

令和4年度

修士論文

三角ロジック組立における
命題の無意味化・非常識化の影響の実験的分析

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

M210497

沖永 友広

令和5年2月6日 提出

概要

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であり、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、論理的思考力を育成する方法としてディベート等様々考案されてきたが、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。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 モデルを構成する 6 要素の内、「根拠」、「理由付け」、「主張」の主要 3 要素に限定したモデルであり、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」を配置するので三角ロジックと呼ばれている。筆者は、この三角ロジックモデルで扱う命題推論をモ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、実験的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。

論理的思考を要する状況の一つとして、他者の提示した情報を論理的に再構成する、他者立論の論理的再構成が挙げられる。この他者立論の論理的再構成は、他者理解や自己に対する批判的思考を促すものとして重要であるとされている。他者立論の論理的再構成において、他者の提示した情報が必ずしも自身にとって意味的に解釈できるとは限らない場合がある。また、その情報が自身にとって偽と判断される場合もあり、偽と判断される情報を用いた論理的再構成も求められることになる。特に自身にとって偽と判断される情報を用いた他者立論の論理的再構成における論理的思考力の重要性はこれまでも指摘されているが、上記の二つの状況における論理的再構成を演習として実現した研究は見当たらない。

そこで筆者は、上記の二つの場合においても論理的に正しい推論を組立てさせることを目的とし、命題中の概念を無意味綴りに置き換えた命題（無意味命題と呼ぶ）を用いた三角ロジック組立問題（無意味問題と呼ぶ）及び、明らかに偽と判断できる命題（非常識命題と呼ぶ）を用いた三角ロジック組立問題（非常識問題と呼ぶ）を作成した。本研究では、一般的に常識と判断される命題を用いた問題（常識問題と呼ぶ）、無意味問題、非常識問題の三種類の問題を含んだ演習の実験及び実践利用を、中学・高校・大学生群に実施し、システムに対する振る舞い、学習効果を調査した。また、これまで実践利用が行われていなかった中学生群において、実践利用が可能かどうかを調査した。

目次

概要.....	2
第 1 章 はじめに.....	7
第 2 章 三角ロジック組立演習.....	9
2.1 三角ロジック組立演習システム概要.....	9
2.2 常識問題.....	9
2.3 無意味問題.....	9
2.4 非常識問題.....	9
第 3 章 実験 1: 情報系大学生・大学院生を対象.....	12
3.1 実験方法.....	12
3.2 問題構成.....	12
3.3 被験者.....	13
3.4 組立ログの分析.....	13
3.5 テスト・アンケート結果の分析.....	14
3.5.1 テスト結果の分析.....	14
3.5.2 アンケート結果の分析.....	14
3.5.3 アンケート項目 G に関する分析.....	14
3.6 3 章の実験まとめ.....	14
第 4 章 実験 2: 高校生を対象.....	20
4.1 実験方法・問題構成・被験者.....	20
4.2 組立ログの分析.....	20
4.3 テスト・アンケート結果の分析.....	20
4.3.1 テスト結果の分析.....	20
4.3.2 アンケート結果の分析.....	21
4.3.3 アンケート項目 G に関する分析.....	21
4.4 4 章の実験まとめ.....	21
第 5 章 実験 3: 芸術大学生を対象.....	25
5.1 実験方法・問題構成・被験者.....	25
5.2 組立ログの分析.....	25
5.3 テスト・アンケート結果の分析.....	25
5.3.1 テスト結果の分析.....	25
5.3.2 アンケート結果の分析.....	26
5.3.3 アンケート項目 G に関する分析.....	26
5.4 5 章の実験まとめ.....	26

目次

第 6 章	実験 4: 情報系大学生を対象－論理的思考に関する事後調査を実施	30
6.1	実験方法・問題構成・被験者	30
6.2	組立ログの分析	30
6.3	テスト・アンケート結果の分析	31
6.3.1	テスト結果の分析	31
6.3.2	アンケート結果の分析	31
6.3.3	アンケート項目 G に関する分析	31
6.4	論理的思考に関する事後調査についての分析	31
6.5	6 章の実験まとめ	32
第 7 章	実験 5: 中学生を対象	36
7.1	実験方法・問題構成・被験者	36
7.2	組立ログの分析	37
7.3	テスト・アンケート結果の分析	37
7.3.1	テスト結果の分析	37
7.3.2	アンケート結果の分析	37
7.3.3	アンケート項目 G に関する分析	37
7.4	高校・大学生群との比較	38
7.5	7 章の実験まとめ	38
第 8 章	まとめと今後の課題	43
8.1	まとめ	43
8.2	今後の課題	43
	謝辞	45
	参考文献	46
	付録	48

図索引

図 2-1	三角ロジックの組立例（常識問題）	10
図 2-2	三角ロジックの組立例（無意味問題）	11
図 2-3	三角ロジックの組立例（非常識問題）	11
図 3-1	5分経過時の画面	16
図 3-2	三角ロジック連結問題	16

表索引

表 3-1	問題構成.....	17
表 3-2	1問当たりの平均所要時間・所要手数・正誤判定数.....	17
表 3-3	平均所要時間・所要手数・正誤判定数のそれぞれの差の分析.....	18
表 3-4	プレテストとポストテストの結果及び差の検定結果.....	18
表 3-5	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....	19
表 3-6	アンケート項目 G への肯定・非肯定群のプレ・ポストのスコアと検定結果	19
表 4-1	1問当たりの平均所要時間・所要手数・正誤判定数.....	22
表 4-2	平均所要時間・所要手数・正誤判定数のそれぞれの差の分析.....	22
表 4-3	プレテストとポストテストの結果及び差の検定結果.....	23
表 4-4	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....	23
表 4-5	アンケート項目 G への肯定・非肯定群のプレ・ポストのスコアと検定結果	24
表 5-1	1問当たりの平均所要時間・所要手数・正誤判定数.....	27
表 5-2	平均所要時間・所要手数・正誤判定数のそれぞれの差の分析.....	27
表 5-3	プレテストとポストテストの結果及び差の検定結果.....	28
表 5-4	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....	28
表 5-5	アンケート項目 G への肯定・非肯定群のプレ・ポストのスコアと検定結果	29
表 6-1	1問当たりの平均所要時間・所要手数・正誤判定数.....	33
表 6-2	平均所要時間・所要手数・正誤判定数のそれぞれの差の分析.....	33
表 6-3	プレテストとポストテストの結果及び差の検定結果.....	34
表 6-4	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....	34
表 6-5	アンケート項目 G への肯定・非肯定群のプレ・ポストのスコアと検定結果	35
表 7-1	1問当たりの平均所要時間・所要手数・正誤判定数.....	39
表 7-2	平均所要時間・所要手数・正誤判定数のそれぞれの差の分析.....	40
表 7-3	プレテストとポストテストの結果及び差の検定結果.....	40
表 7-4	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....	41
表 7-5	アンケート項目 G への肯定・非肯定群のプレ・ポストのスコアと検定結果	41
表 7-6	組立ログにおける中学生群と高校・大学生群との比較.....	42
表 7-7	アンケートにおける中学生群と高校・大学生群との比較.....	42

第1章 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、論理的思考力を育成する方法としてディベート等様々考案されてきたが、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3要素が読解に有用であるとしている[9]。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」を配置するので三角ロジックと呼ばれている。筆者は、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、実験的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]。

論理的思考を要する状況の一つとして、他者の提示した情報を論理的に再構成する、他者立論の論理的再構成が挙げられる[11][12]。この他者立論の論理的再構成は、他者理解や自己に対する批判的思考を促すものとして重要であるとされている。他者立論の論理的再構成において、他者の提示した情報が必ずしも自身にとって意味的に解釈できるとは限らない場合がある。また、その情報が自身にとって偽と判断される場合もあり、偽と判断される情報を用いた論理的再構成も求められることになる。特に自身にとって偽と判断される情報を用いた他者立論の論理的再構成における論理的思考力の重要性はこれまでも指摘されているが[11][12][13]、上記の二つの状況における論理的再構成を演習として実現した研究は見当たらない。

そこで筆者は、上記の二つの場合においても論理的に正しい推論を組立てさせることを目的とし、命題中の概念を無意味綴りに置き換えた命題（無意味命題と呼ぶ）を用いた三角ロジック組立問題（無意味問題と呼ぶ）[14]及び、明らかに偽と判断できる命題（非常識命題と呼ぶ）を用いた三角ロジック組立問題（非常識問題と呼ぶ）[15]を作成した。本研究では、一般的に常識と判断される命題を用いた問題（常識問題と呼ぶ）、無意味問題、非常識問題の三種類の問題を含んだ演習の実験及び実践利用を、中学・高校・大学生群に実施し、システムに対する振る舞い、学習効果を調査した。また、これまで実践利用が行われていなかった中学生群において、実践利用が可能かどうかを調査した。

本稿では、まず第2章にて、常識問題、無意味問題、非常識問題の紹介及びそれらの作成方法について述べる。

はじめに

第3章では、三種類の問題を含んだ三角ロジック組立演習を実装し、情報系大学生・大学院生における実験的利用を経て得られた結果について述べる。

第4章では、第3章で実装した三角ロジック組立演習の高校生への実践利用を経て得られた結果について述べる。

第5章では、第3章で実装した三角ロジック組立演習の芸術大学生への実験的利用を経て得られた結果について述べる。

第6章では、第3章で実装した三角ロジック組立演習の広島大学内講義受講生（情報系大学生）への実践利用を経て得られた結果について述べる。

第7章では、第3章で実装した三角ロジック組立演習の中学生への実践利用を経て得られた結果について述べる。

第8章では、本研究のまとめ、今後の課題について述べる。

第 2 章 三角ロジック組立演習

2.1 三角ロジック組立演習システム概要

図 2-1 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、主張、理由付け、根拠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（本研究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[16]。

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 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 2-1 のようなものが挙げられる。

2.3 無意味問題

無意味問題とは、命題の構成概念を無意味綴り化した問題であり、例えば「キラはヒュゴである、ヒュゴはサラである、 \therefore キラはサラである」のようなものである。この種類の問題の例として、図 2-2 のようなものが挙げられる。この無意味問題は、自身にとって意味的に解釈できるとは限らない場合の論理組立を想定し、演習として実装している。

無意味問題の作成方法については、常識問題を構成する含意命題 ($p \rightarrow q$) の構成要素である単純命題 p 及び q を有意味な言葉から無意味な言葉に置き換えている。例えば、「ペンギンは鳥である」の場合、 p : ペンギン, q : 鳥, をそれぞれ、 p : キラ, q : ヒュゴ, に置き換え、「キラはヒュゴである」という含意命題を作成する。これにより、論理構造としては同形な無意味問題が作成されている。

2.4 非常識問題

非常識問題とは、明らかに偽と判断できる命題を用いた問題であり、例えば「ペンギンは

三角ロジック組立演習

鳥である，鳥は卵を産む生物でない， \therefore ペンギンは卵を産む生物でない」のようなものである．この種類の問題の例として，図 2-3 のようなものが挙げられる．この非常識問題は，自身にとって偽と判断される場合の論理組立を想定し，演習として実装している．

命題の非常識化においては，被験者がその命題を偽であると判断することができなくてはならない．このため，常識問題における含意命題を構成する単純命題 ($p \rightarrow q$ における p ，または q) について否定の論理変換を行うことで非常識命題を作成している．図 2-1 の問題を非常識化する際は，例えば「卵を産む生物である」をその否定命題「卵を産む生物でない」と置き換えることで，「ペンギンは卵を産む生物でない」，「鳥は卵を産む生物でない」といった非常識命題を作成できる．これらの命題を用いることで，図 2-3 のように，偽と判断できる命題を用いた正しい論理構造を作成することができる．また，このような方法で作成した非常識問題も論理構造としては同形なものとなっている．



図 2-1 三角ロジックの組立例（常識問題）



図 2-2 三角ロジックの組立例（無意味問題）



図 2-3 三角ロジックの組立例（非常識問題）

第 3 章 実験 1:情報系大学生・大学院生を対象

本章では、常識問題、無意味問題、非常識問題を含んだ三角ロジック組立演習を実装し、情報系大学生・大学院生を対象に実験的利用を行った結果について述べる。

3.1 実験方法

本実験の手順は、(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、(3)演習システムの利用を 30 分、(4)休憩を 5 分、(5)論理の問題（ポストテスト）を 20 分、(6)演習後のアンケートを 5 分とした。

プレ・ポストテストには、国立教育政策研究所教育課程研究センターが高校 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）」[17]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、演習で扱う三種類の問題：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。ここまでの説明はプレゼンテーションソフトを用いて行った。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一緒に解いた。ここまでの説明の 10 分である。その後、各自演習に取り組んでもらった。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図 3-1 のような通知が行われるようになっている（このことは、演習前に学習者に説明済である）。

3.2 問題構成

表 3-1 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、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(図 3-2)。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。

本実験及び後述の実験では、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

実験 1：情報系大学生・大学院生を対象

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。順序効果の検討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うえで有用な情報になると考えられるため、今後の課題となっている。

3.3 被験者

被験者は、情報系大学生・大学院生の 20 名である。この内 10 名は情報工学の授業の一環として、残りの 10 名は本研究室に所属する学生であり、研究室内で実験を行った。授業における実施はオンラインで行い、指示・説明はビデオ会議システムを用い、テスト、演習、アンケートは 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。また、事前に本実験が順守する倫理規定について説明し、後日実験参加に対する謝金の支払いを行っている。研究室の実験はオンサイトでを行い、実験手順はオンラインで行った手順と同様である。

また、国立教育政策研究所が実施した論理的思考に関する調査は高校 2 年生を対象としていることから、今回用いたテストが本実験の被験者の論理的思考力の指標になり得ると考えている。

3.4 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 [18]、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、正誤判定数を問題の難しさを測る主たる指標として用いる [3][4]。

表 3-2 に三空欄問題(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、平均正誤判定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、正誤判定数については、1 回が最小回数となり、6 個の命題が提供されている中でいずれの問題も正誤判定数が平均 2 回未満であるため、被験者は真剣に取り組んでいたことがうかがえる。

また、表 3-3 に平均所要時間・平均所要手数・平均正誤判定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)。無意味化については、所要時間、所要手数の増加が有意であり ($p < .001$)、無意味化の影響が現れたといえる。また、非常識化については、所要時間、所要手数、正誤判定数いずれも有意に増加しておらず、非常識化の影響は見られなかったと考える。さらに、無意味化は非常識化よりも所要時間や所要手数が有意に増加していることも分かった。これらの結果から、無意味問題は他二種の問題

実験 1：情報系大学生・大学院生を対象

と比べて有意に難易度が高くなるが、非常識問題は従来の常識問題と難易度で大きな違いがないことが示唆された。

3.5 テスト・アンケート結果の分析

3.5.1 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 3-4 に示す。テストスコアの満点は 20 点である。プレテストとポストテストについて、ウィルコクソンの符号化順位検定を行ったところ、 $p = .006 (< .010)$ で有意差が見られ、効果量は中程度であった ($r = .437$)。テストスコアの詳細な分析は 3.5.3 項で述べる。

3.5.2 アンケート結果の分析

アンケートでは、表 3-5 に示した質問に対して 5 段階評価 (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。回答の平均値及び肯定 (5, 4) と非肯定 (3, 2, 1) の数を直接確率計算で検定した際の p 値も示した。

3.5.3 アンケート項目 G に関する分析

3.5.1 項にて、テストスコアが有意に上昇したと述べたが、これは演習の前後で同様の問題を 2 回解いていることが原因である可能性があるため、アンケート項目 G『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』に焦点を当てた。アンケート項目 G 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 13 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 7 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 3-6 に示す。交互作用は有意傾向でなかった ($p = .819$) 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 ($p < .050$)、効果量 d は高程度 (Cohen's $d : 1.014$) となった。しかし、非肯定群のプレ・ポストにおいても、10%水準で有意差があるといえ ($p = .052 (< .10)$)、効果量 d も高程度 (Cohen's $d : .855$) となった。

この結果について、一般的な情報系大学生・大学院生は、プログラミング的思考、すなわち論理的思考を日常的に求められているといえ、論理のテストに容易に対応した可能性がある。また、先述の通り、研究室内利用も含まれており本研究の概要は存じている可能性があるため、同様に論理のテストに容易に対応したことも考えられる。

3.6 3 章の実験まとめ

本章では、情報系大学生・大学院生に対して、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験的利用を行い、命題の無意味化や非常識化が学習者に

実験 1：情報系大学生・大学院生を対象

与える影響を調査し、報告した。結果として、無意味問題における平均所要時間・所要手数が他二種の問題と比較して有意に増加したことから、無意味問題は従来の常識問題と比べて有意に難易度が高くなることが示唆された。

また、アンケート項目 G『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』に関する分析で、この演習と論理問題に関係があると肯定した群とそうでない群の両群に学習効果があることが認められた。今回の被験者である情報系大学生・大学院生という群は、一般的には論理的思考がより多く求められるため、論理の問題に対応したと考えるが、非肯定群の数が少ないため、より被験者を集めて分析することが今後の課題となる。

実験 1：情報系大学生・大学院生を対象

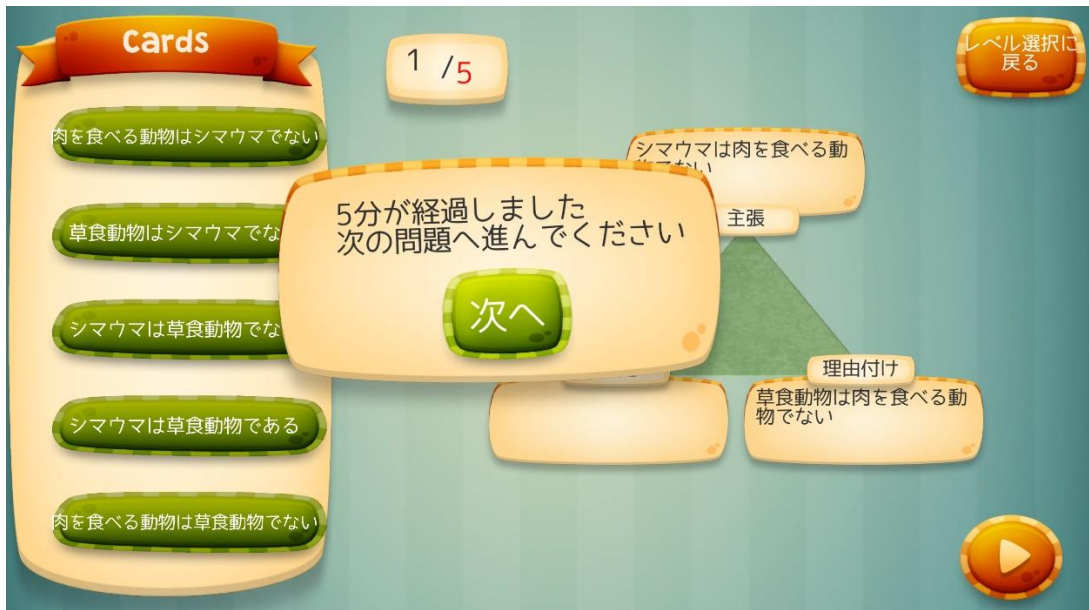


図 3-1 5分経過時の画面



図 3-2 三角ロジック連結問題

実験 1：情報系大学生・大学院生を対象

表 3-1 問題構成

演習レベル	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)

表 3-2 1問当たりの平均所要時間・所要手数・正誤判定数

所要時間(秒/問)			所要手数(手数/問)			正誤判定数(個/問)		
常識	無意味	非常識	常識	無意味	非常識	常識	無意味	非常識
29.49(σ =15.36)	75.97 (32.71)	41.44 (20.67)	3.95 (0.77)	6.90 (2.89)	5.13 (1.83)	1.25 (0.29)	1.73 (0.74)	1.37 (0.54)

実験 1：情報系大学生・大学院生を対象

表 3-3 平均所要時間・所要手数・正誤判定数のそれぞれの差の分析

所要時間			所要手数			正誤判定数		
比較の組	P 値	効果量 r	比較の組	P 値	効果量 r	比較の組	P 値	効果量 r
常識- 無意味	.000	.675	常識- 無意味	.000	.613	常識- 無意味	.207	.288
常識- 非常識	.155	.225	常識- 非常識	.114	.250	常識- 非常識	.752	.050
無意味- 非常識	.009	.450	無意味- 非常識	.044	.363	無意味- 非常識	.266	.238

表 3-4 プレテストとポストテストの結果及び差の検定結果

プレ平均	ポスト平均	P 値	効果量 r
14.20 ($\sigma=3.64$)	16.80 (2.61)	.006 ($<.01$)	.437

表 3-5 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	平均値	P 値
A：システム利用は楽しかった	4.10	.001
B：システムをもっと使ってみたい	3.70	.412
C：システムは使いやすかった	4.00	.058
D：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	4.30	.001
E：普段から「論理の構造」を意識している	3.45	.412
F：三角ロジックを用いた演習で行った考え方は、論理的に考える能力を身に付けるのに役立つ	4.20	.000
G：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	3.60	.132
H：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	3.80	.132
I：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	1.55	.000
J：「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	2.45	.058
K：論理的思考力が社会に求められる力である	4.30	.001
L：自分は普段から物事を筋道立てて考えようとする	3.90	.021
M：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	4.20	.000
N：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	3.80	.132

表 3-6 アンケート項目 G 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=13)	14.08 ($\sigma=3.88$)	16.54 (2.90)	.025	1.014
非肯定群 (N=7)	14.43 (3.41)	17.29 (2.06)	.052	.855

第 4 章 実験 2: 高校生を対象

本章では、第 3 章で実装した三角ロジック組立演習について、高校 3 年生を対象に実践利用した結果について述べる。

4.1 実験方法・問題構成・被験者

本実践の手順は、3.1 節で述べたものと同じく、プレテスト 20 分、システム説明 10 分、システム演習 30 分、休憩 5 分、ポストテスト 20 分、アンケートの順で実施し、テスト、説明についても 3 章での実験と同様のものを行った。問題構成については表 3-1 と同様のものにしており、無意味問題と非常識問題の順番の影響を相殺するために、グループを二つ設けている。

被験者は、大学進学クラスに所属する高校 3 年生 17 名(1 高校の 1 クラス)である。高校生に対する実施は、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計算機室にて実施した。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。

4.2 組立ログの分析

表 4-1 に三空欄問題(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・平均正誤判定数を問題種類ごとに示す。また、表 4-2 に平均所要時間・所要手数・正誤判定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)。無意味化については、所要手数の増加が有意であり($p < .050$)、無意味化の影響が現れたといえる。また、非常識化については、所要時間、所要手数、正誤判定数いずれも有意に増加しておらず、非常識化の影響は見られなかったと考える。これらの結果から、無意味問題は他二種の問題と比べて有意に難易度が高くなるが、非常識問題は従来の常識問題と難易度で大きな違いがないという、3 章の情報系大学生・大学院生での実験結果と同様の傾向が得られた。

4.3 テスト・アンケート結果の分析

4.3.1 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 4-3 に示す。テストスコアの満点は 20 点である。プレテストとポストテストについて、ウィルコクソンの符号化順位検定を行ったところ、 $p = .010 (< .050)$ で有意差が見られ、効果量は中程度であった($r = .441$)。テストスコアの詳細な分析は 4.3.3 項で述べる。

実験 2：高校生を対象

4.3.2 アンケート結果の分析

アンケートでは、表 4-4 に示した質問に対して 5 段階評価(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。回答の平均値及び肯定(5, 4)と非肯定(3, 2, 1)の数を直接確率計算で検定した際の p 値も示した。

4.3.3 アンケート項目 G に関する分析

アンケート項目 G『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、被験者の主観による演習の効果が表れると考え、5(とても思う), 4(思う)と肯定的に回答した被験者 11 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 6 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、交互作用は有意傾向でなかった($p = .755$)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($p < .050$)、効果量 d は高程度(Cohen's $d : .726$)となった(表 4-5)。これは、第 3 章の情報系大学生・大学院生における実験とは異なる結果となった。

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は、単にテストを 2 回受けただけのものではないことの示唆が得られた。しかしながら、非肯定群の数が少ないためより多くの被験者が必要であると考ええる。

4.4 4 章の実験まとめ

本章では、高校 3 年生に対して、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、命題の無意味化や非常識化が学習者に与える影響及び学習効果を調査し、報告した。結果として、無意味問題は従来の常識問題と比べて有意に難易度が高くなること、非常識問題については、常識問題と比べて難易度に大きな違いがないことが示唆された。

また、プレテストとポストテストの結果から、本演習は論理的思考の育成に寄与することの示唆が得られたことから、高校での実践利用は効果的であると考えている。特に、アンケート項目 G『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』に関する分析で、この演習と論理問題に関係があると肯定した群により学習効果があることが示唆されたが、4.3.3 項で述べた通り、被験者数が少ないとも考えるため、新たに実践利用を行い同様の傾向が得られるかどうかを検証する必要があると考えている。

実験 2：高校生を対象

表 4-1 1 問当たりの平均所要時間・所要手数・正誤判定数

所要時間(秒/問)			所要手数(手数/問)			正誤判定数(個/問)		
常識	無意味	非常識	常識	無意味	非常識	常識	無意味	非常識
62.92(σ =34.01)	93.44 (29.66)	78.44 (47.93)	6.86 (3.36)	10.28 (4.01)	7.81 (2.69)	2.18 (1.15)	3.31 (1.57)	2.55 (1.33)

表 4-2 平均所要時間・所要手数・正誤判定数のそれぞれの差の分析

所要時間			所要手数			正誤判定数		
比較の組	P 値	効果量 r	比較の組	P 値	効果量 r	比較の組	P 値	効果量 r
常識- 無意味	.119	.353	常識- 無意味	.014	.485	常識- 無意味	.077	.382
常識- 非常識	.607	.176	常識- 非常識	.607	.088	常識- 非常識	.932	.015
無意味- 非常識	.607	.176	無意味- 非常識	.041	.397	無意味- 非常識	.064	.368

実験 2：高校生を対象

表 4-3 プレテストとポストテストの結果及び差の検定結果

プレ平均	ポスト平均	P 値	効果量 r
12.65 ($\sigma=4.06$)	14.77 (4.02)	.010 ($<.05$)	.441

表 4-4 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	平均値	P 値
A：システム利用は楽しかった	4.29	.006
B：システムをもっと使ってみたい	4.06	.025
C：システムは使いやすかった	4.24	.025
D：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	4.41	.001
E：普段から「論理の構造」を意識している	2.65	.006
F：三角ロジックを用いた演習で行った考え方は、論理的に考える能力を身に付けるのに役立つ	4.18	.006
G：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	.166
H：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	4.18	.025
I：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	2.24	.025
J：「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	2.65	.315
K：論理的思考力が社会に求められる力である	4.24	.006
L：自分は普段から物事を筋道立てて考えようとする	3.18	.315
M：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	2.53	.315
N：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	3.59	.166

実験 2：高校生を対象

表 4-5 アンケート項目 G 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=11)	12.55 ($\sigma=3.17$)	14.82 (2.71)	.014	.726
非肯定群 (N=6)	12.83 (5.71)	14.67 (6.09)	.120	.423

第 5 章 実験 3: 芸術大学生を対象

本章では、第 3 章で実装した三角ロジック組立演習について、芸術大学生を対象に実験的利用した結果について述べる。

5.1 実験方法・問題構成・被験者

本実験の手順は、3.1 節で述べたものと同じく、プレテスト 20 分、システム説明 10 分、システム演習 30 分、休憩 5 分、ポストテスト 20 分、アンケートの順で実施し、テスト、説明についても 3 章での実験と同様のものを行った。問題構成については表 3-1 と同様のものにしており、無意味問題と非常識問題の順番の影響を相殺するために、グループを二つ設けている。

被験者は、東北芸術工科大学学生 40 名である。その内 26 名は芸術学部所属の学生、14 名はデザイン工学部所属の学生である。実施前に芸術大学の教員と協議し、了解を得ており、参加者に対しても実施時に説明を行っている。実施については、指示・説明はビデオ会議システムを用い、テスト、演習、アンケートは 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。また、事前に本実験が順守する倫理規定について説明し、後日実験参加に対する謝金の支払いを行っている。

5.2 組立ログの分析

以下の分析では、芸術学部生とデザイン工学部生をまとめて分析する。表 5-1 に三空欄問題(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、平均正誤判定数を問題種類ごとに示す。また、表 5-2 に平均所要時間・所要手数・正誤判定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)。無意味化については、いずれの指標においても有意差が見られ($p < .001$)、芸術大学生にとって無意味化の影響が強く出たことがうかがえる。非常識化については、所要時間のみ有意差が見られなかったが、所要手数、正誤判定数において有意差が見られ($p < .050$)、先述の 2 実験の被験者よりも非常識化の影響が強く表れたことがうかがえる。また、無意味問題の所要時間、所要手数、正誤判定数が非常識問題のものよりも有意に増加したことから($p < .050$)、無意味化の影響が非常識化の影響よりも強いことがうかがえる。これらの結果から、今回の被験者群に対しては、無意味化、非常識化は従来の常識問題よりも有意に難易度を上げ、さらに無意味化が非常識化よりも難易度が高くなることの示唆が得られたことから、問題の難易度は無意味>非常識>常識の順に高くなることがうかがえる。

5.3 テスト・アンケート結果の分析

5.3.1 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 5-3 に示す。テストスコアの満点は 20 点である。

実験 3：芸術大学生を対象

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、 $p=.005 (<.010)$ で有意差が見られ、効果量は中程度であった ($d=.480$)。テストスコアの詳細な分析は 5.3.3 項で述べる。

5.3.2 アンケート結果の分析

アンケートでは、表 5-4 に示した質問に対して 5 段階評価 (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。回答の平均値及び肯定 (5, 4) と非肯定 (3, 2, 1) の数を直接確率計算で検定した際の p 値も示した。

5.3.3 アンケート項目 G に関する分析

アンケート項目 G『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、被験者の主観による演習の効果が表れると考え、5(とても思う), 4(思う) と肯定的に回答した被験者 31 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 9 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、交互作用は有意傾向でなかった ($p=.106$) 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 ($p<.010$)、効果量 d は高程度 (Cohen's $d:.820$) となった (表 5-5)。

このことから、芸術大学生群においても、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は、単にテストを 2 回受けただけのものではないことの示唆が得られた。

5.4 5 章の実験まとめ

本章では、芸術大学生に対して、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験的利用を行い、命題の無意味化や非常識化が学習者に与える影響及び学習効果を調査し、報告した。結果として、無意味問題は従来の常識問題と比べて有意に難易度が高くなること、また非常識問題についても同様に、常識問題と比べて有意に難易度が高くなるが、無意味問題よりは難易度の上昇が大きくないことが示唆された。

また、プレテストとポストテストの結果について、本演習は論理的思考の育成に寄与することの示唆が得られたことから、芸術大学での実験的利用は効果的であると考えている。また、本実験でもアンケート項目 G『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』に関する分析で、この演習と論理問題に関係があると肯定した群により学習効果があることが判明したことは示唆に富むものではあるが、今後の実験で同様の傾向が得られるかどうかを調査する必要がある。

実験 3：芸術大学生を対象

表 5-1 1問当たりの平均所要時間・所要手数・正誤判定数

所要時間(秒/問)			所要手数(手数/問)			正誤判定数(個/問)		
常識	無意味	非常識	常識	無意味	非常識	常識	無意味	非常識
57.90(σ =29.12)	103.46 (46.17)	61.79 (25.50)	6.12 (2.26)	9.51 (3.40)	7.25 (2.41)	2.17 (0.99)	3.91 (2.33)	2.81 (1.20)

表 5-2 平均所要時間・所要手数・正誤判定数のそれぞれの差の分析

所要時間			所要手数			正誤判定数		
比較の組	P 値	効果量 r	比較の組	P 値	効果量 r	比較の組	P 値	効果量 r
常識- 無意味	.000	.550	常識- 無意味	.000	.563	常識- 無意味	.000	.556
常識- 非常識	.655	.050	常識- 非常識	.029	.244	常識- 非常識	.012	.306
無意味- 非常識	.000	.500	無意味- 非常識	.009	.319	無意味- 非常識	.025	.250

実験 3：芸術大学生を対象

表 5-3 プレテストとポストテストの結果及び差の検定結果

プレ平均	ポスト平均	P 値	効果量 d
11.78 ($\sigma=3.98$)	13.60 (3.64)	.005 ($<.01$)	.480

表 5-4 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	平均値	P 値
A：システム利用は楽しかった	4.05	.000
B：システムをもっと使ってみたい	3.80	.032
C：システムは使いやすかった	3.70	.134
D：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	4.58	.000
E：普段から「論理の構造」を意識している	2.78	.019
F：三角ロジックを用いた演習で行った考え方は、論理的に考える能力を身に付けるのに役立つ	4.30	.000
G：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	3.98	.000
H：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	4.28	.000
I：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	2.93	.077
J：「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	3.20	.134
K：論理的思考力が社会に求められる力である	4.48	.000
L：自分は普段から物事を筋道立てて考えようとする	3.60	.215
M：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	4.13	.000
N：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	3.63	.077

実験 3：芸術大学生を対象

表 5-5 アンケート項目 G 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=31)	11.48 ($\sigma=4.12$)	13.84 (3.75)	.001	.820
非肯定群 (N=9)	12.78 (3.46)	12.78 (3.31)	1.000	.000

第 6 章 実験 4: 情報系大学生を対象－論理的思考に関する事後調査を実施

本章では、第 3 章で実装した三角ロジック組立演習について、筆者の所属大学内の講義受講生（情報系大学生）を対象に実践利用した結果を報告する。また、論理的思考に関する事後調査を実施したので、その結果・分析についても報告する。

6.1 実験方法・問題構成・被験者

本実践は、2 回の講義に分けて行った。1 回目は、(1) 論理の問題（プレテスト）を 20 分、(2) 論理の正誤判定課題（プレ）を 8 分、(3) 論理的思考に関する事前調査、の順で実施した。2 回目は 1 週間後の講義内で行われ、(4) 三角ロジックモデルと演習システムの説明を 10 分、(5) 演習システムの利用を 30 分、(6) 論理の問題（ポストテスト）を 20 分、(7) 論理の正誤判定課題（ポスト）を 20 分、(8) アンケート、(9) 論理的思考に関する事後調査、の順で実施した。論理の正誤判定課題とは、二つの前提から導かれた結論が常に正しいかどうかを問う課題であり、演繹推論と、前提が真でも結論が真とは限らない推論（仮説推論）の区別ができているかを調査することを目的として行われた。現実の思考と論理との関係を検証している先行研究もあり [19]、論理的思考に関する研究として重要な分野の一つであるが、この分析については今後の課題となっている。演習システムにおける問題構成は表 3-1 と同様のものにしており、無意味問題と非常識問題の順番の影響を相殺するために、グループを二つ設けている。

被験者は、情報系大学生(学部 3 年生)84 名である。実施については、授業における実施は、オンライン・オンサイトのハイブリッド型で行った。指示・説明はビデオ会議システムを用い、テスト、演習、アンケートは 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。

6.2 組立ログの分析

表 6-1 に三空欄問題(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、平均正誤判定数を問題種類ごとに示す。また、表 6-2 に平均所要時間・所要手数・正誤判定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)。無意味化については、所要時間、所要手数の増加が有意であり ($p < .001$)、無意味化の影響が顕著に表れたといえる。また、非常識化については、所要手数のみ有意な増加が見られ ($p < .050$)、非常識化の影響があったといえる。さらに、無意味問題の所要時間が非常識問題のものよりも有意に増加していることから、無意味化の影響が非常識化よりも大きいことがうかがえる。これらの結果から、今回の被験者群に対しては、無意味化、非常識化は常識問題よりも有意に難易度を上げ、さらに無意味化が非常識化よりも難易度が高くなること

実験 4：情報系大学生を対象－論理的思考に関する事後調査を実施

の示唆が得られたことから、問題の難易度は無意味>非常識>常識の順に高くなると考えられ、5章の芸術大学生での実験結果と同様の傾向が得られた。

6.3 テスト・アンケート結果の分析

6.3.1 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 6-3 に示す。テストスコアの満点は 20 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、 $p=.000 (<.001)$ で有意差が見られたが、効果量は小程度であった ($d=.355$)。テストスコアの詳細な分析は 6.3.3 項で述べる。

6.3.2 アンケート結果の分析

アンケートでは、表 6-4 に示した質問に対して 5 段階評価 (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。回答の平均値及び肯定 (5, 4) と非肯定 (3, 2, 1) の数を直接確率計算で検定した際の p 値も示した。

6.3.3 アンケート項目 G に関する分析

アンケート項目 G『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、被験者の主観による演習の効果が表れると考え、5(とても思う), 4(思う) と肯定的に回答した被験者 74 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 10 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、交互作用は有意傾向でなかった ($p=.338$) 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 d は中程度 (Cohen's $d : .517$) となった (表 6-5)。

このことから、今回の被験者群においても、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は、単にテストを 2 回受けただけのものではないことの示唆が得られた。

6.4 論理的思考に関する事後調査についての分析

本実験では論理の問題やシステム演習等の一連の実験手順を終えた後に、追加調査として、論理的思考に関する事後調査を実施した。事後調査の中で、『論理的とは』に対する考えに変化があったかどうかを 4 件法で問うている項目がある (4:変化があった, 3:どちらかといえば変化があった, 2:どちらかといえば変化がなかった, 1:変化がなかった)。この項目について、肯定群 (4, 3 と回答した群) 59 名と非肯定群 (2, 1 と回答した群) 25 名に分類し、分析を行った。まず、肯定群と非肯定群の数の差について直接確率計算による検定を行った結果、肯定群の方が有意に多いという結果が得られ ($p=.000$)、本演習システムが多く

実験 4：情報系大学生を対象－論理的思考に関する事後調査を実施

の被験者の『論理的とは』に対する考えに変化をもたらした点で意義のあるシステムだったと考えている。

6.5 6章の実験まとめ

本章では、情報系大学生に対して、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、命題の無意味化や非常識化が学習者に与える影響及び学習効果を調査し、報告した。結果として、無意味問題は従来の常識問題と比べて有意に難易度を上げ、また非常識問題についても同様に、常識問題と比べて有意に難易度が上がるが、無意味問題よりは難易度の上昇が大きくないことが示唆された。これは5章の実験結果と同様の傾向であった。

また、プレテストとポストテストの結果から、本演習は論理的思考の育成に寄与することの示唆が得られ、また第3章の情報系大学生・大学院生の結果からも考えると、本演習の有効性がより保証されたと考えている。また、本実践でもアンケート項目G『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』に関する分析で、この演習と論理問題に関係があると肯定した群により学習効果があることが判明したことは示唆に富むものではあるが、非肯定群の数が肯定群の数に対しかなり少ないため、今後の実験で同様の傾向が得られるかどうかを調査する必要がある。

また、論理的思考に関する事後調査より、本実践後『論理的とは』に対する考えに変化があったかどうかに関する分析を行った。この項目について肯定群と非肯定群に分けた結果、肯定群の方が有意に多いことから、本実践の意味はあったことがうかがえる。

実験 4：情報系大学生を対象－論理的思考に関する事後調査を実施

表 6-1 1問当たりの平均所要時間・所要手数・正誤判定数

所要時間(秒/問)			所要手数(手数/問)			正誤判定数(個/問)		
常識	無意味	非常識	常識	無意味	非常識	常識	無意味	非常識
46.29(σ =27.54)	67.90 (33.88)	52.35 (29.92)	4.73 (1.65)	6.20 (2.89)	5.56 (2.40)	1.42 (0.64)	1.68 (1.11)	1.60 (1.07)

表 6-2 平均所要時間・所要手数・正誤判定数のそれぞれの差の分析

所要時間			所要手数			正誤判定数		
比較の組	P 値	効果量 r	比較の組	P 値	効果量 r	比較の組	P 値	効果量 r
常識- 無意味	.000	.366	常識- 無意味	.000	.318	常識- 無意味	1.000	.063
常識- 非常識	.247	.089	常識- 非常識	.027	.190	常識- 非常識	.728	.027
無意味- 非常識	.001	.277	無意味- 非常識	.097	.128	無意味- 非常識	1.000	.036

実験 4：情報系大学生を対象－論理的思考に関する事後調査を実施

表 6-3 プレテストとポストテストの結果及び差の検定結果

プレ平均	ポスト平均	P 値	効果量 d
16.20 ($\sigma=2.07$)	16.91 (1.89)	.000 ($<.001$)	.355

表 6-4 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	平均値	P 値
A：システム利用は楽しかった	3.86	.000
B：システムをもっと使ってみたい	3.46	.078
C：システムは使いやすかった	3.88	.000
D：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	4.13	.000
E：普段から「論理の構造」を意識している	3.14	.051
F：三角ロジックを用いた演習で行った考え方は、論理的に考える能力を身に付けるのに役立つ	3.88	.000
G：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	4.13	.000
H：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	3.76	.000
I：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	2.57	.000
J：「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	2.87	.006
K：論理的思考力が社会に求められる力である	4.42	.000
L：自分は普段から物事を筋道立てて考えようとする	3.89	.000
M：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	4.17	.000
N：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	3.98	.000

実験 4：情報系大学生を対象－論理的思考に関する事後調査を実施

表 6-5 アンケート項目 G 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=74)	16.20 ($\sigma=2.03$)	16.97 (1.84)	.000	.517
非肯定群 (N=10)	16.20 (2.44)	16.40 (2.27)	.720	.100

第 7 章 実験 5: 中学生を対象

本章では、第 3 章で実装した三角ロジック組立演習について、中学生を対象に実践利用した結果を報告する。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、十分学習ができていないとの指摘もなされている[20]。これらのことから、論理的思考の基本形である演繹の構造を組み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た。本実践に当たっては、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。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なっている。このことは、大学生等においてもこの演習が必ずしも簡単ではないことは、この演習の難しさが命題の内容でなく、論理構造の難しさに起因するものであることを示唆するものになっている。中学生に対する本実践は、この示唆を検証する意味も持っているといえる。

7.1 実験方法・問題構成・被験者

本実践の手順は、3.1 節で述べたものと同様であるが、2 回の授業に分けて実践を行った。1 回目にプレテスト 20 分とシステム説明 10 分、その 1 日後に 2 回目としてシステム演習 30 分、ポストテスト 20 分、アンケートを行った。なお、テストについては、中学生に対する実践利用は今回が初めてであり、難易度を下げるため一部問題を省略している。省略の際、三角ロジックで表すことが難しい問題を省略した。アンケートについても、項目 C『システムは使いやすかった』はデータ分析の際は重要ではないため削除し、項目 E『普段から「論理の構造」を意識している』も、項目 L『自分は普段から物事を筋道立てて考えようとする』と問うている内容が類似しており、かつ「論理の構造」という表現が曖昧であるため、削除した。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。

問題構成については表 3-1 と同様のものにしており、無意味問題と非常識問題の順番の影響を相殺するために、グループを二つ設けている。

被験者は、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内において四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。

7.2 組立ログの分析

表 7-1 に三空欄問題(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, 平均正誤判定数を問題種類ごとに示す. また, 表 7-2 に平均所要時間・所要手数・正誤判定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). 無意味化については, 全ての指標の増加が有意であり ($p < .001$), 無意味化の影響が顕著に表れたといえる. また, 非常識化については, 所要手数, 正誤判定数に有意な増加が見られ ($p < .050$), 非常識化の影響があったといえる. さらに, 無意味問題の全指標が非常識問題のものよりも有意に増加していることから, 無意味化の影響が非常識化よりも大きいことがうかがえる. これらの結果から, 今回の被験者群に対しては, 無意味化, 非常識化は常識問題よりも有意に難易度を上げ, さらに無意味化が非常識化よりも難易度が高くなることの示唆が得られた. 従って, 問題の難易度は無意味>非常識>常識の順に高くなると考えられ, 中学生群に対しても 5 章及び 6 章の実験結果と同様の傾向が得られた.

7.3 テスト・アンケート結果の分析

7.3.1 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 7-3 に示す. 本実践はテストの内容を一部省略したためテストスコアの満点は 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. テストスコアの詳細な分析は 7.3.3 項でさらに述べる.

7.3.2 アンケート結果の分析

アンケートでは, 表 7-4 に示した質問に対して 5 段階評価(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. 回答の平均値及び肯定(5, 4)と非肯定(3, 2, 1)の数を直接確率計算で検定した際の p 値も示した.

7.3.3 アンケート項目 G に関する分析

中学生群についても, アンケート項目 G『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』に対して, 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, 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 d は中程度 (Cohen's $d : .692$) となった(表 7-5).

このことから, 中学生群においても, 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ことが分かり, ポストテストスコアの上昇は, 単にテストを 2 回受け

実験 5：中学生を対象

ただけのものではないことの示唆が得られた。

7.4 高校・大学生群との比較

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・大学生群を比較する。なお、テストについては満点が両群間で異なるため比較は行っていない。まずは平均所要時間・所要手数・正誤判定数について両群を比較(対応のない t 検定)した結果を表 7-6 に示す。所要手数、正誤判定数については、高校・大学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、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・大学生群と遜色なくシステムの利用ができていたことがうかがえる。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 7-7 に示す(アンケート項目 C と E は中学生群の実践では削除しているためここでは省略している)。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 I, J の二つあった。項目 I, J 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 I について中学生群の平均が 4.32 と肯定的、高校・大学生群の平均が 2.50 と非肯定的であり、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・大学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 J についても、中学生群の平均が 3.69 と肯定的、高校・大学生群の平均が 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・大学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 I, J 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。このことは同時に、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。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]、本結果が生徒にとっては大きな違いと認識されていないことが示唆される。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。

7.5 7章の実験まとめ

本章では、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から、中学生にて実践利

実験 5：中学生を対象

用が可能かどうかを検証した。結果として、命題の無意味化と非常識化は難易度を上げるが、無意味化の方がより難易度が上昇したことから、これまでの実験群とほぼ同様の傾向が得られたと考える。また、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、高校・大学生との比較から、システムについては高校・大学生群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える。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。

表 7-1 1問当たりの平均所要時間・所要手数・正誤判定数

所要時間(秒/問)			所要手数(手数/問)			正誤判定数(個/問)		
常識	無意味	非常識	常識	無意味	非常識	常識	無意味	非常識
49.76(σ =22.69)	85.39 (34.86)	52.24 (24.39)	6.95 (2.66)	10.36 (2.84)	8.10 (2.73)	2.59 (1.25)	4.02 (1.95)	3.12 (1.47)

実験 5：中学生を対象

表 7-2 平均所要時間・所要手数・正誤判定数のそれぞれの差の分析

所要時間			所要手数			正誤判定数		
比較の組	P 値	効果量 r	比較の組	P 値	効果量 r	比較の組	P 値	効果量 r
常識- 無意味	.000	.460	常識- 無意味	.000	.555	常識- 無意味	.000	.458
常識- 非常識	.464	.049	常識- 非常識	.009	.175	常識- 非常識	.028	.146
無意味- 非常識	.000	.509	無意味- 非常識	.000	.381	無意味- 非常識	.000	.312

表 7-3 プレテストとポストテストの結果及び差の検定結果

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

実験 5：中学生を対象

表 7-4 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	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
D：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
F：三角ロジックを用いた演習で行った考え方は、論理的に考える能力を身に付けるのに役立つ	4.35	.000
G：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
H：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
I：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
J：「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
K：論理的思考力が社会に求められる力である	4.31	.000
L：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
M：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
N：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 7-5 アンケート項目 G 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

実験 5：中学生を対象

表 7-6 組立ログにおける中学生群と高校・大学生群との比較

群	所要時間(秒/問)			所要手数(手数/問)			正誤判定数(個/問)		
	常識	無意味	非常識	常識	無意味	非常識	常識	無意味	非常識
中学生 (N=113)	49.76 (σ =22.69)	85.39 (34.86)	52.24 (24.39)	6.95 (2.66)	10.36 (2.84)	8.10 (2.73)	2.59 (1.25)	4.02 (1.95)	3.12 (1.47)
高校・大 学生 (N=161)	48.84 (28.91)	80.43 (39.56)	56.10 (31.60)	5.20 (2.16)	7.54 (3.54)	6.16 (2.54)	1.67 (0.86)	2.41 (1.81)	1.97 (1.22)
P 値	.779	.285	.277	.000	.000	.000	.000	.000	.000
効果量 d	.034	.131	.133	.732	.859	.738	.882	.861	.858

表 7-7 アンケートにおける中学生群と高校・大学生群との比較

群	A	B	D	F	G	H	I	J	K	L	M	N
中学生 (N=113)	4.37	4.01	4.57	4.35	4.00	4.34	4.32	3.69	4.31	3.82	4.14	3.91
高校・大 学 生(N=57)	3.98	3.64	4.29	4.06	4.01	3.94	2.50	2.88	4.40	3.75	4.09	3.83
P 値	.001	.008	.007	.007	.921	.001	.000	.000	.334	.535	.658	.474
効果量 d	.393	.328	.330	.335	.012	.419	1.512	.635	.118	.076	.054	.088

第8章 まとめと今後の課題

8.1 まとめ

本研究では、他者立論の論理的再構成の観点から、無意味命題や非常識命題を用いた三角ロジックの組立演習が必要であると考え、常識問題、無意味問題、非常識問題を含んだ演習を実装し、(1)命題の無意味化や非常識化が学習者に及ぼす影響、(2)学習効果、(3)中学校での実践利用が可能かどうか、の検証を目的に、5群に対し実験及び実践利用を試みた。結果として、(1)組立演習ログの所要時間・所要手数・正誤判定数より、命題の無意味化は大きく難易度を上昇させるが、命題の非常識化による演習の難易度の上昇は大きくないことが分かった。この結果から、無意味命題は概念自体が無意味なものとなっており、想起されるものがないため難易度が上がるが、非常識命題は、概念自体は既知のものであるため、明らかに偽である命題でも三角ロジック組立に大きな影響は与えなかったことが考えられる。また、(2)プレテストとポストテストの結果から、全ての群での本演習の学習効果の確認ができた。特に、本演習システムと論理的思考問題に関係があると肯定した群により学習効果があることが示唆されたことから、テストスコアの上昇の要因が単に演習前後で二回テストを行っただけではないことがうかがえる。また、(3)中学生での実践利用において、システムログやテストから高校・大学生群と遜色ない成績となっていることや、アンケート結果について、本演習や実践に対する反応は良好であることから、中学生での実践利用が可能であることの示唆が得られた。従って、この中学生群における実践結果、また高校・大学生・大学院生における実験及び実践結果において(1)と(2)と同様の傾向が得られたため、中学生群においても命題を無意味化・非常識化した問題を含んだ演習が有効であることが確認できた。

8.2 今後の課題

今後の課題としては、まず無意味問題及び非常識問題の順序効果を検討する必要がある。無意味問題や非常識問題の順番が被験者にどのような影響を及ぼすかを調査することは、より有効な演習設計に有用ではないかと考えている。また、本研究で扱った非常識問題は、常識命題に対し否定の論理変換を行い作成していたが、命題間の包含関係を入れ替えることでも非常識命題を作ることができる(例:「犬は哺乳類である」→「哺乳類は犬である」)。このように、非常識命題の用意の仕方によって、問題の難易度が変わる可能性があるため、こちらも調査する必要がある。また、無意味問題についても、今回は命題を無意味綴り化して作成したが、その命題の構成要素を完全に記号化した際の影響はどのようなものになるかを調査することも今後の課題としている。命題の構成要素を記号化した論理の妥当性判断について検証した先行研究[22]とあわせて調査する必要があると考えている。また、本演習で扱った問題は、論理的に妥当な論理構造を再構成していたが、論理的思考力の促進には、論理的には妥当ではあるが、推論形式としては妥当ではないとされる誤謬(前件否定、後件

まとめと今後の課題

肯定など)を取り扱うことも重要であると指摘されている[23]. また誤謬の三角ロジックにおける取り扱いとその演習化は, 間違った論理を学ぶことと, 不足した情報 (Missing Premise) を発見することから批判的思考の促進につながると考え別途研究を進めており[24], 今後はこれらの研究を統合していくことが必要と考えている.

謝辞

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，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広島大学大学院人間社会科学研究科の木下博義准教授，広島商船高等専門学校の藤原宗幸先生，及び長澤怜男氏，服部淳生氏をはじめとする学習工学研究室の皆様に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] Britt M. A., Kurby C. A., S. Dandotkar, & C. R. Wolfe : “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., & Szu, E. : “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., & 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] M. J. Chambliss : “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] 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. 161-170(2002)
- [12] 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)
- [13] G. Vinod, J. D. Raymond : “Explaining Modulation of Reasoning by Belief” , *Cognition*, 87(1), B11-B22(2003)
- [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] 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)

参考文献

- [16] Larson A. A., Britt M. A., & Kurby C. A. : “Improving Students’ Evaluation of Informal Arguments”, *The Journal of Experimental Education*, 77(4), pp. 339-366 (2009)
- [17] 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)
- [18] 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 先進的学習化学と工学研究会, 88 回
- [19] 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”, 慶應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, p. 57-63 (1968)
- [20] 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)
- [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研究発表会, Vol. 21, pp. 23-30 (2022)
- [22] 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”, 慶應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, pp. 29-36 (1977)
- [23] アリ・アルモサウィ, 南学正仁 : “絵で見てわかる誤謬の事典”
- [24] 沖永友広, 中野謙, 林雄介, 平嶋宗 : “形式的誤謬の三角ロジックにおけるモデル化”, 第 35 回人工知能学会全国大会 (2021)

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）。

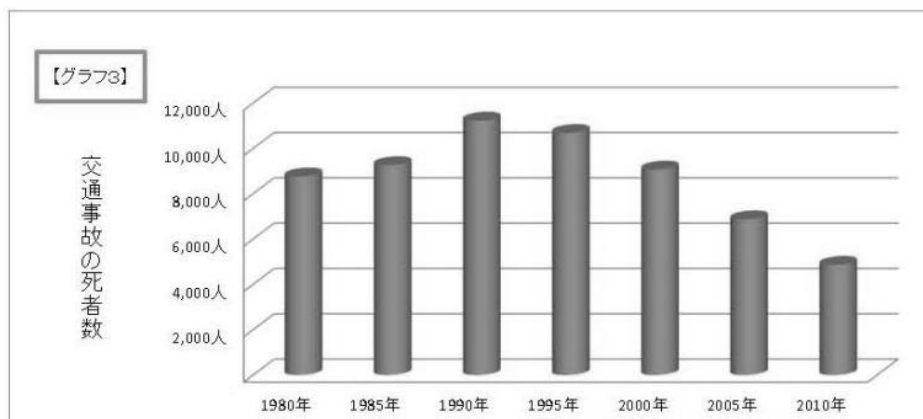
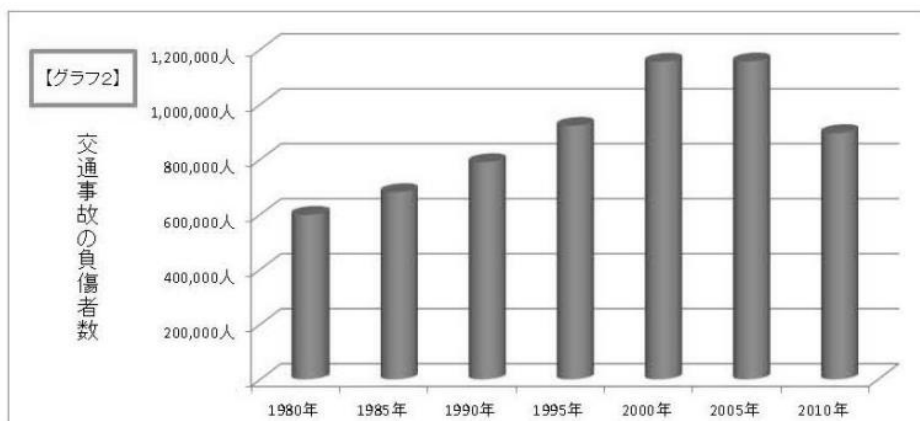
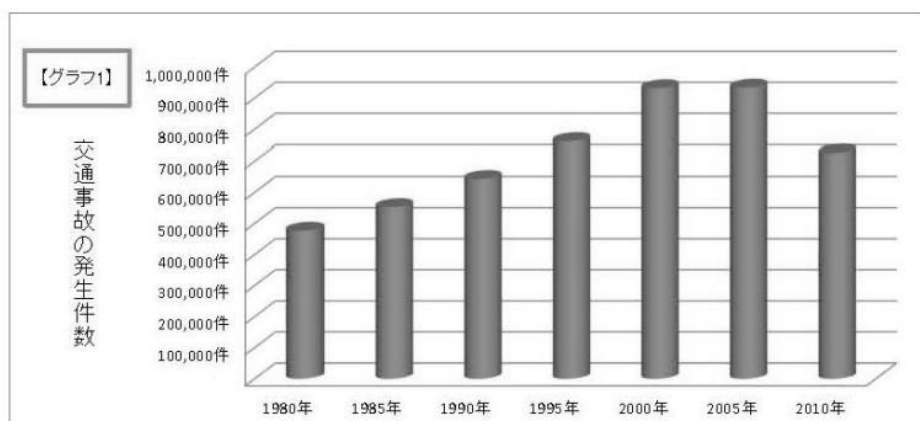
メモ欄(この欄は自由に使ってよい。書いたことは消さずに残しておくこと。)

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

問2 Cさんは、下線部「昔は事故にあって……」という自分の考えが適切かどうかを確かめることができる資料として、次のア～オの資料の中から1つを取り上げた。あなたがCさんの立場なら、空欄〔 ③ 〕で、どの資料を選びますか。記号で答えなさい。

- ア 道路交通に関する法規の、制定や改正の年度、内容が分かる資料
- イ 交通事故における救急車の出動回数と救命率の推移が分かる資料
- ウ 国内で販売されている自動車の種類や台数、性能などが分かる資料
- エ 国内の幹線道路や高速道路の整備事業についてその経過が分かる資料
- オ 自動車保険の契約数や、自動車保険の支払件数の変化が分かる資料

③ 記号

次に、空欄〔 ③ 〕で選んだ資料に基づき、空欄〔 ④ 〕に適切な語句、空欄〔 ⑤ 〕に適切な文章をそれぞれ書きなさい。

……。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。

④ 語句

⑤ 文章

のではないのでしょうか。

付録

[B]本研究の実験・実践利用で利用したアンケートを次ページ以降に掲載する.

三角ロジック演習システム利用アンケート

出席番号() 名前()

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

○システムについて

- ・システム利用は楽しかった。

(1 . 2 . 3 . 4 . 5)

- ・システムをもっと使ってみたい。

(1 . 2 . 3 . 4 . 5)

- ・システムは使いやすかった。

(1 . 2 . 3 . 4 . 5)

○演習の内容について

- ・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。

(1 . 2 . 3 . 4 . 5)

- ・三角ロジックを用いた演習を行う前でも、「論理の構造」を意識していた。

(1 . 2 . 3 . 4 . 5)

- ・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。

(1 . 2 . 3 . 4 . 5)

- ・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。

(1 . 2 . 3 . 4 . 5)

- ・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。

(1 . 2 . 3 . 4 . 5)

・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。

(1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5)

・「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。

(1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5)

○論理的思考について

・論理的思考力が社会に求められる力である。

(1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5)

・自分は普段から物事を筋道立てて考えようとする。

(1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5)

・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。

(1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5)

・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。

(1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5)

○システムの利用で、使いにくかった点や改良して欲しい点があれば、以下に書いてください。