

ロジカルシンキングにおける基本的関係についての ジグソー・テキストを用いた理解度評価

林浩一^{†1} 山口琢^{†2} 大場 みち子^{†3}

概要: ロジカルシンキングの授業における「ジグソー・テキスト」を用いた演習とその分析結果について報告する。この演習は、ロジックツリーを構成する基本的である目的と根拠、目的と手段、問題と原因、の関係の理解度を評価するために設計したものである。ジグソー・テキストは、執筆プロセス分析のために開発されたシステムで、文章の並び替え問題を出題し、生徒は PC やスマートフォンを使って解答することができる。授業での理解度確認の演習にこのシステムを利用することで、リアルタイムでの結果のフィードバックと学生の理解状態の把握が可能になった。システムにはこの授業での演習実現のために、ラベルを用いて構造を表現するための機能拡張が施されている。

キーワード: ロジカルシンキング, ロジックツリー, 執筆プロセス, コンピュータ支援授業, 演習問題生成

Comprehension Assessment of Basic Relationships in Logical Thinking by Applying Jigsaw Text

Koichi HAYASHI^{†1} Taku YAMAGUCHI^{†2} Michiko OBA^{†3}

Abstract: We present exercise results using “Jigsaw Text” in a “Logical Thinking” class. The exercises were prepared to evaluate the understanding of the basic relationship that form logic trees, that is, purposes and means, problems and causes, and claims and reasons. Jigsaw Text is a system originally developed for writing process analysis, and it can give exercises that make a student answer questions by rearranging sentences correctly with a PC or a smartphone. By using this system to assess student comprehension in class, it can show a real-time feedback of exercise results and statistical distributions of student understanding. To applying to the class, the system was extended several additional functions, such as to use label sentences for representing logical structures.

Keywords: critical thinking, logic tree, writing process, computer-assisted classes, test generation

1. はじめに

ロジカルシンキングは経営や企画部門において、課題分析と資料作成のために広く使われている手法で、2000年頃からコンサルティング会社を中心に急速に普及した[1][2]。現時点では、この手法が大学等の教育機関で取り入れられる例は少ないが、革新技術のビジネス展開がより強く求められている研究者や技術者にとって習得する意義は大きい。この観点から、筆頭筆者は2016年から工学系の大学院生向けにロジカルシンキングの授業を実施してきた。

授業を行う中で、課題分析や解決に必要な基本的な関係を適切に捉えられていない学生が、無視できない割合で存在することに気づき、この事象について学術的な場で報告してきた[3][4][5]。2018年度からは事象の解明と解決のために、授業中に簡単な確認演習を行いその場でフィードバックするアクティブ・ラーニングを導入した。

2018年度では Google フォームをトラッカーとして用いた演習を実施したが、演習内容の改善のために2019年度

は、共著者の研究グループの協力の下に、ジグソー・テキストというシステムを利用した演習を行った。本稿では、ジグソー・テキストを用いることで解決を図った仮説を示すとともに、実際に行った演習結果が前年度とどう変わったかについて、結果の対比を基に報告し、今後の可能性について考察する。

2. 関連手法

2.1 ロジカルシンキングにおける基本的な関係

ロジカルシンキングは、米国のコンサルティング会社であるマッキンゼー社に由来する課題分析と資料作成の技法である。名前から論理学が連想されるが、両者にはほとんど関係がないことには注意を要する。ロジカルシンキングの学術的に通用する定義は存在しないが、2000年以降、多数の書籍やセミナーでの普及活動を通じて、ビジネス場面においては標準的な手法として定着を果たしている。

ロジカルシンキングに関しては、MECE と呼ばれる情報の分類原理が広く知られているが、それ以外にもロジック

^{†1} ピースミール・テクノロジー株式会社
Piecemeal Technology Inc.

^{†2} フリー
Independent Researcher

^{†3} 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate

ツリーやピラミッドストラクチャといった、分析や資料化に必要な情報構造を扱っている[1][2]. 筆者はコンサルティングによる課題解決活動と資料作成において、これらの情報構造の変換が行われていることに着目して、ロジカルシンキングの上位概念として、資料作成のためのストラテジックライティングという考え方を提唱し、実践を通じて手法の確立を目指している。

筆頭筆者は東京工科大学の大学院生向けに、2016年度からロジカルシンキングの授業を行っている。この授業では、情報構造のための基本的な関係として、次の3種類の関係を正しく理解することを前期の目標としている。

(1) 目的と手段

ロジカルシンキングの対象となるドキュメントは、コンサルタントの成果物であり、主として課題解決のための提言に使われる。課題解決のためには、何の目的のためにどのような手段を採るべきかを示す必要があることから、目的と手段の関係が明確に捉えられることが必須となる。

しかし、筆頭著者による一連の論文で報告してきたように、学生に研究活動を説明してもらうときに、目的と手段が逆転したり、社会動向のような研究目的とは言えない前提記述を目的と考えていることがしばしば見られた。本稿に示すアクティブ・ラーニングの目的のひとつは、この現象の理解と解決にある。

目的手段の関係は、連鎖と分岐を繰り返すことで、階層構造を形成でき、この構造はロジックツリーと呼ばれる。ロジックツリーと呼ぶものはこれ以外にも、目的や構成要素の異なる様々なものがあるため、本稿ではゴールツリーと呼ぶ。目的にはより上位の目的があり、上位目的からみると下位の目的は手段として位置付けられるという性質がある。

(2) 問題と原因

問題が明確になっている場合の課題解決の手法としては、問題の原因を探索してそれを解消することで問題を解決することが広く行われている。これを実施するには、問題と原因の関係を明確に捉えられる必要がある。

問題の原因として特定されたものには、より根本的な原因があることがあり、この探索を行うことで階層構造を形成できる。この構造もロジックツリーと呼ばれるが、ループや共通原因が存在することがあるため、必ずしも厳密なツリー構造にはならない。このため、本稿では因果ネットワークと呼ぶ。

(3) 結論と根拠 (とコンテキスト)

論理的な主張において、結論とそれを支える根拠の構造が重要になる。論理的であることの定義を明示しない書籍も多いが、明示している場合はこの構造が基本となる。この構造をさらに多段に組み立てられたものを、ピラミッドストラクチャと呼び、複雑な論理構成を表現することができる。

ストラテジックライティングでは、関係が明確な結論と根拠に加えて、その前提や背景を表すコンテキストを加えて扱っている。最終的にドキュメントの構造にするためには根拠でも結論でもない、前提や背景の情報が必須となるためである。ドキュメントを組み立てるときに、結論から根拠の順で書くことも、根拠から結論の順で書くこともできるが、その前に背景や前提の説明が必要になる。

2.2 ジグソー・テキスト

ジグソー・テキストは、共著者の研究グループで開発された、文章を構成する過程を記録し、分析するためのシステムである。汎用性が高いことから、文書の作成やプログラムの作成に関心を持つ複数の研究グループで利用されている[6][7][8][9].

このシステムは、ユーザに対して文章に含まれる複数の文を分割して提示し、それを正しく並び替えるというタスクでの操作を記録することで、文章の構成過程を捉える。

ジグソー・テキストでは並び替え対象となる文をピース、タスクをパズル、並び替え作業をプレイと呼び、ユーザは画面上に分割された文のピースを直感的なドラッグ操作によって並び替えるプレイを行う。パズルの開始時刻、ピースの移動開始、移動終了、パズルの終了が記録される。記録された操作ログを分析し、その結果を表示するアプリケーションも用意されている。

パズル操作は PC およびスマートフォンの標準的なブラウザ上で使うことができるため、特定のアプリケーションをインストールすることなく、場所や端末を選ぶことなくプレイでき、その結果を共有できる。

筆頭著者のロジカルシンキング授業において、アクティブ・ラーニングのツールとして利用するにあたり、2018年度の後期授業において、実験的に10問程度の演習にジグソー・テキストを利用し、その使用経験をもとに機能拡張を施してもらい、2019年度では本格的な利用を行った。拡張内容などの詳細については後述する。

3. 基本的な関係の理解度把握の試み

最初にロジカルシンキング授業でのアクティブ・ラーニング実施環境の前提を整理しておく。授業は50~100名が参加し、同時に1教室で行う。講師は登壇してPowerPointスライドを使った授業を行う。

学生はバイオニクス、メディアサイエンス、コンピュータサイエンス、アントレプレナーを専攻する大学院生である。日本語を母国語としない留学生も1/3程度履修しており多様性が高い。

学生が共通のPCを操作しながら共通の環境で授業する前提はない。一方、スマートフォンの普及は100%であり、全員が個人のスマートフォンを所持した状態で授業を受けている。各自のスマートフォンのOSはiPhoneとAndroid

の2種類ある上に、機種は多岐にわたり、習熟度もそれぞれ異なっている。

こうした前提から、特別なアプリをインストールすることなく使うことのできるツールとして、2018年度にはGoogle フォームをクリックカーとして利用した演習を行った。さらにそこで得られた課題を解決するために、2019年度にはジグソー・テキストを利用した演習を実施した。

3.1 Google フォームによる演習

Google フォーム使った演習のイメージを図1に示す。1問目は、「日焼けするのは、皮膚が紫外線を浴びて、メラニン色素が増えるからである。」という文を、(a.日焼けする / b.皮膚が紫外線を浴びる / c.メラニン色素が増える)の3つの要素に分け、問題と原因とさらにその原因からなる原因連鎖を表す因果ネットワークを選択するものである。選択肢を6種類示しているが、構造のバリエーション数は3!(=6)となるので、これで網羅されている。

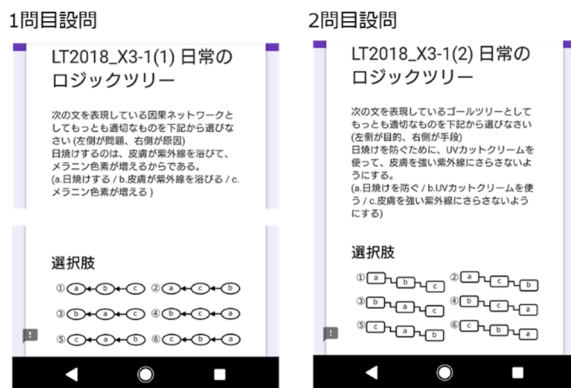


図1 Google フォームによる演習
Figure 1. Exercises using Google forms

2問目は、「日焼けを防ぐために、UV カットクリームを使って、皮膚を強い紫外線にさらさないようにする。」という文を、(a.日焼けを防ぐ / b.UV カットクリームを使う / c.皮膚を強い紫外線にさらさないようにする)の3つの要素に分けて、目的とその下位目的とその実現手段からなる目的連を表すゴールツリーを選択するものである。1問目と同様に6種類すべての選択肢を示している。

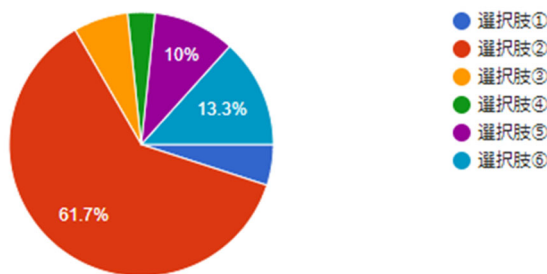


図2. Google フォームでの結果フィードバック
Figure 2. Result feedback using Google forms

学生がこの設問に解答すると、その結果がGoogle フォームの定義文書中に集計される。図2に1問目の結果を集計したグラフを示している。講師が学生による入力を確認すると同時にリアルタイムでプロジェクターに映し出すので、学生は自分の選択した結果が多数派かどうかを理解することができる。

3.2 Google フォームによる演習時の課題

2018年度の実施を通じて、以下の(1)~(4)の課題に直面した。(1)~(3)の課題は、いずれもこの演習において、2段階のマッピングを行っていることに起因するものである。

1段階目のマッピングは、文章の要素に(a~c)の名前を付け、それらの構造を線で結んだ図形と対応付けている。2段階目のマッピングは、その図形に対して選択肢①~⑥の名前をつけている。このため選択肢名を見ても、実際の選択肢の内容が何かはわからない。

(1) リアルタイムでの説明負荷が高い

リアルタイムでの結果を表示では、選択肢番号が示されるだけなので、それが正しいか間違っているのかを説明するには、問題文と対比させる必要がある。このための作業に高い負荷がかかった。

(2) 問題作成時に誤りが混入しやすい

選択肢と問題との対比が直接的にできないため、正答のチェックが難しく問題の解答作成時に誤りが混入しやすい。実際に誤りが混入してしまい、訂正のための混乱が生じたこともあった。

(3) 誤答の原因の特定が難しい

学生が誤答をした場合、誤りの発生箇所の候補が複数存在する。基本的な関係が理解できていないのか、関係を示した図の意味が伝わっていないのか(1段階目のマッピング解決ミス)、不注意で選択を誤っただけなのか(2段階目のマッピング解決ミス)、いずれかを判断するのが難しい。

(4) 適切な選択肢準備が困難

複数の要素間の関係を問う問題となるため、要素数が増えると理論上の選択肢は、階乗で増加する。解答可能にするためには適切な数の選択肢に絞り込む必要がある。問題の性質上、正解が複数存在することもあり、適切な選択肢を準備することは難しい。

事象としては(2)の課題と似ているが、2段階マッピングに起因するのではなく、要素数増加による組合せ爆発に起因している点で異なる。

3.3 ジグソー・テキストによる演習

上述した課題を解決するために、ジグソー・テキストを組み込んだ演習を行った。演習のイメージを図3に示す。ジグソー・テキストでは、スマートフォンの画面上の操作で要素を上下に移動することで、正しい順序に並び替えて解答できる。

1問目は文章を並び替える問題で「(a)春になると花粉症で目がかゆくなるトラブルを解決したい。(b)解決のため

に、空気清浄機が効果的だと考えている。(c)目がかゆくなる原因は室内に浮遊している花粉である。(d)空気清浄機を使うことで浮遊している花粉を除去できるからだ。」という文章について、各文に名前をつけて順序を示している。この流れは、(a)が背景となる問題意識、(b)が結論、(c)(d)が根拠になっているが、これを根拠が先、結論が後の順に並べ替えよといった出題がなされる。

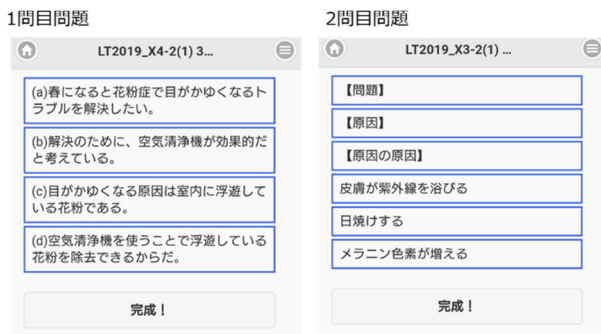


図 3 ジグソー・テキストによる演習
Figure 3. Exercises using jigsaw-text

2 問目は Google フォームの 1 問目と同じ問題をジグソー・テキストで実現したものである。3 つの要素を【問題】【原因】【原因の原因】のラベルの下に移動させることで、解答する。問題文の提示は Google フォームにジグソー・テキストの問題生成リンクを示すことによって行う(図 4)。解答は完成ボタンをタップしたときにシステムから返却される document-id を含む解答文の文字列をコピーして、Google フォームの解答欄に貼り付けて解答する。

この演習を可能にするために、ジグソー・テキストにはラベルの初期位置を固定化するための機能拡張が施されている。もとの仕様では問題(パズル)をランダムに並び替えることを特徴としているが、ラベルがランダムに配置されてしまうと解答の難易度が高くなる。そこで、指定した要素については初期位置を固定化できるようにしている。



図 4 ジグソー・テキストの演習への解答
Figure 4. Answering jigsaw-text exercise

フィードバックは、ジグソー・テキストシステムの分析画面の一部をプロジェクターに投影することで行う。図 5

は図 4 の問題に解答したときの集計結果である。図中左側の「パズル」のエリアと右側の「完成順序」のエリアに分けて情報が表示されている。「完成順序」には学生からの解答のリストと集計結果が、「パズル」には「完成順序」の表示中から選択した解答の内容が示される。

「完成順序」にピースの並びとして示されているのは、テキストに割り振られている番号 s1~s5 を並べた解答で、この並びで正解かどうかを判断できる。なお【問題】【原因】【原因の原因】もジグソー・テキストではピースとして扱われる。この例では「s1,s4,s2,s6,s3,s5」の並びを解答した人数が 53 名おり、割合は 62%で最大であったことがわかる。このピースの並びの表示上にカーソルを移動させて選択すると内容が「パズル」のエリアに示される。



図 5 ジグソー・テキストでの結果フィードバック
Figure 5. Result feedback using jigsaw-text

3.4 ジグソー・テキスト採用による課題解決仮説

ジグソー・テキストの採用により、上述した 2 段階のマッピングを不要することができることから、前年度の課題として示した(1)~(4)の課題を解決できることを期待した。加えて、ジグソー・テキストの特性から(5)の効果を新しい可能性として期待した。

(1) リアルタイムでの説明負荷軽減

分析画面を使うことによって、学生が提出した解答内容をそのままの形で表示して説明することが可能になる。

(2) 問題作成時の誤り混入リスクの回避

問題の作成は専用のスプレッドシートで文のリストを入力するだけで済み、選択肢漏れなどのミスを防ぎできる。

(3) 誤答の原因探求の見通しの改善

マッピングに起因するミスがなくなるため、関係の理解ができていのかについて明確に判断できるようになる。

(4) 選択肢の網羅性検討の不要化

要素が増えても組み合わせによるすべての選択肢を示す必要がなくなる。

(5) 試行錯誤の発生による正答率向上

並べ替え操作を行った結果を読むことで、フィードバックがわかり、試行錯誤を繰り返して正答にたどり着く可能性が高まるのではないかと考えた。この作業が推敲に類似していることから、経験的には十分ありうる仮説である。

4. ロジカルシンキング授業での演習結果

4.1 授業の概要と演習

2018年度と2019年度では、授業の流れは基本的に同じであるが演習などはまったく同じではない。それぞれでほぼ同じ演習を行い、対比が可能なものについて結果比較して考察する。前期授業の基本的な流れを以下に示す。

- 1日目 (論理構造の基本)
- 2日目 (MECEとロジックツリー)
- 3日目 (課題解決の基本)
- 4日目 (論文要旨の作成)

ジグソー・テキストによる演習は、1日目5問、2日目10問、3日目14問、4日目2問の合計31問を実施した。以下、前年度と対比する形で演習結果をまとめる。

なお、以下の一連の説明において、設問の記述はGoogleフォームのラジオボタンなどで選択肢を選ぶことを前提としたものである。ジグソー・テキストでは、文を適切に並び替えて解答する。結果の表では正答に※、正答の対比を太字で、特徴的な箇所を網掛けで示す。

4.2 目的と手段の関係の確認演習

Googleフォームでの設問と課題文を以下に示す。ジグソー・テキストでは、【目的】【手段】というラベルの下に対応する文を並べて解答する。

【設問】

課題文(a, b)の組について文同士の関係を選びなさい。

選択肢① aが目的でbが手段

選択肢② bが目的でaが手段

選択肢③ aが目的や手段の記述ではない

選択肢④ bが目的や手段の記述ではない

【課題文】

(1) a) 空気清浄機で花粉を除去する / b) 花粉症の対策をする

(2) a) パスポートを準備する / b) 飛行機で米国に渡航する

表1には、課題文(1)についての演習の結果を示す。表中で選択肢①②③④をそれぞれ、「a<b」「b<a」「xa」「xb」と表記する。どの選択肢にも入らない場合は「他」で示した。

2018年度は55名が解答し、正答は80.0%だったのに対し、2019年度は88名が解答し、正答は92.0%となり、正答率の改善が見られる。この結果で特徴的なのは、2018年度に16.4%あった目的手段が反転した選択①の誤答が2019年度には1.1%に減少している点である。

表2にジグソー・テキスト演習で解答された実際の並びを示す。表中で、【目的】【手段】【その他】のラベル位置を

【目】【手】【他】で示している。今回のジグソー・テキストの使い方では、ラベルも文として動かせることから、同じことを表す並べ方は複数存在する。この表では、解答を提出した人数の多い順に並べているが、最初の2つの並べ方がラベル位置の違う正解である。なお、最後の2つの並べ方は解答のしかたがわかっていないことを示している。

表3には、設問(2)についての演習の結果を示している。こちらでも、2018年度での正答は74.5%だったのに対し、2019年度での正答は79.1%となり正答率が改善している。こちらの例でも目的手段が反転している選択肢①が0%となっており減少を示している。

表1 演習結果：目的と手段 (空気清浄機)

Table 1 Exercise results: purpose and means (air cleaner)

解答	2018年度 (55名)		2019年度 (88名)	
	人数	割合	人数	割合
①a<b	9	16.4%	1	1.1%
②b<a※	44	80.0%	81	92.0%
③xa	1	1.8%	0	0.0%
④xb	1	1.8%	2	2.3%
他	0	0.0%	4	4.5%

表2 結果詳細：目的と手段 (空気清浄機)

Table 2 Result details: purpose and means (air cleaner)

実際の解答	正規形	人数	割合
【目】b【手】a【他】	②b<a※	77	87.5%
【手】a【目】b【他】	②b<a※	4	4.5%
【目】【手】a【他】b	④xb	2	2.3%
【目】a【手】b【他】	①a<b	1	1.1%
【目】【手】ab【他】	他	1	1.1%
【目】【手】【他】ba	他	1	1.1%
ba【目】【手】【他】	他	1	1.1%
ba【手】【他】【目】	他	1	1.1%

表3 演習結果：目的と手段 (パスポート取得)

Table 3 Exercise results: purpose and means (getting passport)

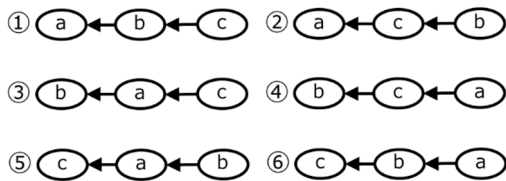
解答	2018年度 (55名)		2019年度 (86名)	
	人数	割合	人数	割合
①a<b	4	7.3%	0	0.0%
②b<a※	41	74.5%	68	79.1%
③xa	10	18.2%	8	9.3%
④xb	0	0.0%	2	2.3%
他			8	9.3%

4.3 原因連鎖についての確認演習

Googleフォームでの設問と課題文を以下に示す。ジグソー・テキストでは、【問題】【原因】【原因の原因】というラベルの下に対応する文を並べて解答する。

【設問】

課題文を表現している因果ネットワークとしてもっとも適切なものを下記から選びなさい (左側が問題, 右側が原因)



【課題文】

- (1) 日焼けするのは、皮膚が紫外線を浴びて、メラニン色素が増えるからである。(a.日焼けする / b.皮膚が紫外線を浴びる / c.メラニン色素が増える)
- (2) 花粉症では、花粉が目に入って、炎症を起こすために、目がかゆくなる。(a.花粉が目に入る / b.炎症を起こす / c.目がかゆくなる)

表 4 に課題文(1)についての演習結果を示す。2018 年度での正答は 62.3%だったのに対し、2019 年度での正答は 61.4%とわずかながら減少している。この結果で特徴的なのは、前回最も多かった誤答である選択肢⑥に代わって、選択肢①が増えている点である。表 5 に課題文(1)の演習での実際のジグソー・テキストの並びの内容を示しているが、特徴的なのはラベルの移動が見られないという点である。

なお、冗長になるため表は示さないが、課題文(2)についても同様に正答が 81.1%から 71.6%へと下がっている。また、ラベルの移動が見られないという特徴も同じである。

表 4 演習結果：原因の連鎖 (日焼け)

Table 4 Results: exercise results: chain of causes (sun burning)

解答	2018 年度 (53 名)		2019 年度 (88 名)	
	人数	割合	人数	割合
①a<b<c	2	3.8%	22	25.0%
②a<c<b※	33	62.3%	54	61.4%
③b<a<c	3	5.7%	0	0.0%
④b<c<a	2	3.8%	1	1.1%
⑤c<a<b	5	9.4%	7	8.0%
⑥c<b<a	8	15.1%	4	4.5%

表 5 結果詳細：原因の連鎖 (日焼け)

Table 5 Result details: chain of purposes (sun burning)

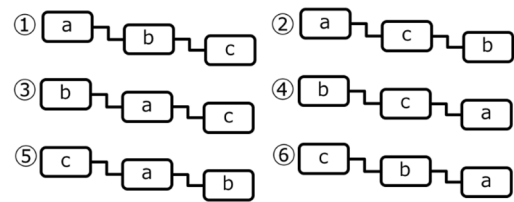
実際の解答	正規形	人数	割合
【問】a【原】c【原原】b	②a<c<b※	54	61.4%
【問】a【原】b【原原】c	①a<b<c	22	25.0%
【問】c【原】a【原原】b	⑤c<a<b	7	8.0%
【問】c【原】b【原原】a	⑥c<b<a	4	4.5%
【問】b【原】c【原原】a	④b<c<a	1	1.1%

4.4 目的連鎖についての確認演習

Google フォームでの設問と課題文を以下に示す。ジグソー・テキストでは、【最終目的】【目的】【手段】というラベルの下に対応する文を並べて解答する。

【設問】

課題文を表現しているゴールツリーとしてもっとも適切なものを下記から選びなさい (左側が目的, 右側が手段)



【課題文】

- (1) 日焼けを防ぐために、UV カットクリームを使って、皮膚を強い紫外線にさらさないようにする。(a.日焼けを防ぐ / b.UV カットクリームを使う / c.皮膚を強い紫外線にさらさないようにする)
- (2) 花粉症の目のかゆみを抑えるために、花粉が目に入らないように、ゴーグルを着用する。(a.花粉症の目のかゆみを抑える / b.花粉が目に入らないようにする / c.ゴーグルを着用する)

表 6 に課題文(1)の演習結果を示す。2018 年度での正答は 69.8%だったのに対し、2019 年度での正答は 89.8%となり正答率が向上している。表 7 にジグソー・テキストの演習での実際の並びを示している。原因連鎖の場合と比較して特徴的なのは、ラベルの移動が見られる点である。

冗長になるため表は示さないが課題文(2)の演習結果でも、73.1%から 89.7%と正答率が向上している。また、ラベルの移動が見られるという特徴も同じである。

表 6 演習結果：目的の連鎖 (日焼けの防止)

Table 6 Exercise results: chain of purposes (sun burning)

解答	2018 年度 (53 名)		2019 年度 (88 名)	
	人数	割合	人数	割合
①a<b<c	4	7.5%	1	1.1%
②a<c<b※	37	69.8%	79	89.8%
③b<a<c	1	1.9%	1	1.1%
④b<c<a	1	1.9%	1	1.1%
⑤c<a<b	5	9.4%	5	5.7%
⑥c<b<a	5	9.4%	1	1.1%

表 7 結果詳細：目的の連鎖 (日焼けの防止)

Table 7 Result details: chain of purposes (sun burning)

実際の解答	正規形	人数	割合
【最目】a【目】c【解】b	②a<c<b※	77	87.5%
【最目】c【目】a【解】b	⑤c<a<b	5	5.7%
【最目】b【目】c【解】a	④b<c<a	1	1.1%
【最目】b【目】a【解】c	③b<a<c	1	1.1%
【最目】a【目】b【解】c	①a<b<c	1	1.1%
【目】c【最目】a【解】b	②a<c<b※	1	1.1%
【解】b【目】c【最目】a	②a<c<b※	1	1.1%
【解】a【目】b【最目】c	⑥c<b<a	1	1.1%

4.5 文の並び替えの確認演習

Google フォームでの設問と課題文を以下に示す。ジグソー・テキストでは、文を並び替えて解答する。

【設問】

課題文を根拠-結論の順で示す書き方に変更したときの最も適切な順序を示すものを選択肢から選びなさい。

- ①

a
b
c
d

 ②

a
c
d
b

 ③

b
a
c
d

 ④

b
c
d
a

 ⑤

c
d
a
b

 ⑥

c
d
b
a

【課題文】

- (a) 春になると花粉症で目がかゆくなるトラブルを解決したい。
(b) 解決のために、空気清浄機が効果的だと考えている。
(c) 目がかゆくなる原因は室内に浮遊している花粉である。
(d) 空気清浄機を使うことで浮遊している花粉を除去できるからだ。

この問題は、背景、根拠、結論を並べる方法に2種類あることを理解してもらうためのものである。この例では、背景が(a)、結論が(b)、根拠が(c)(d)の2つとなる。結論から根拠の順で示す場合と、根拠から結論を示す場合の2とおりの考え方があがるが、いずれも背景(a)が先に来ることは変わらない。この課題では、根拠の(c)(d)はどちらが先でも変わらないので、正答パターンは2種類ある。

なお、この課題文では(d)の文に他の文との前後関係を暗示してしまう表現「~からである」が使われているため、解答をミスリードしやすい可能性がある。

表 8 演習結果：文の並び替え (花粉症対策)

Table 8 Rearranging sentences (preventing pollen allergy)

#	2018年度 (46名)			2019年度(78名)		
	解答	人数	割合	解答	人数	割合
1	①a>b>c>d	16	34.8%	②a>c>d>b※1	26	33.3%
2	②a>c>d>b※	11	23.9%	⑦a>c>b>d※2	13	16.7%
3	⑥c>d>b>a	7	15.2%	④b>c>d>a	9	11.5%
4	③b>a>c>d	4	8.7%	⑧d>b>c>a	7	9.0%
5	④b>c>d>a	4	8.7%	①a>b>c>d	5	6.4%
6	⑤c>d>a>b	4	8.7%	⑨a>b>d>c	4	5.1%
7				⑩c>a>b>d	4	5.1%
8				⑪d>a>c>b	2	2.6%
9				⑫c>b>d>a	2	2.6%
10				⑬b>a>d>c	2	2.6%
11				⑥c>d>b>a	1	1.3%
12				⑭b>d>c>a	1	1.3%
13				⑮c>b>a>d	1	1.3%
14				⑯b>d>a>c	1	1.3%
15				③b>a>c>d	0	0.0%
16				⑤c>d>a>b	0	0.0%

表 8 に演習結果を示す。この表では、解答を解答人数が多い順に並べている。2018 年度では誤答である選択肢①が 34.8%と最も多く、正答は 23%にとどまっていた。2019 年度では正答率は 50%に改善している。2018 年度に選択肢①の解答が多かった理由は、上述したミスリードによる結果の可能性もある。しかし、2019 年度は選択肢①の誤答は 6.4%に下がっている。

この結果で特徴的なのは、選択肢の制限がないため多数のパターンが解答として提出されている点である。

5. 考察

当初設定した課題仮説について、演習結果を踏まえて考察するとともに、結果を踏まえて今後の課題を述べる。

5.1 課題解決仮説の検討

5.1.1 リアルタイムでの説明負荷軽減

ジグソー・テキストの分析結果表示の機能により、2 段階のマッピングを回避できたため、結果の説明負荷は大幅に改善した。どの解答がもっとも多いのか、どの解答が正解なのか、どの解答がなぜ間違いないのかについて、具体的な解答を示しながら説明することができた。

一方で、選択操作をしなければ、どのような解答なのか分からないため、とっさに正誤の判断をするのが難しい場合もあった。今回の使い方ではラベルの位置が動かせるため、正答の形式が増え、判断に手間取ることもあった。

これについては、ラベルの場所について初期位置だけでなく、特定のラベルの順序が維持されるような制約をかけるなどによって軽減できると考えている。

5.1.2 問題作成時の誤り混入リスクの回避

2 段階のマッピングが必要なくなり、問題作成時に解答との矛盾の発生について気にする必要がなくなったことも、演習準備の効率を高める上で大きな利点となった。

ただし、この利点は、解答を用意する必要がないためであり、採点の自動化などを行うために、解答を用意する必要がある場合などでは別の問題が生じる。複数の正答が生じやすいことから、どれが正解かどうかを指定する手段が必要になる。すべての正解の可能性を漏れなく指定するのは難易度が高い作業になる。

5.1.3 誤り原因探求の見通しの改善

ジグソー・テキストの演習を採用したことで、2 段階のマッピングが不要になり、直感的に内容を提示しやすくなった。これにより問いや答え方を取り違えている可能性を排除できるようになったことの意義は大きい。

これまで、目的と手段の関係を取り違える事象がなぜ起こるのかについて、原因を探るための活動を行ってきた。ここで障害となっていたのは、本当に目的と手段の理解ができていないのか、図による表現や求めていることが理解できていないのか、判別できないということであった。

今回は、目的手段の関係の理解と、目的連鎖の理解につ

いて、80%~90%という高い正答率が出るまでになった。このことにより、これまででも目的と手段の関係は理解できていたが、求められていることと表現方法が理解できていなかったためである可能性が高くなったと考えている。

5.1.4 選択肢の網羅性検討の不要化

ジグソー・テキストの利用により、要素が増えたときにも選択肢の網羅を考慮する必要がなくなったことも、大きな利点である。

ただし、この利点は今回の演習で解答を用意する必要がなかったためであり、要素が増えたときの解答の組合せ爆発の問題を本質的には解決しない。原理的には階乗の組み合わせがあるため、その中には想定していなかった正しい並べ方が存在する可能性を捨てきれない。

5.1.5 試行錯誤による正答率向上

試行錯誤による正答率の向上の効果は、今回の分析では明確にできなかった。

目的連鎖の確認演習でラベルが動かされているが、正解に到達しているものが見られることから、複数回の操作をすることで正答率が高まるという仮説を立てることができる。実際に確認を行ったところ、複数回の操作をした結果、誤答を選んでいくケースも一定数あるため、このデータからは効果を確認できなかった。

5.2 今後の課題

5.2.1 原因連鎖の演習の正答率低下の原因特定

目的の連鎖や他の問題の正答率が上がっているにもかかわらず、原因の連鎖の正答率が下がったことをうまく説明する仮説が立てられていない。2018年度との差という観点だけでなく、60~70%の正答率にとどまっていること自体の説明ができない。

目的の連鎖の確認演習と異なり、ラベル移動も行われていないことから、問われていることも表現方法も理解した上で、確信を持って間違っているということが示唆される。これについては、この現象の再現性を確認するとともに、原因を特定し正答率の改善のための方法を探りたい。

5.2.2 各種構造の表現が可能な手法の検討

今年度授業でジグソー・テキストを使ったアクティブ・ラーニングを行うことにより、文の順序を並び替えて解答でき、その結果をリアルタイムでフィードバックできることの効果を実証することができた。

システムの応用幅が広いためロジカルシンキングで扱う、様々な構造の演習のために工夫して問題を作成することができた。特に、ラベルを使う方法では、シンプルでかつ効果的な問題を効率よく作成できた。

一方で、ジグソー・テキストの問題が順序付きの一次元の列を扱うという制約から、ツリー構造を主体とする論理の構造を表現する難易度は高い。論理的な関係を習得するための手段として、ツリー構造を同等の操作性で作成し解答する手法についても検討したい。

6. おわりに

本稿では、ロジカルシンキングの授業でジグソー・テキストを用いたアクティブ・ラーニングの事例について、前年度の Google フォームを用いた演習結果との比較分析を行った。ジグソー・テキストによって実現されている並べ替え問題の機能は、論理の基本を学習するためのアクティブ・ラーニングに有用であることを改めて確認できた。

今回は 2018 年度のアプローチとの比較という観点で分析を行ったため、学生個人という視点からの分析は行ってない。しかし、本研究の最終目的が基本的な関係の習得支援であることから、個人の視点で見たときに、演習を繰り返すことによって正答率が向上できたかどうかは重要な指標になる。

今後はジグソー・テキストを用いて取得した操作まで含めた解答の履歴を、時系列で分析したり、複数の演習を学生の横串で分析したりすることで、個人ごとの正答率向上に向けた知見が得られないかどうか、継続して分析を行いたい。

参考文献

- [1] 照屋 華子, 岡田 恵子. ロジカル・シンキング—論理的な思考と構成のスキル. 東洋経済新報社, 2001, 227p.
- [2] "ロジカルシンキング - Wikipedia". <https://ja.wikipedia.org/wiki/ロジカルシンキング>, (参照 2018-01-22).
- [3] 林 浩一. ロジカルシンキングにおいて目的と手段が反転する誤り事例の分析. 情報処理学会研究報告, 2018, vol. 2018-CE-145 no.1, p.1-8.
- [4] 林 浩一. ロジカルシンキングにおいて目的と手段が反転する誤答率の改善. 情報処理学会研究報告, 2019, vol. 2019-CE-150 no.8, p.1-8.
- [5] 林 浩一. キュメント作成へのロジカルシンキング活用における課題と解決試案. 情報処理学会研究報告, 2019, vol. 2019-DC-113 no.4, p.1-9.
- [6] 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. 情報教育シンポジウム論文集, 2018, p.179-184.
- [7] 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, 2018, vol. 2018-DC-111, no. 2, p.1-6.
- [8] 山口 琢, 林 浩一, 高橋 慈子, 小林 龍生, 大場 みち子. ジグソー・テキストの事例とシステム連携の設計. 情報処理学会研究報告, 2018, vol. 2018-CE-147, no.11, P.1-5.
- [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. 情報教育シンポジウム論文集, 2019, p.152-159.