

公立はこだて未来大学 2017 年度 システム情報科学実習  
グループ報告書

Future University Hakodate 2017 System Information Science Practice

Group Report

プロジェクト名

マンガ工学

**Project Name**

Manga engineering

グループ名

マンガ体験

**Group Name**

Experience Manga

プロジェクト番号/Project No.

19

プロジェクトリーダー/Project Leader

1015131 村上聖将 Kiyomasa Murakami

グループリーダー/Group Leader

1015131 村上聖将 Kiyomasa Murakami

グループメンバ/Group Member

1015111 大山翔矢 Shoya Ohyama

1015209 定塚春樹 Haruki Jozuka

指導教員

角康之 寺沢憲吾 椿本弥生 迎山和司

**Advisor**

Yasuyuki Sumi Kengo Terasawa Mio Tsubakimoto Kazushi Mukaiyama

提出日

2018 年 1 月 19 日

**Date of Submission**

January 19, 2018

## 概要

マンガをメディア技術の 1 つとしてとらえ、様々な場面で利用する動きがみられる。<sup>[1][2][3][4][5][6][7]</sup> その中の例として、漫画カメラ<sup>[8]</sup> や Manga Generator<sup>[9][10]</sup> といったものがある。これらは、ユーザが手軽にマンガの雰囲気や世界観を楽しむことができ、同時に最新の技術の体験を行うことができるものがある。しかし、これらのコンテンツはあくまでマンガの雰囲気や世界観を体験できるだけであり、ユーザ自身がインタラクティブにマンガを動かす、その場で自由にストーリーを作り上げることはできない。そこで本グループでは従来のコンテンツを発展させたインタラクティブなマンガの世界を作り出す。この世界では、ユーザ自身が自由にマンガを動かし、新しい自由なストーリーを作ることができる。そしてこのコンテンツを通し、ユーザには新しい体験や発見をしてもらうことを目的とする。この目的の達成に向けて、マンガの分析、プロトタイプ作成、プロトタイプ評価、評価によって得られた問題の解決策を提示、解決策を実行してプロトタイプを改良、という流れで活動した。活動の結果、ユーザをマンガの世界に入り込ませるだけでなく、ユーザの動きがマンガの世界に影響を与えるようなインタラクティブなコンテンツを作成することができた。そして、このコンテンツを体験した人達から「面白い」「新しい体験が出来る」といった好意的な意見を多くいただくことができ、設定した目的を達成することが出来た。

キーワード マンガ, 体験, インタラクティブシステム, Kinect, Unity

(※文責: 定塚春樹)

# Abstract

In recent years, the attitude is being spread to regard manga as one of media and enhance its value in several situations.<sup>[1][2][3][4][5][6][7]</sup> For example, Manga camera<sup>[8]</sup> and Manga Generator<sup>[9][10]</sup>. These make user to enjoy atmosphere of manga and experience the latest technology. However, these contents make user only to experience atmosphere of manga, and user can't interactively control manga and create freedom new story. Therefore, in this group, we develop interactive manga world that expanded traditional contents. In this manga world, user can freely control manga and create freedom story. We aim to user get to new discoveries and new experiences through this contents. To achieve this objective, we worked in the process analyzing manga, prototyping, evaluating prototypes, presenting solutions to the problems gained by evaluation, implementing solutions and improving prototypes. As a result of the activities, we not only made users enter the world manga, but also created interactive contents that the movement of the user influenced the manga world. Then, we have received a lot of favorable opinions such as "interesting" and "able to do a new experience" from those who experienced this content, and we achieved the set purpose.

**Keyword** Manga, Experience, Interactive System, Kinect, Unity

(※文責: 大山翔矢)

# 目次

<b>第 1 章</b>	<b>はじめに</b>	<b>1</b>
1.1	背景 . . . . .	1
1.2	目的 . . . . .	2
1.3	従来 of 例 . . . . .	2
1.4	従来 of 問題点 . . . . .	2
1.5	課題 . . . . .	3
<b>第 2 章</b>	<b>プロジェクト学習の概要</b>	<b>4</b>
2.1	問題 of 設定 . . . . .	4
2.2	課題 of 設定 . . . . .	4
2.3	到達レベル . . . . .	5
2.4	課題 of 割り当て . . . . .	5
<b>第 3 章</b>	<b>課題解決 of プロセス</b>	<b>6</b>
<b>第 4 章</b>	<b>活動スケジュール</b>	<b>8</b>
<b>第 5 章</b>	<b>他メディアとの比較</b>	<b>13</b>
5.1	マンガと文章 of 比較 . . . . .	13
5.2	マンガとアニメーション of 比較 . . . . .	13
<b>第 6 章</b>	<b>プロジェクト内 of インターワーキング</b>	<b>14</b>
<b>第 7 章</b>	<b>結果</b>	<b>16</b>
7.1	成果 . . . . .	16
7.2	プログラム of 動作 . . . . .	16
7.2.1	仕様 . . . . .	16
7.2.2	動作 . . . . .	17
7.2.3	パーティクル of 種類 . . . . .	18
7.2.4	マンガ of 生成 . . . . .	22
7.3	今後 of 課題 . . . . .	23
<b>第 8 章</b>	<b>まとめ</b>	<b>24</b>
8.1	プロジェクト of 成果 . . . . .	24
8.2	プロジェクト内 of 各々 of 役割 . . . . .	25
8.3	今後 of 課題 . . . . .	26
	<b>参考文献</b>	<b>28</b>

# 第 1 章 はじめに

マンガ工学では、マンガを多角的な視点から分析した。具体的には、吹き出しの効果、擬音（オノマトペ）の効果などのマンガ的表現に関してや、マンガを使った遊びの前例、手塚治虫の伝説などが挙げられる。その分析の結果、私達は3つのグループに分かれて活動を行うことにした。以下ではそれぞれのグループの活動概要を述べる。

コミュニケーション班では、マンガ×コミュニケーションをテーマとし、Manga-Communicationという名称のアプリケーションの開発を進めている。既存のチャットツールでは、伝えにくかった感情や表現がある。これらを吹き出しなどのマンガ的表現を使って、コミュニケーションを豊かにする新しい形式のスマートフォンのチャットツールがManga-Communicationである。マンガ的表現とはマンガの中で使用されているキャラクターの感情を読者にわかりやすく伝えるために用いられる表現である。これらの表現と既存のチャットツールを組み合わせ新しい形のチャットツールを作成することが私たちの目標である。

マンガ体験では、その名の通りマンガの体験をテーマとし、入り込めるマンガというインタラクティブなコンテンツを制作している。既存のマンガ体験コンテンツでは成せなかったストーリーの制作という点に着目し、ユーザの行動によってストーリーが作られていくことを目指している。

マンガリテラシでは、「読みやすいマンガとは？」というコンセプトで研究を進めている。視線計測装置を用いて様々なタイプのマンガを資料に実験を行うことで、わずかな視線の動きを計測する。計測の結果から普段気づかない、マンガの特徴や視線が動く要素が何であるかを見つけ考察している。

ここでは、マンガ体験の活動について報告していく。

(※文責: 村上聖将)

## 1.1 背景

近年、「マンガ」というコンテンツを様々な分野で利用する動きがみられている。例えば、情報セキュリティの教育に利用すると有効である<sup>[1]</sup>、実践的な知識の流通と共有の手段としてマンガ技法を利用することが有効である<sup>[4]</sup>、教育実習での体験をマンガ化することで追体験を容易にする<sup>[5]</sup>、マンガを教育で用いる際はストーリーの有無で効果が異なる<sup>[11]</sup>、などの、教育的な利用がある。また、通常静的であるマンガにインタラクティブ性を盛り込んだもの<sup>[2]</sup>、記録したインタラクション情報から物語を類推し、マンガのように修飾しまとめるもの<sup>[7]</sup>、などの利用方法がある。

このように、「マンガ」をただストーリーを語るための道具として捉えるのではなく、「マンガ」をメディア技術の1つとして捉え、活用しようとする考え方が広まっている。その中の1つとして、漫画カメラ<sup>[8]</sup>のように簡単にマンガ風の写真を制作できるツールや、プロジェクト Hikari<sup>[12]</sup>やManga Generator<sup>[9]</sup>などのVRやKinectを用いてマンガの仮想現実を体験するコンテンツなどに注目が集まっている。これらのコンテンツを通して一般人は手軽にマンガの雰囲気や世界観を楽しむことができ、同時に最新の技術の体験を楽しく行うことができるのである。

(※文責: 定塚春樹)

## 1.2 目的

本グループでは、従来のマンガの仮想現実を体験するコンテンツを参考に、ユーザがマンガの表現をより豊かに体験できるようなコンテンツの制作を行う。さらに従来のコンテンツの「マンガの雰囲気や世界観を体験する」という部分を発展させ、ユーザ自身がマンガを動かすことで新しいストーリーを作ることができるコンテンツを制作する。そしてこのコンテンツを通し、ユーザに新しい体験や発見をしてもらうことを目的とする。

(※文責: 定塚春樹)

## 1.3 従来例

### 1. 漫画カメラ [8]

スマートフォンなどカメラを使用し、撮影した画像をマンガのように加工するアプリケーション。類似のアプリケーションが数多く存在するが、ここでは代表として漫画カメラ [8] を挙げる。写ったものがマンガのようになるということで、マンガを体験するコンテンツと捉えられる。

### 2. プロジェクト Hikari [12]

株式会社スクエアエニックスが行っている、VR 技術を使ってマンガを読むことでマンガの世界に入り込むというプロジェクトである。マンガのコマをそのまま見る、コマの中が 3D で動く、360 度のマンガの世界、といった複数の表現を場面に合わせて使用している。

### 3. Manga Generator [9]

小出らが制作した Manga Generator<sup>[9]</sup> は、マンガのコマに入り込むコンテンツである。あるコマにユーザが表示され、そのユーザの動きに合わせてオノマトペや効果線などのマンガ的表現が重ねて表示されることでマンガのコマに入り込む形となっている。

(※文責: 村上聖将)

## 1.4 従来の問題点

上記の従来例ではそれぞれ以下の問題があった。

### 1. 漫画カメラ [8]

このコンテンツは現実のものを写しそれをマンガらしい画像に加工しているだけである。そのため、あくまでも現実が主体となり、マンガの世界に入り込むことはできない。

### 2. プロジェクト Hikari [12]

ヘッドマウントディスプレイを用いた閉鎖的な体験であるため、その場では他者とのコミュニケーションは生まれない。また、既に用意されたストーリーを追っていくので、マンガの世界に入り込んだとしてもユーザは傍観者となってしまう、ユーザ自身でストーリーを展開することはできない。

### 3. Manga Generator [9]

## Manga engineering

ユーザの動きに合わせてマンガ的表現が表示されるが、ユーザの動きによって変わるのはそのコマの描写だけである。よって全体の流れ、すなわちストーリーをユーザが動かすことができない。

まとめると、従来のアプリケーション等を用いたマンガ体験は、マンガの本来の持ち味である「ストーリー」について全く体験できない、もしくは制限のある体験となっている。

(※文責: 村上聖将)

## 1.5 課題

上記の問題を解決するために、Manga Generator<sup>[9]</sup>を参考に、ユーザの動きによりストーリーが作られるマンガ体験コンテンツを作ることにした。具体的な実装案は以下の通りである。

1. ユーザの動きに合わせてマンガ的表現を表示する
2. ユーザの姿をシルエット化し、ランダムに人間以外のものにする（例：ロボット、オバケ）
3. ユーザの行動によってスクリーンの中のものを変化させる
4. 自由にユーザが体験した後、それまでの行動をマンガの様に配置して出力する。

(※文責: 村上聖将)

## 第 2 章 プロジェクト学習の概要

### 2.1 問題の設定

従来のマンガの体験型コンテンツでは、1.4 節で述べたように、画像や映像をマンガらしいものに変換することで、ユーザがマンガの雰囲気味わえるようにしたものであった。しかしこれでは、マンガの世界を活かした表現をユーザ自身が体験・表現してストーリーを制作することが難しく、ユーザはマンガの世界という仮想現実ならではの新しい体験や発見を十分に行えない。そこで本グループでは、1.4 節で述べた問題の改善のために Manga Generator<sup>[9]</sup> を参考に、ユーザの動きによってストーリーを作ることができるマンガ体験コンテンツを作成する。そしてこのコンテンツでの新しい体験を通して、ユーザには「新しい遊び」、「新しい表現」、「新しいコミュニケーション」等の新しい発見をユーザ自身が見つけられるようにする。

(※文責: 定塚春樹)

### 2.2 課題の設定

2.1 節で述べた問題を、以下 4 つの課題に分解しそれを本グループの課題とする。またその狙いと具体的解決策を設定する。

1. ユーザの動きに合わせて効果線、オノマトペ、漫符、吹き出し等のマンガの表現が表示されるようにする。オノマトペとは、擬音語・擬声語・擬態語のような自然界の音・声、物事の状態や動きなどを音で象徴的に表した語のことである。漫符とは画に特有な記号表現のことであり感情や感覚を視覚化した符号のことである。これがマンガの世界を表現するうえでの基礎部分となるようにする。
  - Kinect を用いて人の骨格の動きを検出する。
  - Unity を用いて制作した 3D オブジェクトの骨格データと人の骨格の動きを同期させる。
2. ユーザは投入されたマンガの世界の中で、人だけでなく犬やロボット、オバケなど様々なものを体験できるようにする。このことで現実では決してできない体験をユーザがコンテンツを通して体験できるようになる。またこれにより表現の幅も向上し、ユーザは新しい表現を見つけることができるようになる。
  - マンガのなかで使われているオノマトペや効果線の利用方法や表現方法を分析し、データベースを作成する。
3. ユーザが取った行動が、マンガの世界にある別のオブジェクトにも影響を与えられるようにする。例えば、ユーザがマンガの世界でロボットになりビームを撃った時、そのビームは、マンガの世界にあるあらゆるものを破壊したり吹き飛ばしたりする。このことでマンガのストーリーをユーザ自身が作れるようになり、また複数人でこのコンテンツを利用したときにお互いがお互いに影響を与え合うようになる。そしてそこで新しいコミュニケーションや新しい遊びが生まれるようになる。
  - Unity を用いてマンガの世界にあるすべてものにオブジェクトとしてコンポーネントを与え、それぞれのオブジェクトが互いに干渉できるようにする。



4. ユーザのマンガ世界での体験をもとに、新しいマンガを生成する。これをユーザにマンガの世界を体験する際の動機、目的の1つとなるようにする。
  - Unity を用いてマンガの世界で出来事をイベントごとに撮影し、それを Python を用いてマンガのコマに割り振ることで新しいマンガを生成する。

(※文責: 定塚春樹)

## 2.3 到達レベル

本グループでは、1.4 節で述べた問題を改善し「新しい遊び」、「新しい表現」、「新しいコミュニケーション」、という3つの発見をユーザに見つけてもらうことを目標とする。以下にその具体的な目標を示す。

1. ユーザが自分からこのコンテンツの遊び方を考えるようになる。
2. 従来のマンガの体験型コンテンツよりもユーザがとることのできる表現の幅を広げる。
3. 従来のマンガの体験型コンテンツよりも複数人で使ったときのコミュニケーションがより活発になる。

(※文責: 定塚春樹)

## 2.4 課題の割り当て

以下に課題に対する役割分担の基準を示す。

- 制作活動にはメンバーの技術力や知識力を蓄える目的も含まれているため、1つの課題に対して可能な限り多くのメンバーで課題の解決に取り組み技術力や知識量をメンバー全体で高め合う。
- 一部のメンバーが極端に課題を背負い込むことを防ぐために負荷の均一性を保つ。

(※文責: 定塚春樹)

## 第 3 章 課題解決のプロセス

前期の段階では本格的な開発は要件定義やプロジェクトの方針決定に大きく時間をかけたためここで設定した課題に対して明確には割り振り行わず、コンテンツの方針決定にあたり簡単なプロトタイプを制作した。後期では、前期の活動での課題を省みて、開発環境を WPF から Unity へ移行した。開発に伴い、利用するソフトの導入を行い、メンバーそれぞれが書籍やリファレンスなどを利用して Kinect や C#、Unity といった開発に用いるソフトおよび言語の技術の習得を行った。以下にその際の役割分担の詳細を示す。

- 村上
  - － 前期
    1. 利用する開発ツールおよび開発言語の導入。
    2. Kinect を用いてカラー画像の取得および骨格の検出。
    3. Visual Gesture Builder を使用してポーズ・モーションの録画とデータベース化。
  - － 後期
    1. 各種発表資料の作成。
    2. Unity でスクリーンショットを撮るプログラムの試作。
    3. スクリーンショットをマンガのように配置するプログラムの作成。
    4. 画像を共有フォルダにアップロードし QR コードを生成するプログラムの作成。
- 大山
  - － 前期
    1. 利用する開発ツールおよび開発言語の導入。
    2. Kinect を用いてカラー画像の取得および骨格の検出。
    3. 表示画像を作成。
    4. ユーザのモーションに合わせて画像の出力。
  - － 後期
    1. 開発に必要な SDK の調達。
    2. アセットの制作。
    3. 新しい開発環境への移行。
- 定塚
  - － 前期
    1. 利用する開発ツールおよび開発言語の導入。
    2. Kinect を用いてカラー画像の取得および骨格の検出。
    3. C#と WPF を用いた画像の表示。
  - － 後期
    1. 新しい開発環境である Unity を導入。
    2. 複数人の骨格の動きを取得。
    3. Unity 上でユーザのモーションに合わせてエフェクトを出力するプログラムの作成。
    4. ユーザごとのモーションの状態を管理し、それによってエフェクトの出力を変更す

## Manga engineering

- るプログラムの作成。
- 5. エフェクトの作成。
- 6. オブジェクトの動きを制御するアセットの作成。

(※文責: 定塚春樹)

## 第4章 活動スケジュール

### ● 5月

私たちはまず、様々な視点からマンガについて分析し、マンガに対する知見を広げる取り組みを行った。例えば、オノマトペや吹き出しなどのマンガの基礎となる表現の分析から、日常で使えるようなマンガの表現や手塚治虫の成し遂げた偉業などの一見関係のなさそうな要素の分析まで、幅広い分析を行った。次に、ここでの分析を参考に視点を絞り、マンガの有用性や活用分野や利用方法を見つけるための取り組みを行った。ここでは、実際に文章をマンガに変換してみたり、マンガでチャットをしてみたりと実験的な分析を行った。また先行研究やマンガに関連する既存のコンテンツの調査も行った。最終的にここまでの分析結果を用いて、テーマを絞り、新しいマンガの形を提案することとした。また具体的なコンテンツ制作に伴い、Kinect の利用を始めた。

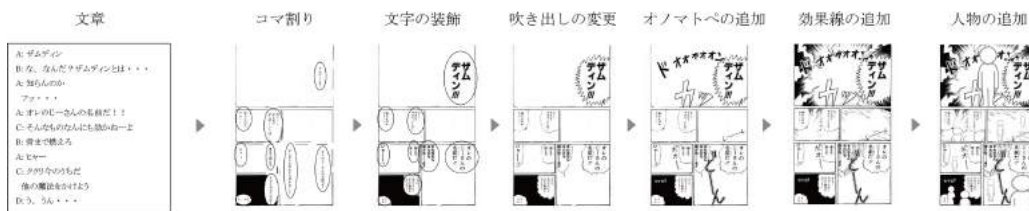


図 4.1 文章をマンガに変換



図 4.2 マンガでチャット

### ● 6月

まず Kinect を用いて、カラー画像の取得や骨格の検出をする基本的なプログラムの作成した。次に、コンテンツの機能の設定のためにプロトタイプを作成した。プロトタイプは、ディスプレイの前でポーズをとると Kinect がそれを認識して、簡単なオノマトペや効果線、が表示されるというものであった。また、ここではユーザ自身の画像の変換は行わなかった。次にこのプロトタイプの評価を行った。その結果、「動きに合わせて1つの決まったオノマトペしか表示されず、表現の自由度が低い」、「ユーザが現実と一切変わらない姿で表示

## Manga engineering

されるため、現実の延長にしか見えない」、「ただオノマトペや効果線が出るだけでは、マンガに欠かせないストーリー部分を十分に表現できない」といった課題が見つかった。そこで、この課題の解決案を提案するために、もう一度マンガに対して分析をおこなった。ここでは主に、ほかのメディア（文章やアニメーション）とマンガとの比較や先行事例の見直しを行った。そして最終的にこれらの課題の解決案として、「ユーザの姿をシルエット化し、ランダムに人間以外のものにする（例：ロボット、オバケ）」、「ユーザの行動によってスクリーンの中のものを変化させる」といった機能の提案をした。また、それらの機能の実装のために Unity の利用を始めた。



図 4.3 プロトタイプの評価

### ● 7月

中間発表とそのための準備を行った。また、これまでの活動をまとめた中間報告書の執筆を行った。中間発表の準備では、ポスターとロゴデザインの制作を行い、それを利用したポスタープレゼンの練習を行った。



図 4.4 発表会の様子



図 4.5 中間発表会のポスター

(※文責: 定塚春樹)

● 10月

後期の活動ではより柔軟な開発を行うために、開発環境を Unity に完全に移行することを決定した。また、前期で制作したプロトタイプにおいて判明した前述の課題の解決策を実行し、3D モデルキャラクターがユーザのアバターとして動くようにした。10月の時点では Unity 用の Kinect の SDK としてユニティちゃんのみを動かせる SDK を利用した。加えて、SDK のプログラムを分析して変更を加えることで、同時に複数のユーザの動きを複数

のアバターにそれぞれ適用させることが出来るようになった。

- 11 月

最初に導入した Microsoft の” Kinect for Windows SDK 2.0” より汎用性が高く開発がしやすい Unity Asset Store の” Kinect v2 Examples with MS-SDK” を SDK として採用した。これにより任意の 3D モデルキャラクターをユーザのアバターとして使用できるようになった。マンガらしいアバターとして単色シルエットの男性アバターを採用した。また、ジェスチャー認識を Visual Gesture Builder による機械学習的なものではなく、骨格の各ボーンの座標や角度を取得してプログラムで認識するようにした。認識されるジェスチャーの数及び認識の条件、表示されるマンガ的表現のバリエーションを増やした。これらと並行して、Python を用いてマンガ体験の様子画面写真が 4 コママンガとして出力されるプログラムを開発した。

- 12 月

最終発表に向けて準備を行った。ポスターの制作やデモとして使うプログラムの最終調整を行った。また、最終報告書の執筆を行った。

(※文責: 大山翔矢)



プロジェクト No.19 マンガ工学 マンガ × 体験

## 入り込めるマンガ

メンバー: 村上聖将 大山翔矢 定塚春樹



**マンガ世界で新しい発見を**

このチームでは映像技術を用いてインタラクティブなマンガの世界を作ることを目標としている。ユーザーにはマンガの世界の体験を通して「新しいコミュニケーション」、「新しい遊び」、「新しい表現」を見つけてもらいたい。

**マンガの世界に引き込む**

Kinect と Unity を用いてユーザーの動きを画面上的なアバターに反映させる。画面上ではユーザーの動きに合わせて効果線やオノマトペが表示される。これにより、ユーザーを「マンガ」という現実と離れた空間へ引き込む。

**みんなで作る新しい表現**

同じポーズでも、その場の状況に応じてその反応が様々に変化する。これによりユーザーは、マンガに欠かすことの出来ないストーリー部分を表現することができるようになり、ユーザー同士でよりコミュニケーションが生まれやすくなる。

**体験がマンガとなる**

Unity でユーザーがポーズをとっている瞬間を画像として保存する。それらを Python を用いてコマ割りすることで、ユーザーのマンガの世界での体験がマンガとして出力される。これにより、ここでの体験を形として残せたり他の人と共有したりすることができるようになる。

**まとめ**

**技術** Kinect: ユーザーの骨格情報を取得する。  
 Unity: アバターをユーザーの動きに連動させる。  
 ユーザーの動きに合わせてオノマトペなどの様々なマンガ表現を出力する。  
 Python: コマ割りをを行い実際にマンガを作成する。

**評価** 同じポーズでも状況に応じて反応を変化させることで、マンガには欠かすことのできないストーリー部分が表現でき、またユーザー同士のコミュニケーションが生まれやすくなった。

**今後の展望**

**人以外のアバターの追加** 今後は犬やロボットなども体験できるようにすることでより現実とは離れた世界を実現する。

**よりインタラクティブに** 前後のストーリーに応じて違った反応を返したり、ユーザーの動きがマンガの世界のあるあらゆるものに作用したりするようにする。

**ユーザー本人をマンガに登場させる** ユーザーがマンガの登場人物になったことを実感できるようなマンガを作成できるようにする。

図 4.6 最終発表会のポスター



## 第5章 他メディアとの比較

### 5.1 マンガと文章の比較

我々は実際に文章をマンガに変換する取り組みをしてマンガと文章の比較をした。その結果、例えばマンガのようにコマ割りをすることで、文章のままでは話の区切りが見えなかったものが、「コマ」という視覚的な区切りが生まれたため、話の区切りが分かりやすくなった。他にも文章だと、セリフの語り手が誰なのか分かりづらかったが、マンガのように吹き出しを用いて表現することで誰が何を話しているのか分かりやすくなった。そしてその吹き出しの形を変えることでそのセリフに強弱が生まれ、より伝わりやすい表現となった。同様にオノマトペや効果線を用いることで情報に対して強弱が生まれ、内容がわかりやすくなった。

以上の取り組みにより、文章は全体のイメージを分かりやすく視覚的に伝えることは難しい。しかし、マンガではマンガ的表現を用いることで情報を視覚的に伝えること容易になるため、イメージを簡単に表現することができることが分かった。また、マンガでは効果線や吹き出し等の表現を利用することで、文章に比べ容易に複数の情報に対して強弱をつけることができることが分かった。

(※文責: 定塚春樹)

### 5.2 マンガとアニメーションの比較

マンガとアニメーションの違いについてアニメーションに関する先行研究を調査することで分析した。その結果、映像の「活動性」や「力量性」のイメージには音や、アニメーションの演出による影響が大きく関係してくる<sup>[13]</sup>、という知見が得られた。このことから、アニメーションは音や演出などの影響を受けすぎてしまい表現の具体性が過剰に増加してしまうことが分かった。これにより、受け手がイメージできる幅が狭まってしまうという問題があることが考察された。これに対して、マンガは音や演出の影響を受けないため表現がアニメーションに比べて曖昧になる。これにより、受け手は自由にイメージすることができる余白を得ることができるという利点があることが考察された。例えば、「殴る」というアクションをアニメーションを用いて表現しようとした場合、おそらく簡単なエフェクトと効果音でそれを表現することになると考える。しかしその殴るという行為を効果音で直接的な表現をしてしまうと、その効果音の大きさや鋭さから、受け手は「殴る」という行為の具体的なイメージを固めてしまう。これに対してマンガでは同じ「殴る」という行為であったとしても、それを音などを用いない代わりにオノマトペや効果線を用いて表現するため、表現が曖昧になり、ユーザは自分自身で自由に「殴る」という行為をイメージすることができるようになるのである。これにより同じ表現であっても受け手によって、そのとらえ方に変化が生まれ、表現の幅が広がるようになる。

(※文責: 定塚春樹)

## 第 6 章 プロジェクト内のインターワーキング

各グループメンバーが担当した課題と他の課題との連携について以下に記述する。

- 村上

5月：下旬に行われたグループ分けでマンガ体験に配属された。大山・定塚と協議し開発言語に C# を使用することを決定して、Visual Studio と Kinect SDK を導入して動作確認をした。

6月：大山・定塚と Kinect を用いてカラー画像を取得したり、骨格を検出したりした。また、Visual Gesture Builder を使用してポーズ・モーションの録画とデータベース化をした。

7月：中間発表会に向けてプロジェクトリーダーとして他のグループを含めた全体をまとめた。また、プログラムのデータベースの管理と調整を行った。発表では後半を一人で担当して、概要と現状・今後の予定を説明した。

8月：夏休み中に Python と OpenCV による画像処理に触れた。

9月：深層学習をするためにパソコンのセットアップを行った。

10月：高校生向けの紹介プレゼンテーションを行った。

11月：スクリーンショットをマンガのように配置するプログラムを作成した。

12月：マンガのように配置されたプログラムを共有フォルダ上へアップロードし、その URL から QR コードを生成して表示するプログラムを作成した。成果発表会の後半でプロジェクト全体の発表とグループの発表を一人で行った。最終報告書の執筆を行った。

- 大山

5月：下旬に行われたグループ分けでマンガ体験に配属された。村上・定塚と協議し開発言語に C# を使用することを決定して、Visual Studio と Kinect SDK を導入して動作確認をした。

6月：村上・定塚と Kinect を用いてカラー画像を取得したり、骨格を検出したりした。また、Visual Gesture Builder を使用してポーズ・モーションの録画とデータベース化をした。

7月：中間発表会に向けて定塚のポスター制作の補助と、プログラムの調整やプログラムで使用する画像の制作を行った。発表では前半を定塚とともに担当し、概要を説明した。

8月：他のメンバーと集まる機会はなかったが、Blender や Xismo で 3D キャラモデリングについて勉強した。

9月：Unity を導入して開発環境を移行した。

10月：Kinect を Unity 上で動かすための SDK を導入して、ユニティちゃんを Kinect が取得する骨格情報に合わせて動かした。

11月：より扱いやすい SDK として” Kinect v2 Examples with MS-SDK ” を導入した。人間のシルエットの 3D キャラクターモデルをユーザのアバターとして動かせるようにした。定塚の制作したプログラムと統合した。

12月：最終発表会に向けてプログラムの最終調整を行った。発表では前半を定塚とともに担当し、完成したコンテンツをデモ形式で発表した。最終報告書の執筆を行った。

- 定塚

5月：下旬に行われたグループ分けでマンガ体験に配属された。村上・大山と協議し開発言語に C#を使用することを決定して、Visual Studio と Kinect SDK を導入して動作確認をした。

6月：村上・大山と Kinect を用いてカラー画像を取得したり、骨格を検出したりした。また、Visual Gestrure Builder を使用してポーズ・モーションの録画とデータベース化をした。

7月：中間発表会に向けてポスター制作を行った。各グループのポスターと総合ポスターのテンプレートを全て制作した。発表では前半を大山とともに担当し、総合発表の概要と、現状・今後の予定を説明した。

8月：長期休みを利用して Unity の学習を行った。

9月：Unity と Kinect の連動を確認しつつ、コンテンツの作成を始めた。コンテンツで利用するエフェクトを Unity のパーティクルシステムを用いて制作した。

10月：Kinect から複数人の骨格データを取得し、それを仮オブジェクトに反映させた。また、取得した骨格データから簡単なポーズを認識し、作成したエフェクトを表示させるプログラムを C#を用いて作成した。

11月：村上・大山の作成したプログラムと統合した。Unity 上でエフェクトを効率よく作成するためのアセットを C#を用いて作成した。エフェクトと認識するポーズの種類を大幅に増やしコンテンツの完成度を上げた。

12月：最終発表会に向けてコンテンツの調整を行った。また、最終発表会で使用する各グループポスターのテンプレートと総合ポスターを制作した。発表会では前半を大山とともに担当し、完成したコンテンツをデモ形式で発表した。報告書の執筆を行った。

(※文責: 大山翔矢)

## 第 7 章 結果

### 7.1 成果

マンガ体験では前後期の活動において、「マンガを体験する」というコンセプトで「入り込めるマンガ」の制作をしてきた。これは現実世界では決して出来ないことも、マンガの世界ではどんなことでも実現可能だということに着目したものである。このコンテンツでは、Kinect を用いてユーザの動きを画面に投影し、ユーザに画面の中のマンガの世界での体験を通して新しい発見をってもらうことを目的としている。前後期の開発の結果、ユーザをマンガの世界に入り込ませるだけでなく、ユーザの動きがマンガの世界に影響を与えるようなインタラクティブなコンテンツが完成した。

最終的に完成したプログラムの動作について説明する。まず、Kinect でユーザの骨格情報・動きを取得して画面上のにアバターに反映する。次にユーザの骨格の座標や角度を取得する。そこで特定の条件の場合、ユーザがポーズを取ったと認識し、そのジェスチャーに応じたオノマトペや吹き出しといったマンガ的表現の映像が表示される。画面に表示されるユーザのアバターは最大 6 人となっており、それぞれのジェスチャーが個別に認識される。また、同じジェスチャーでもユーザの人数によって表示される映像が変化する。コンテンツの体験終了後にはマンガの世界での体験の様子が一つの 4 コママンガとして出力される。

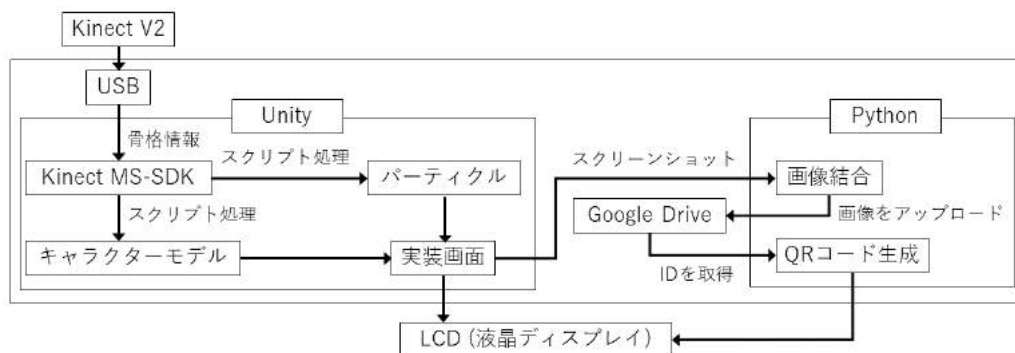


図 7.1 システムブロック図

(※文責: 大山翔矢)

### 7.2 プログラムの動作

本節では開発したプログラムの実際の動作について説明する。

#### 7.2.1 仕様

本プログラムは Unity で開発された。ユーザの骨格情報を取得するには Kinect v2 を使用し、Unity 向けの SDK として Kinect v2 Examples with MS-SDK を使用している。また、取得した

## Manga engineering

骨格情報の数値に応じてエフェクトを表示するためのコードは C# で記述した。さらに、エフェクトが表示されたときの画面を画像として保存し、それを 4 コママンガにする機能を Python で記述した。

### 7.2.2 動作

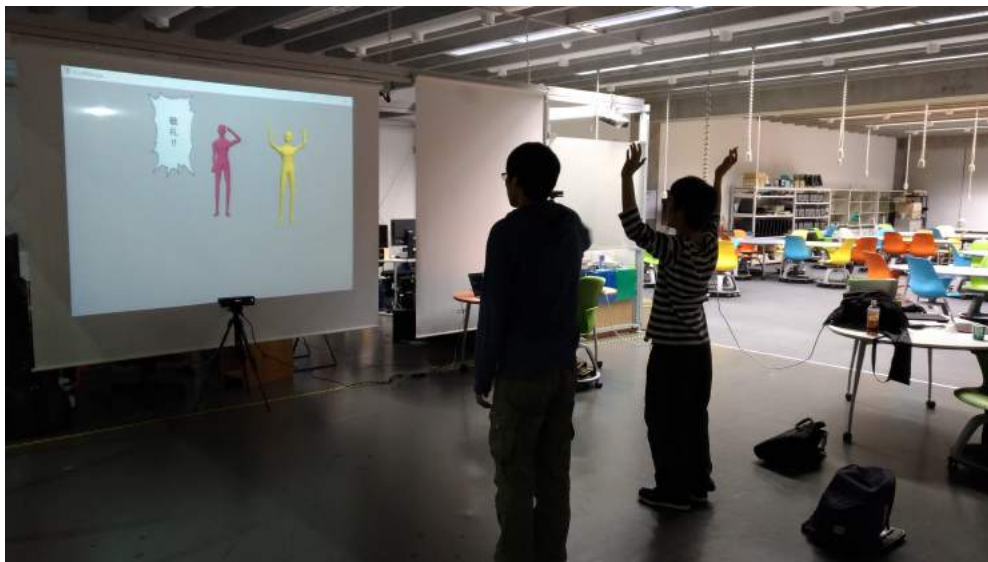


図 7.2 動作の様子

プログラムはまず、Kinect で認識されたユーザの骨格情報を最大 6 名まで取得する。そして認識されたユーザそれぞれの骨格情報の値を参照して、特定の条件に合致した場合マンガ的表現としてパーティクルを表示する。表示されるパーティクルの種類とその描写条件については次項で説明する。パーティクルを表示すると同時にスクリーンショットを撮影して保存する。最後に、Python で開発した別のプログラムによって、保存されたスクリーンショットを 4 コママンガのように縦方向に 4 つ結合して Google Drive にアップロードし、その URL の QR コードを生成して画面に表示する。このプログラムについてはこの後の項で説明する。

### 7.2.3 パーティクルの種類

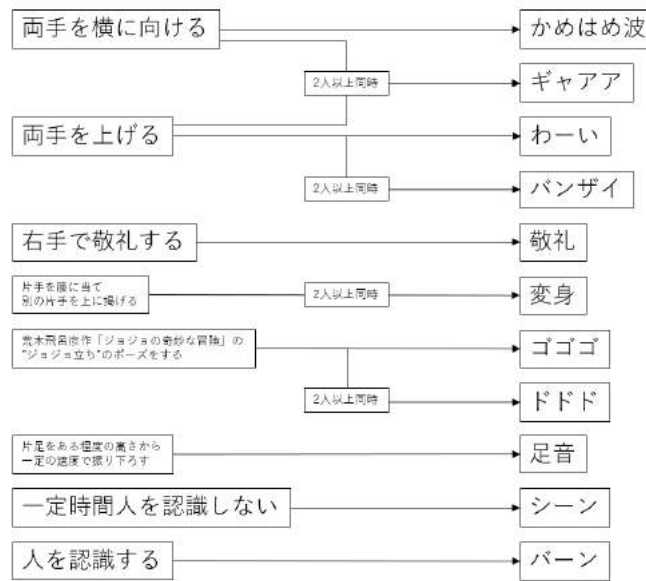


図 7.3 すべてのパーティクルと表示条件

#### 1. かめはめ波

ユーザの両手からユーザのアバターと同色のビームが発射される。ユーザの両手両腕が身体の外側の同方向に平行に向いたときに表示される。このとき、両腕の向きに常に平行になるように発射されるビームの向きも滑らかに変わる。(図 7.4)

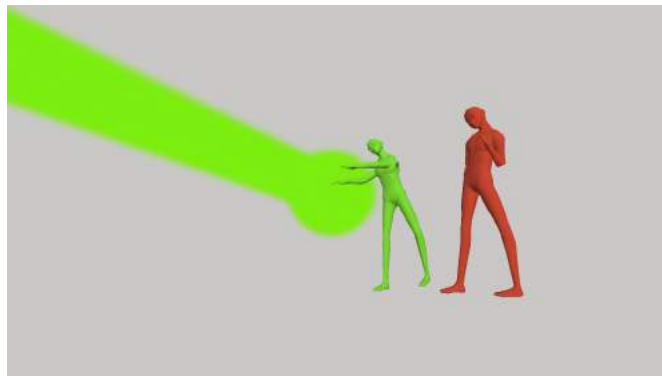


図 7.4 かめはめ波

#### 2. わーい

ユーザの頭上に「わーい」とオノマトペが表示される。ユーザの両手が頭より上に来たときに表示され、画面の中央に向けて集中線が表示される。(図 7.5)

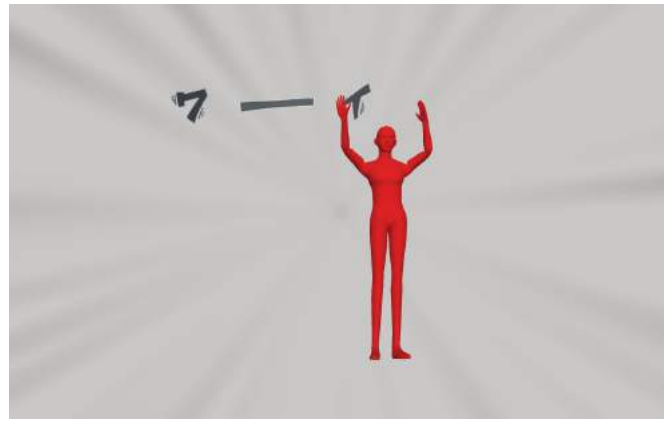


図 7.5 わーい

### 3. バンザイ

『わーい』を2人以上のユーザが同時に行うと、「わーい」ではなく「バンザイ」と表示され、画面の中央に向けて集中線が表示される。(図 7.6)

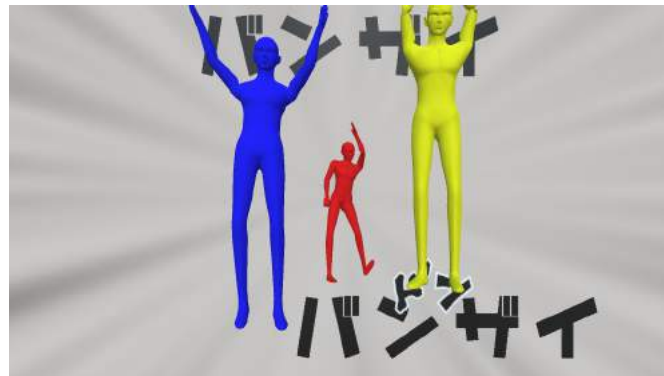


図 7.6 バンザイ

### 4. ギャアア

『かめはめ波』を1人以上のユーザが表示している最中に、他のユーザが「わーい」を表示するための動作を行うと、「わーい」ではなく「ギャアア」とユーザの頭上に表示される。また、同時に画面の中央に向けて集中線が表示される。(図 7.7)

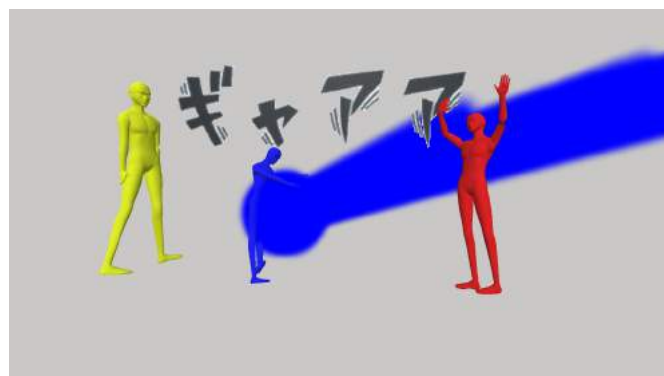


図 7.7 ギャアア

### 5. 敬礼

ユーザーの頭上に「敬礼」と「ピシッ」というオノマトペが表示される。ユーザが右肘を折り曲げて右手を右こめかみに当てる、いわゆる敬礼のポーズをとると表示される。(図 7.8)



図 7.8 敬礼

### 6. ジョジョ立ち

マンガ「ジョジョの奇妙な冒険」(著:荒木飛呂彦)に登場するジョナサンというキャラクターの「ジョジョ立ち」というポーズをユーザが取ると、ユーザの頭上に「ゴゴゴ」と同作に登場するオノマトペが表示される。また、2人以上のユーザが同時にこのポーズを取ると「ドドド」という同作に登場するオノマトペが代わりに表示される。(図 7.9)



図 7.9 ジョジョ立ち

### 7. 変身

2人以上のユーザが同時に、片方の手を腰に当て、もう片方の手を頭上に垂直に掲げると、同ポーズを取っているすべてのユーザのアバターの色がランダムに変化を開始する。ポーズをとるのをやめるとアバターの色の変化が止まる。RGBの各値を0-256の間でランダムな整数に変化させているので、合計16,777,216通りの色に変化する。また、『かめはめ波』で発射されるビームの色は変化したアバターの色に同期する。(図 7.10)



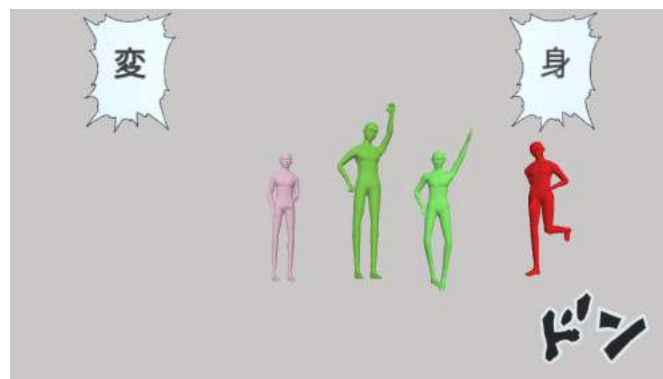


図 7.10 変身

#### 8. 足音

ユーザの足元に「ダン」と靴音のオノマトペを表示する。ユーザーが片方の足のある程度の高さからある程度の速さで地面に下ろすと表示される。(図 7.11)

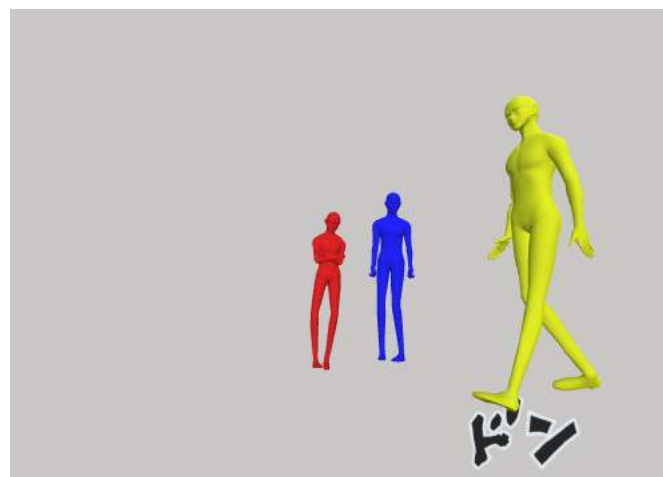


図 7.11 足音

#### 9. シーン

画面の中央に「シーン」とオノマトペが表示される。一定時間以上の間 Kinect がユーザを 1 人も認識しないと表示される。(図 7.12)



図 7.12 シーン

10. バーン

画面の中央に「バーン」とオノマトペが表示される。一人目のユーザを Kinect が認識すると表示される。(図 7.13)

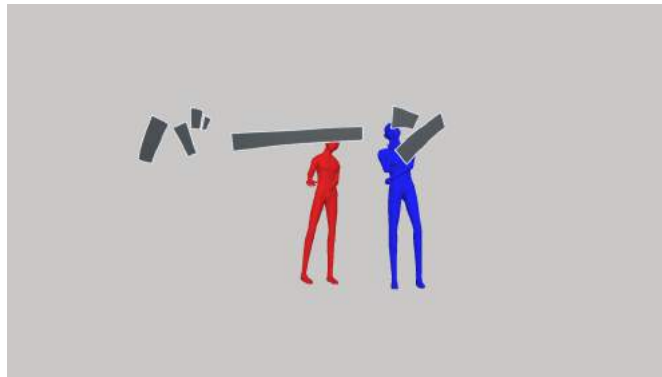


図 7.13 バーン

7.2.4 マンガの生成

Unity とは独立した別のプログラムで、保存されたスクリーンショットを結合合成して 4 コママンガを生成する。このプログラムは Python で開発された。以下にこのプログラムの動作について説明する。

まず、プログラムを立ち上げると、画像を選択する画面が表示される (図 7.2)。画像を 4 つ選択すると、プログラムは画像を 4 コママンガのように縦に 4 つ並べ、黒色の枠線を描画し、マンガとして保存する (図 7.3)。次に、作成されたマンガを Google Drive の共有フォルダにアップロードし (図 7.4)、その共有リンクを QR コード化して表示する (図 7.5)。

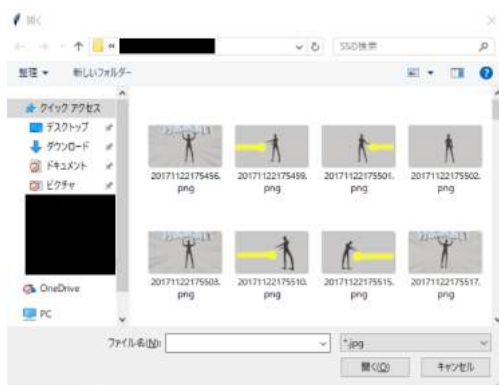


図 7.14 ファイル選択画面



図 7.15 画像結合画面

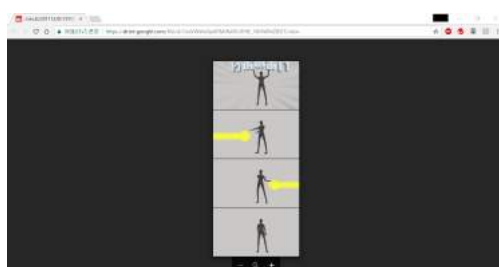


図 7.16 Google Drive 共有フォルダ



図 7.17 QR コード表示画面

### 7.3 今後の課題

1.4 節で述べた、ユーザが動物やロボットなど人間以外の様々な存在になれるという点は最終的なプログラムに実装することができなかった。これは、取得した人間の骨格情報を人間以外の存在の 3D キャラクターモデルに落とし込む際、ボーンの構造や数の相違をどうするかという課題を解決できなかったことが原因である。今後は、3D モデルキャラクターの自作や独自のボーン設定を行うことでこの問題を解決する。この他にも前後のストーリーに応じて反応に変化したり、ユーザの動きがマンガの世界のあらゆるオブジェクトに作用したりするようにすることで、より豊かなストーリーを表現できるようにする。また、ユーザ自身がアバターとなったマンガが出力されることで、ユーザがマンガの登場人物になったことを実感できるようにする。

(※文責: 大山翔矢)

## 第 8 章 まとめ

### 8.1 プロジェクトの成果

ここでは、マンガ工学プロジェクト全体の成果を報告する。

- コミュニケーション

最終的な成果物として、まず、チャット機能を開発することができた。それに、「!」、「?」、「()」に反応して、吹き出しが自動変換される機能を実装した。また、「(笑)」、「(困)」、「(怒)」、「!？」に反応して、アバター画像に漫符が付加される機能を加えることができた。当初考えていたログインや文字の大きさの変更などの目標には届かなかったが、ある程度、形にすることができた。

- マンガ体験

中間発表までの成果は、コンテンツの機能や今後の方針を明確に定めるために制作したプロトタイプができただけである。このプロトタイプはユーザの動きに合わせて 1 つのマンガ的表現を表示するだけの機能である。しかし、これだけの機能でも、中間発表でこのプロトタイプを体験した人は「楽しかった」「小さい子が喜びそう」といったコメントを書いている。プロトタイプであるが、この段階では良い成果であったと考える。最終成果では、ユーザ自らがストーリーを展開させられる事により、新しい表現、新しい遊び、新しいコミュニケーションが生まれるようになる予定である。最終成果では、中間発表時点と比べて大幅に機能が追加された。まず、ユーザの動きに合わせて表示されるマンガ的表現が 1 個から 12 個に増えた。また、同じ動作でも複数のユーザの動きが組み合わせられることによって表示される表現も実装した。さらに、中間発表では一切実装されていなかった、実行画面のスクリーンキャプチャーしたものをマンガのように並べて出力する機能を実装した。その画像をネットワーク上にアップロードし、その URL を QR コードとして表示することで、ユーザが行った体験を持ち帰って頂く機能も実装した。これらにより、当初予定していた三つの機能が実現した。成果発表会でのデモンストレーションを体験した人の意見として、中間発表の際と同様に「楽しかった」「新しい体験ができた」といった好意的な意見が多く寄せられた。前項で述べた、ユーザ自らがストーリーを展開させられる事により、新しい表現、新しい遊び、新しいコミュニケーションが生まれるようになるという目標設定は無事達成できたと考える。

- マンガリテラシ

言語、ページ送りの形式、読者による印象、コマやフキダシの配置が工夫されてるマンガなど様々なマンガで視線計測を行った。それらの実験から、視線誘導の要素は様々あり、言語の読む向き、フキダシの位置と人物の位置、流線、コマの配置などであること、これらの要素が適切に配置されない場合は再読が発生することが判明した。また、視線の動きは見開き形式か、スクロール型式など 1 ページごとに読むものかでも変わり、同じマンガでも形式によって視線の動きが変わることがあることが判明した。また、これらの要素を再現し配置することで程度読者の視線の動きをコントロールすることが可能であることも判明した。

(※文責: 村上聖将)

## 8.2 プロジェクト内の各々の役割

- コミュニケーション

- 氏家

前期はデータベース担当として、PHP、MySQL を使用したチャットデータの受け渡し、ユーザ情報の管理を実装した。後期は新しく Firebase を導入し、アプリケーションのデータベース周りを担当した。ユーザの名前や ID、発言内容、時間などの情報を Firebase のリアルタイムデータベースを使うことで管理した。また、JavaScript のフレームワークである Vue.js を導入し、アプリケーションの機能面のコーディングに貢献した。

- 金谷

機能を担当した。「!」や「;;」といった文字、記号が入力された際、それに対応したマンガ的表現でテキストを装飾する機能を実装するため、JavaScript のサンプルプログラムでの練習をした。後期では前期で作成したテキストの装飾機能を発展させて、吹き出し変更機能の雛型を作成した。それを最終発表用のアプリに実装するため Java Script フレームワークの勉強をした。また、プロジェクトの期末提出物で使う TeX ファイルの作成、編集を行った。

- 川瀬

データベースを担当した。アプリケーションに必要なデータベースを MySQL を使用し作成して運用、PHP を使用し作成したデータベースに接続、必要なデータの受け渡しを行う機能を実装するために、勉強した。さらに PHP でのログインフォームを完成させた。後期では firebase での環境で作業するために JavaScript および firebase コンソールの使い方を勉強した。

- 原田

デザインを担当した。画面の UI やレイアウトを作成するために、HTML、CSS (bootstrap) を勉強し、タイトル画面や、ホーム画面等の画面デザインを制作した。中間発表や成果発表会用のポスター、プレゼン資料の作成を行った。また、発表会等では、自ら進んで発表を行なった。グループリーダーとして、タスクの管理や進捗状況の把握、提出物やグループ制作物の管理を行った。

- 福士

機能を担当した。前期では「!」や「;;」といった文字、記号が入力された際、それに対応したマンガ的表現でテキストを装飾する機能を実装するため、JavaScript のサンプルプログラムでの練習をした。後期では前述に述べた文字の変換のプロトタイプや色や文字の大きさやフォントの変換を完成させ、Vue.js の仕組みについて学習し、それらの機能を Vue.js に変換するようプログラムを書き換えた。

- マンガ体験

- 村上

前期では、プロジェクトリーダー兼グループリーダーとして中間発表からプロジェクトをまとめた。マンガ体験の方針を決定したほか、制作物のプログラミングを行った。後期では、引き続きプロジェクトリーダーとしてプロジェクトをまとめつつ、マンガ体験グループ制作物の一部であるマンガ生成部分を全面的に実装した。また、数回あった発表

の機会では発表資料の作成と発表を行った。グループ報告書の執筆に加え、プロジェクト報告書の執筆を行った。

－ 定塚

前期では、分析からマンガ体験の方針を決め、その方針をもとにコンテンツの制作を行った。プレゼンで利用するプロジェクト全体のポスターおよび各グループポスターのデザインテンプレートの制作を行った。また、チームロゴの制作を行った。後期では、Unity と Kinect を用いてコンテンツの作成を行った。主に、Kinect から取得した骨格データを利用することで様々なエフェクトの表示する部分と表示するエフェクトの作成を中心に開発を行った。また、前期に引き続きプレゼンで利用するプロジェクト全体のポスターおよび各グループポスターのデザインテンプレートの制作を行った。

－ 大山

前期の活動においてマンガ体験やコミュニケーションのプロジェクト案を検討した。主には、マンガ体験のプログラムの開発と調整を行った。後期の活動では、開発環境を Unity に移行して、引き続きプログラムの開発を行った。Kinect の取得した骨格情報に連動して動く 3D キャラクターモデルの調達など、主にプログラムの基礎となる部分を担当した。

● マンガリテラシ

－ 橋本

マンガリテラシのグループリーダーとして他のグループと連携をとった。他のグループのメンバーの意見も聞き実験、分析の参考にして活動を行った。前期では主に視線計測用の資料作成と視線計測で得られた結果の分析を行った。また、ポスターや発表用の資料の作成、グループ報告書の執筆を行った。後期には実験の参考にするための文献資料、既存の実験の調査や視線計測用の資料の作成、発表の際のスライドやポスターなどの資料作成を主に行った。

－ 小野

前期では、資料とするマンガの提案をしたり、視線計測装置の操作方法を学んだのち実験資料の作成・被験を行った。また、中間発表の原稿作成を行った。後期では、今後の方針について意見し、実験資料の作成や被験者の補助、成果発表のポスターとスライドの文章を推敲し、聴衆が分かりやすいように修正を行った。

(※文責: 村上聖将)

## 8.3 今後の課題

● コミュニケーション

今後は、現状ある吹き出し自動変換機能と漫符付加機能の種類を増やし、より感情表現を豊かにしたいと考えている。また、ログイン機能を実装していない。よって、このツールだけでは、友人とチャットできないため、ログイン機能を実装したいと考えている。それに伴い、各ユーザーのアバター写真も登録できない。そのため、ぱっと見て誰とチャットしているのか分からないため、登録できるようにしたいと考えている。

● マンガ体験

中間発表までの成果物は、コンテンツの機能の設定やその評価の目的として制作したプロト

タイプである。最終成果物はこのプロトタイプを発展させていく。複数人同時認識や前の動作と関連したマンガ的表現の表示などストーリーを体験する機能と、体験中の行動がマンガとして出力される機能の実装を行う予定である。最終成果物は、予定通り複数人同時認識や、複数動作の組み合わせにより表示が異なるなどの複数人インタラクションを実現した。また、マンガとして出力される機能も限定的に実装した。しかし、認識する動作は7種類であり、ある程度ランダム性はあるものの決まった表示しかされないため、ストーリーを体験する機能としては未だ能力不足である。また、現在は Kinect を1台だけ使用しているため、人物の骨格検出の精度が甘く、ユーザはしっかりとポーズをとっているにもかかわらず、画面上ではなにも起こらないなどということが多発している。さらに、マンガとして出力する機能は、手動で4つ適当に選ぶ方法で、単純に画像を4つ順番に並べるだけなので、あまりにも単調に感じてしまう。さらに、成果物の機能は Kinect と Kinect SDK に強く依存している。なので、Kinect 頼りではなく、スマートフォンのカメラなどで同様のことを行えるようになれば、より手軽にマンガの世界を体験することができるようになると思われる。解決策として、ストーリーを体験する機能については、更に動作と表示を増やしたり、ストーリー自体の調査を進める必要がある。骨格検出精度に関しては、Kinect を複数台使用することで解決できそうである。マンガとして出力する機能に関しては、写っている動作が何を意味しているのかを解釈し、適切なコマ割りと切り抜きができるようにすると、現在よりもよりマンガらしくなると思われる。Kinect 依存については、OpenPose などの骨格検出機能を使えば、一般的な Web カメラなどでもマンガを体験できるようになると考えられる。

- マンガリテラシ

今回の実験で視線誘導の要素とどのように影響するかということと、それらの要素を再現することで視線の動きをほとんどコントロールできることが判明した。よって、これらの分析結果をもとにして新規アプリケーションの開発などができればと考えている。具体的には、マンガの画像を読み込んでそのマンガの読みやすさを判定したり、視線移動を予測することができるアプリケーションを作ることにも可能だと思われる。

(※文責: 村上聖将)

## 参考文献

- [1] 原田要之助, 佐藤雄二, 植田修, 長原欣司, 上河内栄治, 岡田周平, 楠美淳弥, 豊田訓久, 西郡裕子, 長谷川真大. 利用者のセキュリティ意識を高めるケーススタディの一考察マンガを用いたインタラクティブ教育の提案 (技術と社会・倫理). 電子情報通信学会技術研究報告 = IEICE technical report : 信学技報, Vol. 116, No. 71, pp. 65–70, jun 2016.
- [2] 大橋勝宏, 久原泰雄. デジタル技術を活用したマンガ表現研究. 画像電子学会研究会講演予稿, Vol. 5, pp. 63–66, 2006.
- [3] 吉川厚. マンガ教材の可能性. 年会論文集, Vol. 33, pp. 179–182, aug 2009.
- [4] 山本秀男, 吉川厚. ナラティブアプローチを用いたマンガテキストによる知識流通. 国際プロジェクト・プログラムマネジメント学会誌, Vol. 2, No. 2, pp. 39–48, 2008.
- [5] 金井文哉, 北澤武, 樫山淳雄. 教育実習を対象としたマンガ表現を利用した追体験支援システムの提案. 東京学芸大学紀要. 自然科学系, Vol. 68, pp. 245–254, sep 2016.
- [6] 目黒強. 多メディア時代におけるキャラクター表現にみる物語体験—児童文庫を事例として (特集 物語はどこへ?—アニメ・マンガ・活字). 日本児童文学, Vol. 56, No. 4, pp. 34–41, jul 2010.
- [7] 小関悠, 角康之, 西田豊明, 間瀬健二. シーン推定と漫画技法を用いた体験要約システム. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. 5, pp. 199–199, 2005.
- [8] スーパーソフトウェア. 漫画カメラ. <http://tokyo.supersoftware.co.jp/mangacamera>, 2017.
- [9] 小出雄空明, 國富彦岐, 藤村航, 奈良優斗, 白井暁彦. マンガ没入型 VR エンタテイメントシステムにおけるコンテンツ制作手法. 第 18 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 2013.
- [10] 奈良優斗, 小出雄空明, 藤村航, 白井暁彦. 瞬刊少年マルマル. 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 37, No. 17, pp. 125–128, mar 2013.
- [11] 向後智子, 向後千春. マンガによる表現が学習内容の理解と保持に及ぼす効果. 日本教育工学雑誌, Vol. 22, No. 2, pp. 87–94, 1998.
- [12] スクエア・エニックス. プロジェクト hikari. <http://www.jp.square-enix.com/tech/hikari>, 2017.
- [13] 金森慎弥, 山田真司, 米田涼. アニメーション表現に関する芸術工学的アプローチ. 日本デザイン学会 デザイン学研究 BULLETIN OF JSSD 2012, 2012.