

三項論証の外的表象としての単位命題三角ロジックの提案と実験的評価

Proposal and Experimental Evaluation of Unit Proposition Triangle Logic as an External Representation of the Ternary Argument

前土井 光章^{*1}, 植田 昭夫^{*1}, 服部 淳生^{*1}, 藤原 宗幸^{*2}, 平嶋 宗^{*1}
Mitsuaki MAEDO^{*1}, Akio UEDA^{*1}, Atsuki HATTORI^{*1}, Muneyuki FUJIWARA^{*2}, Tsukasa HIRASHIMA^{*1}

^{*1} 広島大学院先進理工系科学研究科

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

^{*2} 広島商船高等専門学校

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

Email: maedomitsuaki@icloud.com

あらまし：本研究では、三項論証の推論形式の判別を支援する方法として、単位命題をノード、含意関係をリンクとして推論形式をグラフ構造として外在化する「単位命題三角ロジック」を提案する。高等専門学校生に対する実験の結果、提案システムによる演習により、三項論証で表現可能な全ての推論形式の妥当性判別能力の向上が示唆された。

キーワード：論理的思考、三項論証、三角ロジック、演繹推論、仮説推論

1. はじめに

論証の吟味や推論形式の判別は、近年重要視されている論理的思考の基盤である⁽¹⁾⁽²⁾。しかし、多くの学習者は推論形式の判別に形式的な論理構造ではなく、命題の内容が常識的な内容であるか否かに影響されて判別を誤る傾向があることが複数の研究によって報告されている⁽³⁾⁽⁴⁾。

先行研究では、三項論証を構成する含意命題を三角形の各頂点に配置し、図的に表現する「三角ロジック」を用いて推論形式の判別を支援する「差分吟味法」が提案され、一部の推論形式に対して学習効果が確認されている⁽⁵⁾。

一方、差分吟味法で扱っていた従来の三角ロジックは含意命題を操作の最小単位として扱うため、単位命題間の含意関係が構造として明示されていない。そのため、三角形の構造のみでは論証の吟味が困難であり、学習者が暗黙的に論証構造を補完する必要があるため、初学者にとって認知負荷が高い可能性があった。

そこで本研究では、従来の含意命題単位での操作を詳細化し、単位命題単位で操作、可視化を可能にする「単位命題三角ロジック」を提案する。単位命題三角ロジックは推論形式をグラフ構造として直接外在化するものであり、論証を構造として吟味することが可能である。

本研究では、単位命題三角ロジックを提案し、演習システムを開発した。また、開発した演習システムを用いて実験的評価を行った。

2. 三項論証で表現可能な推論形式

本研究では、三つの含意命題からなる三項論証を扱う。三項論証は、二つの所与命題と一つの導出命題で構成され、各単位命題間の含意関係によって、演繹推論、仮説推論、非形式推論の三つの推論形式

に分類することができる。演繹推論は、 $(P \rightarrow Q, Q \rightarrow R, \therefore P \rightarrow R)$ の構造を有しており、推論として妥当性がある。一方、仮説推論は $(P \rightarrow R, Q \rightarrow R, \therefore P \rightarrow Q)$ 、もしくは $(P \rightarrow Q, P \rightarrow R, \therefore Q \rightarrow R)$ の構造を有しており、演繹推論と同じ三つの含意命題を構成要素とするが、所与命題と導出命題の割り当てが異なっている。仮説推論は非妥当な推論であるが、形式的な論理構造に基づいた検証価値のある仮説として位置づけられている。非形式推論は、言語的には三項論証の形式を満たしているが、形式論理としての要件を満たさない推論であり、演繹推論と仮説推論以外の構造を有している。非形式推論は推論として妥当性を持たず、また仮説推論のような仮説生成としての有用性も持たない。

3. 単位命題三角ロジック

本研究では、三項論証を構成する単位命題単位で操作、可視化を可能とする「単位命題三角ロジック」を提案し、推論形式の判別に用いる。

単位命題三角ロジックは、三項論証を構成する単位命題をノード、含意関係を有向リンクで表現し、論証をグラフ構造として外在化する。単位命題三角ロジックの構成方法は以下の通りである。論証の導出命題の前件を左、後件を右に置き、前件と後件をリンクで接続することで前件→後件の含意命題とする。非形式推論ではない場合、二つの所与命題は導出命題の前件と媒介項、後件と媒介項の組み合わせで構成されるため、媒介項を導出命題の前件、後件と三角形を成すように配置し、論証の含意関係に基づいてリンクを接続する。これにより、単位命題三角ロジックを構成することができ、この手順で構成が不可能な論証は三角形の構造を形成せず、非形式推論であると判別可能である。

単位命題三角ロジックは二つの所与命題のリンク

の向きによって四種類の構造が考えられ、この構造によって推論形式を判別可能である。P を導出命題の前件、R を導出命題の後件、Q を媒介項とした場合、所与命題が $P \rightarrow Q, Q \rightarrow R$ であれば演繹推論、 $P \rightarrow Q, R \rightarrow Q$ 、もしくは $Q \rightarrow P, Q \rightarrow R$ であれば仮説推論、 $R \rightarrow Q, Q \rightarrow P$ であれば、結論が後件肯定の誤謬となる非形式推論であると判別可能である。

図1に演繹推論と仮説推論の三項論証を例示する。これらを単位命題三角ロジックとして構成すると、(例1)は図2の左、(例2)は図2の右のようになり、推論形式の差異が構造の差異として表現される。一方、(例1)、(例2)の論証を従来の形式的三角ロジックとして構成するとどちらも図3のようになり、構造ではなく、各頂点に配置されている含意命題の内容を吟味して推論形式を判別する必要がある。

(例1) 演繹推論：「トキは鳥である。したがってトキは空を飛ぶ。なぜならば鳥は空を飛ぶからである。」
 (例2) 仮説推論：「トキは空を飛ぶ。したがってトキは鳥である。なぜならば鳥は空を飛ぶからである。」

図1 演繹推論，仮説推論の論証例

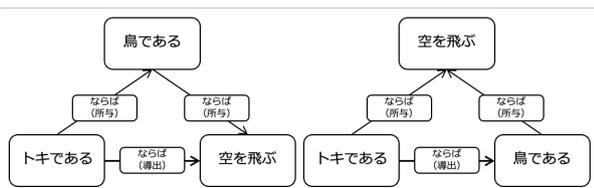


図2 単位命題三角ロジック

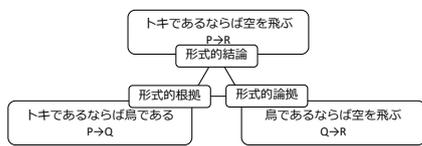


図3 形式的三角ロジック

筆者は単位命題三角ロジックを用いた論証構造の外在化と推論形式の判別を正誤判定による即時フィードバックが可能なシステムとして実装した。演習システムの画面例を図4に示す。

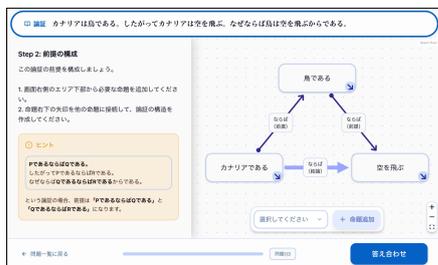


図4 単位命題三角ロジック演習システム

4. 評価実験

4.1 実験概要

本実験では、高等専門学校生 39 名を対象として、

提案システムの使用前後での論証判別能力の変化を調査した。実験手順は、プレテスト、プレアンケート、演習説明、システム演習、ポストテスト、ポストアンケートの順で実施した。評価課題として、長澤ら⁶⁾が差分吟味法の実験で用いた論証判別課題 22 問を使用した。この課題は三項論証の妥当性を問うものであり、推論形式と命題の常識的な真偽によりカテゴリ分けをして分析を行った。

4.2 実験結果

論証判別課題について、全ての推論形式におけるプレ・ポスト間で、命題の常識的な真偽と妥当性の真偽が異なる課題の点数が有意に向上した (全て $p < .05$, 以下同様)。これは、学習者が命題内容のもっともらしさではなく、論証構造に基づいて妥当性を判断できるようになったことを示唆する。

アンケート分析の結果、提案システムによる演習後に、推論形式判別に対する自信および論証構造理解に関する項目で有意な向上が確認された。また、使いやすさや継続利用したいかについても肯定的回答が有意に多かった。

以上より、提案システムが学習者に受容されるとともに、論証構造の理解および推論形式判別能力の向上に寄与する可能性が示された。

5. おわりに

本研究では、三項論証における推論形式の判別支援法として単位命題三角ロジックを提案し、演習システムとして設計・開発を行った。

高等専門学校生を対象とした実験により、三項論証で表現可能な全ての推論形式の妥当性判別能力の向上が示唆された。特に、従来の差分吟味法では一部の仮説推論に対して学習効果がみられなかったが、提案手法ではこれを含めた全ての推論形式判別能力の向上が認められた。

今後の課題として、異なる対象者への実験による効果の再現性検証、および演習システムによる学習プロセスの分析などが挙げられる。

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) 文部科学省：“高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）解説 国語編”（2018）
- (3) 菅野衷：“成人の三段論法推理における推論の誤りについて”，慶応義塾大学大学院社会学研究科紀要，社会学心理学教育学，No.8（1968）
- (4) 長井進：“形式的推理の判断に関する研究：三段論法の論理的構造と命題の事実性”，慶応義塾大学大学院社会学研究科紀要，社会学心理学教育学，No.17（1977）
- (5) 長澤伶男，服部淳生，植田昭夫，林雄介，平嶋宗：“三項論証における推論形式判別演習の開発と実験の評価”，教育システム情報学会誌，Vol.42，No.1（2025）