花鳥画で使用されている色のうち主要と思われる色を抽出する画像処理手法について検討したので報告する。すなわち、背景となっている部分の色と、主にモチーフを表現するのに使われていると思われる主要な色を抽出する。さらに、この結果をもとに、いくつかの印象語によりその絵画の印象を近似的に表現する試みについても述べる。

2 絵画の構成要素と印象

絵画はある種の2次元画像である。一般の2次元画像と同様に、色彩や濃淡の2次元平面内の分布として表現できる。絵画を、写真などの一般の2次元画像と区別するのは、写真が光学的な純物理現象による3次元空間内の像の2次元平面への写像であるのに対し、絵画は作者の手によりその作成過程がコントロールされており、作者の意図が画像の生成に直接に反映している点にある。もちろん、写真などの画像にも、写真家の意図による構図や効果を利用したものもあるのは言うまでもないことであるが、すべての絵画は、結果の完成度や達成度は別として、画家の芸術的・創作的意図の表現である。

このような芸術的な作業の成果としての画像である絵画から、感性情報や印象などを抽出するのは、一般に大変困難な作業であると予想される。しかし、特定の意図を持たない写真のような一般の画像から印象を抽出することと比較した場合、むしろ、絵画のような「作られた」画像の方が、感性情報の抽出はやさしいという考え方もあるだろう。本研究で行なおうとしているのも、このような基本的な考え方に基づいている。すなわち、将来的には一般の画像にまで対象を広げるとしても、当面、色や構図の使用が作者の意図によりコントロールされている絵画からの感性情報の抽出の研究を行ない、これで画像の特徴と印象との関係を求める糸口をつかもうとするものである。

さて、絵画の構成要素としてあげられるものにはさまざまなものがある。すなわち、モチーフ(画題)、構図、ムーブマン(動勢)は絵画のマクロな構造と構成を与える要素である。マチエールは、画像処理の言葉ではテクスチュアに相当する概念であり、タッチ(筆致)は筆のストロークで、やはりテクスチュアの構成要素の表現に対応すると考えらる。これらは絵画のミクロな構造を表現する要素である。色に対しては、絵画ではパルール(色価)という用語が用いられる、これは使用されている色の明るさや鮮やかさ、および、それらの空間的な配置により得られる印象に対応している。絵画における、これらのマクロからミクロにわたるさまざまな構成要素により、全体的な絵画の印象が形成されていると考えられる。

絵画からの印象の抽出とこれに基づく絵画の検索に関する代表的な研究としては、加藤らの研究 [6] [7] がある。これらは、学習用絵画から画像処理により得られる画像の物理的特徴と、観察者の言葉による印象表現を、正準相関分析や重回帰分析などの多変量解析の手法を援用して対応付け、未知絵画に対しても、これから得られる画像特徴をもとに、印象を導き出すものである。しかしながら、絵画の画像特徴としてこれらの研究で用いているものは、画像全体の色彩分布のヒストグラムなどの包括的な情報であるので、得られる印象が、画像のどのような構造や構成によっているのかを判断するのは難しい。

本研究では、このようなアプローチではなく、上であげたそれぞれの絵画の構成要素毎に印象との結びつきについて考察することを目標とする。すなわち、たとえば構図と印象の関係、配色と印象の関係など個別に取り扱う分析的なアプローチである。

現状の画像処理、パターン認識の技術では、絵画からモチーフやムーブマンを抽出するのは難しいが、たとえば、構図や色彩分布、さらにこれらの情報を利用して、マチエールやタッチを抽出するのは不可能ではない。すでに、絵画における遠近法的構図の抽出については文献 [3] が、タッチの抽出については文献 [4] による報告がある。ただし、現在のところ、これらの研究でも、抽出した情報を印象と結び付けるところまでは行われていない。

3 絵画からの背景色・主要色の抽出

絵画の印象を決める大きな要素の一つがモチーフである。絵のモチーフを自動的に識別できれば、そ

の絵の印象の大部分を表現することも可能かもしれない。しかし、一般に、画像処理やパターン認識の手法により、人の介入なしに、絵画からモチーフを自動的に抽出し認識するのは、極めて困難である。モチーフがありのまま描かれることが少ない近代絵画においては100%不可能と言っても過言でない。

絵の印象に寄与する要素のうちモチーフに次ぐものと考えられるのは、その色彩分布である。ある意味では、色彩分布に基因するものが最も直接的、直感的にわれわれの感覚に受け取られる。実際、新聞や雑誌などにおける絵画の評論文についての調査では、色彩に関連した用語が高頻度で使用されていることが分かっている [2]。

墨絵やデッサンなどを除いて、絵画にはさまざまな色彩が使用されているのが一般的であるが、これらの中でも、その絵画の印象を左右するいくつかの主要な色を指摘することもできる。ある場合には、画面全体が一つの色調の色彩で表現されており、この色彩の固有の印象が絵画の印象の大部分を決定していることもある。また、画面の中に、極めて目を引く鮮やかな色彩が使用されているときには、たとえそれが小さな領域であっても、その絵の印象を大きく決めることもある。もちろん、同じ色彩であっても、背景の色、周囲の領域の色との組み合わせにより、印象はまた異なってくる。

このような観点から、絵画で使用されている色とその領域を抽出することによって、絵画の印象を抽出する可能性について検討する。色の組み合わせは絵画により無限の可能性があり、すべての色の組み合わせについて考慮することは、当然不可能である。したがって、ここでは、絵画の中で重要な役割を演じていると思われるいくつかの色（主要色と呼ぶ）を抽出し、これによって絵画の印象を表現することを目標とする。

まず、絵画の色彩分布と構図を表現するモデルを求め、これから絵画中の背景色と主要色を決定する。さらに、これらの主要色を手がかりにして、絵画の印象を表現する「感性語」を抽出することを試みる。

明治以降の現代日本画で花鳥画と呼ばれるカテゴリーのものを対象として処理を行なった。西洋画と対比したときの、伝統的日本画の一般的な特徴としては、遠近法がみられないこと、対象物の明瞭な輪郭線が描かれることが多いなどのほか、背景部分を描かないことなどが挙げられる。(もちろんこのような特徴付けについてはたくさんの例外がある。) 背景

は、白地やグレーの無彩色のものもあるが、よく目だつ色彩を用いたものもあり、面積や形状の観点でも、絵画の中の大きな位置を占め、また、これらが絵画の印象に大きく寄与していることも明らかである。しかしながら、これらはいくまでも背景であって、モチーフなどを表現するために用いられている色彩とは役割は異なり、これらと同じレベルで取り扱うことはできない。したがって、ここでは、まず背景として使われている色彩の領域を抽出し、その後で、主にモチーフを描くのに使われている主要な色の領域を抽出する。

3.1 色彩に基づく領域分割

背景色や主要色の色領域を抽出するために、まず、対象の絵画を、一様とみなせる色の領域に分割する。領域分割の方法には、Split-Merge法、領域成長 (Region growing) による領域統合法などがあるが、ここでは、色空間におけるクラスタリング処理とそれに続く領域統合の処理を併用することにより行う。

3.1.1 表色系

色彩に対する人間の印象に関する情報を抽出するためには、通常よく用いられる RGB などの物理的表色系でなく、表色系内の一定の距離にある色彩同士は同じ感覚の差を与えるようにスケーリングされた均等知覚表色系を利用するのが望ましい。特に、本研究のように絵画における色彩の情報を取り扱う際には、これが必要である。

よく使われる均等知覚表色系には、 $CIE L^*a^*b^*$ 、 $CIE L^*u^*v^*$ などがあり、これらは RGB の 3 刺激値から非線形の変換式により容易に導かれる。一方、絵画や印刷物などの分野でよく用いられる知覚表色系としては、マンセル (Munsell) 表色系が一般的である。これは、色彩を、色相 (Hue)、明度 (Value)、彩度 (Chroma) の 3 つの要素で表現するもので、米国の美術教育家で画家のマンセル (A.H.Munsell) が、個々の知覚色 (物体表面の色) を、色の与える感覚に基づき尺度化し、これをもとにして決めた記号体系である。マンセル表色系は、RGB 表色系などの物理的表色系との間に直接的な対応はなく、変換表による変換が一般的には行われるが、宮原ら [8] は、この RGB-マンセルの変換をアルゴリズムックに行う方法を発表している。本研究でも、画像入力装置で得られる RGB データをマンセル表色系の HVC データに変換するには、この文献 [8] の方法を用いた。

3.1.2 クラスタリング

まず初期分割のために、マンセル表色系による色空間での画素単位のクラスタリングを行う。クラスタリングの処理にはK平均法を用いるが、マンセル表色系でのクラスタリング処理においては、単純なユークリッド距離を使うことには問題がある。ここでは、マンセル色空間における距離の定義に Godlove の色差 [9] を用いる。Godlove の色差 I は、2つの色を (H_1, V_1, C_1) と (H_2, V_2, C_2) とするとき、次式で定義される。

$$I = [2C_1C_2\{1 - \cos(\pi\Delta H/180)\} + (\Delta C)^2 + (4\Delta V)^2]^{\frac{1}{2}}$$

ただし、 H, V, C は、それぞれ、マンセル色空間における色相、明度、彩度を表しており、色相はマンセル色空間の色相-彩度平面の角度 ($^\circ$) で表現されている。また、

$$\Delta H = |H_1 - H_2|$$

$$\Delta V = |V_1 - V_2|$$

$$\Delta C = |C_1 - C_2|$$

である。

3.1.3 領域統合

K平均法では、クラスタ数はあらかじめ与えておく必要があるが、一般に、与えられた絵画をいくつもの色クラスタに分割すればよいかは、事前には分からない。また、色空間におけるクラスタリングでは、画像平面における領域の隣接性などの、位置的な関係を考慮しないので、一般に画像平面上では、多数の小領域に分割される結果を得ることが多い。したがって、ここでは、多めのクラスタ数でクラスタリングを行い、この結果得られた、互いに隣接する連結領域について、Godlove の色差に基づいて統合処理を行う。また、1画素からなる孤立領域はその8近傍画素のうち、最も多いクラスタの領域に併合する。

統合処理の概要は以下のとおりである。

1. クラスタリングの結果得られるクラスタ番号の画像をスキャンし、連結領域(ブロックと呼ぶ)ごとにラベルをつける。
2. 各ブロックに隣接するブロックを調査しリストを作成する。
3. 面積最小のブロックを注目ブロックとする。

4. 注目ブロックに隣接するブロックのうちで、互いに共有する境界が最も長いブロックを求め、このブロックの色と注目ブロックのの色との色差が閾値以下であれば、この2つのブロックを統合する。

5. 面積の小さいブロックより順に取りあげて、すべてのブロックについてステップ4の処理を繰り返す。

このようにして得られた各領域内での、色彩の平均値を算出する。さらに、各領域に対して、面積、周囲長、領域に外接する長方形の頂点座標などの属性を求め、これらからなる属性リストが作成される。

図1にクラスタリングと統合処理による領域分割の処理例を示す。同図(a)が原画像、(b)がK平均クラスタリング(8クラスタ)の結果得られた領域の境界を示しており、(c)が統合処理の結果の領域の境界線を示している。この場合、統合処理により、連結領域の数が251から61に減少しており、絵画内のそれぞれの対象に対応する領域が抽出されていることが分かる。

3.2 絵画のモデル表現

上述の処理により、対象の絵画は、色を伴ったいくつかの領域の組み合わせで近似的に表現されたことになる。色は平均色をとっているため、もとの絵画の色彩とは若干異なったものとなり、また、均質な色領域の組み合わせとして表現するため、テクスチャ(マチエール)や、筆致(タッチ)などは消失してしまう。また領域の形状も、必ずしももとの絵画の対象物の形状や領域の形状とは同一ではない。これらはあくまでももとの絵画の極めて粗い近似モデルである。しかしながら、われわれ(特に絵画に対して専門的な知識や感受性を持たない一般人)が、目の前にはない絵画を言葉で指示したり、あるいは検索しようとするとき、頭のなかに描く対象絵画のモデルは、それほど細かな表現形式によるものではないであろう。モチーフに対する表現を除けば、おおよそ、このような粗いモデルに基づいて対象絵画を把握している。

すなわち、個々の絵画に対して、このような近似モデルを求めることにより、たとえば、色領域の組み合わせを指示することによって、多数の絵画のコレクションのなかから、検索者の必要としているものを検索することができる。

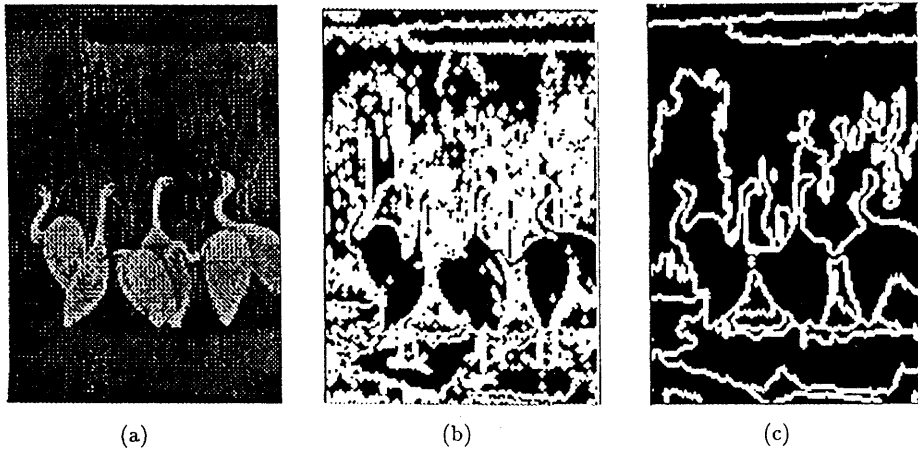


図 1: クラスタリングと統合による領域分割

3.3 背景色・主要色の抽出

上で述べた絵画のモデル表現から得られる領域の属性リストをもとに、絵画の背景色と主要色を抽出する。

3.3.1 評価関数

絵画の中で領域の目だつ度合は、色彩の鮮やかさ、明るさ、面積の大きさなどによって影響される。このほか、画面の中でその領域が存在する場所にも依存するし、さらに、その領域の形状にも影響される。したがって、ここでは、絵画中の領域のこれらの特徴についての評価関数を定義し、各領域についてこれを評価し、関数の値が大きいものを抽出する。背景色領域、主要色領域、それぞれのために別々の評価関数を利用する。評価関数の具体的な構成については後述する。

3.3.2 スカラーモーメント

ムーン・スペンサーの色彩調和論 [9] では、色の明度・彩度とその色が占める面積とで求まるスカラーモーメントという量で、色彩の調和を論じる。スカラーモーメントとは、マンセル色空間の中での、注目している色の位置から、明度 $V = 5$ の無彩色 (N5、灰色) の位置 (順応点と呼ぶ) までの距離に対応する量と、その色の面積を掛けあわせて得られる量である。直観的には、N5 までの距離 (モーメントアームと呼ばれている) はその色の目だちやすさに対応すると考えられ、その量と面積との積で、色の領域の重要度を評価している。モーメントアームは次式で

与えられる。

$$M = [64(V - 5)^2 + C^2]^{\frac{1}{2}}$$

ただし、 V は対象としている色の明度、 C は彩度である。

一般的に、目だつ色彩の領域というのは、色の彩度や明度が高く、画面全体に対する領域の相対的な面積が大きい。上述のスカラーモーメントはこれを単純に評価した値で、明度、彩度の大きさをモーメントアームの長さで表し、これに、面積を乗ずることで表現している。

本研究では、このスカラーモーメントの考え方を応用し、絵画中の主要な色の領域を抽出するが、モーメントアームと領域の面積は別々に評価する。

3.3.3 位置

絵画平面内における、色領域の存在する位置についても考慮する必要がある。周辺部に存在する色は重要度が低いとは一概には言えないが、中心部に存在する目だつ色彩の領域は、絵画全体に重要な意味を持つのが普通である。ここでは、簡単に、各領域に外接する長方形の中心の、絵画の中心からの正規化した距離を評価の尺度として用いる。また、背景色の領域の評価においては、絵画の辺縁との接触状態を調べる。

3.3.4 形状

絵画の画面中で同じ面積、位置を占めていても、その領域の形状によって、絵画中のその色領域の目

だちやすさ、重要度は異なる。すなわち、領域の形状による影響も考慮しなくてはならない。

太い輪郭線のような線状の領域の方が目だちやすいとか、とがった角を持つ領域の方が誘目性が高いといった事実もあるが、ここでは、これらよりもより基本的な尺度として、塊状のまとまった領域の方が目だつということに仮定する。領域のまとまりのよさを評価するのは、普通、次式で与えられる Compactness がよく用いられる。本研究でもこれを用いることにする。

$$P = 4\pi \frac{S}{l^2}$$

ここに、 S は領域の面積、 l は領域の周囲長である。領域の形状が円形の時 P は最大値 1 をとり、複雑な形状や線状の形状の領域では小さな値となる。

3.3.5 評価関数の評価

以上で述べたような、領域のリストから求まるいくつかの特徴をもとに、各領域における評価関数の値を求めるのであるが、ここでの処理は、個々の領域を抽出するのに主眼があるのでなく、主要な色彩を抽出することに目的がある。したがって、領域単位に評価関数を評価したのでは、たとえば、ほぼ同じ目だつ色彩を持った領域がいくつか分散して存在するが、個々の領域の面積がさほど大きくないというような場合には、個々の領域ごとの評価関数はあまり大きな値をとらず、他の、あまり目だたない色の大きな領域の評価値に埋もれてしまうことになる。したがって、領域単位に求められる評価値は、色彩毎に累積して評価する必要がある。

このためには、色彩をいくつかの離散的な区間に分割してこの区間単位で累積し評価しなければならない。本来、絵画の持つ微妙な色彩感を表現するには細かな色彩の単位で評価する必要があるが、上でも述べたように、これは、あくまでも近似モデルを元にした色彩分布の評価であり、あまり、細かい色彩の差異にこだわるのも意味がない。したがって、ここでは、マンセル色空間の色相面にほぼ均等にとられた 10 の色相で、それぞれ、図 2 に示すような 12 の色調 (Tone) の色を定め、合計 120 色の有彩色、さらに 10 段階の無彩色を加え、これらを基準の色として集計する。すなわち、それぞれの領域の色を、この 130 色 (これを「代表色」と呼ぶ) で代表される各色区間のうちの最も近い (Godlove の色差の意味で) 区間に分類し、その色領域の評価値を累積する。

3.3.6 背景色領域の抽出

背景色の領域の抽出のための評価関数の構成の考え方は以下のとおりである。

- 画像の辺縁 (特に上縁) に接している。
- 大きな領域を形成している。
- 形状が円形でない。
- 色彩に関しては評価しない。

したがって、領域が接する縁の数と位置、領域の面積、領域の Compactness に関して、それぞれに重みつきの評価関数を作成し、これで評価する。どの辺縁にも接しない領域の評価値は 0 とする。また、接する辺縁が、絵画の下縁のみの場合は、背景色領域としての評価は低くするようにしている。評価値の累積の大きい方から 2 つ以内の区間を抽出し、この区間内に入っている色を持つ領域を背景色の領域とする。

3.3.7 主要色領域の抽出

主要色領域の抽出のための評価方法は以下のとおりである。

- モーメントアームの大きな色彩を持つ。
- 面積が大きい領域。
- 大きな Compactness を持つ領域。
- 画面の中心部分に存在する領域。

したがって、面積、モーメントアームの長さ、Compactness、中心からの相対位置について、重みつきの評価関数を構成する。

この場合、背景色と同一の色領域が主要色として抽出されることも許す。また、無彩色が主要色として抽出される場合もある。しかし、この無彩色領域が、背景色の領域として抽出したものと同じである場合は、これを主要色として採用することはしない。すなわち、有彩色の背景色は主要色となりうるが、無彩色の背景色は主要色としては取りあげない。

主要色を何色抽出するべきかは議論のあるところであるが、現在は、累積評価値の大きな色区間を上位 3 つを選択し、この区間内に入っている色の領域を主要色の領域として抽出している。

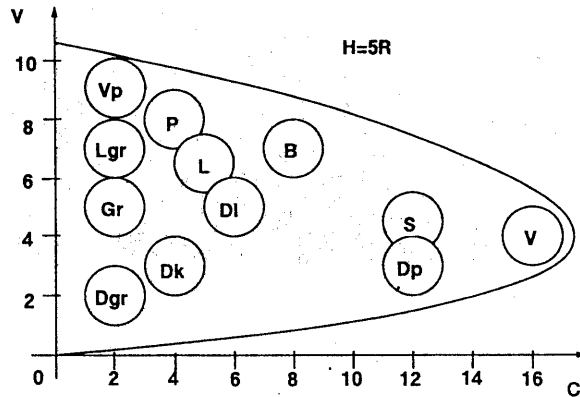


図 2: 色調による色の表現

3.3.8 処理例

評価関数における各項目の重み付けは、美学研究者の手による色彩抽出結果を参照しながら調整し試行錯誤的に決めたと、39枚の花鳥画に対する結果は、満足できるものであった。図3と図4に処理例を示す。(a)が対象とした絵画、(b)が背景色の領域で、図3の場合、空の色(YR/VpとY/Vp)が抽出されている。また(c)が主要色の領域で、ここでは、山の青(B/L)と前景の花の色(N9とYR/P)が抽出されている。()内の色の表現は、各領域の色を最も近い代表色によって表したときの、その代表色の色相と色調を示している。

3.4 色彩と印象語

色に対して人間はさまざまな印象や感情を抱き、色を感性付与のための道具として利用してきている。単色の色が人間に与える感情効果、複数の色の配色が人間に与える感情効果は心理学の分野でいくつか研究がされている。特に、近年、カラーデザインや配色などの分野で、色と印象語とを組織的に結び付けようという研究や検討が盛んに行われている。したがって、ここでは、色と印象語の対応については、とりあえずこれらの成果を利用することとし、すでに文献[10]に発表されているデータを利用する。

このデータは、色相と色調で表現された、120種類の有彩色および10段階の無彩色、合計130色の色に対して、よく使われる印象語が割りあてられている。これは色領域の評価に用いたものと同じものである。上で抽出した絵画の主要色を、この130種類の代表色のうちGodloveの色差の意味で最も近いもの

のに対応づける。

絵画から抽出した代表色のそれぞれについて、付随している印象語を導き、これらの組み合わせを、対象としている絵画の印象語の候補とする。たとえば、図4の絵画から得られる主要色(3色)は、YR/Lgr、PB/B、Y/Lgrであって、これらから導かれる印象語は、「おとなしい」、「清らかな」、「やすらかな」、などであった。

今回使用したデータが、おもにデザイン関連の分野で利用されるものであるため、使われている印象語の語彙は、ここで対象としている日本画の印象を表すための語彙としてはあまり適切ではないかもしれない。しかし、使われている色の側面からの印象はある程度、適切に表現されていると考えられる。

4 あとがき

色空間におけるクラスタリングと画像空間における領域統合処理によって画像の領域分割を行っただけで、絵画のモデルを作成し、これをもとに、絵画の背景色、主要色を抽出する試みについて述べた。マンセル色空間におけるクラスタリングと色差による領域統合の処理により、良好なモデルを作ることができるようになった。背景色、主要色の領域抽出も比較的簡単な処理で満足できるものが得られた。さらに、これらの背景色、主要色から、絵画の印象を表現する印象語を抽出した。

主要色領域は、対象絵画のモチーフに対応することが多く、これらの形状と空間内での分布は、絵画の構図についての情報を与える。

背景色領域、主要色領域の抽出では、まず背景色

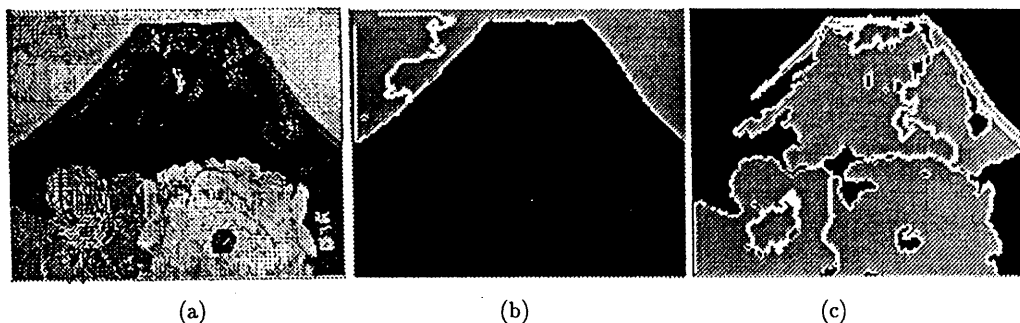


図 3: 背景色領域・主要色領域の抽出 (1)

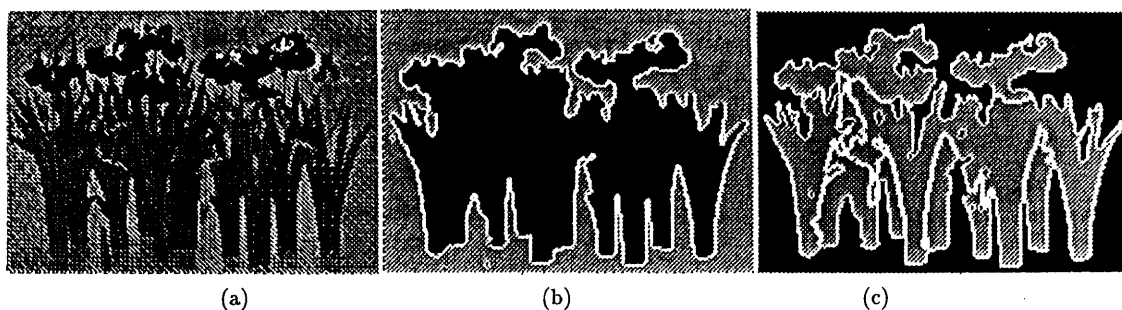


図 4: 背景色領域・主要色領域の抽出 (2)

領域を抽出し、それをもとにして、主要色の領域を抽出することを行っているが、これらの領域間の関係は、このような従属関係にあるのではなく、むしろ競合関係にあるので、互いの関係を考慮しながら抽出する方法など、さらに改良の余地があると考えている。

印象語の抽出に関しては、当然ながら、使われている色彩の情報だけで絵画の印象を表現しようとするのは余りにも単純である。構図としての領域の配置や形状、テクスチャなどにより形成される印象についても今後検討を行ない、全体を統合した形で絵画の印象が表現できるようにしたい。また、このモデルと主要色、背景色、およびその印象語をもとにした絵画の検索を行なうことも考えている。

なおこの研究は、一部、文部省科学研究費補助金 06212211 の補助を受けて行われた。ここに記して感謝する。

参考文献

[1] 鳥脇純一郎：“感性情報処理”，電子情報通信学会誌，

Vol. , No.6, pp.644-647, 1992

- [2] 加藤俊一、栗田多喜夫：“画像の内容検索 -電子美術館への応用-”，情報処理，Vol.33, No.5, 1992
- [3] 栗田多喜夫、加藤俊一、福田郁美、板倉あゆみ：“印象語による画像データベースの検索”，情報処理学会論文誌，Vol.33, No.11, pp.1373-1383, 1992
- [4] 坂田敦志、大西昇、杉江昇：コンピュータによる絵画解析の試み、1993年電子情報通信学会春季大会、7-423, 1993
- [5] 菅野理子、本多庸悟、金子俊一：色彩情報を用いた絵画の筆触の抽出、情報処理学会コンピュータビジョン研究会資料、Vol.82, No.13, pp.95-102, 1993
- [6] 磯貝芳郎、千々岩英彰：“絵画の評価と鑑賞に関する心理学的研究”、武蔵野美術大学研究紀要、No.7, pp.34-58, 1971.
- [7] 八村広三郎、関口博之、英保茂：“色彩分布に基づく絵画からの感性情報の抽出”，情報処理学会第47回全国大会論文集，Vol.2, pp.335-336, 1993
- [8] 宮原誠、吉田育弘：“色データ $(R, G, B) \leftrightarrow (H, V, C)$ 数学的変換方法”，テレビジョン学会誌，Vol.43, No.10, pp.1129-1136, 1989
- [9] 日本色彩学会編：“色彩科学ハンドブック”，東京大学出版会、1985
- [10] 小林重順：“カラーイメージスケール”，講談社、1984.