

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

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

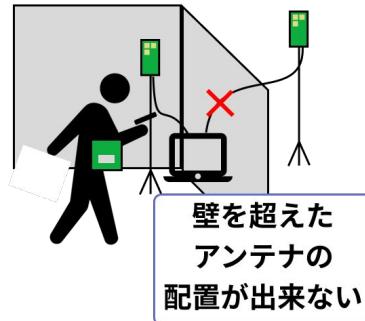
- 高精度だが設置・運用コストが高い



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

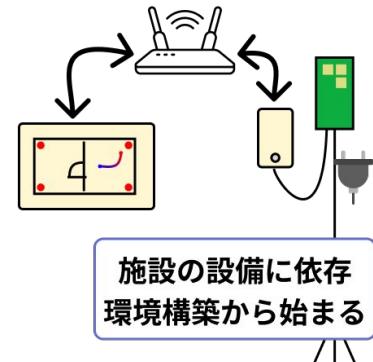
設置の複雑さ

- 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



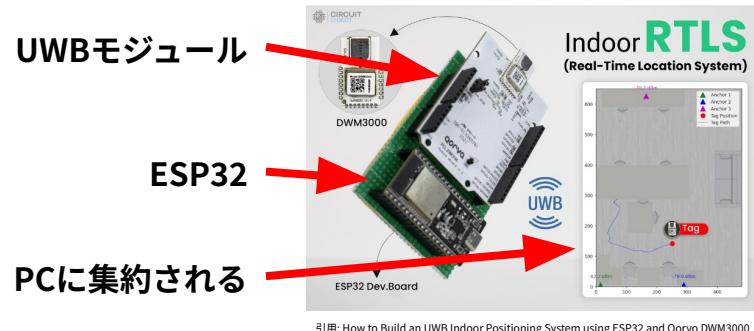
ESP32とUWB測位モジュールを用いた屋内測位システムを構築

<利点>

無線接続で環境制約に
縛られない設置が可能

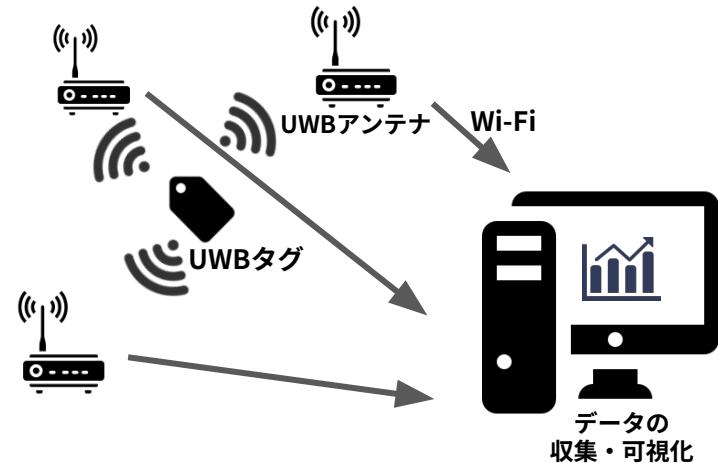
<課題>

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



引用: How to Build an UWB Indoor Positioning System using ESP32 and Qorvo DWM3000

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

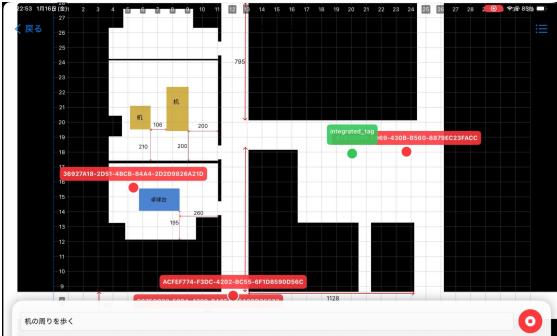
Android
UWB側の角度, 距離, 電波強度
などを取得しタブレット側に送る



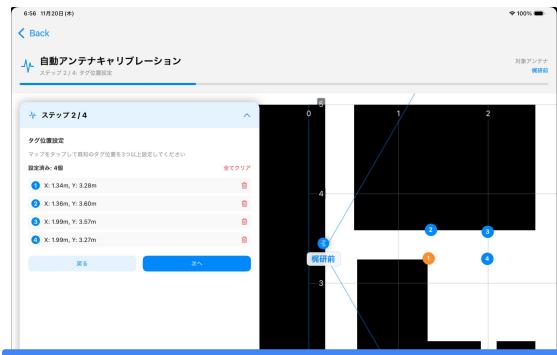
**スマートフォンから給電を行うため電源が不要
スポット的な測位が可能となる**

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

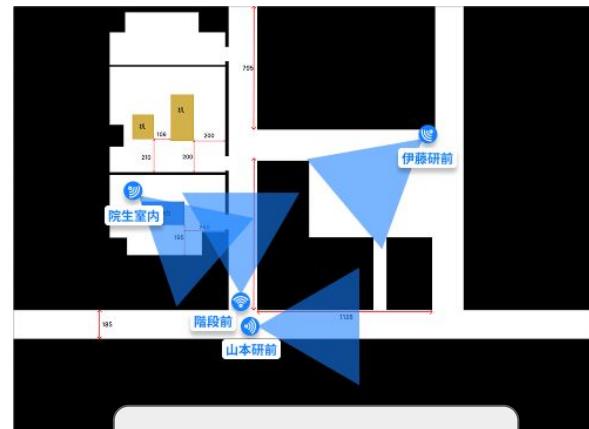
実験場所：愛知工業大学 14号館 5階

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

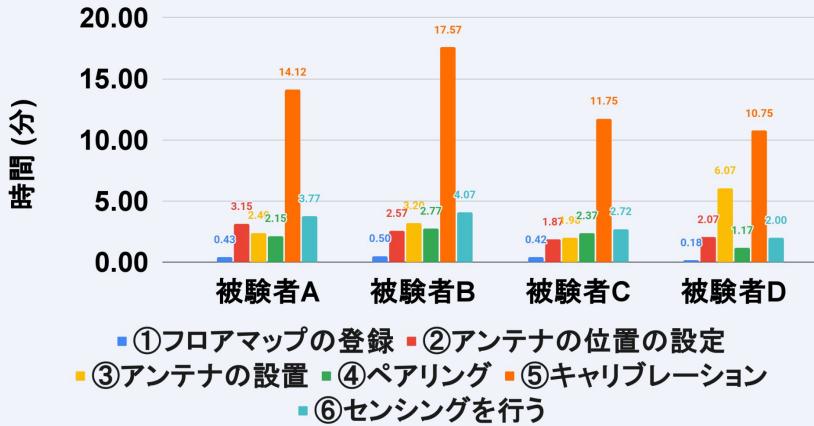


アンテナ設置の例

実験の結果

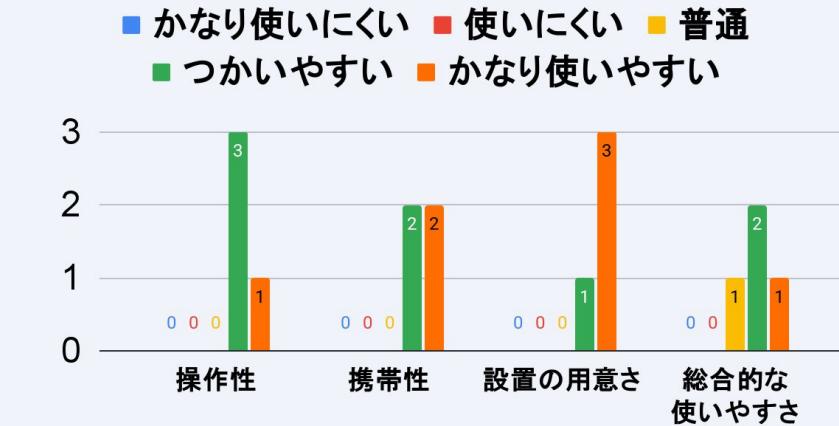
11

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

アンケート結果 (n=4)



- つかいやすい・かなり使いやすいの評価が多い

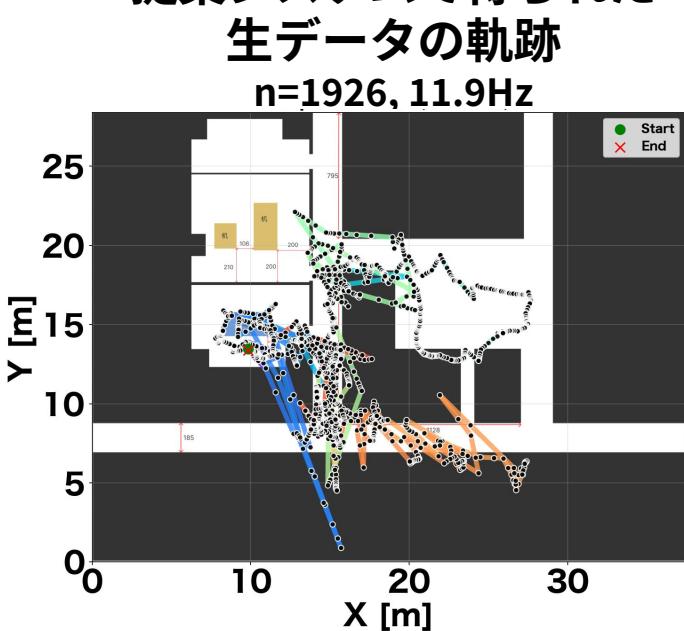
「設置の複雑さ・インフラの制約・アンテナ側の設定の難しさ」を軽減できた

取得できた軌跡データ (1/2)

12

提案システムで得られた 生データの軌跡

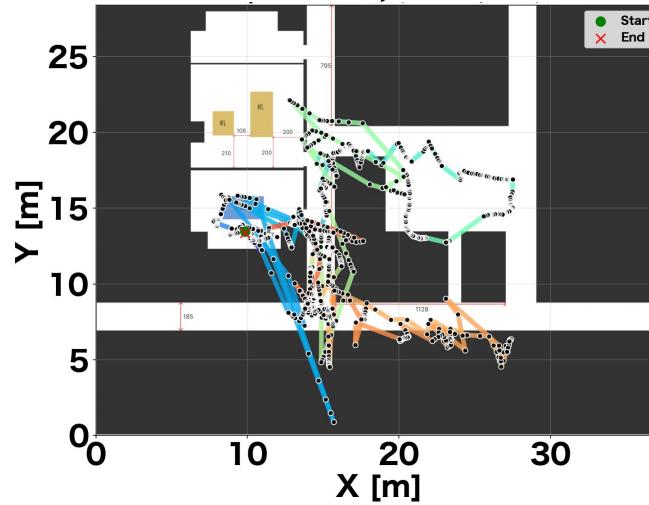
$n=1926, 11.9\text{Hz}$



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

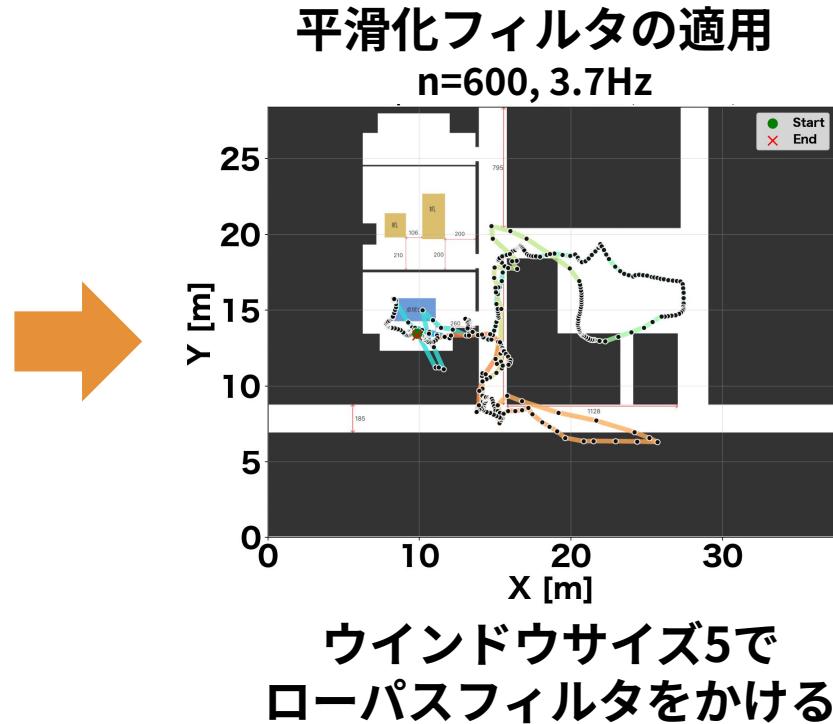
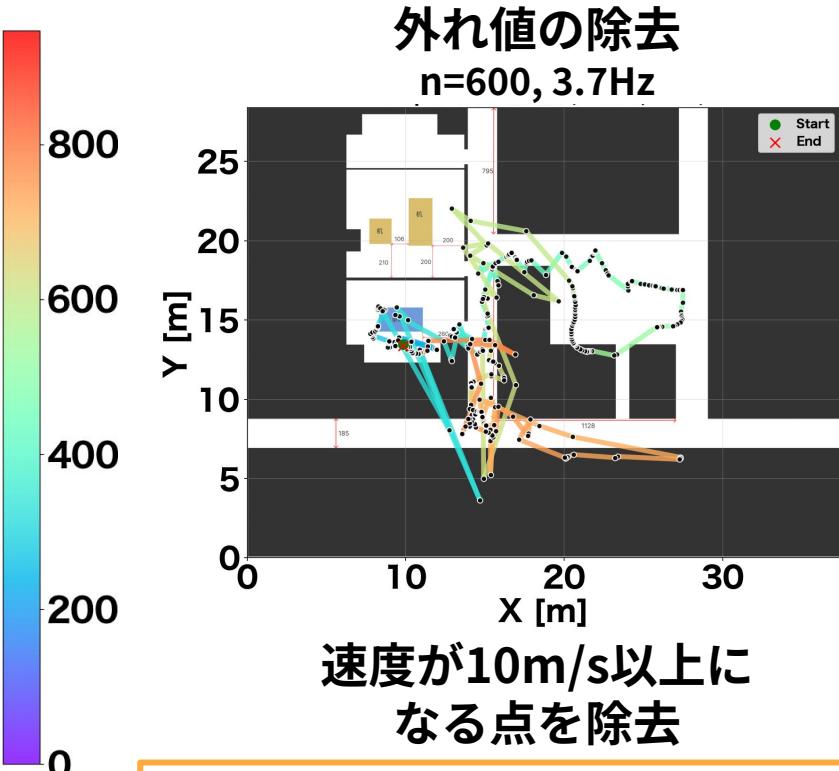
nlosを省いた軌跡

$n=1326, 8.2\text{Hz}$



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)



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



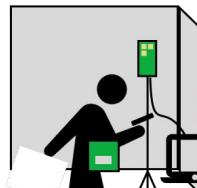
Pixel 6以降の
Proシリーズ



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

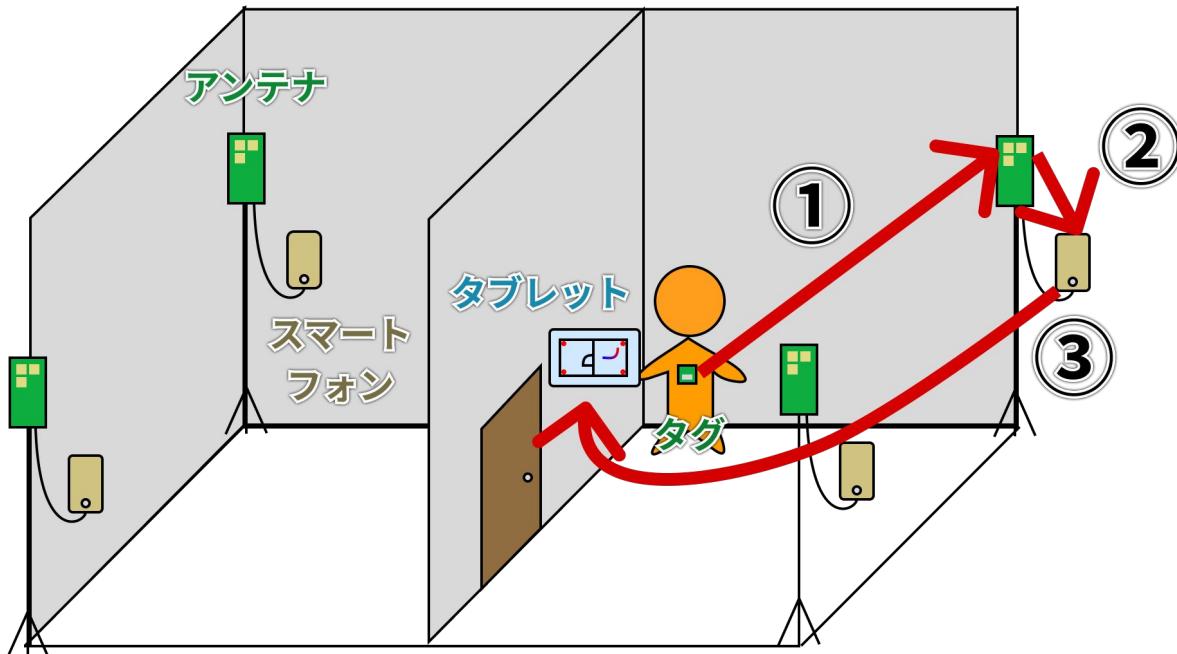


不安定なところに
置けない



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

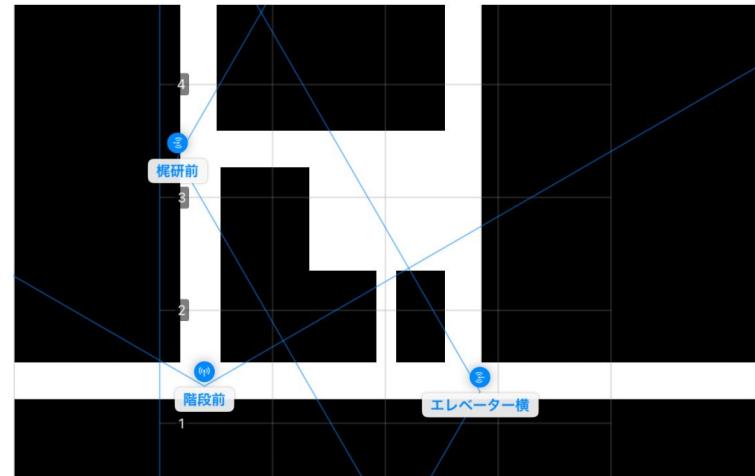
①フロアマップの登録

- 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



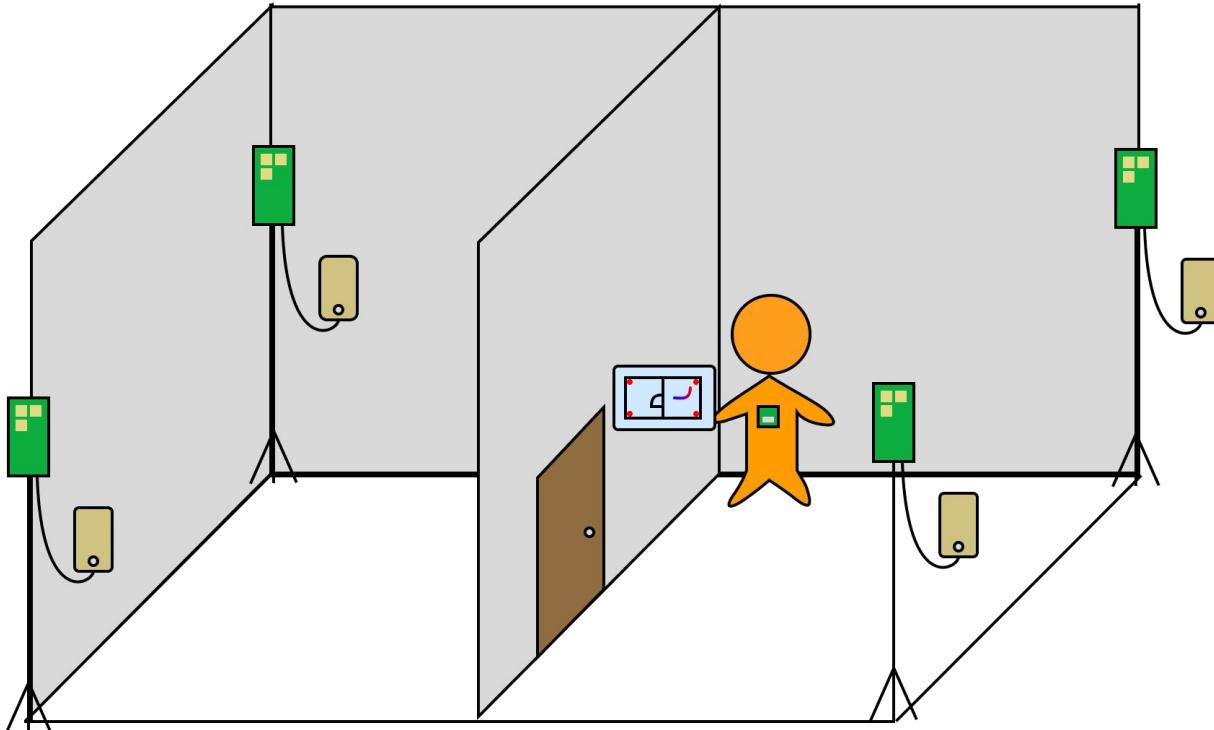
②アンテナ位置の登録

- 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

備考 : p2p 「ピアツーピア」 c/s 「クライアント・サーバーシステム」

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

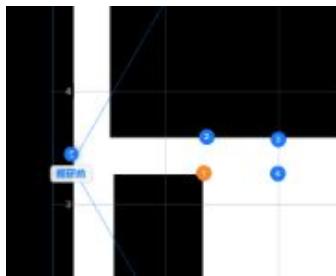
Wi-FiとBluetoothを切り替えるライブラリ

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

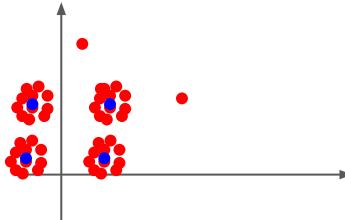
⑤ キャリブレーション

1



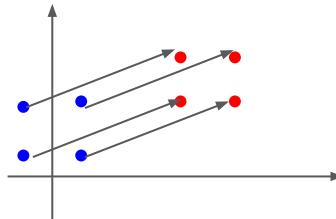
5点以上の既知座標のUWBのセンサーデータを取得する

2



取得したデータの重心を計算する

3



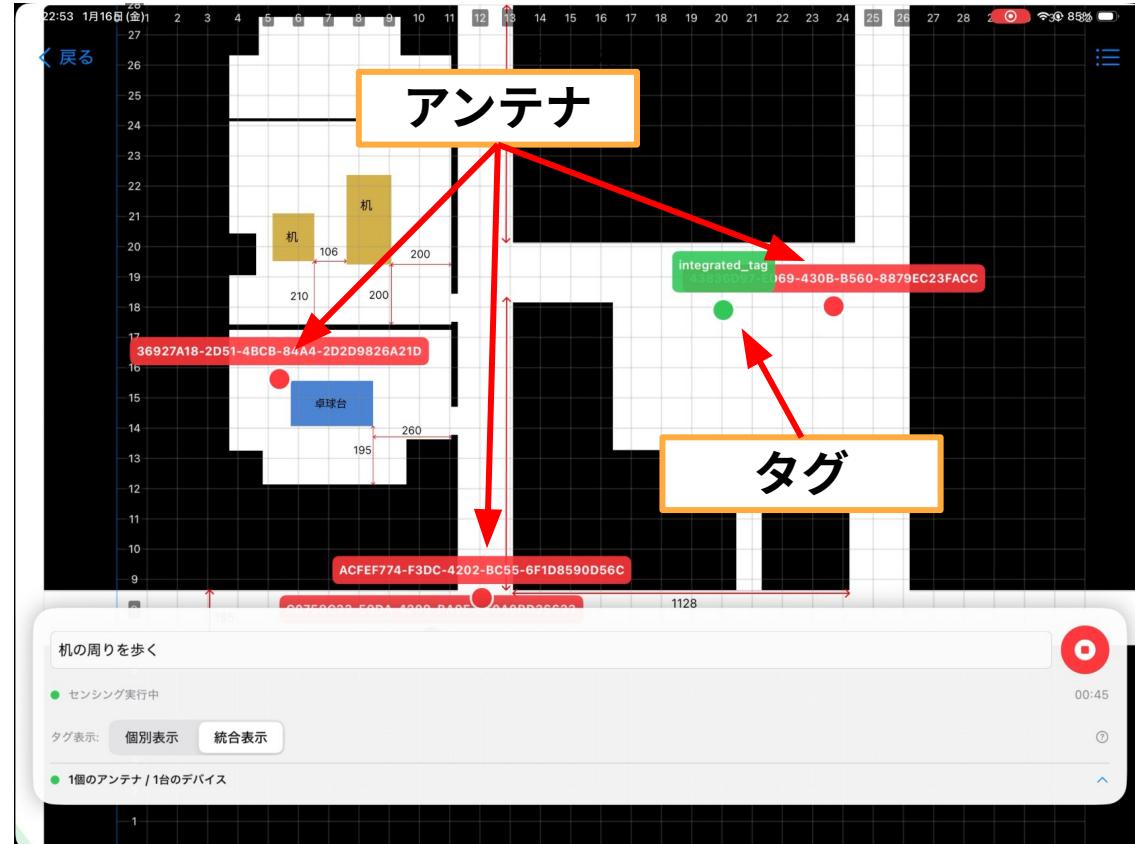
座標系の整合性を取るために最小二乗法を用いて、アフィン変換の変換行列を求める

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

24

- 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



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)	—	—

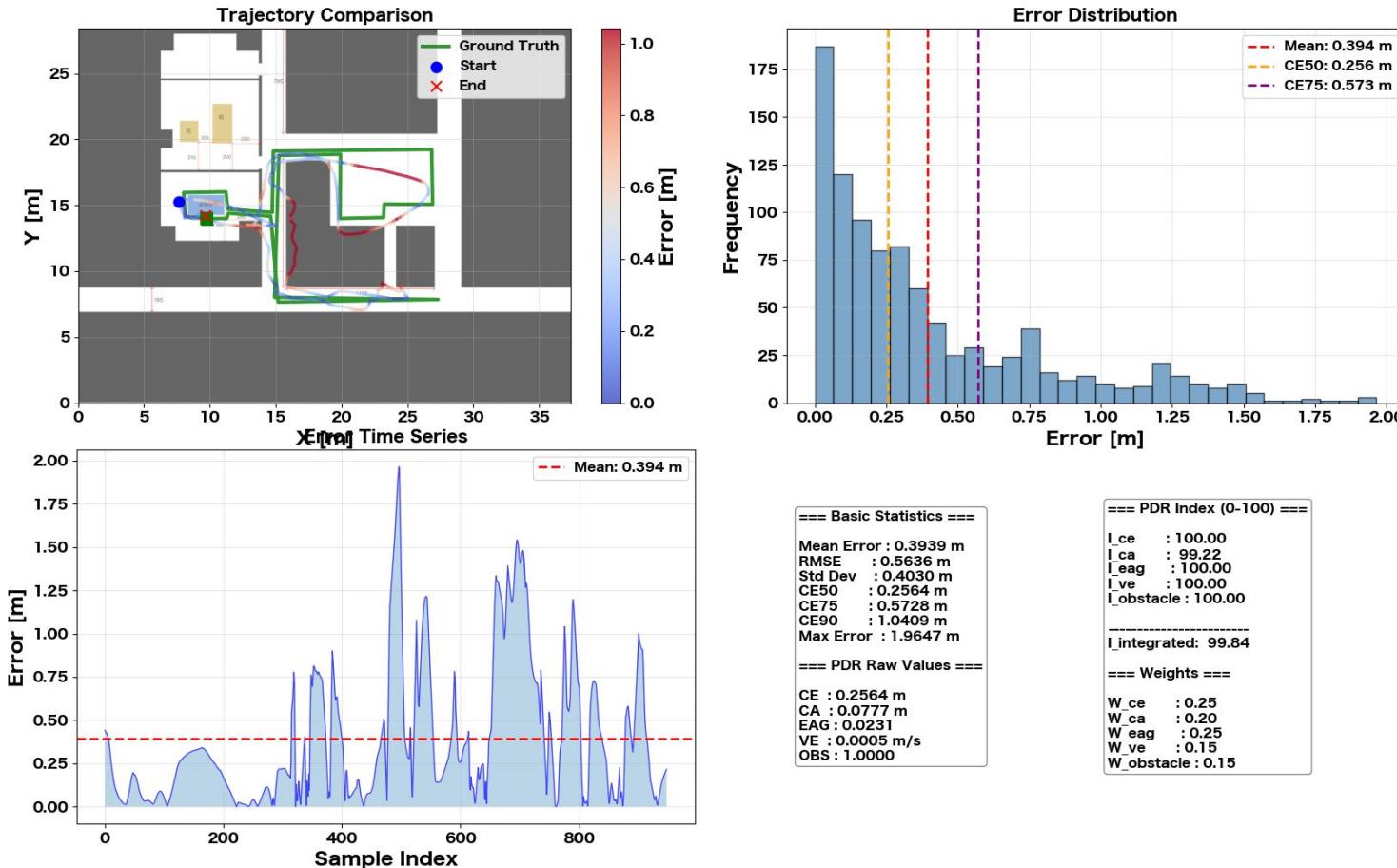
※2 7.587~8.4GHzの周波数のみを使用する無線装置の場合は不要。

村田製作所の
Type 2BPも
技適が通っている

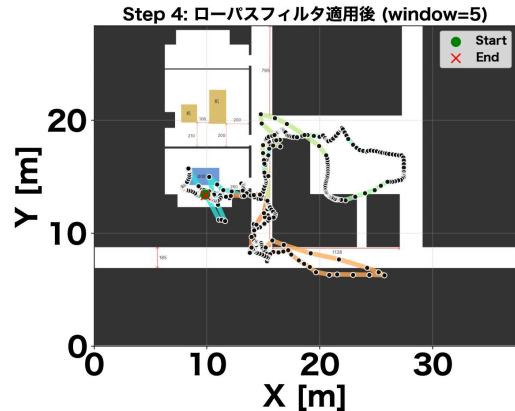
iPhoneやAndroidと
Type 2BPの
使用できる帯域は
同じだと考えられる

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

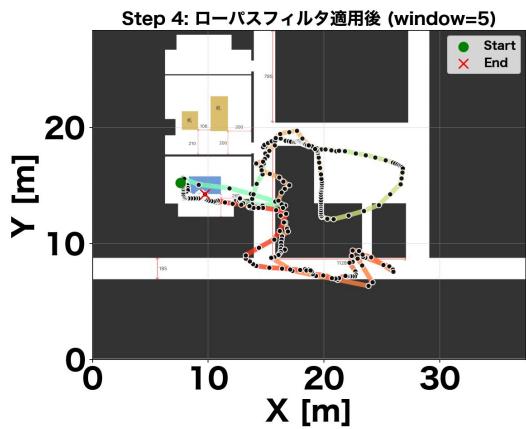
付録: 取得できた軌跡データの詳しい値



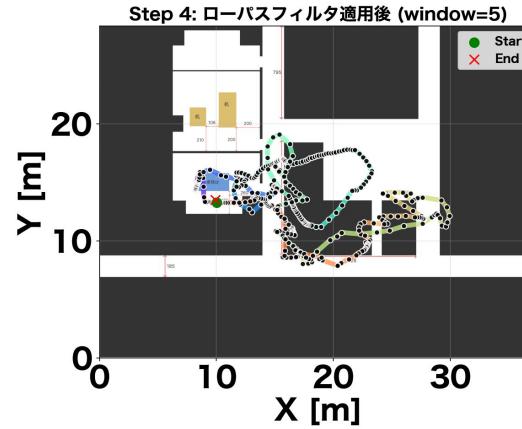
複数の軌跡の評価



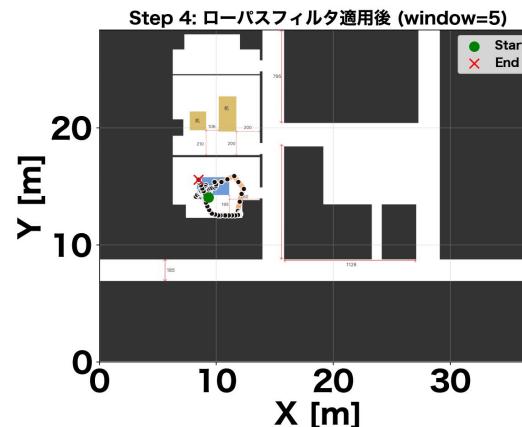
うまく軌跡が
取れている
グラフ①



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

MFi認証などについてまとめたら

ここに、他の軌跡や環境のお話を入れるとよいだろう。