

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月 8日現在

機関番号：33910

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500945

研究課題名（和文） Web教育における表情・動き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 understanding level estimation system by the expression and motion 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

研究成果の概要（和文）：Web教育で重要となる“なりすまし”防止のための個人認証のために、顔部品間の距離を特徴量として統計的に類別し、SVMで判定するハイブリッドなシステムを開発した。脳血流については、問題を考えているときに増加し、解き終わってほっとした瞬間や諦めて考えを放棄したときに減少する結果から、脳血流と集中度が相関していることが分かった。また、集中が途切れたときに余計な動きが多くなること、特に瞬き回数が増加することが分かり、USBカメラからの顔画像で瞬き回数を精度よく測定するシステムを開発した。

研究成果の概要（英文）：For the personal authentication for prevention of “pretended” which becomes important in Web education, the distance between face components was statistically classified as feature quantity, and the hybrid system judged by SVM was developed. About the cerebral blood flow, it increased, when considering the problem, and when it finishes solving and you felt relieved, or when it gave up and an idea was abandoned, it decreased. And it turned out that a cerebral blood flow and degree of concentration correlate. Moreover, when concentration broke off, it turned out that excessive movement increase, especially that the blink rate increases. A system which measures the blink rate with sufficient accuracy from the facial image of a USB camera was developed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学 ・ 教育工学

キーワード：教育工学、eラーニング、個人認証、理解度予測、生体情報

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 教育の分野では Web 教育の発展と共に、端末側にいる学習者の特定や学習中の反応を捕らえることがきめ細かな教育のためには重要である。

(2) 対面授業以上の効率化を図るためには学習者の理解具合を知り、適切にアドバイスすることが重要であるが、その方法が確立されていない。

## 2. 研究の目的

(1) 本人認証に加えて、表情や動きから理解できたか否かを推測するシステムの構築を目指す。

(2) 学習者の表情や態度と学習に対する意欲や集中度、および理解度を測定する方法の確立を目的とする。

## 3. 研究の方法

(1) 脳血流や脳波などの生体情報から得られる集中度と顔の表情や体の動きなどの外観との関連について検討する。

(2) 瞬き頻度を精度よく自動測定できるシステムを開発し、瞬き頻度と集中度の関係を検討する。

## 4. 研究成果

(1) 脳血流と外観の関連を検討した。

① 英語（英文読解）（中学、高校、入試の3レベル）、数学（計算、グラフ）（中学、数学I&Aの2レベル）、国語（漢字検定3級、2級レベル）を学習する状況を、脳血流を測定しながらビデオで記録し、学習後アンケートをとり、本人の理解具合と解答具合を確認した。

その結果の一部を表に表す。解答の正誤、自己評価、瞬き回数、解答時間を示している。まず、英語の結果を示す。

表1 英語（中学レベル）の実験結果

被験者		問1	問2	問3	問4	問5
A	正誤	○	×	○	○	○
	自己	○	○	○	○	○
	瞬き	<1	9	<1	<1	<1
	時間	53	20	25	10	14
B	正誤	○	○	○	○	○
	自己	○	○	△	△	○
	瞬き	17	16	3	12	8
C	時間	66	22	26	22	12
	正誤	○	×	○	○	×
	自己	△	○	○	○	○
	瞬き	9	6	2	10	7
D	時間	41	30	25	4	18
	正誤	×	×	○	○	○
	自己	△	△	○	○	○
	瞬き	30	35	32	35	<1
	時間	117	68	15	13	10

この表から、間違った問題の場合には考慮時間が長く、1分当たりの瞬き回数も増加していた。

高校レベルの問題では、被験者全員が不正解であった。一人を除き、途中で諦めたようであった。

入試レベルでは、ほとんどの問題が不正解

であったが、自分ではできたと考えた被験者の瞬き回数が非常に少なくなっていた。

次に数学の結果を示す。

中学レベルでは、全体にできは良くないが、特に、自己判断でも理解できていない問題で瞬きの回数が増加していた。

表2 数学（中学レベル）の実験結果

被験者		問1	問2	問3	問4	問6	問7
A	正誤	○	×	○	×	○	×
	自己	○	○	○	△	△	△
	瞬き	7	2	<1	3	3	5
	時間	35	65	50	760	210	295
B	正誤	×	×	×	×	×	×
	自己	△	△	×	×	×	×
	瞬き	27	25	35	48	45	43
C	時間	17	53	42	196	275	85
	正誤	○	×	×	×	×	×
	自己	○	△	△	×	×	×
	瞬き	1	11	22	15	18	22
D	時間	60	80	75	425	195	215
	正誤	×	○	○	×	×	×
	自己	○	△	○	△	×	×
	瞬き	20	20	26	30	39	35
D	時間	30	51	14	185	91	63

高校レベルの計算問題では、全員正解には至らなかった。途中まで分かったが、最後はできなかったというものもいて、途中経過も検討する必要がある。グラフの問題では、比較的正確率は良かったが、解けたという自覚は無かった。しかし、解けそうな問題であると感じており、集中力はかなり維持されたとされる。

次に国語（漢字）の結果を示す。

漢字検定3級レベルでは、必死に思い出そうとして目を瞑る傾向が見られた。

表3 国語（漢字検定3級）の実験結果

被験者		問1	問2	問3	問11	問12	問13
A	正誤	○	○	×	×	○	×
	自己	○	○	×	×	○	×
	瞬き	4	4	13	2	5	<1
	時間	33	43	57	32	13	10
B	正誤	○	○	×	×	○	○
	自己	○	○	×	×	○	○
	瞬き	24	45	50	95	47	21
	時間	22	12	25	22	9	20
C	正誤	×	○	×	×	×	×
	自己	×	○	×	×	×	△
	瞬き	<1	<1	13	10	10	<1
	時間	28	5	20	18	23	18
D	正誤	×	○	×	×	○	×
	自己	×	△	×	△	○	×
	瞬き	31	34	45	16	15	15
	時間	25	6	9	17	8	7

漢字検定 2 級と 3 級で傾向が似ており、必死に思い出そうと考え込む傾向が見られた。

表 4 被験者ごとの正解・不正解時の瞬き回数の平均値の差の検定

被験者	A		B		D	
	正解	不正解	正解	不正解	正解	不正解
平均	2.3	8.1	24.3	39.1	21.7	30.8
t 値	3.08		3.05		2.29	
自由度	43		43		43	
判定	p<0.005		p<0.005		p<0.025	

② 次に、脳血流の時間変化をグラフで示す。数学問題の解答時に途中で分からなくなったというアンケート結果から、途中まで集中していたかどうかを調べることができるかどうかを調べた。

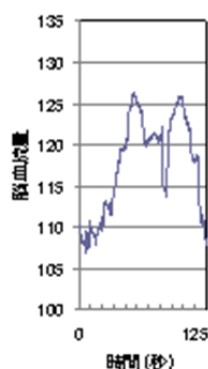


図 1 数学解答中の脳血流変化

この被験者の場合、集中とともに増加した血流量が 1 分ほどで減少し、また集中するがすぐにあきらめた様子がはっきりと現れている。これと瞬きなどの体の動きを合わせて見ることによって外見情報との関連を調べることができる。

以上から、瞬きに注目することで理解できたかどうかを判定することができる可能性が示唆された。もちろん、瞬きの回数は人毎に異なるので、平常時の瞬き回数を予め調べておく必要がある。他の動作については、人毎に癖があり、首を傾げる回数が増えたり、口の周りを触ったりと、一般化することは難しいと思われる。そこで、瞬きの頻度に研究を限定する方向性を得た。

(2) 瞬きの頻度から理解度を予測するシステムを検討した。

① 心理学では、生理学的な瞬きの他に、感情の変化に追従した瞬きがあると言われており、瞬きの頻度を調べることで、ある程度感情変化を把握できるものと考えた。しかし、瞬きのスピードは平均で 100~150ms と速いため、カメラのスピードとの関係から瞬き検

出が難しい状況である。これを克服するために、処理のスピードをアップさせること、および完全に臉が閉じられていなくても瞬きが検出できる方法を検討した。

② Web 学習の環境としては、自宅で蛍光灯の下、液晶画面のデスクトップ、またはノートパソコンが想定される。この環境の下で瞬きをリアルタイムで計測するシステムを検討した。

次のプロセスで瞬きの検出を行った。

a) 顔の検出

入力画像 (640×480) から OpenCV の解抽出器で顔領域 (250~300 の正方形) を絞り込み 1/3~1/5 に絞り込む。

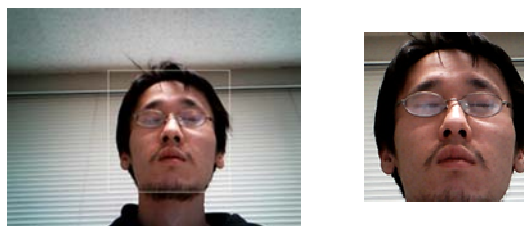


図 2 入力画像と顔領域

b) 目候補領域の検出

顔領域のした 1/3 を削除し、その上の 5/8 領域の左半分に右目が存在するであろうと仮定し、この領域を目候補領域とした。目の大きさに比べるとかなり余裕があるが、顔の動きによって目の位置がずれることを考慮したものである。

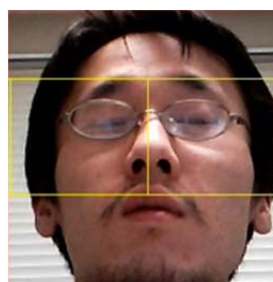


図 3 目候補領域

c) 目候補領域中の変化の検出

目候補領域を 1/10 程度に圧縮し、前フレームとの差分を取る。変化が生じた場合には次のプロセスに進む。

d) 目の検出

目候補領域内で、OpenCV の目検出器を使って目領域を特定する。眼鏡の有無で検出結果が大きく異なるので、本研究では固定の大

きさの領域（60×24）を採用した。

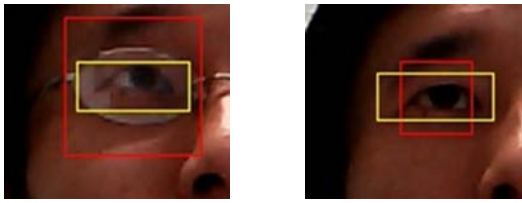


図4 目領域の検出結果（眼鏡の有無による違い）

e) 瞬きの検出

前フレームとの差が瞬きによるものかどうかを黒目と白目の存在で判定する。グレースケールにした目領域の輝度ヒストグラムの最大値、平均値、幅から目の開閉を判断した。眼鏡を使用している場合には、ガラスの表面での環境光の反射が影響するので、2つの判断基準を用いている。



図5 眼鏡使用時の目領域（開眼、半眼、閉眼）

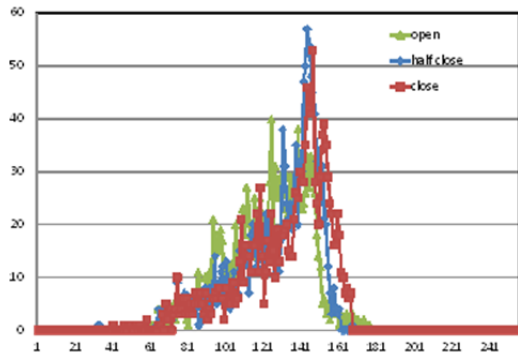


図6 眼鏡使用時の輝度ヒストグラム

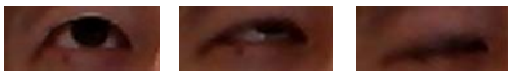


図7 裸眼時の目領域（開眼、半眼、閉眼）

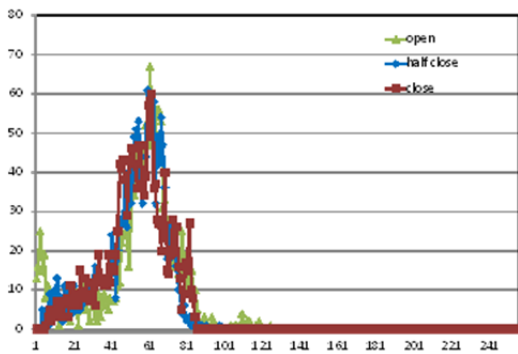


図8 裸眼時の輝度ヒストグラム

表5 輝度ヒストグラムの特徴

	眼鏡使用			裸眼		
	開眼	半眼	閉眼	開眼	半眼	閉眼
幅	119	111	118	118	85	79
最大値	176	162	168	119	89	86
平均値	123	128	132	61	59	60

眼鏡を使用しているときは、最大値と平均値から、裸眼のときは幅を調べることで開閉を判断できることが分かる。

③ このシステムで負荷を掛けたときの被験者の瞬き頻度の変化を調べた。

負荷としては、簡単な高校数学問題の解法、YouTubeでの動画鑑賞(好きなものと嫌いなもの)、学术论文の黙読の4つである。負荷の変化による瞬きの頻度の変化を調べ、アンケートと合わせて精神状態と瞬き頻度の関係について調べた。具体的には、精神的な負荷が掛かったときの瞬き頻度を測定し、平常時と比較することで頻度の上昇・下降を判定することとした。瞬きの頻度は個人差が大きく、絶対数での評価はできないが、平常時からの変異、相対数での比較は可能である。負荷の時間は5分間で、15秒単位で瞬きの頻度を計測した。次に結果を示す。

表6 瞬き頻度の平均と分散

被験者	負荷					
	平常時		数学問題		好きな映像	
	平均	分散	平均	分散	平均	分散
A	3.25	3.04	2.35	2.13	1.35	1.19
B	3.15	0.77	2.45	3.31	1.10	1.04
C	4.60	1.62	2.45	3.21	2.15	1.82
D	1.65	0.66	2.10	2.41	1.80	0.69
	嫌いな映像		学术论文			
	平均	分散	平均	分散		
	3.20	2.91	1.25	1.14		
	2.00	1.58	1.95	1.00		
	4.05	2.26	2.15	1.92		
	1.35	0.56	1.85	0.87		

4種類の負荷時の平均瞬き回数は、被験者によって異なるが、傾向として平常時と嫌いな動画視聴時が大きく、好きな動画視聴時および論文黙読時が小さくなった。ただし、平常時の分散は小さいが、嫌いな動画視聴時は大きな値であった。数学問題の解法時は分散が大きな値を示した。これは、真剣に考えているとき（集中しているとき）の小さな値と、解けたとき（分かったとき）の大きな値が出現したためである。一般に、夢中になっているときは回数が減少し、ストレス状態で増加するといわれているが、今回の研究でもこれを裏付ける結果が得られた。

## 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 6 件)

- ① Yoshinori Adachi, Kei Konishi, Masahiro Ozaki, and Yuji Iwahori, Development of a System to Predict Understanding Level by Blink Frequency, *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, 査読有, 243, 2012, pp.1740-1748
- ② Yuji Iwahori, Kazuhiro Shibata, Haruki Kawanaka, Kenji Funahashi, Robert J. Woodham, and Yoshinori Adachi, Obtaining Shape from SEM Image Using Intensity Modification via Neural Network, *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, 査読有, 243, 2012, pp.1778-1787
- ③ Yuji Iwahori, Kazuya Futamura, Yoshinori Adachi, Discrimination of True Defect and Indefinite Defect with Visual Inspection Using SVM, *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 査読有, 6884, 2011, pp.117-125
- ④ Yoshinori Adachi, Masahiro Ozaki and Yuji Iwahori, Preliminary Research for System Construction that Judges Understanding Level from Learner's Expression and Movement, *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 査読有, 6884, 2011, pp.80-88
- ⑤ Yoshinori Adachi, Zeng Yunfei, Masahiro Ozaki, and Yuji Iwahori, A Hybrid Face Recognition System for Managing Time of Going to Work and Getting away from Office, *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 査読有, 6278, 2010, pp.63-71
- ⑥ Yuji Iwahori, Claire Rouveyrol, Robert Woodham, Yoshinori Adachi, and Kunio Kasugai, Recovering 3-D Shape Based on Light Fall-Off Stereo under Point Light Source Illumination and Perspective Projection, *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 査読有, 6278, 2010, pp.81-88

[学会発表] (計 9 件)

- ① 宇佐美裕康、Cholendra Adhikari、杉村藍、尾崎正弘、足達義則、効果的な学習を支援する復習支援ツールの開発、情報処理学会第 75 回全国大会、2013
- ② 江口栄章、宇佐美裕康、足達義則、尾崎正弘、Web 学習支援システムに組み込む学習情報閲覧ツールの開発、情報処理学

会第 75 回全国大会、2013

- ③ 小西圭、足達義則、瞬き頻度計測システムの開発、平成 24 年度電気関係学会東海支部連合大会、2012
- ④ 宇佐美裕康、アディカリ チョレンドラ、杉村藍、足達義則、尾崎正弘、ノートテイキングを活用した Web 学習の提案、平成 24 年度電気関係学会東海支部連合大会、2012
- ⑤ 宇佐美裕康、杉村藍、アディカリ チョレンドラ、足達義則、尾崎正弘、習熟度別教材と個別学習メモを用いた Web 学習支援機能の開発、教育システム情報学会特集論文研究会、2012
- ⑥ 宇佐美裕康、杉村藍、武岡さおり、アディカリ チョレンドラ、尾崎正弘、足達義則、ブレンド型授業における教授者支援ツールの一考察、教育システム情報学会第 36 回全国大会、2011
- ⑦ 宇佐美裕康、尾崎正弘、足達義則、USB メモリを効果的に活用したより安心・安全な Web 学習環境の提案、情報処理学会第 73 回全国大会、2011
- ⑧ 宇佐美裕康、尾崎正弘、杉村藍、小山幸治、足達義則、サブネットワークを用いた学習環境の提案、教育システム情報学会第 35 回全国大会、2010
- ⑨ 宇佐美裕康、尾崎正弘、A. Cholendra、武岡さおり、足達義則、ブレンディッド・ラーニングにおける情報セキュリティポリシーの提案、WiNF2010 第 8 回情報学ワークショップ、2010

## 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

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

尾崎 正弘 (OZAKI MASAHIRO)  
中部大学・経営情報学部・教授  
研究者番号：50214127