

확률모수를 이용한 교통사고예측모형 개발 -수도권 및 부산광역시 4지 교차로를 대상으로-

A Development of Traffic Accident Model by Random Parameter : Focus on Capital Area and Busan 4-legs Signalized Intersections

이근희* 노정현**
(Lee, Geun-Hee) (Rho, Jeong-Hyun)
(HanYang University) (HanYang University)

· Corresponding author : Rho, Jeong-Hyun (HanYang University), E-mail jhrho@hanyang.ac.kr

요 약

본 연구는 서울, 수도권 및 부산광역시의 4지 신호교차로를 대상으로 도로의 기하구조측면, 교통특성, 환경특성 등 다양한 요인을 고려하여 교통사고예측모형을 구축하고 교차로사고와의 상호관계를 규명하고자 하였다. 분석 결과 기존의 음이항 모형보다 확률적 음이항 모형의 설명력이 높게 나타났으며 총 52개의 변수 중 10개의 변수가(주도로의 차로 수, 주도로의 좌회전 교통량, 주도로의 주행제약시설 수, 부도로의 우회전 교통량, 부도로의 교차로 시거, 교차로의 총 현시, 부도로의 중앙분리대 유무, 부도로의 제한속도, 부도로의 교통섬 유무, 부도로의 속도제약시설 수) 도시부 4지 신호교차로에서 교통사고에 영향을 미치는 유의한 변수로 나타났다. 또한 10개의 유의한 변수 중 2개의 변수가(부도로의 교차로 시거, 부도로의 차량 주행속도 제약 시설물 수)가 확률적 변수로 나타났다.

핵심어 : 신호교차로, 사고모형, 음이항 모형, 확률적 음이항 모형

ABSTRACT

This study intends to build a traffic accident predictive model considering road geometrics, traffic and environmental characteristics and identify the relationship of 4-legs intersection accidents in Seoul and Busan metropolitan area.

The RPNB(Random Parameter Negative Binomial) model shows improvement over the fixed NB(Negative Binomial) and out of 53 variables, 10 variables (main road number of lane, main road vehicle traffic volume(left), minor road vehicle traffic volume(right), main road drive restriction, minor road sight distance, minor road median strip, minor road speed limit, minor road speed restriction) showed to have significant variables affecting traffic accident occurrences in 4-legs signalized intersections. Also, among 10 significant variables, 2 variables(minor road sight distance, minor road speed restriction) found to be random parameters.

Key words : Signalized intersection, Accident Model, Negative Binomial Model, Random Parameter Negative Binomial Model

* 주저자 : 한양대학교 도시대학원 박사수료

** 교신저자 : 한양대학교 도시대학원 교수

† Received 1 December 2015; reviewed 4 December 2015; Accepted 14 December 2015

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

우리나라는 급격한 교통량의 증가로 주차부족, 교통체증, 교통사고 등 다양한 문제가 발생되고 있다. 이중 교통사고는 타인의 재산뿐 아니라 인명에게도 피해를 미침으로서 교통문제 중 가장 큰 문제라 할 수 있다.

기존의 교통사고 지점을 살펴보면 단일로에 비해 상대적으로 상충횟수가 많은 교차로에서 발생되고 있으며, 이는 교차로가 단일로에 비해 교통사고에 많이 노출되어 있다는 것을 알 수 있다.

교차로에서 교통사고가 발생했을 경우 교차로뿐 아니라 교차로로 접근하는 모든 접근로에 교통지체를 유발하여 보다 많은 사회적 비용이 발생되므로 교차로에서 교통사고 예방은 무엇보다 시급한 문제라 할 수 있다. 이처럼 교차로는 단순 차량의 방향만을 바꿔주는 역할을 하는 곳이 아닌 도로 전체의 용량 및 안전성을 결정짓는 곳이다.

교통사고를 줄이고 예방하기 위해 국내외에서 많은 연구가 진행되어 왔으며, 다양한 방면에서 많은 개선이 이뤄지고 있으나 여전히 교차로 교통사고와 관련된 문제는 아직 갈길이 먼 것이 현실이다.

교차로의 교통사고는 다양한 요소가 관련되어 있어 쉽게 해결되지 않는 어려움이 있어 지속적으로 보다 다양한 관점에서의 접근이 필요하다. 그러나 대부분의 연구가 관측값에 대한 추정된 모수를 고정된 값으로 분석하기 때문에 변수와 교통사고와의 정확한 관계를 설명하는데 한계가 있었다.

따라서 본 연구에서는 우리나라를 대표하는 서울, 수도권 및 부산광역시의 4지 신호교차로를 대상으로 하여 기존의 분석방법보다 현실적인 확률적 모수를 고려한 음이항 모형을 통해 도시부 4지 신호교차로의 사고모형을 개발하고, 교차로사고와의 상호관계를 규명하고자 한다.

2. 연구의 내용 및 방법

본 연구는 도시부 도로(서울 및 수도권(분당, 일산, 부천, 안양, 광명) 과 부산광역시)의 교차로 280여곳을 대상으로의 4개년(2007~2010) 동안 발생한 사고건수 및 도로기하구조, 교통환경, 주변환경 등의 자료를 이용하여 도시부 4지 신호교차로에서의 교통사고 예측 모형을 구축하고자 한다.

연구의 흐름은 먼저 연구의 배경 및 목적을 제시하고, 이론적 고찰에서 기존문헌 및 교통사고 모형 개발 이론 고찰 그리고 연구에 사용될 자료의 구축 및 분석하고, 확률적 음이항 사고예측모형을 통계수 값을 도출한 후, 기존 모델과의 비교 및 결과 분석, 향후 연구내용을 제시하고자 한다.

II. 이론적 고찰

1. 교통사고 예측 모형

교통사고 예측 모형에는 다양한 개발 모형이 있으며 시간이 지나면서 점차 다양한 방법으로 발전되었다. 이중 회귀 모형은 교통사고 발생에 영향을 미치는 요인을 분석하는 가장 기본적인 모형으로 식(1)과 같이 표현 할 수 있다.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

Y_i : 구간 i에서의 사고건수(종속변수)

x_i : 구간 i에서의 사고 영향요인(독립변수)

회귀분석 모형은 교통사고 예측 모형중 가장 단순한 기법으로 과거 연구에서 많이 사용되었으나, 교통사고자료의 특성상 변수값이 증가할수록 분산 값 역시 증가하여 선형회귀분석의 가장 중요한 등분산성의 가정을 충족시키지 못한다는 점과 사고가 줄어드는 지점에서의 경우 음의사고를 예측하는 단점이 있다.

회귀분석의 문제점으로 인해 포아송 모형이 제안되었다. 포아송 모형은 구간(i)에서 사고가 발생할 확률을 나타내는 모형으로 식 (2)와 같이 표현 할 수 있다.

$$P(y_i) = \frac{\lambda^{y_i} \exp(-\lambda_i)}{y_i!} \quad (2)$$

$P(y_i)$: 지점 I에서 교통사고 발생 확률

λ_i : 지점 I의 평균교통사고건수

y_i : 지점 I의 교통사고건수

그러나 포아송 모형의 경우 평균과 분산이 같아야 하는 전제조건이 있는데 교통사고자료의 경우 대부분의 자료가 과분산을 보여 사용하는데 제약이 있다.

음이항 모형은 오차항이 추가되어 포아송 모형의 평균과 분산이 같아야 한다는 기존적인 제약조건을 완화시킨 모형으로 교통사고자료에 적합하여 많은 연구에서 사용되고 있으며 식(3)과 같이 표현된다.

$$\lambda_i = \text{EXP}(\beta x_i + \epsilon_i) \quad (3)$$

λ_i : 기대사고건수 β : 추정모수

x_i : 설명변수 ϵ_i : 오차항

그러나 지금까지 제시한 모형의 경우 계수값이 고정되어 표준오차값이 과소 또는 과대 추정되는 경향이 있고 이러한 부분이 모형의 설명력에 영향을 미쳐 사회적 현상을 잘 설명하지 못한다는 단점이 제기되었다.

이러한 원인은 구축된 자료(동일한 교차로의 조건에서 다른 결과를 보이는 경우)의 특성을 반영하지 못하기 때문으로 해석할 수 있는데 이는 계수값을 하나의 고정계수가 아닌 확률계수를 이용한 확률적 음이항 모형을 이용하여 극복할 수 있다.

확률적 음이항 모형은 식(4)와 같이 표현된다.

$$\beta x_i = \beta + \Delta h_i + \Gamma w \quad (4)$$

β : 추정모수

h_i : 변수들의 평균값에 대한 이질성

Γw : 평균으로부터의 확률편차

확률적 음이항 모형은 최대우도함수산정방법을

이용하여 계산되며, Δh_i 항의 값이 변화하면 계수값이 존재하며 범위값으로 나타나게 되며, 그렇지 않을 경우는 사라져 기존의 음이항 모형과 동일하게 나타나는 형태로 기존 음이항 모형의 단점을 극복할 수 있다.

2. 교통사고 모형개발 선행연구 고찰

Ha, t.j(2001)은 광주광역시의 신호교차로 73개소의 1998~1998년까지 3개년의 교통사고자료를 이용하여 다중회귀분석모형을 통해 18개의 사고유형을 종속변수로 방향별 접근 교통량을 독립변수로 적용하여 교통사고모형예측모형을 개발하였다.

그 결과 동일 방향 직진 이동류간의 교차로 진입 전 충돌 및 추돌사고가 가장 많은 비중을 차지하며, 그다음 다른 방향의 직각 이동류간의 충돌사고, 동일 방향 직진 이동류간의 교차로 진출 후 충돌 및 추돌사고 순으로 교통사고가 발생함을 밝혀내었다.[1]

Kwon, y. j(2003)은 미국 텍사스주의 대도시지역 내 간선도로의 교통사고자료를 이용하여 도시간선도로상 접근관리와 교통사고와의 관계를 교통사고비용측면에서 분석을 하였다. 그 결과 도로접근관리와 관련된 요인이 교통상황 및 토지이용상태와 관련된 요인보다 더 교통사고비용과 밀접한 관계를 가지며 외부접근로의 간격이 도로접근관리의 중요한 요인임을 발견하였다.[2]

Kang, y.k.(2008)은 서울 및 수도권, 부산권에 위치하고 있는 4지교차로를 주간선도로 보조간선도로, 집분산도로로 분류한 후 총 106개 지점을 선정하여 퍼지추론이론 및 신경망이론을 적용하여 교통사고모형을 개발하였다.

그 결과 총 54개의 변수중 부도로 교통량 주도로의 차로수, 교차로의 넓이, 부도로의 딜레마구간길이 등이 사고에 영향을 미치는 요인임을 제시하였다. 또한 모형검증을 통해 기존의 모형에 비해 퍼지이론과 신경망 이론이 더 적절함을 제시하였다.[3]

Park, b.h.(2008)은 청주시의 4지 신호교차로 143개소를 대상으로 사고유형별 특성을 비교분석하고

정면충돌, 후미충돌, 측면직각, 접촉, 차로변경접촉 등 다양한 변수를 등가로 환산하여 하나의 피해단위로 산정하는 대물피해사고로(EPDO)환산한 값을 종속변수로 하여 여러 가지 교통사고 모형을 개발하였다.

분석 결과 정면충돌의 경우 교통량만이 사고 심각도에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 후미충돌의 경우 교통량 외 황색신호평균이 길수록 후미충돌 사고에 영향을 미치는 것으로 나타났음을 제시하였다. 또한 측면직각의 경우 우회전 전용차로 포함, 황색신호평균이 영향을 미치며, 접촉의 경우 주도로 차로폭 평균, 중차량 등이 사고에 영향을 미치는 것을 밝혀내었다.[4]

Park, j.t(2008)은 도시부 171개 지점의 교통사고건수, 교통량, 주변환경 등에 대한 55개 변수를 이용하여 사고모형을 개발하였다. 분석 결과 사고건수에 영향을 미치는 변수는 교통량 및 차로수, 버스정류장 및 딜레마구간길이 등이 도출되었으며, 사고 심각도에 영향을 미치는 변수로는 중차량의 비율, 우회전비율, 교차로 지형, 차로당 평균 폭 등이 관련이 있음을 제시하였다.[5]

Park. m. h.(2013)는 기존에 사용되던 일반적인 음이항 모형에서 보다 발전된 형태의 확률적 모수를 고려한 음이항 모형을 제시하여 교통사고와 기하구조와의 관계를 파악하였다. 분석 결과, 총 16개의 교통량, 구간 길이 및 다양한 기하구조(차선수, 좌우 길어깨 폭, 종.횡단 곡선)와 관련된 변수들이 사용되었다. 이 중, 8개의 변수가 각 구간마다 다른 특성을 나타내는 이질성을 가지는 것으로 나타났으며, 나머지 8개의 변수는 각 구간에 관계없이 동일한 특성을 나타내는 변수로 임을 제시하였다.

확률적 변수는 구간의 길이, 교통량, 차선수(3, 4 차선), 왼쪽 길어깨폭(3-4, 10ft이상 - 90~120, 300cm 이상), 오른쪽 길어깨폭(5-9ft - 150~270cm), 구간내 종단곡선의 최대구배가 이질성을 가지는 변수로 도출되었다. 차선수의 경우, 4차선에서 5차선 이상으로 변할 시, 사고감소에 미치는 영향이 상대

적으로 줄어드는 것으로 나타났다.[6]

Lee, s,h(2015)은 2007~2012까지의 대전광역시 89개 교차로를 대상으로 자료를 수집하고 사고예측모형을 개발하였다. 연구결과 년평균일교통량, 제한속도, 차로수, 우회전 전용차로 설치유무, 전방신호 등 설치유무 등이 유효한 설명변수임을 밝히고 임의효과를 이용한 모형이 고정효과를 이용한 모형에 비해 설명력이 우수함을 제시하였다.[7]

III. 자료구축

교통사고 자료는 서울 및 수도권과 부산광역시 280여곳의 4년(2007~2010)의 자료를 구축하였다.

본 연구에서 종속변수로 사용되는 교차로의 총 사고건수는 “교통사고 잦은곳 산정기준 및 효과분석(2005), 도로교통안전공단”에서 제시하고 있는 차량정지선으로부터 후방 30m의 사고를 교차로에 의해 발생한 사고로 가정하였으며, 변수의 수집은 교차로의 영향권인 150m내의 변수를 수집하되 중앙분리대의 길이, 회전차로의 길이 등은 영향권의 범위를 넘어서는 변수에 대해서는 종료구간까지 조사하여 자료를 구축하였다. 교통사고에 영향을 미치는 요인은 매우 다양하며 기존연구를 통해 사고와 관련이 있는 변수를 종합하였으며, 본 연구에서는 이들은 크게 세 가지로 분류하였다. 주·부도로의 교차로 타입, 주·부도로의 차선수, 주·부도로의 차로폭, 주·부도로의 좌/우회전 전용 차선의 유무, 주·부도로의 교차각 등의 도로기하구조측면, 주·부도로의 중차량·일반차량의 교통량, 주·부도로의 좌/우회전 교통량, 제한속도 등의 도로교통측면, 교차로 주변 토지이용(주거/비주거(상업, 주상복합 등), 버스정류장의 유무 및 정지선으로부터의 거리, 접근로의 수 등의 교통 환경측면으로 분류를 하였다. 구축된 자료의 분석은 EXCEL과 NLOGIT 3.0을 이용하였으며 기초통계량은 TABLE 1과 같다.

IV. 모형 결과 분석

도시부 4지 교차로의 교통사고 예측모형을 개발하기 위해 총 사고건수를 종속변수로 하여 앞서 제시한 변수를 독립변수로 하여 모형 개발 및 분석하였다.

1. 분석방법

〈표 1〉 변수의 기초 통계량

〈Table 1〉 Summary Statistics of variables

Variable	Urban Signalized intersection			
	Mean	Std.Dev.	Minimum	Maximum
acc-total	7.895	5.950	0	36
main road intersections type	1.570	1.046	1	4
minor road intersections type	1.439	0.923	1	4
main road number of lane	14.753	4.454	5	24
minor road number of lane	9.742	4.162	2	24
main road lane width	50.983	16.345	19.5	112
minor road lane width	34.578	13.830	8.2	76.1
main road heavy vehicle traffic volume(straight)	4119.657	3196.43	157	20744
minor road heavy vehicle traffic volume(straight)	1556.177	1613.649	208	8905
main road heavy vehicle traffic volume(left)	807.262	921.360	0	6329
minor road heavy vehicle traffic volume(left)	793.919	727.574	0	4548
main road heavy vehicle traffic volume(right)	817.399	615.987	27	3935
minor road heavy vehicle traffic volume(right)	677.025	659.103	45	4597
main road vehicle traffic volume(straight)	37174.35	20317.49	4996	112806
minor road vehicle traffic volume(straight)	15662.54	11665.88	2079	54558
main road vehicle traffic volume(left)	6580.773	4052.404	0	22228
minor road vehicle traffic volume(left)	6189.389	4574.068	0	25258
main road vehicle traffic volume(right)	6341.788	4074.247	968	33668
minor road heavy vehicle traffic volume(right)	4917.949	2570.838	668	18703
main road drive restriction	1.580	1.733	0	7
minor road drive restriction	1.944	1.857	0	7
main road only left lane	0.575	0.494	0	1
minor road only left lane	0.398	0.49	0	1
main road only right lane	0.202	0.471	0	1
minor road only right lane	0.176	0.381	0	1
main road sight distance	4.046	3.615	0	36.5
minor road sight distance	3.900	2.690	0	11.75
main road crosswalk	0.878	0.326	0	1
main road crosswalk length	4.702	5.606	0	43.1
minor road crosswalk	0.924	0.264	0	1
main road crosswalk length	3.753	4.394	0	27.5
main road median strip	0.479	0.499	0	1
main road median strip length	20.879	35.043	0	240
minor road median strip	0.222	0.416	0	1
minor road median strip length	9.279	25.266	0	200
total phase	152.217	21.304	92	230
main road speed limit	62.929	9.828108	30	80
minor road speed limit	57.702	11.937	30	80
main road topography	0.202	0.401	0	1
minor road topography	0.277	0.448	0	1
main road traffic island	0.227	0.419	0	1
minor road traffic island	0.186	0.390	0	1
intersection environment	0.920	0.270	0	1
main road bus stop	0.444	0.497	0	1
minor road bus stop	0.303	0.459	0	1
main road speed restriction	0.146	0.397	0	3
minor road speed restriction	0.085	0.280	0	2
main road turning marking	0.611	0.487	0	1
minor road turning marking	0.601	0.49	0	1
main road crossing angle	81.502	18.277	20	110
minor road crossing angle	77.803	31.604	20	120
main road shoulderlane width	0.651	0.088	0.5	1.05
minor road shoulderlane width	0.65	0.092	0.5	1.1

사고모형을 개발하기 위한 변수 선정 방법은 일반적으로 모든 변수를 고려하여 개발하는 입력방식과 주요 변수 순으로 고려하는 위계적 방식, 종속변수와 독립변수와의 상관분석을 통해 상관계수를 고려한 방식 등이 있다.

교차로 교통사고는 다양한 변수에 의해 발생되므로 본 연구에서는 교통사고에 영향을 미치는 최대한 많은 요인을 고려하기 위하여 단계적 방식으로 모든 변수를 고려하여 모형을 구축하고 유의하지 않은 변수를 하나씩 제거하는 후진제거방법을 통해 모형을 개발하였다. 또한 확률적 음이항 모형 개발을 위해 Halton Draws를 이용한 시뮬레이션 최우 추정법을 사용하였다.[8][9][10]

2. 분석결과

TABLE 2은 확률적 음이항 모형과 일반 음이항 모형의 교통사고 모형 개발 결과이며, TABLE 3에 한계효과 및 탄력성을 제시하였다.

우선 Table 2를 살펴보면 제시한 바와 같이 확률적 음이항 모형과 일반 음이항 모형의 설명력을 비교해보면 로그-우도 함수값(Log Likelihood Function)이 확률적 음이항 모형의 경우 -2322.315로 일반 음이항 모형의 로그-우도 함수값 -2325.861보다 높게 나타났으며, 우도비 경우 역시 확률적 음이항 모형이 0.156으로 일반 음이항 모형의 0.154보다 상대적으로 높게 나타났다.

t-statistics 값을 살펴보면 두 모형에서 최종적으로 10개의 변수(주도로의 차로 수, 주도로의 일반차량의 좌회전 교통량, 주도로의 주행억제시설물 수, 부도로의 교차로 시거, 부도로의 우회전 교통량, 교차로 총 신호현시, 부도로의 중앙분리대 유무, 부도로의 제한속도, 부도로의 교통섬, 부도로의 속도제한시설물 수)가 교통사고에 영향을 미치는 유의한 변수로 나타났으며, 이중 주도로의 주행 제약시설, 부도로의 시거, 부도로의 교통섬, 부도로의 속도제한시설의 경우 교통사고에 음의 영향을 나타내는 것으로 나타났다.

본 연구에서 가장 중요한 확률적 변수는 확률변

수의 표준편차(Scale parameters for dists. of random parameters) 값이 부도로의 시거, 부도로의 속도제한시설이 각각 15.940, 6.013로 나타나 확률변수(random parameter)임을 알 수 있었다.

이 두 변수의 평균과 표준차를 이용해 정규분포를 도출해보면 부도로의 시거 변수의 경우 본 연구의 대상인 792개의 교차로에 대해 90.98%는 부도로의 시거가 늘어날수록 교통사고는 감소하지만 9.02%에 대해서는 부도로의 시거가 늘어날수록 교통사고가 증가되는 것을 나타냈다.

부도로의 속도제한시설의 경우 역시 81.02%에 대해서는 속도제한시설이 늘어날수록 교통사고가 감소하지만 18.98%에 대해서는 속도제한시설이 늘어날수록 교통사고 역시 증가되는 것으로 나타났다.

이러한 현상은 운전자의 일반적인 부주의로 설명될 수 있는데 시거가 확보되어도 운전자가 주도로의 차량의 속도를 인지하지 못하고 무리하게 합류할 경우 직진차량과의 측면 충돌로 이어질 수 있으며, 속도제한시설의 경우 운전자의 뒤늦은 발견에 의한 급정거 등으로 인해 뒷 차량과의 충돌사고로 이어질 수 있는데 이러한 부분이 포함되었기 때문인 것으로 보인다.

유의하게 나타난 변수들을 자세히 살펴보면 주도로의 차선수의 경우 t-값은 각각 10.76과 6.213로 나타났으며, 한계효과는 확률적 모형에서는 차로가 하나 늘어날 경우 28%의 사고가 증가되며, 일반음이항모형에서는 한 개의 차로가 늘어날 때 34%의 사고가 증가되는 것으로 나타나 상대적으로 일반음이항에서 차로수가 교통사고에 높은 영향력을 미치는 것으로 추정되었다.

주도로의 좌회전 교통량의 경우 두 모형에서 역시 t-값이 각각 3.566, 2.931로 나타났으며 탄력성 결과를 살펴 보면 교통량이 1%증가할 때 확률적 음이항모형에서는 4%의 교통사고 증가로 이어지며, 일반음이항 모형에서는 약6%의 사고증가로 이어지는 것으로 나타났다.

부도로의 우회전 교통량의 경우 t-값이 각각 3.728, 2.876로 나타났으며, 탄력성 결과 일반음이항 모형에서 상대적으로 높게 추정되었음을 알 수 있다.

이 밖에 총 현시 부도로의 교통섬 유무, 부도로의 제한 속도 등이 교통사고에 영향을 미치는 것으로 나타났으며 한계효과 및 탄력성 분석 결과 전반

적으로 일반 음이항 모형이 확률적 음이항 모형에 비해 영향력이 상대적으로 높게 나타났다.

〈표 2〉 사고모형 개발 결과

〈Table 2〉 Modeling Estimation Results

Variable	Random Parameter negative binomial			Fixed Parameter negative binomial		
	Coefficient	Standard Error	t-Statistics	Coefficient	Standard Error	t-Statistics
Constant	0.1450	0.1542	0.94	0.0646	0.2583	0.2500
main road number of lane	0.0408	0.0038	10.76	0.0429	0.0069	6.213
main road vehicle traffic volume(left)	0.1683	0.4719	3.566	0.1806	0.6163	2.931
main road number of drive restriction	-0.07586	0.0093	8.132	-0.0763	0.0163	-4.466
minor road vehicle traffic volume(right)	0.0004	0.0001	3.728	0.0004	0.0001	2.876
minor road sight distance [scale parameter]	-0.0801 [0.0598]	0.0063 [0.0037]	12.705 [15.940]	-0.0728	0.0110	-6.593
total phase	0.0069	0.0008	8.099	0.0065	0.0014	4.453
minor road median strip	0.2890	0.0378	7.635	0.2735	0.0630	4.338
minor road speed limit	0.0096	0.0020	4.668	0.0081	0.0027	2.249
minor road traffic island	-0.1429	0.0015	-9.525	-0.1480	0.1054	-5.387
minor road number of speed restriction [scale parameter]	-0.3864 [0.4398]	0.0629 [0.0731]	-6.135 [6.013]	-0.3731	0.2798	-12.931
Dispersion Parameter (t-Statistics)	4.3205 (12.149)			0.3618 (12.931)		
Number of Observations	792			792		
Log Likelihood Function	-2322.315			-2325.861		
Restricted Log likelihood	-2751.847			-2751.847		
ρ^2	0.156			0.154		

〈표 3〉 확률적 음이항모형, 일반 음이항 모형의 한계효과 및 탄력성 결과

〈Table 3〉 Average Marginal Effects for Random Effect and Fixed Effect Negative Binomial Regression Model

Variable	RPNB	FPNB
main road number of lane	0.286	0.340
main road vehicle traffic volume(left)	0.040	0.063
main road number of drive restriction	0.053	0.061
minor road vehicle traffic volume(right)	-0.003	-0.003
minor road sight distance	-0.048	-0.577
total phase	0.066	0.051
minor road median strip	0.025	0.167
minor road speed limit	0.110	0.064
minor road traffic island	-0.164	-0.117
minor road number of speed restriction	-0.508	-0.757

V. 결론 및 향후연구

본 연구에서는 국내 서울, 수도권 및 부산지역의 280개의 신호교차로를 대상으로 2007년~2010년 까지 4내년의 교통 특성, 도로 기하구조 특성, 주변 환경 특성 3가지 분류한 52개의 변수와 교통사고건수와의 관계를 파악하고자 하였다.

분석 결과 10개의 변수(주도로의 차로 수, 주도로의 좌회전 교통량, 주도로의 주회계약시설 수, 부도로의 우회전 교통량, 부도로의 교차로 시거, 교차로의 총 현시, 부도로의 중앙분리대 유무, 부도로의 제한속도, 부도로의 교통섬 유무, 부도로의 속도계약시설 수)가 교통사고에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

또한 지금까지 대부분의 연구에서 사용되었던 회귀모형, 포아송 모형, 음이항 모형 등에서는 확인할 수 없었던 확률적 변수를 도출할 수 있었다.

교통사고에 유의한 영향을 미치는 10개의 변수 중 2개의 변수가 확률변수로 도출되었다.

첫 번째 확률변수는 부도로의 시거 변수로 부도로의 시거는 모든 교차로에서 사고에 대하여 동일한 영향을 주는 것이 아니라, 교차로별로 다른 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 기존의 일반 음이항 모형 적용 시에는 도출할 수 없는 결과이다.

시거의 경우 사고와 밀접한 상관관계가 있는 변수로 지금까지 여러 연구를 통해 밝혀진 바 있지만 교통사고에 대해 고정적인 영향을 미치는 것이 아니라 대상에 따라 다른 영향을 미친다는 것을 본 연구를 통해 증명할 수 있었다.

두 번째 속도 제약시설 변수의 경우 역시 최근 연구에서 교통사고에 각기 다른 영향을 주는 변수로 나타났는데 본 연구에는 음의 영향을 미치는 것으로 나타났지만 확률적 변수임을 확인함으로써 대상에 따라 다를 수 있음을 증명할 수 있는 계기가 되었다고 생각된다. 그러나 사용된 자료가 도시부에 한정되어 있어 도시부가 아닌 지방부를 대상으로 분석할 경우 다른 결과를 보일 수 있다고 판단되며, 향후 지방부를 대상으로 연구가 진행된다면 좀 더 명확한 결과를 제시할 수 있을 것으로 기대

된다.

또한 종속변수를 총 교통사고건수가 아닌 심각도별 사고건수를 적용한다면 각 변수가 단순 사고 발생이 아닌 사고 심각도에 미치는 변수를 파악할 수 있을뿐 아니라 향후 교통사고 예방을 위한 개선방안의 우선순위 등에 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

REFERENCES

- [1] T. J. Ha, "Development and Application of Traffic Accident Forecasting Model for Signalized Intersections (Four-Legged Signalized Intersections In Kwang-Ju)," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 19, no. 6, pp.207-218, 2001.
- [2] Y. J. Kwoun, "A Study on the Relationship of Access Management to Traffic Accidents," *kyungbuk uni.*, no. 23, pp.51-60, 2003.
- [3] Y. G. Kang, "Traffic Accident Frequency Prediction Model in Urban Signalized Intersections with Intelligent Theories," *uni of seoul*, 2008.
- [4] B. H. Park, "Traffic Accident Models of Cheongju Four-Legged Signalized Intersections by Accident Type," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 26, no. 5, pp.153-162, 2008.
- [5] Park, j.t., Lee, s.b., Kim, j.o. and Lee, d.m., "Development of a Traffic Accident Prediction Model for Urban Signalized Intersections," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 26, no. 4, pp.99 - 110, 2008.
- [6] Park M. H., "Relationship between Interstate Highway Accidents and Heterogeneous Geometrics by Random Parameter Negative Binomial Model - A case of Interstate Highway in Washington State, USA," *J. Korea Soc. of Civil Eng.*, vol. 33, no. 6, pp.2437-2445, 2013.
- [7] S. H. Lee, M. H. Park and Y. H. Woo, "A Study on Developing Crash Prediction Model for Urban Intersections Considering Random Effects," *Korea*

- Institute of ITS*, vol. 14, no. 1, pp.85 - 93, 2015.
- [8] Washington, S.P., Karlaftis, M.G., Mannering, F.L., “Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis,” *The American Society for Quality and The American Statistical Association*, vol. 46, no. 4, pp.492 - 493, 2004.
- [9] Bhat, C., “Simulation estimation of mixed discrete choice models using randomized and scrambles Halton sequences,” *Transportation Research Part B*, vol. 37, no. 1, pp.837-855, 2003.
- [10] Milton, J., Shankar, V. and Mannering, F., “Highway accident severities and the mixed logit model: an exploratory empirical analysis,” *Accident Analysis and Prevention*, vol. 40, no. 1, pp.260-266, 2008.

저자소개



이근희 (Lee, Geun-Hee)

2010년 10월 ~ 2015년 10월 : 한국건설기술연구원 도로연구소 연구원

2014년 한양대학교 박사과정 수료(도시·SOC계획)

e-mail : 2868119@naver.com



노정현 (Rho, Jeong-Hyun)

1989년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 도시대학원 교수

1988년 7월 ~ 1989년 2월 : 국토개발연구원 책임연구원

1988년 6월 University of Illinois at Urbana-Champaign 박사

e-mail : jrho@hanyang.ac.kr