

# UWB屋内測位の運用支援システムに関する研究

---

牧野遙斗 梶研究室

2026年02月10日  
2026年度 卒論発表会

# 背景

## 屋内測位の重要性

- 日本人の生活時間の約9割は屋内



## 屋内測位手法

- 標準手法がない
- 正解座標が必要



## UWB測位システムの課題

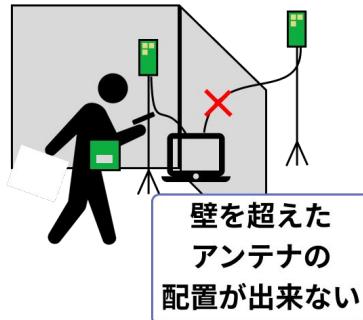
- 高精度だが設置・運用コストが高い



屋内測位は多くの分野で活用されており  
そのためには技術や労力・コストが多く必要である

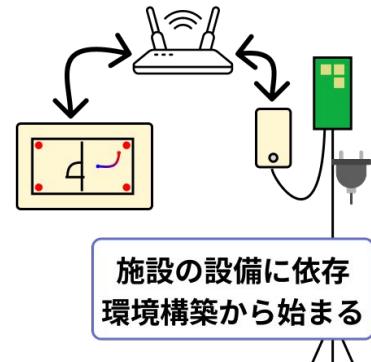
## 設置の複雑さ

- 各アンテナの有線接続が必要
- 配線ルートに強く依存



## 運用における設置の環境制約の課題

- ネットワーク・電源環境が必須
- スポット的・一時的な利用が困難



## PCを用いたアンテナの設定

- 専用ソフトウェアによる設定が必要
- 導入・運用の負担が大きい



# 関連研究：マイコンを用いた無線環境でのUWB屋内測位システム

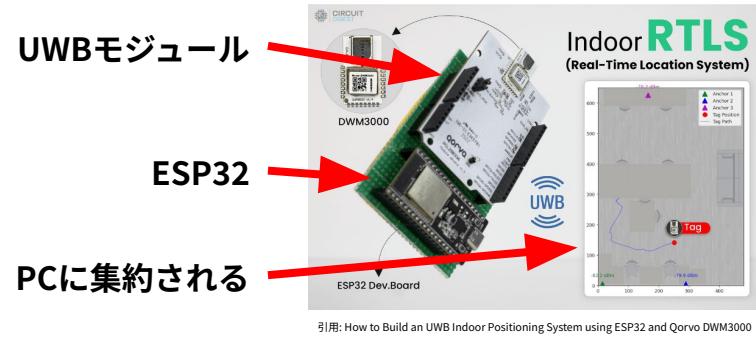
## ESP32とUWB測位モジュールを用いた 屋内測位システムを構築

### <利点>

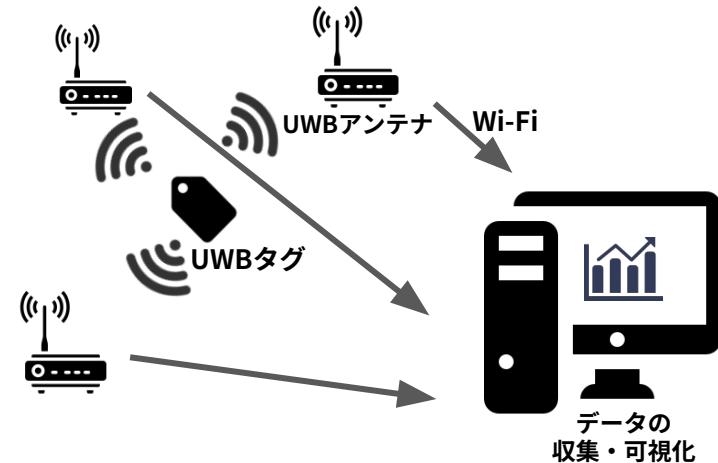
無線接続で環境制約に  
縛られない設置が可能

### <課題>

アンテナの設定を行うにはマイコンの  
再書き込みが必要



### UWBを用いた屋内測位システムの例



## 目的

様々な環境で容易にUWB測位を  
実施できる運用支援システムの構築

## アプローチ

スマートフォンとアンテナの融合による無線制御を  
可能にする施設設備に依存しないシステムの実装

全体を設置から計測まで一元管理する  
タブレットのシステムの提案

# スマートフォンとアンテナの融合



**(株)村田製作所 Type 2BP**  
超広帯域の電波を用いて  
高精度に屋内測位をする

**USB通信**  
電源供給と通信の機能を持たせる

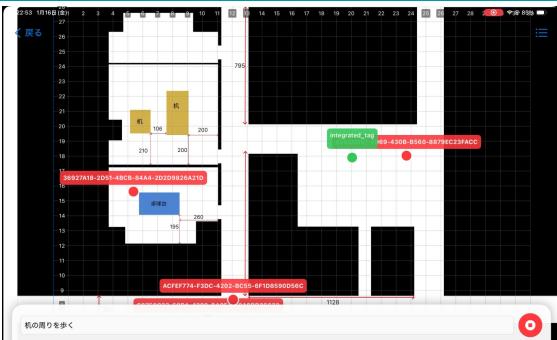
**Android**  
UWB側の角度, 距離, 電波強度  
などを取得しタブレット側に送る



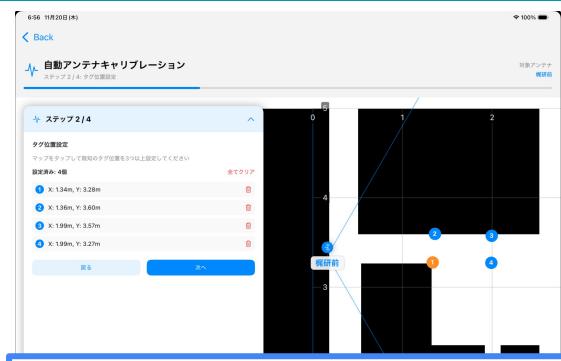
**スマートフォンから給電を行うため電源が不要  
スポット的な測位が可能となる**

# 設置から計測まで一元管理するタブレットのシステム

7



センシング中の画面



キャリブレーションの画面

タブレットを用いて  
設置から運用のサポートを行う

操作手順を統一し  
初心者でも容易に扱える

# 想定される測位環境

工場



展示場



オフィス



- 広い空間
- 単一フロア
- 電波ノイズが多い

- 広い空間
- 単一フロア
- 一時的な設置
- ネットワーク環境が無い

- 広い空間
- 複数フロア
- 仕切りで区切られる

多様な測位環境での利用が想定される

# デモ動画

## 目的

システムの設置から屋内測位開始までの一連の流れを検証し  
操作性および携帯性について評価する

## 設定

実験場所：愛知工業大学 14号館 5階

被験者：4人

アンテナ数: 4台

## 評価手法

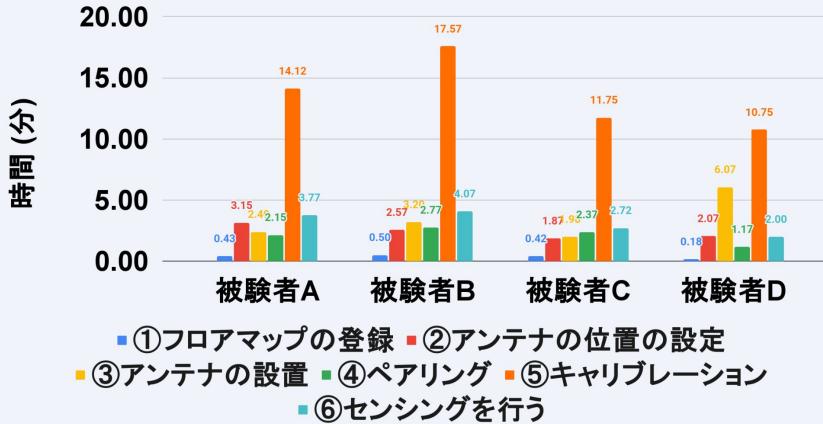
1. システムの設置から屋内測位開始までの  
一連の作業を実施する
2. 作業時間を測り記録する
3. アンケートを行い集計をする



アンテナ設置の例

# 実験の結果

タスク別 経過時間



- 平均25分で設置から運用まで出来た
- キャリブレーション時間が一番かかる
- それ以外は3分程度で設定ができる

「設置の複雑さ・インフラの制約・アンテナ側の設定の難しさ」を軽減できた

アンケート結果 (n=4)

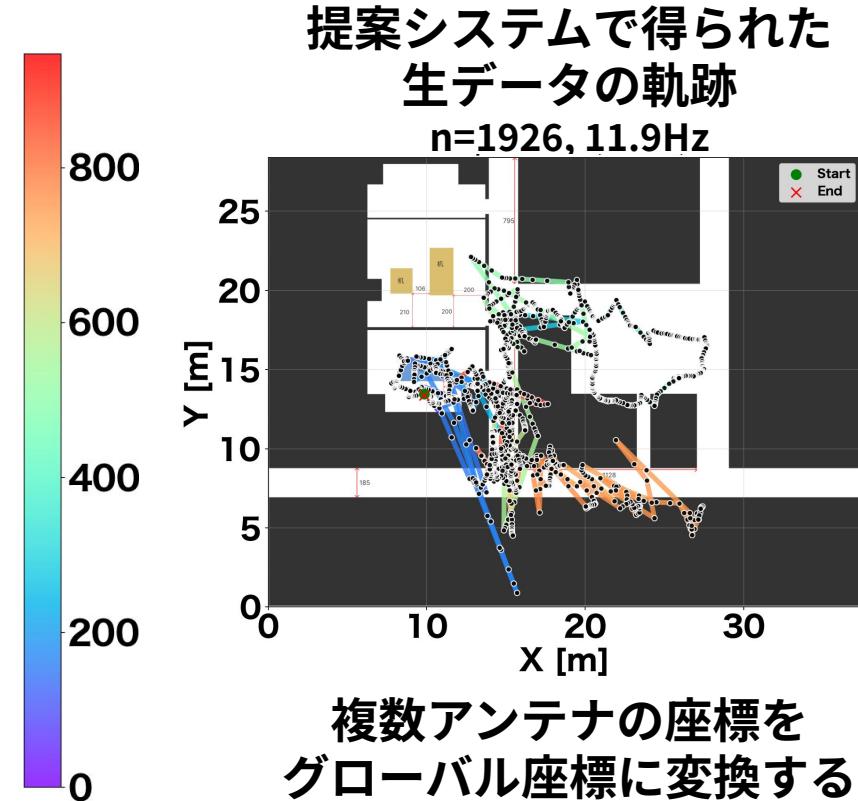
■ かなり使いにくい ■ 使いにくい ■ 普通  
■ つかいやすい ■ かなり使いやすい



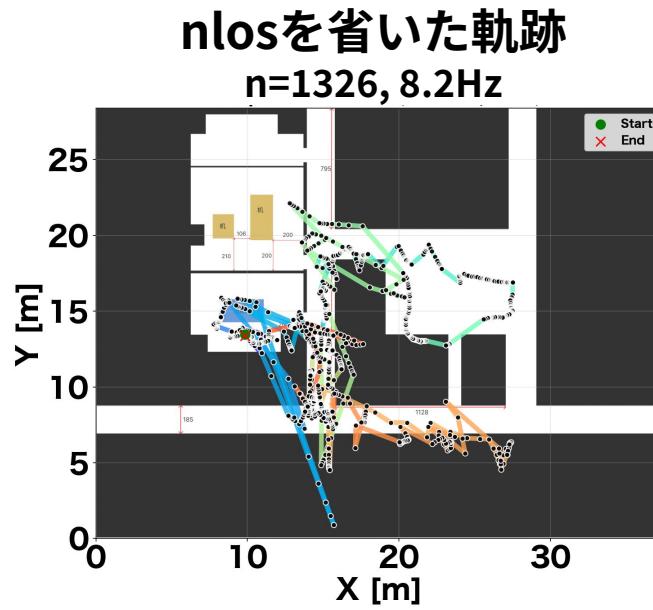
- つかいやすい・かなり使いやすいの評価が多い

## 取得できた軌跡データ (1/2)

12

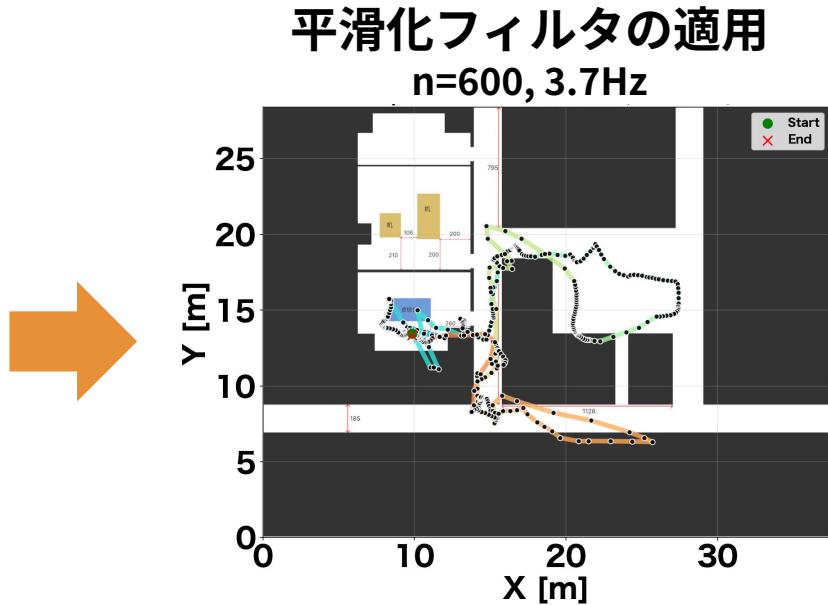
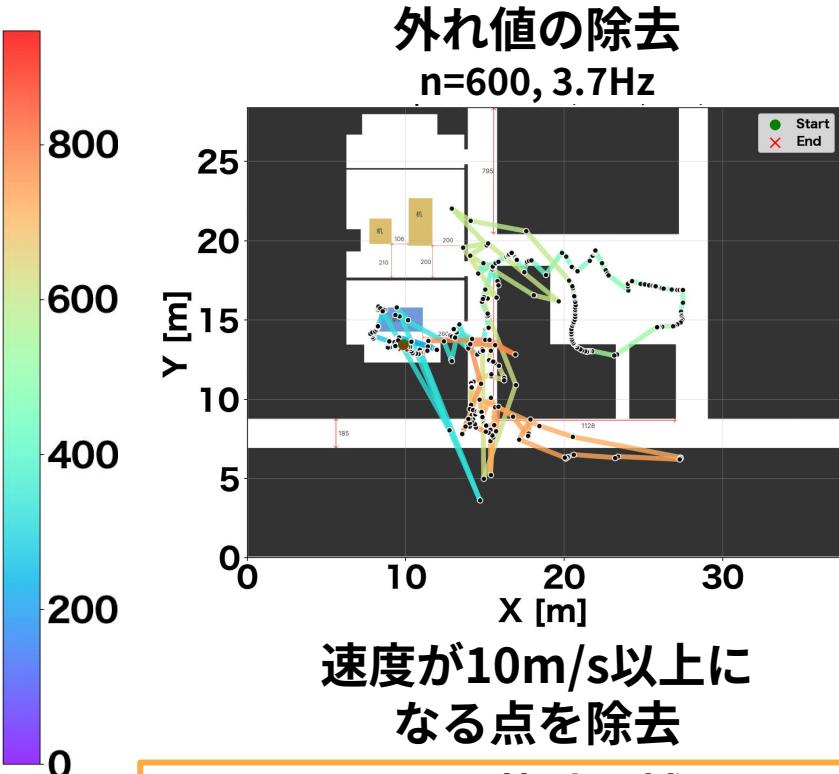


# 複数アンテナの座標を グローバル座標に変換する 部分は実装済み



## Type 2BPから渡される nlosフラグを用いる

# 取得できた軌跡データ (2/2)



システムに軌跡の補正をかける仕組みを取り入れられていないが  
適用すれば円形誤差0.4mの精度で軌跡が得られる

## まとめ

1. アンテナにスマートフォンを接続して、通信機能を付加し無線制御を実現
2. スマートフォンを利用して、電源・ネットワークがない環境でも行える
3. iPad側で統合的にシステムを制御し、設置からキャリブレーション、データ収集までの一連の流れを簡略化

## 今後の課題

1. キャリブレーション精度とスピードのさらなる向上
2. 各階をまたがった環境での動作を考え  
セルラー通信を使用したシステムの作成を検討する

# 付録一覧



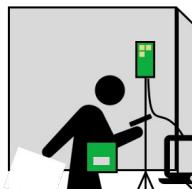
Pixel 6以降の  
Proシリーズ



iPhone 11  
以降の  
シリーズ

近年のスマートフォンには  
UWB機器が内蔵されている場合も多い

UWB機器が内蔵されていると生じる問題点

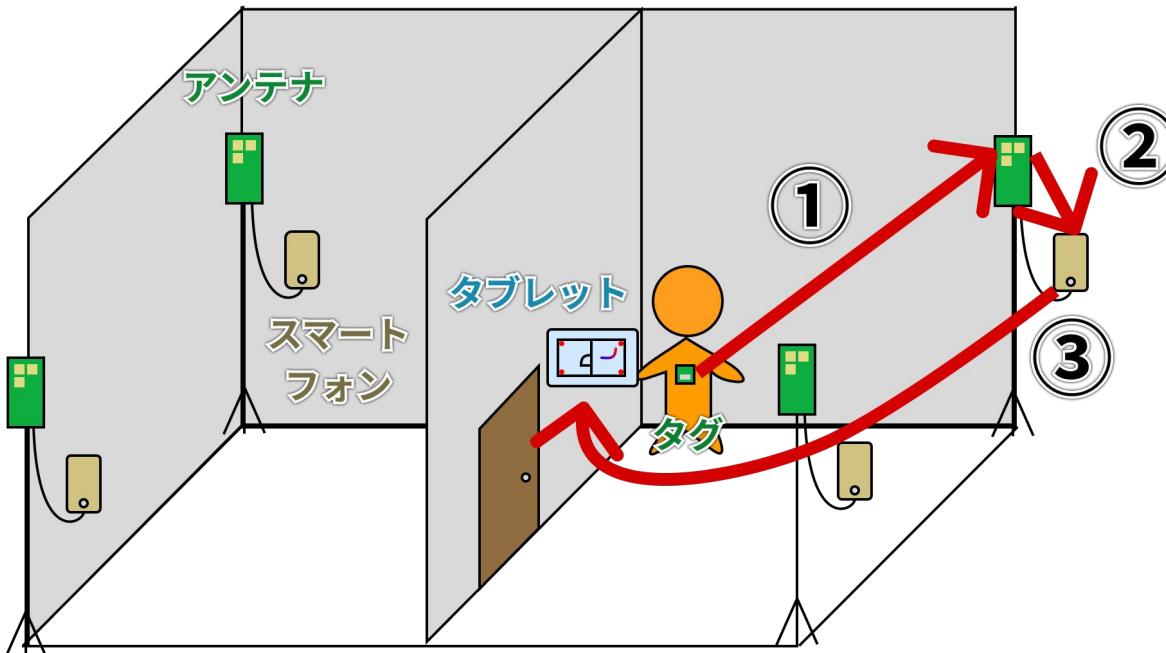


不安定なところに  
置けない



対応機器  
自体が高い

拡張性・コスト面を考え  
UWBモジュールを別で拡張するシステムが有利である



- ① UWBの通信を行い  
屋内測位を行う
- ② 位置情報をシリアル  
通信経由で  
スマートフォンに送る
- ③ スマートフォンから  
タブレットに  
Wi-Fiなどを用いて  
集約する



① フロアマップの登録



② フロアマップにアンテナの位置を設定



③ 実環境にアンテナの設置



④ アンテナとタブレットのペアリング



⑤ キャリブレーション



⑥ 屋内測位を開始

# ①②フロアマップ・アンテナ位置の登録

19

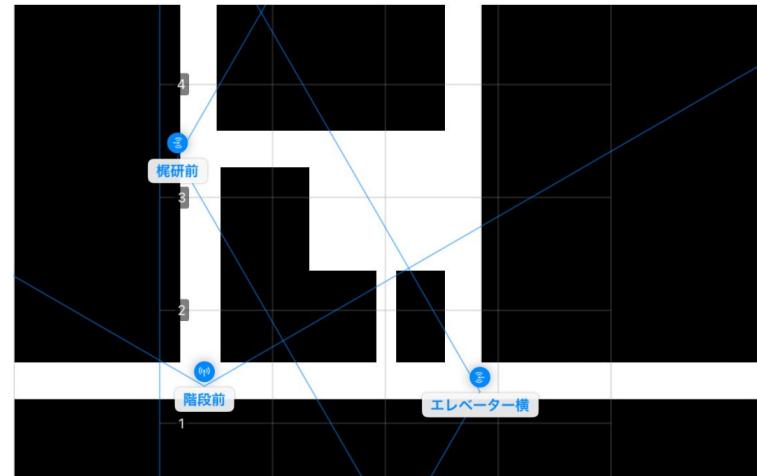
## ①フロアマップの登録

- フロアマップの画像
- フロアの縦横の実寸法
- フロアの名前



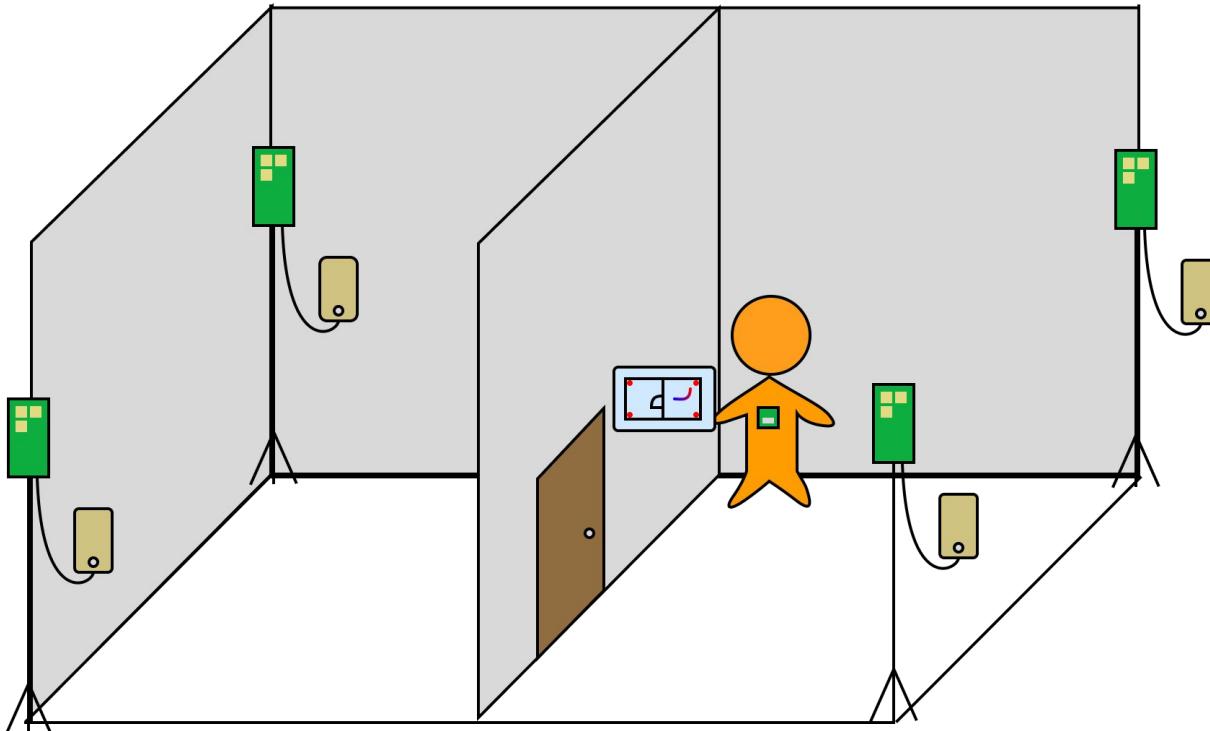
## ②アンテナ位置の登録

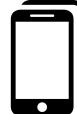
- アンテナの名前
- アンテナの位置、角度
  - ドラッグ操作により登録可能



### ③ アンテナの設置

屋内測位をしたい範囲にUWBのアンテナを設置する



-  スマートフォン側から給電を行うため、外部電源が不要
-  アンテナの名称も、設置しながら決める
-  アンテナは8台まで設置ができる

## ④ アンテナとタブレットのペアリング

21

### 通信方法の候補



#### Wi-Fi (Wi-Fi Direct)

通信距離 : 100m

通信方式: c/s , (p2p)



#### Bluetooth

通信距離 : 10m

通信方式: p2p



#### セルラー通信

通信距離 : 数km

通信方式: c/s



#### Nearby Connections API

通信状況に応じて

Wi-FiとBluetoothを切り替えるライブラリ

より広範囲で使用する  
時に活用ができる

実装の手軽さ、通信の安定のためNearby Connections APIを選択する

## ④ アンテナとタブレットのペアリング

22

### 通信方法の候補



#### Wi-Fi (Wi-Fi Direct)

通信距離 : 100m

通信方式: c/s , (p2p)



#### Bluetooth

通信距離 : 10m

通信方式: p2p



#### セルラー通信

通信距離 : 数km

通信方式: c/s



#### Nearby Connections API

通信状況に応じて

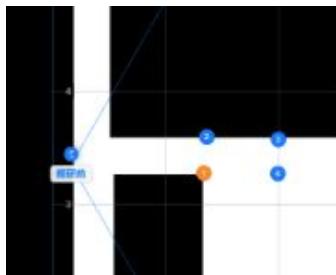
Wi-FiとBluetoothを切り替えるライブラリ

より広範囲で使用する  
時に活用ができる

実装の手軽さ、通信の安定のためNearby Connections APIを選択する

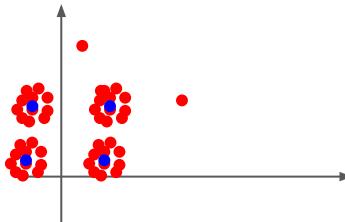
## ⑤ キャリブレーション

1



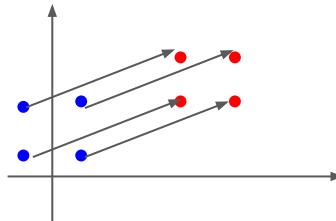
5点以上の既知座標のUWBのセンサーデータを取得する

2



取得したデータの重心を計算する

3

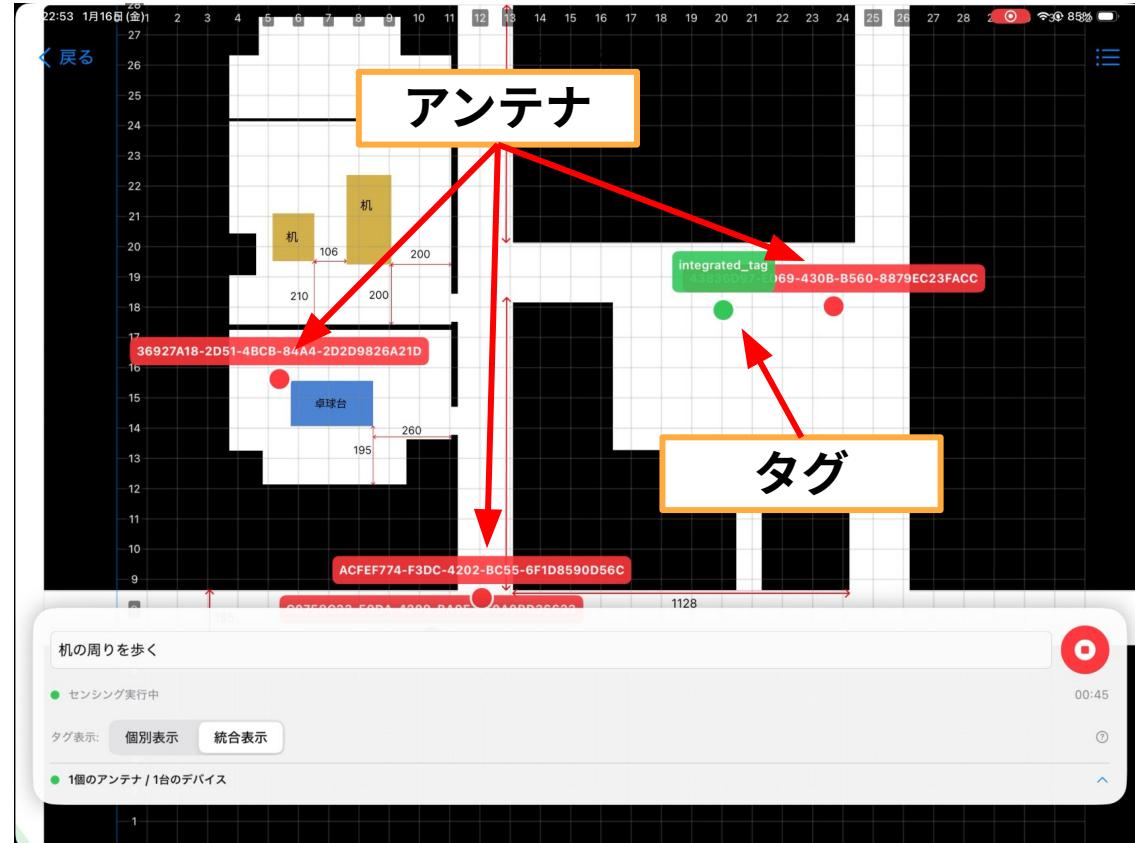


座標系の整合性を取るため最小二乗法を用いて、アフィン変換の変換行列を求める

求めた変換行列を元に、センシング時の変換を行う

## ⑥ 屋内測位を開始

- 開始ボタンを押して全てのアンテナからデータを受信する
- ファイル名を登録して、タブレットにcsvで保存をする
- リアルタイムに自分の位置情報を表示できる
- 保存したcsvデータをエアドロップを用いてPCに転送をする



# 付録: 村田製作所のType 2BP・Type 2DKの特徴

25

超広帯域の電波を使用したデバイス  
実験用に作られたUWBの評価キット

- 3.1GHzから10.6GHzの広帯域を利用し、  
高精度な屋内測位が可能な技術
- ToF (Time of Flight) を用いた屋内測位
- 理想条件下では0.01m以下の精度になる
- 高精度・低遅延・マルチパス耐性が  
あるため、安定性が高い



村田製作所 Type 2BP  
アンテナ側・タグ側に用いる



村田製作所 Type 2DK  
タグ側に用いる

# 付録: UWBが使用できる帯域について

周波数帯	3.4~4.8GHz (ローバンド)	7.25~10.25GHz (ハイバン ド)		24.25-29GHz
		7.25-9.0G Hz (低帯域)	9.0-10.25G Hz (高帯域)	
用途	データ伝送	データ伝送 無線標定	データ伝送	無線標定 (車載利用の み)
屋外利用	不可	可	不可	可
干渉軽減装置	要	—	—	—
伝送速度の制 限	50Mbps以上	—	—	—
停波の機能	—	要 (※2)	—	—

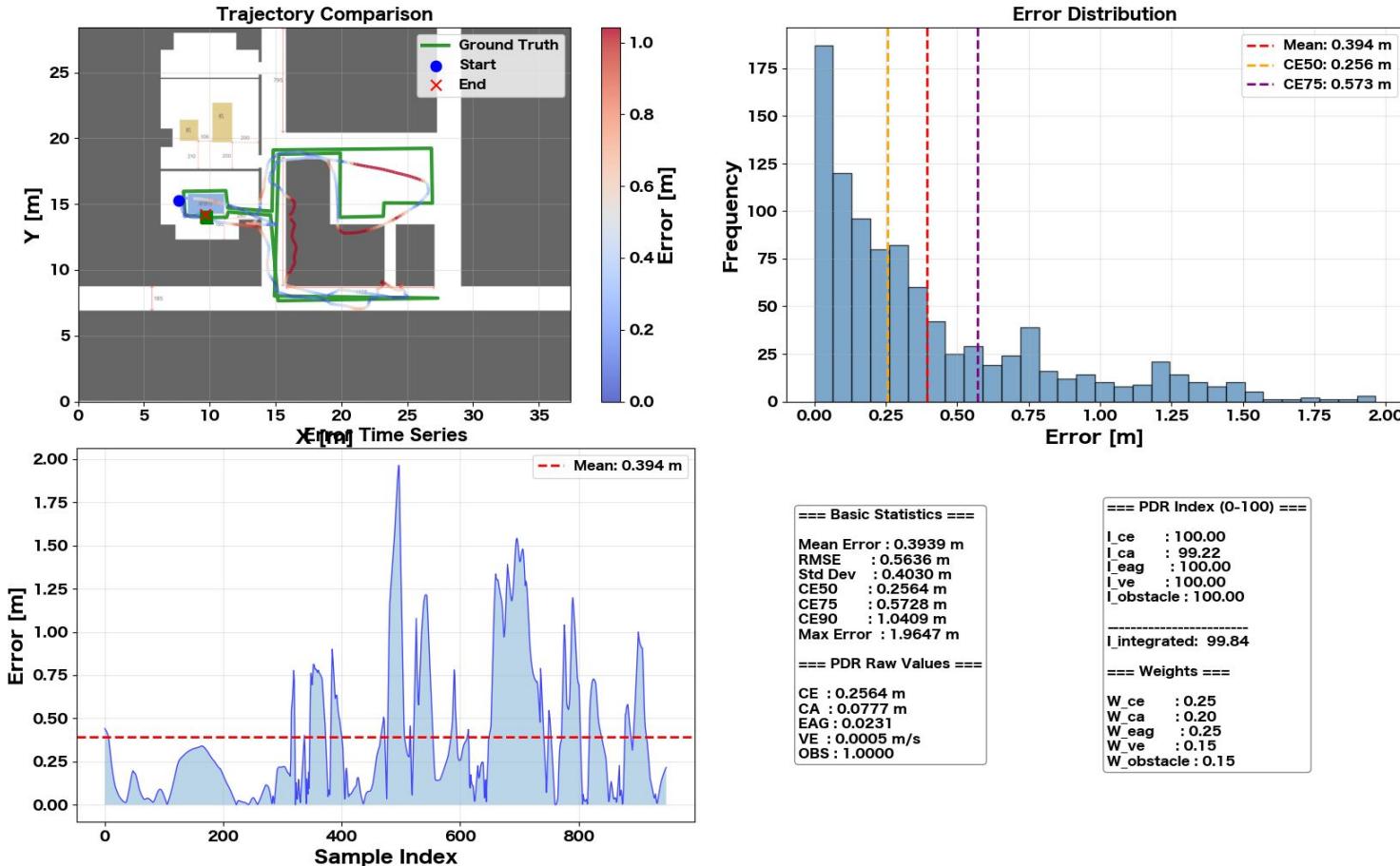
※2 7.587~8.4GHzの周波数のみを使用する無線装置の場合は不要。

村田製作所の  
Type 2BPも  
技適が通っている

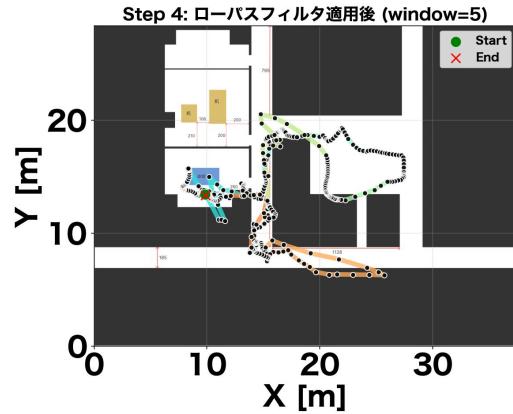
iPhoneやAndroidと  
Type 2BPの  
使用できる帯域は  
同じだと考えられる

帯域として  
7.25~9.0GHz  
Channel 9を中心に  
測定を行っていると  
考えられる

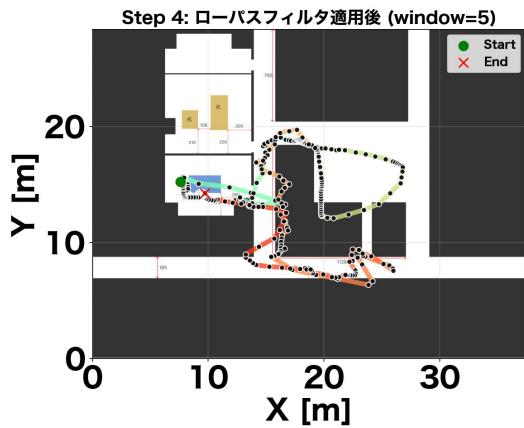
# 付録: 取得できた軌跡データの詳しい値



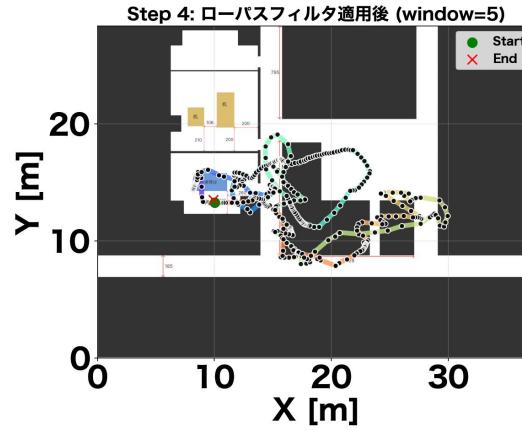
# 複数の軌跡の評価



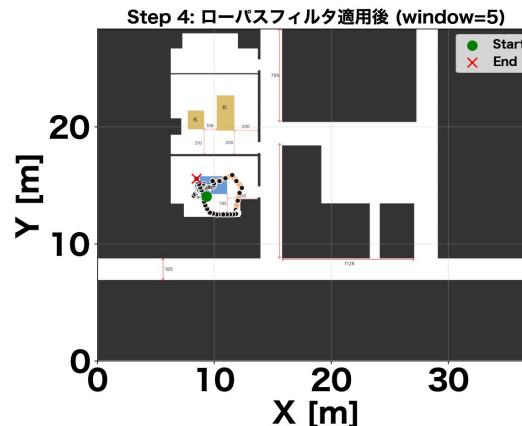
うまく軌跡が  
取れている  
グラフ①



うまく軌跡が  
取れている  
グラフ②



キャリブレー  
ションに失敗  
した軌跡



ペアリングに  
失敗した 軌跡

# iPhoneを端末にできなかった理由

---

29

MFi認証などについてまとめたら

# 付録: 他の実験環境での測定結果

---

ここに、他の軌跡や環境のお話を入れるとよいだろう。