

ユーザのコンテキストから携帯電話の操作を予測するシステムの構築と評価

The construction and evaluation of the system to predict the operations of the cellular phone based on user's context information

松本 光弘*¹ 清原 良三 *¹*² 福井 秀徳*¹ 沼尾 正行*³ 栗原 聡*³
Mitsuhiro Matsumoto Ryozo kiyohara Hidenori Fukui Masayuki Numao Satoshi Kurihara

*¹大阪大学大学院 情報科学研究科 情報数理学専攻

Department of Information and Physical Sciences, Graduate School of Informartion Science and Technology, Osaka University

*²三菱電機(株) 情報技術総合研究所

Mitsubishi Electric Corp., Information Technology R & D Center

*³大阪大学産業科学研究所

The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

Recently, operations of cellular phone are becoming complex because they are getting to have a lot of functions. If a user has some patterns on use of the cellular phone, user's operations can be predicted with some patterns. In this paper, we propose a new method to predict user's operations and built an application menu. Then we evaluated this menu by comparing a menu based on the frequency of applications usage.

1. はじめに

近年、ユーザのニーズに応え、携帯電話は高機能化した。今では、携帯電話は本来の用途である通話機能に加えて、メール、カメラでの静止画や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、いま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。しかし、携帯電話のPC化が加速する一方、その操作は複雑になり、ユーザの負担は増える傾向にある。そのため、機能が增加しても操作性が低下しないUI(ユーザインタフェース)が求められている。

そこで、我々は位置や時刻というコンテキスト情報によって、携帯電話で利用されるアプリケーションが異なることに着目し、ユーザの普段の操作からユーザが所望するアプリケーションを予測する手法を提案する。ユーザの所望するアプリケーションを予測することができれば、予めそのアプリケーションが起動しやすいメニューを用意することができ、操作数と操作時間を減少させることができる。

本論文ではアプリケーション毎に分析を行い、利用されるアプリケーションがどこでいつ利用されているのかという、アプリケーションの特徴的な利用のされ方をクラスタリングを用いて抽出した。その特徴を用いてユーザの行動を予測し、予測を元にアプリケーションメニューを作成した。提案手法を用いて作成されたアプリケーションメニューと利用頻度のみを用いて作成されたメニューを比較し、提案手法を評価した。

2. 関連研究

携帯電話の複雑な操作を解消し、使いやすい携帯電話を作るために、様々な研究・調査がされている [1][2]。

連絡先: 松本光弘, 大阪大学産業科学研究所, 沼尾研究室,
〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘 8-1,
Tel:06-6879-8426 Fax:06-6879-8428
E-mail:m_mit@ai.sanken.osaka-u.ac.jp

ユーザが携帯電話を快適に利用するためには、ユーザが意図した操作がすばやくできることが重要である。そのためには、適切な大きさのボタンを用意する必要があり、ボタンのレイアウトも重要になってくる。そこで、人の手で押しづらい場所や、適度なボタンの大きさを検証する研究がある [3]。

また、携帯電話はディスプレイが小さいため、表示できるメニューの数に限りがある。そのため、如何にしてユーザを所望のアプリケーションに辿りつかせるかが重要な問題となる。そこで、メニューの階層構造ではなく、ユーザがアプリケーション名を検索することで所望のアプリケーションを見つける研究がある。[4]。また、携帯電話における Web サイトは「着信メロディ」「ゲーム」といったカテゴリ名とサービス内容が直感的に結びつく特定のサービスに偏っている。この問題を解消するために、このようなドメイン指向型で分類されたメニューをタスク指向型のメニューに変えることで、ユーザの求めるサービスをより探しやすくする研究が行われている [5][6]。

さらに、ユーザのコンテキストを利用してユーザの操作を支援する研究もされている。実世界指向プログラミング [7] はユーザが実世界の事物のみを使ってプログラムを行うもので、携帯電話において、ユーザがコンテキストに関連したアプリケーションを登録することで、コンテキストに合ったアプリケーションを起動できるマクロをつくることができる。携帯電話に熟練したユーザであれば、有効な方法だと考えられる。また、携帯電話の周りの状況を感じし、着信音の音量やバイブレーションの有無を変える研究もされている [8]。ユーザが一連の操作をした場合、そのパターンに似た操作があれば、その先の操作をサポートする研究がある [9]。また、ユーザの状況やユーザの操作履歴から、ユーザが行う次の操作を予測する研究が行われている [10]。このような手法は、携帯電話にも有効であると考えられる。

3. 行動履歴の収集

携帯電話でユーザの所望するアプリケーションを予測するために、携帯電話の操作ログを取得する必要がある。そこで、本章では操作ログの取得方法と取得されるログについて説明

する。

本論文では、携帯電話で操作ログを取得することが困難であったため、小型 PC (SONY 製 VAIO-U) と GPS レシーバを用いてユーザの行動を記録した。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・ねっとのキーロガー [11]) 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 > korehatesutodesu[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

キーロガーで得られる履歴は、アプリケーションの操作時刻、操作の種類 (Caption, Type, Explorer, ClipBoard), そして操作内容である。操作の種類の詳細を以下に示す。

- 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。

一人の被験者に、約 3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。その中で小型 PC を利用した日数は 51 日であり、総操作数は 8013 回であった。

4. 提案手法

ユーザの操作を予測するには、ユーザの利用パターンを見つける必要がある。そこで、本論文ではユーザの利用するアプリケーションが位置や時刻というコンテキストに依存することに着目し、コンテキストを用いてアプリケーションの利用パターンを見つける。

本論文では、家だけで使うアプリケーションや、夕方よく利用するアプリケーションなどを察知して、その特徴的なアプリケーションの利用の仕方メニュー順位の構成に用いることで、利用しやすいインターフェースを作成することを提案する。そのため、各アプリケーションの利用パターンを知る必要がある。そこで、われわれは一つ一つのアプリケーションに着目し、そのアプリケーションがどのような状況で利用されているのかを抽出することを考えた。そこで、各アプリケーションを位置と時刻に関してクラスタリングすることで、アプリケーションにおける利用範囲を求め、さらに、求められた利用範囲でどのアプリケーションがどの程度利用されているのかによって、アプリケーションの優先順位を求め、その優先順位を元にアプリケーションメニューを作成する。

4.1 クラスタリング手法

本論文では、密度に基づくクラスタリングの 1 つである DBSCAN [12] を用いた。各アプリケーションに対して位置と時刻でクラスタリングを行う。位置についてクラスタリングを行うと、そのアプリケーションが利用されている範囲を特定することができ、時刻に対してクラスタリングを行うことで、利用される時間帯を特定することができる。

位置についてクラスタリングを行う際、データ間の距離はユークリッド距離を用い、時刻については、時間差を距離とし

た。位置については、クラスタ内の最小緯度、最大緯度、最小経度、最大経度の範囲をクラスタ範囲とし、その領域がそのアプリケーションが利用される範囲とした。時刻については、クラスタ内の最小時刻と最大時刻をクラスタ範囲とした。アプリケーションの利用範囲について具体例を用いて図 1, 2 に示す。

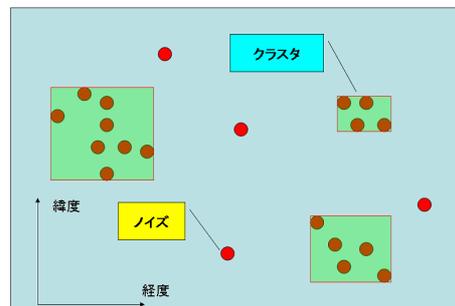


図 1: 位置におけるクラスタの範囲

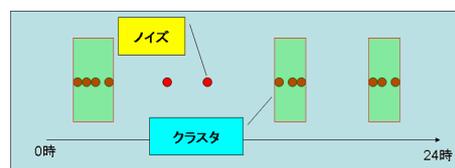


図 2: 時刻におけるクラスタの範囲

図 1, 2 の丸は対象のアプリケーションが利用された位置や時刻を表し、四角は作成されたクラスタを表している。クラスタは、対象のアプリケーションの利用範囲を示し、どのクラスタにも属さないデータはノイズとみなされ、予測に用いられない。

4.2 アプリケーションメニューの構成

クラスタリングによって、各アプリケーションの利用される領域を特定することができた。しかし、利用される領域が重なるアプリケーションが存在する。例えば、家で利用されるアプリケーションは、メールや電話はもちろんのこと、スケジュールや天気予報など多く存在する。そこで、どのアプリケーションを優先させて提示するかが問題となる。そこで本論文では、クラスタ内でのアプリケーションの利用頻度をメニューの順位に活用することを考えた。しかし、単純にアプリケーションの利用回数だけでは不十分である。例えば、駅周辺で A と B というアプリケーションが利用されていたとする。A は駅のホームでしか利用しないアプリケーションであり、B は駅周辺であればどこでも利用されるアプリケーションである。もちろん、B は駅のホームもクラスタの範囲内に含まれている。そこで、もし駅のホームでアプリケーションを利用することを考えると、B よりも A のほうが優先されるアプリケーションであるはずだ。しかし、B のクラスタは範囲が広いのでそれだけ多くのログデータが含まれる可能性が高く、必然的にクラスタ内の B の利用回数は多くなる。そのため、利用回数だけではその優先順位を決めることができず、クラスタの範囲も考慮する必要がある。そこで、位置や時刻のクラスタの重要度を以下のように定義する。アプリケーション i の位置クラスタの重要度を LI_i とし、時刻クラスタの重要度を TI_i とする。さらに、

位置クラスタ内におけるアプリケーションの利用回数を LN_i , 時刻クラスタ内におけるアプリケーションの利用回数を TN_i とする . また , 位置クラスタの面積を LA_i , 時刻クラスタの時間幅を TA_i とする .

$$LI_i = \frac{LN_i}{LA_i} \quad (1)$$

$$TI_i = \frac{TN_i}{TA_i} \quad (2)$$

メニューの順位はクラスタの重要度を用いて求められるが , メニューの順位は 1 次元であるのに対し , クラスタの重要度は位置と時刻の 2 次元である . そのため , 位置と時刻のクラスタの重要度を 1 つにまとめる必要がある . そこで , 同じ位置クラスタに含まれるアプリケーションの中で , 最も重要度の高いものを 1 とし , 他のアプリケーションは同じだけ重要度の値を割り引く . 割り引いたものをクラスタの標準重要度と呼ぶ . ここで , 位置クラスタと時刻クラスタの標準重要度を以下に定義する . アプリケーション i の位置クラスタの標準重要度を SLI_i , 時刻クラスタの標準重要度を STI_i とする . 全アプリケーションの数は k 個だとする .

$$SLI_i = \frac{LI_i}{\max(LI_1, LI_2, \dots, LI_k)} \quad (3)$$

$$STI_i = \frac{TI_i}{\max(TI_1, TI_2, \dots, TI_k)} \quad (4)$$

例えば , アプリケーション A,B,C が 8 時を含むクラスタを形成したとする . そこで 8 時におけるクラスタの重要度を計算すると A,B,C がそれぞれ 3,5,10 であったとする . この中で C のクラスタ重要度が最も高いため , C の重要度は 1 になる . 他のアプリケーションも同様に割り引くと A,B,C の 8 時クラスタの重要度は 0.3, 0.5, 1 となる . 最終的には位置クラスタと時刻クラスタの重要度を足すことでアプリケーションにおけるクラスタの重要度となる . クラスタの重要度を以下に定義する . アプリケーション i のクラスタの重要度を CI_i とする .

$$CI_i = SLI_i + STI_i \quad (5)$$

クラスタの重要度が高いものから順にメニューの上位に配置させる . メニューの順位決め方を具体例を用いて図 3 に示す .

5. 提案手法の評価

ログデータを用いてアプリケーションメニューを作成し , そのメニューがユーザの意図にどれほど合致しているかについて検証する . 予測に用いるデータは予測する直前の 14 日間のデータを用いる . 14 日間のデータでクラスタリングを行い , 各アプリケーションの利用範囲を求める . もし , 予測するデータの状況が , クラスタの範囲内であればクラスタの重要度からアプリケーションの優先順位を決める . もし , 予測するデータの状況が位置クラスタにも時刻クラスタにも含まれないアプリケーションについては , 14 日間で利用回数の多いアプリケーション順に並べることにする . これにより , 全ての対象となるアプリケーションに順位をつけることができる .

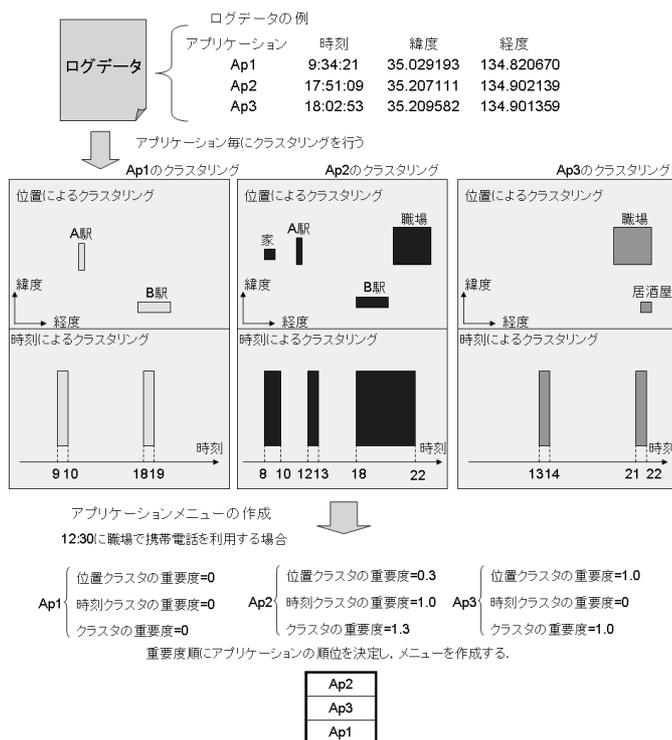


図 3: メニューの作成

5.1 クラスタによる利用範囲の特定

クラスタリングにより , アプリケーションが利用される範囲を特定することができる . Web メールログから形成した位置クラスタを図 4 に示す . 位置クラスタを作る際のパラメータとして , $Eps = 100m$, $MinPts = 4$ とし , $Eps = 30min$, $MinPts = 4$ とした . また , クラスタ付近を定義するために , 位置クラスタにおいては 50m , 時刻クラスタにおいては 30min を許容範囲とした . 緑色がクラスタ範囲内 , ア



図 4: Web メールの利用範囲

アプリケーションが実際に利用された範囲を示している . 水色がクラスタ付近で , アプリケーションが利用される可能性がある範囲を示している .

5.2 アプリケーションメニューの評価

クラスタリングの結果を用いてメニューを作成し、メニューの評価を行う。ユーザの所望するアプリケーションがメニューの上位であれば、よりよいメニューを構築できたといえる。提案手法を評価するために、利用頻度からアプリケーションの順位をつけたメニューと比較した。その順位の平均値による比較結果を表 1 に示す。表 1 より、大幅にメニューが改善された

表 1: 各アプリケーションにおける平均予測順位の比較結果

	提案手法	比較手法	ログ数
Web メール	1.616	1.205	808
無線通信の設定	2.690	2.597	449
プログラム管理ソフト	4.502	4.436	243
ログ取得ソフト関係	4.766	4.473	239
近距離無線のセットアップ	4.45	3.918	220
航空会社	2.808	4.804	205
ネットワーク接続関係	5.991	7.145	117
テキストエディタ	9.428	10.14	59
ファイラー	9.246	9.000	57
無線接続関係	10.891	12.543	46
特定のディレクトリ	8.75	10.21	44
仮想ディスプレイ	11.67	11.619	42
乗り換え案内	10.88	11.65	26
ユーザ認証機能	13.56	13.84	25
Web カレンダー	15.00	15.00	17
全アプリケーション	3.981	4.042	2596

アプリケーションは航空会社である。航空会社は時刻に依存して利用されるため、クラスタを形成しやすく、アプリケーションの利用範囲を的確に抽出できた結果だと思われる。このようにコンテキストに依存するアプリケーションに対して、提案手法はいち早く起動できるメニューを作成することができた。

6. まとめ

本論文では、複雑化しつつある携帯電話の操作に対し、ユーザの所望するアプリケーションを予測することで、ユーザがより簡単に所望のアプリケーションを利用できるメニューを作成することを考えた。各アプリケーションがどの状況で利用されるのかを抽出するために、各アプリケーションを位置と時刻でそれぞれクラスタリングを行った。これにより、各アプリケーションがいつどこで利用されるのかを抽出することができる。さらに、その結果を用いてメニューを作成した。提案手法の有用性を検証するために、提案手法を用いて作成されたメニューと頻度のみを用いて作成されたメニューを比較した。全体的には、大きな差はなかったものの、コンテキストに依存して利用されるアプリケーションに対して、大幅に良い結果を得ることができた。提案手法は、コンテキストに依存して利用されるアプリケーションを予測することができたといえる。

しかしながら、Web メールのように位置や時刻に依存しないアプリケーションも存在するため、このようなアプリケーションに対して、提案手法ではうまく予測することができない。位置や時刻以外に依存して利用されるアプリケーションも存在するはずである。例えば、直前の行動に依存して利用されるアプリケーションや天気や曜日によって利用されるアプリケーションが考えられる。今後はこのような様々な要因を利用

して、より精度の高い予測を行う必要がある。

また本論文では、一人の被験者を対象に行動履歴の分析を行ったが、一般的に提案手法の有用性を検証するには、より多くの人の行動履歴を分析する必要がある。

参考文献

- [1] 三井聡, 清原良三, 栗原聡, 沼尾正行, "携帯端末 UI の操作性向上方式の提案", 電子情報通信学会 2007 年総合大会講演論文集, Mar 2007.
- [2] 尾形俊徳, 和多田淳三, "自己組織化マップに基づく携帯電話の操作性要因の分析", 第 16 回バイオメディカル・フレンジ・システム学会講演論文集, 2004
- [3] Pekka Parhi, Amy K. Karlson, Benjamin B. Bederson, "Target Size Study for One-Handed Thumb Use on Small Touchscreen Devices", Proceedings of the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services, pp.203-210, 2006
- [4] Gary Marsden, Matt Jones, "Ubiquitous Computing and Cellular Handset Interfaces - are menus the best way forward?", South African Computer Journal 28:67-74, 2002
- [5] Munehiko Sasajime, Yoshimobu Kitamura, Takefumi Naganuma, Shoji Kurakake, Riichiro Mizoguchi, "OOPS: User Modeling Method for Task Oriented Mobile Internet Services", Proceedings of the IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence, pp.771-775, Nov 2007
- [6] 笹島宗彦, Huang JueJing, 來村徳信, 長沼武史, 倉掛正治, 溝口理一郎, "モバイルユーザの「困った」を記述する OOPS モデル", 第 21 回人工知能学会全国大会 (JSAI2007) 論文集, June 2007
- [7] 増井俊之, "実世界指向プログラミング", 第 40 回情処 冬のプログラミングシンポジウム予稿集, pp.19-25. January 1999.
- [8] Daniel Siewiorek, Asim Smailagic, Junichi Furukawa, Neema Moraveji, Kathryn Reiger, Jeremy Shaffer, "SenSay: A Context-Aware Mobile Phone", Proceedings of the 7th IEEE International Symposium on Wearable Computers", p.248, 2003
- [9] Edwin Bos, "SOME VIRTUES AND LIMITATIONS OF ACTION INFERRING INTERFACES", Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp.79-88, Nov 1992
- [10] 河口信夫, 宮崎俊和, 稲垣康善, "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
- [11] 野田工房・ねっと <http://www.urban.ne.jp/home/noda/>
- [12] Ester M., Kriegl H.-P., Sander J., Xu X.: "A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise", Proc. 2nd int. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD '96), Portland, Oregon, 1996, AAAI Press, 1996.