

顔映像の脈波測定を活用した感情推定

安丸昌輝^{†1} 竹内健^{†1} 金井謙治^{†1} 甲藤二郎^{†1}

概要: 近年、Internet of Things (IoT)の普及に伴い、カメラやセンサを用いて異常を検知する映像監視システムが進んでいる。このような映像監視システムでは、異常事態が起こる前に要因を特定する機能が求められる。本稿では、人の感情を基に不審行動を特定することを目的とし、顔領域から得られる脈波を基に感情推定を行う手法の精度評価を実施する。具体的には、血液中にあるヘモグロビンの緑色の光を強く吸収する性質を利用し、輝度値の時間変化から抽出した脈波を基にストレス量を計測する。被験者に特定の感情を喚起させる、複数の映像を視聴してもらい、映像ごとに LF/HF 値を算出し、視聴映像ごとの LF/HF 値の変化を評価する。

キーワード: 感情, RGB カメラ, 心拍推定

Human Emotion Estimation Using Pulse Wave Measurement for Facial Movie

MASAKI YASUMARU^{†1} MASARU TAKEUCHI^{†1} KENJI KANAI^{†1}
JIRO KATTO^{†1}

Abstract: Recently, with the spread of Internet of Things (IoT), a video surveillance system that detects abnormal activity using camera and sensor is under developing. In such video surveillance system, the function that predict the occurrence of abnormal situation occur is required. In this paper, in order to identify the suspicious human activity from human emotion, we introduce a method that estimates human emotion based on pulse wave obtained from face. Specifically, by utilizing the property of hemoglobin that absorbs green light in blood, we obtain the amount of stress based on the pulse wave extracted from the temporal change of brightness value. In the accuracy evaluations, subjects watch multiple movies that evoke a specific emotion, and we measure the stress value for each emotion and compare the observation results among the test movies.

Keywords: human emotion, RCB camera, heart rate estimation

1. はじめに

近年、Internet of Things (IoT)の普及に伴い、カメラやセンサを用いて異常を検知する映像監視システムが進んでいる。このような映像監視システムでは、異常事態が起こる前に要因特定する機能が求められる。その事例として、ELSYS社のDEFENDER-X[1]では、顔の周辺振動を解析し、感情を評価することで、事件が起こる前に不審者の特定を行っている。このように、監視カメラ等のセンシング情報から人の感情を推定し、体調不良等の不審行動をとっている人物を特定することは、より安全で安心な社会を構築することにおいて重要といえる。そこで本稿では、撮影された顔領域から脈波を推定し、その推定値から交感神経指標となるLow Frequency (LF)/High Frequency (HF)値を算出する。さらに、その数値に基づき、楽しみ、驚き、嫌悪、悲しみ、怒り、恐怖の6つの感情推定を手法について検討する。

2. 関連研究

2.1 ウェブカメラを用いた非接触心拍変動計測

血液中のヘモグロビンには光の中の緑成分を吸収する

性質があるため、心拍による血圧の微小な変化が起こると光の反射率が変化する。これにより、顔の色チャンネルに独立成分分析(ICA: Independent Component Analysis)を実行することで、心拍による色の変動のみを分離することができる。これを用いて、Pohらは[2]、ウェブカメラを用いて、簡単かつ低コストで心拍数、呼吸数、心拍変動を数値化する手法を提案している。カスケード検出器を利用して顔領域を自動検知し、RGB値の時間波形に独立成分分析(ICA)を実行することで容積脈波を得る。ここで、容積脈波とは、皮膚血管の膨張・伸縮を皮膚表面から波形として捉えた波形データを意味する。その波形データから心拍成分を抽出し、心拍間隔(RRI: R-R interval)を抽出することで、心拍数、呼吸数、心拍変動の数値を求めている。

2.2 顔画像のヘモグロビン色素分離による感情推定

人の皮膚は多段構造を成しており、大きくは表皮と真皮に分けることができる。皮膚の色調には、メラニンとヘモグロビン色素が含まれており、表皮にはメラニンが、真皮には血液に含まれるヘモグロビンが、それぞれ存在する。したがって、2つの色素は空間的に独立していると考え

^{†1} 早稲田大学
Waseda University

ことができる。これを基に、Okada らは[3]、顔画像からヘモグロビン色素成分を分離した後、その時間変化波形から脈波を取得し、波形の特徴から感情を推定する手法を提案している。具体的には、顔領域の対数をとった色空間に独立成分分析 (ICA) を適応することで、ヘモグロビン、メラニン、陰影の3つに色素成分分離できる。分離した後、ヘモグロビン画像の平均画素値の時間変化から脈波を取得する。脈波の時間領域解析、周波数領域解析、非線形解析、血流量から得られる合計 27 種類の特徴量を基に、感情推定を行っている。

3. 提案手法

本稿では、光の中の緑成分を吸収するヘモグロビンの性質を利用するため、顔の中でも脂肪量が少なく、血液の流れが表れやすい眉間領域を対象とし、以下の3つのステップを通して心拍数とストレス量の推定を行う。

3.1 容積脈波の取得

本節のフローを図1に示す。まず、python を使い、顔のパーツを検出するオープンソース[3]を活用して眉間の検知を行う。検知した眉間領域内の RGB の輝度平均値を算出し、これを動画フレームごとに計算することで、チャンネルごとの輝度平均値の時間変化波形を取得する。その後、MATLAB を利用し、[2]の手法に基づき、これら3つの波形に対して独立成分分析(ICA)を適用することで、3つの独立波形を抽出する。その中でもパワースペクトルの最も高いピークを含む波形は、プレチスグラフィ(血管内皮機能検査)で最も強い反応を示していることから[4]、血管の膨張・収縮の波形を表す容積脈波と定義する。3つの独立波形のパワースペクトルを図2に示す

3.2 心拍変動データと心拍数の取得

次に、取得した容積脈波から体動や呼吸性変動などの心拍成分以外の要素を削除するため、心拍成分を0.7~2.0Hzの周波数帯とし、バンドパスフィルタを適用する。ここでの波形の変化を図3に示す。さらに、スプライン関数でピーク点を精細化した後、ピークの出現する時間間隔を心拍変動値とし、ある時間範囲内に観測された心拍変動値の全平均値を算出することで心拍間隔 (RRI) を算出する。なお、式(1)に示すように、心拍数は1分間に正規化する。

$$\text{心拍数(bpm)} = \frac{60}{\text{RRI}} \quad (1)$$

3.3 LF/HF 値の測定

ストレス量は、3.2節で得られた心拍変動データのパワースペクトルから得られる LF 成分、HF 成分を用いて求めることができる[4]。心拍変動データからパワースペクトル密

度推定をした結果を図4に示す。パワースペクトルの低周波数成分(0~0.05Hz)の積分値を LF 成分、高周波成分(0.20~0.35Hz)の積分値を HF 成分とする[5]。LF 成分は、ストレスを感じている際に働く交感神経と、リラックスしているときに働く副交感神経の両方の影響を表し、HF 成分は LF 成分とは異なり、副交感神経のみの影響を表している。パワースペクトルから算出した LF、HF 値から、ストレスに関わる交感神経の影響を示す LF/HF 値を求める。それゆえ、ストレスを感じている場合、相対的に LF 成分が高くなるため、LF/HF 値が上昇し、反対に、ストレスを感じていない場合は、相対的に HF 成分が高くなり、LF/HF 値が減少する傾向がある。

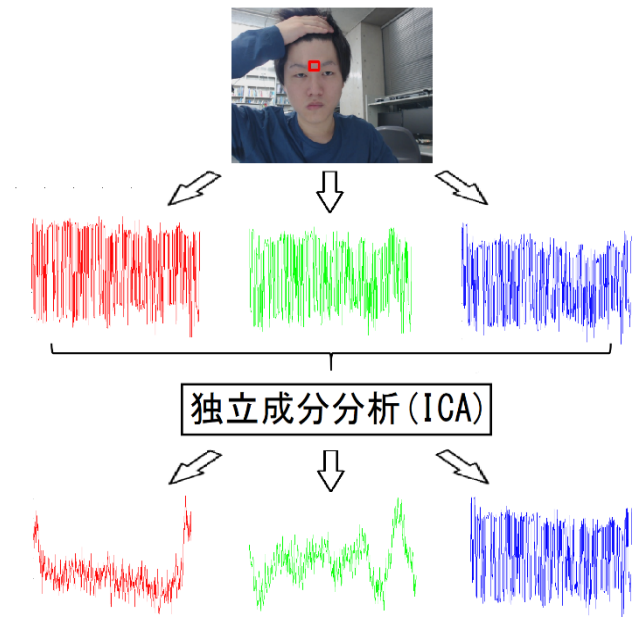


図1 容積脈波取得のフロー

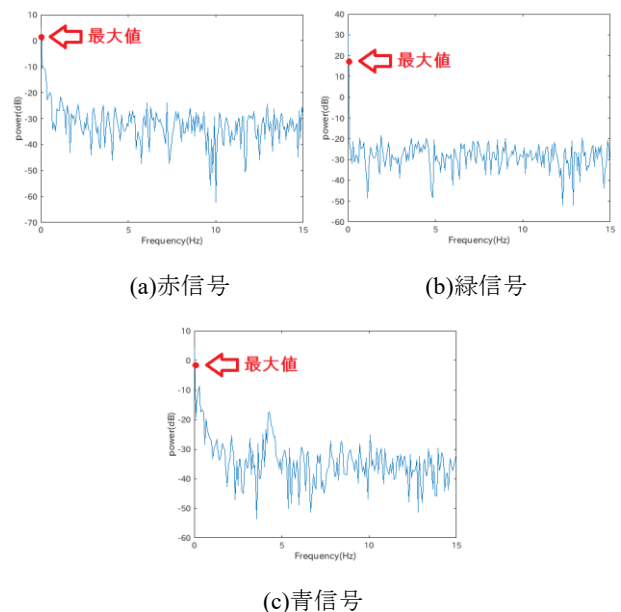


図2 3つの独立波形のパワースペクトル

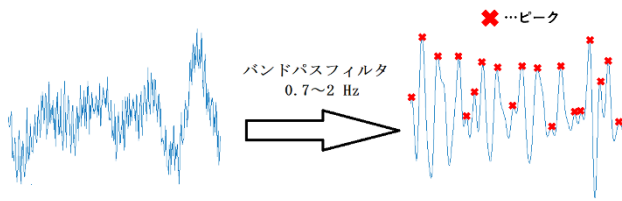


図3 バンドパスフィルタによる波形の変化

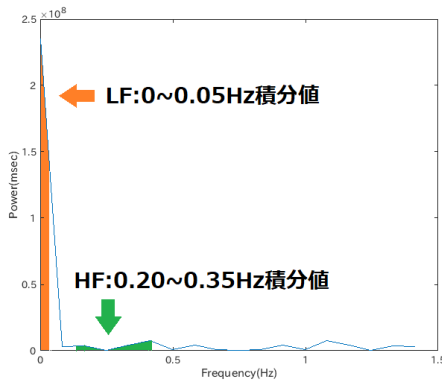


図4 心拍変動時系列データのパワースペクトル

4. 評価実験

評価実験として、以下の2つの実験を行う。実験で使用

表 1.1: 選択した動画像の一覧

楽しみ [7]	驚き [8]	嫌悪 [9]	恐怖 [10]	怒り [11]	悲しみ [12]

表 1.2: 選択した動画像の概要

動画	概要
楽しみ	複数の子猫が猫じゃらしを目で追う様子
驚き	突然カメラに向かってペットボトルやボールが飛んでくる
嫌悪	ケーキを切るなどの簡単な作業がうまくいかない様子
恐怖	何かが出現しそうな部屋に向かって、少年が歩いていく
怒り	交通違反をした人が撮影者に向かって怒り出す
悲しみ	亡くなった犬や人を前に、犬が離れられずにいる様子

するカメラは、フレームレート 30 fps, 解像度 500×375 pixel のウェブカメラを使用する。2 つの実験は、白色蛍光灯下かつ被験者とカメラが 50 cm 離れた位置で行う。

4.1 心拍数の精度評価

3.2 節で取得した心拍間隔(RRI)の精度を確認するため、提案手法で推定した心拍数とパルスオキシメーター(iheart)[6]で測定した心拍数と比較する。心拍数は、すべての心拍間隔の平均値を用いて算出する。本稿では、被験者 1 人に対して、本手法とパルスオキシメーターの心拍測定を同時に行う実験を 3 回繰り返し、心拍数の精度を評価する。

4.2 異なる動画視聴時の LF/HF 値の比較

次に、4.1 節の結果を踏まえ、被験者に楽しみ、驚き、嫌悪、悲しみ、怒り、恐怖の感情を喚起させる 6 種類の動画 [7]–[12]を視聴してもらい、各動画視聴中における LF/HF 値の変化を評価する。被験者 4 人に、視聴前の 1 分間の休憩をとった後、特定の動画を視聴してもらった。視聴時の眉間の輝度平均値を 30 秒以上取得し、LF/HF 値を算出し比較する。選択した各動画像の一覧と概要を表 1 に示す。

5. 実験結果

5.1 心拍数の測定結果

まず、iheart によって計測された心拍数および提案手法によって推定された心拍数を表 2 に示す。

表 2 心拍数の測定結果

	iheart(bpm)	提案手法(bpm)
1 回目	95	93
2 回目	94	95
3 回目	90	92

表 1 から 3 回の実験全てにおいて、提案手法で測定した

心拍数は、パラオキシメーターで計測した数値との誤差が2bpm以下であることが確認できた。これにより、提案手法によりおおよその心拍数を推定できることがわかる。

5.2 異なる動画視聴時の LF/HF 値の算出結果

次に、推定された心拍数から算出された LF/HF 値の実験結果を表3に示す。

表3 各被験者の動画視聴時の LF/HF 値

動画	被験者 ①	被験者 ②	被験者 ③	被験者 ④
楽しみ	0.1711	0.2316	0.3114	0.1800
驚き	0.0569	0.2961	0.2920	0.0694
嫌悪	0.0798	0.1382	0.3060	0.2866
恐怖	0.2086	0.1510	0.1428	0.0559
怒り	0.1951	0.0185	0.1938	0.0953
悲しみ	0.0413	0.0428	0.1075	0.0460

表3から、悲しみを喚起させる動画を視聴時の LF/HF 値はどの被験者においても0.11未満となり、6つの動画の中でおおよそ最低値を示すことがわかる。一方で、その他の動画視聴時は被験者全員から見られる統一性がなく、数値に大きな差が見られないことが確認される。そのため、6つの感情を分離するには、今回の実験結果に限定すると、視聴時間全体のデータから算出した LF/HF 値だけでは不十分であると考えられる。一方で、被験者ごとに値を比較すると、視聴する動画の種類によって大きく値が異なる結果が見られた。

今後は、被験者に対して、動画視聴時の感情の振れ幅についてアンケート評価するとともに、より被験者を増やし実験結果の充実を図り、動画シーケンス、視聴時の被験者の感情、その際の LF/HF 値との相関を評価していく予定である。

6. まとめ

本稿では、眉間領域に注目し、心拍数と感情ごとの LF/HF 値を算出するシステムを提案した。今回の実装では、心拍数はパラオキシメーターで測定した数値内となる一方、LF/HF 値は、悲しみ以外の感情に被験者間の統一性はないが、各被験者で視聴する動画の違いにおいて数値に大きな違いがみられる結果となった。

今後の予定として、脈波の揺らぎや振幅の大きさ等の特徴量を抽出し、推定アルゴリズムを改良していく予定である。

参考文献

- [1] “DEFENDER-X - ELSYS JAPAN”
<https://www.elsysj.net/defender-x/>
- [2] “Detect eyes, nose, lips, and jaw with dlib, OpenCV, and Python”
<https://www.pyimagesearch.com/2017/04/10/detect-eyes-nose-lips-jaw-dlib-opencv-python/>
- [3] Poh, Ming-Zher, Daniel J. McDuff, and Rosalind W. Picard. “Advancements in noncontact, multiparameter physiological measurements using a webcam.” IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 58, No. 1, January 2011.
- [4] Poh, Ming-Zher, Daniel J. McDuff, and Rosalind W. Picard. “Noncontact, automated cardiac pulse measurements using video imaging and blind source separation.” Opt. Expr., vol. 18, pp. 10762–10774, May 2010.
- [5] “【新技術】スマホのカメラで自律神経を測定”
<http://www.urobot.co.jp/content/files/news20160310.pdf>
- [6] Genki Okada, Taku Yonezawa, Kouki Kurita, Norimichi Tsumura “Monitoring Emotion by Remote Measurement of Physiological Signals Using an RGB Camera” ITE Transactions on Media Technology and Applications (MTA) Vol. 6, No. 1, pp. 131-137 (2018).
- [7] “心拍変動と自律神経機能”
http://www.take-clinic.com/psm/hrv/hrv_autonomic2.htm
- [8] iheart <http://iheartalive.jp/>
- [9] “Funny Cats Choir | Dancing Chorus Line of Cute Kittens”
<https://www.youtube.com/watch?v=pLCOTpjBGcs&t=15s>
- [10] “ネットで話題！かなりびっくりする映像・厳選4連発！”
<https://www.youtube.com/watch?v=nC674tB0zeY>
- [11] “「イライラすること必至」と話題の動画がこちら・・・”
<https://news.aol.jp/2017/03/27/this-could-be-the-most-frustrating-video-on-the-internet/>
- [12] “Fear Manipulation (Gross & Levenson, 1995)”
<https://vimeo.com/53499264>
- [13] “東名阪道 割り込み DQN が降りてきて逆ギレ！”
<https://www.youtube.com/watch?v=AlAjfBCg3p4>
- [14] “泣けるほど感動した動物の動画”
<https://www.youtube.com/watch?v=OydKKuWiJes&t=125s>