

加算平均を用いた瞳孔径の対光反射瞳孔応答モデルの検討

A Consideration on Pupillary Light Reflex Model using Pupil Size Averaging.

黒田 将史† 西口 侑希‡ 永島 元貴‡ 菅沼 睦†† 亀山 渉†††
Masafumi Kuroda Yuki Nishiguchi Motoki Nagashima Mutsumi Suganuma Wataru Kameyama

1. まえがき

マルチメディアコンテンツ推薦システムに生体反応を用いて観察者の興味度を推定する研究がこれまで行われている。その中で、コンテンツ視聴時の瞳孔径変動が観察者の興味度を反映していることが報告されている[1][2]。また、ヒトの瞳孔径変動は、主に対光反射反応と情動によって引き起こされていると報告されている[3]。そこで、情動のみによる瞳孔径変動を測定するために、対光反射による瞳孔径変動を補正する必要がある。対光反射補正の一つの方法として、モニタにある輝度パターンを提示し、輝度変化のみによる瞳孔径変動を推定する手法が提案されている[4]。しかしながら、そのような実験的環境においても、観察者の情動を無にすることは不可能であり、そのため、輝度パターン観察時の瞳孔径にも何かしらの情動反応が含まれることとなり、正確な補正は難しい。マルチメディアコンテンツ推薦システムへの生体反応への応用を考慮する際、このような不定期かつ偶発的に生じる情動反応による瞳孔径変動はノイズとなると考えられ、この影響の低減が必要であると考えられる。

本報告では、以上の問題を解決するために、輝度パターン観察時の瞳孔径を加算平均することで、不定期かつ偶発的に起こっている情動を平均化し、情動による瞳孔径変動を除去する方法を試みた。本稿では、なるべく情動が生じない条件で行った場合と、積極的に情動が生じる条件で行った場合を比較した結果を報告する。

2. 実験手法

2.1 被験者

男性 4 名 (年齢 22-38)、女性 2 名 (年齢 21-23) が実験に参加した。

2.2 実験装置

瞳孔径値の計測には、Tobii Technology 社アイトラッカー Tobii X60 と 23 インチのディスプレイを使用した。

2.3 実験刺激

本実験では、輝度パターンとして、グレースケールで輝度値が 0 から 255 に変化する画像を 2 秒周期で一定時間繰り返し提示して被験者に見てもらい、対光反射反応を測定した。本実験では対光反射反応を測定する時間を 30 秒とした。この輝度パターンを上記のディスプレイに表示した。

2.4 実験課題および実験手続き

被験者に 2 秒周期の輝度パターンを提示する際、音楽を聴いてもらう条件 (以後、音楽ありの場合) と音楽を聴かない条件 (以後、音楽なしの場合) を用意し、30 秒の測定をそれぞれ 8 セット行った。音楽ありの場合と音楽なしの場合を用意したのは、音楽によって引き起こされる情動による瞳孔径変動と、それぞれの加算平均モデルの差分が等しいかを確認するためである。本実験では、音楽による情動反応は不定期、偶発的な情動ではなく、ある程度恒常的に生じる情動であると仮定した。

以上の実験から、一人の被験者に対して、合計 112 周期分の瞳孔径の実測値を測定した。

実測値の解析手法としては、実測値を輝度パターンの 1 周期ごとに加算平均し、音楽ありの場合の加算平均モデルと音楽なしの加算平均モデルを構築した。加算平均によって、情動による瞳孔径変動の除去がなされているかを確認するために、構築した加算平均モデルの比較を行った。比較方法は、それぞれのモデルの平均の差分を、音楽ありの加算平均モデルから引き、R 二乗値を指標として相関を求めた。

3. 実験結果

3.1 加算平均モデル

被験者 6 人分の実測値からそれぞれの加算平均モデルを構築した。被験者の代表者として被験者 A の加算平均モデルを図 1 に示す。

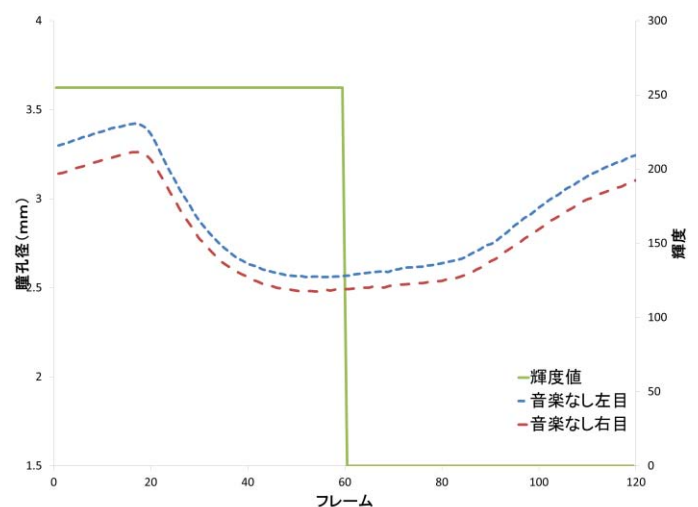


図 1 音楽なしの被験者 A の加算平均モデル

図 1 には、被験者 A の右目と左目の瞳孔径値の加算平均モデルが示されている。横軸はアイトラッキング

†早稲田大学基幹理工学部情報理工学科

‡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

†††早稲田大学基幹理工学部情報通信学科

装置のデータ取得フレーム番号を表しており、60フレームで1秒、グラフ全体で2秒周期の加算平均モデルの変動を表している。左縦軸は瞳孔の大きさを表しており、右縦軸は輝度値を表している。中央の方形波は、1周期分の輝度変化を表している。左目と右目での差異はあるが、1周期分のモデルを構築できたことが確認できる。

次に、音楽ありの場合となしの場合での比較を行う。被験者 A の音楽ありの場合の右目と左目の瞳孔径値の加算平均モデルを図2に示す。

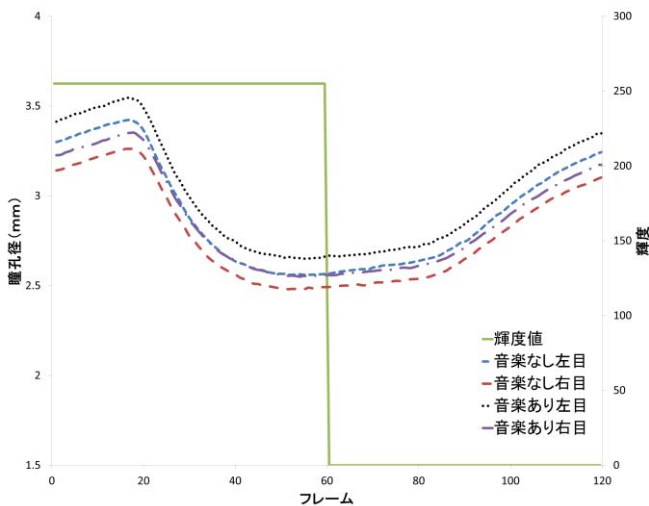


図2 音楽あり・なしの被験者 A の加算平均モデル

音楽ありの場合と音楽なしの場合の加算平均モデルの平均に差が見られるのは、音楽による情動の瞳孔変動によるものだと考えられる。また、音楽ありの場合となしの場合では、平均値の差はあるが、それ以外に大きな差異はないことが確認できる。

次に、被験者 A の加算平均モデルにおいて、音楽ありの場合の加算平均モデルに対し、音楽なしの場合の加算平均モデルとの平均の差分を差し引いた比較を図3に示す。

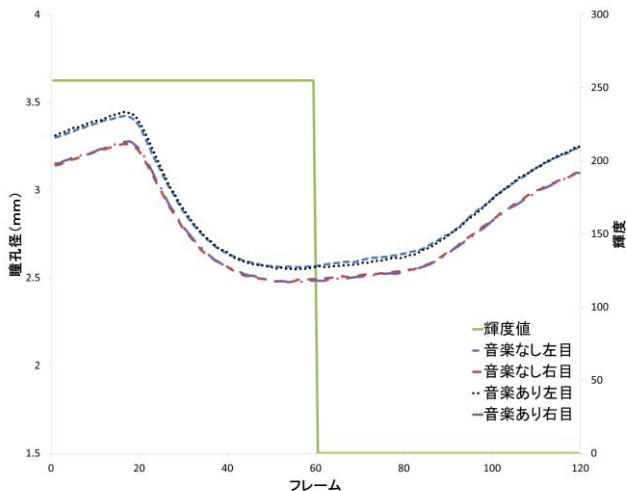


図3 被験者 A の二つの加算平均モデルの比較

図3より、音楽ありの場合のモデルと音楽なしのモデルがほぼ等しいことが確認できる。

3.2 R二乗値の比較

被験者6人分の実測値から、音楽ありの場合のモデルと音楽なしのモデルの相関を、左目と右目で分けて求めた。なお相関関係の指標としてR二乗値を用いた。この結果を表1に示す。

表1より、いずれの被験者でも加算平均モデルのR二乗値が0.9以上となり、高い相関が見られた。この結果から、音楽を聞いたことによって生じた情動が、加算平均モデルの平均値の差となって表れたのではないかと推定できる。加えて、本手法により、音楽による情動以外の情動、すなわち、計測中に生じた不定期かつ偶発的な情動に基づく瞳孔径変動を除去できたのではないかと考えられる。

表1 モデル間のR二乗値の比較

	左目	右目
被験者 A	0.999979	0.999991
被験者 B	0.999924	0.999970
被験者 C	0.999939	0.999967
被験者 D	0.999925	0.999901
被験者 E	0.999822	0.999948
被験者 F	0.999900	0.999856

4. まとめ

本稿では、対光反射による瞳孔径変動を補正する際の情動反応を除去する手法として、加算平均を提案した。実験結果から、本手法を用いることによって、対光反射反応のみによる瞳孔径変動を検出できる可能性が高まったと考える。同時に、一定の時間間隔において恒常的に生じた情動反応の推定手法として今回提案した手法が有効であると示唆された。今後の課題としては、提案する加算平均モデルの有効性を更に検討することが挙げられる。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 25330136 の助成を受けたものである。

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)
- [3] 李博, 菅沼睦, 亀山渉, "対光反射瞳孔応答モデルに対する最適パラメータの検討", *電子情報通信学会, 2013年総合大会*, A-15-10 (2013)
- [4] 浅野樹美, 安池一貴, 中山実, 清水康敬, "輝度変化に対する瞳孔径面積変化モデル", *電子情報通信学会論文誌 A*, J77-A (5), pp.794-801 (1994)