

# 택시 영상DB를 활용한 교통약자 보행자 사고의 심각도 분석

정재훈 · 설재훈 · 최성택\* · 노정현\* · 이지선†

한국교통연구원 · \*한양대학교 도시·부동산 대학원  
(2014. 1. 10. 접수 / 2014. 6. 5 채택)

## Severity Analysis for Vulnerable Pedestrian Accident Utilizing Vehicle Recorder Database of Taxi

JaeHoon Chung · Jaehoon Sul · SungTaek Choi\* · JeongHyun Rho\* · Jisun Lee†

The Korea Transport Institute · \*Graduate School of Urban & Real Estate, Hanyang University

(Received January 10, 2014 / Accepted June 5, 2014)

**Abstract :** This study proposes severity analysis for pedestrian accidents by improving variables which were used for general severity analysis. The existing variables were collected based on the interviews with policeman or witnesses and evidence of accidents. Therefore, existing variables were subjective and had several measurement errors. In order to improve such problems, this study collected variables from vehicle recorder of taxi which recorded the moment of accidents. As a result, explanatory power of independent variables was enhanced and the complete objective variables could be collected. After collecting variables, ordered probit model was developed by utilizing vehicle recorder database. Fitness of ordered probit model was 0.23. Vehicle speed and pedestrian's eye direction variables were the most critical factors for severity of pedestrian accident. In addition, severity analysis for vulnerable pedestrian was carried out. As a result, it was revealed that vehicle speed, pedestrian's eye direction and safety zone variables affected the severity of pedestrian accidents most. Particularly, vehicle speed variable is the most important factor. Consequently, driver's defensive driving and compliance to the regulations are the priority to reduce severity of pedestrian accidents and prevent pedestrian accident.

**Key Words :** severity analysis, ordered probit model, pedestrian accident, vulnerable pedestrian, vehicle recorder

### 1. 서론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

기술의 발전과 이에 따른 승용차 보급률의 비약적인 증가로 인해 시민들의 1일 생활권은 더욱 확대되고 이에 따른 이동의 편리성도 크게 향상되고 있다. 그러나 이러한 현상은 차량의 증가로 인한 교통사고 증가라는 사회적 문제를 야기하고 있다. 교통사고는 크게 차량 간 사고와 차량 대 사람 사고(이하 보행자 사고) 등 2가지로 구분할 수 있다. 차량 간 교통사고는 차량성능의 향상 및 안전장치의 개발로 인해 사고발생 확률 및 위험성이 감소하는 추세이다. 반면 보행자 사고는 여전히 높은 위험성에 노출되어 있다. 도로 교통공단의 교통사고 통계분석(2012)에 따르면 1990년 이후 발생한 사망사고 177,056건 중 보행자 사고는 45.5%로 가

장 높은 비율을 차지하고 있다. 연도별 사고 발생의 추세를 살펴보면 총 사고와 보행자 사고는 모두 2003년을 기점으로 2009년까지 지속적으로 감소하다가 2010년부터 소폭 증가하는 추세이다. 그러나 그림 1과 같이 전체사고 대비 보행자 사고가 차지하는 비율은 2010년 38%, 2011년 39%로 소폭 증가하고 있다.<sup>1)</sup> 이러한 수치는 선진국에 비해 후진국 형 교통사고인 보행자 사고, 즉 차대사람 사고의 비중이 높음을 의미하며 특히 최근 3년간 사고비율이 오히려 증가하였음을 시사한다.

이러한 보행자 사고 중에서도 어린이와 고령자들이 입는 피해는 더욱 치명적이다. Chandler(1998)는 어린이, 고령자 등의 교통약자가 보행 중 사고를 당할 경우, 차량에 탑승해서 발생하는 사고보다 사망확률이 30배 이상 높다고 제시하였다.<sup>2)</sup> 또한 부상확률은 차량 간 사고보다 약 70% 더 높다고 주장하였다. 이러한 관

† Corresponding Author : Jisun Lee, Tel : +82.31.910.8407, E-mail : jisun\_lee@koti.re.kr  
The Korea Transport Institute, 315, Goyangdaero, Ilsanso-gu, Goyang-si 411-701, Korea

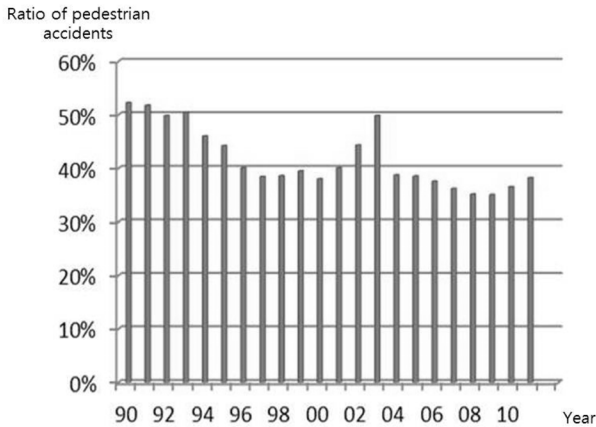


Fig. 1. Annual ratio of pedestrian accidents

점에서 보행자 사고 특히, 어린이와 고령자 등의 교통약자에 대한 사고는 더욱 비중 있게 다루어져야 할 필요가 있으며 사고 감소를 위한 노력이 다방면에 걸쳐 지속되어야 한다.

이러한 맥락에서 국내·외에서는 보행자 사고의 치명도와 사고를 유발시키는 요인을 규명하는 연구가 지속적으로 수행되었다. 사고를 유발시킨 다양한 인적요인(연령, 성별, 음주여부 등), 차량요인(차종, 차량중량, 사고유형 등), 도로 환경적 요인(날씨, 시각, 토지유형, 차로수 등) 등과 사고의 치명도(Fatal)와의 관계를 규명하여 보행자 사고 건수와 치명적 상해를 감소시키고자 하였다. 그러나 기존 연구에서 사용된 대부분의 자료는 사고 발생 후 경찰관의 인터뷰 방식에 의해 조사된 자료이다. 이로 인해 기존 연구는 다음과 같은 두 가지 한계점을 가진다. 첫째, 사고 후 조사된 자료이기 때문에 사고 당시의 객관적 상황을 정확히 묘사할 수 없다. 둘째, 사고 조사 시 수집된 항목만을 모형의 변수로 활용할 수 있다. 즉, 사고를 유발하는 다양한 조건 및 요소가 있다 하더라도 사고 순간을 정확히 규명할 수 있는 자료가 없기 때문에 기존에 수집된 변수는 한계를 갖게 된다. 이를 해결하고 보행자 사고 치명도와 보행자 사고유발요인과의 관계를 명확히 규명하기 위해서는 보다 객관적인 자료를 이용하여 사고가 발생하는 과정을 면밀히 관찰하는 연구가 요구된다.

따라서 본 연구는 사고 순간의 상황을 그대로 녹화한 차량용 영상데이터(이하 블랙박스 자료)를 활용하고자 한다. 블랙박스는 주행 중에 발생하는 차량 내부 장치의 모든 상태정보를 주기적으로 수집, 저장하여 정보를 제공해 주는 장치이다. 이러한 블랙박스의 자료를 수집하여 사고 발생 이전의 순간 상황과 사고 발생 이후의 상황을 상세히 조사하여 데이터를 수집하였다. 이를 통해 보다 객관적이며 기존 자료에서는 추출

할 수 없는 다양한 사고관련 요소를 도출하고자 한다. 또한, 보행자 사고에 노출되어 있는 교통약자를 14세 이하 어린이와 65세 이상 고령자로 분류하여 각 그룹별 사고 심각도 영향 요인을 도출하였다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서 활용된 블랙박스 자료(2010~2011년)는 인천시에서 발생한 총 484건의 택시 관련 보행자 사고 자료이다. 자료의 특성은 다음과 같다. 첫째, 인천 도시부 교통사고를 중심으로 수집하였다. 도심부 특성상 유동인구, 교통량이 많아 교통사고 발생시 충돌속도는 비교적 저속인이다. 고속도로나 인적이 드문 곳에서 발생한 사고는 제외하였다. 둘째, 평균 차량규격 폭 1,835mm, 중량 1,400kg 높이 1,470mm 이하에 해당하는 영업용 차량을 중심으로 수집하였다.

본 연구를 위한 진행과정은 크게 3가지로 구성된다. 첫째, 보행자 사고심각도와 관련된 기존문헌 검토를 통해 모형의 구조와 설명변수에 대한 기본 틀을 설정하였다. 둘째, 본 연구의 주요한 착안점인 블랙박스 영상DB를 활용하여 보행자 사고에 미치는 미시적인 변수를 도입하고, 향후 분석에 반영하였다. 셋째, 추가 도입된 변수들을 활용하여 사고 심각도 모형을 정산하고 모형의 통계적 검증을 수행하였다. 수행된 결과를 토대로 교통약자 보행사고의 주요 요인과 시사점을 제시하였다.

## 2. 기존문헌 고찰

### 2.1 기존문헌 검토

국외 연구는 1990년대부터 보행자 사고와 관련된 다양한 연구가 꾸준히 진행되어 왔다. Zhang(2000)은 운전자 연령에 따른 사고에 대해서 캐나다의 교통국 자료를 이용하여 심각도에 미치는 영향요인을 분석하였다. Cross-Section analysis 방법으로 연령, 과속여부, 안전벨트 여부, 시각, 도로선형, 노면상태 등의 변수를 사용하였다.<sup>3)</sup>

Al-Ghamdi(2002)는 사우디아라비아에서 발생한 보행자 사고 자료와 계층화된 분할 표(Stratified Contingency Table)를 이용하여 사고 심각도 유발 요인을 분석하였다. 특히 사고 시간대별 심각도, 도로종류별 심각도에 대한 분할표를 작성하였으며 카이스퀘어 검정을 통해 유의성을 검토하였다.<sup>4)</sup>

Zajac & Ivan(2003)은 순서형 프로빗 모형(Ordered probit model)을 활용하여 지방부 도시에서 발생한 사고를 분석하였다. 특히 공간적인 특성과 도로의 종류

가 보행자 사고의 심각도에 미치는 영향을 연구하였다. 활용한 변수는 차량종류, 음주여부, 65세 이상 보행자, 도로 횡단구성요소 등 이었다.<sup>5)</sup>

Shankar(2003)은 음이항 회귀모형과 (Negative Binomial Regression Model) ZIP모형(Zero Inflated Poisson)모형을 활용하여 보행자 사고예측모형을 제안하였다. 사용변수는 일교통량, 신호등 간격, 조명 여부, 중앙 회전차로의 존재유무 등이었으며 연구 결과 ZIP모형이 더 적합하다고 결론지었다.<sup>6)</sup>

Li-Yen(2006)은 보행자 사고심각도 분석을 위해서 회귀모형이 가지는 가정의 한계와 독립변수와 종속변수간의 확률적 오차 때문에 데이터 마이닝 기법 중 하나인 카트(Cart)분석을 활용하였다. 나이 및 성별, 차량종류, 주변부 환경, 충격유형 등의 변수를 선정하였다.<sup>7)</sup>

Kim(2008)은 경찰청 자료를 이용하여, 보행자 사고에 미치는 영향을 분석하였다. 특히 연령에 따른 특징, 약물복용여부, 교통신호, 상업지역, 조명정도 등의 변수를 사용하여 보행자 치명도에 미치는 영향을 다항 로짓모형(MNL)과 이분산성 로짓모형(HET)을 통해 분석하였다.<sup>8)</sup>

국내 연구는 주로 교통사고 영향 요인 규명과 이를 통한 교통사고 예측모형에 대한 연구가 주를 이루었다. 최재성 외(2009년)은 순서형 로짓 모형(Ordered Logit Model), 박정순(2011)은 순서형 프로빗 모형(Ordered Probit Model)을 이용해 사고 심각도 요인을 분석하였다.<sup>9),10)</sup> 순서형 모형은 경상, 중상, 사망 등의 순서화된 다항 변수를 다룰 수 있다는 장점이 있다. 단, 연구의 자료로 활용된 사고 자료는 경찰청에서 제시하는 사후 사고 자료를 사용하여 변수 선정에 있어서 큰 차별성을 가지지 못하였다. 이러한 자료의 불확실성을 보완하기 위한 방법으로 신경망 이론을 적용한 모형이 제안되기도 하였다. 오철(2006)은 차중, 충돌속도, 연령 등 3개의 변수를 바탕으로 보행자 사망확률 모형을 베이지안 신경망 모형을 통해 개발하였다. 또한 로지스틱 회귀모형과 비교검증 한 뒤 신경망 모형의 적중률이 우수함을 밝혔다.<sup>11)</sup>

김장욱(2006)은 퍼지 및 신경망 이론을 이용해 교통사고 예측 모형을 개발하였다. 마찬가지로 기존의 회귀모형과 비교 검증한 결과, 신경망 이론의 설명력이 우수하다고 제시하였다. 그러나 모형의 설명변수가 교통량과 도로 기하 구조 변수로 다소 제한적인 면이 존재하였다.<sup>12)</sup>

## 2.2 기존 연구와의 차별성

기존 연구는 이용 가능한 교통 수단과 보행자 사고

와 연관성이 존재하는 변수들을 활용해 보행자 사고 심각도의 영향요인을 규명하고자 했다. 이를 위해 다양한 분석모형을 적용하였으나 연구에 활용된 변수는 큰 차별성을 보이지 못한다는 한계점이 존재하였다. 즉, 사고를 유발하고 심각도에 영향을 주는 영향인들이 유사하게 도출되었으며 영향 정도와 인자들 간의 인과 관계만이 차별화되어 도출되었을 뿐이었다. 이는 연구에 활용된 교통사고 자료가 사후 경찰관에 의해 조사된 인터뷰 자료이며 이를 제외하면 연구에 활용 가능한 객관적인 조사 자료는 매우 부족한 상황이기 때문이다.

본 연구에서는 이러한 자료의 한계점을 극복하기 위해 사고의 순간을 좀 더 명확히 파악할 수 있는 객관성 있는 자료를 이용하여 사고 치명도에 미치는 영향을 분석하였다. 앞서 밝혔듯이 기존의 자료들은 대부분 사고발생 후 경찰관 인터뷰에 의해 수집된 사고 자료이다. 그러므로 조사된 자료는 사고 당시의 상황을 묘사하기에는 객관성이 떨어진다고 할 수 있다. 따라서 본 연구는 사고 당시의 상황을 객관적으로 파악하고 기존 조사에서는 수집하지 못한 다양한 사고 유발 요인을 블랙박스 자료를 활용하여 모형의 변수로 고려하였다. 블랙박스 자료를 활용한다면 운전자 또는 보행자의 교통법규 위반 여부, 보행자의 차량 응시 여부, 사고 당시의 주변상황 등을 녹화 영상을 통해 정확히 파악할 수 있고 이러한 요소들과 사고 심각도 간의 상관관계를 보다 명확하게 규명할 수 있다. 위와 같은 변수는 기존의 경찰 인터뷰 방식을 통해서도 수집이 어려울 뿐만 아니라 수집된다 하더라도 목격자의 증언이 아닌 이상 객관성을 확보하기 힘들다.

또한 보행자 사고 발생 시 상대적으로 많은 위험과 부상에 노출되어 있는 교통약자의 사고 심각도 유발 요인분석도 수행하였다. 이를 위해 일반 성인과의 비교 검증을 통해 어떠한 요인에 의해 더 많은 피해를 입는지 분석하고 사고 심각도를 경감시킬 수 있는 방안을 강구하고자 한다.

## 3. 연구방법론

### 3.1 분석 모형

본 연구에서는 순서형 프로빗 모형을 사용하였다. 그 이유는 첫째, 본 연구에서 활용하는 종속변수와 독립변수는 확률적 관계이기 때문에 로짓 모형, 혹은 프로빗 모형을 통해 영향관계를 규명해야 한다. 본 연구에서는 효용의 확률성분에 따라 구분되는 두 개의 모형 누적 정규분포를 가정하는 프로빗 모형(Probit

Model)을 사용하였다. 둘째, 종속변수는 사고의 심각정도를 나타내는 순서형 변수이기 때문이다. 즉, 종속변수가 이항( $y=0,1$ )이 아닌 다항( $y=0,1,2,3,4$ )이기 때문에 순서형 모형구조가 적합하다. 종속변수인 사고의 심각정도는 아래와 같이 총 5로 분류하였다.

$$\begin{aligned}
 y &= 0 \text{ if } y^* \leq \mu_1 \text{ (응급처치)} \\
 &= 1 \text{ if } \mu_1 \leq y^* \leq \mu_2 \text{ (경상)} \\
 &= 2 \text{ if } \mu_2 \leq y^* \leq \mu_3 \text{ (중상)} \\
 &= 3 \text{ if } \mu_3 \leq y^* \leq \mu_4 \text{ (부상)} \\
 &= 4 \text{ if } \mu_4 \leq y^* \text{ (사망)}
 \end{aligned}$$

순서형 프로빗 모형의 기본구조는 아래와 같다.

$$y^* = \beta x_i + \varepsilon_i$$

여기서  $y^*$ 는 종속변수이며 이는 측정 가능한 효용( $\beta x_i$ )과 측정 불가능한 효용( $\varepsilon_i$ )으로 구성된다.  $x_i$ 는 설명변수,  $\beta$ 는 각 변수의 계수,  $\varepsilon$ 는 정규분포를 따른 허용오차이다. 허용오차는 누적분포를 따르는  $\Phi(\cdot)$  로 정의의 하고 밀도함수는  $\phi(\cdot)$ 라고 정의 내릴 때, 각 대안의 선택확률은 아래 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$Prob(y = n) = \phi(\mu_n - \beta'x) - \phi(\mu_{n-1} - \beta'x)$$

### 3.2 자료수집 및 변수선정

본 연구에서 수집한 블랙박스 영상자료는 2010년과 2011년에 인천에서 발생한 484건의 보행자사고 자료이다. 본 자료는 인천시 택시공제조합에서 2010년과 2011년 택시로 인하여 발생한 사고에 한해서 제공받은 자료이며 이중 교통약자의 사고건수는 171건, 비 교통약자는 313건의 사고영상을 수집하였다. 수집된 영상은 X-Driven이라는 프로그램으로 작성된 녹화된 영상을 사용하였다. X-Driven은 영상화면, 사고 일시, 속도의 변화, 차량 속도, GPS지도, 음성정보, 사고의 위도 및 경도에 대한 7가지 사고정보를 제공한다. 따라서 해당 자료에서는 사고순간의 영상, 사고일시, 사고 직전 속도, 사고 위치 등의 정보획득이 가능하며 사고 전후의 상황을 객관적으로 수집할 수 있는 장점을 가지고 있다. 사고데이터는 인천시 도시부의 도로 내에서 발생한 사고에 한정되어 있지만 사고 직전의 상황을 관측하여 사고 회피 행동, 사고 발생 직후의 주변 환경을 영상상을 통해 객관적으로 관측한다는 점에서 본 연구의 활용자료로 적합하다고 판단된다.

그림 3은 사고 영상 중 하나로 어린이가 횡단을



Fig.2. Still frame of pedestrian accident with X-Driven program

시도하는 도중 차량과 충돌한 사고 영상이다. 영상 자료를 통해 어린이는 차량을 응시하지 않고 전방만을 주시한 상태로 횡단한 것을 확인 할 수 있다. 운전자는 출발 직후 저속(7.1km/h)주행 중 어린이를 미처 발견하지 못하고 충돌하였다. 충격 후에도 운전자는 멈추지 못하고 5m 이상 주행하였으며 어린이는 전치 12주의 진단을 받았다. 이와 같이 블랙박스 자료를 통해서는 기존의 경찰 조사 자료에서는 객관적으로 정확히 파악할 수 없었던 다양한 요인들을 관찰하고 변수화 할 수 있다는 장점이 존재한다.

본 연구는 이러한 영상자료를 통해서 본 연구의 종속변수와 설명변수를 도출하였다. 종속변수의 경우, 사고 심각도 등급을 기준에 맞게 응급처치, 경상, 부상, 중상, 사망 등 5단계로 나누었다. 사고를 유발하고 심각도를 결정하는 특성은 보행자 특성, 운전자 특성, 도로환경 특성 등 3개로 나누어 파악한 뒤 설명변수로 선정하였다. 설명변수를 이와 같이 분류한 이유는 보행자 사고의 경우, 어느 한쪽의 일방적인 과실이 아닌 보행자와 운전자, 도로환경요인이 복합적으로 작용하여 사고를 유발하기 때문이다. 따라서 세 가지 사고유발 요인 변수를 모두 고려하여 모형을 구축하였다. 각 특성에 대한 구체적인 설명은 다음과 같다.

보행자 특성은 사고를 당한 보행자의 사고 전후 행동 및 특징 등을 의미한다. 보행자의 연령대, 차량주시 여부, 충돌 후 보행자의 보행여부, 보행 법규위반 여부 등이 포함된다. 보행자 행동의 경우, 일반적으로 자전거 탑승자는 교통수단 이용자로 분류된다. 그러나 본 연구에서는 걷거나 뛰는 행동과 비교하여 상대적인 사고 심각도를 파악하기 위함이 목적이므로 보행자 특성에 포함시켜 정의하였다. 운전자 특성은 차량 주행 및 사고 전후 운전자의 행동 및 특징을 의미한다. 차량의 주행

속도, 운전자 주행방향, 운전자 법규 위반 여부 등이 포함된다. 도로환경 특성은 사고 지역의 차선 수, 보차분리 여부, 주변의 토지 이용 용도 및 시계불량 요인, 사고위치 등을 의미한다. 보차 분리 변수의 경우, 사고가 발생한 지역에서 보행자 도로가 설치, 또는 차로와 보도가 물리적으로 분리되어 있는 경우만을 영상자료를 통해 선별하여 구축하였다. 시계 불량 변수는 비, 또는 눈이 오거나 짙은 안개로 인해 전방 식별이 어려운 경우만을 영상자료를 통해 선별하였다. 최종적으로 선정된 설명변수 및 구성 비율은 아래 표 1과 같다.

Table 1. Classification of variable on this study

Type	Name of variable	Detailed classification of variable	Percentage (%)
Dependent variable	Severity of accident	First aid	11
		Slight injury	28
		Injury	30
		Serious injury	23
		Death	8
Attribute of pedestrian	Age	Adult (non-Mobility handicapped)	65
		Mobility handicapped (kids under 14)	12
		Mobility handicapped (adults over 65)	23
	Pedestrian behavior*	Walk	69
		Run	20
		Bike	11
	Pedestrian's eye direction to the car*	Yes	34
		No	66
	Violation of regulation*	Obey the regulation	49
		Violate the regulation	51
Attribute of driver	Vehicle Speed*	under 30km/h	52
		30~60km/h	36
		over 60km/h	12
	Direction of the vehicle	Turn (turn, change lane)	41
		Straight	59
	Violation of regulation*	Obey the regulation	32
		Violate the regulation	68
Attribute of road environment	Time of the accident	Day-time (AM 6:00 ~ PM 6:00)	68
		Night-time (PM 6:00 ~ AM 6:00)	32
	Condition of segregation (pedestrian and vehicle)	Fine condition	46
		Bad condition	54
	Low visibility*	Low visibility	30
		Clear visibility	70
	Land use of accident area	Pedestrian safety zone	12
		Commercial area	36
Residential area		52	
Location of accident	Road side	52	
	Middle of the road	48	

\* This variable is improved or added variable compared with existing study.

## 4. 분석 결과

### 4.1 사고 심각도 모형 분석

블랙박스 자료를 활용하여 수집한 설명변수를 토대로 순서형 프로빗 모형을 정산하였다. 모형의 통계적 검증결과는 표 2와 같다.

표본 수는 484개, 모형의 적합도는 0.231로 비교적 양호한 것으로 나타났다. 변수의 부호 검증은 기대 부호와 모두 일치한 결과를 나타냈다. 블랙박스 영상 자료를 통해 새로이 도입되거나 설명력이 향상된 총 8개 변수 중 보행자 시선, 차량속도, 운전자 법규위반 여부 등의 4개 변수가 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 설명변수의 영향력 비교 결과, 차량의 속도가 사고 심각도에 가장 큰 영향을 끼친 것으로 나타났으며 모든 변수가 0.25 이상의 사고 심각도 영향력을 가진 것으로 나타났다. 보행자 특성, 운전자 특성, 도로환경 특성별 모형의 정산결과는 다음과 같다.

#### 4.1.1 보행자 특성

사고 충격 전 보행자의 행동은 걷기, 달리기, 자전거

Table 2. Result of severity analysis for pedestrian accident

Name of Variable	Coefficient	t-value	significance level
Pedestrian behavior(Run)*	0.023	0.188	0.851
Pedestrian behavior(Bike)*	0.204	1.463	0.143
Pedestrian's eye direction to the car*	0.346	3.093	0.002
Violation of regulation(pedestrian)*	0.117	0.993	0.321
Vehicle speed(30~60km/h)*	0.446	3.470	0.001
Vehicle speed(over 60km/h)*	1.064	5.800	0.000
Direction of the vehicle	0.350	2.915	0.004
Violation of regulation(driver)*	0.277	2.707	0.007
Time of the accident	0.284	2.746	0.006
Condition of segregation (pedestrian and vehicle)	0.244	2.149	0.032
Low visibility*	0.107	0.956	0.339
Land use of accident area(commercial)	0.284	2.236	0.025
Land use of accident area(residential)	0.133	0.971	0.332
Location of accident	0.303	2.698	0.007
Statistic analysis result	Sample size	484	
	$LL(\beta)$	-590.982	
	$x^2$	54.361	
	$\rho^2$	0.231	

\* This variable is improved or added variable compared with existing study.

답승으로 구분 할 수 있다. 일반적으로 보행자가 달리는 경우, 사고 심각도가 상승한다고 받아들여지고 있다. 그러나 모형정산 결과 이러한 보행자의 행동은 사고 심각도에 영향을 주지 못하는 것으로 나타났다. 이는 사고 당시 보행자의 행동보다는 차량의 속도와 주변 환경요소가 사고 심각도와 직접적인 영향관계 놓여 있다는 점을 간접적으로 암시한다.

사고 직전 보행자의 시선 즉, 충돌하는 차량에 대한 인지 여부는 사고 심각도와 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 충돌 직전에 차량을 인지하는 경우가 인지하지 못한 채 차량과 충돌하는 경우보다 약 0.35정도 사고의 심각도가 낮은 것으로 나타났다. 즉, 보행자가 횡단하면서 차량이 오는 방향을 주시한 채 횡단할 경우에는 사고가 발생하더라도 사고의 심각도를 일부 완화 시킬 수 있다.

보행자의 무단횡단 행위(법규위반)는 보행자 사고를 유발할 뿐만 아니라 운전자의 예측을 벗어나기 때문에 사고 발생 시 사고의 심각도가 높을 수 있다. 정산 결과, 보행자가 법규를 위반한 경우 사고 심각도가 0.12 정도 상승하는 것으로 나타났으나 통계적으로는 유의하지 않은 것으로 분석되었다. 따라서 보행자의 법규 위반 여부는 사고 심각도에 직접적인 영향관계가 없다고 결론내릴 수 있다.

#### 4.1.2 운전자 특성

사고 직전 차량의 주행속도는 사고 심각도와 가장 밀접한 영향관계가 있는 것으로 나타났다. 주행 속도가 낮을수록 사고의 심각도는 감소한다. 차량의 속도가 30~60km/h일 경우 사고 심각도는 저속에 비해 0.45, 차량의 속도가 60km/h 이상일 경우 사고 심각도는 저속에 비해 1.1 가깝게 상승한다는 점을 확인할 수 있다. 따라서 보행자 사고의 발생 및 심각도를 경감시키기 위해선 운전자의 규정 속도 준수가 무엇보다 선행되어야 한다. 차량속도 변수는 기존의 연구에서도 유사하게 활용하였지만 사고 후 인터뷰를 통해 해당 자료를 구축하였기 때문에 객관성이 떨어져 자료의 신뢰도가 높지 않았던 반면, 본 연구에서 활용한 주행 속도 변수는 정확한 측정 값이기 때문에 해당 변수의 신뢰도는 기존 연구에 비해 매우 높다고 할 수 있다.

사고 당시의 차량 방향에 따라 사고 심각도 또한 달라지는 것으로 나타났다. 좌회전, 우회전, U-턴, 차선 변경 등의 방향 전환 시 발생한 사고보다 직전 주행 시 발생한 사고의 심각도가 더욱 높다. 이는 방향 전환 시 전방 및 측면을 모두 살피고 낮은 속도로 주행하는 반면, 직진 주행 시에는 시야각이 좁아지고 비교적 고속

이기 때문인 것으로 판단된다. 택시의 경우, 무리한 끼어들기나 차선 변경이 잦으나 사고 심각도와는 큰 연관성이 없는 것으로 나타났다.

운전자가 법규를 위반할 경우 사고의 피해자인 보행자는 사고를 예측하기 힘들며 사고의 심각도 또한 높아질 수 있다. 모형 정산 결과, 운전자들의 법규위반 여부와 사고의 심각도는 영향관계가 존재하는 것으로 나타났다. 이는 보행자의 법규위반 여부가 사고 심각도와 영향관계가 없다는 결과와 대비된다. 즉, 사고 발생 시 피해를 입히는 가해 차량 쪽의 법규 위반 여부가 보행자 사고의 심각도와 연관이 있다는 것을 의미하며 이를 통해 운전자의 준법정신과 안전운전이 보행자 사고를 미연에 방지하고 사고의 심각도를 낮출 수 있다는 시사점을 도출할 수 있다.

요약하자면 운전자 특성과 관련된 모든 변수가 통계적으로 유의하다는 점은 운전자 특성이 사고를 유발하고 보행자의 사고 심각도에 영향을 미치는 가장 결정적인 요소라는 점을 의미한다. 따라서 보행자 사고를 미연에 방지하고 사고 심각도를 경감시키기 위해서는 무엇보다 운전자의 의식 개선과 철저한 법규 준수, 보행자 보호를 위한 방어운전이 선행되어야 한다.

#### 4.1.3 도로환경 특성

주간과 야간에 발생한 사고 심각정도를 각각 살펴본 결과, 야간에 발생한 사고는 주간에 발생한 사고보다 심각도가 약 0.29정도 더 높은 것으로 나타났다. 이는 야간에 발생한 사고의 경우 보행자 식별이 주간에 비해 어렵고 비교적 통행량이 적어서 보다 빠른 속도로 운전하기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 야간일수록 운전자와 보행자 모두의 각별한 주의가 요구된다.

도로와 보도가 구분된 지역의 경우, 보행자의 통행로가 확보되어 있기 때문에 사고 발생 가능성이 낮다. 모형의 정산 결과에서도 보차 분리가 명확하지 않은 도로에서 발생한 사고는 명확히 구분된 지역보다 약 0.25정도 사고 심각도가 높은 것으로 나타났다. 따라서 보차 분리가 이루어지지 않은 도로일수록 보행자의 주의와 운전자의 방어운전이 더욱 요구된다. 또한 장기적인 관점에서는 집산도로 위계의 도로에서도 명확한 보차분리 통해 보행자의 안전 확보를 도모해야 할 것이다.

사고 발생 시 운전자의 시야를 방해하는 요인과 사고 심각도 간의 영향관계는 존재하지 않는 것으로 나타났다. 블랙박스 영상을 통해 도출한 시야 방해 요인으로는 운전자 사각지역, 도로 지작물, 강우로 인한 시야불량, 불법 주정차로 인한 시야불량, 측면부 차량으

로 인한 시야불량 등이 있다. 이러한 결과는 보행자 또는 운전자 주체가 사고 심각도와 직접적인 영향 관계가 있으며 사고 당사자들이 조절할 수 없는 외부 환경 요인은 사고 심각도와 깊은 연관이 없음을 간접적으로 암시한다고 할 수 있다

사고 발생지역의 토지용도는 주거지역, 상업지역 그리고 교통약자 보호구역 등 3개로 구분하였다. 모형의 정산 결과, 교통약자 보호구역에서 발생한 사고의 심각도가 가장 낮은 것으로 나타났다. 주거지역 및 상업 지역에서 발생한 사고의 사고 심각도는 각각 0.28, 0.13 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 교통약자 보호구역이 일정부분 보행자 사고의 심각도를 낮추는 효과가 있다는 점을 의미한다. 단, 상업지역 변수는 통계적으로 유의하지 않아 직접적인 연관성은 없다는 한계점이 존재하였다.

노측에서 발생한 사고는 보행자의 갑작스런 출현으로 발생하는 경우가 많다. 즉, 운전자가 보행자를 확인할 시간적 여유가 부족한 상태이기 때문에 상대적으로 운전자의 과실은 적다고 할 수 있다. 반면, 도로 중간부에서 발생하는 사고는 보행자의 보행을 인지할 수 있음에도 불구하고 발생하기 때문에 운전자의 과실이 크다고 할 수 있다. 또한, 도로 중간부에서 발생하는

사고는 차량의 속도가 상대적으로 빠르기 때문에 사고의 심각도가 높을 수 있다. 정산 결과, 도로 중간부에서 발생한 보행자 사고의 치명도가 약 0.3정도 높은 것으로 나타났다. 따라서 운전자는 노측지역이 아닌 도로의 중앙부를 주행할 경우에도 항상 보행자의 출현으로 인한 사고 위험을 인지하고 방어운전을 해야 한다.

#### 4.2 교통약자의 사고 심각도 요인 분석

보행자 사고는 어린이와 노약자와 같은 교통약자에게 더욱 큰 피해를 가하게 된다. 이들은 일반 성인에 비해 외부의 충격에 취약하기 때문이다. 따라서 교통사고 처리 특례법 제 3조 2항 단서조항에서는 11대 중과실 교통사고 항목에 보행자 보호의무 위반사고, 보도침범사고, 어린이 보호구역 안전의무위반사고 등의 항목을 포함하고 있다. 이러한 측면에서 교통약자에게 보다 심각한 상해를 입히는 요인을 도출하는 연구 또한 의미가 있을 것이다. 본 연구에서는 고등학생 이하의 미성년자와 65세 이상 성인을 교통 약자로 정의하여 교통약자의 보행자 사고 심각도 모형을 별도로 정산하여 비교 분석하였다. 교통 약자의 경우, 14세 이하의 어린이 그룹과 65세 이상의 고령자 그룹 등 2개로 분리하였다. 따라서 그룹 별 표본 수는 비 교통약자 그

Table 3. Comparison of adult and mobility handicapped

Name of Variable	Adult (non-Mobility handicapped)			Mobility handicapped (kids under 14)			Mobility handicapped (adults over 65)			
	Coefficient	t-value	Significance level	Coefficient	t-value	Significance level	Coefficient	t-value	Significance level	
Pedestrian behavior(Run)	0.038	0.238	0.812	0.395	0.668	0.504	0.441	1.202	0.229	
Pedestrian behavior(Bike)	0.487	2.645	0.008	0.109	0.142	0.887	0.165	0.606	0.545	
Pedestrian's eye direction to the car	0.318	2.920	0.004	0.411	3.128	0.002	0.431	2.510	0.013	
Violation of regulation(pedestrian)	0.156	1.042	0.298	0.684	1.966	0.049	0.076	0.287	0.774	
Vehicle speed(30~60km/h)	0.395	2.427	0.015	0.581	2.980	0.004	0.671	2.548	0.011	
Vehicle speed(over 60km/h)	0.941	4.103	0.000	1.165	3.415	0.000	1.301	3.690	0.000	
Direction of the vehicle	0.374	2.610	0.009	0.605	1.018	0.309	0.090	0.324	0.746	
Violation of regulation(driver)	0.142	1.110	0.267	0.211	2.403	0.014	0.138	2.209	0.028	
Time of the accident	0.287	2.178	0.029	0.321	0.877	0.380	0.528	2.256	0.024	
Condition of segregation (pedestrian and vehicle)	0.160	1.093	0.274	0.315	0.897	0.380	0.487	1.862	0.052	
Low visibility	0.200	1.439	0.150	0.331	0.856	0.392	0.136	0.547	0.584	
Land use of accident area(commercial)	0.241	2.809	0.005	0.303	2.089	0.043	0.413	2.450	0.012	
Land use of accident area(residential)	0.111	0.626	0.531	0.035	0.103	0.918	0.380	3.662	0.000	
Location of accident	0.314	2.154	0.031	0.780	2.486	0.013	0.189	0.798	0.425	
Statistic analysis result	Sample size	313			59			112		
	$LL(\beta)$	-373.371			-264.088			-376.617		
	$\chi^2$	34.994			20.841			35.021		
	$\rho^2$	0.228			0.153			0.231		

그룹 313개, 14세 이하 어린이 그룹 59개, 65세 이상 고령자 그룹 112개이다. 모형에 투입한 변수는 모두 14개로 동일하였다. 각 그룹 별 분석 결과는 표 3과 같다.

모형의 적합도는 0.15~0.23 사이로 전반적으로 양호한 것으로 나타났다. 각 설명변수를 살펴본 결과, 동일한 특성에 대해서 교통약자가 입는 피해, 즉 사고 심각도 수준은 더 높은 것으로 나타났다. 각 변수별 분석 결과는 다음과 같다.

보행 시 뛰어가거나 자전거를 탑승한 행위는 모든 그룹에서 사고 심각도와 큰 영향이 없는 것으로 나타났다. 자전거 탑승은 일반 성인 그룹에서 유의미한 결과를 나타낸 반면, 교통 약자의 경우에는 자전거를 탑승한 표본수의 부족으로 인해서 통계적으로 유의한 결과를 나타내지 못하였다.

사고 차량의 응시여부는 두 그룹에서 모두 유의한 결과를 보였으며 교통 약자의 경우에는 사고 차량을 응시하지 않은 경우에 더 큰 피해를 입는 것으로 나타났다. 어린이와 고령자 간의 심각도 편차는 크지 않은 점을 확인할 수 있다. 차량의 속도는 두 그룹 모두에서 유의한 결과를 나타냈다. 특히, 교통약자의 경우에는 차량의 속도가 60km/h를 상회할 경우에 사고 심각도가 1.2 이상 증가하는 것으로 나타났다. 이는 일반 성인에 비해 0.4 높은 수치이다. 30~60km/h인 경우에도 사고 심각도는 일반 성인에 비해 0.3 가까이 증가하는 사실을 확인할 수 있다. 특히, 고령자 그룹이 가장 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 이는 고령자의 신체적 조건이 타 그룹에 비해 외부 충격에 가장 약하며 회복능력이 더딘 점에 기인한 것으로 판단된다. 차량의 진행 방향 및 운전자 법규 위반여부는 일부 그룹의 결과가 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 교통약자 보호 구역의 효과는 모든 그룹에서 효과가 있는 것으로 나타났다. 특히, 교통약자와 일반 성인의 격차가 두드러졌다. 이 밖의 주·야간 특성, 시야불량 여부, 보차분리 여부, 사고위치 등의 변수는 일관되지 않은 결과를 나타내 보행자 사고 심각도와 인과 관계가 없는 것으로 결론지었다.

## 5. 결론

본 연구는 차량 관련 사고에서 비중 있게 다루어지는 보행자 사고를 대상으로 보행자 사고의 심각도에 영향을 미치는 다양한 요인들을 검토하였다. 이를 위해 차량용 블랙박스 영상자료를 확보하여 기존 연구에서는 수집하지 못한 다양한 변수들을 도입하였다. 이러한 방식으로 수집된 자료는 사고 발생 후 시간이 경

과되어 인터뷰 방식에 의존하여 수집된 기존 자료에 비해 객관성을 확보할 수 있으며 인터뷰 시 수집하지 못한 다양한 사고 유발 원인을 변수화 할 수 있다는 장점이 존재한다. 이러한 블랙박스 자료를 통해 구축된 변수를 토대로 순서형 프로빗 모형을 구축하여 보행자 사고의 심각도에 영향을 미치는 요인을 분석하여 각 요인의 영향 정도를 정량적으로 파악하였다. 분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 블랙박스 영상을 통해 보다 새롭고 객관적인 변수들을 수집하였다. 기존의 사고 조사 방식으로는 운전자 및 보행자의 법규 위반 여부, 보행자의 사고차량 응시 여부, 차량의 주행속도 등을 정확히 파악할 수 없었다. 그러나 영상자료를 통해 수집된 객관적 현장 녹화 자료를 통해 각 항목을 수집하여 보다 설명력 높은 모형을 도출하였다. 특히 보행자의 사고차량 응시여부가 심각도에 영향을 주는 것으로 밝혀짐에 따라 보행자가 보행 또는 횡단 시 도로 상의 차량을 주시하는 것만으로도 사고의 심각도를 일정 수준 경감시킬 수 있다는 점이 증명되었다.

둘째, 차량의 속도, 운전자 법규 위반 여부, 직진 주행 여부 등의 운전자 특성변수들이 보행자 사고 심각도와 높은 상관관계가 있다는 점을 밝혔다. 이러한 결과는 보행자 사고에 운전자의 운전행태, 과속 여부 등이 보행자의 사고 심각도에 절대적인 영향력을 가짐을 시사한다. 따라서 보행자의 안전과 사고 예방을 위해서는 운전자의 안전운전과 교통법규 준수가 무엇보다도 선행되어야 함을 알 수 있다.

셋째, 보차분리와 교통약자 보호 구역 등의 보행자 보호 시스템이 일정 수준 이상의 효과를 보인다는 점을 증명했다. 보차분리 유무에 따라 사고의 심각도는 약 0.25정도 차이가 발생하였다. 교통약자 보호 구역에서 발생한 사고 또한 사고의 심각도가 다른 지역에 비해 낮았다. 특히 교통 약자의 경우에는 비 교통약자에 비해 2배에 가까운 심각도 감소 효과를 보인 것으로 보아 교통약자 보호 측면에서 더욱 뛰어난 효과가 있다는 점을 확인할 수 있다.

넷째, 교통약자의 사고 심각도에 영향을 주는 특성 변수들을 도출하였다. 특히, 교통약자 그룹을 어린이와 고령자로 분류하여 영향정도를 각각 파악하였다. 분석 결과, 교통약자의 사고 심각도는 다양한 특성변수와 영향관계가 있는 것으로 밝혀졌다. 우선 차량의 속도가 교통약자의 사고 심각도와 가장 밀접한 관련이 있음을 확인하였다. 60km/h 이상 주행 시 사고 심각도는 1 이상 상승한다는 점에서 운전자의 정속 주행을 보행자 사고 예방과 사고 심각도 경감을 위한 필수적이며



교통약자의 보호를 위해서도 가장 필수적인 요소임을 재확인 하였다. 마지막으로 교통약자 그룹 안에서도 고령자 그룹이 어린이 그룹에 비해 더 큰 피해를 입는 것으로 나타났다. 이는 고령자의 신체 능력 및 회복 능력이 가장 떨어지기 때문인 것으로 판단된다.

그러나 본 연구의 자료는 인천시에서 발생한 택시 관련 사고로 한정되어 있기 때문에 보다 광범위한 자료수집이 요구된다. 또한, 택시의 특성 상 난폭 운전과 신호위반 횡수가 잦기 때문에 일반적인 승용차 차량의 특성을 대표하기에는 미흡한 점이 존재한다. 따라서 교통약자의 보호와 사고 심각도의 경감을 위해서는 다양한 사고 사례의 블랙박스 영상자료를 확보해 추가적인 연구를 수행할 필요가 있다. 또한, 영상자료와 함께 사고 지역 도로의 도면 등의 현황 자료가 필요하다. 본 연구에서 활용한 블랙박스 영상 자료만으로는 주변 지역의 사고 유발 요인을 객관적으로 모두 수집하였다고 판단하기 어렵기 때문이다. 따라서 GIS와 연계하여 보다 객관적인 상황에 대한 자료 수집이 필요하다. 예를 들어 차로 수, 유출입 현황 등의 교차로 특성을 변수화한다면 보다 유의미한 인과 관계를 도출할 수 있을 것으로 기대한다. 마지막으로 무단횡단으로 인한 사고 발생과 유의미한 관계로 있을 것으로 예상되는 교통량, 또는 정체수준 등의 변수 등을 수집하여 포함시킨다면 모형의 설명력은 한단계 더 개선될 것으로 판단된다.

## References

- 1) Road Traffic Authority Traffic Safety Division, "Statistic Analysis of Traffic accident 2011", 2012.
- 2) Chandler S. Duncan, "Applying the Ordered Probit Model to Injury Severity in Truck-Passenger Car Rear-End Collisions", Transportation Research Record 1635, No. 98-1237, 1998.
- 3) J. Zhang, "Factors Affecting the Severity of Motor Vehicle Traffic Crashes Involving Elderly Drivers in Ontario", Accident Analysis and Prevention, 2000.
- 4) A. S. Al-Ghamdi, "Pedestrian-vehicle Crashes and Analytical Techniques for Stratified Contingency Tables", Accident Analysis and prevention, Vol. 34, pp. 205-214, 2002.
- 5) S. S. Zajac, "Factors influencing Injury Severity of Motor Vehicle-crossing Pedestrian Crashes in Rural Connecticut", Accident Analysis and prevention, 2003.
- 6) V. N. Shankar, "Modeling Crashes Involving Pedestrians and Motorized Traffic", Safety Science, Vol 41, pp. 627~640.2010.
- 7) L. -Y. Chang, "Analysis of Traffic Injury Severity: An Application of Non-parametric Classification Tree Technique, Accident Analysis and Prevention", 2006.
- 8) J. K. Kim, "Age and Pedestrian Injury Severity in Motor-vehicle Crashes: A heteroskedastic Logit Analysis", Accident Analysis and Prevention, 2008.
- 9) J. S. Choi, S. Y. Kim, K. S. Hwang and S. Y. Baik, "Severity Analysis of the Pedestrian Crash Patterns Based on the Ordered Logit Model", Journal of Korean Society of Road Engineers, Vol. 11, No. 1, pp. 153~164, 2009.
- 10) J. S. Park, "Severity Analysis of the Vehicle-Pedestrian Crashes at Signalized Intersection", Regional Policy Studies of Chungbuk Research Institute, Vol. 22, No.1, pp. 1~12, 2011.
- 11) C. Oh, Y. S. Kang and B. I. Kim, "Development of Pedestrian Fatality Model using Bayesian Based Neural Network, Journal of Korean Society of Transportation, Vol. 24, No. 2, pp. 139~145, 2006.
- 12) J. U. Kim, G. M. Nam, J. H. Kim and S. B. Lee, "Development of Traffic Accidents Prediction Model with Fuzzy and Neural Network Theory", Journal of Korean Society of Transportation, Vol. 24, No. 7, pp. 81~90, 2006.
- 13) J. Lee, J. Sul and J. Jung, "A Study of Improvement Plans to Reduce Pedestrian Accident Using Vehicle Black Box Data", The Korea Transport Institute, 2012