

순서형 프로빗 모형을 이용한 렌터카 사고 심각도 영향요인 분석

Risk Factors Affecting the Injury Severity of Rental Car Accidents in South Korea : an Application of Ordered Probit Model

권 영 민* · 장 기 태** · 손 상 훈***

* 주저자 : 한국과학기술원 조천식녹색교통대학원 박사과정

** 공저자 : 한국과학기술원 조천식녹색교통대학원 부교수

*** 교신저자 : 제주연구원 책임연구원

Yeong min Kwon* · Ki tae Jang** · Sang hoon Son***

* The Cho Chun Shik Graduate School of Green Transportation., KAIST

** The Cho Chun Shik Graduate School of Green Transportation., KAIST

*** Jeju Research Institute

† Corresponding author : Sang hoon Son, ssanghoon.son@gmail.com

Vol.17 No.3(2018)

June, 2018

pp.01~17

ISSN 1738-0774(Print)

ISSN 2384-1729(On-line)

<https://doi.org/10.12815/kits>

2018.17.3.01

Received 5 April 2018

Revised 10 May 2018

Accepted 29 May 2018

© 2018. The Korea Institute of
Intelligent Transport Systems. All
rights reserved.

요 약

렌터카 차량의 교통사고 발생건수 및 사망자 수는 꾸준히 증가하는 추세를 보이며, 사고로 인한 사망률 또한 일반 승용차 및 영업용 택시보다 높다. 본 연구는 전국을 대상으로 2010년부터 2014년까지 발생한 렌터카 사고 데이터를 분석하여 사고 심각도에 영향을 미치는 요인들을 도출하였다. 사고 심각도와 관련된 17개 변수를 렌터카 사고 데이터로부터 추출하였으며 이를 4가지(인적, 차량, 도로 및 환경) 요인으로 구분한 후 순서형 로짓 모델을 적용하여 통계적으로 분석하였다. 분석 결과, 운전자 연령, 교차로 형태, 사고 발생 요일을 제외 한 나머지 14개 변수가 렌터카 사고 심각도에 영향을 미치는 요인으로 통계적 유의성이 있는 것으로 분석되었다. 연구결과는 다음과 같이 요약될 수 있다. 첫째, 거주 지역이 아닌 곳에서 발생한 렌터카 사고의 심각도가 더 큰 것으로 나타났다. 둘째, 일반 도로 대비 고속도로 렌터카 사고, 과속 및 11대 중과실 위반 등 법규 위반 관련 렌터카 사고의 경우 사고 심각도가 더 큰 것으로 나타났다. 셋째, 지리적으로 익숙하지 않은 렌터카 운전자 특성상 도로 기하구조가 복잡하며, 운전자의 시야가 분산되는 커브구간 등에서의 사고 심각도가 높게 나타났다. 넷째, 지역별로 렌터카 사고 심각도에 차이가 있으나, 2010년 이후 사고 심각도는 전반적으로 감소하고 있는 것으로 나타났다. 본 연구의 결과는 향후 렌터카 사고 심각도를 줄이기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각한다.

핵심어 : 렌터카 사고, 사고심각도, 순서형 프로빗 모형, 대여자동차, 교통안전

ABSTRACT

Over the past five years (2010-2014), the total number of traffic accidents has decreased from 226,878 to 223,552 with decrease of 0.37 percent each year. The death toll has also decreased from 5,505 to 4,762. However, the number of rental car accidents and fatalities has been steadily increased. Despite of its growth, no previous study has been conducted on rental car accident severity. This study analyzed data of 18,050 rental car accidents in South Korea collected from 2010 to 2014 and then processed in order to identify which factors could affect the accident

severity. Seventeen factors related to rental car accident severity were grouped into four categories: driver, vehicle, roadways and environment. As a result of the ordered probit model analysis, fourteen variables excluding age, intersection, and day of week were found to affect the severity of rental car accidents. The results of the study summarized as follows. First of all, violation of traffic regulations such as speeding increase the severity of rental car accidents. Secondly, rental accident severity is higher at curved sections of complicated roadway, which the driver's field of view is impaired. The results of this study can be used to reduce the severity of rental car accidents in transportation safety.

Key words : Rental car accident, Severity, Ordered probit model, Rent-a-car, Traffic safety

I. 서 론

대한민국 렌터카¹⁾ 시장은 레저활동의 증가, 경제성장, 자동차 모델의 다각화 및 교체주기 감소 등으로 급격히 증가하고 있다. 그 결과, 2010년 257,751대였던 렌터카 등록 대수는 2014년 425,587대로 가파르게 증가하였다. 2010년 4,169건에 불과했던 렌터카 사고는 2011년 4,492건, 2012년 5,398건, 2013년 5,340건, 2014년 5,639건으로 해마다 꾸준히 증가하고 있는 추세이다. 이는 지난 5년간(2010-2014년) 전체 교통사고 발생 건수가 226,878건에서 223,552건으로 감소하는 추세와 뚜렷이 대비되며, 전체 교통사고 중 렌터카 사고가 차지하는 비율 또한 증가하고 있다.

렌터카 사고는 일반 교통사고 추세와 달리 증가 추세에 있을 뿐만 아니라, 사고 심각도 또한 높아 중요한 사회적 문제로 주목받고 있다. 경찰 DB 자료를 바탕으로 2005-2014년 발생한 차량별 사고 100대당 사망자 수를 분석한 결과 렌터카 사고 사망자 수는 2.13명으로, 같은 기간 사업용 차량인 택시사고의 사망자 수 0.96명의 약 2배이며, 일반 승용차 사고 사망자 수 2.10명보다도 높은 것으로 나타났다.

렌터카 사고의 증가는 심각한 사회적·경제적 문제를 야기한다. 하지만, 일반 차량을 대상으로 한 교통안전 연구는 많이 수행된 반면 렌터카 사고에 대한 연구는 극히 적은 실정이다. 또한, 교통사고분석시스템(Traffic Accident Analysis System, TAAS) 및 경찰 DB 자료에는 가해 운전자 차량용도별 교통사고에 대한 기본적인 정보(발생 건수, 사망자 수 및 부상자 수 등)만 제공하고 있을 뿐이다. 따라서 렌터카 사고 심각도에 대한 원인을 명확히 분석하는 연구가 시급히 요구된다. 이를 위해 본 연구에서는 렌터카 사고 심각도에 영향을 미치는 요인을 통계모형을 사용하여 도출하고자 한다. 아울러 분석결과를 일반 차량의 교통사고 심각도를 대상으로 수행한 기존 연구의 분석결과와 비교하고자 한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 사고 심각도와 관련된 문헌연구를 수행하였다. 분석을 위한 렌터카 사고 데이터 기술 및 연구방법론은 3장에서 서술하였으며, 순서형 프로빗 모형을 활용한 사고 심각도 연구 결과는 4장에서 제공된다. 마지막 5장에서는 렌터카 사고 심각도 감소방안 및 향후 연구 과제를 서술하였다.

II. 선행연구

교통사고 심각도에 영향을 주는 요인과 그 관계를 밝혀내기 위해 지금까지 다수의 연구가 수행되었다. <Table 1>은 저자, 연구년도, 분석대상, 사고 심각도 수준 및 분석방법론을 요약하였다. 지금까지 수행된 대부분의 연구

1) '렌터카'는 여객자동차 운수사업법의 자동차 대여사업에 근거하여 다른 사람의 수요에 응하여 유상으로 대여되는 자동차로 정의됨. '대여자동차' 혹은 '대여사업용 자동차'로 알려져 있음

들은 사고 심각도의 원인을 밝히기 위해 서열척도의 종속변수들을 사용하였으며(e.g. property damage only, possible injury, evident injury, and fatality), 독립변수로는 운전자, 도로, 환경, 사고 및 차량에 관련된 요인들을 고려하였다. 또한, 주요 분석 방법론으로는 순서형 로짓 모형 혹은 순서형 프로빗 모형이 사용되었다.

〈Table 1〉 Summary of literature review

Author & year	Analysis target	Injury severity levels	Econometrics model
Shankar et al., 1996	Accident (Rural freeways)	<ul style="list-style-type: none"> • Property damage only • Possible injury • Evident injury • Disabling injury or fatality 	Nested logit model
O'donnell and Connor, 1996	Motor vehicle	<ul style="list-style-type: none"> • Non-treated injury • Treated injury • Admitted injury • Death 	Ordered logit & probit model
Zajac and Ivan, 2003	Pedestrian crashes	<ul style="list-style-type: none"> • No injury • Probable injury, but no visible • Not disabling injury, but visible • Disabling injury • Fatality 	Ordered probit model
Kockelman and Kweon, 2002	Driver (all crash types, two-vehicle crashes, and single-vehicle crashes)	<ul style="list-style-type: none"> • No injury • Not severe injury • Severe injury • Death 	Ordered probit model
Abdel-Aty, 2003	Driver (roadway sections, signalized intersections, and toll plazas)	<ul style="list-style-type: none"> • No injury • Possible injury • Evident injury • Severe/fatal injury 	Ordered probit model
Yamamoto and Shankar, 2004	Driver's and passenger's	<ul style="list-style-type: none"> • Property damage only • Possible injury • Evident injury • Disabling injury • Fatality 	Bivariate ordered-response probit model
Lee and Abdel-Aty, 2005	Vehicle-Pedestrian crashes at intersections	<ul style="list-style-type: none"> • No injury • Possible injury • Non-incapacitating evident injury • Incapacitating injury • Fatal injury 	Ordered probit model
Pai, 2009	Motorcyclist (angle crashes at T-junctions)	<ul style="list-style-type: none"> • Slight injury • Serious injury • Fatal injury 	Binary logistic model
Xie et al., 2009	Crash	<ul style="list-style-type: none"> • No injury • Possible injury • Non-incapacitated injury • Capacitated injury • Fatal injury 	Bayesian ordered probit model
Eluru et al., 2008	Crash (pedestrian and bicyclist)	<ul style="list-style-type: none"> • No injury • Possible injury • Non-incapacitated injury • Incapacitating injury • Fatal injury 	Ordered response model
Gray et al., 2008	Crash (involving young male drivers)	<ul style="list-style-type: none"> • Slight injury • Serious injury • Fatal injury 	Ordered probit model

Author & year	Analysis target	Injury severity levels	Econometrics model
Klop and Khattak, 1999	Bicycle crash	<ul style="list-style-type: none"> • No injury • No visible injury • Non-incapacitated injury • Incapacitating injury • Fatal injury 	Ordered probit model
Jang et al., 2013	Pedestrian	<ul style="list-style-type: none"> • Property damage only • Slight injury • Visible injury • Severe injury • Fatal 	Ordered probit model
Kim et al., 2007	Bicyclist	<ul style="list-style-type: none"> • Possible or no injury • Non-incapacitating injury • Incapacitating injury • Fatal 	Multinomial logit model

운전자 특성은 성별, 나이, 안전벨트 착용여부 및 음주운전 여부 등으로 구성된다(Abdel-Aty, 2003; Andrey and Yagar, 1993; Gray et al., 2008; Kockelman and Kweon, 2002). 도로요인으로는 도로 종류, 도로 형태, 신호 등 상태 및 교차로 여부 등이 고려되었다(O'donnell and Connor, 1996; Pai, 2009; Xie et al., 2009). 차량특성으로는 차량연식, 크기 등의 변수들이 고려되었으며(Abdel-Aty, 2003; Andrey and Yagar, 1993; Pai, 2009; Xie et al., 2009; Yamamoto and Shankar, 2004), 사고 및 충돌 특성으로는 사고종류, 법규위반 내용, 사고직전 속도, 과속여부, 사고관련 차량 대수 등의 변수가 사용되었다(Abdel-Aty, 2003; Kim et al., 2007; Klop and Khattak, 1999; Kockelman and Kweon, 2002; Levitt and Porter, 2001; Yamamoto and Shankar, 2004). 마지막 환경요인으로는 사고 발생 시간, 날씨, 계절 및 운전자 거주지 등이 포함되었다(Eluru et al., 2008; Gray et al., 2008; Shankar et al., 1996).

기존 문헌연구에서는 다양한 요인들이 사고 심각도에 영향을 미치고 있음을 제시하고 있다. 일반적으로 대부분의 연구들에서 여성 운전자보다 남성 운전자의 사고 심각도가 높게 나타났다(Eluru et al., 2008; O'donnell and Connor, 1996; Yamamoto and Shankar, 2004). 그러나 동일한 요인이라 할지라도 연구에 따라 상이한 영향을 주고 있다는 주장도 제시되고 있다. 예를 들어, 도로구간(roadway sections)에서의 사고 심각도를 분석한 Abdel-Aty(2003)는 남성 운전자의 사고 심각도가 여성 운전자와 비교하였을 시 상대적으로 낮게 나타났다. 이는 남성 운전자의 육체적 우위 때문이라 결론을 내렸다. 성별뿐만 아니라, 날씨와 같은 변수들도 사고 상황 및 주체에 따라 결과가 달라짐을 확인할 수 있었다(Christoforou et al., 2010).

지금까지 사고 심각도와 관련된 많은 연구가 수행되었고, 많은 연구를 통해 심각도에 영향을 주는 요인에 다양한 해석이 제시되고 있음에도 불구하고, 렌터카를 대상으로 하는 교통안전 연구는 극히 미미하게 수행되었다. 특히, 렌터카 사고 심각도에 대한 요인분석은 렌터카의 비중이 높아지고 있는 현재 상황에도 불구하고 저자가 조사한 범위 내에서는 이루어지지 않았다. 이에 본 연구에서는 대한민국에서 발생한 렌터카 사고 데이터를 사용하여 렌터카 사고 심각도에 영향을 미치는 요인들을 도출하고 분석하고자 한다. 아울러 분석 결과를 일반차량의 사고 심각도를 대상으로 수행된 기존연구의 분석결과와 비교하고자 한다.

Ⅲ. 렌터카 교통사고 데이터

1. 데이터 수집

본 연구는 렌터카 사고 심각도에 영향을 미치는 요인들을 분석하기 위하여 2010년부터 2014년까지 대한

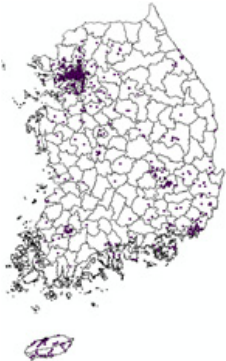
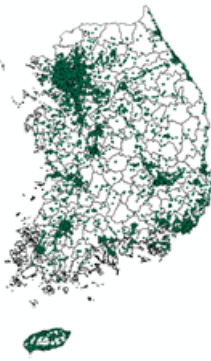

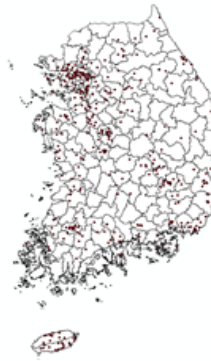
민국에서 발생한 렌터카 사고통계 자료를 수집하여 활용하였다. 우리나라의 교통사고통계는 경찰 교통사고 처리 자료를 근거로 작성되며, 도로교통법 제2조에 규정하는 도로에서 차의 교통으로 인하여 발생한 인적 피해를 수반하는 교통사고를 말한다. 분석을 위해 지난 5년간(2010-2014년) 발생한 렌터카 운전자 1명당 1건인 모든 렌터카 사고(25,038건) 정보를 수집하였으며, 성별, 부상정도, 사고유형 등 일부 정보가 미 기입된 6,988건을 제외한 18,050건(전체 렌터카 사고의 약 72.1%)을 최종 분석에 사용되었다. 최종분석에 사용된 데이터와 제외된 데이터의 특성은 크게 다르지 않은 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 사용된 데이터는 대한민국에서 발생한 렌터카 사고 특성을 대변하고 있다.

2. 렌터카 사고 추세 분석

우리나라는 교통사고 심각도를 크게 4가지 유형으로 구분하고 있으며, 각 유형에 대한 정의는 다음과 같다. (1) 부상신고(Injury report): 교통사고로 인하여 5일 미만의 치료를 요하는 부상을 입은 경우, (2) 경상사고(Minor injury): 교통사고로 인하여 5일 이상 3주 미만의 치료를 요하는 부상을 입은 경우, (3) 중상사고(Severe injury): 교통사고로 인하여 3주 이상의 치료를 요하는 부상을 입은 경우, (4) 사망사고(fatality): 교통사고 발생 시로부터 30일 이내에 사망한 경우. 본 연구에서 분석된 18,050건의 렌터카 사고 중 부상신고 사고 499건(2.8%), 경상사고 10,820건(59.9%), 중상사고 6,490건(36.0%) 및 사망사고 241건(1.3%)으로 분석되었다.

우리나라에서 발생한 연도별 렌터카 사고건수 및 사고 심각도 별 발생위치는 <Table 2>와 같다. 연도별로 렌터카 사고 심각도를 분석한 결과 부상신고 및 경상 사고는 꾸준히 증가하는 추세지만, 중상사고 및 사망사고는 매년 비슷한 빈도로 발생하고 있다. 2014년 발생한 렌터카 사고는 3,808건으로 2010년 3,222건과 비교하였을 시 약 18.2% 증가하였다.

<Table 2> Locations and number of rental car crashes for different injury severity

Injury Year	(a) Injury report accident	(b) Minor injury accident	(c) Severe injury accident	(d) Fatal accident
				
2010	74	1,870	1,231	47
2011	73	1,967	1,168	41
2012	98	2,360	1,471	52
2013	119	2,283	1,327	61
2014	135	2,340	1,293	40
Total	499	10,820	6,490	241

3. 렌터카 사고 기초 분석

교통사고 발생요인은 인적 요인, 차량 요인, 도로 및 환경 요인으로 나눌 수 있다(Rumar, 1985; Lum and Reagan, 1995). 본 연구에서는 렌터카 사고 심각도와 관련이 있을 것으로 추측되는 17개 변수를 추출하였으며, 이들 변수를 4가지 카테고리 인적 요인(성별, 연령, 사고유발 인적요인, 범규위반유형, 주거지 구분, 과속 여부), 차량 요인(사고유형, 차량유형), 도로 요인(중앙분리시설 유무, 노면 상태, 도로 선형, 교차로형태, 고속도로 여부), 및 환경 요인(사고 발생 시간, 사고 발생 요일, 사고 발생 년도, 사고 발생 지역)으로 분류하였다. <Table 3>은 렌터카 사고와 관련된 17개 변수에 대한 기초 통계량을 제시하고 있다.

인적 요인을 살펴보면, 렌터카 사고 운전자의 86.2%는 남성운전자였으며, 여성운전자는 13.8%에 불과하였다. 이들의 평균 연령은 35.88세로, 전체 사고의 62.3%가 20-30대 연령대에서 발생하였다. 렌터카 사고 특성을 일반 승용차와 비교하였을 시 렌터카 사고 운전자의 남성비율이 높으며 평균 연령은 낮은 것으로 기존 연구 결과에서 제시하고 있다(Kwon et al., 2017). 동일 기간 국내에서 발생한 교통사고 중 가해운전자가 남성으로 분류된 사고는 전체의 82.4%로 조사되었다(교통사고분석시스템, 2010-2014). 전체 렌터카 사고의 63.0%는 운전자의 거주지와 동일한 지역에서 발생한 것으로 나타났고, 37.0%는 그렇지 않은 지역에서 나타났다.

차량 요인의 경우 중형 및 대형차량의 사고가 81.9%로 다수를 차지하고 있다. 경형승용차 및 소형차 사고는 전체 렌터카 사고의 18.1%에 불과하였다. 렌터카 사고를 사고유형별로 살펴본 결과 차대차 사고가 75.9%로 가장 많이 발생하였으며, 차대사람 사고 18.1%, 차량 단독 사고 6.0% 순으로 높게 조사되었다.

도로 요인은 사고지점의 특성을 나타내고 있는데, 전체 렌터카 사고 중 중앙분리대가 없이 노면 표지가 있는 곳에서 60.4%의 사고가 집중돼 있었다. 교차로가 아닌 곳에서 발생한 렌터카 사고는 57.0%로 교차로 지역보다 상대적으로 많은 사고가 비교차로 지역에서 발생하였다. 또한, 렌터카 사고는 직선 구간(92.5%) 및 고속도로가 아닌 곳에서(95.9%)에서 집중적으로 발생한 것으로 나타났다.

환경 요인과 관련하여 렌터카 사고는 주말(29.6%)보다 주중(70.4%)에 더 많이 발생하였다. 이는 동일기간 발생한 일반승용차 요일별 사고와 비슷한 패턴이다(2010-2014년 발생한 전체 승용차 사고 중 70.7%가 주중에 발생). 야간에 발생한 렌터카 교통사고는 전체의 52.6%로 일반승용차의 야간 교통사고(51.9%)와 비교하였을 시 상대적으로 높게 나타나며, Kwon et al.(2017) 연구에 따르면 운전자(렌터카 및 일반승용차)에 따른 주야간 사고비율 차이는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

렌터카 사고는 수도권에 집중된 경향을 보이고 있다. 전체 렌터카 사고의 22.0%가 서울, 19.7%가 경기도에서 발생한 것으로 나타났다. 다음으로 렌터카 사고의 10.4%가 경상도에 발생하였다. 렌터카 사고와 일반 교통사고의 지역별 사고 발생 비율은 비슷하게 나타났다(2010-2014년 발생한 교통사고에 대한 주요 지역별 비율은 다음과 같음; 서울 18.3%, 경기 20.2%, 경북 7.0%, 대구 6.5%, 경남 6.3%, 부산 6.1% 등). 다만, 관광명소로 유명한 제주도(6.4%)에 렌터카 사고가 많이 발생하고 있는 것으로 나타났다. 동일 기간 일반차량 교통 사고 중 제주도에서 발생한 사고 비율은 1.8%에 불과하였다.

<Table 3> Frequency distribution of selected variables

Characteristics		Variable	Number	Percent (%)
Dependent variable	Injury severities	Injury report accident	499	2.8
		Minor injury accident	10,820	59.9
		Severe injury accident	6,490	36.0
		Fatal accident	241	1.3
Driver factor	Sex	Male	15,557	86.2
		Female	2,493	13.8
	Age	Younger than 29	6,907	38.3
		30 - 39	4,330	24.0
		40 - 49	3,946	21.9
		50 - 59	2,222	12.3
		60 and over	645	3.6
	Accident-causing human factors	Human factors	15,332	84.9
		No human factors	2,718	15.1
	Violation type	General violation	14,955	82.9
		Serious violation	3,095	17.1
	Residence	Resident	11,376	63.0
		Visitor	6,674	37.0
Speeding	Over speed	1,117	6.2	
	Normal speed	16,933	93.8	
Vehicle factor	Accident type	Cat to Pedestrian	3,272	18.1
		Car only	1,078	6.0
		Car to Car	13,700	75.9
	Vehicle type	Light or Small vehicle	3,273	18.1
		Middle or Large vehicle	14,777	81.9
Road factor	Central median barrier	Road mark	10,905	60.4
		Central median barrier	3,706	20.5
		No separation facility	3,439	19.1
	Intersection	Intersection	7,764	43.0
		Non-intersection	10,286	57.0
	Road condition	Dry	15,385	85.2
		Others (moisture, freezing, etc.)	2,665	14.8
	Road shape	Straight	16,689	92.5
		Left curve	639	3.5
		Right curve	722	4.0
	Road level	Expressway	738	4.1
		Highway and local roadway	17,312	95.9
	Environmental factor	Day of week	Weekday	12,716
Weekend			5,334	29.6
Time		Day(6AM-6PM)	8,554	47.4
		Night(6PM-6AM)	9,496	52.6
Year		2010	3,222	17.9
		2011	3,249	18.0
		2012	3,981	22.1
		2013	3,790	21.0
		2014	3,808	21.1
Region		Gangwon-do	842	4.7
		Gyeonggi-do	3,563	19.7
		Gyeongsang-do	1,873	10.4
		Jeolla-do	1,290	7.1
		Chungcheong-do	1,234	6.8
		Jeju-do	1,148	6.4
	Gwangju	890	4.9	
	Daegu	864	4.8	
	Daejeon	477	2.6	
	Busan	991	5.5	
Ulsan	227	1.3		
Incheon	675	3.7		
Seoul	3,976	22.0		

IV. 통계 모형

1. 순서형 프로빗 모형(Ordered Probit Model)

본 연구는 렌터카 사고를 심각도에 따라 부상신고, 경상, 중상, 사망사고의 4단계로 구분하고 이들 렌터카 사고 심각도에 영향을 미치는 모형을 개발하고자 한다.

종속 변수가 순서형인 경우 선형 회귀 모델보다 순서형 로짓 혹은 프로빗 모형을 사용한다. 따라서 본 연구에서는 오차항의 확률 분포가 분산이 동일하고 표준 정규분포를 따른다고 가정하는 순서형 프로빗 모형(Ordered Probit Model)을 사용해 렌터카 사고 심각도를 분석하였다. 순서형 프로빗 모형은 다음과 같이 수식화 할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 y_i^* &= X_i\beta + \epsilon_i, \epsilon_i \sim N[0,1] \\
 y_i &= 0 \text{ if } -\infty < y_i^* \leq u_1, (\text{injury report}) \\
 y_i &= 1 \text{ if } u_1 < y_i^* \leq u_2, (\text{minor injury}) \\
 y_i &= 2 \text{ if } u_2 < y_i^* \leq u_3, (\text{severe injury}) \\
 y_i &= 3 \text{ if } u_3 < y_i^* \leq \infty, (\text{fatal injury})
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

여기서 y_i 는 렌터카 사고 심각도를 측정하는 종속변수에 해당하며, y 가 0,1,2,3 즉 부상신고, 경상사고, 중상사고, 사망사고로 구분된다. 측정이 가능한 효용 X 는 운전자, 차량, 사고, 도로 및 환경요인과 같은 독립변수들을 의미하며, 측정이 불가능한 효용인 오차항 ϵ_i 는 확률 분포의 분산이 동일하고 공분산이 0인 정규분포를 따른다고 가정한다. 각 설명변수의 추정계수 β 와 함께 추정 한계값인 μ 를 활용하여 선택대안에 대한 선택확률을 계산할 수 있다. 순서에 따른 사고 심각도 0에서 3까지의 대안별 선택확률은 다음의 식 (2)와 같이 표현할 수 있다. 여기서 Φ 는 누적 표준 정규 분포함수를 뜻한다.

$$\begin{aligned}
 Prob(y_i = 0|X_i) &= \Phi(-\beta'X_i) \\
 Prob(y_i = 1|X_i) &= \Phi(u_1 - \beta'X_i) - \Phi(-\beta'X_i) \\
 Prob(y_i = 2|X_i) &= \Phi(u_2 - \beta'X_i) - \Phi(u_1 - \beta'X_i) \\
 Prob(y_i = 3|X_i) &= 1 - \Phi(u_2 - \beta'X_i)
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

순서형 프로빗 모형의 적합도는 우도비(Likelihood ratio)를 통해 확인할 수 있으며, 이는 다음의 식(3)으로 표현된다.

$$\rho^2 = 1 - \left[\frac{\ln L_b}{\ln L_0} \right]
 \tag{3}$$

여기서, 우도비 ρ^2 는 모든 설명 변수가 포함되었을 때의 로그우도값인 $\ln L_b$ 와 어떤 정보도 없을 때의 로그우도 값인 $\ln L_0$ 로 표현할 수 있다. Mcfadden의 결정계수로도 언급되는 우도비 ρ^2 는 0과 1사이의 값을 가지며, 1에 가까울수록 모델의 적합도가 좋은 것으로 일반적으로 해석된다. 본 연구진은 통계프로그램 STATA를 사용하여 순서형 로짓 모형을 분석하였다.

2. 한계효과(Marginal Effect)

한계효과 분석은 각 독립변수의 속성변화에 대한 종속변수의 변화를 도출한다. 분석된 최종 모델의 독립 변수 계수 값을 활용하여 한계 효과를 분석할 수 있다. 기대값은 $\exp(\beta X_i)$ 로 나타낼 수 있으며, 여기서 X_i 는 종속변수 기댓값을 의미하며, X_i 에서 δ 만큼 변화할 때 산출되는 $\exp(\beta\delta)$ 값에 의해 발생확률(%)을 추정할 수 있다. 추정되는 발생확률(%)은 식(4)와 같이 표현된다.

$$Probability = 100(\exp(\beta\delta) - 1) \tag{4}$$

V. 연구결과

본 연구는 렌터카 사고 심각도에 영향을 미치는 변수를 분석하기 위하여 18,050건의 렌터카 사고자료를 분석하였다. 이를 위해 순서형 프로빗 모형을 사용하였으며 종속 변수는 4단계의 사고 심각도(부상신고, 경상사고, 중상사고, 사망사고)로 설정하였다. 그 결과, 분석에 사용된 총 17개의 변수 중 성별, 사고유발 인적요인, 법규위반 유형, 주거지 구분, 사고 발생 시간, 사고 발생 연도, 사고 발생 장소, 사고유형, 과속여부, 차량유형, 노면 상태, 도로 선형, 중앙분리시설 여부, 고속도로 여부 등 14개의 변수가 렌터카 사고 심각도에 통계적으로 유의미한 영향을 미치는 것으로 조사되었다(p -value<0.1). 그러나 운전자 연령, 사고 발생 요일, 교차로 형태 등은 렌터카 사고 심각도에 유의미한 영향을 미치지 않았다.

렌터카 사고 심각도에 영향을 미치는 변수들에 대한 순서형 프로빗 모형 추정치는 <Table 4>와 같다. 모델의 적합도는 우도비검정과 분류 정확도 검증을 통해 확인하였다. 렌터카 사고 모델의 우도비율은 0.066으로 낮게 나타났으나 최저 기준은 만족하였다(Klop and Khattak, 1999). 또한, 구축된 프로빗 모형의 전체적인 예측 정확도는 60.42%(The average classification accuracy rate=[Predicted performance 165(Injury report)+7,037(Minor injury)+3,662(Severe injury)+42(Fatal)]/18,050(Actual total accident))로 비교적 높게 나타났다.

렌터카 사고 심각도 모델을 바탕으로 부상 위험도에 대한 각 독립 변수의 한계효과 분석은 <Table 5>와 같다. 한계효과는 렌터카 교통사고로 부상당할 확률 변화에 대한 설명변수의 실질적 효과로, 기준 항목에 대한 상대적 척도를 나타낸다. 한계효과 분석에서 통계적 유의성이 높은 양의 변수는 렌터카 교통사고 심각도를 높일 가능성이 있다고 해석된다. 순서형 프로빗 모형 추정치(Table 4)를 통해 렌터카 사고 성별에 따른 사고 심각도를 분석한 결과 사고 운전자가 남성일 경우 여성 운전자보다 사고 심각도가 증가하며, 심각도 수준별 변화(Table 5)를 통해 남성 운전자일 경우 여성 운전자보다 사망사고가 2.1%, 중상사고가 0.2% 증가한다고 해석할 수 있다.

<Table 4> Result of ordered probit models for injury severity in rental car accidents

Characteristics		Variable	Coefficient	S.E	p-value
Driver factor	Sex	Male	.061	.026	.019**
		Female	0 ^a	.	.
	Age	Younger than 29	.028	.049	.570
		30 - 39	.070	.050	.162
		40 - 49	.054	.051	.288
		50 - 59	.075	.053	.159
		60 and over	0 ^a	.	.
	Accident-causing human factors	Human factors	.057	.025	.022**
		No human factors	0 ^a	.	.
	Violation type	Serious violation	.323	.024	.000***

Characteristics		Variable	Coefficient	S.E	p-value
	Residence	General violation	0 ^a	.	.
		Visitor	.048	.019	.012**
	Speeding	Resident	0 ^a	.	.
		Over speed	.439	.038	.000***
Vehicle factor	Accident type	Normal speed	0 ^a	.	.
		Car to Car	-.282	.040	.000***
		Car to Pedestrian	.210	.045	.000***
	Vehicle type	Car only	0 ^a	.	.
		Light or Small vehicle	.052	.024	.026**
		Middle or Large vehicle	0 ^a	.	.
Road factor	Central median barrier	Road mark	.115	.024	.000***
		Central median barrier	.194	.031	.000***
		No separation facility	0 ^a	.	.
	Intersection	Intersection	.024	.019	.210
		Non-intersection	0 ^a	.	.
	Road condition	Others (moisture, freezing, etc.)	.043	.025	.090*
		Dry	0 ^a	.	.
	Road shape	Left curve	.206	.048	.000***
		Right curve	.092	.046	.045**
		Straight	0 ^a	.	.
	Expressway	Expressway	.233	.049	.000***
		Highway and local roadway	0 ^a	.	.
Environmental factor	Day of week	Weekday	-.004	.019	.847
		Weekend	0 ^a	.	.
	Time	Day (6AM-6PM)	.034	.018	.060**
		Night (6PM-6AM)	0 ^a	.	.
	Year	2011	-.050	.029	.093*
		2012	-.038	.028	.082*
		2013	-.086	.028	.003***
		2014	-.127	.028	.000***
		2010	0 ^a	.	.
	Region	Gangwon-do	.140	.046	.002***
		Gyeonggi-do	.134	.028	.000***
		Gyeongsang-do	.382	.034	.000***
		Jeolla-do	.017	.039	.668
		Chungcheong-do	.314	.039	.000***
		Jeju-do	.113	.042	.007***
		Gwangju	-.257	.045	.000***
		Daegu	.142	.045	.001***
		Daejeon	.134	.058	.020**
		Busan	.220	.042	.000***
		Ulsan	.360	.080	.000***
Incheon		.169	.049	.001***	
Seoul		0 ^a	.	.	
Number of observations : 18,050					
Log-likelihood at zero $LL(0)$: -9799.838, Log-likelihood at convergence $LL(\beta)$: -9148.389					
Likelihood ratio index $\rho^2 = 0.066$					
* significance level=10%, ** significance level=5%, *** significance level=1%					
Thresholds	Severity	Coefficient	S.E	p-value	
	μ_1	-2.663	.106	.000***	
	μ_2	-.346	.104	.001***	
	μ_3	1.666	.107	.000***	

<Table 5> Marginal effects of estimated model

Characteristics		Variable	Reference variable	Injury report	Minor injuries	Severe injuries	Fatalities
Driver factor	Sex	Male	Female	-0.004	-0.019	0.021	0.002
	Age	Younger than 29	60 and over	-0.001	-0.004	0.005	0.000
		30 - 39		-0.004	-0.021	0.024	0.002
		40 - 49		-0.004	-0.020	0.022	0.002
		50 - 59		-0.004	-0.023	0.025	0.002
	Accident-causing human factors	Human factors	No human factors	-0.004	-0.019	0.021	0.002
	Violation type	Serious violation	General violation	-0.015	-0.107	0.111	0.011
	Residence	Visitor	Resident	-0.002	-0.013	0.015	0.001
Speeding	Over speed	Normal speed	-0.017	-0.135	0.135	0.016	
Vehicle factor	Accident type	Car to Car	Car only	0.017	0.103	-0.110	-0.010
		Car to Pedestrian		-0.005	-0.058	0.055	0.008
	Vehicle type	Light or Small vehicle	Middle or Large vehicle	-0.004	-0.020	0.022	0.002
Road factor	Central median barrier	Road mark	No separation facility	-0.004	-0.022	0.025	0.002
		Central median barrier		-0.007	-0.035	0.039	0.003
	Intersection	Intersection	Non-intersection	0.000	-0.001	0.001	0.000
	Road condition	Others (moisture, freezing, etc.)	Dry	-0.002	-0.012	0.013	0.001
	Road shape	Left curve	Straight	-0.009	-0.057	0.060	0.006
		Right curve		-0.003	-0.016	0.018	0.001
	Expressway	Expressway	Highway and local roadway	-0.014	-0.103	0.105	0.011
Environmental factor	Day of week	Weekday	Weekend	0.000	-0.001	0.001	0.000
	Time	Day (6AM-6PM)	Night (6PM-6AM)	-0.002	-0.011	0.012	0.001
	Year	2011	2010	0.003	0.016	-0.017	-0.001
		2012		0.002	0.013	-0.013	-0.001
		2013		0.005	0.027	-0.030	-0.002
		2014		0.008	0.042	-0.046	-0.004
	Region	Gangwon-do	Seoul	-0.007	-0.033	0.037	0.003
		Gyeonggi-do		-0.008	-0.039	0.044	0.003
		Gyeongsang-do		-0.018	-0.117	0.124	0.011
		Jeolla-do		0.001	0.004	-0.004	0.000
		Chungcheong-do		-0.016	-0.094	0.101	0.008
		Jeju-do		-0.005	-0.024	0.027	0.002
		Gwangju		0.026	0.069	-0.090	-0.004
		Daegu		-0.008	-0.040	0.045	0.003
		Daejeon		-0.008	-0.037	0.041	0.003
		Busan		-0.012	-0.068	0.075	0.006
Ulsan		-0.018		-0.113	0.120	0.011	
Incheon		-0.009		-0.046	0.051	0.004	

1. 인적 요인

렌터카 사고 심각도에 영향을 미칠 것으로 판단되는 인적 요인으로 운전자 성별(남성, 여성), 연령(10세 로 급간구분), 사고 유발 인적요인(인적요인 있음, 인적요인 없음), 법규위반 유형(일반법규위반, 11대 중과실위반), 주거지 구분(거주자, 방문객), 과속 여부(과속, 일반속도) 등 6가지를 선정하여 분석을 수행하였다. 사고 유발 요인이 전방주시태만, 심신건강상태불량 등의 인적요인일 경우 인적요인 있음으로 분류되며, 차량 및 환경요인과 관련될 경우 인적요인 없음에 포함된다. 신호위반, 중앙선침범, 과속 등 운전자 11대 중과실위반 여부에 따라 법규위반 유형을 나누어주었으며, 사고발생 지점과 운전자의 주거지 일치 여부에 따라 주거지 구분을 거주자와 방문객으로 나누어주었다.

분석 결과 운전자 연령을 제외한 5가지 변수가 렌터카 사고 심각도에 영향을 미쳤다. 사고를 낸 운전자가 남성일 경우 여성 운전자에 비해 사고의 심각도가 증가하는 것으로 나타났다. 남성 운전자 렌터카 사고의 사망 및 중상확률이 여성 운전자보다 각각 2.1%, 0.2% 증가하는 것을 확인할 수 있었다(Table 5). 이는 남성 운전자의 사고 심각도가 높다는 기존의 일반차량 대상 연구 결과들과 일치하는 것이다(Eluru et al., 2008; O'donnell and Connor, 1996; Yamamoto and Shankar, 2004). 또한, 렌터카 사고 운전자의 법규위반사실이 11대 중과실 위반에 포함될 경우 사고 운전자의 부상 확률은 중상사고 및 사망사고에서 각각 11.1%, 1.1% 증가하였다. 교통사고특례법상 보험 가입 여부와 관계없이 형사 처벌되는 11대 중과실 교통사고는 일반법규위반 사고와 비교하였을 시 훨씬 위험한 것으로 알려져 있다.

렌터카는 운전자의 거주지와 렌터카 사고지역을 비교하여 렌터카 사고 심각도에 미치는 영향을 분석한 결과, 방문객(렌터카 운전자의 거주지가 사고지역과 다른 경우)의 사고 심각도 수준이 거주자(렌터카 운전자의 거주지가 렌터카 사고지역과 같은 경우)에 비해 중상사고 및 사망사고 일 확률이 각각 1.5%, 0.1% 증가하였으며, 이는 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 거주자와 달리 방문객의 경우 지리적으로 익숙하지 않을 뿐만 아니라, 예상치 못한 사건들(길을 잘못 들, 갑작스런 과속방지턱 등)이 발생할 수 있는데, 이러한 요인들이 복합적으로 작용하여 방문객의 사고 심각도가 상승하는 것으로 판단된다.

렌터카 사고 당시 차량의 속도가 도로 제한속도보다 높을 경우 ‘과속’으로 분류하였으며, 과속한 렌터카 차량들에 대한 사고 심각도는 높게 나타났다. 사고 직전 속도가 높을수록 사고 심각도가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 일반 승용차 교통사고를 대상으로 연구한 기존 연구(Moghaddam, 2009; Kang, 2009) 결과들과 일치하는 것으로 나타났다. 속도가 높은 상태에서 교통사고가 발생하였을 시 운전자가 받는 충격이 증가하기 때문이다.

반면, 고령 운전자에 의하여 발생한사고일수록 사고 심각도가 증가한다는 기존 연구(Evans 1991; Zhang, 2000) 결과와는 달리 렌터카 사고의 경우 운전자 연령에 따른 사고 심각도의 차이는 통계적 유의미성이 확보되지 않는 것으로 나타났다.

2. 차량 요인

차량관련 요인은 사고유형(차대차, 차대사람, 차량단독)과 차량유형(경형 및 소형, 중형 및 대형)으로 구성되었다. 그 결과 렌터카 사고의 충돌에 관련된 차량 요인은 사고 심각도에 모두 유의미한 영향을 미쳤다.

중형, 대형 차량과 비교하였을 시 경형, 소형 렌터카 차량의 사고 심각도가 높은 것으로 조사되었다(중상사고 2.2%, 사망사고 0.2%). 차량의 크기가 작고 가벼울 시 일반적으로 차량의 강성은 약해지며 안전성은 하락하게 된다. 경형 및 소형 렌터카를 운행 중 교통사고가 발생할 시 운전자에게 더 큰 충격이 가해질 수 있다.

사고유형에 따른 렌터카 사고 심각도를 살펴보면 차대사람 사고의 경우 차대차, 차량단독 사고와 비교하였을 시 사고 심각도가 높은 것으로 분석되었다. 차대차 사고에서 차량이 충격을 흡수해주는 것과 달리, 차대사람의 사고는 차량에 부딪힌 사람이 몸으로 충격을 흡수하기 때문에 일반적으로 심각도가 높게 나타난다. 차량단독사고의 사고유발요인으로는 전방주시태만이 50% 이상인 것으로 조사되었으며, 이 경우 사고 직전까지 운전자가 위험성을 인지하지 못하는 경우가 많아 사고 심각도의 비율이 높아질 수 있다.

3. 도로 요인

렌터카 사고가 발생한 장소를 기준으로 중앙분리시설 유형, 교차로, 노면상태, 도로선형, 고속도로 여부 등 5가지 도로관련 요인에 대한 분석을 진행하였다. 순서형 프로빗 모형 분석 결과 교차로를 제외한 나머지 4가지 항목들이 렌터카 사고 심각도에 통계적으로 유의미한 영향을 미친다는 사실이 확인되었다.

렌터카 사고가 발생한 지역에 중앙분리시설이 있을 경우 그렇지 않은 지역과 비교하였을 시 렌터카 사고 심각도가 증가하였다.

커브구간 같이 운전자의 시야가 제한적이며 분산되는 장소에서의 렌터카 사고 심각도가 그렇지 않은 직선구간과 비교하였을 시 높아졌다. 특히, 직선구간에 비해 좌커브 구간에서의 중상사고 확률이 6% 높아지는 것으로 나타났다. 이처럼 도심부 지역에서 곡선 내의 사고가 직선 내의 사고 보다 사고 심각도가 높게 나타나는 것은 Zhuanglin(2009)의 연구 결과와 일치하고 있다.

렌터카 사고는 노면상태가 습기, 결빙, 적설 등 건조하지 않은 곳에서의 사고 심각도가 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 비오는 날에 운전자들이 감속 등의 안전운행을 하려 노력하지만, 수막현상에 의하여 제동거리가 증가하며, 사고 발생이 70%가량 증가하는 것으로 알려져 있으며(Andrey and Yagar, 1993), 노면습기가 많을수록 사고 심각도가 증가한다는 기존의 연구 결과와도 일치한다(Lee et al., 2008).

고속도로에서의 렌터카 사고 심각도가 일반도로와 비교하였을 시 높은 것으로 분석되었으며, 특히 중상사고일 확률이 10.5% 높게 나타났다. 일반도로와 비교했을 시 제한속도가 높아 빠른 속도로 주행하는 차량들이 많은 고속도로에서 사고가 발생 시 운전자의 사고 심각도가 높아지는 것이다.

반면, 일반 차량을 대상으로 수행된 Jo and Lee(2007)의 연구에서는 교차로 지역 및 주변 환경에 따라 교통사고의 안전성이 좌우된다고 제시하고 있지만, 본 연구에서는 렌터카 사고 심각도가 교차로 지역에서 다르다는 통계적으로 유의미성이 확보되지 않은 것으로 나타났다.

4. 환경 요인

렌터카 사고와 관련된 환경적 요인으로 사고발생 요일, 사고발생 시간, 사고발생 연도, 사고발생 지역 등 4가지 요인을 선정하였다. 그 결과, 사고발생 시간과 연도에 따라 렌터카 사고 심각도가 다르게 분석된 반면, 사고발생 요일은 통계적으로 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.

연도별로 렌터카 사고 심각도가 낮아지는 추세인 것을 확인할 수 있었다. 특히, 2013년과 2014년에 큰 폭으로 낮아졌다.

렌터카 사고 발생 지역을 광역권으로 구분하였는데, 분석 결과 렌터카 사고 심각도는 지역에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 렌터카 사고 심각도는 서울특별시 대비 광주, 전라도를 제외한 나머지 시·도 단위에서 상대적으로 높은 것을 확인하였다. 시간적, 공간적 측면에서 렌터카 사고 심각도의 차이는 본 논문에서 도출한 중요한 결과라고 판단된다.

VI. 결 론

1. 연구 결론

렌터카 안전 향상을 위해 렌터카 사고 심각도에 대한 위험 요소를 파악하는 연구는 필수적이다. 본 연구는 2010년부터 2014년까지 우리나라에서 발생한 렌터카 사고자료를 수집한 후 18,050건을 대상으로 인적 요인, 차량 요인, 도로 요인 및 환경 요인 등 4가지 요인, 17개 변수들이 렌터카 사고 심각도에 미치는 영향을 순서형 프로빗 모형을 통해 분석하였다. 분석 결과, 성별, 사고유발 인적요인, 법규위반, 주거지, 과속여부, 사고유형, 차량종류, 중앙분리시설 구분, 노면 상태, 도로 선형, 고속도로여부, 사고발생 요일, 사고발생 시간, 사고발생 연도, 사고발생 장소 등 14개 변수가 렌터카 사고 심각도에 통계적으로($p\text{-value}<0.1$) 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 반면, 운전자 연령, 사고 발생 요일, 교차로 형태 등은 사고 심각도에 영향을 줄 만큼 통계적 유의성이 확보되지 않은 것으로 나타났다.

렌터카 사고와 관련된 인적 요인 중 남성, 사고원인 중 인적요인이 있는 경우, 운전자가 11대 중과실 법규를 위반하였을 시, 사고 당시 렌터카 차량의 속도가 높아 과속했을 경우, 그리고 렌터카 사고 장소를 기준으로 운전자가 방문객일 경우 렌터카 사고 심각도는 상대적으로 큰 것으로 분석되었다. 차량 관련 요인으로 경형 혹은 소형 승용차 사고 및 차대 사람 사고 또한 렌터카 사고 심각도가 높아졌다. 렌터카 사고가 발생한 장소를 기준으로 중앙분리시설이 있으며, 노면의 상태가 좋지 않으며, 커브구간 및 고속도로 구간에서 발생한 사고의 경우 심각한 부상으로 이어질 확률이 높았다. 마지막 환경 요인에 따른 분석 결과 연도별로 렌터카 사고 심각도는 낮아지는 추세였으며, 오전시간대에 발생한 사고 심각도가 높게 분석되었다. 또한, 지역에 따라 렌터카 사고 심각도는 통계적으로 유의미한 차이를 보였다.

렌터카 사고와 관련된 인적요인, 차량요인, 도로요인은 기존 연구들과 일부 비슷한 패턴으로 사고 심각도에 영향을 미쳤다. 이는 렌터카 안전 정책 및 대책 수립 시 일반 차량과 동일하게 접근할 필요가 있음을 의미한다. 렌터카 대여 시 사고 예방을 위해 임차인에 대한 교육 및 체계적 관리가 필요하다. 렌터카 운전 시 단속과 무관하게 법규위반 경험이 있는 대여자 비율은 47.3%로 전체 대여자의 절반에 근접한다(Kim, 2012). 분석 결과 11대 중과실 교통사고, 과속 등의 법규위반은 렌터카 사고 심각도를 증가시키는 가장 중요한 요인 중 하나로 분석되었다. 특히, 인적 요인에 의한 렌터카 사고는 운전자의 부상 심각도를 증가시키는 것으로 조사되었다. 이러한 사실을 렌터카 대여 전 임차인에게 환기시켜 안전의식 고취 및 사고에 대한 경각심을 다시 한번 일깨울 필요가 있다.

그러나 환경요인과 관련하여 렌터카 안전 정책 및 대책 수립 시 다음과 같은 사항이 고려될 필요가 있다. 렌터카 사고에 대한 지역별 맞춤형 전략이 요구된다. 사고 발생 지역에 따라 렌터카 사고 심각도의 차이가 통계적으로 유의미하게 분석되었다. 특히, 커브구간 및 도로 환경이 좋지 않은 지역에서의 렌터카 사고 심각도가 증가하였으며 이는 지리적으로 익숙하지 않은 지역을 주로 운행하는 렌터카의 특성과 관련이 있을 것으로 추측된다. 따라서 지리적인 요인을 보완하기 위하여 교통사고 다발지점을 선정한 후 도로환경 정비, 계도용 전광판 및 현수막 설치 등의 대책을 중점적으로 추진할 필요가 있다. 특히, 공간적 측면에서 광역권별로 렌터카 사고 심각도에 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이는 정책수립 과정에서 개선에 대한 상시적인 피드백과, 피드백을 반영한 정책 조정이 필요하고, 지역에 따라 지역적 특성을 고려한 정책이 필요함을 의미하고 있다.

본 연구를 통하여 우리나라에서 발생한 렌터카 사고 특징 및 사고 심각도에 영향을 미치는 요인들을 확인할 수 있었다. 또한 렌터카 사고 심각도를 시간적·공간적 관점에서 분석하였고, 시간적·공간적인 측면에서

차이가 있음을 확인하였다. 렌터카 관련 연구가 많이 이루어지지 않은 실정에서 본 연구는 렌터카 사고 심각도에 관한 연구를 수행했다는데 의의를 둘 수 있다. 본 연구의 결과가 렌터카 사고 심각도 감소를 위한 기초 자료로 활용되기를 기대한다.

2. 한계점 및 향후연구과제

본 연구는 경찰 교통사고 DB에 등록된 사업용 차량 중 렌터카로 분리된 사고 자료를 바탕으로 렌터카 사고 심각도에 영향을 미치는 요인에 대한 분석을 수행하였다. 그러나, 여객자동차 운수사업법에 따라 정의되는 렌터카는 다양한 그룹으로 구성되고 있어 보다 상세한 분석이 요구된다. 렌터카는 단기 렌터카 뿐만 아니라 장기렌터카를 포함하고 있다. 또한, 최근 활성화되고 있는 카셰어링도 포함하고 있으므로 초단기 대여도 포함되어 있다. 이는 렌터카 사고 운전자를 주거지 일치 여부에 따라 거주자 및 방문객으로 나뉘었을 때 렌터카 사고임에도 불구하고 거주자 사고의 비율이(63.0%) 방문객 사고 비율(37.0%)보다 높게 나타난 원인이기도 하다. 따라서 향후, 자동차대여업에 대한 구분이 명확히 이루어져 단기 렌터카 사고에 대한 더 심도 있는 연구가 진행되기를 기대한다.

또한, 본 연구에서는 렌터카 사고 심각도 영향요인을 일반 차량을 대상으로 한 기존 연구 결과만으로 비교·분석 하였다. 향후 본 연구와 동일한 시·공간 범위의 일반 차량 사고데이터를 획득한 후 동일한 변수와 모형으로 렌터카 사고와 일반 차량 사고간의 차이점에 대한 비교·분석을 추가로 수행할 필요가 있다.

REFERENCES

- Abdel-Aty M.(2003) "Analysis of driver injury severity levels at multiple locations using ordered probit models," *Journal of safety research*, vol. 34, no. 5, pp.597-603, doi:10.1016/j.jsr.2003.05.009.
- Andrey J. and Yagar S.(1993), "A temporal analysis of rain-related crash risk," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 25, no. 4, pp.465-472.
- Cho J. W. and Kum K. J.(2014), "Analysis of Factors influencing Severity of Motorcycle Accidents using Ordered Probit Model," *International Journal of Highway Engineering*, vol. 16, no. 5, pp.143-154.
- Christoforou Z., Cohen S. and Karlaftis M. G.(2010), "Vehicle occupant injury severity on highways: an empirical investigation," *Accid Anal Prev.*, vol. 42, no. 6, pp.1606-1620, doi:10.1016/j.aap.2010.03.019.
- Eluru N., Bhat C. R. and Hensher D. A.(2008), "A mixed generalized ordered response model for examining pedestrian and bicyclist injury severity level in traffic crashes," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 40, no. 3, pp.1033-1054.
- Gray R. C., Quddus M. A. and Evans A.(2008), "Injury severity analysis of accidents involving young male drivers in Great Britain," *Journal of safety research*, vol. 39, no. 5, pp.483-495.
- Jang K., Park S., Kang S., Song K., Kang S. and Chung S.(2013), "Evaluation of pedestrian safety: pedestrian crash hot spots and risk factors for injury severity," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2393, iss. 1, pp.104-116.
- Jo W. and Lee Y.(2007), "The Study on the Accident Injury Severity Using Ordered Probit Model,"

- The Korea Institute of Intelligent Transport Systems Fall Conference*, October 2007, pp.149-155.
- Kang S. -M. and Kim J. -H.(2009), "An empirical study on the relationship of speed change and injuries subjected by rear-end collisions," *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, vol. 20, no. 5, pp.797-807.
- Kim J.-K., Kim S., Ulfarsson G. F. and Porrello L. A.(2007), "Bicyclist injury severities in bicycle - motor vehicle accidents," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 39, no. 2, pp.238-251.
- Kim M. H.(2012), *A Study on the transportation safety management method of Rent-A-Car*, Traffic Safety Authority Publications.
- Kim S., Choi J., Kim S., Kim M. and Lee D.(2011), "The Study on the Accident Injury Severity Using Ordered Probit Model at Multi- Lane Highway," *Conference of Korean Society of Road Engineers*.
- Klop J. and Khattak A.(1999), "Factors influencing bicycle crash severity on two-lane, undivided roadways in North Carolina," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board(1674)*, pp.78-85.
- Kockelman K. M. and Kweon Y.-J.(2002), "Driver injury severity: an application of ordered probit models," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 34, no. 3, pp.313-321.
- Kwon Y., Song S. and Jang K.(2017), "A Comparative Analysis of the Rental-car and non-Commercial Passenger Car Accident Characteristics in Jeju Island," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 35, no. 2, April 2017.
- Lee J. Y., Jung J. H. and Song B. S.(2008), "Analysis of Traffic Accident Severity for Korean Highway Using Structural Equations Model," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 26, no. 2, pp.17-24.
- Levitt S. D. and Porter J.(2001) "Sample selection in the estimation of air bag and seat belt effectiveness," *Review of Economics and Statistics*, vol. 83, no. 4, pp.603-615.
- Ma, Zhuanglin, et al.(2009), "Analysis of the logistic model for accident severity on urban road environment," *Intelligent Vehicles Symposium*, 2009 IEEE.
- Moghaddam R. F. et al.(2009), "Crash Severity Modeling in Urban Highways Using Backward Regression Method," *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol. 60, pp.223-228.
- O'donnell C. and Connor D.(1996), "Predicting the severity of motor vehicle accident injuries using models of ordered multiple choice," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 28, no. 6, pp.739-753.
- Pai C.-W.(2009), "Motorcyclist injury severity in angle crashes at T-junctions: identifying significant factors and analysing what made motorists fail to yield to motorcycles," *Safety Science*, vol. 47, no. 8, pp.1097-1106.
- Shankar V., Mannering F. and Barfield W.(1996), "Statistical analysis of accident severity on rural freeways," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 28, no. 3, pp.391-401.
- Xie Y., Zhang Y. and Liang F.(2009), "Crash injury severity analysis using Bayesian ordered probit models," *Journal of Transportation Engineering*, vol. 135, no. 1, pp.18-25.
- Yamamoto T. and Shankar V. N.(2004), "Bivariate ordered-response probit model of driver's and passenger's injury severities in collisions with fixed objects," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 36, no. 5, pp.869-876.

- Zajac S. S. and Ivan J. N.(2003), "Factors influencing injury severity of motor vehicle - crossing pedestrian crashes in rural Connecticut," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 35, no. 3, pp.369-379.
- Zhang J., Clarke K., Robbins G. and mao Y.(2000), "Factors Affecting the Severity of Motor Vehicle traffic crashes involving elderly drives in Onario," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 32, pp.115-117.