

서울시 고령 운전자 교통사고 특성 분석*

Examining the Characteristics of Traffic Accidents Involving Elderly Drivers in Seoul, South Korea

이지원 Lee Jiwon**, 김태형 Gim Tae-Hyoung Tommy***

Abstract

This study aims to examine the characteristics of traffic accidents involving elderly drivers with regards to the urban structure in Seoul, South Korea. To this end, this research analyzed the traffic accident data of the year 2015 collected by the Korean Police Agency and Koroad(TAAS). The traffic accident records being collected in a spatial unit, spatial heterogeneity and non-dispersion are prone to occur. In order to prevent this, this study employs ordinary least squares regression(OLS), a conventional spatial model for analyzing accident data, and geographically weighted regression(GWR), which is an alternative to the spatial econometrics model. It was revealed that the GWR model has a better goodness-of-fit than the OLS model. According to the GWR model, the population aged under 20 ratio and the industrial area ratio are negatively associated with traffic accidents in which elderly drivers are at fault. Meanwhile, employment density, commercial area ratio and the numbers of subway stations, bus stops, intersections, and traffic islands are positively associated with the traffic accidents involving elderly drivers.

Keywords: Traffic Accident, Geographically Weighted Regression, Elderly Driver, Spatial Econometrics

I. 서론

도로교통공단의 '교통사고 현황'에 따르면 2011~2015년간 전국에서 발생한 만 65세 미만 비고령 운전자의 교통사고 사망자 수는 4,594명에서 3,802명으로 17.2% 감소하였다. 반면, 고령 운전자에 의한 교통사고 사망자 수는 지난 5년간 605명에서 815명으로 34.7% 상승했고 교통사고 발생건수 또한 2011년 대비 2배가량 증가하여 비고령 운전자의 교통사고 감소 추세와 대

조적이다(도로교통공단 교통사고분석시스템).¹⁾

우리나라는 1991년 교통사고 사망자 수가 12,325명을 기록한 이래로 도로환경 개선 및 교통안전 정책 수립 등 다방면에서 노력한 끝에 교통사고 사망자 수를 1991년의 30% 수준(2015년 기준)까지 감소시킬 수 있었다. 그럼에도 불구하고 여전히 우리나라가 OECD 회원국 중 교통사고 사망률이 상위권에 머무는 데는 고령 운전자의 교통사고 및 사망자 수 증가가 주요 원인으로 작용하였다고 볼 수 있다.²⁾

* 이 논문은 2017년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2017S1A5A2A02067705).

** 서울대학교 환경대학원 박사과정(제1저자) | Ph.D. Candidate, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National Univ. | Primary Author | aimeru2@snu.ac.kr

*** 서울대학교 환경대학원·협동과정 조경학 부교수 및 환경계획연구소 부소장(교신저자) | Associate Prof., Graduate School of Environmental Studies and Interdisciplinary Program in Landscape Architecture and Associate Director, Environmental Planning Institute, Seoul National Univ. | Corresponding Author | taehyoung.gim@snu.ac.kr

고령 운전자는 신체적·심리적 노화로 인하여 인적 요인이 주행 중 미치는 영향이 크기 때문에, 교통사고가 발생했을 때 심각한 인명피해로 이어질 가능성이 높다(Ferguson and Braver 2002; Braver and Trempe 2004; Boufous, Finch, Hayen and Williamson 2008; 최재성 2018). 따라서 동일한 조건에서 발생한 사고라도 고령 운전자는 비고령 운전자와는 다른 사고 특성을 보일 수 있어(Langford and Koppel 2006), 고령 운전자의 교통사고 발생과 이로 인한 인명피해를 감소시키기 위해서는 고령 운전자의 주행에 영향을 미치는 공간에 대한 다양한 요인을 고려한 분석이 필요하다.

고령 운전자는 비고령 운전자에 비해서 신체 능력과 심리적 요인 변화 등 인적요인이 주행에 미치는 영향이 상당하다. 예를 들어, 고령 운전자의 시력은 30~40대에 비해서 20% 이상 떨어지며, 시력 저하로 인한 고령 운전자의 가용 시각장(Useful Field of View) 감소는 교통사고 발생 가능성을 비고령 운전자에 비해 6배가량 높이는 것으로 나타났다(Ball, Beard, Roenker and Miller et al. 1993; Huisingsh, Levitan, Irvin and MacLennan et al. 2017). 이에 고령자의 교통사고 감소를 위하여 고령자의 인적 요인과 주행환경(기상상태, 도로 유형, 노면상태 등)을 중심으로 교통사고 특성 분석이 이루어져 왔다.

교통사고를 선제적, 효과적으로 대응하기 위해서는 주행 환경을 도로 환경에 국한하지 않고 도시의 공간적 특성을 반영하는 여러 요인을 투입하여 도시 계획적 접근 방식을 도모할 필요가 있다. 이러한 차원에서 이 논문은 도시환경요인을 포함한 도시 공간을 구성하는 요인들이 고령 운전자의 교통사고에 미치는 영향을 파악하고 고령 운전자의 교통사고 특성을 규

명하고자 하는 데 목적이 있다.

한편 과거 교통사고 분석에 사용해온 전통적인 최소제곱법(Ordinary Least Squares Estimation: OLS)에 근거한 선형회귀 기반의 모수추정은 교통사고 자료와 같이 공간 단위로 수집되는 자료를 분석하는 경우, 공간적 이질성(Spatial Heterogeneity), 비분산성(Non-dispersion) 문제에 맞닥뜨릴 수 있다. 이에 본 논문에서는 공간적 특성을 반영하여 고령 운전자의 교통사고 발생 요인을 규명하는 지리적 가중회귀모형(Geographically Weight Regression: GWR)을 최소제곱모형과 함께 투입하여 연구를 진행하였다.

연구의 분석대상은 2015년 서울시에서 발생한 고령 운전자 교통사고이며 고령 운전자는 만 65세 이상으로 한정한다.

II. 선행연구 고찰

1. 고령 운전자 교통사고

고령 운전자에 관련된 연구는 교통, 의학, 심리학 등의 분야에서 주로 연구되어 왔다. 특히 고령자의 신체 능력 저하와 심리적 변화가 주행 중 미치는 영향을 규명한 연구가 주를 이루었다. 고령자의 신체적 노화는 고령 운전자의 교통사고 발생에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 고령자의 시력 저하, 가용 시각장 감소, 청력 저하 등으로 고령 운전자는 주행 중 사각 지대에 위치한 사람 혹은 물체를 인지하는 데 어려움을 겪게 된다. 이는 주행 중 예기치 못한 상황이 발생했을 때 고령 운전자의 즉각적인 대응을 어렵게 하여 교통사고 발생 시 심각한 인명피해를 초래할 수 있다

1) <http://taas.koroad.or.kr> (2019년 8월 28일 검색).

2) 도로교통공단(2018)에 따르면, 2016년 기준 한국의 교통사고 사망자 수는 10만 명당 10명으로 OECD 회원국 평균의 1.5배임. 65세 이상 인구 10만 명당 교통사고 사망자수의 경우, 25.6명(회원국 중 1위)으로 OECD 회원국 평균인 8.5명보다 약 3배가량 높음.

(오주석, 이의용, 류준범, 이원영 2015; 이원영, 김기홍, 오주석 2015).

고령 운전자의 신체 노화는 정신적 노화에 영향을 미친다. 특히 고령 운전자의 인지반응 시간을 저하시켜 주행 중 제한된 시간 내에 즉각적인 대응을 요구하는 상황에서 교통사고 발생 가능성을 높인다. 예를 들어 통행량이 많으며 복잡한 상황이 종종 발생하는 대형 교차로나 좌회전 중 고령 운전자는 충분한 인지반응 시간을 갖지 못하고 (후방 차량의 상향등 및 경적 등으로 인한) 심리적 부담감으로 인해 무리하게 좌회전을 시도해서 교통사고를 일으킬 가능성이 있다 (Preusser, Williams, Ferguson and Ulmer et al. 1998; Zhang, Lindsay, Clarke and Robbins et al. 2000; 이순철 2006; Boufous, Finch, Hayen and Williamson 2008). 이순철(2006)은 고령 운전자가 젊은 운전자에 비해서 운전확신 수준에 차이가 있으며, 이로 인해 좌회전 시 소요되는 시간이 현저하게 길어진다고 주장하였다.

이와 관련하여 장재민, 최재성, 김태형(2017)은 고령 운전자의 연령이 높아질수록 운동신경 저하로 인해 조향에 어려움을 느끼며, 인지반응 시간이 길어짐에 따라 자기 판단에 의한 사고율이 높게 나타난다고 밝힌 바 있다.

더불어 고령 운전자는 주행 중 환경요인(교통량, 주행속도, 도로유형, 토지용도 등)의 영향을 민감하게 받아 환경에 대한 심리적인 부담감이 상대적으로 높다. 특히 Hakamies-Blomqvist and Henriksson(1999), Boufous, Finch, Hayen and Williamson(2008), 이순철(2006)은 교차로와 같이 주행 중 고려할 것이 많은 복잡한 환경에서 발생하는, 고령자에 의한 교통사고를 고령 운전자의 주요 교통사고 특성으로 보았다. 그 외 이상혁, 정우동, 우용한(2012)는 신호기 설치 여부, 차도 폭, 중앙 분리대 설치 여부와 같이 도로 환경이 고령 운전자의 교통사고 발생에 유의미한 영향을 미침을 밝힌 바 있다.

Table 1 _ Previous Studies on Traffic Accident Involving Elderly Drivers

Author	Analysis Model	Spatial Range	Explanatory variable
Oh, Lee, Ryu and Lee(2015)	Cross-sectional Analysis	South Korea (National Wide)	Age, At-fault's Vehicle Type, Human Factors, Road Type, Accident Type
Jang, Choi and Gim(2017)	Logistic Regression Model	South Korea (unit: Metropolitan City, Province)	Age of Driver, Road Type, Drink Driving, Accident Type
Lee, Jeung and Woo(2012)	Ordered Logistic Regression Model	Daegu(Buk-gu, Nam-gu)	Accident Type, Vehicle Type, Physical Damage, Protective Equipment, Speed, Drink Diving, Weather Condition, Road Surface Condition, Speed Limit, Road Width, Signal Light, Separating Facilities between Pedestrian Road-road Way, Median Strip
Boufous, Finch, Hayen and Williamson(2008)	Multivariate Linear Regression Model	New South Wales, Australia	Rurality, Location, Speed Limit, Road Surface Condition, Road Type, Signal Light, Light Condition, Vehicle Type, Accident Type
Langford and Koppel(2006)	Frequency Analysis	Australia	Fatalities, Speed, Location, Intersection Type, Controls at Intersection, Light, Type of Vehicle, Vehicles in Crash, Restraint Use, Drink Driving, Crash Type, Prior Move, Point of Impact
Zhang, Lindsay, Clarke and Robbins et al.(2000)	Logistic Regression Model	Ontario, Canada	Age of Driver, Sex of Driver, Driver Condition, Driver Action, Use of Seat Belts, Ejection from Vehicle, Month, Day of Week, Hour of Day, Road Alignment, Roadway Configuration, Road Surface Condition, Speed Limit, Weather Condition, Light Condition, Crash Type, Left-turn Collision, Vehicle Type, Vehicle Manoeuvre

고령 운전자의 경우, 인적 요인이 환경요인과 상호 작용하여 교통사고가 발생하는 경우 심각한 인명피해로 이어질 가능성이 높다(Ferguson and Braver 2002; Braver and Trempe 2004; Boufous, Finch, Hayen and Williamson 2008; 최재성 2018). 그러나 고령 운전자의 교통사고 연구는 주로 특정 지역 전역을 대상으로 진행되었거나 전국을 대상으로 진행되는 경우가 대부분이며, 대상 지역의 도시 환경 특성을 고려한 고령 운전자 교통사고 연구는 아직까지 부족한 실정이다(<Table 1> 참조). 이는 교통사고 자료의 특성상 데이터양이 방대하여 사고 발생 지역의 환경적 특성을 반영하는 데 한계가 있기 때문으로 추정된다.

본 논문은 행정동을 분석 단위로 설정하여 보다 미시적인 범위에서 도시구조가 고령 운전자의 교통사고에 미치는 영향을 규명한다는 점에서 선행연구와 차별성을 지닌다. 이후 실증분석결과를 통해서 고령 운전자의 안전한 주행 환경 조성과 교통사고 저감을 위한 정책 마련에 있어 시사점을 제공한다는 점에서 연구의 의의를 갖는다.

2. 교통사고 연구방법론

교통사고 분석모형 중 종속변수가 교통사고 수, 사망자 수, 사상자 수 등의 빈도 혹은 사고율 등의 비율일 때는 교통사고 분석기법으로 선형회귀모형이나 로지스틱 회귀모형이 기본적으로 사용된다(Resende and Benekohal 1997; Yan, Radwan and Abdel-Aty 2005). 이에 더해 특히 빈도가 가산자료(Count Data)의 특성을 보이면(0의 값이 존재하고 자연수만을 가짐) 포아송(Poisson) 회귀모형이나 음이항(Negative Binomial) 회귀모형이 채택된다(EI-Basyouny and Sayed 2009; Noland and Quddus 2004; Siddiqui, Abdel-Aty and Choi 2012; 박민호, 노관섭, 김중민 2014). (여기서 음

이항 회귀모형은 포아송 모형의 가정, 즉 평균과 분산이 동일하다는 가정이 위배되는 과분산의 경우 대안으로 사용된다.) 한편 이러한 포아송류 회귀모형은 자료의 공간상 독립성을 가정한다. 다시 말해 특정 지점에서 발생한 교통사고는 인접한 교통사고와 무관하다는 것이다. 즉 교통사고 다발지점의 존재를 부정하는 등 공간적 종속성을 설명할 수 없다는 한계점을 지니 도로 및 환경요인 특성을 제대로 반영하기 어렵다는 한계를 내보인다(Quddus 2008).

이러한 배경에서 공간계량모형(Spatial Econometric Models)은 이웃효과를 통제하기 때문에 공간적 자기상관과 미관측된 이분산을 적절하게 처리할 수 있다는 장점으로 교통사고와 같이 공간 단위로 수집된 자료를 분석하는 연구에 적절한 것으로 제안되어 왔다(Anselin 1988; Quddus 2008). 전통적 공간계량모형으로는 공간시차모형(Spatial Lag Model), 공간오차모형(Spatial Error Model), 일반공간모형(General Spatial Model), 지리적 가중회귀모형 등이 있으며, 공간적 상관성을 고려하는 공간적 범위에 따라서 크게 전역적 모형(공간시차모형, 공간오차모형, 일반공간모형)과 국지적 모형(지리적 가중회귀모형)으로 구분된다(이경아 2016). 또한 유사한 특성을 갖는 공간이 서로 정보를 교환함으로써 추정되는 매개변수의 불확실성을 저감하도록 고안된 계층적 베이저안 모형(Bayesian Hierarchical Model)도 사용된 바 있다(Augero-Valverde and Jovanis 2006; Quddus 2008; Huang, Abdel-Aty and Darwiche 2010; Siddiqui, Abdel-Aty and Choi 2012).

3. 시사점 도출

본 논문에서는 고령 운전자 교통사고와 교통사고 연구 방법론에 대한 선행연구 고찰을 진행했다. 본 논문은 고령 운전자의 교통사고 관련 문헌 분석내용을 기

반으로 고령 운전자가 주행 중 영향을 받을 것으로 추정되는 도시 환경 요소를 추출하여 영향 변수로 설정하였다. 예를 들어, 고령 운전자에게 즉각적인 대응을 요구하는 교차로와 교통섬과 같은 도로 구조와 보행자 및 차량 통행량이 많은 상업지역, 버스정류장 및 지하철역 변수 등을 독립변수로 설정하여 고령 운전자의 교통사고에 미치는 영향을 규명하고자 하였다.

교통사고 자료는 공간을 단위로 수집되기 때문에 공간적 자기 상관성(Spatial Autocorrelation)이 존재할 가능성이 높다. 따라서 선형회귀 기반의 모수추정 통계기법을 적용하는 경우, 공간 이질성 혹은 비분산성 문제가 발생할 수 있다. 이에 본 논문은 공간적 자기 상관성을 고려하여 연구를 수행하고자 지리적 가중 모형과 최소사승모형을 실증분석의 통계기법으로 사용하였다.

III. 연구방법 설계

1. 지리적 가중회귀모형

교통사고 데이터 분석에는 주로 OLS 회귀분석이 사용되었다. 그러나 이는 모든 지역이 동일한 특성을 가진다는 전제를 통해 추정을 수행하며 이에 공간적 변이를 고려하지 못한다는 한계를 가진다(박일수, 김은주, 홍성욱, 강성홍 2013). 전통적 회귀분석은 Gauss-Markov 정리에 따라 오차의 독립성, 등분산성 가정을 충족시켜야 하지만 교통사고 자료와 같이 공간적으로 인접한 위치에서 표출된 사례일수록 유사한 값을 가지는 경향이 있고, 따라서 현실적으로 해당 가정을 충족시키기 어렵다(이희연, 심재현 2011; 박일수, 김은주, 홍성욱, 강성홍 2013). 이에 OLS 회귀모형 분석을 통해 공간 자료를 분석하는 경우 공간적 이질성 및 의존성 문제로 모수 추정치의 효율성이 저하된

다(조동기 2009).

위와 같은 배경에서 교통사고 자료와 같이 공간 단위로 수집되는 데이터가 갖는 공간적 자기 상관성을 고려하기 위하여 1980년대 이후 공간 계량 모형이 개발되었다. 특히 GWR 모형은 Fotheringham, Brunston and Charlton(2002)이 공간적 이질성을 명시적으로 고려하기 위해 개발한 것이다. 이 모형은 공간상에 서로 다른 지역에 위치한 데이터에 대하여 각각의 회귀모형을 적용하는 방식으로 공간적 이질성을 탐색한다(김동하, 강기연, 손소영 2016). 일반적인 OLS 모형은 분석 지역을 대상으로 전역적인 효과를 전제로 하지만, GWR 모형은 일종의 국지적 공간모형으로 국지적 통계량을 사용하여 공간 관계를 파악하기 때문에 세부지역별 공간 효과를 보다 잘 반영할 수 있다는 장점이 있다. 따라서 기존 회귀모형으로 파악하기 어려운 공간적 이질성을 표현하고 해석하는 것이 가능하다.

본 논문은 아래에서 전통적인 OLS 모형과 공간적 위치에 따른 차이를 고려하는 GWR 모형을 비교하여 고령 운전자의 교통사고 특성을 규명하고자 한다.

2. 연구범위

본 논문의 대상지는 서울시 전역이며 분석단위는 교통사고 분석의 기초단위인 행정동이다. 행정동은 또한 가구통행실태조사 및 교통수요분석에서 교통분석존(Traffic Analysis Zone: TAZ)로 사용된다. 고령 운전자의 교통사고 특성을 파악하기 위하여 경찰청과 도로교통공단의 교통사고분석시스템(TAAS)을 통해 2015년 서울시 교통사고 원자료를 수득하였다. 여기에서 2015년 1월 1일~12월 31일 동안 가해자가 만 65세 이상 운전자인 교통사고를 추출하였으며, 가해 차량은 자전거, 특수차량 등과 같이 일반적으로 고령자가 통행 목적으로 사용하지 않는 유형은 제외하고 승합

차, 승용차, 이륜기, 원동기로 한정하였다. 최종 424개 행정동에서 발생한 고령 운전자의 교통사고 3,583건을 분석에 사용하였다.

3. 변수설정

연구의 종속변수는 2015년 서울시 행정동별 고령 운전자의 교통사고 발생 건수이다. 본 논문은 실증분석을 위해 관련 선행연구와 서울시의 특성을 고려하여 도시 공간의 인구사회경제적 특성과 도시환경 특성을 나타내는 독립변수로 모형을 구성하였다.

인구사회경제적 특성을 반영하는 변수는 인구 밀도, 만 65세 이상 비율, 20세 미만 인구 비율, 전입 인구 비율, 기초생활 수급자 비율, 종사자 밀도이며, 도시 환경을 나타내는 변수로서 도로 연장, 학교, 대학교, 어린이 보호구역, 아파트 비율, 주거지역 비율, 상업지역 비율, 녹지지역 비율, 공업지역 비율, 토지이용복합도, 지하철역, 버스 정류장, 교통섬, 교차로를 투입하였다.

이 중 교통섬과 교차로는 통행량이 많고 주행 중 고려해야 하는 사항이 많은 복잡한 주행환경을 나타내는 변수이며 지하철역과 버스 정류장은 대중교통 접근성과 대중교통 이용객으로 인한 혼잡성이 미치는 영향을 확인하고자 변수로 선정하였다.

토지이용복합도는 행정동의 용도 지역이 혼합된 정도를 나타내는 Shannon(1948)이 정의한 엔트로피를 의미하며 계산에는 Cervero and Kockelman(1997)이 사용한 식을 사용하였다. 값이 1에 가까운 경우 행정동 내에 다양한 용도지역이 균등한 면적으로 혼재함을 의미한다.

실증분석을 진행하기에 앞서 독립변수 간 상관관계를 진행하였다. 그 결과, 주거지역 비율이 인구 밀도(0.80)와 강한 상관관계를 보여 해당 변수를 제외한

후 분석을 진행하였다. <Table 3>은 상관분석결과를 보여주고 있으며, 상관분석결과 중 유의확률이 유의수준 0.1 이내인 계수만 표기하였다.

Table 2_Data Description

Variable	Description	
Traffic Accident Involving Elderly Drivers	Y ₁	Number of Traffic Accidents Involving Elderly Driver in TAZ
Population Density	X ₁	Number of Residents (unit: thousands) / Area
Population Over 64 Ratio	X ₂	Number of Population Aged Over 64 Years Old / Population in TAZ
Population Under 20 Ratio	X ₃	Number of Population Under 20 Years Old / Population in TAZ
Migrant Population Ratio	X ₄	Migrant Population / Population in TAZ
Basic Livelihood Recipients Ratio	X ₅	Number of Basic Livelihood Recipients / Population of TAZ
Employee Density	X ₆	Number of Employees(unit: thousands) / Area
Road Length	X ₇	Road Extension in TAZ (unit: km)
School	X ₈	Number of Elementary Schools, Middle Schools, and High Schools in TAZ
University	X ₉	Number of Universities in TAZ
School Zone	X ₁₀	Number of School Zones in TAZ
Apartment Ratio	X ₁₁	Number of Apartment Complexes / Number of Houses in TAZ
Residential Area Ratio	X ₁₂	Residential Area / Area
Commercial Area Ratio (M)	X ₁₃	Commercial Area / Area
Green Area Ratio	X ₁₄	Green Area / Area
Industrial Area Ratio	X ₁₅	Industrial Area / Area
Mixed Land Use	X ₁₆	$-\sum_{i=1}^n \frac{p_i \ln(p_i)}{\ln(J)}$ P: Occupied area ratio of land use type i J: The number of land use types
Subway Station	X ₁₇	Number of Subway Stations in TAZ
Bus Stop	X ₁₈	Number of Bus Stops in TAZ
Traffic Island	X ₁₉	Number of Traffic Islands in TAZ
Intersection	X ₂₀	Number of Intersections in TAZ

Table 3 _Correlation

Variable	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
X ₁	1									
X ₂	-0.16***	1								
X ₃		-0.51****	1							
X ₄		-0.16***	-0.14***	1						
X ₅		0.56***	-0.41***	-0.12**	1					
X ₆	-0.08*		-0.30***	0.19***		1				
X ₇		0.10**					1			
X ₈		-0.14***	0.13***					1		
X ₉	-0.17***						0.10*		1	
X ₁₀			0.18***	-0.17***		-0.13***		0.16***		1
X ₁₁		-0.12**	0.21***	-0.13***				0.21***		
X ₁₂	0.80***					-0.13**			-0.15***	
X ₁₃		0.12**	-0.34***	0.13***	0.09*	0.67***				-0.15***
X ₁₄	-0.63***	0.12**	0.19***	-0.14***		-0.35***			0.14***	0.08*
X ₁₅	-0.09*	-0.10**	-0.09*			0.31***				
X ₁₆	-0.38***					0.13***		0.08*	0.11**	
X ₁₇	-0.17***	-0.12**	-0.09*	0.19***		0.40***				
X ₁₈	-0.29***		0.08*			0.08*	0.09*	0.15***	0.13***	0.26***
X ₁₉	-0.31***				-0.10**	0.20***		0.08*		
X ₂₀	-0.32***	-0.09*	0.16***			0.17***		-0.17***		0.27***

Variable	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀
X ₁₁	1									
X ₁₂	-0.12**	1				1				
X ₁₃		0.30***	1							
X ₁₄		-0.15***	0.18***	1						
X ₁₅	0.11**		0.19***		1					
X ₁₆		0.18***	0.20***	0.24***	0.25***	1				
X ₁₇	0.10**	-0.19***	0.30***	-0.15***		0.18***	1			
X ₁₈	-0.08*	-0.26***		0.18***	0.19***	0.20***	0.16***	1		
X ₁₉		-0.31***	0.18***			0.24***	0.27***	0.37***	1	
X ₂₀		-0.35***	0.09*	0.16***	0.16***	0.25***	0.30***	0.64***	0.56***	1

Note: 1) p<0.1: *, p<0.05: **, p<0.01: ***
 2) The correlation coefficients of variables at the 0.1 significance level only remained in the <Table 2>.

Table 4 _Descriptive Analysis

Variable	Min	Max	Mean	S.D
Y ₁	0	48	8.47	6.65
X ₁	0.72	64.17	24.82	12.42
X ₂	5.54	23.62	12.65	2.55
X ₃	6.04	30.16	16.89	4.06
X ₄	6.96	70.52	15.63	4.49
X ₅	0.02	11.68	1.66	1.39
X ₆	0.26	123.45	10.37	12.32
X ₇	0.00	661.34	17.16	54.94
X ₈	0	13	3.02	2.16
X ₉	0	3	0.16	0.450
X ₁₀	0	10	3.39	1.79
X ₁₁	0.00	100.00	53.83	30.20
X ₁₂	0.001	0.90	0.46	0.21
X ₁₃	0.00	0.72	0.08	0.10
X ₁₄	0.00	0.88	0.23	0.21
X ₁₅	0.00	0.66	0.01	0.05
X ₁₆	0.02	0.97	0.49	0.18
X ₁₇	0	6	1.20	1.08
X ₁₈	2	110	26.08	14.97
X ₁₉	0	29	3.16	3.87
X ₂₀	0	88	14.82	9.39

IV. 고령 운전자 교통사고 특성 분석

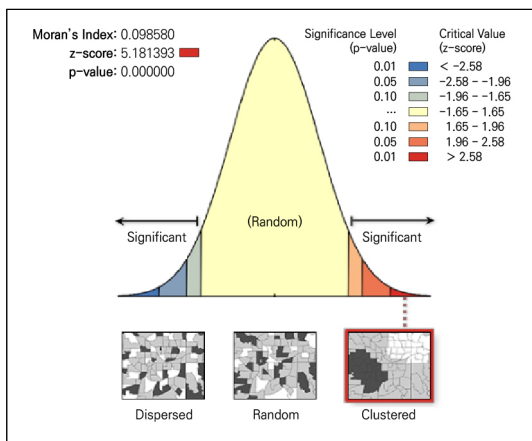
1. OLS 모형 평가

OLS 모형의 적합성을 판단하기 위하여 Gauss-Markov 검증을 진행하였다(<Table 5> 참조). 검증 결과 Koenker(BP)와 Jarque-Bera 통계값이 유의하였다. 이는 잔차가 비정규 분포를 가짐을 의미하며, 설명변수와 종속변수 사이에 비고정성의 관계가 있음을 나타낸다. 즉 일부 지역에서는 특정 설명변수가 종속변수에 중요한 영향을 미치지만, 그 외 특정 지역에서는 해당

Table 5 _ Estimation of OLS Analysis

Categories	Value
Number of Observation	424
Akaike's Information Criterion (AICc)	2506.95
Multiple R-Squared	0.56
Adjusted R-Squared	0.54
Joint F-Statistic	26.78
Joint Wald Statistic	256.14
Koenker (BP) Statistic	83.61
Jarque-Bera Statistic	91.52

Figure 1 _ Spatial Autocorrelation



변수의 영향력이 미미하다는 것을 의미한다. 이처럼 Koenker(BP) 통계가 유의한 경우 GWR을 대안으로 적용하는 것이 바람직하다. 또한 Moran's I(= 0.10)에 따르면 고령 운전자 교통사고 발생은 공간적 자기상관이 있다고 말할 수 있다. 구체적으로 <Figure 1>에 서와 같이 잔차가 클러스터를 형성하고 있다.

2. GWR 모형 분석

도시 고령 운전자의 교통사고 발생 위험 요인을 규명하고자 GWR을 활용하여 분석을 진행하였다. 독립변수 간 다중공선성이 발생할 경우, 결과 값이 도출되지 않기 때문에 다중공선성을 검토한 후 분석을 진행하

였다. OLS 모형과 GWR 모형 분석결과를 비교하기 위해서 OLS 분석에서 유의한 영향을 미치는 것으로 나타난 최종 독립변수{유의확률(p-value)<0.1인 변수}를 투입하여 도출된 OLS 분석결과를 함께 제시하였다(<Table 6> 참조).

2015년 기준 서울시의 행정동별 사고특성 분석결과는 다음과 같다. GWR 모형의 설명력(R²)은 0.61로 OLS 모형의 설명력(0.55)보다 높게 나타났다. 모형의 적합도를 나타내는 AICc값에 대해 Fotheringham, Brunsdon and Charlton(2002)은 기준 모형 대비 대안 모형의 AIC 값의 감소폭이 4 이하인 경우, 모형 간의 유의미한 차이가 없다고 보았다. 본 논문에서는 2,493.64(OLS)에서 2,488.68(GWR)로 감소하여 GWR 모형이 OLS 모형에 비해서 모형 적합도 측면에서도 우수하다고 볼 수 있다.

GWR 분석결과에 따르면(<Table 6> 참조), 행정동별로 투입변수가 미치는 영향력의 크기와 방향에서 차이가 나타났다. 공업지역 비율과 20세 미만 인구 비율은 서울시 전체 지역에 대해 부(-)의 효과를 가졌다. 그 외(종사자 밀도, 도로 연장, 어린이 보호구역, 상업지역 비율, 지하철역, 버스 정류장, 교통섬, 교차로)는 고령 운전자의 교통사고 발생을 증가시키는 요인으로 작용하였다.

<Figure 2~9>는 GWR 분석결과 중 행정동별 고령 운전자의 교통사고 발생 위험 요인 중 도시계획적 함의를 가진 경우에 대해 회귀계수를 지도화한 것이다. 청색으로 적색으로 변할수록 계수값이 상승하여 교통사고 발생에 해당 위험 요인이 미치는 영향력이 크다는 것을 의미한다.

어린이 보호구역은 서울시 행정동에 교통사고 발생을 증가시키는 요인으로 작용하였다. 특히 도봉구, 노원구, 성북구, 금천구 일부 행정동을 중심으로 고령 운전자의 교통사고 발생에 큰 영향을 미치는 것으로 도

Table 6 _ Comparing OLS and GWR Models

Variables	GWR				OLS		VIF
	Coefficients				Coef.	t	
	Mean	Max	Min	S.D.			
Under 20 Years Old	-0.22	-0.13	-0.29	0.03	-0.21	-3.59	1.22
Employee Density	0.12	0.20	0.06	0.03	0.13	4.77	2.40
Road Length	0.01	0.02	0.004	0.003	0.01	3.22	1.02
School Zone	0.23	0.37	0.02	0.07	0.22	1.68	1.18
Commercial Area Ratio	6.46	10.20	1.47	1.33	6.71	2.10	2.09
Industrial Area Ratio	-10.86	1.49	-29.34	7.56	-13.75	-2.72	1.28
Subway Station	1.10	1.31	0.58	0.12	1.09	4.69	1.30
Bus Stop	0.05	0.12	0.02	0.02	0.04	1.98	1.80
Traffic Island	0.49	0.74	0.21	0.13	0.46	6.48	1.56
Intersection	0.17	0.30	0.03	0.05	0.14	3.90	2.44
Goodness-of-fit	$R^2 = 0.61$ Adjusted $R^2 = 0.56$ AICc = 2,488.68				$R^2 = 0.55$ Adjusted $R^2 = 0.54$ AICc = 2,493.64		

출되었다. 전 연령의 교통사고를 대상으로 한 박나영, 김태양, 박병호(2017)의 연구에서는 교통사고를 감소시키는 요인으로 나타났으나, 고령 운전자를 대상으로 한 본 논문에서는 반대로 교통사고를 증가시켰다. 어린이 보호구역은 만 13세 미만의 어린이의 안전한 보행활동을 위하여 설치되는 구역이다. 따라서 교통안전

의식이 낮은 어린이들의 돌발행동 발생이 잦은 편이기 에 감속뿐만 아니라 주변을 살피는 등 주의를 기울여 야 하며 주행차량의 시야를 방해하는 불법 주정차 차 량에 대한 단속이 요구된다(중앙일보 2017a).

고령 운전자는 비고령자에 비해 가용 시각장이 좁 으며 돌발상황이 발생했을 때 즉각적인 대응이 어려

Figure 2 _ School Zone

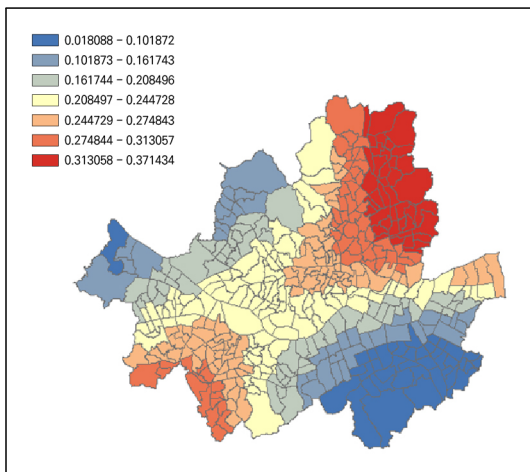


Figure 3 _ Commercial Area Ratio

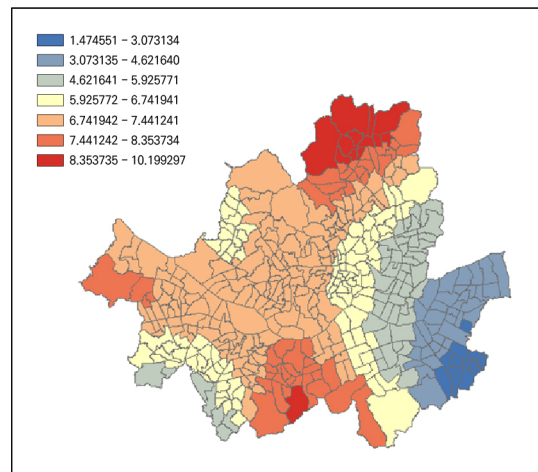


Figure 4_Road Length

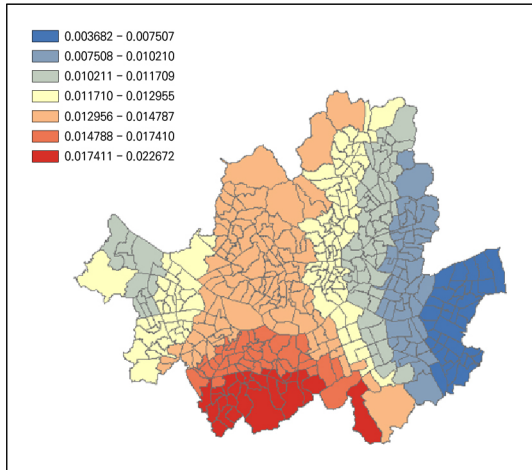


Figure 5_Intersection

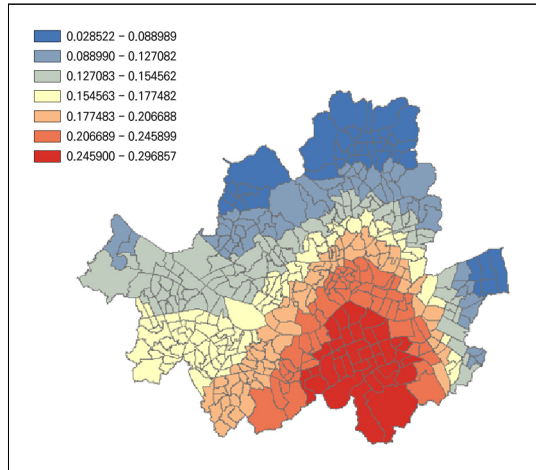


Figure 6_Traffic Island

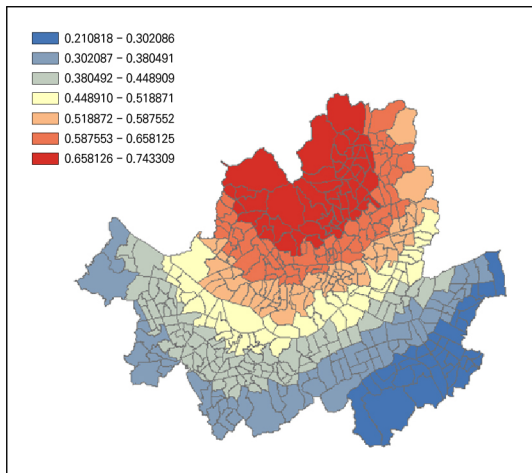
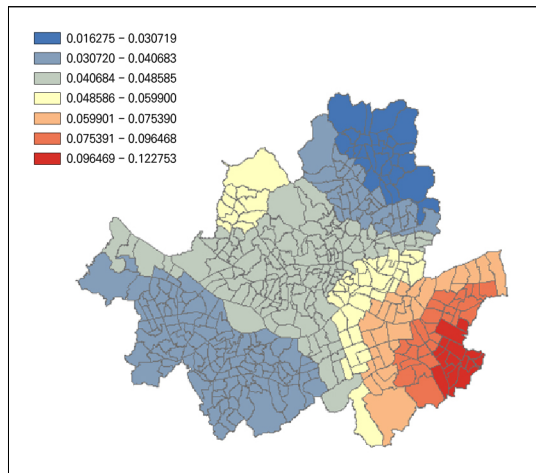


Figure 7_Bus Stop



워 어린이 보호구역에서 사고 발생 가능성이 높다. 이에 어린이 보호구역의 특징과 고령 운전자의 주행 특성을 고려한 대책 마련 필요성이 제기되며, 고령자 거주 비율이 높은 지역의 어린이 보호구역을 대상으로 안전한 보행환경 조성을 위한 중점 관리가 요구된다.

상업지역 비율은 서울시 행정동에 교통사고 발생을 증가시키는 요인으로 작용하였다. 특히 관악구, 서초구, 강북구, 도봉구, 강서구 일부 행정동을 중심으로 고령 운전자의 교통사고 발생에 큰 영향을 미치는

것으로 도출되었다. 상업지역은 주거지역과 함께 고령자의 주요 밀집 지역이자, 보행자 및 차량의 통행이 잦은 공간으로(이유진, 최명섭 2018) 주행 중 고려해야 하는 사항이 많은 용도지역이다. 반면, 공업 지역 비율은 고령 운전자의 교통사고 발생을 감소시키는 요인으로 작용하였다. 공업지역은 근로자들의 출퇴근을 위한 목적 통행이 주를 이루는 공간이다. 상대적으로 경제 참여율이 낮은 고령 운전자의 노출 빈도가 낮기 때문에 공업지역에서 고령 운전자의 교통사고

Figure 8_Subway Station

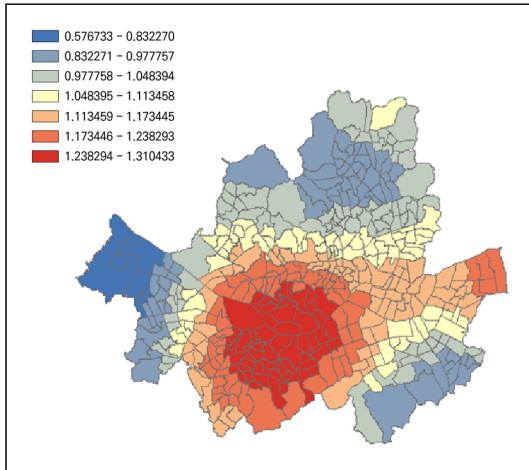
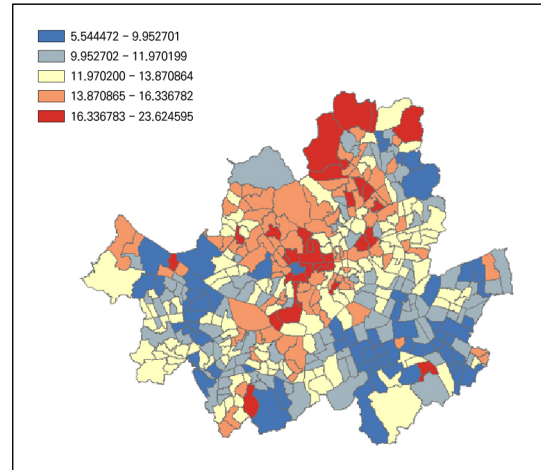


Figure 9_Population Ratio Over 64 Ratio



발생 가능성에 영향을 미친 것으로 보인다. 고령 운전자의 교통사고 발생 영향 원인을 구체적으로 파악하기 위해서는 공업지역 근로자 연령 구성비와 공업지역의 통행 목적 등을 함께 고려하여 해석할 필요가 있다.

도시의 공간적 특성 중 도로 환경을 나타내는 도로 연장, 교통섬, 교차로 변수는 고령 운전자의 교통사고 발생을 증가시키는 요인으로 나타났다(<Figure 4~6> 참조).

도로 연장의 경우, 서초구, 구로구, 관악구, 동작구를 중심으로 고령 운전자의 교통사고 발생 가능성 증가에 큰 영향을 미쳤다. 도로 연장 변수의 영향력 분포를 보면 상업지역 비율 변수와 비슷한 패턴을 보이고 있음을 알 수 있다.

교차로 변수는 강남구, 서초구, 동작구, 용산구 일대와 관악구, 송파구, 성동구 일부 행정동을 중심으로 영향력이 높았다. 실제로 서울시의 '2013년~2016년 교통사고 다발지점 현황'(중앙일보 2017b)에 따르면 지난 4년간 교통사고가 가장 많이 발생한 곳은 강남 교보타워 교차로였으며, 2위(영등포 교차로)와 5위(잠실 교차로) 역시 교차로였다. 교차로는 여러 방향에서

차량이 진입하기 때문에 빠르고 정확한 인지 반응 및 판단을 요구한다.

같은 맥락에서 교통섬은 원활한 차량 통행과 보행자의 안전을 확보하기 위하여 교차로 또는 차도의 분기점 등에 설치되는 시설로서 교통섬 진입 구간에서 도로 차선(또는 도로 폭)이 감소하며, 보행자의 통행이 나타난다. 이와 같은 변화를 인지하여 즉각적으로 대응하기 어렵기 때문에 분석결과와 같이 고령 운전자의 교통사고 발생 가능성이 증가하는 것으로 보인다. 교통섬은 도봉구, 강북구, 성북구, 종로구, 서대문구, 중구, 은평구 행정동에서 특히 고령 운전자의 교통사고 발생에 강한 영향을 미쳤다.

버스 정류장은 고령 운전자의 교통사고에 양(+의 영향을 미치는 것으로 도출되었다. 특히 강남구, 송파구를 중심으로 교통사고 발생에 상대적으로 강한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 버스 정류장에서 교통사고가 증가하는 까닭은 보행자 및 버스의 통행으로 인해 고령 운전자가 시야 확보에 어려움을 겪기 때문으로 보인다.

마지막으로 지하철역은 도로 연장, 상업지역 비율과 유사하게 서울시 남부 행정동을 중심으로 고령 운

전자의 교통사고 발생에 미치는 영향력이 큰 것으로 나타났다. 특히 서초구, 동작구, 영등포구, 관악구 일대에 큰 영향을 미쳤다. 지하철역은 버스 정류장과 같이 보행자의 통행을 유발하는 시설이며, 주로 대로변에 위치하고 있어 교통사고 위험을 증가시킬 가능성이 높다. 선행연구에서도 특히 보행자-차량 간 사고 위험을 증가시키는 것으로 보고된 바 있다(박승훈 2014; 이경아 2016).

상업지역 비율, 교통섬, 지하철역 변수는 인구 대비 고령자 비율(<Figure 9> 참조)이 높은 지역에서 교통사고 발생에 미치는 영향력이 크게 나타났다. 따라서 상업지역 비율, 교통섬, 지하철역의 특징과 해당 지점에서 실제로 발생한 고령 운전자 교통사고 특성을 고려하여 맞춤형 교통사고 저감 대책을 마련할 필요가 있다. 덧붙여 해당 지점은 유동인구가 많기 때문에 보행 환경 안전 제고를 위한 대책이 함께 강구되어야 할 것이다.

유의할 점으로서, GWR 분석결과에서 나타난 것과 같이 도시구조 특성을 나타내는 변수들이 행정동별로 영향력의 크기와 방향을 달리 가지고 있기 때문에 가

급적 지역별로 교통사고 저감방안을 마련하는 것이 바람직할 수 있다.

마지막으로 행정동별 GWR 결정계수(R^2)는 <Figure 10>과 같다. 결정계수 값이 클수록 본 논문에서 제시한 설명변수들이 고령 운전자 교통사고 발생 위험을 잘 설명한다는 의미이다. 특히 영등포구, 용산구, 마포구, 동작구, 구로구, 은평구, 양천구를 중심으로 서울시 서부에 위치한 행정구역에서 설명력이 높게 나타났다.

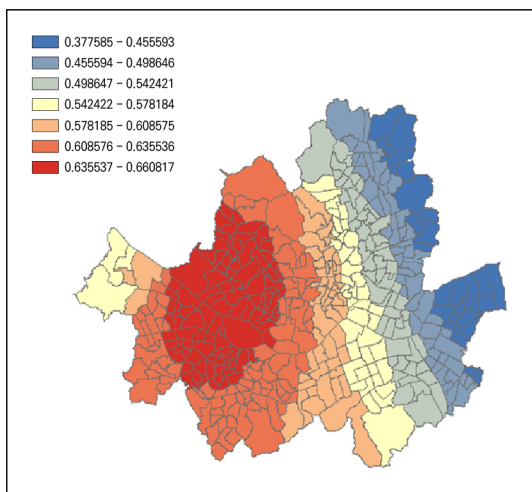
V. 결론

급속한 고령화와 맞물려 고령 운전자에 의한 교통사고 발생빈도와 치명률은 지속적인 증가세를 보이고 있다. 고령 운전자 교통사고 방지를 위해서는 고령 운전자의 특성과 주행이 이루어지는 공간에 대한 성격을 고려하여 교통사고 발생 요인을 규명할 필요가 있다. 이에 본 논문은 고령 운전자의 특성과 주행에 영향을 미칠 수 있는 도시 환경요인과 교통사고 발생 간의 관계를 규명하고자 하였다.

특히 교통사고와 같은 공간적 특성에 대한 연구에서 사용하는 회귀분석과 같은 전통적인 비공간 통계 기법은 비분산성과 공간적 이질성 문제를 내포하고 있다. 따라서 본 논문에서는 관측치 사이의 거리를 반영하여 공간적으로 다른 위치에 존재하는 사례에 각각 다른 계수를 추정하여 공간적 비정상성을 탐색할 수 있는 지리가중회귀모형을 이용하여 도시 고령 운전자의 교통사고 특성을 파악하고자 하였다.

고령 운전자 및 교통사고에 관한 문헌 고찰을 기반으로 고령 운전자의 교통사고 발생에 영향을 미칠 것으로 예측되는 서울시 424개 행정동의 인구사회경제적 특성과 도시환경 특성을 나타내는 설명변수를 선정하였다. 최종 모형 분석결과, 종사자 밀도, 도로 연

Figure 10_ Explanatory Power(R^2)



장, 어린이 보호구역, 상업 지역 비율, 지하철역, 버스 정류장, 교통섬, 교차로는 사고 위험을 증가시키는 요인으로 나타났다. 그중 교차로의 경우, 고령 운전자 교통사고 발생에 양(+)의 영향을 미치며, 이는 Garber and Srinivasan(1991), Preusser, Williams, Ferguson and Ulmer et al.(1998), Zhang, Lindsay, Clarke and Robbins et al.(2000), Langford and Koppel(2006)의 연구결과와 일치한다. 특히 고령 운전자는 복잡한 환경에서 심리적인 부담을 느끼며(이순철 2006), 이에 교차로나 교통섬과 같이 빠른 인지 판단을 요구하는 주행 환경에서 교통사고 발생이 증가한다고 파악하였다.

비고령 운전자의 경우, 운전자 부주의 운전으로 인한 교통사고 발생률이 높으며 환경 요인보다는 운전자의 습관이나 성격이 교통사고 발생에 영향을 미치는 것으로 나타났다(김중희, 오주석, 이순철 2006; 이상혁 외 2012). 고령 운전자는 비고령 운전자에 비해서 주행 중 위험요소(과속, 눈, 야간 운전 등)에 대한 판별력이 높아 비고령 운전자에 비하여 안전한 주행을 추구하는 편이나(김중희, 오주석, 이순철 2006), 신체적 노화와 인지능력 하락으로 인하여 교통사고 원인으로 주요하게 작용함을 확인하였다. 따라서 고령 운전자의 교통사고 저감 대책 마련을 위해서는 고령 운전자를 대상으로 운전자의 특성을 고려한 교통사고 연구가 필요하며, 본 논문은 고령 운전자를 대상으로 도시 구조가 교통사고 발생에 미치는 영향을 면밀히 파악했다는 점에서 연구의 의의를 갖는다.

본 논문에서 일관되게 밝힌 것과 같이 계획가는 행정동별로 고령 운전자의 교통사고 영향 요인의 회귀 계수 값이 달리 나타난다는 점을 고려하여 지역별 맞춤형 사고방지책을 마련하는 것이 사고율 감소에 도움이 될 것으로 판단된다. 예를 들어 서초구, 동작구, 관악구에서는 상업지역 비율이 높은 구간과 지하철역이 위치한 장소를 중심으로 안전한 보행환경을

조성하는 것이 요구된다.

본 논문에서는 고령 운전자의 교통사고와 함께 비고령 운전자의 교통사고 특성을 비교 분석하여 살펴 보지 못했다는 점에서 연구의 한계를 지닌다. 향후 연구에서는 비고령 운전자와 고령 운전자의 교통사고 특성 차이를 고려한 연구 진행과 고령 운전자의 교통사고를 사고 유형, 연령 등을 고려한 면밀한 분석이 요망된다. 또한 통계모형 간 분석결과를 비교하는 경우, 모형에 따라 유의하게 나타나는 변수가 다르더라도 각 모형별 설명력이 가장 높은 모형을 구축한 후 비교해야 하며 비교 기준을 AICc 값으로 설정하는 등 보다 세심한 연구 진행이 이루어져야 할 것이다.

참고문헌 •••••

1. 김동하, 강기연, 손소영. 2016. 공간가중회귀모형을 이용한 서울시 에너지 소비에 따른 이산화탄소 배출 분석. 대한산업 공학회지 42권, 2호: 1-16.
Kim Dongha, Kang Kiyeon and Sohn Soyoung. 2015. Spatial pattern analysis of CO2 emission in Seoul Metropolitan City based on a geographically weighted regression. *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers* 42, no.2: 1-16.
2. 김중희, 오주석, 이순철. 2006. 운전행동결정요인의 위반행동 및 사고에 미치는 영향. 한국심리학회지 19권, 3호: 349-369.
Kim Jonghoi, Oh Juseok and Lee Soonchul. 2006. The influences of driving behavior determinants on traffic violations and accidents. *The Korean Journal of Industrial and Organizational psychology* 19, no.3: 349-369.
3. 도로교통공단 교통사고 분석시스템. <http://taas.koroad.or.kr> (2019년 8월 28일 검색).
Koroad Traffic Accident Analysis System. <http://taas.koroad.or.kr> (accessed August 28, 2019).
4. 도로교통공단. 2018. 2016년 OECD 회원국 교통사고 비교 [2018년판]. http://taas.koroad.or.kr/web/bdm/srs/selectStaticReportsList.do?menuId=WEB_KMP_IDA_SRS_OTC (2019년 8월 28일 검색).

- Koroad. 2018. Comparison of traffic accidents between OECD countries in 2016. http://taas.koroad.or.kr/web/bdm/srs/select/StatisticalReportsList.do?menuId=WEB_KMP_IDA_SRS_OTC (accessed August 28, 2019).
5. 박나영, 김태양, 박병호. 2017. 국내 교통사고 밀도 모형 개발. *한국안전학회지* 32권, 3호: 130-135.
Park Nayoung, Kim Taeyang and Park Byungho. 2017. Development of accident density model in Korea. *Journal of the Korean Society of Safety* 32, no.3: 130-135.
 6. 박승훈. 2014. 근린환경이 보행자-차량 충돌사고에 미치는 영향: 북미 워싱턴 주 시애틀 도시를 대상으로. *국토계획* 49권, 3호: 143-157.
Park Seunghoon. 2014. The effect of the neighborhood built environment on pedestrian-vehicle collisions: Focused on the cases of the City of Seattle, Washington, U.S. *Journal of Korea Planning Association* 49, no.3: 143-157.
 7. 박일수, 김은주, 홍성욱, 강성홍. 2013. 지리적 가중회귀모형을 이용한 지역별 심장지 발생요인에 관한 연구. *보건사회연구* 33권, 3호: 237-257.
Park Iisu, Kim Eunju, Hong Seongok and Kang Sunghong. 2013. A study on factors related with regional occurrence of cardiac arrest using geographically weighted regression. *Health and Social Welfare Review* 33, no.3: 237-257.
 8. 오주석, 이의용, 류준범, 이원영. 2015. 고령운전자의 주요 교통사고 취약상황 및 인적요인 분석. *교통연구* 22권, 4호: 57-75.
Oh Juseok, Lee Euiyong, Ryu Junbeom and Lee Wonyoung. 2015. An analysis for main vulnerable situations and human errors of elderly Drivers' Traffic Accidents. *Transportation Research* 22, no.4: 57-75.
 9. 이경아. 2016. 공간계량모형을 활용한 교통사고 유형별 발생 특성 분석: 서울시를 대상으로. 박사학위논문, 서울대학교.
Rhee Kyungah. 2016. *Traffic Accident Analysis Using Spatial Econometrics: A case of Seoul*. Ph.D. diss., Seoul National University.
 10. 이상혁, 정우동, 우용한. 2012. 고령운전자와 비고령운전자의 인적교통사고 심각도 비교분석. *한국ITS학회논문지* 11권, 6호: 133-144.
Lee Sanghyuk, Jeung Woodong and Woo Yonghan. 2012. Comparative analysis of elderly's and non-elderly's human traffic accident severity. *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transport Systems* 11, no.6: 133-144.
 11. 이순철. 2006. 고령운전자 교통사고의 심리적 요인. *한국심리학회지: 문화 및 사회문제* 12권, 5호: 149-167.
Lee Soonchul. 2006. Psychological effects on elderly driver's traffic accidents. *The Korean Journal of Culture and Social* 12, no.5: 149-167.
 12. 이유진, 최명섭. 2018. 노인 인구 밀집지역의 시공간적 분포와 결정요인 분석: 서울 생활인구 빅데이터의 활용. *서울도시연구* 19권, 4호: 149-168.
Yi, Yoojin, Choi, Myongsub. 2018. Determinants of the elderly's spatio-temporal concentration: Using bigdata of de facto population of Seoul. *Seoul Studies* 19, no.4: 149-168.
 13. 이원영, 김가홍, 오주석. 2015. 고위험군 운전자의 주요 사고 원인 분석연구: 고령운전자 집단을 중심으로. 원주: 도로교통공단.
Lee Wonyoung, Kim Kihong and Oh Juseok. 2015. *A Study on the Major Factor of High-risk Driver Groups' Accidents: Focusing on elderly drivers*. Wonju: KoROAD.
 14. 이희연, 심재현. 2011. GIS 지리정보학: 이론과 실습. 파주: 법문사.
Lee Heeyeon and Sim Jaeheon. 2011. *GIS Geography: Theory and practice*. Paju: Bobmunsu.
 15. 중앙일보. 2017a. 서울 어린이 보호구역 교통사고 70%이상, 도로횡단 중 발생. 9월 4일, <https://news.joins.com/article/21903376> (2019년 7월 27일 검색).
Joongang daily. 2017a. Over 70% of traffic accidents in Schoolzone in Seoul happened while crossing road. September 4, <https://news.joins.com/article/21903376> (accessed July 27, 2019).
 16. _____. 2017b. 최근 4년간 교통사고 가장 많았던 곳은?... 강남교보타워사거리>영등포교차로>월암교 순. 9월 29일, <https://news.joins.com/article/21983157> (2019년 1월 31일 검색).
_____. 2017b. In the last four years, where was the most traffic accidents?... Gangnam Kyobo Tower intersection>Yeongdeoungpo interesection>Weolam bridge. September 29, <https://news.joins.com/article/21983157> (accessed January 31, 2019)
 17. 장재민, 최재성, 김태형. 2017. 주행환경이 고령운전자의 교통사고 심각성에 미치는 영향 분석. *교통연구* 24권, 1호: 79-94.
Jang Jaemin, Choi Jaesung and Tae-Hyoung Tommy Gim. 2017. Analyzing driving environment effects on severity of

- elderly driver's traffic accidents. *Transportation Research* 24, no.1: 79-94.
18. 조동기. 2009. 지역 단위 조사연구와 공간정보의 활용: 지리 정보시스템과 지리적 가중 회귀분석을 중심으로. 조사연구 10권, 3호: 1-19.
Jo Donggi. 2009. GIS and geographically weighted regression in the survey research of small areas. *Survey Research* 10, no.3: 1-19.
 19. 최재성. 2018. 초기·중기·후기 고령운전자의 사망자 발생위험도 분석과 시사점. 한국안전학회지 33권, 1호: 148-161.
Choi Jaesung. 2018. Study on fatality risk of senior driver with aging classification. *Journal of the Korean Society of Safety* 33, no.1: 148-161.
 20. Anselin, L. 1988. *Spatial Econometrics: Methods and models*. Dordrecht: Springer Science & Business Media.
 21. Augero-Valverde, J. and Jovanis, P. P. 2006. Spatial analysis of fatal and injury crashes in Pennsylvania. *Accident Analysis and Prevention* 38, no.3: 618-625.
 22. Ball, K., Beard, B., Roenker, D. L., Miller, R. L. and Griggs, D. S. 1989. Age and visual search: Expanding the useful field of view. *Journal of the Optical Society of America A* 5, no.12: 2210-2219.
 23. Boufous, S., Finch, C., Hayen, A. and Williamson, A. 2008. The impact of environmental vehicle and driver characteristics on injury severity in older drivers hospitalized as a result of a traffic crash. *Journal of Safety Research* 39, no.1: 65-72.
 24. Braver, E. R. and Trempe, R. E. 2004. Are older drivers actually at higher risk of involvement in collisions resulting in deaths or non-fatal injuries among their passengers and other road users. *Injury Prevention* 10, no.1: 27-32.
 25. Certero, R. and Kockelman, K. 1997. Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 2, no.3: 199-219.
 26. El-Basyouny, K. and Sayed, T. A. 2009. Urban arterial accident prediction models with spatial effects. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2102, no.1: 27-33.
 27. Ferguson, L. C. and Braver, W. 2002. Older driver involvements in police reported crashes and fatal crashes: Trends and projections. *Injury Prevention* 8, no.2: 116-120.
 28. Fotheringham, A. S., Brunson, C. and Charlton, M. 2002. *Geographically Weighted Regression: The analysis of spatially varying relationships*. New York: Wiley.
 29. Garber, N. J. and Srinivasan, R. 1991. Characteristics of accidents involving elderly drivers at intersections. *Transportation Research Record* 1325: 8-16.
 30. Hakamies-Blomqvist, L. and Henriksson, P. 1999. Cohort effect in older drivers' accident type distribution: Are older drivers as old they used to be? *Transportation Research Part F* 2: 131-138.
 31. Huang, H., Abdel-Aty, M. A. and Darwiche, A. L. 2010. County-level crash risk analysis in Florida: Bayesian spatial modeling. *Transportation Research Record* 2148, no.1: 27-37.
 32. Huisingh, C., Levitan, E.B., Irvin, M. R., MacLennan, P., Wadley, V. and Owsley, C. 2017. Visual sensory and visual-cognitive function and rate of crash and near-crash involvement among older drivers using naturalistic driving data. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 58, no.7: 2597-2967.
 33. Langford, J. and Koppel, S. 2006. Epidemiology of older driver crashes—Identifying older driver risk factors and exposure patterns. *Transportation Research Part F* 9, no.5: 309-321.
 34. Noland R. B. and Ouddus, M. A. 2004. A spatially disaggregated analysis of road casualties in England. *Accident Analysis and Prevention* 36, no.6: 973-984.
 35. Preusser, D. F., Williams, A. F., Ferguson, S. A., Ulmer, R. G. and Weinstein, H. B. 1998. Fatal crash risk for older drivers at intersections. *Accident Analysis and Prevention* 30, no.2: 151-159.
 36. Quddus, M. A. 2008. Modelling area-wide count outcomes with spatial correlation and heterogeneity: An analysis of London crash data. *Accident Analysis and Prevention* 40, no.4: 1486-1497.
 37. Resende, P. T. and Benekohal, R. F. 1997. Effects of roadway section length on accident modeling. In *Proceeding of Traffic Congestion and Traffic Safety in the 21st Century: Challenges, Innovations, and Opportunities*. June 8, Illinois: ASCE.
 38. Shannon, C. E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 27, no.3: 379-423.
 39. Siddiqui, C., Abdel-Aty, M. A. and Choi, K. C. 2012.

Macroscopic spatial analysis of pedestrian and bicycle crashes. *Accident Analysis and Prevention* 45: 382-391.

40. Yan, X., Radwan, E. and Abdel-Aty, M. 2005. Characteristics of rear-end accidents at signalized intersection using multiple logistic regression model. *Accident Analysis and Prevention* 37, no.6: 983-995.
41. Zhang, J., Lindsay, J., Clarke, K., Robbins, G. and Mao, Y. 2000. Factors affecting the severity of motor vehicle traffic crashes involving elderly drivers in Ontario. *Accident Analysis and Prevention* 32, no.1: 117-125.

- 논문 접수일: 2019. 2. 22.
- 심사 시작일: 2019. 4. 8.
- 심사 완료일: 2019. 8. 16.

요약

주제어: 교통사고, 지리가중회귀모형, 고령 운전자, 공간계량모형

고령 운전자는 신체적 노화와 심리적 노화로 인해 비 고령 운전자에 비해서 주행 중 주변 환경에 보다 민감하게 영향을 받는다. 본 논문은 서울시의 424개 행정동/교통분석존을 대상으로 도시 환경 요인이 고령 운전자의 교통사고 발생에 미치는 영향을 분석했다. 분석에는 교통사고 자료와 같은 공간자료의 공간적 특성을 고려한 지리가중회귀모형과 전통적 분석 모형인 최소자승회귀모형을 비교해 사용했다. 분석결과 교통사고 자료는 공간적 자기 상관성이 확인됐으며 더불어 지리가중회귀모형이 최소자승회귀모형에 비해서 모형 적합도와 설명력이 우수하게 나타났다. 이에 변수 영향력을 분석하는 데 지리가중회귀모형을 사용했다. 분석결과, 고령 운전자의 교통사고 발생에 영향을 미치는 요인들은 행정동별로 차이를 보였다. 그중 종사자 밀도, 어린이 보호구역, 상업지역

비율, 지하철역, 버스 정류장, 교통섬, 교차로는 고령 교통사고 발생을 증가시키는 요인으로 나타났다. 특히 상업지역 비율, 지하철역, 교통섬은 고령자의 거주 비율이 상대적으로 높은 지역에서 사고 발생에 강한 영향을 미친다는 것을 확인했다. 고령 운전자의 사고위험은 주로 차량 및 보행자 통행을 유발하는 상황이 밀집된 지역, 그리고 인지 판단 과정에서 충분한 시간을 요구하는 교차로와 교통섬과 같은 복잡한 도로 환경에서 높게 나타났다. 본 논문은 고령 운전자의 교통사고에 도시 환경 요소를 포함한 다양한 도시 공간 구성 요소들이 교통사고 발생에 영향을 미치는 것을 확인했다. 고령 운전자의 교통사고를 선제적으로 방지하기 위해서는 지역별로 고령 운전자의 교통사고 영향 요인을 고려한 물리적인 환경 개선이 이루어져야 할 것이다.