

終端付近の照合度変化に注目した環境非依存行動検知手法の検証

近藤 明宏[†]

原田 史子^{††}

島川 博光^{††}

[†]立命館大学大学院理工学研究科 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1

^{††}立命館大学情報理工学部 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1

E-mail: [†]kondo@de.is.ritsumei.ac.jp ^{††}harada@is.ritsumei.ac.jp, simakawa@is.ritsumei.ac.jp

我々はユーザが触れるものからユーザの行動を推測し適切なサービスを提供する知的空間の研究を行っている。この知的空間ではユーザの過去の接触物履歴から行動パターンを作成しており、行動パターンは行動検知のさいに利用される。行動を検知するにはその環境での行動パターンが必要となり、接触物履歴が存在しない初めて訪れるような環境では行動検知ができない。ユーザが自分のいる環境を考慮せずにサービスを受けるためには、初めて訪れる環境でも同様に行動を検知する必要がある。本論文では行動の終点付近で行動パターンとの照合度が大きく変化するように環境非依存行動パターンを作成し、これを用いて初めて訪れる環境で行動を検知する手法を提案する。

Environment Independent Behavior Detection Focusing on Features around Behavior End

Akihiro Kondo [†]

Fumiko Harada ^{††}

Hiromitsu Shimakawa ^{††}

[†]Graduate School of Science and Technology, Ritsumeikan University
1-1-1 Nojihigashi, Kusatsu, shiga, 525-8577 Japan

^{††}Faculty of Science and Technology, Ristumeikan University
1-1-1 Nojihigashi, Kusatsu, shiga, 525-8577 Japan

E-mail: [†]kondo@de.is.ritsumei.ac.jp ^{††}harada@is.ritsumei.ac.jp, simakawa@is.ritsumei.ac.jp

We are investigating intelligent space which provides services due to user behavior and condition of the space. In this space, user behavior is detected by behavioral patterns made from logs of user touched objects. Because behavioral patterns are dependent on environment, user behavior can not be detected in environment for the first time. I propose new method to detect a behavior in environment for the first time. New method focuses on ratio of changing points and uses environment independent behavioral patterns which are changed that end object gets more points.

1. はじめに

近年、ユーザの行動に応じたサービス提供を目指したユビキタスシステムが研究されている [1][2][3]。RFIDを用いたユビキタスシステム [3][5] も研究されており、そのひとつである TaggedWorld[4][5] は RFID を用いて人が行動するさいに触れるものから人の行動を推測している。人の行動を推測し、そのときの環境の状態を考慮して適切なサービスを提供することを目指している。TaggedWorld では普段の行動から特徴を行動パターンとして抽出し、行動パターンを用いて行動を検知する。現在は普段生活している環境でサービスを提供することを想定している。しかし、普段生活している環境だけでなく、初めて訪れるような環境でもサービスが提供されることが望ましい。そのためにはホテルに宿泊する場合や引越する場合にも普段生活していた環境と同様に行動を検知する必要がある。

本論文では、普段生活している環境以外での行動を検知する手法を提案する。提案手法は行動の終点に注目し、行動パターンの照合度変化を捉えることで行動を検知する。既存手法では行動パターンとどれだけ照合したかで行動を検知しているが、提案手法ではどのように照合度が変化していくのかという点に注目している。行動の終点付近では特徴的な変化が現れるため、

この特徴的変化を検知することにより初めて訪れる環境での行動検知が可能となる。

提案手法の評価として、あるホテルに始めて訪れたという想定での実験を行い評価を行った。

2. 初めて訪れる環境でのふるまい検知

2.1 Tagged World

TaggedWorld とは人の行動と環境の状態を考慮して適切なサービスを提供する知的空間である。たとえば、自宅から外出しようとしているときに、火の元がつけたままであったり窓が開いたままであれば、外出に適切な状態でないと判断し、警告を出すようなサービスを実現している。TaggedWorld で推測する行動は比較的大きな単位の行動であり、現在は外出、帰宅、起床、就寝を想定しており、ふるまいとよぶ。ふるまいの推測には行動のさいに触れるものの種類と順序から行う。触れるものの認識には RFID 技術を用いており、ユーザには RFID リーダ、TaggedWorld に存在するものに RFID タグが貼り付けられている環境を想定している。図 1 の左上図に現在利用している RFID リーダを示し、左下に RFID タグを示す。図 1 の右図のように TaggedWorld では環境に存在するものすべてに RFID タグが貼り付けられた環境を想定している。ユーザが何かものに触れたさいに RFID タグの情報が RFID リーダで読み込

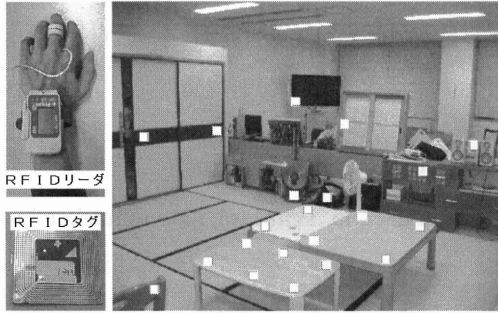


図 1: TaggedWorld

まれることで、何に触れたのかを認識している。

2.2 ふるまい検知

TaggedWorld に存在するものを本論文ではオブジェクトとよぶ。ふるまい検知には任意の2つのオブジェクトの前後関係を注目しており、この2つのオブジェクトの前後関係を順序対とよぶ。たとえば、携帯電話に触れてからサイフに触るというような前後関係を順序対とよぶ。ふるまいを検知するさいには行動パターンを用いており、行動パターンは順序対の集合で構成されている。検知するふるまいごとに行動パターンが存在し、各行動パターンにはそれぞれ閾値が決定されている。実際にユーザのふるまいを検知するさいには、触れたオブジェクトの順番にどれだけ順序対が適合するかを特徴ポイントとして計算する。行動パターンの閾値を超えた場合にふるまいが行われたと判断する。たとえば、ユーザが携帯電話、サイフ、かばんという順番で触れたのであれば順序対は携帯電話 → サイフ、サイフ → かばん、携帯電話 → かばんの順序対が存在する。行動パターンにこれらの順序対が存在すれば特徴ポイントとして加算していき閾値を超えたかどうかでふるまいを判断する。行動パターンは過去のふるまいの接触物履歴である行動ログから作成され、そのさいにその行動パターン特有の閾値も決定される。行動パターンは毎日最近の行動ログから作成されるので、最近のユーザのふるまいの特徴を表したものとなっている。

2.3 初めて訪れる環境でのふるまい検知

既存手法ではユーザは普段生活している環境のみでしかサービスを受けることができない。しかし、初めて訪れる環境下でも普段の環境と同様にユーザにサービスを提供できるべきである。出張でホテルに宿泊するさいや引越するさいにも、普段の環境と同様にふるまい検知ができればユーザは普段の環境と同様にサービスを受けることができるようになる。

しかし、初めて訪れる環境での行動ログが存在しないため、その環境での行動パターンを作成できない。また、普段の環境での行動パターンを利用した場合、普段の環境と初めて訪れる環境で存在するオブジェクトが異なるので、累計特徴ポイントの閾値によるふるまい検知ではうまくふるまいを検知できない。たとえば、帰宅するさいに、自宅では扇風機に触るがホテルには扇風機が存在しないため、代わりにエアコンの操作スイッチに触れる場合が考えられる。そのさいには、自宅の帰宅パターンには扇風機が含まれているが、ユーザがホテルに帰宅するさいにはエアコンの操作スイ

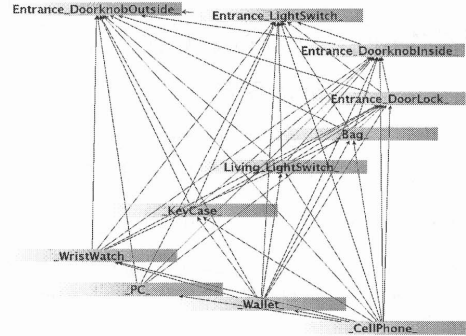
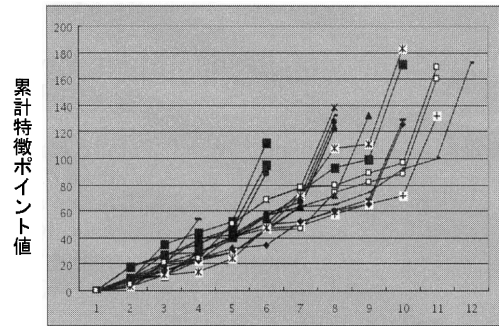


図 2: ふるまいの始点と終点



累計特徴ポイント値の上昇回数

図 3: 累計特徴ポイント値の変化

チに触れるためうまく検知できない。行動パターンにはエアコンの操作スイッチというオブジェクトは含まれておらず、累計特徴ポイントが上昇していかないことが考えられる。

3. 照合度変化による環境非依存ふるまい検知

3.1 対象となるユーザと環境

ユーザによっては普段の環境と異なる環境での生活が大きく異なる場合がある。本手法で対象とするユーザや提供環境は普段の環境とその環境においてある程度同じ特徴をもつユーザや環境とする。たとえば、自宅とホテルでは全くふるまいが異なってしまうユーザは対象としていない。自宅とオフィスなど同じ外出でも外出の性質が変わってしまう環境も対象としていない。普段の環境と提供環境において環境の影響でユーザのふるまいに影響を与える場合を対象としている。

3.2 照合度変化によるふるまい検知

本論文では行動パターンの照合度変化に注目したふるまい検知手法を提案する。行動パターンの照合度変化は累計特徴ポイント値の変化に現れる。既存手法の場合、累計特徴ポイントが行動パターン毎に計算された閾値を超えるとふるまいを行ったと検知する。照合度変化に注目したふるまい検知手法は行動パターン毎に閾値が存在するのではなく、特徴ポイントがどのように変化するか注目する。

図2にある被験者の実際の行動パターンを図示したものを示す。行動パターン中の順序対をオブジェクト A→オブジェクト B と図示している。図2より、多くの矢印が集まるオブジェクトや矢印の元となるオブジェクトが存在している。これらのオブジェクトは行動の始点や終点となるオブジェクトと言える。図2の場合、_CellPhone_ から多くの矢印が出ており、ふるまいの始点となるオブジェクトである。_Entrance_DoorknobOutside_ には多くの矢印が集まっており、ふるまいの終点であるといえる。ふるまいの終点付近の累計特徴ポイント変化に注目すると、累計特徴ポイントが急上昇する傾向があり、終点付近では行動パターンの照合度が大きく変化する特徴がある。

図3はある被験者の外出のふるまいに外出行動パターンを適合した場合の累計特徴ポイントの変化を表したグラフを示す。グラフの縦軸に累計特徴ポイント値を表し、横軸は被験者がふるまいを行うさいに累計特徴ポイントが上昇した回数を示している。グラフ中の折れ線ひとつが1つのふるまいの累計特徴ポイントの変化を表しており、図3には20回分の外出のふるまいの累計特徴ポイント変化を表している。図3より、ふるまいの終点付近では累計特徴ポイントが急上昇する特徴が現れている。既存手法の場合では累計特徴ポイント値のみに注目しているため、累計特徴ポイントが低い場合にはふるまい検知ができない。照合度変化の特徴は初めて訪れる環境下でも同様に起こるため、照合度に注目すると初めて訪れる環境でもふるまい検知は可能である。本手法によるふるまい検知は特徴ポイントの上昇の平均値を算出し、特徴ポイントが平均の上昇ポイント値を大きく超えて上昇したさいにふるまいを行ったとして検知する。

3.3 行動パターンの環境非依存化

照合度変化に注目したふるまい検知手法だけではユーザの触れるオブジェクトが普段の環境の行動パターンに含まれない場合、ふるまい検知できない可能性がある。行動パターンを環境非依存化することにより、環境により異なるオブジェクトが存在したとしても終点付近の特徴が現れるためふるまいを検知できる。行動パターンの環境非依存化は行動パターン中の順序対に重みづけを行うことにより、終点付近の特徴をより顕著にしている。順序対の後ろ側に注目し、後ろ側に多く現れるオブジェクトはより終点である可能性が高いとし、そのオブジェクトが含まれる順序対が適合したさいにより大きく累計特徴ポイントを増加させる。図2の場合では _Entrance_DoorknobOutside_ に最も大きいポイントを割り振り、_Entrance_LightSwitch_ には次に大きいポイントを割り振る。

4. 実験

4.1 検証内容

提案手法である照合度変化によるふるまい検知と環境非依存化行動パターンの有用性を検証するために実験を行う。照合度変化によるふるまい検知の有用性を検証するために、既存手法と照合度変化によるふるまい検知の検知率と誤検知率の比較を行う。行動パターンの環境非依存化の有用性を検証するために、照合度変化によるふるまい検知と環境非依存化行動パターンを用いて照合度変化によるふるまい検知を行った検知率と誤検知率の比較を行う。

4.2 実験内容

検知率と誤検知率を算出するために、被験者に外出と帰宅のふるまいを行ってもらった。被験者は20代前半の男子学生8名である。各ふるまいは自宅を想定した環境と自宅とは別にホテルを想定した環境を用いてそれぞれの環境で被験者が実際に行う行動をしてもらった。各環境での各ふるまいの接触物履歴を行動ログとして収集した。各環境の各ふるまいを18ケースずつ収集し、ひとりあたり計72ケース取得した。

以下に既存手法での検知率と誤検知率の算出方法を示す。

1. 自宅外出行動ログ18ケースからランダムに5ケース選択し、自宅外出行動パターンを作成する
2. 自宅外出行動パターンを用いて既存手法によりホテル外出行動ログ18ケースをふるまい検知し、検知率を算出する
3. 自宅外出行動ログ18ケースからランダムに5ケース選択し、自宅外出行動パターンを作成する
4. 自宅外出行動パターンを用いて既存手法によりホテル帰宅行動ログ18ケースをふるまい検知し、誤検知率を算出する
5. 1から4までの工程を10回繰り返し行い、合計180ケースでの検知率と誤検知率を算出する

照合度変化によるふるまい検知の検知率と誤検知率の算出には既存手法の場合の既存手法によるふるまい検知を照合度変化によるふるまい検知により算出したものである。

以下に提案手法である環境非依存化行動パターンを用いて照合度変化によるふるまい検知の検知率と誤検知率の算出方法を示す。

1. 自宅外出行動ログ18ケースからランダムに5ケース選択し、自宅外出行動パターンを作成する
2. 自宅外出行動パターンを環境非依存化させ、環境非依存外出行動パターンを作成する
3. 環境非依存外出行動パターンを用いて照合度変化によるふるまい検知によりホテル外出行動ログ18ケースをふるまい検知し、検知率を算出する
4. 自宅外出行動ログ18ケースからランダムに5ケース選択し、自宅外出行動パターンを作成する
5. 自宅外出行動パターンを環境非依存化させ、環境非依存外出行動パターンを作成する
6. 環境非依存外出行動パターンを用いて照合度変化によるふるまい検知によりホテル帰宅行動ログ18ケースをふるまい検知し、誤検知率を算出する
7. 1から6までの工程を10回繰り返し行い、合計180ケースでの検知率と誤検知率を算出する

表 1: 既存手法

被験者	検知率 (%)	誤検知率 (%)
A	0	0
B	0	0
C	3.9	0
D	8.3	5.6
E	0	0
F	0	0
G	0	0
H	26.7	0

表 2: 照合度のみによるふるまい検知

被験者	検知率 (%)	誤検知率 (%)
A	13.9	7.2
B	77.2	4.4
C	12.8	3.3
D	46.7	18.9
E	57.8	16.1
F	71.7	55.6
G	47.8	46.1
H	18.3	0

表 3: 提案手法

被験者	検知率 (%)	誤検知率 (%)
A	12.2	1.7
B	100.0	3.9
C	7.2	5.6
D	74.4	37.2
E	70.6	6.7
F	88.3	49.4
G	99.4	36.1
H	10.0	0

4.3 実験結果

表 1 に被験者 8 名の既存手法による検知率と誤検知率の結果を示す。同様に表 2 に照合度変化のみによるふるまい検知、表 3 には提案手法での検知率と誤検知率の結果を示す。

表 1 と表 2 より、既存手法ではほとんどの被験者でふるまいを検知できていないが、照合度によるふるまい検知では 8 名中 5 名で検知率が 4 割を超える値を出している。

表 2 と表 3 は、行動パターンの環境非依存化の有用性を示している。環境非依存行動パターンを用いた場合には、被験者 8 名中 4 名 B, E, F, G で検知率・誤検知率ともに改善している。

提案手法では 8 名中 3 名で誤検知率が約 4 割あり、誤検知率を上げてしまう弊害もある。また、被験者 A, C, H に関しては提案手法でもふるまいを検知できていない。

5. おわりに

本論文では普段生活している環境ではなく初めて訪れるような環境での行動検知手法を提案した。本手法は行動パターンに重み付けを行い、行動の終点付近の特徴に注目する環境非依存行動検知手法を提案し、実験結果を示した。提案手法では検知率を上げることができるが、誤検知率も上げてしまうことや、被験者によっては有用性を示せない場合がある。誤検知の原因を考察するとともに、本手法がどのような場合に適用可能であるかを検証していく。

参考文献

- [1] Cory D.Kidd, Robert Orr, Gregory D.Abowd, Christopher G.Atkeson, Irfan A.Essa, Blair MacIntyre, Elizabeth Mynatt, Thad E.Starner, and Wendy Newstetter. The aware home: A living laboratory for ubiquitous computing research. *Proc. the 2nd International Workshop on Cooperative Building*, pp. 191–198, 1999.
- [2] Mike Perkowitz, Matthai Philipose, Kenneth Fishkin, and Donald J.Patterson. Mining models of human activities from the web. *the 13th International World Wide Web Conference*, pp. 573–582, 2004.
- [3] S. Wang, W. Pentney, A.-M. Popescu, T. Choudhury, and M. Philipose. Common sense based joint training of human activity recognizers. *IJCAI International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 2237–2242, 2007.

- [4] Hiroyuki Yamahara, Hideyuki Takada, and Hiromitsu Shimakawa. An individual behavioral pattern to provide ubiquitous service in intelligent space. *WSEAS Transactions on Systems*, Vol. 6, pp. 562–569, 2007.
- [5] 楓仁志, 山原裕之, 藤原聡子, 野口豊司, 東辰輔, 島川博光. タグ付けられた世界における個人の行動特性を用いた意図推測. 組み込みソフトウェアシンポジウム 2005, pp. 126–133, 2005.