

# 自動車プローブデータを用いた 地区内生活道路における抜け道交通実態の分析

松尾 幸二郎<sup>1</sup>・小松義浩<sup>2</sup>・櫻木悠貴<sup>3</sup>・杉木 直<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系 (〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)  
E-mail: k-matsuo@acc.tut.ac.jp

<sup>2</sup>学生会員 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学課程 (〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)  
E-mail: y-komatsu@tr.ace.tut.ac.jp

<sup>3</sup>学生会員 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学専攻 (〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)  
E-mail: y-sakuragi@tr.ace.tut.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系 (〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)  
E-mail: sugiki @acc.tut.ac.jp

生活道路通過（抜け道）交通対策を効果的かつ効率的に実施するためには、適切な実態把握が必要不可欠である。本研究では、豊橋市を対象として、自動車プローブデータの走行軌跡について抜け道交通判定を行った上で、ゾーン30地区2地区に着目し、抜け道交通実態の可視化を行った。さらに、抜け道通行量モデルにより、各地区における経路別の抜け道通行量とその経路の特性（道路特性や交通特性）との関係について分析を行った。その結果、経路中の中央線割合、経路の平均走行速度、経路始点（ゾーン30入口交差点）における信号の有無などが経路の抜け道通行量に影響していることが明らかになった。また、地区によっては、経路の直線性や経路終点（ゾーン30出口交差点）における信号の有無も影響していることが示唆された。

**Key Words :** *Traffic safety, Rat-run traffic, Residential streets, Car probe data, Statistical model*

## 1. はじめに

平成23年に警察庁が「ゾーン30の推進について」という通達を出し、ゾーン30内における最高速度30km/h規制や生活道路通過（抜け道）交通の抑制等の対策が進められつつある。抜け道交通対策を効果的かつ効率的に実施するためには、適切な実態把握が必要不可欠である。しかしながら、生活道路を走行している個々の車両について、それが通過交通か否かを判断するためには詳細な調査が必要であるため、従来の観測調査では、抜け道交通の実態把握を効率的に行うことは困難であった。

一方で近年、走行車両の時々刻々の軌跡（緯度経度など）を記録した自動車プローブデータの蓄積が進んでいる。観測調査ではトリップを局所的にしか観察することが出来ないのに対し、自動車プローブデータを用いることでトリップ全体を捉えることが出来る。

自動車プローブデータを生活道路の交通安全管理に活用しようとする試みとして、尾崎ら<sup>1)</sup>は、ETC2.0によ

って収集したプローブデータを用いて、幹線道路に囲まれた地区内の交通状況の把握を行っている。ただし、尾崎らの研究では、地区内を走行している車両が通過交通であるかどうかは1区間でしか判別していない。

加藤ら<sup>2)</sup>はETC2.0プローブを用い、主要交差点周辺における抜け道利用状況と所要時間について分析を行い、抜け道利用車両の速度超過状況を明らかにし、一方で抜け道利用時よりも幹線道路利用時の方が所要時間が短い事があることを示した。しかし、サンプルサイズが少なく分析が十分に行われていないことに加え、行政区レベルでの広域な分析は行われていないなどの課題がある。

橋本ら<sup>3)</sup>は岡山市、倉敷市、早島町を対象とし、ETC2.0プローブを用いた抜け道道路の特定と事故特性に関する考察を行っている。ETC2.0プローブでは出発地と到着地の周辺データがプライバシー保護の為に削除されていることを利用し、事故データ分析を基に設定した閾値以上の回数利用された生活道路を研究対象の抜け道として分析している。そのため、移動経路の中で利用した

生活道路全てが抜け道になってしまう可能性がある。特に、郊外部では出発地及び目的地が幹線道路から大きく離れている事があり、通行しなくてはならない生活道路も抜け道として区分されてしまう可能性があるため、抜け道の定義として適切であるかの課題が残されている。

以上を踏まえ、これまでの著者らの研究<sup>4)</sup>では、自動車プローブデータを用いて抜け道交通を抽出する手法を考案し、愛知県豊橋市を対象地域として1年分の自動車プローブデータから抜け道交通の抽出と実態分析を行った。その結果、豊橋市内では交通量が多くなる時間帯に抜け道利用距離割合が高くなるなどの特性が見られた。しかし、これらの分析では市内全域のデータをマクロな視点で集計的に分析したものであり、地区レベルにおける抜け道交通の特性といった詳細な分析には至っていない。

そこで本研究では、豊橋市内におけるゾーン30地区を対象として、統計モデル分析により、地区内の経路特性（道路特性や交通特性）と関連付けながら抜け道交通特性を把握することを目的とする。

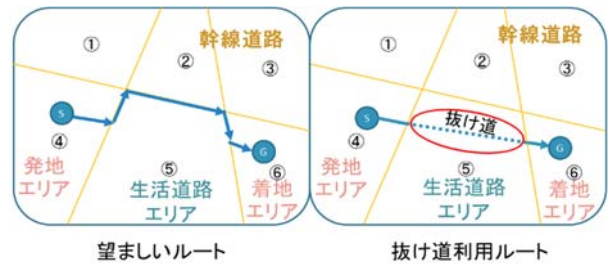


図-1 本研究における抜け道交通の定義

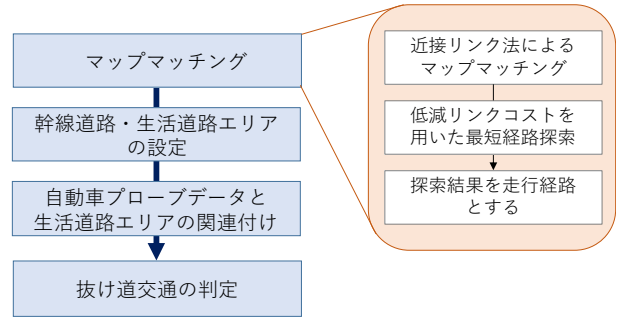


図-2 抜け道交通の判定フロー

## 2. 研究方法

### (1) 抜け道交通の定義

本研究では抜け道交通を「幹線道路を使うことが望ましいにもかかわらず、生活道路内を利用する通過交通」として定義した。具体的には、図-1に示すように、幹線道路によって囲まれた地区を生活道路エリアと、発着地エリア以外の生活道路エリア内を通過する走行軌跡を抜け道交通として定義した。

### (2) 抜け道交通の判定方法

本研究では、自動車プローブデータと道路リンクとのマップマッチングを行った上で、抜け道交通区間の判定を行った（図-2参照）。

マップマッチングには、三輪<sup>9)</sup>が考案したScreening法を用いた手法を基にPen Cao<sup>7)</sup>、楊甲ら<sup>8)</sup>が改良した手法を援用した、近接リンク法に加えて最短経路探索を行う方法を用いた。本マップマッチング手法の詳細については既往研究<sup>9)</sup>を参照されたい。

次に、抜け道交通の定義に従い、プローブデータの各走行軌跡について、抜け道交通区間であるか否かの判定を行った。図-1の右図を例とすると、生活道路エリア④、⑤、⑥に属している点データがあり、出発地エリアと到着地エリアである④、⑥のエリアを除いた⑤のエリア上にある点データを抜け道交通区間として判定した。

なお本研究で用いたプローブデータにおいて、近接リンク法のみによるマップマッチングを行った場合に比べ、最短経路探索を組み合わせた場合では抜け道トリップ割

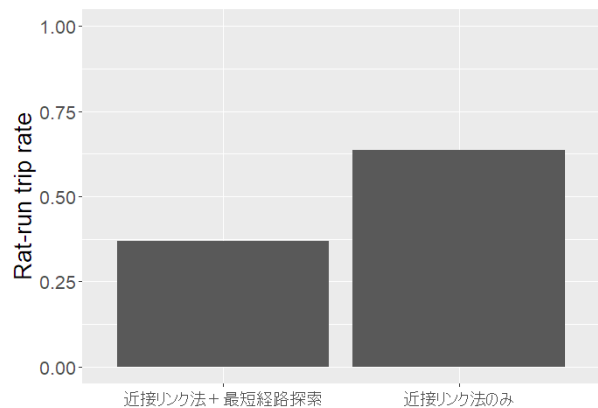


図-3 マップマッチング手法別の抜け道トリップ割合

合（全トリップ数のうち1度でも抜け道利用をしているトリップの割合）が大幅に減少しており（図-3参照）、抜け道交通の分析において近接リンク法のみによるマップマッチングでは不十分であることが示されている。

### (3) 抜け道交通の可視化

本研究では、任意の生活道路エリア内を対象として、プローブデータにおいて抜け道交通区間として判定された走行軌跡をリンク別に集計することで、リンク別抜け道通行量を算出し、GISにより可視化を行う。また、当該生活道路エリアが、どの方面からどの方面へ行くために抜け道交通として利用されているのかを把握することを目的として、当該生活道路エリア内を抜け道として利用している各トリップの全走行軌跡（当該生活道路エリア以外の区間も含めた出発地から到着地までの走行軌跡）をリンク別に集計し可視化を行った。

#### (4) 地区内抜け道通行量モデルによる分析

ゾーン30地区内における経路特性（道路特性・交通特性）と抜け道交通量との関係を把握するため、ゾーン30地区内における経路（リンクチェーン）別の抜け道通行量を目的変数とした統計モデル分析を行った。

抜け道通行量は計数データであるため、以下に示す指数型の一般化線形モデルを仮定した。

$$y_i \sim \text{Poisson}(\lambda_i) \quad (1)$$

$$\lambda_i = \exp(\alpha_0 + \sum_k \alpha_k \cdot x_{ik}) \quad (2)$$

ここで、 $y_i$ は経路*i*における抜け道通行量、 $x_{ik}$ は経路*i*に関する経路特性を表す*k*番目の説明変数、 $\alpha_0, \alpha_k$ はパラメータである。リンク関数には対数関数 $\log$ を用い、誤差分布にはポアソン分布を仮定し（ポアソン回帰モデル）、最尤推定法によりパラメータを推定した。なお本モデルでは、説明変数 $x_{ik}$ が*n*単位増加した場合の $y_i$ の期待値 $\lambda_i$ の増加率を以下の式で算出することが可能である。

$$\text{増加率} = \exp(n \cdot \alpha_k) = (e^{\alpha_k})^n \quad (3)$$

各経路に関する特性を表す説明変数としては、経路中の中央線割合 $x_{i1}$ 、経路の直線性 $x_{i2}$ 、経路始点および終点における信号の有無 $x_{i3}, x_{i4}$ 、経路平均速度 $x_{i5}$ を想定した。経路中の中央線割合 $x_{i1}$ は、当該経路を構成するリンクにおける中央線の有無（ゼンリン社道路網データより取得）の平均的な程度を表す変数であり、以下の式に示すリンク長での重み付き平均で算出した。

$$x_{i1} = \frac{\sum_j \delta_j \cdot l_j}{\sum_j l_j} \quad (4)$$

ここで、 $\delta_j$ は経路*i*を構成するリンク*j*に中央線があれば1、なければ0をとるダミー変数、 $l_j$ はリンク*j*のリンク長を表している。

経路の直線性 $x_{i2}$ は、以下の式に示すように、経路を構成するリンクについて、連続するリンク間の傾きの差分の絶対値の平均により算出した。

$$x_{i2} = \frac{\sum_j |a_j - a_{j+1}|}{n_i - 1} \quad (5)$$

ここで、 $a_j$ はリンク*j*の角度（degree）、 $n_i$ は経路*i*を構成するリンク数を表している。この指標は、経路が直線的であるほど小さくなり、完全に直線である場合には0をとる。

経路始点における信号有無 $x_{i3}$ は、経路*i*の始点、すなわちゾーン30地区への入口交差点に信号が設置されていれば1、設置されていなければ0をとるダミー変数である。経路終点における信号有無 $x_{i4}$ は、経路*i*の終点、すなわちゾーン30地区からの出口交差点に信号が設置されていれば1、設置されていなければ0をとるダミー変数である。

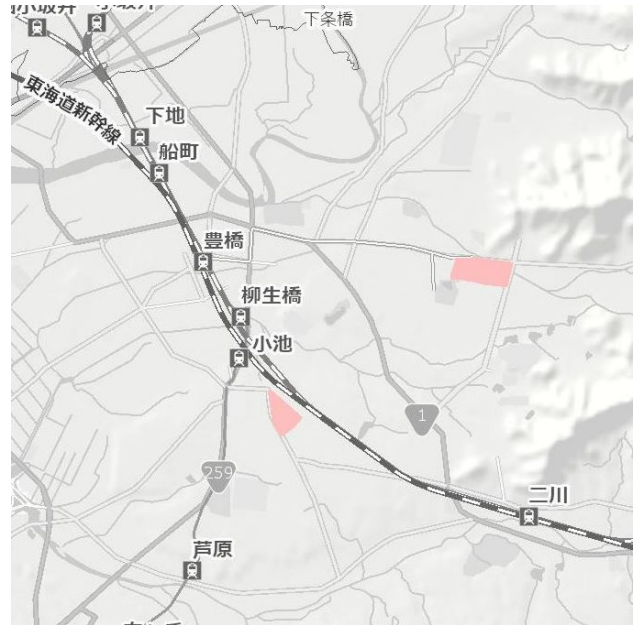


図4 分析対象とするゾーン30地区の市内位置  
(西側：山田一番町，東側：平川町)

経路平均速度 $x_{i5}$ は、当該経路を構成するリンクの平均速度（プローブデータより算出）をリンク長で重み月平均したものであり、以下の式により算出した。

$$x_{i5} = \frac{\sum_j v_j \cdot l_j}{\sum_j l_j} \quad (6)$$

ここで、 $v_j$ は経路*i*を構成するリンク*j*の平均速度である。

### 3. 対象地域とデータ概要

#### (1) 対象地域および幹線道路・生活道路の設定

対象地域は愛知県豊橋市とした。抜け道交通判定のための幹線道路および生活道路の定義については一般に確立されている明確な基準がないため、デジタル道路網データ（ゼンリン社 Zmap-Area II）に基づく道路種別情報より、高速自動車国道、一般国道、一般都道府県道、主要地方道、主要一般道を幹線道路とし、それ以外の道路を生活道路として定義した。

豊橋市内にはゾーン30地区が7地区設定されているが、本研究では抜け道交通量の多い平川町ゾーン30（面積0.298 km<sup>2</sup>）および山田一番町ゾーン30（面積0.145 km<sup>2</sup>）の2地区（図4参照）に着目して抜け道交通実態の分析を行う。

#### (2) データ概要

本研究では、2016年1月1日～2017年3月31日の期間にパイオニア社製のカーナビにより取得された自動車プローブデータを用いる。記録頻度は3～4秒であり、車両

ID, 緯度経度, 年月日時分秒などが記録されている. なお, プライバシー処理として, エンジン始動地点, ルート案内時の目的地, 10分以上停止地点から半径500m以内のデータが削除されており, 毎日に車両 IDが変更されている. 豊橋市内では, 1日約900トリップ分, H22センサスOD調査結果に対するサンプルレートは0.1%となっている.

#### 4. 結果と考察

##### (1) ゾーン 30 地区における抜け道交通実態の可視化

平川町ゾーン30地区および山田一番町ゾーン30地区を抜け道として利用しているトリップ (抜け道トリップ) の全走行軌跡をリンク別に集計した図を, それぞれ図-5 および図-6に示す. 青線が抜け道トリップが通行したリンクを示しており, その線幅が太いほど通行量が多いことを表している. 青の楕円は信号の位置を示している.

平川町ゾーン30地区では, 南北方向や西方向のトリップによる抜け道利用が多いことが見て取れる. 最も多いリンクの抜け道通行量は1,416台/年で, プローブデータのサンプルレートから実際の抜け道交通量を推計すると約4,200台/日となる. 一方山田一番町ゾーン30地区では, 北東方向と南東方向のトリップによる抜け道利用が多いことが見て取れる. 最も多いリンクの抜け道通行量は281台/年で, プローブデータのサンプルレートから実際の抜け道交通量を推計すると約800台/日となる.

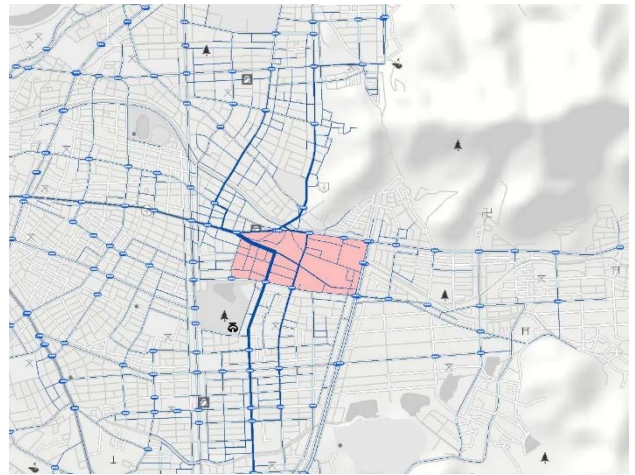


図-5 平川町ゾーン30地区の抜け道交通実態の可視化

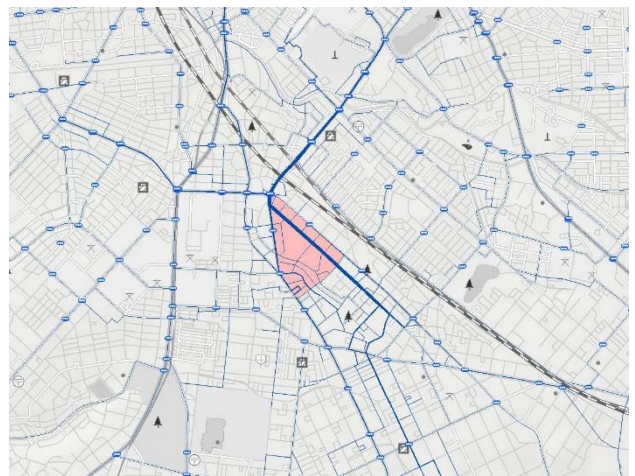


図-6 山田一番町ゾーン 30 地区の抜け道交通実態の可視化

##### (2) 地区内抜け道通行量モデルの推定結果

平川町ゾーン30地区および山田一番町ゾーン30地区における抜け道通行量モデルの推定結果を, それぞれ表-1および表-2に示す. Nはサンプルサイズを示しているが, ここでは実際に抜け道として使われた経路 (リンクチェーン) の数であり, 使われていない経路は推定データに含めていない. また, 再右列には, 説明変数が1単位増加した場合の増加率を示している.

平川町ゾーン30地区については, 実測値と予測値の相関係数が0.83となっており, 適合性を有していると考えられる. 経路中の中央線割合についてはパラメータが正值で有意となっている. 中央線があることにより抜け道として利用されやすくなることが示唆される. ただし, 中央線がある区間は幅員も比較的広い区間であると考えられるため, 幅員の影響も考慮する必要がある.

経路の直線性については, パラメータが負値で有意となっている. 本指標が小さくなる程, すなわち経路が直線的である程抜け道利用されやすいたことが示唆される.

経路始点の信号有無については, パラメータが正值で有意となっている. 信号がある交差点からは, あまり生活道路であることを意識されないために抜け道利用がさ

表-1 抜け道通行量モデルの推定結果 (平川町ゾーン 30)

変数	パラメータ	P 値	$e^{\alpha_k}$
定数項	1.40	0.000	
経路中の中央線割合	1.34	0.000	3.819
経路の直線性	-0.0375	0.000	0.963
経路始点の信号有無	1.61	0.000	5.003
経路終点の信号有無	-0.535	0.000	0.586
経路平均速度	0.0445	0.000	0.956
N=30		実測値と予測値の相関係数 R=0.83	

表-2 抜け道通行量モデルの推定結果 (山田一番町ゾーン 30)

変数	パラメータ	P 値	$e^{\alpha_k}$
定数項	0.355	0.361	
経路中の中央線割合	1.41	0.000	4.096
経路の直線性	-0.00359	0.441	0.996
経路始点の信号有無	1.69	0.000	5.419
経路終点の信号有無	-0.385	0.376	0.681
経路平均速度	0.0415	0.000	0.959
N=29		実測値と予測値の相関係数 R=0.75	

れ易いことが考えられる。一方、経路終点の信号有無については、パラメータが負値で有意となっている。生活道路を抜け道で利用した場合、赤信号で停止するリスクを考えて、信号のないか所からの流出が好まれる可能性が考えられる。

経路平均速度については、パラメータが正値で有意となっている。速い速度で走行できる経路の方がより抜け道として利用されやすいことが示唆される。

山田一番町ゾーン30地区については、平川町に比べ適合度がやや低下するが、全ての変数の符号は一致しており、傾向は類似しているといえる。ただし、経路直線性および経路始点の信号有無については有意になっていない。これは山田一番町では、抜け道利用されている経路に直線的でない経路がほとんどないことや、ゾーン30入口に信号が少ないために、これらの変数による抜け道通過量の変化が捉えられなかったためだと考えられる。

## 5. おわりに

本研究では、豊橋市を対象として、自動車プローブデータの走行軌跡について抜け道交通判定を行った上で、ゾーン30地区2地区に着目し、抜け道交通実態の可視化を行った。さらに、抜け道通行量モデルにより、各地区における経路別の抜け道通行量とその経路の特性（道路特性や交通特性）との関係について分析を行った。その結果、経路中の中央線割合、経路の平均走行速度、経路始点（ゾーン30入口交差点）における信号有無などが経路の抜け道通行量に影響していることが明らかになった。また、地区によっては、経路の直線性や経路終点（ゾーン30出口交差点）における信号の有無も影響していることが示唆された。

今後は、対象とする地区をさらに増やし、地区間における抜け道通行量を総合的に説明できるモデルの構築を目指すとともに、道路幅員や沿道条件など抜け道利用に影響を与えられようと考えられるより詳細な要因についても考慮する必要がある。

謝辞：本研究はJSPS 科研費 16K18168 の助成を受けて実施した研究の成果である。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 尾崎悠太, 神谷翔, 高宮進: 道路プローブデータを用いた地区内の交通状況把握と交通安全対策検討手法の確立に向けた基礎的研究, 第 51 回土木計画学研究・講演集, 2015
- 2) 加藤哲, 田中良寛, 橋本浩良, 瀬戸下伸介: ETC2.0 プローブを利用した主要渋滞交差点の渋滞状況と周辺の抜け道利用状況の把握, 第 54 回土木計画学研究・講演集, 2016
- 3) 橋本成仁, 岡本雅之, 蔵本真: ETC2.0 プローブデータを用いた抜け道道路の特定とその事故特性に関する考察, 第 54 回土木計画学研究・講演集, 2016
- 4) 櫻木悠貴, 松尾幸二郎, 杉木直: 自動車プローブデータを用いた抜け道交通実態の分析, 第 36 回交通工学研究発表会論文集, 2016
- 5) 櫻木悠貴, 松尾幸二郎, 杉木直: 自動車プローブデータを活用した生活道路抜け道交通の変動特性分析～愛知県豊橋市を対象として～, 第 55 回土木計画学研究・講演集, 2017
- 6) 三輪富生: プローブカーデータを用いた道路ネットワーク上の交通行動分析, 名古屋大学博士学位論文, 2005
- 7) Peng Cao: Research on map matching algorithm for large scale probe vehicle data, Tsinghua University Master Thesis.(in Chinese), 2011
- 8) 楊甲, 山崎基浩, 安藤良輔, 三村泰広, 松尾幸二郎, 杉原暢, 向井希宏, 菅野甲明: 助言型 ISA 利用による規制速度の遵守意識変化に関する考察, 第 14 回 ITS シンポジウム, 2016

(2018. 4. 27 受付)

## ACTUAL SITUATION ANALYSES OF RAT-RUN TRAFFIC ON RESIDENTIAL STREETS BASED ON CAR PROBE DATA

Kojiro MATSUO, Yoshihiro KOMATSU, Yuki SAKURAGI and Nao SUGIKI