

# カメラと UWB を統合したシームレスインドア AR ナビゲーションシステムの開発

石川 慶一 有川 正俊 Lu Min 佐藤 諒 佐々木 一織 内海 富博

秋田大学 大学院理工学研究科

## 1. はじめに

屋内での AR(Augmented Reality)を用いたナビゲーションシステムでは、空間精度がセンチオーダーを実現できない GPS は使えない。一般には、カメラデバイスを用いた空間トラッキングを基本とする高精度位置情報技術の枠組みが用いられている。カメラによる空間トラッキングは移動距離の増加や端末の向きの変更により誤差が蓄積される。そのため、われわれが提案・開発したインドア AR ナビゲーションシステムでは、経路の途中で位置基準画像マーカを空間認識することにより位置キャリブレーションを行う [1]。しかし、本方法は画像マーカ探索の手間や読み取る動作がユーザエクスペリエンスを低下させる問題がある。

本研究では、近年スマートフォンにも搭載されている短距離で高精度位置測位が可能な UWB(Ultra-Wide Band)を使用し、天井に設置したビーコンで UWB による補正を行う地点(以下、UWB トラッキングノードとする)内でシームレスな補正を行う誤差補正システムを提案しソフトウェア実装を通してその有効性の確認をめざす。

## 2. UWB 誤差補正システムの概要

本システムは、ユーザのデバイス、ビーコンに iOS デバイス(Apple 社製 iPhone 11 以降)を使用したアプリケーション(Swift 言語)であり、ナビゲーションに必要なデータ(2.2 節に記載)をファイルサーバから読み込む構造である。また本アプリケーションではビーコンを基準とした左手座標系を採用している。以下に本システムの主な処理について記述する。

### 2.1 UWB トラッキングノード内の位置座標検出

ナビゲーションの開始時およびナビゲーション中に UWB トラッキングノードに進入した場合にユーザ座標の検出を行う。iPhone における UWB

は指向性があり [2]、通信相手との角度が大きすぎると精度が低下する。そのため、UWB トラッキングノードはユーザとビーコンとの仰角が $\pm 30^\circ$ の範囲とする。UWB による座標検出法はビーコンとの方向データから方位角、仰角の算出後、それらと距離データを用いて検出する(図 1)。ユーザ座標は、ジャイロセンサによる座標軸の設定後、1 秒間静止した状態で取得した UWB での座標データから外れ値の除去や平滑化を行ったものである(図 2)。

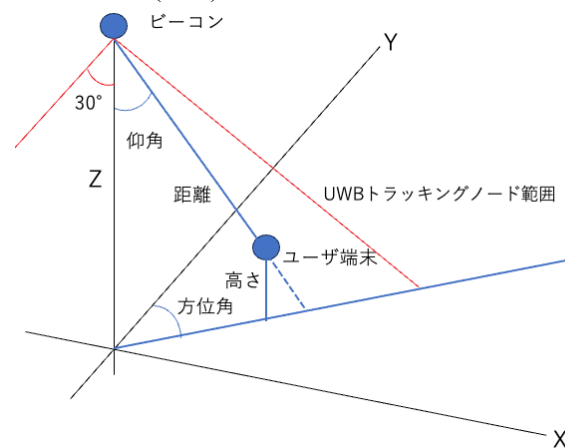


図 1. UWB トラッキングノードとユーザの関係図

### 2.2 ナビゲーションデータの読み込み

ファイルサーバにビーコンの識別情報、UWB トラッキングノード、中継点、目的地のエリア(2.3 節にて記載)、座標データが JSON 形式で保存されており、データの一元化による効率性の向上やアプリケーションを編集することなくシステムが再利用できる構造である(図 2)。

### 2.3 AR 空間の分散・経路探索処理

屋内空間は壁などの障害物が多く、一つの座標系のみで空間情報を把握させることは、ナビゲーションに必要なデータの計測誤差を発生させる原因となる。そのため、AR 空間を廊下や部屋ごとのエリアとして分割し、異なるエリアへの出入りに UWB トラッキングノードを設置することで、各ビーコンを原点とした独自の座標系を持つ AR 空間を設定している。経路探索はビ

Development of a Seamless indoor AR Navigation System  
Integrating Camera and UWB Position Tracking

Keiichi Ishikawa, Masatoshi Arikawa, Min Lu, Ryo Sato,  
Iori Sasaki, and Tomihiro Utsumi, Akita University

一コン識別情報，ユーザが選択した目的地を照合し，目的地まで進入するエリアの探索と各エリアでのダイクストラ法による最短経路の探索を行っている(図2).

### 2.4 ナビゲーション処理の概説

2.2 節で算出したユーザ座標は，カメラ座標と組み合わせることで，定期的に更新する．ユーザを最短経路で誘導させるため，アプリケーション内の AR 画面にある 3 次元の矢印オブジェクトを使用し，方向を指示する(図2).

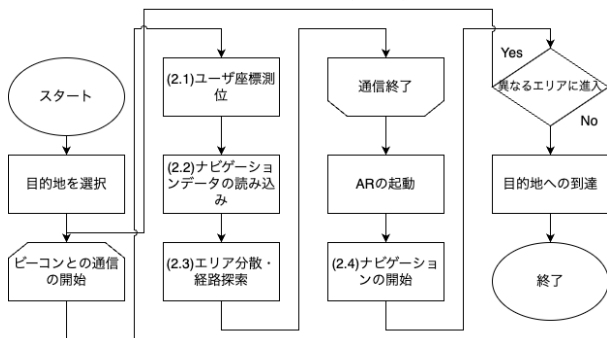


図 2. AR ナビゲーション処理のデータフロー図

### 3. 同一エリア内での誘導実験

2 節で提案したナビゲーションシステムの空間精度を検証するため，同一のエリア内での空間認識精度の検証を行なった．図3に計測した歩行結果、図4. A, B に歩行経路について示す．本実験ではユーザは進行方向と同じ方向にスマートフォンを向けて，秒速約1mの速度で歩行した．

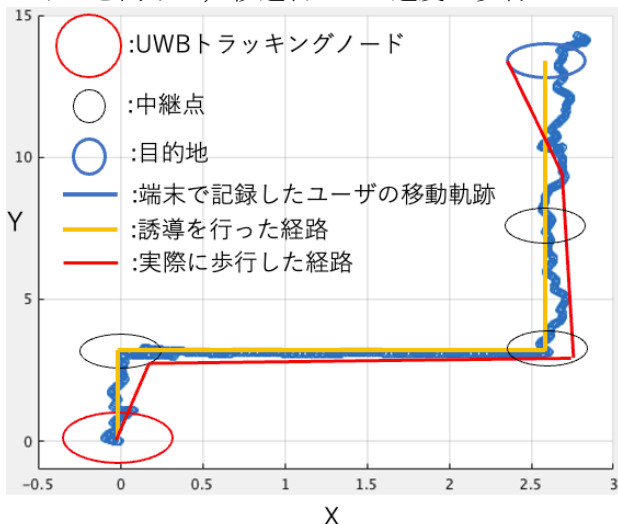


図 3. 同一エリア内での移動軌跡

計測したユーザの移動軌跡では UWB トラッキングノード内での座標算出誤差は X,Y 成分で約 3cm であり，目的地までの誘導を受けることができた．しかし，カメラによる座標算出時では向き

の変化や移動距離が大きくなるほど，誤差が増加する傾向にあり，Y成分が約11mの付近から実際に歩行を行った経路との乖離が増加しており，正常に誘導を受けることができない可能性もある．そのためカメラで座標測位を行う範囲やデバイスの向きの変更による影響をより考慮し，AR空間を設定することが必要だと考えられる．

### 4. ナビゲーションシステムの評価実験

3 節より同一エリアでの空間精度を確認したため，複数のエリアを組み合わせた空間でのナビゲーションを行う(図4)．本実験では異なるエリアへの移動時に壁やドアなどの障害物があり，UWB の反射，透過による影響について測定する．またユーザ座標の精度がナビゲーションシステムとして維持できているか検証を行う．

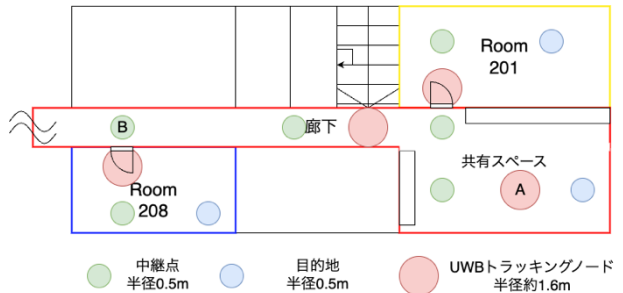


図 4 開始地点から目的地までのノード設置例

### 5. おわりに

本稿ではマーカー型ベースビジョン AR ナビゲーションにおける位置蓄積誤差補正の負担を軽減するため，スマートフォンに搭載されている UWB を活用し，ユーザ環境の快適化の枠組みを提案した．本提案枠組みは，AR 空間の分散，ナビゲーションデータの一元化，UWB によるシームレスな誤差補正を特徴とする．今後は，ビーコンとカメラによる移動距離を考慮した AR 空間の範囲の設定と 4 節の評価実験，それらを踏まえ，よりユーザの負担を軽減しつつ短時間で計測できる補正方法の改善に取り組む．また，歩きスマホ対策など，より実用性やユーザエクスペリエンスの高い実 IT サービスへと発展させたい．

### 参考文献

[1] 大場康平, 有川正俊, 佐藤諒, 高橋秋典 (2022), ジオフェンスに基づく高実用性インドア AR ナビゲーションの提案と開発, 情処第 84 回全国大会.  
 [2] Coach the user on range, orientation, and line of sight, Initiating and maintaining a session, Nearby Interaction, Apple Inc., [https://developer.apple.com/documentation/nearbyinteraction/initiating\\_and\\_maintaining\\_a\\_session](https://developer.apple.com/documentation/nearbyinteraction/initiating_and_maintaining_a_session), (2024/1/12 確認).