

照明条件の変化を考慮した肌色分布推定法
**Estimation Method of Skincolor Distribution
under Varying Illumination Condition**

- 田中政利*, 高橋秋典*, 五十嵐隆治*
○ † Masatoshi Tanaka, † Akinori Takahashi, † Ryuuji Igarashi

*秋田大学

† Akita University

連絡先: 〒010-8502 秋田市手形学園町 1-1

秋田大学 工学資源学部 情報工学科 産業情報工学講座

田中政利, Tel:018-889-2785, E-mail:j00242@ie.akita-u.ac.jp

キーワード: 肌色抽出(Skin Color Extraction), 顔認識(Face Detection),
色空間(Color Space), 楕円領域モデル(Elliptical boundary model)

1. はじめに

コンピュータを用いたカラー画像からの顔認識はより自然なマンマシンインターフェイスやセキュリティ分野において有効な技術である。顔を検出するために、顔の色情報である肌色を抽出し、指標の一つとすることが行われている。多くの研究^{1,3,4)}では、屋内で撮影された画像を対象としているため、環境に対して一つの固定値において肌色分布モデルを作成して用いている。しかし、屋外環境では時間帯や天候などによって照明条件が変化する場合がある。これは太陽光の照明条件の変化に影響を受けていると考えられる。このような照明条件が変化する屋外の昼光環境下では、色相平面上の肌色分布領域が変化してしまい、固定値による肌色分布モデルでは顔領域抽出

が困難になることが予想される。

そこで本研究では、照明条件の変化による影響が大きい画像に対して肌色分布を推定する手法の検討を行う。

2. 照明条件の変化による影響の調査

照明条件の変化による肌色への影響を調べるために、撮影条件を

- ・ 撮影場所として太陽光の当たる場所（テラス）
- ・ 撮影時刻を午前8時ころ～日没まで
- ・ ビデオカメラを固定
- ・ 人物の顔の向きを正面
- ・ 画像サイズを 320×240[pixel]
- ・ 画像枚数を 150 枚

として撮影された画像から、LUV 表色系にお

ける U, V 値について, 目視で選択した肌色領域における平均値 $\bar{u}_s \cdot \bar{v}_s$, 上限値 $U_{s \text{ high}} \cdot V_{s \text{ high}}$, 下限値 $U_{s \text{ low}} \cdot V_{s \text{ low}}$ の推移をおった. 調査に使用した画像例を図 1, 調査結果として, 縦軸を U 値, V 値におけるそれぞれの値, 横軸を画像の番号としたグラフを図 2 に示す. なお, 目視で選択した肌色領域を以後「理想肌色領域」と呼ぶ.

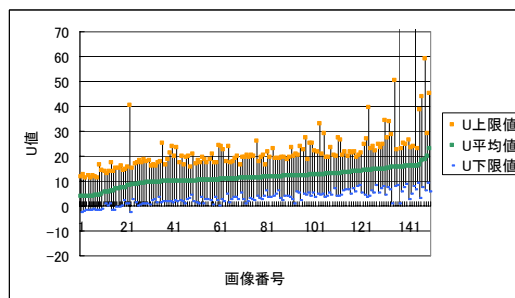


(a) 原画像

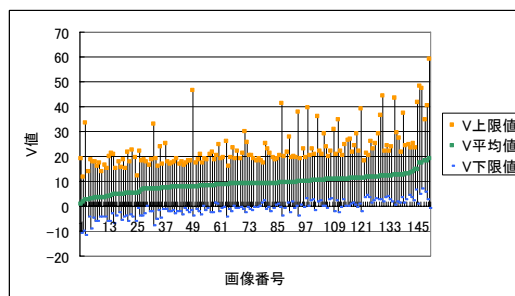


(b) 理想肌色領域

図 1 調査画像の例



(a) U 値の推移



(b) V 値の推移

図 2 各値の推移

図 2 に示されるように, U 値・V 値における上限値・下限値・平均値が類似した傾向で推移していることがわかる.

3. 手法の検討

照明条件の変化は肌色領域のみならず背景部分にも同じ傾向の影響を与えていると考えられる. そこで, 背景部分の一部スポット領域における U・V 値の平均値 $\bar{u}_b \cdot \bar{v}_b$, 最大値 $U_{b \text{ max}} \cdot V_{b \text{ max}}$, 最小値 $U_{b \text{ min}} \cdot V_{b \text{ min}}$ を求め, 2. と同様に推移を追った. スポット領域のイメージ図を図 3, 調査結果として, やはり縦軸を U 値, V 値におけるそれぞれの値, 横軸を画像の番号としたグラフのグラフを図 4 に示す. また, 理想肌色領域における推移と背景一部スポット領域における推移の傾向について類似度を計るため, それぞれの平均

値どうし $\bar{U}_s - \bar{U}_b$ 間及び $\bar{V}_s - \bar{V}_b$ 間について相関係数を算出した(表 1)。

表 1 $\bar{U}_s - \bar{U}_b$ 間及び $\bar{V}_s - \bar{V}_b$ 間における相関係数

	相関係数
$\bar{U}_s - \bar{U}_b$	0.94
$\bar{V}_s - \bar{V}_b$	0.84

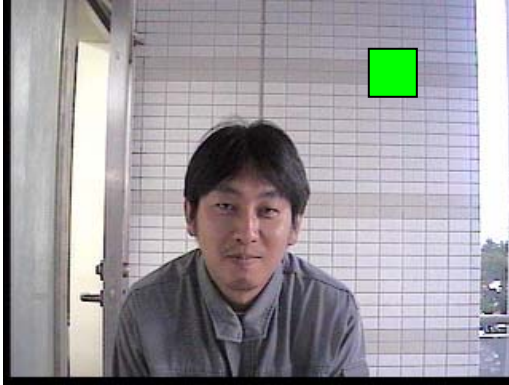
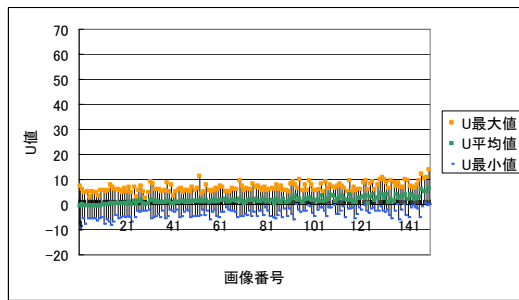


図 3 スポット領域のイメージ
(画像中緑の部分：スポット領域)

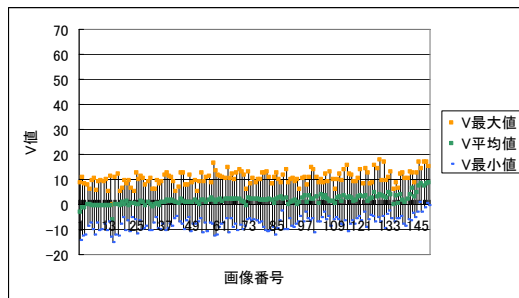
$\bar{U}_s - \bar{U}_b$ 間及び $\bar{V}_s - \bar{V}_b$ 間共にやや高めの相関を示したため、背景における色みの変化と肌色における変化は類似しているといえることがわかる。

4. 提案モデルのアイディア

そこで、人物の映らない背景領域の一部に背景関心領域を設定し、そこから得られる指標を利用してその時の肌色分布を推定する動的な肌色領域抽出法を検討した。なお、本研究では肌色分布を推定するのに、LUV色空間におけるU-V平面における分布を楕円に近似した、楕円領域モデル¹⁾を採用した(図 3)。楕円パラメータの式を(1)~(4)に示す。選定理由は、幾何学的形状モデルであるために指標によって変型させることが容易であるためである。



(a) U 値の推移



(b) V 値の推移

図 4 スポット領域における各値の推移

$$\text{中心座標 } U_c = \frac{(u_{high} + u_{low})}{2} \quad (1)$$

$$\text{中心座標 } V_c = \frac{(v_{high} + v_{low})}{2} \quad (2)$$

$$\text{長軸 } Ur = \frac{(u_{high} - u_{low})}{2} \quad (3)$$

$$\text{短軸 } Vr = \frac{(v_{high} - v_{low})}{2} \quad (4)$$

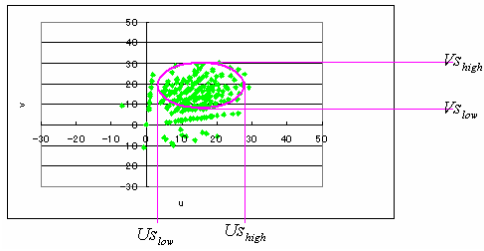


図5 楕円領域モデルのイメージ図

<4.1>背景関心領域として有効な位置の検討

背景関心領域として最も適当な背景の場所を検討するために、画像を 20×20 pixel で一つのブロックとする、 $16 \times 12 = 192$ の矩形領域に分割し、各領域におけるU値・V値の平均値 $\bar{U}b(a,b)$, $\bar{V}b(a,b)$ (*ただし a はブロック領域の x 座標, b はブロック領域の y 座標を表す) と、理想肌色領域におけるU値・V値の平均値 $\bar{U}s$, $\bar{V}s$ を全ての画像から取得、それぞれの領域別の相関係数を調査した。図6にブロック領域のイメージ図、図7に相関係数の等高線分布図を示す。

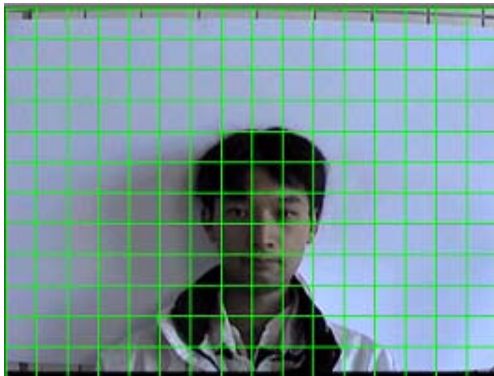
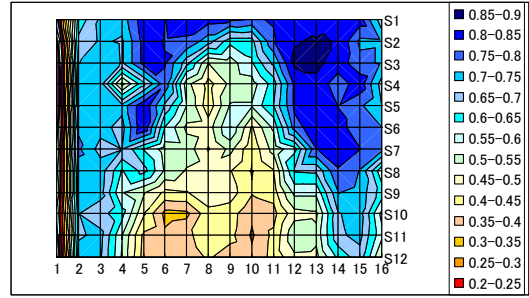
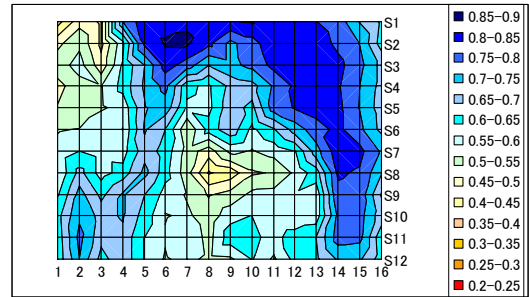


図6 ブロック領域のイメージ図



(a)U 値



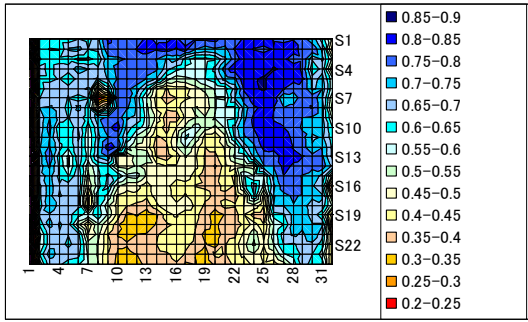
(b)V 値

図7 相関係数の分布

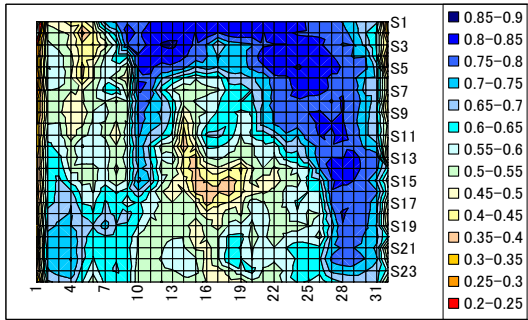
調査の結果,U,V ともに、画像中右側上部において相関が高い傾向があることがわかった。これはおそらく、撮影場所がテラスであり太陽光が画像右側から当たっていたため、変化が著しく表れたものと思われる。よって、今回は背景関心領域を右側上部 (x 座標 : 240 ~, y 座標 : 40~) に設定した。

<4.2>背景関心領域として有効な面積の検討

次に、背景関心領域として有効な面積を検討するために、ブロック領域の大きさを 10×10 pixel, 40×40 pixel に変更して、同様の調査を行った。結果を図8・図9に示す。

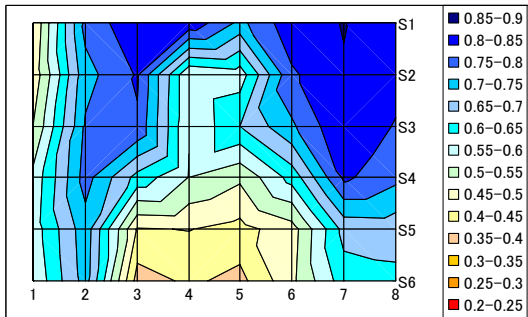


(a)U 値

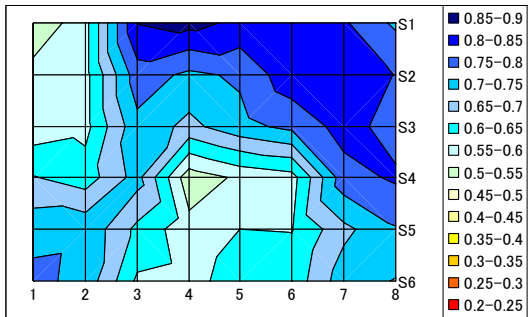


(b)V 値

図 8 10×10 における分布



(a) U 値



(b) V 値

図 9 40×40 における分布

結果, ブロック領域のサイズを変更しても分布の傾向に大きな差は見られなかった. よって, 今回は 20×20 pixel に設定した (ある程度の大きさが無いと, 色相の変化が現れにくいと考えられる).

5. 提案モデル

背景関心領域から得られる指標として, 背景関心領域から得られる $U \cdot V$ における最大値 $Ub_{\max} \cdot Vb_{\max}$, 最小値 $Ub_{\min} \cdot Vb_{\min}$ を求め, そこから, 肌色の分布における上限値 $Us_{\text{high}} \cdot Vs_{\text{high}}$, 下限値 $Us_{\text{low}} \cdot Vs_{\text{low}}$ を求め, そこから楕円パラメータ U_c, V_c, Ur, Vr を決定する. 具体的には, 全ての原画像から手動で肌色領域を選択し, 得られた U, V から上限値

$Us_{\text{high}} \cdot Vs_{\text{high}}$, 下限値 $Us_{\text{low}} \cdot Vs_{\text{low}}$ をそれ

ぞれ取得して, 背景関心領域から最大値 $Ub_{\max} \cdot Vb_{\max}$, 最小値 $Ub_{\min} \cdot Vb_{\min}$ を求め,

Vs_{high} と Ub_{\max} 間, Us_{low} と Ub_{\min} 間, Vs_{high}

と Vb_{\max} 間, Vs_{low} と Vb_{\min} について単回帰分

析を行い, 得られた回帰直線をその時の

$Us_{\text{high}}, Vs_{\text{high}}, Us_{\text{low}}, Vs_{\text{low}}$ 決定式として, 式よ

り求められた値を元に楕円パラメータを決定する.

6. 抽出実験

提案モデルを用いて, 調査実験に用いた画像全てから抽出実験を行った. 比較として, 全画像の楕円パラメータの平均値を用いた静的なモデルによる抽出を行った. 静的なモデルにおける中心座標 (U_c, V_c) の導出は式 (5)・式 (6), 長軸 Ur の導出は式 (7), 短軸 Vr の導

出は(8)によるものとする.

なお, 抽出率の評価は式(9)に示す適合率と式(10)に示す過剰画素数率を用いて行う. 抽出された画像の例を図 10, 適合率の推移を図 11, 過剰画素数の推移を図 12, 平均を表 2 に示す.

$$U_r = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m U_{r_j} \quad (5)$$

$$V_c = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m V_{r_j} \quad (6)$$

m: 画像数

$$U_r = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m U_{r_j} \quad (7)$$

$$V_c = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m V_{r_j} \quad (8)$$

m: 画像数

$$C = S_{ext} / S_{ide} \times 100[\%] \quad (9)$$

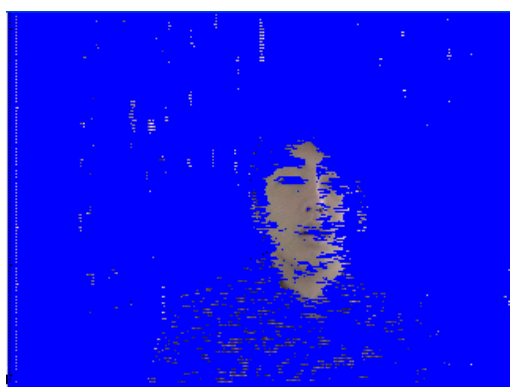
$$E = S_{exc} / (S_{all} - S_{ide}) \times 100[\%] \quad (10)$$

S_{ext} : 適合画素数[pixel]

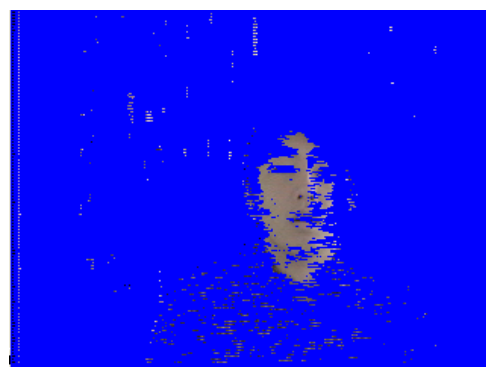
S_{ide} : 理想肌色領域画素数[pixel]

S_{exc} : 過剰画素数[pixel]

S_{all} : 全画素数[pixel]



(a) 提案モデル



(b) 静的モデル

図 10 抽出された画像の例

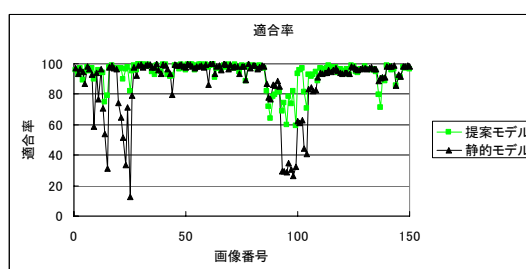


図 11 適合率の推移

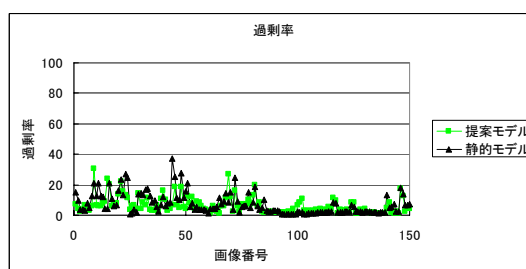


図 12 過剰画素数率の推移

表 2 平均適合率及び平均過剰画素数率

	平均適合率[%]	平均過剰画素数率[%]
提案モデル	93.2	6.26
静的モデル	86.1	7.13

結果, 提案モデルの方が適合率・過剰率とも向上しており, 安定した抽出が行えているといえる.

7. まとめ

照明条件の変化による肌色色相の変動に対

して、背景関心領域から得られる指標を用いて肌色分布モデルを変動させる動的肌色抽出法を抽出アルゴリズムに適用することにより、従来の固定肌色分布モデルを用いた抽出法よりも安定した肌色領域抽出を実現できた。今後の課題として、背景関心領域が有彩色であった場合の影響調査、及び別の環境における本手法の有効性調査を行う。また、動画像に対して本手法を適用した場合のリアルタイム性についての検討を行う。

参 考 文 献

- 1) 川戸慎二郎, 鉄谷信二: “顔領域抽出を目的とした肌色モデルと肌色領域抽出,” 信学技法, PRMU2001-59, 143/148, (2001)
- 2) M. Takagi and H. Shimoda: “Handbook of image analysis [Revised Edition],” University of Tokyo Press (2004)
- 3) 足達義則, 今井昭宏, 尾崎正弘, 石井直弘: “肌色領域抽出手法の検討,” 電学論 C, 120 卷 12 号, 1927/1932 (2000)
- 4) 杉本岳夫, 徐剛: “カラー画像による実時間顔検出,” 画像ラボ, 5/7 (1997)
- 5) V. Vezhnevets, V. Sazonov, A. Andreeva: “A Survey on Pixel-Based Skin Color Detection Techniques ” Proc. Graphicon-2003, 85/92 (2003)