

ズームと顔の向き変化にロバストな口唇の位置推定に関する検討

白澤洋一<sup>†</sup> 西田 眞<sup>†</sup> 栗栖怜史<sup>‡</sup> 西 健治<sup>‡</sup>  
<sup>†</sup>秋田大学 <sup>‡</sup>株式会社アルファシステムズ

1. はじめに

口唇の動き特徴を認証システムとして用いる場合の前提として、口唇位置は自動的に推定されている必要がある<sup>[1]</sup>。この時、口唇の特徴を用いるためには、ビデオカメラのズームと顔の向き変化に対してロバストであることが求められる。筆者らはこれまでに、色彩情報を用いたファジィ推論による口唇の位置推定法を提案したが、事前にオペレータによる手動操作が必要であった<sup>[1]</sup>。また、目と口唇の位置関係に着目した口唇の位置推定<sup>[2]</sup>について検討されているものの、画像中に目が映っていない場合、口唇の位置推定は困難である。

そこで本研究では、ズームと顔の向き変化にロバストな口唇位置の自動推定法（以下、提案手法と表記する）について検討を加えたので報告する。

2. 使用画像データ

室内環境（蛍光灯下、照度約 450lx）で被験者 10 名（ア～カ）の画像をビデオカメラ（SONY : DCR-VX2000）により取得した。本研究では、顔全体が写っている画像を基準とし、3 段階にズームアップを行った画像を対象とした。本研究で用いた画像データの概要を以下に述べる。

- ・ズームを施していない状態（ズームなし）において、9 方向[(a)正面, (b)左 15 度, (c)右 15 度, (d)左 30 度, (e)右 30 度, (f)上 15 度, (g)下 15 度, (h)上 30 度, (i)下 30 度]から取得した画像（90 枚）。
- ・眉より下が映される様にズームアップした状態（ズーム  $\alpha$ ）において、9 方向[(a)～(i)]から取得した画像（90 枚）。
- ・口唇周辺が映される様にズームアップした状態（ズーム  $\beta$ ）において、7 方向[(a)～(h)]から取得した画像（70 枚）。

3. 提案手法

肌と比較し口唇は赤みを有している。そこで本研究では、色彩情報として、 $L^*a^*b^*$ 表色系で定義された知覚色度指数  $a^*$ （赤みが増す程、正に大きくなる特徴量）<sup>[3]</sup>に着目した。図 1 に提案手法の流れを示す。はじめに、原画像（図 1(a)参照）に前処理（ガウシアンフィルタ）を施した後、顔部品の輪郭を抽出する。次に、抽出した顔部品の輪郭の平滑化を行う。最後に、口唇の位置を推定する。

**3.1 輪郭の抽出** 口唇を含む顔部品の輪郭を抽出した。ズームなし、ズーム  $\alpha$  およびズーム  $\beta$ 、それぞれで取得した画像の口唇輪郭付近を同比率で拡大した図を図 2 に示す。口唇輪郭においてズームなし（図 2(a)参照）、ズーム  $\alpha$ （図 2(b)参照）、ズーム  $\beta$ （図 2(c)参照）の順番に、隣接画素間における赤みの増す度合いの小さいことが分かる。そこで、ズームアップに伴う隣接画素間における赤みの増す度合いの違いを考慮した口唇輪郭を抽出する

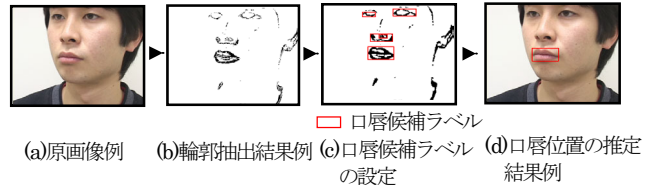


図 1 提案手法の流れ

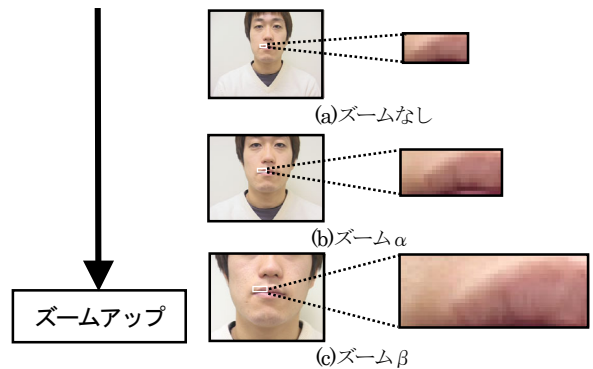


図 2 口唇輪郭付近の画像例

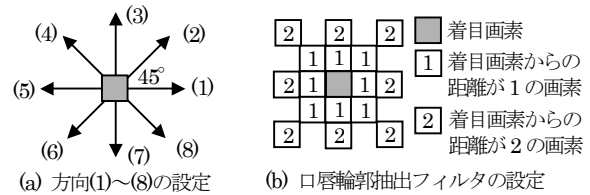


図 3 口唇輪郭抽出フィルタ

フィルタを検討した（以下、口唇輪郭抽出フィルタと表記する）。口唇輪郭抽出フィルタの設定を図 3 に示す。また、口唇輪郭抽出フィルタの概要を以下に述べる。

- (1) 図 3(a)に示す様に、着目画素と着目画素を中心とした方向  $i(i=1\sim 8)$  で、「距離 1 の画素」と「距離 2 の画素」を設定する（図 3(b)参照）。
- (2) 方向  $i(i=1\sim 8)$ 、それぞれで着目画素と「方向  $i$  の距離 1 の画素」の色差  $\Delta a_i^*$ （以下、 $\Delta a_{1i}^*$ と表記する）、「方向  $i$  の距離 2 の画素」の色差  $\Delta a_i^*$ （以下、 $\Delta a_{2i}^*$ と表記する）を算出する。次に、 $\Delta a_{1i}^* > 0$  かつ  $\Delta a_{2i}^* > 0$  の場合は、 $\Delta a_{3i}^* = \Delta a_{1i}^* + \Delta a_{2i}^*$ 、それ以外の場合は、 $\Delta a_{3i}^* = 0$  と設定する。
- (3) 着目画素の  $a^*$  が 8.0 以上、 $b^*$  が 2.0 以上、かつ方向  $i(i=1\sim 8)$  の内、1 方向以上の  $\Delta a_{3i}^*$  が閾値  $T_1(T_1=1.7)$  である画素を対象とし、以下に示す条件(a)～(d)を設定した。条件(a)～(d)を 1 つも満たさない場合、顔部品の輪郭であると判断し、この画素を輝度値 0（黒）、それ以外の画素を輝度値 255（白）とする。
  - (a)  $\Delta a_{31}^* > T_1$  かつ  $\Delta a_{35}^* > T_1$
  - (b)  $\Delta a_{32}^* > T_1$  かつ  $\Delta a_{36}^* > T_1$
  - (c)  $\Delta a_{33}^* > T_1$  かつ  $\Delta a_{37}^* > T_1$
  - (d)  $\Delta a_{34}^* > T_1$  かつ  $\Delta a_{38}^* > T_1$

前処理済画像の各画素（着目画素）に口唇輪郭抽出フ

A Study on Estimation of Lip Position Robust Against Zoom and Face Direction

<sup>†</sup> Yoichi Shirasawa and Makoto Nishida (Akita Univ.)

<sup>‡</sup> Satohumi Kurisu and Kenji Nishi(Alpha Systems Inc.)

表1 膨張および収縮の条件

膨張		収縮	
着目画素	近傍画素	着目画素	近傍画素
・ $\Delta a_{31}^* \sim \Delta a_{35}^*$ の内の1個以上が0より大きい。	・ $\Delta a_{31}^* \sim \Delta a_{35}^*$ の内の1個以上が0より大きい。 かつ ・ 輝度値=255	・ $\Delta a_{31}^* \sim \Delta a_{35}^*$ の全てが閾値 $T_1$ より小さい。 または ・ 3.1 節の条件(a)~(d)を1つ以上満たす。	・ 輝度値=0

表2 領域xにおける口唇らしさを表す条件

No.	条件	No.	条件
(1)	$A_{2x} > A_{1x}$	(5)	$M_{2x} > A_{1x}$
(2)	$A_{2x} > K_x$	(6)	$A_{1x} > 0$
(3)	$K_x > A_{1x}$	(7)	$A_{2x} > 0$
(4)	$A_{2x} > M_{1x}$	(8)	$M_{1x} > 0$

表3 領域yにおける口唇らしさを表す条件

No.	条件	No.	条件
(9)	$A_{2y} > A_{1y}$	(13)	$M_{2y} > A_{1y}$
(10)	$A_{2y} > K_y$	(14)	$A_{1y} > 0$
(11)	$K_y > A_{1y}$	(15)	$A_{2y} > 0$
(12)	$A_{2y} > M_{1y}$	(16)	$M_{1y} > 0$

フィルタを施した。前処理済画像に口唇輪郭抽出フィルタを施した結果例を図1(b)に示す。図1(b)に示す様に、口唇輪郭を含む顔部品の輪郭の抽出されている様子が認められる。

**3.2 輪郭の平滑化** 口唇を含む顔部品の輪郭を平滑化した。具体的には、膨張処理および収縮処理を施した。口唇輪郭の誤抽出および欠損を防ぐため、膨張処理および収縮処理の条件を設定した。本研究で設定した膨張処理および収縮処理の条件を表1に示す。なお本研究では、予備実験の結果を踏まえ、膨張処理→収縮処理→膨張処理→収縮処理の順番に処理した。顔部品の輪郭の平滑化結果例を図1(c)に示す。

**3.3 口唇位置の推定** 3.2 節の処理により得られた画像に対し、ラベリング処理を施した。各ラベルを包含する  $D_{ix}$  (横幅)  $\times$   $D_{iy}$  (縦幅) の方形領域を設定し、「方形領域の面積が閾値  $T_2(T_2=100)$ 以上」かつ「 $D_{ix} > D_{iy}$ 」のラベル(口唇候補ラベル, 図1(c)参照)に対して、以下に示す処理を施した。

- (1) 図4に口唇候補ラベル, ならびに口唇候補ラベルを基準に設定したテンプレートA~テンプレートCを示す。口唇候補ラベル(図4(a)参照)を基準にテンプレートA(図4(b)参照), テンプレートB(図4(c)参照)およびテンプレートC(図4(d)参照)を設定する。なお, 口唇候補ラベルが口唇に対応する時, テンプレートAは「口唇と肌を包含」, テンプレートBは「肌に対応」, ならびにテンプレートCは「口唇に対応」することを確認している。
- (2) 左・右方向に対するロバスト性の向上を目的とし, 本研究ではテンプレートA~テンプレートCをそれぞれ領域xと領域yに分割する(図4(b)~図4(d)参照)。
- (3) 「テンプレートAの領域x」の  $a^*$  のヒストグラムに判別分析法を施し得られる閾値  $K_x$ , 平均レベル  $M_{1x}, M_{2x}$ , 「テンプレートBの領域x」の  $a^*$  の

$A_{1x}$ , ならびに「テンプレートCの領域x」の  $a^*$  の平均  $A_{2x}$  を算出する。次に, 表2に示す条件(1)~(8)を用い, 「領域xに着目した口唇らしさを表す適合度  $S_x$ 」を算出する。

- (4) 「テンプレートAの領域y」の  $a^*$  のヒストグラムに判別分析法を施し得られる閾値  $K_y$ , 平均レベル  $M_{1y}, M_{2y}$ , 「テンプレートBの領域y」の  $a^*$  の平均  $A_{1y}$ , ならびに「テンプレートCの領域y」の  $a^*$  の平均  $A_{2y}$  を算出する。次に, 表3に示す条件(9)~(16)を用い, 「領域yに着目した口唇らしさを表す適合度  $S_y$ 」を算出する。
- (5)  $S_x$  と  $S_y$  を比較し, 大きい値を口唇候補ラベルの適合度  $S$  とする。
- (6) 適合度  $S$  が最大の口唇候補ラベルを口唇の位置と見なした(図1(d)参照)。なお, 最大の適合度  $S$  の有する口唇候補ラベルが複数存在する場合, 口裂の有する水平エッジが良好に抽出された口唇候補ラベルを口唇の位置と見なす。

#### 4. 実験結果およびまとめ

使用画像データに提案手法を施し得られた口唇位置の推定結果の例を図5に示す。また, 使用画像データに提案手法を施し得られた結果を表4にまとめる。

本研究では, 枠が口唇を欠損することなく包含している時, 口唇位置の推定に成功と判定した。また, 枠が口唇の一部を包含している事例においても, 口唇位置の把握は可能と考え, 口唇位置の推定に成功と判定した(表4における0内の数値参照)。

図5(a)および図5(b)に示す様に, ズームと顔の向き変化に関わらず口唇位置を推定することができる。提案手法を用いた口唇位置の推定の成功率は96.8%である。一方, 枠が口唇の輪郭を欠損することなく推定できた成功率は95.6%である。これらの結果は, 提案手法がズームと顔の向き変化にロバストな口唇の位置推定の可能であることを示唆している。

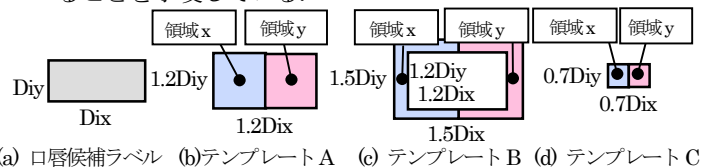


図4 テンプレートA~テンプレートCの設定



(a)被験者ア, ズームなし, 方向(h) (b)被験者エ, ズームβ, 方向(d)

図5 口唇位置推定結果例

表4 口唇位置の推定結果

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)
ズームなし	10(0)	9(0)	10(0)	10(0)	9(0)	10(0)	10(0)	10(0)	10(0)
ズームα	10(0)	10(0)	10(0)	10(0)	10(0)	10(0)	10(0)	10(0)	10(0)
ズームβ	10(0)	10(0)	9(1)	10(0)	8(1)	8(1)	8(1)		

#### 参考文献

- [1] 白澤, 西田: 「あいまいさを考慮した色彩情報による口唇抽出アルゴリズム」, 電学論C, Vol.123-C, No.4, pp.756-764 (2003)
- [2] 横山, 田中, 久富, 八木, 谷内田, 原, 橋本: 「正面顔画像からの輪郭特徴抽出」, 映像学誌, Vol.53, No.11, pp.1605-1614 (1999)