

# Bluetooth を用いたミクロな人の密集度計測の可能性に関する研究

中村敏和・木實新一・柴崎亮介

## Study on the Potential to Measure People Density using Bluetooth

Toshikazu NAKAMURA, Shin'ichi KONOMI and Ryosuke SHIBASAKI

**Abstract:** 近年、防犯やマーケティングなどの観点から、道路や交差点といったミクロな範囲での人の密集度の把握が重要になってきており、また、スマートフォンなどの普及により、Bluetooth 検出可のデバイスを所持する人数が増加してきている。そこで本研究では、Bluetooth を検出するセンサを設置し、検出可のデバイスを所持している人数を計測することで計測地点ごとのおおまかな密集度計測を行い、Bluetooth を用いた人数計測・推定の可能性を示した。

**Keywords:** Bluetooth、人の密集度 (people density)、スマートフォン (smart phone)、道の賑わい

### 1. はじめに

近年、防犯やマーケティングなどの観点から、道路や交差点といったミクロな範囲での人の密集度の把握が重要になってきている。また、中心市街地の衰退が多く見られるようになり、活性化の施策が実施されており、市街地のミクロな賑わいを計測し、施策に結びつけたり、施策評価を行ったりすることがより重要になってきている。ポイントカードの導入など、中心市街地全体での戦略を実施する上で、道路単位などのミクロな範囲で人の密集度を計測し、分析・活用していく必要がある。

さらに、各種計測技術の発展により、GPS を用いた個人の移動経路、CCTV カメラを用いた面的な人数、IC タグを用いた自動改札による駅の乗降客数、

携帯電話基地局等への端末登録数、あるいはデパートの時間帯別来場者数など、様々な切り口で人の移動について計測できるようにもなっている。しかし、これらの方法はコストの点で、広範囲における多人数の計測が困難である。

そこで、本研究では、Bluetooth を用いておおまかな人の密集度を計測する手法を提案する。特に、道路単位などのミクロな範囲での計測の可能性を検討していく。近年、スマートフォンなどの普及により、Bluetooth 検出可のデバイスを所持する人数が増加してきている。本研究では、Bluetooth を検出するセンサを設置し、検出可のデバイスを所持している人数を計測することで計測地点ごとのおおまかな密集度計測を行い、Bluetooth を用いた人数計測・推定の可能性を示す。Bluetooth を検出するセンサを設置することは他の計測手法に比べて容易である。

Bluetooth を用いた人の行動計測に関する研究に

---

中村敏和 〒277-8568 千葉県柏市柏の葉 5-1-5 総合  
研究棟 435 号室

東京大学大学院空間情報科学センター 柴崎研究室

Phone: 04-7136-4307

は, Mathias, V. ほか(2011)などがある. Mathias, V. ほか(2011)では, あるフェスティバルが開催される際に, イベント広場ごとに Bluetooth を検出し, その来場者数の推移を計測している.

## 2. 取得データについて

### 2.1 Bluetooth について

Bluetooth は数 m から数十 m 程度の距離の情報機器間で, 電波を使い簡易な通信を行うのに使用される. Bluetooth には, 電波強度の違いによる 3 種類のクラス 1~3 が存在し, それぞれ, デンパ出力が 100mW, 2.5mW, 1mW, 到達距離が 100m, 10m, 1m となっている. また, Bluetooth は 2.4GHz の周波数帯を 79 の周波数チャンネルに分け, 利用する周波数をランダムに変える周波数ホッピングを行いながら通信を行う. そのため, Bluetooth 検出可能機器を検出する際は 10 秒ほどの時間を要する.

### 2.2 取得データとデータ処理方法について

本研究では, Bluetooth 検出可能機器から, その MAC アドレスと検出時間のみを取得し, 利用する. 図-1 にその様子を, MAC アドレスの下 6 桁を伏せて示した. 本研究では, この MAC アドレスを用いて人の密集度を計測する. また, ノート PC を取得用機器として用い, java 用の Bluetooth ライブラリである, bluecove ver2.1.0 を利用した.

```
2011-05-19 16:17:52 start detecting bluetooth.
2011-05-19 16:17:54 8C7B9D*****
2011-05-19 16:17:56 A0DDE5*****
2011-05-19 16:17:59 2021A5*****

2011-05-19 16:18:06 start detecting bluetooth.
2011-05-19 16:18:10 A0DDE5*****
...
```

図-2 取得データ

## 3. 適用例

### 3.1 関内駅ホームにおける計測

まず, Bluetooth を検出することで人の密集度がおおまかに計測できるかどうかを, JR 関内駅のホームでの計測で検討する. 図-2 のように, JR 関内駅は上下線 2 つの線路のみ通っている. シンプルな構造となっているため, 電車の発着時刻が人の密集度に大きな影響を与えられとされる. そこで, 電車の発着による人の増減を Bluetooth で計測可能であるかを検討することで, Bluetooth 検出可能機器の検出が人の密集度計測に有用であるかを考察できると考えた. 計測は, 6 月 5 日, 日曜日の 16:30 ~17:30 の 1 時間行った.

結果として, 1 時間で検出できた機器数は 154 台で, 上下線合わせて 20 台の電車が発着した. 図-3 に検出開始時間ごとの新規検出機器の台数と, 上下線の発着時間を示す. 図から, 上下線の発着時間に新規検出機器の台数が多くなっていることが見て取れる. このことから, Bluetooth 検出可能機器を検出することで, 人が多くなるタイミングをおおまかに計測することができていると考えられる. 全数を計測できている訳ではないので, 検出台数の変化にも差が生じているが, おおまかな把握という点から考えると, 十分計測できていると言える.

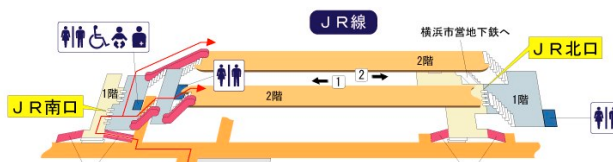


図-2 JR 関内駅構内図

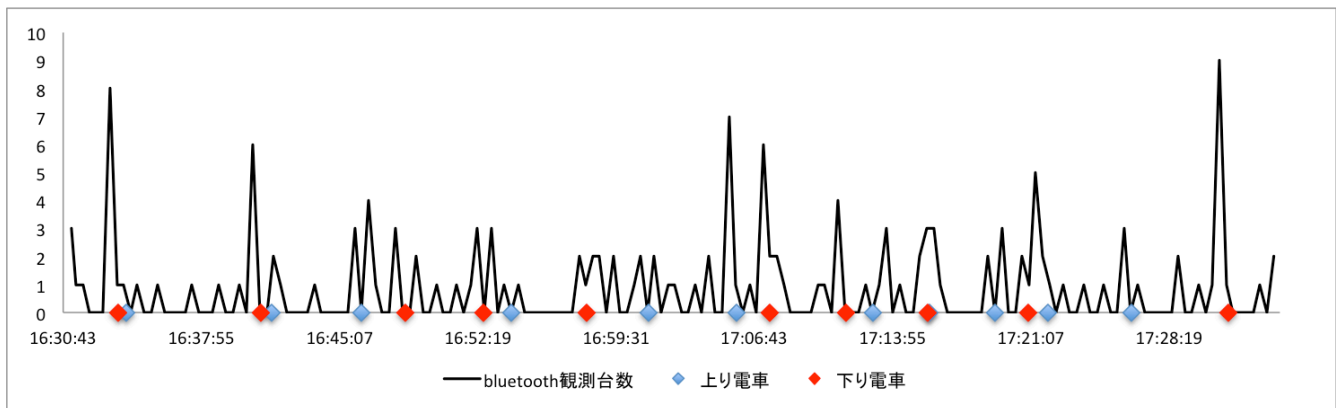


図-3 関内駅ホームでの新規検出機器台数と上下線の発着時間

### 3.2 渋谷におけるミクロな人の密集度計測

次に、渋谷で行ったミクロな人の密集度計測について述べる。本研究では、Bluetoothを検出しながら、渋谷を図-4の経路で歩行することで、各地点でのおおまかな人の密集度の計測を目指した。位置情報の取得にはGPSを用い、Bluetoothの計測とGPSによる位置計測とを時刻同期することで、各地点での検出台数を計測した。



図-4 渋谷での歩行ルート

検出時刻と新規検出台数を図-5に示す。検出時刻により検出台数に差が出ており、各地点の人の密集度をある程度反映できていると考えられる。

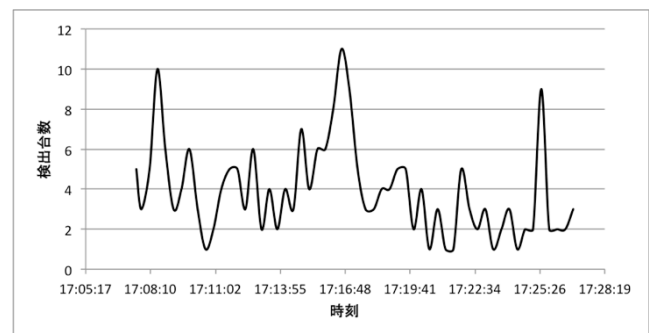


図-5 新規検出台数

実際に人の密度が高い地点で検出台数が多くなっているかを考察するために、検出位置とその地点での検出台数を地図に表した(図-6)。図から、まず、センター街で多くの機器が検出されていることが分かる。センター街は渋谷で最も人が集まる道の一つであり、妥当な結果を得ることができていると言える。また、道玄坂やパルコ前など、人が多く集まる地点で多くの機器が検出できている。一方で、脇道では、それらの人が多く通る道と比べて検出台数が少なく、ある程度実態を把握できていると考えられる。

Bluetooth はクラス 1 では 100m まで検出可能であり、障害物のない環境では、想定以上に検出しすぎてしまうというデメリットがある。しかし、このように道路単位などのミクロな範囲で計測を行う場合は、建物が障害となり、想定通りの計測範囲で検出が行えていると言える。本実験でも、センター街などでは検出台数が多くなり、一方で脇道などでは検出台数は少なくなっており、検出台数の多い道路の影響を受けることなく検出できていると考えられる。

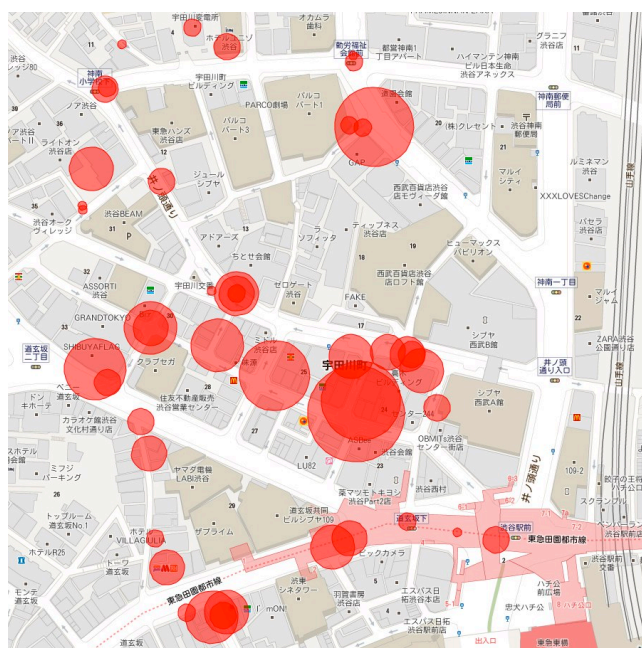


図-6 Bluetooth 検出台数（半径に比例）

#### 4. おわりに

本研究では、Bluetooth を検出するセンサを設置し、検出可のデバイスを所持している人数を計測することで計測地点ごとのおおまかな密集度計測を行い、Bluetooth を用いた人数計測・推定の可能性を示した。Bluetooth を検出することで、JR 関内駅では電車の発着による人の増減をある程度把握でき、渋谷では各地点での人の密集度を大まかに把握

できた。ただ、実際の密集度を正確に把握するのは非常に困難なため、結果の検証に改善の余地が残っている。また、今後の課題として、長時間複数地点で定点観測を行い、Bluetooth 検出可能機器の所持割合の影響を受けにくくして計測し、その結果を検証することが挙げられる。さらに、複数地点で計測を行う場合、MAC アドレスの利用方法として、同一人物の移動履歴の抽出などが考えられる。新たに情報を加えることで、人の密集度の推定をより精緻に行う手法を検討することも課題としてあげられる。

#### 参考文献

Mathias, V., Tijs, N., Matthias, D. and Nico V. W. 2011. *The use of Bluetooth for analyzing spatiotemporal dynamics of human movement at mass events: A case study of the Ghent Festivities*. *Applied Geography*, 32, 208–220.