

公立はこだて未来大学 2015 年度 システム情報科学実習  
グループ報告書

Future University Hakodate 2015 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

ことわざ Revolution

**Group Name**

Kotowaza Revolution

プロジェクト番号/Project No.

08-B

プロジェクトリーダー/Project Leader

1013230 岩井克之 Katsuyuki Iwai

グループリーダ/Group Leader

1013023 香川議潤 Norihiro Kagawa

グループメンバ/Group Member

1013023 香川議潤 Norihiro Kagawa

1013106 岩島真澄 Masumi Iwashima

1013133 今野森羅 Shinra Konno

指導教員

角薫 ドミニク・カスツジャ・バゲンダ

**Advisor**

Kaoru Sumi Dominic Kasujja Bagenda

提出日

2016 年 1 月 20 日

**Date of Submission**

January 1, 2016

## 概要

子供にとって勉強とはやらされるもの、やりたくないものというイメージがあるだろう。まして、自発的な勉強はとても苦痛だと感じるかもしれない。対してゲームに興味関心がある子供は少なくなく、興味をひかれ、楽しいものである。習慣的にゲームをする子供は多く、それは自発的なものであると言える。私たちは、教育のサポートができるゲームを開発し、教育にとってゲームが役に立つものかどうかを検証・調査するために、4つのグループ(English, ことわざ, 表情認識, iPad)に分かれて活動した。私たちことわざ Revolution グループは、ジェスチャインタフェースを使用した小学生の学習をサポートするゲームを企画・開発した。ジェスチャインタフェースによる直感的な操作に着目し、ただ板書を写したり教科書を読むだけでは覚えるのが難しい学習に対し、体を動かすという別の視点からアプローチすることにした。これは印象に残るような学習を提供し、学習効率の向上をねらい、ひいては学習への自発的な意欲を上げるためにジェスチャを扱い、子供たちが興味を持てるようなゲームを開発できると考えたためである。いま日本では、子供たちの学習時間の減少、および学力の低下を指摘する声もある。また、文部科学省は数ある教科の中でも特に国語については、教育だけではない知的活動・感性や情緒・コミュニケーション能力の基盤となるものだとしている。そこで私たちのグループは、学習だけでなく生活全般の根幹をなす国語の学習に絞って企画・開発を行った。担当の教員とグループメンバー3名で約2週間の間ゲームのテーマや内容を話し合い、プロジェクトメンバー全体での会議内でプレゼンテーションを行い、他グループメンバーからも意見を頂きながら、ジェスチャインタフェースをうまく応用でき、かつ教育のサポートもできるものとはなにかを探し続けた。その結果、国語の学習に使いかつ生活的指針・教訓も得られる「ことわざ」をテーマとし、ゲーム開発に取り組むこととした。このゲーム開発において、私たちは LeapMotion というデバイスと、Unity というソフトを用いた。LeapMotion は赤外線センサにより手の動きを認識し、PC を操作することができるものである。Unity は3D のゲームを開発する環境があり、LeapMotion と組み合わせて面白いゲームが作れると考えて採用した。開発を進めるうえで、子供たちに実際に遊んでもらったり、学会で発表するなどして第三者から意見や感想を聞き、ゲームを改善していった。最終的な成果物の学習効果に有意性があるのかを確かめるために小学校に訪問し、実証実験を行った。その結果として私たちの作成したゲームには学習効果があることを確認した。

キーワード 教育, ゲーム, ジェスチャインタフェース, ことわざ, LeapMotion

(※文責: 今野森羅)

# Abstract

Children maybe think that they do not want to study or study is obligation. Besides, they will feel painful to do self study. Conversely, children are important for video game. Many children play video game voluntarily. Our project branched four group(gesture,'kotowaza',face recognition and ipad). All groups make video game which support studying. And we will test about the game is really work effective. Our team is Kotowaza Revolution and we made video game which support elementary school students' study. The game use gesture interface and it can control PC intuitively. We focused on the effect and apply to making game. We guess that instinctive action benefits learning and increase motivation. Nowadays, in Japan, some people indicate about children' learning ability is decreasing. And Japanese ministry of education says national language is base of thinking, sensitivity, emotion and communication. So our group decide to make game about national language. We talk about theme and system of the game with advisers. We presentation in meeting of game de education and get project members' idea. Thanks to them, we decide to the theme and it is proverb. Proverb teach children not only about national language, but also knowledge which is useful for their living. In making game, we use LeapMotion and Unity. LeapMotion discriminates hand moving with infrared sensor and people can control PC with gesture. "Unity" is software that can makes 3D game. We think we will make interesting game with these two tools. For the Development period, We improve the game with children' opinion who play the game. We visited a primary school and experimented for confirming that our game really have learning effect.

**Keyword** education, game, gesture interface, proverb, LeapMotion

(※文責: Shinra Konno)

# 目次

|        |                            |    |
|--------|----------------------------|----|
| 第 1 章  | はじめに                       | 1  |
| 1.1    | 背景                         | 1  |
| 1.2    | 目的                         | 1  |
| 1.3    | 課題の概要                      | 1  |
| 第 2 章  | プロジェクトの概要                  | 2  |
| 2.1    | 問題の設定                      | 2  |
| 2.2    | 課題の設定                      | 2  |
| 2.2.1  | 前期                         | 2  |
| 2.2.2  | 後期                         | 3  |
| 2.3    | 到達レベル                      | 3  |
| 2.4    | 課題の割り当て                    | 3  |
| 2.4.1  | 岩島（開発係）                    | 3  |
| 2.4.2  | 今野（デザイン系）                  | 4  |
| 2.4.3  | 香川（グループリーダー）               | 4  |
| 第 3 章  | システムの開発                    | 6  |
| 3.1    | 概要                         | 6  |
| 3.2    | テーマ・コンセプト                  | 6  |
| 3.3    | システム                       | 7  |
| 3.4    | 開発                         | 7  |
| 第 4 章  | HIF における課外活動               | 8  |
| 第 5 章  | 中間発表                       | 9  |
| 第 6 章  | 福島アカデミーキャンプにおける評価実験        | 10 |
| 第 7 章  | ヒューマンインタフェースシンポジウムにおける学会発表 | 12 |
| 第 8 章  | 函館市立赤川小学校における評価実験          | 14 |
| 8.1    | 分析結果                       | 14 |
| 8.2    | システム                       | 20 |
| 8.2.1  | システムの構造と流れ                 | 20 |
| 8.2.2  | ストーリーシステムの仕様と工夫            | 24 |
| 8.2.3  | クイズシステムの仕様・工夫              | 27 |
| 第 9 章  | 期末発表                       | 29 |
| 第 10 章 | 考察                         | 30 |

第 11 章 まとめ

31

参考文献

32

# 第 1 章 はじめに

## 1.1 背景

質の高い学習を目指すためには学習する方法・環境が非常に重要である。文部科学省は、小学校において効果的な学習をするために指導内容に関して適切な工夫をすることが必要であると文字に起こしている。長年小学校の授業は座学のスタイルが中心であり、それは文部科学省がいう効果的な方法であると考えられる。たしかに先生が黒板に書いたことをノートに写す作業を繰り返すことが高い学習効果を持つのは疑いようのない事実ではある。しかし児童にとってそれが果たして楽しいものかということそうではなさそうだと考える。

(※文責: 今野森羅)

## 1.2 目的

このような問題を踏まえて、私たちのプロジェクトでは小学生の学習をゲームによってサポートすることを目的として活動した。さらにプロジェクト内で4つのチームに分かれ、それぞれが具体的なテーマを決めてゲーム製作をすることとした。最終段階としては実際に児童にゲームで遊んでもらい、それが学習効果を持つかを確かめることを目的とした。

(※文責: 今野森羅)

## 1.3 課題の概要

上記の目的を達成するため、私たちのチームはゲームを国語学習に取り入れることとした。ゲームはすでに子供たちに浸透しており、高い興味関心を引けるツールとして優秀である。この特徴を利用し、私たちは、手の動きを加えより印象的な学習を提供できるゲームを作り、子供たちの学習意欲を引き出すことを課題とした。

(※文責: 今野森羅)

## 第 2 章 プロジェクトの概要

### 2.1 問題の設定

国語学習をゲームで支援する上で、まずはどのようなゲームにするかを定めることとした。その結果従来の座学では使わないであろうジェスチャを用いることで、システムの斬新さを伴い強く印象に残るゲームになるだろうと方向決めをした。次にどのようなジェスチャを用いるかを話し合い、手を使う動詞（例：投げる、叩くなど）を挙げていった。その結果として「つかむ」を採用した。また国語の分野でも特に何を学ぶのかについては、小学生でも具体的なイメージがしやすい「ことわざ」をテーマとした。こうして児童がジェスチャ動作を用いて楽しく印象的に学べるような学習システムの開発・運用によって、国語学習効果の向上を目指すこととした。また実際に児童にこの学習ゲームを使用してもらう機会を設け、そこで実験・分析を行い学習効果の有無を調査することで結果を残すこととした。

(※文責: 今野森羅)

### 2.2 課題の設定

#### 2.2.1 前期

ゲーム開発の前提条件として、ジェスチャ動作を利用するために必要となるデバイスである Leap Motion (図 2.1) を用いること、主なターゲットを小学校高学年とすること、函館市立赤川小学校での実験に使用することの 3 点が挙げられた。この条件を満たす学習システム案として、国語力を伸ばしかつ日本の文化や歴史も学べる「ことわざ」をテーマとすること、ジェスチャ動作を用いた斬新なシステムであること、3D 空間内でのリアルな操作性であることなどが挙げられた。これらの案をもとにしてゲーム開発を進め、8 月の福島アカデミーキャンプや 9 月のヒューマンインタフェースシンポジウムでの子供たちが書いたアンケートや来場者の知見をもとにゲームを改善させることを課題とした。



図 2.1 Leap Motion

(※文責: 今野森羅)

## 2.2.2 後期

前期で収集した意見を踏まえてゲーム開発をさらに進める必要がある。特に操作性に関するものが多かったため、赤川小学校訪問に向けてさらなる調整をすることが重要であると考えた。また学習要素が弱く、ゲームにばかり集中しがちとの意見もあったので、学習要素とゲーム要素のバランスの見直しも課題の1つであった。具体的な改善内容としては、問題の前後でことわざの意味を表示させることで、ことわざの名前だけでなく意味も記憶してもらったり、問題を復習できるような環境づくりをした。

(※文責: 今野森羅)

## 2.3 到達レベル

学習システムの開発期間は長くはないので、限られた期間でどれだけの機能を実装できるのか、どれだけ理想的な学習システムを開発できるかを中心に考えることで今回設定した問題の解決を図る。そのため、以下のような到達レベルを設定した。

- ・この学習システムを用いることで、学習前のテストよりも学習後のテストの成績のほうが高くなること
- ・「学習した」という経験を残し、学んだ内容の概要や雰囲気を感じてもらう
- ・様々な児童が使いやすい、また使いたいと判断される
- ・必要な機能をすべて実装

(※文責: 今野森羅)

## 2.4 課題の割り当て

### 2.4.1 岩島（開発係）

プログラミングなど、ゲームの機能を実装した。また、機能の設計をして、メンバーで分担もした。進行状況を確認し、都度開発時間の見通しを意見した。本グループでは小学5年生を対象に、ことわざを学習するゲームアプリケーションを開発し、その学習効果と満足度を調査することを課題とした。また、Leap Motionを入力機器として用い、学習効果をより高めることを狙った。ここではその課題の解決のうち、ゲームの実装過程について述べていく。まずゲームの開発にはいくつかの工程がある。大きく分けると、「企画」、「設計」、「実装」、「テスト」である。まず、企画段階ではブレインストーミングをした。Leap Motionの手の動きをトラッキングして仮想手を操作するという特徴を活用したかったので、「つかむ」という動詞に着目した。次に、「つかむ」というアクションを使って楽しい要素を考え、「動物をつかむ」というコンセプトを定めた。そして、そのコンセプトで学習できそうなものと考え、動物の漢字を用いたことわざをテーマにした。このアイデアをもとに、誰がいつ見てもどんなゲームを作ることがわかるように企画書の作成をした。設計段階では、企画書にまとめたものをもとに、実際にどう作っていくかを仕様書にまとめながら考えた。まずはシステムを決め、次にデザインや見た目、用いることわざを決め、そして必要な素材を考えた。実装段階では、仕様書をもとにUnityでゲームを開発した。時にはUnity講習会を

開いたり、参考書の読み会をしてゲームの開発への知識を深めながら、実装していった。中間発表では、1問だけのデモを作り発表した。ここで、操作性が悪い、挙動が不安定といった様子がみられた。その調整に加え、ストーリーやスコアの実装を予定した。いくつかの調整とストーリー、スコアの実装を経て、福島アカデミーキャンプとヒューマンインターフェースシンポジウムで公開し、様々な意見が得られた。まず、操作性が悪いという意見があった。Leap Motion を用いた仮想手による操作はある程度の慣れが必要だった。さらに仮想空間内での物理演算法則から外れた仕様であるため、他のオブジェクトに予期しない影響をもたらしていた。そのため、直感的な操作ができないという問題が生じたため操作性が悪いという意見が多くあった。これは仮想手を物理演算の対象から外し、余計な影響を他のオブジェクトに与えないようにすることで解決を試みた。よって手は動物をすり抜けるようになり、つかむ時だけ影響を及ぼす仕様となった。また、距離感がわからないため動物をつかみづらいという意見もあった。これの改善策は、仮想手と動物オブジェクトとの距離を計算し、距離に応じて動物を発光させる機能を実装した。手が近づくとき黄色に、つかめそうなほどに近づくとき赤に発光させることにより、つかみやすくなった。次に、ゲームの展開が学習に適していないという意見があった。動物をつかむことに夢中になり、出題内容を意識しづらい人が多かった。よって、出題の前後で出題内容を強調し必ずプレイした問題を意識させる仕様にした。その他、ストーリーシーン、スコア機能、プレイ時間などの調整をした。そして、赤川小学校でゲームを公開した。得られた課題は、操作性の改善であった。fps が低く、挙動にラグがありがちだったのと、つかむ判定と離す処理の安定性が不十分であった。また、手のトラッキングに問題はなかったが、仮想手の動きが固くなっており、操作性を低下させていた。赤川小学校で得られたデータをまとめ、最終発表で成果を発表した。

(※文責: 岩島真澄)

### 2.4.2 今野 (デザイン系)

問題解決に向けて議論した際に出たアイデアやゲーム案をもとに、それらをスケッチとして具体的に表現した。スケッチをもとに各ゲーム画面をレイアウトし、Adobe Illustrator と Adobe PhotoShop を利用してオープニングやエンディングなどを作成した。これらソフトの使用は初めてだったため、独学で使い方を覚えつつ成果物の製作を進めた。中間発表で用いるポスターの制作も担当した。9月のヒューマンインターフェースシンポジウムでは来場者に直接ゲームのコンセプトや遊び方を話し、多くの知見をいただいた。後期も引き続きデザイン面を担当し、問題前後で表示されることわざの意味を載せた画像を作成した。問題の回答で成功・失敗時に流すカットインを動画として作成した。動画の作成には Adobe Premiere Pro CC 2014 を使用した。動画制作自体が初めての試みだったので紆余曲折したが、こちらも独学で作成した。赤川小学校訪問では授業形式を検討・決定した。また訪問時には授業及び実験の進行役も務めた。成果発表会ではポスター、及びスライドで使用する動画を作成し、成果の発表も行った。

(※文責: 今野森羅)

### 2.4.3 香川 (グループリーダー)

チーム内ではゲーム開発の進行や活動状況を把握し適宜スケジュールの調整や共有を行うほか、連絡事項などを伝えるチームリーダーを担当した。開発をスムーズに行うためには、どの程度ゲー

## Game De Education

ムアイデアが決まったのか、開発する過程で何が問題となってどのように解決すればよいのかなどを把握する必要がある。それらをチーム全員で認識するために各メンバーがどのような問題点にぶつかったかを報告しあつた。また、企画書や仕様書といった、チーム内でのゲーム開発を行う上でベースとなるドキュメントを作成したほか、開発した学習ゲームについての論文も執筆した。また函館市立赤川小学校での学習実験ではテストやアンケートを用意するほか、実験全体の進行管理などを行った。

(※文責: 香川議潤)

## 第 3 章 システムの開発

### 3.1 概要

本グループでは、小学 5 年生を対象に、Leap Motion を用いてことわざを学習するゲームアプリケーションの開発をした。Leap Motion とは、赤外線センサを用いて手の動きをトラッキングし、仮想手を表現することで直感的、体感的な操作を可能にする入力機器である。医療分野などでも使われる試みがされるなど、とても注目されているインタラクティブなデバイスである。手を動かしながら学習するとより効率よく学習できると言われている。ゲームにおいても、実際に手を動かすという操作は、より高い学習効果をもたらすと考えた。また、ユーザが小学生なので、より簡単な操作ができるようにしたいと考え、このゲームの入力機器に Leap Motion を用いた。プラットフォームは Windows, OS X に対応させた。開発環境は Unity を用いた。言語は C # を使用した。

(※文責: 岩島真澄)

### 3.2 テーマ・コンセプト

まずは Leap Motion の特性を活かすため、「つかむ」という動詞に着目した。それから、つかんで楽しそうなものを考え、「動物」に着目した。そして、動物に関連して、動物の漢字が用いられたことわざを学習するゲームを発想した。つまり、テーマは「動物をつかんでことわざを学習するゲーム」となった。つかんで、というのは動物を捕まえて、柵に入れるというアクションを意味する。タイトルは「つかめ！ことわざ動物園」(図 3.1) である。



図 3.1 「つかめ！ことわざ動物園」タイトル画面

(※文責: 岩島真澄)

### 3.3 システム

主なシステムは、解答方法に Leap Motion によるアクション操作を用いたクイズゲームの形式をとっている。ゲーム画面では、画面中央に檻があり、その周囲を動物オブジェクトが歩き回っている。画面上部には出題されることわざの意味と、動物の漢字部分が「？」として伏せられている状態のことわざ、左下に制限時間が表示されている。動物をつかみ、檻に入れ、入れた動物が「？」に当てはまる動物なら正解、不適切なら不正解と判定される。

(※文責: 岩島真澄)

### 3.4 開発

ゲームの開発にはいくつかの工程がある。大きく分けると、「企画」、「設計」、「実装」、「テスト」である。まず、企画段階ではブレインストーミングをした。Leap Motion の手の動きをトラッキングして仮想手を操作するという特徴を活用したかったので、「つかむ」という動詞に着目した。次に、「つかむ」というアクションを使って楽しい要素を考え、「動物をつかむ」というコンセプトを定めた。そして、そのコンセプトで学習できそうなものを考え、動物の漢字を用いたことわざをテーマにした。このアイデアをもとに、誰がいつ見てもどんなゲームを作るのかがわかるように企画書の作成をした。設計段階では、企画書にまとめたものをもとに、実際にどう作っていくかを仕様書にまとめながら考えた。まずはシステムを決め、次にデザインや見た目、用いることわざを決め、そして必要な素材を考えた。実装段階では、仕様書をもとに Unity でゲームを開発した。時には Unity 講習会を開いたり、参考書の読み会をしてゲームの開発への知識を深めながら、実装していった。中間発表では、1 問だけのデモを作り発表した。いくつかの動作の調整とストーリー機能、スコア機能の実装を経て、福島アカデミーキャンプとヒューマンインターフェースシンポジウムで公開した。そこで出た様々な意見や反省点を元に、いくつかの機能を追加した。仮想の手は動物をすり抜けるようになり、つかむ時だけ影響を及ぼす仕様となった。仮想手と動物オブジェクトとの距離を計算し、距離に応じて動物を発光させる機能を実装した。手が近づくとき黄色に、つかめそうなほどに近づくとき赤に発光させることにより、つかみやすくなった。出題の前後で出題内容を強調し必ずプレイした問題を意識させる仕様にした。その他、ストーリーシーン、スコア機能、プレイ時間などの調整をした。

(※文責: 岩島真澄)

## 第 4 章 HIF における課外活動

HIF とは「北海道交流センター」の略である。北海道国際交流センターは函館に拠点をおき、北海道における人と人との交流を通じて国際相互理解教育の推進と世界の平和に貢献することを目的に、ボランティア団体から一般財団法人へと発展してきた団体である。ホームステイプログラムを中心とした幅広い国際交流事業をはじめ、グローバルキャリア形成などの人材育成、若者や生活困窮者の就労・自立支援やボランティア・環境保護活動の情報発信など、多岐にわたる事業に取り組んでいる。この発表では交換留学生に対して活動報告をした。Leap Motion の解説や開発中のシステムの説明をした。開発中のシステムのデモを公開し、聴講者にも試用してもらった。以下の図 4.1 はその様子である。用いたデモは、動物をつかんで檻に入れたら正否判定をする仕様で、1 問をループするものだった。フィールドの動物は 3 種類を 1 匹ずつであった。

(※文責: 岩島真澄)



図 4.1 HIF での説明の様子

## 第 5 章 中間発表

7月には学生，教員および外部の方向けに中間発表を行った．内容としてはプロジェクトの活動内容，目標と課題，ゲーム開発の手段，進捗状況と今後のスケジュールなどであった．プロジェクトごとにブースを設けられ，私たちはポスターを使って簡単にプロジェクトの説明を行った．その後来場者に開発したゲームのデモで遊んでいただき，ゲームに関する感想と発表に関する感想の両方を書いていただいた．まずゲームに関する感想として，動物がつかみにくいというものが多く挙げられた．しかし Leap Motion を用いた直観的な操作が面白いといった高評価もいただいた．発表技術に関してはゲームの BGM が大きく声が聞こえない，声が小さい，スライドが見づらい等批判的意見が多かったため，次の発表の機会では改善できるよう心がけることとなった．ここで用いたデモは，HIF で用いたものと同様のものではなかった．

(※文責: 今野森羅)

## 第 6 章 福島アカデミーキャンプにおける評価実験

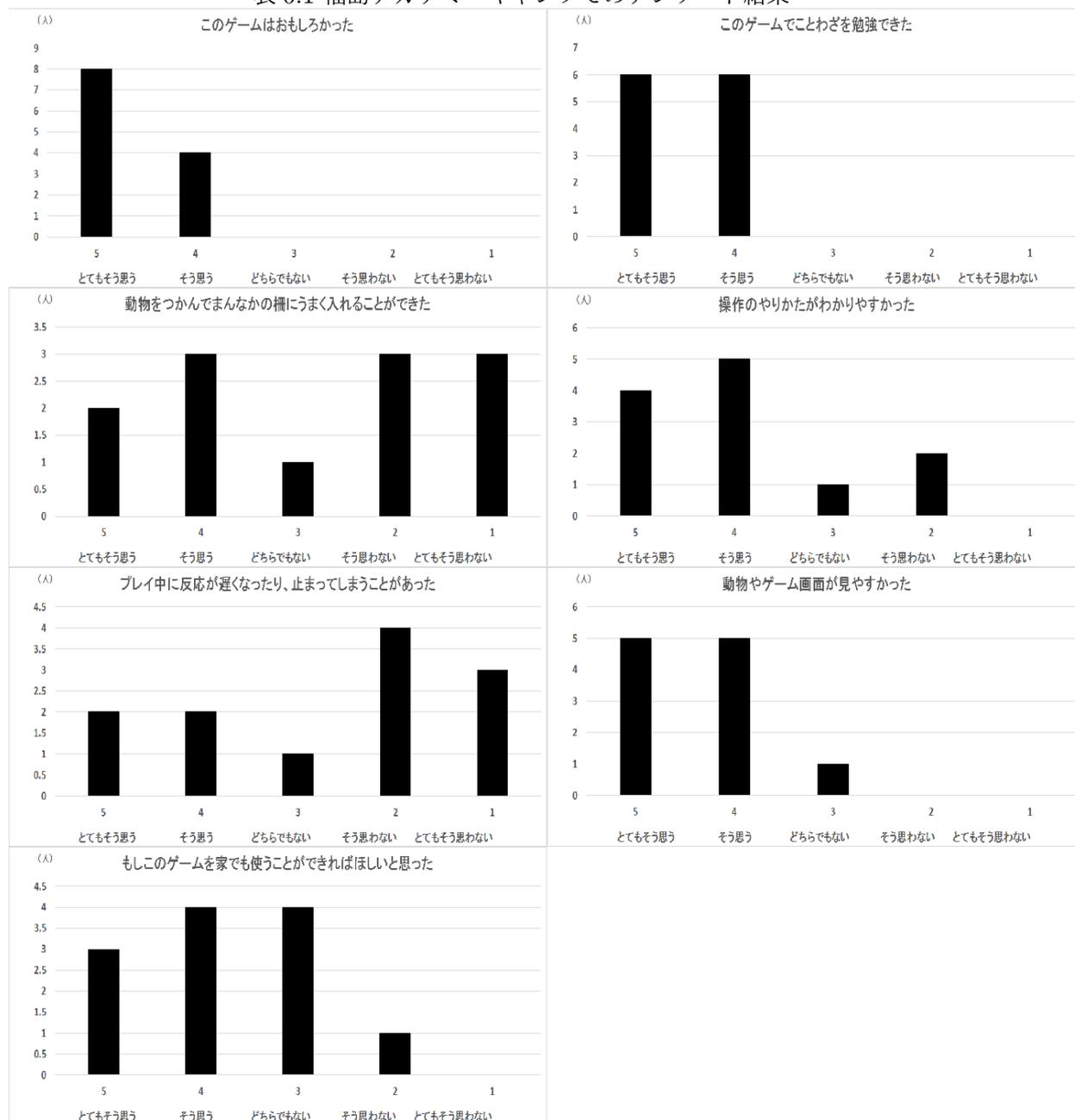
中間発表で用いたデモからゲームとしての体裁を整えたものがこの実験で用いたシステムである。ゲームの流れは、タイトル、オープニング、クイズ、エンディングの順である。ストーリーを入れると、ゲームへの没入感を促すことができ、集中力や学習効果に良い影響を与えることができると考えた。オープニング、エンディングでキャラクターの立ち絵とテキストによる簡易なストーリー機能を実装した。また、スコア機能を実装し、競争性によりゲームに対する意欲を促進させる試みをした。スコアはクリア時間から算出した。クイズでは、緊張感を与えるためと、プレイ時間を短縮させるために制限時間を設けた。出題は、10 種類のことわざからランダムに 5 問選んでプレイしてもらった。下の図 6.1 はその時の様子である。またゲームプレイ後にはアンケートを記入してもらった。表 6.1 ではアンケート項目ごとの結果をまとめている。これよりわかることとしてまず、操作性が悪いという意見があった。Leap Motion を用いた仮想手による操作はある程度の慣れが必要だった。さらに仮想空間内での物理演算法則から外れた仕様であるため、他のオブジェクトに予期しない影響をもたらしていた。そのため、直感的な操作ができないという問題が生じたため操作性が悪いという意見が多くあった。これは仮想手を物理演算の対象から外し、余計な影響を他のオブジェクトに与えないようにすることで解決を試みた。

(※文責: 岩島真澄)



図 6.1 アカデミーキャンプでのデモプレイの様子

表 6.1 福島アカデミーキャンプでのアンケート結果



## 第7章 ヒューマンインタフェースシンポジウムにおける学会発表

今年度の9月には、公立はこだて未来大学にて行われたヒューマンインタフェースシンポジウムという学会に参加した。私たちもブースを与えられ、活動内容が書かれたポスター、および開発したゲームを展示した。図7.1は実際に展示したブースである。ゲームはデモで遊べるように設置して、来場者に実際に遊んでいただいた。まず、来場者からいただいた意見を以下に示す。

- ・画面が見づらい
- ・操作性を改善してほしい
- ・動物をつかみにくい
- ・手を動かせる範囲が狭い
- ・そもそもなぜことわざなのか伝わらない

いただいた意見は操作性に関連したものが多かった。またそもそもなぜことわざなのか、ほかの科目でもいいのではといった題材に対する疑問であったり、動物を柵に入れるのがなぜなのか分からないといったストーリー性への指摘などもあった。また、ゲームで遊んでいただいた DeNA の馬場保仁氏からは、ゲーム開発の専門家の視点でアドバイスをいただいた。その内容を以下に示す。

- ・ことわざと動物捕獲が直感的に結び付けづらいので、導入がほしい。
- ・ことわざが出てから動物が入ってくるまでの間の挙動や、カメラワークに気を付けたい。
- ・どの3Dモデルがどの動物なのかわかりやすく表示したほうがよい。
- ・どの程度手を近づければ動物を捕まえられるのかわかりづらい。動物との距離によって手を光らせるなど工夫が必要。
- ・もっとアバウトに当たり判定をつくったほうがよい
- ・最初に、どこで「おもしろい!」と思わせるポイントを設定するのかを考えたい。

これらの意見をもとに操作性のさらなる改善、オープニング・エンディングによる世界観への肉付け、動物園とことわざの結びつけなどの作業が必要であることが明らかとなった。なお、この展示で用いたゲームは福島アカデミーキャンプで用いたものと同様である。

(※文責: 今野森羅)



図 7.1 シンポジウムでのブースの様子

## 第 8 章 函館市立赤川小学校における評価実験

### 8.1 分析結果

実施日時は 11 月 12 日午前 9 時半から午前 11 時 15 分、実施場所は函館市立赤川小学校の視聴覚室にて実施。小学 5 年生 19 人を対象とした。本実験で用いたツールは学習ゲームがプレイ可能なノート PC3 台、Leap Motion3 台、被験者のゲーム内での解答状況を記録するための記録シート、ゲームの前に行う事前テストとゲームの後に行う事後テスト、プレイ後のアンケートをそれぞれ人数分用意した。どちらのテストも、出題される問題はすべてゲーム内で出題される問題と同一のものであり、アンケートは本チームが実験を行ううえで必要と思われるデータを回収するために 7 つの項目についての 5 段階評価（5：とてもそう思う、4：そう思う、3：どちらでもない、2：そう思わない、1：とてもそう思わない）となっていた。アンケートの質問事項は順に、「このゲームはおもしろかった」「このゲームでことわざを勉強できた」「操作のやりかたがわかりやすかった」「動物をつかんでまんなかの柵にうまく入れることができた」「動物やゲーム画面が見やすかった」「プレイ中に反応が遅くなったり、止まってしまうことがあった」「もしこのゲームを家でも使うことができればほしいと思った」となっており、アンケート用紙の下には意見や感想を書くためのスペースを設けた。尚、テストとアンケートを実施する上で被験者となる生徒を特定するために、自分の出席番号を記入してもらったようにした。

はじめに、生徒全員が 5 分程度で事前テストに解答してもらった。その後実際にゲームをプレイしてもらった。プレイする順番は特に決まっておらず、その場でプレイしていない生徒から次々とプレイしていった。全員がプレイし終わった後に 10 分程度で事後テストとアンケートの回答してもらい、実験終了となった。表 8.1 に、被験者全員の事前テストと事後テストの成績を示す。

表 8.1 事前テストと事後テストの成績

|    |   | 老いたる<br>馬 | 馬の耳 | 尾を振る<br>犬 | 豚に真珠 | 猫の首 |
|----|---|-----------|-----|-----------|------|-----|
| 1  | 前 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
|    | 後 | ○         | ○   | ○         | ○    | ○   |
| 2  | 前 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
|    | 後 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
| 3  | 前 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
|    | 後 | ○         | ○   | ○         | ○    | ○   |
| 4  | 前 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
|    | 後 | ×         | ○   | ×         | ○    | ○   |
| 5  | 前 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
|    | 後 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
| 6  | 前 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
|    | 後 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
| 7  | 前 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
|    | 後 | ○         | ○   | ○         | ○    | ○   |
| 8  | 前 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
|    | 後 | ○         | ○   | ×         | ○    | ×   |
| 9  | 前 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
|    | 後 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
| 10 | 前 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
|    | 後 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
| 11 | 前 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
|    | 後 | ○         | ○   | ○         | ○    | ○   |
| 12 | 前 | ×         | ○   | ×         | ○    | ○   |
|    | 後 | ×         | ○   | ×         | ○    | ○   |
| 13 | 前 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
|    | 後 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
| 14 | 前 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
|    | 後 | ×         | ○   | ×         | ○    | ○   |
| 15 | 前 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
|    | 後 | ○         | ○   | ○         | ○    | ○   |
| 16 | 前 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
|    | 後 | ○         | ○   | ○         | ○    | ○   |
| 17 | 前 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
|    | 後 | ○         | ○   | ○         | ○    | ○   |
| 18 | 前 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
|    | 後 | ○         | ○   | ○         | ○    | ○   |
| 19 | 前 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |
|    | 後 | ×         | ○   | ○         | ○    | ○   |

表 8.1 を確認すると、「豚に真珠」「馬の耳に念仏」の 2 問については、事前テストと事後テストどちらも被験者全員が正解していたことから成績に変化がなかった。また、「猫の首に鈴をつける」の 1 問については、被験者 8 が事後テストでのみ不正解していた以外は同様の結果となった、この成績データを用いて、事前テストと事後テストの 2 つの成績データに有意差が確認されるかどうかについて t 検定を行ったのだが、はじめに「猫の首に鈴をつける」の 1 問における被験者 8 の事後テストの不正解となったデータについて、これが外れ値であることを検定によって示す。

外れ値検定を行う上で必要な要素をまとめた。この外れ値検定を行うために、Smirnov-Grubbs 検定の手法をとった。本実験で行われた事前テストと事後テストは同一の問題 5 問が出題されているため、テストを受けた被験者が 19 人いることから各問題について合計 38 個の解答データが存在する。また、データは正解か不正解のどちらかとなることを考慮して、正解の場合は 1 を、不正解の場合は -1 をとるものとした。以上のことをわかりやすく示すために、問題「猫の首に鈴をつける」についての被験者全員のそれぞれのテストの解答データを表 8.2 に記した。

表 8.2 問題「猫の首に鈴をつける」に対する被験者の解答状況

| 被験者 | 事前 | 数値化 |
|-----|----|-----|
|     | 事後 |     |
| 1   | ○  | 1   |
|     | ○  | 1   |
| 2   | ○  | 1   |
|     | ○  | 1   |
| 3   | ○  | 1   |
|     | ○  | 1   |
| 4   | ○  | 1   |
|     | ○  | 1   |
| 5   | ○  | 1   |
|     | ○  | 1   |
| 6   | ○  | 1   |
|     | ○  | 1   |
| 7   | ○  | 1   |
|     | ○  | 1   |
| 8   | ○  | 1   |
|     | ×  | -1  |
| 9   | ○  | 1   |
|     | ○  | 1   |
| 10  | ○  | 1   |
|     | ○  | 1   |
| 11  | ○  | 1   |
|     | ○  | 1   |
| 12  | ○  | 1   |
|     | ○  | 1   |
| 13  | ○  | 1   |
|     | ○  | 1   |
| 14  | ○  | 1   |
|     | ○  | 1   |
| 15  | ○  | 1   |
|     | ○  | 1   |
| 16  | ○  | 1   |
|     | ○  | 1   |
| 17  | ○  | 1   |
|     | ○  | 1   |
| 18  | ○  | 1   |
|     | ○  | 1   |
| 19  | ○  | 1   |
|     | ○  | 1   |

表 8.2 を用いて被験者 8 の不正解となった成績データが外れ値であるかどうかを検定する ( $t=3.216$ ,  $n=38$ ,  $p<.01$ ). 前提として, 帰無仮説  $H_0'$  は「全てのデータは同じ母集団からのものである」ものとし, 対立仮説  $H_1'$  は「データのうち, 最小の測定値であるものは外れ値である」ものとした. 次に, 標本データを  $X_i$ , 標本平均を  $\bar{X}$ , 不偏分散を  $U$  として, 各値を求める. 尚, これ以降本稿に出てくる全ての計算結果について, それが小数の場合は小数第 3 位までを扱うとし, 小数第 4 位以降は全て切り捨てとした. 以下, 表 8.3 より各値を算出する.

表 8.3 スミルノフの棄却検定表

| n  | 0.05  | 0.01  |
|----|-------|-------|
| 3  | 1.153 | 1.155 |
| 4  | 1.462 | 1.493 |
| 5  | 1.671 | 1.749 |
| 6  | 1.822 | 1.944 |
| 7  | 1.938 | 2.097 |
| 8  | 2.032 | 2.221 |
| 9  | 2.110 | 2.323 |
| 10 | 2.176 | 2.410 |
| 11 | 2.234 | 2.484 |
| 12 | 2.285 | 2.549 |
| 13 | 2.331 | 2.607 |
| 14 | 2.372 | 2.658 |
| 15 | 2.409 | 2.705 |
| 16 | 2.443 | 2.747 |
| 17 | 2.475 | 2.785 |
| 18 | 2.504 | 2.821 |
| 19 | 2.531 | 2.853 |
| 20 | 2.557 | 2.884 |
| 21 | 2.580 | 2.912 |
| 22 | 2.603 | 2.939 |
| 23 | 2.624 | 2.963 |
| 24 | 2.644 | 2.987 |
| 25 | 2.663 | 3.009 |
| 26 | 2.681 | 3.119 |
| 27 | 2.698 | 3.135 |
| 28 | 2.714 | 3.150 |
| 29 | 2.730 | 3.164 |
| 30 | 2.745 | 3.178 |

最小測定値:  $X_{16}=-1$

標本平均:  $\bar{X}=0.947$

不変分散

$$U = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

より,  $U=0.104$

以上の数値と次式

$$T_i = \frac{|X_i - \bar{X}|}{\sqrt{U}}$$

を用いて  $T_{16}$  を求めると,  $T_{16}=6.046$  となった.  $t=3.216$  であり,  $T_{16} > t$  が成立するため  $H_0'$  を棄却し  $H_1'$  を支持する. 以上から,  $X_{16}$  を外れ値として扱うことにする. この検定結果から, 「猫の首に鈴をつける」の 1 問については, 外れ値として不正解データ 1 個を扱う以外は前述の 2 問

「豚に真珠」「馬の耳に念仏」と同様に事前テストと事後テストどちらも正解しているため、こちらも成績に変化がなかったものとした。

これらのことを踏まえ、事前テストと事後テストで成績に差があった2問「尾を振る犬は叩かれず」「老いたる馬は道を忘れず」について有意差が確認できるかt検定を行った ( $t=1.734$ ,  $df=18$ ,  $p < .05$ )。この2問に対する被験者全員の解答データを以下の表 8.4 に示した。

表 8.4 問題「老いたる馬は道を忘れず」「尾を振る犬は叩かれず」についての被験者の正答状況

| 被験者 | 事後テスト(X) | 事前テスト(Y) | 差D(X-Y) |
|-----|----------|----------|---------|
| 1   | 2        | 1        | 1       |
| 2   | 1        | 1        | 0       |
| 3   | 2        | 1        | 1       |
| 4   | 0        | 1        | -1      |
| 5   | 1        | 1        | 0       |
| 6   | 1        | 1        | 0       |
| 7   | 2        | 1        | 1       |
| 8   | 1        | 1        | 0       |
| 9   | 1        | 1        | 0       |
| 10  | 1        | 1        | 0       |
| 11  | 2        | 1        | 1       |
| 12  | 0        | 0        | 0       |
| 13  | 1        | 1        | 0       |
| 14  | 0        | 1        | -1      |
| 15  | 2        | 1        | 1       |
| 16  | 2        | 1        | 1       |
| 17  | 2        | 1        | 1       |
| 18  | 2        | 1        | 1       |
| 19  | 1        | 1        | 0       |

本チームの目的は学習ゲームの使用による学習効果の向上をはかるものであるため、前提となる仮説として事後テストの成績が事前テストよりも高くなっていることである。帰無仮説  $H_0$  は、2つの条件の測定値の元の母平均に差がないことで、 $\mu_0 = 0$  と仮定する。対立仮説  $H_1$  は、2つの条件の母平均に差があることで、 $\mu_1 \neq 0$  とする。図 8.4 の値を用いて、以下t値を算出する。まず、測定値の差の平均値  $\bar{D}$  を求めると  $\bar{D}=0.315$  となる。これより、差の標準偏差

$$S_D = \sqrt{\frac{\sum(D - \bar{D})^2}{N-1}} \quad (N \text{ は標本数})$$

の式に  $\bar{D}=0.315$ 、 $N=19$  を代入すると  $S_D=0.670$  となる。差の標準誤差は

$$S_{\bar{D}} = \frac{S_D}{\sqrt{N}}$$

で求まるので、 $S_D=0.670$  を代入すると  $S_{\bar{D}}=0.153$  となる。また、 $t_0$  値は

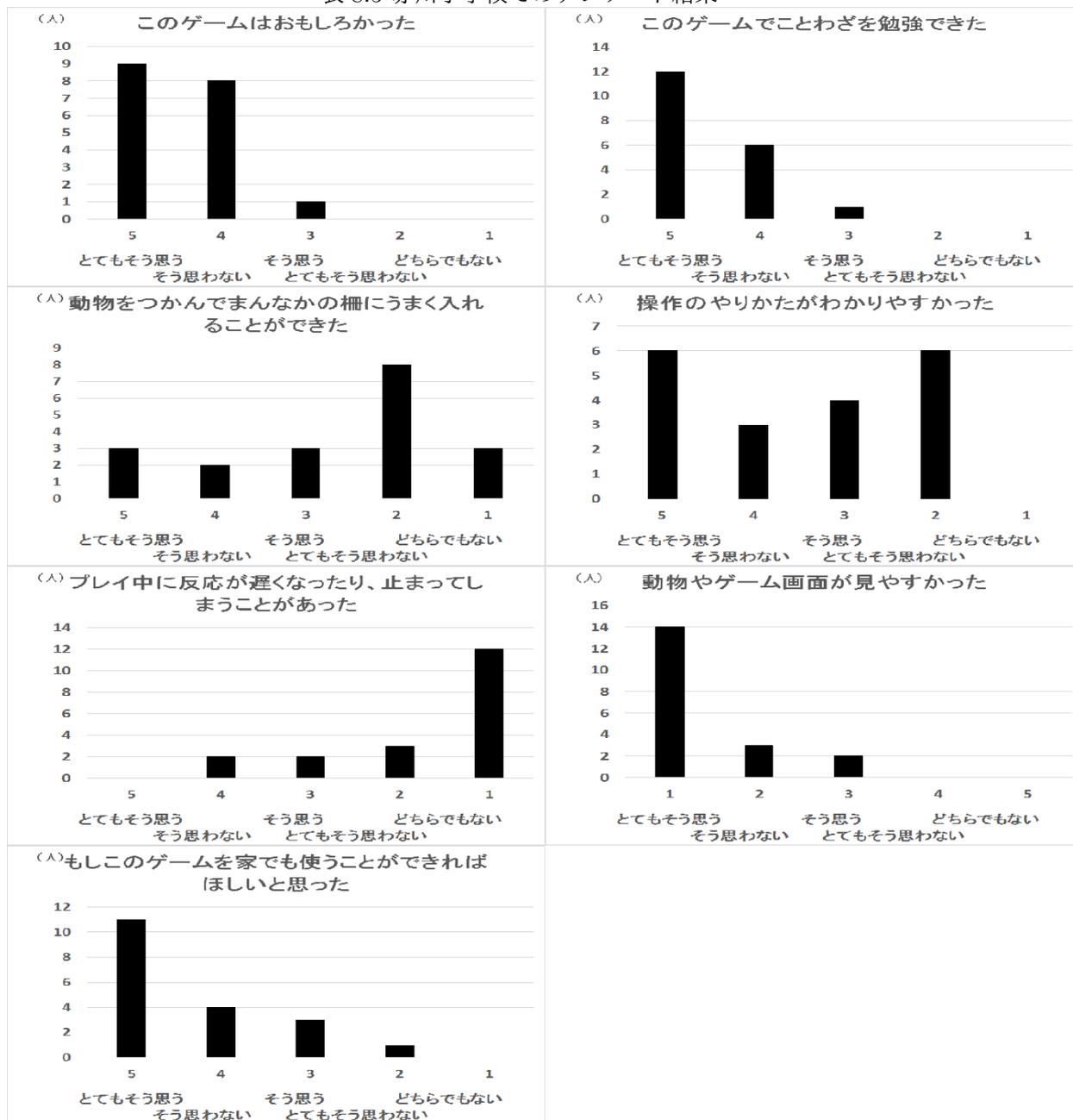
$$t_0 = \frac{\bar{D}-0}{S_{\bar{D}}}$$

で求まるので、 $S_{\bar{D}}=0.153$  を代入して  $t_0=2.058$  となった。ここで、臨界値  $t=1.734$  より  $t_0 > t$  となるので、 $H_0$  を棄却し  $H_1$  を支持する。したがって有意差が示された。以上のことから、学習ゲームを用いることで学習効果の向上があったことがわかった。

また下の表 8.5 は、アンケートの質問項目に対する被験者全員の回答結果である。

(※文責: 香川議潤)

表 8.5 赤川小学校でのアンケート結果



## 8.2 システム

### 8.2.1 システムの構造と流れ

ゲームの構成は、タイトルシーン (図 8.2)、オープニングシーン (図 8.3)、ゲームプレイシーン (図 8.4)、エンディングシーン (図 8.5) の4つによりなっている。ゲームの流れは、まずタイトル画面から始まる。タイトル画面にあるスタートボタンをマウスクリックするとオープニングシーンが始まる。時間経過で場面が変わっていき、終わるとゲームプレイシーンに移る。ゲームプレイシーンでは、まず練習用のステージが始まる。1分間自由にプレイしてもらい、それが終わると問題の1問目が始まる。問題は、まず初めに出题されることわざの意味を数秒間表示させてからクイズが始まる (図 8.6)。プレイ画面では、画面中央に檻があり、その周囲を動物オブジェクトが歩き回っている。画面上部には出题されることわざの意味と、動物の漢字部分が「?」として伏せられている状態のことわざ、左下に制限時間が表示されている。画面下部中央には動物の配置をリセットするボタンを設置した。動物をつかみ、檻に入れ、入れた動物が「?」に当てはまる動物なら正解のカットインが流れて (図 8.7)、正解後画面が数秒流れてから次の問題に移る。不正解なら不正解のカットインが流れる (図 8.8)。また、制限時間が過ぎると失敗となり不正解後画面に移る。正解後画面、不正解後画面ともに、出题されたことわざの正解文と、そのことわざの意味、その他イラストなどが表示される (図 8.9)。問題は全5問で、すべての問題が終わったら、エンディングシーンに移る (図 8.8)。エンディングもオープニングと同じ形式で、全問正解、一部正解、全問不正解の3つの場合でエンディングの内容が変わる。また、エンディングシーンの最後はエンドロールとなっており (図 8.10)、下から上へ、開発者、出题されたことわざなどが流れる。そして、エンドロールが終わると、タイトルに戻り、ここまでで1ゲームである。図 8.1 にシステムのフローチャートを示す。

(※文責: 岩島真澄)

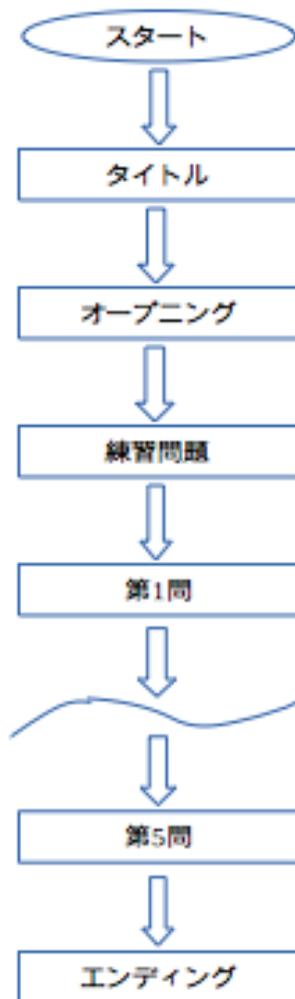


図 8.1 フローチャート



図 8.2 タイトル画面



図 8.3 オープニング画面



図 8.4 ゲームプレイ画面



図 8.5 エンディング画面

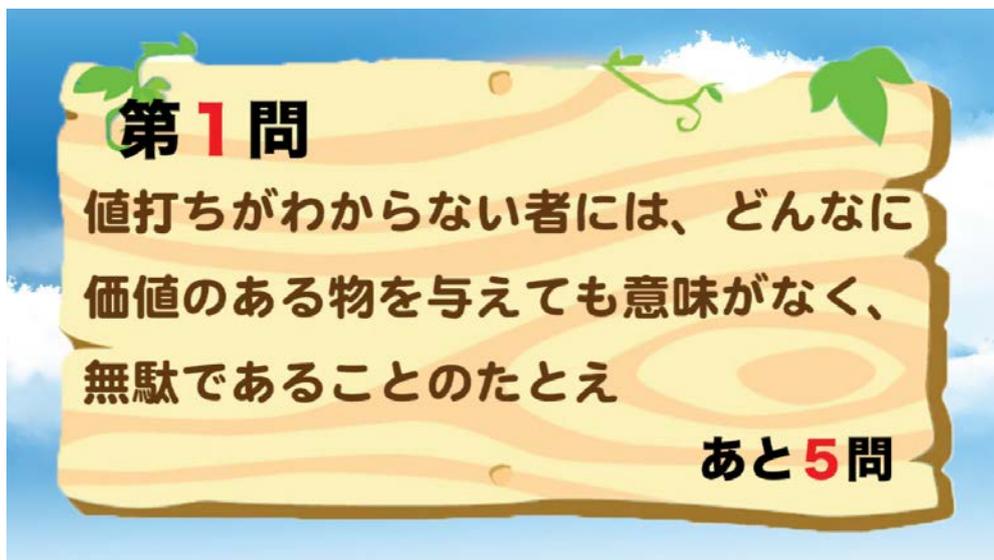


図 8.6 問題前のことわざの意味表示画面



図 8.7 正解時カットイン



図 8.8 失敗時カットイン

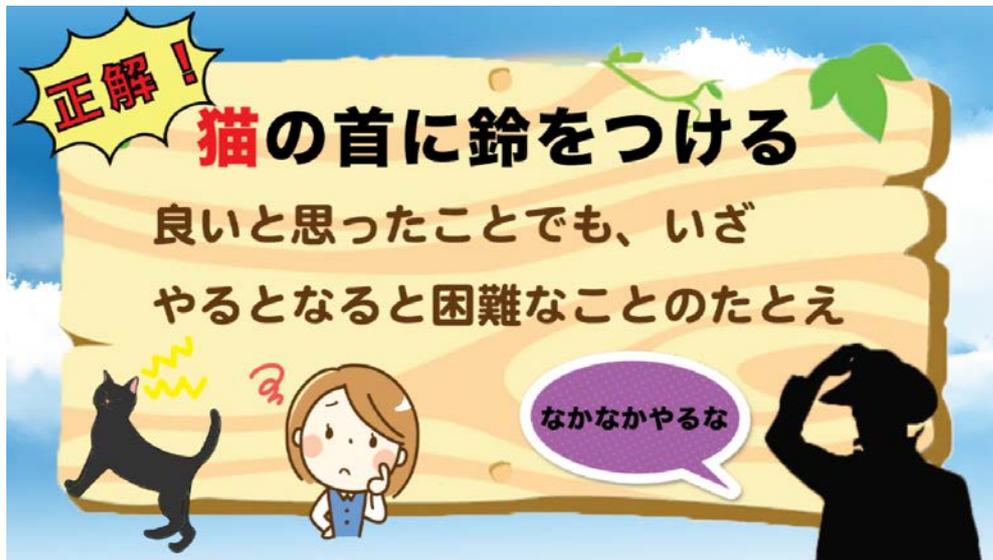


図 8.9 問題後の正解表示画面

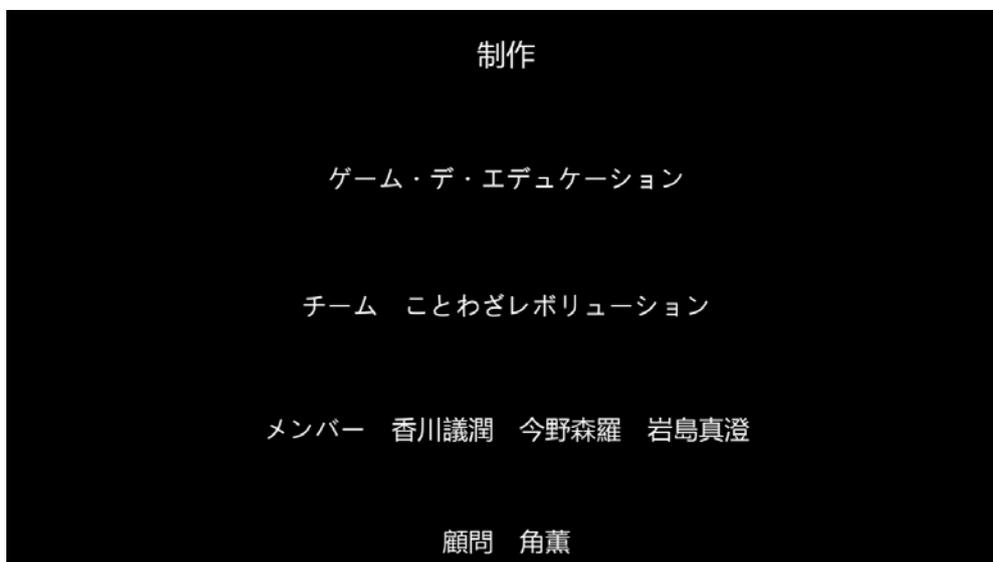


図 8.10 エンドロール

### 8.2.2 ストーリーシステムの仕様と工夫

背景画像，キャラクターの立ち絵，テキストボックスを表示し，時間経過で場面が進む．BGMが流れ，時折に効果音も流れる．舞台は「ことわざが学べるのが売りの動物園」という設定である．そこでは展示されている動物に応じてことわざの看板がある．オープニングでは動物が檻から脱走し，看板を壊してしまい，プレイヤーは逃げ出した動物を捕まえる手伝いを頼まれる，というストーリーである．エンディングではクイズの成績，つまりどれだけ動物を回収できたかでプレイヤーへのコメントが少し変動させ，よりよいコメントをもらえるよう努力させられるような工夫をした．また，エンディングの後には黒い背景に白い文字を流すエンドロールを実装し，その中で製作者の紹介や学んだことわざの確認ができるような工夫をした．なお，用いた素材のほとんどはフリー素材を利用した．下の図 8.11 にオープニング，図 8.12 にエンディングの全スライドを示す．

(※文責: 岩島真澄)



図 8.11 オープニングスライド一覧



図 8.12 エンディングスライド一覧

### 8.2.3 クイズシステムの仕様・工夫

仮想 3D 空間内には環境オブジェクト、動物オブジェクト、檻オブジェクト、仮想手オブジェクトが存在し、それぞれには RigidBody コンポーネントのアタッチにより物理演算が適応されていて互いの交錯時には衝突するようになっている。また、重力などの力学的運動が働いている。環境オブジェクトは背景装飾としての役割しか持たない。動物オブジェクトには馬、犬、猫、豚の 4 種類あり、ひとつの問題ではこの中から正解の動物と不正解の動物 2 種が選ばれ、それぞれ 3 匹ずつ、ランダムな位置に出現する。フィールドには 9 点の位置に透明なマーカーオブジェクトが設置されており、このマーカーが出現ポイントと動物が移動する際の中継ポイントの役割を持つ。動物オブジェクトは目標マーカーを目指して移動する。あるマーカーに接触した時に、マーカーごとにあらかじめ決められた次の目標マーカーに目標マーカーを移す。次の目標マーカーは確率で分岐する（図 8.13）。動物オブジェクトはそれぞれランダムなタイミングでその動物特有なアクションをする。例えば馬なら後ろ脚で立ち嘶くモーションを持つ。その際、どの動物も鳴き声を発する。この機能はより動物を印象づけるための工夫である。動物オブジェクトを Leap Motion による仮想手でつかみ、檻の中に入れる、正確には檻の底部にある判定オブジェクトに接触すると正否判定がされる。動物オブジェクトには Leap Motion の API にある Grab スクリプトをアタッチすることで仮想手オブジェクトで掴めるようになっている。問題には問題番号、問題文、正解文、意味文、正解の動物、その他のダミーの動物が決められている。その登録された正解の動物と判定時に接触した動物オブジェクトの名前を照合し、正否判定をする。Leap Motion による仮想手オブジェクトは仮想空間内での物理演算法則から外れた存在であるため、他のオブジェクトに予期しない影響をもたらし、挙動を不安定にしていた。例えば、現実空間の手の動きをトレースするため、狂った物理的数値を持ってしまうため、また仮想手オブジェクトはどのような衝突時においても座標が動かないため、他オブジェクトと衝突した時に他オブジェクトが高速に弾き飛ばされるような処理がされる。よって仮想手オブジェクトの RigidBody コンポーネントを消し、仮想手オブジェクトが他のオブジェクトと接触しないようにした。手は動物をすり抜けるようになり、つかむ時だけ影響を及ぼす仕様とする工夫をした。また、距離感がわからないため動物をつかみづらいことが多かったため、仮想手オブジェクトと動物オブジェクトとの距離を計算し、距離に応じて動物を Light コンポーネントにより発光させる工夫をした。手が近づくとき黄色に、つかめそうなほどに近づくとき赤に発光させた。なお、用いた素材のほとんどはフリー素材を利用した。

（※文責: 岩島真澄）

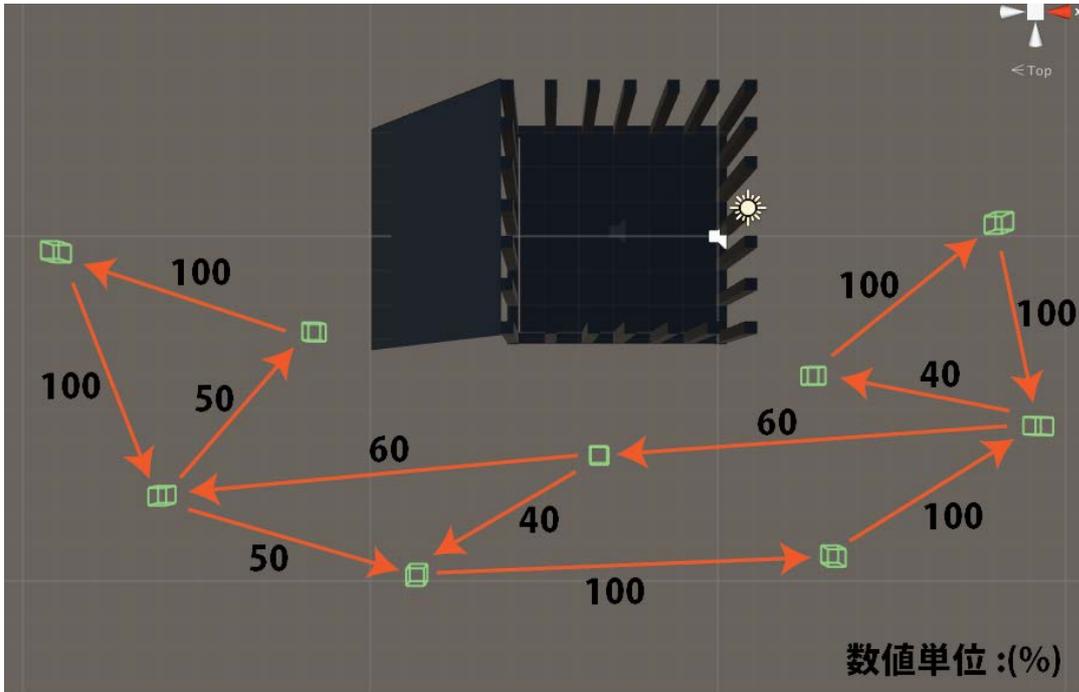


図 8.13 徘徊ルートと分岐の確率

## 第 9 章 期末発表

プロジェクト学習における最終成果を，中間発表と同様に学内の学生や教員のみならず企業の方々や一般市民にむけて発表した。発表技術・発表内容ともに概ね高評価であったため，今年度の活動内容がうまく伝えられたのではないかと思われる。得られたフィードバックとしては，直感的な操作がすごいなどのゲームに関するもの，声が大きく聞き取りやすい，実際のアンケート結果や t 検定を行っていて，とても効果が感じられたなどの発表技術に関するもの，ことわざ以外でも開発してほしいといったテーマに関するものなど多岐にわたった。プロジェクトでの活動としてはこれで終わりではあるが，ゲームの改善や拡張の可能性はまだまだ存在し，また期末発表では見てくださった方々からのフィードバックを得ることができたので今後の活動に活かしていく。

(※文責: 香川議潤)

## 第 10 章 考察

学習実験の結果からまず最初に言えたことは、尺の都合上、5問の問題からしかデータを得ることができなかったゆえに、問題の難易度に偏りが生じた点である。「豚に真珠」「馬の耳に念仏」について、事前テストと事後テストで成績変化がなかったこと、「猫の首に鈴をつける」については外れ値として扱ったデータ以外は同様に成績変化がなかったこと、実際に成績変化が見られたものが「尾を振る犬は叩かれず」「老いたる馬は道を忘れず」の2問のみであったため、明瞭な学習効果の向上を確認することができなかったと考える。この点については題材となることわざの選定や問題数の増加、1問当たりの問題の制限時間についても調整が必要であると思われる。被験者の人数を増やすほか、別な小学校の生徒にも学習ゲームをプレイしてもらうなどをして、標本となる成績データの収集も行い分析結果の信頼性を高めることも検討すべきであった。また、ゲームのユーザビリティについても改善する必要がある。アンケート調査では「動物をうまく使えない」という意見がいくつか書かれていたほか、テスト段階や本実験でも一部動作不良が確認されたことから特に小学生が使いやすいものにするためにも調整とテストを行うことが大切である。

(※文責: 香川議潤)

## 第 11 章 まとめ

近年、子どもたちの学習意欲が低下している傾向にある。また、授業外学習時間も減少している。一方、デジタルゲームが普及・浸透し、情報機器に慣れた子どもたちが増えている。本プロジェクトは座学より意欲的に取り組めるデジタルゲームを利用して学習の促進させる試みをした。本グループは Leap Motion に着目し、手を動かしながら学習することでより効果の高い学習ができると考えた。また、国語科目のうち「ことわざ」をテーマに、Leap Motion を用いたデジタルゲームのシステムを Unity により開発した。開発したシステムは、「つかめ！ことわざどうぶつえん」というタイトルのデジタルゲームである。Leap Motion による仮想手を用いて「つかむ」操作を用い、動く動物オブジェクトをつかみ、動物の漢字が用いられたことわざを学習するクイズ形式のゲームである。これを開発するしていく中で、何度かの発表をした。まずは HIF でデモを公開した。次に中間発表でデモの公開とともにポスター、プレゼンテーションによる発表をした。その後、クイズの前後にストーリーを追加し、またクイズにスコアを実装した。そして福島アカデミーキャンプでシステムを公開し、またヒューマンインターフェースシンポジウム学会でデモとポスターを用いて発表をした。操作性などいくつかの改善をし、赤川小学校で評価実験を行った。その結果、事前・事後テストの成績から片側 t 検定により学習効果の向上が確かめられた。また、アンケートからシステムが好評であったことがわかった。結果から、問題設定の見直しや操作性の向上をするとより明瞭な効果が確かめられると考えた。この実験を踏まえて、期末発表でデモとポスター、プレゼンテーションによる発表をした。フィードバックから、今回の実験では「Leap Motion ならでは」のメリットがわかるようなデータが取れなかったので、Leap Motion を用いたことによる効果をもっと確かめたいと考えた。

現在、小学校での IT 利用も多く考えられ始め、絵本などは電子書籍に変わっている。そしてデジタルネイティブと言われるような子どもたちが増えていっている。そうなった時、本グループのようなシステムが必要とされる場面が求められることが増えていくはずである。このようなシステムの学習効果を確認していき、より学習効果の高いシステムが作られたならば、より教育の質を高めることができる。そのためにも活発にインタラクティブな学習システムを研究していきたい。

(※文責: 岩島真澄)

## 参考文献

- [1] 戸梶亜紀彦 (2004) 『『感動』体験の効果について—一人が変化するメカニズム—』, 広島大学マネジメント研究, 14.
- [2] 中村薫 (2014) 「Leap Motion プログラミングガイド」, 工学社.
- [3] 中村奈良江・長谷川敬祐 (2000) 「ことわざ意味解釈における発達の差異について」, 日本教育心理学会総会発表論文集 42, 118.
- [4] 文部科学省 (2004) 「これからの時代に求められる国語力について」,[online][http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/bunka/toushin/04020301.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/bunka/toushin/04020301.htm)(2015 年 07 月 17 日アクセス).
- [5] 文部科学省 (2008) 「小学校指導要領:第 1 章 総則」,[online][http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/youryou/syo/sou.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/syo/sou.htm)(2016 年 01 月 18 日アクセス).
- [6] 吉川肇子 (2008) 「ゲームにおける「学び」を考える:何を,どのように学ぶのか」, 三田商学研究, Vol. 50, No. 6, 慶應義塾大学出版会.
- [7] Benesse 教育研究開発センター (2007) 「ゲーム機の所有率は 85 % !」,[online]<http://benesse.jp/blog/20070829/p1.html>(2015 年 07 月 17 日アクセス).
- [8] Scott Rogers(2012) 「「レベルアップ」のゲームデザイン—実践で使えるゲーム作りのテクニック」, O'Reilly Japan, Inc.