

## セマンティック・センサネットワークの実現に向けた 実世界指向メタデータ管理システム MeT の設計

広田 裕<sup>†</sup> 川島 英之<sup>††</sup> 佐竹 聡<sup>†</sup>  
梅澤 猛<sup>†</sup> 今井 倫太<sup>†††</sup>

本稿は、コンピュータによって人間の日常生活環境を認識・管理するプラットフォームとしてセマンティック・センサネットワークを提案する。セマンティック・センサネットワークでは、日常生活環境を認識するために日常使用する物体に小型無線センサを付与すると同時に、物体情報をメタデータとして与える。提案するセマンティック・センサネットワークが環境認識に際して優れている点は、センサデータおよびメタデータから推論規則を用いて動的に新たなメタデータを生成できることである。特に、センサデータからオブジェクト間の関係を認識し、関連する物体のメタデータを基に新たなメタデータを生成するので、単体のセンサでは分からない環境の状態の認識が可能となる。さらに、生成されたメタデータを検索する機能も持つので、コミュニケーションロボットおよびパーソナルエージェント、コンピュータのユーザインタフェースによる実世界の環境に根ざしたサービスの構築が容易なものとなる。

### Design of Real World Oriented Metadata Management System MeT for Semantic Sensor Network

YUTAKA HIROTA,<sup>†</sup> HIDEYUKI KWASHIMA,<sup>††</sup> SATORU SATAKE,<sup>†</sup>  
TAKESHI UMEZAWA<sup>†</sup> and MICHITA IMAI<sup>†††</sup>

We propose the Semantic Sensor Network (platform for recognition and managing human's daily life environment by the computer.) In the semantic sensor network, We use a small, wireless sensor to recognize the daily life environment, and give the object object information as metadata. Moreover, new metadata can be generated by using the inference rule in the semantic sensor network. As a result, we can recognize the environment that a sensor cannot recognize. In addition, because Semantic Sensor Network has the function to retrieve the generated metadata, it becomes easy to construct the service for real world by User Interface such as communication robots and personal agents.

#### 1. はじめに

今日、様々な種類のセンサの開発・小型化に伴い、センサネットワークから得られる情報も多種多様で膨大なものとなってきている。一方で、センサネットワーク内の情報を人間に提供するエージェントの開発も盛んに行われており、コミュニケーションロボット、CGキャラクター、Intelligent Interface といった多彩な表現

能力(ジェスチャ、音声等)を所持するエージェントが我々の生活空間に進出してきている。その結果、センサネットワーク、エージェント、そして人間(ユーザ)の3者が相互にインタラクションすることができる生活空間が期待される。また、将来的には様々なエージェントがセンサネットワーク内に混在することが考えられ、人間がいつでもどこでもどのエージェントからもセンサネットワーク内の情報を容易に獲得できるようになることが求められてくる。このようにエージェントと人間がインタラクションをするためには、コンピュータが実世界の情報を認識し管理するためのセンサネットワーク・プラットフォームが必要である。様々なエージェントが共有して利用できるセンサネットワーク・プラットフォームを構築するには、センサネットワーク内の状況を管理する機能とエージェン

<sup>†</sup> 慶應義塾大学 理工学研究科  
Graduate School of Science and Technology, Keio University

<sup>††</sup> 慶應義塾大学 理工学部 情報工学科  
Department of Information and Computer Science, Faculty of Science and Technology, Keio University

<sup>†††</sup> 科学技術振興機構  
PRESTO, JST

トからの現在の状況に関する問い合わせに返答する機能が必要である。さらに、センサデータから認識した環境情報は様々なエージェントが共通して利用可能な表現形態である必要がある。

ロボットなどのエージェントが必要とする環境の情報をセンサネットワークから獲得する研究は盛んに行われている。例えば、西田ら<sup>2)</sup>は、日常環境において対象物を利用する人の活動に焦点を当て、人の活動を対象物の機能に基づいて観察し記述することができる対象物センサ化システムを提案している。また、センサデータを取得するミドルウェアの構築の研究として、丸山ら<sup>4)</sup>の MARS が挙げられる。MARS では、複数のセンサからのセンサデータをアグリゲーションするために、センサのメタ情報(センサの種類やバッテリーの残量等)から対象物周辺のセンサ値を取得している。また、状況の表現形態についてに関しては、八嶋ら<sup>3)</sup>は、仮想空間内に様々な物体を配置し、仮想空間内の物体の場所を位置関係の言語表現を用いて表す手法を提案している。服部ら<sup>1)</sup>は、実世界における RFID タグを付与したモノの振舞いをシンボル化して記述することで、モノや他のモノとの関係を推論を行ってオントロジー上の概念に対応付けるアルゴリズムを提案している。

しかしながら、既存のシステムでは、複数のエージェント間で共通的にシステムを使用するという事は想定しておらず、センサネットワークプラットフォームとしてそのまま使用することはできない。例えば、西田らの超音波 3 次元タグシステムでは、人間の行動認識というタスクに依存する形の情報表現は実現しているが一般性のある設計ではない。また、MARS は、アプリケーションにセンサデータを提供することを目的としているため、提供するセンサデータが、平均値、最大値、最小値となっており、センサデータに抽象的な意味付けを行っていない。そのため、エージェント間で言語に近いレベルの情報を共有することはできていない。また、八嶋らの研究では、論理表現を用いることで一般性の高い状況表現の生成を試みているが、センサネットワークから状況表現を作るには仮想空間とは異なり実世界の動的な変化への対処が必要となる。同様に、服部らの研究においてもモノのオントロジー構築が目的のため、動的な環境の変化を言語シンボルで扱うということまではできていない。一方で、問い合わせに対する返答の設計も工夫する必要がある。問い合わせに対して直接返答する形式の通信インタフェースだけでなく、動的に変化する環境において、例えば、ユーザに注意を促すような情報を適切

なタイミングで返答できる必要がある。

本稿では、コンピュータによって人間の日常生活を認識・管理するプラットフォームとしてセマンティック・センサネットワークを提案する。セマンティック・センサネットワークでは、日常生活環境を認識するために日常生活環境に小型無線センサを付与すると同時に、物体情報(オブジェクトの ID, 色や形といった属性といった不変的な情報)をメタデータとして与える。さらに、オブジェクトの状態、位置といった時間とともに変化する情報もメタデータとして動的に付与する。さらに、センサデータおよびメタデータから推論規則を用いてオブジェクト間の位置関係等に関するメタデータを新たに生成する。これにより、単体のセンサデータでは知り得ない環境の状態を認識可能となる。

本研究で提案するシステム MeT は、これらのメタデータを管理し、さらに生成されたメタデータの検索機能を所持している。これにより、コミュニケーションロボット及びパーソナルエージェント、コンピュータのユーザインタフェースによる実世界の環境に根ざしたサービス構築に大きく貢献できると考えられる。

本論文の構成は以下の通りである。第 2 節で、セマンティック・センサネットワークを提案し、第 3 節で MeT について述べる。第 4 節で MeT の実行例を示し、最後に第 5 節で本論文のまとめと今後の課題についてまとめる。

## 2. セマンティックセンサネットワーク

セマンティック・センサネットワークとは、コンピュータによって人間の日常生活を認識・管理するプラットフォームであり、記述論理がベースとなる。メタデータが付与されたセンサデータ群と推論規則群で世界モデルを構成しており、世界モデルを基に論理表現を意味解釈する。エージェントや人間は論理表現を用いて物体の状態及び、物体間の関係について、検索・監視・事実追加が可能で、世界モデル上の意味解釈モデルを用いて行われる。

セマンティック・センサネットワークにおいて、センサを付与する対象は本やカップのような日常生活する物体(以降オブジェクトと呼ぶ)と壁や床のような移動しない物体(以降ランドマークと呼ぶ)である。センサ自体は、位置・加速度・光などの種類があり、付与されるオブジェクトごとに適したものが選ばれる。

### 2.1 セマンティック・センサネットワークの実現に向けた課題

本研究では、センサネットワーク内において、ユー

ザに情報を提供するエージェントが複数存在することを想定する。ユーザとエージェントがインタラクシオンすることでセンサ情報を取得できるようになることを目指す。

以上の環境を実現するために、本研究では、2つの点に着目している。

- (1) 様々なエージェントが共通してシンボルで処理可能な表現形態でセンサデータを管理
- (2) エージェントが情報を選択して、センサデータを管理しているシステムに問い合わせが可能な検索機能の実現

1つ目の点について考える。例えば光センサから照度についての情報を取得する場合、センサから取得できる情報は、“80”や“100”といった数値データである。そのため、エージェントはこのセンサデータを取得し利用するには、照度についてのルールを持つ必要がある。例えば、「照度が50よりも小さければ、そのセンサの周辺は暗い」(if light sensor data < 50 then “dark”) というルールを所持しておくことで、エージェントはセンサデータを加工し利用することができる。これでは、他のエージェントが加工した情報を利用することはできないし、複数のエージェントが同じ加工処理を同時に行うこともありうる。つまり、センサデータをエージェント側で加工していたら非効率である。そこで、センサネットワークを管理しているコンピュータがセンサデータからシンボル情報を生成する推論ルールを所持して、センサデータだけでなく“dark”のような表現形態で記述した情報も管理できれば、エージェント同士で冗長なセンサデータの処理を行うことなく情報を共有することができる。

2つ目の点について考える。実世界環境において、エージェントが“机の上に置いてある物”についての情報を問い合わせる場合、対象となる物体が1つであるとは限らない。机の上に複数の物体が置いてある状況は十分に考えられるので、エージェントからの問い合わせに対して、“机の上に置いてある”という状況である物体の検索し、その結果を提供できる必要がある。また、問い合わせに対する返答の設計も工夫が必要である。問い合わせに対して、直接検索結果を返答する形式だけでなく、動的に変化する環境の情報を適切なタイミングで返答できる方法も必要になる。例えば、“机の上の危険な状況は？”という問い合わせに対して、“カップが本の上に置いてある”という状況から“本が濡れてしまう”ということを予測し、この情報を適切なタイミングでエージェントに知らせるアラーター (Alerter) 機能を実現しなければならない。

## 2.2 セマンティック・センサネットワークにおけるメタデータと推論ルール

セマンティック・センサネットワークでは各オブジェクトにメタデータが付与されており、メタデータに関する推論ルールを所持している。本研究では、メタデータを静的メタデータと動的メタデータの2種類に分類する。(静的メタデータと動的メタデータを合わせて、本研究では実世界指向メタデータと呼ぶ。)

### (1) 静的メタデータ

- センサが付与されているオブジェクトに関する基本情報(センサデータから分からない情報、時間的に不変)
- 例) センサID, オブジェクト名, 属性(色, 形など)

### (2) 動的メタデータ

- 時間的に動的に変化する情報
- 例) オブジェクトの状態, 位置, オブジェクト間の位置関係, オブジェクトと環境との関係など

これらのメタデータを本研究では、論理表現を用いて記述する。例えば、“オブジェクト1が動いている(move)”という状態を次のように表記する。

```
move(Object1) … [状態(オブジェクト名)]
```

また、状態の否定は次のように記述する。

```
not move(Object1)
```

また、“オブジェクト1がオブジェクト2の近くにある”ことを次のように記す。

```
near(Object1, Object2)  
… [関係(オブジェクト名, オブジェクト名)]
```

次に動的メタデータの生成に用いる推論ルールについて説明する。推論ルールには2種類ある。

- (1) オブジェクト毎に付与されている基本推論ルール
  - オブジェクトに付与されたセンサノードからのセンサデータと静的メタデータからオブジェクトの状態や位置を推論するルール
- (2) オブジェクト間の関係に関する関係推論ルール
  - 生成されているメタデータに対して適応される推論ルール。主にオブジェクト間の関係や環境との関係に関するメタデータを生成する。

これらの推論ルールの表記は次のようになる。

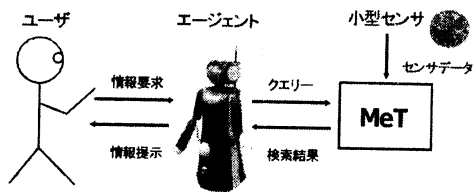


図1 MeT, ユーザ, エージェントの関係  
Fig. 1 Relation among MeT, User and Agent

A, B → C

これは, A というメタデータが付与されていて, かつ B というメタデータが付与されていたら, C というメタデータを付与可能だということを示す.

動的メタデータは推論ルールの実行に合わせて生成・管理される. この動的メタデータが, セマンティック・センサネットワークが環境認識において優れている点である. 環境内の状況に応じて, メタデータが付与されたり消えたりするというを実現できるので, 動的に変化する実世界環境を柔軟に表現することができるようになる. また, オブジェクト単体に生成されたメタデータと関連する物体とのメタデータを基に推論ルールから新たなメタデータを生成するので, 単体のセンサでは分からない環境の状態の表現が可能となる.

### 2.3 MeTの実装環境

本研究では, セマンティック・センサネットワークを実現するために, 実世界指向メタデータ管理システム MeT を提案する. MeT とユーザとエージェントとの関係を図1に示す.

MeT は, 小型センサからセンサーデータ(数値情報)を受信して, システム内部でメタデータの生成・管理をしている. そして, コミュニケーションロボットといったエージェントは, ユーザからの情報要求に対して MeT に問い合わせを行い, その問い合わせに対する検索結果を受け取る. そして, その検索結果を利用してユーザに情報を提示する. 本稿では, MeT のエージェントを PC のターミナルとして実装した. ここで, 本研究で利用した小型センサについて説明する.

#### 2.3.1 MICA-MOTE<sup>5)</sup>

オブジェクトの状態を認識するためのセンサとして, MICA-MOTE(以下 mote) を利用した. mote(図2左)からは, センサ ID, 加速度, 光, 音, 温度に関する情報を数値データで取得する.

#### 2.3.2 超音波3次元タグ<sup>6)</sup>

オブジェクトの位置情報を取得するためのセンサと

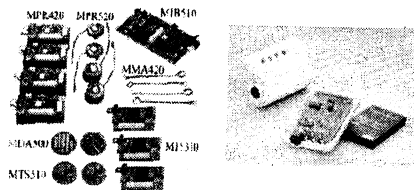


図2 小型センサ(左:MICA-MOTE, 右:超音波3次元タグ)  
Fig. 2 Small Sensor(left:MICA-MOTE, right:Ultrasonic 3D Tag)

して, 超音波3次元タグを利用した. これは, 天井や壁といった環境側に超音波の受信器を設置し, 超音波発信器を含んだ小型装置である3次元タグ(図2右)から発信された超音波が受信器に到達する時間を複数計測することで3次元位置の計測を行っている. 計測誤差は20mm~80mm程度である. 超音波3次元タグからはセンサ ID と3次元座標値に関する数値データを取得した.

### 2.4 MeTで解決する具体的な課題

MeTでは, セマンティックセンサネットワークの実現に向けて, 具体的に以下の3つの課題の解決を図る.

- (1) 複数のオブジェクト間の位置関係の変化に伴い, オブジェクトに付与されているメタデータが動的に変化することを実現する
- (2) 実世界におけるオブジェクトの位置情報を示す際に, 複数の表現(メタデータ)での提示を実現する
  - ランドマークの利用(例.「机の上」)
  - 人称を利用した表現(例.「あなたの近く」)
- (3) 動的に変化する環境において, ユーザに注意を促す情報の提示(Alerter)を実現する
  - 例.「カップが本の上にある」という位置関係から「本が濡れる」可能性があることをユーザに提示

これらの課題を解決するために, MeTでは, 実世界指向メタデータの生成・管理を行う機能と生成した実世界指向メタデータの検索機能を実現する.

## 3. MeT

本節では, MeTについて説明する. MeTのシステム構成図を図3に示す.

MeTは, 2つの機能を所持している.

- (1) 実世界指向メタデータの生成・管理
- (2) 実世界指向メタデータの検索

そのため, MeTでは, 2種類のデータ処理を行っている. 1つ目の機能を実現するために, センサデータ

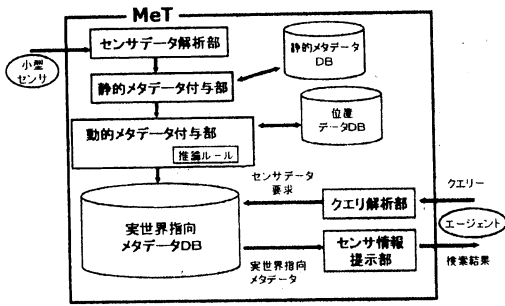
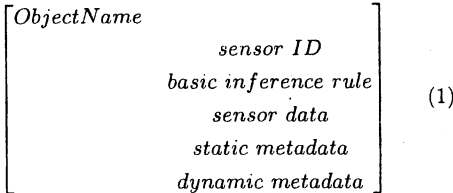


図 3 MeT のシステム構成  
Fig. 3 System Structure of MeT

から実世界指向メタデータの生成を行う処理を行う。2つ目の機能を実現するために、エージェントからのクエリを解析して、検索結果をエージェントに返す処理を行う。それぞれの処理について説明する。

### 3.1 実世界指向メタデータの生成・管理

センサーデータから実世界指向メタデータを生成・管理する処理は、3つのデータ処理部と3つのDBから構成される。ここで、データの基本構造を示す。



#### 3.1.1 センサーデータ解析部

mote と超音波 3 次元タグから取得したセンサーデータの解析を行う。

mote から受信したセンサーデータについては、加速度センサ値の処理を行う。本研究では、加速度センサ値からオブジェクトが動いているか動いていないかの判定に利用する。そこで、初期状態時に受信した加速度センサ値との差分値を計算しその結果を受信した加速度センサ値の代わりに静的メタデータ付与部に送る。また、センサーデータのエラー値に関する処理も行う。

超音波 3 次元タグから受信したセンサーデータについては、2つの処理を行う。1つは、位置座標の推移を知るために、1つ前に受信した位置座標値と最新の位置座標値から2点間の距離を計算して、その情報も静的メタデータ付与部に送る。2つ目としては、超音波 3 次元タグシステムが位置座標の計算に失敗した場合のエラー値の処理を行う。

#### 3.1.2 静的メタデータ付与部

静的メタデータ付与部では、受信したセンサーデータのセンサ ID からオブジェクトについての物体情報を

表 1 静的メタデータ DB  
Table 1 Static metadata Data Base

motelD	超音波 3 次元タグ ID	type	color
125	055	Book	red
156	051	Cup	white
0	058	Human	—

静的メタデータ DB から取得して、オブジェクトに静的メタデータの付与を行う。

#### 3.1.3 静的メタデータ DB

静的メタデータ DB で管理している情報を表 1 に示す。type は、book,cup,human といったセンサを付与した対象 (物や人) の種別に関する情報で、color はオブジェクトの色を指している (人については color の設定はしていない。) また、静的メタデータ DB ではオブジェクトに付与されていないセンサの ID については 0 と定義する。

#### 3.1.4 動的メタデータ付与部

動的メタデータ付与部では、2種類の推論ルールを用いて、動的メタデータの生成を行う。

まず、オブジェクト毎に付与されている基本推論ルールについて説明する。基本推論ルールには各オブジェクトごとに受信したセンサーデータから状態や位置に関するメタデータを生成するためのルールが記述してある。

例えば、mote から受信したセンサーデータから次に示す動的メタデータを生成する。

- 加速度センサの差分値…差分値が 0.00 であれば “stay”, それ以外であれば “stay” を付加
- 光センサ値…照度の具合を 3 段階に分類。 “luminous” “dim” “dark” のいずれかを付加
- 音センサ…センサ周囲の音量を 2 種類に分類。 “normal” もしくは “noisy” を付加

例えば、mote から次のようなセンサーデータ (センサ ID, 加速度センサ値の差分値, 光センサ値, 音センサ値) を受信したら、

125 0.00 100 100

動的メタデータが、

125 stay luminous normal

と付与される。

超音波 3 次元タグから取得したセンサーデータから生成される動的メタデータについて説明する。推論ルールには位置座標の範囲が記述してある。例えば、“あるオブジェクト (OBJECT) の z 座標が 10cm 未満で

あれば, “on(OBJECT,Floor)”である”という推論ルールを所持している. このような推論ルールを利用して, 位置に関する動的メタデータを生成する

例えば, オブジェクト A に付与されている超音波 3 次元タグから次のようなセンサデータ (センサ ID, x 座標値, y 座標値, z 座標値) を受信したら,

055 300.14 400.56 3.00

動的メタデータが,

055 on(A,Floor) near(A,Window)

と付与される.

次に, 複数のオブジェクト間の関係に関する関係推論ルールについて説明する. 関係推論ルールから生成されるメタデータは 2 種類ある.

- (1) 2つのオブジェクト(もしくは人)間の位置関係
- (2) センサデータ及びメタデータから推論されるオブジェクト間, もしくはオブジェクトと環境との関係

まず, (1) の位置関係に関するメタデータについて near(Object1,Object2) を例に説明すると関係推論ルールには, near(Object1,Object2) という推論結果が生成されるための位置関係に関する条件が記述されている. 本研究では, 条件として両オブジェクト間の距離が 30cm 未満と記述してある. この関係推論ルールを利用することで, 複数のオブジェクト間の位置関係に関するメタデータを生成する. この他にも, “オブジェクト 1 がオブジェクト 2 の上に置いてある” という状態を “on(Object1,Object2)” と記述し, 関係推論ルールが定義されている.

次に (2) について説明する. 関係推論ルールの例として, ユーザに注意を促すメタデータの生成について説明する. 具体的には, “カップが本の上に置いてあり, かつカップに飲物が入っているのであれば本は濡れる可能性がある” と推論する. この例をシンボルで表記すると, まずカップに飲物が入っているかどうかは本研究では光センサの値で判断する. 飲物が入っていない状態であれば, empty(Cup) というメタデータが生成される. このことを利用して関係推論ルールを記述すると,

on(Cup,Book) かつ not empty(Cup)  
→ Wetdancer(Book)

となる. このようにして, 関係推論ルールを利用す

ることで, メタデータからさらに新しいメタデータを生成することが可能になる.

### 3.1.5 位置データ DB

環境内に存在する全ての超音波 3 次元タグから取得した位置情報を随時更新しながら管理している.

### 3.1.6 実世界指向メタデータ DB

実世界指向メタデータ DB では, 各オブジェクト (or 人) ごとにメタデータを管理している. つまり, あるオブジェクトに mote と超音波 3 次元タグが付与されていたら, 両方から取得したメタデータを 1 つにまとめて管理する. 下記に例を示す.

ObjectA: book red stay dark normal on(A,Desk)  
ObjectB: cup white move dim near(B,HumanA)  
HumanA: near(HumanA,Cup)

MeT では, センサデータを受信する度に, 実世界指向メタデータの生成を行い, 管理する.

### 3.2 実世界指向メタデータの検索

MeT では, 実世界指向メタデータの検索機能を実現するために, 2つのデータ処理部と実世界指向メタデータ DB を利用する.

#### 3.2.1 クエリ解析部

MeT では 2 種類の検索ができる. 1 つは, メタデータを指定して, そのメタデータが付与されているオブジェクトを検索する. もう 1 つは, オブジェクトと属性を指定して, そのオブジェクトに付与されているメタデータを検索する. ユーザは検索開始時に, どちらの検索を行うかを指定する.

例えば, メタデータからオブジェクトを検索すると指定した場合は, メタデータとして,

> stay(X) & red(X)

と複数指定して入力することが可能で, AND 検索や OR 検索を行うことができる.

また, オブジェクトからメタデータを検索するクエリは次のように表記する.

> where (OBJECT, Y)

これは, OBJECT 部分に情報を知りたいオブジェクトを指定することでそのオブジェクトに付与されている位置に関するメタデータを要求することができる.

最後に, アラームに関するクエリについて説明する. 例えば, “机の上で危険な状況は?” というクエリは次のように表記する.

> watch (Danger, Desk, X)

クエリ解析部では、メタデータ検索かオブジェクト検索かの情報とユーザが入力したメタデータもしくはオブジェクト情報の解析を行い、実世界指向メタデータDBに問い合わせる。実世界指向メタデータDBでは先に説明した通り、メタデータを論理表現に基づいた記述で管理しているため、オブジェクトやメタデータについての情報を容易に検索することができる。

### 3.2.2 センサ情報提示部

センサ情報提示部では、実世界指向メタデータDBから取得した検索対象についての情報を受け取り提示する。例えば、検索結果が本Aであれば、

-search result-

X = bookA

と提示する。さらに、MeTでは、本については本の著者やタイトルについての情報も管理しているので、本についての詳細な情報を問い合わせることもできる。

## 4. 実行例

本節では、具体的な実行結果の例を示す。

### 4.1 オブジェクトへの動的メタデータの付与

オブジェクトに動的メタデータが付与される例を示す。本とカップの2つのオブジェクトに超音波3次元タグを付与して、2つのオブジェクト間の距離を変化させたときの本に付与される動的メタデータの変化を図4に示す。図4中のnear(Book,Cup)は、本がカップの近くに置いてある状態を表しており、near(Book,empty)は、本の近くにオブジェクトが無く、動的メタデータが生成されていない状態を示す。

図4で示した通り、2つのオブジェクト間の距離が閾値（設計者が設定）未満になるとnear(Book,Cup)という動的メタデータが付与されているのが分かる。動的メタデータの推移が一定でないのは、超音波3次元タグが取得した値の誤差によるものである。このようにして、実世界空間におけるオブジェクトの位置変化とともに、MeTはオブジェクトの位置を表す動的メタデータを生成することを実現した。

### 4.2 複数の表現による位置情報の提示

ティッシュ箱に超音波3次元タグを付与して、図5に示した2箇所に置いてあるときに、MeTが提示してくれるオブジェクトの位置情報を示す。

図5の左側の写真ではティッシュ箱は窓際の床の上に置いてあり、右側の写真では机の雨の上に置いてあ

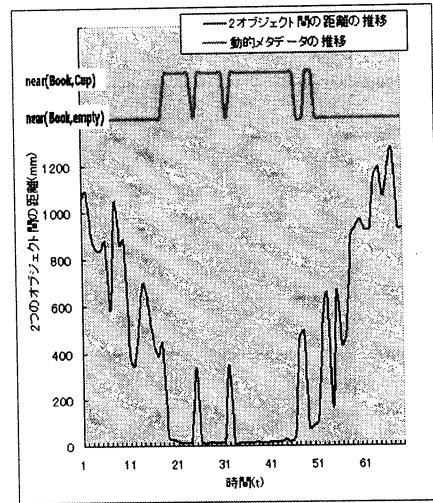


図4 動的メタデータの生成

Fig. 4 Generation of dynamic metadata

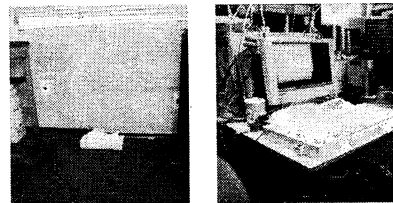


図5 ティッシュ箱の位置

Fig. 5 Location of a tissue box

る。それぞれの位置にティッシュ箱が置いてあるときにMeTが提示する位置情報に関するメタデータの出力結果は次のようになる。

```
(ティッシュ箱が窓際の床の上に置いてある)
> where (Tissue, Y)
-search result-
Y = on(Tissue,Floor) near(Tissue,Window)
(ティッシュ箱を机の上に移動)
> where (Tissue, Y)
-search result-
Y = on(Tissue,Desk) near(Tissue,HumanA)
```

このようにして、エージェントがオブジェクトの位置を指し示すのに複数の表現で位置情報を提供するために、MeTではオブジェクトに複数の位置情報に関する動的メタデータ付与しておくことで実現した。つまり、エージェントは動的メタデータの情報を組み合わせることで利用したり、ユーザの好みに応じた情報表現で

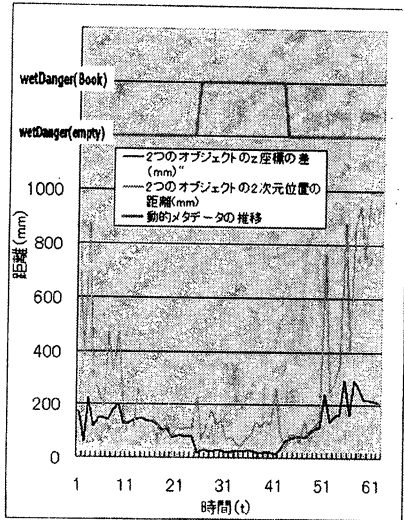


図6 ユーザに注意を促すメタデータの生成  
Fig.6 Generation of Attention Metadata

位置情報を提供することが可能になる。

#### 4.3 ユーザに注意を促す動的メタデータの生成

カップが本の上に置いてあるときに、ユーザへの注意を促す動的メタデータ“wetDanger(Book)”が付与される例を示す。まず、ターミナル上における出力結果は次のようになる。

```
> watch (Danger, Desk, X)
X = wetDanger(Book)
```

Alerter機能により、このWetDanger(Book)は、関係推論ルールが成り立っている間は表示し続ける。

次に、飲物を入れたカップを本に近づけていき本の上に置いて、しばらくしたら、本から遠ざけていく際のセンサデータの変化に伴う動的メタデータの推移を図6に示す。“カップが本の上に置いてある”という状態を認識するのに、本研究では、2つのデータを利用している。本とカップの2次元的位置と本とカップのz座標の差である。それぞれのデータに条件が設定されており、その条件を両方とも満たしたときに動的メタデータ“wetDanger(Book)”が生成される。

図6に示した通り、カップを本に近づけていき、本の上に置いてある状態の時に、本には“wetDanger(Book)”という注意を促す動的メタデータが付与されていることが分かる。このようにして、MeTではオブジェクトに付与されている複数のメタデータ及びセンサデータから新しい動的メタデータの生成を行

うことを実現した。

## 5. 結 論

本稿では、セマンティック・センサネットワークを実現する機構として、実世界指向メタデータ管理システムMeTを提案した。MeTは実世界指向メタデータの生成・管理機能と検索機能を所持している。実世界指向メタデータを生成するためにオブジェクトの位置や状態に関する情報を小型センサから取得して、そのセンサデータから推論ルールを利用して動的メタデータの生成を行う。さらに、複数のメタデータから推論ルールを利用して新たに動的メタデータの生成を行なうことができる。そのため、単体のセンサだけでは認識できない状況の認識を可能としている。

今後の展開としては、実世界指向メタデータを生成するための推論ルールを充実させていき、汎用化を目指してセマンティック・センサネットワークにおけるオントロジーの構築を目指す予定である。また、センサネットワークとインターネットを結びつけるために、メタデータにリンク機能を持たせて、インターネット上の情報も取得できるような仕組みも構築していく予定である。

## 参 考 文 献

- 1) 服部 正嗣, 平松 薫, 柳沢 豊, 山田 辰美, 岡留 剛, 佐藤 哲司: 環境の多様な利用のための実世界セマンティクスに関する考察, 人工知能学会研究会資料, SIG-SWO-A403-02, 2004.
- 2) 西田佳史, 相澤洋志, 北村光司, 堀俊夫, 柿倉正義, 溝口博: センサルームを用いた人の日常活動の頑健な観察とその応用, 情報処理学会研究報告, 2003-HI-106, 2003-MUS-52, pp. 37-44, 2003.
- 3) 八嶋 栄美子, 齋藤 豪, 奥村 学, 中嶋 正之: “仮想空間における位置関係の表現”, 情報処理学会研究報告, 2001-CG-104, pp.9-12, 2001.
- 4) 丸山大佑, 青木俊, 高汐一紀, 徳田英幸: センサのメタ情報を利用したセンサデータ取得ミドルウェアの構築. 情報処理学会第4回ユビキタスコンピューティングシステム研究会論文集 (4 2004), pages 11-16, 2004.
- 5) Samuel R. Madden, Michael J. Franklin, Joseph M. Hellerstein, and Wei Hong. The Design of an Acquisitional Query Processor For Sensor Networks. *ACM SIGMOD*, pp.491-502, 2003.
- 6) Y. Nishida, H. Aizawa, T. Hori, N. Hoffman, T. Kanade, and M. Kakikura: 3D ultrasonic tagging system for observing human activity. *In Proc. of IROS-2003*, pp.785-791, 2003.