

I-33 測地照明基底を用いた顔照合における陰影部の影響について

About the Influence of Shadows in Face Recognition Using Geodesic Illumination Basis

濱中 雅彦† 石山 豊† 坂本 静生†
Masahiko Hamanaka Rui Ishiyama Shizuo Sakamoto

1. まえがき

顔画像照合において、姿勢や照明などの撮影条件が変化すると画像も大きく変動し、画像対画像の照合では照合性能が大きく低下する問題がある。筆者らは、各人の顔の3次元モデルを登録しておき、姿勢や照明変動を補正しながら入力画像と照合する顔照合方式を研究している。これまで、任意の姿勢に対して3次元モデルから高速に照明補正画像を生成する測地照明基底法を提案し、姿勢と照明の両者を自動補正し照合する手法を開発した[1]。そして、42名規模のデータベースにより、姿勢・照明変動の大きい画像に対して、照合率約96%を得た。ただし、高速に推定するために低次元の基底により大局的に推定しているため、局所的には影の強い部分などで再現が不十分な場合があるという問題が残っている[2]。本発表では、陰影部が照合に及ぼしている影響を分析し、暗い領域を照合領域から除外する選択的照合手法を提案し、200名規模のデータベースを用いた実験により、その有効性を示す。

2. 測地照明基底法

ある姿勢における任意の照明条件での画像は、画像空間内の凸錐体内に含まれ、低次元の線形空間として近似可能であるということが示されている[3]。測地照明基底法は、更に姿勢とは独立な測地座標系(円筒座標系)に3次元モデルを投影した測地画像を用い、顔表面の輝度の変動を低次元の線形空間として近似する手法である。実験的には、10次元でも画像群全体の99%以上を記述できることを確認している[1]。

測地照明基底法の処理手順を図1に示す。登録時には、各人毎に3次元モデル(形状と表面反射率)を用い、(a)十分な数の照明方向をサンプルして、CGにより測地画像群を生成する。(b)測地画像群を主成分分析して、測地照明基底群 $\{G_k\}$ を計算しておく。照合時には、モデル毎に、入力画像 I_q に合わせて推定した姿勢に応じて、(c)3次元モデルを用いて測地照明基底群を投影し、照明基底画像群 $\{B_k\}$ を生成する。(d)照明基底画像群の線形和 $I_c = \sum_k b_k B_k$ と入力画像 I_q との残差 $\|I_q - I_c\|^2$ が最小となるように、係数 b_k を最小二乗法で求め、照明補正した補正画像 I_c を生成する。そして、(e)入力画像 I_q と補正画像 I_c の平均誤差により比較照合する。これを、姿勢推定しながら繰り返し、誤差の最も小さくなる姿勢を選出する。

図2に、陰影部の多い画像の場合の、生成された補正画像の例を示す。特に、鼻の影の部分では、再現が不十分である。図4に、図2の入力画像と同じ姿勢・照明条件の20枚の入力画像とその補正画像に関して、輝度毎の累積誤差の分布を示す。陰影部の輝度に当たる輝度値20付近にピークがあり、陰影部で多くの誤差が生じている。また、陰

影部は、個人の特徴をあまり表現しておらず、判別には悪影響を及ぼしていると思われる。

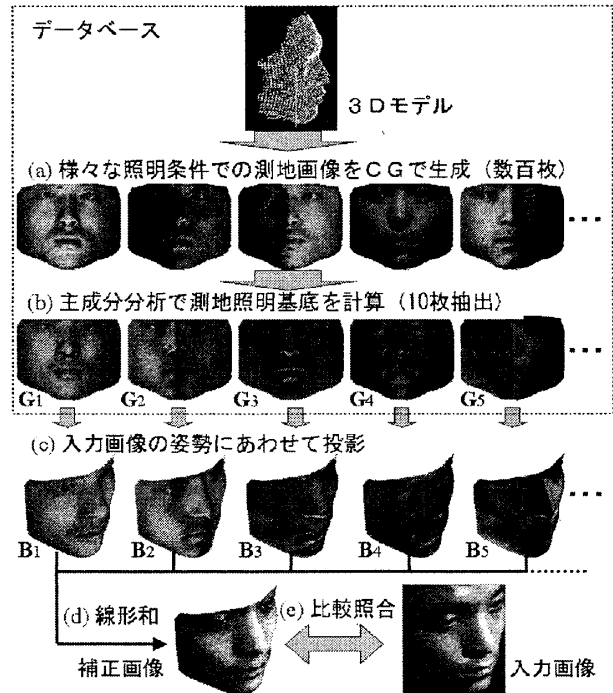


図1: 測地照明基底法による照明補正処理の流れ

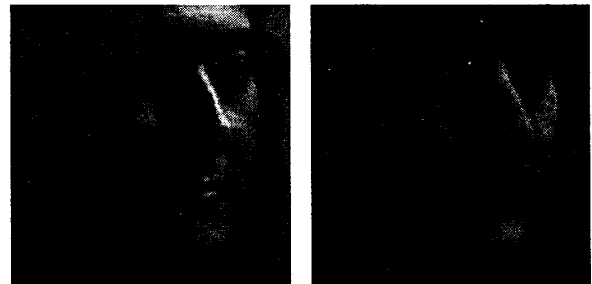


図2: 陰影部の多い入力画像に対する補正画像の例



図3: 暗部領域除外による補正画像の例

†NEC マルチメディア研究所,
Multimedia Res. Labs., NEC Corporation

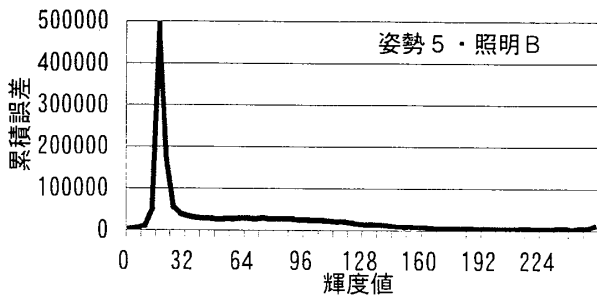


図4：入力画像と補正画像の誤差分布の例

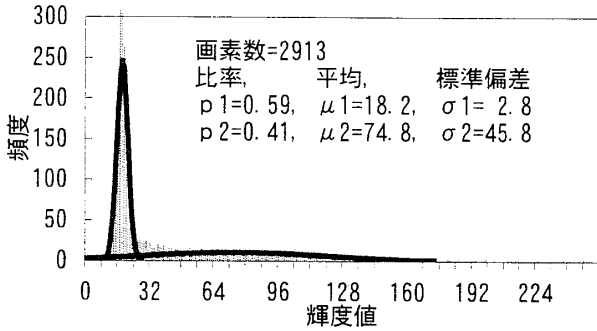


図5：輝度ヒストグラムと分布推定の例

3. 陰影部除外による選択的照合

3.1 選択的照合

陰影部の影響を低減するために、入力画像における暗い領域を除外して照合する選択的照合手法を用いる。具体的には、入力画像（濃淡画像）の画素値（輝度値） $I_q(i)$ がしきい値 T_I より小さい画素を除く。ここで、照合時だけでなく、補正画像を生成する際にも画素を選択することにより、補正画像の生成精度も向上する。

図3に、図2の入力画像に対する輝度値 24 未満の領域と、その領域を除外して生成した補正画像の例を示す。

3.2 混合分布モデルを用いたしきい値自動決定

上述のしきい値 T_I は、入力画像から自動的に決定することが可能である。入力画像の顔領域について輝度ヒストグラムを生成し、陰影部と陰影部以外の領域の輝度分布を2混合分布モデルで仮定し、EM アルゴリズムにより推定する。分布関数としてガウス分布を用い、推定された陰影部の輝度分布を $N(\mu_1, \sigma_1^2)$ とすると、例えば下式によりしきい値を決定できる。

$$T_I = \mu_1 + \beta \sigma_1, \text{ if } \sigma_1 < T_c \quad (\beta, T_c \text{ はパラメータ})$$

$$T_I = 0, \text{ otherwise (陰影部なし).}$$

図5に、図2の入力画像に対する輝度ヒストグラムと推定された輝度分布の例を示す。

4. 照合実験

実験データとして、社内で収集した 200 名の人物の 3 次元データを登録データとし、評価用画像として各人 7 姿勢 × 10 照明条件の画像（図6）を収集した。姿勢は上 45 度・右 60 度まで変動させ、照明は上 85 度・右 90 度・左 55 度まで大幅に変動させた。

評価用画像 20 名分(1400 画像)を用い、固定しきい値 T_I を変動させた場合の平均 1 位照合率の変化を図7に示す。従来の照合率 88.5%が、しきい値 $T_I=24$ で 92.3%まで向

上した。混合分布モデルでしきい値を自動決定した場合は、 $\beta=2, T_c=7$ として、照合率が 92.5%に改善された。

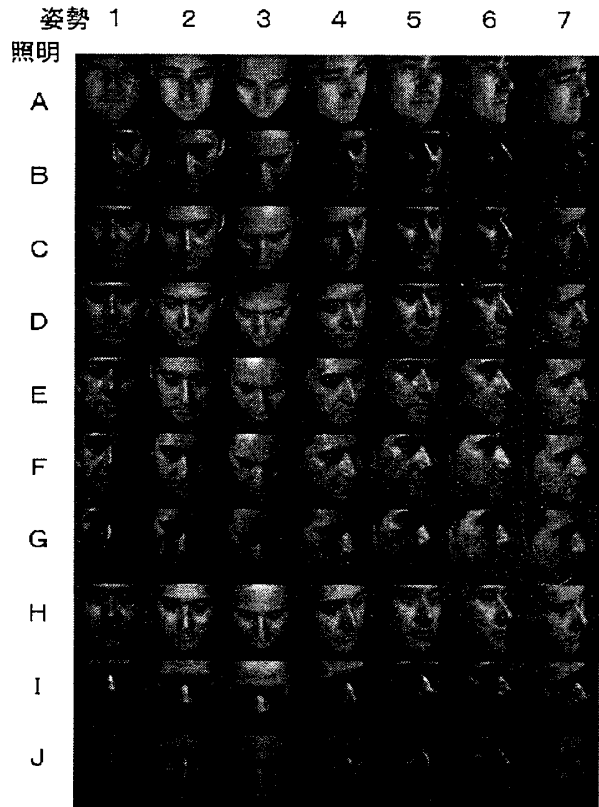


図6：評価用画像の例（1名分）

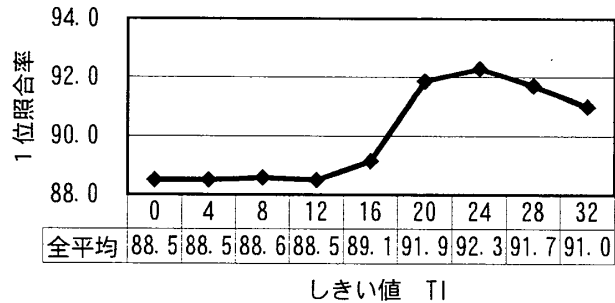


図7：しきい値 T_I による照合率の変化

5. あとがき

測地照明基底法では、照明補正が高速に実行できるものの、陰影部では再現が不十分であり、照合に悪影響を及ぼしていることを確認した。更に、暗い領域を照合領域から除外する選択的照合と、混合分布モデルによるしきい値の自動決定手法を提案し、大きな姿勢・照明変動を含む 200 名のデータベースに対して、誤照合を 1/3 削減した。今後は、顔の特徴的な領域を重視した重み付き照合などを導入し、改善を図っていきたい。

参考文献

- [1] 石山,坂本, 信学技報, PRMU2001-162, 2001.
- [2] 石山,坂本, 信学総大 2002, D-12-21, 2002.
- [3] P.N. Belhumeur and D.J. Kriegman, *Int. J. Computer Vision*, Vol.28, pp.245-260, 1998.