ISSN 2186-5647

2-47

フラクタル理論を用いた顔画像の分類

日大生産工(院)　○村上　公威
日大生産工　黒岩　孝
日大生産工　松原　三人

1. はじめに

最近、個人を特定するための生体認証に関する技術が注目されており、その中でも顔認識はカメラなどの撮像デバイスにより実時間で認証できるため、簡易な手法として期待されている。ここでは、人物の顔を撮影したグレースケール画像(以下、顔画像と略)をフラクタル解析することで、顔画像の分類が可能であるか検討する。

2. 解析法

図1に、撮影方法の概略図を示す。撮影の際、背景にはホワイトボードを用いた。また、顔画像として、解像度512×512[pixel]のグレースケール画像を用いた。顔画像の分類は、以下のように行う。先ず、基準とする顔画像(以下、基準顔画像)と、別の顔画像(以下、比較顔画像)を用意する。ただし、基準顔画像及び比較顔画像は、大きさがほぼ同じで、表情が類似しているものを用いた。次に、被験者の基準顔画像に対し、比較顔画像との間の画像特徴距離[1],[2]dを求めることによって分類を行う。

ここで、画像特徴距離dは以下のように求めた。先ず、図2に示すような、大きさ$N\times N$[Pixel]の画像データの階調値を$f(x,y)$で表し、$r\times r$[Pixel]の任意の微小領域を考え、その四隅における、階調値$\{f(x_i, y_j), f(x_i+r, y_j), f(x_i, y_j+r), f(x_i+r, y_j+r)\}(i,j=0,1,2,\cdots,Q\text{-}1)$の最小値を$f_0$とする。次に、四隅の階調値から$f_0$を差し引き、図に示すように、それぞれを頂点とする微小立方体の仮想的な体積を$V(r)$とすると、全微小領域における体積の平均は(1)式で表される。

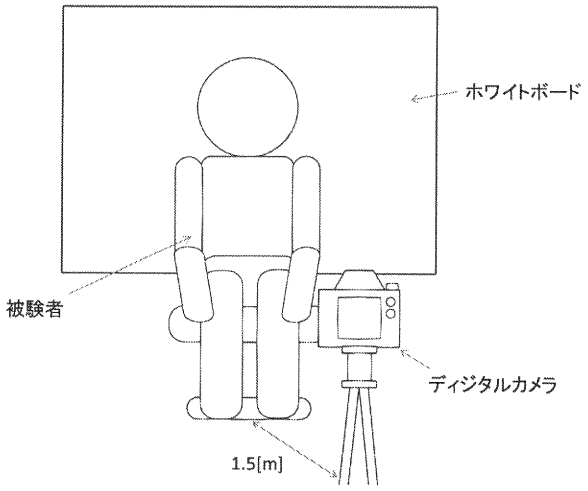


図1 撮影方法の概略図

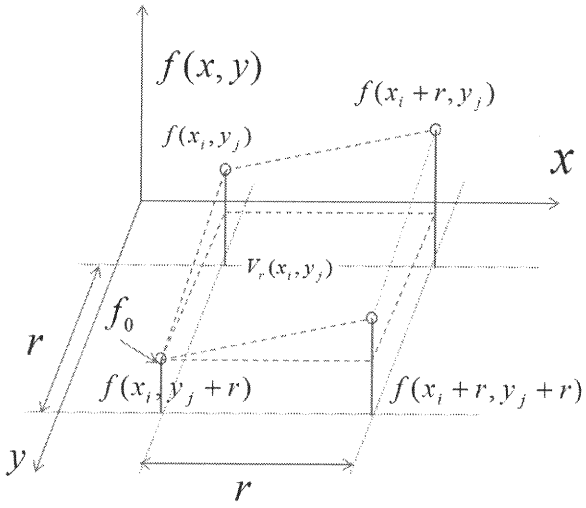


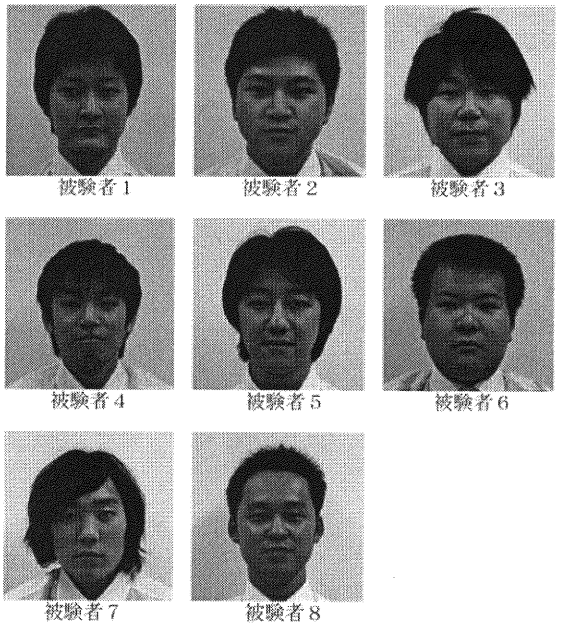
図2 微小立方体の仮想体積

$$V(r)=\frac{1}{P^2}\sum_{j=1}^{P}\sum_{i=1}^{P}V_r(x_i,y_j) \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

ここで、微小領域の一辺の長さを$\{r_0, r_1,\cdots, r_{Q\text{-}1}\}$としたときの体積の平均$\{V(r_0), V(r_1),\cdots, V(r_{Q\text{-}1})\}$をそれぞれ求めると、そのフラクタルシーケンスは$\{\log V(r_0), \log V(r_1),\cdots, \log V(r_{Q\text{-}1})\}$で与えられる。

Study on the Classification of Facial Images by Using Fractal Theory

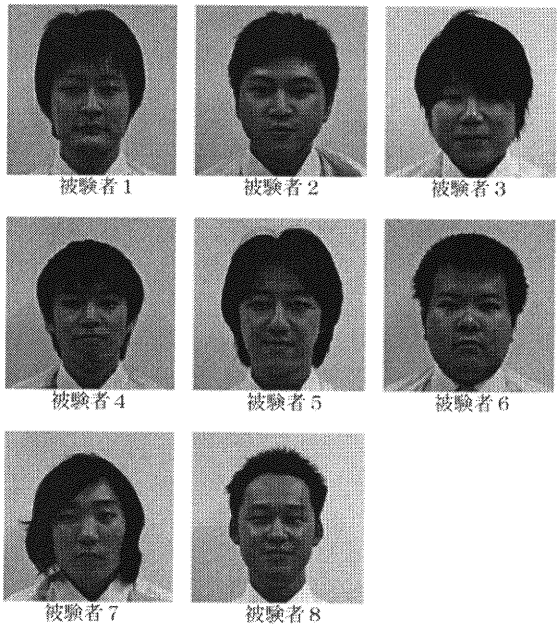
Kimitake MURAKAMI, Takashi KUROIWA and Mitsuhito MATSUBARA



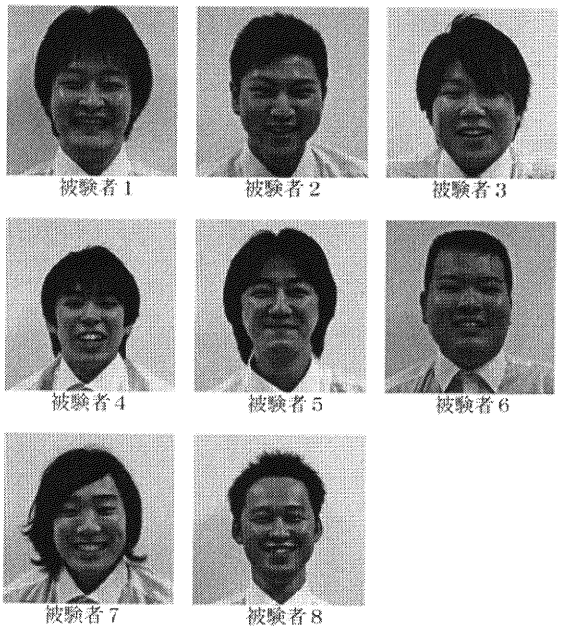
(a) 無表情の場合

(b) 笑顔の場合

図 3 基準顔画像



(a) 無表情の場合



(b) 笑顔の場合

図 4 比較顔画像

次に解像度の等しい2つの画像のフラクタルシーケンス S 及び T を以下のように表す。

$$S=\{s_0,s_1,\cdots,s_{Q-1}\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

$$T=\{t_0,t_1,\cdots,t_{Q-1}\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

このとき、画像特徴距離 d は (4) 式で与えられる。

$$d=\sqrt{(\bar{s}-\bar{t})^2+\sum_{k=0}^{M-1}\{(s_k-\bar{s})-(t_k-\bar{t})\}^2} \quad \cdots\cdots\cdots(4)$$

ただし、$\bar{s}$ および $\bar{t}$ はそれぞれ、フラクタルシーケンス S, T の要素の平均値を示す。2つの画像が類似している場合、$d \fallingdotseq 0$ となる。顔画像を分類する際、ここでは被験者の基準顔画像と比較顔画像との間の画像特徴距離 d を求め、d が最小となる比較顔画像を被験者本人の顔画像とする。

3. 結果

表1 フラクタル次元と相関係数(基準顔画像)

(a) 無表情の場合

被験者1		被験者2		被験者3		被験者4	
D	1.370	D	1.400	D	1.370	D	1.367
R	0.999	R	0.999	R	0.999	R	0.999
被験者5		被験者6		被験者7		被験者8	
D	1.311	D	1.335	D	1.439	D	1.455
R	0.999	R	0.999	R	0.998	R	0.999

(b) 笑顔の場合

被験者1		被験者2		被験者3		被験者4	
D	1.414	D	1.351	D	1.330	D	1.403
R	0.999	R	0.999	R	0.999	R	0.999
被験者5		被験者6		被験者7		被験者8	
D	1.261	D	1.425	D	1.423	D	1.449
R	0.999	R	0.999	R	0.999	R	0.999

表2 フラクタル次元と相関係数(比較顔画像)

(a) 無表情の場合

被験者1		被験者2		被験者3		被験者4	
D	1.422	D	1.395	D	1.421	D	1.347
R	0.999	R	0.999	R	0.999	R	0.999
被験者5		被験者6		被験者7		被験者8	
D	1.303	D	1.400	D	1.297	D	1.433
R	0.999	R	0.999	R	0.999	R	0.999

(b) 笑顔の場合

被験者1		被験者2		被験者3		被験者4	
D	1.336	D	1.349	D	1.389	D	1.306
R	0.999	R	0.999	R	0.999	R	0.999
被験者5		被験者6		被験者7		被験者8	
D	1.227	D	1.362	D	1.335	D	1.442
R	0.999	R	0.999	R	0.999	R	0.999

表3 画像特徴距離 d(無表情の場合)

		比較顔画像							
		1	2	3	4	5	6	7	8
基準顔画像	1	0.016	0.033	0.040	0.055	0.050	0.029	0.045	0.113
	2	0.037	0.010	0.022	0.071	0.058	0.030	0.030	0.136
	3	0.080	0.060	0.037	0.119	0.050	0.078	0.029	0.181
	4	0.023	0.042	0.063	0.021	0.086	0.022	0.074	0.085
	5	0.090	0.073	0.053	0.129	0.043	0.091	0.036	0.191
	6	0.023	0.010	0.037	0.053	0.065	0.014	0.044	0.118
	7	0.118	0.090	0.077	0.151	0.102	0.110	0.074	0.215
	8	0.137	0.162	0.181	0.100	0.194	0.141	0.192	0.036

表4 画像特徴距離 d(笑顔の場合)

		比較顔画像							
		1	2	3	4	5	6	7	8
基準顔画像	1	0.033	0.040	0.092	0.060	0.104	0.076	0.158	0.045
	2	0.042	0.028	0.094	0.049	0.112	0.054	0.150	0.041
	3	0.089	0.093	0.029	0.076	0.054	0.109	0.054	0.157
	4	0.028	0.033	0.043	0.020	0.061	0.065	0.102	0.094
	5	0.109	0.123	0.063	0.106	0.040	0.147	0.083	0.183
	6	0.080	0.052	0.113	0.065	0.141	0.029	0.150	0.058
	7	0.128	0.123	0.075	0.102	0.097	0.122	0.004	0.187
	8	0.077	0.068	0.132	0.090	0.150	0.081	0.189	0.003

被験者は8名とし、20代前半の男性とした。図3及び図4は被験者の基準顔画像と比較顔画像をそれぞれ示す。被験者が無表情の場合と笑顔の場合である。先ず、基準顔画像及び比較顔画像のフラクタル性について検討する。具体的には、フラクタルブラウン関数[3]を用いて、フラクタル次元D及び相関係数Rを求める。結果を表1及び表2に示す。いずれの場合も相関係数Rは、ほぼ0.999であり、自己相似性が認められる。従って、これらの画像はフラクタル性を持つことがわかる。

次に、表3及び表4に基準顔画像と比較顔画像との間の画像特徴距離dを求めた結果を示す。ただし表中における行及び列の番号は被験者の番号を示す。表3より、被験者1, 2, 4, 7, 8の場合、同じ被験者との間の画像特徴距離dが最小となることがわかる。また、表4より、被験者が笑顔の場合、同じ被験者との間の画像特徴距離dが最小値を示していることがわかる。これらの結果より、画像特徴距離dを用いることで、本人の顔画像と別の顔画像を分類できる可能性のあることがわかる。一方、被験者の表情によって分類の推定結果が異なる理由については、現在、明確になっていないので、今後詳細に検討を行う。

4. まとめ

フラクタル解析により顔画像を分類する手法を提案し、検討を行った結果、顔画像はフラクタル性を持つことがわかった。また、本手法を用いることで、顔画像を分類できる可能性のあることもわかった。

参考文献

[1]望月，藤井，伊藤：”新しいフラクタル特徴とロバストな構図情報を用いた画像検索”， 情報メディア学会論文誌， Vol.57, No.6, pp.719-728(2003)

[2]掛村，東，入江：”仮想体積を用いたテクスチャ特徴変数とその応用”， 電子情報通信学会誌 D-II, Vol.J80-D-II, No.9, pp.2411-2420(1977)

[3]J. フェダー / 松下他訳：フラクタル，啓学出版(1991)