

# 疎なネットワークにおける BLE ビーコンを用いた 独居高齢者徘徊検知アルゴリズムの提案と実装

川北 崇斗<sup>†</sup> 山口 将央<sup>‡</sup> 島 孔介<sup>†</sup> 大塚 孝信<sup>†</sup>

名古屋工業大学<sup>†</sup> 名古屋工業大学大学院情報工学専攻<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

日本において高齢化は重大な社会問題になっている。総人口に占める 65 歳以上人口の割合は約 30% になり、65 歳以上人口に占める一人暮らしの割合は、1980 年時点では約 15% であったのに対し、2015 年時点では約 35% まで上昇し、2040 年には約 45% まで上昇するとみられている [1]。高齢化の進行に伴う問題の一つとして、行方不明が挙げられる。行方不明者数の総数は、2016 年時点では約 8.5 万人であったのに対し、2020 年では約 7.7 万人と減少しているが、70 歳代と 80 歳以上の行方不明者数は増加しており、中でも疾病関係のうち認知症が原因による行方不明者数は、2016 年時点では約 1.5 万人であったのに対し、2020 年では約 1.7 万人と増加している [2]。

こうした状況で、行政による独居高齢者見守りの負担が増加している。昨今では、IoT を用いた見守りシステムの開発が盛んに行われている [3][4]。徘徊に対する見守りは、広範囲に及び、導入コストが高い点や利用用途が限定的であるといった点で、課題が挙げられている。

このような背景から、本研究では低コストで運用可能な汎用性の高い独居高齢者見守りシステムを構築し、行政の課題解決への貢献を目的とした、徘徊検知アルゴリズムを提案する。

## 2 提案手法

### システムの概要

本研究で提案する徘徊検知システムを図 1 に示す。ここで、コスト削減のために基地局はスパースな間隔で設置している。まず、独居高齢者は BLE ビーコンを所持し、生活する。対象の BLE ビーコンが基地局の BLE 通信圏内に入ることによって、BLE ビーコンの情報を取得する。ここで、BLE ビーコンからは識別子 (Major 値, Minor 値) 及び

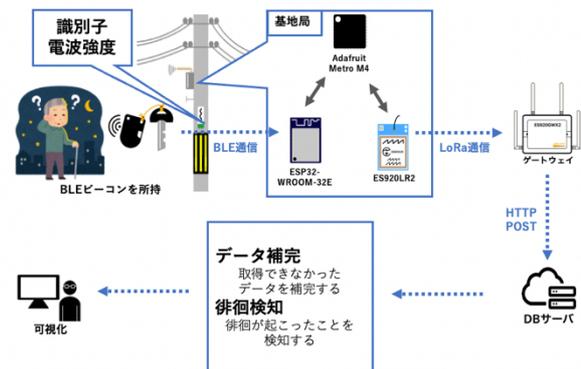


図 1 徘徊検知システム

電波強度 (RSSI: Received Signal Strength Indication) を受信できる。その後、基地局は BLE ビーコンの識別子と RSSI を Private LoRa 通信ゲートウェイに送信し、ゲートウェイは HTTP POST でそれらのデータをサーバへ格納する。

### 徘徊の定義

Liu ら [3] の定義に従い、本研究では徘徊を以下のように定義する。

徘徊：目的地までの最短経路から外れるランダム要素を含む行動

目的地までの経路がわかっている場合、最短または最短に近いルートを通ると仮定すると、目的地までの経路にランダム要素を含む場合、目的地までの経路が長くなり、到達時間が伸びることが想定される。そこで、正常時の移動時間を学習し、移動時間が伸びたことを異常として判定する。

### データ補間アルゴリズム

本システムでは、コスト削減のため、基地局をスパースな間隔で設置している。そのため、データを補間することにより、徘徊検知の精度が向上すると考えられる。そこで、以下の条件を満たすとき、本アルゴリズムを適用する。

- 地理的制約のある道に設置された基地局が 3 つ以上隣り合って存在する
- 3 つの隣接する基地局において、両端の基地局でデータが取得できており、中央の基地局でデータが取得できていない

Proposal and Implementation of Wandering Detection Algorithm for Elderly Single-person Using BLE Beacon in Sparse Networks

<sup>†</sup>Nagoya Institute of Technology

<sup>‡</sup>Department of Computer Science, Nagoya Institute of Technology

本アルゴリズムでは、線形補間を使用し、中央の基地局におけるデータを補間している。以降で示すデータには、本アルゴリズムを適用している。

### 徘徊検知アルゴリズム

本研究では、目的地までの最短経路から外れるランダム行動を含む場合を徘徊としている。そのため、ランダム要素を含んでいる時、経路が長い場合、到達までの時間が長くと想定される。ゆえに、移動時間が伸びたものを徘徊と検知することを考え、外れ値検出により徘徊を検知する。また、異なる見守り対象者に対して徘徊を検知するため、少ないデータサンプル数に対しても徘徊が検知されるようなアルゴリズムが求められる。各基地局で取得したデータから算出した各基地局間の移動時間に対して、以下の手順で徘徊検知を行う。

1. 各基地局間の移動時間に対して第一四分位数  $Q_1$  と第三四分位数  $Q_3$  及び四分位範囲 IQR を求める
  2.  $Q_1 - 1.5IQR$  以下のデータは除去データとする
  3.  $Q_3 + 1.5IQR$  以上のデータは徘徊データとする
- ここで、 $Q_1 - 1.5IQR$  以下のデータを除去データとしたのは、徘徊検知において着目する必要のないデータであるためである。また、 $Q_3 + 1.5IQR$  以上のデータを徘徊データとしたのは、正常時より移動時間が長いと考えられるためである。

### 3 評価実験

#### データ補間アルゴリズムの適用

名古屋工業大学内にて図2に示す赤い丸の地点に基地局を設置し、本アルゴリズムが適用される条件を満たすように青い線のルートを歩行した。各基地局で取得したデータから算出した各基地局間の移動時間に対して本アルゴリズム適用前と適用後のデータサンプル数を比較した結果を表1に示す。

	アルゴリズム適用前	アルゴリズム適用後
データサンプル数	45	52

表1 データ補間アルゴリズム適用結果

本アルゴリズムが適用される条件を満たすデータは、全て補間されていたため、本アルゴリズムは有効であるといえる。

#### 徘徊検知アルゴリズムの適用

取得したデータに対して基地局間の移動時間を2倍にしたものを徘徊データとし、徘徊データを5%、10%、20%含むものに対して、本アルゴリズムを適用し、比較した結果を表2に示す。徘徊データを5%及び10%含む場合、おおよその徘徊は検知されている。しかしながら、徘徊データを20%



図2 実験概要図

徘徊データの割合	徘徊データが徘徊と判定された割合
5%	100%
10%	86%
20%	68%

表2 徘徊検知アルゴリズム適用結果

含む場合は、徘徊検知の精度は低くなっている。本アルゴリズムは、徘徊が高い頻度で発生しない、軽度の認知症患者に対して有効であるといえる。

### 4 おわりに

本研究では、行政の課題解決への貢献を目的とした徘徊検知アルゴリズムを提案し、実装した。また、評価実験では、データ補間アルゴリズム及び徘徊検知アルゴリズムの有効性を示した。今後は、名古屋工業大学内にて徘徊データの取得、愛知県新城市への本システムの導入を計画している。

### 謝辞

本研究の一部は、情報通信研究機構(NICT, 22010)の助成により実施されたものです。

### 参考文献

- [1]内閣府, 令和3年版高齢社会白書.
- [2]警察庁生活安全局生活安全企画課, 令和2年における行方不明者の状況.
- [3] T.-Y. Liu et al: "Development of An POF-based Navigation System for People with Mild Cognitive Impairment Based on Wandering Detection", 2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC), 2019, pp. 2490-2495.
- [4] 岩田彰, 王建青, 白松俊, 須藤正時, クグレマウリシオ, 我妻伸彦: 「改良型BLEビーコンとLPWA通信による見守りシステム「見守りプラス」, 計測と制御, 第58巻, 第2号, pp.109-114 (2019).