

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25370621

研究課題名(和文) マウス軌跡情報の記録・検索・分析を通じた学習支援システムと教材の開発に関する研究

研究課題名(英文) Development of Web application and teaching materials through records, retrieval, and analysis of mouse trajectories

研究代表者

厨子 光政 (ZUSHI, MITSUMASA)

静岡大学・情報学部・教授

研究者番号：90187823

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、「英単語並べ替え問題」を使った学習において、答えを導き出す過程をマウスの動作から分析することによって、学習者の理解度にアプローチすること、及び習熟度に合った学習方法を提供する学習システムとその教材を開発すること目的とし、解答の正解・不正解からだけでは分からない学習者の迷いとマウス軌跡の関係を探った。その結果、マウス挙動を示すパラメータのうち、解答時間、マウス静止時間、およびDD間時間(一回のDrag&Drop操作が終わってから次の操作を開始するまでの時間)が学習者の迷い深く関わることを、偏差値や箱ひげ図によって明らかにした。同時に、今後の課題も明確になった。

研究成果の概要(英文)：A major goal of this study is to develop a practical Web application which will apprehend the critical aspects of solving word-reordering problems (WRPs) by way of the process by which learners solve WRPs, and will help offer exercises appropriate to each individual learner.

An important consideration is how to differentiate a confident correct answer from a lucky hunch. The fact of being correct or wrong alone may not always be a true reflection of the ability tested unless the process of the learners' responses are carefully considered. Among parameters for mouse movements, answer time, stand-still time, and D-C time (elapsed time between a drop and the next click) were found to have the closest relation to learners' hesitation resulting from uncertainty, or lack of understanding. The relationship was investigated in terms of mouse parameters' deviation values and their distribution in the box-whisker diagrams. Also, futures tasked to work on have been made clear.

研究分野：英語教育

キーワード：e-ラーニング 英語学習支援システム マウス軌跡情報

1. 研究開始当初の背景

近年、多くの大学において、コミュニケーションツールとしての使える英語を目指したカリキュラム改革や授業改善が試みられ、学習時間や基礎学力の不足を補う手段として、e-learning の導入が急速に進んできた。オンデマンドの学習環境を整えることにより、不足がちな学習時間を補うと同時に、学習者個人個人のレベルに合ったドリル学習によって学力の向上を図るのが狙いである。これと平行して、より効果的な学習方法の提案や、教材開発につなげるための学習履歴の分析も徐々に始まってきているが、学習時の状況を示す履歴情報の「収集を行うシステム側の整備はなされつつあるのに対し、取得した履歴情報の分析方法に関する研究はあまり進んでいない(宮崎ほか、(2010))」のが現状である。このことを踏まえ本研究チームは、平成 23~24 年度科学研究費助成基金(挑戦的萌芽研究)の下で実験とデータ分析を行い、「学習者が答えに到達する過程の分析を通して、自信を持って導いた解答と、不安を覚えながら作り出した答えとの違いを、履歴に残るマウスの軌跡から探ることができ、さらには、この軌跡が学習者の理解度を表す指標となる可能性がある(厨子ほか、2011)」ことを示した。しかしながら、この e-learning 学習システムは開発の途中段階であり、システムそのものおよび学習コンテンツの両方に改善すべき課題も多く残っている。また、学習者の理解度をより正確に測定するための軌跡の分析方法を、継続的に追求する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、学習者と教師の両者をサポートする英語学習ツールとしてのシステム開発及び実用化を見据えながら、マウスの軌跡情報を学習履歴情報に加えて、学習者が答えを導き出す過程をマウスの動作から分析することによって、(1) 学習者の理解度へのアプローチを試みること、(2) 習熟度にあった学習方法を提供する学習システムとその教材を開発すること、これら 2 つのことを目的とする。一般に、従来の e-learning システムでは、学習履歴閲覧機能はあるものの、学習時間、解答率や正解率の提示が中心となっている。本研究では、これらの機能に加え、学習履歴情報を分析するシステムの構築、学習評価システムの改善、そして基礎英文法、英語構文の効果的学習を支援することに焦点を当てた学習ソフトの開発を行う。

3. 研究の方法

学習システム開発には、システムとコンテンツの、両面からのアプローチが必要となる。

(1) システムの開発

これまで蓄積してきたマウス軌跡情報とその分析手法を援用しながら、解答に費やされた時間、マウスの Uターン、移動距離、及び

静止時間などのマウス挙動データ(図 1)を解析し、正解答・誤解答の軌跡パターンの特徴を数値的に表すことによって、学習者の理解度を測るシステムを考案する。

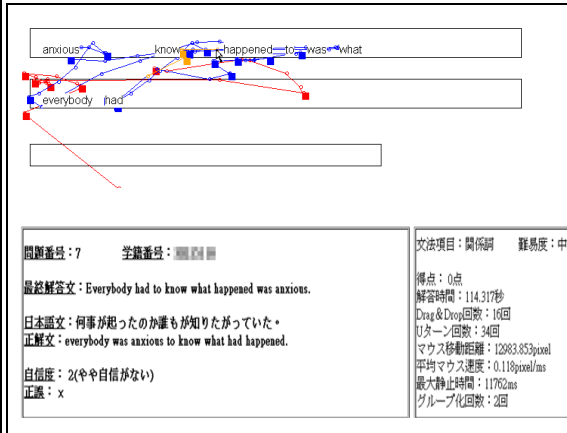


図 1 マウス軌跡の再現とデータ

(2) コンテンツの開発

これまで進めて来た、誤りの程度に応じた部分点方式を導入するための採点基準の整備と、問題のジャンル別管理、出題、検索を可能にするための学習コンテンツの整理を進め実装する。

これら 2 つの開発を終えた後に、学生を被験者として学習ソフトを試用させ、マウスの軌跡情報にもとづく学習者評価の有効性、理解度に応じた教材提供の可能性を検証し、さらなる学習支援ソフトの開発へつなげる。

4. 研究成果

準備した学習支援ソフトを利用して、20 人の大学生を対象に実験を行った。マウス軌跡に関わるデータ等が分析のために記録されることを知らせた上で 30 問に解答してもらい、581 セットのデータを得た。

学習者の理解度は、解答の正誤よりも、解答時の思考過程(特に、解答に対する学習者自身の自信)と密接に繋がっていると考えられるマウス軌跡に現れるという前提(図 2)の基に本研究を進めてきた。

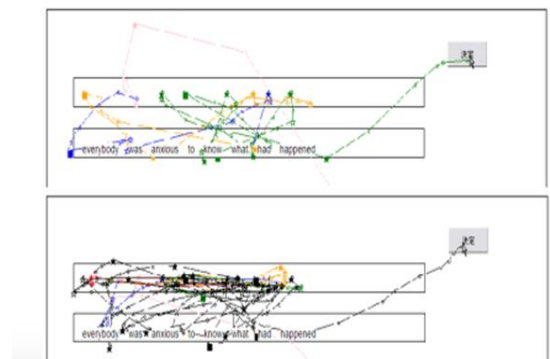


図 2 . マウス軌跡に現れる自信度の相違--自信あり(上)、自信なし(下)

図 2 は、上下どちらとも同じ問題に対する正

しい解答の軌跡を可視化したものであるが、自信のある解答の軌跡と自信のない解答のそれとの差は明確である。軌跡が単純で重複の少ない自信のある解答(上)と比べて、自信のない解答(下)においてはその軌跡が複雑で正解に到達するまでに余分な動きを多く含んでいる。このマウスの動きを以下のよなパラメータで表した。

表1. 主なパラメータの概要

解答時間	1回の解答に要した時間
最大静止時間	一解答の中でマウスが静止した最大の時間
Uターン回数	マウス軌跡のX軸またはY軸における方向が変化した回数
Drag&Drop(以下DD)回数	ある単語を左クリックしてドラッグしてから離れた回数
マウスの平均速度	一解答内のマウス移動速度の平均
最大DD間時間	1回のDDが終わってから次のDDが始まるまでの時間

こうすることによって、学習者の自信の有無とマウス軌跡の関係を数値的に扱うことが可能となる。

### (1) 偏差値による差異の比較

各問題の解答ごとに、解答に対する自信の有無を学習者自身に自己申告させ、それらの解答に正解/不正解の属性を加えることによって、(1) 自信あり・正解、(2) 自信あり・不正解、(3) 自信なし・正解、(4) 自信なし・不正解という4つのカテゴリーに解答を分類した。(自信の有無については、やや自信がある、あまり自信がない、という申告もあったが、ここでは自信あり/なしに基づく典型的な差異を比較するために、自信の有無は「ある」か「ない」のいずれかの申告があった解答に限定して分析を行うこととした。)

自信ありと申告しかつ正解だった解答のマウスの動きを「標準」とし、自信がなくかつ不正解の解答における各パラメータの平均値の偏差値を求めて、両者の距離を計算した(表2)。

表2. 自信なし・不正解解答の各パラメータの平均値の偏差値

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
偏差値	89.52	77.40	73.22	67.42	35.10	85.83

- P1: 解答時間
- P2: 最大静止時間
- P3: Uターン回数
- P4: DD回数
- P5: マウスの平均速度
- P6: 最大DD間時間

すべてのパラメータにおいて、自信のない解

答は自信のある解答とは全く違う数値を示しており、マウスの動きが大きく異なることを意味している。特に、解答時間、最大静止時間、最大DD間時間、及びUターン回数において差が顕著であり、これらのパラメータが解答に対する自信の有無(解答に必要な知識の欠如に起因する迷いの有無)と大きく関わっていることが判明した。

### (2) 箱ひげ図による差異の比較

偏差値が大きかった2つのパラメータについて、自信あり解答と自信なし解答の分布を、「箱ひげ図」を使って検証した(図3, 4)。

N: データ数 M: 平均値 SD: 標準偏差

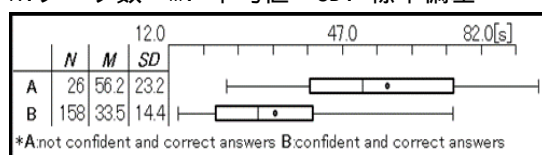


図3. 自信あり解答(A)と自信なし解答(B)の、解答時間の分布

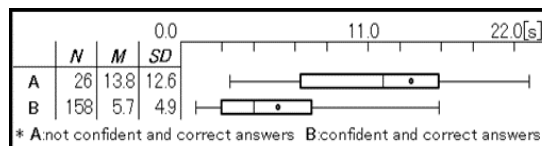


図4. 自信あり解答(A)と自信なし解答(B)の、最大DD間時間の分布

これらの箱ひげ図は、自信あり解答と自信なし解答は、解答時間およびDD間時間において、全く異なる解答群であることが明確に示しており、従って解答時間とDD間時間は解答に対する自信の有無を表す指標となり得ることを示唆している。

### (3) 個々の学習者の迷い

上記(1)(2)の分析は個々の学習者のデータではなく、実験で得たデータ全体を扱い、解答時の自信の有無と深く関わるマウス軌跡のパラメータを調べた。つまり、学習者グループ全体にとって自信のない(=解答に対する迷いが生じた)問題がどれであることを知る指標として、これらのパラメータが有効であることが示されたことになる。しかしながら、ある学習者個人の迷い(=自信の欠如)を探る上でも、同じパラメータが有効であることを証明するためには、1人30問の解答ではデータが不足しており、偏差値や箱ひげ図を用いて迷いの有無を判定することはできない。個々の学習者が解答する問題数を増やす、パラメータの分析方法を工夫するなどして、学習者個人の迷い抽出する、さらにはある問題内のどの部分で迷いが生じたかを探ることが、今後の課題である。現在、解答内の迷いのあるなしを、機械学習の教師あり学習の手法を用いて分類する方法を試みている。

#### (4) コンテンツの改良

実験では、被験者全員が同じ 30 問に回答した。問題は、あらかじめ部分点を付し、22 の文法項目と 3 段階(初級、中級、上級)の難易度で分類した。部分点は、完全に正解ではないが文意がほぼ正確に伝わる解答、および、問題に含まれる重要な構文や熟語が正しく並べられている解答に付与し、学習者の理解度を正誤だけの判定よりもより詳細に評価するシステムを構築した。また、文法項目と難易度は問題ごとに示し、図 1 の場合、文法項目として関係詞を含む中級レベルの問題であることが分かるようにした。これにより、ある特定の学習者が例えば「関係詞・中級」の多くの問題に不正解であれば、その学習者は関係詞については初級レベルから学習し直す必要があることが分かる。

最終的には、このような判定を自動的に下し、弱点問題に関連し、かつ、学習者のレベルに合った問題群を検出する学習システムを目指しているが、そのためには先ず、練習問題の数を大幅に増やす必要がある。個々の学習者の弱点やレベルを判定するには、実験に使用した 30 題では少なすぎる。現時点では、問題数を 200 題に増やし、それぞれに部分点、文法項目、難易度レベルをつけ、その内の 100 問を実験用に実装するところまで完了した。今後は、残りの 100 問の実装と、その問題を使った実験を通して得たデータから、自動判定システムおよび弱点問題検出機能の整備に取り組む予定である。

#### 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)

M. Zushi, Y. Miyazaki, T. Miyamoto, K. Norizuki, An Analysis of Mouse Trajectories to Ascertain Hesitation in Solving Word-Reordering Problems, Journal of Communication and Computer, 査読有, (2015), DOI: 10.17265/1548-7709

M. Zushi, Y. Miyazaki, T. Miyamoto, K. Norizuki, An Analysis of Learners' Mouse Trajectories in Confident and Unconfident Answers to Ascertain Hesitation in Solving Word-Reordering Problems, Proceedings of The 19th International Multi-Conference on Society, Cybernetics and Informatics: IMSCI 2015. 査読有, (2015) <http://www.iiis.org/Proceedings/2015/Proc/ViewProc2015.asp?id=HA0114&season=Summer>

M. Zushi, Y. Miyazaki, K. Norizuki, Web Application for Measuring Learners' Knowledge of English Syntax: Analysing the Relationship between Mouse Trajectories and Learners' Understanding, Retrospect and Prospect: Essays from the 2013 Taiwan e-Learning

and Digital Archives Program International Conference, A special supplement of the International Journal of Humanities and Art Computing (IJHAC), Edinburgh: Edinburgh University Press, 査読有, Vol. 8, pp. 190-205 (2014)

M. Zushi, Y. Miyazaki, R. Miki, K. Norizuki, Development of a Web Application: Recording Learners' Mouse Trajectories and Retrieving Their Study Logs to Identify the Occurrence of Hesitation in Solving Word-Reordering Problems, Journal on Systemics, Cybernetics and Informatics: JSCI, 査読有, Vol. 12, No. 2, pp. 86-91 (2014)

<http://www.iiisci.org/journal/sci/Contents.asp?var=&Previous=ISS1402>

M. Zushi, Y. Miyazaki, R. Miki, K. Norizuki, Development of a Web Application: Recording Learners' Mouse Trajectories and Retrieving Their Study Logs to Identify the Occurrence of Hesitation in Solving Word-Reordering Problems, Proceedings of The 5th International Multi-Conference on Complexity, Informatics, and Cybernetics (IMCIC 2014), 査読有, pp. 190-195 (2014)

[http://www.iiis.org/CDs2014/CD2014IMC/IMCIC\\_2014/index.asp](http://www.iiis.org/CDs2014/CD2014IMC/IMCIC_2014/index.asp)

##### [学会発表](計 4 件)

M. Zushi, Y. Miyazaki, K. Norizuki, Analysis of Learners' Study Logs: Mouse Trajectories to Identify the Occurrence of Hesitation in Solving Word-Reordering Problems, (The 5<sup>th</sup> International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK15), 査読有, March 18, 2015, Poughkeepsie: Marist College)

宮本 隆, 宮崎佳典, 厨子光政, 法月 健, マウス軌跡に含まれる英単語並べ替え問題解答時の迷いの分析, 外国語教育メディア学会中部支部第 84 回支部研究大会, 査読無, November, 2014, 浜松市: 静岡大学

M. Zushi, Y. Miyazaki, K. Norizuki, Development of Web Application: Recording Learners' Mouse Trajectories and Retrieving Their Study Logs to Approach the Degree of Understanding, (2013 TELDAP (Taiwan E-learning and Digital Archive Project) International Conference, 査読有, March 16, 2013, Taipei: Academia Sinica)

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

厨子 光政 (ZUSHI, Mitsumasa)  
静岡大学・情報学部・教授  
研究者番号: 90187823

(2)研究分担者

宮崎 佳典 (MIYAZAKI, Yoshinori)

静岡大学・情報学部・准教授

研究者番号：00308701

法月 件 (NORIZUKI, Ken)

静岡産業大学・情報学部・教授

研究者番号：30249247