

令和5年度

修士論文

三項論証における推論形式の判別支援を指向した

三角ロジック演習環境の設計開発と評価

指導教員 平嶋 宗 教授

広島大学大学院 博士課程前期

先進理工系科学研究科 先進理工系科学専攻

情報科学プログラム

M226002

長澤 怜男

令和6年2月6日 提出

概要

近年、教科や領域を問わない論理的思考の重要性が指摘されており、その学習指導の重要性も広く認識されている。論証は論理的思考を促すための有力な手段の一つであり、組み立てや吟味の対象として用いられる。論証の最も基本的な形式は、根拠となる命題と結論となる命題の二つで構成される形式であり、二項論証と呼ばれる。この二項論証に根拠と結論をつなぐ命題（論拠と呼ばれる）を加えたものが三項論証であり、三項論証は形式論理として取り扱うことが可能となる。モーダスポネンスやマルチモーダスポネンス（三段論法）は形式論理を満たす三項論証であり、推論の形式としては演繹となる。この他に形式論理を満たす三項論証の推論形式としては仮説推論が存在している。また、言語的には三項論証の形式で構成されていても、形式論理を満たさない場合、つまり推論として論理的であるといえない場合もあり、これについては本研究では非形式推論と呼ぶ。本研究では、言語的な論証を対象としてこれらの推論形式の判別を行う。演繹推論と仮説推論は構成要素は同じであるが、推論の手順が異なり、また、導出された結果の性質も異なる。演繹推論の場合、前提が真であれば結果が必ず真となることから推論として妥当とされ、仮説推論の結果は前提が真であったとしても結果が必ずしも真とならないことから推論として非妥当とされる。また、非形式推論は形式論理を満たさないため、非妥当な推論といえる。これらの推論形式の違いを判別できなければ、推論の結果を適切に活用できないこととなる。そのため、推論形式の判別を行うことは重要と言える。

本研究では、まず、学習者が実際にどの程度推論形式の判別ができるのかの調査を、高専生、情報系学部にて在籍する大学生を対象に行った。調査の結果として、非形式推論については命題の常識的な意味の真偽に影響されずに判別ができているが、演繹推論、仮説推論に関しては命題の意味の真偽に影響を受けて正しく判別できていない場合があることが示唆された。演繹推論や仮説推論の判別について学習する余地があることが明らかになったことから、本研究では三項論証における推論形式の判別を支援する演習環境の開発を試みた。

三項論証の図的表現として、三角ロジックがしばしば用いられている。本研究では、三項論証を言語的三角ロジックと形式的三角ロジックの両方で表現することで、その差分として推論形式の判別が可能な枠組みを考案した。さらに、論証から推論形式を判別するまでのプロセスを設計し、プロセスに沿った演習環境の開発も行った。開発した演習システムについて、情報系学部にて在籍する大学生を対象に実験的利用による学習効果の検証を行ったところ、システム利用前と利用後で推論形式の判別課題のスコアが上昇する結果が得られ、特に演繹推論、根拠推論の判別に関する学習効果が示唆された。このことから、提案した方法によって推論形式の判別が行えることが確認できた。また、アンケート結果から、提案した推論形式の判別法が妥当なものであると判断した学習者が多いことも確認できた。

目次

概要	1
図索引	4
表索引	5
第 1 章 はじめに	7
第 2 章 関連研究	9
2.1 推論形式の判別能力に関する先行研究	9
2.2 論証の図的表現としての三角ロジックに関する研究	10
第 3 章 推論形式の判別能力の調査	13
3.1 論証判別課題	13
3.2 高等専門学校生を対象とした論証判別能力の調査(2022 年度)	16
3.2.1 調査概要	16
3.2.2 論証判別課題の分析	17
3.2.3 論理的思考問題との関係分析	18
3.3 情報系大学生を対象とした論証判別能力の調査(2022 年度)	19
3.3.1 調査概要	19
3.3.2 論証判別課題の分析	20
3.3.3 論理的思考問題との関係分析	21
第 4 章 三角ロジックを用いた推論形式の判別演習の設計開発と評価	23
4.1 三角ロジックを用いた推論形式判別の枠組み	23
4.2 推論形式の判別プロセスの手順化	25
4.2.1 命題抽出過程	26
4.2.2 所与命題と導出命題の分類過程	26
4.2.3 言語的三角ロジックの構成過程	27
4.2.4 形式的三角ロジックの構成過程	28
4.2.5 推論形式の判別過程	31
4.3 情報系大学生を対象とした論証判別三角ロジック組立演習システムの実験的利用	33
4.3.1 調査概要	33
4.3.2 論証判別課題・アンケートの分析	34
(1) 論証判別課題の分析(全体)	34
(2) アンケートの分析	37
(3) 論証判別課題の分析(事後アンケート:「推論形式の判別を直感的(感覚的)に 行った」)	40
4.3.3 システムログの分析	44
(1) Step1: 命題抽出過程の分析	46

(2)	Step2: 所与命題と導出命題の分類過程の分析	47
(3)	Step3: 言語的三角ロジックの構成過程の分析	48
(4)	Step4: 形式的三角ロジックの構成過程の分析	48
(5)	Step5: 推論形式の判別過程の分析	49
(6)	言語的三角ロジックの構成過程・形式的三角ロジックの構成過程の比較	50
(7)	プレ・ポストテストとの相関分析	50
第 5 章	まとめと今後の課題	53
5.1	まとめ	53
5.2	今後の課題	53
謝辞	54
参考文献	54
研究業績	55
付録	56

図索引

図 1	三角ロジック組立演習システム	7
図 2	論証と言語的三角ロジックの例	10
図 3	同様の命題で構成される三種類の三項論証	11
図 4	形式的三角ロジックの例	12
図 5	論証判別課題その 1	14
図 6	論証判別課題その 2	15
図 7	演繹推論, 根拠推論, 非形式推論の論証例	23
図 8	例 1 の言語的三角ロジック	24
図 9	例 2 の言語的三角ロジック	24
図 10	例 1, 例 2 の形式的三角ロジック	24
図 11	例 3 の言語的三角ロジック	25
図 12	推論形式の判別プロセス	25
図 13	演習画面 (命題抽出過程)	26
図 14	演習画面 (所与・導出命題の分類過程)	27
図 15	言語的三角ロジックモデル	28
図 16	演習画面 (言語的三角ロジックの構成)	28
図 17	形式的三角ロジックモデル	29
図 18	演習画面 (形式的三角ロジックの構成: 演繹推論)	30
図 19	演習画面 (形式的三角ロジックの構成: 根拠推論)	30
図 20	演習画面 (形式的三角ロジックの構成過程: 非形式推論)	31
図 21	命題のラベル付けがされた形式的三角ロジック (例 1)	32
図 22	演習画面 (推論形式の判別過程)	32
図 23	論証判別課題の文言 (2023 年度版)	33
図 24	プレテストの正答率グラフ	35
図 25	ポストテストの正答率グラフ	36

表索引

表 1	問題の分類	16
表 2	カテゴリの分類と妥当性	16
表 3	各カテゴリの正答率 (2022 年度高専生)	18
表 4	演繹推論の正答率比較 (2022 年度高専生)	18
表 5	根拠推論の正答率比較 (2022 年度高専生)	18
表 6	論拠推論の正答率比較 (2022 年度高専生)	18
表 7	非妥当推論の正答率比較 (2022 年度高専生)	18
表 8	論理的思考問題の要約統計量 (2022 年度高専生)	19
表 9	論理的思考問題と各カテゴリの相関 (2022 年度高専生)	19
表 10	各カテゴリの正答率 (2022 年度情報系大学生)	21
表 11	演繹推論の正答率比較 (2022 年度情報系大学生)	21
表 12	根拠推論の正答率比較 (2022 年度情報系大学生)	21
表 13	論拠推論の正答率比較 (2022 年度情報系大学生)	21
表 14	非妥当推論の正答率比較 (2022 年度情報系大学生)	21
表 15	論理的思考問題の要約統計量 (2022 年度情報系大学生)	22
表 16	論理的思考問題との相関 (2022 年度情報系大学生)	22
表 17	論証判別課題 (プレテスト・2023 年度情報系大学生) の要約統計量	35
表 18	論証判別課題 (ポストテスト・2023 年度情報系大学生) の要約統計量	36
表 19	プレ・ポストテストの比較 (対応のある t 検定)	37
表 20	論理的思考に関する事前アンケート	37
表 21	推論形式の判別に関する事前アンケート	38
表 22	推論形式の判別に関する事後アンケート	39
表 23	システム利用に関する事後アンケート	40
表 24	論証判別課題 (プレテスト・直感的：肯定群) の要約統計量	41
表 25	論証判別課題 (ポストテスト・直感的：肯定群) の要約統計量	41
表 26	プレ・ポストテスト (直感的：肯定群) の比較 (対応のある t 検定)	42
表 27	論証判別課題 (プレテスト・直感的：非肯定群) の要約統計量	42
表 28	論証判別課題 (ポストテスト・直感的：非肯定群) の要約統計量	42
表 29	プレ・ポストテスト (直感的：非肯定群) の比較 (対応のある t 検定)	43
表 30	直感的：肯定群・非肯定群の比較 (プレ)	43
表 31	直感的：肯定群・非肯定群の比較 (ポスト)	43
表 32	ログの用語の説明	44
表 33	正誤判定数の要約統計量	45
表 34	分散分析 (Step1：命題抽出過程)	46

表 35	多重比較 (Step1 : 命題抽出過程)	47
表 36	分散分析 (Step2 : 所与命題と導出命題の分類過程)	48
表 37	分散分析 (Step3 : 言語的三角ロジックの構成過程)	48
表 38	分散分析 (Step4 : 形式的三角ロジックの構成過程)	48
表 39	多重比較 (Step4 : 形式的三角ロジックの構成過程)	49
表 40	分散分析 (Step5 : 推論形式の判別過程)	50
表 41	言語的三角ロジックの構成過程・形式的三角ロジックの構成過程の t 検定...	50
表 42	個人のステップ毎の要約統計量 (正誤判定数)	51
表 43	個人のステップ毎の相関分析 (正誤判定数)	52

第1章 はじめに

近年，教科や領域を問わない論理的思考が重要視されている[1]．平成 30 年度版の高等学校学習指導要領（国語編）では，「情報の扱い方に関する事項」について，「主張と論拠など情報と情報との関係について理解すること」や，「推論の仕方を理解し使うこと」，「情報の妥当性や信頼性の吟味の仕方について理解を深め使うこと」などとして論理的思考の指導の必要性が記載されている[2]．

論理的思考の学習支援の一つとして，論理構造を可視化したものである Toulmin モデルを簡略化した三角ロジックモデルを用いた「三角ロジック組立演習システム」が設計・開発されている[3]．この演習システムは，三角ロジックモデルに「オープン情報構造アプローチ」[4]を適用し，形式的な論理構造の組み立てを演習課題として取り組むものになっており，実験的利用によって論理的思考力の促進を示唆する結果が得られている．

ここで，形式的な論理構造とは，「根拠」，「論拠」，「結論」を構成要素とした，modus ponens（根拠 x ，論拠 $x \rightarrow y$ ，結論 y ），multiple modus ponens（根拠 $x \rightarrow y$ ，論拠 $y \rightarrow z$ ，結論 $x \rightarrow z$ ）の構造を持つこととしている．三角ロジック組立演習システムでは，予め与えられた命題カードを形式的な論理構造に当てはめることで再構成活動を演習として実現している．図 1 は三角ロジック組立演習の画面であり，左側に提供された命題カードのリストから適切なものを選択し，右側の三角形の各頂点に，根拠，論拠，結論の役割に応じたものを配置することで，三角ロジックを完成させている．



図 1 三角ロジック組立演習システム

この三角ロジック組立演習は，論述を構成するすべての命題が予め与えられているため，所与命題，導出命題の区別が存在しない．推論は，所与命題から導出命題を導くものであり，したがって，従来の三角ロジック組立演習は推論を扱えていなかったといえる．三角ロジックの構成要素で扱える推論としては，根拠と論拠に対応する命題を所与命題とし，結論に対

応する命題を導出命題とする演繹推論に加えて、論拠と結論に対応する命題を所与命題とし、根拠に対応する命題を導出命題とする根拠推論、および、根拠と結論に対応する命題を所与命題とし、論拠に対応する命題を導出する論拠推論がある。演繹推論は、所与命題が真であれば導出命題が真であることが保証されるという推論妥当性（以下では単に妥当性と呼ぶ）を持つ。一方で、根拠推論と論拠推論は妥当性を持たないものの、仮説として検証する価値のある命題を導出するという意味で仮説推論と呼ばれ、形式的な論理構造を持つ推論（以下では論理的推論と呼ぶ）として認められている[5]。仮説推論はしばしば演繹推論と区別されずに取り扱われることがあるとされている[6], [7]が、仮説推論を演繹推論と同様な推論と判断することは誤謬の一種となる。これらの推論は、日常の様々な場面で用いられる論証において行われている。言語的に表現されている論証は、一見すると正しいことが述べられているように思えるものもあるが、その論証の中で行われている推論形式を分析すると実際には非妥当な推論を行っている場合もある。推論形式の判別ができていなければ、誤謬を行うだけでなく、妥当なものに対して不要な検討を行い、議論の焦点を明確にできない恐れがある。そのため、推論形式の判別は重要といえる。そこで筆者は、言語的三角ロジック、形式的三角ロジックを用いた推論形式の判別プロセスを明示化し、三角ロジック組立演習において推論を取り扱う拡張をすることで、推論形式の判別演習を実装した。

本稿では、まず、この判別演習の設計・開発の前段階として行った、三項論証における推論形式の判別能力の調査について報告する。本調査では、(1) 対象学習者群が推論形式の判別をどの程度できているか、(2) 推論形式の判別能力と一般的な論理的思考力に関係が存在するか、をリサーチクエスションとし、高等専門学校生、および情報系学部在籍する大学生に対して調査を実施した。次に、推論形式を判別するプロセスを考案し、調査結果および判別プロセスに沿った演習システムの設計開発を行った。また、開発したシステムが演習として利用可能であるか、学習効果が見られるのかを検証した。

以下本稿では、第 2 章で筆者らの先行研究となる三角ロジック組立演習について述べた後、推論形式の判別能力の調査についての先行研究を紹介する。第 3 章では本調査で用いた推論形式の判別課題について説明し、2022 年度に高等専門学校生を対象とした調査、2022 年度に情報系大学生を対象とした調査の結果についてそれぞれ報告する。第 4 章では、推論形式の判別プロセスの説明を行い、三角ロジック組立演習をベースとした推論形式の判別演習の説明を行う。また情報系大学生を対象とし 2023 年度に実施した演習システム利用実験の結果を報告する。第 5 章ではまとめと今後の課題を述べる。

第2章 関連研究

2.1 推論形式の判別能力に関する先行研究

本研究で扱う演繹推論、根拠推論、論拠推論と同様の推論を対象とした判別能力を調べた調査としては、菅野（1968）が行った成人の三段論法推理における推論の誤りについての調査[6]や、長井（1977）が大学生に対して行った形式的推理の判断に関する調査[7]がある。これらの調査結果は、学習者は推論形式の判別に命題の常識的な意味の真偽に影響を受ける傾向があることを示唆している。これらの調査はいずれも古いものであり、同様の結果が得られるかどうかの追試を行う必要があると考えた。

本研究では、演繹推論と仮説推論に加えて、菅野や長井の行った調査では扱っていなかった論理的な推論形式を持たない非形式推論を課題に含める。非形式推論とは、言語的には所与命題と導出命題が明確化された論証でありながら、論理的推論となっていないものである。たとえば「サルは肺呼吸である。したがって人間は二足歩行である。なぜならば、霊長類は哺乳類だからである。」といった論証の場合、所与命題は「サルは肺呼吸である」、「霊長類は哺乳類である」であり、導出命題は「人間は二足歩行である」となる。これら三つの命題はいずれも常識的な意味としては真となるが、論理的推論とはなっていない。井上（1998）はこのような論証も「ある文章や話が論証の形式（前提—結論、または主張—理由といった骨組み）を整えている」として論理的の範疇に入れており、広い意味での論理性があるとしている[8]。ここではこれを言語的論理性と呼ぶ[9]。言語的論理性を扱った研究として、Britt（2007）[10]やLarson（2009）[11]が実装している論理学習の演習は、言語的論理性のある論証から、論理的構造があるものとならないものを判別することを課題としている。本研究では、言語的論理性はあるが形式的な論理構造を持たない推論としての非形式推論を課題として含め、被験者が論理的推論と非形式推論を区別できているかを確認する。推論形式の判別ができているかどうかを検討するうえで、形式的な論理構造の有無を判別できていることは、その前提として必須であると考えている。

さらに、先行研究では示されていなかった推論形式の判別能力と論理的思考力の関係を調べる。論理的思考力に関しては、国立教育政策研究所の「特定の課題に関する調査（論理的な思考）調査 1A」[12]を用いる。この調査は論理的思考力全般に対する調査として全国規模で行われたものであり、問題の内容や成績・解答の分布やその分析が公表されているため、論理的思考力を測るものとしてはもっとも透明性のある調査の一つであると判断している。三角ロジック組立演習を用いた先行研究では、この調査問題のスコアを論理的思考の指標として用いている実績があり、今回もこれを踏襲した。論証を判別することは論理的思考力的一端を担っていることは誤謬との関係において明らかといえるが、その判別能力が論理的思考力と検出可能な関係を持つかどうかは自明とは言えない。判別能力と論理的思考力との間に検出可能な相関を見出すことができれば、判別演習の必要性を示す傍証になると考え、今回調査対象としている。なお、あくまで相関であり、因果ではないため、判別

能力の向上が検出可能な論理的思考力の向上につながるといえるわけではないが、仮説としては検証の価値があると判断している。調査問題の具体的内容は 3.1 でさらに述べる。

2.2 論証の図的表現としての三角ロジックに関する研究

論証の最も基本的な形式は、根拠となる命題と結論となる命題の二つからなる二項論証であり、「P である（根拠となる命題）。したがって R である（結論となる命題）。」と表現される。これに対し、根拠と結論を繋ぐ命題としての論拠を加えたものが三項論証である。本研究で扱う三項論証は、「P（根拠となる命題）である。したがって R（結論となる命題）である。なぜならば Q（論拠となる命題）だからである。」という言語表現で表されることとする。このとき、推論の前提となる命題（P と Q）を所与命題、推論で導かれる命題（R）を導出命題と呼ぶ。

言語的記述である三項論証を図的に記述する方法として、三角ロジックがしばしば用いられている[13]。一般的に用いられている三角ロジックが論理的とされる条件は、論証を構成する三つの命題がそれぞれ根拠、論拠、結論に割り当てられていることであり、それらが形式的に論理計算可能であることは必ずしも求められていない。したがってこのような一般的な三角ロジックを言語的三角ロジックと呼んでいる[9]。また、言語的三角ロジックにおける根拠、論拠、結論は、言語的根拠、言語的論拠、言語的結論と呼ぶことができる。言語的三角ロジックでは、左下頂点に根拠、底辺対頂点に結論、右下頂点に論拠を配置した形になる。図 2 は言語的三角ロジックの具体例である。根拠は、三項論証の形式における P に対応する「明日は猛暑日だ」となり、結論は R に対応する「アイスの入荷を増やすべきだ」となる。根拠から結論を導くための理由として、Q に対応する「暑い日はアイスがよく売れる」が論拠となる。

明日は猛暑日だ。したがってアイスの入荷を増やすべきだ。
なぜならば、暑い日はアイスがよく売れるからだ。

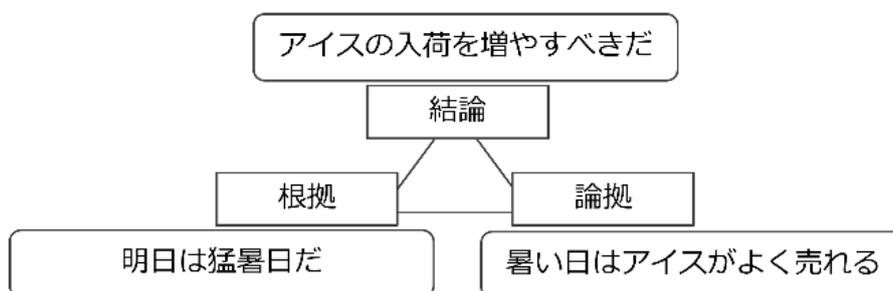


図 2 論証と言語的三角ロジックの例

これに対して三角ロジックをモーダスポネンスやマルチモーダスポネンスの形式に対応させて形式論理として計算可能としたものが形式的三角ロジックである[9]。形式的三角ロ

ジックでは、根拠を小前提 ($x \rightarrow y$)、論拠を大前提 ($y \rightarrow z$)、結論を結論 ($x \rightarrow z$) に相当する命題が配置されることを必須としており、この配置を満たしているかどうかによって三角ロジックが形式論理を満たしているかどうかを診断することができる。形式的三角ロジックにおける根拠、論拠、結論は、形式的根拠、形式的論拠、形式的結論と呼ぶことができる。この三角ロジックの組み立て演習が診断・フィードバックといった知的機能を備えた形ですでに開発されており、実験的・実践的運用と評価が行われている[14][15][16]。また、中学生でもこの形式的三角ロジック組み立て演習が実践的に実施可能であることが確認できている[17]。図3に形式的三角ロジックの元となる三項論証の例を示し、図4に形式的三角ロジックの具体例を示す。

ここで、言語的三角ロジックは言語的形式に基づいてどの命題が所与命題であり、どの命題が導出命題であるかが特定されており、したがって推論の形式が言語的に自明であるといえる。これに対して形式的三角ロジックの場合は、命題間の関係は形式論理のみを表しているため、推論形式を特定してはいない。図3の例であれば、根拠と論拠が所与命題として与えられ、結論を導く場合は演繹推論となるが、結論と論拠が与えられて、根拠を導く場合は根拠推論、根拠と結論が与えられて論拠を導く場合は論拠推論となる[14]。しかし、形式的三角ロジックとしては、図4の一通りのみの表現となる。

本研究における推論形式の判別とは、言語的な論証に対して演繹推論、根拠推論、論拠推論、非形式推論の判別を行うこととし、次章にて判別の指標となる調査課題の設計を行い、学習者の推論形式の判別能力を測ることとする。

- (例1) 演繹推論：「カラスは鳥である、したがってカラスは卵を産む。なぜならば鳥は卵を産むからである。」
- (例2) 根拠推論：「カラスは卵を産む、したがってカラスは鳥である。なぜならば鳥は卵を産むからである。」
- (例3) 論拠推論：「カラスは鳥である。したがって鳥は卵を産む。なぜならばカラスは卵を産むからである。」

図3 同様の命題で構成される三種類の三項論証

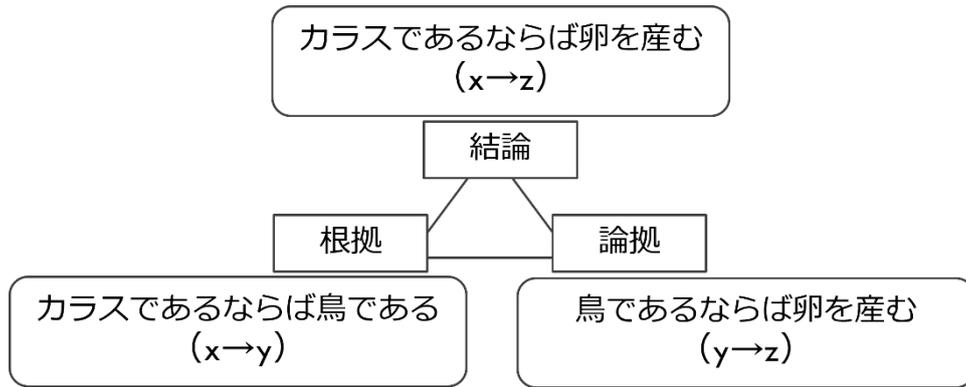


図4 形式的三角ロジックの例

第3章 推論形式の判別能力の調査

本章では、三項論証における推論形式の判別能力の調査課題について説明し、2022年度に高等専門学校生、情報系学部在籍する大学生を対象とした推論形式の判別能力の調査結果について述べる。

3.1 論証判別課題

推論形式の判別能力を調査するための課題を作成した。論証判別課題は、1セット11問の課題を2セット（計22問）から構成されている。以下では、1セット目の問題の1問目を1-1、2セット目の問題の1問目を2-1というように表す。図5は実際に用いた1セット目の問題であり、図6は2セット目の問題である。本調査では、被験者は「以下の文章を読み、『とすると』の前の部分を正しいと仮定したとき、『とすると』の後の部分が常に正しいと言えるものには○を、常に正しいとは言えないものには×を選択してください。」という説明を与えたうえで、各問題に対して回答してもらった。つまり、「とすると」以前の2つの所与命題と、「とすると」以降の1つの導出命題からなる論証に対して、妥当性のある推論か否かを判定する形式になっている。1-1の場合、「犬は哺乳類であり」と「哺乳類は肺呼吸である」が所与命題であり、「とすると」以降の「犬は肺呼吸である」が導出命題となる。

用いられる推論形式は演繹推論、根拠推論、論拠推論、非形式推論である。先行研究では、妥当性の判定に命題の真偽が影響を受けることが示唆されている。命題の真偽で妥当性判定を行ってしまう場合、論理的推論は行われていないことになる。そこで論理的推論が行われていることを確認するために、非形式推論としての論証を課題に含めている。非形式推論に対応する論証が、命題が真であるにもかかわらず妥当性に関して正しく判定（非妥当との判定）できていれば、非形式推論を論理的推論と判別できていることが示唆される。図5の1-11が非形式推論としての論証例となっており、すべての命題が真であるが、形式的には、「 $p \rightarrow q$, $r \rightarrow s$, とすると $t \rightarrow u$ 」というように表現され、論理的推論に該当しない。論理的推論でない推論は複数のパターンが表現可能であり、本調査では1セット目と2セット目で異なる形式で用意しており、2セット目の形式は「 $p \rightarrow q$, $r \rightarrow q$, ゆえに $s \rightarrow q$ 」となるものを用いている。

また、それぞれの論証を構成する命題に、常識として偽と判定できる命題（非常識命題）を含めている。個々の命題の真偽は論証の妥当性に影響を与えないが、先行研究では被験者の妥当性判定に影響を与えると報告されているので、この検証のために含めている。たとえば図5の1-4の「卵は産むならば鳥である」は非常識命題であり、偽と判断される命題の例となっている。以下ではこの非常識命題を偽となる命題、もしくは偽命題と呼ぶことにする。

演繹推論に関しては、導出命題（演繹では結論）の真偽が影響するかどうかの調査のため、健全な演繹（全命題が真）に加えて、結論の真／偽の場合において、根拠と論拠がそれぞれ真偽の場合を用意しており、計5種類となっている（演繹推論において論拠と根拠が真であ

れば結論も真となるため、演繹推論において {真, 真, 偽} となるパターンは成立しない). 根拠推論については, 導出命題が根拠となるので, 根拠が真の場合と偽の場合 (残りの命題は真) の 2 種類, 論拠推論については導出命題が論拠となるので, 論拠が真の場合と偽の場合 (残りの命題は真) の 2 種類を用意している. 非形式推論については, すべての命題が真の場合のみを用意している. これらの用意した論証判別課題を表 1 のように整理した. なお, 簡単化のために, 演繹推論の 5 種類を, ①演繹-全真, ②演繹-含偽導出真, ③演繹-導出偽の 3 種類に集約している. 表 2 はそれぞれの課題種類の妥当性と正解選択肢を示している. これらのうち, 常識問題は①, ④, ⑥, ⑧, 非常識問題は②, ③, ⑤, ⑦である.

1-1	犬は哺乳類であり, 哺乳類は肺呼吸である. とすると, 犬は肺呼吸である.
1-2	カラスは卵を産む生き物であり, 鳥は卵を産む生き物である. とすると, カラスは鳥である.
1-3	サルは哺乳類であり, サルは恒温動物である. とすると, 哺乳類は恒温動物である.
1-4	カラスは卵を産み, 卵を産むならば鳥である. とすると, カラスは鳥である.
1-5	人間は哺乳類であり, 人間は言葉を話す. とすると, 哺乳類は言葉を話す.
1-6	犬は哺乳類であり, 哺乳類は翼をもつ. とすると, 犬は翼をもつ.
1-7	草食動物は肉を食べない動物であり, シマウマは草食動物である. とすると, シマウマは肉を食べない動物である.
1-8	月はソフトボールであり, ソフトボールは丸い. とすると, 月は丸い.
1-9	カラスは卵を産み, 魚類は卵を産む. とすると, カラスは魚類である.
1-10	犬はライオンであり, ライオンはネコ科の動物である. とすると, 犬はネコ科の動物である.
1-11	サルは肺呼吸であり, 霊長類は哺乳類である. とすると, 人間は二足歩行である.

図 5 論証判別課題その 1

2-1

リンゴは果物であり，果物は食べ物である．とすると，リンゴは食べ物である．

2-2

ライオンは哺乳類であり，ネコ科の動物は哺乳類である．とすると，ライオンはネコ科の動物である．

2-3

金魚は魚類であり，金魚はえら呼吸である．とすると，魚類はえら呼吸である．

2-4

自動車は機械であり，機械はタイヤを持つ．とすると，自動車はタイヤを持つ．

2-5

リンゴは食べ物であり，リンゴは果物である．とすると，食べ物は果物である．

2-6

人間は霊長類であり，霊長類は卵生である．とすると，人間は卵生である．

2-7

未成年は飲酒が禁じられており，中学生は未成年である．とすると，中学生は飲酒が禁じられている．

2-8

人間は犬であり，犬は哺乳類である．とすると，人間は哺乳類である．

2-9

リンゴは果物であり，ミカンも果物である．とすると，リンゴはミカンである．

2-10

カラスは魚類であり，魚類はえらを持つ．とすると，カラスはえらを持つ．

2-11

犬は哺乳類であり，猫は哺乳類である．とすると，人間は哺乳類である．

図 6 論証判別課題その 2

表 1 問題の分類

各命題の意味の真偽			推論形式・問題番号			
根拠	論拠	結論	演繹推論	根拠推論	論拠推論	非形式
真	真	真	①1-1, 2-1, 1-7, 2-7	④1-2, 2-2	⑥1-3, 2-3	⑧1-11, 2-11
真	真	偽				
真	偽	真	②1-4, 2-4		⑦1-5, 2-5	
真	偽	偽	③1-6, 2-6			
偽	真	真	②1-8, 2-8	⑤1-9, 2-9		
偽	真	偽	③1-10, 2-10			
偽	偽	真				
偽	偽	偽				

表 2 カテゴリの分類と妥当性

カテゴリ	妥当性	正解選択肢
①演繹-全真	妥当	○
②演繹-含偽導出真	妥当	○
③演繹-導出偽	妥当	○
④根拠-全真	非妥当	×
⑤根拠-導出偽	非妥当	×
⑥論拠-全真	非妥当	×
⑦論拠-導出偽	非妥当	×
⑧非形式-全真	非妥当	×

3.2 高等専門学校生を対象とした論証判別能力の調査(2022年度)

3.2.1 調査概要

目的を、(1) 対象学習者群が推論形式の判別をどの程度できているか、(2) 推論形式の判別能力と論理的思考力にどのような関係が存在するか、を調べることとして、推論形式の判別能力、および判別能力と論理的思考力の関係を調査した。被験者は、高等専門学校に在籍する3年生121名(有効データ116)である。なお、当該高等専門学校では三角ロジック組立演習の実施実績があり、今後継続的に利用が見込めることから、本調査の対象としている。実施は、(1) 論理的思考問題の解答(20分)、(2) 論証判別課題の解答(8分)、の順序で行い、解答は全て Google Forms で収集した。

論理的思考問題は、国立教育政策研究所の「特定の課題に関する調査(論理的な思考)調査1A」[12]の問題計21問を用いている。この内、3問が三段論法に従った推論を用いた問題であり、6問がアルゴリズム的な規則の適用を用いる問題であり、12問が読解問題となっている。三段論法を扱う3問の内、三角ロジックの組立だけで解答できる問題は1問の

みであり、他 2 問は対偶や裏の論理変換を考慮する必要がある問題となっている。規則の適用を用いる問題 6 問は、459 文字の規則の説明文と一つの規則を表現した図を読み、図示されているものが正しく規則が適用されているかを判定する問題が 3 問と、規則を発展させて新たな規則を完成させる穴埋め問題 3 問からなる。読解問題 12 問の内、1 問は、計 475 文字の問題文と 1 個の表を読解したうえで解答する問題であり、6 問が 901 文字の問題文を読解し、文章中で述べられていることと合致するものを判定する問題 5 問と、文章から推測されることを記述する問題 1 問からなる。また残りの 5 問は、計 1131 文字の問題文と 3 個の図を読解したうえで段階的に解答する問題となっている。配点については筆者らの先行研究と同様に、論述や図表の読解を行ったうえで解答する問題（5 問）を 2 点とし、論述や図表の読解を要しない問題（16 問）を 1 点としている。

なおこの調査は、メディアリテラシーに関する講義の一部として行われたものであるが、データの研究利用を予定していたため、事前に個人情報保護の観点からデータ処理に際しての匿名化を行うことや、データの利用の不同意が可能であることを説明し、データの利用の同意を得られたデータのみを用いている。

3.2.2 論証判別課題の分析

表 3 に各カテゴリの平均正答率、表 4～表 7 に推論形式毎の正答率の比較を示す。なお、表 4～表 7 では χ^2 乗検定を行っており、p 値はホルム法で調整している。p 値が 0.05 を上回るものについては ns（有意差無し）と表記し、以降の表についてもすべて同様である。表 4 のカテゴリ①～③の演繹推論において、論証に含まれる偽命題が増えるほど正答率が有意に減少することから、当該学習者群の演繹推論の妥当性判定は、命題の真偽に影響を受けることが示唆される。

次に根拠推論（④⑤）および論拠推論（⑥⑦）についてみると、導出命題が真の場合は正答率が低く（つまり妥当性があると回答）、導出命題が偽の場合は正答率が高い（表 5 および表 6）。これだけでは、単に導出命題の真偽に影響されているだけの可能性もあるが、全て真の命題で構成された非形式推論（⑧）に関しては、全て真で構成された仮説推論（④⑥）に比べて高い正答率となっており（表 7）、非形式推論に関しては妥当性がないと正しく判定できていることになる。この結果から、論理的推論と非形式推論の区別はできていることが示唆されると同時に、仮説推論に対して妥当性がないとの判断ができていないことから、演繹推論との判別が十分にできていないことが示唆される。

以上より、当該高等専門学校の被験者群は、(1) 推論の妥当性判定に命題の意味の真偽の影響を受けること、(2) 論理的推論と非形式推論の区別はできていること、がそれぞれ示唆された。同様の傾向は、菅野[6]や長井[7]の先行研究でも見られており、今回高専生でも見られたことから一般性のある結果であることが窺われる。

表 3 各カテゴリの正答率（2022 年度高専生）

推論形式	正答率	標準偏差
①演繹-全真	0.978	0.070
②演繹-含偽導出真	0.711	0.339
③演繹-導出偽	0.511	0.414
④根拠-全真	0.293	0.379
⑤根拠-導出偽	0.793	0.317
⑥論拠-全真	0.310	0.388
⑦論拠-導出偽	0.772	0.326
⑧非形式全真	0.772	0.351

表 4 演繹推論の正答率比較（2022 年度高専生）

$\chi^2(2)=261.333, p<0.05, \text{Cramer's } V=0.433$		
比較の組	調整 p 値	効果量 ϕ
①演繹-全真 — ②演繹-含偽導出真	p<0.05	0.366
①演繹-全真 — ③演繹-導出偽	p<0.05	0.533
②演繹-含偽導出真 — ③演繹-導出偽	p<0.05	0.203

表 5 根拠推論の正答率比較（2022 年度高専生）

比較の組	p 値	効果量 ϕ
④根拠-全真 — ⑤根拠-導出偽	p<0.05	0.497

表 6 論拠推論の正答率比較（2022 年度高専生）

比較の組	p 値	効果量 ϕ
⑥論拠-全真 — ⑦論拠-導出偽	p<0.05	0.458

表 7 非妥当推論の正答率比較（2022 年度高専生）

$\chi^2(2)=137.657, p<0.05, \text{Cramer's } V=0.445$		
比較の組	比較の組	比較の組
④根拠-全真 — ⑥論拠-全真	ns	0.019
④根拠-全真 — ⑧非形式	p<0.05	0.479
⑥論拠-全真 — ⑧非形式	p<0.05	0.463

3.2.3 論理的思考問題との関係分析

論理的思考問題の要約統計量を表 8 に、各カテゴリと論理的思考問題の相関を表 9 に示す。

導出命題が偽の演繹推論 (③), 全真の根拠推論 (④), 非形式推論 (⑧) にて, 有意な相関が見られた. これらはすべて命題の真偽のみでは妥当性を判定できない課題であり, 推論としての形式を判別できることの重要性を示唆している. なお, ⑥も同様の判定を要する課題であるが, 今回の調査では有意な相関が見られなかった. このことに意味があるかどうかは, 再調査などにより改めて確認する必要があると考えている.

なお, (1) 今回用いた妥当性判定課題は二択問題であり, ①は 4 問, その他の課題は 2 問ずつのみであったこと, (2) 今回の判別課題と論理的思考問題は問題形式が大きく異なるものであり, また, 論理的思考問題は, 一定量の文章や図表を読解したうえで回答する必要があり, 推論は重要ではあるものの, あくまで問題解決過程で要求される活動の一部となっていることから, 元々高い相関は出にくいと考えられる. そのため, 相関の値自体は高くないものの, 判別能力が重要となる四つのカテゴリーのうち三つのカテゴリーにおいて有意な相関がみられ, それ以外の四つのカテゴリーにおいては有意な相関がみられなかった今回の結果は, 判別能力と論理的思考力の関係を示唆するものだと判断している.

表 8 論理的思考問題の要約統計量 (2022 年度高専生)

N=116	avg.	Mdn	SD	V	min	max
得点率	0.561	0.538	0.171	0.029	0.192	0.962

表 9 論理的思考問題と各カテゴリーの相関 (2022 年度高専生)

推論形式	論理的思考問題との相関	p 値
①演繹-全真	0.103	ns
②演繹-含偽導出真	0.162	ns
③演繹-導出偽	0.220	p< 0.05
④根拠-全真	0.307	p< 0.05
⑤根拠-導出偽	-0.135	ns
⑥論拠-全真	0.138	ns
⑦論拠-導出偽	-0.120	ns
⑧非形式-全真	0.256	p< 0.05

3.3 情報系大学生を対象とした論証判別能力の調査(2022 年度)

3.3.1 調査概要

高専生と同様の調査を, 大学生を対象に行った. 被験者は, 情報系学部 に在籍する大学 3 年生 104 名 (欠席等を除く有効データは 89 名) である. 先行研究において高専生と同様に情報系学部の大学生も三角ロジック組立演習の利用者群となっており, 継続的な利用者群になる見込みがあることから, 本調査でも調査対象とした. なお, 調査で用いる問題は解答の際に論理学などの特別な知識を必要としないものであるため, 高専生, 大学生の学習内容

による影響はないと考えている。実施内容は高専生群と同じである。なおこの調査は、人の思考のモデル化に関する講義の一部として行われたものであるが、データの研究利用を予定していたため、事前に個人情報保護の観点からデータ処理に際しての匿名化を行うことや、データの利用自体の不同意が可能であることを説明し、データの利用の同意を得られたデータのみを用いている。

3.3.2 論証判別課題の分析

各カテゴリの正答率、および推論形式毎の正答率の比較を表 10～表 14 に示す。

表 11 のカテゴリ①～③の演繹推論において、論証に使われる偽命題が増えるほど正答率が有意に減少する。このことから、大学生においても当該学習者群の演繹推論の妥当性判定は、命題の真偽に影響を受けることが示唆される。

次に根拠推論 (④⑤) および論拠推論 (⑥⑦) について見ると、導出命題が真の場合は正答率が低く (つまり妥当性があると回答)、導出命題が偽の場合は正答率が高い (表 12 および表 13) という結果が高専生群と同様に得られた。次に、表 14 にて、高専生群と同様に、全て真の命題で構成された非形式推論 (⑧) と仮説推論 (④⑥) の正答率を比較したところ、根拠推論 (④) については非形式推論と有意差があったものの、論拠推論 (⑥) と非形式推論は有意差が見られなかった。また、論拠推論と根拠推論の正答率に有意差があった。これは高専生群には見られなかった傾向であり、大学生においては、根拠推論と論拠推論の違いが異なるものとして扱われていた可能性がある。しかしながら、全真の演繹推論の比較においては、論拠推論の正答率が有意に低い結果となっており ($p < 0.05$, 効果量 $\phi = 0.174$)、演繹推論と論拠推論が完全に判別できていないわけではないことも示唆される。

正答率に関しては、いずれのカテゴリにおいても高専生群と比べて高いものになっている。特にカテゴリ③, ④, ⑥の正答率差が顕著である。3.2.3 で述べたように、これらのカテゴリは特に推論形式の違いに対する理解を要するものである。そのため、情報系大学生は高専生に比べて推論形式の判別能力が高いといえる。また、菅野の先行研究での大学生は、本研究におけるカテゴリ④にあたるものの正答率が 0.57、本研究のカテゴリ⑥にあたるものが 0.68 となっているため、こちらも正答率に関しては情報系大学生との差が大きい。そのため、同一の調査を用いてはいないものの、先行研究における大学生と比較しても情報系大学生は演繹推論と仮説推論の判別能力が高いことが示唆される。論証判別課題の内容は特に専門知識を必要としないものであるが、結果として差が出ていることは、何らかの学習背景による影響が示唆される。この学習背景については、今後さらに調査が必要といえる。

表 10 各カテゴリの正答率（2022 年度情報系大学生）

推論形式	正答率	標準偏差
①演繹-全真	0.986	0.058
②演繹-含偽導出真	0.980	0.068
③演繹-導出偽	0.919	0.225
④根拠-全真	0.792	0.327
⑤根拠-導出偽	0.976	0.104
⑥論拠-全真	0.916	0.216
⑦論拠-導出偽	0.989	0.075
⑧非形式全真	0.955	0.194

表 11 演繹推論の正答率比較（2022 年度情報系大学生）

$\chi^2(2)=26.99, p<0.05, \text{Cramer's } V=0.159$		
比較の組	調整 p 値	効果量 ϕ
①演繹-全真 — ②演繹-含偽導出真	ns	0.022
①演繹-全真 — ③演繹-導出偽	p<0.05	0.158
②演繹-含偽導出真 — ③演繹-導出偽	p<0.05	0.141

表 12 根拠推論の正答率比較（2022 年度情報系大学生）

比較の組	p 値	効果量 ϕ
④根拠-全真—⑤根拠-導出偽	p<0.05	0.290

表 13 論拠推論の正答率比較（2022 年度情報系大学生）

比較の組	p 値	効果量 ϕ
⑥論拠-全真—⑦論拠-導出偽	p<0.05	0.171

表 14 非妥当推論の正答率比較（2022 年度情報系大学生）

$\chi^2(2)=25.799, p<0.05, \text{Cramer's } V=0.220$		
比較の組	比較の組	比較の組
④根拠-全真 — ⑥論拠-全真	p<0.05	0.175
④根拠-全真 — ⑧非形式	p<0.05	0.245
⑥論拠-全真 — ⑧非形式	ns	0.080

3.3.3 論理的思考問題との関係分析

論理的思考問題の要約統計量を表 15 に、表 16 に論理的思考問題のスコアと各推論形式スコアの相関を求めた。③導出命題が偽の演繹推論、④全真の根拠推論、⑥全真の論拠推論

で有意な中程度の相関が見られた。これらは導出命題の真偽で判断できない③④⑥⑧のうちの三つとなっており、⑧非形式推論に関して相関が有意にならなかった理由としては、正解率が高く天井効果が生じていたことがあげられる。これらの結果から、演繹推論と仮説推論の判別を行うことが論理的思考と有意な関連を持っていることが示唆される。高専生での調査でも、③④⑧の三つで有意な相関が出ており、ある程度安定した結果であることが窺われる。

表 15 論理的思考問題の要約統計量（2022 年度情報系大学生）

N=89	Avg	Mdn	SD	V	min	max
得点率	0.835	0.846	0.100	0.010	0.538	1.000

表 16 論理的思考問題との相関（2022 年度情報系大学生）

推論形式	論理的思考問題との相関	p 値
①演繹-全真	-.124	ns
②演繹-含偽導出真	.109	ns
③演繹-導出偽	.351	p< 0.05
④根拠-全真	.370	p< 0.05
⑤根拠-導出偽	.120	ns
⑥論拠-全真	.264	p<0.05
⑦論拠-導出偽	.128	ns
⑧非形式-全真	.084	ns

第4章 三角ロジックを用いた推論形式の判別演習の設計

開発と評価

前章までの調査結果より、推論形式の判別が十分にできていない学習者の存在が確認できた。そのような学習者に対して、明示化された推論形式の判別プロセスを提示することによって、推論形式の判別手段を学ぶ環境を開発する必要があると考える。本章では、言語的な論証をベースに分解・再構成することで推論形式の判別を行うプロセスについて説明する。

4.1 三角ロジックを用いた推論形式判別の枠組み

本研究で扱う三項論証の言語形式では、演繹推論、仮説推論（根拠推論、論拠推論）、非形式推論の表現が可能であり、すべて言語的三角ロジックで表現可能である。これは、三つの命題の役割が言語的に決められているため、それらの命題間の形式論理的な関係に関わりなく、言語的表現及び言語的三角ロジック表現が可能なためである。このうち、演繹推論と仮説推論は形式的な論理構造を持つため、形式的三角ロジックで構造の表現が可能であり、所与命題と導出命題の配置で推論形式を判別することができる。また、非形式推論の場合は、形式的三角ロジックで表現することができないことによって判別することができる。

図7に三項論証を例示する。例1、例2は同じ命題で構成される二つの三項論証がそれぞれ演繹推論と判別される場合と根拠推論として判別される場合の例である。図7の例1を言語的三角ロジックで表すと図8のようになり、例2を言語的三角ロジックで表すと図9のようになる。また、例1、例2を形式的三角ロジックで表すと図10のように表現される。同様の命題を持っていることから形式的三角ロジックとしては同じものになるが、言語的な命題の役割が異なっていることから、これらの論証が違う推論形式になっていることが分かる。

(例1) 演繹推論：「カナリアは鳥である、したがってカナリアは空を飛ぶ。なぜならば鳥は空を飛ぶからである。」

(例2) 根拠推論：「カナリアは空を飛ぶ、したがってカナリアは鳥である。なぜならば鳥は空を飛ぶからである。」

(例3) 非形式推論：「リンゴは果実である。したがってイチゴは果実である。なぜならばミカンが果実だからである。」

図7 演繹推論、根拠推論、非形式推論の論証例

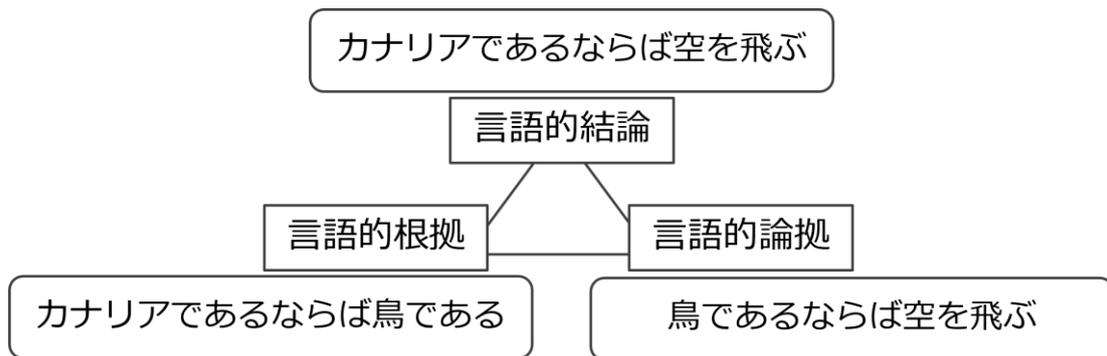


図 8 例 1 の言語的三角ロジック

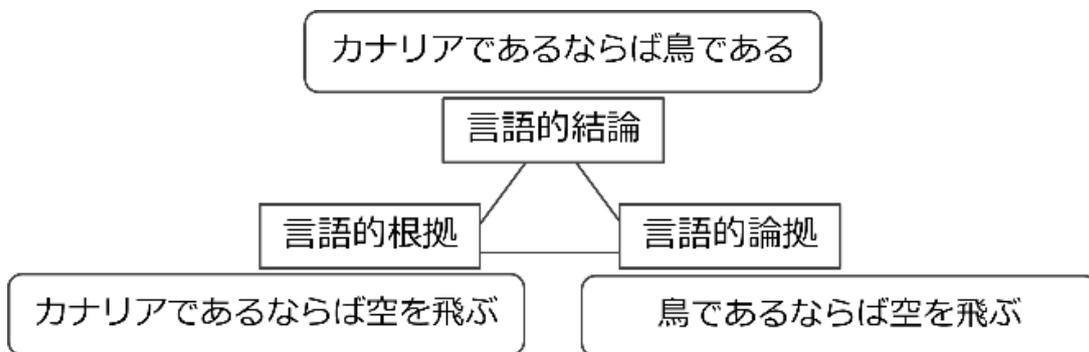


図 9 例 2 の言語的三角ロジック

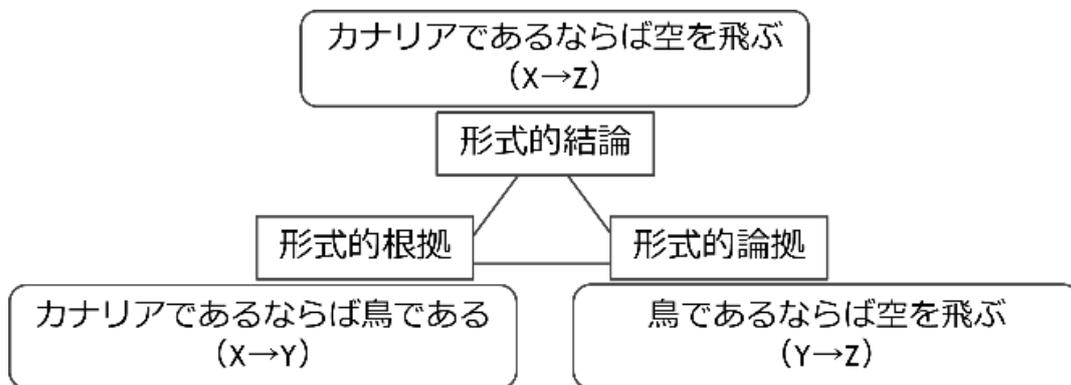


図 10 例 1, 例 2 の形式的三角ロジック

例 3 は、非形式推論と判別できる論証となっている。言語的三角ロジックとしては、図 11 として表現可能であるが、形式的三角ロジックとしては表現不可能である。

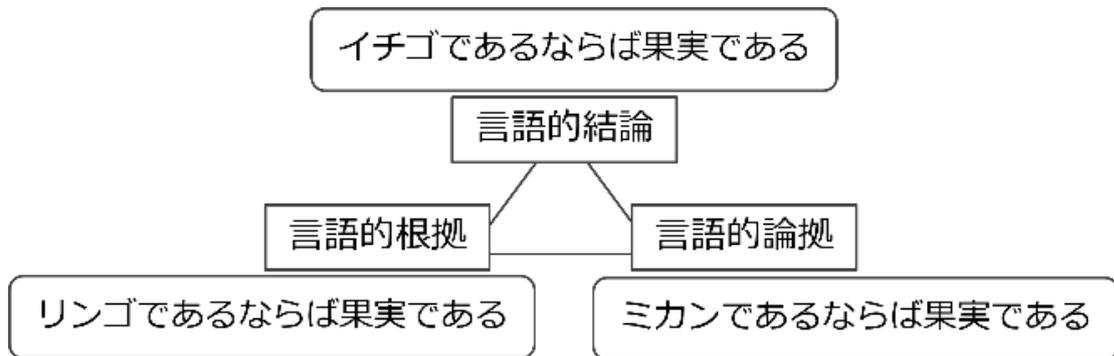


図 11 例 3 の言語的三角ロジック

4.2 推論形式の判別プロセスの手順化

本研究では、与えられた論証から言語的三角ロジックと形式的三角ロジックを順次組み立て、二つの三角ロジックの差分として推論形式の判別をおこなうプロセスを図 12 のように手順化し、学習者が実行できるように演習化した。判別プロセスの流れは、まず言語的な論証から推論を構成する三つの命題を抽出し、次に命題を所与命題・導出命題に分類する。さらに、分類された命題を使って言語的三角ロジックを構成する。次に、それらの命題を用いて形式的三角ロジックを構成する。最後に、言語的三角ロジックと形式的三角ロジックの差分を踏まえて推論形式の判別を行う。

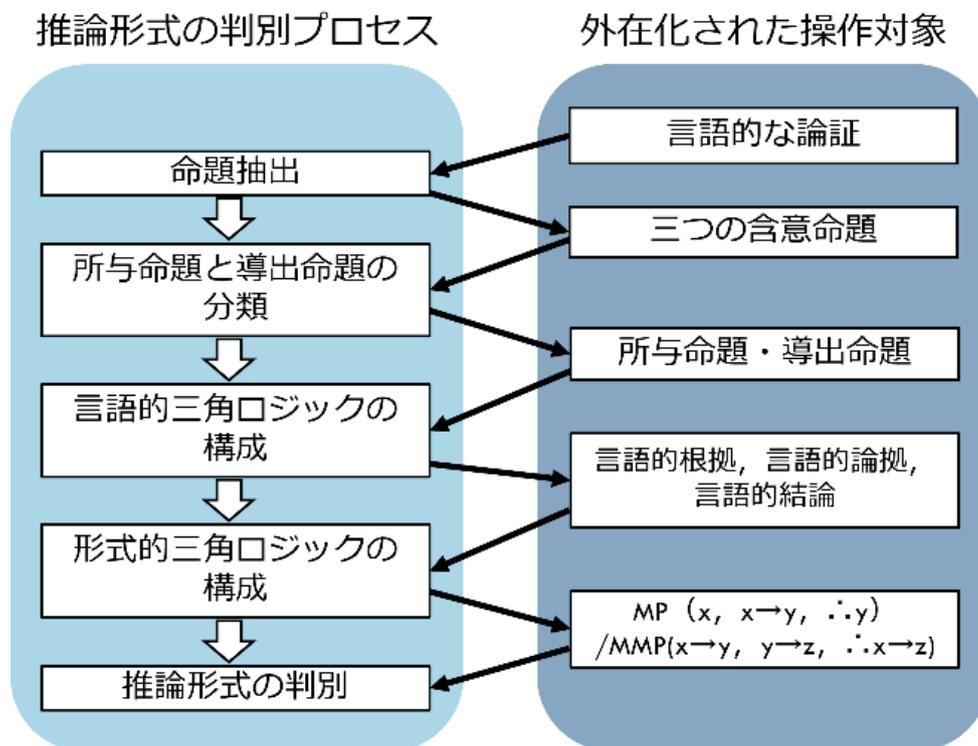


図 12 推論形式の判別プロセス

以下では、図7の例1「カナリアは鳥である。したがってカナリアは空を飛ぶ。なぜならば鳥は空を飛ぶからである。」の論証を用いてそれぞれの段階での演習活動について説明する。

4.2.1 命題抽出過程

命題抽出過程は、推論形式の判別プロセスの最初の段階になる。命題抽出過程では、他者の言語的な論証を、推論に用いられている三つの主要な含意命題 ($x \rightarrow y$) に変換する。それぞれの含意命題は二つの単位命題 (x と y) から構成されている。

例1の論証は、命題抽出過程を経て以下のような命題になる。

命題1「カナリアであるならば鳥である」

命題2「カナリアであるならば空を飛ぶ」

命題3「鳥であるならば空を飛ぶ」

図13は命題抽出過程の演習画面である。画面上部に問題文となる論証が表示されており、ドロップダウンリストからそれぞれの単位命題を選択することで論証に含まれている三つの命題を抽出する。

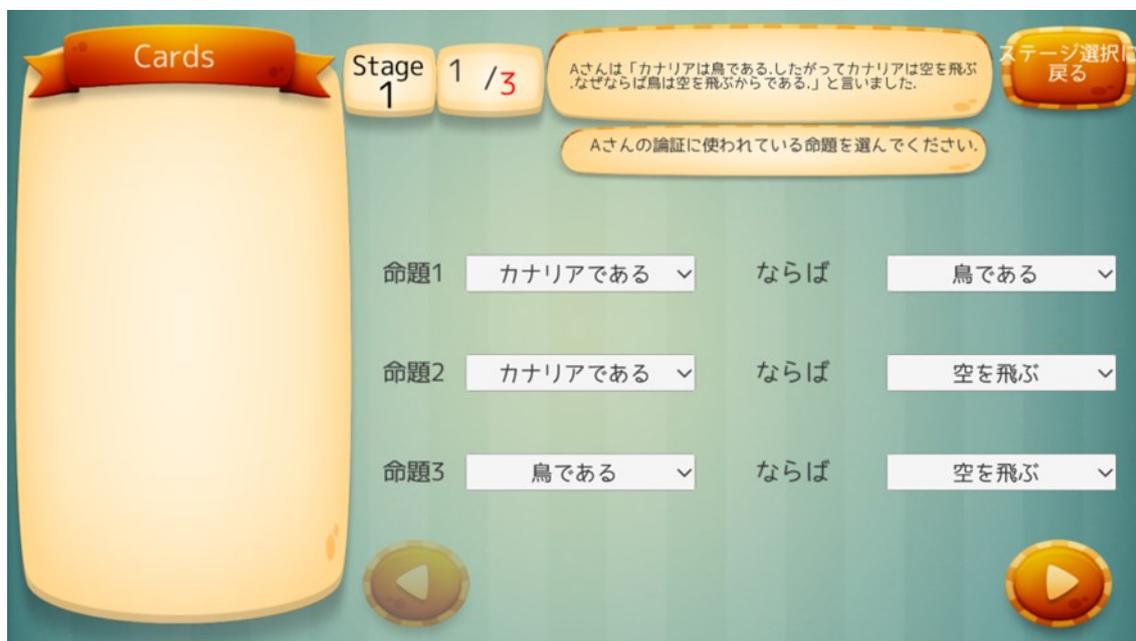


図13 演習画面（命題抽出過程）

4.2.2 所与命題と導出命題の分類過程

分類過程では、三つの命題を二つの所与命題と一つの導出命題として分類する。各命題に

所与命題, 導出命題としてのラベル付けを行うことにより, それぞれの命題に論証としての役割が付与される. 論証の言語的形式における P, Q が所与命題に当たり, R が導出命題に対応する. 例 1 では, 所与命題, 導出命題は以下のように分類される.

- 所与命題 1 「カナリアであるならば鳥である」
- 所与命題 2 「鳥であるならば空を飛ぶ」
- 導出命題 「カナリアであるならば空を飛ぶ」

図 14 は, 分類過程の演習画面である. 画面左側のカードリストから抽出過程で作成した命題をドラッグアンドドロップし, 所与命題, 導出命題の枠に当てはめる.



図 14 演習画面 (所与・導出命題の分類過程)

4.2.3 言語的三角ロジックの構成過程

言語的三角ロジックの構成要素は, 言語的根拠, 言語的論拠, 言語的結論の 3 要素から構成されている. 図 15 は, 言語的三角ロジックのモデルである. 所与命題と導出命題の分類過程で所与命題としてラベル付けされた命題は言語的根拠, 言語的論拠となっており, 導出命題としてラベル付けされた命題は言語的結論に位置し, 積み上げるように組み立てられていることが可視化される.

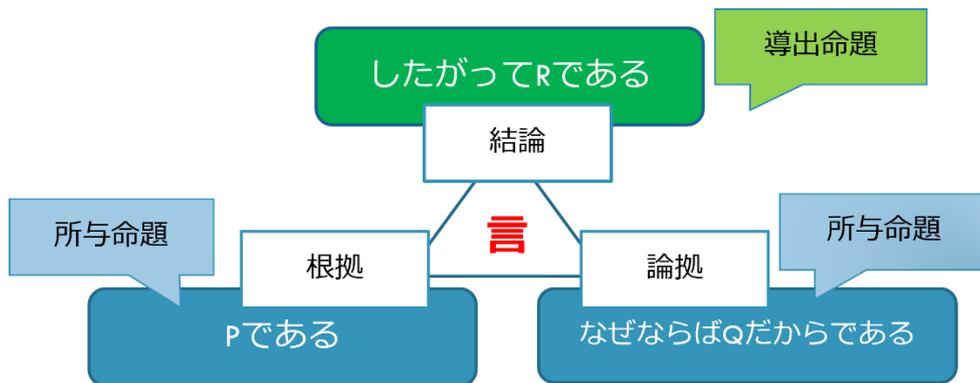


図 15 言語的三角ロジックモデル

例 1 では、言語的根拠、言語的論拠、言語的結論は以下のようになる。

言語的根拠 「カナリアであるならば鳥である」

言語的論拠 「鳥であるならば空を飛ぶ」

言語的結論 「カナリアであるならば空を飛ぶ」

図 16 は、言語的三角ロジックの構成の演習画面である。



図 16 演習画面（言語的三角ロジックの構成）

4.2.4 形式的三角ロジックの構成過程

形式的三角ロジックは、論証の言語的な形式を考慮しないため、組み立てに際して所与命

題，導出命題が関係しない．そのため，言語的三角ロジックから形式的三角ロジックに組み替える際に所与命題，導出命題のずれが生じる．このずれが，論証を構成する命題の言語的な役割と形式的な役割の違いとして顕在化することになる．図 17 は形式的三角ロジックモデルである．形式的三角ロジックでは，形式的根拠の後件と形式的論拠の前件が一致しているため，形式的根拠と形式的論拠から導かれる形式的結論は推移的關係を表している．つまり，形式的根拠と形式的論拠がともに真であると仮定した場合，形式的結論も必ず真になる演繹的構造を持っている．

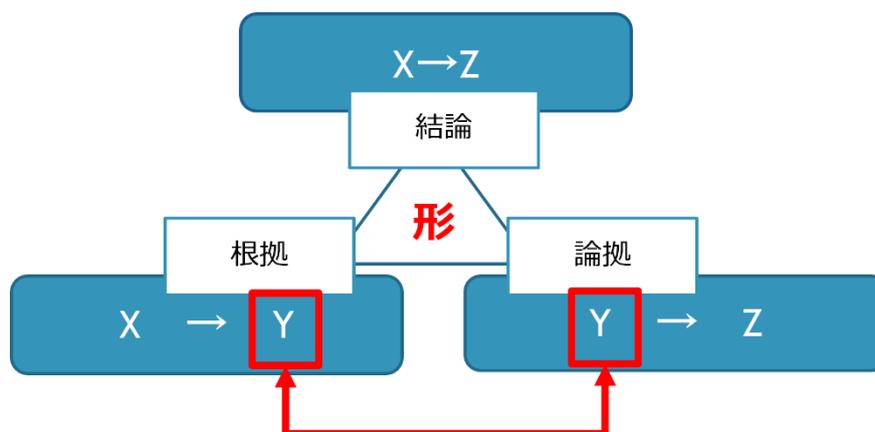


図 17 形式的三角ロジックモデル

例 1 では，「カナリアである」を x ，「鳥である」を y ，「空を飛ぶ」を z と置くことが可能であり，形式的根拠，形式的論拠，形式的結論は以下のようなになる．

形式的根拠 「カナリアであるならば鳥である」 ($x \rightarrow y$)

形式的論拠 「鳥であるならば空を飛ぶ」 ($y \rightarrow z$)

形式的結論 「カナリアであるならば空を飛ぶ」 ($x \rightarrow z$)

図 18 は形式的三角ロジックの構成の演習画面である．言語的三角ロジックの構成過程と同様に，命題を枠に当てはめることで形式的三角ロジックを再構成する．図 18 は演繹推論の例であり，導出命題が形式的結論に位置している．導出命題の位置の違いによって言語的三角ロジックとの差異が顕在化される．



図 18 演習画面（形式的三角ロジックの構成：演繹推論）

また、図 19 は根拠推論の場合の形式的三角ロジックの画面である。導出命題のラベル付けがされている命題が根拠に位置していることが明示化されることから、この論証が根拠推論になっていることを確認できる。



図 19 演習画面（形式的三角ロジックの構成：根拠推論）

形式的三角ロジックでは、演繹推論、根拠推論、論拠推論の論理構造の表現が可能であるが、表現不可能なものとして非形式推論がある。非形式推論も所与命題と導出命題を区別できるという点で言語的な論理性を満たしているが、形式的には論理的でない。そのため非形式推論に関しては、言語的三角ロジックから形式的三角ロジックに組み替えることができないという点で他の推論形式との差が明示化される。図 7 の例 3 は形式的三角ロジックで表現不可能となる。図 20 は非形式推論の場合のシステム画面である。非形式推論の場合には形式的三角ロジックの組立ができないため、「組み立て不可能」を選択する。



図 20 演習画面（形式的三角ロジックの構成過程：非形式推論）

4.2.5 推論形式の判別過程

所与命題と導出命題の分類過程で各命題を所与命題、導出命題にラベル付けしていることにより、演繹推論、根拠推論、論拠推論の区別が可能になっている。形式的三角ロジックで導出命題が結論に位置しているとき、演繹推論であり、根拠に位置しているときは根拠推論、論拠に位置しているときは論拠推論となる。演繹推論の場合、導出命題は推移律を満たしているため、所与命題が真ならば必ず真になる。根拠推論、論拠推論の場合、導出命題は推移律を満たしていないため所与命題が真でも導出命題が真になるとは限らない。言語的三角ロジックでは、導出命題が必ず結論に位置しているのに対して、形式的三角ロジックでは導出命題は結論とは限らない。2つの三角ロジックを組み立てることでその差が顕在化されるため、推論形式の判別を容易に行うことができる。

例 1 では、所与命題・導出命題のラベル付けがされた形式的三角ロジックは図 21 のように表現される。例 1 の導出命題は結論に当たるので、論証に用いられた推論形式は演繹推

論であり、所与命題が真であると仮定した場合、導出命題も真になる。

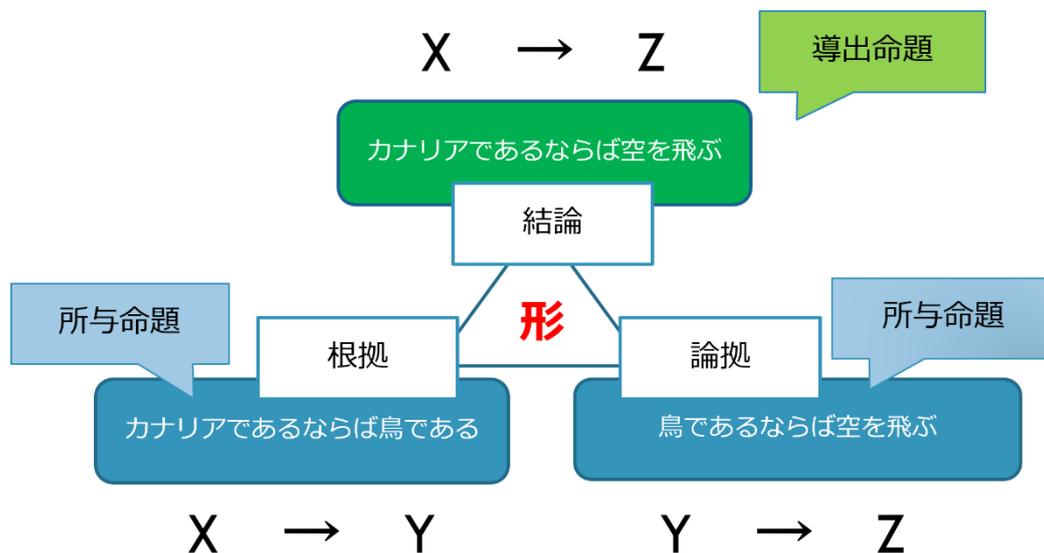


図 21 命題のラベル付けがされた形式的三角ロジック (例 1)

図 22 は、推論形式の判別過程の演習画面である。導出命題が形式的結論に位置しているため、図 22 の場合は演繹推論を選択することになる。

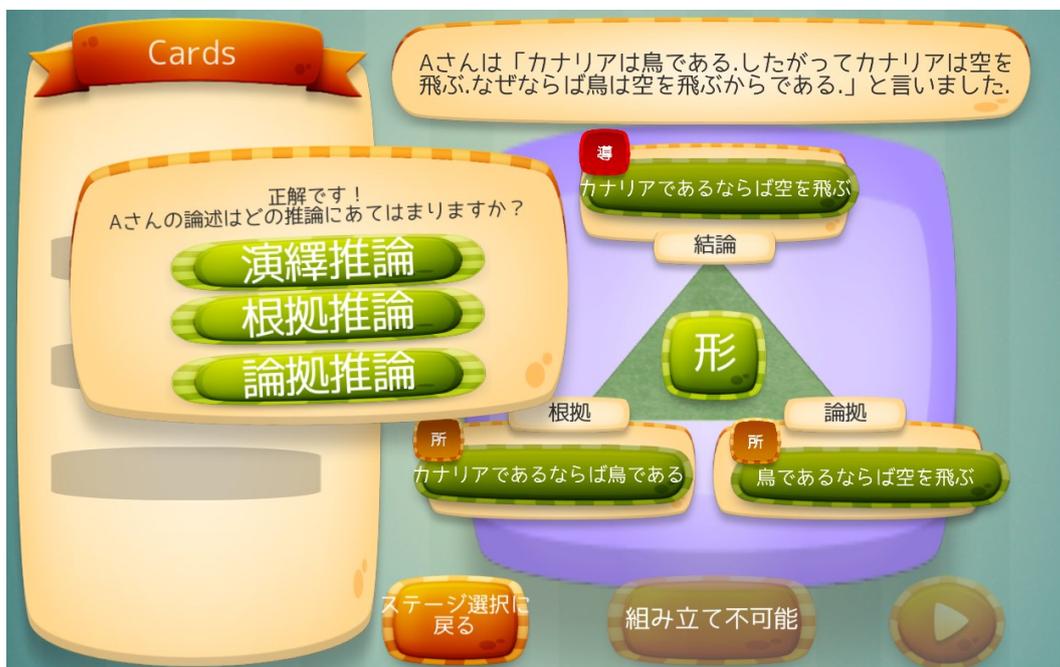


図 22 演習画面 (推論形式の判別過程)

4.3 情報系大学生を対象とした論証判別三角ロジック組立演習システムの実験的利用

4.3.1 調査概要

前節にて説明したシステムの実験的利用を行った。被験者は、情報系学部に在籍する大学3年生101名である。この調査は、人の思考のモデル化に関する講義の一部として行われたものであるが、データの研究利用を予定していたため、事前に個人情報保護の観点からデータ処理に際しての匿名化を行うことや、データの利用自体の不同意が可能であることを説明し、データの利用の同意を得られたデータのみを用いている。

実施内容は、(1) 論証判別課題（プレテスト）（5分）、(2) 論理的思考・推論形式の判別に関する事前アンケート、(3) 推論形式の判別プロセスの説明、(4) システム利用（30分）、(5) 論証判別課題（ポストテスト）（5分）、(6) 論理的思考・推論形式の判別・システム利用に関する事後アンケートである。(2)と(3)の間には1週間の期間を設けている。

プレ・ポストテストに用いている論証判別課題は、第3章で作成したものと同様の内容ではあるが、説明および文言を図23のように変更している。また、各論証に関しても「Pである。Qである。したがってRである。」というものから、「Pである。したがってRである。なぜならばQだからである。」に変更している。これは、以前の表現方法では言語的根拠「Pである」と言語的論拠「Qである」の言語的な違いを説明できないからである。推論形式の判別を行う際に言語的な論理構造を検討することは必須であることから、言語的根拠と言語的論拠の違いが理解しやすいようにこのような変更に至った。なお、○×の判定の対象となる部分は「したがってRである」に変わらないため、文言の変更による回答の影響はないと考えている。

「Pである。したがってRである。なぜならばQだからである。」といった形式を持った文章を論証と呼びます。この文中の「Pである」を根拠、「Qである」を論拠、「Rである」を結論と言います。

以下の文章を読み、根拠「Pである」と論拠「なぜならばQだからである」が正しいと仮定したとき、結論である「したがってRである」が常に正しくなるものには○を、正しいとは限らないものには×を選んでください。この論証に対する○×の判断を推論形式の判別と言います。

図 23 論証判別課題の文言（2023年度版）

また、事前アンケートにおける論理的思考に関するアンケートは、一般的な論理的思考に対する考えや自身の論理性に対する主観的な評価を行う項目で構成されており、三角ロジック組立演習の先行研究 ([16][17]) においても用いられているものである。推論形式の判別に関するアンケートは、本研究で独自に作成したものであり、事前アンケートでは論証判別課題に対する主観的な評価および推論形式の判別の学習経験に関する項目からなり、事後アンケートでは、本研究で提案した推論形式の判別方法に対する評価項目を加えている。

また、システム利用に関する事後アンケートでは、本研究で実装した演習システムの可用性、および有用性に関する項目からなる。

4.3.2 論証判別課題・アンケートの分析

(1) 論証判別課題の分析(全体)

推論形式の判別課題のプレテストの要約統計量を表 17、ポストテストの要約統計量を表 18、プレテスト、ポストテストのカテゴリ毎の平均値の差の検定の結果を表 19 に示す。また、プレテストの正答率のグラフを図 24、ポストテストの正答率のグラフを図 25 に示す。

八つのカテゴリのうち、命題の真偽によって判別が影響される可能性があるのが、②と③（常識的に偽と判断される命題を含んでいるが、推論としては演繹であるため、妥当と判断する必要がある）、④と⑥（命題はすべて常識的に真とされるものであるが、推論として仮説推論となっているため、非妥当と判断する必要がある）、および⑧（命題はすべて常識的に真であるが、論理的な推論となっていないため非妥当と判断する必要がある）である。プレテストの段階において、これら以外のカテゴリ、および⑧のカテゴリについては、9割以上の正解率となっており、演習前の段階である程度判別できていたことが窺われる。

各カテゴリ別に事前テストと事後テストの正解率を t 検定したところ、②③④において有意な向上が見られた。これらはすべて命題の真偽によって判別が影響されると考えられるカテゴリであったことから、演習による判別能力の向上を示唆するものと判断している。

ただし、同様に命題の真偽によって判別が影響されると考えられる⑥については正解率の向上はみられなかった。⑥は論拠推論になることから、本判別法が論拠推論に関しては効果的でなかった可能性がある。この原因に関しては現時点で十分な分析はできていないが、形式的三角ロジックの組み立て課題における組立順序の分析において、根拠もしくは結論が最初に配置されることが多く、論拠から配置される事例が少ないことがわかっており [18]、論拠の取り扱いが根拠と結論とは異なっていることが示唆されている。これらのことから、論拠推論の扱いについては今後さらに検討する必要があると考えている。

表 17 論証判別課題（プレテスト・2023 年度情報系大学生）の要約統計量

カテゴリ	有効 N	平均値	中央値	標準偏差	分散	最小値	最大値
①演繹-全真	89	0.969	1.000	0.091	0.008	0.500	1.000
②演繹-含偽導出真	89	0.823	1.000	0.327	0.107	0.000	1.000
③演繹-導出偽	89	0.789	1.000	0.361	0.131	0.000	1.000
④根拠-全真	89	0.747	1.000	0.355	0.126	0.000	1.000
⑤根拠-導出偽	89	0.899	1.000	0.240	0.058	0.000	1.000
⑥論拠-全真	89	0.792	1.000	0.335	0.113	0.000	1.000
⑦論拠-導出偽	89	0.921	1.000	0.237	0.056	0.000	1.000
⑧非形式	89	0.933	1.000	0.241	0.058	0.000	1.000
総得点	89	0.860	0.955	0.190	0.036	0.364	1.000

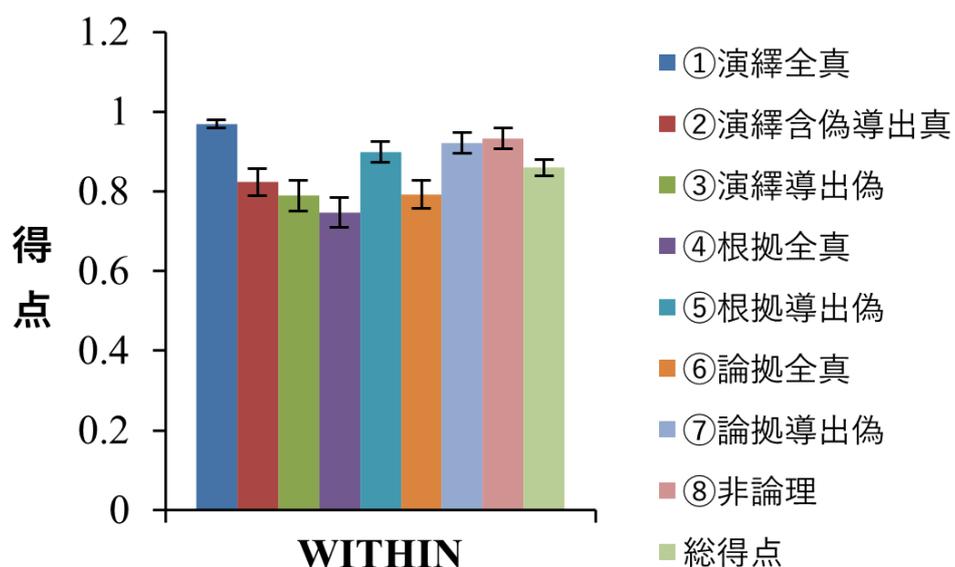


図 24 プレテストの正答率グラフ

表 18 論証判別課題（ポストテスト・2023 年度情報系大学生）の要約統計量

カテゴリ	有効 N	平均値	中央値	標準偏差	分散	最小値	最大値
①演繹-全真	89	0.983	1.000	0.083	0.007	0.500	1.000
②演繹-含偽導出真	89	0.933	1.000	0.216	0.047	0.000	1.000
③演繹-導出偽	89	0.935	1.000	0.221	0.049	0.000	1.000
④根拠-全真	89	0.843	1.000	0.334	0.111	0.000	1.000
⑤根拠-導出偽	89	0.904	1.000	0.260	0.067	0.000	1.000
⑥論拠-全真	89	0.787	1.000	0.376	0.141	0.000	1.000
⑦論拠-導出偽	89	0.865	1.000	0.318	0.101	0.000	1.000
⑧非形式	89	0.961	1.000	0.172	0.030	0.000	1.000
総得点	89	0.915	1.000	0.164	0.027	0.364	1.000

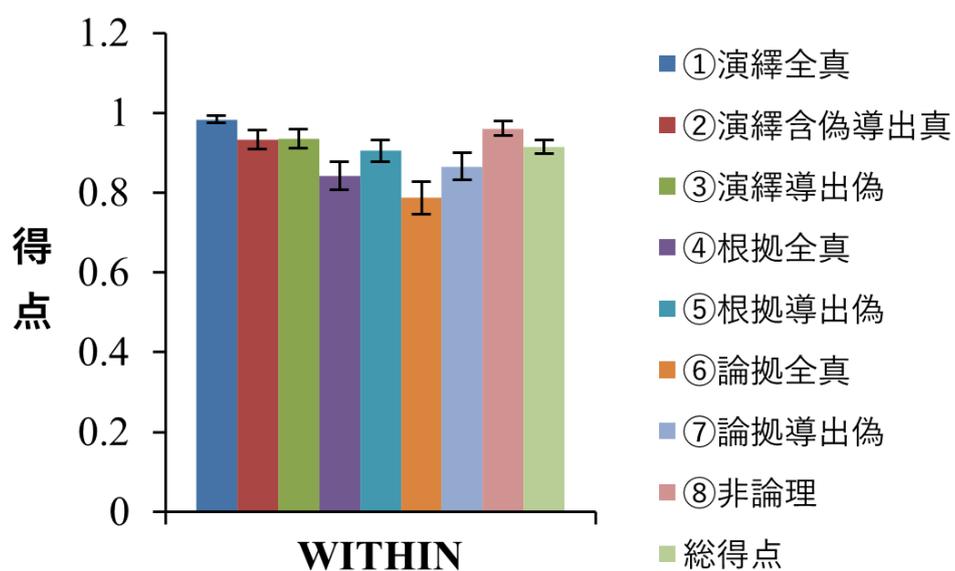


図 25 ポストテストの正答率グラフ

表 19 プレ・ポストテストの比較（対応のある t 検定）

カテゴリ	差	標準誤差	95%下限	95%上限	t 値	df	p 値
①演繹-全真	-0.014	0.010	-0.034	0.006	-1.394	88	ns
②演繹-含偽導出真	-0.110	0.032	-0.173	-0.047	-3.456	88	p<0.05
③演繹-導出偽	-0.146	0.036	-0.218	-0.074	-4.042	88	p<0.05
④根拠-全真	-0.096	0.042	-0.179	-0.012	-2.264	88	p<0.05
⑤根拠-導出偽	-0.006	0.029	-0.064	0.053	-0.191	88	ns
⑥論拠-全真	0.006	0.042	-0.078	0.089	0.134	88	ns
⑦論拠-導出偽	0.056	0.035	-0.014	0.126	1.595	88	ns
⑧非形式	-0.028	0.030	-0.088	0.032	-0.928	88	ns
総得点	-0.055	0.018	-0.091	-0.019	-3.068	88	p<0.05

(2) アンケートの分析

表 20～表 23 にアンケート結果を示す。回答は（1：そう思う，2：ややそう思う，3：どちらとも言えない，4：あまりそう思わない，5：思わない）の 5 件法を用いている。表中の斜線部は記述式になっている。p 値は，肯定群（1，2），非肯定群（3，4，5）間の直接確率の有意差を示している。

表 20 論理的思考に関する事前アンケート

項目	平均値	p 値
(1-1) わからないときでもあきらめずに考えようとする	1.989	p<0.05
(1-2) 物事を筋道立てて考えようとする	1.739	p<0.05
(1-3) いろいろなアイデアを考えようとする	2.120	p<0.05
(1-4) きまりや条件などを理解して使おうとする	1.837	p<0.05
(1-5) 複数の情報から必要な情報を選んで使おうとする*	1.707	p<0.05
(1-6) 文章などの趣旨や主張を理解して評価（批評）しようとする	1.978	p<0.05
(1-7) 社会や自然などについての事象の関係を考えようとする	2.739	ns
(1-8) ある事象がなぜ起こるかの仮説を立てて検証しようとする	2.750	ns
(1-9) 議論や証明の仕組みを考えて，その良し悪しを判断しようとする	2.533	ns
(1-10) 考えるときには何かに書きながら考えようとする	2.554	ns
(1-11) 問題を解くときなどでは，論理的に思考できていると思いますか	2.120	p<0.05
(1-12) 論理的とはどういうことだと思いますか。自分の考えで良いので，説明してください。		

表 20 について、論理的思考に関するアンケートでは、全体的に肯定的な反応が見られた。しかし、(1-7) ~ (1-10) は肯定・非肯定で有意差がみられなかった。これらは、物事の関係や仮説、仕組みなどの分析的な内容に関する質問になっており、結果を導く演繹推論ではなく原因や法則を探る仮説推論に近い項目と言える。主観的なアンケートにおいてこれらの肯定・非肯定に差が無いことは、学習者は仮説推論については日常的にあまり意識していないようにも考えられる。(1-12) の論理的とはどういうことか、という記述式の質問に関しては、「ある事象について因果関係等を把握し、仕組みを理解すること」、「誰が見てもどういう考えでこのような行動や思考をしたのかが順序だって理解できる考え方」、「物事に対してその原因や結果のつながりを過不足なく十分に説明でき、またそれを誰もが感情を考慮しなかった場合に理解できること」などの回答が得られた。特に、筋道などの一貫性に関する記述や、他人に対して説明ができること、感情を考慮しないこと、などの回答が多く見られた。

表 21 推論形式の判別に関する事前アンケート

項目	平均値	p 値
(2-1) 推論形式の判別が自信を持って回答できた	2.717	ns
(2-2) 推論形式の判別方法を習ったことがある	3.935	p<0.05
(2-3) 推論形式の判別を 直感的 (感覚的) に行った	2.609	ns
(2-4) 推論形式の判別を手順を追って説明できる場合は、その手順を書いてみてください。特に手順などはなく、直感的 (感覚的) に判別していた場合は、直感的と書いてください。		
(2-5) 論理的思考に関する授業を受けたことがある	3.598	p<0.05
(2-6) 「三角ロジック」を使った授業を受けたことがある。「三角ロジック」という言葉に聞き覚えがなければ、「そう思わない」と回答してください	4.707	p<0.05

表 21 の推論形式の判別に関する事前アンケートでは、(2-1)、(2-3) のプレテストに自信を持って回答できたか、直感的に回答したかの項目で有意差が見られなかった。また、(2-2)、(2-4)、(2-5) の推論形式の判別方法や三角ロジックに関する学習経験の有無は非肯定が多いことから、学習者は推論形式の判別についてはあまり馴染みがないことが示唆される。推論形式の判別方法の説明に関する記述の項目では、ベン図や推移律を用いた説明が多数見られた。被験者は情報系の学部 に在籍していることから、これらの方法で説明ができたのだと考えられる。

表 22 推論形式の判別に関する事後アンケート

項目	平均値	p 値
(3-1) 推論形式の判別が自信を持って回答できた	1.500	p<0.05
(3-2) 推論形式の判別方法をこの体験以前に習ったことがある	3.750	p<0.05
(3-3) 推論形式の判別を直感的（感覚的）に行った	3.543	p<0.05
(3-4) 推論形式の判別を手順を追って説明できる場合は、その手順を書いてみてください。特に手順などはなく、直感的（感覚的）に判別していた場合は、直感的と書いてください。		
(3-5) この方法に沿った推論形式の判別はできるようになった	1.467	p<0.05
(3-6) この方法は推論形式の判別に役立つと思う	1.467	p<0.05
(3-7) この方法は論理的思考に役立つと思う	1.522	p<0.05
(3-8) この方法は自分にとって役立つと思う	1.837	p<0.05
(3-9) この方法はすでに知っていたと思う	3.533	p<0.05
(3-10) 論証を判別する別の方法を知っている	4.065	p<0.05

表 22 の推論形式の判別に関する事後アンケートでは、(3-1) のポストテストの回答の自信度が有意に肯定群で多く、(3-3) の直感的に回答したかに関する質問では、非肯定群が多くなっている。(3-1)、(3-3) は事前アンケートにおいても同様の質問があり、それぞれ事前事後間で χ^2 乗検定において有意な差が見られた（(3-1) $p<0.01$, 効果量 $\phi=0.45$, (3-3) $p<0.01$, 効果量 $\phi=0.30$ ）。このことは、事後において論証の判別を自信を持って回答できた人数が有意に増加したこと、および、論証の判別を直感的（感覚的）に行った人数の有意な減少を意味しており、演習によって被験者の論証の判別方法が影響を受けたことが示唆される。

また、(3-5) ～ (3-10) に関して、演習を通して推論形式の判別方法を学んだこと、役立つことが肯定的な結果に表れている。(3-4) の記述については、「根拠が A ならば B, 論拠が B ならば C, 結論が A ならば C になっているものを論証であると判断した」、「根拠と論拠の部分で、x ならば y, y ならば z の形を作る。そして、結論部分が x ならば z と表せられる演繹推論となるかどうかで判断」などの含意命題を用いた判別手順の説明や、論証の推論形式が演繹的かを確認した旨の説明が見られ、演習で行った方法を学んだ学習者が多数見られた。

表 23 システム利用に関する事後アンケート

項目	平均値	p 値
(4-1) 使いやすかった	1.717	p<0.05
(4-2) 操作は簡単だった	1.435	p<0.05
(4-3) 演習の内容は簡単だった	1.685	p<0.05
(4-4) 面白かった	1.815	p<0.05
(4-5) 機会があればまた使ってみたい	2.304	ns

表 23 のシステム利用に関するアンケートでは、システムの使いやすさや楽しさなど、肯定的な結果が見られたことから、演習としてスムーズに利用可能だったことが確認できた。

(3) 論証判別課題の分析(事後アンケート:「推論形式の判別を直感的(感覚的)に行った」)

事後アンケート(3-3)「推論形式の判別を直感的(感覚的)に行った」は、演習で学んだ推論形式の判別方法を用いることができているかの主観的な評価と考えることができる。そのため、肯定的な評価をした群(以下肯定群)、肯定的でなかった群(以下非肯定群)について、論証判別課題のスコアの分析を行った。表 24, 表 25 は、肯定群のプレ・ポストテストの要約統計量、

表 27, 表 28 は、非肯定群のプレ・ポストテストの要約統計量を示している。また、表 26 に肯定群のプレ・ポストテストの比較、表 29 に非肯定群のプレ・ポストテストの比較を示す。

表 30, 表 31 には、各問に関する肯定群・非肯定群の差を示す。

表 26 より、肯定群はカテゴリ②, ③および総得点においてプレ・ポストテストで有意差が見られた。このことから、推論形式の判別方法を理解していなくても偽命題の含まれる演繹推論の判別はできるようになったと言える。つまり、命題の意味の真偽だけで結論の妥当性が決まるのではないことが理解できるようになったことが示唆される。しかし、全体で見られていた④根拠-全真の有意差が無いことから、演習後の論証判別課題において直感的に解いている学習者は根拠推論の判別の理解が促進されないと考えられる。

表 29 では、非肯定群はカテゴリ②, ③, ④, ⑤および総得点において有意なスコア上昇が見られた。肯定群では見られなかった④根拠-全真に加えて、全体において有意でなかった⑤根拠-導出偽においても有意差が確認されていることから、演習後の論証判別課題で考えながら推論形式の判別を行うことができた主観的に評価している学習者は、根拠推論の判別の理解が促進されたと考えられる。

表 30 より、カテゴリ②, ③, ⑥, ⑦, および総得点において、肯定群の方が非肯定群よりも有意にスコアが低いことが分かった。また表 31 より、カテゴリ①, ⑦を除くすべての項

目で肯定群が非肯定群よりも有意にスコアが低いことが分かった。ポストテストを直感的に回答した学習者は、演習を通して推論形式の判別方法を十分に学ぶことができなかったと考えられる。そのため、ポストテストにおいて肯定群と非肯定群で大半の項目で差が付いたのだと考える。

これらより、演習後に直感的でなく考えて判別課題を解いたと主観的に評価している学習者群は、演繹推論、根拠推論の判別の理解が促進され、直感的に判別課題を解いた学習者群も演繹推論において命題の真偽が妥当性を決めるわけではないことを理解できたことが示唆された。なお、直感的に解いたと回答した人数が少なくないことから、演習が学習者全体の推論形式の判別に対する主観的な理解を十分に向上させたとは言えないため、直感的と回答した群にも推論形式の判別方法を学ぶことができるよう支援方法を再検討する必要がある。

表 24 論証判別課題（プレテスト・直感的：肯定群）の要約統計量

カテゴリ	有効 N	平均値	中央値	標準偏差	分散	最小値	最大値
①演繹-全真	37	0.946	1.000	0.120	0.014	0.500	1.000
②演繹-含偽導出真	37	0.676	1.000	0.412	0.170	0.000	1.000
③演繹-導出偽	37	0.635	1.000	0.439	0.193	0.000	1.000
④根拠-全真	37	0.676	1.000	0.377	0.142	0.000	1.000
⑤根拠-導出偽	37	0.892	1.000	0.267	0.071	0.000	1.000
⑥論拠-全真	37	0.689	1.000	0.414	0.172	0.000	1.000
⑦論拠-導出偽	37	0.851	1.000	0.309	0.095	0.000	1.000
⑧非形式	37	0.905	1.000	0.285	0.081	0.000	1.000
総得点	37	0.775	0.864	0.232	0.054	0.364	1.000

表 25 論証判別課題（ポストテスト・直感的：肯定群）の要約統計量

カテゴリ	有効 N	平均値	中央値	標準偏差	分散	最小値	最大値
①演繹-全真	37	0.966	1.000	0.120	0.014	0.500	1.000
②演繹-含偽導出真	37	0.845	1.000	0.314	0.098	0.000	1.000
③演繹-導出偽	37	0.845	1.000	0.325	0.105	0.000	1.000
④根拠-全真	37	0.716	1.000	0.400	0.160	0.000	1.000
⑤根拠-導出偽	37	0.851	1.000	0.309	0.095	0.000	1.000
⑥論拠-全真	37	0.635	1.000	0.435	0.190	0.000	1.000
⑦論拠-導出偽	37	0.784	1.000	0.364	0.133	0.000	1.000
⑧非形式	37	0.905	1.000	0.259	0.067	0.000	1.000
総得点	37	0.837	0.955	0.211	0.044	0.364	1.000

表 26 プレ・ポストテスト（直感的：肯定群）の比較（対応のある t 検定）

カテゴリ	差	標準誤差	95%下限	95%上限	t 値	df	p 値
①演繹-全真	-0.020	0.020	-0.061	0.021	-1.000	36	ns
②演繹-含偽導出真	-0.169	0.065	-0.301	-0.037	-2.598	36	p<0.05
③演繹-導出偽	-0.209	0.072	-0.356	-0.063	-2.902	36	p<0.05
④根拠-全真	-0.041	0.065	-0.173	0.092	-0.620	36	ns
⑤根拠-導出偽	0.041	0.041	-0.042	0.123	1.000	36	ns
⑥論拠-全真	0.054	0.077	-0.102	0.210	0.702	36	ns
⑦論拠-導出偽	0.068	0.059	-0.051	0.187	1.152	36	ns
⑧非形式	0.000	0.061	-0.124	0.124	0.000	36	ns
総得点	-0.061	0.034	-0.130	0.007	-1.815	36	p<0.05

表 27 論証判別課題（プレテスト・直感的：非肯定群）の要約統計量

カテゴリ	有効 N	平均値	中央値	標準偏差	分散	最小値	最大値
①演繹-全真	52	0.986	1.000	0.059	0.003	0.750	1.000
②演繹-含偽導出真	52	0.928	1.000	0.194	0.038	0.000	1.000
③演繹-導出偽	52	0.899	1.000	0.244	0.059	0.000	1.000
④根拠-全真	52	0.798	1.000	0.332	0.110	0.000	1.000
⑤根拠-導出偽	52	0.904	1.000	0.222	0.049	0.000	1.000
⑥論拠-全真	52	0.865	1.000	0.245	0.060	0.000	1.000
⑦論拠-導出偽	52	0.971	1.000	0.154	0.024	0.000	1.000
⑧非形式	52	0.952	1.000	0.204	0.042	0.000	1.000
総得点	52	0.920	0.955	0.126	0.016	0.455	1.000

表 28 論証判別課題（ポストテスト・直感的：非肯定群）の要約統計量

カテゴリ	有効 N	平均値	中央値	標準偏差	分散	最小値	最大値
①演繹-全真	52	0.995	1.000	0.035	0.001	0.750	1.000
②演繹-含偽導出真	52	0.995	1.000	0.035	0.001	0.750	1.000
③演繹-導出偽	52	1.000	1.000	0.000	0.000	1.000	1.000
④根拠-全真	52	0.933	1.000	0.243	0.059	0.000	1.000
⑤根拠-導出偽	52	0.971	1.000	0.118	0.014	0.500	1.000
⑥論拠-全真	52	0.894	1.000	0.286	0.082	0.000	1.000
⑦論拠-導出偽	52	0.923	1.000	0.269	0.072	0.000	1.000
⑧非形式	52	1.000	1.000	0.000	0.000	1.000	1.000
総得点	52	0.970	1.000	0.087	0.008	0.636	1.000

表 29 プレ・ポストテスト（直感的：非肯定群）の比較（対応のある t 検定）

カテゴリ	差	標準誤差	95%下限	95%上限	t 値	df	p 値
①演繹-全真	-0.010	0.010	-0.029	0.010	-1.000	51	ns
②演繹-含偽導出真	-0.067	0.028	-0.123	-0.012	-2.442	51	p<0.05
③演繹-導出偽	-0.101	0.034	-0.169	-0.033	-2.986	51	p<0.05
④根拠-全真	-0.135	0.055	-0.245	-0.024	-2.442	51	p<0.05
⑤根拠-導出偽	-0.067	0.031	-0.129	-0.005	-2.186	51	p<0.05
⑥論拠-全真	-0.029	0.046	-0.122	0.064	-0.622	51	ns
⑦論拠-導出偽	0.048	0.044	-0.040	0.136	1.093	51	ns
⑧非形式	-0.048	0.028	-0.105	0.009	-1.696	51	ns
総得点	-0.051	0.019	-0.090	-0.012	-2.607	51	p<0.05

表 30 直感的：肯定群・非肯定群の比較（プレ）

カテゴリ	肯定群平均	非肯定群平均	T 値	p 値
①演繹-全真	0.945946	0.985577	1.858584	ns
②演繹-含偽導出真	0.675676	0.927885	3.461568	p<0.05
③演繹-導出偽	0.635135	0.899038	3.308975	p<0.05
④根拠-全真	0.675676	0.798077	1.585784	ns
⑤根拠-導出偽	0.891892	0.903846	0.22285	ns
⑥論拠-全真	0.689189	0.865385	2.315682	p<0.05
⑦論拠-導出偽	0.851351	0.971154	2.175737	p<0.05
⑧非形式	0.905405	0.951923	0.850076	ns
総得点	0.775184	0.91958	3.449918	p<0.05

表 31 直感的：肯定群・非肯定群の比較（ポスト）

カテゴリ	肯定群平均	非肯定群平均	T 値	p 値
①演繹-全真	0.966216	0.995192	1.424601	ns
②演繹-含偽導出真	0.844595	0.995192	2.907035	p<0.05
③演繹-導出偽	0.844595	1	2.911885	p<0.05
④根拠-全真	0.716216	0.932692	2.927306	p<0.05
⑤根拠-導出偽	0.851351	0.971154	2.246713	p<0.05
⑥論拠-全真	0.635135	0.894231	3.166512	p<0.05
⑦論拠-導出偽	0.783784	0.923077	1.975132	ns
⑧非形式	0.905405	1	2.219769	p<0.05
総得点	0.836609	0.97028	3.644544	p<0.05

4.3.3 システムログの分析

演習システムのログから、学習者の演習の振る舞いの分析を行う。表 32 にログの用語の説明を記す。また、表 33 に正誤判定数の要約統計量を示す。

学習者の演習の振る舞いの活発度として、以降の分析では正誤判定数を扱うこととする。所要手数を扱う場合、頭の中で考えてから最小手で回答する学習者や、カードを並べ替えて試行錯誤しながら回答する学習者が存在することが考えられる。これらの方法の差異の優劣は明確でないため、活発度の指標として適切でないと考えられる。また、所要時間を扱う場合においても、長考して最小手数または最小正誤判定数で回答する学習者や、論理構造を考慮せずに探索的にカードを並べ替えて短時間で回答する学習者が存在することが考えられ、時間が短ければ良いとは一概には言えないため、活発度に適していないと言える。正誤判定数の場合は値が小さいほど円滑に演習を進められているという解釈のみが可能なため、活発度の指標とした。

表 32 ログの用語の説明

用語	説明
正誤判定数	各ステップ中で正誤判定ボタンを押した数
Step1	システムの命題抽出過程
Step2	システムの所与命題と導出命題の分類過程
Step3	システムの言語的三角ロジックの構成過程
Step4	システムの形式的三角ロジックの構成過程
Step5	システムの推論形式の判別過程
Category1	①演繹-全真
Category2	②演繹-含偽導出真
Category3	③演繹-導出偽
Category4	④根拠-全真
Category5	⑤根拠-導出偽
Category6	⑥論拠-全真
Category7	⑦論拠-導出偽
Category8	⑧非形式

表 33 正誤判定数の要約統計量

Step	Category	N	mean	std	min	max
1	1	233	1.055794	0.309857	0	4
	2	222	1.076577	0.282988	1	3
	3	225	1.12	0.352035	1	3
	4	151	1.099338	0.321558	1	3
	5	302	1.036424	0.234835	0	3
	6	219	1.109589	0.391245	1	3
	7	227	1.017621	0.187314	0	3
	8	242	1.107438	0.359844	0	4
2	1	231	1.030303	0.253565	0	3
	2	222	1.022523	0.148711	1	2
	3	225	1.04	0.288469	0	3
	4	151	1.099338	0.341662	1	3
	5	299	1.046823	0.226917	1	3
	6	219	1.059361	0.304615	1	4
	7	225	1.031111	0.219397	0	3
	8	241	1.053942	0.556397	0	8
3	1	229	1.048035	0.23388	0	2
	2	223	1.053812	0.262989	1	3
	3	223	1.040359	0.218891	1	3
	4	151	1.13245	0.427013	1	4
	5	299	1.070234	0.280968	0	3
	6	219	1.050228	0.238953	0	2
	7	224	1.080357	0.288444	1	3
	8	239	1.07113	0.273407	1	3
4	1	228	1.122807	0.422711	0	4
	2	223	1.125561	0.416356	0	4
	3	222	1.189189	0.672855	1	7
	4	150	1.433333	0.958303	1	7
	5	298	1.278523	0.696027	1	7
	6	219	1.219178	0.58057	0	4
	7	224	1.276786	0.698619	0	5
	8	239	1.133891	0.864120	1	10
	1	227	1.127753	0.447684	1	3

5	2	221	1.117647	0.451971	1	4
	3	222	1.117117	0.419841	1	3
	4	150	1.153333	0.4294	1	3
	5	297	1.097643	0.36838	1	3
	6	218	1.155963	0.463891	1	3
	7	223	1.192825	0.496422	1	3

(1) Step1:命題抽出過程の分析

表 34 に Step1 の分散分析の結果を示す。分散分析の結果、八つのカテゴリ間で有意差が見られたため、多重比較を行った。表 35 に多重比較の結果を示す。なお、p 値はホルム法で調整している。以下の分析でも同様である。

多重比較の結果、どのカテゴリ間にも有意差は見られなかった。このことから、命題抽出過程においては問題のカテゴリによる影響はないと考えられる。

表 34 分散分析 (Step1 : 命題抽出過程)

Source	ddof1	ddof2	F	p-unc	np2
category	7	1813	3.523833	0.000917	0.013423

表 35 多重比較 (Step1 : 命題抽出過程)

A	B	mean(A)	mean(B)	diff	se	T	hedges	holms_p
1	2	1.055794	1.076577	-0.02078	0.028917	-0.71869	-0.06985	ns
1	3	1.055794	1.12	-0.06421	0.028818	-2.22796	-0.19351	ns
1	4	1.055794	1.099338	-0.04354	0.032211	-1.35183	-0.13818	ns
1	5	1.055794	1.036424	0.01937	0.026884	0.720499	0.071623	ns
1	6	1.055794	1.109589	-0.0538	0.029018	-1.85382	-0.15273	ns
1	7	1.055794	1.017621	0.038173	0.028754	1.327584	0.148403	ns
1	8	1.055794	1.107438	-0.05164	0.028299	-1.82496	-0.15334	ns
2	3	1.076577	1.12	-0.04342	0.029167	-1.48879	-0.13563	ns
2	4	1.076577	1.099338	-0.02276	0.032523	-0.69984	-0.07592	ns
2	5	1.076577	1.036424	0.040153	0.027258	1.473076	0.156421	ns
2	6	1.076577	1.109589	-0.03301	0.029365	-1.12422	-0.09663	ns
2	7	1.076577	1.017621	0.058955	0.029103	2.025749	0.245806	ns
2	8	1.076577	1.107438	-0.03086	0.028654	-1.07705	-0.0947	ns
3	4	1.12	1.099338	0.020662	0.032435	0.637029	0.060624	ns
3	5	1.12	1.036424	0.083576	0.027153	3.077992	0.28711	ns
3	6	1.12	1.109589	0.010411	0.029267	0.35572	0.027947	ns
3	7	1.12	1.017621	0.102379	0.029005	3.529725	0.362929	ns
3	8	1.12	1.107438	0.012562	0.028554	0.439941	0.035219	ns
4	5	1.099338	1.036424	0.062914	0.03073	2.047317	0.235395	ns
4	6	1.099338	1.109589	-0.01025	0.032613	-0.31433	-0.02807	ns
4	7	1.099338	1.017621	0.081717	0.032378	2.523838	0.326635	ns
4	8	1.099338	1.107438	-0.0081	0.031975	-0.25333	-0.02339	ns
5	6	1.036424	1.109589	-0.07317	0.027365	-2.67366	-0.23546	ns
5	7	1.036424	1.017621	0.018803	0.027084	0.694231	0.08703	ns
5	8	1.036424	1.107438	-0.07101	0.026601	-2.66964	-0.23878	ns
6	7	1.109589	1.017621	0.091968	0.029204	3.149194	0.301038	ns
6	8	1.109589	1.107438	0.002151	0.028756	0.074803	0.005725	ns
7	8	1.017621	1.107438	-0.08982	0.028489	-3.15274	-0.30976	ns

(2) Step2: 所与命題と導出命題の分類過程の分析

表 36 に Step2 の分散分析の結果を示す. 分散分析の結果, 八つのカテゴリ間で有意差が見られなかったことから, 所与命題と導出命題の分類過程においても問題のカテゴリによる影響はないと考えられる.

表 36 分散分析 (Step2 : 所与命題と導出命題の分類過程)

Source	ddof1	ddof2	F	p-unc	np2
category	7	1805	1.053835279	0.391200882	0.004070261

(3) Step3:言語的三角ロジックの構成過程の分析

表 37 に Step3 の分散分析の結果を示す。分散分析の結果、八つのカテゴリ間で有意差が見られなかったことから、言語的三角ロジックの構成過程においても問題のカテゴリによる影響はないことが示唆される。言語的三角ロジックは導出命題が必ず言語的結論に一致しており、推論形式を考慮せず論証の文に沿って再構成するため、カテゴリ間で差が出なかったと考えられる。

表 37 分散分析 (Step3 : 言語的三角ロジックの構成過程)

Source	ddof1	ddof2	F	p-unc	np2
category	7	1799	1.921352	0.062555	0.007421

(4) Step4:形式的三角ロジックの構成過程の分析

表 38 に Step4 の分散分析の結果を示す。Step4 では分散分析の結果、八つのカテゴリ間で有意差が見られたため、多重比較を行った。多重比較の結果を表 39 に示す。

多重比較の結果、カテゴリ①と④、②と④、④と⑧において有意差が見られた。このことから、導出命題が真の演繹 (①, ②), 非形式 (⑧) と比較して根拠-全真 (④) の正誤判定数が有意に多いことが分かる。導出真の演繹推論と根拠推論は、根拠と結論の前件が一致しているため、根拠推論の形式的三角ロジックを組み立てる際に演繹と混同してしまうことなどが原因として考えられる。

表 38 分散分析 (Step4 : 形式的三角ロジックの構成過程)

Source	ddof1	ddof2	F	p-unc	np2
category	7	1795	4.583324	4.34E-05	0.01756

表 39 多重比較 (Step4 : 形式的三角ロジックの構成過程)

A	B	mean(A)	mean(B)	diff	se	T	hedges	holms_p
1	2	1.122807	1.125561	-0.00275	0.063651	-0.04326	-0.00655	ns
1	3	1.122807	1.189189	-0.06638	0.063723	-1.04173	-0.11829	ns
1	4	1.122807	1.433333	-0.31053	0.071051	-4.37049	-0.45118	p<0.05
1	5	1.122807	1.278523	-0.15572	0.059464	-2.61868	-0.26209	ns
1	6	1.122807	1.219178	-0.09637	0.063944	-1.50712	-0.19005	ns
1	7	1.122807	1.276786	-0.15398	0.063579	-2.42185	-0.26679	ns
1	8	1.122807	1.133891	-0.01108	0.062564	-0.17716	-0.01615	ns
2	3	1.125561	1.189189	-0.06363	0.064075	-0.99304	-0.11359	ns
2	4	1.125561	1.433333	-0.30777	0.071366	-4.3126	-0.44681	p<0.05
2	5	1.125561	1.278523	-0.15296	0.05984	-2.55619	-0.25767	ns
2	6	1.125561	1.219178	-0.09362	0.064294	-1.45608	-0.18527	ns
2	7	1.125561	1.276786	-0.15123	0.063931	-2.36544	-0.26238	ns
2	8	1.125561	1.133891	-0.00833	0.062922	-0.1324	-0.01213	ns
3	4	1.189189	1.433333	-0.24414	0.071431	-3.41792	-0.3045	ns
3	5	1.189189	1.278523	-0.08933	0.059917	-1.49096	-0.12999	ns
3	6	1.189189	1.219178	-0.02999	0.064366	-0.46591	-0.04762	ns
3	7	1.189189	1.276786	-0.0876	0.064003	-1.36863	-0.12749	ns
3	8	1.189189	1.133891	0.055298	0.062996	0.877807	0.070968	ns
4	5	1.433333	1.278523	0.15481	0.067658	2.288118	0.194805	ns
4	6	1.433333	1.219178	0.214155	0.071628	2.989842	0.282319	ns
4	7	1.433333	1.276786	0.156548	0.071302	2.19556	0.192248	ns
4	8	1.433333	1.133891	0.299442	0.070399	4.253513	0.331498	p<0.05
5	6	1.278523	1.219178	0.059345	0.060152	0.986591	0.091215	ns
5	7	1.278523	1.276786	0.001738	0.059764	0.029077	0.002489	ns
5	8	1.278523	1.133891	0.144632	0.058683	2.464621	0.186284	ns
6	7	1.219178	1.276786	-0.05761	0.064223	-0.89699	-0.08944	ns
6	8	1.219178	1.133891	0.085287	0.063219	1.349073	0.114721	ns
7	8	1.276786	1.133891	0.142895	0.06285	2.273595	0.180948	ns

(5) Step5: 推論形式の判別過程の分析

表 40 に Step5 の分散分析の結果を示す。分散分析の結果、七つのカテゴリ間で有意差が見られなかったことから、評価過程においては問題のカテゴリに関係なく推論形式を判定できていると考えられる。なお、⑧非形式推論の問題については形式的三角ロジックの構成

過程のステップで非形式判定のボタンを押して終了するため、Step5には含まれていない。

表 40 分散分析 (Step5 : 推論形式の判別過程)

Source	ddof1	ddof2	F	p-unc	np2
category	6	1551	1.261773	0.271983	0.004857

(6) 言語的三角ロジックの構成過程・形式的三角ロジックの構成過程の比較

言語的三角ロジックと形式的三角ロジックは、要素位置や役割が異なるものの、三角ロジックを構成するという点で同様の活動を行う。論証を言語的構造に沿った三角ロジックに再構成することと形式論理的構造に再構成することの活動の差を比較するために、同様のカテゴリ間の正誤判定数でt検定を行った。結果を表41に示す。

分析の結果、すべてのカテゴリにおいて形式的三角ロジックの構成過程の正誤判定数が有意に多いことが明らかになった。このことから、学習者にとっては言語的三角ロジックを再構成するよりも形式的三角ロジックを再構成することの方が困難であることが示唆される。

表 41 言語的三角ロジックの構成過程・形式的三角ロジックの構成過程のt検定

比較の組	A-mean	B-mean	T-Statistic	P-Value	Cohen's d
演繹-全真(言語的一形式的)	1.0480349	1.122807	-2.487734976	p<0.05	-0.2329977
演繹-含偽導出真(言語的一形式的)	1.0538117	1.1255605	-2.175691427	p<0.05	-0.2060439
演繹-導出偽(言語的一形式的)	1.0403587	1.1891892	-3.129543456	p<0.05	-0.2970431
根拠-全真(言語的一形式的)	1.1324503	1.4333333	-3.586277364	p<0.05	-0.4141076
根拠-導出偽(言語的一形式的)	1.0702341	1.2785235	-4.783883258	p<0.05	-0.391911
論拠-全真(言語的一形式的)	1.0502283	1.2191781	-3.982384957	p<0.05	-0.3805714
論拠-導出偽(言語的一形式的)	1.0803571	1.2767857	-3.889632407	p<0.05	-0.3675357
非形式-全真(言語的一形式的)	1.0711297	1.133891	-2.5104940213	p<0.05	-0.1062163

(7) プレ・ポストテストとの相関分析

学習者の元の論証判別能力と演習の活発度の関係の調査および、演習の活発度と論証判別能力の伸びの関係を検証するために、テストとシステムログの関係の分析を行った。表42に、各ステップの正誤判定数の個人平均とテストスコアおよび Normalized change[19]の要約統計量を示す。Normalized changeは、プレ・ポストテストのスコアの伸びを表す正規化された指標であり、以下のように表す。単純なプレ・ポストテスト間の差分では、どちらのテストで満点を取った学習者も、単にスコアが上昇しなかった学習者も同様に扱われることになるため、得点推移を正確に表すために正規化された指標を用いることとした。

$$c = \begin{cases} \frac{post - pre}{100 - pre} & post > pre \\ drop & post = pre = 100 \text{ or } 0 \\ 0 & post = pre \\ \frac{post - pre}{pre} & post < pre \end{cases}$$

また、表 43 に各ステップとスコアの相関分析の結果を示す。*は 5%有意を示している。

表 43 より、Step2 以外の全てのステップにおいてプレテストと有意な中程度の負の相関が見られ、ポストテストでは Step1, Step4 の相関が有意でなくなった。プレテストにおいて多く有意な負の相関が見られることから、元から推論形式の判別ができる人は演習も活発に行えていると考えられる。ポストテストにおいて有意でなくなったことは、ポストテストのスコアが満点の学習者が増えたためだと考えられる。しかし、Step3 の相関は有意なままであり、Step5 では相関の絶対値が大きくなっている。Step3 は言語的三角ロジックの構成過程であり、形式論理的構造を考えずに回答できるものである。そのため、論証の妥当性の判別を行うという点には直接関係しないことから、元の相関からあまり変動しなかったのだと考える。Step5 に関しては、推論形式の判定を行う活動を行っているため、論証判別課題とほぼ同等の活動を行っている。そのため、演習の振る舞いがポストテストにも影響しているのだと考えられる。Normalized change に関しては演習のどのステップとも有意な相関は見られなかった。この結果は、演習が活発にできることがスコア上昇に繋がるのではなく、活発でなくとも演習をすること自体に意味があると考えられるものである。

表 42 個人のステップ毎の要約統計量（正誤判定数）

変数名	有効 N	平均値	中央値	標準偏差	分散	最小値	最大値
Step1	45	1.094	1.077	0.078	0.006	0.952	1.316
Step2	45	1.069	1.032	0.093	0.009	0.969	1.429
Step3	45	1.095	1.038	0.139	0.019	0.968	1.563
Step4	45	1.352	1.125	0.500	0.250	1.000	2.818
Step5	45	1.216	1.038	0.373	0.139	1.000	2.385
プレ得点	45	0.794	0.864	0.203	0.041	0.364	1.000
ポスト得点	45	0.908	1.000	0.163	0.027	0.364	1.000
Normalized change	45	0.624	1.000	0.488	0.238	-0.333	1.000

表 43 個人のステップ毎の相関分析（正誤判定数）

	Step1	Step2	Step3	Step4	Step5	プレ得点	ポスト得点	Normalized change
プレ得点	-0.400*	-0.189	-0.372*	-0.307*	-0.384*	1.000		
ポスト得点	-0.238	-0.224	-0.311*	-0.174	-0.489*	0.476*	1.000	
Normalized change	0.101	-0.014	-0.054	0.007	-0.261	-0.055	0.673*	1.000

第5章 まとめと今後の課題

5.1 まとめ

本研究では、推論形式の判別は論理的思考において重要であり、他者の理解を行う上でも重要であるという考えから、高専生群、および情報系学部大学生群の二群を対象にした推論形式の判別能力の調査を行った。結果として、(1) 学習者は妥当性判定に命題の意味の真偽と推論形式の影響を受ける、(2) 命題の意味だけでは真偽を判定できない推論形式の判別能力と論理的思考において重要な役割を果たす、ことが示唆された。よって学習者は推論形式の判別が十分にできていないため推論形式の判別支援を指向した演習環境が必要であると考え、言語的三角ロジックと形式的三角ロジックを用いた演習システム的设计開発を行った。開発した演習システムの利用実験の結果、情報系学部大学生は、演習によって偽命題の含まれる演繹推論、根拠推論の判別能力が向上したことが示唆された。また、演習を通して推論形式の判別を直感的でなく考えながら行ったと主観的に評価している学習者群に関しては、そうでない群に比べてポストテストスコアが大きいことから、システムの意図を理解したうえでの学習効果が得られたと考える。システムの振る舞いとテストの関係に関しては、スコアの伸びとシステムの活発度に相関が無かったことから、演習をうまくできないと推論形式の判別能力が伸びないのではなく、演習をすること自体に推論形式の判別方法を学ぶことができる効果があることも確認できた。さらに、アンケートの結果から、本研究で提示した推論形式の判別方法及び演習が肯定的に受け入れられたことが確認できた。

5.2 今後の課題

今後の課題としては、まず、情報系学部の大学生以外の被験者で同様の実験をすることによって、演習の効果の再現性の検証を行うことが挙げられる。加えて、今回の演習で学習効果が見られなかった論拠推論についても、効果が得られなかった原因の考察を行い、より適切な判別方法を考案し、演習に反映させることも課題と考えられる。また、現状の演習システムは命題論理の範囲内のみを取り扱っているため、述語論理も取り扱うことができるようにモデルを拡張し、また、形式的誤謬等を含めたより一般的な論証についても判別の対象として支援することも必要だと考える。

謝辞

本研究を行うにあたり、ご指導していただいた平嶋宗教授、林雄介教授、木下博義教授ならびに、本論文の審査をしていただいた、中西透教授に感謝いたします。

また、多くの意見、助言、多大な協力をいただいた沖永友広氏、服部淳生氏、植田昭夫氏をはじめとする学習工学研究室の皆様にご心から感謝いたします。

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] 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，(2017)
- [4] 平嶋宗：“ディープアクティブラーニングを指向した課題設計法としてのオープン情報構造アプローチ：外在タスク・メタ問題・仮説検証的試行錯誤”，人工知能学会全国大会資料（第32回），(2018)
- [5] 米盛裕二：“アブダクション 仮説と発見の論理”，勁草書房，(2007)
- [6] 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)
- [7] 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，社会心理学教育学 No.17，(1977)
- [8] 井上尚美：“思考力育成への方略：メタ認知・自己学習・言語論理”，明治図書，(1998)
- [9] 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”，教育システム情報学会中国支部研究発表会講演論文集，21(1)，pp.23-30，(2022)
- [10] M. A. Britt, C. A. Kurby and S. Dandotkar & C. R. Wolfe, :”I agreed with what ? Memory for simple argument claims ”, Discourse Processes, 45(1), 52-84, (2007)
- [11] A. A. Larson, M. A. Britt & C. A. Kurby :”Improving students' evaluation of informal arguments”, The Journal of Experimental Education, 77(4), 339- 366. f, (2013)
- [12] 国立教育政策研究所：“特定の課題に対する調査（論理的な思考）調査 I A”，https://www.nier.go.jp/kaihatsu/tokutei_ronri/index.html（参照 2023.10）
- [13] 北村拓也&平嶋宗“論理構造の構造化演習と分節化演習の演習順序による演習難易度の差”，人工知能学会論文誌，34(5)，C-I73_1，(2019)
- [14] 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)，243-247，(2021)
- [15] 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)，358-362，(2021)
- [16] 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，40 卷 3 号 p.228-233，(2023)
- [17] 沖永友広，長澤怜男，木下博義，藤原宗幸，林雄介，平嶋宗：“三角ロジック組立演習の中学生を対象とした実験的利用と分析結果”，教育システム情報学会誌，41 卷 1 号 p.32-37，(2024)
- [18] 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校正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 卷 4 号 p.358-362，(2021)
- [19] PhysPort Supporting physics teaching with research-based resources:” Normalized

gain: What is it and when and how should I use it?”,
<https://www.physport.org/recommendations/Entry.cfm?ID=93334> (参照 2024.01)

研究業績

研究会発表

1. 「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」、電子情報通信学会研究会, 教育工学研究会 (ET), 2022 年 12 月 10 日
2. 「三項論証の妥当性判定能力に対する三角ロジック組み立て演習の効果」, 情報処理学会, 第 169 回コンピュータと教育研究発表会, 2023 年 3 月 11 日
3. 「非妥当推論の判別能力向上を指向した演繹的三角ロジック演習環境の設計開発」, 第 48 回教育システム情報学会全国大会」, 2023 年 8 月 31 日

論文

1. 「演繹推論と仮説推論の判定能力の調査」(査読中), 教育システム情報学会
2. 「三項論証における推論形式判別演習の開発と実験的評価」(審査中), 教育システム情報学会

付録

[A]本研究の実験・実践利用で利用した論理的思考力を測るためのテストを次ページ以降に掲載する。

採点については、以下のようにしている

大問 1 (計 6 点)

問 1

(1)ア. 1 点

イ. 1 点

(2) 2 点

問 2 2 点

大問 2 (計 6 点)

問 1

ア 1 点

イ 1 点

ウ 1 点

エ 1 点

オ 1 点

問 2 1 点

大問 4 (計 8 点)

問 1

① 2 点

② 2 点

問 2

③ 1 点

④ 1 点

⑤ 2 点

計 20 点満点

1 「三段論法」

後の問いに答えなさい。

問1 論理的な推論の一例として、「三段論法」に従った推論がある。三段論法では、2つの正しい前提から1つの正しい結論が演繹的に導かれる。例えば、次のようなものである。

哺乳類は脊椎動物である。 (前提その1)

クジラは哺乳類である。 (前提その2)

ゆえに、クジラは脊椎動物である。 (結論)

(1) 次のア、イの空欄をそれぞれ埋めて、三段論法による推論を完成させなさい
(解答は の中に書きなさい)。

ア 金属は電気を通す。

水銀は []。

ゆえに、水銀は電気を通す。

イ このスポーツ施設を利用できるのは []。

山田さんはこのスポーツ施設の利用登録をしていない。

ゆえに、山田さんはこのスポーツ施設を利用できない。

(2) 次の推論は正しくない。なぜ、正しくないと言えるか、その理由を答えなさい。

3の倍数を2つ加えて得られる数は3の倍数である。

a と b はいずれも3の倍数ではない。

ゆえに、 a と b を加えて得られる数は3の倍数ではない。

理由：

問2 ある高校の2年生382人に、ある日の家での携帯電話の利用時間を調査した。その結果とそれぞれの生徒の学習成績に関する結果をまとめたら右の表のようになった。

このことについて、直美さん、篤志さん、健二さんが、次のような会話をしている。

		ある日の家での携帯電話の利用時間(分)						合計
		0	10	20	30	40	50	
学習成績 (人)	A	28	16	6	0	0	0	50
	B	26	35	6	6	3	0	76
	C	12	14	23	19	15	11	94
	D	1	5	14	21	31	24	96
	E	0	2	7	10	16	31	66
合計		67	72	56	56	65	66	382

直美：家での携帯電話の利用時間が長いと学習成績が悪いという傾向があるようだね。「家での携帯電話の利用時間が長いと成績が悪くなる。」と考へてもよいのかしら？

篤志：「家での携帯電話の利用時間が長いと、家で勉強する時間が少なくなる。家で勉強する時間が少なくなると、学習成績が悪くなる。ゆえに、家での携帯電話の利用時間が長いと成績が悪くなる。」ということだね。

健二：ちょっと待ってよ。「家での携帯電話の利用時間が長いと成績が悪くなる。」と判断するためには、示されているデータだけでは不十分だよ。さらに別のデータが必要だと思う。

健二さんは、下線部で「別のデータが必要だ」と述べていますが、あなたはどうのようなデータが必要だと思いますか。

あなたが必要だと考へるデータを具体的に書きなさい(複数考へられる場合は箇条書きにして記述すること)。

必要だと考へるデータ：

■学習成績：

- A = 極めて優秀 B = 優秀
- C = 普通 D = やや不振
- E = 不振

■ある日の家での携帯電話の利用時間：

- 0：0分～10分
- 10：10分～20分
- 20：20分～30分
- 30：30分～40分
- 40：40分～50分
- 50：50分～

※「0分～10分」は「0分以上、10分より少ないこと」を表す(他も同じ)。

2 「カレンダーの曜日」

次の文を読み、後の問いに答えなさい。

わたしたちが実生活を送る上で、必要なカレンダー。そこに曜日が7つ並んでいる理由をご存じだろうか。実は、ここに、夜空を眺め、宇宙を考えた、古代の人たちの宇宙観が反映されている。

夜空を眺めていると、お互いの位置関係を変えることはない星座を形作る恒星に対して、その位置を毎日のように変えていく星があった。動き回る、惑う星、つまり惑星である。水星、金星、火星、木星、土星の5つである。惑星 (planet) の語源をさかのぼれば、もともとギリシャ語の「planetes : さまようもの」に由来している。

これら肉眼で見る限り、大きさが分からない惑星に対し、夜と昼を支配する太陽と月がある。月は東洋では太陰とも呼ばれているが、西洋では月も太陽も惑星と分類されていた。いずれにしろ太陽と月と5つの惑星を加え、この7つの惑星が特別視された。

暦が考えられた古代、この7つの天体が、いわば聖なる惑星であり、空間も時間も、7つの天体に支配されていると信じていた。動く天体は、全部で7つなので、地上のサイクルも1週間7日となった。

曜日の順番にも古代の人たちの宇宙観が反映されている。天動説では、宇宙の中心は地球で、その周りを月、水星、金星、太陽、火星、木星、土星の順に回っていた。すなわち、天球上を動く速度が速い順に、月、水、金、日、火、木、土と並んでいると考えたのである。ただ、この順番がそのまま曜日の順番になったわけではない。

この順番に、まずは時刻を支配する天体を決めた。週の第1日目の第1時には、最も遠くの惑星を当てはめた。すなわち、週の第1日目の第1時が土星、第2時が木星、第3時が火星と第24時まで支配する星を当てはめてゆく。すると、第1日目は火星で終わる。第2日目の第1時は次の太陽から始まり、水星で終わる。第3日目の第1時は月で始まり、第4日目は火星で始まる。こうやって1週間にわたって、各時刻を決めていったのだが、その各日の最初の時刻を取り出し、それぞれの日を支配する星が決められた。すなわち、第1日目が土星で始まり、第2日目以降、太陽、月、火星、水星、木星、金星の順となる。これが、現在の曜日の順番、土、日、月、火、水、木、金の起源である。

(「科学技術の智」プロジェクト 『宇宙・地球・環境科学専門部会報告書』から)

問1 古代の人たちが曜日を考える上でもっていた宇宙観は、次のア～オのどれか。
正しいものには○を，正しくないものには×を付けなさい。

- ア 恒星に対して5つの惑星がある。
- イ 特別視している7つの惑星がある。
- ウ 地球も7つの動く惑星の1つである。
- エ 宇宙の中心は地球である。
- オ 恒星である太陽は例外的な星である。

ア	イ	ウ	エ	オ

問2 古代の時刻の決め方では，1週間の第5日目の第4時を支配するのはどの天体になるか，答えなさい（解答は解答欄に書きなさい）。

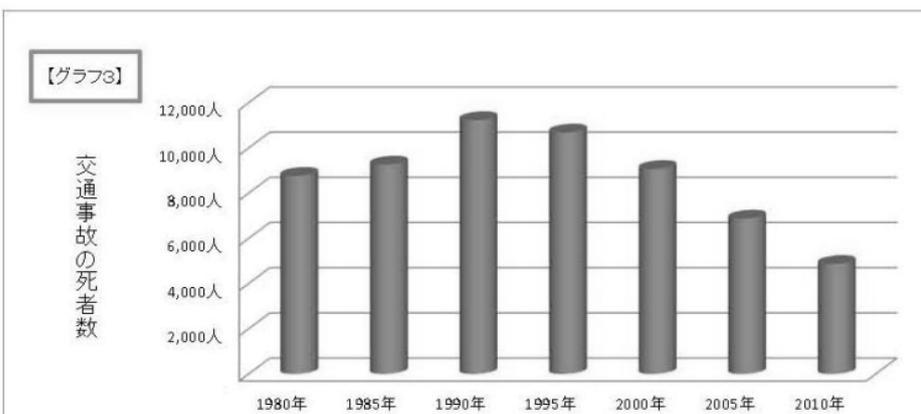
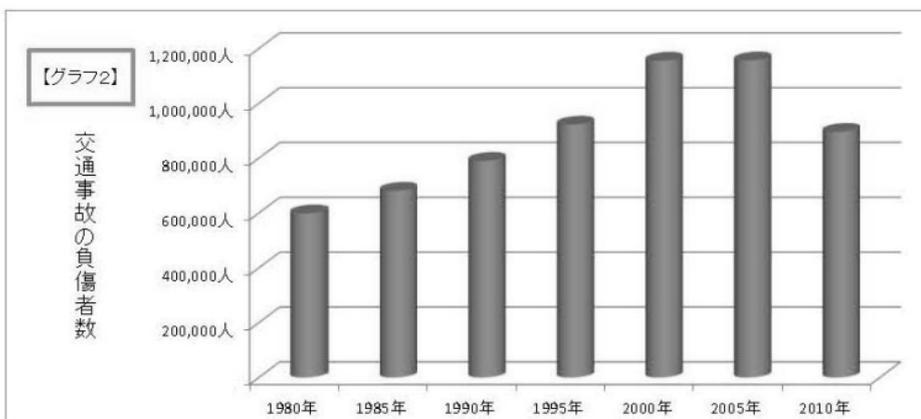
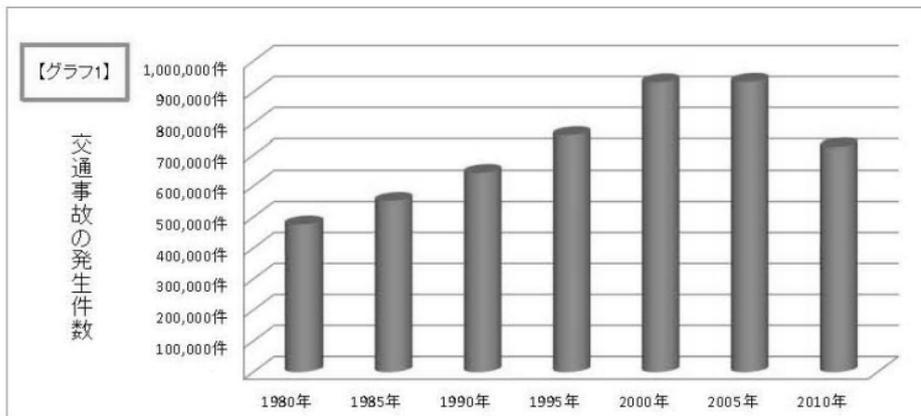
メモ欄(この欄は自由に使ってよい。書いたことは消さずに残しておくこと。)

解答欄

4 「交通事故のグラフ」

次の文を読み、後の問いに答えなさい。

警察庁事故統計資料に基づいて作成した次の3つのグラフを比べると、**交通事故の発生件数【グラフ1】**と**交通事故の負傷者数【グラフ2】**は、2005年以降減少傾向になっている。これに対して**交通事故の死者数【グラフ3】**は、発生件数や負傷者数よりも早く、1990年以降減少傾向になっている。



このような違いが生じた背景について、3人の高校生が話し合っている。次は、その一部である。

Aさん：この違いは、交通安全に関する国民の意識の変化が関係しているのではないかと思います。その裏付けとなる資料として、「交通違反で検挙された人数の推移が分かる資料」があると思います。その資料をみれば、飲酒運転やスピード違反など、死亡事故につながるような違反が少なくなっていることが分かるはずです。

Bさん：Aさんの挙げた資料は、交通事故の死者数が減少していることの裏付けの1つにはなると思いますが、それだけでは、発生件数や負傷者数の減少と、時期がずれることは説明できないのではないのでしょうか。

私は、この30年間で販売されてきた自動車の台数と品質に関係があると思います。つまり、〔①〕ので事故件数と負傷者数はなかなか減らなかったけれども、〔②〕ので死者数は減ってきたということです。

Cさん：私は、医療の進歩がかかわっていると思います。どういうことかという、昔は事故にあって助からなかった命が助かるようになってきたので、事故の数は増えても亡くなる人は減り続けてきたのではないかと思います。

その裏付けとなる資料として、〔③〕があると思います。その資料は、〔④〕が交通事故の発生件数や負傷者数の推移とほぼ同様の推移を示し、一方、〔⑤〕のではないのでしょうか。

以上の資料及び話し合いを基に、次の問いに答えなさい。

問1 Bさんは、「つまり」以下で、どのような事実関係を述べることになるか。空欄〔①〕、〔②〕に当てはまる言葉をそれぞれ書きなさい。

①

〔 〕ので

②

〔 〕ので

[B]論証判別課題その1

「Pである。したがってRである。なぜならばQだからである。」といった形式を持った文章を論証と呼びます。この文中の「Pである」を根拠、「Qである」を論拠、「Rである」を結論と言います。

以下の文章を読み、根拠「Pである」と論拠「なぜならばQだからである」が正しいと仮定したとき、結論である「したがってRである」が常に正しくなるものには○を、正しいとは限らないものには×を選んでください。この論証に対する○×の判断を推論形式の判別といいます。

1 犬は哺乳類である。したがって犬は肺呼吸である。なぜならば哺乳類は肺呼吸だからである。

2 カラスは卵を産む生き物である。したがってカラスは鳥である。なぜならば鳥は卵を産む生き物だからである。

3 サルは哺乳類である。したがって哺乳類は恒温動物である。なぜならばサルは恒温動物だからである。

4 カラスは卵を産む。したがってカラスは鳥である。なぜならば卵を産むならば鳥だからである。

5 人間は哺乳類である。したがって哺乳類は言葉を話す。なぜならば人間は言葉を話すからである。

6 犬は哺乳類である。したがって犬は翼を持つ。なぜならば哺乳類は翼をもつからである。

7 シマウマは草食動物である。したがってシマウマは肉を食べない動物である。なぜならば草食動物は肉を食べない動物だからである。

8 月はソフトボールである。したがって月は丸い。なぜならばソフトボールは丸いからである。

9 カラスは卵を産む。したがってカラスは魚類である。なぜならば魚類は卵を産むからである。

10 犬はライオンである。したがって犬はネコ科の動物である。なぜならばライオンはネコ科の動物だからである。

11 サルは肺呼吸である。したがって人間は二足歩行である。なぜならば霊長類は哺乳類だからである。

[C]論証判別課題その2

「Pである.したがってRである.なぜならばQだからである.」といった形式を持った文章を論証と呼びます.この文中の「Pである」を根拠,「Qである」を論拠,「Rである」を結論と言います.

以下の文章を読み,根拠「Pである」と論拠「なぜならばQだからである」が正しいと仮定したとき,結論である「したがってRである」が常に正しくなるものには○を,正しいとは限らないものには×を選んでください.この論証に対する○×の判断を推論形式の判別といいます.

1 リンゴは果物である.したがってリンゴは食べ物である.なぜならば果物は食べ物だからである。

2 金魚は魚類である.したがって魚類はえら呼吸である.なぜならば金魚はえら呼吸だからである。

3 自動車は機械である.したがって自動車はタイヤを持つ.なぜならば機械はタイヤを持つからである。

4 リンゴは食べ物である.したがって食べ物は果物である.なぜならばリンゴは果物だからである。

5 ライオンは哺乳類である.したがってライオンはネコ科の動物である.なぜならばネコ科の動物は哺乳類だからである。

6 人間は霊長類である.したがって人間は卵生である.なぜならば霊長類は卵生だからである。

7 中学生は未成年である.したがって中学生は飲酒が禁じられている.なぜならば未成年は飲酒が禁じられているからである。

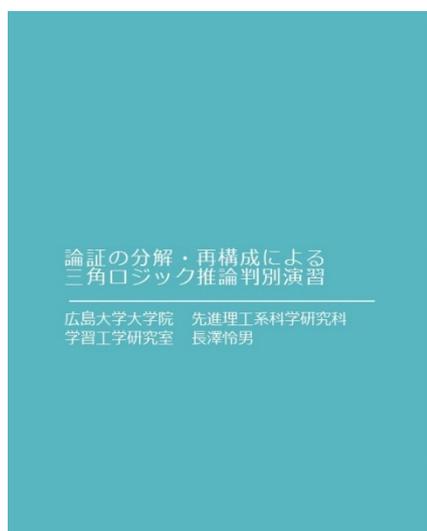
8 犬は哺乳類である.したがって人間は哺乳類である.なぜならば猫は哺乳類だからである。

9 人間は犬である.したがって人間は哺乳類である.なぜならば犬は哺乳類だからである。

10 リンゴは果物である.したがってリンゴはミカンである.なぜならばミカンは果物だからである。

11 カラスは魚類である.したがってカラスはえらを持つ.なぜならば魚類はえらを持つからである。

[D]推論形式の判別演習 説明資料



URL

[Unity WebGL Player | lel.logic.h](http://lel.logic.h)

- ※読み込んだURL欄をクリックして、httpsの場合、sを消してhttpにしてください
- ※「セキュリティ保護なし」/「保護されていない通信」などが出ればOK
- ※ログデータ収集のためにご協力をお願いします



ログイン

上のドロップダウンから「HCI20231117」を選択・決定
→自分の学籍番号を選択・決定 → 「Log in」ボタン



ステージ選択

ステージは1はチュートリアルで3問（一緒に解く）
クリアすると新しいステージが表示される
ステージ2, 3は各ステージ8問ずつ



論証判別手順を演習を通して練習する 説明：30分程度，アプリ利用：30分

- (1) 論証からの命題の抽出. 前提と推論結果の区別
- (2) 言語的な論理構造の組み立て
言語的な根拠, 論拠, 結論
- (3) 形式的な論理構造の組み立て
形式的論理としての根拠, 論拠, 組み立て
形式論理と非論理の区別
- (4) 推論の判別
演繹推論, 根拠推論, 論拠推論

STAGE1 : 1 問目

論証判別手順を練習する (1) : 命題の抽出・前提と推論結果の区別

「Pである。したがってRである。なぜならばQだからである。」

➤PとQは論証で事実として扱っている。前提。所与命題

➤Rは論証で導かれている結論。導出命題

■論証の三つの文をそれぞれ含意命題 ($x \rightarrow y$) にする

■それぞれの含意命題 (文) は, 二つの単位命題 (x と y) でできている。

■演習内で, 命題の取り出し作業・前提と結果の区別を行う

問題 1 :

「カナリアは鳥である。したがってカナリアは空を飛ぶ。なぜならば鳥は空を飛ぶからである。」

命題1「カナリアである ならば 鳥である」, 命題2「カナリアである ならば 空を飛ぶ」

命題3「鳥である ならば 空を飛ぶ」

問題：論証を命題に変換

論証に使われている命題（「xならばy」の形式）をドロップダウンリストから作成
作成したら右下のボタンを押す

問題 1 : 「カナリアは鳥である。したがってカナリアは空を飛ぶ。なぜならば鳥は空を飛ぶからである。」

- 命題1「カナリアである ならば 鳥である」
- 命題2「カナリアである ならば 空を飛ぶ」
- 命題3「鳥である ならば 空を飛ぶ」
(順不同)



問題：前提と推論結果の区別

命題カードを左のカードリストからドラッグアンドドロップし、所与命題、導出命題の枠に当てはめる

- 所与命題：論証で前提としているもの
(pである, なぜならばqだからである)
- 導出命題：論証で導いたもの
(したがってRである)



- 所与命題「カナリアである ならば 鳥である」
- 所与命題「鳥である ならば 空を飛ぶ」
- 導出命題「カナリアである ならば 空を飛ぶ」



論証判別手順を練習する(2) : 言語としての論理構造を組み立てる

言語としての論理構造...「言語的三角ロジック」

- 論証の文に従って三角形を構成する

「カナリアは鳥である。したがってカナリアは空を飛ぶ。なぜならば鳥は空を飛ぶからである。」

- 言語的根拠：論証のはじめに述べられているもの (pである) 「カナリアは鳥である (所与命題)」
- 言語的論拠：結論を補強するもの (なぜならばQだからである) 「鳥は空を飛ぶ (所与命題)」
- 言語的結論：論証で導いたもの (したがってRである) 「カナリアは空を飛ぶ (導出命題)」



問題：
言語としての論理構造を組み立てる

命題カードを左のカードリストからドラッグアンドドロップし、言語的三角ロジックを組み立てる



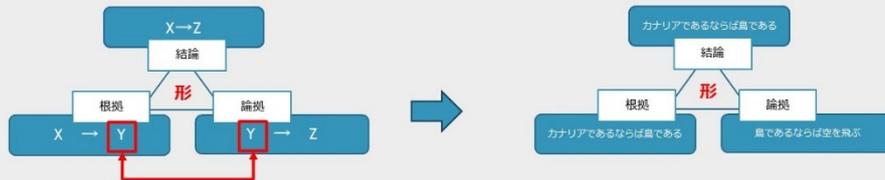
論証判別手順を練習する (3) :
形式的な論理構造に組み替える

形式的な論理構造...「形式的三角ロジック」

■形式論理の構造に従って三角形を構成する

「カナリアは鳥である。したがってカナリアは空を飛ぶ。なぜならば鳥は空を飛ぶからである。」

- 形式的根拠：「XならばY」に置きかえられるもの・・・「カナリア (x) は鳥 (y) である」
- 形式的論拠：「YならばZ」に置きかえられるもの・・・「鳥 (y) は空を飛ぶ (z)」
- 形式的結論：「XならばZ」に置きかえられるもの・・・「カナリア (x) は空を飛ぶ (z)」



問題：
形式的な論理構造に組み替える

■命題カードを左のカードリストからドラッグアンドドロップし、形式的三角ロジックを組み立てる

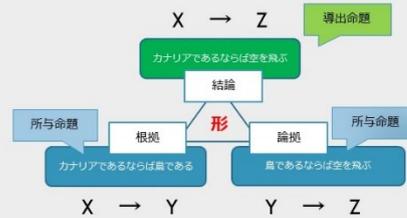


論証判別手順を練習する（4）： 推論を分類する

■導出命題の形式的三角ロジックでの位置によって推論が分類される

- ◆導出命題は結論にあたる：結論が常に真になる推論（演繹推論）
- ◆導出命題は根拠にあたる：結論が真になるとは限らない推論（根拠推論）
- ◆導出命題は論拠にあたる：結論が真になるとは限らない推論（論拠推論）

- 結論にあたる命題が導かれているので、**演繹推論**
- 演繹推論は、所与命題が正しいならば**導出命題が正しくなる**



問題： 推論を分類する

推論形式の分類をおこなう

導出命題が根拠なら「根拠推論」、論拠なら「論拠推論」、**結論なら「演繹推論」**



補足

左下のボタンを押すと、ひとつ前のプロセスに戻ることが可能

※途中まで組み立ててから戻った場合、また初めから組み直しになる



論証判別手順を練習する(1) : 命題の抽出・前提と推論結果の区別

「Pである。したがってRである。なぜならばQだからである。」

➤PとQは論証で事実として扱っている。前提。所与命題

➤Rは論証で導かれている結論。導出命題

- 論証の三つの文をそれぞれ含意命題 ($x \rightarrow y$) にする
- それぞれの含意命題 (文) は、二つの単位命題 (x と y) でできている。
- 演習内で、命題の取り出し作業・前提と結果の区別を行う

問題2 :

「人間は脊椎動物である。したがって人間は哺乳類である。なぜならば哺乳類は脊椎動物だからである。」

命題1「人間である ならば 脊椎動物である」, 命題2「人間である ならば 哺乳類である」
命題3「哺乳類である ならば 脊椎動物である」

問題 : 論証を命題に変換

論証に使われている命題 (「 x ならば y 」の形式) をドロップダウンリストから作成

作成したら右下のボタンを押す

問題2 :

「人間は脊椎動物である。したがって人間は哺乳類である。なぜならば哺乳類は脊椎動物だからである。」

- 命題1「人間である ならば 脊椎動物である」
- 命題2「人間である ならば 哺乳類である」
- 命題3「哺乳類である ならば 脊椎動物である」
(順不同)



問題 : 前提と推論結果の区別

命題カードを左のカードリストからドラッグアンドドロップし、所与命題、導出命題の枠に当てはめる

- 所与命題 : 論証で前提としているもの
(p である, なぜならば q だからである)
- 導出命題 : 論証で導いたもの
(したがって R である)



- 所与命題「人間である ならば 脊椎動物である」
- 所与命題「哺乳類である ならば 脊椎動物である」
- 導出命題「人間である ならば 哺乳類である」



論証判別手順を練習する (2) : 言語としての論理構造を組み立てる

言語としての論理構造...「言語的三角ロジック」

- 論証の文に従って三角形を構成する

「人間は脊椎動物である。したがって人間は哺乳類である。なぜならば哺乳類は脊椎動物だからである。」

- 言語的根拠：論証のはじめに述べられているもの (pである)・・・「人間は脊椎動物である (所与命題)」
- 言語的論拠：結論を補強するもの (なぜならばQだからである)・・・「哺乳類は脊椎動物である (所与命題)」
- 言語的結論：論証で導いたもの (したがってRである)・・・「人間は哺乳類である (導出命題)」



問題 : 言語としての論理構造を組み立てる

命題カードを左のカードリストからドラッグアンドドロップし、言語的三角ロジックを組み立てる



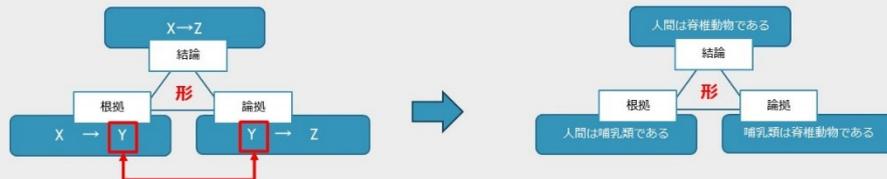
論証判別手順を練習する (3) : 形式的な論理構造に組み替える

形式的な論理構造...「形式的三角ロジック」

- 形式論理の構造に従って三角形を構成する

「人間は脊椎動物である。したがって人間は哺乳類である。なぜならば哺乳類は脊椎動物だからである。」

- 形式的根拠：「xならばy」に置きかえられるもの・・・「人間 (x) は哺乳類 (y) である」
- 形式的論拠：「yならばz」に置きかえられるもの・・・「哺乳類 (y) は脊椎動物 (z) である」
- 形式的結論：「xならばz」に置きかえられるもの・・・「人間 (x) は脊椎動物 (z) である」



問題： 形式的な論理構造に組み替える

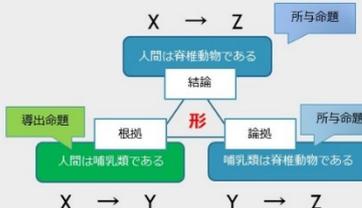
- 命題カードを左のカードリストからドラッグアンドドロップし、**形式的三角ロジック**を組み立てる



論証判別手順を練習する（４）： 推論を分類する

- 導出命題の形式的三角ロジックでの位置によって推論が分類される
- ◆導出命題は結論にあたる：結論が常に真になる推論（演繹推論）
- ◆導出命題は根拠にあたる：結論が真になるとは限らない推論（根拠推論）
- ◆導出命題は論拠にあたる：結論が真になるとは限らない推論（論拠推論）

- 根拠にあたる命題が導かれているので、**根拠推論**
- 根拠推論は、所与命題が正しくても**導出命題が正しくなるとは限らない**



問題： 推論を分類する

推論形式の分類をおこなう

導出命題が**根拠**なら「**根拠推論**」，**論拠**なら「**論拠推論**」，**結論**なら「**演繹推論**」



論証判別手順を練習する(1) : 命題の抽出・前提と推論結果の区別

「Pである。したがってRである。なぜならばQだからである。」

➤PとQは論証で事実として扱っている。前提。所与命題

➤Rは論証で導かれている結論。導出命題

- 論証の三つの文をそれぞれ含意命題 ($x \rightarrow y$) にする
- それぞれの含意命題 (文) は、二つの単位命題 (x と y) でできている。
- 演習内で、命題の取り出し作業・前提と結果の区別を行う

問題3 :

「リンゴは果物である。したがってイチゴは果物である。なぜならばミカンが果物だからである。」

命題1「リンゴである ならば 果物である」、命題2「イチゴである ならば 果物である」

命題3「ミカンである ならば 果物である」

問題 : 論証を命題に変換

論証に使われている命題(「 x ならば y 」の形式)をドロップダウンリストから作成

作成したら右下のボタンを押す

問題3 :

「リンゴは果物である。したがってイチゴは果物である。なぜならばミカンは果物だからである。」

- 命題1「リンゴである ならば 果物である」
- 命題2「イチゴである ならば 果物である」
- 命題3「ミカンである ならば 果物である」
(順不同)



問題 : 前提と推論結果の区別

命題カードを左のカードリストからドラッグアンドドロップし、所与命題、導出命題の枠に当てはめる

- 所与命題 : 論証で前提としているもの
(p である、なぜならば q だからである)
- 導出命題 : 論証で導いたもの
(したがって R である)



- 所与命題「リンゴである ならば 果物である」
- 所与命題「ミカンである ならば 果物である」
- 導出命題「イチゴである ならば 果物である」



論証判別手順を練習する (2) : 言語としての論理構造を組み立てる

言語としての論理構造...「言語的三角ロジック」

- 論証の文に従って三角形を構成する

「リンゴは果物である。したがってイチゴは果物である。なぜならばミカンが果物だからである。」

- 言語的根拠：論証のはじめに述べられているもの (pである) 「リンゴは果物である (所与命題)」
- 言語的論拠：結論を補強するもの (なぜならばQだからである) 「ミカンは果物である (所与命題)」
- 言語的結論：論証で導いたもの (したがってRである) 「イチゴは果物である (導出命題)」



問題 : 言語としての論理構造を組み立てる

命題カードを左のカードリストからドラッグアンドドロップし、言語的三角ロジックを組み立てる



論証判別手順を練習する (3) : 形式的な論理構造に組み替える

形式的な論理構造...「形式的三角ロジック」

- 形式論理の構造に従って三角形を構成する

「リンゴは果物である。したがってイチゴは果物である。なぜならばミカンが果物だからである。」

- 形式的根拠：「xならばy」に置きかえられるもの
- 形式的論拠：「yならばz」に置きかえられるもの
- 形式的結論：「xならばz」に置きかえられるもの

リンゴ=x, 果物=y, イチゴ=z, ミカン=w?
 →x, y, zだけでは置き換えできない!
 →形式的三角ロジックで組立不可能
 仮説としての価値もない推論 (非論理的な推論)



問題： 形式的な論理構造に組み替える

- 命題カードを左のカードリストからドラッグアンドドロップし、形式的三角ロジックを組み立てる
- 形式的三角ロジックで組み立てられないとき、「組立不可能」ボタンを押す



システム利用

今から30分間システムを自分で解いてみてください (STAGE 2, STAGE 3)

この資料を見ながら解いていただいて構いません

早く終わった人は、以下のURLから追加課題も解いてみてください (STAGE 2 まで)

追加課題URL : [Unity WebGL Player | lel_logic_h](#)

※読み込んだURLがhttpsの場合、sを消してhttpにしてください



論理的思考の演習アプリ利用体験

- 休憩5分
- 論証判別課題 5分 (この資料は見ないでください)
- アンケート
- <https://forms.gle/zzeXvanWZEnGCdPu8>
- アプリの評価
- <https://forms.gle/VcAkW9iBS0pvpWNe9> (可視性, 対応付け, フィードバック, 概念モデル)

[E]システム URL

基本課題：http://lel.main.jp/Logic/logic_Hypo2023/

追加課題：http://lel.main.jp/Logic/Logic_Hypo_Add/