

センサネットワークを用いた意味処理過程の可視化

松下直樹[†], 吉野 孝^{††}, 服部 正嗣^{†††}, 平松 薫^{†††}, 岡留 剛^{†††}

[†] 和歌山大学大学院システム工学研究科

^{††} 和歌山大学システム工学部

^{†††} 日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所

1. はじめに

近年、センサの小型化と省電力化が進んでおり、また無線通信技術の発達により、身の回りのモノにセンサを付けることが可能となりつつある。それらの技術を用いてセンサネットワークを構築し、さまざまなサービスを提供する研究が盛んに行われている [1]。

他方では、セマンティックウェブの技術が開発されてきており、オントロジの構築など人工知能分野の技術を応用した意味処理技術が発達してきている。

本研究では、あらゆる人工物にセンサとRFID、無線を備えた汎用的センサノードが付いていることを仮定し、モノの挙動からモノの役割と名前を推論する研究を行っている。モノの役割を推論すれば、ユーザが何かの代換としてモノを用いた時、本来そのモノの役割でない使い方を捉えることができる。そのような「本来持たない役割」を発見することによって、代換品を用いた人間の作業のサポートが可能となる [2]。

しかし、推論の作業はコンピュータの中でなされるため、センサの値がどのように変化し、推論がどのように行われたかを知ることはできない。また、このシステムを用いたサービスはセンサ情報の一部と推論の結果だけを用いると考えられ、推論過程の確認はできない。そこで、センサデータと推論の過程の変化とを可視化する方法について検討を行った。

2. 可視化の必要性

推論はコンピュータの中で行われ、データベースにセンサデータと推論過程などが記録される。これらを文字列や数字としてデータベースから読み出していくことができる。しかし、推論システムのユーザやサービスの開発者は文字列や数値のデータを見て、モノがどのように動き、センサが何を捉え、それを元にコンピュータがどのような推論をしたかを知ることが難しい。そこで二段階の可視化を行うことによってユーザや開発者の助けとする。

センサデータの反映：ほとんど処理されていないセンサデータを直接あるいはデータベースから取り込み、推論の元となる変化を可視化する。これにより、RFIDやセンサが壊れていないかを確認できる。また、複数のセンサから空間全体の変化を捉えることができ、現実とセンサが捉えたコトの差を把握することもできる。

推論過程の表示：推論の推移や仕方をイメージで捉えることができる。ユーザは推論の様子を動的に把握し、チェックすることができる。さらに推論システム開発者は異常な推論をしていないかチェックすることにより、推論システムのチューニングに利用できる。

3. 推論システムの概略

現在、役割推論のためにオフィスを想定した実験室を構築している。実験室にはドアや机、椅子、本などのほとんどのモノにセンサノードが取り付けられている。センサノードは、加速度(XYZ軸)、温度、湿度、照度、焦電(人感)の五種類のセンサとメモリ、CPUと通信装置とから成り立っている。

モノに起こった事象をコンピュータに認識させるための手順は以下の通りである。

検知：モノに人が触ったり、モノの周囲の物にアクションがあるとモノの状況が変化する。変化はモノ自身、あるいは

Visualization of semantic processing stages using a sensor network

Naoki Matsushita[†], Takashi Yoshino^{††}
Takashi Hattori^{†††}, Kaoru Hiramatsu^{†††}, Takeshi Okadome^{†††}

[†] Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University

^{††} Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

^{†††} NTT Communication Science Laboratories,

Nippon Telegraph and Telephone Corporation

部屋などの環境に埋め込まれたセンサによって捉えられる。

意味づけ：捉えられたセンサ情報は数値の羅列である。数値の変化に応じて切り分けられ、切り分けた単位で意味が割り当てられる。

機能素：意味づけされたセンサデータと他のモノとの関係性などを考慮して、モノが何をしたかを原始的な機能で表す。この原始的な機能は、価値工学の機能定義と生産工学のサーブリック分析の基本動作から選び出し、「移動する」、「吸収する」、「分離する」など状態と状態変化からなる19種の原始機能素である(表1)。この19種の機能素を用いることによりWordNetという辞書にある人工物からランダムに100個を抽出し、約9割が表現可能であった。

イベント：原始機能素の組み合わせとモノ同士の関係を定義したオントロジによりモノに起こったイベントを知ることができる。またイベントを組み合わせることにより、モノがどんな仕事をしたかという機能を見つけることになる。

さらにイベントを組み合わせることにより、部屋全体で起こった、より高次の出来事の推測が可能となると思われる。

4. センサデータの反映

センサの情報を全体的に知るためにセンサデータを見える形で表示し、推論システム「検知」部分の可視化をした。

センサノードがあらゆる人工物に付いたと仮定すると、ノードの数は膨大になる。そこで、平面より多くの情報を表示できるように、仮想三次元空間を用いることとし、3次元の実世界と対応を取るようにした。3次元空間にすることにより視点を自由に変えることができるため、画面上重なったオブジェクトも視点が回り込むことで確認することができる。また、見やすくするために壁と天井、床は内側だけが見え、外側は見えない。つまり、外から部屋を見た場合、手前の壁は見えず、オブジェクトと奥の壁が見える。

仮想空間内に部屋と幾つかのオブジェクト(家具など)を配置した。これらは、既にコンピュータが何であるかを知っているモノとする。また、何か分からないモノも存在する。それらはまだ推論の途中であるため、抽象物として球に置き換えて配置した。センサノードのセンサのうち加速度、温度、焦電センサの3種類についてセンサデータをオブジェクトの動きと色として変化させた(図1)。

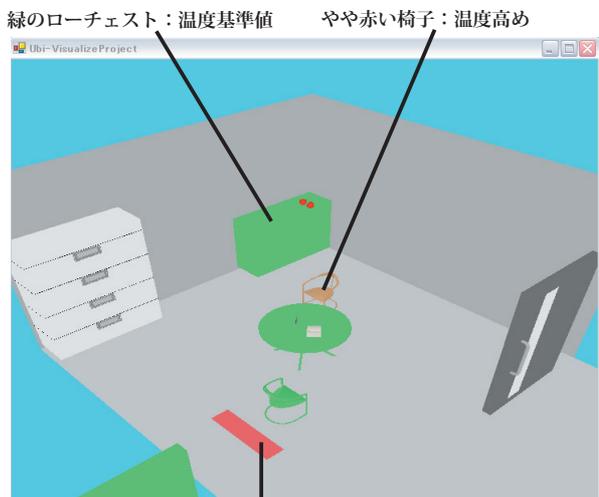
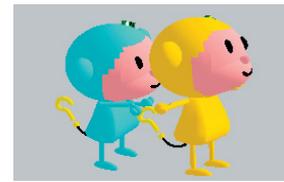


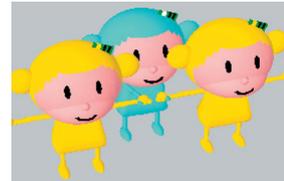
図1：仮想空間によるセンサデータの反映

表1：原始機能素及びその意味と表現方法

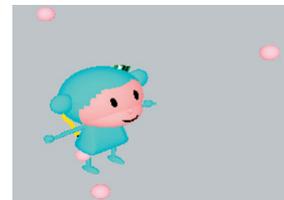
	原始機能素	意味	表現方法
状態	1 Move (oneself) :	主語となるモノが自ら動いている	主キャラの移動する
	2 Transport others	主語となるモノが目的語のモノを動かす	他キャラを運ぶ
	3 Transform (others)	主語が目的語となるモノを変形させる	他キャラに接触し、色を変更させる
	4 Emit (heat, light, etc)	「電磁波、熱など」の伝播を発生する	主キャラから無数の小球が発散する
	5 Absorb (heat, light, etc)	主語が「電磁波や熱など」を吸収する	主キャラに無数の小球が吸収する
	Contact	主語が目的語と接触している	
	6 Twist	主語が目的語のモノにトルクを与える	他キャラをその場で回転させる
	7 Press	主語が目的語のモノに圧力を与える	他キャラを押す
	8 Support	主語が目的語のモノの重量を支える	他キャラを持ち上げる
	Restrict	なんらかの制約を加える	
	9 Isolate	電磁波や熱などの伝播を遮断する	前から飛んでくる小球を受け止める
	10 Guide	他のモノの移動を一定経路に制限、導く	他キャラの手を引っ張って移動させる
状態変化	11 Blockade	他のモノの移動を遮断、通行を邪魔する	他キャラの移動を阻止する
	12 Stand by	主語がなにもしていない	主キャラの静止する
	Assemble (two artifacts)	主語が対象となる二つのモノを接続する	
	13 Lock in	接続が永続的である	二つの他キャラを合体、混色させる
	14 Connect	接続が後に分解することが前提である	二つの他キャラを接触させる
	15 Disassemble	主語が目的語のモノを分解する	一つ他キャラを分裂、減色させる
	16 Release	主語が接触状態にあった目的語を離す	接触中の他キャラを分離させる
	Contact	主語が目的語と接触する	
	17 Apply Force	主語が目的語に力を与え始める	他キャラを押し始める
18 Relax	主語が目的語に力を与え終える	他キャラを押すのをやめる	
19 Posses	主語が目的語のモノを保持する	他キャラを持ち上げ始める	



(a)Transport others



(b)Assemble - Connect



(c)Emit (heat, light, etc)

図2：原始機能表現例

加速度：センサで捉えられた加速度から移動距離を算出、モノを移動することによって表現。

温度：オブジェクト表面の色を、サーモグラフィのように標準温度を緑、標準より高ければ徐々に赤っぽく、低ければ青っぽく変化させることで表現。

焦電：センサが反応がある、なしの二値のため、反応あるときに点滅させる。また、指向性が加速度センサZ軸方向にあるため、複数の焦電センサの範囲が重なった所に人が居るかのようなフォグ(霧)を発生させることで表現。

その他のセンサとして床圧センサがある。床圧センサは一つ18cm四方のセンサで部屋に敷き詰められており、各センサが二値を返す。仮想空間にも床面を対応する大きさに分割し、圧力があると反応したセンサの部分の色を変化させた。

5. 推論の可視化

推論の可視化では機能素からイベントを可視化している。推論はコンピュータの中で行われているため、見る事ができない。推論を言葉あるいは文字で表現することは、一般のユーザが推論を直感的に理解することは難しい。そこで容易に理解できるように動的に表すこととした。

推論を表現する時の問題点は、どのようなモノを推論しているか分からない点である。あるセンサノードが変化を捉えていても、センサノードが何に付けられているかが分からない。次の二点を方針とした。

a. モノを抽象化

何か分からないモノをそのまま表現することはできない。そこで、一定の物に置き換え、抽象的に表すことにした。初めは球を連結させたモデルを用いていたが、現在はキャラクターを用い、モノを擬人的に表している。また、一つのモノの推論に必要な他のモノも色を変えたキャラクターを用いている。

b. 「原始機能素」を実演

これらのモデルを用いて原始機能素を動きによって表している。図2(a)はTransportの途中である。左側のキャラクターがもう一つのキャラクターを持ち上げて運ぶことによってTransportしている。また、図2(b)はConnectを

表している。中央のキャラクターが左右のキャラクターの腕を持ち、手をくっつけるところである。図2(c)はキャラクターから小球が次々と飛び出していくことにより電磁波や熱を発生していることを表している。このような原始機能素の通りの動きを組み合わせることにより、さらに高度なイベントを表せると考えている。このようなキャラクターの動きだけでなく、キャラクター同士の合体、分解の際にキャラクター表面の混色、減色を行ない、より分かりやすくしている。

推論が進むと途中でモノが何か分かる時がある。キャラクター尻尾には「？」が付いているため、推論途中で何か分からなかった時に「？」を3Dモデルに置き換えることとした。

6. まとめ

本論文ではセンサネットワークとオントロジを用いてモノの役割と名前を推論する研究において、センサデータとモノの推論の過程を可視化する方法を示した。

センサデータの可視化は、仮想空間の部屋でモノの動きの再現と色を用いた温度表現、フォグを用いた人の表示を使って表すことができた。推論過程の可視化は、推論で用いられる原始機能素をキャラクターを用いて表現することができた。

今後必要なことは、現在行っていない湿度及び照度センサを可視化することである。また、推論の可視化の方法に関しては、原始機能素の組み合わせでイベントを推論する過程において、どのようにキャラクターの動きを組み合わせるかが課題である。また、このようなキャラクターによる表現で十分であるかどうかを確かめる必要がある。

参考文献

- [1] Mani Srivastava, Richard Muntz, Miodrag Potkonjak, "Smart Kindergarten: Sensor-based Wireless Networks for Smart Developmental Problem-solving Environments", Proceedings of the ACM SIGMOBILE Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM) 2001, pp.132-138, 2001.
- [2] 岡留 剛, 服部 正嗣, 平松 薫, 柳沢 豊, 山田 辰美, 佐藤 哲司, "Pervasive Association: ユビキタス環境における意味統合 (1)", マルチメディア・分散・協調とモバイル (DICOM2005) シンポジウム論文集, pp.165-168, 2005.