

M-027

# 個人の習慣的行動における半順序関係に注目した振る舞い認識手法 Extracting Partial Order of Habitual Action to Recognize Human Behavior

山原 裕之†  
Hiroyuki Yamahara

島川 博光†  
Hiromitsu Shimakawa

## 1. はじめに

近年、計算機の小型化やセンサ技術の発展によってユビキタスコンピューティング環境が構築されつつあり、日常生活のさまざまな場面で人間を支援するシステムの研究が盛んに行われている。本論文は、人間の振る舞いに応じてサービスを提供することを目的とした振る舞い認識手法を提案する。提案手法は、近距離型の RFID システムを内蔵する携帯型計算機を用いて、人間の複雑な行動の中から個人の習慣を示す行動の半順序関係を抽出することで、個人の振る舞いを認識する。本手法は、

- 個人の習慣的行動のパターンを柔軟に表現できる
  - パターンには無い稀な行動順序を含む振る舞いに対しても認識率が下がらない
- という特長を持つ。

## 2. Tagged World

### 2.1 Tagged World の概要

本研究では、財布、携帯電話、靴、ドアノブなど、人間が日常生活において触れる可能性がある実世界のさまざまなオブジェクトに対して、RFID タグを貼り付ける。貼り付けた RFID タグにはタグ固有の ID が記録されており、タグ ID でオブジェクトを識別することができる。このような、人間の行動を認識するためにタグ付けられた環境を“Tagged World”と呼ぶ。

Tagged World では、人間は近距離型の RFID リーダを手装し、携帯型計算機を所持する。人間は日常生活においてさまざまなオブジェクトに近付き、利用する。このとき、人間が装着している RFID リーダがオブジェクトに貼り付けられたタグの ID を読み取る。こうして得られるタグ ID の時系列は、人間の振る舞いにおける動作の対象を示しており、詳細な行動ログであると考えられる。1つのタグ ID から読み取れる人間の最小単位の動作をアクトと呼ぶ。アクトの名前は、その動作の内容あるいは動作の対象のオブジェクト名で表す。

### 2.2 個人の習慣的行動を含んだ振る舞いの認識

人間は生活の中の特定の状況において、個人ごとに異なる習慣的行動を持つ。Tagged World では、

- どのオブジェクトに触れているか
  - どのような順序でオブジェクトに触れているか
- という2点に注目して、個人の習慣的な行動を認識する。たとえば、外出する状況における人間の振る舞いの中には“財布を持つ”“腕時計を着ける”“トイレに行く”“ドアを開ける”というようなさまざまな行動が含まれる。腕時計を着けない人やトイレに行かない人もいるので、どの行動が含まれるかは個人の習慣に依存する。また、これらの行動の順序も個人の習慣によってさまざまである。特定

の状況における個人の習慣的行動が示す特徴的なパターンを行動パターンと呼ぶ。Tagged World では、行動ログと行動パターンを照合することで、人間の状況を推定し、サービスを提供する。

### 2.3 Hidden Markov Model の問題点

順序関係を含むパターンの認識を行う際には、Hidden Markov Model (HMM) が用いられることが多い[1][2]。HMM は、状態の有限集合、各状態における出力記号、状態間遷移の確率から構成される有限オートマトンである。これを Tagged World に適用した場合、アクトが状態に、連続する2つのアクト間の順序が状態間遷移に相当する。そして、1つの状況における習慣的行動に対して1つの HMM が対応する。人間の行動ログに応じて、HMM は確率計算を行い、行動ログ中に特定の習慣的行動が存在する確率を出力する。

HMM は時間長の曖昧な行動の認識に適しているが、人間の自由で複雑な行動を認識する上では、問題点を含んでいる。HMM は2アクト間の遷移確率の積を繰り返して求める。“外出時に玄関ドアを開ける際、ドアノブに手をかけてからチェーンがかかっていることに気付いてチェーンをはずした”というように、確率が低いアクト間順序が現れたときを考えよう。普段はあまり現れないドアノブからチェーンへの順序が現れたことで、HMM は“外出する”という状況をうまく認識できない可能性がある。

## 3. 個人の習慣的行動を表現する半順序集合

### 3.1 半順序集合を用いた行動の表現

本論文では、行動パターンを2アクト間の半順序の集合で表現することを提案する。2つのアクトは連続でなくともよい。HMM は認識時に2アクト間の確率計算を繰り返すことで行動順序を評価するため、本質的には一連の習慣的行動を全順序で表現しなければならない。しかし実際の人間の行動には、アクト間の順序が決まっている部分と決まっていない部分が混在しているため、行動パターンを全順序で表現することは難しい。これに対して、2つのアクト

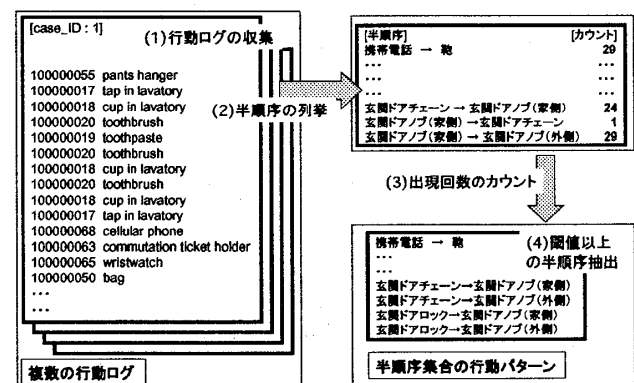


図1: 半順序を用いた行動パターン

† 立命館大学大学院 理工学研究科

ト間の半順序の集合を用いた表現は、順序が存在しない部分を許容した上で、必要な部分には順序を規定することができる。ゆえに、全順序よりも人間の行動を柔軟に表現できる。

### 3.2 半順序集合の抽出手法

1つの行動パターンを表現する半順序集合を抽出する手順を、外出する状況を例に挙げて、図1に示す。

- (1) 外出する状況における個人の行動ログを複数回収集し、1回の行動ごとにケースIDを与える。
- (2) ケースIDごとに、アクトの時系列から得られる全ての種類の半順序を列挙する。
- (3) 列挙した全ての種類の半順序に関して、各半順序が何回のケースに出現しているかカウントする。
- (4) 出現回数があらかじめ設定した閾値以上の半順序の集合を抽出する。

### 3.3 半順序集合の抽出結果に関する考察

本論文で提案するアクト間半順序集合の抽出手法の有効性を確認するために、実験を行った。実験では、100種類のオブジェクトにRFIDタグを貼り付けたモデルルームにおいて、RFIDリーダを右手に装着した被験者に、外出する際の行動を再現してもらい、30回分の行動ログを収集した。実際の行動を再現してもらうために、被験者には事前に1週間分の外出するさいの行動を細かく記述してもらった。実験では、半順序集合を抽出するための閾値を全ケース中の66%以上に設定した。

実験の結果、行動ログに存在した全794種類の半順序のうち、202個の半順序が行動パターンとして抽出された。抽出した半順序の集合が個人の習慣的な行動を表現できていることを確認するために、図2に示す2つのルールを順に適用し、半順序の集合から図3の有向グラフが示すようなアクト間の代表的順序関係を導き出した。

(1) 隣接する2頂点間の辺が双方向あるいはループならば削除する。

(2) ある2頂点を隣接させる辺と2頂点間の隣接でない経路が存在する場合、隣接させる辺を削除する。

被験者へのインタビューを通して、被験者自身の考える外出時の代表的な行動順序がアクト間の代表的な順序関係によつて的確に表現されていることが確認できた。

図3の有向グラフでは、歯ブラシや歯磨き粉からトイレの電気スイッチやハンガーへの半順序は明確に導き出されなかった。これは、たとえばトイレに関連するアクトは、携帯電話やかばん、玄関のドアノブなどのアクトよりは順序が先であることが多いが、歯ブラシや歯磨き粉などのアクトとの関係においては、順序が存在しないことを意味する。

#### rule(1)



#### rule(2)

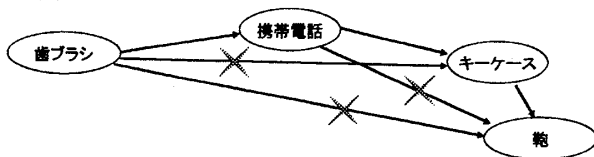


図2：有向グラフへの適用ルール

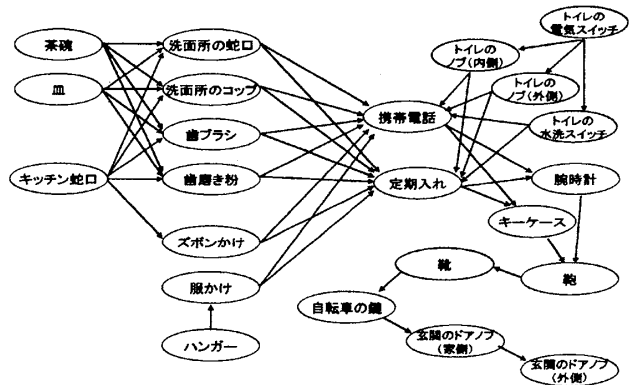


図3：半順序集合が表現する個人の習慣的行動

### 4. 半順序集合を用いた振る舞い認識手法

提案手法を用いて抽出した半順序の集合と個人の行動ログを照合することで、個人の振る舞いを認識し、状況を推定する。たとえば、外出する状況における行動パターンとして抽出した半順序集合の各要素に対して、それぞれ持ち点を与えておく。そして認識対象の行動ログの中に存在する全ての半順序の持ち点を加算する。持ち点の合計があらかじめ設定した閾値以上であれば、外出する状況に適したサービスを提供する。

図1に示すように、行動パターンを半順序の集合で表現し、各半順序の持ち点を加算する認識手法は、認識対象の行動ログ中に行動パターンに含まれていない稀なアクト間順序が現れた場合にもその影響を受けないので、認識率が下がらないという利点を持つ。

外出前に歯磨きをするときに、歯ブラシとコップを交互に複数回持つと、歯ブラシからコップへの半順序など、認識対象の行動ログの中に同じ半順序が複数回存在する可能性がある。このような場合、半順序が存在する回数分の持ち点を加算してしまうと、歯磨きをしただけで持ち点の合計が閾値を上回り、誤った認識をしてしまう危険性がある。現在、認識対象の行動ログの中に、同じ半順序が2回以上存在する場合の持ち点加算方法については複数のアルゴリズムを検討中である。

### 5. おわりに

本論文では、複数回の行動ログから抽出したアクト間の半順序集合で表現した行動パターンを用いて、個人の振る舞いを認識する手法を提案した。今後、複数の持ち点加算アルゴリズムの比較検討を行う。

### 参考文献

- [1] 青木 茂樹, 岩井 嘉男, 大西 正輝, 小島 篤博, 福永 邦雄. 人物の位置・姿勢に注目した行動パターンの学習・認識と非日常状態検出への応用. 電子情報通信学会論文誌(D-II), vol. J87-D-II, no. 5, pp. 1083-1093, May 2004
- [2] D. Moore, I. Essa and M. Hayes III. Exploiting Human Actions and Object Context for Recognition Tasks. Proc. of the 7<sup>th</sup> IEEE International Conference on Computer Vision Corfu, Vol. 1, pp. 80-86, Sep. 1999