

心拍と呼吸を用いたコンテンツ視聴による気分変化の推定: コメディ視聴における検討

角田 啓介¹ 江口 佳那¹ 吉田 和広¹ 渡部 智樹¹ 水野 理¹

概要: 本稿では、コメディ動画等のコンテンツ視聴によって生じるユーザの気分変化を、バイタルセンサを用いて低負荷に推定する方法について述べる。従来、コンテンツ視聴によって生じたユーザの気分などの心的状態変化を推定するためには、視聴前後にユーザ主観評価を実施する方法が用いられてきた。しかし、これらの方法は視聴前後に数分間ユーザを拘束するためユーザにとって負荷が大きく、多数ユーザの変化を一度に推定することや、多忙なユーザを対象とした推定が困難であった。そこで、視聴前後にユーザの行動を拘束しない方法として、視聴中に顔表情やバイタルデータを測定する方法が提案されてきた。しかし、それらの手法はコンテンツ視聴中に起こり得る、ユーザの顔や体の動きに起因するノイズに影響されるため、正確に測定するためには視聴中にユーザの動作を制限してしまう点が課題であった。そこで本稿では、フィルタ処理によってノイズの影響を抑えつつ測定可能な、心拍数及び呼吸数の長期変動に着目する。心拍数及び呼吸数の長期変動の類似性がユーザの心的状態と関係があることを示唆している既存研究を基に、視聴中に測定した心拍数及び呼吸数の長期変動の類似性から、コンテンツ視聴前後でのユーザの気分変化を推定する手法を提案する。そして、提案手法を評価するための被験者実験を実施し、提案手法を20名の被験者から測定したデータに対して適用することで、提案手法の有効性を示す。

Estimating Mood State Change Caused by Contents Viewing using Heart Beat and Respiration: A study with Japanese Comedy

KEISUKE TSUNODA¹ KANA EGUCHI¹ KAZUHIRO YOSHIDA¹ TOMOKI WATANABE¹ OSAMU MIZUNO¹

Abstract: In this paper, we proposed the low-invasive method to estimate change in mood state caused by viewing contents such as movie using vital sensor. Although previous studies have tried to estimate changes in mental state, including mood state, using subjective questionnaire before and after viewing contents, it forced user to answer it taking several minutes before and after viewing. Other studies have tried to estimate these changes using heart rate variability, facial expression or eye movement during contents viewing. However, these method also forced users not to move their body or face dynamically because these methods were affected by instantaneous body or head movement during contents viewing. In this paper, we focused on long-term synchronization between heart beat and respiration, which was hardly affected by instantaneous body or head movement inspired by previous study had found to estimate change in mood caused by viewing movie contents. We proposed the method to estimate change in mood state using long-term synchronization between heart beat and respiration. To evaluate our proposal, we conducted the experiment with comedy movie. By the experiment, it is clarified that our proposal can estimate change in mood state using long-term synchronization between heart beat and respiration.

1. 緒言

今日、人々は生の演技や演奏をはじめ、Web サイト、音

楽、動画等様々なコンテンツを手軽に楽しめるようになった。それに伴いコンテンツ数も増加・多様化が進み、コンテンツ作成者・提供者にとって、各コンテンツがユーザに及ぼす効果を調べ、ユーザのニーズに合わせたコンテンツの作成・配信を行うことが重要である。例えば動画コンテ

¹ 日本電信電話株式会社 NTT サービスエボリューション研究所
NTT, Yokosuka, Kanagawa 239-0847, Japan

コンテンツは一般に、視聴したユーザに対して「楽しさ」「怒り」「恐怖」など16種類の感情を引き起こすことが知られている [1]。また、日本の「お笑い」のようなコメディの視聴は、ポジティブな気分の増進による精神的リラックスや免疫機能向上等の健康効果があるとも言われている [2]。一方で、コンテンツに対する嗜好には個人差があり [3]、同じコンテンツでも全てのユーザに対して同じ効果があるわけではない。このように、コンテンツが各ユーザの心的状態に及ぼす効果を、ユーザへの負荷が少ない方法で測定することは、映画やTV番組をはじめとするコンテンツの作成者・提供者に対してだけでなく、ユーザ自身の視聴体験の振り返りや健康管理といった観点からも重要と考えられる。

従来、動画等のコンテンツ視聴がユーザの心的状態に及ぼす効果を測定するために、視聴前後にユーザの主観評価を実施する方法が用いられてきた [4]、しかし、主観評価を実施するためには、コンテンツ視聴前後において主観評価に回答してもらう必要があり、ユーザを数分間拘束することになる。そのため、測定におけるユーザ負荷が高く、多数のユーザを対象とした測定や、多忙なユーザを対象とした測定が困難であった。

そこで、コンテンツ視聴中に測定できる顔の表情 [5] や眼球運動 [6]、あるいは脳波や皮膚温など多数のバイタルデータ [7] より、ユーザの心的状態を推定する方法も提案されてきた。しかし、例えば「笑い」や「驚き」のような、瞬時的かつ急激な感情変化を引き起こす可能性があるコンテンツの場合、視聴中にユーザが顔や体を素早く、大きく動かすことが考えられる。その場合、顔表情や眼球運動を測定するために必要な顔画像は顔や体の動きに起因するノイズの影響を受けてしまうと考えられる。また、脳波などの多数のバイタルデータを測定するためには、ユーザに多数の電極やセンサ機器を装着する必要がある。よって、どちらの手法においても、正確に測定するためにはユーザのコンテンツ視聴中の動作を制限することになり、ユーザにとって負担が大きいと考えられる。

本稿では、コンテンツ視聴中にユーザの顔や体の動きが伴う場合において、コンテンツ視聴がユーザの心的状態へ及ぼす効果を、ユーザの動作を制限することなく、低負荷に推定することを目的とする。コンテンツ視聴効果として、本稿ではまず Bennet ら [2] や Takahashi ら [4] の研究を基に、1時間程度のコメディ視聴によるユーザの気分 (Mood) の変化に着目する。気分は情動 (Affect) と比較すると、ゆるやかに変化し、かつ瞬時的でなく持続的な感情状態と定義される [8]。次に、推定に用いるデータとして、従来研究においてユーザの心的状態との関係が示唆され、かつウェアラブルセンサやマイクロ波を用いた非接触センサ等で測定可能な、コンテンツ視聴中の心拍数及び呼吸数に着目する。特に、コンテンツ視聴中はユーザの顔や体の動きが生じることを考慮し、心拍数及び呼吸数における、体動に

よって生じるノイズに影響を受けやすい秒単位の短期的な変動ではなく、分単位の長期的な変動に着目する。その上で、コンテンツ視聴中における心拍数と呼吸数の長期変動の類似性により、コンテンツ視聴によって生じたユーザの気分変化を推定する手法を提案する。最後に、被験者実験を実施し、提案手法を実測したデータに適用することで、提案手法の有効性を示す。

以下が本稿の構成である。2章ではコンテンツ視聴がユーザに及ぼす効果の測定方法と、バイタルデータ等を用いた心的状態推定に関する従来研究について述べる。3章では従来研究を基に、コンテンツ視聴中の心拍数及び呼吸数の長期変動の類似性からコンテンツ視聴によって生じたユーザの気分変化を推定する手法を提案する。4章では提案手法の有効性を確認するために実施した実験について述べた上で、提案手法の有効性を評価する。5章では本稿のまとめと今後の課題について述べる。

2. 関連研究

2.1 コンテンツ視聴効果の測定

動画等のコンテンツ視聴は、感情や気分をはじめとしたユーザの心的状態に何かしらの変化を起こす。一例として Gross らは、動画コンテンツは視聴したユーザに対して「楽しさ」「怒り」「恐怖」など16種類の感情を引き起こすと述べている [1]。また Takahashi らは、75分の動画視聴の前後において Profile Of Mood States (POMS) という主観的気分評価尺度 [9] を用いてユーザの気分変化を測定したところ、喜劇を描いた動画コンテンツの視聴はユーザの気分のうち「怒り」「緊張・覚醒」「混乱」「抑うつ」を和らげることを明らかにしている [4]。このようにコンテンツ視聴前後、ユーザに数分間かけて主観評価に回答してもらうことで、コンテンツ視聴がユーザの心的状態に与えた効果を測定することができる。しかし、このような主観評価はコンテンツ視聴前後の数分間、ユーザを拘束してしまうため、多忙なユーザを対象とした評価や、多人数のユーザへの一斉評価が困難という課題がある。

2.2 バイタルデータを用いた状態推定

主観評価を用いた場合における課題を解決するため、コンテンツ視聴効果の推定に、視聴中に測定したバイタルデータを用いる技術も提案されてきた。Yazdani らは、脳波や皮膚温など多数のバイタルデータから、コンテンツ視聴によって生じるユーザの情動 (Affect) の変化を推定する手法を提案している [7]。しかし、脳波や皮膚温など多数のバイタルデータを測定するには、ユーザに多数の電極やセンサ機器を装着することになり、ユーザの行動や動作を著しく制限することになるため、ユーザ負荷が高いという

問題がある。

また、カメラによって測定できる顔表情の変化 [5] や眼球運動 [6] から、ユーザの心的状態を推定する技術も考案されている。しかし、コンテンツ視聴にあたっては、笑いや驚きなど急激な感情の変化に対応して、ユーザの体や顔が大きく動くことが想定される。このような動きは、ユーザの心的状態に大きく影響すると考えられるが、同時にカメラによる測定ではノイズとなってしまう。そのため、コンテンツ視聴中に顔や目の動きを安定して測定するには、ユーザの動作を制限することになるため、結果としてユーザの負荷となってしまう課題があった。

さらに、バイタルデータの中でも近年センサが普及しつつある心拍を用いて、ユーザの心的状態変化を推定する技術も提案されてきた。心拍センサは、腕時計型 [10] やシャツ型のウェアラブルセンサ [11]、マイクロ波を用いて非接触で測定するセンサ [12] が存在するため、脳波センサ等と比較してユーザの測定負荷は小さく、またユーザの行動や動作を制限することが少ないと考えられる。心拍を用いた代表的な手法としては、心臓が拍動した間隔を抽出した上でスペクトル解析を行い、そのパワースペクトルのうち高周波成分である HF と低周波成分である LF の比率である LF/HF から、自律神経活動を推定する手法が挙げられる [13]。自律神経活動のうち、交感神経活動が亢進すると LF/HF は増加し、副交感神経活動が亢進すると LF/HF は減少することが知られている [13]。このような心拍間隔のスペクトル解析を用いて、Sakuragi らは、1 時間程度の喜劇動画と悲劇動画を視聴中のユーザから心拍を測定し、心拍間隔をスペクトル解析して得られる LF/HF より、喜劇動画と悲劇動画がユーザに与える効果の違いについて検討しており、喜劇動画は悲劇動画と比較し、ユーザの自律神経活動に早く、短い変化を与えると述べている。しかし、スペクトル解析を用いる場合、心拍間隔データのノイズによって算出結果が大きく狂ってしまう可能性があり [14]、瞬間的に生じるノイズに弱いという欠点がある。他方、上記の欠点を克服するにあたって注目すべき知見として、Sharfer ら [15] と Zhang ら [16] の研究が挙げられる。Sharfer らは心拍数と呼吸数の 20 分以下の、分単位の長期的変動には同期がみられることから、それらの長期的変動が類似していることを示している。また Zhang らは、暗算負荷時と比較して、安静時の方が心拍数と呼吸数が同期している時間がより長いことから、安静時の方がそれらの変動がより類似していることを実験により示している。つまり、体の動きなどで生じたノイズを含む、心拍数及び呼吸数の短期的変動をフィルタ処理等で除去し、それらの分単位の長期的な変動の類似性から、ユーザの心的状態変化を推定できる可能性が示唆されている。心拍センサと同様、呼吸センサもマイクロ波を用いて非接触で測定できるセンサ [12] や、小型のウェアラブルセンサ [17] が存在するた

め、脳波センサ等と比べるとユーザに課す行動や動作の制限が少なく、測定負荷が小さいと考えられる。

3. 提案手法

関連研究より、コンテンツ視聴で生じたユーザの気分変化は、コンテンツ視聴中のユーザから測定した心拍数・呼吸数の長期変動の類似性から推定できる可能性があると考えられる。そこで本稿では、心拍数と呼吸数の長期変動の類似性を用いた気分変化の推定手法を提案する。図 1 に推定のフローを示す。

まず推定前に学習用データを作成する。あらかじめ、複数のユーザからコンテンツ視聴中の心拍数・呼吸数と、視聴前後の主観的な気分状態をそれぞれ計測する。次に、計測した心拍数と呼吸数にローパスフィルタを適用することで長期的な変動のみを抽出した上で、それらの類似度を算出する。また、視聴前後の主観的な気分状態から、視聴によって生じた気分の変化量を算出する。そして算出された複数ユーザにおける類似度と気分の変化量を学習用データとし、学習用データから心拍数・呼吸数の類似度を説明変数、気分の変化量を被説明変数とする回帰モデルを作成する。

次に、実際に気分変化を推定したいユーザから、コンテンツ視聴中の心拍数・呼吸数をそれぞれ計測する。次に、測定した心拍数、呼吸数から同様に類似度を算出し、類似度を作成した回帰モデルに代入することで、当該ユーザのコンテンツ視聴による気分の変化量を推定する。

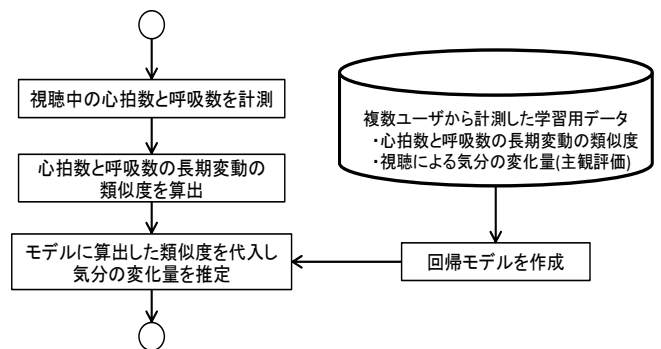


図 1 提案手法

Fig. 1 Proposed estimation method

4. 実験と評価

4.1 実験目的

本実験の目的は、1 時間程度のコメディ視聴中における心拍数と呼吸数の分単位以上の長期変動の類似度が、コンテンツ視聴によって生じたユーザの気分変化と関係があることを確認した上で、提案手法の有効性を明らかにすることである。

4.2 実験方法

4.2.1 被験者

健康な 20 代の男女 20 名が実験に参加した。参加にあたってはデータの計測方法、実験手順、測定データの用途などの説明を行い、全被験者から書面にて参加承諾を得た。

4.2.2 コンテンツ

すでに Takahashi らや Sakuragi らが、1 時間程度の喜劇動画視聴がユーザの気分状態に影響を与えることを示していることから、喜劇動画の中でも著名な、吉本興業が発売している M-1 グランプリの DVD(2006 年, 2010 年) [18] [19] に収録されている漫才ネタの動画 12 本を用いた。各漫才ネタの長さは 3 から 5 分程度であり、これらを 12 本, 10 数秒のインターバルを挟みつつ連続で視聴してもらった。インターバルを含めた合計視聴時間は約 1 時間である。なお、被験者が視聴するネタの順番はランダムとした。

4.2.3 バイタルデータ計測方法

バイタルデータは心電位と呼吸曲線を計測した。計測には Biopac 社の MP150 システムを、センサには BN-RSPEC を用いた。心拍はセンサを用いて 1000Hz のサンプリング周波数で心電位を計測後、Biopac 社の Acqknowledge ソフトウェアを用いて心電位から心拍間隔である RR 間隔を算出した。呼吸はセンサを用いて 1000Hz のサンプリング間隔で呼吸曲線を測定後、同様に Biopac 社の Acqknowledge ソフトウェアを用いて呼吸曲線から呼吸数を算出した。

4.2.4 気分変化計測手法

気分変化の計測手法として、すでに Takahashi らや Sakuragi らが用いている Profile Of Mood States(POMS) [9] に着目した。POMS とは、現在の気分に関する 65 の評価項目に回答することで、「緊張 (Tension-Arousal)」「抑うつ (Depression)」「怒り (Anger-Hostility)」「活気 (Vigor)」「疲労 (Fatigue)」「混乱 (Confusing)」の 6 要素と、それらの総合得点である TMD(Total Mood Disturbance) を評価する手法であり、コンテンツ視聴効果の測定だけでなく、労務管理や疾病による気分障害の測定等にも幅広く用いられている [20]。また、65 項目では項目数が多すぎるといった観点から、30 項目に絞り込んだ POMS 短縮版も提案され、広く用いられている。本稿ではコンテンツ視聴直前・直後の気分を調べるため、日本語訳された POMS 短縮版 [21] を用いた。POMS 短縮版における各設問を以下に示す。POMS 短縮版では各設問に対し、被験者は現在の気分について、「全くなかった (0 点)」「少しあった (1 点)」「まあまああった (2 点)」「かなりあった (3 点)」「非常に多くあった (4 点)」の 5 段階で回答する。

- 1 気がはりつめる
- 2 怒る
- 3 ぐったりする
- 4 生き生きする
- 5 頭が混乱する

- 6 落ち着かない
- 7 悲しい
- 8 積極的な気分だ
- 9 ふきげんだ
- 10 精力がみなぎる
- 11 自分はほめられるに値しないと感じる
- 12 不安だ
- 13 疲れた
- 14 めいわくをかけられて困る
- 15 がっかりしてやる気をなくす
- 16 緊張する
- 17 孤独でさびしい
- 18 考えがまとまらない
- 19 へとへとだ
- 20 あれこれ心配だ
- 21 気持ちが沈んで暗い
- 22 だるい
- 23 うんざりだ
- 24 とほうに暮れる
- 25 はげしい怒りを感じる
- 26 物事がてきばきできる気がする
- 27 元気がいっぱいだ
- 28 すぐかっとなる
- 29 どうも忘れっぽい
- 30 活気がわいてくる

4.2.5 実験手順

実験は以下の手順で実施した。なお、コンテンツ視聴中はユーザの行動を特に制限せず、笑う場合などにおいても着席しているのであれば顔や体を動かしてよいと教示した。

- 心拍数センサと呼吸センサを被験者に装着する。
- 実験前の気分状態の影響を抑えるため、被験者には着席後、5 分間閉眼安静を保ってもらう。
- POMS 短縮版に回答してもらう。
- 椅子に着席し、椅子より 1.5m 離れたディスプレイ (37 インチ) に映し出されるお笑い動画を約 60 分、視聴してもらう。
- 視聴後、再度 POMS 短縮版に回答してもらう。

4.2.6 計算処理

まず計測した心電位より算出された RR 間隔 (sec) に 1/60 を乗じることで、心拍が拍動した各時点での瞬時心拍数を算出した。同時に、拍動した各時点において算出された呼吸数も記録し、心拍数と呼吸数のペアからなるデータとした。さらに、瞬時心拍数を基にした本データは不等間隔データとなるため、心拍数及び呼吸数それぞれに対してノイズを除去した上で、区分的 3 次エルミート補間によってリサンプリングを行い、等間隔データとした。ノイズ除去の方法として、心拍数、呼吸数それぞれにおいて全計測データの平均 $\pm 3 \times$ 標準偏差の範囲に収まらない値、また

表 1 被験者群毎の POMS 得点の変化量

Table 1 Changes in the POMS score in each subject

ID	緊張	抑うつ	怒り	活気	疲労	混乱	TMD
1	-3	3	6	-7	5	0	7
2	-9	-5	0	0	-10	-15	-16
3	0	0	0	0	2	-4	0
4	-10	0	0	-7	-5	-7	-5
5	-12	0	0	-12	0	6	2
6	-10	-3	5	7	-2	-16	-12
7	-2	0	0	9	2	-3	-5
8	-11	-5	0	10	6	-12	-12
9	0	0	0	5	0	0	-2
10	-25	0	8	-2	7	-12	-6
11	-25	-24	-5	12	-4	-10	-31
12	10	0	0	0	2	-3	4
13	-13	-8	-3	28	-10	0	-27
14	-2	0	0	17	-6	6	-9
15	0	0	0	2	0	3	0
16	-8	-11	0	7	0	-10	-13
17	-6	0	0	-1	7	3	3
18	-2	0	0	7	-6	0	-7
19	-5	0	0	2	4	3	0
20	0	0	0	-2	5	0	3
平均	-6.65	-2.65	0.55	3.75	-0.15	-3.44	-6.30
標準偏差	8.36	6.02	2.84	9.03	5.27	6.88	10.04

は心拍数なら 40 未満または 150 を超える値, 呼吸数なら 6 未満または 25 を超える値をノイズとして除去した. リサンプリング間隔は, 心拍間隔をスペクトル解析の際には一般に 0.125 秒 (8Hz) など小さな値とすることが多いが, 本稿では分単位での長期変動に着目するため, 10 秒 (0.1Hz) とした.

4.3 実験結果

4.3.1 POMS

表 1 に, 各被験者の視聴前後の POMS 得点の変化量をそれぞれ示す. 表 1 における平均値を見ると, 全体としては緊張, 混乱, TMD が低下している被験者が多い. しかし, 被験者 ID=1, 12 のように疲労や TMD 上昇している被験者もあり, 活気や TMD では標準偏差が約 10 となっているため, 視聴による気分変化には個人差が有ることが分かる.

4.3.2 心拍数と呼吸数の変動

心拍数及び呼吸数は, 15 分以下の変動がフィルタリングされるよう単純移動平均フィルタによって平滑化(フィルタ長=40)した上で平均=0, 分散=1 に正規化した. 図 2, 3 に, 最も TMD が上昇した被験者 ID=1 と, 最も TMD が低下した被験者 ID=11 の心拍数及び呼吸数をそれぞれ示す. 図 2 を見ると, 被験者 ID=1 の心拍数と呼吸数の変動はほぼ逆相関であることが分かる ($r=-0.66$). 一方で図 3 を見ると, 被験者 ID=11 の心拍数と呼吸数の変動は, ID=1 の

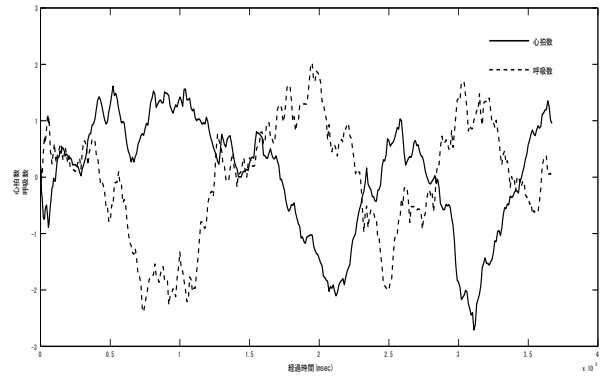


図 2 被験者 ID=1 の正規化済み心拍数と呼吸数

Fig. 2 Normalized heart beat and respiration in subject ID=1

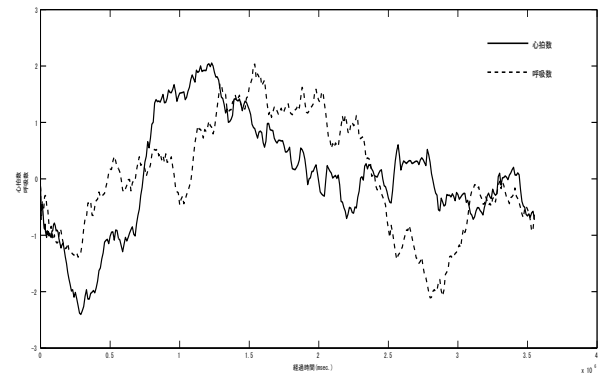


図 3 被験者 ID=11 の正規化済み心拍数と呼吸数

Fig. 3 Normalized heart beat and respiration in subject ID=11

それらと比較すると類似していることが分かる ($r=0.40$).

4.3.3 心拍数・呼吸数の変動と POMS 得点

長期変動を算出する際の単純移動平均フィルタのフィルタ長, すなわちローパスフィルタの遮断周波数を変えながら, 心拍数及び呼吸数の長期変動の類似度と, POMS 得点の変化量の関係を調べた. 図 4 に類似度の算出手順を示す. 類似度算出のため, 前述のようにまず計測した心拍数と呼吸数はノイズを除去した上で, 10 秒間隔のデータにリサンプリングする. ノイズ除去では, 全計測データの平均 $\pm 3 \times$ 標準偏差の範囲に収まらない値, または心拍数なら 40 未満または 150 を超える値, 呼吸数なら 6 未満または 25 を超える値をノイズとして除去した. 次に, データに単純移動平均フィルタを適用した後, 平均 0, 分散 1 となるように正規化する. 単純移動平均フィルタの遮断周波数はそれぞれ, 1/300, 1/600, 1/900, 1/1200, 1/1500, 1/1800, 1/2100, 1/2400Hz としたが, これらはそれぞれ, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 分以下の周期の変動をフィルタすることを意味する. そして, フィルタ処理後の心拍数・呼吸数間の平均ペアワイズ距離の逆数を類似度とした. 表 2 に, 各被験者における, 心拍数・呼吸数の類似度と POMS 得点変

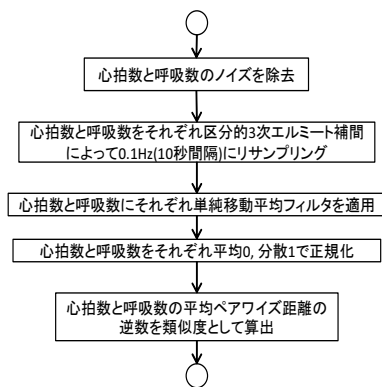


図 4 心拍数と呼吸数の類似度算出手順

Fig. 4 Calculation flow of similarity between heart beat and respiration

化の相関を示す. なお, 全ての相関に対して t 検定を実施し, 1% 以上有意であれば**, 5% 以上有意であれば*を相関係数に付与し, 有意でない相関係数は n.s. とした.

4.4 実験結果の考察

表 2 より, POMS 得点のうち, 緊張, 抑うつ, 疲労, 混乱, TMD の各得点の変化と, 心拍数・呼吸数の長期変動の類似度の間には有意な負の相関があることが分かる. そのため, コンテンツ視聴における心拍数・呼吸数の長期変動の類似度が減少するほど, 視聴前後での POMS 得点が増加することになる. そして, POMS 得点は活気以外, 値が大きいくほど気分がネガティブであることを意味する. そのため, この結果は既存研究で Zhang らが述べていた, 精神負荷というネガティブな刺激によって, 心拍数・呼吸数の長期変動の類似度が減少するという結果と整合する.

なお, ネガティブな刺激によって心拍数・呼吸数の類似度が増加する原因について, Zhang らは被験者にとって心理的負荷となるネガティブな刺激は自律神経系を通じて呼吸と心拍に影響を及ぼし, 同時に大脳皮質を通じて呼吸に影響を及ぼすことを指摘し, ネガティブな刺激が大脳皮質と自律神経系に及ぼす影響がこの現象の原因であると結論付けている [16]. そのため, 本実験において長期変動の類似度が小さい被験者ほど, POMS における気分指標が悪化しているのは, 被験者本人にとって興味のない, あるいは面白くないコメディビデオを視聴した結果, それが当該被験者にとってネガティブな刺激となったため, それが気分指標に影響を及ぼすと共に, Zhang らが結論付けたように心拍及び呼吸に影響を及ぼしたと考えられる. その結果, 本実験では気分変化指標と心拍数・呼吸数の長期変動の類似度が高い相関を持つことになったと考えられる.

また表 2 より, 特に総合的な気分を表す TMD の変化が, 心拍数・呼吸数の長期変動の類似性と高い負の相関 ($r < -0.7$) を持つことが分かる. 図 5 に最も相関が強い例として, 遮断周波数が 1/1200Hz のときの心拍数・呼吸数

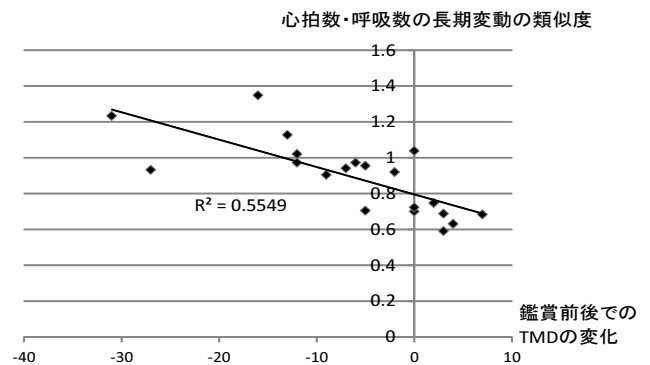


図 5 心拍数・呼吸数の類似度と TMD 得点変化の関係 (遮断周波数 = 1/1200Hz)

Fig. 5 Similarity between heartbeat and respiration and changes in TMD score(cutoff frequency=1/1200Hz)

の類似度と TMD 得点変化を示す. このように, TMD の変化量は心拍数・呼吸数の長期変動の類似度と高い負の相関を持つため, この類似度を基に, ユーザのコンテンツ視聴による気分の総合的变化である TMD 変化量を推定できると考えられる. よって, 3 章で提案した手法は妥当であると考えられる.

4.5 評価

実験にて計測した 20 名のデータを用いて, 提案手法の有効性を評価した. 各被験者 1 名のデータを入力とし, 残り 19 名のデータから作成した回帰モデルを用いて推定する 1-subject-out-cross-validation を実施した. 類似度の計算に用いる単純移動平均フィルタの遮断周波数は 1/1200Hz とした.

4.6 評価結果

図 6 に, 各被験者の TMD 変化量の推定値と実測値を示す. 図 6 に示された通り, 提案手法によって実測値との相関が高い ($r = 0.70, p = 0.00054$), TMD 変化量の推定値を算出できることが分かる.

4.7 評価結果の考察

提案手法によって, 心拍数と呼吸数の長期変動の類似性から, 実測値と高い相関を持つ TMD の変化量の推定値を算出できることが分かった. 特に, 視聴前後の TMD 得点の増減に着目すると, 図 6 が示すように, 20 名中 16 名の TMD 得点の増減を正しく推定できていることが分かる.

一方, 図 6 の第 3 象限下部に 2 点外れ値とみられる推定値がある. この 2 名の被験者は ID=11, 13 であり, 図 5 において左端にプロットされた 2 点と対応する. これは図 5 で示されているように, TMD 得点の減少がおおむね 20 以上の被験者に対しては, 提案手法で作成した単回帰モデルの当てはまりが良くないために起こる事象であるといえ

表 2 心拍数と呼吸数の類似度と POMS 得点変化量の相関係数
 Table 2 Correlation between similarity between heartbeat and respiration and changes in POMS scores

遮断周波数 (Hz)	1/300	1/600	1/900	1/1200	1/1500	1/1800	1/2100	1/2400
緊張	n.s.	-0.50*	-0.54*	-0.55**	-0.57**	-0.54**	-0.53*	-0.51*
抑うつ	n.s.	-0.46*	-0.56**	-0.63**	-0.67**	-0.68**	-0.72**	-0.73**
怒り	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
活気	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
疲労	-0.65**	-0.64**	-0.63**	-0.57*	-0.54*	-0.49*	-0.48*	n.s.
混乱	n.s.	n.s.	-0.52*	-0.60**	-0.63**	-0.67**	-0.68**	-0.69**
TMD	-0.53*	-0.68**	-0.73**	-0.74**	-0.74**	-0.72**	-0.73**	-0.71**

*: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

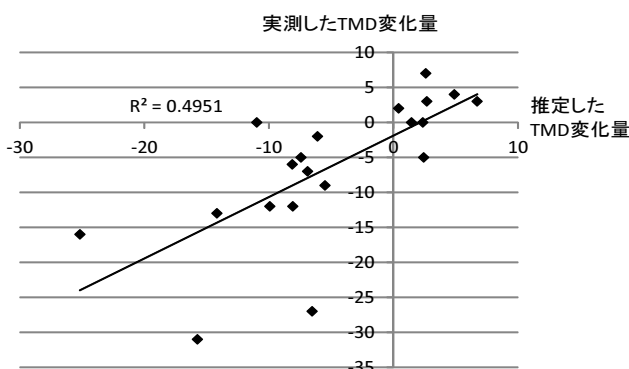


図 6 TMD 変化量の推定値と実測値

Fig. 6 Measured and estimated changes in TMD score

る。今後被験者を増やすことで、TMD 得点が 20 以上減少した被験者における心拍数・呼吸数の類似性と TMD 得点の変化量の関係を再検討した上で、必要に応じて非線形モデルの適用や、複数特徴量のモデルへの組み込みを検討することで、推定精度の向上が見込まれると考えられる。

また、本稿での推定手法は、60 分程度のコメディ動画コンテンツを視聴した際のデータを用いた場合の有効性を確認できたが、例えばコンテンツの長さが異なる場合や、コメディ以外、あるいは動画以外のコンテンツに対してどの程度汎用的に用いることができる手法なのか、今後検証していく必要がある。

5. 結語

本稿では、コンテンツ視聴がユーザへ及ぼす効果のうち、ゆるやかに変化しかつ持続的な感情とされる気分の変化を、ユーザの動作を制限することなく、低負荷に推定する手法について検討を行った。まず、従来研究においてユーザの心的状態との関係が示唆されている心拍数及び呼吸数のうち、コンテンツ視聴中の体動等によって生じるノイズを除去できる、分単位で生じる長期的な変動に着目した。そして、心拍数及び呼吸数の長期変動の類似性とユーザの心的状態に関係があることを示した従来研究 [15] [16] を基に、コンテンツ視聴中の心拍数及び呼吸数の長期変動の類

似度より、コンテンツ視聴によって生じたユーザの心的状態変化を推定する手法を提案した。また被験者実験によって、提案手法の有効性を評価した。本稿で得られた知見は以下のとおりである。

- 1 コメディ動画視聴中におけるユーザの心拍数及び呼吸数の長期変動の類似度は、視聴によって生じた、Profile Of Mood State(POMS) で計測できる複数の気分指標の変化と有意な相関があり、特に Total Mood Disturbance(TMD) 得点の変化とは強い負の相関がある。
- 2 遮断周波数 1/1200Hz のローパスフィルタを適用した心拍数・呼吸数の類似度から、TMD 得点の変化量を提案手法を用いて推定することで、実測値と高い相関 ($r = 0.7$) を持つ推定値を算出できる。

上記の知見を用いることで、主に動画コンテンツ視聴中におけるユーザの気分変化を、視聴中や視聴前後にユーザの動作を制限することなく、視聴中に測定した 2 種類のセンサデータのみを用いて低負荷に推定することができる。その結果、例えばお笑いショーなどを観劇している複数ユーザの気分変化を一斉に推定したり、配信した動画コンテンツがユーザに及ぼす効果を客観的かつ自動的に推定することができるようになる。そして、結果がコンテンツ作成・提供者にフィードバックされることでコンテンツの改善を実施する、ユーザへのレコメンド等に活用できるようになると同時に、ユーザ自身にフィードバックすることで、ユーザのコンテンツ視聴体験に関する気づきを促したり、気分変化の把握による健康管理などに役立つと考えられる。

今後の課題として、長さや内容の異なるコンテンツを用いた場合や、TMD が大きく低下したユーザ、あるいはさらに幅広い年代のユーザに対する提案手法の有効性検証が挙げられる。

参考文献

- [1] Gross J. J. and Levenson R. W.: Emotion Elicitation using Films, *Cognition and Emotion*, Vol. 9, No. 1, pp.87-

- 108(1995).
- [2] Bennett M. P., Zeller J. M., Rosenburg L. and McCann J.: The Effect of Mirthful Laughter on Stress and Natural Killer Cell Activity, *Alternative Therapies*, Vol. 9, No. 2, pp.38-44(2003).
 - [3] 金多賢, 北島宗雄, 李昇姫: 映像に対する嗜好と感情反応・印象評価の関係, *日本感性工学会論文誌*, Vol. 13, No. 1, pp.181-189(2014).
 - [4] Takahashi K., Iwase M., Yamashita K., Tatsumoto Y., Ue H., Kuratsune H., Shimizu A. and Takeda M.: The elevation of natural killer cell activity induced by laughter in a crossover designed study, *International Journal of Molecular Medicine*, Vol. 8, No. 6, pp.645-650(2001).
 - [5] 石井雅樹, 佐藤和人, 間所洋和, 西田眞: 自己写像特性を用いた顔表情カテゴリーの抽出と感情空間マップの生成, *電子情報通信学会論文誌*, Vol. J91-D, No.11, pp.2659-2672(2008).
 - [6] 水科晴樹, 阪本清美, 金子寛彦: 課題遂行時の作業負荷により誘発された心理的ストレスとサッカーボール運動の動特性との関係, *電子情報通信学会論文誌*, Vol.J94-D, No.10, pp.1640-1651(2011).
 - [7] Yazdani A., Lee J. S., Vesin J. M. and Ebrahimi T.: Affect recognition based on physiological changes during the watching of music videos, *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems*, Vol. 2, No. 1, Article 7(2012).
 - [8] 谷口高士: 認知における気分一致効果と気分状態依存効果, *心理学評論*, Vol. 34, No. 3, pp. 319-344(1991).
 - [9] McNair D. M., Lorr M., Droppleman L. F.: EITS Manual for the Profile of Mood States, Educational and Industrial Testing Service(1971).
 - [10] Apple: Apple Watch, 入手先 < <http://www.apple.com/jp/watch/>> (参照 2016-05-09).
 - [11] Goldwin: C3fit, 入手先 <<http://www.goldwin.co.jp/c3fit/>> (参照 2016-05-09).
 - [12] シャープ株式会社: マイクロ波センサモジュール, 入手先 <http://www.sharp.co.jp/products/device/lineup/selection/rf/micro_ha/index.html> (参照 2016-05-09).
 - [13] Acharya, U. R., Joseph, K. P., Kannathal, N., Lim, C. M., and Suri, J. S.: Heart Rate Variability: a review, *Medical and Biological Engineering and Computing*, Vol.44, Issue.12, pp.1031-1051(2006).
 - [14] 井上博(編): 循環器疾患と自律神経機能, 医学書院(2001).
 - [15] Scharfer C., Rosenblum M. G., Kurths J. and Abel H.: Heartbeat synchronization with ventilation, *Nature*, Vol.392, pp.239-240(1998).
 - [16] Zhang J., Yu X. and Xie D.: Effects of mental tasks on the cardiorespiratory synchronization, *Respiratory Physiology & Neurobiology*, Vol.170, pp.91-95(2010).
 - [17] Spire: Spire, 入手先 < <https://www.spire.io/>> (参照 2016-05-09).
 - [18] M-1 グランプリ 2006 完全版 史上初!新たな伝説の誕生 ~ 完全優勝への道~ [DVD], よしもとアール・アンド・シー(2007).
 - [19] M-1 グランプリ 2010 完全版 ~ 最後の聖戦! 無冠の帝王 vs 最強の刺客~ [DVD], よしもとアール・アンド・シー(2011).
 - [20] 横山和仁: POMS 短縮版 手引きと事例解説, 金子書房(2005).
 - [21] Lorr M., McNair D. D., Heuchert J. P., Droppleman L. F. (原著), 横山和仁(訳): 日本語版 POMS 短縮版, 金子書房(2005).