

# BLE ビーコンの受信電波強度を用いた睡眠位置認識の基礎検討

水野 涼雅<sup>†</sup> 大鐘 勇輝<sup>†</sup> 榎堀 優<sup>‡</sup> 梶 克彦<sup>‡</sup>

愛知工業大学 情報科学部情報科学科<sup>†</sup> 名古屋大学大学院 情報科学研究科<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

要介護人や寝たきり状態の人の増加により、ベッド上での行動把握が介護者にとって重要となりつつある。そのような要介護人の布団やベッド上での行動は健康管理に必要な情報となる。例えば睡眠時の行動を把握すると睡眠の質を推測できる。人は眠りが深い場合、長時間同じ姿勢で眠るが、眠りが浅い場合活発に寝返りなどをする。また同じ姿勢で寝ていると血流の悪化や汗や尿などによる汚れから床ずれが起きてしまう。床ずれを防ぐためには、定期的な体位の変更やスキンケアなどが必要であり、介護人は要介護人の寝ている位置を把握しなければならない。

人の睡眠時の位置認識手法として様々なサービスや研究が行われている。株式会社リコーではみまもりベッドセンサーシステムというサービスを行っている[1]。このサービスはベッドの足それぞれに荷重センサを取り付け、寝ている人の移動や位置、起き上がりや離床を検知できる。そしてその情報を介護者がナースステーションや家族の自宅で確認できる。これにより要介護者の生活リズムの把握や夜間トイレに行くタイミングの把握などができる。またShengweiらは同様に4つの圧力センサを設置し、CNN(Convolutional Neural Network)を用いて寝たきり患者の行動を認識している[2]。しかしこれらはセンサをベッドの足に取り付けるため、布団では適用が難しい。

## 2. BLE ビーコンを用いた睡眠位置認識の検討

我々はBluetooth Low Energyビーコン(以下ビーコン)を用いた睡眠時の位置認識手法を提案する。システム概要を図1に示す。ビーコンの中でも小型で薄型のものであればベッドや布団、シーツでも違和感なく設置が可能である。これまでに我々はビーコンを用いたモノの状態推定手法を提案している[3]。この手法はビーコンを物体内部に直接入れ、物体の動作により変化する遮蔽状態の変化によって起こる受信電波強度の変化から2値の状態推定を行う。本研究ではこの手

法を利用し睡眠位置認識を行う。

布団と枕へグリッド状にビーコンを設置し、その受信電波強度を基に睡眠位置の認識を行う。ビーコンの電波は金属や水分を含んでいるモノがビーコンと受信機との間にある場合、受信電波強度は大きく減衰する。そのため水分を含んでいる人体で遮られる場合でも図2のように受信電波強度が減衰する。これを利用し、我々は布団に設置したビーコンの受信電波強度の変化を2値化して人の睡眠時の位置を認識する。

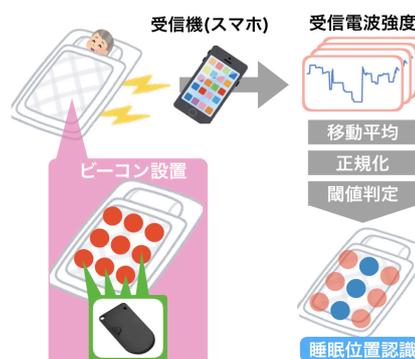


図1 システム概要



図2 人が寝ている際の受信電波強度の変化

### 2.1. ビーコン及び受信機の設置

本手法では枕と敷布団のシーツの裏へビーコンをグリッド状に設置する。本研究では詳細な位置を認識するため図3左のようにビーコンと受信機を設置し、睡眠時の受信電波強度を収集する。ビーコンの設置数は大まかな位置を認識するのであれば数個だけで良い。しかし時系列データとして見た際に身体が布団のどの位置に存在するか詳細に認識しようとする、より多くのビーコンが必要になる。

ビーコンと受信機にそれぞれ送信間隔/受信間

Basic Study on Sleep Position Recognition Using Received Signal Strength of BLE Beacon  
<sup>†</sup>Ryoga Mizuno, Yuki Ogane, Katsuhiko Kaji  
 Aichi Institute of Technology  
<sup>‡</sup>Yu Enokibori Nagoya University

隔の設定を行う。睡眠が深いと睡眠位置の変化はあまり無いが、反対に睡眠が浅いと睡眠位置が頻繁に変化する場合もある。そのため頻繁な位置変化も捉えられるよう送受信間隔をそれぞれ短く設定する。

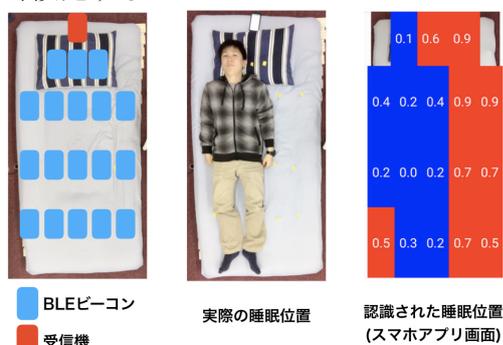


図 3 ビーコンの配置及び認識結果画面

## 2.2. 重なり判定アルゴリズム

収集した各ビーコンのデータに対しローパスフィルタの適用と正規化を行う。まず収集したデータからノイズを除くため移動平均を用いたローパスフィルタをかける。今回サンプル数10(5秒分)で移動平均をかける。胴体や腕、脚など部位ごとでビーコンに重なったときの受信電波強度の変化の幅が異なる。そのためビーコンごとに受信電波強度の時系列データを走査し、最大値を1、最小値を0とする値に正規化する。正規化すると変化の尺度が統一され、判定時の閾値を揃えられる。

正規化した時系列データを、閾値により人がビーコンに重なっているか重なっていないかの2つの状態に分ける。正規化により値の変化の尺度が統一されているため閾値はすべてのビーコンで同じ値を使用する。閾値より低い部分を人の身体が被っていると判定する。この値は、正規化して値に差があまりなかった場合でも、少量の変化を捉えられるよう設定する。

## 2.3. 判定結果の表示

ビーコンを使用した睡眠位置認識が可能かどうかを、スマホアプリで判定結果を可視化し確認する。アプリの画面を図3右に示す。閾値より高い部分を人がいないとして赤く、閾値より低い部分を人が寝ているとして青く表示する。これにより実際に寝ている人の位置と、人がいると判定された位置とが比べられ、値が変化しているか否かが確認できる。

このアプリ表示を時間ごとに見ていくと様々な状態を確認できる。青い部分の動きが少なければ睡眠位置の移動も少なく、床ずれが起こる

可能性があると考えられる。対して青い部分の移動が多ければ睡眠位置の移動も多く、睡眠の質が悪いためによく動いていると考えられる。

## 3. 評価実験

本手法の有用性を確かめるため評価実験を行った。ビーコンはフォーカスシステム社製のFCS1301を使用し、枕へ3個、敷布団へ15個(3行5列)の計18個を設置した。またビーコンの電波送信間隔は300ms、受信機の電波受信間隔は500msに設定した。ビーコンの重なり判定時の閾値は変化量が少ない場合を考慮し0.4とした。

ビーコンの設置位置が分かるようマーカを設置し、睡眠している想定で人が寝ているときの受信電波強度を収集する。そしてある瞬間の実際の睡眠位置とアプリで表示された位置との比較を行った。比較には複数のタイミングのデータ(15フレーム分)から、人が重なっているか否かを正しく認識できたBLEビーコンの個数とそうでないビーコンの個数から正答率をそれぞれ調べ、その平均を求めた。

評価実験の結果、正しく認識できた個数の平均が15個、正しく認識できなかった数の平均が3個となり正しく認識される割合の平均は83.3%であった。胴体や頭などの部位はビーコンと重なりやすく電波を遮りやすいため正しく判定が行われた。しかし脚や脇などの部位は、浮いて隙間ができると電波を遮らず受信電波強度に変化が起こらないため、誤判定が起こる場合があった。

## 4. 今後の課題

本稿では収集した受信電波強度のデータから各ビーコンの重なり状態の判定を行った。今後は睡眠している人の移動など、実際の位置認識を行えるようにし、そこから床ずれの可能性の推定や睡眠の質の推定を目指す。

## 参考文献

- [1]リコーみまもりベッドセンサーシステム、  
<<https://www.ricoh.co.jp/bedsensor/>>, 最終閲覧日:2020年01月01日
- [2] Shengwei Luo etc. : Machine Learning Application for Patients Activity Recognition with Pressure Sensing in Bed. CF '18 Proceedings of the 15th ACM International Conference on Computing Frontiers, pp. 348-354, 2018
- [3] 大鐘 他: 物体内部に設置したBLEビーコンの電波強度を用いた状態推定手法, DICOMO2019 論文集, Vol.2019, pp. 792-799, 2019