

# 電波反射とビッグデータを用いたスマートホームにおける人の活動と健康状態のトラッキング (162302008)

A living activity and health condition monitoring and analyzing system in smart home using reflected radio signals from passive RFID tags and big data

## 研究代表者

宮崎敏明 会津大学

Toshiaki Miyazaki The University of Aizu

## 研究分担者

李 鵬<sup>†</sup>

Peng Li<sup>†</sup>

<sup>†</sup>会津大学

<sup>†</sup>The University of Aizu

研究期間 平成 28 年度～平成 30 年度

## 概要

スマートホーム内の人の活動のモニタと解析を行うシステムを構築することを目的に、下記を実施した。まず、室内の壁・床および物品に貼り付けたパッシブ RFID タグ (以下、単に RFID タグ) から取得したデータのみで、室内の人の位置や活動を推定する手法を開発した。次に、ブランケットに貼り付けた数枚の RFID タグのみを用いて睡眠時の呼吸を推定するシステムおよび手法を開発した。さらに、ビッグデータ処理の一環として、広域に存在するスマートホームの一元管理を目指し、各戸に設置された RFID タグから大量に生成されるビッグデータを効率的に蓄積・検索できる分散型データベースを提案し、毎秒生成される 300 万データ (10 万軒を想定) をリアルタイムに蓄積できる性能があることを評価実験により確認した。加えて、RFID タグから取得するデータのセキュリティに関して、当初計画では触れていなかったが、その必要性と重要性を認識し、成りすましやデータ取得妨害の有無・防御に関する手法も提案した。

## 1. まえがき

本研究開発の目的は、スマートホーム内の人の活動のモニタと解析を行うシステムを構築することである。本システムは、家電製品や家具に取り付けた複数のパッシブ RFID タグから取得した反射電波信号をもとに、歩行、食事、睡眠といった人の活動状態を同定する。また、ビッグデータ処理技術を用いてモニタリング対象者の特異な活動パターンを抽出することで、人々の日常生活の見守りや、潜在的な病気の早期発見を行うことを目指した。

## 2. 研究開発内容及び成果

本研究開発で実施した主な内容及び成果の概要を項目毎に述べる。

### 2.1 人の活動認識

人のジェスチャーや活動の自動認識は、動作による機器の制御などの応用に留まらず、健康状態の把握などにも寄与するため重要である。ここでは、食事・TV 視聴などの動作・行為を中心に、食器や TV リモコンなどに貼り付けた RFID タグが発する電波を壁・天井に設置したアンテナを

介して RFID リーダで受信し、その電波強度 (RSSI) と位相値から人の動作を推定するアルゴリズムを開発した。まず、居住環境、すなわち屋内の床、壁、家具、さらには、カップ、食器、歯ブラシなどの日用品に RFID タグを貼り付ける。RFID リーダで受信する RSSI と位相値は、RFID タグと RFID リーダに接続されたアンテナ間の距離や、その間に存在する人などの障害物の有無によって変化する。ここで、同じ動作であっても、例えば、動作速度が異なれば、それに応じて RFID データの変化に異なる影響を与える。また、似たような動作、例えば、水を飲む動作とカップを持って移動するだけの動作の区別は難しい。

活動の詳細な認識のために、我々は機械学習の手法を取り入れた。また、活動の特徴付けるパラメータ (特徴量) として、RFID データを直接用いるのではなく、それらの相関行列を固有値分解 (EVD) して得られる固有値ベクトルを用いる固有値ベクトル解析法を用いた。図 1 に本システムの概要を示す。6 種類の活動 (掃除、食事、飲料、コンピュータ使用、TV 視聴、冷蔵庫開閉) を実際に複数回繰り返し、その活動の最中に、各 RFID タグが発したデータ

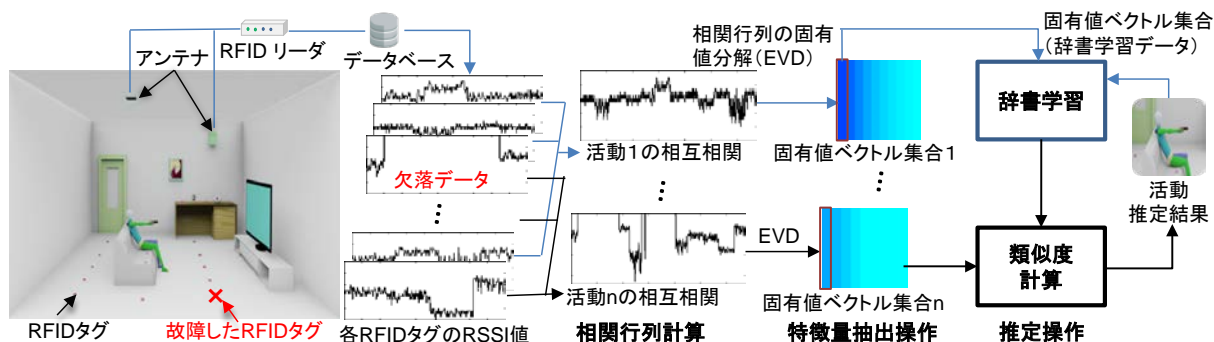


図 1. 人の活動認識システムの概要

(RSSI、位相値)をRFIDリーダで受信し、PCに蓄積する。蓄積されたデータから対応する動作を特徴付ける固有値ベクトルを計算し、それを用いて学習辞書を作成する。活動認識では、ある一つの活動を行った時に各RFIDタグから得られたデータで固有値ベクトル計算し、それを用いて辞書を検査する。その結果得られた複数の候補の類似度を計算し、最終推定結果を出力する。当該推定結果は、辞書の強化のために、学習データとしても利用される。前述の6つの活動の認識実験を試み、平均95%という高い認識率が得られた。

## 2.2 睡眠時の呼吸数推定

ブランケットに5枚のRFIDタグを人体の胸元が来る位置に、T文字状に貼り付け、ベッドの上方向と左方向にある壁に固定した2つのアンテナでRFIDタグからのRSSIおよび位相値を受信しPCに逐次蓄積する実験環境を構築した(図2参照)。開発した呼吸周期推定法は、以下の通りである。まず、前処理として、取得したRSSIおよび位相値に対して、外れ値の除外とローパスフィルタを用いてノイズ除去を行う。その後、Lomb-Scargle法を用いて周波数分析を行い、ピークパワー値を持つ周波数を呼吸周期として推定する。ここで、Lomb-Scargle法は、不規則間隔でサンプリングされた信号と欠損サンプルのある信号でも周波数分析ができる。評価実験では、複数の被験者を用い、4方向の体位(上向き、左向き、うつ伏せ、右向き)に対して、メトロノームに合わせ周期的な呼吸をしてもらった。その結果、提案手法は、被験者および体位によらず、平均97%の精度で呼吸数を正しく推定できることが分かった。上記に加え、睡眠時の体位の変化の推定手法も開発した。さらに、壁にアレイ状に配置したRFIDタグを用いて自由行動時の呼吸推定実験を行い、呼吸推定ができる可能性を示した。これらは、健康状態の認識・把握に役立つ。

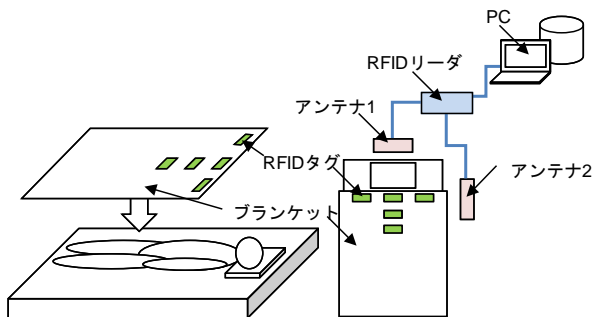


図2. 睡眠時の呼吸数推定環境

## 2.3 ビッグデータ処理

ビッグデータ処理の一環として、広域に配置した大量のRFIDタグから毎秒生成される300万データ(10万軒を想定)をリアルタイムに蓄積できる拡張性と堅牢性に優れた分散データベース(BD)システムを構築した。広域に分布するスマートホームを地域ごとにグループ化し、グループ毎にDBノードを設け、生成されるRFIDデータをリアルタイムに格納するようにした。また、各DBノードは、相互にネットワーク接続され、一つのDBシステムを構成し、統一したインタフェースで、ユーザ(クライアント)からのデータ呼び出し要求に答えることができる。本システムの構築には、Apache Casandraを用い、地域ごとのクラスタリングには、市町村コードをキーとして用いた。Casandraは、P2P(peer to peer)型の分散DBであり、1つのDBノードが、故障してもシステム全体は動作が継続できる堅牢性と、DBノードの増減を容易に行える拡張性を備えている。

## 2.4 プライバシとセキュリティ保護

プライバシーとセキュリティ保護に関する研究項目は、計画

当初にはなかったものであるが、その重要性から検討することとした。RFIDタグは、内部に保持しているIDなどの情報を、無線通信を用いてリーダに送る。そのため、他の無線通信システムと同様に、情報の傍受やなりすまし、送信電波の妨害などの被害を受ける可能性がある。ここでは、妨害を行うRFIDタグにより、システムがDoS(denial-of-service)攻撃を受けている状況を考え、ブロックされているタグの存在の有無を効率良く検知する手法を提案した。

## 3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取組

少子高齢化は、研究代表者の居住する福島県も例外ではなく、老人の見守り・健康管理・病気の早期発見は、今後ますます重要となってくる。本研究では、それらの助けとなるべく、技術開発を進めてきた。我々が実現を目指すパッシブRFIDタグを用いた非装着型活動モニタリングシステムは、利用者への精神的負担とシステムを使用する上でのわずらわしさが少ないため、個人宅への導入も容易と考える。実用化するには、実証実験などを継続する必要があるが、5Gなどの広帯域・低遅延の通信インフラの普及と相まって、データ処理部は、エッジコンピューティング技術などを用い外部に設置することができるため、個人宅への導入コストも抑えることができる。よって、本技術は、見守り・健康管理・病気の早期発見を安価に実現するICT技術として、有望であると考え。実用化に向けた技術開発を継続するとともに、地元自治体等の協力も仰ぎ、実導入の可能性を探っていく。

## 4. むすび

室内の物品や壁・床などに貼り付けたパッシブRFIDタグを用いて、人の活動や健康状態を推定する手法の研究開発結果の概要を報告した。

### 【誌上发表リスト】

- [1] X. Liu, K. Li, S. Guo, A. X. Liu, P. Li, K. Wang and J. Wu, "Top-k Queries for Categorized RFID System," IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 25, No. 5, October 2017, pp. 2587-2600. DOI: 10.1109/TNET.2017.2722480
- [2] K. Wang, L. Yuan, T. Miyazaki, Y. Chen, Y. Zhang, "Jamming and Eavesdropping Defense in Green Cyber-Physical Transportation Systems Using a Stackelberg Game," IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol.14, No. 9, pp. 4232-4242, Sept. 2018. DOI:10.1109/TII.2018.2841033
- [3] X. Hu, K. Naya, P. Li, T. Miyazaki, K. Wang, and Y. Sun, "Non-invasive Sleeping Posture Recognition And Body Movement Detection Based On RFID," The 18th IEEE International Conference on Computer and Information Technology (CIT2018), Halifax, Canada, July 30 - Aug. 03, 2018. DOI: 10.1109/Cybermatics\_2018.2018.00302

### 【受賞リスト】

- [1] K. Naya, Best Paper Awards, from IEEE Sendai Section, "Non-invasive Bedtime Breath Monitoring Using Passive RFIDs," IEEE student session in 2018 Tohoku-Section Joint Convention of Institutes of Electrical and Information Engineers, Japan, Sept. 2018.

### 【報道掲載リスト】

- [2] "見守りシステム開発へ 会津大、電波反射で健康状態など把握"、福島民友新聞、2016.6.27

### 【本研究開発課題を掲載したウェブページ】

[http://coll1.u-aizu.ac.jp/?page\\_id=977](http://coll1.u-aizu.ac.jp/?page_id=977)