

## 複数のRFIDを用いた人の状態検出

薬師寺 駿介<sup>†1</sup> 沼尾 雅之<sup>†1</sup>

近年、多くの特別養護老人ホームや病院では事故の防止や早期発見のために24時間体制で巡回をしているが、事故の発見の遅れや過度の負担によるヒューマンエラーなどの問題が指摘されている。この問題に対して、人の状態認識技術を用いて支援する研究がなされているが、介護施設などの公共の場において状態認識システムはプライバシー等について施設利用者に配慮する必要がある。そこで、公共の場で使用するためのプライバシーに配慮した人の状態検出手法として、パッシブ型RFIDを用いた人の行動や位置を検出手法を提案する。タグを衣服に複数設置しこれらのタグを読み取ることで、読み取り結果から着用者の状態を検出する。この手法を実際に行なってみたところ、立つ、寝る、座るといった行動について認識することに成功し、位置についても検出することに成功した。

### State Detection Method using RFID Tags

YAKUSHIJI SHUNSUKE<sup>†1</sup> and NUMAO MASAYUKI<sup>†1</sup>

In recent years, doctor and caregivers go around for early detection and prevention of accidents all day. However, there is a problem of delay in finding the problem and excessive load. To fix this problem, support with state-recognition technology is studied. Using state-recognition system in public space like aged care facility, it need to consider the privacy. Thus, I propose a state detection-technology using passive RFID for using public places. Putting tags on clothe, read there tags, then detecting the state of the wearer from reading results. To experiment with this technique, standing, sleeping, sitting are recognized, and position are recognized.

<sup>†1</sup> 電気通信大学大学院情報理工学研究所

Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

### 1. はじめに

近年、センサーやカメラなどの技術の進歩により、人の行動や状態を逐一認識、記録することが可能になった。例えば加速度センサーやジャイロセンサーを用いた装着者の行動認識や、監視カメラによる異常検知は私たちの日常に広く浸透している。また、研究分野としても、センサー等による実世界認識は技術、応用先問わず活発に研究されており、今後もますます発展していくものと思われる。

一方、多くの特別養護老人ホームや病院では事故の防止や早期発見のために24時間体制で巡回をしているが、事故発見の遅れや、過度の負担によるヒューマンエラーなどの問題が指摘されている。平成18年度世田谷区介護保険事故報告<sup>2)</sup>によると介護事故の発生は15時~16時が最多だが、深夜21時~2時を除くほとんどの時間帯でピーク時の半数程度事故が発生している。そのため、24時間体制の見守りが必要と言える。また、高齢・障害・求職者雇用支援機構<sup>1)</sup>によると今後も65歳以上の人口が増え続け、15~65歳の人口が減少し続けることが報告されており、老人介護施設の負担はさらに増加していくと予想される。

このような状況下で、センサーネットワーク技術を用いて高齢者の見守りや看護、介護活動を支援しようという機運が高まっており、様々なアプローチによる介護支援システムの提案がなされている。支援システム導入の有効性について影山ら<sup>3)</sup>によると、居室のベッド付近に人体検出装を設置することで介護支援を行った所、導入から2ヶ月で夜間の事故発生件数を2件から0件に減少したことが報告されている。

介護支援としては人の活動を検出する他に、異常状態を検出手法が研究されている。この手法では異常発見を目的とした巡回を支援するため負担の軽減につながると期待される。異常状態を認識する手段としてはカメラ等を環境に敷設する、加速度センサー等を装着させるなどが考えられる。しかし、介護支援の異常状態認識システムに限らず公共的な施設での状態認識システムの運用を想定すると、システムはプライバシー等施設利用者に配慮されてなくてはならない。その点カメラ等はプライバシーの観点から、加速度センサ等は強制的に装着させる点で好ましくないとされているほか、システムを常時稼働させる場合には稼働時間や充電などの問題がある。このことから、電源を身体に装着する機器ではなく環境側に設置し、且つプライバシーに配慮した人の状態認識手法を考案する。

以降、2章で類似の研究を紹介し、3章でパッシブ型RFIDシステムによる状態検出手法の提案をする。4章で提案したシステムについて性能評価実験を行い、5章で実験結果について評価する。最後に6章でまとめと今後の課題を示す。

## 2. 関連研究

人の状態を認識する手法としては、カメラやセンサーなどを環境に設置する方法と、人にセンサーを装着する方法が考えられる。この中でもプライバシーに配慮した状態認識技術として、アクティブ型 RFID を用いた鍛冶ら<sup>4)</sup>、カメラ画像を用いた関ら<sup>5)</sup>があげられる。

まず鍛冶らの手法は、トイレや洗面所などの閉所空間を前提に、環境に複数のアクティブ型 RFID を敷設し、これらから発せられた電波をリーダライタで受信する際の電波強度を分析することで、空間内で人が転倒し動けなくなっている状態を検出する。具体的には、まず空間上にアクティブ型タグを複数、リーダライタを1個設置し、無人の状態、正常に人がいる状態、異常状態についてそれぞれ受信電波強度を測定する。これによって検出に必要なタグを選別すると同時に、無人状態と異常状態での受信電波強度の閾値を求める。無人状態状態と異常状態では受信電波強度は安定し、正常に人がいる状態では不安定になるため、この閾値と電波強度の変化幅から異常状態のみを検出する。この論文では、変化幅の閾値と変化幅を検出する窓幅を調整することで、異常状態のみを完全に識別することに成功している。

また、関らの手法では、カメラ画像を用いて非常的に行う動作とそうでない動作を見分けることで異常動作を発見する。この手法では座る、歩く、寝るといった個々の行動の種別を認識せず、また、画像として人間の領域とそうでない領域の2値画像を用いるため、プライバシーに配慮されている。具体的な手法としては、常に画像を撮り続け、画像データから自己組織化マップを用いて日常的な動作の画像を抽出し、この画像を固有空間法によって抽象化する。そして、固有空間での距離から学習にない動きを検出し、さらに動画像同士の比較を行うことで動きの速さと方向を検出、また、距離計算の際に時間の概念を付加することで非日常的行動パターンの検出を行う。

## 3. パッシブ型 RFID による状態検出システムの提案

2章で紹介した2種の手法には問題点が存在する。まず、鍛冶らの手法では狭閉所を前提としており、廊下や個室などの広い空間での検出はできない。しかし、世田谷区平成18年度介護保険事故報告<sup>2)</sup>によると、事故の過半数は上記のような広い空間で発生しており、特に夜間の事故の大半は個室で発生する、狭閉所のみでは十分とは言えない。また、異常状態として転倒して動けない状態を定義しているが、もがく可能性なども考えられるため不十分である。次に、関らの手法では人のいる空間とそうでない空間を分離する際に背景の影響を受けやすい点が指摘されている。そこで、これらの問題を解決できるシステムを提案する。

### 3.1 システムの概要

本研究では上記カメラ、アクティブ型 RFID に変わり、パッシブ型 RFID を用いて人の状態認識を試みる。見守り対象の人に RFID タグを複数貼り付けた服を着用してもらい、これを環境に設置したアンテナから読み取ることで見守り対象の状態を認識する。認識には着用した各タグを読み取った際の受信電波強度や読み取りの成否を用い、着用者がいつ、どこで、どのような行動をするかを認識する。パッシブ型 RFID を用いる理由は、

- 強い指向性を持つので、各タグの読み取りは部屋の広さなどと比較して着用者の姿勢に影響されることが予想される点
  - タグが電源をアンテナから電波で受け取るため充電が不要である点
- の2つである。これによって、
- アンテナを設置した場所であれば部屋の広さや背景などの周辺環境によらず認識が可能
  - バッテリーの交換が不要
  - 取得データは読み取り結果の羅列になるためプライバシーに配慮
- といった利点が得られる。

提案システムは図1の構成になっており、具体的に以下の手順で状態認識を行う。

- (1) RFID タグを認識対象者の衣服に取り付ける
  - (2) 認識対象者が自由に行動している状態で環境に設置したアンテナでタグを読み、読み取りデータを集め、ラベル付けを行う
  - (3) 読取データから特徴ベクトルを算出する
  - (4) パターン認識アルゴリズムを用いて学習を行う
  - (5) 以降の読み取りデータに対して手順4の分類器を適応し、状態の認識を行う
- 上記の手順で行動、位置について認識を行う。

なお、異常状態の検出については位置、行動、時間の組み合わせによって定義することが可能であると考えるが、本論文ではその点については触れない。

### 3.2 学習アルゴリズム

提案システムは教師あり学習によって状態認識を実現する。まず前提として、システムは使用しているタグのIDリストを保有している。また、読み取りデータは、各アンテナが1つの読み取りで、どのIDのタグから、どの程度の強さの信号を受信したかを表す。読み取りデータの一例を表1に示す。

次にIDリストと読み取りデータから特徴ベクトルを算出する。特徴量は、同時刻での各アンテナ・タグ間の受信電波強度や読み取りの成否とする。よって、どちらの特徴量を用

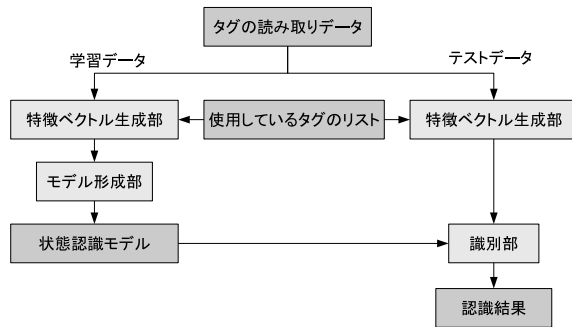


図 1 システム構成図  
Fig. 1 System Configuration

いた場合も特徴ベクトルの次元数はアンテナ個数 × ID リストの大きさとなる。特徴量として受信電波強度を用いる場合、読み取りデータから ID リストに含まれる ID を発見し、ID とアンテナ番号組み合わせの対応する次元の値をその読み取り結果の RSSI 値とする。全ての読み取りデータに対してこれを行い、発見されなかった ID とアンテナ番号の組み合わせの値を非常に小さい値（本論文では-255 とした）とする。例えば図 1 の読み取り結果が得られ、ID リストが 1111, 2222, 3333 でありアンテナ数が 2 の場合、受信電波強度を特徴量とすると以下の特徴ベクトル得られる。

A1-1111,	A1-2222,	A1-3333,	A2-1111,	A2-2222,	A2-3333
-60,	-255,	-255,	-255,	-62,	-255

また、読み取り成否を特徴量とする場合の特徴ベクトルの作成については、読み取りデータから ID リストに含まれる ID を発見し、ID とアンテナ番号組み合わせの対応する次元の値を × とする。全ての読み取りデータに対してこれを行い、発見されなかった組み合わせの値を × とする。例えば ID リストが 1111, 2222, 3333 でありアンテナ数が 2 の場合、図 1 が

らは以下の特徴ベクトルが得られる。

A1-1111,	A1-2222,	A1-3333,	A2-1111,	A2-2222,	A2-3333
,	×	×	×	,	×

RFID タグはアンテナとタグの間に遮蔽物がなく、アンテナ、タグの指向性の範囲内であつて距離が近い場合に読取に成功する。また、アンテナ-タグ間の距離が離れるほど電波強度は弱くなる。したがってタグが人体に装着されている場合、タグの貼られている側からは読み取ることができ、逆からは読み取ることができない。また、アンテナ-タグ間の見通しがあつてもタグの向きによっては読み取りに失敗する。そのため受信電波強度、読み取り成否は装着者の姿勢や向きに影響さやすく、装着者の行動を認識するのに有用であると考えられる。また、受信電波強度は距離によって変化するので装着者の位置を把握するのに役立つものと予想する。

この特徴ベクトルを用いて C4.5 決定木や SVM といったパターン認識アルゴリズムを用いて分類器を生成する。

#### 4. 状態検出の実験

本章では、3 章で提案したパッシブ型 RFID システムによる状態認識の手法について実験し、認識精度を確認する。また、以下について評価を行う。

- (1) それぞれの行動、位置の認識精度
- (2) アンテナの個数や位置と精度の関係
- (3) 有効なタグの配置箇所
- (4) 受信電波強度の有効性

##### 4.1 実験機材

RFID 装置には三菱製 UHF 帯 RFID C1G2 対応評価キットを使用した。この評価キットは、RFID リーダライタ、RFID タグ、アンテナ、デモアプリケーション、評価アプリケーションからなる。RFID リーダは LAN 接続することにより、IP アドレスを指定することでネットワーク経由で操作が可能であり、1 つの RFID リーダに 4 個までアンテナが接続可能となっている。電波通信には UHF 帯の電波を使用し、国際標準規格である Class1 Generation2 の RFID タグを読み取る。アンテナの発信する電波の出力は最大 30dBm となっている。アンテナは RFID リーダに接続され、周波数 952 ~ 954MHz 円偏波の電波を

表 1 読み取りデータの例

antenna	time	ID	RSSI
A1	17:36:12:091	1111	-60
A2	17:36:12:091	2222	-62

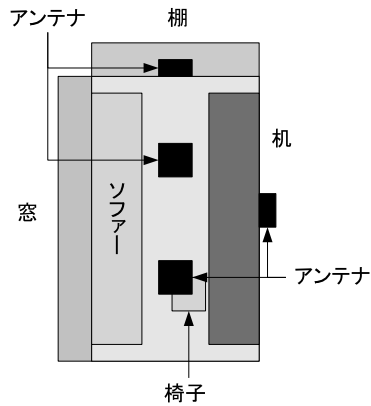


図 2 実験空間とアンテナの位置

Fig. 2 Environment of Experimental Area and Locations of Antennas

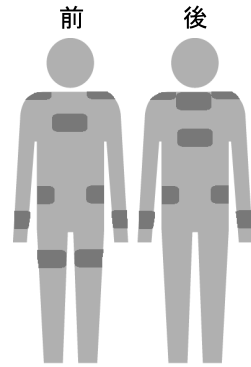


図 3 タグの配置

Fig. 3 Location of Tags

発信し、RFID タグから返信された電波を受信する。RFID タグとの通信距離は送信電力 30dBm のときで正面に約 5m 程度、また、上下左右におよそ 60° の範囲で通信することができる。RFID タグは EPC Global C1G2 規格に準拠したパッシブ型タグである。今回使用したタグはチップとアンテナをシールに埋め込んだ長方形のシート状のもので、面方向、長辺方向から読み取ることが可能である。これは金属や水などに対応するための特殊な処理を施されていない一般的なタグで、マルチアクセス、マルチリードが可能となっている。

#### 4.2 実験環境

今回の実験は研究室の一部を実験空間として使用した。実験空間は 3m × 2m の広さで、2 方向は壁でもう 2 方向は空いている。また、実験空間にはソファ、机、椅子が設置してあり、机の上に本やノートパソコンが置いてある。実験には RFID アンテナを 4 個用いた。実験空間とアンテナの設置について以下の図 2 に示す。使用した 4 個の RFID アンテナのうち図 2 の中央付近に設置した 2 個は天井から見下ろす形で設置し、残りの 2 個は実験空間側を向くように横に設置した。また、衣服には RFID タグをそれぞれ、両肩に 1 枚ずつ、胸に 1 枚、腹の両側 1 枚ずつ、腰の前面の左右に 1 枚ずつ、両腕に 1 枚ずつ、背中中に縦に 2 枚、両足の前に 1 枚ずつの合計 13 枚設置した。各タグの設置箇所を図 3 に示す。

#### 4.3 認識内容

本実験では行動と位置について認識を行う。それぞれの認識内容について以下に示す。

行動：stand, sit, lie, walk, other

位置：椅子側, 棚側

行動の認識について具体的には、stand は立って静止している状態、sit は椅子等に腰掛けている状態、lie はソファ等の上で寝ている状態、walk は歩いて移動している状態を示す。また、位置の椅子側は表 2 の中央より下側にいる状態、棚側は上にいる状態を示す。

#### 4.4 実験手法

被験者は RFID タグを設置した衣服を着用し、実験空間内で約 3 時間自由に行動した。その間 4 個のアンテナでタグを読み取り続け、同時に行動の様子を撮影し、読み取りデータに対して行動、位置のラベル付けを行った。本実験では特徴ベクトルの値として各アンテナから各 RFID タグを一回読み取った際の受信電波強度 (dBm) の値を用い、一回の読み取りに対して次元数がタグ数 × アンテナ数となる特徴ベクトルを一つ生成する。なお、読み取ることが出来なかった場合は受信電波強度が非常に弱いもの (-255dBm) とした。学習と性能評価にはデータマイニングツールである weka を使用し、学習アルゴリズムとしては C4.5 決定木を用いた。これは、後の検討において各部位に設置されたタグがどの程度識別に寄与しているかの指標として決定木の深さを使用しようと考えたためである。性能評価については 2 フォールドクロスバリデーションでの評価を行った。

### 5. 評価

#### 5.1 状態認識の精度

実験によって得られた読み取りデータを用いて、行動と位置の認識精度について性能評価を行った。まず行動の認識精度について、コンフュージョンマトリクスを以下の表 2 に示す。

各行動の精度の平均は 74.1% となった。また、全データ中の sit の占める割合が大きい物の、lie の精度が非常に高く、stand も 70% 以上の精度で識別することに成功した。一方で walk の識別精度が極端に低く、多くを sit, stand に誤認識していることがわかった。これ

表 2 行動認識のコンフュージョンマトリクス  
Table 2 Action recognition confusion matrix

	stand	sit	lie	walk	other	精度 (%)
stand	1615	401	1	109	100	72.6
sit	203	15472	5	61	64	97.9
lie	0	0	450	2	0	99.6
walk	130	128	0	156	46	33.9
other	122	185	5	45	705	66.4

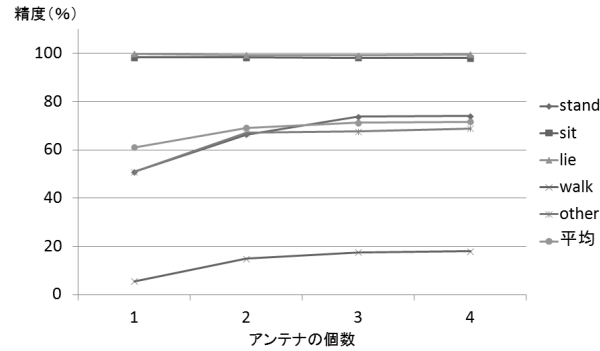


図4 アンテナの個数と行動認識精度の関係

Fig. 4 Relationship between the number of antennas and behavioral recognition accuracy

は sit, stand, walk は全て上体が立つ姿勢であったためであると考えられる。単一時刻での読み取り結果のみでは動きを表現できなかったためと考えられる。

次に、位置の認識精度について、コンフュージョンマトリクスを以下の表3に示す。双方の精度の平均は81.1%となった。また、椅子側にいる状態が柵側と比較して極端に多かったものの、柵側も62.5%の精度で識別することに成功している。このことから提案手法は位置の検出に硬化があることが伺える。

### 5.2 アンテナの個数や位置と精度の関係

RFIDシステムのアンテナは高価であるので、必要なアンテナの個数は少ないほうが良い。そこで、使用するアンテナの個数と精度の関係、有効なアンテナの配置を分析する。

まず、各アンテナの読み取りデータを取り除いていくことでアンテナの個数と精度の関係を分析した。各個数での精度は、その個数での全ての組み合わせの最大値とした。アンテナの個数と行動認識精度の関係について図4に、位置の精度について図5示す。アンテナの個数が増えるほど精度が向上していくが、行動認識では1個、2個、3個の間に比較的大きな差があり、3個と4個の間には差が無く、位置認識では1個と2個以上の差は比較的大き

表3 位置認識のコンフュージョンマトリクス  
Table 3 Position recognition confusion matrix

	椅子側	柵側	精度 (%)
椅子側	19397	69	99.6
柵側	202	337	62.5

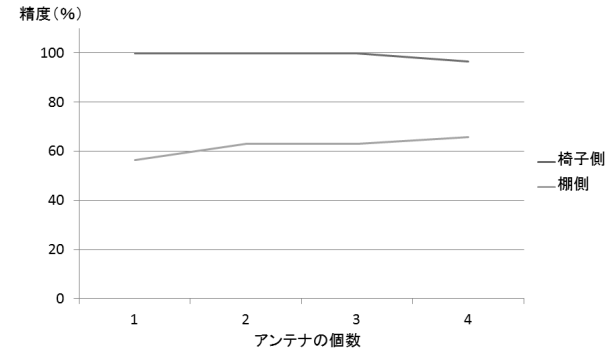


図5 アンテナの個数と位置認識精度の関係

Fig. 5 Relationship between the number of antennas and Positional recognition accuracy

いが、それ以上ではあまり改善しないことがわかった。

次に、アンテナの位置と精度の関係について分析する。まず、アンテナ数3個での各組み合わせにおける各行動の精度の平均を表4に示す。行動認識精度について、アンテナ数3個で最も行動認識精度のよかった組み合わせは横に設置したアンテナ2個と椅子側に設置したアンテナの組み合わせであり、天井のアンテナを2個使用したものは横のアンテナを2個使用したものと比較して若干精度が劣る結果となった。また、アンテナ2個で最も認識精度の悪かった組み合わせは天井の2個であったことから、行動認識ではアンテナの数ではなく方向数が重要であると考えられる。さらに、アンテナ数2個で最も精度が良かったのは横のアンテナ2個の組み合わせであり、行動認識では天井より横のアンテナのほうが有効に作用しているようである。

一方で位置認識精度についてはアンテナ数1個の場合は、天井の椅子側にあるアンテナ、2個の場合は天井椅子側のアンテナと机側の横のアンテナの組み合わせとなり、3個の場合

表4 アンテナ数3個でのアンテナの位置と行動認識精度の関係

Table 4 Relationship between recognition accuracy and behavior of the antenna position with 3 antennas

柵側 (天井)	椅子側 (天井)	柵 (横)	机 (横)	平均精度 (%)
x				71.24
	x			70.5
		x		69.14
			x	66.68

はこれに天井の棚側にあるアンテナが追加される。ここで、今回の実験で被験者は椅子側に偏って行動しており、常に椅子側のアンテナの近くにいた。また、椅子は机の付近に設置してあることから机の近くでもある。このことから位置については読み取りの方向や方向の数よりも、アンテナが近くにあることが重要であると考えられる。

### 5.3 有効なタグの配置箇所

本論文の提案手法では、RFID タグを服に貼り付けその服を着ることで人の着用者の行動を検出するが、RFID タグを貼り付ける箇所は少ないほど便利である。例えばこの実験では肩から足まで合計 13 枚のタグを使用した。このうち 11 枚のタグを上着に、2 枚のタグをズボンに貼り付けている。このうちズボンに貼りつけられた 2 枚のタグを不要とすると、上着だけでの運用が可能になる。また、両腕のタグが不要ならば袖の長さに依存しなくなり、両腕、両肩が不要ならば下着のようなものでも運用可能となる。そこで、今回の実験で貼りつけられた各タグを肩、背中、胸、腕、腹、足の 6 部位に分け、それぞれの部位ごとの分類への寄与を順位にした。そして、順位の低い部位からタグを排除していき、認識精度の変化から各部位の認識精度への寄与を確認した。なお、この検討ではアンテナは 4 個全て用いた。タグの場所と部位の関係を以下の表 5 に示す。タグの重要度は、決定木の最初にタグが出現する深さとした。したがって重要度の数値が小さいほど重要度が高くなる。各タグの重要度を以下の表 6 に示す。なお、空欄は決定木に出現しなかったタグである。

次に各部位の重要度を求め、順位付けを行う。各部位の重要度は、その部位の最重要なタグの重要度とした。これは、各部位には基本的に左右対称にタグが設置されており、ひとつのタグが重要であれば他のタグも重要になりうると考えたためである。次に順位について、まず各部位ごとの重要度を比較する。重要度が同一の場合は行動、位置認識それぞれの重要度の合計を比較する。これも同一であった場合は、それぞれの部位のタグの、行動、位置認識双方での重要度上位のタグから順に比較する。最終的な各部位の順位を表 7 に示す。

表 5 部位とタグの位置の関係

Table 5 Correspondence between parts of body and position of tags

部位	タグ
肩	右肩, 左肩
背中	背中上, 背中下
胸	胸
腕	右腕, 左腕
腹	右前腹, 左前腹, 右横腹, 左横腹
足	右足, 左足

次に、重要でない部位から順にタグを排除していったときの行動、位置の認識精度の推移を示す。表 7 より、全てのタグが存在する状態から足、肩、背中、胸、腕の順にタグを排除していく。タグの排除状況と行動認識精度、位置認識精度の関係を図 6、図 7 に示す。図 6、図 7 のタグの排除順番は、1 は全てのタグを使用した状態で、ここから数値が増えることに重要性が低い部位から順にタグを排除していったもので、2 では足以外の全ての部位のタグ、3 では足、両肩以外の全てのタグ、といった形である。足、肩を排除するまではどちらの認識精度にも大きな影響は出ていないものの、背中ではタグを排除することに認識精度が低下していくことが確認された。そこで、背中のみを排除してみた場合、全てのタグを使用した場合、背中までのタグを排除した場合の比較を行った。各状態での行動認識、位置認識の精度をそれぞれ表 8、表 9 に示す。

表 6 各タグの行動認識、位置認識での重要度

Table 6 Importance of tags in Behavior recognition and Position recognition

タグの位置	行動認識での重要性	位置認識での重要度
右肩	4	6
左肩	3	11
背中上	3	4
背中下	3	3
胸	5	2
右腕	4	1
左腕	2	3
右前腹	4	3
左前腹	5	2
右横腹	2	7
左横腹	1	6
右足		
左足	4	

表 7 各部位の行動認識、位置認識での重要度と順位

Table 7 Importance of parts in Behavior recognition and Position recognition ,and ranc of parts

部位	行動認識での重要性	位置認識での重要性	重要性	順位
両肩	3	6	3	5
背中	3	3	3	4
胸	5	2	2	3
両腕	2	1	1	2
腹	1	2	1	1
足	4		4	6

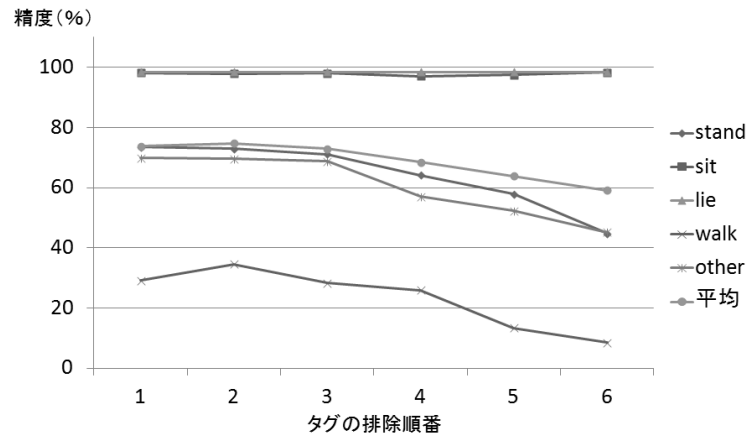


図 6 タグの排除と行動認識精度の関係

Fig. 6 Relationship between removing tags and Behavioral recognition accuracy

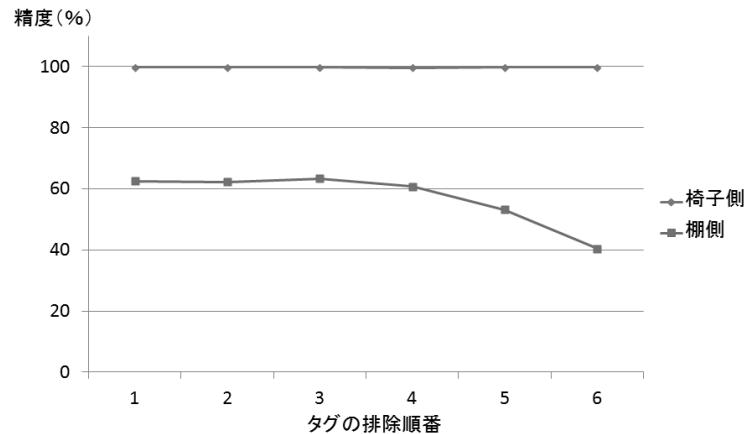


図 7 タグの排除と位置認識精度の関係

Fig. 7 Relationship between removing tags and positional recognition accuracy

行動認識については walk は背中タグのみ剥がした場合が最も良い精度となるが, stand や sit, other の精度が下がることで, 全体的には全てのタグを使用する場合や足, 肩以外のタグを使用する場合と比較して, 背中タグのみ剥がしたものは最も低い精度となった. 位置認識についても同様に, 背中タグのみ剥がしたものは最も低い精度となった. このことから足, 肩のタグは背中タグと比較して状態, 位置の認識に影響を与えていないことがわかった. また, これ以外のタグは全て背中タグより影響力が大きいと考えられるため, 足, 肩は今回タグを設置した部位の中で, 認識に最も影響していない部位であると考えられる.

#### 5.4 受信電波強度の有効性

今回の実験で使用した機器はタグを読み取った際に受信電波強度を測定することが可能な機種であったが, この機能は一般的なリーダーには実装されていない. そのため, 受信環境を表す値として受信電波強度の代わりに読み取り成否を使用できるのであればそちらのほうが良い. そこで, タグとアンテナを全て使用したときの, 特徴量を受信電波強度にした場合と読み取り成否にした場合の精度の比較を行った. それぞれの特徴ベクトルは各アンテナが受け取った各タグからの応答であり, 受信電波強度を特徴量とした場合には値は, 応答のあったタグは受信電波強度, なかったタグは電波強度が非常に弱いものとした. 読み取り成否を特徴量とした場合は, 応答のあったタグは  $\cdot$ , なかったタグは  $\times$  の 2 値とした. それぞれの特徴量を用いた場合の行動, 位置認識精度を表 10, 表 11 に示す.

行動認識については, 受信電波強度と読み取り成否に大きな違いは見られず, 受信電波強度を使用する利点は少ないと考えられる. 一方位置認識については, 棚側の精度が受信電波

表 8 Comparison of the effects of key tags and others in behavior recognition

Table 8 tamle

使用するタグ	stand	sit	lie	walk	other	平均
全てのタグ	73.5	98.2	98.5	29.1	69.8	73.82
足, 肩以外	71.1	98	98.5	28.3	68.8	72.94
背中以外	68.1	97	98.5	37.6	57.1	71.66

表 9 効果の低いタグと高いタグを排除したときの位置認識精度の比較

Table 9 Comparison of the effects of key tags and others in position recognition

使用するタグ	椅子側	棚側
全てのタグ	99.7	62.5
足, 肩以外	99.7	63.3
背中以外	99.6	60.3

表 10 行動認識における受信電波強度と読み取り成否の比較  
Table 10 Comparison of RSSI and read-success in behavior recognition

	stand	sit	lie	walk	other	平均
受信電波強度	73.7	98	98.5	32.2	68.3	74.1
読み取り成否	73.4	98.1	99.1	30.7	65.7	73.4

表 11 位置認識における受信電波強度と読み取り成否の比較  
Table 11 Comparison of RSSI and read-success in position recognition

	椅子側	棚側	平均
受信電波強度	99.7	62.5	81.1
読み取り成否	99.7	57.5	78.6

強度は読み取り成否と比較して 5%上回っており、受信電波強度を利用する価値が伺える。

## 6. おわりに

今回の実験では、パッシブ型 RFID システムを用い提案手法によって、特に寝ている状態と立っている状態、座っている状態を精度よく識別することに成功した。これにより、例えば廊下で壁にもたれかかっている状態や、倒れている状態を識別することが可能であると考えられる。一方で歩行状態を立っている状態、座っている状態と識別している。これらは、RFID の読み取り結果がその瞬間の被験者の姿勢に依存する点に原因があると考えられる。そのため、加速度による行動認識に用いられる窓幅の概念を取り入れることで解消することができると思う。また、今回の実験では、被験者の位置や行動に偏りが強かったため、更に多くのデータを取り、より確からしい性能評価を行う必要がある。また、この手法は体格の影響を受けることが予想されるため、より多くの被験者のデータを取る必要があると考える。さらに、今回の実験によって得られたアンテナの個数、タグの配置のデータや受信電波強度の利用についてのデータについて、特に受信電波強度については位置認識については価値があるということで、利用について今後も検討していきたいと考えている。また、今回の実験ではアンテナを 4 個用い、2m × 3m 程度の狭い空間での実験となったが、より多くのアンテナを用い、さらにアンテナの密度を下げることでより広い空間での実験を行いたいと考えている。以上の点を踏まえて今後の予定としては、

- (1) 特徴量として受信電波強度単体でなく、一定時間の平均や分散などを使用
- (2) 被験者の数を増加
- (3) 広い空間での実験

について取り組んで行こうと考えている。

## 参 考 文 献

- 1) 独立行政法人 高齢・障害・求職者雇用支援機構 “人口構成の推移と見通し”(2010)
- 2) 平成 18 年度世田谷区介護保険事故報告
- 3) 影山 芳之, 町田 洋子, 森田 敦: “高齢者介護施設における転倒事故防止のための人体検出装置の有用性について”, 東海大学紀要開発工学部 第 14 号 (2004)
- 4) 鍛冶 良作, 廣田 清美, 西村 拓一: “RFID タグシステムによる閉所空間における転倒状態検出法の提案”, 情報処理学会論文誌 Vol.51 No3 1129-1140(2010)
- 5) 関 弘和, 堀 洋一: “高齢者モニタリングのためのカメラ画像を用いた異常動作検出”, 電学論 D,122 巻 2 号 (2002)