

## 瞳孔と基礎律動情報を用いた映像視聴時の 視聴者反応分析に関する一考察

### A Consideration on Analysis of User Response against Audiovisual Sequence using Pupil Size and Background Activity

川村 愛莉†  
Eri Kawamura

菅沼 睦‡  
Mutsumi Sukanuma

亀山 渉†  
Wataru Kameyama

#### 1. はじめに

要約映像の効果的作成やコンテンツ推薦システムの研究において、近年では、視聴者の生体情報の利用が注目されている。映像視聴者の感情や嗜好などの反応情報の取得と分析方法を確立すべく、本研究では生体情報の内、瞳孔情報と基礎律動を学習データとし、ニューラルネットワーク（多層パーセプトロン）を用いて、それらの関係性について検討を行った結果を報告する。

#### 2. 生体情報に関する先行研究

生体情報を用いた被験者の興味度や反応を推定する先行研究として、瞳孔径と覚醒度の間には相関がみられることが知られており、これに基づき瞳孔径情報を用いた映像要約手法も提案されている[1]。また[2]は、瞳孔径をもとに、シーンの分類が可能であると報告している。一方、[3]は、基礎律動の周波数成分をもとに脳波の変動の分類をクラスタリングにて試みており、[4]では、ニューラルネットワークを用いて曲ジャンル間での脳波の特徴分析を行って、同じジャンルの曲でも感情によって異なる脳波パターンが現れると報告されている。

#### 3. 本研究の目的

前述のように、生体情報を利用した視聴者の興味度や反応推定に関する様々な検討が進められている。しかしながら、より精度の高い視聴者の興味度・反応推定を行うためには、単一の生体情報のみの利用ではなく、複数の生体情報を利用する必要がある。例えば、瞳孔径情報により視聴者の映像に対する興味度は推定できるものの、肯定的な興味なのか、非肯定的な興味なのかを推定することは困難である。そこで本研究では、瞳孔径情報に加えて基礎律動を利用することにより、視聴者の映像に対する感情をより正確に読み取ることを目標に、基礎律動と瞳孔径との関連性を導くことを目的とする。

#### 4. 実験手法

本実験では、被験者に 5 種類の映画のトレーラを視聴してもらい、その時の瞳孔径と基礎律動を計測した。

##### (1) 装置

生体情報の計測には、Tobii Technology 社製瞳孔径測定器 Tobii X60, B-Bridge International 社製簡易脳波測定器 Brain Athlete を使用した。

##### (2) 被験者

男性 4 名（年齢 24-49）、女性 1 名（年齢 23）。

##### (3) 刺激

被験者に提示した 5 種類の映画のトレーラは、「Avatar」、「Ice Age」、「Dark Shadows」、「Babies」、「Tuno Negro」である。異なった反応が観測できるよう、なるべく異なったジャンルのトレーラを用意した。

#### 4. 解析手法

##### (1) 解析データ

瞳孔径に関して、測定中における瞬目はデータの欠損となるため、瞬目前後のデータをもとに、欠損値を線形補間で補った。また刺激開始時を基準に 1 秒単位の時間窓を設定し、その窓内で積算瞳孔径を計算する。基礎律動に関しては、脳波測定器による 1 秒毎の基礎律動の周波数成分を使用し、 $\alpha_{low}$  (8-9Hz),  $\alpha_{high}$  (10-12Hz),  $\beta_{low}$  (13-17Hz),  $\beta_{high}$  (18-30Hz),  $\gamma_{low}$  (31-40Hz),  $\gamma_{high}$  (41Hz) の各帯域の周波数成分の割合を解析データに使用した。なお、 $\delta$  波及び  $\theta$  波については、予備実験により、映像視聴者の興味度・反応推定に関係性が低いと判断して利用しない。

##### (2) 解析方法

本実験では、ニューラルネットワーク（多層パーセプトロン）を用いて、瞳孔径情報と基礎律動との関係性を分析した。入力層には、基礎律動の各帯域の電力割合を設定し、出力層には積算瞳孔径を設定した。また、ニューラルネットワークは 3 層モデルを使用し、瞳孔径の収縮・拡大を司る二つの独立した脳内の機能モジュールが推定されることから、中間層のノード数を 2 としている。

#### 5. 解析結果

##### (1) 初期実験

入力層に各帯域のある時刻から過去 5 秒分、及び、未来 5 秒分のデータを設定し、出力層にはその時刻の積算瞳孔径を設定し、時刻と初期値を変えて、ニューラルネットワークで 10 回学習させた。図 1 及び図 2 に、「Avatar」を視聴した際の被験者 1 の内挿予測の結果を示す。

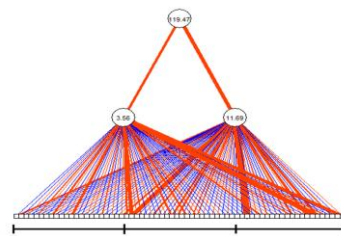


図 1 各帯域の積算瞳孔径への寄与率

†早稲田大学大学院国際情報通信研究科

‡早稲田大学国際情報通信研究センター

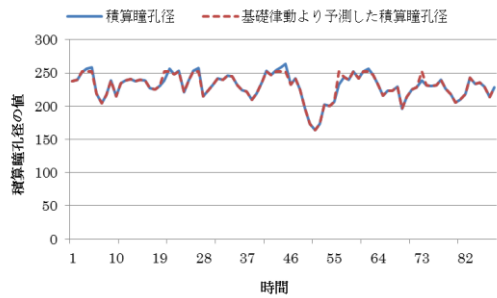


図 2 被験者 1 の内挿予測結果

図 1 の入力層は、左から、 $\alpha_{low}$ ,  $\alpha_{high}$  の過去 5 秒, 4 秒, 3 秒, 2 秒, 1 秒, 現在, 未来 1 秒, 2 秒, 3 秒, 4 秒, 5 秒であり,  $\beta$  波及び  $\gamma$  波も同様である. 図 1 より, 基礎律動より積算瞳孔径を予測させた際に,  $\gamma$  波の寄与率と過去の基礎律動の寄与率が高いことが読み取れる.

図 2 で, 積算瞳孔径と基礎律動から予測された積算瞳孔径の R 二乗値は 0.967368 となり, 基礎律動より積算瞳孔径を予測することが可能であるといえる. ただ, この R 二乗値は 10 回学習・予測させた際の最高値であり, 中には低い R 二乗値のものも存在する. その要因として, ニューラルネットワークの初期値により, ローカルミニマムに陥っている可能性が考えられる.

## (2) 実験 1

次に, 上記の結果をもとに, 寄与率の高かった  $\gamma$  波のみの過去 5 秒分, 及び, 未来 5 秒分のデータを入力層に設定した実験 (実験 1-1) と, 各帯域において寄与率の高かった過去 5 秒分のみデータを入力層に設定した実験 (実験 1-2) を, 同様の解析手法で行った. 表 1 に, 「Avatar」を視聴した際の被験者 1~5 の内挿予測の R 二乗値の結果

(10 回学習・予測させた際の最高値) を初期実験と比較して示す.

表 1 初期実験, 実験 1-1, 実験 1-2 の R 二乗値の比較

	初期実験	実験 1-1	実験 1-2
被験者 1	0.967368	0.865812	0.851506
被験者 2	1	0.797899	0.984964
被験者 3	1	0.828372	0.937068
被験者 4	0.976457	0.808657	0.802332
被験者 5	0.999994	0.862192	0.812616

表 1 より, 初期実験の R 二乗値がどの被験者においても高いことがわかる. 実験 1-1 の R 二乗値が初期実験より低くなる要因は, 各帯域の電力の割合を入力層に与えて学習させているため, 相関のある  $\alpha$  波,  $\beta$  波も共に学習させた方がより学習効率が上がる可能性を示唆している. しかしながら, R 二乗値がそれほど低くはないことから,  $\gamma$  波の寄与率が非常に高いことも示している. 実験 1-2 に関しては, 過去の基礎律動だけでなく, 未来の基礎律動も瞳孔径に関係していることが読み取れる. これは, 一つの仮説として, 瞳孔径が無意識による変化と意識による変化の双方向の影響を受けていることが考えられる.

## (3) 実験 2

初期実験の結果をもとに, 被験者 2 に対して外挿予測を行った結果を図 3 に示す. これは, 「Avatar」によって学習させたニューラルネットワークを用い, 「Dark

Shadows」の基礎律動から瞳孔径の大きさを予測させた結果である.

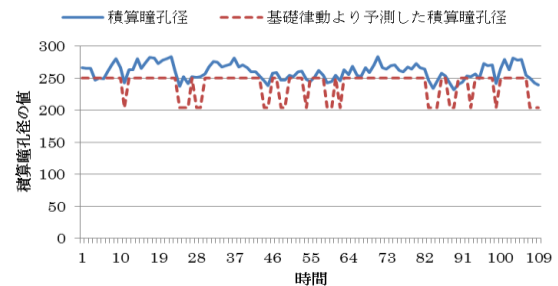


図 3 初期実験に基づく被験者 2 の外挿予測結果

図 2 の内挿予測の結果に比べると, 図 3 の R 二乗値は 0.44767 と低い結果になった. 「Avatar」と「Dark Shadows」はかなり内容が異なる映像であるため, この結果は, 同じ瞳孔径が観測されたとしても, パターンが異なった基礎律動が発生している可能性が高いことを示唆している. つまり, 同程度の興味度 (同じ瞳孔径の大きさ) であっても, そこに伴う感情 (例えば, 楽しくて興味があるのか, 怖くて興味があるのか) が異なっており, それを基礎律動で分析できる可能性を示唆していると考えられる.

## 6. まとめと今後の展望

本研究では, 瞳孔径情報と基礎律動を学習データとし, ニューラルネットワーク (多層パーセプトロン) を用いてそれらの関係性について検討を行った.

内挿予測実験によって基礎律動から積算瞳孔径を高い精度で学習・予測可能になったことが分かったと共に, 外挿予測実験からは, 瞳孔径による興味度分析に加え, 基礎律動から興味の種類の違いを分析できる可能性があることが分かった. 今後の課題としては, ニューラルネットワーク学習におけるローカルミニマム問題の解決, また, 外挿予測に関する実験をさらに進め, 基礎律動による感情解析の可能性を追求することがあげられる. 仮に基礎律動に感情による異なったパターンが現れるとすれば, そのパターンを見つけ出し, 瞳孔径と合わせて感情及び反応分析ができる手法を検討していきたい.

## 7. 参考文献

- [1] T. Partaia and V. Surakka, "Pupil size variation as an indication of affective processing" *International Journal of Human-Computer Studies*, 59, pp.86-94, 2003
- [2] オンコックメン, 大野雄也, 亀山渉, "瞳孔径・視線と心拍情報を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誌(A)*, J93-A, pp.697-707, 2010 年
- [3] 菅沼睦, 川村愛莉, 亀山渉, "映像視聴時に伴う視聴者の感情変化推定に関する基礎的検討", *映像メディア学会*, 2011 年冬季大会, 7-4, 2011 年
- [4] 小川宜洋, スティーヴン・カルガン, 満倉靖恵, 福見稔, 赤松則男, "ニューラルネットワークを用いた音楽聴取時の脳波解析", *信学技報*, *ニューロコンピューティング* 107(92), 5-9, 2007 年