



4지 신호교차로 차종별 사고모형

- 청주시를 사례로 -

Accident Models of 4-Legged Signalized Intersections by Vehicle Type in the Case of Cheongju

박 병 호*

Park, Byung Ho

박 길 수**

Park, Gil Soo

인 병 철***

In, Byung Chul

Abstract

This study deals with the accident models by vehicle type. The goal is to develop the accident models by vehicle type using the data of 143 4-legged signalized intersections in Cheongju. In pursuing the above, this study gives the particular attentions to explaining the relationships between the values of EPDO(equivalent property damage only) and the traffic and geometric elements. The main results analyzed are the followings. First, 6 negative binomial models are developed, which are all significant at the 90% confidence level. Second, the values of ρ^2 by vehicle type are 0.14307(auto), 0.35556(large van), 0.21684(small van), 0.205152(motocycle), 0.32338(light-duty truck) and 0.29046(heavy-duty truck), that are all analyzed to be statistically significant. Finally, the common variable included in all models is ADT(average daily traffic), and the specific variable(SV) of auto is analyzed to be the sum of lane width of main road, SV of large van is the average yellow time, and SV of small van is the difference in the number of lane between main and minor road.

Keywords : accident model, signalized intersection, negative binomial regression model, correlation analysis

요 지

본 연구는 차종별 사고모형을 다루고 있다. 연구의 목적은 청주시 143개 4지 신호교차로에서 발생한 차종별 사고모형을 개발하는 것이다. 이를 위해 이 연구는 EPDO(대물피해환산법)와 교통 및 기하구조 요인과의 관계를 설명하는데 중점을 두고 있다. 분석된 주요결과는 다음과 같다. 첫째, 신뢰수준 90% 이내에서 통계적으로 유의한 6개의 음이항 회귀모형이 개발되었다. 둘째, 모형의 ρ^2 값은 0.14307(승용차), 0.35556(대형승합차), 0.21684(소형승합차), 0.205152(이륜차), 0.32338(소형트럭), 0.29046(대형트럭)으로, 이는 모두 통계적으로 의미있는 것으로 분석된다. 마지막으로 모든 모형의 공통된 사고요인은 ADT(일평균교통량)이며, 승용차의 특정 사고요인으로는 주도로차로폭합, 대형승합차의 경우 평균황색 시간, 그리고 소형승합차의 경우 주도로와 부도로의 차로수 차이로 분석되었다.

핵심용어: 사고모형, 신호교차로, 음이항회귀모형, 상관분석

* 정회원 · 충북대학교 도시공학과 교수

** 비회원 · 충북대학교 도시공학과 박사과정

*** 비회원 · 충북대학교 도시공학과 석사과정



1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

우리나라는 산업화를 거치면서 차량의 보급이 급격하게 이루어졌으나 이에 따른 자동차 문화가 성숙되지 못하였다. 1980년 120,182건이었던 자동차 사고는 2006년 213,745건으로 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있다. 이 중 교차로에서 일어난 사고는 2006년 총 213,745건의 교통사고 중에서 약 24%인 50,857건으로 매우 높은 비율을 차지하고 있다.

청주에서 발생한 교통사고는 2004년 3,155건으로서 이 중 교차로에서 발생한 사고는 51.1%를 차지하는 1,592건이 발생하였으며, 이 중 4지 신호교차로에서 발생한 교통사고는 1,183건으로 약 74.3%가 발생하였고, 특히 자동차사고가 전체사고 중 784건을 차지하여 전체 교차로 사고의 약 66.3%를 차지하고 있다.

이에 본 연구에서는 청주시 4지 신호교차로를 대상으로 차량의 용도와 크기를 고려하여 사고차량 유형을 6개로 세분화한 후, 대물피해환산법을 통해 각 차종별 EPDO*를 산출하고 사고심각도를 파악하여, 사고에 영향을 미칠 것이라 판단되는 도로조건, 교통조건, 교통운영조건 등의 자료를 조사하였다. 본 연구는 조사·수집된 자료를 근거로 통계적 방법을 이용하여 4지 신호교차로에서 발생하는 차종별 사고에 대한 모형을 개발하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 청주시 4지 신호교차로 교통사고 예측모형을 개발하기 위해 청주시 신호교차로를 공간적 범위로 설정하고, 교통사고현황 및 특성을 파악하기 위해 청주시 4지 신호교차로 143개 지점을 대상으로 「도로교통안전관리공단의 교통사고통계자료와 사고 충돌

도」를 활용하여 교통사고유형 및 교통조건을 분석하였다. 또한 교통량과 차로폭, 횡단거리 등과 같은 교통사고 관련 변수들을 현장조사를 통하여 수집·정리하였다. 정리된 자료는 SPSS 12.0을 이용하여 변수들간의 상관관계를 분석하였으며, 교통사고 분석은 LIMDEP 8.0을 이용하였다. 연구의 수행 흐름은 그림 1과 같다.

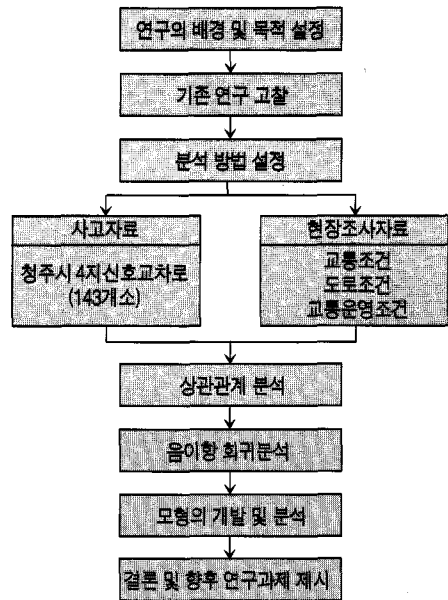


그림 1. 연구수행과정

2. 기존 연구의 고찰

2.1 국내 연구 검토

남궁현(2001)은 1996년에서 1998년까지 3년간의 연도별 자료를 이용하여 광주광역시 4지 신호교차로 118개소 중 사고가 자주 발생하는 73개소를 대상으로 교통류를 직진, 좌회전, 우회전으로 분류하여 총 12개 방향의 교통류 흐름을 나타내고 각 타입별로 다중선형 회귀모형을 이용하여 사고모형을 개발하였다.

* EPDO는 (12×사망사고+3×부상사고+물피사고)로 산출



하태준(2003)은 광주광역시내 50개 신호교차로 횡단보도를 중심으로 보행자와 차량이 상충하여 발생한 횡단보도 보행자사고(113건)을 횡단보도 형태별로 차량교통량, 횡단보도 보행량, 신호현시 등의 자료를 수집하여, 유의수준 0.1에서 여러 변수를 고려한 다중회귀분석으로 횡단보도 형태별 보행자사고율에 대한 회귀모형식을 도출하였다.

하오근(2005)은 충청남·북도의 교차로 중 사고가 많은 3지, 4지 신호교차로에 대해 계층적 샘플링방법을 통해 77개의 조사지점을 선정하였으며, 교차로 교통사고에 영향을 미치는 50개의 변수를 이용하여 사고예측모형과 심각도모형을 개발하였다.

박정순(2007)은 충북 청주시 4지 신호교차로를 대상으로 하여 다중선형, 다중비선형 및 다중비선형 회귀모형을 통하여 전체 교통사고와 후미추돌사고에 관하여 사고모형을 개발하였다. 개발에 사용된 변수는 4지 신호교차로사고에 대하여는 15개, 그리고 후미추돌사고에 대해서는 9개의 변수를 사용하였으며, 각 회귀모형을 개발하고 이에 대한 적합성 검정을 통하여 사고모형을 선정하였다.

2.2 국외 연구 검토

Mark Poch·Fred Mannering(1996)은 1987년에서 1993년까지 7년동안 워싱턴주의 Bellevue시에 있는 4지 신호교차로 63개소를 대상으로 음이항 회귀분석을 이용하여 사고모형을 개발하였다. 교차로의 접근부에서 발생한 총 1,396건의 교통사고와 교통량, 토지이용, 신호운영방법, 시거도로의 기능 등 총 64개의 변수를 이용하여 4개의 모형을 개발하였다.

A. Vogt(1999)는 1993년에서 1995년까지 3년 동안 캘리포니아와 미시간주의 지방부도로상의 삼지 교차로 84개소, 사지교차로 72개소, 신호교차로 49개소를 대상으로 교차로 중앙으로부터 250피트(76m)내에서 발생한 교통사고자료를 이용하여 음이항 회귀모형식을 개발하였다.

Hoong Chor Chin·Mohammed Abdul Quddus(2003)는 싱가포르 소재 4지 신호교차로 52개의 1992~1999년간의 교통사고자료와 32개의 관련변수를 근거로 하였다. 기존의 과분산된 교통사고건수를 사용하는데 있어 포아송과 비선형 회귀분석의 한계를 설명하고 교차로에 영향을 미치는 요소를 확인하기 위한 임의의 효과를 과분산할 경우 용이한 음이항 회귀모형식을 이용하여 신호교차로의 신호운영에 사고발생 특성과 기하구조의 관련성을 고려한 사고모형을 개발하였다.

2.3 기존 연구와의 차별성

이 연구의 차별성은 다음과 같다.

첫째, 기존의 연구에서는 교차로에서 발생한 사고에 대하여 사고심각도분석 및 사고모형을 개발하였지만, 현재까지 국내에서는 차종의 특성을 감안한 사고모형이 발견되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 크기 및 용도로 차량을 구분하고 이를 분석하여 사고모형을 개발하였다.

둘째, 현재까지 연구된 사고모형은 주로 사고의 건수로 교차로에서의 사고모형을 개발하였지만, 본 연구에서는 4지 신호교차로에서 발생한 교통사고를 사망, 부상, 대물피해로 구분하여, 이에 대한 가중치를 줌으로써 교차로에서 발생하는 사고의 심각수준을 파악하고 분석하였다.

3. 분석의 틀 설정

3.1 자료의 수집 및 분석

사고예측모형을 개발하기 위해 관련자료를 수집하는 작업이 진행되어야 한다. 본 연구에서의 조사지점 및 수집방법은 그림 2와 같다.

사고자료는 도로교통공단의 교통사고통계자료를 활용하여 사고건수자료를 코딩하였고, 사고관련변수



에 대한 자료수집은 직접 현장조사를 통하여 수집되었다. 청주시의 4지 신호교차로의 143개 지점은 모든 방향으로 회전이 가능하였고, 다양한 변수들을 수집하기 위해서 접근방향별로 구분하여 자료를 정리하였다. 청주시 4지 신호교차로의 사고심각도를 분석하기 위해서 차종별 사고와 사고수를 사망, 부상, 물피 등으로 나누어서 정리하였다. 또한 사고심각도에 영향을 줄 수 있는 변수들을 18개의 항목으로 나누고, 102개의 변수를 선정하여 코딩작업을 수행하였다. 차량의 구분은 도로교통공단 교통사고통계자료에서 구분된 총 16개의 사고차량을 대상으로 1차적으로 차종의 크기에 따라 구분하였고, 2차적으로는 용도(개인이동, 사람 및 화물수송)를 통해 구분하였다.

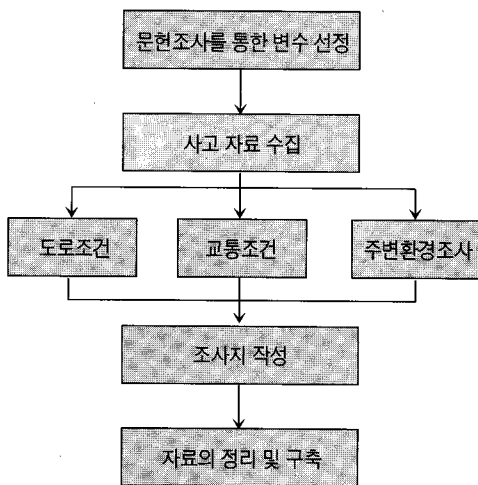


그림 2. 자료조사방법

3.2 변수의 설정

3.2.1 독립변수 선정

수집된 사고관련요소들 중에 본 연구의 대상자인 4지 신호교차로에서 발생한 교통사고와 밀접한 관련성이 있을 것으로 판단되고, 다른 변수의 변화와 관계없이 독립적으로 변화하는 변수를 정리하면 표 1과 같다.

표 1. 독립변수

독립변수	기호	정의	평균	범위
1. 일평균 교통량	X_1	첨두시간교통량×일 평균보정계수(13.9) (대/일/.pcu)	11301.2	3214.0 ~ 24040.0
2. 주도로 차로폭합	X_2	주도로 전체 차로폭합	6.3	5.7~8.8
3. 차로수 차이	X_3	주도로차로수 - 부도로차로수	1.9	-2~4
4. 횡단거리 합	X_4	횡단거리의 합(m)	73.1	50~130
5. U턴 합	X_5	U턴차로의 합	0.6	0~4
6. 제한속도 차이	X_6	주도로 제한속도 - 부도로 제한속도 (kph)	8.9	-20~50
7. 평균황색 시간	X_7	황색신호 시간의 평균 (sec)	3.8	0~5
8. 중차량비율	X_8	중차량 이상 차량의 비율(%)	29.76	0~100
9. 정류장유무	X_9	교차로 75m 이내의 정류장 유무 (없음:0, 있음:1)	0.24	0~1
10. 종단경사 평균	X_{10}	종단경사의 평균(%)	0.13	-2.4~2.2

3.2.2 종속변수 선정

종속변수 선정에 있어서 도로교통공단의 교통사고 통계자료에서 나타나는 14가지 유형의 차종별 사고 중 승용차(택시를 포함)가 총 사고건수의 66.3%로 가장 큰 비율을 차지하고 있다. 그 외 버스(대형승합차), 봉고(소형승합차), 이륜차, 소형트럭, 대형트럭, 기타 등이 각각 2% 이상의 비중을 차지하고 있어 종속변수로 선정하였다. 반면 다른 유형은 1% 미만의 비중을 가지고 있어 종속변수에서 제외하였다. 또한 신호교차로에서 기타는 차량과 관련되지 않는 것으로 종속변수에서 제외시켰다.

본 연구에서 종속변수는 주어진 기간동안 도로의 구간이나 지점에서 발생한 교통사고를 사망사고, 부상사고, 대물사고의 각 피해의 종류를 환산해서 하나의 피해단위로 나타내어 산정하는 대물피해환산법(EPDO)를 이용한다.



표 2. 종속변수의 사고건수

구 분	차종	총 사고건수	비중(%)
유형 1	승용차	784	66.3
유형 2	대형승합	31	2.6
유형 3	소형승합	73	6.2
유형 4	이륜	65	5.5
유형 5	소형트럭	145	12.3
유형 6	대형트럭	35	2.9
유형 7	건설기계	3	0.3
유형 8	농기계	0	0
유형 9	자전거	2	0.2
유형 10	보행자 기타	0	0
유형 11	고정물체	0	0
유형 12	주차차량	0	0
유형 13	열차	0	0
유형 14	기 타	45	3.9
합 계		1,183	96.3

3.3 분석모형 고찰

교통사고의 경우 임의적이고 불규칙적으로 발생하게 된다. 이러한 불규칙적인 경우를 고려하면 여러 가지 회귀분석중 비선형 회귀분석인 포아송과 음이항 회귀분석이 우선 고려대상이라 판단된다.

3.3.1 포아송 회귀모형

이산적 확률변수를 해석하는 포아송 회귀모형의 일반식은 식 (1)과 같다.

$$P(n_i) = \frac{\lambda_i^{n_i} \exp(-\lambda_i)}{n_i!} \quad (1)$$

여기서,

$P(n_i)$ = 사고 n 이 지점 i 에서 발생할 확률

λ_i = 평균사고건수, $\lambda_i = \exp(\beta X_i)$

X_i = 사고수를 결정하는 지점 i 의 속성

λ_i 형태의 계수 β 를 추정하기 위해서 최우추정법

(maximum-likelihood)을 사용하는데, 이때 우도함수 ($L(\beta)$) 는 식 (2)와 같다.

$$L(\beta) = \prod_i \frac{\exp[-\exp(\beta X_i)] [\exp(\beta X_i)]^{n_i}}{n_i!} \quad (2)$$

3.3.2 음이항 회귀모형

포아송 회귀모형은 분산과 평균이 같다는 기본 전제조건을 만족하여야 하나, 실제 교통사고의 경우에는 분산이 평균보다 큰 과분산문제가 발생하게 된다. 이러한 포아송 회귀모형의 문제를 완화하기 위하여 분산이 평균보다 크다는 음이항 회귀식을 이용한 모형이 사용되며, 모형식은 다음 식 (3)과 같다.

$$\lambda_i = \exp(\beta X_i + \epsilon_i) \quad (3)$$

여기서 $\exp(\epsilon_i)$ = 평균이 1이고 분산이 α 인 감마항을 따르는 오차항이며, 이를 조건부 확률로 나타내면 식 (4)와 같다.

$$P(n_i | \epsilon) = \exp[-\lambda_i \exp(\epsilon_i)] [-\lambda_i \exp(\epsilon_i)]^{n_i} \quad (4)$$

식 (4)에 ϵ 를 합하면 n_i 의 비조건 분포가 되며, 식 (5)와 같이 나타나게 된다.

$$P(n_i) = \frac{\Gamma(\theta + n_i)}{[\Gamma(\theta \cdot n_i!)]} \cdot U_i^\theta (1 - u_i)^n \quad (5)$$

여기서, $u_i = \theta / (\theta + \lambda_i)$, $\theta = 1/\alpha$ 를 의미하며, 이때 우도함수는 식 (6)과 같고, 이를 최대화하는 α, β 를 산출하며, n 은 사고지점의 총수를 의미한다.

$$L(\beta) = \prod_i \frac{\Gamma(\theta + n_i)}{[\Gamma(\theta \cdot n_i!)]} \left[\frac{\theta}{\theta + \lambda_i} \right]^\theta \left[\frac{\lambda_i}{\theta + \lambda_i} \right]^n \quad (6)$$

최종적으로 도출된 모형에 대한 설명력과 모형의



적합성을 검증하는 데에는 우도비(ρ^2)와 t 값을 이용하게 된다. 우도비(ρ^2)란 결정계수라 불리우며, 값은 0과 1사이의 값을 가지게 된다. 우도비는 1에 가까울수록 적합도가 높은 것으로 평가되며, 대략 0.2~0.4정도 값을 가지게 되어도 상당히 좋은 적합도를 가지게 된다고 할 수 있다.

4. 사고모형의 개발

4.1 변수간의 상관관계

4.1.1 상관분석

본 연구를 진행함에 있어 보다 정확한 사고심각도 분석을 위해 교차로 교통사고에 영향을 미치는 변수간의 상관분석을 실시하고, 종속변수인 승용차 EPDO(Y_1), 대형승합차 EPDO(Y_2), 소형승합차

EPDO(Y_3), 이륜차 EPDO(Y_4), 소형트럭 EPDO(Y_5), 대형트럭 EPDO(Y_6)와 독립변수($X_1 \sim X_{10}$)와의 상관관계를 분석한다. 상관관계의 유의성은 신뢰수준을 95%($\alpha = 0.05$)로 하여 판단하며 pearson상관계수를 통해 두 변수간의 유의한 정도를 분석한다. 분석결과는 표 3과 같다.

4.1.2 다중공선성 분석

설명변수들이 높은 선형종속관계(상관관계)가 존재하는 경우, 최소제곱추정량의 계산이 불가능할 수 있고, 추정량의 분산이 커지는 문제가 발생한다.

이 때 설명변수들 간에 다중공선성이 존재한다.

따라서 본 연구에서 관찰된 설명변수들 간의 상관관계를 분석하였으며, 이 때 설명변수들 간의 상관관계가 비정상적으로 높다면, 다중공선성을 가지고 있는지를 확인해볼 필요가 있다(강명욱 등, 1996).

표 3. 변수간 상관분석

구분	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
Y_1	1															
Y_2	0.224	1														
Y_3	0.409	-0.13	1													
Y_4	0.428	0.176	0.161	1												
Y_5	0.265	0.096	0.053	0.031	1											
Y_6	0.125	-0.060	0.019	-0.051	0.218	1										
X_1	0.756	0.253	0.413	0.372	0.329	0.120	1									
X_2	-0.300	-0.094	-0.026	-0.086	-0.109	-0.086	-0.137	1								
X_3	-0.172	-0.052	0.074	-0.068	-0.078	-0.178	0.014	0.089	1							
X_4	0.538	0.222	0.224	0.344	0.278	0.165	0.575	-0.071	-0.058	1						
X_5	0.196	0.229	0.034	0.102	0.113	-0.113	0.167	-0.041	-0.19	0.189	1					
X_6	-0.067	-0.011	0.045	-0.034	-0.11	0.036	0.086	0.119	0.437	0.087	0.023	1				
X_7	0.146	0.131	0.127	0.063	0.017	0.131	0.143	0.021	-0.350	0.355	0.006	-0.015	1			
X_8	-0.016	0.145	0.019	-0.007	-0.060	-0.010	0.009	0.013	0.160	-0.120	0.145	0.133	-0.047	1		
X_9	0.124	0.091	-0.46	0.016	0.076	-0.096	0.036	-0.143	0.025	0.026	0.686	0.055	-0.013	0.154	1	
X_{10}	0.205	-0.015	0.058	0.083	0.061	-0.057	0.125	-0.138	-0.001	0.178	0.006	0.016	-0.011	-0.076	-0.027	1

주 1) 표는 Pearson상관계수 값임.

2) $Y_1 \sim Y_6$ 는 종속변수, $X_1 \sim X_{10}$ 는 독립변수임.



표 4의 결과를 보면, 일평균교통량은 횡단거리 합과 유턴 합, 차로수 차이는 제한속도차 이와 황색신호평균, 횡단거리 합은 유턴 합과 황색신호평균, 유턴 합은 정류장유무와 상관관계가 높다. 즉 자료의 설명변수들간에는 부분적으로 강한 상관관계가 존재하며, 이는 다중공선성의 존재를 의심해 볼 필요가 있다고 알 수 있다. 따라서 다중공선성이 존재한다고 판단되는 변수를 모형식에 적용할 때 이를 감안하여 제거하였다.

표 4. 독립변수의 다중공선성

독립변수	다중공선성 변수
일평균교통량(X_1)	횡단거리 합(X_4) 유턴 합(X_5)
차로수 차이(X_3)	제한속도 차이(X_6) 평균황색시간(X_7)
횡단거리 합(X_4)	유턴 합(X_5) 평균황색시간(X_7)
U턴 합(X_5)	정류장유무(X_9)

4.2 사고모형의 개발

본 연구에서는 143개 청주시 4지 신호교차로를 중심으로 수집된 자료를 근거로 사회과학 통계프로그램인 LIMDEP 8.0을 이용하여 모형을 개발하였다.

4.2.1 음이항 회귀모형의 개발

음이항 회귀분석방법을 이용하여 교차로에서 발생한 차종별 교통사고에 대한 음이항 회귀모형을 도출한다. 모형의 종속변수로는 승용차, 승합(대/소), 이륜차 및 트럭(대/소)의 EPDO를 사용하고, 독립변수로는 교통량과 도로환경요인을 중심으로 분석하였다. 모형식 및 종속변수별 음이항 회귀모형 결과 값은 표 5와 같다.

표 5. 음이항 회귀모형식

모형	모형식
1. 승용차 EPDO	$Y_1 = \exp(2.50211 + 0.00010X_1 - 0.29711X_2)$
2. 대형승합 EPDO	$Y_2 = \exp(-5.98323 + 0.00017X_1 + 0.55873X_7 + 0.02529X_8)$
3. 소형승합 EPDO	$Y_3 = \exp(-3.16285 + 0.00015X_1 + 0.20152X_3)$
4. 이륜차 EPDO	$Y_4 = \exp(-184171 + 0.00015X_1)$
5. 소형트럭 EPDO	$Y_5 = \exp(0.06673 + 8.24783X_1)$
6. 대형트럭 EPDO	$Y_6 = \exp(0.02430 - 0.29366X_3)$

4.2.2 결과분석

음이항 회귀분석을 이용하여 개발된 사고예측모형의 결과와 모형을 설명하는 변수들의 특성은 표 6~표 11과 같다. 변수간 영향력은 대형트럭 EPDO를 제외하고는 일평균교통량이 가장 큰 영향을 주는 것으로 분석되며, 대형트럭 EPDO의 경우 차로수 차이가 영향을 주는 것으로 파악된다. 특히 일평균교통량의 경우 회귀계수는 대형트럭 EPDO를 제외한 모든 종속변수에 대해 양(+)의 계수값을 가지고 신뢰수준 90%($\alpha = 0.1$) 이내에서 매우 유의하다는 것을 알 수 있다.

각 종속변수별로 특징을 살펴보면, 승용차 EPDO의 경우 일평균교통량을 제외한 주도로 차로폭 합의 회귀계수값이 -0.29711로 음의 계수값을 나타내고 있어 주도로의 차로폭 합이 작아질수록 EPDO가 증가한다. 또한 주도로차 로폭 합은 승용차 EPDO에만 포함되어 있어 승용차의 사고심각도에 영향을 미치는 특정요인으로 분석된다. 또한 적합도를 나타내는 ρ^2 값은 0.14307로 분석된다.

대형승합 EPDO의 경우 일평균교통량을 제외하고 평균황색시간과 중차량비율이 사고심각도와 밀접한 관계를 나타내고 있음을 알 수 있다. 회귀계수의 값이 둘 다 양(+)의 값을 나타내고 있어, 평균황색시간이 길수록, 그리고 중차량 비율이 높을수록 대형승합 EPDO는 증가하는 것으로 분석된다. 또한 적합



도를 나타내는 ρ^2 값이 0.35556로 매우 높다.

소형승합 EPDO의 경우 일평균교통량 외에 차로 수 차이가 0.20152로 차로수 차이가 클수록 승합(소)차의 사고심각도에 영향을 미치는 변수로 분석된다. 적합도를 나타내는 ρ^2 값은 0.216842이다.

그 외 이륜차 EPDO와 소형트럭 EPDO는 일평균교통량 외에 사고심각도에 영향을 미치는 특정변수가 없는 것으로 분석되며, 적합도를 나타내는 ρ^2 값이 각각 0.20515, 0.29046로 분석된다.

또한 대형트럭 EPDO는 다른 변수들에 비해 일평균교통량이 사고심각도에 영향을 미치지 않는 것으로 나타나며, 대신 차로수 차이가 사고심각도에 영향을 미치는 것으로 분석된다. 적합도를 나타내는 ρ^2 값은 0.32338으로 매우 높다.

이러한 모형 개발로 인하여 각 차종에 따라 사고에 영향을 미치는 변수들이 나타났다. 차종별 사고특성에서 공통적으로 나타나는 일평균교통량의 경우, 교통량이 감소하거나, 다른 도로를 이용하여 사고다발 지역의 교통량을 분산시키는 대책이 필요할 것이며, 승용차의 특정 사고요인으로 나타난 주도로폭 합인 경우 사고발생율이 높은 교차로에서는 교통섬 및 기타 보행시설 등을 설치하여 폭합을 줄이는 시설관리가, 평균황색시간에 따라 나타나는 교통사고발생지역에 관하여는 황색신호시간의 조정 등이 이루어져야 할 것이다.

표 6. 승용차 EPDO의 통계적 특성

승용차 EPDO(Y_1) 모형			
기호	변수	Coeff.	t-ratio
-	상수	2.50211	3.545
X_1	일평균교통량	0.00010	8.788
X_2	주도로 차로폭 합	-0.29711	-2.932
-	α (과분산파라메타)	0.19819	5.356
통계값	number of observations		143
	log likelihood function		-462.28
	restricted log likelihood		-539.46
	Chi squared		153.46
	ρ^2		0.14307

표 7. 대형승합 EPDO의 통계적 특성

대형승합 EPDO(Y_2) 모형			
기호	변수	Coeff.	t-ratio
-	상수	-5.98323	-3.675
X_1	일평균교통량	0.00017	2.408
X_7	평균황색시간	0.55873	1.945
X_8	증차량 비율	0.02529	1.775
-	α (과분산파라메타)	7.34068	3.323
통계값	number of observations		143
	log likelihood function		-109.85
	restricted log likelihood		-170.46
	Chi squared		121.22
	ρ^2		0.35556

표 8. 소형승합 EPDO의 통계적 특성

소형승합 EPDO(Y_3) 모형			
기호	변수	Coeff.	t-ratio
-	상수	-3.16285	-3.765
X_1	일평균교통량	0.00015	4.231
X_3	차로수 차이	0.20152	1.736
-	α (과분산파라메타)	2.33269	4.081
통계값	number of observations		143
	log likelihood function		-196.98
	restricted log likelihood		-251.52
	Chi squared		109.06
	ρ^2		0.216842

표 9. 이륜차 EPDO의 통계적 특성

이륜차 EPDO(Y_4) 모형			
기호	변수	Coeff.	t-ratio
-	상수	-184171	-3.583
X_1	일평균교통량	0.00015	3.643
-	α (과분산파라메타)	2.77599	3.942
통계값	number of observations		143
	log likelihood function		-180.75
	restricted log likelihood		-227.40
	Chi squared		93.31
	ρ^2		0.20515



표 10. 소형트럭 EPDO의 통계적 특성

소형트럭 EPDO(Y_5) 모형			
기호	변수	Coeff.	t-ratio
X_1	일평균교통량	8.24783e-005	3.12892
-	α (과분산파라메타)	1.76632	5.52787
통계값	number of observations	143	
	log likelihood function	-305.79	
	restricted log likelihood	-430.97	
	Chi squared	250.34	
	ρ^2	0.29046	

표 11. 대형트럭 EPDO의 통계적 특성

대형트럭 EPDO(Y_6) 모형			
기호	변수	Coeff.	t-ratio
X_3	차로수 차이	-0.29366	-1.744
-	α (과분산파라메타)	6.74860	3.578
통계값	number of observations	143	
	log likelihood function	-131.17	
	restricted log likelihood	-193.86	
	Chi squared	125.37	
	ρ^2	0.32338	

총 6개의 종속변수를 음이항 회귀분석한 결과, 공통변수 및 특정변수는 표 12와 같다.

표 12. 음이항 회귀분석 결과 비교

종속변수	공통변수	특정변수
1. 승용차 EPDO	일평균교통량	주도로차로폭 합
2. 대형승합 EPDO		평균황색시간
3. 소형승합 EPDO		차로수 차이
4. 이륜차 EPDO		-
5. 소형트럭 EPDO		-
6. 대형트럭 EPDO		-

5. 결론

본 연구는 차종별 사고예측모형을 개발하고 사고

에 영향을 미치는 요인들을 파악하기 위해 청주시의 사고가 발생된 총 143개의 4지 신호교차로에 대한 현장조사를 통하여 구축된 자료와 각 지점별 교통사고자료를 이용하여 비선형 회귀모형인 음이항 회귀사고모형을 개발하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 차종별 사고예측모형 개발결과, 승용차를 포함한 총 6개의 모형이 개발되었으며, 개발된 모형의 적합성은 통계적으로 유의하다고 판단되었다.

둘째, 모형의 ρ^2 값은 0.14307, 0.35556, 0.216842, 0.20515, 0.29046, 0.32338로 대형승합차의 경우가 가장 적합성이 높고, 모두 통계적으로 의미있는 것으로 분석되었다.

셋째 대형트럭을 제외한 공통변수로는 일평균교통량으로 나타났으며, 특정변수의 경우 승용차 EPDO는 주도로 차로폭 합, 대형승합 EPDO의 경우 평균황색시간, 소형승합 EPDO의 경우 차로수 차이로 나타났다. 또한 대형트럭 EPDO의 경우 공통변수인 일평균교통량이 포함되지 않았지만, 차로수 차이가 적을수록 사고심각도가 커지는 것으로 분석되었다.

향후 연구과제로는 우선 보다 다양한 변수들의 고려가 필요하다. 본 연구에서 포함되지 않았던 시거, 교차로면적 및 방향별 교통량 등에 대한 연구가 필요하다. 또한 사고의 원인이 될 수 있는 운전자의 심리적 요인과 다양한 유형의 사고(즉, 승용차와 트럭의 사고, 트럭과 버스의 사고와 같은 차대차)에 관련된 연구도 향후 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

- 남궁현(2001). "신호교차로 교통사고 예측모형의 개발 및 적용", 석사학위논문 전남대학교
- 박정순·김태영·유두선(2007). "도로환경요인과 교통사고의 상관분석 및 사고추정모형 개발", 대한교통학회지 제25권 제2호 pp. 63~72.
- 박병호·박정순(2007). "청주시 4지 신호교차로의 후미추돌사고 분석", 대한교통학회지 제 25권 5호 pp.



57-66

이기영·이용택(2004). “확률회귀모형을 이용한 고속도로의 사고요인 분석”, 도로교통 제 94호, pp. 51-64

하오근(2005). “국도변 신호교차로 안전성 향상을 위한 사고예측모형 개발과 심각도 분석”, 석사학위논문 한양대학교

하태준(2003). “신호교차로 횡단보도 설치기준에 관한 연구”, 대한교통학회지 제21권 제4호 pp. 47-56

한상욱·오상진·박병호(2007) “사고유형에 따른 청주시 4지 신호교차로 교통사고모형”, 2007년도 대한국토도시계획학회 학술발표회 논문집, 대한국토도시계획학회, pp. 307-315

홍정열(2002). “신호교차로에서의 사고 예측모델개발 및 위험수준결정 연구”, 석사학위논문 한양대학교

도로교통안전관리공단(2005). “2004년도 청주시 전자교통신호체계 운영자료 및 교통량 조사자료”

Chin Hoong Chor·Mohammed Abdul Quddus(2003). “Applying the random effect negative binomial

model to examine traffic accident occurrence at signalized intersections”, accident analysis & prevention 35, pp.253-259.

Jianming Ma·Kara M. Kockelman(2005) “*crash modeling using clustered data from washington state : Prediction of optimal speed limits*”, TRB 2005 Annual meeting.

Mark Poch·F.Mannering(1996). “*Negative binomial analysis of intersection accident frequencies*”, J. Transport. Eng.122, pp. 105~113.

Mohamed Abdel-Aty, Xuesong Wang(2006), “*crash estimation at signalized intersection along corridors : Analyzing spatial effect and identifying significant factors*”, TRB 06-1420.

접 수 일 : 2008. 6. 24
 심사 일 : 2008. 7. 8
 심사완료일 : 2008. 11. 24