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

愛知工業大学　◯水野 涼雅　大鐘 勇輝　梶 克彦
名古屋大学　榎堀 優

背景

- 高齢化による寝たきりの人の増加
- 健康管理のためベッド上での移動/位置把握が重要
- 移動の把握により睡眠の質評価や床ずれ防止へ応用も

例えば…

睡眠中の移動 **多**

睡眠が**浅い**

睡眠中の移動 **少**

睡眠が**深い**

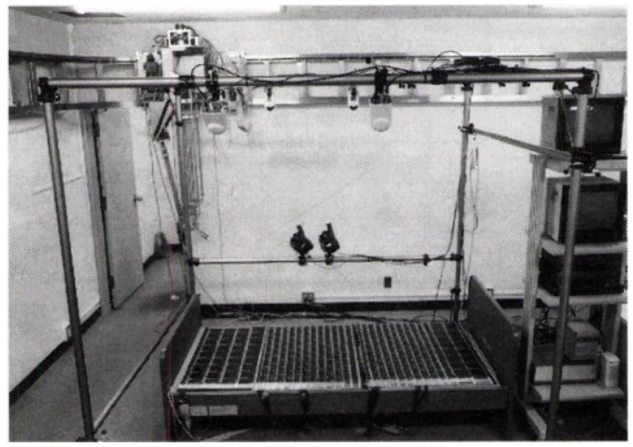
長時間の移動 **少**

床ずれ発症リスク高

関連研究

- 圧力センサとカメラを用いた姿勢認識[*1]

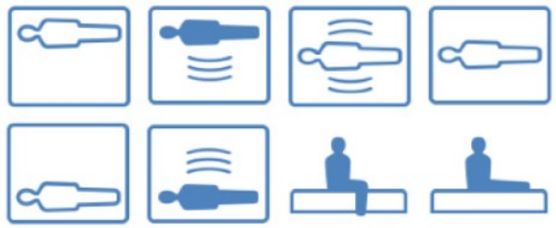
→ 装置が大掛かり

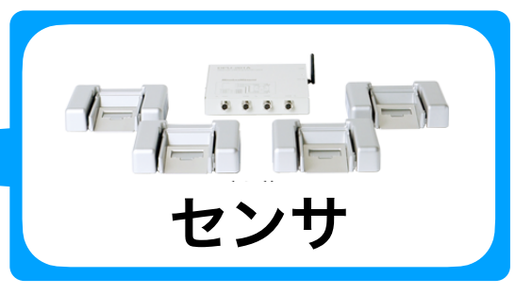


*1

- 荷重センサをベッドの脚それぞれにつけ位置を推定[*2,3]

→ 布団には適用できない





*2

*3

*1西田佳史, 武田正資, 森武俊, 溝口博, 佐藤知正. 圧力センサによる睡眠中に呼吸・体位の無侵襲・無拘束な計測. 日本ロボット学会誌, 16(5):705~711, 1998.

*2 リコーみまもりベッドセンサーシステム， https://www.ricoh.co.jp/bedsensor/

*3 Shengwei Luo .et al. : Machine Learning Application for Patients Activity Recognition with Pressure Sensing in Bed． CF '18 Proceedings of the15th ACM International Conference on Computing Frontiers， pp. 348-354， 2018

提案手法

BLEビーコンの受信電波強度を用いた睡眠位置認識

- 布団のシーツ下へビーコンをグリッド状に設置
- 受信電波強度を収集/可視化し睡眠位置を確かめる

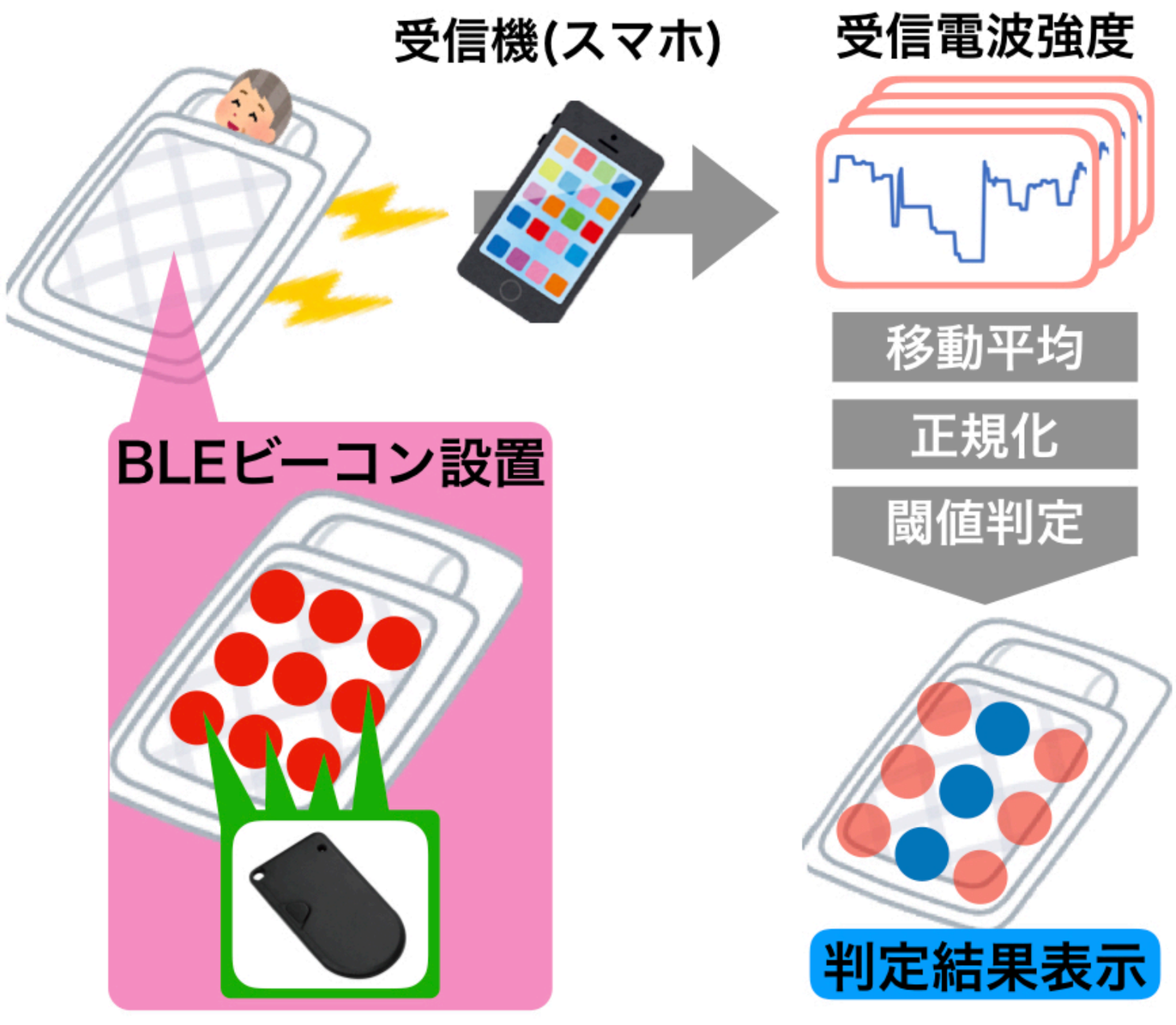
BLEビーコン

小型で薄い

(46mm x 24.5mm x 3.5mm)

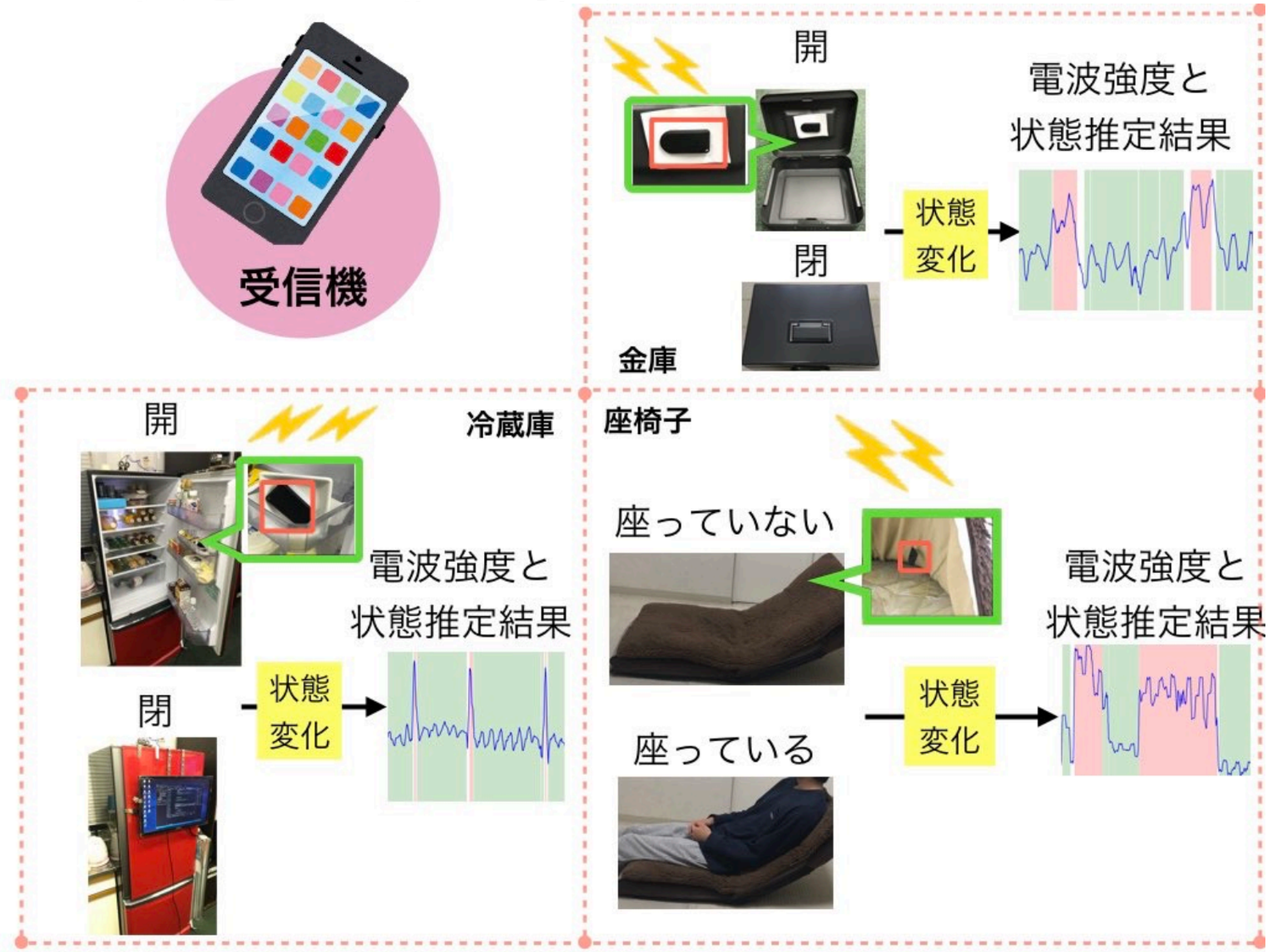
見た目・触覚的に違和感なく

布団に設置可能



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

- BLEビーコンの受信電波強度をもとに状態推定
- 受信電波強度はモノの状態により変化
- 開閉などの状態を２値で推定



大鐘勇輝, 水野涼雅, 梶克彦, DICOMO2019論文集, Vol.2019, pp.792-799, 2019

処理の流れ

1. BLEビーコンと受信機を設置

2. 受信電波強度のデータを収集

3. 収集した各ビーコンのデータに移動平均をかける

4. 最大値：1　最小値：0　として正規化

5. 閾値をもとに身体の重なりを判定

1．BLEビーコンと受信機の設置

- 設定箇所

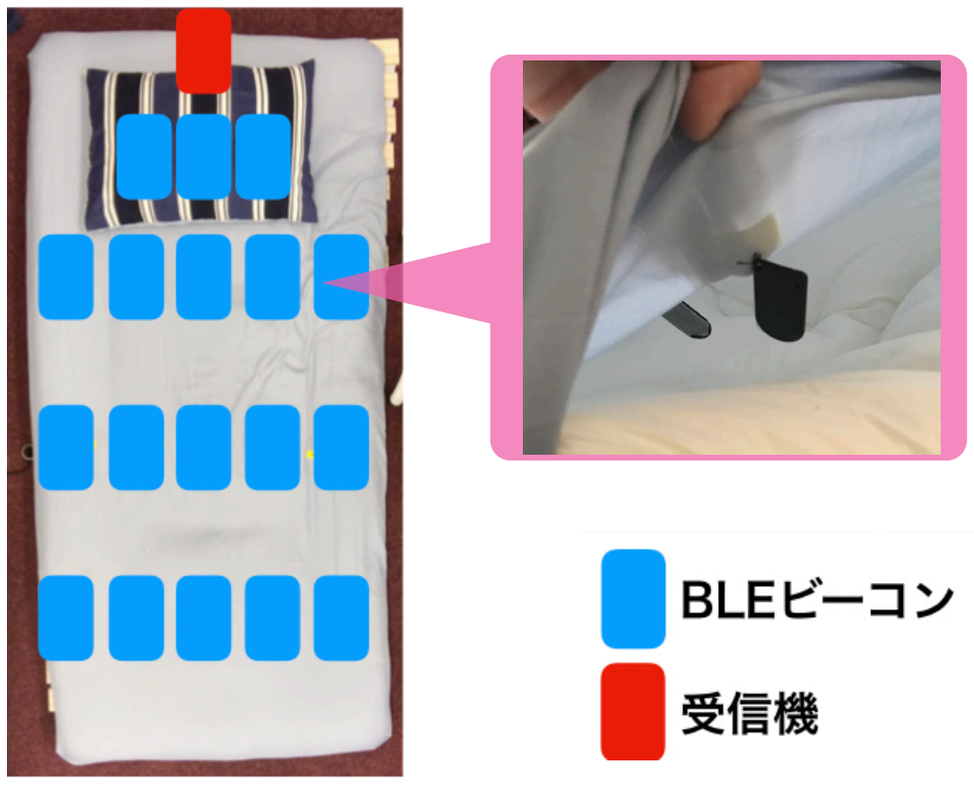
  BLEビーコン　：布団・枕のシーツ裏

  受信機(スマホ)：枕元

- BLEビーコン設置個数：判定したい粒度により決定

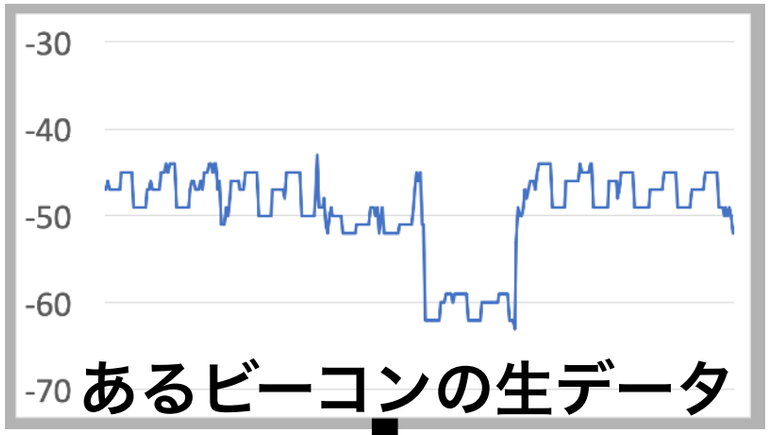
  大まかな位置把握 ➡ 3個程度

  細かな位置把握 ➡ 10個以上



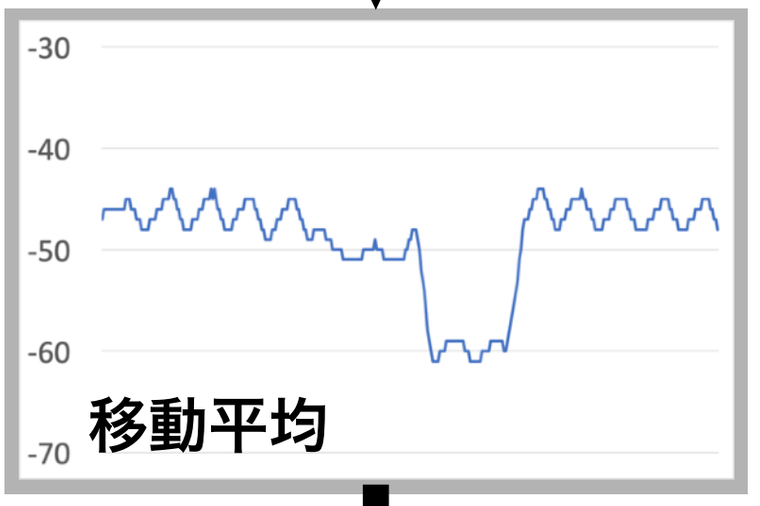
2.　受信電波強度の収集

- 睡眠中・１日中データを収集
- 身体がビーコンに重なると大きく減衰



3.　移動平均

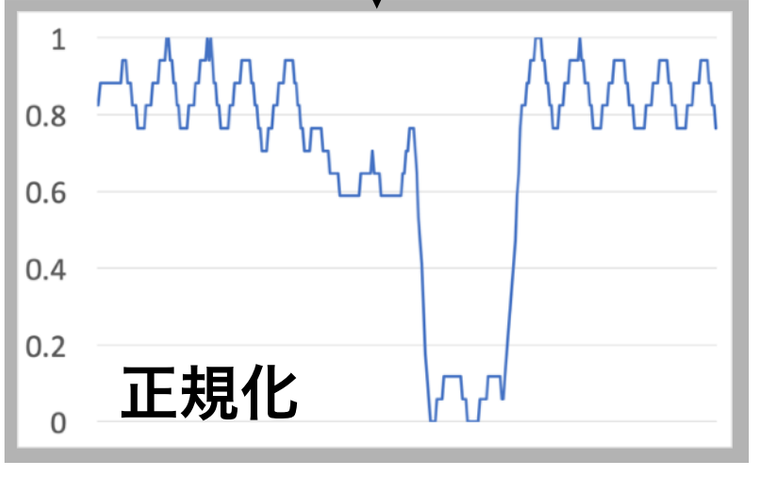
- 各ビーコンのデータのノイズを低減
- サンプル数：10



4.　正規化

- 最大値：１　　最小値：０　とする
- 胴体/手/足など部位による変化の尺度を統一

→ 判定の際の閾値固定が可能に



5.　身体の重なり判定

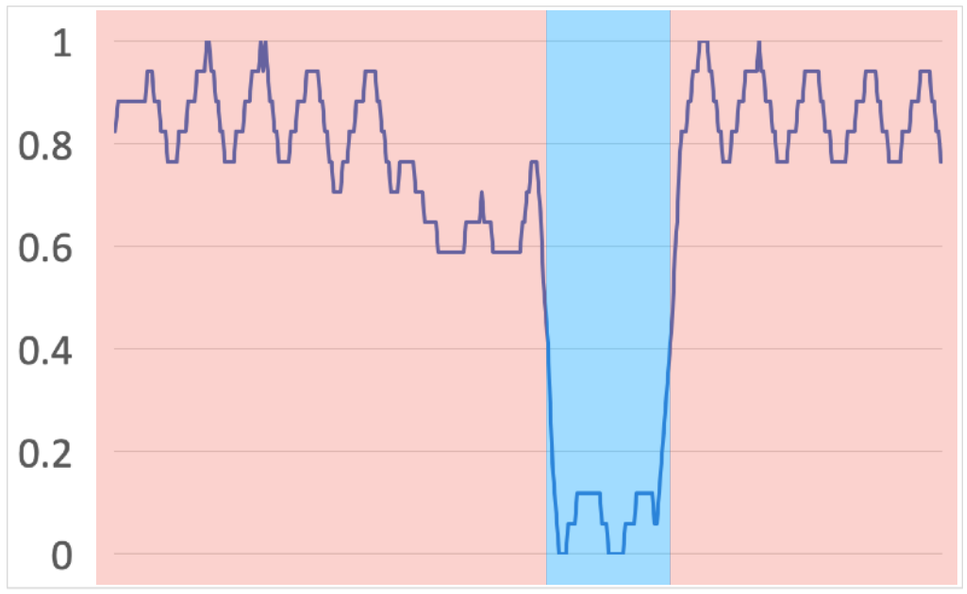
- 閾値により身体の重なりの有無を判定

  閾値以上：重なっていない ➡ 表示：赤

  閾値以下：重なっている　➡ 表示：青

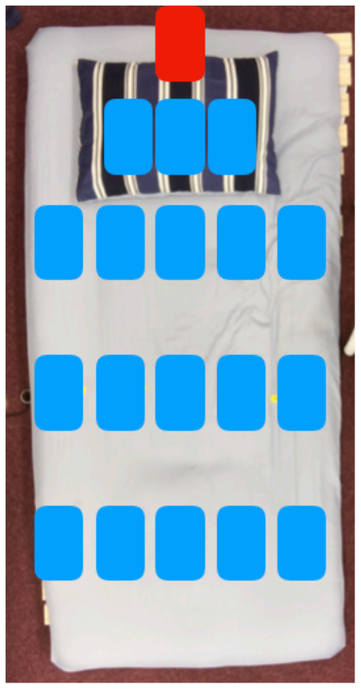
- スマホアプリで時系列表示

  睡眠位置の移動が確認可能



身体が重なっていない

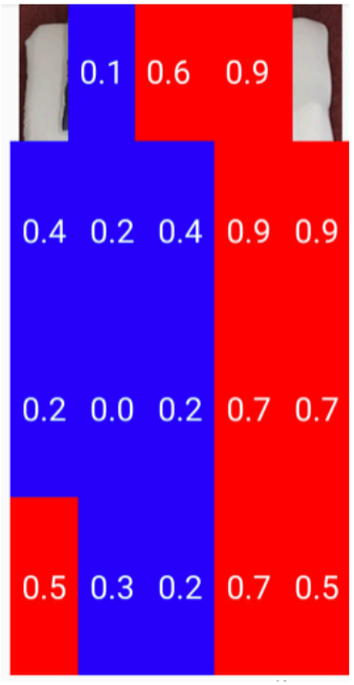
身体が重なっている



BLEビーコン

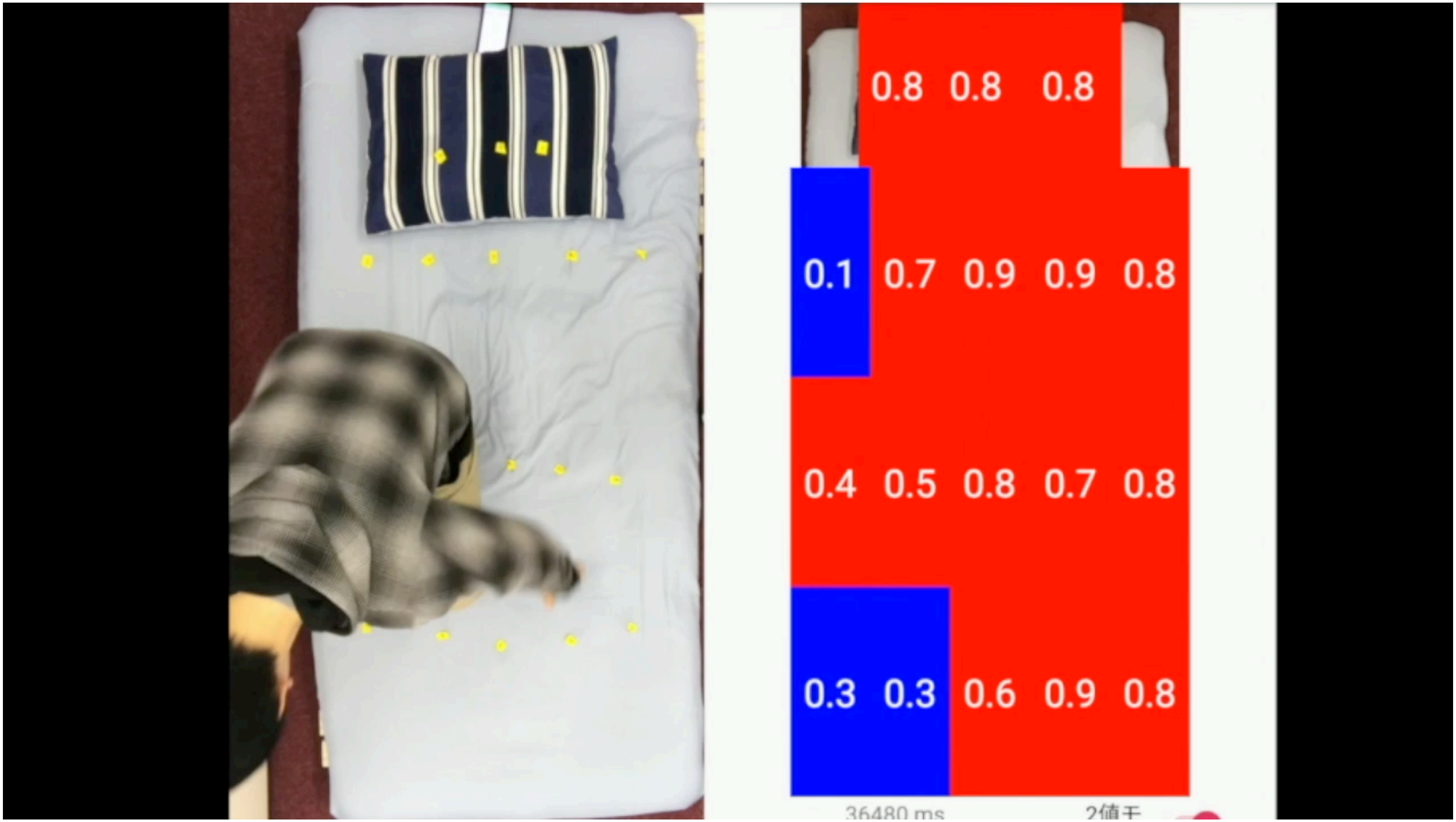
受信機

実際の睡眠位置



可視化された睡眠位置
(スマホアプリ画面)

睡眠位置移動の確認



実際の位置　　**可視化された位置**

評価実験

- 目的

  BLEビーコンごとの重なりの判定精度を確かめる

- 設定

  BLEビーコン送信間隔：300ms

  受信間隔：500ms

  閾値：0.4

  ビーコン設置個数：枕 3個　布団 5×3 = 15個

  計18個

  比較データ：15フレーム分のデータ

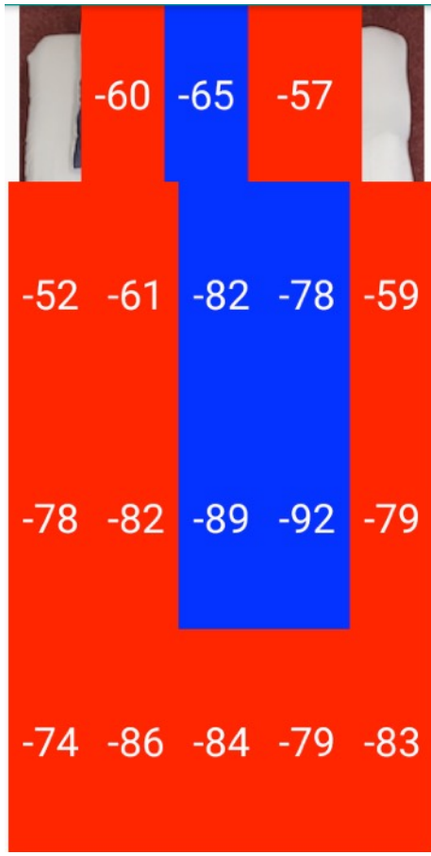
身体で隠れている/隠れていない

を正しく判定できた割合を求める

結果

- 正しく判定できた数：平均 15 個
- 正しく判定できなかった数：平均 3 個

- 正解率：83.3%



考察

- 胴体や頭は電波を遮りやすい

- 腕や肩, 脚などが浮いている場合は
  受信電波強度に影響を与えにくい

まとめ

- BLEビーコンを用いた睡眠位置認識の基礎検討
  位置推定の粒度によりビーコンの個数を決定する
  収集した受信電波強度に処理を行う
  ビーコンの状態表示から睡眠中の移動を確認
  実際の位置と追従するような表示に

今後の課題

- 応用システムの研究・開発
  移動量から睡眠の質の推定
  移動のなさから床ずれの可能性を推定