

# プローブ調査を用いた自動車複数保有世帯における電気自動車の潜在需要に関する考察\*

## Estimation of Potential Demand for Electric Vehicles in Multi-vehicle Households by Probe Car Data Analysis\*

関根喜雄\*\*・宮坂準\*\*\*・石田東生\*\*\*\*・堤盛人\*\*\*\*・岡本直久\*\*\*\*

By Yoshio SEKINE\*\*・Jun MIYASAKA\*\*\*・Haruo ISHIDA\*\*\*\*・Morito TSUTSUMI\*\*\*\*・Naohisa OKAMOTO\*\*\*\*

### 1. はじめに

電気自動車(EV)は環境面での性能の良さが注目されている反面、現段階では航続距離の短さが普及の妨げの一つとなっている。しかし、いわゆるセカンドカーと呼ばれるような日常生活圏のみで利用されている車両については、EVへの転換が十分可能とも考えられる。

そこで本研究は、長期間にわたって一日の走行距離が比較的短い車両の台数を推計することで、EVの潜在需要を把握することを目的とする。

そのために、まず、プローブ調査によって自動車複数保有世帯の利用実態を調査する。次に、その結果をもとに関根他(2006)において開発した長期間の自動車移動再現シミュレータを改良する。最後に、自動車移動の再現を行い、EVの潜在需要に関する考察を行う。なお、本研究において考察の対象とする地域は、関根他(2006)と同じ図1に示すような茨城県南部の地域である。



図1 分析の対象地域(茨城県南部地域)

### 2. 自動車複数保有世帯の利用実態

#### (1) 世帯における自動車複数保有の実態

平成11年度交通センサスをもとに、世帯の自動車保

\*キーワード: プローブカー、電気自動車、自動車複数保有世帯

\*\*学生員、筑波大学大学院、システム情報工学研究科(茨城県つくば市天王台1-1-1 sekine20@sk.tsukuba.ac.jp)

\*\*\*非会員、修士(環境科学)

\*\*\*\*正会員、工学博士/博士(工学)/博士(工学)、筑波大学大学院、システム情報工学研究科

有台数を計算した結果を図2に示す。全国では複数保有世帯の割合が3割を超え、乗用車平均保有台数は1.42台となっている。茨城県南地域では、複数保有の割合はさらに高くなり、特に3台以上保有している世帯が全国に比べて多く、自動車依存度の高さが覗える。実際、この地域では世帯あたり保有台数が1.64台と全国平均より高く、対象地域は全国でも自動車の複数保有化が進んでいる地域の一つである。

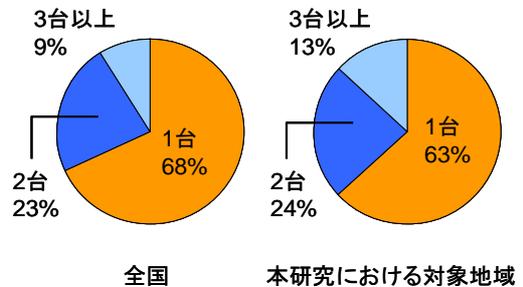


図2 道路交通センサスに基づく1台以上自動車を保有する世帯の保有台数の割合

#### (2) プローブカー調査の概要

複数保有世帯を対象とした長期間の自動車利用実態のデータは、筆者らが知る限り皆無に近い。そこで本研究では、つくば市に居住する、自動車を2台以上保有している7世帯の計17台の自動車に関し、平成18年7月以降の3ヶ月間の走行データを取得した。各世帯の属性は表1の通りである。プローブ機器としては、データテック社製のセイフティ・レコーダおよび、アイ・ティ・リサーチ社製の Behavior Context Addressable Loggers in the Shell (B-CALs)の2種類を用いた。

表1 プローブカー調査モニター世帯属性

世帯ID	世帯人数	自動車保有台数	職業		データ取得日数
			世帯主	配偶者	
世帯A	2	2	会社員	会社員	93日
世帯B	2	2	公務員	主婦	93日
世帯C	4	2	会社員	主婦	93日
世帯D	2	2	会社員	会社員	92日
世帯E	3	2	会社員	主婦	92日
世帯F	6	3	教員	教員	93日
世帯G	4	4	自営業	主婦	92日

### (3) プロブカー調査の結果

本研究では、世帯主の利用する自動車を一「一台目」、配偶者その他が利用する自動車を一「二台目」と定義する。

調査では、予算と時間的な制約から、世帯の数が非常に限られている。そのため、調査世帯の中には、休日が出勤日である世帯も含まれる。また、一部の調査は夏季休暇中にも実施された。そこで、本研究では歴の曜日によって平日・休日と区別するのではなく、まず、入手したプロブカーデータを GIS で解析し、その上でいずれか1台の自動車が職場へのトリップを行っている日を「平日」と定義し、それ以外を「休日」と定義した。

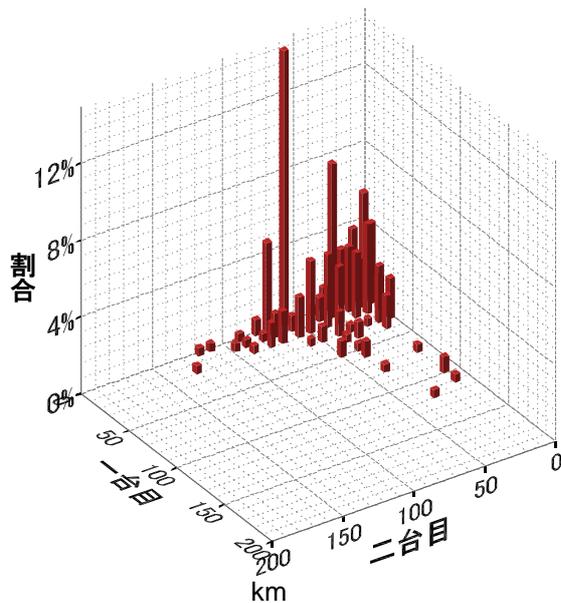


図3 世帯内の2台の車の  
一日の走行距離の分布(平日) (5kmごと)

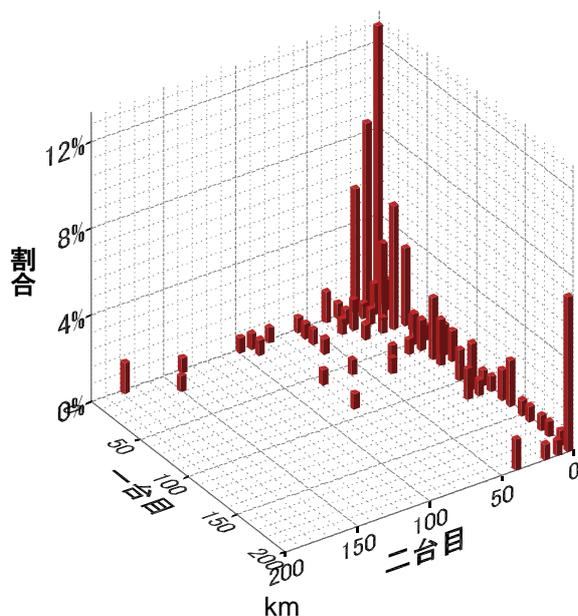


図4 世帯内の2台の車の  
一日の走行距離の分布(休日) (5kmごと)

図3に平日、図4に休日の、それぞれプロブカー調査データから計算した一日の走行距離分布を示す。

図3では、世帯主が自動車を通勤に利用していない世帯A(ただし、配偶者は通勤に利用)の存在により、二台目のみ運行されているというケースも見られる。休日と比較すると、一台目・二台目ともに運行している割合が高く、その分布形から世帯の構成員が独立に自動車を利用していることが窺える。今回の調査では、一台目の一日の走行距離は25km以下に集中していて、全体的に走行距離は短い。これに対し二台目は走行距離のばらつきが大きい。これは、今回の調査では二台目の利用者の多くが非就業者であり、また、就業者の場合では通勤に加え買物などの行動を行ってから帰宅する傾向があることによるものと考えられる。

図4から、休日においては平日とは逆に一台目が多く使われ、走行距離が長い傾向が見られる。走行距離が短い距離帯に集中した平日に比べると、休日は走行距離のばらつきが大きく、様々な行動が行われていると考えられる。また、平日と比較すると、1台のみの車両が運行する割合が大きくなっている。道路交通センサスの複数保有世帯のデータによる分析でも同様の傾向を確認している。世帯の構成員が比較的独立した行動をとっていると考えられる平日に対し、休日は世帯単位で行動を行う割合が高く、2台の車両の運行に強い相関があることが分かる。

### 3. 長期間の利用を考慮とした世帯内での電気自動車の潜在的需要の把握

#### (1) 潜在需要を把握する基本的な考え方

プロブカー調査より、自動車複数保有世帯における車両の移動実態が明らかになった。その結果をもとに2台の車両の使われ方をモデル化し、対象地域内の複数保有世帯の車両移動をシミュレーションすることで、日常の利用において支障を生じず、現行の自動車からEVへ転換可能な台数を推計する。

#### (2) シミュレータの構築概要

本研究では、筆者らが開発した長期間の自動車移動状態を再現するシミュレータ(関根他(2006))を改良し、シミュレーションに用いた。

一つ目の大きな改良点は、シミュレーションを行う単位を自動車単位から世帯単位へと変更したことである。関根他(2006)では自動車を単位としてシミュレーションを行っており、全ての自動車の移動は独立しているという仮定が置かれていた。それに対し、本研究におけるプロブカー調査の結果によれば、自動車複数保有世帯においては、特に休日を中心として車両の利用は強い依存

関係にあり、独立な移動という仮定は適切でないことが明らかである。そこで、世帯内での自動車利用を明示的に考慮するために、世帯の概念をモデルに追加し、その上で自動車一台一台の再現を行うこととした。

二つ目の改良点は、休日における自動車移動再現の精緻化である。関根他(2006)でも、通勤行動の有無やトリップ数など、平日と休日でシミュレーションの方法は異なっている。しかし、既述のとおり、各自動車は独立に移動していると仮定されており、走行距離の算出には平日と休日で同様のアルゴリズムを採用している。これに対し本研究では、休日における自動車複数保有世帯内での車両の利用実態を踏まえ、2台の車両の利用が相互に依存するような関係で規定する。具体的には、後述のように、一日の走行距離分布が2台の車両において強い相関を持つように、分布形を与えることにする。

### (3) シミュレーションの具体的な手順

シミュレーションの具体的な手順は図5に示すとおりである。世帯属性の決定、自動車属性の決定、1日の自動車移動の再現という順序で計算を行う。本研究の対象地域内における自家用乗用車の総数は738,999台であり、この全台数に関して以下で説明するような手順を実行する。就業の有無や走行距離、トリップ数などは、すべて分析結果に基づいて設定した確率分布に従ってランダムに行う。その際、擬似乱数を用いているが、本研究では多くの変数を扱い、70万台以上の自動車の移動再現を行うため、生成速度が速く、長い周期を持つMersenne Twisterを用いている。

まず、東京都市圏PT調査小ゾーンから1ゾーンを本拠地として選択し、そこから1世帯を抽出する。PT調査における保有台数割合から、その世帯の自動車保有台数を決定し、複数保有世帯であれば、さらに道路交通センサスの利用者別の就業割合より、一台目、二台目それぞれの就業有無を決定する。

続いて、世帯内の各自動車の月間走行距離等の属性を決定する。就業者の場合は、まず道路交通センサスより作成した通勤・通学OD表に基づいて通勤・通学先ゾーンを決定し、そのゾーンまでの距離を通勤距離とした上で、1ヶ月の走行距離を決定する。非就業者の場合は通勤先が無いので、すぐに1ヶ月の走行距離の決定を行う。そして、決定された1ヶ月の走行距離に基づいて、1日の走行距離の分布を決定する。1台目の属性の決定が完了したら、続いて二台目に移る。

属性の決定後、1日の自動車移動再現に移る。まず平日については、自動車属性として与えられた1日の走行距離分布からある日の走行距離を決定し、さらに、その決定した走行距離に基づいて1日のトリップ数を決定する。就業者の場合は通勤先へのトリップを行い、2トリ

ップであれば次のトリップで本拠地への帰宅を行うが、3トリップ以上であれば本拠地のOD表の移動割合に基づいて別のゾーンへの移動を行い、残りのトリップ数が1になるまで繰り返した後、最後のトリップで帰宅する。非就業者の場合は、全てのトリップをOD表の移動割合に基づいて行い、就業者同様、最後のトリップで本拠地へ帰宅する。

休日においては、(2)で説明したような改良に基づき、プローブカーデータより求められた休日の走行距離分布を用いて走行距離を決定し、それに応じたトリップ数を算出して移動再現を行う。走行距離分布としては、プローブカー調査の結果をもとに、以下のような式を用いた。

$$f(c_1, c_2) \propto \exp\{-\theta_1 c_1 - \theta_2 c_2 - \theta_3 c_1^2 c_2^2\}$$

ここで、 $c_1 \cdot c_2$ はそれぞれ1台目・二台目の自動車の走行距離であり、 $f(c_1, c_2)$ は確率密度、 $\theta = (\theta_1, \theta_2, \theta_3)$ はパラメータである。 $\theta_3$ は、1台目の車と二台目の車の相互作用を表している。パラメータの値として、 $\theta_1 = 0.019, \theta_2 = 0.032, \theta_3 = 2.5$ を用いた。

以上の再現手順を平日22日、休日8日分繰り返し、1世帯の1ヶ月における再現が完了する。なお、図5は複数保有世帯の場合であるが、世帯が1台のみの車両を有する場合は、二台目の再現手順をスキップしたものとなっている。実際のシミュレーションにおいては、域内における全ての自動車保有世帯に対して移動再現を行う。

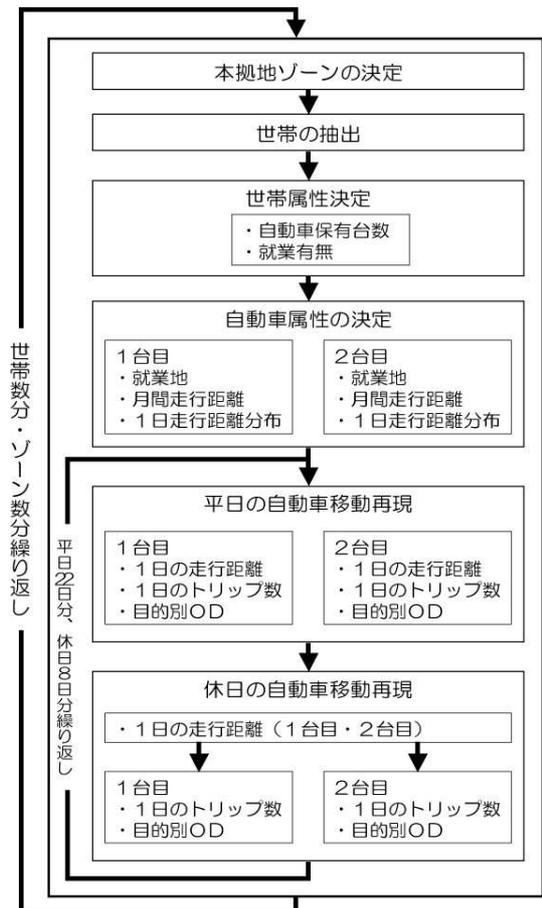


図5 シミュレーションモデルの概要

#### 4. 複数保有世帯における電気自動車の潜在的需要推計

##### (1) 現行の自動車利用下における潜在的需要

電気自動車の航続距離は、市街地で走行を行う場合にはカタログに記載の航続距離の50%程度であるということが林田ら(1994)によって指摘されている。そこで、本研究では100kmを電気自動車の航続距離と想定する。

図6は、シミュレーション結果に基づき、1台目・二台目それぞれの1ヶ月間における1日の走行距離の最大値を100km単位に区切って表したものである。世帯内の両方の自動車が100km以内の走行しか行わなかった世帯は0.5%ほどしかなく、残りのほぼ全ての世帯で、少なくともどちらか1台は一ヶ月内に100km以上走行した日があるということになる。しかし、世帯内におけるどちらかの自動車の1日走行距離が100km以内である割合が32.1%であることから、現在の利用状況下でも約3分の1の世帯において電気自動車への転換が可能と考えられる。特に、本研究で定義した二台目、すなわち世帯主以外が主として利用する車の20%以上が、100km以内の走行に限られており、いわゆるセカンドカーとしての電気自動車の潜在的な需要の大きさが示唆される。

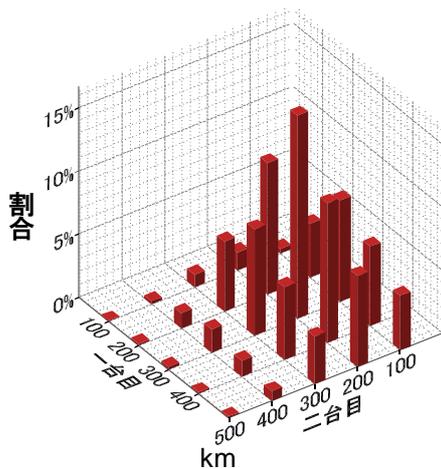


図6 車両を2台保有する世帯における1ヶ月間の最長1日走行距離 (100kmごと)

表2 シミュレーション結果に基づく車両を2台保有する世帯におけるEVの導入可能性

EVの導入が可能な世帯		EVの導入が不可能な世帯	
2台とも100km以下	1台のみ100km以下	1台は200km以下	2台とも200km以上
0.03% (500台)	32.1% (44,497台)	41.2% (59,284台)	26.4% (38,957台)

なお、1日の走行距離が2台とも100kmを超える世帯において、そのうちの6割の世帯ではどちらかの自動車は200km以下の走行距離になっていることから、もし、電気自動車の航続距離がカタログに示されていると数字であれば、70%近い世帯において代替が可能であることも分かる。

##### (2) 世帯内での利用調整を行った場合の潜在的需要

(1)での分析の結果、世帯において走行距離や目的に応じて、2台のうちもっぱら一方を長い距離の走行に使うという世帯内での自動車の利用調整を行えば、電気自動車の潜在的需要はさらに大きくなることが予想される。そこで、1ヶ月間の世帯内の各自動車の最長1日走行距離が100kmを超えている世帯に関して、このような利用調整を行った上で、各車両の最長1日走行距離を計算した(図7)。この図において、走行距離の短い方の車両の最長1日走行距離が100km以下であれば、この自動車は、現在の航続距離性能下でも電気自動車に代替することが十分可能であるといえる。同日に2台の自動車が100km以上を走行している割合は10%未満であり、世帯内利用調整を用いることで91.2%もの世帯において電気自動車の導入が可能になることが分かった(表3)。

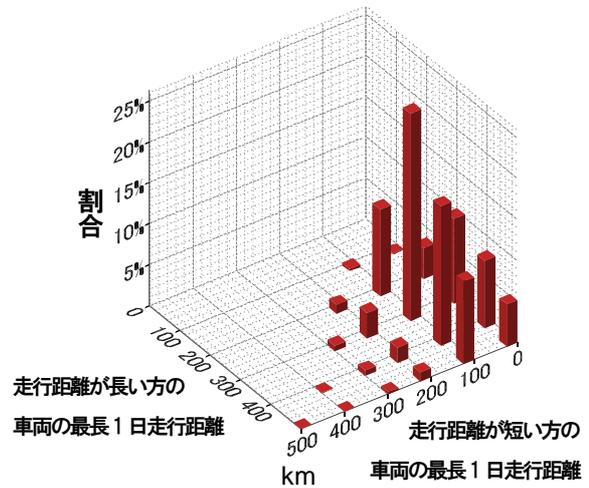


図7 シミュレーションにおける世帯内の2台の最長1日走行距離分布 (100kmごと)

表3 世帯内利用調整を用いた場合の電気自動車の導入可能性

導入可能世帯	導入不可能な世帯
どちらか1台の走行距離が100km以下	2台とも100km以上
91.4% (131,790台)	8.6% (12,365台)

謝辞 プローブカー調査実施に際し、羽藤英二氏(東京大学准教授)より機器の提供を受けたことに謝意を表す。

##### 参考文献

- 石田東生・堤盛人・岡本直久・関根喜雄：「自家用自動車の長期間移動再現シミュレータを用いた代替燃料スタンド配置に関する研究」、『土木計画学研究・講演集』, Vol.34, (CD-ROM 講演番号: 98), 2006.
- 林田守正・小高松男・野田明・成澤和幸：「電気自動車の通勤車両としての適合性について」、『日本機械学会第3回交通・物流部門大会講演論文集』, pp.91-94, 1994.