顔領域抽出に有効な修正 HSV 表色系の提案

松 橋 聡[†], 藤 本 研 司[†]
正会員 中 村 納[†], 正会員 南 敏[†]

A Proposal of the Modified HSV Colour System Suitable for Human Face Extraction

Satoshi Matsuhashi[†], Kenji Fujimoto[†], Osamu Nakamura[†] and Toshi Minami[†]

Abstract We have proposed a human-face extraction technique using the HSV colour system and confirmed the effectiveness of this method experimentally. However, the colour black, which is expected to have a lower saturation in the HSV colour system, can not be shown accurately. In the conventional system, this feature has some adverse effects on human-face extraction.

To cope with this problem, a modified HSV colour system is proposed. In the proposed transformation, the saturation is defined as a distance from a chromatic colour. This representation has the following advantages:

- (1) Black is represented as the colour with lower saturation.
- (2) While human-skin colours are conspicuous in the conventional system, they are well-emphasized in the proposed system.

Computer simulation using 111 pictures with various backgrounds shows an 89% extracting accuracy. From the experimental results, the prospects of using the modified HSV colour system for human-face extraction are encouraging.

1. ま え が き

実用的顔画像認識システムを構築する上で解決すべき重要な課題のひとつとして、画像入力時の環境変動に対する処理精度の安定性の向上が挙げられる。撮像時に人物の位置、照明等にできるだけ制約をつけない状態で正確に顔画像の抽出が行われることが望まれる

が、この技術は現状では極めて困難な技術のひとつである¹⁾。

近年、撮像条件の緩和に向けて、任意背景からの人物領域の抽出や、姿勢ゆらぎの補正などの研究成果が報告されている。小杉²⁾は、モザイクを利用してシーン中にある顔を自動検索し、認識する方式を提案している。また赤松ら³⁾は、顔の造作を基準点として照合

キーワード：HSV 表色系，顔画像認識，個人識別，等濃線分布，MTM 法

1994 年 10 月 31 日，第 37 回工学院大学研究発表講演会で発表

1994 年 12 月 15 日受付，1995 年 3 月 13 日再受付

[†] 工学院大学 電子工学科 (〒163-91 東京都新宿区西新宿 1-24-2, TEL 03-3342-1111)

[†] Department of Electronic Engineering, Kogakuin University (1-24-2, Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo 163-91, Japan)

パターンを抽出し、この照合パターンを基にして特徴マッチングを行う方式を提案している。この方式では、照明、表情がほぼ一定で、カメラから顔の造作が撮影できる範囲の姿勢ゆらぎであれば、90%以上の識別が可能であることが確認されている。しかし、いずれの方式においても、その後の顔認識の精度は対象となる顔領域の抽出精度に依存しており、多種多様な風貌に対してどこまで対応できるかという点では依然として不明であり、問題となっている。

一方、畠田ら⁴⁾は連続するフレーム間の逐次マッチングによる顔抽出法を提案している。この手法では、現フレームのエッジ画像と前フレームで切り出された対象物体の輪郭のマッチングによって、移動する顔領域の抽出を行っている。しかし、フレーム間で位置や大きさが極端に異なる場合は抽出率が低下するという問題がある。また広野ら⁵⁾は、赤外線カメラによる画像と可視画像を併用することにより人物の抽出を行っている。この方式は、赤外線カメラによる温度情報を用いており、照明の影響を受けないという利点があるが、2台のカメラを用意しなければならないという点で、コスト的な面に若干問題がある。

以上の各手法に対し、筆者らは従来から顔画像の等濃線分布に基づく個人識別方式を提案し、高い識別精度の得られることを確認している⁶⁾。本方式の前処理では、HSV表色系⁷⁾を用い、画像の特異値分解によって任意背景から人物顔領域を抽出している⁶⁾⁸⁾。

HSV表色系は知覚的表色系と呼ばれ、人間の知覚に比較的近い表色系として定義されている。マンセル表色系に比べ、その導出が容易であることから、カラー画像の処理においてしばしば用いられている表色系である(以降、マンセル表系の彩度をマンセル彩度、HSV表系の彩度をスミス彩度と呼ぶことにする)。

HSV各成分のうちH(色相)成分は、照明などによる反射や陰影の影響を受けにくい、という特長を持つ⁷⁾。したがって、顔のように、色相がほぼ一定であるような領域の抽出には非常に有効であるといえる。また、S(彩度)成分は色のあざやかさの程度を表す指標であるが、人間の顔は比較的彩度の高い物体であるのに対し、一般に本システムの実際の利用現場となるオフィスをはじめする建物内部の環境では、比較的低彩度の色が多く用いられている。したがって、画像内からS成分値の高い領域を抽出することによって人物の位置の特定が可能と考えられる。

以上述べたように、オフィス等、建物内部で想定される背景中の顔領域抽出でHSV表色系を用いること

は非常に有効であるということがいえる。しかし、HSV表色系には、本来、彩度が低いはずの黒に近い色が高い彩度を示し、低彩度として表せないという問題点がある。この黒に近い色は、背景色として頻繁に現れ、かつ人物顔領域の抽出精度に悪影響を与える場合がある。したがって、より安定に顔領域の抽出を行うためには、HSV表色系を再検討し、問題点を考慮した上でアルゴリズムを構築する必要がある。

そこで、筆者らはHSV表色系について検討を行い、新たに彩度を定義し直すことで上記問題点に対処することを考えた(新たに定義した彩度を修正彩度と呼ぶことにする)。

本論文では、修正彩度の導出、およびこの新しい方式を顔領域の抽出に適用した結果について述べるとともに、その有効性について報告する。以下、2章で等濃線分布に基づく個人識別方式について簡単に述べ、3章でHSV表色系を用いた顔領域抽出法について述べる。また、4章で従来手法の問題点について整理した後、5章で今回提案する彩度式の導出を行い、6章でその有効性について評価する。最後に、7章で修正彩度を用いた実験結果について述べる。

2. 等濃線分布に基づく個人識別方式⁶⁾⁹⁾¹⁰⁾

顔画像の等濃線分布に基づく個人識別方式についてはすでに報告しているが、本手法の流れを簡単に理解して頂くために、ここで概要を説明しておく。

本方式は、(1)画像入力、(2)前処理(人物顔領域の抽出)、(3)等濃線分布の抽出、(4)照合、の4段階で構成されている。以下、各処理について簡単に述べる。

2.1 画像入力

顔画像はCCDカメラを用いて、正面平常顔を含むシーン中から横256×縦240画素、RGB各256階調のカラー画像として入力される。この際、後の照合への影響を考慮して、顔領域の大きさは画面に対して6.5%以上とする¹¹⁾。

2.2 前処理

ここでは入力画像から人物顔領域の抽出を行う。本論文では、顔領域の抽出精度の向上を図るため、新たに定義した彩度変換式を提案することを目的としている。したがって、本処理については若干詳しく説明する必要がある。これについては後の3章で改めて述べることとする。

2.3 等濃線分布の抽出

等濃線分布は、前処理で得られた顔領域を非線形量子化し、その濃度境界線を追跡することによって得ら

図 1 等濃線分布
Isodensity map.

(a) RGB モデル

(b) HSV モデル

図 2 表色系モデル
Color system models

(a) RGB color model, (b) HSV color model.

れる．実験では，量子化レベル数を 8 レベルとしている(図 1)．

2.4 照 合

登録されている等濃線分布と入力画像から抽出された等濃線分布を用いて照合を行い，本人，別人，再照合の判定を行う．

3. HSV 表色系を用いた顔領域抽出法⁶⁾

ここでは，色情報を用いた人物領域の抽出法について述べる．本手法は大きく次の 4 段階の処理から成る．すなわち，(1)表色系の変換，(2)人物領域の位置の特定，(3)人物候補領域の統合，(4)顔領域の抽出である．以下，各処理について順次述べる．

3.1 表色系の変換と色相成分画像の抽出

(1) 表色系の変換⁷⁾

入力画像は，RGB 表色系で色彩が表現されているが，これを HSV 表色系へ変換する．HSV 表色系は H(色相)，S(彩度)，V(明度)の 3 要素によって構成され，“まえがき”で述べたように，人間の知覚に比較的近いモデルとして定義されている．RGB 表色系から HSV 表色系への変換式を(1)式に示す．

$$\begin{aligned} V &= \text{MAX}(R, G, B) \\ S &= \frac{\text{MAX}(R, G, B) - \text{MIN}(R, G, B)}{V} \\ H &= \cos^{-1} \left\{ \frac{(G - B) + (G - R)}{2\sqrt{(G - B)^2 + (G - R)(B - R)}} \right\} \quad (1) \end{aligned}$$

明度(V)は色の明るさを表し，RGB 各成分のうち最も値が大きいものをその値とする．また，彩度は色のあざやかさを表しており，RGB 各成分の最大値から最小値を引いたものと明度との比で定義されてい

る．色相は色みの種類を表し， $0^\circ \sim 360^\circ$ の範囲でその値をとる．図 2 に RGB モデルおよび HSV モデルを示す．RGB 表色系は立方系のモデルであり，ある色 P は (R, G, B) の 3 刺激値により一意に決定される．一方，HSV 表色系は六角錐モデルであり，(H, S, V) により色が決定される．なお，図 2 (b) で Y, C, M はそれぞれイエロー，シアン，マゼンタを表している．また図 3 には，RGB 入力画像から HSV 表色系に変換した画像の例を示す．ただし，これらの画像では色相値，彩度値，明度値はそれぞれ 256 階調の濃度値で表示されている．

(2) 色相成分画像の抽出

人物領域は，人物の位置を表す領域を抽出した後，後の 3.3 節で述べるように，この領域を人物の肌色の特徴を明確に示す色相成分に基づいて領域統合することにより抽出される．しかし，HSV 表色系への変換式では，色相に関しては低明度，低彩度の部分で量子化誤差が増大する，という問題点が挙げられる¹²⁾．一方，画像中において人物の顔は低明度・低彩度の部分には存在しないことが予備実験により確認されている．そこで本手法では，以下のような処理で，色相成分画像から低明度および低彩度の部分を除去することにする．

明度と彩度にある閾値 T_v および T_s を設定し，これらの値以下のものをそれぞれ低明度，低彩度の部分，すなわち人物領域以外の部分であるとし(後の実験では T_v, T_s は共に 25 とした)，色相成分画像の中から低明度で，しかも低彩度の部分を除去して得られる色相成分画像(図 4)を抽出する．

以上の処理で，高明度で高彩度の部分が残った色相

(a) H(色相)成分画像

(b) S(彩度)成分画像

(c) V(明度)成分画像

図 3 HSV 画像の例

An example of HSV image.

(a) Hue-element image, (b) saturation element image, (c) value-element image.

図 4 低明度・低彩度を除去した色相成分画像

A hue-element image after lower value and lower Smith-saturation elements are eliminated.

図 5 特異分解の第 1 項を用いた復元画像

A reconstructed image using the first term of singular value decomposition.

成分画像が得られる。しかし、この画像には、人物領域を含む領域の他に多数の領域が存在する。したがって、この中から人物領域を表す領域を特定する必要がある。この人物領域の特定は、次に述べる主成分分析によって実施する。

3.2 人物領域の特定

本システムの実際の使用現場となるオフィス等の建物内部の環境では、一般に彩度の低い色が多く用いられている。これに対し、人物の肌色は比較的色彩あざやかである。したがって、彩度を表す画像において高彩度値を示している部分が人間の顔を表している部分であると考えることができる。

本手法ではこの点に着目して、彩度成分画像に対して特異値分解を施し、その第 1 項のみを用いて画像を復元している(図 5)。特異値分解は行列の直交変換のひとつであり、ある行列 A に対して(2)式のように定義される。

$$A = \sum_{k=1}^n \lambda_k U_k V_k^T \quad (2)$$

ここで、 λ は特異値、 U 、 V はそれぞれ AA^T および $A^T A$ の固有ベクトルである。

特異値分解の第 1 項には、原画像の基本構造が反映されており、第 1 項のみを用いて復元した画像には彩度値が高く、しかもある程度の大きさの塊を持つ領域が現れる。この領域は、人物の肌色の彩度値が高いこと、および顔がある程度の大きさとなるように撮像を行っていることから、人物領域を表している領域であると見なすことができる。この領域を 2 値化処理によって抽出することで、人物の位置の特定が可能となる。

この 2 値化処理は、以下の手順で行う。

- (a) 特異分解値の第 1 項による復元画像について、その復元値のヒストグラムを作成する(図 6)。
- (b) ヒストグラムの中で復元値の高い方から、画素数の総和が 7000 画素(図 6 の斜線部分)を越

図 6 特異値分解の第一項による復元値のヒストグラム

A histogram constructed from fig. 5.

図 7 人物候補領域
Candidate area of a person.

図 8 色相値を与えた人物候補領域
Candidate area of a person with hue-elements.

える時点の復元値を Q とする (図 6 参照).

(c) Q を閾値として 2 値化する.

なお, 7000 という値は入力時の人物 1 人当たりの顔領域の大きさを考慮に入れて, 予備実験に基づいて設定した. 以上で得られた領域を人物候補領域とする (図 7).

3.3 人物候補領域の統合

人物の肌の色は, 人種に関係なくマンセル表色系で表した場合, その色相成分はある範囲内に限定されることが報告されている¹³⁾¹⁴⁾. HSV 表色系においても同様のことがいえることが予備実験によって確認されている. そこで, この色相値を人間の持つひとつの特徴と考え, この特徴を基に図 7 の人物候補領域を手掛かりとして候補領域の統合を行う. 処理手順は以下の通りである.

- 人物候補領域 (図 7) に対応する原画像の色相成分 (図 8) から, 色相成分ヒストグラムを作成する (図 9).
- 人間の肌の色相の範囲 (図 9 の破線で示される範囲) で, その頻度が最大となる色相値を求め, この値を P とする.
- 人物候補領域の各画素の色相値に注目して, 各画素の近傍画素の色相値が閾値 $T_{\pm}$ の範囲に入っている場合はそれらの画素を 1 つに統合する.
- 統合された各画素に対して上記 (c) の処理を繰り返すことによって, 最終的に図 10 を得る.

ただし, 閾値 $T_{\pm}$ は次式によって設定する.

$$T_{\pm} = P \pm T_1 \quad (3)$$

また, T_1 は予備実験により $T_1 = 9$ とした.

以上までの処理で, 人肌と色相が明らかに違うこと

図 9 色相ヒストグラム
A histogram constructed from fig. 8.

に起因して, 統合領域内に欠落する部分 (目, 唇など) が生じる. この欠落部分は拡大・縮退処理によって埋め, 得られた領域に対して原画像の濃度値を与えることにより図 11 のような人物領域を得る.

3.4 顔領域の抽出

3.3 節で抽出された人物領域には, 顔の他に首部も含まれている. この人物領域からの顔領域の抽出は, 顎を擬似的に表す等濃線を抽出し, この等濃線を用いて顔領域と首部は分離される⁹⁾. 抽出された顔領域は画面に対して 30% の大きさに正規化され, 最終的な人物識別のための照合に用いられる (図 12).

4. スミス彩度の問題点

上記 3 章で述べた顔領域抽出手法は, 実験でも高い抽出精度が得られ, その有効性が確認されている. しかし, 本手法で得られた画像の中には, 顔領域の中に毛髪の部分まで含まれて抽出されたものが 3 件あった. これらの画像は髪の毛の長い女性であり, しかも毛髪の領域が非常に大きく撮影されている画像である

図 10 領域統合結果
A merged area using hue-elements.

図 11 首を含む顔領域
A clipped facial area including neck.

図 12 顔領域
A clipped facial area.

(a) 原画像

(b) スミス彩度成分画像

(c) 色相成分画像

図 13 顔が毛髪とともに抽出された例
An example of a extracted facial area with hair.
(a)Original image, (b)smith-saturation-element image, (c)hue-element image, (d)a clipped facial area.

(d) 顔領域抽出結果

(図 13 参照)。これらの毛髪の領域については、本来、低明度および低彩度の部分として前記 3.1 節(2)で述べた処理によって色相成分画像から除去されているはずである。しかし実際は、毛髪の部分が顔領域に統合されて抽出されている。このことに疑問を持ち、HSV 表色系の再検討を行った。

その結果、スミス彩度は理論上、髪の毛のような黒に近い色でも高い値を取り得る場合があり、色相成分画像中からこれら髪の毛が低彩度領域として除去できていなかったことがわかった。本来、黒は無彩色であり、マンセル彩度としては低い値を持つべきである。しかし、スミス彩度変換式では、明度 V との比を取

っているため、非常に暗い部分では必ずしも低彩度とならない。実際に図 13(b)を見ると、瞳が極めて高いスミス彩度を示していることがわかる。さらに、問題の毛髪の領域では、低彩度の部分もあるが、多くは高彩度部分として存在している。また、これらの領域は図 13(a)から黒い色であることがわかる。したがって、スミス彩度では黒に近い色が必ずしも無彩色として表現できないことがわかる。これらの色が低彩度として除去できないと、図 13(c)で毛髪領域が肌色に近い色相値を持つ場合があるため、図 13(d)のような結果となる。また、このように黒に近い色は毛髪以外にも背景色として現れる可能性の高い色であり、

これらの色が顔領域の抽出精度に悪影響を及ぼすことは十分に考えられる．そこで，黒に近い色を無彩色として表すことが，より安定に顔領域の抽出を行う上で必要であると考えた．

以上の観点から，彩度変換式について調査・検討を行った．その結果，スミス彩度のように彩度を色の飽和度とするのではなく，むしろマンセル表色系にならい，無彩色からの距離として定義する方が有効であると考えた．この変換式の導出過程を次に述べる．

5. 修正彩度式の導出

従来，HSV モデルでは，彩度は RGB 各成分の最大値から最小値を引いたものと明度との比として定義されていた．これに対して，本論文で提案する彩度は，無彩色からの距離として定義するものである（以降，新たに定義する彩度を修正彩度と呼ぶことにする）．

今，互いに 120° の角をなす 3 つの単位ベクトル $\vec{r}$, $\vec{g}$, $\vec{b}$ を図 14 に示すように設定すると，ベクトル $\vec{r}$, $\vec{g}$, $\vec{b}$ はそれぞれ 2 次元平面上で次のようになる．

$$\vec{r} = (1, 0)$$

$$\vec{g} = \left(-\frac{1}{2}, \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

$$\vec{b} = \left(-\frac{1}{2}, -\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

したがって，入力画像から (R, G, B) の 3 刺激値が得られるとき，ある色の彩度値 S_M は 3 つのベクトルを互に加えることにより，六角形の原点（無彩色）からの距離として得られることになる（図 15）．これを

図 14 2次元平面上に定義されたベクトル
Vectors defined on a two-dimensional plane.

図 15 ベクトルの和による修正彩度の算出
A modified-saturation S_M derived by the vectors.

式で表すと

$$\begin{aligned} S_M &= |R\vec{r} + G\vec{g} + B\vec{b}| \\ &= \left| \left(\frac{(R-G) + (R-B)}{2} \right), \left(\frac{\sqrt{3}(G-B)}{2} \right) \right| \\ &= \sqrt{\left(\frac{(R-G) + (R-B)}{2} \right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}(G-B)}{2} \right)^2} \end{aligned} \quad (4)$$

となる．

6. 修正彩度の評価

修正彩度とスミス彩度を比較するために，次のような評価を行った．

6.1 視覚的評価

JIS 標準色票 2.5 YR と RGB 各 256 階調の画像として入力し，修正彩度およびスミス彩度の両方の変換式によってそれぞれの画像を作成した．作成した画像を図 16(a)および(b)に示す．図の画像は，彩度値を 256 階調の濃度値として表示してある．両者を比較すると，低明度でかつ低彩度の部分でその差が顕著に現れていることがわかる．図の左側にある領域（白，灰，黒の無彩色を表す領域）において，スミス彩度では明度が低くなるに従い，徐々に高い濃度値を持つ画素が現れてくる．しかも，それらは一様な色であるべき領域内で点在して様々な濃度値を持っており，変換誤差の大きさを示している．この低明度でかつ低彩度にあたる色は，実際に用いられる画像の中では，髪の毛をはじめとして非常に多く現れる色である．これらの色は，従来手法では人物の肌色と同程度，あるいはそれ以上の値を持つことになっていた．そのため人物領域抽出の際，高彩度成分として抽出されることがあり，顔領域の抽出精度に悪影響を及ぼしていた．

(a) 修正彩度成分画像

(b) スミス彩度成分画像

図 16 マンセル表色系 2.5 YR
Munsel color system (2.5 YR).
(a) Modified-saturation image, (b) Smith-saturation image.

一方、修正彩度においては、これらの色は一様に低い値として現れている。したがって、髪の毛、および背景に存在する黒っぽい物件については、人物の肌よりはるかに低い彩度値を持つこととなり、顔抽出への悪影響を回避することができる。

6.2 MTM 法による評価

次に、宮原¹⁵⁾の提案による MTM 法を用いて修正彩度とスミス彩度の比較評価を行う。まず、逆 MTM 法によって (H, V, C) から (X, Y, Z) を求め、これらの値を次式¹⁶⁾によって (R, G, B) に変換する。

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.911 & -0.533 & -0.288 \\ -0.985 & 1.999 & -0.028 \\ 0.058 & -0.119 & 0.898 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \quad (5)$$

さらに、(5)式で得られた (R, G, B) の値を、修正彩度およびスミス彩度に変換する。

色相 2.5 YR、明度 5.0 の場合について、変換した修正彩度値およびスミス彩度値と、マンセル C との

図 17 マンセル・クロマの変化に伴う彩度の変化
Saturation characteristic with respect to variation of Munsel chroma.

図 18 マンセル明度の変化に伴う彩度の変化
Saturation characteristic with respect to variation of Munsel value.

関係を図 17 に示す。この図からわかるように、スミス彩度が対数関数的に増加しているのに対して、修正彩度はマンセル彩度にほぼ比例している。したがって、修正彩度はマンセル表色系の彩度に近いということがいえる。他の色相、明度についても同様の傾向がみられた。

また、マンセル表色系において色相、彩度を一定とし、明度を変化させた場合について調査した。図 18 はマンセル表色系における色相 2.5 YR、彩度 4.0 について横軸にマンセル明度、縦軸に修正彩度値およびスミス彩度値をとったものである。この図から、スミス彩度は明度が低いほど高い彩度値を持つことがわかる。これに対し、修正彩度では明度が高くなるにつれて彩度値が高くなる傾向にある。他の色相、彩度についてもこれと同様の結果を得た。この調査の場合、マンセル彩度を一定にしていることから、修正彩度の特性も一定となればマンセル彩度と一致することにな

り、理想的ではある。しかし、HSV モデルが六角錐であるのに対し、マンセルモデルは球形であるため完全には一致しない。

一方、この特性は、肌色と彩度が似かよった色が背景に含まれるような場合において、顔のような明るい色がより強調されることを示している。したがって、顔の抽出には非常に有効であると考えられる。

以上をまとめると、今回提案した修正彩度は従来のスミス彩度に比べ、

- ・黒に近い色が低彩度として表せる
- ・人物の肌がより強調される。

などの利点がある。これらの特長を踏まえた上で、次章で修正彩度を用いた人物顔領域抽出の実験結果について述べる。

7. 実 験

本論文で提案した修正彩度の有効性を示すため、以下の2つの実験を行った。

7.1 実験1

入力画像 111 枚を用いて修正彩度およびスミス彩度成分画像を作成し、人物候補領域の抽出を行った。ただし、抽出の成否の判定は、視察により人物候補領域(図7 参照)が人物の存在する位置で抽出されている場

合を成功とした(本手法では人物候補領域が正しく抽出されていれば、前記3.2 節～3.4 節で述べた手法で、顔領域の正確な抽出が可能である)。

背景としては、次の2 種類を用いた。

- (A) 視覚的に高彩度と考えられる物体を配した背景
- (B) 上記(A)以外の背景

抽出成功率を表1 にまとめて示す。上記(A)では、人間にとって視覚的に彩度が高いと考えられる植物や青い幕を用いた。これらの背景は、本システムを実際に運用するに当たって考え得る限り高い彩度値を持つ背景である。図19(a)，(b)に背景に植物を配した場合のスミス彩度成分画像，修正彩度成分画像をそれ

表 1 実験結果
Experimental results.

	スミス彩度	修正彩度
背景 (A)	0/47 (0.0%)	35/47 (74.5%)
背景 (B)	64/64 (100.0%)	64/64 (100.0%)

(人物候補領域抽出成功画像枚数／実験に使用した画像枚数)

図 19 背景に植物が存在する場合
An image with plants as a background.
(a) An image constructed with Smith-saturation-elements, (a') extracted candidate areas of a person from fig. 19(a),
(b) an image constructed with modified-saturation-elements, (b') extracted candidate areas of a person from fig. 19(b),
(c) a facial area extracted from fig. 19 (b).

(a) 修正彩度成分画像

(b) 人物候補領域として誤抽出された領域

図 20 抽出失敗例

An example of failure.

(a) An image constructed with modified-saturation-elements, (b) false candidate areas of a person extracted from fig. 20(a).

(a) 修正彩度成分画像

(b) 顔領域抽出結果

図 21 髪の毛の長い女性の場合の顔領域抽出

Extraction of a facial area from a woman with long hair.

(a) An image constructed with modified-saturation-elements, (b) an extracted facial area.

それ示す。さらに、それらから得られた人物候補領域を図 19(a'), (b')にそれぞれ示す。図 19(b')は人物候補領域の抽出に成功しており、これから人物顔領域を抽出した結果を図 19(c)に示す。これらの画像について、スミス彩度を用いた従来方式では人物候補領域の抽出率が0であったのに対し、修正彩度を用いた場合では抽出成功率が74.5%まで向上した。これは、図 18に示す修正彩度の特性が上昇傾向にあることに起因していると考えられる。すなわち、視覚的に彩度が似ていても、顔のような明るい色がより強調されることによるものと考えられる。したがって、修正彩度は人間の視覚と完全に一致するわけではないが、顔の抽出においては極めて有効であるといえる。

(B)は、図 3のような従来手法においても成功していた背景である。修正彩度は、従来手法でも有効であった背景においてもまた有効であることがわかる。

しかし、修正彩度を用いても人物候補領域の抽出に失敗した画像が111枚中12枚あった。この失敗例に

は2通りあり、ひとつは洋服が抽出された場合、もうひとつはスミス彩度を用いた場合と同様に背景が抽出された場合である。

失敗例12枚中6枚の画像は、図 20に示すように洋服の部分が人物候補領域として得られた。これは、対象人物の着ていた服が非常にあざやかな色をしており、しかも服の面積が大きな領域として画面中に存在していたことが原因であった。また、残りの6枚の画像については、背景部分に人物候補領域が現れていた。これらの画像については今後検討していく予定である。

7.2 実験2

図 13に示したような髪の毛の長い女性3人各2枚、計6枚の画像について、顔領域の抽出実験を行った。修正彩度および抽出画像の例を図 21に示す。修正彩度により毛髪の領域は一律に低彩度として表され、良好な顔領域が抽出されていることがわかる。残りの5枚の画像についても同様の結果が得られた。

8. 今後の課題

従来手法は、彩度成分画像に対する特異値分解に基づき人物の位置の特定を行っていた。すなわち、従来は人物の肌の彩度成分値が比較的高いということのみに着目していた。しかし、人物の肌色は色相成分において、ある特定の範囲内に含まれるということがすでにわかっている。これを併せて用いることにより、人物候補領域をより限定された色範囲で抽出できることが考えられる。したがって、この点も併せて考慮して顔抽出アルゴリズムの見直しを行い、より精度の高い顔領域抽出を行っていく予定である。

9. む す び

本論文では、HSV 表色系における変換式のうち彩度について新たな変換式を提案し、その有効性を実験によって評価した。さらに、提案した修正彩度を用いて顔領域抽出の実験を行った結果、毛髪等の影響を大幅に押さえる一方、任意背景中における人物顔をより強調することにより、本手法が顔領域の抽出に極めて有効であることが確認された。

本論文で提案した修正彩度は、無彩色からの距離として定義した。したがって、その考え方はマンセル表色系のクロマに非常に類似しているといえる。そこで、修正彩度を Quasi-chroma と呼ぶことにする。今後は、

- ・任意位置のカメラから入力した顔画像の抽出、および識別
- ・登録画像自動検索のための顔画像の大分類

などを課題として、より汎用性の高いシステムの構築を行っていく予定である。

最後に本論文をまとめるにあたり、プログラムの作成に御協力頂いた卒論生 渡来貴子君に心から感謝の意を表す。

〔参 考 文 献〕

- 1) 南：“顔画入力技術の現状”，画電学誌，**23**，3，66.190-197 (1994)
- 2) 小杉：“個人識別のための多重ピラミッドを用いたシーン中の顔の探索・位置決め”，信学論，**J77-D-2**，4，pp.672-681 (Apr. 1994)
- 3) 赤松，佐々木，深町，末永：“濃淡画像マッチングによるロバストな正面画像の識別法—フーリエスペクトルの KL 展開の応用—”，信学論，**J76-D-2**，7，pp.1363-1373 (July 1993)

- 4) 嵩田，安達：“逐次マッチングによる移動物体の切り出し”，信学論，**76-D-2**，10，pp.2196-2203 (Oct. 1993)
- 5) 広野，木原，西，河田，大隅：“赤外・可視画像によるシーンからの人物抽出”，1991 信学秋季全大，D-268，p.6-270 (1991)
- 6) K. Fujimoto, O. Nakamura, T. Minami: “Personal Identification through Facial Image Based on Isodensity Maps”, Proc. of SPIE, 2249-40, Automated 3D and 2D Vision, pp.490-500 (1994)
- 7) A. R. Smith: “Color Gamut Transform Pairs”, ACM-SIGGRAPH'78 Conf. Proc., pp.12-18 (1978)
- 8) 松橋，藤本，中村，南：“特異値分解を用いた人物顔領域の抽出に関する検討”，1994 信学春季全大，D-583，p.7-319 (Mar. 1994)
- 9) 上野，加藤，中村，南：“等濃線分布に基づく正面顔画像の識別”，信学論，**J76-D-2**，3，pp.494-506 (Mar. 1993)
- 10) O. Nakamura, S. Mathur, T. Minami: “Identification of Human Faces Based on Isodensity Maps”, Pattern Recognition, **24**，3，pp.263-272 (1991)
- 11) 松橋，藤本，中村，南：“複数人物の個別抽出と顔画像による個人識別”，第 49 回情報学全大，7F-01，p.2-165 (Sep. 1994)
- 12) 宮脇，石橋，岸野：“色情報を用いたカラー画像の領域分割”，信学技報，**89**，193，pp.43-48 (1989)
- 13) 池田：“色彩工学の基礎”，p.14，朝倉書店
- 14) 田口：“色彩学”，pp.128-129，共立出版
- 15) 宮原，吉田：“色データ (R, G, B) - (H, V, C) 数学的変換方法”，テレビ誌，**43**，10，pp.1129-1136 (1989)
- 16) 池田：“カラーテレビジョン方式の測色パラメータについて”，テレビ誌，**43**，6，pp.620-622 (1989)

まつしげ さとし
松橋 聡 平成 6 年，工学院大学工学部電子工学科卒業。現在，同大学院情報学専攻修士課程在学中。画像処理，パターン認識の研究に従事。

ふじもと けんじ
藤本 研司 平成 5 年，工学院大学工学部電気工学科卒業。現在，同大学院電気工学専攻修士課程在学中。画像処理，パターン認識の研究に従事。

なかむら おさむ
中村 納 昭和 44 年，工学院大学工学部電子工学科卒業。昭和 46 年，同大学大学院修士課程修了。同年，同大助手となる。以来，学習理論，画像処理，画像帯域圧縮に関する研究に従事。平成元年，ケベック大招聘教授として 1 年間同大に滞在。平成 4 年，工学院大学教授。現在に至る。工学博士。正会員。

みなみ とし
南 敏 昭和 26 年，早稲田大学理工学部電気通信学科卒業。同年，電気通信省電気通信研究所入所 (現 NTT)。以来，データ伝送，伝送基準，画像通信等の研究・実用化に従事。同所研究開発副本部長を経て，昭和 56 年，工学院大学工学部電子工学科教授。現在，画像処理，画像通信等の研究に従事。工学博士。正会員。