

Bluetooth通信を用いた交通流動データにおける ダブルカウント発生状況の分析

尾高 慎二¹・吉井 稔雄²・神戸 信人³

¹正会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ (〒530-0005 大阪市北区中之島3-2-18)

E-mail: odaka@oriconsul.com

²正会員 愛媛大学大学院教授 理工学研究科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町3)

E-mail: yoshii@cee.ehime-u.ac.jp

³正会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ (〒530-0005 大阪市北区中之島3-2-18)

E-mail: kanbe@oriconsul.com

一般道における自動車交通の流動把握のために、BluetoothのMACアドレスマッチングによる交通流動分析の研究が進められている。Bluetooth通信の特徴として機器間同士のペアリングによる接続を行うことから、カーナビや携帯電話など複数のBluetooth機器を一人の移動主体が保有していることによる交通流動のダブルカウントが発生することが考えられる。そこで、本稿では、BluetoothのMACアドレス取得時のタイムアウト時間及び機器コードを考慮した、複数機器利用者を特定した上でダブルカウントの発生状況の分析を行った。その結果、分析対象2,321流動のうち2地点以上でダブルカウントされた流動数は107流動(約4.7%)存在しており、ダブルカウントを考慮した流動分析のためのデータ構築が重要であることを示した。

Key Words : Bluetooth, Traffic Flow Analysis, Data Construction

1. はじめに

我が国において、主に高速道路を対象としたBluetoothを活用した交通観測の取り組みが進められており、MACアドレスの捕捉率(断面交通量に対するMACアドレス取得数の比率)、MACアドレスマッチングによる旅行時間及び地点速度、OD計測への適用に向けた研究¹⁾が進められている。また、一般道においても、捕捉率及びOD、経路、所要時間の計測の適用に向けた研究及び一般道の分析エリアの内外を周回・滞留・立寄りする流動の分割方法について研究が進められている²⁾。Bluetooth通信ではBluetoothの機器を起動し、複数の機器間同士のペアリングによる接続を行うことから、例えば、カーナビゲーション(以下、カーナビ)と携帯電話など複数のBluetooth機器を一人の移動主体が保有していることによる交通流動のダブルカウントが発生することが考えられる。そこで、本研究では、一般道におけるBluetooth通信によるMACアドレスマッチングを用いた交通流動を分析する際のデータ構築手法を確立することを目的に、複数機器を個人が利用している状況、つまり

MACアドレスマッチングによる交通流動のダブルカウントの発生状況を分析することで、ダブルカウントの存在を明らかにするとともに、その影響について把握する。

2. ダブルカウントの判別

(1) Bluetooth取得データの内容

BluetoothのMACアドレスを取得する受信機(以下、BTスキャナー)は北澤ら¹⁾が開発した計測ツールを利用している。BTスキャナーにより取得され、交通流動の分析に活用する主な情報は、①MACアドレス(ハッシュ化済)、②取得日時(秒単位)、③機器情報(デバイスコード)となっている。そのため、1地点のみで取得されたデータのみでは、Bluetooth機器が滞留しているのか、それとも移動しているのか、さらには進行方向についても把握することができない。よって、流動を把握するためには、複数観測地点間によるMACアドレスマッチングが必要となる。また、Bluetooth機器はカーナビの他、携帯電話やスマートフォン、ヘッドセット、パソコ

表-1 一般道で取得される主な機器及び機器コード

| 主分類 | 副分類 | 機器コード |
|-----------|---------------|-------|
| オーディオ/ビデオ | ハンズフリー(=カーナビ) | 1032 |
| | ウェアラブル ヘッドセット | 1028 |
| コンピュータ | デスクトップ コンピュータ | 260 |
| | ハンドヘルド PDA | 272 |
| | ラップトップ | 268 |
| 電話 | 携帯電話 | 516 |
| | スマートフォン | 524 |
| 周辺機器 | | 1280 |
| 未分類 | | 7936 |

ン等多くの電子機器に活用されており、取得したデータが必ずしも自動車交通であるとは限らない。さらに、カーナビと携帯電話の両方をBluetooth通信しているような自動車ドライバーは、2つのMACアドレスを保有していることとなり、流動IDのダブルカウントとなることが懸念される。一般道において捕捉される主な機器を表-1に示す。

(2) MACアドレスマッチングによる流動IDの設定

一般道における流動データを把握するために、MACアドレスと取得日時(時間帯)を基に以下の手順により流動IDを設定する。まず、各箇所まで観測されたデータを

プール(手順①)し、同一MACアドレスについて、取得日時順に並べ替える(手順②)。次に、調査時間帯(朝、昼、夕)毎に1つのIDとして計上されるように流動IDを設定(手順③)する(表-2)。

(3) ダブルカウント判別の考え方

ダブルカウントが発生している状況を図-1に示す。まず交差点⑤で出現した携帯電話の流動Aとカーナビの流動Bにおいて、全ての地点でMACアドレスが捕捉されているわけではないが、交差点①の箇所2で携帯電話が13:05:11にカーナビが13:05:09の2秒差で捕捉されている。その後交差点④の箇所10、9においてそれぞれ1~2秒差で捕捉され、さらに約47分後に交差点④で2秒差で捕捉されてから交差点⑤に至るまでの間も1~2秒差で捕捉されている。このことより流動Aと流動Bは同一のドライバーがカーナビと携帯電話をペアリングした状態で移動しているものと推察される。そこで、本研究では同一地点で捕捉される流動がBluetoothを探索するタイムアウト時間内であり、2地点以上にわたりマッチングされている流動IDペアのうち、機器コードが異なるものをダブルカウントとして抽出を行うこととする。

表-2 Bluetoothによる交通流計測方法

| データID | MACアドレス(ハッシュ化) | 機器コード | 取得日時 | 時間差(秒) | 調査時間帯 | 地点No | 流動ID |
|-------|----------------------------------|-------|----------|--------|-------|------|------|
| 1 | 0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527 | 1032 | 7:55:20 | 63 | 朝 | 12 | 1 |
| 2 | 0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527 | 1032 | 7:56:23 | 48 | 朝 | 11 | |
| 3 | 0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527 | 1032 | 7:57:11 | 1141 | 朝 | 11 | |
| 4 | 0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527 | 1032 | 8:16:12 | 9 | 朝 | 2 | |
| 5 | 0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527 | 1032 | 8:16:21 | 13 | 朝 | 2 | |
| 6 | 0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527 | 1032 | 8:16:34 | 26 | 朝 | 3 | |
| 7 | 0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527 | 1032 | 8:17:00 | 5 | 朝 | 3 | |
| 8 | 0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527 | 1032 | 8:17:05 | - | 朝 | 3 | |
| 9 | 0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527 | 1032 | 17:23:04 | 20 | 夕 | 3 | |
| 10 | 0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527 | 1032 | 17:23:24 | 157 | 夕 | 2 | |
| 11 | 0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527 | 1032 | 17:26:01 | 88 | 夕 | 11 | |
| 12 | 0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527 | 1032 | 17:27:29 | 54 | 夕 | 11 | |
| 13 | 0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527 | 1032 | 17:28:23 | 11 | 夕 | 11 | |
| 14 | 0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527 | 1032 | 17:28:34 | 8 | 夕 | 11 | |
| 15 | 0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527 | 1032 | 17:28:42 | 3665 | 夕 | 12 | |
| 16 | 0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527 | 1032 | 18:29:47 | 10 | 夕 | 12 | |
| 17 | 0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527 | 1032 | 18:29:57 | 5 | 夕 | 11 | |
| 18 | 0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527 | 1032 | 18:30:02 | 45 | 夕 | 11 | |
| 19 | 0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527 | 1032 | 18:30:47 | - | 夕 | 11 | |



| 交差点 | 地点 No | 携帯電話 (流動A) 観測時刻 | 箇所 No | カーナビ (流動B) 観測時刻 | 交差点 | 地点 No | 携帯電話 (流動A) 観測時刻 | 箇所 No | カーナビ (流動) 観測時刻 |
|-----|-------|-----------------|-------|-----------------|-----|-------|-----------------|-------|----------------|
| ⑤ | 12 | 13:02:55 | 15 | 13:03:06 | ⑤ | 11 | 14:06:18 | - | - |
| ① | 2 | 13:05:11 | 2 | 13:05:09 | ① | 3 | 14:02:54 | 3 | 14:02:55 |
| ② | 6 | 13:09:20 | - | - | ② | 6 | 14:00:28 | 6 | 14:00:29 |
| ③ | - | - | 7 | 13:09:43 | ③ | 7 | 14:00:04 | 7 | 14:00:02 |
| ④ | 10 | 13:11:22 | 10 | 13:11:20 | ④ | 9 | 13:58:34 | 9 | 13:58:32 |
| ④ | 9 | 13:11:43 | 9 | 13:11:44 | | | | | |

約47分後

図-1 ダブルカウントの発生イメージ



図-2 調査対象エリア及び分析対象

表-3 交差点別スマートフォン配置数

| 簡所名 | 配置数 |
|---------------|-----|
| ① 国道33号 天山交差点 | 5基 |
| ⑤ 市道 朝生田西交差点 | 5基 |
| 合計 | 10基 |

表-4 調査日時及び内容

| | |
|------|--|
| 調査日 | 平成26年12月17日(水) |
| 調査時間 | 合計6時間 ・7:00~9:00(朝:ピーク時) ・13:00~15:00(昼:オフピーク時) ・17:00~19:00(夕:ピーク時) |
| 調査内容 | ・MACアドレス取得調査(交差点:①⑤) ・断面交通量調査(交差点:①⑤) ※自動車類及び二輪車(原動機付自転車含む) ・信号現示調査(交差点:①⑤) 等 |



図-3 調査員配置位置イメージ(天山交差点の例)

表-5 MACアドレス捕捉状況

| No | 地点名 | 捕捉数(台/6h) | | |
|-------|-----------|-----------|-----------|-------|
| | | 当該地点のみ | マッチングデータ数 | 全体 |
| 1 | ① 天山 東 | 22 | 470 | 492 |
| 2 | ① 天山 西 | 31 | 858 | 889 |
| 3 | ① 天山 南 | 20 | 823 | 843 |
| 4 | ① 天山 北 | 26 | 458 | 484 |
| 5 | ① 天山 中央 | 16 | 1,073 | 1,089 |
| 11 | ⑤ 朝生田西 東 | 18 | 851 | 869 |
| 12 | ⑤ 朝生田西 西 | 37 | 816 | 853 |
| 13 | ⑤ 朝生田西 南 | 31 | 276 | 307 |
| 14 | ⑤ 朝生田西 北 | 17 | 287 | 304 |
| 15 | ⑤ 朝生田西 中央 | 26 | 802 | 828 |
| 流動ID数 | | 244 | 2,321 | 2,565 |

3. ダブルカウント発生状況の分析

(1) 分析データの概要

本研究では、現在、整備が進められている愛媛県松山市の松山外環状道路周辺の国道33号(東側),市道千舟町古川線(西側),松山外環状道路(南側),市道松山環状線南部(北側)に囲まれた地域を対象に、図-2に示す7交差点(①~⑦),19箇所(No.1~19)において、Bluetoothによる交通流計測調査を行ったデータのうち、①天山交差点及び⑤朝生田西交差点の2交差点,10箇所にて取得されたデータを使用する。各交差点におけるスマートフォンの配置数を表-3に、調査概要を表-4に示す。MACアドレス捕捉調査では、調査地点において、Bluetooth受信機器(スマートフォン端末)を調査員が携帯し、歩道側端に立ってBluetooth機器のMACアドレス(ハッシュ化)を捕捉した。なお、Bluetoothの観測位置は、過去の研究等の知見から、各調査員から半径約50m以内に別の調査員が入らないように調査員を配置している(図-3)。また、本研究においてはBluetoothを探索するAPIの発行後のタイムアウト時間は5秒に設定し、計測を行っている。上記の調査により取得したデータについて、既往研究⁴⁾において実施した、トリップ分割後の2地点以上でマッチングされた流動ID,2,321個を分析データとして用いる。分析データにおけるBluetooth機器の取得状況を図-4に示す。取得されるBluetooth機器の約72%がカーナビであり、次いで携帯電話が約20%を占めている。

(2) ダブルカウントの判別結果

ダブルカウントを判別するにあたり、観測地点別に取得時間を昇順にした上で、機器情報が異なりかつ観測時間差がタイムアウト時間の5秒以内である流動IDのペアを抽出する。抽出のイメージを表-6に示す。

上記の方法においてダブルカウントとして抽出された流動ペアを考慮した流動ID数の交差点簡及びマッチング地点数による変化結果を図-5に示す。

天山交差点及び朝生田西交差点の両方でダブルカウントの判別基準で抽出された流動IDペアは23個(うちトリ

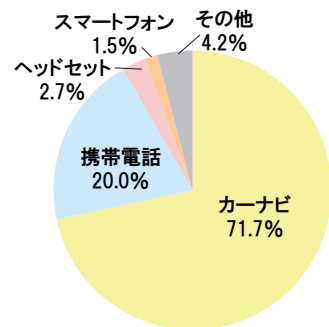


図-4 捕捉機器の種類別捕捉割合(N=2,321)

表-6 ダブルカウント流動IDペアイメージ

| 地点No | 取得日時 | 流動ID | 機器コード | 時間差 |
|------|---------|------|-------|---------|
| 12 | 7:12:40 | 1619 | 1032 | 0:00:38 |
| 15 | 7:13:01 | 1619 | 1032 | 0:00:04 |
| 15 | 7:13:05 | 1619 | 1032 | 0:00:03 |
| 11 | 7:13:10 | 1619 | 1032 | 0:00:02 |
| 11 | 7:13:13 | 1619 | 1032 | 0:00:05 |
| 11 | 7:13:18 | 67 | 516 | 0:00:01 |
| 11 | 7:13:19 | 1619 | 1032 | 0:00:01 |
| 2 | 7:15:13 | 1619 | 1032 | 0:00:01 |
| 2 | 7:15:17 | 1619 | 1032 | 0:00:14 |
| 5 | 7:15:31 | 1619 | 1032 | 0:00:04 |
| 5 | 7:15:35 | 1619 | 1032 | 0:00:01 |
| 5 | 7:15:38 | 67 | 516 | 0:00:00 |
| 5 | 7:15:38 | 1619 | 1032 | 0:00:04 |
| 3 | 7:15:39 | 1619 | 1032 | 0:00:06 |
| 3 | 7:15:45 | 1619 | 1032 | 0:00:02 |
| 3 | 7:15:47 | 67 | 516 | 0:00:31 |

※黄色の網掛け部においてダブルカウントを判別

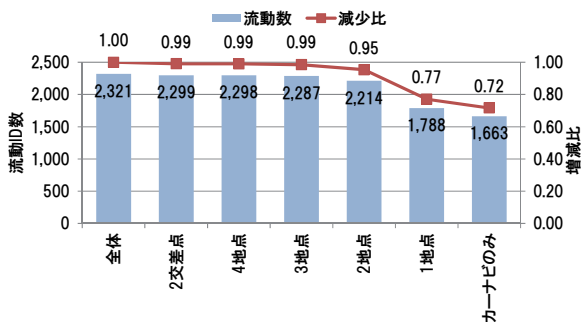


図-5 ダブルカウント判定結果

プルカウントが1個)であった。2地点で判別されたダブルカウントとなる流動数は107個(約4.6%)であった。一方、1地点でダブルカウントとして判別された流動数は533個であった。これは、1箇所においてダブルカウントとして抽出されるのは、他車線道路である場合、並行走行する車両等の可能性もあるため、多くの流動ペアを抽出したものと考えられる。なお、自動車交通の流動分析を対象とする場合、カーナビのみのデータを用いることでダブルカウントは完全に排除可能である。しかし、本データにおいてカーナビのみの流動数は1,633個と688個の流動が対象から除外される。これは、分析対象の全データの交通量に対する捕捉率が約4.3%なのに対し、2地点でダブルカウントとして判別された流動数の捕捉率の平均が約4.1%と0.2%の減少となる。また、カーナビのみの場合、捕捉率は約3.1%となる(表-7)。

表-7 ダブルカウント判別によるMACアドレス捕捉状況

| No | 地点名 | 捕捉数(台/6h) | | | 捕捉率 | | |
|-------|---------|-----------|-------|--------|-------|-------|--------|
| | | 基地データ | 2地点以上 | カーナビのみ | 基地データ | 2地点以上 | カーナビのみ |
| 1 | ①天山東 | 470 | 446 | 349 | 2.7% | 2.5% | 2.0% |
| 2 | ①天山西 | 858 | 814 | 615 | 4.0% | 3.8% | 2.8% |
| 3 | ①天山南 | 823 | 762 | 594 | 4.6% | 4.3% | 3.3% |
| 4 | ①天山北 | 458 | 426 | 313 | 5.9% | 5.5% | 4.1% |
| 5 | ①天山中央 | 1,073 | 1,001 | 762 | | | |
| 11 | ⑤朝生田西東 | 851 | 810 | 619 | 4.1% | 3.9% | 3.0% |
| 12 | ⑤朝生田西西 | 816 | 779 | 577 | 5.0% | 5.5% | 3.5% |
| 13 | ⑤朝生田西南 | 276 | 260 | 195 | 4.7% | 4.5% | 3.4% |
| 14 | ⑤朝生田西北 | 287 | 272 | 214 | 6.5% | 6.1% | 4.8% |
| 15 | ⑤朝生田西中央 | 802 | 763 | 575 | | | |
| 流動ID数 | | 2,321 | 2,214 | 1,663 | 4.3% | 4.1% | 3.1% |

4. おわりに

本研究では、一般道におけるBluetooth通信技術によるMACアドレスマッチングによる交通流動を分析する際のデータ構築手法を確立することを目的に、複数機器を個人が利用している状況、つまりMACアドレスマッチングによる流動のダブルカウントの発生状況を分析し、その存在を明らかにするとともに、その影響について把握を行った。それらの結果、BluetoothのMACアドレスマッチングによる交通流動分析を行うにあたっては、データクリーニングとしてダブルカウントを考慮する必要があることを示した。今後は、今までの研究成果を活かして、データクリーニングを施した交通流動分析のためのデータを構築するとともに、現在研究を進めている検知率及び実証実験により、OD交通量の推定及びその推定精度の検証を行う予定である。

参考文献

- 1) 北澤俊彦, 塩見康博, 田名部淳, 菅芳樹, 萩原武司: Bluetooth通信を用いた旅行時間計測に関する基礎的分析,土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.70, No.5,2014.
- 2) 田名部淳, 割田博, 松下剛, 萩原武司: 高速道路におけるBluetoothを用いた交通流計測の取り組み,土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.49, 2014.
- 3) 尾高慎二, 吉井稔雄, 倉内慎也, 神戸信人: Bluetooth通信を用いた一般道における交通流計測の適用可能性の研究,土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.51, 2015.
- 4) 尾高慎二, 吉井稔雄, 倉内慎也, 神戸信人: Bluetooth通信を用いた一般道における交通流動分析データ構築手法に関する研究,土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.52, 2015.

(2016.7.31 受付)

ANALYSIS OF DOULE COUNTING OCCURENCE FOR TRAFFIC FLOW MONITORING IN ROAD USING BLUETOOTH TECHNOLOGY

Shinji ODAKA, Toshio YOSHII, and Nobuto KANBE