

電気自動車の充電切れに対する意識に関する研究

名古屋大学大学院 学生会員 ○小山田哲郎
名古屋大学大学院 正会員 森川 高行
名古屋大学 正会員 三輪 富生
名古屋大学 正会員 山本 俊行

1. はじめに

地球環境問題に対する意識が増している中、環境に配慮した自動車、特に電気自動車 (Electric Vehicle ; EV) への関心が高まっている。最近では、松原ら¹⁾が EV の普及要因を、社会的同調性を考慮して分析するなど、EV の普及促進を目的とする研究も活発である。

酒井ら²⁾は、EV の購入にはどのような要因が影響を与えているかを考察し、価格や乗車定員といった車両特性が主に影響を与えていると示した。そのなかで、1 日の走行あたりに充電切れを起こす確率 (充電切れ確率) に着目しており、充電切れ確率を EV 購入行動モデルに導入しても EV 購入予測精度を上がらないことを示した。しかし、そこでは充電切れ確率とそれに対する意識についての十分な議論はされていない。

本稿では、充電切れ確率の適切な計算方法を提案し、充電切れ確率に影響を与える世帯や運転手の属性等を分析する。これにより、どのような個人が充電切れをどの程度許容しているのかを考察する。

2. 分析データ

分析を行うに当たって、アンケート調査を表-1 の通り実施した。アンケート調査票は、名古屋市営地下鉄東山線一社駅周辺、藤が丘駅周辺、同名城線瑞穂運動場東駅周辺、同桜通線徳重駅周辺、あおなみ線中島駅周辺、JR 中央線春日井駅周辺に、各 700 部ずつ計 4200 部をポスティング配布・郵送回収した。アンケートの返信数は 880 部、返信率は 21% であった。分析で用いる項目が無回答のアンケートはサンプルから削除したため、分析に用いるデータのサンプル数は 539 である。

アンケートの内容は表-2 のように 4 章構成となっている。ここで、本研究では、保有する自動車の利用状況 (走行距離や走行頻度等) と自動車購入の際に重視する点 (1 章)、必要だと思う EV 航続距離 (2 章)、交通意識 (3 章)、性別や世帯構成等の世帯・個人属性 (4 章) を用いる。

酒井らのアンケート調査では、1 日の走行距離の平均値を尋ねているのに対し、本調査では 1 日の走行距離の最頻値を尋ねている。また、酒井らの調査にはガソリンスタンドの利用状況等その他の設問が多かったが、本調査ではそのような項目は削除した。これらの

変更によって設問に回答し易くなる上、以降に示すように充電切れ確率が正しく計算できる。

アンケートは世帯主による回答としたため、回答者の性別は男性が 93% と高い。また、60 代の比率が 28% と最も高く、平均年齢が 55.5 歳となっている。そのため無職の人の割合が 21% と大きいことが分かっている。

アンケートの基礎集計を図-1~図-3 に示す。“電気自動車の普及には、充電施設の整備が必要だ”、“電気自動車は値段が高い” と思っている人が多く、普及促進にはこれらの問題を解決する必要があることが伺える。更に、EV に必要だと思う航続距離は、市販されている EV の航続距離 (日産リーフは JC08 モードで 228km) 以上は必要であると考えた回答者が多い。また、自動車購入の際には価格や走行費用といった経済性を回答する人が多いことが分かる。

3. 充電切れ確率の算出

本節では、充電切れ確率の算出方法を説明していく。ここで、充電切れ確率を、「個人が必要だと思う EV 航続距離よりも長い距離を 1 日に走行する確率」と定義する。充電切れ確率は、個人 n が普段最も多く利用する自動車の 1 日当たりの走行距離の最頻値 x'_n [km/日]、利用頻度 f_n [日/月]、走行距離の最頻値 (x'_n) の 2 倍以上の距離を走行する頻度 $f_{n2x'}$ [日/月]、必要だと思う EV 航続距離 d_n [km] から算出する。本研究では充電切れ確

表-1 アンケート調査の実施概要

調査名	電気自動車の購入と利用に関するアンケート調査
配布期間	2011年11月21日~25日
回答期間	配布後から12月12日まで
回答方法	紙面による回答
対象世帯	名古屋市および周辺都市

表-2 アンケート調査の調査項目

章	内容
1	車の保有状況 保有する自動車の種類、性能、利用状況など ただし、乗用車のみを対象とし、トラックや自動二輪車は対象としていない
2	EV購入に関するSP調査 (仮想的設問に対する意識調査) EVの購入意向調査 ・提示された価格、充電器整備率、航続距離等の組み合わせに対して、そのEVを購入するか否か回答 ・EVを購入すると仮定した際のEV航続距離及び充電機の整備率について回答
3	交通意識調査 現在の電気自動車の販売価格について、電気自動車の普及に必要な条件について等
4	個人・世帯属性 性別、年齢、職業、年収、車・公共交通機関の利用頻度等

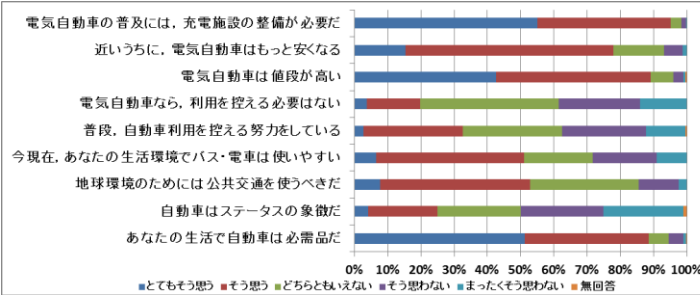


図-1 EV 普及のために必要だと思うこと

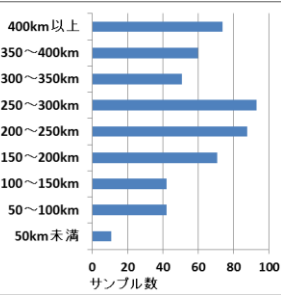


図-2 必要だと思う EV 航続距離

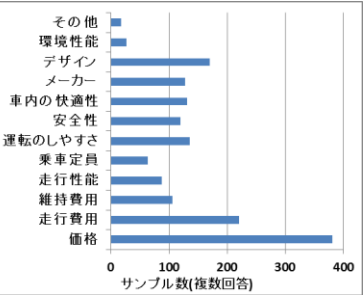


図-3 自動車購入の際に重視する点

率の計算に走行距離の最頻値とその2倍以上の距離を走行する頻度を用いるのに対し、酒井らは平均値と100km以上走行する頻度を用いたため、以下に示す充電切れ確率を正しく算出できなかった。なお、個人 n の走行距離分布 $D_n(x_n)$ は式(1)のような確率密度関数を持つ対数正規分布 $LN(\mu_n, \sigma_n^2)$ に従うものとする。

$$D_n(x_n) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_n x_n} \exp\left\{-\frac{(\ln x_n - \mu_n)^2}{2\sigma_n^2}\right\} \quad (1)$$

x_n : 個人 n の1日の走行距離[km/日], $D_n(x)$: x_n の確率密度関数, μ_n : 平均を規定するパラメータ, σ_n : 分散を規定するパラメータ
ここで、関数形から分かるように、最頻値 x_n' は $D_n(x_n)$ の微分値を0にする走行距離である。したがって、 μ_n と σ_n と x_n' の間には式(2)の関係があることが導かれ、式(1)を式(3)のように書き換えることができる。

$$\mu_n = \ln x_n' + \sigma_n^2 \quad (2)$$

x_n' : 個人 n の1日の走行距離の最頻値[km/日]

$$D_n(x_n) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_n x_n} \exp\left\{-\frac{(\ln x_n - \ln x_n' - \sigma_n^2)^2}{2\sigma_n^2}\right\} \quad (3)$$

また、充電切れ確率は、個人 n が必要だと思うEVの航続距離よりも長い距離を走行する確率と定義しているため、式(4)のように表せる。

$$P_{nd}(x_n \geq d_n) = \int_{d_n}^{\infty} D_n(x_n) dx_n \\ = \int_{d_n}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_n x_n} \exp\left\{-\frac{(\ln x_n - \ln x_n' - \sigma_n^2)^2}{2\sigma_n^2}\right\} dx_n \quad (4)$$

d_n : 個人 n が必要だと思うEVの航続距離[km]

式(4)より、充電切れ確率を求めるためには未知パラメータ σ_n を求める必要があり、以下の要領で算出する。

まず、個人 n が1日に走行距離の最頻値(x_n')の2倍以上の距離を走行する確率 $P_{n2x'}$ は、アンケートで得られた回答値より式(5)のように求められる。

$$P_{n2x'} = f_{n2x'} / f_n \quad (5)$$

$P_{n2x'}$: 個人 n が1日に x_n' の2倍以上の距離を走行する確率, f_n : 利用頻度[日/月], $f_{n2x'}$: x_n' の2倍以上の距離を走行する頻度[日/月]

また、 $P_{n2x'}$ は式(3)のように定義することもできる。

$$P_{n2x'} = \int_{2x_n'}^{\infty} D_n(x) dx \\ = \int_{2x_n'}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_n x_n} \exp\left\{-\frac{(\ln x_n - \ln x_n' - \sigma_n^2)^2}{2\sigma_n^2}\right\} dx_n \quad (6)$$

式(5)で求めた $P_{n2x'}$ を式(6)に代入することで未知パラメータ σ_n のみの式となり、これを数値的に解くことで σ_n の値が求まる。更に式(2)より μ_n を求めることができる。これらにより得られた確率密度関数の数値積分により、あるEV航続距離に応じた個人 n の充電切れ確率 P_{nd} を計算することができる。

4. 充電切れ確率の分析

3.で得た回答者ごとの充電切れ確率 P_{nd} を被説明変数とした回帰分析を行う。回帰分析には、式(7)のようなロジスティック回帰モデルを用いた。ここで、右辺

表-3 推定結果

	推定値	χ^2 値
交通環境意識	環境問題のためには公共交通を使うべき[ダミー]	0.449 4.0 *
	生活環境のなかでバスや電車は使いやすい[ダミー]	0.239 1.1
	EVの普及には充電施設の整備が必要[ダミー]	-0.179 0.084
自動車購入の際に重視する点	運転のしやすさ[ダミー]	0.597 3.1 +
	車内の快適性[ダミー]	0.322 1.2
	環境性能[ダミー]	-0.131 0.070
個人・世帯属性	男性[ダミー]	-1.39 3.5 +
	単身世帯[ダミー]	-1.45 18 **
	世帯で18歳～70歳の人数[人]	-0.184 2.1
よく使う保有自動車の利用目的が業務[ダミー]	-0.667	6.2 *
定数項 β_0	-159	804 **
定数項 β_1	3.80	12 **
サンプル数		539
初期尤度 $L(\beta_0)$		-3267.00
最終尤度 $L(\beta)$		-3196.58
χ^2 検定結果		**

** : P<0.01 * : P<0.05 + : P<0.1

が走行距離の関数となっているのは、充電切れ確率のオッズ比の対数が走行距離に比例すると仮定したためである。

$$\ln \frac{P_{nd}}{1 - P_{nd}} = (\beta X_n + \beta_1) \times Dis + \beta_0 + \varepsilon_n \quad (7)$$

X : 説明変数ベクトル, β : X に対するパラメータベクトル, ε_n : 誤差項, Dis : もっとも利用する車の走行距離の最頻値[km]

推定結果を表-3に示す。推定値が正に大きいほど、回答者が高い充電切れ確率を許容していることを意味する。「交通環境意識」として尋ねた、“環境問題のためには公共交通を使うべきである”のパラメータが正值で統計的に5%有意である値として推定された。交通での環境意識が高い人は、自動車の利便性への要求が高くないと考えられる。同様に、「自動車購入の際に重視する点」として尋ねた“運転のしやすさ”を重視する個人に対しても統計的に10%有意である。このような個人は、EVによる長距離移動を重要視していないと考えられる。

一方で、推定値が負に大きい場合は充電切れ許容できないことを意味する。“よく使う保有自動車の利用目的が業務”のパラメータが負値で統計的に5%有意である値として推定された。充電切れの状況が生じて、業務に支障をきたすことを嫌っていると考えられる。また、“単身世帯”“男性”のパラメータが負値で統計的に有意であることから、単身男性ほど充電切れを許容しないことが分かる。

5. おわりに

本稿では、既存の充電切れ確率の計算手法と異なる方法で充電切れ確率を計算することを可能にした。また、充電切れを許容できる人やそうでない人の特徴を明らかにした。今後は、これらの知見を踏まえて、EVの購入行動の詳細な分析を行う予定である。

謝辞

本研究は、環境省の環境研究総合推進費(E-1003)により実施された。ここに記し、関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 松原司ら：社会的同調効果を考慮した電気自動車普及要因分析，第44回土木計画学研究発表会・講演集，2011
- 2) 酒井大輔ら：電気自動車普及要因に関する基礎的研究，第44回土木計画学研究発表会・講演集，2011