

# 環境理解型サービスのための実世界モデル記述手法

坂本 憲司 山田 直治 國頭 吾郎 田中 聡 山崎 憲一

(株)NTT ドコモ ネットワーク研究所

E-mail:sakamoto@netlab.nttdocomo.co.jp

あらまし 将来のコピキタスコンピューティング環境においては、実世界から取得した情報を仮想世界に取り込むことにより、実世界の状況に応じたサービスが提供される。我々はあらゆるモノに RFID タグが付与されている世界を想定し、RFID タグから取得した情報から実世界の状況を反映した実世界モデルの作成と、実世界モデルを元に状況に応じたサービス（環境理解型サービス）の提供について検討してきた。本稿では、RFID タグの検出結果から実世界モデルの作成手法に関する検討を述べる。実世界モデルの作成は 3 つのレイヤで行う。レイヤ 1 では、RFID タグの検出結果のみを用い、レイヤ 2 では RFID タグの属性情報を追加し、レイヤ 3 ではオントロジーや知識ベースを用いて推論することで実世界モデルを作成する。本稿では、特にレイヤ 1 およびレイヤ 2 での処理方法と状況推定について述べる。その結果、モノを忘れたという状況についての実世界モデルの作成を例に、本稿で示す状況が RFID タグの検出結果から推定できる状況として有効であることを示す。

キーワード RFID タグ, 属性情報, 実世界モデル, 環境理解型サービス

## Description Method of Physical-world Model for Environment Perceptive Service

KENJI SAKAMOTO NAOHARU YAMADA GORO KUNITO  
SATOSHI TANAKA KENICHI YAMAZAKI

Network Laboratories, NTT DoCoMo, Inc.

E-mail:sakamoto@netlab.nttdocomo.co.jp

**Abstract** This paper presents methods of finding the physical-world situations based on information of detected RFID tags and their attribute information in ubiquitous computing environment. We assume that RFID tags are attached to every thing, and that many service providers offer appropriate services based on the situations. In such environment, it is important to recognize the physical-world situation based on information of RFID tags and create the physical-world model. This paper shows the description method of physical-world method. To create the physical-world model, our architecture consists of three layers. In layer 1, we infer and describe the situation of the physical world based on the result of the detection of RFID tags. Then the physical-world model is refined by reference to attribute information, and ontology, knowledge base in layer 2 and layer 3, respectively. The physical-world model described by our method is efficient for providing the environment perceptive services.

**Keyword** RFID tag, Attribute information, Physical-world model, Environment perceptive service

## 1 はじめに

近年、ネットワークの高速化・端末の小型化により、これまでの一人のユーザが 1 台のコンピュータを利用する世界から、環境などに埋め込まれたコンピューティング能力をもつ多種多様な機器を利用し、様々なサービスを享受できるコピキタスコンピューティング環境の実現が期待されている。コピキタスコンピューティング環境においては、それらの機器から収集した実世界の情

報を仮想世界に取り込むことで、実世界の状況に応じたサービスが提供される。すなわち、実世界と仮想世界の融合が重要となる。実世界の情報を取得する手段の 1 つとして RFID(Radio Frequency IDentification) タグがある。RFID タグは非接触性や耐久性などの利点により、バーコードの置き換えとして商品に貼ることにより、流通や在庫管理を容易に行えるという理由から注目を集めており、近年、様々な業界で実証実験が行われて

いる。

我々は、RFID タグがあらゆるモノに付与され、RFID タグ自身には ID のみを格納し、RFID タグが付与されたモノの属性情報は ID と対応付けて属性 DB に格納されることを想定する。そして、環境に設置された RFID タグリーダ (以降、リーダと略す) が RFID タグの ID を検出する。そのような環境において、RFID タグから取得した情報を用いて実世界を理解し、実世界の状況に応じたさりげないサービス (環境理解型サービス) を提供するためのユビキタスプラットフォームに関する研究を行っている [1][2]。

そのようなさりげないサービスを提供するために、我々は RFID タグの情報から実世界の状況を反映した実世界モデルを作成し、その実世界モデルを元に状況に応じたサービスを提供することを目標とする。そのなかでも、特に実世界に存在するモノに着目し、あらゆるモノに付与されている RFID タグの検出結果、および RFID タグの ID に対応して属性 DB に格納されている、モノの属性情報を用いることにより、実世界の状況を理解し実世界モデルを作成する。

しかしながら、モノの属性情報のなかにも、名前など人間により与えられた情報や、位置、時間、色、形、大きさ、重さなど物理的な情報、さらに役割のような情報など、多種多様な情報がある。そのため、モノの属性情報から実世界の状況を理解する場合に、どのような属性情報を属性 DB に格納しておけばよいかを決めることは非常に難しい問題である。EPC グローバル [3] により提案されている PML(Physical Markup Language)[4] では、XML の記述手法を用いることにより属性情報が記述される。しかしながら、アプリケーションとして主に流通への応用のみを考慮しており、実世界の状況を反映した精度の高い実世界モデルを作成するには不十分である。

本稿では、RFID タグの検出情報から実世界の状況を推定し、推定結果から実世界モデルを作成する手法を示す。具体的には、リーダが RFID タグの ID を検出してから実世界の状況を理解するまでを 3 つのレイヤに分割する。そのなかで本稿では、RFID タグの検出結果に基づく状況推定および属性情報を用いた状況推定について検討する。そして、それらの推定結果を元に、モノを忘れた状況についての実世界モデルを作成し、環境理解型サービスの代表例である忘れ物通知サービスが実現できることを示す。

以下、2 章では我々が考えるユビキタス環境と、実世界モデルに基づくサービス提供方法について説明し、実世界モデルの記述手法の 1 つの例である PML と、実世界モデルの作成におけるその問題点を述べる。3 章では、我々が考える実世界モデルの作成手法として RFID タグの検出結果に基づく状況推定および属性情報として所有者を用いた場合の状況推定について検討し、4 章で実世界モデルの評価として忘れ物通知サービスが実現できることを示す。そして 5 章ではより詳細な実世界モデルを作成するための今後の課題を述べ、6 章でまとめとする。

## 2 実世界モデルに基づくサービス提供

本稿では前提として、RFID タグがあらゆるモノに付与されており、RFID タグを検出するリーダは検出エリアの抜けがなく設置される。また RFID タグは、リーダに自分の ID を半永久的に送信し続け、リーダの検出エリア内にある RFID タグは必ず

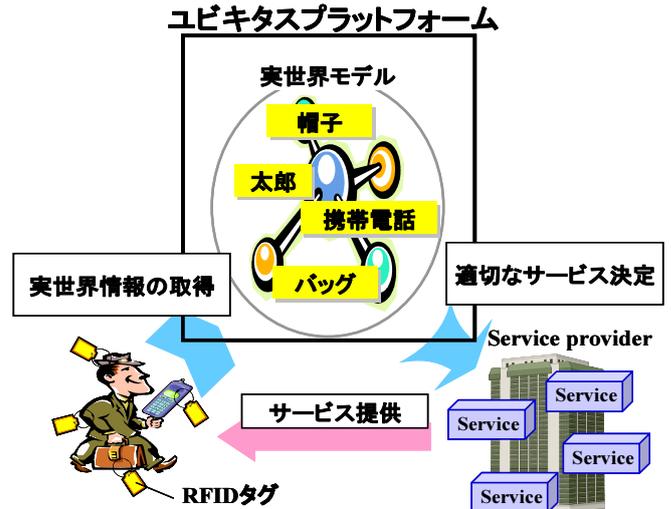


図 1: 実世界モデルに基づくサービス提供フロー

表 1: PML のオプション属性

Base	Name	Symbol
LENGTH	meter	m
MASS	kilogram	kg
TIME	second	s
CHARGE	Coulomb	C
TEMPERATURE	Kelvin	K
AMOUNT	Mole	mol
INTENSITY	Candela	cd

検出されるものとする。つまりすべての RFID タグはいずれかのリーダで検出できる環境を想定する。

図 1 に実世界モデルに基づくサービス提供フローを示す。ユビキタスプラットフォームでは、あらゆるモノに付与された RFID タグの情報を元に、実世界の状況を反映した実世界モデルを作成する。そして実世界モデルを元に各サービスプロバイダが提供しているサービスのなかで適切なサービスを選択することで、状況に応じたサービスを提供することができる。RFID タグには ID しか格納されていないため、RFID タグの検出結果からそのような実世界モデルを作成するためには、属性 DB に格納されている属性情報が非常に重要となる。つまり、必要な属性情報が属性 DB に格納されていないと、精度の高い実世界モデルを作成できない。

属性 DB に格納する属性情報を規定し、実世界モデルを記述する手法の 1 つとして EPC global により提案されている PML(Physical Markup Language) がある。PML は XML ベースのマークアップ言語であり、タグを用いてモノの属性情報を記述する。しかしながら、PML では、(location)、(date)、(owner) 等、サプライチェーン・マネージメントを考慮した属性情報が規定されている。また表 1 に示すように、(measure) で長さ、重さ、温度などを定義することもできるが、あくまでオプションとして定義されているため省略することもできる。したがって、実世界モデルを作成するのに必要な属性情報が省略されていると、実世界の状況を反映した精度の高い実世界モデルを作成するには不

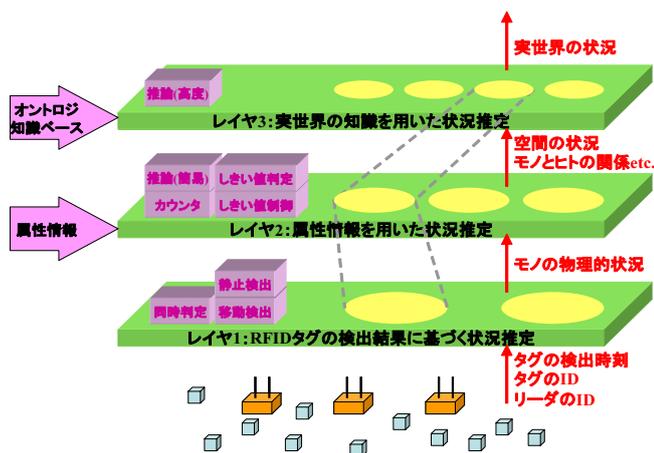


図 2: 実世界状況を理解するための階層構造

十分となる。

### 3 実世界モデル作成に関する検討

#### 3.1 実世界状況理解のためのアーキテクチャ

ID しか格納されていない RFID タグから実世界モデルを作成するために、我々は以下の 3 種類の情報を用い、それらの情報から実世界の状況を推定することで実世界モデルを作成する。

- リーダによる RFID タグの検出結果
- 属性 DB に格納されている ID に対応する属性情報
- オントロジーおよび知識ベース

図 2 にそれらの情報を用い、実世界の状況を理解するまでの階層構造を示す。レイヤ 1 では、リーダにより検出される RFID タグの ID、リーダの ID および RFID タグの検出時刻の情報からモノの存在や移動など物理的な状況を推定する。レイヤ 2 では、属性情報を用いることにより、物理的な状況からその空間の状況やモノとヒトの簡単な関係などを推定する。そしてレイヤ 3 では、オントロジーや実世界の知識を用いて推論を行うことにより、矛盾の検出やヒトの行動検出など、より詳細な実世界の状況を推定する。

本稿では、レイヤ 1 およびレイヤ 2 の属性情報のなかで所有者に注目し、レイヤ 1 で取得できる情報および所有者の情報が与えられたときに推定できる状況について検討する。レイヤ 2 の所有者以外の属性情報およびレイヤ 3 についての検討は今後の課題とする。

#### 3.2 RFID タグの検出結果に基づく状況推定

本節では、RFID タグの検出結果に基づく状況推定を網羅的に検討するために、リーダで同時に検出される RFID タグの個数と、RFID タグの瞬時的な検出情報および継続的な検出情報を元に推定できる状況を分類する。

表 2: 瞬時的検出情報による状況推定

		Single tag	Plural tags
Single reader	Detect	モノが存在 <exist>	複数のモノと一緒に存在 <exist_with>
	Not detect	(推定不要)	(推定不要)
Plural readers	Detect	モノが存在 <exist>	モノが存在 <exist>

表 3: 継続的検出情報による状況推定

$t$	$t + t$	Single tag	Plural tags
Reader A	Reader A	モノが静止 <stationary>	複数のモノと一緒に静止 <stationary_with>
Reader A	Reader B	モノが移動 <move>	複数のモノと一緒に移動 <move_with>
Reader A	Reader A and reader B	モノが移動 <move>	モノが分離 <separate>
Reader A and reader B	Reader A	モノが移動 <move>	モノが合流 <merge>

##### 3.2.1 瞬時的検出情報による状況推定

表 2 に 1 つおよび複数の RFID タグの瞬時的な検出情報から推定できる状況を示す。

- 単数タグ (Single tag)  
1 つの RFID タグがあるリーダで検出される場合、あるモノがそのリーダの検出エリア内に存在 ((exist)) すると推定できる。逆に、RFID タグがリーダで検出できない場合、あるモノがリーダの検出エリア内に存在しないと推定できる。しかしながら、リーダの検出エリアには抜けがたい環境を想定しているため、あるリーダで検出できない場合においても、RFID タグが存在するエリアのリーダでは検出できる。したがって、RFID タグはいずれかの場所で存在するので、存在しない状況を推定する必要はない。
- 複数タグ (Prural tags)  
複数の RFID タグが 1 つのリーダで同時に検出された場合、複数のモノと一緒に存在 ((exist\_with)) すると推定できる。また複数の RFID タグが複数のリーダに同時に検出される場合、RFID タグの ID からでは、異なる地点で同時に検出される RFID タグ間の関係を導くことは困難である。したがって、モノが存在する ((exist)) 以外の状況は推定できない。

##### 3.2.2 継続的検出情報による状況推定

表 3 に 1 つおよび複数の RFID タグの継続的な検出情報から推定できる状況を示す。ここで、Reader A および Reader B はそれぞれ別々のリーダであり、Reader A の検出エリアと Reader

Bの検出エリアは互いに隣接関係にあるとする。そして、時刻  $t_1$  および  $t_1 + t$  において RFID タグを検出したリーダと RFID タグの数について検討する。

- 単数タグ (Single tag)

時刻  $t_1$  において 1 つの RFID タグが Reader A で検出され、時刻  $t_1 + t$  においても Reader A で検出される場合、モノが Reader A の検出エリア内で静止 ( $\langle\langle stationary \rangle\rangle$ ) していると推定できる。一方、時刻  $t_1 + t$  において Reader B で検出される場合は、モノが移動 ( $\langle\langle move \rangle\rangle$ ) していると推定できる。つまり、時刻  $t_1$  と時刻  $t_1 + t$  で異なるリーダにより検出される場合、モノが移動していると推定できるため、時刻  $t_1$  において Reader A、時刻  $t_1 + t$  において Reader A と Reader B の両方で検出される場合、および時刻  $t_1$  において Reader A と Reader B の両方、時刻  $t_1 + t$  において Reader A で検出される場合もモノが移動 ( $\langle\langle move \rangle\rangle$ ) していると推定できる。

- 複数タグ (Prural tags)

時刻  $t_1$  および  $t_1 + t$  において、複数の同一の RFID タグが Reader A で同時に検出される場合、複数のモノと一緒に静止 ( $\langle\langle stationary\_with \rangle\rangle$ ) していると推定でき、時刻  $t_1 + t$  においてすべて Reader B で同時に検出される場合は、複数のモノと一緒に移動 ( $\langle\langle move\_with \rangle\rangle$ ) していると推定できる。一方、複数の RFID タグがすべて一緒に移動しない場合について考える。時刻  $t_1$  のとき、複数の RFID タグが Reader A で検出されるのに対し、時刻  $t_1 + t$  のときにそれらの RFID タグが Reader A と Reader B に分かれて検出される場合、それまで一緒にいたモノの中から分離 ( $\langle\langle separate \rangle\rangle$ ) したモノがあると推定できる。一方、時刻  $t_1$  のとき Reader A と Reader B に分かれて検出される RFID タグが、時刻  $t_1 + t$  においてはすべて Reader A で検出される場合、それらのモノが合流 ( $\langle\langle merge \rangle\rangle$ ) したモノがあると推定できる。

### 3.2.3 機能ブロック

表 2, 3 に示す状況を推定するためには、レイヤ 1 に次のような機能が必要である。

- 同時判定機能  
同一のリーダで複数の RFID タグを検出した時刻を比較し、同時に検出した RFID タグを判定する機能
- 静止検出機能  
同一のリーダで同一の RFID タグを検出する時間の長さから、モノの静止状態を判定する機能
- 移動検出機能  
複数のリーダの検出エリアとそれぞれのリーダにおける RFID タグの検出結果および検出時刻からモノの移動状態を判定する機能

これらの機能を組み合わせることで、RFID タグの検出結果に基づく状況を推定できる。

## 3.3 属性情報を用いた状況推定

実世界の状況に基づくサービスを提供するために、我々はこれまでモノとヒトの関係に注目し検討を行ってきた。特にモノ

の社会的責任を持つヒトを表す「所有者」の情報は、サービスの提供先を決定するため、また空間の意味を特定するために重要であることがわかる [5]。本稿では、所有者を「モノに対して社会的責任を有するヒト」と定義する。これは一般的にも用いられる「持ち主」に相当する。つまり、モノを借りた場合には、借りたヒトは「持ち主」ではないため所有者には該当しない。本節では、表 2, 3 に示す RFID タグの検出結果に基づく状況推定結果から、属性情報として所有者の情報が与えられたときに推定できる状況についての検討を行う。

### 3.3.1 瞬時的検出による状況推定

すべてのモノについて、属性情報として所有者が与えられた場合、1 つのモノが存在 ( $\langle\langle exist \rangle\rangle$ ) するときは所有者と所有物という関係しかないが、複数のモノと一緒に存在 ( $\langle\langle exist\_with \rangle\rangle$ ) し、かつ同一の所有者の情報を持つモノの数があるしきい値を超えた場合、同一の持ち主のモノが多数あることになり、その空間は「持ち主」が何らかのイニシアティブを持っている可能性が高いと推定できる。我々はそのような空間を縄張り ( $\langle\langle domain \rangle\rangle$ ) と定義する。つまり、一緒に存在する複数のモノの所有者情報が Bob だったら、その空間は「Bob の縄張り」であると推定する。

### 3.3.2 継続的検出による状況推定

- 単数タグ (Single tag)  
単体のモノでは、それが静止 ( $\langle\langle stationary \rangle\rangle$ )、もしくは移動 ( $\langle\langle move \rangle\rangle$ ) する場合において、所有者の情報だけでは所有者と所有物の関係を超えた状況を推定できない。
- 複数タグ (Plural tags)  
複数のモノと一緒に静止 ( $\langle\langle stationary\_with \rangle\rangle$ ) する場合、同一の所有者の情報を持つモノの数があるしきい値 (以降、固定縄張り判定しきい値と略す) を超えた場合、複数のモノと一緒に存在 ( $\langle\langle exist\_with \rangle\rangle$ ) する場合と同様に、その空間は所有者の縄張りであると推定できる。さらにモノが静止しているため縄張りの種類として、固定的な縄張り ( $\langle\langle fixed\_domain \rangle\rangle$ ) であると推定できる。そのような例として、所有者が同一のデスクトップ PC や本、ペンなどが机の上に置かれている状況は、机の周りにはそれらの所有者の固定的な縄張りであると推定できる。同様に、複数のモノと一緒に移動 ( $\langle\langle move\_with \rangle\rangle$ ) する場合、同一の所有者の情報を持つモノがあるしきい値 (以降、持ち物判定しきい値と略す) を超えた場合、その空間は流動的な縄張りであると推定できる。しかしながら、実世界においては複数のモノがモノ自身の動力により一緒に移動すると想像することは困難であり、そこにはヒトが関与していると推測する方が自然である。そこで、ヒトが自分の持ち物 ( $\langle\langle belonging \rangle\rangle$ ) を持って移動している可能性が高いと推定できる。

次に、表 3 から、モノの分離 ( $\langle\langle separate \rangle\rangle$ ) は Reader A で検出された複数の RFID タグが Reader A および Reader B に分かれる状況であり、それを以下のように表す。

$$\begin{aligned} & \{(\text{Tag 1, Reader A, } t_1), (\text{Tag 2, Reader A, } t_1)\} \\ & \rightarrow \{(\text{Tag 1, Reader A, } t_1 + t), (\text{Tag 2, Reader B, } t_1 + t)\} \end{aligned}$$

ここで、(Tag 1, Reader A,  $t_1$ ) は時刻  $t_1$  において Tag 1 が Reader A により検出されたことを示し、中括弧でその集合を表す。個々の RFID タグの検出結果の合計が集合となるため、それぞれの RFID タグは  $t_1$  および  $t_1 + t$  ともに Reader A で検出される Tag 1 と、 $t_1$  では Reader A で、 $t_1 + t$  では Reader B で検出される Tag 2 に分割でき、それを次のように示す。

$\{(Tag\ 1, Reader\ A, t_1)\} \rightarrow \{(Tag\ 1, Reader\ A, t_1+t)\}$   
 かつ  
 $\{(Tag\ 2, Reader\ A, t_1)\} \rightarrow \{(Tag\ 2, Reader\ B, t_1+t)\}$

Tag 1 と同様の検出結果となる RFID タグが複数ある場合、表 3 より、複数のモノと一緒に静止 ( $\langle stationary\_with \rangle$ )、Tag 2 と同様の検出結果となる RFID タグが複数ある場合、複数のモノと一緒に移動 ( $\langle move\_with \rangle$ ) と推定できる。ここで、すべてのモノの所有者の情報が同一、かつ状況 ( $\langle stationary\_with \rangle$ ) のモノと比較して、状況 ( $\langle move\_with \rangle$ ) のモノの数が十分多い場合、つまり状況 ( $\langle move\_with \rangle$ ) のモノの数は持ち物判定しきい値を超えるが、状況 ( $\langle stationary\_with \rangle$ ) のモノの数は固定縄張り判定しきい値を超えない場合、状況 ( $\langle move\_with \rangle$ ) は持ち物 ( $\langle belonging \rangle$ ) とすることができる。以上から、モノの分離 ( $\langle separate \rangle$ ) は、持ち物 ( $\langle belonging \rangle$ ) が静止 ( $\langle stationary\_with \rangle$ ) のモノから離れたため、一部のモノがヒトから離れた ( $\langle leave \rangle$ ) と推定できる。

一方、モノの合流 ( $\langle merge \rangle$ ) は表 3 より

$\{(Tag\ 1, Reader\ A, t_1)\} \rightarrow \{(Tag\ 1, Reader\ A, t_1+t)\}$   
 かつ  
 $\{(Tag\ 2, Reader\ B, t_1)\} \rightarrow \{(Tag\ 2, Reader\ A, t_1+t)\}$

と表され、Tag 1 と同様の RFID タグが複数ある場合、複数のモノと一緒に静止 ( $\langle stationary\_with \rangle$ )、Tag 2 と同様の RFID タグが複数ある場合、複数のモノと一緒に移動 ( $\langle move\_with \rangle$ ) となる。ここで、すべてのモノの所有者の情報が同一、かつ状況 ( $\langle stationary\_with \rangle$ ) のモノと比較して、状況 ( $\langle move\_with \rangle$ ) のモノの数が十分多い場合、状況 ( $\langle move\_with \rangle$ ) は持ち物 ( $\langle belonging \rangle$ ) とすることができる。したがって、モノの合流 ( $\langle merge \rangle$ ) はヒトが自分のモノに近づいた ( $\langle close\_in \rangle$ ) と推定できる。

以上をまとめると表 4 となる。表 4 より、属性情報として所有者の情報が与えられる場合、新たに 5 種類の状況が推定できる。

## 4 サービス例

本章では、環境理解型サービスの例として忘れ物通知サービスについて、上記で述べた状況が RFID タグの検出結果から推定できる状況として有効であることを示す。忘れ物通知サービスの状況を図 3 に示す。ここでは佐藤さんが Reader11 から Reader12 へ移動した際に、自分の携帯電話が佐藤さんから離れたことを認識してサービスを起動するまでを述べる。

属性情報 DB には表 4 に示すように RFID タグの ID に対し、属性情報として所有者の情報と、サービスを提供すると

表 4: 継続的検出による状況推定

		所有者
瞬時的検出による状況推定	$\langle exist \rangle$	(推定不可能)
	$\langle exist\_with \rangle$	縄張り $\langle domain \rangle$
継続的検出による状況推定	$\langle move \rangle$	(推定不可能)
	$\langle stationary \rangle$	(推定不可能)
	$\langle move\_with \rangle$	持ち物 $\langle belonging \rangle$
	$\langle stationary\_with \rangle$	固定的縄張り $\langle fixed\_domain \rangle$
	$\langle separate \rangle$	ヒトから離れた $\langle leave \rangle$
	$\langle merge \rangle$	ヒトが近づいた $\langle close\_in \rangle$

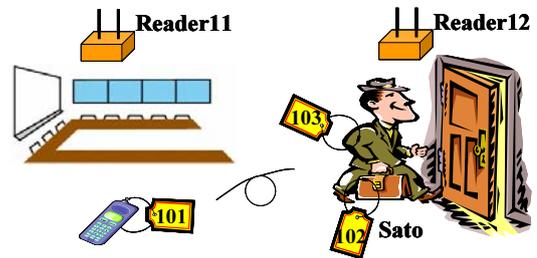


図 3: 忘れ物通知サービスの状況

きに必要となる名前の情報が格納されているとする。そして、Reader11 および Reader12 により RFID タグが検出されると、まず RFID タグの検出結果から Reader11 では RFID タグ 101 が存在 ( $\langle exist \rangle$ ) し、Reader12 では RFID タグ 102 と 103 が一緒に存在 ( $\langle exist\_with \rangle$ ) すると推定できる。

また、RFID タグ 102、103 は Reader11 で検出された後、Reader12 で検出されるため、複数のモノと一緒に移動 ( $\langle move\_with \rangle$ ) すると推定できる。さらに、RFID タグ 101 はずっと Reader11 で検出されるため、それまで一緒にいた RFID タグ 102、103 と分離 ( $\langle separate \rangle$ ) したと推定できる。

次に、属性情報として所有者の情報をを用い、持ち物判定しきい値を 2 とする場合、RFID タグ 102 および 103 の所有者は同一であること、および状況 ( $\langle move\_with \rangle$ ) のモノが 2 つ存在する、つまり持ち物判定しきい値を超えることから、それらは持ち物 ( $\langle belonging \rangle$ ) であると推定できる。さらに RFID タグ 101 の所有者も同一であることから、RFID タグ 101 はヒトから離れた ( $\langle leave \rangle$ ) と推定できる。RFID タグの検出結果から推定された状況、および所有者の情報をを用いることにより推定された状況から実世界モデルを作成すると図 5 のようになる。

サービスを提供するサービスプロバイダは、実世界モデルを元に各サービスの起動条件を決定する。例えば、忘れ物通知サービスは起動条件として「モノがヒトから離れたら (実世界モデルに  $\langle leave \rangle$  があつたら)」を記述し、実世界モデルと起動条件が一致したら起動される。このようにすることによって、実世界の状況に応じたサービスを提供することができる。

```

<obj ID=101>
  <name>mobile phone</name>
  <owner>Sato</owner>
</obj>

<obj ID=102>
  <name>baggage</name>
  <owner>Sato</owner>
</obj>

<obj ID=103>
  <name>suit</name>
  <owner>Sato</owner>
</obj>

```

図 4: 属性 DB

<pre> &lt;exist readerID=11&gt;   &lt;obj ID=101&gt;     &lt;name&gt;mobile phone&lt;/name&gt;     &lt;owner&gt;Sato&lt;/owner&gt;&lt;/obj&gt; &lt;/exist&gt;  &lt;exist_with readerID=12&gt;   &lt;obj ID=102&gt;     &lt;name&gt;baggage&lt;/name&gt;     &lt;owner&gt;Sato&lt;/owner&gt;&lt;/obj&gt;   &lt;obj ID=103&gt;     &lt;name&gt;suit&lt;/name&gt;     &lt;owner&gt;Sato&lt;/owner&gt;&lt;/obj&gt; &lt;/exist_with&gt;  &lt;move_with departure-readerID=11   arrival-readerID=12&gt;   &lt;obj ID=102&gt;     &lt;name&gt;baggage&lt;/name&gt;     &lt;owner&gt;Sato&lt;/owner&gt;&lt;/obj&gt;   &lt;obj ID=103&gt;     &lt;name&gt;suit&lt;/name&gt;     &lt;owner&gt;Sato&lt;/owner&gt;&lt;/obj&gt; &lt;/move_with&gt; </pre>	<pre> &lt;separate&gt;   &lt;obj ID=101&gt;     &lt;name&gt;mobile phone&lt;/name&gt;     &lt;owner&gt;Sato&lt;/owner&gt;&lt;/obj&gt; &lt;/separate&gt;  &lt;belonging owner=Sato&gt;   &lt;obj ID=102&gt;     &lt;name&gt;baggage&lt;/name&gt;&lt;/obj&gt;   &lt;obj ID=103&gt;     &lt;name&gt;suit&lt;/name&gt;&lt;/obj&gt; &lt;/belonging&gt;  &lt;leave from-owner=Sato&gt;   &lt;obj ID=101&gt;     &lt;name&gt;mobile   phone&lt;/name&gt;&lt;/obj&gt; &lt;/leave&gt; </pre>
--	---

図 5: 実世界モデル

## 5 今後の課題

実世界モデルの作成およびより詳細な状況推定を行うためには以下に示す課題がある。

- RFID タグの検出結果に基づく状況推定に関する課題  
本稿では、RFID タグの検出結果からモノの静止もしくは移動の状態と推定するのみであった。しかしながら、RFID タグの検出時刻およびリーダの検出エリアの詳細情報から、静止時間や移動速度など、より詳細な状況を推定できると考えられる。そのため、時間情報を用いた状況推定について検討する必要がある。例えば、非常に早い速度で走っている状況と早足で歩いている状況が交互に繰り返される場合、休みながら全力疾走をしている、つまり非常に急いでいる状況であると推定できる。
- 属性情報を用いた状況推定に関する課題  
3.3 節では、所有者から推定できる状況の整理を行ったが、今後は所有者以外の属性情報から推定できる状況について検討する必要がある。例えば、重さ情報は、モノの移動に制限を与えるため重要な属性情報であると考えている。重さの情報が与えられると、非常に重く、普段移動することのないモノの移動を検出する場合、引越しをしている状況であると推定できる。

また、属性情報の値が変化する場合（例えば、モノの所有者が変更になる場合）、属性 DB の更新が必要となる。そのような属性情報の変更の検出方法や、属性 DB の更新方法は重要な課題である。

- 実世界の知識を用いた状況推定に関する課題  
RFID タグの検出結果、属性情報以外にオントロジーや知識ベースを用いることで推定できる状況を検討することも重要である。例えば、「サンダル」、「スニーカー」、「ハイヒール」の上位概念として「履物」を定義する場合、履物が多数存在することによりその空間は「玄関」であると推定できる。つまり、下位概念の集合では推定困難な状況を上位概念を用いることで推定可能となる。そのため、概念化の方法や適用する知識の間の矛盾を検出する方法などを検討する必要がある。
- 推定基準の決定  
状況を推定するためには何らかの基準が必要となる。4 章では同一の所有者のモノの数により持ち物の推定を行ったが、そのような基準を適切に設定することにより、実世界の状況を正確に推定できる。

## 6 おわりに

本稿では、実世界モデルを構築し、それにより状況に応じたサービスを提供する環境理解型サービスにおいて、実世界モデルの作成手法と、本手法に基づくサービス起動例について述べた。環境理解型サービスでは、実世界モデルの作成は、RFID タグの検出結果に基づく状況推定、属性情報を用いた状況推定、そして、実世界の知識を用いた状況推定の 3 つのレイヤから構成される。本稿では、特に RFID タグの検出結果および属性情報として所有者の情報から、忘れ物通知サービスの起動を例に述べた。今後、さらなる状況に応じたサービスを提供するために、より詳細な状況を推定し実世界モデルを作成する必要がある。

## 参考文献

- [1] 山崎 憲一, “ コピキタスサービスとその技術課題, ” オペレーションズ・リサーチ, Vol.49, No.4, Apr. 2004.
- [2] 國頭 吾郎, 坂本 憲司, 山崎 憲一, “ 環境トリガーに基づくサービス提供プラットフォーム, ” 電子情報通信学会信学技報, NS2002-277, IN2002-250, pp.103-108, Mar. 2003.
- [3] “ EPC global, ” <http://www.epcglobalinc.org/>.
- [4] David L. Brock, Timothy P. Milne and Yun Y. Kang, Brendon Lewis “ The Physical Markup Language, ” <http://www.autoidlabs.org/whitepapers/MIT-AUTOID-WH-005.pdf>.
- [5] 山田 直治, 坂本 憲司, 國頭 吾郎, 山崎 憲一, “ 場の意味を考慮したユーザの状況推定, ” 電子情報通信学会信学技報, MoMuc2004-4, pp.19-24, May 2004.