

# RFID と画像認識技術を融合した次世代データ解析システムの研究開発

[研究代表者] 内藤克浩 (情報科学部情報科学科)

[共同研究者] 福原一朗 (Ultimatrust 株式会社)

## 研究成果の概要

Radio Frequency Identification (RFID)は様々な業種で活用されている無線タグ技術であり、バッテリーなどを利用しないことから、安価な RF タグが普及している。RF タグへのアクセスには、専用のリーダ・ライターが利用され、RF タグはリーダ・ライターから電波を通して電力を供給することにより稼働する。RF タグの本来の目的は情報の自動認識であるが、近年の RF タグの感度が大幅に向上したことから、RF タグに関するより高度なサービスが期待されている。RF タグの移動検知技術は新たなサービスであり、多くの移動検知技術では、センサーやカメラなどを利用するものが提案されている。RFID を活用した場合には、商品などに取り付けられている RF タグを個別に認識して検出することも可能となることから、在庫管理サービスなどを中心に注目されている。

本研究では、RF タグの通信環境として、Received Signal Strength Indicator (RSSI)を意識的に不均衡にすることにより、RF タグとアンテナの位置関係により特徴が発生する手法について研究を進めてきた。昨年度は、RF タグの位置推定技術として、RF タグから返信される信号の RSSI と位相値を活用することにより、RF タグの位置をグリッドレベルで推定する手法について、実証実験を通して評価を進めてきた。提案方式では、あらかじめ各グリッドにおける RF タグからの信号の RSSI と位相値の情報を収集することにより、各グリッドに対する教師あり学習を実施する。提案技術は様々な RFID システムに適用可能であるが、波及性の観点から、商用的に利用されている RAIN 標準の機器を利用した場合に取得可能な RSSI と位相値に情報に絞って評価を行い、汎用的な機器を利用した場合にも、グリッドレベルの位置推定が可能であることを明らかにした。

**研究分野：** モバイルコンピューティング

**キーワード：** RFID、無線通信、RSSI、位相値、位置推定、機械学習

### 1. 研究開始当初の背景

無線通信技術である Radio Frequency Identification (RFID) は商品の管理などを容易にできることから、さまざまな用途で利用が進められている。RFID は、リーダと RF タグが無線通信を行うことにより、RF タグの個体識別を可能とする技術である。RF タグは自身の識別子である Unique Item Identifier (UII) を保有しており、リーダは UII を受け取ることにより RF タグの識別を行う。本研究では、数 m 離れた場所から複数の RF タグのデータ読み書きが可能である Ultra High Frequency (UHF)帯の RFID システムを想定する。

UHF 帯の RFID システムは RAIN 標準として知られて

いる産業用機器が普及しており、一般的に利用されている RF タグの読み書きには RAIN 準拠のリーダ・ライターを利用する必要がある。一方、RAIN 準拠のリーダ・ライターは無線変復調処理が隠蔽されており、リーダ・ライター外部から取得可能な情報は、UII、信号強度を示す Received Signal Strength Indicator (RSSI)、送信信号と受信信号の位相差を示す位相値のみである。そのため、限られた情報を用いた応用サービスの実現が望まれている。本研究では、位置に応じた電波環境の特徴を、アンテナを用いて作成することにより、RAIN 準拠のリーダ・ライターから取得可能な情報のみでも位置推定などの応用サービスの実現を目指す。

## 2. 研究の目的

本研究では、位置推定対象エリアの RSSI と位相値を位置に応じて特徴付ける位置推定手法を提案する。RSSI は少しの位置の変化で大きく値が変化する特性を持つ上、通信エリア内に近い RSSI を示す場所が複数存在することから、高い位置推定精度を実現するのが困難であり、既存研究では特殊なリーダ・ライターを前提したものが多かった。

本研究では、アンテナが作る電波環境を歪ませることにより、場所に対応する電波環境の特徴量を持たせる。また、RF タグの向きの影響を緩和するために複数アンテナを活用する。RFID システムのサービスでは厳密な位置が必要なことは少ないため、本研究ではエリアをグリッド上に定義することにより、RF タグが存在するグリッド推定を行うシステムを実現する。提案システムでは、各グリッドにおいて一意となる RSSI と位相値の組み合わせを推定に用いる。すなわち、RF タグを読み取った際に算出される RSSI および位相値を機械学習に用いることで、グリッド単位の位置推定を実現する。

## 3. 研究の方法

提案システムモデルを図 1 に示す。提案システムは RAIN 準拠の RFID システムと位置推定システムにより構成される。位置推定システムは、制御モジュールを介したリーダの制御、RSSI および位相値の取得、機械学習を用いた位置推定を行う。リーダは RF タグから識別子である UII を取得する。また、RF タグからの信号を受信する際に、RSSI や位相値が算出され、RF タグを読み取ったアンテナ番号とともにデータベースに格納される。位置推定機能は、取得した RSSI および位相値を用いて、RF タグが位置すると考えられるグリッドを推定し、アプリケーションへ推定結果と UII を出力する。グリッド推定には、機械学習による分類器を使用するため、機械学習に適した形式へとデータ変換を行う必要がある。そのため、取得データはデータベースに格納される。準備プロセスでは、データベースに格納されたデータを分類および結合することにより、機械学習に使用可能な形状に変換する。

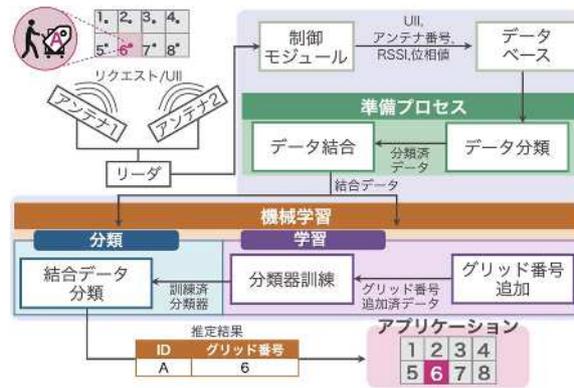


図 1 グリッド位置推定システム

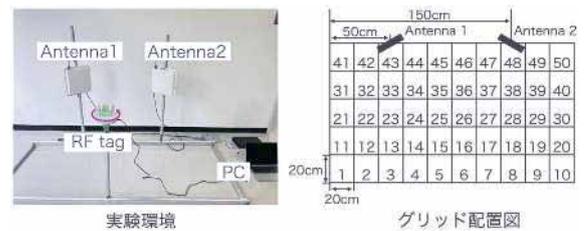


図 2 実験環境及び推定グリッド配置

表 1 グリッド推定正解率

Random Forest (RF)	Decision Tree (DT)	k-Nearest Neighbor (k-NN)
91.4%	87.2%	84.0%

## 4. 研究成果

各グリッドにおいて 20,000 件のデータを収集し、対象範囲全体では 1,000,000 件のデータを収集した。実験で収集したデータの内、80%を分類器の学習データセットとして使用し、残り 20%を分類器のテストデータセットとして使用した。

表 1 の通り 1 回の推定において 9 割前後の推定正解率 が実現されることを確認した。複数回のスキャンを行うことにより、実用上十分な推定が可能と考えられる。

## 5. 本研究に関する発表

- (1) 三輪悠季奈、水野虹太、内藤克浩、江原正規、“アンテナ設置角による RSSI および位相値の一意性を用いた RF タグの位置推定手法の提案”、情報処理学会 第 107 回 MBL 研究会、pp. 1-7、2023 年 5 月。
- (2) Yukina Miwa, Kota Mizuno, Katsuhiko Naito, Masaki Ehara, Tadanori Mizuno, “A Location Estimation Scheme Utilizing RSSI and Phase Values With Angled Antennas,” IEEE GCCE 2023 pp. 1-5, 2023 年 10 月。