

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 6 月 6 日現在

機関番号：34506

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22500947

研究課題名（和文） e-Learningにおける受講者の動作の分析に関する研究

研究課題名（英文） A study on behaviors by students in e-Learning

研究代表者

渡邊 栄治 (WATANABE EIJI)

甲南大学・知能情報学部・教授

研究者番号：20220866

研究成果の概要（和文）：

本研究課題では、e-Learning における受講者の動作に対する分析結果に基づいて、受講者の理解度を推定するための手法を構築する目的のもと、以下のような研究成果を得た。

- (1) コンテンツを読み、必要な情報をノートにとるような環境を対象として、受講者による読む動作と書く動作を判別するための手法について検討した。
- (2) ページ移動履歴と理解度の関係について検討し、特定のページに対する頻度が理解度に大きな影響を及ぼすことを示した。

研究成果の概要（英文）：

In this subject, for the purpose of constructing an estimation method of the understanding by students based on the analysis of their behaviors in e-Learning, we obtained the following results:

- (1) We proposed an image processing method for discrimination between behaviors in reading contents and taking notes for contents. Moreover, we have shown that the timing of taking notes had a strong relationship between the understanding by students for the content
- (2) We have analyzed the relationship between the frequency for reading each page and the understanding for given contents.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,100,000	630,000	2,730,000

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：e-ラーニング，学習者の動作把握，動作の分析，理解度の推定

1. 研究開始当初の背景

Web における表現能力や CG 技術の進歩に伴い、e-Learning の高機能化が進められている。受講者が、飽きずに e-Learning を受講することが必要不可欠である。しかしながら、受講者に対しては、以下の事項について

留意する必要がある。

- (1) コンテンツを消化することに重点を置いていないか？
- (2) 受講内容の理解をどのように確認するのか？

特に、後者においては、e-Learning に確認テ

ストを設けるなどの方法により、理解度を把握するケースが多い。しかしながら、受講者が獲得したすべての知識を、テストでは把握できないことに留意する必要がある。また、当該の内容に対するコンテンツの消化や受講態度に大きな差異が生じることから、顔の動き、目の開閉、及びノートを取るなどの受講者の動作に、コンテンツに対する理解度や進め方が反映されていることに基づいた動作の検出方法及びそれらの分析方法について検討する必要がある。

2. 研究の目的

本研究課題では、e-Learning における受講者の動作を検出し、動作の分析結果に基づき、受講者の当該内容に対する理解度を推定することを目的とする。e-Learning において、受講者は、ディスプレイに表示されるコンテンツを読む動作とその内容をノートに取る動作を呈する。その際、コンテンツの難易度や表現のわかりやすさに依存して、コンテンツの消化速度、注視時間や注視位置、理解した内容に対するメモなどの受講者の動作に大きな差異が生じる。本研究課題では、受講者の動作分析に基づき、受講者の理解度を推定するための手法を構築する。

以上をまとめると、コンテンツの難易度や表現のわかりやすさに依存する受講者の動作を検出するための画像処理手法の構築、動作の分析手法の構築、及び動作と受講者の理解度の関係解明が、本研究課題の研究目的を達成するためのサブゴールとなる。

(1) コンテンツの消化速度の分析：

① ページ毎の表示時間、ページ間移動履歴の分析

(2) 受講者の動作の検出、画像処理手法の構築：

- ① 顔の動きの検出、目の開閉の判定、
- ② 視線の動きの抽出、
- ③ ノートをとるための手の動きの抽出、

(3) 抽出された動作の特徴分析

① ページ毎及びコンテンツ全体における動作の特徴分析

(4) 上記分析結果と受講者の理解度との関係解明

3. 研究の方法

本研究課題は、4つのサブテーマ、① コンテンツの消化速度の分析、② 受講者の動作の検出、③ 抽出された動作の特徴分析、及び④ 動作の分析結果と受講者の理解度との関係解明から構成される。これらのサブテーマを実施するためには、3年間の期間が必要であり、以下に記すような計画に従って実施した。

(1) 平成 22 年度

サブテーマ①コンテンツの消化速度の分析、

②受講者の動作の検出に取り組んだ。

①コンテンツの消化速度の分析

e-Learning においては、ページ間の移動、選択肢に対する決定動作などが、キーボードやマウスによって行われる。コンテンツの内容や課題の難易度によって、ページ間の移動速度やマウスの軌跡に個人差が発生する。したがって、上述のキーボードやマウスによる操作状況に、コンテンツの消化速度が反映されることに着目することが重要である。具体的には、キーボードやマウスによる操作ログを収集するためのシステムを開発するとともに、時系列として表現される操作ログとコンテンツの消化速度の関係を、統計的な観点から分析した。

②受講者の動作の検出

e-Learning においては、受講者がコンテンツの内容を読むことによって、学習という行為が始まる。内容(コンテンツ全体及び特定のコンテンツ)を読む際、理解の度合いによって、注視する部分や注視位置が異なる場合がある。その際、注視点の変動は、視線移動のみならず、顔の移動によっても実現される。また、e-Learning において得られた知識をより強固なものにするために、受講者がノートをとることが推奨される。ノートを取る動作において、ノートの内容だけでなく、ノートを取るタイミングなども重要である。具体的には、顔画像の検出、顔を構成する部位(目)の検出、瞳の検出、視線の移動検出、及びノートを取る動作の検出を行うための画像処理手法を構築した。

(2) 平成 23 年度

サブテーマ③抽出された動作の特徴分析に取り組んだ。受講者に対する画像から検出した、顔位置の変動、顔を構成する部位(目)の変動、視線の移動検出、及びノートを取る際の動作を基にして、受講者の動作を、時系列データとして取り扱った。まず、経過時間と共に、コンテンツにおけるページ番号を、key data として、上述の受講者の変動を調べた。つぎに、ページ内における変動特性(周期性や大きな変化など)を調べるとともに、複数のページに対する受講者の動作の類似度等を、統計的な処理により、定量的な分析を行った。

(3) 平成 24 年度

最終年度は、サブテーマ④動作の分析結果と受講者の理解度との関係解明に取り組んだ。まず、当該コンテンツに対する受講者の理解度については、受講者によるノート及びノートを基にしたヒアリングなどに基づいて、総合的に評価した。ここで、検出された受講者の動作に基づいた特徴量と受講者の理解度の関係については、複雑な非線形関係で表現されること及び個人差を考慮することから、両者(特徴量と理解度)に

潜在する関係については、階層型ニューラルネットワークを用いて近似した。ここで、特徴量が多数であることや汎化としての非線形写像能力を改善するために、複数の階層型ニューラルネットワークを導入した。最後に、得られた結果(特徴量と理解度の関係)については、受講者にフィードバックすることにより、かつ、ヒアリングを行うことにより、結果の妥当性について検証を行った。

4. 研究成果

(1)平成 22 年度は、2 つのサブテーマ(コンテンツの消化速度の分析、受講者の動作の検出)に取り組み、以下の研究成果を得た。

①コンテンツの消化速度の分析

まず、e-Learning における受講者間の動作の差異を検出するために、ページ間の移動およびマウスの移動履歴を収集するためのソフトウェアを開発した。つぎに、ページ間の移動履歴とマウスの移動履歴に、当該のコンテンツに対する受講者の理解度が反映されていることを確認した。すなわち、ページ間の移動に後戻りのある受講者と後戻りがほとんどない受講者の比較において、前者の理解度が高く、かつノートの内容が適切であることを示した。

②受講者の動作の検出

まず、受講者がコンテンツを読む動作とノートを取る動作を、画像処理により自動的に判別するための手法を提案し、特に、ノートを取るタイミングが、当該のコンテンツに対する受講者の理解度と強い関係があることを示した。つぎに、コンテンツを読む動作における注視時間を調べ、理解度との関係について検討した。さらに、手書きノートの内容を解析するために、キーワード間の類似度を計る方法を提案し、複数の手書きノートに対する実験結果により有効性を示した。また、手書きノートの内容を Web カメラで撮影する際に発生する用紙の斜めゆがみを補正する方法を提案し、その有効性を実験により検証した。加えて、受講者の顔の動作を画像処理により検出する方法を提案し、受講者間の興味の差異を判定する問題に適用し、実験により、その有効性を示した。

(2)平成 23 年度は、サブテーマ(抽出された受講者の動作の特徴分析)に取り組み、以下の研究成果を得た。

ディスプレイ上に表示されたコンテンツを読み、必要な情報をノートにとるような学習環境を対象として、受講者の動作(読む動作と書く動作)を判別するための手法およびコンテンツに対するページ間の移動との関係について検討した。まず、受講者が装着したサングラス型カメラにより記録された画像から、色情報に基づいた特徴量を抽出し、判別分析および階層型ニューラルネットワ

ークにより、読み書きの動作を判別した。複数の被験者に対する実験結果より、階層型ニューラルネットワークによる判別精度が高いことを定量的に示した。

また、同時に記録されたコンテンツにおけるページ間の移動履歴と上述の読み書き動作の関係について検討した。特に、ページ間の移動が少ない時間帯に着目し、当該の時間帯における読み書き動作の割合を調べることにより、受講者のコンテンツに対する注目度を抽出した。さらに、複数のコンテンツに関する分析結果から、「前のページへの移動」と「ページ変動の少ない区間」において、読み書き動作の個人性が強くなるとの結果を得た。

加えて、受講者の動作の一つである顔方向に着目し、顔の方向を変量とした非線形時系列モデルを作成することにより、複数の受講者間の差異および受講者の顔の動きにおける規則性を抽出するためのモデリング手法を構築するとともに、実験結果により、その有効性を示した。

(3)平成 24 年度は、コンテンツの難易度や表現のわかりやすさに依存する受講者の動作と理解度の関係解明に取り組み、以下の研究成果を得た。

受講者の動作と理解度の関係に関して、数式によるモデル化を行うと共に、ヒアリングなどの主観的評価との比較を行うことにより、研究成果の信頼性を高めることにも重点を置いた。具体的には、e-Learning における受講者の動作として、受講者によるページの移動に着目し、この動作とコンテンツに対する受講者の理解度の関係について分析を行った。ここで、受講者による理解度は、問題に対する正解率とヒアリング結果に基づいて総合的に評価した。また、上述のページの移動履歴に基づいた特徴量と受講者の理解度の関係を、階層型ニューラルネットワークによりモデル化を行った。その際、ページの移動履歴を入力、理解度を出力とした非線形モデルを構築した。ここでは、モデルを構築するために用いていない受講者のデータを、得られた非線形モデルに適用し、階層型ニューラルネットワークとしての汎化能力を定量的に評価した。一方、階層型ニューラルネットワークにおける内部表現は分散化されているために、得られた両者の関係を説明することは容易ではない。そこで、忘却付き構造化学習法を用いることにより、両者の関係を明確にした。多数の受講者に対する実験を行い、階層型ニューラルネットワークの内部表現に基づいて、理解度が高い受講者と低い受講者の間には、特定のページに対する頻度が理解度に大きな影響を及ぼすことを示した。このことは、問題を解いた後に実施したヒアリング内容とも合致していることを確

認した。

本研究課題で得られた成果は、「資料を読みながら問題を解く」環境において、資料の適切な読み方を受講者に提示できるシステムの開発に有効であると考えられる。

本研究課題に対する成果の中で、「読み書き動作の分析」は、雑誌論文②としてまとめられており、この国際会議 [IEEE TALE 2012, <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=6337030>] における論文の採択率は低く、質の高い研究成果が採録されていることから、国内外において、本研究成果が高く評価されているものと考えられる。

今後は、本研究課題に関して、他の教育機関の関係者と議論することにより、得られた研究成果の信頼性を向上させたい。

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 14 件)

- ① T. Ozeki, Hou Yichirayi and E. Watanabe, A method of hand model recognition for visually interfaces, Proc. of the IEEE Image Electronics and Visual Computing Workshop 2012, in USB memory (5 pages), 2012, 査読有.
http://www.kodama.com.hiroshima-u.ac.jp/ieej/IEVC2012/info/IEVC2012_program_v20121026.pdf
- ② E. Watanabe, T. Ozeki and T. Kohama, Analysis of reading and writing behaviors for digital contents, Proc. of IEEE TALE 2012, in USB (6 pages), 2012, 査読有.
DOI: 10.1109/TALE.2012.6360403
- ③ E. Watanabe, T. Ozeki and T. Kohama, Embedding time tag in hand-written memorandum by using sunglasses type camera, Proc. of the International Workshop on Advanced Image Technology 2012, in CD-ROM (5 pages), 2012, 査読有.
<http://www.ieice.org/~ie/IWAIT2011Session-v02.pdf>
- ④ T. Ozeki and E. Watanabe, A Personal Identification System Using a Web Camera and Fingertip's Trace, Proc. of the International Workshop on Advanced Image Technology 2011, in CD-ROM (5 pages), 2012, 査読有.
<http://www.ieice.org/~ie/IWAIT2011Session-v02.pdf>
- ⑤ E. Watanabe, T. Ozeki and T. Kohama, Analysis of global gaze regions of learners detected by sunglasses camera in e-Learning, Proc. of the International Workshop on Advanced Image Technology 2011, in CD-ROM (5 pages), 2011, 査読有.
<http://www.ieice.org/~ie/IWAIT2011Session-v02.pdf>
- ⑥ E. Watanabe, T. Ozeki and T. Kohama, Extraction of Relations between Lecturer and Students by Using Multi-Layered Neural Networks, Proc. of International Conference on Imaging Theory and Applications 2011, in CD-ROM (6 pages), 2011, 査読有.
http://www.imagapp.visigrapp.org/Abstracts/2011/IMAGAPP_2011_Abstracts.htm
- ⑦ E. Watanabe, T. Ozeki and T. Kohama, Analysis of Behaviors by Lecturer and Students in Lectures Based on Piecewise Auto-Regressive Modeling, Proc. of 2011 IEEE International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing, pp.385-390, 2011, 査読有.
DOI: 10.1109/ICCP.2011.6047902
- ⑧ E. Watanabe, T. Ozeki and T. Kohama, Restoration for JPEG and Blurred Images Based on Ensemble Learning Algorithm, Journal of Institute of Image Electronics Engineers of Japan, Vol. 40, No. 1, pp. 42-51, 2011, 査読有.
https://www.ieej.org/trans/HP_WG/jcode/index/11010.htm
- ⑨ 渡邊 栄治, 手書きノートの分析に関する研究 - 第3報 -, 甲南大学紀要知能情報学編, Vol. 4, No. 1, pp. 99-104, 2011, 査読無.
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110008752560>
- ⑩ 尾関 孝史, 渡邊 栄治, 長方形の用紙を利用したテーブル上の画像の斜め補正法, 福山大学工学部紀要, Vol. 34, pp. 137-140, 2011, 査読無.
<http://ci.nii.ac.jp/naid/40018751379>
- ⑪ T. Ozeki and E. Watanabe, A Classification Method of Keywords for Hyper-Notes, Proc. of the International Workshop on Advanced Image Technology 2011, in CD-ROM (5 pages), 2011, 査読有.
<http://www.ieice.org/~ie/IWAIT2011Session-v02.pdf>
- ⑫ 渡邊 栄治, 画像処理による講師と受講

者におけるインタラクションの分析 - 第1報 -, 甲南大学紀要知能情報学編, Vol. 3, No. 2, pp. 171-182, 2010, 査読無.

<http://ci.nii.ac.jp/naid/110008448359>

- ⑬ 渡邊 栄治, 手書きノートの分析に関する研究 - 第2報 -, 甲南大学紀要知能情報学編, Vol. 1, No. 1, pp. 31-44, 2010, 査読無,

<http://ci.nii.ac.jp/naid/110007665726>

- ⑭ E. Watanabe, T. Ozeki and T. Kohama, Measurement of stress and gaze points in tasks of detection of differences between closely similar images and sentences, Abstracts of the 33rd European Conference on Visual Perception 2010, 1 page, 2010, 査読有.

DOI: 10.1068/v100270

[学会発表] (計8件)

- ① 渡邊 栄治, 尾関 孝史, 小濱 剛, ページ移動履歴と理解度の関係に関する検討, 電子情報通信学会技術研究報告, ET2012-89, pp. 43-48, 愛媛, 2013年3月29日.
- ② 渡邊 栄治, 尾関 孝史, 小濱 剛, 読み書き動作の判別とページ推移の分析, 電子情報通信学会技術研究報告, LOIS2011-80, pp. 43-48, 沖縄, 2012年3月8日.
- ③ 渡邊 栄治, 尾関 孝史, 小濱 剛, 講演における話し手と聞き手のインタラクションの分析, 電子情報通信学会技術研究報告, HCS2011-83, pp. 89-94, 浜松, 2012年3月6日.
- ④ 渡邊 栄治, 尾関 孝史, 小濱 剛, 画像処理による講演における講師と受講者の動作の分析, 電子情報通信学会技術研究報告, HCS2010-53, pp. 53-58, 大阪, 2011年1月21日.
- ⑤ 尾関 孝史, 渡邊 栄治, DP マッチングを利用した走り書き文字列の類似度, 電子情報通信学会総合大会, 東京, 2011年2月28日.
- ⑥ 渡邊 栄治, 尾関 孝史, 小濱 剛, e-Learning における受講者の動作の分析 ~ 画像処理による読み書き動作の判別 ~, 電子情報通信学会技術研究報告, ET2010-68, pp. 15-20, 福岡, 2010年12月17日.
- ⑦ 渡邊 栄治, サングラス型カメラによる注視領域の検出, 電子情報通信学会技術研究報告, WIT2010-13, pp. 67-72, 新潟, 2010年5月21日.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://we-www.is.konan-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡邊 栄治 (WATANABE EIJI)

甲南大学・知能情報学部・教授

研究者番号: 20220866

(2) 研究分担者

尾関 孝史 (OZEKI TAKASHI)

福山大学・工学部・教授

研究者番号: 40299300

(3) 連携研究者

()

研究者番号: