

行動オントロジによるセンサデータからの複合イベント検出について Complex Event Detection from Sensor Data by Using Activity Ontology

佐々木 勇和[†] 築井 美咲[‡] 高橋 正和[‡] 杉浦 健人[‡] 石川 佳治^{‡§}
Yuya Sasaki[†] Misaki Yanai[‡] Masakazu Takahashi[‡] Kento Sugiura[‡] Yoshiharu Ishikawa^{‡§}

1. まえがき

近年、多くの人がスマートフォンなどの移動端末を常に持ち歩いている。また、GPSや加速度センサなど複数のセンサが移動端末に搭載されていることが一般的である。これらのセンサから取得したデータを用いて、行動や状況の推測が可能であるため、見守りサービスや情報推薦などのアプリケーションへの応用が期待されている。例えば、GPSなどの位置測位装置から、移動端末の位置を把握できるため、普段の行動範囲と現在の位置の違いを検出することや近くのレストランの情報を配布することなどが可能である。また、複数のセンサデータを組み合わせることにより、より高次の行動を推測することも可能である。本稿では、単一のセンサデータから認識できる行動をイベントとして抽象化し、複数のイベントから定義されるイベントを複合イベントと定義する。センサデータから、複合イベントを検出するためには、知識として、オントロジを用いることが有効である[4]。オントロジは、概念と関連を記述したもので、行動認識のためのオントロジを行動オントロジとよぶ。オントロジを用いて行動を認識するモデルは、論理ベースのモデルなどの他のモデルに比べ、柔軟さや、拡張性、表現能力などで勝っているという特徴がある。

行動オントロジを構築する上で、どのセンサをもとに行動を推定するか、および、どのような行動を検出したいかを定める必要がある。本稿では、センサとして、一般的に普及している、加速度センサ、音響センサ、および位置測位装置を用いることを想定する。高次の行動を単体のセンサデータからでは推測できない日常生活の行動とし、その行動を検出するための行動オントロジの構築を目標とする。行動オントロジでは、センサから抽出されるイベントや、さらに、時間や個人情報などを関連付け、複合イベントを定義する。例えば、“レストランにいる”というイベント、“食事”というイベント、および“昼”という要素が同時に発生しているとき、“外でランチ”という複合イベントが発生する。このような日常生活の行動から高次の生活パターンを認識し、新たなサービス基盤を提供する行動オントロジを構築することが目標である。

2. 関連研究

文献[4]にて、オントロジを用いた行動認識に関する研究調査がされており、行動認識におけるオントロジの重要性がわかる。文献[3]では、位置情報と加速度センサを用いた行動推定を行っている。オントロジでは、“行動”と“場所”を関連付けることにより、センサデータの曖昧性を解消し、行動推定の精度を上げている。例えば、加速度センサより、“階段を下りる”という行動をしている可能性が、“坂を下る”という行動より高いと判定された場合でも、現在地が階段のない場所（例えば、森など）にいる場合では、“坂を下る”という行動が正しいと判定できる。文献[1]では、人がもつ移動端末だけではなく、コップなどの物体にもセンサをつけ、物体の移動もイベントとして抽象化し、オントロジで複合イベントを定義している。文献[2]では、スマートフォンのマイクと加速度センサ、GPSを用いて、行動の検出を行っている。加速度センサで、作業して

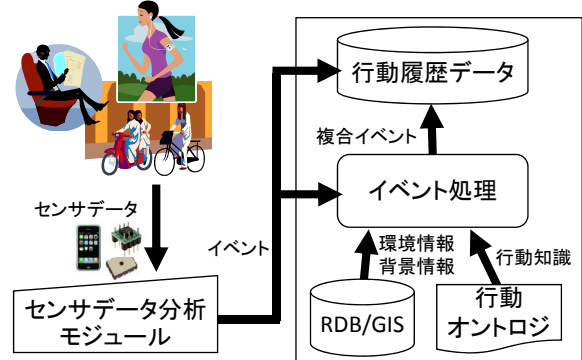


図 1: システム図

いるかを判定し、作業時のみマイクを用いて行動推定を行う。この研究では、マイクで検出できる行動のみに着目しており、オントロジを用いるなどして、複合的なイベントまで定義していない。

筆者らが知る限りでは、加速度センサ、音響センサ、および、位置情報を用いて、複合イベントを検出するようなオントロジは構築されていない。

3. システムモデル

本稿では、人が保持するスマートフォンなどの移動端末に搭載された、加速度センサ、音響センサ、および位置測位装置を用いることを想定する。行動検出のためのシステムを図1で示す。まず、人が保持するセンサデータからデータを抽出し、センサデータ分析モジュールにて、データを分析する。加速度センサからは、歩くや座るなどの人の動きを検出し、音響センサからは、掃除機や電車内などの音によって判別できる状況を検出する。それぞれ検出した行動と位置情報をイベントとして、イベント処理システムに送信し、どのような高次の行動を人がしているかを検出する。このとき、リレーショナルデータベース（RDB）や地理情報システム（GIS）に蓄積された情報から、人のプロフィール情報（年齢や職業など）や緯度経度に対応する地理情報（自宅やデパート、屋外など）を取得する。行動オントロジにより、イベント同士の関連を走査し、複合イベントを検出する。それぞれのイベントは、行動履歴データとして蓄積され、行動分析や情報推薦などに用いられる。

4. 行動オントロジ

本稿で構築する行動オントロジは、文献[3]で構築されたCOSAR-Ont オントロジを基に構築する。具体的には、まずCOSAR-Ont オントロジから、移動端末から把握できないような概念を削除する。その後、音響センサの概念を追加することで、移動端末に搭載されたセンサから把握できる複合イベントを定義する。

図2に構築した行動オントロジの主要な概念と関連を示し、表1でそれぞれの概念の下位概念数を示している。行動(Activity)は、時間(Time)、人(Person)、センサ(Sensor)、および位置(SymbolicLocation)に関連付けられ、人は個人情報(PersonalInfo)に関連付けられている。また、センサも位置に関連付けることにより、位置と関連がないセンサデータが検出された際に誤りと判断することができる。図3は、高次の行動である複合イベントを示す。行動(Activity)は、自宅での行動

[†]名古屋大学未来社会創造機構

Institute of Innovation for Future Society, Nagoya University

[‡]名古屋大学大学院情報科学研究科

Grad. Sch. of Information Science, Nagoya University

[§]国立情報科学研究所

National Institute of Informatics

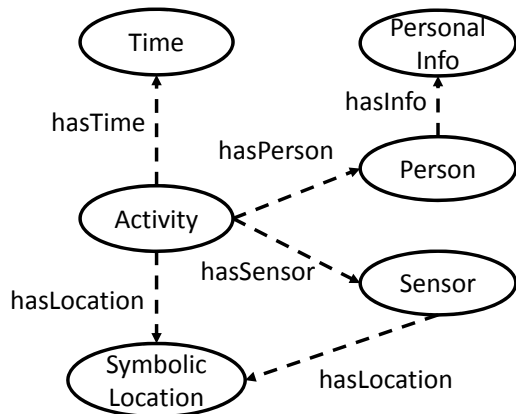


図 2: オントロジの主要概念と関連

表 1: 下位概念数

概念	下位概念数
Activity	15
SymbolicLocation	13
Person	10
Sensor	15
Time	11
PersonalInfo	15

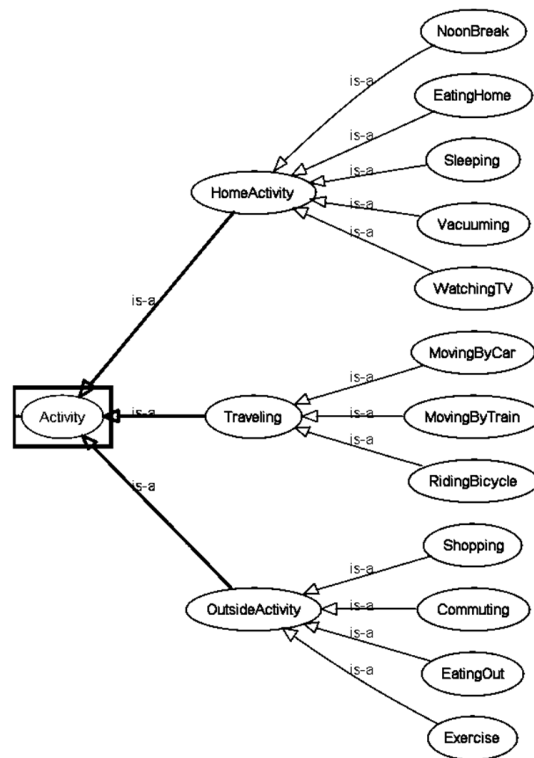


図 3: 行動オントロジ

(HomeActivity), 移動中 (Traveling), および自宅外での行動 (OutsideActivity) の三つの下位概念をもち、それぞれの下位概念を以下のように位置に関連付けて定義する。

$\text{HomeActivity} \sqsubseteq \text{Activity} \sqcap \text{hasLocation.Home}$

$\text{Traveling} \sqsubseteq \text{Activity} \sqcap \text{hasLocation.OutsideLocation}$

$\text{OutsideActivity} \sqsubseteq \text{Activity} \sqcap \neg \text{hasLocation.Home}$

まず、自宅での行動は自宅 (Home) と関連、移動中は屋外 (OutsideLocation) と関連、および自宅外での行動は自宅にない (not Home) と関連付けられる。ここで、位置は屋外と屋内 (InsideLocation) を下位概念としてもち、さらに、屋外は公園や市街地など、および屋内は自宅とそれ以外のレストランなどの建物をそれぞれ下位概念としてもつ。行動の下位概念は、さらに細かい関連付けがされている。例えば、車で移動 (MovingByCar) は、以下のように定義される。

$\text{MovingByCar} \sqsubseteq \text{Traveling} \sqcap \forall \text{hasSensor.}(\text{Car} \sqcap \text{Seating})$

それぞれの行動の下位概念は、以下のような関連を基本的にもつ。

1. HomeActivity : 人の動きと人が発する音や人が使ってる物が発する音を関連付けることにより定義する。例えば、掃除機をかける (Vacuuming) は、歩くもしくは立つ、および掃除機の音が同時に発生している場合と定義することができる。
2. Traveling : 人の動きと環境音を関連付けることにより定義する。
3. OutsideActivity : 行動をする可能性がある場所、動き、人、および時間を関連付けることにより定義する。例えば、通勤する (Commuting) は、屋外、歩く、労働者、および平日の朝が同時に発生している場合と定義することができる。

上記のように、複数の概念が同時に発生した場合に、複合イベントを検出する。

5. むすび

本稿では、移動端末に搭載されたセンサから、高次な行動を検出するためのオントロジを構築した。センサとして、位置測定装置、加速度センサ、および音響センサを用いることにより、どこで何をしているかを検出することが可能となる。今後、オントロジに、さらに概念を追加し、より多くの高次な行動を検出できるようにする予定である。

[謝辞]

本研究は独立行政法人科学技術振興機構 (JST) の研究成果展開事業「センター・オブ・イノベーション (COI) プログラム」、および日本学術振興会科学研究費 挑戦的萌芽研究 (26540043) の支援によって行われた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] R. Helaoui, D. Riboni, and H. Stuckenschmidt, "A Probabilistic Ontological Framework for the Recognition of Multilevel Human Activities", in *UbiComp*, pp. 345–354, 2013.
- [2] 大内 一成, 土井 美和子, "スマートフォンを用いた生活行動認識技術", *東芝レビュー*, Vol. 68, No. 6, pp. 40–43, 2013.
- [3] D. Riboni and C. Bettini, "COSAR: Hybrid Reasoning for Context-aware Activity Recognition", *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 15, No. 3, pp. 271–289, 2011.
- [4] N. D. Rodriguez, M. P., Cuellar, J. Lilius, and M. D. Calvo-Flores, "A Survey on Ontologies for Human Behavior Recognition", *ACM Computing Surveys*, Vol. 46, No. 4, pp. 43:1–43:33, 2014.