

携帯端末の時空間的利用情報からの特徴的行動パターンの抽出と予測

Prediction and Extraction of Habitual Behavior of Human
from The Information of Spatial-Temporal Usage of Handheld Devices

松本 光弘† 清原 良三† 福井 秀徳† 沼尾 正行‡ 栗原 聡‡
Mitsuhiro Matsumoto Ryozyo Kiyohara Hidenori Fukui Masayuki Numao Satoshi Kurihara

1 はじめに

近年のインターネットの急速な発展も手伝い、携帯電話を始めとする携帯端末の高機能化が加速している。もはや、携帯電話は本来の用途であるはずの通話機能に加え、メール、カメラでの静止画、動画の撮影機能を備え、携帯音楽プレーヤーでもあり、今やテレビまで見ることができるようになった。スケジュール管理や文書ファイルなどの閲覧まで可能な機種が登場しており、電子マネー用のデバイス機能までが付加され、今や情報管理における電子秘書としての重要な役割を担う、我々の日常生活にはなくてはならない存在となりつつある。しかし、このような高機能化・複雑化が加速する一方、携帯しやすいことも重要であり、携帯電話/端末の大きさは小型化が進んでいる。小型化が進む筐体には人が操作を行うためのボタンなどを自由に設置することはできず、限られた数と大きさのボタンなどを駆使して複雑化する機能を使いこなさなければならなくなる。このことは、結果的に操作方法の複雑化を招き、操作方法の複雑化はユーザの負担となり、例えば目的とするアプリケーションの立ち上げに余計な時間を要することになってしまう。

例えば、現在の携帯電話はGPS機能も搭載されており、屋外にて目的地までのナビゲーションや、乗り換え案内など、いち早く調べ物をする際にもよく使われる。屋外であるが故に、できるだけ立ち止まらず、歩きながら操作できる方が望ましい。画面を見ての複雑な操作は避けたいところである。この点については、現在の携帯電話においても、予め短時間で作業できるようショートカットなどを予めユーザが設定するなど、ユーザ独自のメニューを準備しておくことである程度は対応可能であると言える。しかし、頻繁に使用するアプリケーションについてはショートカットなどを登録することで十分かもしれないが、現在地の検索や乗り換え案内などは毎日頻繁に使う類のアプリケーションではなく、ユーザとしてはたまに使用するアプリケーションに対しては、メニューを登録するのは面倒であり、そのようなショートカットが増えてしまえば、結局は多くのショートカットから目的のものを選択する手間が増えることになり、問題が根本的に解決されたとは言えない。

一方、ユーザは携帯電話を普段適当に使用しているというより、時刻や位置、それまでの操作の状況や日々のスケジュールなど、様々な外的要因に依存して利用していると考えられる方が自然であろう[1]。よって、個人の携帯電話の使用の仕方に特化したユーザインタフェース(以降UIと記す)を作ることが出来れば、多いに有用であることが推測されるものの、ユーザごとに特化したUIをいちいち用意することは非常に困難である。

この問題に対して、各個人における時刻や位置などの外的な要因に基づく携帯電話の利用の仕方を自動的に抽出できれば、時刻や位置などに基づいてユーザが利用するであろうアプリケーションを予測できる可能性が期待できる。そして、UIにおいて利用することが予測されるアプリケーションを事前に起動する

ことで、ユーザのアプリケーションを起動するまでに複雑な操作を軽減することが可能となる。

そこで本論文では、実際に携帯端末の操作ログならびにGPSによる携帯端末を操作した位置を一定期間記録するとともに、その操作履歴から時刻と位置で利用したアプリケーションを自動的に分類し、実際に行動パターンとアプリケーションに何らかの関係が認められるかについて分析した。分析に際し、操作履歴からアプリケーションと時刻と位置の関係を視覚的に分かりやすくするため、「緯度」「経度」ならびに「時刻」を軸とする三次元空間上に利用されたアプリケーションを表示する分析用ツールを実装した。そして、利用される頻度の特に高いいくつかのアプリケーションに対する、時刻と場所との関係における決定木抽出を行った結果を上記3次元空間上にマッピングした結果、明らかに特徴的なパターンを抽出できていることを確認することができ、また、任意の操作形態がどの特徴的なパターンに含まれるかを予測できる可能性があることも検証できた。

以下第2章において関連研究について述べ、第3章にて我々が提案する分類方法について述べる。そして第4章では実際に収集した操作履歴と位置情報履歴を分類した結果を述べ、第5章にて考察を行い、第6章にてまとめを述べる。

2 関連研究

本研究は、操作方法が複雑化する携帯電話・端末において、個々のユーザの望むアプリケーションを予測するシステム構築が目的であるが、この課題に対しては、これまでにもユーザごとの利用履歴からその状況に適したUIを提供するコンテキストアウェア技術に関する様々な研究が行われている。

例えば、人によって使いやすいUIを設計する手法として、予測/例示インタフェースの研究[3]が報告されている。携帯端末上で一般ユーザが例示しながら覚えさせるという方法はあまり考えられないが、予測インタフェースは仮名漢字変換を代表とするように有効な手法と考える。また、一般ユーザでなくある程度携帯電話の知識を持ったユーザであるならば実世界指向プログラミング[4]も有効と考える。

携帯端末は、時計機能、加速度センサ、周辺の音センサといった端末独自の機能のほか、GPS、広域通信機能といったほぼどこでも使えるインフラ機能と近距離無線など特定のエリアで利用できる機能を備えた機種が多くなっており、ユーザの状況を的確に把握できるようになりつつある。このようなコンテキスト情報を活用する研究としては、状況に依存して起動するアプリケーションが変わる研究[5]がある。この方式は、近距離無線を活用して状況を確認し、一つのボタンで所望の動作をさせようというコンセプトである。このような考え方は携帯端末に対しても有効であると考えられる。携帯端末に応用した例[6]では、環境側のコンテキストとユーザ側のコンテキストを分けて、双方において状況に依存した動作ができるようにしており、非常に有効な方法と考える。また、どのようにしてユーザの操作を予測するかも課題であり、状態遷移を含めてモデル化を行う研究[7],[8],[9]もあり、この場合、操作をどのような観点から見るかによってモデルは変わることになる。

† 大阪大学大学院情報科学研究科, Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

‡ 大阪大学産業科学研究所, The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

3 行動履歴の収集

これまで、我々はアプリケーションごとに異なる時刻や位置の扱い方に着目し、状況に依存したアプリケーション候補の抽出方式の構成案を提案し、操作履歴の扱い方を中心に簡単な評価を行ってきた [10]。この研究では、操作履歴から時刻と位置の状態空間を構成し、それぞれの状態においてどのアプリケーションが起動されたかを確率的に求める。そして、確率が高いものがメニューの中に入るようになる。メニュー内のアプリケーションが選択されたか否かで、アプリケーションに報酬を返す形で強化学習を行い、メニューの再構築し、学習の進行によって状態空間を再構成する方式を提案した。これに対し、本研究では実際の操作履歴を用いて時刻と位置の分類モデルを作成することで、先行研究で提案された状態空間の構成を行う。

携帯電話の操作履歴の記録に関しては、現状の携帯電話には詳細な操作履歴を記録することが出来ないため、暫定的に小型パソコン (SONY 製 VAIO-U) を使用し、キーボード操作やアプリケーションの稼働についての履歴を記録するソフトウェア (野田工房・ねっと [12] のキーロガー) を使用して操作履歴の記録を行うこととした。キーロガーを用いて抽出できる情報は以下のようなものである：

```
14:59:08 Caption > 無題 - メモ帳
14:59:15 Type > korehatessutodesu[SPACE].[Enter]
14:59:22 Caption > マイ コンピュータ
14:59:25 Explorer > file:///C:/borland
14:59:28 ClipBoard > test
```

そして、キーロガーで得られる履歴から、アプリケーションの操作時刻、操作の種類 (Caption, Type, Explorer, ClipBoard)、そして操作内容を取得した。操作の種類としては以下を対象とした。

- Caption... アクティブウィンドウのタイトルを表示する。
- Type... キーボードから入力されたテキストを表示する。
- Explore... エクスプローラで表示したディレクトリを表示する。
- ClipBoard... クリップボードにコピーされたテキストを表示する。

そして、端末を操作した位置情報の取得については、パソコンとは別に小型 GPS 端末を携帯することで対処した。

被験者には、約二ヶ月間小型パソコンと GPS を持ち歩いてもらい、行動履歴を収集した。その結果、パソコンを操作した日数は 38 日であり、総操作数は 5140 回となった。その中で、Web メールを使用した回数が 423 回、航空会社の Web サイトにアクセスしたのが 95 回、乗り換え案内サイトにアクセスしたのが 19 回であった。

3.1 操作履歴の可視化と期待される効果

そして、パソコンの操作履歴と位置データから、図 1 のような「時刻」と「位置 (2 次元平面)」の 3 次元空間上にパソコンの操作内容をマッピングするツールを作成した。図 1 は二ヶ月分の履歴の全てを表示したもので、日付毎にデータが重ねて表示されている。

各プロットの色は操作の内容によって分けて描画されている。赤が Web メール、緑が航空会社、白が乗り換え案内にアクセスしたことを示す。そして、可視化された履歴を様々な角度からの観察を通して以下の分類に関する可能性について注目する方針をとることとした。すなわち、(1) 携帯電話・端末のアプリケーションは、場所には関わらず時刻のみに依存するもの、(2) 時刻には関わらず位置のみに依存するもの、そして (3) 両方に依存するもの、に分類することを考える。例えば、ワンセグを視聴するアプリケーションにていつも決まった時刻のニュース番組を見る場合は場所に関わらず時刻に依存することが想定される。また、時刻表を見ることが必要となる状況などは駅周辺で発生す

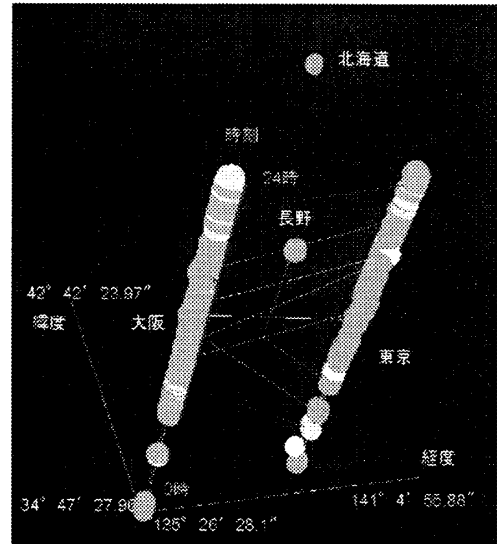


図 1 操作ログの三次元マップ

る頻度が高いことから、乗り換え案内関連の Web サイトへのアクセスは時刻に関わらず場所に依存することが想定される。一方、一日の仕事が終わり、帰りがけに職場の仲間とよく外食する人であれば、会社退社時にグルメサイトによくアクセスすることが想定され、この場合は時刻と位置の両方に依存したアプリケーションであると言える。当然ながら、メールアプリケーションのように、場所や時間に関わらず頻繁にアクセスされるアプリケーションも存在するであろう。

すると、上記 3 つのアクセスパターンの間には、作成した操作履歴可視化ツールにて表示すると図 2 のような顕著な違いが見られることが想定される。

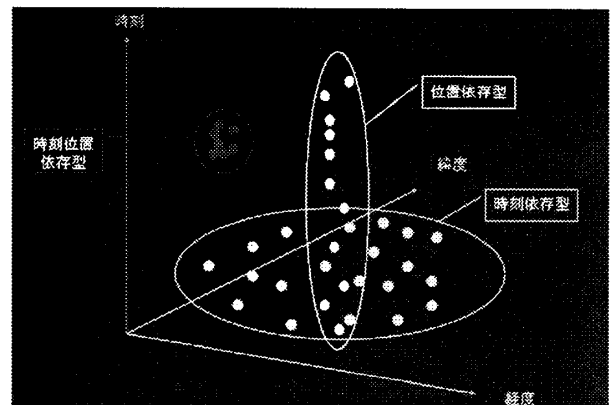


図 2 予測される分類モデル

3.2 実データによる検証

収集した 2 ヶ月分の操作履歴と位置情報履歴から決定木抽出を行った。抽出に使用したツールとしてはデータマイニングツールとして有名な Weka を利用した。

3.2.1 データの分類

分類に際し、今回収集した操作履歴の中での代表的な 3 種類のアプリケーション (Web メール、航空会社の Web サイト、乗り換

え案内の Web サイト)の全データを訓練データとして決定木の抽出を行い、得られた決定木に基づいて3つのアプリケーションの操作形態を3次元空間上にマップした。可視化例をそれぞれ図3, 4, 5に示す。

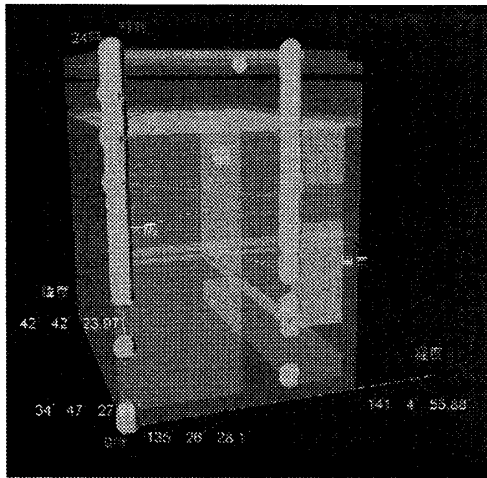


図3 Webメールの予測モデルの可視化

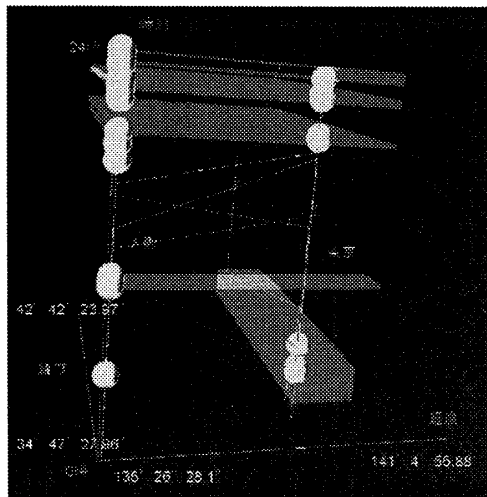


図4 航空会社の予測モデルの可視化

それぞれの直方体は分類モデルから得られた操作内容の占める空間を表している。つまり、図4の直方体内においては、Webメールや乗り換え案内サイトよりも航空会社サイトにアクセスしている可能性が高いことを示している。

3.2.2 予測の可能性の検証

次に任意の操作履歴に対して、それが抽出された決定木のどれと合致するか、つまりは任意の操作がどの操作パターンに属するかを予測できるかどうかについての検証を行った。検証法としては、得られた操作履歴・位置情報履歴に対して10-fold cross-validationを適用する方法を採用した。この予測が可能であることにより予測に基づくUIの設計が可能となる。結果を表1に示す。

すると、Webメールと航空会社Webサイトに関しては、F値が高いことから決定木による予測が有効であることが分かる。乗

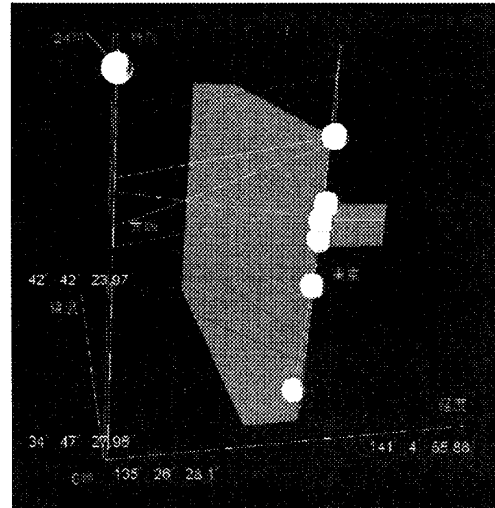


図5 乗り換え案内の予測モデルの可視化

属性	精度	再現率	F値
webメール	0.927	0.96	0.943
航空会社	0.821	0.726	0.771
乗り換え案内	0.667	0.526	0.588

表1 分類モデルの評価

り換え案内Webサイトに関しては、Webメールと航空会社Webサイトに対して収集されたデータの絶対数が少ないため、この2つの領域に含まれてしまう傾向にある。しかし、乗り換え案内WebサイトはWebメールと航空会社Webサイトの領域に含まれている数より、乗り換え案内Webサイトの領域に含まれている数の方が多く、2/3の割合が乗り換え案内の領域に含まれている。そのため、これに関しても予測が有効であると考えられる。以上、現状において、10-fold cross-validationにより構築した分類モデルの有効性について確認することが出来ている。

4 考察

図3, 4, 5から、Webメールの占める割合は残りの2つに比べて大きいことが分かる。これは、Webメールの使用頻度が大きく、場所と時間に関係なく使われていることを示すものである。

図4からは、航空会社Webサイトは位置ではなく、時刻に依存して利用される傾向にあることが分かる。特に、22時以降にこの傾向が見られる。これは、被験者が搭乗便のWebでのチェックインのために航空会社Webサイトにアクセスしているためである。その航空会社のWebチェックインは出発前日の22時以降でなければできないため、前日の22時以降に必ずWebチェックインを行う必要がある。その傾向が図4に表れている。一方、午前10時頃にも航空会社の領域が存在するが、これは出発前に出発便に関する情報を確認するために、航空会社Webサイトにアクセスしていることによる。

また、図5より、乗り換え案内Webサイトへのアクセスに関しては、時刻より位置に依存して利用される傾向にあることが分かる。大阪地区では乗り換え案内Webサイトにアクセスしているケースは少ないものの、東京地区では時刻に関係なく利用されている。これは、大阪地区では電車などの公的移動手段を利用する頻度が低く、その反面東京地区では電車などを使用するの移

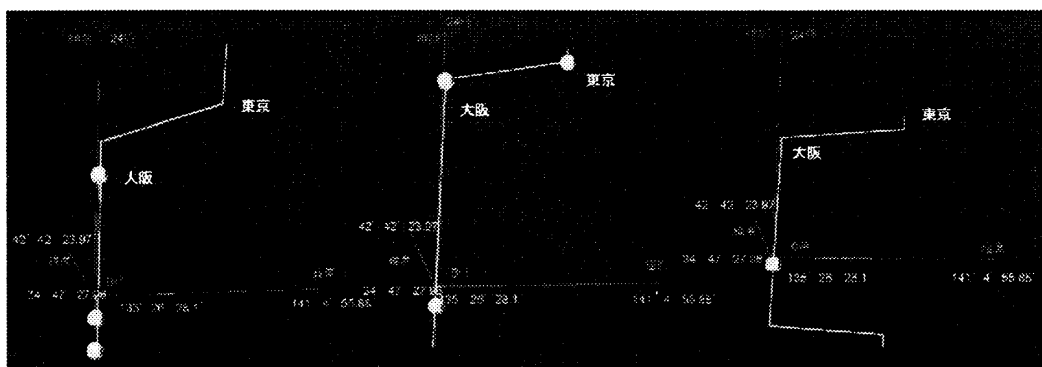


図6 航空会社を起動したときの行動パターン

動が多いことを示すものである。

これらより、2ヶ月間という短い期間での行動履歴からであっても、22時以降であれば航空会社 Webs サイトをメニューの上位に配置し、場所が東京地区であれば、乗り換え案内 Web サイトをメニューの上位に配置させることで、ユーザは容易に航空会社や乗り換え案内の Web サイトにアクセスすることができる。

更に、抽出された決定木から、22時以降に航空会社 Web サイトにアクセスがあった翌日には、遠方に移動する傾向が強いかも分かった。その例を前日分と合わせて図6に示す。左から2/8,3/20,4/4の行動履歴である。時刻が負の部分は前日のデータである。「ある操作をした後に、決まってある行動をとる」という情報もとても重要であると考えられる。なぜなら、その操作によって次の行動を予測することができ、ユーザに有用な情報を発信できるからである。航空会社 Web サイトへのアクセスの場合であれば、翌日に携帯電話が利用される場合、フライトの確認を見る Web ページに予めアクセスしておくことが可能となる。また、アプリケーション間の利用のされ方においてもこのような因果関係を抽出することができればさらに使いやすい UI を提供できる。例えば、朝、天気予報を見たあとに、ウェブにてテニスコートの予約を行う人がいる場合、天気予報から一回のクリックでテニスコートの予約画面にアクセスできるような UI を提供することで、ユーザは天気予報を閉じて、テニスコートの予約画面を探すという手間を省くことができる。

5 まとめ

本論文では、位置(2次元)と時間による3次元空間上においてアプリケーションの利用形態のモデル化を行い、これを実際に可視化するツールを作成し、実際に行動履歴を可視化した結果、想定した可視化がなされることを確認した。行動履歴からの特徴的な行動形態は決定木抽出により行い、得られた決定木を使用した行動の自動分離が可能であることの基本的な有効性も確認した。

ただし、本論文においては、携帯電話の代わりに小型パソコンとGPSユニットを用いたため、必ずしも利用の仕方が同じとは言えない。当然であるが、携帯電話では気軽な操作であってもパソコンでは複雑である場合もある。また、現状の構成では音声通話を行うことができず、とても重要な情報であるメールの宛先やウェブアクセス先のURLも取得できない状況で実験を行った。そのため、本論文ではアクセス頻度が高く、また行動形態が明らかに認識できるWebメール、航空会社、そして乗り換え案内に焦点を絞って分析を行った。

携帯電話での操作ログが取得できるようになるにはまだ時間を要することが想定されるため、今後の現在の構成にて行動履

歴を収集するが、まずは長い期間の履歴を収集することが重要である。また、今回は被験者も1人だけであり、個人の行動履歴から特徴的な行動パターンが抽出できたことが今回の成果ではあるが、本研究の最終目的としては、個人間の差異が重要であるものの、この部分に関しての分析ができておらず、多くの被験者の行動履歴を収集することも早急に開始する予定である。

参考文献

- [1] Jan Blom et al., "Contextual and Cultural Challenges for User Mobility Research", CACM, Vol.48, No.7, pp.37-41, 2005
- [2] Weka <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>
- [3] 増井俊之, "予測/例示インタフェースの研究動向", コンピュータソフトウェア, Vol.14, No.1, pp. 1-16, May 1997
- [4] 増井俊之, "実世界指向プログラミング", 第40回情報処冬のプログラミングシンポジウム予稿集, pp.19-25, January 1999.
- [5] 中島秀之, "マイボタンによる状況依存支援", 人工知能学会誌, Vol.16, No.6 PP.792-796, 2001
- [6] 河口信夫他, "ユビキタス情報環境における履歴を用いた機器操作支援手法", 情報処理学会, 第4回 UBI 研究会, pp.57-62, 2004
- [7] Ivo Widjaja et al., "SPHERES OF ROLE IN CONTEXT-AWARENESS", OZCHI 2005
- [8] Panu Korpipää et al., "Utilising Context Ontology in Mobile Device Application Personalisation", MUM'04
- [9] Karen Henriksen et al., "Developing context-aware pervasive computing applications: Models and approach", pervasive and mobile computing, Vol.2, No.1, 2006
- [10] 清原良三他, "携帯端末におけるユーザ操作支援方式の提案", 情報処理学会, Vol.2006, No.120, pp.89-96, Nov 2006
- [11] 元田浩他, "データマイニングの基礎"
- [12] 野田工房・ねっと <http://www.urban.ne.jp/home/noda/>