

現状保有車両を考慮したクリーンエネルギー 車両保有可能性モデルの構築

石井 亜也加¹・奥嶋 政嗣²

¹学生員 徳島大学大学院 先端技術科学教育部 建設創造システム工学コース

²正会員 徳島大学大学院 ソシオテクノサイエンス研究部 エコシステムデザイン部門 准教授
(〒770-8506 徳島市南常三島2-1)

E-mail:okushima@eco.tokushima-u.ac.jp

自動車依存度の高い地域で運輸部門における二酸化炭素排出量の削減を考える際、クリーンエネルギー車両の普及促進が重要な課題となってくると考えられる。本研究では、自動車依存度の高い地方都市圏を対象として、現状の保有車両を考慮したクリーンエネルギー車両の保有に関わる要因を解明することを目的としている。

具体的には、ガソリンエンジン自動車、電気自動車、プラグインハイブリッド車といった動力形式に関する車種選択についての意向調査に基づいて、ロジットモデルと潜在クラスモデルを用いてクリーンエネルギー車両保有可能性モデルを構築した。これより、現状保有車両がクリーンエネルギー車両保有意向に与える影響及び、世帯の意思決定ルールを考慮する必要の有無について分析した。

Key Words : car-holding, greenhouse emission gas, intention survey, local area, electric vehicle

1. はじめに

近年、地球温暖化問題への関心が高まっており、温室効果ガスの排出削減が課題となっている。我が国の自動車からの二酸化炭素排出量に着目してみると、運輸部門において87.8%を占めている。また、家庭部門においても自動車による二酸化炭素の排出が32.6%を占めており、自動車利用における二酸化炭素排出量の削減が必要である¹⁾。さらに、自動車依存度の高い地方都市圏では、公共交通へのモーダルシフトのような自動車利用抑制策は容易ではない。そのため、電気自動車(EV)やプラグインハイブリッド車(PHV)のような低炭素型の「クリーンエネルギー車両(CEV: clean energy vehicle)」への関心も高まっている。しかしながら、現在販売されているEVは車両本体の価格が高い、航続距離が短い、急速充電器などのインフラ整備が十分でないなどの普及に関する課題を多く抱えている^{2,3)}。

これまで、EV普及促進に関しても、いくつかの研究成果が報告されている。KuwanoらはEV購入についてのWebアンケート調査を行い、EV購入の意思決定において社会的同調効果の影響を明らかにしている^{4,5)}。また酒井らは、価格や航続距離などの車両特性および充電施設の設定とEV購入意向の関係について分析している⁶⁾。ま

た、これまでの既存研究において世帯属性や世帯での保有車両構成などが「車両保有行動」における重要な一要因であると示されている。山本らは、世帯属性や世帯保有車両のデータを用いて、車種選択モデルを構築している⁷⁾。また、桑野らは世帯構成員による複数の意思決定ルールを考慮した潜在クラスモデルを構築し、車種選択行動の分析に適用している⁸⁾。

今後、自動車依存度の高い地方都市圏において、運輸部門における二酸化炭素排出量の削減を考えるにはCEVの普及が重要な要因であると考えられる。そこで、本研究では、自動車依存度の高い地域を対象として世帯属性や現状保有車両の構成がCEV保有意向に与える影響を分析する。具体的には、現状の保有車両を考慮したCEV保有意向に関する潜在クラスモデルの構築を目指す。これより、現状の保有車両がCEV保有行動に与える影響が分析可能となる。

2. CEV保有意向調査についての基礎的分析

(1) CEV保有意向調査の概要

ここでは、本研究で実施したWebアンケート調査について概説する。徳島県民を対象に現状の保有車両、次回

保有車両、そしてCEV保有意向の有無を把握するため、CEV保有意向調査を2011年10月21日～28日、2011年11月15日～24日の2回にわたって実施した。1回目には464部、2回目には417部のサンプルを回収した。

アンケートでは、主に世帯属性、現状の保有車両、次回の保有可能性車両、CEV保有意向について質問している。アンケート調査の概要を表-1に示す。まず、世帯属性では、世帯人数、世帯の免許保有者数、世帯の構成員として就業男性、就業女性、乳児・幼児、小学生、中学生・高校生の子供、高齢者の有無について質問している。また、環境意識に関して「地球温暖化への関心」および「自動車からの温室効果ガス排出量削減の必要性」について回答を得ている。つぎに、現状の保有車両に関しては、保有台数、保有車両の車種(小型車、軽自動車、普通乗用車、ライトバン・ワゴン)、保有車両の車種(ガソリンエンジン自動車、ディーゼルエンジン自動車、ハイブリッド車)、燃費、利用頻度、走行距離、車両のメインドライバーについて質問している。さらに、次回の保有可能性車両では、次回保有することを考えている車種、車種、車両価格、購入時期について質問した。最後に、CEV保有意向の有無について、現在販売されているCEVの航続距離の増加や急速充電器の設置促進によりCEV保有意向の変化に関する質問を行った。

表-1 アンケート調査の概要

| 項目 | 内容 |
|------------|--------------------------------------|
| 世帯属性 | 世帯人数、免許保有者数、世帯属性 |
| 現状の保有車両 | 保有台数、保有車両の車種・車型、走行距離、利用頻度、メインドライバーなど |
| 次回の保有可能性車両 | 次回保有を検討している車両の車種・車型、車両価格、購入時期など |
| CEV保有意向 | 航続距離、急速充電器の設置によりCEVを購入する意向があるか等 |

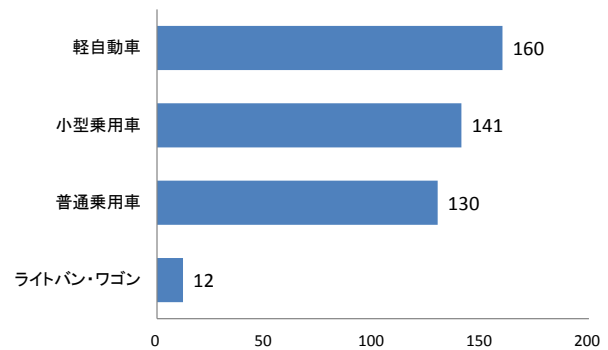


図-1 保有車両の車型

(2) 現状の保有車両に関する基礎集計結果の整理

ここでは、アンケート調査の結果をもとに、現状の保有車両に関する基礎集計の結果を分析する。

現状の保有車種はガソリンエンジン自動車であるとの回答が96.84%であった。ハイブリッド車とディーゼルエンジン自動車の保有率が1.58%であり、徳島県においては大多数の世帯でガソリンエンジン自動車を保有していることが示された。

つぎに、現状の保有車両の車型に関する調査結果を図-1に示す。図-1より、車型は軽自動車、小型乗用車、普通乗用車、ライトバン・ワゴンの順に保有数が多くなっている。これより、ライトバン・ワゴンの保有数が少ないことがわかる。一方、軽自動車、小型乗用車、普通乗用車の保有数にそれほど大きな差はないと考えられる。

保有車両のメインドライバーに関する調査結果を図-2に示す。図-2より、メインドライバーは30才～64才までが多数である。また、30才未満の年齢層では男性よりも女性が多かったが、30才以上の年齢層では女性よりも男性がメインドライバーである回答数が多数であった。50才～64才の年齢層では男性ドライバーは女性ドライバーの約2倍であり、65才以上の年齢層になると、男性ドライバーは女性ドライバーの約3倍となっている。

保有車両の利用頻度の調査結果を図-3に示す。図-3より、自動車を週5～7日利用している世帯が大多数を占め

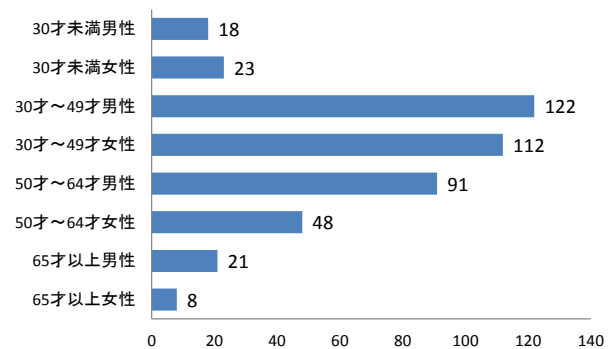


図-2 保有車両のメインドライバー

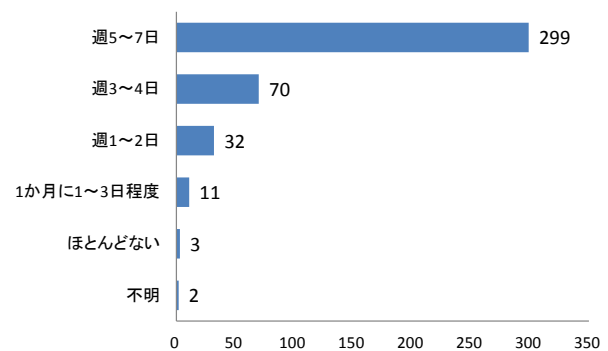


図-3 保有車両の利用頻度

ている。週5日以上自動車を使う世帯は71.7%を占めており自動車依存度の高い地域であることを示している。週3～4日自動車を利用する世帯が全体の16.8%であり、徳島県において週3日以上自動車を使う世帯が全体の9割以上を占めていることがわかった。

また、自動車の1日の走行距離に関する調査結果を図4に示す。図4より、1日の走行距離に関しては、ばらつきがあるが、5km未満及び5km～10km未満であるとの回答で全体の4割を占めており、全体としてあまり1日の走行距離は長くないことがわかる。そのため、1日の走行距離だけをみるとCEVの普及を妨げる一要因となっている航続距離に関しては、現状のままであっても多数の世帯で支障がないものと考えられる。

(3) 次回保有車両に関する意向の整理

ここでは、次回保有車両として検討している車種をEV、PHV、HV、燃費25km/l以上の低燃費型ガソリンエンジン自動車、燃費25km/l未満のガソリンエンジン自動車、ディーゼルエンジン自動車、その他の項目から選んでもらう。検討している車両を1位から3位まで回答してもらい、候補として2位、3位が特にない場合には「不明」を選択するように指示している。希望順位別に車種構成を算定した結果を図5に示す。図5より、CEV保有可能性を示す世帯は少ないことがわかる。また、PHVよりもEV保有を検討する世帯が多いことが示されている。ここで、1位から3位までにCEVを候補として挙げている世帯をCEV保有可能性のある世帯とみなし、CEV保有可能性のある世帯を集計した。この結果、CEV保有可能性のある世帯は回答者全体の22%であることがわかった。

3. CEV保有可能性モデルの構築

現状の保有車両が次回CEV保有意向に与える影響について分析するために、CEV保有可能性モデルを構築する。

(1) ロジットモデルによるCEV保有可能性モデル

ここでは、アンケート調査結果のデータを用いてロジットモデルによりCEV選択モデルの構築を行う。CEV選択に関わる要因のパラメータ推定結果について、統計的に有意な要因のみ選定した。パラメータ推定の際に、世帯人数、運転免許保有者数、世帯構成員の属性、第1車両の車種・車型、メインドライバー、次回保有車両の車型、車両価格、走行距離、利用頻度、環境意識を説明変数として検討した。各説明変数はすべてダミー変数とし「CEV保有意向あり」の選択固有変数とした。なお、サンプル数は365である。

CEV保有可能性モデルのパラメータ推定結果を表2に示す。表2より、1日の車両走行距離が中程度である世

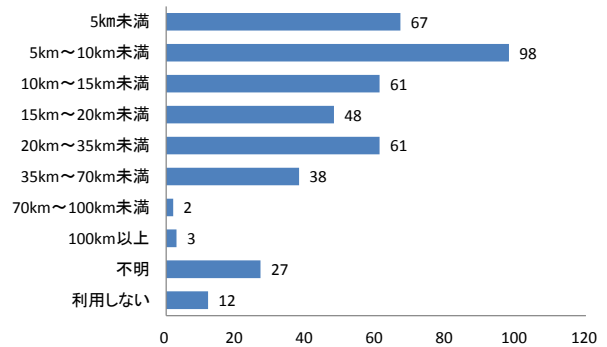


図 - 4 保有車両の走行距離

表 - 2 CEV保有可能性モデル

| 説明変数 | θ | t値 |
|------------------|----------|--------|
| 就業男性ダミー | 0.489 | -2.256 |
| 第1車両軽自動車ダミー | -0.615 | -2.314 |
| 排出削減必要性(低)ダミー | -0.944 | -4.927 |
| 走行距離10～15km未満ダミー | 0.775 | 2.481 |
| 車両利用頻度週3～4日ダミー | -0.916 | -2.379 |
| 初期対数尤度 | | -273.8 |
| 最大対数尤度 | | -203.7 |
| 尤度比 | | 0.256 |

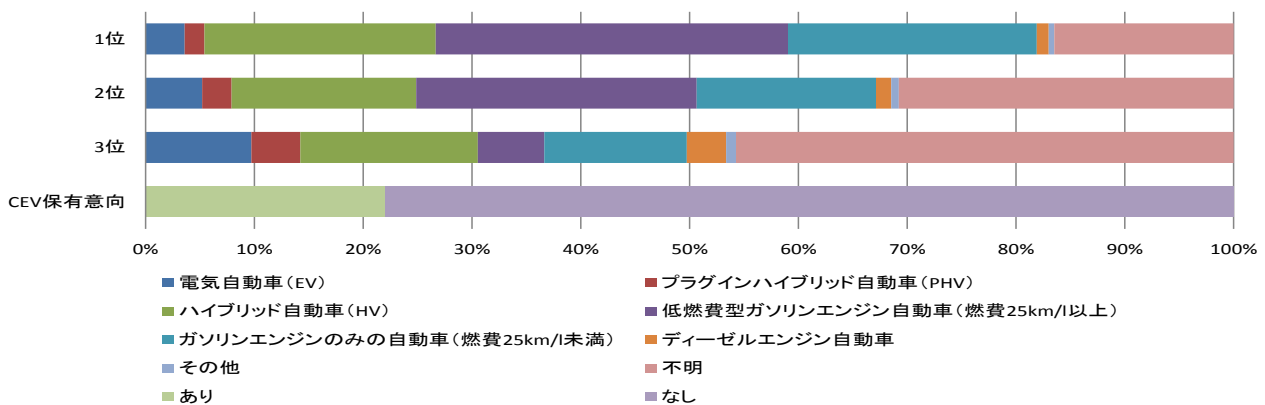


図 - 5 次回保有車両

帯はCEV保有意向を示す。一方、就業男性や軽自動車保有世帯はCEV保有意向が少ない。また、二酸化炭素の排出削減意識や車両の利用頻度が影響を及ぼすことが示された。なお、尤度比は0.256となっており、モデルの適合度は良好である。

(2) 潜在クラスを考慮したCEV保有可能性モデル

ここでは、潜在クラスロジットモデルを用いることで、世帯属性、現状の保有車両といった各世帯における違いを考慮してCEV保有可能性モデルを構築する。

まず、潜在クラスを2クラス設定したモデルの構築を行った。2クラスとした場合の潜在クラスロジットモデルのパラメータ推定結果を表-3に示す。表-3より、クラス1には就業男性のいる非高齢世帯が分類されている。クラス1に分類される世帯では、第1車両が小型乗用車であり、1日の車両走行距離が10km～15km未満である場合にCEV保有意向が高くなる。一方で、クラス2ではクラス1と異なり、第1車両が小型乗用車である世帯はCEV保有意向が低く、車両の利用状況や地球環境問題への関心がCEV保有意向に影響を与えることがわかった。なお、尤度比は0.257でモデルの適合度は良好である。

つぎに、潜在クラスを3クラスと設定して潜在クラスロジットモデルの構築を行った。潜在クラス3の場合におけるパラメータ推定結果を表-4に示す。クラス1には車両の保有台数が1台で中高生の子供のいる高齢世帯が分類されている。クラス1では第1車両が軽自動車である場合、CEV保有意向が低いことを示している。

一方、クラス2に分類される世帯では車両の保有台数が1台で中高生の子供のいない高齢世帯である。クラス2では、地球環境問題がCEV保有意向に影響を及ぼしている。また、クラス3では、クラス1と異なり、第1車両が軽自動車である世帯でCEV保有意向が高いことを示している。また、地球環境問題への意識がCEV保有意向に影響を及ぼしている。なお、このモデルの尤度比は0.260であり適合度は良好である。

ここで、世帯の意思決定構造の相違を考慮したモデル

の有用性を検証するため、潜在クラスを考慮しないモデルと潜在クラスを考慮したモデルの比較を行う。モデルの比較には統計モデルの評価指標であるAkaike's Information Criterion(AIC)とBayesian Information Criterion(BIC)を算出して行う。AICを式(1)に、BICを式(2)に示す。

$$AIC = -2 \times LL + 2 \times p \quad (1)$$

$$BIC = -2 \times LL + \log(N) \times p \quad (2)$$

ここで、LLは最終対数尤度、pはパラメータ数、Nはサンプル数である。AICとBICの値は小さいほうが適応度が高い。

AICとBICの算出結果を表-5に示す。表-5より、AIC、BICの値ともに潜在クラスを考慮しないロジットモデルの適応度が最も高い結果となった。また、潜在クラスを考慮したモデルでは2クラスの場合と3クラスの場合で大きな差が見られなかった。このため、次回保有車両としてCEV保有可能性の有無を選別する段階では、世帯の意

表-3 潜在クラス2の場合におけるCEV保有可能性モデル

| クラス分類の説明変数 | θ | t値 | | |
|-------------------|----------|--------|----------|--------|
| 免許保有者数 | 0.462 | 5.631 | | |
| メインドライバー50～64才ダミー | -0.933 | -3.774 | | |
| 就業男性ダミー | 0.823 | 3.184 | | |
| 選択肢の説明変数 | クラス1 | | クラス2 | |
| | θ | t値 | θ | t値 |
| 第1車両軽自動車ダミー | — | — | -2.643 | -3.931 |
| 第1車両小型乗用車ダミー | 1.085 | 3.133 | -2.112 | -3.178 |
| 地球温暖化への関心(低)ダミー | — | — | -2.773 | -3.552 |
| 走行距離10～15km未満ダミー | 1.025 | 2.480 | — | — |
| 車両利用頻度週3～4日ダミー | — | — | -3.022 | -3.268 |
| 定数項 | -2.427 | -9.266 | 4.263 | 4.516 |
| 初期対数尤度 | -273.8 | | | |
| 最大対数尤度 | -203.4 | | | |
| 尤度比 | 0.257 | | | |

表-5 CEV保有可能性モデルの比較

| クラスの数 | 1 | 2 | 3 |
|-------|-------|-------|-------|
| AIC | 417.4 | 428.8 | 429.2 |
| BIC | 420.2 | 435.0 | 435.9 |

表-4 潜在クラス3の場合におけるCEV保有可能性モデル

| クラス分類の説明変数 | クラス1 | | クラス2 | | | |
|--------------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| | θ | t値 | θ | t値 | | |
| メインドライバー50才～64才ダミー | 1.620 | 4.694 | 1.167 | 3.222 | | |
| 保有台数1台ダミー | 1.864 | 4.930 | 1.627 | 4.172 | | |
| 中学生・高校生ダミー | 0.697 | 2.286 | -1.171 | -2.528 | | |
| 選択肢の説明変数 | クラス1 | | クラス2 | | クラス3 | |
| | θ | t値 | θ | t値 | θ | t値 |
| 第1車両車型軽自動車ダミー | -4.576 | -3.014 | — | — | 2.918 | 4.219 |
| 地球温暖化への関心(低)ダミー | — | — | -5.161 | -3.706 | 2.748 | 2.440 |
| 定数項 | -0.452 | -2.557 | — | — | -4.548 | -3.794 |
| 初期対数尤度 | -273.8 | | | | | |
| 最大対数尤度 | -202.6 | | | | | |
| 尤度比 | 0.260 | | | | | |

思決定構造の相違を考慮する必要性が少ないと考えられる。

4. おわりに

本研究では、自動車依存度の高い地方都市を対象としたクリーンエネルギー車両保有意向調査の結果を基にCEV保有可能性に関する世帯の意思決定構造を考慮したモデルを構築し、CEV保有可能性に影響を及ぼす要因を分析した。

世帯による意思決定構造を表現するために、潜在クラスモデルを導入すると、2クラス設定した場合及び3クラス設定した場合で世帯構成員の属性、車両保有台数、車両のメインドライバーの年齢層がクラス分類に影響を及ぼす要因であることが示された。また、現状保有車両の車種や環境意識、車両利用状況などがCEV保有可能性に影響を与えることがわかった。

一方で、潜在クラスを考慮したモデルと考慮しないモデルを比較した場合、モデルの適応度が最も高くなったのは潜在クラスを考慮しないモデルであった。これより、世帯による意思決定構造の相違を選択肢の選別段階では考慮する必要性が少ないという結論が得られた。

今後の課題として、社会的同調効果の影響を考慮可能とすること、選択肢の選別段階と選択段階を区別することなどにより、CEV保有に関する意思決定構造を精緻に表現できるモデルを構築する。そうして、CEV早期普及策の評価を可能とすることが挙げられる。

参考文献

- 1) 国土交通省総合政策局環境政策課(2011)：運輸部門における二酸化炭素排出量，
(http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html)
- 2) 大久保隆弘(2009)：「エンジンのないクルマ」が変える世界，日本経済新聞出版
- 3) A.T.カーニー，川原英司(2009)：電気自動車が確信する企業戦略 自動車、ハイテク、素材、エネルギー、通信産業へのインパクト，日経 BP 出版センター。
- 4) 松原司，桑野将司，塚井誠人(2011)：社会的同調効果を考慮した電気自動車普及要因分析，土木計画学研究・講演集，Vol.44，8pages.
- 5) Masashi Kuwano, Makoto Tsukai and Tsukasa Matsubara (2012) Analysis on promoting factors of electric vehicles with social conformity, Presented at the 13th International Conference on Travel Behaviour Research, Toronto, Canada, 15-20, July 2012.
- 6) 酒井大輔，三輪富生，森川高行，山本俊行(2011)：電気自動車普及要因に関する基礎的研究，土木計画学研究・講演集，Vol.44，8pages
- 7) 山本俊行，北村隆一，河本一郎(2001)：世帯内での配分を考慮した自動車の車種選択と利用の分析，土木計画学論文集，Vol.674/IV-51，pp.63-72.
- 8) 桑野将司，帳峻屹，藤原章正(2007)：複数の意思決定ルールを取り入れた世帯離散選択モデルの開発と車種選択分析への応用，土木計画学研究・論文集，Vol. 24，No.3，pp. 499-507.

(2012.8.1 受付)

Holding Decision Model of Clean Energy Vehicle Considering with Present Holding Vehicle

Ayaka ISHII and Masashi OKUSHIMA