

e-Learning 学習者の眼球運動測定データによる感情推定の考察 Emotion estimation from e-Learning user's gaze data

小池 武士[†] 繁田 亜友子[†] 野須 潔[†]
Takeshi Koike Ayuko Shigeta Kiyoshi Nosu

1. はじめに

静止画観賞時の眼球運動、注視移動と感情の関係は、報告例がある[1][2][3]。しかし、電子メディア使用時の使用者の時系列的な感情変化と注視移動の関係の報告例は少ない。

本報告では、e-Learning 学習者の注視点移動速度および注視時間といった眼球運動パラメータを、学習者の感情推定に利用することを目的とし、学習者の眼球運動と時系列感情主観評価との対応関係を測定し、注視点移動速度および注視時間を用いた感情判別の基準値からマハラノビスの距離による時系列感情推定について述べる。

推定結果と時系列感情主観評価との比較を行い、e-Learning 学習における移動速度および注視時間からの感情推定の可能性について考察する。

2. 測定システム構成

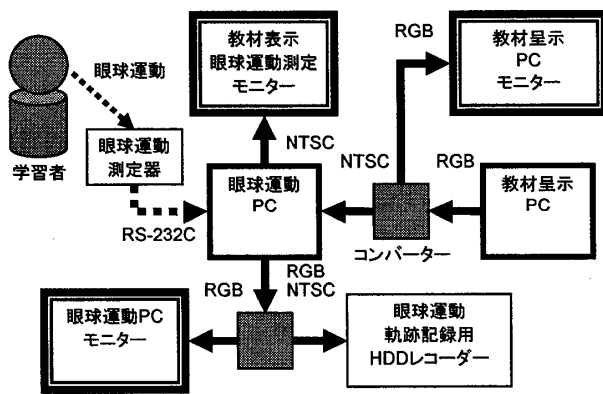


図1 測定システム構成

本測定システム構成を図1に示す。e-Learning 学習教材PCの画面出力は、眼球運動測定PCを介し、眼球運動を測定できる状態にし、e-Learning 学習教材表示モニターに出力する。被験者とe-Learning 学習教材表示モニター間に眼球運動測定器を設置し、学習中の被験者の眼球運動を取得する。取得した眼球運動データは、眼球運動PCに蓄積される。

3. 測定方法

被験者は、男子大学生5名である。被験者は、e-Learning 学習教材を用いて5分間学習を行う。学習中の被験者の眼球運動は、教材表示モニターの前に設置した眼球運動測定器により取得する。眼球運動測定器の測定精度は1/30秒であり、注視点移動速度（1秒当たりの角度変

化量、[deg/sec]）、注視時間（注視点移動速度が5 deg/sec以下で停滞している時間、[msec]）を取得する。また、被験者が学習中に見ている画面をビデオカメラで撮影する。

学習直後、被験者にビデオカメラで撮影した映像を呈示し、学習中の感情を時系列的にSD法による主観評価を行った。

評価感情を表1に示す。感情分類は、Ekmanの基本感情分類が広く使われている[4]が、人の状況、環境の文脈に依存する度が高いので、e-Learning 学習者の状況に対応した感情分類を用いた。本測定では、4つの感情対、8つの感情を使用した。4つの感情対について、評価時間間隔は30秒である。なお、5段階評価のうち“3”は中立状態とし、感情対のどちらの感情にも属さないものとする。

表1 評価感情

感情対	評価	
	1,2	3 4,5
第1感情対	難しい	簡単
第2感情対	つまらない	面白い
第3感情対	理解できない	理解できた
第4感情対	飽きている	集中している

4. 解析方法

解析手順を図2に示す。

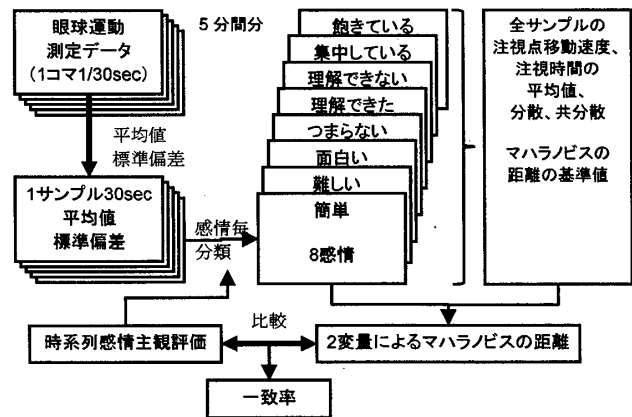


図2 解析手順

4.1 眼球運動測定データ分類

眼球運動測定器により取得した眼球運動測定データ（注視点移動速度、注視時間）について30秒間分を1サンプルとし、平均値および標準偏差を求め、5分間分、5名分について行う。

次に、30秒毎の眼球運動測定データの平均値および標準偏差を、被験者の時系列感情主観評価に基づいて感情毎に分類する。例として、ある30秒間で被験者が“簡

[†] 東海大学大学院開発工学研究科 Tokai University
School of High-Technology for Human Welfare

単”という評価をしていれば、その30秒間の眼球運動測定データは“簡単”の感情に属するものとして分類する。また、同じ30秒間で複数の感情を評価している場合は、その30秒間の眼球運動測定データは評価されたそれぞれの感情に属するものとする。

4.2.2 変量によるマハラノビスの距離

眼球運動測定データを感情毎に分類後、注視点移動速度と注視時間、2変量によるマハラノビスの距離を算出し、あるサンプルがその感情に属するかを判定、被験者の時系列感情主観評価と比較する。

2変量のマハラノビスの距離の基準値として、感情毎に分類した眼球運動測定データ全体の平均値および分散を求める。

また、注視点移動速度と注視時間は、属性が異なるパラメータであるため、各サンプルについて以下の式を用いて正規化する。

- 注視点移動速度の正規化

$$\frac{\{\text{サンプル注視点移動速度}\} - \{\text{全体の注視点移動速度の平均値}\}}{\{\text{全体の注視点移動速度の標準偏差}\}}$$

- 注視時間の正規化

$$\frac{\{\text{サンプル注視時間}\} - \{\text{全体の注視時間の平均値}\}}{\{\text{全体の注視時間の標準偏差}\}}$$

2変量のマハラノビスの距離の算出には式(1)を用いる。

$$D^2 = (x - \bar{x}, y - \bar{y}) \begin{pmatrix} Sx^2 & Sxy \\ Sxy & Sy^2 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} x - \bar{x} \\ y - \bar{y} \end{pmatrix} \dots (1)$$

- x: サンプル注視点移動速度
- \bar{x} : 全体の注視点移動速度の平均値
- y: サンプル注視時間
- \bar{y} : 全体の注視時間の平均値
- Sx: 注視点移動速度の分散
- Sy: 注視時間の分散
- Sxy: 注視点移動速度、注視時間の共分散

マハラノビスの距離による感情判定のイメージを図3に示す。感情対において、サンプルxから、感情αまでのマハラノビスの距離 D_α^2 、感情βまでのマハラノビスの距離 D_β^2 を求め、 $D_\alpha^2 < D_\beta^2$ であればサンプルxは感情β、 $D_\alpha^2 > D_\beta^2$ であればサンプルxは感情αに属するものとする。

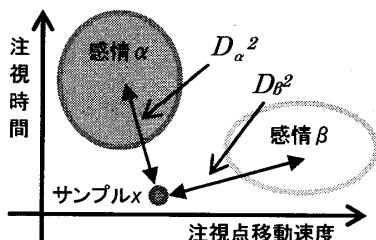


図3 マハラノビスの距離による感情判定

5. 結果

表2に、被験者の時系列感情主観評価と2変量によるマハラノビスの距離の判定感情との一致率を示す。“飽きている”81.82%、“集中している”74.07%、“面白い”72.22%、“つまらない”66.67%であった。一方、“簡単”、“理解できた”の一致率が100%であるが、これはそれぞれの感情対である“難しい”、“理解できない”のサンプル数が少ないためである。特に、“理解できない”はサンプル数が少なく、分散共分散行列の計算が行えないため一致率が算出できなかった。“簡単-難しい”、“理解できた-理解できない”については、サンプル数を増やす予定である。

表2 マハラノビスの距離による感情推定結果

感情	a	b	一致率
簡単	18	18	100.00%
難しい	3	1	33.33%
面白い	18	13	72.22%
つまらない	12	8	66.67%
理解できた	24	24	100.00%
理解できない	2	-	-
集中している	27	20	74.07%
飽きている	11	9	81.82%

a: 時系列感情主観評価のサンプル数

b: 2変量によるマハラノビスの距離の判定サンプル数

6. まとめ

電子教材学習環境での、注視点移動速度と注視時間をパラメータとする2変量によるマハラノビスの距離の判定感情と、被験者の時系列感情主観評価の比較し、“面白い-つまらない”、“集中している-飽きている”感情を推定できると考えられる。

今後、眼球運動による感情推定と、顔画像変化による感情推定を組み合わせた感情推定システムの開発を検討する。

参考文献

- [1] 中島義明, “映像の心理学 マルチメディアの基礎”, サイエンス社, 日本 (1996).
- [2] Noriyuki Aoyama, Kosuke Takano, Masashi Kato, Tadahiko Fukuda, “A Development of Interest Estimation Method Using Eye Movement Data”, IEA2006 (2006).
- [3] 平山雄介, “眼球運動の変化に基づく心理状態の推定”, 電気通信大学大学院 (2003)
- [4] Paul Ekman, “Emotions revealed: recognizing faces and feelings to improve communication and emotional life”, Times Book, New York (2003).