

自分情報に基づいたユーザ行動モデルの推定

金杉洋, Ta Duy Thang, 熊谷潤, 柴崎亮介

東京大学 空間情報科学研究センター

ユーザの日常行動情報の取得が容易となるユビキタスコンピューティング環境のもとで、ユーザの置かれた状況や行動状態に応じて生活や活動を支援するコンテキストウェアサービスの実現が期待されている。しかしセンサだけから得られる情報では、多岐にわたる日常活動のコンテキスト推定は困難である。本論文では、センサ情報に加えユーザ自身が入手し、管理する「自分の活動に関する個人情報」（自分情報とここでは呼ぶ）を自分のためのコンテキストウェアサービスに使用するというコンセプトにたち、ユーザがスケジュールや活動履歴などを自分情報として包括的に体系化し自ら管理できる環境を提案する。次いで自分情報データをもとにベイジアンネットワークを用いてユーザ行動モデルを構築し、検証を行った結果を報告する。

Estimation of User Activity Model Based on Self-information

Hiroshi KANASUGI, Ta Duy Thang, Jun KUMAGAI, Ryusuke SHIBASAKI

Center for Spatial Information Science, the University of Tokyo

There are a lot opportunities to require detailed personal information in our daily life. In the ubiquitous computing environment that makes data acquisition of personal activity information easy, implementation of context-aware services is expected to aid personal activities based on the estimation of situational and contextual status. Estimation of user's context is not easy only from sensor data. In this paper, authors propose a concept of "self-information", personal activity information managed and maintained by users themselves, and to apply "self-information" to advanced context-aware services. To test this concept with real data, the authors develop a platform to let users manage their own activity information naturally, and based on the accumulated data of subjects, develop and validate a user-activity estimation model with Bayesian Network.

1. はじめに

生活習慣病の予防、オンラインショッピング、電子マネー決済など、日常生活の様々なシーンで個人に関する詳細な情報が必要となる機会が多い。ネットワークインフラをはじめ各種通信機器やセンサの発達に伴って、そうした情報の取得・収集が容易なユビキタスコンピューテ

ィング環境が実現しつつあり、こうした環境下において、ユーザ個人に関する詳細な情報を多方面から包括的に取得し解析することで、ユーザの置かれた状況や行動状態に応じて生活や活動を支援する行動文脈依存型サービス(コンテキストウェアサービス)の実現が同時に期待されている。しかし現状ではユーザの購買記

録や移動記録など、個人の活動に関連する多くの情報は各種サービス提供者によって断片的に蓄積・管理されているものの、ユーザのセキュリティへの懸念や法的な制限もあり、サービス提供者がそれらを横断的に利用することは困難な状況にある。その結果、コンテキストウェアサービスを展開するために十分な個人の行動情報が集まりにくい状況にある。一方でユーザ自身も自分の活動に関して、過去に遡った網羅的、定量的な情報を持っておらず、サービス提供者との間で保有する情報が非対称な状態となっている。結果として誰の手元にも包括的かつ体系的な個人情報が存在せず、より高度なコンテキストウェアサービス実現に向けての障害となっている。

こうした背景をのちと、筆者らはユーザ自身の個人情報を“自分情報”と呼んで体系的に整理するとともに、ユーザ自身が定期的、自発的に自分情報を取得・蓄積・管理するためのプラットフォームの開発を進めている[1]。図1には自分情報の概略を示した。自分情報をユーザが継続的に維持できるようにするためには、ユーザにとって自然な内容を入力させる、あるいは自動的に蓄積されることが必要である。そこ

で自分情報はスケジュール管理情報やメールなどの通信履歴などを中心とし、さらに地名辞典や経路検索サービスなどと連携することで、移動履歴、立ち寄り先などをマッピングできる機能などを付加した。本稿では試作した自分情報プラットフォームを用いて取得した活動予定と活動履歴をもとに、ベイジアンネットワークを用いて、ユーザ行動モデルを構築するとともにその検証について述べる。

2. 自分情報

自分情報では、活動の予定と履歴、交通機関の利用履歴、オンライン決済から知人関係にいたるまで、ユーザ個人に関連付けられる多種多様な情報が、ユーザ自身によって自発的かつ自然に収集され、利用可能であることを前提としている。ユーザ自身が情報の収集と利用を主導することで、情報が包括的かつ信頼性の高いものとなり、ユーザのコンテキストがより高精度に推定可能となることを見込んでいる。しかしながら、ユーザに関連するものであれば自分情報として扱うことができる一方で、今後の自分情報の拡大に対して、予めデータ構造等を定義することが困難となる。

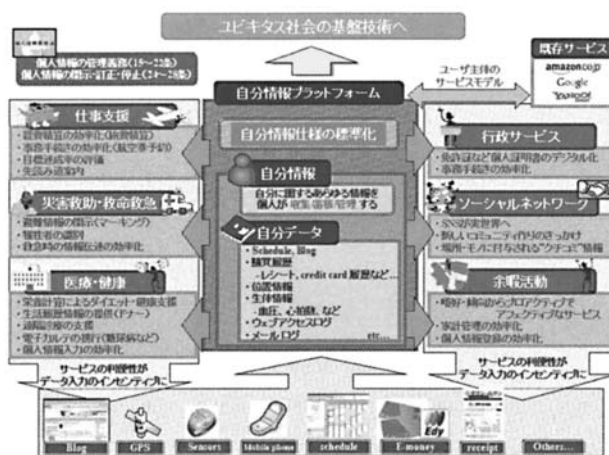


図 1. 自分情報の全体概略図

このことはセマンティックウェブの分野において、記述される情報が発散的に拡大することと同様であり、自分情報においても多方面に分散するデータリソースを記述するにあたり、各リソース項目を小単位にモジュール化し、それぞれを関連付けることで記述していく。また、自分情報リソースには以下の 6 項目をメタ情報として付与する。

1. ID

自分情報リソース単体を表す識別子

2. 所有者情報

自分情報リソースの所有者(ユーザ)を表す。メールアドレスなど個人を特定するものを使用

3. 公開レベル

このリソースを公開/非公開を表す。細かな公開レベルのフィルタリングは他のリソースとの連携によるため、最低限必要となる 2 値の識別子のみを用意する

4. リソース作成日時

5. リソース修正日時

6. リソース閲覧日時

実装時には、これらの情報を持ったクラスを用意し、すべての自分情報リソースはそのサブクラスとして定義していく。

また、これらのメタ情報に加えて自分情報リソースには、各々の時間的特性から、静的なリソースと、動的なリソースとの 2 系統に分類して管理している(図 2)。

◇ 静的リソース

直接的にユーザ個人の行動や嗜好を表現しないが、自分情報リソースの記述に必要な参照情報として機能する。時間変化に対して比較的静的な情報がこちらに属する。地名情報、物品情報、人物情報など

◇ 動的リソース

自分情報リソースのうち、ユーザ個人の行動を時間連続的に記述する。時間変化に対して短期的な変動をする情報がこちらに属する。行動予定情報、行動履歴情報、行動位置情報、購買履歴情報など

以上のような自分情報リソースを管理するためのプラットフォームを、Java を用いて実装した。

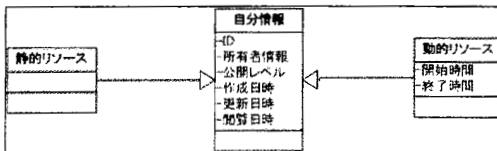


図 2. 自分情報の基本クラス

3. ユーザ行動モデル

コンテキストウェアサービスにおいて、ユーザの状況、コンテキストを予め推測することは、提供するサービスを前もって準備するためには不可欠な要素である。推測を行う際には、サービスの利用履歴などが通常用いられるが、冒頭に述べたように断片的なユーザ情報であり、日常活動を対象としたコンテキスト推定において十分な精度を得ることが難しい。また、日常的な活動内容を推測の対象とした場合、継続的にユーザの個人行動を記録することが必要になるが、ユーザ自身が自発的かつ自然に収集できるスケジュールや行動ログなどがコンテキスト推定の基本的な情報となる。こうした自分情報をもとに、個人の活動内容を推測するためのユーザ行動モデルを構築する。

3.1. データ：行動予定と行動履歴

ユーザ行動モデルには、自分情報プラットフォームで記録される通常のスケジュールデー

タとしての行動予定情報と、実際の行動を継続的に記録した行動履歴情報を用いる。具体的に使用するデータ項目は下記の通りである。

- 開始日時(予定/履歴)
- 終了日時(予定/履歴)
- 場所(予定/履歴)
[ユーザごとの地名情報]
- 行動カテゴリ(予定/履歴)
[仕事/移動/食事/睡眠/娯楽]

予定と履歴を組み合わせることで、予定が遅延する場合の時間変更についても推測の対象として加味することが可能となる。ユーザ行動モデルの概略を図 3 に示す。

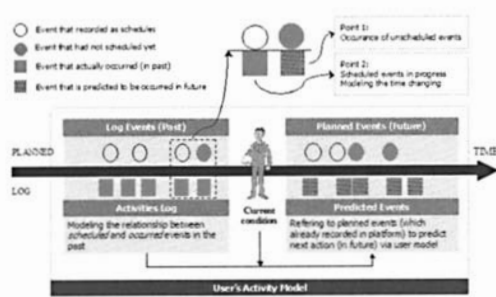


図 3. ユーザ行動モデルの概要

3.2. 確率モデル：ベイジアンネットワーク

ユーザ行動モデルの構築には、確率モデルであるベイジアンネットワークを用いた。ベイジアンネットワークでは、ノードを確率変数、ノード間の依存関係を矢印によって表現し、ノード間の条件付確率表を用いて各ノードの確率分布を計算する。行動予定と行動履歴データからの入力を与える各ノードと、その依存関係を図 4 に示す。ここでは時刻を 30 分毎の離散値とした。

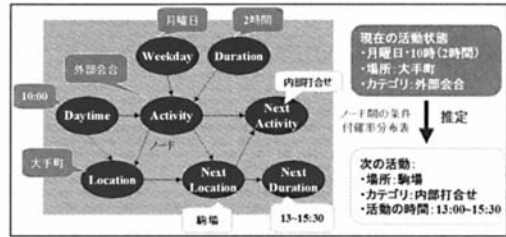


図 4. ベイジアンネットによるユーザ行動モデル

4. 実証実験

今回の実証実験では、1名の被験者に1ヶ月(31日)間の行動予定と行動履歴を記録してもらい、前半24日分をトレーニングデータとしてモデルの学習に用い、後半7日分の行動について推定結果が合致するかどうか、について検証を行った。図 5 は推定結果の一部を示している。

この結果をみると、現在の行動内容について時刻以外の情報が無い状態で推測を行った場合、「柏にいる」という確率が最も高くなり、実際の滞在場所である永田町は非常に低い確率となっている。これは行動履歴において、当該時間帯に永田町で打ち合わせをしていた頻度が少なかったことに起因している。しかし、現在位置情報として「永田町にいる」というを付け加えると、次に予定されている丸ビルでの打ち合わせが、高確率に推定されていることが分かる。このことから、活動間の連鎖を考慮することで推定精度が向上することがわかる。

さらに、多くの行動はスケジュールに沿って展開することから、行動予定情報をも参照することで、推定精度が格段に向上することが期待できると考えられる。

そこで、行動予定情報の有無による推定精度を比較するため、それぞれの場合で7日分のデータについて推定を行い、推定結果の正解率について比較した。図 6 がその結果である。こ

の図からも明らかであるが、行動予定情報を加味した方が高い推定精度を得られることを示している。

次に会合の開始時刻と終了時刻が予定した時刻と終了時刻でどの程度の差異があるのかを同様にモデルから推定を行ったところ、図 7 のような結果を得た。図 7 ではさらに予定情報だけから開始時刻、終了時刻を推定するケース（上）と、会議開始時刻をユーザが通知した場合（ユーザフィードバック）に会議終了時刻を推定したケース（下）を比較している。ユーザフィードバックがある場合には推定精度が明らかに向上する。

終了時間の推定精度が低下すると、以降の行動に対する推定精度にも影響するため、開始時刻を推定処理にフィードバックすることが重要である。

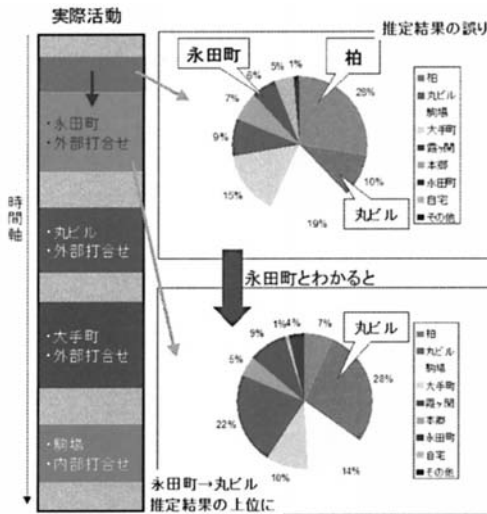


図 5. ユーザ行動モデルによる行動推定結果

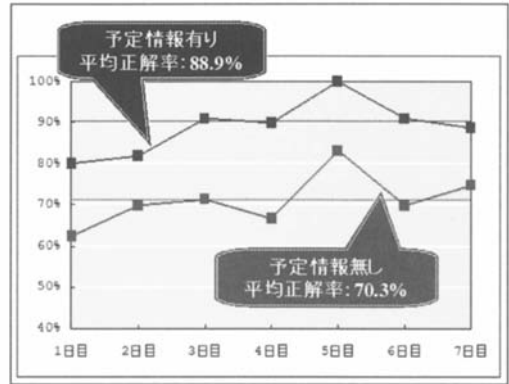


図 6. 行動予定の有無による推定結果の比較

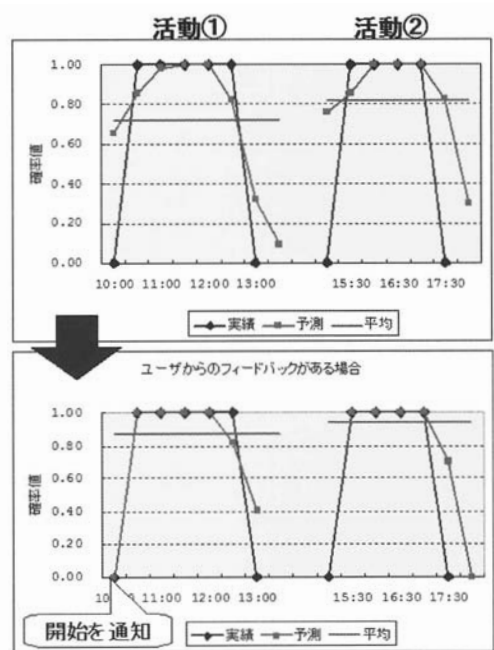


図 7. 行動時間時間の推定結果

5. 関連研究

ユーザ個人の行動を継続的に記録するという点で、Life-Log の一面を持つが主目的は高精度なコンテキスト推定にある。

また、ベイジアンネットワークに限らず、確

率モデルやウェアラブルセンサを使用したコンテキスト推定に関する研究は、非常に多岐に渡っている。本研究と同様にコンテキスト推定のためのプラットフォームの開発とその実証に関する研究として、ContextDistillery[2], picoPlangent[3][4]等が挙げられるが、ユーザを中心としたデータリソース管理を行う点やベイジアンネットワークによるモデル生成を行う点で異なっている。

また、ユーザ主導での個人情報管理に関する研究[5]も行われていることから、今後、自分情報のようなユーザ主導型情報を利用したコンテキスト推定がより多くの場面で試みられると期待される。

6. 結論と課題

本論文ではユビキタスコンピューティング環境において効果的なコンテキストウェアサービスを実現するため、自分情報の考え方を提案し、併せて包括的にユーザ情報をまとめるためのプラットフォームを示した。さらにユーザの行動モデルを自分情報として蓄積された活動履歴を利用してベイジアンネットワークによって構築しその評価を行った。今回モデルの構築に使用したデータはユーザの行動予定とその履歴のみであったが、より個人に特化した形での行動の推定について実現の可能性が検討できた。

今後は他のユーザに対しても同様に実証を行い継続的にモデルの評価を行うとともに、他の自分情報リソースとの連携を通じてユーザ行動モデルを改善し、ユーザ行動推定の精度向上を図る。また自分情報プラットフォームのデータ I/O について効率化へ向けた改善を進めていく。またより大規模な実証実験を進める予定である。

参考文献

- [1]. 金杉洋, 熊谷潤, Ta Duy Thang, 柴崎亮介, “自分情報プラットフォームによる個人情報統合の検討”, 電子情報通信学会 2007 年総合大会, ISS-P-82, 2007
- [2]. Fujinami, K., Yamabe, T., Nakajima, T., “Take me with you: A case study of context-aware application integrating cyber and physical spaces”, 2004 ACM Symposium on Applied Computing, pp.1607-1614
- [3]. 長健太, 林久志, 大須賀昭彦, “picoPlangent: 携帯機器向け知的移動エージェント”, エージェント合同シンポジウム (JAWS2002), pp.297-304, 電子情報通信学会, 2002
- [4]. 服部正典, 長健太, 大須賀昭彦, 一色正男, “ユビキタス環境における Context-Aware なパーソナルエージェントの構築とその実証実験”, 電子情報通信学会論文誌 D-I, Vol. J86-D-I, No.8, pp.543-552, 2003
- [5]. 清水英則, 稲葉和久, “オンラインコミュニティ上でのユーザセンタードな情報管理支援環境の構築と検証”, 2006 年度人工知能学会全国大会, 2006