

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地域間分析

櫻木 悠貴¹・松尾 幸二郎²・杉木 直³

¹学生会員 豊橋技術科学大学大学院 建築・都市システム学専攻

²正会員 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)

E-mail: k-matsuo@ace.tut.ac.jp

³正会員 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系

安全・安心な生活道路空間の確保のためには、いわゆる「抜け道」交通を減らすことが重要な課題の一つとなっている。しかし、観測調査などの従来の手法によって抜け道交通の実態を広域的に把握することは困難である。これまで、自動車プローブデータを用いて抜け道を利用している交通を抽出する手法を考案した上で、愛知県豊橋市をモデルとして抜け道交通の実態分析を行った。その結果、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。本研究ではさらに、豊橋市と同規模である岡崎市の抜け道利用実態と比較することで地域の違いによる差について分析を行った。その結果、豊橋市では抜け道利用傾向が比較的高いことが示され、これまでの研究で示された傾向が岡崎市でも見られた。

Key Words: rat-run traffic, community streets, car probe data, traffic calming, traffic safety

1. はじめに

安全・安心な生活道路空間の確保のためには、自動車交通量の削減や自動車走行速度の抑制といった交通静穏化の促進が求められている。特に自動車交通量削減については、生活道路通過交通、いわゆる「抜け道」交通をいかに削減できるかが重要な課題の一つである。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。

嶋田ら¹⁾は調査によって抜け道との指摘が多かった5区間を対象とし、抜け道利用実態の分析を行うとともに、抜け道交通対策の検討を行っている。小嶋ら²⁾は抜け道交通の多い一区間の生活道路を対象に抜け道交通対策の検討を行っている。大杉ら³⁾は局所的な8地区を対象とし、抜け道選択要因の分析とモデル作成を行っており、モデルの推定値と1地区における実測値の比較を行っている。稲垣ら⁴⁾は1つの地区に着目し、観測調査によって当該地区の関係者と抜け道利用者の速度について比較分析を行っている。このように、局所的に抜け道交通の分析を行う研究はいくつかあるが、行政区域全体（市域等）のように広域的に抜け道交通実態を分析している研究はなされていない。従来の観測調査等の方法では、広域な範囲での抜け道交通実態の把握が困難であるため

と思われる。

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⁵⁾は、ETC2.0によって収集したプローブデータを用いて、幹線道路によって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区間でしか半別していない。

加藤ら⁶⁾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、サンプル数が少なく分析が十分に行われていないことに加え、行政区域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⁷⁾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と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。

生活道路の交通安全管理は各地域自治体の道路行政が担うのが一般的であり、自動車プローブデータを活用して広域的に抜け道交通実態を把握する手法があれば、①地域全体における抜け道交通実態の把握→②抜け道交通対策優先地区の抽出→③優先地区における詳細な調査および対策の検討→④優先地区における対策が地域全体に与える影響の評価、といった総合的な視点による生活道路交通管理を行うことが可能になると考えられる。

以上を踏まえ、これまでの著者らの研究⁸⁾⁹⁾では、自動車プローブデータを用いて抜け道を利用している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、この抜け道利用傾向が豊橋市のみで見られるものなのか、他の地域でも見られる傾向であるのかは明らかでなかった。

そこで本研究では、愛知県豊橋市と同規模の市町村である愛知県岡崎市の抜け道利用実態を比較することで、これまでの研究で明らかになった抜け道利用傾向が豊橋市だけで見られるものなのかを分析する。具体的には、両市の都市地域および市街化区域に着目して、平日の時間帯別に抜け道を利用したトリップ数の分布および抜け道を利用した距離の割合分布を分析し、両市の抜け道利用状況の比較を行う。また、幹線道路の平均速度および生活道路総延長に対する抜け道走行距離の割合の比較も行う。

2. 方法

(1) 概要

自動車プローブデータから抜け道交通を抽出する手法について、図-1に全体の流れのフローチャートを示す。まず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い、続いて抜け道交通の抽出を行う。マップマッチング方法は、三輪¹⁰⁾が考案した、Screening法を用いた手法を基にPen Cao¹¹⁾、楊甲ら¹²⁾が改良した手法を採用し、マップマッチングを行った。具体的には、近接リンク法に加え、最短経路探索を行う方法を用いた⁹⁾。

(2) 「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」として定義する。具体的には、図-2に示すように、対象地域を幹線道路によって囲まれた地区に分割し、その地区を生活道路エリアとした場合、発着地エリア以外の生活道路エリア内を通過する交通を抜け道交通として定義する。

(3) 抜け道交通の抽出方法

時々刻々の車両位置（緯度経度など）、時刻、車両IDの情報を有している自動車プローブデータを想定し、抜け道交通の抽出を以下の手順に基づいて行った。

幹線道路リンクを設定し、(2)で行ったマップマッチング結果を利用して幹線道路上の点データを除いておく。次に、トリップごとに出発地および目的地から見て、最初に幹線道路リンクに到達するまでの生活道路内を走行しているデータを取り除き、生活道路内を走行している

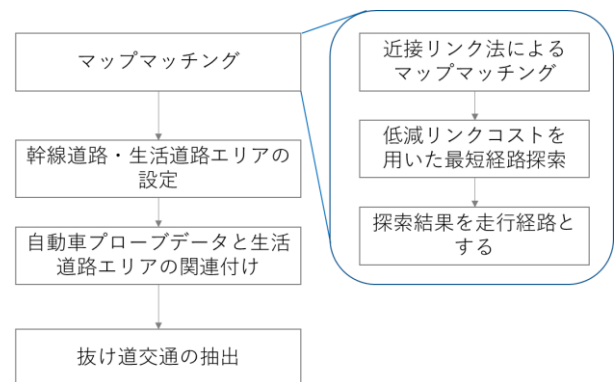


図-1 抜け道交通の抽出方法（全体フロー）

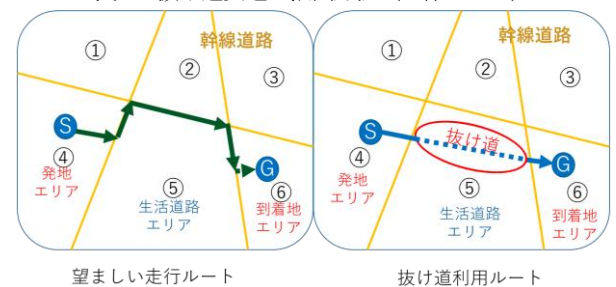


図-2 本研究における抜け道交通の定義

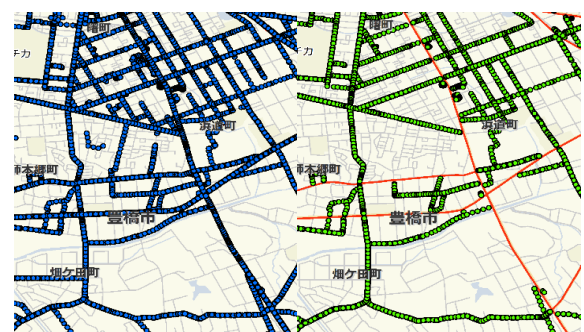


図-3 抜け道交通抽出処理前（左）と処理後（右）

残ったデータを抜け道交通として抽出する。

図-2の右図を例とすると、出発地から生活道路エリア④、⑤の境界となっている幹線道路に到達するまでのデータと、目的地から見てエリア⑤、⑥の境界となっている幹線道路に到達するまでのデータを取り除く事で、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データとして抽出する。

以上の手法を用いて、自動車プローブデータから抜け道交通データを抽出した一例を図-3に示す。図より、幹線道路上の点データや、生活道路エリア内を発着地としたトリップデータは見受けられず、生活道路エリア内を通過交通として利用している点データが抽出されていることから、意図した通りに抜け道交通の抽出がなされていることが分かる。

3. 豊橋市と岡崎市を対象としたケーススタディ

(1) 対象地域および幹線道路・生活道路の設定

本研究では両市の市内都市部に着目して比較分析を行うために、それぞれの都市地域および市街化区域を対象地域とした。図-4、図-5に本研究での分析対象地域を示す。

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、当初は、本研究では幅員 5.5m を基準としたものと、国道、県道といった道路種別を基準とした2種類の定義を想定した。しかし、幅員 5.5m を基準とした定義では、明らかに幹線道路であっても、途中で幅員が減少することによって幅員が減少した部分を走行しているデータが抜け道交通になってしまう等の問題が生じてしまうため、道路種別を基準とした定義を採用することとした。具体的には、デジタル道路網データ (Zenrin 社 Zmap-ArealI) 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。

(2) 豊橋市と岡崎市の概要

表-1に豊橋市および岡崎市の面積、都市地域および市街化区域の面積、それぞれの幹線道路延長、生活道路延長を示す。豊橋市は愛知県東三河地方の中核市であり、国道 1 号線や国道 23 号線バイパスといった幹線道路網が整備されている。岡崎市は愛知県西三河地方の中核市であり、国道 1 号線や東名高速道路および新東名高速道路の IC が市内にあるなど豊橋市に比べて市外との交通の便が発達している。

本研究で対象とする都市地域および市街化区域の面積

は両市ともほぼ同じ大きさであり、対象地域内の幹線道路延長および生活道路延長は共に岡崎市の方が長く、対象地域内での道路網は岡崎市の方が比較的発達していると考えられる。全道路延長に対するそれぞれの構成割合については、両市とも大きな差はなかった。

(3) 本研究で用いる自動車プローブデータの概要

愛知県全域において、2013年 10月 01日(火)~10月 31日(木)の 1ヶ月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秒ごとであり、車両 ID、緯度経度、年月日時分秒、瞬間走行速度などが記録されているデータである。なお、プライバシー処理として、エンジン始動時の場所、ルート案内時のゴールの場所、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、日毎に車両 ID が変更されている。



図-4 愛知県豊橋市と分析対象範囲



図-5 愛知県岡崎市と分析対象範囲

表-1 豊橋市と岡崎市の概要

		豊橋市	岡崎市
人口	(万人)	37.48	38.11
面積	(km ²)	255.1	379.0
対象地域面積	(km ²)	52.7	51.4
幹線道路延長*	(km)	134.1	160.1
生活道路延長*	(km)	926.8	1021.0
幹線道路割合*	(%)	12.6	13.6
生活道路割合*	(%)	87.4	86.4

* 対象地域内の値を示す。

(4) トリップ分割方法

自動車プローブデータをトリップごとに分割するにあたって、プローブデータのプライバシー処理基準に基づき、以下の条件を基に分割を行った。

同一車両 ID のデータを対象とし、10 分以上データ記録間隔が離れているもの、もしくは点データ間の距離が 400m (500m から余裕を見て設定) 以上離れているデータ間で分割を行った。

4. 抜け道利用状況に関する分析

本研究では、抜け道利用は市内での移動と強い関係を持っていると考え、それぞれの市内から出発し市内に目的地を持つ内内トリップの中で、対象地域である都市地域および市街化区域内を少しでも走行しているトリップを対象に分析を行った。

1ヶ月分のデータを対象に、両市の対象地域内の平均トリップ数および抜け道利用トリップ数、平均走行距離および平均抜け道走行距離、平均抜け道距離割合、幹線道路の平均走行速度、生活道路延長に対する抜け道総走行距離の割合を算出した。結果を表-2 に示す。また、平日の時間帯別、抜け道利用トリップの分布、抜け道距離割合の分布および幹線道路走行速度の分布を図-6~図-9 に示す。それぞれの算出方法および図について、以下に示す。

a) 抜け道利用トリップ数の分布

1 回の走行で、1 度でも対象地域内で抜け道を利用しているトリップを抜け道利用トリップ数として集計している。図-6 は豊橋市(T)および岡崎市(O)の 1 日当たりの平均抜け道利用トリップ数と平均全トリップ数を示している。

b) 抜け道距離割合の分布

1 回のトリップにおける対象地域内での走行距離をトリップ走行距離とし、その中で抜け道を利用した距離を抜け道走行距離としている。抜け道走行距離をトリップ走行距離で除したものを抜け道距離割合とした。式(1)に示すように、1 トリップごとに抜け道距離割合を算出し、その平均を期間別に集計した。図-7 は豊橋市(T)および岡崎市(O)の平均抜け道走行距離、平均トリップ走行距離を示し、図-8 は1トリップ当たりの平均抜け道距離割合を示している。

$$\bar{r}_k = \frac{1}{n_k} \sum_i r_{ki} = \frac{1}{n_k} \sum_i \frac{RD_{ki}}{TD_{ki}} \quad (1)$$

ここで、 \bar{r}_k および n_k はそれぞれ、時間帯 k における平均抜け道距離割合およびトリップ数を表し、 TD_{ki} および RD_{ki} はそれぞれ、時間帯 k におけるトリップ i のトリップ距離および抜け道利用距離を表す。

表-2 両市の対象地域内における抜け道利用状況

		豊橋市(T)	岡崎市(O)
トリップ数	(Trip/day)	868.2	889.7
抜け道トリップ数	(Trip/day)	383.2	308.4
走行距離	(km/Trip)	2.47	2.69
抜け道走行距離	(km/Trip)	0.36	0.29
抜け道距離割合	(/Trip)	0.134	0.103
幹線道路平均速度	(km/h)	22.3	21.8
生活道路平均速度	(km/h)	18.2	19.4
延べ抜け道走行距離	(km/day)	316.6	260.9
抜け道/生活道路延長	(/day)	0.34	0.26

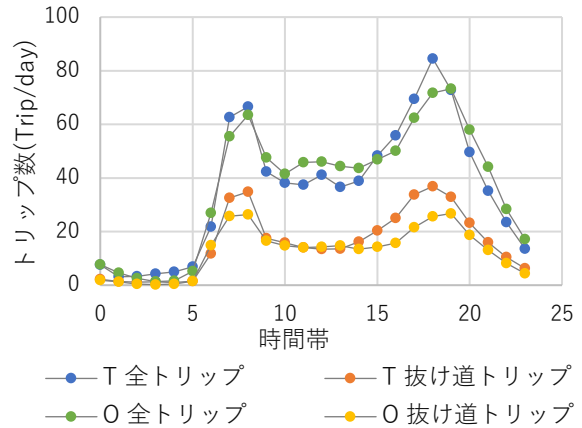


図-6 平日の時間帯別 抜け道トリップ数の分布

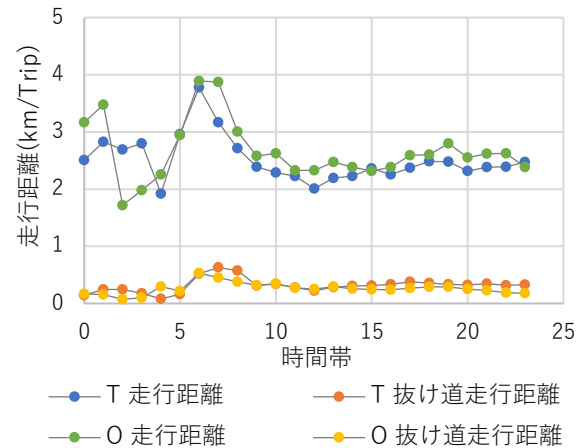


図-7 平日の時間帯別 抜け道走行距離の分布

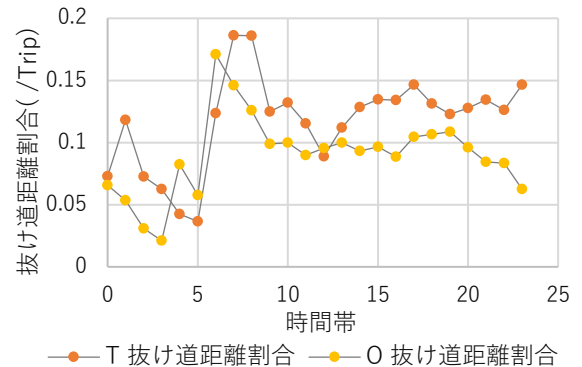


図-8 平日の時間帯別 抜け道距離割合の分布

c) 幹線道路平均走行速度の分布

対象地域内の幹線道路を走行しているデータに着目し、幹線道路の平均走行速度を算出した。平均速度はプローブデータの瞬間走行速度を利用し、式(2)に示すように時間で重みづけを行うことで算出している。図-9は幹線道路における平均走行速度の時間分布を示している。

$$\bar{v}_k = \frac{\sum_i v_{ki}(t_{ki+1} - t_{ki})}{\sum_i (t_{ki+1} - t_{ki})} \quad (2)$$

ここで、 \bar{v}_k は期間帯 k における平均速度であり、 v_{ki} および t_{ki} はプローブデータ i の瞬間走行速度およびその記録時刻である。

d) 生活道路延長に対する抜け道総走行距離割合

本研究で用いている抜け道交通の定義は幹線道路の定義、あるいは生活道路の定義の影響を強く受ける。そのため、幹線道路の定義によっては生活道路延長が長くなり、抜け道走行距離も長くなるのが想定される。そこで、複数の地域で抜け道利用実態を比較するために生活道路延長に対する抜け道総走行距離の割合を算出することで抜け道利用状況の比較を試みた。具体的には全トリップの対象地域内の抜け道走行距離を総和し、生活道路延長で除することで算出した。

表-2より、対象地域内を走行している1日当たりの全トリップ数および抜け道トリップ数、1トリップ当たりのトリップ走行距離、抜け道走行距離、抜け道距離割合のそれぞれの項目で大きな差は見られなかった。しかし、抜け道距離割合が豊橋市の方がやや高くなっていることから、わずかな傾向ではあるが豊橋市の方が抜け道利用傾向が高いといった事が考えられる。幹線道路の平均速度についても、両市で大きな差は見られなかった。1日当たりの延べ抜け道走行距離を見てみると、豊橋市の方が約55km長くなっている。生活道路延長で除した値についても豊橋市の方が高くなっており、こちらでも豊橋市では抜け道が利用されやすい傾向にあることが示唆された。

トリップ数および走行距離がほぼ等しいという条件で幹線道路延長が短ければ、幹線道路の走行速度は渋滞により遅くなることが想定されるが、豊橋市は岡崎市に比べ幹線道路延長が短い(表-1)一方で、幹線道路の走行速度に大きな差は見られなかった。このことから、豊橋市では岡崎市よりも生活道路を利用する傾向が高く、それにより幹線道路の渋滞緩和および速度低下の抑制に繋がっていると考えられる。そのため、今回用いた抜け道の定義の中で幹線道路と同等の利用のされ方をしていない路線が岡崎市よりも存在していると思われる。また、そうした抜け道の通行を抑制してしまうと、幹線道路の渋滞の増加が想定されるため、むしろそうした抜け道路線を整備し、周辺環境の安全に考慮した上で幹線道路のように利用するといった対策が必要であると考えられる。

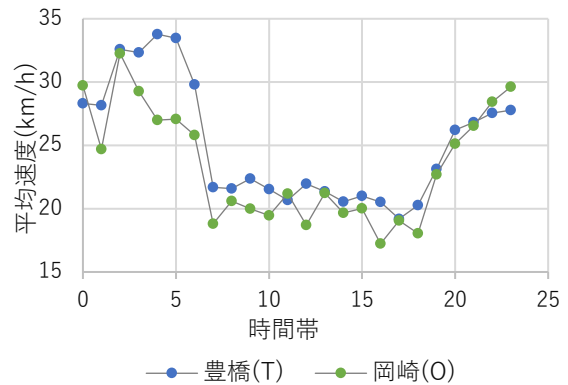


図-9 平日の時間帯別 幹線道路平均速度の分布

本研究では2つの市に着目して比較分析を行ったが、これを複数の地域で比較することによって、抜け道が利用されやすい地域の把握に貢献出来るのではないかと考えられる。なお、延べ抜け道走行距離は今回用いたプローブデータで算出した場合での値であり、市内を走行している車両の中でも、一部の車両データのみであることに留意する必要がある。そのため、市内を走行している全車両を対象とした場合、両市の延べ抜け道走行距離の値の差はさらに拡大すると想定される。

図-6～図-8に着目すると、これまでの著者らの研究^{8,9)}でも示された朝のトリップ数が増加するピーク時に抜け道利用が増加する傾向が岡崎市においても見られた。また、抜け道走行距離および抜け道距離割合に着目すると、両市ともに朝のピーク時よりもトリップ数が増加している夕方のピーク時において朝のピーク時よりも抜け道を利用しない傾向が見られた。これらのことから、朝の時間帯は抜け道を利用しているが夕方には抜け道を利用せずに幹線道路を利用する車両が存在していることが考えられる。よって、朝の時間帯では運転者が利用することに抵抗があるような生活道路であっても抜け道として利用している可能性があると考えられる。また、岡崎市では抜け道距離割合(図-8)が朝の時間帯に他の時間帯よりもかなり大きくなっており、他の時間帯の抜け道距離割合のばらつきが豊橋市に比べて低い傾向が分かる。このことから、岡崎市では豊橋市に比べて普段から抜け道利用は比較的されないものの、比較的時制的制約が強い朝の時間に限っては、抜け道を多く利用する傾向があることが分かる。

豊橋市では岡崎市に比べ幹線道路が混雑しているため、抜け道利用が増加していると考え、時間帯別の幹線道路の平均走行速度の分布(図-9)についても分析を行った。しかし、両市で大きな差は見られず、やや豊橋市の方が走行速度が高い傾向が見られた。これは、抜け道の中でも幹線道路のように利用されている路線が比較的多く存在しており、結果として幹線道路の走行速度の低下に繋がっているためだと考えられる。幹線道路の走行速度分

布には、そもその幹線道路の渋滞によって走行速度が低下する面と、抜け道利用によって渋滞が緩和され、走行速度が増加する面が含まれているためだと考えられる。そのため、抜け道利用に幹線道路の混雑が影響している事を定量的に見出すためには、さらなる分析方法の工夫が必要であると思われる。

5. おわりに

本研究では、1ヶ月分の自動車プローブデータから抜け道交通を抽出し、愛知県豊橋市と岡崎市をモデルとした抜け道交通実態の分析を行った。

その結果、本研究で用いた抜け道の定義においては豊橋市が岡崎市よりも抜け道を利用する傾向が比較的高いということ共に、生活道路の中でも幹線道路と似た利用のされ方をしている路線がいくつか存在している可能性があることが示された。また、平日の時間帯別に着目した分析では、これまでの著者らの研究で明らかになった抜け道利用傾向が岡崎市でも見られた。

本研究では2つの地域を比較したが、さらに複数の地域を比較することによって抜け道利用傾向が高い地域の把握に貢献できると考え、今後の展望としては、複数地域を対象とした比較分析を行うと共に、市内でのゾーン間移動における抜け道利用傾向の違いについても分析を行っていきたい。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 16K18168 の助成を受けて実施したものです。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 嶋田喜昭, 嶋田喜昭, 山田勇平, 橋本成仁：「抜け道」交通対策の方向性に関する考察, 土木計画学研究・論文集, Vol.24(3), pp.465-472, 2007
- 2) 小嶋文, 久保田尚：抜け道利用ドライバーに対する自覚促し実験の効果に関する研究～通過交通抑制に向けた「抜け道 MM」の試み～, 土木計画学

- 研究・論文集 Vol.25(4), pp.869-879, 2008
- 3) 大杉道好, 久保田尚：シミュレーション実験による抜け道選択要因の分析, 土木学会第 45 回年次学術講演会概要集, pp.368-369, 1990
 - 4) 稲垣具志, 寺内義典, 橋たか, 大蔵元宏：生活道路における地区関係者と抜け道利用者の走行速度比較分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.70(5), pp.L933-L941, 2014
 - 5) 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
 - 6) 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
 - 7) 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
 - 8) 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
 - 9) 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
 - 10) 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
 - 11) Peng Cao：Research on map matching algorithm for large scale probe vehicle data, Tsinghua University Master Thesis.(in Chinese), 2011
 - 12) 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

(? 受付)

AN INTER-REGIONAL ANALYSIS ON ACTUAL SITUATIONS OF RAT-RUN TRAFFIC BASED ON CAR PROBE DATA

Yuki SAKURAGI, Kojiro MATSUO and Nao SUGIKI