

# ロボット掃除機とRFID タグを用いた物探し支援システム

秦 朱音 (指導教員：椎尾 一郎)

## 1 はじめに

日常生活において、物を探すために費やす時間は多い。TrackeR 社の調査<sup>1</sup>によると、人は年間で約 145 時間も物探しに費やしている。この時間を減らすために、物探しを支援する手法が多数提案されている。

先行研究 [1] では、ユーザが家のあらゆる物にパッシブ RFID タグを貼り、RFID リーダを使って物探しをすることで読み取れたタグの検出履歴から、タグが貼られた物同士の相対的な距離をシステムが推定する。そうして得られた推定結果から、ユーザの位置から探したい物までの距離を推定し、ユーザに提示することで、物探しを支援するシステムを提案している。この手法では、電池が不要かつ安価であるパッシブ RFID タグを利用しているため、電池を内蔵したアクティブ RFID タグを用いた市販の紛失防止デバイス<sup>2</sup>と比べ、ランニングコストが低いという利点がある。また、システムが推定するタグ同士の相対的な距離を利用することで、全てのタグの絶対位置をユーザが手入力するなどのタグの管理が不要となるため、ユーザの負担が軽減されるという利点がある。しかし、タグ間の相対距離を絶対距離に近づけるためには、ユーザが RFID リーダを使ったタグの読み取りを 500 回程度する必要がある。

本研究では、ユーザが物探しのためにタグを読み取らなければならない回数を減らしユーザの負担を軽減させるため、RFID リーダを使ったタグの読み取りを、ユーザではなくロボット掃除機に行わせるシステムを提案する。

## 2 物探しロボット掃除機

### 2.1 システム構成

本システムの構成を図 1 に示す。本システムは、先行研究 [1] のシステムの一部を改良したシステムである。具体的には、ロボット掃除機<sup>3</sup>を新たに構成に加えた上で、スマートフォンおよび RFID リーダ (以下、リーダーとする) をロボット掃除機の上に載せて使用できるよう改良した。そうすることで、スマートフォンとリーダーを手を持って物探しを行うユーザの役割を、スマートフォンとリーダーを載せたロボット掃除機で代用できるようにした。また、先行研究 [1] にて使用されていた分離型リーダーの代わりとして、スマートフォンに直接接続可能な一体型リーダー<sup>4</sup>を採用することで、小型軽量化した。

### 2.2 ハードウェア

本研究で用いるスマートフォンとリーダーは、磁界の強度によってはセンサ値が正しく得られなくなる可能性が高い。そこで、スマートフォンとリーダーに影響を及ぼす可能性の高い、これらを載せる予定である電源を入れた状態のロボット掃除機の上面、および、ロボット掃除機が走行する予定である実験環境の床の磁界の強度を調べた。すると、それぞれ  $50 \mu\text{T}$  ~  $120 \mu\text{T}$ 、 $20 \mu\text{T}$  ~  $500 \mu\text{T}$  の磁場の値が観測でき、自然状態の磁場の値である  $49 \mu\text{T}$  と大きく離れていることがわかった。これは、ロボット掃除機と実験環境の床下にそれぞ

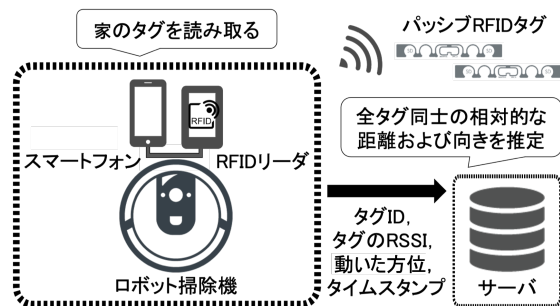


図 1: システム構成。

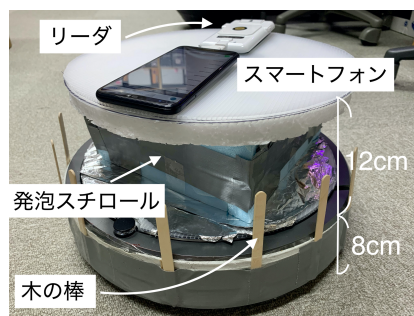


図 2: 改良したロボット掃除機。

れ磁石と鉄製の部品が内蔵されているからだと考えられる。

そこで、ロボット掃除機および実験環境の床の磁場がスマートフォンとリーダーに影響を与えないようにするため、スマートフォンおよびリーダーと、ロボット掃除機との間に 12cm の厚さの発泡スチロールを設置した。加えて、この増設した部分が物体に衝突したことを検知できるようにするため、ロボット掃除機の前方にあるバンパーに薄い木の棒を 7 本取り付けすることで、実質的なバンパーの長さを延長した (図 2)。

### 2.3 ソフトウェア

先行研究 [2] では、タグ間の相対的な距離だけでなく方向をも推定している。推定には、スマートフォンに内蔵された加速度センサと方位センサを利用している。そこで、スマートフォンをロボット掃除機の上に載せる場合でも、先行研究 [2] と同様にタグ間の方向推定が可能であることを確かめるため、推定時に利用するセンサの値を確認した。具体的には、東へ直進したのちに 45 度回転し北東へ進んだ際に得られる加速度センサの値と、南西へ直進したのちに 135 度回転し北へ進み、さらに 180 度回転し南へ進んだ際に得られる方位センサの値を、スマートフォンをユーザが手に持つ場合とロボット掃除機に載せる場合で比較した。

結果を図 3 と図 4 に示す。ロボット掃除機に載せた場合の加速度は、方向転換をした時の x 方向と y 方向の変化が判別しにくく、また z 方向の振れ幅が大きい (図 3)。一方で、方位は概ね同じような値が取得できている (図 4)。

そこで本システムでは、方向推定をする時には、方位センサのみ使用することとした。スマートフォンをロボット掃除機に載せる場合、ユーザが手に持つ場合と異なり、スマートフォンは自身の y 方向に必ず直進し、かつ、xy 平面上でしか移動しないため、方位センサのみでも、方向推定に必要な情

<sup>1</sup><https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000006.000022312.html>

<sup>2</sup>MAMORIO(<https://mamorio.jp/>)

<sup>3</sup>Roomba 875 Lite, iRobot

<sup>4</sup>AsReader ASR-A30D, アスタリスク

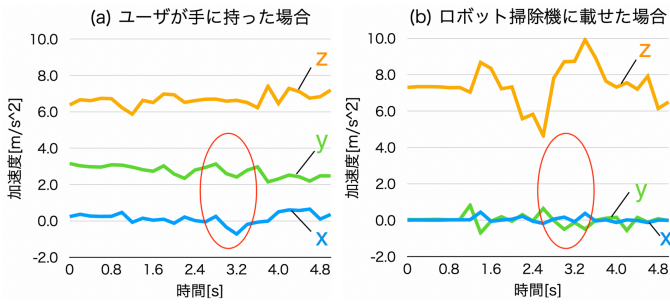


図 3: 加速度センサの値の比較. (a) スマートフォンをユーザが手に持った場合. (b) スマートフォンをロボット掃除機に載せた場合. 赤丸は方向転換したタイミング.

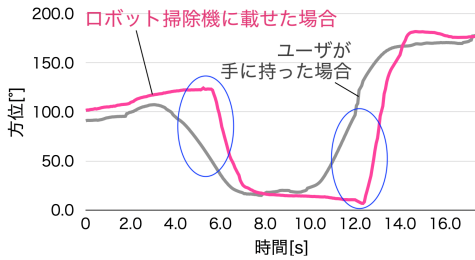


図 4: 方位センサの値の比較. 青丸は方向転換したタイミング.

報は十分得られると考えられる.

### 3 タグの指向性の測定

先行研究 [1] では, タグの検知範囲は球体と仮定されているが, 実世界では異なると予想される. そのため, 実験環境におけるタグの検知範囲を調べる必要がある. 本実験では, リーダをロボット掃除機に載せた場合のタグの検知範囲を調べる前段階として, まずは, リーダをユーザが手に持った場合に, タグが読み取れる最大距離を複数方向において調べた.

#### 3.1 測定手順

まず, タグを木製の机の上に固定し, リーダの読み取り部分をタグに接した状態にする. 次に, 徐々にリーダをタグから離していき, タグが読み取れなくなった時のリーダとタグ間の距離を記録する. この計測を計 26 方向<sup>5</sup>それぞれ 10 回ずつ行い, 平均値を算出した. 本実験では, タグの長い辺と平行方向を x 方向, 短い辺と平行方向を y 方向, 垂直方向を z 方向とした.

#### 3.2 結果

結果を 3 次元空間上にプロットし, z 軸正方向から xy 平面, x 軸正方向から yz 平面を見た様子を図 5 に示す. xy 平面では, x 方向と y 方向で検知距離が約 60cm ほど異なる (図 5(a)). yz 平面では xy 平面と異なり上下対称・左右対称になっていない (図 5(b)). zx 平面については yz 平面と同様の結果であった. これは, 実験環境の磁場やリーダが発する電波の照射角度の影響があるからだと考えられる.

z 方向の検知距離は 50cm 程度であるため (図 5(b)), ロボット掃除機をリーダとして利用するためには, タグを貼付する高さを地面から 70cm よりも低くする必要がある. これは, ロボット掃除機に載せたリーダの高さ 20cm に z 方向の検知距離である 50cm を足した値である.

<sup>5</sup>(x,y,z)={(0,1,-1},{0,1,-1},{0,1,-1)}, ただし (0,0,0) を除く.

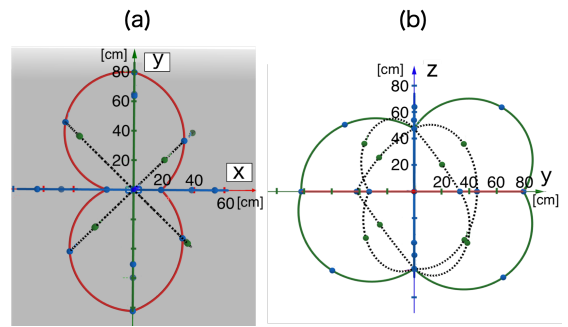


図 5: タグの検知範囲. (a) 赤い線は xy 平面上にプロットされた点を円形に補完した線. (b) 緑の線は yz 平面上にプロットされた点を円形に補完した線.

## 4 関連研究

ロボットを用いた物探し支援の研究として例えば, IteMinder[3] がある. IteMinder は, あらかじめ位置や物の名前を登録した RFID タグと自動走行ロボットを用いて, 物の位置情報を提示するシステムである. また, スマートホーム環境で得られる人の動きの軌跡データを利用した, ロボット型置き忘れ物発見システム [4] も提案されている. これらのシステムは専用のロボットを製作する必要があるため, ユーザに負担がかかると考えられる. 本稿の提案システムでは, 専用のロボットを必要とせず, 市販のロボット掃除機の上に市販のスマートフォンと市販のリーダを載せるだけで利用できるため, ユーザの負担は軽減されと考えている.

## 5 動作確認と今後の課題

タグの指向性の測定後, 電源を入れたロボット掃除機にリーダを載せて同様の計測を行ったところ, タグの検知範囲は大きく変わらなかった. また, ロボット掃除機にスマートフォンとリーダを載せ, タグが複数枚配置された実験環境において走行させたところ, タグの読み取りと方向推定についても問題なく行えることを確認した.

本研究では, RFID リーダを載せたロボット掃除機と多数のパッシブ RFID タグを用いて物探し支援をするシステムを実現するための検証を行った. 本研究によって, ユーザの負担をさらに軽減することに貢献できたと考えられる. 今後は, RFID リーダの位置に応じてユーザが手に持った場合とロボット掃除機を利用した場合でのアプリケーションのモード切り替えができるようにするなどして, 先行研究のシステムと本提案システムを統合したい.

謝辞: 本研究は JSPS 科研費 JP18K11392 の助成を受けたものである.

## 参考文献

- [1] 笹川真奈, 池松香, 椎尾一郎. Rfid タグ検出履歴の蓄積を利用した物探し支援システム. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 22, No. 2, pp. 187–220, may 2020.
- [2] 勝泉夏生, 笹川真奈, 椎尾一郎. Rfid タグ検出履歴からのタグ間距離・方向推定による物探し支援. 情報処理学会研究報告, Vol. 2020-MBL-94, No. 56, pp. 1–8, feb 2020.
- [3] Mizuho Komatsuzaki et al. Iteminder: finding items in a room using passive rfid tags and an autonomous robot (poster). In *Proc. UbiComp '11*, pp. 599–600, 2011.
- [4] Qi Wang et al. Finding misplaced items using a mobile robot in a smart home environment. *Frontiers of Information Technology Electronic Engineering*, Vol. 20, pp. 1036–1048, September 2019.