### 公立はこだて未来大学 2021 年度 システム情報科学実習 グループ報告書

Future University-Hakodate 2021 System Information Science Practice Group Report

プロジェクト名

心に響く情報の杜

**Project Name** 

Jouhou-no-Mori resonating with us

グループ名

津波と VR

Group Name

Tsunami and VR

プロジェクト番号/Project No.

3-C

プロジェクトリーダ/Project Leader

細野嵩人 Takahito Hosono

グループリーダ/Group Leader

細野嵩人 Takahito Hosono

グループメンバ/Group Member

細野嵩人 Takahito Hosono

菱川直紀 Naoki Hishikawa

鉢呂悠真 Hachiro Yuma

伊藤璃音 Ito Rion

#### 指導教員

佐藤仁樹 教授 新美礼彦 教授

Advisor

Prof. Hideki Satoh Prof. Ayahiko Niimi

提出日

2022年1月19日

Date of Submission

January 19, 2022

#### 概要

津波と VR グループでは、函館市が公表している津波ハザードマップの情報を、新たな方法で表現することを目標と設定した。目標を達成するために、函館市で津波が発生した場合の被害を体験する VR アプリケーションとなる「はこだて津波 VR」を開発した。津波を体験する場所としては人通りが多い地点や、ハザードマップで被害が大きいと想定される複数地点であり、ユーザは津波の規模や被害を VR で視覚的に疑似体験することができ、ハザードマップの情報の容易な理解が期待できる。これを踏まえ制作したアプリは、成果発表会では「津波や建物が精巧に再現されている」、「実際に怖いと感じた」などのコメントが寄せられ、「はこだて津波 VR」で函館市津波ハザードマップの情報を再現できたと判断した。これにより、ハザードマップに記載されている被害の規模感がわかりにくいといった問題点は解決できた。また、本プロジェクトは、一般財団法人日本気象協会様にご協力いただき、開発を進めた。

キーワード VR(Virtual Reality), 津波, ハザードマップ, 函館

(※文責: 細野)

#### Abstract

The Tsunami and VR group set a goal to represent the information in the Tsunami Hazard Map published by Hakodate City in a new way. To achieve this goal, we developed "Hakodate Tsunami VR," a VR application that allows users to experience the damage that would occur if a tsunami were to hit Hakodate. The locations to experience the tsunami are points where there are a lot of pedestrians and multiple points where the hazard map assumes the damage to be large, users can visually simulate the scale of the tsunami and the damage through VR, and can expect to easily understand the information in the hazard map. Comments such as "the tsunami and buildings are elaborately reproduced" and "I actually felt scared" were received at the results presentation. In conclusion, the Hakodate Tsunami VR was able to reproduce the information in the Hakodate City Tsunami Hazard Map. Accodingly, we sloved the ploblem understanding the scale of damage on the hazard map is difficult. This project was developed with the cooperation of the Japan Weather Association.

Keyword VR(Virtual Reality), Tsunami, Hazard Map, Hakodate

(※文責: 細野)

# 目次

第1章	はじめに	1
1.1	背景	1
1.2	従来例	1
1.3	従来の問題点	2
第2章	プロジェクト学習における課題の設定	3
2.1	問題の設定	3
2.2	到達目標	3
2.3	課題の設定	3
	2.3.1 前期	3
	2.3.2 後期	4
2.4	課題の割り当て	4
	2.4.1 前期	4
	2.4.2 後期	5
第3章	課題解決のプロセス	7
3.1	前期	7
	3.1.1 アプリケーション開発技術の習得(担当:全員)	7
	3.1.2 プロジェクトリーダーとグループリーダーの決定(担当:全員)	8
	3.1.3 テーマの検討(担当:全員)	8
	3.1.4 開発アプリケーションの検討・決定(担当:全員)	9
	3.1.5 函館津波シミュレーション VR のプロトタイプの開発(担当:菱川、伊藤)	9
	3.1.6 中間発表会の準備(担当:全員)	10
3.2	後期	10
	3.2.1 開発アプリケーション名の検討・決定(担当:全員)	11
	3.2.2 津波の再現方法の検討・決定(担当:全員)	11
	3.2.3 町並みのモデリング方法の検討・決定(担当:全員)	11
	3.2.4 函館津波シミュレーション VR の開発(担当:伊藤、鉢呂、細野)	11
	3.2.5 成果発表会の準備(担当:全員)	13
3.3	各人の課題の概要とプロジェクト内における位置づけ	14
3.4	担当課題解決過程の詳細	15
	3.4.1 班全体の課題	15
	3.4.2 細野嵩人	16
	3.4.3 菱川直紀	18
	3.4.4 鉢呂悠真	19
	3.4.5 伊藤璃音	21
第4章	アプリケーションの概要	23

4.1	概要	23
4.2	仕様	23
4.3	プロトタイプ	23
4.4	はこだて津波 VR	24
第5章	結果	25
5.1	プロジェクトの結果	25
	5.1.1 中間発表会	25
	5.1.2 成果発表会	26
	5.1.3 プロジェクトの結果	26
第6章	まとめ	27
6.1	前期活動総括	27
6.2	後期活動総括	27
6.3	開発を通して見えてきた課題	27
6.4	課題の解決方法の提案	27
<b>会孝</b> 文献		20

## 第1章 はじめに

この章では、本プロジェクトと関連のある技術や事例について述べる。また、それらの問題点を 挙げる。

(※文責: 細野)

### 1.1 背景

近年、理解しづらい情報を表現するうえで使われている技術として AR と VR がある。AR とは Augmented Reality の略であり、実在する風景にバーチャルな視覚情報を重ねて表示することで、 目の前にある世界を仮想的に拡張する技術である。また、VR とは Virtual Reality の略であり、 ユーザの五感を含む感覚を刺激することにより仮想的な空間を現実かのように体感させる技術であ る。現在、AR/VR 市場はコンシューマー向けのエンターテイメント用途と企業向けの教育・訓練 用途等がともに拡大している。情報通信白書令和 2 年に記載されている世界の AR/VR 市場規模 等の推移及び予測 [1] によると 2016 年から 2019 年まで AR/VR 関連ソフトフェアおよびサービ ス支出は増加し続けており 2020 年以降も増加すると予測されている。AR を用いて理解しづらい 情報を表現している例として Microsoft の「HoloLens2」[2] がある。HoloLens2 はメガネ型のデ ジタルデバイスで、グラス越しに見える現実世界にデジタルの情報を重ねる機能を持ったものであ る。これは AR を用いて現実世界に自然に情報を追加・共有できるため様々な分野での活用が期待 されている [3]。このように、近年 AR/VR によって本来目には見えない情報を表現したり、訓練 を行うことができるなど AR/VR 技術を社会の問題解決に役立てる動きが活発になっている。な お日本は地震大国であり、それに伴った津波も頻繁に発生する [4]。2011 年には東日本大震災によ る被害者と行方不明者は津波の被害も含めて2万5,949人である[5]。地震による被害も大きいが、 津波による被害も見過ごすことはできない。そこで、本プロジェクトでは VR 技術を用いて、地震 が発生した際に生じる津波の規模や函館にもたらす被害を VR で視覚的に表現することを目標と している。

(※文責: 細野)

### 1.2 従来例

防災意識向上の例として地域や学校などでの防災訓練が挙げられる。防災訓練を行うことで、避難情報の伝達手段や避難場所の認知等、基礎的な部分の定着を図ることができる。他にもハザードマップが挙げられる。ハザードマップを使うことにより、災害時には迅速に危険な区域を避けながら避難することができる。以下に、VRを活用した防災訓練や災害体験の例を挙げる。

VR を用いた防災訓練の実例はいくつかあるが、一例として大分防災 VR[6] が挙げられる。大分防災 VR は VR を利用し大分県での災害をリアルに体験することで、大分県民の防災意識の醸成及び避難行動の向上を目的としている。

また津波を VR で体験できる一例として、中央大学の開発した VR 体験型津波避難シミュレー Group Report of 2021 SISP - 1 - Group Number 3-C

ション [7] が挙げられる。これは VR 技術を用いて、3 次元 CG により映像化した計算結果を立体表示させることで、災害の疑似体験ができる。

(※文責: 細野)

### 1.3 従来の問題点

現在、全国の都市の津波のハザードマップが存在しており、函館市でも津波ハザードマップが公表されている [8]。それによって、津波の範囲は予測できている。しかし実際のところ、ハザードマップでは記載されている規模感などはわからない。また、ハザードマップの認知度はあまり高くなく損保ジャパンにおける調査によると、ハザードマップを確認している人は 40 %に満たない [9]。

防災訓練は各地域で行われている。しかし、防災訓練の必要性を 8 割以上が認識しているにも関わらず、防災訓練について「家庭で直近 5 年以内に実施・参加していない」人が約 8 割 [10] と実際に防災訓練を行っている人は少ない。

Covid-19 の感染拡大によって人を集めて防災訓練、避難訓練を行うことが出来ず、さらに防災への関心が低くなっており、対面形式でない災害訓練の実施が求められている。また、災害をシミュレーションした VR は存在しているが、種類が少なく、自分の住んでいる地域が再現されていないことがあり、危機感を感じることができない。

(※文責: 細野)

## 第2章 プロジェクト学習における課題の設定

この章では、本プロジェクトにおける課題の設定を行い、問題解決のための計画を述べる。

(※文責: 伊藤)

### 2.1 問題の設定

本プロジェクトでは、1.3 で挙げられた問題点のうちハザードマップでは記載されている規模感などがわからないという問題点の改善を目指す。具体的には、津波の規模や函館にもたらす被害をVR で視覚的に疑似体験することができるアプリケーションを開発することが求められる。

(※文責: 細野)

### 2.2 到達目標

津波と VR グループでは、函館市津波ハザードマップの情報を新たな方法で表現することを到達目標に設定する。

(※文責: 鉢呂)

### 2.3 課題の設定

この節では 2.1 で定めた問題を解決し、2.2 で設定した到達目標を達成するために課題を設定する。前期では主に、VR アプリケーション開発に必要な技術習得や開発アプリケーションの概要を検討する必要があるためそれらを解決するための課題を、後期では前期で検討した内容をもとに実際にアプリケーションの実装を行う必要があるため、それらを解決するための課題を設定する。

(※文責: 鉢呂)

#### 2.3.1 前期

この項では前期に行う課題を設定する。

- 1. アプリケーション開発技術の習得 課題: アプリケーションを開発していくうえで必要となる Unity を用いてアプリケーション を開発する技術、データを共有する技術の習得。
- プロジェクトリーダーとグループリーダーの決定
   課題: プロジェクト全体をまとめるプロジェクトリーダーとグループをまとめるグループリーダーの決定。
- 3. テーマの検討

課題: 本プロジェクトで作成する制作物に関するテーマの検討。

4. 開発アプリケーションの検討・決定

課題: 開発するアプリケーションの仕様を検討・決定。

5. 函館津波シミュレーション VR のプロトタイプの開発

課題: 函館津波シミュレーション VR を開発するうえで最低限必要となる津波の再現と町の 3D モデルの再現。

6. 中間発表会の準備

課題:中間発表を行ううえで必要な資料の作成。

(※文責: 鉢呂)

#### 2.3.2 後期

この項では後期に行う課題を設定する。

1. 開発アプリケーション名の検討・決定 課題: 開発するアプリケーションの名前を検討・決定。

2. 津波の再現方法を検討・決定

課題: 開発アプリケーションで使用する津波の再現方法を検討・決定。

3. 町並みのモデリング方法の検討・決定

課題: 開発アプリケーションで使用する町並みモデルの作成方法を検討・決定。

4. 函館津波シミュレーション VR の開発

課題: 最終成果物として提出する「はこだて津波 VR」の開発。

5. 成果発表会の準備

課題:成果発表を行う上で必要な資料の作成。

(※文責: 伊藤)

### 2.4 課題の割り当て

この節では2.3で設定した課題を誰が担当するか割り当てを行う。

(※文責: 鉢呂)

#### 2.4.1 前期

この項では前期に行う課題の割り当てを行う。

1. アプリケーション開発技術の習得

担当:全員

Unity、GitHub の使い方を習得。

2. プロジェクトリーダーとグループリーダーの決定

担当:全員

プロジェクト全体をまとめるプロジェクトリーダーとグループをまとめるグループリーダー

を決定。

3. テーマの検討

担当:全員

本プロジェクトの方向性を決めることを目的とした、制作物に関するテーマを検討。

4. 開発アプリケーションの検討・決定

ペーパプロトタイピング担当:全員

ペーパプロトタイピングを用いてアプリケーション案を検討

日本気象協会へのプレゼンテーション用スライド資料担当:細野・鉢呂

日本気象協会へのプレゼンテーション用スライド資料作成

5. 函館津波シミュレーション VR のプロトタイプの開発

担当:菱川·伊藤

函館津波シミュレーション VR を開発するうえで最低限必要となる津波の再現と町の 3D モデルの再現。

6. 中間発表会の準備

ポスター担当:細野

中間発表ポスター作成

Web サイト担当:全員

Web サイト作成

(※文責: 鉢呂)

#### 2.4.2 後期

この項では後期に行う課題の割り当てを行う。

1. 開発アプリケーション名の検討・決定

担当:全員

開発アプリケーション名を検討し、決定。

2. 津波の再現方法を検討・決定

担当:全員

津波の再現方法を検討し、決定。

3. 町並みのモデリング方法の検討・決定

担当:全員

町並みのモデリング方法を検討し、決定

4. 函館津波シミュレーション VR の開発

津波のモデル開発担当:伊藤・鉢呂

津波のモデルを開発し、津波の挙動を実装。

町並みのモデル開発担当:細野

「赤レンガ倉庫」、「函館駅前」、「湯の川汐見橋」の3地点のモデルを開発。

UI(User Interface) の開発担当:菱川 アプリケーションに必要な機能の実装。

5. 成果発表会の準備

ポスター担当:細野

成果発表ポスター作成

Web サイト担当:全員

Web サイト作成

## 第3章 課題解決のプロセス

この章では2.3で設定した各課題の解決プロセスと各人が担当した課題の詳細を述べる。

(※文責: 鉢呂)

### 3.1 前期

この節では 2.3.1 で設定した課題の解決プロセスの詳細を述べる。

(※文責: 鉢呂)

#### 3.1.1 アプリケーション開発技術の習得(担当:全員)

VR を用いた津波シミュレーションアプリの開発を行うにあたり、Unity を用いたアプリケーションを開発するための技術習得が必要であった。また、多人数で協力してアプリケーションの開発を行うにあたり、グループメンバーでアプリケーションや情報の共有、プログラムコードのバージョン管理をするための技術習得が必要であった。以下では、これらの技術の概要とその習得手順について記述する。

(※文責: 菱川)

### Unity を用いたアプリケーションの開発(担当:全員) Unity [11]

Unity は、Unity Technologies で開発しているゲームエンジンである。Windows、Mac、Linux、iOS、Android などマルチプラットフォームに対応しているため、Unity で作成したアプリケーションはほぼすべてのデバイス利用することができるのが特徴である。また、Asset Store というユーザが作成したスクリプトや 3D モデルなどの素材を登録し公開することで、他のユーザがそれらを利用することができることも特徴である。Unity の習得するために、プロジェクトメンバー全員がドットインストール [12] と Udemy [13] の演習を通して、Unity の開発環境の準備や簡単な3D モデルを用いたアプリケーションの作成を行い、Unity の操作方法を習得した。また、AR と VR の技術を習得するために、AR は Getting Started with Vuforia Engine in Unity [14] を参考に AR を用いたアプリケーションの作成を、VR は新美先生が準備した資料を参考にして VR を用いたアプリケーションの作成をそれぞれ行った。

(※文責: 菱川)

#### アプリケーションや情報の共有(担当:全員)

#### GitHub [15]

GitHub は、ソースコードやデータを共有することで、プロジェクトの管理を行うことができる開発プラットフォームである。複数人で開発を行う際に様々な修正が行われるが、GitHub を利用することで、「誰が、いつ、どのような目的で」行った修正なのかという情報も一緒に記録されるため「バグの修正、機能の追加、フィードバック」を素早く、簡単に行うことができるようになる。GitHub を習得するために、新美先生が準備した資料を参考にして GitHub を利用するための環境を準備した。

(※文責: 菱川)

#### Google Drive [16]

Google Drive は、Google が提供するオンラインストレージサービスであり、多数でファイルの管理・共有を行うのに適している。本プロジェクトでは開発に使用する資料、アプリケーション案、スケジュールなどをグループメンバーで管理・共有するために用いた。また、Google Drive を習得するために各人が検討した AR、VR を用いたアプリケーション案を Google Drive にアップロードして共有するという作業を行った。

(※文責: 菱川)

#### 3.1.2 プロジェクトリーダーとグループリーダーの決定(担当:全員)

プロジェクトリーダーとグループリーダーの決定は、それぞれプロジェクト内、グループ内での話し合いによって行われた。どちらも立候補者が存在し、他のメンバーから賛成意見が出されたため、立候補者がそれぞれプロジェクトリーダーとグループリーダーになった。

(※文責: 菱川)

#### 3.1.3 テーマの検討(担当:全員)

取り組んでみたいテーマについての話し合いを行った。そこでは、どのような気象現象を使いたいのか・どのような技術を使いたいのか・Unity で気象また天体を表現できるのか、などといったことを話した。話し合いの結果、水の循環、花粉の可視化、天気とコーディネート、津波 × 函館の 4 つのテーマが挙げられ、4 つのテーマの絞り込みを行った。テーマの絞り込みでは津波 × 函館が VR 表現との親和性が高いことから「津波 × VR × 函館」と天気とコーディネートは結びつきが強く、またコーディネートの AR 表示は親和性が高いことから「天気 × AR × コーディネート」の二つに絞られた。

### 3.1.4 開発アプリケーションの検討・決定(担当:全員)

本プロジェクトで開発するアプリケーションにはリアルな表現が求められる。そこでリアルな表現を実現する技術である AR、VR を用いたアプリケーションを考えるために以下の作業を行った。

(※文責: 細野)

#### ペーパープロトタイピングを用いたアプリケーション案の検討(担当:全員)

グループメンバー各人が、気象と XR を用いたアプリケーションを検討しそれぞれの案を共有し開発する候補を決定した。その結果「天気によってその日の服を提案してくれるアプリケーション」(図 3.1)と「函館津波シミュレーション VR」(図 3.2)に決定した。

(※文責: 細野)



図 3.1 検討したアプリケーション案 1



図 3.2 検討したアプリケーション案 2

#### 日本気象協会とのアイデア検討(担当:全員)

ペーパープロトタイピングで候補に挙がった 2 つのアプリケーション案を日本気象協会の方にメールを送り、案に対する意見を共有した。そこで「天気によってその日の服を提案してくれるアプリケーション」の案では自分の姿に服を重ねられることは魅力的であるという意見をもらった。「函館津波シミュレーション VR」の案では国土地理院の測量情報や Google Map の情報をもとに函館の地形を 3D 化し、そこに津波シミュレーションを実装するアイデアは、とても興味がありますという意見をもらった。また 6 月 25 日に Zoom ディスカッションを行った。そこで、案に対する課題、作成する目的とアプリケーションがどのように利用されるのかビジョンはあるのか、などといったアドバイスをいただいた。VR と気象のつながりが最もあり函館に貢献できる「函館津波シミュレーション VR」を作成することに決定した。

(※文責: 細野)

#### 3.1.5 函館津波シミュレーション VR のプロトタイプの開発 (担当:菱川、伊藤)

函館津波シミュレーション VR を開発するうえでの基盤となるプロトタイプの開発を行った。

#### 津波の再現方法の検討(担当:菱川、伊藤)

津波の再現を行うにあたって、どのような手法を用いるのがよいか情報収集を行った。最終的に「StandardAssets」「NvidiaFlex[17]」「CrestOceanSystem[18]」の3つのUnityAssetを使用し再現を行い、実際に使用するAssetの比較、検討を行った。各自が行った解決プロセスは、3.4.3と3.4.5の個人の課題解決過程で述べる。

(※文責: 伊藤)

#### 町並みの再現方法の検討(担当:菱川、伊藤)

町並みの再現を行うにあたって、どのような手法を用いるのがよいか情報収集を行った。検討した方法として「PLATEAU[19]」「GoogleMap の 3D データ」「OpenStreetMap[20]」の三種類の作成方法を比較、検討した。各自が行った解決プロセスは、3.4.3 と 3.4.5 の個人の課題解決過程で述べる。

(※文責: 伊藤)

#### 3.1.6 中間発表会の準備(担当:全員)

#### ポスターの作成(担当:細野)

中間発表会で使用するポスターを作成した。作成においては Adobe InDesign[21] を使用した。 ポスターにはプロジェクトの目的、各グループの目標と課題、課題の解決方法を載せた。解決プロ セスは、3.4.2 の個人の課題解決過程で述べる。

(※文責: 細野)

#### Web サイトの作成(担当:全員)

中間発表会の Web サイトを作成した。Web のページは Google Sites を使用して作成した。グループごとにページを分け、ポスターに入りきらなかった成果や課題などを記載した。本グループでは、個人の作業範囲をまとめ記述箇所を振り分けた。成果物の動画や画像などを用いて現在までの成果を記述した。

(※文責: 伊藤)

### 3.2 後期

この節では 2.3.2 で設定した課題の解決プロセスの詳細を述べる。

#### 3.2.1 開発アプリケーション名の検討・決定(担当:全員)

開発アプリケーション名の検討は話し合いを行った。アプリケーション名は「函館」と「津波」と「VR」をかけ合わせて「はこだて津波 VR」に決定した。

(※文責: 鉢呂)

#### 3.2.2 津波の再現方法の検討・決定(担当:全員)

津波の再現方法の検討は、前期に検討した方法のうち Crest Ocean System と NVIDIA Flex の うちどちらがより津波の再現をできるかを検討した。結果として Crest Ocean System の方が津波の再現度が高いことから Crest Ocean System を用いて開発を行うことを決定した。

(※文責: 鉢呂)

#### 3.2.3 町並みのモデリング方法の検討・決定(担当:全員)

前期の時点で検討していた OpenStreatMap からデータを作成する案は、土地の高さのデータが無く標高差を再現できなかったことから却下した。GoogleMap のデータを使用する案は、料金が開発したアプリケーションが使用された分だけ発生するというものであった。町並みのモデリング方法の検討段階ではアプリケーションの公開方法は決定していなかった。そのため、料金の支払いの見通しが立たなかったため却下した。そこで、Photogrammetry という技術に注目した。Photogrammetry とはデジタルカメラ等で多面的に撮影した複数のデジタル写真をコンピュータで画像解析し、3次元コンピュータグラフィックス等を得るプロセスを指す言葉である [22]。この技術を用いることで、現実的な作業で町並みのモデルを作成できると判断した。そのため、Photogrammetry で町並みのモデルを作成することを決定した。

(※文責: 細野)

#### 3.2.4 函館津波シミュレーション VR の開発(担当:伊藤、鉢呂、細野)

#### 津波のモデル開発(担当:伊藤・鉢呂)

3.2.2 で Crest Ocean System という Unity の Asset を選択した。従って、津波の再現はこれを基盤として行った。はじめに、津波の盛り上がった波を再現することを行った。Blender というソフトウェアを使用し、波の形をしたモデルを作成することで、Crest Ocean System の波を意図した形に変形することができた。次に、作成した波を動かす仕組みを実装した。今回は Unity を使用してアプリケーションの作成を行っていたので Rigidbody.addForce という物理演算の関数を利用して横向きの力を加えることで実装した。津波の速度は日本気象協会に提供していただいた、予測される地震や津波の規模などを元に計算を行った。津波を作成する際に検討した事柄として、実際の津波を再現しようとすると、被害が出るほどの津波が押し寄せるまでに 20 分以上の時間がかかってしまい、体験型の VR システムとしては時間がかかり過ぎで成り立たないのではないかということであった。そこで、波の高さや速さの再現は正確に行うが、波の高さを徐々に時間をかけて上昇させるのではなく、最大の高さの波が押し寄せるように実装を行った。結果として、ある程

度の再現性と、体験時間の調整を両立することができた。各自が行った解決プロセスは、3.4.4 と 3.4.5 の個人の課題解決過程で述べる。

(※文責: 伊藤)

#### 町並みのモデル作成に必要な動画撮影(担当:細野)

町並みのモデル作成に必要となる動画の撮影を行った。モデル作成は、Photogrammetryで作成する。そのため撮影には 360 度カメラを用いて 360 度動画の撮影を行った。撮影は練習を含め合計 4 回行った。はじめに 360 度カメラの使い方を確認するために、練習として公立はこだて未来大学の動画の撮影を行った。その後、撮影した動画から実際にモデル作成を行い、うまく撮影できていなかった部分や撮影時に気を付けることなどを確認した。気を付ける点として、太陽の出ていない曇りの日であること。撮影に他の人が映らないように朝、または夕方に撮影を行うことが挙げられた。以上に注意し別日に、モデル作成を行う予定である赤レンガ倉庫、函館駅前、湯の川汐見橋の 3 か所を訪れ、動画の撮影を行った。

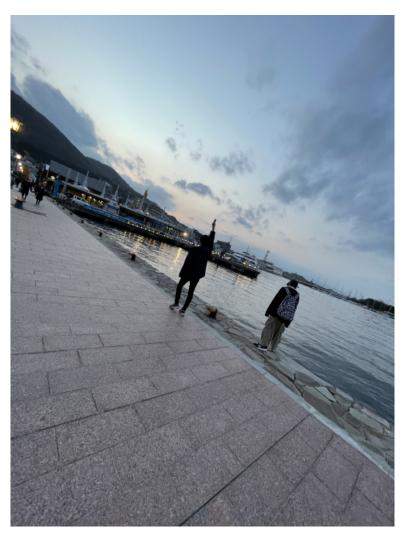


図 3.3 赤レンガ撮影時の様子

(※文責: 伊藤)

#### 町並みのモデル開発(担当:細野)

町並みのモデルを開発する前に、モデルとなる地点を決める必要があった。そのため、人通りが多い地点、ハザードマップで被害が大きいと想定される地点という条件で絞った。絞った結果「赤レンガ倉庫」、「函館駅前」、「湯の川汐見橋」の 3 地点を作成することに決定した。モデルの作成に使用した技術は Photogrammetry であり、Photogrammetry を行うにはモデルとなるオブジェクトを写真でとる必要がある。しかし、今回作成しようとしているモデルは町並みのモデルであり、写真で撮影を行うとなると時間がかかってしまう。そのため 360 度カメラ [23] を使用し、モデルとなる地点で動画を撮影した。ここで撮影した動画はこのままでは使用できないため、使用するには画像に切り出す必要がある。Adobe Premiere Pro[24] を使用し  $360^\circ$  の動画を 1 秒あたり 0 度から 180 度、180 度から 270 度、270 度から 360 度の 4 枚に切り出した。次に Reality Capture [25] を使用し、切り出した画像から 30 モデルを作成した。解決プロセスは、3.4.2 の個人の課題解決過程で述べる。

(※文責: 細野)

#### UI の開発(担当:菱川)

アプリケーションの画面遷移を行うボタンの実装を行った。アプリケーションは VR で操作することが想定されているため、VR 上で操作が可能となるように、コントローラがボタンに重なっている状態でコントローラのトリガーを押すことでボタンが押せるように実装した。また、ボタンのサイズや配置は、VR 上でボタンがより見やすいと感じるようにグループメンバー全員で話し合い、調整した。さらに、複数の画面遷移を行う必要があったため、各ボタンがどの画面へ遷移するのかがわかるようにボタン上に遷移先の画面がわかるようテキストを配置した。実装後、実際にグループメンバー全員で VR 上で確認し、ボタンを押した際に画面遷移が問題なく行われることを確認した。解決プロセスは、3.4.3 の個人の課題解決過程で述べる。

(※文責: 伊藤)

#### はこだて津波 VR の統合(担当:全員)

はこだて津波 VR の統合を行った。グループメンバーそれぞれが作成した津波のモデルや町並みの 3D モデルを GitHub を用いて一つに統合した。その後、実際にグループメンバー全員が VR 上でどのように見えているか、操作性が悪いと感じる点はないかなど意見を出し合い、細かな修正を行った。加えて、想定していた挙動と異なることやバグが無い点を確認した。

(※文責: 菱川)

#### 3.2.5 成果発表会の準備(担当:全員)

#### ポスターの作成(担当:細野)

成果発表会で使用したポスターを作成した。作成においては Adobe InDesign を使用した。ポスターにはプロジェクトの目的、各グループの目標と最終成果物の画像を載せた。解決プロセスは、3.4.2 の個人の課題解決過程で述べる。

#### Web サイトの作成(担当:全員)

成果発表会で使用する Web サイトを作成した。Web のページは Google Sites を使用して作成した。グループごとにページを分け、ポスターに入りきらなかった成果や課題などを記載した。各自が行った解決プロセスは、3.4.2 と 3.4.3 と 3.4.4 と 3.4.5 の個人の課題解決過程で述べる。

(※文責: 伊藤)

### 3.3 各人の課題の概要とプロジェクト内における位置づけ

はじめに、グループメンバー全員が取り組んだ課題について述べる。

5月にはアプリケーション開発技術の習得として、グループメンバー全員が Unity の使い方、Unity で AR、VR を用いたアプリケーションを作成する方法を習得する課題に取り組んだ。またプロジェクトリーダーとグループリーダーの決定するため、グループメンバー全員で話し合いを行い各リーダーを決定する課題に取り組んだ。さらにテーマの検討として、グループメンバー全員で話し合いを行い取り組みたいテーマの案だしと絞り込みを行いテーマを決定する課題に取り組んだ。5月のグループメンバー全員の担当課題は以下の通りである。

- Unity、AR、VR 演習
- プロジェクトリーダー、グループリーダーの決定
- テーマの案だしと絞り込み、決定

6月には開発アプリケーションの検討・決定として、グループメンバー全員がペーパープロトタイピングを行いアプリケーション案の検討を行う課題に取り組んだ。その後、日本気象協会とのディスカッションを行いアプリケーション案を決定する課題にも取り組んだ。またアプリケーション開発技術の習得として、グループメンバー全員がGitHubの使い方を習得する課題に取り組んだ。

- ペーパープロトタイピング
- 日本気象協会とのディスカッション
- GitHub 演習

10月には開発アプリケーション名の検討・決定として、グループメンバー全員で開発アプリケーション名について話し合いを行い、開発アプリケーション名を決定する課題に取り組んだ。その後、前期に検討した方法を踏まえて、津波の再現方法を決定する課題と町並みのモデリング方法を決定する課題にも取り組んだ。

- 開発アプリケーション名の検討・決定
- 津波の再現方法の検討・決定
- 町並みのモデリング方法の検討・決定

11 月には各自が作成した津波のモデルや町並みの 3D モデルを GitHub を用いて統合する課題 に取り組んだ。

• はこだて津波 VR の統合

次に、グループメンバーそれぞれが取り組んだ課題について述べる。 細野嵩人の担当課題は以下の通りである。

- 6月 日本気象協会へのプレゼンテーション用スライド資料の作成
- 7月 中間発表用ポスターの作成、中間発表用 Web サイトの作成
- 10月 津波のモデルの作成
- 11月 町並みのモデル作成
- 12月 成果発表会用ポスターの作成、成果発表会用 Web サイトの作成

菱川直紀の担当課題は以下の通りである。

- 6月 津波の再現方法の検討
- 7月 町並みの再現方法の検討、中間発表用 Web サイトの作成
- 10月 画面遷移の実装、UI の作成
- 11月 スタート画面の作成
- 12月 成果発表会用 Web サイトの作成

鉢呂悠真の担当課題は以下の通りである。

- 6月 日本気象協会へのプレゼンテーション用スライド資料の作成
- 7月 中間発表用 Web サイトの作成
- 10月 津波のモデル作成
- 11月 津波の速度と物体に及ぼす力の実装
- 12月 成果発表会用 Web サイトの作成

伊藤璃音の担当課題は以下の通りである。

- 6月 津波の再現方法の検討
- 7月 町並みの再現方法の検討、中間発表用 Web サイトの作成
- 10月 津波のモデル作成
- 11月 VR 用画面遷移の実装
- 12月 成果発表会用 Web サイトの作成

(※文責: 菱川)

### 3.4 担当課題解決過程の詳細

この節では3.3で説明した課題の解決過程を述べる。

(※文責: 鉢呂)

#### 3.4.1 班全体の課題

この項ではグループメンバー全員で取り組んだ課題の解決過程を述べる。

#### **5月** Unity、AR、VR 演習

グループメンバー全員が Unity の知識が不十分であったため、Unity の使い方を学習し Unity を用いた簡易のゲーム作成、AR、VR 機能の使い方の確認を行い知識を深めること ができた。

プロジェクトリーダーとグループリーダーの決定

プロジェクトリーダーとグループリーダーが未決定であったため、立候補・話し合いを行い 各リーダーを決定した。

テーマの案だしと絞り込み、決定

テーマが未決定であったため、取り組んでみたいテーマについて話し合い、テーマの案だしと絞り込みを行い、テーマを決定した。

#### **6月** GitHub 演習

アプリケーションを開発するうえでアプリケーションのバージョン管理をする必要があった ので GitHub の使い方を昨年のプロジェクト学習資料を参考に GitHub を使用することで GitHub の使用方法について学び、GitHub を使用できるようにした。

ペーパープロトタイピング

開発アプリケーションの検討が不十分であったため、ペーパープロトタイピングを行い開発 アプリケーションの概要や画面デザインについて検討した。

日本気象協会とのディスカッション

開発アプリケーションが未決定であったため、日本気象協会とのディスカッションを行い開発アプリケーションを決定した。

**10月** 開発アプリケーション名の検討・決定開発するアプリケーション名を決定する必要があったため、グループメンバーでアプリケーション名の案だしを行い、アプリケーション名を決定した。

津波の再現方法の検討・決定

前期で検討を行った内容のうちどの方法を用いて開発を行っていくかの決定が必要であった ため、再度再現方法の検討を行い、最適だと判断した再現方法で開発を進めていくことを決 定した。

町並みのモデリング方法の検討・決定

前期で検討を行った内容のうちどの方法を用いて開発を行っていくかの決定が必要であった ため、再度モデリング方法の検討を行い、最適だと判断したモデリング方法で開発を進めて いくことを決定した。

**11月** はこだて津波 VR の統合作成した津波のモデルと町並みのモデルを統合し VR 機能を追加 する必要があったため、グループメンバー間で各自制作したものを Github で共有し、統合 を行った。

(※文責: 鉢呂)

#### 3.4.2 細野嵩人

前期の活動では主に、日本気象協会へのプレゼンテーション用スライド資料の作成、中間発表用ポスターの作成と中間発表用 Web サイトの作成を行った。後期の活動では主に、津波のモデル作成、町並みのモデルに必要な動画撮影、町並みのモデル作成、成果発表ポスター作成を担当した。

#### 6月 日本気象協会へのプレゼンテーション用スライド資料の作成

6 月末に日本気象協会との zoom での会議が行われた。その会議でスライドを用いてアイディアを紹介することに決めた。そのため、これまでに津波と VR チームがおこなってきたことをスライドにまとめた。

#### 7月 中間発表用ポスターの作成

中間発表で使用するポスターの作成を担当した。ポスター担当は一人で担当することになったので、Adobe InDesign を利用した。まず始めに、ポスターのレイアウトを作成し新美先生と日本気象協会に添削を頼んだ。その後各チームの項目については各チームからチームの概要、チーム前期の活動内容、チームの課題に対する内容を作成してもらった。それらを含む文章を掲載したうえでポスター全体のバランスを修正し、ポスターを完成させた。

中間発表用 Web サイトの作成

中間発表用 Web サイトの作成を担当した。チームメンバー全員で作業したため、各自担当 個所を記述した。細野は概要を記述した。

#### 10月 津波のモデル作成

町並みのモデルの作成担当であったがモデル作成に使用するカメラが手元になく、作成することができなかったため津波のモデル作成に参加した。始めに Crest Ocean System を用いてアプリケーションを作成するうえで、Crest Ocean System で行えることの確認を行った。Crest Ocean System で作成した海の一面を切り取り、移動させることによって波のように見せることに成功した。ここで切り取った海の一面をコピーし増やすことで波を津波のように見せられるのではないかと考え試みた。しかし実際は波の描画される個所とされない個所が発生してしまった。Crest Ocean System のみを使用して津波を再現するのは厳しいことがわかったので、ほかのメンバーと情報を共有した。

#### 11月 町並みのモデル作成

町並みのモデルを開発する前に、モデルとなる地点を決める必要があった。そのため、人通 りが多い地点、ハザードマップで被害が大きいと想定される地点という条件で絞った。絞っ た結果「赤レンガ倉庫」、「函館駅前」、「湯の川汐見橋」の3地点を作成することに決定し た。モデルの作成に使用した技術は Photogrammetry であり、Photogrammetry を行うに はモデルとなるオブジェクトを写真でとる必要がある。しかし、今回作成しようとしている モデルは町並みのモデルであり、写真で撮影を行うとなると時間がかかってしまう。そのた め 360 度カメラを使用し、モデルとなる地点で動画を撮影した。ここで撮影した動画はこ のままでは使用できないため、使用するには画像に切り出す必要がある。Adobe Premiere Pro を使用し 360°の動画を 1 秒あたり 0 度から 90 度、90 度から 180 度、180 度から 270 度、270 度から 360 度の 4 枚に切り出した。次に Reality Capture を使用し、切り出した 画像から 3D モデルを作成した。そのままの 3D モデルだとサイズが大きく Unity 上で動か すことが厳しかったためポリゴン数を減らすことで対応した。Reality Capture から書き出 した 3D モデルのファイルを Unity に入れるとテクスチャがうまくつかなかった。そのた め Blender [26] を経由し、Blender でテクスチャをつけてから Unity へ持ち込むことで 3D モデルを作成することに成功した。These 3D models was created using RealityCapture software by Capturing Reality

#### 12月 成果発表ポスター作成

成果発表会で使用したポスターを作成した。作成においては前期と同様に Adobe InDesign を使用した。前期に提出したフォーマットがあったため、それにのっとり作成を進めた。後

期のポスターでは、前期のポスターに記載していた各グループのテーマ、課題、課題の解決 方法を削除しスペースを確保することで成果物の画像を大きく載せることができた。削除し た項目は Web サイトにて記述することで、より詳しく発表資料に記載することができた。 また文字の量を減らしフォントを大きくすること、文章を箇条書きに統一したことで見やす いポスターを作成することができた。

#### 成果発表会用 Web サイトの作成

成果発表会用のWeb サイトの作成を行った。グループメンバー全員でWeb サイト内に記述する内容について話し合い、それを記述した。担当した課題の町並みのモデルの開発について記述した。実際に撮影に行った様子の画像を記載したり、グループの活動がわかりやすいページを作成した。

(※文責: 細野)

#### 3.4.3 菱川直紀

前期の活動では、津波のモデルの作成と町並みの 3D モデルの作成、中間発表用 Web サイトの作成を主に担当した。後期の活動では、スタート画面の作成と画面遷移の実装、UI の作成、町並みのモデル作成に必要な動画撮影、はこだて津波 VR の統合、成果発表会用 Web サイトの作成を主に担当した。

#### 6月 津波の再現方法の検討

Unity で津波のモデルの作成を行った。まず、津波の再現方法について情報収集を行った。その結果、流体シミュレーションを用いる方法と shader を用いる方法での再現方法について検討を行った。流体シミュレーションを用いる方法では、NVIDIA Flex を利用して津波の再現を行った。また、Unity の Asset である Standard Assets に含まれる水の Prefabsを利用して、津波の再現を行った。shader を用いる方法では、Unity の Asset である Crest Ocean System LWRP を利用した。波のモデルが持つ shader の値を調整することで、津波の再現を行った。これらの方法を検討した結果、どの方法でも津波のモデルの作成を行うことができた。後期では、どの方法を用いるかを決定し、津波のモデルの再現度を向上させる。

#### 7月 町並みの再現方法の検討

Unity で町並みの 3D モデルの作成を行った。まず、土地や建物の 3D モデルの再現方法について情報収集を行った。その結果、国土交通省の PLATEAU から無償で公開されている町の 3D データを利用する案、GoogleMap のデータを利用する案、使用する町のデータを全て自力で作成する案、OpenStreatMap から建物のモデルを生成する案の 4 つを検討した。国土交通省の PLATEAU からデータを利用する案は、函館市のデータが存在しなかったため不可能であった。GoogleMap のデータを利用する案は、使用料金が発生するため、後期に利用するかどうかの検討を行う。使用する町のデータを全て自力で作成する案は、モデリングの作業量が非常に多いと予想されるため、すべてを再現するのは困難だと判断した。OpenStreatMap から建物のモデルを生成する案は、函館駅や未来大の建物のモデリングを行うことに成功したため、実現可能であると判断した。

中間発表用 Web サイトの作成

中間発表用の Web サイトの作成を行った。グループメンバー全員で Web サイト内に記述する内容について話し合い、それを記述した。また、日本気象協会に添削を依頼し、得られたフィードバックを参考に Web サイトの修正を行った。

#### 10月 画面遷移の実装

はこだて津波 VR の画面遷移の実装を行った。画面遷移はスタート画面と津波を疑似体験する画面間で行われ、スタート画面で津波を疑似体験する地点をボタンで選択した際にスタート画面か津波を疑似体験する画面への遷移が行われるように実装した。また、津波を疑似体験する画面では津波が VR 視点に接触したタイミングで画面が暗転し、スタート画面へ遷移するように実装した。

#### UI の作成

はこだて津波 VR の画面遷移を行うためのボタンの作成を行った。VR 上で操作が可能になるように、コントローラがボタンに重なっている状態でコントローラのトリガーを押すことでボタンが押せるように実装した。また、VR 上では移動ができないように設定しているため、ボタンがより見やすく押しやすくなるように VR 視点の正面にすべてのボタンが収まるようにサイズや位置を調整した。さらに、作成したボタン上にテキストを配置し、各ボタンがどの画面へ遷移するのかがよりわかりやすくなるように工夫した。コントローラからレーザポインタを表示することでどのボタンを指しているかわかりやすくなるかと考え、レーザポインタを実装することも検討したが、距離が近いとボタンに重なってしまい見にくいと感じたため、レーザポインタの実装は行わなかった。

#### **11月** スタート画面の作成

はこだて津波 VR のスタート画面の作成を行った。スタート画面では、開発アプリケーション名であるはこだて津波 VR というタイトルを表示した。また、津波を疑似体験する地点となる赤レンガ倉庫、函館駅前、湯の川汐見橋の 3 地点のいずれかを選択するためのボタンを表示し、いずれかのボタンを押した際にその地点へ画面遷移を行うようにした。

#### 12月 成果発表会用 Web サイトの作成

成果発表会用のWebサイトの作成を行った。グループメンバー全員でWebサイト内に記述する内容について話し合い、それを記述した。中間発表用のWebサイトで得られた反省点をもとに、項目ごとにページを複数に分け、使用した具体的な数値を記述するなど前期よりも情報量を増やすことで、興味を持った人がより詳細な情報を得られるように工夫した。その後、日本気象協会に添削を依頼し、得られたフィードバックを参考にWebサイトの修正を行った。

(※文責: 菱川)

#### 3.4.4 鉢呂悠真

前期の活動では主に日本気象協会へのプレゼンテーション用スライド資料の作成と中間発表用 Web サイトの作成を担当した。後期の活動では津波のモデルの作成と、津波の速度と物体に及ぼ す力の実装を担当した。

#### 6月 日本気象協会へのプレゼンテーション用スライド資料の作成

日本気象協会へのプレゼンテーションを作る上でこれまでに出た案を整理し、なぜ 3.1.4 の アプリケーションを開発するに至ったのかの経緯をまとめた。加えて作成するアプリケー ションの参考にするものを用意し、前期後期の目標をまとめてスライドを作成した。

#### 7月 中間発表用 Web サイトの作成

中間発表用 Web サイトの作成では、最終到達目標達成のための作業の内容をプロジェクト活動部分にまとめを行い、今後の予定部分に前期活動で出た課題の解決を行う大まかな日程を記載した。その後メンバーが書いた内容が反映された Web サイトの添削を行った。

#### 10月 津波のモデル作成

Crest Ocean System を用いてアプリケーションを作成するうえで、Crest Ocean System で行えることの確認を行った。内容としては波の形状を津波にするためにパラメータの数値の調整はどのように行っているかの確認。また Crest Ocean System はシーン全体に波がある状態なのでどの地点をどのようにして函館の町並みにするのかの検討を行い、Crest Ocean System のシーン全体の海を縮小できるかの確認を行った。

#### 11月 津波の速度と物体に及ぼす力の実装

津波の挙動を表現するうえで、津波の速度や物体に及ぼす力等を数値シミュレーションにより実装した。津波の速度を求める計算式は下式 [27] により算定した。具体的な数値に関しては、g=9.8, h=10 として計算を行った。

$$V = \sqrt{gh} \tag{3.1}$$

V:津波の伝搬速度 (m/s)

g: 重力加速度 (m/s2)

h:水深(m)

また、車に対する津波波力を求める計算式は下式 [28] により算定した。具体的な数値に関しては、 $\rho=1.0, g=9.8, B=1.77, z_1=0, z_2=1.6$  とし、h の値は各地点での浸水深の値であるので、h=4.5 (赤レンガ倉庫・駅前), h=10.0 (湯の川) として計算を行った。

$$Qz = \frac{1}{2} \rho gB(6hz_2 - z_2^2) - (6hz_1 - z_1^2)$$
(3.2)

Qz: 構造設計用の進行方向の津波波力 (kN)

 $\rho$ : 水の単位体積質量  $(t/m^3)$ 

g: 重力加速度  $(m/s^2)$ 

B: 当該部分の幅 (m)

h:設計用浸水深(m)

z<sub>1</sub>: 受圧面の最小高さ (m)

z<sub>2</sub>: 受圧面の最大高さ (m)

加えて、算定した津波の速度や物体に及ぼす力等を数値をアプリケーションに反映させるための Script の記述を行った。

#### 12月 成果発表会用 Web サイトの作成

成果発表会用のWeb サイトの作成を行った。グループメンバー全員でWeb サイト内に記述する内容について話し合い、それを記述した。項目ごとにページを複数に分け、使用した具体的な数値を記述するなどした。自分は津波の再現方法についてと活動内容についての記述を行った。

#### 3.4.5 伊藤璃音

前期の活動では、津波や町並みの再現方法の検討、プロトタイプの作成、中間発表用 Web サイトの作成を行った。後期の活動では、はこだて津波 VR の作成、VR 操作画面の実装、町並みのモデルを作成するための動画撮影、最終成果発表用の Web サイトの作成を行った。

#### 6月 津波の再現方法の検討

津波の再現を行うにあたって、Unity を用いることとした。波を表現するためにどのような 手法を用いるのがよいか Web サイトから情報収集を行い、プロトタイプ作成においては最 終的に下記の3つの案を提案した。

- Nvedia FleX による流体シミュレーションを使用する
- Unity の Asset である Crest Ocean System を使用する
- Unity の Asset である Standerd Assets を使用する

Nvidia FleX による流体シミュレーションを用いた方法では、大量の水の粒を流しれらがどのように動くかを計算する方法である。メリットとしては実際の水の動きに近い結果が得られるというものがあり、デメリットとしては、物理演算を用いた方法であるため計算量が多く水の量を多くしてしまうと動作が重くなってしまう、Unity で設定できる水粒子の大きさに下限があり、粘度の高い水の粒のようになってしまうことなどがある。Crest Ocean System を使用する方法では、shader を使用して波を表現する方法である。メリットとしては、物理演算を使用する方法よりも処理が軽くリアルタイムの実装に向いているというものがあり、デメリットは、津波の形にするためにモデルを作成し、パラメータを細かく設定しなければならないことである。Standerd Assets を使用する方法では、Assets の水面 Prefab を使用して波を表現する方法である。メリットとしては、上記の方法の中では最も実装が簡易で処理が軽いということである。デメリットとしては、水面が波立つことなどがなく津波として見せるには難しいということである。今後はこれら三つの再現方法を組み合わせ改善して、今後完成度の高い手法を採用することとした。現状では、Crest Ocean System を使用する方法が最も津波に近いのではないかと考えている。

#### 7月 町並みの 3D モデルの作成、中間発表用 Web サイトの作成

町並みのモデル作成を行うにあたって、Web サイトでから情報収集を行いプロトタイプ作成においては最終的に下記の方法を提案した。

- 国土交通省の PLATEAU から公開されている町の 3D データを利用する
- GoogleMap のデータを利用する
- 使用する町のデータを全てモデリングして作成する
- OpenStreatMap から建物のモデルを作成する

PLATEAU のデータを利用する案は、函館市のデータが存在しなかったため利用できなかった。GoogleMap のデータを利用する案は、使用料金が発生するため後期に利用できるかどうかの確認を行うこととした。町のデータを全てモデリングして作成する案は、モデリングの作業量が多く、プロジェクト作業時間が限られているため他の案が一切使用できない場合以外は使用しないこととした。OpenStreatMap からデータを作成する案は、ライセンスフリーで使用でき現状最も使用する可能性が高い。欠点として土地の高さデータが無いため、他のデータを探すか、モデルに修正を加える必要がある。

中間発表用の Web サイトの作成を行った。グループメンバーが各自の作業範囲をまとめ、

それを Web サイトに記述した。また、日本気象協会にフィードバックを添削を依頼し、それをもとに Web サイトの修正を行った。

#### 10月 津波のモデル作成

前期の、津波の再現方法の検討の結果から、Crest Ocean Sysytem を使用することとし、Blender という 3DCG ソフトウェアと組み合わせて使用し作業を行った。Blender で作成した波のモデルを Crest Ocean System の Material に使用することで波を盛り上げることができた。作成した波を算出された速度で動くように、Rigitbody.addForce という物理演算の関数を使用し力を加えた。

#### 11月 VR 用の画面遷移の実装

事前に実装されていた画面遷移の仕組みを VR のコントローラで使用できるように改良した。カーソルを合わせてボタンを押すことで画面遷移を行うことができるように、OVRGazePointer という Oculus 用のシステムを使用している。コントローラがどこを指しているのかがわかるように、コントローラの先とボタンが重なった際にボタンの色が変化し重なっていることを表すようにした。シーン遷移時に突然画面が変化して違和感が生まれないように、シーンの遷移前に画面を暗転させ、遷移後に明転する仕組みを実装した。画面変化には OVRScreenFade という Oculus 用のシステムを使用している。

#### 12月 成果発表会用 Web サイトの作成

成果物発表会のWebサイトを作成した。はじめに個人の作業範囲をまとめ、記述箇所を振り分けた。中間発表会で指摘された改善点を修正して加筆を行い、成果物の動画や画像などを用いて記述した。

(※文責: 伊藤)

## 第4章 アプリケーションの概要

津波と VR グループでは開発したアプリケーションを通じてユーザに津波の規模や被害を VR で疑似体験してもらう。それにより、函館市津波ハザードマップの情報を理解してもらうことを目標とし、3.1.4 では「函館津波シミュレーション VR」を作成することを決定し 3.2.1 で名称を「はこだて津波 VR」とした。この章では決定したアプリケーションの概要について述べる。

(※文責: 鉢呂)

### 4.1 概要

このアプリケーションは、函館市で津波が発生した場合の被害を疑似体験する VR システムである。疑似体験する場所としては人通りが多い地点や、ハザードマップで被害が大きいと想定される複数地点である。具体的な、場所は「湯川汐見橋」,「函館駅前」,「赤レンガ」の 3 箇所であり、ユーザはそれぞれの地点での津波の規模や被害を VR で視覚的に疑似体験することができる。それにより、函館市津波ハザードマップで得られる津波の高さなどの数値情報を VR で視覚的にとらえることができるため、ハザードマップの情報の容易な理解が期待できる。また、ユーザが津波を疑似体験することで、実際にそのような状況が起きた際にどのような行動を取るべきか考える機会となるようなものとなり、ユーザの防災意識の強化にも期待できる。

(※文責: 鉢呂)

### 4.2 仕様

このアプリケーションでは、函館市で津波が発生した場合の被害を町中に立って実際に疑似体験できるようにした。遠くから流れてくる津波によって建物や車が流れる様子を再現し、VR映像で見ることができる仕様とした。体験したい地点をスタート画面から選択することで、その地点に移動し、その地点での津波の被害を体験できるよう実装した。

(※文責: 伊藤)

### 4.3 プロトタイプ

決定した仕様を満たすために、町のモデルと津波のプロトタイプを作成した。津波のプロトタイプ作成は Crest Ocean System を使用して行う方法と NVIDIA FleX による流体シミュレーションを用いる方法、Standerd Assets を用いる方法の三通りを用いて行った。このプロトタイプでは、Asset を用いて作成する方法を採用した。(図 4.1)町のモデルを再現する過程では、国土交通省の PLATEAU から公開されている町の 3D データを使用する方法、GoogleMap の地図データを利用する方法、必要なモデルを全て自作する方法、OpenStreetMap から建物のモデルを生成する方法の四通りを検討した。プロトタイプでは、OpenStreetMap から 3D データを生成する方法

を使用した。図 4.2 は、未来大付近の地図データから、建物を生成した画像である。VR でこれらを見る部分は前期中に実装することができなかったので、今後実装を行う。

(※文責: 伊藤)

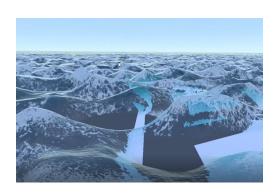


図 4.1 Asset で再現された津波

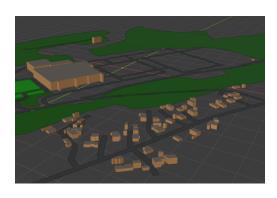


図 4.2 未来大付近の地図から生成した 3D モデル

### 4.4 はこだて津波 VR

前期で作成したプロトタイプを元に、プロトタイプで検討した津波や町並みの再現方法を決定し、再現を行ったものを1つのシーンにまとめた。津波の再現には Crest Ocean System という Asset を使用した。町並みの再現には、360 度カメラを使用して撮影した動画を切り出し、Photogrammetry を使用してモデルを作成した。再現した場所はハザードマップで特に被害が大きい「湯川汐見橋」,「函館駅前」,「赤レンガ」の3箇所であり、いずれの箇所においても波の規模や、速度を再現している。また車を配置して、波に流される様子を見られるようにした。

(※文責: 伊藤)

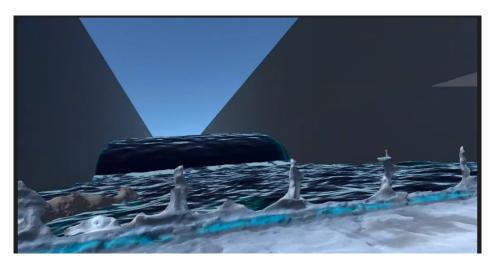


図 4.3 はこだて津波 VR

## 第5章 結果

この章ではプロジェクトの結果について述べる。

(※文責: 鉢呂)

### 5.1 プロジェクトの結果

この節ではプロジェクトの結果について述べる。プロジェクトの結果の評価方法については中間 発表会・成果発表会の結果、日本気象協会の方の評価をもとに行う。

(※文責: 細野)

#### 5.1.1 中間発表会

#### 日時・場所

7月9日14時50分 Web から展示を行った。プロジェクトを説明するポスター1枚、300字程度の紹介文、 グループの概要・前期活動内容・課題とその解決方法などを記載した Web ページの計3つの資料を展示した。

#### プレゼンテーション

参加者には事前に Web とポスターを閲覧してもらい、その内容を踏まえたうえで質疑応答を行った。質疑応答には Zoom のミーティングルームを用いた。発表は前半と後半に分け、それぞれを各 3 回 15 分で計 6 回行い、発表の最初にはプロジェクトの簡単な説明をしてから残りの時間は質問に対応した。

#### 結果・評価

質疑応答が始まる前に参加者には発表評価シートを配り、発表技術と発表内容について評価してもらった。発表評価シートは発表技術と発表内容について 1(非常に悪い) から 10(非常に優秀) までの 10 段階で評価してもらい、それぞれの項目ついてコメントを書いてもらった。評価シートを集計した結果、次のような結果が得られた。発表技術は、最低評価点が 3 点、最高評価点が 10 点、平均点は 7.3 点という結果になった。来場者のコメントでは「ポスターの余白が少なく見にくい」や「質問対応がしっかりなされていてよかった」というコメントがあり、最終発表会に向けてやるべきこと、そのまま継続していくべきことが見つかった。発表内容は最低評価点が 4 点、最高評価点が 10 点、平均点は 7.3 点という結果になった。来場者のコメントでは「目的が曖昧」や「具体的に書いていた方が良かった」とあったので後期では目的を明確化した内容を発表するべきだと感じた。

#### 5.1.2 成果発表会

#### 日時・場所

12月10日14時50分から前期同様 Web で展示を行った。プロジェクトを説明するポスター1枚,300字程度の紹介文,グループの概要・活動内容・津波の再現方法・町並みの再現方法などを記載した Web ページの計3つの資料を展示した。

#### プレゼンテーション

参加者には事前に Web とポスターを閲覧してもらい、その内容を踏まえたうえで質疑応答を行った。質疑応答には Zoom のミーティングルームを用いた。発表は前半と後半に分けそれぞれを各 3 回 15 分で計 6 回行い、発表の最初に Web やポスターを閲覧等の質問を募り、質問等が無いようであればプロジェクトの簡単な説明を行い改めて質問対応を行った。

#### 結果・評価

前期同様、質疑応答が始まる前に参加者には発表評価シートを配り、発表技術と発表内容について評価してもらった。発表評価シートは発表技術と発表内容について 1(非常に悪い) から 10(非常に優秀) までの 10 段階で評価してもらい、それぞれの項目ついてコメントを書いてもらった。評価シートを集計した結果、次のような結果が得られた。発表技術は、最低評価点 3 点、最高評価点 10 点、平均点は 7.2 点という結果になった。来場者のコメントでは「質問に対しても的確に回答してくれて有意義でした」や「何をやったを漠然と説明されているため、やりたそうなことはわかるけど、結果が何を意味しているのかや、うまくいっているのかが伝わりませんでした」などのコメントがあり、質問対応は前期同様高評価を頂くことができたと思うが、説明が不十分な点があったと考える。発表内容は最低評価点が 3 点、最高評価点 10 点、平均点は 7.3 点という結果になった。来場者のコメントでは「どのような意図でそれぞれ、作ったのか、また作った結果、目標としていた意図が達成されたのか、伝わるようにするとよくなる」や「やはり VR に惹かれてしまいました。実際に怖いなと感じました。」、「詳細なデータや実際 VR の映像などを用いて、わかりやすく、かつ努力の痕跡が見える発表だった」などのコメントがあった。

(※文責: 鉢呂)

#### 5.1.3 プロジェクトの結果

プロジェクトの結果として「詳細なデータや実際 VR の映像などを用いて、わかりやすく、かつ 努力の痕跡が見える発表だった」や「やはり VR に惹かれてしまいました。実際に怖いなと感じました。」などのコメントが寄せられていた。また日本気象協会方からは「しっかり再現できている」などのコメントを貰うことができたことから、2.2 で設定した到達目標である函館市津波ハザードマップの情報を新たな方法で表現することは達成することができたと考える。

## 第6章 まとめ

この章ではプロジェクト活動の総括と開発を通して見えてきた課題について述べる。

### 6.1 前期活動総括

前期活動では開発技術の習得から行い、開発アプリケーションの概要の決定、プロトタイプの作成までを行った。プロトタイプでは、津波再現と地形再現の方法を検討し、開発アプリケーションの基盤となるものを作成することができた。前期活動終了時点での進行度としては計画との大きな差異はなく、計画通りに活動を進めることができた。

(※文責: 伊藤)

### 6.2 後期活動総括

後期活動では前期に作成したプロトタイプの津波のモデルの向上と函館の町並みのモデリングを 行い、作成した津波のモデルと町並みのモデリングを統合し VR 機能を付けはこだて津波 VR を 完成させた。到達目標も達成することができた。

(※文責: 鉢呂)

### 6.3 開発を通して見えてきた課題

開発を通して、はこだて津波 VR に対していくつかの課題が見えてきた。1つ目は、一人称視点だけでは津波に対する防災意識の強化が不十分である点であった。2つ目は、VR を体験するための機材を準備するコストが高く、一般の人に用意してもらうことが難しいため、アプリケーションを体験してもらえる機会が少ない点であった。3つ目は、3D モデルのサイズが大きく制作が困難なことから 3D モデルのポリゴン数を落としたため、3D モデルのクオリティが下がってしまった点であった。4つ目は、発表会において制作物をなぜ制作したのかという目的が説明不足であったため来ていただいた人たちに制作物の意図が分かりにくい発表になってしまった点であった。

(※文責: 菱川)

### 6.4 課題の解決方法の提案

6.3 で述べた 4 つの課題について、解決方法をグループメンバー全員で話し合った。1 つ目の一人称視点だけでは津波に対する防災意識の強化が不十分である点については、一人称視点だけでなく、津波の映像を俯瞰して見る事ができるシーンを用意すれば実際の被害状況を見ることができ、さらに防災意識の強化を促すことができるのではないかと考えた。2 つ目の VR を体験するための機材を準備するコストが高く、一般の人に用意してもらうことが難しいため、アプリケーションを

体験してもらえる機会が少ない点については、一般に普及しているスマートフォンなどで視聴できるように、360度の映像として録画したものを動画サイトにアップロードすることで、VR機材を購入するコストが少なく済むため、体験してもらえる機会が増えるのではないかと考えた。3つ目の3Dモデルのサイズが大きく制作が困難なことから3Dモデルのポリゴン数を落としたため、3Dモデルのクオリティが下がってしまった点については、3Dモデルのクオリティを落とさずに制作を行うには、より高性能であるパソコンを用いて開発を行う必要があると考えた。具体的には、グラフィックボードを内蔵したパソコンが必須であり、メモリが16GB以上のものが望ましいと考えた。4つ目の発表会において制作物をなぜ制作したのかという目的が説明不足であったため来ていただいた人たちに制作物の意図が分かりにくい発表になってしまった点については、Webサイトに到達目標やプロジェクトの概要を記載していてもあまり見られていないことが原因としてある。そのため、成果発表会時に直接伝える必要がある。今回の成果発表会では、成果物としてどんなものを制作し、何に使うのかといった点を質疑応答の前に説明したが、制作物をなぜ制作したのかという目的を加えて説明することで、成果物の意図が伝わると考える。

(※文責: 菱川)

## 参考文献

- [1] 総務省. 総務省 | 令和2年版情報通信白書 | レイヤー別にみる市場動向. https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/html/nd114110.html (参照: 2021/7/15)
- [2] Microsoft. Microsoft Hololens—ビジネスを支援する Mixed Reality テクノロジ. https://www.microsoft.com/ja-jp/hololens (参照: 2021/7/15)
- [3] BeRISE (2021). 「AR グラス/MR グラス」とは?初心者にも分かりやすく機能や操作方法、活用例について解説. https://berise.co.jp/topics/ar-mr-glass/(参照:2021/7/15)
- [4] 気象庁. 気象庁 | 発表した津波の警報・注意報の検証 https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/tsunamihyoka/index.html(参照:2021/7/20)
- [5] 農林水産省. 東日本大震災 地震と津波の被害状況:農林水産省 https://www.maff.go.jp/j/pr/aff/1105/spe1\_01.html(参照: 2021/7/20)
- [6] 防災対策企画課. おおいた防災 VR について 大分県ホームページ (2021). https://www.pref.oita.jp/site/bosaitaisaku/oitabousaivr.html
- [7] 植野雄貴, 近真弥, 陳詩凌, 金澤功樹, 大川博史, 樫山和男. 防災教育のための VR 技術を用いた 津波とその避難の疑似体験システムの構築に関する研究. http://www.idolab.sakura.ne. jp/IDOLAB/caveken/cave86/6-ueno.pdf (参照: 2021/7/15)
- [8] 函 館 市. 津 波 ハ ザ ー ド マ ッ プ https://www.city.hakodate.hokkaido.jp/docs/2016033000090/ (参照:2021/12/03)
- [9] 損害保険ジャパン株式会社 (2019). 「水害への備えに関する調査」結果\_損保ジャパン日本 興亜. https://www.sompo-japan.co.jp/~/media/SJNK/files/topics/2019/20190719\_ 2.pdf (参照: 2021/7/15)
- [10] RP TIMES (2020). <全国 20 60 代 700 名に聞いた「防災意識と備えに関する調査」>全国推計 6112 万人が「家庭の防災訓練不足」. https://prtimes.jp/main/html/rd/p/00000017. 000036323.html (参照: 2021/7/15)
- [11] Unity Technologies. Unity のリアルタイム開発プラットフォーム | 3D/2D、VR/AR のエンジン. https://unity.com/ja (参照:2021/7/15)
- [12] ドットインストール. Unity 入門 (全 26 回) プログラミングならドットインストール. https://dotinstall.com/lessons/basic\_unity\_v2 (参照:2021/7/15)
- [13] Udemy. ユニティちゃんが教える! 初心者向け Unity 講座. https://www.udemy.com/course/unity-chan-tutorial-01/(参照:2021/7/15)
- [14] Vuforia. Getting Started with Vuforia Engine in Unity. https://library.vuforia.com/articles/Training/getting-started-with-vuforia-in-unity.html (参照: 2021/7/15)
- [15] GitHub, Inc. 開発者のためのプラットフォーム. https://github.co.jp/(参照: 2021/7/15)
- [16] Google. 仕事や個人で使えるクラウドストレージ. https://www.google.com/intl/ja\_jp/drive/(参照:2021/7/15)
- [17] nvidia DEVELOPER.NVIDIA Flex https://developer.nvidia.com/flex (参照:

2021/7/15)

- [18] Crest Ocean System. https://crest.readthedocs.io/en/stable/(参照:2021/12/24)
- [19] PLATEAU [プラトー] 国土交通省. https://www.mlit.go.jp/plateau/(参照: 2021/7/15)
- [20] OpenStreetMap Japan 自由な地図をみんなの手で. https://openstreetmap.jp/(参照: 2021/7/15)
- [21] Adobe.Adobe InDesign https://www.adobe.com/jp/products/indesign.html(参照:2021/12/03)
- [22] ウィキペディア フリー百科事典. 写真測量法. https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%86% 99%E7%9C%9F%E6%B8%AC%E9%87%8F%E6%B3%95 (参照: 2021/12/03)
- [23] THETA.RICHO THETA SC2 https://theta360.com/ja/about/theta/sc2.html(参照:2021/12/03)
- [24] Adobe.Adobe Premiere Pro https://www.adobe.com/jp/products/premiere.html (参照: 2021/12/03)
- [25] CapturingReality.Reality Capture https://www.capturingreality.com/ (参照: 2021/12/03)
- [26] Blender.jp https://blender.jp/ (参照:2021/12/03)
- [27] いさぼうネット (2004). 津波の速度とその被害. https://isabou.net/thefront/disaster/point/tsunami.asp (参照: 2021/12/03)
- [28] 内閣府 (2005). 津波避難ビル等に係るガイドライン 巻末資料 2 構造的要件の基本的な考え方. https://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo\_10403974\_po\_tsunami\_siryo2.pdf?contentNo=3&alternativeNo=(参照:2021/12/03)