

# Bluetooth5 の AOA 方式を用いた複数歩行者に対する 位置測位の評価

辰己弘征<sup>†</sup> 東田悠希<sup>‡</sup> 左近透<sup>§</sup> 佐藤健哉<sup>‡</sup> §

<sup>†</sup>同志社大学理工学部

<sup>‡</sup>同志社大学理工学研究科

<sup>§</sup>同志社大学モビリティ研究センター

## 1. はじめに

歩行者の急な飛び出しは、車両のドライバーが歩行者を認識した際にはすでに回避が難しいということがほとんどであり、人身事故や死亡事故につながることが多い。これは、車両のドライバーが歩行者の急な飛び出しを予測できないことが大きな要因である。こうした事故を減らすために歩行者の動きを予測する方法として、LiDAR やカメラなどのセンサを用いて歩行者を追跡する研究が行われている[1]。歩行者を追跡した結果、歩行者の現在の位置と進行方向を把握できればその後の動きの予測が容易になる。しかし、LiDAR やカメラでは、検知範囲に障害物が存在し死角が発生する場合、歩行者の現在の位置と進行方向を把握できず、追跡が不可能になるという問題がある。この問題を解決するために、複数の路側機に取り付けられた LiDAR のセンサ情報を統合することで死角を補完し追跡性能を向上させる研究が行われた[2]。しかし、複数の歩行者が重なった場合は、センサから近い歩行者によってその奥にいる歩行者が遮られるという理由で、歩行者の位置や人数が求められず、複数の歩行者が重ならない場合と比べて追跡性能が低くなってしまう。またこの問題を解決し、重なった歩行者を検知できたとしても、LiDAR やカメラなどのセンサでは、複数の歩行者が隙間なく密集して存在すると、密集した複数の歩行者を一つの物体と認識してしまい、追跡性能が低下するという問題もある。したがって、歩行者の追跡性能を向上させ、歩行者の急な飛び出し

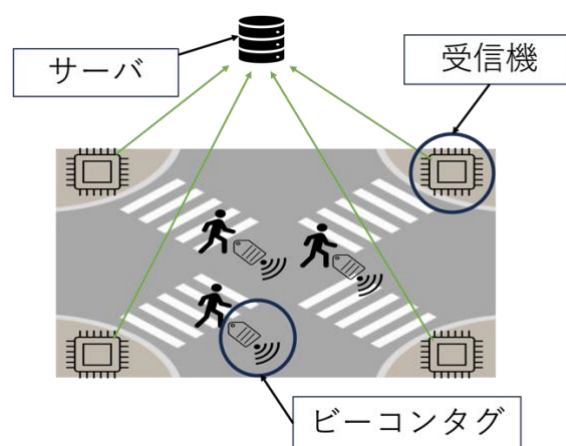


図 1 ビーコンタグを持った歩行者と受信機とサーバ

を予測するために、複数の歩行者による死角や密集などに関わらず、全ての歩行者の位置と人数を正確に求める方法が必要である。

本研究では、Bluetooth5 を搭載したビーコンタグを歩行者に携帯させ、その周りに受信機を設置することで、歩行者同士の遮蔽があった場合でも歩行者の数と位置を正確に判定することを目的とする。

## 2. 提案手法

Bluetooth5 の AOA 方式を採用したビーコンタグと受信機を利用して歩行者の位置測位を行う。AOA 方式とは、1つのアンテナを持つビーコンタグが単一の周波数を持つ信号を発し、受信機は、複数のアンテナ間で位相差を求めることで信号の入射角度を計算することができるものである。本研究では、受信機に対するビーコンタグの角度を求め、それをサーバに送信してから、サーバで歩行者の位置を求める。以下がその手順である。概要図を図 1 に示す。

- 受信機を屋外に複数台設置し、歩行者に ID が振り分けられたビーコンタグを携帯させる
- 各受信機は各ビーコンタグ信号の入射角度を計算してサーバへ送信

Evaluation of Positioning for Multiple Pedestrians Using Bluetooth 5 AOA Approach

<sup>†</sup>Hiroyuki Tatsumi, <sup>‡</sup>Yuki Higashida, <sup>§</sup>Toru Sakon and <sup>§</sup>Kenya Sato

<sup>†</sup>Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

<sup>‡</sup>Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University

<sup>§</sup>Mobility Research Center, Doshisha University

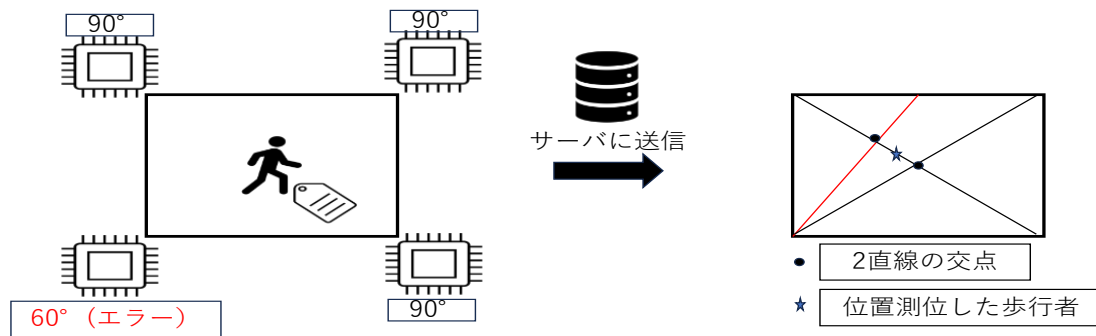


図 2 歩行者の位置測位

- サーバは各受信機から、全ビーコンタグからの入射角度を受け取って、各歩行者の位置を計算

AOA 方式の受信機では、アンテナの並ぶ向きと信号の向きのなす角が  $30^\circ$  から  $150^\circ$  の範囲が残りの角度と比べて、正確な角度が取りやすいという特性があるので、歩行者の位置を求める範囲を設定し、その範囲の四方に  $45^\circ$  から  $135^\circ$  の範囲で角度を求められるように受信機を配置する。位置を特定したい歩行者と受信機の間には他の歩行者などによって、遮蔽が発生した場合、受信機が求める受信角度に大きな誤差が出てしまう可能性がある。このことを考慮して入射角度から位置を求めるルールを以下のように設定する。

- 各受信機から求めた角度方向への直線が受信機の数だけ生成する。
- 3 本以上の直線が一点で交わる場合、その位置に歩行者がいるものとする。
- 2 本の直線が交わる点が複数存在する場合、その複数点の中心点に歩行者がいるものとする (図 2)。
- $45^\circ$  から  $135^\circ$  以外の角度方向への直線は他の歩行者などによる遮蔽によって正しい角度方向への直線が生成できなかったものとし、その直線と他の直線の交点は考えない。

### 3. 評価

#### 3.1. 実験

本研究では、ublox 社の受信機とビーコンタグを利用して提案手法の有用性を評価する。受信機は XPLR-AOA-C211 を用い、ビーコンタグは XPLR-AOA-C209 を用いる。まず、他の歩行者による遮蔽がない場合の位置測位の精度を測る目的で、一人の歩行者にビーコンタグを携帯させ、規定のコースを歩行させ、進むたびに位置測位を行う。これを受信機の数をも 2 台から 4 台までで変化させ、位置測位の精度の変化を確かめる。これ

を 2 回行う。次に、他の歩行者による遮蔽がある場合の位置測位の精度を図る目的で 3 人の歩行者に対して同時に同様の実験を行う。

#### 3.2. 評価項目

評価項目は以下の通りである

1. 各受信機が求めた角度と実際の角度の誤差
2. 提案手法によって測位した歩行者の位置と実際の歩行者の位置の誤差

評価項目 1 は、AOA 方式のビーコンによって、ビーコンタグの方向を正しく求められるかを調べる目的で行い、評価項目 2 は提案手法によって位置測位が正しく行われているかどうかを調べる目的で行う。

#### 4. まとめ

歩行者がビーコンタグを携帯することで、車載センサでは検知できなかった歩行者を検知できるようにするというのは、死角の問題に対して有効なアプローチであると考えられる。本研究では、実際に屋外で、歩行者に Bluetooth5 の AOA 方式を利用したビーコンタグを持たせ、受信機を設置し、歩行者の位置を動かした上で、信号から電波の角度を求め、ビーコンタグを持った歩行者の位置を測定し、ビーコンを使った複数の歩行者に対する位置測位の有用性を示した。

本研究の一部は JSPS 科研費 20H00589 の助成を受けたものである。

#### 参考文献

- [1] Michael Hoy, Zhigang Tu, Kang Dang, Justin Dauwels "Learning to Predict Pedestrian Intention via Variational Tracking Networks", 1st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) 2018
- [2] 村上直樹, 橋本雅文, 松葉摩吏乃, 高橋和彦, "複数の地上 LiDAR による分散型 Interacting Multimodel 法に基づく複数人物の追跡", 日本機械学会論文集, Vol. 88, No. 916, 2022