

BLE ビーコンを用いた医療・介護支援のための 移動履歴可視化に関する一検討

影島 聖也¹ 吉廣 卓哉¹

概要：近年日本は高齢化社会となり、高齢者の割合が増加しており、それに伴い病院や介護施設では入院患者や入居者が増加している。その中で現場では高齢者の徘徊からの屋外に外出し行方不明になる問題や深夜に高齢者がトイレや廊下などの施設内で体調が悪くなり人が呼べず動けなくなる問題が起きている。これらの問題は早期発見できなかった場合、高齢者の命の危険に関わることがある。これらの問題は高齢者に何かトラブルが起きた場合を早期に検知し、高齢者の位置を把握し、職員が対応にあたることで未然に防ぐことができる。本研究では、BLE ビーコンを用いた移動履歴の可視化のシステムの導入を行うことでこれらの問題の解決を目指す。移動履歴の可視化にあたってスキャナから取得したデータから移動履歴の可視化に用いるデータを生成することは必要不可欠である。移動履歴の可視化に用いる新たなデータ構造として PathTrace データを提案する。そしてそのデータ構造を用いた移動履歴可視化システムを実際の老人ホームに導入し、移動履歴の可視化が行えているかを確認する。システム上で表示した移動履歴の画面から、移動履歴の可視化画面から人の移動の軌跡を特定できることを確認した。

1. はじめに

近年日本では高齢化が進み、高齢者の割合が増加する傾向がみられる [1] [2]。それに伴い病院や介護施設では入院患者や入居者が増加している。そのため看護職員や介護士の人手不足が顕在化している。人手不足の中、医療や介護の現場では高齢者の徘徊からの屋外に外出し行方不明になる問題や深夜に高齢者がトイレや廊下などの施設内で体調が悪くなり人が呼べず動けなくなる問題が起きている。これらの問題が早期発見できなかった場合、高齢者の命の危険に関わることがある。屋外に外出し行方不明になる問題は、高齢者が外出を試みようとした時に職員がそれを知り、すぐに対応に当たれば行方不明になることを防ぐことができる。また、高齢者が施設内で体調が悪くなり、その場で人が呼べずに動けなくなる問題は、高齢者に何かあった場合に高齢者の位置情報を知ることができれば早期発見ができる。

これらを実現する一例として BLE ビーコンを用いた屋内位置推定を用いて高齢者を発見するシステムの導入が挙げられる。これにより高齢者が外出を試みた場合やその場で動けない場合に看護職員や介護士の持っている端末に通知する。そしてその端末上で高齢者の位置情報を表示する

ことで看護職員や介護士は位置情報を確認し高齢者のいる現場に向かい対応に当たることが可能となる。

本研究では、医療・介護における問題の解決のために、医療・介護の現場で高齢者にトラブルがあった場合にこれを検知し、その時に限り移動履歴を可視化するシステムを導入する。高齢者が BLE ビーコンを常時携帯し、施設に設置したスキャナが BLE ビーコンからの信号を受信してサーバに送信する。サーバは受信した BLE ビーコンの記録等から高齢者のトラブルを検出し、トラブル発生時にアラート通知する。アラートが看護職員や介護士が持つタブレット端末に通知され、画面上にトラブル発生時の当該高齢者の移動履歴を可視化表示する。表示された位置や移動履歴から看護職員や介護士が迅速に対応することができる。なお、プライバシーに配慮して、屋内移動履歴の表示はアラート発生時に限っており、アラート発生時に移動履歴を閲覧することに関しては、予め高齢者に同意を得ておく必要がある。

提案システムでは、上記のような移動履歴可視化システムを現場導入するために、できる限りスキャナの設置数を減らすことで導入・管理コストを最小化する。最新の屋内位置情報取得法を用いれば、かなり精度の高い位置推定が可能である。しかし、BLE ビーコンを用いて位置推定精度を上げるためには、密度の高いスキャナの配置が必要であり、導入・管理コストの負担が大きい。提案システムで

¹ 和歌山大学
WakayamaUniversity

は、建物の構造とニーズに合わせて最小限のスキナを配置することを前提としており、現場導入しやすいシステムである。一方で、スキナを疎に配置した場合でも人の移動履歴が把握できる必要がある。このためには、可視化法の工夫と、そのためのデータ加工を要する。本稿ではそのためのシステム設計、可視化画面の構成、及びそれを実現するためのデータ処理法について述べる。

本論文の構成は以下のとおりである。第2章では医療・介護における移動履歴可視化システムの利用意義について述べる。第3章では提案システムおよび可視化システムの設計を述べる。第4章では可視化を実現するためのデータ構造とデータ処理法について述べる。第5章では本システムの可視化画面について評価を行う。最後に第6章で本研究の結果をとりまとめる。

2. 医療介護における移動履歴の可視化

2.1 医療・介護における課題

先述の通り、日本は高齢化社会となり、2018年では65歳以上が占める人口の割合は約28%である[1][2]。病院や介護施設を利用する高齢者が増大しており、病院の入院患者や介護施設の利用者が増加している。このため、看護職員や介護士の1人あたりの担当患者数・被介護者数は増加し、病院や介護施設では人手不足が顕在化している。人手不足の状況では、看護職員や介護士が全ての患者や入居者に目を届かせることが困難になる。その結果として、多くのトラブルが発生することが予想される。例えば、認知症や外出が許されない症状の入院患者が病院から無断外出し、そのまま行方不明になるトラブルが報告されている。また、屋内で深夜等に廊下やトイレ等で突然動けなくなり、人を呼べない状態になるトラブルもある。これらの問題が起きた場合には、検索のための人手が必要になる等の人的コストの問題もあるが、何より早期発見できなかった場合には命の危険も考えられる深刻な事態になりかねない。医療・介護の現場で、現場の作業をICT技術により効率化する、或いはこれらのトラブルリスクを低減することが望ましい。

2.2 移動履歴可視化による医療・介護の効率化

我々の研究プロジェクトでは、医療・介護における業務を効率化するために、高齢者の移動履歴を可視化するシステムを導入する。人手不足の現状において、高齢者の徘徊による行方不明の防止や、高齢者にトラブルがあった場合の早期発見をすることは難しく、人手を割らずに業務を効率化することが必要となる。業務効率化の一例として、医療・介護現場で高齢者の位置情報を閲覧できるシステムの導入が挙げられる。人の移動履歴を閲覧するシステムの導入で注意すべきの1つは個人のプライバシーの問題である。高齢者の位置情報は個人情報に含まれるため、看護職

員や介護士が常に閲覧が可能であってはならない。これは個人情報保護法により法律で定められている。本システムではシステムを導入する場合、まず患者や被介護者にプライバシーに関する同意書の承諾を得る必要がある。そして同意をもらった上で当人にトラブルがあった場合に限り、当人の位置情報をシステム上で表示し、看護職員や介護士の閲覧を可能とする。そして高齢者にトラブルがあった場合、看護職員や介護士は、そのシステムを利用することでトラブルのあった高齢者の移動履歴をいち早く確認が可能であり、新たに検索のための人手を必要とせずに対応が可能となる。また夜間の病院、介護施設などの職員の勤務の負担軽減も可能である。

3. 提案システム

3.1 提案システムの概要

移動履歴の可視化システムの全体像を1に示す。本システムは病院や介護施設で利用するシステムである。本システムは、「BLE ビーコンタグ」「スキナ」「サーバ」「端末」の4つの要素から構成される。BLE ビーコンタグとしては、24時間身に付けられるように小型のデバイスを用い、現場の状況に応じて、高齢者の手首のタグや名札、靴等に取り付けるなど工夫する。スキナは、典型的にはRaspberry Pi等の小型端末を用いて実装し、多くの場合には電源コンセントの近辺に設置することになる。スキナは、建物内の移動履歴を取得したい領域に、必要な粒度の位置推定ができるように計画的に配置する。スキナは、ビーコンを受信すると、その記録をサーバに転送する。サーバは当該施設に設置しても良いし、施設外に設置しても構わない。サーバ内のデータベースにビーコン受信履歴を蓄積する。看護師や介護士が用いるタブレット端末を用意し、詰所等の仕事に通常待機する部屋に設置する。もしくは、スマートフォン等の携帯端末を各自が携帯しても構わない。これらの端末には専用のアプリケーションがインストールされており、それらのアプリケーションはサーバと通信をして必要な情報を端末に表示できる。また、サーバが何らかのトラブルを検出した場合には、サーバからのプッシュ通信によりアプリケーションに通知し、アラートとして端末が鳴動する。これらのシステムの典型的な動作を以下に示す。

- (1) BLE ビーコンタグを移動履歴を確認したい患者や被介護者の身体に装着する。
- (2) BLE ビーコンタグから発信されるビーコン信号をスキナが受信する。
- (3) スキナが受信記録をサーバに送信する。受信記録には、ビーコンタグの識別ID、スキナの識別ID、受信時刻、受信時の受信信号強度(RSSI)などが含まれる。
- (4) 受信記録をサーバが受信し、データベースに格納する。サーバ上でデータを加工し、可視化に適した形式に変

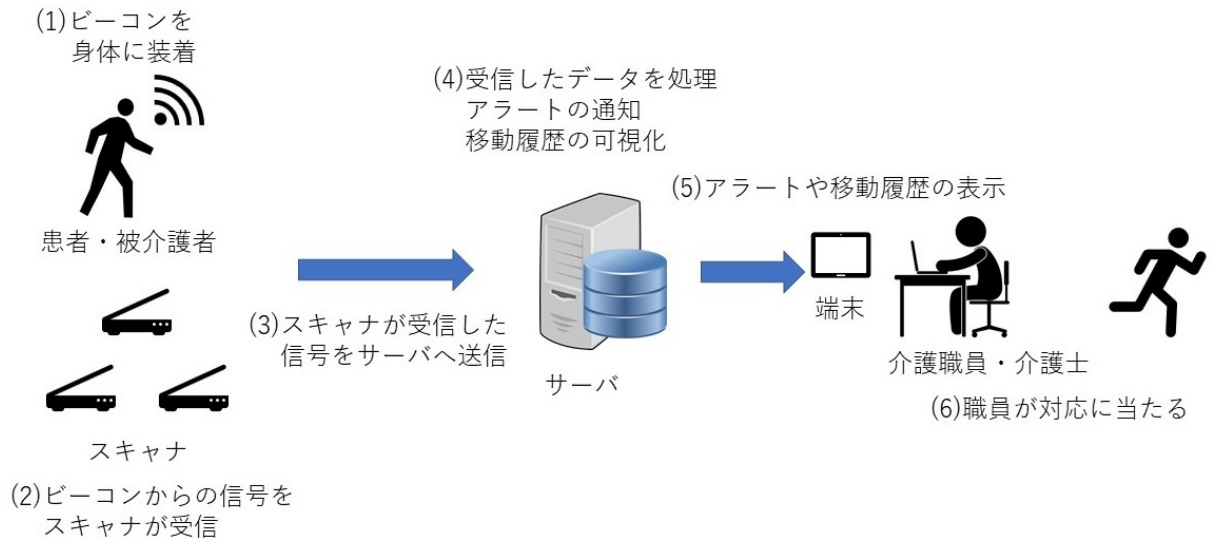


図 1 移動履歴の可視化システムの全体像

換しておく。また、受信データを逐次的に処理する過程で高齢者のトラブルを検出した場合には、タブレット端末に対してアラートを送信する。

- (5) タブレット端末がアラートを受信すると、音声やバイブレーション等で看護職員・介護士に知らせる。また、アラート通知後、介護職員・介護士が操作することにより、直近の移動履歴を可視化する。
- (6) 看護職員・介護士は可視化画面を見て当該高齢者の直近の行動を把握すると同時に、それらの情報から本人の行動の意図や状況を把握する。

3.2 移動履歴の可視化

本システムでは、スキャナの BLE ビーコン受信記録を用いて高齢者の移動履歴を可視化する。通常は、位置推定を行うためには、必ず 3 基以上のスキャナがビーコンを受信できるようにスキャナを密に配置し、3 点測量 [3] の要領で位置推定を行う。一方で本研究では、必要な粒度で移動履歴が把握できるための最低限の密度でスキャナを配置することで、導入・管理コストを低減する。このため、必ずしも 3 基以上のスキャナがビーコンを受信できない状態で

も可視化画面を見て移動経路が判定できるような可視化手法の工夫をする必要がある。このため、本研究では、基本的には近接度（スキャナがビーコンを検出したら、その近くにいと判定する単純な方法）[4] を基にした可視化手法を設計することになる。この場合、移動履歴の可視化は単純な画像で行うことが困難であり、より多様な情報を、人間が認識しやすいように表示する必要がある。このため、本研究で提案する可視化手法は、移動履歴をアニメーションにより表示する方法を採用した。

今回設計した移動履歴可視化画面の例を図 2 に示す。この可視化画面では、屋内の位置推定領域の屋内地図（複数フロアでも可）にスキャナと当該高齢者の位置を表示する。スキャナの位置は青い点で表現され、スキャナ番号が併記される。この屋内地図に対して、ビーコン信号を受信したスキャナを赤い円で表現する。ある時点で複数のスキャナがビーコンを受信した場合には、それら全てが赤い円で表記される。中でも、最も強い RSSI を記録したスキャナは濃い円、それ以外は薄い円で表記される。また、これらのスキャナの位置の重心を、高齢者の大凡の推定位置として、黄色の三角形で表記する。このような、ある一時点の位置表記を、状態という語で表すことにする。この状態が、時系列に推移して表記されていくことで、アニメーションとして表記される。各状態は、その状態が維持された時間を T とすると、 $\log T$ 時間だけ表記され、次の状態の表記に移る。このようなアニメーションが、トラブル発生から少し前の時点からトラブル発生時点まで再生されることになる。

図 2 の例を説明する。この屋内地図は、評価実験を行った老人ホームのものである。青い点でスキャナの設置位置が示されており、付与されている番号はスキャナ番号である。この図の状態では、スキャナ 7, 8, 13 がビーコンを受信しており、その中でも 7 の受信強度が最も強い。これら 3 基のスキャナの中央に推定位置が黄色三角形で示されて

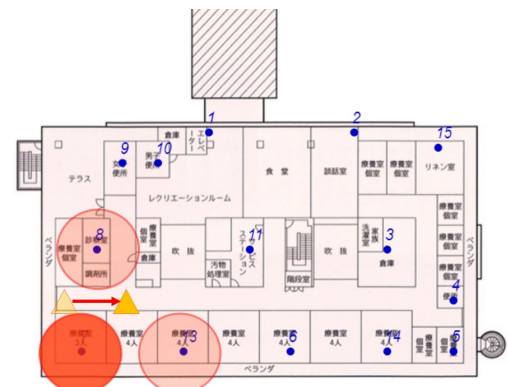


図 2 想定する移動履歴の可視化画面

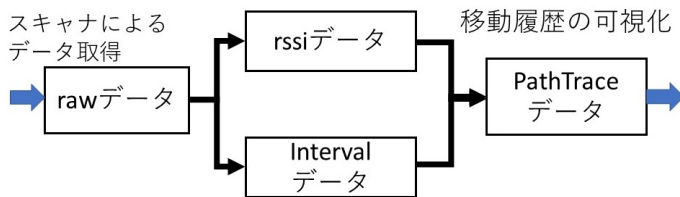


図 3 データ処理の流れ

表 1 raw レコードの構造

変数名	型名	説明
BeaconID	整数型	BLE ビーコン識別 ID
ScannerID	整数型	スキャナー識別 ID
Time	String 型	検知時刻
rssi	整数型	受信電波強度

表 2 Interval レコードの構造

変数名	型名	説明
BeaconID	整数型	BLE ビーコン識別 ID
ScannerID	整数型	スキャナー識別 ID
startTime	String 型	検知開始時刻
endTime	String 型	検知終了時刻

表 3 Interval 生成アルゴリズムの変数と関数の説明

変数名	説明
R	raw レコード集合 (入力)
I	Interval レコード集合 (出力)
T	Interval 内の受信の最大時間間隔

おり、一つ前の状態の推定位置からの矢印により、移動方向がわかるようになっている。

4. データ構造とアルゴリズム

4.1 可視化に用いるデータ構造

先述の可視化を実現するためのデータ構造と、その実現のためのデータ加工アルゴリズムについて述べる。まず、スキャナから送られるデータはサーバのデータベースに格納される。得られた生データのレコード集合 (以後、raw レコードと呼ぶ) を複数段階に分けて加工し、最終的に移動履歴の可視化に用いるデータ構造に変換する。データ処理の流れを図 3 に示す。図に示されるように、まず、raw レコードから、1 スキャナが 1 ビーコンタグの信号を連続して受信し続けた時間を表す Interval レコードと、 k 秒毎に 1 タグを最も強い RSSI で受信したスキャナを記録する RSSI レコードを生成する。次に、Interval データと RSSI データを用いて、アニメーションの各状態を表す PathTrace レコードを生成する。PathTrace データは、ビーコンタグ毎に、各状態でそのタグの信号を検出したスキャナの一覧と、その状態が継続する時間、その中で最も強い信号強度を記録したスキャナの情報を記録しておく。PathTrace データから直接的に先述の可視化画面 (のアニメーション) が生成できることがわかると思う。

Algorithm 1 Interval データの生成アルゴリズム

```

1: while  $R \neq \text{null}$  do
2:    $r \leftarrow \text{retrieveOldestRaw}(R)$ 
3:    $i \leftarrow \text{retrieveInterval}(I, r)$ 
4:   if  $r.\text{time} < i.\text{endTime} + T$  then
5:      $i.\text{endTime} = r.\text{time}$ 
6:      $I \leftarrow i$ 
7:   else
8:      $I.\text{createInterval}(r)$ 
9:   end if
10: end while

```

4.2 ビーコンの受信開始と終了を表す Interval データの生成アルゴリズム

Interval レコードとは、1 ビーコンタグを 1 スキャナが連続して受信し続けた時間を表す。raw レコードの集合を入力として、Interval レコードを出力する。raw レコードの構造を表 1 に、Interval レコードの構造を図 2 に示す。Interval データは、各スキャナが連続して受信していた時間を表す。情報として、スキャナの ID と検知開始時刻 (StartTime) と検知終了時刻 (EndTime) を持っている。Interval レコード生成アルゴリズムを Algorithm1 に示す。アルゴリズム中で参照される変数は表 3 に示す。ここで、 T は、1 タグの信号を 1 スキャナが連続して受信する場合に、1 つの Interval レコードに含めると判定する最大の時間間隔である。つまり、2 つの受信が T (秒) 以内であれば同じ Interval レコードに含め、 T (秒) 以上離れていたら異なる Interval レコードに分割する。

Algorithm1 の 1 行目は、データベースの raw レコードの集合 R にデータが存在していた場合、2 行目以降のコードを実行する。2 行目は retrieveOldestRaw 関数を使用し、この関数は R から最も古いデータを 1 つ抽出する。1 つ抽出したものを r に代入する。3 行目は、retrieveInterval() 関数を実行する。この関数は第一引数で指定したレコードの集合から第二引数で指定したレコード r と同じスキャナ ID を持つ Interval データで、最も時刻が新しいものを抽出する関数である。4 行目では、 r を、抽出した Interval レコード i に含めるかどうかを判定する。具体的には、 i の検知終了時刻と r の時刻の差が T 秒以内であれば、5 行目で i の検知終了時刻を r の時刻で更新する。一方、 T 以上の差がある場合には、

と 1 つの Interval レコードにまとめる時間間隔 T 秒内であるかを判断する。もし時間間隔 T 秒以内であった場合、5 行目で Interval データの終了時刻を更新し、データを統合する。そして 6 行目で Interval レコードの集合 I にデータ i を書き戻す。一方、時間間隔が T 秒以上だった場合、8 行目で Interval データを新たに作成し、レコード I に格納する。以上が Interval データを生成するアルゴリズムである。

表 4 rssi レコードの構造

変数名	型名	説明
BeaconID	整数型	BLE ビーコン識別 ID
ScannerIDList	Array 型	スキャナ識別 ID の配列
rssi	整数型	受信電波強度
startTime	String 型	検知開始時刻
endTime	String 型	検知終了時刻

表 5 rssi 生成アルゴリズムの変数と関数の説明

変数名	説明
R	raw レコード集合 (入力)
S	rssi レコード集合 (出力)
$SList$	スキャナ集合
$rsList$	各スキャナの rssi 集合
k	rssi データを作成する時間間隔
t	次の rssi データを作成する際に時刻を引き継ぐ変数

Algorithm 2 rssi データの生成アルゴリズム

```

1: while  $R \neq null$  do
2:    $y \leftarrow setdata(R, k, t)$ 
3:    $SList \leftarrow addSlist(y)$ 
4:    $rsList \leftarrow addRlist(y)$ 
5:    $S.createRssi(SList, rsList)$ 
6:    $t \leftarrow k + t$ 
7: end while

```

4.3 一定の時刻のスキャナのリストとその RSSI を表す rssi データの生成アルゴリズム

rssi レコードは、各ビーコンタグ ID に対して、一定時間間隔毎に、そのタグからのビーコン信号を検知したスキャナ ID の集合と、その時間間隔内に受信した最大の受信電波強度 (RSSI) を保持する。rssi レコードの構造を表 4 に示す。rssi レコードは、raw レコードから生成する。rssi レコードを生成するアルゴリズムを 2 に示し、アルゴリズム中で参照される変数を表 5 に示す。ここで k は rssi データを作成する時間間隔である。また、 t は次の rssi データを作成する際に時刻を引き継ぐ変数である。Algorithm2 の 1 行目は、入力である R 内の raw レコードそれぞれに対して while 内の処理を実行するループである。

Algorithm2 の 1 行目はデータベースの raw レコードの集合 R にデータが存在している場合、2 行目以降のコードをループで実行する。2 行目は *setdata* 関数を使用し、現在の時刻 t から 5 秒以内のデータを全て y に代入している。3 行目では、*addSlist* 関数を使用し、データ y からスキャナ ID のリストを作成し、 $SList$ に代入している。4 行目では *addRlist* 関数を使用する。この行は y のデータから rssi の値を取り出し、 $rsList$ に代入している。そして 5 行目で、スキャナ ID のリスト $SList$ と各スキャナの rssi のリスト $rsList$ を用いて *S.createRssi* 関数で rssi データを作成し、rssi レコードのリスト S にデータを作成している。そして 6 行目で t を更新し、ループで 2 行目に戻り次のデータを生成する。

4.4 移動の履歴を表す PathTrace データの生成アルゴリズム

PathTrace レコードは、スキャナの遷移を情報として持っており、移動の履歴を表している。Interval レコードと rssi レコードを入力として、PathTrace レコードを出力する。以下に PathTrace データの生成アルゴリズムを示す。まず各変数について説明する。PathTrace レコードの構造を表 6 で表す。各時間ごとにどのスキャナから信号が届いているのかを情報として持っており、データを時系列順に並べるとスキャナの遷移が分かり、移動の履歴を表すことができる。アルゴリズム中で参照される変数は表 7 に示す。

Algorithm3 の 1 行目は、Interval レコードの集合 I と rssi レコードの集合 S にデータが存在する場合に処理を実行する。2 行目は、スキャナの集合を宣言している。3 行目では *retrieveStartAndEndTime* 関数を使用し、この関数は引数で指定したレコードから取得したすべてのデータに対して、検知開始時刻のデータと検知終了時刻のデータに分割をする。1 つの Interval レコードのデータを 2 つのデータに分割し、それをすべての Interval レコードに対して行い、時刻レコードの集合 T に代入している。そしてその分割する際、新たに属性として type を追加し検知開始時刻のデータには Start、検知終了時刻のデータには End としている。4 行目では、rssi レコードの集合 S を時刻レコードの集合 T に追加している。その際も type を新たに追加し、rssi としている。5 行目では時刻レコード T を昇順でソートする。6 行目から 19 行目までは時刻レコード T の長さ分だけループ処理を行う。その際 T の集合から 1 つずつデータを抽出し、 t に代入する。if 文の $t.type$ が Start の場合、 $SList$ に t のスキャナ ID を追加する。その後レコード S からその時刻の最大 rssi を持つスキャナの ID を取得して変数 $rssi$ に追加する。 $rssi$ と t を統合して PathTrace データを生成し、テーブル *PathTrace* に追加する。 $t.type$ が End の場合、 $SList$ から t のスキャナ ID を削除する。その後の処理は Start の場合と同様である。また、 $t.type$ が rssi の場合は最大の rssi を持つスキャナのみを更新し、*P.createRssiPathTrace* 関数を用いて PathTrace データを生成し、データベースに格納する。

5. 評価**5.1 評価目的**

提案システムの可視化機能を評価する。具体的には、本システムで取得したビーコン受信記録を用いて屋内移動経路の可視化を行い、閲覧した人が実際の移動経路を特定できることを確認する。実際の移動経路と、閲覧者が推定した移動経路が概ね一致していれば、トラブル時にこれを閲覧した場合に、高齢者の移動履歴を確認することができ、状況把握が可能になると考えられる。

表 6 PathTrace レコードの構造

変数名	型名	説明
BeaconID	整数型	BLE ビーコン識別 ID
ScannerID	整数型	スキャナー識別 ID
rss	整数型	受信電波強度
startTime	String 型	検知開始時刻
endTime	String 型	検知終了時刻
StrongScannerID	整数型	最も強い rss を持つスキャナ ID

表 7 PathTrace 生成アルゴリズムの変数と関数の説明

変数名	説明
P	PathTrace レコード集合 (出力)
I	Interval レコード集合 (入力)
S	RSSI レコード集合 (入力)
T	時刻レコードの集合 (P と S から生成)
$t.type$	データ $t \in T$ のタイプ
$SList$	スキャナ集合

Algorithm 3 PathTrace データの生成アルゴリズム

```

1: while  $I \neq null \wedge S \neq null$  do
2:    $SList \leftarrow \phi$ 
3:    $T \leftarrow retrieveStartAndEndTime(I)$ 
4:    $T \leftarrow retrieveStartTime(S)$ 
5:    $T.sort$ 
6:   for each  $t \leftarrow T$  do
7:     if  $t.type == "Start"$  then
8:        $SList \leftarrow SList \cup \{t.sid\}$ 
9:        $rss \leftarrow getRssi(S, t)$ 
10:       $P.createPathTrace(t, rss)$ 
11:     else
12:       if  $t.type == "End"$  then
13:          $SList = SList \setminus \{t.sid\}$ 
14:          $rss \leftarrow getRssi(S, t)$ 
15:          $P.createPathTrace(t, rss)$ 
16:       else
17:         if  $t.type == "Rssi"$  then
18:            $rss \leftarrow getRssi(S, t)$ 
19:            $P.createrssiPathTrace(P, t.rssi)$ 
20:         end if
21:       end if
22:     end if
23:   end for
24: end while

```

5.2 評価方法

和歌山市内の老人ホームの協力を得て建物内の1フロアにスキャナを設置した。図4に間取りとスキャナの設置位置を示す。スキャナ1、2はレクリエーションルームに設置した。スキャナ4、9、10はそれぞれトイレに設置した。スキャナ6、7、13、14は入居者の個室に設置した。スキャナ8は診察室に設置した。スキャナ11はスタッフの詰所に設置した。スキャナ15、16、17廊下に設置した。

BLE ビーコンタグとして、mamorio[5]を使用した。

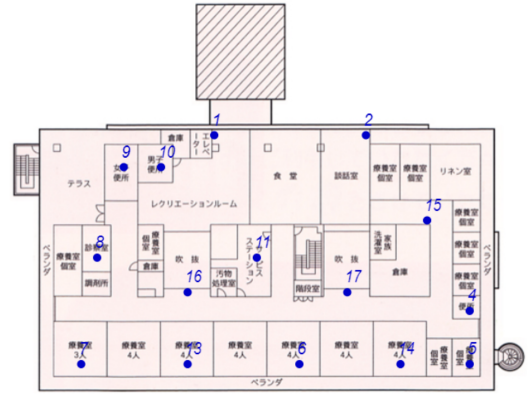


図 4 実験を行うフロアとスキャナの設置位置



図 5 使用する BLE ビーコンタグ mamorio



図 6 設置するスキャナ

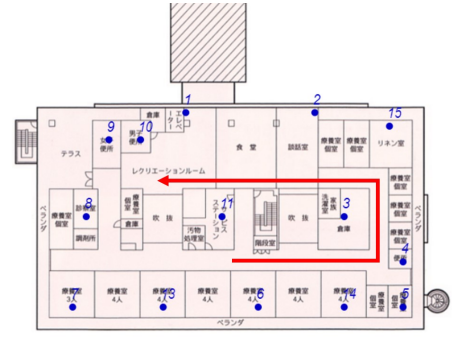


図 7 BLE ビーコンを持って移動した軌跡

mamorio は図5で示すように小型かつ軽量の BLE ビーコンタグであり (24mm × 横 36.2mm × 厚さ 3mm の、高齢者の身体に装着が容易である。また、約3秒に一度の頻度で iBeacon 仕様のビーコンを送出し、寿命は約1年である。スキャナには RaspberryPi3 ModelB を使用する。スキャナは図6のように箱で覆い設置する。評価にあたっては、今回は著者が手でビーコンを持ち、図7のような経路をゆっくり歩行した。その結果得られた受信データから移動履歴の可視化を行い、人の移動経路が特定できるかどうか

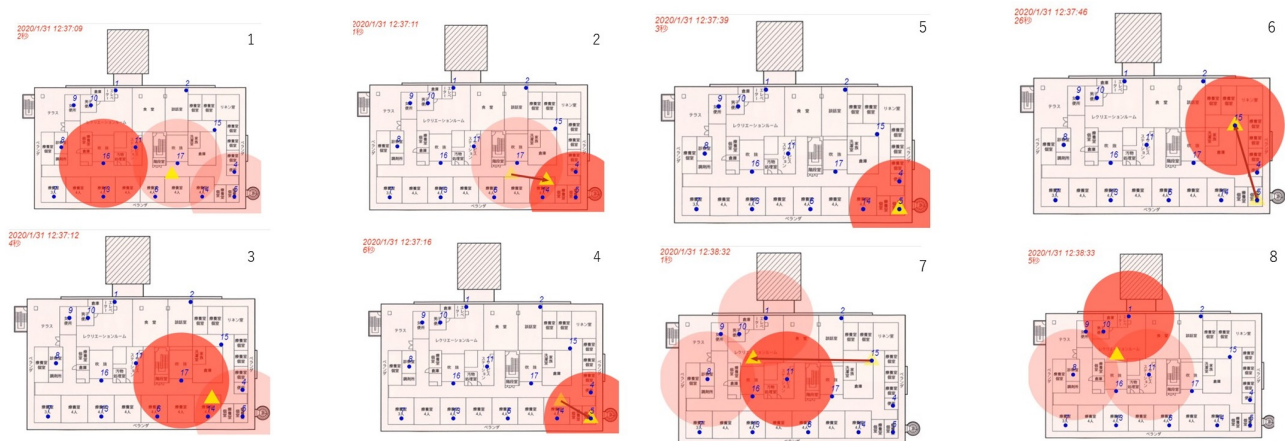


図 8 移動履歴の可視化画面

かを確認する。

5.3 評価結果・考察

今回導入したシステムを用いて移動履歴の可視化画面を図 8 に示す。各画像はアニメーションとして順番に表示されるものであり、右上の数値はそれらを表示順に並べた際の順序である。この結果を、実際に移動した移動経路(図 7)と比較すると、概ね移動経路がわかる程度には可視化できていることがわかる。

一方で、この図からはわからないが、RSSI の値がかなり大きく変動し、誤差が大きいことがわかった。ある場所に静止している場合であっても、スキャナがビーコンを受信する割合や RSSI の値が大幅に変動することが観測された。これが原因で、ある場所に静止している間の状態が複数に分割され、アニメーション表示のステップが冗長に増加する現象が見られた。現在のところ、Interval レコードを生成する段階で、受信の不確実性を吸収するようにしているが、それでも不十分である。精度を向上するための工夫が必要になる。

この種の精度は、ビーコン送信頻度を上げれば解決できる可能性がある。現在使用しているタグは 3 秒に一度の頻度でビーコンを送出し、約 1 年の寿命である。頻度や寿命を伸ばすためにはバッテリー容量を増やすことが現実的な方法であり、バッテリー容量を増やすとビーコンが大きくなる。その結果、現場で 24 時間携帯するような使い方が困難になる問題がある。名札や袋などの携帯をお願いしても部屋に忘れられることが多く、24 時間常に携帯してもらうためには工夫が必要である。ご協力いただいている老人ホームでは入居者が利用する標準的な靴があり、踵上部にビーコンタグを挿入できるフック状の部分がある。病院で利用するためには、近年では手首に巻いたバーコードタグに貼り付けるような形で携帯していただくことができそうである。しかし、ビーコンサイズが上がるとこのような利用が

困難になるため、現状ではビーコン頻度や送信電力を上げることは容易ではない。このような制約も、本システムの実用化にあたっては課題である。

6. おわりに

本研究では、BLE ビーコンを用いた移動履歴の可視化のシステムにおいて、移動履歴の可視化を行うための PathTrace データ構造の提案をし、実装を行った。そして実際に和歌山市にある老人ホームにシステムを導入した。PathTrace データ構造を用いた移動履歴の可視化のシステムの可視化の精度を確認するために実験を行った。実際に人が移動した軌跡とシステムで画面に表示した移動履歴の可視化画面とを比べるとおよそその人の移動の軌跡を確認できる精度であることが確認できた。

謝辞

本研究活動は、文部科学省による Society 5.0 実現化研究拠点支援事業によって行われたものである。

参考文献

- [1] "高齢者の人口", <https://www.stat.go.jp/data/topics/topi1131.html> (参照 2020-01-21).
- [2] "内閣府 高齢化の状況", <https://www.cao.go.jp/index.html> (参照 2020-02-05).
- [3] R. I. Hartley and P. Sturm, Triangulation, Comput. Vision Image Understand., 68-2 November 146-157, (1997).
- [4] J. Krumm, and K. Hinckley: The NearMe Wireless Proximity Server, Proc. 6th Inter-national Conference on Ubiquitous COmputing, (2004).
- [5] "mamorio", <https://mamorio.jp> (参照 2020-01-24).