

見え方に基づいた顔認識手法のための画像前処理

Image Preprocessing for Appearance-based Face Recognition Methods

安藤 博士 佐々木 守 岩田 穆
Hiroshi Ando Mamoru Sasaki Atushi Iwata

1. はじめに

近年、バイオメトリックス認証やロボットビジョン等の実現を目的として、人間の顔を認識する手法が多数研究されている[1]. その中でも、Eigenfaces[2]や Fisherfaces [3]といった、見え方に基づいた手法 (appearance-based methods) は、主要な認識手法の一つである. この手法は、処理が加減乗算で実行でき、また画素毎の超並列演算が可能なることから、我々はリアルタイム画像認識システム実現に向けて、Eigenfaces を利用した専用ハードウェアを開発中である[4,5].

しかし、見え方に基づいた手法では、認識する顔画像の撮影条件と、学習用の顔画像の撮影条件が大きく異なる場合、例えば照明や姿勢等の変動成分が認識画像に含まれる場合、認識性能が大きく劣化するという問題点がある.

本論文では照明変動による性能劣化を克服するため、ヒストグラム平坦化とラプラシアン・ガウシアンフィルタ、コントラスト調整を組み合わせた画像前処理を利用することで、見え方に基づいた手法での照明変動にロバストな顔認識を実現する. Yale Face Database B に対する数値シミュレーションを行い、98%以上の認識率を達成する.

2. 照明成分除去のための画像前処理

2.1 Yale Face Database B

照明・姿勢問題のための顔画像データベース(DB)として Yale Face Database B[6]が公開されている. このDBは、10個人を576条件(9姿勢, 64照明方向)で撮影した計5760枚の画像で構成されている. また、64照明方向中の45枚の画像は、カメラの光軸と光源とのなす角に応じてそれぞれ4つのSubsetに割り当てられている. そこで、本論文ではこのDBから姿勢を正面に限定したSubset1~4の画像を利用した. 図1及び図2に10個人及び各Subsetにおける画像例をそれぞれ示す. ここで、各画像はオリジナルのDBから、両目の位置が等しくなるように顔領域を切り出した後の画像である. 図2からわかるように、同一人物でも照明変動により画像の見え方が大きく変化しており、その変動は別個人間の変動よりも大きい.

2.2 画像前処理

照明変動を伴った画像を改善するには、ヒストグラム平坦化(HE)を行えばよい. すなわち、各画素値に割り当てられる画素数をすべて同一にする. 図2の画像に対してHEを実行した後の画像を図4(a)に示す. この図からわかるように、照明により影となった部分の特徴を明確にできる.

続けて、HE後の画像に図3に示すオペレータで定義されるラプラシアン・ガウシアンフィルタ(LG)をかける. これにより、平坦な濃度領域を除去し、顔認識に有用な特徴

となる急峻な濃度領域(エッジ)を強調する. 結果を図4(b)に示す.

最後に、LGにより偏ってしまったヒストグラムを改善するため、コントラスト調整を行う. すなわち、最小及び最大画素値からのヒストグラムの和を求め、その総和が全画素数の1%となる画素値を検索し、その値を新しく最小及び最大画素値とすることである. 結果を図4(c)に示す. 以上の3種類の画像処理を組み合わせた前処理により、照明変動を除去した画像を生成する.

3. 数値シミュレーション

Eigenfaces及びFisherfacesにより、Yale Face Database Bに対する顔認識を数値シミュレーションにより行った. 画像データは正面向きの450枚を利用し、図1に示した画像と同条件で顔領域を切り出した後、画像サイズを64×64に縮小した. 学習用画像としてSubset1を、試験画像としてSubset2~4を用いた. また、識別器として、マンハッタン距離(Man)・ユークリッド距離(Euc)・正規化相関(NCorr)・相関(Corr)を用いた最小距離探索を利用し、それぞれについて認識性能を調べた. Eigenfacesにおける結果を表1に、Fisherfacesにおける結果を表2に示す.

表1から、前処理が無い場合(Original)では照明変動が大きくなると認識率が一気に低下することがわかる. これに対し、本手法を用いた場合(Proposed)では、照明変動にほとんど左右されず、相関係数を識別器とした場合で99.74%の認識率を達成した.

Fisherfacesを利用した場合(表2)、OriginalではEigenfacesに比べ認識性能が優れており、これは研究報告[3]でも述べられている通りであった. そして、画像前処理により、ユークリッド距離を用いた場合に99.2%の認識率を達成した.

ここで、提案手法におけるFisherfacesとEigenfacesの認識性能を比較すると、ほとんど差がみられず、わずかながらEigenfacesが優れている. 従って、本手法を用いれば、より処理の簡単なEigenfacesでFisherfacesと同等の性能を得ることができる.

また、本手法を用いれば最も単純なマンハッタン距離を識別器に利用した場合でも、認識性能にほとんど影響しない. これは、ハードウェア化の観点から、減算器のみで実現でき、優れた利点である.

4. まとめ

3種類の画像処理を組み合わせることで、見え方に基づいた顔認識手法の認識性能を向上させ、Yale Face Database Bに対する数値シミュレーションより99%以上の認識率を達成した. また、EigenfacesとFisherfacesの認識性能差がほとんど無いことから、より単純なEigenfacesによる顔認識を可能とした. さらに、識別器はマンハッタン距離で十分であることを明らかにした.

Reference

[1] W. Zhao, R. Chellappa, P.J. Phillips and A. Rosenfeld, "Face recognition: A literature survey", *ACM Computing Surveys (CSUR) archive*, vol. 35, pp. 399-458, 2003.

[2] M. Turk and A. Pentland, "Eigenfaces for recognition", *Journal of Cognitive Neuroscience*, pp. 71-86, 1991.

[3] Peter N. Belhumeur, Joao P. Hespanha and David J. Kriegman, "Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition Using Class Specific Linear Projection", *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 19, no. 7, pp. 711-720, 1997.

[4] A. Iwata, M. Sasaki, T. Kikkawa, S. Kameda, H. Ando, K. Kimoto, D. Arizono and H. Sunami, "A 3d-integration scheme utilizing wireless interconnections for implementing hyper brains", In *IEEE Int. Solid-State Circuits Conf. Dig.*, pp. 262-263, 2005.

[5] H. Ando, N. Fuchigami, M. Sasaki and A. Iwata, "A prototype software system for multi-object recognition and its fpga implementation", In *Third Hiroshima International Workshop on Nanoelectronics for Tera-Bit Information Processing*, pp. 89-90, 2004.

[6] A. S. Georghiades, P. N. Belhumeur and D. J. Kriegman, "From few to many: Illumination cone models for face recognition under variable lighting and pose", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 23, no. 6, pp. 643-660, 2001.



図1 Yale Face Database B の一例



Subset1 up to 12° Subset2 up to 25° Subset3 up to 50° Subset4 up to 77°

図2 照明変動による見え方の違い

$$\begin{bmatrix} 0.0239 & 0.0460 & 0.0499 & 0.0460 & 0.0239 \\ 0.0460 & 0.0061 & -0.0923 & 0.0061 & 0.0460 \\ 0.0499 & -0.0923 & -0.3182 & -0.0923 & 0.0499 \\ 0.0460 & 0.0061 & -0.0923 & 0.0061 & 0.0460 \\ 0.0239 & 0.0460 & 0.0499 & 0.0460 & 0.0239 \end{bmatrix}$$

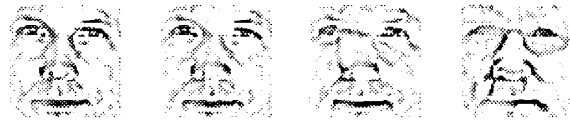
図3 ラプラシアン・ガウシアンフィルタ・オペレータ



(a) Example images preprocessed with HE.



(b) Example images preprocessed with HE and LG.



(c) Example images preprocessed with HE, LG and CA.

図4 各画像前処理による画像の変化
表1 Eigenfaces における認識率

		Sub.2	Sub.3	Sub.4	All
Original	Man	94.07	50.42	27.54	55.73
	Euc	94.92	52.10	26.09	56.00
	NCorr	98.31	79.83	38.41	70.40
	Corr	99.15	79.83	39.13	70.93
HE	Man	100.00	84.03	41.30	73.33
	Euc	100.00	89.08	36.23	73.07
	NCorr	100.00	91.60	36.23	73.87
	Corr	100.00	92.44	37.68	74.67
HE+LG	Man	100.00	100.00	87.68	95.47
	Euc	100.00	97.48	76.81	90.67
	NCorr	100.00	99.16	79.71	92.27
	Corr	100.00	100.00	99.28	99.73
HE+LG+CA (Proposed)	Man	100.00	100.00	97.83	99.20
	Euc	100.00	100.00	97.10	98.93
	NCorr	100.00	100.00	97.10	98.93
	Corr	100.00	100.00	99.28	99.73

All : including Subset 2, 3 and 4. unit:[%]

表2 Fisherfaces における認識率

		Sub.2	Sub.3	Sub.4	All
Original	Man	100.00	94.96	34.78	74.40
	Euc	100.00	95.80	35.51	74.93
	NCorr	100.00	100.00	44.93	79.73
	Corr	100.00	98.32	39.86	77.33
HE	Man	100.00	100.00	63.04	86.40
	Euc	100.00	99.16	65.94	87.20
	NCorr	100.00	99.16	67.39	87.73
	Corr	100.00	96.64	64.40	85.87
HE+LG	Man	100.00	100.00	95.65	98.40
	Euc	100.00	100.00	97.83	99.20
	NCorr	100.00	100.00	86.96	95.20
	Corr	100.00	90.76	56.52	81.07
HE+LG+CA (Proposed)	Man	100.00	100.00	97.10	98.93
	Euc	100.00	100.00	97.83	99.20
	NCorr	100.00	92.44	59.42	82.67
	Corr	100.00	90.76	60.87	82.67

All : including Subset 2, 3 and 4. unit:[%]