

# デイケアセンターにおける 高齢者の行動履歴自動生成システムの開発

藤本まなと<sup>1</sup> 駒井清顕<sup>1</sup> 荒川豊<sup>1</sup> 諏訪博彦<sup>1</sup> 柏本幸俊<sup>1</sup> 安本慶一<sup>1</sup>

**概要:** デイケアセンターにおいて、高齢者の行動履歴を自動的に生成するシステムを実現するには、高齢者が存在するエリアを精度良く判定する必要がある。これまでの我々の研究においては、ビーコンから常に発信されるBLEアドバタイズメントパケットを環境側に設置した設置型ビーコンスキャナで観測することにより、高齢者に負担をかけることなくエリア判定、行動認識できるシステムを開発し、また、高齢者の存在するエリアを約60%程度の精度で認識できることを確認している。しかし、これは単純にRSSI値の一番高い値を示しているビーコンスキャナが設置されているエリアを、高齢者の存在エリアとして判定しているため、判定精度はそれほど高くはない。本研究では、これまでの研究成果よりも判定精度をより向上させることを目的とし、既に我々の先行研究において取得しているRSSI値を、機械学習アルゴリズムの1つであるRandom Forestを用いて学習モデルを構築し、10分割交差検証法にて評価することで、どの程度、判定精度が向上するかを検証した。その結果、F値86.4%の精度で高齢者の存在するエリアを認識できた。また、先行研究のPrecision結果と本研究におけるPrecision結果を比較すると、約27%程度の精度向上を実現した。また、ビーコンスキャナの配置箇所などは環境変化に敏感な高齢者のためにカモフラージュ等が必要など、デイケアセンター特有の難しさが存在することがわかった。

## Development of Activity Log Automatic Generation System of Elderly People in Day Care Center

MANATO FUJIMOTO<sup>1</sup> KIYOAKI KOMAI<sup>1</sup> YUTAKA ARAKAWA<sup>1</sup>  
HIROHIKO SUWA<sup>1</sup> YUKITOSHI KASHIMOTO<sup>1</sup> KEIICHI YASUMOTO<sup>1</sup>

### 1. はじめに

近年、日本における高齢者の割合は年々増加しており、今では国民の4人に1人が65歳以上の高齢者となっている[1]。このような超高齢化社会の到来は、病院やデイケアセンターにおけるスタッフの負担を増大させるため、介護従事者の慢性的な不足に拍車をかけている。そのため、介護従事者一人に対して多くの高齢者（以下、患者）を同時にケアしなければならないという問題に直面している。介護従事者が行わなければならない業務は、健康チェック、リハビリのサポート、食事の準備、トイレ・風呂のサポート、会話など多岐にわたり、介護従事者らは政府からの財政支援を獲得するため、図1に示すように、これら全ての行動履歴を記録する必要がある。

我々は奈良先端大近隣のデイケアセンターに訪問し、デイケアセンターにおける業務内容や特有の問題点などをヒアリングした。管理者は次の2つの大きな問題があると分かった。第一の問題は、介護従事者の仕事の増加である。一人で複数の患者をケアしなければならないため、例えば、誰か一人をサポート中に他の患者がトイレ等に入った場合、その行動を正確に記録できず、行動履歴が正確に記録でき

図1 サービス提供記録

ていないといった事象が頻発している。第二の問題は、ケアサービスの品質低下である。介護従事者は、患者の行動履歴の作成に多くの時間を費やすため、他の必要な業務を怠る傾向にあり、ケアサービスの質が低下しているといった問題がある。

これらの問題からわかる事は、同時に複数の患者の行動履歴を記録することは、現実的に困難であるということである。管理者はこのような現状から、IT技術を用いることで介護従事者の業務負担を軽減し、患者の行動履歴を正確

<sup>1</sup> 奈良先端科学技術大学院大学, Nara Institute of Science and Technology

に記録することに役立てたいと述べていた。以上の理由から、我々は、デイケアセンターにおける患者の行動履歴を自動的に生成できるシステムの実現を目標とし、研究開発を推し進めている。

デイケアセンターにおいて患者の行動を自動記録するには、『いつ・どこで・誰が・何をしているか』を把握する必要がある。デイケアセンターにおける患者の行動は、施設の作りがエリア毎にサービスが切り分けられているため、エリア情報と結びつけることで認識できる。例えば、トイレエリアに居るならばトイレ中であり、リハビリテーションエリアに居るならばリハビリ中である。従って、患者が存在するエリアを特定さえできれば、患者の行動を把握できる。デイケアセンターにおいて、患者が存在するエリアを把握するには、以下の4つの要件を満たす必要がある。

- 要件1. プライバシーに配慮すること
- 要件2. 複数人の患者を識別可能であること
- 要件3. 複雑な操作や機器の所持を必要としないこと
- 要件4. 低コストで容易に導入可能であること

我々は、これまで、これら全ての要件を満たすシステムとして、ビーコンから常に発信されるアドバタイズメントパケットを環境側に設置した独自開発したビーコンスキャナで観測することにより、患者に負担をかけることなくエリア判定、行動認識できるシステムを開発し、奈良県生駒市にあるデイケアセンターの協力のもと評価実験を行いながら機能改善などを行ってきた。これまでの研究成果としては、各ビーコンスキャナにおいて受信したビーコンの受信信号強度値(RSSI: Received Signal Strength Indication)のみで、患者の存在するエリアを約60%程度の精度で認識できることを確認している。これらの成果は、既に ISMICT 2016 [2]で発表しているが、単純に RSSI 値の一番高い値を示しているビーコンスキャナが設置されているエリアを、患者の存在エリアとして判定しているため、エリアの判定精度はそれほど高くはない。

本研究では、判定精度をより向上させることを目的とし、先行研究[2]で既に取得している RSSI 値を、機械学習アルゴリズムの1つである Random Forest を用いて学習モデルを構築し、10分割交差検証法にて評価することで、どの程度、判定精度が向上するかを検証した。その結果、F値86.4%の精度で患者の存在するエリアを認識できた。また、先行研究[2]の Precision 結果と本研究における Precision 結果を比較すると、約27%程度の精度向上を実現した。また、ビーコンスキャナの配置箇所などは環境変化に敏感な患者のためにカモフラージュ等が必要など、デイケアセンター特有の難しさが存在することがわかった。

本稿は、これらをまとめたものであり、第2章では、関連研究について述べる。第3章では、提案システムについて述べる。第4章では、性能評価について述べる。第5章では、本論文における結論を述べる。

## 2. 関連研究

本章では、本研究に関連する既存研究について述べる。

### 2.1 屋内位置推定技術と宅内行動認識に関する研究

本節では、屋内位置推定技術と宅内行動認識に関する研究について述べる。Paulら[3]は、近年一般家庭において広く普及しつつある Wi-Fi の電波強度から人の位置を推定する手法を提案している。しかし、位置を計測するために、多くのアクセスポイントを設置する必要があるとともに、屋内の様々な位置における電波強度のフィンガープリントを予め作成する必要があるため、導入は容易ではない。

Brdiczkaら[4]は、カメラで撮影した映像に画像処理を適用することで、宅内における生活行動を認識する手法を提案している。この研究では、3D ビデオトラッキングセンサとアンビエントサウンドセンサを用いることで、歩く・座る等の単純な行動に加え、仕事や昼寝といった個人の行動、会話、ゲームといった複数人による行動を約70-90%の正解率で認識できる。しかし、特殊かつ高価なカメラやマイクが必要であることと、カメラを用いているため居住者のプライバシーを侵害するおそれがある。

Kasterenら[5]は、ドアセンサ、圧力マット、浮力センサ、温度センサなど様々なセンサが埋め込まれたスマートホームにおいて、食事、テレビ観賞、外出、トイレ、シャワー、洗濯、着替え等の多種の日常生活行動を認識するシステムを構築している。しかし、この手法は様々な種類のセンサを使用しており、導入コストが高い。

Baoら[6]は、人に装着した5つのウェアラブル加速度センサを用いて、テレビ観賞、掃除、仕事など20種類の行動を認識することに成功している。しかし、5つのセンサを装着する必要があるため、ユーザの負担が大きい。

以上のように屋内位置推定技術や宅内行動認識に関する研究は数多く提案されている。しかし、これらの既存研究の多くは、要件1~要件4の全てを満たしていない。そこで、我々は、これら課題を満たしうるものとして、ビーコンデバイスに焦点を当て、ビーコンデバイスを用いた位置推定技術および見守りシステムに関する研究について調査を行った。

### 2.2 ビーコンデバイスを用いた位置推定技術と見守りシステムに関する研究

本節では、ビーコンデバイスを用いた位置推定技術および見守りシステムに関する研究について述べる。Zhuら[7]は、オフラインの学習とオンラインの訓練を組み合わせ、ビーコンの RSSI による位置推定手法を提案している。この手法では、不安定な RSSI 値に対して重み付き時間窓を適用する事で、その不安定さを軽減させるだけでなく、定期的に RSSI 減衰モデルの更新を行うことにより、その位置推定精度を向上させている。これにより、80%の確率で屋内における位置を1.5m以内の精度で推定することができ

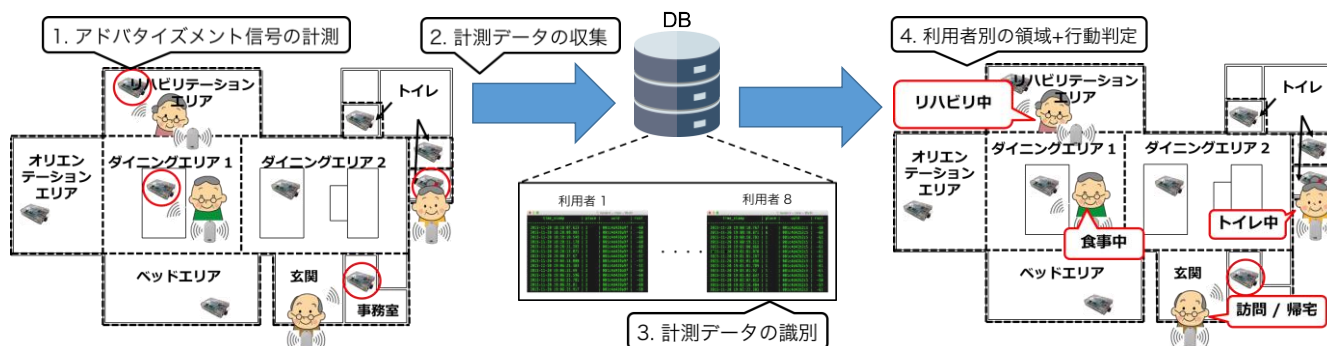


図2 システムの構成と処理の流れ

る。しかし、事前のモデル構築や定期的なモデルの更新というのは導入におけるコストが大きいことから、手軽に導入するのは極めて困難である。

ビーコンデバイスは屋内だけでなく、屋外においても見守りや監視などのサービスに使用されている。登山者の山岳遭難防止対策として、登山者に iBeacon を携帯させ、その RSSI 値を山小屋等で計測し、登山者の正確な位置情報や移動履歴などをその家族や警察に提供するという研究[8]が行われている。この研究では、登山者がビーコンを携帯するという点で我々が提案している手法と同様の形式を取っているが、スキャナとしてスマートフォンを使用しており、導入コストの問題を解決することができていない。また、この研究では、ユーザの行動を認識することは行っておらず、行動履歴の自動作成も行われていない。

児童に otta.b と呼ばれるビーコン端末を携帯させ、地域住民が専用アプリ otta を導入することにより、児童の見守りを行うというサービス[9]も行われている。このサービスは、スキャナとして地域住民が所持しているスマートフォンを利用しており、導入コストや利用者の負担といった課題を解決している。本来、見守りを行いたい時に otta アプリをインストールしたスマートフォンを持った住民が、周辺に居るとは限らないといった問題はありますが、位置情報の記録により児童の行動履歴を把握しようとする試みは存在している。しかし、我々の想定環境とは異なるため、差別化は図れるものと考えられる。

### 3. 行動履歴自動生成システム

本章では、行動履歴自動生成システム[2]について述べる。

#### 3.1 システムの概要

行動履歴自動生成システムでは、要件1から要件4を全て満たすため、環境側にいくつかのスキャナを設置し、患者側にビーコンを持ち歩いてもらう手法を採用する。本システムは、患者が保持しているビーコンから間欠的に発信される個別 ID (UUID) 及び受信信号強度値 (RSSI) 等を含むアドバタイズメント packets を環境側に設置した設置型ビーコンスキャナにおいて受信することで、複数人識別及びエリア判定を可能としている。デイケアセンターにお

ける患者の行動は、施設の作りがエリア毎にサービスが切り分けられているため、患者が存在するエリアを判定することができれば、患者の大まかな行動が把握できる。具体的には、ビーコンを所持する患者があるエリア毎に配置されたビーコンスキャナと通信することで、『いつ・どこで・誰が・何をしているか』がわかる。ここで、『いつ』はタイムスタンプで、『どこで』は RSSI 値のある閾値以上の値を見る事で判定可能であり、『誰が』は UUID により識別できる。また、UUID により個人識別が可能であるため、複数人の行動を同時に把握可能である。本システムが確立されると、各患者に対応した行動履歴を自動的に生成することが可能となる。

#### 3.2 システム構成

本節では、行動履歴自動生成システムの構成について述べる。本システムは、環境側に設置されたビーコンスキャナ及び患者が所持するビーコン、そしてスキャンした情報を格納するためのサーバにより構成される。図2にシステムの構成と処理の流れを示す。

まず初めに、ビーコンスキャナを設置したい環境を、行動が起こると推定されるエリア毎に分割する。その後、分割したエリアに対して、それぞれ1つずつビーコンスキャナを設置していく。各患者は、常に首からぶら下げている名札に取り付けられたビーコンを所持している。環境側に設置された各ビーコンスキャナは、ビーコンからのアドバタイズメント packets を受信すると、自身の設置位置、そこで計測された RSSI 値、UUID 情報などをサーバに送信する。サーバに蓄積されたデータに対して、RSSI 値の平滑化処理や外れ値処理等を行った上で、各 UUID 情報に対してエリア毎の RSSI 値の比較を行う事で患者の存在エリアの判定を行い、患者の行動を認識する。この処理を繰り返すことにより、患者の行動履歴を自動的に生成する。

#### 3.3 独自ビーコンスキャナの開発

ここで、独自開発したビーコンスキャナについて述べる。行動履歴自動生成システムでは、対象とする環境において、行動が起こると推定されるエリア毎に1つずつビーコンスキャナを設置する必要がある。しかし、既存研究[8]のようにスマートフォンをビーコンスキャナとして導入すること

は、コスト的な観点から現実的ではない。また、ビーコンスキャナはスマートフォンアプリが主流であるため、意外にも設置型のビーコンスキャナは存在しない。

我々は、この問題を解決するため、独自に設置型ビーコンスキャナを開発した。ビーコンスキャナを開発するにあたり、受信したアドバイズメントパケットのデータを蓄積、データベースへと送信する機能を有している必要があるため、機能拡張が容易であるRaspberry Pi 2をプラットフォームとして採用した。Raspberry Pi 2には、Bluetooth dongleとWi-Fi dongleを取り付けている。

開発したビーコンスキャナは、ビーコンのアドバイズメントパケットを受信した時刻、その時のRSSI値、UUID、ビーコンスキャナが設置されたエリア情報などを記録し、定期的にデータベースへとそれらの情報を送信するように実装している。ビーコンのUUIDは、アドバイズメントパケット上にのせられており、アドバイズメントパケットの解析を行うことで取得できる。

## 4. 評価実験

本章では、奈良県生駒市にある株式会社ライフケア創合研究所が運営するデイケアセンター「いこいの家26」において行った評価実験について説明する。

### 4.1 実験の目的と環境

患者の行動履歴を自動的に生成するシステムを実現するには、患者が存在するエリアを精度良く判定する必要がある。我々の先行研究[2]において、各ビーコンスキャナにおいて受信したビーコンのRSSI値のみで、患者の存在するエリアを約60%程度の精度で認識できることを確認しているが、これは単純にRSSI値の一番高い値を示しているビーコンスキャナが設置されているエリアを、患者の存在エリアとして判定しているため、判定精度はそれほど高くない。

本研究では、これまでの研究成果よりも判定制度をより向上させることを目的とし、先行研究[2]で既に取得しているRSSI値を、機械学習アルゴリズムの1つであるRandom Forestを用いて学習モデルを構築し、10分割交差検証法にて評価することで、どの程度、判定精度が向上するかを検証した。

実験を行うにあたり、1台のWebカメラをデイケアセンター内に取り付け、患者らの行動を、許可を得た上で録画している。録画データは、閲覧者を限定しプライバシーに配慮している。評価実験に必要な正解データは、この録画したデータをもとに、手動で生成している。

図3は、デイケアセンターの間取り及びビーコンスキャナを設置した位置を示している。この図における、黒丸印はビーコンスキャナが設置されている位置を示す。本実験では、認識対象領域として、リハビリテーションエリア、ダイニングエリア1、ダイニングエリア2、オリエンテーション

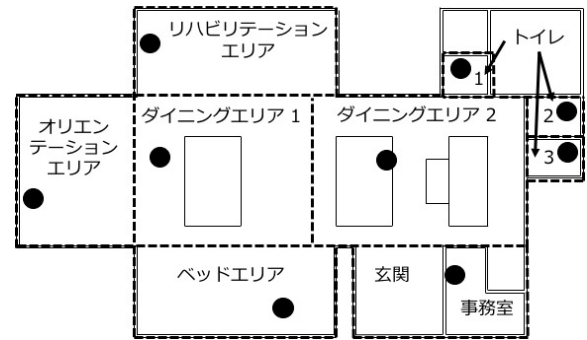


図3 間取り及びビーコンスキャナを設置した位置

ションエリア、ベッドエリア、トイレ1、トイレ2、トイレ3、事務室、の合計9箇所にて1つずつビーコンスキャナを設置した。また、ビーコンスキャナの設置位置は、設置場所の制限などから高低差が存在している。具体的には、リハビリテーションエリア、オリエンテーションエリア、ベッドエリアの3箇所は、地面に直接設置し、トイレエリア3箇所および事務室に関しては、地面から1m程度の高さに設置している。また、ダイニングエリアの2箇所に関しては、天井周辺の梁の上に設置している。

### 4.2 データの前処理：RSSI値の平滑化

本節では、データの前処理であるRSSI値の平滑化について述べる。ビーコンはコネクションが行われていない場合、0.2秒間隔でアドバイズメントパケットを送信している。そのため、ビーコンスキャナは多い時で、1秒間に5回程度アドバイズメントパケットを受信する。受信したアドバイズメントパケットに含まれているRSSI値は、環境によって受信するたびに数値が変動する。エリア判定において、RSSIの値は非常に重要であるため、数値の変動、いわゆる揺らぎの影響を抑えるため、データの前処理としてRSSIの平滑化が必要となる。本研究では、1秒間で複数回受信されるアドバイズメントパケットのRSSI値の単純平均を取ることで、平滑化を行っている。また同時に、外れ値処理も行っている。ビーコンスキャナには、複数のビーコンから送信されたRSSI値の情報が蓄積されていることから、平滑化を行う際にはUUIDから各個人の切り分けを行った後、毎秒ごとのRSSI値の単純平均を計算する。

### 4.3 実験シナリオと評価方法

本実験では、1名の被験者の協力のもと、ある1日の朝10時から夕方16時までのデータを収集した。実験に際し、被験者は、デイケアセンター訪問時にビーコンを首から下げて装着し、朝10時から夕方16時まで普段通りに過ごした。

データ収集後、4.2節で述べたように、RSSI値の平滑化処理や外れ値処理を行った上で、Webカメラの録画映像を詳細に確認しながら、そのデータに対して各エリアに応じたラベル付けを行った。その後、機械学習アルゴリズムの1つである、Random Forestを用いて学習モデルを構築している。

表1 各エリアの認識結果

	a	b	c	d	e	f	g
a=ベッド	3788	695	4	10	77	3	0
b=ダイニング1	933	11074	296	11	13	2	1
c=オリエン	23	596	1349	1	0	0	0
d=トイレ1	10	15	2	1699	5	1	17
e=事務室	60	36	5	4	512	1	0
f=リハビリ	9	32	9	1	0	54	0
g=トイレ2	0	9	0	24	0	0	115

表2 各エリアの評価結果

領域	Precision (%)	Recall (%)	F値(%)
ベッド	78.5	82.8	80.6
ダイニング1	88.9	89.8	89.4
オリエン	81.0	68.5	74.2
トイレ1	97.1	97.1	97.1
事務室	84.3	82.8	83.6
リハビリ	88.5	51.4	65.1
トイレ2	86.5	77.7	81.9
重み付け平均	86.5	86.5	86.4

評価には、10分割交差検証法を用いた。取得したRSSI値と正解ラベルで構成されたデータを10分割し、9つを学習データ、残り1つをテストデータとして評価し、それを10回繰り返すことで全体を評価している。

評価には、Precision, Recall, F値を用いる。Precision (適合率) は、そのエリアであると推定したデータのうち、実際にそのエリアであったデータの割合である。Recall (再現率) は、該当するエリアのうち、そのエリアであると推定されたデータの割合である。F値は、PrecisionとRecallの調和平均であり、式(1)で表される。以降の評価結果における認識精度は全てF値を示す。

$$F = \frac{2 \text{Recall} \cdot \text{Precision}}{\text{Recall} + \text{Precision}} \quad (1)$$

#### 4.4 評価結果

表1, 表2に学習モデルの認識結果及び評価結果を示す。表1の認識結果において、各行は実際のエリアを示し、各列は学習モデルによって予測されたエリアを示す。表2は各エリアにおけるPrecision, Recall, F値を示している。今回、ダイニングエリア2とトイレ3においては、計測データが存在しないため、判定不可であった。

表2から、Precision : 86.5%, Recall : 86.5%, F値 : 86.4%と、全てにおいて高い精度でエリア判定が可能であることがわかった。次に、各エリアの個別のF値を見ると、オリエンテーションエリアとリハビリテーションエリア以外の全てのエリアは80%以上の認識精度が得られた。トイレ1

はF値97.1%と一番高い結果となっているが、これは、トイレが個室であることと、近くに他のビーコンスキャナが存在しないため、他のエリアと誤って認識することがほとんどないためである。一方、リハビリテーションエリアに関しては、F値が65.1%と一番低い結果となったが、これは、被験者がダイニングエリア1とリハビリテーションエリアの境界付近に居た事と、リハビリテーションエリアのビーコンスキャナの設置位置がリハビリ器具の後ろに隠れていたことが原因により、電波が届きにくく、隣接エリアであるダイニングエリア1と誤って認識している。オリエンテーションエリアに関しても、F値が74.2%と他と比べて少し低い結果となったが、これも、ビーコンスキャナを器具の後ろに設置しているため、電波が届きにくく、隣接エリアであるダイニングエリア1と誤って認識している。

以上の結果から、被験者の存在するエリアを高精度で認識できることがわかり、デイケアセンターにおける患者の行動履歴を自動的に生成できるシステムの実現へ向けた可能性を見出した。また、先行研究[2]のPrecisionの結果と今回のPrecisionの結果を比較すると、約27%程度の精度向上が見られた。しかし、ビーコンスキャナの設置位置の工夫など、改善の余地も残されている。

#### 4.5 デイケアセンターでの運用における困難さについて

実験を行う中で得られた知見から、本システムを実際に運用するにあたり、様々な課題が存在することが確認された。例えば、ビーコンの設置位置についてである。患者らは健康な人だけでは無く、認知症を患っている人など様々な存在するため、周辺環境の変化には非常に敏感である。そのため、単純に目の付くところにビーコンスキャナを設置してしまうと、環境変化に敏感な患者らは「いつもと違う機械が置かれている」と感じ、パニックに陥る可能性がある。従って、ビーコンスキャナの設置位置は、患者の目の届かないところに配置するなど、カモフラージュする必要があり、設置位置が限定されるという問題あることがわかった。

今回採用した解決策の具体例として、図4及び図5にビーコンスキャナの設置の様子を示す。図4は、患者に目の付かないところにビーコンスキャナを設置するため、天井付近の梁の上に設置している様子である。図5は、トイレにビーコンスキャナを設置している様子である。特に、トイレに置く場合は、ティッシュ箱の中に隠すなどのカモフラージュが必要である。

また、ビーコンスキャナの設置位置が限定されるため、電源確保の問題がある。本研究では、Raspberry Pi 2をビーコンスキャナのプラットフォームに採用しているため、電源確保が必須である。しかし、ビーコンスキャナの設置位置が天井付近の梁の上などにおいては、電源コンセント等は無いため、電源を確保することすら非常に困難である。延長コード等を用いて電源確保をできたとしても、患者や



図4 ビーコンスキャナの設置（天井付近の梁）



図5 ビーコンスキャナの設置（トイレエリア）

介護従事者が誤って電源コードを抜いてしまうなどのトラブルも生じた。

我々はデイケアセンターにおいて提案システムを実運用するにあたり、実際に実験してみないとわからない様々な問題に現在直面しており、解決方法を模索中である。

## 5. おわりに

本稿では、先行研究[2]において発表した患者の存在エリアの判定精度を、より向上させることを目的とし、既已取得しているRSSI値を、機械学習アルゴリズムの1つであるRandom Forestを用いて学習モデルを構築し、10分割交差検証法にて評価することにより、どの程度、判定精度が向上するかを検証した。その結果、86.4%の精度で患者の存在するエリアを認識できた。また、先行研究のPrecisionの結果と今回のPrecisionの結果を比較すると、約27%程度の精度向上を実現した。また、ビーコンスキャナの配置箇所などは環境変化に敏感な患者のためにカモフラージュ等が必要など、デイケアセンター特有の難しさが存在することがわかった。

今後の課題として、ビーコンスキャナのエネルギーハーベスト化や患者の行動履歴を自動的に生成できるシステムの実装などがあげられる。

## 謝辞

本研究の一部は、科研費基盤研究(C)(No. 16K00126)の助成によって行った。

## 参考文献

- [1] 平成 27 5 月報人口推計(総務省統計局), <http://www.stat.go.jp/data/jinsui/pdf/201601.pdf>, Accessed: 2016-05-11.
- [2] Kiyooki Komai, Manato Fujimoto, Yutaka Arakawa, Hirohiko Suwa, Yukitoshi Kashimoto, and Keiichi Yasumoto, "Elderly Person Monitoring in Day Care Center using Bluetooth Low Energy," 10th International Symposium on Medical Information and Communication Technology (ISMICT'16), pp.140-144, Worcester, MA, USA, March 2016.
- [3] Anindya S Paul, Eric Wan, et al., "Rssi-based indoor localization and tracking using sigma-point kalman smoothers," IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, Vol. 3, No. 5, pp. 860-873, 2009.
- [4] Oliver Brdiczka, Matthieu Langet, J'er'ome Maisonnasse, and James L Crowley, "Detecting human behavior models from multimodal observation in a smart home," IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, Vol. 6, No. 4, pp. 588-597, 2009.
- [5] TLM Van Kasteren, Gwenn Englebienne, and Ben JA Krose, "An activity monitoring system for elderly care using generative and discriminative models," Personal and ubiquitous computing, Vol. 14, No. 6, pp. 489-498, 2010.
- [6] Ling Bao and Stephen S Intille, "Activity recognition from user-annotated acceleration data," In Pervasive computing, pp. 1-17, Springer, 2004.
- [7] Zhu Jianyong, Luo Haiyong, Chen Zili, and Li Zhaohui, "Rssi based Bluetooth low energy indoor positioning," 2014 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), pp. 526-533, 2014.
- [8] iBeacon で山の遭難を未然に防止, 北アルプスで"お守りビーコン" 実証実験, "[http://internet.watch.impress.co.jp/docs/column/chizu/20150723\\_712928.html](http://internet.watch.impress.co.jp/docs/column/chizu/20150723_712928.html)", Accessed: 2016-01-28.
- [9] Otta, <https://www.otta.me/>, Accessed: 2015-11-20.