Vol.2017-CE-142 No.27
Vol.2017-CLE-23 No.27
2017/12/10

ジグソー・テキストによる文並べ替え操作の測定

山口 琢[1]　大場 みち子[2]　高橋 慈子[3]　小林 龍生[4]

概要：文を並べ替えてジグソー・パズルを行う読解・作文アプリケーション「ジグソー・テキスト」を開発した。テクニカル・ライティングの授業で使い、並べ替え操作を測定してデータとして記録した。本稿では、測定データから、パズル操作の時間的共起関係と、文の配置の共起関係を分析し、ジグソー・テキスト操作の測定データに学習者の考え方が表れていることを示す。

キーワード：読解、作文、行動、測定、学習分析

Reading And Writing Activity Measurement And Analysis by Jigsaw Text

Taku Yamaguchi[1]　Michiko Oba[2]　Shigeko Takahashi[3]　Tatsuo Kobayashi[4]

1. はじめに

1.1 背景

近年、学習分析 (Learning Analytics) 研究の分析対象が、成績やドロップ・アウトの可能性といった大きな単位から、章節項・段落を編集する順序やページめくり操作といった細かい単位へ移ってきている。この変化には、細粒度化と行動指向という 2 つの側面がある。

細粒度化とは、測定・分析・応用の対象がきめ細かくなることを指す (**図 1**)。学習分析は、より小さな粒度で行動を測定して、より小さな粒度で効果を上げる方向に向かっている。例えば、作文アプリケーションでの編集操作の特徴と、書かれた文章の論理的構成の評価との関係を分析して、作文の学習・指導にきめ細かく役立てようとしている。

行動指向とは、従来の言語処理や AI の分野では「書かれたテキスト」を分析したのに対して、「そのテキストを書く過程 (process)・行動 (behavior)・行為 (activity)」を測定・分析して活用することを指す (**図 2**)。

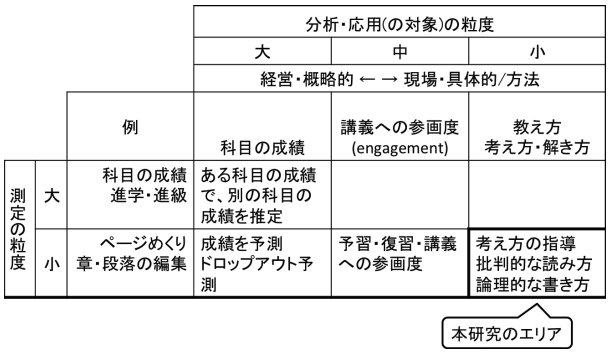


図 1　学習分析における測定と応用の粒度
Fig. 1　Granularity of measurement and application in LA

学習・指導環境に IT が導入されることで、このような細粒度の測定データを低コストで大量に収集して、リアルタイムで分析できる可能性が高まる。Web に代表されるアクセシブルで国際化され、標準化によって相互運用性の高い IT 環境を導入することで、多様な知的プロセスを対象にできる。このようなデータは、アンケート分析などと比べて低バイアスと考えられ、個別の研究で得られたデータを横断的に分析するデータサイエンスの可能性が広がる。

[1] フリー
Independent Researcher
[2] 公立はこだて未来大学システム情報科学部
Faculty of Systems Information Science, Future University Hakodate
[3] 株式会社ハーティネス
Heartiness Co., Ltd.
[4] 有限会社スコレックス
Scholex Co., Ltd.

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

Vol.2017-CE-142 No.27
Vol.2017-CLE-23 No.27
2017/12/10

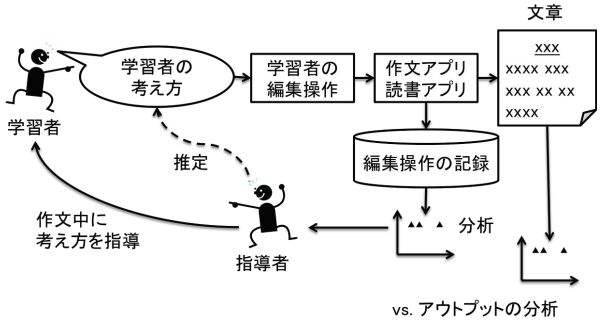


図 2　行動指向の学習分析
Fig. 2　Analytics focusing on behavior rather than output

2. 従来の研究と課題

従来の作文研究では、パソコンのキー入力を記録して分析するキーストローク分析研究や [1]、タブレット端末でタッチペンによる手書き入力 (筆跡) を時系列データとして記録して分析するペンストローク分析研究 [2] が行われてきた。これらの研究では、授業への参画度、宿題の実施状況、入力の熟練度、演習中のつまずき・停滞箇所を知ることができた。今後は、書き手の思考の中身により踏み込んだ分析が課題となっている [1]。

2.1 われわれの研究

われわれは、ロジック・ツリーという手法によって作文を支援する Topic Writer(トピック・ライター) を開発して、大学のライティング演習に適用して作文を測定・分析した。その結果、見直しの編集で文章中でより離れた場所を行き来する傾向と、書かれた文章の構成の改善度が関係することを示した [3]。書き手の思考の中身に一歩踏み込むことができた。

2.2 課題

アプリケーションを工夫して、Topic Writer よりも具体的に、受講者の考え方を捉えることが課題である。このとき、作文だけでなく、読解の考え方も含める。

新しくゼロから文章を書く演習では、見直しの編集には構成の改善だけでなく、誤字脱字の修正なども含まれる。見直し編集操作の傾向には、これらに関する傾向も含まれるだろう。

これまでの研究では、読み書き、読解と作文は分けて測定・分析されてきた。作文の推敲・見直しでは、自分の書いた文章を読んでいるはずだ。記事・資料の要約を作文するときは、前提として元の記事・資料を読んでいて、その読解と作文とは密接に関係しているはずだ。

そもそも、人は、他者が考えていることをどのようにして確かめられるだろうか。他者の考える方法、考え方は、どのように観察されるだろうか。

3. 研究の目的

文を並べ替えてジグソー・パズルを行うアプリケーション「ジグソー・テキスト」を使って、文の並べ替え操作を測定・分析することで、プレイヤーの考え方を捉えられるか評価することが研究の目的である。

ジグソー・テキストを解くことは、与えられた素材・文から文章を構成する作文行為と考えられる。この作文には、誤字脱字の編集を含まない。パズルのピース (文) は与えられるものなので、まず読んで理解する必要がある。ジグソー・テキストを解く行動には読解を含むと考えられる。文章の構成に絞り込むことで、使われる考え方も絞り込まれ、より明確に分析結果に表れる可能性がある。

4. 研究の方法

大学の学部生を対象としたテクニカル・ライティングの授業でジグソー・テキストを使い、並べ替え操作を測定してデータを得る。これらを、専用の分析ツールを開発して分析する。

4.1 手順

授業では、「オレオレ詐欺」について説明する文章を題材とし、ジグソー・テキストで文の順番を検討するよう指示した。適切と考える順序に並べ替えよと指示したが、結果はかならずしも元のテキストと同じではない。演習では、異なる順序になっても間違いとはしていない。

ジグソー・テキストは Web アプリケーションである。受講生 (プレイヤー) は、Web ブラウザーでジグソー・テキストにアクセスする。プレイヤーが課題 (パズル) を選択すると、ジグソー・テキストは、そのプレイにユニークな ID を付与して、課題の文章を句点「。」で分割してランダムに並べ替えてプレイヤーに提示する。プレイヤーはドラッグ＆ドロップ操作で文を並べ替える (**図 3**)。完成したところで完成ボタンを押すと、そのときの順序で並べられた文章が提出用テキストとして表示される。提出用テキストにはプレイの ID(Document Id と呼ぶ) が含まれ、各文の冒頭に文 ID がつけられている。受講生は提出用テキストを講師に提出する (**図 4**)。

4.2 記録データ

ジグソー・テキストは、ドラッグ動作とドロップ操作を別々に記録する。各操作について、日時、プレイを示す Document Id、操作対象の文の Id、操作コンテキストとして操作時の前後の文を記録した。このデータは、マトリックス型テキスト編集モデルに基づく [4]。編集コンテキストを記録することがこのモデルの特長である。考察と今後で述べるように、コンテキスト情報は今後改善する。

このときジグソー・テキストは、ドラッグ＆ドロップ各

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

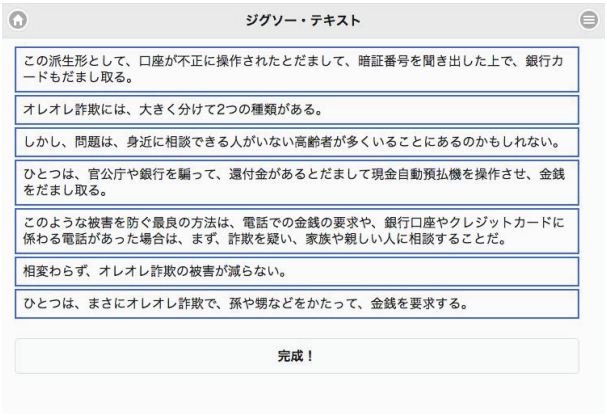


図 3　ジグソー・テキストの画面
Fig. 3　User interface of Jigsaw Text

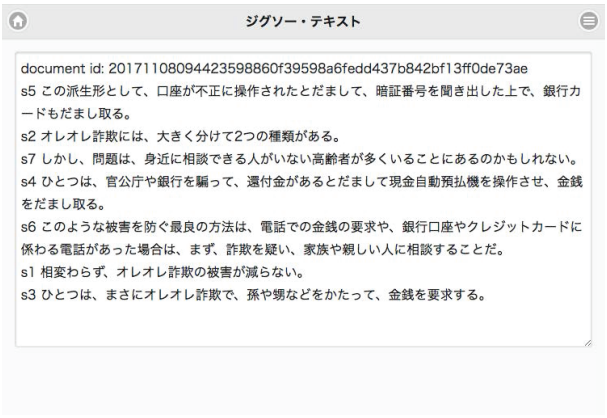


図 4　完成したパズルの提出用テキスト
Fig. 4　Text for submit

操作時および完成時の文の順序と、開始・完成日時を記録していなかった。

5. 結果

5.1 測定データ

51 件のプレイ (パズルを解く行為) について測定データを得られた。これらには、合計 358 回のドラッグ動作が含まれていた。完成テキストは講師に提出されていて、テキストに含まれる Document Id を照合することで、完成時の文の順序が分かる。

5.2 分析結果

分析ツールが表示する分析結果によってデータの特徴を示す。分析ツールは、操作の時間的・手順的関係と、ドロップ先の文の配置関係を集計して表示する。

5.2.1 時間的、手順的関係

図 5 は、1 つのプレイについて、パズルの操作を時系列で示した散布図である。縦軸の s1…s7 は文の ID で、図 4 で各文の頭に着いている ID に対応している。横軸は時間の経過を示す。丸○はドラッグ、三角△はドロップ操作を表す。丸と三角が続いている。グラフ上部の「20171020…」

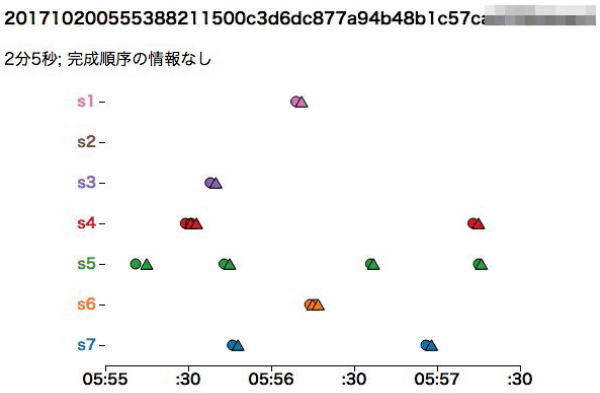


図 5　パズル操作の時系列散布図
Fig. 5　Timeline of puzzle operations

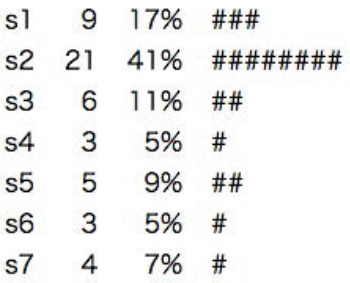


図 6　文が最初にドラッグされた回数
Fig. 6　Frequency of each sentence dragged first

は Document Id である。このプレイは、2 分 5 秒にわたってドラッグ＆ドロップ操作が行われた。

図 6 は、各文が最初にドラッグされた回数を示している。s2 の文が 41%で最も多いことが分かる。s2 は「オレオレ詐欺には、大きく分けて 2 つの種類がある。」という文である。

操作と操作の時間的・手順的な関係を見てみる。ある文をドラッグ＆ドロップし、続いて別の文 (同じ文を含む) をドラッグ＆ドロップしたとき、この連続をわれわれは時間的・手順的な「共起」関係と呼ぶ。**図 7** は、この共起関係を表すマトリックスである。**図 8** は、共起関係の頻度分布を示す。

各文の次に動かす文の順列は、自身を含めると 49 通りある。合計 358 回のドラッグ操作について、平均は 7.3 回であった。この標準偏差は 3.8 でる。図 7 は、平均+標準偏差より大きい回数のセルの背景をオレンジ色で着色してある。すなわち、オレンジ背景のセルは比較的多かった連続操作を示している。ただし、文同士の関係を見るために、続けて自分自身を動かす、すなわち対角線上のセルは着色していない。例えば、s2 の後で s3 をドラッグした回数は 16 回で、多い。これは s2「オレオレ詐欺には、大きく分けて 2 つの種類がある。」の後で s3「ひとつは、まさにオレオレ詐欺で、孫や甥などをかたって、金銭を要求する。」

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

Vol.2017-CE-142 No.27
Vol.2017-CLE-23 No.27
2017/12/10

n \ n+1	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7
s1	15	9	7	9	8	5	9
s2	3	9	16	12	4	6	3
s3	5	1	12	13	10	9	5
s4	10	2	9	14	13	8	3
s5	12	4	3	5	14	6	6
s6	12	2	2	4	7	7	6
s7	8	5	3	4	7	3	9

図 7　パズル操作の時間的共起マトリックス
Fig. 7　Temporal collocation matrix for successive puzzle operations

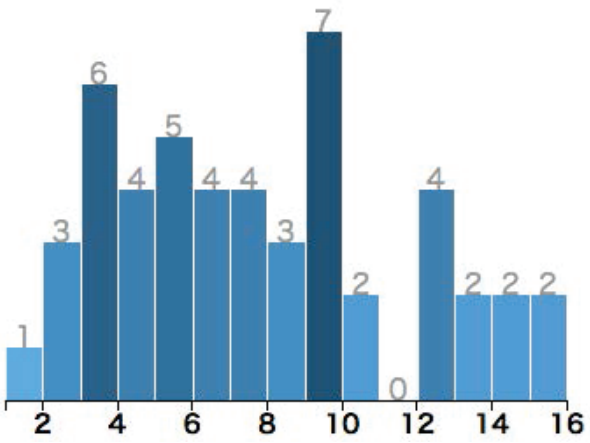


図 8　時間的共起関係のヒストグラム
Fig. 8　Histogram for temporal collocation

対象	ドロップ先の前後															
	s1		s2		s3		s4		s5		s6		s7		両端	
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
s1	-	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
s2	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
s3	0	0	0	1	-	-	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
s4	0	0	0	2	1	1	-	-	1	0	3	0	1	3	0	0
s5	0	2	1	0	2	1	0	3	-	-	2	1	1	0	2	1
s6	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	-	-	0	0	1	0
s7	0	0	0	0	0	2	2	0	0	1	1	1	-	-	1	0
両端	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-

図 9　ある 1 つのプレイで、ドロップした文と、ドロップ先の前後の文の共起マトリックス
Fig. 9　Collocation matrix for dropped sentence and the previous and the next sentences

を動かすことが多かったことを示している。

5.2.2　位置的、配置的関係

ドロップ操作後の文の空間的な位置・配置関係を見てみる。

図 9 は、ドラッグ＆ドロップされた文と、ドロップ先の前後の文との位置的な共起関係を示すマトリックスである。s6 の文を s4 の文の後 (画面では直下) へドロップした

対象	ドロップ先の前後															
	s1		s2		s3		s4		s5		s6		s7		両端	
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
s1	-	-	44	13	16	12	9	9	22	17	14	13	20	31	23	53
s2	13	20	-	-	20	8	22	11	10	10	20	12	13	10	8	35
s3	21	9	1	36	-	-	24	9	18	20	23	14	21	19	8	9
s4	15	17	1	20	14	30	-	-	43	19	19	14	20	27	16	1
s5	11	14	5	3	13	19	19	50	-	-	41	22	33	23	15	6
s6	7	13	3	3	3	21	10	17	23	20	-	-	23	19	25	1
s7	11	17	3	3	12	17	11	10	14	20	15	21	-	-	24	2
両端	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-

図 10　ドロップ先の共起マトリックスの集計
Fig. 10　Total of the drop collocation matrix

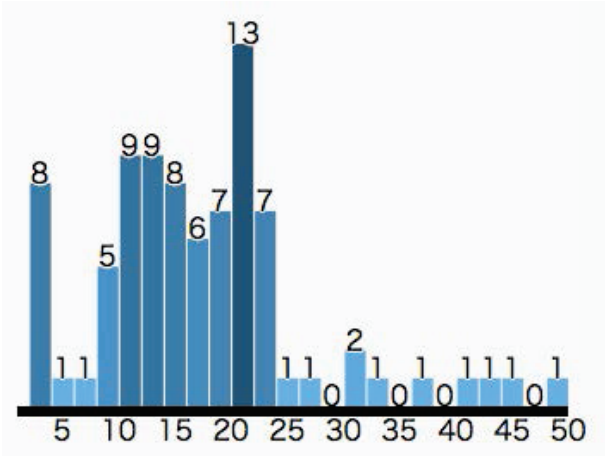


図 11　Histogram of drop collocation
Fig. 11　ドロップ先の配置の共起頻度のヒストグラム

回数が 3 回であった、などと読む。この回数を、51 件のプレイ全体で集計したのが**図 10** である。**図 11** は、共起頻度のヒストグラムである。

共起マトリックスを説明する。対角線は自分自身なのでありえない。s1 を s2 の前にドロップすることと、s2 を s1 の後ろにドロップすることは、結果は同じであるが、操作としては区別して別のセルになる。これらは、途中経過でのドロップ操作を集計したものであり、最終的な完成形での位置関係だけではない。縦横軸は s1…s7 と元のテキストの順に並んでいる。元のテキストで隣り合っていた順序にドロップすることは、対角線の両隣に該当し、背景を緑で着色している。ドロップ先が先頭または最後尾 (上下両端) の場合は、前の文や後ろの文はない。この場合は「両端」列に集計されている。s1 が先頭にドロップされた回数は 23 回であった。

ドロップされた回数の平均は、前後を区別して 16.8 回。ヒストグラムから、回数がばらついていることが分かる。この回数の標準偏差は 15 であった。平均+標準偏差よりも回数が多いセルの背景を黒く着色している。元のテキストと同じ順序位置へのドロップが、回数が多い。特に、s4 と s5 の、この順序の位置へは、どちらをドロップした場合でも多い。これらの具体的文は、s4「この派生形として、口

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

座が不正に操作されたとだまして、暗証番号を聞き出した上で、銀行カードもだまし取る。」s5「このような被害を防ぐ最良の方法は、電話での金銭の要求や、銀行口座やクレジットカードに係わる電話があった場合は、まず、詐欺を疑い、家族や親しい人に相談することだ。」である。

6. 考察

6.1 分かったこと

図 6 の分布から、最初に動かす (ドラッグする) 文の選択は偶然ではなく、意味があると考える。s2 の「オレオレ詐欺には、大きく分けて 2 つの種類がある。」という内容が、s3「ひとつは、…」s4「ひとつは、…」とセットになって文の位置を規定しているとプレイヤーが読解した結果、s2 を最初に動かすのだと解釈できる。闇雲にではなく、適切な文を最初に動かす。その最初の文に傾向があるということから、一定の考え方があって、それをジグソー・テキストの測定が捉えて分析によって可視化できていると考えられる。

図 7 の時間的共起マトリックスは、s2 の次に s3 および s4 を動かすことが多いことを示している。これも、最初に動かす文と同様に、s2、s3、s4 のセットが文の位置を規定しているとプレイヤーが読解し、それに基づいて並べ替えようとしていると解釈できる。いくつかの文をセットで捉えて動かす、そのような考え方を可視化できている。

図 10 の集計結果が示す、ドロップ先の位置的な共起関係は、その順序が正しいとプレイヤーが下した判断が反映していると解釈できる。このため、元の文章の順序に該当する対角線の近くのセルが、頻度が高くなっていると考えられる。途中経過でのドロップ先の傾向から、プレイヤーの判断を読み取ることができる。ただし個々のプレイの個別の操作については、必ずしもそうではない。s3、s2 と s5 の間にドロップしたとして、s2 と s5 どちらとの前後関係が正しいと判断したかは分からない。また、UI の問題で、ドラッグ途中で誤ってドロップしてしまうこともあるだろう。

これらが全体の傾向から読み取れたことで、51 件のプレイについて、プレイヤーはきちんと文を読み、考えて解いていたと言える。

6.2 新たな課題

図 7 と図 10 を比べると、前後する操作の近さと、操作対象の配置の近さは必ずしも対応しないことが分かる。s5 や s6 の後で s1 がドラッグされることが多いが、s5 と s1、s7 と s1 が隣り合うことが多いわけではない。位置の近さとは関係しない、並べ替えの考え方があると推測される。場所的に遠く離れた文が、時間的に近くで操作されるのは興味深い。それがどのような考え方に基づくのかは今後の課題である。

適切と考える順序に並べ替えよと指示したが、結果はかならずしも元のテキストと同じではない。演習では、異なる順序になっても間違いとはしていない。本研究は、完成順序のばらつきに関心があるが、これについては別稿に譲る。

文の内容ではなく画面上の位置が、操作に影響したかもしれない。例えば上下両端の文よりも、中央辺りの文の方が頻繁にドラッグされる傾向があるかもしれない。今回の 51 件については、各操作時の文の順序を記録していなかったため、これについては評価できない。

7. 結論

6.2 より、ジグソー・テキスト操作の測定データは、プレイヤー (受講者) の考え方を反映していて、分析によって考え方の違いを区別できると言える。課題テキストを工夫したり、今後に述べるような付加情報を測定データに含めることで、さらに具体的にプレイヤーの考え方を見いだし、指導に結びつけられると考える。

8. まとめ

文を並べ替えて文章を完成させるジグソー・テキストの操作を測定・分析することで、プレイヤーが文を読解し作文する考え方を可視化できることを示した。

8.1 将来のテーマ

本稿で取り上げた課題「オレオレ詐欺」では、「…2 つの種類がある」「ひとつは…」「ひとつは…」というセットを、当初は「…2 つの種類がある」「ひとつは…」「もうひとつは…」としようとしていた。これを、順序の自由度を高める意図で、実施前に変更した。課題の 2 つのパターンを比較することで、「ひとつは…」と「もうひとつは…」といったことばの機能を比較できる可能性がある。

測定データについては、パズル開始とパズル完成を記録することとする。また、開始、ドラッグ、ドロップ、完成の各時点での文の順序を記録する。これによって、対象文の位置が、操作に与える影響を分析することができる。

このアプローチが有効なのは、テキストにとどまらないだろう。並べ替えの対象を、できごと・年表としたり、プログラムのコードとすることで、歴史やプログラミング分野での考え方を可視化できるだろう。

また、対象の配置も、今回のようにリニア・1 次元だけでなく、ツリーや 2 次元の配置とすることで、より複雑な考え方を測定・可視化できる可能性がある。例えば、地名・地物をタイル上に配置することで、位置関係のイメージを可視化する応用が考えられる。

謝辞 本論文は科研費 (JP17K01085) の助成を受けたものである.

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

参考文献

[1] LEIJTEN, M., VAN WAES, L. ”Keystroke logging in writing research: Using Inputlog to analyze and visualize writing processes”. Written Communication, 30(3): 358 – 392. (2013)
[2] 飯山将晃、中塚智尋、森村吉貴、橋本敦史、村上正行、美濃導彦、ペンストロークの時間間隔を用いた解答停滞箇所の検出、教育システム情報学会誌 34(2), 166-171, 2017
[3] Oba Michiko, Yamaguchi Taku, Takahashi Shigeko, Kobayashi Tatsuo, Analysis of Relationship Between Text Editing process and Evaluation of Written Text in Logical Writing, IPSJ-CE 141 International Conference, 2017
[4] 山口琢、高橋慈子、小林龍生、大場みち子、作文行動を測定・分析するためのマトリックス型テキスト編集モデルの設計、研究報告コンピュータと教育（CE）、2017-03-11
[5] 大場みち子、山口琢、高橋慈子、小林龍生、文章作成における文章評価と編集操作との関係分析、研究報告コンピュータと教育（CE）、2016-12-03
[6] Oba Michiko, Yamaguchi Taku, Takahashi Shigeko, Kobayashi Tatsu, Analysis of Relationship Between Text Editing process and Evaluation of Written Text in Logical Writing, IPSJ-CE 141 International Conference, 2017
[7] 高橋慈子、大場みち子、山口琢、小林龍生、テクニカルライティング教育におけるクラウドツール活用と相互レビューの効果分析、研究報告ドキュメントコミュニケーション（DC）、2017-03-10
[8] 山口琢、高橋慈子、小林龍生、大場みち子、文章を構成する過程を測定するジグソー・テキストの開発、研究報告コンピュータと教育（CE）、2016-12-03
[9] 山口琢、高橋慈子、小林龍生、大場みち子、文章編集行動の測定・分析手法の考察：手順書とジグソー・テキスト、研究報告ドキュメントコミュニケーション（DC）、2017-03-10

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan