

# ジグソー・テキストの測定・分析とさまざまなコンテンツへの応用

山口 琢<sup>1</sup> 大場 みち子<sup>2</sup>

**概要:** ジグソー・テキストは並べ替え読解・作文ツールで、いわば読解・作文のジグソー・パズルである。Web アプリで、スマホにも対応している。このアプリはプレイの操作を記録していて、パズルごと・学習者ごと・クラスごとなどの観点から可視化・分析でき、授業・演習で活用したり研究・実験に使ったりしている。同様の手法をプログラミング、歴史、プロジェクト計画、地理などにも適用拡大しようとしている。これらについて、さまざまな学会・研究会で発表し討論を重ねている。本発表では、これらアプリや、プレイ操作の分析手法を紹介する。

**キーワード:** 並べ替え作文、並べ替えプログラミング、並べ替え操作の測定・分析、アクセス解析

## Jigsaw Text: Its Measurement, Analysis and Various Applications In the Same Way

TAKU YAMAGUCHI<sup>1</sup> MICHIKO OBA<sup>2</sup>

**Keywords:** reordering texts, reordering codes, measurement and analysis of reordering operations, access analysis

### 1. はじめに

ジグソー・テキストは並べ替え読解・作文ツールで、いわば読解・作文のジグソー・パズルである。Web アプリで、スマホにも対応している。このアプリはプレイの操作を記録していて、パズルごと・学習者ごと・クラスごとなどの観点から可視化・分析でき、授業・演習で活用したり研究・実験に使ったりしている。同様の手法をプログラミング、歴史、プロジェクト計画、地理などにも適用拡大しようとしている。

本発表では、まず先行事例を取り上げて分析する。これを踏まえて、われわれのパズルや、プレイ操作の分析手法を紹介する。

### 2. 先行する取り組み

#### 2.1 Web サイト、オンラインゲーム

Web 上の情報サービス、例えば EC サイトなどでは、従来からアクセス解析が行われてきた。Web サイトへ入る、サイト内を移動する、サイトから出ていくといったユーザの細かい行動を観察・測定し、分析する技術が発展してきた。

オンラインゲームでは、プレイ時間(滞留時間)といった比較的マクロな KPI (Key Performance Indicator) だけでなく、UI 操作のタイミングをミリ秒単位で計測するなどミクロな測定を行っている。それに基づいて、ゲームの進捗やアイテムの使用状況を分析している。このために、分析用の工夫をあらかじめデータベースに反映しておくなどされている。これら分析に基づいて、ときに数時間という短いインターバルで、プログラムの改修などの PDCA (Plan Do Check Act) サイクルを回している [1]。

<sup>1</sup> フリー

Independent Researcher

<sup>2</sup> 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

## 2.2 学習分析

書き手のキーストローク [2][3]/ペンストローク [4] を測定する研究では、では、焦り・つまずき・滑らかさなどからプレイヤーの熟達度や、いつ勉強してるか・授業についてきているかなどの参画度を検出した。しかし、プレイヤーが、パズルを解く過程で採用する個々の戦略・判断・知識の推定にはいたっていない。

視線の移動経路を測定する研究 [5] では、MindMap の読解において視線移動によって読解戦略の違いを捉え、その読解戦略の違いから習熟度を推定する可能性を示した。

## 2.3 課題: 何をキャプチャするか

ゲームの例と、キーストローク/ペンストローク/視線分析との違いは、測定でキャプチャする対象である。ゲームでは分析で知りたい「アイテム」の使用状況などを直接捉えることができる。学習分析の前記の事例では、学習者の思考を捉えたい場合、キーストロークといった物理的・生理的な測定データを、ことばや文章などの認知的な対象へ翻訳しなくてはならない。ここで精度などの問題が起きる。ゲームではこれがない。

デジタル教材であれば、分析のポイントとなるアイテムをデジタルオブジェクトとすることで、ゲーム同様に、学習者の行動を意味的なレベルで分析できるのではないかな。

## 3. われわれのこれまでの取り組み

パズルを適切に設計して、パズルを解く操作を測定し、解くプロセスを分析することでプレイヤーの思考を推定する研究・指導・学習手法を、われわれは提案してきた。パズルとは「人に考えさせるコンピューター・アプリケーション」、プレイヤーはアプリケーションのユーザー、パズルがプレイヤーに提示する「文」や「できごと」など操作の単位をパズルのピースと、パズルを解くことをプレイと呼んでいる。

ジグソー・コードは、ランダムに並んだ文(パズルのピース)を、プレイヤーが適切と考える順序に並び替えて完成させる、文章のジグソー・パズルである。文がパズルのピースとなる。Web アプリケーションとして実装されている。

解くプロセスを分析する手法の例として、時間的・手順的な共起分析を示してきた。時間的に近くで操作対象となるピース間には何かの関係があると考えられ、操作の時間的な共起分析が、パズル操作の分析に有効と考えている。

これらのアイデアについて、教育における評価の観点から情報教育シンポジウム (SSS2018)[6] で、プログラミング教育の観点から日本ソフトウェア科学会第 35 回大会 [7] で、思考を推定する観点から日本認知科学会第 35 回大会 [8] で、ワークフローや組織のコミュニケーションの観点から情報処理学会ドキュメントコミュニケーション研究会 [9] で、それぞれ発表して議論を深めてきた。

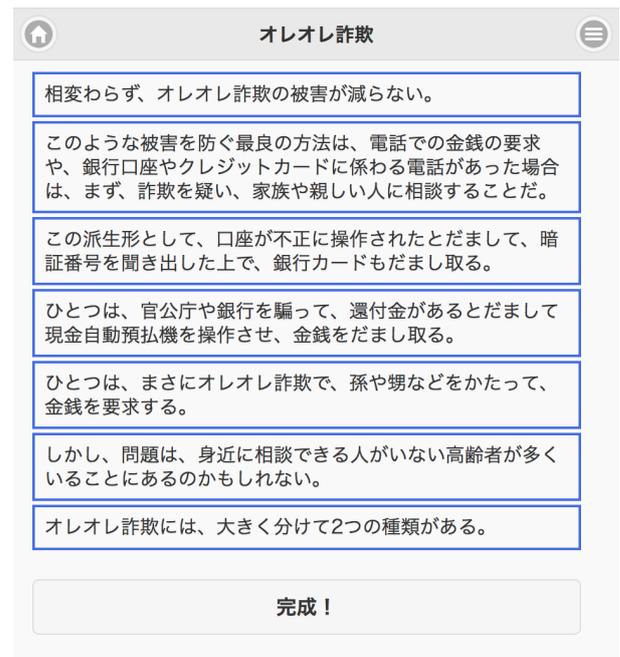


図 1 ジグソー・テキストのパズル「オレオレ詐欺」

Fig. 1 Jigsaw Text puzzle "Ore Ore Fraud"

ジグソー・テキストや、ロジック・ツリーによる作文パズル「トピック・ライター」は、テクニカルライティングなどの演習で使用され、測定データを分析してきた [10][11][12][13]。

本章では、並べ替え方式のパズルをメインに、ジグソー・テキストなどパズルと分析の例を示す。実際にやってみると、並べ替え対象、すなわちパズルのピースが少なくても意外に難しいことが分かる。

### 3.1 ジグソー・テキストの測定と分析

ジグソー・テキストは、ピースの集まりから文章全体を想定(読解)し、適切な順序に並び替える(作文)ことを求める(図 1)。図 2 に「ジグソーテキスト」で文を並べ替える操作と、その操作の測定すなわち記録されるデータを示す。図では操作として、ID「s3」のピースを「s1」と「s4」の間からドラッグして、「s6」と「s5」の間にドロップしたことを記録している。

測定データを分析する手法として編集操作(パズル操作)対象の時間的な共起分析を導入した。トピック・ライターの分析では、共起頻度を操作対象間の空間的距離に応じて重み付けして累計した Editing Operation Indicator (EOI) を指標として提案した。レビュー後の文章の改善度と EOI とに順位相関があることを示した [10][11]。

ジグソー・テキストでは、時間的共起頻度から、プレイヤーが文章全体の構造を読み取って解いている様子を見いだせた [12][13]。図 2 図 3 の「s1」などは、図 2 での行の ID「s1」などに対応する。共起行列は、「s1」を動かした後で「s2」を動かした回数が「9」回であった、などを表す。共起回数が有意に多いならば、対応する行同士には何らか

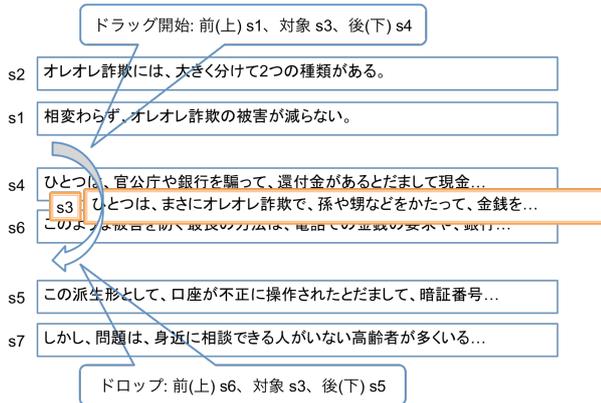


図 2 ジグソー・テキスト操作の測定

Fig. 2 Measurement of solving operations for Jigsaw Text.

n \ n+1	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7
s1	11	9	5	7	6	3	7
s2	2	7	12	10	4	6	3
s3	3	1	9	8	7	8	5
s4	8	1	8	10	11	5	3
s5	8	4	3	5	9	6	5
s6	9	2	2	4	6	6	5
s7	6	5	3	4	6	3	6

図 3 ジグソー・テキスト操作の時間的共起行列

Fig. 3 Figure N Caption

の関係があると推定する。この関係が、構文上の関係であれば、ジグソー・パズルを、絵柄ではなくピースの形に基づいて解くようなものだろう。パズル、すなわち課題の文章を工夫することで、このような手がかりを排除することもできよう。

### 3.2 ジグソーできごと

ジグソーできごとは、過去のできごとの順序や、これから行う手続きの順序などを問うパズルである。図 4 は学校の歴史を、その地域の歴史と関連づけて問う年表パズルである。「函館新外環…」が周辺地域、すなわち函館市の主なできごと、それ以外が大学の主なできごとである。図 5 は、結婚式の段取りを問うプロジェクト計画パズルである。

図 4 では、よく知られている(知っていると思われる)前後関係を明らかにできるだろう。

図 5 のようなパズルは、単に正解を問うだけでなく、何を大切に、大切さをどう順序に反映するかというプレイヤーの意識も明らかにすると考えられる。

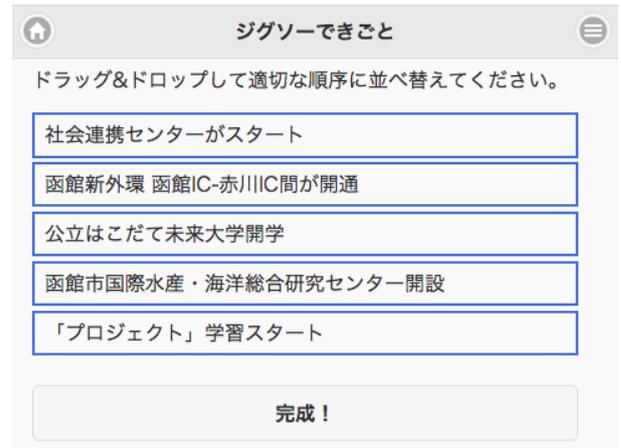


図 4 「公立はこだて未来大学の歴史」パズル

Fig. 4 History of Future University Hakodate

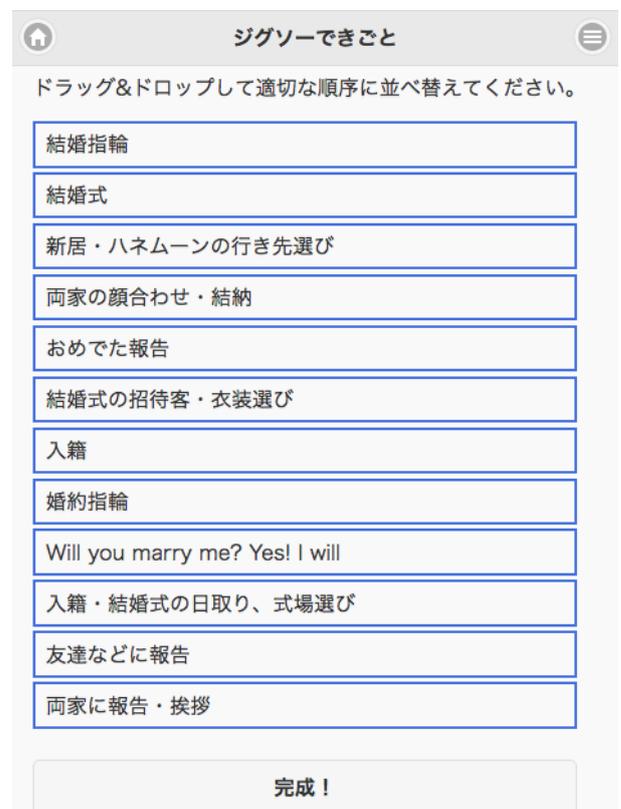


図 5 結婚の段取り

Fig. 5 Wedding procedure

### 3.3 ジグソー地理

ジグソー地理は、町や史跡などの 2 次元の位置関係を問う、2 次元の並べ替えパズルである。正確な位置を問うだけでなく、緯度経度から自由に配置できることで、印象を問うこともできる。図 6 は、人によって異なる「湘南」の範囲・位置を問うパズルである。図 7 は、自分中心に生まれ育った地域の学校などを配置する。集計することで、地域にとってのランドマークなどが明らかになると期待できる。

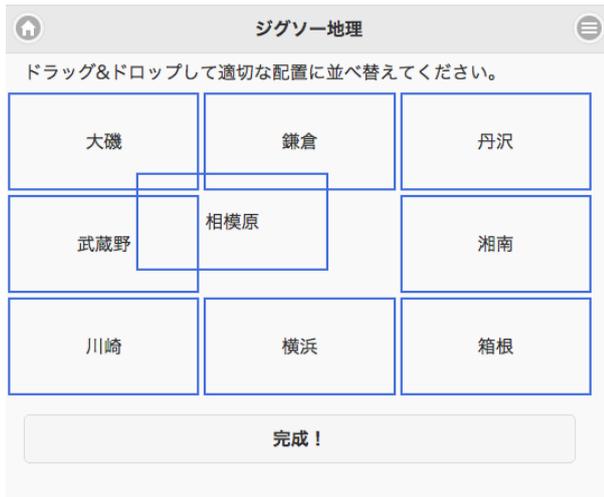


図 6 湘南の位置を問うパズル  
 Fig. 6 Location of Shouunan

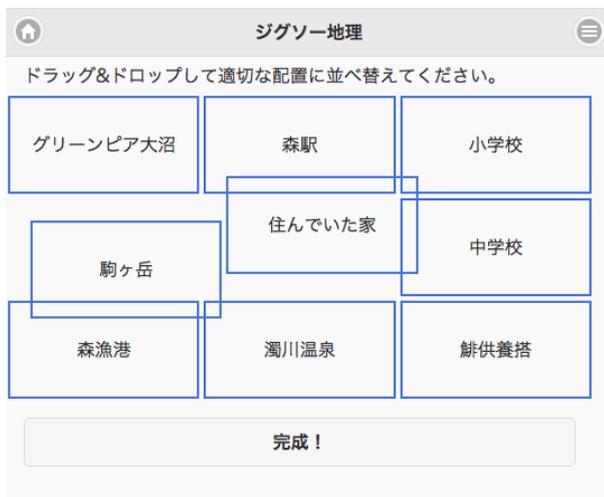


図 7 生まれ故郷  
 Fig. 7 Birthplace

### 3.4 ジグソー・コード

ジグソー・コードは、プログラム・コードの行を並べ替えて、正しいプログラムにするパズルである。核心部分のみを問う図 8 に比べて図 9 は、広い範囲の並べ替えを求めている、難易度が高いと予想される。図 9 のパズルに対して図 10 のような共起行列が得られたすれば、「s3」関数宣言の開始の次に「s11」関数宣言の閉じカッコを動かすことが多いと分かる。すると「まず、関数の開始・終了といった、決まり切った構文を整えることから着手する」という戦略がとられていると言えるだろう。図 11 は、各行を最初に動かした割合である。ここからも、まず何をするかを読み取れる。

図 12 は [14] の短冊型問題の回答過程を測定する例である。あるグループの回答者たちが「i を 1 から n まで 1 ずつ増やしながらか、くり返し」と「ここまでが「くり返し」の範囲」とを、セットで選ぶ傾向があると判明したら、そ

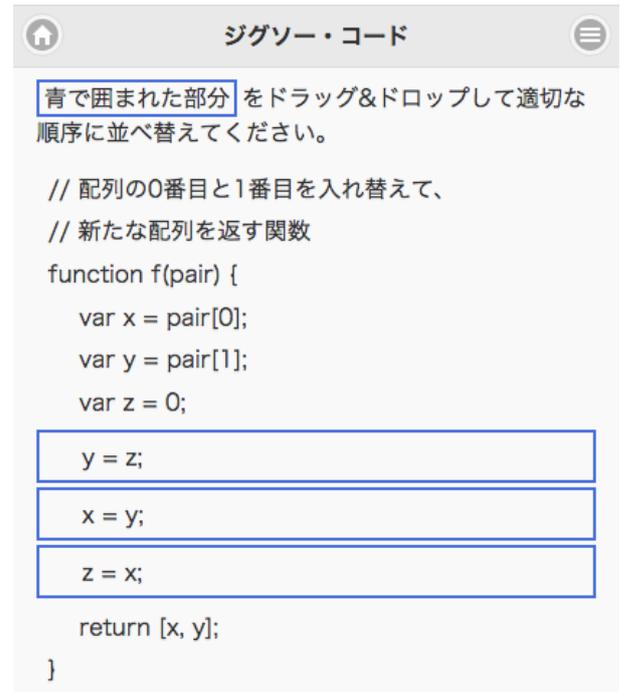


図 8 変数の値の入れ替え #1  
 Fig. 8 Replacement of values of the variables #1

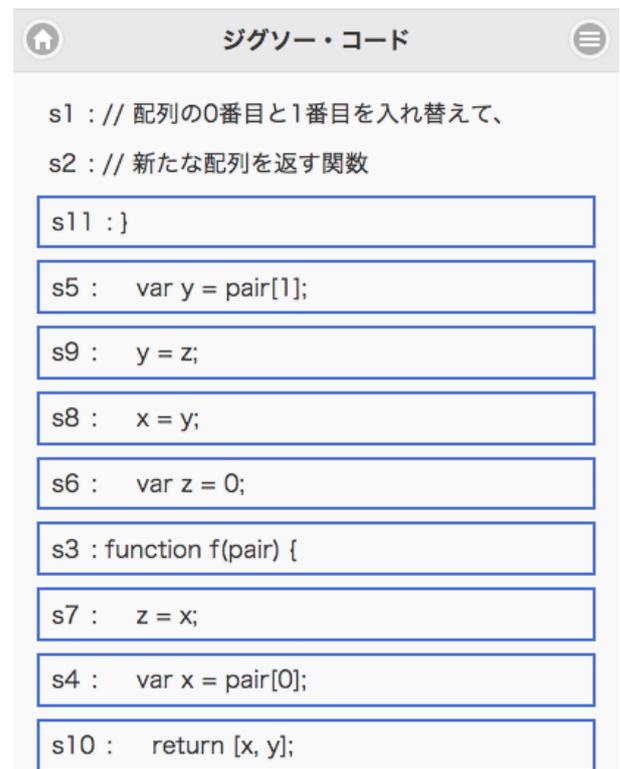


図 9 変数の値の入れ替え #2  
 Fig. 9 Replacement of values of the variables #2

のグループはプログラムのくり返し構造を身につけていると言えるかもしれない。

## 4. まとめ

デジタル教材を工夫して、分析のポイントとなるアイテ

n \ n+1	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11
s3	0	3	1	0	2	1	0	0	7
s4	0	3	7	1	1	0	1	1	0
s5	0	2	2	7	0	0	0	3	1
s6	2	0	0	4	7	2	3	1	0
s7	0	0	0	2	2	8	2	0	0
s8	1	0	0	1	0	1	2	1	2
s9	0	1	0	1	5	1	4	0	1
s10	1	2	4	2	1	1	1	4	0
s11	2	3	0	0	0	0	0	5	5

図 10 並べ替え操作の共起行列。「最初に決まり切った構文を整える」という戦略が多く採用されていると考えられる。

Fig. 10 Collocation matrix for reordering operation

s3	8	38%
s4	0	0%
s5	1	4%
s6	2	9%
s7	0	0%
s8	0	0%
s9	1	4%
s10	2	9%
s11	0	0%

図 11 最初に動かした行の割合

Fig. 11 Percentage of lines moved first

ムの取り扱いを直接測定できるようにすることで、学習者の思考を推定する取り組みを紹介した。

謝辞 ジグソー・テキストおよびジグソー・コードを使った演習や実験について、議論および資料を提供して頂いた公立はこだて未来大学の伊藤恵准教授と川北紘正氏に感謝します。本研究はJSPS 科研費 17K01085 の助成を受けたものです。

### 参考文献

- [1] 越智 修司、高田 敦史、データ分析が支えるスマホゲーム開発 ～ユーザー動向から見えてくるアプリケーションの姿～、インプレス、2014-04-11
- [2] LEIJTEN, M., VAN WAES, L., (2013) "Keystroke logging in writing research: Using Inputlog to analyze and visualize writing processes". *Written Communication*, 30(3): 358 - 392.
- [3] 田中啓行、石黒圭、(2018) "日本語学習者の作文執筆修正過程：中国人学習者と韓国学習者の修正の位置と種類の分析から"、国立国語研究所論集 = NINJAL Research Papers (14), 255-274
- [4] 飯山将晃、中塚智尋、森村吉貴、橋本敦史、村上正行、美濃

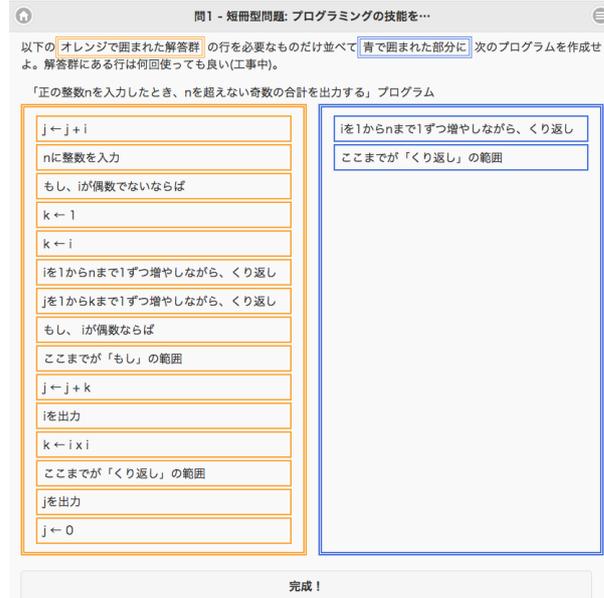


図 12 短冊型プログラミングの測定

Fig. 12 Measurement of split-paper programming

- [5] 導彦、(2017) "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
- [6] 山内肇、小林司朗、岡ノ谷一夫、思考モデル型ノート記法におけるエキスパートと初心者の視線移動の違いについての考察、日本認知科学会、認知科学 19(4), 418-433, 2012
- [7] 山口琢、大場みち子、"できごと、手順、プログラムや地理の並べ替え操作の測定と分析"、情報処理学会、情報教育シンポジウム論文集、2018
- [8] 山口琢、大場みち子、並べ替えプログラミングの測定・分析、日本ソフトウェア科学会第35回大会、2018
- [9] 山口琢、小林龍生、高橋慈子、大場みち子、パズル操作の測定・分析による思考の推定、日本認知科学会大会発表論文集、2018
- [10] 山口琢、伊藤 恵、大場みち子、プログラミング・パズルの測定と分析、情報処理学会 研究報告ドキュメントコミュニケーション (DC) ,2018-DC-111(2),1-6 (2018-11-19), 2188
- [11] 大場みち子、山口琢、高橋慈子、小林龍生、藤原亮、文章作成とレビュー効果の測定と分析、情報処理学会、研究報告コンピュータと教育 (CE),2018-CE-144(28),1-7, 2018
- [12] Michiko Oba, Taku Yamaguchi, Shigeko Takahashi, Tatsuo Kobayashi, Analysis of Relationship between Text Editing Process and Evaluation of Written Text in Logical Writing, 研究報告コンピュータと教育 (CE) ,2017-CE-141(10),1-9, 2017
- [13] 山口琢、大場みち子、藤原亮、高橋慈子、小林龍生、読解・作文行動の測定と分析手法、情報処理学会、研究報告教育学習支援情報システム (CLE),2018-CLE-24(24),1-8, 2017
- [14] 山口琢、大場みち子、高橋慈子、小林龍生、ジグソー・テキストによる文並べ替え操作の測定、情報処理学会、研究報告コンピュータと教育 (CE),2017-CE-142(27),1-6, 2017
- [15] 角田 博保、久野 靖、短冊型問題: プログラミングの技能を評価可能な試験出題形式、夏のプログラミング・シンポジウム 2016「教育・学習」(2016)