전기차 충전소 회차(回車) 경험이 전기렌터카 이용 만족도 및 인식 변화에 미치는 영향 분석

강영준¹ · 손상훈^{2*} · 김수완³ · 탁화정³

¹제주연구원 환경도시연구부 위촉연구위원, ²제주연구원 환경도시연구부 책임연구원,

³제주연구원 환경도시연구부 위촉연구위원

Analyzing Effect of Turning Back in Charging Stations Due to Queue on User Satisfaction and Perception Change Toward Electric Rental Cars

KANG, Young Jun¹ · SON, Sanghoon^{2*} · KIM, Suwan³ · TAK, Hwajeong³

¹Research Fellow, Regional Planning and Environment Division, Jeju Research Institute, Jeju 63147, Korea

²Chief Researcher, Regional Planning and Environment Division, Jeju Research Institute, Jeju 63147, Korea

³Researcher, Regional Planning and Environment Division, Jeju Research Institute, Jeju 63147, Korea

*Corresponding author: ssanghoon.son@gmail.com

Abstract

This study analyzes user satisfaction and perception change toward electric rental cars if an electric rental car user has encountered queue in a charging station and navigated other available stations. An ordinary least squares model of electric rental car user satisfaction and an average treatment effect model of perception change toward electric vehicles are specified. Using behavioral data collected from a survey of 196 electric rental car users, the models are estimated. Results show that the experience of turning back in a charging station has negative effect on user satisfaction and perception change toward electric vehicles. These results provide policy implications as follows: more public chargers are needed in Jeju; the installation of chargers should cover hotels; and more information on chargers should be available, including the location of charging stations.

Keywords: charging station, electric vehicle, Jeju, perception change, user satisfaction

초록

본 연구에서는 전기렌터카 이용자가 충전소 대기수요로 인해 다른 충전소를 찾은 경험이, 전기렌터카 이용 만족도와 전기차에 대한 인식 변화에 주는 영향을 분석하였다. 전기렌터카 이용실태 설문조사 자료를 이용하여 분석을 수행하였고, 이 자료의 유효표본수는 196명이다. 분석을 위해 전기렌터카 이용 만족도에 대한 최소제곱 모형과 전기차 인식 변화에 대한 평균처리효과 모형을 설계하였다. 분석결과, 최소제곱 모형에서는 충전소 회차 경험이 전기렌터카 이용 만족도에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 평균처리효과모형에서는 회차 경험자의 전기차에 대한 인식 변화가 회차 비 경험자에 비해 부정적인 것으로 나타났고, 회차 경험자 자신이 회차를 경험하지 않았을 때를 가정하여 비교하면, 인식 변화가 더욱 부정적인 것으로 나타났다. 이러한 연구결과는 제주도 내 더 많은 개방형 충전기의 확충, 숙박업소 내 충전기 설치기준 마련과 충전기 보급지원, 전기렌터카 예약 단계에서 충전소 정보제공 시스템화 등의 필요성에 대한 시사점을 제공한다.

J. Korean Soc. Transp.
Vol.36, No.4, pp.229-239, August 2018
<https://doi.org/10.7470/jkst.2018.36.4.229>

pISSN : 1229-1366
eISSN : 2234-4217

ARTICLE HISTORY

Received: 9 January 2018

Revised: 9 February 2018

Accepted: 27 August 2018

Copyright ©
Korean Society of Transportation

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

주요어: 충전소, 전기차, 제주, 인식 변화, 이용 만족도

서론

제주특별자치도의 “2016년 하반기 전기차 보급 확대 실행계획”(Jeju Special Self-Governing Province, 2016)에 따라 제주지역에 전기렌터카가 본격적으로 보급되기 시작하면서, 제주도 내 운행 중인 전기렌터카의 수는 2016년 5월 기준 86대에서 2017년 5월 기준 1,792대로 늘어났다(Jeju Research Institute, 2017).

증가한 전기렌터카의 원활한 운행을 위해서는 충분한 수의 개방형(공용) 충전기가 필요하다. 홈(개인용) 충전기를 보유한 개인용 전기차와 달리, 전기렌터카는 개방형 충전기를 이용하여 재충전해야 하는 제약이 따르기 때문이다. 2017년 5월 기준 제주도내 개방형 충전기의 숫자는 623기이고, 이 중 전기렌터카 이용자가 주로 사용하는 급속 충전기의 숫자는 252기인 것으로 나타났다(Jeju Research Institute, 2017). 전기렌터카와 급속충전기 비율은 7:1 수준으로, 전기렌터카를 제외한 5,248대의 제주도민 보유 전기차에 의한 급속충전기 추가 수요까지 고려하면, 개방형 급속충전기의 숫자는 충분하지 않다고 할 수 있다.

이러한 상황으로 인해 전기렌터카 이용자가 원활한 충전을 하지 못하고 충전 대기차량으로 인한 혼잡과 불편을 겪게 된다면, 전기렌터카 이용자의 전기차 이용 만족도는 크게 감소하고, 전기차에 대한 인식이 부정적으로 편향될 가능성이 크다.

따라서 본 연구는 전기렌터카 이용자가 충전소 대기수요로 인해 다른 충전소를 찾은 경험이 전기렌터카 이용 만족도와 전기차에 대한 인식 변화에 주는 영향을 분석하고자 한다. 또한 전기렌터카 이용 만족도에 영향을 주는 변수들을 파악하고 그 영향을 살펴보고자 한다. 본 연구는 전기렌터카 이용자에 대한 국내 첫 실증연구라는 문헌적 공헌을 갖는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 국내외 문헌을 살펴본다. 3장에서는 자료와 변수를 설명하고, 변수의 기초통계량을 요약한다. 4장에서는 전기렌터카 이용만족도와 전기차 인식 변화에 대한 계량경제 모형을 제시한다. 5장에서는 모형을 추정하고, 추정결과를 분석한다. 6장에서는 본 연구의 결과를 요약하고, 정책적 시사점을 제시하고자 한다.

선행연구

전기렌터카와 관련하여 Karbowska-Chilinska and Zabielski(2017)는 전기차의 1회 충전 주행가능거리와 충전 인프라의 제약조건 하에서 전기렌터카를 이용한 최적 관광코스 산출 방법론을 개발하였다. 제시된 방법론은 Poland의 Podlasie 지역에 위치한 531개 관광지와 충전소를 대상으로 적용되었고, 전기렌터카 네비게이션에 전기렌터카를 이용한 최적 관광코스 산출 방법론을 적용하여 보다 나은 교통정보를 제공할 수 있음을 언급하였다. 전 세계적으로 관광지역을 중심으로 전기렌터카 보급이 증가하고 있음에도 불구하고 전기렌터카와 관련한 선행연구는 아직까지 많지 않은 실정이다. 따라서 전기렌터카와 관련한 다양한 실증연구가 수행될 필요가 있다. 특히, 1회 충전 주행가능거리와 충전인프라에 대한 제약이 반영된 전기렌터카 이용자 만족도에 대한 연구가 필요하다.

전기렌터카 관련 선행연구가 제한된 만큼 최근 수행된 전기차 선택 및 충전기 이용 행태 분석 연구를 고찰하고 전기차 충전소 회차 경험 및 전기렌터카 이용 만족도 및 인식 변화와 관련한 시사점을 도출하였다.

Hahn and Lee(2016)는 친환경차(Hybrid Electric Vehicle, Plug-in Hybrid Electric Vehicle, Battery Electric Vehicle) 구매행태를 SP 설문조사와 다항 및 네스티드 로짓모형을 이용하여 분석하였는데, 차종 선택에 가장 큰 영향을 미치는 요인 중의 하나는 차량가격으로 나타났다. 여기서 차량가격은 구매비용과 운영비용으로 구성된다. 이 결과에 따르면, 전기렌터카 차종 선택에서도 차량 대여료가 중요한 요인이 될 수 있다고 판단된다. 그밖에 1회 충전 주행가능 거리, 이용 가능 충전소 유무 변수도 주요 요인으로 분석되었다.

Hahn and Lee(2018)는 서울시를 대상으로 차급별, 주택유형별 전기차 선택모형을 구축하여 전기차 구매 수요에 대한 분석을 수행하였고, 이전 연구와 일관성 있는 결과를 도출하였다.

Park et al.(2017)은 제주지역에 설치된 134기의 전기차 충전소를 대상으로 이용 행태를 분석하였다. 분석 결과 2016년 9월부터 2017년 1월까지 전체 충전기 이용 빈도는 50,382건으로 집계되었고, 그 중 56%가 전기렌터카 이용자인 것으로 나타났다. 이 결과는 전기렌터카 보급이 확대되어 충전기 이용수요가 증가하게 되면 공공충전기에 대한 집중현상이 심화될 수 있음을 시사한다.

자료 수집 및 분석

1. 자료 수집

연구를 위해 사용된 자료는 「전기렌터카 이용실태 설문조사」(Jeju Research Institute, 2017)이다. 이 설문조사의 목적은 전기렌터카 이용 실태를 분석함으로써, 전기렌터카 보급 확대 및 이용편의 증대를 위한 정책적 근거자료를 제공하는 것이다. 설문조사의 주요내용은 Table 1에 요약하였다.

Table 1을 살펴보자. 설문조사 대상은 제주를 방문한 전기렌터카 이용 고객이고, 전기렌터카 이용을 마치고 차량을 반납한 직후 설문을 실시하였다. 설문기간은 2017년 4월 10일부터 5월 12일이다. 설문장소는 렌터카 반납 대기 장소로, 렌터카 업체 내에 위치하거나 또는 제주공항 인근 별도의 장소에 위치하였다. 설문대상자는 210명으로, 이 중 유효표본수는 196명이다. 설문조사의 주요 내용은 응답자 특성, 제주 방문정보, 전기렌터카 이용정보, 충전기 이용정보, 전기렌터카 이용 만족도 등이다.

Table 1. Summary of electric rental cars usage behavior survey

Classification	Contents
Survey respondents	Drivers of electric rental cars in Jeju Island
Survey date	From April 10th 2017 to May 12th 2017
Survey spot	Returning spots after using electric rental cars
Sample size	210 (196 are available)
Survey contents	Demographic and socio-economic characteristics of respondents, Characteristics of visiting Jeju Island, usage behavior of electric rental cars, usage behavior of charger, user satisfaction of electric rental cars

2. 변수 설명

전기렌터카 이용 만족도는 5점 리커트 척도와 100점 척도로 중복 조사하였고, 5점 리커트 척도를 기준으로 100점 척도를 가중한 것이 만족도 변수이다. 이러한 만족도를 사용하는 이유는 응답자마다 만족도에 대한 평가 기준이 상이하기 때문이다. 예를 들어, 5점 척도에서 ‘보통이다(3점)’라고 대답하고, 100점 척도에서 70점이라고 응답한 경우, ‘보통이다’가 40-60점이므로 이 응답은 1보다 작은 가중치를 부여하여 70점 보다 낮은 점수를 갖도록 만들 필요가 있다. 이를 위해 100점 척도 응답을 5개의 구간으로 나누고, 5점 리커트 척도 응답과 비교한 가중치를 사용하였다.

가중치는 Equation 1과 같이 계산한다. 100점 척도 만족도 응답을 1부터 5까지의 점수로 변환하고, 5점 척도 만족도 응답과의 차이의 절댓값을 구한다. 이 절댓값에 0.25를 곱한 값을 1에서 뺀 값이 가중치이다.

$$w = 1 - 0.25 \times |f(100 \text{ degree}/20) - 5 \text{ degree}| \quad (1)$$

where, w : Weight

100 degree : The satisfaction measured in 100point scale

5 degree : The satisfaction measured in 5point Likert scale

$f(\cdot)$: Flooring function at digit zero

가중 만족도는 100점 척도 응답 점수에 이 가중치를 곱하여 산출한다. 100점 척도 응답을 5점 척도로 변환한 값과 5점 척도 응답이 일치하면 가중치는 1의 값을 갖게 된다. 만약 일치하지 않으면, 일치하지 않는 정도에 따라, 가중치는 0.75, 0.5, 0.25, 0의 순으로 값을 가지게 되며, 가중만족도는 가중치를 곱하여 100점 척도 응답보다 작은 값을 갖도록 축소된다.

Weight satisfaction : $w \times 100 \text{ point}$

변수설명 요약은 Table 2와 같다. 전기렌터카 이용 만족도 분석을 위한 변수는, 종속변수로 전기렌터카 이용 만족도를, 독립변수로 전기렌터카 이용자 만족도에 영향을 줄 것으로 판단되는 충전소 회차 경험여부, 렌트 비용, 무료 충전 여부, 방문지역 범위, 대여 전기렌터카 차종, 사전 전기차 이용 교육 여부, 제주 방문횟수, 렌터카 대여횟수, 응답자 나이, 성별, 가구수입, 학력 변수를 선정하였다.

Table 2. List of variables of electric rental car user satisfaction

Variable	Description
Usage satisfaction	Drivers' satisfaction of using electric rental cars in Jeju Island; The satisfaction is measured in 100point scale and then weighted by another satisfaction measure based on 5point Likert scale for validity
Turning back experience dummy	Dummy for whether drivers had experiences of turning back to navigate other charging stations because of queue in a charging station (1=did, 0=did not)
Rental price	Total amount of rental price for electric rental cars
Free charging dummy	Dummy for whether a main reason for renting an electric vehicle (EV) instead of internal combustion engine vehicle is free charging promotion (1=is, 0=is not) Official charging cost is 173.8won/kWh for fast chargers
Number of visited districts	The number of districts in Jeju visited during the travel ($1 \leq \text{Number of visited districts} \leq 6$)
A Model dummy	Dummy for whether an electric rental car is A Model (1=A Model, 0=others, B Model is base)
C Model dummy	Dummy for whether an electric rental car is C Model (1=C Model, 0=others, B Model is base)
EV use orientation dummy	Dummy for whether drivers took an orientation session for the usage of EV and charger from rental car companies (1=did, 0=did not)
Visiting frequency	The number of visiting Jeju Island in the past five years
Rental frequency	The number of renting a car in Jeju Island in the past five years
Age	Age
Gender	Dummy for whether a survey respondent is male (1=male, 0=female)
Income	Monthly income at the household level
Years of education	The number of years of education in total
Perception changing 1	"I understand EVs better than before"
Perception changing 2	"I have more tendency to purchase an EV"
Perception changing 3	"I resolved range anxiety of EVs"
Perception changing 4	"I think that EVs have to be spread out over the country"
Perception changing 5	"I think that electric rental cars need to be assigned more in Jeju Island"

충전소 회차 경험 여부, 무료 충전 여부, 대여 전기렌터카 차종, 사전 전기차 이용 교육 여부는 더미변수로 처리하였다. 충전소 회차 경험 여부는 충전을 위해 방문한 충전소에서 먼저 온 차량으로 인해 충전을 하지 못하고, 다른 충전소로 차를 돌린(회차) 경우는 1의 값을 아닌 경우는 0의 값을 갖는 변수이며 만족도에 부정적인 영향을 줄 것으로

판단된다. 만약, 충전소에서 회차하지 않고 자신의 충전차량까지 대기를 한 경우에는 0의 값을 갖는다. 총 렌트비용은 전기렌터카 자차보험 비용을 포함하여, 대여기간 전체에 대한 총금액이다. 총 렌트비용이 적을수록 또한 전기차 충전비용이 무료일수록 만족도가 클 것으로 판단된다. 제주지역을 6개 권역으로 구분하여 방문한 권역수를 질문하였는데, 방문한 권역수와 전기차 이용거리는 비례할 것으로 판단되어 해당 변수를 포함하였고, 전기차 이용거리가 증가하면 할수록 충전이 보다 빈번하게 요구되므로 전기차 이용 만족도는 낮아질 것으로 예상된다. 대여 전기렌터카 차종은 3개 차종으로 한정하여 분석을 실시하였다(A Model, B Model, C Model). A Model이 1회 충전 주행거리가 가장 길고, C Model이 1회 충전 주행거리가 가장 짧다. 1회 충전 주행거리가 길면 길수록 만족도가 높을 것으로 판단되며, 주행거리 외에도 차량 제조사 브랜드 가치, 차량 형태의 차이도 각각 만족도에 영향을 미칠 것으로 사료된다. 사전 전기차 이용 교육 여부는 전기렌터카 대여 시 렌터카 직원으로부터 전기차 사용안내를 받은 경우 1의 값을 갖는 변수이며, 사전 이용 교육을 받을 경우 전기차를 보다 잘 이용할 수 있고, 문제가 발생한다 하더라도 잘 대처할 수 있기 때문에 보다 높은 만족도를 가질 것으로 판단된다.

방문횟수는 제주 최근 5년간 제주 방문횟수이고, 대여횟수는 최근 5년간 제주에서 렌터카를 대여한 횟수이다. 응답자 나이, 성별, 가구수입, 학력은 인구 및 사회경제적 변수로 회귀분석을 위한 기초적인 통제변수이다.

전기차에 대한 인식 변화 분석을 위해 추가되는 변수는, 5개의 인식 변화 변수이다. 인식 변화 변수들은 전기렌터카 이용 전·후를 비교하여 응답자의 전기차에 대한 인식이 변한 정도를 측정한다. 분석의 편리성을 위해, 7점 리커트 척도로 측정된 점수를 100점 척도로 변환하였다. 5개의 인식 변화에 대한 질문은 다음과 같다. ‘전기차 대한 이해가 높아졌다.’, ‘전기차 구매에 대해 관심이 높아졌다.’, ‘전기차 주행거리에 대한 불안감이 해소되었다.’, ‘전국적으로 더 많은 전기차가 보급될 필요성을 느꼈다.’, ‘제주에 더 많은 전기렌터카가 보급될 필요성을 느꼈다.’ 이다.

3. 자료 분석

3.2절에서 소개한 변수들의 기초통계량은 Table 3과 같고, 세부내용으로 평균, 표준편차, 최솟값, 최댓값을 제시하였다. 기초통계량을 살펴봄으로써 변수의 이상치 포함 여부와 분포를 파악할 수 있고, 이를 통해 보다 적절한 통계모형을 선정할 수 있다.

먼저, 전기렌터카 이용 만족도 분석을 위한 변수의 기초 통계량을 살펴보면, 먼저 전기렌터카 이용 만족도 평균은 66.81점, 표준편차는 23.40로 나타났다. 충전소 회차 경험 여부의 평균값은 0.37로, 응답자의 37%가 충전소의 혼잡으로 인해 다른 충전소를 찾은 것으로 나타났다. 총 렌트비용은 평균이 6.49만원, 표준편차가 2.46, 최솟값이 0.15만원, 최댓값이 15만원이다. 전기렌터카 무료 충전의 평균값은 0.17로, 응답자의 17%가 무료충전 프로모션을 통해 비용 부담 없이 전기렌터카를 충전하였다. 제주지역을 6개 권역으로 구분하여 방문한 권역수를 질문하였는데, 평균 3.12 권역을 방문한 것으로 나타났다. A Model 더미변수의 평균값은 0.48이다. 더미변수의 평균값은 해당자의 비율을 뜻하므로, 응답자의 48%가 A Model을 대여하였다. C Model은 응답자의 32%가 대여한 것으로 나타났다. 사전 전기차 이용교육 여부의 평균값은 0.64로, 응답자의 64%가 대여 시 전기차 이용교육을 받았다. 지난 5년간 제주 방문 횟수는 평균이 3.88회, 렌터카 대여횟수는 평균이 3.10회, 응답자 나이는 평균이 38.78세, 학력은 교육기간으로 환산하여 나타내었는데, 평균이 15.87년으로 나타났다. 학력은 대학원을 18년으로 우측검열(Right Censoring) 하였다.

다음으로, 전기차에 대한 인식 변화 분석을 위한 변수의 기초 통계량을 살펴보자. 인식 변화와 관련하여 ‘전기차 대한 이해가 높아졌다.’에 대한 평균은 70.66점이다. ‘전기차 구매에 대해 관심이 높아졌다’에 대한 평균은 66.15점이다. ‘전기차 주행거리에 대한 불안감이 해소되었다.’에 대한 평균은 55.36점이고, ‘전국적으로 더 많은 전기차가 보급될 필요성을 느꼈다.’에 대한 평균은 74.40점이다. 마지막으로 ‘제주에 더 많은 전기렌터카가 보급될 필요성을 느꼈다.’는 75.17점으로 나타났다. 50점을 기준으로, 50점 보다 낮으면 인식 변화가 부정적이고, 높으면 인식 변화가 긍정적인 것으로 해석할 수 있다. 따라서 인식 변화 3의 경우 인식 변화에 차이가 뚜렷하지 않지만, 나머지 4개의 인식 변화의 경우 ‘어느 정도’ 긍정적인 인식 변화가 있는 것으로 나타났다.

Table 3. Summary of descriptive statistics

Variable	Unit	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Usage satisfaction	100point	66.81	23.40	0	100
Turning back experience dummy	(0,1)	0.37	0.48	0	1
Rental price	10,000won	6.49	2.46	0.15	15
Free charging dummy	(0,1)	0.17	0.38	0	1
Number of visited districts	District	3.12	1.47	1	6
A Model dummy	(0,1)	0.48	0.50	0	1
C Model dummy	(0,1)	0.32	0.47	0	1
EV use orientation dummy	(0,1)	0.64	0.48	0	1
Visiting frequency	Number	3.88	3.28	1	20
Rental frequency	Number	2.82	1.51	1	8
Age	Year	38.78	8.92	23	66
Gender (male)	(0,1)	0.77	0.41	0	1
Income	Million won	4.21	1.74	0.5	9.5
Education years	Year	15.87	1.49	12	18
Perception changing 1	100point	70.66	23.01	0	100
Perception changing 2	100point	66.15	24.92	0	100
Perception changing 3	100point	55.36	25.56	0	100
Perception changing 4	100point	74.40	24.89	0	100
Perception changing 5	100point	75.17	25.51	0	100

모형 구축

전기렌터카 이용자가 전기차 충전소 대기수요로 인해 다른 충전소를 찾은 경험이 전기렌터카 이용 만족도에 주는 영향을 분석하기 위해 최소제곱 모형(Ordinary Least Squares, OLS)을 사용하고, 전기차 인식 변화에 주는 영향을 분석하기 위해 평균처리효과모형(Average Treatment Effect on the Treated, ATET)을 사용한다.

1. 최소제곱모형(OLS)

설문조사에서 만족도에 대한 항목은 주로 5점 또는 7점의 리커트 척도로 응답 설계된다. 이 경우, 만족도에 대해 가능한 통계분석은 기초통계량을 제시하거나 관심변수에 따른 교차분석을 하는 비교적 간단한 방법 또는 다항선택모형(Multinomial Choice Model)과 같은 복잡한 비선형 모형을 사용하는 방법 등이 있다. 그런데 만족도 점수를 연속형 변수인 100점 척도로 수집할 수 있다면, 만족도에 대한 최소제곱모형 추정이 가능하다. 최소제곱모형은 선형모형으로 추정과정이 간단하고, 설명변수와 오차항 간의 직교성(Orthogonality)이 성립할 때, 좋은 성질의 추정량을 제공한다. 또한 다수의 변수가 정규분포를 보이고 있어 최소제곱모형을 적용하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

이를 위해, 설문조사에서는 5점 척도와 함께 100점 척도의 전기렌터카 이용 만족도를 추가적으로 수집하고, 두 만족도가 일치되도록 가중 100점 척도를 새롭게 정의하였다.

전기렌터카 이용 만족도를 위한 최소제곱모형 추정을 위한 모형은 Equation 2와 같다.

$$Y = X\beta + \epsilon \quad (2)$$

where, $E(X\epsilon) = 0$

Y : Weighted usage satisfaction

X : (Turning back experience dummy, Rental price, Free charging dummy, The number of visited districts, EV model dummy, EV use orientation dummy, Visiting frequency, Rental frequency, Age, Gender, Household income, Education, ι), and $\iota = (1, \dots, 1)'$

Equation 2의 종속변수는 가중된 100점 척도 전기렌터카 이용 만족도이다. 설명변수는 전기렌터카 이용 만족도에 영향을 줄 것으로 예상되는 전기렌터카 관련 변수들 및 사회경제적 변수들이다. 분석의 주요 관심사는 전기렌터카 관련 변수들이 전기렌터카 이용 만족도에 미치는 영향을 추정하는 것이다.

2. 평균처리효과모형(ATET)

평균처리효과모형은 처리효과 추정을 위한 비모수적 방법론으로, 경제, 경영, 교육, 행정, 심리학 등 사회과학 전반에 걸쳐 폭넓게 사용되고 있다. 처리효과는 이원적 선택상황에서 선택과 비선택에 따른 반응변수의 차이로 정의한다(Lee, 2016). 본 연구에서 처리효과는 전기차 충전소 회차 경험이 있는 경우와 없는 경우의 전기차 인식 변화에 대한 차이이다. 그런데 한 개인에 대해 상반되는 두 가지 상태를 동시에 관측할 수 없으므로, 회차 경험이 있는 한 개인과 가장 비슷한 특징을 갖는 회차 경험이 없는 개인을 매칭하여 전기차 인식 변화의 차이를 구할 수 있다. 매칭을 위해 나이, 학력 등의 개인에 대한 기본적인 변수를 포함하여, 연구의 목적에 맞는 다양한 변수를 활용할 수 있다. 본 연구에서는 매칭을 위해, 충전소 회차 경험 여부를 제외한 최소제곱모형의 설명변수를 사용할 수 있다. 그런데, 매칭을 위한 변수가 많을수록 모든 변수에서 서로 유사한 특성을 갖는 짝을 찾기가 힘들어지고, 매칭을 위해 요구되는 표본수가 기하급수적으로 늘어난다는 한계가 있다. Rosenbaum and Rubin(1983)은 다차원의 매칭변수를 1차원의 성향점수(Propensity Score)로 바꾸어 가장 유사한 점수를 갖는 개인들을 매칭하는 성향점수매칭을 제안하였다. 이 방법은 매칭변수가 많은 경우에도 유사한 특징을 갖는 개인들을 매칭할 수 있고, 요구되는 표본수도 적다는 장점으로 인해 평균처리효과모형의 추정을 위해 가장 널리 사용되는 방법 중 하나이다. 따라서 성향점수매칭을 이용하여 한 개인에 대한 처리효과를 구하는 과정을, 전기차 충전소 회차 경험이 있는 모든 개인들에게 적용하고, 그 평균을 구하면 평균처리효과가 추정된다.

평균처리효과모형의 수학적 정의는 Equation 3과 같다. η 는 반응변수로, 전기렌터카 이용 후 전기차에 대한 인식 변화이다. $\eta_1 - \eta_0$ 는 처리효과로, 회차 경험 유무에 따른 전기차 인식 변화의 차이이다. $p(W)$ 는 성향점수이고, W 는 성향점수를 구하기 위해 사용된 매칭변수이다. W 는 총 렌트비용, 무료충전 여부, 방문권역 범위, 대여차량 차종, 사전 전기차 이용교육 여부, 방문횟수, 대여횟수, 나이, 성별, 가구수입, 학력이다. $D=1$ 은 전기차 충전소 회차 경험이 있음을 뜻한다. Equation 3은 전기차 충전소 회차 경험이 있는 각 개인들에 대해 성향점수매칭을 통해 짝을 구하고, 전기차 인식 변화의 차이의 평균을 구함을 의미한다.

$$ATET: E(\eta_1 - \eta_0 \mid p(W), D=1) \quad (3)$$

where, η_1 : Degree of perception changing on the treated

η_0 : Degree of perception changing on the untreated

$p(\cdot)$: Propensity score in the probit model

W : (Turning back experience dummy, Rental price, Free charging dummy, The number of visited districts, EV model dummy, EV use orientation dummy, Visiting frequency, Rental frequency, Age, Gender, Household income, Education, ι), $\iota = (1, \dots, 1)'$, and D =Turning back experience dummy

단, Equation 3이 성립하기 위해서는 Equation 4는 조건부 독립가정(Conditional Independent Assumption, CIA)이 전제되어야 한다. 조건부 독립가정에 따르면, 성향점수매칭 이후 전기차 인식 변화와 충전소 회차 경험은 서로 임의적(Random)으로 결정되어야 한다. 다시 말해, 성향점수매칭 과정에서 통제된 변수들인 W 외에 어떤 다른 요인들이, 회차 경험인 D 와 전기차 인식 변화인 η_0, η_1 에 대해 통계학적으로 유의미한 상관관계를 갖는 경우 Equation 3은 성립하지 않는다.

$$CIA: \eta_0, \eta_1 \perp D \mid p(W) \quad (4)$$

where, $\perp$: Orthogonal

Equation 3은 모집단에 대한 식으로, 표본에서 이를 추정하면 Equation 5가 된다. Equation 5에서 N_1 은 회차 경험이 있는 개인의 수이다. Equation 5의 의미는 충전소 회차 경험이 있는 개인들의 전기차 인식 변화의 평균과 이 개인들과 가장 유사한 특징을 갖는 회차 경험이 없는 개인들의 전기차 인식 변화의 평균의 차이가 평균처리효과(추정량(Estimator))임을 뜻한다. 이는 충전소 회차 경험이 있는 개인들에 대해, 회차 경험유무에 따른 전기차 인식 변화의 차이인 처리효과를 먼저 계산하고, 그 평균을 계산하는 것과 통계적으로 동일하다.

$$\widehat{ATE} = \frac{1}{N_1} \left(\sum_{i=1}^{N_1} \eta_{1,i} - \sum_{j=1}^{N_1} \eta_{0,j} \mid D=1 \right) \quad (5)$$

where, N_1 : Sample size of treated group

i : Individual in treated group

j : Individual in controlled group

평균처리효과모형을 사용하면, 전기차 충전소 회차 경험이 전기차 인식 변화에 주는 영향을 보다 정확하게 추정할 수 있다. 왜냐하면 회차 경험 유무에 따른 집단 간 전기차 인식 변화의 차이의 평균을 비교하기 위해서는 일반적으로 단순평균을 활용하는데, 평균처리효과모형은 기본 특징들을 통제하여 처리함으로써 기존 모형이 갖는 단점을 보완할 수 있기 때문이다. 예를 들어, 회차 경험이 있는 경우는 주로 젊은 세대일 가능성이 크다. 따라서 회차 경험에 따른 집단 간 전기차 인식 변화의 차이 평균에는 통제되지 않은 나이의 효과도 함께 포함될 가능성이 크다. 전기차 인식 변화를 종속변수로 하고, 응답자 기본특성과 전기렌터카 이용행태 및 충전소 회차 경험 유무를 설명변수로 하는 최소제곱모형을 추정하는 방법의 경우 평균처리효과모형의 추정을 위한 매칭과정에서 사용된 변수들을 동일하게 통제할 수 있다는 장점이 있다. 이 경우 통제된 변수들이 인식 변화에 주는 직접적인 영향력을 제외시킬 수 있다. 그러나 충전소 회차 경험이 설명변수에 영향을 미치고, 그 영향이 다시 전기차 인식 변화에 영향을 주는 간접효과를 통제하지 못하기 때문에 정확한 추정을 위해서는 평균처리효과 모형을 적용할 필요가 있다.

추정결과

1. 최소제곱모형(OLS) 추정 결과

전기렌터카 이용 만족도에 대한 최소제곱 모형을 추정한 한 결과는 Table 4와 같다. 전기렌터카 이용 만족도 모형 추정 결과는 통계적으로 유의한 것으로 나타났고(F statistic=4.479, P-value=0.000), 모형의 적합도, 개별 변수의 부호 등이 비교적 적절한 수준으로 추정되었다.

전기렌터카 이용 만족도 관련 변수들의 추정결과는 다음과 같다. 최소제곱 모형의 추정결과에서 충전소 회차 경험 여부의 계수값은 -12.726인 것으로 나타났다. 이 추정값의 T 검정통계량은 -3.783으로 99.9% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 이 추정결과는 충전대기로 인해 다른 전기차 충전소를 찾은 경험이 있는 전기렌터카 이용자의 만족도가, 충전대기를 하지 않거나 충전대기를 하더라도 다른 전기차 충전소를 찾지 않은 이용자의 만족도보다 12.726점이 낮다는 것을 의미한다. 전기렌터카 무료충전 여부의 계수값은 7.336으로 추정되었고, 90% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 전기차 차종에 따른 차이도 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. A Model 대여자는 B Model 대여자에 비해 만족도가 7.050점 높은 것으로 나타났고, C Model 대여자는 B Model 대

여자에 비해 만족도가 16.213점 낮은 것으로 나타났다. 만족도 점수 차이는 1회 평균 주행거리 차이, 전기차 제조사 브랜드 가치, 개인의 선호 차량 유형 등에 기인한 것으로 판단된다. 다만, 이러한 차이가 상온 기준 1회 평균 주행거리 차이로 인해 발생한다고 가정하고 단위 주행가능거리당 만족도를 산출해보면 A Model과 B Model 사이에서는 0.16점/km, B Model과 C Model 사이에서는 1.01점/km으로 차이가 큰 것으로 나타났다. 이 결과는 주행가능거리가 적으면 적을수록 이동에 제약을 받고, 충전에 시간을 더 많은 소요해야하는 상황이 반영된 것으로 판단된다.

개인적 특성과 관련한 변수 중에서 통계적 유의성을 갖는 변수는 나이와 학력인 것으로 나타났다. 나이가 적을수록, 학력이 높을수록 전기차 이용 만족도가 높은 것으로 나타났다. 나머지 변수들은 통계적 유의성이 확보되지 않은 것으로 나타났다. 다만, 총 렌트비용을 제외한 모든 계수의 부호는 가설과 일치하는 것으로 나타났다.

Table 4. Results of electric rental cars usage satisfaction regression

(N=196, R²=0.24, Adj-R²=0.19)

Variable	Coefficient	Standard Err.	T-stat	P-value
Dependent: usage satisfaction				
Turning back experience dummy	-12.726	3.364	-3.783	0.000
Rental price (10,000won)	0.296	0.645	0.459	0.647
Free charging dummy	7.336	4.065	1.805	0.072
Number of visited districts	-0.314	1.091	-0.288	0.773
A Model dummy	7.050	4.240	1.663	0.098
C Model dummy	-16.213	4.602	3.523	0.000
EV use orientation dummy	3.141	3.390	0.926	0.355
Visiting frequency	-0.325	0.507	-0.641	0.522
Rental frequency	-0.509	1.037	-0.491	0.624
Age	-0.479	0.191	-2.511	0.012
Gender (male)	1.591	3.793	0.419	0.675
Income (million won)	0.774	1.030	0.751	0.453
Education years	1.992	1.118	1.782	0.076
Constant	54.098	19.021	2.844	0.004

2. 평균처리효과모형(ATET) 추정 결과

충전회차 경험유무가 전기차 인식 변화에 주는 차이에 대한 평균처리효과모형을 추정한 결과는 Table 5와 같다.

Table 5에서 매칭 전은 충전소 회차 경험이 있는 이용자와 회차 경험이 없는 이용자 간의 전기차 인식 변화에 대한 평균의 차이이다. 매칭 후는 충전소 회차 경험이 있는 이용자들의 전기차 인식 변화와 이들이 회차를 경험하지 않았을 때를 가정한 전기차 인식 변화 간의 차이의 평균이다. 정리하면, 매칭 전은 두 집단 간의 인식 변화의 모평균 차이를 추정한 것이고, 매칭 후는 충전소 회차 경험이 있는 집단에 대한 처리효과인 회차 경험 유무에 따른 인식 변화의 차이의 평균을 추정한 것이다.

평균처리효과모형의 추정결과를 살펴보면 매칭 전·후 충전소 회차 경험 집단과 비 경험 집단 사이에서, 5개의 인식 변화 모두에서 통계학적으로 유의미한 차이가 발생하였다. 특히, 매칭 후에는 인식 변화 3을 제외한 나머지 4개의 인식 변화가 더 부정적으로 변하는 것으로 나타났다. 인식 변화 1은 전기차에 대한 이해도 상승으로, 매칭 전 -7.7점에서 매칭 후 -11.9점으로 차이가 -4.2점 늘어났다. 인식 변화 2는 전기차 구매에 대한 관심도 상승으로, 매칭 전 -11.4점에서 매칭 후 -15.2점으로 차이가 -3.8점 늘어났다. 인식 변화 3은 전기차 주행거리 불안감 해소로, 매칭 전 -13.3점에서 -13.9점으로 차이의 변동이 발생하지 않았다. 인식 변화 4는 전기차 전국보급 확대 필요로, 매칭 전 -9.2점에서 매칭 후 -15.8점으로 차이가 -6.6점 늘어났다. 인식 변화 5는 전기렌터카 제주보급 확대 필요성으로, 매칭 전 -11.1점에서 매칭 후 -18.2점으로 차이가 -7.1점 늘었다.

평균처리효과모형의 추정결과를 정리하면 다음과 같다. 첫째, 전기차에 대한 이해도와 전기차 구매에 대한 관심도는 전기차 충전소 회차 경험이 있는 집단이 회차 경험이 없는 집단에 비해 낮은 것으로 나타났고, 회차 경험자가 회차 경험을 하지 않았을 때의 상황을 가정하여 비교하면 그 차이가 조금 더 악화되는 것으로 나타났다. 둘째, 전기

차 1회 충전 주행거리에 대한 불안감은 전기차 충전소 회차 경험이 있는 집단이 더 부정적인 것으로 나타났다. 셋째, 전기차 전국보급 확대 필요성과 전기렌터카 제주보급 확대 필요성은 회차 경험이 있는 집단이 회차 경험이 없는 집단에 비해 낮은 것으로 나타났고, 회차 경험자가 회차 경험을 하지 않았을 때의 상황을 가정하여 비교하면 그 차이가 더욱 악화되는 것으로 나타났다.

Table 5. Perception change before and after matching

Matching	Perception	Treated	Controls	Difference	Std. Err.	T-stat*
Before	1	65.18	72.86	-7.68	3.61	-2.13
	2	58.04	69.42	-11.39	3.87	-2.26
	3	45.83	59.17	-13.33	3.94	-3.39
	4	67.86	77.02	-9.17	3.89	-2.45
	5	67.26	78.33	-11.07	3.97	-2.79
After	1	65.18	77.08	-11.90	5.11	-2.04
	2	58.04	73.21	-15.18	5.49	-2.77
	3	45.83	59.82	-13.99	6.00	-2.75
	4	67.86	83.63	-15.77	5.59	-2.82
	5	67.26	85.42	-18.15	5.68	-3.06

*T-stat after matching is bootstrap Z-stat

결론 및 시사점

본 연구는 전기렌터카 이용자가 전기차 충전소 대기차량으로 인해 다른 전기차 충전소로 회차(回車)한 경험이 전기렌터카 이용 만족도와 전기차에 대한 인식 변화에 미치는 영향을 분석하였다. 이를 위해 전기렌터카 이용 만족도에 대한 최소제곱모형(OLS)과 전기차 인식 변화에 대한 평균처리효과모형(ATET)을 설계하였다. 최소제곱모형에서는 회차 경험 유무가 전기렌터카 이용 만족도에 미치는 영향을 추정하였고, 평균처리효과모형에서는 회차 경험 이용자들이 회차 경험을 하지 않았을 때를 가정하여 두 상황에서 전기차에 대한 인식 변화 차이의 평균을 추정하였다.

추정결과는 다음과 같다. 최소제곱모형에서는 충전소 회차 경험은 전기렌터카 이용 만족도에 부정적인 영향을 미치고, 그 영향력이 큰 것으로 나타났다. 반면 전기차 충전 비용은 이용 만족도에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 대여차량에 따라 전기렌터카 이용 만족도의 차이가 나타났다. 이러한 차이는 1회 평균 주행거리 차이, 전기차 제조사 브랜드 가치, 개인의 선호 차량 유형 등에 기인한 것으로 판단된다. 평균처리효과모형에서는 전기렌터카 이용자들이 충전대기 차량으로 인해 다른 충전소로 회차를 할 경우, 충전대기 차량이 없거나 회차를 하지 않은 이용자들 보다, 전기차에 대한 이해도, 전기차에 구매에 대한 관심도, 전기차 주행거리 불안감, 전기차 전국보급 확대 필요성, 전기렌터카 제주보급 확대 필요성의 5개 인식 변화가 부정적인 것으로 나타났다. 회차 경험자가 회차 경험을 하지 않았을 때의 상황을 가정하면, 전기차 주행거리 불안감을 제외한 나머지 4개 인식 변화가 더욱 부정적으로 변하는 것으로 나타났다.

본 연구는 전기렌터카 이용자에 대한 국내 첫 실증연구로서 수행되었고, 전기차 충전소 회차경험이 전기차 이용자 만족도에 미치는 영향을 정량적으로 도출하였다는 학술적인 가치를 갖는다. 향후 연구로서 전기렌터카 이용 만족도에 영향을 주는 요인(전기차, 환경, 경제 등에 대한 성향)을 추가적으로 반영하여 모형의 설명력을 높일 필요가 있고, 전기차 배터리의 성능이 계절적 요인(외부온도, 히터작동 여부 등)에 크게 영향을 받기 때문에 겨울철을 대상으로 연구가 수행될 필요가 있다.

본 연구의 결과는 전기렌터카 이용자들의 충전소 회차 경험이 최소화되도록 정책적 접근이 필요함을 뒷받침한다. 정책 대안으로 첫째, 충전소 대기수요를 낮추기 위해 전기렌터카 보급계획에 따라 필요한 개방형 충전기 수요를 선제적으로 파악하여 더 많은 개방형 충전기를 적시에 확충할 필요가 있다. 제주지역의 경우 전기차 보급 목표가 명확히 실정되어 있으므로 사전에 충전소 인프라 규모를 산정하여 체계적인 대응이 필요하다. 둘째, 숙박업소 내 충전기 설

치를 장려하여 전기렌터카의 개방형 충전기 이용 수요를 줄여나갈 필요가 있다. 공공 주도로 숙박업소를 대상으로 충전기 설치를 지원하거나, 민간에서 자발적으로 충전기를 구축할 수 있는 유인책을 제시할 필요가 있다. 셋째, 전기차 충전소와 관련한 충분한 정보가 제공될 필요가 있다. 전기렌터카 이용자가 이용하고자 하는 충전소의 충전기별 충전가능 여부, 만약 충전이 어렵다면 즉시 이용 가능한 다른 충전소를 안내할 수 있는 시스템을 개발하여 전기렌터카 이용자의 충전소 회차 경험을 사전에 방지할 필요가 있다. 전기렌터카 대여 과정에서 전기렌터카 사업자가 전기렌터카 이용자에게 충전소 충전가능 여부, 위치정보 검색방법 등을 사전교육 할 수 있도록 제도화할 필요가 있다.

Funding

This research is sponsored in part by Jeju Special Self-Governing Province, South Korea.

알림

본 논문은 대한교통학회 제77회 학술발표회(2017.9.29)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

ORCID

KANG, Young Jun <http://orcid.org/0000-0003-1056-1787>

SON, Sanghoon <http://orcid.org/0000-0003-0971-1127>

KIM, Suwan <http://orcid.org/0000-0001-5493-5280>

TAK, Hwajeong <http://orcid.org/0000-0002-7998-9506>

References

- Hahn J. S., Lee J. H. (2016), Analysis of Green Vehicle Purchasing Behavior Using Logit Model, J. Korean Soc. Transp., 34(2), Korean Society of Transportation, 135-145.
- Hahn J. S., Lee J. H. (2018), Market Segmented Analysis of Electric Vehicle Purchasing Behavior in Seoul, J. Korean Soc. Transp., 36(2), Korean Society of Transportation, 129-140.
- Jeju Research Institute (2017), Jeju Monthly EV Report (May), Jeju Research Institute, Jeju, South Korea.
- Jeju Research Institute (2017), Survey of Electric Rental Cars Usage Behavior, Jeju Research Institute, Jeju, South Korea.
- Jeju Special Self-Governing Province (2016), A Plan of Expansion of EV Supply in Second Half of 2016, Jeju Special Self-Governing Province Press Releases, Jeju, South Korea.
- Karbowska-Chilinska J., Zabielski P. (2017), Maximization of Attractiveness EV Tourist Routes, In IFIP International Conference on Computer Information Systems and Industrial Management, Computer Information Systems and Industrial Management: Proceedings of 16th IFIP TC8 International Conference, 514-525.
- Lee M. J. (2016), Matching, Regression Discontinuity, Difference in Differences, and Beyond, Oxford University Press, New York, U.S.A.
- Park K. H., Jeon H. M., Jung K. C., Son B. S. (2017), Charging Behavior Analysis of Electric Vehicle, J. Korean Soc. Transp., 35(3), Korean Society of Transportation, 210-219.
- Rosenbaum P. R., Rubin D. B. (1983), The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects, Biometrika, 70(1), 41-55.