

3次元形状と色情報に基づく顔認証システム

森村 悠哉 花泉 弘

法政大学情報科学部

1 はじめに

現在、個人情報の漏洩などからセキュリティ対策が重要視されている。セキュリティ対策のうち、生体認証の1つである顔認証システムは非接触のため衛生的である。3D方式の顔認証では、ステレオカメラで撮影した顔画像から3Dモデルを作成し、ICP (Iterative Closest Point) アルゴリズムを用いて3Dモデル間の距離に基づいて認証を行うものがあった[1]。この手法では、認証判定を3D形状のみに基づいて行っていたため、顔全体の構造を利用した場合での認証エラーが10%を超えるなど改善の余地があった。本研究では、ステレオカメラから3Dモデルを作成し、認証判定にRGB情報を含ませることで認証エラーを低下させる手法を提案する。また、顔の部位ごとに認証を行うことで、どの部位が認証に大きく影響を及ぼすかも調査する。

2 原理と処理手順

2.1 RGBステレオ画像の取得

ステレオカメラを用いてカメラキャリブレーション済みのRGBステレオ画像を取得する。図1は撮影時のカメラ配置と座標系である。 O_L, O_R は左カメラ、右カメラの中心である。 XYZ 座標が世界座標系で、左カメラの中心が世界座標の原点になるようにする。 $U_L V_L$ 座標、 $U_R V_R$ 座標は左カメラ、右カメラの正規化画像座標系である。 P_L, P_R は3次元空間上の対象点 P のそれぞれの画像への投影点である。 B は左右のカメラ間の距離で、 f はカメラの焦点距離である。左右のカメラは水平に配置する。

2.2 顔領域の検出およびDepth画像の作成

まず、肌色検出として、RGB画像の値 $P(R, G, B)$ において以下の式を適用し、輪郭情報をチェーンコードで求め、最も長い領域を顔領域として抽出する。

$$P(R, G, B) : \begin{cases} \text{skin} & (R < G < B) \\ \text{not skin} & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (1)$$

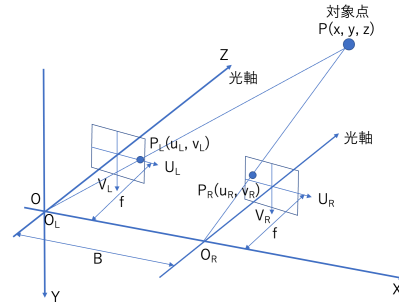


図1 カメラと対象点との位置関係

3Dモデルを作成するためにはDepth画像が必要で、それはDisparity画像から求められ、本研究ではSGBM法[2]を用いてDisparity画像を求める。図1から三角形の相似関係からDepth画像を求める。

$$x = \frac{Bu_L}{u_L - u_R} \quad y = \frac{Bv_L}{u_L - u_R} \quad z = \frac{Bf}{u_L - u_R} \quad (2)$$

2.3 首と耳の領域の除去

本システムでは首と耳領域は使用しない。まず首領域を除去する。顎下は顔の下半分でエッジ上にあることからDepth画像を1次微分して横方向のエッジを取得し、顎下の座標を推定し、首領域を除去する。顔の位置関係[3]で耳領域を定義・除去するため、まず肌色検出を用いて口領域を推定する。求めた口領域との位置関係から耳領域を除去する。これでは顎の横にある首領域を除去できていないため、口領域と同じ高さがあり、顔領域の輪郭上のエラの座標を検出する。求めたエラの座標と顎下の座標を線で結んで首の領域を除去する。

2.4 3Dモデルの作成

3Dモデルを作成するため、Depth画像の画素の位置 u_L, u_v と対応する x, y, z 座標から3次元座標を作成し、Open3Dの関数から3Dモデルを作成する。その際、 x, y 座標に対応するRGB情報を3Dモデルに付与した。

2.5 ICPによるモデル間の距離および色情報の算出

本研究では、Open3DのICPを実行する関数[4]を使用する。実行後、対応点ごとのユークリッド距離を求め、最も長い距離を3Dモデル間の距離とする。色情報に関しては、対応点ごとのユークリッド距離が長い順に500組の対応点を取得し、点

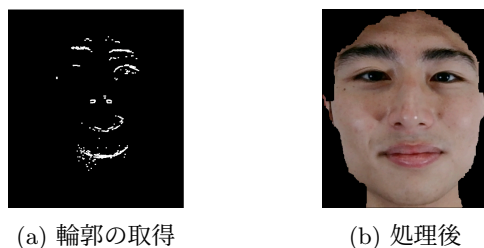


図2 顎下の座標を用いた首領域の除去

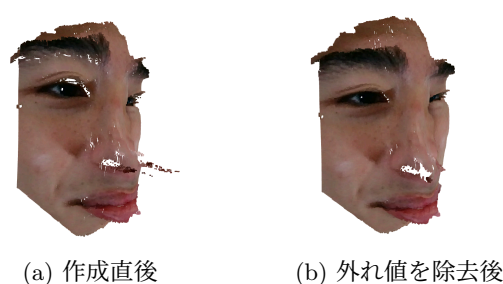


図3 3D モデル

群 P の対応点 (R_{Pn}, G_{Pn}, B_{Pn}) ，点群 Q の対応点 (R_{Qn}, G_{Qn}, B_{Qn}) について以下の式より色情報の差を評価した．

$$C = \sum_{n=1}^{500} (R_{pn} - R_{qn})^2 + (G_{pn} - G_{qn})^2 + (B_{pn} - B_{qn})^2 \quad (3)$$

2.6 評価方法

本システムの性能評価として，ERR を用いる [1]．閾値を等間隔でずらし，その都度 FRR(False Rejection Rate：本人拒否率) と FAR(False Acceptance Rate：他人受入率) を計算し，ERR を求める．

3 実験および考察

1 2 人の顔で，顔全体，目，鼻，口の領域で認証を行った．カメラキャリブレーション済みの RGB ステレオカメラを用いて，認証対象として 6 枚とデータベース用で 1 枚の画像を取得した．撮影は，カメラまでの距離を一定とし無表情であった．目の領域の認証は，顔領域検出の際に両目とも検出できなかった画像を除く 10 人で認証を行った．取得した画像において，肌色検出より顔領域を抽出し，(2) 式に基づいて Depth 画像を求めた．その後，Depth 画像で輪郭を検出して図 2a とした．顎下の座標を求めて首領域を除去することで図 2b を得た．また，顔の位置関係から耳領域を除去し，エラの座標と顎下の座標から首領域を除去した．3D モデルを図 3a に示す．鼻の一部の領域に異常値があったため，口の上の領域で Depth 値が下位 2% の領域を異常値だとみなし除去した．その結果が図 3b である．なお，顔領域が画像ごとに多少異なることを考慮し，認証対象のみ一回り小さくした．各顔パーツの認証に対する重要度を調べるために，目の領域は，顔領域の上半分の領域とし，鼻の領域は，口の上の領域とし，口の領域は，上で求めた口領域を適用した．最後に，認証対象とデータベースの 3D モデルで ICP を実施し，モデル間の距離のみと色情報を考慮した場合の認証を結果として比較した．認証の性能評価の指標として ERR を用い，FRR と FAR とを基に設定した．ERR を求めた結果を表 1 に示す．以上の結果から，目以外の領域は色情報も考慮すると認証精度

表1 ERR による認証評価

領域	3D モデル間の距離のみ	本システム
顔全体	0.184	0.138
目	0.160	0.168
鼻	0.173	0.135
口	0.375	0.372

が向上し，鼻の領域の精度が最も高いことから，鼻領域が認証に大きく影響しているといえる．目の領域が色情報も考慮すると精度が低下したのは，顔の角度によって目で反射している照明の光が異なってしまったからだと考えられる．

4 おわりに

本研究では，3 次元形状と RGB 情報を用いることで 3 次元形状のみよりも認証精度を向上させる手法を提案した．カメラキャリブレーション済みの RGB ステレオ画像を取得し，肌色検出より顔領域を抽出後，Depth 画像を求めた．本システムでは首と耳領域は使用しないため，除去した．3D モデル作成を作成し，ICP を実施．距離空間，色空間より ERR を指標として顔全体，目，鼻，口領域で認証結果を比較した．実験の結果，目以外の領域では色情報によって認証精度が向上した．本手法は 3 次元形状で認証を行なっていることから，今後の課題としてデータベースと認証対象での眼鏡の有無といった撮影状態で精度が左右されないための改良が挙げられる．

参考文献

- [1] Akihiro HAYASAKA, Koichi ITO, Takafumi AOKI, Hiroshi NAKAJIMA, and Koji KOBAYASHI, "A Study of a Robust 3D Face Recognition Algorithm under Varying Facial Expression," In Proceeding of the 21st Workshop on Circuits and Systems in Karuizawa, April 2008, pp. 459-464
- [2] Heiko Hirschmuller, "Stereo processing by semiglobal matching and mutual information," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, February 2008, Vol. 30, No. 2, pp. 328-341
- [3] Rahul Ajmera, Aditya Nigam, and Phalguni Gupta, "3D Face Recognition using Kinect," In Proceedings of the 2014 Indian Conference on Computer Vision Graphics and Image Processing, December 2014, pp.1-8
- [4] P.J. Besl and Neil D. McKay, "A method for registration of 3-D shapes," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Volume: 14, Issue: 2, 1992 February