

高齢者見守り支援のための RFID を用いた姿勢分類による ベッドモニタリングの提案

Bed Monitoring by Posture Classification Using RFID for Supporting to Watch Over Elderly

○山内悠*, 下井信浩*

○ Yu Yamauchi*, Nobuhiro Shimoi*

*秋田県立大学

*Akita Prefectural University

キーワード : ベッドモニタリング (bed monitoring), RFID (radio frequency identification),
姿勢分類 (posture classification), ヘルスケア (healthcare), 高齢者介護 (elderly care)

連絡先 : 〒 015-0055 秋田県由利本荘市土谷字海老ノ口 84-4 秋田県立大学 システム科学技術学部
知能メカトロニクス学科 ロボット工学研究室

山内悠, Tel.: (0184)27-2220, Fax.: (0184)27-2187, E-mail: yamauchi.yu@akita-pu.ac.jp

1. はじめに

日本では、少子高齢化の進展により、医療業界や介護業界の人材不足が深刻化している。2021年10月の日本の総人口に占める高齢者人口の割合は28.9%であり、2040年には35.3%になると見込まれている¹⁾。日本では総人口の三分の一が高齢者になる未来は近いが、高齢者を支える技術の導入はあまり進んでいない。

介護施設における事故の中で、全体の50%以上を占めるのは転倒事故であることが報告されている²⁾。状況的には、高齢者がベッドとその周囲から離れたときに事故が多く発生していることが明らかになっている。また、転倒事故の85.5%は、介助や監視のない状況で発生している。そのため、万が一事故が発生した場合、施設管理者の責任が問われることから、離床検知による予防対策が不可欠である。

近年、様々な離床センサが市販されるようになり、クリップセンサ、マットセンサ、赤外線センサなどが病院や介護施設などの導入が進んでいる^{3,4)}。クリップセンサは最も合理的な手段であるため手軽に利用できるが、寝間着に直接取り付けるため、被介護者がセンサ線に拘束される³⁾。マットセンサは、被介護者がベッド端に足を乗せながら座った状態での検知・反応が遅いことが重要な欠点である⁴⁾。また、介護者や家族が踏んだりしても、過剰に反応してしまうという欠点もあります。また、センサが見えるため、被介護者が意識的にマットセンサを避けながら離れようとするのが報告されている⁵⁾。

私たちは、転倒事故を防止することを目的とした離床検知可能な技術の一つとして、簡単で安価な高齢者見守りシステムを提案している⁶⁾。

ピエゾセンサを枕やベッド下に複数配置し、得られた信号から血圧、呼吸、体動などのバイタルサインをモニタリングすることができる。バイタルサインをモニタリングすることで、離床判定、睡眠・覚醒判定をそれぞれ99%、80%の高い精度で行うことができることを確認している。

このことから、簡単かつ安価であることを保ちながら、これまで以上に生活の質を向上させるベッドモニタリングシステムの実現を目指す。そこで、接触センサではなく、非接触で計測が可能なRFID(Radio Frequency Identification)を採用する。RFIDを用いたモニタリング技術はいくつか開発されている^{7, 8, 9)}。例えば、医療分野での患者の存在確認⁷⁾、倉庫の在庫確認⁸⁾、勤怠や出席管理などが挙げられる⁹⁾。非接触で計測を行うことで、非介護者がセンサを発見し避けるという行為も防止できる。

本研究では、転倒・転落防止を目的とした非接触で計測が可能なRFIDを用いた離床予測が可能なベッドモニタリングシステムを開発する。RFIDのアンテナとタグを組み込んだベッドモニタリングシステムを提案し、RFIDの通信状況により非介護者の姿勢を分類する手法を示す。実際に、被験者5名に対して、タグの枚数における分類可能な姿勢およびその検知率を実験により確認し、提案するベッドモニタリングシステムの有用性を示す。

2. RFIDを用いたベッドモニタリングシステムの原理

RFIDとは、電波を用いてタグのデータを非接触で読み書きするシステムである。電源不要なタグと、アンテナを接続したリーダライタから構成される。リーダライタに接続されたアンテナより送られた電波を受信し、制御回路を用いて電力を得ることでタグ内の回路を動作させ、タグ自身に割り当てられた識別番号等の情報を

応答電波として送信する。本研究では、業務用無線や携帯電話などに用いられるUHF帯920Hzの電波を用いる。UHF帯を用いる理由は、通信距離が数メートルと長いことから、介護者のQoLを下げることなく設置が可能であるためである。

RFIDは電波を用いて、リーダライタとタグが通信しているため、その間に水分を多く含む人体が侵入すると通信が遮られる。これは、電波が水分に吸収され減衰してしまう性質をもつためである。この原理を用いて、ベッド上に配置した複数のタグとの通信状況から、介護者の存在および姿勢を推定することができる。

このことから、複数のタグの通信状況のパターンから、介護者の状況を推定することで、介護者のモニタリングを可能にする。本研究では、離床の認識・予測行動を「就寝中」、「離床行動中」、「離床」の3つのパターンに分類する。就寝中に取りうる姿勢は「仰臥位」、「右側臥位」、「左側臥位」の3つに分けられる。また、離床行動中に取りうる姿勢は「長座位」、「右短座位」、「左短座位」、「右端座位」、「左端座位」の5つに分けられる。このことから、本研究では介護者の状態をこれら9つの姿勢に分類する。例えば、すべてのタグとの通信が行えている場合、介護者はベッド上に存在しないと判断し、離床と分類することができる。

3. ベッド上におけるRFIDの基本特性

開発したRFIDを用いたベッドモニタリングシステムの外観をFig.1に示す。本システムは、RFIDリーダライタ(UHF-R250, KAIZAR), RFIDアンテナ(U920P15-3, KAIZAR), RFIDタグ、介護ベッド(KA-3612R, PARAMOUNT BED CO., LTD)から構成される。また、アンテナの高さはマニュアルに記載されたタグとの通信範囲が一番広い長さとし、タグを配置するベッド

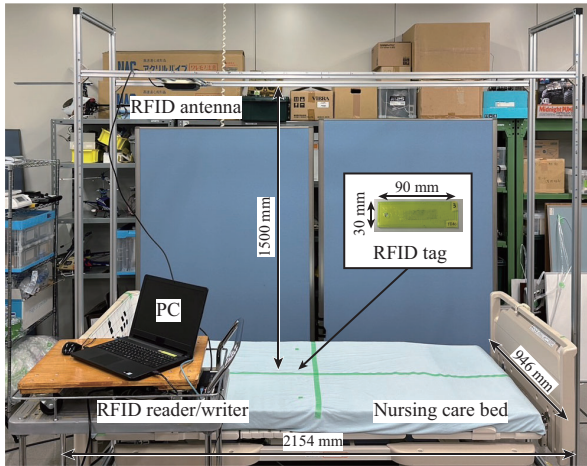


Fig. 1 Configuration of the proposed bed monitoring system

のマットレス下から 1.5 m とした。タグは破損防止のため $90 \times 30 \times 3$ mm のケースにいった。

提案するベッドモニタリングの基本特性として、マットレスを配置する範囲の送信電波強度と受信電波強度を計測して、通信可能範囲と電波強度から評価する。送信電波強度の測定には電波強度簡易計測器 (KZ-U9201, KAIZAR) を用いて計測を行い、受信電波強度はタグからの送信電波を計測した値とする。測定範囲である 1900×900 mm の範囲を 100 mm 四方で区切り、各範囲において計測を行う。測定条件は、アンテナ向きをベッドに対して垂直、アンテナ位置をベッド中心から頭側へ 0.6 m 移動させた位置、タグの向きをベッドに対して水平とした。また、タグはマットレスの下に設置し、金属であるベッドフレームの影響をなくすために、タグとベッドフレーム間に木板を設置した。

Fig. 2(a), (b) に測定した送信電波強度と受信電波強度を示す。このとき、色が白いほど電波は強く、黒に近いほど電波は弱いことを示す。また、黒は通信できない範囲である。送信電波強度および受信電波強度は、アンテナ位置を中心に 0.6 m 四方の範囲で通信が可能であることが分かった。この結果から、タグはベッド上部に配置することで、アンテナとの通信が可能である。

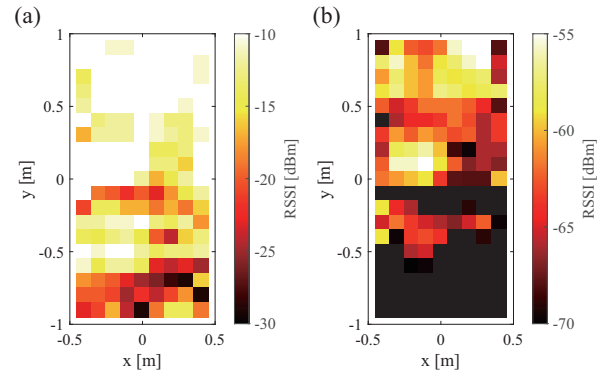


Fig. 2 Communication range and strength of each signal: (a) sent signal and (b) received signal.

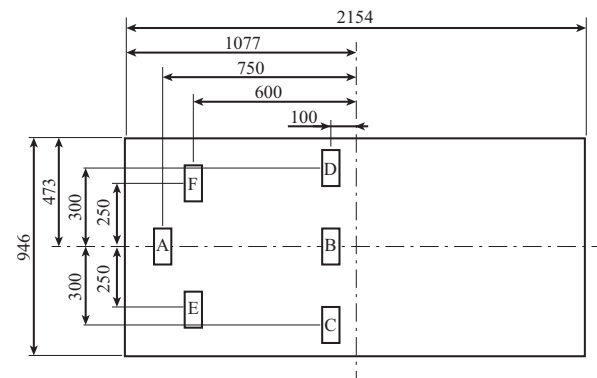


Fig. 3 Each tag position placed on the bed.

4. 姿勢における検知率の評価実験

4.1 概要

本研究では、6 枚のタグを Fig. 3 に示すように配置した。タグの位置については、Table 1 に示す成人男性の平均身長、座高、頭の長さ、肩幅、臀幅より決定している。枕の位置にタグ A を配置し、座高と頭の長さを参考に 0.65 m 離れた位置にタグ B を配置している。また、タグ C と D に関しては、仰臥位時に身体とタグが重ならないように、臀幅を参考にタグ B から 0.3 m 離れた位置に左右対称に配置している。タグ E と F も同様に、仰臥位時に身体とタグが重ならないように、肩幅を参考に中心から 0.5 m、タグ A から 0.15 m 離れた位置に左右対称に配置している。

このようなタグ配置とすることで、Fig. 4 に

Table 1 Average value for Japanese adult males

site	value [m]
height	1.7
sitting height	0.92
head length	0.23
shoulder width	0.45
hip width	0.342

示すように、タグの通信状況によって9つの姿勢に分類することができる。例えば、すべて検知できた場合を離床、タグ A, B が隠れている場合を仰臥位、タグ A, B, E が隠れている場合を右側臥位、タグ A, B, F が隠れている場合を左側臥位、タグ B が隠れている場合を長座位、タグ B, D が隠れている場合を右短座位、タグ B, C が隠れている場合を左短座位、タグ C が隠れている場合を右端座位、タグ D が隠れている場合を左端座位と分類することができる。

4.2 実験方法

Fig. 4 のタグ配置で、タグの枚数における分類可能な姿勢の数と検知率を評価する。姿勢は、離床、仰臥位、右側臥位、左側臥位、長座位、左短座位、左端座位、離床の順番でそれぞれ30秒ごと姿勢を変えてこれを5セット行う。また短座位、端座位は右方向も5セット行う。合計10セットを被験者5人(A, B, C, D, E)で行う。被験者の性別と身長を Table 2 に示す。各姿勢の検知率は、0.1秒ごとに姿勢を分類し、その平均値とする。また、姿勢変更中を除くために、姿勢変更前後の5秒間は分類を行わないこととした。

4.3 実験結果

タグの枚数における分類可能な姿勢およびその検知率の評価を行った。被験者 A の1試行分のタグの応答の時間変化を Fig. 5 に示す。各姿

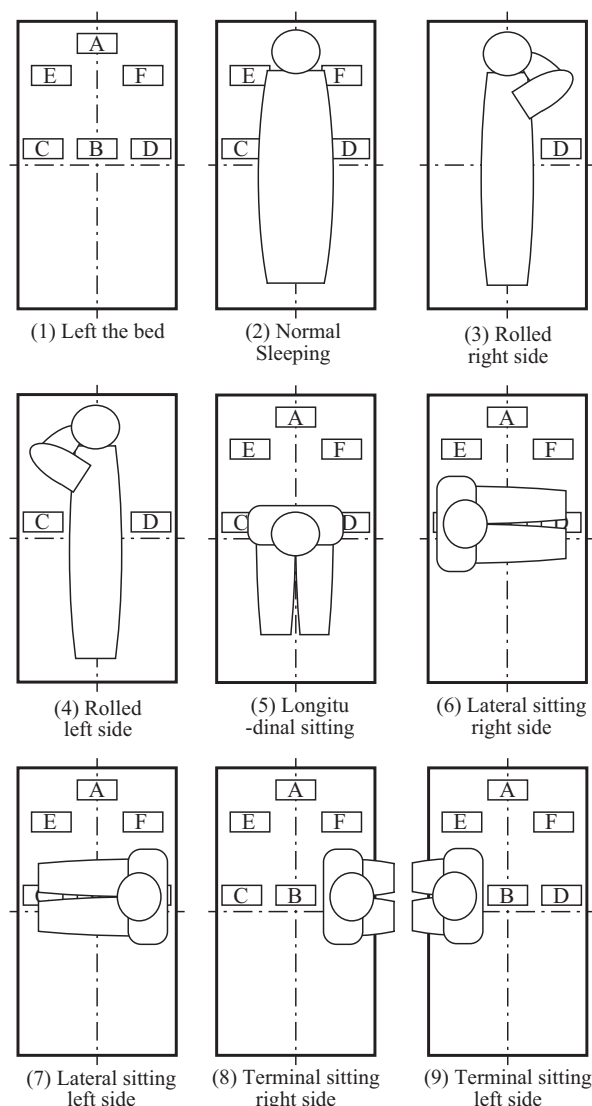


Fig. 4 Posture classification by the detectable tag position.

勢において、6つのタグが異なる応答を示していることが確認された。

各姿勢における被験者事ごとの検知率を、Table 3 に示す。Table 3 から、離床、仰臥位、右側臥位、左側臥位、長座位、右短座位、左短座位、右端座位、左端座位の9つの姿勢に分類ができた。右短座位を除くと50%以上、平均約90%の検知率となった。右短座位については、かなり個人差が認められた。特に、被験者 B, C においては、それぞれ0.2%、6.93%とかなり低い結果となっている。

Table 2 Gender and height of subjects

gender	height [m]
male	1.8
male	1.75
male	1.7
female	1.6
male	1.7

4.4 考察

本実験では、RFID アンテナとタグ 6 枚を用いた姿勢分類において 9 つの姿勢を分類することができた。また、検知率は右短座位を除くと 50 %以上、平均約 90 %となった。しかし、右端座位について、かなり個人差が認められたため、これについて考察する。

Table 3 から、右短座位の結果に個人差が出た原因は、タグ B, C, D をすべて足で隠してしまったためである。分類の都合上、タグ A が隠れていなく、タグ B と C が隠れている場合は左短座位として分類されてしまう。そのため、タグ A が隠れていなく、タグ B と D が隠れていた場合は右短座位と分類されることが正しいが、タグ C が隠れてしまい左短座位として分類されてしまったことが原因である。タグ C が隠れてしまった原因として、被験者の足の太さが考えられる。個人差が検出された被験者と検出されなかった被験者の間に、両足の間に位置するタグの反応に違いがあったと考えられる。しかし、これは大きな問題ではないと考えている。なぜなら、左右の分類は正しくないが、短座位には分類できているためである。転倒・転落防止を目的とした運用を考えると、左右どちらから離床をするかは大きな問題ではなく、離床することを予測し、転倒・転落を防止することが目的である。

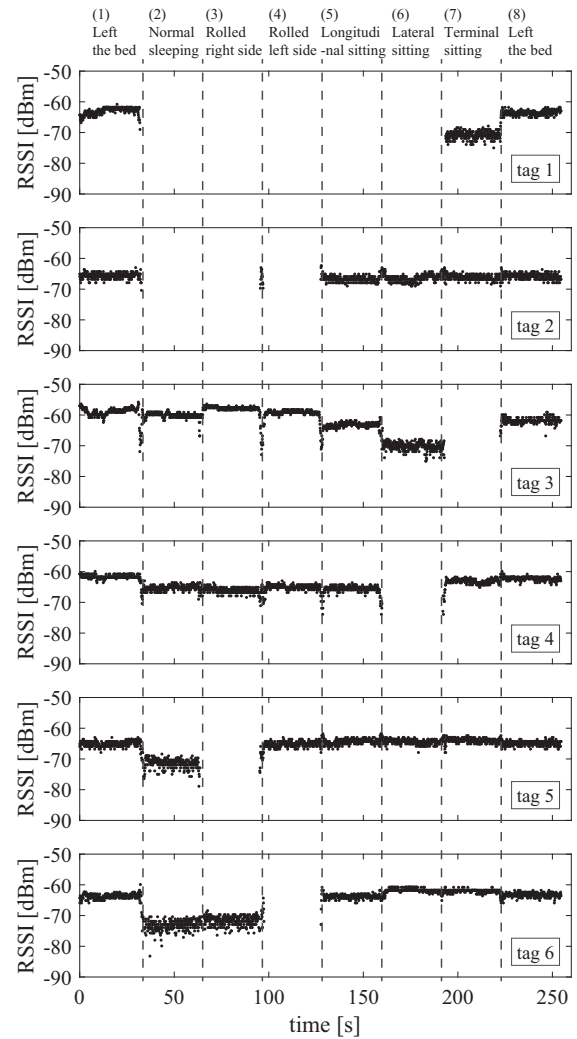


Fig. 5 Time response of the tag in respective behavior patterns.

5. おわりに

本研究では、転倒・転落防止を目的とした非接触で計測が可能な RFID を用いた離床予測が可能なベッドモニタリングシステムを開発した。RFID のアンテナとタグを組み込んだベッドモニタリングシステムを提案し、RFID の通信状況により姿勢を分類する手法を提案した。実際に、被験者 5 名に対して、タグの枚数における分類可能な姿勢およびその検知率を実験により確認した。実験から、RFID アンテナとタグ 6 枚を用いた姿勢分類において 9 つの姿勢を分類することができた。検知率は、右短座位を除くと 50 %以上、平均約 90 %となった。本システムにおいて、右短座位に大きな個人差が認めら

Table 3 Recognition accuracy of 9 posture patterns for respective subjects in case of 6 tags [%]

Participant	A	B	C	D	E
Left the bed	96.03	96.18	91.95	95.52	96.63
Normal sleeping	54.61	93.83	94.01	87.52	69.37
Rolled right side	98.42	88.33	90.25	64.10	97.08
Rolled left side	99.85	90.20	88.91	58.39	99.90
Longitudinal sitting	97.87	97.04	94.36	98.22	98.02
Lateral sitting right side	75.05	90.15	99.70	99.90	99.90
Lateral sitting left side	99.21	0.2	51.32	6.93	77.92
Terminal sitting right side	78.32	97.92	96.24	98.61	98.12
Terminal sitting left side	91.78	98.91	99.11	99.11	98.02

れることが判明した。

Tokyo Women's Medical University, **84-2**, 45/53 (2014)

参考文献

- 1) Cabinet Office Japan: Annual Report on the Ageing Society [Summary] FY2021 (2021)
- 2) Y. Mitadera and K. Akazawa: Analysis of incidents occurring in long-term care insurance facilities, *Bulletin of social medicine*, **30-2**, 123-130 (2013)
- 3) T. Tatsumi, K. Kanemoto and N. Yagi: How to Use Efficient Tentomushi – Considering the Length of Stride and Height for Protecting False Operation, *Proceeding Japanese Nursing Association*, **38**, 144-146 (2007)
- 4) S. Kondo, C. Kamiya, H. Miyagi, Y. Toriyama, E. Mimura and F. Tsuchida: Availability of Sensor Mats to Detect Leaving for Protection of Falling Accidents from Bed, *Journal of the Japanese Association of Rural Medicine*, **55**, 40-40 (2006)
- 5) H. Asano, T. Suzuki, J. Okamoto, Y. Muragaki and H. Iseki: Bed Exit Detection Using Depth Image Sensor, *Journal of Tokyo Women's Medical University*, **84-2**, 45/53 (2014)
- 6) N. Shimoi, K. Nakasho and K. Wasaki: Low-Cost Sensor System with Life Signals for Bed Monitoring, *International Journal of Science and Engineering Investigations*, **10(116)**, 45/50 (2021)
- 7) Sarfraz Fayaz Khan: Health care monitoring system in Internet of Things (IoT) by using RFID, In *2017 6th International conference on industrial technology and management (ICITM)*, 198/204 (2017)
- 8) Shouqin Zhou, Weiqing Ling and Zhongxiao Peng: An RFID-based remote monitoring system for enterprise internal production management, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **33**, 837/844 (2007)
- 9) K Aravindhana, SKB Sangeetha, K Periyakaruppan, KP Keerthana, V SanjayGiridhar and V Shamaladevi: Design of attendance monitoring system using RFID, In *2021 7th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)*, **1**, 1628/1631 (2021)