

論理パズルによる論理的思考トレーニングシステムの研究

関悠弥^{†1} 角薫^{†1}

概要：本研究では、制約充足問題である論理パズルに対して解答と論証を行うことで子どもの論理的思考の向上を支援するシステムを開発する。2020年に初等教育でのプログラミング教育必修化に伴ってそれに相関があるとされる論理的思考力に着目されているが、論理的思考力の教育はその成果の認識し辛さからあまり進んでいない。そこで論理パズルを用いることで成果を示し、その論証を評価することで学習できるのではないかと考えた。本システムは穴埋め問題や選択肢問題を軸に開発を行った。初めに論理パズルを提示し解答する。使用した論理パズルは嘘つき女神、整列順序、賈金と天秤の問題とした。次に解答に至った理由について選択肢を変えることで論証する。それに対して解答の整合性を表示し改善方法を提示する。検証としては、小学生を対象に事前事後実験を行いその比較を行う。

Study of a Logical Thinking Training System using Logical Puzzles

YUYA SEKI^{†1} KAORU SUMI^{†1}

1. はじめに

2020年度から新学習指導要領に沿って小学校でのプログラミング教育が必修化されることになっている。新学習指導要領によると、プログラミング教育ではプログラムの言語を学ぶのではなく、それに伴って必要となる論理的思考[1]、つまり物事を順序立てて考えることでうまく解決できるといった、論理的に考えていく力を養うことを示唆していた[2]。また、論理的思考力を鍛える方法として物事を論証することが効果的であるということが最近の研究でわかってきている[3]。そこで論理的思考力[4]を向上させるために、本研究では論理パズルを図示文章化することで、教育支援システムの開発を行う。

この研究テーマの選定における背景は、近年論理的思考力の注目されている事が挙げられる。例としては1つ目に文部科学省によって発表された初等教育でのプログラミング科目必修化が挙げられる。こちらはプログラミング言語自体の学習ではなく、それに必要とされる論理的思考力の向上教育が目的とされていた[2]。2つ目の例は国立教育政策研究所が発表した報告書に記されていた「21世紀型能力」が挙げられる[5]。この21世紀型能力とは、“「生きる力」としての知・徳・体を構成する資質・能力から、教科・領域横断的に学習することが求められる能力を資質・能力として抽出し、これまで日本の学校教育が培ってきた資質・能力を踏まえつつ、それらを「基礎」「思考」「実践」の観点で再構成した日本型資質・能力の枠組みである”(勝野, 2014, p8)と定義されていた。ここで扱われている能力のうち思考力の分類に論理的思考力が挙げられていたことから注目されていることがわかる。

また現状の論理的思考力の教育における問題点として主に成果が分かり辛いことや[6]、学習対象者が関心を持ち辛いこと[7]が挙げられている。また、論理的思考力の教育には論証を行う事が効果的であるという研究成果もある[8]。しかし、現代までのパズルを用いた論理的思考力の教育方法[9]として論証に重点を置いたものはほぼなかった[10]。具体的には、パズルを解くことに重点をおき[11]、解答が正解していればその過程を問わないといったものが散見された[12]。

以上の事例から本研究ではパズルの中でも論理パズル[13]を用いて論証提示[14]を行いながらゲームのように解答してもらうことで論理的思考力の向上が期待できるのではないかと考えた。

本研究の目的は論理パズルを用いた論理的思考力トレーニングシステムを開発し、学習対象者がシステムを使用することで論理的思考を身につけてもらうことである。

論理パズルとは数学パズルの一種で、文章で説明される状況から論理的に矛盾無くあてはまる1通りの答えを見つけるパズルである。論理パズルの例として以下を挙げる。

『3人の村人がいる。

そのうち、1人は天使で1人は悪魔で1人は人間。

天使は常に真実を言い、悪魔は常に嘘をつき、人間は本当のことを言ったり嘘をついたりする。

A「私は人間ではない」

B「私は天使ではない」

C「私は悪魔ではない」

それぞれの正体は何?』

これは論理パズルの中でも一番オーソドックスな嘘つき問題と呼ばれるものである。登場人物の発言がそれぞれ正しいと過程した時各々の発言に矛盾が無いのか確かめるこ

^{†1} 公立はこだて未来大学
Hakodate Future University

とで正体を当てるパズルで、仮定が正しかった時に必ず1通りの答えが存在するように作られているものである。

本研究で開発するシステムの具体的な手段は、まず論理パズルの論証を図示視覚化し、段階的に解けるようにする。解答後に正誤判定を行うが、解答の正誤だけでなく論証の正誤も行う。論理パズルを紙で普通に解くこととの差異は、論証することで他者への伝達を考えた論理思考ができることと、論証が図示されているので正誤の際にユーザーの解答に合わせて間違っている箇所が具体的に図示され、どこが間違っているのかわかりやすく、成果の確認ができることである。

2. 論理的思考トレーニングシステム

本システムを開発するにあたってまず3種類の論理パズルを用意した。1つ目は先の例で挙げた類題の「嘘つき女神」、2つ目は「整列順序問題」、3つ目は「贗金と天秤」というものである。

これらのパズルを選んだ理由について説明する。嘘つき女神は論理パズルのなかでも1番基本的で場合分けという概念なくして解く事が出来ないことから、論理パズルの入門として最適と選出した。整列順序問題に関しては条件文が用意されてその情報を整理すると1つの解が導けるといった情報処理能力を問う事ができる典型例と考えた採用した。この問題の論証自体は単純になるが問題文の情報を正確に処理できないと答えにたどり着けない為、採用理由も十分と考えた。贗金と天秤問題は不特定なものを特定する為の最短手段を問うといった方法論を考えさせる問題である。この問題は天秤を繰り返し使う事で特定を行うが、回数が無制限であれば幾らでも使う事で非効率的に求められる。しかしその行為は作業を効率的に行なった場合と比べてとても無駄が多い。つまり、この問題の目的は作業などにおける効率性を向上させることである。手間のかかる作業を考えて処理し最短手でこなす事は現代社会において必須能力と考える。よって採用理由も十分と考えた。

以下の概要で全ての問題について解説しながら本システムの流れを説明する。

2.1 タイトル画面

システムを起動すると図1が表示される。ここがタイトル画面で、ここから先に述べた3種類の問題に遷移できる。「ブロンズ」ボタンが嘘つき女神の問題、「シルバー」ボタンが整列順序問題、「ゴールド」ボタンが贗金と天秤問題に遷移するようになっている。プラチナとオリハルコンに関しては以上に挙げた3種類のパズルを自動生成して毎回変わる問題を3問連続で解いてもらう形式になっている。難易度の差別化としては表1のようになっている。正誤判定を行える回数を制限する事で難化させた。



図1 タイトル画面

表1 難易度ランク表

回数制限と難易度グラフ		
1回	オリハルコン	→3種自動生成
3回	プラチナ	→3種自動生成
5回	ゴールド	→贗金と天秤
5回	シルバー	→整列順序
5回	ブロンズ	→嘘つき女神

2.2 嘘つき女神の問題

システムの流れは、論理パズルの問題提示、解答の論証、論証の正誤判定の三段階になっている。正誤判定で不正解だった場合は解答の論証と正誤判定を繰り返す。解答の論証システムはある程度視覚化した論理パズルの論証図を用意し、解答への手がかりとして提示する。その論証図をクリック操作でスイッチのように切り替える事で解答できるようにした。

図2は論理パズルを提示した画面である。タイトル画面で「ブロンズ」ボタンを押すと表示される画面である。今回の例に挙げたパズルは、最も美しい1人が真実を述べていてそれが誰かを特定するパズルである。

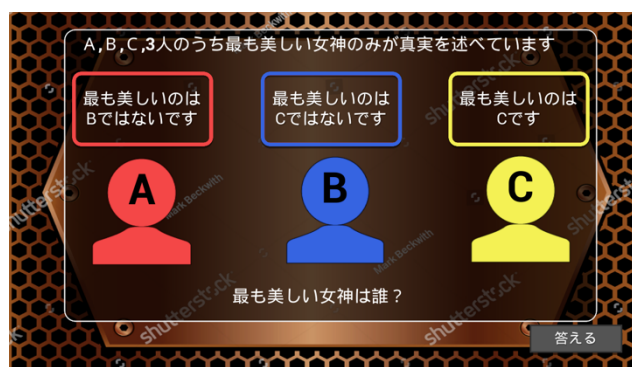


図2 嘘つき女神の問題提示画面

例題の場合、A, B, Cをそれぞれ美しいと仮定した時に条件が合致するものを探す。Bを最も美しい人と仮定すると、

A と C が虚偽になるからそれぞれの本当の主張は、「最も美しいのは B です」と「最も美しいのは C ではない」になる。これに仮定した B の真実の条件「最も美しいのは C ではない」を加えることで、全員の主張が合致することから、最も美しい人は B だと言うことが導ける。他の人間を最も美しいと仮定した際には全員の主張が合致しないため、仮定が不適切だったとわかる。

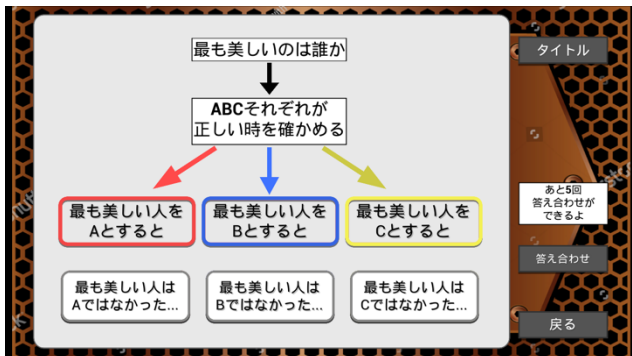


図 3 嘘つき女神の解答に至る流れ画面

図 3 は論証のフローチャート図である。問題表示後、この画面に遷移し、仮定する部分、今回の例題では「最も美しい人を A とすると」と書かれたボタンなどをクリックしてもらうことで図 4~6 の論証図へと遷移する。

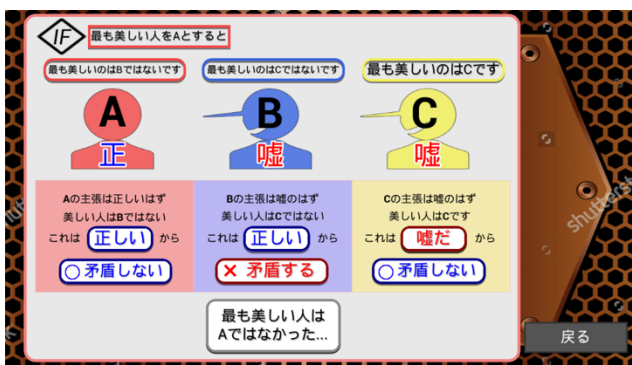


図 4 A についての論証画面

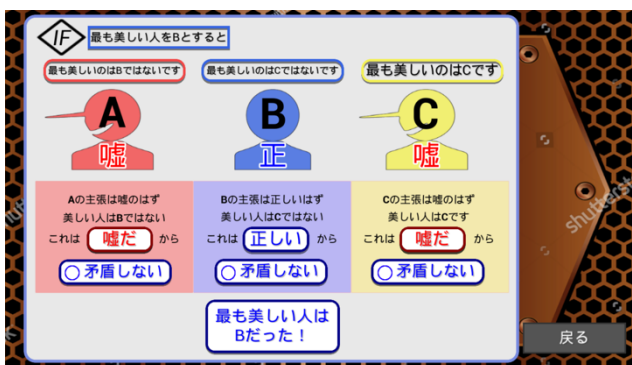


図 5 B についての論証画面

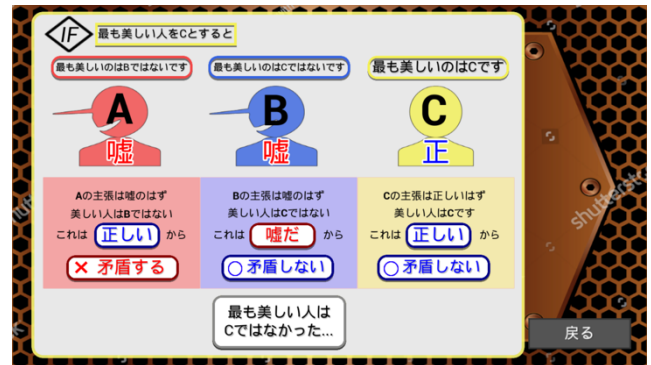


図 6 C についての論証画面

図 4~6 はそれぞれの発言と仮定との整合性を図示し、一つの結論を導くために並列する要素を並べて演繹的に論証することを分かりやすくした。

図 4~6 の「正しい」「嘘だ」の部分や「矛盾する」「矛盾しない」部分をクリックすることで変更可能とした。

図 4~6 での論証が終わった後、図 3 の画面に戻って正誤判定を行う。以下の図 7 が正誤判定を行ったものである。間違った部分は赤枠で表示され、修正を行ってもらふ。以下の例だと最も美しい人が B だという結論自体は正解だが、論証過程が間違っているのが不正解となっている。

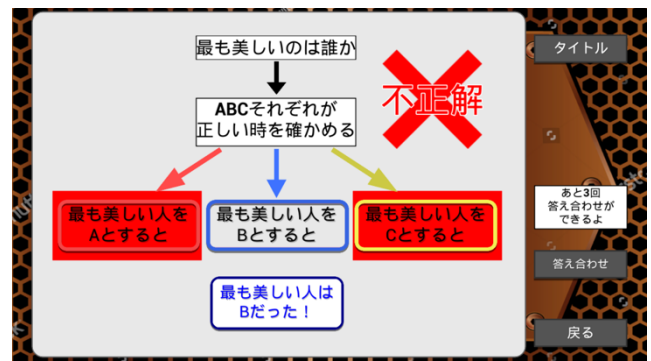


図 7 嘘つき女神の正誤判定と間違った箇所の表示



図 8 報酬の取得と演出

論証と解答共に正解すると図 8 のように難易度に対応したバッジが取得できる。このバッジを集めた種類の数対象者の学習進捗に直結しているので達成度の確認もしやすい。以上が嘘つき女神を解答する遷移であった。

2.3 整列順序問題

次にタイトル画面で「シルバー」ボタンを押すと表示される整列順序問題の説明をする。以下の図9は整列順序問題の問題表示画面である。5人の人物と5つの椅子が1列にあり、用意された条件に従って座っている人物の順番を当てるパズルである。

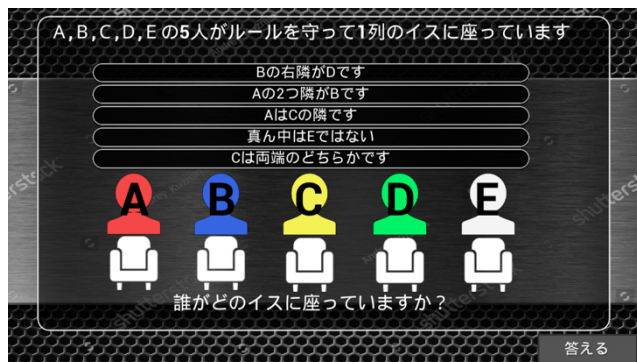


図9 整列順序問題の条件文提示画面

右下の「答える」ボタンを押す事で論証の流れ画面に移す事ができる。図10が今回の問題のフローチャート図である。「問題文から決まること」ボタンと「5人の並び」ボタンが存在する。最下部はどの椅子に誰が座っているかの結論を出してもらう部分で、これは「5人の並び」の遷移先でも解答できるようになっている。まずは誰がどこに座り得るか確かめる。「問題文から決まること」ボタンでこの問題の論証画面に遷移し解答する。

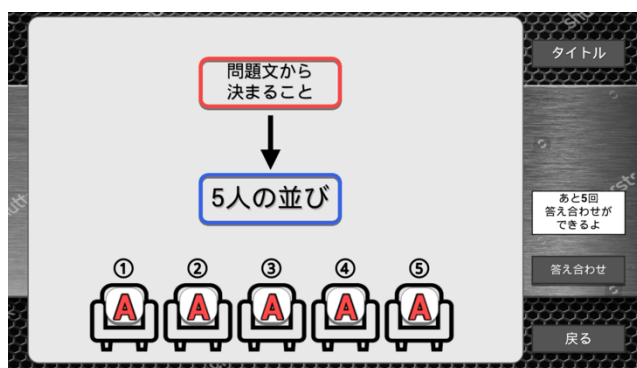


図10 整列順序の解答に至る流れ画面



図11 座り得る可能性をメモする画面

図11は今回の問題における論証画面である。右の表は横軸が椅子の並びで縦軸が人物となっている。左側に問題の条件とヒントが記されている。図11の画面では条件に従ってそれぞれの人物がどの椅子に座る事ができるかという可能性をメモする操作を行なう。具体的には図12で、例題では5つの条件があるが上から3つの条件は2者が関わっており、どちらかが定まらなければ答える事ができない。それに対して下から2つの条件は単独の人物に関する条件なので、それ単体でどの椅子に座る事ができるかわかる。図12では「Cは両端のどちらかです」というヒントから1番と5番の席に座る事ができるということをメモした図である。表のマス全てがクリックできるボタンになっており、クリックすることで丸が表示、非表示されるようになっている。

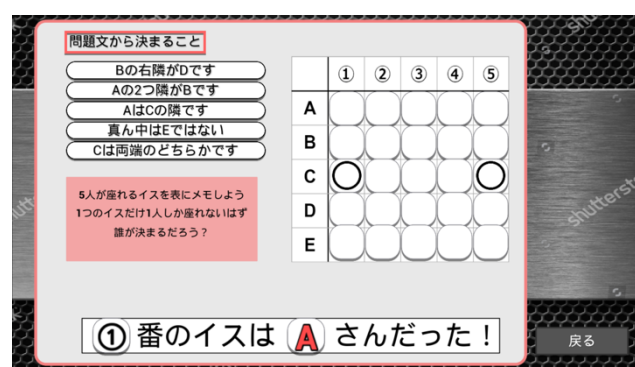


図12 座り得る場所をメモしている画面

条件から全ての可能性をメモした状態が図13である。表を埋め終わると1人だけ椅子と人物が1対1対応に決まるのでこの人物と椅子が確定できる。その後最下部の「何番の椅子は誰さんだった！」という所の番号とアルファベットがボタンになっているのでここをクリックすることで確定した人物と椅子を答える。



図13 全ての可能性をメモし終えた画面

図13の画面から右下の「戻る」ボタンで図10のフローチャート画面に戻った後、青枠で表示されている「5人の並び」ボタンを押すと図14に遷移する。

図 14 では右の表に図 14 で作った表が表示されていて、この画面では先ほど確定した人物と椅子から残りの全員を確定する作業を行う。3 番の椅子が D だと確定したのでまず表の 3 番 D の箇所には黒丸をクリックしてつける。この黒丸が場所を確定したことを示す。クリックで表示非表示ができる。次に D が関わる条件である問題一番上の「B の右隣が D」が処理できる。B の右隣なので D の左隣である 2 番の椅子が B となる。2 番 B の箇所には黒丸をつける。このように条件を処理し、表に印をつけることで全員の位置が確定する。全員の位置を確定した後、最下部の椅子に表示されたアルファベットボタンをクリックして表示を変えることで結論を出す事ができる。ここで出した結論はフローチャート画面で示した解答の流れ画面の最下部と紐づいているので、このまま右下の戻るボタンで戻ってすぐに正誤判定ができる。図 15 では嘘つき女神と同様に正誤判定を行うと間違った部分が赤枠で表示されて、修正した後正解すると報酬のシルバーバッジが取得できる。

以上が整列順序問題を解答する遷移であった。

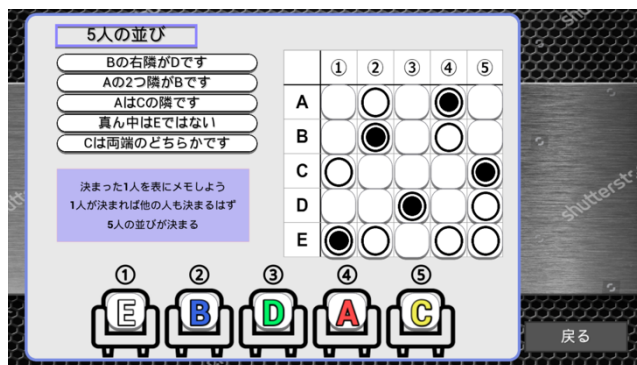


図 14 座る場所を確定する画面

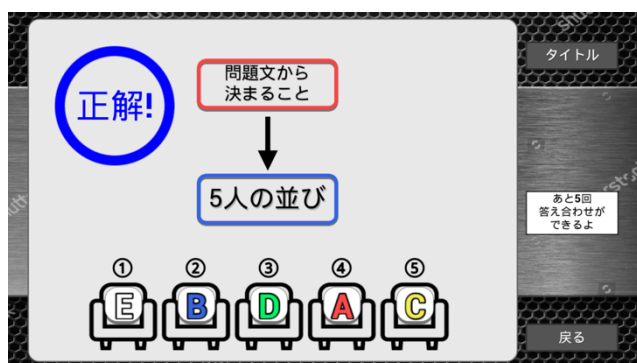


図 15 整列順序問題の正誤判定

2.4 贋金と天秤問題

最後にタイトル画面で「ゴールド」ボタンを押すと表示される贋金と天秤の説明をする。図 16 は贋金と天秤の問題表示画面である。今回の例では 8 枚のコインが用意されていてそのうち 1 枚だけ軽い偽物が混在している。天秤を 2 回使用することで偽物を確定させるためにはどのように比較を行えば良いかという方法論を問うパズルである。

図 16 が問題画面で、右下の答えるボタンからフローチャート画面へと遷移する。

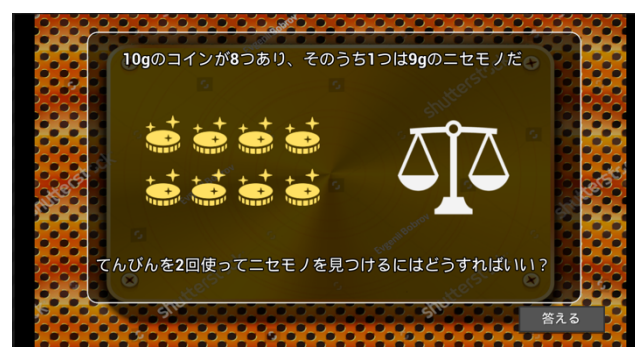


図 16 贋金と天秤問題の提示画面

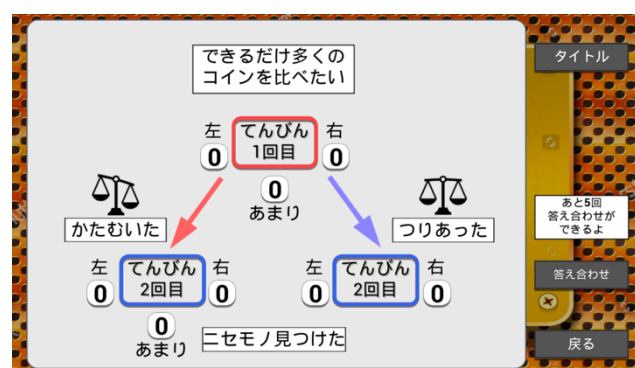


図 17 贋金と天秤の解答に至る流れ画面

図 17 が今回のフローチャート画面である。8 枚のコインを比較するために天秤 1 回目と 2 回目にそれぞれ論証画面が存在する。「てんびん 1 回目」などのボタンでそれぞれの画面に遷移できる。

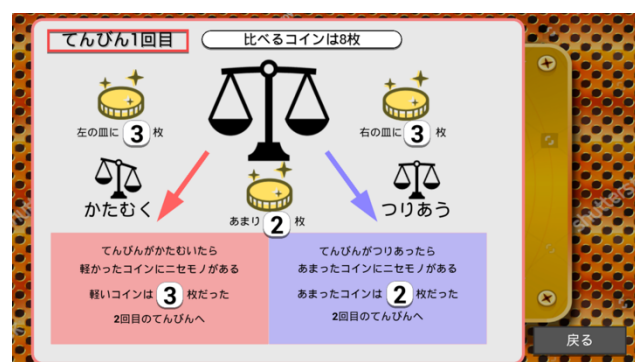


図 18 1 回目の天秤画面

図 18 は「てんびん 1 回目」から遷移した今回の論証画面である。この画面には天秤の左右にコインを乗せる枚数を決めるボタン、天秤に乗せなかった余りの枚数ボタンがある。ボタンを押す事で枚数を増やして割り振った後、画面下部に移る。天秤が傾いた場合、軽かった 3 枚が偽物になり、天秤がつり合った場合余った 2 枚が偽物だと確定する。右下の戻るボタンでフローチャート画面に戻り、2 回目のてんびん画面へ遷移する。

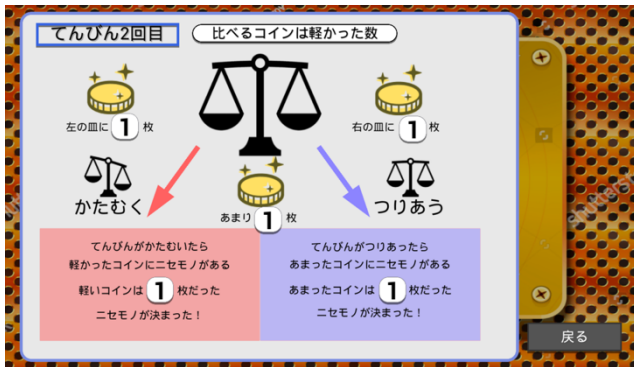


図 19 2 回目の天秤画面 a

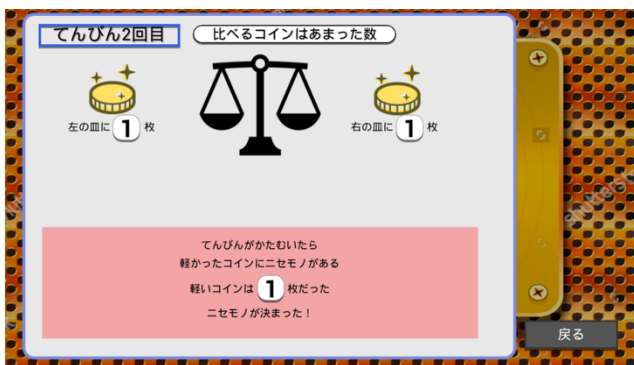


図 20 2 回目の天秤画面 b

図 19 は傾いた時の「てんびん 2 回目」から遷移した論証画面である。この画面も 1 回目と同様で、1 回目で比較した 3 枚を 2 回目で割り振る。つまり左右に 1 枚と余り 1 枚で良い。割り振りを決めた後、画面下部の論証場合分けに移る。1 回目で傾いたので、3 枚の中に必ず偽物があるから、天秤が傾いた場合軽い方が偽物だと確定する。つり合った場合余った 1 枚が偽物だと確定するので、必ず偽物が見つかることから 1 回目で傾いた際の論証は完了した。

図 20 は 1 回目でつり合った時の「てんびん 2 回目」画面である。こちらの場合 1 回目での余りは 2 枚しかないの両方を天秤に乗せることで必ず偽物が確定する。よって以上からコインが 8 枚の時、天秤を 2 回使うことで必ず偽物が確定できることの論証ができた。

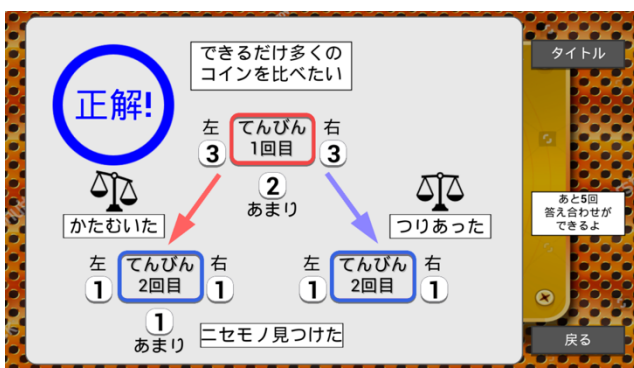


図 21 贋金と天秤の正誤判定

最後に図 21 は正誤判定を行なった図だが、ここで論証画面に遷移するボタンの左右と下に存在するボタンの説明をする。これは論証画面でコインの割り振りを行った際にその枚数をこの画面でも変更できるようにするためのボタンである。論証画面のボタンと対応しており、何度も遷移し直すという作業を短縮するために用意した。間違った際は今までと同様に赤枠で表示されて、修正した後正解すると報酬がもらえる。

以上が贋金と天秤問題を解答する遷移であった。

2.5 問題の自動生成

本システムの「プラチナ」や「オリハルコン」では自動生成した問題を連続で解くことでクリアできる仕様となっている。そのためそれぞれの問題を生成した手順を記す。

嘘つき女神の問題を生成するにあたって、登場人物を 3 人に固定し、発言を「～です」と「～ではない」に絞った。これによって発言が 3 人の誰かに対してブール値を取ることになるので、真理値表を作成できる。作成した真理値表はブール演算で処理できるので、以下の表 2 から解が 1 つに定まるもののみを抽出して表示することで問題生成した。表 2 の例では、最初に A の発言が「最も美しいのは B ではない」、B の発言が「最も美しいのは C ではない」、C の発言が「最も美しいのは C です」とランダム生成される。この発言を真理値化して、ブール演算を行うと B が解だと算出された。この場合解が 1 つに定まるから問題として成立し、表示される。ここで解が 1 つに定まらない、もしくは解がない場合、問題を生成し直すようになっている。まとめとして、嘘つき女神の問題生成部分は、問題文生成、問題が解を 1 つだけ持ち問題として成立し得るかの検証、問題が成立すれば表示、成立しなければ再生成という段階で行なった。

整列順序問題は条件の制約を固定にしたため、結論部分の 5 人の並びをランダムにすることで生成した。具体的には「C は両端のどちらかです」という文があれば、C の部分を乱数で他に変えて、条件文から作られる位置関係を変えないまま答えを変えた。また、それぞれの人物が座りうる場所を正誤するために、それぞれの条件文に対応した座りうる場所を配列に格納して解答を生成した。

贋金と天秤問題は、自動生成自体は可能だがコインの枚数が増えた際に論証図が複雑化することから 3 種類の固定パターンにした。

表 2 嘘つき問題の真理値表

ABC	$\neg A$	$\neg B$	$\neg C$	$A \leftrightarrow \neg B$	$B \leftrightarrow \neg C$	$C \leftrightarrow C$	$(A \leftrightarrow \neg B) \wedge (B \leftrightarrow \neg C) \wedge (C \leftrightarrow C)$
① TFF	F	T	T	F	T	F	
② FTF	T	F	T	T	T	T	解
③ FFT	T	T	F	F	T	F	

3. 実験

本研究の実験目的は本システムの使用前後に事前事後テストを行い、その結果を比較評価することで論理的思考力が向上したかどうかを調査するものだった。実験の対象者は小学校6年生の児童21人で、2週間後に21人の中から無作為に12人を選び、標本数増加のために再度実験を行った。実験内容と手順に関しては、最初に事前テストとして対象者に嘘つき女神問題の類題をペーパーテストで用意し論証解答してもらった。次に本システムを利用した。本システムを使用するにあたって必要数のwindows10のPCを用意した。ここでシステム使用進捗の差が対象者内で生まれたが、全員最低限でも嘘つき女神問題を正解するまで行った。最後に事後テストで事前テスト同様の類題を出題し、同じく論証解答してもらった。事前事後テストの所要時間は5~10分とし、システムの時間は任意とした。また、以上の手順で実験を完了した。

以下の、図22は児童がシステムを体験している様子で、図23は実際に行なった事前事後テストである。



図23 実験の様子

3人の村人がいる。そのうち、1人は天使で1人は悪魔で1人は人間。
天使は常に真実を言い、悪魔は常に嘘をつき、人間は本当のことを言ったり嘘をついたりする。
A「私は人間ではない」
B「私は天使ではない」
C「私は悪魔ではない」
それぞれの正体は何だろう？ どうしてそう考えたのかも書いてみよう

A	B	C

図22 事前事後テスト

4. 結果

結果は以下の表3から表7までのようになった。表3は事前事後テストの正答率を表している。縦軸が被験者人数で横軸が事前と事後である。解答の正答率は事前と事後で差が見られなかったが、論証の正答率は伸びている事がわかる。解答の正答率とは、図23におけるABCの正体がそ

れぞれ誰だったかという結論部分の正誤を指す。論証の正答率は図23下部の自由記述項目を指す。論証の採点基準に関して、あからさまに不十分なものの「なんとなく」や「〜っぽい」など、また意味が不明で理解できないもの、ケアレスミスなどを不正解とし、解答に至る理由が十分に理解できるものを正解とした。今回の問題はどこか一つでも論証が欠けると十分な論証にならないので部分点などはなかった。

表3 事前事後テストの正答率

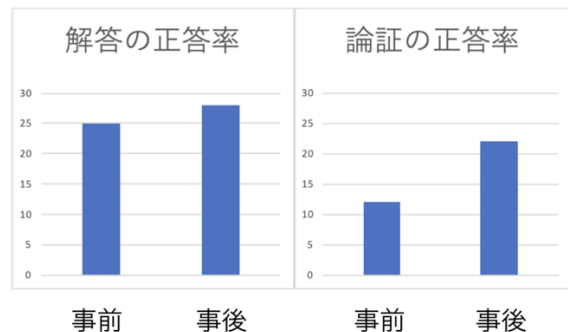


表4 テストの正答率集計表

クロス集計表		事後問題		
		正解	不正解	合計
事前	正解	23	1	24
問題	不正解	5	2	7
	合計	28	3	31

カイ二乗値は 2.11592, 自由度は 1, P値は 0.145775
Fisher の方法により計算した正確なP値は 0.200501

表5 テストの論証十分率集計表

クロス集計表		事後問題		
		十分	不十分	合計
事前	十分	11	0	11
問題	不十分	11	9	20
	合計	22	9	31

カイ二乗値は 6.97500, 自由度は 1, P値は 0.00826562
Fisher の方法により計算した正確なP値は 0.0116078

表4,5では結果を集計し、有意性を検定から導くためにクロス集計表にした。有意性の検定方法はカイ二乗検定とフィッシャーの正確確率検定を選出した。選出理由はクロス集計表が2×2であったことから自由度が低く、カイ二乗検定が不正確になりやすい事が挙げられた。加えて、各項目の期待値が低い場合にカイ二乗検定は不正確になる事が知られていることから、今回はカイ二乗検定に加えて自由度が低い場合、カイ二乗の代用として使われるフィッシャーの正確確率検定を使用した。また、今回の検定では標本数が低く検定が不正確になることを避けるため、21人の児童に加えて、2週間後に実験を行なった12も加えて合計

32人で検定を行なった。表4,5にて合計人数が31人となっているのは、1人事前事後実験の集計ができなかった人が出たため、外れ値として除外した。

表4の解答の正答率に関する検定はカイ二乗とフィッシャーの両検定でP値が5%未満にならなかったため、有意性は見られず、事前と事後で変化が見られなかった。

表5の論証の正答率に関する検定はカイ二乗とフィッシャーの両検定でP値が5%未満になったため、有意性が示され、システムの有効性が示された。

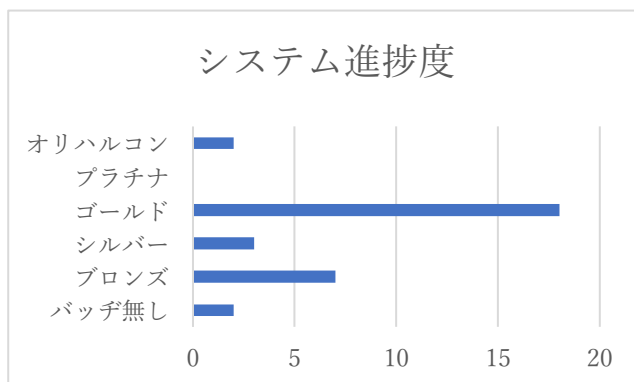
また以下の表6はシステムについてのアンケート結果、表7は被験者がシステムをどの程度まで進めたかの進捗度表である。

表6 各自由記述のコメント

Q: システムはわかりやすかったですか?

- 論証画面の色分けがわかりやすかった
- 要点がまとまっていて見やすかった
- 操作が簡単だった
- 難しくてやりがいがあった
- やり方がわからなかった

表7 被験者のシステム到達度



5. 考察

本研究は論理パズルを用いて論理的思考力を向上させるためにトレーニングシステムを開発した。このシステムの有効性を検証するために被験者21名に論理パズルの論証テストを行なった。事前と事後のテスト比較を行った結果、システムは論理的思考力の向上に有効だったことが示された。また表6のアンケート結果から論証図などの評価も概ね良好で満足度が高かったこともわかった。操作自体がボタンをクリックするだけで簡単だったことも起因していると考えられた。しかし、表3の正答率より3割の被験者は事前事後共に解答の論証が不十分だったことから、理解に個人差が大きいということも分かった。この裏付けとして表7の進捗度の差も挙げられた。今回の実験ではブロンズを解いてもらうことを最低限としたが、それを満たせなかった被験者が2人存在した。また表6のアンケートより、操作方法自体がわからなかったという意見もいくつか

見られた。これはどのボタンが押せてどこが押せないのかが分からなかった為に起きたと思われる。以上より、今後の展望としては操作方法を明確に理解できるチュートリアルを作成、理解の個人差を小さくできるようなUI改善、検定標本を大きくするために被験者人数の増大を行うべきだと考えた。

6. 結言

本研究は論理パズルを用いた論理的思考力トレーニングシステムを開発し、学習対象者がシステムを使用することで論理的思考力を向上させることが目的だった。実験の結果からシステムが論理的思考力を養成することに効果があったことが分かった。しかし、操作方法がわからないという意見があり、チュートリアルを実装するなどのシステムの改善を行うことでこの点に関してより良くなると考えられる。

参考文献

- [1] 大場みち子, 伊藤恵, 下郡啓夫(2015)「プログラミング力と論理的思考力との相関に関する分析」. 研究報告デジタルドキュメント (DD) .
- [2] “小学校学習指導要領”.
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2018/05/07/1384661_4_3_2.pdf, (参照 2018-11-28) 文部科学省.
- [3] “研究主題「論理的思考力を育成する『書くこと』の指導 - 考えたことを整理し、組み立てる活動を通して-”.
<http://www.kyoiku-kensyu.metro.tokyo.jp/09seika/reports/files/kenkyusei/h25/k-1.pdf>, (参照 2018-06-02).
- [4] 後正武. (2010)「論理思考」の本. PHP 研究所.
- [5] “教育課程の編成に関する基礎的研究 報告書7” .
https://www.nier.go.jp/05_kenkyu_seika/pdf/seika/h25/2_1_allb.pdf, (参照 2018-11-28) 国立教育政策研究所.
- [6] 阪本司毅, 中村元彦 (2014)「誤概念の支持のしにくさと論理的思考力の関係」 教育実践開発研究センター研究紀要 (23), 75-80
- [7] 松本宗久(2013)「生徒が論理的思考力を高めるための 総合・情報の授業モデルの作成」 日本私学教育研究所紀要 (49), 81-84
- [8] 河野順子(2011)「論証能力を支える論理的思考力の発達に関する調査：論理科カリキュラム開発へ向けて」. 全国大学国語教育学会発表要旨集 120, 75-78
- [9] 濱中裕明(2014)「パズルと教育の接点の検討」 大阪商業大学アミューズメント産業研究所紀要 (16), 131-140
- [10] 東田大志(2014)「パズル教育の現在とその問題点」. 大阪商業大学アミューズメント産業研究所紀要 (16), 117-129
- [11] 星野孝博(2014)「パズル教室の内容と目的」. 大阪商業大学アミューズメント産業研究所紀要 (16), 341-345
- [12] 安藤茜, 杉江舞華, 三國遥奈, 山口仁美, 佐治健太郎(2010)「パズルを題材とした授業の提案」. 岐阜数学教育研究 9, 84-93
- [13] 中村真哉(2018)「理系脳を鍛える NEWTON ろんりパズル 論理的思考が養われる 30 の謎解き問題」. 株式会社ニュートプレス
- [14] 大江実代子(2009)「論理的思考力を育てる文学的文章の学習指導に関する研究」. 全国大学国語教育学会発表要旨集 116, 200-203,