

瞳孔径変動による快・不快推定 Emotional Estimation by Pupil Diameter Variation

河合 修平[†]
Shuhei Kawai

高野 博史[†]
Hironobu Takano

中村 清実[†]
Kiyomi Nakamura

1. はじめに

瞳孔は、交感および副交感神経によって支配されている。このことから、瞳孔の変化は情動変化を反映することが示されている[1]。従来研究では、主に快および不快を伴った聴覚刺激時の瞳孔径変動が調べられてきた。しかし、研究者間で十分な見解の一致が得られていない[2]。近年においては、消費者の意思などを推定する方法として fMRI や EEG などの脳活動計測技術が用いられている[3]。fMRI を用いた場合、空間分解能が高く、脳の深部における情報を反映することができるが、装置が大型かつ高価といった欠点がある。EEG を用いた場合は、装置が小型かつ安価といった利点があるが、脳内の電気活動を頭皮上に装着した電極により記録するため、空間分解能が低いという欠点がある。また、どちらの脳活動計測を用いた場合でも、電極の装着により制約を受ける問題がある。そこで本研究では、より簡易的な感性評価システムを実現するために、カメラより取得した目周辺画像に画像処理を施すことで、瞳孔径を計測し、瞳孔径変動を用いた快および不快情動を推定するための実験・解析システムの開発を行った。

2. 瞳孔径計測法

本章では、瞳孔検出および瞳孔径計測法について述べる。また、本瞳孔径計測法では、被験者の前後移動に対応した絶対瞳孔径を求めることができる。

2.1 瞳孔検出法

瞳孔径を計測するために、近赤外カメラで撮影して得られた入力画像に対し 2 値化処理を行い、2 値化された画像における黒画素の連結成分に対しラベリング処理を行う。ラベリングされた連結成分に対し、面積 $S[\text{pixel}^2]$ 、周囲長 $l[\text{pixel}]$ 、円形度 e を算出し、瞳孔検出のための条件を満たしていた場合、そのラベルづけられた連結成分を瞳孔として検出する。

2.2 瞳孔径計測法

瞳孔が検出された後に、式(1)を用いて瞳孔径 $r_p[\text{pixel}]$ を算出する。瞳孔径を算出後、絶対瞳孔径 $r_{ap}[\text{pixel}]$ を求めるために、大きさに変動のない虹彩径 $r_i[\text{pixel}]$ を計測する。虹彩径を計測するために、虹彩と強膜の境界を強調するために Prewitt フィルタを用いる。人の虹彩径は約 11 mm であるため、式(2)を用いて虹彩径を 11 mm に規格化し、絶対瞳孔径を算出する。

$$r_p = \sqrt{S/\pi} \quad (1)$$

$$r_{ap} = r_p \times (11/r_i) \quad (2)$$

3. 計測システムの構成と実験方法

本章では、瞳孔径変動を用いた情動推定のために開発し

[†] 富山県立大学大学院 工学研究科

Graduate School of Engineering, Toyama Prefectural University

た計測システムについて述べる。

3.1 実験方法

3.1.1 情動を誘発させるための視覚刺激

本実験システムでの視覚刺激は、IAPS (International Affective Picture System) [4]画像中から、その評価値をもとに選らんだ。IAPS は情動に関連した実験調査において規範的な感情刺激を提供するために開発された。IAPS 画像は心理的誘発性・覚醒・優越の 3 つの観点から 9 段階の評価点で表されている。本研究では、心理的誘発性 (Positive, Negative) に着目し、快画像は評価値が 7~8、中立画像は評価値が 5 付近、不快画像は評価値が 3~4 の画像を選び、実験に用いた。

3.1.2 実験課題

実験のタイムチャートを図 1 に示す。1 セッションにおいて刺激画像は快、中立、不快の 3 クラスの中からランダムに各 3 枚呈示される。実験では、被験者はホワイトノイズ画像呈示直後の 6 秒間は瞬きを行うことができる。しかし、コントロール画像や刺激画像呈示時に瞬きが混入すると瞳孔径データに欠損が生じる。そのため、被験者にはコントロール画像および刺激画像が呈示されている間は極力瞬きを行わないように教示した。一般的な刺激画像からコントロール画像を作成した例を図 2 に示す。瞳孔径は呈示される画像の画素値によっても変化するため、コントロール画像は刺激画像 (図 2 (a)) と画素値に差が少ないように、局所領域において画素値をシャッフルして作成した (図 2 (b))。

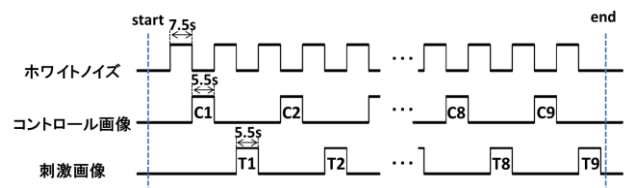


図 1 実験のタイムチャート



(a) 刺激画像 (b) コントロール画像

図 2 刺激画像とコントロール画像の例 (中立)

3.2 計測システムの構成

図 3 に本研究で開発した計測システムの構成を示す。目周辺の動画はカメラ (XC-EI30: SONY) により取得され、DVD レコーダ (MS-DS400: HITACHI) に入力される。ま

た、脳波や心電図は快情動や不快情動を表す生理的指標として計測し、波形記録用 PC の Vital Recorder (キッセイコムテック株式会社) で記録される。呈示される画像が替わる度に、刺激用 PC から DVD レコーダと波形記録用 PC へ画像呈示信号を出力する。DVD レコーダと波形記録用 PC に画像呈示信号を入力することで、瞳孔径、脳波、心電図の同期を取っている。実験終了後、被験者に実験中に呈示した画像について快・中立・不快で評価を行ってもらい、その評価を主観評価とした。

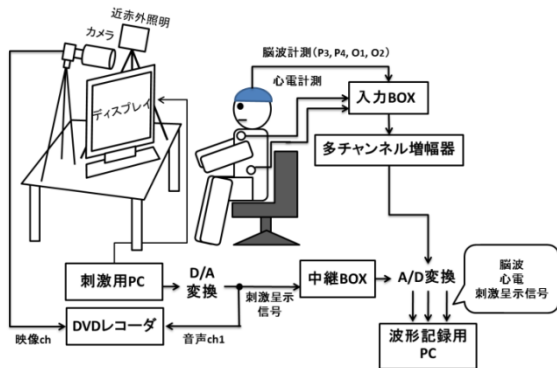


図 3 計測システムの構成

4. 快および不快推定のための解析方法

本章では、取得した瞳孔径時系列データの解析法について述べる。

4.1 解析方法

実験より得られた画像呈示信号、瞳孔径時系列データを用いて、画像呈示時における瞳孔径変動の特徴を解析した。まず、5点移動平均法を用いて瞳孔径時系列データを平滑化し、瞳孔の反応潜時を考慮し、画像呈示後 0.2 s において瞳孔径を 1 に正規化した。その後、同種類の情動刺激における瞳孔径時系列データに対し加算平均処理を行った。また、加算平均処理した瞳孔径時系列データに対し FFT を施し、周波数解析も行った。

4.2 解析結果例

本研究では健常男子大学生 3 名に対し、実験を行った。1 名の被験者の解析結果の例を図 4, 5 に示す。図 4 は加算平均を施した瞳孔径である。図 5 は図 4 の時系列データに対し、周波数解析を行った結果である。図 4 の横軸は時間であり、時間軸における 0 s は画像呈示時を示す。縦軸は正規化された瞳孔径である。一方、図 5 の横軸は周波数、縦軸はパワーを dB 表示したものである。図 4, 5 において、各情動刺激のコントロール画像呈示時の解析結果を点線、刺激画像呈示時の解析結果を実線で表している。

図 4 より、快情動を伴った刺激画像呈示時において瞳孔径は縮小し、不快情動を伴った刺激画像呈示時においては、瞳孔径は散大することがわかる。このような傾向は、他の被験者 2 名にも見られた。この特徴を用いて、快や不快といった情動を推定できる可能性がある。また、中立画像呈示時の瞳孔径変動については、被験者間で一致した傾向を得ることができなかった。コントロール画像呈示時の瞳孔径は、刺激画像呈示時の瞳孔径よりも平均的に大きくなった。このことに関しては、コントロール画像を見ていると

きに何らかの心理的要因が働いたことが原因だと考えられる。

図 5 より、低周波数帯において快画像呈示時のパワースペクトルと不快画像呈示時のパワースペクトルを比較すると、快画像呈示時のパワースペクトルの方が低いことがわかる。この傾向は全被験者に見られた。また、パワースペクトルにおいても、中立画像呈示時およびコントロール画像呈示時の特徴は被験者間で異なっていた。

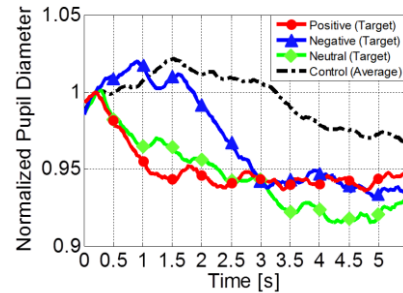


図 4 瞳孔径変動の加算平均結果

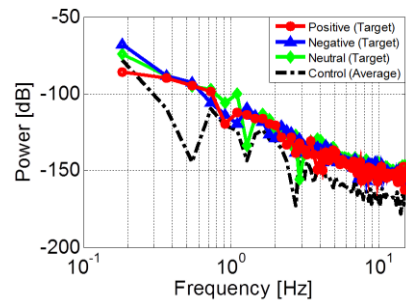


図 5 周波数解析結果

5. まとめ

本研究では、より簡易的な感性評価システムを実現するために、瞳孔径変動を用いた快および不快情動を推定するための実験・解析システムの開発を行った。被験者 3 名に対し、実験を行ったところ、すべての被験者において快画像呈示後には瞳孔径は収縮し、不快画像呈示後には瞳孔径が散大する傾向が見られた。

今後の課題としては、今回の解析結果の信頼性を高めるために、被験者数を増やし、同様の実験を行う必要がある。また、中立画像呈示時の瞳孔径変動に関しては、被験者によって特徴が異なっていた。コントロール画像呈示時の瞳孔径についても、どの要因が働いたのか明らかではない。1つの要因としては、コントロール画像に興味を持ったため瞳孔径が散大したことが考えられる。今後は、今回の解析結果を考慮し、実験方法を再考する必要がある。

参考文献

- [1] 小野武年, 中村清実, 西条寿夫, 新生理学科学体系—快・不快の脳内機構—扁桃体・視床下部系の機能的役割—, 医学書院, pp. 263-264 (1989).
- [2] 松永勝也, 瞳孔運動の心理学, ナカニシヤ出版, pp. 7-30 (1990).
- [3] 川人光男, “脳とメディア概論~脳科学の新しい応用~”, 映像情報メディア学会, Vol. 60, No.11, pp. 1721-1724 (2006).
- [4] P. J. Lang, M. M. Bradley, and B. N. Cuthbert, “International Affective Picture System (IAPS): Affective ratings of picture and instruction manual”, Technical Report A-8, University of Florida (2008).