

色彩情報を用いた絵画の筆触の抽出

菅野理子 本多庸悟 金子俊一

東京農工大学 工学部 電子情報工学科

ゴッホやマティスなどの絵画は、それを見れば容易に描いた画家を推測できるような、タッチ（筆触）やマチエール、ヴァルールなどにおける独自の特徴を持っている。本研究は油絵におけるタッチに的をしぼり、タッチを自動的に抽出して、その特徴を定量的に記述することを目的とする。ここでは、タッチが色彩によって抽出できるものとし、人間の色知覚に基づいたマンセル表色系を用い、タッチをその色相に基づく領域として抽出し、実験を行った。研究の過程において、色補正変換を含むRGB／マンセル表色系変換システムも作成して用いた。実験の結果、タッチを色相だけから抽出することの可能性と困難さが示されたが、一応の知見が得られたので報告する。

Extraction of Touches in Painted Pictures Utilizing Color Information

Michiko Sugeno, Tsunenori Honda and Shun'ichi Kaneko

Department of Computer Science, Tokyo University of Agriculture and Technology

The pictures painted by, for example, Gogh, Matisse, etc. include the features in touches, matier, value, etc., and those can make us recognize the artists who painted the pictures. The purpose of this study is to develop a method to detect touches in an oil-painted picture and to describe the features of the picture.

Touches are assumed to be detected by means of segmentation of regions based on hues of the Munsell Renotation System. In this study, an RGB-Munsell color transformation system has been developed and utilized. The results of experiments have shown the effectiveness of the method.

1. 緒論

この研究は、描かれた絵画（もしくは単に絵）の中にみられる視覚（を中心とする物理）的特徴から、その絵、さらにはそれを描いた画家の特徴を記述しようとする研究の一環で、ここでは画家によってその絵にとどめられた筆触（タッチ、touch）を対象とする。ただし、絵画を扱うにあたっては、多くのファクタやそれにかかわる制約があるので、ここで報告するものは、次のような条件のもとに行われるものとする。

- (1) 対象とする絵画の種類は油絵とする。ただし、実験対象は比較的良質な印刷による複製画とする。
- (2) 上記の実験対象は、カラーイメージスキャナより入力される。
- (3) 筆触の視覚的特徴の定義を明確にすることは困難だが、ここではマンセル表色系による色相がある許容範囲で同一な領域とする。

2. 絵画の特質及びその視覚的特徴について

絵（油絵）は、ある人間がカンパスの上に何らかの用具を用い、自らの感覚や考えに基づいて、自らの動作によって絵具を塗りつけた結果であるから、その人の精神的、肉体的個性がその中にとどめられている。これを、次のようにまとめる。

「絵を描く過程は精神的、肉体的、そして物理的に動的過程であり、残された絵がその過程に関する情報をとどめた静的状態である。」

絵画の世界において、その静的状態を視覚的に記述しようとする特徴の概念は、マクロなものからミクロにまで、たとえば、コンポジション、ムーブマン、ヴァルール、マチエール、そしてタッチなど、種々ある。これらは長年、多くの人々によって用いられてきた、絵というものに付随する属性であるとするれば、我々は絵を鑑賞するとき視覚的にこれらの属性値を感じ取り、その絵や画家の特徴として認識し、記憶するものといえる。画家も自らの個性がそのような属性に現れるように、感性や技術を磨き、努力するのであろう。

絵画の認識、さらには人工的鑑賞へのアプローチのための、このような整理が正当であるとしても、まだあまりに対象は広大すぎる。そこで、ここではまず、絵を描くという行為に最も直接的であると思われる筆触（以下タッチと呼ぶ）を取り上げる。

タッチとは、筆（あるいは他の用具）による絵具の塗り痕で、どのような筆で、どのような絵具（種類、溶き油の量）をどのくらいの量だけつけ、どのくらいの力と速度でどのような軌跡（3次元）で塗ったのか、その下に先に塗られていた絵具の状態はどうだったか、などの条件に対応する特徴を示すものと考えられる。一方、静的状態としてのタッチを次のような視覚によって認識される領域と考える。

- (1) ある寸法幅の中に同一の色彩が占める領域（理想的）
- (2) 同一の色彩の狭い領域が多数、ある幅で連なっている領域（かすれ）
- (3) 異なる色彩が縞状に隣合ってならんでいる領域（まじり1）
- (4) 色度が連続的に変化していて、あるところから先は不連続的に変化している領域（まじり2、にじみ）

この研究では、さらに上記(1)項だけに限定して話を進める。

3. RGB／マンセル表色系変換

3.1 全体の流れ

通常の色入力装置から取り込んだ対象画像のデータは、RGB表色系で表されている。しかし、この表色法は、光の色を表示するものであって、物体の色彩を直接的に表すものではない。本研究は、人間の絵画の鑑賞に基づく特徴抽出を行うことにあるので、人間の色知覚に基づいた顕色系のマンセル表色系に変換する必要がある。

RGB表色系からマンセル表色系への変換を行うための手法はいくつか提案されている[富永84][宮原85]。混色系の色彩表現を、マンセル表色系に変換するには、混色系の色刺激による色空間と、顕色系の均等知覚色空間との非線形な対応を考慮しな

ければならないので、簡便で精度の高い変換法を見出すことは容易ではない。

筆者らのグループでは、色度座標の x 、 y 及び視感反射率と、マンセル表色系の各要素の対応を定義している表、JIS Z 8721 付表 2（以下、JIS 表と呼ぶ）を使用し、色空間を微小な部分空間に分割し、各部分空間ごとに JIS 表の表引きによる双一次内挿計算を行い、混色系から顕色系へ変換の非線形を保ちながら変換する方法、及び入力時の照明や、RGB それぞれの受像感度の誤差など、入力環境の特性による偏差を取り除くために、色補正変換を行う方法を提案し実際のシステムとして実現した [本多 90]。後者は、あらかじめ、撮像対象の色彩とそれを入力装置に通して得た色彩とのずれを計測しておき、撮像対象の色彩の色空間と入力装置から得た色彩の色空間を、ずれの似た部分空間同士で対応させ、その部分空間ごとの対応に基づいて色補正変換を行うものである。色補正変換については今回、カラーイメージスキャナ用の手法を提案し、実現した（図 3.1）。

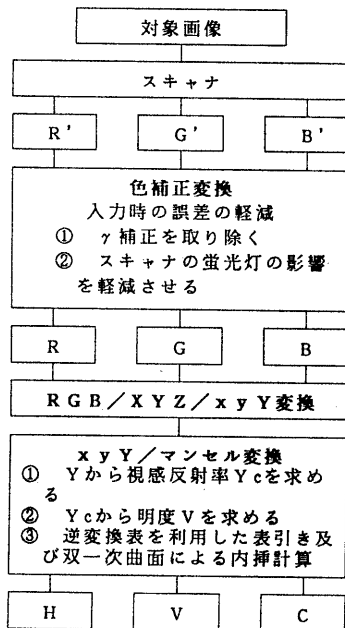


図 3.1 RGB/マンセル表色系変換の流れ

3.2 色補正変換

スキャナの理想値（入力値）と実測値（出力値）の関係の実験結果を、図 3.2 に示す。

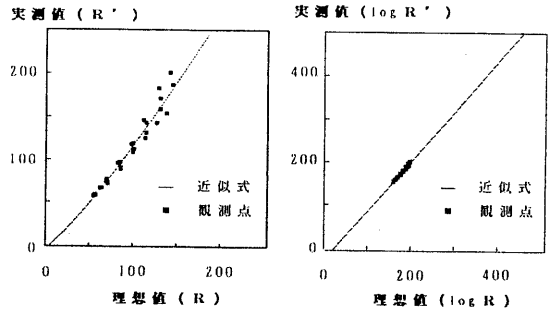


図 3.2 スキャナの理想値と実測値 (R)

これらの関係は入力した色票（JIS標準色票）の明度、色相さらに RGB それぞれにより異なる。そのため、これらの関係から理想値 (RGB) と出力値 (R' G' B') の関係は、次式で近似できる。

$$X = (X' / e^{\alpha_{iik}})^{\gamma_{iik}}$$

X : 色補正変換後の R、G、B

X' : 色補正変換前の R、G、B

i : 明度 (2、3、4、...、9)

j : 色相 (R、YR、Y、...、RP)

k : R、G、B

実際の色補正変換は、入力された RGB 値を XYZ、xYY 表色系に変換し、Y 刺激値から実験により明度 V を求め、その明度の色度座標上で変換された (x , y) に一番近い色相を持つ、 α_R 、 α_G 、 α_B 、 γ_R 、 γ_G 、 γ_B を選択し、色補正変換を行う。

3.3 マンセル表色系変換

(1) XYZ、xYY 表色系への変換

色補正変換された RGB 値を XYZ 表色系の三刺激値に変換し、次に、それらを色度座標 xy に変換する。

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.7689 & 1.7517 & 1.1302 \\ 1.0000 & 4.5907 & 0.0601 \\ 0.0565 & 5.5943 & 0.0000 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$x = X / (X + Y + Z)$$

$$y = Y / (X + Y + Z)$$

(2) マンセル表色系 (H V C) への変換

この部分は、マンセル表色系への変換の中心部分である。ここでは、JIS表を利用する。JIS表は、マンセル表色系の三属性（色相、明度、彩度）から、色度座標 x 、 y 及び視感反射率を引くことができる表であり、色度座標上に、等色相軌跡と等彩度軌跡が定義されている。本研究のマンセル表色系への変換では、上述の逆の手順を行う表が必要である。つまり、色度座標 x 、 y 及び XYZ 表色系の Y 刺激値を用いて、マンセル表色系の三属性を引くことができる表が必要である。そのために、逆変換表を利用する [本多90] [西川91]。この逆変換表は、JIS表をもとに、双一次内挿式を用いて、色度座標を0.01ごとに刻んだ (x, y) に対応する H, V, C が求められている。また、この逆変換表は、JIS表と同様に1から9の各整数明度ごとに用意されている。まず、 xyY 値の Y 値から視感反射率 Y_c を求め、修正マンセル明度関数より明度 V を算出する。そして、その明度 V をはさむ、二つの整数明度に定義されている、JIS表及び上記の逆変換表を用いて、 xy 値から色相 H 及び彩度 C を算出する。(図3.3)

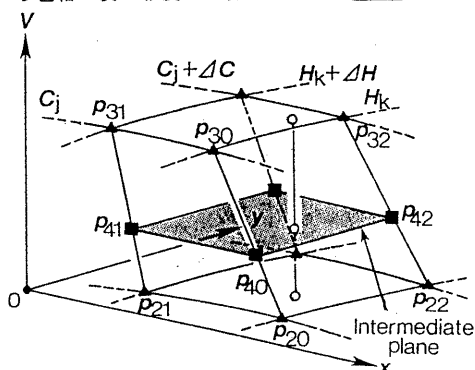
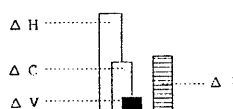
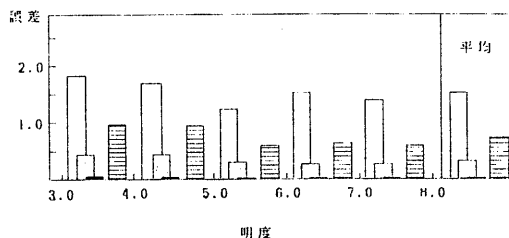


図3.3 二つの整数明度に挟まれた中間平面
([西川91] から引用)

3.4 変換の結果

本研究のマンセル表色系変換システムの変換結果を次に示す。



- ΔH = |色票の色相 - 変換後の色相|
- ΔV = |色票の明度 - 変換後の明度|
- ΔC = |色票の彩度 - 変換後の彩度|
- ΔI = Godloveの退色指数

図3.4 当システムのマンセル表色系変換の結果

4. タッチの抽出及びその特徴の記述

ここでは、本研究が対象とする絵画に多く含まれるタッチの特徴を明確にし、実際に絵画をスキャナより入力して画像処理を行い、タッチを抽出し、その特徴を得ることを試みる。なお、本研究では、マンセル値（色相、明度、彩度）のうち色を表す大きな要因となる色相についてこれらの処理を行う。

全体の処理の流れを図4.1に示す。

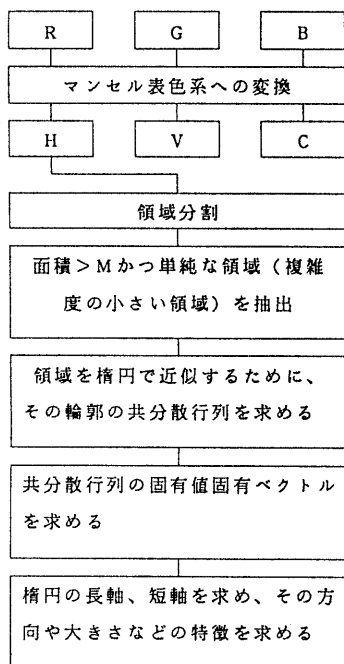


図4.1 タッチを表す領域の特徴抽出の流れ

4.1 タッチの定義

本研究では、専門的な知識がない一般の人でも、タッチをある程度認識することができることに注目し、誰もが見て感じる簡単な規則性を持つ筆使いをタッチとして扱うことにする。タッチは筆使いによっては複雑な形状となることもありうるが、ここでは次のように仮定する。

- ① 一つのタッチは、ある許容範囲内の同一色相である。
- ② その輪郭形状は比較的単純な閉曲線により構成されている。
- ③ 領域の大きさは、パラメタによって上限値、下限値を抑える。
- ④ 上述のような領域がかなり多数現れる。

4.2 領域分割

[1] 領域分割の手法

タッチを表す領域を抽出するために、領域分割の処理を行う。ここでいう領域は、ある一定の範囲内の色彩を持つ画素の集合である。

- (1) 画像の一番左上から右及び下方向にある5画素目ごとの画素を基準点とし、そこを始点として領域分割の処理を行っていく。
- (2) 基準点の周囲8近傍の画素のマンセルヒューを調べる。次式を用いて、基準点のマンセルヒューとの差が初めに設定されたしきい値内にある画素を見つける。そして、それらのマンセルヒューの平均を基準マンセルヒューとする。

$$|M - d_{xv}| \leq TH$$

ただし、 M : 基準画素のマンセルヒュー
 d_{xv} : 基準座標の8近傍の各画素のマンセルヒュー
 TH : 設定したしきい値

- (3) (2)で見つかった画素の8近傍を調べ、基準マンセルヒューとの差が設定されたしきい値内の範囲にある画素を見つける。
- (4) 新たに見つかった画素の8近傍を(3)と同様に調べ、しきい値内にある画素がなくなるまでこれ続ける。
- (5) (1)から(4)の処理で見つかった画素を一つの領域とする。
- (6) (1)から(5)の処理を設定したすべての基準画素について行う。
- (7) 最後に、領域分割されていない画素を調べる。そして、未処理の画素があれば、それを基準画素とし、(1)から(5)の処理を行う。

上記の手法の妥当性を確認するために、カンバスの油絵具を対象に実験を行った。図4.2はその一例で、かなり凹凸のある油絵具についてもほぼ良好に領域を抽出している。

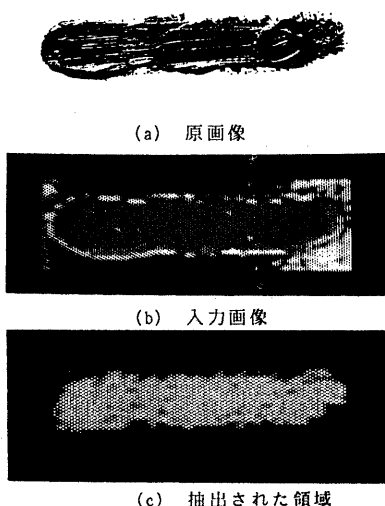


図4.2 カンバス上の油絵具（ゼラニウム・レーキ）
に対する領域分割

[2] 領域分割された領域

[1]で述べた領域分割では、設定したしきい値内にある画素の集合が領域として抽出される。それには、多種多様な領域が含まれている。その中には、タッチを表す領域も含まれているが、多くの領域の中からそれを見つけて出すのは、難しい。領域分割により抽出された領域には次のようなものがある。

- ① 同一色相が、タッチの仮定どおり理想的にまとまっている領域
- ② 複数のタッチが、似た色相で隣接して描かれたため、一つの領域とみなされたもの（面積が大きく、輪郭の形状が複雑になる。）
- ③ 一つのタッチの中に複数の色相が混じり込んだため、領域が細かく分割されたもの

①は、本研究のタッチの仮定に合った理想的な領域である。②は、一つ一つのタッチの色が、領域分割のときに指定されたしきい値内であるか、または、同一の色でかかれたものであり、隣合う複数のタッチが、一つの領域とみなされたものである。③は、

しきい値の設定が小さすぎたり、一つのタッチでも、筆についていた他の色や下塗の色と混じった場合に、本来一つのタッチとみなされるべきものが、複数の領域に分割されてしまったものである。これらの中から目的とするタッチの領域を抽出するために、次の処理を加える。

まず、タッチは多数存在するということから、領域の面積のヒストグラムをとる。次に、「単純な形状を持つ」という仮定から、領域の形状の複雑度のヒストグラムをとり、凹凸の激しい領域を取り除く。

4. 3 領域の面積と複雑度

[1] 領域の面積

領域の面積は、その領域を構成する画素数とする。

[2] 領域の形状の複雑度

領域の形状の複雑さの度合は、一般にその領域の周囲長と面積で表され、次式で計算される。

$$K = L^2 / S$$

ただし、K：複雑さの度合（規格化面積）

L：領域の周囲長

S：領域の面積

Kが大きいほど複雑な形状となり、小さいほど円に近づく。本研究では、次式に示すようにKをさらに 4π で割り、円の複雑度が1となるようにしている。

$$K' = (L^2 / S) / 4\pi$$

4. 4 タッチの抽出

次の3種の印刷された複製画についての実験結果を示す。寸法の単位はmm、（）内は複製画の大きさである。

- ① マティス：「コリウールの窓」、1905年、油彩、
553×460（251×203）[マティス86]
- ② モネ：「エプト川の曲り角」、1888年、油彩、
730×920（211×266）[モネ85]
- ③ ゴッホ：「鳥のいる麦畑」、1890年、油彩、
510×1035（144×300）[ゴッホ73]

これらの原画を図4.3(a)から(c)に示す。特に、(a)の「コリウールの窓」についてタッチの抽出結果（黒枠部分）を図4.4(a)に示す。同図(b)は、絵の細部をよく観察し、タッチと思われるものの一つ一つの輪郭を描いたものである。一つの色相が広がりを持っていても上に別のタッチが重なって隠れが生じている部分も少なくなく、一つの堆積型のテクスチャにもなりうる〔五十嵐85〕。



(a) マティス：コリウールの窓



(b) モネ：エプト川の曲り角



(c) ゴッホ：鳥のいる麦畑

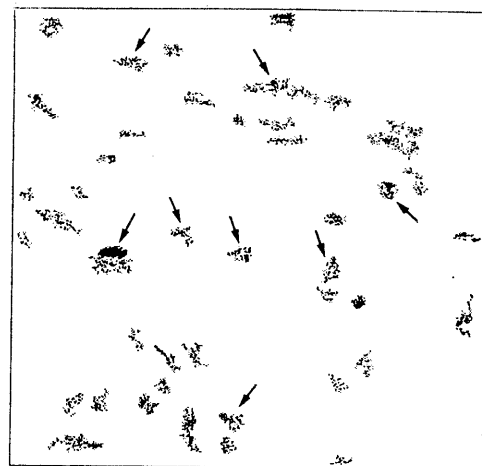
図4.3 対象の絵画（黒枠内が処理部分）



(a) 処理部分



(b) 目視・手作業によるタッチの抽出



(c) 実験結果

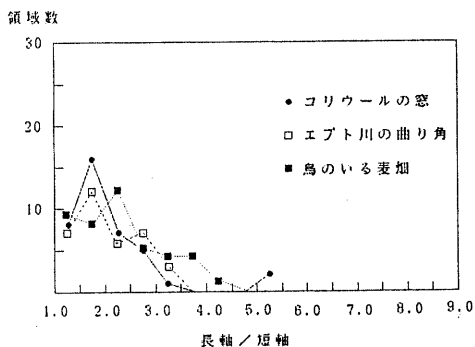
図4.4 タッチの抽出例

また、筆痕の条痕や絵具の盛り上がりによる陰影で、絵具自体は単色でも視覚的にはそうは言えない場合もある。筆に残っていた他の色、あるいは下や隣の色と混じる場合も少なくない。かすれによる細かい色抜けもある。

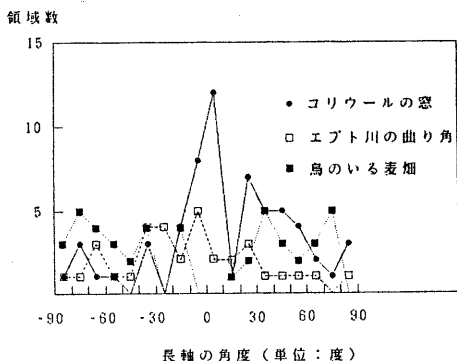
図4.4(c)は、前述の手法により抽出された領域である。当然ではあるが、目視の(b)に比べ、はるかに少ない領域しか抽出されていない。(b)と(c)とで一致した領域には、矢印を記した。抽出された領域の面積も目視によるものに比べ、かなり小さい。

4. 5 特徴の記述

抽出された領域を前述したように楕円で近似して長軸と短軸の比や、長軸の方向などを調べた。結果を図4.5(a)、(b)に示す。一応の傾向は出ているものと思われる。



(a) 長軸と短軸の比に対する領域数



(b) 長軸の方向に対する領域数

図4.5 楕円近似による特徴

5. 結論

色相だけによって、絵の中のタッチを抽出しその絵の特徴を記述することを試みた。タッチにとって色相は重要な要素であるので、ある程度の結果は得られたが、絵の特徴を記述するという目的のためにこれを基礎として、さらにいろいろの要素を付加して行きたい。なお、本研究に関し研究室在籍中にご助力下さった西川滋氏(現、富士ゼロックス社)に謝意を表します。

参考文献

- [富永84] 富永昌治: ドラムスキャナの色信号特性とその表色系との対応について, 情報処理学会論文誌, 25-4, pp.655-664 (1984) .
- [宮原86] 宮原誠, 清水一夫, ほか2名: (R, G, B) → M U N S E L L (H, V, C) 精密変換, 信学技法, 1E-66, pp.41-48 (1986) .
- [本多90] 本多庸悟, 西川滋, 金子俊一: 空間分割によるRGB/マンセル表色変換の一手法, 情報処理学会第40回全国大会講演論文集, pp.204-205 (1990) .
- [西川91] 西川滋: RGB/マンセル表色系とそれに基づく絵画の解析, 東京農工大学大学院工学研究科電子情報工学修士論文 (1991) .
- [五十嵐85] 五十嵐智, 阿刀田央一, 本多庸悟: 堆積型テクスチャの性質とその解析, 計測自動制御学会論文集, 21-6, pp.592-599 (1985) .
- [ゴッホ82] カンヴァス世界の名画 ゴッホ, 中央公論社 (1982) .
- [モネ85] 現代世界の美術, 集英社 (1985) .
- [マティス86] 現代世界の美術, 集英社 (1986) .
- [日本色彩学会89] 日本色彩学会: 新編色彩科学ハンドブック, 東京大学出版会 (1989) .
- [JIS77] 日本工業規格: JIS Z 8721 三属性による色の表示方法, 日本規格協会 (1977) .
- [菅野93] 菅野理子: 色彩情報に基づく絵画の特徴抽出, 東京農工大学大学院工学研究科電子情報工学修士論文 (1993) .