

包含関係の逆転を伴う非常識命題が三角ロジック組立の難易度に及ぼす影響

Impact of Absurd Propositions Involving Inversion of Inclusion Relations on Difficulty in Proposition Triangle Logic Construction

服部 淳生^{*1}, 植田 昭夫^{*1}, 前土井 光章^{*1}, 平嶋 宗^{*1}

Atsuki HATTORI^{*1}, Akio UEDA^{*1}, Mitsuo MAEDO^{*1}, Tsukasa HIRASHIMA^{*1}

^{*1} 広島大学先進理工系科学研究科

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

Email: atsukih46@gmail.com

あらまし: 近年, 論理的思考力が重要視されており, 形式的な論理構造の組立をインタラクティブに行える三角ロジック組立演習システムが開発された. 先行研究では, 偽と判断される情報を用いた論理的再構成を目的として, 常識命題に否定の論理変換のみを行った非常識問題が扱われてきた. 本研究では, これに加えて命題の包含関係を逆転する変換を行った非常識問題を扱い, 否定のみの場合と比較して誤答率が有意に高くなることを確認した.

キーワード: 論理的思考力, 三角ロジック, 非常識問題, 包含関係

1. はじめに

近年, 論理的思考力の育成が重要視されており⁽¹⁾, 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三角ロジック組立演習システムが開発された⁽²⁾. 本システムは, 命題の常識的な真偽に関わらず, 形式論理に基づいて再構成を行うことを想定して設計されている. 一方で, 論理構造の吟味において命題の常識性を手がかりとして利用している可能性が報告されている⁽³⁾.

先行研究⁽⁴⁾では本システムを用いて, 明らかに偽であると判断できる情報を用いた場合においても, 論理構造の再構成が正しく行えるかを検証するため, 一般的に常識と判断される命題を正解構造に用いた問題 (以下, 常識問題) に対して, 否定の論理変換を行った明らかに偽と判断できる命題を正解構造に用いた問題 (以下, 否定の非常識問題) の演習が行われた. しかし, 実験の結果, 否定の非常識問題は, 常識問題と比較して所要時間や所要手数に統計的に有意な差が認められず, 否定による非常識化のみでは論理構造の組立に大きな影響を及ぼさない可能性が示唆された.

そこで本研究では, 命題の常識性を手がかりにすることがより困難な非常識化の新たな手法として, 命題の否定に加えて, 包含関係 (上位-下位関係) の逆転を伴った問題 (以下, 包含関係の逆転を伴った非常識問題) を提案し, その難易度への影響を検証する.

2. 三角ロジック演習システム

2.1 システム概要

図1に三角ロジック組立演習システムのインターフェースを示す. 本システムは, 三角ロジックモデルとオープン情報構造アプローチに基づき演習化さ

れている. 左側には構成要素となる命題カードが配置され, 右側には「根拠・論拠・結論」の3要素で構成される三角ロジックのフレームが配置されている. 学習者は任意の命題カードを三角ロジックの各要素 (根拠・論拠・結論) の枠内へドラッグ&ドロップして三段論法を満たす論理構造を組み立てる.

2.2 否定の非常識問題

先行研究では, 図1に示すように, 常識問題を構成する含意命題 ($p \rightarrow q$) の単位命題 p または q に対して, 否定の論理変換を行うことで, 非常識問題が作成されている. 例えば, 「冬は寒い季節である」をその否定命題である「冬は寒い季節でない」に置き換えることで, 「12月 is 寒い季節でない」という命題を含む問題を構成することができる. これらの命題を用いることで, 常識的に偽と判断可能な命題を含む論理構造を作成できる.



図1 否定の非常識問題

3. 包含関係の逆転を伴う非常識問題

本研究では, 否定の論理変換に加えて, 包含関係の逆転を行うことで, 非常識問題を作成した. 具体的には, 正解の論理構造が ($p \rightarrow q, q \rightarrow r, \therefore p \rightarrow r$) である常識問題に対して, まず否定の論理変換により

($p \rightarrow q, q \rightarrow \neg r, \therefore p \rightarrow \neg r$)とした後、根拠の逆変換 ($(p \rightarrow q)$ を($q \rightarrow p$)に変換)を行い、さらに結論と論拠の役割を入れ替える。この操作により、正解構造は($q \rightarrow p, p \rightarrow \neg r, \therefore q \rightarrow \neg r$)となる。

図2に具体例を示す。常識問題における「12月は冬である」(12月 \rightarrow 冬)という命題が、「冬は12月である」(冬 \rightarrow 12月)へと逆転することで、包含関係の上位-下位関係が破綻した構造となる。12月は冬の一部であるが、冬は12月だけではないため、この逆転により意味的な包含関係が崩れる。この変換により、学習者は命題の意味的な情報を手がかりとすることが困難になり、形式論理のみに基づいて組立を行う必要性が高まると考えられる。



図2 包含関係の逆転を伴う非常識問題

4. 実験

4.1 実験概要

本実験は広島大学大学院の講義内で実施され、大学院生28名が参加した。実験時間は、システム説明10分、演習30分、アンケート5分の計45分で構成された。演習では、常識問題と包含関係の逆転を伴う非常識問題を含む問題セットを用いて実施された。

4.2 実験結果

先行研究における実験と、本実験では実験対象者が異なるため、まず学習者にとって常識問題の難易度が両実験間で等しいかを検証した。表1に示すように、Mann-WhitneyのU検定の結果、所要手数、所要時間、正誤判定数のいずれにおいても統計的に有意な差は認められなかった。このことから、両実験の対象者は常識問題において同程度の能力を有していることが示唆された。また、共分散分析の前提条件として、常識問題の成績が高い学習者ほど非常識問題の成績も高いという関係性が両実験で同様に成立していることを統計的に検証し、確認した。

常識問題の成績を共変量とした共分散分析により、両実験における非常識問題の難易度を比較した結果を表2に示す。ここで、「否定」は先行研究における否定のみによる非常識問題、「包含逆転」は本研究における包含関係の逆転を伴う非常識問題を指す。包含関係の逆転を伴う非常識問題は、否定の非常識問題と比較して所要手数が5.62手多く ($p < 0.001$)、所

要時間が55.01秒長く ($p < 0.001$)、正誤判定数が2.08回多いという結果が得られた。これにより、包含関係の逆転を伴う非常識問題は、否定のみによる非常識問題と比較して、所要手数、所要時間が有意に多く、誤答率も有意に高く、難易度が高いことが示された。

表1 常識問題の難易度比較

指標	先行研究	本研究	p値
所要手数	4.11	4.14	1.000
所要時間	35.99	42.22	0.336
正誤判定数	1.20	1.26	1.000

表2 非常識問題の難易度比較

指標	否定	包含逆転	p値
所要手数	4.57	10.22	<.001
所要時間	42.63	98.06	<.001
正誤判定数	1.32	3.41	<.001

5. おわりに

本研究では、三角ロジック組立演習システムにおける非常識化の新たな手法として、否定に加えて包含関係の逆転を導入した非常識問題を提案し、その難易度への影響を検証した。実験の結果、包含関係の逆転を伴う非常識問題は、否定のみによる非常識問題と比較して、所要手数、所要時間、正誤判定数のいずれにおいても有意に高い値を示した。これにより、非常識化の方法によって難易度に明確な差が生じることが示された。包含関係の逆転を伴った非常識問題では、命題の真偽だけでなく包含関係の破綻も生じるため、学習者は含意命題の意味的な関係を手がかりとして利用することが困難になり、難易度が上昇した可能性が考えられる。

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) 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)。
- (3) 長澤怜男，沖永友広，藤原宗幸，林雄介，平嶋宗，“三項論証の妥当性の判定力調査とそれに基づく三角ロジック組み立て演習の設計”，信学技報，Vol. 122, No. 303, ET2022-45, pp. 29-36, (2022)。
- (4) 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命題非常識問題の組み込みと実験的評価”，電子情報通信学会技術研究報告(Web)，Vol. 122, No. 303, pp. 29-36 (2022)。