5ZA-02

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

厚見南帆[*1]　宮崎佳典[*2]　厨子光政[*2]　法月健[*3]

静岡大学情報学部[*1]　静岡大学大学院総合科学技術研究科[*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とは，与えられた英単語を並べ替え，提示された日本語文に対応する英文を作成する問題である．通常，英単語並べ替え問題は紙媒体で解答されるが，我々はコンピュータ上で解答できるようなシステムを構築しe-Learning 環境での学習を可能にした．コンピュータ上で並べ替え問題を解く際，本研究ではマウスによるドラッグ＆ドロップ（以下 D&D）操作を用いる．これにより直観的な操作を実現し，マウスの動きを解答履歴として取得することもできるようになった．ここで，マウスの動きと目線の動きには強い関連があり，目線の動きには心理状態が表れると報告されている[1]．そこで我々は得られたマウスの動きをもとに学習者が問題を解く際に「迷い」という心理状態にあるか否かを明らかにすることを目指す．

これまで我々は問題に解答する間に迷いが発生したか否かの推定に取り組んできた[2]．今回はさらに，一つ一つの単語に対する迷いの有無を推定することを試みる．例えば正答が「You did more work than I had expected.」であるような，比較と完了形の 2 種類の文法の知識を問う問題について考える．従来の手法ではこの問題における迷いの有無しか判定できないが，仮に had という単語に迷いがあると判定できれば学習者の迷いが完了形の理解不足に起因している可能性が高いと推測できる．

単語ごとの迷いを明らかにすることができれば，学習者の理解の状況をより詳細に把握でき，学習及び教育への応用が期待される．例えば，学習者がある特定の学習項目を含む問題に迷いを示す場合，その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できる．

Detection of Hesitation by Machine Learning in Solving Word-Reordering Problems
*1 Naho Atsumi, Faculty of Informatics, Shizuoka University
*2 Yoshinori Miyazaki, Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University
*2 Mitsumasa Zushi, Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University
*3 Ken Norizuki, School of Information Studies, Shizuoka Sangyo University

2.迷いの判定

迷いの判定は，問題中のそれぞれの語を迷いあり/迷いなしの 2 つのラベルに分類する問題と捉え，機械学習の教師あり学習の手法を用いる．機械学習における分類では，ラベルと特徴量の組である学習データを用いて学習を行い，分類器を構築する．構築された分類器に対して特徴量を入力すると，分類器はラベルを出力する．現在，単語の迷いの有無は並べ替え終了後にどの単語で迷ったのか学習者に選択させるようにしている．このとき選択された単語のラベルを迷いあり，選択されなかった単語のラベルを迷いなしとする．また，特徴量はマウスの動きから得られる各種パラメータの値である．迷った単語の選択は分類器の構築に必要であるが，一度分類器を構築することができれば，迷った単語の選択なしに，問題を解くだけで迷いの推定を行うことができるようになる．

実装には，Python 上で動作するライブラリである scikit-learn を用いた[3]．学習のためのアルゴリズムは，ランダムフォレスト[4]とした．ランダムフォレストはアンサンブル学習の一種であり，ランダムフォレストを用いることで高い分類精度を達成した事例は多く報告されている．ランダムフォレストを用いることで，分類に寄与した特徴量を容易に知ることができる．

3.マウス軌跡から算出される特徴量

マウスの動きから得られるパラメータについて説明する．本システムでは時刻$t_i(t_i < t_{i+1}, i = 1,2,\cdots)$におけるマウスの X 座標$x(t_i)$，Y 座標$y(t_i)$，クリックされているか否かを表す論理値，クリックされた単語の ID を取得する．単語の ID は問題提示時の単語に対して左から順に 0,1,2,…と割り振られている．表 1 にその例を，また表 1 に対応するマウス軌跡（実際は動画）を図 1 に示す[1]．これらのデータをもとに，単語ごとに以下の特徴量を算出する．

・D&D 回数　・移動距離　・移動時間
・移動速度　・U ターン回数

D&D 回数はある単語wを D&D した回数である．移動時間はwをドラッグし始めてからドロップするまでの時間として，各回の D&D で記録して

[1] 実際のデータを説明用に適宜加工したものである．

Copyright ©2016 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

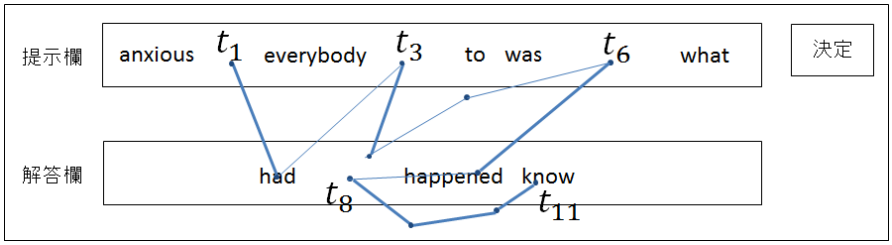

図 1　表 1 を軌跡として再現した例

いる．移動距離は各回の D&D でwを動かした距離である．移動速度は各移動距離とそれに対応する移動時間から求められる．U ターンは D&D 中にマウスを動かす方向が変わることと定義する．具体的に X 軸方向の U ターン回数は，D&D 中における $x(t_i)-x(t_{i-1})$ の符号と $x(t_{i+1})-x(t_i)$ の符号について，一方が正，一方が負となる回数を計数する．ただし，$x(t_{i+1})-x(t_i)=0$ となる場合は，$x(t_{i+k})-x(t_i)\neq 0$が満たされる最小の$k(k=2,3,\cdots)$における$x(t_{i+k})-x(t_i)$の符号と$x(t_i)-x(t_{i-1})$の符号の比較によって U ターンを判定する（Y 軸方向も同様）．解答中に同じ単語を複数回動かすことを想定し，移動時間，移動距離，移動速度，U ターン回数は単語ごとに合計，最大，最小，平均を求める．

表 1 から各特徴量の求め方を示す．まず，クリックされた単語の ID より had, know, happened の 3 単語が各々1 回，2 回，1 回 D&D されていることがわかる．移動時間はマウスの押下(1)から非押下(0)までであるから，know の場合，t_3からt_4までの 1000 msec とt_8からt_{11}までの 3000 msec である．よって，移動時間の合計，最大，最小，平均は各々4000，3000，1000，2000 msec となる．U ターンは know の 2 回目の D&D において Y 軸方向の U ターンが 1 回発生している．これはt_8からt_{11}まで D&D 中であることに加え，$y(t_9)-y(t_8)>0$かつ$y(t_{10})-y(t_9)<0$よりわかる．

表 1　マウス動作より得られる解答履歴の例

i	t_i (msec)	X 座標	Y 座標	マウスの押下(1)/ 非押下(0)	クリックされた単語
1	1000	126	66	1	1(had)
2	2000	161	152	0	
3	3000	258	65	1	3(know)
4	4000	233	136	0	
5	5000	308	93	0	
6	6000	419	65	1	7(happened)
7	7000	315	150	0	
8	8000	217	154	1	3(know)
9	9000	264	189	1	
10	10000	331	178	1	
11	11000	362	157	0	

4.データ収集

ラベルおよび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．対象者は某大学の英語系科目を履修している学生 72 名（工学部，農学部，教育学部）である．一人最大 105 問を解答してもらい，計 7071 問の解答履歴を得た．このうち，分類器の構築および分類の評価に用いる解答履歴はまず，迷った単語の選択が行われた 1546 問である．また，並べ替え終了後に解答に対する自信度を 4 段階で入力させており，この際に学習者が最も自信があると答えた 2157 問も用いる．解答履歴を用いた迷いの判定結果は発表当日にスライドにて詳述する．

5.おわりに

本研究では，英単語並べ替え問題に解答する際のマウスの動きから，各々の単語に対する迷いの有無を推定する手法を提案した．従来手法では単一の問題を解いている間に迷いが発生したか否か判定することしかできなかったが，提案手法を用いると迷いの発生した箇所を特定することができるため，学習者の理解度をより正確に把握する手がかりが得られると期待される．

今後の展望として，新たなパラメータの検討を考えている．例えば，単語を動かした順序や，ある単語を動かしてから次の単語を動かすまでの時間などが挙げられる．また，問題提示欄の単語の初期配置の各パラメータへの影響を少なくするためにインタフェースの改良も検討している．

参考文献

[1] J. Huang, R. White, G. Buscher: User See, User Point: Gaze and Cursor Alignment in Web Search, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.1341-1350 (2012).

[2] 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迷い抽出を志向した履歴分析 Web アプリケーション開発，日本 e-Learning 学会 2015 年度学術講演会, pp.21-27 (2015).

[3] F. Pedregosa et al.: Scikit-learn: Machine Learning in Python, Journal of Machine Learning Research, Vol.12, pp.2825-2830 (2011).

[4] J. Friedman, T. Hastie, R. Tibshirani: The Elements of Statistical Learning, Vol.1, Springer Berlin (2001).

Copyright ©2016 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.