

顔の3次元情報を用いた個人照合

古市 喜則 安藤 慎吾 中島 真人

慶應義塾大学理工学部

概要 顔を用いた個人照合においてこれまでに提案されている手法は、濃淡画像や輪郭画像といった2次元情報を用いる手法であった。しかし、それらは照明環境の変動に弱く向きの補正もできないため、データ取得の際、被照合者に多くの制約をつけなければ満足いく照合率が得られなかった。そこで我々は、光切断法により顔の3次元形状を実測し、得られた3次元情報から向きの較正を行い、顔表面の法線ベクトルを特徴量として照合を行なう。本報告では、提案する照合方式と本手法の有効性を示すために行った照合実験の結果を示す。

Human Verification Using 3-D Face Shape

Yoshinori FURUICHI Shingo ANDO Masato NAKAJIMA

Faculty of Science and Technology, Keio University

Abstract The method which sets to the human verification using the face and is proposed by until was a method using 2-D gray-level image and an outline picture. However, at the time of data acquisition, since they were not weakly made as for compensation of direction to change of lighting environment, either, if many restrictions were not imposed on a compared person, the satisfying rate of verification was not obtained. Then, we survey 3-D face shape using light-section method, proofread direction from the acquired 3-D information, and compare by making the normal vector on the surface of a face into the amount of the features. This report shows the result of the verification experiment which shows the validity of the verification system to propose and this method and which went to accumulate.

1. はじめに

情報化社会の発展にともない、高度な個人照合技術の必要性が高まってきており、利用が期待される分野も広範にわたる。[1] 其中的1つ

として、企業や研究所等の重要部署における入室者管理への応用が考えられる。現在、このような場所における個人照合はIDカードを用いた方法、暗証番号入力による方法が一般的で

ある。IDカードを用いた方法は、メンバー登録時に登録人物に固有の登録番号（ID番号）を発行し、それを磁気カード等に記憶させておくというものである。一方、暗証番号を用いる方法は、テンキーによって暗証番号を入力することで個人照合を行なうものである。しかし前者にはIDカードの盗難や紛失により悪用される恐れがあり、後者には暗証番号の漏洩による悪用が懸念される。また、前者と後者を併用する方法もあるが、根本的な解決にはなっていない。

そこで、個人固有の情報である身体的特徴例えば、指紋、虹彩、眼底網膜紋、顔を用いた個人照合方式の開発が試みられている。これらを入退出者管理における本人確認に用いる場合、用いられる情報が個人特有の特徴であり、データ取得が容易に行なえ、さらにデータ取得時に照合対象者に違和感や強制感を与えないことが重要である。そのような場合、上記の条件を満たすのは顔ではないかと考えられる。顔は他の特徴と比較して、非接触で容易にデータを取得できるので対象者に違和感や強制感を与えることがない。また、他人を見分ける際は人はいって顔で行っており、個人を判別するのに有効な特徴を持っていると考えられる。

これまでに提案されてきた顔の情報をを用いた個人照合の手法のほとんどは、2次元情報である顔の濃淡情報を用いて顔の輪郭や特徴を用いる手法である。^[2]これらはカメラ1台で簡単にデータが取得でき、2次元データなので計算機上でのデータの扱いが容易であるという利点がある一方、データ取得時の顔の位置、大きさ、顔の傾き、照明条件の変動により、同一人物より取得したデータであっても状況により全く異なったデータとなるため高い照合率が得られないという問題点があった。また顔の向きずれや照明条件の変動にロバストな手法^[3]も提案されてきたが、登録用データを多数取得する必要が

あった。

そこで我々は、顔の3次元データの特徴量として、個人照合を行なう手法を提案する。顔の3次元データを用いることで、顔の向きの較正が可能になり、照明条件の変動によらない照合が行なえると考えられる。

本報告では、顔の3次元形状データを光切断法によって取得し、それをを用いて顔の向きの較正を行ない、3次元情報のうち顔表面の法線ベクトルを用いて相関により照合を行なう手法について述べる。さらに、本手法の有効性を示すために行なった照合実験とその結果を示す。

2. 顔の3次元形状情報の取得

本手法では、顔の3次元情報を光切断法によって取得する。図1に3次元形状データ取得システムの光学配置を示す。

スリット状のレーザを照射すると投影面にスリット光が現れる。これをCCDカメラでとらえ、顔の存在によるスリット光の移動量を用いて以下の式により顔の距離情報を算出する。

$$\begin{aligned} Z &= \frac{h^2 \delta}{dl + h\delta} \\ X &= \frac{U + \delta}{l} (h - Z) \\ Y &= \frac{V}{l} (h - Z) \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 h は基準面とレンズまでの距離、 d はレンズと回転ミラーまでの距離、 l はレンズとCCDカメラ受光素子との距離である。図2に取得された3次元形状情報を Lambert Shading を用いて法線ベクトルの向きを濃淡レベルの変化で表示したものを示す。

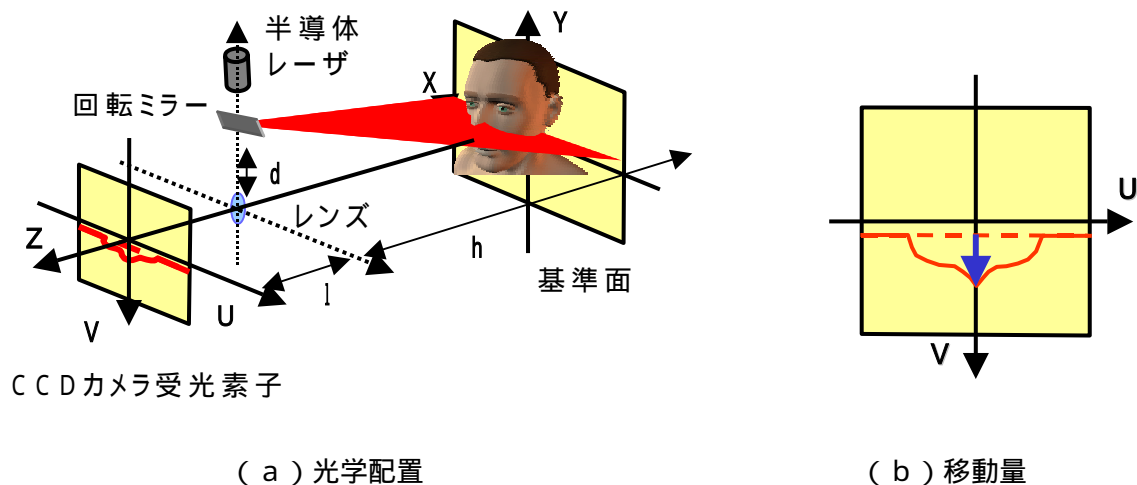


図 1 . 3次元情報取得システムの光学配置

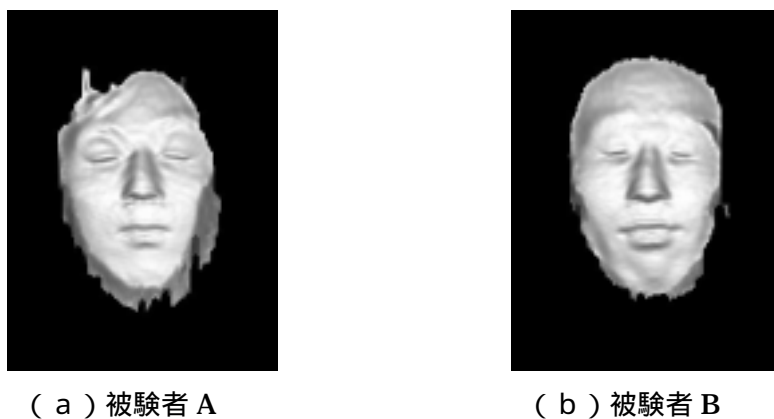


図 2 . 取得された 3次元形状データ (陰影付きデータ)

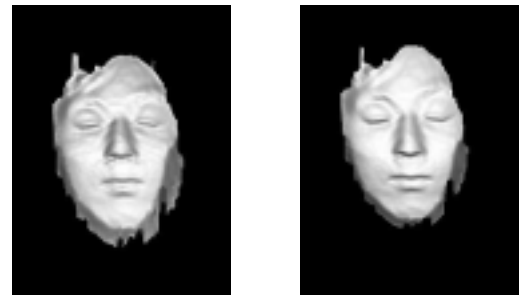
3 . 顔の向き of 較正

顔の 3次元データは原則として正面から取得することになっているが、実際にはデータ取得時の状況により顔の向きが若干ずれる。そのため、取得された 3次元形状データを用いて高い精度の照合を行なう際には、顔の向き of 較正が必要となる。そこで、以下のようにして顔の向き of 較正を行なう。顔の向き of 較正は、顔表面の法線ベクトルの向きに着目した手法である。以下に処理の流れを、図 3 に較正法 of 概念図を示す。

- (1) 距離情報から一番高い点を鼻の頂点と仮定し、その点が $(0,0,z_0)$ に来るように全データを移動させる。
- (2) 顔の表面の法線ベクトルを算出する。
- (3) 鼻の頂点より 5 cm 以内の法線ベクトルを半径 1 の半球に投影し、3つの領域に分割する。
- (4) 領域 1 中の法線ベクトルは顔の正面方向を向くので、その重心が原点に来

- るように x, y 軸周りの回転を行なう。
- (5) 鼻の頂点より 3 cm 以内の法線ベクトルを半径 1 の半球に投影し, 3 つの領域に分割する。
- (6) 顔は左右対称と仮定すると, 鼻の側面の法線ベクトルは領域 2 に左右対称に分布する。そこで, 領域 2 中の左右の重心が y 軸に対し対称となるように z 軸周りの回転を行なう。

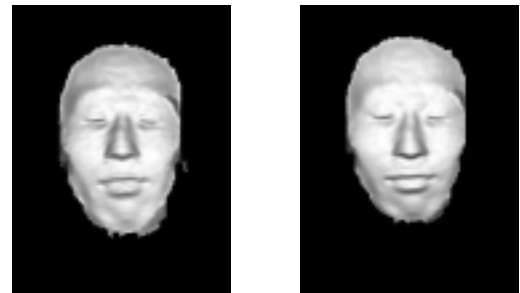
以上の処理を, 回転角が収束するまで行なう。
較正結果を図 4 に示す



較正前

較正後

(a) 被験者 A



較正前

較正後

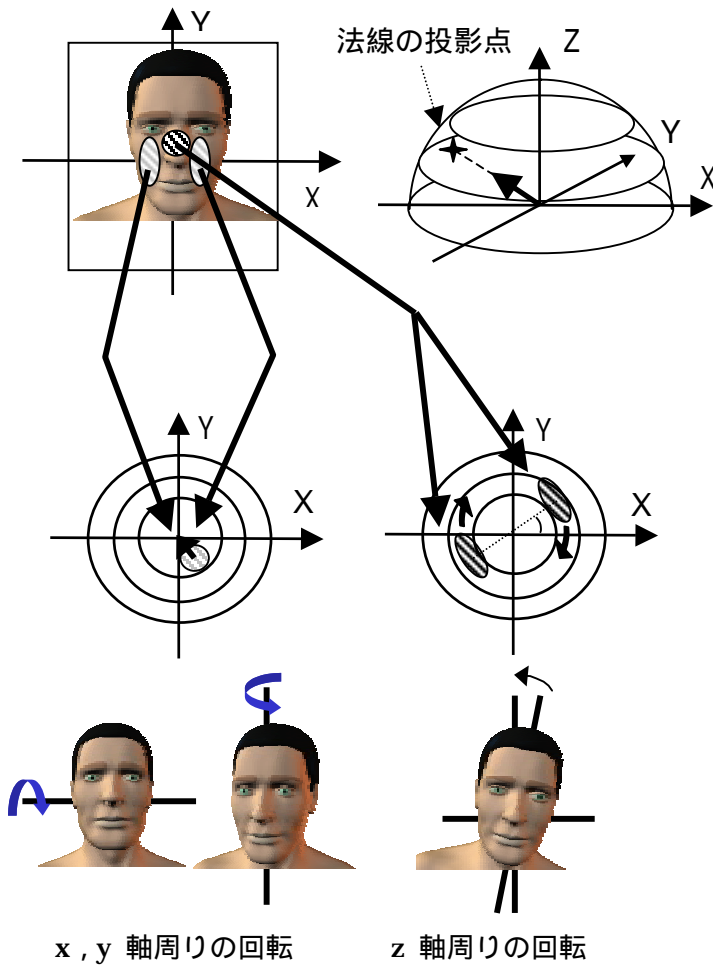
(b) 被験者 B

図 4 . 顔の向き較正結果 (陰影付きデータ)

4 . 特徴量抽出

本手法では, 3 次元情報のうち, 顔鏡面の傾きの分布を示す法線ベクトルを 1 つのパターンとし, あらかじめ特定した照合領域で区切った部分同士を用いて照合を行なう。ここで問題となるのは, 法線ベクトルをどのようにして 1 つの特徴量として表現するかである。3 次元の法線ベクトルであるからその成分は x 成分, y 成分, z 成分の 3 つである。今, 顔表面の法線ベクトルは長さ 1 に正規化されているので, 3 成分のうち独立なのは 2 成分である。そこで本手法では, 先に挙げた 3 成分のうち x 成分を実部, y 成分を虚部として, 顔表面の法線ベクトルを以下の式のように表現する。

$$N(i, j) = x_n(i, j) + j \cdot y_n(i, j) \quad (2)$$



x, y 軸周りの回転

z 軸周りの回転

図 3 . 顔の向きの較正

5. 正規化相互相関による照合

本手法では，抽出した特徴量を用い正規化相互相関を用いて照合を行なう．学習用データの登録数は1人あたり5枚とし，照合対象データに対し5枚のデータそれぞれについて相関をとり，相関係数の最大値と最小値を除いた残りのうち最大の値を示したもので，つまり，2番目に大きい値を示した相関係数を用いて本人判定を行なう．

6. 照合実験

提案手法の有効性を示すために被験者20名（男性：16名，女性：4名）に対して照合実験を行なった．学習用のデータは1人あたり5枚取得する．照合用のデータは，計600枚である．図6に照合に用いたデータを示した．いずれも，前処理を行なった後のデータで，処理速度向上のため128×128 pixelのテンプレートにしたものである．また，Lambert Shadingを用いて法線ベクトルの向きを濃淡レベルの変化で表示した．

7. 実験結果

照合実験の結果を表1に示した．表1の結果は2つの場合について示してある．本人拒否率は登録者が自分のIDを入力した際に，誤って登録者本人ではないと判定してしまうエラー率であり，他人受率率はIDに示す人物ではない他人が，誤ってIDの示す本人として受け入れられてしまうエラー率である．

表1. 照合結果

閾値	本人拒否率	他人受率率
0.85	0.0% (0/600)	3.3% (379/11400)

将来的に実用を考えると，登録者本人が入室を拒否されることがあってはならないと考えられるので，本人拒否率が0.0%になるように閾値を設定する必要がある．図5に閾値と本人拒否率，他人受率率との関係を示す．

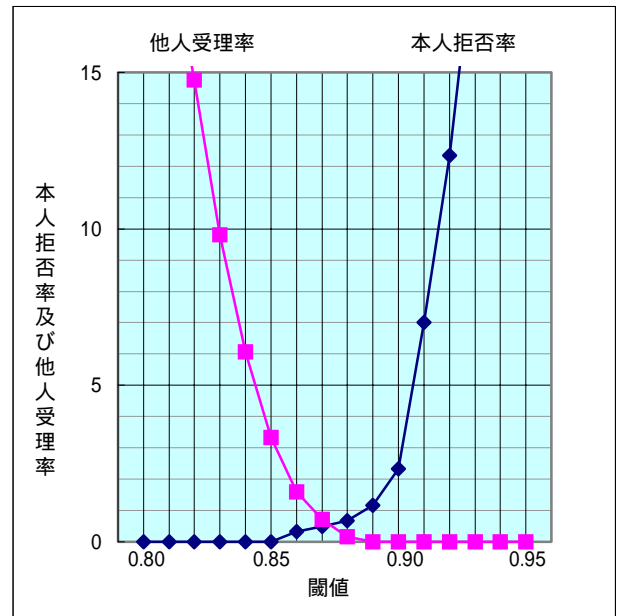


図5. 閾値と本人拒否率，他人受率率との関係

8. まとめ

本報告では，顔の3次元情報を用いた個人照合手法を提案した．光切断法を用いた3次元形状データ取得について述べ，それをもちいた顔の向きの較正手法について述べた．さらに，3次元情報である顔表面の法線ベクトルを特徴量として正規化相互相関を用いて照合する手法について述べた．提案手法に基づいて行なった被験者20人に対する照合実験の結果，顔の3次元情報のみを用いて高い照合率が得られることが確認された．



図 6 . 照合に用いたデータ (被験者 20 名 : 男性 16 名 , 女性 4 名)

参考文献

- [1] 大山 永昭 : “ 個人認証の考え方と制度的な対応 ” , 映像メディア学会誌 , Vol.55 , No.2 , pp168-171 (2001)
- [2] 小杉 信 : “ モザイクとニューラルネットワークを用いた顔画像の認識 ” , 電子情報通信学会論文誌 D- , Vol.J76-D- , No.6 , pp1132-1139 (1993-06)
- [3] 櫻井 保志 , 岩佐 英彦 , 竹村 治雄 , 横矢 直和 , 加藤 隆 : “ 全周距離データを用いた固有区間法による顔認識 ” , 電子情報通信学会技術報告 , (パターン認識・理解) , PRU95-193 , pp23-28 (1996-01)