

## RFID タグを用いた行き先推定システムの提案

篠原義隆† 石山慎‡ 高橋修‡

公立はこだて未来大学 システム情報科学研究科†

公立はこだて未来大学 システム情報科学部 情報アーキテクチャ学科‡

**あらまし** 近年、ユビキタス技術が急速に発展し、様々な支援サービスを行うユビキタスアプリケーションが現実味を帯びてきている。しかし、適切な支援サービスを提供するには、利用者の状況を正確に把握している必要がある。本研究では状況把握（コンテキストウェアネス）の一例として在室表に着目した。在室表とは、研究室やオフィスの入り口等に設置されている、その部屋のメンバーの状態を示す表であるが、部屋を出入りする度に利用者が逐一操作して内容を変更しなくてはならない。そこで本稿では、RFID タグを用いることで利用者の持ち物情報を検出し、持ち物情報と利用者のスケジュールから、利用者の行き先を自動的に推定し、表示することのできるシステムを提案する。

**キーワード** コンテキストウェアネス RFID タグ 持ち物情報

## A Proposal of Destination Estimate System Use RFID Tags

Yoshitaka Shinohara † Makoto Ishiyama ‡ Osamu Takahashi ‡

Graduate School of System Information Science, Future University-Hakodate †

Department of System Information Science, Future University-Hakodate ‡

**Abstract** Recently, ubiquitous technology have been developed and ubiquitous application that does various support have been achieved. However, it is necessary to understand user's situation to provide appropriate support service. We focus on provinces room table as one context-awareness example. Provinces room table shows state of member in the room. User should change the content of the provinces room table every time it goes in and out from the room. So we propose destination estimate system that use RFID tags and can automatically presume user's destination.

**Keyword** Context-awareness RFID tags Data of possession

### 1 はじめに

近年、我々の身近においても環境内の様々なモノが計算機能を持つようになり、場所や時間を気にすることなくネットワークに接続することのできるユビキタス社会が実現されつつある。ユビキタス社会が実現されることで、様々な生活支援サービスを提供することが可能となるが、適切なサービスを提供するには利用者の現在おかれている状況を詳しく把握している必要がある。

本研究では状況把握の一例として、よく研究室のドアなどに貼られている在室表に着目した。在室表とは、研究室やオフィスの入り口等に設置されている図1のような、その部屋のメンバーの状態を表す表のことであり、現在メンバーが部屋に居るのか居ないのか、居ないならばその行き先はどこなのかといったような情報を示している。在室表は、ホワイトボードに書き込むものや磁石を使うもの、あるいはWEB ページで表示するものなど様々なタイプが存在するが、どのタイプのものも、部屋を出入りす

る度に利用者が逐一操作して内容を変更しなくてはならず、非常にわずらわしく感じる。

そこで本研究では、RFID タグを用いることで利用者の行き先を推定し、自動的に表示することのできるシステムを提案し、実装を目指す。推定システムは利用者のスケジュールと持ち物情報を利用することで利用者の行き先を推定することを実現する。

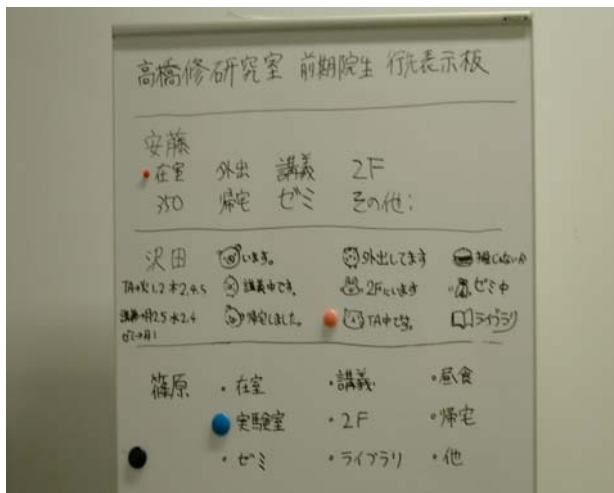


図 1：ホワイトボードを用いた在室表

## 2 関連研究

現在、コンテキストウェアネスに関する様々な研究が行われている。コンテキストウェアネスとは、コンピュータがセンサや RFID などの情報を用いて、利用者の状況や状態を自動的に把握することである。利用者の状況を把握することで、状況に応じた適切なサービスを自動的に提供できるようになり、利用者のシステム操作などの負担を軽減することができる。

利用者の状況を推定するための材料として、様々な情報と利用が検討されている。山田ら[2]は、そこにいる人物に対して、ある行動を強く促すような三次元的な空間「場」の概念を用いて、利用者の状況を推定する研究を進めている。また、我々が日常的に利用する物体に着目し、それらにセンシング機能等を付加することで、利用者の状況推定に利用しようとする研究に[3]、[4]がある。位置情報を用いて、利用者の状況推定を行う研究に[1]、[5]がある。土持ら[5]は、在室表に着目し自動化を目指している点で、我々の研究と良く似ている。しかし、[5]が位置情報を用いて状況推定を行うのに対し、本稿では

持ち物情報を用いる点で異なっている。

## 3 行き先推定システム

本章では、本論文で取り上げる行き先推定システムについての説明を行う。

### 3.1 アプローチ

システムは利用者の持ち物情報とスケジュールから、利用者の行き先の推定を行う。ここでは、利用者自身と利用者の身の回りの物品にはあらかじめ RFID タグが付加されており、研究室やオフィス等の利用者がいつも作業を行っている部屋には、RFID リーダが設置されている環境を想定している。利用者が室内に居る場合、RFID リーダが利用者自身に付けられている RFID タグを検出するため、利用者が在室していることがわかる。逆に、RFID リーダが利用者の RFID タグを検出しない場合、利用者が在室していないことがわかり、さらに、その利用者の身の回りの物品に付けられている RFID タグのうち、RFID リーダに検出されていない物品を、利用者が携帯しているということも推測できる。システムは、この利用者が携帯している物品の情報(以下、持ち物情報と呼ぶ)を、利用者の行き先と関連付けることによって、行き先の候補を限定する。しかし、普段は持っていないが曜日によっては持っていく物などもあり、たとえ行き先が同じであっても、持ち物は同じであるとは限らず、単に持ち物情報と行き先を対応させるだけでは推定は難しい。

そこで、本研究では、ある行き先に対して必ずと言ってよいほど携帯する物(キーアイテム)、あるいは逆に、その行き先に対して持っていくはずのないものに着目することで、行き先候補を限定し推定を行う。システムは、利用者のスケジュール情報も利用して推定を行うが、スケジュールは早まったり遅れたり、あるいは変更されたりと、予定通りに進まないことが多い。その点、持ち物情報ならば、わざわざ不必要な物を携帯することは考えにくく、信頼性が高いといえる。また、必要な物を携帯し忘れてしまった場合もありうるが、在室表の特性上、行き先は同一建物内程度の規模であることを考えれば、十分取りに戻ることが可能な距離であると思われる。よって本稿では、忘れ物がないことを前提とする。

### 3.2 行き先推定の流れ

システムは基本的に絞込みによって、行き先推定を行う(図2)。絞込みのアルゴリズムは複数存在し、それぞれが異なる視点から持ち物情報を分析し、候補を限定していく。推定開始時点ではすべての行き先が候補として挙げられ、まず一番初めのアルゴリズムによって絞込みが行われる。ここで、候補が1つに絞られた場合は推定終了し、それを推定結果として出力する。複数の候補が残った場合は、残った候補を次のアルゴリズムによってさらに絞り込みを行い、候補が1つになるか、あるいは最後のアルゴリズムまで、同じ処理を繰り返す。最後まで複数の候補が残った場合は、選択アルゴリズムを用いて、より可能性の高い候補を推定先として決定する。もし、推定の途中で候補が0になってしまった場合は、推定不可となりそこで処理を終了する。これは、利用者が今までに無い行動をとった場合に起こりうるが、在室表の特性上、利用者が日常的に移動するような行き先を推定できれば良いので、本稿では考慮しない。

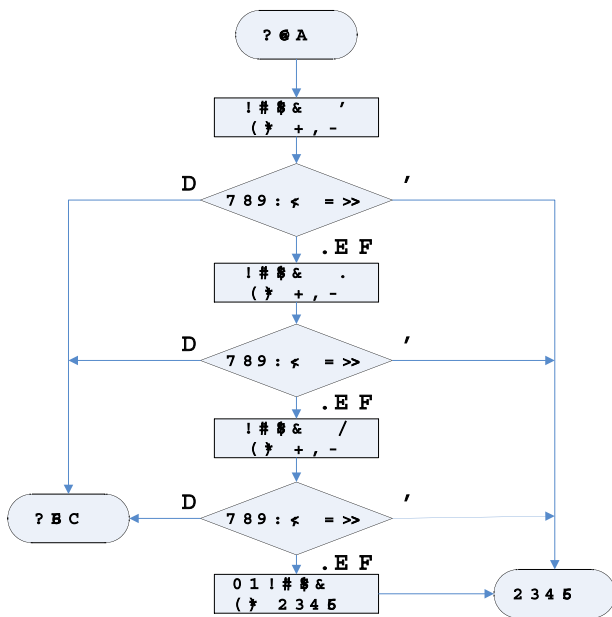


図2：行き先推定の流れ

### 3.3 データベースの構造

推定アルゴリズムは、持ち物情報をデータベースの情報と比較することで候補の絞込みを行う。データベースの情報には、システムの基本動作に用いるテーブルと、推定に用いる利用者情報のテーブルの2種類が存在する。基本動作に用いるテーブルが、データベース内にそれぞれ1つずつ存在するのに対して、利用者情報のテーブルは、利用者の数と同じ

数ずつ存在する。以下に、データベース内のテーブル構成(図3)と、基本動作に用いるテーブルの内容、推定に用いるテーブルの内容を示す。

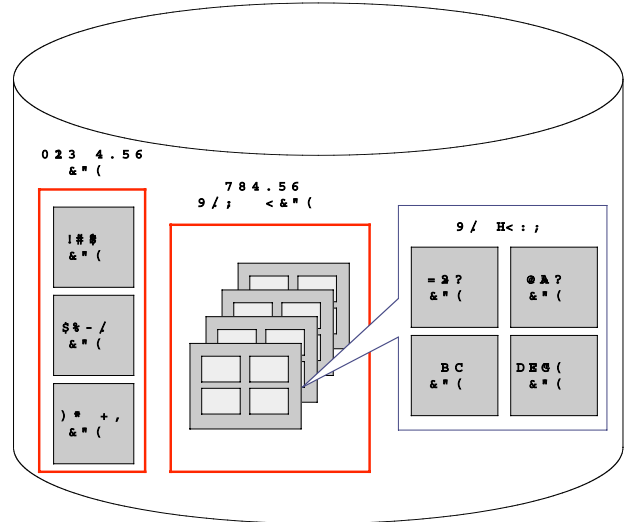


図3：データベース内のテーブル構成

#### (1) 基本動作に用いるテーブル

##### (ア) リードタグテーブル

各RFIDタグの現在の反応状況を表す。テーブル構成：[RFIDタグID：反応の有無]

##### (イ) タグ使用者テーブル

各RFIDタグの使用者を表す。テーブル構成：[RFIDタグID：使用者名]

##### (ウ) ユーザ登録テーブル

システムの利用者と本人に取り付けられているRFIDタグのIDを表す。テーブル構成：[使用者名：RFIDタグID]

#### (2) 推定に用いる利用者の情報テーブル

##### (ア) 移動回数テーブル

利用者の、各行き先に対する移動回数の合計を表す。テーブル構成：[行き先名：移動回数]

##### (イ) 携帯回数テーブル

利用者の各行き先に対する、各持ち物の携帯回数を表す。テーブル構成：[行き先名：RFIDタグID：携帯回数]

##### (ウ) 名称テーブル

RFIDタグのIDと、そのタグが取り付けられている物品名を表す。テーブル構成：[RFIDタグID：物品名]

#### (エ) スケジュールテーブル

利用者のスケジュール。曜日や時間帯がおよそ決まりきっている行き先の情報を表す。テーブル構成：[曜日：時間帯：行き先]

### 3.4 推定アルゴリズム

提案システムは、絞込みという方法で行き先の推定を行うため、複数の推定アルゴリズムが存在する。ここでは、システムの推定アルゴリズムの詳細を以下に示す。

#### (1) アルゴリズム 1

現在の携帯している持ち物と関係の薄い行き先を候補から除外することで、行き先推定を行う。携帯回数テーブルより、現在の持ち物それぞれに対しての行き先名を検索する。これによって得られた行き先名は、各持ち物に対して今までに携帯して移動したことのある行き先、つまり、移動の可能性がある場所を示している。そして、これらの論理積を取ることで、それと一致しない候補をすべて除外することができる。また、携帯回数テーブルの携帯回数と移動回数テーブルの移動回数より、その行き先に対する各持ち物の携帯率を求めることができ、設定した閾値よりも低い携帯率の行き先を除外することも可能である。

#### (2) アルゴリズム 2

行き先候補と関係の深い持ち物を検索し、それを持っていない場合に、その候補を除外することで、行き先推定を行う。携帯回数テーブルより、それぞれの行き先候補に対する各持ち物の携帯回数を検索し、移動回数テーブルの移動回数と比較する。移動回数と携帯回数が一致していれば、携帯率が 100%であり、今までその行き先には必ずその持ち物を携帯している、ということを示している。そして、これらの結果と現在の持ち物情報を比較することで、携帯率が 100%の持ち物が持ち物情報に含まれていない行き先を、候補から除外することができる。また(1)と同様に、閾値を設けることで、100%に限らず、携帯率が閾値以上の持ち物が、持ち物情報に含まれていない行き先を候補から除外することが可能である。

#### (3) アルゴリズム 3

スケジュールの情報を用いて、行き先の推定を行う。現在の曜日と時刻に当てはまる行き先をデータベースのスケジュールから検索し、検索結果と一致する行き先が候補に存在した場合、一致した候補以外の候補を除外する。検索した結果に当てはまる行き先が存在しなかった場合、あるいは存在しても、候補に一致するものが存在しなかった場合は、候補を変更することなく次のアルゴリズムへ進む。

#### (4) 選択アルゴリズム

前述したアルゴリズムが候補を絞りきれなかった場合に次のアルゴリズムに任せるのに対し、選択アルゴリズムは、必ず、1つの行き先のみを出力する。各行き先候補に対して、現在の持ち物それぞれの携帯率の和を算出する。この和を、各行き先候補への移動可能性として捉え、最も数値の高い候補を推定先として出力する。

### 3.5 DBの自動構築

システムは行き先の推定にデータベースの情報を用いるが、データベースの内容は利用者によって異なり、利用者自身がデータベースを構築しなければならない。しかし、手動でデータベースを構築するには手間がかかり、利用者にとって大きな負担となる。そこで、データベースを自動で構築する手法を検討した。

データベースを構築するテーブルのうち、基本動作に用いるの3つのテーブルは、システム利用者登録時或使用RFIDタグの変更時以外には、特に内容を更新する必要が無く、更新する内容も極めて少ない。また、更新を行うのは利用者ではなく、システムの管理者であるため、利用者の負担にはなることはない。利用者の情報テーブルの名称テーブルも、RFIDタグの付け替え時以外には、内容を変更する必要は無い。よって、これらのテーブルの自動構築の必要性はほぼ無いと言える。

システムは行き先推定の際に、移動回数テーブル・携帯回数テーブル・スケジュールテーブルの3テーブルを用いて推定を行っている。しかし、スケジュールテーブルに関しては、本人以外が作成することは極めて困難であるため、今回は自動構築の対象から除外し、移動回数テーブルと携帯回数テーブ

ルの2つを、自動構築の対象とする。

データベースの自動構築は、利用者のフィードバックを用い、システムの運用と並列し行う。移動回数テーブルと携帯回数テーブルの情報は、一言で言えば、利用者の今までの移動履歴である。よって、システムが利用者の行き先を100%正確に推定できれば、テーブルの自動構築は可能である。しかし、システムの推定は100%正しいとは言えない。特にシステム利用開始直後は、データベースの情報が不足しているため、正しい推定結果が出にくい。利用者のフィードバックを用いることで、システムが、正確な利用者の行き先を得ることができ、自動構築が行えるようになる。しかし、部屋を出入りするたびに、逐一フィードバックを行ってはいは、手間が大きく、在室表を操作するのに対して変わらない。そこで、システムは推定結果をすぐにデータベースに反映するのではなく、一定の期間蓄積し、その後データベースに反映させるという方法を取る。

蓄積する情報は、外出時の時間とシステムが推定した行き先・そのときの持ち物情報の3点であり、各外出ごとに[日時：推定行き先名：RFID タグ ID]が蓄積される。蓄積している期間の間、利用者はWEBページ上でシステムの推定結果を確認することができ、もし、[推定行き先名]の項目が実際に移動した行き先と異なっている場合に、正しい行き先に訂正する。情報は、一定期間蓄積された後、データベースに反映される。具体的には、蓄積情報の[推定行き先名]と移動回数テーブルの[行き先名]が一致する場合、その項目の[移動回数]が+1される。さらに、蓄積情報の[推定行き先名]と[RFID タグ ID]の両方が、携帯回数テーブルの[行き先名]と[RFID タグ ID]と一致する項目の[携帯回数]も+1される。また、蓄積期間は利用者が自分で設定できる。これにより、利用者は逐一フィードバックを送信する必要が無く、蓄積期間の間に1~2回程度確認すれば良い。システムの利用開始直後は推定が不安定なため、ある程度頻度での確認と訂正が必要だが、利用期間が長くなり推定が安定するにつれて、確認と訂正の頻度は減少していき、最終的には、利用者の負担を軽減することが可能である。図4にシステムの全体像を示す。

#### 4 実装と予備実験

第3章で述べた行き先推定システムのプロトタイプ

を構築した。プロトタイプはアクティブRFIDタグとリーダー、アプリケーションサーバ、データベース

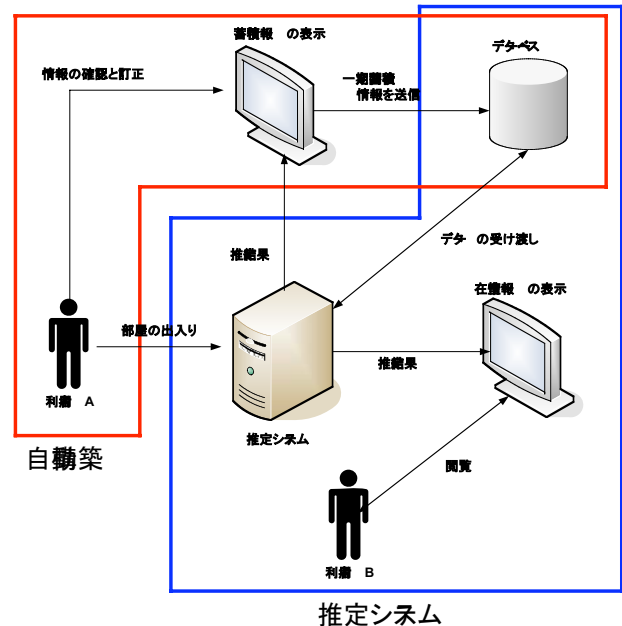


図4：システムの全体像

サーバの3つの要素から構成される。RFIDリーダーは、数秒おきに読み込みを行い、RFIDタグの反応状況を絶えずデータベースへ書き込んでいる。アプリケーションはJSPで書かれており、利用者(在室状況を知りたい人物)はインターネットのブラウザからシステムにアクセスを行う。利用者からのアクセスに反応して、アプリケーションが実行され、推定結果が書かれたWEBページが表示される。なお本稿では、アクティブRFIDタグとリーダーには、RF CODE社のSpiderVを用いた。

本研究室の学生1名を対象に、プロトタイプの予備実験を行った。プロトタイプは、第3.4章で述べた、推定アルゴリズム1と2を実装しており、データベースは手動で構築したものをを用いる。RFIDタグ10個を、財布・キーケースなど被験者が良く持ち歩く物に取り付け、正常に行き先を推定できるかテストを行った。(図5~図7)。推定する行き先のゼミ・講義など、被験者の実際の在室表の内容と同程度のものをを用い、以下の10項目に設定した。

- ・ 在室
- ・ ゼミ
- ・ 講義
- ・ ライブラリ
- ・ F2 (学部生スペース)
- ・ トレーニングルーム

- ・ テニスコート
- ・ 昼食
- ・ 帰宅
- ・ その他

予備実験の結果、在室・ゼミ・講義・トレーニンググループ・テニスコート・帰宅の7項目に関しては、正確に推定することができた。しかし、ライブラリ・F2（学部生スペース）・昼食の3項目に関しては、誤った推定結果になることがあった。これは、上の7項目が、他の行き先と重複する持ち物が少ないか、あるいは、決定的なキーアイテムが存在するのに対し、下の3項目は、持ち物が他のある行き先とほぼ同じであるか、あるいは、持ち物をほとんど持っていない行き先であることが、原因であると思われる。今後、スケジュール情報を用いたアルゴリズムを実装するなどして、どの項目に対しても、正確な推定が可能になるように、プロトタイプの改良を行いたい。



図5：RFID タグ



図6：物品例（キーケース）

## 5 まとめと今後の展望

本研究では、RFID タグを用いた利用者の行き先推定システムを提案し、その一部の実装と予備実験

を行った。推定システムは、持ち物情報とスケジュールの情報を用いて利用者の行き先を推定すること

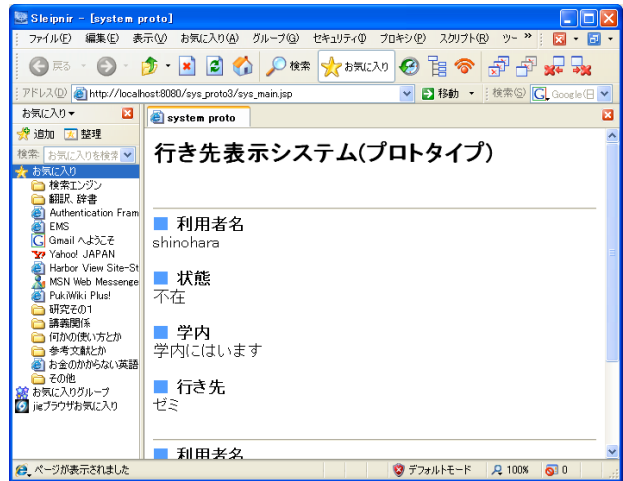


図7：システム起動例

で、在室表の自動化を計り、利用者の負担を軽減を図る。今後は、今回実装に至らなかったアルゴリズムの実装とDBの自動構築を行う。また、実際に研究室でシステムを運用し、実生活においても適切に推定を行えるか、評価する予定である。

## 参考文献

- [1] Mike Addlesee, Rupert Curwen, Steve Hodges, Joe Newman, Pete Steggles, Andy Ward, Andy Hopper, : “Implementing a Sentient Computing System” IEEE Computer Society, 2001 pp50-56 (2001)
- [2] 山田直治, 坂本憲司, 国頭吾郎, 山崎憲一 : “場の意味を考慮したユーザの状況推定” 情報処理学会研究報告 2004-MBL-29, pp19-24 (2004)
- [3] Hans Gellersen, Gerd Kortuem, Albrecht Schmidt, Michael Beigl, : “Physical Prototyping with Smart-Its” IEEE Pervasive Computing, Vol3 2004 pp74-82 (2004)
- [4] 藤波香織, Fahim KAWSAR, 中島辰夫 : “知的空間構築における日常物の意義と課題” 情報処理学会研究報告 2005-UBI-9, pp1-4 (2005)
- [5] 土持幸久, 高橋伸, 田中二郎 : “プライバシーを考慮しつつユーザの状況・状態を推定と提示を行うシステム” 情報処理学会 DICOMO2006 シンポジウム, pp497-500 (2006)
- [6] 篠原義隆, 高橋修, 安藤瑞穂 : “センサネットワークを用いた生活支援システムの提案” 情報処理学会第68回全国大会, pp3-489-3-490 (2006)