

서울시 초등학교 통학구역의 미시·거시적 근린환경이 보행어린이 교통사고에 미치는 영향*

Effects of Micro- and Macro-Scale Neighbourhood Environments of Elementary School Attendance Zones in Seoul on Pedestrian Child Traffic Accidents

이규호** · 서준혁*** · 원재웅****

Gyuhoo Lee** · Junhyeok Seo*** · Jaewoong Won****

Abstract

Interest in pedestrian traffic accidents involving children on school routes has persisted, yet existing studies have largely focused on areas immediately around schools, school zones (children's protection zones), and high-accident locations. As a result, they have not fully reflected the broader spatial context in which elementary school students actually commute and move within their daily living areas. This study therefore sets elementary school attendance zones in Seoul as the unit of analysis and examines how traffic facilities, pedestrian-generating factors, school-route risks, and socio-demographic factors within these zones are related to pedestrian child traffic accidents. The analysis covers 555 elementary school attendance zones in Seoul and utilizes 2,694 pedestrian traffic accidents involving children aged 7-12 that occurred from 2013 to 2018. Negative binomial regression was applied, and estimated school routes from residences to schools were constructed via GIS network analysis to derive school-route risk variables. Results show that academy density and the proportion of school routes crossing roads of arterial grade or higher were positively associated with accident occurrence, while road width, the proportion of routes without pedestrian signals, the proportion of routes taking 20 minutes or longer, elementary student density, and land-use mix showed negative associations. In addition, child population, residential building density, and safety signs were positively associated. However, the direction of coefficients for some variables should not be interpreted solely as direct effects of the variables themselves. Instead, they may also reflect existing risk levels, proactive installation of facilities, spatial distribution of actual pedestrian exposure, and differences in mode choice for commuting. These findings indicate that child pedestrian safety cannot be adequately explained by the limited area around schools alone and that the living environment conditions and actual travel paths across entire elementary school attendance zones need to be considered together. The study is significant in presenting elementary school attendance zones as a meaningful spatial unit for analysing child pedestrian safety and offers practical implications for future school-route environment planning and traffic safety policy.

Keywords: Elementary School Attendance Zone, Pedestrian Safety, Pedestrian Child Traffic Accident, School Route, Negative Binomial Regression

*본 연구는 2023년도 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2023S1A5A2A21084426).

**경희대학교 스마트도시·부동산학과 박사과정(주저자: voca7100@khu.ac.kr)

***경희대학교 스마트도시·부동산학과 석사

****경희대학교 스마트도시·부동산학과 부교수(교신저자: jwon@khu.ac.kr)

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

어린이 보행 교통사고에 대한 지속적인 연구와 정책적 관심에도 불구하고, 관련 사고는 충분히 감소하지 않고 있다. Fig. 1의 2018~2022년 보행 어린이 교통사고 추이를 보면, 코로나19 팬데믹으로 인해 보행량이 급감했던 시기를 제외할 경우 전반적으로 사고가 다시 증가하는 경향을 확인할 수 있다. 이는 어린이 보행안전에 대한 기존의 관리와 연구가 여전히 보완될 필요가 있음을 보여준다.

그동안 보행 어린이 교통사고 관련 선행연구는 주로 학교 주변, 어린이 보호구역, 교통사고 다발지역을 중심으로 이루어져 왔다. 이러한 접근은 학교 인접부의 물리적 환경과 안전시설 효과를 파악하는 데에는 유용하지만, 초등학교 통학구역 전반에서 이루어진다는 점은 충분히 반영하지 못한다는 한계가 있다. 특히 어린이의 통학과 생활권 내 이동은 주거지에서 학교까지의 경로, 통학구역 경계부, 학교 이후 이동공간 등 보다 넓은 공간적 맥락 속에서 이루어질 수 있다.

이에 본 연구는 초등학교 통학구역을 분석 단위로

설정하고, 다양한 미시적·거시적 근린환경 변수가 보행 어린이 교통사고와 어떠한 관련성을 가지는지를 분석하고자 한다. 특히 학교 주변의 제한된 범위만으로는 포착하기 어려운 통학경로상의 위험을 반영하기 위해 통학 위험 요인을 변수화하고, 이를 바탕으로 보다 실효성 있는 정책적 함의를 제시하고자 한다.

본 연구는 근린환경을 교통시설 요인, 보행 유발 요인, 통학 위험 변수, 인구사회 요인으로 구분하여 세부 변수들을 측정하였다. 분석에 포함된 변수들은 토지이용, 건물용도, 에메니티 밀도 등 거시적 변수부터 교통안전과 직결된 미시적 물리적 환경 변수까지 포괄한다. 또한 GIS network 분석을 활용하여 최단거리 기반의 통학경로를 구축하고, 대로 이상의 큰 도로를 통과하는 경로 특성 등이 교통사고 발생과 어떠한 관련성을 가지는지를 살펴보고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 서울특별시 내 초등학교 통학구역을 연구 분석의 기본 단위로 채택하였다. 서울은 전국에서 인구 및 차량 등록 대수가 가장 많고, 보행자 교통사고 또한 가장 빈번하게 발생하는 도시로서, 보행 교통사고에 관한 연구를 수행하기에 적합한 지역으로 평가된다(서지민·이수기, 2016). 본 연구에 사용된 교통사고 데이터는 2013년부터 2018년까지 발생한 실제 보행 어린이 교통사고 자료이다. 초등학교 통학구역을 연구 단위로 설정하였기 때문에, 사고 피해자 중 만 7세에서 12세 사이의 초등학교 연령대에 해당하는 보행 어린이 교통사고 자료를 중심으로 활용하였다. 이 데이터는 도로교통공단 교통사고 분석시스템(Traffic Accident Analysis System, 이하 TAAS)에서 공개한 실제 위치 기반 자료로, 사고 피해자의 연령, 사고 유형, 보행 여부 등 다양한 정보를 포함한다(한국도로교통공단, 2024). 본 연구는 코로나19 팬데믹으로 인한 통학 및 보행활동의 급격

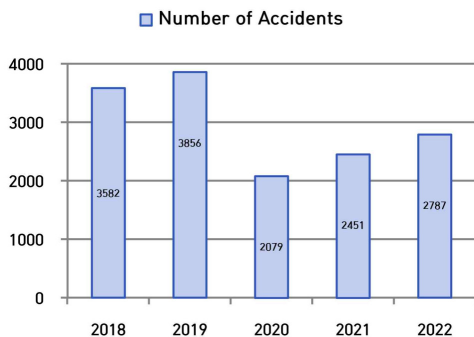


Fig. 1. Trends in Traffic Accidents Involving Child Pedestrians

Source: Korea Road Traffic Authority (2024.2.1) (in Korean)

한 변화가 나타나기 이전 시기를 대상으로, 서울시 초등학교 통학구역 내 근린환경 특성과 어린이 보행 교통사고 발생 간의 관계를 분석하였다. 따라서 추후의 연구결과는 해당 시기의 통학 및 보행환경을 중심으로 해석할 필요가 있다.

서울특별시에는 현재 총 621개의 초등학교 통학구역이 있으며, 이 중 공동 통학구역은 58개로 파악되었다. 공동 통학구역의 경우, 연구의 핵심 독립변수인 주거지(아파트)로부터 학교까지의 통학 루트를 추출하는 과정에서 공동 통학구역 내 아파트가 특정 학교로 통학하는지 명확히 지정할 수 없어 해당 변수를 분석에서 제외했다. 또한, 2018년 이후에 개교한 8개의 초등학교 통학구역 역시 분석에서 제외함으로써 최종적으로 본 연구에서 활용된 초등학교 통학구역은 총 555개이다.

2. 선행연구 검토

2.1 초등학교 통학구역 관련 선행연구

기존의 보행 교통사고 연구에서 초등학교 통학구역을 직접적인 분석단위로 설정한 사례는 많지 않다. 그러나 초등학교 통학구역은 어린이의 일상적 이동과 생활권을 반영하는 기본 공간 단위라는 점에서 충분한 검토가 필요하다. Perry(1929)의 근린주구 이론은 초등학교를 근린생활권의 중심시설로 보고, 어린이가 안전하게 도보 통학할 수 있는 생활권 구조를 전제로 하였다. 이러한 관점은 이후 생활권 계획과 학교 배치 논의의 이론적 출발점이 되었으며, 국내에서도 학교를 생활권 중심에 두는 도시계획적 사고에 영향을 주었다. 유원창·온영태(2007)는 초등학교를 중심으로 한 근린생활권의 형성과 지역 커뮤니티 기능의 연계를 논의하였고, 원종석(2020) 역시 우리나라의 택지개발과 생활권 계획이 초등학교 중심의 공간구조를 바탕으로 형성되어 왔음을 설명한다. 즉, 초등학교 통학구역은 단순한 행정적 경

계라기보다, 근린생활권 계획과 도시공간구조가 반영된 결과로 이해할 수 있다.

통학구역 설정의 적정성을 직접 다룬 연구들도 이러한 문제를 뒷받침한다. 이화룡·동재옥(2011)은 학생 통학권역 설정과 학교 적정배치의 관계를 검토하면서, 통학거리가 통학구역 설정과 신설학교 배치의 핵심 기준이 된다고 보았다. 특히 이 연구는 학생 통학거리와 학생밀도, 인구밀도 등의 관계를 분석하여, 통학권역과 학교 배치가 단순한 행정구획의 문제가 아니라 사회·공간적 변화에 따라 조정되어야 할 계획 문제임을 보여주었다. 또한 박경철 외(2018)는 학생 분산배치 중심의 통학구역 운영이 집과 가까운 학교가 아닌 먼 학교로의 배정을 초래할 수 있으며, 행정구역이나 아파트 단지 중심의 획일적 기준이 경제부 학생의 통학 불편과 안전 문제를 유발한다고 지적하였다. 이는 통학구역 설정에서 학교편제의 효율성뿐 아니라 실제 통학거리와 통학안전을 함께 고려해야 함을 시사한다.

한편, 제도와 계획 원리가 존재함에도 실제 도시공간에서는 이러한 기준이 충분히 구현되지 못하는 경우가 적지 않다. 최기석(2021)은 초등학교가 통학구역 또는 근린주구의 중심에 위치해야 함에도 실제로는 외곽이나 대로변에 입지하는 사례가 존재하며, 이는 도시계획과 학생배치계획의 연계 미흡과 관련 된다고 보았다. 다시 말해, 초등학교 통학구역은 계획상으로는 어린이의 도보 이동과 근린생활권의 중심을 전제로 하지만, 실제 운영에서는 학교 위치, 통학거리, 학생 분산배치 등이 서로 어긋나면서 문제를 발생시킬 수 있다. 최근 Kim et al.(2022)은 부산시 초등학교 통학구역 297개를 대상으로 어린이 보행 충돌위험을 분석하여, 통학구역별 위험 수준이 상이하고 사회경제적, 교통, 토지이용 특성이 지역별로 다르게 작용할 수 있음을 보여주었다. 이는 초등학교 통학구역이 어린이 보행안전과 통학환경을 분석하는 데 유의미한 공간 단위임을 보여주는 최근

의 실증적 사례라 할 수 있다. 종합하면, 초등학교 통학구역은 근린주구이론과 생활권 계획에 기반한 공간 단위이면서도, 실제 운영과 도시공간 속에서는 다양한 한계를 드러내는 대상이다. 그럼에도 불구하고 이를 직접 분석단위로 삼아 어린이 보행 교통사고를 다룬 국내 연구는 아직 충분하지 않으며, 이에 대한 추가적인 실증연구가 필요하다.

2.2 어린이 보행 교통사고 원인

어린이 보행 교통사고와 관련한 연구는 국내외에서 꾸준히 이루어져 왔다. 이세영·이제승(2014)은 서울시 차대 사립 교통사고 위치 정보를 활용하여, 2010년부터 2011년까지의 교통사고를 노인과 어린이로 구분하여 공간 회귀 분석을 사용한 연구를 진행했다. 분석 결과, 대부분의 사고가 횡단 중에 발생했으며, 어린이 보행 사고의 경우, 60.2%가 생활권 도로에서 발생한 것으로 나타났다. 고동원·박승훈(2019)은 2013년부터 2015년까지 대구시 어린이 보호구역 내에서 발생한 보행자 교통사고를 종속 변수로 설정하고, 도로 요인, 대중교통 요인, 토지이용 요인, 개발밀도 요인을 독립변수로 포함하여 공간계량분석을 수행하였다. 분석 결과, 도로 요인과 대중교통 요인은 어린이 보호구역 내 보행자 교통사고 증가와 관련이 있었으며, 토지이용 요인 중 주거지역, 상업지역, 공업지역 역시 사고 증가와 관련이 있는 것으로 나타났다. 반면 용도혼합도는 보행자 교통사고 저감과 관련이 있는 것으로 나타났다. 후속 연구로 고동원·박승훈(2021)은 서울시 어린이 보호구역 반경 300미터를 범위로 하여, 2016년부터 2018년까지의 어린이 보행 교통사고를 종속변수로 설정하고, 도로 요인과 교통안전시설 요인을 나누어 공간 포아송 분석을 실행했다. 이 연구에서는 어린이 보호구역 내 다중 교차로가 많고 근린 도로 비율이 높을수록 보행자 교통사고 발생 위험이 증가하고, 보행자 작동 신호기가 보행자 교통사고 발생을 줄이

는 데 효과적임을 밝혔으나, 다른 교통안전시설은 위험 감소에 기여하지 않음을 확인했다. 이환진·유초롱(2023)의 연구는 부산시 내 어린이 보호구역과 해당 구역을 벗어난 통학권역을 구분하여, 2019년부터 2021년 사이의 어린이 보행 교통사고 데이터를 로지스틱 회귀분석을 통해 분석했다. 연구 결과에 따르면, 어린이 보행 교통사고는 어린이 보호구역을 벗어난 통학권역에서 빈번하게 발생하는 경향이 있어, 어린이 보호구역을 통학구역 범위 안에서 보다 확장된 시각으로 검토할 필요성이 드러났다. 또한, 이 연구는 사고 발생에 영향을 미치는 다양한 요인을 면밀히 분석하여, 해당 요인을 고려한 맞춤형 교통안전시설의 설치, 교통안전에 대한 교육 프로그램의 강화, 그리고 효과적인 교통규제의 시행 등 보다 구체적인 대책 마련의 중요성을 강조했다. 이는 단순히 물리적인 교통안전시설의 개선뿐만 아니라, 어린이들의 안전 의식을 높이고, 교통 행동 패턴을 개선할 수 있는 종합적인 접근 방식이 어린이 보행 교통사고 예방에 큰 효과를 발휘할 것임을 시사한다.

연구의 분석 단위를 어린이 보호구역의 반경으로 지정하지 않고 초등학교의 반경으로 한 연구로는 권지혜·박승훈(2018)의 연구가 있다. 이 연구에서는 2016년 초등학교 반경 400m, 800m 내의 보행자 교통사고를 종속 변수로 설정하고, 도로 유형, 도로 시설, 대중교통, 토지 이용, 토지 개발 밀도를 독립 변수로 포함하여 회귀 분석 모델(OLS), 공간 시차 모델(SLM), 공간 오차 모델(SEM)을 비교 분석했다. 분석 결과, 도로의 폭이 상대적으로 좁은 초등학교 주변에서는 보행자 교통사고가 오히려 증가하는 부정적인 영향을 미쳤다. 반면, 횡단보도, 교차로, 대중교통 시설의 존재는 보행자 교통사고에 부정적인 영향을 주었으며, 과속방지턱과 가로수는 보행자 교통사고를 줄이는 데 긍정적인 영향을 미쳤다는 결과를 밝혀냈다. 이는 물리적 시설 개선과 함께 환경적 조건

을 고려한 맞춤형 대책이 보행자 교통사고 감소에 기여할 수 있음을 시사한다.

Yiannakoulias and Scott(2013)은 2001년부터 2008년까지 토론토에서 일어난 보행 교통사고를 대상으로 저소득 가구의 비율과 교통 밀도를 주요 변수로 삼아 음이항 회귀분석을 진행했다. 분석 결과, 저소득 지역에서 교통사고가 더 자주 발생하는 경향이 확인되었다. 또한, 지역 내에서 교통 활동이 증가함에 따라 사고 위험이 감소하는 경향이 보였으나, 이는 주요 도로를 벗어난 지역에서는 정반대의 결과로 나타나 충돌 위험이 더 높아지는 것으로 관찰되었다. 해당 결과는 주요 도로 인근의 고소득층 거주지역과 비교했을 때, 주요 도로에서 벗어난 저소득층 거주지역에서 더 높은 비율로 교통사고에 노출됨을 보여주었다. 이러한 결과는 도시 계획과 공공 보건 정책 수립에 있어 소득 수준이 중요한 고려사항임을 제시한다. Elias and Shifftan (2014)는 이스라엘의 갈릴리 지역에 있는 아랍 마을인 셰파람(Shefaram)에서 2008~2012년까지 발생한 어린이 보행자 교통사고에 대한 위험 노출을 분석하고 모델링하였다. 연구는 성별, 나이, 소득, 가구 규모, 부모의 교육 수준, 부모의 직장 상태, 운전 면허 소지 여부, 가구 내 운전 면허 수, 가구 내 자동차 수와 같은 다양한 미시적 변수들을 조사하고 이를 바탕으로 이스라엘 셰파람 지역의 아동 보행자 사고에 대한 위험을 분석하였다. 결과로는 소득 수준, 이동 패턴 및 토지 이용이 아동 보행자 사고에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히, 낮은 사회·경제적 수준의 소년들이 주로 보행할 때 사고 위험이 높은 것으로 나타났다. Blazquez et al.(2016)은 2010~2011년까지 발생한 보행자 교통사고에 대한 데이터를 바탕으로, 칠레의 산티아고와 대한민국의 서울에서의 어린이 보행자 교통사고를 비교했다. 연구에서는 음이항 회귀 모형(Negative binomial regression model), 공간 시차 회귀 모형(Spatial lag regression models), 기

술적 비교(Descriptive comparison) 등의 분석 방법을 사용하였고, 산티아고와 서울에서의 어린이 보행자-차량 충돌 사고 발생 및 심각성을 비교하고, 각 도시의 특성과 관련된 다양한 변수들을 고려하였다. 주요 변수로는 총 어린이 보행자-차량 충돌 사고 수, 사망자 수, 중상자 수, 경상자 수 등이며, 이를 연령별로 세분화하여 분석하였다. 연구 결과에 따르면, 서울의 어린이들이 산티아고의 어린이들보다 보행자-차량 충돌 사고에 더 많이 노출되어 있는 것으로 나타났으며, 이는 보행 활동량이 더 높거나, 보다 위험한 교통 조건 등 여러 요인의 조합에 기인한다. 또한 서울의 어린이들의 나이가 많을수록 교통사고에 노출되는 비중이 큰데, 이는 상대적으로 나이가 많을수록 공공장소에서 활동하는 독립성이 높아지고, 교통사고의 위험성 또한 높아짐을 보인다. 산티아고에서는 국내의 선행연구와 유사하게 사고가 주로 교차로에서 발생하지만, 반면 서울에서는 교차로가 없는 구간에서의 사고가 더 많은데, 이는 교차로에서는 차량이 많고 복잡하여 사람들이 교통 신호를 따르지만, 이외의 구간에서는 상대적으로 더 많은 무단횡단을 하기 때문일 수 있다.

거리 단위(Segment)별로 연구단위를 설정한 연구는 다음과 같다. Hwang et al.(2017)은 2010~2014년까지 오스틴의 124개 공립학교를 대상으로 반경 0.25마일의 어린이 보행 교통사고를 조사했다. 이 연구에서는 어린이 보행자의 안전, 건축 환경, 거리 단위(Segment), 그리고 지역 사회의 다양성을 포함한 다양한 미시적 변수들을 독립 변수로 설정했으며, 분석 방법은 이항 로지스틱 회귀분석을 사용했다. 연구 결과, 블록 길이, 보도블럭이 없는 구간, 횡단보도의 밀도, 그리고 토지 이용의 다양성이 어린이 보행자 사고와 유의미한 관련이 있는 것으로 나타났다. 또한, 어린이 보행자 안전이 지역별로 다르며, 특히 소득과 인종/민족에 따라 차이가 있다는 점을 발견했다. 이는 '거리'를 연구 단위로 어린이 보행

교통사고와 도시의 세밀한 요소들 간의 관계를 밝힌 독특한 연구로서 주목할 만하다.

2.3 교통사고 예측모형

보행자 교통사고 분석에서 주로 사용되는 연구 방법론으로 포아송(Poisson) 회귀모형과 음이항(Negative Binomial) 회귀모형이 있다. 이 두 모형은 모두 가산형 자료를 종속변수로 사용할 때 적용되며, 그 차이는 데이터의 분산 특성에 있다. 서지민·이수기(2016)에 따르면, 교통사고 자료와 같이 과대산포가 나타나는 경우, 포아송 회귀모형보다 음이항 회귀모형이 더 적합할 수 있음을 설명하였다. 이처럼 현실의 데이터에서는 평균보다 큰 분산이 관찰되는 경우가 많으며, 이러한 과대산포 상태를 포아송 회귀모형에 적용하면, 회귀계수의 표준오차 추정이 편향되는 문제가 발생한다(Cox, 1983). 따라서 과대산포가 존재하는 데이터를 바탕으로 연구를 진행할 때에는 음이항 회귀분석이 더 적합하다고 볼 수 있다. 이러한 사실을 보인 선행연구는 정재풍·최종후(2014)의 연구가 있다. 이 연구는 교통사고의 발생에 대한 통계분석으로서 포아송 회귀분석과 음이항 회귀분석의 적합도를 비교했는데, 분석결과 음이항 회귀분석이 교통사고 건수의 비교에 있어 더 적합함을 보였다. 이외에도 박병호 외(2008), 이재준(2010), 민우근·박병정(2021) 등의 연구에서 음이항 회귀분석을 사용하여 교통사고 분석을 시행하였다.

2.4 선행연구와의 차별점

기존의 선행연구들은 대부분 초등학교 주변이나 어린이 보호구역을 중심으로 일정한 버퍼를 설정하고, 그 범위 내에서 발생하는 보행자 교통사고를 종속변수로 삼아 영향을 분석하였다. 이러한 접근은 학교 인접부의 도로 및 교통안전시설 효과를 파악하는 데에는 유용하지만, 어린이의 실제 이동이 학교 정문 주변에만 국한되지 않는다는 점을 충분히 반영

하지 못한다는 한계가 있다. 실제로 국내 연구에서도 어린이 보호구역 반경 300m 또는 학교 반경 400m, 800m 범위를 대상으로 보행 교통사고를 분석한 사례가 다수 존재하며, 이는 학교 주변의 물리적 환경과 시설 효과를 밝히는 데 초점을 두고 있다. 그러나 이러한 공간 단위는 주거지에서 학교까지 이어지는 통학경로 전체와 통학구역 경계부의 통학 불편, 그리고 학교 이후 어린이가 이동하는 생활권 공간까지 포착하기에는 한계가 있다.

반면 초등학교 통학구역은 학교 주변의 제한된 규제구역이 아니라, 어린이가 실제로 배치되어 통학하는 생활권 범위를 반영하는 공간 단위이다. 앞서 검토한 바와 같이, 박경철 외(2018)는 학생 분산배치 중심의 통학구역 설정이 경계부 학생의 원거리 통학과 안전 문제를 유발할 수 있음을 지적하였고, Kim et al.(2022)는 부산시 초등학교 통학구역 단위의 분석을 통해 어린이 보행 충돌위험 수준이 지역 특성에 따라 상이하게 나타날 수 있음을 보여주었다. 이는 초등학교 통학구역이 단순한 행정 경계가 아니라 어린이의 실제 이동과 안전 문제를 포함하는 유의미한 공간 단위임을 시사한다. 이에 본 연구는 초등학교 통학구역 단위에서 교통사고를 분석함으로써, 학교 주변 규제구역 중심 연구가 충분히 설명하지 못했던 통학경로 전반의 위험과 어린이 생활권의 공간적 특성을 함께 검토하고자 한다. 특히 주거지부터 학교까지의 통학경로와 학교 이후 활동과 연관된 근린환경 요소를 주요 변수로 포함하였다는 점에서 기존 어린이 보호구역 중심 연구와 차별성을 가진다.

3. 분석모형 및 자료

3.1 분석자료

본 연구는 서울시 내 총 621개 초등학교 통학구역 중 공동 통학구역 58개와 2018년 이후에 개교한 학교 8개를 제외한 555개 통학구역을 대상으로 진행

되었다. 시간적 범위는 2013년부터 2018년까지로 설정했으며, 사용된 교통사고 데이터는 TAAS로부터 얻은 7세에서 12세 사이 어린이의 보행 교통사고 데이터이다. 본 연구에서 종속변수는 2013년부터 2018년까지 서울시 초등학교 통학구역에서 발생한 어린이 보행 교통사고의 총 발생건수로 설정하였다. 전체 사고 건수는 2,694건이며, 해당 사고의 공간적 분포는 Fig. 2에서 확인할 수 있다.

본 연구는 초등학교 통학구역 단위에서 사고의 전체 발생 수준과 근린환경 특성 간의 관련성을 파악하는 데 초점을 두었기 때문에, 사고를 사망·중상·경상 등 심각도별로 구분하지 않고 통합하여 분석하였다. 이는 사고를 심각도별로 세분할 경우 범주별 통학구역의 사고 건수가 0건인 구역이 다수 발생할 수 있고, 그에 따라 모형의 안정성과 결과 해석의 일관성이 낮아질 가능성이 있기 때문이다. 또한, 독립변수는 교통시설 요인, 보행 유발 요인, 통학 위험 변수, 인구사회 요인 등 네 가지 큰 범주로 나누어 구성했다. 각 변수의 출처와 정의는 Table 1에 상세히 기술되어 있다. 또한, 독립변수는 2018년 시점을 기준으로 수집된 자료를 활용하였다. 이는 종속변수로 사용한 2013~2018년 누적 어린이 보행 교통사고와 비교할 때, 분석기간의 종료 시점에 해당하는 도

시 환경을 기준으로 통학구역별 특성을 일관되게 반영하기 위한 것이다. 또한 본 연구에 포함된 독립변수 중 도로 구조, 건물 밀도, 토지이용 특성, 주요 생활권 시설과 같은 변수들은 구조적으로 형성되어 단기간 내 급격히 변하지 않는 특성을 가진다는 점을 고려하였다. 다만 이러한 방식은 독립변수의 시점을 단일 연도로 고정한 것이므로, 시간적 정합성에 한계가 없다고 보기는 어려우며, 이에 대한 해석에는 주의가 필요하다. 각 부문별 변수 선택은 선행 연구 검토 결과, 보행자 교통사고 및 운전자의 교통 안전 인식에 중요한 영향을 미치는 것으로 나타난 요소들을 기준으로 이루어졌다.

본 연구에서 고려한 교통시설 요인에는 도로의 종류(소로, 중로, 대로, 광로), 인도, 교차로, 보행등, 운전자 신호, 횡단보도 예고 표시, 노면 표시, 안전표지, 교통 CCTV, 과속방지턱, 횡단보도 등이 포함되어 있다. 규모별 도로면적, 도로폭, 인도, 제한속도와 같이 개수(Count)로 수치화하기 어려운 변수들을 제외하고, 나머지 변수들을 밀도화하여 분석에 활용했다. 일반적으로 통학구역의 면적이 넓을수록 신호등, 안전표지 등의 개수로 비례하게 증가하는 경향이 있기 때문에, 변수의 개수를 직접 사용하기보다 변수들의 개수를 면적으로 나누어 밀도화하는 방식을 채택했다. 또한 보행등과 운전자 신호를 구분하였으며, 노면 표시와 안전 표지는 각각 과속, 제한속도, 어린이 보호구역 등등 어린이의 안전과 직접적으로 연관이 있는 것들을 구분하여 선정하였다. 교통 CCTV는 서울시 전체 CCTV 데이터 중 무인 카메라, 과속 단속 카메라, 어린이 보호구역 카메라 등 교통사고의 발생과 관련된 종류를 추렸다.

보행 유발 요인으로서는 학원, 공원, 대규모 점포, 버스정류장, 병원 등이 포함되며, 이들 데이터는 국가공간정보포털, 공공데이터포털, 서울시 열린데이터광장에서 수집되었다. 본 연구에서 이들 변수는 초등학교의 대표적인 독립 목적지에 한정된 시설이라

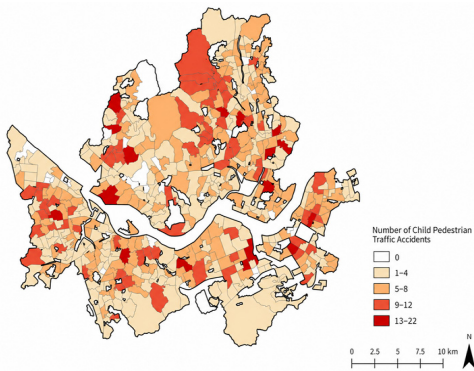


Fig. 2. Number of Child Pedestrian Traffic Accidents by Elementary School Attendance Zone in Seoul (2013~2018)

Table 1. Definition and Source of Variables

Category	Variable Name	Definition	Source
Dependent Variable	Number of Child Pedestrian Accidents	Traffic accidents involving child pedestrians (ages 7–12) between 2013 and 2018	Korea Road Traffic Authority (2024.2.1) (in Korean)
	Road Type (Small, Medium, Large, Boulevard)	Road area by size / Elementary School Attendance Zone area	Seoul Metropolitan Government (2024.2.1) (in Korean)
	Road Width	Average road width per road segment	Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2024.2.1) (in Korean)
	Sidewalk	Sidewalk area / Elementary school attendance zone area	
	Speed Limit	Average speed limit within attendance zone area / Number of restricted lanes	
	3-way Intersection	Number of 3-way intersections / Road area within elementary school attendance zone	Seoul Metropolitan Government (2024.2.1) (in Korean)
	4-way Intersection	Number of 4-way intersections / Road area within elementary school attendance zone	
	5-way Intersection	Number of 5-way or more intersections / Road area within elementary school attendance zone	
	Pedestrian Signal	Number of pedestrian signals / Elementary school attendance zone area	
	Traffic Signal	Number of vehicle traffic signals / Elementary school attendance zone area	
	Advance Pedestrian Crossing Sign	Number of advance pedestrian crossing signs / Elementary school attendance zone area	
	Road Surface Markings	Number of traffic-related surface markings / Elementary school attendance zone area	
	Safety Signage	Number of safety signs / Elementary school attendance zone area	
	Pedestrian Crossing	Number of crosswalks / Elementary school attendance zone area	
	Traffic CCTV	Number of traffic CCTVs / Elementary school attendance zone area	
	Speed Bump	Number of speed bumps / Elementary school attendance zone area	Ministry of the Interior and Safety (2024.2.1) (in Korean)
Independent Variables	Pedestrian Overpass	Dummy variable for the presence of overpasses in the elementary school attendance zone	Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2024.2.1) (in Korean)
	Hospital	Number of hospitals / Elementary school attendance zone area	Ministry of the Interior and Safety (2024.2.1) (in Korean)
	Park	Number of parks / Elementary school attendance zone area	Seoul Metropolitan Government (2024.2.1) (in Korean)
	Large-scale Retail Store	Number of large-scale retail stores / Elementary school attendance zone area	
	Private Academy (Hagwon)	Number of private academies / Elementary school attendance zone area	
	Bus Stop	Number of bus stops / Elementary school attendance zone area	Ministry of the Interior and Safety (2024.2.1) (in Korean)
	Routes Crossing Major Roads	Routes crossing large roads or wider / Total number of commuting routes	ArcGIS Online / Pro 3.2.1
	Routes without Pedestrian Signals	Number of routes with no signals at crossings / Total number of commuting routes	
	Ratio of 20+ min Commutes	Number of routes taking 20+ minutes / Total number of commuting routes	
	Child Population	Number of children under 14 in elementary school attendance zone	Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2024.2.1) (in Korean)
	Elementary Student Density	Number of elementary students / Elementary school attendance zone area	
	Residential Building Density	Number of residential buildings / Elementary school attendance zone area	
	Commercial Building Density	Number of commercial buildings / Elementary school attendance zone area	
	Office Building Density	Number of office buildings / Elementary school attendance zone area	
	Land Use Mix (LUM)	Entropy index of residential, commercial, and office use	

기보다, 초등학교 통학구역 내에서 통학 및 하교 이후 생활권 이동 과정과 관련하여 보행 노출이 발생할 수 있는 시설을 포괄적으로 반영하기 위해 설정하였다. 채한희 외(2020)는 GPS와 통행일지 조사를 바탕으로, 초등학교 근린 내 어린이들의 주요 목적지가 집과 학교를 제외하면 학원, 공원·놀이터, 상업 시설, 문화센터 등으로 나타나며, 이동수단은 도보가 가장 많다고 보고하였다. 또한 박진희·이상호(2012)는 초등학교 4학년 어린이를 대상으로 한 맵핑 연구를 통해, 방과후 목적지로 학원, 놀이터·소공원, 문방구·소형마트, 대형마트, 버스정류장·전철역, 병원 등이 나타남을 제시하였다. 본 연구 기간의 어린이 보행 교통사고 중 하교 이후(오후 3시 이후) 발생한 사고가 높은 비중을 차지한다는 점을 고려할 때, 이러한 생활권 시설은 학교 주변뿐 아니라 하교 이후 어린이의 보행 노출과 잠재적으로 연결될 수 있다고 판단하였다.

다음으로 통학위험변수를 구성하기 위해, 본 연구는 ArcGIS Online의 ‘Connect Origins to Destinations’ 기능을 활용했다. 이 기능은 단순한 직선 연결이 아닌, 보행 가능한 경로를 따라 시속 5km의 속도로 이동할 때의 최적화된 시간을 고려하여 출발지에서 목적지까지를 연결한다. 여기서 ‘최적 경로’는 주거지에서 학교까지의 통학 경로 중 가장 짧은 거리를 의미한다. 손동필 외(2019)에 의해 수행된 GPS를 활용한 어린이 통학 경로 연구에 따르면, 어린이들은 대개 최단 경로를 통해 학교로 통학하는 경향이 있으며, 이동 거리가 비슷한 경우 상가나 공원과 같은 근린환경 요소가 있는 경로를 선호하는 것으로 나타났다. 이러한 선행연구를 바탕으로, 본 연구는 기존 선행연구에서 주목하지 않았던 통학 경로를 변수로 설정하고, 통학 경로의 위험성을 평가하기 위해 총 세 가지 유형의 위험 변수를 구성했다. 최근 보행환경 연구에서도 보행자의 실제 이동경로를 기준으로 가로 세그먼트 단위의 물리적 환경을 측정하고,



Fig. 3. Examples of Optimal Commuting Routes

도로폭, 보도 설치 여부, 불법주정차, 공원 접근성 등 미시적 가로공간 특성이 보행행태와 밀접하게 관련될 수 있음이 제시되고 있다(이소민·오성훈, 2025). 이러한 논의는 어린이 통학안전 분석에서도 학교 주변의 단순 반경보다 실제 이동경로와 그 경로상 보행환경을 함께 고려할 필요가 있음을 뒷받침한다. 이때 출발지는 K-apr 공동주택관리 정보시스템에서 취득한 자료를 기반으로 하여 2013년 이전에 존재한 100세대 이상의 공동주택만을 대상으로 하였으며, 도착지는 각 통학구역에 해당하는 초등학교이다. 각 통학경로에 대한 예시는 Fig. 3에서 확인할 수 있다.

3.1.1 대로 이상의 도로를 통과하는 통학 경로 비율

이 변수는 어린이가 통학과정에서 대로 이상의 큰 도로를 횡단해야 할수록 차량과의 충돌 가능성이 커질 수 있다는 점에 주목하여 설정하였다. 기존 연구에서도 큰 도로 및 간선도로와의 접촉 가능성은 어린이 보행 교통사고 위험과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되었다(배민경·박승훈, 2018; 권지혜·박승훈, 2018; 고동원·박승훈, 2021). 예를 들어 서울 봉은초등학교 학생들은 Fig. 4에 나타난 것처럼 큰 도로의 횡단보도를 건너 학교에 도착해야 한다. 서



Fig. 4. Examples of Commuting Routes Crossing Major Roads (Seoul Bongeun Elementary School)



Fig. 5. Street View of Commuting Routes for Seoul Bongeun Elementary School (map.naver.com)

울봉은초등학교 앞의 대로의 모습은 Fig. 5에서 확인할 수 있다. Fig. 5에서 직관적으로 보이듯이, 큰 도로를 건너는 행위 자체가 초등학생에게 상당한 위험을 수반할 수 있으며, 이를 반영한 변수는 교통사고 발생에 유의미한 영향을 미칠 것으로 예상된다.

3.1.2 보행등이 포함되지 않은 통학 경로의 비율

이 변수는 통학경로상 횡단부에서 보행등의 존재 여부가 보행자의 보호 수준과 신호 통제 수준을 반영할 수 있다는 점에 착안하여 설정하였다. 특히 초등학생의 경우 횡단부에서의 판단 능력과 대응 능력이 성인보다 제한적일 수 있으므로, 보행등의 유무

는 통학경로의 안전 수준을 나타내는 중요한 경로 특성으로 볼 수 있다. 배민경·박승훈(2018)의 연구에서는 보행등이 설치된 횡단보도가 교통사고에 양(+)의 영향을 미쳤는데, 이는 보행등이 있는 곳에서도 사람들이 자주 무단 횡단을 하거나 신호를 지키지 않고 도로를 건넌다는 점을 시사한다. 결과적으로, 신호등이 설치된 횡단보도가 반드시 보행 안전을 보장하는 것은 아님을 보여준다. 이와 유사한 결론을 도출한 선행연구로는, 고동원·박승훈(2019), 김중효 외(2015)의 연구들이 있으며, 해당 연구들 또한 신호등 설치가 보행 교통사고 증가와 관련이 있음을 밝혔고, 이는 신호등 설치만으로는 어린이들의 안전에 대한 충분한 예방을 할 수 없음을 시사한다. 따라서 본 연구는 통학 경로에 있는 보행등의 존재 유무가 교통사고 발생에 미치는 영향의 분석이 필요하다고 판단하여 변수화하였다.

3.1.3 통학 시간이 20분 이상 소요되는 경로의 비율

이 변수는 통학시간이 길어질수록 도보 통학의 부담이 커지고, 실제로는 다른 교통수단 선택 가능성이 나 장거리 통학 문제가 함께 나타날 수 있다는 점을 반영하기 위해 설정하였다. 김승남·안건혁(2010)은 초등학생의 통학 거리가 도보 20분을 초과할 경우 보행 선택 빈도가 현저히 감소한다고 보고하였으며, 본 연구는 이를 바탕으로 20분 이상 소요되는 통학경로의 비율을 통학 부담을 나타내는 변수로 활용하였다. 변수화를 위하여 ArcGIS Online의 'Connect Origins to Destinations' 기능을 사용했다. 해당 기능은 5km/h를 기준으로 총 통학 시간을 계산하였기 때문에, 경찰청 권장 어린이보호구역 내 횡단보도 기준속도인 48m/분을 적용해 통학 시간을 재조정했다(김승남·안건혁, 2010). 이를 통해 통학 경로 전체 수 대비 20분 이상 소요되는 경로의 비율을 변수화할 수 있었다.

인구사회요인으로는 어린이 인구수, 학생 수, 주

거용 건물 밀도, 상업용 건물 밀도, 업무용 건물 밀도, 토지이용혼합도를 포함한다. 어린이 인구수는 국가공간정보포털에서 제공하는 집계구별 통계자료를 활용하여 추정하였다. 연구의 분석 단위가 초등학교 통학구역으로 설정되어 있기 때문에, 기존의 집계구 단위에서 초등학교 통학구역 단위로 데이터를 변환하는 과정이 필요하다. 이러한 단위 변환 절차는 원재웅·전재범(2017)에서 제시한 방법을 이용하여, 집계구와 중첩되는 초등학교 통학구역별 면적 가중치를 적용하여 변수를 측정했다. 선행 연구의 방법을 적용하기 위해, 우선 국가공간정보포털에서 제공하는 집계구 단위의 데이터(CSV 파일)와 서울시를 500m 폴리곤(SHP 파일)으로 나누는 데이터를 준비했다. ArcGIS Pro의 조인 및 릴레이트(Joins and Relates) 기능을 활용하여 집계구 단위의 인구통계자료를 각 500m 격자 폴리곤에 결합하였다.

그 다음, 교차(Intersect) 기능을 활용하여 500m 폴리곤 데이터와 초등학교 통학구역 데이터를 교차시켜 새로운 레이어를 생성했다. 이때 생성된 500m 격자 폴리곤은 원재웅·전재범(2017)이 미국 사례 분석에서 인구자료의 기초 공간 단위로 활용한 블록 그룹(Block Group)에 대응하는 단위로 볼 수 있다. 본 연구는 해당 연구의 면적 가중치 기반 공간단위 변환 방법을 차용하였으므로, 이하에서는 500m 격자 폴리곤을 'BG'로 지칭한다. 이에 따라 초등학교 통학구역별 어린이 인구수는 다음과 같이 산정하였다.

이에 따라 초등학교 통학구역별 어린이 인구수는 원재웅·전재범(2017)의 면적가중 방식에 따라 다음 식과 같이 산정하였다.

$$CP_i = \sum_{j=1}^{n_i} CP_j \left(\frac{A_{ij}}{A_j} \right) \quad (1)$$

여기서 CP_i 는 i 번째 초등학교 통학구역의 추정 어린

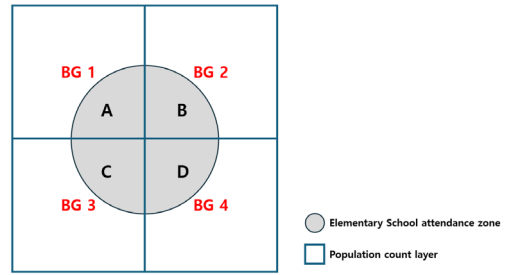


Fig. 6. An Example of Measurement at the Elementary School Attendance Zone Level (BG: 500 m Grid Cell)

이 인구수, CP_j 는 j 번째 500m 격자(BG)의 어린이 인구수, A_{ij} 는 i 번째 통학구역과 j 번째 BG가 중첩되는 면적, A_j 는 해당 BG의 전체 면적, n_i 는 i 번째 통학구역과 중첩되는 BG의 수를 의미한다. 즉, 각 BG의 어린이 인구수에 해당 BG가 초등학교 통학구역에 포함되는 면적 비율을 가중하여 합산하였다. 구체적인 산정 예시는 Fig. 6과 같다.

다음 변수로, 초등학교 학생 수 밀도를 추가하였다. 해당 정보는 학교알리미 공개 데이터를 통해 얻은 각 초등학교의 총 학생 수를 기반으로 한다. 초등학생 밀도라는 지표는 기존의 보행 교통사고 관련 연구에서는 주로 다루어지지 않았지만, 본 연구에서는 초등학교 통학구역이라는 분석 단위의 특성을 반영할 수 있는 중요한 변수로 고려되었다. 이를 통해, 통학구역별 학생 밀도가 교통사고 발생 빈도와 어떤 상관관계를 가지는지 분석하려 한다.

마지막 변수로는 주거용 건물 밀도, 상업용 건물 밀도, 업무용 건물 밀도, 그리고 토지이용혼합도를 선정하였다. 이들 변수는 국가공간정보포털을 통해 얻은 데이터를 바탕으로 하며, 각 건물 유형을 세분화하여 분류하였다. 초기 단계에서는 의원, 마을공동시설, 세탁소와 같이 구체적인 요소들을 소분류하여 변수화 하였고, 이후 교육시설, 의료시설, 운동시설 등으로의 중분류를 진행하였다. 최종적으로는 교

육복지, 의료시설, 교통시설, 관광시설, 상업시설, 주거시설, 업무시설 등으로 대분류를 하여, 이 중에서 주거, 상업, 업무용 시설을 핵심 변수로 활용하였다. 이러한 변수 선택은 황선근·이수기(2021)와 서지민·이수기(2016)의 연구를 참고하여 결정되었다. 토지이용혼합도는 Frank and Pivo(1994)가 제안한 엔트로피 지수를 활용하여 계산되었으며, 혼합도가 높을수록 1에 가까워지고, 낮을수록 0에 가까워진다는 것을 의미한다. 해당 지수는 도시 계획 및 지역 사회 구성에 있어 중요한 지표로 활용되어 왔기 때문에, 초등학교 통학구역 내 교통사고의 발생과도 관련성을 가질 것으로 판단하였다.

3.2 실증분석방법

본 연구의 종속변수는 교통사고 발생 건수라는 가산자료(count data)이다. 가산자료에 대한 통계 분석에는 주로 포아송 회귀모형과 음이항 회귀모형이 활용되는데, 포아송 회귀분석의 경우 평균과 분산이 같아야 한다는 조건이 필요한 반면, 음이항 회귀분석의 경우 평균보다 큰 분산, 즉 과대산포의 상황에도 적용 가능하다는 차이점이 있다. 이와 관련된 대표적 선행연구로는 Cox(1983)이 있다. 해당 연구에 따르면 평균보다 분산이 더 큰 과대산포(over dispersion)가 존재하는 자료에 대하여 이를 무시하고 포아송 회귀모형을 적합시킬 경우 회귀계수 추정량의 표준오차가 편향되는(biased) 현상이 발생한다. 또한, 서지민·이수기(2016)에 따르면, 포아송 회귀모형은 평균과 분산이 같은 동등산포 자료에 적합한 반면, 음이항 회귀모형은 분산이 평균보다 큰 과대산포 자료를 다룰 때 더 적합하다.

음이항 회귀분석의 식은 다음과 같다.

$$\log(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki}$$

여기서, μ_i 는 i 번째 관측치의 기댓값(평균)을 나타내고, $\log$ 는 자연로그, $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ 는 회귀계수, $X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ki}$ 는 설명 변수들을 의미한다. 음이항 회귀모형은 기댓값과 분산의관계를 $Var(Y_i) = \mu_i + \alpha \mu_i^2$ 로 설정하여 과잉분산을 모델링한다. 여기서 α 는 과잉분산을 조절하는 파라미터이며, 해당 값이 0보다 클 때 과대산포가 있다고 해석할 수 있다. 본 연구에서 다루는 종속변수의 α 값은 0.098로 0보다 큰 값을 보여 과대산포 상태임을 확인할 수 있다. 이에 따라, 본 연구에서 음이항 회귀분석을 활용하는 것이 적절하다.

4. 실증분석

4.1 분석모형의 타당성 및 기초통계

본 연구는 서울시 초등학교 통학구역별 어린이 보행 교통사고 건수 데이터를 분석하기 위해 음이항 회귀분석을 실시하였다. 교통사고 건수와 같은 계수 자료는 평균과 분산의 관계에 따라 적절한 모형을 선택할 필요가 있는데, 평균과 분산이 유사할 경우에는 포아송 회귀모형이 적합하고, 분산이 평균보다 크게 나타나는 과대산포가 존재할 경우에는 음이항 회귀모형이 보다 적합하다. 본 연구에서 종속변수의 과분산 계수(α)는 0.098로 0보다 큰 것으로 확인되어, 포아송 회귀분석보다 음이항 회귀분석을 적용하는 것이 타당하다고 판단하였다. 다만 교통사고 자료는 인접한 통학구역 간 유사한 발생 양상이 나타나는 공간적 자기상관(spatial autocorrelation)의 가능성이 있으며, 일부 선행연구에서는 이를 반영한 공간시차모형(SLM), 공간오차모형(SEM), 공간포아송모형 등이 활용되었다(권지혜·박승훈, 2018; 고동원·박승훈, 2021). 그러나 본 연구는 인접 구역 간 공간적 파급효과를 추정하기보다 통학구역 단위에서 사고 발생 수준과 근린환경 특성 간의 전반적

Table 2. Descriptive Statistics

Category	Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	VIF
Dependent Variable	Number of Child Pedestrian Accidents	4.854	3.560	0.000	22.000	-
Independent Variables	Small Road Area	1.751	2.009	0.000	13.038	1.2
	Medium Road Area	2.812	2.658	0.000	14.570	1.4
	Large Road Area	4.136	3.664	0.000	20.625	1.88
	Boulevard Area	1.325	2.316	0.000	13.574	1.5
	Road Width	11.280	5.196	0.000	40.278	2.44
	Sidewalk	9.293	42.055	0.078	907.999	5.06
	Speed Limit	49.164	6.812	30.000	72.869	1.34
	3-way Intersection	18.166	21.274	0.000	226.954	1.24
	4-way Intersection	20.687	26.226	0.000	403.721	1.21
	5-way Intersection	0.253	1.468	0.000	15.573	1.06
	Pedestrian Signal	38.093	20.977	1.770	134.240	3.98
	Traffic Signal	52.740	24.861	0.000	150.843	3.48
	Advance Pedestrian Crossing Sign	81.825	41.857	0.000	243.669	2.97
	Road Surface Markings	94.633	69.108	0.000	580.164	1.66
	Safety Signage	510.792	231.694	7.733	1485.033	2.8
	Pedestrian Crossing	0.257	0.862	0.000	16.183	5.04
	Traffic CCTV	121.159	110.247	0.000	821.489	1.61
	Speed Bump	41.398	27.266	0.000	164.895	1.46
	Pedestrian Overpass	0.378	0.485	0.000	1.000	1.17
	Hospital	48.520	46.257	0.000	431.268	1.99
	Park	0.103	0.160	0.000	0.857	1.61
	Large-scale Retail Store	1.789	2.500	0.000	30.638	1.24
	Private Academy (Hagwon)	33.000	30.741	0.000	407.232	1.71
	Bus Stop	26.482	12.858	0.903	96.579	1.57
	Routes Crossing Major Roads	0.401	0.398	0.000	1.000	2.16
	Routes without Pedestrian Signals	0.533	0.336	0.000	1.000	1.39
	Ratio of 20+ min Commutes	0.155	0.230	0.000	1.000	1.72
Socio-Demographic	Child Population	519.503	244.281	33.497	1524.085	1.62
	Elementary Student Density	1124.887	1011.621	0.000	11880.220	1.98
	Residential Building Density	1024.147	848.103	0.000	4265.395	2.32
	Commercial Building Density	336.873	379.169	0.000	2619.604	1.82
	Office Building Density	48.995	45.963	0.000	241.983	1.77
	Land Use Mix (LUM)	0.667	0.232	0.000	0.999	1.34

인 관련성을 파악하는 데 초점을 두므로, 과대산포를 고려한 음이항 회귀모형을 기본 분석모형으로 적용하였다.

또한 본 연구에서는 독립변수들의 VIF(Variance Inflation Factor) 값을 확인함으로써 다중공선성 문제를 진단하였다. 통상적으로 VIF 값이 10 이상인 경우 다중공선성 문제가 있는 것으로 판단하는데, 본 연구의 최종 분석에 활용된 독립변수들의 VIF 값은 Table 2와 같이 모두 10 이하로 나타나 다중공선성 문제는 크지 않은 것으로 확인되었다(Cohen et al., 2013).

한편 본 연구는 서울시 초등학교 통학구역 555개를 분석단위로 설정하고, 2013~2018년 동안 발생한 어린이 보행 교통사고 2,694건을 종속변수로 활용하였다. 교통시설 요인, 보행 유발 요인, 통학 위험 변수, 인구사회 요인으로 구성된 독립변수들의 기초 통계와 다중공선성 검토 결과는 Table 2에 제시하였다.

4.2 음이항 회귀분석 결과

최종 실증분석은 앞서 기술한 바와 같이 음이항 회귀분석을 사용하였다. 음이항 회귀분석의 결과 값은 Table 3에서 확인할 수 있다.

먼저 교통시설 및 안전 변수에서는 도로폭, 제한속도, 안전표지가 유의한 결과를 보였다. 이 가운데 도로폭과 제한속도는 음(-)의 계수를, 안전표지는 정(+)의 계수를 나타냈다. 다만 이러한 결과를 해당 변수 자체의 직접적인 효과로 단정하기는 어렵다. 도로폭과 제한속도의 음(-)의 계수는 넓은 도로나 높은 제한속도 자체가 어린이 보행안전을 높인다고 보기보다, 통학구역 안에서 간선도로와 생활도로가 놓인 방식, 그리고 실제 어린이 보행이 어느 구간에 집중되는지가 함께 반영된 결과로 이해할 필요가 있다. 다시 말해, 도로폭이 넓거나 제한속도가 높은 구간이 포함된 통학구역이라 하더라도, 실제 어린이 보

행은 학교 주변, 주거지 내부 도로, 생활도로 등에 집중될 수 있으며, 이러한 보행 노출의 차이가 계수 방향에 영향을 주었을 수 있다. 이와 관련하여 박재영·김도경(2010)은 어린이 보호구역에서 차로수, 보도폭, 유색포장 상태 등이 차량의 속도위반과 관련이 있음을 제시하였으며, 이는 도로 단면과 도로 기능이 차량 주행행태에 영향을 줄 수 있음을 보여준다. 따라서 본 연구의 결과 역시 도로폭이나 제한속도 자체의 효과라기보다, 통학구역 안의 도로 구조와 실제 보행 분포가 함께 반영된 결과로 보는 편이 타당하다.

한편 4지 교차로, 5지 이상 교차로, 보도 변수는 통계적으로 유의하지 않았으므로 계수 방향을 직접적인 영향으로 단정하기는 어렵다. 다만 교차로와 보도는 통학구역 내 보행 및 차량 이동이 함께 나타나는 공간적 특성을 반영하는 변수이므로, 해당 결과는 개별 시설의 효과라기보다 통학구역의 전반적인 도로 및 보행환경 특성이 반영된 결과로 해석할 필요가 있다.

안전표지의 정(+)의 계수 역시 안전표지 자체가 사고를 증가시킨다고 해석하기보다, 사고위험이 높거나 교통안전 관리 필요성이 큰 지점에 안전표지가 우선적으로 설치된 결과가 반영되었을 가능성을 보여준다. 김동식 외(2023)는 어린이보호구역에서 정문 100m 구간에 교통안전시설이 가장 많이 설치되어 있음에도 사고지점 역시 가장 많이 나타났고, 시설의 과도한 반복과 중첩이 오히려 운전자에게 혼란을 줄 수 있다고 지적하였다. 이러한 논의를 고려하면, 본 연구에서 나타난 안전표지 결과 역시 안전표지 자체의 순효과라기보다, 위험지점과 교통안전시설이 같은 구간에 함께 놓여 있는 현상을 반영하는 것으로 해석하는 것이 적절하다.

다음으로 보행유발변수에서는 학원이 유일하게 교통사고에 정(+)의 영향을 주었다. 학원이라는 특정 근린환경 변수가 교통사고 발생에 유의미한 정

(+)의 영향을 미쳤다는 결과는 학원의 존재가 어린이들의 하교 후 활동 패턴에 중요한 역할을 하며, 이러한 활동이 교통사고 발생에 영향을 줄 수 있음을 보여준다. 반면 공원, 대규모 점포, 버스정류장, 병원 변수는 통계적으로 유의하지 않게 나타났다. 이는 해당 시설들이 초등학교생의 대표적인 독립 목적지라기보다, 생활권 내에서 간접적으로 보행 노출이 발생할 수 있는 시설을 포괄적으로 반영하였기 때문일 가능성이 있다. 즉 학원과 같이 초등학교생의 하교 이후 활동과 보다 직접적으로 연결되는 시설에 비해, 나머지 변수들은 아동의 보행 행태를 충분히 정밀하게 포착하지 못했을 수 있다. 이러한 결과는 초등학교생의 실제 활동 반경과 보다 밀접한 어린이공원, 놀이터, 문구점, 패스트푸드점 등과 같은 시설 변수를 활용한 후속 연구의 필요성을 시사한다.

통학경로 위험 변수 분석 결과, 세 가지 변수 모두 유의한 계수를 보였다. 대로 이상의 큰 도로를 통과하는 경로 비율이 정(+)의 계수를 보인 것은, 어린이가 통학 과정에서 큰 도로를 횡단해야 할수록 사고 위험에 더 많이 노출될 수 있음을 보여주는 결과로 이해할 수 있다. 이는 통학시 차량 통행량과 속도, 도로 횡단수, 도로 폭 등이 어린이의 통행 안전과 밀접한 관련이 있다는 김승남·안전혁(2010)의 논의와도 맥락을 같이한다. 다시 말해, 학교 주변의 단순한 시설 유무보다 실제 통학 과정에서 어떠한 도로를 지나고 몇 차례 횡단해야 하는지가 어린이 보행안전과 더 직접적으로 연결될 수 있음을 보여준다.

반면 보행등이 포함되지 않은 경로의 비율이 음(-)의 계수를 보인 결과는, 보행등이 없는 경로가 더 안전하다는 뜻으로 해석하기는 어렵다. 오히려 보행등이 설치된 경로는 대로 횡단부, 교차로, 보행 집중지점 등 원래 위험이 높은 위치를 더 많이 포함하고 있을 가능성이 있다. 따라서 이 결과는 보행등의 배치 가 적절하지 못했다는 직접적인 근거라기보다, 위험지점과 교통안전시설이 같은 구간에 함께 놓여 있

는 현상을 반영한 것으로 이해할 필요가 있다.

또한 통학에 20분 이상 소요되는 경로의 비율이 음(-)의 계수를 보인 결과는, 장거리 통학 구간에서 실제 도보 통학보다 보호자 동행, 차량 이용, 학원 차량 이용 등 다른 이동수단이 선택되었을 가능성을 보여준다. 김승남·안전혁(2010)은 보행으로 20분 이상이 소요될 경우 초등학교생의 보행선택 빈도가 급격히 감소한다고 제시한 바 있다. 따라서 본 연구의 결과 역시 장거리 통학 경로 자체가 더 안전하다는 의미라기보다, 해당 구간에서는 도보보다 다른 방식의 통학이 이루어졌을 가능성을 함께 보여주는 것으로 해석하는 것이 적절하다. 종합하면, 통학경로 관련 변수들은 학교 주변의 시설 유무만으로는 충분히 설명되지 않는 위험이 실제 이동 경로 속에서 형성될 수 있음을 보여주며, 통학구역 설정과 안전대책 수립 과정에서 어린이의 실제 이동 경로를 함께 고려할 필요가 있음을 시사한다.

마지막으로 인구사회변수에서는 어린이 인구수, 초등학교 밀도, 주거용 건물 밀도, 토지이용혼합도가 유의미한 변수로 확인되었다. 먼저 어린이 인구수는 교통사고의 발생에 정(+)의 영향을, 초등학교 밀도는 교통사고에 음(-)의 영향을 미친다. 초등학교 통학구역 내 어린이 인구수와 초등학교 밀도가 어린이 보행자 교통사고 발생에 미치는 상반된 영향은 주목할 만한 결과다.

전체 초등학교 통학구역에 걸쳐 어린이 인구가 많이 분포되어 있다는 것은, 넓은 지역에 걸쳐 어린이 보행자가 더 많이 활동함을 의미하며, 이는 자연스럽게 교통사고의 위험에 더 넓게 노출될 수 있다는 것을 의미한다. 특히, 초등학교 통학구역 내 교통안전 시설이 충분히 갖추어지지 않은 장소에서 어린이들이 활동할 때, 이들이 더 큰 위험에 직면할 가능성이 높아, 이는 교통사고 발생을 증가시키는 원인이 될 수 있다.

반면에, 초등학교생의 밀도가 높다는 것은 특정 지

Table 3. Results of Negative Binomial Regression Analysis

Independent Variable		Child Pedestrian Traffic Accidents		
		Coefficient	z	P> z
Traffic Facilities & Safety	Small Road Area	0.0064	0.49	0.621
	Medium Road Area	-0.0003	-0.02	0.982
	Large Road Area	-0.0173	-1.82	0.068*
	Boulevard Area	-0.0021	-0.16	0.874
	Road Width	-0.0207	-2.4	0.017**
	Sidewalk	0.0012	0.91	0.36
	Speed Limit	-0.0082	-1.93	0.053*
	3-way Intersection	-0.0014	-0.99	0.321
	4-way Intersection	0.0014	1.60	0.109
	5-way Intersection	-0.0137	-0.89	0.375
	Pedestrian Signal	0.0020	0.88	0.378
	Traffic Signal	-0.0009	-0.46	0.648
	Advance Pedestrian Crossing Sign	0.0015	1.52	0.129
	Road Surface Markings	-0.0005	-1.05	0.294
	Safety Signage	0.0006	3.41	0.001***
	Pedestrian Crossing	-0.0306	-0.50	0.618
	Traffic CCTV	-0.0005	-1.52	0.129
	Speed Bump	-0.0008	-0.75	0.45
	Pedestrian Overpass	-0.0800	-1.52	0.13
Pedestrian Inducement	Hospital	-0.0006	-0.85	0.393
	Park	-0.0567	-0.29	0.774
	Large-scale Retail Store	-0.0044	-0.39	0.695
	Private Academy (Hagwon)	0.0034	3.54	0.000***
	Bus Stop	0.0009	0.39	0.695
Commuting Route Risk	Routes Crossing Major Roads	0.1738	1.98	0.048**
	Routes without Pedestrian Signals	-0.1828	-2.16	0.030**
	Ratio of 20+ min Commutes	-0.1303	-2.21	0.027**
Socio-Demographic	Child Population	0.0011	9.06	0.000***
	Elementary Student Density	-0.0002	-5.07	0.000***
	Residential Building Density	0.0001	2.56	0.010***
	Commercial Building Density	0.0000	0.48	0.634
	Office Building Density	-0.0013	-1.84	0.066
	Land Use Mix (LUM)	-0.1757	-3.79	0.000***
_cons		1.3193	14.00	0.000***
Number of obs			555	
Alpha			0.098	
Chibar2			48.79***	
Log Likelihood			-1256.108	
AIC			2569.938	
BIC			2721.038	

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

역, 특히 학교 주변이나 초등학교 통학구역의 중심지에서 학생들이 더 집중되어 있다고 해석할 수 있다. 초등학생 밀도와 관련된 결과는 교통시설과 안전 변수인 대로 면적과 도로 폭의 결과와 비슷한 관점으로 접근할 수 있다. 대로의 면적이 클수록, 그 지역이 교통 안전을 위해 보다 체계적인 조치를 갖추고 있을 가능성이 커지며, 이는 횡단보도, 안전 표지판과 같은 교통 안전 시설이 잘 갖추어져 있음을 의미한다. 마찬가지로, 초등학생 밀도가 높은 것은 해당 지역에 안전 조치가 잘 구현되어 있을 가능성을 높이며, 이러한 조치들이 교통사고 발생 위험을 줄이는 데 기여한다. 이는 초등학생 밀도가 교통사고 발생에 음(-)의 영향을 미치는 이유가 될 수 있다.

주거용 건물 밀도와 토지이용혼합도에 대한 결과는 각각 주거용 건물 밀도는 교통사고에 정(+)의 영향을, 토지이용혼합도는 부(-)의 영향을 미친 것으로 나타났다. 높은 인구 밀도의 주거 지역은 보행자와 차량의 접촉이 빈번히 발생하는 곳이다. 이러한 특징에 따라 일반적으로 주거 지역에서는 차량의 속도를 줄이고 보행자의 안전을 보장하기 위한 교통안전 시설이 필요하지만, 동시에 밀집된 주거 환경으로 인해 해당 시설들의 설치가 어렵거나 불충분할 수 있다. 결과적으로, 주거용 건물 밀도가 교통사고 발생에 정(+)의 영향을 미치는 것은 이러한 지역의 구조적 특성과 관련이 있다고 볼 수 있다.

반면, 토지이용혼합도가 교통사고 발생에 음(-)의 영향을 미치는 결과는, 다양한 용도의 토지가 혼합된 지역이 교통안전 측면에서 상대적으로 이점을 가질 수 있음을 알 수 있다. 이러한 지역에서는 주거, 상업, 업무 등 다양한 활동이 공존하며, 차량의 속도를 줄이고 보행자의 안전을 증진시키는 환경이 조성될 수 있다. 주거용 건물에 대한 결과와는 달리 주거, 상업, 업무 지역의 혼합도가 높은 경우, 교통안전 시설이나 표지의 설치에 있어서도 주거시설보다는 더 유연하다는 지역적 특징은 차량의 속도를 줄이고 교통

사고의 노출을 줄일 수 있다. 또한, 이러한 지역은 보행자의 접근성을 높이고 차량 의존도를 낮추는 효과가 있어, 전반적으로 교통사고 발생을 감소시킬 수 있다.

5. 결 론

5.1 연구의 종합

본 연구는 서울시 내 초등학교 통학구역을 분석 단위로 설정하여, 통학구역 내의 다양한 근린환경이 어린이 보행자 교통사고 발생에 미치는 영향을 음이항 회귀분석을 통해 분석하였다. 연구 결과는 교통시설 및 안전변수, 보행유발변수, 통학경로 위험변수, 인구사회변수 등 네 가지 주요 범주에 걸쳐 어린이 보행자 교통사고 발생과의 관련성을 밝혔다. 주요 결과와 시사점은 다음과 같다.

첫째, 교통시설 및 안전변수 중에서는 도로폭과 제한속도가 음(-)의 관련성을, 안전표지는 정(+)의 관련성을 보였다. 다만 이러한 결과를 각 변수의 직접적인 효과로 단정하기는 어렵다. 도로폭과 제한속도의 음(-)의 관련성은 해당 변수 자체가 어린이 보행 안전을 높인다고 보기보다, 통학구역 내 도로 위계의 구성 방식과 실제 어린이 보행이 집중되는 구간의 차이, 그리고 보행 노출의 공간적 분포가 함께 반영된 결과로 해석할 필요가 있다. 또한 안전표지의 정(+)의 관련성 역시 안전표지 자체가 사고를 증가시킨다기보다, 사고위험이 높거나 교통안전 관리의 필요성이 큰 지점에 관련 시설이 우선적으로 설치되었을 가능성을 함께 보여주는 결과로 이해하는 것이 적절하다. 따라서 본 연구의 결과는 교통안전시설의 단순한 양적 확대 자체보다, 위험지점의 특성과 시설 배치가 어떠한 방식으로 중첩되어 나타나는지를 함께 고려할 필요가 있음을 시사한다.

둘째, 보행유발변수에서는 학원 밀도가 정(+)의 관련성을 보였고, 통학경로 위험변수에서는 대로 이

상의 큰 도로를 통과하는 경로 비율이 정(+)의 관련성을 나타냈다. 반면 보행등이 포함되지 않은 경로의 비율과 20분 이상 소요되는 통학경로 비율은 음(-)의 관련성을 보였다. 그러나 이 역시 곧바로 보행등이 없는 경로가 더 안전하거나 장거리 통학경로가 사고위험을 낮춘다고 해석하기는 어렵다. 보행등이 설치된 경로는 대로 횡단부, 교차로, 보행 집중지점 등 원래 위험이 높은 위치를 더 많이 포함하고 있을 가능성이 있으며, 20분 이상 소요되는 장거리 통학경로의 경우 실제로는 보호자 동행이나 차량 이용 등 다른 통학수단이 선택되었을 가능성이 함께 반영되었을 수 있다. 반면 대로 이상의 큰 도로를 통과하는 경로 비율의 정(+)의 관련성은 학교 주변의 시설 유무만으로는 포착되기 어려운 위험이 실제 이동경로 속에서 형성될 수 있음을 보여준다. 따라서 초등학교 통학구역의 설정과 통학안전 대책 수립 과정에서는 학교 인접부분 아니라 어린이의 실제 이동경로와 생활권 내 보행환경을 함께 고려할 필요가 있다.

인구사회변수 분석 결과 어린이 인구수와 초등학교생 밀도의 상반된 영향력은 교통사고 위험을 관리하는 데 있어서 인구 밀집도와 분포를 함께 고려한 접근이 필요함을 시사한다. 전체 초등학교 통학구역에 걸쳐 어린이 인구수가 높을 경우 교통사고 위험이 증가한다는 결과는 교통안전 시설의 지역적 분포와 접근성을 개선할 필요가 있음을 나타낸다. 반면, 초등학교생 밀도가 높은 지역에서 교통사고 발생이 낮다는 발견은 특정 지역에 집중된 어린이 인구를 위한 교통안전 시설 및 조치가 효과적일 수 있음을 보여준다. 해당 결과를 종합하면, 교통안전 대책은 초등학교 통학구역 전반에 걸쳐 균형 있게 검토하되, 특히 어린이 보행이 집중될 가능성이 높은 학교 주변, 주요 통학경로, 대로 횡단 구간, 학원 밀집 지역 등을 중심으로 보다 정교하게 마련될 필요가 있다.

5.2 연구의 한계점

본 연구는 초등학교 통학구역을 분석 단위로 적용하여, 어린이들이 실제로 통학하고 생활권 내에서 보행하는 환경을 함께 고려할 필요성을 제기하였다는 점에서 의의를 가진다. 다만 본 연구의 결과를 해석하는 과정에서는 다음과 같은 한계도 함께 고려할 필요가 있다.

첫째, 본 연구는 서울시를 대상으로 2013~2018년 자료를 활용하여 수행되었다. 서울은 다른 지역에 비해 인구 밀도, 차량 통행량, 토지이용의 복합성이 높은 도시이므로, 이러한 도시적 특성이 어린이 보행 교통사고의 발생 양상에 일정 부분 반영되었을 가능성이 있다. 또한 독립변수는 2018년 시점을 기준으로 수집된 자료를 활용하였기 때문에, 본 연구의 결과는 서울시 사례와 해당 시기의 도시환경을 중심으로 해석할 필요가 있다.

둘째, 본 연구의 통학경로 위험 변수는 GIS 네트워크 분석을 통해 구축한 추정 통학경로를 바탕으로 산정되었고, 보행 유발 요인 역시 학원, 공원, 대규모 점포, 버스정류장, 병원 등 생활권 시설을 포괄적으로 반영한 자료에 기반하고 있다. 이에 따라 실제 통학 과정에서의 주정차 차량, 공사 구간, 보호자 동행 여부, 친구와의 동행, 학원 차량 이용, 개별 경로 선호와 같은 이동행태 특성, 가로 단위의 보행환경, 보도 단절, 불법 주정차, 시야 확보 등 보다 미시적인 환경 특성은 충분히 반영되지 못했을 수 있다. 특히 학원을 제외한 대부분의 보행 유발 요인이 통계적으로 유의하지 않게 나타난 점은, 초등학교생 연령대의 실제 활동 반경과 목적지를 보다 정밀하게 반영한 변수 구성이 필요함을 시사한다.

셋째, 본 연구는 어린이 보행 교통사고를 사망, 중상, 경상 등 사고 심각도별로 구분하지 않고 총 사고 건수를 종속변수로 활용하였다. 따라서 본 연구의 결과는 통학구역 단위에서 사고 발생과 근린환경 변

수들 사이에 나타난 평균적인 관련성을 보여주는 것이며, 사고 심각도에 따라 유의한 독립변수나 계수의 방향이 달라질 가능성은 존재한다. 특히 안전표지와 같은 교통안전시설 변수는 사고 발생 자체와 사고 심각도에 대해 서로 다른 양상으로 작동할 수 있으므로, 후속 연구에서는 사고 심각도별 자료를 구분한 분석이 필요하다.

이러한 점을 고려할 때, 후속 연구에서는 GPS, 통행일지, 설문조사 등을 결합하여 어린이의 실제 통학 및 하교 이후 생활권 이동을 보다 정확하게 파악할 필요가 있다. 또한 어린이공원, 놀이터, 문구점, 패스트푸드점 등 아동의 실제 활동 반경과 밀접한 시설 변수를 활용하고, 이미지 기반 가로환경 분석과 보다 세분화된 공간 자료를 적용함으로써 초등학교 통학구역 내 미시적·거시적 특성을 함께 반영할 필요가 있다. 아울러 인접한 통학구역 간 공간적 연관가능성과 지역별 관계의 차이를 보다 정교하게 검토하기 위해, 후속 연구에서는 공간회귀모형이나 GWR, MGWR 등을 적용한 분석도 필요하다.

참고문헌

- 고동원·박승훈(2019), “어린이 보호구역 내 발생한 보행자 교통사고에 영향을 미치는 근린환경특성”, 「한국콘텐츠학회논문지」, 19(10): 179~189.
- _____ (2021), “어린이보호구역 내 도로 및 교통안전시설이 보행자 교통사고에 미치는 영향 분석: 공간포아송모형을 이용하여”, 「한국콘텐츠학회논문지」, 21(11): 213~223.
- 권지혜·박승훈(2018), “안전한 통학로 환경 조성을 위한 보행자 교통사고와 건조 환경과의 연관성 연구: 공간회귀모형을 활용하여”, 「한국지역개발학회지」, 30(5): 75~96.
- 김동식·권예진·박현우(2023), “어린이보호구역 내 교통안전시설의 구간별 위치 및 높이에 따른 특성에 관한 연구: 서울특별시에 위치한 어린이보호구역 사고 다발지를 중심으로”, 「한국실내디자인학회 논문집」, 32(1): 171~184.
- 김승남·안건혁(2010), “초등학생의 통학수단 선택 특성 및 영향요인에 관한 고찰: 서울특별시 초등학교 주변 근린에 대한 형태학 기반 사례조사를 중심으로”, 「한국도시설계학회지 도시설계」, 11(3): 93~112.
- 김중효·홍순진·이호원·주두환(2015), “어린이 교통사고 예방을 위한 교통안전시설 연구”, 「대한교통학회 제72회 학술발표회」, 98-101.
- 민우근·박병정(2021), “어린이공원 접근로 어린이교통사고 영향요인 분석”, 「대한교통학회 제84회 학술발표회」, 115~116.
- 박정철·송제룡·김혜원(2018), “원거리 통학 유발하는 초등학교 통학구역 개선방안”, 「이슈 & 진단」, 330: 1~27.
- 박병호·한상욱·김태영·김원호(2008), “사고유형에 따른 청주시 4지 신호교차로 교통사고모형”, 「대한교통학회지」, 26(5): 153~162.
- 박재영·김도경(2010), “어린이 보호구역에서의 차량 속도위반 특성 분석”, 「한국도로학회논문집」, 12(2): 63-69.
- 박진희·이상호(2012), “근린환경 내 어린이의 방과 후 이동패턴 및 신체활동 연구: 초등학교 어린이를 대상으로 한 매핑 방법을 이용하여”, 「대한건축학회 논문집: 계획계」, 28(7): 115~123.
- 배민경·박승훈(2018), “무단횡단 교통사고를 유발하는 가로환경요인에 관한 연구”, 「한국지역개발학회지」, 30(2): 177~191.
- 서지민·이수기(2016), “서울시 보행자 교통사고에 영향을 미치는 물리적 환경요인에 관한 연구: 2014 TAAS 자료를 중심으로”, 「국토계획」, 51(3): 197~216.
- 손동필·채한희·이경환(2019), “초등학생 통학수단 및 통학경로에 영향을 미치는 근린환경요인 분석: 오산시 대호초등학교 근린지역을 대상으로”, 「한국도시설계학회지 도시설계」, 20(5): 71~83.
- 원재용·전재범(2017), “경매주택이 주변 주택가격에 미치는 영향: 미국 캘리포니아 로스앤젤레스도시를 사례로”, 「부동산정책연구」, 18(3): 51~68.
- 원종석(2020), “초등학교 학구의 주거 환경 특성이 학업성취도에 미치는 영향: 서울시 노원구 사례를 중심으로”, 「한국도시설계학회지 도시설계」, 21(1): 69~84.
- 유원창·온영태(2007), “초등학교를 중심으로 하는 근린중심공간 형성을 위한 연구”, 「한국도시설계학회지 도시설계」, 8(4): 55~72.

18. 이세영·이제승(2014), “어린이·노인 보행자 교통안전을 위한 근린환경요인”, 「한국도시설계학회지 도시설계」, 15(6): 5~15.
19. 이소민·오성훈(2025), “보행환경의 물리적 특성이 고령자의 보행거리에 미치는 영향 분석: 미시적 가로공간 분석을 기반으로”, 「토지구획연구」, 16(1), 73-89.
20. 이재준(2010), “음이향 혼합회귀모형을 이용한 교통사고 자료분석 연구”, 「Journal of The Korean Data Analysis Society」, 12(3): 1485~1498.
21. 이화룡·동재욱(2011), “개발지내 학교 적정배치를 위한 학생 통학권역 설정에 관한 연구”, 「대한건축학회 논문집: 계획계」, 27(6): 77~84.
22. 이환진·유초룡(2023), “어린이 보행 교통사고 영향요인 분석과 개선방안에 관한 연구: 부산광역시 어린이 보호구역을 벗어난 통학권역을 중심으로”, 「대한교통학회지」, 41(4): 440~457.
23. 정재풍·최종후(2014), “교통사고건수에 대한 포아송 회귀와 음이향 회귀모형 적합”, 「Journal of the Korean Data Analysis Society」, 16(1): 165~172.
24. 채한희·이경환·고은정(2020), “초등학교 근린 내 어린이와 학부모의 통행특성과 활동범위, 생활패턴 비교 분석: 서울시 강서구 신곡초등학교 일대를 대상으로”, 「대한건축학회 논문집: 계획계」, 36(2): 87~96.
25. 최기석(2021), “학생수 감소에 따른 학교 재배치에 대한 연구: 서울시 초등학교 사례를 중심으로”, 「도시재생」, 7(1): 41~63.
26. 황선근·이수기(2021), “서울시 자전거 교통사고의 물리적 환경요인 분석”, 「국토계획」, 56(5): 83~96.
27. Blazquez, C., J. S. Lee and C. Zegras (2016), “Children at Risk: A Comparison of Child Pedestrian Traffic Collisions in Santiago, Chile, and Seoul, South Korea”, *Traffic Injury Prevention*, 17(3): 304~312.
28. Cohen, J., P. Cohen, S. G. West and L. S. Aiken (2013), *Applied Multiple Regression/Correlation Analysis for the Behavioral Sciences*, New York: Routledge.
29. Cox, D. R. (1983), “Some Remarks on Overdispersion”, *Biometrika*, 70(1): 269~274.
30. Elias, W. and Y. Shifan (2014), “Analyzing and Modeling Risk Exposure of Pedestrian Children to Involvement in Car Crashes”, *Accident Analysis & Prevention*, 62: 397~405.
31. Frank, L. D. and G. Pivo (1994), “Impacts of Mixed Use and Density on Utilization of Three Modes of Travel: Single-Occupant Vehicle, Transit, and Walking”, *Transportation Research Record*, 1466: 44~52.
32. Hwang, J., K. Joh and A. Woo (2017), “Social Inequalities in Child Pedestrian Traffic Injuries: Differences in Neighborhood Built Environments Near Schools in Austin, TX, USA”, *Journal of Transport & Health*, 6: 40~49.
33. Kim, H., J. Jang and Y. Choi (2022), “Spatial Analysis of Collision Risk of Child Pedestrians: A Case of Urban Elementary School Districts in Busan, Korea”, *Travel Behaviour and Society*, 29: 165~175.
34. Perry, C. A. (1929), “City Planning for Neighborhood Life”, *Social Forces*, 8(1): 98~111.
35. Yiannakoulis, N. and D. M. Scott (2013), “The Effects of Local and Non-Local Traffic on Child Pedestrian Safety: A Spatial Displacement of Risk”, *Social Science & Medicine*, 80: 96~104.
36. 국토교통부, “공간정보 오픈플랫폼 브이월드(V-World)”, 2024.2.1. 읽음. <https://www.vworld.kr>.
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, “V-World Spatial Information Open Platform”, Accessed February 1, 2024. <https://www.vworld.kr> (in Korean).
37. 국토교통부, “국가교통정보센터”, 2024.2.1. 읽음. <https://www.its.go.kr>.
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, “National Transport Information Center”, Accessed February 1, 2024. <https://www.its.go.kr> (in Korean).
38. 서울특별시, “서울 열린데이터광장”, 2024.2.1. 읽음. <https://data.seoul.go.kr>.
Seoul Metropolitan Government, “Seoul Open Data Plaza”, Accessed February 1, 2024. <https://data.seoul.go.kr> (in Korean).
39. 한국도로교통공단, “교통사고분석시스템(TAAS)”, 2024. 2.1. 읽음. <https://taas.koroad.or.kr>.
Korea Road Traffic Authority, “Traffic Accident Analysis System (TAAS)”, Accessed February 1, 2024. <https://taas.koroad.or.kr> (in Korean).
40. 행정안전부, “공공데이터포털”, 2024.2.1. 읽음. <https://www.data.go.kr>.
Ministry of the Interior and Safety, “Public Data Portal”, Accessed February 1, 2024. <https://www.data.go.kr> (in Korean).

요약

통학로에서 발생하는 어린이 보행 교통사고에 대한 관심은 지속되어 왔지만, 기존 연구는 주로 학교 주변, 어린이 보호구역, 사고다발지에 초점을 두어 초등학생의 실제 통학과 생활권 이동이 이루어지는 보다 넓은 공간적 맥락을 충분히 반영하지 못한 한계가 있었다. 이에 본 연구는 서울시 초등학교 통학구역을 분석 단위로 설정하고, 통학구역 내의 교통시설, 보행 유발 요인, 통학경로 위험, 인구사회 요인이 보행 어린이 교통사고와 어떠한 관련성을 가지는지를 분석하였다. 분석 대상은 서울시 555개 초등학교 통학구역이며, 2013년부터 2018년까지 발생한 7세에서 12세 보행 어린이 교통사고 2,694건을 활용하였다. 연구 방법으로는 음이항 회귀분석을 적용하였고, GIS 네트워크 분석을 통해 주거지에서 학교까지의 추정 통학경로를 구축하여 통학경로 위험 변수를 도출하였다. 분석 결과, 학원 밀도와 대로 이상의 도로를 통과하는 통학경로 비율은 교통사고 발생과 정(+)의 관련성을 보였으며, 도로폭, 보행등이 포함되지 않은 경로의 비율, 20분 이상 통학경로 비율, 초등학생 밀도, 토지이용혼합도 등 일부 변수는 음(-)의 관련성을 나타냈다. 또한 어린이 인구수, 주거용 건물 밀도, 안전표지는 정(+)의 관련성을 보였다. 다만 일부 변수의 계수 방향은 해당 변수 자체의 직접적 효과로 단정하기보다, 기존 위험수준, 시설의 선제적 설치, 실제 보행 노출의 공간적 분포, 통학수단 선택 차이 등이 함께 반영된 결과로 해석할 필요가 있다. 이러한 결과는 어린이 보행안전이 학교 주변의 제한된 범위만으로는 충분히 설명되기 어렵고, 초등학교 통학구역 전반의 생활권 환경과 실제 이동경로를 함께 고려할 필요가 있음을 시사한다. 본 연구는 초등학교 통학구역을 어린이 보행안전 분석의 유의미한 공간 단위로 제시하였다는 점에서 의의가 있으며, 향후 통학환경 계획과 교통안전정책 수립에 실질적 시사점을 제공한다.

주제어: 초등학교 통학구역, 보행 안전, 보행 어린이 교통사고, 통학경로, 음이항 회귀분석