

瞳孔径変化に着目した聞き手感情推定のための特徴量抽出手法

A Feature Extraction Method for Estimating Listener Emotion Focusing on Pupil Diameter Change

原田 宗玄[†]
Harada Munenori

村上 増穂[‡]
Murakami Mashiho

北島 宗雄[†]
Kitajima Muneo

小竹 元基[‡]
Shino Motoki

中平 勝子[†]
Katsuko T. Nakahira

1 はじめに

人が持つ感情は、人同士のコミュニケーションのみならず、人の記憶に対しても影響を及ぼすとされている [1, 2]。このことは、学習時における感情状態が学習内容の記憶のされ方に少なからず影響する可能性を示唆している。人が抱いていた感情は、通常は無意識的に表出された顔の表情から読み取ることが可能である。しかしながら、表情筋は意識的に動かすこともできるため、意識が大きく関わるのが想定される学習時に抱かれた感情を、表情のみから判別することは好ましくない。この点を考慮し、本稿ではテクノロジーの進歩により簡便かつ長時間取得可能となりつつある人の生体情報に着目し、感情状態の判別を試みる。生体情報には、脳波、皮膚電位、心拍、瞳孔径などがあるが、このうち、瞳孔径は非接触測定が可能で、将来的にはコンピュータ搭載の Web カメラなどでも計測可能と見込まれることから、学習時に計測する生体情報として有望である。

瞳孔径と感情の関係については、笑い声や泣き声などに対する反応に関して精力的に研究が進められている（例えば、[3, 4, 5]）。他方、瞳孔は光の影響など様々な影響を受けやすい。鈴木ら [6] の実験ではタスクの画面に切り替わった直後に瞳孔が収縮することが確認された。これは、被験者がタスクを注視することで起こる輻輳反応だと考えられる。以上を踏まえ、本稿では、ポジティブ・ネガティブ・ニュートラルのいずれかの感情を喚起する単語（感情誘発語）を有する文章を聞いた際に起こる聞き手の瞳孔径変化に着目し、聞き手の感情に与えた影響を推定するための特徴量抽出を行う。

2 実験概要

本研究では、村上ら [7, 8] が行った実験データを元に瞳孔径の分析を行った。被験者は、安定した外環境下で短文を2回聞き、その後文章から得た感情を1～7の7段階で回答した。文章中にはデータベース [9] で、ポジティブ・ネガティブ・ニュートラルな感情値を持つとされる単語が1つ含まれている。

瞳孔径計測には Tobii Technology 社の Tobii Pro Glass 2 が使用されている。サンプリングレートは 50Hz である。

3 瞳孔径分析

散瞳の最大値が同じ変化だとしてもゆっくり変化していく場合もあれば急激に変化する場合もある。また、散瞳していく途中で短周期な変化をする場合やそうでない場合もある。そこで、縮瞳から散瞳に変わる極小値の点同士を繋いだ線分と極小

値の間に変化する瞳孔径データからなる面積を計算することで変化量と時間を読み取った。極小値を繋ぐ線分は短い区間で繋ぐ場合 (Short) とより長い区間で繋ぐ場合 (Long) の2パターンが考えられる。Short は短周期で起こる瞳孔径変化（突発的に付与される刺激に対する反応を想定）の特徴を表す面積なのに対し、Long は長周期で起こる瞳孔径変化（時間をかけて付与される刺激に対する反応を想定）特徴を表す面積である。

【データの平滑化】図1に示すような、被験者が1つの文章を聞いている間の瞳孔径データは以下のような手順で平滑化を行い図2のように滑らかにした。

はじめに、瞳孔径データは文章を聞いている間の平均値からの変位量とした。次に、20ms(1/50Hz) 間隔で記録されているデータ間の変化量を計算し、そのデータ群から外れ値を算出した。外れ値より大きな変化をしている点とその前後 50ms の瞳孔径データを除去し線形補完を行った。その後 300ms の移動平均でデータの平滑化を行った。

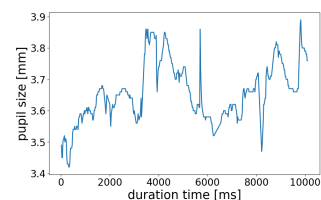


図1 生データ

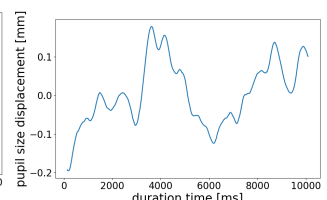


図2 平滑化後データ

【特徴量抽出】平滑化された瞳孔径変位データから縮瞳から散瞳に変化する点（極小値）を検出した。検出した極小値の点を結ぶことで以下の2種類の包絡線を引いた。

1. 短い区間の包絡線：Short

全ての極小値が接点となるように線分を引いた。線分と瞳孔径データに重なりが生じる場合は終点となる極小値までの間で始点の極小値と線分を引いた際に接線となる点を見つけ線分を引いた。図2の瞳孔径データに短い区間の包絡線を引くと図3に示す赤破線のようなになる。

2. 長い区間の包絡線：Long

始点と終点の極小値の2点からなる線分と瞳孔径データに重なりが生じる場合は終点の極小値を重なりが生じない極小値までずらした。重なりが生じない線分が引けた場合は、重なりが生じるまで終点の極小値をずらし、一番長い接線が引けた線分を長い区間の包絡線とした。接線を引くことができる極小値が存在しない場合は、極小値以外で一番長い接線が引けた点と線分を引いた。図2の瞳孔径デー

[†] 長岡技術科学大学

[‡] 東京大学

々に短い区間の包絡線を引くと図3に示す緑破線のようになる。

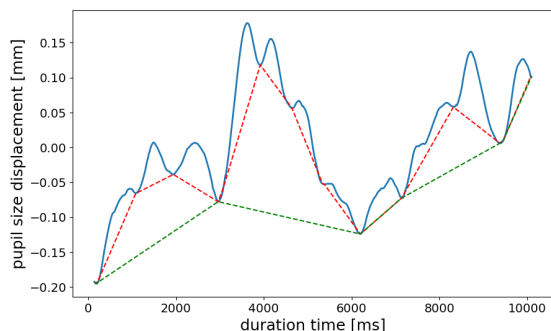


図3 瞳孔径データの包絡線

各包絡線と瞳孔径データで囲まれた閉曲面を特徴量として抽出した。

4 分析結果

ポジティブ・ネガティブ・ニュートラルの違いを抽出するため、被験者が強くポジティブと感じた文章(スコア1)とニュートラルと感じた文章(スコア4)と強くネガティブと感じた文章(スコア7)のみを対象に瞳孔径データとShortで囲まれた面積、瞳孔径データとLongで囲まれた面積を計算した。被験者が感じた感情の違いによってLongとShortの特徴量に違いが生じるかを確認するために横軸がLongの面積、縦軸がShortの面積として対比を計算した。長周期の瞳孔変化が起こっている間に短周期の瞳孔変化が多いとShortの面積は小さくなり、対比は大きくなる。長周期と短周期の瞳孔変化が同じ場合には対比は小さくなる。文章ごとに対比を計算した後、各感情ごとに原点を通る単回帰直線と決定係数 R^2 値を計算した。その結果を(傾き, R^2)で示すと、ポジティブは(0.38, 0.05)、ネガティブは(0.51, 0.74)、ニュートラルは(0.45, 0.35)であった。決定係数の計算は、 y がShortの面積としたとき式(1)で計算した。

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad (1)$$

傾きの結果から、ネガティブはLongの面積に対するShortの面積の割合が大きく、ポジティブが小さいことが確認できた。また、 R^2 の結果から、ネガティブではばらつきが小さかったが、ポジティブではばらつきが大きかった。

5 考察

ネガティブな感情を与える文章では他の感情を与える場合より、ShortとLongの面積の対比のばらつきが小さいことから、被験者それぞれがネガティブな感情を抱いたときの瞳孔変化は同じような特徴があり、違う被験者であっても同じような瞳孔変化の特徴があると考えられる。また、ネガティブの場合ShortとLongの面積の対比が小さいことから、散大してから縮瞳するまでの間に起こる瞳孔の揺らぎが、他の感情の場合より少ないと考えられる。村上らの研究結果では、被験者が抱いた感情のスコアと記憶には正の相関があることを示唆している。記憶に残るということはネガティブな文章を聞いた時のインパクトは他の感情の場合より大きいと思われる。よって強い

インパクトを受けたときの瞳孔の反応は揺らぎが少なく、個人差や個人内での変化の違いが少ないことが示唆される。

6 まとめ

今回の研究では、瞳孔径変化から短文を聞いた際に聞き手が抱く感情を推定するための特徴量抽出を行った。被験者がつけた感情のスコアをもとに分析を行った結果ネガティブな感情を与える文章の場合には、特徴の傾向がうかがえた。このことは、発展的には文章(コンテンツナレーションなど)を聞いた際の人の感情を大まかに捉えられる可能性を示している。

今回の実験では被験者が聞いた文章に対して評価するタイミングであるスコアを入力した時間などの情報を計測することが困難であった。今後はより制御された実験を行うことで聞き手が抱く感情が推定可能か検討する必要がある。

謝辞

本研究は科研費(19K12232, 19K12246, 20H04290)の助成を受けた。

参考文献

- [1] Chai M. Tyng, Hafeez U. Amin, Mohamad N. M. Saad, and Aamir S. Malik. The influences of emotion on learning and memory. *Frontiers in Psychology*, Vol. 8, p. 1454, 2017.
- [2] Deborah Talmi, Lynn Lohnas, and Nathaniel Daw. A retrieved context model of the emotional modulation of memory. *Psychological Review*, July 2019.
- [3] Timo Partala and Veikko Surakka. Pupil size variation as an indication of affective processing. *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 59, pp. 185–198, 07 2003.
- [4] Satoshi Nakakoga, Kengo Shimizu, Junya Muramatsu, Takashi Kitagawa, Shigeki Nakauchi, and Tetsuto Minami. Pupillary response reflects attentional modulation to sound after emotional arousal. *Scientific Reports*, Vol. 11, , 2021.
- [5] Margaret M. Bradley and Peter J. Lang. Memory, emotion, and pupil diameter: Repetition of natural scenes. *Psychophysiology*, Vol. 52, No. 9, pp. 1186–1193, 2015.
- [6] 鈴木理玖, 秋元頼孝, 中平勝子. 脳波・視線同時計測を用いた難易度推定指標の設計. 情報処理学会第83回全国大会予稿集, No. 4, pp. 181–182, 2021.
- [7] Mashiho Murakami, Motoki Shino, Katsuko Nakahira, and Muneo Kitajima. Effects of emotion-induction words on memory of viewing visual stimuli with audio guide. In *Proceedings of the 16th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications - HUCAPP*, pp. 89–100. INSTICC, SciTePress, 2021.
- [8] 村上増穂, 小竹元基, 中平勝子, 北島宗雄. 鑑賞行動時の記憶定着における感情誘発語効果とその経時変化. FIT2020(第19回情報科学技術フォーラム)講演論文集, 第3巻, pp. 273–276, 2020.
- [9] 五島史子, 太田信夫. 漢字二字熟語における感情価の調査. 筑波大学心理学研究, No. 23, pp. 45–52, 2001.