コネクティッドカーデータを用いた複数都市における一般車両走行実態分析

桑原　昌広[1]・中村　俊之[1]

[1]正会員　トヨタ自動車株式会社（〒100-0004 東京都千代田区大手町 1-6-1）
E-mail: kuwahara@toyota-tokyo.tech, toshiyuki.nakamura@toyota-tokyo.tech

今後新たな施策として考えられている高速道路のシームレスな料金体系の導入、走行距離課税等、交通ネットワークを効率的な活用に向けた具体検討のために、車両の走行日数・距離などの走行実態をベースとした分析結果が重要になってくると思われる．

本研究では、一般車両のコネクティッドデータを用いて走行実態分析の可能性を確認するため、日本における複数都市を対象として分析を行った．複数都市クラスタ分析より、沖縄ではほぼ毎日利用するユーザが多数であることがわかった。また、都市別及びクラスタ毎に一般道/高速道路走行比率が異なることなどを定量的に示せることを確認した．

Key Words: *Connected car data, Cluster analysis, Individual Car travel behavior*

1. 背景

近年道路に対する施策としては新たな道路建設よりも、老朽化した道路のリフレッシュ工事など、交通ネットワークをどのように維持していくのかという方向性になってきている．更に、高速道路のシームレスな料金体系の導入など既存の道路ネットワークを効率的に活用するか、走行距離課税[1)]等、現在の道路交通の状況に適応した新たな運用等、今までにはない新たな施策の検討が必要になってきている．

そのため、上記のような新たな施策を検討していくためには、現在の交通環境を従来よりも詳細にデータをもとに把握していく必要がある．例えば、走行距離課税など実際の車両の利用に応じた課税を検討するためには、車両がどれぐらいの頻度で利用されているのか、どれぐらいの距離で利用されているのか等、車両毎の実データによる走行実態把握が重要になってくる．

従来自動車に関する運行状況を把握する手法として自動車起終点調査[2)]（OD 調査）が長年実施されてきている．OD 調査は OD 表の作成、将来交通需要推計モデルへの活用などのために、アンケートを用いた把握を実施してきている．この調査では、出発地、目的地、トリップ長、運行目的、乗車人員（乗用車類）、積載品目・積載重量（貨物車類）等を把握できることが特徴である．OD 調査は、代表的な 1 日を設定した調査であるため、どれぐらいの頻度で利用されているのか等、代表的な行動以外の情報については、十分に把握できないため、その他の情報を用いた分析結果も融合させた分析が重要になってくる．

車両毎の個別の移動を捉える可能性のあるデータとしては携帯電話・スマートフォンの基地局・GPS データや、WiFi/Bluetooth などが搭載された IoT デバイスからの GPS データなどが存在しており、様々な研究がおこなわれてきている．また、車両に特化したデータとしては、ETC2.0 やいわゆる民間プローブと呼ばれている各自動車会社が提供しているデータ、デジタコ等を搭載されている車両からの商用車プローブデータ等、今後複数のデータを融合させて交通全体の車両走行実態を把握するための多様なデータが揃いつつある．

本研究では、近年対象車両や収集しているデータ項目が増加傾向であるコネクティッドデータを用いて、一般車両の走行実態分析に向けた基礎分析を行う．

2. 既存研究

走行実態に対する先行研究としては、カーシェア[3)]、自転車シェア[4)]などでは利用頻度の分析など、利用者毎のクラスタ分析等の研究は多数みられる．これらサービスデータ分析は、ユーザごとに認証が必要であることなどにより、ユーザや車両といった“個”視点での分析が中心に行われてきている．

一般車両や商用車のプローブカーデータを用いた走行分析では、都市間高速道路における休憩実態把握[5)]など

多数みられる．限られた車両や特定道路リンク等の場所に紐づけた分析がほとんどであることがわかる．また OBD Ⅱ データなどを使った分析として、せっかち、心配性などのドライバの運転特性を分析 [6]するような研究は見られる．

以上より私の知る限り、一般車両を対象とした走行日数・距離などの走行実態を観測データを用いて分析された研究はほとんど見られない．

3. 一般車両コネクティッドデータの特性

(1) 取り扱うコネクティッドデータの特徴

本研究で扱うトヨタ自動車株式会社のコネクティッドカーデータには、車両内を流れる CAN データと呼ばれる車両内の様々なセンサデータも含まれており、それらのデータは通信機搭載車両からサーバにアップロードされている．データ収集頻度は高く、例えば速度、加速度では 100ms に一度データが計測されて、データとしてサーバに蓄えられる。対象車両は、現状トヨタが販売する一般車両（乗用車）に限られているため、都市交通視点では、OD 調査などで実施される貨物車などは対象にはならない。また、OD 調査で把握可能な、運行目的などは取得データとしては存在しない．しかしながら、長期間にわたり VIN（Vehicle Identification Number）を継続的に追うことができるデータであるため、車両がどのように運転されているのか等を把握できることが大きな特徴である．本研究では、この乗用車のデータを用いて一般車両走行実態分析を行う．保有しているデータからは、ドライバまでは特定できないため、1 車両ごとの走行実態を分析する．

(2) トリップ分割方法

コネクティッドデータには、GPS の点列データも含まれているが、それらの点列データから移動と滞在を分割してトリップを判断することが必要となる．1 章で説明した携帯電話・スマートフォンなどにおいてトリップ分割に関する研究がなされてきている [8]．携帯電話・スマートフォンなどの場合は、ほぼ電源が継続して On の状態であるが、車両の場合は頻繁に停車してエンジン停止や電源を切ることで、データが取れなくなることに留意が必要である．走行実態を明らかにするためには、どのようにトリップとして分割するかを決定する必要がある．

一般的に車両を 5 分間エンジン停止した段階を想定すると、目的地に到着して徒歩などで次のアクションをしているものと想定される．車両電源が入りデータが取得開始されてから一定時間経過した後の時間をトリップ開始時間をとし、車両電源が停止してデータ取得できなくなった時間かつ 5 分以上再度車両電源入らない場合トリップ終了時間として定義することとする．例えば、一度電源が落ちて、3 分後にデータが取得されている場合、トリップは終了していないと判定する．

トリップ終了判定として、データが取得できない状態になってから 5 分以上経過したことをトリガにする方法が妥当であるかを、OD 調査結果（H27）[7]の 15 ブロック別トリップ長とコネクティッドデータを上記方法で分割したトリップ長の比較を行った．コネクティッドデータは 2022 年 6 月 1 日（水）から 5（日）の合計 5 日間の結果を用いて検証を行った．対象台数は全国で約 120 万台、約 2,000 万トリップが計測され、都道府県別算出し、OD 調査結果として公表されているブロックに集約したトリップ長と比較した結果を図-1 に示す．トリップのスタート地点の属する 3 次メッシュを元に都道府県を判断した．平日で平均 1.2km コネクティッドデータ側が低い結果となり、各地域でそれほど大きな違いがみられなかった．以上の結果より本研究では、OD 調査結果の平均トリップ距離と比較し、トリップ終了判定として 5 分をトリガとして以後分析を行う．

4 章以降で OD 調査結果との比較を実施するが、コネクティッドデータでの分析結果は、対象エリアに住んでいる人の運転挙動ではなく、そのエリアを走行した車両の運転挙動であることが基本的な違いがあることに留意する必要がある．

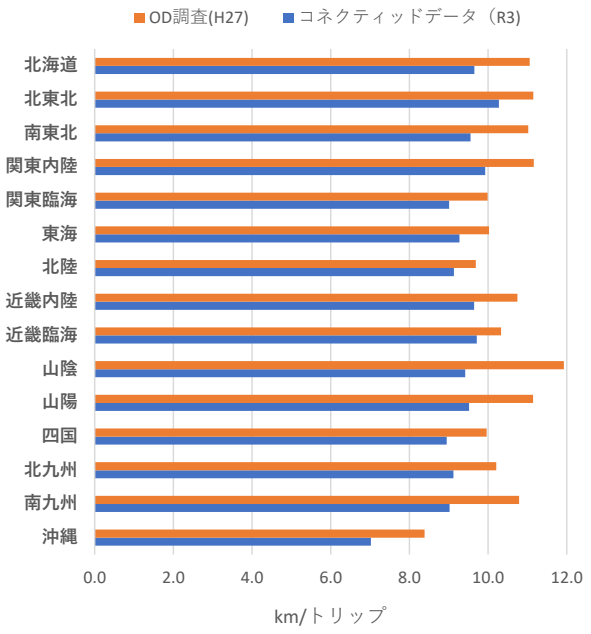


図-1 平均トリップ長比較（平日）

4. 都市別走行実態分析

本章では、いくつかの都市を選定し複数の視点で走行実態分析を行い、都市別の違いを示す.

(1) 分析対象都市選定

コネクティッドデータを用いて走行実態分析の可能性を確認するため、日本の複数都市を対象として走行実態分析を行う．特徴の異なる都市を選択して走行実態分析を行うために、2022 年 6 月の数日の全国のデータを用いて都道府県別の平均トリップ長を算出した．都市別に平日休日合わせた平均トリップ長の結果を**図-2** に示す．全国平均は 9.8km で、最も平均距離が長い都道府県が岩手県で 11.8km、最も短い沖縄県では 7.2km と都道府県別に差があることがわかった．更に都市別に深堀分析する対象として、下記の 4 都市を選定した．最も平均距離の長い岩手県、最も短い沖縄県に加えて、間に存在する静岡県、群馬県を対象とすることした．県単位で見ると県の中でも差があることが想定され、選択した都道府県での県庁所在地である都市を対象に分析を実施する．しかし、沖縄県のみ島であるため県全体を分析することとした.

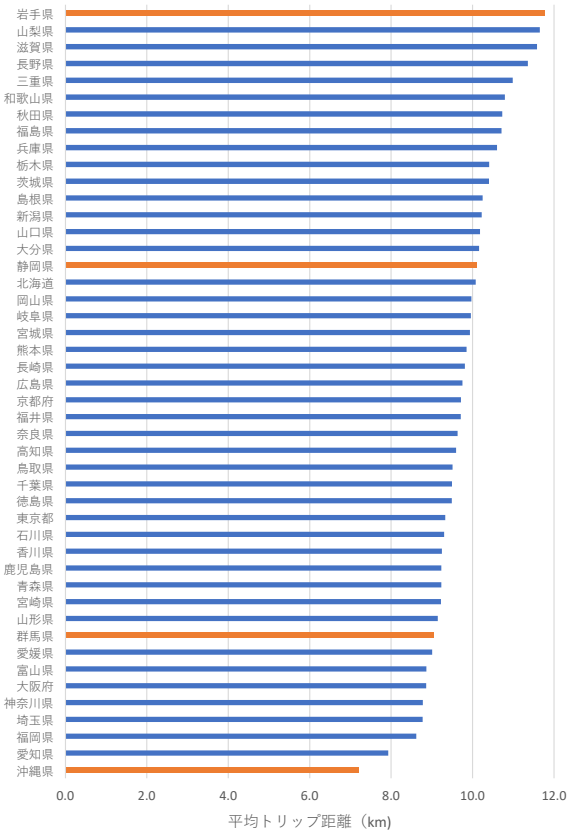


図-2 平日/休日平均トリップ長比較

(2) 基礎分析結果

本分析以降においては、2022 年 10 月の 1 カ月のデータを用いて分析を行った．表-1 にトリップ関連の基礎分析結果を示す.

都市ごとで対象月でトリップが 1 回でもあった車両台数（回収台数）は、沖縄県が最も少ないが約 10,000 台以上存在していることがわかる．走行距離/日・回収台数は、盛岡市/前橋市/静岡市では 10-20km 程度であるが、沖縄県は倍程度の 30km と長くなっていることが特徴である．走行距離に対する道路種別走行実績割合を**図-3** に示す．道路種別としては高速道路、国道など、一般道路、街路、その他の 5 つに分類し、その割合を示している．国道などがどの都市でも実績走行割合が大きく 3-4 割を占め、高速道路は前橋市/沖縄県では 10%台と少し小さな値をとっていることが特徴的である．幹線を含む一般道路、細街路を含む街路はどの都市でも 20%程度であることがわかる.

平均トリップ長は、都道府県で実施した分析と同様の傾向を示していることが確認できる。トリップ数/日を確認するために、対象車両のカウント方法として 2 つを想定した．トリップが発生した当日に 1 度でもトリップがあった車両数を対象にする場合（日稼働車両）と、対象月に 1 度でもトリップがあった車両を対象にする場合（回収台数）である．日稼働車両での結果を見ると、3 トリップ/日以上となり往復だけではなく、途中などでトリップを挟んでいるようなイメージであることがわかる．回収台数で見ると、全都市で値が下がっているが、沖縄以外では 1 トリップ/日程度となり、月単位で見ると頻度高く運転していないことが示唆され、車両別平均利用日数でもそのことが確認できる．今回選択した 4 都市の内、沖縄県だけほぼ毎日運転し、トリップ数/日も多いという特徴を持っていることを示している．次に、平均ではなくそれぞれの分布などを確認する.

表-1 都市別基礎分析結果まとめ

	盛岡市	前橋市	静岡市	沖縄県
回収台数［台］	15,543	46,813	30,062	9,305
総走行距離[km]	8,428,590	17,485,323	12,111,270	8,746,615
走行距離/日・回収台数［km］	17	12	13	30
平均トリップ長［km］	15.1	10.7	12.6	8.6
全トリップ数	557,683	1,654,664	963,606	1,015,293
トリップ数/日・日稼働車両	3.75	3.46	3.67	4.46
トリップ数/日・回収台数	1.16	1.14	1.03	3.54
車両別平均利用日数/月	9.57	10.21	8.73	24.11

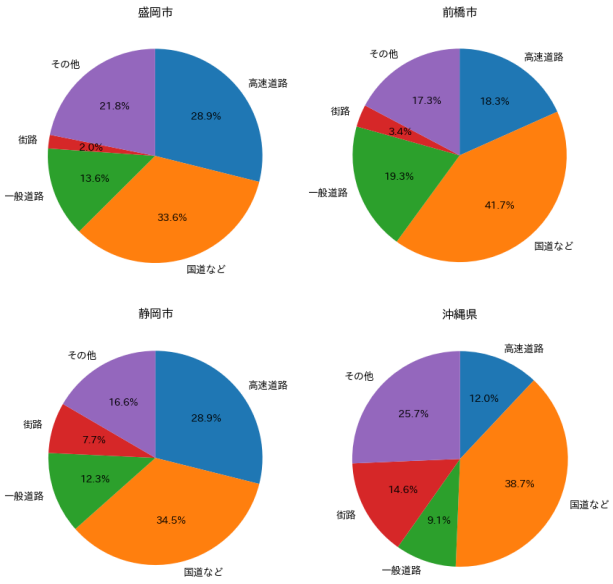


図-3　道路種別走行実績割合（都市別）

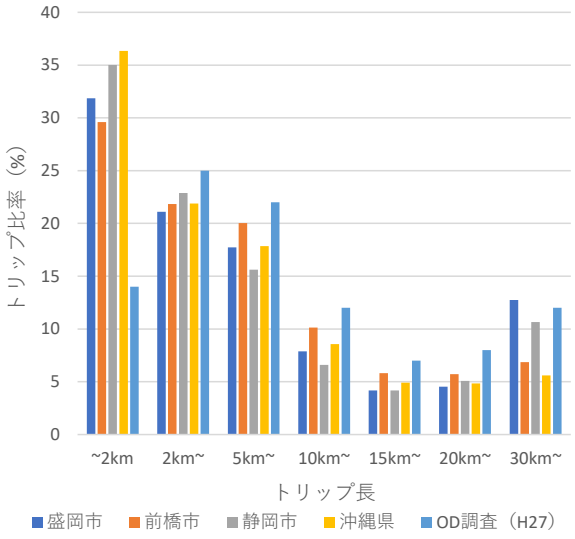


図-4　トリップ長分布比較

(3)　トリップ長・月当たり利用回数分析

まずトリップ長分布が都市別にどれぐらい異なるかを**図-4** に示す．OD 調査（全国平均）と比較すると、トリップ分布はトリップ距離が短い方に結果が偏っていることが特徴的であることがわかった．この理由としては、従来の OD 調査では、アンケート形式なので代表的なトリップを応える傾向があると想定され、短距離でコンビニに立ち寄ってから会社に行くトリップを 2 つに分けるなどわざわざわざ回答しないと考えられる．

次に、月当たり利用回数が都市別に異なるかを**図-5** に示す（平日：青、休日：赤）．平日・休日で顕著な違いは見られないが、都市別では沖縄県が他の都市よりも 1 回程度多い 4.5 回程度と高い値を示していることが特徴的である．

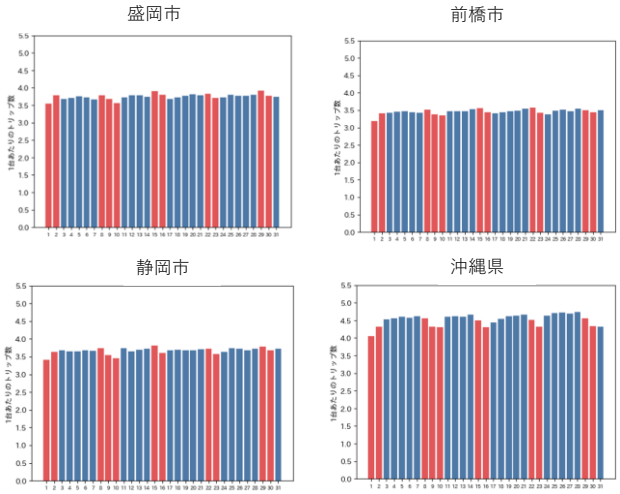


図-5　トリップ数/日・日稼働車両　分布比較

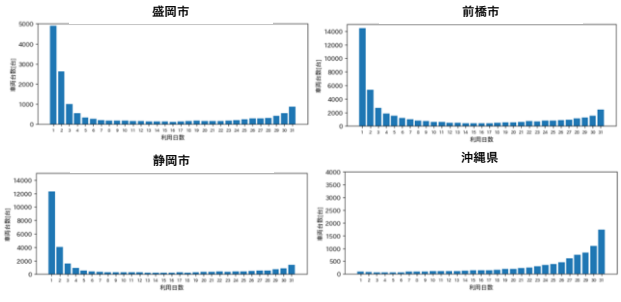


図-6　トリップ数/日・日稼働車両　分布比較

(4)　月当たり車両利用日数分布

月当たり利用日数が都市別にどのように異なるかを**図-6** に示す．月に 1 度の利用回数が大半を占める都市が多く、それがトリップ数/日・回収台数の値が小さくなる要因だということがわかる．一方、沖縄県は毎日稼働している車両が多く、日稼働車両及び回収台数あたりのトリップ数の双方が高くなっていることが特徴である．携帯電話は、デバイス固有の ID であるため、ほぼ個人で保有することから個人としてほぼ分離できるものとして扱うことが可能である．しかしながら、コネクティッドカーデータはあくまでも VIN に紐ついたデータであるため、あくまでも VIN 別にどのような運転がなされているのかを確認するのみに留まることに留意が必要である．

(5)　都市別クラスタ分析

以上より選択した都市別に特徴的な値を示していることがわかってきたため、本節では各 VIN ごとに期間中の走行日数（平日、休日）及び平均走行距離（平日、休日）の 4 つの項目を特徴量としてクラスタリング（K-Means 法）した結果を示す．

データは 2022 年 10 月の 1 カ月（平日 20 日/休日 11 日）を使用し、クラスタ数はエルボー図から 8 として分析を行った.

静岡市のクラスタリング結果を表-2 に示す. クラスタ C は、平日も休日もほぼ毎日運転し、平均走行距離は 30km 程度と短距離の移動をしている. 一方クラスタ G は、月に 1 回程度で乗っても休日運転し、約 300km 程度移動していることなどわかる.

表-2　静岡市クラスタリング結果

クラスタ	車両台数	割合[%]	平均走行日数		平均走行距離[km]	
			平日	休日	平日	休日
A	2233	7	1.2	0.2	259.6	14.2
B	4379	15	0.3	1.3	12	157
C	5460	18	18.5	9.7	30.5	35.6
D	2951	6	5.8	7.1	30.9	44.3
E	6096	20	1.8	0.2	104.8	9
F	2246	7	16.3	3.3	44.9	34.7
G	1482	5	0.2	1.1	15.2	298.9
H	6215	21	0.9	1.6	14.7	62.1

表-3　分類方法

カテゴリ	表示	説明
利用頻度	大	ほぼ毎日利用
	中	平日半月程度～毎日未満利用
	小	数回利用
利用曜日	平休	平日・休日とも同様の傾向
	平	平日のみに利用が偏りあり
	休	休日のみに利用が偏りあり
走行距離	短	50km未満
	中	50km以上~100km未満
	長	100km以上

表-4　都市別分類結果

盛岡市			走行距離		
			長	中	短
頻度	大	平休			
		平			
		休			
	中	平休			
		平			37.1%
		休			
	小	平休	14.8%		
		平	26.2%		
		休	21.8%		

前橋市			走行距離		
			長	中	短
頻度	大	平休			21.2%
		平			
		休			
	中	平休			
		平			12.0%
		休			
	小	平休		4.9%	26.5%
		平	5.4%	13.1%	
		休	4.3%	12.6%	

静岡市			走行距離		
			長	中	短
頻度	大	平休			17.6%
		平			
		休			
	中	平休			
		平			7.2%
		休			9.5%
	小	平休			
		平	26.8%		
		休	18.9%	20.0%	

沖縄県			走行距離		
			長	中	短
頻度	大	平休		11.3%	51.6%
		平			12.7%
		休			
	中	平休		8.3%	8.5%
		平			
		休			
	小	平休			
		平			
		休			7.5%

この結果は、我々が抱いている印象やユーザアンケート等で示されてきた内容と同様の結果であることが確認、かつ車の実走行実績を用いて定量的に示せることを確認できた.

次に、クラスタリング結果を用いて、都市別の特徴を確認する. クラスタリング結果の傾向から、クラスタごとの利用頻度、利用曜日、走行距離などの特徴毎に再度

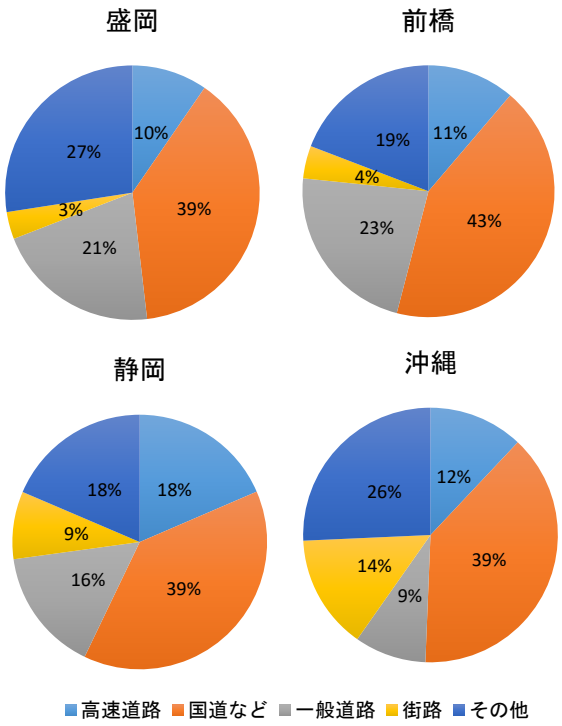


図-7　頻度大/距離短グループ　道路種別走行実績割合

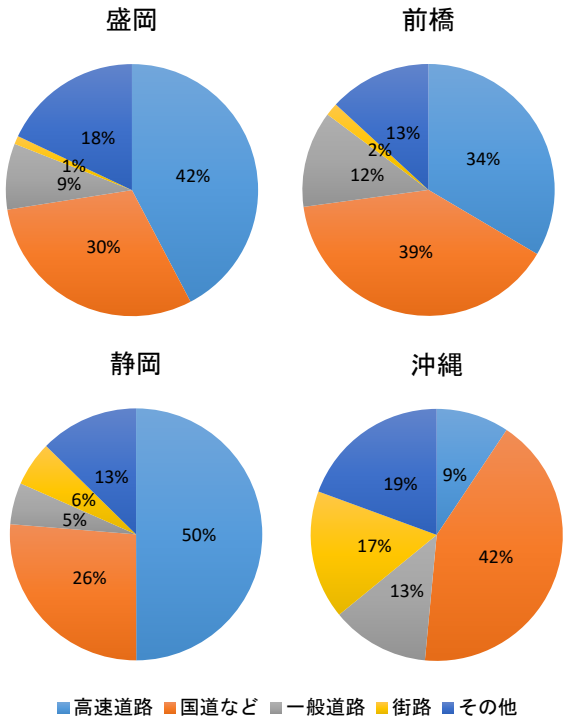


図-8　頻度小/距離長グループ　道路種別走行実績割合

分類方法（表-3）を設定し、都市別の比較を行う．都市別の結果を表-4 に示す．都市別の特徴から下記の 2 つのグループに分けて分析を行う．1 つ目は、頻度：大中かつ走行距離：中短のカテゴリを、頻度大/距離短グループとし、2 つ目を頻度：小かつ走行距離：長中のカテゴリを、頻度小/距離長グループと定義する．

沖縄県は、頻度大/距離短グループに 9 割以上が存在していることが特徴的である．トリップ傾向分析などとの結果とも一致していることがわかる．残り 3 つの都市は比較的傾向が似ており、頻度小/距離長グループが 3-4 割を占め、残りが頻度小/距離長グループである．

頻度小/距離長グループにおいてそれぞれの都市で少し特徴が異なることがわかる．盛岡市は走行距離長が占めているが、頻度は中程度しか存在しない．それが、選択した都市の中で最も平均移動距離が長い理由の 1 つと考えられる．前橋市は、本グループ内で走行距離・利用曜日がかなりばらついていることが特徴であり、比較的短距離側に寄っていることがわかる．静岡市は、比較的休日の比率が高いことが特徴である．

最後に、グループ別の道路種別走行実績割合をそれぞれ**図-7**、**図-8** に示す．頻度大/距離短グループでは、どの都市においても国道などが比率として最も高いことがわかる．都市ごとに少しの違いがあるが、それほど大きな差は見られない．一方、頻度小/距離長グループでは、沖縄県以外では高速道路の比率が最も高く静岡市では総走行距離の 50%を高速道路で占める結果になっている．沖縄では高速道路は 9%にしかすぎず、頻度大/距離短グループとあまり変わらない傾向を示していることが特徴である．

以上のようにクラスタリング分析結果を用いることで、都市別の走行実態の違いを表現することができた．

5. 結論

トヨタ自動車のコネクティッドデータを用いて走行実態分析の可能性を確認するため、日本における複数都市を対象として分析を行った． 5分間データが取得できなくなった時間をトリップ終了と判断するトリップ分割を実施し、OD 調査結果と比較することで妥当であることを確認した．その上で、平均トリップ長が異なることで走行実態が異なるという仮定で分析対象都市を盛岡市、前橋市、静岡市、沖縄県として抽出をした．それら複数都市クラスタ分析より、沖縄ではほぼ毎日利用するユーザが多数であることがわかった。また、都市別及びクラスタ毎に一般道/高速道路走行比率が異なることなどを定量的に示せることを確認した．

今後の研究の方向性としては、下記が考えられる．今回はトリップ分割方法を 5 分という閾値を用いて実施を行ったが、トリップ分割方法は様々な研究でも示されているように、分析した目的に合わせたトリップ分割方法の探求が必要であると想定される．また、本研究では踏み込まなかったが、時間帯ごとの使われ方なども分析を実施することも考えられる．

また、更なる交通実態の深堀である．個人、法人別やレンタカー、年齢別、頻度別などで分析することや、時間帯ごとの使われ方分析が考えられる．加えてコネクティッドカーデータの特徴から考え、長期間の VIN を追った分析が可能であるため、MM や TDM などへの活用も考えれられる．

最後に、今回の分析は一般車両を車両走行実態を分析したが、その結果が道路交通全体を分析になっていないことは言うまでもない。様々な研究で大型車両のプローブデータを用いた分析はなされてきているが、一般車両・大型車両データの双方を用いた、道路交通全体の走行実態を分析が考えられる．

参考文献

1) 川村淳貴：我が国における自動車の外部性を考慮した走行距離課税の検討, みずほ情報総研レポート vol 20 2020
2) 国土交通省：2020 年度自動車起終点調査(OD 調査)の検討課題，https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/ict/pdf02/04.pdf, 2018
3) Stefan Schmöller, Simone Weikl, Johannes Müller, Klaus Bogenberger: Empirical analysis of free-floating carsharing usage: The Munich and Berlin case, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 56, 2015, Pages 34-51, ISSN 0968-090X, https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.03.008.
4) Côme Etienne and Oukhellou Latifa: Model-Based Count Series Clustering for Bike Sharing System Usage Mining: A Case Study with the Vélib' System of Paris, ACM Trans. Intell. Syst. Technol. 5, 3, Article 39 (September 2014), 21 pages. https://doi.org/10.1145/2560188
5) 平井章一，Jian XING，甲斐慎一朗，堀口良太，宇野伸宏: ETC2.0 プローブデータを活用した都市間高速道路における休憩行動分析, 交通工学論文集, 第 3 巻, 第 4 号（特集号 A）,pp.A_36-A_45, 2017
6) 横山達也，河村美嗣，永井幸成，山口尚久：階層的クラスタリングを用いたドライバの運転特性抽出, 第 83 回全国大会講演論文集 2021 (1), 7-8, 2021-03-04
7) 国土交通省：平成 27 年度全国道路・街路交通情勢調査 自動車起終点調査結果，https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/census_visualization_car/index.html, 2021 年 3 月 1 日
8) 小林直， 石塚宏紀， 南川敦宣， 村松茂樹， 小野智弘: 携帯電話通信履歴に適した移動滞在状態推定手法の提案， 情報処理学会論文誌データベース(TOD), 10，1，pp13-23， 2017

（2023. 10. 13 受付）

INDIVIDUAL CAR TRAVEL BEHAVIOR ANALYSIS IN JAPANESE MULTI-CITIES BY USING CONNECTED CAR DATA

Masahiro KUWAHARA and Toshiyuki NAKAMURA

In order to consider new measures such as the introduction of a seamless toll system for expressways and a mileage tax, which are considered as new measures in the future, and to study specific measures for efficient use of transportation networks, the results of analysis based on actual travel data such as the number of days and distance traveled by vehicles will become increasingly important.

In this study, we analized Japanese multi-cities to confirm the possibility of analyzing the actual driving behaviors using connected data. From the multi-city cluster analysis, we found that the majority of users in Okinawa use their cars almost every day. Also confirmed that it is possible to quantitatively show that the ratio of general road/expressway driving differs by city and by cluster.