

# 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

1 L-1

○春山 智 坂野 鋭 武川 直樹  
株式会社 NTT データ

## 1 はじめに

顔画像認識 [1][2] において、顔の姿勢、光源が変化すると、画像上での顔の見え方が変化し、認識精度が大幅に低下することが問題となっている。しかし、この問題に対する、本質的な解決手法は未だ提案されていない。

光源方向の変動に対処した手法として、Georghiades ら [2] は Illumination Cone method と呼ばれる手法を提案している。これは、光源の変化による画像変動を Illumination Subspace と呼ぶ低次元の部分空間の集合として表現して認識する手法であり、光源変動の問題を本質的に解決する優れた手法であるが、姿勢方向の変動に対するロバスト性は実現されていない。

一方で Maki ら [3] は、画像からの物体の3次元形状復元問題において、Geotensity 拘束と呼ぶ拘束を提案し、光源固定の条件のもと、物体の姿勢変動がある画像系列に対して物体の同一表面上の点の輝度変化の記述が可能であることを示した。

筆者らは、Georghiades らの提案した Illumination Subspace に基づく顔認識手法に、Geotensity 拘束を導入した姿勢・光源方向双方にロバストな認識手法を提案し、CG を用いた実験で可能性を検討してきた [4]。本報告では提案手法を自然画像に適用し、その有効性を示す。

A face recognition algorithm invariant to object pose and light direction based on geo-photometric constraint  
HARUYAMA Satoshi, SAKANO Hitoshi and  
MUKAWA Naoki  
NTT DATA CORPORATION

## 2 光源方向・姿勢変動にロバストな顔認識アルゴリズム

### (1) Illumination Subspace

顔表面が凸であり、Lambertian 反射モデルに従い、光源を無限遠にある点光源とみなすとき、任意の光源方向から照射された物体の画像の輝度  $I(4)$  は、独立な3方向の光源のもとで得られた3枚の画像系列の輝度  $I(1), I(2), I(3)$  の線形結合、

$$I(4) = \max\left(\sum_{j=1}^3 a(j)I(j), 0\right) \quad (1)$$

により表わされる。ここで、 $a(j)$  は結合係数である。このことは、光源変動による顔画像の輝度変化が画像空間中の3次元の部分空間で記述されることを示しており、複数枚の入力画像からこの部分空間の基底ベクトル、 $\bar{I}_1, \bar{I}_2, \bar{I}_3$  を生成できれば、光源変動に起因する全ての画像が記述できると考えられる。Georghiades らは、この部分空間を Illumination Subspace と名づけ、Illumination Subspace と入力画像の類似度を測ることによって光源方向の変動にロバストな顔認識アルゴリズムを実現した。

### (2) 顔認識アルゴリズム

Georghiades ら [2] の Illumination Subspace は、光源方向を変えて得られる複数枚の画像において、物体表面上の同一点に対応する画素値の光学的な拘束を記述するものである。従って、姿勢変動を起こした場合にロバストに認識をするためには、物体表面の同一の点を画像系列の各画素に厳密に対応づけすることが必要である。

そこで、本研究では、Illumination Subspace を用いる認識手法に対して、Geotensity 拘束を導入する。Geotensity 拘束は、姿勢変動を起こした顔画像系列の画像間の対応点を記述する3



図 1: 入力画像の例 (一部)

次元の幾何拘束と, Illumination Subspace を生成するための画素の輝度間の陰影拘束を統合した拘束である. これを用いることにより, 姿勢変動を起こした顔画像系列からでも, Illumination Subspace を生成して認識を行なう手法が実現できる.

提案手法では, まず, 任意の姿勢・光源位置で撮影した 1 枚の顔画像を辞書画像として登録を行なう. 認識時には, 姿勢変動のある顔画像系列を撮影し, 辞書画像と同一姿勢となる Illumination Subspace を生成し, 辞書画像との距離を画像間の類似度として認識をおこなう. これにより, 顔の姿勢変動を許容した光源不変な顔認識を実現できると考えられる.

### 3 認識実験

提案手法による顔画像認識実験を行なった. 実験は 4 人の被験者に対して行った. 実験に用いる画像は, 入力用画像系列として, 固定された光源のもと, 人物頭部を 3 秒程度ゆっくり回転させた画像系列を各人物 1 個ずつ撮影した. この画像系列から, Illumination Subspace が算出される. 次に, 辞書登録用画像として, 入力用画像とは異なる 4 方向の光源位置のもとで, 正面を向いた画像を各人物各光源方向 20 枚撮影した. 実験に用いた入力画像系列の例を図 1 に, 辞書登録用画像の例を図 2 に示す. この実験データで, 提案手法と代表的従来手法である固有顔法で, 認識実験を行なった. 尚, Geotensity 拘束により, Illumination Subspace を算出する際, あらかじめ, 顔表面の同一点の顔画像系列間での対応点を, 数個用意する必要がある. この対応点探索には, Tomasi ら [5] の KLT Feature

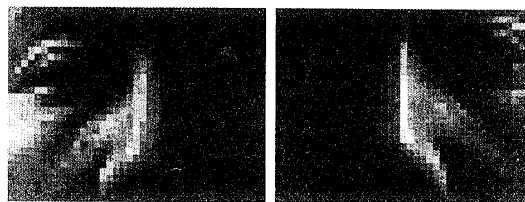


図 2: 辞書登録画像の例

Tracker を用いた.

その結果, 固有顔法の認識率が 40.0%であったのに対して, 提案手法では 75.0%の認識率を得た.

### 4 まとめと今後の課題

本研究では, 我々の提案している陰影拘束と幾何拘束による光源方向と姿勢の変動にロバストな顔認識アルゴリズムについて, 顔画像認識実験により, その有効性を示した.

しかしながら, 現在のアルゴリズムでは, 顔形状が凸であると仮定し, Geotensity 拘束を用いている. 認識実験の結果を解析すると, 実際は顔形状が凸でないために shadow の影響によって誤認識している例が見られ, 今後は shadow の影響を受けない認識アルゴリズムに改良していく.

### 参考文献

- [1] M. Turk and A. Pentland, "Face recognition Using Eigenfaces," Proc. CVPR, pp.568-591(1991)
- [2] A. S. Georghiadis, D. J. Kriegman, P. N. Belhumeur, "Illumination Cones for Recognition Under Variable Lighting: Faces," in Proc. CVPR, pp. 52-58,(1998)
- [3] A. Maki, M. Watanabe, C. Wiles, "Geotensity: Combining Motion and Lighting for 3D Surface Reconstruction," in Proc. ICCV98, pp. 1053-1060, (1998)
- [4] 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," 信学技法 PRMU98-134, pp.87-94, (1998)
- [5] J. Shi and C. Tomasi, "Good Feature Track," Proc CVPR, pp.593-600, (1994)