

# スマートフォンを用いた屋内測位技術 のエンターテイメントへの活用

スマホ×屋内測位×リアルイベント

# 1.研究目的

## 研究概要

スマートフォンに搭載されている各種センサーを用いた屋内測位技術を活用し、体験者の行動をリアルタイムにトラッキングし、演出装置との連携を行う。それによって新たな表現を生み出すことを目指す。

## 動機

私は、非日常感という感覚がとても好きである。だが、ゴーグルをつけて行うVRコンテンツでの没入感に疑問を感じることもあった。そこで、仮想世界を現実近づけるのではなく、現実世界に仮想世界を呼び出す手法の研究を行いたいと考えた。

現実世界に仮想世界を呼び出すためにすべきこととして、私は現実世界の様々な情報を取得し、それを元に行動を推測、それに応じた演出を行うことが現実世界に仮想世界を呼び起こすことにつながると仮定した研究を行なった。

## 狙い

“リアルイベントをデザインとテクノロジーで Hack する”がこの研究の目指すところである。屋内測位技術を使うことで体験者を一意に認識した上で体験空間上で体験者の辿った形跡を記録し、それによって体験者1人1人の空間内での行動に応じた演出をすることができる。

スマートフォンを用いた理由としては、スマートフォンには多数のセンサを搭載しているだけでなく、通信機能を備えておりカラー画面も備えており、様々な機能を1台で扱うことができるからであり、また現代では1人1台と言えるほどに普及をしているスマートフォンを用いることで設営コストや開発コストの削減を狙い、実際に普及をするシステムの開発を目指す。

## 2.研究過程

### -テーマ決定-

- ・第一案:音楽ライブをインタラクティブにする演出システムの開発
- ・第二案:VRゴーグルを使用せずに没入感を生み出すイベント演出用システムの開発

4月時点ではこの2つのアイデアが自分の中にあり、このどちらで進むかを迷っていた。どちらも具体的な手法が浮かんでいる訳ではなく、手探りの状態であった。だが、私の中でスマートフォンを使ったリアルタイム演出、屋内測位を生かした演出、体験者の行動の履歴に応じて変化する演出などへの関心は以前からあった。特に昨年「CEATEC」や測位技術に関するカンファレンスである「G空間EXPO」などへ足を運んだ際に屋内測位技術をはじめとした様々なテクノロジーに触れ、演出へと応用をすることができそうな技術をいくつか目星をつけていた。

また、スマートフォンを用いたリアルタイムインタラクションというアイデアは以前から取り組んでいたテーマであり、2017年5月にはイベント演出へ試験的に導入を試みるなどの活動を行い、芸術祭ではシステムの不安定性やチームの分裂などから企画破棄とはなってしまったものの大規模企画の制作の試みるなど、この分野への挑戦は以前から行なっていた。そこから、スマートフォンを用いたインタラクションは私の中で鍵として考えていた。

そんな中、何か参考になるものはないかと5月祭へと足を運び、様々な研究発表を見ていたところ、スマートフォンを用いた高精度な屋内測位技術に関する研究を目にした。

### -技術選定-

屋内測位に関する技術として、画像認識を活用したポジショントラッキング、加速度センサやジャイロセンサによる測位、可視光通信による測位、Beaconを用いた3点測位、非可聴音を超指向性スピーカーで発信することによる測位、Time Reversal Machine技術によるWiFiを用いた空間センシングなどがある。

この中でもTime Reversal Machine技術によるWiFiを用いた空間センシング技術は既存のWiFi発信装置に加え、Time Reversal Machine社製の受信装置を利用することで、空間内の様々な情報をセンシングすることができるというシステムであり、複数の人や物体の位置検出、さらに呼吸検知などを高精度に検出することが可能となる。こちらは既存のWiFi規格上で運用をしていることから、アップグレードや拡張が容易であり、こちらを利用した開発を検討した。しかし、こちらは導入事例がまだ少ないため情報量も少なく開発コストの高騰が懸念され、またオープンソースではない技術を根幹に据えた研究は好ましくないという判断から、開発コストや設置コスト、精度などの要素を鑑みた結果、画像認識によるポジショントラッキング、Beaconを用いたBluetoothによる3点測位、屋内測位に関する技術として、画像認識を活用したポジショントラッキング、Beaconを用いたBluetoothによる3点測位、加速度センサやジャイロセンサによる測位の3つを複合的に活用するという形にすることにした。

## 5月末の試作・実験計画書

### 4年前期ゼミ（高山） 試作・実験計画書

本用紙は5月31日（木）のゼミ開始時までにはPDF等で各自のブログに掲載してください。

試作・実験の記載内容は長くなってもいいので詳細に書いてください。必要があれば記入欄やページを増やして下さい。

氏名	河崎勇斗
----	------

全て記入してください。「未定」という記述は不可とします。

1. 改めて研究テーマのタイトルと概要を簡潔に教えてください。テーマが変わった人はその旨も記載してください。

タイトル

スマートフォンのWEBブラウザを活用したリアルイベントにおける体験の拡張

概要

スマートフォンのWEBブラウザ上で各種センサやwebsocket通信を活用することで、リアルイベントにおける体験の拡張を目指す。

2. 上記のテーマにおいて、何を目的として試作・実験を行う必要がありますか？該当するもの全てに○をつけてください。

(○) 自身が掲げるテーマにおいて、予想通りの効果が得られるかどうか確かめるため

(○) 技術的に解決すべき問題を早期に解消し、本制作が実現可能なものかどうか確認するため

( ) 12月の成果物提出までに完成できる内容かどうか、スケジュールなどを予測するためのテスト制作

( ) その他 具体的に記入→( )

3. どのような試作・実験を行うのか詳細を具体的に記述してください。必要に応じて図表を含めることを推奨します。

iOS標準のARKitを活用した場合の屋内測位の精度、及び複数の端末の同期について。

→加速度センサを用いた屋内測位技術の精度がどれほどなのか。

また、複数端末を同期する場合にマシンに要求される計算コストがどれほどなのか。

WebSocket通信を用いたブラウザ-演出用ツール間の通信システムの確立。

→今回の研究の根幹となる技術。

現時点ではブラウザ-サーバー間の通信技術は習得しているが、サーバーからローカルマシンへの接続が上手くいっていない。

リアルイベントにおける現在の演出の分析

→現段階で存在しているコンテンツに対する分析がまだ甘いと感じているので、現時点で存在しているコンテンツを分析する。GW時に体験しようと考えていたものをまだ体験できていないので、まずはそこから。

4. 上記を調査して、7月のテーマ発表までにどのような成果が出ると予測されますか？

技術的課題の解決。

どのような体験を提供すべきかという指針

5. 現時点で考え得る、卒研の最終成果物の形式を説明してください。

体験型インストール及びWEBアプリケーション

実際に歩きまわって体験出来る形にしたい。

6. 現時点で考え得る、ゼミ展の展示内容を説明してください。

WEBアプリケーションのデモ及び小さな体験型インストール。

オブジェクト1つ置くらいの規模感を想定。

# -ゼミ展-

## ゼミ展での目標

### 1.システムの完成

この時点でのシステム計画は、クライアント端末から受け取った値をOSCサーバへと渡すAPIサーバ、APIサーバから受け取った値を演出装置へと渡すOSCサーバをローカルに立て、ネイティブアプリにて屋内測位を行いその値をAPIサーバへ送信するという形であった。

しかし、ネイティブアプリの開発には難航をしてしまったのでブラウザベースでの開発へと切り替え、加速度センサ、ジャイロセンサ、磁気センサ等の値を加工し、Webサーバへ値を渡すという形へと切り替えをした。

また、この時点までは開発経験のあるRubyでのサーバ開発を行っていた。

### 2.システムを実際に運用し、運用上の問題点を洗い出す

まず運用上の大きな問題として、MAUスポットのローカルネットワーク上にWebサーバを立てたところ、ネットワーク内の他の端末からアクセスを試みてもセキュリティに弾かれてしまうという問題が発覚した。

また、システムを起動したまま帰宅したところ、翌朝にグラフィックのバグが発生していたので、長時間起動に弱いということが発覚した。

致命的な問題を発見することは出来たものの、対策が間に合わずに体験を行うことができない状態になってしまったため、実際に来場者が体験する状態での運用を行うことが出来なかった。

### 3.研究目的やシステムの概要をまとめあげ、発表をする

これは3つの目標のなかで唯一達成出来たと考えている。研究目的に関してはこの時点で完全に固まっており、システムの概要に関してはRubyではなくnode.jsを用いている、getリクエストでの接続を行っているなどの細かい差異はあるものの、大筋は固めることができていた。

### 総括

普段はステージ上での演出、パフォーマンスや映像制作、WEBアプリの開発などを主軸に活動をしていて、空間の演出を考えた展示にあまり慣れていないということもあり、少々苦戦を強いられた。

また、ローカルネットワーク上のサーバにpingは通るのにアクセスは出来ないという状態の原因究明に時間を奪われてしまった。なので、卒業制作展ではなるべく開発環境をそのまま本番環境に持ち込むべきだと判断した。

## 屋内測位技術による体験型エンターテインメント構想

### この研究について

“リアルイベントをデザインとテクノロジーで Hack する” それが私の目指すところ  
です。この目標に向け、実質 1 人 1 台が当たり前となっているスマートフォンを活用  
することで実現しようというのが本研究の概要です。

多数のセンサに通信機能を備え、タッチデバイスも搭載しているスマートフォン。本  
研究では、これらを使ってできることのうち屋内測位技術に注目しました。

私は、この屋内測位技術を使い、体験者と空間の関係性に着目したインタラクション  
の可能性を探っていきます。

スマホ

×

屋内測位技術

×

リアルイベント

### そもそも屋内測位技術って？

測位技術とは、その端末の位置情報を取得する技術です。屋外での測位は GPS 衛星  
を使った位置測位が一般的ですが、屋内ではその信号を受信することが出来ないため、  
代替となる技術が用いられています。また、屋外型よりも高精度な測位技術も存在し  
ています。通常は、下記に示した技術を含めた様々な技術を複合して利用します。



Beacon 方式

複数のビーコンから受信した Bluetooth 電波  
強度から、三点測位によって現在地を推定する。  
ビーコンは小型かつ省電力であるため柔軟な設置が可能



画像認識

カメラによって取得した画像を用いて計算を行い、位置情報を推定する。  
予め取得した画像との照合を行う場合と、リアルタイムに取得した映像  
のみを使い、相対的な位置情報を取得する場合がある。

# デモンストレーションの概要

## 概要

### STEP1

アプリを起動する



### STEP2

スマホを持って歩く



### STEP3

位置情報に応じてモニター  
の演出が変化する



## システム図

### スマートフォン



ARkit の位置トラッキング機能による相対的測位、画像認識による絶対的測位を複合。

それらの情報をサーバにgetリクエストで送信

get

### サーバー



スマートフォンからのget リクエストを受け、演出制御装置にOSC 信号を渡す。

OSC

### 演出制御装置



受信した OSC 信号に応じた演出を行う。  
このデモでは、画面に表示を行うのみだが、ハードウェアの制御も可能である。

# -芸術祭-

## 芸祭での目標

### 1.システムの完成

Web socket周りのライブラリはRubyよりもnode.jsの方が充実していることから、バックエンドシステムの再開発を行なった。私の中で苦手意識はあったものの、実際に開発を進めたところnode.jsの方がより効率的な開発を行うことができた。また、クライアントサイドに関しては工数の関係からブラウザベースでのシステムのアップデートを行った。

socket.ioではなくgetリクエストでの接続である点や、ブラウザベースでのクライアントなどの問題はあつたものの、精度やラグを許容すれば展示ができるシステムの構築に成功した。

### 2.実運用の経験を積む

芸術祭では3日間を通してシステムを稼働させ続けることが出来た。その結果、大きな問題が3つほど発覚した。1つは芸術祭全体へ来場者が増えるに従い電波環境が悪化し、部屋の中での4G回線での接続がうまくいなくなる場合があるということ。2つ目として、メモリ管理をしっかりと行わないと長時間の稼働を行った場合にメモリリークを起こして演出装置がダウンをしてしまうということ。そして、特定条件下で同時に複数のクライアントの接続を行うとサーバーがダウンするという不具合。1つ目に関しては会期中の対策は困難だったが、2つ目,3つ目に関しては展示装置の遠隔監視システムの導入、会期中にリモートでアップデートを行い続けることで回避をすることができた。

この芸術祭では遠隔監視システムの構築やリモートでのアップデートなどの実験には成功し、その点に関しては運用経験を積むことに成功した。

### 3.演出装置の実験を行う

演出装置に関してはスペースの関係から細長い空間でできる装置を作る必要があつた。また、システムの構築に工数を割いてしまったために空間の演出は殆ど行わず、装置の作成のみを行った。また、超単焦点プロジェクターを利用した投影のテストも行った。

## システムについて

WebAPIへのgetリクエストをProcessingから飛ばし、受け取ったデータをOSC形式にてMAX7へと渡す。MAX7では、空間を楽器として捉え、y軸を音高,x軸をエフェクターの強さにアサインを行い、音響合成を行ない、Processingでは端末から受け取った各種情報の描画及びx軸を大きさ,y軸を色として認識し、モーショングラフィックスの自動生成を行なった。

MAX7のパッチとしては、OSCで受け取った値をパースし、x軸の値を処理しサイン波にアサイン、filter graphオブジェクトへと渡し、y軸の値を処理しfilter graphオブジェクトのgainへとアサインをし、それをデジタルアナログコンバーターにて処理しスピーカーから出力をするという仕組みである。

Processingのプログラムとしては、まずWebAPIへとgetリクエストを飛ばしクライアントの接続状態の確認を行う。クライアントの接続がfalseであれば待機画面の映像を流す。クライアントの接続がtrueの場合、WebAPIから受け取った値をOSC通信にてMAX7へと渡す。そして、クライアントの情報をテキストデータとして描画し、同時に円の描画を行う。x軸の値に応じて各パーツのサイズとして認識させ、y軸の値に応じて各パーツの色を変更する。



## 屋内測位技術による体験型エンターテインメント構想

### この研究について

“リアルイベントをデザインとテクノロジーで Hack する” それが私の目指すところ  
です。この目標に向け、実質 1 人 1 台が当たり前となっているスマートフォンを活用  
することで実現しようというのが本研究の概要です。

多数のセンサに通信機能を備え、タッチデバイスも搭載しているスマートフォン。本  
研究では、これらを使ってできることのうち屋内測位技術に注目をしました。

私は、この屋内測位技術を使い、体験者と空間の関係性に着目したインタラクション  
の可能性を探っていきます。

スマホ

×

屋内測位技術

×

リアルイベント

### そもそも屋内測位技術って？

測位技術とは、その端末の位置情報を取得する技術です。屋外での測位は GPS 衛星  
を使った位置測位が一般的ですが、屋内ではその信号を受信することが出来ないため、  
代替となる技術が用いられています。また、屋外型よりも高精度な測位技術も存在し  
ています。通常は、下記に示した技術を含めた様々な技術を複合して利用します。



Beacon 方式

複数のビーコンから受信した Bluetooth 電波  
強度から、三点測位によって現在地を推定する。  
ビーコンは小型かつ省電力であるため柔軟な設置が可能



画像認識

カメラによって取得した画像を用いて計算を行い、位置情報を推定する。  
予め取得した画像との照合を行う場合と、リアルタイムに取得した映像  
のみを使い、相対的な位置情報を取得する場合がある。

# デモンストレーションの概要

## 概要

### STEP1

下記 WEB サイトに  
アクセス



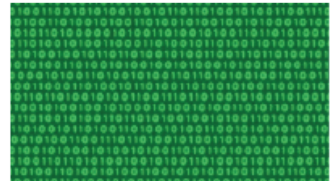
### STEP2

スマートフォンを手  
にもって移動をする。



### STEP3

位置情報に応じてプロ  
ジェクターやスピーカ  
ーの演出が変化する。



## システム図

スマートフォン



socket.io



加速度センサや磁力セ  
ンサの値をブラウザか  
ら取得し、web socket  
にてサーバーへ値を送  
信する。

サーバー



web socket にてスマー  
トフォンから値を受け取  
り、演出装置に値を送信  
する。

演出装置



サーバーからユーザーの  
情報を取得し、それらを  
元にプロジェクターやス  
ピーカーを使った演出を  
行う。

# スマホ × 屋内測位技術 × リアルイベント

## 本研究の展望

このプロジェクトは、# らぞーな（河崎勇斗）の卒業研究として行っており、本作は、卒業制作展に向けた実験の場と捉えています。

本作では、技術的な理由からネイティブアプリではなくブラウザベースでの開発を行い、加速度センサや磁力センサを用いた測位を行いました。今後は Beacon や画像認識技術を併用した屋内測位を活用したアプリの開発を行う予定です。

また、演出面に関しても空間の都合やネットワーク環境に起因するレイテンシ、工数的問題などを考慮し比較的単純な演出方法を選びましたが、演出方法に関してもより効果的な演出方法があると考え、その点についても探っていこうと考えています。

本研究の展開としては、屋内テーマパークやリアル脱出ゲームのような体験型イベントにおける活用を想定しております。従来の Beacon による屋内測位では不可能だった高精度測位を画像認識技術を用いたポジショントラッキングと併用することでより精度の高い測位を実現することが可能であり、それによりエンターテインメント領域における活用の道が開けると考えております。


卒業制作展覧会では広い部屋を使い、ちょっとしたテーマパークを屋内に作り上げることを目標として制作を進める予定です。その際には是非お立ち寄りください。




### # らぞーな（河崎勇斗）

デザイン情報学科 4 年

ライブ演出, 映像制作, VJ, サービスデザイン

 @hayato\_razona

 razona0718@gmail.com

2015 年 4 月、武蔵野美術大学造形学部映像学科へ入学。映像制作やメディアアートを学んだ後、2017 年 4 月よりデザイン情報学科へ転科。映像制作やライブ演出を軸に、アプリ開発や音楽制作なども行う。

# 3.システム構成

## 0.システム構成



このシステムの概要としては、まずクライアントサイドにて体験者の行動や端末の情報などを取得し、それをsocket.ioにてWebサーバに送信をする。それを受け取ったWebサーバはOSCサーバへとsocket.ioにて渡し、OSCサーバ上で受け取ったセンサの値を座標情報に変換し、各種演出装置へとOSC通信にて配信を行うという仕組みである。

## 1.クライアント(スマートフォン)

クライアントサイドは、ブラウザベースのWebアプリケーションと、Swiftにて開発をしたネイティブアプリケーションの2つを制作した。技術的な課題を抱えた結果、Webアプリケーションとネイティブアプリケーションの2つの開発を行った。

## Webアプリケーション

加速度センサ,ジャイロセンサ,方位センサにて移動距離の算出を行い、磁気センサにて距離の算出を行う。センサーの値の取得をイベントハンドラに値を[socket.io](https://socket.io)にてWebサーバに送信をする。

Webアプリのデメリットとして、java scriptでは加速度センサ,ジャイロセンサ,磁気センサしか利用できず、BLE Beaconや画像認識によるポジショントラッキングが行えないため精度が甘くなってしまうということがある。

移動距離の算出方法については別紙”機能構成図”でも解説を行うが、ここでも簡単な解説を掲載する。移動距離の算出にはdevicemotionにて加速度センサ,ジャイロセンサを取得し、方位の取得はwebkitCompassHeadingにて行う。

### 移動距離の算出

移動距離の算出方法は、devicemotionによって加速度センサ,ジャイロセンサの値を取得する。そこから、重力加速度の取得を行い、その値を処理することで重力加速度ベクトルの取得を行う。そして、重力加速度ベクトルの値が閾値よりも高い場合は歩行状態をtrueと判定。歩行状態がtrueの時に閾値よりも低くなった時、stepに1を加算し歩行状態にfalseを代入する。

また、歩数を距離へと変換するために体験者に合わせたキャリブレーションを行う。9mの距離を直進する時の歩数を測定。9mを歩数で除算することで体験者の1歩あたりの距離を推定する。

```
sensor.js

/ 重力加速度のしきい値
var GRAVITY_MIN = 9.8;
var GRAVITY_MAX = 12.00;
// 歩数
var step = 0;
// 現在歩いているかどうか
var isStep = false;

window.addEventListener("devicemotion", function(e){
    e.preventDefault(); // 重力加速度を取得
    var ag = e.accelerationIncludingGravity;
    // 重力加速度ベクトルの大きさを取得
    var accc = Math.sqrt(ag.x*ag.x + ag.y*ag.y + ag.z*ag.z);

    if (isStep) {
        // 歩行中にしきい値よりも低ければ一步とみなす
        if (accc < GRAVITY_MIN) {
            step++;
            isStep = false;
        }
    } else {
        // しきい値よりも大きければ歩いているとみなす
        if (accc > GRAVITY_MAX) {
            _isStep = true;
        }
    }
}
```

## 方位の算出

方位の算出方法は、iOSとAndroidにて算出方法が変わるため、まず初めにデバイスの持つセンサの判定を行う。iOSの場合はdeviceorientationのwebkitCompassHeadingによって方位センサの値を取得し、Androidの場合はジャイロセンサのAlphaの値を取得することによって方位の取得を行う。

```
sensor.js

if(window.DeviceOrientationEvent) {
    window.addEventListener('deviceorientation', function(event) {
        var alpha;
        //iOSであるかの判定
        if(event.webkitCompassHeading) {
            alpha = event.webkitCompassHeading;
        }
        //iOSでない場合
        else {
            alpha = event.alpha;
            webkitAlpha = alpha;
            if(!window.chrome) {
                webkitAlpha = alpha-270;
            }
        }
    }
}
```

## ネイティブアプリケーション

ARに関するApple謹製のライブラリであるAR Kitを用い、画像認識及びジャイロセンサ,加速度センサによるポジショントラッキングを行う。

ネイティブアプリ化のデメリットとしては、体験者がインストールをしなければならないということがある。また、画像認識を用いるデメリットとして、模様のない変化の少ない場所でのトラッキングをうまく行えない,カメラから取得した画像を解析するので激しい動きをすると認識できないなどがある。そのため補助としてBLE Beaconによる電波を用いた3点測位も行う。

## 2.Webサーバー

クライアント端末の接続を確認する。接続がtrueである場合、クライアントサイド(Webアプリ or ネイティブアプリ)からsocket.ioにてセンサーの値を受け取る。それらのデータをjson形式に整形し、getリクエストで受け取ることのできるAPIとして配信をする。

## 3.OSCサーバー

WebAPIとsocket.ioで接続し、クライアントの接続状況の判定を行う。接続がtrueの場合、センサーの値や端末の各種情報をjsonデータとして受け取る。センサーの値を三角関数にて処理し、相対座標に変換する。そして、相対座標を開始地点の絶対座標に当てはめ、その結果をOSC通信にて配信をする。

## 4.演出装置

こちらは主に3つのゾーンへと分割を行い、それぞれに演出装置を配置する。

### 0.エントランス

世界観説明,操作説明のためのプレゼンボードを配置する導入のための空間である。Arduinoにて制御をされた有機ELチューブによる看板を使い、Webサーバから受け取った情報を元に入室可能な状況かの案内を行う。

### 1.ゲート(歩幅キャリブレーションシステム)

ブラウザベースで提供する場合には歩数によって距離を計測する関係上、体験者それぞれの歩幅がどの程度なのかを計測する必要がある。そこで、それをなるべく自然に演出に組み込もうとしたのがこちらである。

初期開始地点にてスマートフォンにて開始画面を押す。それをトリガーにキャリブレーションを開始する。そのまま真っ直ぐ壁まで歩き、壁に設置されたボタンを押す。すると、壁にかけられたモニタ上にカメラから取得された映像が映り、顔認識を行いセキュリティ認証を行なっている様子の演出が始まる。また、それをトリガーにキャリブレーションを終了する。

こちらは、コストの関係からRaspberry pie3による実装を行う。Raspberry pie3上でnode.jsによる演出プログラムを起動させ、OSCサーバとの通信を行い、open CVを利用した顔認識を行い、p5.jsびよるセキュリティ認証風の演出画面を生成する。

### 2.世界観演出

体験者が付近を通ることをトリガーにして、

### 3.メインルーム

### 4.分岐点



5.隠し通路

6.クリアシンボル

## 5.管理システム

工数の兼ね合いからProcessingにて作成。Draw関数を回し続けることによる負荷やラグなどの兼ね合いから時間的な余裕が生まれ次第Electronへ改修を予定している。

### 主な機能

- ・ OSCサーバー及び演出装置とOSC通信にて接続
- ・ マウスを使用し、デバイスの動きをシミュレーション
- ・ 現在のデバイスの位置情報の確認
- ・ ネットワークの接続状態の確認

## 4.研究成果

### 考察

この研究の本質について、私は体験者を一意に識別をしたうえで情報を取得することにあると考えている。卒業制作展においてはシステムの安定化や運営の円滑化のため、同時に体験することの可能な体験者の数を1人と制限しているために一意に識別することが可能であることのメリットを活かすことは出来ていないが、元来このシステムは複数人が同時に、別の時間軸にてプレイをすることを前提にしている。体験者が自由に空間を歩くことができ、かつ一意に認識することができるということがこのシステムの大きな特徴であると考え。一意に識別しているが故にできる演出としては、体験者の行動履歴に応じて演出を変える、特定の経路を経由して特定の位置に到達したことをトリガーとした演出などを試みた。

また、現時点で本システムは精度が不足していることから、当初予定していたcm単位での精度を活かした演出の研究を行うことはできていない。

### 課題

この研究が抱える一番大きな課題としては、4G通信ではラグが発生することを避けがたいということがある。これに関しては5G通信を用いることで回避が可能だと考えているが、5G通信は国内では2020年の運用開始を予定されている技術であり、現状では多少のラグが発生してしまうことを避けられない。

また、私の技術力的な問題から本研究ではiOSを前提にした開発を行っており、実際に運用をする場合にはAndroidに向けた開発も行う必要があると考えている。

これもまた私の技術力に関する問題ではあるが、測位の精度に難があるという点も挙げられる。ジャイロセンサや加速度センサを用いた測位にて精度をあげる研究事例は数多く存在しているが、私の研究ではあまり取り入れることができていない。また、画像認識やBeaconを用いた測位での運用もまだ行うことができていない。今後も開発を続けていくにあたって、この点も解決をしていきたい。



## 各種URL

GitHub

<https://github.com/Razona/Sotusei>

このリポジトリに、本研究にて開発をした全てのコードを置いている。

ゼミブログ

<https://razona-live2.hateblo.jp/>

このブログにて、研究過程を発表している。