

公立はこだて未来大学 2015 年度 システム情報科学実習
グループ報告書

Future University Hakodate 2015 System Information Science Practice
Group Report

プロジェクト名

ロケーションベースサービスの展開

Project Name

Implementation of Novel Location-based Services

グループ名

AR グループ ドローングループ

Group Name

AR and Drone Group

プロジェクト番号/Project No.

12

プロジェクトリーダー/Project Leader

1013112 笠井康平 Kohei Kasai

グループリーダー/Group Leader

1013080 武田郁弥 Fumiya Takeda

1013166 村山愛葉 Ayo Murayama

グループメンバ/Group Member

1013064 相沢遼平 Ryohei Aizawa

1013070 梅澤章乃 Akino Umezawa

1013080 武田郁弥 Fumiya Takeda

1013112 笠井康平 Kohei Kasai

1013114 河村拓真 Takuma Kawamura

1013143 堀井堯史 Takafumi Horii

1013166 村山愛葉 Ayo Murayama

1013229 秋山卓巳 Takumi Akiyama

1013235 小関大河 Taiga Koseki

指導教員

三上貞芳, 高橋信行, 鈴木昭二

Advisor

Sadayoshi Mikami Nobuyuki Takahashi Sho'ji Suzuki

提出日

2016 年 01 月 20 日

Date of Submission

January 20, 2016

概要

本プロジェクトの目的は位置情報を用いた新しいサービスを提案、実現することである。現在、位置情報を使った既存のサービスでは、道案内システムや、自分の現在位置の周辺にある飲食店や駅などを検索するサービスのような実用的なサービスから Ingress や Geocaching といったゲームまで、様々な活用がされている。これらは GPS を用いたシステムが主である。しかし、位置情報とは GPS によるものに限らず、室内での位置情報もある。本プロジェクトでは、室内での位置情報を取得することは新しいサービスであると考えた。そこで、室内での人やモノの位置情報を用いて変化や動きのある遊びやゲームを提案し実現する。近年注目されている AR 技術やドローンを使用しデジタルな位置情報や変化、動きをアナログで表現する。また、プレイヤーをインタフェースとして活用することで、体を動かしたり、画面外の動きを要素として加えることが出来る。本プロジェクトでは AR 班とドローン班に分かれて活動し、そのような新しい遊びを提案し実現する。AR 班では位置情報とブロック遊びを組み合わせたゲームの開発を進め、ゲームとして開発をした。ブロックを置いたフィールドの色や周りのブロックとの位置関係で表示される 3D モデルが変化し環境を作るゲームを開発した。ドローン班では三次元位置情報とドローンを組み合わせた新しいスポーツの開発を進め、スポーツの基本となるパスキャッチの開発をした。位置情報を登録したプレイヤーがスマートフォンを持ち、投げる動作をするとドローンが相手のプレイヤーの元まで飛んでいくパスキャッチを開発した。

キーワード 位置情報, ドローン, AR, スポーツ, 3D モデル

(文責: 笠井康平)

Abstract

The purpose of this project is proposing and realizing new services which use positional information. The service which use positional information is to guide system, to search near shop or station system, Ingress and Geocaching. They are used many ways. These systems use GPS mainly. However, positional information is not only GPS but also indoor at positional information. This project think that getting indoor positional information is new service, and propose and realize games which have movement and changes to use indoor positional information of person or something. The AR technology or drone, which become more and more attention, is used for representing digital positional information, changes and movement on analogue. Then player is used as interface, and it can add element to move body and out of monitor. This project act to separate to groups which is AR group and drone group, and propose and realize the new games. AR group developed the game which is to combine block games with positional information. The game made environment which is change 3D models with color on field at setting block or positional relation block with block. Drone group developed pass and catch system base for sports which is to combine drone and three dimensions positional information. The pass and catch can be played between player and player who is register the positional information.

Keyword locational information, Drone, AR, sports, 3D models

(文責: 笠井康平)

目次

はじめに	1
第 I 部 AR グループの活動報告書	2
第 1 章 背景	4
第 2 章 到達目標	5
2.1 本グループにおける目的	5
2.2 目的を実現するための課題の設定	5
第 3 章 課題解決のプロセスの概要	6
第 4 章 課題解決のための製作物の詳細	8
4.1 ルール制定	8
4.2 ハード	8
4.2.1 プロトタイプ	8
4.2.2 フィールド	9
4.2.3 フィールドの詳細	9
4.2.4 AR マーカー	9
4.2.5 AR マーカーの詳細	10
4.2.6 タブレットケース	11
4.2.7 タブレットケースの詳細	12
4.2.8 おもちゃ箱制作	13
4.3 ソフト	13
4.3.1 3D モデル	13
4.3.2 表示される 3D モデルの条件	14
4.3.3 位置情報の取得	16
4.3.4 位置情報の取得の詳細	16
4.3.5 AR マーカーの近さ	17
第 5 章 結果と評価	19
5.1 評価実験	19
5.2 グループの活動の結果と評価	21
5.2.1 ものづくり団体からのフィードバック	22
5.2.2 中間発表	22
5.2.3 アカデミックリンク	23
5.2.4 最終発表	25
第 6 章 今後の課題と展望	27

第 II 部	ドローングループの活動報告書	28
第 1 章	背景	30
第 2 章	到達目標	31
2.1	本グループにおける目的	31
2.2	目的を実現するための提案	31
2.3	具体的な手順・課題設定	31
2.4	位置情報の取得方法について	31
第 3 章	課題解決のプロセスの概要	33
第 4 章	各班の課題解決のプロセスの詳細	34
4.1	プロトタイプ開発	34
4.1.1	プロトタイプのシステムの概要	34
4.1.2	サーバサイドの概要	34
4.1.3	サーバサイドの詳細	34
4.1.4	クライアントサイドの概要	35
4.1.5	プロトタイプの結果と評価	35
4.2	本開発	36
4.2.1	システム構成	36
4.2.2	サーバサイド	37
4.2.3	クライアントサイド	40
第 5 章	結果と評価	48
5.1	グループ全体の結果	48
5.2	成果の評価	48
5.2.1	サーバサイドの評価	48
5.2.2	クライアントサイドの評価	49
5.3	プロジェクトの活動に関して	53
5.3.1	プロジェクトの活動の結果	53
5.3.2	プロジェクト活動の評価	54
第 6 章	今後の課題と展望	56
6.1	今後の課題と展望	56
6.2	今後の展開	56
	おわりに	58
	参考文献	59
付録 A	利用した技術	60
A.1	新規習得技術	60
A.1.1	3D モデリング	60
A.1.2	ゲームエンジン	60

	A.1.3 Perl	60
	A.1.4 JavaScript	60
A.2	利用した既存技術	60
	A.2.1 AR 技術	60
付録 B	活用した講義	61
B.1	情報デザイン 2	61
B.2	情報表現基礎 2	61
B.3	データベース工学	61
B.4	ヒューマンインタフェース	61
付録 C	AR グループの活動概要	62
C.1	組織形態	62
C.2	制作班別活動内容	62
	C.2.1 ルール制作班	62
C.3	ゲームシステム班	62
C.4	個人作業別活動内容	62
	C.4.1 笠井康平	62
	C.4.2 河村拓真	63
	C.4.3 小関大河	63
	C.4.4 堀井堯史	63
	C.4.5 村山愛葉	64
付録 D	ドローングループの個人活動の詳細	65
D.1	相沢遼平	65
D.2	秋山卓巳	65
D.3	梅澤章乃	66
D.4	武田郁弥	66

はじめに

本プロジェクトの目的は位置情報を用いた新しいサービスを提案，実現することである．現在，位置情報を使った既存のサービスでは，道案内システムや，自分の現在位置の周辺にある飲食店や駅などを検索するサービスがあった．一方，エンターテインメントの分野でも，Ingress や Geocaching といった，特徴的な建物の位置に対応した陣取りゲームや，宝探しゲームが見つかった．どちらも GPS を用いたシステムが主である．

しかし，位置情報とは GPS によるものに限らず，室内での位置情報もある．また，一般的な GPS では誤差もあるため，狭い範囲での使用や室内では有用とは言えない．エンターテインメントに限れば，室内での位置情報を取得することは新しいサービスであると考えた．そこで，室内で人やモノの位置情報を用いて変化や動きのある遊びやゲームを提案し実現する．近年注目されている AR 技術やドローンを使用しデジタルな位置情報や変化，動きをアナログで表現する．また，プレイヤをインタフェースとして活用することで，体を動かしたり，画面外の動きを要素として加えることができる．本プロジェクトでは AR 班とドローン班に分かれて活動し，そのような新しい遊びを提案し実現する．

(文責: 笠井康平)

第I部

ARグループの活動報告書

第 1 章 背景

本グループでは、室内での人やモノの位置情報を用いて変化や動きのある遊びを提案し実現する。

位置情報による変化を実感するためにはどのような形がいいか検討した。変化は視覚的な情報があると分かりやすく、ゲームのような形であれば伝わりやすいと考えた。そこで、建物の中の位置情報によりエフェクトなどの見え方の変化があれば面白いのではないかと考えた。そのような変化を見せるものを調べた時、AR 技術にたどり着いた。

AR 技術は新しい技術の一つとして知られている。AR とは Argumented Reality の略称であり、拡張現実とも呼ばれる。目印となるマーカーなどをスマートフォンなどの端末を通してみることで、3D モデルなどが表示されたり、空間上に情報を表示する技術である。そこにはないものを、端末を通すことでまるで実際にあるかのように表示する。主に広告やイベントなどで利用されており、例えばレゴ社では、パッケージの表紙をマーカーにして完成品を表示するために利用している。他にも、広告での使われ方としてスマートフォンを広告にかざすと広告に動きが加わるものがある。最近ではゲームとしても利用されており任天堂社の「ポケモン AR サーチャー」のようなゲーム [1] も発売されており、様々な利用方法がされている。

この技術を使い、建物を一つの島として自由に自分の考えたものを表現できれば面白いと考えた。そこで、島に設置したものや場所によって見え方が変化するゲームの作成を目指した。加えて、見え方が変化する要因の一つとして環境というテーマを組み込み、自分の考えた島を作りながら環境を学ぶゲームの作成を最終的な目標とした。その基盤として、本グループでは、サイズを小さくし、テーブルの上で島を創造するゲームの作成を目的とした。

(文責: 笠井康平)

第 2 章 到達目標

2.1 本グループにおける目的

本プロジェクトにおける目的は AR 技術と位置情報を用いた、島を創造する遊びを提案し実装することである。複数人でコミュニケーションを行いながら遊ぶと同時に、自分の考えたものを表現する楽しさと環境の変化を学ぶことができるゲームを目指す。「遊ぶ」と「学ぶ」の 2 つに注目し、主に小学校低学年の子供たちを対象とする。

(文責: 河村拓真)

2.2 目的を実現するための課題の設定

複数人でテーブル上に無人島を創造する新しいゲームを提案する。位置情報によって、モノの見え方が変わるシステムを構築し、自分の手を動かして創造する楽しさと、プレイヤー同士のコミュニケーションの要素を取り入れた面白さを実現する。将来的には子供たちに遊んでもらうため、直感的に操作できる簡単な仕様を目指す。

ゲームを制作するための課題を「ルールの制定」、「ハードウェアの制作」、「ソフトウェアの制作」の三つに分類する。はじめに、ゲームのルールについてどのように遊ぶのか、目的を達成するにはどうすべきなのかを考える。その後、ゲームをルールに沿ってスムーズに遊べられるように、ハードウェアとソフトウェアの設計をする。

(文責: 河村拓真)

第 3 章 課題解決のプロセスの概要

我々はこのプロジェクトで達成すべき課題として、以下のものを挙げている

ルール制定

第 2 章でも触れた通り、本グループである AR 班では、AR 技術と位置情報を用いた、複数人での遊びを提案する。この提案について、本グループでは AR 技術を用いてブロック遊びを拡張することで実現を目指した。AR 技術を用いるにあたり、ブロックに AR マーカーとしての機能を持たせることによって、ブロックを置き、プレイヤーが端末を通して見ることによって 3D モデルが表示されるといった画面内での変化を起こすことを目標とした。また、AR マーカーは数種類作成し、マーカーに応じて全く異なる 3D モデルが表示されるようにする。位置情報を用いるにあたり、ブロックの置かれた場所についての情報を取得し、置かれた AR マーカーの種類と置いた場所の情報に応じて表示される 3D モデルが変化するという方針となった。本グループの目標を達成するためには、グループ全体で決定することとして、ゲームの詳細なルールや目標の設定、端末での認識が容易な AR マーカーのビジュアルや表示する 3D モデルの種類についての考案、といったことが必要である。また、ハード面では、マーカーのデザインや AR マーカーとして使用するブロック、ブロックを置くための特定の場所の作成といった作業が掲示された。ソフト面では端末上で各種 AR マーカーを読み込むためのプログラムや、3D モデルの作成、特殊な条件で表示される 3D モデルが変化するための設定を行うといった作業が掲示された。そのため、本グループではメンバーをハード班とソフト班に分かれた上でそれぞれの作業を進めた。第 4 章では、このゲームにおける位置情報と AR 技術の具体的な使用法について述べるとともに、ハード面で作成したもののについて触れる。

(文責: 堀井亮史)

ハード

ハード面での作業では、主に AR マーカーとして使用するブロックの作成とブロックを置くための場所の作成が挙げられる。ブロックの作成については、子どもが触れること考慮しつつ、実際に数種類の AR マーカーのプロトタイプを作成することでどのような材質や大きさが好ましいかを考察し、設計にあたることにした。また、AR マーカーのビジュアルもハード面の作業として割り当てており、ゲームで使用する AR マーカーの種類決定後、作成にあたった。ブロックを置くための場所については、ブロックのプロトタイプの作成後、ブロックの大きさを考慮して作成した。

(文責: 堀井亮史)

ソフト

ソフト面での作業では、大きく分けて 2 種類の課題を掲示した。1 つは、表示する 3D モデルの作成についてである。このゲームで使用する 3D モデルを作成することに適しているツールを調査し、使用する。作成する 3D モデルは、各種種類の AR マーカーに応じて表示するものの他、事前に決めていた特殊な条件を満たした際に表示される 3D モデルの作成

Implementation of Novel Location-based Services

を行った。もう1つは、端末でARマーカーを読み取り、3Dモデルを表示するとともに、マーカーの設置されている場所についての情報の取得と、それに応じた条件変化をするプログラムの作成である。ブロックの置かれている場所の周辺についての情報をどのような形式で取得して判別するかを決定し、特殊な条件を満たしていると判別した場合に、表示される3Dモデルを変化させるための実装を行った。

(文責: 堀井亮史)

第 4 章 課題解決のための製作物の詳細

4.1 ルール制定

本グループは、位置情報と AR 技術を用いて卓上で遊ぶことが可能な、対象年齢を小学生低学年より若い人を対象としたゲームのサービスの開発を目指した。このゲームは、プレイ人数を 3~4 人を目安としており、プレイヤーが行う操作としては、タブレットやスマートフォンといった端末を持ち、AR マーカーの描かれたブロックを特定のフィールド上の任意の場所に設置し、そのブロックを端末で見ることである。また、本グループでの活動では、3 種類の AR マーカーを使用するゲームの完成を目指すことにした。このゲームでの位置情報の使用方法については 2 種類あり、複数のブロック同士の相対的な位置情報を用いるものと、ブロックを設置するための場所であるフィールド上においてのブロックが設置された場所についての位置情報を用いるものがある。1 つ目の使用方法については、フィールドを大きく 4 分割し、それぞれに季節を認識するための情報を加えることによってブロックの置かれている場所についての情報を用いる。ブロックの置かれた場所の季節の情報と、置かれている AR マーカーの種類に応じて表示される 3D モデルが変化するものである。フィールド上での季節を判別する手法として、ブロックの置かれているフィールドの色をプレイヤーの持つ端末で判別を行うことにした。ゲームにストーリー性を持たせ、かつプレイヤーに達成感を与える取り組みとして、複数のブロックの組み合わせや、季節とブロックの組み合わせといった特殊な組み合わせのパターンを考案し、パターンと合致すれば特定の動物を出現させる、といった要素を組み込むことにした。このゲームを設計するにあたり、AR マーカーの作成や季節の情報を使用するためのフィールドの作成などといったハード面での設計と、AR マーカーの認識や色の情報による季節の情報の取得、表示する 3D モデルの作成といったソフト面での設計を行う必要があった。

(文責: 堀井堯史)

4.2 ハード

4.2.1 プロトタイプ

ハード班の最初の作業であるプロトタイプの作成では、実際に最終成果物である立方体の AR マーカーやブロックを設置するためのフィールドの製作をするにあたり、インタフェースや操作感などを追及するために作成を進めた。具体的には、ゲームに使用する上で、プレイヤーが動かす為に適しているブロックの大きさの考察や、ブロックの大きさに対して適しているフィールドの広さを想定することを目指した。このプロトタイプの作成時は、最終成果物で使用する AR マーカーのビジュアルの案が出ていないので、模擬的に AR マーカーをイメージしたものを黒い画用紙で作成し、立方体の一面のみに貼り付けた物となっている。このときの AR マーカーの種類は、「木」「水」「岩」の 3 種類と想定しており、AR マーカーの代わりとなるものもこれをイメージして作成した。このプロトタイプはものづくり団体への発表や、中間発表において本グループの持つ完成のイメージを伝える為のイメージビデオにも使用した。

4.2.2 フィールド

ブロックを設置するためのフィールドの作成を行った。これは、想定しているプレイヤーの年齢層を小学生低学年としており、かつ卓上で用いることを想定しているため、持ち運びなどの利便性や落下時の危険性を考慮し、薄く、軽いものを目指した。また、端末での色の認識に難が無いように、色の目立つものの完成を目指した結果、素材はのりパネと4色の色付きの布を用いた。50センチ四方に切ったのりパネに色付きの布を貼り付けたものを4つ作成した。また、同じ素材を用いて7センチ四方の比較的小さな物を4種類作成し、端末での色の判別テストに使用した。のりパネに貼り付ける布の色については、AR班全員で話し合いを進め、季節のイメージを持たせつつ4色全てがなるべく異なるように決定した。加えて、のりパネのみではプレイ中に木製やガラス、プラスチック製の卓の上で滑ってしまう可能性があるため、背面に滑り止めのマットを設けるなどの案が出された。

(文責: 堀井堯史)

4.2.3 フィールドの詳細

フィールドの制作について説明する(図4.1)。当初は、黒い布をフィールド全体として、地面に凹凸をつけることを検討していたが、位置の取得の問題が発生したため、色で位置を取得することとなった。凹凸に関しては、現時点で3次元の位置情報の取得が難しいことから、今後の実装において検討することとした。また、広さを3から4人で遊べるものと想定していたので、1メートル四方のフィールドが必要であるという見解になった。持ち運びなどの利便性や厚みを考慮した結果、フィールドは季節ごとに分けて、計4枚をのり付きパネルに布を張り付けて作成することとなった。布は四季を表すためのピンク、緑、黄色、青の4色である。これは端末で認識しやすい色を検討し、四季のイメージと組み合わせて決定した。大きさは50センチ四方で厚みが1センチ程度のものが4つと、アカデミックリンクで展示するための厚みは同じで7センチ四方の小さいものを作成した。先に発表を行ったアカデミックリンクで、フィールドが遊んでいる内に、お互いがぶつかってずれてしまうという問題が発生した。これを受けて、フィールドの下にそれぞれ滑り止めシートを置くことによって改善した。

(文責: 村山愛葉)

4.2.4 AR マーカー

これまで作成したプロトタイプや、前期に行った発表でのフィードバックをもとに、端末で読み取るためのARマーカーと、ARマーカーとして用いるブロックの作成を行った。ARマーカーの種類はプロトタイプのものから一部変更し、「岩」を「丘」へ変更を行った。ARマーカーの作成については、マーカーのビジュアルのみで「丘」「木」「水」を連想することが可能で、かつ端末での読み取りが容易であるものを目指し作成を進めた。ブロックは、7センチ四方の面を組み合わせで作成しており、積み木を意識していることから、素材には木材で、かつ加工の容易なものとしてMDF(木質繊維を原料とする成型板である中密度繊維板)を用いた。また、ARマーカーはプロト

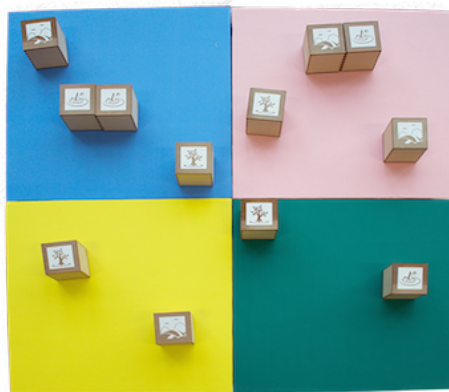


図 4.1 フィールド

タイプで作成したものと異なり，ブロックに貼り付けるのではなく，ブロックそのものの一面に塗装を施して作成した．ブロックの個数は，1 種類のマーカーにつき 4 個のブロックを作成したので計 12 個である．実際にプレイヤーが手を使ってブロックを移動させる際に，プレイヤーに対して，手でブロックを動かす楽しみを与えるために，描かれている AR マーカーの種類に応じてブロックの内部に特定の小物を入れ，ブロックを動かした際に異なる音が鳴るようにした．

(文責: 堀井亮史)

4.2.5 AR マーカーの詳細

AR マーカー制作について説明する (図 4.2) . 本制作では，設計に至るまで 3 回のプロトタイプ



図 4.2 ブロック

ングを行い，素材や形の検討を行った．制作の手がかりにするため，ペーパープロトタイピングを

行い、形を検討した。持ちやすさや馴染みやすさから、積み木のような四角い箱型で制作することに決めた。次のプロトタイプでは、厚紙にフェルトを貼った、青、緑、茶色の無地の四角い箱を制作した。これらはそれぞれ、「水」、「木」、「岩」を表すものとしたが、色の違いだけでは想像がしづらい点や、AR マーカーとして読み取るにはマーカーとなる画像が必須であるため、次なる改善を行った。具体的には、3色のマーカーにそれぞれ、黒い画用紙で制作した枠と、役割の象徴となる画像を貼り付けた。「水」は雲のマーク、「木」は葉のマーク、「岩」は大きな岩のマークを用いた。しかし、細かい模様を目指したために、切り抜きが雑になり、読み取る精度が落ちてしまった。また、そのマークから想像するものが目指しているマーカーの役割とずれる場合があり、根本的なデザインから考え直す必要があるとした。これらの点から、AR マーカーになりうるマークの検討を行うことが必要になった。また、ブロックの要素の役割として、「岩」が使われる場合が少ないことから、これを「丘」というブロックに変えることになった。さらに、厚紙で制作した箱は強度が弱く、綺麗な形を成型することが難しかったため、当初のインスピレーションであった積み木を思い出し、木材を用いて制作を行うことに決めた。実材で制作を行う前に、設計をするための検討をした。具体的には、ブロックの大きさ和使用する素材、AR マーカーの決定、組み立て方法の決定である。ブロックの大きさの検討には、4センチ四方から10センチ四方までのブロックを制作し、どの大きさが持ちやすく、AR マーカーの読み取りに問題がないラインを確認した。その結果、7センチ四方のブロックを制作することに決定した。次に使用する素材に関しては、比較的加工がしやすく、滑らかで無地の表面を持つMDFを使用することにした。薄さ2.5ミリのMDFを用いて、レーザーカッターで利用し、マーカーの部分に焼き込みを入れて制作した。AR マーカーは「木」「水」「丘」の三種類にそれぞれ数十種類のデザイン案を制作し、それをVuforiaのサイト上で評価した。AR マーカーとしての読み取り精度の高さを特徴点を元に算出してくれるソフトで、五つ星中の四つ以上のマーカーを制作した。組み立て方法は、強度の高いブロックを成型するために、「FabLab 函館: 新しいモノづくりを支える活動拠点 / コンテンツ / 支援システムの創出プロジェクト」が制作している木箱の作り方を教授してもらい、凹凸の組み合わせによって成型する方法を用いた。これらを元に設計図を制作した。

実際に木材のブロックを用いてみると、木の焼き込みの色の差異だけで、AR マーカーとしての二値化が正確に行えないことが分かった。これを改善するため、木にあらかじめ白色塗料を塗り、乾かしたのち、マスキングテープで保護してから、レーザーカッターで切り抜くことによって、はっきりとした色の差異をつけることができた。

さらに、操作感を出すためにそれぞれのブロックの内部に特定の物を入れ、動かす際に音が出るようにするという仕様を加えた。「木」のマーカーの描かれたブロックには3種類の大きさの異なるビスを入れ、「丘」のマーカーの描かれたブロックにはティッシュで包まれた大きさの異なるビー玉を複数個入れ「水」のマーカーの描かれたブロックにはおはじきの入ったネットを緩衝剤である発泡シートに包んだものを入れている。これを最終制作物として、3種類各4個、計12個制作した。

(文責: 村山愛葉)

4.2.6 タブレットケース

アカデミックリンクで発表を行った際に、タブレットを手で持ちながらブロックを移動させるといった行為について、手が小さい人や子どもでは多少無理があるのではないかと考えられた。また、黒いタブレットを手で持ちながら遊ぶ外見があまり子供も遊ぶゲームには見えないの

ではないかということも考えられた．これらの発見に基づき，最終発表に向けてタブレットを片手で持つことが容易になり，かつ見た目も明るくなるようなタブレットケースの作成を進めた．素材にはブロックを作成したのと同じ MDF を用いて作成し，側面からタブレットを滑り込ませるように入れることが可能なケースを作成した．このケースは本プロジェクト内で使用した Nexus 7 に対応しており，カメラのレンズ部分には穴が開けられている．取手部分にはなるべくタブレットやケース本体の重量がかかりすぎないように，ケース本体との設置面積を増やし，かかる力を分散させるなどの工夫を行った．

(文責: 堀井堯史)

4.2.7 タブレットケースの詳細

次に，タブレットケースの制作について説明する (図 4.3) ．このタブレットケースは，タブレッ



図 4.3 タブレット

ト端末 nexus7 に対応して制作した．本提案においてタブレットの存在は重要であり，AR 世界を覗くためのスコープとなるものである．ただ単純に，タブレットを持ちながら操作をすることは，操作の邪魔になるだけである．アカデミックリンクの発表の際にも，どうにかウェアラブルな端末に出来ないかという意見を頂いたが，現時点での実装を考えた場合，タブレットが最も有効な手段であるとの結論に至り，タブレット型端末の使用を決定した．そこで，タブレット端末そのものの在り方を検討し，これを世界を覗くインタラクションスコープとして捉えることによって，その煩わしさを好奇心に変えることが出来るのではないかと考え工夫した．タブレットケースの制作においては，ブロックと同じように MDF を用いた．これは素材を統一することによって，世界観を統一するためである．また，持ち手の部分には 6 ミリ厚の MDF を用いて，面取りをすることによって，握りやすいよう検討した．具体的には，取っ手として考えられる形をプロトタイプとして切り抜き，それぞれを持ってみて，その握り心地や持ち上げやすさを比較した．その結果，手で細いものを握った時に生まれる空洞を埋める形のデザインに決定した．さらに，タブレットの取り出し口は，簡単かつスムーズな出し入れができるように，MDF を斜めにやすり，溝に丁度よくはまるよ

うに設計した。プロトタイプを制作し、使用してみたところ、現時点の枠に取っ手をつけた設計では、タブレットの重量を支えきれないという問題が発生した。そこで、取っ手の裏側に一枚板を這わせて、重心を分散させることによって、強度を高めた。これにより、タブレットケースは片手で持っても壊れない頑丈な作りとなった。

(文責: 村山愛葉)

4.2.8 おもちゃ箱制作

ブロックをしまうためのおもちゃ箱について説明する(図 4.4)。これは動画撮影のために作られたもので、計 12 個の全てのブロックが収納できるように設計してある。使用素材は MDF でブロックと馴染みやすいものになっている。箱の中の空間は広めに用意されており、複数人で手を突っ込んでブロックを仕舞えるデザインになっている。また上部のふたにも多めに余裕を用意しており、スムーズな開閉が可能である。このおもちゃ箱は、フタに本提案における遊びのタイトルである「Materials」の文字が印字されている。遊びの始まりから終わりまでを想定して作られている。遊びとしての概念の完成度を高めるための役割が果たせていると言える。



図 4.4 おもちゃ箱

(文責: 村山愛葉)

4.3 ソフト

4.3.1 3D モデル

AR マーカーを認識した際に端末に表示する 3D モデルの作成を行った。作成するモデルの種類に関しては、本グループ全員で話し合いを進め、AR マーカーの種類毎に出現させる 3D モデルのパターンを決定した。また、季節の要素を取り入れるにあたり、木や水、丘といったモデルには四季ごとに何らかの変化を持たせることも考えつつ考案を進めた。作成するにあたり、タブレットよりも画面の小さいスマートフォンでも 1 目見ただけで何のモデルかをプレイヤーが理解できるようなものを意識した。特に、本ゲームの対象年齢を小学校低学年と意識していることから、色彩も興味を持ってもらえるよう工夫をした。また、一部のモデルについては AssetStore を利用したものも

ある．マーカーの組み合わせのパターンについては，季節毎に異なるようにし，プレイヤーの行動のワンパターン化を防ぐようにした．出現させる動物にはそれぞれ異なるモーションが与えられており，その中には複数回同じ AR マーカーを認識させることで 3D モデルが変化していくといったものもある．3D モデルを作成した環境については，Blender(3DCG アニメーションを作成するためのオープンソースのフリーウェアとして世界中で使用されている統合環境アプリケーション)と Unity を主に使用した．初めて 3D モデルを公開して発表を行ったアカデミックリンクでは，3D モデルやゲームのストーリー性についての意見を得ることができ，改善につなげることができた．最終発表時までには改善を加えた上で，数種類の 3D モデルの追加を行った．

(文責: 河村拓真)

4.3.2 表示される 3D モデルの条件

「丘」「木」「水」の 3 種類の AR マーカー同士の相対位置や，フィールド上の AR マーカーがどの四季に設置されているのか，更には AR マーカーを読み込んだ回数によって表示される 3D モデルが変化する．その変化の条件について詳しく説明していく．

季節ごとに表示される 3D モデル

まず，丘，木，水といったモデルには四季ごとに異なった 3D モデルが表示される (表 4.1)．

春は，丘の AR マーカーには緑の山，木の AR マーカーには桜の木，水の AR マーカーには花弁の散ったみずたまりがそれぞれ表示される．夏は，丘の AR マーカーには緑の山，木の AR マーカーには緑の木，水の AR マーカーにはみずたまりがそれぞれ表示される．秋は，丘の AR マーカーには紅葉の山，木の AR マーカーには紅葉の木，水の AR マーカーには紅葉の散ったみずたまりがそれぞれ表示される．冬は，丘の AR マーカーには雪の山，木の AR マーカーには枯れ木，水の AR マーカーには凍ったみずたまりがそれぞれ表示される．

表 4.1 季節毎に AR マーカーに表示される 3D モデル

	丘	木	水
春	緑の山	桜の木	花弁の散ったみずたまり
夏	緑の山	緑の木	みずたまり
秋	紅葉の山	紅葉の木	紅葉の散ったみずたまり
冬	雪の山	枯れ木	凍ったみずたまり

特殊な条件で表示される 3D モデル

次に，AR マーカーの組み合わせや，季節と AR マーカーの組み合わせといった特定の条件により何種類かの動物が出現する (表 4.2)．

春は丘の AR マーカー 1 つのときウサギ，丘と水の AR マーカー 1 つのときウサギとチョウチョウがそれぞれ表示される．夏は水の AR マーカー 2 つのときサカナ，水の AR マーカー 2 つ，木の AR マーカー 1 つのときサカナとトリがそれぞれ表示される．秋は丘の AR マーカー 1 つのときイノシシ，木の AR マーカー 2 つのときシカがそれぞれ表示される．冬は丘の AR マーカー 1 つのときウサギ，水の AR マーカー 2 つのときペンギンがそれぞれ表示される．

表 4.2 特殊な条件で表示される 3D モデル

	丘の個数	木の個数	水の個数	表示される 3D モデル
春	1			ウサギ
	1		1	ウサギとチョウチョウ
夏			2	サカナ
		1	1	サカナとトリ
秋	1			イノシシ
		2		シカ
冬	1			ウサギ
			2	ペンギン

認識の回数によって変化する 3D モデル

最後に、複数回同じ AR マーカーを認識させることで 3D モデルが変化する (図 4.5)。ウサギが表示される春の緑の丘に限り、状態遷移を行う。これはウサギが草を食べるためである。

一番初めに認識したときは、緑の丘が表示される。一度丘から端末のカメラを外し、再度認識することで半分緑で半分荒れた丘が表示される。再度認識することで緑は消え、荒れた丘が表示される。ここで、丘の AR マーカーと水の AR マーカーを同時に認識することで、再度緑の丘が表示される。

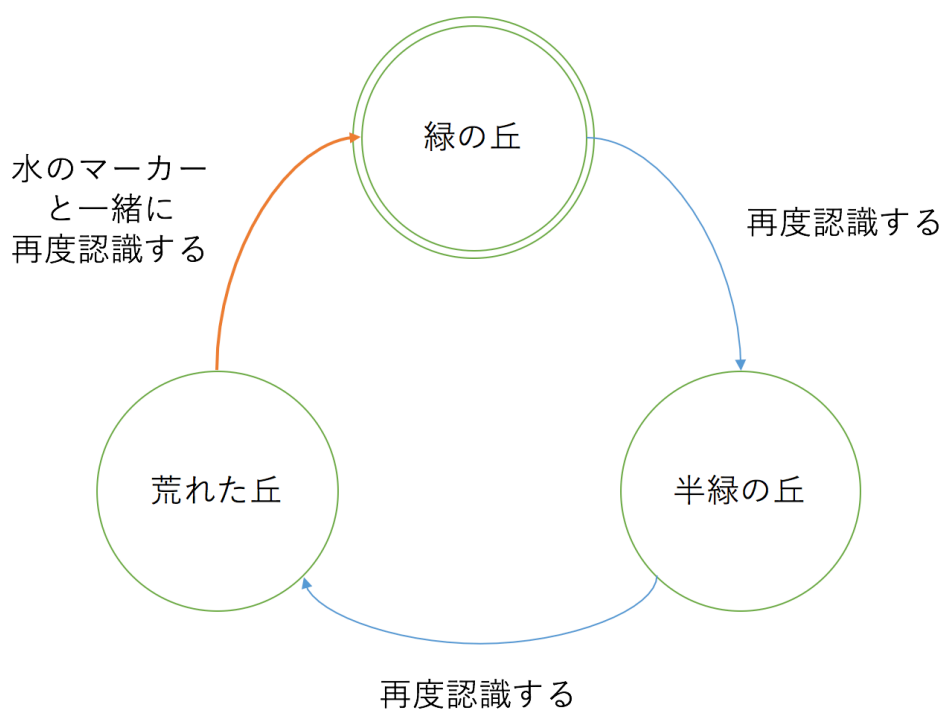


図 4.5 春の丘の状態遷移図

(文責: 小関大河)

4.3.3 位置情報の取得

前述のとおり，本グループが提案したゲームのサービスでの位置情報の取得方法については 2 種類あり，AR マーカーの描かれたブロック同士の位置関係を用いる手法と，フィールド上でブロックの置かれている場所に設定されている季節の情報を使用する手法となっている．1 つ目の手法については，端末のカメラで認識した色の情報を分析し，あらかじめ端末内で四季別に季節を指す色を登録した上で，ブロックを設置するフィールドを 4 色の異なる色に分け，ブロック周辺のフィールドの色の情報を端末で取得する．その後，端末内で指定した色のパターンを用いて判別を行うものを作成した．また，現在端末で認識されている季節を画面上にアイコンで表すようにし，UI の向上を図った．2 つ目の手法については，プレイヤーの持つ端末が認識したフィールド上に設置されている複数の AR マーカー同士の相対的な位置を座標として捉え，その座標の情報で AR マーカー同士の距離が近いかどうかを判別することにした．距離の近い複数のマーカーが端末の画面内に存在し，それがこちらで想定したパターンに当てはまっていれば 1 つのマーカーの時に表示される 3D モデルとは異なるモデルが表示される，というものを作成した．

(文責: 堀井亮史)

4.3.4 位置情報の取得の詳細

本ゲームで用いる 2 種類の位置情報取得方法について詳しく説明していく．

季節の認識

以下では四季を 0 : 春, 1 : 夏, 2 : 秋, 3 : 冬と割り当て，説明を行う．

上述した通り，フィールドは四季によって 4 つの色にわかれている．それぞれ， $C_0 =$ 桃， $C_1 =$ 緑， $C_2 =$ 黄， $C_3 =$ 青である．それぞれの色 C_i について色相 H_i を計測したところ， $H_0 = 20$ ， $H_1 = 165$ ， $H_2 = 70$ ， $H_3 = 200$ であった．ここで端末のカメラから取得できる画素の RGB 情報の平均値を計算し，それぞれ，変数 r, g, b に格納する．これらの変数を式 (4.1) によって色相 h に変換する．

$$\begin{aligned} \text{MIN} &= \min(r, g, b) \\ \text{MAX} &= \max(r, g, b) \\ h &= \begin{cases} 0 & \text{if MIN} = \text{MAX} \\ 60 * \frac{g-r}{\text{MAX}-\text{MIN}} + 60 & \text{if MIN} = b \\ 60 * \frac{b-g}{\text{MAX}-\text{MIN}} + 180 & \text{if MIN} = r \\ 60 * \frac{r-b}{\text{MAX}-\text{MIN}} + 300 & \text{if MIN} = g \end{cases} \end{aligned} \quad (4.1)$$

次に式 (4.2) によって各色の色相の差 D_i を計算し， D_i が最小のものを季節として採用する．また，色相は周期関数になっているため，差を判断する際には余弦関数が有効である．

$$D_i = \text{abs}(\cos(\text{rad}(H_i - h))) \quad (4.2)$$

以上のように事前に測定した色相との距離によって季節を認識し，ブロックが置かれた位置を推測する．また，認識された季節は図 4.6，図 4.7，図 4.8，図 4.9，のようなアイコンを用いて表現した．それぞれ，順に，春：桜，夏：向日葵，秋：紅葉，冬：雪結晶となっており，目障りにならない程度に回転させて表示させた．

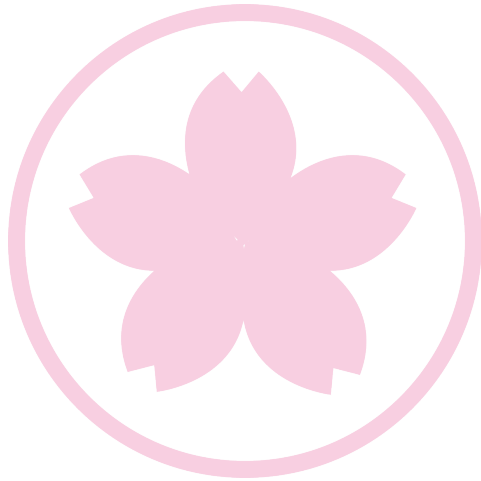


図 4.6 春のアイコン

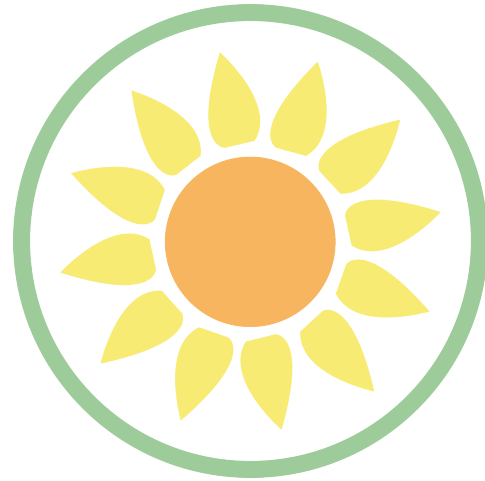


図 4.7 夏のアイコン



図 4.8 秋のアイコン



図 4.9 冬のアイコン

季節識別の手段として RGB ではなく、色相を選択した理由は、明度や彩度を除外した、色相というパラメータを用いることで、場所や状況ごとに異なる可能性がある照明環境などの影響を小さくし、対応できる場所や状況を多くするためである。

(文責: 小関大河)

4.3.5 AR マーカーの近さ

AR マーカーを認識し、近さを計算するために取った手法について説明する、

AR マーカーの座標

AR マーカーの座標を得るためには端末の映像中からブロックを認識し、映像中の AR マーカーの大きさや角度、歪みなどから、端末のカメラからの距離や角度を計算する必要がある。

これを実現するために、AR ライブラリ Vuforia を用いた。事前に登録した AR マーカーの特徴点を元に、AR マーカーを認識する。そして一番初めに認識した AR マーカーを基点として、同時に認識されている他の AR マーカーの仮想空間上での座標を計算する。

上記の手順により Vuforia ライブラリを用いることで AR マーカーの座標を取得することができ

Implementation of Novel Location-based Services

た．その後取得した AR マーカーの座標の差分を計算することで AR マーカー同士が近いか遠いかを判断し，相対的な位置を得ることが出来た．

(文責: 小関大河)

第 5 章 結果と評価

5.1 評価実験

本グループでは大学生 13 人に対し今回作成したゲームの評価実験を行った (図 5.1)。この実験では作成したゲームが環境を作りそれについて学ぶことができるか、そのための 3D モデル数は十分か、また、ゲームとしての完成度や十分な楽しさがあるかを確かめる。本実験にあたって、まずゲームの概要を説明した。AR マーカーの書いてあるブロックを自由に設置し環境を作って遊ぶこと。置いた位置は周りとの位置関係によって表示される 3D モデルが変化し、それを楽しむゲームであることであること。今回は、実験のために環境変化の中で出現する動物をコンプリートしてもらうことにした。また、このゲームはグループで遊んでもらうことを想定しているため、4 人のグループを 2 つ、3 人のグループを 1 つ、2 人のゲームは丘のブロック、水のブロック、木のブロックをそれぞれ 4 つずつ用意し、端末はタブレット 2 台、スマートフォン 2 台に作成したアプリケーションをインストールし、行った。フィールドは 50cm × 50cm × 4 枚のフィールドを使用した。



図 5.1 評価実験の様子

プレイするグループを組んでもらい遊んでもらった。グループごとにゲームの概要とプレイ方法を説明し、グループ同士の情報共有などは無いようにした。そしてゲームをプレイし終わった後にアンケートに答えてもらい、内容を確認した。

アンケートでは以下の 1 の内容について「5 とても感じた, 4 やや感じた, 3 どちらでもない, 2 あまり感じない, 1 全く感じない」の 5 段階評価で評価してもらった。また, 以下の 2 の内容をこのゲームの説明書きとしたとき, 必要と思われる文章にチェックを入れてもらった。また, 1 の結果については (表 5.1) にまとめた。

1. ゲームの内容について

- (a) マーカーを読み込んでから表示までの時間をどう感じたか
- (b) 3D モデルの変化により環境の変化を感じたか
- (c) ブロックの組み合わせによる 3D モデルの変化を面白いと感じたか
- (d) ブロック型のマーカーを使って自分の手で動かす楽しさを感じたか
- (e) ゲームの目標を達成した時に達成感を感じたか
- (f) 総合してゲームが楽しかったか

2. 説明書きとして必要な文章

- (a) このゲームの目的は, 環境を作ること
- (b) ブロックをフィールド上の好きなところに配置して環境を作る
- (c) よりリアルな環境づくりを体験するために, AR 技術を使った
- (d) 端末を通してブロックを見ることで 3D モデルが表示される
- (e) 見える 3D モデルは読んだ回数, 置いた場所, 周りのブロックとの位置関係によって変わる
- (f) 見え方だけではなく, 動物が出現することもある

表 5.1 ゲームの内容についての結果

N=13	とても感じた	やや感じた	どちらでもない	あまり感じない	全く感じない
(a)	1	5	7	0	0
(b)	8	3	1	1	0
(c)	10	2	1	1	0
(d)	6	7	0	0	0
(e)	7	6	0	0	0
(f)	5	8	0	0	0

表 5.1 より, (a) については「どちらでもない」と答えた人が最も多く, 今後改善していくべきである。(b) については半数以上が「とても感じた」と答えているが, 「あまり感じない」と答えた人がいるため, この意見には注目するべきであると考えられる。なぜならアンケート全体を見ても 2 と答えている意見はこれだけだったからである。また, ほかの意見でも環境を作るというのが分からないという意見もあったので, テーマとして不適切かゲーム内でもっと工夫した方がよい点として, 今後の課題である。(c) ではブロックの組み合わせによる 3D モデルの変化はプレイヤにとって面白い要因であることが分かった。また, 自由に意見を書いてもらう欄でも, ブロックの組み合わせによる 3D モデルの変化に対する前向きな意見が多く, この結果を支持するものであった。(d) について, 全員が自分の手で動かすことに対して楽しさの要因と感じていることが分かった。

これによりプレイヤーをインタフェースとして活用することに対しても、評価を得られていることが確認できた。(e)でも、動物をコンプリートするという今回の目的に対しては達成感があり、目標の設定は適切だったと言える。(f)では全員がゲームに対して楽しいと感じており、ゲームとしての満足度は高いと言える。また、その他にも「グループでのプレイで楽しさが増した」、「四季の変化によって3Dモデルが変わるのが面白い」、「モデルのアニメーションもあり面白かった」といったシステムに関して肯定的な意見もあり、先ほどの意見を支持していると考えられる。しかし、課題としては4つに区切ってある四季の認識について不十分であるという意見が多く、今後の課題として残った。

次に説明書きに対しての結果については以下の表5.2にまとめる。表5.2より、割合が50%を

表 5.2 必要な説明書き

N=13	必要	不必要	必要と答えた割合 (%)
2-a	8	5	61.5 %
2-b	9	4	69.2 %
2-c	5	8	38.5 %
2-d	9	4	69.2 %
2-e	7	6	53.8 %
2-f	6	7	46.2 %

下回っている2-cや2-fのようなプレイ方法やゲーム内容とは関係ない説明は不必要であることが考えられる。逆に2-bや2-dのようにゲームの目的やプレイ方法は必要であると考えられる。また、アンケートで必要なキーワードや文章を聞いたところ、フィールドによる四季の表現とそれによる3Dモデルの変化についての説明が必要という意見があった。他にも、2-eの説明はあえて書かないほうが面白いという意見が複数あった。それはゲームシステムについてはプレイしながら気づいた方が面白いという理由からであった。

これらの意見は今後の課題として重要な点である。環境を作るというテーマが全員に伝わっていないことや、四季の認識の問題が今後の大きな課題である。また、このゲームを説明する際のしかたもこの実験のアンケートで得られたので今後説明するときはこの意見を参考にして作らなくてはならない。

(文責: 笠井康平)

5.2 グループの活動の結果と評価

本グループの活動として、大きく4つの活動を行った。ものづくり団体からのフィードバックを受けること、学内での中間発表と最終発表の2回の発表、対外発表としてのアカデミックリンク^{*1}の2つへの参加の4つである。

^{*1} 函館市内8高等教育機関の学生が集まり、ポスター展示や実演などにより研究している内容や成果などを発表しあう合同研究発表会。情報系の知識がない人も多く来場する。

5.2.1 ものづくり団体からのフィードバック

地域のものづくり団体の方に本グループの提案についての詳細と今後の展望を発表した。発表にはグループの提案とゲームのイメージを分かりやすく伝えるために、動画を作成した。作成した動画には前述しているプロトタイプや、木や水といった 3D モデルも用いていた。今回の発表によって、本グループの目標や方向性に対するフィードバックをいただけた。そのフィードバックをもとに動画やテーマ、スライドの修正、発表手法の手直しを行った。

(文責: 堀井亮史)

5.2.2 中間発表

7月10日に学内で各プロジェクトの進捗を報告しあう中間発表が行われた(図 5.2)。



図 5.2 中間発表の様子

本グループは提案に至った経緯、遊びの概要や現時点での進捗、そして今後の展望を発表した。発表は動画、並びにポスターとスライドを用いて行った。

また、聴講者にはアンケートをとり、その結果を図 5.3 にまとめた。アンケートは 10 段階評価で作成物についての評価を聞き、自由解答欄を設けた。アンケートに回答した人数は 52 名であった。アンケートの自由回答欄の回答を 3 つほど抜粋し、以下に示す。

- AR 技術を使ったゲームの最終目的がわからない
- 動画で最終目標の例があり、このプロジェクトの目標がわかりやすかった
- AR を用いて「作る」のは新しいと思った。もともとあるものを立体化するのではなく、面白い発想だと思う

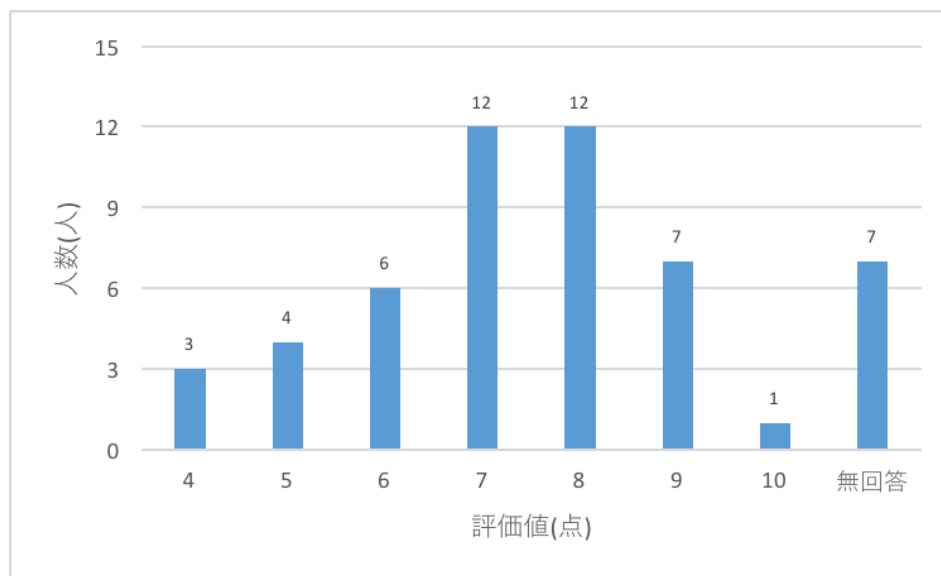


図 5.3 評価値毎の人数

アンケートの結果，10段階評価中7以上の評価値をつけた聴講者が全体の6割を超え，高い評価が得られていることが確認できた．自由回答から，動画は発表に有効であるということ，目標をより明確にすることが必要であると考えた．

(文責: 小関大河)

5.2.3 アカデミックリンク

本プロジェクトは，11月14日に函館市青年センターで行われた HAKODATE アカデミックリンク 2015 に参加した (図 5.4) ．

アカデミックリンクの説明では，前提知識のない人にも理解してもらえるように，専門知識やプロジェクトの経緯には触れず，実際に製作物に触ってもらうことに重点を置いた．

説明の最後にはアンケートをとり，その結果を図 5.5 にまとめた．アンケートは年代と5段階評価で製作物についての評価を聞き，自由解答欄を設けた．アンケートに回答した人数は44名であった．

(文責: 小関大河)

アンケートの自由解答欄の回答を5つほど抜粋し，以下に示す．

- モデルが意図したものと違うものに見えた．
- 将来的にアプリなどで出たらすごいと思う．子供の教育にとってもよさそう
- もっとバリエーションが増えていけばもっと楽しいものになると思う
- ユーザーにとって何がうれしいのか，何が楽しいのかが伝わってこなかった
- このゲームで遊ぶ対象を鮮明にした方がよいと思う．また，遊びのバリエーションを増やすとさらに良くなると思う

アンケートの結果，5段階評価中5の評価をつけた聴講者が10代20代では8割を超え，若い世代に評価を得られていることが確認できた．自由回答から，モデルや表示のバリエーションは改良



図 5.4 アカデミックリンクの様子

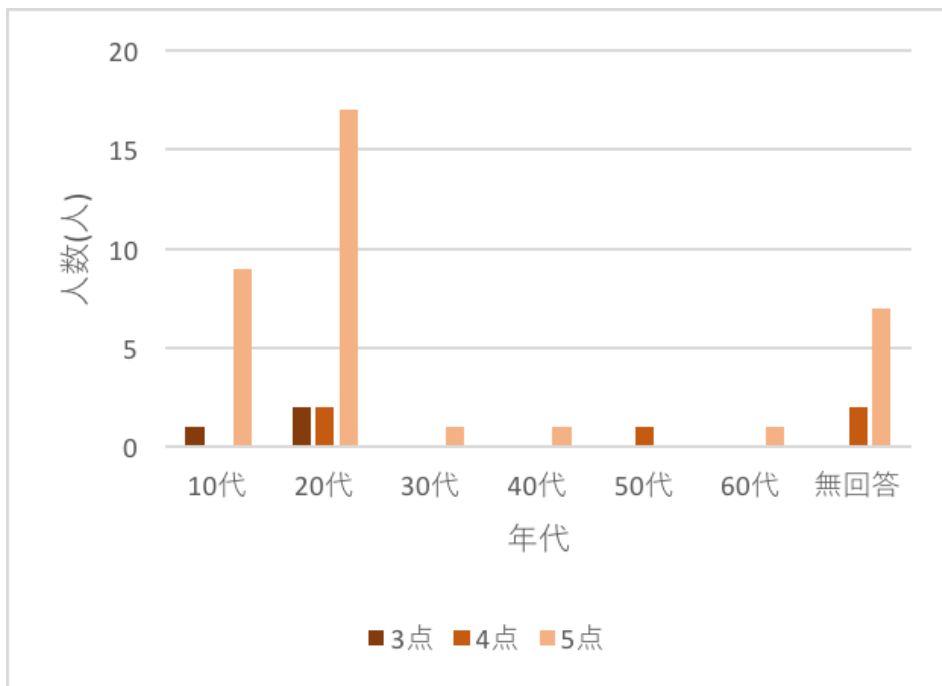


図 5.5 年代毎の評価値とその人数

する必要があるということ、子供の教育材料としても有効であること、ユーザーの対象や遊ぶ動機をより明瞭に定める必要があると考えた。また発表の結果、審査員特別賞を獲得した。(図 5.6)



図 5.6 アカデミックリンクでの審査員特別賞

(文責: 小関大河)

5.2.4 最終発表

12月11日に学内で各プロジェクトの最終進捗を報告しあう最終発表が行われた(図 5.7)。

本グループは制作物とその仕様、そして今後の展望を発表した。発表は体育館にて、ポスター、プロモーションビデオ、デモンストレーションを用いた。

また、聴講者にはアンケートをとり、その結果を図 5.8 にまとめた。図 5.8 は 2 つの質問に対して、はいと答えた人数の割合を各質問について示している。変化のバリエーションが十分ではないと回答した人が全体の 50.0%，ブロックを動かすことが楽しさにつながると回答した人が全体の 85.8% であった。アンケートに回答した人数は 106 名であった。

アンケートの自由回答欄の回答を 5 つほど抜粋し、以下に示す。

- ブロックの並びではなく積み重ねも可能にすれば可能性が広がるのでは
- 天候の変化があると面白そう
- もっと様々なブロックや組み合わせ方があっても面白いと思いました
- 動物が浮き上がってきたりするのは子供がとても喜ぶと思う
- 手でブロックを動かすから楽しいではなく組み合わせで出てくる好奇心だと思います

最終発表で集計したアンケートによると、変化のバリエーションの種類に関しては十分でないという意見が半数を占め、今後更にバリエーションや 3D モデルの種類を増やす必要があると考えた。ブロックを動かすことの楽しさに関しては、つながるという意見が大多数であり、今後は更にブロックを動かすことが容易になるように考案を進め、改良を目指したい。



図 5.7 最終発表の様子

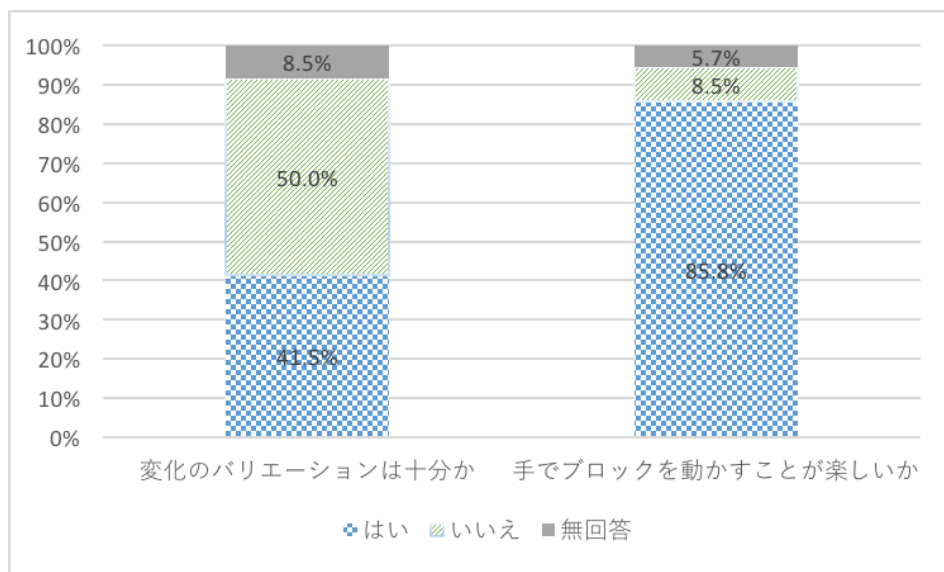


図 5.8 最終報告書のアンケートの結果

(文責: 小関大河)

第 6 章 今後の課題と展望

本提案では、将来的に制作物を幼稚園や小学校に設置し、子供たちが環境について考えるきっかけを持つことを展望としている。そのために今後の課題としてあげられることは、まず最初に、本提案には夢中になれるだけの面白さがあるのかについて考えることである。これを評価実験の結果を用いて考察する。被験者に制作物を体験してもらうことで得た結果から、最も高い評価を得られた要素として、「3D モデルの変化の面白さ」と「自分の手で動かす楽しさ」があげられた。これによって、本提案が今後優先して面白さを追求できる点はこの 2 つであると分かった。また、実験結果から「表示までの時間の長さ」においては、改善の余地があると考えられる。これは、制作物のクオリティがスムーズに遊べる程度に達していなかったためと考える。さらに「環境の変化を感じたか」という項目では、低い評価がみられているので、特に改善が必要と考える。本提案は子供たちが環境変化について考える遊びを目指しているため、目標設定においても改善が強く求められる。この問題の解決には、さらなる環境変化のバリエーションが必要である。また、動物の出現だけではなく、消滅の瞬間を見せることによって、環境が動植物に与える影響を強く感じられるようになる。将来的には、フィールドに液晶パネルを用いて、ユーザが作り出した環境によってフィールドがともに変化するという仕組みを作る予定である。これにより、自分が環境変化の要因であるという感覚を強くする要素を追加したい。総合的な評価には良い評価が得られたことから、提案の方向性はそのまま進めていき、全体の精度を高めることで面白さの向上が測れると考える。

次に、どうしたら子供たちが積極的に遊べるようになるのかを考えることである。これは、プレゼンテーションにおいて、本提案はまだ積極的に興味を持ってもらえる段階ではないことが分かったからである。そこで、どういった方法で問題の解決を測れるのかを知るため、5 章でも述べたように評価実験を用いた。評価実験は、興味を持ってもらうための説明に着目して行った。この実験結果を用いて、説明ポスターの内容や、制作物が店頭に並ぶと想定した際にパッケージに書かれるべき内容の検討を行った。評価実験の結果、「ブロックを好きなところにおいて環境を作る」と「端末を通して 3D モデルが表示される」という説明は、特に重要であることが分かった。これは、先ほども述べたように、「自分の手で動かす楽しさ」と、「3D モデルの変化の面白さ」が指示されているからだと考える。本提案が、この 2 点において楽しめるものであるという説明が最も必要であり、今後さらに主張するべきと考える。また、「リアルな環境作りを体験するため AR 技術を使った」、「動物が出現する」の 2 点においては、必要だという意見が過半数を超えなかったため、今後使用を控えるべきと考える。アンケート結果から、あえて説明がない方がゲームへの期待感を煽られ、より面白くなるではないかという意見が得られたことも関係していると考えられる。以上の改善点を今後の提案の説明の際に、意識することによって、本提案はより積極的に遊べるものになると言える。

全体として、本グループは AR 技術と位置情報を用いた遊びを提案し、複数人でテーブル上に無人島を創造する新しいゲームの開発が出来たので、プロジェクトとして十分な成果が得られたと考える。さらに、上記に書いた問題の解決や、開発が未完成の部分の部分の改善によってよりよい開発へ導きたい。来年度以降の本プロジェクトにおいて、これらの問題点を解決し、よりよい提案につなげて欲しい。

(文責: 村山愛葉)

第 II 部

ドローングループの活動報告書

第 1 章 背景

本グループではプロジェクトのテーマである「位置情報」、「体を動かす」ことを組み合わせた遊びの提案と実現を目指した。従来の位置情報を利用したサービスとして代表的なものが地図アプリケーションやカーナビゲーションサービスである。また、SNS サービスに位置情報を付加して投稿ができるようになったり、Ingress や Geocaching などのようにある対象物の位置情報を取得し街中を歩き回るようなサービスも展開されている。このように、位置情報の様々な利用法が提案、実現され「位置情報」と「体を動かす」ことで遊ぶようなサービスも実際に展開されている。そこで、私たちは今までにないサービスの提案と実現を目指し、「ドローン」と「三次元の位置情報」について着目した。ドローンとは飛行型 UAV の一種であり、空中を三次元に飛び回ることができる。このドローンを人間がコントローラではなく体の動きによって操作し遊ぶスポーツを提案、実現しようと考えた。また、ドローンは空中を自在に飛び回るため、これをコンピュータで制御することでドローン自体の三次元の位置情報を取得し利用することができると考えた。スポーツとドローンを組み合わせることで、例えばサッカーやバスケットのようなボールを使うスポーツを新しい形で実現できると考え、ボールの代わりにドローンを用いることでボールを三次元の動きをさせることができ、その位置情報を取得し利用することで今までにない新しいスポーツの提案と実現を目指した。

(文責: 梅澤章乃)

第 2 章 到達目標

2.1 本グループにおける目的

本グループでは体を動かす遊びとして複数人でチームに分かれて競い合うスポーツに着目した。位置情報の使い方としては今までにあまり使われていない三次元の位置情報を使うことにした。そこで、本グループでは年齢や性別などを問わず多くの人に遊んでもらうことのできるスポーツの提案と実現を目的とした。

(文責: 相沢遼平)

2.2 目的を実現するための提案

本グループでは三次元の位置情報を、縦・横方向の情報に高さを加えたものと定義した。そこで、三次元の位置情報を持つものとして飛行する対象としてドローンを制御することにした。これを球技のボールの代わりとして利用し、操作するプレイヤーにより違う動きをさせることで老若男女のハンディキャップを埋めることができ、体格差による有利不利がなく誰でも楽しめるドローンと三次元の位置情報を用いたスポーツを提案した。

(文責: 相沢遼平)

2.3 具体的な手順・課題設定

ドローンと三次元の位置情報を用いたスポーツを実現する課題としてルールの制定とドローンの制御の二つに分けた。ルールの制定にはドローンがどのような操作になるのか、どの程度の精度で操作できるのか、三次元の位置情報をどのように利用するのかなどの問題が挙げられる。そこで、ドローンの制御から着手し、制御の実装段階の程度や自由度に合わせて随時ルールを制定することとした。ドローンの制御の実装手順として、まずスポーツの基本動作であるボールのパスキャッチをすべく、ドローンをボールに見立てた二次元の動きでのパスキャッチの実現を目指した。

(文責: 相沢遼平)

2.4 位置情報の取得方法について

本グループでは、ドローンを用いた位置情報サービスを提案することを目的とした。ドローンとは飛行型 UAV の一種であり、一般に市販されているものの多くは、Wi-Fi や Bluetooth によって通信する仕様となっている。そこで本グループは電波や超音波を用いた位置情報の取得方法に着目した。電波や超音波を用いた取得方法については、

- 到来時刻 (TOA: Time of Arrival)
- 到来方向 (AOA: Angle of Arrival)

- 受信信号強度 (RSS: Received Signal Strength)

を用いた取得方法がある。TOA を用いた方法では、最低 3 個のノードを用いて、ノード間で正確な時刻同期をすることで通信電波 (または超音波など) の到来時刻から位置推定を行う方法である。AOA を用いた方法では、最低 2 個のノードを用いて、ターゲットから発せられた電波をノードにおいてどの方向から受信されたか (到来方向) を測定することで位置推定を行う方法である。RSS を用いた方法では、ターゲットから発せられた電波は距離減衰するという特性を利用して位置推定を行う方法である。以上から考察すると、AOA 法には指向性のあるアレーアンテナを用いる必要があり、TOA 法にはノード間で正確に時刻同期が必要である。開発に用いるドローンにアレーアンテナを取り付けることや、クライアントデバイス間での正確な時刻同期は困難であると考え、本グループでは受信信号強度 (RSS) を用いて位置情報の取得を行うことを前提とした。

(文責: 梅澤章乃)

第 3 章 課題解決のプロセスの概要

パスキャッチの実現を，プロトタイプ開発と本開発の 2 段階に分けて行う．

プロトタイプ開発

本サービスの目的を達成するために，まずはスポーツの基礎であるパスキャッチに着目し，ドローンを使用したパスを実現させることをプロトタイプとして作成した．このプロトタイプは位置情報を使用せず，プレイヤーがスマートフォンを持ちながら投げる動作をすることで，スマートフォンからドローンの前進命令をサーバに送信する．その命令を受信したサーバは無線経由でドローン本体へ動くよう命令し，ドローンは前進する．このプロトタイプを作成するため，クライアント班とサーバ班に分かれ実装を行った．

(文責: 梅澤章乃)

本開発

プロトタイプの作成を踏まえ，本開発では，位置情報を使用した複数人で可能なドローンのパスキャッチを目標とした．具体的には，プレイヤーが所持しているクライアント端末から位置情報を取得し，プレイヤーが相手に向かって投げる動作をすることで，ドローンを相手のところまで飛ばすことができるものを実装する．位置情報については，フィンガープリンティングを利用して Wi-Fi の受信電波強度を用いて実装し，ドローンの操作については，スマートフォンのジャイロセンサと方位センサを用いて実装する．これらの作業を，クライアントサイドとサーバサイドに分かれて行った．

(文責: 梅澤章乃)

第 4 章 各班の課題解決のプロセスの詳細

4.1 プロトタイプ開発

4.1.1 プロトタイプのシステムの概要

プロトタイプを作成することで、最終目標に向けたサービスを作成する上で必要な技術やドローンでスポーツをすることにどのような可能性があるのかテストを行う。このプロトタイプではプレイヤーとドローンの位置情報はまだ取得していないため、プレイヤーはその場で待機したままパスを行う。ドローンの操作をすること、そしてプレイヤーの動作を取得することが必要である。

(文責: 秋山卓巳)

4.1.2 サーバサイドの概要

Web サーバとドローン操作サーバの 2 つのサーバがあり、Web サーバはスマートフォンからのデータを受け取りプレイヤーに対して識別をするために ID を割り振る。そして Web サーバを経由してプレイヤーの状態を管理しているドローン操作サーバに中継しドローン操作サーバから Bluetooth Low Energy 経由でドローン本体へ前進や後退などの命令が送信され実際にドローンが動作するというものを実装した。

(文責: 相沢遼平)

4.1.3 サーバサイドの詳細

Web サーバ

始めに Web 上で扱われる基盤技術である HTTP やデータベースについて学習した。その後、クライアントサイドであるスマートフォンからの操作を受け取るために Web サーバを Perl を使って実装した。Web アプリケーションフレームワークは Amon2、ユーザの管理のために SQLite データベースを利用している。クライアント側からは HTTP 経由で操作を受け取ることができる。

ドローン操作サーバ

プロトタイプ作成において、Parrot MiniDrone Rolling Spider[5] を使用することにした。まずは Bluetooth Low Energy 経由でドローンの操作ができるか、コンピュータ上で接続テストを行った。Node.js 上に実装された Bluetooth Low Energy を扱うためのライブラリである noble を利用して、自動で前進操作ができるよう実装した。ドローンの Bluetooth 接続の問題から、Web サーバ上に接続するのではなく、新たにドローン接続サーバを作成した。構成としては Web サーバがドローン操作サーバへ操作の手続きを行うため、JSON RPC[6] 形式でやり取りする。現時点ではドローン操作サーバがドローンの前進、後退の度合を相対的位置として保存している。

(文責: 秋山卓巳)

4.1.4 クライアントサイドの概要

本グループでは、ドローン操作のための体の動き検出や位置情報取得のクライアントとしてスマートフォン端末を用いることにした。クライアントにスマートフォン端末を用いる利点として、端末にはジャイロセンサや方位センサなど多くのセンサ類が搭載されているため体の動き検出を簡単に実現することができる。また、電波通信に特化した端末であるため受信電波強度を容易に取得することができる。端末にはプレイヤーの動作を検知するモーションアプリケーションとプレイヤーの位置情報を取得する位置情報アプリケーションを実装する。しかし、プロトタイプ開発の段階では位置情報アプリケーションは実装せず、モーションアプリケーションの実装にのみ着手した。以下にモーションアプリケーション、位置情報アプリケーションについて個別に記述する。

(文責: 相沢遼平)

モーションアプリケーションの概要

スマートフォンの加速度センサとジャイロセンサの値とその変化のグラフを表し、プレイヤーが投げる動作をしたらサーバに投げたという情報を送信するアプリケーションを構築した。投げる動作をしたときのジャイロセンサの値を調べるため、アプリケーション上にボタンを作成し、それを押すことでその瞬間から 5 秒間の加速度センサとジャイロセンサの値を得られるようにした。そして、作成したボタンを押して実際に投げる動作をし、その時の X 軸, Y 軸, Z 軸それぞれのジャイロセンサの値の変化をグラフから読み取り、その結果を基に Z 軸のジャイロセンサの値が一定の値を超えたら”投げた”と表示され、サーバに投げたという情報を送信する。そして、投げる動作をすることでドローン进行操作できるようにするため、スマートフォンからサーバへ接続し、投げたという命令を HTTP 経由で送信することにした。実装は HTML と JavaScript を使って行い、グラフ化を行うライブラリである D3.js を利用することによって加速度、ジャイロセンサの値をグラフに出力し、投げる動作を行うときのセンサの値を可視化した。

(文責: 梅澤章乃)

位置情報アプリケーションの概要

クライアント端末には、Android スマートフォンを用いることにした。よって、Android アプリケーションを作成し、アプリケーションを端末上で動作させることで位置情報を取得する。今回プロトタイプ開発の段階では、位置情報アプリケーションの実装はせずどのような位置情報を取得する必要があるかを調査することを目的とした。

(文責: 武田郁弥)

4.1.5 プロトタイプの結果と評価

サーバサイドの結果と評価

プロトタイプの開発によって、ドローンへの接続から動作の命令やスマートフォンのジャイロセンサから投げる動作の取得ができた。プロトタイプ作成には、Web サーバの実装に Perl を使ったが、本開発では、クライアントとサーバ同士でやり取りが多く行われる。効率的なやり取りの方法

を模索した結果，すべて Node.js で実装することにした．

(文責: 秋山卓巳)

モーションアプリケーションの結果と評価

プロトタイプが完成した段階で，実際にモーションアプリケーションを操作してみたところ，無事サーバに情報を送信することができた．しかし，投げる以外の動作をした時に投げたと判断されたり，投げる動作をしても投げたと判断されない場合が頻繁にあったため，それらの不具合が生じないようにする必要があった．また，ボタンを押さなければジャイロセンサの値を取得できないため，投げる動作をするたびに画面を確認する必要がある．よりスポーツに近づけるため，常にジャイロセンサの値を取得し，投げる動作のみでドローンを動かすことができるよう実装する必要がある．

(文責: 梅澤章乃)

位置情報アプリケーションの結果と評価

プロトタイプでは，プレイヤーの振った動作によってただ一定距離前進するだけのものであった．ここで，いくつかの課題が生まれた，位置情報の観点から見ると，

1. プレイヤからプレイヤへ飛ばすためプレイヤ間の距離情報が必要であること
2. ドローン制御のため，ドローンが前進以前から何 m 前進したかという，ドローン自身の位置情報が必要

あること以上の点に留意して本開発に臨んだ．

(文責: 武田郁弥)

4.2 本開発

4.2.1 システム構成

プロトタイプのシステムを改良し，位置情報を加味したパスキャッチを行うシステムを開発した．ドローンの操作に関するシステムをサーバサイド，位置情報やプレイヤーの操作に関するシステムをクライアントサイドに分け，作業分担した．サーバの構成については，図 4.1 に示す．

ドローン

Parrot 社の MiniDrone Rolling Spider を使用した．最大時速は 18km/h，操作する端末から 20m の範囲内で動作する．稼動時間は最大 8 分である [5]．また，このドローンにはプロペラのガードとなるタイヤが付属している．開発時には装着して飛行テストを行ったが，起動の上昇時に負荷がかかり，真上に上昇後にその場で空中停止しないことがあるため，最終的にタイヤは付けずに飛行させるようにした．

クライアント端末

Android 端末を利用することを想定し，以下の端末を使用した．

- ASUS MeMO Pad 8
- Nexus 7

アクセスポイント

Wi-Fi のアクセスポイントを設置する．以下のアクセスポイントを用意した．各アクセスポイントは 2.4 GHz 帯を利用し，それぞれ別チャンネルに割り当てた．アクセスポイントの識別に以下のように SSID を設定した．

- lsp-ap1 (Aterm W500P)
- lsp-ap2 (Aterm W500P)
- lsp-ap3 (Aterm W500P)
- lsp-ap4 (Elecom WRH-733Gxx)

ドローン操作のサーバについては，外部からアクセスできないようにしたイントラネット内のコンピュータ上で起動されている．アクセスポイントのひとつを中継して，サーバに接続するようにする．アクセスポイントの持つルータ機能を使用した．あらかじめサーバとなるコンピュータには IP アドレス 10.0.0.10 を割り振っておく．また，サーバはファイアウォールの設定にて，TCP ポート 7000 経由のアクセスを許可しておく必要がある．各プレイヤーはアクセスポイント lsp-ap3 に接続することで，IP アドレス 10.0.0.1/24 を DHCP によって割り振る．スマートフォンアプリを起動することで，10.0.0.10 のサーバへの接続が完了する．

サーバ

開発に使用しているコンピュータをサーバとして利用した．以下の環境で動作させた．

機種	MacBook Pro (Retina, 13-inch, Late 2012)
OS	OS X Yosemite Version 10.10.5
プロセッサ	2.5 GHz Intel Core i5
メモリ	8GB
Apple Bluetooth Software Version	4.3.6f3 16238 (Bluetooth Low Energy 対応)

開発に使用した Node.js のバージョンは v4.0.0 である．

(文責: 秋山卓巳)

4.2.2 サーバサイド

このセクションでは，サーバサイドのシステムの構成を記載する．サーバサイドでは，主に 2 つのサーバとなるプログラムを作成した．ドローン进行操作するドローン操作サーバ，プレイヤーの操作や状態を管理するための操作インタフェースが存在する．

ドローン操作サーバ

このサーバはドローンへの接続，操作を行う．ドローンの操作は前後左右のみに動かせるようにし，安全のため上昇や下降はできないようにした．最終発表のデモでは，ドローンを床から 50cm ほど上昇させ，プレイヤーの上空ではなく，1, 2m 離れた地点で飛行させるようにした．

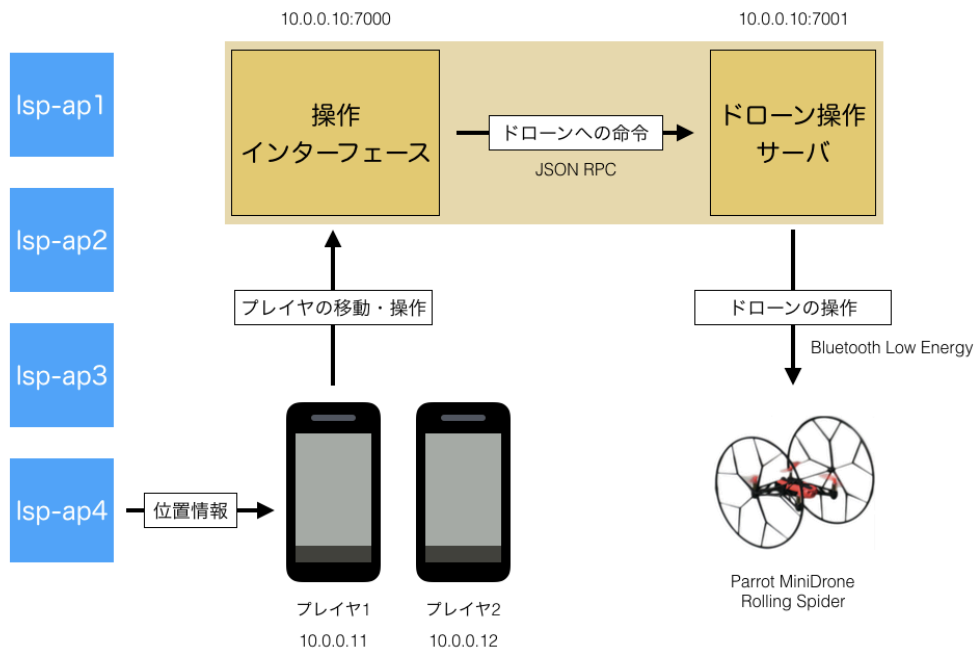


図 4.1 システム構成

スマートフォンからアクセスできるウェブサーバとは別のサーバとして、操作専用のサーバを作成する。ドローン操作時には、Bluetooth Low Energy 経由で常時接続しておく必要があるため、エラーによってウェブサーバが異常終了した際に接続が切れ、操作不能になってしまうことを避けるためである。

ドローンの操作にあたって、以下のプログラムを作成した。

discover.js Bluetooth を有効にした状態で実行することで、周囲の Bluetooth デバイスを検索する。MiniDrone を検索した後、UUID を表示する。この UUID は drone-server.js 起動時に必要となる。

```
% node discover.js
```

drone-server.js ドローンの操作サーバをポート 7001 で起動する。このとき、環境変数 UUID に MiniDrone の UUID を渡して起動する必要がある。サーバを起動した後、MiniDrone へ接続する。

```
% UUID=273da9354dfd4baeb515d25f9d03d9ce babel-node drone-server.js
[1] Scanning drone
[2] Connecting
[3] Connected: 273da9354dfd4baeb515d25f9d03d9ce
```

環境変数 UUID を渡さなければ、デバッグモードで起動する。実際にドローンが接続されていると仮定して、プレイヤーの操作をすることができる。

```
% babel-node drone-server.js
[[[ Debugging mode ]]]
```

drone-server.js は MiniDrone の接続，JSON RPC サーバの起動を行う．JSON RPC (JSON Remote Procedure Call) は JSON を介してデータのやり取りを行うことができる．これにより，操作インタフェースがドローン操作の命令を送信する．

ドローンに与える命令としては，前後左右に進む，上昇下降する，回転するといった命令が用意されており，スピードとステップ数を与えることができる．今回は，前後左右に進むことができるようにした．あらかじめ登録しておいた地点にいるプレイヤーから他のプレイヤーに対して，投げる動作を命令した際には，その方向に向かって進むことができるように適切なステップ数を試すことにより決定した．また，現在の速度，バッテリーの状態を送信できるようにして，操作インタフェースから確認できるようにした．

(文責: 秋山卓巳)

操作インタフェース

プレイヤーやドローンの動作をクライアントとサーバでやり取りするインタフェースを提供する．スマートフォンアプリから WebView 経由で，サーバにアクセスすることにより，プレイヤーがゲームに参加することができる．ここでは，同時にクライアントサイドの投げる動作を行うプログラムを組み込むことでジャイロセンサの動作の取得を行い，プレイヤーの位置情報の変化をサーバに送信する．

このサーバでは，リアルタイムで各端末との永続的なデータの送受信し，各プレイヤーやドローンの位置情報の変化を逐次反映させる必要がある．プロトタイプの開発では HTTP 経由でデータ通信を行った．HTTP (Hypertext Transfer Protocol) はクライアントからサーバへ単一方向の送受信を開始することができるが，任意のタイミングでサーバからクライアントへの送受信を開始することはできないため，双方向へ送受信できるように通信の方法を工夫する必要がある．例えば，Long Polling のようにクライアントからの HTTP リクエストを待機されておき，サーバのタイミングでレスポンスを応答させることによって実現させる方法やクライアントとサーバでの持続的な送受信を行う WebSocket といった通信規格を利用することが広く知られている．

本開発では Node.js を用いて，このような問題を解決するため，主に Socket.IO という WebSocket を利用するためのラッパーとなるライブラリを利用した．これにより，リアルタイムにプレイヤーの操作やドローンの動作が反映されるようにした．プレイヤーの参加状態管理のため，各クライアントはサーバへ 1 秒間に 5 回自分の位置を送信している．

server.js 操作インタフェースを提供するサーバをポート 7000 で起動する．

```
% babel-node server.js
```

操作インタフェースを図 4.2 に示す．ここでは，現在参加しているプレイヤーが画面上のマップに表示される．位置情報については，あらかじめサーバ側でいくつかの地点を設定しておき，スマートフォンアプリからどの地点にいるという情報が送信され，これを元にプレイヤーがどの位置にいるかを管理している．自分が赤丸，他のプレイヤーが緑丸となるようにした．プレイヤーにある小さな丸

が視線の向きを表しており，投げる動作を行う際にこの向きによってプレイヤーを選択することができる．

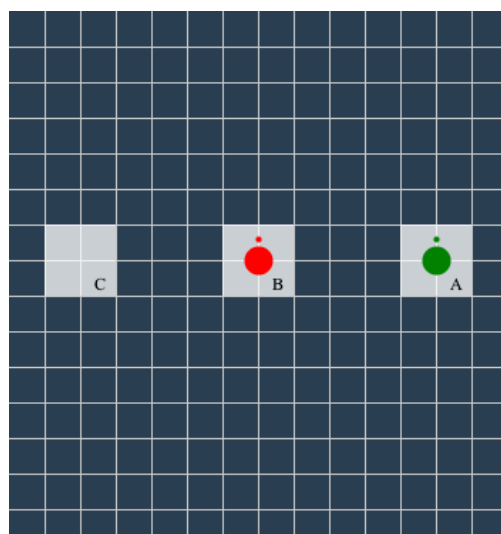


図 4.2 操作インタフェース

ゲームの開始や終了に関しては，管理者が行う．管理者は参加しているプレイヤーとは別に存在しており，図 4.3 にあるプレイヤー管理画面を用いて操作することができる．管理者が開始プレイヤーを選択し，開始ボタンを押下することで，ゲームの開始と同時にドローンが動作する．ドローンの位置は青丸として画面上に表示される．また，終了ボタンを押下するとゲームが終了し，ドローンが下降しながら着陸する．ドローンが暴走したときを想定し，緊急停止ボタンを設置した．このボタンはプレイヤーの画面下部にも設置しており，緊急自体が発生した際に誰でも緊急停止することができるようになっている．

また，MiniDrone の動作状態も，移動による Roll, Pitch, Yaw の速度，Altitude(高度)，Steps(残り動作ステップ数)，バッテリー残量のように表示される．バッテリーが 10% 以下になると，プレイヤー全体にバッテリー残量低下エラーが通知されるようになっている．

ゲームはプレイヤーのいずれかがドローンを取得した状態で開始される．ドローンを取得しているプレイヤーが他のプレイヤーに対して投げる動作を行うことで，ドローンがそのプレイヤーに向かって飛行し，その上空で止まる．

(文責: 秋山卓巳)

4.2.3 クライアントサイド

モーションアプリケーションの概要

プロトタイプの時と同じく，プレイヤーはスマートフォンを持ちながら投げる動作をする．このとき，スマートフォンのジャイロセンサの値の変化から投げる動作を検知し，同時に方位センサからどの方向に投げられたかを検知し，それらの情報をサーバに送信する．これらを JavaScript と HTML を用いて実装した．

(文責: 梅澤章乃)



図 4.3 管理画面

モーションアプリケーションの詳細

プロトタイプでの結果と評価から，精度を更に向上させるために以下の実装を行った．

まず，画面上のボタンを押してジャイロセンサの値を取得する機能を消し，常にジャイロセンサの値の取得ができるよう設定した．しかし，1秒間に50回程度ジャイロセンサの値を取得するため，そのままグラフに反映させると処理落ちが生じてしまう．そのため，ジャイロセンサの値を1000回取得したら，その取得した値を平均し，グラフ化させることで処理落ちを解消することができた．

プレイヤーが投げた方向にドローンを飛ばすことを可能にするため，プレイヤーの向きを検知する必要がある．そこで，方位センサから得られた0度から359度の角度を図4.5のように0度から45度かつ315度から359度ならば北，45度から135度ならば西，135度から225度ならば南，225度から315度ならば東と方位磁石と方位センサから得た値を照合して設定した．

違う動作をした時に投げたと判定されることや，精密に投げたと判定させるために，事前に取得した平均値と瞬間取得の値をラジアン表記にし，双方 \cos の値にした．平均の \cos の値から瞬間取得値を引いた \cos の値が，投げる動作をした際に一定の値の範囲かつある傾きの範囲ならば投げたと判断されるようにした．このとき，実際に数回投げる動作をしてどの角度のときならば投げたと判断されるのかを測りながら範囲を設定した．また，プロトタイプではZ軸のジャイロセンサの値を使用していたが，Z軸は方位センサと同じ値を示していたため，スマートフォンを投げる動作と無関係であったため，その動作と関係あるX軸を用いることにした．なお，スマートフォンと各軸の対応を図4.4に示す．

上記の手順で構築したモーションアプリケーションの画面を図4.6に示す．画面には，テスト用に取得した値やグラフを表示して確認可能とした．グラフには，青がX軸，黄がY軸，緑がZ軸として横軸に時間，縦軸に値の大きさを示した．

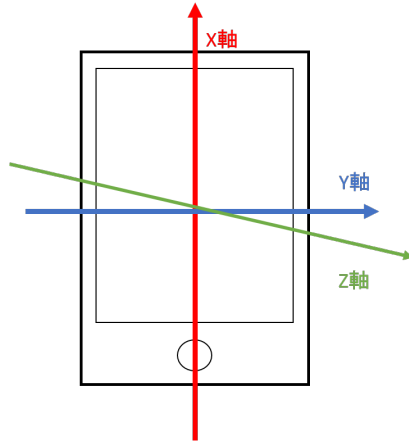


図 4.4 スマートフォンとジャイロセンサの対応

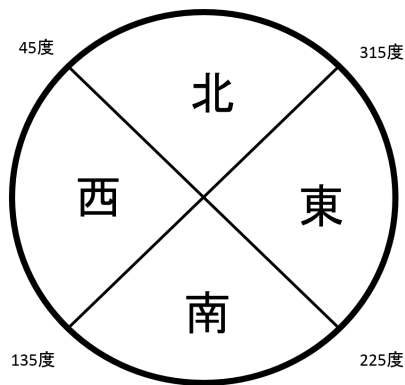


図 4.5 方位センサの角度

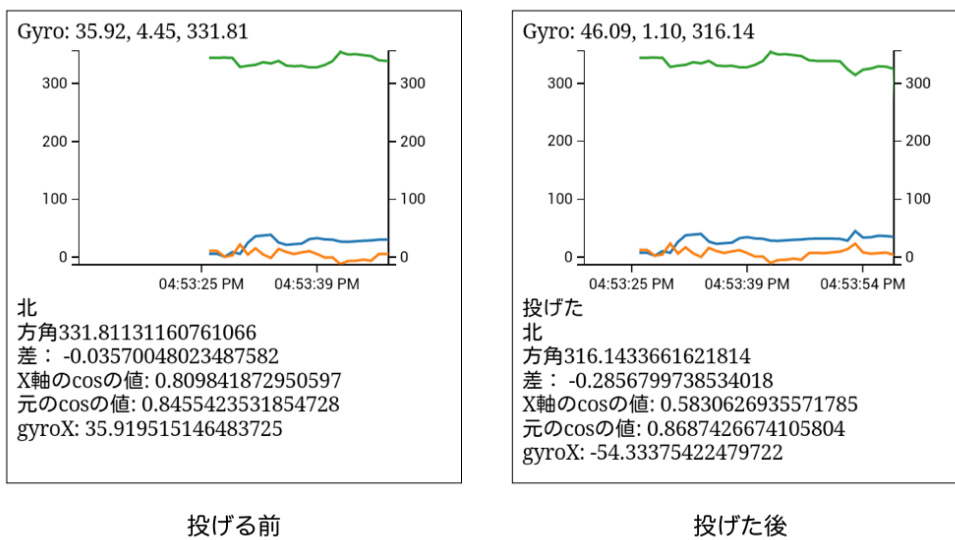


図 4.6 モーションアプリケーションの画面

位置情報取得の要件

本開発では、ドローンのパスキャッチの実現について着手することにしたが、ここで位置情報取得アプリケーションに求める要件として、

- ドローンとプレイヤーの対象エリア内における絶対位置の取得
- 誤差 2m 程度の精度

以上の 2 つを定めた。ドローンとプレイヤー、プレイヤーとプレイヤー間の距離関係は、対象のフィールド内における絶対位置情報を取得することができれば求めることができると考えた。さらに、本サービスは一般的な体育館程度の広さの空間で遊ぶことを想定しているため、位置情報取得の精度を人が二人縦に並んだ程度の距離、誤差 2m 程度を目標とした。また、本開発ではクライアント端末として Android 端末を使用し、ドローンを Parrot 社の MiniDrone を用いる事が前提である。位置情報の取得として、指向性のあるアレーアンテナを用いる AOA 法や時刻同期による TOA 法などが考えられるがクライアント端末である Android 端末にこれらの付属部品の実装や正確な時刻同期は困難であると考えられる。よって位置情報の取得には、Android 端末での扱いや取得が容易な Wi-Fi 通信による電波通信強度を用いることを前提とする。

(文責: 相沢遼平)

位置情報取得の方法の概要

本開発では、位置情報の取得方法として受信電波強度 (RSS) を用いた手法で開発を行うことが前提である。電波はその特性上、距離の 2 乗に比例して距離減衰することが分かっている。しかし、特性上大気や雨などの損失媒質によって正確には距離の 2 乗に比例しない [12]。また、電波は受信端末へ到来する間に、壁などの遮蔽物に反射、もしくは回折して端末へ届く現象 (マルチパス) が起こることが分かっている [14]。今回は、屋内での位置情報の推定を想定しているため雨や風などの自然環境媒質による電波減衰を考慮する必要はないが、複数人の人間が屋内を動き回るために起こるマルチパスを考慮して開発を行う必要がある。受信電波強度値 (以下 RSSI) から受信端末とノード間の距離を導出する方法として、Friis の公式

$$P_r = \frac{P_t}{4\pi r^2} G_t \eta_p S_r$$

(ただし、 P_r :受信電力 P_t :送信電力 G_t :送信アンテナ利得 η_p :受信アンテナと受信アンテナ間の偏波整合効率 S_r :受信アンテナの実効開口面積 r :受信アンテナと送信アンテナ間の距離) から求める方法がある [16]。

しかし、マルチパスによって壁際と空間の中央などで電波の距離減衰の仕方が異なるため公式から距離を求める場合、環境に応じた距離減衰モデルが必要になる。

そこで、本開発では位置情報の取得にフィンガープリンティングという手法を用いることにした。フィンガープリンティングとは、事前処理としてあらかじめ対象エリアの各地点に対し、各アンカーノードからの電波強度の測定を行いデータベース (以下 DB) 化しておき、実際に測定したときの値を DB に照合することで位置を推定するという手法である [13]。フィンガープリンティングを用いることで、マルチパスを考慮した距離減衰モデルを用意する必要がなく、対象の空間内における絶対位置を取得することが可能である。開発言語として、Android 端末上で動作するアプリ

ケーションの作成のため Java 言語を使用し，RSSI の取得に関しては Android-API を用いて実装することにした．開発環境には，Android Studio を使用した．

(文責: 武田郁弥)

位置情報取得の方法の詳細

RSSI の取得

まず，クライアント端末とノード (Wi-Fi アクセスポイント) 間の RSSI 取得については Android API で用意されている Wi-FiManager クラスの `getScanResults()` を用いた．`getScanResults()` によって，通信可能な Wi-Fi アクセスポイント (以下 AP) の最新の情報を取得することができる．取得可能な主な情報を以下の表 4.1 に示した．

表 4.1 `getScanResults()` によって取得可能な主な情報の一覧

要素名	要素の説明
BSSID	AP に割り当てられている BSSID
SSID	AP に割り当てられている SSID
level	AP と端末間の通信強度

取得した List から BSSID，SSID のいずれかを指定することでクライアント端末と指定した AP 間の RSSI を取得することができる．

(文責: 武田郁弥)

フィンガープリンティング DB の生成

フィンガープリンティングでは，あらかじめ各地点での電波強度を測定し，DB 化しておく必要がある．そこで，対象エリアを A 地点，B 地点，C 地点，...と区切ることで，以下のような構造の DB を生成することにした．実際にプログラム上では HashMap の入れ子構造を用いて実装した．

測定地点の推定には，その地点で取得した値と DB を照合する過程が必要であるため比較方法として二乗和を用いた．測定地点で取得した値と DB 上の各地点の記録値との二乗和を求め，その値が最も小さいものが類似地点であると考え推定地点とした．しかし，二乗和を用いた比較方法ではあまり高い精度で位置予測を行うことはできなかった．原因として，測定地点の値と DB 上の値との差の合計を求める二乗和を用いた推定方法では，DB 上の複数の記録地点で近い値が導出されることが考えられた．また，瞬間的な RSSI の測定による DB 生成のため誤った値が DB に記録される，DB 自体の精度が低くなることが考えられた．そこで DB 生成時の取得値を継続的に取得し，各地点での取得値を瞬間的な RSSI 値では定義域を導出し DB に記録することにした．

定義域の求め方として，計測地点での RSSI 値の平均値を求め，そこから正方向への標準偏差と負方向への標準偏差を求め，それらを平均値に足した値をその地点での RSSI 値の定義域とした．標準偏差を正の方向，負の方向で分割したのは計測地点によってマルチパスの影響の受け方が異なるため電波の揺らぎ方に差が生じることを考慮したためである．標準偏差を方向別に分割することでその地点の電波の特性をより反映した DB を生成できると考えた．

(文責: 武田郁弥)

表 4.2 フィンガープリンティング DB の構造

地点名	BSSID 名	RSSI
A 地点	BSSID1 (String 型)	Signal Level1 (Integer 型)
	BSSID2 (String 型)	Signal Level2 (Integer 型)
	BSSID3 (String 型)	Signal Level3 (Integer 型)
	BSSID4 (String 型)	Signal Level4 (Integer 型)
B 地点	BSSID1 (String 型)	Signal Level1 (Integer 型)
	BSSID2 (String 型)	Signal Level2 (Integer 型)
	BSSID3 (String 型)	Signal Level3 (Integer 型)
	BSSID4 (String 型)	Signal Level4 (Integer 型)
C 地点	BSSID1 (String 型)	Signal Level1 (Integer 型)
	BSSID2 (String 型)	Signal Level2 (Integer 型)
	BSSID3 (String 型)	Signal Level3 (Integer 型)
	BSSID4 (String 型)	Signal Level4 (Integer 型)
D 地点		

Android アプリケーションの仕様

実際に作成した Android アプリケーションを 4.7 で示す。

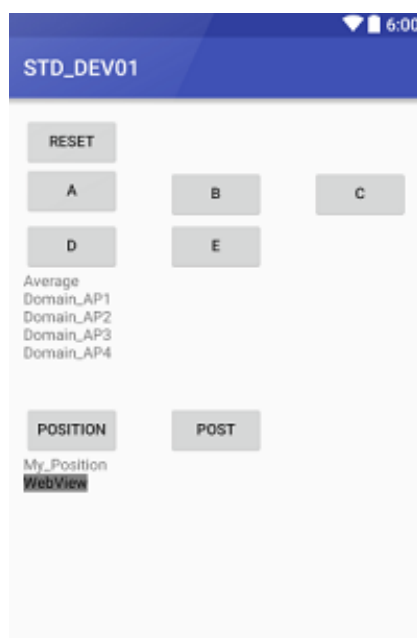


図 4.7 作成した Android アプリケーションのスクリーンショット

今回は対象エリアを 5 分割、つまり測定地点を 5 ヶ所とし、さらに測定対象とする AP を最大 4 つまでとしたアプリケーションを作成した。A ~ E ボタンを押下することでその地点の定義域を DB に記録することができるようにした。このとき、記録した定義域を表示することで確認可能に

表 4.3 定義域を用いたフィンガープリンティング DB の構造図

地点名	BSSID 名	定義域
A 地点	BSSID1 (String 型)	Signal Domain1 (double[] 型)
	BSSID2 (String 型)	Signal Domain2 (double[] 型)
	BSSID3 (String 型)	Signal Domain3 (double[] 型)
	BSSID4 (String 型)	Signal Domain4 (double[] 型)
B 地点	BSSID1 (String 型)	Signal Domain1 (double[] 型)
	BSSID2 (String 型)	Signal Domain2 (double[] 型)
	BSSID3 (String 型)	Signal Domain3 (double[] 型)
	BSSID4 (String 型)	Signal Domain4 (double[] 型)
C 地点	BSSID1 (String 型)	Signal Domain1 (double[] 型)
	BSSID2 (String 型)	Signal Domain2 (double[] 型)
	BSSID3 (String 型)	Signal Domain3 (double[] 型)
	BSSID4 (String 型)	Signal Domain4 (double[] 型)
D 地点		
	・	
	・	
	・	

した．RSSI の平均値を RSSI 更新時に逐一確認することで RSSI の安定度を確認することにした．確認のため，RSSI 更新時に最新の平均値を表示した．クライアント端末は RSSI が更新される度に，平均値や定義域も更新し続けるため DB 生成や推定位置情報取得の際に保持している平均値や定義域を初期化する必要がある．そのため，RESET Button を押下することで保持しているそれらの値を初期化することができるようにした．DB 生成後，POSITION ボタンを押下することでクライアント端末の推定位置情報を表示するようにした．また，クライアント端末の推定位置情報を管理サーバに送信するため，POST ボタンを配置し，押下することで管理サーバへクライアント端末の推定位置情報を送信できるようにした．操作インターフェースを表示するため WebView を配置した．

(文責: 武田郁弥)

表 4.4 Android アプリケーションの構成部品の一覧

クラス名	要素名
Button	RESET
	A
	B
	C
	D
	E
	POSITOIN
	POST
PlainTextView	Average
	Domain_AP1
	Domain_AP2
	Domain_AP3
	Domain_AP4
	MyPosition
WebView	WebView

第 5 章 結果と評価

5.1 グループ全体の結果

本グループの目的を達成させるために、まず、スポーツの基礎であるパスキャッチに重点を置き、位置情報とドローンを使用したパスキャッチの実現を目指した。位置情報を取得するサーバサイド、クライアント端末からドローンを操作できるよう実装するクライアントサイドに分かれて作業を行った。結果、位置情報とドローンを使用したパスキャッチを実現させることができた。しかし、位置情報の精度や、スポーツのルールの制定などの課題があるため、それらを解消する必要がある。

(文責: 梅澤章乃)

5.2 成果の評価

5.2.1 サーバサイドの評価

プレイヤーの位置情報から、パスキャッチをするようにドローンを操作することができるシステムを作成することができ、スポーツの第一段階となる機能を実装することができた。しかし、ドローンを上空に保持させながらプレイヤーが移動するといった動作を実現できなかった。その原因に位置情報の取得に時間がかかること、位置情報の取得精度や推定が不安定であることがあげられる。

また、使用するドローンについても、まだ議論の余地がある。今回は、MiniDrone を採用した。これは小型のドローンであり、Bluetooth Low Energy による操作が容易であり、非常に安定した飛行ができた。しかし、実際にスポーツとして実現する際には、以下のような機能が足りないだろう。

ドローンの位置情報

連続して飛行した際、意図した地点と 0.5-1m ほどのずれが生じた。したがって、スポーツを実現するには、このずれを逐次修正する必要がある。しかし、現在のシステムでは、ドローンの位置情報取得ができない。この問題を解決する方法として、本開発でのプレイヤーの位置情報取得技術を応用して Wi-Fi の電波強度によるドローンの位置情報推定をすることが考えられる。今回利用した MiniDrone は Bluetooth Low Energy 経由で操作していたが、Wi-Fi 経由でドローン进行操作するものとして、Parrot AR.Drone 2.0[8] があげられる。AR.Drone は自身をアクセスポイントとして動作させ、そのネットワーク上に構成されたサーバに対してやり取りすることによって、操作を行う。したがって、クライアント側で AR.Drone のアクセスポイントからの Wi-Fi の電波強度を取得することができるようになる。

セキュリティ

ドローンの操作には Bluetooth Low Energy 経由で行うが、デバイスに接続に関しては制限はなく、どのコンピュータから接続できてしまうことから、第三者から意図しない操作を許可してしま

うといったセキュリティ上の問題が発生する可能性がある。これに関しては、Parrot 社の提供するカスタムファームウェア [7] を自身で変更して、アクセス制御機構を実装する必要がある。

(文責: 秋山卓巳)

5.2.2 クライアントサイドの評価

モーションアプリケーション

本開発を終え、実際に操作してみたところ、15 回中 10 回投げたと判断された。この結果からある程度精度があがったといえるだろう。本開発ではボタンを押してからではなく常にジャイロセンサの値を測っているため、毎回画面を確認する必要がないためスポーツらしさが増したと考える。しかし、スマートフォンを持ちながらでは、落としたり、周りと衝突したりと危険であり、ジェスチャーによってドローンを動かしているという認識に欠け、遊びの自由度も下がる。そのため、スマートフォンではなく、手に小型のセンサをつけるなどして、クライアントアプリケーションの小型化を実現させる必要がある。

(文責: 梅澤章乃)

位置情報アプリケーション

開発した位置情報アプリケーションの評価を行うために、位置情報取得の精度について実測実験 1 を行った。また、実測実験 1 の結果から、AP の配置方法が位置情報取得の精度に関与していると考え、AP の配置方法による精度の変動について実測実験 2 を行った。

実測実験 1

目的 作成した位置情報アプリケーションの位置推定の精度を調査する。

方法 計測地点を縦 2m 間隔で配置して実測実験 1.1 を、縦 6m 間隔で配置して実測実験 1.2 を行った。各地点においてクライアント端末を設置し十分な更新回数分の RSSI を取得し、そこから導出された定義域を記録したフィンガープリンティング DB を生成した。DB 生成後、いくつかの地点で実際にその地点にクライアント端末を設置し位置推定を行い、その結果から位置推定の精度を調査した。

結果 実測実験 1.1、実測実験 1.2 の結果をそれぞれ 5.1、5.2 にまとめた。

表 5.1 実測実験 1.1 の結果

実際の測定地点	出力結果
A 地点	A 地点
B 地点	B または C または D 地点のいずれか
E 地点	E 地点

実測実験の結果から正しく位置推定ができた場合が約 6 割程度、正しい位置推定がなされなかった場合は、実際の測定地点または付近の測定地点のいずれかという出力結果となった。考察 結果から、2m 間隔、5m 間隔のいずれでも実際の測定値または付近の測定値のいずれかという出力結果がでるため、正しい位置推定を行うことができない場合があった。しかし、実測実験 1.1 では 2 地点分の誤差が生じ、実測実験 1.2 で 1 地点分の誤差が生じることから少

表 5.2 実測実験 1.2 の結果

実際の測定地点	出力結果
A 地点	A 地点
B 地点	A または B 地点のいずれか
C 地点	C 地点

なくとも $\pm 5,6\text{m}$ 程度の精度で位置推定が可能であると考えられ、しかし、これは今回の位置情報取得アプリケーションの要件を満たしていない。正しい位置推定を行うことができなかった原因として、あらかじめ生成した各地点での定義域が付近の地点同士で重複する部分があることが考えられた。この問題が 2m 間隔、5m 間隔で測定地点を設置したいずれの場合でも生じることから、AP の配置方法に問題があると考えた。本実験では、測定地点の距離間隔によって精度が異なると考え、測定地点の設置に重点を置いた実験であるため AP は適当に設置した。よって、AP の配置方法が、位置推定の精度に關与する可能性を考え実測実験 2 を行うことにした。

実測実験 2

目的 位置推定に用いる複数の AP の配置方法が位置推定の精度に及ぼす影響について調査する。

方法 測定地点を縦に 3 か所、A,B,C 地点を設置し各地点ごとの距離間隔は 5m とした。位置推定に用いる AP を 3 つ又は 4 つ配置し、その配置方法ごとに取得できた定義域を比較することでどのような配置方法で信頼度の高い定義域を取得できるかを調査する。また、定義域取得のための RSSI 更新回数は各配置方法につき 20 回に統一した。

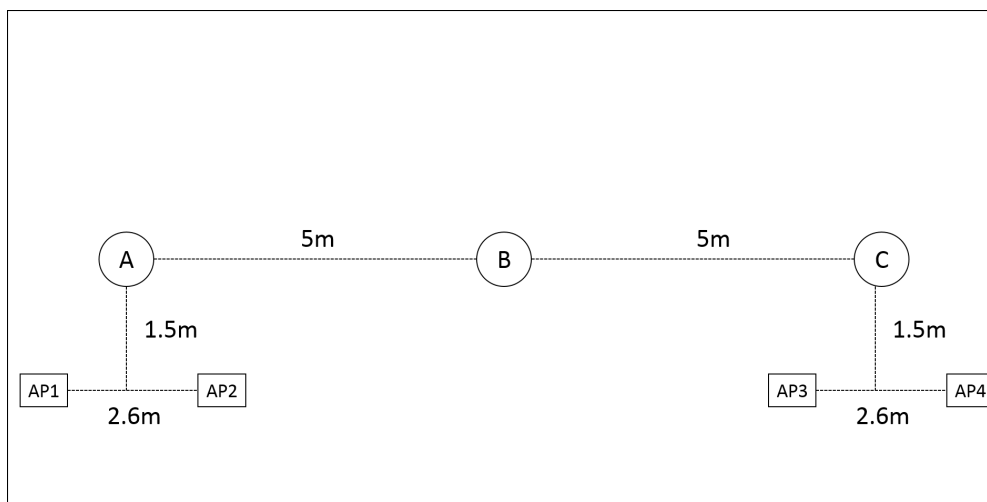


図 5.1 実測実験 2.1 の AP 配置方法

実測実験 2.1, 実測実験 2.2, 実測実験 2.3 における AP 配置方法をそれぞれ 5.1, 5.2, 5.3 に示した。図には AP-AP 間の距離, AP-測定地点間の距離, 測定地点-測定地点間の距離をそれぞれ記した。

結果 実測実験の結果から 3 つの配置方法で定義域の信頼度 (精度) に差が出ることが分かった。定義域が、十分に各地点において分割されているものを信頼度高、そうでないものを信頼度中又は低として表 5.3 にまとめた。実験 2.1 では、AP2 の定義域は B,C 地点が C 地点に

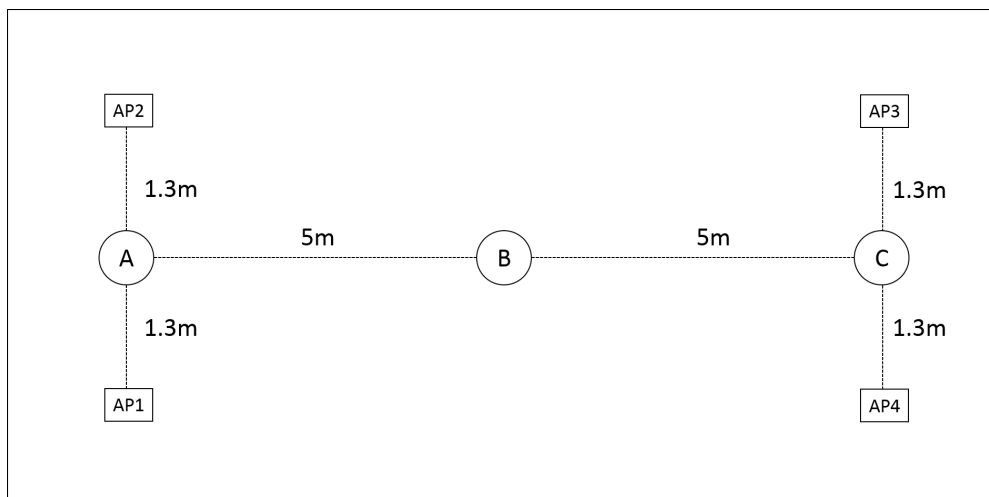


図 5.2 実測実験 2.2 の AP 配置方法

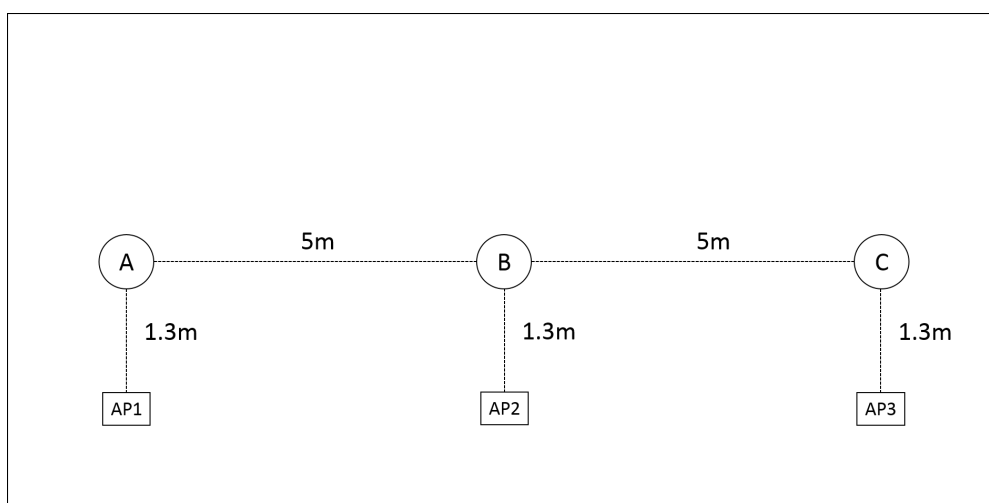


図 5.3 実測実験 2.3 の AP 配置方法

すべて重複している．よって信頼度低である．AP1 に関しては，各 AP についてすべての定義域が重複している地点はないが一部重複する地点が多いため信頼度中とした．実験 2.2 では，AP2 の定義域のみ，B 地点の定義域がすべて A 地点と重複しているため信頼度低であった．実験 2.3 では，すべての定義域について信頼度高であった．

実測実験の結果，AP を縦に 3 つ 5m 間隔で配置した実測実験 2.3 の場合ですべての AP が信頼度の高い定義域を取得できることが分かった．また，それ以外の場合でも半分，またはそれ以上の AP で信頼度の高い定義域を取得できることが分かった．

考察 AP が発する電波は様々な環境や要因によってマルチパスの影響を受けることを考慮してきたが，本実験から，配置された複数の AP が互いの電波によって干渉を受けていると考えられる．実測実験 2.1, 2.2 では 2.6m の距離で隣接している AP1 と AP2 が互いの発する電波によって干渉を受けることによって定義域の取得に悪影響を及ぼしたと考えられる．一方で実測実験 2.3 ではすべての AP において信頼度の高い定義域を取得することができた．これは，AP 間の距離を 5m と十分に離すことで互いの電波の干渉を避けることができたと考えられる．以上のことから，AP の配置方法が定義域の信頼度に影響するため，位置推定の精度にも影響を及ぼすと考えられる．位置推定の精度向上のためには配置する AP 間には十

表 5.3 各実測実験の信頼度の結果

実測実験名	AP 名	信頼度
実測実験 2.1	AP1	中
	AP2	低
	AP3	高
	AP4	高
実測実験 2.2	AP1	高
	AP2	低
	AP3	高
	AP4	高
実測実験 2.3	AP1	高
	AP2	高
	AP3	高

分な距離間隔を取る必要がある。

位置情報アプリケーションの評価

実測実験の結果から、フィンガープリンティング DB 生成の際に高い信頼度の定義域を取得することができれば高い精度での位置推定が望めると考える。そのために、AP の配置方法については AP 間の距離間隔を十分に取るなどの工夫が必要であるが、配置方法についての検討や調査は未だ不十分であると考えられる。他にも、壁際に AP を設置した場合や、AP の数をもっと増やして実測した場合などを考え調査し、検討する必要がある。また、本アプリケーションでは基礎となる RSSI の取得について、一度の取得 (更新) に 4 秒かかった。これは Android-API で用意されたメソッドを用いて取得した場合、取得に 4 秒かかるように設定されているからだと考えた。本アプリケーションをスポーツに用いてプレイヤーやドローンの位置推定を行う上では、0.5~1.0 秒間隔での取得頻度が望ましいと考える。また、今回の実測実験から位置推定の精度は $\pm 5\sim 6\text{m}$ 程度であることが分かった。位置情報アプリケーションの要件としては、誤差 $\pm 2\text{m}$ 程度であったため精度の向上が必要である。

- フィンガープリンティング DB の信頼度の向上に適した AP の配置方法の検討
- スポーツへの応用に向けた RSSI 取得頻度の向上
- RSSI を用いた位置推定精度の向上

以上の点を考慮し、よりスポーツへの適用に向けてアプリケーションを改善する必要がある

(文責: 武田郁弥)

5.3 プロジェクトの活動に関して

5.3.1 プロジェクトの活動の結果

中間発表

7月14日に本学で各プロジェクトの進捗を報告しあう中間発表が行われた。本グループは、コンセプトであるドローンと三次元の位置情報を用いたスポーツの提案までに至った経緯や、イメージ映像を見せながらのサービス内容、当時の段階で検討していたプロトタイプの作成方法や最終発表までの課題と展望を説明した。発表後、聴講者にアンケートを書いてもらったところ、「実現されたら面白そう」、「期待したい」と嬉しい意見もあったが、「安全性は問題ないのか」、「ドローンの必要性がわからなかった」と鋭い意見もあり、中でも「安全性」についての意見は多数あった。こうしたことから、安全性の問題の改善やドローンの必要性を伝える方法などよりよいサービスを展開していくための課題が明確となった。

(文責: 梅澤章乃)

オープンキャンパス

9月18, 19日に開催されたオープンキャンパス in 札幌に参加した。学生16名, 8つのチームが出展参加した。初日である18日にホテル札幌ガーデンパレスにて一般企業の方々を対象に企業交流会を行った。公立はこだて未来大学のプロジェクト学習の活動内容について興味のある札幌の企業の方々を対象により参加しやすい場を設け、意見交換をする目的で札幌での企業交流会を開催した。

二日目は札幌駅前地下広場にて学生や一般の方々を対象にオープンキャンパス in 札幌を行った。あらかじめ、函館の本大学で開催されたオープンキャンパスに参加した学生には開催のお知らせを送付し見学参加を募った。また、人通りの多い札幌駅前地下広場で開催することで全く本大学について知識のない学生や一般のより多くの方々に興味をもってもらおうという目的で開催した。

企業交流会、オープンキャンパス in 札幌では活動概要について発表した。より興味を持ってもらうために、あまり詳しく活動の内容には触れず現状のドローンの活用例やサービスの将来像などに重点を置いて説明した。結果として、かなり聴講者からの反響は良く、ドローン自体についての幅広い質問やサービスを展開していく上での理想や要望などの意見を交換することができた。ドローンについては本プロジェクトグループの発表を聞いてイメージが変わった、サービスが完成したら遊びたくなったなどの意見を頂いた。ドローンを用いたサービスを提案していく上で、ドローンについて良いイメージを伝えるためにもっと日常生活で役立つ活用例を交えるなどして紹介の仕方を工夫していく必要がある。

(文責: 武田郁弥)

アカデミックリンク

11月14日に参加した函館市青年センターで行われたHAKODATE アカデミックリンク 2015での発表の様子を図5.4に示す。アカデミックリンクとは函館市内8高等教育機関の学生が集まり、ポスター展示や実演などにより研究している内容や成果などを発表しあう合同研究発表会である。

アカデミックリンクでは興味を持ってもらうことや成果物の機能を知ってもらうことに重点を置き、ポスターを見てもらいながら説明した。その結果、安全性についての意見や質問も多かったが遊んでみたいなどの意見も多くドローンや位置情報を利用したサービスについて様々な意見を得ることができた。また、ラジオ放送の方から本プロジェクトグループについてのインタビューもあり、多くの人に本プロジェクトグループの活動について知ってもらうことができた。ドローンを飛ばしてほしいといった声も多かったため実演を交えた発表をする必要性を感じられた。



図 5.4 アカデミックリンク

(文責: 相沢遼平)

最終発表

12月11日に行われた最終発表の様子を図5.5に示す。本グループはドローンと三次元の位置情報を用いたスポーツの提案、パスキャッチのプロトタイプを用いたデモンストレーション、今後の展開についての説明を行った。また、アンケートを作成し聴講者を書いてもらった。アンケートの内容は大きく2つに分類され、ヘルメットなどの着用により安全性が確保されると思うかとドローンのコンピュータ制御によってプレイヤー間に生まれるハンディキャップを埋めたスポーツが実現できると思うかである。アンケートの結果、安全性が確保されるかについて良い意見の聴講者が多くハンディキャップを埋めたスポーツが実現できるかについても良い意見の聴講者が多かった。また、Wi-FiやBluetoothでは電波が不安定になるのではないかといった意見もいくつかあり、デモンストレーションでも聴講者のスマートフォンなどの影響でプロトタイプが動かなくなるというアクシデントもあったためドローンの制御についてもう少し考える必要がある。

(文責: 相沢遼平)

5.3.2 プロジェクト活動の評価

中間発表

中間発表で本サービスについて説明し、聴講者からサービスを改良していくための有益な意見を得ることができた。サービス内容や今後の方針に関しては「実現されたら面白そう」「発想が新しい」など好評を得ることができた。しかし、「ドローンと人が衝突したら危ない」、「ドローンを使



図 5.5 最終発表

「必要性がわからない」など指摘する意見もあった。中間発表を終え、よりよいサービス内容に関する課題や発表技術として改善すべき点を発見することができた。サービス内容に関する点では、多数の指摘を受けたドローンの安全性の問題を解決しなければならないため、ドローンに防具をつけるのか、プレイヤーにヘルメットや膝当てなど着用させるのか検討する必要がある。発表技術については、プレイヤーのハンディキャップの差をなくすため、ボールではなくドローンを使う必要があると明確に説明しなければならない。以上のように聴講者から指摘された部分を改善し、更に好評を得るようなサービスを作り上げた。

(文責: 梅澤章乃)

アカデミックリンク

アカデミックリンクで行った発表での聴講者からの意見として「ハンディキャップを埋めるという発想はいい」、「遊んでみたい」などのいい評価もあったが「安全面は大丈夫なのか」、「ドローンはボールに比べて値段が高い」などといった評価もあった。また、ドローンが飛んでいるところが見たいといった意見も多かったため最終発表ではこれらのことを踏まえて発表する必要がある。

(文責: 相沢遼平)

最終発表

最終発表での聴講者から様々な評価や意見を得ることができた。意見にはアイデアはいい、発想はおもしろいなど発表の内容については良い評価をもらった。しかし、デモンストレーションのときにドローンが見にくかった、聴講者から離れすぎていて聞き取りにくかったなどデモンストレーションでの意見が目立っていたためデモンストレーションのやり方について考える必要があることがわかった。全体としては好意的な意見が多く、最終発表としては成功したという評価をもらうことができたといえる。

(文責: 相沢遼平)

第 6 章 今後の課題と展望

6.1 今後の課題と展望

本グループでは、位置情報とドローンを用いたパスキャッチの実現させ、そこから 3 つの課題を見出すことができた。

1 つめは、三次元位置情報の活用である。人間は前後左右と二次元にしか動けない。そこで、プレイヤー間の位置関係によりドローンが上昇させたり下降させることができるなど、プレイヤーの三次元に動くドローンに拡張することで、三次元位置情報を活かした楽しいスポーツができると考える。しかし、現段階のパスキャッチでは、三次元の位置情報を扱っておらず、プレイヤーはドローンを前後にしか動かすことができない。そのため、三次元の位置情報とスポーツをどのように組み合わせ、その実装方法を検討する必要がある。

2 つめは、ハンディキャップの埋め方である。バスケットボールやサッカーのようなチームに分かれて点数を競い合うスポーツをする際、筋力のある人とない人、足の速い人と遅い人ではスポーツでの能力が異なるため、筋力のある人や足の速い人の方が活躍しがちである。そのため、誰もが対等にスポーツすることは難しい。そこで、事前にチームによってドローンの速さが異なるなど、実力の差を調節するなどして、ハンディキャップの差を埋め、誰もが対等に楽しくスポーツができる。しかし、未だにハンディキャップの差の埋め方を具体的に決めていないため、どのような方法でハンディキャップの差を埋めることができるのか検討し、その方法を実現させるシステムを構築する必要がある。

3 つめは、スポーツのルールの制定である。本プロジェクトでは、パスキャッチの実現のみで具体的なスポーツのルールや内容については未だ決めていない。スポーツに応用できる技術を習得し、それを踏まえてプレイヤーの人数やアウトの基準など具体的なスポーツのルールを決めていきたい。

以上 3 つの課題をこなすことで、三次元位置情報を用いたスポーツの実現につながると考える。

(文責: 梅澤章乃)

6.2 今後の展開

スポーツとしてこれから展開するにあたり、集団的スポーツにおいては戦術によって個人の体格差を十分補うことができるという考えがあったが、スポーツの高度化が進むと身体的な要素というものの影響はさらに重要視されてくる [15]。そこで、性別や年齢、身長や体重のような体格差を埋めるような動きをできるようにドローンを制御し、三次元の位置情報を取り入れたルールを制定する必要がある。それは、小さい子がボールを投げたときにゆっくりとしか飛ばないところをボールの代わりにドローンを使うことで大人がボールを投げたときと同等の速さで飛ばすことができたり、ドローンが高く飛ぶことでパスがカットされにくくなるといったものである。また、パスキャッチに使用したドローンのサイズやセンサ、システムなどがスポーツに使用するにあたって適しているかどうか検討していく必要がある。

おわりに

本プロジェクトの最終目的は位置情報を用いて「体を動かす」ことができる「新しい」サービスを提案，実現することであった．

AR 班では，位置情報とブロック遊びを組み合わせたゲームを開発し，完成させることができた．ブロックを置いたフィールドの色や近くのブロックの種類で，表示される 3D モデルが変化し環境を作るゲームである．課題としては，ソフトのスムーズな動きの実装や環境の変化を意識させる作りに改善することである．

ドローン班では，三次元の位置情報とドローンを組み合わせた新しいスポーツの開発を進め，スポーツの基本となるパスキャッチの開発をした．位置情報を登録したプレイヤーがスマートフォンを持ち，投げる動作をすることでドローンが相手のプレイヤーの元まで飛んでいく仕組みである．課題としては，三次元位置情報の十分な活用，スマートフォンに代わる操作デバイスの小型化，位置情報の取得の精度，そしてスポーツのルールの制定をすることである．

各班は当初の目的を十分果たしているといえる．本プロジェクト全体として，成功しているといえる．しかしながら，いくつかの課題を改善しサービスの質を高めることで，より多くのユーザに利用してもらうことができ，既存のサービスにさらに大きな可能性が生み出されるだろう．

(文責: 河村拓真)

参考文献

- [1] 任天堂 .『 ポケモン AR サーチャー 』公式 サイト .
http://www.pokemon.co.jp/ex/ar_searcher/
- [2] 株式会社モバイル&ゲームスタジオ：遠藤雅伸のゲームデザイン講義実況中継，ソフトバンククリエイティブ (2012)
- [3] アーメスト・アダムス，ヨリス・ドーマンズ (著) ホジソンますみ，田中幸 (訳)：ゲームメカニクス：おもしろくするためのゲームデザイン professional game developer，ソフトバンククリエイティブ (2013)
- [4] 深澤香代子：位置情報アプリケーションのためのサービス提供プラットフォームの提案，電子情報通信学会技報 (2005)
- [5] Parrot Minidrones Rolling Spider (online) ,
 入手先 (<http://www.parrot.com/jp/products/rolling-spider/>) (2015.07.24) .
- [6] JSON-RPC 2.0 Specification (online) , 入手先 (<http://www.jsonrpc.org/specification>) (2015.07.24) .
- [7] RollingSpiderEdu - customFirmware (online) ,
 入手先 (https://github.com/Parrot-Developers/RollingSpiderEdu/tree/master/Parrot_customFirmware) (2016.01.08) .
- [8] Parrot AR.Drone 2.0 (online) ,
 入手先 (<http://ardrone2.parrot.com/>) (2016.01.08) .
- [9] 深澤香代子 . 位置情報サービスアプリケーションのためのサービス提供プラットフォームの提案 . 電子情報通信学会, 2005 .
- [10] 吉澤菜津子, 遠藤貴裕, 永見健一 . 屋内位置情報における推定技術の開発と新しいサービスの展開について . INTEC TECHNICAL JOURNAL No.13, 2013.
- [11] 喬 耘 . GPS 単独測位の高精度化に関する研究 . 東京東洋大学大学院修士学位論文 2005.
- [12] 高田 潤一 . 電波伝搬の基礎理論 . 東京工業大学大学院工学研究科国際開発工学専攻論文, 2005.
- [13] 坂本一樹, 孫為華, 柴田直樹, 安本慶一, 伊藤 実 . 照度のフィンガープリンティングとアクティブ照明の制御に基づく屋内位置推定手法の提案 . マルチメディア , 分散協調とモバイルシンポジウム 2011 論文集, 2011.
- [14] 鈴木崇史 . GPS 測位におけるマルチパス波の影響とその低減に関する研究 . 東京商船大学大学院商船学研究科流通情報工学専攻修士学位論文, 2004.
- [15] 渡辺紀 , 新保淳 , ルールにおける機会均等に関する一考察 身体的条件を視点として , pp.1-12 , スポーツ教育学研究 , 1989.
- [16] 安藤 真 , 広川二郎 . アンテナの基礎と高効率平面アンテナの設計 - 最新ミリ波・マイクロ波アンテナの基礎技術として - 2004.

付録 A 利用した技術

A.1 新規習得技術

A.1.1 3D モデリング

Metasequoia や Blender を用いて 3D モデルの作成を行う方法を習得した。今後、よりリアルな 3D モデルの作成技術の習得を目指している。

(文責: 村山愛葉)

A.1.2 ゲームエンジン

Unity と Vuforia を用いて AR 技術を用いたアプリケーションを作る方法を取得した。今後は位置情報を取り入れた機能を加える方法を学習する必要がある。

(文責: 村山愛葉)

A.1.3 Perl

Perl を用いてプロトタイプのサーバを構築する方法を習得した。

(文責: 梅澤章乃)

A.1.4 JavaScript

JavaScript を用いてスマートフォンからサーバに情報を送信するプログラムを実装した。今後は 1 つの動作だけでなく、他の動作と区別して送信するプログラムを加えることや、JavaScript を用いてサーバを構築する必要がある。

(文責: 梅澤章乃)

A.2 利用した既存技術

A.2.1 AR 技術

AR とは Argumented Reality の略称であり拡張現実を意味しており、現実世界を端末上を通してみることで、仮想的な付加情報を組み合わせることができる技術である。

(文責: 村山愛葉)

付録 B 活用した講義

B.1 情報デザイン 2

本講義で学んだグループワークにおけるアイデア出しの手法を活用した。

(文責: 村山愛葉)

B.2 情報表現基礎 2

本講義で学んだ積極的なプロトタイピングを用いてインタフェースを考案した。

(文責: 村山愛葉)

B.3 データベース工学

本講義で学んだデータ管理手法を、サーバ内部でクライアントが送信するデータの管理に活用した。

(文責: 村山愛葉)

B.4 ヒューマンインタフェース

本講義で学んだヒューマンインタフェースを考慮したデザインについて考案した。

(文責: 村山愛葉)

付録 C AR グループの活動概要

C.1 組織形態

ルール制作班 笠井 康平, 堀井 堯史, 村山 愛葉

ゲームシステム班 小関大河, 河村拓真

C.2 制作班別活動内容

C.2.1 ルール制作班

活動期間 6 月中期 後期

活動内容 「ゲームメカニクス：おもしろくするためのゲームデザイン professional game developer」[3] をもとに，想定プレイ環境や，想定プレイ人数を検討した．現時点では箱型のマーカーを用いて 3D モデルを出現させ，無人島と仮定したフィールドを創造するゲームを考案中であり，フィールドの位置情報やマーカーの種類によって，3D モデルが変化するルールを詰めている段階である．また，プレイ環境としては，同時に 3 4 人程度が遊ぶことのできるような大きなテーブルを使用することを想定している．

C.3 ゲームシステム班

活動期間 6 月中期 後期

活動内容 初めに，AR がどのように用いられているかを調べ活用方法を模索した．AR 技術を用いたアプリケーションを作るためのソフトウェアを考え，Unity と Vuforia を用いることとした．そこから，ゲームに用いることになる機能を試し，本プロジェクトの最終目標に差支えないと判断した．現在は位置情報を活用した機能を加えるために，Vuforia のコードを解読している．また，プレイヤ同士でデータを共有するために Node.js と WebSocket を用いて，サーバの作成と端末からのクライアント接続できるシステム開発を行った．

C.4 個人作業別活動内容

本項目においては，グループ全員で活動したものについては省略し，個人の取り組みを取り上げることとする．

C.4.1 笠井康平

6 月 厚紙とフェルト，1 つの面に AR マーカーを貼り付けブロックのプロトタイプを作成した．ものづくり団体への発表も行った．

7 月 中間発表への準備，発表を行った．

9 月前期 企業交流会，札幌オープンキャンパスへの出席，発表を行った．

9 月後期 インタフェース製作 3

10 月 アカデミックリンクで使用する成果物の作成を進めた。プロトタイプで作成した AR マーカーをもとに MDF を使用した AR マーカーの考案・作成を行った。AR マーカーとして用いる箱の内部にはマーカーに応じた物体を入れ、移動させる際に音が出るものを目指した。フィールドはのりパネに色付きの布を貼り付けて作成した。

11 月前期 アカデミックリンクに向けての発表方針の決定

11 月後期 アカデミックリンクへ参加をした。

12 月前期 最終発表に向けての準備を行った。

12 月後期 最終発表を体育館を使用して行った。前面に実際に作成した成果物を置き、その後ろにポスターを設置する形式で進めた。また、ドローン班の発表の補助も行った。その後、本学生 13 名に協力を仰ぎ、評価実験を行った。

C.4.2 河村拓真

6 月 3D モデリングと AR 技術による 3D モデルの表示を行った。動画の制作を始めた。

7 月 動画の制作を終えた。

9 月 Vuforia の仕様を確かめるためにいろいろ試行した。

10 月前期 Vuforia の仕様を確かめるためにいろいろ試行した。

10 月後期 ソフトウェアの 3D モデルの制作をした。

11 月 ソフトウェアの 3D モデルの制作をした。アカデミックリンクのためのアプリケーションを作成した。アカデミックリンクに参加し、2 つの班の発表を行った。

12 月 最終発表を行った。評価実験を行った。

C.4.3 小関大河

6 月中期 Vuforia を使って AR マーカーを読み込み Unity 上で 3D モデルを表示した。

6 月後期 インタフェース制作 1 システムの通信部分開発

7 月前期 インタフェース制作 2

10 月前期 Bitbucket でソースコードを管理するようにした。

10 月後期 カメラの映像を取得し、画素情報の RGB から季節を判断する仕組みを作成した。

11 月前期 カメラの映像を取得し、画素情報の HSB から季節を判断する仕組みを作成した。

11 月後期 作成された 3D モデルを Unity 上に配置した。アカデミックリンクにて発表をした。また、アカデミックリンクでは司会を行った

12 月 最終発表と評価実験を行った。

C.4.4 堀井堯史

6 月 厚紙に色付きフェルトを貼り付け、その上から AR マーカーを意識して作成した紙を貼り付けたものをプロトタイプとして作成した。このプロトタイプを用いてものづくり団体への発表のための PV 撮影に用いた。

7 月 これまで作成したプロトタイプに改善を加え、中間発表に向けて作業を進めた。その際に、スライドの訂正に着手した。中間発表を行い、アンケートを収集することで今後の作業内容

について考察した。

- 9月後期 これまで作成したプロトタイプで得られた情報をもとに、本制作へ向けての話し合いを進めた。
- 10月 アカデミックリンクで使用する成果物の作成を進めた。プロトタイプで作成した AR マーカーをもとに MDF を使用した AR マーカーの考案・作成を行った。AR マーカーとして用いる箱の内部にはマーカーに応じた物体を入れ、移動させる際に音が出るものを目指した。フィールドはのりパネに色付きの布を貼り付けて作成した。
- 11月前期 アカデミックリンクに向けての発表方針の決定を行った。また、これまで作成したフィールドのサイズではアカデミックリンクで使うことが困難なため、サイズの小さいものを作成した。
- 11月後期 アカデミックリンクへ参加をした。この時、様々な方からインタフェースや表示されるモデルなどをはじめ、意見や感想を頂き、最終発表に向けての発表内容やインタフェースの改善を図った。
- 12月前期 AR マーカーを収納する箱や、発表の際に使用するタブレットケースの作成に着手した。また、ポスター；内容の推敲や PV の方向性など、最終発表に向けての準備を進めた。
- 12月後期 最終発表を体育館を使用して行った。前面に実際に作成した成果物を置き、その後ろにポスターを設置する形式で進めた。また、ドローン班の発表の補助も行った。その後、本学生 13 名に協力を仰ぎ、評価実験を行った。

C.4.5 村山愛葉

- 6月後期 厚紙とフェルトを用いた最初のペーパープロトタイプングを行った。3色のブロックと黒い布を用意し、想定される遊びの場面を写真に収めた。これを用いて、地域のものづくり団体の方への発表を行った。
- 7月後期 前回制作したプロトタイプに AR マーカーとなるマークを貼り、ブロックを再制作したのち、中間発表で展示した。また、中間発表で使用するポスターの制作を行った。
- 9月後期 プロトタイプ制作から分かったことをもとに、インタフェースの本制作の設計を行った。
- 10月前期 インタフェースの本制作を実行した。工房でのレーザーカッターによる MDF の加工を行い、ブロックを制作した。また、布とのりパネを用いたフィールドの作成を行った。アカデミックリンクで展示するポスターの作成を行った。
- 11月前期 アカデミックリンク参加にインタフェースを展示した。アカデミックリンクでは、代表スピーチを行った。その後、タブレットケース、おもちゃ箱の制作を行った。また、最終発表ポスターを作成した。
- 12月前期 提案を紹介する動画の制作を行った。最終発表ですべてのインタフェースを展示し、プレゼンテーションを行った。

付録 D ドローングループの個人活動の詳細

D.1 相沢遼平

- 5月 ARとはどのようなものか、どんなことに使われているかについて調べた。ARやドローンを使ったサービスについての案をいくつかあげた。
- 6月 ドローンを使ったサッカーを基礎としたゲームについてグループで話し合った。プロトタイプを実装するためにPerlについて勉強した。企業の方々との提案発表会に参加した。
- 7月 中間発表の準備を進め、中間発表を行った。個人報告書やグループ報告書の担当した部分を作成した。
- 10月 電波強度を利用して位置情報を割り出すためにフィンガープリンティングやk近傍法といった手法を学んだ。11月に函館青年センターで行われるアカデミックリンクでの発表の準備に取り組んだ。
- 11月 HAKODATE アカデミックリンク 2015に参加した。アカデミックリンクでは30秒スピーチを行い、ラジオ放送の人からの本プロジェクトグループについてのインタビューに答えた。
- 12月 最終発表に参加した。最終発表ではドローン班の内容についての説明を行った。最終報告書をかき始めた。

D.2 秋山卓巳

- 5月 位置情報サービスにおける利点はどのようなところにあるのか、サービス展開について話し合った。ドローンを利用したサービス、AR技術によるサービスに分かれ、それぞれで既存の技術や新たなサービスを展開する上で必要な技術について調査した。
- 6月 基本的なコンセプトを決め、班分けを行った。具体的なサービスを考案する上でドローンを購入することでどのようなAPIが提供されていて、実際にどこまで操作ができるのか実験し、どのようなことができるのか考えた。まず始めにプロトタイプ作成を行い、ドローン操作のプログラムの作成を担当した。
- 7月 プロトタイプの作成、テストを行った。ここではクライアントからの操作とドローン操作を対応させるプログラムを作成した。中間発表に向けて発表資料を作成し、プロトタイプの説明部分を担当した。
- 10月 位置情報取得に関する議論を行った。また、本開発として、位置情報を加味したパスキャッチができるようにプロトタイプを改良した。
- 11月 引き続き、最終発表に向け本開発を行った。また、アカデミックリンクに向け、発表内容の検討、投げる動作を可視化するプログラムをデモとして作成した。
- 12月 最終発表の発表資料、デモの作成を行った。

D.3 梅澤章乃

- 5月 プロジェクトの配属先が決定し、メンバーで顔合わせを行い、どのようなサービスを展開していくのか話し合った。その結果、ドローンを使用したサービスと AR 技術を用いたサービスを展開することとなった。そこで、ドローン班と AR 班に分かれ、それぞれの既存サービスを各々で調べ、どのようなサービスが展開できるのか話し合った。この段階では AR 班に所属し、AR 技術を用いた既存サービスを調べた。
- 6月 各班で既存サービスを調べ、どのようなサービスを展開できるのか話し合い、その内容をプロジェクト全体で共有し、正式な各班の配属が決まった。ドローン班に所属し、具体的なサービスの方針を決め、それに必要な技術を検討した。そこで、使用する技術の可能性を広げるため、ドローンでパスキャッチを行うプロトタイプを作成することとなった。スマートフォンから Web サーバに情報を送信するプログラムを HTML と JavaScript を使用して構築した。また、函館の企業の方に本グループのサービスの方針を説明するため、発表資料を制作し、実際に企業の方の前で説明した。
- 7月 先月に引き続きプロトタイプを製作した。その後、グループで中間発表に向けた資料の構成や、説明の流れを検討し、発表の練習を行った。中間発表後は、中間グループ報告書の一部と中間個人報告書を作成した。
- 10月 先月に引き続きプロトタイプを製作した。その後、グループで中間発表に向けた資料の構成や、説明の流れを検討し、発表の練習を行った。中間発表後は、中間グループ報告書の一部と中間個人報告書を作成した。プロトタイプの作成を終え、その反省を踏まえて更に精度の高いモーションアプリを実装する作業し、11月にあるアカデミックリンクに成果物を出せるよう取り組んだ。
- 11月 14日にアカデミックリンクがあり、そこで学生や一般の方に本プロジェクトのサービス内容を説明した。その後、最終発表に向けて本開発を進め、発表する内容を考えた。
- 12月 プロジェクトの最終発表があり、そこで本サービスの内容や、成果物のデモを見せた。その後、最終発表で聴講者に書いてもらったアンケートを集計し、最終報告書の作成に取り組んだ。

D.4 武田郁弥

- 5月 プロジェクトメンバー、担当教員との顔合わせ自己紹介を行った。プロジェクトコンセプトを確認した後、フィールドワークを行い KJ 法によるアイデアの共有を行った。話し合いの末、ドローン班と AR 班の 2 つのサービスを考えることが決まり、各班メンバーの仮決定を行った。私はドローン班に所属しサービスのコンセプトや具体案、実現までの流れを話し合った。
- 6月 各班メンバーの本決定を行い本格的に実装への活動を始めた。私はドローン班へ所属しプロトタイプのサーバの構築に携わった。Perl の環境設定から実装のための勉強をしながら実装した。プロトタイプサーバでは、プレイヤー識別 ID を割り振り管理する機能を実装するため MySQL を用いてテーブルを作成し管理するプログラムを作成した。また、異業種交流会の企業の方々へプロジェクトコンセプトとサービス内容、現状の成果を発表し、アイデアや意見を頂いた。

Implementation of Novel Location-based Services

- 7月 引き続きプロトタイプサーバの作成を行い，中間発表の準備に着手した．私は発表スライドの作成と調整に携わった．中間発表は3階ミュージアムにて行い，私は後半2回の発表を行った．
- 10月 完成したプロトタイプの評価を踏まえて作成する位置情報アプリケーションの要件を決定した．要件をもとに実現方法や手法を検討し，実装を始めた．
- 11月 函館青年センターにて開催された，アカデミックリンク 2015 に参加した．また，最終発表に向けての発表練習やアンケートの作成に取り組んだ．
- 12月 最終発表を行い，最終報告書の作成に取り組んだ．