

道路交通センサスを用いた車両走行履歴に基づく都市分類

小原 潤也¹・中村 俊之²・山本 俊行³・森川 高行⁴

¹ 非会員 ブラザー工業株式会社 (〒467-0841 名古屋市瑞穂区苗代町 15 番 1 号)

E-mail: junya.ohara@brother.co.jp

² 正会員 名古屋大学特任准教授 未来社会創造機構 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町 1)

E-mail: tnakamura@mirai.nagoya-u.jp

³ 正会員 名古屋大学教授 未来材料・システム研究所 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町 1)

E-mail: yamamoto@civil.nagoya-u.ac.jp

⁴ 正会員 名古屋大学教授 未来社会創造機構 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町 1)

E-mail: morikawa@nagoya-u.jp

電気自動車は、走行時に環境負荷物質を排出せず、車載用蓄電池が再生可能エネルギーの変動する出力を調整する役割を果たすことから、カーボンニュートラルに向けた普及が期待されている。一方で乗用車を中心に電動化が進むと同時に、EVの充電による電力需要の増大が懸念されている。今後、全国的なEV普及前段階として本研究では、道路交通センサスデータの車両運行（走行・駐車）状況から、全国の1650市町村を対象にクラスター分析を行った結果、車両運行状況が6クラスターに分類された。分類されたクラスターでは、特に時間帯別の駐車場所に関する割合の差異に特徴を有していた。本研究の成果は今後我が国の電動化に向けて、道路管理者を含む自治体、企業が整備する充電施設数の検討などで一助となることが期待される。

Key Words: electric vehicle, driving pattern, cluster analysis, k-means++, gap statistic method

1. はじめに

近年、地球温暖化やピークオイルが問題視される中で、エネルギーのカーボンニュートラル化に向けた取組が世界的に進行している。我が国では、2020年10月に宣言した「2050年カーボンニュートラル」実現に向けて、特に、温室効果ガス排出の8割以上を占めるエネルギー分野の取組が重要視されている¹⁾。そのうち、運輸部門においては、近年、乗用車を中心に電動化が世界的に進行し、欧州の一部の国やカリフォルニア州ではガソリン車の販売の禁止が相次いで打ち出されるなど、自動車の電動化は、想像以上のペースで進んでいる。特に、電気自動車 (Electric Vehicle, 以下 EV) は、走行時に環境負荷物質を排出しないという利点だけではなく、車載用蓄電池を活用できるという利点があり、災害が多い我が国において、その活用が期待される。

また、世界規模では、EV売上は2019年に210万台を超え、自動車販売全体の2.6%を占めている²⁾。特に、

2025年までに内燃自動車を禁止としているノルウェーでは、2019年時点でEV市場シェアは46%と世界で最も普及が進んでいる。我が国でも、遅くとも2030年代半ばまでに、乗用車新車販売で電動車100%の実現を目指しているものの、欧州や中国に比べ、普及が遅れている。その要因として、一般乗用車と比べた車体購入時のコスト高、航続距離の短さ、さらには充電設備の欠如、充電時間の長さ等があげられる。また、日本では、軽乗用車しか相互通行できない道が85%あり、特に地方部において道路インフラ整備が進められていないことも要因である。さらに、軽自動車の電動化は、車体設計上の制約が厳しいことも普及が遅れている要因である。ただし、近年では、充電インフラ拡充に向けた設備費用補助事業³⁾や、EVの実証実験⁴⁾、EVのバッテリー容量が増加する等、EVの普及拡大に向けた取組が進行し、今後の普及が予想される。

EV普及時において、EV充電による電力需要の増大を把握することは、電力システムの安定した運用に向けて重要

となる。また、EV 充電有無は、車両の走行状態により決定されるため、全国的な EV 普及に向け、車両の走行履歴から都市を分類することができれば、充電インフラ設備の配置計画等に向けた活用が期待される。

中上ら⁹⁾は、道路交通センサス OD 調査をもとに車両の利用パターンを考慮した PHEV と EV の車種別の普及シナリオを作成し、充電電力量から CO2 削減効果を検討した。また、金森ら¹⁰⁾は、名古屋市の都市計画基礎調査データ（2006年調査）を用いて、建物用途別の延床面積に着目して、EV 充放電による電力需要への影響を充電シナリオ別に分析した。さらに、落合ら¹¹⁾は、道路交通センサスオーナーインタビュー調査をもとに、EV や PV が導入された将来を想定し、電力の自給自足の可能性について分析し、都市の特性や施策による影響について検討した。既往研究では、特定の市町村のみを検討範囲とした場合が多く、今後の全国的な EV と EV に関連するインフラ整備の普及拡大を見越すと、まず全国の市町村における車両の運行状況の違いを明らかにすることは重要である。

そこで、本研究では、道路交通センサスオーナーインタビュー OD 調査を用い、全国の市町村における車両の運行状況の特徴を把握する。特に、走行、場所を考慮した駐車に着目し、車両運行状況からクラスター分析を行い、クラスターごとの車両の運行状況の特徴を明らかにする。

2. 平成 27 年度道路交通センサスオーナーインタビュー OD 調査

(1) データ概要

平成 27 年度道路交通センサスオーナーインタビュー OD 調査は、全国（一部離島を除く）の登録車両 7,645.9 万台のうち、118.0 万台（1.5%）の車両を無作為に抽出し、自動車の所有者、使用者に調査日の 1 日の自動車の運行状況をアンケート式で調査したものである。調査は、9 月中旬～11 月中旬に行われ、平日は火曜日～木曜日で前後に休日がない 1 日、休日は連休とならない祝祭日及び日曜日であり、平日・休日とも豪雨等の異常天候、イベント等の通常と異なる交通状況の予想される日は除いている。

調査対象車両は、緊急自動車、特殊車及び自衛隊用車両・外交官用車両等を除いた、三輪以上の自動車 8 車種（軽乗用車・乗用車・バス・軽貨物車・小型貨物車・貨客車・普通貨物車・特種車）である。

(2) データの整理

調査日について、本研究では、サンプル数が多く、オ

ナーマスターから集計している平日のデータを扱う。また、サンプル数が少ない都市でも、データの精度を確保するために、常に各車両の拡大係数を考慮する。

車種について、EV 化が進む乗用車を対象とする。なお、所有形態（自家用〔個人使用・法人使用〕、営業用）は区別しない。

全国の市町村について、総務省が各種統計に用いている都市規模の設定に準ずるものとする（表-1）。道路交通センサスデータでは、市町村によりサンプル数の偏りがあるが、全 1,651 市町村を対象に車両の運行状況を集計した。

車両の運行状況について、調査日に 1 度も移動しなかった車両を運休車両、1 度でも移動した車両を運行車両とする。運行車両について、調査日当日午前 3 時 0 分から翌日午前 3 時 0 分まで、10 分単位で（開始時刻から、終了時刻の 1 つ前の時刻まで）、車両の状態を集計する。つまり、24 時間で計 144 の車両の状態を集計する。車両の状態は、駐車・移動・不明のいずれかである。なお、駐車の場合、駐車場所（自宅、職場、学校、家事・買物先、私用先、観光・レジャー先、送迎先、業務先）も同時に示す。また、B ゾーンで集計するが、ゾーン内内トリップも移動とみなす。ここで、B ゾーンとは、市区町村内をさらに複数のゾーンに分割したものである。不明について、未回答のものを不明とする。さらに、車両の状態は 10 分単位で集計するため、開始・終了が同時刻となる場合（例：9 時 45 分開始→9 時 54 分終了など）には、その移動・駐車の状態は反映しない。

表-1 全国の市町村

分類	都市数	要件
大都市	21	東京都区部、政令指定都市
中都市①	51	人口 30 万人以上の都市
中都市②	189	人口 30 万人未満 10 万人以上の都市
小都市	523	人口 10 万人未満の市
町村	867	町、村

3. クラスター分析による都市分類

(1) クラスター分析手法

本研究では k-means++法によるクラスター分析を実施した。これは、k-means 法（k 平均法：クラスターの平均を用い、与えられたクラスター数 k 個に分類する手法）の初期値依存の問題を解消した手法である。k-means++法のアルゴリズムを以下に示す。

- 1) データ点をランダムに選び、その点を 1 つ目のクラスター中心とする。

- 2) 全てのデータ点とその最近傍のクラスターの中心の距離を求め、その距離の二乗に比例した確率でクラスターの中心として選ばれていないデータ点をクラスターの中心としてランダムに選ぶ。
- 3) その後、選ばれたクラスターの中心を初期値として標準的な k-means 法 (k 平均法) を行う。

k-means++法は、k-means 法 (k 平均法) と比べ、収束が速く計算時間はそれほどかからない。また、誤差も小さいという利点がある。

クラスター分析における変数は、乗用車の 1 時間おきの 4 つの運行状態 (移動、自宅にて駐車、職場にて駐車、その他外出先にて駐車) の割合とし、4 つの運行状態 × 24 時間の計 96 変数とした。データの数 (市町村数) は、サンプル数に占める不明の割合が高く、車両状態の割合を算出できなかった福島県檜葉町を除く、全 1650 市町村である。

(2) クラスター数

k-means++法によるクラスター分析では、最適なクラスター数を決定する必要がある。本研究では、ギャップ統計法を用いる。

ギャップ統計法 (Gap statistic method) とは、クラスター数 k のクラスター分析結果の評価として、クラスターのコンパクト性を表す指標 W_k を用い、与えられたデータセット P と、一様乱数分布の B 個のデータセット P_b ($b = 1, \dots, B$) について、 W_k を比較することで最適なクラスター数を推定する手法である。 B はブートストラップ回数といい、後の計算において、この B 個のデータセットの平均をとることで、与えられたデータセットとの対照としてより精度の高い比較を実現する。それゆえ、この値が高いほど精度が向上する。 W_k は以下の式で定義される。

$$W_k = \sum_{r=1}^k \frac{1}{2n_r} \left(\sum_{i,i' \in C_r} \|p_i - p_{i'}\|^2 \right) \quad (3a)$$

ここに、 C_r は各クラスター、 n_r はクラスター C_r のデータ個数であり、 p_i と $p_{i'}$ はデータセット P の各データ点である。

また、与えられたデータセットと比較する一様乱数分布のデータセット P_b と Gap 値は、以下の式で表現できる。

$$P_b = \begin{pmatrix} p_{b,11} & p_{b,1M} \\ p_{b,N1} & p_{b,NM} \end{pmatrix} \quad (3b)$$

$$\min p_{ij} \leq p_{b,ij} \leq \max p_{ij} \quad (3c)$$

$$Gap(k) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \log W_{b,k} - \log W_k \quad (3d)$$

最後に、最適なクラスター数として、以下の式を満たす最小の k が解となる。

$$Gap(k) \geq Gap(k+1) - s(k+1) \quad (3e)$$

$$s(k) = sd_k \sqrt{1 + \frac{1}{B}} \quad (3f)$$

ここに、 sd_k は $\{\log W_{b,k}\}_{b=1}^B$ の標準偏差であり、Gap 値の増加率が鈍化し始める点を識別している。

図-1 にギャップ統計法によるクラスター数推定結果を示す。図-1 より、最適なクラスター数は 6 である。

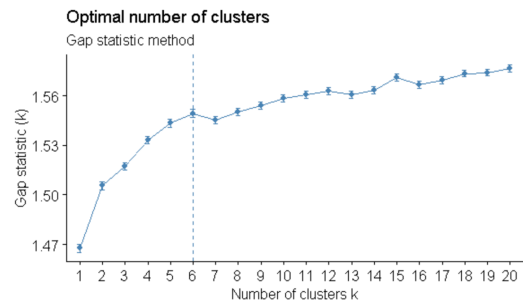


図-1 ギャップ統計法

(3) クラスター分析結果

表-2 に、最適なクラスター数を 6 としたときの k-means++によるクラスター分析結果を示す。表-2 では、各クラスターに分類された市町村の数、各クラスターの中心の都市、その他の都市に加えて、都市規模の大きさを示す。ここで、都市規模の大きさは、表-1 で分類された都市規模に対して、大都市を 5、中都市①を 4、中都市②を 3、小都市を 2、町村を 1 として、各クラスターに属する市町村の都市規模に応じて、この指標を与え、平均をとったものである。つまり、5 を最大、1 を最小として、値が大きいほど、クラスターに属する市町村の都市規模が全体的に大きいことを示す。また、図-2 に、クラスター分析結果を主成分第一・第二成分 (PC1, PC2) で示す。さらに、図-3 に主成分分析の累積寄与率を示す。

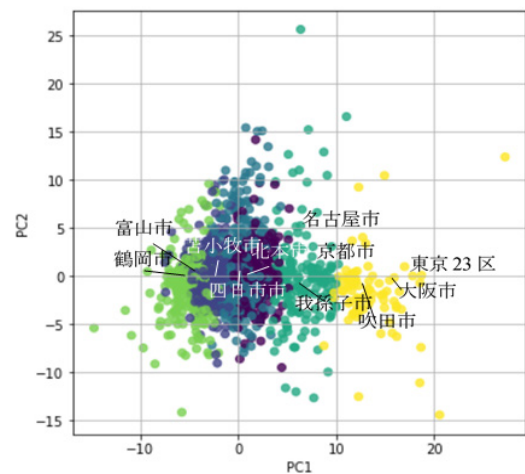


図-2 クラスター分析結果図

表-2 クラスタ分析結果表

番号	色	市町村数	クラスター中心都市	その他都市	都市規模
1	緑	272	山形県 鶴岡市	富山市 弘前市 酒田市	1.42
2	青	470	北海道 苫小牧市	新潟市 旭川市 岡崎市	1.70
3	水色	380	三重県 四日市市	浜松市 北九州市 熊本市	1.66
4	紫	284	埼玉県 北本市	静岡市 広島市 春日井市	1.61
5	黄緑	165	千葉県 我孫子市	名古屋市 京都市 仙台市	1.96
6	黄	79	大阪府 吹田市	東京 23 区 大阪市 川崎市	2.43

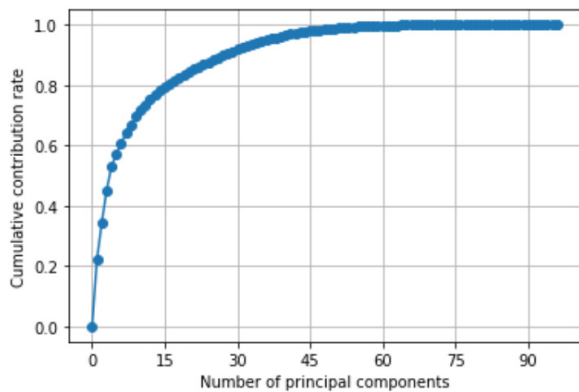


図-3 累積寄与率

表-2, 図-2 より, クラスタは主成分第一成分 (PC1) により分類された. また, 東京 23 区や大阪市など都市規模が大きくなるほど, 主成分第一成分 (PC1) が大きくなる傾向がある. また, 世帯当たり乗用車普及台数が低い都市は主成分第一成分 (PC1) が大きく, 世帯当たり普及台数が高い都市は主成分第一成分 (PC1) が小さくなる傾向にあった. ただし, 図-3 より, 累積寄与率は, 変数が多いため, 第二主成分までで 34%と低い. そのため, データの概要を十分に説明できていない.

次に, 各クラスターの中心都市の車両の運行状況を比較した. 図-4~図-9 に鶴岡市, 苫小牧市, 四日市市, 北本市, 我孫子市, 吹田市の乗用車の運行状況の割合を示す. 図-4~図-9 より, 表-2 で示した都市規模が大きくなるほど, 運休割合が高く, 職場に駐車している割合は低くなる. 特に, 鶴岡市と吹田市 (クラスター1, 6) で,

運休割合は 34%程度, 職場に駐車している割合は時刻 11:00 において 29%程度の差がある. 一方で, 移動している割合 (約 3.0~4.1%) はほとんど変化ないが, 鶴岡市, 苫小牧市, 四日市市, 北本市 (クラスター1, 2, 3, 4) では, 通勤時 (7 時台~8 時台) に移動割合がピーク値 (10~13%程度) を示したのに対し, 我孫子市と吹田市 (クラスター5, 6) では帰宅時 (17 時台~18 時台) にピーク値 (7%程度) を示した. また, 昼間 (12 時~16 時) に自宅に駐車している (運休場所が自宅を含む) 割合は, 鶴岡市と吹田市 (クラスター1, 6) でそれぞれ 41%, 67%, 昼間 (12 時~16 時) に職場に駐車している (運休場所が職場他を含む) 割合はそれぞれ 44%, 18%であった.

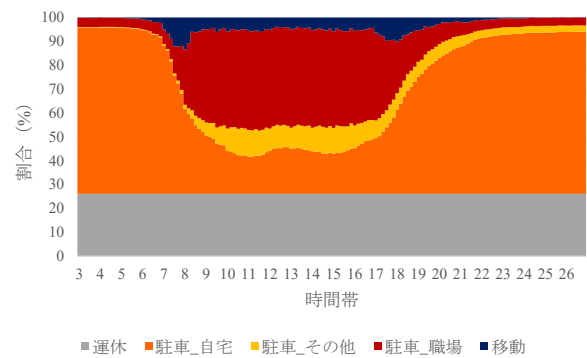


図-4 鶴岡市の車両運行状況

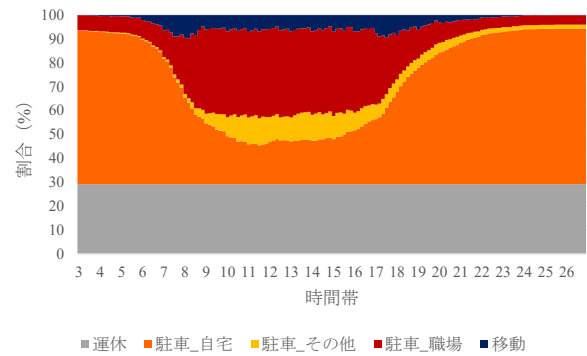


図-5 苫小牧市の車両運行状況

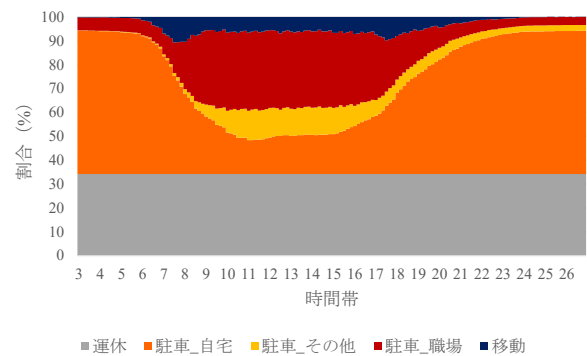


図-6 四日市市の車両運行状況

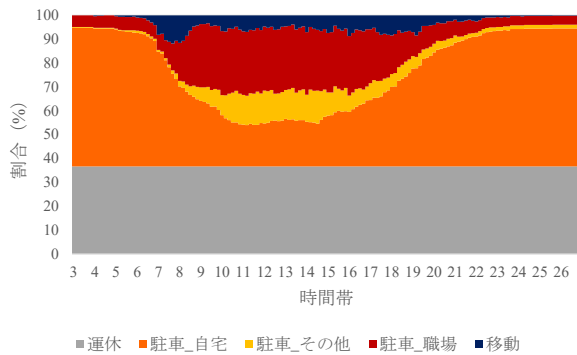


図-7 北本市の車両運行状況

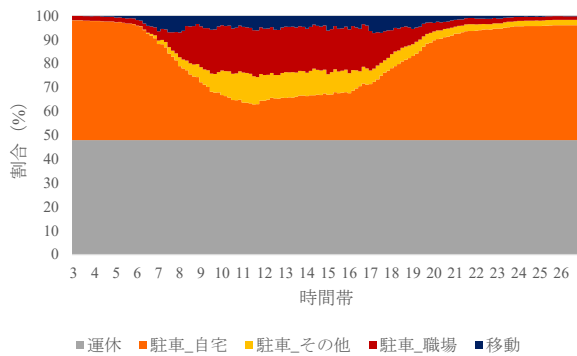


図-8 我孫子市の車両運行状況

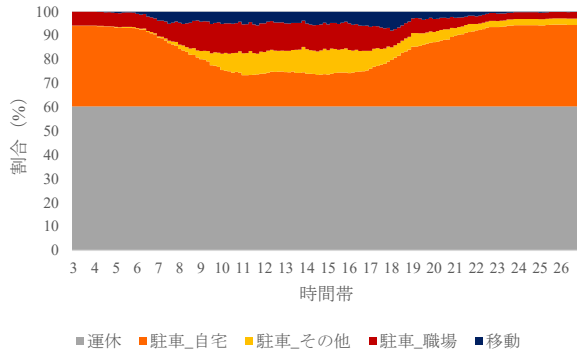


図-9 吹田市の車両運行状況

4. おわりに

本研究では、今後の全国的な EV と関連するインフラ整備の普及拡大を見越し、平成 27 年度道路交通センサスオーナーインタビューOD 調査を用いて、全国の市町村を対象とした車両の運行状況の違いに着目し、都市分

類を行った。その結果、全 1650 市町村が 6つのクラスターに分類された。クラスター間で、車両の移動割合にはほとんど差はないが、運休車両の割合で最大 34%程度、職場に駐車している車両の割合で最大 29%程度の差があった。

今後の課題としては、今回の研究ではあくまでも走行と 3つの駐車場所の車両運行状況のみを用いて、分類した結果である。自動車の運行状況は多様な要因により決まるものであり、例えば、地理地形上の問題もある。特に、災害時を想定すると山間部の備蓄として EV の必要性が高まる一方で、道路インフラ整備や航続距離を考えると導入が進まない地域であり、地域に応じた政策提案をする必要がある。

謝辞：本研究では、国土交通省道路局経済調査室より道路交通センサスデータを貸与頂いた。ここに記載し、謝意を表します。

参考文献

- 1) 経済産業省：2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略,
<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-2.pdf>, 2020.
- 2) IEA：Global EV Outlook 2020 Technology report,
<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020,2020>.
- 3) 一般社団法人次世代自動車振興センター：次世代自動車充電インフラ整備促進事業,
<http://www.cev-pc.or.jp/>, 2019.
- 4) 財団法人関西文化学術研究都市推進機構：けいはんなエコシティ次世代エネルギー・社会システム実証プロジェクト推進協議会,
https://www.meti.go.jp/committee/summary/0004633/pdf/017_04_00.pdf, 2014.
- 5) 中上聡・山本博巳・山地憲治・高木雅昭・岩船由美子・日渡良爾・岡野邦彦・池谷知彦：車種別利用パターンを考慮したプラグインハイブリッド車と電気自動車の導入評価，エネルギー・資源学会論文誌，第 31 巻，第 6 号，pp.7-15, 2010.
- 6) 金森亮・森川高行・奥宮正哉・山本俊行・伊藤孝行：電気自動車の普及による都市交通と電力需要への影響分析，土木計画学研究・講演集，第 68 巻，第 5 号，pp.I_1243-I_1251,2012.
- 7) 落合淳太・中川喜夫・松橋啓介・谷口守：全国の市区町村における太陽光発電による電力自給自足の潜在的可能性—居住地でのスマートグリッド導入を踏まえ—，土木学会論文集 G(環境)，第 69 巻，第 6 号，pp.II_217-II_225,2013.

(2021.10.1 受付)

City classification based on vehicle driving pattern using road traffic census data

Junya OHARA, Toshiyuki NAKAMURA, Toshiyuki YAMAMOTO,
and Takayuki MORIKAWA

EV (Electric Vehicle) is expected to use for carbon neutrality due to its environmentally friendly during driving, adjusting the fluctuating output of renewable energy by using the in-vehicle storage battery. The Japanese government says that all vehicles will be electrified by 2050. However, electricity demand will also increase due to the charging of EV, electricity demand due to charging in the age of electric vehicle society have not been clarified. Also, in many cases, only specific cities and towns are targeted, and it is necessary to clarify electricity demand in each city in the age of electric vehicle society. Therefore, in this study, we conducted a cluster analysis on driving pattern of vehicles in cities nationwide. By analysis, all 1650 cities, towns and villages were classified into 6 clusters, and the difference in driving pattern for each cluster was clarified.