

공간적 특성을 고려한 어린이 교통사고 모형 개발

Modeling Traffic Accident Occurrence Involving Child Pedestrians at School Zone

저자 (Authors)	백태현, 손슬기, 박병호 BEAK, Tea Hun, Son, Seulki, PARK, Byung Ho
출처 (Source)	대한교통학회지 34(6) , 2016.12, 489-498(10 pages) Journal of Korean Society of Transportation 34(6) , 2016.12, 489-498(10 pages)
발행처 (Publisher)	대한교통학회 Korean Society Of Transportation
URL	http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07501414
APA Style	백태현, 손슬기, 박병호 (2016). 공간적 특성을 고려한 어린이 교통사고 모형 개발. 대한교통학회지, 34(6), 489-498
이용정보 (Accessed)	연세대학교 165.***.14.104 2021/01/07 15:37 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

공간적 특성을 고려한 어린이 교통사고 모형 개발

백태헌 · 손슬기 · 박병호*

충북대학교 도시공학과

Modeling Traffic Accident Occurrence Involving Child Pedestrians at School Zone

BEAK, Tea Hun · Son, Seulki · PARK, Byung Ho*

Department of Urban Engineering, Chungbuk University, Chungbuk, 28644 Korea

*Corresponding author: bhpark@chungbuk.ac.kr

Abstract

The objective of this study is to develop road traffic accident model involving child pedestrian especially at school zones and its surrounding area. The analysis is based upon traffic accident data collected near sixty elementary schools in City of Cheongju during 2012 and 2014. This study results in two statistical models ; one is to predict the number of road traffic accidents involving children, and the other is to predict EPDO(Equivalent Property Damage Only). These models are represented as Poisson models. which are statistically significant with the likelihood ratios of 0.533 and 0.273. The common explanatory variables of these models are the ratio of road section with more than 4 lanes, the number of entrance and exit, the number of signalized crosswalk in school zone, the number of school zone signage including road surface marking, and the number of speed limit signs. The specific variables are the length of road stretch in school zone, the number of reflector mirrors, and the number of signalized crosswalk outside school zone. It is concluded that these types of road safety facilities can reduce the number of traffic accidents involving children at school zones and its surrounding area.

Keywords: accident model, Poisson model, school zone, spatial characteristics, traffic accident

초록

이 연구는 어린이 보호구역과 인근지역의 교통사고를 다루고 있다. 이 연구의 목적은 공간적 특성을 고려한 어린이 교통사고모형을 개발하는데 있다. 이를 위해 이 연구는 2012-2014년 동안 청주시 초등학교 60개소에서 발생한 어린이 교통사고 자료를 수집하였다. 연구의 주요 결과는 다음과 같다. 첫째, 통계적으로 유의한 두 개의 어린이 교통사고(사고건수 및 EPDO) 모형이 개발된다. 가산자료 모형 중 포아송 모형이 선택되며, 모형의 우도비는 0.533 및 0.273로 분석된다. 둘째, 모형의 공통변수로는 4차로 이상의 도로 비율, 진출입구 수, 어린이 보호구역내 신호 횡단보도 수, 어린이 보호구역 표지판 수, 어린이 보호구역 노면표지 수 및 속도제한 표지 수 인 것으로 분석된다. 특정변수는 대상지 내 도로 연장, 도로 반사경 및 어린이 보호구역 외 신호 횡단보도 수로 평가된다. 마지막으로 이 연구는 어린이가 많은 도로에서는 운전자의 주의 및 인지를 향상시킬 수 있는 시설이 필요하다는 것을 보여준다.

주요어: 사고모형, 포아송 모형, 어린이 보호구역, 공간적 특성, 교통사고

J. Korean Soc. Transp.
Vol. 34, No. 6, pp.489-498, December 2016
<https://doi.org/10.7470/jkst.2016.34.6.489>

pISSN : 1229-1366
eISSN : 2234-4217

Received: 22 December 2015

Revised: 18 February 2016

Accepted: 26 December 2016

Copyright ©
Korean Society of Transportation

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

1. 연구배경 및 목적

어린이 보호구역은 유치원, 학교, 보육시설 등의 주변도로에 어린이 안전성 확보를 위해 지정된다. 어린이 보호구역은 어린이시설의 주 출입문(시설의 정문)이 위치한 도로 중 일부구간(300m 이내)에 지정된다.

어린이 보호구역은 1995년부터 설치되어, 지속적으로 확대(2011년 100인 이상의 학원까지 지정기준 확대, 도로교통법, 2015)되어 왔다. 최근 6년간 어린이 보호구역의 지정 현황을 살펴보면, 2009년 9,584개소에서 2014년 15,799개소로 약 64.85% 증가되었다(Korean National Policy Agency, 2015). 어린이 보호구역의 설치는 보호구역 내 뿐만 아니라 대상시설 인근의 어린이 교통사고 전반에 긍정적인 효과를 기대하기 때문에 지속적으로 확대되어 왔다. 하지만 어린이 보호구역의 안전 효과 대한 국내 연구는 대부분 설치 후 보호구역 내의 사고 감소 효과에만 초점이 맞추어져 진행되어 왔다. 이에 어린이 교통사고에 영향을 미치는 요인을 분석하는 연구가 필요하다고 판단된다.

최근 발생한 전국 보호구역 내 어린이(13세 이하) 교통사고 사망자 수는 2008년 138명에서 2014년 52명으로 62.3% 감소하였으나, 어린이 교통사고 발생건수는 2008년 14,930건에서 2014년 12,110건으로 18.9% 감소하는데 그쳐 여전히 많은 어린이 교통사고가 발생하는 것으로 나타나고 있다(KoROAD, 2015).

또한 어린이 교통사고 중 보호구역내에서 발생한 어린이 교통사고는 2008년 517건, 2014년 523건으로 보고되어, 전체 어린이 교통사고의 4.3%만을 차지하는 것으로 분석된다. 이에 어린이 보호구역 설치의 원 목적인 어린이 시설 인근의 교통사고 감소에 얼마나 효과적인지에 대한 의문이 드는 실정이다. 또한 초등학교에 설치된 어린이 보호구역은 일반적으로 정문을 중심으로 설치되어 있어, 실제 보행동선과 보호구역 설치 지역과 상이한 경우가 발생한다. 이에 어린이 보호구역 교통사고 분석을 수행하는 공간적 범위를 보호구역 인근의 공간적 특성이 반영될 수 있도록 분석 대상지를 확장할 필요성이 있다고 판단된다.

이 연구는 어린이보호구역내 도로구간을 포함한 주변지역으로 분석대상지를 확장하고, 사고의 개별특성과 도로 특성뿐 아니라, 공간 특성을 고려한 사고모형을 개발하는데 그 목적을 둔다. 이를 통해 이 연구에서는 어린이 보호구역내 사고발생 요인을 논의하고자 한다.

2. 연구의 내용 및 방법

이 연구는 어린이 교통사고의 발생 요인을 분석하는 연구로, 2010년 이전 어린이 보호구역이 설치된 청주시 초등학교 60개소의 인근에서 발생한 어린이 교통사고를 분석 대상으로 한다. 이를 위해 어린이 교통사고 자료 및 기하구조, 운영특성, 인근의 토지이용 자료 등을 수집한다. 연구에서 활용한 교통사고 사고 자료는 교통사고분석시스템을 통해 수집하며, 사고 자료의 수집기간은 개선사업이 일어난 이후의 최근 3개년도(2012-2014년)이다.

연구의 수행과정은 다음과 같다. 첫째, 어린이 보호구역 및 어린이 교통사고와 관련된 국내외 연구를 검토한다. 둘째, 분석 대상지 및 분석의 공간적 범위를 설정한다. 셋째, 모형 개발을 위한 자료를 수집하고, 사고와 관련성이 있는 독립변수를 선정한다. 넷째, 어린이 교통사고 모형을 개발하고, 개발된 모형을 토대로 어린이 교통사고에 영향을 미치는 요인에 대해 논의한다. 마지막으로 연구 결과를 정리하고, 연구의 한계 및 향후 과제를 제시한다.

선행연구 검토 및 차별성

1. 선행연구의 검토

어린이 교통사고에 대한 국내 연구는 어린이 보호구역의 실태 연구 및 어린이 보호구역 설치 후 사고 감소 효과를 분석하는 연구가 주로 수행된 바 있으며, 사고에 영향을 미치는 요인에 대한 연구는 부족한 실정이다.

Lee and Kim(2008)은 부천시내 어린이 보호구역 설치 지역 중 가변속도표출기(DFS)를 운영 중인 학교를 대상으로 DFS 설치 전후의 속도를 비교 분석하였다. 이를 통해 평균속도 감소가 교통사고 감소율에 미치는 영향을 분석하였고, 초등학교 별 평균속도감소에 따른 교통사고 감소율을 예측·제시하여 교통사고로 인한 인적재난 감소효과를 파악하였다.

Lee et al.(2008)은 어린이 보호구역 개선사업의 사고 감소 효과를 토지이용 특성별로 분석하였다. 이를 위해 경찰청 TAMS 자료를 이용하여 수도권(서울, 경기)에 위치한 어린이 보호구역 601개소를 대상으로 교통사고 자료를 수집하였다. 이를 통해 사고감소효과를 비교그룹을 이용한 사전·사후분석방법을 통해 분석하였다. 저자들은 어린이 보호구역 개선사업은 교통사고 발생건수가 약 10건 정도 감소한 것으로 나타났고, 사고감소율은 39% 정도로 나타난 것으로 분석하였다. 또한 저자들은 토지이용에 따라 주거지역은 2.41건, 아파트 지역은 3.8건, 주상복합지역은 0.5건의 사고건수 감소가 나타난 것으로 분석하였다.

Kang(2013)은 토지이용형태 및 도로기능으로 어린이 보호구역을 8가지로 유형화하고, 유형별 개선 방안을 제안하였다. 또한 저자는 안전한 어린이 보행환경 조성을 위해, 보도폭원 확보, 속도 규제, 어린이 보호구역의 범위 확대가 필요하다고 분석하였다. Jang et al.(2010)은 어린이 보호구역의 개선방안을 제안하였다. 저자들은 어린이 보호구역을 출입문 중심 1,000m로 확대, 보호구역내 차량 통행금지, 주·정차 금지 및 30km/h 이내로 차량속도 규제 등을 개선방안으로 제안하였다.

Choi et al.(2011)은 어린이 보호구역의 교통사고의 문제점을 분석하여 개선방안을 제안하였다. 저자들은 어린이 보호구역의 개선방안으로 보호구역의 확대, 불법 주·정차 방지, 효율적인 속도 규제 및 무인단속장비의 확대 설치를 제안하였다. Park et al.(2010)은 어린이 교통사고 사고 중 대형 사고를 줄이기 위해서는 속도의 규제가 가장 중요하다고 판단하여, 속도위반에 영향을 미치는 요인을 규명하였다. 저자들은 조사시간, 보도 폭, 도로유색 포장 및 차로수가 속도위반에 영향을 미친다고 분석하였다.

Lee et al.(2012a)은 어린이 보호구역에서의 구간통행속도를 이용하여 어린이 보호구역의 효과를 평가하였다. 저자들은 과속방지턱과 고원식 횡단보도가 차량감속에 유의한 영향을 미치는 것으로 판단하였다. Lee et al.(2012b)은 어린이 보호구역의 안전시설물을 평가 가능한 계량화된 평가지표를 개발하여 상대적 안전성을 평가하였다. 저자들은 점, 선, 면적인 부분의 지표의 안전성 중요도를 고정 종합 척도법으로 측정하였다. 또한 저자들은 교차로가 가장 위험한 지역으로 판단하였으며, 보도의 길이를 중요한 요소로 판단하였다.

Hidayati et al.(2012)은 인도네시아에 설치된 School Safety Zone(ZoSS) 시설이 속도에 영향을 분석하였다. 저자들은 측면 마찰 계수의 개념을 도입하여 길가 행동(길가장자리지역의 차량, 가로변 주차, 노점상, 보행자 및 버스의 정차)이 ZoSS에서 속도에 미치는 정도를 차중별로 분석하였다. Strawderman et al.(2015)은 어린이 보호구역의 표지판의 포화도와 속도 감소 효과에 대해 연구하였다. 저자들은 표지판의 포화도와 속도 감소는 통계적으로 연관성이 낮은 것으로 분석하였다.

2. 연구의 차별성

이 연구의 차별성은 다음과 같다. 첫째, 국내 어린이 보호구역에서의 어린이 안전과 관련된 연구는 대부분 설문조사를 이용하여 안전성을 평가하고, 이를 기반으로 개선방안을 정성적으로 제안하는데 중점을 두고 있다. 이 연구는 실제 발생한 어린이 교통사고를 기반으로 모형을 개발하여 어린이 교통사고 발생 원인을 보다 정량적으로 분석하는데 중점을 두고 있다.

둘째, 국내 어린이 보호구역의 효과와 관련된 연구는 대부분 설치지역의 총괄적인 효과를 평가하거나, 가변속도 표출기와 같은 개별 장비의 효율성을 추정하는데 중점을 두고 있다. 하지만 이 연구는 청주시에 설치된 지점들을 토대로 어린이 교통사고에 직접 영향을 미치는 시설 및 특성 요인을 찾는 데 중점을 두고 있다.

마지막으로 이 연구는 어린이 보호구역 안전시설 및 기하구조 뿐 아니라, 공간적 특성에서 사고 원인을 찾는 점에서 차별성이 있다. 이를 위해 이 연구에서는 분석대상지의 공간적 범위를 설치 도로를 포함한 주변 지역으로 확장하고, 설정한 범위의 공간적 특성 자료를 모형개발을 위한 독립변수로 사용한다.

이 연구는 어린이 보호구역의 설치 및 개선에 도움을 줄 것으로 판단된다. 또한 공간적 특성이 어린이 교통사고에 미치는 영향을 판단하여 어린이 교통사고 예방에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

분석의 틀 설정

1. 분석대상

어린이 보호구역에서의 어린이 교통사고 요인을 분석하기 위해서, 어린이 보호구역이 설치된 청주시 초등학교 60개소를 분석대상으로 설정한다(유치원 및 보육시설은 통학버스를 주로 이용하여 사고 발생 빈도 및 원인이 상이하다고 판단하여 분석대상에서 제외). 어린이 보호구역 위치는 Figure 1과 같다.

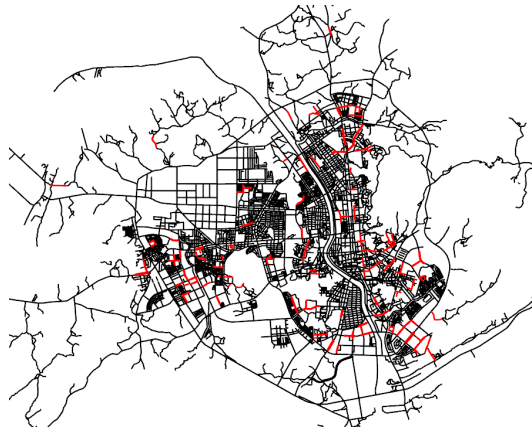


Figure 1. Location of school zone (elementary school)

또한 공간적 특성을 반영하기 위해서 자료수집 대상지(어린이 보호구역)를 Figure 2와 같이 점, 선 및 면 요소로 구분한다.

먼저, 어린이 교통사고가 발생 위치를 점적 자료수집 지점으로 설정한다. 둘째, 사고 발생지역의 도로 구간을 선적 자료수집 구간으로 구분한다. 마지막으로 공간적 특성을 반영하기 위해 영향권을 공간 자료수집 지역으로 설정한다. 영향권은 초등학교를 중심으로 도보 통행이 주로 이루어진다고 판단되는 지역을 중심으로 하되 크기를 비슷하게(10,000 m^2 내외의 블록) 설정하는 것을 원칙으로 한다.

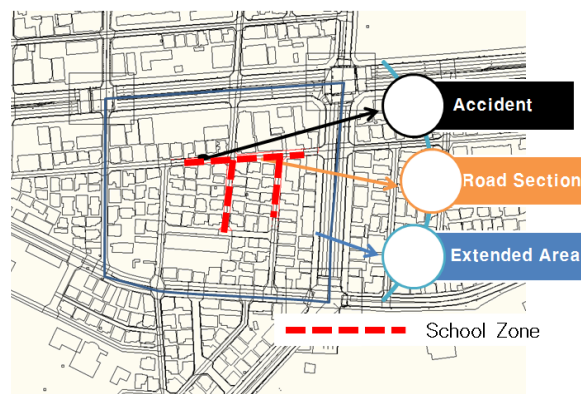


Figure 2. Concept of data collection

2. 자료의 수집

1) 사고자료의 수집

분석대상지 60개소의 사고 자료(점 자료)는 도로교통공단의 교통사고분석시스템을 활용하여 수집된다. 사고 자료는 어린이(13세 이하) 보행자 교통사고를 대상으로 하며, 자료수집기간은 2012-2014년 3년으로 설정한다.

2) 구간 및 공간 자료의 수집

구간자료(도로 기하구조 자료 및 시설물 자료)는 CAD 및 현장자료를 토대로 수집(선 자료)한다. 이 중 어린이 보호구역의 개선 사항에 관련된 자료는 관할 경찰서의 ‘어린이 보호구역 개선사업 현황 자료’를 토대로 현장조사를 통해 보완한다. 또한 면 자료로서 상업면적이나, 대상지 내 도로연장, 4차로 이상의 도로 비율, 학생 수와 같이 대상지의 공간적 특성을 나타내는 자료를 수집한다. 먼저 대상지 면적 및 상업 면적 자료는 GIS 자료를 기반으로 현장 확인을 통해 수집한다. 또한 도로 연장 및 비율은 CAD 및 위성사진을 통해 수집한다.

3. 변수의 선정

모형의 개발을 위해 선정한 종속변수는 어린이 교통사고(13세 이하) 사고건수(Y_1)와 EPDO(Y_2)이다. EPDO 환산을 위한 가중치는 사망 12, 중상6 및 경상 3으로 설정한다.

독립변수로는 어린이 보호구역의 개선 시설과 공간적 특성을 나타낼 수 있는 변수를 활용한다. 먼저, 대상지의 면적, 대상지 내의 상업 공간, 도로 연장, 간선도로라 할 수 있는 4차로 이상의 도로 비율, 대상지 내 어린이 수 등 대상지의 공간적 현황을 나타내는 변수들을 독립변수로 설정한다. 다음으로 보차구분, 보도, 어린이 보호구역 표지판, 방법 CCTV, 불법주차 차량 등 어린이 보호구역 개선 시설을 수집한다. 또한 버스정류장과 유출입 지점 등과 같이 보행사고유발 가능성이 높다고 판단되는 변수를 추가로 수집한다. 최종적으로 30개의 변수를 모형개발에 활용한다(Table 1).

4. 상관관계 분석

모형 개발에 앞서 변수들 간의 다중공선성 및 종속변수와의 관련성을 확인하기 위해 상관관계를 분석하였다. 여기서는 상관계수인 Pearson의 r계수를 사용하였으며, 이를 통해 다중공선성(multi-collinearity)을 분석하였다. 또한 모형을 개발하기 전 상관관계 분석을 통해 종속변수와 독립변수 간의 상관성을 살펴보았다(Table 2).

변수들간 상관성을 살펴보면, 사고 발생 건수와 양의 상관성이 가장 높은 변수는 대상지 내의 횡단보도 수이다. 이는 일반적으로 신호 횡단보도가 설치된 지점의 어린이 보호구역의 교통량이 신호 횡단보도가 설치되어 있지 않은 어린이 보호구역의 교통량에 비해 많기 때문인 것으로 판단된다. 또한 일반적으로 교차로에서 사고 발생 빈도가 높게 나타나는 측면과 어린이 교통사고는 횡단 중 사고가 가장 많은 비중을 차지하는 점에서 사고와 양의 상관관계를 보이는 것으로 분석된다. 따라서 신호 횡단보도의 수가 사고의 원인으로 판단하기 보다는 어린이 보호구역 내 교통량을 억제하는 방안을 마련하는 것이 사고 감소에 도움이 될 것으로 판단된다.

또한 종속변수와 음의 상관성이 가장 높은 변수는 도로 반사경과 속도위반 단속 장비 설치 개소이다. 도로 반사경은 유출입 지점 및 곡선 도로에서 어린이의 돌발 행동을 파악할 수 있는 점에서 사고와 음의 상관관계를 나타내는 것으로 분석된다. 속도위반 단속 장비의 경우 많은 선행 연구에서 사고 및 사고 심각도 감소에 긍정적 효과가 있는 것으로 분석되었다.

어린이 보호구역을 나타내는 표지판의 경우 대부분 사고와 음의 상관관계를 나타내는 것으로 분석되었다. 버스정류장 및 횡단보도 등 보행 사고 가능성이 높은 시설들은 대부분 사고와 강한 양의 상관관계를 나타냈다. 어린이 보호구역 외에 설치된 비신호 횡단보도의 경우 음의 상관관계가 나타났으나, 상관성이 낮은 것으로 분석되었다.

Table 1. Definitions of variables

Variable	Definition	Mean (S. Dev.)	Variable	Definition	Mean (S. Dev.)
Y_1	Dependent variables		X_{15}	School zone	
Y_2	children's accident EPDO	12.21 (8.83)	X_{16}	sidewalk width in school zone(m)	2.63 (1.43)
X_1	Spatial variables		X_{17}	segregated sidewalk or not	0.46 (0.51)
X_2	total area(m^2)	114,206 (24,880)	X_{18}	number of no-parking and speed-limit signs	7.21 (4.27)
X_3	area of business district(m^2)	1,902.54 (9,378)	X_{19}	number of 'school zone' sign	7.86 (4.74)
X_4	road length(m)	2,614.46 (1,067)	X_{20}	number of 'school zone' road marking	3.39 (2.69)
X_5	length of road with 'more than 4-lane'(m)	423.18 (340.89)	X_{21}	number of 'speed-limit' road marking	5.25 (4.52)
X_6	ratio of road with 'more than 4-lane'(%)	0.20 (0.20)	X_{22}	number of speed hump	4.00 (2.76)
X_7	number of elementary students	662.79 (323.39)	X_{23}	length of 'colored road pavement'(m)	135.00 (101.44)
X_8	number of road light	17.11 (12.05)	X_{24}	length of safety barrier(m)	227.61 (141.33)
X_9	number of reflector mirror	0.93 (1.39)	X_{25}	number of speed camera	0.07 (0.26)
X_{10}	number of bus stop outside school zone	2.11 (1.57)	X_{26}	number of crime prevention CCTV	0.79 (0.63)
X_{11}	number of signalized crosswalk outside school zone	3.93 (3.08)	X_{27}	number of camera for detecting illegally parked vehicles	0.36 (0.49)
X_{12}	number of unsignalized crosswalk outside school zone	7.39 (5.14)	X_{28}	number of entrance/exit in school zone	1.46 (1.91)
X_{13}	School zone		X_{29}	number of bus stop in school zone	0.79 (0.96)
X_{14}	length of school zone(m)	473.61 (213.34)	X_{30}	number of signalized crosswalk in school zone	1.36 (1.57)
	number of lane in school zone	2.69 (1.34)		number of unsignalized crosswalk in school zone	4.93 (3.48)
	lane width in school zone(m)	9.67 (4.85)			

Table 2. Correlation analysis

	Y_1	Y_2	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
Y_1	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Y_2	0.963**	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_1	0.360	0.333	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_2	-0.025	-0.081	0.324	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_3	0.132	0.015	0.295	0.156	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_4	0.211	0.173	0.216	0.024	-0.194	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_5	0.290	0.283	0.027	-0.069	-0.498**	0.862**	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_6	0.310	0.23	0.241	-0.031	0.061	0.463*	0.369	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-
X_7	0.061	0.004	0.114	0.460*	0.030	0.418*	0.274	0.110	1.000	-	-	-	-	-	-	-
X_8	-0.416*	-0.445*	-0.146	-0.141	-0.109	0.082	0.050	0.251	-0.048	1.000	-	-	-	-	-	-
X_9	0.038	0.008	-0.108	-0.139	0.208	0.354	0.148	0.330	-0.075	0.106	1.000	-	-	-	-	-
X_{10}	0.430*	0.390*	0.297	-0.073	0.151	0.612**	0.427*	0.485**	0.315	-0.366	0.339	1.000	-	-	-	-
X_{11}	0.042	0.026	0.210	-0.046	-0.130	0.074	0.053	0.434*	-0.035	0.217	0.008	0.028	1.000	-	-	-
X_{12}	0.061	-0.021	0.057	0.222	-0.014	0.350	0.268	0.256	0.858**	0.113	-0.016	0.220	0.059	1.000	-	-
X_{13}	-0.144	-0.066	0.041	0.272	-0.118	0.353	0.305	-0.002	0.475*	-0.173	0.058	0.199	-0.226	0.273	1.000	-
X_{14}	-0.233	-0.091	-0.062	0.264	-0.132	0.308	0.270	-0.026	0.373	-0.156	0.068	0.143	-0.150	0.166	0.937**	1.000
X_{15}	0.064	0.066	0.253	0.191	-0.080	0.547**	0.435*	0.192	0.416*	-0.155	0.328	0.457*	-0.069	0.184	0.784**	0.662**
X_{16}	0.324	0.381	0.143	-0.164	-0.251	0.206	0.298	0.497**	-0.214	-0.056	-0.018	0.306	0.424*	-0.268	0.039	0.117
X_{17}	0.034	-0.106	0.088	0.064	0.094	0.400*	0.151	0.010	0.611**	-0.035	0.046	0.210	0.047	0.560**	0.164	0.071
X_{18}	-0.125	-0.106	0.111	0.091	0.090	-0.325	-0.259	-0.076	-0.623**	-0.100	-0.111	-0.136	-0.010	-0.591**	-0.088	0.039
X_{19}	-0.158	-0.164	-0.144	-0.255	-0.215	0.379*	0.345	0.094	0.579**	0.247	-0.054	0.120	0.031	0.640**	0.462*	0.356
X_{20}	-0.021	-0.038	-0.049	-0.095	-0.172	0.448*	0.362	0.184	0.618**	0.121	0.080	0.316	0.232	0.684**	0.178	0.137
X_{21}	-0.050	-0.178	-0.038	0.192	-0.039	0.320	0.256	0.092	0.523**	0.319	0.017	-0.118	-0.086	0.606**	-0.120	-0.192
X_{22}	0.200	0.227	-0.075	-0.250	0.014	0.088	0.063	0.044	0.222	-0.165	0.009	0.133	0.146	0.351	-0.237	-0.223

X_{23}	0.180	0.142	0.221	0.422*	-0.109	0.393*	0.406*	0.321	0.599**	-0.186	-0.084	0.413*	0.321	0.576**	0.272	0.271
X_{24}	-0.247	-0.081	-0.303	-0.002	-0.086	-0.123	-0.108	-0.226	0.115	-0.189	-0.199	-0.177	-0.049	-0.025	0.434*	0.549**
X_{25}	0.288	0.351	0.061	-0.217	0.048	-0.158	-0.066	0.277	-0.192	-0.273	-0.013	0.145	0.153	0.087	-0.288	-0.207
X_{26}	0.162	0.05	0.207	-0.154	0.258	0.386*	0.145	0.036	0.315	-0.070	0.190	0.313	0.149	0.295	0.251	0.196
X_{27}	0.441*	0.408*	0.179	-0.153	0.314	-0.318	-0.339	0.284	-0.306	0.041	0.081	-0.076	0.116	-0.062	-0.451*	-0.444*
X_{28}	0.071	0.06	0.098	0.032	-0.174	0.376*	0.319	0.169	0.320	-0.068	-0.033	0.384*	-0.125	0.199	0.667**	0.499**
X_{29}	0.251	0.24	0.145	0.077	-0.387*	0.443*	0.447*	0.115	0.574**	-0.141	-0.241	0.305	0.207	0.533**	0.347	0.260
X_{30}	0.326	0.164	0.078	0.213	0.283	-0.030	-0.081	0.278	0.000	0.198	0.157	-0.049	0.089	0.132	-0.427*	-0.425*

	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}	X_{19}	X_{20}	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{25}	X_{26}	X_{27}	X_{28}	X_{29}	X_{30}
Y_1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Y_2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_{10}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_{11}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_{12}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_{13}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_{14}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_{15}	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_{16}	0.118	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_{17}	0.209	-0.287	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_{18}	-0.189	0.202	-0.607**	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_{19}	0.328	-0.112	0.493**	0.624**	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_{20}	0.232	-0.004	0.673**	0.671**	0.562**	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_{21}	-0.090	-0.317	0.527**	0.537**	0.305	0.418*	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_{22}	-0.249	-0.017	0.417*	0.467*	0.250	0.583**	0.367	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-
X_{23}	0.224	0.235	0.215	0.100	0.198	0.460*	0.268	0.347	1.000	-	-	-	-	-	-	-
X_{24}	0.194	0.020	-0.014	0.128	0.274	0.047	-0.307	-0.042	-0.185	1.000	-	-	-	-	-	-
X_{25}	-0.274	0.322	-0.189	-0.172	-0.233	0.111	-0.064	0.378*	0.165	0.096	1.000	-	-	-	-	-
X_{26}	0.260	0.053	0.584**	0.263	0.454*	0.428*	-0.027	0.172	0.060	0.083	-0.103	1.000	-	-	-	-
X_{27}	-0.359	0.113	-0.194	-0.180	-0.282	-0.155	-0.175	0.169	-0.253	-0.142	0.454*	0.093	1.000	-	-	-
X_{28}	0.513**	0.212	0.184	0.099	0.394*	0.176	-0.140	-0.130	0.244	0.063	-0.263	0.249	-0.328	1.000	-	-
X_{29}	0.254	0.156	0.430*	0.266	0.432*	0.426*	0.256	0.253	0.545**	0.026	0.043	0.311	-0.242	0.571**	1.000	-
X_{30}	-0.342	-0.022	0.048	-0.016	-0.167	-0.027	0.262	0.289	0.114	-0.359	0.111	0.059	0.605**	-0.249	-0.131	1.000

모형 개발 및 논의

1. 모형 개발

일반적으로 교통사고 모형은 가산자료로 구축되기 때문에 포아송 회귀모형을 주로 활용한다. 이러한 포아송 회귀모형은 등분산(평균과 분산이 같음)이 가정되나, 실제 교통사고 자료는 과분산(분산이 평균보다 큼)의 문제가 빈번히 발생한다. 이런 경우 과분산 가정을 전제한 음이항 회귀모형을 사용하는 것이 일반적이다(박길수, 2011, p.18). 두 모형의 결정은 일반적으로 과분산 계수의 α 통계값을 이용한다.

어린이 보호구역에서의 어린이 교통사고건수를 대상으로 모형을 개발한 결과는 Table 3과 같다. 모형은 과분산계수의 α 값이 0.7436으로 나타나, 포아송 모형으로 선정한다. 모형의 우도비는 0.5327로 구축된 모형은 통계적으로 유의하다. 모형에 채택된 변수는 모두 통계적(신뢰수준 95%)으로 유의하다. 채택된 변수 중 양의 상관성을 가지는 변수는 대상지내 도로 연장, 4차로 이상의 도로 비율, 진출입구 수 및 어린이 보호구역내 신호 횡단보도 수이며, 음의 상관성을 가지는 변수는 도로 반사경, 어린이 보호구역 표지판 개수, 노면표지 수 및 속도제한 표지 수로 분석된다.

어린이 보호구역에서의 어린이 교통사고 EPDO를 대상으로 모형을 개발한 결과는 Table 4와 같다. 모형은 과분산계수의 α 값이 0.9678로 나타나, 포아송 모형으로 선정된다. 모형의 우도비는 0.2738로 구축된 모형은 통계적

로 유의한 것으로 판단된다. 모형에 채택된 변수는 모두 통계적(신뢰수준 95%)으로 유의하다. 채택된 변수 중 양의 상관성을 가지는 변수는 4차로 이상의 도로 비율, 진출입구 수, 어린이 보호구역내 신호 횡단보도 수 및 어린이 보호구역 외 신호 횡단보도 수이고, 음의 상관성을 가지는 변수는 어린이 보호구역 표지판 개수, 노면표지 수 및 속도제한 표지 수로 분석된다.

Table 3. Children's accident model I (Y_1)

Variables	Coeff.	Std. Err.	t-value	p-value
Constant	0.1048	0.3664	0.2861	0.775
X_3	0.0003	7.10E-05	4.4221	0.0000
X_5	2.8833	0.3925	7.3454	0.0000
X_8	-0.1964	0.0589	-3.3351	0.0009
X_{18}	-0.1446	0.0244	-5.9301	0.0000
X_{19}	-0.1546	0.0392	-3.9405	0.0000
X_{20}	-0.0755	0.0192	-3.9261	0.0000
X_{27}	0.2373	0.0287	8.2779	0.0000
X_{29}	0.2325	0.0571	4.0727	0.0000
α				0.7436
ρ^2				0.5327

Table 4. Children's accident model II (Y_2)

Variables	Coeff.	Std. Err.	t-value	p-value
Constant	-0.5522	0.4153	-1.3296	0.1837
X_5	1.5985	0.6948	2.30056	0.0214
X_{10}	0.0851	0.0404	2.1072	0.0351
X_{18}	-0.1429	0.0486	-2.93404	0.0033
X_{19}	-0.1616	0.0785	-2.05769	0.0396
X_{20}	-0.1000	0.0394	-2.53675	0.0112
X_{27}	0.2146	0.0603	3.55682	0.0004
X_{29}	0.2082	0.0970	2.14474	0.0320
α				0.9678
ρ^2				0.2738

2. 모형의 검증 및 논의

모형 구축을 위해 활용한 표본 수가 다소 적어 모형의 왜곡이 발생하는 것을 방지하기 위해, 모형의 개발 및 검증은 수집한 모든 자료를 활용한다. 이는 연구의 한계점으로 향후 공간적 전이성 및 모형 결과의 신뢰를 높이기 위해서는 다른 지역 및 연도의 표본을 사용한 추가검증이 필요할 것으로 판단된다. 모형의 검증은 개발된 모형의 예측 값과 실제 값을 비교하여 적합도를 판단하는 RMSE, %RMSE, MAD, MPB 및 상관계수 값으로 분석한다. 분석한 결과는 Table 5와 같다. 개발된 모형의 적합도를 RMSE, %RMSE, MAD, MPB 및 상관계수 값으로 비교해 본 결과 모형의 예측 값은 실제 값과 차이가 나지 않는 것으로 판단된다.

Table 5. 'Goodness of fitness' tests

Classification	Model I	Model II
RSME	0.776	2.955
%RMSE	28.989	24.193
MAD	0.596	2.271
MPB	0.115	0.533
Correlation coefficient	0.889	0.909

어린이 보호구역의 어린이 교통사고를 대상으로 구축한 모형에서 채택된 공통변수와 특정변수는 Table 6과 같다. 모형의 분석결과 공통변수에서 양의 상관관계를 가지는 변수는 4차로 이상의 도로 비율, 진출입구 수 및 어린이 보호구역내 신호 횡단보도 수이며, 음의 상관관계를 갖는 변수는 어린이 보호구역 표지판 개수, 어린이 보호구역 노면표지 수, 속도제한 표지 수로 분석된다. 또한 특정변수로는 양의 상관관계를 갖는 대상지 내 도로 연장과 음의 상관관계를 갖는 도로 반사경 및 어린이 보호구역 외 신호 횡단보도 수가 채택된 것으로 분석된다.

4차로 이상의 도로 비율은 사고건수와 EPDO측면에서 모두 양의 상관관계를 갖는 것으로 분석된다. 4차로 이상의 도로 비율이 증가함에 따라 어린이의 도로 횡단 거리의 증가에 따른 사고 발생 빈도 증가와 차량의 속도 증가에

따른 심각도 증가가 동시에 발생하기 때문인 것으로 판단된다. 이런 도로에서는 어린이의 안전 횡단을 위한 안내 표지 설치 및 차량 속도를 저감시킬 수 있는 방안(단속장비나 과속방지턱 등)을 설치하여 안전성을 향상시켜야 한다고 판단된다.

진출입구 수 및 어린이 보호 구역 내 신호 횡단보도 수는 사고건수와 EPDO측면에서 모두 양의 상관관계를 가지며, 이는 어린이의 사고 노출 빈도와 관련성이 큰 것으로 판단된다.

공통변수 중 어린이 보호구역 표지판 개수, 어린이 보호구역 노면표지 수 및 속도제한 표지 수는 사고와 음의 상관관계를 가지는 것으로 분석된다. 이는 운전자의 행동이 어린이 보호구역에서의 사고 발생에 미치는 영향력이 크기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 운전자의 주의 및 인지 변화를 야기할 수 있는 표지 설치, 포장 재질 변화 및 지그재그 차선 도입 등의 방안이 사고 감소에 도움을 줄 것으로 분석된다. 표지 및 노면표시가 운전자의 행동변화에 미치는 영향과 운전자의 인식 및 사전인지 변화가 교통사고에 미치는 영향력에 대한 연구는 향후 진행될 필요성이 있다고 판단된다.

특정변수 중 사고건수와 양의 상관관계를 보이는 대상지내 도로 연장은 노출 빈도와 연관성이 있는 것으로 분석된다. EPDO와 음의 상관관계를 보이는 도로 반사경은 운전자의 시거를 확보해 어린이의 돌발 행동이 사고와 연결되는 것을 일정 부분 방지함으로 심각한 사고가 발생하는 것을 예방하는 효과가 있는 것으로 판단된다. 또한 어린이 보호구역 외에 설치된 신호 횡단보도의 수는 EPDO와 음의 상관관계를 가지는 것으로 분석된다. 이에 어린이 보호구역 외에도 어린이 보행 유발 시설 인근의 교차로 및 횡단보도에는 충분한 안전시설 및 주의 시설의 설치가 필요하다고 판단된다.

결론

이 연구는 보행자의 안전에 대한 관심이 높아지고, 어린이 보호구역의 설치가 지속적으로 이루어지고 있는 시점에서 모형개발을 통해 어린이 보호구역내 교통사고의 사고원인을 논의한 연구이다. 이 연구는 청주시 초등학교 60개소를 대상으로 3년간 사고 자료를 수집하여 모형을 개발하고, 어린이 교통사고 요인을 파악하는데 중점을 두고 있다.

연구의 주요 결과는 다음과 같다. 첫째, 어린이 보호구역의 공간적 특성을 반영한 어린이 교통사고건수 및 EPDO 모형이 개발되었다. 모형은 포아송 모형으로, 우도비는 0.533 및 0.273로 분석되어 통계적 타당성이 있는 것으로 판단되었다.

둘째, 두 모형의 공통변수로는 양의 관계를 가지는 변수에는 4차로 이상의 도로 비율, 진출입구 수 및 어린이 보호구역내 신호 횡단보도 수가 채택되었고, 음의 관계를 갖는 어린이 보호구역 표지판 개수, 어린이 보호구역 노면표지 수, 속도제한 표지 수가 채택되었다. 또한 특정변수로는 양의 상관관계를 갖는 대상지 내 도로 연장과 음의 상관관계를 갖는 도로 반사경 및 어린이 보호구역 외 신호 횡단보도 수가 채택되었다.

셋째, 개발된 모형의 예측값과 실측값은 큰 차이가 나타나지 않아, 모형이 통계적으로 타당한 것으로 판단되었다.

마지막으로 이 연구는 어린이가 많은 도로에서는 운전자의 주의 및 인지 변화를 유도할 수 있는 시설이 필요하다는 것을 보여주었다.

Table 6. Comparison of models

Classification	Positive variables	Negative variables
Common variables	ratio of road with 'more than 4-lane', number of entrance/exit, number of signalized crosswalk	number of 'school zone' sign, number of 'school zone' road mark, number of 'speed-limit' road mark
Specific variables	road length(Y_1)	number of reflector mirror(Y_1), number of signalized crosswalk outside school zone(Y_2)

연구의 결과, 어린이 보호구역 내 어린이 교통사고는 사고건수와 EPDO측면 모두에서 어린이가 도로에 노출되는 빈도가 높은 영향을 미친 것으로 판단된다. 이에 어린이 교통사고 감소를 위해서는 어린이의 주 통학로를 변경시키거나, 주 통학로의 차량을 억제하는 방법을 통해 어린이의 도로 노출 빈도를 감소시키는 것이 필요하다고 판단된다.

이 연구는 어린이 보호구역의 설치에 어린이 보호구역 내 뿐 아니라 보호구역 설치 대상 지점(초등학교) 인근의 사고 감소에도 영향을 미칠 것이라는 관점에서 분석 대상지를 확장하여 연구를 수행하였다.

향후 더욱 많은 자료 및 특성 변수를 수집하여 모형을 정교하게 구축하고, 민감도 분석을 통해 적절한 변수의 크기, 변수의 영향력 등의 심도 있는 분석이 필요하다고 판단된다. 또한 어린이 보호구역의 설치가 인근 어린이 보호구역에 미치는 영향 정도를 분석할 필요가 있다고 판단된다.

알림: 본 논문은 대한교통학회 제71회 학술발표회(2014.09.19)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

REFERENCES

- Chang M. S., Park J. Y., Kim M. J., Jeong D. J. (2010), Improvement Measures for Traffic Safety at School Zone by Roadway and Accident Characteristics, *Transportation Technology and Policy*, 7(5), Korean Society of Transportation, 91-98.
- Choi E. R., Ahn Y. K., Lim Y. S. (2011), Problems Related to Establishment and Management of School Zone and its Improvement Measures, *Korean Association of Public Safety and Criminal Justice Review*, 20(4), 238-266.
- Hidayati N., Liu R., Montgomery F. (2012), The Impact of School Safety Zone and Roadside Activities on Speed Behaviour: The Indonesian Case, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 54, 1339-1349.
- Kang S. J. (2013), A Study on the Improvement of School Zones Based From the Analysis of Land Use and Road Function Characteristics, Master's Degree Dissertation, Kongju National University.
- Korean National Policy Agency (2015), Regular Report of School Zone.
- KoROAD (2015), Traffic Accident Analysis System (TAAS)(<http://taas.rota.or.kr>).
- Lee H. W., Joo D. H., Hyun C. S., Kim D. H., Park B. H., Lee C. K. (2012a), An Analysis of Effects of Travel Speed Using the Safety Facilities in the School Zones, *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, 11(3), 124-132.
- Lee K. J., Kim G. S. (2008), A Study on DFS Beneficial for Reduction on Speed and Traffic Accidents (based on school zones of Buchon), *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, 8(4), 31-38.
- Lee S. B., Jung D. Y., Kim D. G. (2008), The Effects of a School Zone Improvement Project on Crash Reduction Regarding Land Use Characteristics, *J. Korean Soc. Transp.*, 26(3), Korean Society of Transportation, 109-117.
- Lee S. I., Kim S. H., Kim J. W., Hu E. (2012b), A Development of the Integrated Evaluation Criteria for Safety of School Zones, *Journal of the Korean Society of Safety*, 27(1), 117-122.
- Park J. Y., Kim D. G. (2010), The Characteristics of Vehicle Speed Violation in School Zones, *International Journal of Highway Engineering*, 12(2), 63-69.
- Park K. S. (2011), Development of Traffic Accident Models by Type of Circular Intersection, Ph.D. Dissertation, Chungbuk National University.
- Strawderman L., Rahman M. M., Huang Y., Nandi A. (2015), Driver Behavior and Accident Frequency in School Zones: Assessing the Impact of Sign Saturation, *Accident Analysis & Prevention*, 82, 118-125.