

歯科診療ライトの自動照準システムのための画像処理を用いた顔検出に関する検討

A Study on Face Detection with Image Processing for Automatic Aiming System of Dental Light

○古川貴大¹, 関弘翔², 細野裕行²*Takahiro Furukawa¹, Hiroto Seki², Hiroyuki Hosono²

Abstract: The purpose of this research is to reduce the burden of the dentist during medical treatment or examination by performing automatic aiming of the dental light. In this report, improvement of face detection accuracy using Haar-like features in light irradiation environment.

1. まえがき

近年, 自閉症の患者数は日本で増加傾向にあるとされており, 平成 24 年度には, 7 万人程度の小・中学校児童・生徒が自閉症や情緒障害と診断されている[1].

病院では診療に, 診療用のライトを使用する. 自閉症患者も健常者と同様に病院へ通院するが, 手をたたく, 首を振るなどの反復運動をしてしまう常同症により顔をじっとしていることができない. その対策として, 医療機関における診療の中でも歯科医は登山用のヘッドライトを用いることが多い. しかし, 現状ではライトの光度が不足していたり, 医師の首に負担が生じるといった問題点がある. そこで, 画像処理を用いて歯科診療用ライトの自動照準を行うことにより, 上述の問題点を解決し, 自動照準の基となる顔検出についての検討を行う. 本報告では歯科診療用に近い光度のライトを顔に照射した場合の輝度変化に着目し, 顔検出精度向上に関する検討を行った.

2. 顔検出

画像処理による顔検出には, Haar-like 特徴量[2]を基に機械学習し構築する顔検出器を用いる. なお, 本報告の顔検出処理には OpenCV を利用する.

Haar-like 特徴量とは, 画像局所特徴量の中で, 輝度に着目したものの一つである. 画像局所特徴量は, 抽出対象物の局所的な領域に着目した特徴量であり, 環境変化や物体の形状変化の影響を受けにくい. 歯科診療用ライトを照射した顔であっても, 目や口などの局所的な輝度勾配は変化しにくいと考えたため今回この特徴量を採用した.

Haar-like 特徴量は, Figure 1 に示すような白と黒の矩形領域内($r1, r2$)での輝度差を(1)式により算出し, 特徴量とするものである.

$$H(r1, r2) = S(r1) - S(r2) \quad (1)$$

ここで $S(r)$ は矩形領域 r の平均輝度値を意味する.

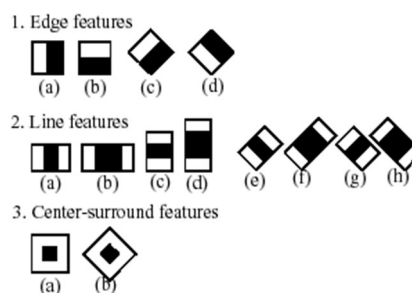


Figure 1. Haar-like features[3]

顔検出器は, 顔の写っている正解画像と顔の写っていない不正解画像を基に, AdaBoost[4]という教師あり機械学習手法を用いて Haar-like 特徴量を学習し, 構築する. 本研究では OpenCV 付属の顔検出器を利用する.

OpenCV を利用した顔検出の際, 検出精度を決定する $scaleFactor$ と $minNeighbors$ というパラメータが重要となる. $scaleFactor$ は検出範囲の拡大倍率のパラメータである. この値を小さくすることによってより詳細な探索を行うことができるが, 顔でない部分も顔であると検出する可能性が高くなる. $minNeighbors$ は棄却する近傍矩形の個数を定義するパラメータである. この値を大きくすることでより確実な検出が行えるようになるが, 顔である部分を顔でないと検出する可能性が高くなる.

3. 報告内容

歯科診療用ライトを照射された顔では大きな輝度変化が発生することが考えられる. 通常, 顔検出器の学習では顔にライトが照射されていることが考慮されていないと考えられるため, 検出率の低下が懸念された. そこで, 画像補正による顔検出の精度向上の手法について検討した.

3.1. コントラスト調整

コントラスト調整とは, 画像内の明るい部分と暗い部分の明るさの差(コントラスト)をより明確に, あるいは曖昧にするために行う補正である. 歯科診療用ライ

トを照射した領域を含む画像では、明るい部分と暗い部分での差が顕著になると考えられるため、コントラストを下げることでライト照射の有無における画像の輝度変化を抑制するために用いる。

3.2. ガンマ補正

ガンマ補正とは、極端に輝度が偏っている画像の明るい部分を暗く、あるいは暗い部分を明るくするために行う補正である。コントラスト調整によりコントラストを下げた際に顔の特徴が弱まることが考えられるため、ガンマ補正によって画像内の暗い部分をより明確にし、顔の特徴を強調するために用いる。

4. 顔検出実験

歯科診療用ライトの照射が顔検出精度にどのように影響するかを検討するために顔検出実験を行った。実験では、顔検出の精度を決めるパラメータである scaleFactor と minNeighbors を変化させ、顔検出の精度の変化を解析した。

4.1. 実験条件

被験者（成人男性）を寝かせ、被験者から約 80cm の高さにカメラを設置した。その状態で、カメラと同じ高さから、被験者の顔に歯科診療用ライトと同程度の光量を持つライトを照射した場合としない場合の 2 本の動画を撮影し、実験に用いる。撮影した動画の様子は 640×480pixel, AVI 形式, 60fps (300frame) である。本報告では、顔のみが矩形で囲まれている場合を正検出、顔以外の部分や 2 ヶ所以上が矩形で囲まれている場合を誤検出、画像内のどの部分も矩形で囲まれなかった場合を未検出とした。

4.2. 顔検出結果

補正なしの検出率を Table 1 に、コントラスト調整とガンマ補正を行った際の検出率を Table 2 に示す。

Table 1 の With light と Without light の比較から、ライトを照射することで検出率が向上した。要因としては、ライトを照射することによって、細かな輝度変化がなくなり誤検出しにくくなったと考えられる。しかし、ライトの光度が高いため顔が白飛びし、大まかな輝度変化のみになってしまうため、minNeighbors が大きいときに未検出となる問題があった。Table 1 と Table 2 を比較すると、ライト照射ありの環境において補正を行うことですべての条件で検出率が向上した。要因としては、補正によりライト照射の影響によって弱くなっていた顔の特徴を強調することができたためと考えられる。しかし、ライト照射なしの環境においては補正によってコントラストの低下が著しくなり、逆に顔の特徴が弱くなり未検出が増加したと考えられる。

Table 1. Result of no correction

No Irradiate		scaleFactor			Irradiate	scaleFactor			
		1.05	1.04	1.03		1.05	1.04	1.03	
minNeighbors	1	97.7	86.7	82.3	minNeighbors	1	100.0	81.7	3.7
	2	98.3	96.0	91.3		2	100.0	100.0	20.0
	3	100.0	99.7	97.3		3	100.0	100.0	70.3
	4	100.0	100.0	98.0		4	100.0	100.0	98.0
	5	100.0	100.0	99.0		5	100.0	100.0	100.0
	6	100.0	100.0	99.0		6	100.0	100.0	100.0
	7	100.0	100.0	99.7		7	100.0	100.0	100.0
	8	100.0	100.0	100.0		8	100.0	100.0	100.0
	9	100.0	100.0	100.0		9	100.0	100.0	100.0
	10	100.0	100.0	100.0		10	96.0	100.0	100.0

Table 2. Result of Contrast adjustment + Gamma correction

No Irradiate		scaleFactor			Irradiate	scaleFactor			
		1.05	1.04	1.03		1.05	1.04	1.03	
minNeighbors	1	96.7	94.0	86.0	minNeighbors	1	100.0	93.7	29.0
	2	99.3	99.3	93.7		2	100.0	100.0	98.7
	3	99.7	100.0	98.0		3	100.0	100.0	100.0
	4	99.7	100.0	100.0		4	100.0	100.0	100.0
	5	100.0	100.0	100.0		5	100.0	100.0	100.0
	6	100.0	100.0	100.0		6	100.0	100.0	100.0
	7	100.0	100.0	100.0		7	100.0	100.0	100.0
	8	100.0	99.7	100.0		8	100.0	100.0	100.0
	9	99.7	99.3	100.0		9	100.0	100.0	100.0
	10	98.7	97.0	100.0		10	100.0	100.0	100.0

5. まとめ

本報告では、歯科診療用に近い光度のライトを顔に照射した場合の輝度変化に着目し、顔検出精度向上に関する検討を行った。ライトの照射により誤検出が減少するが、ライトの影響で局所的な特徴量が失われ未検出が増加した。この問題に対して、コントラスト調整とガンマ補正は全体的な検出率の向上につながったが、ライト照射なし時において未検出が増加した。

今後は、サンプル数を増やすとともに、ライト照射の有無に関わらず安定した検出が可能な画像補正について検討していく。

6. 参考文献

[1] 内閣府：平成 25 年版 障害者白書
http://www8.cao.go.jp/shougai/whitepaper/h25hakusho/gaiyou/h1_01.html (2017 年 9 月現在)

[2] P.Viola,M.Jones: “Rapid object detection using a boosted cascade of simple features”, IEEE CVPR, Vol. 1, pp. 511-518(2001)

[3] R.Lienhart,J.Maydt: “An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object Detection”, IEEE ICIP2002, Vol. 1, pp. 900-903(2002)

[4] Y. Freund and R. E. Schapire: “A Decision-Theoretic Generalization of On-Line Learning and an Application to Boosting”, Journal of Computer and System Sciences, No. 1, Vol. 55, pp. 119-139(1997)