

## 全方位画像列からの個人識別

横山 太郎, 小原 ゆう, 八木 康史, 谷内田 正彦

大阪大学大学院基礎工学研究科, 〒560-8531 大阪府豊中市待兼山町1-3

E-mail: {yokoyama, y-yagi, yachida} @sys.es.osaka-u.ac.jp

あらまし 全方位視覚センサは, 広視野を同時に観測できるということからサーベイランスなどの目的に利用されつつある. しかし, 入力画像の解像度は, 撮像素子の素子数と密接に関係していることから, サーベイランスにおいても, 人物の発見, 追跡ならびに大きなジェスチャ認識といったおおまかな画像理解に関する研究にとどまっていた. 本報告では, 全方位視覚センサにより撮像された顔画像からの個人識別という従来ある程度の解像度が必要とされた問題に取り組む. 提案手法では, シーン中を歩行する人物画像から歩行者の顔画像列を抽出し, 低解像度ながら長時間観測できる特徴を利用し, 顔画像列から個人を識別する.

## Face recognition from an omnidirectional image sequence

Taro Yokoyama, Yuu Ohara, Yasushi Yagi, Masahiko Yachida

Department of Systems and Human Science,  
Graduate School of Engineering Science, OSAKA University  
1-3 Machikaneyama-cho, Toyonaka, Osaka 560, JAPAN  
E-mail: {yokoyama, y-yagi, yachida} @sys.es.osaka-u.ac.jp

**Abstract** Face is a one of the most attractive information for personal identification. In this paper, we propose the personal identification method from an omnidirectional image sequence. Since an omnidirectional image sensor HyperOmniVision observes a 360-degree view around the robot, it can observe a global azimuth information of the person (face). We track the human face while the person walks around the camera. Under assumption of smooth human motion, we identify the corresponding person from database.

### 1.はじめに

近年, 利用者の負担が少ない個人認証の方法として, 顔を基にした個人認証方法が盛んに研究されている[1]. 代表的な顔研究としては, TurkらによるEigenFaceの研究[2], GabolWaveretを用いる方法[3][4], 制約相互部分空間法を用いた方法[5]など, 微小な位置, 姿勢変化にも対応した手法が報告されている. しかし, これらの研究で

実施された実験では, そのほとんどが, 利用者がカメラの方を意識せずに自由に行っている場合についての評価は行っていない(実際に標準画角のカメラレンズを用いた場合, 意識してカメラの前に行かないと視野に入らない).

顔による個人認証のよさは, 利用者に対する負担の少なさにあり, 理想的には, 自然に歩いている映像から個人認証ができることが望ましい. そこで, 本報告では, 広視野を観測できる全方位視

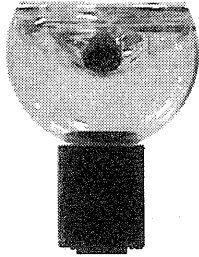


図1 全方位視覚センサ

覚センサを用いることにより、長時間対象人物を観測し個人の識別を行うという、動画像を用いた個人識別方法についての検討を行う。

全方位視覚センサHyperOmniVision (図1) [6]は周囲360度の視野領域をビデオレートで観測できるため、一度に多くの人物が同時に撮影できるという特徴に加え、各人物は長時間視野に入っているという特徴がある。全方位視覚センサを用いて人物を観測する研究は、人物位置の検出[7,8,9,10]や、ジェスチャー認識[11,12,13]など、低解像度でもできる処理に限られていた。本研究では、全方位視覚センサで撮影した映像は低解像度ではあるが、各歩行者の顔を長時間歩行者がカメラの横を通り過ぎるまで観察できることを利用し、時系列間での動きの滑らかさを考慮した上で、予め登録しておいた各人物のアピアランス顔モデルと照合することで、時系列間での評価結果から個人を特定する。

以下、全方位視覚センサを用いて得られた画像から、人物を発見する方法、顔画像の切り出しを行う方法、得られた時系列顔画像から個人の識別を行う方法、さらに顔モデルの生成方法について述べる。

## 2. 全方位画像からの人物と顔の発見とその方向推定

入力された全方位画像 (図2) から、人物のいる方位角 (図2  $\theta_p$ ) と、チルト角 (図2  $r_p$ より求める)、人物までのおおまかな距離 (顔の大きさ) を求める。具体的には、あらかじめ撮像しておいた全方位の背景画像との差分処理を行い、差分領域が抽出された場合、歩行者として登録する。得られた差分画像に対し、全方位中心から放射方

向へ投影を行い、投影値 ( $\theta$  投影) の最大の部分を、人物方位とする。

一般に全方位画像全体の透視投影変換は計算コストが高いため、広範囲の処理は入力画像そのままで行うことが望ましい。現状では1人の人物に限っているが、多人数の可能性のある場合にも、計算量の増加を最小限にすることが可能である。

ところで、38万画素のNTSCレベルのカメラの場合、全方位画像中でかろうじて顔が確認できるのは、センサから人物までの距離が3mぐらいまでで、この場合、人物は方位で15度の範囲に収まる、一方、非常に近づいた場合 (30cm) には45度程度となる。そこで、人物のいる方位角範囲を、方位角が人物の中心がずれていることも考慮して、人物方位角から前後40°の幅とし、最大投影値の10%の投影値となった部分までを人物角度範囲とすることで人物領域の切り出しを行う。

次に、人物の頭頂と足下を決定する。人物領域内で半径方向 (図2  $r$  方向) へ差分画像の加算投影を行い投影角度値を求める。人物の入る半径方

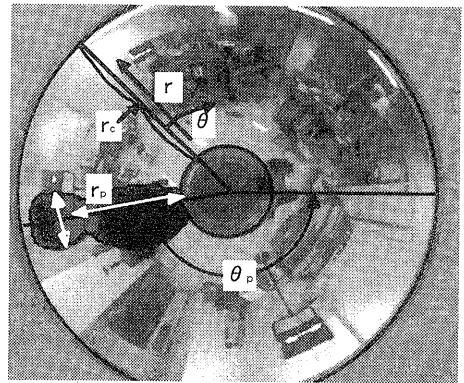


図2 全方位画像

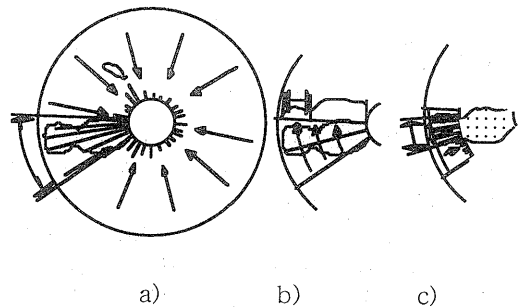


図3 人物とその顔位置の発見

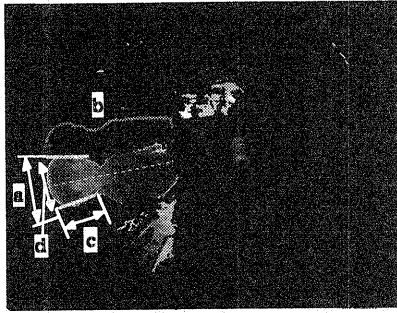


図4 人物顔領域抽出結果例

向の領域は、前述の3m離れた場合には、足下は半径の半分(図2rc)以下となり、頭部は半径の半分以上となる(身長160cm)。そこで、半径の半分から探索を開始し、投影角度値が人物角度の5%以下となった地点を頭頂と足下とする。チルト方向のひずみを考慮した身長の上1/6以上の最大投影角度値である半径と、体の中間値の間で、第1に中央方向に向かって最小の投影角度値をとる点を探し(顔と襟または肩との境界)、その後投影角度値が急激に増加する部分の最大点を顔の下部とする。そして、頭頂から顔の下部の間を全方位画像中央から放射方向に投影し、投影値最大地点から両側に探索し最大値の20%以下になった場合に顔の両側角度とし、その中間角度を真の人物方位角として確定する。

最後に、抽出された頭部範囲を円周方向に拡大縮小し、ノイズを除去し、顔画像を抽出を終える。図4は、上記の手法により抽出された結果で、図中aは人物の存在する角度範囲、bは投影角度値、cは得られた顔の高さdは得られた顔の幅である。

4人の被験者に3m離れた地点からセンサの脇を通り抜けるように歩行してもらった系列と、センサの前30cmで首を振ってもらう系列の2系列について、顔領域の抽出を行った結果、718フレームすべてにおいて、誤りなく検出することができた。以上の結果並びにこれまでの実験結果から、センサからの距離3メートル以内での自然な歩行動作であればほぼ正確に顔位置の切り出しができた。

### 3. 透視変換面での顔領域の正確な抽出

個人識別を行うための前処理として、人物の顔を含む画像から顔の位置を正確に求める。また、顔のスケールの正規化のために、目口の位置を正確に求める。

まず、人物方位角と、頭頂、顔下部の中間点を中心として、顔の両側角度が入るように距離パラメータを設定し、透視投影変換を行い頭部画像を得る。頭部画像に対して、顔テンプレートを当てはめ正規化相互相関により、位置と顔の方向を決定する。標準顔テンプレートは、図5に示すような5方向からなり(A,B,C,D,E)。そのうち、3方向については、図5L,F,Rのそれぞれのa,b,c,dのように、局所テンプレートを持つ。

マッチングの範囲は頭頂から輝度値の低い頭髪部分を除いた領域内で行う。そして図5のA,C,Eの方向と判断された場合には、対応する部分テンプレート(L,F,R)を用いて、目、口の位置を求め、より正確な顔姿勢を求める。B,Dに関しては、それぞれL,FとF,Rの組み合わせ、部分テンプレ

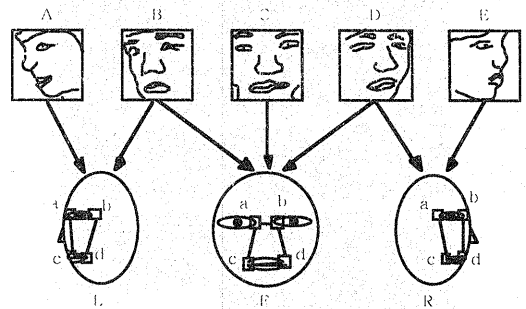


図5 標準顔テンプレートと部分テンプレート

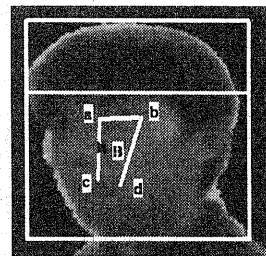


図6 顔画像の切り出し結果例

トの相関値の合計が最大のものを選択した。部分テンプレートの探索範囲は顔位置を基準に各テンプレートごとに定めた。次に、各テンプレートとの相関値最大の位置を基準に他のテンプレートの探索範囲を限定し、相関値の高いものから順次確定していくことで、すべてのテンプレートの対応位置を確定する。そして、4通りの結果のうち、相関値最大の組み合わせを最終的な目、口の位置とする(図6)。

#### 4. 時系列画像から個人の識別方法

学習データに、連続して変化させた画像列を用いてテンプレート集合をつくる。今回の実験では、顔の向きを横方向の変化に限定し(視線の高さを一定にし、また首をかじげないようにする)た画像を学習データとし、一人につき約30画像を用いている。図7に作成されたテンプレートの一例を示す。テンプレート、入力画像ともに、目と口の垂直距離を基準としてスケールの正規化を行っている(図8)。

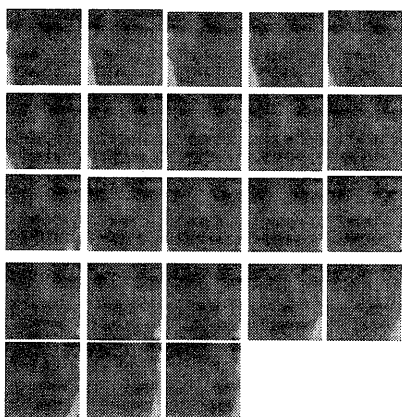


図7 個人用テンプレート画像

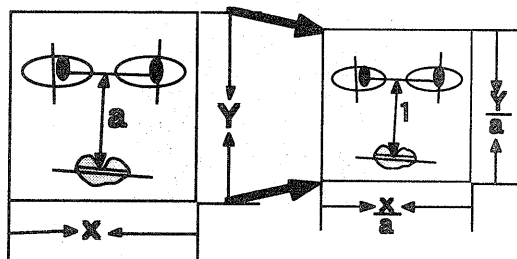


図8 個人識別のための正規化

テンプレート

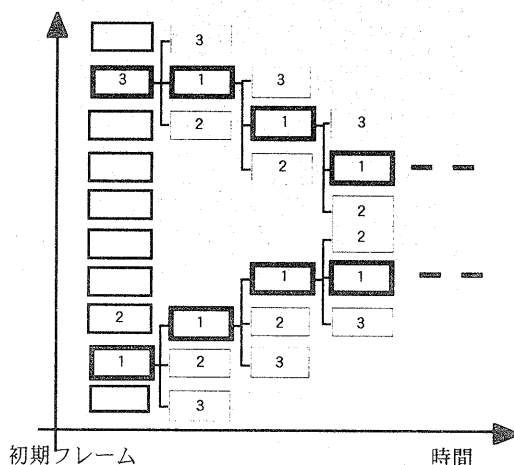


図9 時系列間での姿勢検索

#### 4.1 単独フレームでの処理

入力画像Iに対してのテンプレートrの評価値  $V(I,r)$ を次式のように定義した。

$$V(I,r) = w_d(r)(R(I,r) + w_p(r)R(I,r-1) + w_a(r)R(I,r+1)) \quad (1)$$

$R(I,r)$ はテンプレートrに対する画像Iの相関値で、 $r+1, r-1$ は評価値を得たいテンプレートを意味する。

$w_d$ は、顔の向きに応じて、各個人ごとに異なる重みを設けている、具体的には、他の人物のテンプレート全てとの相関結果の最大値の逆数から求めている。すなわち、他人との識別しやすい姿勢のテンプレートに対して重みをあげることで、より他人との識別のしやすい評価関数としている。

$w_p(r), w_a(r)$ は顔の向きの変化により追従しやすいよう、テンプレートの連続性をより持たせるために、テンプレート間の評価値を滑らかにするために導入した重みで、それぞれのテンプレートと、その前後のテンプレートとの相関により決定している。

$$w_p(r) = R(r,r-1) \quad (2)$$

$$w_a(r) = R(r,r+1) \quad (3)$$

#### 4.2 時系列の処理

以下のような評価基準により個人の識別を行う。

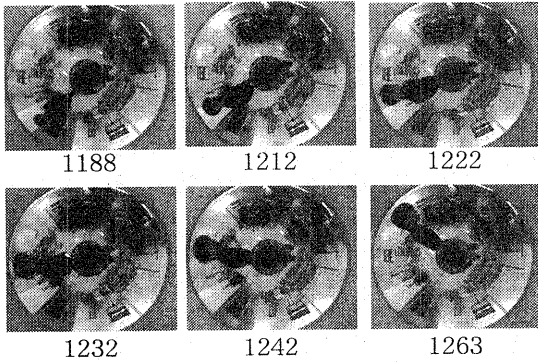


図10 歩行画像系列の例

なお、図9は時系列間での姿勢候補探索の説明図である。

初期フレームについては、すべてのテンプレートに対して、評価値を計算し、隣接姿勢ではない評価値上位の5つのテンプレートを候補テンプレートとする。次フレーム以降では、それぞれの候補テンプレートについて、候補テンプレートの姿勢とその隣接姿勢でのテンプレートの合計3つの評価値を求める。そして、3箇所での評価値のうち最大評価値をとった姿勢を候補とする。これらの処理を5つのテンプレートすべてに行い、次にしめすそれまでの評価値の累積平均により、Nフレーム終了後、最大評価となった候補により個人の識別を行う。なお評価値がしきい値以下となった候補は、探索対象から削除する。

$$E = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^N V_t(I_t, r_t) \quad (4)$$

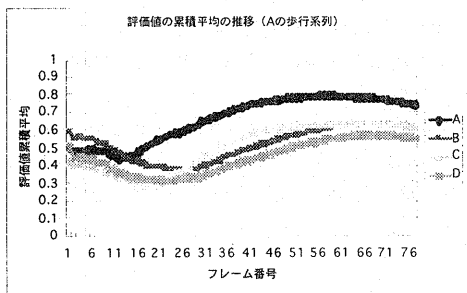


図11 個人識別実験結果 (提案手法)

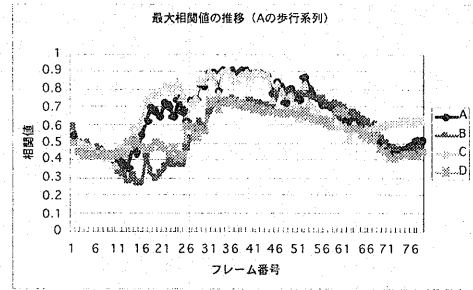


図12 最大相関値

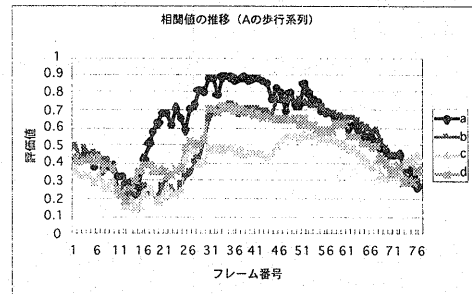


図13 時系列の連続性から決定したテンプレートを採用した場合の相関値

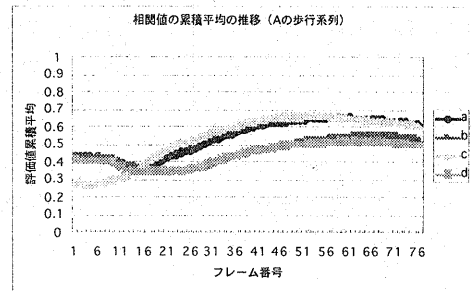


図14 時系列の連続性から決定したテンプレートを採用した場合の相関値累積平均

### 4.3 実験結果

図11に今回の手法による時系列間での評価値の変化の一例(入力画像の系列は図10)を示す。縦方向には評価値の累積平均値を示し、横方向にはフレーム番号を示している。この場合、14フレーム以降Aの評価値が1番となり、以後ただし結果を明確に示している。そして、4人すべての実験でも同様の結果が得られた。

本手法との比較のため、各個人ごとのテンプレートから最大相関値を計算し、その人の相関値とした場合の結果を図12に示す。この結果から、最

大相関値では、AとCで明確な差がでず、Aの特定ができなかった。この場合も含め、最大相関値では4例とも明確な個人認証の基準を見いだすことはできなかった。さらに時系列評価の効果を確認するために時系列間での顔姿勢の連続性の評価のみを行った場合の結果を図13に示す。最大相関値にくらべ、中盤Aが高い値を占めたが40フレーム後半よりBとの識別が困難となった。提案手法と同様に相関値の累積平均をとって見たところ、4例中1例のみ識別に失敗した。ただし、図14に示すように、識別に成功したものでも、2位の候補との優位さが小さかった。

以上より今回提案した手法の有効性が確認できたものと考えられる。

## 5. まとめ

報告では、全方位視覚センサHyperOmni Visionより得られる時系列全方位画像から歩行者を抽出、その人物の顔を追跡することで、個人認証を行う手法について報告した。簡単な実験を通して、時空間での認証が有効であることが確認された。特に他人との識別のしやすさに関するテンプレートに対する重みは、有効に働くことが確認できた。しかし、現時点では、4名の被験者についてのみ実験を行った段階で、各ステップでの処理の安定性、信頼性の評価が十分行われていない。今後は、被験者を増やし、各ステップでの処理の定量的評価を行う予定である。

## 参考文献

- [1] 赤松 茂, コンピュータによる顔の認識-サーベイ-, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J80-DII, No.8, pp.2031-2046, 1997
- [2] M.Turk and A. Pentland, "Eigenfaces for recognition", Journal of Cognitive Neuroscience, vol.3, No.1, pp.71-86, 1991
- [3] T.Maurer and C.von der Malsburg, "Single-view based recognition of faces rotated in depth", Proc. of the International Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.24-253, 1995
- [4] ダデット プラマディハント, 吳 海元, 谷内田 正彦, 多様な姿勢を有する入力画像からの個人識別, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J80-DII, No.8, pp.2232-2238, 1997
- [5] 福井 和広, 山口 修, 鈴木 薫, 前田 賢一, 制約相互部分空間法を用いた環境変動にロバストな顔認識-証明変動の-, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J82-DII, No.4, pp.613-620, 1999
- [6] 山澤一誠, 八木康史, 谷内田正彦, "移動ロボットのナビゲーションのための全方位視覚系 HyperOmni Visionの提案", 電子情報通信学会論文誌(D-II), Vol.J79-D-II, No.5, 698-707 (1996)
- [7] R. Maki, N. Yokoya, K. Yamazawa, H. Takemura, A Real-time Surveillance and Monitoring System using Multiple Omnidirectional Video Cameras, ACCV, 528-534 (2000)
- [8] T. Sogo, H. Ishiguro, Real-time Target Localization and Tracking by N-Ocular Stereo, Workshop on Omnidirectional Vision, 153-160, 2000
- [9] Y.Yagi, Sato, K., Yamazawa, K. and Yachida, M., "Autonomous Guidance Robot System with Omnidirectional Image Sensor," Proc of Int. Conf. Quality Control by Artificial Vision, pp.385-390, 1998.
- [10] 金春利春, 八木康史, 谷内田正彦, 全方位視ロボットと両眼視ロボットの連携による人物の発見と注視, 画像の認識・理解シンポジウム, Vol.98, No.10, pp.7-12 (1998)
- [11] TT.Nishimura, H.Yabe, R.Oka, "Indexing of Human motion at Meeting Room by Analyzing Time-varying Images of Omni-directional Camera", Proc. of the Fourth Asian Conference on Computer Vision, Vol.1, pp.1-5, 2000.
- [12] R. Stiefelhagen, J. Yang, A. Waibel, Simultaneous Tracking of Head Poses in a Panoramic View, ICPR, 726-729, 2000
- [13] I. Kopilovic, B. Vagvolgyi, T. Sziranyi, Application of Panoramic Annular Lens for Motion Analysis Tasks : Surveillance and Smoke Detection, ICPR, 714-717, 2000