

Bluetooth を用いた交通流観測に関する研究

愛媛大学 学生会員 ○藤井浩史
愛媛大学 正会員 吉井稔雄

1. はじめに

現在、アジア諸国の経済成長に伴い、交通渋滞が問題となっている。しかし、アジア諸国ではセンサーインフラの整備が十分ではない。そこで、簡易なセンサーを用いて交通流を把握する方法が必要である。北澤ら¹は Bluetooth を用いた交通流計測を行い、区間旅行速度の算定手法、および、それらの問題点について整理した。田名部ら²は、Bluetooth を用いた交通流計測の所要時間算定結果が他の手法による所要時間結果と整合し、現状でも適応できる可能性を示した。そこで、アジア諸国でスマートフォン・カーナビといった Bluetooth 搭載機器の普及が進んでいることに着目し、本研究では、インドネシアにおいて、Bluetooth を用いた交通流計測を行い、交通量の推定を行う。

2. Bluetooth を用いたデータ収集

Bluetooth 機器はそれぞれ MAC アドレスを持つ。本研究では、市販のスマートフォン・タブレット端末を計測器とする地域未来研究所の Bluetooth スキャナを使用し、道路利用者の MAC アドレス(固有の識別 ID)を収集した(図 1)。Bluetooth スキャナは、道路利用者の持つスマートフォン、カーナビ等から Bluetooth の MAC アドレスを検知し、検知した時刻と共に記録する装置である。Bluetooth を用いた交通流観測とは、複数の地点間で同一 MAC アドレスの検知状況を比較することで、交通流を観測する方法である。



図 1 Bluetooth スキャナ

3. Bluetooth を用いた交通量推定手法

通過車両数に対する MAC アドレスの取得数の割合(サンプリング率)が一定であるならば、サンプリング率を定数とし、MAC アドレスの取得数を拡大することで、交通量を推定できる(式 1)。

$$\hat{Q}_A(t) = \hat{q}_A(t) \times \frac{1}{\hat{R}_A(t)} \quad \text{(式 1)}$$

ここで、 $\hat{Q}_A(t)$:地点 A における時間帯 t の交通量[台/15 分]
 $\hat{q}_A(t)$:地点 A における時間帯 t の MAC アドレス検知数 [台/15 分]
 $\hat{R}_A(t)$:地点 A における時間帯 t のサンプリング率[台/15 分] とする。しかし、現状、スマートフォン・タブレット端末を計測器とする Bluetooth スキャナは、計測箇所を通過した Bluetooth の全てを検知することはできない。加えて、同一の Bluetooth スキャナでもサンプリング率にバラつきがあることが確認されている(図 2)。このバラツキの原因は、Bluetooth スキャナと Bluetooth 機器で通信に失敗し、交通量から得られる MAC アドレス数のバラつきが出るだけでなく、交通流中の Bluetooth 機器装備車両の数が変動していることが考えられる。そこで、本研究では、サンプリング率のバラツキの原因として 2 点に着目し、Bluetooth 装備車両数に対する MAC アドレスの取得率(マッチング率)、及び、全通過車両に対する Bluetooth 装備車両数(Bluetooth 機器装備率)の割合を定義した。

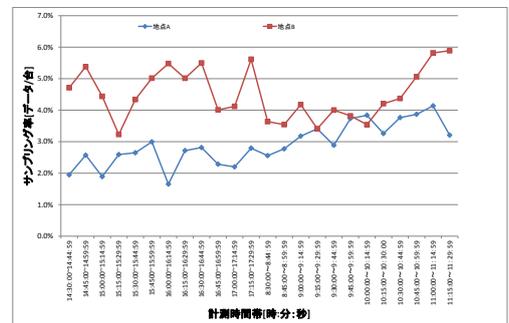


図 2 サンプリング率の例

(1) Bluetooth 装備車両に対する MAC アドレスの取得率(マッチング率)

Bluetooth スキャナが検知する対象となるのは、通過した全車両ではなく、Bluetooth 装備車両である。サンプリング率には Bluetooth 装備車両/非装備車両を含めた交通量に対する MAC アドレスの取得率を表す。ここでは Bluetooth 装備車両に対する MAC アドレスの取得率(マッチング率)を定義する。交通量の保存される区間(図 3)の上流側・下流側にそれぞれ Bluetooth スキャナを設置し、MAC アドレスの取得数を比較することで Bluetooth 装備車両に対する MAC アドレスの取得率(マッチング率) $r_A(t)$ [-] を算出する(式 2)。

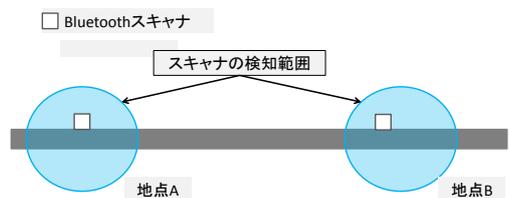


図 3 Bluetooth スキャナの設置状況

$$r_A(t) = \frac{\hat{q}_{A-B}(t)}{\hat{q}_B(t)} \quad (\text{式 2})$$

ここで、 $\hat{q}_{A-B}(t)$:地点 A \leftrightarrow B 間で移動が確認された MAC アドレス数 [データ数/15 分]、 $\hat{q}_B(t)$:地点 B における取得 MAC アドレス数 [データ数/15 分] とする。

(2) 全通過車両に対する Bluetooth 装備車両数(Bluetooth 機器装備率)

(1)で算出したマッチング率を基に、Bluetooth 装備車両数の期待値 $E_A(t)$ [台]を算出する(式 3)。

$$E_A(t) = \frac{\hat{q}_A(t)}{r_A(t)} \quad (\text{式 3})$$

Bluetooth 装備車両数の期待値の Bluetooth 装備車両/非装備車両を含めた交通量に対する割合を Bluetooth 機器装備率 $s_A(t)$ [-]として定義する(式 4)。

$$s_A(t) = \frac{E_A(t)}{Q_A(t)} \quad (\text{式 4})$$

定義した「マッチング率」「Bluetooth 機器装備率」を用いて Bluetooth スキャナの MAC アドレス取得数を拡大することで交通量 $Q_A(t)$ [台/15 分]を推定する(式 5)。尚、Bluetooth 装備率は交通量の関数であるため、交通量を推定する際には、ある観測日における Bluetooth 装備率の平均値を用いた。

$$Q_A(t) = \hat{q}_A(t) \times \frac{1}{R_A(t)} \quad (\text{式 5})$$

4. 推定方法の適応

2014 年 9 月 2 日午後(14 時 30 分~17 時 30 分)、9 月 3 日午前(8 時 30 分~11 時 30 分)にインドネシア・マカッサル市を対象とし、調査を行った。Bluetooth スキャナを用いた MAC アドレス収集、及びビデオによる交通量調査を行った。Bluetooth スキャナを起動し、対象地点に設置することで、MAC アドレスの収集を行った(図 4)。

MAC アドレスの検知状況を用いて推定された 9 月 3 日午前の交通量、及び交通量調査による同時時間帯の実測交通量を図 5 に示す。尚、推定に用いた Bluetooth 機器装備率は 9 月 2 日午後のデータを用いて算出した平均値 8.1%を用いた。推定の結果は、ほぼ全ての時間帯において、実測値を下回った。原因を特定すべく、推定交通量と実測交通量の差と交通流中の二輪車混入率を比較した(図 6)。図 6 で、二輪車の混入率と推定誤差に相関があることが確認できた。このことから、Bluetooth 装備車両のほとんどが四輪車で構成されている可能性が示唆された。

5. まとめ

本項では、Bluetooth スキャナを用いて、交通量を推定する方法を提案した。また、インドネシアで調査したデータを基に、交通量を推定し、実測値との比較を行った。ビデオ観測などを用いて、一度、Bluetooth 装備率を算出することで、同地域での交通量の推移が推定できる可能性を示した。また、二輪車の混入率と推定値の誤差の関係から、二輪者/四輪車の走行形態の違いが MAC アドレスの取得数に影響を与える可能性があることを示した。しかし、Bluetooth の検知の可否について原因を特定するには未だ至っていない。今後は、Bluetooth スキャナの検知特性に着目し、機器の設置状況や機器性能による計測結果への影響を明らかにする必要がある。



図 4 観測調査の様子

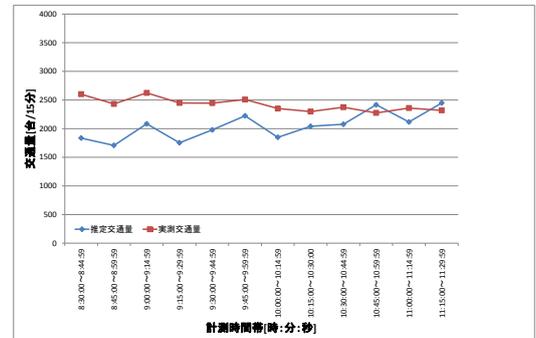


図 5 推定結果と実測値の比較

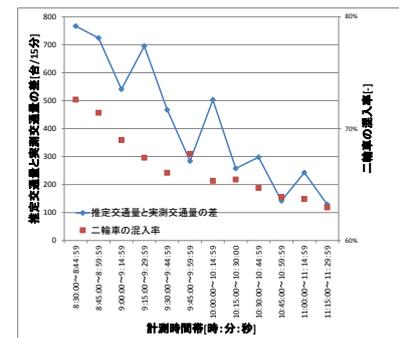


図 6 推定誤差と二輪車の混入率

【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 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