

# 編集操作の時間的共起分析の提案

山口 琢<sup>1</sup> 大場 みち子<sup>2</sup>

**概要:** 近年求められる思考力とは、ときには答えのない課題にも取り組む能力である。われわれは、作文、プログラミング、パズルなどに取り組む思考過程の特徴を可視化する手法として、編集操作の時間的な共起分析を提案する。本手法は、いくつかの操作が時間的に近くで行われる頻度を集計する。このように集計する動機は、テキスト分析における語の共起と同様である。ある複数の操作が頻繁に時間的に近くで行われるとき、それらの操作は何らかの定型操作であったり、考え方の類似性の手がかりになると解釈できる。本稿では、ワークシート作文やプログラミング・パズルを解く過程を記録したデータの具体例をあげて、本手法が捉えるデータの特徴を示す。課題を解く一連の操作全体を対象とする分析手法と比較すると、部分を集計する本手法は、試行錯誤を含むような思考過程に対して有効である。

**キーワード:** 共起, 時間的共起, 編集操作, 並べ替え操作, 思考過程

## Proposal of Temporal Co-occurrence Analysis for Editing Operation Sequence

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

**Abstract:** In recent years, thinking ability has been regarded as important. Sometimes, it is the ability to tackle issues which have no answer. We propose temporal co-occurrence analysis of editing operation sequence to explore thinking processes in writing, programming and any other intellectual tasks. When some editing operations - events - occurred near in time, it suggests that those operations have some meaning as a whole or constitute a fixed pattern. In this paper, by this method, we show the features of editing operation sequence data of worksheet-writing, solving writing and programming puzzles. This method is effective for which includes trial-and-errors compared to a method which analyze the sequence as a whole.

**Keywords:** co-occurrence, temporal co-occurrence, editing operation, reordering operation, thinking process

### 1. はじめに

思考力が教育において重要視され、「答えが1つではない課題」や「答えのない課題」や、「理解してること・できること」を使って「未知の状況」にも対応できることが期待されている [1][2].

Computer-based testing (CBT) の導入が進み、従来の紙ベース試験とは異なる手法で思考力を評価できると期待

され、研究されている [3]. 近年注目されているプログラミング教育はコンピュータ上で行われるので、紙ベースの授業よりも容易に、児童・生徒・受講生が課題に取り組むプロセスを測定してデータを得られるだろう。文献 [4] では、プログラムの穴抜き問題を、解答の所要時間などでクラスタリングしている。

#### 1.1 着想

思考力を論じるとき「考え方」ということばが使われる。このことは「考えることに方法がある」と認識されている現れであろう。考えることに方法があるなら、考えながら

<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

何かを操作するとき、考える方法が操作のパターンに表れると期待できる。IT を利用したパズル・アプリケーションであれば、アプリの操作を記録（測定）する仕組みを、われわれ自身が適切に設計することで、解く考え方がパズル操作の測定データに反映されると期待できる。

## 1.2 課題

この手法で考え方を研究するとき、分析対象の測定データはパズル操作の時系列データとなり、これに応じた分析手法が必要となる。答えのない・未知の課題に対して、理解していること・できることを動員して、試行錯誤して取り組むプロセスの特徴を抽出できる分析手法である。

## 1.3 本稿の構成

本稿では、まず関連する研究をとりあげて、提案手法の位置づけを示す。次に、提案手法を示すが、共起概念そのものは古くから使われているものであり、概要を示すにとどめる。次に、ユーザの編集操作を記録・測定するアプリを具体的に示す。そして、それらアプリが測定した具体的な系列データをあげて、提案手法がそこからどのような情報を抽出するかを示す。最後に、提案手法と他の手法との違いを考察する。

## 2. 関連研究

### 2.1 従来のテキスト分析

テキスト分析における共起分析といえは、思考プロセスによって書かれた・産出されたテキストにおける、語同士の共起関係を分析することである。単純化して言ってしまうと、文字列上の位置に基づいてテキストを分析する。テキストの意味的な内容が時間の経過を含み、その経過を踏まえて分析する研究もあるが、テキストそのものが書かれるプロセスを共起の観点から分析するものではない。

本稿で提案する手法は、テキストを書く・産出するプロセスに着目し、それを通して完成テキストの部分間の関係を分析するものである。単純化して言ってしまうと、時間軸上の位置に基づいてテキストを分析するものである。

### 2.2 系列パターンのクラスタの共起分析

時系列データに共起概念を導入した先行研究はある。文献 [5][6] は、事象のクラスタを共起の観点から分析して、燃料電池の損傷間および地震間の相互作用を抽出する手法を提案している。

ここで導入された概念は本稿の共起を含む。すなわち、この文献が定式化した共起関係は事象の集合同士の共起を扱っており、この集合が要素を 1 つだけ含み互いに素な集合とすれば、本稿の共起概念と一致する。

本稿で提案する手法は、そのような汎用性には欠けるが、よりシンプルな共起概念を作文やプログラミングといった

人間の知的活動に適用するものである。また、本稿で取り上げる事例では、1 つの系列に含まれる事象の数、すなわち、1 つの文章の編集や 1 つのプログラミング・パズルを解くプロセスに含まれる編集操作の数はせいぜい数 10 個と少ない。本稿では、共起分析の結果の図表だけでなく、系列データそのものをとりあげて、共起の組が系列データ全体の中でどのように現れるかを見る。

## 2.3 Parson's Problem の分析

4.1 節で述べるジグソー・コードによく似た Parason's Problem を解く過程を分析した研究がある [7]。この研究では、プログラム・コードの断片が正しい位置に置かれた時間的な順序について、最適な順序を分析している。図 5 で示すように、このような並べ替えプロセスは試行錯誤を含み、同じ断片・ピースを何度も動かすことがある。この研究では、これら試行錯誤に該当するデータを落としてしまうことが課題だと述べられている。

## 3. 編集操作の共起分析

われわれは編集操作の時間的な共起分析を提案してきた。本手法は、いくつかの操作が時間的に近くで行われる頻度を集計する。このように集計する動機は、テキスト分析における語の共起と同様である。ある複数の操作が頻繁に時間的に近くで行われるとき、それらの操作の間には意味のある関係があり、例えば、何らかの定型操作を構成したり、考え方の類似性の手がかりと解釈できる。

## 4. 編集操作を測定するアプリケーション

われわれの取り組みから、ユーザの編集操作を記録・測定するアプリを具体的に示す。ワープロ、表計算、ドローソフトなど、どのようなアプリであっても、同様の測定は可能である。

### 4.1 並べ替え作文のジグソー・テキスト、並べ替えプログラミングのジグソー・コード

ジグソー・テキストは、分割されランダムに並べられた文章のピースを、並べ替えて完成させる文章のジグソー・パズルである。言い換えると、文章の断片群を読解して再構成する並べ替え作文である。Web アプリケーションであり、ドラッグ&ドロップで並べ替える [8]。図 1 の例は「オレオレ詐欺」を説明する記事が 7 個のピースに分割されている。「ひとつは…金銭を要求する。」などがパズルのピースである。図 2 は、さらにピースの取捨選択が加わったものである。

ジグソー・テキストはプレイヤーの並べ替え操作を測定している。まず、パズルを解き始めたときと完成したときに、その時刻と、そのときのピースの並び順が記録される。ピースはドラッグ&ドロップで並べ替えられる。ドラッグ

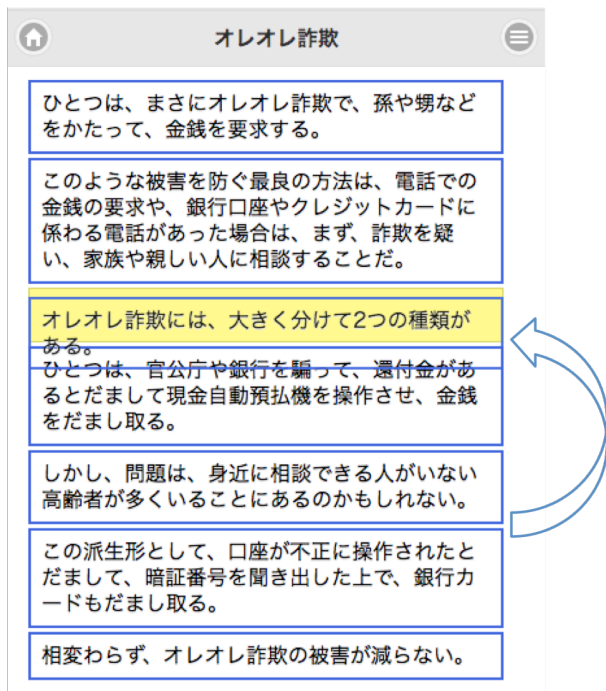


図 1 並べ替え作文のジグソー・テキスト

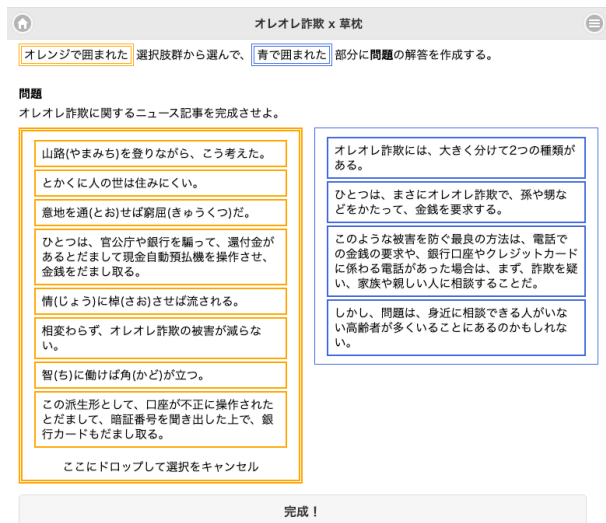


図 2 ピースを取捨選択して並べ替えるジグソー・コード 2

し始めたときとドロップしたときに、その時刻と、ドラッグやドロップされたピース、それぞれのときに前後にあったピースや、ピース全体の並び順が記録される。図 3 は、ID が s3 のピースをドラッグし始めたときと、ドロップしたときに記録されるデータを示している。s3 などはピースに割り当てられた ID である。ID の添字の 1, 2, … は必ずしも正解の順序に対応しない。

ジグソー・テキストと同様に、プログラムのコード断片を並べ替えて完成させるジグソー・コードがある [9]。取捨選択して並べ替えるジグソー・コード 2 もある。具体例については、後で系列データを図 13 で示す。

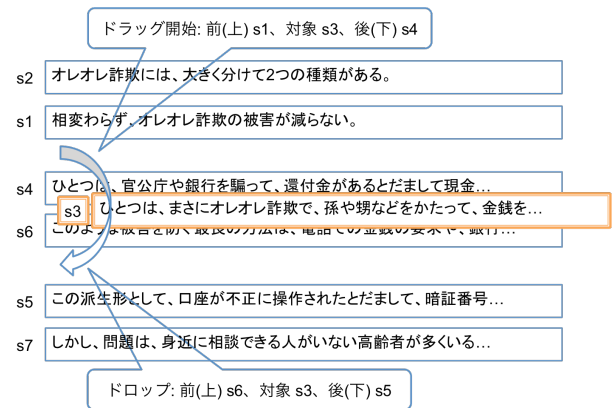


図 3 ジグソー・テキストによる並べ替え操作の測定

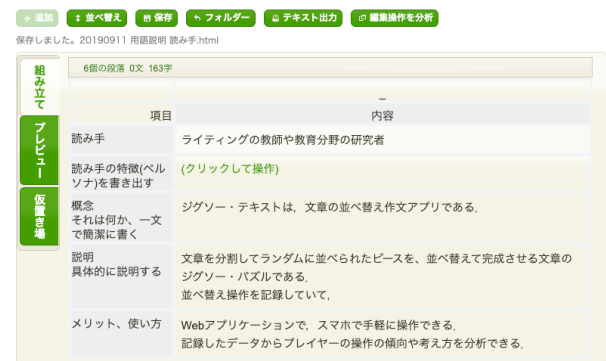


図 4 ロジック・ツリー作文の Topic Writer

## 4.2 ロジック・ツリー作文の Topic Writer

Topic Writer は、ロジック・ツリーによる文章エディターである。ユーザは、用語説明やビジネスメールなど文章の「型」、すなわちロジック・ツリーを選択し、型に沿って作文する [11][10]。

図 4 は、読み手を意識して用語を説明するワークシートを使ってジグソー・テキストを説明する文章を書いている途中である。「読み手」や「概念 それは何か、一文で簡潔に書く」など「項目」列の行見出しが文章の「型」, 「ロジック・ツリー」にあたる。「内容」列の「ジグソー・テキストは、文章の並べ替え作文である。」などセルの中身が、ユーザが書いた文章である。

Topic Writer はユーザの作文プロセスにおける編集操作を記録している。ユーザがどのセルを編集したか、セルの ID を記録する。その一方で、ユーザが書いた内容は記録しない。しかし、そのとき、編集対象のセルに対応した見出しも併せて記録しているので、記録データを分析するとき、具体的な内容は分からないが「メリット、使い方」を編集したのだということは分かる。

## 5. 系列データと共起分析

4 章のアプリが測定した具体的な系列データをあげて、提案手法が共起に基づいてそこから抽出する情報を示す。まず系列データを示し、提案手法が抽出する情報を示す。

s1	s2	s6	s4	s5					
s6	s6	s5	s2	s3	s4	s7	s6	s1	s5
s2	s4	s3	s1	s4					
s2	s1	s4	s3						
s2	s3	s4	s6	s5	s1				
s2	s3	s4	s1	s6	s5				
s2	s1	s6	s5	s5	s3				
s1	s2	s6	s5	s3	s3	s4			
s2	s2	s6	s6	s7	s1				

図 5 ジグソー・テキストを解くプレイの系列データ

n \ n+1	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7
s1	0	2	0	2	1	2	0
s2	2	1	3	1	0	3	0
s3	1	0	1	4	0	0	0
s4	1	0	2	0	1	1	1
s5	1	1	2	0	1	0	0
s6	1	0	0	1	5	2	1
s7	1	0	0	0	0	1	0

図 6 ジグソー・テキストの系列データの共起マトリックス

さらに、本手法の有益さとして、その情報をどのように解釈できるかを示す。実際の解釈の妥当性については、個々の研究や実践において、実験・観察のデザインや他の情報も加えて判断されるべきである。それは本稿の範囲外である。この事情は他の分析手法と同様である。

### 5.1 ジグソー・テキスト、ジグソー・コードの測定データ

パズルを解くプレイは、個々のピースをドラッグ&ドロップで移動する操作それぞれを事象として、それら事象の時系列で表せる。個々の事象を、そのとき移動対象となったピースの ID で表すことにする。

あるグループの 9 人が図 1 のパズルを解いたときのデータは図 5 のようになる。図の行が個々のプレイに該当し、完成までの所要時間は 1 分から 3 分程度である。プレイは左から右に進んでいき、全部で 9 個のプレイが表示されている。s1 などが「ピース s1 をどこかへ動かした」という事象である。系列の長さは動かした回数であるが、正解に至る回数がさまざまであると分かる。同じピースを複数回動かしたプレイもある。1 つのプレイの中で一度も動かされなかったピースもある。

図 5 の系列データを、2-gram で有向の共起関係をマトリックスで表示したのが図 6 である。

行見出しが N 番目に動かしたピースの ID、列見出しがその次 N+1 番目に動かしたピースの ID である。s3 の後で s4 を動かした事象が 4 回あった、などが分かる。

図 6 の共起マトリックスのセルの値の頻度を図 7 に示

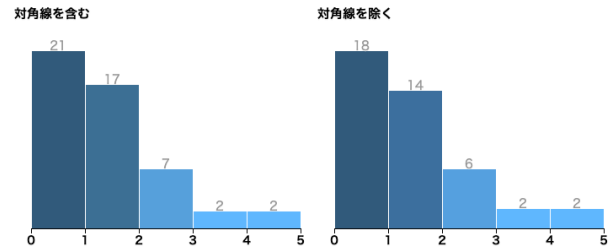


図 7 共起マトリックスのセルの値のヒストグラム

n \ n+1	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7
s1	2	3	0	1	2	5	3
s2	3	1	3	6	3	1	0
s3	3	1	1	3	3	0	3
s4	1	0	4	1	6	3	2
s5	5	0	1	2	4	4	4
s6	0	1	3	2	1	4	6
s7	3	1	0	0	5	3	4

図 8 ジグソー・テキストの系列データの共起マトリックス, その 2

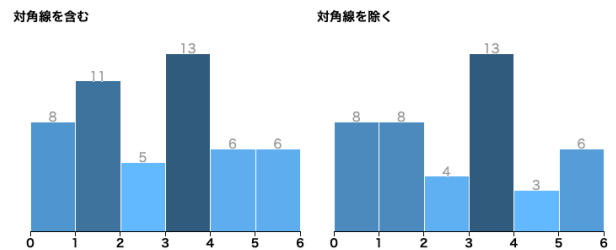


図 9 共起マトリックスのセルの値のヒストグラム, その 2

す。図中の対角線とは、共起マトリックスの左上から右下への対角線のことである。対角線上の値は、同じピースを続けて動かしたことを意味し、操作ミスの可能性もあるので、対角線を除いた頻度も併せて表示した。この例では頻度の分布にあまり違いがない。

対角線を除いた場合、セルの値の平均が 1、標準偏差が 1.2 である。図 6 は、これに基づいて、平均+標準偏差より値が大きいセルを黄色、平均+標準偏差 x2 よりも値が大きいセルを赤で強調している。この強調は、頻度の高い共起関係を抽出したことになる。この例では、共起頻度のヒストグラムが右肩下がりになっていて、強調されたセルには意味がありそうである。

図 3 から、ピース ID とピースの内容とを関係付けられる。共起分析の結果に、このグループが正解者たちであることやピースの内容を加えて、人間(分析者)が解釈すれば、s2 は「…2 つある」、s3 は「ひとつは…」、s4 は「ひとつは…」となっているので、プレイヤーたちは「2 つある、ひとつは…、ひとは…」と構文的に読解して並べ替えた可能性があるだろう。この例では、共起分析は有益な示唆を与えているといえよう。

n \ n+1	cc_37	cc_47	cc_50	cc_13	cc_16	other
cc_37	9	6	0	0	0	0
cc_47	0	18	5	0	2	0
cc_50	1	0	11	8	1	0
cc_13	0	0	3	26	6	0
cc_16	0	1	1	4	13	2
other	0	0	0	0	0	12

図 10 Topic Writer の編集操作の共起マトリックス

項目	内容
読み手	cc_37
読み手の特徴(ペルソナ)を書き出す	cc_47
概念 それは何か、一文で簡潔に書く	cc_50
説明 具体的に説明する	cc_13
メリット、使い方	cc_16

図 11 「用語説明 読み手」ワークシートの記入欄の ID

一方、図 8 および図 9 は、別のグループ 21 人が同じ「オレオレ詐欺」パズルを解いたときの共起マトリックスと、そのセル値のヒストグラムである。所要時間は 1 分から 5 分である。さきのグループの図 6 および図 7 と比べて、共起頻度の特徴が弱いように思える。さきの結果と比べてヒストグラムの勾配が緩く、赤のセルがない。

この共起分析の結果は、さきの結果と比べると分析にあまり貢献しない、あるいは特徴が弱いことを示すと言えるだろう。このグループは、さきのグループと同時にパズルを解いた、不正解者グループである。

## 5.2 Topic Writer の測定データ

Topic Writer で、図 4 の、読み手を意識した用語説明のワークシートを使って作文したときの、共起マトリックスが図 10 である。6 件の作文について集計されている。90 分の授業後にも編集することが許されており、所要時間は 10 分から 2 時間である。cc\_37 などは図 6 のピースと同様に、ここでは記入枠の ID である。「other」とある行・列は、これら枠以外への編集操作である。

図 10 が、図 6 などのジグソー・テキストの場合と異なるのは、左上から右下への対角線およびその右隣のセルである。これらセルの値すなわち共起頻度がとても高い。Topic Writer もジグソー・テキストも同じ「作文」ということばでアプリを説明しているが、測定された系列データの性質が異なる場合があると分かる。

この共起マトリックスの解釈としては、対角線のセルは同じ枠を続けて編集したこと、右隣のセルは 1 つ隣の枠へ移動して編集したことに対応することから、ユーザが上から下へ書いていったこと示すと考えられる。すなわち、ご

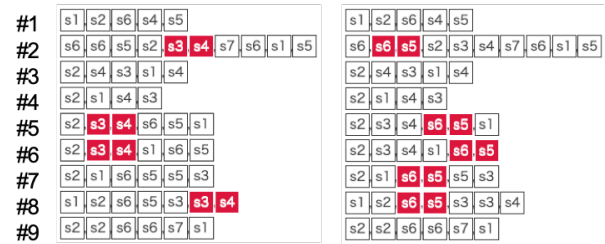


図 12 共起頻度の高い組を強調した系列データ

く当たり前に思われている作文パターンを、データから読み取ることができる。

図 10 で、対角線と対角線の右隣と other 行・列を除いたセルの値の平均値は 0.6、標準偏差が 1.6、平均+標準偏差  $x2=2.6$  である。平均+標準偏差  $x2$  を超えるセルは、さきの当たり前の作文パターンとはズレて特徴的である。枠の見出しも考慮した解釈としては、「概念」、「説明」、「メリット、使い方」の 3 枠の書き分けを考えたのであろう。

## 6. 系列全体を対象とする分析との違い

最適な手順をマイニングするといった、系列データ全体を対照とする分析との違いを考察する。とはいえ、そのような手法はさまざまであるし、それぞれ工夫があるので、原理的な観点から比較する。

### 6.1 高頻度の共起組の出現位置

図 5 で、共起頻度の高い組を強調したのが図 12 である。#1 などは、個別のプレイを示す。同じプレイについて、左側は s3,s4 の組を、右側は s6,s5 の組を強調している。

提案手法では共起頻度が高い組に着目するが、この例では、それらが系列データ全体において占める位置は一定でない。正確に何回目でのこの組で動かすという傾向が見られない。提案手法では、「共起頻度の高い組が現れる」という点で、#2、#5、#6、#8 を同一クラスターに分類することは可能であろう。個々のプレイ、例えば #2 単独での共起マトリックスでそのプレイを表せば、並べ替え操作の回数によらず、 $7 \times 7 = 49$  次元のベクトルで表せる。#2 ならば「s6,s6,s5,s2,s3,s4,s7,s6,s1,s5」といった系列全体について順序に着目する手法は、提案手法とは異なる分類結果になると予想される。これは優劣ではなく、単に抽出する特徴の違いである。

また、#2 の「s6,s6,s5,s2,s3,s4,s7,s6,s1,s5」といった系列全体について、クラスタリングするような手法では、まず、#2 と #3 とでは系列の長さが違うといった課題を解決しなくてはならない。提案手法では、そのような問題はない。

### 6.2 試行錯誤

図 13 はジグソー・コードのパズルである。そのパズルで正解した 12 人の共起マトリックスが図 14[12]、このと



```
s1 // 自分の車に30Lの燃料を入れたい。
s2 // 自分の車(myCarインスタンス)を生成して、燃料(fuel)をいれてください。
s3 // ただし、myCarの燃料(fuel)の初期値は0とする。
s4 class Car {
s5   var fuel: Int = 0
s6   func refuel(addFuel: Int) {
s7     self.fuel += addFuel
s8   }
s9 }
s10 var myCar = Car()
s11 myCar.refuel(addFuel: 30)
```

図 13 ジグソー・コードのパズル

n \ n+1	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11
s4	0	2	2	1	1	2	2	3
s5	1	1	2	2	0	1	3	3
s6	0	1	0	3	3	2	1	0
s7	1	1	1	0	4	0	0	0
s8	1	0	0	2	0	3	1	0
s9	0	2	1	2	0	1	3	2
s10	2	2	2	0	0	2	4	6
s11	2	3	3	0	0	0	5	0

図 14 ジグソー・コードの共起マトリックス

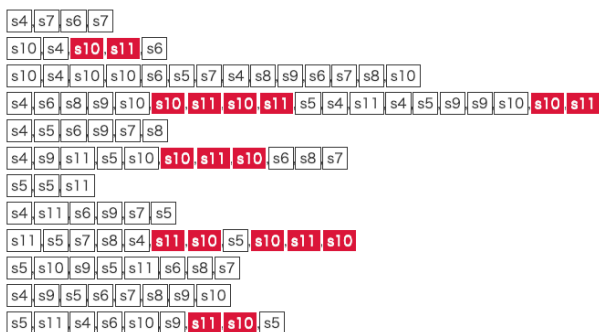


図 15 共起頻度の高い組を強調した系列データ

きの系列データで共起頻度が平均+標準偏差 x2 より大きい組を強調したのが図 15 である。これによると、s10 と s11 が前後して動かされることが多い。

解釈としては、この 2 行は問題文の「自分の車 (myCar インスタンス) を生成して、燃料 (fuel) をいれてください。」に対応しており、この 2 行の組の共起頻度が高いのは納得できる。

図 15 によると、s10, s11 の組は、1 つのプレイの中でセットで複数回で動かされていることが分かる。例えば、プレイヤーがこの組を含んで試行錯誤していれば、このような系列データになるだろう。かつ、闇雲に試行錯誤して行くのではなく、「s10, s11 が関連している」という知ってる・分かっていることは押さえつつ試行錯誤していると考えられる。

文献 [7] では、例えば「s6,s6,s5,s2,s3,s4,s7,s6,s1,s5」という系列データが得られた場合、各ピースについて最後の操作のみを拾って「-, -, -, s2,s3,s4,s7,s6,s1,s5」などとして扱う。

「-」は無視した事象である。このようにすると図 1 ではなく図 2 のような UI であれば、各プレイの操作数は同じになり 6.1 節で指摘したような、系列の長さが異なるという課題は解決済である。その代わりに、試行錯誤の状況は無視してしまうのである。

これも優劣ではなく、抽出する特徴が異なる、あるいは研究や実践の前提の違いによるものであろう。正解が必ず 1 つ、そして 1 つだけ存在し、正解に向かって最短距離で解くことを求められるような問題に、この手法は向いている。困難な問題や答えのない問題に取り組んで試行錯誤すること前提とした問題を解くプロセスならば、提案手法が向いているだろう。

### 6.3 長い編集操作

編集操作、パズル操作の数が多の場合、共起する編集操作の組同士の共起を分析する必要があるかもしれない。分析手法としては、文献 [6] で提案された手法などが該当する。

アプリケーションとしては、ジグソー・テキストのピース数が多い場合が、長い編集操作に該当するだろう。例えば、宮沢賢治の「雨ニモマケズ」[13] の、空行を含む 38 行を 38 個のピースとしたパズルである。あるいは、論文や小説の段落をピースとしたパズルも該当する。われわれは、このような大きなパズルを用意しているが、解くのに大変時間がかかり、かつ正解に達しない。いまのところ、実験や授業での実践などは行っていない。今後の課題である。

## 7. まとめ

作文やプログラミングといった人間の知的プロセスを、系列データにおける編集事象の共起から分析する手法を提案した。ユーザの編集操作を記録・測定するアプリを具体的に示し、それらアプリが測定した具体的な系列データをあげて、提案手法がそこから有益な情報を抽出できることも示した。また、提案手法と他の手法との違いを考察して、提案手法が、試行錯誤や答えのない課題に取り組むプロセスの分析に有効であると示した。

本稿で取り上げた系列データは、たかだか数 10 個の編集事象から構成されるものである。もっと長い系列データについては、共起する編集操作の組同士の共起を分析する必要があるかもしれない。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 17K01085 の助成を受けたものである。ジグソー・テキストのパズル「オレオレ詐欺」は、小林龍生氏が作成した。Topic Writer のワークシート「用語説明 読み手」は高橋慈子氏が作成した。

### 参考文献

[1] 中央教育審議会, 幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について (答申)(中教審第 197 号), 2016

- [2] 中央教育審議会, 2040年に向けた高等教育のグランドデザイン(答申), 2018
- [3] 久野靖, 思考力・判断力・表現力を評価する試験問題の作成手順, 情報処理学会 情報教育シンポジウム論文集, 2018(1), 1-8, 2018
- [4] 中山 陽平, 掛下 哲郎, プログラミング穴埋め問題における穴抜きの難易度と学生の解答過程のクラスタ分析, 情報教育シンポジウム論文集, 2018(23), 166-173, 2018
- [5] 稲場 大樹, 福井 健一, 佐藤 一永, 水崎 純一郎, 沼尾 正行, 燃料電池における損傷パターン抽出のための共起クラスタマイニング, 人工知能学会論文誌, 27(3), 121-132, 2012
- [6] 福井 健一, 沼尾 正行, 事象系列データからの共起性マイニング: 燃料電池の損傷間および地震間の相互作用抽出(<特集>データ中心科学), 人工知能 30(2), 238-246, 2015
- [7] Amruth N. Kumar, Representing and Evaluating Strategies for Solving Parsons Puzzles, International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS2019), 2019
- [8] 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
- [9] 大場 みち子, 山口 琢, 川北 紘正, パズルを利用したプログラミング思考過程の分析, 情報処理学会 情報教育シンポジウム論文集, 2019, 152-159, 2019
- [10] 大場みち子, 山口琢, 作文行動の記録・分析ツールを用いた就活自己紹介書の作成と分析, 情報処理学会 研究報告 コンピュータと教育 (CE), 2018-CE-147(12), 1-7, 2018
- [11] 高橋 慈子, 大場 みち子, 山口 琢, 文章の型の提供と相互レビューツールによる作文指導の授業実践, 情報処理学会 研究報告 コンピュータと教育 (CE), 2019-CE-149(16), 1-7, 2019
- [12] 大場 みち子, 山口 琢, 川北 紘正, パズルを利用したプログラミング思考過程の分析, 情報教育シンポジウム論文集, 2019, 46-53, 2019
- [13] 宮澤賢治, [雨ニモマケズ], 青空文庫, <https://www.aozora.gr.jp/cards/000081/card45630.html>