

# Bluetooth デバイス検出履歴の長期的観測に基づく周期性の検証

Finding periodicity in everyday life using long-term observation of Bluetooth discovery.

牛越 達也 中村聡史 河野 恭之\*

**Summary.** 本研究は、PC、ゲーム機、PDA、携帯電話など日常生活に遍在する Bluetooth デバイス (BT) を常に自動的に検出することで得られる social context を解析して、自身の日常行動を推定する手法を提案する。BT は設定によって、通信相手からの Inquiry に無条件で応答するため、通信範囲内の BT が検出可能である。そのため、自身の周辺にある BT を常に自動的に検出することで、自身が動かなくても屋内、屋外問わずに周辺環境の状況をリアルタイムかつシームレスにとらえることができる。我々は、これまで一日の行動から得られる BT ログより複数のパラメータを設定することで、周辺環境の変化をとらえ行動の推定を行った。本稿では、BT ログを長期的に観測することで、個人の日常行動における周期性を示す。

## 1 はじめに

本研究は、常に周辺環境を解析して自身の行動を自動的に分類するユビキタスアプリケーションの構築に向けて、PC、ゲーム機、PDA、携帯電話などに急速に普及し日常生活に遍在する Bluetooth デバイス (BT) を常時・継続的に検出した履歴を解析して、自身の行動を推定する手法を提案する。Bluetooth は、到達距離 10-100 m 程度の無線通信規格であり、周囲にある BT からの Inquiry に自動的に応答する。また、各 BT には一意な MAC アドレスである BDA (Bluetooth Device Address) が付与されており相手を識別できる。

Nicolai らは、特定可能な人物の BDA の同時検出数に注目することで周辺環境の変化を検出している [1]。Kostakos らは、BT が共存することを social context として、多くの人々が共存する場所の特定に用いている [2]。Donnie は、BDA の同時検出数の変化をもとにクラスタリングすることで、個人の行動履歴の解析を行っている [3]。彼らは、自身の周辺に存在する BT の検出数を social context とすることで、共存する人の疎密に着目している。しかし、ユーザの日常行動やそれに伴って変化する周囲の状況には様々なバリエーションがある。図 1 は、電車 (左)、大学内 (右) で日常的に観測される履歴の例である。図の上部の数字は時刻を示し、縦軸は検出された BDA に対して検出された順に ID を付与することで、履歴を可視化したものである。通勤電車の履歴からは、乗車時の新規 BDA の急激な増加と停車駅での同じ車両に共在する BDA の入れ替わりが見られる。大学内の履歴では、講義室への入退りに伴って大量の新規 BDA の検出と消失、その継続的

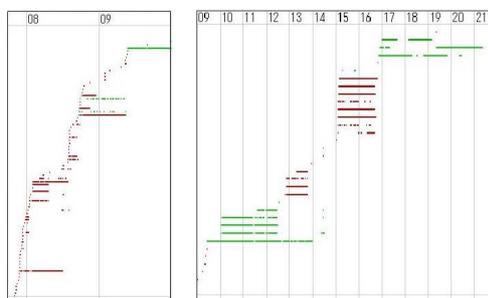


図 1. BT ログ (左:通勤電車, 右:大学内)

検出によって講義等の社会イベントに伴う共在が確認される。我々は一日の BT ログから、同時検出数、継続検出される BDA など複数のパラメータを設定することで、決定木判定によって個人の行動履歴の分類を行った [4][5]。我々は、2009 年 1 月より 8 カ月 にわたり BT ログの収集を続けてきた。本稿では、観測するデータを週単位に分割することで、個人の日常行動における周期性を検証する。

## 2 周期性の検証

人の日常は、一日で完結するものではない。例えば、学生なら週単位のカリキュラムが組まれ、曜日ごとの決まった時間帯に講義がある。学生に限らず組織、コミュニティに所属しているのなら、週、時間などに拘束されたスケジュールがあるはずである。BT ログからもそれは観測される。図 2 は、2009 年 6 月 3 日 水曜日と次週 6 月 10 日の BT ログを示すものである。提供者は、水曜日午後に講義があり 9 時から 15 時までのスケジュールは異なるが 15:00 から 16:40 までの時間帯に、類似した新規 BDA の継続検出が確認できる。このような、人の日常に一定の周期性を検出することで、行動の推定の精度を高める。

Copyright is held by the author(s).

\* Tatsuya Ushikoshi and Yasuyuki Kono, 関西学院大学大学院 理工学研究科. Satoshi Nakamura, 京都大学.

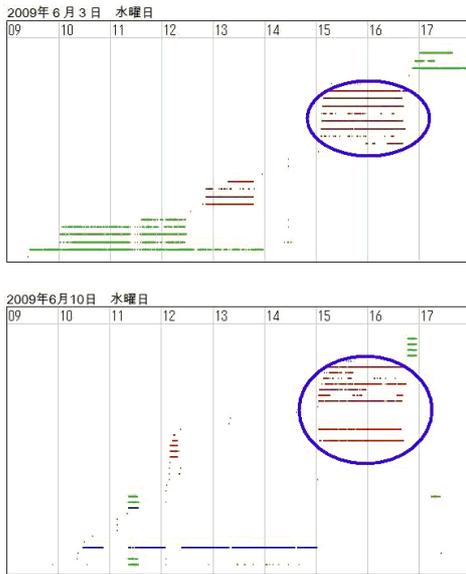


図 2. 6 月第 1 週, 第 2 週に観測される周期性

## 2.1 検証手法

これまでの試みより, BT ログの傾向で行動の推定に強い影響を与えるのは, 以下である.

- 高い頻度で継続的に検出される BDA
- 同時検出される BDA の一意性

これらは, 自身のいる場所によらず検出範囲内に共存する BDA を示すものであり, 同じ時間帯に共存する BDA のコンビネーションはコミュニティを示す. そこで, BT ログから継続的に検出される BDA を抽出し, 時間同期をとりながら BDA の一意性を比較することで, 単位時間での一意性のある BDA の割合を算出した. それを閾値判定することで周期性のある区間を検出する. 実験には, 2009 年 6 月中の履歴を用いて, 2009 年 6 月第 1 週の履歴を基にそれ以降の週ごとの周期性の検証した.

## 2.2 評価

図 3 は, 6 月各週の BT ログに周期性が確認された時間帯である. 火曜, 土曜, 日曜の一部の週では, 日常的なスケジュールではないために周期性が見られなかったが, その他の週では一定の周期性が観測された. 被験者の 6 月の日常では, 水曜日の 15:10-16:40, 木曜日の 9:00-12:10 に講義, 月曜日の 9:00-11:00 にゼミがあり, 実験からもその時間帯が検出された. 受講者層が重なる水曜と木曜の講義の BT ログには一部重複が見られ, 木曜の講義では TA を担当する研究室メンバーの携帯 BDA が周期性をもって検出されており, この BDA はゼミ等の他のイベントでも確認された. また, 金曜日の 15:00 ごろ, 木曜日の 15:00 ごろなど滞在の長短はあるが, 決まった場所に立ち寄ることが検出されている. この時間帯は, 休

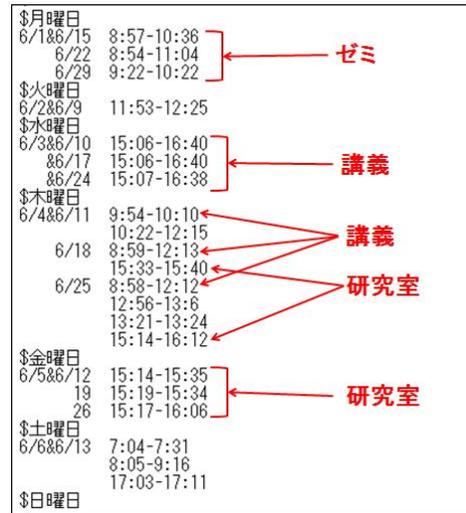


図 3. 周期性が検出された区間

憩, 会議など外出するイベントから自室に帰るまでの間に観測されており, 時間に加え, 前後のイベントに影響を受けている.

## 3 今後の展望

検証の結果, BT ログの長期的観測より日常行動に一定の周期性が示された. 行動によって詳細の時間は前後するが, 講義, 立ち寄る場所など周期性のあるイベントが検出可能である. 今後は, BT ログの長期的観測を週からさらに拡大して検証を続けると共に, 実験で確認された時系列にパターンがあるイベントについても検証を行う. BT ログはユーザに対して相対的な周辺の人の流れを反映する. これに対して, ユーザの絶対位置を反映する WiFi 基地局の履歴を併用することで, 自身の動きも含めた social context を解析する. また, 検出されたコミュニティの情報に注目し, 同じ時間を共有している人間の親密度をモデル化する.

## 参考文献

- [1] T.Nicolai, et al. *Towards Detecting Social Situations with Bluetooth*. Adjunct Proc. Ubicomp, 2006.
- [2] V.Kostakos, et al. *Understanding and measuring the urban pervasive infrastructure*. Personal and Ubiquitous Computing, Springer, Vol.13, No.5, pp.355-364, 2009.
- [3] H. Kim, K. Cho. *BlueSense: Sensing Blue Whales*. <http://urban.cens.ucla.edu/cs219/images/0/0b/BlueSense.pdf>.
- [4] 牛越他. Bluetooth デバイスの検出履歴を用いたユーザ行動の分類. 情処研報, 2009-UBI-22, 2009.
- [5] R.Nishide, et al. *Detecting Social Contexts from Bluetooth Device Logs*. Adjunct Proc. UbiComp, 2009.