

観測条件を反映した Bluetooth スキャナによる MAC アドレス検知確率推定モデルの構築

(株) オリエンタルコンサルタンツ 河野 侑奈

1. はじめに

近年, Bluetooth 通信を用いた交通流計測に関して, 諸外国に続き日本でも多くの研究事例が報告されている. この手法は, 複数観測地点において Bluetooth 通信を用いて, 電子機器が個々に持つ MAC (Media Access Control) アドレスを検知することにより, 観測地点間の OD 交通量や旅行時間を観測することが可能となる. また, 従来の交通流計測システムである AVI 等に比べ, 低コストで簡便に計測することも可能である. しかし, Bluetooth を用いた交通流計測では, 取得される MAC アドレスの検知率 (Bluetooth 搭載車両に対する MAC アドレス検知数の割合と定義) には観測条件によりばらつきがあることが報告されている.

そこで, 本研究では, Bluetooth 通信を用いて MAC アドレスを検知するにあたって, 観測条件ごとの MAC アドレス検知状況を把握し, 観測環境が MAC アドレス検知率に与える影響の要因を明らかにする.

2. 実験概要

本研究では, MAC アドレス検知率に与える要因を特定するために, いくつかの条件を設定し, 実際に車両を走行させる実験を行う.

2.1 実験概要

Bluetooth スキャナ (以下スキャナとする) を用いた交通流計測において MAC アドレス検知率に与える要因を特定する. 1 台の車両が 1 回の走行で観測できるカーナビの MAC アドレス検知回数を計測するため車両を走行させる. 要因として, 以下の表に示すものを想定する.

表 1. 想定する要因

想定する要因	実験条件
車両速度	20km/h, 30km/h
スキャナの設置角度	0°, 45°, 90°, 135°
タイムアウト時間	3 秒, 5 秒, 10 秒
スキャナの設置高さ	建物の 1 階, 2 階
カーナビの機種	A (HM512D-W) B (NSCP-W64)

2.2 実験内容

本実験では, 4 台のスキャナを観測区間に設置し, カーナビ A を載せた車両とカーナビ B を載せた車両の 2 台を用いる. 同条件のスキャナを建物の 1 階と 2 階に各 2 台設置する. ①走行区間は愛媛大学内で 120m を観測区間とし, 一定速度で走行しているものとする. ②観測地点は中間地点の 60m の地点とする.

③観測区間の開始地点と終了地点には, ビデオカメラと時計を設置し, 車両の通過時刻を 1/10 秒単位で記録する. 2 階の高さは 4.5m であり, 1 階の観測地点の真上になるようスキャナを設置する. また, 車両の通過時刻とスキャナで取得したデータの受信時刻にはズレがないものとする.

以下, 設定した各要因について説明する.

(1) 車両速度

Bluetooth の通信範囲は, 電波強度の大きさによって通信範囲が異なってくる. 電波強度は Class1~Class3 に規定されており, 通信範囲は Class1 が 100m, Class2 が 10m, Class3 が 1m とされている. 本実験で使用するスキャナは過去の検知状況により Class1 であると想定される. 移動体 (車両) に対しては通信範囲内に移動体が存在する時間が移動速度によって異なるため, 車両の速度が変われば検知率にも影響があると考えられる. 本実験では, 学内で行うため 20km/h と 30km/h のみで実施する.

(2) スキャナ設置角度

西内ら¹⁾は, Bluetooth 通信を用いた移動体データ取得のための基礎的分析として, 固定された複数台の MAC アドレス発信機の設置角度や設置距離が検知率に影響することを示している. 角度に関しては, スキャナを地面に対して垂直に置き, 画面が右にあるときを $\theta = 0^\circ$ とし, BT スキャナを時計回りに $\theta = 45^\circ$ に傾けたときに検知率が高くなるという結果が得られている. 本研究では, 移動体に対しても同様な結果が得られるか実験を行う.

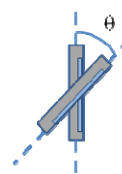


図 1. スキャナの設置角度

(3) タイムアウト時間

スキャナにおいて, Bluetooth 探索 API を発行してから次の API を発行するまでの時間をタイムアウト時間と呼んでいる. アプリ内では, タイムアウト時間を 1~12 秒の間で 1 秒ごとに自由に時間を設定することができる. さらに, 1 回の API 発行に対し Bluetooth 機器からの返信は 1 回のみであるが, Bluetooth 機器からの返信が不定期であるためにタイムアウト時間内に Bluetooth 機器から返信があるかは不明確である. そのため, タイムアウト時間の設定により MAC アドレスの検知率に影響があると考えられる. 本実験では, タイムアウト時間を 3, 5, 10 秒に設定し実験を行う.

3. 要因分析

3.1 分析方法

分析方法として, ロジスティック回帰分析を用いて要因分析を行う. 検知回数にスキャナからの検知距離や角度を説明変数として加え, 距離と角度の影響を見ることができる.

本分析を行うにあたり, 車両走行区間に 15m ごと (8 区間) の

区間を設定し、区間ごとの検知回数に対してロジスティック回帰分析を用いて要因分析を行う。モデル式は式(3-1)となる。

$$P = \frac{1}{1 + \exp(ax)} \quad (3-1)$$

P : 検知確率、 $x_{1/r}$: 速度逆数(実数) x_{t_3} : タイムアウト時間3秒ダミー、 x_{t_5} : タイムアウト時間5秒ダミー、 x_{1F} : スキャナ設置高さ1階ダミー、 x_{in} : 車両がスキャナに近づくときダミー x_1 : 検知距離(実数)、 x_{occ1} : スキャナ①ダミー、 x_{occ2} : スキャナ②ダミー、 x_{occ3} : スキャナ③ダミー、 $x_{\sin(\theta+45^\circ)}$: 検知地点角度($\sin(\theta+45^\circ)$) (実数)

速度と速度逆数は、純粋な速度だけの影響と逆数をとることで速度変化による時間的な影響を見るためである。今回は2つを説明変数として用いると多重共線性が見られたため、速度を説明変数から除いて分析を行う。検知地点角度は $\sin(\theta+45^\circ)$ を説明変数とする(θ には検知距離でのスキャナから見た角度とスキャナの設置角度を合わせたものである)。上記の説明変数のうち速度逆数、検知距離、検知地点角度には実数を入力している。速度の逆数を説明変数に加えた理由として、逆数を取ることによって速度変化による時間的な影響を見ることができ、車両が1回走行したときのデータ数は、走行区間を8区間に分けているためデータ数は8である。各区間には検知回数が1回以上検知されたときに1、0回回るときに0となるように設定してある。検知距離はスキャナからの距離を表しており、各区間で検知回数が0のときは各区間のスキャナからの距離の平均をデータとして用いる。検知角度は、スキャナから見たときの角度を表しており、距離と同様に各区間で検知回数が0のときは各区間のスキャナから見たときの角度の平均をデータとして用いている。

3.2 実験データによる検知距離の特定処理方法

スキャナが取得したデータから検知距離(MACアドレスが取得された地点の観測開始地点からの距離)を特定する方法を記述する。これはそれぞれデータ取得日時(UNIXタイム)とAPI発行後からの経過秒を表している。DATA1の取得日時からDATA2のAPI発行後からの経過秒をひくことで、Bluetooth機器を検知した時間をミリ秒単位で特定することができる。次にビデオカメラで撮影した車両の通過時刻から観測区間の平均速度を求める。通過時刻と求めた平均速度から検知距離を特定することができる。また、MACアドレスを検知した距離によって、スキャナから見た角度が異なるため、走行区間内のMACアドレス検知距離を特定し、その検知距離から検知地点角度を求め、車両とスキャナとの角度関係を明確にする。

検知距離の求め方を以下の式(3-2)に示す。

$$C = (D_2 - D_1) \times \frac{l}{T_2 - T_1} \quad (3-2)$$

D_1 : DATA1(取得日時)、 D_2 : DATA2(API発行後からの経過秒)、 l : 走行区間(120m)、 T_1 : 観測開始時刻(通過時刻)、 T_2 : 観

測終了時刻(通過時刻)、 C : 検知距離(m)

3.3 分析結果

ロジスティック回帰分析の結果は以下の表ようになる。

表2. 分析結果

	偏回帰係数 B	有意確率	Exp(B)
タイムアウト3秒	0.684	0.000	1.983
タイムアウト5秒	0.327	0.010	1.387
IN	1.284	0.000	3.610
検知地点	-0.046	0.000	0.955
検知角度($\sin\theta+45$)	0.264	0.000	1.302
速度逆数	10.173	0.000	26177.980
定数	-3.567	0.000	0.028

重決定係数 R^2 乗	0.094
補正決定係数 R^2 乗	0.185

速度逆数、タイムアウト時間、車両がスキャナに近づくとき、検知地点、検知角度($\sin(\theta+45^\circ)$)で有意性が見られる。特に検知率対するに影響度が高いと推定された速度逆数は、検知範囲にいる滞在時間の指標であることから、速度が遅く滞在時間が長くなることが考えられる交差点内や交差点出入りにスキャナを設置することが望ましいと考えられる。また、車両がスキャナに近づくときに検知されやすい傾向にあることから、検知確率に対して車両の進入や流動の多い交差点内の設置が適切だと言える。スキャナ設置高さについては、ロジスティック回帰分析の結果から影響はないと推定されるので、歩道橋や外灯へのスキャナの設置も有効であると考えられる。タイムアウト時間については、分析から3秒が最も検知されやすいという結果になっている。

4. おわりに

本研究では、Bluetooth通信を用いて交通流を計測する際のMACアドレスを検知するにあたって、観測条件ごとのMACアドレス検知状況を把握し観測環境がMACアドレス検知率に与える影響の要因を明らかにした。この結果をふまえて、今後実交通での同観測手法を適応させ、モデルの汎用性を検証する必要がある。

参考文献

1) 西内裕品、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BluetoothMacアドレス検知の指向性に関する基礎分析