

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

豊かな文化的体験のためのミュージアム IT ～触発しあうモノとヒト～

**Project Name**

Museum IT for rich cultural experiences ～tools that inspire us about nature and heritages～

グループ名

ドローングループ

**Group Name**

Drone Group

プロジェクト番号/Project No.

12-A

プロジェクトリーダー/Project Leader

1015126 沼崎航 Wataru Numazaki

グループリーダー/Group Leader

1015126 沼崎航 Wataru Numazaki

グループメンバ/Group Member

1015089 泉谷祐樹 Yuuki Izumiya

1015100 鈴木雄士 Yuuji Suzuki

1015126 沼崎航 Wataru Numazaki

1015197 猪村浩士 Hiroshi Imura

1015252 田島永暁 Nagaaki Tashima

指導教員

鈴木恵二 川嶋稔夫 木村健一 角康之 奥野拓

**Advisor**

Keiji Suzuki Toshio Kawashima Kenichi Kimura Yasuyuki Sumi Taku Okuno

提出日

2018 年 1 月 19 日

**Date of Submission**

January 19, 2018

## 概要

北海道には歴史的遺産や魅力的な自然景観が数多く存在している。本グループはこの中でも自然景観に着目し、これを普段と異なる視点から鑑賞することで人々の興味、関心を効果的に刺激することができる考えた。そこで、視点選択の自由度が高いドローンを利用して自然景観を撮影し、VR 技術と組み合わせることで立体感や臨場感を効果的に表現しようと考えた。さらに、撮影した動画に両眼視差による立体視や動画のパノラマ化などの編集を加えることで、動画を見る人に新たな発見や興味関心を持ってもらうことができると考えた。これらを実装し、より多くの人に北海道の自然景観を能動的に体験してもらうきっかけを提供することが本グループの最終的な目標である。

キーワード 北海道, 自然景観, ドローン, VR 技術

(※文責: 鈴木雄士)

# Abstract

There are a lot of historic inheritances and attractive natural landscapes in Hokkaido. Our group focus to natural landscapes and thought that we can stimulate the interest of people effectively by appreciating it from a different viewpoint. Therefore, we photographed natural landscapes using the drone which was high in freedom degree of viewpoints choices. And we intended to express the three-dimensional impression and presence effectively by combining it with VR technology. Moreover, we thought that we can give people new discoveries and interests by add to edit such as panorama and stereoscopic by binocular parallax to the videos. We implement these, and it is the final aim of our group to provide the opportunity having more people experience natural landscapes in Hokkaido actively.

**Keyword** Hokkaido, natural landscapes, drone, VR technology,

(※文責: 鈴木雄士)

# 目次

<b>第 1 章</b>	<b>背景</b>	<b>1</b>
1.1	該当分野の現状 . . . . .	1
1.2	現状における問題点 . . . . .	1
1.3	課題の概要 . . . . .	1
<b>第 2 章</b>	<b>到達目標</b>	<b>2</b>
2.1	本プロジェクトにおける目的 . . . . .	2
2.1.1	通常の授業ではなく、プロジェクト学習で行う利点 . . . . .	2
2.2	具体的な手順・課題設定 . . . . .	2
2.3	開発スケジュール . . . . .	3
2.4	課題の割り当て . . . . .	4
2.4.1	前期の割り当て . . . . .	4
2.4.2	後期の割り当て . . . . .	5
<b>第 3 章</b>	<b>課題解決のプロセス</b>	<b>6</b>
3.1	ドローンでの景観の撮影についての調査 . . . . .	6
3.1.1	ドローンの操縦練習と撮影 . . . . .	6
3.1.2	ドローン映像展示方法 . . . . .	6
3.2	ヘッドマウントディスプレイによる映像提示 . . . . .	7
3.2.1	ヘッドマウントディスプレイの特徴分析 . . . . .	7
3.2.2	立体視についての調査 . . . . .	9
3.2.3	立体映像の試作 . . . . .	10
3.3	プロジェクト学習見学会 . . . . .	12
3.4	自然景観の撮影 . . . . .	13
3.4.1	自然景観撮影の許可申請 . . . . .	13
3.4.2	立待岬での撮影 . . . . .	13
3.4.3	立待岬の動画編集 . . . . .	14
3.4.4	大沼国定公園での撮影 . . . . .	15
3.4.5	大沼国定公園の動画編集 . . . . .	17
3.5	動画への音の挿入 . . . . .	19
3.6	各人の課題の概要とプロジェクト内における位置づけ . . . . .	20
3.6.1	沼崎航 . . . . .	20
3.6.2	泉谷祐樹 . . . . .	21
3.6.3	鈴木雄士 . . . . .	21
3.6.4	猪村浩士 . . . . .	21
3.6.5	田島永暁 . . . . .	22
3.7	担当課題解決過程の詳細 . . . . .	22
3.7.1	沼崎航 . . . . .	22

3.7.2	泉谷祐樹 . . . . .	23
3.7.3	鈴木雄士 . . . . .	23
3.7.4	猪村浩士 . . . . .	24
3.7.5	田島永暁 . . . . .	24
<b>第 4 章</b>	<b>結果</b>	<b>26</b>
4.1	前期活動における成果 . . . . .	26
4.2	中間発表 . . . . .	26
4.2.1	中間発表全体の評価 . . . . .	26
4.2.2	評価からわかったこと . . . . .	27
4.3	後期活動における成果 . . . . .	28
4.4	成果発表会の評価 . . . . .	28
4.5	担当分担課題の評価 . . . . .	30
4.5.1	沼崎航 . . . . .	30
4.5.2	泉谷祐樹 . . . . .	31
4.5.3	鈴木雄士 . . . . .	32
4.5.4	猪村浩士 . . . . .	33
4.5.5	田島永暁 . . . . .	34
<b>第 5 章</b>	<b>今後の課題と展望</b>	<b>35</b>
5.1	課題 . . . . .	35
5.2	展望 . . . . .	35
	参考文献	<b>36</b>

# 第 1 章 背景

## 1.1 該当分野の現状

博物館や美術館、遺跡や観光地など北海道にある歴史文化や自然に触れることが出来る場所は数多く存在する。そして、これらを観光という形で人々に関心を向けてもらえるような取り組みも行われている。例えば観光スポットを巡るツアーが開催されたり、ガイドブックなどで観光地の魅力が紹介されている。しかし、この観光という行為は観光スポットを見た、観光スポットに行ったという経験から観光スポットに対する表面的な関心で終わってしまうことが多い。だが、このような表面的な関心だけでは捉えきれない魅力が北海道には多く存在する。立地の条件などから人が訪れにくいところ、普段の視点から観察できる範囲ではその魅力に気付きにくいところなどがある。

(※文責: 鈴木雄士)

## 1.2 現状における問題点

自然を普段の目線で観察するには限度があり、普段の視点では気付くことができない魅力について知る機会がないことや、また来たい、見たいと思って貰えないことが問題であると考え。また、ツアーやガイドブックの様な魅力の伝え方では、企画者や編集者が見せたい箇所のみ視点になってしまい、利用者が本来見たいと感じる箇所ではなくなってしまう可能性がある。つまり、自由に対象を見られるわけではなく、企画者や編集者からの魅力や関心の提示であり、能動的な観察ではない。そのため普段と異なる視点から自然を能動的に観察できるようなコンテンツの作成を課題に設定した。

(※文責: 鈴木雄士)

## 1.3 課題の概要

コンテンツは利用者が自分で観察し魅力に気付けること、関心を引き出すことが必要である。また、利用者が能動的に観察し、自然景観に触れるきっかけが生まれるようなコンテンツを作成する必要がある。

(※文責: 鈴木雄士)

## 第 2 章 到達目標

### 2.1 本プロジェクトにおける目的

北海道の歴史的遺産、自然景観の魅力を能動的に体験してもらうことが目的である。そこで、IT を用いて手軽にミュージアム的体験のできるコンテンツの開発を行う。自然景観については利用者が楽しめるように、ドローンと VR 技術を用いて日常では見ることのできない自然景観を体験できる映像の作成を目標とする。また、目標達成のために、映像には以下の要素が実装されていることとした。

- ・臨場感を表現するために立体的な映像であること。
- ・視点移動に伴って映像が遷移すること。
- ・コンテンツの利用が手軽で場所を限定しないこと。

(※文責: 泉谷祐樹)

#### 2.1.1 通常の授業ではなく、プロジェクト学習で行う利点

授業では扱うことのないドローンを使用して活動を行うことができる。ドローンの飛行には自治体からの許可が必要な場合があるが、大学の講義の一環であるということを説明出来れば許可の申請を行いやすいという利点がある。

また、通常の授業で習うことのない VR 技術を利用することができる。プロジェクトの予算でヘッドマウンのディスプレイなどを購入することで、VR 映像の作成や鑑賞などができる。

(※文責: 泉谷祐樹)

### 2.2 具体的な手順・課題設定

前期ではドローンの特徴分析から立体映像の試作までを行った。以下のように手順を設定して活動した。

#### 1. ドローン撮影の特徴分析 (2017 年 5 月上旬～5 月下旬)

課題：ドローンを使用して撮影する理由やスマートフォンでの撮影などとの印象の違いについて知る。ドローンの操作方法について知る。ドローンについての法律や函館市の条例について調査する。

関連講義：技術者倫理

習得技術：条文の理解

#### 2. ドローン操作・撮影 (2017 年 6 月上旬～6 月中旬)

課題：メンバーがドローン操作をできるようにする。また、操作練習とともに撮影も行う。

未来大学敷地内で撮影を行いドローンによる映像撮影技術の習得をする。

複数映像を撮影して撮影ポイントなどを見極める。

習得技術：ドローンの操作技術

3. 立体視についての調査 (2017年6月下旬～7月上旬)  
課題：映像を立体的に表現するために立体視について調査する  
関連講義：認知心理学  
習得技術：立体視を用いた映像表現方法
4. 立体視を用いた立体映像の試作 (2017年6月下旬～7月上旬)  
課題：撮影した映像を編集し、単一方向の映像をヘッドマウントディスプレイの中のスマートフォンに投影して撮影した自然景観の映像を立体感や臨場感を効果的に表現する。  
関連講義：認知心理学  
習得技術：動画編集技術
5. ドローンを用いた自然景観の撮影 (2017年9月下旬～11月中旬)  
課題：立体映像の試作で習得した技術を利用し、成果物の作成に用いる映像を撮影する。  
習得技術：ドローンの自動飛行技術
6. 撮影した映像の編集 (2017年9月下旬～11月下旬)  
課題：撮影した自然景観の映像を OpenCV を用いて編集し、ユーザーの興味を引き出す動画を作成する。  
関連講義：画像工学  
習得技術：OpenCV を用いた動画編集技術

(※文責: 泉谷祐樹)

## 2.3 開発スケジュール

- 5月：スマートフォンを用いた疑似空撮動画の撮影、ドローンの操縦練習
- 6月：ドローンを用いた映像撮影、立体映像の試作
- 7月：中間発表準備、中間発表
- 8月：撮影場所の選定
- 9月：大沼国定公園でのテスト撮影、OpenCV の環境設定
- 10月：撮影許可の申請、OpenCV を用いた動画編集
- 11月：立待岬での撮影、大沼国定公園でのパノラマ動画の撮影、OpenCV を用いた動画編集、  
成果発表準備
- 12月：成果発表準備、成果発表

### スケジュールの詳細

前期：スケジュールどおりに実行できた。ただし、後期にやるべきタスクが多くなったのでいくつかを前期に配分したほうがよかったと考える。

後期：

1. ドローン撮影  
教授のスケジュールと学生のスケジュールの調整に時間がかかり、撮影開始が遅くなった。  
天候悪化などを考慮し撮影予備日を設けた。
2. 動画作成  
環境設定、基本的な機能設定が10月までかかった。動画の明るさ補正、パノラマ化、表示



領域の変更が11月までかかり、幾度かスケジュール変更をした。そしてスケジュール変更の際、進捗管理をその都度行い、12月の最終成果発表に間に合うように調整した。

(※文責: 鈴木雄士)

## 2.4 課題の割り当て

各人の得意分野及び関連性、時間軸のスケジュールを基準に以下のように割り当てた。前期と後期で活動形態が大きく異なるため、分割して記述する。

(※文責: 田島永暁)

### 2.4.1 前期の割り当て

前期活動におけるドローン撮影の特徴分析の課題の調査についてはグループメンバー全員で解決に取り組んだ。

#### <沼崎>

主に立体映像の試作を担当し、立体視の仕組みを反映させたドローンの軌道設定、動画編集を担当した。また、グループリーダーを担当し、担当教員との連絡などプロジェクト、グループ全体の取りまとめを担当した。

#### <田島>

沼崎と共に立体映像の試作を担当した。また、立体映像の試作前から未来大学内でのドローンの操作と撮影を担当した。

#### <猪村>

毎回の活動の文章データ記録を担当した。立体視の仕組みを調査した。また、中間発表前には立体映像の試作と中間発表で使用したスライド制作を担当した。中間発表後は評価シートのデータを収集し分析した。

#### <鈴木>

活動開始後はドローンの操作を担当した。中間発表前からデータの印刷などデータ管理を担当した。また、中間発表で使用するメインポスターのレイアウト構成と制作を担当した。

#### <泉谷>

毎回の活動の書記を担当した。また、中間発表でのドローン班のポスターのレイアウト構成と制作、評価シートの収集を担当した。

(※文責: 泉谷祐樹)

## 2.4.2 後期の割り当て

後期活動では動画の編集環境を決定した後、システムの開発とドローンによる自然景観の撮影を並行して行った。自然景観の撮影に関しては関係各所に許可申請に必要な書類を提出するなどし、撮影を行った。

### <沼崎>

コンテンツの全工程・全機能に携わり、プログラミングを担当した。主に、動画の明るさ補正やパノラマ化についてを担当した。また、前期に引き続き、グループリーダーを担当し、担当教員との連絡などプロジェクト、グループ全体の取りまとめを担当した。

### <田島>

松前城周辺の撮影の許可申請と飛行経路の作成をした。また、撮影した動画の視点位置のズレの修正をし、立待岬の映像に音をつけた。

### <猪村>

沼崎と共にコンテンツの全工程・全機能に携わり、プログラミングを担当した。中でも主に、動画の表示領域の変更などの機能を実装した。また、成果発表会前には成果発表会で使用したスライド制作を担当した。

### <鈴木>

立待岬の撮影の許可申請と飛行経路の作成をした。また成果発表会で使用するメインポスターのレイアウト構成から制作を担当した。

### <泉谷>

PCの画面をスマートフォンにミラーリングする方法の調査や、パノラマ化する動画を撮影する際の方法の調査をした。また、成果発表会でのドローン班のポスターのレイアウト構成から制作を担当した。

(※文責: 田島永暁)

## 第 3 章 課題解決のプロセス

### 3.1 ドローンでの景観の撮影についての調査

#### 3.1.1 ドローンの操縦練習と撮影

実際にドローンを用いて映像を撮影した際に、安全に撮影が行えるよう、未来大学キャンパス内でグループメンバー全員がドローンの操縦練習を行った。(図 3.1) 撮影で使用したドローンは担当教員が所有していた Phantom3(DJI) の professional であった。これに合わせて実際に映像を撮影し、ドローンで撮影された映像がどのように見えるのかを確認した。



図 3.1 キャンパス内でのドローン操縦練習

(※文責: 泉谷祐樹)

#### 3.1.2 ドローン映像展示方法

ドローンで撮影した映像をどのように提供すれば、映像を鑑賞する人々の興味・関心を効果的に刺激することができるのかを考えた。

(※文責: 泉谷祐樹)

#### スクリーンを用いた映像の鑑賞

映像を投影したスクリーンを鑑賞者の周囲に設置することで、鑑賞者が飛行感覚を得ることができるのではないかと考えた。そこで、地上から上空へ上昇する映像をドローンを用いて撮影し、

Museum IT for rich cultural experiences ～tools that inspire us about nature and heritages～  
これを2つのスクリーンに投影して実際に鑑賞した。スクリーンは互いに90度になるように設置し、鑑賞者はスクリーンが交わる頂点が正面に来る位置に立ち、映像を鑑賞した。結果、スクリーンの境界部で映像に大きくズレが生じたり、スクリーンの背景が視界に入ってしまうなどのことから没入感を得られず、飛行感覚を得ることはできなかった。

(※文責: 泉谷祐樹)

## 没入感を得る方法の考察

スクリーンに映像を投影して鑑賞するだけでは没入感に欠け、飛行感覚を得ることはできないということがわかった。そこで、没入感を得るために映像以外の視覚情報を遮ることができるヘッドマウントディスプレイを利用しようと考えた。さらに、ヘッドマウントディスプレイに表示させる映像に視差を利用し、立体感を表現することでより臨場感を感じることができるとはならないかと考えた。

(※文責: 田島永暁)

## 3.2 ヘッドマウントディスプレイによる映像提示

### 3.2.1 ヘッドマウントディスプレイの特徴分析

#### スマートフォン用ヘッドマウントディスプレイの仕組みの調査

ヘッドマウントディスプレイはスマートフォンの液晶をディスプレイとして利用するものを使用することとし、これに関して詳しい調査を行った。結果、ディスプレイに映し出された映像を立体映像にするために、中央の仕切りでディスプレイを左右に分け、左右それぞれの目に異なる映像を見せることで立体感を感じることができるといことが分かった (VR ビジネス研究会, 2016)。

(※文責: 猪村浩士)

#### ディスプレイに映す映像の調査

輻輳角の計算と対象までの距離を基に異なる視点からの写真を撮影した。しかし、その画像をヘッドマウントディスプレイを利用して鑑賞したが、立体的には見えなかった。撮影の際に生じるカメラの角度のズレなどが原因で立体的に見えなくなってしまうことが分かった。

(※文責: 猪村浩士)

#### ヘッドマウントディスプレイの試作

ヘッドマウントディスプレイの仕組みを調査し、それを基に段ボールでヘッドマウントディスプレイを試作した。ディスプレイ周辺に閉鎖的な空間と左右の目に異なる映像を見せるために仕切りを作成した。しかし、焦点が合わず、2つの異なる映像を1つの映像として認識することができなかった。このことより、ヘッドマウントディスプレイにおける凸レンズの役割、重要性を知ることができた。

## ヘッドマウントディスプレイにおける凸レンズの役割

ヘッドマウントディスプレイを試作した結果、ヘッドマウントディスプレイを用いて映像を見る際には凸レンズが重要な役割を果たすことが分かった。ヘッドマウントディスプレイでは液晶と目との距離がとても近くなるため、輻輳による距離情報と焦点調節から得られる距離情報にズレが生じてしまう(阿久津, 2006)ため、正確な距離感と大きさをもったリアルな映像を見ることができない。そこで、凸レンズを利用して虚像を作成し映像の提示距離を遠ざけることにより、距離情報のズレを解消していることがわかった(大西・川村・松井・芦崎, 1996)。(図 3.2)

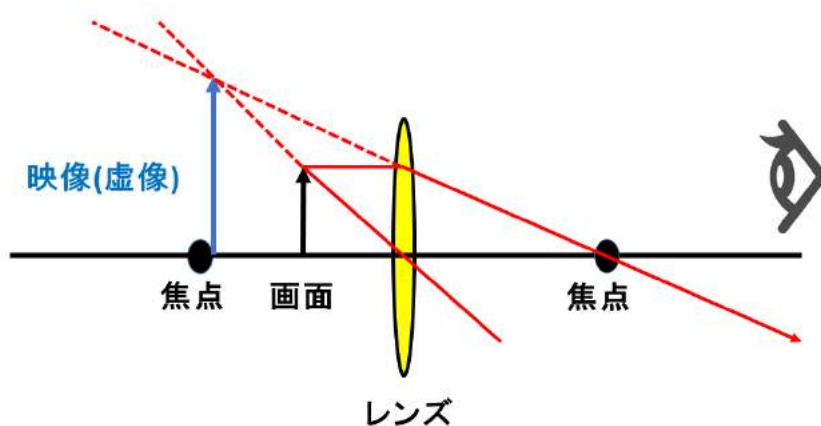


図 3.2 凸レンズにより虚像ができる仕組み

(※文責: 鈴木雄士)

## ヘッドマウントディスプレイの購入

前節で述べたヘッドマウントディスプレイについての調査結果を基に、実際に使用するヘッドマウントディスプレイを購入した。購入したヘッドマウントディスプレイは、「Urgod 3D VR ゴーグル (UG073)」(図 3.3)であった。



図 3.3 購入したヘッドマウントディスプレイ

(※文責: 鈴木雄士)

### 3.2.2 立体視についての調査

立体映像の試作に使用する映像の作成には立体視に関してもっと詳しい知識が必要だと考えた。そこで、人間が対象を見るときにどのように対象を立体として認知しているかを調査した。

(※文責: 鈴木雄士)

#### 立体視について

立体視について調査した結果、人間は主に左右の目の網膜に映る像のズレである両眼視差によって立体を認知し、自分と対象との距離や複数の対象間の距離などの奥行きを認知していることがわかった [4]。(図 3.4) また、対象の大小、明暗、陰影などの単眼性の視差によっても立体を認知していることがわかった。

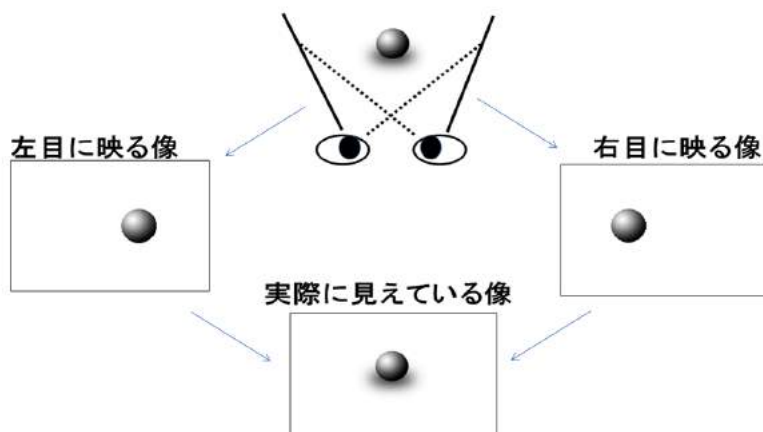


図 3.4 両眼視差が起こる様子

## 奥行き感について

奥行き感について調査した結果、人間は主に眼球が像を網膜の中央に映そうと回転する、輻輳という仕組みによって奥行き感を認知していることがわかった。具体的には、この輻輳が起こった際に視線が交わる輻輳角の大小によって奥行き感を認知しているということがわかった。この輻輳角は遠くの物体を見る時には小さくなり、近くを見る時には大きくなるということがわかった [5]。(図 3.5)

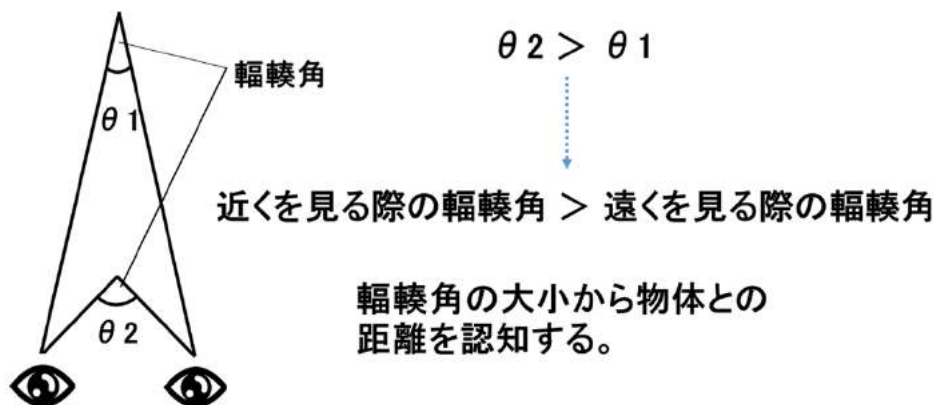


図 3.5 距離によって変わる輻輳角

(※文責: 鈴木雄士)

### 3.2.3 立体映像の試作

調査結果の中から、両眼視差と輻輳に注目し、この仕組みを利用して奥行き感のあるリアルな立体映像を作成しようと考えた。そこで、ヘッドマウントディスプレイを用いて左右の目に視点の異なる映像を見せることのできる立体映像の試作した。

(※文責: 猪村浩士)

## 映像撮影の準備

立体映像の試作に用いる映像撮影にあたって、撮影対象は未来大学の校舎とした。また、左右の目に見せる映像間の距離を設定する必要があったため、対象を立体的に捉えやすい輻輳角を調べ、これとドローンから撮影対象までの距離を基に左右の映像間の距離を求めた。対象を立体的に捉えやすい輻輳角は、人間の目が成す輻輳角を利用して計算した。(図 3.6) 計算結果より、対象までの距離が 3m を超えると輻輳角が急激に小さくなり、奥行き感を認知しにくくなるということが分

Museum IT for rich cultural experiences ～tools that inspire us about nature and heritages～  
 かったため、対象までの距離が1m、2m、3mの時の輻輳角を利用することとした。角度はそれぞれ約3.72度、1.86度、1.24度であった。求めた輻輳角と図3.7の式を用いて左右の映像間の距離を求めた。求められた距離を用いて映像を撮影し、立体視した際に最も映像が立体的に見えたのは輻輳角が3.72度、左右の映像間の距離が4.6mのときであった。

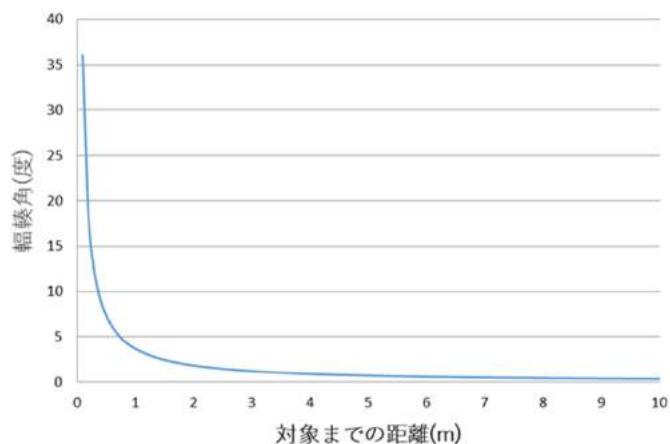


図 3.6 対象までの距離と輻輳角の関係

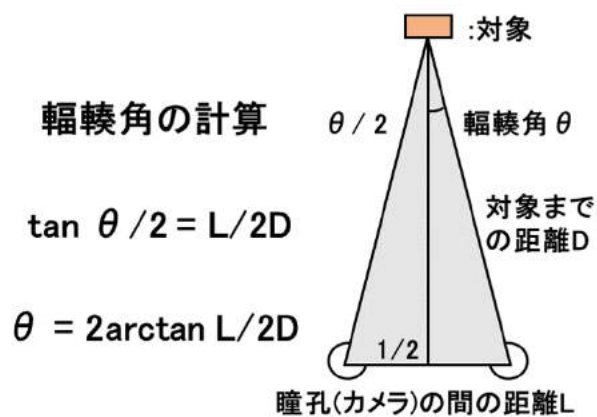


図 3.7 輻輳角の計算

(※文責: 鈴木雄士)



## 映像編集

撮影された映像をヘッドマウントディスプレイを用いて見るようにできるように編集した。視点の異なる映像を縮小し、画面の左右にそれぞれ配置することで、画面の左半分は左視点用の映像、右半分は右視点用の映像が再生されるようにした。(図 3.8) また、撮影された映像には時間差があったため、不要な部分やズレのある部分をトリミングし、左右の映像の時間差を解消した。

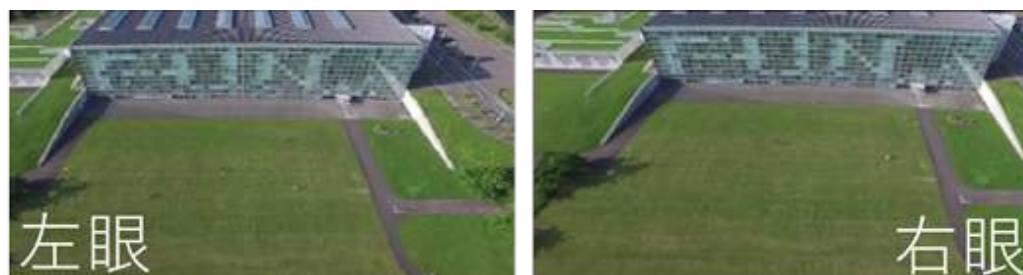


図 3.8 ドローンで撮影し、編集した立体映像

(※文責: 猪村浩士)

## 立体映像試作後の課題

立体映像用に撮影した視差用の2つの動画は、ドローンをそれぞれ手動で操縦し、映像を撮影したため、飛行スピードや飛行高度などを正確に統一できなかったため、視点位置に若干のズレが生じてしまう。これを解消するために後期の活動ではドローンを高さ、速度などの飛行情報と経路を指定し、これに沿って自動飛行させることで視点位置のズレを解消させようと考えた。また、試作した立体映像は固定された視点のみの動画であるため、広い視野で景色を見ることができない。そこで、動画をパノラマ化することでユーザーが視野を自由に変更できる動画を作成し、より臨場感を表現することが必要だと考えた。

(※文責: 猪村浩士)

## 3.3 プロジェクト学習見学会

2017年10月27日に函館市内の高校生を対象としたプロジェクト学習の説明を行った。プロジェクト全体の説明と各グループの目的など簡単な紹介を行った後、グループに分かれて実際の活動の説明を行った。本グループでは成果物を作成するにあたってドローンで撮影し編集した動画、前期の活動で作成した立体映像を紹介した。また、ドローンで撮影し、編集した動画を視聴するために使用するヘッドマウントディスプレイについて説明をする際、高校生に興味を持ってもらうため、実際に使用するヘッドマウントディスプレイを展示して説明を行った。動画を立体視で提示するために用いた計算手順や立体視についての説明は高校生が十分に理解することが出来ないと考えたため、最終発表では前期とは異なる方法で説明することを決定する等、これまでの活動内容や今後の方針について再確認する良い機会となった。

## 3.4 自然景観の撮影

### 3.4.1 自然景観撮影の許可申請

前期の活動では立体視による視差動画の撮影技術を習得したため、後期の活動では実際に北海道の自然景観を撮影した。プロジェクト学習の活動で現実的に撮影可能な場所を検討した結果、立待岬、大沼国定公園、松前公園の3箇所を候補地とした。ドローンを用いた撮影には様々な規制があるため、関係各所に連絡を取り、許可申請の有無を確認し、その後必要な書類の提出や細かい事項の説明を受けた。

#### 1. 大沼国定公園

大沼国定公園での撮影は担当教員が研究の関係で2017年度は自由にドローンを飛行させる許可を取得していたため、許可の申請は不要であった。

#### 2. 立待岬

立待岬は函館市の公園に区分される場所であったため、函館市の条例に従って公園内行為許可申請書を提出する必要がある。函館市役所に連絡を取り、職員の方の指示に従い許可申請を行った。必要書類提出に関してや飛行の際の安全確保についてなど細かな事項の説明を受けた。

#### 3. 松前城周辺

松前町役場の方に連絡をとり撮影の許可申請を行った。松前城付近を撮影するため現状変更申請書の作成、提出をした。

(※文責: 田島永暁)

### 3.4.2 立待岬での撮影

立待岬でドローンを自動飛行させ動画を撮影するために、以下の手順を行った。

(※文責: 鈴木雄士)

#### 飛行経路作成

ドローンを自動飛行させるためには緯度、経度などの位置情報が必要だったため、Google マップを用いて位置情報を取得し経路(図 3.9)を作成した。経路は立待岬全体を撮影するため、五角形に一周する経路を作成した。具体的には、ドローンを撮影拠点から A 地点へ飛行させ、A 地点を始めるのポイントとして右回りに各ポイントを通過した後、A 地点へ戻るような経路とした。

(※文責: 鈴木雄士)



図 3.9 立待岬の飛行経路

## 撮影

撮影は 2017 年 11 月 6 日に担当教員の指導の下行った。撮影時間は安全面を考慮し、一般の人の少ない午前 6 時 30 分頃から午前 8 時 00 分までの 1 時間半であった。事前の経路の通りにドローンを飛ばすために緯度や経度、高さや速さなどをプログラムし、ドローンを自動飛行させた。進行方向に対して直角な方向の風景を撮影した。(図 3.10)



図 3.10 ドローンで撮影した立待岬

(※文責: 鈴木雄士)

### 3.4.3 立待岬の動画編集

図 3.11 のように、進行方向と直角にカメラを向け、映像を一定の時間差で左右の目に見せることで視差を発生させるため、撮影に使用したドローンの高度を基に最も視差の発生する左右の動画の距離を求めた。結果左右の動画の距離が 4.6m の時最も視差が発生し、動画が立体的に見えることが分かった。ドローンの飛行スピードは秒速約 3m だったため、左目用の動画から約 1.5 秒遅らせた動画を右目用の動画とすることで、左右の動画間で約 4.6m の距離があり、実際に約 4.6m の視差があるように撮影した動画と同じように立体視ができる動画を作成した。

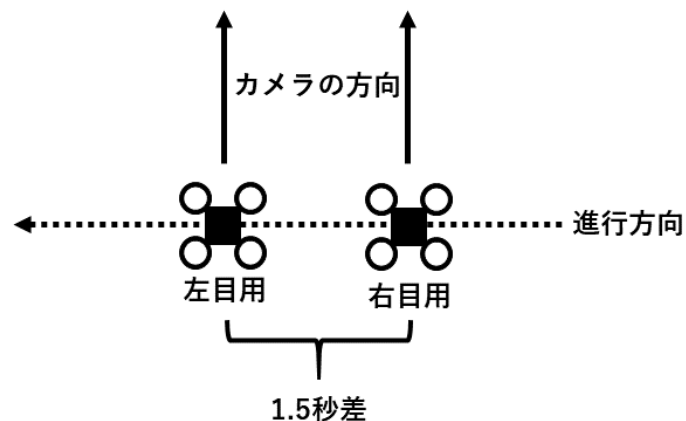


図 3.11 ドローンの進行方向と時間差による動画間の距離

(※文責: 田島永暁)

### 3.4.4 大沼国定公園での撮影

大沼国定公園でドローンを自動飛行させ動画を撮影するために、以下の手順を行った。

(※文責: 泉谷祐樹)

#### 飛行経路作成

立待岬での経路作成と同様に、Google マップを用いて位置情報を取得して飛行経路を作成し、ドローンを自動飛行させた。具体的な経路についても立待岬と同様に大沼国定公園全体が撮影できるように五角形に一周する経路 (図 3.12) を作成した。

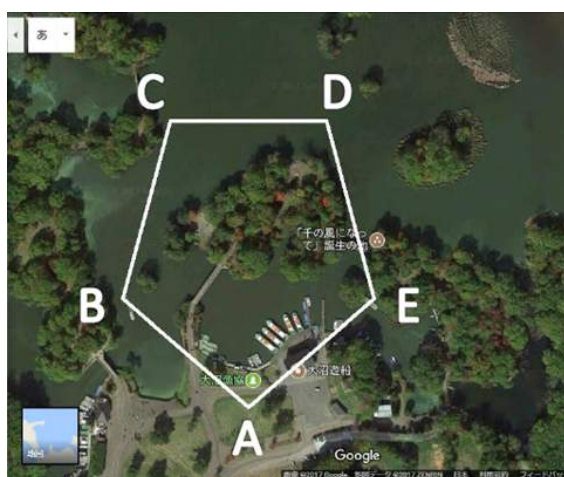


図 3.12 大沼国定公園の飛行経路

(※文責: 泉谷祐樹)

## 撮影

撮影は2017年11月14日に担当教員の指導の下行った。撮影時間は安全面を考慮し、一般の人の少ない午前7時から午前8時までの1時間であった。ドローンを同じ飛行経路で3度飛行させ、進行方向に向かって左前方、中央、右前方とそれぞれカメラの向きを変えて動画を撮影した。(図3.13) これらの動画の重なる部分を合成することで前期の立体映像作成時の課題であったパノラマ動画が作成できると考えた。また、実際にヘッドマウントディスプレイに動画を投影した際に立体視できるようにするため、元の飛行経路から真横に4.6m離し、上記と同じ方法で視差用の動画を撮影した。(図3.14、図3.15)

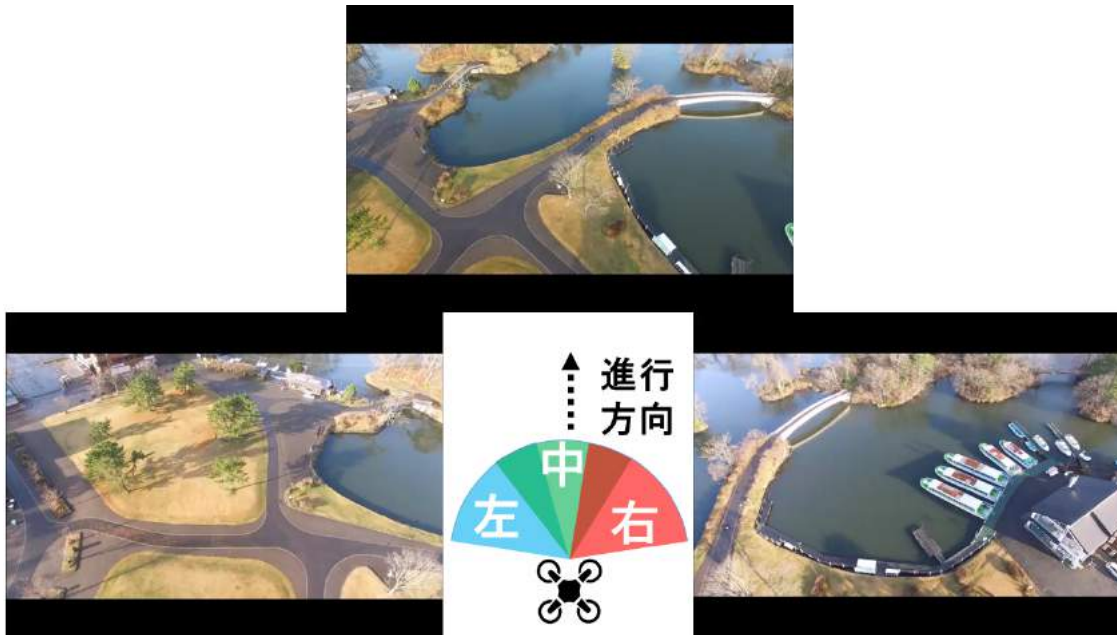


図 3.13 3 方向を撮影した大沼国立公園の映像

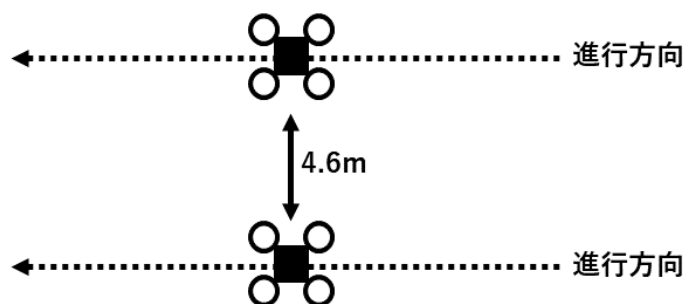


図 3.14 2 台のドローンの距離と進行方向



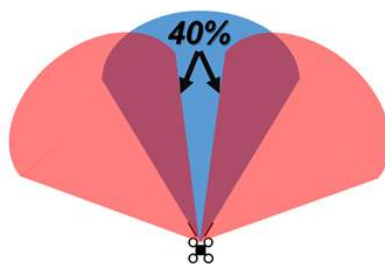


図 3.15 中央の映像から左右の映像を撮影するイメージ

(※文責: 泉谷祐樹)

### 3.4.5 大沼国定公園の動画編集

#### 動画の編集環境の決定と導入

前期の立体映像作成時の課題であった、パノラマ化などを実装するため、OpenCV という画像や動画を処理するのに必要な、さまざま機能が実装されているライブラリを用いて動画編集を行った。9月～10月にかけて、各自で開発環境の構築を行った。開発環境は最も OpenCV の使用頻度が高く、参考になる文献(高橋, 2017)や事例が多かった visual studio 2015 community、開発言語は C++ とした。

(※文責: 猪村浩士)

#### 明るさ補正

撮影した動画は、視点は同じだが、実際にドローンを同時に飛ばしているわけではなく、同じ軌道で複数回に分けて角度を変更しながら撮影していたため、撮影時間によっては明るさに違いが生じてしまった。この問題を解決するため、ガンマ補正による明るさ補正プログラム(北山, 2013)を作成した。(図 3.16)



図 3.16 明るさ補正比較画像

(※文責: 沼崎航)

## パノラマ化

撮影角度の異なる動画を合成し、パノラマ化するために、OpenCV のクラスである stitcher クラスを利用した。stitcher クラスは画像の特徴点を検出し、マッチングを行うことで画像の重なる部分を合成し、パノラマ画像を作ることができるクラスである。このクラスを用いてパノラマ動画を作成するため、以下の手順で動画を編集した。

### 1. 動画をフレーム単位で画像として保存するプログラムの作成

stitcher クラスは画像にしか利用できないため、一度撮影した動画をフレーム単位で画像として保存するプログラムを作成した。この際、フレーム単位で保存された画像に番号をつけることで、後に stitcher クラスを用いて画像ファイルを読み込む作業が簡単になるよう工夫をした。

### 2. 画像を合成し、パノラマ画像として保存するプログラムの作成

前述の手順で大沼国定公園で撮影した 3 方向の動画を全て連番画像として保存した後、これらを stitcher クラスを用いて特徴点を検出し、マッチングを行う (永田, 2013),(永田・豊沢, 2017) ことでパノラマ化した。この際、画像によっては特徴点がうまく検出できない場合があるため、エラーが起こった際にはエラーが起きた画像の番号を表示させ、後にエラー画像のみを除けるように工夫をした。

### 3. 作成したパノラマ画像を動画として保存するプログラムの作成

パノラマ画像を再度動画にするため、画像を 1 枚ずつ読み込み、動画として保存するプログラムを作成した。動画として保存するためには、画像のサイズを入力する必要があった。しかし、前述の手順で画像パノラマ化する際に特徴点の検出位置に若干のズレがあり、それぞれの画像サイズが異なっていたため、画像編集ソフトを用いて全ての画像の大きさを統一させた。

### 4. パノラマ動画のブレの修正

作成された動画は特徴点のマッチング位置のズレによって画像の重なる位置が異なるため、そのまま再生するとブレが生じる。これを修正するために youtube の動画加工ツールにあるスタビライズという手ブレ補正加工を利用し、再生される動画のブレを抑えた。

上記の手順を経て完成した動画が図 3.17 である。

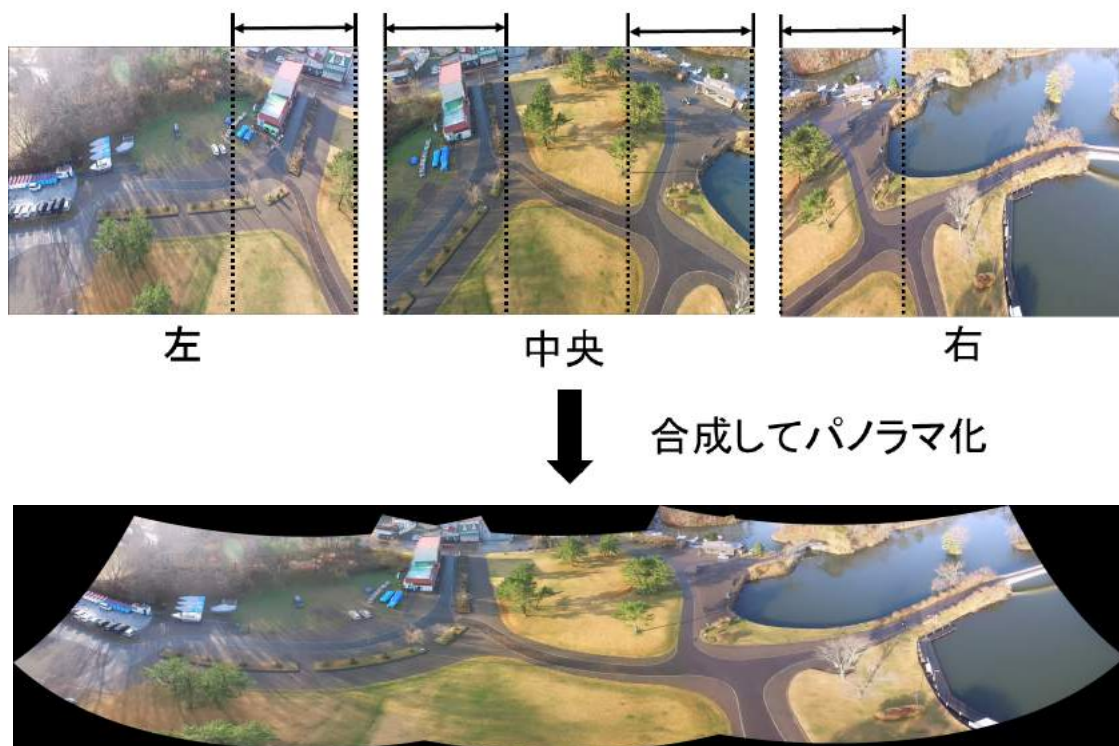


図 3.17 画像のパノラマ化

(※文責: 沼崎航)

## 表示領域の変更

完成したパノラマ動画はそのまま再生するとパノラマ動画全体がディスプレイに縮小されて表示されるため、景色がとても小さく見えてしまう。そこで、動画の一部分を選択して原解像度で表示することによってこの問題を解決しようと考えた。さらに、この表示領域の変更をユーザーが動画を見ながら自由にできるようにプログラムを作成した。プログラム作成は以下の手順で行った。

1. 動画の一部分の領域を指定して表示するプログラムの作成  
編集した動画の表示領域を変更出来るようにするために、動画の一部分の領域を任意に選択し、その選択した領域を表示することが出来るプログラムを作成した。
2. 指定した領域を拡大して表示するプログラムの作成  
指定した領域を拡大して表示出来るようにするために、動画の指定した領域を動画のサイズと同じにして表示することが出来るプログラムを作成した。
3. 表示した領域をマウス操作で変更出来るようにするプログラムの作成  
表示した領域をマウス操作で変更できるようにするために、表示した領域をマウスの左クリックで動画の表示領域を左に、右クリックで動画の表示領域を右に変更出来るプログラムを作成した。
4. 作成したプログラムを統合し、編集した動画の表示領域を変更出来るプログラムの作成  
上記の作成したプログラムを組み合わせることで、編集した動画の表示領域を変更出来るプログラムを作成した。このプログラムを編集したパノラマ動画に適用することで、ユーザーが動画を視聴する際に任意に動画の視野を変更出来るようになり、より臨場感が得られるよ



Museum IT for rich cultural experiences ～tools that inspire us about nature and heritages～  
うにした。

(※文責: 猪村浩士)

### 3.5 動画への音の挿入

ドローンで撮影した動画には音がなく臨場感に欠ける部分があると考えたため、動画に音を挿入することで臨場感を表現しようと考えた。

(※文責: 田島永暁)

#### 音源の入手

実際にドローンで映像を撮影する際にはドローンのモーター音やプロペラ音によって他の音はほとんど聞こえていない。しかし、このドローンを飛行させることにより発生する音を使用するより、風を切るような音の方が臨場感が増すのではないかと考えた。この考えを基に、最も臨場感を得られると感じた風の音のフリー音源を入手した。

(※文責: 田島永暁)

#### 音源の挿入

入手した音源を動画に挿入するために Windows ムービーメーカーを利用した。音源を挿入する際に、動画に合わせて再生される音に強弱をつける工夫をした。ドローンは方向転換する際に速度が落ちるため、この減速に合わせて音量を小さくし、方向転換後のドローンが加速する際にはこれに合わせて音量を大きくするということを繰り返した。こうすることでより臨場感のある動画にすることができた。

(※文責: 田島永暁)

#### 音源再生のためのヘッドフォンの購入

ユーザーが動画を見る際にはスマートフォンを液晶としたヘッドマウントディスプレイを使用するため、ヘッドマウントディスプレイの構造上、ケーブルのあるオーディオ再生機器を使用して音を聞くことは困難である。そのため、スマートフォンの Bluetooth 機能を利用したワイヤレスなオーディオ再生機器の使用がふさわしいと考えた。そこで函館市内の家電量販店で Bluetooth を用いたワイヤレスなオーディオ再生機器について調査し、中間発表で使用する Bluetooth ヘッドホンを購入した。

(※文責: 田島永暁)

## 3.6 各人の課題の概要とプロジェクト内における位置づけ

### 3.6.1 沼崎航

沼崎航の担当課題は以下のとおりである。

- 5月 ドローン撮影について飛行可能区域や飛行許可申請方法などの調査。
- 6月 スマートフォンを用いた立体映像の疑似撮影。立体視についての調査。
- 7月 立体映像作成のための映像編集。中間発表に用いる原稿の作成。
- 8月 大沼国定公園でのドローン飛行経路の作成。
- 9月 大沼国定公園でのドローン撮影。
- 10月 OpenCV 環境設定手順の作成、共有。OpenCV による明るさ補正プログラムの作成。動画パノラマ化についての調査。
- 11月 OpenCV による動画パノラマ化とそれに必要な環境設定の導入。
- 12月 成果発表の発表原稿の作成。

(※文責: 沼崎航)

### 3.6.2 泉谷祐樹

泉谷祐樹の担当課題は以下のとおりである。

- 5月 ドローンで撮影した映像の効果的な鑑賞方法の考察。
- 6月 ヘッドマウントディスプレイの試作。中間発表に用いるポスターのレイアウトの決定。
- 7月 中間発表に用いるグループポスターの作成。
- 8月 立待岬、松前公園でのドローン撮影に向けて担当教員と連絡。
- 9月 大沼国定公園でのドローン撮影。
- 10月 動画のパノラマ化に向けた写真による調査。
- 11月 ドローンで撮影した動画のパノラマ化に向けた視野角などの計算。
- 12月 成果発表に用いるポスターの作成。

(※文責: 泉谷祐樹)

### 3.6.3 鈴木雄士

鈴木雄士の担当課題は以下のとおりである。

- 5月 ドローン操作技術の習得と撮影。
- 6月 立体映像の試作に用いる映像の撮影。中間発表に用いるポスターのレイアウトの決定。
- 7月 中間発表に用いるプロジェクトメインポスターの作成。
- 8月 立待岬のドローン撮影の許可申請。
- 9月 大沼国定公園でのドローン撮影。
- 10月 動画に音をつけるための音源の調査、ヘッドホンの購入。
- 11月 前回中止になったため再び立待岬のドローン撮影の許可申請。

12月 成果発表に用いるポスターの作成。

(※文責: 鈴木雄士)

### 3.6.4 猪村浩士

猪村浩士の担当課題は以下のとおりである。

5月 メンバー間の議事録の共有。アイデアの取りまとめ。

6月 立体視についての調査。中間発表に用いるスライドの構成の決定。

7月 中間発表に用いるスライドの作成。

8月 後期の活動で OpenCV を利用するため、C++ の学習。

9月 大沼国定公園でのドローン撮影。

10月 OpenCV 環境設定手順の作成、共有。OpenCV による複数の動画を表示、編集する方法の習得。

11月 OpenCV による視聴領域を任意に変更できるプログラムの作成方法の習得。

12月 成果発表に用いるスライドの作成。

(※文責: 猪村浩士)

### 3.6.5 田島永暁

田島永暁の担当課題は以下のとおりである。

5月 ドローン操作技術の習得と撮影。

6月 スマートフォンを用いた立体映像の疑似撮影。立体映像の試作に用いる映像の撮影。

7月 中間発表に用いる原稿の作成。

8月 松前公園でのドローン撮影に向けた事前調査。

9月 大沼国定公園でのドローン撮影。

10月 松前公園でのドローン撮影に向けた許可申請。

11月 撮影された動画の視点のズレを調整。

12月 成果発表に用いる原稿の作成。

(※文責: 田島永暁)

## 3.7 担当課題解決過程の詳細

### 3.7.1 沼崎航

5月 ドローンに関する法律、飛行が可能な区域の調査などを行った。この際、飛行が規制されている区域を飛行させるための許可申請方法を習得した。また、許可申請後の撮影を安全に行うための知識を習得した。

6月 立体感のある映像を作成するため、立体視の仕組みを調査し、他のメンバーと共有した。また、この仕組みを用いた立体感のある映像を作成するため、スマートフォンを用いて疑似的な撮影を行い、映像の立体感を確認した。

- 7月 中間発表に向けて、今までの活動を振り返り、発表原稿を作成した。また、ドローンで撮影された映像を編集し、中間発表で展示する立体映像を完成させた。この際、動画の編集技術を習得した。
- 8月 大沼国定公園でのドローンを用いたテスト撮影を行うため、Google マップを用いて飛行経路を作成した。この際、視差用映像を撮影する2台のドローンの飛行距離の違いなどを解消するため、2つの飛行経路が常に平行になるようにするなど工夫をした。
- 9月 大沼国定公園で撮影を行った。この際、安全を考慮し、ドローンの飛行経路付近で待機し、一般の人の安全確保を行った。
- 10月 OpenCV の環境設定を行い、メンバー全員が同一の環境で開発できるようサポートを行った。また、OpenCV を用いて画像の明るさ補正をするプログラムを作成した。この際、OpenCV の環境構築の手順、また、基礎的な使用技術を習得した。その後、画像の合成や画像の特徴点検出など、動画パノラマ化に関する調査を行った。
- 11月 10月の調査内容を基に、動画のパノラマ化に必要であった環境設定の導入を行い OpenCV を用いて画像の特徴点検出やマッチングを行った。この際、OpenCV を用いた動画のパノラマ化に関する知識を習得した。
- 12月 成果発表に用いる原稿を作成した。発表では成果物である動画をしっかりと見てもらうために、必要な情報を短くまとめた原稿を作成した。

(※文責: 沼崎航)

### 3.7.2 泉谷祐樹

- 5月 ドローンで撮影した映像の鑑賞方法の考察。ドローンで撮影した映像を効果的に鑑賞するためにスクリーンを2方向に配置し、それぞれのスクリーンに対応する映像を投影した。
- 6月 ヘッドマウントディスプレイの試作、ポスターレイアウト決め。立体視の仕組みを理解するためにヘッドマウントディスプレイを段ボールで試作した。また、中間発表用のポスターの構成、レイアウトを作成した。
- 7月 これまでの活動を取りまとめ、グループポスターを制作した。制作には Microsoft Power-Point を使用した。この際、ポスター制作に関する技術を取得した。
- 8月 立待岬、松前公園の撮影に向けて教員との連絡を取った。
- 9月 大沼国定公園で撮影を行った。この際、安全を考慮し、ドローンの飛行経路付近で待機し、一般の人の安全確保を行った。
- 10月 動画パノラマ化に向けて iPhone で写真を取り、コンテンツのパノラマ化について調査した。
- 11月 10月のパノラマ化の調査から、ドローンの撮影でも利用できるようにパノラマの撮影が可能な計算式をまとめた。
- 12月 前期の中間発表のポスター制作技術とこれに関する評価を参考に成果発表に用いるポスターを作製した。

(※文責: 泉谷祐樹)

### 3.7.3 鈴木雄士

- 5月 撮影のために実際にドローンを飛ばし、操作方法を確認、練習を行った。
- 6月 中間発表に向けてポスターの構成とレイアウトを作成した。立体映像に使用する映像をドローンをういて撮影した。
- 7月 中間発表に利用するポスターのメイン部分を作成し、印刷を行った。
- 8月 函館市役所と連絡を取りながら立待岬でのドローン撮影の許可申請を行った。
- 9月 大沼国定公園で撮影を行った。この際、撮影した動画が問題なく保存されているかなどを飛行の度に確認した。
- 10月 動画に追加するための音源に調査した。またこの音源を再生させるオーディオ機器として Bluetooth を利用したワイヤレスヘッドホンを選び購入した。
- 11月 一回目の立待岬でのドローン撮影ができなかったので再び許可申請を行った。立待岬でのドローン撮影を行った。
- 12月 前期の中間発表のポスター制作技術とこれに関する評価を参考に成果発表に用いるポスターを作製した。

(※文責: 鈴木雄士)

### 3.7.4 猪村浩士

- 5月 話し合いの内容を記録する係となり、毎回の活動を詳細に記録し、その記録をグーグルドライブを利用してほかのメンバーと共有できるようにした。
- 6月 立体的な映像を作成する際には立体視の仕組みを調査する必要があるため、これについて調査し、その結果をまとめたものをメンバー全員が共有できるようにした。その際、立体映像の製作方法を習得した。
- 7月 中間発表で使用するスライドを作成した。スライドは口頭説明だけでは理解しにくい発表内容を図を用いて、まとめた。その際、Microsoft PowerPoint の利用方法を習得した。
- 8月 後期の活動で OpenCV を利用するため事前知識として C++ の学習をした。この際 C++ の構造体やクラスの作成方法を習得した。
- 9月 作成した飛行経路を用いてドローンを自動飛行させ、大沼公園を撮影した。飛行経路を作成し、ドローンを自動飛行させる技術を習得した。
- 10月 OpenCV の環境設定を行い、これをメンバー全員で共有するため、環境設定の手順をまとめた資料の作成を行った。また、簡単な動画再生プレイヤーを作成した。OpenCV の環境構築の手順、また、基礎的な使用技術を習得した。その後習得した技術を生かして2つ動画を一つのウィンドウに同時に表示させ、再生するプログラムの作成を行った。
- 11月 OpenCV を用いてドローンで撮影した動画を立体視で提示し、任意に動画の視野を変更出来るプログラムの作成した。立体動画の視野変更を可能にする技術を習得した。
- 12月 成果発表で使用するスライドを作成した。スライドは作成した立体動画や図を用いて、成果物を分かりやすく伝えられるようにまとめた。内容を容易に理解出来るスライドを作成するための技術を取得した。

(※文責: 猪村浩士)

### 3.7.5 田島永暁

- 5月 撮影のためにドローンを実際に飛ばし、操作方法を確認、練習を行った。また、ドローンを用いた映像の撮影方法を確認した。
- 6月 立体映像の試作に必要な映像を撮影するための疑似映像の撮影と、ドローンを用いた映像撮影を行った。
- 7月 中間発表の原稿作成を行った。
- 8月 松前公園でドローンを飛行させるため、松前町におけるドローン飛行のルールなどを確認し、松前町役場と連絡を取った。
- 9月 大沼国定公園で撮影を行った。この際、安全確保のためドローンの飛行経路付近で待機している他メンバーに、ドローンの飛行状況などを連絡した。
- 10月 松前公園でドローンを飛行させるため、松前町役場と連絡を取り、現状変更申請書の作成、提出や日程調整などを行った。Google マップを用いて撮影する際の飛行経路を作成した。
- 11月 撮影された動画の視点位置のズレを解消するため、動画編集ソフトを用いて動画の再生時間を調整した。
- 12月 成果発表に用いる原稿を作成した。発表では成果物である動画をしっかりと見てもらうために、必要な情報を短くまとめた原稿を作成した。

(※文責: 田島永暁)

## 第4章 結果

### 4.1 前期活動における成果

前期の活動を経て、本グループが挙げた成果は、未来大学を撮影対象としてドローンで撮影した立体映像の作成である。これは、後期の活動で作成するコンテンツにおいてモデルとなる非常に重要な材料の一つである。また、この成果を挙げる過程で、両眼視差や輻輳により物が立体的に見える仕組みの理解や、立体映像を撮影した時に発生した課題も後期の活動につながる成果である。

(※文責: 田島永暁)

### 4.2 中間発表

#### 4.2.1 中間発表全体の評価

中間発表会では、能動的に北海道の自然景観を体験してもらうためのコンテンツとしてヘッドマウントディスプレイを用いた立体映像を作成したこと、立体映像作成において調査した立体視についての2つに焦点を当ててプレゼンを行った。実際に編集された動画をディスプレイで再生しながら説明し、作成した立体映像を展示して成果物についての解説を行った。発表の際に配布、回収した評価シートに書かれた評価は図4.1、図4.2の通りである。また、主なコメントは以下に記載した通りである。

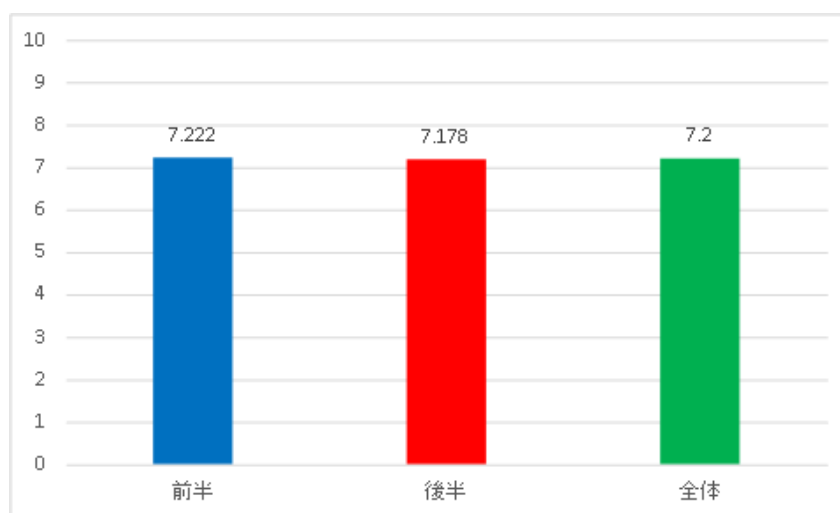


図 4.1 発表技術に関する評価平均点

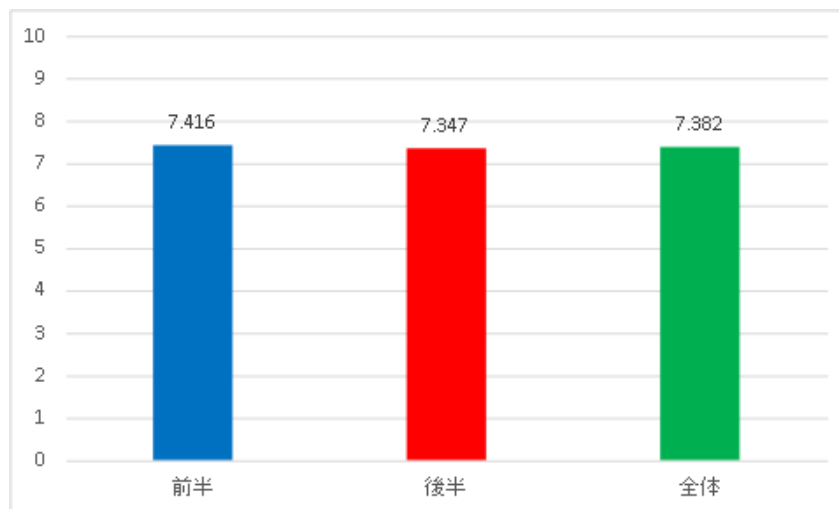


図 4.2 発表内容に関する評価平均点

#### 発表技術に関する主なコメント

- ・声が大きく説明が聞きやすかった。
- ・スライドが見やすく分かりやすかった。
- ・スライド上で実際の映像を見ることができ、理解が深まった。
- ・発表の流れが論理的にまとまっていてに内容が伝わりやすかった。
- ・スライドにもう少し図や写真があるともっとわかりやすいと感じた。

#### 発表内容に関する主なコメント

- ・リアルな飛行体験のできるコンテンツはとてもおもしろそうだと感じた。
- ・前期で何をしたのか、後期で何をやる予定なのかがわかりやすかった。
- ・ドローングループと縄文文化グループとの関連性がわからなかった。
- ・前期で何をしたのかはよく分かったが、プロジェクトの目的との関連についての説明が足りないと感じた。

(※文責: 沼崎航)

## 4.2.2 評価からわかったこと

### 発表技術について

- 声が大きく説明が聞きやすいとの意見が多かった。また、スライドも見やすく、全体的に内容を理解しやすいといった意見が多かった。これは、発表までに原稿とスライドの不自然な点を繰り返し修正したり、内容が伝わりやすいように発表全体の構成を何度も見直したため、全体的に好評が得られたと考えられる。
- スライドに図や写真をもっと使った方がよいとの意見があったため、最終成果発表会ではこの意見を参考にし、発表技術を改善するべきだということが分かった。



## 発表内容について

- 前期でどんな活動をしたのかはわかったが、これがプロジェクトの目的に沿ったものであるかどうか伝わりづらいとの意見が多くあった。これは、立体映像に用いた立体視の説明に重点を置きすぎたため、なぜ立体映像を作成したのか、立体映像を鑑賞することでどのように目標が達成されるのかなどを明確に示さなかったためだと考えられる。
- 最終成果発表会ではグループの目標、どうすれば目標が達成されるのかなど、プロジェクトの活動の根本的な部分を詳しく説明し、成果物の発表につなげていくべきだということが分かった。

(※文責: 沼崎航)

## 4.3 後期活動における成果

後期の活動を経て、本グループが挙げた成果は北海道の自然景観を普段から異なる視点から撮影し、これをユーザーに効果的に提示する動画の作成である。具体的にはドローンを用いて自然景観を上空から撮影することで、普段は気付くことのできない魅力を発見することができるような動画を撮影することができた。また、両眼視差を用いた立体視、異なる視野の動画を合成することによる動画のパノラマ化、動画に合わせた音の挿入などを実装することで、ユーザーが動画を見たときに臨場感を感じることで動画の作成することができた。これらの機能により、成果物の動画を見たユーザーは北海道の自然景観に対して新たな発見や興味関心が持てることを示すことができた。また、ドローンを用いた空撮動画、両眼視差を用いた立体動画、360度カメラなどを用いたパノラマ動画などは個別に見れば似たようなコンテンツが既に数多く発信されているが、これらすべての技術を組み合わせた動画を作成することができたのは本グループが初であると思われる。

(※文責: 沼崎航)

## 4.4 成果発表会の評価

2017年12月8日に未来大学3階大講義室前で行った。中間発表では20分のプレゼンテーションで縄文文化班と本グループで時間を半分に分けて行ったが、プレゼン時間が短くなるため最終成果発表では、プロジェクト全体の説明を行った後、各グループに分かれてそれぞれがプレゼンを行うことにした。20分のプレゼンを前後半で3回ずつ計6回行った。プレゼンテーションでは未来大学の学生・教授だけでなく函館市内の高校も来ており、高校生や教師にもプレゼンテーションを行った。プレゼンテーションではグループの目的・目標、成果物である動画の説明、活動のまとめを話した。成果物の説明では、分かりやすく成果物を発表するとともに、興味を持ってもらうために実際に撮影した映像や成果物をモニターで再生しながら話をした。プレゼンテーション時に配布した評価シートは前半と後半で合計34枚集まった。評価シートでは発表内容と、発表技術について聞き、0～10の点数とコメントを記入してもらった。(各質問に対する点数の分布は図4.3、図4.4参照)

## 発表技術について

- 「実際の映像を動画や画像でも使っており、分かりやすかった」、「具体的な映像を示してしてくれるのはよい」など、映像を交えて発表したことにより、成果発表がとても分かりやすかったという意見が多かった。発表スライドには出来る限り多くの映像を入れ、分かりやすく興味を持ってもらえるような発表を行ったため、このような評価を得たと考えられる。
- 「聞きやすく理解しやすかった」、「声が大きくて聞きやすく、ジェスチャーも不自然でなく良かった」などがあった。原稿はすべて暗記し、映像に合わせてジェスチャーを交えながら説明を行うように意識しながら発表を行ったため、このような評価を得たと考えられる。

## 発表内容について

- 「自分が飛んでいるかのようにVRで見ることが出来るのは面白い」、「HMDで映像を観られるところまで作っていて成果を身近に感じられるのが良かった」などの意見をもらうことが出来たことより、成果物を通して本グループの目的を達成できたと考えられる。

発表内容、発表技術ともに、前期よりも高い評価を得ることができた。これは、前期で得た発表に関する意見を分析し、この反省を生かして発表練習を繰り返したことによって得られた結果だと考える。

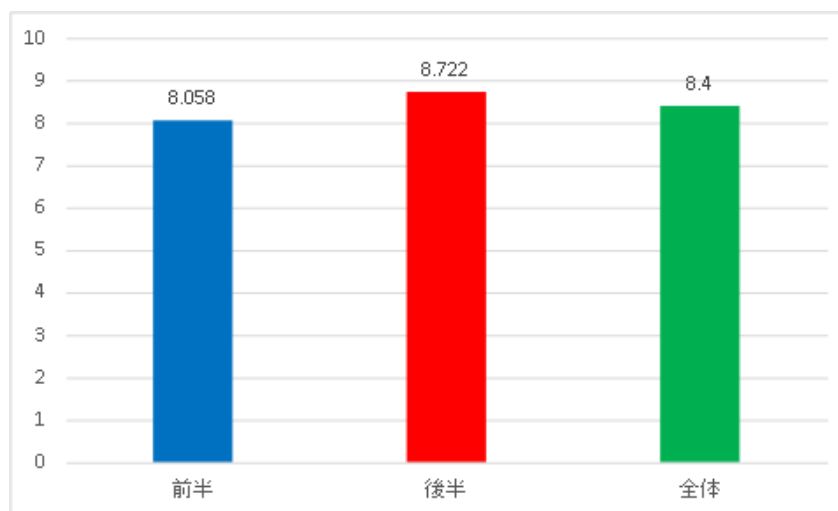


図 4.3 発表技術に関する評価平均点

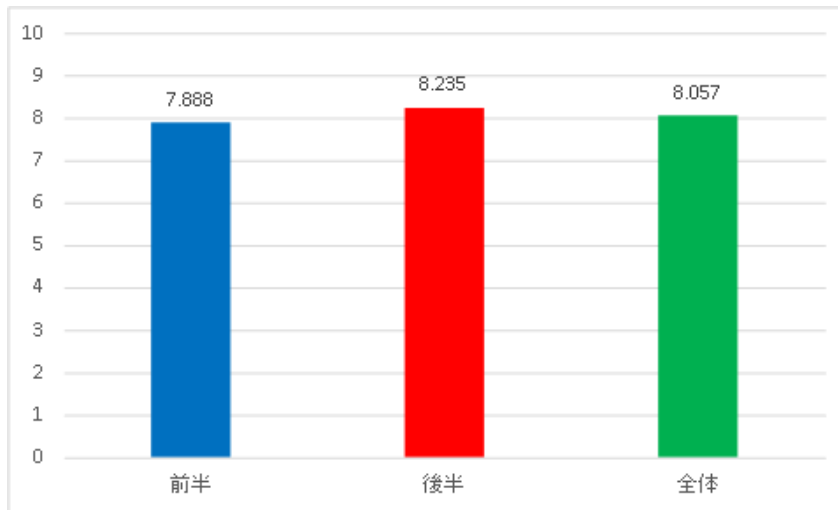


図 4.4 発表内容に関する評価平均点

(※文責: 猪村浩士)

## 4.5 担当分担課題の評価

### 4.5.1 沼崎航

#### ドローン飛行可能区域や飛行許可申請方法についての調査

国土交通省のホームページなどから、ドローン飛行に関する法律、飛行可能区域、飛行許可申請方法などを調べることができた。前期の活動では実際に撮影場所を決定し、許可を申請するまでに至らなかったため、後期の活動で許可を申請する際はこの調査した結果より実際に正しく申請できるように、さらに詳しく調査するという課題を設定することができた。

#### 立体視に関する調査

Web や書籍、論文から立体視の仕組みについて詳しく調査することができた。輻輳角に関する計算式を調べ、実際に計算で立体撮影に必要な輻輳角やドローンと対象までの距離などを求めることができた。

#### 立体映像の編集

中間発表で展示する立体映像を編集し作成することができた。手動でドローンを操縦したことにより生じた、動画の時間のズレなどは不要な部分をトリミングするなどして調整することができた。また、動画のズレをもっと精密に調整し、より臨場感のある動画を作成するため、さらに動画編集技術を向上させるという課題を設定することができた。

#### 大沼国定公園でのドローン飛行経路の作成

後期の活動で素材となる動画を撮影するための飛行経路を作成することができた。Google マップを用いて飛行経路を作成し、同時に緯度、経度などの位置情報を調べることでドローンの自動飛行に必要な情報を集めることができた。前期の立体映像の試作で課題となっていた視点位置のズレなどを解消するために、飛行させる 2 台のドローンの位置関係を工夫した経路を作成することができた。経路の作成は主に個人で行ったが、これをファイルにまとめ、他メンバーと飛行経路作成の詳細を共有することができた。

#### 大沼国定公園でのドローン撮影

事前に作成した飛行経路を基にドローンを自動飛行させ、自然景観を撮影することができた。事前に複数の経路を作成していたため、後期の活動で使用するのに適した動画を撮影することができた。

#### OpenCV の環境設定と共有

後期の活動で全員が同じ開発環境で作業できるように猪村と協力して OpenCV を導入し、環境設定を行うことができた。メンバーと細かく連絡を取り合うことでメンバーそれぞれの進捗状況や発生している問題を把握し、全員が同じ開発環境を導入することができた。

#### OpenCV による明るさ補正プログラムの作成

OpenCV を用いてガンマ補正による明るさ補正プログラムを作成することができた。この明るさ補正を行うことで、動画をパノラマ化した際に動画全体の明るさが統一され、違和感を軽減させることができた。

#### OpenCV による動画のパノラマ化

OpenCV を用いて動画をパノラマ化することができた。動画のパノラマ化を行うにあたって、OpenCV の標準クラスである stitcher クラスを用いたが、事前に導入した OpenCV のバージョンでは上手く動作しないことがわかり、別のバージョンの OpenCV を導入した。コーディングは書籍などを参考に行ったが、書籍だけでは理解できない部分もあった。そこで担当教員に相談し、指導してもらうことで無事に動画をパノラマ化するプログラムを完成させることができた。

#### 成果発表の発表原稿の作成

メンバーと協力して成果発表の発表原稿を作成した。初期段階では、自分たちがプロジェクト学習で行った活動を全て伝えようと原稿を作成したため、非常に文章が長くなり、聞き手に伝わりにくい原稿となってしまった。しかし、担当教員にアドバイスを貰い、活動全体の紹介ではなく成果物の紹介を重視することで、簡潔に伝えたいことをしっかりと伝えられるような原稿を作ることができた。結果、最終発表の発表内容に関する評価では分かりやすかったというコメントを多く得ることができた。

(※文責: 沼崎航)

## 4.5.2 泉谷祐樹

### ドローンで撮影した動画の鑑賞方法の考察

ドローンで撮影した動画を効果的に鑑賞するためにスクリーンを2方向に配置し、それぞれのスクリーンに対応する動画を投影した。画面の大きさの圧倒感があったがやはり空間の問題で没入感に欠けた。しかし、ヘッドマウントディスプレイを使用して動画を効果的に見せるということに繋がり、また、5月に鑑賞方法の考察をしたことで早い時期から効果的な見せ方について試作して実験することができた。

### ヘッドマウントディスプレイの試作

立体視の仕組みを理解するためにヘッドマウントディスプレイを段ボールで試作した。ヘッドマウントディスプレイを購入する前に一度自分たちで作成したが特になにかを参考に作成したわけではないので焦点が合わず、失敗となった。

### グループポスターのレイアウトの決定と制作

これまでの活動を取りまとめ、グループポスターを制作した。制作には Microsoft PowerPoint を使用した。基本的なレイアウトはメインポスターと似たようなデザインになるよう

に工夫した。また、ヘッダーや、文字の大きさなどを揃えて、閲覧者が見やすいように書くことができた。

#### コンテンツのパノラマ化についての調査

撮影後、パノラマ化させる為に iPhone 6s で写真を撮影し調査した。立待岬、大沼国定公園の撮影で使用したドローン、Phantom3 の視野角 (FoV) は 95 度に対し iPhone 6s は約 73 度と狭い。iPhone 6s で撮影した写真を編集した結果、自然なパノラマを作成するには画像の 40 %を互いに重複させることで可能であることがわかった。

#### ドローンの撮影で利用するパノラマ化するための計算式

上記からドローンで撮影した動画でも自然なパノラマ化ができるよう計算式をまとめた。パノラマ化する対象の自然景観は大沼国定公園である。9 月の大沼公園の映像では、高さ 50m のドローンの画角内に映像の端から端まで約 81m あったことから 40 %互いの映像を重複させる為、32.4m の地点で映像同士を交差させた。これらの数値より、中央の映像から左右の映像を撮影するためのカメラの向きの角度を算出することができた。また、これらを実際の撮影でも用いることができた。

#### 成果発表会に用いるグループポスターの作成

中間発表、最終成果発表ともに活動を取りまとめ、グループポスターを制作した。制作には Microsoft Power-Point を使用した。基本的なレイアウトはメインポスターと合わせ近いデザインになるように工夫した。また、ヘッダーや、文字の大きさ、各配置を揃えて、閲覧者が見やすいように書くことができた。

(※文責: 泉谷祐樹)

### 4.5.3 鈴木雄士

#### ドローン操作技術の習得と撮影

ドローンを国のガイドラインと照らし合わせながら操縦の練習を行った。また、ドローンを用いた撮影を周囲に配慮しながら安全に行うことができた。

#### 中間発表に用いるポスターのレイアウトの決定

プロジェクト全体のポスターの構成を過去のプロジェクトのポスターを参考にしながら作成した。プロジェクトの内容に合わせて適切にレイアウトを作成することができた。

#### 中間発表に用いるプロジェクトメインポスターの作成

プロジェクトのメインポスターの作成を担当した。閲覧者が分かりやすいように適切な色やフォントを選び、適宜グラフなどを利用するなどの工夫をすることができた。

#### 立待岬のドローン撮影の許可申請

立待岬のドローン撮影では許可申請を取る必要があり、函館市役所に連絡を取った。立待岬を利用するための書類やプロジェクトでのドローン撮影の概要と詳細をまとめた書類を提出した。立待岬でドローン撮影をする上での注意事項について説明を受けた。国土交通省の無人航空機ヘルプデスクに連絡を取り、ドローン飛行禁止区域ではないことを確認した。

#### 立待岬のドローン撮影の経路作成

ドローンに緯度、経度、高度などをプログラムし、自動飛行させるために Google Map を用いて緯度、経度を測定しながら経路を作成した。立待岬の崖を撮影するため、経路を五角形になるように作成し、普段見られない景色を伝えられるようにした。

#### 成果発表会に用いるメインポスターの作成

プロジェクトのメインポスターの作成を担当した。中間発表のポスターのレイアウトやフォントを活かしながら作成した。担当教員にレビューをもらいながら修正を加え、より内容が伝わりやすいポスターを作成した。

(※文責: 鈴木雄士)

#### 4.5.4 猪村浩士

##### 活動内容、議論の記録

プロジェクト学習における活動内容や議論の記録を行った。その際、可能な限り詳細に記録し分かりやすくまとめることで、メンバー全員が議論の内容や調査内容、活動記録を共有しプロジェクト活動を円滑に行うことができた。

##### 立体視に関する調査

インターネットから得た文献から立体視の仕組みについて調査した。立体視に関係している輻輳角や焦点、両眼視差について知ることができ、これらの関係からどのようにして人間が立体を認識しているのか理解できた。

##### ヘッドマウントディスプレイに関する調査

インターネットや書籍、実体験からヘッドマウントディスプレイの仕組みについて調査した。ヘッドマウントディスプレイに内蔵されているレンズの必要性や焦点の調節方法、2つの異なる動画を1つの動画として認識するための仕組みについて理解できた。

##### OpenCV での開発に用いる言語の習得

成果物を作成するための開発に、OpenCV で使用する言語の勉強を行った。市販されている書籍を使用して C++ の基礎的な使用技術を学んだ。事前に開発言語について学習することでプロジェクト学習での開発に即座に着手することができ、円滑に活動を進めることが出来た。

##### OpenCV の環境設定手順の作成

成果物を作成するためにインターネットや書籍から OpenCV の環境設定を行いこれをメンバー間で共有した。環境設定には多くの手順があり、複雑であるため環境設定の手順を具体的に解説し、メンバー全員が円滑に開発環境を設定することが出来るように環境設定手順を作成した。これにより、メンバー全員が OpenCV での開発を円滑に行うことが出来るようになった。

##### OpenCV による複数の動画の表示、編集

ドローンで撮影した動画を1つのディスプレイに2つ並べて表示し、立体視で提示することを可能にした。OpenCV では通常、複数の動画を読み込んだ場合でもウィンドウに出力される動画は1つだけである。そのため2つの動画を並べて表示させるためにウィンドウに2つの動画を出力するためのスペースを設け、並べて表示することが出来るようにした。これにより、計算に基づいてドローンで撮影した動画を OpenCV で読込、立体視で提示することが可能になった。

##### OpenCV による視聴領域の変更

ドローンで撮影し立体視で提示した動画の視野をユーザーが任意に変更できるプログラムを作成した。ドローンで撮影しパノラマ化した動画は横幅がとても広くなってしまい、それを2つ並べて1つのウィンドウに出力してしまうと、ウィンドウのサイズは一定であるため、動画の縦幅と横幅が比率を保ったまま狭くなってしまふ。そのため出力される動画は自然景

観を視聴することが困難になってしまう。よって、読み込む動画の一部分を拡大して出力し、マウスを左クリックまたは右クリックすることで動画の出力される範囲を左右に移動することができるようにした。これにより、パノラマ化した動画であっても撮影した自然景観を十分に視聴することが可能になった。

(※文責: 猪村浩士)

#### 4.5.5 田島永暁

##### ドローン操作技術の習得と撮影

実際にドローン进行操作することによって操作技術を習得することができた。また、ドローン进行操作の際にテスト撮影を行うことで、ドローンを用いた景観の撮影について基本的な知識を身に着けることができた。

##### スマートフォンを用いた立体動画の疑似撮影と立体映像の撮影

スマートフォンを用いて空撮動画を疑似撮影することで、立体映像を撮影する際にどのようなことに注意して撮影を行えばよいのかを知ることができた。これにより、立体映像の撮影を成功させることができた。立体映像撮影の際には地図を用いた緯度、経度の検索方法なども身に着けることができた。

##### 中間発表に用いる原稿の作成

中間発表では主に立体映像の試作に関する部分の原稿を作成することができた。実際にドローンを用いてわかったことや、見つかった課題などをわかりやすく説明する原稿を作成することができた。

##### 松前城周辺の撮影の許可申請と飛行経路の撮影

松前町役場の方と直接連絡をとり撮影の許可申請をすることができた。また、飛行経路は松前城をより長く撮影するため、飛行経路を工夫して作成することができた。この際、Googleマップを用いた飛行経路の作成方法とドローンの自動飛行に関する知識を習得することができた。

##### 撮影した動画の視点位置のズレの修正

撮影した動画をドローンの動きに合わせて細かく区切り、再生速度を変更することで視点位置のズレを修正し、ほぼ視点位置のズレが無い動画を作成できた。これによってヘッドマウントディスプレイを用いて動画を見る際に、立体感に関して違和感なく動画を見ることができるようになった。この際、動画の編集技術や OpenCV を用いた動画の表示方法を習得することができた。

##### 立待岬の動画に音をつける

動画に臨場感をもたせるために音を追加することができた。この際、動画の動きに合わせて音に強弱をつけるなどの工夫をすることで、ユーザーがより臨場感を体験できるような工夫をすることができた。この際、Windowsムービーメーカーを用いた動画の編集方法を習得した。

(※文責: 田島永暁)

## 第 5 章 今後の課題と展望

### 5.1 課題

今回のプロジェクトでは以下の 4 つが課題として残った。

- 現在、OpenCV を用いた画像のパノラマ化は風景や撮影角度によってはエラーになってしまう場合がある。そのため、パノラマ画像をもっと精細に正確に出力できるようにパノラマ化の精度を上げることが課題である。
- ユーザーが成果物を場所を限定せず、いつでも気軽に利用できるように成果物を体験できる方式を考案する必要がある。
- ヘッドマウントディスプレイ装着時の視野の変更に関して、スマートフォンのジャイロセンサーを用いた変更ができるようにする。こうすることで、より臨場感のある映像体験をできるようにする。
- ドローンを用いた風景の撮影は天候に大きく左右されるため、より安全かつ確実に映像を撮影するために許可申請の際に予備日などあらかじめ撮影日を多めに申請しておく必要がある。

(※文責: 田島永暁)

### 5.2 展望

現在成果物である動画は大沼国定公園と立待岬の 2 箇所のみである。そのため、さらに多くの北海道の自然景観を撮影し、編集を加えることで北海道各地の自然景観の魅力を知るきっかけを提供できると考える。また、北海道の自然景観は季節によって大きく異なるため、計画的に撮影スケジュールを組み、四季折々の魅力を伝えられるようにしたい。

また、成果物の展示方法はパソコンの画面をスマートフォンにミラーリングさせるという手法を取っているが、これをアプリケーション等にして配信することで、北海道の自然景観の魅力を知るきっかけをより多くの人に提供することで、結果、能動的に北海道の自然景観を体験してもらうことに繋がると考える。また、アプリケーション等で配信した場合、課題であった、ユーザーに場所を限定せず気軽に成果物を体験してもらうということも解決できると考える。

(※文責: 沼崎航)



## 参考文献

- [1] VR ビジネス研究会 (2016), 60 分でわかる！ VR ビジネス最前線, 大日本印刷
- [2] 阿久津剛 (2006), 輻輳矛盾を解消する立体表示法の研究, 筑波大学大学院博士課程システム情報工学研究科修士論文
- [3] 大西志保・川村彰・松井健・芦崎浩二 (1996), 虚像制御式 HMD における奥行き知覚, 光学, 25 巻 1 号, 8-9
- [4] 「立体視について」 [online]<http://mcm-www.jwu.ac.jp/physm/buturi06/sikaku/st1.html>, 2017 年 7 月 24 日アクセス
- [5] 「奥行きの知覚」 [online]<http://kagaku-jiten.com/cognitive-psychology/perception/depth.html>, 2017 年 7 月 24 日アクセス
- [6] 高橋麻奈 (2017), やさしい C++ 第 5 版, 株式会社シナノ
- [7] 北山洋幸 (2013), OpenCV で始める簡単動画プログラミング 第 2 版, シナノ書籍印刷株式会社
- [8] 永田雅人 (2013), 実践 OpenCV2.4 映像処理&解析, シナノ書籍印刷株式会社
- [9] 永田雅人・豊沢聡 (2017) 実践 OpenCV3 for C++ 画像映像情報処理, シナノ書籍印刷株式会社