

公立はこだて未来大学 2019 年度 システム情報科学実習
グループ報告書

Future University-Hakodate 2019 System Information Science Practice

Group Report

プロジェクト名

future body

Project Name

future body

グループ名

グループ A

Group Name

Group A

プロジェクト番号/Project No.

22

プロジェクトリーダー/Project Leader

千葉周平 Shuhei Chiba

グループリーダ/Group Leader

渡邊峰香 Reika Watanabe

グループメンバ/Group Member

渡邊峰香 Reika Watanabe

児玉凧 Nagi Kodama

牧野航 Wataru Makino

太田圭 Kei Ota

綿谷晃太郎 Koutaro Wataya

指導教員

岡本誠 佐藤直行 伊藤精英 竹川佳成 安井重哉

Advisor

Makoto Okamoto Naoyuki Sato Kiyohide Ito Yoshinari Takegawa Shigeya Yasui

提出日

2020 年 1 月 22 日

Date of Submission

January 22, 2020

概要

future body プロジェクトは、身体感覚に基づく新しい知覚・感覚の創造を目標に、新たなインタラクション装置の制作を行った。生態調査から、動物たちは私たち人間とは違った位置に目や耳を持ち、動物特有の身体性が動物たちの高い知覚に関係していることを知った。そこで私たちのグループは「2 原色の世界を体験する」というコンセプトをたてた。このコンセプトをもとに、「MeMe」という装置を提案した。「MeMe」はネコの視覚の再現を目的としたゴーグル型デバイスである。ネコの特性として挙げられている2 原色型の色覚と明度を調整し、ゴーグルを装着することでネコの視覚に似た世界を体験することができる。このデバイスの制作の目的は、捉える色覚情報を変化させることで人間が有する感覚への影響を測る、という内容である。

キーワード 視覚、知覚、身体性、色覚

(文責: 渡邊峰香)

Abstract

The purpose of this project is that Create new perception or sensation. Also, Make Interaction device. We learned animals have eyes and ears in places different from human from biological research and learned that their physicality is related to the high perception of animals. Therefore, we made such a concept that ‘We want to experience the world of two primary colors.’ Based on this concept, we propose a device such as ‘MeMe’ . “MeMe” is a goggle-type device intended to reproduce the cat’ s vision. After adjusting the color vision and lightness of the two primary colors, which are listed as the characteristics of cats, we can experience a world similar to that of cats by wearing goggles. The background of the production of this device is based on the objective of measuring the effect on human senses by controlling and changing color vision information.

Keyword sight, perception, physicality, color vision

(文責: 渡邊峰香)

目次

第 1 章	プロジェクトの背景と目的	1
第 2 章	先行事例調査	2
2.1	先行事例調査とは	2
2.2	先行事例調査における結果	2
2.2.1	先行事例調査より（動物編）	2
2.2.2	先行事例調査より（デバイス編）	3
第 3 章	生態調査	5
3.1	生態調査の概要	5
3.2	得られた知見の例	5
第 4 章	技術習得	9
4.1	スケッチ	9
4.1.1	習得した技術の内容	9
4.1.2	習得した技術によってできること	10
4.2	ポスター作製	10
4.2.1	習得した技術の内容	10
4.2.2	習得した技術によってできること	10
4.3	TeX	11
4.3.1	習得した技術の内容	11
4.3.2	習得した技術によってできること	11
4.4	Oculus Go	11
4.4.1	習得した技術の内容	11
4.4.2	習得した技術によってできること	12
4.5	Unity	12
4.5.1	習得した技術の内容	12
4.5.2	習得した技術によってできること	12
4.5.3	Oculus Go 上での自作アプリケーションの動作について	12
4.6	WebVR・A-Frame・SkyWay	13
4.6.1	習得した技術の内容	13
4.6.2	習得した技術によってできること	13
第 5 章	アイデア立案	14
5.1	アイデア決定にむけての初動	14
5.2	アイデア出し	14
5.2.1	アイデア出し (1 回目)	14
5.2.2	アイデア出し (2 回目)	14
5.2.3	アイデア出し (3 回目)	15

5.2.4	アイデア出しのまとめ	15
5.3	アイデアの絞り込み	15
5.3.1	アイデアの絞り込みの方針	15
5.3.2	アイデアの絞り込み（1 回目）	15
5.3.3	アイデアの絞り込み（2 回目）	16
5.3.4	アイデアの詳細化	16
5.4	アイデア決定（1 回目）	16
5.5	アイデア決定（2 回目）	17
5.6	アイデア決定（3 回目）	17
第 6 章	中間制作物	18
6.1	動物図鑑	18
6.2	100 個のアイデアスケッチ	18
6.3	プロトタイプ作成	19
6.4	コンセプト設定（1 回目）	19
6.5	アンケートの実施	19
6.5.1	アンケートの結果	19
6.5.2	アンケートの分析	19
6.6	中間ポスター	20
6.7	中間スライド	21
第 7 章	最終制作物「MeMe」	22
7.1	「MeMe」の概要	22
7.2	コンセプト設定（2 回目）	22
7.3	「MeMe」の仕様	23
7.4	本体のデザイン	23
7.5	Unity による実装	24
7.5.1	Unity の開発環境の構築	24
7.5.2	Oculus Go と Insta360Air を直接接続した実装方法	25
7.5.3	ROS#を使用した実装方法	25
7.5.4	ROS サーバー PC のセットアップと設定	25
7.5.5	Oculus Go で動作するアプリケーションの制作	26
7.6	WebVR・A-Frame を使用した実装	26
7.7	ロゴの検討と制作	27
7.8	成果発表会	27
7.8.1	発表の流れ	27
7.8.2	発表方法	28
7.8.3	発表内容	28
7.8.4	評価シート分析	28
第 8 章	今後の課題と展望	30
8.1	今後の課題	30
8.1.1	カメラシステムの小型化	30

8.1.2	画質の向上	30
8.1.3	忠実な2原色の再現	30
8.2	今後の展望	31
8.2.1	課題の改善	31
8.2.2	アンケート結果より	31
8.3	全体を通しての反省	31
8.3.1	前半の振り返り	31
8.3.2	後半の振り返り	32
参考文献		33

第 1 章 プロジェクトの背景と目的

地球上に存在する動物はそれぞれが持つ知覚によって様々な情報を取り入れながら活動している。生息している環境に適応するため、外敵から身を守りやすくするといった理由から、それぞれの動物の知覚は異なった発達をしてきた。それは私たち人間も同様である。例年、future body プロジェクトは、”人間の知覚をデザインする”という大きなテーマのもと活動を行っている。活動方針として、生き物の知覚を学び人体の知覚能力を拡張する方法を提案し、提案された知覚拡張装置のアイデアを具現化するという方針である。人間が持っている感覚器官を何らかの方法で拡張し、新たな知覚を得ることが目的である。例えば、手にマイクを着け疑似的に耳を手まで移動させたような装置や、カメラとマイクを足元ほどの高さの装置に取り付け、操作することで小人の目や耳を疑似的に手に入れるといった装置をこれまでに開発してきた。今年は特に”「動物」の知覚に学ぶ、環境知覚装置の提案”というテーマで活動した。人間にはない動物の知覚を学び、そこから人間の知覚をさらに拡張させるインタラクション装置を提案、作成することが本プロジェクトの通年の活動目標であった。「動物」の知覚をテーマに設定していたため、今年は富士サファリパークへと赴き生態調査を行うことがプロジェクト始動以前より決定していた。

(文責: 綿谷晃太郎)



図 1.1 future body2019 ロゴ

第 2 章 先行事例調査

2.1 先行事例調査とは

まず初めに昨年度のプロジェクト学習（future body）の取り組みについて説明する。昨年度の future body プロジェクトの B グループは「milli」というユーザインタフェースを制作した。このユーザインタフェースは視覚の変化に着目し、「小さくなると、世界が変わる」のコンセプトの基、制作を行っていた。昨年度の秋葉原成果発表会で、本プロジェクトの先輩方が発表を行なった。そこで富士サファリパークの方々に昨年度の future body プロジェクトの取り組み（milli）に興味を持っていただいた。動物の生態から私たちの開発物につながる発想を得てほしいという願いから、今年度の future body プロジェクトを富士サファリパークに招待していただいた。そこで私たちは、富士サファリパークから得た知識をアイデアに結びつけより発展させるために、事前に動物の知覚の仕組みを調査する動物班、人間の知覚を利用・応用した既存のデバイスについて調査するデバイス班に分かれてそれぞれ調査を行なった。

（文責: 渡邊峰香）

2.2 先行事例調査における結果

先行事例調査を行なった結果、富士サファリパークで観察することのできる動物についての生態や知覚に関しての基礎知識を知ることができた。また、人間の感覚器官を応用したデバイスが多く存在することがわかった。

（文責: 渡邊峰香）

2.2.1 先行事例調査より（動物編）

動物班より、先行事例調査を行なった結果、富士サファリパークで観察することのできる動物についての生態や知覚に関しての基礎知識を詳しく取り入れることができた。例えば、人間よりも優れた知覚器官を持つ動物は、種類が全く異なっても同じような優れた知覚器官を持つ動物と比較した際、生活する環境が似ていることなどから動物はそれぞれ環境に適応した知覚器官に発達するということがわかった。以下に動物と人間とを比較した際に特徴的であると考えた動物の知覚について、知覚別に記述する。

（文責: 渡邊峰香）

- 視覚

視覚は外界の情報を映像として受信する役割を担っている。どの動物も映像として受信しているようだが、動物間で大きな違いがあるのは映像を表現する色の種類である。色を認識するためには、光の波長を認識する必要がある。動物は種類によって認識できる光の波長が違う。人間は光の三原色を認識できるために多くの色を持った映像を視覚情報として取り入れ

ることができる。それに対して多くの動物は認識可能な光の波長が少ないため人間より色が少ない景色を見ていることが考えられる。ただしピット器官という赤外線を認識できる器官を持つネズミや鳥といった動物は例外であり、人間より多くの色覚情報を認識していると考えられる。

(文責: 牧野航)

● 聴覚

聴覚とは人間にとって大切な感覚器官の一つである。耳は耳の穴から鼓膜までの「外耳」、伝わってきた音を鼓膜で受け止め、耳小骨(じしょうこつ)を通じ「内耳」に伝達する「中耳」、最後に音を神経信号に変換する蝸牛(かぎゅう)と平衡感覚を司っている三半規管からなる「内耳」の3つから構成されている。ここでは聴覚を生かして生活しているコウモリを例に挙げる。コウモリは超音波を用いて物体に当たった時の反響を利用して獲物や地形などを察知している。

(文責: 牧野航)

● 嗅覚

空気中のにおい分子が鼻と脳との間にある嗅覚受容体遺伝子(嗅神経細胞)を刺激し、前頭部(脳の前方)にある嗅覚中枢に伝わることで起こる。嗅覚が優れている動物として犬を例として紹介する。犬は人間よりも1億倍以上も嗅ぎ分けられる嗅覚を持つとされている。その理由として犬が1000もの嗅覚受容体があるのに対して人間は400程しかないからである。最近の研究ではアフリカゾウが他の動物よりも一番多く持っている可能性があると考えられており受容体の数は2000を越えている。

(文責: 牧野航)

2.2.2 先行事例調査より(デバイス編)

デバイス班における先行事例調査について説明する。動物における知覚方法は人間が知覚を行う感覚器官と大きく異なる場合が多い。そのため動物の知覚を用いることで人間の新たな感覚器官の創造であったり、新たな知覚体験を行うことができるデバイスが多く見受けられた。また、すでに人間や動物の感覚器官を応用したデバイスが多く存在することもわかった。このような人間や動物の感覚器官をデバイスなどの情報技術を用いて代行するための手法を感覚代行という。感覚代行について斎田ら[1]は、障害などで損なわれた感覚の機能を、残された感覚で代行することと述べている。このように感覚代行は障害者向けで使用される場合が多い。しかし、動物の感覚器官の知見を得てから感覚代行の手法を用いることで、新たな障害者向けのデバイスについてヒントであったり、新たな人間の感覚器官の創造ができるのではないかと考えられる。これらのデバイスはどのような目的で制作されたのか、内部・外部のデバイスの構造はどのようなになっているのか、デバイスを使用する際に表れる効果などをとことん詳細に調査した。これらの先行事例調査を行なったことによって、今後デバイスを制作する上で、今までにまだ制作されていないデバイスはなにか、どのようなデバイスがあると私たち人間に良い影響を与えるかなど、よりデバイスに対してのイメージを膨らませることができた。さらに具体的にシステムの内部を制作するにはどんな部品が必要なのか、必要な部品を集めた際にさらにそれらを活用するためにはどんなアプリケーションをインストールして、どんなプログラミング言語を使用してどのように作ることができるのか、などの具体

的な制作過程、構造構成を各々考えることが可能となった。これらの先行事例調査から学び得たデバイスに関する知識は以下に記述する。

(文責: 渡邊峰香)

- **b.g** (視覚に関するデバイス)

b.g は、メガネにディスプレイをつけることにより視覚拡張を可能にするデバイスである。[2] このデバイスは両眼視で見ることを前提とした 2 枚のノンシースルー型の高解像度ディスプレイが搭載されている。加えて、これらのディスプレイは可動するように出来ており、最適な見え方を実現することができるように設計されている。更に、眼鏡の左右の重量バランスを均等にするによりメガネが左右どちらかに傾いてしまうことを防いでいる。これらの工夫により眼への負担が低く、長時間の使用においても眼が疲れにくくなっている。

(文責: 太田圭)

- **Ontenna** (聴覚に関するデバイス)

Ontenna は髪の毛や耳たぶ、襟元や袖口などに身に付け、振動と光によって音の特徴をからだで感じることができる新しいユーザインタフェースである。[3] このデバイスによって聴覚障害の方々でも自身の声や周囲の音の大きさを知覚することができる。特徴として約 60 ~90dB の音を 256 段階の振動と光の強さに変換したりリアルタイムに音源の鳴動パターンを伝達することが可能である。他にも音の取得範囲を拡張する音ズーム機能によって静かな場所では 60 90db の会話の音に反応したり、逆に周りが騒がしい場所では約 80~90db の大きな音のみを拾うように調節が可能である。

(文責: 太田圭)

- **Vocktail** (嗅覚・味覚に関するデバイス)

Vocktail は味覚に影響を与える視覚・嗅覚・味覚を変化させることで、食材をミックスすること無く飲料の味を変化させることができるカクテルグラス型のデバイスである。[4] このデバイスは大きく分けて 3 つの部分に分けられる。1 つ目は飲み物の色を変化させる LED ライト、2 つ目は香り成分が入ったカートリッジ、3 つ目は舌に電気刺激を与える電極である。これらの装置が組み合わされることにより、グラスに注がれた飲料の味の感じ方を変化させている。そのため、ただの水に味をつけることや、既存の飲み物の味を変化させることもできる。グラスの色や香り、味はスマートフォンアプリを使用することで変化させることが可能となっている。

(文責: 太田圭)

- **echo wear** (触覚に関するデバイス)

echo wear は自身と空間の距離を感知し、その感覚が振動でフィードバックされるというデバイスである。[5] このデバイスは距離センサーと振動子・振動板で構成されており、距離センサーは物体との距離を測り、振動子・振動板で距離感を伝える役割を果たしている。このデバイスを使用することにより、空間を触覚から知覚することを可能にしている。

(文責: 太田圭)

第 3 章 生態調査

3.1 生態調査の概要

今年は、動物の知覚から学ぶ知覚拡張デバイスというテーマのもと、富士サファリパークに赴き、人間とは異なる知覚を持つ動物を観察した。サファリでは 2 グループに分かれ、獣医の方と共に肉食獣、草食獣のエリアを周り動物の生態や知覚などに関する説明を受けた。動物の気になった箇所のスケッチや、質問事項に関するメモを取り動物に関する知見を深めた。

(文責: 牧野航)

3.2 得られた知見の例

● ゾウ

聴覚: 低周波が聞こえ、人間には聞こえない低周波の鳴き声で仲間とのやり取りをしている可能性がある。

嗅覚: 手や目の役割を果たしている。嗅覚受容体が約 2000 個あり動物の中でもトップクラスに嗅覚がよい。鼻で物体を識別し触覚も敏感である。重量のあるものを持ち上げ、小さく壊れやすいものも繊細につかむことも可能である。鼻先は湿っており、毛で気流を感じることができる。

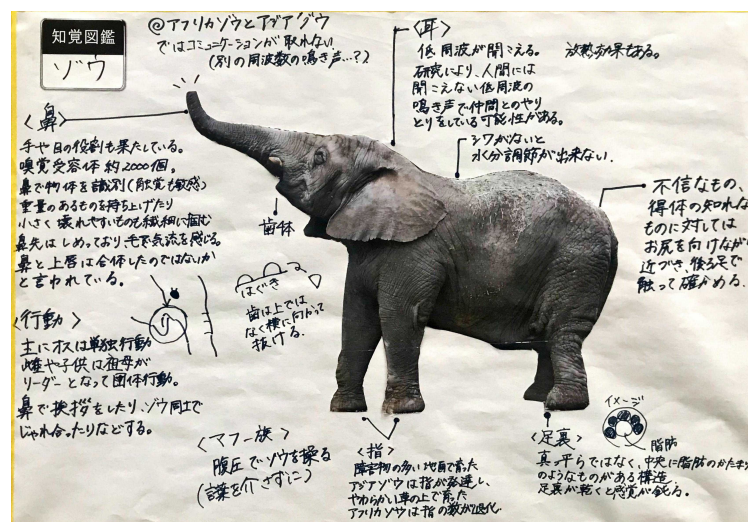


図 3.1 ゾウ

● サイ

聴覚: 收音と音の方向の判断に効果があり、寝ているときにも耳は動いているようだ張力にかなり依存して生活している動物

視覚: 視力がかなり弱い、聴覚に頼って生活している動物は飼育の上での制御が難しく。サーカスなどの見世物には向いていないようである。

角: サイの身体的特徴でもある大きな角は角質であり感覚はない。群れのなかで一番強い個

体の角の形を全員で真似するようだ。群れの中でトレンドあるらしく角の間隔や割れ方を真似するようだ。

皮膚：動物界ではトップクラスに硬いようで、ライオンなどの大型肉食獣の爪や牙すらも容易には通さないようだ。

● アメリカグマ

聴覚：耳は小さいが敏感であり人間は 16 方向の音しか聞こえないのに対し 32 方向の音を聞くことが可能である。耳が左右バラバラに動き音の方向を確認する。1km 先の音を聞くことも可能である。

視覚：目はとても小さく視力は弱い。その欠点を補うために聴覚や嗅覚が大変発達している。動体視力は高いが静止視力は弱い。動きの少ないものを認識するのは困難である。

嗅覚：嗅覚が食肉目の中で最も鋭く、人の 2100 倍あり、30km 離れた死臭をかぎ分け、30 億種類の匂いの識別が可能といわれている。

味覚：味覚が非常に敏感である。毒や腐ったものを避けるために苦いものやすっぱいものは苦手なようだ。一度気に入った味に執着心を抱き、同じ獲物を狙うようになる。北海道で起こった三毛別熊事件で、多くに人間が捕食されたのも人間の味に執着心を抱き何度も襲ったという習性からの行動である。ちなみにヒグマは肉を好むが茶色の種類は木の実を好むらしい。

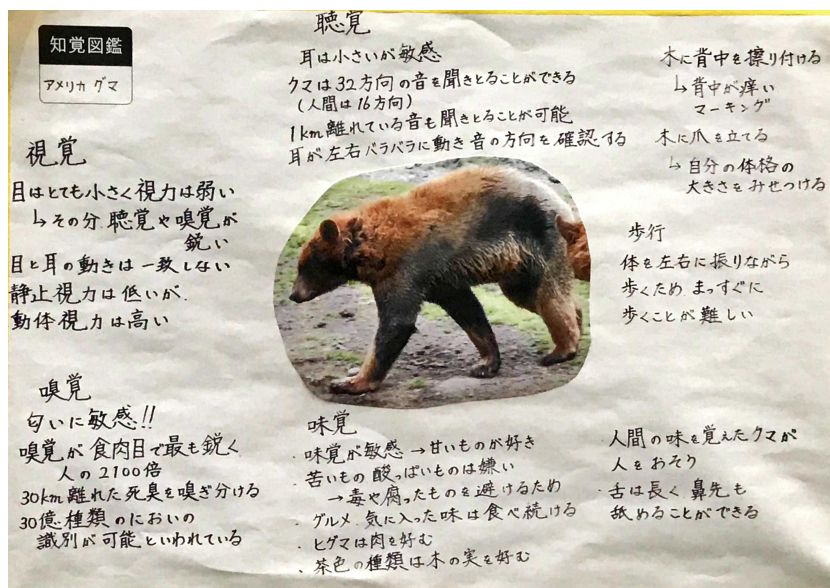


図 3.2 アメリカグマ

● シマウマ

視覚：全体の視野角が 330 度、両目視野 90 度であり、両目がとても離れているため両目で同時に見ることでできる範囲はとても狭く、距離感正確ではない。

聴覚：尻尾で出した音の反響音を聞いている。元々の生息域であるサバンナでは、障害物があまりないため反響音があればなにがあるのか分かる。つまり、ソナーのような役割を果たしている。

足：この動物は立ったまま睡眠をとるようだ。後ろ足を少し曲げているときは休憩の合図である。子供と大人の足の長さは同じであるため敵に見つかった際には同じ速度で逃げる事が可能なようだ。

体表：地肌は黒く縞模様は虫よけである。集団でいるときに天敵に個対を認識されないため

ともいわれている。体表の縞模様の温度の違いで微細な気流を発生させて、温度管理を行っているようだ。



図 3.3 シマウマ

- ライオン

視覚: 有色二原色であり赤色が見えず、ネコ科の中では珍しく瞳孔が縦にならない。

ヒゲ: 温度感知の役割も果たしている。ヒゲには細い部分と太い部分があり、細い部分で周りの情報を探る。

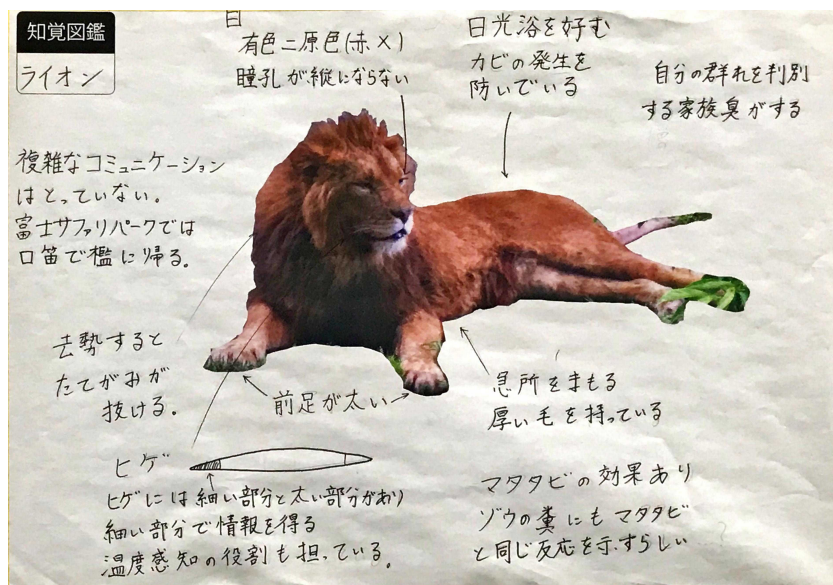


図 3.4 ライオン

- チーター

聴覚: 普段とは違う音の発生に対し、瞬時に音の発生方向に頭の向きを変える。

視力: 動体視力が良く、サッケードが得意である。(サッケードとは素早く動く対象をとらえる眼球運動のことであり、チーターの場合は一秒間に垂直運動で 250 度、平行運動で 150 度動く)

体脂肪: 狩りの際に異常なほどの全身運動を行うために体脂肪率は極端に少ない。そのため

に持久力は皆無であり一分半が全力疾走の限界であるようだ。そして自分より大きい獲物は襲わない。

尾：疾走中の舵取りに必須の機関のようで、何らかの理由で切れたり欠損したりするとうまく走ることができなくなるようだ。

足：約3秒で自足75キロに到達する爆発的筋力を発揮する。そのため速筋が非常に発達しているため足は細い。そしてネコ科の特徴である出し入れ可能な詰めは持っておらず、しまうことはできないようだ。

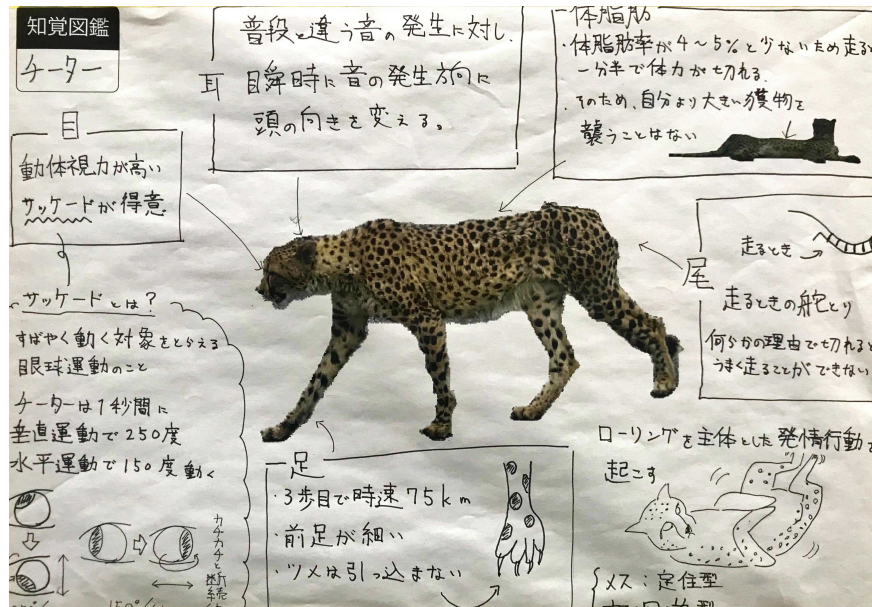


図 3.5 チーター

- トラ

聴覚：音の発生を32方向まで細分化して認識することができる。

視覚：目が前についているため広範囲を見ることはできないが獲物との正確な距離を判別することができる。

フレーメン反応：威勢の尿の匂いなどに反応して上唇を引き上げる反応。これによって相手が発情しているかどうかを判別することができる。

足の発達：爪は普段引っ込んだ状態になっている。肉球があることで獲物に近くづく際に足音を抑えることができる。肉球で音と振動を聞くことも可能になる。

コミュニケーション：鼻を鳴らすことで意思疎通をとることが可能。レンジャーのブラッシングにも反応していたため日常的にコミュニケーションをとっている様子が観察できた。

- カバ

聴覚：骨伝導を利用して水中でも音を聞くことが可能である。

活動場所：昼間は主に水中、夜間は主に陸上で生活しているようだ。

(文責: 牧野航)

第 4 章 技術習得

4.1 スケッチ

4.1.1 習得した技術の内容

生態調査の記録やアイデアのイメージを具体的に示すために、安井先生によるスケッチ講習会を開催していただいた。この講習会にはプロジェクトメンバー全員が参加した。2人1組になり、丸・三角・四角の図形のみを組み合わせてお互いの顔をスケッチした。(図 4.1) その後全員で描いた絵の工夫点などを紹介する発表をし、講評をいただいた。次にプロジェクト内の2人が代表として全身を使ったポーズをとってもらい、他のメンバーは、その様子を3筆書きでスケッチした。その後、先ほどスケッチした絵に装着することをイメージした身体拡張装置を各自で考えて描いた。これらの活動の様子を図 4.2 に示す。

(文責: 太田圭)



図 4.1 図形を組み合わせて描いた顔のスケッチ



図 4.2 スケッチ講習会の活動の様子

4.1.2 習得した技術によってできること

スケッチ講習会を行ったことにより、うまく絵を書くことが目的ではなく、あくまでも物事を観察する上で、注目している部分を分かりやすく、特徴を捉えて書くことが大切であるという意識を持つことができるようになった。この事により、生態調査の動物を観察した際には、後から見ても何を記録していたのか十分に理解する事ができるスケッチを描くことができた。加えて、アイデア出しにおいてアイデアスケッチを描く際に、注目してもらいたい点をうまく引き出すことが出来るような内容のものを描くことが出来るようになったと感じた。

(文責: 太田圭)

4.2 ポスター作製

4.2.1 習得した技術の内容

中間発表や最終発表の際に展示するポスターを作成するために、ポスター講習を受講した。この講習はグループごとに1,2名が参加し、工房で行うポスター印刷・ハレパネへの貼り付け・カットの一連の作業についてご教授いただいた。この際に、ポスターの印刷からハレパネへの貼り付け・カットにどの程度の時間がかかるのかについても把握することができた。

(文責: 太田圭)

4.2.2 習得した技術によってできること

ポスター講習を受講したことにより、工房の大型プリンターを用いた印刷をするための準備や入稿データ・PCの設定を把握することができるようになった。加えて、ポスターを印刷した後に行う作業であるポスター用紙のハレパネへの貼り付け、カットについても学ぶことができ、これらの

future body

作業を自力で行うことが出来るようになった。さらに、印刷からカットまでにかかる時間を把握できたことにより、印刷するポスターのデータを提出期限までどの程度余裕を持って完成させるべきなのかを考えて作業をすることができるようになった。

(文責: 太田圭)

4.3 TeX

4.3.1 習得した技術の内容

中間報告書や最終報告書の作成のために TeX 講習を受講した。TeX は、活版印刷の技法をコンピュータ上で実現するページレイアウトソフトである。[6] この講習はグループごとに 1 名が参加し、LaTeX という文書整形システムの PC への導入から文章の編集・保存までの一連の操作方法についてご教授いただいた。LaTeX は、TeX をベースに機能を強化したソフトウェアである。[7] LaTeX の導入については、事前に配布された PDF に書いてある内容を読むことで PC へ LaTeX をダウンロードし、インストールをする所までを行う事ができた。その後の講習で、実際にサンプルデータを使用し、テキストの書き換えや表の書き方、編集方法などの各種操作をする際の手順やコマンドについて学んだ。

(文責: 太田圭)

4.3.2 習得した技術によってできること

TeX 講習を受講したことにより、LaTeX の導入を他のメンバーへスムーズに伝えることができた。加えて、レイアウトやフォントサイズ等を意識することなく、テンプレートに文章を流し込むような形で文章を作成することができた。このことにより、Word 等の文章作成ソフトでよく発生する文章の編集時にレイアウトが崩れると言った問題が起きづらくなった。

(文責: 太田圭)

4.4 Oculus Go

4.4.1 習得した技術の内容

A グループでは、視覚をハックする装置を制作するに当たり、入手性が良く、手頃にスタンドアロンで VR 体験をすることができる Oculus Go という VR ゴーグルを使用することにした。Oculus Go とはエンターテインメント向けに作られたオールインワン型ヘッドセットである。[8] そこで、実際に Oculus Go を使用し、セットアップや使用方法、開発者モード、USB ポートの仕様といった内容について学んだ。主な情報源は、Oculus Go の公式ドキュメント [9] やインターネット上で公開されていた先行事例 [10] が元となっている。

(文責: 太田圭)

4.4.2 習得した技術によってできること

これらの習得した技術により、Oculus Go のコントローラーの操作や開発環境の構築、制作したアプリケーションの動作確認をスムーズに行えるようになった。加えて、開発環境を構築する際の注意点やコツなどを掴むことができた。USB ポートに関しては、充電以外の用途での利用はかなり大変であるということが分かった。

(文責: 太田圭)

4.5 Unity

4.5.1 習得した技術の内容

Oculus Go でアプリケーションの作成を行うに当たり、一般的に使われている Unity について学んだ。Unity とは、マルチプラットフォームに対応するゲーム開発プラットフォームである。[11] 具体的に学んだ内容としては、Unity のセットアップ、Oculus Go 向けの設定、Unity の基本的な使い方、Unity 上でカメラ映像を表示させる WebCamTexture の使用方法についてである。これらの情報はインターネット上の先行事例を参照した。[12] 加えて、Unity 上で Web カメラから得た映像の色を変換するための OpenCVSharp というアセットについて学んだ。[13] 当初は Oculus Go に直接 Web カメラを接続して動作させる予定であったが、この方法が比較的初期の段階でうまく動作しなかったため、Web カメラの映像を PC から Oculus Go へ転送するための ROS# というアセットの使い方についても学んだ。

(文責: 太田圭)

4.5.2 習得した技術によってできること

以上の内容について学んだことにより、Unity の開発環境を整え、自作のアプリケーションを Oculus Go 上で動かすことができるようになった。加えて、Unity 上で PC に有線接続された Web カメラの映像をリアルタイムで出力することができるようになった。更に、OpenCVSharp を用いることにより、Web カメラから得た映像をリアルタイムで色変換することができるようになった。ROS# については、この技術を用いることでカメラ映像を無線で他の PC へ転送することが可能になった。

(文責: 太田圭)

4.5.3 Oculus Go 上での自作アプリケーションの動作について

自作のアプリケーションは以上で紹介したいずれの内容についても PC の Unity 上では正常に動作させることができた。しかし、このアプリケーションを Android ビルドし、Oculus Go 上にインストールした状態ではどちらの方法でもカメラの映像を出力することができなかった。1 つ目の Oculus Go に直接 Web カメラを接続して動作させる方法の正常に動作しない原因としては Oculus Go の USB ポートが今回使用した Insta360Air という 360°カメラを認識されていない

future body

い事が考えられた。そのため、Oculus Go が USB デバイスを認識しているのかを確認することにした。そこで、Oculus Go の Wi-Fi デバッグを有効にし、ADB シェルにて dmesg コマンドを実行し USB ポートに接続されている機器を取得した。その結果、特にエラー等も出ておらず、Insta360Air を正常に認識していることが分かった。2 つ目の ROS# を使用方法の正常に動作しない原因としては ROS# の動作に使用した公立はこだて未来大学の Wi-Fi の通信状況が悪くなかった事が考えられた。そこで、深夜帯に接続を試したり、自宅の Wi-Fi を使用して接続を試みたりした。しかし、Oculus Go 上でのみ映像が映らないという問題を解決することができなかった。このように、いずれの方法についても Oculus Go 上で正常に動作しない原因を特定することができなかった。そのため、最終的には違う方法での映像送受信システムを使用することとなった。

(文責: 太田圭)

4.6 WebVR・A-Frame・SkyWay

4.6.1 習得した技術の内容

最終的に発表の段階で使ったシステムの制作には上記 3 つの技術を用いたものを使用した。1 つ目の WebVR はブラウザ上で VR に対応する 3D 映像を表示することを可能にするオープンソースのバーチャルリアリティ用 API である。[14]2 つ目の A-Frame はブラウザ上の VR コンテンツを容易に制作することを可能にする Web フレームワークである。[15]3 つ目の SkyWay は、WebRTC を使用したリアルタイムコミュニケーション向けのアプリケーションやサービスを開発するためのプラットフォームである。[16]

(文責: 太田圭)

4.6.2 習得した技術によってできること

PC 側では SkyWay の JavaScript 版を組み込んだ配信 Web ページを使用して、360°カメラの映像を配信した。加えて、このページでは Web カメラの解像度の指定をすることができるようにした。Oculus Go 側で表示させている Web ページでは、SkyWay の JavaScript を組み込み、映像を受信した。そして、PC に接続された 360°カメラの映像を WebVR と A-Frame を使用して Oculus Go 上のブラウザでマッピングすることで、取得した映像をリアルタイムで表示できた。加えて、ブラウザを全画面表示にすることで、360°カメラの中心に居るかのような没入感のある映像をリアルタイムで観覧することができるようになった。頭の動きに応じて視点を自由に変えることができた。このように、これらの 3 つの技術を組み合わせることで、比較的容易に 360°カメラの映像を Oculus Go へ配信することができた。これに、ManyCam free という、Web カメラの映像に対して様々な画面効果を与えることの出来るフリーソフトを組み合わせることで、Oculus Go へリアルタイムに映像を配信しながら、表示する色数を自由に変更できるようになった。

(文責: 太田圭)

第 5 章 アイデア立案

5.1 アイデア決定にむけての初動

アイデアを立案する際に、そのアイデアを絵に起こしておく後に見直すことができ、次のアイデアのきっかけになることや、手を実際に動かしながら考えることがアイデアを生み出す時に大切であると担当教員からアドバイスをいただいた。また、生態調査の際にカメラを使った撮影のほか、手書きのスケッチでの記録も予定していた。これらのことを踏まえ、スケッチの勉強会を行った。そののち、今年度の future body 全体のテーマである「知覚をデザインする」に基づいて先行調査を行った。調査の内容としては、知覚の拡張といえる機能を持った既存のデバイスの調査、生態調査で観察する予定であった動物たちの基本的な生態や特徴などであった。それらの先行調査ののち富士サファリパークへ赴き、実際に動物たちの生態を近い距離で観察すると同時に、獣医の方の説明や質問への返答から動物たちの生態についてより深い知識を得た。

(文責: 綿谷晃太郎)

5.2 アイデア出し

5.2.1 アイデア出し (1 回目)

アイデア出しを行うために、プロジェクト内でランダムに 4~5 人のグループを 3 つ作った。それぞれ個人で考案した知覚に関する装置のアイデアをそのグループ内で共有し、そのアイデアに関して意見を交換した。グループに分かれた理由として、個人で考えた案をもとに、複数人でさらにそれを洗練させるためである。そののち、プロジェクト全体で、グループごとに出てきたアイデアを共有した。その時点で一度、担当教員からそれぞれの案に対して評価してもらい、意見をいただいた。その評価をもとに、すべてのアイデアの中から 3 つに絞った。絞り方として、一人三票持ち自分が興味を持ったアイデア 3 つにその票を一つ入れるという形式をとった。絞った 3 つのアイデアの中から各々開発したいものを 1 つ選び、4~5 人からなる開発グループを 3 つ組んだ。しかし、グループ間のパワーバランスがとれていなかったため、再度グループの組みなおしを行った。組みなおしの方法として、一度組んだグループをもとに、この時点でそれぞれ持っている技術や知識を考慮しグループ間でメンバー同士の交換を行った。

(文責: 綿谷晃太郎)

5.2.2 アイデア出し (2 回目)

新たに組んだグループで再度アイデア出しを行った。私たち A グループは、VR や AR の技術を使用したゴーグル型の視覚拡張デバイスを提案した。それに対し、担当教員から、生態調査で得た知識がこのアイデアに反映されておらず、“「動物」の知覚に学ぶ環境知覚装置の提案” という今年のテーマからかけ離れているとの指摘があった。そのため、再度アイデア出しを行った。

5.2.3 アイデア出し (3 回目)

再度アイデア出しを行うにあたって、約二時間の間に一人 20 個提案するという条件を設けた。この条件は、1 つのアイデアを決定するために最低 100 個のアイデアを考案するべきであるという担当教員のアドバイスを参考に設定した。最終的には 100 を超すことができなかったが、90 個以上のアイデアを考案した。

(文責: 綿谷晃太郎)

5.2.4 アイデア出しのまとめ

アイデア出しを行った際、すでに製作されたものに近いアイデアや、グループメンバー全員が納得できないようなアイデア、テーマにそぐわないアイデアが多数出てきた。また、1 つの案を考案するのに少くない時間を費やしてしまった。そのため、アイデア出しという過程に多くの時間を取られることとなった。これらのことから、アイデア出しを行う際は、どのようなものを制作するかテーマや方針をグループ内で大まかに決定してから行うべきであると考えた。

(文責: 綿谷晃太郎)

5.3 アイデアの絞り込み

5.3.1 アイデアの絞り込みの方針

グループ内で出した約 100 個のアイデアから、今後どのアイデアをもとに開発を行うかを絞り込んだ。その結果、二つのアイデアまで絞り込むことができたが、そこから一つに絞り込むことができなかった。そのため、中間発表では残った二つのアイデアを両方発表し、聴衆にどちらの案に対してより興味を持ったかという内容のアンケートを取った。中間発表で取ったアンケートの内容を参考に、制作するデバイスを一つに決定することになった。

(文責: 綿谷晃太郎)

5.3.2 アイデアの絞り込み (1 回目)

いくつかの観点から、アイデア出しで立案した 100 個のアイデアを選別した。選別するポイントとして、実現可能であるか、新規性があるか、面白みがそれほどあるかという三つの観点から選別することにした。選別は、アイデアの考案者がグループメンバーに対して説明をし、それに対して意見や質問をとりながらその場で取捨選択を行った。その結果、10 個までアイデアを絞り込むことができた。この時点で、他のグループも各々の方法でアイデア出し、絞り込みを終えていた。そのため、プロジェクト全体で一度、担当教員数名を交えアイデアの共有を行った。その際、他のグループのメンバーや教員からフィードバックを頂いた。教員には特に、面白いと感じたアイデアに対しステッカーを貼ってもらい、今後のアイデア選別の参考とした。

5.3.3 アイデアの絞り込み (2 回目)

アイデア共有で得たフィードバックをもとにさらにアイデアを絞り込んだ。その足掛かりとして、教員がステッカーを貼ったアイデアのみを残し他のアイデアを一旦選別から外した。次に、三つの観点からアイデアを絞り込むことにした。観点の一つ目は、残ったアイデアの中でもより具体的にデバイスの仕組みにどのような技術を使うかの想定ができていたかであった。二つ目は、制作をどのように行っていくかの方針が立てやすいかどうかであった。三つ目の観点は、デバイスの装着に制限が少なく、体験できる知覚拡張に個人差がなるべく出ないこととした。これらの観点から絞り込みを行った結果、三つまでアイデアを絞り込むことができた。この時点で改めて教員から意見をもらったが、それを踏まえても二つまでしか絞り込むことができなかった。残った二つのアイデアは「キリンの視覚・聴覚の体験デバイス」、「視覚・聴覚の移動体験デバイス」であった。「キリンの視覚・聴覚の体験デバイス」の選考理由として、見た目にインパクトがあり興味をひきやすいことや、生態調査で実際に観察して得た知識を反映させやすいのではないかと考えたことなどを挙げる。「視覚・聴覚の移動体験デバイス」の選考理由として、完成した時の外観のデザインがある程度この時点で決まっていたことや、デバイスを使用した時にどのように感じるかを想像することが難しかったため、制作して体験してみたいと考えたことなどを挙げる。この二つのアイデアを1つに絞るため、前述のように中間発表でのアンケートを参考にすることを決めた。

(文責: 綿谷晃太郎)

5.3.4 アイデアの詳細化

アンケートを取るにあたって、二つのアイデアがどのような物なのかが具体的にわかるようにアイデアを詳細化した。この時点である程度想定していた、デバイスを使ってできること、動作の仕組み、どのような体験ができるかをそれぞれブラッシュアップし、中間発表時にその内容を説明した。内容をより分かりやすく伝えるため、解説用の図を作成し、ポスターやスライドに載せた。

(文責: 綿谷晃太郎)

5.4 アイデア決定 (1 回目)

中間発表でのアンケートを参考に、制作する装置のアイデアを「視覚・聴覚の移動体験デバイス」に決定した。決定した理由として、「キリンの視覚・聴覚の体験デバイス」よりも「視覚・聴覚の移動体験デバイス」の方に興味があるとの声が多かったことや、キリン型のデバイスを作成するためには全長約5メートルもの大きさを再現する必要があり、制作のための知識や技術、時間が不足していると考えたこと、デバイスを装着した時の装着者への負担を考えたとき、キリン型のデバイスは負担が大きすぎると考えたことなどを挙げる。しかし、「キリンの視覚・聴覚の体験デバイス」がアイデアとして劣っていたわけではなく、見た目のインパクトや、動物との関連性などは「視覚・聴覚の移動体験デバイス」よりも優れていたと考える。

(文責: 綿谷晃太郎)

5.5 アイデア決定（2回目）

担当教員や他のグループのメンバーと、決定したアイデアとコンセプトを共有した。この時点でのコンセプトは「既存の目と耳の位置とは違う場所で世界を感じ取りたい」というものであった。共有を行った際、教員から視覚と聴覚の両方に着目するのではなく、どちらか片方に絞った方が良いとの指摘があった。この指摘は、どちらか片方に絞ったとしても十分インパクトがあり、むしろ片方に集中した方が面白さを感じやすいとの考えからであった。この指摘を受け、改めてアイデアについて検討を行い、変化させるのは視覚のみに絞ると決定した。視覚のみに絞った理由として、聴覚を変化させるより、視覚を変化させた方がよりその変化を感じ取りやすいのではないかと考えたことなどを挙げる。視覚のみに焦点を当てたことにより、コンセプトの見直しを行う必要があった。そのため、改めて「2 原色の世界を体験する」というコンセプトを設定した。

（文責: 綿谷晃太郎）

5.6 アイデア決定（3回目）

設定したコンセプトをもとに、制作する装置をどのようなものにするのか再考した。その結果、カメラから取り入れた映像の色を任意で減らすことができ、処理した映像を、VR ゴーグルを通して見るができるような装置を制作することに決定した。決定した理由として、コンセプトに沿った体験が可能であると考えたこと、技術的、特にソフトウェアを開発するにあたっての見通しがある程度ついていていたこと、必要であろう物品がすでにそろっていたことなどを挙げる。コンセプトを再設定した時点で最終発表までの時間が1 カ月半とかなり短い猶予しかなかったため、ある程度開発の見通しが立っていることを重要視した。

（文責: 綿谷晃太郎）

第 6 章 中間制作物

6.1 動物図鑑

最終制作物を作成するにあたり、その過程でいくつかの成果物が作成された。私たちは今回のプロジェクトのテーマである「動物の知覚から学ぶ知覚拡張デバイス」のもと、デバイスを制作するための知見を得るために、富士サファリーパークに赴いた。そこで動物の生態について調査し、制作物に役に立つような動物の習性などを観察しスケッチした。それに加えて、現地で獣医の方にそれぞれの動物についての説明を受けた。その後全員で情報共有を行い、グループ全体で入手した情報をもとに動物図鑑を作成した。

(文責: 牧野航)

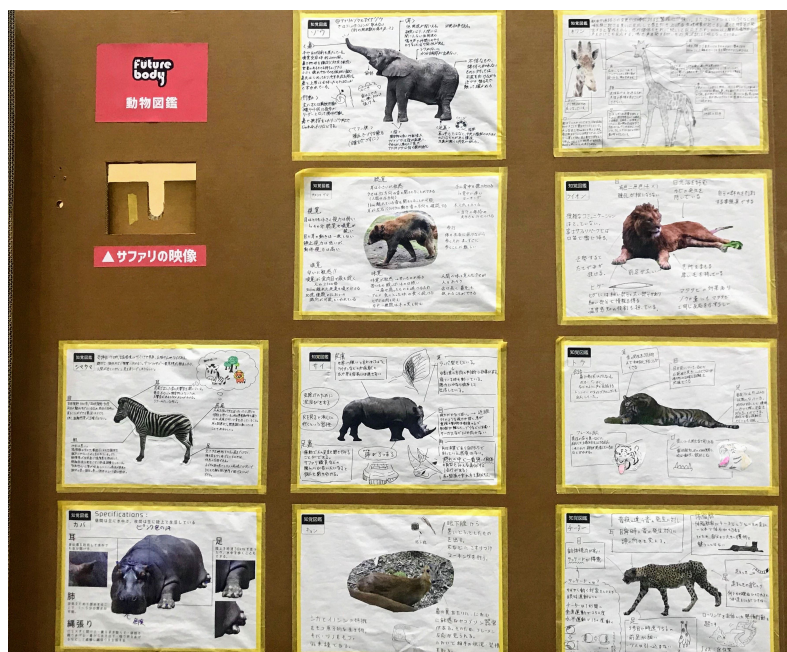


図 6.1 動物図鑑

6.2 100 個のアイデアスケッチ

私たちはプロジェクト内で 3 グループに分かれ、一人あたり 20 個、グループごとに約 100 個のアイデアを、サファリーパークに行って得た知識などをもとにして描きだした。紙に描きだしととき、どのようなデバイスかがイメージしやすいようなスケッチと、その特徴を文章で表現した。このアイデアは、実現性は深く考えずとにかく大量のアイデアを出すことによって、構想する際の柔軟性につなげる、という意味も込めて行われた。そして出た大量のアイデアから、制作物を決定させるために担当教員にアイデアの中から特に興味深いものをピックアップしてもらい、それをもとに、より緻密なアイデア設計に繋げていった。

6.3 プロトタイプ作成

私たち A グループは LINE のグループ通話機能を用いたプロトタイプの作成を行った。作成にあたって、いかに使用者が目を他の位置にずらしたと錯覚できるような没入感をどうあたえるかという面を中心に考えた。そこで段ボールでプロトタイプの作成を試みた。段ボールを、スマホを装着できる VR ゴーグルのように工作し、iPhone2 台を段ボールで作成したヘルメットに接着した。そして LINE のビデオ通話を接続した状態にして使用者にカメラ映像を視聴させた。

(文責: 牧野航)

6.4 コンセプト設定 (1 回目)

中間発表のために絞り込んだ 2 つのアイデアを分かりやすく伝え、今後の活動の方向性を確定させるために「既存の目と耳の位置とは違う場所で世界を感じ取りたい」というコンセプトを設定した。これは、A グループの班員が興味を持っていた内容であるという点と、最後まで残った 2 つのアイデアの内容より決定した。

(文責: 太田圭)

6.5 アンケートの実施

プロトタイプの開発段階において、出した 2 つの案のうちどちらの案が良いかを問うアンケートを実施した。このアンケートでは、プロジェクトの中間発表に来ていた方々に行った。感覚器官を移動したかのような没入感を与えるデバイスと、キリンのように自分の視点が高くすることができるデバイスの説明を聞いていただいた上で、どちらのほうが「面白さ」と「没入感」を得られたか、また具体的にどのように感じたのかを答えていただいた。

(文責: 牧野航)

6.5.1 アンケートの結果

答えていただいた意見として、「目が背中などの普段とは違う場所についていたら面白そう。」などの内容のものが多く「面白さ」という観点では多くの方々から高評価を得ることができた。その一方では「酔いそうで、あまり使いたくない。」などの改善点を指摘するような意見も点在した。

(文責: 牧野航)

6.5.2 アンケートの分析

アンケート結果から中間発表で構想した 2 つの案から絞る予定だったが結果は半々となり、そもそも 2 つの案に否定的な印象を得たという回答があったため、全く別のデバイスを作成すべき

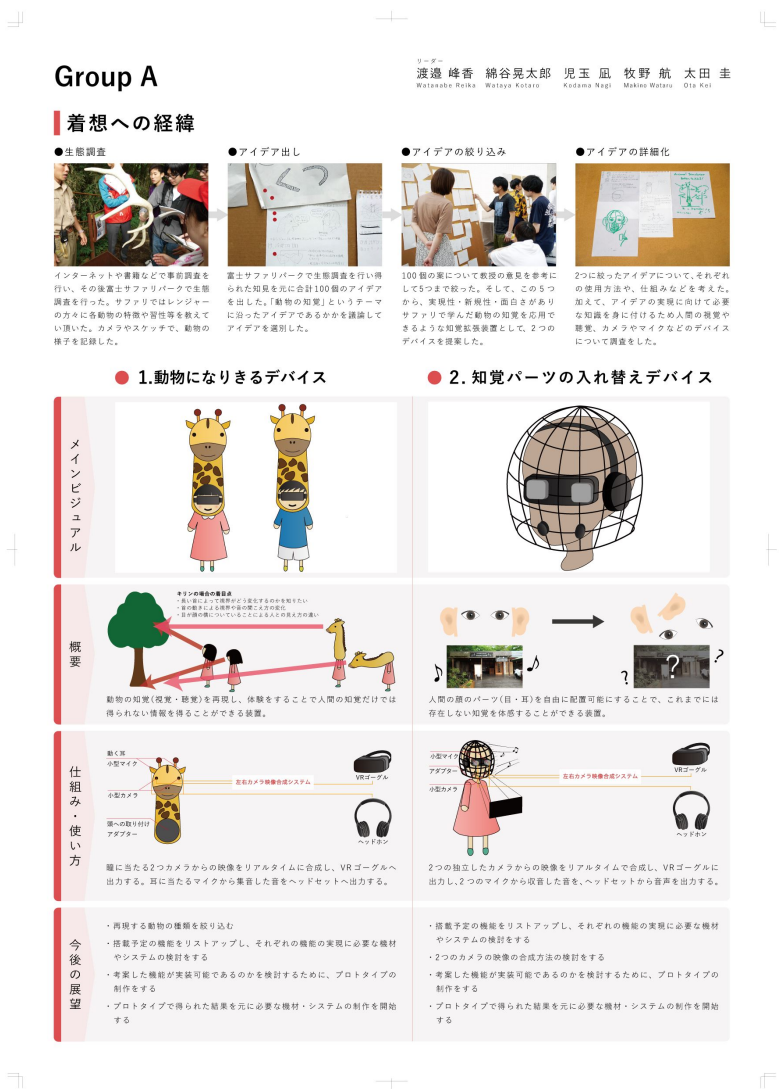
との結論に至った。このアンケートでの意見を参考にして、「猫の視界を体験できるデバイス」を作成することに切り替え最終制作物の作成を目指した。

(文責: 牧野航)

6.6 中間ポスター

グループにデザインコースのメンバーがいたため、ポスター作成に心得があったため彼を主軸にポスターの制作を進めていった。ポスターには最終的に出た案二つとそれらの利用想定を記述した。これらの二つの案を最終的に絞り込むにあたって、ポスターに二つの案を盛り込み、評価シートにアンケートを記載した。このアンケートの結果「視覚・聴覚の移動体験デバイス」が採用され、それに向け制作していくことが決定した。

(文責: 牧野航)



6.7 中間スライド

スライドにはまず、サファリーパークに赴いたうえでアイデアが生まれた経緯を説明した。そのうえで、グループの中では決めきれなかった二つのアイデアを提案しそれぞれのデバイスの説明、利用想定、利用方法を詳しく記載した。そして今後の活動に繋げるために展望として、搭載予定の機能のリストアップ、それぞれの機能の実現に必要な機材やシステムの検討の後、プロトタイプを作成し、そこで得られた結果を元に必要な機材、システムの制作の開始を想定した。

(文責: 牧野航)

第 7 章 最終制作物「MeMe」

7.1 「MeMe」の概要

A グループは夏季休暇中に LINE のグループ通話機能を利用した、最終制作物の簡易版である、プロトタイプを作成した。プロトタイプで得られた知見を活かしつつ、「2 原色の世界を体験する」というコンセプトを実現するための装置を考えた。2 原色型の視覚を持つ動物は、赤色のみが見えないもの、緑色のみが見えないもの、青色のみが見えないものというように複数の種類がある。その中でも、身近に存在し、ペットとして生活する上で人間と同じ物を見て知覚していると思われる猫の視覚を再現する装置の制作を行った。猫を選んだ理由として、ペットとして生きているように私たちにとって親近感を持ちやすくデバイスの題材として採用しても私たちの伝えたい意図が伝わりやすくなるのではないかと考えたからである。猫の色覚は光の 3 原色のうち、赤色が見えない 2 色型色覚である [17]。加えて、猫は人には見えない紫外線も見えている可能性があるとされている。[18] 私たちは今回作成するデバイスに紫外線をも可視化すれば猫の視界を再現するデバイスとして完成度が増すのではないかと考えていたが、紫外線を視認できるサーモグラフィーなどのカメラの機材がかなりの高額であること、360 度カメラとして採用した Insta360 が紫外線の撮影に適していないなどの理由から、今回のプロジェクトでは人に見える可視光の範囲のみに絞って色覚を変化させる装置を作ることにした。

(文責: 児玉風)

7.2 コンセプト設定 (2 回目)

決定したアイデアに沿って装置の作成に取り掛かったが、私たちの現状の技術力ではコンセプトに沿った装置を期日までに作り終わることができないと判断した。そこで、改めてコンセプトを見直すために、サファリでの生態調査や発案したアイデアについて再考した。特に、獣医の方から得た情報をもう一度見直し、知覚拡張に活かせると考えられる動物の生態や特徴を探した。そこから、人間と動物の色の見え方に違いがある点について着目するという意見が出た。この点についてさらに深掘りし、人間の色覚が赤・青・緑の 3 色をとらえることができることや、赤・青や青・緑といった 2 色をとらえて世界を見ている動物がいることを知った。人間以外の動物の色覚についてさらに知るために、生態調査の時に同行していただいた獣医の方に改めて連絡を取った。獣医の方からは、ネコ科の動物は青・緑の 2 色をとらえているとされていることや、動体視力が人間に比べて発達しているのはとらえる色情報が少ないことも関係しているのではないかと考えを聞くことができた。これらのことをふまえ、私たちは「2 原色の世界を体験する」というコンセプトを改めて設定した。とらえる色覚情報を減らしてみることで人間が有する感覚に何らかの影響があるのか、または無いのかがわかることを目指した。

(文責: 綿谷晃太郎)

7.3 「MeMe」の仕様

MeMe は Oculus Go と Insta360Air という 360°カメラを組み合わせた装置である。Oculus Go の画面の解像度は 2560 x 1440 ドットであり、360°カメラの映像はソフトウェアの仕様上 1280 x 800 相当で撮影される。360°カメラは PC に接続されており、PC から SkyWay というサービスを経由し、映像を配信する。この映像を WebVR と A-Frame という技術を用いて、360°カメラの映像をマッピングしてブラウザで映像の受信と表示ができるようにした。Oculus Go のブラウザでこのページにアクセスすることにより、360°からの映像を見渡すように閲覧することができる。映像の色覚の変化については、360°カメラを接続した PC 上で ManyCam という Web カメラの映像にエフェクトや色調調整をかけることのできるフリーソフトを使用することで実現した。

(文責: 児玉風)

7.4 本体のデザイン

本体の外装は、A グループ内で意見を募った結果、Oculus Go のロゴを本体正面の面に貼る、Oculus のロゴを消すという 2 つの意見が大半であった。そこで、背景色が白いステッカー用紙を用意し、ロゴデータを印刷した。次に、本体のロゴを消す方法を考えた。本体の前面にステッカーを貼ることによりロゴを隠すことも考えたが、一部分だけ全面にステッカーが貼られているのは不格好に見え、何よりも Oculus のロゴがプリントされている面が本体の冷却に使われるヒートシンク部分であるという事から、全面全体にステッカーを貼るという案は無くなった。そこで、手間はかかるものの見た目的にも、機能面にも良い本体を塗装する事によるロゴ隠しを行うことにした。色は、質感とカッコよさを取り入れることを意識して、マットブラックを選択した。本体を塗装するにあたって、最初に Oculus Go 本体を分解した。そして、本体の中身を取り出し、塗装をしてはいけない部分 (Wi-Fi のアンテナ等) にマスキングを行った。その後、塗料の付着を良くするために本体を 800 番の耐水ヤスリで水を使いながらヤスリがけを行い、その後パーツクリーナーを使用して表面を脱脂した。これらの下準備が完了した後、本体の塗装を開始した。塗装は本体のヤスリの跡が見えなくなるまで、3 回に分けて塗装を行った。複数回に分けて行うことで、塗料の垂れを抑え、塗装皮膜をしっかりと形成することが可能になった。そして、塗装が完了した後に、本体を組み立てた。本体を黒く塗装したため、ロゴのテキストの黒い部分を白色にしたバージョンを制作し、本体正面の中心部分に貼り付けた。完成した本体を図 7.1 として示す。

(文責: 児玉風)



図 7.1 「MeMe」本体の外観

7.5 Unity による実装

Oculus Go 上で動作するアプリケーションを開発するにあたって、Oculus 系のアプリケーション制作で一番使われることの多い Unity を使用することにした。以下に順を追って開発環境の構築からどのようにアプリケーションを制作し、どのような結果を得られたのかを説明する。

(文責: 児玉凧)

7.5.1 Unity の開発環境の構築

A グループには Unity を使用したことがある人がいなかったため、Unity の開発環境を最初から整える必要があった。そこで、グループメンバー全員で Unity の開発環境を整える作業を行った。使用した Unity のバージョンは Oculus Go の開発環境として推奨されていた 2018.4.12f1(LTS) で統一した。[19]Unity は Unity Hub を使用してインストールをした [20][21]。Unity Hub を使用することにより、Unity を使うために必要な周辺ツールを自動でインストールすることが出来た。次に Oculus Go へアプリをビルドしてインストールするために Android Studio をインストールした。これは、Android SDK をインストールするために導入したものである。使用したバージョンは 3.5.2 であり、これは Android Studio を導入した際の最新バージョンである。Android Studio をインストール後、SDK Manager より Android SDK の API レベルを 25(Android 7.1.1(Nougat)) を選択し、インストールした。これらのツールを導入した後に Unity で正常に Oculus Go で動作するアプリケーションをビルドし、実行できるのかの確認を行った。手順としては、まずは最初に Unity を起動し新規 3D プロジェクトを作成し、Unity の Asset Store から” VR Samples”という VR ゴーグル向けのサンプル集のアセットをインポートした。次に、VR Samples に入っている Scene を選択し、Scene ウィンドウと Game ウィンドウに VR Samples のインポートした 3D モデル等のファイルが表示されているのを確認した。次に Unity の Build Settings より Platform を Android に切り替え、Player Settings より Package Name, Minimum API Level を変更した。Package Name は” com.fb.groupA”と設定した。Minimum API Level は” Android 7.1 ‘Nougat’ (API Level 25)”に設定した。次に、XR Settings の Virtual Reality SDKs に Oculus を追加した。[22]最後に Build Settings に戻り、Oculus Go と PC を USB ケーブルで接続し、” Build And Run”をクリックし、Oculus Go 側でこのアプリケーションがインストールさ

れ、正常に実行できることを確認した。[23]” Build And Run” の段階で Oculus Go は事前に関発者モードを有効にし、PC への接続を許可しておく必要がある。

(文責: 児玉風)

7.5.2 Oculus Go と Insta360Air を直接接続した実装方法

開発者環境の構築が完了した後に、Oculus Go と Insta360Air を直接接続して動作するアプリケーションの制作を開始した。[24] 最初に PC へ Insta360Air を接続しこのカメラが正常に動作するのかを、Windows 標準のカメラアプリで確認した。[25] その後、Unity で新規 3D プロジェクトを作成し、RawImage を配置した。そこへ、WebCamTexture というスクリプトを使用して書いた C# スクリプトをアタッチし実行することで、RawImage 上にカメラの映像が表示されることを確認した。これで、Unity 上でも正常に Insta360Air が映ることが確認できたため [26]、球体の GameObject を設置し、C# スクリプトをアタッチした。このようにすることで、Oculus Go 上で 360° を見渡すことができる映像を流すことができた。最後に、Build Settings より、Platform を Android へ変更し、Package Name と Minimum API Level を設定した後に、Build And Run をして Oculus Go へアプリケーションのインストールをした。その後 Oculus Go へ Web カメラを接続し、インストールしたアプリケーションを起動させ、動作を確認したが、球体へ映像が投影されず、白い球体の面が表示されるだけであった。問題がプログラムにあるのか、Oculus Go にあるのかを確認するために手持ちの Android 端末である Xperia XZs へアプリケーションをインストールし実行すると、カメラの映像が表示されたため、Oculus Go 側に問題があることが分かった。しかし、Oculus Go の考えられる設定の変更や USB ポートの接続情報を ADB シェルで確認するなどしたが、Insta360Air は正常に認識されており、カメラ映像が映らない原因を特定することが出来なかった。そこで、違うアプローチでカメラ映像を映す事を試みた。

(文責: 児玉風)

7.5.3 ROS#を使用した実装方法

Oculus Go と Insta360Air を直接接続する方法がうまく行かなかったため、ROS# というロボット用のソフトウェアプラットフォームの C# 版を使用した。[27][28] ROS# を使用した場合は、カメラを接続した映像配信サーバーとなる PC を LAN 経由で Oculus Go へ接続するという形で動作させることとなる。以下に ROS# の実装手順を示す。ROS# を実装するにあたって最初にサーバーとなる PC のセットアップをした。

(文責: 児玉風)

7.5.4 ROS サーバー PC のセットアップと設定

サーバーとなる PC は、ROS が Ubuntu 上でしか動作しないという関係上、OS は Ubuntu をインストールした。Ubuntu のバージョンは一つ前の安定版である 16.04 LTS を使用した。このバージョンを選択した理由としては、ROS を安定して動作させるためである。Ubuntu をインストールした後に、端末よりコマンドを入力し、ROS をセットアップした。その後、RosBridge Server

future body

と Web カメラの映像をキャプチャし、配信するプラグインである、cv_camera をインストールした。[29] 最後に、コマンドを入力し、ROS と cv_camera を起動した状態にしておく。

(文責: 児玉風)

7.5.5 Oculus Go で動作するアプリケーションの制作

最初に Unity で新規 3D プロジェクトを作成し、ROS#のアセットを ROS#の配布サイトよりダウンロードし、インポートした。ROS#のバージョンは 2018 年 6 月リリースの 1.2c を使用した。これも、Ubuntu 16.04LTS で動作する ROS に対応させるためのバージョン選択である。次に、GameObject を作成し、インポートしたアセットの中に含まれる RosConnector をアタッチし、出てきた設定項目に ROS のサーバー PC の接続されている LAN の IP アドレスとポート番号を入力する。Unity を実行している PC と ROS のサーバー側の PC が同じ LAN に接続されていることを確認した上で、Unity 側で Play をすることで、サーバー PC と Unity 側の PC が接続され、サーバー PC 側の端末ウィンドウ内に” Client connected” と表示された。次に、カメラ映像を送受信するための設定をした。最初に、Unity 上で球面の GameObject を作成し、ROS#アセットに含まれる ImageReceiver スクリプトをアタッチした。次に、先ほど作成した RosConnector へ ROS#アセット内に含まれる Subscriber をアタッチし、Subscriber の Topic を設定し、MessageReceiver に先程配置した GameObject を指定した。ROS サーバー PC で ROS と cv_camera が起動していることを確認した上で、Unity を Play すると。ROS の接続が確立され、サーバー PC 側に接続された Insta360Air の映像を受信することができた。ここまで制作したアプリケーションが正常に動作することを確認できていたが、Oculus Go へビルドしたアプリをインストールし実行すると、なぜか映像を受信することが出来なかった。ROS 自体の接続は確立されていることが確認できていたため、なぜ映像を映すことが出来なかったのか原因を見つけることは出来なかった。そこで、Unity を使うことを辞め、更に他の方法で開発を行うことにした。

(文責: 太田圭)

7.6 WebVR・A-Frame を使用した実装

以上のように Unity による実装は困難を極めたため、全く違う方法を用いて実装するための方法を考えた。その結果、ブラウザ上で VR コンテンツを表示するために使われる技術である WebVR・A-Frame という技術が使える可能性があることが分かった。[30] この方法では、カメラを接続した映像配信サーバーとなる PC で映像配信用の Web ページを開き映像の配信し、Oculus Go では映像受信用の Web ページを開き、映像を受信するという形で動作させることとなる。この段階ではプロジェクト学習の最終発表が差し迫っており、最初から開発をするには時間が不足していたため 360°カメラ映像を配信するサンプルとして配布されていたプログラムをベースとして使用し、Insta360Air を対応させるための部分のコードを書き加え・編集のみを行いアプリケーションの開発を完了させた。カメラ映像の色の変更については、「ManyCam Free」という Web カメラの映像に対して様々なエフェクト等がかかることができるフリーのソフトウェアを使うことで対応させた。このソフトウェアを使用することで、赤緑青の各色をどの程度の割合で表示させるのかを変更する事に加え、明るさ・コントラストの変更も自由にすることができる。この 2 つのプログラムを組み合わせることで、360°カメラの映像をリアルタイムで配信しつつ、その映像の色や明る

future body

さを自由に変えることが出来るようになった。この事により、赤色を持たない 2 原色型色覚である猫の色覚の特徴をある程度再現することが出来るようになったのではないかと考えた。

(文責: 児玉風)

7.7 ロゴの検討と制作

MeMe という名前は、目を表す意味の「めめ」という意味を込めて作られたものである。そこで、小文字の e の部分を、目を模したデザインになるよう、まつ毛に当たる部分と瞳孔に当たる部分を付け加えた。瞳の部分は、デバイスのテーマでもある猫の再現をイメージし、赤緑青の光の三原色の色の内、赤以外の 2 色を用いて色を配置した。ロゴで使用したフォントについては、「めめ」という可愛い響きの語を使うことで親しみやすさを感じさせつつも、Oculus Go や 360°カメラといったデバイスの格好良さを引き出すために、説得力に富み、スッキリとした印象を与える「Arial Black Italic」をベースとして使用した。大文字の M の部分については、フォントの下の辺に当たる部分を若干引き伸ばし、ある程度の安定感のある見た目を目指した。最終的に考案したロゴを以下に図 7.2 として載せる。

(文責: 児玉風)

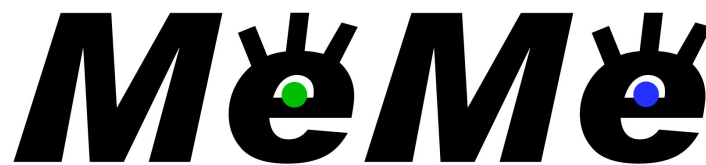


図 7.2 「MeMe」ロゴ

7.8 成果発表会

7.8.1 発表の流れ

令和元年 12 月 6 日金曜日の 15:20 から 17:30 にかけてプロジェクト学習成果発表会を公立はこだて未来大学構内の 3 階体育館前のスペースで行った。一回の発表時間は最大 20 分で、これを 3 回繰り返すことを前後半 2 回ずつ行った。そして観閲者に学校指定の評価シートに発表技術と発表内容についての意見を記入して評価をもらった。

(文責: 児玉風)

7.8.2 発表方法

前半発表者を渡邊、後半は児玉で分担して行うことにした。中間発表では、future body プロジェクトについての全体説明の後、班ごとにスライドを用いて発表する形式で行った。後期も同じ手法で発表を行い、全体説明後に各班 4 分ほどのスライド発表で行った。発表後に各グループのポスターの前でポスターセッションを含む質疑応答を行った。時間配分として発表時間を 15 分、発表後に各グループのポスターの前でポスターセッションを含む質疑応答を 5 分とし、20 分の制限の中で上記のように時間配分を行った。

(文責: 児玉風)

7.8.3 発表内容

スライドについては内容を分かりやすく伝えるために難しい専門的な言葉、固有名詞を簡単な言葉に変換し、観閲者が見やすいものになるように意識して制作をした。展示した物品は、MeMe と動物図鑑とイーゼル 2 枚にポスターを一つ用意した。展示方法にもこだわり、動物図鑑の内容を見てもらいやすいように、段ボール製の大きな板にマスキングテープで貼り付けスライドの横に設置した。この事により観閲者はスライドの内容に注視しつつ私たちが調査した内容を一度に見ていただくことに成功した。発表では私たちが重点的に伝えたいキーワードは猫の視界を疑似体験できるという点、色を変えてリアルタイムで見ることができるという点であるということを重視した内容となるように構成を考えた。ポスターセッションでは発表者以外のメンバーが行い、観閲者が発表だけでは理解できなかった点や気になった所をお互い意見交換をする形で行った。発表段階で質問ができなかった観閲者と 1 対 1 の状況になった事によって結果的に、質問を発表中よりもたくさん戴くことができた。加えて、希望者に対してデバイスを使用してもらうデモンストレーションを行った。発表当時の回線状況が悪く、画質は本来想定していたものよりも低くなってしまっていたが、観閲者にはある程度のデバイスの使用感などを体験してもらうことができた。実際にデバイスを使っていた結果、多くの観閲者に MeMe を使った際の体験を共有し、使用したことによる普段体験できない猫からの視点を分かりやすく伝えることができたのではないかと考えている。

(文責: 児玉風)

7.8.4 評価シート分析

評価シートによると 10 点満点で 10 点が 9.2%, 9 点が 21.5%, 8 点と 7 点が 30.8%, 6 点が 6.2%, 3 点が 1.5% という結果になった。評価シートの結果を以下に図 7.3 として載せる。デバイスについて好印象な意見が多く、例えば「ネコの色覚を疑似体験できるのが面白いと思いました。」や他に「人間では無い動物の視界を体験するだけではなく、その影響について調べることが面白かったです。」と意見があり、私たちがテーマとしていた、「動物」の知覚に学ぶ、環境 知覚装置の提案”がスライドや私たちのポスターから観閲者によく伝わった結果だと思う。しかしながら発表技術には少し否定的な意見が多かった。例を挙げるならば、「どこで利用できるのか良く分からなかった。」や「結局何が一番伝えたいのかがよくわからなかった。味が落ちる点でしょうか？」との厳しい意見もあった。原因としては、ポスターと原稿の作成が発表前日に終わったことにより発表者

future body

があまり覚えきれていなかった。また発表練習をせずに本番に挑んだためにデバイスを紹介するタイミングがバラバラになってしまったり、説明すべき文章を欠落させてしまったりしたことによって一部の観閲者に伝えたい事柄を発表から伝えることができずこのような意見が集まってしまったのではないかと推定している。

(文責: 児玉風)



図 7.3 評価シートの結果

第 8 章 今後の課題と展望

8.1 今後の課題

MeMe の課題は大きく分けて一つ目に、カメラシステムの小型化をすること、二つ目に、画質を向上させること、三つ目に、忠実な 2 原色の再現をすることである。以下にそれぞれについての具体的な詳細・改善案などを述べる。

(文責: 渡邊峰香)

8.1.1 カメラシステムの小型化

一つ目のカメラシステムの小型化について、MeMe の仕組みとして、360°カメラをパソコンに接続したまま、360°カメラの映像をリアルタイムで VR ゴーグルに出力している。そのため、その場だけの使用であればゴーグルと 360°カメラを装着するだけで済むが、移動するとなると同時にパソコンを持ち運ぶ必要がある。これは面倒であり、少しの労力も必要となる。移動という行為を少しでも楽にするため、カメラシステムの小型化は今後要検討する必要があると考える。

(文責: 渡邊峰香)

8.1.2 画質の向上

二つ目の画質の向上について、現状、VR ゴーグルで見る映像の画質はとても荒く、現実世界の視界の映像とはかなりほど遠い。この課題を改善しようと、LAN ケーブルを購入し、VR ゴーグルに繋いだ。さらに、wifi 環境が良い場所へ移動してデバイスを使用してみた。しかしながら、どちらの方法も映像の画質はそこまで改善されなかった。よって、今後新たな改善策を練る必要がある。

(文責: 渡邊峰香)

8.1.3 忠実な 2 原色の再現

三つ目の忠実な 2 原色の再現をすることについて、これは MeMe の一番の課題であると考ええる。2 原色の世界とは一体どういう見え方をしているのか、猫の視界はどのようになっているのか、ということは誰しもが想定程度でしかわかっていない。映像の色をリアルタイムで変化させることはできたが、現段階では忠実に 2 原色を再現しているとは言い難い。

(文責: 渡邊峰香)

8.2 今後の展望

8.2.1 課題の改善

課題であげた通り、現状 MeMe を使用して移動する際は同時にパソコンを持ち運ばなければならない。この課題を解決するためには、デバイスの仕組みを大きく変える必要があると考える。初めに 360°カメラの映像を VR ゴーグルに表示するため実装しようとした方法として、Unity で 360°カメラの映像を出力できるアプリを作成し、そのアプリを VR ゴーグルで使用する。そして、同時に 360°カメラを VR ゴーグルに繋げて映像を出力する、という方法で試していた。しかし、VR ゴーグルが 360°カメラの映像を認識できず、実装までに至らなかった。まずは、この方法の何に問題があるのか、VR ゴーグルが 360°カメラを認識できるようにするにはどうすればよいのかなどを今後探る必要がある。そして、360°カメラとパソコンの無線化を実現し、デバイスを使用しながらの移動をスマートにしたい。

(文責: 渡邊峰香)

8.2.2 アンケート結果より

最終発表でとったアンケートの結果、「どこで使用するのかよくわからなかった」、「2 原色にする意図がよくわからない」、「実用化するメリットが薄いと感じる」などの意見があった。実際にデバイスを使用した実験を行なったところ、デバイスをつけて食べ物を食べることによって、味が美味しく感じない、食欲を失うなどの実験結果が得られた。しかしこれらは私たちに良いメリットがあるとは言い難い。よって、今後デバイスをつけることによって私たち人間にどのような影響やメリットがあるのかを明確にすべく、効果的な使用場面の検討を行うとともに、様々な実験を行い、検証していく必要がある。

(文責: 渡邊峰香)

8.3 全体を通しての反省

8.3.1 前半の振り返り

まず、私たち A グループは他のグループに比べてアイデア決定に苦戦した。今年度の future body はデバイス制作にあたり「動物から得た知覚の知識を応用したデバイス」という縛りがあったため、まずは動物の知覚として特徴的な部分をリストアップし、さらにそれを人間に応用した場合どのような面白さや効果、影響があるのかなどを奥深くまで追求した。知覚の中でも視覚に焦点を当てるメンバーや嗅覚に焦点を当てるメンバーなど様々で、各々が 20 個近く of アイデアを出して 1 つ 1 つのアイデアに対して真剣に話し合いを重ねた。「やってみたい」という観点や「面白そう」という観点がメンバーによってそれぞれ異なったため、意思統一には大変時間がかかった。しかしながら、各々がアイデアに対して実現性はあるのか、実現されたときにはそのデバイスの有用性とはどこにあるのかなどの話し合いを交わす中でそれぞれにまた今までに知らなかったことや分からなかったことなどを埋めることとなる知識の交わし合いになり、アイデア出しに大いなる時間をかけて良かったと感じている。

8.3.2 後半の振り返り

私たちのグループは上記で述べたようにアイデア決定に苦戦したため一足遅れたスタートとなった。そのため、夏休みに何度か集まり前期に決まったアイデアである「MeMe」のプロトタイプを制作するなどした。VR ゴーグルをダンボールで作り、その中にテレビ通話状態にしたスマートフォンを挿入して実験を行なった。プロトタイプを使用することで想定していた結果を得ることはできなかったが、今後制作する上で何が必要なのか、課題点なども見つかりデバイス制作の見通しを立たせることができた。

「MeMe」を制作するのに一番苦労した点は 360°カメラの映像を VR ゴーグルに出力することである。最終発表の日に近づくにつれ、メンバーに焦りが見られた。そのため、日によっては夜中の3時や4時まで作業をしていたことがあったが、話し合いをする中で最低限の妥協点を見出しながらデバイスの完成をなんとか成し遂げることができた。今考えると前期から話し合いの回数を重ねデバイスの方向性を具体的に見つけるべきであったと思う。しかしながら、後半に多くの時間を費やしたことで、相手の立場や状況に合わせて一つの意見に捉われることなく物事を理解し、相手の思いや願いを汲み取って、理解しようとする共感力が今回のプロジェクトを通して養われた。

最後のプロジェクトでは一人一人今までの思いを述べ、全員がこのプロジェクト学習を通して成長したという発言が出てきた。社会に出るとプロジェクトで活動する機会が増えるため、今回のプロジェクト学習の反省点から今後に繋げていきたい。

参考文献

- [1] 斎田真也, “感覚代行研究会”,
<http://www.sensory-substitution.gr.jp/association/index.html>, (参照 2020-1-23)
- [2] ENHANLABO, “b.g. - beyond glasses by エンハンラボ”, <https://beyondglasses.jp/>, (参照 2020-01-10)
- [3] Antenna, “Antenna – 音をからだで感じるユーザインタフェース”, <https://antenna.jp/>,
(参照 2020-01-10)
- [4] OPENLAB Review, “バーチャルカクテルデバイス「Vocktail」”, <https://bake-openlab.com/5146>, (参照 2020-01-10)
- [5] Rhizomatiks Research, “TOP |echo| 空間を知覚する服”,
<https://research.rhizomatiks.com/s/works/echo/>, (参照 2020-01-10)
- [6] weblio 辞書, “tex とは何? Weblio 辞書”, <https://www.weblio.jp/content/Tex>, (参照 2020-01-10)
- [7] goo 国語辞書, “LaTeX (ラテフ) の意味 - goo 国語辞書”,
<https://dictionary.goo.ne.jp/jn/229678/meaning/m0u/>, (参照 2020-01-10)
- [8] Oculus, “Oculus Go: スタンドアローン VR ヘッドセット — Oculus”,
https://www.oculus.com/go/?locale=ja_JP, (参照 2020-01-10)
- [9] Oculus Developer Center, “Go Development - Oculus Developer Center”,
<https://developer.oculus.com/go/>, (参照 2020-01-10)
- [10] Qiita, “Oculus Go でのゲーム開発の環境構築ともろもろのインストール。”,
<https://qiita.com/keijipoon/items/b1d1121393ae926fe69f>, (参照 2020-01-10)
- [11] Samurai Blog, “【入門者必見】Unity とは? 意味や特徴、特性、使い道を徹底解説”,
<https://www.sejuku.net/blog/6616> (参照 : 2020-01-10)
- [12] 洋梨日記 “Unity でカメラ (PC/スマホ) を使う方法”,
<https://younaship.com/2019/01/16/unity%E3%81%A7%E3%82%AB%E3%83%A1%E3%83%A9pc-%E3%82%B9%E3%83%9E%E3%83%9B%E3%82%92%E4%BD%BF%E3%81%86%E6%96%B9%E6%B3%>
(参照 2020-01-10)
- [13] 情報工学科学学生による備忘録, “Unity 2018 と OpenCvSharp で無料で顔認識までやってみる”, <https://ssssota.hatenablog.com/entry/2018/05/18/233135> (参照 2020-01-10)
- [14] goo 国語辞書, “WebVR (ウェブバイアール) [web virtual reality] の意味 - goo 国語辞書”,
<https://dictionary.goo.ne.jp/jn/292360/meaning/m0u/>, (参照 2020-01-10)
- [15] A-FRAME, “A-Frame: Hello WebVR”, <https://aframe.io/>, (参照 2020-01-10)
- [16] SkyWay, “SkyWay - Enterprise Cloud WebRTC Platform”, <https://webrtc.ecl.ntt.com/>,
(参照 2020-01-10)
- [17] wired, “ネコはどんな世界を見ているのか：比較画像ギャラリー”,
<https://wired.jp/2013/10/18/cats-eye-view/>, (参照 2020-1-14)
- [18] livescience, “Cats and Dogs May See in Ultraviolet”, <https://www.livescience.com/43461-cats-and-dogs-see-in-ultraviolet.html>, (参照 2020-1-14)

- [19] ipentec, “Unity Hub を利用して Unity 2018 をインストールする (Unity プログラミング)” ,<https://www.ipentec.com/document/software-install-unity-2018-using-unity-hub>, (参照 2020-1-14)
- [20] Booth, “OculusGo 開発環境を整える (β 0.4 版) @medamap” ,
<https://gomesu.booth.pm/items/897830>, (参照 2020-1-14)
- [21] Qiita, “[Unity]Android 開発環境の構築手順”,<https://qiita.com/Nossa/items/4b2c5026698ed4ab7d2b>, (参照 2020-1-14)
- [22] Qiita, “【Unity】プロジェクトを Oculus Go 用にビルドするまでに個人的に詰まったところまとめ” ,<https://qiita.com/riekure/items/e26b2fa93cfc56ca5da4>, (参照 2020-1-14)
- [23] hatenablog, “Oculus Go の開発をやってみる (後編)” ,<http://mogamitsuchikawa.hatenablog.jp/entry/2018/05/12/123422>, (参照 2020-1-14)
- [24] zoomy, “パソコン付属のカメラを無効にする方法” , https://zoomy.info/pc_cam_off/, (参照 2020-1-14)
- [25] hatenablog, “Insta360 Air (Dual Fisheye) 向け Unity シェーダーを書いた” ,<http://hammmm.hatenablog.com/entry/2017/06/01/022127>, (参照 2020-1-14)
- [26] shinrinmusic, “【簡単】Unity で 360 度の画像を作る方法【球にセットするだけで】” ,<https://shinrinmusic.com/unity-360-image/>, (参照 2020-1-14)
- [27] Qiita, “OculusGo を ROS と通信させる” ,<https://qiita.com/Spritaro/items/5eb99b2fcdc26a3816ce>, (参照 2020-1-14)
- [28] Qiita, “OculusQuest を ROS と通信させる” ,https://qiita.com/Spritaro/items/21a2e11fd6d09c8a5aac?utm_campaign=qiita, (参照 2020-1-14)
- [29] Qiita, “ROS Kinetic での USB カメラ接続とキャリブレーションまで” ,https://qiita.com/proton_lattice/items/aa805b28700575ba5ed3, (参照 2020-1-14)
- [30] Qiita, “THETA V からリアルタイム 360 度動画を、Oculus Go のブラウザで見よう” ,
https://qiita.com/massie_g/items/dc8d0473e70e72324882, (参照 2020-1-14)