

心拍数を用いた映画分類の試み

成田 伊吹[†] 丸山 一貴[†]

概要: 近年、配信サービスの多様化等で映画の視聴が簡単になり、気軽に映画を観られるようになった。数多く視聴してきた映画の内容を忘れないために毎回レビューを残すのは困難であるし、印象は強烈なシーンやクライマックスに引きずられがちになってしまう。映画全体を通しての情動記録として心拍数を利用すれば、評価として蓄積することができ映画の分類をすることができる。また、映画を分類するための特徴量と分類の可否を検討する。

Heart Rate as an Implicit Review to Classify Movies

IBUKI NARITA[†] KAZUTAKA MARUYAMA[†]

Abstract: An evolution of contents delivery platforms brings us the more opportunities to see movies. Viewing a lot of contents makes it difficult that we remember the review of them. It is unable to write a review per viewing a content and our impression is strongly influenced by a few intense scenes or a climax. In this paper, we propose to use a time series of heart rate throughout the movie as a record of our emotion. The advantage of it is the ease to be recorded. The proposal of some features of heart rates to classify movies and its analysis are also included.

1. はじめに

近年、映像技術の発達により、多くの映像コンテンツが普及し、映画を見る機会が増えた。しかしながら、印象というのは、強烈なシーンやクライマックスに引っ張られがちになるため、映画全体を通しての内容は記憶に残りづらくなる。また、映画の自分自身の評価をその都度記録することは困難である。

最近ではウェアラブル端末の発達により、誰でも簡単に心拍数を測ることができる。心拍数を映画の評価の代わりとして、記録することができれば、一度観た映画全体の内容を思い出すきっかけになるだろう。映画を視聴しながら取得した心拍数のデータを使用して、視聴済みの作品の映画ジャンルや、他人のレビューからではわからない、自分自身の映画評価の分類ができる。心拍数から最大値-最小値、平均値、中央値、90パーセンタイル値、移動平均とエンベロープ、RSIを用いた特徴量を抽出し映画分類に使用する。これらの特徴量から心拍数の分類結果と映画の評価の分類結果が近いのではないかという仮説を立てる。

本研究の目的は、映画視聴時に心拍数を測ることにより、心拍数から映画の分類を試みることである。様々なジャンルの映画を視聴し、心拍数を取得する。得た心拍数を映画全体を通しての評価とする。その評価から映画の分類をする。心拍数の分類結果と映画評価の分類結果に関連性がないか検証し、特徴量の妥当性を検討する。

2. 関連研究

映画の分類をする研究として、阿部ら[1]は、他人のレビューを用いてナイーブ・ベイズ分類によって映画ジャンルの分類を行った。本研究では、他人の評価ではなく自分自身の評価を対象としているのと、印象的なシーンに引っ張られないように、映画全体の評価を逐一記録できる方法として、生体反応を用いて映画の分類を行う。

生体反応を用いた分析については多くの研究がある。久米ら[2]は、心拍数をICA基底で解析をすることで、映像視聴時の、自律神経活動の時間変化の解析を研究している。オンら[3]は、視聴者の瞳孔径、視点及び心拍情報を用いて、映像コンテンツに対する興味度を算出し、視聴者中心の映像要約方法を提案している。数分の恋愛映画とドキュメンタリー映画を鑑賞しながら、瞳孔の大きさや心拍数だけでなく視聴者の興味度を計測している。相澤ら[4]は、ウェアラブル機器で記録した個人体験映像の要約と構造化について論じ、主観を反映させた効率の良い映像要約のために、映像と記録した脳波による実験を示し、精度良く興味映像を抽出し得ることを研究している。鎌田ら[5]は、様々な映像コンテンツを視聴しながら、心電図、筋電図、脳波、発汗量、末梢血流量、頭部運動、瞬目といった多くの生体反応を計測して、印象的なシーンの検出を行った。佐藤ら[6]は、映像コンテンツをリアルタイムで計測できることを目指し、握力、体温と映像コンテンツに対する人の印象との関連性に着目し、握力と体温をリアルタイムで測定できる体感センサを開発した。これを利用した、映像コンテンツの印象計測を行った。Shahinaら[7]は、心拍数を用いて、運転中のドライバーのストレスを検出する研究を行った。

[†] 明星大学 情報学部
School of Information Science, Meisei University

本研究では多くの生体反応のうち映画視聴時に体に負担をかけないように、ウェアラブル端末による心拍数計測を選択し、様々なジャンルの映画を対象として心拍数の特徴量による映画の分類を行なう。

3. 心拍数の取得と場面付け

3.1 心拍数の取得

本研究では心拍数の取得手段として、Apple Watch を使用する。Apple Watch とは 2015 年に Apple 社から発売された腕時計型ウェアラブル端末である。Apple Watch を映画鑑賞時に着用して、リアルタイムの心拍数を測定する。1 分間に約 12 個の心拍数が取れる。取れた心拍数のデータは、iPhone アプリのヘルスケアに図 1 のように保存される。ヘルスケアとは心拍数や消費カロリー、血糖値といったデータを集約したアプリである。取得した心拍数のデータを、Excel に書き出し、グラフ化し、心拍数による分類結果を評価するために用いる。さらに、視聴時の感情（驚いた、笑った、泣いた、など）の状態をどのシーンで感じたか細かくメモしておく。これは評価の分類のために使用する。

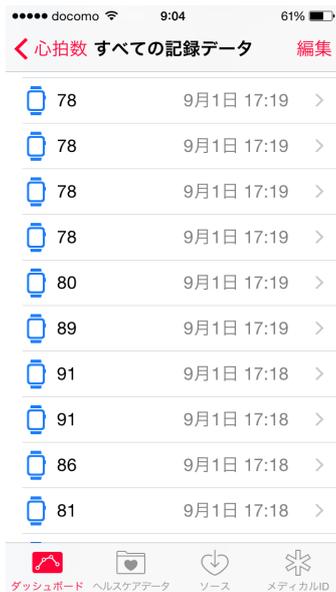


図 1 ヘルスケアに転送された心拍数データ

Figure 1 Time series of heart rate transferred to iPhone Healthcare app.

3.2 データの分析

グラフ化された心拍数のデータを目視で分析し、様々なジャンルで心拍変動に違いがあるのかを判断した。分析方法は取得した心拍数を、グラフ化した。目視で心拍数が上がっているところをピックアップし、実際の映像と相互関係にあるか比較した。印象的なシーンの時に、心拍数がどのように変化しているのかも比較した。さらに、視聴時にメモした感情をグラフの動きに影響されているか比較した。

しかしながら、シーンごとの感情とグラフ上の心拍数との関連性が発見できなかったので、グラフ全体から特徴量を抽出して分析する方法を検討することとした。

4. 特徴量の抽出

本章では、分類に使用する特徴量とその抽出方法について述べる。今回使用する特徴量は、最大値－最小値、平均値、中央値、90 パーセンタイル値、移動平均とエンベロップ、RSI である。心拍数と似たようなグラフの動きをする株価の分析で使用される分析方法を参考にした。最大値－最小値は、映画一本のすべての心拍数の中から最大値と最小値を出して求める。図 2 は最大値－最小値をグラフで表示したものである。平均値についても同様にすべての心拍数から平均を求める。

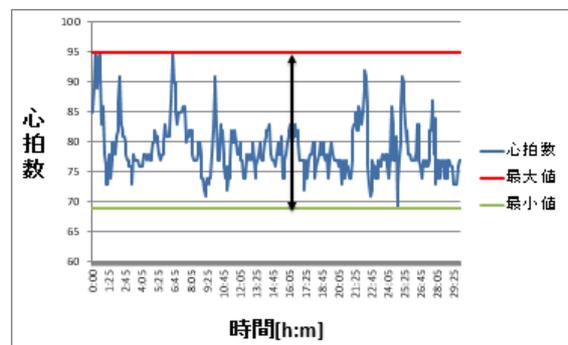


図 2 心拍数の最大値－最小値

Figure 2 Difference between maximum and minimum value of heart rate.

中央値と 90 パーセンタイル値については、すべての心拍数を小さい値から順にソートしてから、中央に位置する値、90 パーセントに位置する値を算出する（図 3）。図 3 の緑色で表示されている心拍数が中央値で、赤色で表示されている心拍数が 90 パーセンタイル値である。

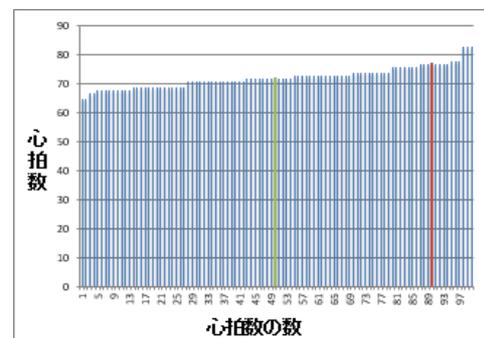


図 3 心拍数の中央値と 90 パーセンタイル値

Figure 3 Median and the 90 percentile of heart rate.

ここまでの特徴量の抽出は、映画一本につきそれぞれ一つずつの特徴量が算出される。

ここからは株価の統計に用いられる一般的な分析手法を利用して特徴量を抽出する。まず、移動平均について説明する。映画一本分のすべての心拍数のうち最初の12個の心拍数の平均値を求める。次に13個目の心拍数と1個目の心拍数を除いた12個の平均値を求める。このように12個の心拍数の平均値を一つずつずらして求める方法を移動平均とする。これは心拍数の全体的な動きをみるのに使用する。株価の場合、5日移動平均、25日移動平均、75日移動平均などがあり、短期長期によって日数を変えて株価の動向を見る。5日移動平均を使用する場合、当日から遡った5日間の終値の平均値を1日ずつずらしてグラフ化する。本研究では、1分間に約12個の心拍数のデータが取得されるので、12個の移動平均を求める。移動平均について算出されたグラフを図4に示す。

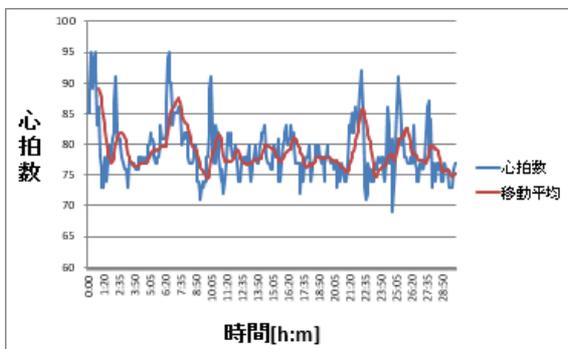


図4 心拍数の移動平均
 Figure 4 Moving average of heart rate.

次にエンベロープについて説明する。これは移動平均を何パーセントか上下に乖離させたものである。株価では一般的に、25日移動平均を使用した場合、5%乖離や10%乖離を用いられる。今回の研究では5%と10%乖離させたものを使用する。グラフ化した時に心拍数とエンベロープの動きをみることによって、心拍変動の様子を見る。エンベロープを算出したグラフを図5に示す。本研究では移動平均とエンベロープをセットとし心拍数がエンベロープの10%、5%乖離させた値を超えた箇所の数を特徴量とする。

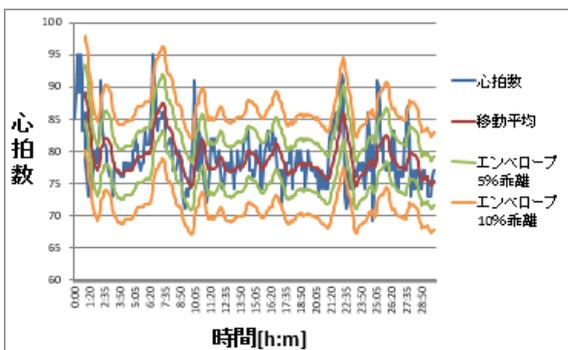


図5 心拍数のエンベロープ
 Figure 5 Envelope of heart rate.

最後にRSIについて説明する。映画一本分のすべての心拍数のうち最初の12個の心拍数でRSIを計算する。求め方を式1に示す。

$$RSI = \frac{A}{A+B} \times 100 \quad (1)$$

ここでAは12個心拍数の上り幅の平均を意味する。上り幅とは、前の心拍数から次の心拍数が増えた時の値の差である。上り幅を合計し、12で割った値がAである。Bは下がり幅の平均を意味する。下がり幅とは、前の心拍数から次の心拍数が減った時の値の差である。下がり幅を合計し、12で割った値がBである。直近の12個の心拍数を用いて計算する。13個目以降はA、Bそれぞれに11をかけて、13個目の上り幅と下がり幅を足す。ここからは最初の手順と同じように12でそれぞれ割り、式1を計算することにより、2個目のRSIが算出される。以降はこれを繰り返す。株価統計の分野では一般的にRSIの数値が70%以上になると買われすぎ、30%以下になると売られすぎと判断する。

本研究ではRSIを心拍数の増減の幅を見るために使用する。70%以上と30%以下になった心拍数の箇所の数を特徴量とする。RSIを算出したグラフを図6に示す。

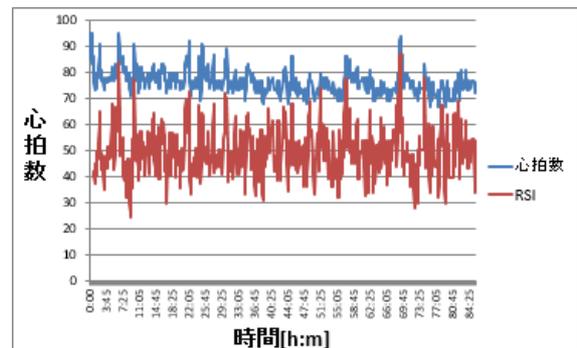


図6 心拍数のRSI
 Figure 6 RSI of heart rate.

本研究では、心拍数の特徴量の抽出として7つ手法を用いる。すべて時間領域の特徴量を抽出する。Shahinaら[7]の研究では、周波数領域を用いており、自動車の運転中に一定時間での心拍数測定を行っている。本研究では映画視聴時を対象としている。さらに、映画視聴時の心拍数変化では、各シーンが繋がって映画全体のストーリーの流れになるため、時間領域を使用することに大いに影響があると感じた。よって、周波数領域については時間領域を用いた時より影響が出ないと感じたので、今回は周波数領域を用いた抽出については行わない。

5. 評価

それぞれの映画から7つの手法で特徴量を抽出した。最大値-最小値、平均値、90パーセンタイル値、中央値は各

映画に1つずつ特徴量が抽出される。移動平均とエンベロープからは、10%乖離と5%乖離とから2つずつ特徴量が抽出される。RSIからは、70%以上と30%以下とから2つずつ特徴量が抽出される。よって、映画1本から8つの特徴量が抽出された。

今回視聴した映画はジャンルが6種類の全33本である(表1)。特に印象的だった映画に対して、特徴量とともに映画全体を通しての感想と情動を付与する。また、複数回視聴経験のある映画についても記録しておく。

表1 視聴した映画

Table 1 List the movie.

ジャンル	映画名	ジャンル	映画名
ホラー	28週後	コメディ	ハングオーバー
	キャリー		ナイトミュージアム
	サイレントヒルリベレーション		エイプリルフル
	サイレントヒル	アクション	清州会議
	バイオ5		トランスフォーマーリベンジ
	パラノーマル		ワイルドスピード7
	パラノーマル2		レオン
	パラノーマル3	ミステリー	メイズランナー
	パラノーマル4		ソロモンの偽証前篇
	レック4		ソロモンの偽証後編
死霊のはらわた	脳男		
呪怨	トランセンデンス	伝記	博士と彼女のセオリー
ホットロード	戦場のピアニスト		
ティファニーで朝食を	アメリカンスナイパー		
世界の中心で愛を叫ぶ			
ラスト5イヤーズ			
ストロボエッジ			
ローマの休日			

それぞれの映画から8つの特徴量を抽出し、特徴量の比較を行った。90パーセンタイル値、中央値、最大値-最小値、平均値の特徴量を表2から表5に示す。

表2 90パーセンタイル値を用いた特徴量

Table 2 Extracted 90 percentile value.

90パーセンタイル値		
映画名	感想/情動	特徴量
ストロボエッジ	つまらない	72
エイプリルフル	笑った	74
パラノーマル4	驚いた	76
ナイトミュージアム	笑った・面白い	76
トランセンデンス	面白い	76
博士と彼女のセオリー	泣いた	77
死霊のはらわた		78
世界の中心で愛を叫ぶ	泣いた	78
ローマの休日		78
戦場のピアニスト		78
サイレントヒルリベレーション		80
アメリカンスナイパー	泣いた	80
サイレントヒル		81
パラノーマル2		81
レオン	泣いた	81
脳男		81
バイオ5		82
ティファニーで朝食を		82
パラノーマル		83
ラスト5イヤーズ		85
トランスフォーマーリベンジ	面白い	85
メイズランナー	面白い	85
パラノーマル3	驚いた	86
レック4		86
ハングオーバー	笑った	86
清州会議	笑った	86
ソロモンの偽証前篇	面白い	86
キャリー	面白い	87
ソロモンの偽証後編		87
28週後		89
呪怨	3回目	90
ワイルドスピード7	2回目・泣いた	90
ホットロード		92

表3 中央値を用いた特徴量

Table 3 Extracted median value.

中央値		
映画名	感想/情動	特徴量
ストロボエッジ	つまらない	68
エイプリルフル	笑った	68
ナイトミュージアム	笑った・面白い	69
トランセンデンス	面白い	69
サイレントヒル		71
パラノーマル4	驚いた	71
世界の中心で愛を叫ぶ	泣いた	73
ワイルドスピード7	2回目・泣いた	73
博士と彼女のセオリー	泣いた	73
戦場のピアニスト		73
サイレントヒルリベレーション		74
ローマの休日		74
レオン	泣いた	74
アメリカンスナイパー	泣いた	74
バイオ5		76
パラノーマル2		76
死霊のはらわた		76
ティファニーで朝食を		76
脳男		76
パラノーマル		77
キャリー	面白い	78
パラノーマル3	驚いた	78
レック4		78
清州会議	笑った	78
トランスフォーマーリベンジ	面白い	78
メイズランナー	面白い	78
ラスト5イヤーズ		80
ソロモンの偽証後編		80
ソロモンの偽証前篇	面白い	81
呪怨	3回目	82
ハングオーバー	笑った	82
28週後		83
ホットロード		86

表4 最大値-最小値を用いた特徴量

Table 4 Extracted difference values between maximum and minimum.

最大値-最小値		
映画名	感想/情動	特徴量
ストロボエッジ	つまらない	18
ラスト5イヤーズ		21
サイレントヒルリベレーション		22
パラノーマル2		22
死霊のはらわた		24
ハングオーバー	笑った	25
パラノーマル4	驚いた	26
28週後		28
バイオ5		28
パラノーマル3	驚いた	28
レック4		28
博士と彼女のセオリー	泣いた	28
ティファニーで朝食を		29
脳男		29
世界の中心で愛を叫ぶ	泣いた	30
エイプリルフル	笑った	30
ホットロード		31
パラノーマル		33
ローマの休日		34
ナイトミュージアム	笑った・面白い	35
清州会議	笑った	36
ワイルドスピード7	2回目・泣いた	37
トランセンデンス	面白い	38
アメリカンスナイパー	泣いた	38
ソロモンの偽証前篇	面白い	39
サイレントヒル		43
レオン	泣いた	47
キャリー	面白い	48
メイズランナー	面白い	52
戦場のピアニスト		53
ソロモンの偽証後編		55
呪怨	3回目	60
トランスフォーマーリベンジ	面白い	63

表 5 平均値を用いた特徴量

Table 5 Extracted average value.

平均値		
映画名	感想/情動	特徴量
ストロボエッジ	つまらない	59.01809355
エイプリルフル	笑った	67.97173913
トランセンデンス	面白い	70.53869271
ナイトミュージアム	笑った・面白い	70.609319
パラノーマル4	驚いた	71.4593254
サイレントヒル		72.28721174
博士と彼女のセオリー	泣いた	72.87456446
戦場のピアニスト		72.92492837
世界の中心で愛を叫ぶ	泣いた	73.34252451
ワイルドスピード7	2回目・泣いた	73.48901809
アメリカンスナイパー	泣いた	73.85141354
レオン	泣いた	74.23131393
サイレントヒルリベレーション		74.59697256
ローマの休日		75.01341808
死霊のはらわた		75.32910156
脳男		75.44903581
ティファニーで朝食を		75.60319767
パラノーマル2		75.92761905
バイオ5		76.26208897
パラノーマル		77.10628019
トランスフォーマーリベンジ	面白い	78.21711292
パラノーマル3	驚いた	78.43302181
メイズランナー	面白い	78.6195738
清州会議	笑った	79.6117284
レック4		79.89295517
ソロモンの偽証後編		80.08004779
キャリア	面白い	80.23947368
ラスト5イヤーズ		80.39351852
ソロモンの偽証前編	面白い	81.04872881
ハンゴオーバー		81.73423045
呪怨	3回目	82.06965649
28週後		83.28622222
ホットロード		86.12535411

90 パーセンタイル値と中央値、平均値について、ジャンルごとに特徴量の類似性を見るとばらつきが見られた。しかしながら最大値-最小値では、ジャンルの特徴量にまとまりがあるように見られた。また、中央値のホラー系にも少なからずまとまりが見られる。平均値と中央値を比較したところ映画の特徴量の順番に似たような結果が出た。エンベロープとRSIの特徴量の結果は、表6から表9に示す。

表 6 エンベロープ 10%乖離を用いた特徴量

Table 6 Feature values extracted from moving average envelope based on 10% deviation.

エンベロープ 10%乖離		
映画名	感想/情動	特徴量
ラスト5イヤーズ		6
パラノーマル4	驚いた	7
ホットロード		8
ストロボエッジ	つまらない	9
ハンゴオーバー		9
ナイトミュージアム	笑った・面白い	9
パラノーマル2		10
レック4		10
呪怨	3回目	10
ローマの休日		11
博士と彼女	泣いた	11
ソロモンの前	面白い	12
脳男		12
アメリカンスナイパー	泣いた	15
死霊のはらわた		16
28週後		17
サイレントヒルリベレーション		18
バイオ5		18
パラノーマル		19
メイズランナー	面白い	20
パラノーマル3	驚いた	21
ティファニー		21
エイプリルフル	笑った	22
トランセンデンス	面白い	22
レオン	泣いた	24
キャリア	面白い	25
清州会議	笑った	26
世界の中心	泣いた	28
トランスフォーマーリベンジ	面白い	29
ワイルドスピード	2回目・泣いた	30
サイレントヒル		34
ソロモンの後		35
戦場のピアニスト		40

表 7 エンベロープ 5%乖離を用いた特徴量

Table 7 Feature values extracted from moving average envelope based on 5% deviation.

エンベロープ 5%乖離		
映画名	感想/情動	特徴量
ラスト5イヤーズ		53
ストロボエッジ	つまらない	56
呪怨	3回目	59
脳男		59
パラノーマル4	驚いた	61
メイズランナー	面白い	63
ローマの休日		69
ハンゴオーバー		73
ナイトミュージアム	笑った・面白い	73
レック4		74
死霊のはらわた		74
博士と彼女	泣いた	74
トランセンデンス	面白い	77
バイオ5		79
サイレントヒルリベレーション		85
パラノーマル3	驚いた	86
パラノーマル2		89
ソロモンの前	面白い	94
ソロモンの後		94
エイプリルフル	笑った	96
28週後		98
パラノーマル		98
アメリカンスナイパー	泣いた	100
トランスフォーマーリベンジ	面白い	102
レオン	泣いた	104
戦場のピアニスト		104
キャリア	面白い	106
ホットロード		106
清州会議	笑った	110
ティファニー		122
ワイルドスピード	2回目・泣いた	124
サイレントヒル		125
世界の中心	泣いた	141

表 8 RSI 70%以上を用いた特徴量

Table 8 Feature values extracted from RSI overbought above 70%.

RSI 70%以上		
映画名	感想/情動	特徴量
キャリア	面白い	6
28週後		7
パラノーマル2		7
ホットロード		7
バイオ5		9
レック4		9
死霊のはらわた		9
パラノーマル		12
ハンゴオーバー		12
サイレントヒルリベレーション		13
呪怨	3回目	13
清州会議	笑った	13
レオン	泣いた	13
世界の中心	泣いた	15
サイレントヒル		16
メイズランナー	面白い	16
パラノーマル3	驚いた	17
ティファニー		17
ソロモンの前	面白い	19
パラノーマル4	驚いた	20
博士と彼女	泣いた	21
ナイトミュージアム	笑った・面白い	22
トランセンデンス	面白い	22
ラスト5イヤーズ		23
ストロボエッジ	つまらない	23
エイプリルフル	笑った	23
アメリカンスナイパー	泣いた	23
ローマの休日		25
ワイルドスピード	2回目・泣いた	26
トランスフォーマーリベンジ	面白い	27
脳男		29
ソロモンの後		33
戦場のピアニスト		34

表 9 RSI 30%以上を用いた特徴量

Table 9 Feature values extracted from RSI overbought below 30%.

RSI 30%以下		
映画名	感想/情動	特徴量
サイレントヒルリベレーション		3
バイオ5		4
パラノーマル2		4
パラノーマル4	驚いた	4
世界の中心	泣いた	4
ワイルドスピード	2回目・泣いた	4
28週後		5
パラノーマル		5
エイプリルフール	笑った	7
キャリー	面白い	8
レック4		8
ソロモンの前	面白い	8
サイレントヒル		9
ホットロード		9
清州会議	笑った	9
パラノーマル3	驚いた	10
死霊のはらわた		10
ディファニー		10
ハンクオーバー		10
ナイトミュージアム	笑った・面白い	10
レオン	泣いた	10
ストロボエッジ	つまらない	11
呪怨	3回目	14
ラストロイヤーズ		14
トランスフォーマーリベンジ	面白い	14
トランセンデンス	面白い	15
メイスマンナー	面白い	17
アメリカンスナイパー	泣いた	19
博士と彼女	泣いた	21
ローマの休日		22
戦場のピアニスト		24
脳男		27
ソロモンの後		30

エンベロープについては 10%乖離と 5%乖離とで違いがみられた。RSI については、ジャンルのごとの特徴量が近いように見て取れる。特にホラー系の映画については、これまでの特徴量より類似性があることが分かった。70%以上、30%以上ともに印象的な感想や情動のある映画にまとまりがあり、比較的高い特徴量が抽出された。

映画の感想による分類は、映画全体を通して面白い、また見たいと思えるような感想を持ったものに関して、全部の特徴量で値が高くなる傾向が見られた。つまらないと感じた映画は、90 パーセンタイル値、中央値、最大値-最小値、平均値で最も低い値を出した。

6. 考察

特徴量を用いての映画分類は、ジャンルごとや映画の感想で異なった結果をもたらしたが、まだ、完全な映画分類には及ばなかった。しかしながら、最大値-最小値と RSI に関しては評価の分類とジャンルの分類に有効である。90 パーセンタイル値と中央値、平均値に関しては組み合わせることでさらに精度の高い分類が有効であると考えられる。今回得られた特徴量から機械学習を用いたデータ解析やそれぞれの特徴量に重み付けをする必要がある。

7. まとめ

今回の研究では特徴量を用いた映画分類を試みた。特徴量を用いることは、映画分類において重要な方法であると考えられる。

今後の課題としては、特徴量に重みの付与や、データ解析をして、より精度の高い分類をする必要がある。

参考文献

- [1] 阿部倫子, 田中久美子, 中川裕志:コメントを用いた映画の分類, 情報処理学会研究報告, NL, 自然言語処理研究会報告, Vol. 150, pp. 105-110, (2002).
- [2] 久米拓弥, ファウスト ルセナ, 工藤博章, 大西昇:異なる提示方式の映像刺激で生じる心拍変動の独立成分分析を用いた解析, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 35, No. 16, pp. 1-4, (2011).
- [3] オン コックメン, 大野雄也, 亀山歩:瞳孔径・視線と心拍情報を用いた映像要約方法とその評価, 電子情報通信学会論文, A, Vol. J93-A, No. 11, pp. 697-707, (2010).
- [4] 相澤清晴, 石島健一郎, 椎名誠:ウェアラブル映像の構造化と要約:個人の主観を考慮した要約生成の試み, 電子情報通信学会論文誌, D-II, Vol. J86-D-II, No. 6, pp. 807-815, (2003).
- [5] 鎌田幹夫, 板東武彦, 黒岩義之:映画コンテンツ視聴時の生命信号計測・評価.
- [6] 佐藤美恵, 間嶋慎吾, 森俊文:体感センサを利用した映像コンテンツの印象計測の検討, 映像情報メディア学会誌, Vol. 60, No. 3, pp. 425-430, (2006).
- [7] Shahina Begum, Mobyen Uddin Ahmed, Peter Funk, Reno Filla: Mental State Monitoring System for the Professional Drivers Based on Heart Rate Variability Analysis and Case-based Reasoning, Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems, pp. 35-42, (2012).