

## 고령운전자 교차로 사고의 특성 및 모형

- 청주시 4지 신호교차로를 중심으로 -

### Characteristics and Models of Intersection Accidents by Elderly Drivers in the Case of Cheongju 4-legged Signalized Intersections

박 병 호 Park, Byung Ho  
한 상 욱 Han, Sang Wook  
김 경 환 Kim, Kyung Hwan

정회원 · 충북대학교 도시공학과 교수 (E-mail : bhpark@chungbuk.ac.kr)  
비회원 · 한국건설기술연구원 연구원 (E-mail : hsu3939@kict.re.kr)  
비회원 · 충북대학교 대학원 석사과정 (E-mail : as831836@hanmail.net)

#### ABSTRACT

This study deals with the traffic accidents of elderly drivers. The objectives are to comparatively analyze the characteristics of accident between the elderly and other drivers, and to develop the models of traffic accidents. In pursuing the above, this paper gives particular attentions to testing the differences between the above two groups, and developing the models(Poisson and negative binomial regression) using the data of Cheongju 4-legged signalized intersections. The main results analyzed are as follows. First, the differences between the elderly and other drivers' accidents were clearly defined by the time of day, accident type, etc. Second, 3 accident models which were all statistically significant were developed. Finally, the differences between elderly and other drivers' models were comparatively analyzed using the common and specific variables.

#### KEYWORDS

signalized intersections, correlation analysis, overdispersion test, negative binomial regression model, accident models

#### 요지

이 연구는 고령운전자의 사고를 다루고 있다. 본 논문은 고령운전자와 일반운전자 사이의 교통사고 특성을 비교 분석하고, 사고모형을 개발하는데 목적이 있다. 이를 위해 본 연구에서는 청주시 4지 신호교차로를 중심으로 두 운전자 집단 간의 차이를 검증하고, 포아송 및 음이항 회귀모형을 개발하는데 중점을 두고 있다. 분석된 주요 연구결과는 다음과 같다. 첫째, 고령운전자와 일반운전자 사고의 차이점이 시간대별, 사고유형별 등으로 파악되었다. 둘째, 통계적으로 설명력이 높은 고령 및 일반운전자 총 3개의 사고모형이 개발되었다. 마지막으로 공통변수와 특정변수를 활용하여 고령·일반 운전자 사고모형의 차이가 비교·분석되었다.

#### 핵심용어

신호교차로, 상관분석, 과산포검정, 음이항회귀모형, 사고모형

## 1. 서론

### 1.1. 연구 배경 및 목적

우리나라 고령인구 비중은 2007년 현재 7.7%로 고령사회로 진행되고 있다. 현재의 추세라면 고령인구 비중이 2020년 15%, 2030년 25%로 급속하게 증가될 것으로 전망되고 있다. 또한 2000년도 이후 급격히 고령화 사회로 접어들면서

고령자의 운전면허소지자수가 증가되고 있으며, 이에 따라 고령운전자에 연관된 교통사고 또한 급증하고 있다.

하지만 고령화에 따른 국내 교통 관련 연구는 고령자의 통행속도, 시력 저하 등의 신체적 특성에 대비한 보행환경 및 대중교통 개선에 대한 연구가 대부분이며, 고령자 교통사고 관련 연구는 매우 부족한 실정이다. 고령자는 신체적 기능의

약화뿐만 아니라 지각 기능 또한 쇠퇴하게 되어, 현재의 도로 환경과 기하구조로는 편리하고 안전한 도로서비스를 기대할 수 없게 된다.

이 연구는 고령운전자의 사고를 다루고 있다. 연구의 목적은 고령운전자와 일반운전자 사이의 교통사고 특성을 비교 분석하고, 사고모형을 개발하는데 있다. 이를 위해 본 연구에서는 청주시 4지 신호교차로를 중심으로 두 운전자 집단 간의 차이를 검증하고, 포아송 및 음이항 회귀모형을 개발하는데 중점을 두고 있다.

## 1.2. 연구범위 및 방법

고령운전자의 특성을 분석하고 모형을 개발하기 위해 이 연구에서는 청주시 4지 신호교차로 143개소를 대상으로 한다. 사고자료는 충북지방경찰청의 2007년도 사고관리시스템 자료와 도로교통안전관리공단의 사고충돌도 자료를 활용한다. 우선 일반운전자와 경찰청 교통사고 통계자료 기준에 의한 61세 이상을 고령운전자로 구분하여 자료를 코딩하고, 공단에서 자체 조사한 「2007년 청주시 전자교통신호체계 운영 및 교통량자료」를 이용하여 신호운영 및 교통조건을 파악한다. 또한 교차로 교통사고발생에 영향을 미칠 것으로 판단되는 도로의 기하구조 변수들은 현장조사를 통해 수집한다.

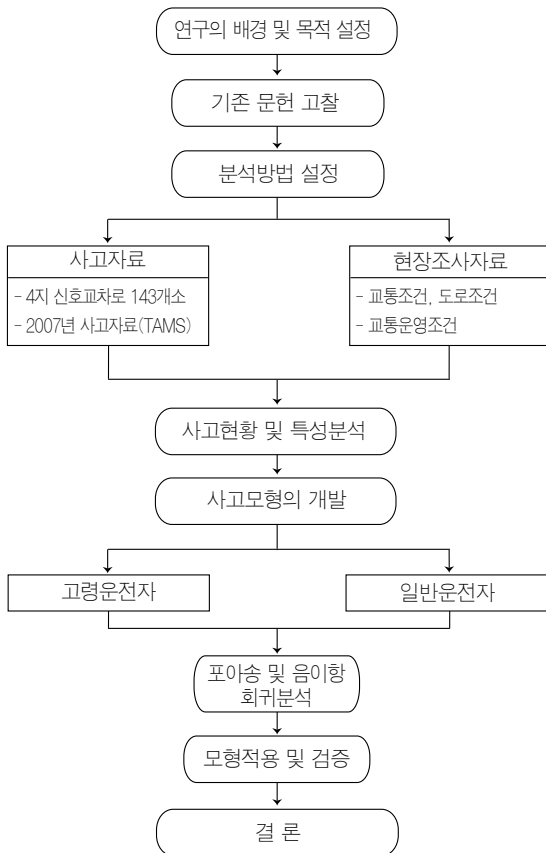


그림 1. 연구수행 과정도

연구의 방법은 다음과 같다. 첫째, 국·내외기존 연구된 문헌고찰을 통해 전반적인 사고모형의 기법 및 연구의 흐름을 파악한다. 둘째, 자료를 수집하고 이를 재정리한 후, 상관분석을 통해 종속변수와 독립변수를 선정한다. 셋째, 선정된 종속변수와 독립변수를 통계프로그램 SPSS 12.0과 LIMDEP 8.0을 이용하여 포아송 및 음이항회귀의 사고모형을 개발한다. 마지막으로 고령운전자와 일반운전자의 사고모형을 비교하여 고령운전자의 특성 및 차이점을 분석한다.

## 2. 기존문헌 고찰

### 2.1. 고령운전자 관련 연구동향

이용재 등(2005)은 고령화 현상이 도로환경에 미치는 영향을 진단하고, 고령자의 이동성 확보를 위한 도로시설의 개선사항을 도로설계 관점에서 조명하였다. 여기에서 고령자의 기능적 한계에 대한 의학적·심리학적 연구결과, 신체적·정신적 문제의 분석은 물론 고령운전자의 운전행태를 도로설계에 반영할 경우 유의해야 할 설계지배 요소와 시설기준의 변화요인 그리고 관련된 개선방향이 제시되었다.

조효영 등(2008)은 고령운전자의 특성을 설문조사를 통하여 분석하여, 일반운전자와 비교한 자기인식 및 운전특성의 차이점을 도출하고, 이를 바탕으로 개선방안을 제시하였다.

Michel Bdard 등(2001)은 고령운전자의 교통사고를 예측한 결과, 1975년에 고령자의 교통사고는 전체 교통사고의 10%이었으나 2015년에는 27%로 증가하고 있으며, 고령운전자의 운전 초기에 사고가 많이 발생하기 때문에 고령운전자의 교통사고를 줄이기 위해 지속적인 연구가 필요함을 제시하였다.

Jim Langford(2005)는 네덜란드에서 설문조사로 연간 주행거리별 및 연령별로 구분하여 교통사고율을 분석한 결과, 나이에 상관없이 연간 주행거리가 짧은 운전자가 교통사고를 많이 발생시켰고, 고령운전자의 교통사고는 오히려 감소하는 결과가 나왔다.

### 2.2. 교통사고모형 관련 연구동향

강경우 등(2007)은 운전자 수를 고려한 사고율의 변화에 대해 선형회귀분석을 하였고, 연령대별 교통사고 영향을 포아송 회귀분석 등으로 분석하였다. 그 결과 고령운전자의 사고율은 시간에 따라 감소하고, 연령대별 교통사고 영향분석에서도 고령운전자는 교통사고 및 사망사고를 감소시킨다고 나타났다.

장태연(2003)은 가산자료에서 흔히 나타나는 과산포를 고려한 모형구축을 목적으로 하고 있으며, 택시 운전자의 교통

사고 발생빈도와 관련된 가산자료를 적용하였다. 과산포의 존재여부를 확인하기 위해 검정을 실시하였는데, 그 결과 과산포 값이 양의 수를 나타내고 있어 포아송 모형보다는 음이항모형이 택시교통사고발생빈도에 적절하다는 것을 보여주었다.

James A. Bonneson(1993)의 연구에서는 125개 교차로의 교통량과 사고자료를 분석하여 주도로와 부도로 교통량과 사고와의 관계를 정의함으로써 사고예측모형을 개발하였다. 주도로와 부도로 교통량이 많아질수록 사고는 지수 형태로 증가하게 되나, 주도로의 경우 부도로 보다 교통량이 증가하는 것에 비하여 사고에 덜 영향을 준다는 것을 밝혔다.

Jose'M.Pardillo Mayora 등(2006)은 노출, 사고수 및 도로설계의 변수를 가지고 음이항 회귀분석을 통해 모형을 구축하고, 누적잔차분석과 표본의 무작위 제거(random reduction of sample)를 통해 모형을 정교화하였다.

### 2.3. 기존 연구와의 차별성

최근 사고모형 연구들은 기존의 단순한 분석 틀에서 벗어나 교통사고 자료의 특성을 적절히 감안할 수 있는 다양한 통계적 분석방법과 모형을 활용하여 사고모형의 정확성을 높이고 있으며, 다양한 주제와의 접목으로 연구의 범위를 넓혀가고 있다. 하지만, 고령운전자와 일반인과의 사고발생빈도나 심각도에 매우 많은 차이가 있음에도 불구하고 이를 제거하거나 원인을 분석한 연구는 매우 부족한 실정이다.

본 연구는 청주시 4지 신호교차로를 대상으로 사고 자료를 고령운전자와 일반운전자로 구분하여 사고모형을 개발하고, 두 집단간의 사고특성에 따른 요인의 차이점을 분석한다는 점에 기존연구와의 차별성이 있다고 할 수 있다. 또한 본 연구는 기존 문헌을 참고하여 총 18개의 항목, 총 89개의 변수에 대한 구체적이고 세분화된 자료를 토대로 사고의 특성에 따른 관련요인의 차이점을 분석함으로써 더욱 상세하고 실용성 있는 연구가 될 것이라 기대된다.

## 3. 사고 현황 및 특성분석

### 3.1. 사고현황 분석

2007년도 청주시 신호교차로 사고건수는 총 823건이며, 이 중 연령을 알 수 없는 자료 20건을 제외하면 803건이다. 이 중 60세 이하의 일반 운전자 사고건수는 721건으로 89.8%이며, 61세 이상의 고령운전자 사고건수는 82건으로 10.2%로 나타나, 고령 운전자 사고는 상대적으로 적다. 그러나 고령운전자의 경우 사망 및 중상건수의 비율이 91.4%를 차지하고 있어 일반운전자의 77.3%보다 매우 높다.

표 1. 고령·일반 운전자의 사고심각도 관계

사고연령	총사고건수	사망건수	중상건수	물피건수
60세 이하 (일반운전자)	721	5 (0.7)	552 (76.6)	164 (22.7)
61세 이상 (고령운전자)	82	2 (2.4)	73 (89.0)	7 (8.6)

주 : ( )는 %를 나타냄.

고령운전자와 일반운전자의 차이 유무를 살펴보기 위해 대응표본 t-검정을 실시한 결과, 사고건수와 EPDO가 각각 t값이 16.65, 15.74이며, 유의확률이 모두 0.000으로 나타나 귀무가설( $H_0 : d_0 = 0$ )이 기각되었다. 즉, 두 집단 간의 차이가 분명한 것으로 분석되었다.

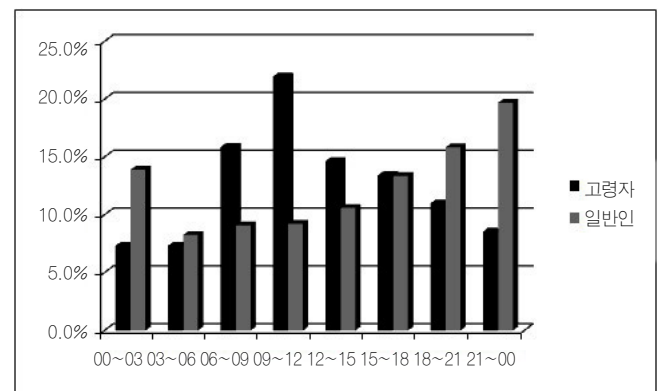
표 2. 고령·일반 운전자의 대응표본 t-검정

구분	평균	표준편차	평균 표준오차
사고건수	일반인	5.0420	3.58326
	고령자	0.5734	0.74578
EPDO	일반인	13.2469	9.81082
	고령자	1.6643	2.59311

구분	대응치			t	유의 확률(양쪽)
	평균	표준편차	평균표준오차		
사고건수	4.4686	3.38	0.283	16.65	.000
EPDO	11.4826	9.21	0.771	15.74	.000

### 3.2. 사고특성 분석

시간대별 교통사고 구성비를 고령자와 일반인으로 비교하면 다음 그림 2와 같다. 고령운전자 사고는 일반인 교통사고와 달리 심야시간에 낮게 나타났다. 고령자 사고는 09~12시간대에 22.0%로 가장 많이 발생하였으며, 06시~09시에 15.9%, 12~15시에 14.6% 순으로 분석되었다. 이는 고령층의 경우 활동하는 시간이 주로 주간이어서 나타난 결과로 판단된다.



(그림 계속)

시간대	연령층	고령자(%)	일반인(%)
00~03		7.3	13.9
03~06		7.3	8.3
06~09		15.9	9.1
09~12		22.0	9.2
12~15		14.6	10.6
15~18		13.4	13.4
18~21		11.0	15.8
21~00		8.5	19.7

그림 2. 시간대별 발생건수 구성비 비교

고령운전자 사고의 유형을 살펴보면, 일반인교통사고에 비해 고령운전자는 측면직각, 정면충돌, 그리고 주정차중 추돌사고가 상대적으로 많은 반면, 후미추돌과 기타 사고는 적은 것으로 나타났다. 이는 고령운전자가 주의를 기울여 운전하지만, 일반운전자에 비해 신체적, 지각적인 기능이 떨어지기 때문에 커브길이나 도로조건이 불량하여 주의를 요하는 지점에서의 상황판단이 늦고, 시각·청각 기능의 약화로 사고를 유발할 가능성이 높기 때문으로 판단된다.

음주운전 발생건수의 구성비를 살펴보면, 일반인 14.0%에 비해 고령운전자의 비율은 2.4%로 매우 낮음을 알 수 있다. 이는 고령운전자의 교통사고는 범규위반 등 의도된 행동보다는 위험에 대한 반응시간 지연 등 노화와 관련성이 높은 것으로 판단된다.

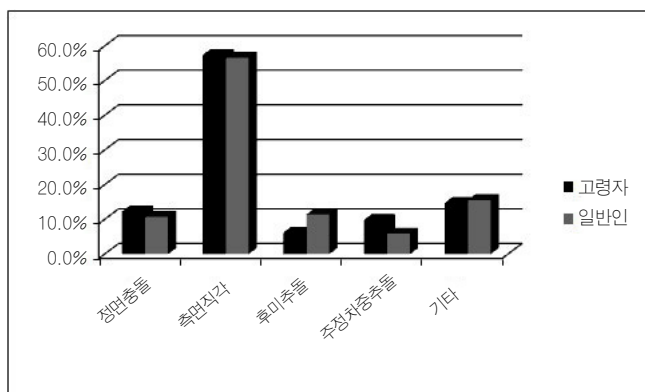


그림 3. 사고유형별 발생건수 구성비 비교

시간대	연령층	고령자(%)	일반인(%)
	정면충돌	12.2	10.7
	측면직각	57.3	56.6
	후미추돌	6.1	11.4
	주정차중 추돌	9.8	5.8
	기타	14.6	15.5

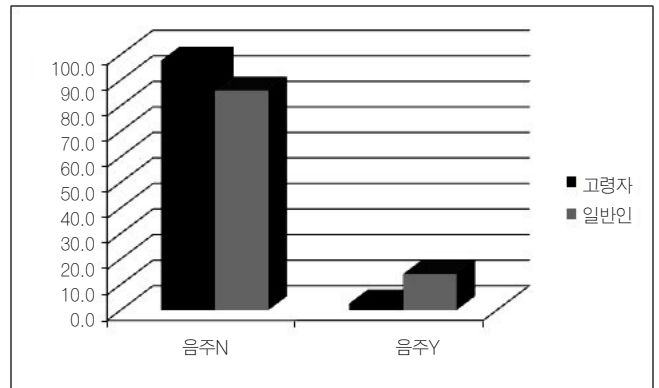


그림 4. 음주운전 발생건수 구성비 비교

## 4. 분석틀 설정

### 4.1. 자료수집 및 분석

모형 개발을 위해서는 관련 자료들을 수집하는 작업이 선행되어야 한다. 교통사고 및 관련변수에 대한 자료의 수집은 네 가지로 구분할 수 있다. 먼저 충북지방경찰청의 교통사고관리 시스템 자료에서 사고당시의 시간, 차종, 범규위반여부 등의 자료를 수집하였다. 둘째, 도로교통안전관리공단의 사고충돌도를 통해 사고위치, 사고유형 등의 자료를 수집하였다. 셋째, 도로교통안전관리공단에서 자체 조사한 『2007년 청주시 전자교통신호체계 운영 및 교통량 자료』를 사용하여 신호운영 및 교통조건을 조사하였다. 마지막으로 부족한 자료는 현장조사를 통해 추가하였으며, 그 외 사고에 영향을 줄 것으로 예상되는 변수들을 기존문헌을 참고하여 18개의 항목을 통하여 총 89개의 변수를 선정하여 코딩작업을 수행하였다.<sup>1)</sup>

### 4.2 변수의 상관관계

#### 4.2.1 상관(correlation)분석

모형개발에서는 어떤 변수가 선정되는가에 따라 모형의 설명력에 큰 차이가 난다. 본 연구에서는 변수들 간의 상관분석을 통해 유의한 변수를 찾고, 상관관계분석 결과 변수들 간의 상관성이 크게 떨어져 설명력이 저하되어 문제가 제기될 수 있는 변수를 제외시켰다.

이 연구에서는 신뢰수준을 95% ( $\alpha = 0.05$ )로 하며, pearson 상관계수를 통해 변수들 간의 상관성을 분석하였다. 우선 18개의 항목을 통하여 89개의 세부변수들을 상관분석한 후, 유의확률이 0.05 이하로 나타난 14개의 독립변수들을 바탕으로 정리하였다. 분석 결과는 표 3과 같다.

1) 18개 항목과 89개의 변수는 다음과 같다: 차로수(변수 6개), 차로폭(변수 8개), 횡단거리(변수 2개), 전용차로(변수 12개), 횡단보도(변수 5개), 교통량(변수 7개), 교통섬(변수 5개), 제한속도(변수 3개), 이중정지선(변수 6개), 유턴(변수 6개), 정류장(변수 5개), 교차로면적(변수 1개), 신호현시(변수 3개), 황색신호시간(변수 5개), 제한속도(변수 4개), 좌회전처리방법(변수 4개), 종단경사(변수 6개), 교차각(변수 1개)

표 3. 상관분석 결과

구분	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
$Y_1$	1	-	-	-	-	-	-	-	-
$Y_2$	0.95	1	-	-	-	-	-	-	-
$Y_3$	0.36	0.37	1	-	-	-	-	-	-
$Y_4$	0.33	0.35	0.90	1	-	-	-	-	-
$X_1$	0.31	0.36	0.36	0.30	1	-	-	-	-
$X_2$	-0.16	-0.15	-0.17	-0.17	-0.18	1	-	-	-
$X_3$	0.36	0.41	0.39	0.31	0.49	-0.07	1	-	-
$X_4$	0.21	0.27	0.27	0.25	0.43	-0.13	0.38	1	-
$X_5$	0.16	0.12	0.11	0.08	0.07	-0.17	0.04	0.05	1
$X_6$	0.45	0.51	0.46	0.43	0.63	-0.11	0.57	0.51	0.09
$X_7$	0.26	0.32	0.25	0.21	0.33	-0.05	0.38	0.44	-0.11
$X_8$	0.21	0.28	0.14	0.15	0.28	-0.05	0.39	0.33	-0.10
$X_9$	0.08	0.08	0.09	0.18	0.03	0.09	0.15	0.32	0.19
$X_{10}$	-0.11	-0.16	-0.09	-0.11	0.22	0.12	-0.05	-0.02	-0.25
$X_{11}$	0.14	0.14	-0.19	-0.19	0.13	0.05	0.33	0.28	0.33
$X_{12}$	0.10	0.15	0.16	0.18	0.09	-0.07	0.35	0.16	0.41
$X_{13}$	0.14	0.16	0.13	0.10	0.18	0.02	0.03	0.01	0.05
$X_{14}$	0.36	0.40	0.39	0.31	0.46	-0.08	0.92	0.43	0.03
구분	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$	$X_{14}$
$X_6$	1	-	-	-	-	-	-	-	-
$X_7$	0.38	1	-	-	-	-	-	-	-
$X_8$	0.47	0.88	1	-	-	-	-	-	-
$X_9$	0.09	0.15	0.08	1	-	-	-	-	-
$X_{10}$	-0.36	-0.25	-0.24	-0.01	1	-	-	-	-
$X_{11}$	0.00	0.09	0.10	0.18	-0.27	1	-	-	-
$X_{12}$	0.24	0.08	0.09	0.29	-0.13	-0.33	1	-	-
$X_{13}$	0.12	0.00	0.00	-0.11	0.19	-0.19	0.74	1	-
$X_{14}$	0.46	0.34	0.35	0.30	-0.13	-0.07	0.13	0.32	1

주1: pearson 상관계수

주2: 1차 상관분석 후 유의확률이 높은 변수들을 선정하여 재정리

주3: 변수명은 <표 5> 참조

4.2.2. 다중공선성(multicollinearity) 분석

설명변수들이 높은 상관관계가 존재하는 경우, 최소제곱추정량의 계산이 불가능할 수 있고, 추정량의 분산이 커지는 문제가 발생하게 된다. 이 때 설명변수들간에 다중 공선성이 존재한다. 이에 본 연구는 관찰된 설명변수간의 상관관계를 분석하였다. 이 때 설명변수들 간의 상관관계가 비정상적으로 높다면, 다중공선성의 존재를 의심해 볼 필요가 있다.

표 4의 결과를 보면, 일평균교통량은 차로수 평균, 횡단거리 평균, 우회전 전용차로 합계가 높은 관계를 보였고, 이중정지선 합계는 유턴 평균, 현시 수는 황색신호평균과의 상관관계가 높게 분석되었다. 또한 교차로 면적과 횡단거리 평균의 관계는 비정상적으로 높게 나타났다. 즉 본 자료의 설명변수들간에는 부분적으로 강한 상관관계가 존재하며, 이 결과

는 다중공선성의 존재를 의심해 볼 필요가 있음을 알려준다. 다중공선성이 존재한다고 판단되는 변수의 경우 모형개발에 중복 선정하지 않았다.

표 4. 독립변수의 다중공선성

독립변수	다중공선성 변수	상관계수/유의확률
Ln 일평균교통량 ( $X_6$ )	차로수 평균( $X_1$ )	0.631/0.000
	횡단거리 합계( $X_3$ )	0.573/0.000
	좌회전 전용차로 합계( $X_4$ )	0.512/0.000
이중정지선 수( $X_7$ )	유턴 유무( $X_8$ )	0.881/0.000
현시 수( $X_{12}$ )	황색신호 평균( $X_{13}$ )	0.738/0.000
교차로 면적( $X_{14}$ )	횡단거리 합계( $X_3$ )	0.921/0.000

4.3. 변수의 선정

4.3.1. 독립변수의 선정

4지 신호교차로에서 발생한 교통사고와 밀접한 관계가 있을 것으로 판단되는 변수는 표 5와 같다. 본 연구의 변수선정에는 접근로별 자료보다는 교차로 전체 접근로의 평균과 합계를 주로 사용하였다. 수집된 자료들의 기술통계 분석 결과, 많은 변수들은 이산적인 형태의 범주형을 띄는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 이와 같은 범주형 변수들에 대해 유·무(0, 1)의 더미 변수로 변환하였다.

표 5. 사고관련 변수

번호	독립변수	기호	정의	범위	평균
1	차로 수 평균	$X_1$	교차로 전체 차로수의 평균(없음:0, 있음:1)	1.0~3.0	1.94
2	주도로 차로 폭 평균	$X_2$	주도로 전체의 차로폭 평균(m)	5.7~8.8	6.31
3	횡단거리 합계	$X_3$	교차로 전체 횡단거리의 합계(개소)	50~130	73.12
4	좌회전 전용차로 합계	$X_4$	교차로 전체 좌회전 전용차로의 합계(개소)	0~4	0.81
5	횡단보도 수	$X_5$	횡단보도의 수(개수)	0~4	3.5
6	일평균교통량 (ADT)	$X_6$	1n(첨두시간교통량 × 일평균보정계수) (=13.9)(대/일, pcu)	8.07~10.08	9.25
7	이중정지선 수	$X_7$	교차로 전체 접근로별 이중정지선의 수(개소)	0~4.0	0.99
8	유턴 유무	$X_8$	교차로 전체 유턴의 유무(없음:0, 있음:1)	0~1.0	0.31
9	정류장 유무	$X_9$	교차로 전체 정류장의 유무(없음:0, 있음:1)	0~1.0	0.36
10	동시신호 유무	$X_{10}$	교차로 내 동시신호의 유무(없음:0, 있음:1)	0~1.0	0.40

<표 계속>

11	우회전 전용차로 합계	$X_{11}$	교차로 전체 우회전 전용 차로의 합계(개소)	0~6	2.01
12	신호현시 수	$X_{12}$	신호운영 현시 수 (현시)	2~6	4.17
13	평균 황색 신호시간	$X_{13}$	황색신호 시간의 평균 (sec)	0~5.0	3.93
14	교차로 면적	$X_{14}$	횡단보도를 포함한 교차로 면적(m <sup>2</sup> )	2~6	4.17

#### 4.3.2. 종속변수의 선정

사고모형 개발을 위한 종속변수는 사고건수와 EPDO이다. 여기에서 EPDO는 교통사고에 따른 피해정도를 사망, 부상 및 물피로 구분하여 가중치를 감안하는 대물피해 사고 환산 계수이다.

여기에 고령운전자와 일반운전자를 분류하여, 일반운전자 사고건수( $Y_1$ ), 일반운전자 EPDO( $Y_2$ ), 고령운전자 사고건수( $Y_3$ ) 및 고령운전자 EPDO( $Y_4$ )의 총 4개 종속변수를 선정하였다.

### 5. 모형개발 및 비교분석

#### 5.1. 모형개발

본 연구는 이산적이고 불규칙적으로 일어나는 교통사고를 분석하는데 적절하다고 판단되는 가산자료모형(count data model)을 적용하였다. 가산자료모형 중 일반적으로 사용하는 것은 포아송 모형이나 기존의 다수의 국내 연구들은 모형 설정에서 적절한 검정없이 포아송 모형을 적용한 사례가 많다. 이에 본 연구에서는 가산자료모형을 적용함에 있어 과산포(overdispersion) 검정을 통하여 자료에 적합한 모형을 선정한다.

##### 5.1.1. 과산포 검정

포아송 회귀분석은 교통사고가 인구곡선과 같은 정규적인 시계열을 갖지 못하는 특성을 감안하기 위해 비선형적인 측면에서 최우추정법에 의해 평균에 따른 확률로서 해를 찾는 분석방법이다. 하지만 포아송 회귀분석은 사고자료의 과분산으로 인하여 과추정되는 오류를 범하기 때문에 과분산 정도에 따라서 음이항 회귀분석과 선별하여 사용된다.<sup>2)</sup> 따라서 본 연구에서는 과산포를 고려할 수 있는 음이항모형을 과산포 검정을 통해 선정하였다.

$$\begin{aligned} H_0 : \text{VAR}[y_i] &= E[y_i] \\ H_1 : \text{VAR}[y_i] &= E[y_i] + \alpha g(E[y_i]) \end{aligned} \quad (1)$$

2) 박병호·유두선·양정모·이영민(2008), "지방부 신호교차로 사고특성 분석 및 모형개발", 대한교통학회, p43 참고

대립가설에서 양측을  $E[y_i]$ 로 나누면 양쪽 모두 과산포를 나타내며, 만약 값이 0이면 포아송모형이 적합하고, 양수이면 음이항모형이 적합하다. 가설검정은 LIMDEP을 활용하여 포아송모형의 결과로 산정된  $E[y_i]$ 를 이용하여  $Z_i$ 를 종속변수로  $W_i$ 를 독립변수로하여 회귀분석을 실시하였고, 식은 다음과 같다.

$$Z_i = \frac{(y_i - E(y_i))^2 - y_i}{E(y_i)\sqrt{2}} \quad (2)$$

$$W_i = \frac{g^{(E(y_i))}}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

고령운전자와 일반운전자의 사고건수와 사고심각도(EPDO)에 대한  $E[y_i]$ 와  $E[y_i]^2$ 의 값은 표 6에 나타나듯이 평균과 분산이 같다는 귀무가설이 기각된다. 아울러  $\alpha$  값은 모두 양의 값을 가지고 있어, 음이항모형이 본 연구의 사고를 적절히 반영하고 있음을 보여준다.

표 6. 과산포 검정 결과

구분		$\alpha$	t값	유의수준
일반운전자 사고건수	$E[y_i]$	1.5251	5.1454	0.0000
	$E[y_i]^2$	0.6326	6.4329	0.0000
일반운전자 EPDO	$E[y_i]$	6.6487	7.5944	0.0000
	$E[y_i]^2$	0.8157	7.8513	0.0000
고령운전자 사고건수	$E[y_i]$	3.1266	8.6635	0.0000
	$E[y_i]^2$	0.2486	5.1805	0.0000
고령운전자 EPDO	$E[y_i]$	5.4518	5.6258	0.0000
	$E[y_i]^2$	0.7614	5.2964	0.0000

##### 5.1.2. 음이항 회귀모형 개발

음이항 회귀분석 방법을 이용하여 교차로에서 발생한 고령운전자와 일반운전자 사고에 대한 음이항 회귀모형을 도출한다.

또한 다중공선성 및 통계적 유의성이 검증되지 않은 독립변수들을 중복 선정되지 않도록 제거하고, 적정 p값(=0.05) 이상 나타난 변수들을 제외하여, 모형을 구축한다. 음이항 회귀모형식 결과는 표 7~표 11과 같다.

표 7. 음이항 회귀 모형식

모형	모형식	$\rho^2$
1	$Y_1 = \exp(-4.916 + 0.618x_6 + 0.610x_8 - 0.396x_{11} + 0.214x_{13})$	0.224
2	$Y_2 = \exp(-4.919 + 0.738x_6 - 0.370x_{11} + 0.016x_{13})$	0.205
3	$Y_3 = \exp(-14.515 - 2.2134x_2 + 1.497x_6 - 0.970x_{11})$	0.172
4	$Y_4 = \exp(-16.219 - 2.034x_2 + 1.780x_6 - 1.252x_{11} + 0.640x_{13})$	0.202

표 8. 일반인 사고건수( $Y_1$ ) 음이항 회귀모형 결과값

기 호	변 수	Coeff.	t-statistic	p-value
-	상수	-4.916	-3.917	0.000
$X_6$	교통량(ADT)	0.618	4.418	0.000
$X_8$	유턴 유무	0.610	2.359	0.018
$X_{11}$	우회전 전용차로 합계	-0.396	-2.904	0.003
$X_{13}$	황색신호시간	0.214	2.240	0.034
통 계 값	Number of observations	143		
	Chi squared	255.6144		
	$\rho^2$	0.2238		

표 9. 일반인 EPDO( $Y_2$ ) 음이항 회귀모형 결과값

기 호	변 수	Coeff.	t-statistic	p-value
-	상수	-4.919	-4.357	0.010
$X_6$	교통량(ADT)	0.738	5.402	0.000
$X_{11}$	우회전 전용차로 합계	-0.370	-2.794	0.005
$X_{13}$	황색신호시간	0.016	2.104	0.035
통 계 값	Number of observations	143		
	Chi squared	242.7558		
	$\rho^2$	0.2047		

표 10. 고령자 사고건수( $Y_3$ ) 음이항 회귀모형 결과값

기 호	변 수	Coeff.	t-statistic	p-value
-	상수	-14.515	-5.238	0.000
$X_2$	주도로 차로폭 평균	-2.2134	-4.1402	0.000
$X_6$	교통량(ADT)	1.497	5.141	0.000
$X_{11}$	우회전 전용차로 합계	-0.970	2.088	-0.042
통 계 값	Number of observations	143		
	Chi squared	178.6299		
	$\rho^2$	0.1722		

표 11. 고령자 EPDO( $Y_4$ ) 음이항 회귀모형 결과값

기 호	변 수	Coeff.	t-statistic	p-value
-	상수	-16.219	-4.979	0.000
$X_2$	주도로 차로 폭 평균	-2.034	-3.928	0.000
$X_6$	교통량(ADT)	1.780	5.115	0.000
$X_{11}$	우회전 전용차로 합계	-1.252	-2.708	0.007
$X_{14}$	교차로 면적	0.640	2.189	0.029
통 계 값	Number of observations	143		
	Chi squared	230.3142		
	$\rho^2$	0.2016		

## 5.2. 모형의 비교분석 및 검증

### 5.2.1. 모형의 비교분석

음이항 회귀분석 결과, 모든 변수들의 p값은 신뢰수준 95%( $\alpha=0.05$ ) 기준에 유의한 것으로 분석된다.

고령운전자와 일반운전자의 사고건수와 사고심각도에 공통으로 영향을 미치는 변수는 일평균 교통량과 우회전 전용차

로 합계로 나타난다. 교통량( $X_6$ )의 경우 회귀계수는 모든 종속변수에 양(+)의 계수값을 가지고 있으며, 신뢰수준 95%( $\alpha=0.05$ ) 이내에서 유의하다는 것을 알 수 있다. 교통량이 증가하게 되면 교통상황이 복잡하게 되고 운전자 상호간의 의사소통에 무리가 따르게 되며 차량간격도 좁아지게 되므로 많은 사고를 유발할 수 있고, 사고심각도(EPDO)가 높아지는 것으로 판단된다.

우회전 전용차로 합계( $X_{11}$ )는 모두 음(-)의 계수 값을 가지고 있으며, 우회전 전용차로의 수가 많을수록 직진차량과 상충확률이 감소하게 되고, 이로 인해 사고가 줄어드는 것으로 파악된다.

일반운전자 사고의 특징을 살펴보면, 일반인 사고와 심각도에 모두 영향을 주는 요인은 황색신호시간( $X_{13}$ )으로 나타났다. 황색신호시간은 양(+)의 계수 값으로 일반운전자의 경우 황색시간이 길수록 차량과의 사고가 많이 증가하는 것으로 분석되었다. 또한 일반인 사고건수( $Y_1$ )의 특정요인으로 유턴 유무( $X_8$ )가 채택되었다. 유턴 유무는 양(+)의 계수 값으로 유턴시 직진차량에 대한 우선권을 무시하거나 시거 미확보에 의해 차량과 충돌하여 사고확률을 높이는 것으로 판단된다.

고령운전자 사고 분석결과, 고령자의 사고건수와 심각도에 공통으로 영향을 끼치는 요인은 주도로 차로폭 평균( $X_2$ )으로 나타났다. 주도로 차로폭 평균은 가장 큰 음(-)의 계수 값이 도출되어 고령자의 교통사고 및 심각도에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 특히 많은 교통류를 차지하는 주도로의 경우 차로 폭이 좁아질수록 차량 측면간격이 좁아지게 됨에 따라 차량 간의 마찰이 생길 위험성이 높아져서 사고 심각도가 높아질 수 있다. 또한 중·대형차량이 좁은 차로 폭을 통행할 때 사고의 위험성이 높아질 것이며, 복잡한 정보처리와 빠르고 정확한 판단력을 요구하는 교차지점에서 일반인에 비해 교통상황 대처능력이 미흡한 고령자의 사고에 큰 영향을 끼치는 것으로 분석된다.

고령자 사고건수의 특정변수는 발견되지 않았으며, 고령자 EPDO의 특정변수는 교차로 면적( $X_{14}$ )이 채택되었다. 교차로 면적은 양(+)의 계수 값으로 면적이 클수록 상충기회가 잦기 때문에 사고의 위험이 높은 것으로 판단된다. 특히 신체적 기능과 지각 기능이 쇠퇴되어 있는 고령운전자의 경우 판단력 저하와 인지반응시간 지체로 인해 사고심각도가 매우 높은 것으로 파악된다.

모형의 설명력은 변수의 성격 및 모형식에 따라 다소 차이가 있지만, 통상적으로  $\rho^2$ 는 0.2~0.5 사이에 있을 때 통계적으로 유의하다고 판단할 수 있기 때문에 음이항모형에 의해 개발된 고령자 사고건수( $Y_3$ )를 제외한 3개 모형은 설명력이 높다고 볼 수 있다. 음이항 회귀분석 결과, 일반운전자와 고령운전자의 공통변수 및 특정 변수는 표 12와 같다.

표 12. 공통변수와 특정변수

종속변수		공통변수		특정변수
일반 운전자	$Y_1$	$X_{6(+)}$	$X_{13(+)}$	$X_{8(+)}$
	$Y_2$			-
고령 운전자	$Y_3$	$X_{11(-)}$	$X_{2(-)}$	-
	$Y_4$			$X_{14(+)}$

주1 : ( )의 부호는 종속변수와의 방향성을 의미함

### 5.2.2. 모형의 검증

이 연구에서는 대응표본 t-검정을 활용하여 실제치와 회귀식에 적용된 예측치 간의 상호 비교를 통해 모형의 적합성을 검증하였다.

대응표본 t-검정 결과, 일반운전자 및 고령운전자의 음이향 모형은 t값이 절대값 0.4 이상, 유의확률이 0.5 이상으로 나타난다. 이는 실제치와 모형식에 의한 예측치간의 차이가 없다는 귀무가설을 기각할 수 없는 것으로 분석되었다.

표 13. 대응표본 t-검정 결과

구 분		상관계수	t값	유의확률
일반 운전자	사고건수	0.614	-0.682	0.502
	EPDO	0.571	0.465	0.643
고령 운전자	사고건수	0.727	0.684	0.935
	EPDO	0.535	-0.455	0.650

## 6. 결론

본 연구는 청주시를 사례지역으로 고령운전자의 교통사고 특성을 분석하고, 사고모형을 개발하였다. 특히 이 연구에서는 고령운전자와 일반운전자를 구분하여 교통사고의 요인들을 추출하고 다양한 주변환경요인이 교통사고에 미치는 영향을 비교분석하는데 중점을 두었다. 분석된 주요결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 사고현황 및 사고특성 분석을 통해 고령운전자와 일반운전자의 차이점이 파악되었다. 고령운전자의 사고건수는 일반운전자에 비해 적은 비율을 차지하지만, 사망 및 중상건수의 비율이 매우 높은 것으로 분석되었다. 또한 시간대별, 사고유형별 등 사고특성 비교분석을 통해 차이점이 파악되었다.

둘째, 가산자료모형 설정을 위해 과산포 검정 결과, 음이향 회귀모형이 선정되었으며, 통계적으로 유의한 3개의 음이향 회귀모형이 개발되었다.

마지막으로 공통변수와 특정변수를 활용하여 고령운전자와 일반운전자 사고모형의 차이가 비교 분석되었다. 모형의 공통변수는 교통량과 우회전 전용차로가 채택되었으며, 일반운전자의 공통변수로는 황색신호시간, 고령운전자의 공통변수는 주도로 차로폭 평균으로 분석되었다. 특정변수로는 일반

인 EPDO와 고령자 사고건수에서는 발견되지 않았으며, 일반사고건수는 유턴 유무, 고령자 EPDO는 교차로 면적이 특정변수로 채택되었다.

본 연구는 교통량, 기하구조, 노면표시 등 도로환경적 요인을 중점 고려하였으나, 향후 법규위반 및 행동유형 등 인적 요인에 대한 연구가 필요하다. 아울러 보다 설명력 있는 연구를 위해서는 Panel Data Analysis 등 보다 진전된 방법론이 필요하며, 차대차 사고 뿐 아니라 보행자 사고, 전복, 추락 등을 포함한 다양한 사고유형에 따른 고령운전자의 사고모형이 개발되어야 한다.

### 참고 문헌

- 강명옥·김영일·안철환·이우규(1996), *회귀분석 모형개발과 진단*, 서울, 울곡출판사
- 강경우·권정태·국우각(2007), "고령화 사회와 고령자 교통사고의 재고찰", *대한토목학회지*, 제 27권 제1D호, 19-26.
- 박병호·한상욱·김태영·김원호(2008), "사고유형에 따른 청주시 4지 신호교차로 교통사고모형", *대한교통학회지*, 제26권, 제5호, 153-162.
- 박병호·유두선·양정모·이영민(2008), "지방부 신호교차로 사고특성 분석 및 모형개발", *대한교통학회지*, 제26권 제2호, pp.35-46.
- 유두선·오상진·김태영·박병호(2008), "주·야간 교통사고의 특성 및 사고모형 비교분석", *대한토목학회지*, 제28권 제2D호, pp.187-188.
- 이수범·강지혜(2005), "고령화사회를 대비한 도로교통안전대책 방향에 관한 연구", *대한토목학회지*, 제 25권 제4D호, 533-542.
- 이용재·이상규(2005), "고령화 시대를 위한 도로설계 개선방향에 관한 연구", *대한토목학회지*, 제 25권 제3D호, pp.409-421.
- 장태연(2003), "과산포 검정을 통한 택시교통사고 모형설정", *대한토목학회지*, 제23권 제1D호, pp.27-34.
- 하태준, 박제진, 이형무(2003), "신호교차로 횡단보도 설치기준에 관한 연구" *대한교통학회지*, 제21권3호, pp.47-56.
- Bdard, M., Stones, M. J., Guyatt, G. H., and Hirdes, J. P.(2001), "Traffic related fatalities among older drivers and passengers: Past and future trends".
- Hauer, E and Lovell, J.(1988) Estimation of safety at signalized intersection. *Transportation Research Record*, Transportation Research BOARD, 1185, National Research Council, Washington D.C., 23-29.
- FHWA(2004), "Signalized Intersections : Informational Guide"
- James A. Bonneson(1993), "Estimation of safety at two-way stop-controlled intersections on rural highway", *Transportation Research Record 1401*, pp. 83-89.
- Jose' M. Pardillo Mayora, Rafael Bojorquez and Alberto Camarero Orive(2006), "Refinement of Accident Prediction Models for the Spanish National Network" (TRB) *Transportation Research Board 85th Annual Meeting*, January 2006.
- Langford, J., Methorst, R., and Hakamies Blomqvist, L.(2005), "Older Drivers do Not Have a High Crash Risk - A Replication of Low Mileage Bias".
- Simon P. Washington, Matthew G. Karlaftis and Fred L. Mannering, *Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis*, Washington, HALL/CRC.

접 수 일 : 2009. 5. 18  
 심 사 일 : 2009. 5. 22  
 심사완료일 : 2009. 10. 26