

顔認識システムにおける照明変動の影響とその改善手法

春山 智 坂野 鋭 武川 直樹
(株)NTT データ

{haruyama,sakano,mukawa}@rd.nttdata.co.jp

あらしバイオメトリック個人認証技術はコンピューターシステムの物理的なセキュリティを保つために極めて重要な技術である。特に顔画像認識技術はユーザ受容性が高く、有望な技術と考えられている。しかし、従来の顔画像認識手法は光源方向が変動した場合に著しく認識精度が下がるという問題があった。我々はこの問題を解決するために新しい画像処理手法、光学的摂動法を提案する。提案手法を顔認識実験に適用した結果、有効である可能性が示された。

キーワード パターン認識, 顔画像認識, 摂動法, バイオメトリック個人認証

The improvement for illumination problem on face recognition system

Satoshi HARUYAMA and Hitoshi SAKANO and Naoki MUKAWA
NTT DATA Corporation

{haruyama,sakano,mukawa}@rd.nttdata.co.jp

Abstract The biometric person authentication technique is an important technology for physical security of the computer system. The facial image recognition technology was expected for hopeful technology for computer security, because highly user acceptance. However existence technique has common shortcomings. When illumination condition was changed, the recognition accuracy was degraded. To overcome this shortcoming, we propose new image processing method named photometric perturbation. We apply the method to experiment of facial image recognition. The result shows the possibility of the proposed method.

Keywords Pattern Recognition, Face Recognition, Perturbation method, Biometrics

1 はじめに

近年、指紋、虹彩、顔などの人間の生体特徴を用いて自動的に個人を特定するバイオメトリック個人認証技術が注目を浴びている [2] [3] [1]。バイオメトリック個人認証は、人間が生まれつき持つ生体特徴による本質的な認証技術であり、成りすましなどの不正な行為への対策として有効である。このため、カードやパスワード、暗証番号などに替る本

人認証技術として、ネットワーク上での本人認証や重要施設の入退室など様々な分野で有効であると考えられている。現在、様々な生体特徴を用いる認証技術の研究開発が盛んに行われ、指紋、虹彩、掌形認証などは既に実用化されている。

これら様々な特徴を用いた認証技術の中で、顔画像認識の技術は、指紋、虹彩などと異なりユーザがセンサーに接触もしくは接近する必要がない非接触型の認証技術である。これは、ユーザに動作や

姿勢を強制しない、いわゆるハンドフリーの認証技術であり、ユーザビリティが高く、指紋や虹彩に続く次世代の認証技術として注目を集めている。この顔画像認識の技術は、これまでも様々な研究がなされており [4] [5]、一部限定された条件下では高い認識性能をあげること成功している。しかしながら、もともと3次元の物体である顔に対して、カメラで撮影された2次元画像によって認識をおこなわなければならない、照明などの撮影条件や顔の姿勢や向きが大きく変化する場合、いまだ十分な認識性能をあげることできない。また、表情や化粧による変化や、経年変化など、顔そのものが変化してしまう場合にも、本質的な解決策はいまだない。

本報告では、これら顔画像認識技術の課題の中で、実用上最も大きな問題とである照明の影響による認識精度低下の問題に着目し、従来手法での照明の影響を定量的に調べ、その改善法を検討する。

以下、2章では、顔画像認識の従来技術と課題について述べる。3章では、提案手法である光学的摂動法について述べる。4章では、異なる照明条件下で撮影された20人分の顔画像を用いて、従来手法での照明の変化による認識精度への影響を調べ、提案手法との比較実験を行う。また、5章では、4章の結果をもとに提案手法の有効性と問題点を検討する。6章では、今後の研究課題について述べる。

2 顔画像認識技術の課題

顔画像認識は、画像からの3次元物体認識の一問題として多くの研究がなされてきた [4][5]。画像からの3次元物体認識は、物体の姿勢方向、照明の変化によって、画像上での物体の見え方が大きく変動するため、技術的に非常に難しい問題である。顔画像認識でも同様に、同じ人物でも状況によって顔の画像上での写り方が大きく変動してしまい、認識性能を下げる大きな要因となっている。図1に照明の変化により画像が大きく変動した例を示す。

ここで顔画像認識において認識性能を下げる主な要因を挙げてみると、

- (1) 顔の姿勢や方向の変化による影響
- (2) 顔の表情の変化による影響
- (3) 照明、光源の変化による影響

などが挙げられる。

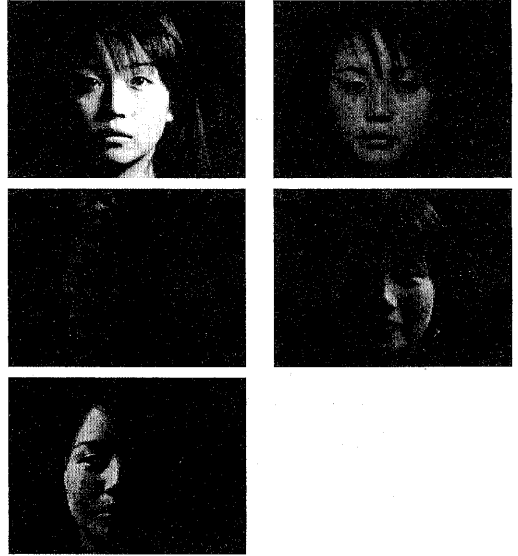


図 1: 照明の変化した場合の画像の変動の例

これらの変動の要因に対して、Turkら [7] は、大量の顔画像をサンプルとして登録し、そのサンプルでの見え方の変動を統計的に処理し認識を行う固有顔法を提案した。固有顔法は、見え方の微少な変動を、変動の起る過程に関わらず統計的手法により許容するもので、限定された条件下では高い認識性能を達成している。これにより、多くの研究が触発され、これまでにさまざまな認識手法が提案されてきた [4][5]。

しかしながら、これらの固有顔法に端を発するアピアランススペースの認識手法では、登録サンプルに含まれる変動には対処できるものの、それから大きく逸脱した変動には正しく認識することはできない。原理的には、(1)、(2)、(3)による見え方の変動をすべて事前に登録しておくことにより可能ではあるが、すべての変動を含むサンプルは非常に膨大で、実際には収集不可能である。つまり、起りうる画像の変動に対処して、顔画像認識を行うためには、顔の見え方の多様な変化をあらかじめ効率的に表現し登録して認識する手法か、見え方の変化に関わらず、各個人を安定して表現する特徴を抽出し認識する手法が必要になってくる。この要請のもと、これまで各変動要因を部分的に解決する手法がそれぞれ提案されている。

- (1) の姿勢変化の問題について、Malsburgら [8]

は、*Elastic Bunch Graph Matching* と呼ばれる手法を提案し、姿勢変化に対して高い認識精度を挙げている。これは、姿勢変動に関わらず、安定した個人情報抽出する手法である。また(2)表情変動の問題について、山口ら [9] は、認識時の入力画像に動画像を用いることにより、表情変動の影響を比較的押さえることに成功している。これは、本質的に表情変動に対処した手法ではないが、時系列で顔の画像を採取するため、表情の変動に関わらず、各個人の安定した特徴を抽出することができる。

一方、(3)の照明変動の問題について Georghides ら [10] は、照明の変化による画像の変動を *Illumination Cone* と呼ばれる画像集合として表現し、認識する手法を提案し有効性を示している。これは、光源変動の起る過程を画像解析的にモデル化し変動を表現する手法で、光源変動に対する本質的な解決手法ではある。しかしながら、実システムに適用するには、登録時に照明を制御する必要があり、現実的な手法ではない。

このように、(1),(2)の問題に対しては、これら部分的な解決手法も提案されている。また、ユーザに対して認識時の条件を設定することにより、比較的、運用方法で補って対処できる問題であるため、それほど致命的ではない。しかし一方で、(3)の照明変動の問題は、実システムへの適用を考慮した本質的な解決手法はなく、また解決できなければシステムの設置場所が大きく限られ適用先も限定されてしまい、顔画像認識技術にとって非常に致命的な問題となっている。そこで、我々は、この照明変化の影響による認識精度低下の問題に着目し、従来手法でのその影響を調べ、その改善策を検討する。

3 光学的摂動法

3節では、照明変化の影響による認識精度低下の問題に対して、実システムへの適用を考慮した改善手法である光学的摂動法について述べる。

3.1 摂動法

前節で述べたとおり、顔画像認識において、認識精度を下げる大きな要因となるのは、認識対象となる入力画像が大きく変動し、そのため個人を識別するパターンも予想もしえないパターンに大きく変形を起こしてしまうことである。

摂動法とは、パターン認識におけるこれら変形の除去手法であり、Ha, Bunke らによって提案された。

ここで、入力パターン v が、ある標準的なパターン μ から、何らかの変換 A によって変形してしまったパターン $A\mu$ と記述できるとする。このとき入力パターン v に逆変換 A^{-1} を施すことにより、入力パターン v に起った変形は除去され、正しく認識することができる。しかしながら、現実には、認識時に実際に入力されるパターン v しか観測することができず、 A を特定することが困難である場合が多い。つまりあらかじめ、変形 A は原理的に予測することはできない。そこで、 v の挙動から、しばしば起りうる変形の組 A_1, \dots, A_n を考え、その逆変換 $A_1^{-1}, \dots, A_n^{-1}$ を用意して認識を行う。入力パターン v に対して、すべての逆変換の組 $A_1^{-1}, \dots, A_n^{-1}$ を施してやり、それぞれを認識系に入力し、それらすべての認識結果のうち、もっとも類似度 S_n が高いカテゴリを最終的な認識結果とする手法が摂動法である。図2に摂動法に基づく認識系の例を示す。

これは、実際に起った変換が、 A_1, \dots, A_n のどの変換か知り得なくてもロバストに認識できる手法である。また、起りうる変換の組があるていど現象から予測できれば、既存の認識系に組み込むことも容易である。

Bunke らは、この摂動法を手書き数字の認識に適用し、実験的に有効性を確認した [12]。また、中山ら [13] は、顔画像の微少な位置づれ、拡大縮小による変形に対して摂動法を適用し、その効果を実験的に示している。

3.2 光学的摂動法

次に、摂動法を顔画像認識の照明変動による変形に適用することを考える。摂動法に適用するには、少なくとも光源変動によって起りうる変形の組 A_1, \dots, A_n を定める必要がある。本研究では、顔面がほぼ平面、照明が有限遠の点光源であるという仮定のもと、図3のような、2方向性の線形関数を考える。この線形関数を各方向それぞれ計算し、逆変換 $A_1^{-1}, \dots, A_n^{-1}$ として、入力画像 v から減算することによって照明による画像の変形が吸収できると考えた。

この逆変換 $A_1^{-1}, \dots, A_n^{-1}$ によって摂動法を構成し、これを光学的摂動法とよぶことにする。これにより従来の顔認識系を、照明の変動に対処した手

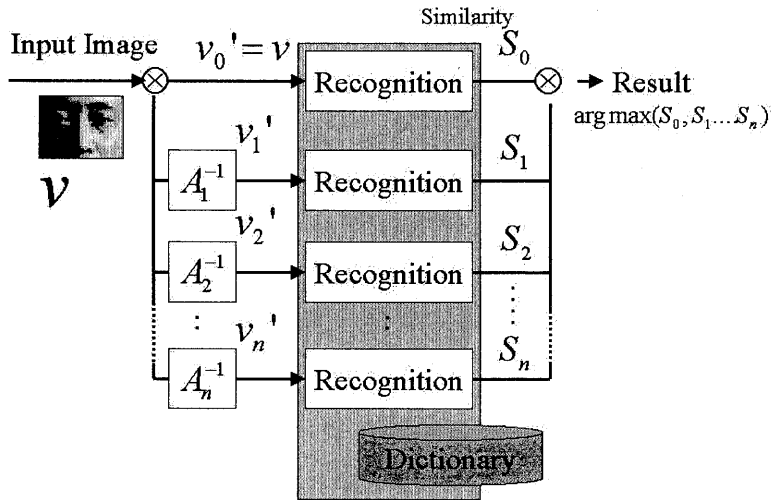


図 2: 摂動法に基づく認識系の例

法に改善することができる。

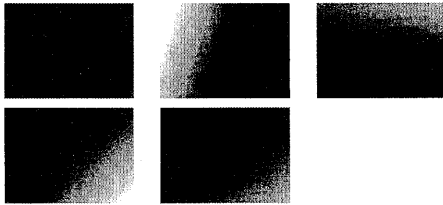


図 3: 各方向の線形関数の例



図 4: 実験用顔画像の例

各 5 種類の照明条件で撮影され、各被験者各照明でそれぞれ 100 枚の画像を撮影している。照明の条件は、窓のない部屋で、

照明 1: 机上の蛍光灯のみによる照明

照明 2: 全体的な環境光

照明 3: 人物後方 3m の位置の蛍光灯による照明

照明 4: 左側 3m 程度の位置の蛍光灯による照明

照明 5: 右側 3m 程度の位置の蛍光灯による照明

の 5 種類の条件を用意して撮影を行った。撮影は汎用の DV カメラ (Sony DCR-VX1000) で行っている。また、実際の照明を変化させた画像は、図 1 の画像変動の例に相当する。

4 認識実験

4 節では、まず 20 人分の顔画像によって、従来手法での照明の影響による認証精度の低下を実験的に調べる。そして、従来手法の改善手法である光学的摂動法を組み込んで認識実験を行いその効果を検証する。

4.1 実験条件

顔認識実験には、図 4 のように手で一部を切り出した顔画像を用いる。これは、頭髮の影響、口の動きの影響をなるべく避けるためであり、画像サイズは 39 画素 × 29 画素である。被験者は 20 人で、

4.2 認識実験

まずはじめに、従来手法による認識実験を行い、照明変動の変化により、どの程度認識精度が低下す

表 1: 従来手法 (単純類似度) による認識実験

照明条件	認識率
同一の場合	98.2 %
異なる場合	29.9 %

表 2: 提案手法 (光学的摂動法) による認識実験

認識手法	認識率
従来手法 (単純類似度)	29.9 %
提案手法 (光学的摂動法)	48.8 %

るかを調べる。実験では、改善手法の現象を把握するため、従来手法で最もシンプルな単純類似度を用いた認識系で実験を行った。認識実験は、登録画像と認識対象の画像が同一照明条件の場合について各 5 方向の照明に対しておこない、次にそれぞれ照明条件が異なる 20 種類の組み合わせについて実験を行った。その認識率を表 1 に示す。

この単純類似度のアルゴリズムに対して、本研究での改善手法である光学的摂動法を適用し、認識実験をおこなった。これも同様に、登録画像と認識対象画像が、それぞれ照明条件が異なる 20 種類の組み合わせの場合に対して、認識実験をおこなった。その結果を表 2 に示す。

5 考察

実験の結果、単純類似度を用いた従来手法の認識実験では、同一照明条件下で撮影された場合は認識率 98.2% となったが、異なる照明下で撮影された場合には 29.2% と大幅に認識精度が低下することが確認された。

これに対して、単純類似度を用いた従来手法に、提案手法である光学的摂動法を組み込んだ場合の認識実験では、異なる照明環境下で、48.8% と若干の改善を見せた。しかしながら、これは実用に耐えうる認識性能ではなく、多くの改善の余地がある。

ここで、光学的摂動法を用いて効果が高かった人物と、効果が少なかった人物について調べると、効果の高かった人物は、図 5 に示すように、顔面が全体的に平面で線形に近い影があらわれており、

一方効果の少なかった人物では、図 6 に示すように、鼻が高く鼻周辺で特異な影があらわれており、これにより正しく影の除去が出来ず、認識精度を下げる原因になっていると考えられる。



図 5: 光学的摂動法の効果があった人物の例



図 6: 光学的摂動法の効果が少なかった人物

6 まとめ

本報告では、顔画像認識技術で実用上最も大きな問題となっている照明変化の影響による認識精度低下について着目し、その影響を定量的に調べた。また、その上で照明変化に対処した改善法を提案し、その有効性を検討した。

その結果、改善法での認識精度の向上は見られたものの、実用に耐えうるほどの改善は見られなかった。現象を解析した結果、改善手法では、鼻周辺部の特異な影の影響で認識結果が著しく低下していることがわかった。今後は、鼻周辺部の影についてより高度な除去の変換を定義し、改良に取り組んでいく。

謝辞

本研究の貴重な機会を頂いた当社マルチメディア技術センタ 井上 友二所長、マルチメディア技術センタ 曾根岡 昭直部長、金融システム事業本部 林 誠一郎部長、日頃から討論に協力していただいた同僚諸氏に感謝します。

参考文献

- [1] 坂野 鋭,「バイオメトリック個人認証技術の動向と課題」, 信学技報, PRMU-99-29, (1999-06)
- [2] 菅 知之 編,「ここまできたバイオメトリックによる本人認証システム」, 情報処理学会誌, Vol. 40, No.11, pp. 1071-1103, (1999)
- [3] A.Jain, R.Bolle and S.Pankanti, “BIOMETRICS Personal Identification in Networked Society ”, Kluwer Academic Publishers, (1999)
- [4] 赤松 茂,「コンピューターによる顔の認識 —サーベイ—」, 信学論, Vol. J80 - D II, No. 8, pp. 2031-2046, (1997)
- [5] R. Chellapa, C. J. Wilson and S. Sirohey, “Human and Machine recognition of face. a survey”, Proc. of IEEE, Vol. 83, No. 5, pp. 704-740, May,(1995)
- [6] 松山 隆司, 久野 義徳, 井宮 淳 編「コンピュータビジョン—技術評論と将来展望」, 新技術コミュニケーションズ, (1998)
- [7] M. Turk and A. Pentland, “Face recognition Using Eigenfaces”,Proc. CVPR, pp.568-591(1991)
- [8] L.Wiskott, J.M.Fellous, N.Kruger and von der Malsburg,“Face Recognition by Elastic Bunch Graph Matching”,INTELLIGENT BIOMETRIC TECHNIQUES in FINGER PRINT and FACE RECOGNITION, CRC Press, pp.355-396(1999)
- [9] 山口修, 福井和宏, 前田賢一, 「動画像を用いた顔認識システム」, 信学技報, PRMU-97-50, (1997-06)
- [10] A. S. Georghiades, D. J. Kriegman, P. N. Belhumeur, “Illumination Cones for Recognition Under Variable Lighting: Faces”, in Proc. CVPR, pp. 52-58,(1998)
- [11] 春山智, 坂野鋭, 武川直樹, 「陰影・幾何拘束を用いた光源・姿勢変動にロバストな顔認識アルゴリズム」, 信学技報, PRMU-98-134, (1998-11)
- [12] M.Ha and H.Bunke, “Handprinted numeral recognition using Perturbation method”,in Proc.International workshop of frontiers of handwriting recognition,(1994)
- [13] 中山直樹, 春山 智, 坂野 鋭, 「撮影法による顔画像の認識」, 信学技報, PRMU98-90, (1998-09)