

公立はこだて未来大学 2016 年度 システム情報科学実習
グループ報告書

Future University Hakodate 2016 System Information Science Practice
Group Report

プロジェクト名

ゲーム・デ・エデュケーション

Project Name

Game・de・Education

グループ名

さんすうチーム

Group Name

Mathematics Team

プロジェクト番号/**Project No.**

5-B

プロジェクトリーダー/**Project Leader**

1013230 山香俊也 Shunya Yamaka

グループリーダ/**Group Leader**

1014228 平山直哉 Naoya Hirayama

グループメンバ/**Group Member**

1014228 平山直哉 Naoya Hirayama

1014230 山香俊也 Shunya Yamaka

1013134 坂本直優 Naomasa Sakamoto

指導教員

角薫 ドミニク・バゲンダ・カスツジャ 椿本弥生 マイケル・ヴァランス 岡本誠 富永敦子
高村博之

Advisor

Kaoru Sumi Dominic Bagenda Kasujja Yayoi Tsubakimoto Michael Vallance
Makoto Okamoto Atsuko Tominaga Hiroyuki Takamura

提出日

2017 年 1 月 18 日

Date of Submission

January 18, 2017

概要

ゲームは子どもたちの興味をひきつけ、学習の理解を促すことができる。本プロジェクトでは、「小学生が自発的に学習できるような環境をゲームで作る」というテーマのもと、最先端の技術や、教育に有効な技術を用いて、様々なゲームやアプリケーションの開発を行う。さんすうチームでは、小学生を対象にした数学の体験アプリケーションを開発する。数学「集合と論理」から、論理の問題を小学生に理解できるような学習を提供することが目的である。「集合と論理」を扱うことにより、論理的思考力を養うことができる。論理的思考力とは、物事を筋道立てて考えたり、人に物事を説明したりすることができる能力のことを指す。最終的には小学生に、大学入試センター試験の「集合と論理」の問題を解いてもらい、満点を取ってもらうということが目標である。

(※文責: 山香俊也)

Abstract

Games can attract children's interests and encourage understanding of learning. In this project have a theme "Create an environment that elementary school students can learn spontaneously with games" use to developing various games and applications using the most advanced technology and technology effective for education. Mathematics team develops mathematical experiences applications for elementary school students. Our team's purpose is provide learning logic from mathematics of "set and logic". "Set and logic" can develop logical thinking skills. Logical thinking is ability that thinking of things as a path and explaining things to other people. Ultimately let elementary school students solve the problem of "set and logic" of the university exam. In addition, the goal is to take full marks.

Keyword

Game, math, sets and logic, National Center Test for University Entrance

(※文責: Syunya Yamaka)

目次

第 1 章	はじめに	1
1.1	背景	1
1.2	目的	1
1.3	既存のシステム	1
1.4	既存のシステムの問題点	2
1.5	課題	2
第 2 章	プロジェクト学習の概要	3
2.1	問題の設定	3
2.2	課題の設定	3
2.3	到達目標	3
2.4	課題の割り当て	4
2.4.1	山香俊也	4
2.4.2	平山直哉	4
2.4.3	坂本直優	4
第 3 章	開発したゲーム	6
3.1	論理の道	6
3.2	アカデミーキャンプまでの仕様	6
3.3	赤川小学校でのワークショップまでの仕様	9
第 4 章	評価実験	13
4.1	アカデミーキャンプ	13
4.1.1	準備・目的	13
4.1.2	結果	15
4.1.3	考察	17
4.2	赤川小学校ワークショップでの評価実験	17
4.2.1	準備・目的	17
4.2.2	結果	20
4.2.3	考察と改善案	24
第 5 章	課外活動	25
5.1	HAKODATE アカデミックリンク 2016	25
5.2	準備・目的	25
5.3	結果	25
5.4	考察	25
第 6 章	中間発表	26
6.1	発表準備	26

6.2	結果	26
6.3	考察	26
第 7 章	期末発表	27
7.1	準備・発表形態	27
7.2	結果	27
7.3	考察	28
第 8 章	総合考察	29
8.1	前期	29
8.2	後期	29
8.3	今後の展望	29
参考文献		31

第 1 章 はじめに

1.1 背景

近年，論理的思考力と呼ばれる力が注目されている．論理的思考力とは「問題の構造を捉える」「筋道立てて考える」「整合性のある表現をする」能力のことである^[1]．文部科学省では，この論理的思考力を小学校段階で養うことの重要性を指摘している^[2]．現在の小学校の算数教育では，論理的思考力の育成は各学年各領域を通して行われるものとされている．しかし，2007 年の全国学力・学習状況調査では，「問題文から式を考えること」「計算の工夫を理解し，その計算方法を説明すること」「地図から複数の図形を見だし，必要な情報を取り出して面積を比較し，説明すること」といった，思考力・判断力・表現力等を問う読解力や記述式問題，知識・技能を活用する問題に課題があることが判明している^[3]．さらに，教科を問わず児童の学習意欲や学習習慣に課題があることも判明している^[4]．高校数学の学習指導要綱では，数学の範囲である集合と論理を学習することで論理的な思考力を伸ばすことができる^[5]．また，ゲーム以外の分野にゲームの技術を応用することで，娯楽性を付与して活動に対する意欲を向上させる効果がある^[6]．

(※文責: 平山直哉)

1.2 目的

さんすうチームでは，ゲームを用いて，小学校段階で論理的思考力を養うこと，算数の学習意欲を向上させることの 2 点を目的とした．

(※文責: 平山直哉)

1.3 既存のシステム

既存のシステムとして，Mathematica と呼ばれる数式処理ソフトウェアを用いた数理的なゲームが存在する^[7]．このゲームでは，児童・生徒の活動意欲の向上と思考力の向上を目的としている．このゲームは四則演算と小学校算数の九九算の学習を行うシステムである．詳しく説明をすると，このゲームには基礎・応用・発展の 3 種類存在している．基礎ではシステムの左側に 2×9 といった数式が上から下に 10 秒間移動する．そして画面右側に表記されている 1 から 100 までの数から，数式の計算後の数値をクリックして解答を行うゲームである．この一連の流れが 5 問存在し，1 問ごとに 10-経過秒数分のポイントを得ることができ，そのポイントの総数で児童が競い合うというシステムとなっている．応用では，画面左側が 5 や 12 といった数値，画面右が 1×1 から 9×9 までの九九算が表記される．こちらも基礎と同様に解答を行う．発展では応用と殆どが同じ設定だが，画面左側に現れる数値が例えば 8 だとすると， 1×8 や 8×1 ， 2×4 や 4×2 といった複数の解答が存在する．この場合 10 秒の間に複数の解答を行うことができる．複数解答を行った場合さらに加算できるようになる．

(※文責: 平山直哉)

1.4 既存のシステムの問題点

1.3 項で述べたシステムでは、四則演算や九九算といった小学校低学年の内容を扱っていたため、小学校高学年や中学校といった児童・生徒が行うには不十分の内容であり、目的の改善ができていない。さらに、児童を対象とした評価実験を行っていないため、結果が得られていない。

(※文責: 平山直哉)

1.5 課題

さんすうチームでは、児童が論理的思考力を養うための算数ゲームの開発を課題とした。算数ゲームで扱う内容は高校1年の数学で取り扱われている「集合と論理」を選択した。これは、児童が高校数学の内容を解くことができるという点から、論理的思考力を養いつつ学習意欲の向上に繋がると考えたからだ。

(※文責: 平山直哉)

第 2 章 プロジェクト学習の概要

2.1 問題の設定

さんすうチームは 2 つの問題を設定した。1 つ目が算数の学力の低下である。第 1.1 項で挙げたように 2007 年度に行われた全国学力・学習状況調査の結果から思考力・判断力・表現力等を問う読解力や記述式問題、知識・技能を活用する問題に課題があるという結果が出ており^[3]、改善の必要があると考えた。2 つ目が学習意欲の低さである。2007 年度に行われた全国学力・学習状況調査から学習意欲が低下しているというデータが出ている^[3]。学力と学習意欲は密接に関係しており^[7]、学習意欲を向上させることで学力の向上が期待できると考えている。

(※文責: 坂本直優)

2.2 課題の設定

さんすうチームは上記の 2 つの問題に対しての課題を設定した。1 つ目の問題に対して、対象の小学 5 年生が論理的思考力を養うことで問題を解決することにした。文部科学省によると、論理的思考力を小学生のうちに養うことが重要とされているため^[2]、さんすうチームでは論理的思考力を養うことのできる高校数学の論理の範囲に決定した。2 つ目の問題に対して、高いモチベーションを維持しながら学習をすることができるゲームの開発を課題として設定した。本プロジェクトはゲームを利用して学習システムを開発することがテーマであるため、課題を解決する方法としてゲームを採用した。ゲームとしての娯楽性を付与するためにゲーミフィケーションの定義を利用し、能動的参加、称賛演出、即時フィードバック、自己表現、成長の可視化、達成可能な目標設定を意識したゲーム開発を行った^[8]。小学生に高校数学を学習させる他の理由として、小学生が高校数学を楽しみながら学習することで数学に対してのモチベーションを上げることができると同時に、高校生が勉強する内容を理解できたという自信につながるのではないかと期待している。

(※文責: 坂本直優)

2.3 到達目標

11 月に行われる赤川小学校でのワークショップまでにゲームの完成版を作成し、赤川小学校の児童にゲームを利用してもらい、その後学習した内容の確認テストとさんすうチームが作成したゲームに対してのアンケートを行ってもらい、学力の向上についての評価を確認テストで、学習に対する意欲やモチベーションに対する評価をアンケートで行い、さんすうチームの作成したゲームが算数の学習に及ぼす効果を調べて、確認テストを解答してもらい、全問正解をしてもらうことを到達目標とした。

(※文責: 坂本直優)

2.4 課題の割り当て

2.4.1 山香俊也

本プロジェクトの全体の役割では本プロジェクトの全体リーダーを務めた。リーダーの仕事は、担当教員との連絡や学会の参加手続き、発表、書類作成、デラサール大学や外部からの来訪者が来た際の発表全体の司会進行を行った。さんすうチームのゲームの開発では、問題と問題をつなぐための小学校をイメージして作られた 3D の要素の部分を作成をした。他に論理の知識獲得のための 4 択問題とベン図の問題の案出しを行った。課外活動には HAKODATE Developer Conference 2016, HAKODATE アカデミックリンク 2016, 赤川小学校でのワークショップに参加した。HAKODATE Developer Conference 2016 では本プロジェクトの発表の全体進行, HAKODATE アカデミックリンク 2016 では来場者に向けての発表, 赤川小学校でのワークショップでは実演と授業と他の班の手伝いを行った。日常のプロジェクト活動では進捗報告会のスライド作成と発表, アカデミーキャンプや赤川小学校のワークショップのアンケートの集計を行った。

(※文責: 山香俊也)

2.4.2 平山直哉

本プロジェクト全体の役割として、中間発表や最終発表などで用いるポスターの製作や本プロジェクトのロゴの作成を行った。さんすうチームのリーダーを務め、担当教員との連絡やチームの方針の決定や指示を行った。さんすうチームのゲームの開発として、ゲームで使った小学生やウサギのイラスト、ベン図や三角形などの図形を作成、論理の知識獲得のための 4 択問題の作成を行った。課外活動には HAKODATE アカデミックリンク 2016, 赤川小学校でのワークショップに参加した。HAKODATE アカデミックリンク 2016 では来場者に向けての発表, 赤川小学校でのワークショップでは実演と授業と他の班の手伝いを行った。日常のプロジェクト活動では進捗報告会や外部からの来訪者に対しての発表, 中間発表会と最終発表会のスライド作成と発表, アカデミーキャンプや赤川小学校のワークショップのアンケートの集計を行った。また、赤川小学校でのワークショップでの実演と授業, ワークショップでのアンケートのまとめを行った。

(※文責: 平山直哉)

2.4.3 坂本直優

本プロジェクト全体の役割として、アカデミーキャンプでの交通機関のチケットの取得を行った。さんすうチームのゲームの開発として、ゲームを進めていくために必要な知識獲得のための説明部分, 4 択問題とベン図のゲームの案出しとベースとなるゲームの作成, ゲーム全体のストーリーの作成, チームメンバーがそれぞれ作ったシーンの遷移を行った。課外活動にはアカデミーキャンプ, HAKODATE アカデミックリンク 2016, 赤川小学校でのワークショップに参加した。アカデミーキャンプでは実演と授業, HAKODATE アカデミックリンク 2016 では来場者に向けての発表, 赤川小学校でのワークショップでは実演と授業と他の班の手伝いを行った。日常のプロジェクト活動では進捗報告会や外部からの来訪者に対しての発表, 中間発表会と最終発表会のスライド作成と発表, アカデミーキャンプや赤川小学校のワークショップのアンケートの集計を行った。ま

た，アンケートのまとめと検定，考察を行った．

(※文責: 坂本直優)

第 3 章 開発したゲーム

3.1 論理の道

論理の道は、小学生が高校数学の範囲より、「集合と論理」の学習を行うことができるゲームである。到達目標である赤川小学校のワークショップでは、使用できる時間が 45 分であるため、扱う内容は「かつ・または」と「否定」の二項目に絞った。また、ゲームの開発には Unity を採用した。これは、Unity を用いることでゲーム画面の切り替えやキャラクターの制御、オブジェクトの表示を行うことができるため、ゲームとしての完成度が高まると考えたからである。

(※文責: 平山直哉)

3.2 アカデミーキャンプまでの仕様

このゲームは、「かつ・または」「否定」の知識を獲得するゲーム、獲得した知識を定着するためのゲーム、獲得した知識を確認するためのゲームの 3 種類で構成されている。

「かつ・または」「否定」の知識を獲得するゲームでは初めに、これから獲得する知識を画像として表示する (図 3.1)。画面右下にある右矢印をクリックすると次の画面へ、画面左下にある左矢印をクリックすると前の画面へ遷移する。また、これには Unity の Button 機能が使われている。「かつ・または」「否定」の説明では文字だけではなく、赤のベン図と青のベン図を使用している (図 3.2)。色分けを行うことによって、ベン図の性質をより理解しやすいと考えた。そして、最後にまとめのシーンを表示する (図 3.3)。ここでは、「かつ・または」「否定」を用いた条件を表す画像を画面左に表示し、画面右にその条件に対応したベン図を表示する。そして条件の画像とベン図を＝で繋げることによって、この二つが対応していることがよりわかりやすくなっている。



図 3.1. 「または」の説明画面

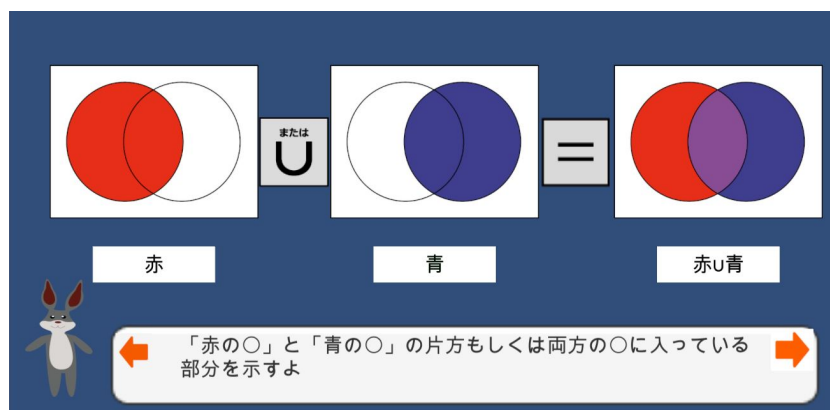


図 3.2. 「または」のベン図を用いた説明画面

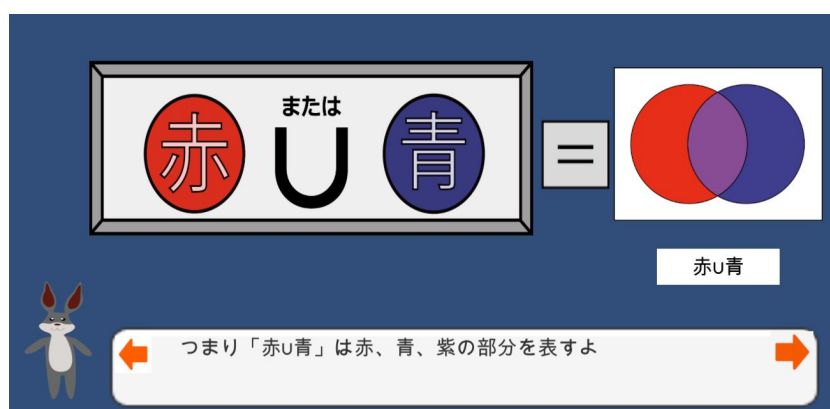


図 3.3. 「または」の説明の確認画面

「かつ・または」「否定」の知識を獲得した後は、ゲームを選択する画面に遷移する (図 3.4)。画面上の「初級」や「中級」をクリックすると、獲得した知識を定着するためのゲーム画面に遷移する。また、「チャレンジ！」をクリックすることで、獲得した知識を確認するためのゲームに遷移する。そして、「もう一回おさらい」をクリックすることで、知識を獲得するゲームに遷移し、再度「かつ・または」「否定」の説明を見ることができる。



図 3.4. ゲームを選択する画面

初級の難易度では、否定の付いていない「かつ・または」の知識定着ゲームを行うことができる。そして中級の難易度では、否定の付いた「かつ・または」の知識定着ゲームを行うことができる (図 3.5)。この二つの知識定着ゲームは同様の形式をとっている。画面右上の画像の条件に合うベン図を画面左の4つの選択肢からクリックで選択して解答を行う。選択した図形が正解であった

場合は効果音とともに青い丸印が画面中央に表示される (図 3.6)。逆に不正解であった場合は効果音とともに赤いバツ印が画面中央に表示される。また、「問題に戻る」というボタンが画面右下表示されるので、そのボタンをクリックすることで再度問題を解答することができる。

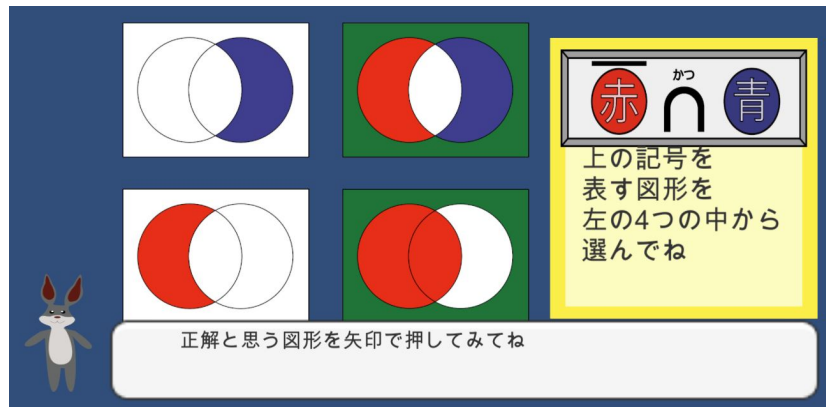


図 3.5. 「かつ・または」に「否定」が加わった知識定着ゲームの画面

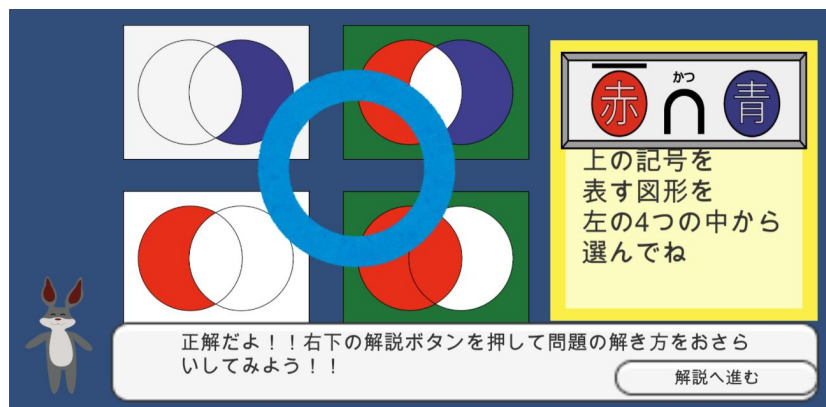


図 3.6. 知識定着ゲームで正解したときの画面

「チャレンジ!」のゲームである獲得した知識を確認するゲームでは、「かつ・または」「否定」についてベン図を用いて確認することができる (図 3.7)。初級や中級で用いた、条件が記述されている画像が画面左に合計 10 個表示されており、その画像をクリックすることで条件に合ったベン図が画面右に表示される仕組みとなっている。

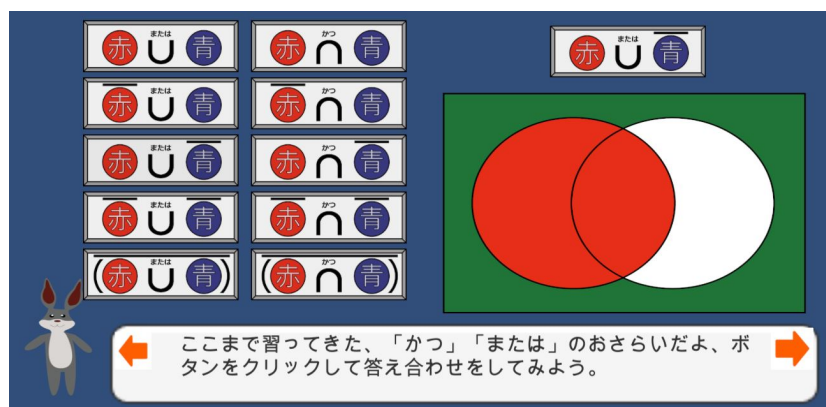


図 3.7. ベン図を用いた確認ゲーム画面

(※文責: 平山直哉)

3.3 赤川小学校でのワークショップまでの仕様

最終の仕様では、仕様からの改善としてゲームの構成と内容に変更を加えた。当初の仕様では、すべての場面で多くのゲームでベン図を用いていたが、児童には理解が難しいことから、身近に感じるものとして「小学生の画像」を用いた。この画像は帽子の有無・性別・ランドセルの色（赤色・青色・緑色）の3要素に分け、計12種類の画像を用意した(図3.8)。この12種類の画像を用いて「かつ・または」「否定」についてのゲームを制作した。

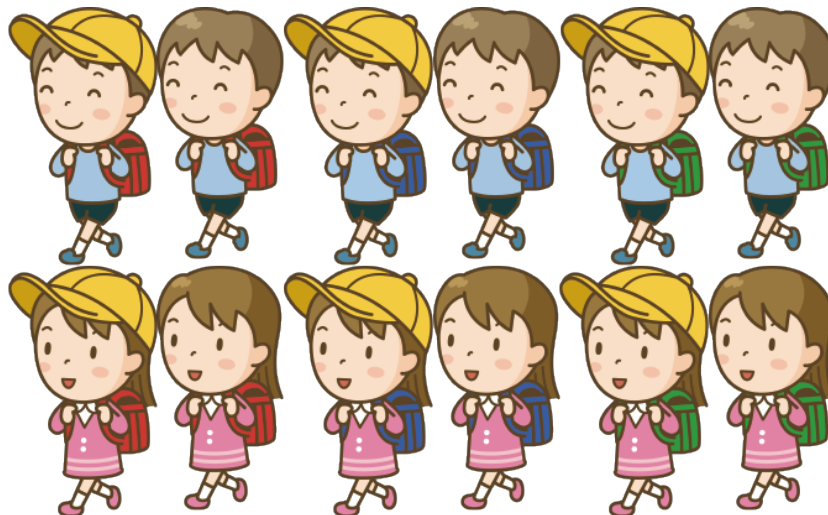


図 3.8. 小学生の画像 12 種類

「かつ・または」「否定」の知識を獲得するゲームでは、「男の子である」の否定は「男の子でない」つまり「女の子である」というように文章を否定することで画像の変更を行い、理解がしやすい工夫がされている(図3.9)。画面右下の「次へ進む」をクリックするとセリフが進み、画面左下の「戻る」をクリックするとセリフが戻る仕様になっている。「かつ・または」「否定」の知識を獲得するゲームが終了すると、ストーリーが始まる(図3.10)。

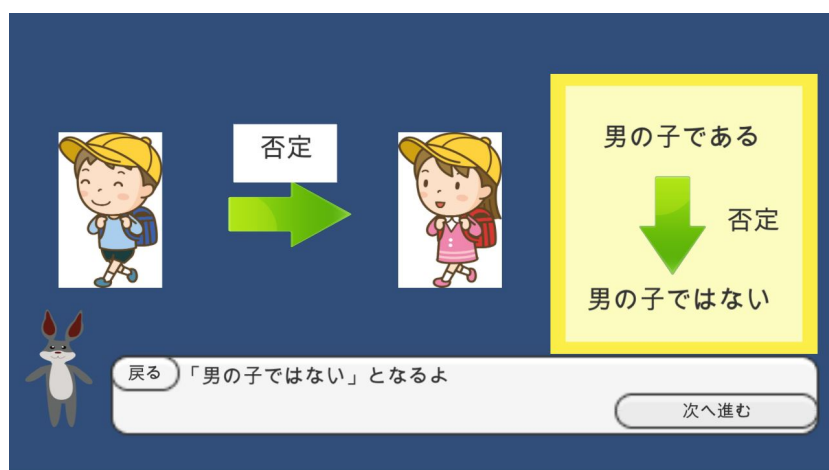


図 3.9. 否定の知識を獲得する場面



図 3.10. ストーリー画面

ストーリーを進めることで主人公のウサギがトロッコに乗って小学校 (図 3.11) や公立はこだて未来大学 (図 3.12) の中を移動し、特定のポイントにたどり着くことで獲得した知識を定着するためのゲームが行われる。

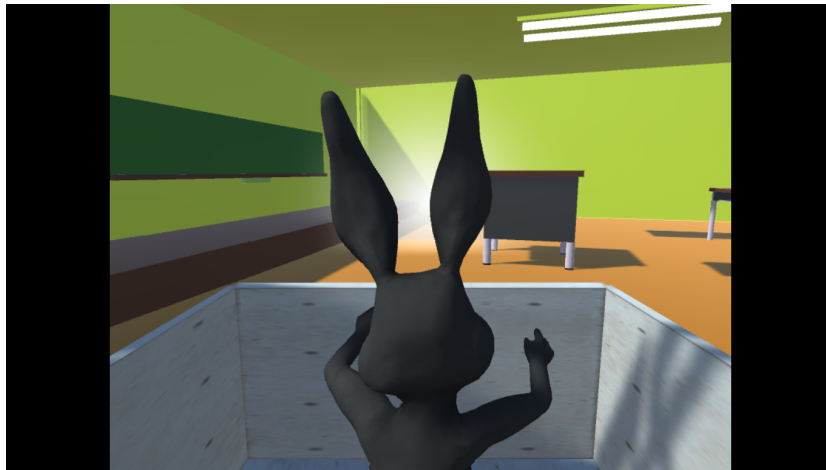


図 3.11. 小学校を移動する場面

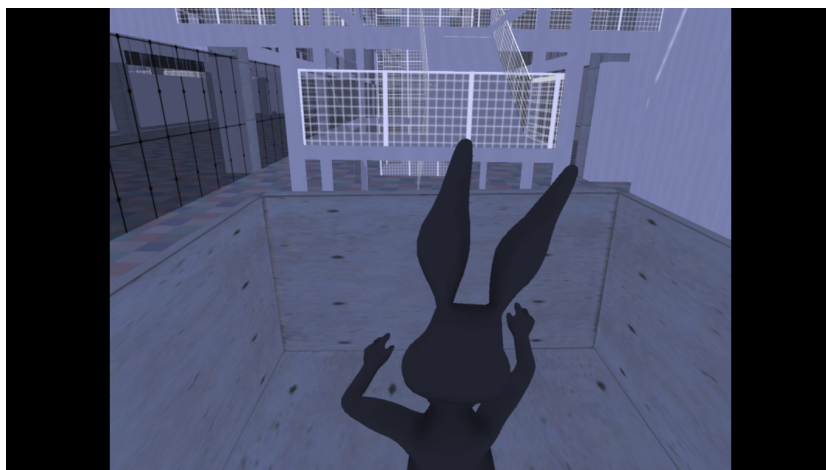


図 3.12. 公立はこだて未来大学を移動する場面

獲得した知識を定着するためのゲームは3種類あり、1つ目が「かつ・または」を確認するためのゲーム、2つ目が「かつ・または」に「否定」加わった確認ゲーム、そして3つ目が「かつ・または」にベン図を用いた確認ゲームである。「かつ・または」を確認するためのゲーム (図 3.13) で

は、画面右側の黄色い枠に小学生を分類する項目2つと「かつ・また」を用いた問題を記述した。この問題に対して、左にいる4つの小学生の画像から一致する画像をクリックして選択し、右下の解答ボタンをクリックすることで正誤判定が行われる。クリックした図形が正解だった場合は効果音とともに青いマル印が画面中央に表示される。不正解だった場合は、効果音とともに赤いバツ印が画面中央に表示される。「かつ・または」に「否定」が加わった確認ゲーム(図3.14)では、形式は1つ目と変更はないが、問題文に「否定」と記述されている。また、画面右上のヒントボタンをクリックすることで1つ目と同様の「否定」が無い確認ゲームとなる。「かつ・または」にベン図を用いた確認ゲーム(図3.15)では、画面右の黄色い枠に小学生の画像が5つあり、その画像を画面左のベン図の項目に合った範囲内にドラッグ&ドロップするゲームである。このゲームでも右下の解答ボタンを押すことで正誤判定が行われる。

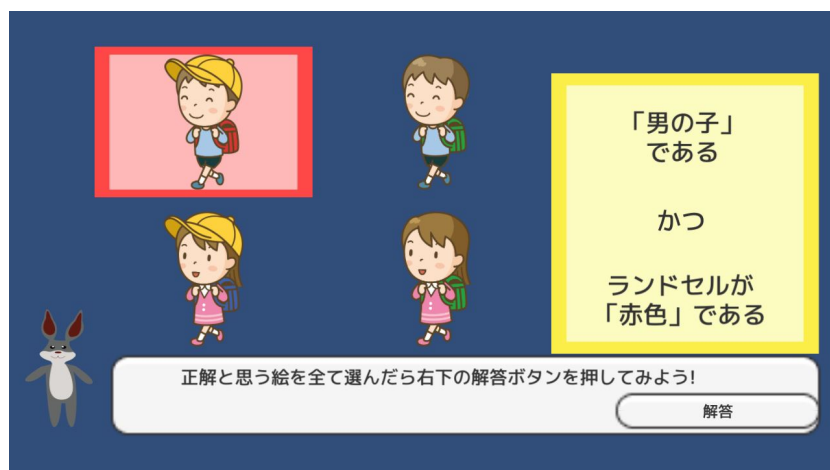


図 3.13. 「かつ・または」を確認するゲーム



図 3.14. 「かつ・または」に「否定」が加わったゲーム

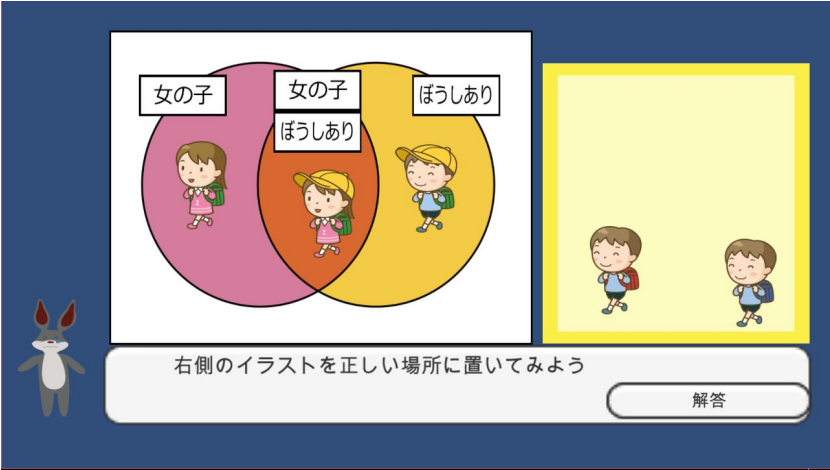


図 3.15. 「かつ・または」にベン図を用いた確認ゲーム

(※文責: 平山直哉)

第 4 章 評価実験

4.1 アカデミーキャンプ

2016 年 8 月 20 日と 21 日に、神奈川で行われているアカデミーキャンプに坂本が参加した。ワークショップに参加していた児童は全員で 20 人であった。内訳は中学生が 2 年生が 2 人、1 年生が 2 人、小学生が 6 年生が 8 人、5 年生が 4 人、4 年生が 1 人、3 年生が 2 人、2 年生が 1 人であった。

(※文責: 平山直哉)

4.1.1 準備・目的

さんすうチームでは 3.2 で紹介したアカデミーキャンプまでの仕様のゲームを提供した。ゲームの流れは、タイトル、否定とかつとまたはのベン図を用いた説明、4 択問題のクイズの難易度を選択する画面、難易度の選択画面、未来大学をモデルとした 3D のステージ、クイズ画面、難易度の選択画面となっている。また、学習効果を検証するためゲームの内容に関する問題とゲームについての感想や意見を得るためのアンケートを回答してもらった (図 4.1, 図 4.2)。アンケートの質問内容と回答パターンは以下のとおりである。

1. ゲームは操作しやすいものですか
 - ぜんぜんしやすくない
 - あまりしやすくない
 - すこししやすい
 - とてもしやすい
2. ベン図について理解することができましたか
 - ぜんぜんわからなかった
 - あまりわからなかった
 - すこしわかった
 - とてもわかった
3. 算数を学習するゲーム以外の部分は楽しかったですか
 - ぜんぜんとのしかなかった
 - あまりとのしかなかった
 - すこしたのしかった
 - とてもとのしかった
4. 三角形でないの否定となるのは次のうちのどれだと思いますか

- 三角形
- 四角形
- 正方形

アンケートの操作のしやすさについての質問は、否定、かつ、またはの説明での進行と4択問題のクイズでの動きが小学生に理解できるかを調べるため、ベン図の理解度についての質問は、小学生がどれくらいベン図について理解しているかを確かめて説明部分でベン図を使用することが適しているかを調べるため、算数ゲーム以外の部分の楽しさについての質問は、3Dの小学校の探索がゲームとしての面白さにつながっているかを調べるために設定した。

(※文責: 坂本直優)

さんすうチーム アカデミーキャンプ

論理の道についてのアンケート

このアンケートは、私たちが作ったゲームについて調べようとするものです。それぞれの質問について教えてください。あなたの回答は研究以外では使いませんので、ご協力をお願いします。

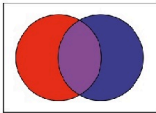
1. 論理の道について教えてください。当てはまるものに1つ○(丸)をして下さい。

(1) ゲームは操作しやすいものでしたか。

ぜんぜん しやうくない	あまり しやうくない	すこし しやうい	とても しやうい
----------------	---------------	-------------	-------------

(2) この図についてよく理解できましたか。

ぜんぜん わからなかった	あまり わからなかった	すこし わかった	すごく わかった
-----------------	----------------	-------------	-------------



(3) 算数ゲーム以外の部分は楽しかったですか(うさぎがトロロコに乗る など)。

全然 楽しくない	あまり 楽しくない	すこし 楽しかった	すごく 楽しかった
-------------	--------------	--------------	--------------

(4) 三角形でない、の否定となるものは次のうちどれだと思いますか。

① 三角形 ② 四角形 ③ 正方形

3. かつ(∩)、または(∪)、否定(¬)のゲームで楽しかったものがあれば、理由と一緒に書いてください。

裏面に続きます。

ゲーム・デ・エデュケーション
さんすうチームメンバー 平山直哉、山香俊也、坂本直優

チームリーダー 平山直哉
公立はこだて未来大学 システム情報科学部 3年
電話番号: 0138-34-6448

図 4.1. アカデミーキャンプで使ったアンケートの表側

さんすうチーム アカデミーキャンプ

1. あなたについて、当(あ)てはまるものに○(丸(まる))をして下(くだ)さい。

性別(せいべつ) 女(おんな)・男(おとこ)
 学年(がくねん) 小学生(しょうがくせい) 1年生(ねんせい)・2年生・3年生・4年生・5年生・6年生
 中学生(ちゅうがくせい) 1年生・2年生・3年生

ご協力ありがとうございました。

ゲーム・デ・エデュケーション
 さんすうチームメンバー 平山直哉、山香俊也、坂本直憂

チームリーダー 平山直哉
 公立はこだて未来大学 システム情報科学部 3年
 電話番号：0138-34-6448

図 4.2. アカデミーキャンプで使用したアンケートの裏側

4.1.2 結果

アンケートの項目のそれぞれの結果は下のグラフのようになった(表 4.1. 表 4.2. 表 4.3). また, 3 つのアンケート項目の結果はそれぞれ「ゲームの操作は分かりやすかったか」が全体平均 3.80, 標準偏差 $SD=0.52$, 「ベン図について理解することができたか」が全体平均 $M=3.35$, 標準偏差 $SD=0.92$, 「算数を学習するミニゲーム以外の部分は楽しかったか」が全体平均 $M=3.25$, 標準偏差 $SD=0.84$ となった(表 4. 4). また, 否定の問題の完全解答者数は 5 人であった.

表 4.1. アカデミーキャンプでのゲームの操作のアンケート結果

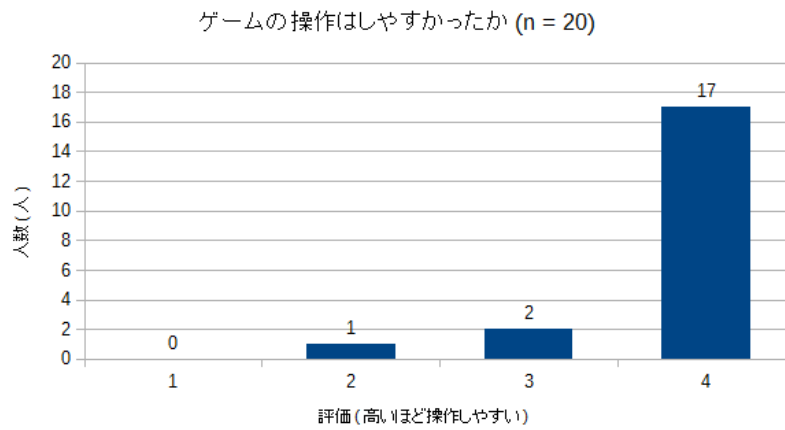


表 4.2. アカデミーキャンプでのベン図の理解度のアンケート結果

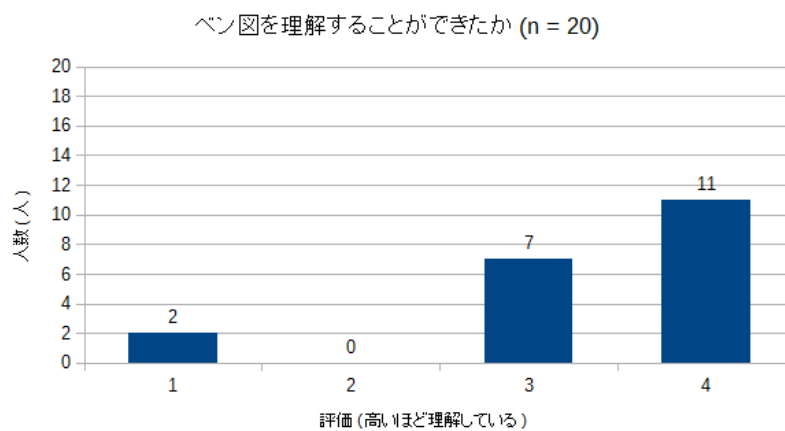


表 4.3. 算数を学習するゲーム以外の部分のアカデミーキャンプでのアンケート結果

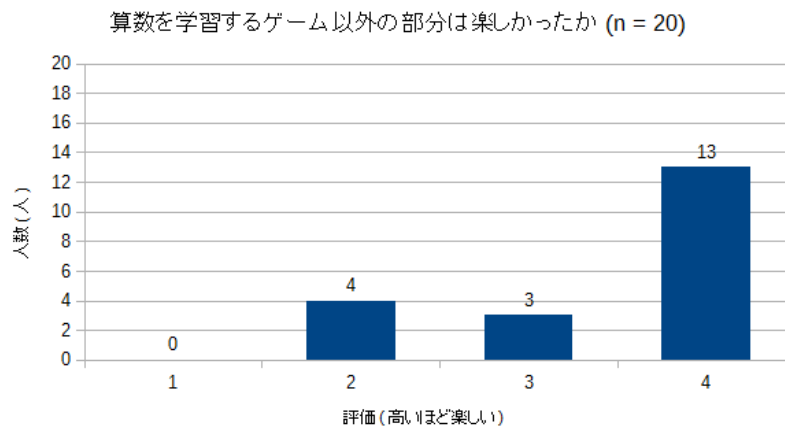


表 4.4. アカデミーキャンプでのアンケート結果の平均点

アンケート項目	小学生	中学生	全体
解答者数	16 人	4 人	20 人
否定の確認テストの完全正答者数	4 人	1 人	5 人
ゲームの操作は分かりやすかったか	3.75	4.00	3.80
ベン図について理解することができたか	3.31	3.50	3.35
算数を学習するゲーム以外の部分は楽しかったか	3.50	3.00	3.42

アンケートの自由記述の内容を以下に示す。

- 難しい内容はなかった
- 内容が全体的に難しかった
- 全部わからなかった
- 否定がわからなかった
- かつがわからなかった
- みづらい
- おさらいをしてからは分かりやすかった

また、アンケートには書かれていない内容であったがゲーム利用中に 3D ステージ中でのキャラクターの見た目や動きが不気味や、建物全体が暗くて怖いという意見や、全体的にゲーム性が低いという発言が見られた。

(※文責: 坂本直優)

4.1.3 考察

「ゲームの操作のしやすさ」は中学生の平均が 4.00 と満点、小学生の平均値も 3.75 となっており小学生にも簡単に使うことのできるように作られたゲームであったと考察できる。「ベン図について理解することができたか」については全体平均 3.35 となっており、アンケートの数字としては良く見える。しかし、実際に利用してもらっている場面を観察したところ、説明部分が分かりづらく小学生が学習するためのゲームとしては難易度が適していないと感じた。特にベン図自体の理解ができておらず、ゲーム中の否定、かつ、または、の説明にベン図を使っていたため説明の段階で躓いていた印象があった。したがって、今後ベン図を用いない説明をする必要があると考えられた。「算数を学習するミニゲーム以外の部分は楽しかったか」の項目も「ベン図の理解度」と同様に全体平均は 3.25 となっているが結果の集計で述べたように、キャラクターが不気味な点やゲーム性が低く、到達目標に設定した娯楽性が足りないと感じた。また、否定の問題の正解者数は 5 人となっており想定していた正解者数よりも少なかった。このことから、かつ、または、否定の説明が難しすぎると分かったため、最終仕様ではより分かりやすく作り直すことにした。

(※文責: 坂本直優)

4.2 赤川小学校ワークショップでの評価実験

2016 年 11 月 7 日に、赤川小学校の 5 年生の児童 21 人に最終仕様の論理の道を提供した。ワークショップには山香、平山、坂本が参加した。

(※文責: 坂本直優)

4.2.1 準備・目的

今回のワークショップでは 2 人 1 組でゲームを利用してもらう形式をとっていたため、事前に未来大学からパソコンを 7 台借りて、制作したゲームを各パソコンにダウンロードしておいたものを用意した。また、アカデミーキャンプでのアンケート結果や中間発表で得た意見などを参考にゲームの内容の改善を行った。1 つ目に、否定、かつ、またはの説明にベン図を一切使わず、文字とイ

ラストだけを使う説明に変更した。アカデミーキャンプではベン図の理解ができていない状態でベン図を用いた説明をしていたため理解が難しかったと考察したためこのような変更を行った。2つ目に、4択問題でもベン図を使うのをやめ、イラストや文字だけを使ったものに変更した。難しい問題を時間をかけて考えるよりも、簡単な問題をすぐに解くことで爽快感を感じさせゲームとしての楽しさを演出できる様にするためこのような変更をした。3つ目に、イラストをベン図の正しい位置にドラッグアンドドロップするゲームを追加した。ベン図に関しては説明をするよりも、問題を通して概念を体験する方がより効率的に学習することができると考えたため、ゲームが始まる前に問題の解き方と操作方法を同時に説明した。最後にゲーム性を高めるために、ゲーム全体を通して進行するストーリーを新たに付け加えた。ゲームの他にゲームを利用してもらったあとに回答してもらうアンケート(図 4.6)と確認テスト(図 4.7)を用意した。アンケートの質問内容と回答パターンは以下のとおりである。

1. ゲームは操作しやすいものですか

- ぜんぜんしやすくない
- あまりしやすくない
- すこししやすい
- とてもしやすい

2. 算数を学習するゲーム以外の部分は楽しかったですか

- ぜんぜんだのしやなかつた
- あまりたのしやなかつた
- すこしたのしかつた
- とてもたのしかつた

アンケート項目の「ゲームの操作は分かりやすかったか」は当初の仕様よりもクイズや機能が増えたため操作をする機会が増えた、その結果小学生に操作がわかりづらい部分がないかを調べるため、「算数を学習するミニゲーム以外の部分は楽しかったか」は、当初の仕様から新しく付け加えた小学校の3Dのステージの移動とストーリーの要素を加えたことで、アカデミーキャンプで利用したゲームと比べてどれほどゲーム性が上がっているかを調べるために設定した。さらに、アンケートの中にイラストとそれに対応するベン図の位置を線で引くゲーム内で出題された内容を復習する問題を回答してもらった。また、確認テストは2013年度に出題された数学Aセンター試験の論理の問題を坂本が小学生が解けるように作り直したもので全4問であった。テスト中は相談をしたりゲームを見ないようにして解答してもらった。

さんすうチーム

さんすうのゲームについてのアンケート

性別 女・男
出席番号

このアンケートは、私たちが作ったゲームについて調べようとするものです。それぞれの質問について答えてください。あなたの回答は研究以外では使いませんので、ご協力をお願いします。

1. さんすうのゲームについて答えてください。当てはまるものに1つ○（丸）をして下さい。

(1) ゲームの操作はわかりやすかったですか。

ぜんぜん あまり すこし とても
わからなかった わからなかった わかりやすかった わかりやすかった

(2) 算数ゲーム以外の部分は楽しかったですか。(ウサギがトロロコに乗る など)

ぜんぜん あまり すこし とても
楽しくなかった 楽しくなかった 楽しかった 楽しかった

(3) 次の図形に当てはまる条件に合うように線を引いてください

ピンク色	オレンジ色	黄色
●	●	●
●	●	●

3. かつ（∩）、または（∪）、否定（¬）のゲームで楽しかったものがあれば理由と一緒に書いてください。

[]

ご協力ありがとうございます。

ゲーム・デ・エデュケーション
さんすうチームメンバー 平山直哉、山崎俊也、坂本直樹

チームリーダー 平山直哉
公立はこだて未来大学 システム情報科学部 3年
電話番号：0133-34-6448

図 4.3. 赤川小学校で使用したアンケート

さんすうチーム

さんすうのゲームについてのアンケート

性別 女・男
出席番号

このアンケートは、私たちが作ったゲームについて調べようとするものです。それぞれの質問について答えてください。あなたの回答は研究以外では使いませんので、ご協力をお願いします。

(1) 「直角三角形でない」の否定を表している三角形を全て選んでください

(2) 「三角形の内側の3つの角度がすべて異なる」の否定を表している三角形を全て選んでください。
(三角形の内側の3つの角度のうち、1組でも同じ角度がある三角形を全て選んでください)

(3) 「直角三角形でない」の否定、かつ「三角形の内側の3つの角度がすべて異なる」の否定、を表す三角形を全て選んでください。

(4) 下の三角形の中で「45°の角を持っている三角形」かつ、(3)で選んだ三角形に当てはまる三角形を全て選んでください。

ご協力ありがとうございます。

ゲーム・デ・エデュケーション
さんすうチームメンバー 平山直哉、山香俊也、坂本直優

チームリーダー 平山直哉
公立はこだて未来大学 システム情報科学部 3年
電話番号: 0133-34-6448

図 4.4. 赤川小学校で使用した確認テスト

(※文責: 坂本直優)

4.2.2 結果

アンケートの質問内容の「ゲームの操作はしやすかったか」と「算数を学習するゲーム以外の部分は楽しかったか」は以下のような結果となった(表 4.5. 表 4.6).

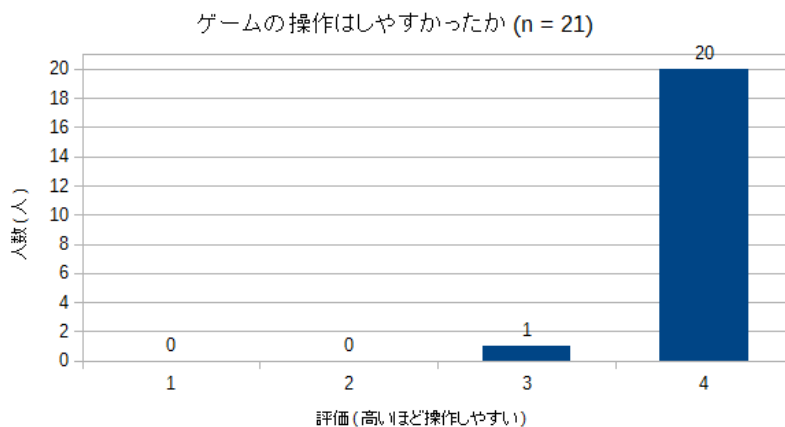


表 4.5. ゲームの操作についての赤川小学校でのアンケート結果

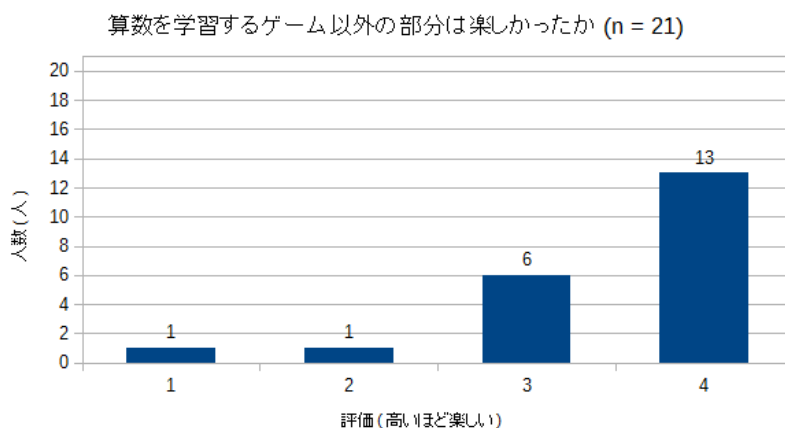


表 4.6. 算数を学習するゲーム以外の部分の楽しさの赤川小学校でのアンケート結果

また、この2つの項目をアカデミーキャンプでの結果と比較した。ゲームの操作のしやすさと算数を学習するゲーム以外の部分の楽しさの評価は上がったことがアンケート結果から分かった (表 4.7)。それぞれの標準偏差 SD を求めたところ以下のような結果となった。

ゲームは操作しやすいものですか

- アカデミーキャンプ : $M=3.80$
- 赤川小学校 : $M=3.95$
- アカデミーキャンプ : $SD=.22$
- 赤川小学校 : $SD=.09$

算数を学習するゲーム以外の部分は楽しかったですか

- アカデミーキャンプ : $M=3.42$
- 赤川小学校 : $M=3.47$
- アカデミーキャンプ : $SD=.54$
- 赤川小学校 : $SD=.59$

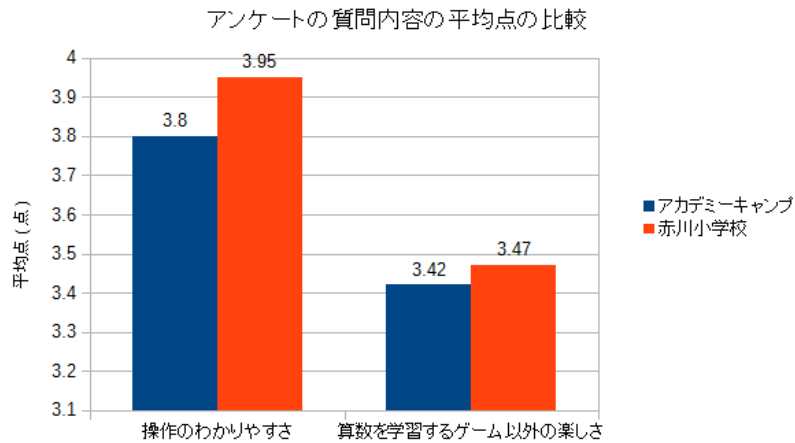


表 4.7. アカデミーキャンプと赤川小学校のアンケート結果の比較

しかしこの結果のみからでは優位性を実証することができない。そこで点数の向上の優位性を確かめるために、アカデミーキャンプと赤川小学校でのそれぞれのアンケート結果より、 t 検定の片側検定を行った。「ゲームの操作はしやすかったか」の項目は t 検定を行うにあたり帰無仮説と対立仮説を以下の様に設定した。

- 帰無仮説：アカデミーキャンプでのゲームに対するアンケート結果と赤川小学校でのゲームのアンケート結果には有意な差が見られない。すなわち操作性は向上していない。
- 対立仮説：アカデミーキャンプでのゲームに対するアンケート結果と赤川小学校でのゲームのアンケート結果には有意な差が見られる。すなわち操作性が向上している。

アカデミーキャンプと赤川小学校でのアンケートの平均点を求める。自由度は $41 - 1 = 40$ である。点数が上がっているかについて片側 5 これらを用いて、 t 値を算出した結果 $t = 1.22$ となった。

$t = 1.22$ は自由度 40 の臨界値 2.02 よりも小さいことから対立仮説を棄却する。以上の結果から、アカデミーキャンプでのゲームに対するアンケート結果と赤川小学校でのゲームのアンケート結果には有意な差が見られない。すなわち操作性は向上していないという結果となった。次に、「算数を学習するゲーム以外の部分は楽しかったか」の項目は t 検定を行うにあたり帰無仮説と対立仮説を以下の様に設定した。

- 帰無仮説：アカデミーキャンプでのゲームに対するアンケート結果と赤川小学校でのゲームのアンケート結果には有意な差が見られない。算数を学習するゲーム以外の部分の楽しさは向上していない。
- 対立仮説：アカデミーキャンプでのゲームに対するアンケート結果と赤川小学校でのゲームのアンケート結果には有意な差が見られる。すなわち算数を学習するゲーム以外の部分の楽しさは向上している。

先ほどと同様に自由度、 M 、 SD 、 t 値を算出する。結果はそれぞれ $M = 3.47$ 、 $SD = .82$ 、 $t = 2.69$ となった。 $t = 2.69$ は自由度 40 の臨界値 2.02 よりも大きいことから対立仮説を棄却する。以上の結果から、アカデミーキャンプでのゲームに対するアンケート結果と赤川小学校でのゲームのアンケート結果には有意な差が見られる。すなわち算数を学習するゲーム以外の部分の楽しさは向上しているという結果となった。

アンケートの設問の1つであるイラストとそれに対応するベン図を線で結ぶ復習問題の結果は以下のようになった(表 4.8).

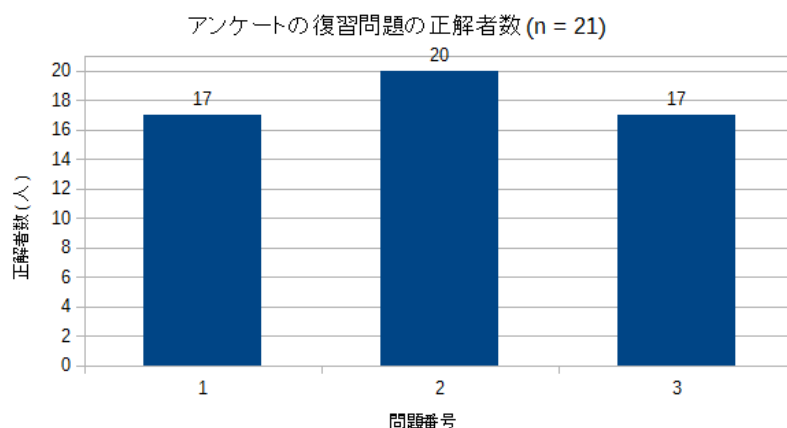


表 4.8. 復習問題の正解者数

次に確認テストの結果は以下のようになった(表 4.9).

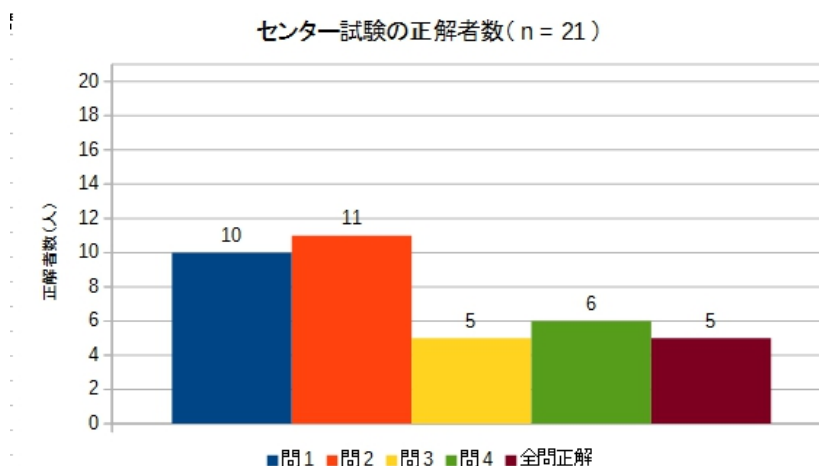


表 4.9. センター試験の正解者数

確認テストは専門的な知識が必要であったため、事前テストは実施しなかった。そのため、カイ二乗検定を行い確認テストとして有効であるかを検定した。自由度は正解と不正解の2パターンであるため $2 - 1 = 1$ である。カイ二乗検定に必要な期待値はセンター試験の正答率を参考にし、それぞれの正答者数の期待値を問1が11人、問2が10人、問3が6人、問4が3人、全問正解が3人と設定した。それぞれの設問の正答人数と期待値からカイ二乗値を求めると以下のような結果となった。

- 問1 = .05
- 問2 = .05
- 問3 = .23
- 問4 = 3.50

カイ二乗検定においての自由度1での臨界値は3.84となっており、問1、問2、問3、問4、全問正解の全てのカイ二乗値よりも大きいことから、確認テストとして有用であるということが分かった。また、検定の結果より論理の道を利用することでセンター試験を解くために必要な論理の知識

を十分学習することができるという結果となった。また、アンケートの自由記述の項目の内容を以下に示す。

- かつの意味が少しわからなかった
- かつ、またはの区別が難しかった
- ややこしい問題が多かった
- 日常生活で否定を使わないので、否定の問題が難しかった
- ウサギがかわいかった
- とても面白かった
- タイムアタックやタイムリミットのあるモードを追加してほしい

(※文責: 坂本直優)

4.2.3 考察と改善案

アンケートの項目の「ゲームの操作はしやすかったか」の t 検定の結果に有意な差が見られなかった。この結果はアカデミーキャンプの時点で操作性について高い評価を受けていたため、新たな要素を付け加えたり改善をしなかったためであると考えている。次に「算数を学習するミニゲーム以外の部分は楽しかったか」の t 検定の結果はアカデミーキャンプのときと比較して赤川小学校のゲームの方が有位に高いという結果が出た。アカデミーキャンプではアンケートの結果やゲームの利用中の感想などから、特に改善すべきポイントとして開発を進めた。ストーリーの要素の追加、3D 空間の改善などのゲームの娯楽性を向上させたことで、このような結果になったと考察した。イラストとベン図を線で結ぶ復習問題は高い正答率がでており、アカデミーキャンプで出たベン図の理解度が難しいという問題を解決することができた。小学生に解答してもらったのセンター試験問題について、問題の性質上、問 1 と問 2 の両方の解答が問 3 を解くために必要になり、さらに問 4 を解くために問 3 の解答が必要になっていたため、問 1、問 2 と問 3、問 4 の正答率に差が出たと考えられる。センター試験の問題の解答の集計結果から以下の点の考察できる。1 つ目が、ゲームの質がアカデミーキャンプの時と比べて大きく向上したことである。アカデミーキャンプのアンケートで解答してもらった質問では、正解者が 21 人中 5 人であった。しかし、赤川小学校のセンター試験では全問正解者数が 5 人、1 問目の正解者数が 10 人、2 問目の正解者数は 11 人となっており、数学を教えるゲームとして、質が大きく向上したことがわかった。2 つ目が、ゲーム内で図形を用いたクイズを作るべきであったことである。設問 1 と比べると、設問 2 の方が難しい問題であったと考えられるが、完全正答の人数は設問 2 の方が多かった。これは、設問 2 では問題が複雑で文章を否定化したヒントを出していたが、設問 1 ではヒントを出さなかったためであり、慣れない問題を解くことになってしまいミスが増えたことが原因であると考ええる。3 つ目が、小学生の問題を解く際の注意力を向上させる必要があることである。問 1 での小学生の解答例の中で文章を否定していない解答を書くパターン的人数が 6 人いた。アンケートの設問 4 の結果から否定を理解していることが分かっているので小学生のケアレスミスが原因で不正解になったことが分かる。

(※文責: 坂本直優)

第 5 章 課外活動

5.1 HAKODATE アカデミックリンク 2016

今年度の 11 月に、函館市青年センターにて行われた、HAKODATE アカデミックリンク 2016 という発表会に参加した。ここでは各チームブースを出展し、ポスターセッションを行った。

(※文責: 平山直哉)

5.2 準備・目的

この発表会では、普段研究している内容や成果などをポスター展示や実習によって発表しあい、他大学との交流及び、函館市民や地元企業の来場者にわかりやすく披露し、意見を得ることを目的としている。発表は主にステージ部門とブース部門の 2 種類に分かれており、さんすうチームではブース部門にて、ポスターセッション及び制作したゲームのデモンストレーションでの発表を行った。この発表によって、来場者の方々から様々な意見を得た。

(※文責: 平山直哉)

5.3 結果

小学生がこのゲームを用いることで、高校数学の範囲である「集合と論理」を理解していることが好評であった。また、ゲームの内容ではマウスのクリックとドラッグドロップの 2 種類のみでゲームを行うことができる点や、分類する方法として小学生の画像を用いたことが好評であった。

(※文責: 平山直哉)

5.4 考察

赤川小学校でこのゲームが有用であることが示されたため、この結果が好評であったことが挙げられる。また、高校数学では、集合と論理を理解するための材料として、奇数や偶数、倍数などといった数字に関わるものを使用していることが多いが、小学生に集合と論理を教えるにあたって、小学生が身近に感じるものとして「小学生の画像」を使用したことが良かったと考えられる。

(※文責: 平山直哉)

第 6 章 中間発表

6.1 発表準備

7 月には、中間発表会を行い私たちの今までの成果を発表した。発表形式はポスターを使ったポスタープレゼンテーションであり、メインポスターを使用して全体の説明を簡潔に行った後に、各チームが分かれて発表を行っている中で、興味のあるチームから詳しい説明を行ってもらう形式をとった。各チームの発表では、現時点で出来上がっているゲームを用意し、実際に説明を聞きに来た人たちにどのようなものであるか体験してもらったり、実際にプレイしている様子を動画にして提示した。

(※文責: 山香俊也)

6.2 結果

ポスタープレゼンテーションを行い、本プロジェクトの発表技術、発表内容がどのようなであったかをそれぞれ 10 段階で評価してもらった。来場者からは、発表技術に関して「中間発表の段階でここまで実装出来ているのはとても素晴らしい。質問にもきちんと受け答えできていた」「論理と集合について、小学生の前提知識で教えるにはどうしたらいいのかを考えられている」「デモと資料をそれぞれきちんと用意してわかりやすかった」「どこのプレゼンテーションを聞けばよいかわからない。ほかのグループの様子を知ることが難しい」「小学生にわかりやすくの工夫が足りない」「ゲーム性・楽しさがわからなかった」などの意見があった。また、発表技術は回答者数 62 に対し有効回答数 61 で平均 $M=7.21$ 点、標準偏差 $SD=1.81$ であった。また、発表内容は回答者数 62 に対し有効回答数 57 で平均 $M=7.47$ 点、標準偏差 $SD=1.56$ であった。

(※文責: 山香俊也)

6.3 考察

発表形式に関しては、比較的ポジティブな意見が多かったが、上記の様にどこの発表を聞けばよいかわからないといったネガティブな意見もあった。制作物に関しては、全体的にかなり高い評価を得られていたが、難易度とゲーム性に関してネガティブな意見が若干見受けられたので、今後のゲームの改善方針を立てることができた。また、期末発表では今回の意見を参考にして、発表形式を考える必要がある。

(※文責: 山香俊也)

第 7 章 期末発表

7.1 準備・発表形態

12 月には、最終発表会を行い私たちの今までの成果を発表した。発表形式はスライドを使ってプレゼンテーションを行い、全体の説明を行ってから、各チームが分かれて発表を行っている中で興味のあるチームから詳しい説明を行ってもらった形式をとった。各チームの発表では動画やポスター用いた説明や、実際にデモンストレーションを行ってもらった。また、デモンストレーションの隣には計 4 枚ポスターを展示した。さんすうチームではゲームの全体像がつかめるようなショートムービーとポスター、児童の実際のテスト結果をグラフ化したものを用いて発表を行った。

(※文責: 山香俊也)

7.2 結果

来場者に本プロジェクトの発表技術、発表内容がどのようなものであったかをそれぞれ 10 段階で評価してもらった。来場者からのポジティブな意見を以下に示す。

- 全体発表から各ブースにそれぞれ発表するやり方は上手だと思う
- 聴衆にわかりやすくできている
- 最初に 5 グループの簡単な説明をしてから各グループのブースに散らばって発表を聞くという流れはとてもいいと思います
- よく聞こえやすい大きさの声だった
- ゲームの作製目的が明確、成果も数値としてあらわされていた
- とても面白かった
- アンケートを用いて、効果を数値として根拠のあるものにしてあるのがよかった

また、ネガティブな意見もあったので以下に示す。

- 対象年齢がわかりづらかった
- 評価をしたうえでの考察がいまいきすぎると感じた
- シミュレーターの数字はでも誰を対象にどれくらいの期間であったのか分からなかった
- 声が小さい

また、発表技術は回答者数 100 に対し有効回答数 95 で平均 $M=7.63$ 、標準偏差 $SD=1.63$ 、発表内容は回答者数 100 に対し有効回答数 92 で平均 $M=8.34$ 、標準偏差 $SD=1.54$ であった。

(※文責: 山香俊也)

7.3 考察

来場者の意見から、中間発表時に意見として出ていた「どこに行けばよいかわからない」といった来場者の誘導や、発表の形式に関しては改善されたことが分かった。また、ゲームの操作性や難易度、目的に関するネガティブな意見はほぼ見当たらず、その点に関しても改善できたことが分かった。一方で発表内容の過不足と児童の試験の集計結果やそれに関する検定結果が詰められていない、との意見が多く見受けられた。来場者がそのように感じた理由として、検定結果を見せる際のグラフの数字について詳しく触れずに説明してしまったことと、検定結果から何が分かったかについてあまり触れずにシステムの説明に時間を割いてしまったことが考えられる。このことから、今後は発表内容の推敲や発表練習を重ね、来場者が知りたい情報を過不足なく伝えられるようにしていきたいと考えている。

(※文責: 山香俊也)

第 8 章 総合考察

8.1 前期

前期ではグループの最終目標を明確に定めることができていなかったため、開発が進まなかった。とくにゲームシステムについては、出した案をとりあえず作ってみて担当教員の方やほかのグループのメンバーの意見を聞くという形を取っていたため無駄な時間を使うことが多かった。中間発表ではベースとなるゲームを制作していたため、来場者から意見を聞くことができ、良い評価を得られた。しかし、それからアカデミーキャンプにかけては前述したようなことが原因で時間を無駄にしてしまったせいで、アカデミーキャンプで使うゲームの開発をワークショップをする当日まで開発することになってしまい、結果としてゲーム内容も悪く、バグが発生してしまうといったトラブルも起きてしまった。また、開発を進める際にスクリプトやシーンの名前を自分しかわからないようなものにしてしまったせいで、共同開発する際に効率を下げってしまった。一方で、進捗報告や中間発表などを通してプレゼンテーション能力やスライド作成の技術などが大きく向上した。

(※文責: 坂本直優)

8.2 後期

後期では、中間発表で指摘された点や、アカデミーキャンプでのアンケート結果や意見を中心にゲームの改善を行った。特にアカデミーキャンプで指摘された、論理の知識の獲得の説明文が小学生に対して難しすぎる点、ゲームとしての面白さがなく、高いモチベーションを維持しながら学習することができていないという問題点を中心にゲームの改善を行った。前期での活動での反省を生かして、後期ではゲームのシステムについて担当教員やメンバー間で話し合いをして開発するよう心掛けたため、効率よく開発を進めることができた。一方で、全体の見通しが甘く赤川小学校でのワークショップ前日まで開発をしていた。結果としてバグが出ることもなくゲームのクオリティを上げることができたが、進捗管理ができていなかった点が前期の反省を生かせなかった。後期はHAKODATE Developer Conference 2016 や HAKODATE アカデミックリンクなど学会での発表やほかの大学や高校の学生の発表を聞く機会があった。スライドを作成したりプレゼンテーションの技術の向上だけでなく、プレゼンテーションを聞いて自ら考え、意見を述べたり質問する貴重な体験をすることもできた。

(※文責: 坂本直優)

8.3 今後の展望

1 年間の成果として、「集合と論理」を用いたゲームでの教育の優位性を示すことができた。今後の改良案については、児童の理解度を確認するためにセンター試験を用いているが、これは紙面で解いてもらったため、そのような理解度を確認できるシステムを、今後ゲームの中に組み込んでいくことができればよいと考える。加えて、「かつ、または」の内容を理解することが難しい、とい

う意見をアンケートや実際に直接児童から言われることが多かった。このことから、問題を解いていく中で児童をレベルごとに分類し、知識の定着が遅れている児童には難易度を下げた問題を出題できるようなシステムを実装することで、知識の定着度や使用する児童の年齢の幅が上昇すると考えた。今回我々が開発したゲームの小学校の算数教育へのアプローチとして、第 1.4 稿で挙げた様に、センター試験という児童にとって難しい問題を実際に解けるようになってもらい、算数を好きになってもらう、という間接的なものがある。加えて、論理的思考力を養い、実生活や今後の生活で活かしてもらうといった狙いがある。今後のゲームの方向性として、小学生を対象にした唯一の「集合と論理」のゲームとして、児童の算数の力を上昇させることと、児童をレベルごとに分類して出題内容を変えることで、対象年齢の幅を広げていくことなどを考えていきたい。

(※文責: 山香俊也)

参考文献

- [1] 石上泰章，川本佳代，新井紀子．論理的表現力評価システムの開発．研究報告コンピュータと教育（CE）．2009，15(2009-CE-98)，75-82.
- [2] 文部科学省．小学校段階における論理的思考力や創造性，問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議．2016，
- [3] 国立教育政策研究所．平成 19 年度全国学力・学習状況調査．2007，
http://www.nier.go.jp/tyousakekka/gaiyou_shou/19shou_houkoku2.pdf（参照 2016-6-10）
- [4] 文部科学省．小学校学習指導要領解説総則編．2008，http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2009/06/16/1234931_001.pdf
（参照 2016-6-10）
- [5] 文部科学省．高等学校学習指導要領解説数学編．2009，http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2012/06/06/1282000_5.pdf（参照 2016-6-10）
- [6] 岸本 好弘，三上浩司．ゲーミフィケーションを活用した大学教育の可能性について．日本デジタルゲーム学会 2012.
- [7] 古川新，北本卓也．ゲームを活用した数学教材について．教育実践総合センター研究紀要．2016，41，189-195.
- [8] 児玉典子，田中将史，藤波綾，細川美香，小山淳子，Hogue William R.，竹内敦子．チーム基盤型学習（TBL）法と学生の学習動機に及ぼす影響．神戸薬科大学研究論集．2016，3，30，1-15.