

Bluetooth MACアドレスを活用した 区間OD交通量推定方法の構築

中野 慎悟¹・西内 裕晶²

¹学生会員 高知工科大学大学院 工学研究科 (〒782-0003 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185)

E-mail:225074c@gs.kochi-tech.ac.jp

²正会員 高知工科大学 システム工学群 准教授 (〒782-0003 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185)

E-mail:nishiuchi.hiroaki@kochi-tech.ac.jp

日本では交通渋滞が社会問題となっており、物流の遅れや運転時間の増加による経済損失や、排気ガスによる環境問題を引き起こしている。渋滞対策を行うには現状の交通状態を把握する必要があるが、現在行われている交通状態の把握方法である車両感知器や道路交通センサスには、コスト面やリアルタイム性の欠如等問題点が多く存在している。一方で、近年のICT技術の進展により、電子機器に固有に設定されているMACアドレスを用いた交通流観測に注目が集まっている。本研究では、Bluetooth機器のMACアドレスを用いた交通流観測に着目し、OD交通量を推計することにより渋滞対策に必要な交通需要を明らかにすることを目的とした。具体的には、架空のネットワーク上でシミュレーションを用いたOD推定を行い、OD交通量の推定精度と装備率、検知率との関係の把握を試みる。また、交差点を含めた区間内のOD交通量調査手法を構築し、実測調査を元に手法を評価する。

Key Words : Bluetooth , MACアドレス, OD交通量, 交通量推定

1. はじめに

近年、日本では道路交通需要の増加や非効率な自動車の利用、運転年齢の高齢化といった様々な要因により交通渋滞が発生している。交通渋滞によって運転時間の増加や物流の遅れが生じ、金銭損失にして年間約15.4兆円、時間損失にして年間100時間の乗車時間のうち、一人当たり40時間という経済効率の低下を招いている。また、渋滞時の走行速度では、平常運転時と比較してCO₂排出量が約60%増加するという報告もあり、環境問題の一要因ともなっている。

交通渋滞に対策をするために、対象となる箇所のOD交通量に代表される交通需要を把握しなければならない。現状として、車両感知器を用いた交通流観測によるものや、道路交通センサスといったアンケート調査や聞き込み調査が主流となっている。しかし、これらの方法にはコストがかかりすぎることや、対象とする場所が限定されてしまうこと、プライバシー面での問題、リアルタイム性の欠如等の様々な問題が挙げられる。

一方で、近年の情報処理コストの低廉化やデータ処理技術の高度化、GPS搭載機器の普及といったICT技術の

発展により、機器ごとで固有に設定されているMACアドレスを活用した交通流観測に注目が集まっている。本研究では、BluetoothのMACアドレスを活用した交通流観測に着目し、OD交通量を推計することにより渋滞対策に必要な交通需要を明らかにすることを目的とした。本稿では、その途中経過について報告する。

2. 先行研究と位置づけ

(1) 先行研究

Bluetoothを活用した交通量推定や旅行時間推定に関する研究について整理する。Wasson.J.S^らは、Bluetoothを利用し旅行時間を推定する方法を提唱している。Bhaskar.A^らは、Bluetoothデータの取得プロセスやデータを使用した分析精度の信頼性について、TCS(Traffic and Communication Simulation)と呼ばれる多層シミュレーションを利用し、検証モデルを構築している。北澤^らは、Bluetoothデータを計測して旅行時間を把握するための調査システムについて検討するとともに計測ツールを開発している。また、一般道路や都市高速道路を対象として、

Bluetoothを用いた旅行時間計測に関して分析し適応可能かどうかの検証をしている。吉井ら⁴⁾は、取得したBluetoothのMACアドレスを集計したOD交通量を現在パターン法を用いて拡大し、実際のOD交通量を推定する方法を提案している。坪田ら⁵⁾は、二項ロジットモデルによりBluetooth端末の装備率、検知率の推定式を構築している。また、観測により得られたデータ数から交通量を±10%程度の誤差で推定可能な手法を最尤値により提案している。青柳ら⁶⁾は、交通シミュレーションを用いてBluetooth搭載車の混入率がMACアドレスを用いた旅行時間分析に与える影響を分析している。坪田ら⁷⁾や西内ら⁸⁾は、Bluetoothスキャナの設置状況がデータの検知精度に与える要因についてロジスティック回帰分析や重回帰分析を用いて把握している。

しかし、Bluetoothを活用した交通量推定や旅行時間推定には、Bluetooth機器の装備率や検知率、交差点形状やODパターン等がOD交通量の推定精度に与える要因を把握できていないという問題点がある。

(2) 研究の位置づけ

前節を踏まえると、Bluetoothを活用した交通流観測に関する研究は存在するものの、実際にBluetoothのMACアドレスを観測をする際に、OD交通量の推定に与える要因については把握し切れていないことが考えられる。そこで本研究は、シミュレーションソフトを用いてBluetoothを活用したOD交通量推定を擬似的に再現し、入力値を変更させることで推定の精度に影響を与える要因を把握する。また、シミュレーションから考察した要因が正しいものか精査するため、Bluetoothスキャナを用いた実測調査を高知県の主要渋滞箇所⁹⁾に指定されている箇所で行う。その結果より、OD交通量の推定精度に影響を与える要因の精査と、実務における交差点でのBluetoothを活用した調査の実現可能性について考察する。

3. 研究概要

(1) シミュレーションを用いたOD交通量推定

本研究では、街路網交通流シミュレーションのAVENUEを用いたOD交通量推定を行い、その結果を感度分析することによりOD交通量推定の精度に影響を与える要因について把握する。シミュレーションを活用することにより、実測データを用いたOD交通量推定の際の真値、推定誤差やBluetooth機器の検知率、装備率が不明であるという問題点を解決可能である。今回、シミュレーションの入力値である交差点形状やODパターンを変更することで、より精度よく推定可能な条件について考察する。また、Bluetooth機器の検知率と装備率を定義

し変化させることにより、OD交通量推定をした際の推定値と真値の誤差についてRMSEを算出する。その結果を感度分析することでBluetooth機器の装備率や検知率がOD交通量推定に与える要因について考察する。

(2) 主要渋滞箇所における実測調査

前節で考察された交差点の形状やODパターンといった要因について、実測調査を実施し精査する。具体的には、国土交通省四国地方整備局土佐国道事務所が指定する高知県主要渋滞箇所⁹⁾から、交差点の形状とODパターンが異なる四箇所を選定し、Bluetoothスキャナを用いた実測調査を実施する。その際に、ビデオカメラを用いて交差点を利用する車のナンバープレートを撮影し、真値となるOD交通量を作成する。Bluetoothスキャナにより検知されたOD交通量と真値のOD交通量によるOD交通量推定を行い、RMSEを算出することで推定に影響を与える要因について精査する。

BluetoothのMACアドレスの取得には、株式会社地域未来研究所が開発したBTSearchAPPと呼ばれるアプリをインストールしたAndroidのスマートフォンを用いた。Bluetoothスキャナは、Bluetooth電波を発する機器(スマートフォン、カーナビ、音楽機器等)のMACアドレスを検知するものである。

4. シミュレーションを用いたOD交通量推定

(1) シミュレーションの入力値

本研究では、シミュレーションをする際に交差点形状とODパターン、Bluetooth機器の装備率、検知率を変更させることで、OD交通量の推定誤差に与える影響を把握する。変化させる条件について表-1に示す。

交差点形状は、交差点に接続する道路本数を3本～5本で変化させた。ODパターンは、まず基本となるOD交通量を平成27年度道路交通センサス¹⁰⁾、高知県、一般国道(直轄)、12時間平均交通量から設定し、基本ODと比較して交通量が多い場合と少ない場合のOD交通量を設

表-1 シミュレーション入力値の条件

交差点形状	T字路
	十字路
	十字路+1
ODパターン	基本OD
	交通量多い
	交通量少ない
	一方向に集中
	一点に集中
検知率	10%刻みで変化させる
	装備率

定した。また、道路ごとに交通量に差がある場合が考えられるため、一方向に集中しているOD交通量（例：南北方向は多いが東西方向は少ない）、一点に集中しているOD交通量、一点のみ少ないOD交通量を設定した。Bluetooth機器の検知率と装備率に関しては、10%刻みで変化させ、10%～100%の間で感度分析した。

(2) OD交通量の推定方法

本研究では、吉井らの研究を参考に現在パターン法を用いてOD交通量を推定する。その際に、現在パターン法の中でも式(a)に示すフレーター法と式(b)に示す平均成長率法のどちらが推定に用いるものとして適しているかを判断するために、それら二通りで推定する。

$$T_{ij} = t_{ij} \cdot F_{o_i} \cdot F_{d_j} \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{o_i}{\sum_j t_{ij} F_{d_j}} + \frac{d_j}{\sum_i t_{ij} F_{o_i}} \right) \quad (a)$$

$$T_{ij} = t_{ij} \cdot \frac{1}{2} (F_{d_j} + F_{o_i}) \quad (b)$$

ただし、 T_{ij} ：推定した分布交通量、 t_{ij} ：検知された分布交通量、 F_{o_i} ：発生交通量の変化率、 F_{d_j} ：集中交通量の変化率、 o_i ：検知された発生交通量、 d_j ：検知された集中交通量を表す。

(3) 感度分析の結果

本研究では、シミュレーションの総交通量を統一していない為、すべての結果を相対的に考察するために、本研究ではRMSEを総交通量で割り、一台の交通量に対する交通量全体の推定誤差に算出する。

フレーター法と平均成長率法において、平均RMSEを

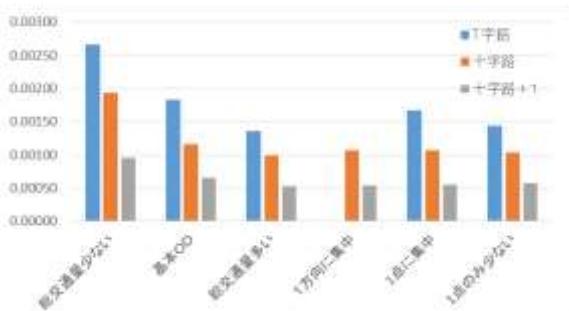


図-1 平均 RMSE総交通量(フレーター法)

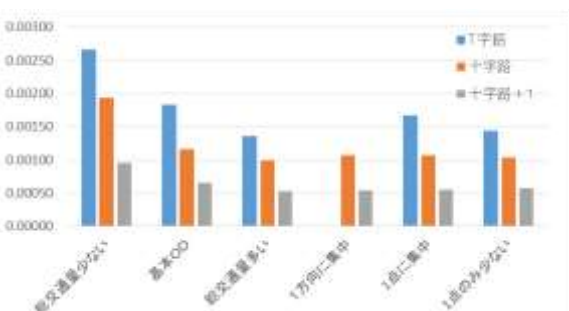


図-2 平均 RMSE総交通量(平均成長率法)

総交通量で割った値を比較したものを図-1、図-2に示す。

結果として、フレーター法と平均成長率法で比較した場合、どちらの計算方法でもほぼ同じ結果が得られた。交差点の形状に着目した場合、交差点を構成する道路本数が多いほどOD交通量推定の精度がよい結果となった。交通量に着目した場合、交通量が多いほどOD交通量推定の精度がよい結果となった。また、基本ODと比較して、道路ごとに交通量に差がある場合にOD交通量推定の精度がよい結果となった。

(4) OD交通量推定に影響を与える要因の考察

前節で得られたOD交通量推定に影響を与えると考えられる要因について考察する。

フレーター法と平均成長率法で差が見られなかった原因について、本研究では交差点一つだけのマイクロな道路ネットワークを対象としているためだと考えられる。よりマクロな道路ネットワークでのOD交通量を把握する際には結果に差が見られるのではと考えられる。本研究ではフレーター法を用いることとする。交通量が多いほど精度がよくなった理由として、真値が多ければ多いほど検知可能な車が多く、OD交通量を推定する際の精度の向上に繋がったと考えられる。交差点を構成する道路本数が多いほど精度がよくなった理由として、本研究ではシミュレーションで真値を設定する際に、ひとつの道路を走る交通量を統一したため、道路本数が多くなればなるほど交通量が多くなる。その結果、精度よくなったと考えられる。道路ごとに交通量に差があった場合に精度がよくなった理由として、得られたデータを拡張する際に値が真値に収束しやすくなるためだと考えられる。

5. 主要渋滞箇所における実測調査

(1) 調査場所の選定

前章で考察した要因について精査するために、実測調査を行った。対象とする交差点は、国土交通省四国地方整備局土佐国道事務所が指定する高知県主要渋滞箇所から交差点形状とODパターンの異なる四箇所を選定した。また、シミュレーションでは反映できていない店舗や抜け道によるOD表に含まれない車の流出入もOD交通量推定に影響を与えると考えたため、選定条件に加えた。四箇所の交差点について選定条件を表-2に示す。

表-2 対象交差点選定条件

交差点名	交差点形状	交通量の差	流出入の有無
高知市北久保16番地交差点	T字路	交通量同じ	少ない
高知市高須308番地交差点	十字路	交通量同じ	少ない
高知市小倉町1番地交差点	十字路+1	差がある	多い
高知市若松町1436番地交差点	十字路	差がある	多い

(2) 調査概要

調査は交差点に出入りする車を対象とし、歩道に Bluetooth スキャナとビデオカメラを設置することで、MAC アドレスの取得と、真値となる OD 交通量を作成するためのナンバープレートの撮影をする。一例として、高知市北久保16番地交差点での設置状況を図-3、図-4に示す。Bluetooth スキャナは三脚を用いて固定し、高さを 1m、タイムアウト時間を3秒に設定した。調査は平日の通勤時間前後の午前6時30分～午前8時30分までとした。2019年10月4日現在、高知市北久保16番地交差点と高知市高須308番地交差点での調査が終了しており、残る2箇所についても随時調査していく。

6. 今後の計画

高知市小倉町1番地交差点と高知市若松町1435番地交差点での調査の後、取得した Bluetooth の MAC アドレスデータを集計し、フレータ法を用いた OD 交通量推定を行う。推定結果と真値であるナンバープレートマッチングを比較し、シミュレーションで得られた OD 交通量推定の精度に影響を与える要因である交通量の多さ、交差点形状、交通量の差について精査する。また、シミュレ

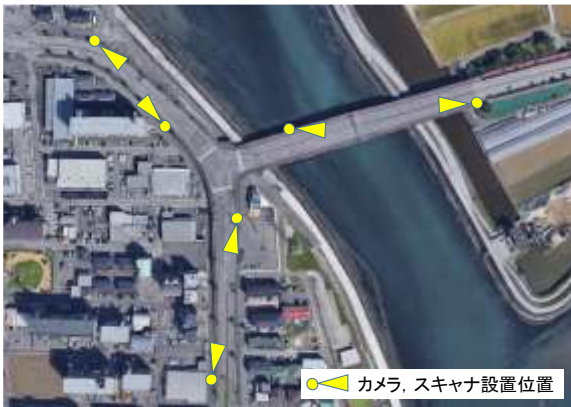


図-3 Bluetooth スキャナ、ビデオカメラ設置図
(高知市北久保 16 番地交差点)



図-4 Bluetooth スキャナ、ビデオカメラ設置状況

シミュレーションで反映できていない混在する車種の影響や、店舗や抜け道による OD 表に含まれない車の流出入の影響についても考察する。

7. 終わりに

本研究では、Bluetooth の MAC アドレスを活用した交通流観測に着目し、OD 交通量を推計することにより渋滞対策に必要な交通需要を明らかにすることを目的として、シミュレーションを用いた OD 交通量推定へ影響を与える要因を考察した。その結果、交通量の多さ、交通量の差、交差点の形状という3つの要因が影響を与えると考えた。今後、実地調査を基にこれらの要因について精査するとともに、シミュレーションで反映できていない要因についても考察していく。考察により、どのような交差点ならば精度よく OD 交通量が推定可能かの把握と、実務における交差点での Bluetooth を活用した OD 交通量推定の実現可能性について考察する。

本研究により、Bluetooth を活用した OD 交通量推定が可能になることで、現状の交通状態把握における諸問題を解決できると考える。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、株式会社地域未来研究所の菅芳樹様よりアプリケーションを使用させていただいております。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Wasson.J.S,Sturdevant.J.R and Bullock.D.M : Realtime taravel time estimates using media access control address matching,, ITE Journal ,Vol.78,pp.20-23,2008.
- 2) Bhaskar.A and Chung.E : Fundamental understanding on the use of Bluetooth scanner as a complementary transport data , Transportation Research PartC,Vol.37,pp.42-72,2013.
- 3) 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,土木計画学研究・論文集,Vol.31,pp.501-508,2014.
- 4) 吉井稔雄, 西内裕晶, 塩見康博, 尾高慎二, 倉内慎也 : Bluetooth スキャナを用いた MAC アドレス観測による OD 交通量推定方法,土木計画学研究・講演集,Vol.52,CD-ROM,2015.
- 5) 坪田隆宏, 吉井稔雄, 藤井浩史 : Bluetooth 検知技術を活用した交通量推定,土木計画学研究・論文集,Vol.74,pp.1283-1289,2018

- 6) 青柳達也, 石坂哲弘, 安藤正志: Bluetooth MAC アドレスによる交通状態推定方法の検証—実測とマイクロ交通シミュレーションを用いて—,土木学会年次学術講演会講演概要集,Vol.72,pp.195-196,2017.
- 7) 坪田隆宏, 吉井稔雄, 藤井浩史, 河野侑奈: Bluetooth スキャナの指向性と設置方向を考慮した MAC アドレスの検知確率推定モデル,交通工学論文集,Vol.3,pp.37-43,2017.
- 8) 西内裕晶, 塩見康博, 倉内慎也, 吉井稔雄, 菅芳樹: 移動体データ取得のための Bluetooth MAC アドレス検知の指向性に関する基礎分析,土木学会論文集 F3,Vol.71,pp.40-46,2015.
- 9) 国土交通省-四国地方整備局,第 22 回 高知県渋滞対策協議会説明資料,<http://www.skr.mlit.go.jp/tosakoku/information/public_comment/kaigisiryou_22.pdf>(入手 2019.05.15)
- 10) 平成 27 年度全国道路・街路交通情勢調査 一般交通量調査集計表 交通量整理表,<<http://www.mlit.go.jp/road/census/h27/data/pdf/syuukei04.pdf>>(入手 2018.11.30)