

## BLE ビーコンを用いたエリア推定による屋内位置測位手法の提案

工藤大希<sup>†</sup> 堀川三好<sup>‡</sup> 古舘達也<sup>‡</sup> 岡本東<sup>†</sup><sup>†</sup>岩手県立大学ソフトウェア情報学部 <sup>‡</sup>岩手県立大学ソフトウェア情報学研究科

## 1. はじめに

受信信号強度 (RSSI : Received Signal Strength Indicator) を利用する屋内位置測位は、フィンガープリント方式や三点測量を中心として研究が進められているが、導入負荷や測位精度の観点から多くの課題が残されている。一方、近年では Bluetooth Low Energy ビーコン (ビーコン) を中心に、大まかな位置 (エリア) を推定する屋内位置測位の実務導入が進んでいる。

本稿では、ビーコンの設置点を中心とした任意の範囲をエリアとし、RSSI に対する統計的検定を用いたエリア推定手法を提案する。また、提案手法を屋内位置測位システムに組み込み、評価した結果を報告する。

## 2. 関連研究

RSSI を利用するエリア推定手法は、RSSI の閾値を設定する方法や大小比較を行う方法が提案されている。閾値を設定する方法は、RSSI が閾値を超えたビーコンを利用してエリアを推定する。そのため、測位端末に適した閾値が必要となる [1]。大小比較を行う方法では、RSSI が最大の電波発信機や RSSI の相対比を利用してエリアを推定する。しかし、電波の乱反射により RSSI がばらつくため、エリアの推定精度が低い。また、エリアの境界付近では RSSI に有意な差が無く、短期間でエリアが変化する事象 (ゆらぎ) が発生し、エリアの推定精度が著しく低下してしまう [2]。

## 3. 提案する屋内位置測位手法

## 3.1. エリア推定の概要

エリア推定手法では、ビーコンの設置点を中心とした任意の範囲をエリアと定義し、自位置に最も近いビーコンを推定することでエリアを推定する。ビーコンの推定は、観測される RSSI に対し、統計的検定である平均値の差の検定を行う。すなわち、平均値の差の検定により、ビーコン間の RSSI の平均に、有意差があるかどうか

かを判断する。そして、有意差を加味したビーコンの推定により、ゆらぎを防止し、適切なエリアの推定を可能とする。

## 3.2. RSSI に関する予備実験

一般的に、統計的検定を用いる場合には、対象とする母集団の性質に適した検定手法を選択する必要がある。そのため、RSSI の正規性と等分散性に関する予備実験を行った。予備実験の結果、静止状態では正規性があまり見られず、歩行状態では正規性が見られた。等分散性は、静止状態よりも歩行状態の方が傾向は見られたが、歩行者の状態やビーコンとの距離によって結果が異なった。

## 3.3. エリア推定手法

予備実験から、提案手法では一定期間に観測した RSSI に対し、逐一正規性や等分散性を検定することで、RSSI の性質に適した平均値の差の検定を行う。提案手法のフローチャートを図 1 に示す。一定期間に観測した RSSI の平均が最大および次点のビーコンに対し、平均値の差の検定を行い、有意差がある場合にのみ、RSSI が最大のビーコンのエリアを推定する。

## 3.4. 屋内位置測位手法

提案する屋内位置測位手法は、一定間隔でエリアを推定するが、エリアの推定間隔 (推定間隔) と平均値の差の検定に用いる有意水準 (有意水準) が、リアルタイム性やエリアの範囲に影響する。

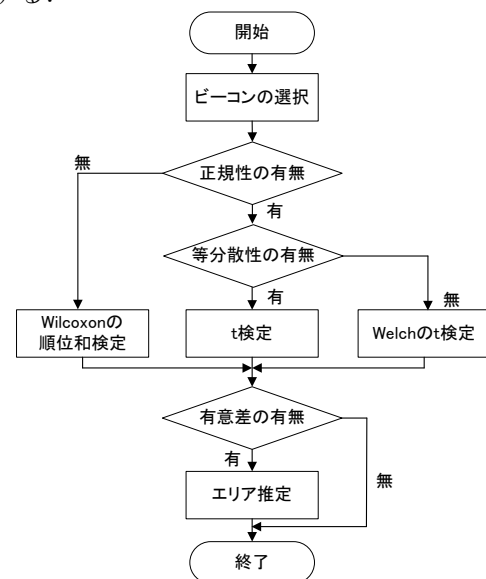


図 1 エリア推定手法のフローチャート

The Proposal of Indoor Positioning System by Area Estimation Using BLE Beacon

<sup>†</sup> Daiki Kudou, Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

<sup>‡</sup> Mitsuyoshi Horikawa, Tatsuya Furudate, Azuma Okamoto, Graduate School of Software and Information Science, Iwate Prefectural University Graduate School

4. 屋内位置測位システム

4.1. ソフトウェアの開発環境

表 1 ソフトウェアの開発環境

OS	Android4.3 以上 BLE 端末
ライブラリ	Blereceiver-v2.2.1.0 Google-play-service-lib
開発言語	Java7 系
開発環境	AndroidStudio1.3.2

4.2. 基本性能評価

提案する屋内位置測位手法の基本性能評価として、ゆらぎとリアルタイム性に関する評価実験を行う。また、有意水準を 1%とし、推定間隔を変更した複数の設定で計測を行う。

(1) ゆらぎの評価

ゆらぎの評価では、静止状態におけるゆらぎの発生回数および防止回数を計測する。計測は、直線通路に 20m 離してビーコンを 2 つ設置し、ビーコン間の 5m, 10m, 15m 地点において 600 秒間の計測を行う。実験結果を図 2 に示す。推定間隔を大きくするほどゆらぎの発生回数が減少し、防止率は向上した。

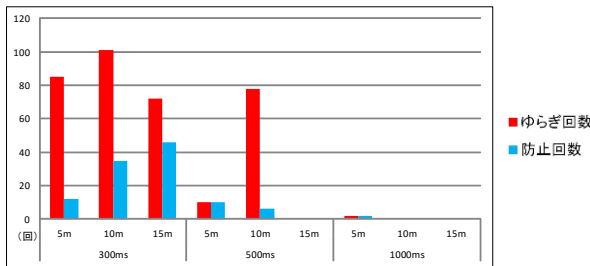


図 2 ゆらぎの発生回数および防止回数

(2) リアルタイム性の評価

リアルタイム性の評価では、歩行状態においてエリアが推定され始める地点およびされ終わる地点を計測する。計測は、直線通路の 5m, 15m, 25m 地点にビーコンを設置し、0m から 30m までを 10 回歩行する。また、計測対象とするエリアは 15m 地点のビーコンのエリアとする。実験結果を図 3 に示す。推定間隔が小さいほどリアルタイム性が向上した。また、1000ms 設定ではビーコンを通り過ぎてからエリアが推定され、リアルタイム性が著しく低下した。

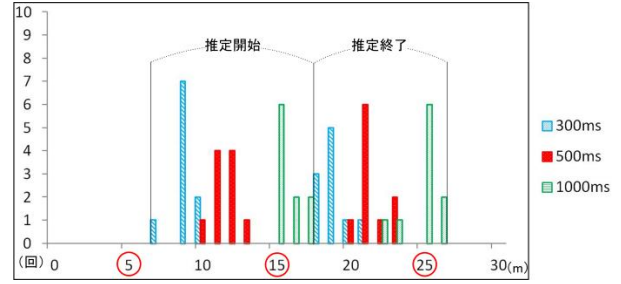


図 3 エリアの推定地点

4.3. 統合評価

統合評価では、歩行者ナビゲーションを想定し、図 4 の矢印の経路を 10 回歩行した場合のエリア推定精度を評価する。

図 4 のグラフは、各地点で推定されたエリアを色分けの円で示し、円の大きさは推定された回数を表している。グラフから、適切なエリアがリアルタイム性高く推定されていることが分かる。曲がり角付近のビーコン 4 やビーコン 8 は、他の場所よりもリアルタイム性が低下しているが、これは測位環境に存在する柱や壁などの障害物が原因であると考えられる。また、ビーコン 6 のエリアが推定される範囲は、他のエリアよりも狭くなっているが、ビーコンの個体差による送信電力の差が原因であると考えられる。

5. おわりに

本稿では、BLE ビーコンを用いたエリア推定手法を構築した。また、統合評価により歩行者ナビゲーションとして十分な測位精度およびリアルタイム性であることを確認した。今後は、共同研究先企業と連携し実務導入を進め、フィードバックを受けて手法の改善に取り組む。

- 1) 駒井清顕, 藤本まなと, 荒川豊, 諏訪博彦, 安本慶一: 複数人の行動・移動状況の把握を目的とした iBeacon による存在領域判定システムの検討, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ 2024 論文集, Vol5, pp.71-77, (2015).
- 2) 山田直治, 磯田佳徳, 南正輝, 森川博之: プレゼンスシステム実現のための無線 LAN を用いた高精度な屋内エリア推定方式, 情報処理学会論文誌, Vol.50, No.8, pp.1845-1855, (2009).

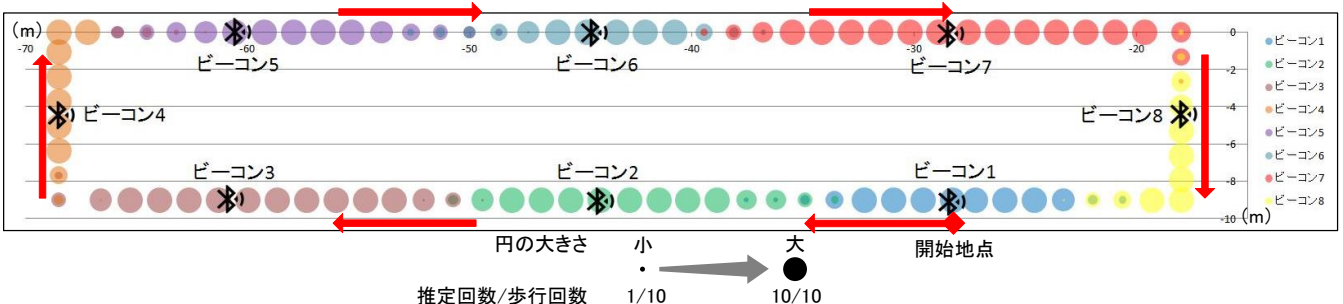


図 4 各地点におけるエリア推定結果