

令和元年6月20日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K02880

研究課題名(和文) マウス軌跡情報の記録・検索・分析を通じた学習者評価システム開発に関する研究

研究課題名(英文) Development of Web application 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) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、英単語並べ替え問題解答時のマウスの軌跡情報を分析することによって、学習者が答えを導き出す過程にアプローチし、解答時における迷いを抽出し、解答結果だけでは判別しにくい学習者の理解度をより正確に測る評価システムの構築を試みた。自信のある解答のマウスの動きと、自信のない解答の軌跡パターンの特徴とを比較分析することによって、解答時の迷いの有無を判別できるという仮定をたて、実験で得られたデータをもとに、機械学習の手法を援用しながら、「迷いのあり/なし」を判定する「分類器」を構築した。この分類器は約80%の確率で正しく迷いを判別することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

問題解答時の学習者の迷いがマウス軌跡によって判別できるようになれば、解答結果だけでは分からない学習者の理解度をより正確に把握することができる。また、一つ一つの英単語並べ替え問題は、それぞれが包含する重要な文法項目(21の文法項目に分類)とリンクさせているので、例えば、ある特定の文法項目を含む問題群に対して迷いが多く発生している場合、個々の学習者(あるいは、クラス全体)は、その文法項目が苦手である、または十分理解できていないと判断でき、現場の教師は、その時々々の学習者への的確なフィードバックや学習指導方法を見つける手助けとなるので、学習過程における迷いの判定システムを開発する意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：A major goal of this study is to develop a Web application with which to apprehend the critical aspects in the process of solving "word-reordering problems"(WRPs) when learners perform their tasks using a mouse. Analysis of mouse trajectories, it is inferred, will lead to the better evaluation of understanding level of learners. On the assumption that the comparison of the mouse movements by confident learners and non-confident learners, and investigation of the characteristic parameters for these mouse movements, will help identify "hesitation" which learners have experienced during solving problems, we constructed a classifier employing the method of machine learning. Our classifier was able to find hesitation correctly at the rate of about 80%.

研究分野：英語教育

キーワード：eラーニング 学習履歴 マウス軌跡情報 機械学習

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 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に焦点を当てたカリキュラム改革や授業改善が試みられ、グローバル化に対応した人材育成を目指した教育において英語運用能力の習得が必要不可欠であるという認識が浸透してくるにつれて、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いる。しかしながら、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。

(2) このことを踏まえ本研究チームは、「英単語並べ替え問題プログラム」--マウスのドラッグ&ドロップ(D&D)機能を使って順不同に提示された英単語を正しく並べ替える英語学習プログラム--を開発し、マウスの軌跡再現や、解答所要時間と正解率・自信度の相関分析を行った。学習者自身の申告による「迷いの箇所」とマウス軌跡の関連性を探ってきた。このような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り、この軌跡が学習者の理解度を判定する指標となる可能性があること」、また「解答時間、単語を並べ替える回数、マウスのUターン(後戻り)回数と、正解答との相関関係が高いこと」、さらには「同じ正解答であっても自信のある解答と迷いの多い解答とではマウス軌跡に大きな違いがあること」を一連の研究で示してきたが、現在開発中の e-learning 学習システム、及び学習コンテンツの両方に改善すべき課題も残っていることが明確になってきた。また、「迷い」の判定方法に、機械学習の手法を取り入れるなどの工夫も加えながら、迷いの個所の的確な特定のために、システムの更なる整備が必要である。

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の実用化を見据えながら、英単語並べ替え問題の解答時のマウスの軌跡情報を分析することによって、学習者が答えを導き出す過程にアプローチし、習熟度に合った学習方法を提供する学習システムを開発することを目的とする。一般に、従来の e-learning システムにおける学習履歴閲覧機能では、学習時間、解答率や正解率といった学習結果の評価が中心となっているが、本研究は、これらの機能に加え、解答時における「迷い」を抽出し、解答結果だけでは判別しにくい学習者の理解度をより正確に測る評価システムの構築と、評価結果に基づく難易度別の英文法、英語構文の効果的学習教材を提供することに焦点を当てた、学習ソフトの開発を行うものである。

3. 研究の方法

解答時の迷いを探すと作業は、解答を「迷いあり」と「迷いなし」に分類する作業であると考え、迷いのあり/なしを判別する「分類器」を構築し、その分類器に迷いの判定を行わせることにした。そのためには、分類器そのものが迷いについて正確な判定を下さなくてはならない。それゆえ本研究は、分類器の構築と、構築された分類器の精度の判定に焦点を当てた。

(1) 分類器を構築するために、本研究チームが開発した学習システムを使って実験協力者が英単語並べ替え問題に解答した際の、マウス軌跡データを収集した。実験協力者は某大学の英語系科目を履修している 27 名である。30 問の問題を解答してもらい、計 810 件の解答履歴を得たが、このうち 1 件は、実験環境の不具合により正確なデータが取得できなかったため、分析対象から外した。その結果、809 件の解答履歴を分類器の構築および分類の評価に用いる。

分類器は、マウス軌跡データのうちの 9 つのパラメータ(解答時間、総移動距離、平均速度、最大静止時間、Uターン回数(X軸)、Uターン回数(Y軸)、D&D回数、最大D&D時間、最大D&D間時間(一つのD&Dが終了してから次のD&Dが始まるまでの時間の最大値))と、学習者自身が申告した迷いの有無を学習データとして「機械」に学習させることで構築される(図1)。実装には、Python上で動作するライブラリである scikit-learn を用いている[1]。機械学習のためのアルゴリズムは、ファンダムフォレストとした[2]。ランダムフォレストを用いることでどのパラメータが分類に寄与したかを容易に知ることができる。

分類器の構築と評価

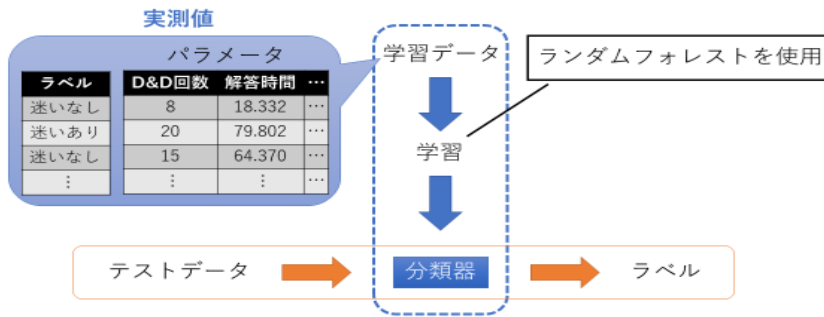


図 1 . 分類器の構築と評価

(2) 分類器の評価は、分類器構築には用いられたものとは異なる解答のマウス軌跡データをテストデータとして用いる。構築された分類器は、解答をマウス軌跡のパラメータをもとに「迷いあり」「迷いなし」の2つのラベルに分類する(図 1)。その分類が正しいかどうかの評価は、解答時に学習者が申告した「迷いあり」「迷いなし」のデータと照合することによって行われる。

分類器の判定は、正解率が 82.2%であった。(テストデータは、迷いのあり/なしについては同数のデータを用いているので、ベースラインは 50.0%である。) さらに詳細に分析するために、ラベルごとの適合率、再現率、及び F 値を求めた(表 1)。

表 1 . 適合率、再現率、F 値

ラベル	適合率	再現率	F 値
迷いあり	83.7%	80.3%	81.4%
迷いなし	82.1%	84.1%	82.7%

* 適合率：分類器が迷いあり(なし)と判定した解答中に含まれる、実際の迷いあり(なし)の率

* 再現率：実際の迷いあり(なし)の解答のうち、正しく分類器が抽出した率

* F 値：適合率と再現率の調和平均

正解率がベースラインを大きく上回る 82.2%であったこと、また、適合率、再現率、F 値のいずれも 80%を超える値を示していることから、構築された分類器はかなりの確度で迷いの判定が可能であると評価できる。

4 . 研究成果

(1) 機械の学習のためのアルゴリズムとしてランダムフォレストを用いることで、分類器構築に使用したデータの内、どのパラメータが迷いあり/なしの判別に寄与したかが判明した(表 2)。

表 2 . 判別に寄与したパラメータ

順位	パラメータ
1	最大 D&D 間時間
2	解答時間
3	平均速度
4	U ターン回数 (Y 軸)
5	総移動距離

判別に最も寄与しているのは、最大 D&D 間時間、次が解答時間であった。最大 D&D 間時間は、次に並べ替えるべき単語を決定するまでに長い時間を要しているということを意味し、単語を動かしながら判断を下すのではなく、単語をどこに動かすか決断を下してから動かし始めていることを示唆している。解答時間は、むしろ解答時間が長いほど迷っているということを表している。

(2) 本研究において開発している学習プログラムには、解答時に並べ替える単語をグループ化して、一度に動かすことができる機能がある。このグループ化機能の使用と迷いとの関係性

を探索の手掛かりが見つかった。30 題の問題はすべて難易度に応じて初級、中級、上級の 3 段階に分類されている。この中から問題に含まれる単語数が 9 個のもの（問題数 13 問）を抽出して同様に解答中に行われたグループ化回数の平均値を調べた（表 3）。

表 3 . 難易度別平均グループ化回数（単語数 9 個）

難易度	初級	中級	上級
問題数	3	7	3
平均グループ化回数（回）	0.160	0.319	0.370

問題が難しくなるほど平均グループ化回数が増えていることが分かった。また、グループ化はレジスタ（解答欄とは別に設置した一時退避欄）で行われ、まとめた句や熟語を解答欄に戻すときに最も多く使用されていた。このことから、難易度の高い問題を解く際には、既知の熟語や単語の用法などから文を組み立て、その際に他の知らない単語と区別するためにチャンク化しているのではないかと推論される。さらに、レジスタから解答欄に移動された 157 件のデータのグループ化された単語群の詳細を調べた結果、正しく並べられているものほとんど正しく並べられるもの（一か所の修正で正しい順序になるもの）の合計が、71.3%を占めることが判明し、グループ化された単語群は句や熟語生成に能動的に使用されていた割合が高いだろうことが示唆された。

今後の展望としては、迷いの生じた問題の中のどの単語で迷ったかを判別するシステムを構築し、迷った単語と各問題が含んでいる文法項目（学習項目）とのリンク付けを行うことである。これにより、学習者がどの学習項目に弱点があるかを判定し、その学習者に応じた学習項目を重点的に学習する教材の提示が可能となる。

参考文献

- [1] F. Pddregosa et al., “Scikit-learn: Machine Learning in Python”, Journal of Machine Learning Research, Vol. 12 (2011), pp. 2825-2830.
 [2] J. Friedman, T. Hastie, R. Tibshirani, “The Elements of Statistical Learning”, Vol. 1, Springer Berlin (2001).

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

宮崎 佳典, 相馬 あおい, 厨子 光政, 法月 健, 英単語並べ替え問題における機械学習による学習者の迷い検出の試み, コンピュータ&エデュケーション (CIEC 学会誌), 査読有, Vol. 45, 2018, pp. 31-36

M. Zushi, Y. Miyazaki, K. Norizuki, “Detecting the Learner’s Hesitation by Machine Learning in Word-reordering Problems,” in the Proceedings of the First International Symposium on AI for ASEAN Development (ASEAN-AI 2018), 査読有, 2018, pp. 31-38

相馬 あおい, 宮崎 佳典, 厨子 光政, 法月 健, 英単語並べ替え問題における機械学習による学習者の迷い検出, 日本 e-Learning 学会 2017 年度学術講演会, 無査読, 2017, pp. 41-48

松川 奈央, 宮崎 佳典, 厨子 光政, 法月 健, 英単語並べ替え問題における迷い発生箇所特定を志向したマウス軌跡取得 Web アプリケーション開発, 日本 e-Learning 学会 2016 年度学術講演会, 査読無, 2016, pp. 24-30

Y. Miyazaki, N. Atsumi, M. Zushi, K. Norizuki, “Detecting Learners’ Hesitation in Solving Word-Reordering Problems with Machine Learning for Classification,” in the Proceedings of World Conference on Educational Media and Technology 2016 (EdMedia2016), 査読有, 2016, pp. 1632-1640

〔学会発表〕(計 7 件)

米津康加, 宮崎佳典, 厨子光政, 法月健, 英単語並べ替え問題における解答中の動作履歴を用いた迷い検出, 第 92 回 LET 中部支部研究大会 (2018). 於 名古屋工業大学 2018.12.1

M. Zushi, Y. Miyazaki, K. Norizuki, “Detecting the Learner’s Hesitation by Machine Learning in Word-reordering Problems,” First International Symposium on AI for ASEAN Development (ASEAN-AI 2018), March 26, 2018, Phuket, Thai: The Kee Resort & Spa

相馬 あおい, 宮崎 佳典, 厨子 光政, 法月 健, 英単語並べ替え問題における学習者の迷い検出を目的としたマウス軌跡情報の分析, 日本ソーシャルデータサイエンス (JSDSS) 第 4 回シンポジウム (2018). 於 中央大学後楽園キャンパス 2018.3.5

相馬 あおい, 宮崎 佳典, 厨子 光政, 法月 健, 英単語並べ替え問題における機械学習による学習者の迷い検出, 日本 e-Learning 学会 2017 年度学術講演会, 学生セッション pp.41-48 (2017). 於 eラーニング・ラボ秋葉原 2017.11

松川 奈央, 宮崎 佳典, 厨子 光政, 法月 健, 英単語並べ替え問題におけるマウス軌跡を利用した単語レベルの迷い抽出, 情報処理学会第 79 回全国大会, pp. (4)-879-880 (2017). 於 名古屋大学 2017.3

松川 奈央, 宮崎 佳典, 厨子 光政, 法月 健, 英単語並べ替え問題における迷い発生箇所特定を志向したマウス軌跡取得 Web アプリケーション開発, 日本 e-Learning 学会 2016 年度学術講演会, 学生セッション pp. 24-30 (2016). 於 産業技術大学院大学 2016.11

Y. Miyazaki, N. Atsumi, M. Zushi, K. Norizuki, Detecting Learners' Hesitation in Solving Word-Reordering Problems with Machine Learning for Classification, World Conference on Educational Media and Technology 2016 (EdMedia2016), June 30, 2016, Vancouver, British Columbia, Canada: Sheraton Vancouver Wall Centre Hotel

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：宮崎 佳典

ローマ字氏名：MIYAZAKI, yoshinori

所属研究機関名：静岡大学

部局名：情報学部

職名：教授

研究者番号 (8 桁): 00308701

研究分担者氏名：法月 健

ローマ字氏名：NORIZUKI, ken

所属研究機関名：静岡産業大学

部局名：情報学部

職名：教授

研究者番号 (8 桁): 30249247

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。