

「Ghost-Tutor」: 個人の学習ペースを考慮した学習支援システム

中村 亮太[†] 井上 亮文^{††} 市村 哲^{††}
岡田 謙一^{†††} 松下 温^{††}

現在, 大学や企業内の教育では様々な e-learning が用いられている. e-learning の中でもオンデマンド型の講義ビデオ配信が多くの教育現場で実施されており, 学習者はいつでもどこでも自由に利用することが可能である. しかし, 学習者のペースに合わせて自動的に講義の進行を調節する仕組みはなく学習者自身が行わなければならない. そこで本稿では個人の学習ペースに合わせて講義映像を自動的にコントロールすることができる自主学習支援システム「Ghost-Tutor」を構築した. 著者らは学習の集中度とペースを自動的に判定するために眼球運動の特徴を利用した. 眼球運動の測定実験の結果, 学習状況の違いによって, 瞬きの回数, 視線の停留時間, 視線の軌跡に有意差があることを確認し, この結果に基づいて学習状況を定量的に判別する方式を考案した. システムを評価した結果, システムによって学習者の学習状況を精度良く推定でき, 同時に学習状況に応じて適切なサービスを学習者に提供できることを確認した.

“Ghost-Tutor”: A Learning Support System Suggesting Learning Pace for on-Demand Learning

RYOTA NAKAMURA,[†] AKIFUMI INOUE,^{††} SATOSHI ICHIMURA,^{††}
KENICHI OKADA^{†††} and YUTAKA MATSUSHITA^{††}

Recently, e-learning is widely used at Universities and offices. An on-demand lecture consists of the pre-recorded streamed video/audio and synchronized slides. You can review the on-demand lecture anytime and anywhere at your convenience. However, the progress speed of the lectures can't automatically adjust learner's pace. Therefore, we constructed the self-directed learning system “Ghost-Tutor” that can automatically control the lecture videos depending on each learner's learning pace. We focused automatically eye movement to distinguish the learning pace. As a result of our experiments, we confirmed the frequency of blinking, the time period of gaze and the direction of the gaze showed significant differences. We designed the method to distinguish learner's the degree of concentration quantitatively. As a result of the system evaluation, we confirmed that Ghost-Tutor could presume the difference of learner's learning situation, and suggest learning pace.

1. はじめに

現在, 情報通信技術の発展にともない教育にも急速な情報化の波が押し寄せている. 学校・企業内教育ではすでに様々な e-learning が用いられている. e-learning に対する調査結果¹⁾によると e-learning の欠点として「モチベーションの維持が困難」, 「教師との双方向性が少なく淡泊」, 「個人の学習ペースが考慮されてい

ない」などがあげられている. 自主学習において学習ペースなどの自己管理を学習者自身で行うことは負担が大きく, 学習を持続することを難しくさせている. 本研究では個人の学習ペースを配慮した自主学習支援システム「Ghost-Tutor」の構築を試みた.

本システムは, 個人の学習状況を生体反応(眼球運動)からリアルタイムに推定し, 学習状況に応じて適切に講義ビデオをコントロールするようになっている. ビデオ学習における学習状況について調査した結果, 3つの学習状況に分類できることが分かった. この学習状況の判定を眼球運動の特徴から推定することが可能であるか実験を行った結果, 学習状況の違いによって瞬目(瞬き)の回数や視線の軌跡に有意差があることを確認し, 眼球運動から学習状況を判定するアルゴリズムを考案した.

[†] 慶應義塾大学大学院理工学研究科
Graduate school of Science and Technology, Keio University

^{††} 東京工科大学コンピュータサイエンス学部
School of Computer Science, Tokyo University of Technology

^{†††} 慶應義塾大学理工学部
Faculty of Science and Technology, Keio University

Ghost-Tutor では自動的に判別した学習状況に合わせて講義ビデオのコントロールを行うことができる。主な機能として見逃したシーンの検出と動画の再生速度調整を備えている。見逃したシーンの検出機能では、学習中の睡眠や長時間のよそ見による映像の見逃しだけでなく、無意識的に思考をし、結果、映像を見逃すといった部分まで検出することが可能である。見逃したシーンは自動的に記録されるため、学習者は視聴後で容易に見直すことができる。また学習者が集中している状態を維持できていれば、システムは自動的に動画の再生速度を通常より速く設定するため、視聴時間を短縮することができ、効率的に学習できる仕組みになっている。評価実験の結果、システムによって学習者の学習状況を精度良く推定できることを確認した。同時に学習状況に応じて適切なサービスを学習者に提供できることを確認した。

2. 背景

ビデオ学習における学習ペースを決定する主要因は、学習者の心理状態にあると考えられる。講義ビデオに対して集中していれば、講義内容を理解する速度は速く、逆に集中していなければ、何度も同じビデオシーンを巻き戻して繰り返し視聴するなど学習するペースは遅くなる。学習時に学習状況を監視する家庭教師のような存在があれば、集中していないときに注意を促すといったようなことが可能であるが、自主学習において監視人をつねに用意することは現実的ではない。そこで、コンピュータにこの監視役を任せると考えた。しかしながら学習者の心理状態をシステムが判定することは難しい。従来システムでは講義中に簡易テストやマウスによる確認ボタンのクリックなどで学習状況を把握しようとしていたが、やはりそのような作業が度重なることは学習者にとって負担である。また、これらの方法では学習者が講義に集中しているかどうかなどの無意識的な要素までとらえることは困難であると考えられる。以上のようにユーザ（学習者）の心理状態をユーザの負担なく理解することは難しく、今後のヒューマンインタフェースにおける課題であると考えられる。

人間の心理状態は外部から直接観測することができないが外界からの感覚刺激を受容することによって生じる生体反応は観測可能である。そこで著者らは生体反応の1つである眼球運動を手がかりに心理状態を評価する方法を用いた²⁾。刺激の条件と、刺激の受容時の生体信号から得られる指標との関係を求めることで主観評価では得られない側面が明らかになる場合があ

る。以下に眼球運動の特徴について示す。

瞬目

まばたきは瞬目とも呼ばれている。瞬目の種類は異物が目に入らないように防御する反射的瞬目、意識的に目を閉じる随意性瞬目、心理的状态と関わりがある自発性瞬目に分けられる²⁾。この中でも自発性瞬目の特徴として緊張感、興味などの精神活動を反映することが報告されている³⁾。視対象が面白い、あるいは注意を引く場合にはまばたきは抑制され、そのような状態から解放されると逆に発生頻度が一時的に増大する傾向があるといわれている^{4),5)}。

視線

視線は、眼差しともいわれ、生体と外界の環境の接点として重要な役割を果たしている。外界の情報を視野中心部でとらえ、その詳細を中枢に伝える機能とともに、人と人との会話における言葉では伝えられない微妙な感情の側面を伝える機能もある⁶⁾。

3. 眼球運動による学習状況の推定

3.1 学習状況の分類

眼球運動から学習状況を判定する方法について述べる。従来、学習状況の評価基準は「関心・意欲・態度」「思考・判断」「技能・表現」「知識・理解」の4観点で決めることができるといわれており⁷⁾、4つの中で講義ビデオを視聴する形式に適用できる基準は「関心・意欲・態度」と「知識・理解」であると考えられる。これに事後テストを加えた評価を行い、評価結果から学習状況を分類することにした。

講義ビデオを視聴した経験のある大学生男女10人を対象とし、放送大学のビデオ(3講義×10分間)を視聴させ、「関心・意欲・態度」と「知識・理解」の2つの観点から評価するために、「関心・意欲・態度」をアンケートで評価し、「知識・理解」を事後テストで評価した。アンケート内容は、講義ビデオを意欲的に視聴することができたかを質問し、表1中の①のように5段階で自己評価させた。また事後テストでは講義ビデオを1分間ごとに分割し、講義中にテロップや講義資料で表示された文字を穴埋め形式で回答させた(10点満点:1点×10問)。各設問では穴埋めを行うだけでなく、設問に対する答えが画面に表示されたことを記憶しているかどうかも回答させた。なお、正確に評価を行うため、講義ビデオを視聴しないと回答できない内容を選定した。実験の結果を表1に示す。

表1は視聴した3つの講義ビデオに対する被験者ごとの自己評価結果と事後テストの結果を表している。自己評価においてA, B, Cのように「意欲的に取り

表 1 自己評価結果ならびに事後テスト結果
Table 1 The result of subject questionnaire.

	講義映像	①	②	③		講義映像	①	②	③
被験者 A	video1	○	×	(b)	被験者 F	video1	○	○	(a)
	video2	×	×	(c)		video2	×	×	(c)
	video3	○	×	(b)		video3	○	○	(a)
被験者 B	video1	○	○	(a)	被験者 G	video1	○	○	(a)
	video2	○	○	(a)		video2	○	○	(a)
	video3	○	○	(a)		video3	○	×	(b)
被験者 C	video1	○	○	(a)	被験者 H	video1	○	○	(a)
	video2	○	×	(b)		video2	○	○	(a)
	video3	×	×	(c)		video3	○	○	(a)
被験者 D	video1	×	×	(c)	被験者 I	video1	○	×	(b)
	video2	○	○	(a)		video2	○	×	(b)
	video3	×	×	(c)		video3	○	×	(b)
被験者 E	video1	○	○	(a)	被験者 J	video1	×	×	(c)
	video2	○	×	(b)		video2	×	×	(c)
	video3	×	×	(c)		video3	○	×	(b)

①「講義内容に興味があり意欲的に視聴することができたか」	②事後テストの評価
A:大変良くできた, B:良くできた, C:できた ... ○	平均点以上: ○
D:あまりできなかった, E:全くできなかった ... ×	平均点未満: ×

組むことができた」と回答した場合、自己評価をとしてある。一方、D、Eのように「意欲的に取り組むことができなかった」場合には×として二分した。同様にテスト結果も平均点(4.7点)を求め、平均点以上であった場合をテストの結果を、平均点未満であった場合は×とした。これら2つの項目からなる組合せを学習状況の分類とし、次のように場合分けした。

表 1 ③ 学習状況の分類

- (a) 講義ビデオを意欲的に視聴し、テストの結果も良かった。
- (b) 講義ビデオを意欲的に視聴したが、テストの結果は悪かった。
- (c) 講義ビデオを意欲的に視聴せず、テストの結果も悪かった。
- (d) 講義ビデオを意欲的に視聴しなかったが、テストの結果は良かった。

ここで、表 1 に (d) の分類が存在しないことが分かる。やはり講義ビデオに集中せずテストで良い結果を出すことはできない。視聴した講義内容についての知識が十分あり、テストの結果が良い場合も考えられるが、事前に十分に知識がある場合にはその講義ビデオ

を視聴する必要はないため、この分類は排除してよいと考えられる。したがって学習状況の分類を (a) ~ (c) の3つで定義することにした。以降、分類 (a) ~ (c) を学習状況 1 ~ 3 として説明する。

3.2 眼球運動測定器

前節で分類した3つの学習状況を眼球運動の特徴から推定することが可能であるか実験を行った。学習者の眼球運動を測定するために、ナックアイマークローダー(ナックイメージテクノロジー製)を使用した。EMR-8は、ヘッドユニット(帽子)に装着されたカメラから近赤外線照明の角膜反射像(ブルニキ工像)の位置と瞳孔中心位置の相対的な距離からアイマーク(視野映像に対する視線位置)を検出することができる。データは片眼で60[Hz]、両眼で30[Hz]でサンプリングされ、瞳孔の径の大きさ[mm]、視線の座標(x, y)が視野映像の中にコード化され、ビデオ信号(NTSC)として出力されるようになっている。測定する眼球は右のみとし、視野カメラレンズの画角を92度として測定を行った。提示したディスプレイまでの距離は約50センチメートルである(図1参照)。

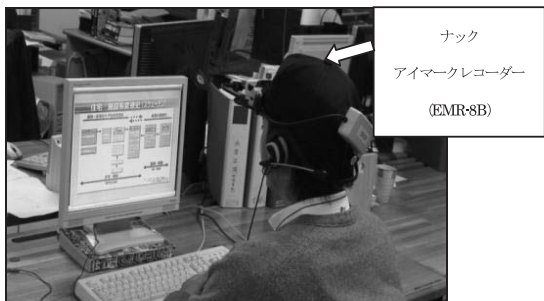


図1 実験風景 EMR-8
Fig.1 Experimental scene.

表2 学習状況別眼球運動の比較 (被験者全員の平均値)
Table 2 Comparisons of eye motion.

分析項目	1	2	3
停留時間	0.43	0.72	0.59
よそ見回数	0.26	0.25	0.64
瞬目回数	0.24	0.21	0.58

3.3 実験結果

表2には被験者ごとに各項目における最大値を1, 最小値を0と正規化し, 全被験者の平均値を算出した結果が示されている. 視線が停留した場所を注視点と呼び, ある一定区間内で動いている時間を停留時間という. 学習状況が1のとき停留時間は短い, 学習状況が2, 3のときは長くなる. 図2では視線が同じ場所にとどまっている時間が長いほど, 丸の大きさが大きく示されている. 上と下の図を見比べると明らかに下の学習状況2, 3の丸の大きさのほうが大きくなっているのが分かる. 瞬目回数は1分間あたりの瞬きの回数を表しており, 学習状況1, 2のときは少なく, 3のときは多い結果となった. よそ見回数は, 学習状況1, 2では少ないが, 3のときには多い結果となった. 瞬目回数については見ている対象が面白い, あるいは注意を引く場合であるとき, 瞬きは抑制される^(4,8)という結果と一致する. よそ見回数はディスプレイの外に注視点があったときの回数であり, 瞬目回数と同様に学習状況が1, 2の場合少なく, 3のときには多い結果になった.

各項目に対して, ノンパラメトリック検定法の1つである Wilcoxon の符号付き順位と検定を用いて P 値を算出した (表3 参照). 学習状況1と2では停留時間のみに有効水準1%で両側検定を行った場合, 平均値に有意な差があることが分かった. 学習状況1と3では3つの項目に有意差があり, 学習状況2と3ではよそ見回数と瞬目回数に有意差があることが分かつ

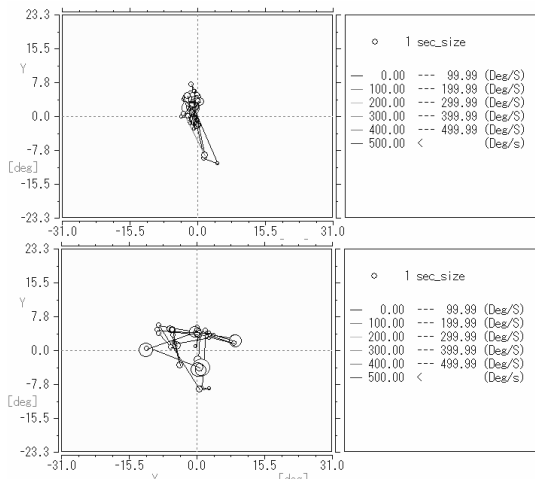


図2 停留時間の比較例 (被験者 A). 学習状況1 (上), 学習状況2, 3 (下)
Fig.2 Comparison of situation 1 with situation 2, 3.

表3 眼球運動パラメータの有意差
Table 3 Wilcoxon signed rank sum test.

比較対象	Wilcoxon	
	符号順位と検定 P 値	
学習状況1, 学習状況2	停留時間	**0.0054578
	よそ見回数	0.7845722
学習状況1, 学習状況3	停留時間	**0.0054633
	よそ見回数	**0.0054872
学習状況2, 学習状況3	瞬目回数	*0.0378487
	停留時間	0.5214086
学習状況2, 学習状況3	よそ見回数	**0.0021369
	瞬目回数	**0.0028545
(n=300, ***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05)		
被験者: 大学生男女10名 視聴ビデオ3つ		
P 値: Wilcoxon 符号付順位と検定		

た. したがってこの3つのパラメータで学習状況を判定することにした.

3.4 学習状況の判定方法

学習状況の判定手順について述べる. 眼球運動には個人差があるため, 個人ごとに眼球データを正規化し, 1分間の平均値で算出したデータについて, まず図3中の分岐1で定義した判定式 (停留時間, よそ見回数, 瞬目回数を用いた式) から判断し, 学習状況1, 2と3とを分類する. β 値は測定された3つのパラメータ値を各平均値で割った比率を表しており, これを正規化した値が α 値となる. この α 値は各パラメータの重みであり, 式全体に及ぼす影響力を表している. こ

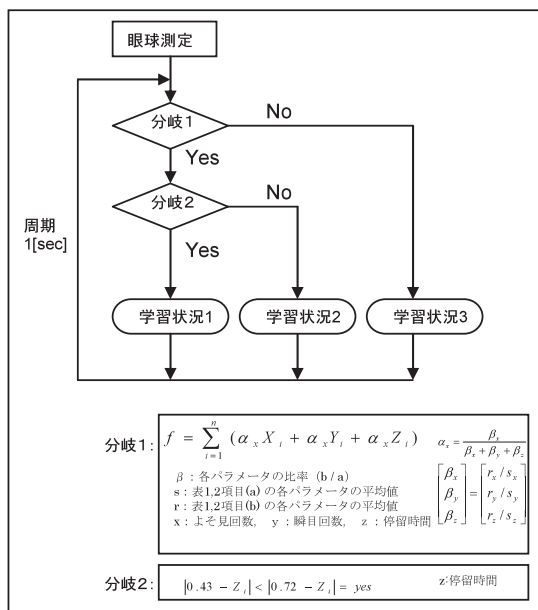


図 3 学習状況判定方法

Fig. 3 The method for determining learning situation.

ここで、算出された f 値を学習状況 1, 2 の閾値と 3 の閾値と比較し、値が近い方に分類されるようにした。次に学習状況 1 と 2 を停留時間から分類する。ここでは表 2 に示した平均値を基準とし、停留時間の値が学習状況 1 の値に近い、つまり停留時間が短い場合には 1 に分類される。以上のような過程で学習状況を判定し、状況に応じて適切に講義ビデオをコントロールするようにシステムを設計した。

3.5 再生速度が学習に及ぼす影響

講義ビデオの再生時間を短縮することができれば時間的に効率的な学習を行うことができると考えられる。著者らはどの程度までビデオの再生速度を速めても内容を理解し違和感なく視聴することができるかを被験者にビデオを視聴させ、調査した。対象にした被験者は講義ビデオを視聴した経験がある大学生男女 10 人である。5 科目の講義ビデオを視聴させ、各評価項目について解答させた。

実験方法は再生速度を 1.1 倍から 2.0 倍まで変化したビデオ (5 分間) を被験者に視聴させ、ビデオの内容を穴埋め問題として出題し、正答率から講義内容を理解できているかどうか判断する。また、「視聴しやすい速度である」「違和感がある」の 2 項目について 5 段階 (1 点から 5 点) の主観評価を行わせた。最初 2.0 倍の映像を視聴させ、その後 0.1 ずつ再生速度を遅くした。また音声についてはテンポを変更しても音程が変わらないようにタイムストレッチで処理した

表 4 再生速度と主観評価の平均値
Table 4 5-point scale of the playback speed.

再生速度	①	②	③
1.1	4.9	4.8	5.0
1.2	4.2	4.3	4.6
1.3	2.5	2.6	2.8
1.4	2.2	2.5	2.2
1.5	1.4	1.5	1.2
1.6	1.3	1.3	1.1
1.7	1.0	1.2	1.1
1.8	1.0	1.2	1.1
1.9	1.0	1.1	1.0
2.0	1.0	1.0	1.0

①事後テスト 5 点満点 (1 点×5 問)	③違和感がある
②「視聴しやすい速度である」	
5: 大変良い	5: 全くない
4: 良い	4: ほとんどない
3: 普通	3: すこしある
2: あまり良くない	2: ある
1: 悪い	1: とてもある

映像を視聴させた。

その結果、表 4 に示すように、再生速度が 1.2 倍以下のときは評価が高く、それ以上速いと急激に評価が下がることが分かった。また 1.2 倍時に 3 点以下を回答する被験者はおらず、1.2 倍以下であればビデオ学習に影響がないことが確認された。よって、集中して学習している場合には再生速度を 1.2 倍で再生させることにした。

しかし、通常の再生速度から急に 1.2 倍にまで速度を上げると違和感を与えてしまうことが予測されたため、適切な加速度 (通常の速度から 1.2 倍まで早める速度) についてもアンケート調査を実施した。再生速度を 1.2 倍まで上げる時間を 5, 10, 15, 20 秒と設定し、被験者にはいつ速度を変えたか分からないようにし、速度が上がったと気付いたタイミングを調査した。その結果、10 秒間で 1.2 倍まで速度を上げた場合、速度がいつ変化したか分からない、また分かりにくいと全被験者が回答した。したがって本システムでは、10 秒間で再生速度を 1.2 倍まで変化させることにした。

4. システムの実装

実装した学習支援システム Ghost-Tutor は、キャリ



図 4 Ghost-Tutor による画面表示
Fig. 4 The view of Ghost-Tutor.

プレーンツール、視線監視ツール、動画再生ツールの3つからなる(図4参照)。まずキャリブレーションツールを用いて、眼球運動の測定とディスプレイの表示領域を設定する。そして、キャリブレーション後に動画再生ツールと視線監視ツールを表示し、受講を開始する。

キャリブレーション作業において、講義ビデオを視聴するディスプレイによってサイズが異なるため、ディスプレイサイズに合ったキャリブレーションが必要である。キャリブレーションツールではウィンドウ表示を最大化するボタンが用意されており、これによってディスプレイサイズにツールの大きさを合わせることができる。最大化表示されるとツールの四隅には黄色くマークされた点が現れ、1つずつ順に赤色に変化していく。このときユーザは赤く変化した点を一定時間注視し続けることでディスプレイの四隅の座標が設定される。Ghost-Tutor では画面に注視点があるかどうかさえ分かればよいので、簡単でかつ短時間でキャリブレーション作業を行うことができる。

視線監視ツールは、眼球運動測定器によって測定されたデータを RS232-C によりリアルタイムに受信し、瞳孔の径 [mm]・視線の座標データ (x, y) から瞬目回数、よそ見回数、停留回数を計算する。よそ見回数はキャリブレーションツールで設定されたディスプレイ領域をもとにカウントされ、瞬目、停留回数とともにグラフィカル表示される。サーバに蓄積しておいた動画をファイル共有して、各クライアントはネットワークを介して再生を行う。動画再生ツールでは、動画の再生・停止・一時停止に加え、音量・再生速度の調整ができる。さらに視線監視ツールによって設定された学習状況の判定によって適切なコントロールが行われる。

学習状況 1 のとき、再生速度が 1.2 倍で再生される。これは再生速度を 1.2 倍まで速くても違和感がないと

表 5 見逃したシーンの検出精度評価結果

Table 5 An evaluation of Ghost-Tutor.

	学習状況 1		学習状況 2		学習状況 3	
	再現率	適合率	再現率	適合率	再現率	適合率
A	100.0	80.0	85.7	75.0	80.0	66.7
B	100.0	71.4	42.5	50.0	85.7	66.7
C	66.7	57.1	54.5	54.5	60.0	50.0
D	57.1	44.4	88.9	88.9	60.0	42.9
E	60.0	75.0	66.7	61.5	100.0	66.7
F	100.0	100.0	75.0	75.0	82.4	82.4
平均	80.6	71.3	68.9	67.5	78.0	62.6

いうアンケート結果に基づいている。学習状況 2 であったとき再生速度は 1.0 倍になり、その区間は無意識的に見逃していた可能性があるため、再生時刻が保存される。学習状況 3 のときは動画を停止し、学習状況 2 同様、見逃したシーンの再生時刻が保存される。

4.1 システム評価実験

Ghost-Tutor システムの評価を行うため、分類した 3 つの学習状況を正確に判定できるか実験を行った。被験者は講義ビデオを視聴した経験がある大学生男女 6 人である。視聴させた講義ビデオは放送大学の講義ビデオである。講義視聴後に講義ビデオを 1 分間ごとに分割し、テロップや講義資料が表示された時間帯の数だけ穴埋め問題を作り、被験者に行わせた(設問数 = 23)。各設問では穴埋めを行うだけでなく、画面に表示されたことを記憶しているかどうかも回答させた。なお、正確に評価を行うため、講義内容を視聴しないと回答できない内容を設問として選定した。テストの結果から学習状況を判断する方法は 3.1 節で述べたものと同様に実施した。システムは、1 分間ごとに眼球運動データから評価を行い、各学習状況の数をカウントした。そしてテスト結果とシステムの判定した分類がどれだけ一致していたか比較した。

4.2 実験結果・考察

表 5 中の再現率は各学習状況をシステムがどれだけ漏らすことなく検出できたかを表している。また、適合率はシステムがどれだけ誤差なく検出できたかを表している。実験の結果、学習状況 1 の再現率判定は 80%以上の結果を得ることができた。被験者別に評価しても 3 人の被験者に対して 100%の再現率が得られ、精度良く判定することができたと考えられる。一方、学習状況 2 の判定精度は学習状況 1, 3 に比べると低い結果となった。特に被験者 B に対しては 42.5%と低い結果となったが、被験者 B の停留時間の長さに

ついて分析してみると、他の被験者に比べ、映像視聴時の停留時間が全体的に極端に短く、実際は映像シーンを見逃すことが多かったにもかかわらず、学習状況1と判定されてしまった。しかしながら85%を超える再現率が他の被験者で得られている。やはり、眼球運動の特徴には個人差があり、すべての人に適用するためにさらに詳しく分析し、判定するパラメータを調整する必要があると思われるが、平均で70%に近い精度を得ることができたため、眼球運動から学習状況を判定することは可能であると考えられる。今後は、いかに誤差なく判定を行うかが課題である。また、ここで評価した結果は映像のコントロールをどれだけ精度良く行えるかを同時に確認することができる。すなわち学習状況2, 3の適合率から「講義ビデオを注意して視聴していたが、無意識のうちに他の思考をして見逃したシーン」をシステムは平均で約70%の確率で検出できたことを表している。

システムを利用した感想を被験者に聞いたところ、従来のオンデマンド学習に比べ、見逃したシーンの管理を行ってくれる機能があることは良いという意見を多く得た。学習者が無意識的に考えごとなどをして見逃すということがしばしば観察され、これを簡単に探し出せる機能は非常に有用であることを確認した。しかしながら次のような課題が指摘された。やはり自主学習において眼球運動を測定する方法は簡易的なものであることが望まれる。ディスプレイの横に設置したカメラで眼球を測定する装置⁹⁾などを用いて、自然な状態で学習を行うことができる環境を提供することが望ましい。

5. 関連研究

従来から視線インタフェースの研究は多く行われてきた。これらは視線を利用することで複雑な作業知識を必要とせずに簡単にコンピュータを利用できたり、コンピュータが人の視線を理解することで利用者を支援したりする環境の実現を目指したものである。視線インタフェースは大きく2種類に大別される⁹⁾。1つはコマンド型インタフェースと呼ばれ、利用者は視線によってコマンドの選択を行い、作業を進めていくものであり、多くの視線インタフェースの研究はこれに分類される。もう1つは非コマンド型インタフェースと呼ばれ、著者らが試みたような視線のパターンから利用者の意図を検知するものであり、今後のこの分野の研究がさかんになると思われる。

6. おわりに

本研究では、自主学習時における学習状況の管理をシステムに行わせ、学習状況に合わせて適切に講義映像をコントロールする自主学習支援システム「Ghost-Tutor」を構築した。学習状況の違いによる眼球運動の特徴を分析したところ、瞬目回数、視線の動きに有意差があることを確認した。この眼球運動の特徴から学習状況を自動的に判定する式を考案し、システムの設計を行った。評価実験の結果学習状況を精度良く判定することができ、状況に応じて学習者に適切なサービスを提供することが可能となった。本システムによって学習者は学習ペースなどの自己管理をシステムに任せられることができるため、学習のみに集中することができ、効率的な自主学習が期待できる。また、本システムの見逃したシーンを記録する機能は、自主学習に用いだけでなく、スポーツ観戦や映画鑑賞などにも応用ができるのではないかと考えている。

参考文献

- 1) 先進学習基盤協議会 (ALIC): e-Learning 白書, オーム社 (2003).
- 2) 福田忠彦: 生体情報システム論, 知識・情報・メディア/シリーズ, 産業図書 (2000).
- 3) Hess, E.H.: Attitude and pupil size, *Scientific American*, Vol.212, pp.46-54 (1965).
- 4) 塚原 進, 齊藤 進, 多田英興: 視聴覚情報に対する心身反応—画像内容と自発性まばたき頻度, 電子情報通信学会技術報告, IE78-81, pp.21-28 (1979).
- 5) 多田英興, 山田登美雄, 福田恭介: 瞬きの心理学, p.165, 北大路書房 (1991).
- 6) 福井康之: まなざしの心理学, 創元社 (1990).
- 7) 児童生徒の学習と教育課程の実施状況の評価の在り方について. http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/12/kyouiku/toushin/001211.htm
- 8) Hall, R.J. and Cusack, B.L.: The measurement of eye behavior: Critical and selected reviews of voluntary eye movement and blinking, U.S. Army Technical Memorandum No.18-72 Aberdeen Proving Ground, Maryland, Human Engineering Laboratory, Aberdeen Research and Development Center (1972).
- 9) 大野健彦: 視線を用いたインタフェース, 情報処理, Vol.44, No.7, pp.726-732 (2003).

(平成 17 年 12 月 1 日受付)

(平成 18 年 5 月 9 日採録)



中村 亮太 (学生会員)

2002年東京工科大学工学部情報通信工学科卒業。2004年同大学大学院前期博士課程修了。2004年より慶應義塾大学大学院理工学研究科後期博士課程、東京工科大学 Linux オープ

ンリサーチ研究員。DICOMO 2004 優秀プレゼンテーション賞受賞, DICOMO 2005 優秀論文賞, 最優秀プレゼンテーション賞受賞。生体情報工学, ヒューマンインタフェース, マルチメディア処理の研究に従事。



井上 亮文 (正会員)

1999年慶應義塾大学理工学部計測工学科卒業。2001年同大学大学院前期博士課程修了。2005年同大学院後期博士課程修了。博士(工学)。現在、東京工科大学コンピュータサイ

エンス学部助手。マルチメディアオーサリング, 実世界志向インタフェース, ネットワークセキュリティの研究に従事。



市村 哲 (正会員)

1989年慶應義塾大学理工学部計測工学科卒業。1994年同大学大学院理工学研究科博士後期課程修了。博士(工学)。同年富士ゼロックス(株)入社。1997~1999年富士ゼロック

スパロアルト研究所(FXPAL)駐在。2002年より東京工科大学助教授。グループウェア, ネットワークサービス, 生体情報活用等の研究に従事。『IT TEXT 基礎 Web 技術』, 『IT TEXT 応用 Web 技術』(オーム社)。DICOMO 2003 & DICOMO 2005 優秀論文賞受賞。ACM, 電子情報通信学会各会員。



岡田 謙一 (フェロー)

慶應義塾大学理工学部情報工学科教授, 工学博士。専門は, CSCW, グループウェア, ヒューマン・コンピュータ・インタラクション。『ヒューマンコンピュータインタラクション』

(オーム社), 『コラボレーションとコミュニケーション』(共立出版)をはじめ著書多数。情報処理学会誌編集主査, 論文誌編集主査, GW 研究会主査等を歴任。現在, 情報処理学会 GN 研究会運営委員, BCC 研究グループ幹事, 日本 VR 学会 CS 研究会副委員長。1996年および2001年情報処理学会論文賞, 2000年情報処理学会 40周年記念論文賞, 日本 VR 学会サイバースペース研究賞, IEEE SAINT 04 最優秀論文賞受賞。電子情報通信学会, 情報処理学会フェロー, IEEE, ACM, 人工知能学会各会員。



松下 温 (フェロー)

1963年慶應義塾大学工学部電気工学科卒業, 1968年イリノイ大学大学院コンピュータサイエンス専攻修了, 1989~2002年慶應義塾大学理工学部教授, 2002年より東京工科

大学教授, 2003~2005年東京工科大学コンピュータサイエンス学部長, 2006年より住宅情報化推進協議会会長。マルチメディア通信, コンピュータネットワーク, グループウェア等の研究に従事, 情報処理学会理事, 同学会副会長, マルチメディア通信と分散処理研究会委員長, グループウェア研究会委員長, 電子情報通信学会情報ネットワーク研究会委員長, MIS 研究会委員長, パーチャルリアリティ学会サイバースペースと仮想都市研究会委員長, 情報処理学会 ITS 研究会委員長等を歴任。郵政省, 通産省, 農水省, 建設省, 都市基盤整備公団, 行政情報システム研究所等の委員長, 座長, 委員を多数歴任。特に国土交通省, 住宅情報化標準策定委員会委員長, 経済産業省総合エネルギー調査会電子計算機と磁気ディスク委員会委員長, 経済産業省総合エネルギー調査会ルータ装置基準委員会委員長, 最高裁判所専門委員を務める。『やさしい LAN の知識』(オーム社), 『201x 年の世界』(共立出版)等著書多数, 1993年情報処理学会ベストオーサ賞, 1995年および2000年情報処理学会論文賞, 2000年情報処理学会 40周年記念論文賞, 2000年日本 VR 学会サイバースペース研究賞, 2001年情報処理学会功績賞受賞, 情報処理学会フェロー, 電子情報通信学会フェロー, 人工知能学会, ファジイ学会, IEEE, ACM 各会員。