

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

松川 奈央^{*1} 宮崎 佳典^{*2} 厨子 光政^{*2} 法月 健^{*3}静岡大学情報学部^{*1} 静岡大学大学院情報学領域^{*2} 静岡産業大学情報学部^{*3}

1. はじめに

英単語並べ替え問題は英語検定や高校入試でも頻繁に出題される、広く知られた出題形式である。この形式の問題は通常、紙に解答を行うが、コンピュータ上で解答できるようなシステムを構築することで e-Learning 環境での学習が可能となる。

コンピュータ上で並べ替え問題を解く上で、本研究ではマウスによるドラッグ&ドロップ（以降、D&D と表記）操作によって並べ替えを行う。D&D 操作を採用することで、マウスの動きを学習履歴として取得することが可能となる。また、複数の単語をまとめて D&D 操作をする「グルーピング」もできるようなシステムとなっている。我々はマウスの動きの軌跡データから、学習者が問題を解く過程において「迷い」の発生を判別できるのかどうかに着目して研究を進めている。迷いを明らかにすることができれば、学習者の理解度や特定の項目における理解の有無をより詳細に把握でき、苦手な学習項目を重点的に学習させるような教材提示を行ったり、教師が学習者の迷いの傾向を参考にしてカリキュラムの作成を行ったりすることが期待される。

厚見ら[1]は、機械学習による迷いの判定を行い、問題ごとに対しては精度の高い結果が得られたが、問題を構成する一つ一つの単語に対してはその精度が十分ではなかった。これを受けて、我々研究グループは現在、単語に対する迷いの有無の推定に取り組んでいる[2]。文法項目は単語と大きく関わりがあると仮定するならば、受動態を例にとると、問題中の be 動詞と過去分詞が受動態に関係していると考えられ、それらの単語が迷っていると判断できれば受動態を理解していない可能性が高い。

また関連研究として、Cetintas ら[3]は非タスク行動の自動検出において、マウスの動きに加え、学習者が持つ個々の行動パターンを考慮することが大きな効果をもたらすことを示している。今回は、単語ごとの迷いの判定の精度向上に役立てるため、学

習者ごとの特性を考慮した効果的な特徴量を特定することを目指す。

2. マウス軌跡から算出される特徴量

本システムでは、学習者が問題を解く過程における以下の特徴量を、問題ごとに得ることができる。

- ・移動時間 ・移動距離 ・移動速度
- ・静止時間 ・D&D 時間 ・D&D 間時間
- ・D&D 回数 ・グルーピング回数
- ・U ターン回数 (X 軸方向, Y 軸方向)
- ・D&D 中 U ターン回数 (X 軸方向, Y 軸方向)

また、問題を解く過程において、単語ごとに以下の特徴量を得ることができる。

- ・移動距離 ・移動時間 ・移動速度
- ・静止時間 ・D&D 回数 ・D&D 前時間
- ・D&D 前距離 ・D&D 前速度
- ・U ターン回数 (X 軸方向, Y 軸方向)
- ・D&D 前 U ターン回数 (X 軸方向, Y 軸方向)

ここで、「U ターン回数 (X 軸方向)」とは、X 軸方向のマウス軌跡の向きの変化の回数を表す (Y 軸方向についても同様に定義する)。さらに「D&D 中 U ターン回数」とは、U ターン回数のうち、それが D&D の最中だった事象に限ったものを計数したものである。

3. 迷いの判定に効果的な特徴量の特定

特徴量を得るために、実際に学習者が並べ替え問題に解答した際のデータを収集した。対象は、某大学の英語系科目を履修している学生 26 名 (教育学部生、農学部生) である。各履修者には、例題 1 問に続けて 30 問の本問を解答してもらい、計 806 の解答履歴を得た。このうち、例題を除く 780 問を用いて迷いの判定に効果的な特徴量の特定に取り組んだ。

これまでのインタフェースの改良の一つとして、学習者が単語一つ一つのレベルで迷う以前に並べ替えの見当もつかないなど、全体的にわからないと感じた場合のために「全体的にわからなかった」というチェックボックスを用意した。この効果は得られており、用意する前の解答でコメント欄に「全体的にわからなかった」を意味することが書かれていた割合が 1.15% だったことに対し、用意した後のシ

Detecting Word-level Hesitation from Mouse Trajectories in Solving Word-Reordering Problems

^{*1} Nao Matsukawa, Faculty of Informatics, Shizuoka University

^{*2} Yoshinori Miyazaki, College of Informatics, Shizuoka University

^{*2} Mitsumasa Zushi, College of Informatics, Shizuoka University

^{*3} Ken Norizuki, School of Information Studies, Shizuoka Sangyo University

システムでチェックがされていた割合は 14.4%であった。このチェックボックスの用意により、それまでのシステムに比べ迷いの判定の対象データから除くべきデータを特定することができた。しかしながら、本改良に伴い再度精度の算出を試みたものの、現段階において精度向上には至っていない[2]。

もう一つ考えられる側面は、現在実装されている機械学習では、全てのデータを迷いの判定のためのデータとして扱うのは難があるということである。そこで我々は、解答の過程における迷いに影響する特徴量は学習者ごとに大きく異なると考え、以下のような手順で学習者ごとに効果的な特徴量の特定に取り組んだ。

《学習者別 特徴量の特定化手順》

- 1) 学習者が 3 段階で評価する迷いの度合いが最も高い「かなり迷った」かつ「全体的にわからなかった」にチェックがされていないデータと、迷いの度合いが最も低い「ほとんど迷わなかった」が選択されたデータを、それぞれ学習者ごとに取り出す(「ほとんど迷わなかった」が選択された場合、「全体的にわからなかった」のチェックをする画面には移らず次の問題へ進む仕様となっている)。
- 2) 学習者ごとに、各特徴量の平均値を「かなり迷った」と「ほとんど迷わなかった」のデータに対して算出する。
- 3) 2)における 2 つの平均値の差が有意な特徴量を特定する。

1)から 3)の手順を踏んだ結果を表 1 に示す。表中の「学習者数」とは、3)の結果、その特徴量について有意差を得られた学習者の数である。

表 1 学習者別 特徴量特定化の試みの結果

特徴量	学習者数
時間	12
平均速度	7
移動距離	6
最大 D&D 間時間	6
U ターン(X 軸方向)	5
D&D 回数	4
U ターン(Y 軸方向)	4
D&D 中 U ターン(Y 軸方向)	3
最大静止時間	1

また、D&D 中の X 軸方向における U ターン回数が効果的であると判定された学習者はいなかった。このことから、U ターン回数 (X 軸) が迷いの判定に有効であると判断された学習者は、迷いが生じて

いる時、単語をドラッグしながら動かすのではなく、非ドラッグ時に動かす傾向があると推察される。

次なる手法として単語ごとにも同様の分析を行う。本システムでは、迷いの度合いを「かなり迷った」または「少し迷った」と選択した場合、迷った単語を直後にチェックする仕様となっている。学習者ごとにデータを分け、さらに迷ったとチェックされた単語とそうでない単語のデータに分け(何か単語が選択されており、「全体的にわからなかった」にもチェックがされたデータは対象外とする)、平均値をそれぞれ求め、その差の有意性を検定する。この結果の詳細については、発表当日に報告する。

最後に、迷いの判定に有意であると考えられる学習者がいる特徴量について、当該データのみを用いて機械学習を実行する。この結果についても、発表当日にスライドにて詳述する予定である。

4. おわりに

今回我々は、単語ごとの迷いの判定の精度向上に役立てるため、学習者ごとの特性を考慮した効果的な特徴量を特定することを目的とした。データを全データ (780 問分) 対象とするのではなく、学習者間のクラスタリングを行うことで、各人により迷いの判定に有効な特徴量が異なることが判明した。これより、迷いの判定には学習者個々に依存した迷い時の振る舞いを考慮する必要があると考えられる。

今後の展望として、学習者個々の迷いの特性を分析し、適切なクラスタリングを含めた機械学習の自動化を実現させることが考えられる。

参考文献

- [1] 厚見南帆, 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, 情報処理学会第 78 回全国大会, pp. 665-666 (2016).
- [2] 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, pp. 24-30 (2016).
- [3] S. Cetintas, L. Si, Y.P. Xin, and C. Hord: Automatic Detection of Off-Task Behaviors in Intelligent Tutoring Systems with Machine Learning Techniques, IEEE Transactions on Learning Technologies, VOL. 3, No. 3, pp. 228-236 (2010).