

ロジカルシンキングにおける目的と手段が反転する 誤答発生過程分析

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手法の一つである、ロジックツリーを組み立てる演習において、研究の目的と手段の関係を正しく捉えられない誤答が高い頻度で生じることが、2017年度に実施した授業において見出された。その後、要因の分析と理解度の改善を続け、2018年度には Google フォーム、2019年度にはジグソー・テキストをトラッカーとして用いたアクティブ・ラーニングの授業を行った。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、生徒の解答だけでなく、解答に至った操作過程のログを取得し分析することができる。これまで、3年間の試行錯誤を通じて、学生の正答率の改善を試みてきたが、本報告は、蓄積された解答と操作ログのデータから誤答発生の主要因を分析し、今後の改善に向けた指針を議論する。

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, 文書構造, 課題解決

Process analysis of the occurrence of wrong answers that reverse the purpose and means in logical thinking

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

Abstract: In a logical thinking class conducted in 2017, we found that students frequently fail to define relationship between research purposes and means, when they do exercises to structure a logic tree, which is a typical tools of logical thinking. Since then, in order to analyze the cause and improve understanding of students, we have conducted classes using Google Forms in 2018 and Jigsaw Texts in 2019 as trackers. Jigsaw Text is a system developed for writing process analysis, and it can record operation sequences for solving an exercise in addition to the answer of the exercise. For the past three years, we have tried to improve the correct answer rate of students through trial and error approaches. This report analyzes the main causes of incorrect answers from accumulated operation process data, and discusses measures for future improvements.

Keywords: critical thinking, logic tree, writing process, document structure, problem solving

1. はじめに

ロジカルシンキングや論理思考については、様々な立場が存在しているが、本稿での意味は米国のコンサルティング会社に由来し、経営や企画部門において、課題分析と資料作成のために使われている手法のことである[1][2][3]。この手法は、2000年頃から国内の広い分野で普及が進んだが、現時点で大学等の教育機関で取り入れられる例は少ない。今日、革新的な技術の迅速なビジネス展開が強く求められるようになってきていることから、研究者や技術者にとってもこの手法を習得する意義は大きい。このニーズに応えるために、筆頭筆者は2016年度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担当している。

授業を通じて、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が付き、この事象について学術的な場で報告してきた[4][5][6]。具体的には、この授業では修了時のレ

ポートとして、自身の卒業論文の概要から、研究テーマに関する目的と手段の関係を抽出し、図表に示すことを課しているが、多くの学生は正しく解答できない。

2017年度以降は、基本的な関係についての演習とフィードバックを繰り返すことによって、正答率の改善を図ってきたが、2019年現在でも正答できる学生は半数程度にとどまる。この事象が何に起因するのかは、これまで明確にできていなかった。関係自体の理解ができていない、関係を記述した文章の読解ができない、関係を示す図表が描けない、自身の研究内容との対応付ができない、などいくつもの可能性が考えられる。これらが明確でなかったために効率的に正答率を改善できてこなかった。

事象を分析し正答率を抜本的に改善するために、2018年度からは Google フォームをトラッカーとして用いたアクティブ・ラーニングを導入し、解答からフィードバックまでの時間を短縮した。さらに、2019年度から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

^{†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

テムを利用した演習を実施している。これらの取り組みを通じて学生の演習結果がログとして蓄積されている。

本稿は、蓄積されているデータを分析し、誤答の原因を明確にするとともに正答率のさらなる改善のための指針を示すことを目的とする。

2. 関連手法

2.1 ロジカルシンキングと論理思考

ロジカルシンキング、あるいは、論理思考に関しては様々な立場が存在するが、本稿で扱うの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。

ロジカルシンキングや論理思考は学術的な用語ではなく、日常で様々な意味で用いられていることが道田[2]によって指摘されている。道田はまた、関連する用語としてクリティカル・シンキングについての文献サーベイを行っており[3]、本稿で扱う手法は其中でビジネス系ロジカルシンキングと分類しているものに該当する。この手法の特徴は、MECE、ピラミッドストラクチャ、ロジックツリーなどの情報構造を用いるところにある。

このロジカルシンキングは、2000年以降、多数のビジネス書やセミナーを通じて普及が進み、今日ではビジネス場面においては事実上の標準的手法として定着している。

2.2 論理的思考力を測るための指標

ロジカルシンキングのスキルが習得できているどうかの評価項目として、筆頭著者は、ピラミッドストラクチャやロジックツリーと呼ばれる構造を形成するのに使われる基本的な関係が正しく扱えることに着目している。

論理的表現力をシステムによって評価する従来の取り組みの中には、量的な項目として文章に含まれる文字数や句読点の数、質的項目として質問や例や引用などに着目するものがある[7]。このシステムが扱う項目は、いずれも文章中の単語として取り出せるものであり、上述のような基本的な関係を扱ってはいない。

ロジカルシンキングで導入されるロジックツリーやピラミッドストラクチャは、分析や資料化に必要な情報構造のことである。筆頭著者はコンサルティングによる課題解決活動と資料作成は、これらの情報構造の組合せと変換プロセスとして捉えられることに着目し、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コンセプトを提唱している。

2.3 大学院生向けのロジカルシンキング授業

筆頭著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、ロジカルシンキング習得の目的として、専門外の人に自身の研究意義を理解してもらうことを設定している。

研究成果をビジネス展開する際には、最終的には事業責任者や経営者を説得する必要がある。ロジカルシンキングは経営者を説得するための資料作成手法として発達したものであり、技術展開のために有用なスキルとなりうる。

前期授業では、説得力のある資料の情報構造を構成する基本的な関係として、次の3種類の関係を正しく扱えるようになることを目標としている。

2.3.1 結論と根拠の関係

論理的な主張においては、結論を根拠が支えている構造が基本になる。これを基本の論理構造として、多段に組み立てることによって複雑な論理構成を表現することができる。この多段の論理構造はピラミッドストラクチャと呼ばれ、ロジカルシンキングで扱う代表的な情報構造である。

2.3.2 目的と手段の関係

ロジカルシンキングで作成される資料は、コンサルティングの成果物として、主に課題解決のための提言に使われてきた。課題解決ではどのような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。

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。ロジックツリーにはこれ以外にも、用途によって様々なものがあるため、本稿では目的と手段の関係で作られるものを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。

2.3.3 問題と原因の関係

問題が明確になっている場合の課題解決の一般的な手順として、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。

2.4 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[8][9][10]。

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べ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の授業で利用するにあたり、アクティブ・ラーニングでの利用に必要な機能拡張を施してもらっている。拡張内容については後述する。

3. 解決すべき課題

3.1 研究テーマの上位展開の誤り

基本的な関係のうち最も重視しているのが目的と手段の関係を使った研究目的の上位展開であるが、2017年度に受領した修了レポートで適切に構造を組み立てられていたものは29%に過ぎなかった[4]。

図1に示すように、研究の目的を中心にして上下にゴールツリーを組み立てることで、研究の概要を表現できる。研究の目的は下位へは実施項目へと展開でき、上位へは社会的な意義のある目標へと展開できる。上位目的の構造を説明することで、専門外の人であっても研究の意義を理解することができる。

授業の修了レポートでは、自分が過去に作成した卒業論文の研究テーマについて、目的の上位展開構造を組み立て、それをテキスト化することで専門外の人にも理解できる研究概要に書き直すことを求めている。

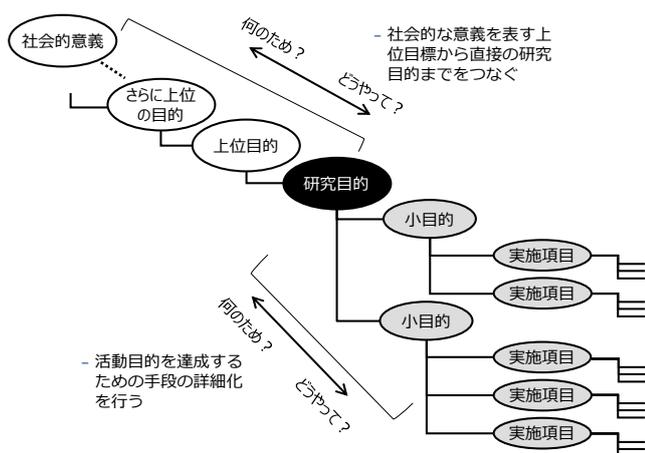


図1 ゴールツリーと目的の展開

Figure 1 Goal tree and expansion of object-means relations

3.2 誤答の種類

目的の上位展開には、特徴的な2種類の誤答があり、反

転型と混入型と名付けている。目標として取り出したい構造と誤答の種類について、具体例を使って説明する。

3.2.1 目標とする構造

授業の中では最終的な修了レポート作成に先立ち、準備演習として、先輩学生の卒業論文概要を利用したグループ課題を行っている。実際の題材として用いている「リハビリ機器の高機能化」のテーマについて、研究目的の上位展開構造の検討対象とした要旨部分を以下に示す。この後に、下位の実施項目へ展開する文が続くが、本稿のテーマとは関係ないため、割愛する。

近年、リハビリの利用者が増加している。それに伴い、様々なリハビリ器具も用いられている。しかし、従来のリハビリ器具では機能が固定されているため、利用者が器具に合わせてリハビリを行わなければならない、最適なリハビリ効果を得るのが難しい。この問題を解決するため、本研究では利用者に機能を合わせることでできる新しいリハビリ機構の開発を目的とする。具体的には、利用者のリハビリ進行状況に合わせて、構造や負荷が変えられるリハビリ機構を提案する。

正答例を以下に示す。

- 【上位目的】 利用者にとって最適なリハビリ効果を実現する。
- 【中位目的】 利用者に機能を合わせることでできる新しいリハビリ機構を開発する。
- 【研究目的】 リハビリ進行状況に合わせて、構造や負荷が変えられる機構を提案する。

この構造を図示したものを図2に示す。この課題では、書かれている文そのままではなく、目的を表す文に変更することを求めている。この例では、「最適なリハビリ効果を得ることが難しい」という問題意識の表現を「最適なリハビリ効果を実現する」という目的の表現に変更している。なお、図中の最上位目的は、設問の文中に記載されていないものであるが、書かれていない上位目的も想定できるようなら構造に追加してよいことにしている。

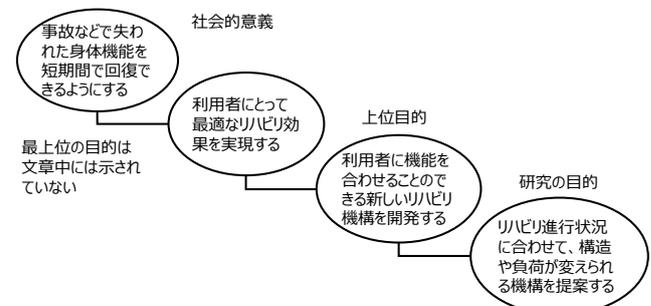


図2 演習の正答例

Figure 2 Correct answer example of exercises

3.2.2 反転型の誤答

反転型の誤答とは、直接的な研究目的とその上位の目的が反転するものである。以下に示す例では、正答例と比較すると直接の研究目的と中位目的とが反転している(図 3)。他に上位目的と中位目的が反転するもの、全体が反転するものなどがある。

- 【上位目的】 利用者にとって最適なりハビリ効果を実現する。
- 【中位目的】 リハビリ進行状況に合わせて、構造や負荷が変えられる機構を提案する。
- 【研究目的】 利用者に機能を合わせることで新しいリハビリ機構を開発する。

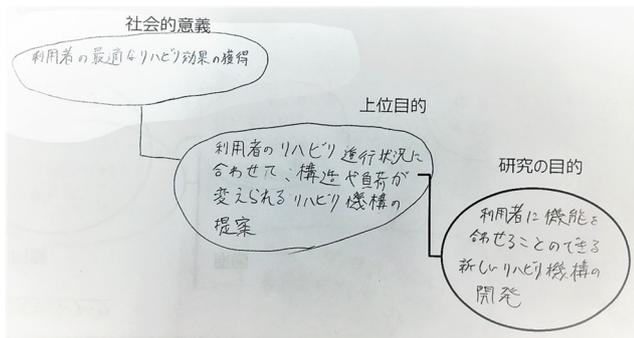


図 3 提出された誤答例 (反転型)

Figure 3 Submitted incorrect answer example (reversed)

3.2.1 混入型の誤答

混入型の誤答とは、目的の上位方向への系列中に背景の情報が混入するものである。以下に示す例では、正答例と比較すると中位目的ところに問題意識の記述が混入している(図 4)。他に上位目的の部分が背景になるもの、上位目的と中位目的もどちらも背景になるものなどがある。

- 【上位目的】 利用者にとって最適なりハビリ効果を実現する。
- 【中位目的】 利用者が器具に合わせてリハビリを行わなければならない。
- 【研究目的】 リハビリ進行状況に合わせて、構造や負荷が変えられる機構を提案する。

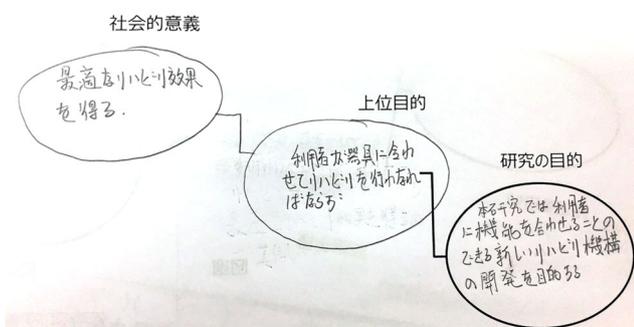


図 4 提出された誤答例 (混入型)

Figure 4 Submitted incorrect answer example (Contaminated)

4. 正答率改善のための演習設計

4.1 誤答の要因仮説

研究テーマについて目的と手段の構造を適切に組み立てるためには、以下の要素スキルが充足できている必要があると考えている。本稿では、それぞれ、構造理解力、構造読解力、構造表現力、構造構成力と呼ぶことにする。

- 目的と手段の構造が理解できる (構造理解力)
- 文章から構造を抽出できる (構造読解力)
- 構造と図表表現が対応づけられる (構造表現力)
- 研究目的の構造を組み立てられる (構造構成力)

筆頭著者の仮説は、これらのいずれかの不足が誤答の要因であるというものだが、誤答の事象を見るだけではどの要素スキルが不足しているのかわからない。そこで2017年度以降はそれぞれを確認しながら正答率の向上を図った。

4.2 正答率改善の経緯

2017年度後期から正答率改善のための施策として、構造理解力を確認するための小演習を開始した。最初から研究テーマの概要記述を扱うのではなく、後述の⑦~⑩に示すような、テーマを単純化した2つの短文を使って目的と手段の構造の理解の確認をすることで、構造理解を進めることで、正答率の改善を図った。その過程は[4]にて報告した。

上記報告にける質疑にて、新井[11]が提起している子供の読み取る力の低下の問題に関連付け、構造読解力不足の可能性を指摘された。また、提出された小演習の結果を確認した結果、80%以上の問題に正答した学生が半数に満たないことがわかった。そこで、後述の③~⑥に示すような、専門性の低い短文を使ったより基本的な小演習を用意するとともに、Google フォームをクリックーとして利用したアクティブ・ラーニングにより、フィードバックまでの時間を短縮した。これらによって、2018年度の修了レポートでの正答率は55%まで向上させることができた[5]。

しかしながら、まだ正答率は十分とは言えず、その要因として構造表現力の不足、つまり図 2~図 4 に示したような図表の意味が伝わっていない可能性があると考えた。そこで、より直感的に構造を扱うことのできるジグソー・テキストを使った演習を導入して現在に至る[6]。

4.3 演習の実施手段

ジグソー・テキストを用いた演習実施のイメージを図 5 に示す。それぞれ、(1)結論と根拠の関係、(2)目的と手段の関係、(3)目的の連鎖、(4)原因の連鎖に関するパズルを提示し、短文を適切に並び替えるようにして構造を組み立てることができる。これらのパズルは図 6 に示す Google フォームの設定から呼び出され、結果を送信することによって演習への解答が完了する。

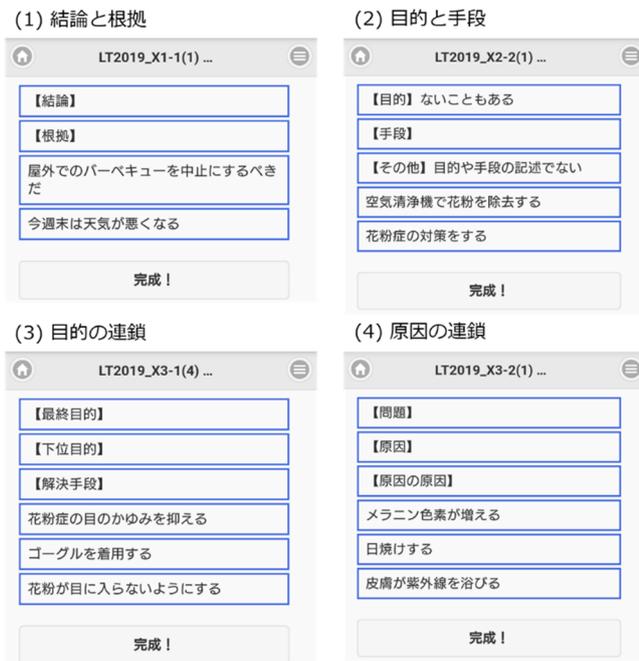


図 5 ジグソー・テキストによる演習

Figure 5 Exercises using jigsaw-text



図 6 ジグソー・テキストの演習への解答

Figure 6 Answering jigsaw-text exercise

ジグソー・テキストを用いた演習により、これまで充足が確認できなかった構造表現力について懸念する必要がなくなり、フィードバックもわかりやすく返すことが可能になるので、受講生の理解の促進が可能になると考えた。

4.4 授業と演習の全体像

目的と手段の関係の正答率向上を目指した 2019 年度前期の授業と演習の概要を以下に示す。

前期授業は 90 分授業 8 回を、1 日に 2 回ずつ隔週で 4 日実施する。前期授業の目標は研究内容を分析して論理構造のモデルを作ることとし、(1 日目) 論理構造の基本、(2 日目) MECE による構造化、(3 日目) ロジックツリー、(4 日目) 問題解決と論文要旨の構造、を学習する。

授業は先輩学生の卒業論文の要旨部分を題材にして進め、4 日目の授業の最後に、自身の卒業論文の要旨を、学

習した手法を用いて書き直して提出することを修了レポートとして課す。以下、授業を通じて行った目的と手段の関係に関わる演習と宿題の実施タイミングを示す。

(1) 1 日目

授業で基本的な論理の構造についての説明を行った後に、次の小演習を行う。示しているのは、実施した 4 問中の最初の 2 問である。設問の狙いは、結論と根拠からなる論理構造の理解とジグソー・テキストを用いた解答方法に慣れてもらうことにある。文のつながりで構造が決まることを理解させるために、あえて逆の結論を示している。

【演習：結論と根拠 (①②)】

次の発言に含まれる論理構造について検討しなさい

- ①今週末は天気が悪くなるそうなので、屋外でのバーベキューは中止しましょう
- ②今週末は天気が悪くなるそうなので、屋外でのバーベキューを企画しましょう

(2) 2 日目

授業で目的と手段の関係についての説明を行った後に、次の演習を行う。設問の狙いは、日常的な題材で目的と手段の基本的な関係を理解させるところにある。

【演習：目的と手段 (③~⑥)】

- 問題文の組について、文同士の関係が、どちらが【目的】でどちらが【手段】かを示しなさい。どちらでもない記述がある場合、【その他】を選ぶこと
- ③空気清浄機で花粉を除去する / 花粉症の対策をする
 - ④ダイビングのライセンスを取得する / ダイビングに興味がある
 - ⑤パスポートを準備する / 飛行機で米国に渡航する
 - ⑥花粉症がひどくなっている / 花粉症の対策をする

授業終了時に、次の宿題を 3 日目の授業までに実施するよう指示する。設問の狙いは、上記の小演習で使った日常的な例よりも研究テーマに近い、専門性がやや高い記述について応用するところにある。設問文は同じである。

【宿題：目的と手段 (⑦~⑩)】

- ⑦ゲームを作成するときシーンに応じた曲を準備するのは難しい / ゲームシーンに合わせた作曲をコンピュータが自動でできるようにする
- ⑧機械学習を使って CT 画像中の腫瘍の可能性が高い部位を検出する / 大量の CT 画像から人手によらず腫瘍の可能性を判別できるようにする
- ⑨老化の原因である酸化タンパクの皮膚からの除去手段を考案する / 老化を防ぐ肌ケア製品を開発する
- ⑩セキュリティの強化が求められている / 指静脈を用いた高度な認証を導入する

(3) 3日目

目的と手段が連鎖するゴールツリーの構造，問題と原因が連鎖する因果ネットワークの構造について説明した後に，次の演習を行う．設問の狙いは日常的な題材を使って単純なロジックツリーを組み立てられるようにするものである．

【演習：目的連鎖 (⑪⑫)】

次の発言を表現しているゴールツリーの構造を組み立てなさい

- ⑪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
- ⑫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

【演習：原因連鎖 (⑬⑭)】

次の発言を表現している因果ネットワークの構造を組み立てなさい

- ⑬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
- ⑭花粉症では，花粉が目に入って，目の粘膜が炎症を起こすために，目がかゆくなる

【3日目グループ演習】

3日目の授業の後半で，先述したリハビリ機器に関するグループ課題に取り組んでもらう．

(4) 4日目

授業の最初に3日目のグループ課題へのフィードバックを行う．続いて修了レポートに必要な構造を説明した後，グループ課題を実施する．

【前期修了レポート】

授業終了後に自身の卒業論文の再整理を中心とする修了レポートの提出を指示する．同時に4日目のグループ課題へのフィードバックを行う．

5. 実施結果

2017年度の実施結果について，3日目グループ演習と前期修了レポートの結果を示し，その後に各回演習の結果をまとめる．

5.1 3日目グループ演習

グループ演習の実施結果について，2017年度からの3年分を表1に示す．2019年度は26グループで実施した．グループ数は前年度から大幅に増え，正答数も比例して増えているが，正答率は50%前後であり，前年度から大きな変化は見られない．2018年度以降で混入型がなくなっている理由は，設問の提示の際に，最初の文に含まれる背景を除いた部分に検討範囲を絞るように指示したためである．

演習方法の改善とフィードバックを繰り返したにも関わらず，正答率が上がらない理由は構造読解力の不足に原

因があると考えられる．以前の報告[5]で事例を示したように，この課題では単語についての思い込みなどにより，適切に目的が読み取れないことがあることがわかっている．つまり，高い構造読解力が必須となる課題と考えられる．

演習方法の改善とフィードバックは構造理解力と構造表現力の向上に寄与したが，構造読解力の向上には寄与できず，他のスキルが2018年度の時点ですでに充足されたために結果に変化が見られなかったと考えられる．

表1 グループ演習の結果 (リハビリ機器)

Table 1 Result of group exercise (rehab machine)

実施年	解答 G数	正答数	誤答		
			反転型	混入型	その他
2017	10	4	3	3	0
	-	40%	30%	30%	0%
2018	11	6	3	0	2
	-	55%	27%	0%	18%
2019	26	13	12	0	1
	-	50%	46%	0%	4%

5.2 前期修了レポート

前期修了レポートでは，自身の卒業論文の要旨をロジカルシンキングの手法を用いて書き直すが，このときに研究目的の上位展開を実施する．作成する構造は上記のリハビリ機器のグループ課題と同様であるが，グループ課題では元の文章から構造を読み取るのに対して，修了レポートでは文章を読み取る必要はなく，自身の卒業研究のテーマについて検討して組み立てられるところが異なる．

2017年度からの3年分を表2に示す．対象となる学生の専攻は，バイオニクス，コンピュータサイエンス，メディアサイエンスの3専攻とし，アントレプレナー専攻の学生は除いている．他の専攻が工学研究であるのに対して，ビジネス上のテーマを扱うことから性質が大きく異なるためであり，この対応は前年度までと同じである．

表2 前期修了レポートの結果

Table 2 Result of early completion reports

実施年	全解答 数	正答数	誤答		
			反転型	混入型	その他
2017	38	11	3	20	4
	-	29%	8%	53%	11%
2018	44	24	5	11	4
	-	55%	11%	25%	9%
2019	76	41	14	12	9
	-	54%	18%	16%	12%

2019年度は76名で人数は増えているが，正答率は前年度55%に対して，54%と大きな変化は見られない．正答率が上がらない理由は，構造構成力の不足に原因があると考えている．演習方法の改善とフィードバックは構造理解力と構造表現力の向上には寄与したが，構造構成力の向上に

は寄与できず、他のスキルはすでに 2018 年度までで充足できているために、変化が見られなかったと考えられる。

この説明はグループ演習で正答率が上がらない原因を構造読解力の不足とした説明に似ているが、不足するスキルが異なる。このことは、構造読解力を反映する演習を繰り返しても構造構成力が必須となる修了レポートでの正答率の改善につながらない可能性が高いことも示唆する。

5.3 各回演習 (①~⑭)

5.3.1 正答率の比較

最後に各回の演習の結果を示す。表 3 に各演習での正答率を示す。「母国語」は日本語が母国語である学生の解答数であり、その範囲で計算したものを「正答率 A」で示す。

「非日本語」は日本語が母国語でない学生の解答数であり、その範囲で計算したものを「正答率 B」で示す。「B/A 比」は母国語学生と非母国語学生の正答率の比である。

(1) 結論と根拠 (①~⑭)

単純な結論と根拠を問う設問では、正答率 A では 98%以上、正答率 B でも同様に高い結果となっている。設問にはジグソー・テキストを使うことで、必要な水準の構造表現力が充足されていることを確認する狙いがあり、ここでの正答率の高さから、以降の設問では構造表現力の不足の可能性を考慮することなく分析してよいと判断できる。

(2) 目的と手段 (③~⑭)

これらの設問に対する正答率 A はいずれも 80%を超えており構造理解力が充足されていることを示している。

B/A 比は日本語読解力の差であると考えられ、結論と根拠の設問よりも読解力の差が現れる設問であることがわかる。

B/A 比が特に大きくなっている④⑥⑩には共通の特徴がある。それぞれ「ダイビングに興味がある」「花粉症がひどくなっている」「セキュリティの強化が求められている」が

事実を記述しているにもかかわらず目的の記述として捉えている結果である。翻訳して理解する場合に、事実と目的の記述の区別が難しいといった事情がある可能性がある。

(3) 問題と原因の関係(⑬⑭)

因果ネットワークに関わる設問の正答率は他に比べて明確に低くなっている。正答率 A は十分高いものの、正答率 B は低く、特に B/A 比が非常に大きい。以前の報告[5]で原因の連鎖に関する問題の正答率が他よりも低くなっている説明ができないとしていたが、今回の分析結果から言語による読解力の差に起因していたと考えてよい。

5.3.2 操作回数の比較

表 4 にジグソー・テキストのログ機能により取得した解答までの平均操作回数を示す。目的と手段の関係に関わる 10 問のほぼすべてに解答している 62 名について集計した。正解までの移動回数は対象とする要素の個数によって変わる。最小移動回数は(要素数-1) 回となる。平均回数から要素の個数とほぼ同数の移動回数で解答がされていることがわかる。一方で、最大回数で示されるように、中には非常に多くの操作をして解答している学生もいることがわかる。

移動回数と正答率の関係については、ジグソー・テキスト採用時の仮説として、操作した結果を見てやり直すことができる特性があるため、試行錯誤によって正答率が向上することを期待した。この仮説から、移動回数と正答率には正の相関が出ると予想した。

目的と手段の関係に関わる設問の正答率と操作回数との相関関係をプロットした散布図を図 7 に示す。操作回数は操作する項目数によって変わるため、各回答者の操作について、操作回数の平均からの距離を標準偏差で割ったものを操作量と定義して使用した。操作回数データの欠損が

表 3 各演習の正答率

Table 3 Correct answer rate for each exercise

演習#	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭
正答数	81	79	80	61	67	68	64	67	52	56	75	73	53	59
解答数	83	82	85	84	84	85	71	71	71	71	83	81	83	83
正答率	98%	96%	94%	73%	80%	80%	90%	94%	73%	79%	90%	90%	64%	71%
母国語	50	51	52	43	44	48	46	49	39	44	50	46	41	47
正答率 A	98%	100%	100%	83%	85%	92%	94%	100%	80%	90%	98%	94%	80%	92%
非母国語	31	28	28	18	23	20	18	18	13	12	25	27	12	12
正答率 B	97%	90%	85%	56%	72%	61%	82%	82%	59%	55%	78%	84%	38%	38%
B/A 比	0.99	0.9	0.85	0.68	0.85	0.66	0.87	0.82	0.74	0.61	0.8	0.9	0.47	0.41

表 4 各演習の操作回数

Table 4 Number of operations for each exercise

演習#	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭
項目数	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
平均回数	3.2	1.9	2.9	2.4	2.8	2.1	2.3	2.5	2.4	1.9	2.8	2.7	3.4	2.8
最大回数	10	11	10	9	9	9	10	9	9	9	9	9	13	9

2 箇所あった 1 名と、1 箇所あった 5 名については、データ欠損箇所は平均回数とみなして計算した。

$$\text{操作量} = (\text{操作回数} - \text{平均操作回数}) / \text{標準偏差}$$

結果は、予想に反して負の相関を示した。相関係数は、-0.535 となった。このことは操作回数が多い場合には、正答率が低くなる傾向があることを意味している。つまり、操作回数の多さは理解不足を反映していると考えられる。

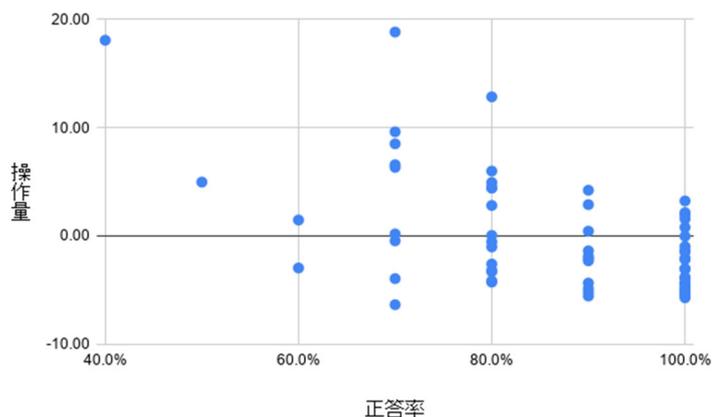


図 7 操作回数と正答率の相関関係

Figure 7 Correlation between number of operations and correct answer rate

6. まとめ

本稿では、2017 年度に見つかった、研究テーマの目的の上位展開が正しくできないという問題について、要因の分析と改善についての継続的な試みについて報告した。2019 年度は、演習方法の改善とフィードバックの充実により、正答率のさらなる改善を図ったが結果にはつながらなかった。以下に活動を通じて得られたことを整理する。

6.1 構造構成功力向上の新たな手段

ジグソー・テキストの採用によって、上記誤答の要因として、構造理解力、構造読解力、構造表現力の要素が排除された。つまり、自身の研究テーマを上位展開できない原因が構造構成功力の不足であることが明確になった。

これまでのアプローチでは改善が期待できないため、今後は異なる方法が必要となる。方法の一つとして、これまでの「上位目的が何か?」という問いとは別の問いで構造を組み立てるアプローチを検討している。これまでの問いは、目的と手段の関係による構造を前提に設定したものが、この構造自体が受け入れられていないという仮説を立てた。

例えば、研究の成果が、社会に対する良い変化をもたらすことは結果であって、目的と捉えることを不自然と感じているのかもしれない。この仮説が正しければ、「研究の成果がもたらすことは何か?」という聞き方に変更すれば、必要な答えを得られる可能性がある。

6.2 「理解していない」ことの捕捉

ジグソー・テキストを利用することによる、解答者のスキル把握の新たな可能性を確認できたと考えている。通常、選択問題で解答者の答案を評価する場合、正答か誤答かに二分される。このときその正答や誤答が、偶然それを選択しただけであって、本当は理解していないという状態かどうかを判断する手段はない。今回示された操作回数と正答率の負の相関を利用することで、「理解していない」ことを捕捉することができる可能性がある。つまり、正答を選択していても、操作回数が多ければ、本当は理解していない可能性が高いと判断できる。

7. おわりに

研究目的を上位に展開することは、より多くの人に研究の意義を伝え、研究成果を展開するために有用なテクニックである。学生のうちから研究目的の上位展開を適切に行える人材を増やすことは、技術の迅速なビジネス展開が求められる今日、重要な意味を持つと考えている。

現在、筆頭著者の後期授業が継続していることから、その中で問い方の工夫を実践し、構造構成功力の向上の可能性を引き続き探索する予定である。

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] 道田 泰司. 論理的思考とは何か?, 琉球大学教育学部紀要, 2003, vol.63, p.181-193.
- [3] 道田 泰司. 一般書としてのクリティカル・シンキング本の研究, 琉球大学教育学部紀要 2011, vol.79, p.161-174.
- [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.
- [5] 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.
- [6] 林 浩一, 山口 琢, 大場 みち子. 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, 情報処理学会研究報告, 2019, vol. 2019-CE-151, no.13, p.1-8.
- [7] 石上 泰章, 川本 佳代, 新井 紀子. 論理的表現力評価システムの開発, 情報処理学会研究報告, コンピュータと教育研究会報告, 2009, vol.98, p.75-82.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 新井 紀子. AI vs. 教科書が読めない子どもたち. 東洋経済新報社, 2018, 287p.