

## 分光的特性に基づいた顔抽出の可能性検討

西野 聡

松村 勇希

保田 瞬

小山工業高等専門学校

あらまし 人間の肌にみられるように有機物は紫外線を吸収しやすい、すなわち青よりの波長に対して吸収が大きく(階調値が小さい)、赤よりの波長に対して小さい(階調値が大きい)特性を有する。したがって、本論文では人物を撮影した可視光画像に対して、この分光特性を利用して赤領域波長の階調値画像から青領域波長の階調値画像を引き、マイナスの階調値は0(黒の階調値)とすることで顔抽出を試行した。次にR-XB( $0.7 < X < 1.2$ )を導入し、その結果、室内で約0.95の顔抽出度(正しく全体が抽出された場合を1とする)を得た。さらに、本論文では得られた顔画像位置を利用して、近赤外線画像から髪抽出を行った。

キーワード 分光特性, 顔抽出, 髪抽出

### A Possibility Study on Face Detection using Spectrograph

Satoshi NISHINO, Yuuki MATUMURA and Shun YASUDA

Oyama National College of Technology

**Abstract** The proposed method uses the human face spectrograph that is influenced by red ray and blue ray. Human skin absorbs between the ultraviolet ray and blue ray, consequently a blue ray image of a human face will be low in gradation. On the other hand, a red ray has a high gradation on the face. Therefore, the proposed face extraction method subtracts the gradation value image of the blue wavelength region (:R) from the gradation value image of the red wavelength region (B), then the minus gradation value is converted to 0 (black gradation value) to erase the object without the human face from background. Then the new concept idea of the R-XB ( $0.7 < X < 1.2$ ) is introduced, as a result, the face detection rate obtained is 95% in the room. Moreover this paper tried hair extraction from the near infrared image using the getting face position.

**Key words** spectrum characteristic curve, face detection, hair extraction

### 1. まえがき

顔抽出は個人認証などに必要な基本的な画像処理技術であり、従来から様々な手法が検討されて来ている。顔を抽出するためには人物を抽出することが必要である。このために背景差分が一般的に行われるが、この場合には人物は動いていることが前提となる。本論文で用いる手法は、対象人物が動いていても、また静止していても適用可能な手法である。また、肌色や、髪色情報を利用した手法[2]も存在するが、茶髪や化粧の濃い人物では検出できないことがある。また肌色情報を用いると、人種が異なると顔抽出のための色情報を別に準備する必要がある。

本論文では、有機物(肌)は紫外線領域から青の波長領域(以下単にBと記す)に対して吸収が大きい特性を、一方赤の波長域(以下単にRと記す)に対してはBより吸収が小さい特性を持つことを利用して顔抽出を行う。これは人間すべて(すべての人種)に共通した特性である。したがって、この分光的特性を利用し、R成分の階調値画像からBの階調値画像を引き、マイナス成分は0とすることで黒・黄・白色人種すべての肌が抽

出可能である。

しかし、本論文では髪抽出は黄色人種しか試行していない。現段階で髪抽出に関してはすべての人種に対応した処理にはなっていない。

本論文では、室内の胸から上の人物を対象に顔抽出を試み、さらにこの検討を基に全身、複数人および室外の人物を対象に顔抽出を試みた。この際に、顔抽出(髪は含まず)は可視光画像で、髪抽出はこの顔画像を利用して、近赤外線画像で行った。しかし、女性の約7~8割がカラーリングを行い、その上カラーリングの度合いに個人差があるために、髪抽出は単に黒の階調値を抽出手法では適正に抽出されない。本論文ではこの事実に対応するために、抽出した顔位置をもとに髪位置を決定し、髪の階調値(黒か茶髪)をあらかじめプログラムで自動的に調査した上で抽出する手法を試みた。最後に、顔および髪が抽出されなければならない値に対してどの程度抽出されたかを評価するための指標として抽出度を導入し、各々の抽出度を評価した。

## 2. 顔抽出の基本原理

有機物は炭素のつながりであり、ベンゼン環や 2 重結合が多く、これらの結合で紫外線領域側の波長が大きく吸収される。具体的には、紫外から青の波長領域に対する吸収が大きい(反射小)。一方赤の波長域側に対しては吸収が小さい(反射大)。これは人間の肌に紫外線が吸収されやすいことからわかる。有機物の分光特性例を図 1 に示す。

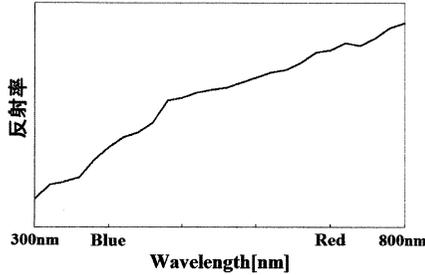


図 1 有機物の分光特性例

以上のことから、R 画像から B 画像を引くと  $R > B$  の部分は画像として残る。顔部分は前記条件が成立するので残り、顔が抽出される。また、各人種の R と B の値は表 1 に示す傾向がある[3]ので、すべての人種の顔は  $R - B$  により抽出される。ここで問題になるのは、背景に  $R > B$  の物質がある場合である。一般に人間の肌以外に背景に入る有機物としては、木の幹、木の葉、布、犬などの動物がある。犬などの動物はいないと仮定できるので除外する。木の幹、木の葉、は後述するように背景から容易に除去可能である。問題になるのは、布それも、肌色(赤、黄、パージュなど)の近い衣服である。これらは顔と一緒に抽出されるが、顔のみを選択する処理を行う(現段階では未検討)ことで削除できる。一方、 $R < B$  の場合はマイナス値となり、マイナス値はゼロとすることで除去可能である。以上の条件を下記に示す。

$$R(x, y) - B(x, y) = S(x, y)$$

$$S(x, y) > 0 \rightarrow S(x, y)$$

$$S(x, y) \leq 0 \rightarrow S(x, y) = 0$$

無機物の場合は有機物のように  $R > B$  特性を持つとは限らず、その分光特性は物質により異なる。ここでは人物の背景に入る物質に絞って特性を調査した結果を表 2 に示す。

実際に上記差分処理を行った結果、下記の問題点が生じた。

(1)  $R - B$  の値が小さい場合は、顔抽出範囲が実際の顔より小さくなる。

(2) 顔が適正に抽出されても、背景が残る場合がある。

これらの対処法に関しては後述する。

表 1 人種による B, R の階調値例

人種	B 階調値	R 階調値
黄色人	121	184
白人	217	246
黒人	44	105

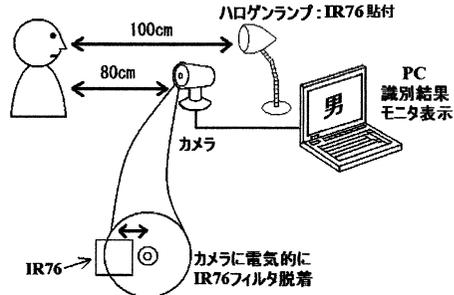


図 2 撮影システム

## 3. システム構成

本論文で使用したシステム構成を図 2 に示す。ただしこれは男女識別のための胸から上の上半身を対象とした場合である。カメラと人物の距離は 80cm と一定で、1m の距離から顔にハロゲンランプを赤外線フィルタを介して照射する。カメラ前面には、赤外線フィルタ (IR76) を着脱可能な構成で設置し、可視光画像撮影時はフィルタを外し、近赤外線画像時は装着する。可視・近赤外線共に画像の大きさは 640(横) × 480(縦) pixel である。

表 2 画像中の物質の B, R 階調値

室内/外	物質	B	R	R > B
室内	顔	127.3	166.6	○
	髪	21.8	21.6	×
	服 (茶)	55.3	64.6	○
	服 (黒)	198.8	174.5	×
	ドア	162.3	154.7	×
	壁	172.0	171.5	×
	ガラス	64.2	60.2	×
	紙	224.1	194.4	×
室外	顔	162.2	252.1	○
	髪	49.3	46.8	×
	服 (青)	171.9	112.7	×
	葉	63.9	73.8	△
	木	56.6	59.8	△
	影	92.7	98.0	△
	日向	253.9	254	△

○:  $R > B$  抽出される  
 ×:  $R < B$  除去される  
 △:  $R \geq B$  後処理で除去される

4人目



5人目



可視光原画像



X=1.00



X=1.00



X=0.9



X=0.85



(60-100)



(55-100)

(a) 背景に茶色の壁がある場合

6人目



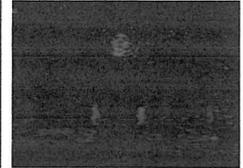
17人目



可視光原画像



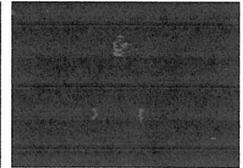
X=0.9



X=1.05



(60-100)



(50-100)

(b) 背景に日照がある場合

図3 R-XBの画像例

( )内はしきい値幅の階調値を示す

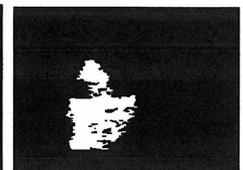
#### 4. R-XB手法の提案

図3(a)の $X=1$ は室外で単にR-Bを行った画像である。この画像から背景ノイズ除去のために一定幅の階調値(以下しきい値幅処理と記す)を抽出して顔抽出を行う。画像によってはこの処理でノイズを除去可能な場合もあるが完全に除去できない場合も多い。このような画像からノイズを除去するために、ラベリングを行い、最大面積のみを残し他は除去する後処理を行う。しかしこの後処理を行っても、R-Bを行った結果、画像の顔の一部が欠けたり、抽出された顔画像の階調値範囲が狭く、後処理で欠けていると後処理では補正不可能である。このようなことから、「2. 顔抽出の基本原則」の最後に記した2つの問題点が発生する。

これらに対処するために、本論文ではBにXを乗じて差分画像の階調値範囲を変化させる手法を提案する。図3の $X=1$ 以外の画像は試行的にXを変えた場合の画像である。



X=0.95



X=0.70

図4  $X<1$ の効果

図4は顔が完全に抽出されるまでXを試行錯誤的に変えて顔抽出した画像である。

また、図3,4内の( )の数値はこの上の画像に対してしきい値幅処理を行った階調値範囲を示している。

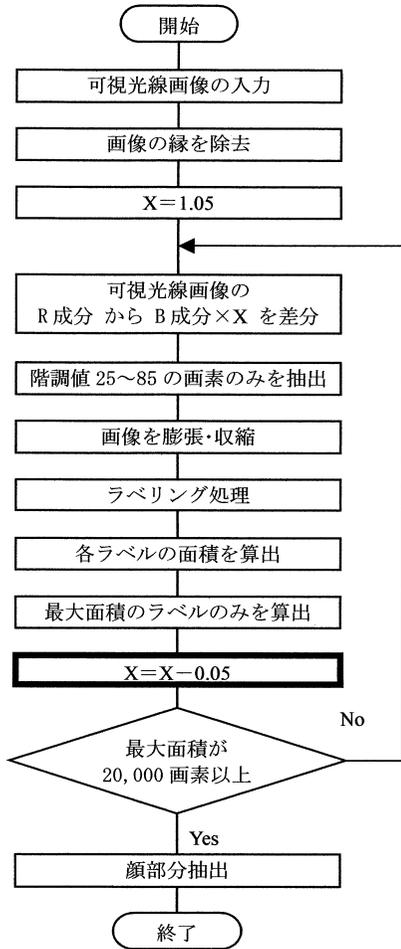


図5 Xの最適値決定フローチャート

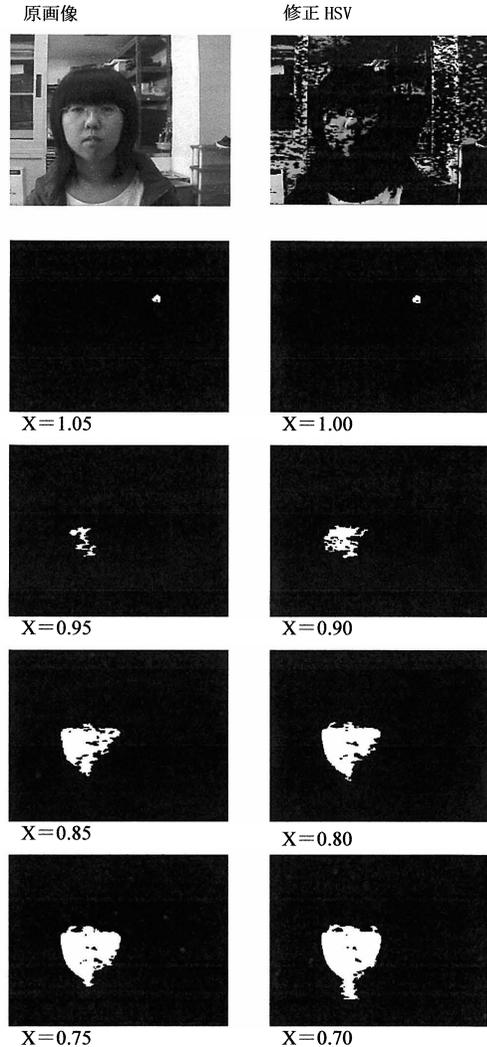


図6 X値の最適値決定プロセス

顔抽出に最適な X 値を決定を下記の考え方でを行う。

- (1) R-B 値が小さい場合は、抽出された顔が欠けるので、B 値を小さくして差分値を大きくするために  $1 < X$  とする。  
しかし、X が小さすぎると、背景のノイズも大きくなり後処理で除去できない場合がある。
  - (2) R-B 値が大きい場合は、顔が適正に抽出されても、大きく背景が残る場合がある。これに対処するため X 値を  $1 > X$  とし、背景が残らないようにする。  
しかし、この場合は逆に抽出される顔が欠ける場合が生じる。
- 上記(1)、(2)で生じる問題に対する処理に関しては次の 5. で述べる。

## 5. 限定条件下の R-XB 手法自動化

本論文では図 2 のシステムで、以下の限定条件下での R-XB 手法自動化プログラムの検討を行った。

### ・限定条件

1. 対象人物は一人とする。
2. 上半身を対象とする。
2. 外光が当たらない室内とする。

ここでは室内で人物の胸部から上で、カメラから人物までの距離が 0.8m に限定された条件下で、顔抽出のための X 最適値を求める方法に関し検討して実行した。

図 5 に X を可変して最適な顔抽出を行う処理の流れを示す。可視光画像に対して  $X=1.05$  から R-XB を開始し、後処理としてしきい値幅処理、ラベリング、最大面積抽出 (= 顔) を行った後に、X を前の値から  $-0.05$  刻みで変化させて、抽出画素数が 20,000 になるまで繰り返す。ここで抽出画素数を 20,000pixel としたのは、図 2 のシステムで対象人物とカメラとの距離が 80cm であることから決定した画素数である。

図 6 に図 5 のアルゴリズムのプログラムを実行した例を示す。X が 1.05, 1.00 時はラベリング結果として背景の茶系統の柱が抽出されてしまっている。しかし、図 5 の処理を繰り返して画素数が 20,000 画素になるまで処理を繰り返した結果、X が 0.70 の時に顔抽出が最適に行われている。また、本手法と比較するために、修正 HSV 色空間による手法を適用した画像を最上段の右に示す。

## 6. 髪抽出

人間(ここでは東洋人)の髪はカラーリングしていない黒髪でも男女差があることが我々の調査で明らかとなった。図 6 は成人男女各々 7 人の黒髪の分光特性を近赤外線分光器で測定した結果である。2 本の曲線は各々男女 7 人の平均である。この図から、女性の方が男性よりも反射率(階調値)が高いことがわかる。したがって、単に同じ階調値範囲抽出したのでは人間の髪は抽出できない。

その上、髪を抽出するにはまえがきで述べたように、カラーリングの問題があるために、単に男女に共通な黒の階調値部分を抽出する手法は適用できない。

そこで、本研究では髪抽出を顔の目を検出して、目から髪部分の範囲はほぼ一定以内にあることを利用して行う。これにより髪位置の平均階調値を最初に検出して、この階調値をもとに髪抽出階調値範囲を設定する。これにより、黒髪やカラーリングしている髪でも髪部分を適切に抽出可能となった。

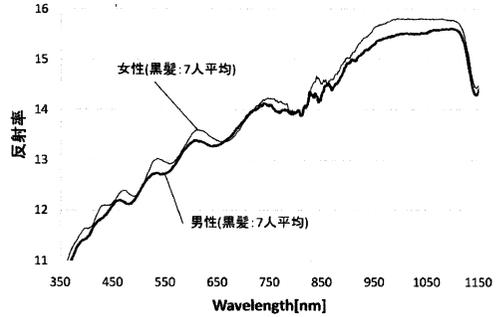
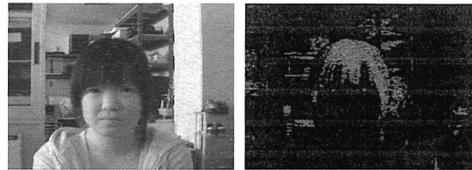
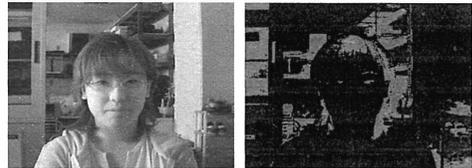


図 7 髪の分光特性(男女の相対値)  
分光器: 島津製作所 UV-3100PC



女性 6 (40-60)

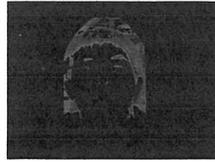


女性 4 (40-80)

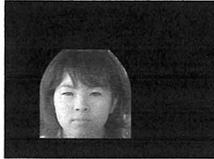
図 8 髪抽出の問題点  
( )内はしきい値幅の階調値を示す

顔切り取り結果

髪抽出画像



男性 No. 1



女性 No. 5

(a) 髪抽出成功例



男性 No. 2



女性 No. 7

(b) 髪抽出失敗例

図 9 髪抽出例

## 7. 髪と顔の抽出結果

本論文では、抽出度として下記を定義する。この式は本来抽出されるべき画素数や階調値に対し、本論文のアルゴリズムのプログラムでどの程度抽出できたかを評価する指標である。

$$\text{抽出率} = \frac{\text{プログラムでの抽出値}}{\text{本来の値 (手作業)}}$$

表 3 に髪と顔に関して、男女別に上記の抽出度を示す。また、この表で右欄の平均階調値中の値は本手法を基に近赤外線画像から自動抽出された髪と顔部分の抽出度を示している。これは、抽出結果を利用して種々の認識を行うときに問題となる指標である。

表 3 抽出度

性別	画素数		平均階調値	
	髪	顔	髪	顔
男性	0.885	0.887	0.925	1.004
女性	0.746	1.045	0.830	1.004

## 8. むすび

本論文では、有機物は紫外線領域から青の波長領域に対して吸収する人間すべて(すべての人種)に共通した特性であることを利用して可視画像で顔抽出する R-XB 手法の提案を行った。

また、女性の約 7~8 割がカラーリングを行い、その上カラーリングの度合いに個人差があるために、髪抽出は黒の階調値を抽出手法では適正に抽出されない。本論文ではこの事実に対応するために、抽出した顔位置をもとに髪位置を決定し、近赤外線画像で髪の階調値をあらかじめプログラムで自動的に検出した上で髪抽出する手法を試みた。この手法に関しては、背景に髪と同一階調値範囲の物質が存在する場合は髪と一緒にこの背景まで抽出される問題点がある。また、顔抽出の段階で適正に顔が抽出されない場合は髪位置を推定できずに髪抽出が行われない。

最後に、顔および髪の抽出を評価する指標の抽出度を導入して本手法の抽出結果を評価した。

今後は顔抽出の精度を高めて目の抽出を確実にし、これをもとに髪抽出を適正に行えるアルゴリズムの検討を行っていく予定である。

## 文献

- [1] E. プレシユ, T. クレーク, J. ズイブル, W. シモン 訳: 中西香爾, 梶原正宏, 堤憲太郎, 「有機化合物スペクトルデータ集」, 講談社サイエンスティフィク, 1982.
- [2] 呉海元, 陳謙, 谷内田正彦, “ファジィパターン照合を用いた色彩画像からの顔抽出システム”, 信学論 D-II, Vol. J78-D-II, No. 7, 1995. 7.
- [3] <http://www.ai.kyutech.ac.jp/toshi/kiso2/ensyu/color/skin.html>
- [4] 小林浩一, 「光の科学」, 東京大学出版会, 2002. 11.
- [5] 三宅洋一, 「分光画像」, 東京大学出版会, 2006. 2.