

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：33910

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350361

研究課題名(和文) Web教育における瞬き・瞳孔を用いた理解度予測システムの開発

研究課題名(英文) Development of a prediction system of the degree of comprehension using blinking frequency and pupil dilation in Web education

研究代表者

足達 義則 (ADACHI, Yoshinori)

中部大学・経営情報学部・教授

研究者番号：00115669

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：学習への意欲や集中力を持続・向上させることは難しい。特に、意欲の低い学習者には、自己モニタリング学習の効果は期待できず、教授者の適切な指導が重要である。しかし、自宅でのWeb教育では、学習者の反応をキャッチして適切な指導をすることが難しく、やる気や理解度を自動的にキャッチし、状況に応じた適切なアドバイスを行う必要がある。本研究では、瞬き頻度と集中度の関係を明らかにし、リアルタイムで瞬き頻度を計測し、集中度の変化を測定できるようにした。また、理解度と瞳孔径変化の関係を明らかにし、リアルタイムで瞳孔径を計測し、理解度を予測できるようにした。

研究成果の概要(英文)：To sustain and improve the motivation and concentration to the learning is difficult. In particular, the effect of self-monitoring learning cannot be expected to the low motivated learners, it is important to give a proper guidance of the professor. However, in the Web education at home, it is difficult to give the appropriate guidance by catching the reaction of the learner. Therefore, it is necessary to give the appropriate advice by catching the motivation and the degree of understanding, automatically. In this study, the relation between the degree of concentration and blinking frequency was made clear, and the blinking frequency was able to be measured in real time. Then, a change in the degree of concentration was able to be measured. In addition, the relation between the degree of understanding and the pupil diameter change was made clear, and the pupil diameter was able to be measured in real time. Then, a change in the degree of understanding was able to be predicted.

研究分野：生体情報処理手法を用いた教育の効率化

キーワード：e-ラーニング 個人認証 集中度 瞬き頻度 理解度 瞳孔径

1. 研究開始当初の背景

(1) e-ラーニングのメリットが強調されて久しいが、効果的な運用が成されているとは思われないし、期待された効果も上がっているとは思われない。そのため、有効利用や効率的な利用を目指して様々な取り組みがなされている。

(2) e-ラーニングの運用上心配されるひとつに学習者の成り済まし問題がある。これによって成績評価テストなどを実施することが難しく、結局対面でテストを行うことになってしまっている。これに対しては、筆者認証および顔認識による個人認証システムを提案し、成り済まし問題を解決できるようになった。

(3) e-ラーニングがうまく機能しない原因のひとつとして、受講者の学習する意欲や集中力を持続・向上させることができないことがある。自己モニタリング学習で改善できるという考えも有るが、学習意欲の低い学習者には、自己モニタリング学習の効果は期待できず、教授者の適切な指導が重要となる。

(4) 対面学習では、学習者の反応をキャッチして適切な対応をとることも可能であるが、自宅や遠隔地の学習者に対しては対応が難しく、声なき声を自動的にキャッチし、適切にアドバイスする必要がある。集中度が瞬き頻度と関係することが明らかとなって、瞬き頻度をリアルタイムで計測できるようになった。

(5) 人の「喜び」や「飽き」「嫌い」などの感情は瞳孔径の変化に現れるとして、ベテラン教員等が活用していると言われている。理解できれば、多くの学習者は「喜び」の感情を、できなければ「飽き」「嫌い」の感情を表すことになるので、瞳孔径の変化から理解度を予測することが可能であると考えられる。

2. 研究の目的

(1) ブレンド型授業では教授者が学習者の様子を見て、理解度を把握したり、適切なアドバイスをしたりできるが、在宅や遠隔では時間的にも空間的にも学習中の反応を捕らえることが難しく、きめ細かな教育を行うことは不可能に近い。対面授業と同等以上の効率化を図るためには学習者の理解具合を把握し、適切にアドバイスしたり、教材を選定したりすることが重要であり、その方法の確立を目指す。

(2) 「成り済まし」解消のための本人認証と「集中度の把握」のための瞬き頻度のリアルタイム測定は可能であり、これに瞳孔径から理解度を予測するシステムができれば

遠隔教育を格段に進歩させることが可能と考え、その構築を目指す。

3. 研究の方法

(1) 効率的な Web 教育を実現するためには、端末側にいる学習者の学習への集中が絶対的に必要であり、集中度と関連する瞬き頻度のリアルタイム測定精度の向上を図る。これには、顔の動きにすばやく追従する目検出が必要になる。

(2) 理解できたか否かを推測し、適切にアドバイスすることが重要であるが、理解したか否かを Web 教育で確認する方法はテスト実施以外には確立されていない。そこで、瞳孔径を計測し、問題の正誤の関係から、理解できたか否かを自動で推測できるようにする。

(3) 学習意欲の維持・向上のための適切なアドバイスと教材提示を可能にし、項目反応理論や S-P 表と併せて学習者の個性に合わせた理解度予測を検討する。

4. 研究成果

一般的な家庭で使用できるような動作環境を想定し、次の手順で研究を進めた。

(1) 瞬き頻度のリアルタイム測定精度向上
機器及び環境

i) 機器 (表 1 参照)

表 1 使用した機器

System Development Environment	
Hard ware	Intel® Core i5 650 3.20GHz
	4.00GB (user area 3.18GB)
	ELECOM UCAM-DLG200H (30fps)
Soft ware	Windows 7 Professional 32bit
	Microsoft Visual C++ 2010 Express
	OpenCV 2.2

ii) 環境 (表 2 参照)

表 2 実験の環境

Place	Enclosed room
Lighting	Fluorescent lamps
Monitor	LED display

夜間、蛍光灯下で決まった場所、例えば勉強机に座っての学習を想定した。また、プログラミングはすべて OpenCV で行った。

瞬き検出プロセス

i) 顔領域の切出し

1920×1080 画素のカラー画像を CvCutColor() でグレー画像に変換し、CvHaarDetectObjects() と haarcascade_frontalface_alt2.xml で顔領域 250~300 画素の正方形で切出しを行った。

ii) 目領域の切出し

顔領域の下 1/3 を削除し、その上の 5/8 左半分を右目の領域として切出した。

iii) 目の切出し

目領域に対して CvHaarDetectObjects() と haarcascade_eye.xml または haarcascade_eye_tree_eyeglasses.xml で目を切り出した。

iv) 目画像の変化の検出

1 回の瞬きに 3 フレームを要するので、3 フレーム間での濃度変化を調べ、顕著な変化があった場合を瞬きとして検出した。位置の変化に対応するために、モザイク画像に圧縮して調べた。また、半眼状態の画像も存在するため、閾値で調整した。

(2) 瞳孔径の測定

i) 瞬きのない目画像を RGB 空間から Lab 空間に変換し、(R,G,B)および(L,a,b)座標を得る。

ii) (R,a,b)、(G,a,b)、(B,a,b)から疑似 RGB 画像を作り、RR、RG、RB 要素を求める。これを再び Lab 空間に変換し、a'、b'を求め、(RR,a',b')、(RG,a',b')、(RB,a',b')を作り、RR'、RG'、RB'から疑似 RGB 画像を作る。

iii) 暗い領域を拡張する濃度変換を行い、図 1 に示すような虹彩付近を強調した画像を得る。



図 1 疑似 RGB 変換を 3 回繰り返した画像と濃度変換した後の画像比較

iv) 2 値化して瞳孔のおおよその位置を計算し、図 2 に示すように、円近似で虹彩及び瞳孔径を求める。



図 2 円近似で求めた虹彩領域と瞳孔領域

数学問題を解いているときの变化を 6 人の被験者で調べた結果、表 3 が示すように瞳孔径の変化で理解度を予測できる可能性が示唆された。

表 3 数学問題解答時の瞳孔径の比較

Subject	A	B	C	D	E	F
After answering	1.10	1.02	1.03	0.743	1.32	0.941
Under consideration	-	-	-	0.738	-	-
Solved correctly	○	○	○	×	○	×

(3) 瞳孔径計算の高速化

これまでのプロセスでは時間がかかり、リアルタイムで求めることが難しいので、処理の高速化を検討した。

i) 学習者の顔の位置が学習中は大きく変化しないことを利用して、目領域を直接検出し、切出した。R 画像のみを用いて画像縮小を行い、両目の検出を行った。片目検出よりも精度が高いため、切出し後右目領域に限定した。cvSplit()で R 成分のみとし、cvResize()で画像縮小して時間短縮を図り、cvHaarDetectObjects() と haarcascade_mcs_eyepair_small.xml で両目領域を求め、幅を 0.4 倍、高さを 0.9 倍することで求めた。

ii) 右目領域の中で虹彩領域を Hough 変換で円検出した。使用した関数は、cvSmooth()と cvHoughCircles()である。

iii) 瞳孔存在領域を虹彩の中心付近に決定し、切出した。その領域に対し、2 値化して瞳孔画像を求めた。関数は cvLUT()である。この画像の画素数から瞳孔径を計算した。画素数は、cvCountNonZero()で計算した。

このプロセスでは、表 4 に示すように、従来に比べて使用する関数が激減し、処理の高速化につながった。

表 4 瞳孔径計算に用いた関数（従来手法との比較）

Type of the process	Old	New
Creating a uniform histogram	CvEqualizeHist	-
Decomposition & reconstruction of color space	CvCvtColor CvSplit CvMerge	-
Conversion of brightness	CvAvgSdv CvMinMaxLoc CvThreshold	cvLUT

(4) 瞳孔径の高精度化

精度の高い瞳孔径の計算には、当然ながら画質の良い画像が必要であるが、LED 画面の光が目に入り込むため、瞳孔や虹彩領域が欠落するという画質の悪化が起きることになる。ここでは、カメラの位置とフィルタについて検討した。

カメラ位置の影響

画像の方向が異なるため、視線方向が変わってくるが、まつ毛の影響はどちらにも存在し、優劣はつかなかった。したがって、ノートパソコンにある位置（LED 画面上部）に固定した。

i) カメラの位置を上下に変化させた場合の顔画像と視線の方向は、図 3、4、および 5 に示すように、目画像に限定した場合、大きな違いは出なかった。

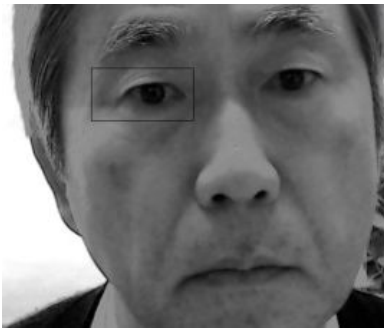


図3 上部カメラでの画像

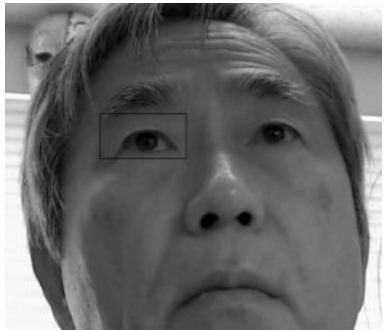


図4 下部カメラでの画像



上部カメラ 下部カメラ
図5 目画像とHough変換での円近似

ii) 2値化後の瞳孔付近の画像(図6参照)は、まつ毛の影響がどちらも大きく、瞳孔のみ計算する場合の障害となる。上部カメラの方が少し影響は小さいと思われるが、どちらも同じ問題が存在し、瞳孔のみに限定することは難しい。



上部カメラ 下部カメラ
図6 2値化後の瞳孔付近の画像

偏光フィルタの導入

i) 偏光フィルタにより環境光の影響の軽減を図った。目の表面の反射光の影響で、瞳孔が不鮮明になることを少しでも減らすことができれば、精度の向上につなげられる。図7に示すように、偏光フィルタによって、瞳孔が鮮鋭化できた。



フィルタ有り フィルタ無し
図7 偏光フィルタによる目画像の変化

ii) これを、ヒストグラムであらわすと、図8のようになり、輝度10以下に対応する瞳孔領域が明確に分離できるようになった。したがって、偏光フィルタを使用することによって、雑音の少ない瞳孔の面積が計算でき、比較的精度良く瞳孔径が計算できるようになった。

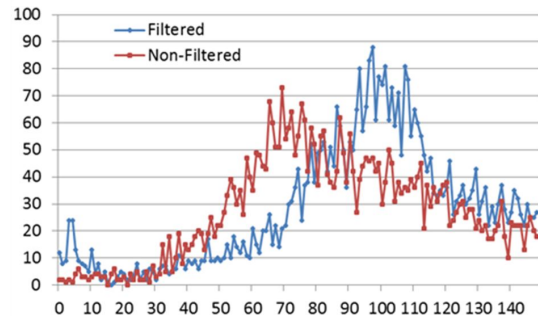


図8 フィルタの有無による濃度ヒストグラムの変化

iii) また、偏光フィルタの使用で、虹彩部分の境界が鮮鋭化でき、円近似の精度も上げることができた。顔とカメラの距離が近いため、虹彩径と瞳孔径との比率で大きさを評価する必要があるため、本手法はどちらにも効果的に働くことが確認できた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計10件)

Y. Adachi, Y. Sasayama, and K. Uesugi, Difference in the Reaction to Stimuli between Chinese and Japanese: An Effect of National Identity, Journal of International Society of Life Information Science, 査読無, 34, 2016, pp.46-50

Y. Iwahori, A. Hattori, Y. Adachi, M.K. Bhuyan, R.J. Woodham, and K. Kasugai, Automatic Detection of Polyp Using Hessian Filter and HOG Features, Procedia Computer Science, 査読有, 60, 2015, pp.730-739

DOI: 10.1016/j.procs.2015.08.226

H. Usami, H. Eguchi, M. Ozaki, and Y. Adachi, Development of Web Learning Support System using "My Dictionary" in English Study, Procedia Computer Science, 査読有, 60, 2015, pp.944-951

DOI: 10.1016/j.procs.2015.08.258

Y. Adachi, M. Ozaki, and Y. Iwahori, Improvement of the Measurement Accuracy and Speed of Pupil Dilation as an Indication of Comprehension, Procedia Computer Science, 査読有, 35, 2014, pp.1202-1209

DOI: 10.1016/j.procs.2014.08.217

H. Hagi, Y. Iwahori, S. Fukui, Y. Adachi, and M.K. Bhuyan, Defect classification of electronic circuit board using SVM based on

random sampling, Procedia Computer Science, 査読有, 35, 2014, pp.1210-1218

DOI: 10.1016/j.procs.2014.08.218

Y. Adachi, Measurement of Time-Dependent Stress Levels by Wavelet Analysis, 2014 IIAI 3rd International Conference on Advanced Applied Informatics, 査読有, 2014, pp.948-953

G. Watanabe, S. Fukui, Y. Iwahori, M.K. Bhuyan, R.J. Woodham, and Y. Adachi, Tracking Method in Consideration of Existence of Similar Object around Target Object, Procedia Computer Science, 査読有, 22, 2013, pp.366-374

DOI: 10.1016/j.procs.2013.09.114

Y. Adachi, K. Konishi, M. Ozaki, and Y. Iwahori, Development of an Automatic Measurement System of Diameter of Pupil – As an Indicator of Comprehension among Web-based Learners -, Procedia Computer Science, 査読有, 22, 2013, pp.772-779

DOI: 10.1016/j.procs.2013.09.159

H. Usami, A. Sugimura, Y. Adachi, and M. Ozaki, Proposal of Web Learning Support System using Teaching Materials Based on Degree of Achievement and Note-taking Techniques, Procedia Computer Science, 査読有, 22, 2013, pp.1182-1191

DOI: 10.1016/j.procs.2013.09.205

宇佐美裕康、杉村藍、A. Cholendra、足達義則、尾崎正弘、対面授業と Web 習熟度別テストを併用した学習支援システムの提案 - 学習意欲の維持・向上を目的とした - 、情報教育シンポジウム論文集、査読有、8、2013、pp.3-10

6 . 研究組織

(1)研究代表者

足達 義則 (ADACHI, Yoshinori)

中部大学・経営情報学部・教授

研究者番号 : 00115669