

広島大学学術情報リポジトリ
Hiroshima University Institutional Repository

Title	中学生を対象とした三角ロジック組立演習の実践利用と分析結果
Author(s)	沖永, 友広; 長澤, 怜男; 藤原, 宗幸; 木下, 博義; 林, 雄介; 平嶋, 宗
Citation	JSiSE Research Report , 37 (6) : 21 - 28
Issue Date	2023-03
DOI	
Self DOI	
URL	https://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/00054545
Right	Copyright © 2023 教育システム情報学会
Relation	



中学生を対象とした

三角ロジック組立演習の実践利用と分析結果

沖永 友広^{*1}, 長澤 怜男^{*1}, 藤原 宗幸^{*2}, 木下 博義^{*3}, 林 雄介^{*1}, 平嶋 宗^{*1}

^{*1} 広島大学大学院先進理工系科学研究科, ^{*2} 広島商船高等専門学校,

^{*3} 広島大学大学院人間社会科学研究科

Practical Use of Triangular Logic Assembly Exercises for Junior High School Students and Its Analytical Results

Okinaga Tomohiro^{*1}, Nagasawa Reo^{*1}, Fujiwara Muneyuki^{*2}, Kinoshita Hiroyoshi^{*3},

Hayashi Yusuke^{*1}, Hirashima Tsukasa^{*1}

^{*1} Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University

^{*2} National Institute of Technology (KOSEN), Hiroshima College

^{*3} Graduate School of Humanities and Social Sciences, Hiroshima University

先行研究において、学習者に命題を提供し、根拠・理由付け・主張で構成される三角ロジックを組立てさせる論理学習システムが開発され、高校生・大学生・大学院生群を対象とした実践及び実験的利用において、演習としての有効性、学習効果があることが示唆されている。そこで本研究では、中学校にて演習システムの実践利用を行い、中学校で実践利用が可能かどうかを検証した。結果として、(1)システムの所要時間や所要手数分析から、中学生が真剣に演習に取り組んでいることが示唆された。また、(2)論理的思考テストスコアの分析から、本演習の実施が論理的思考の促進に有用であることが認められた。また、(3)システムについて高校生・大学生・大学院生群と遜色ない程の成績であることから、中学生もシステム利用が可能であることが分かった。以上の結果から、中学校にて実践利用が可能であると考えている。

キーワード: 三角ロジック, 演繹的推論, 外在化支援, 論理的思考, 批判的思考

1. はじめに

論理的思考力は、算数・数学から国語まで、個々の教科において求められる能力とされている⁽¹⁾。また、論理的思考力を測るために議論を正確に評価できるかどうか調査されており⁽²⁾、職業や時代を問わず必要となる普遍性の高い能力であるといえる。しかしながら、論理的思考力の育成方法としてディベート等様々なものが考案されてきたが、いずれも個別診断・フィードバックが困難であるという課題が残されていた。そこで筆者らは、上記の課題解決及び論理的思考力の育成を指向して、論理構造の組立演習をインタラクテ

ィブに行うことができる演習システムを、三角ロジックモデルをベースに設計・開発している⁽³⁾⁽⁴⁾。三角ロジックモデルとは、論理の構造的記述法として知られている Toulmin モデル⁽⁵⁾を構成する 6 要素の内、「根拠」、「理由付け」、「主張」の主要 3 要素⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾に限定したモデルであり、Toulmin 自身もこの 3 要素が読解に有用であるとしている⁽⁹⁾。この 3 要素について、三角形の底辺左頂点に「根拠」、底辺右頂点に「理由付け」、底辺対頂点に「主張」を配置するため三角ロジックと呼ばれている。筆者らは、この三角ロジックモデルで扱う命題推論をモーダスポネンスと三段論法に限定し、オープン情報構造アプローチ⁽¹⁰⁾を適用することで三

角ロジック組立演習をシステム化しており、高校生・大学生・大学院生群に対する実験・実践利用を通して論理的思考力に対する学習効果を示唆する結果を得ている⁽³⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾.

本演習システムの利用可能性の確認は、高校生から大学院生までであった。しかし、論理的思考は中学生以降（13歳以上）で本格的に展開可能であると指摘されている⁽¹⁾と同時に、その学習が十分にできていないとの指摘もなされている⁽¹³⁾。これらのことから、中学生において、論理的思考の基本形である演繹の構造を組立てる活動である三角ロジック組立演習の適用可能性と有用性があると考えている。そこで本研究では、中学生群において、三角ロジック組立演習システムの実践利用を行った。本実践にあたっては、まず、中学校での豊富な実践経験を持つ共同研究者の一人が演習内容を精査し、演習として実施可能性があり、学習効果も見込めるであろうと判断した。さらに、中学校側の教員に演習を利用してもらう機会を設け、その利用を踏まえて、中学3年生であれば授業時間内で利用する価値があるであろうという判断となった。

実践目的は、(1)中学生のシステムに対する取り組み方、(2)演習システムの学習効果、(3)高校生・大学生・大学院生群と比較し、システム利用が可能かどうか、を調査することである。

以下、第2章では、三角ロジック組立演習に関する先行研究を説明する。また今回の実践のシステム利用では、三種類の問題：常識問題、無意味問題⁽¹⁴⁾、非常識問題⁽¹¹⁾を実装しており、それらに関する先行研究も紹介する。第3章では、実践方法について説明する。第4章では、実践結果について説明する。第5章では、まとめと今後の課題について説明する。

2. 三角ロジック組立演習に関する先行研究

2.1 三角ロジック組立演習システム概要

図1に本演習システムの画面を示す。画面の左に提示された命題リストから、命題をドラッグ&ドロップで移動させ、右側の三角形の各頂点の空欄に、根拠、理由付け、主張に相当する命題を当てはめることで、三角ロジックを組立てる（本論文の三角ロジックで扱う命題推論は、三段論法を表現したものに限定する）。

システムは組立てた論理構造を診断し、正誤判定、及び入れ替えが必要な命題の指摘を行う。このように論理構造の組立演習をインタラクティブに行うことは、能動的に命題を用い論理を構築するという点で、論理の深い理解に繋がると考える⁽¹⁵⁾。

正しい論理構造に利用されない命題（ダミー命題と呼ぶ）は、三角ロジックを構成する命題に対して否定の論理変換や命題の構成要素の入れ替え、合成をすることで用意している。例えば、 $P \rightarrow Q$, $Q \rightarrow R$, $\therefore P \rightarrow R$ という三角ロジックを組立てる問題の場合、 $P \rightarrow \neg Q$ や、 $\neg P \rightarrow R$ のように否定の論理変換を施したり、 P , Q , R を要素として、 $Q \rightarrow P$, $R \rightarrow P$ のように命題の構成要素の入れ替えを行ったりすることでダミー命題を用意している。また、ダミー命題の用意時には、論理的には成立しているがダミー命題を含んだ三角ロジックは再構成できないようにしている。

2.2 本研究で扱う問題

2.2.1 常識問題

常識問題とは、一般的に常識と判断される命題を用いた問題であり、例えば「ペンギンは鳥である、鳥は卵を産む生物である、 \therefore ペンギンは卵を産む生物である」のようなものである。この種類の問題の例として、図1のようなものが挙げられる。先行研究⁽³⁾では、この常識問題のみで構成された演習システムの実験的利用を行っていた。

2.2.2 無意味問題・非常識問題

三角ロジック組立演習について、命題を無意味綴り化、非常識化した演習への拡張がなされた（命題を無意味綴り化した問題例を図2に、命題を非常識化した問題例を図3に示す）。これは、論理的思考を要する状況の一つである、他者立論の論理的再構成⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾において、他者の提示した情報が意味的に解釈できるとは限らない、または偽と判断される場合における論理的再構成の重要性⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾から実装された。この拡張演習の、高校生・大学生・大学院生群に対する実験・実践利用から、従来の演習と同様に論理的思考の促進に有用であるという示唆が得られている⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。本研究のシステムも、常識問題・無意味問題・非常識問題を実装したものとなっている。



図1 三角ロジックの組立例（常識問題）



図2 三角ロジックの組立例（無意味問題）

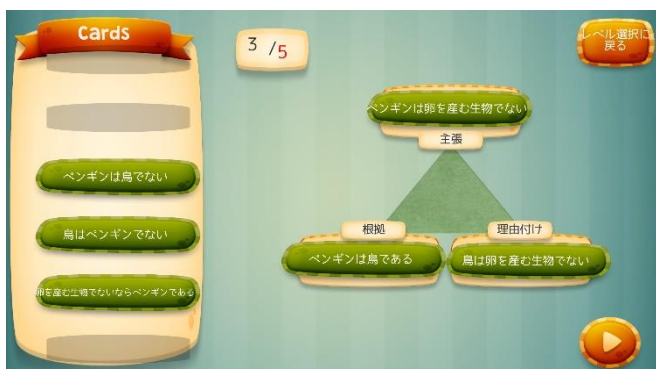


図3 三角ロジックの組立例（非常識問題）

3. 実践

3.1 実践方法

本実践は、2回の授業に分けて行った。1回目に(1)論理の問題（プレテスト）を20分、(2)三角ロジックモデルと演習システムの説明を10分、その1日後に2回目として(3)演習システムの利用を30分、(4)論理の問題（ポストテスト）を20分、(5)演習後のアンケートを5分、という実践手順とした。プレ・ポストテストには、国立教育政策研究所教育課程教育センターが高校2年生を対象に論理的思考の育成状況を測るために実施した「特定の課題に関する調査（論理的な思考）」⁽¹⁹⁾の中から、一般的な表現形式である調査Iの内容A(13問)を用いた。

三角ロジックモデルと演習システムの説明では、最初に三段論法の事例を挙げ、それを三角ロジックに当てはめた場合の図を提示しながら説明した。また、命題の構成要素（単純命題）を記号的に捉えたうえで、主張を推論する方法も説明した。次に、演習で扱う常識問題、無意味問題、非常識問題について説明し、無意味問題に関しては、意味解釈できない命題を用いても論理構造を組立てることができること、また非常識問題に関しては、偽と判断できる命題を用いても論理構造を組立てることができることを明示的に説明した。その後、演習システム上で、常識問題2問、無意味問題1問、非常識問題1問について正解・誤りのパターンを示しながら被験者と一緒に解いた。ここまでの説明の10分である。また、問題ごとに5分の制限時間を設定しており、5分が経過するとシステム側から次の問題に進むことを促す通知が行われるようになっている（このことは、演習前に被験者に説明済である）。なお、指示・説明はプレゼンテーションソフトを用い口頭で説明し、テスト、演習、アンケートは、各被験者に学習用として中学校から支給されているタブレット端末により個人でWebベースのシステムにアクセスしてもらうことで行った。

3.2 問題構成

表1に本演習の問題構成を示す。レベル1~5は一つの三角ロジックを組立てる問題であり、レベル1は一つの空欄を埋める問題、レベル2は二つの空欄を埋める問題、レベル3~5は三角ロジックを構成する三つの命題全てを埋める問題である。これらのレベルでは、論理組立に必要な命題に加えて、ダミー命題を含めている。レベル6は二つの三角ロジックで構成された論理構造を組立てる問題であり、五つの空欄を埋めることが求められる。命題数が多くなるため、レベル6ではダミー命題は提供されていない。レベル1と2は学習者が三角ロジック組立演習に慣れることを目的として用意しているため、常識問題のみとしている。なお、本演習で用いている各命題を構成する文言は平易な言葉が用いられており、個々の命題について中学生が理解できないことはないものと考えている。

本実践では、先行研究⁽¹¹⁾⁽¹²⁾と同様に、無意味問題と非常識問題の出題順序による影響を相殺するためにグ

ループを二つ設け、グループ1では無意味問題、非常識問題の順で出題し、グループ2では、その逆の順で出題した。また、組立ログの分析では、ダミー命題を踏まえて三角ロジックを組立てるレベル3~5が各問題種類の違いが顕著に表れると考え、両グループのデータを一つにまとめたうえで分析を行っている。順序効果の分析に関しては本研究における主題ではないため行っていないが、同様の問題を含んだ演習を設計する際の知見になり得ると考え、今後の課題としている。

表1 問題構成

レベル	空欄個数	グループ1	グループ2
1	1	常識(5問)	常識(5問)
2	2	常識(5問)	常識(5問)
3	3	常識(5問)	常識(5問)
4		無意味(5問)	非常識(5問)
5		非常識(5問)	無意味(5問)
6	5(二つの三角ロジックの連結)	常識(3問)	常識(3問)
		無意味(3問)	非常識(3問)
		非常識(3問)	無意味(3問)

3.3 被検者

被検者は、中学3年生113名(一中学校の四クラス)である。中学生に対する実施は、情報教育の一環としてのシステムの体験的利用として授業内で一教室にて4クラス同時に実施した。この実施に関しては、事前に実施内容及び実践が順守する倫理規定について授業担当教員と協議したうえで了解を得ており、また参加者に対しても実施時に説明を行っている。なお、後述する結果は、後日、中学校に報告している。

4. 実践分析結果

4.1 組立ログの分析

三角ロジック組立演習は、探索的再構成課題であり⁽²⁰⁾、正解進行型となっているため、先行研究と同様に問題に正解するまでの所要時間、所要手数を問題の難しさを測る主たる指標として用いる⁽³⁾⁽⁴⁾⁽¹²⁾。

表2に三空欄問題である、レベル3~5における1問当たりの平均所要時間、平均所要手数を問題種類ごとに示す。所要手数については、空白の部分に命題を当

てはめる行動を1回としてカウントしている。また、既に当てはめられている命題を外し、新たに命題を当てはめる行動も1回としてカウントしている。このため、最小所要手数は3回としている。各問題にはダミー命題を含めて6個の命題が提供されていることから、組立可能な構造は1問当たり60通りであり、十分に少ない手数で正解にたどり着いているといえる。また、表3に平均所要時間・所要手数の各種問題の差について分析した結果を示す(フリードマン検定、ホルム法で多重比較)。無意味問題については、全ての指標の増加が有意であり($p<.001$)、命題無意味化の影響が顕著に表れたといえる。また、非常識問題については、所要手数に有意な増加が見られ($p<.010$)、命題非常識化も影響があったといえる(この結果は先行研究⁽¹¹⁾⁽¹²⁾と概ね同様である)。しかし、所要時間から、十分に短い時間で解いていること、また、所要手数から、ランダムではなく考えて命題を当てはめていることから、命題無意味化や非常識化の影響があったにも関わらず、中学生が真剣に演習に取り組んでいたことがうかがえる。

表2 各問題の平均所要時間・所要手数

問題	所要時間(秒/問)	所要手数(手数/問)
常識	49.76($\sigma=22.69$)	6.95(2.66)
無意味	85.39(34.86)	10.36(2.84)
非常識	52.24(24.39)	8.10(2.73)

表3 各種問題に対する平均所要時間・所要手数の差の検定結果

比較の組	所要時間		所要手数	
	P値	効果量 r	P値	効果量 r
常識－無意味	.000	.460	.000	.555
常識－非常識	.464	.049	.009	.175
無意味－非常識	.000	.509	.000	.381

4.2 テスト結果の分析

プレテスト及びポストテストの結果を表4に示す。

テストの満点は 14 点である。プレテストとポストテストについて、対応のある t 検定を行ったところ、 $p=.000(<.001)$ で有意差が見られ、効果量は中程度であった($d=.437$)。この結果は、本演習の学習効果を示すものとなっていると考える。

表 4 プレ・ポストテストのスコアと検定結果

プレ平均	ポスト平均	P 値	効果量 d
10.47 ($\sigma=2.30$)	11.38 (1.85)	.000 ($<.001$)	.437

4.3 アンケート結果の分析

アンケートでは、表 5 に示した質問に対して 5 件法 (1:全く思わない, 2:思わない, 3:どちらとも言えない, 4:思う, 5:とても思う) で回答してもらった。また、回答の平均値及び肯定群 (5, 4 と回答した群) と非肯定群 (3, 2, 1 と回答した群) の数の差を直接確率計算で検定した際の p 値も示した。この結果から、全ての項目において肯定群の方が有意に多く、演習システムの有効性や、論理的思考の重要性に対し理解を示していることが確認された。

4.4 アンケート項目 E に関する分析

アンケート項目 E『三角ロジックを用いた演習で行った考え方は、「論理の問題」を解くのに役に立った』は、被験者がどの程度論理の問題と三角ロジック演習を関連付けているかを問うている項目であるといえ、被験者の主観による演習の効果が表れると考えた。そこで、5 (とても思う), 4 (思う) と肯定的に回答した被験者 84 名と、3 (どちらとも言えない), 2 (思わない), 1 (全く思わない) と非肯定的に回答した被験者 29 名にグループ分けをした。次に、被験者間要因を肯定・非肯定、被験者内要因をプレ・ポストとして二要因分散分析を行った結果を表 6 に示す。交互作用は有意傾向でなかった($p=.173$)が、単純主効果の検定を行ったところ、肯定群のプレ・ポストのみにおいて有意差が見られ($p<.001$)、効果量は中程度($d=.692$)となった。このことから、演習と論理的思考問題に関係があると肯定した群にはより学習効果があると考えられ、ポストテストスコアの上昇が演習の効果であることを

示唆する結果が得られた。

表 5 アンケート項目と結果及び肯定・非肯定の直接確率計算による検定結果

質問項目(N=113)	平均値	P 値
A:システム利用は楽しかった	4.37	.000
B:システムをもっと使ってみたい	4.01	.000
C:三角ロジックを用いた演習では論理的に考えることが必要だった	4.57	.000
D:三角ロジックを用いた演習を行うことは、論理的に考える能力を身に付けるのに役立つ	4.35	.000
E:三角ロジックを用いた演習で行った考え方は、「論理の問題」を解くのに役に立った	4.00	.000
F:三角ロジックを用いた演習で行った考え方は、これから自分が物事を論理的に考えるうえで参考になりそうである	4.34	.000
G:今までに、三角ロジックを用いた演習と似た問題を学校の授業で解いたことがある	4.32	.000
H:「論理の問題」と似た問題を学校の授業で解いたことがある	3.69	.001
I:論理的思考力が社会に求められる力である	4.31	.000
J:自分は普段から物事を筋道立てて考えようとする	3.82	.000
K:自分は複数の情報から必要な情報を選んで使おうとする	4.14	.000
L:日頃の学習や生活の中でわからないことや疑問が出てきたときにできるだけ自分で考えるようにしている	3.91	.000

表 6 アンケート項目 E への肯定・非肯定群のプレ・ポストのスコアと検定結果

群	プレ	ポスト	P 値	効果量 d
---	----	-----	-----	-------

肯定群 (N=84)	10.30 ($\sigma=2.38$)	11.38 (1.98)	.000	.692
非肯定群 (N=29)	10.97 (2.01)	11.38 (1.47)	.327	.197

4.5 高校生・大学生・大学院生群との比較

4.5.1 比較対象者の詳細

本節では、システムの組立ログやアンケートにおいて、中学生群と高校生・大学生・大学院生群を比較する。高校生・大学生・大学院生群の人数は、筆者らが実施した実験・実践の被験者⁽¹¹⁾⁽¹²⁾57名及び、新たに実験・実践を行った際の被験者104名の、計161名としている。両群に対する実験・実践利用の方法は同様のものとしている。なお、テストについては、高校生・大学生・大学院生と違い、中学生に対する実践利用は今回が初めてであり、難易度を下げたため一部問題を省略しているため、比較は行っていない。

4.5.2 比較結果

まずは、平均所要時間、平均所要手数について両群を比較（対応のないt検定）した結果を表7、表8に示す。表8の所要手数については、高校生・大学生・大学院生群の方が有意に少なく、問題解答の正確性は低いことが見受けられる。しかし、表7の所要時間については、両群の間に有意な差は見られず、高校生・大学生・大学院生群と遜色なくシステムの利用ができていることがうかがえる。次に、アンケート結果について両群を比較（対応のないt検定）した結果を表9に示す。この表において両群で肯定・非肯定が相反する結果となっている項目が、項目G、Hの二つあった。項目G、Hはそれぞれ三角ロジック演習の経験の有無、論理問題の経験の有無を問うものであった。項目Gについて中学生群の平均が4.32と肯定的、高校生・大学生・大学院生群の平均が2.50と非肯定的であった。そこで、それぞれ5、4の回答を肯定的回答、3、2、1の回答を非肯定的回答とした場合、直接確率計算において、中学生群は有意に肯定的回答が多く(p=.000)、高校生・大学生・大学院生群は有意に非肯定的回答が多い(p=.000)ことが分かった。項目Hについても、中学生群の平均が3.69と肯定的、高校生・大学生・大学院生群の平均が2.88と非肯定的であり、直接確率計算にお

いて、中学生群は有意に肯定的回答が多く(p=.001)、高校生・大学生・大学院生群は有意に非肯定的回答が多い(p=.000)ことが分かった。

本実践を実施した中学校は、論理的な思考力・表現力の育成に力を入れて、「ことば科」という独自の科目を持っており、三角ロジックを用いた意見の整理や、論理的思考力問題の解決課題を正規の授業の中で行っている。このことが項目G、Hの結果に反映したと考えられ、本実践に参加した生徒にとっては、本演習は比較的なじみのある活動として受け入れられたことが示唆される。なお、本研究で用いている三角ロジックは、形式的論理計算が可能な演繹的三角ロジックであるが、授業等で用いられている三角ロジックは、形式的論理計算ができない言語的三角ロジックである（このことは中学校に対する結果報告の際に確認できている）。この違いは診断・フィードバックを可能にする演習化においては重要となるが⁽²¹⁾、本結果は生徒にとっては大きな違いと認識されていないことを示唆している。この違いの持つ演習のインタラクティブ化の可否以外の学習上の意味については、今後さらに検討が必要と判断している。

表7 平均所要時間における中学生群と高校生・大学生・大学院生群との比較

問題	中学生 (N=113)	高校生・大学生・大学院生 (N=161)	P値	効果量d
常識	49.76($\sigma=22.69$)	48.84 (28.91)	.779	.034
無意味	85.39 (34.86)	80.43 (39.56)	.285	.131
非常識	52.24 (24.39)	56.10 (31.60)	.277	.133

表8 平均所要手数における中学生群と高校生・大学生・大学院生との比較

問題	中学生 (N=113)	高校生・大学生・大学院生 (N=161)	P値	効果量d
常識	6.95($\sigma=2.66$)	5.20 (2.16)	.000	.732

無意味	10.36 (2.84)	7.54 (3.54)	.000	.859
非常識	8.10 (2.73)	6.16 (2.54)	.000	.738

表 9 アンケート平均値における中学生群と高校生・大学生・大学院生群との比較

質問項目	中学生	高校生・大学生・大学院生	P 値	効果量 d
A	4.37	3.98	.001	.393
B	4.01	3.64	.008	.328
C	4.57	4.29	.007	.330
D	4.35	4.06	.007	.335
E	4.00	4.01	.921	.012
F	4.34	3.94	.001	.419
G	4.32	2.50	.000	1.512
H	3.69	2.88	.000	.635
I	4.31	4.40	.334	.118
J	3.82	3.75	.535	.076
K	4.14	4.09	.658	.054
L	3.91	3.83	.474	.088

5. まとめと今後の課題

5.1 まとめ

本研究では、中学生に対して常識問題、無意味問題、非常識問題を組み込んだ三角ロジック組立演習の実践利用を行い、中学生に対する演習の有効性の調査をすることで、中学生にて実践利用が可能かどうかを検証した。結果として、(1)命題の無意味化と非常識化は学習者に対し影響を与えたが、所要時間や所要手の分析において、十分に短い時間で思考しながら解答していることから、真剣に演習に取り組んでいることが示唆された。また、(2)テスト結果から学習効果の確認ができ、特にこの演習と論理問題に関係があると肯定した群に学習効果があることが認められた。また、(3)システム利用について高校生・大学生・大学院生群と比較すると、遜色ない程の成績であり、中学生もシステム利用が可能であることが分かった。これらの結果から、中学校での実践利用が可能であると考えられる。本実践結果は、これまで中学校にて行われていなかった演

習システムの実践利用が可能であることの示唆が得られた点で、本研究の大きな貢献と考えている。

5.2 今後の課題

4.5.2 項で説明したように、本実践を実施した中学校は、「ことば科」という独自の科目を持っており、論理的思考力の育成に大きな力を入れていることがうかがえる。そのため、本結果をもって三角ロジック演習が一般中学校に適用可能であるとは直ちに言えないことも示唆している。従って、今後の課題として、別の中学校においても実践利用を実施し、今回の中学校の実践結果と同様にシステム利用が可能であるか、また論理的思考の促進に有用であるかどうかを調査する必要があると考えている。

参 考 文 献

- (1) 文化庁: “これからの時代に求められる国語力について”, 文化審議会答申 (2004)
- (2) Britt, M. A., Kurby, C. A., Dandotkar, S., et al.: “I agreed with what? Memory for simple argument claims”, *Discourse Processes*, 45(1), pp.52-84 (2007)
- (3) 北村拓也, 長谷浩也, 前田一誠, 林雄介, 平嶋宗: “論理構造の組み立て演習環境の設計開発と実験的評価”, *人工知能学会論文誌*, Vol.32, No.6, pp.C-H14_1-12 (2017)
- (4) 中野謙, 姫宮恵, 北村拓也, 林雄介, 平嶋宗: “論理組立演習における情報過不足問題の開発”, *教育システム情報学会誌*, 38(3), pp.243-247
- (5) Toulmin, S. E.: “The Uses of Argument, Updated Edition”, Cambridge University Press (First published:1958) (2003)
- (6) Henderson, J. B., Osborne, J., MacPherson, A., et al.: “A new learning progression for student argumentation in scientific contexts”, In *Proceedings of the ESERA 2013 conference: Science education research for evidence based teaching and coherence in learning*, pp.726-742 (2014)
- (7) 井上尚美: “言語論理教育入門—国語科における思考”, 明治図書 (1989)
- (8) Berland, L. K. and McNeill, K. L.: “A learning progression for scientific argumentation: Understanding student work and designing supportive instructional contexts”, *Science Education*, Vol.94, No.5, pp.765-793 (2010)
- (9) Chambliss, M. J.: “Text cues and strategies successful

- readers use to construct the gist of lengthy written arguments”, *Reading Research Quarterly*, pp.778-807 (1995)
- (10) 平嶋宗: “思考の外在的行為化の場としての仮想空間—学習支援の立場から—”, *人工知能*, 36(4), pp.476-479 (2021)
- (11) 沖永友広, 藤原宗幸, 林雄介, 平嶋宗: “論理構造組立における命題の無意味化と非常識化の影響の実験的分析”, *信学技報(思考と言語研究会)*, Vol.121, No.219, pp.16-21 (2021)
- (12) 沖永友広, 長澤怜男, 藤原宗幸, 林雄介, 平嶋宗: “論理的思考力の向上を指向した三角ロジック演習への非常識問題の組み込みと実験的評価”, *教育システム情報学会誌(採録決定)*
- (13) 向井大喜, 松本伸示: “大学生の仮説検証活動における演繹的推論過程の分析”, *理科教育学研究*, Vol.61, No.3 (2021)
- (14) 中野謙, 北村拓也, 林雄介, 平嶋宗: “命題三角ロジック組立課題における命題構成単語の無意味綴り化の影響の実験的検証”, *教育システム情報学会誌*, 38(4), pp.358-362 (2021)
- (15) Larson, A. A., Britt, M. A. and Kurby, C. A.: “Improving students’ evaluation of informal arguments”, *The Journal of Experimental Education*, 77(4), pp.339-366 (2009)
- (16) 道田泰司: “批判的思考における soft heart の重要性”, *琉球大学教育学部紀要*, 60, pp.476-170 (2002)
- (17) 平嶋宗: “共感的理解を通じた学習の設計: 「学習者による共感的理解」のタスク化”, 第45回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.169-170 (2020)
- (18) Vinod, J. and Raymond, J. D.: “Explaining Modulation of Reasoning by Belief”, *Cognition*, 87(1), B11-B22 (2003)
- (19) 国立教育政策研究所: “特定の課題に関する調査(論理的な思考)”, (2017), https://www.nier.go.jp/kaihatsu/tokutei_ronri/index.html (閲覧日 2022年9月21日)
- (20) 松本慎平, 林雄介, 平嶋宗: “確率モデルによる探索的再構成課題の学習プロセス分析手法の提案”, In *人工知能学会研究会資料 先進的学習科学と工学研究会*, 88回 (2020 March)
- (21) 平嶋宗: “言語的三角ロジックに対する演繹的三角ロジックの提案: 主題共通命題・自明論拠・許容命題を用いた妥当性検証可能化”, *教育システム情報学会中国支部*