

令和 4 年 6 月 2 日現在

機関番号：12611

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K11392

研究課題名(和文) 無電源RFIDタグを用いた物探し支援システム

研究課題名(英文) Management for everyday items using passive RFID system

研究代表者

椎尾 一郎 (Sio, Itiro)

お茶の水女子大学・基幹研究院・教授

研究者番号：90297101

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、パッシブRFIDタグを屋内の多数の日用品、家具、場所などに貼り付け、これをユーザが手にしたスマートフォンとRFIDリーダーで読み取ることで、日用品の物探しを支援するシステムを開発した。本手法で、利用者が物探しのために屋内を探索すると、その過程で目的物以外に貼られた多数のタグを読み取る。この履歴から、屋内のタグの位置関係を推定する手法を確立した。これにより、利用に先立ってタグの位置情報をシステムに入力する手順が不要になり、タグを貼るだけで、システムを利用開始できる。また、日々の物探し作業を繰り返すことで、位置推定精度が徐々に向上し、物の移動に伴うタグ位置の更新にも対応可能である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、タグを多数の日用品、家具、場所などに貼り付け、ユーザが手にしたRFIDリーダーでこれを読み取ることで、日用品の物探しを支援するシステムを提案する。タグを用いた物探し支援システムでは、使用開始前に、物や場所の情報をシステムのデータベースに登録する必要があった。本提案では、タグを登録せずに、誰でもすぐに使用開始できるシステムを目指す。本システムの利用にあたっての準備段階でユーザが行うことは、多数のタグを物や場所に貼り付けるだけである。日常生活で人が物探しを行う場合、探索過程で様々な物を発見している。このような、人が行った過去の探索努力を、次の探索に活用する仕組みを本システムに導入する。

研究成果の概要(英文)：This project proposes a novel indoor item-finding system using hundreds of low-cost passive RFID (Radio Frequency Identification) tags that are pre-attached to everyday items. A user of our system holds a smart phone equipped with an RFID reader. Our system assists the user in finding items by showing the distance and direction to the target item when any tags in the room are detected. During the item-finding process, a lot of tags are eventually scanned by the reader until the user finally locates the target. Our method analyzes the scanning history to estimate relations of pairs of tags, that is, it estimates distance of a pair of tags from the probability of simultaneous scan, and estimate the direction by the movement of the smart phone. Finally, each position of tags is estimated by force-directed physical simulation algorithm, which minimizes the total of potential energy caused by deviation from the estimated distance and direction of each pair of tags.

研究分野：ヒューマン・コンピュータ・インタラクション (HCI)

キーワード：RFIDタグ 物探し IoT ユビキタスコンピューティング スマートフォン

## 1. 研究開始当初の背景

コンピュータ技術は、安価でどこにでもある普通の技術（ユビキタスな技術）となりつつある。この技術を日々の生活に役立てる研究が、コンピュータ利用研究の主流になっている。IoT(もののインターネット)とも呼ばれるこのような技術の一つの大きな課題は、ユーザインタフェース(UI)である。便利な技術であっても、使い始めるための導入・準備・設定の作業が煩雑であったり、操作が複雑で難解では、ユーザが利用することができない。パーソナルコンピュータ(PC)の当初の利用者はオフィスユーザであったが、一般家庭の普通の人々も利用するIoTユーザはさらに多彩である。その誰もが技術を利用できるようにするためには、オフィスワークの視点でGUIが発明されたのと同様に、今度は生活者の視点に立ったUI設計が必要である。本研究では、生活者の視点に立ち、導入と設定の手間が不要で、単純な操作体系を有する日用品探索支援システムを目指す。

## 2. 研究の目的

実世界の物をコンピュータデータに紐付けする安価でユビキタスな技術として、電磁誘導や電波を使用しIDを返すRFIDタグがある。例えば、Apple社のAirTagのように、電池を搭載したアクティブRFIDタグを物品に取り付け、これをリーダで読み取り探索するシステムは多数商品化されている。アクティブRFIDタグは読み取り可能距離が10m以上と長く、広い生活エリアに対して物の探索が可能である。しかしながら多数の日用品にアクティブRFIDタグを取り付ける事は、価格と電池管理の点から実用的ではない。一方、読取り機からの無線電力供給により無電池で動作する安価(数十円程度)なパッシブRFIDタグを物に貼り付けて、探索を行うシステムが研究されている。そこでは、到達距離の短いパッシブRFIDタグを検出するために、検出距離の長い大型のリーダを複数設置するなどの手法が採用されている。これに対して本研究では、さらに実用的な手法を目指し、ユーザが手にした読み取り距離が1m未満の携帯型小型リーダとスマートフォンだけを用いて、パッシブRFIDタグを検出し、物探しを支援するシステムを目指す。また、ユーザが実施する日々の物探し作業から得られるタグ読み取り履歴から、タグの位置関係を推定することで、ユーザがタグ情報をシステムに登録することなく、タグを貼るだけで利用開始可能な技術の実現を目指す。

## 3. 研究の方法

本研究では、パッシブRFIDタグ（以下タグ）の読取距離が短い欠点を、多数のタグを使用し、その位置関係を推定することで解決する。そこで、タグを多数の日用品、家具、場所などに貼り付け、ユーザが手にしたスマートフォンと一体化したRFIDリーダでこれを読み取ることで、オフィスや家庭において日用品の物探しを支援するシステムを提案した。この概要を図1に示す。本システムを用いたユーザが手近にある任意のタグを読み取ると、目的物タグまでの距離と方向がスマートフォンに表示される。ユーザは、更に周辺のタグを読み、目的地タグまでの距離が短くなるように移動し、最終的に目標物に導かれる。

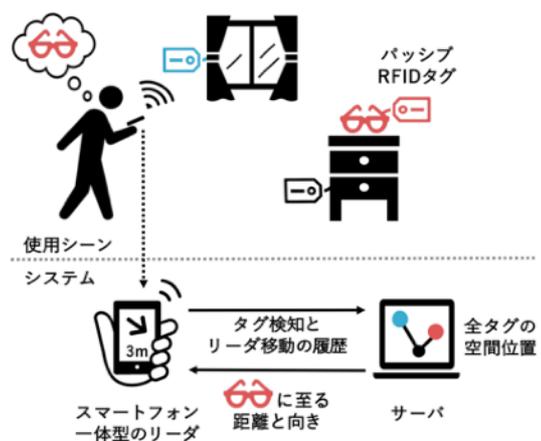


図1. 本システムの概要

物や場所にタグを貼り付ける従来システムでは、使用開始前に、物や場所の情報をシステムのデータベースに登録する必要があった。本提案では、タグを登録せずに、誰でもすぐに使用開

始できるシステムを目指した。本システムの利用にあたっての準備段階でユーザが行うことは、多数のタグを物や場所に貼り付けるだけである。日常生活で人が物探しを行う場合、探索過程で様々な物を発見している。そして周囲の物の配置を覚えることで、次回の物探しに役立っている。このような、過去の探索努力を次回の探索に活用する仕組みを本システムに導入する。すなわち、過去の物探しにより得られたタグの読取履歴から、タグ間の位置関係を推測し、これを利用して目的物タグまでの距離と方向を提示する。ユーザは、目的物タグへの距離が短くなるように、指示された方向へ移動することで、物探しを達成する。一方、過去の読取履歴が不十分な場合は、手元タグから目的物タグへの距離誘導はできない。しかしその場合でも、読取を繰り返しつつ移動するユーザが、たまたま目的物タグの読取範囲に到達したことは提示できるので、ある程度の支援が可能である。また、発見に至るまでの読取履歴は次回の探索に活用されるので、探索の労力は無駄にはならない。

読取履歴取得に加えて、タグ読取時にスマートフォンカメラで自動撮影を行い、タグが貼られた物や場所を記録する。写真撮影をユーザが意図的に行い、物とタグを結びつけることも可能である。ユーザは、この写真群から探し物を指定して、探索を開始する。

提案システムを実現するためには、タグの読み取り履歴から、タグ同士の位置関係を推定する手法の確立が必要である。本研究では、そのアルゴリズムを提案、実装した。そして、コンピュータシミュレーションと実際に物にタグを貼った屋内における実験を通じて、推定位置が物探し支援に十分な精度を得られることを確認した。また、本方式を採用したスマートフォンアプリを試作し、ユーザ実験を実施して有用性を確認した。

#### 4. 研究成果

本システムは、生活空間の物と場所に多数のタグが配置された状況を前提に、そのタグ読み取り履歴からタグの位置を推定し、物探しを支援する。動作確認のために設定した生活環境は、図2に示す、学生が実際に使用する48.2平方メートルの研究室で、本棚や机、椅子、テーブルなどの家具が置かれている。この空間に400個のタグを配置した。この中で30,000回のタグ読み取りを実施し、この読み取り履歴から、タグの位置関係を推定し、物探し支援できるシステムを目指した。本手法では、タグ対の距離、タグ対の方向、タグの空間座標を、以下の手順で推定する。



図2. 物探し環境

(1) タグ対の距離は、タグの同時読み取り頻度から推定する。接近したタグは、検知領域が重なるため、ほぼ同時に読み取られる。一方で遠隔地にあるタグは同時に読み取ることがなく、その中間のタグは、同時読み取りと単独読み取りの割合が距離に依存すると考えられる。使用したタグの検知範囲は、ダイポールアンテナの指向性に従い、図3のようなトラス型であると考えられる。タグ同士がさまざまな角度で配置されている状況に対して、タグ間距離と検知範囲の重なり体積を計算し、同時検知頻度からタグ間距離を推定する手法を確立した。

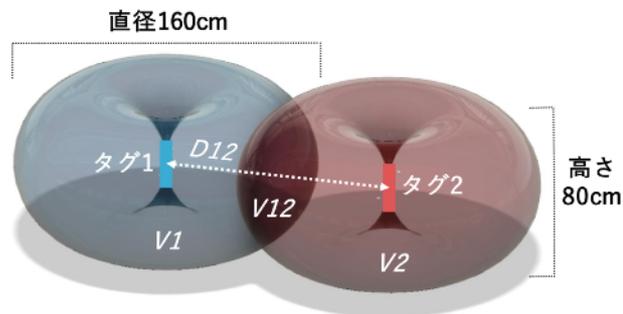


図3. タグの検知範囲

(2) タグ対の方向は、一对の一つのタグが読み取られてから、一方のタグが読み取られるまでに、スマートフォンが移動した方向から推定した。これにはスマートフォンのOSが提供する方向情報を利用した。

(3) タグの空間座標は、以上のタグ対の距離、タグ対の方向を満たすタグ配置を、力学モデルによるシミュレーションして求める。タグ間の距離に対して発生するバネのような引力斥力、およびタグ間の角度に対して発生する回転力を導入して、それにより発生するポテンシャルエネルギーの合計が最小になるようにシミュレーションを行い、配置を最適化する。その結果、図4に示すように部屋に配置されたタグを、距離76cm、角度44度程度の誤差で位置推定し、物探し支援に使用可能と判断できた。

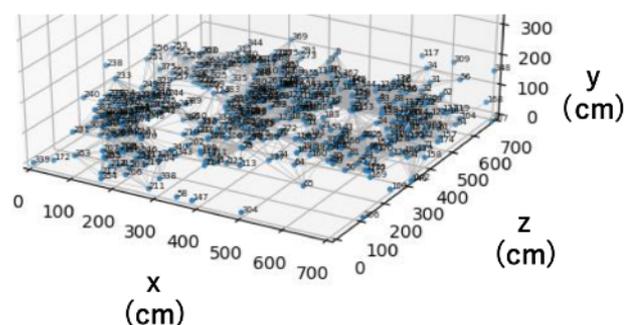


図4. タグ位置推定結果

(4) 他システムとの比較：本システムを、市販の電池内蔵タグを使用する方法(Apple社 AirTag Aタグ手法)、および、パッシブRFIDタグ1個のみを使う方法 (Pタグ手法) とユーザ実験により比較した。その結果、図5に示すように、本方式を使用することで、タグ1個での物探しより有意に早く、また電池内蔵タグと同等の時間で、物探しを達成できることを確認した。

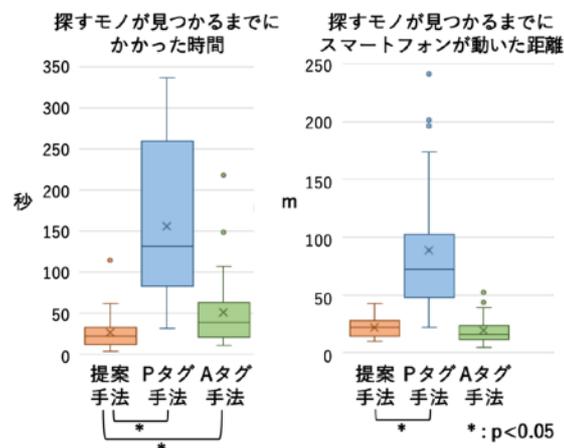


図5. 他方式との比較

本研究課題の成果は、国内外の学会で発表され、査読付き原著論文1件として出版され、1件を投稿中である。またその成果により、ヒューマンインタフェース学会学術奨励賞、情報処理学会UBI研究会学生奨励賞、情報処理学会全国大会学生奨励賞を受賞した。日常生活におけるコンピュータ支援を提供する上で、システムの設定やメンテナンスにかかるユーザ負担は大きく、これを軽減するHCI手法が必要である。本研究をもとに、スマートホームの設定におけるユーザ負担を軽減する手法の研究を開始している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 笹川 真奈、池松 香、椎尾 一郎	4. 巻 22
2. 論文標題 RFIDタグ検出履歴の蓄積を利用した物探し支援システム	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会論文誌	6. 最初と最後の頁 187 ~ 200
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11184/his.22.2_187	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 勝泉 夏生、笹川 真奈、椎尾 一郎
2. 発表標題 物探しのためのRFIDタグ検出履歴を利用したタグ間距離・方向の推定
3. 学会等名 研究報告ユビキタスコンピューティングシステム（UBI）, 2020-UBI-65(56), 1-8（2020-02-24）, 2188-8698
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浦 恵里加、笹川 真奈、椎尾 一郎
2. 発表標題 RFID読取時間履歴を用いた物探し支援の提案と実装
3. 学会等名 情報処理学会第84回全国大会講演論文集, 6Y-08, 3-209 -- 3-210, 2022.3.5
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------