

보호/비보호좌회전(PPLT) 교차로에서의 공격적 운전행태 연구

Aggressive Driving Behavior in the Protected/Permissive Left Turn(PPLT) Intersections

오도형* · 장태연**

* 주저자 : ㈜한설 대표이사

** 교신저자 : 전북대학교 도시공학과 교수

Do Hyung Oh* · Tae Youn Jang**

* HanSeol, Inc.

** Dept. of Urban Engineering, Chonbuk National University

† Corresponding author : Tae Youn Jang, jangty@jbnu.ac.kr

Vol. 16 No.3(2017)
June, 2017
pp.28~38

ISSN 1738-0774(Print)
ISSN 2384-1729(On-line)
<https://doi.org/10.12815/kits.2017.16.3.28>

Received 20 March 2017
Revised 14 April 2017
Accepted 20 May 2017

© 2017. The Korea Institute of
Intelligent Transport Systems. All
rights reserved.

요약

연구는 보호/비보호좌회전(PPLT) 교차로에서 공격적 운전행태의 영향요인에 대한 분석을 군산시를 대상으로 한다. 로지스틱 회귀모형 결과 운전자의 나이와 운전경력이 증가할수록 비침두시간대, 동승자가 없는 경우, 운전경력이 많은 경우, 승용차, 남성 등이 대향차량에 영향을 주는 공격적 운전행태를 보인 것으로 분석되었다. PPLT 교차로상에서 비보호 좌회전시 대향차량까지 충분한 거리가 확보되지 않을 경우 공격적 운전행태를 보이게 되는데 공격적 행태를 보인 운전자 속성과 대향차량까지 거리의 관계성을 분석하였다. 나이와 동행자수의 증가, 침두시간대는 근거리에서 위치해 있는 대향차량에 대해 영향을 주는 반면에, 남성 및 운전경력이 높을수록 중거리 및 장거리 대향차량에 영향을 주는 것으로 나타났다. 승용차 보다는 RV 및 대형차량이 거리가 먼 대향차량에 영향을 줄 가능성이 컸다.

핵심어 : 보호/비보호좌회전, 공격적 운전행태, 대향차량

ABSTRACT

The study is to analyze the aggressive driving behavior in the protected/permissive left turn(PPLT) intersections in Gunsan City. As a result of the logistic regression model, increasing of driver's age and driving experience, non-peak time, no company, sedan and male have a tendency to behave aggressive driving to the opposite vehicles. When the vehicles try to turn the unprotected left in the PPLT intersection, the opposite vehicle drivers recognize them at the aggressive driving behavior if the distance to opposite vehicles is not enough. The relationship between driver characteristics and the distance to the opposite vehicles is analyzed under aggressive driving behavior. increasing of age and company, peak time tend to influence the short distance opposite vehicles while male and higher driving experience the middle and long distance. Sedan has the aggressive possibility to shorter distance opposite vehicles rather than others.

Key words : PPLT, Aggressive Driving Behavior, Opposite Vehicles

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

경제성장과 더불어 생활수준의 향상으로 인해 도로교통은 우리의 생활에 직접적으로 영향을 미치는 매우 중요한 요소중의 하나로 자리 잡고 있다. 그러나, 현대사회에서 자동차는 필수품으로서 긍정적인 측면도 있지만 교통사고라는 부정적인 측면이 있는 것도 사실이다. 도로교통공단과 TASS 통계에 의하면 2013년 국내 교통사고 사망자는 자동차 1만대당 평균 2.2명으로 34개 OECD 국가중에서 칠레, 터키 다음으로 높으며 도로교통사고로 인한 사회적 비용이 2014년 기준 26조 5천억원으로 우리나라 연간 GDP의 1.8%, 국가 전체예산의 9.7%에 이를 정도로 막대한 경제적 손실이 발생하고 있는 실정이다(Sisa Magazine, 2014).

교통 혼잡과 정체는 교통량의 증가로 발생하는 대표적인 도시 교통문제이다. 특히, 교차로에서 좌회전 교통류처리 미숙은 교통사고, 차량정체, 환경오염을 가중시킨다. 교차로의 안전성을 확보하기 위해서는 바람직하지 않은 이동류는 억제되거나 금지되어야 하며, 바람직한 차량의 주행경로 및 안전속도를 확보하고, 불필요한 상충은 분리되어야 한다. 특히, 주 교통류의 합리적인 교통제어와 보행자의 안전을 제공하기 위해서는 좌회전 교통류의 원활한 처리가 필요하다.

연구는 2014년 경찰청의 교통운영체계 선진화 모델도시로 선정된 군산시에 사업중에 하나로 시행하고 있는 보호/비보호좌회전(PPLT : Protected and Permitted Left-Turn) 신호에 대한 운전자의 행태를 분석하는데 목적이 있다. 먼저, 도시내 PPLT 교차로상에서 비보호좌회전 신호시 좌회전이나 U-turn 운전행태에 대해 운전자의 공격적 성향을 분석하고자 한다. 이러한 교차로상에서의 공격적 운전행태는 안전에 역으로 작용하여 법규위반, 교통사고를 발생시킬 수 있다(Smart and Mann, 2002).

2. 선행연구 검토

공격적 운전행태는 주로 개인적 성향 혹은 개성이 주요 역할을 한다(Jovanovic et al., 2011; Blankenship and Nesbit, 2013). Elena et al.(2011)은 개인의 개성, 나이, 성별 등이 정도에서 벗어난 운전행위를 통해 발생한 교통사고를 예측하는데 기초적인 요소임을 구조화적모형을 통해 분석하였으며, 특히 개인의 개성이 중요한 공격적 운전의 영향요인임을 제시하고 있다. Dahlen et al.(2012)은 운전자의 심리학적 측면에서 공격적 운전행태를 분석하였는데, 감정적 안정감, 외향적 성격, 개방적 성격, 상냥한 성격, 성실성 등을 강조하였다. Anik(2012)는 젊은층 운전자의 도로상에서의 차량속도에 의한 교통사고를 바탕으로 나이 및 성별, 동승자수 등을 기초로 하여 공격적 운전행태를 분석하였다.

Shinar and Compton(2004)은 도로에서 공격적 운전행태로 경적소리를 울리는 행위, 다른 차량의 전방을 통해 차선을 가로지르는 행위, 갓길 통행행위 등이 있으며, 영향을 주는 요소로서 개인속성(성별, 나이, 동승자 등)과 환경적 속성(정체정도)을 제시하고 공격적 성향의 차이점을 분석하였다. 특히, 성별에 의한 공격적 운전행태의 차이를 강조하였다. Lonczak et al.(2007)도 남성이 여성보다 교통위반과 교통관련 상해 및 치상에 대한 경험이 높으며, 이는 공격적 성향이 남성이 높기 때문으로 결론을 내리고 있다. Machin and Sankey(2008)은 위험인지와 운전자 성격과 관련 있는 요인을 포함하여 난폭운전에 대한 개인적 차이를 구조방정식 모형을 통해 분석하였으며, 난폭운전행위를 자기 독단적 운전행위, 속도, 규칙위반으로 분류하였다. 도로상에서 공격적 운전행태가 보행자에게 주는 영향을 Chai and Zhao(2016)가 분석하였는데, 공격적 운전자가 보행자에게 양보심이 낮고 근접하여 운전하는 경향이 높음을 제시하였다. 공격적 운전행태는 Driving Anger를 기초로 하여 설문조사를 통해 감성적이고 심리학적 측면에서도 연구가 진행되었다(Bjorklund, 2008; Zhang et al., 2016). 최근

에 Lisa et al.(2017)는 계획적인 driving anger가 부정적 운전행태에 미치는 영향을 분석하였다.

PPLT 신호운영과 관련한 기존문헌은 미미하나 안전성 연구로 Yoon et al.(2015)은 비보호 좌회전 차로가 있는 접근로 반대편에 횡단보도가 존재하는 3지 교차로를 분석대상으로 하여 기하구조와 교통량을 파악하고 미시교통시뮬레이션을 구현하였다. Agent(1987)는 보호/비보호는 보호좌회전만 제공되는 현시체계보다 효과적이라는 점을 강조하고, 교통사고 잠재성이 높기 때문에 45mph 제한속도 또는 3개 차로 이상의 대향차로 또는 접근로상 이중좌회전 차로에서는 좋지 않음을 제시했다. Song(2010)은 정주기식, 교통 감응식, 교통량-밀도 신호제어 등 3가지 형태로 보호/비보호 좌회전 신호운영의 효과를 분석하였는데, 모든 방식에서 평균 제어지체가 감소하였으며, 교통 감응식과 교통량-밀도 신호제어에서 큰 효과를 기대할 수 있다고 하였다.

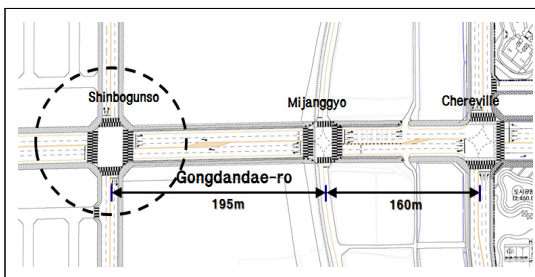
선행연구는 도로구간에서 사고와 관련된 공격적 운전행태를 보이는 운전자 개인적 요인과 공학적 차원의 PPLT 신호운영에 대한 분석이 진행되어 왔다. 연구에서는 PPLT 교차로에서 반대편 대향차량으로 하여금 공격적 운전행태를 느끼게 하는 비보호좌회전 운전자의 개인속성과 공격적 운전행태에 대해 분석한다.

II. 공격적 운전행태 분석

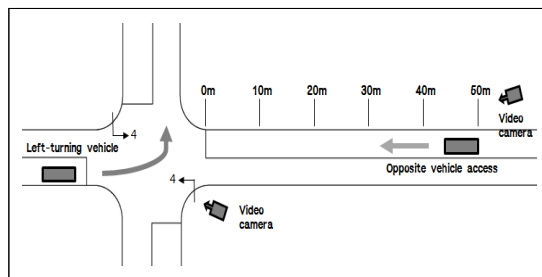
1. 분석자료

PPLT는 보호좌회전과 비보호 좌회전을 결합한 신호운영방식으로 좌회전이 가능한 교차로에서 녹색(직진) 신호 때에도 맞은편에서 다가오는 차량(대향차량)과의 거리가 충분하거나 차량이 없으면 좌회전을 허용하여 불필요한 신호 대기시간을 줄인다. 본 연구의 공격적 운전행태는 비보호 신호시 좌회전 차량이 반대편 대향 차량에 영향을 주면서 무리하게 좌회전을 시도하는 경우를 말한다. 이럴 경우 반대편 대향차량은 경적을 울리거나, 브레이크, 차로변경, 전조등 등의 다양한 방법으로 불만을 표시한다. 일반적으로 차량들은 법규준수 여부를 떠나 대향차량까지 충분한 gap이 확보되어 있지 않은 상황에서도 무리하게 좌회전이나 U-turn을 시도하기도 한다. 이러한 차량은 차량의 진행 우선순위를 역전시키며 나아가서 교통사고를 발생시키기도 한다.

군산시는 교통운영체계 선진화 모델 도시로 선정되어 현재 55개의 독립적인 PPLT 교차로를 운영하고 있으며 교통량이 적은 대부분 도시 외곽지역 및 신개발지의 교차로를 대상으로 하고 있다. 공격적 운전행태 분석을 위한 연구 대상지는 <Fig. 1>이 보여주는 것처럼 군산시청을 중심으로 남측에 위치한 공단대로상의 PPLT 교차로인 신보건소 교차로이며, 조사는 2016년 3월중 평일에 이루어졌다. 군산시가지의 타 교차로와는 달리 신보건소 교차로는 인접하여 미장교 교차로 및 웨르빌 교차로도 PPLT로 운영되는 특징이 있다. <Fig. 2>에서 보여주는 자료수집 방법은 교차로 인근에 비디오카메라를 설치하여 신보건소 PPLT 교차로에서 좌회



<Fig. 1> Study Location



<Fig. 2> Data for Aggressive Driving Behavior

<Table 1> Definition of aggressive left-turn driving behavior on opposite vehicle response

	Brake	Direction lights	Lane change	Honking	Others(abuse, etc.)	No. of vehicles
Percentage	46%	4%	29%	34%	17%	120 vehicles

Percentages are duplicated

전 차량과 대향차량의 반응을 촬영하였다 실시시간으로 대향차량이 위치한 거리의 측정은 교차로 정지선으로부터 10m 마다 표식을 설치하여, 대향차량이 위치한 거리를 범위로 수집하였다. 대향방향 접근차량 위치는 비보호좌회전 가능여부를 판단한 후 좌회전을 시작할 때의 위치로 하였다.

PPLT 교차로상에서 비보호좌회전 차량으로 인해 반대편 대향차량이 경적, 브레이크, 차로변경, 진조등을 켜는 행위 등을 보일 때 비보호좌회전 차량운행을 공격적 운전행태로 연구에서는 정의한다. 조사시간 동안 대상지에서 120대 공격적 비보호좌회전 차량이 조사되었는데, 중복비율을 고려할 때, 브레이크 조작, 경음기, 차선변경이 대부분으로 각각 46%, 34%, 29% 등의 순으로 높게 나타났다<Table 1>. 좌회전 차량에 대한 운전자 정보는 비디오상의 차량번호와 차량등록정보를 대조하여 차량소유자에 대한 자료를 추출하였으며 군산시의 협조를 받았다. 개인정보 등 민감한 자료는 제외하고 연구에 적합한 자료를 제공받았다.

2 기초통계분석

<Table 2>는 공격적 운전행태 분석을 위한 모형구축에 이용할 자료를 보여주고 있다. 연구의 진행은 먼저 공격적 운전행태에 영향을 줄 수 있는 변수를 설정하고, 선정된 교차로에서 변수를 기반으로 비디오 촬영을 통한 교차로상의 운전행태 및 자료를 수집한다. 기존 연구결과에서처럼 본 연구는 비보호좌회전이 가능한 PPLT 신호교차로에서의 공격적 운전행태에 운전자의 개인적 속성이 큰 영향을 줄 것으로 판단하였다. 이러한 개인속성에는 성별 및 나이가 포함된다. 운전환경이 공격적 운전성향에 영향을 줄 것으로 판단하여 차량 내부 환경으로 동행자 여부, 교통량 등 도로상황을 반영하는 침두시간의 운전시간대 등도 중요한 요인으로 가정하였다. 차량의 종류 및 상태의 경우도 공격적 운전행태 발생에 가능한 요인이 될 수 있다.

조사기간 동안 본 연구를 위해 유효한 정보를 제공한 총 차량대수는 676대이며 공격적 비보호좌회전 운전행태 120대, 비공격적 비보호좌회전 운전행태 556대로서, 17.75%가 공격적 운전행태를 보였다. 모든 차량은 군산시에 등록된 차량들이다. 공격적(혹은 비공격적) 비보호좌회전 운전성향에 대해 각 변수의 특성분석은 2차원 교차 빈도분석의 Chi-squared(x^2) 검정을 실시하였다. 분석결과 공격적 운전성향에 대해 성별은 통계학적으로 중요성을 보이지 않으나 버스 및 트럭 운전자의 경우 공격적 운전성향을 통계적 중요도 10.0% 이하에서 보이고 있으며, 기타 변수들은 높은 수준의 통계적 중요성을 보인다.

3. 공격적 운전행태 요인분석

1) 기본이론

범주형 자료나 정성적 자료를 분석하기 위해서 로그선형모형이 적용된다. 로그선형모형은 일반선형모형 중의 하나로 포와송 분포를 가진 변수들을 분석하는데 적용되며 흔히 분할표(contingency table)내 각 변수들의 기대빈도 값을 예측하고 변수 간 인과관계와 상호작용을 설명한다. 연구는 자료의 적합성과 용이한 결과 해석을 위해 3차원 형태의 비포화(unsaturated) 로그선형모형을 구축하는데, 단일항의 비교보다는 교차항의 관계분석에 유용함으로 연구에 적합하다. 또한, 계층적 로그선형 분석방법을 사용한 상위부터 하위 교차항까

<Table 2> Data

Variable		Description	Range	n	Cross Table	
					Chi-squared	Sig.
Gender		Driver's sex	Male	523	0.060	0.806
			Female	153		
Age		Driver's age	20s	298	198.461	0.000
			30s	128		
			40s	106		
			50s+	144		
Company		Number of persons riding together with driver(persons)	0	204	20.947	0.000
			1	276		
			2	140		
			3+	56		
Experience		Time length of driving experience(years)	0-9	52	53.087	0.000
			10-19	332		
			20-29	240		
			30+	52		
Vehicle	Sedan	Passenger cars(1, 0)	1	557	11.301	0.001
			0	119		
	SUV	Sports utility vehicle(1,0)	1	68	7.295	0.007
			0	608		
	Buses	Buses or trucks(1, 0)	1	48	3.139	0.076
			0	628		
Distance		Distance from intersection to opposite vehicle(m)	0-20	116	456.355	0.000
			21-40	232		
			41-60	220		
			61+	108		
Peak		Driving time(peak=1, non peak=0)	Peak	256	110.064	0.000
			Nonpeak	420		

지 순차적인 chi-square 검증을 이용한 비교를 통하여 통계적 유의성이 낮은 교차항을 삭제한 단순한 모형을 만들었다. 이는 잠재적으로 유용한 모형은 일반적으로 교차항이 적은 모형이기 때문이다. 변수 3개의 2-교차항의 로그선형모형은 다음과 같다.

$$\log(m_{ijk}) = \lambda + \lambda_i^x + \lambda_j^y + \lambda_k^z + \lambda_{ij}^{xy} + \lambda_{ik}^{xz} + \lambda_{jk}^{yz} \quad (1)$$

$\log(m_{ijk})$: 각 범주에 대한 기대빈도 로그값;

λ : 총효과;

$\lambda_i^x, \lambda_j^y, \lambda_k^z$: x, y, z 범주의 주효과;

$\lambda_{ij}^{xy}, \lambda_{ik}^{xz}, \lambda_{jk}^{yz}$: x, y, z 범주 상호간 교호작용;

모형에 의한 예측값과 관측값의 일치성 검정이 실시되며, log-likelihood 적합도(G^2)가 사용된다. 범주간 교호작용 분석을 위해 기여위험도(odds multiplier)가 이용되며 범주간 교호작용에 의해 공격적 운전행태를 발생시킬 가능성에 어느 정도 영향을 미치게 되는가의 확률을 의미한다. 범주형 자료분석에서 범주간 차이점을 분석하는데 유의하다. 산정식은 다음과 같다.

$$\log(m_{1jk}/m_{0jk}) = [\lambda + \lambda_1^x + \lambda_j^y + \lambda_k^z + \lambda_{1j}^{xy} + \lambda_{1k}^{xz} + \lambda_{jk}^{yz}] - [\lambda + \lambda_0^x + \lambda_j^y + \lambda_k^z + \lambda_{0j}^{xy} + \lambda_{0k}^{xz} + \lambda_{jk}^{yz}] \quad (2)$$

$$(m_{1jk}/m_{0jk}) = \exp[\lambda_1^x - \lambda_0^x] \times \exp[\lambda_{1j}^{xy} - \lambda_{0j}^{xy}] \times \exp[\lambda_{1k}^{xz} - \lambda_{0k}^{xz}] \quad (3)$$

$\exp[\lambda_1^x - \lambda_0^x]$ 은 비공격적 운전행태가 공격적으로 될 확률을 의미하며, $\exp[\lambda_{1j}^{xy} - \lambda_{0j}^{xy}]$, $\exp[\lambda_{1k}^{xz} - \lambda_{0k}^{xz}]$ 은 범주에 의한 기여위험도이며 1.0 이상이면 공격적 운전행태의 가능성이 증가한다. 연구에서는 3개 범주의 로그 선형모형을 구축하는데 공격적 운전행태 여부 변수와 두번째 변수를 정하고 세 번째 변수를 선택하여 유의성이 높은 최적모형을 찾아냈다. 이는 변수간 관계의 정확도와 모형의 해석을 용이하게 하기 위해서이다.

2) 분석결과

연구대상 PPLT 교차로에서 비보호좌회전시 공격적 운전행태를 보이는 군산시에 거주하는 운전자의 특성에 따른 차이점을 분석하기 위해 로그선형모형을 구축하였다. 모형은 일반적으로 likelihood ratio(G^2)과 우측 검정 확률값(p)으로 적합성여부를 판단하는데 G^2 값이 클수록 모형의 관계성이 적합하다는 귀무가설을 위배하기 때문에 (H_0 : 모형의 관계성이 적합하다. H_a : 모형의 관계성이 적합하지 않다.) 작은 값이 적합성을 설명하는데 유리하다. 또한, p 값이 0.05보다 높을 때 유의성을 만족시킨다.

공격적 운전행태에 대하여 나이와 운전시간대에 따른 차이를 살펴보면 <Table 3>은 변수의 관측값과 모형의 산정값을 보여주며, <Table 4>에서는 공격적 운전행태 여부와 나이 및 차량종류간 상호관계에 따른 계수와 기여위험도를 보여준다. 최적모형은 계층적 로그선형분석을 통하여 세 변수의 주효과 및 2-way의 가능한 모든 교차항으로 구성되며, G^2 값이 4.01, p 값이 0.3512로서 적합성 및 유의수준은 만족하였다. PPLT 교차로에서 비보호좌회전은 주변 상황의 인식과 높은 수준의 순발력 등이 요구될 수 있는데, 분석결과 나이가 많은 운전자 일수록 다가오는 대향차량에 영향을 주는 공격적 운전행태를 보이고 있다. 젊은 운전자일수록 도로 구간에서는 공격적인 운전성향을 보이나(Kim et al., 2006), PPLT 교차로에서는 비보호좌회전시 대향차량에 주는 영향이 작게 나타났다. 이는 도로구간과 교차로에서의 운전행태의 차이로 판단된다. 또한, 침두시간대에 비공격적 좌회전 운전행태가 나타날 확률이 매우 높게 제시되는데, 침두시 도로상 차량증가로 대향차량까지 충분한 거리가 확보되지 않아 공격적인 비보호좌회전의 기회가 감소할 수 있다.

공격적 운전행태가 성별과 동승자수에 따라 어떠한 차이를 보이는지 알아본다. <Table 5>는 변수의 관측값과 모형의 산정값을 보여주며, <Table 6>에서 G^2 값이 0.75, p 값이 0.6865로서 적합성 및 유의수준은 만족하였다. 동승자가 없는 경우 공격적 운전행태를 보이는 경향이 상당히 높게 나타났는데 동승자가 증가하면 상대적으로 안전하게 운전하려는 심리적인 요인이 비공격적 행태를 보이는 것으로 판단된다. 남성이 여성에 비해 공격적 운전행태를 보이는 경향이 큰 차이는 없지만 약간 높은 것으로 나타났다. 기여위험도가 1.0보다 작을 경우 비공격적 운전행태를 보일 경향이 작아지게 된다. 남성은 기여위험도가 0.949로서 대향차량에 영향을 적게 줄 경향이 약간 감소하게 된다. 선행연구에서처럼 남성은 교통위반이나 사고에 있어 여성보다 높은 경험을 가지고 있어 연구결과도 PPLT 교차로에서 공격적 운전행태를 보일 경향이 약간 높음을 보인다.

공격적 운전행태에 대한 운전경력과 차량종류의 차이를 알아본다. <Table 7>은 변수의 관측값과 모형의 산정값을 보여준다. <Table 8>에서 G^2 값이 1.86, p 값이 0.4826로서 적합성 및 유의수준은 만족하였다. 운전경

<Table 3> Observed and predicted values of age and peak by aggressive driving

	Aggressive/age				Non-aggressive/age			
	20s	30s	40s	50s+	20s	30s	40s	50s+
Peak	1(0)	4(2)	7(9)	12(13)	208(211)	96(85)	40(43)	52(57)
Nonpeak	1(1.6)	4(6)	39(37)	52(51)	88(85)	24(34)	20(17)	28(23)

<Table 4 Effect of age and peak time on aggressive driving

	Age				Peak time	
	20s	30s	40s	50s	Peak	Nonpeak
Aggressive	-1.474(1)	-0.329(1)	0.891(1)	0.913(1)	-0.573(1)	0.573(1)
Non-aggressive	1.474(19.067)	0.329(1.930)	-0.891(0.168)	-0.913(0.161)	0.573(3.145)	-0.573(0.318)

$G^2=4.01$; prob=0.3512; () odds multiplier

<Table 5> Observed and predicted values of company and gender by aggressive driving

	Aggressive/Company				Non-aggressive/Company			
	0person	1person	2persons	3+persons	0person	1person	2persons	3+persons
Male	48(42)	24(30)	16(15)	3(3)	104(115)	184(183)	100(93)	44(40)
Female	8(14)	16(10)	4(5)	1(1)	44(33)	52(53)	20(27)	8(12)

<Table 6> Effect of company and gender on aggressive driving

	Company				Gender	
	0 person	1 person	2 persons	3+ persons	Male	Female
Aggressive	0.368(1)	-0.034(1)	-0.043(1)	-0.291(1)	0.026(1)	-0.026(1)
Non-aggressive	-0.368	0.034	0.043	0.291	-0.026(0.949)	0.026(1.053)

$G^2=0.75$; prob=0.6865; () odds multiplier

<Table 7> Observed and predicted values of experience and auto by aggressive driving

	Aggressive/experience				Non-aggressive/experience			
	0-9yrs.	10-19yrs	20-29yrs.	30+yrs	0-9yrs.	10-19yrs	20-29yrs.	30+yrs
Sedan	11(11)	47(44_)	28(29)	24(26)	36(32)	216(228)	172(167)	23(19)
Others	1(1)	1(4)	4(3)	4(2)	4(8)	68(56)	36(41)	1(5)

<Table 8> Effect of experience and vehicle on aggressive driving

	Experience				Vehicle	
	0-9yrs.	10-19yrs.	20-29yrs.	30+yrs	Auto	Others
Aggressive	-0.015(1)	-0.301(1)	-0.348(1)	0.664(1)	0.246(1)	-0.246(1)
Non-aggressive	0.015(1.030)	0.301(1.825)	0.348(2.005)	-0.664(0.265)	-0.246(0.611)	0.246(1.635)

$G^2=1.86$; prob=0.4826; () odds multiplier

력이 많은 운전자들이 지나친 자신감으로 공격적 행태를 보인다. 앞에서 언급된 나이가 많은 것은 운전경력도 많다는 것으로 판단되어 공격적 운전행태의 결과로 나타났음을 가정할 수 있다. 운전경력 29년 이하가 비공격적 운전행태를 보이는데, 특히 10년에서 29년의 운전자가 약 2배의 가능성을 보인다. 승용차도 기타(RV, 트럭, 버스)에 비해 움직임에 있어 기동력이 커 공격적 행태를 보일 가능성이 크다. 기여위험도에서 기타의 경우 승용차에 비해 1.635배의 비공격적 좌회전을 보일 경향이 높은 반면에 승용차 0.611배 낮다.

4. 대향차량거리에 따른 공격적운전행태 특성분석

1) 기본이론

PPLT 교차로상에서 비보호 좌회전을 시도하는 경우 대향차량과의 거리가 중요요인이 될 수 있는데, 운전자가 받아들일 수 있는 허용거리가 운전자의 속성이나 주변환경에 영향을 받을 수 있기 때문이다. 충분한 거리가 확보되지 않은 상황에서 무리하게 좌회전을 시도 할 경우 공격적 운전행태를 보이게 됨으로 운전자 속성과 대향차량까지 거리에 따른 관계성 분석을 위해 순위회귀모형(Ordinal Regression Model)이 구축된다.

종속변수가 이산적 특성을 보일 때 일반적으로 multinomial probit or logit model이 사용된다. 그러나, 위의 모형들은 종속변수가 이산적 특성과 함께 순위적 특성을 보일 경우 자료의 속성을 제대로 반영하지 못하는 단점이 있다. 종속변수가 이산적 특성과 함께 순위적 특징을 보일 경우에는 순위회귀모형이 적용되어야 하는데, 종속변수가 정성적으로 표현되는 것이 아닌 단지 순위를 반영해야 한다(Greene, 2000). 일반 회귀모형은 3과 4의 차이가 1과 2의 차이와 같다고 잘못 가정하는 반면, 순위회귀모형은 순위적인 차이를 반영한다. 순위회귀모형도 probit 혹은 logit 모형으로 측정될 수 있는데, ordinal probit 모형은 확률분포가 평균 0, 분산 1을 ordinal logit 모형에서는 평균 0, 분산 $\pi^2/3$ 이다. 연구에 적용될 순위형 probit 모형은 다음과 같다.

$$y^* = \beta'x + \epsilon \tag{4}$$

y^* 는 종속변수로서 0, 1, 2, ..., J로 순위적인 형태로 입력되며, β 는 변수값, x 는 독립변수, ϵ 는 오류항으로서 정규분포를 보여주며, 모형에서 y^* 는 미관측 잠재변수로서 J개의 순위범주에 의해 측정된다.

$$\begin{aligned} y=0 & \quad \text{if } y^* \leq u_0, \\ y=1 & \quad \text{if } u_0 < y^* \leq \mu_1, \\ & \quad \vdots \\ y=J & \quad \text{if } \mu_{J-1} \leq y^* \end{aligned} \tag{5}$$

u 는 β 에 의해 측정되는 알려지지 않은 매개변수 즉, 한계값(threshold)이다. 거리의 종류가 각 범주에 속할 확률은 다음과 같으며 표준정규분포를 가진다.

$$\begin{aligned} Prob[y=0] &= \Phi(-\beta'x), \\ Prob[y=1] &= \Phi(u_1 - \beta'x) - \Phi(-\beta'x), \\ & \quad \vdots \\ Prob[y=J] &= 1 - \Phi(u_{J-1} - \beta'x), \quad j = 0, 1, \dots, J \end{aligned} \tag{6}$$

그럼으로써, y_i 가 j번째 범주에 포함될 확률은 다음과 같다.

$$\text{Prob}[y_i = j] = \Phi(u_j - \beta'x_i) - \Phi(u_{j+1} - \beta'x_i) \tag{7}$$

$$L = \sum_{j=1}^J \sum_{y_i=j} \log(\Phi(u_j - \beta'x_i) - \Phi(u_{j+1} - \beta'x_i)) \tag{8}$$

u_j 와 u_{j+1} 는 범주 J 의 최소 및 최대 한계값을 나타내며, u 와 β 값은 최우측정법에 의해 산정된다. β 가 양의 값을 보이면 순위를 높이는 결과를 가져온다. <Table 9>는 PPLT 교차로에서 비보호좌회전시 대향차량에게 공격적 성향을 보인 운전자의 속성 및 환경요인을 독립변수로 하고 대향차량까지의 거리를 경중에 따라 가중치를 두어 종속변수로 활용한다. 대향차량까지의 거리는 0-20미터를 근거리(short), 21-40미터를 중거리(middel), 41미터 이상을 원거리(long)로 분류하였다.

<Table 9> Aggressive driving by opposite distance

Dependent variables(y)		Independent variables(x)
$y_1=0-20m$	↑ short distance	gender, age, company, experience, vehicles(sedan, SUV, buses), peak
$y_2=21-40m$	middle distance	
$y_3=41m+$	↓ long distance	

<Table 10> Aggressive left turn driving behavior by distance to opposite vehicle

Variables	Model results			Marginal effects			
	Coefficient	t-value	p	short	middle	long	
Gender	0.9318	7.954	0.007	-0.3178	0.1881	0.1297	
Age	-0.2537	-3.137	0.015	0.0978	-0.0503	-0.0475	
Company	-0.3431	-2.231	0.038	0.1323	-0.0680	-0.0643	
Experience	0.0299	1.839	0.095	-0.0115	0.0059	0.0056	
Vehicle	Sedan	0.071	6.100	0.012	-0.0273	0.0144	0.0129
	SUV	0.1098	1.112	0.120	-0.0428	0.0210	0.0219
	Bus	1.2741	3.024	0.037	-0.4535	0.0544	0.3991
Peak	-0.122	7.294	0.010	0.0466	-0.247	-0.0219	
index	n=120, df=7, Chi-squared=24.043(p<0.001), $\rho^2=0.2049$						

2) 분석결과

<Table 10>은 공격적 운전행태에 반응을 보인 대향차량까지의 거리에 대한 모형결과로서 남성은 양(+의 계수값을 보이고 있어 거리상으로 멀리 있는 대향차량으로 하여금 공격적 운전행태를 느끼도록 비보호 좌회전을 시도하였으며, 한계효과를 살펴보면 남성은 근거리는 음(-)의 값을, 중·원거리는 양(+의 값을 보인다. 즉, 남성은 여성에 비해 근거리외에 중·원거리에 위치해 있는 대향차량으로 하여금 공격적 운전행태에 반응토록 하고 있다. 나이는 음(-)값으로 나이가 증가 할수록 가까운 거리에 위치해 있는 대향차량에 대해 공격적 비보호좌회전의 경향을 보이며 한계효과 분석에서도 근거리 대향차량에 영향을 줄 경향이 크다.

앞에서 분석된 것처럼 PPLT 교차로에서 동행자수 증가는 공격적 비보호좌회전의 운전행태를 보일 가능성을 낮게 하지만, 공격적 운전행태를 보일 경우 근접 대향차량이 영향을 더 받는 경향을 보이고 있다. 운전경력 경우 양(+의 값을 보이고 있어 경력이 높을수록 중거리 및 장거리 대향차량에 영향을 주는 것으로 나

타났으나 값은 그리 크지 않은 걸로 산정되었다.

차량의 경우 승용차, SUV, 버스 등의 대형차량으로 분류하여 분석한 결과 계수값이 모두 양(+)을 보이고 있어 거리가 먼 대향차량까지 영향을 준 것으로 나타났으며, 특히 계수값의 크기로 볼 때 승용차 보다는 RV 및 대형차량 등의 순으로 거리가 먼 대향차량에 영향을 줄 가능성이 큰 것으로 나타났다. 버스 등 대형차량의 경우 초기 출발속도가 승용차보다 낮은 특성을 지니고 있어 원거리에 있는 대향차량에 까지 영향을 줄 수 있는 범위를 보인다고 가정할 수 있다. 운전시간에 있어 침두시간대의 공격적 비보호좌회전 차량은 거리가 가까운 대향차량에 영향을 주는 가능성이 큰 것으로 나타났으며 반대로 비침두시일 경우에는 먼거리에 있는 대향차량까지 영향을 줄 경향이 높았다.

III. 결 론

본 연구는 교통운영체계 선진화 모델도시로 선정되어 교차로에 PPLT 신호운영방법을 적용한 군산시를 대상으로 운전자의 공격적 비보호좌회전 운전행태를 분석하였다. 나이가 증가할수록 다가오는 대향차량에 대해 공격적 운전행태를 보이며, 반면에 침두시간대 비공격적 좌회전 운전행태가 나타날 경향이 매우 높게 제시되고 있다. 남성은 여성에 비해 비보호좌회전시 공격적 운전행태를 보일 경향이 약간 높으며, 동승자가 없는 경우 공격적 운전행태를 보이는 경향이 상당히 높게 나타났다. 운전경력이 오래된 운전자들이 운전에 대한 지나친 자신감으로 공격적 비보호좌회전의 운전행태를 보이며, 차량의 종류에서 승용차의 경우도 기타 차량에 비해 차량 움직임에 있어 기동력이 커 공격적 좌회전 운전행태를 보일 가능성이 크게 나타났다.

PPLT 교차로상에서 비보호 좌회전 시도시 충분한 거리가 확보되지 않은 상황에서 무리하게 좌회전을 시도하는 경우 공격적 운전행태를 보이게 됨으로 운전자 속성과 대향차량까지의 거리에 따른 관계성을 분석하였는데, 남성은 근거리외에 중거리 및 원거리에 위치해 있는 대향차량으로 하여금 공격적 운전행태에 반응하도록 하였다. 나이가 증가 할수록 근거리에 위치해 있는 대향차량에 대해 영향을 주었으며, 동행자수 증가는 공격적 비보호좌회전의 운전행태를 보일 가능성을 낮게 하지만, 공격적 운전행태를 보일 경우 근접 대향차량이 영향을 더 받는 경향을 보이고 있다. 운전경력이 많을수록 중거리 및 장거리 대향차량에 영향을 주는 것으로 나타났다. 차량종류에서 모두 거리가 먼 대향차량까지 영향을 주고 있으며, 특히 승용차 보다는 RV 및 대형차량 등의 순으로 거리가 먼 대향차량에 영향을 줄 가능성이 컸다. 침두시간대의 공격적 비보호좌회전 차량은 거리가 가까운 대향차량에 영향을 줄 가능성이 큰 것으로 나타났다.

본 연구에서는 운전자 개인에 대한 자료수집에 있어 개인정보문제로 인해 운전행태와 연관성이 높은 충분한 속성을 파악하는데 일부 한계가 있었다. 원활한 차량소통을 목적으로 한 비보호좌회전의 적용이 효과를 내기 위해서는 초창기 PPLT 도입시 비보호좌회전 운영에 따른 교통사고 발생가능성의 염려가 해소되어야 한다. 운전자 개인의 운전행태를 바탕으로 PPLT교차로에서의 교통안전문제 및 소통효과를 높이기 위한 PPLT 교차로의 신호운영방안에 대한 연구가 향후 지속적으로 이루어져야 한다.

REFERENCES

Agent K. R.(1987), "Guidelines for the Use of Protected/Permissive Left-Turn Phasing," *ITE journal*, vol. 57, no. 7, pp.37-42.

- Anik L., Sacha D., Bruce W., Nadia M. and Michel B.(2012), "Aggressive Driving Behaviour in Young Drivers (aged 16 through 25) Involved in Fatal Crashes," *Journal of Safety Research*, vol. 43, pp.333-338.
- Bjorklund G.(2008), "Driver Irritation and Aggressive Behavior," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 40, pp.1069-1077.
- Blankenship K. and Nesbit S.(2013), "Driving Stimuli Increases Accessibility of Aggression Related Concepts in Angry Drivers," *Pers. Individ. Differ.*, vol. 55, no. 2, pp.135-140.
- Chai J. and Zhao G.(2016), "Effect of Exposure to Aggressive Stimuli on Aggressive Driving Behavior at Pedestrian Crossings at Unmarked Roadways," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 88, pp.159-1686.
- Dahlen E., Edwards B., Tubré T., Zyphur M. and Warren C.(2012), "Taking a Look Behind the Wheel: an Investigation into the Personality Predictors of Aggressive Driving," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 45, pp.1-9.
- Elena C., Georgia P., Nikos K., Anthi L. and Andreas K.(2011), "Risky and Aggressive Driving in Young Adults: Personality Matters," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 43, pp.1323-1331.
- Greene W.(2000), *Econometric Analysis*, Prentice Hall International, Inc.
- Jovanovic D., Stanojevi P. and Stanojevi D.(2011), "Motives for, and Attitudes about, Driving-related Anger and Aggressive Driving," *Soc. Behav. Pers.*, vol. 39, no. 6, pp.755-764.
- Kim Y., Na J., Park M. and Rho G.(2006), "Quantification of Subjective Driving Behavior and Validation Process under Double Lane Change Environment," *The Ergonomics Society of Korea Spring Conference*, pp.115-120.
- Lisa P., Andreas K. and Josef K.(2017), "Effects of Driving Anger on Driver Behavior - Results from Naturalistic Driving Data," *Transportation Research Part F45*, TRB, pp.75-92.
- Lonczak H., Neighbors C. and Donovan D. M.(2007), "Predicting Risky and Angry Driving as a Function of Gender," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 39, pp.536-545.
- Machin M. and Sankey K.(2008), "Relationship Between Young Drivers' Personality Characteristics, Risk Perceptions, and Driving Behavior," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 40. pp.541-547.
- Shinar D. and Compton R.(2004), "Aggressive Driving : an Observational Study of Driver, Vehicle, and Situational Variables," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 36, pp.429-437.
- Sisa Magazine(2014), Social Expenses 285,000 Hundred Million Won by Road Traffic Accidents, 2014.02.22.
- Smart R. and Mann R.(2002), "Deaths and Injuries from Road Rage: Cases in Canadian Newspapers," *Can. Med. Assoc. J.*, vol. 167, no. 7, pp.761-762.
- Song C.(2010), Study on Effective Management of Protected/Permissive Left-Turn Traffic Flow, University of Seoul Master's Thesis.
- Yoon I., Park S., Hoe N., Yoon J., Kim Y. and Lee S.(2015), "Study of Feasibility Analysis for the Protected-Permissive Left-Turn Signal Control in Three-Leg Signalized Intersections Using a Microscopic Traffic Simulation Model," *Int. J. Highw. Eng.*, vol. 17, no. 4, pp.89-98.
- Zhang T. and Chan A.(2016), "The Association Between Driving Anger and Driving Outcomes: A Meta-Analysis of Evidence from the Past Twenty Years," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 90, pp.50-62.