

# 見守りシステムにおける人体の影響による推定位置補正

宮崎 喬行<sup>1</sup> 牧田 岳大<sup>1</sup> 高橋 健一<sup>2,3</sup> 川村 尚生<sup>2,3</sup> 菅原 一孔<sup>2,3</sup>

**概要:** 福祉施設において入居者の徘徊や無断外出が問題になっている。徘徊や無断外出を防ぐために施設職員は入居者の所在を把握しておく必要がある。しかし、施設内の限られた施設職員では入居者全員の所在を把握することは困難である。そこで、入居者の所在を把握することができるビーコンを利用した福祉施設向け見守りシステムが提案されている。しかし、ビーコンの電波は 2.4GHz 帯を使用しており、人体の影響を受け減衰し、推定位置に誤差が生じる。本研究では、人体の影響を考慮し、その電波に対して補正を加えることで人体の影響による誤差を軽減する。

## Elimination of the Effect of Human Body for Position Estimation using iBeacon

TAKAYUKI MIYAZAKI<sup>1</sup> TAKEHIRO MAKITA<sup>1</sup> KENICHI TAKAHASHI<sup>2,3</sup> TAKAO KAWAMURA<sup>2,3</sup>  
KAZUNORI SUGAHARA<sup>2,3</sup>

### 1. はじめに

福祉施設において入居者の徘徊や無断外出が問題になっている。徘徊や無断外出は入居者が怪我をする原因となるため、福祉施設の職員は入居者の所在を把握しておく必要がある。しかし、限られた施設職員で入居者全員所在を把握し続けることは困難である。このため、福祉施設における職員が入居者の所在把握を補助するシステムが求められている。そこで、ビーコンを利用した福祉施設向け見守りシステム [1] が提案されている。

本システムでは、定期的に信号を発信するビーコンを対象者が所持し、施設の廊下や部屋に受信機を設置する。受信機はビーコンから発信される信号を受信し、ビーコンの情報を監視サーバに通知する。監視サーバでは通知されたビーコンの情報からビーコン所持者の位置推定を行う。施設職員は、監視サーバが提供する Web サービスにアクセスすることでビーコンの所持者の位置を確認することができる。これにより、ビーコンを所持した入居者の所在を推定し、その所在を施設職員が把握することができる。

しかし、現在のシステムでは様々な環境条件によって推

定位置に誤差が生じる。その中の 1 つに人体の影響による誤差がある。ビーコンの電波は 2.4GHz 帯を使用しており、人体の影響を受けることが分かっている。人体を通過したビーコンの電波は大きく減衰し、推定位置に誤差が生じる。そこで本研究では、人体の影響を受けたビーコンの電波に補正を加えることで推定位置の誤差を軽減する。

### 2. 見守りシステム

#### 2.1 見守りシステムの概要

本システムは、受信機、ビーコン、監視サーバ、監視端末から構成されている (図 1)。監視対象施設に受信機を設置し、対象者に定期的に信号を発信するビーコンを所持してもらう。施設内をビーコンを所持した対象者が移動すると、ビーコンの電波を屋内の廊下や部屋に設置した受信機が受信する。受信機は、受信したデータを監視サーバに送信する。監視サーバは、受信機から送信されたデータをもとに位置推定を行い地図上に表示する。監視者は、監視端末から監視サーバが提供する Web サービスにアクセスすることで、対象者の推定位置を確認することができる。本システムでは受信機には RaspberryPi 3 model B[2]、ビーコンには MyBeacon ペンダント型 [3] を使用している。

<sup>1</sup> 鳥取大学大学院 持続性社会創生科学研究科

<sup>2</sup> 鳥取大学大学院 工学研究科

<sup>3</sup> 鳥取大学 工学部付属クロス情報科学研究センター

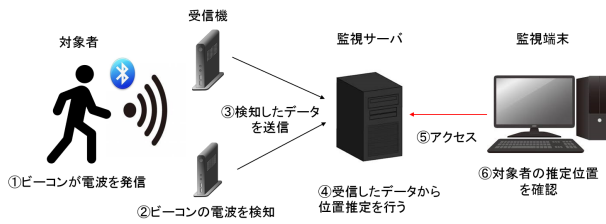


図 1: 見守りシステムの流れ

## 2.2 見守りシステムにおける位置推定手法

ビーコンを使用した位置推定手法は、重心法や Fingerprinting 法など、いくつか提案されている [4]。本システムでは、位置推定手法に重心法を利用している。重心法では、複数の点の重みにより重心を求め、その重心を推定位置とする。本システムではビーコンと受信機との間の距離を重みとして利用する。ビーコンと受信機との間の距離はフリスの伝達公式 [5] を用いて計算する。ビーコンを中心として 1m 離れた地点での電波強度を  $p_1$  [mW], 距離  $r$  [m] での信号強度を  $p_r$  [mW] とおくと、フリスの伝達公式よりビーコンと受信機間の距離は式 1 で表すことができる。

$$p_r = \frac{p_1}{r^2} \text{ [mW]} \quad (1)$$

本システムで利用するビーコンは  $p_1$  と  $p_r$  を dBm で扱っている。そこで、 $p_1$  [mW] を  $P_1$  [dBm],  $p_r$  [mW] を  $P_r$  [dBm] とすると  $P_1$  と  $P_r$  はそれぞれ式 2, 式 3 で表される。

$$P_1 = 10 \log_{10} p_1 \text{ [dBm]} \quad (2)$$

$$P_r = 10 \log_{10} p_r \text{ [dBm]} \quad (3)$$

式 1 に式 2, 式 3 を適応すると式 4 が得られる。

$$P_r = P_1 - 20 \log_{10} r \text{ [dBm]} \quad (4)$$

式 4 を整理すると、距離  $r$  は式 5 で表すことができる。

$$r = 10^{(P_1 - P_r)/20} \text{ [m]} \quad (5)$$

式 5 で求めた距離  $r$  を重みとみなす。位置推定結果は、式 6 より重心  $T(x_t, y_t)$  を計算することで求めることができる。 $n$  は設置した受信機の数、 $(x_i, y_i)$  は  $i$  番目の受信機が設置された座標、 $r_i$  は  $i$  番目の受信機からの距離を表す。

$$T(x_t, y_t) = \left( \frac{\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{r_i}, \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{r_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{r_i}, \sum_{i=1}^n \frac{1}{r_i}} \right) \quad (6)$$

## 2.3 先行研究

位置推定精度の向上のための改良が本システムに実装されている。先行研究により加えられた改良を以下に示す。

### 2.3.1 平均値利用

検知したビーコンの受信電波強度を直接位置推定の計算に利用した場合、細かな外乱により位置推定結果が安定しない。一定の位置で静止していても受信電波強度は大きく

発振しており誤差がある。しかし、推定距離の分布を調べると実際の位置付近のデータが多い。そこで、一定時間で集めたデータの受信電波強度の平均値を利用する。

### 2.3.2 外れ値除去

平均に利用した検知データに平均電波強度と大きな差がある外れ値が存在する。外れ値を含んだまま電波強度の平均を計算すると含まれている外れ値の影響を受けて電波強度の平均が実際の値から外れた数値となる可能性がある。そこで、受信した信号を一定時間集め、平均を計算する前に受信電波強度の中央値から  $\pm 2$  dBm 以上離れた信号を除去する。

### 2.3.3 重み付け

受信機の受信信号数を集計したところ、受信機の受信信号数は、ビーコン-受信機間の距離で違いがあった。そこで、受信機信号数の多い受信機のデータが重視されるように、平均値の計算に利用したデータ数を基準に重み付けを行う。 $i$  番目の受信機のデータの受信回数を  $c_{ri}$ , ビーコンと受信機の距離を  $r_i$ , 全体の受信機のデータの受信数を  $c_a$  とし、重み  $\omega_i$  を式 7 より求める。この時重心  $T(x_t, y_t)$  は式 8 で表される。

$$\omega_i = r_i \frac{c_{ri}}{c_a} \quad (7)$$

$$T(x_t, y_t) = \left( \frac{\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\omega_i}, \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{\omega_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\omega_i}, \sum_{i=1}^n \frac{1}{\omega_i}} \right) \quad (8)$$

### 2.3.4 移動平均

直前の推定位置と次の推定位置に大きな誤差が生じることがある。そこで、直前の推定位置から次の推定位置までの距離に大きな差は生じないと仮定して、重心法により推定位置を求めた後、式 9 で直前の位置との移動平均を求め最終的な推定位置とする。

$$T(x_t, y_t) = \left( \frac{x_{t-1} + x_t}{2}, \frac{y_{t-1} + y_t}{2} \right) \quad (9)$$

## 2.4 人体の影響による誤差

実際に福祉施設に受信機を設置し位置推定を行った。この時、人体の影響が確認する為にビーコンを体の前と後ろの 2 つ所持して位置推定を行った。図 2 に左から右に歩いて移動した時の位置推定結果を示す。

2 つのビーコンは 1 人で所持しており実際の距離は体の前後程度しか離れていないにも関わらず、推定位置に大きく差が出た。体の前に持っているビーコンは実際の位置より前に推定位置が表示され、体の後ろに持っているビーコンは実際の位置より後ろに表示されている。体の前に持ったビーコンの推定位置と体の後ろに持ったビーコンの推定位置の差は約 6m である。実際の位置は 2 つの推定位置の中央付近の位置であった。

人体を通過したビーコンの電波は大きく減衰する。ビーコンを胸の位置に持った時、後方にある受信機が受信する

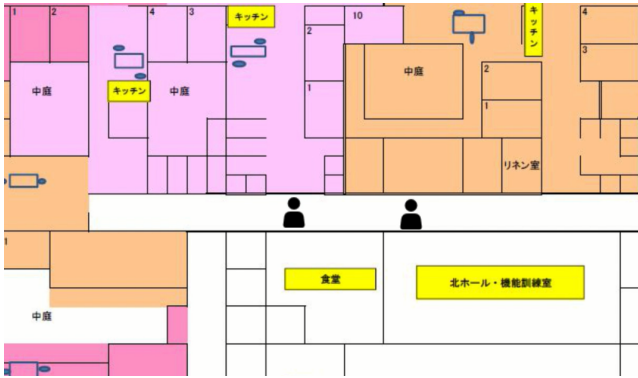


図 2: 重心法により位置推定を行った実験結果

電波は減衰する。これによって、推定位置に誤差が生じる。そこで、直線移動中の人体の影響による誤差について補正を試みる。

### 3. 補正值の決定

#### 3.1 人体の影響による推定位置の差

重心法で位置推定を行った時の人体の影響による推定位置の差を検証した。重心法により位置推定を行った実験結果を図 3 に示す。実験では、2 つの受信機を 0m 地点と 10m 地点に 10m 離して設置し中央の 5m 地点で電波強度と受信信号数を計測した。ビーコンは胸の位置に持ち 30 秒ごとに体の向きを入れ替え、0m 地点の受信機と 10m 地点の受信機の方を向くようにした。ビーコンの出力電波強度は  $-20\text{dBm}$ 、1m 離れた地点の電波強度は  $-86\text{dBm}$ 、1 秒間の発信回数は 10 回とした。

図 3 を見ると、静止しているにも関わらず体の向きによって大きく推定位置が異なっていることが分かる。これは、中央の 5m 地点では 2 つの受信機が受信した電波の電波強度は同じ値になるはずが、人体の影響によって電波が減衰し電波強度に差が出たためである。胸側の受信機と背中側の受信機の電波強度の差は平均  $7.0\text{dBm}$  であった。

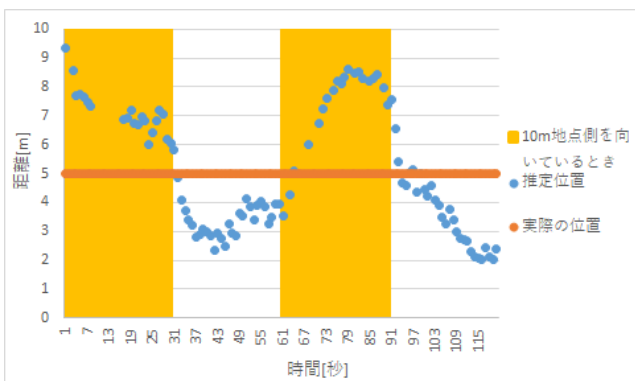


図 3: 重心法により位置推定を行った実験結果

#### 3.2 人体の影響による電波強度の差

人体の影響による電波強度の差が受信機とビーコンの距

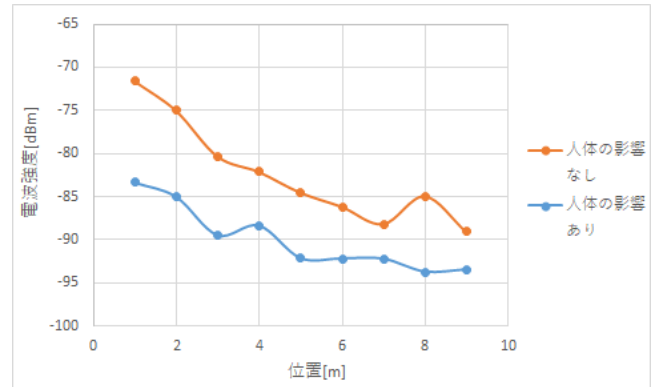


図 4: 電波強度の比較

離によってどの位の違いが出るかを検証するための実験を行った。実験では、受信機を設置し、受信機から 1m~9m まで 1m ごとに離れた位置で 30 秒間静止した後、体の向きを反転させ 30 秒間静止した。ビーコンは胸の位置に持った。受信機に対して正面を向いているときは人体の影響を受けていない電波、体の向きを反転し受信機と反対側を向いているときは人体の影響を受けている電波とした。各位置で人体の影響を受けた電波と受けていない電波のそれぞれの平均値を測定した。平均値の計算には実験を 3 回行った結果のそれぞれ 90 秒間のデータを使用した。測定結果を図 4 に示す。図 4 を見ると人体の影響を受けた電波と影響を受けていない電波に差があることがわかる。人体の影響を受けた電波は影響を受けていない電波より同じ距離でも減衰している。また、受信信号数の平均は胸側 5.3 回/秒、背中側 3.0 回/秒と差があることがわかった。

#### 3.3 補正值

3.2 節の結果から、各位置で人体の影響を受けた電波の電波強度の平均値と影響を受けていない電波の電波強度の平均値の差を求めた。10m 地点の受信機が人体の影響を受けた電波を受信しているときの各位置での人体の影響を受けた電波の電波強度の平均値と影響を受けていない電波の電波強度の平均値の差を  $y$  とし、位置を  $x$  とする近似直線を求める。求めた近似直線は式 10 で表される。

$$y = -0.73x + 10.9 \quad (10)$$

式 10 は、10m 地点の受信機が人体の影響を受けた電波を受信しているときに利用する。0m 地点の受信機が人体の影響を受けた電波を受信しているときは、中央の 5m 地点で対称な直線となる。つまり、式 10 に関して直線  $x = 5$  に対称な直線となる (図 5)。0m 地点の受信機が人体の影響を受けている電波を受信しているときに利用する式は式 11 で表される。

$$y = 0.73x + 3.6 \quad (11)$$

式 10、式 11 を用いて人体の影響を受けたの電波を受信

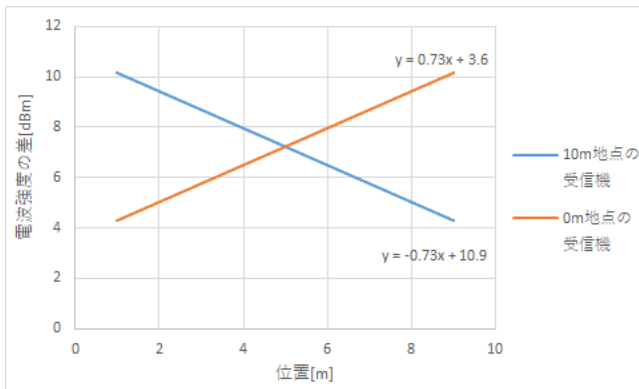


図 5: 補正值に利用する近似直線

した受信機の電波強度に補正值を加えた。結果、平均誤差を 42.4%軽減することができた。これにより人体の影響を受けたビーコンの電波に補正を加えることで誤差を軽減することができることを確認できた。

#### 4. 人体の影響を受けた電波の判定

人体の影響を受けた電波に補正值を加えることで誤差を軽減することができた。しかし、人体の影響を受けた電波を受信する受信機が分かっていなければ式 10, 式 11 のどちらの式を利用するか分からず、補正值を求めることができない。そのため、式 10, 式 11 のどちらの式を利用するか決定するためには、受信電波から人体の影響を受けた電波を判定する必要がある。そこで、電波強度、受信信号数の差と過去の推定位置の 2 つにより、人体の影響を受けた電波を受信している受信機を判定する。

##### 4.1 電波強度と受信信号数による人体の影響を受けた電波の判定

人体の影響を受けた電波と影響を受けていない電波には電波強度と受信信号数に差があることから、人体の影響を受けた電波と影響を受けていない電波の電波強度と受信信号数の差を利用して人体の影響を受けた電波を判定する。

そこで、実験を行い各位置で人体の影響を受けた電波と影響を受けていない電波を比較した。実験は、2 つの受信機を 10m 離して設置し、各位置で電波強度を計測した。ビーコンは胸の位置に持ち、0m 地点の受信機と 10m 地点の受信機の方を向くように 30 秒ごとに体の向きを入れ替えた。体の正面が 0m 地点の受信機を向いているときと、10m 地点の受信機を向いているときで、それぞれ人体の影響を受けているデータと、人体の影響を受けていないデータの電波強度の差を計算し統計をとった。各位置での 0m 地点の受信機が人体の影響を受けている電波を受信しているときの結果と、10m 地点の受信機が人体の影響を受けた電波を受信しているときの結果を図 6 に示す。図 6 を見ると全ての位置で 0m 地点の受信機が人体の影響を受けている電波を受信しているときの第 3 四分位数は、10m 地点の

受信機が人体の影響を受けている電波を受信しているときの第 1 四分位数より小さい値となっている。

そこで、各位置の 0m 地点の受信機が人体の影響を受けている電波を受信しているときの第 3 四分位数の値と、10m 地点の受信機が人体の影響を受けている電波を受信しているときの第 1 四分位数の値でそれぞれ近似直線を求める。0m 地点の受信機が人体の影響を受けている電波を受信しているときの近似直線は式 12 で、10m 地点の受信機が人体の影響を受けた電波を受信しているときの近似直線は式 13 で表される。

$$y = -2.5x + 9.5 \quad (12)$$

$$y = -2.8x + 19.6 \quad (13)$$

0m 地点の受信機の電波強度から 10m 地点の受信機の電波強度を引いた値が、式 12 の値より小さいとき (図 7-A) は、0m 地点の受信機が人体の影響を受けた電波を受信しているとし、式 13 の値より大きいとき (図 7-B) は、10m 地点の受信機が人体の影響を受けた電波を受信しているとす。また、式 12 の値と式 13 の値の間するとき (図 7-C) は、受信信号数の差で判定を行う。3.2 節で受信信号数の平均は人体の影響を受けた電波 5.3 回/秒、人体の影響を受けていない電波 3.0 回/秒であった。そこで、10m 地点の受信機の受信信号数が 0m 地点の受信機の受信信号数より 2 以上多いとき、10m 地点の受信機が人体の影響を受けている電波を受信している。10m 地点の受信機の受信信号数

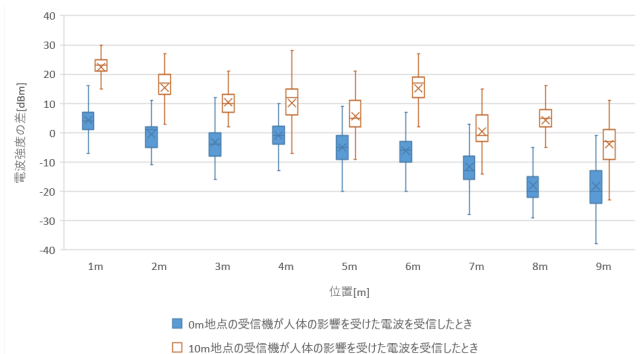


図 6: 各位置の統計

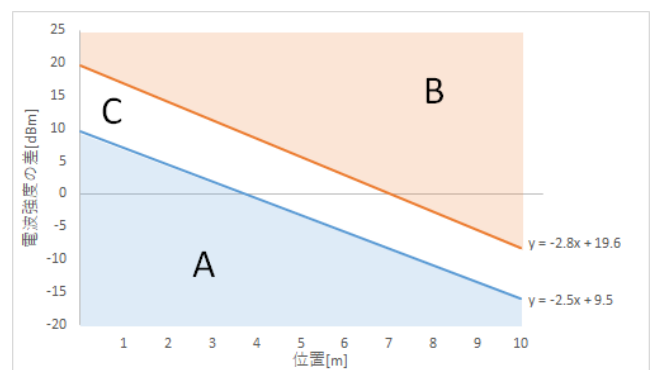


図 7: 判定基準

が0m地点の受信機の受信信号数より2以上少ないとき、0m地点の受信機が人体の影響を受けた電波を受信していると判定した。人物の位置がわかっていると仮定した上で判定を行った結果、89.3%で人体の影響を受けた電波を受信した受信機を判定することができた。

#### 4.2 過去の推定位置から移動方向の判定

4.1節の方法により、人体の影響を受けた電波を受信した受信機を判定することができた。しかし、体の前、後ろのどちらにビーコンを持っているかは判定できない。

そこで、過去の推定位置と補正前の現在の推定位置を利用して移動方向を推定し、体の向きを判定する。判定は、過去3回と現在の推定位置から近似直線を求め、その傾きを利用して移動方向を判定する。推定位置を $y$ 軸、時系列を $x$ 軸として近似直線を求める。 $Cov(X, Y)$ を共分散、 $\sigma_X^2$ 、 $\mu_X$ を $x$ の標準偏差と平均とすると、近似直線の傾き $A$ は式14で表される。

$$A = \frac{Cov(X, Y)}{\sigma_X^2} \quad (14)$$

また、切片 $B$ は $\mu_Y$ を $y$ の平均とすると式15で表される。

$$B = \mu_Y - A\mu_X \quad (15)$$

式14、式15から近似直線を求めると、

$$y = Ax + B \quad (16)$$

となる。

3.3節の実験環境において、この近似直線の傾きが正の値であれば、移動方向が10m地点を向いていると推定する。また、傾きが負の値であれば、進行方向が0m地点を向いていると推定する。

この方法の判定精度を検証するために、3つの受信機を0m地点、10m地点、20m地点に10m離して設置し、ビーコンを胸の位置に持ち、0m地点から10m地点まで一定速度で歩いた。判定を行った結果、96.6%の正解率で移動方向を判定することができた。

#### 4.3 人体の影響を受けた電波の判定

4.2節の方法により人物の移動方向を推定することができた。しかし、人物がビーコンを体の前、後ろのどちらに持っているかわからない。一方、4.1節の方法では電波強度と受信信号数の差から人体の影響を受けている電波を受信している受信機を推定することができる。そこで、位置推定を開始して一定時間でビーコンを持つ位置を推定する。

人体の影響を受けている電波を受信している受信機を判定する前に重心法で位置を推定し、その推定位置を利用して4.1節の判定を行う。これを一定時間行い、最も多く推定された結果を、人体の影響を受けた電波を受信した受信機と判定する。また、4.2節の方法により、体の向きを推

定する。体の向きが0m地点の受信機を向いているとき、0m地点の受信機が人体の影響を受けた電波を受信した受信機と判定されれば体の後ろにビーコンを持っていると推測でき、10m地点の受信機が人体の影響を受けたと判定されれば体の前にビーコンを持っていると推測できる。

一定時間後は、ビーコンを体の前、後ろのどちらに持っているか推定できているため、4.2節の移動方向判定により、人体の影響を受けたと判定する受信機を推定する。

### 5. 位置の推定

4節の方法で人体の影響を受けた電波を判定し、人体の影響を受けたと判定されたデータに対して3節の補正を行う。しかし、3節の補正で式10、式11から補正值を求めるとき、人物の位置が必要となる。そこで、位置を推定しその推定位置を式10、式11の $x$ に代入して補正值を決定する。位置の推定には、4節で求めた近似直線を利用する。求めた近似直線上の現在にあたる位置を推定位置とする。式16の $x$ は過去3回と現在の時系列であり、 $x=4$ のときが現在に対応している。つまり、 $y=4A+B$ で求めた $y$ の値を補正值の決定に利用する推定位置とする。式10、式11の $x$ に $y=4A+B$ で求めた $y$ の値を代入することで補正值を求める。

### 6. 実験

人体の影響に対する補正の効果検証実験を行った。実験は、3つの受信機を0m地点、10m地点、20m地点に10m離して設置して行った。

#### 6.1 移動経路1

0m地点から20m地点まで行き、折り返して0m地点まで一定速度で歩いた。ビーコンを胸の位置に持った時の補正なしの推定位置、補正後の推定位置、実際の位置をプロットした結果を図8に示す。

図8を見ると、補正を加えることで推定位置を実際の位置に近づけることができた。図8における、人体の影響を受けた電波の判定の正解率は97.7%であり、補正を加える

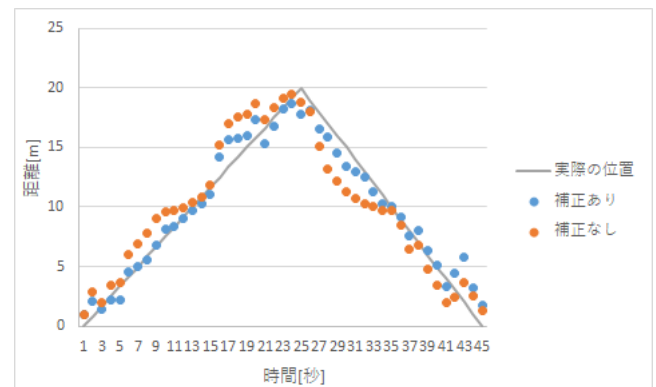


図8: 移動経路1でビーコンを胸に持った時の推定結果

ことで誤差を 44.2%軽減できた。ビーコンを胸に持っているときは、背中側の電波が人体の影響を受けている。その影響で、補正なしの推定位置が実際の位置より前方にずれている。図 8 に示しているように補正を加えることで、推定位置を後方に修正し実際の位置に近づけることができた。

実験を 5 回行ったところ、ビーコンを胸に持った時、人体の影響を受けた電波を受信している受信機の判定の正解率は 93.2%であり、補正を加えることで平均誤差を 40.2%軽減することができた。また、ビーコンを背中に持ち同様の実験を行った結果、人体の影響を受けた電波を受信している受信機の判定の正解率は 75.9%であり、補正を加えることで平均誤差を 35.9%軽減することができた。補正を加えることで両方の持ち方で誤差を軽減することができた。

## 6.2 移動経路 2

0m 地点から出発し、5m 地点、10m 地点、15m 地点でそれぞれ 10 秒間静止して 20m 地点まで歩いた。ビーコンを胸の位置に持った時の補正なしの推定位置、補正後の推定位置、実際の位置をプロットした結果を図 9 に示す。図 9 を見ると、補正なしの推定位置が実際の位置より前方にずれており、補正を加えることで推定位置を実際の位置に近づけることができていくことがわかる。図 9 における人体の影響を受けた電波の判定の正解率は 86.0%であり、補正を加えることで誤差を 39.0%軽減できた。

ビーコンを胸に持ったときの実験を 5 回行ったところ、人体の影響を受けた電波を受信している受信機の判定の正解率は 85.7%であり、補正を加えることで平均誤差を 41.6%軽減することができた。

また、ビーコンを背中に持ち同様の実験を行った。ビーコンを背中の位置に持った時の補正なしの推定位置、補正後の推定位置、実際の位置をプロットした結果を図 10 に示す。図 10 を見ると、補正を加えることで推定位置を実際の位置に近づけることができていく位置もあるが、実際の位置より離れている位置もある。人体の影響を受けた電波の判定の正解率は 66.0%であり、補正を加えることで誤差を 9.7%しか軽減できていなかった。図 10 の 35 秒以降は

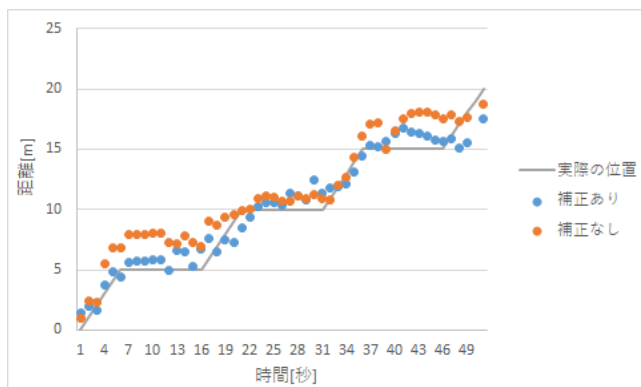


図 9: 移動経路 2 で胸にビーコンを持った時の推定結果

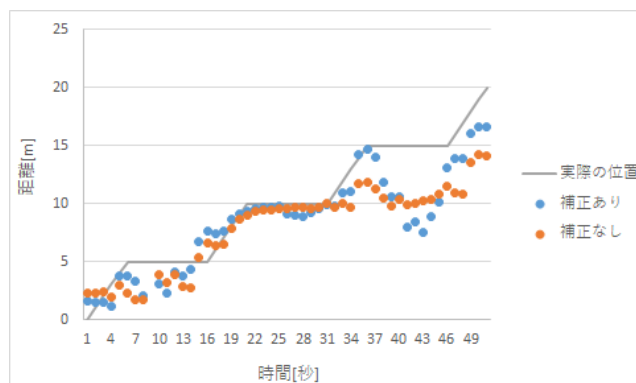


図 10: 移動経路 2 で背中にビーコンを持った時の推定結果

補正なし、補正ありの推定位置の両方とも実際の位置と大きく誤差がある。20m 地点の受信機が人体の影響を受けた電波を受信しており、0m、10m 地点の受信機が人体の影響を受けていない電波を受信している。そのため、人体の影響を受けていない電波を受信している受信機側に推定位置が偏ってしまっている。また、35 秒以降は静止しており推定位置が安定していない。推定位置が安定しないことで、過去の推定位置からの進行方向の判定が間違っている。判定が間違っていることで、人体の影響を受けていない電波を受信している受信機のデータに補正を加えており、補正ありの推定値は補正なしの推定位置より実際の位置との誤差が大きくなっている。

ビーコンを背中也もったときの実験を 5 回行ったところ、人体の影響を受けた電波を受信している受信機の判定の正解率は 55.7%であり、補正を加えることで平均誤差を 3.7%しか軽減することができなかった。ビーコンを胸に持っているときは、体の影響を受けた電波を受信している受信機の判定の正解率が高く、誤差を軽減できていた。しかし、ビーコンを背中に持っているときは、人体の影響を受けた電波を受信している受信機の判定の正解率が低く誤差が軽減できていなかった。

そこで、人体の影響を受けた電波の判定の正解率が低いことが原因で誤差が軽減できなかったことを検証するために、人体の影響を受けた電波の判定が全て正しいとして補正を行った。人体の影響を受けた電波の判定を全て正しいとしたときの補正なしの推定位置、補正後の推定位置、実際の位置をプロットした結果を図 11 に示す。図 11 を見ると、実際の位置より後方にずれている補正なしの推定位置を補正を加えることで実際の位置に近づけることができていく。また、図 10 で実際の位置より誤差が大きくなっていた位置も誤差が軽減できていく。このとき、平均誤差は 44.2%軽減できていた。これによって、人体の影響を受けた電波の判定が誤差を軽減につながることを確認できた。

4.2 節の判定は、常に移動していることを前提としており、静止の判定はできない。そのため、静止しているときに推定位置が安定していない場合、判定が正確に行えない。

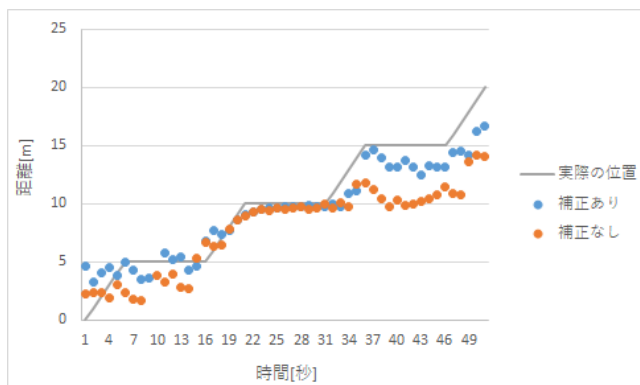


図 11: 判定が全て正解のときの結果

このため、4.2 節の判定に静止しているときの判定を加えることで、位置推定精度を改善できるものと思われる。

## 7. おわりに

人体の影響を受けた電波を判定し、人体の影響を受けていると判定された電波に対して補正を加えることで、正しく判定が行えたときは誤差を軽減することができた。しかし、判定が間違っているときは、人体の影響を受けていない電波に対して補正を加えてしまい誤差を軽減することができなかった。特に、静止中の判定が正しく行えていない。今後の課題として、静止中の人体の影響を受けた電波を判定することがあげられる。

## 参考文献

- [1] 牧田岳大, 中谷啓太, 高橋健一, 川村尚生, 菅原一孔, ビーコンを利用した福祉施設向け見守りシステムの開発, DICO2019, to appear.
- [2] Raspberry Pi - Teach, Learn, and Make with Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi.org/>. (参照 2018-09-25).
- [3] MyBeacon ペンダント型 MB002 Ac-SR2. <https://business.aplix.co.jp/product/mybeacon/mb002ac/>. (参照 2018-09-25).
- [4] 藪耀介, 新井イスマイル, 校舎内における BLE 電波強度による屋内測位の性能評価, 情報処理学会第 77 回大会, 2105.
- [5] 上原昭宏, iBeacon ハンドブック, 達人出版, 2014.