

## Bluetooth デバイスの観測履歴を用いた雑踏検出と 位置情報を併用した応用アプリケーションの試案

### Extracting the Dynamic Flow of Pedestrians by Analyzing the Bluetooth Detection Logs and Its Feasible Applications

西出 亮<sup>†</sup>  
Ryo Nishide

高田 秀志<sup>†</sup>  
Hideyuki Takada

#### 1. はじめに

本研究では、ユーザが携帯する Bluetooth(BT) デバイスを用いて、周辺に偏在する BT デバイスを常時継続的に観測し、その検出履歴を作成・分析することで、周辺の人々のフローや雑踏発生地域の特定、ユーザに優しい経路探索を可能にするナビゲーションシステムの構築への応用等に資することを目的とする。

BT はおよそ 10m 以内に存在するデバイスとの無線通信規格であり、携帯電話や PDA、ゲーム機、PC 等に近年とみに普及しつつある。本研究では、携帯電話を中心に、人々が日常的に持ち歩いている BT デバイスを搭載した移動体端末を観測対象とし、ユーザと共に移動するこれらの端末を観測することにより、同時刻観測数や長期的観測数、人々のすれ違いによる入れ替わり観測数などの観点から BT デバイスの観測状況を解析することで、周囲の人々の流れを捉えられると考える。

更に、GPS 機器と併用して、時間と場所に依じた BT デバイスの観測状況を記録し、人々のフローや雑踏の発生時刻・場所の履歴を生成する。周辺の BT デバイスを記録する端末としては、近年普及している PDA やスマートフォン等日常的に持ち歩く機器を用いる。これらのデータを用いて、時間や場所に依じて変化し続ける人のフローを提示する地図システムや、仮想空間上に実空間の状況を提示するシステムの構築手法を検討する。

本研究は、人が集まる人気のある場所の検索や、雑踏を回避するための経路探索、特定の地域における人々の動態の可視化等、複数の関連分野に適用できる可能性を持つ。

#### 2. 研究動機

著者は、これまで「仮想共有空間とその高度応用」に関する研究に取り組んできた [1]。仮想共有空間は、地理的に離れた多数の利用者を空間内で結びつけ、利用者がそれぞれの目的で利用したり、協調的に行動したりすることを可能にするものである。この仮想共有空間を、利用者の日常行動に即した生活支援のために、実空間における事象や状況の変化を仮想共有空間内でシミュレートし利用者にフィードバックするための計算空間として利用することを考えている。そのためには、実空間と同型・同質の仮想共有空間を構築し、両空間を連携する必要がある。このような空間を構築するためには、実空間で動的に変化し続ける空間コンテキストや歩行者の動態等を効率的に検出する柔軟な手法が要求される。

更に、仮想共有空間の高度応用システムとして、仮想空間上の利用者の代理であるアバターの振る舞いシミュレーション、コンテキストアウェアな歩行者ナビゲーション

システム、利用者増大にも対応できるスケーラブルな仮想共有空間の構成法等の視点から、手法やモデルを提案し検証を試みてきた。ほとんどの研究プロジェクトにおいて、仮想空間構成法の提案や実社会を想定したシミュレーションを主に行ってきたが、実空間の観点からセンサーを用いた空間情報の取り込み方法や、システムの利用実験が課題として残されている。

本研究では、特に検出困難な歩行者のフローや雑踏の検出方法に焦点を当てる。人の行動や雑踏を検出するためのアプローチとしては、踏んだ瞬間に作動する離床・徘徊センサーを用いる手法や、実空間に設置したカメラから取得したイメージ画像から検出する手法等がある。しかし、これらの手法は、(i) コストが高い、(ii) 導入台数に限度があり広範に設置できない、(iii) 機器を設置する手間がかかる、(iv) 設置困難な場所に導入できない等の問題があり、効率的ではない。これに対し、物理センサーを設置せずに実空間の人の移動状況を検出するための手段を検討した結果、実空間に偏在する BT デバイスを搭載した機器をセンサーとして用いる手法に関する知見を得た。本手法では、利用者が日常的に持ち歩いている機器を用いるため、低コストで機器の設置による手間も省ける [2]。

#### 3. 研究方法と結果分析

##### 3.1 BT デバイスの検出

BT デバイスは、それぞれ Bluetooth Device Address (BDA) と呼ばれる 48 ビットの固有アドレスが製造時に割り当てられており、通信時に BDA 情報を交換しお互いの機器を識別する。また、登録製造者に依って共通である BDA の先頭 24 ビットを確認したり、通信時の名前問い合わせ処理で得られた端末名を確認することで、機種を特定できるものもある。このようにして、人々が日常的に持ち歩いている機器 (携帯電話、PDA 等) と場所に固定された機器 (家電製品、PC、ゲーム機等) を特定し、主に人々が持ち歩く機器を観察対象とする。

また、出勤・退勤するまでの日常を通して BT デバイスを観測した結果、歩行者が持ち歩いている BT 機能付き携帯電話が多く観測された。一方、wifi 信号も観測したが、場所に固定された機器の情報が多く観測され、歩行者のフローによる観測データ数の変化があまり見られなかった。従って、歩行者のフローを観測するためには、BT デバイス検出方法を用いることにした。

##### 3.2 BT 観測履歴の分析

著者は現在、出勤から退勤に至る日常活動や学会・旅行・祭り等の非日常的なイベントにおいて BT 機器を観測している。実験機器は HP iPAQ 112 Classic Handheld PDA を使用し、[3] における BT 信号の到達距離と時間

<sup>†</sup>立命館大学 情報理工学部

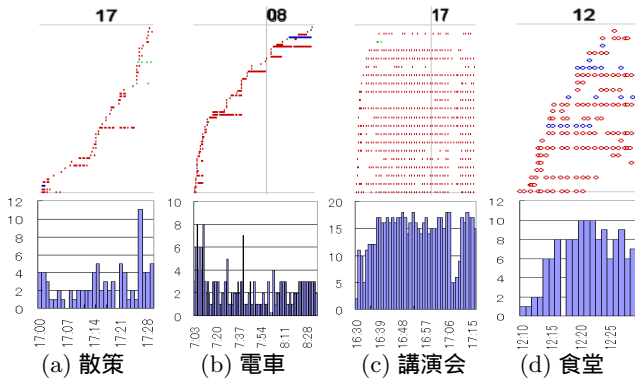


図 1: BDA の検出口グ (上) と統計 (下)

に関する調査を元に、探査時間を 6 秒と設定し、30 秒周期で BDA を観測している。また、携帯電話や PDA に多く採用されている class 2 デバイスを搭載した BT デバイスを観測対象とし、およそ 10m 以内の BT 搭載機器を観測している。

図 1 は、異なった状況における BT 観測履歴であり、その考察結果を以下にまとめる。上段の図は、横軸が時間を表し、縦軸に新規 BDA を検出順に記録している。赤は携帯電話、緑や青はその他の機器である。

- 町を散策:人々とのすれ違いが多いため、複数の BDA が入れ替わり検出された。買い物や寄り道の際に、同じ BDA が継続的に検出されることもあった。すれ違う人数は一定でなく、BDA 数は常に変動している。
- 電車に乗車:尼崎駅から南草津駅まで。同じ車両の乗客から継続的に BDA が検出され、駅で停車する度に多くの BDA が入れ替わり検出された。また、大阪や京都のような主要駅では、大量の BDA が検出された。
- 講演会に出席:同一室内で多数の BDA が継続的に検出された。また、聴衆は移動が少ないため、BDA 数は大きく変動していない。(休憩時間を除く)
- 食堂で食事:客が頻繁に出入りし食事をするため、BDA の継続及び入れ替わりが常に検出された。

以上の実験結果により、BT 観測履歴や検出したデータの分析から、以下のように歩行者フローの状況を推定できると考える。

- BDA の検出数:人々の密集度及び雑踏の推定
- BDA 検出時間幅:共にいる人々やイベント継続時間
- BDA の出現・消滅:人々の滞在、移動、すれ違い

#### 4. 応用アプリケーションの試案

本手法をライフログに用いる研究 [2] もあるが、本稿では位置情報との併用を想定した 3 つの応用アプリケーションの構築を検討する (図 2)。当面、[1] で提案した応

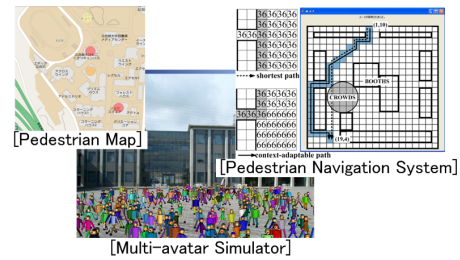


図 2: 本手法と位置情報を用いたアプリケーション例

用アプリケーションを用いて、雑踏検出や実装手法に焦点を当て、システム構築に向けて取り組む予定である。

歩行者フロー地図: 雑踏の発生区域や歩行者の状況を地図上に掲載するシステムである。人の流れは動的に変化し続けるため、地図利用者は時間や場所を指定し確認することによって、現在や過去の雑踏区域や開催イベント等を認識できるようにする。

状況適応型歩行者ナビゲーションシステム: 実空間の雑踏発生区域を検出し、雑踏を回避するための経路探索を行うシステムである。この研究では、以前に提案した歩行者ナビゲーションシステムを発展させて、雑踏に関するコンテキストを効率的に取得し経路探索結果に反映させるために本手法が活用できる。

仮想空間を用いた歩行者シミュレーション: 以前の研究課題の一つとして、3D 仮想共有空間上でアバターに行動パターンを定義し自律的に動作するマルチアバター・シミュレータを構築した。本手法を応用して、アバター位置や雑踏状況を 3D 仮想共有空間にマッピングし、実空間の状況を想定したシミュレータの構築を目指す。

#### 5. おわりに

本稿では、歩行者フローの検出手法として BT デバイスを観測し、フロー状況や雑踏区域を可視化する応用アプリケーションの試案を検討した。今後の課題は、BT 観測データの詳細な特徴分析、他のセンサーデータとの併用可能性、応用アプリケーションの構築・実装等である。

#### 謝辞

貴重な研究機会と示唆を賜った関西学院大学理工学部河野恭之教授、有益な研究援助を頂いた京都大学大学院情報科学研究科の中村聡史准教授に謝意を表したい。

#### 参考文献

- [1] Nishide, R., "Prospects for Digital Campus with Extensive Applications of Virtual Collaborative Space", ED-MEDIA 2009, pp. 577-584, 2009.
- [2] Nishide, R., Ushikoshi, T., Nakamura, S., Kono, Y., "Detecting Social Contexts from Bluetooth Device Logs", Supplemental Proc. Ubicomp 2009, pp.228-230, 2009.
- [3] 新井イスマイル, 広淵崇宏, 藤川和利, 西尾信彦, 砂原秀樹. Bluetooth デバイス存在検出手法の考察. DI-COMO 2008, pp.1504-1509, 2008.