

순서형 프로빗모형에 의한 이륜차 사고심각도의 영향요인 분석

Analysis of Factors influencing Severity of Motorcycle Accidents using Ordered Probit Model

최 정 우 Choi, Jung Woo
금 기 정 Kum, Ki Jung

정회원 · 명지대학교 공과대학 교통공학과 석박사통합과정 (E-mail : mjtaac@naver.com)
정회원 · 명지대학교 공과대학 교통공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : kjkum@mju.ac.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : This study drew factors affecting motorcycle accidents in Seoul by severity using an ordered probit model and aimed to analyze and verify the drawn influence factors.

METHODS : As the severity of the accidents could be classified into three types (fatal injury, serious injury and minor injury), this study drew the factors affecting accidents by a comparative analysis employing an ordered probit model, removed the variables that would not secure significance sequentially to construct a model with high explanatory power regarding the factors affecting the severity of motorcycle accidents, and calculated the marginal effect of each factor to understand the degree of each factor's impact on the severity. First, Model 1 put in all variables; Model 2 was constructed by removing the variables of the road surface conditions that could not meet the level of significance ($p=0.608$); Model 3 was constructed by removing gender variable ($p=0.423$); and Model 4 was constructed finally by removing age variable ($p=0.320$).

RESULTS : As a result of an analysis, statistically significant variables were time of occurrence, type of accident, road alignment and motorcycle displacement, and it turned out that the impacts on the severity were in the following order: a road alignment of left downhill, the type of motorcycle-to-vehicle accidents and a road alignment of a flatland on the left. The significance of the models was tested using the likelihood ratio, the level of significance and suitability statistics about them, and as a result of the test, the significance level and suitability of the constructed models were all excellent. In addition, the model accuracy indicating the accuracy of a predicted value compared to that of the value actually observed was 70.3% for minor injury; 70.1% for serious injury; and 68.6% for fatal injury, and the overall accuracy was 70.2%, which was very high.

CONCLUSIONS : As a result of an analysis of motorcycle accidents in Seoul through the ordered probit model and the marginal effect, it turned out that their severity increased in nighttime accidents as compared to daytime ones and gradually increased in the order of motorcycle-to-vehicle accidents, motorcycle-to-person ones and the ones involving motorcycle only. As a result of an analysis, the severity of accidents in road alignments of left downhill, left flatland and straight downhill increased as compared to those in a road alignment of straight flatland and that the severity of accidents of motorcycles with a displacement larger than 50cc was higher than that of those with a displacement smaller than 50cc.

Keywords

motorcycle accident, severity, ordered probit model, marginal effect

Corresponding Author : Kum, Ki Jung, Professor
Department of Transportation Engineering, Myongji University,
116, Myongji-Ro, Cheoin-Gu, Yongin-Si, Gyeonggi-Do,
449-728, Korea
Tel : +82.31.335.6503 Fax : +82.31.336.2885
E-mail : kjkum@mju.ac.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ksre.or.kr/
ISSN 1738-7159 (print)
ISSN 2287-3678 (Online)

Received Jul. 28, 2014 Revised Aug. 11, 2014 Accepted Sep. 12, 2014

1. 서론

1.1. 연구배경 및 목적

이륜차는 기능이나 구조가 일반승용차에 비해 매우 취약하며 운전자의 신체가 외부에 대부분 노출되어 있어 사고 시 신체에 직접적 충격이 가해지며 이러한 이륜차의 구조적 위험요소로 인해 이륜차 사고의 치사율은 전체 치사율에 비해 2.2배 높다. 2010년 경찰청 교통사고 자료에 따르면 이륜차 사고의 연평균 증가율은 전체사고의 연평균 증가율 대비 4.2배 높으며, 10만대 당 사고건수는 승용차에 비해 2.4배로 매우 빈번하게 발생한다.

따라서 이륜차 교통사고 감소를 위하여 사고원인을 파악하는 노력이 필요하며 사고심각도별 영향요인이 다르므로 심각도에 영향을 주는 요인파악이 필요하다.

본 연구에서는 이륜차 사고를 대상으로 순서형 프로빗 모형을 이용하여 심각도별 사고 영향요인을 도출하고 도출된 영향요인을 분석·검증하는 것을 목적으로 하였다.

또한 이를 기초로 이륜차 사고심각도별 영향요인에 대한 관리대책을 수립하는 기초자료로서 활용하고자 한다.

1.2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 이륜차 사고심각도에 미치는 영향요인을 도출하기 위해 2008년을 시간적 범위로, 서울특별시 전체 이륜차 사고를 공간적 범위로 설정하여 분석을 실시하였다. 분석에 사용된 사고자료는 경찰청 자료(TAMS)를 이용하였다.

연구의 방법은 사고의 심각도가 순서에 따르는 세 가지(사망, 중상, 경상/부상)로 분류됨에 따라 순서형 프로빗모형을 통한 비교·분석으로 사고에 영향을 주는 요

인을 도출하였으며 유의성이 확보되지 않은 변수들을 순차적으로 제거하여 이륜차 사고심각도에 미치는 영향요인에 대해 설명력이 높은 모형을 구축하였고 각 요인의 한계효과를 산출하여 각 요인이 각 심각도에 미치는 영향정도를 파악하였다.

이상과 같은 일련의 과정을 도식화하면 Fig. 1과 같다.

2. 이론적 고찰

2.1. 국내 이륜차 통행특성

통계청 자료에 따르면, 1970년 2,800대에 불과하던 이륜차의 등록대수는 2012년 기준 전국 2,093,466대로 연평균 16.6%의 증가율을 보이며, 같은 기간 전체차량의 증가율은 12.3%로 나타나 이륜차의 증가율이 전체차량의 증가율보다 4.3% 높은 것으로 나타났다. 또한 50cc 이하의 미등록 이륜차를 감안하면 총 이륜차는 400만대에 육박할 것으로 판단된다.

또한 도로교통공단 교통사고종합분석센터의 2009년 이륜차 사고분석자료에 따르면 발생사고의 성별은 90% 이상이 남성으로 나타났으며, 연령의 경우 40% 이상이 20세 이하와 60대 이상의 연령층에서 발생한 것으로 나타났다.

이륜차의 운행행태와 관련하여 서울시정개발연구원에서 진행된 정책토론회의 내용을 요약하면 다음과 같다.

이륜차의 용도는 교통수단으로의 이용이 25.3%, 영업용(무료배송)이 43.1%, 영업용(유상배송)이 27.3%, 기타 4.3%로 나타났으며, 평소 도로주행 시 법적으로 정해진 우측자선을 점유하고 주행한다는 응답은 전체의 약 21%로 나타나 약 79%의 운행행태는 도로교통법 상의 규정에 의해 불법운행으로 간주되는 행태를 보인다.

불법운행의 유형을 살펴보면 차로 사이 주행이 34%, 보도주행 18%, 버스전용차로침범 17%, 우측차로 외 차로점유 8%로 나타났으며 기타 응답으로는 차로와 보도 사이, 중앙선 위 등으로 나타났다. 설문조사 결과 개인용보다는 영업용이륜차의 불법운행의 비율이 높았으며 근거리배달이 많은 무상배송(중화요리, 피자배달 등)의 경우 보도주행의 비율이 높은 반면 장거리 배달을 하는 유상배송(퀵서비스 등)의 경우 버스전용차로 침범의 행태가 많은 것으로 나타났다.

2.2. 기존연구 고찰

교통사고의 영향요인을 분석하고 사고예측을 통한 문제점 개선 및 사고감소를 위해 국내·외에서 다양한 연

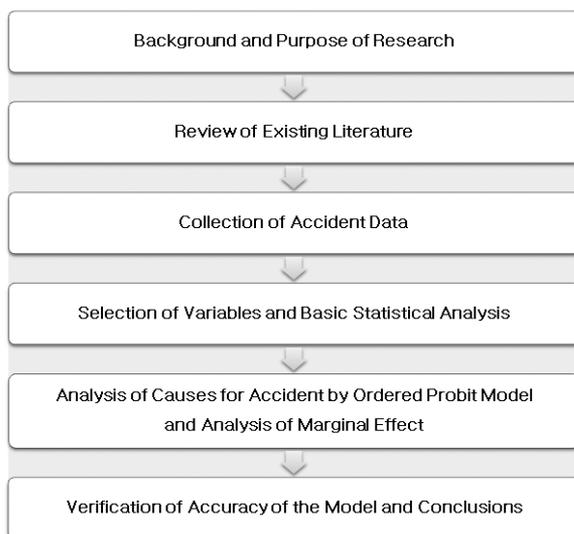


Fig. 1 Flowchart of Study

구가 수행되고 있다. 국내·외에서 이륜차 사고 관련연구를 살펴보면 다음과 같다.

채범석(2005)은 이륜차 사고의 특성에 대해 분석한 연구에서 기초통계분석과 설문조사를 통해 연령별로는 청소년의 사고빈도가 높고, 시간대로는 16시~22시 사이에 가장 많은 이륜차 사고가 발생하는 것으로 분석하였다. 또한 차대차 사고의 경우 사망자와 부상자가 많이 발생하며, 차대사람 사고 시에는 중상자가 많이 발생하는 것으로 분석하였다.

나희(2012)는 이륜차 사고심각도 영향요인을 파악하기 위해 순서형 로짓모형을 사용하여 분석하였고, 겨울철, 주간, 25세 이하의 운전자, 남성운전자, 과속으로 인한 법규위반 시 발생한 사고일수록 심각도가 증가하는 것으로 분석하였다.

Chimba, D 등(2006)은 이륜차 사고심각도에 영향을 미치는 요인에 대해 다항로짓모형과 다항프로빗모형을 이용하여 분석하였으며, 다항프로빗모형의 표준오차가 다항로짓모형보다 작은 것으로 나타나 다항프로빗모형이 예측에 있어 더 효율적인 것으로 나타났고, 차선수의 증가, 알콜과 약물의 복용, 높은 제한속도, 곡선구간, 램프, 적절한 조명이 없는 장소에서의 사고는 심각도를 증가시키는 것으로 나타났다.

Eustace, D 등(2011)은 이륜차의 심각한 사고에 대한 위험인자 규명에 대한 연구에서 다항프로빗모형을 이용하여 음주, 약물의 복용, 과속사고일 경우 치명상, 중상일 가능성이 높은 것으로 분석하였고 헬멧을 착용하지 않았을 때 치명상이 현저히 높아지는 것으로 분석하였다. 또한 곡선구간, 주요간선도로, 여성운전자인 경우 심각도가 증가되는 것으로 나타났다.

Shaheed, M 등(2011)은 이륜차 사고심각도에 영향을 미치는 위험인자에 대한 연구에서 로지스틱회귀분석을 통해 위험인자를 분석하였으며, 공격적인 운전행태, 고령운전자, 조명불량, 야간사고, 포장불량, 다른 이륜차나 동물, 고정물체와의 충돌, 음주 시 심각도가 증가하는 것으로 분석하였다. 반면에 방어적인 운전행태, 헬멧과 보안경의 착용은 사고심각도를 감소시키는 것으로 분석하였다.

Rifaat, S 등(2011)은 이륜차 사고심각도에 영향을 미치는 요인에 대해 순서형 로짓모형, 혼합선택모형, 부분제한 순서형 로짓모형을 이용하여 분석하였으며, 우측커브의 도로선형, 교차로에서의 좌회전, 트럭과의 충돌, 음주운전, 높은 충돌속도에 의해 심각도가 증가하는 것으로 분석하였고, 주차장에서의 사고, 겨울철, 남성운

전자, 짧은 차간거리에서 발생한 사고는 심각도가 감소하는 것으로 분석하였다.

Steven Jones 등(2013)은 이륜차 운전자에 의한 사고심각도 요인에 대해 다항로짓회귀모형을 이용하여 분석하였으며, 운전자의 행동, 상대차량, 도로선형이 심각도를 증가시키는 주된 요인임을 밝혀냈으며, 과속, 공격적인 운전, 대형차량 주변에서의 사고, 지방부 곡선도로에서 심각도가 증가하는 것으로 분석하였다.

2.3. 모형에 대한 이론적 고찰

본 연구에서는 사고심각도에 영향을 주는 요인을 찾아내고 각 요인들의 속성 값의 변화에 따른 사고심각도 결정확률을 추정하기 위해 순서형 프로빗모형을 사용하였다.

일반적으로 순서를 지니지 않는 종속변수의 경우에는 프로빗모형 또는 로짓모형을 통해 분석이 가능하나, 종속변수가 단지 이항($y=0,1$)이 아닌 그 이상($y=0, 1, 2, \dots$)과 같이 순서를 지닌 경우에 프로빗모형이나 로짓모형을 통한 분석은 오류를 범할 수 있다.

또한, 회귀분석에서는 종속변수가 $y=0, y=1$ 간의 차이가 $y=1, y=2$ 간의 차이와 동일한 것으로 인식하여 분석을 함으로써 오류를 범할 수 있는 한계점을 지닌다.

이러한 한계점을 해결하기 위해 종속변수가 순서($y=0, 1, 2, \dots$)를 지닌 경우 사용할 수 있는 순서형 확률모형을 적용하였고, 순서형 확률모형의 종류에는 순서형 프로빗모형과 순서형 로짓모형이 있다.

로짓모형에서는 오차항(ϵ_i)의 확률적 분포가 분산이 동일하고 독립적(IID: Identically and independently distributed)인 와이불분포(weibull distribution)를 따른다고 가정한다.

또한 프로빗모형에서는 오차항(ϵ_i)의 확률분포가 분산이 동일하고 공분산이 0인 정규분포(normal distribution)를 따른다고 가정한다.

이에 본 연구에서는 이륜차 사고자료의 특성을 고려하여 행위의 강도, 효과와 선택의 선호도 등을 분석하기에 적합한 순서형 프로빗모형을 적용하여 이륜차 사고 심각도 영향요인을 도출하고 도출된 영향요인을 분석·검증하고자 한다.

일반적인 순서형 자료로 y 가 0, 1, 2, 3, ..., y_i 까지 가는 자료형태를 가지고 있다면 순서형 확률모형은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$y = \beta X_i + \epsilon_i \epsilon_i \sim N[0,1] \quad (1)$$

$$\begin{aligned} y_i &= 0 \text{ if } y \leq 0 \\ &= 1 \text{ if } 0 < y \leq \mu_1 \\ &= 2 \text{ if } \mu_1 < y \leq \mu_2 \\ &\dots \\ &= J \text{ if } \mu_{j-1} < y \end{aligned} \quad (2)$$

여기서, y 는 측정이 불가능한 잠재효용으로 측정이 가능한 효용(βX)과 측정이 불가능한 효용(ϵ_i)으로 나타낼 수 있다. μ 들은 각 독립변수의 추정계수 β 와 함께 추정하는 한계 값(Threshold)이라 하며, 이를 통하여 선택대안에 대한 선택확률을 계산하는데 이용할 수 있는데 각 대안별(순서에 따른)에 대한 선택확률은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{Prob}[y = 0] &= \Phi(-\beta'x) \\ \text{Prob}[y = 1] &= \Phi(\mu_1 - \beta'x) - \Phi(-\beta'x) \\ \text{Prob}[y = 2] &= \Phi(\mu_2 - \beta'x) - \Phi(\mu_1 - \beta'x) \\ &\dots \\ \text{Prob}[y = y_j] &= 1 - \Phi(\mu_{y_j} - \beta'x) \end{aligned} \quad (3)$$

각 독립변수에 대하여 편미분을 적용하면 독립변수에 대한 한계효과를 다음과 같이 나타낼 수 있다. 예를 들면, 더미 변수인 경우 ($x=0$ 또는 1), 독립변수가 사고 심각도에 미치는 영향정도를 나타내는 한계효과는 다른 독립변수를 고정한 상태에서 독립변수가 1인 경우의 선택확률과 0인 선택확률의 차이(=Prob(1)-Prob(0))를 의미한다. 따라서 각 독립변수에 대한 한계효과의 합은 0이 된다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \text{Prob}[y = 0]}{\partial x} &= -\psi(\beta'x)\beta \\ \frac{\partial \text{Prob}[y = 1]}{\partial x} &= [\psi(-\beta'x)\beta - \psi(\mu_1 - \beta'x)]\beta \\ \frac{\partial \text{Prob}[y = 2]}{\partial x} &= -\psi(\mu_2 - \beta'x)\beta \end{aligned} \quad (4)$$

최종적으로 도출된 모형에 대하여 모델의 설명력과 모형의 적합성을 검증하기 위해 ρ^2 (우도비)와 χ^2 (Chi-square)를 이용한다. ρ^2 (우도비)는 Mcfadden 결정계수라고도 불리며 0과 1사이의 값을 갖는데 1에 가까울

수록 모델의 적합도가 높으며 회귀분석의 결정계수와는 달리 0.2~0.4의 값이면 충분히 높은 적합도를 가진다고 볼 수 있다.

$$\rho^2 = 1 - \frac{L(\hat{\beta})}{L(0)} = \frac{(N-K)}{N} \rho^2 \quad (5)$$

2.4. 기존연구와의 차별성

교통사고에 영향을 끼치는 요인분석에 관한 연구는 다수 존재하고 있으나, 안개지역, 버스전용차로 등 한정적 공간을 배경으로 하거나 전체 교통사고, 화물차, 자전거, 보행자, 음주운전 등의 연구들이 대부분이었다.

차량의 점유율은 승용차, 화물차, 이륜차의 순으로 높은 비율을 보이나, 치사율은 이륜차가 가장 높은 비율을 차지함에도 불구하고 이륜차에 대한 선행연구가 미비하였으며, 기존 이륜차 사고의 심각도 관련 연구는 샘플수가 매우 적어 신뢰도 및 활용도가 떨어지거나 도로선형, 노면 등의 도로요인이 배제된 분석이 대부분이었다.

외국의 연구사례를 보면 많은 연구에서 이륜차 사고 심각도에 영향을 미치는 요인을 도출하였으나 외국 이륜차의 주행특성(배기량, 통행목적, 통행가능도로위계, 이륜차운전자의 행동특성 등)과 국내 이륜차의 주행특성이 상이하므로 국내 이륜차의 주행특성을 고려한 연구가 필요하다고 판단된다.

따라서, 본 연구가 가지는 차별성은 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 분석하고자 하는 사고자료에 적합한 순서형 프로빗모형을 이용하여 분석하였으며 순서형 프로빗모형을 이용하여 이륜차 사고심각도 영향요인을 분석한 국내의 연구사례는 없다. 또한 유의성이 확보되지 않은 변수들을 순차적으로 제거하여 이륜차 사고심각도에 미치는 영향요인에 대해 가장 잘 설명할 수 있는 모형을 구축하였다.

둘째, 기존연구와 비교하여 표본수의 유의성을 보완하였으며, 도로요인을 포함시키지 않고 분석한 기존연구와 달리 도로선형과 노면상태 등의 도로요인과 차종 등 세분화된 변수가 모두 포함된 사고자료를 이용하여 분석을 수행하였다.

셋째, 외국의 경우 이륜차 사고심각도 영향요인에 대한 연구가 다수 진행되었지만, 국내와 해외의 이륜차 주행특성은 큰 차이가 있다. 따라서 본 연구는 국내 이륜차의 주행특성을 고려하여 분석한 연구라는 점에서 기

존 연구와 차별성이 있다.

3. 사고현황 통계분석

사고자료는 2008년 서울특별시 전 구간 사고통계(경찰청 사고자료) 중 이륜차 사고를 대상으로 하였다. 발생시간(주/야)의 구분은 06:00~17:59을 주간(=0)으로, 18:00부터 05:59까지를 야간(=1)으로 설정하였으며 각 변수의 결측치와 성별, 연령의 미상 자료는 제외하였다. 최종적으로 이륜차 사고 4,277건을 대상으로 분석하였으며 이 중 사망사고는 109건(2.6%), 중상사고는 1,681건(39.3%), 경상/부상사고는 2,487건(58.1%)으로 경상/부상사고가 가장 높은 비율을 차지하는 것으로 나타났다.

3.1. 심각도별 발생시간 분포

사고의 발생시간은 주간의 경우 사망 1.8%, 중상 37.9%, 경상/부상 60.3%로 나타났으며 야간의 경우 사망 3.3%, 중상 40.8%, 경상/부상 55.9%로 심각도가 높아질수록 주간보다 야간사고의 비율이 높아지는 것을 볼 수 있다.

Table 1. Severity-Time of Occurrence Distribution

Time of Occurrence	Fatal injury	Serious injury	Minor injury
Day	1.8%	37.9%	60.3%
Night	3.3%	40.8%	55.9%

3.2. 심각도별 사고유형 분포

사고의 유형은 이륜차 대 사람 사고의 경우 사망 1.5%, 중상 47.2%, 경상/부상 51.3%로 나타났으며, 이륜차 대 차량 사고의 경우 사망 2.1%, 중상 35.3%, 경상/부상 62.6%로 나타났고, 이륜차 단독사고의 경우 사망 13.0%, 중상 47.2%, 경상/부상 39.8%로 이륜차 단독사고의 경우 다른 사고유형에 비해 심각도가 높은 사고의 비율이 증가하는 것으로 나타났다.

Table 2. Severity-Type of Accident Distribution

Type of Accident	Fatal injury	Serious injury	Minor injury
Motorcycle -to-Person	1.5%	47.2%	51.3%
Motorcycle -to-Vehicle	2.1%	35.3%	62.6%
Motorcycle only	13.0%	47.2%	39.8%

3.3. 심각도별 기상상태와 노면상태 분포

기상상태의 경우 기상상태 맑음에서 사망사고 2.6%, 중상사고 39.8%, 경상/부상사고 57.6%, 기타에서 사망사고 2.5%, 중상사고 37.1%, 경상/부상사고 60.4%로 나타났으며 노면상태의 경우 건조에서 사망사고 2.6%, 중상사고 39.3%, 경상/부상사고 58.1%, 기타에서 사망사고 2.5%, 중상사고 40.8%, 경상/부상사고 56.7%로 나타났다.

Table 3. Severity-Weather Conditions Distribution

Weather Conditions	Fatal injury	Serious injury	Minor injury
Serene	2.6%	39.8%	57.6%
Others	2.5%	37.1%	60.4%

Table 4. Severity-Road Conditions Distribution

Road Conditions	Fatal injury	Serious injury	Minor injury
Dry	2.6%	39.3%	58.1%
Others	2.5%	40.8%	56.7%

3.4. 심각도별 도로선형 분포

도로선형은 좌측 내리막에서 사망, 중상, 경상/부상이 각각 32.0%, 32.0%, 36.0%로 나타났으며 좌측 평지에서 사망, 중상, 경상/부상이 각각 14.3%, 42.8%, 42.9%로 나타나 좌측 내리막과 좌측 평지에서 심각도가 사고의 비율이 높은 것으로 나타났다.

Table 5. Severity-Road Alignment Distribution

Road Alignment	Fatal injury	Serious injury	Minor injury
Left Uphill	0.0%	47.1%	52.9%
Left Downhill	32.0%	32.0%	36.0%
Left Flatland	14.3%	42.8%	42.9%
Right Uphill	3.8%	46.2%	50.0%
Right Downhill	6.7%	40.0%	53.3%
Right Flatland	4.1%	46.9%	49.0%
Straight Uphill	2.9%	40.9%	56.2%
Straight Downhill	2.0%	47.0%	51.0%
Straight Flatland	2.2%	38.4%	59.4%

3.5. 심각도별 성별 분포

성별은 남성의 경우 사망, 중상, 경상/부상이 각각 2.6%, 39.6%, 57.8%로 나타났으며 여성의 경우 사망,

중상, 경상/부상이 각각 0.7%, 36.6%, 62.7%로 나타났다.

Table 6. Severity-Gender Distribution

Gender	Fatal injury	Serious injury	Minor injury
Male	2.6%	39.6%	57.8%
Female	0.7%	36.6%	62.7%

3.6. 심각도별 연령 분포

연령은 10대에서 사망 1.3%, 중상 39.2%, 경상/부상 59.5%, 20대에서 사망 4.0%, 중상 39.4%, 경상/부상 56.6%, 30대에서 사망 3.1%, 중상 39.3%, 경상/부상 57.6% 등으로 나타났으며, 20대와 70대 이상의 연령대의 사망사고 비율이 각각 4.0%, 10.0%로 타 연령층에 비해 높게 나타났다. 중상사고의 경우 타 연령대와 비교하여 60대에서 43.4%로 가장 높은 비율을 나타냈다.

Table 7. Severity-Age Distribution

Age	Fatal injury	Serious injury	Minor injury
10~19	1.3%	39.2%	59.5%
20~29	4.0%	39.4%	56.6%
30~39	3.1%	39.3%	57.6%
40~49	2.3%	39.8%	57.9%
50~59	1.6%	39.8%	58.6%
60~69	3.5%	43.4%	53.1%
Older Than 70	10.0%	32.5%	57.5%

3.7. 심각도별 차종분포

차종은 배기량을 기준으로 분류하였으며 50cc 이상 이륜차의 경우 사망, 중상, 경상/부상사고가 각각 3.0%, 40.2%, 56.8%로 나타났으며 50cc미만 이륜차의 경우 사망, 중상, 경상/부상사고는 각각 1.9%, 38.1%, 60.0%로 나타났다.

Table 8. Severity-Motorcycle Displacement Distribution

Motorcycle Displacement	Fatal injury	Serious injury	Minor injury
Larger Than 50cc	3.0%	40.2%	56.8%
Under 50cc	1.9%	38.1%	60.0%

4. 분석방법

4.1. 자료수집

사고자료는 2008년 서울특별시 전 구간 사고통계(경찰청 사고자료) 중 이륜차 사고를 대상으로 하였다. 2008년 이륜차 사고 중 발생시간(주/야)의 구분은 06:00~17:59을 주간(=0)으로, 18:00부터 05:59까지를 야간(=1)으로 설정하였다. 또한 각 변수의 결측치와 성별, 연령의 미상 자료는 제외하였다. 그 결과 추출된 이륜차 사고 중 인명피해사고 4,277건을 대상으로 분석하였다.

4.2. 변수의 선정

해당 사고자료에 대해 사고의 심각도(경상/부상, 중상, 사망)를 종속변수로 선정하였으며 변수의 수치화를

Table 9. Correlation Between Variables

Pearson Correlation Coefficient								
Section	Time of Occurrence	Type of Accident	Weather Conditions	Road Conditions	Road Alignment	Gender	Age	Motorcycle Displacement
Time of Occurrence	1	.026	.051	.046	-.011	-.025	-.207	.024
Type of Accident	.026	1	-.056	-.040	-.133	.008	-.020	.007
Weather Conditions	.051	-.056	1	.743	.013	-.032	.009	.003
Road Conditions	.046	-.040	.743	1	-.015	-.023	.022	.005
Road Alignment	-.011	-.133	.013	-.015	1	-.003	-.020	.046
Gender	-.025	.008	-.032	-.023	-.003	1	.022	.121
Age	-.207	-.020	.009	.022	-.020	.022	1	-.056
Motorcycle Displacement	.024	.007	.003	.005	.046	.121	-.056	1

위해 경상/부상=1, 중상=2, 사망=3으로 표시하였다.

사고에 영향을 미칠 것으로 판단되는 변수들로 발생시간, 사고유형, 기상상태, 노면상태, 도로선형, 성별, 연령, 이륜차의 차종(배기량) 등의 변수를 수집하여 선정하였다.

또한 각 변수들이 하나의 모형에 투입될 경우 변수들 간의 교호작용이 발생할 수 있기 때문에 각 변수 간 상관관계, 분산팽창계수, 상태지수 등을 통하여 변수간의 상호관계를 파악하였고 이러한 상관관계를 고려하여 독립성을 확보할 수 있는 변수만을 채택하였다.

Table 9의 상관관계 분석의 결과 노면상태와 기상상태는 0.743으로 높은 상관관계에 있는 것으로 나타났고 두 변수와 심각도와의 상관관계와 이륜차의 운전행태(회전)와 구조적 문제(이륜)에 따라 노면을 최종 투입 변수로 채택하였다.

분석의 절차는 로지스틱회귀분석과 유사하나 종속변수 집단의 분포를 파악하여 적합한 연결함수(본 연구에서는 프로빗)를 지정해주어야 하며 범주형 독립변수의 경우에는 코딩 값을 기준으로 가장 높은 집단이 기준집단으로 자동설정되고 이 기준집단과 나머지 집단을 비교하여 분

Table 10. Parameter Description

Variable	Data Coding	Reference Group
Severity	Minor injury-1, Serious injury-2, Fatal injury-3	Fatal injury
Time of Occurrence	Day-0, Night-1	Night
Type of Accident	Motorcycle-to-Person-1 Motorcycle-to-Vehicle-2 Motorcycle only-3	Motorcycle only
Road Conditions	Dry-0, Others-1	Others
Road Alignment	Location (Left Uphill-1, Left Downhill-2, Left Flatland-3, Right Uphill-4, Right Downhill-5 Right Flatland-6, Straight Uphill-7, Straight Downhill-8, Straight Flatland-9)	Straight, Flatland
Gender	Motorcycle User's Gender (Male-0, Female-1)	Female
Age	Motorcycle User's Age (10~19-1, 20~29-2, 30~39-3, 40~49-4, 50~59-5, 60~69-6, Older Than 70-7)	Older than 70
Motorcycle Displacement	Motorcycle Displacement (Larger Than 50cc-0, Under 50cc-1)	Under 50cc

석결과를 해석하게 된다. 그 결과 다음과 같은 변수를 선정하였고, 변수에 대한 설명은 Table 10과 같다.

5. 사고요인분석

5.1. 모형의 구축

본 연구에서는 이륜차 사고 가운데 언급된 독립변수들이 심각도에 어떠한 영향을 주는가를 확인하기 위해 SPSS 18.0 통계패키지를 사용하였다. 사고심각도에 있어서, 영향을 주는 요인을 찾아내고 각 요인들의 속성값의 변화에 따른 사고심각도 결정확률을 추정하고자 하였다. 이를 위해 사용한 분석모형은 순서형 프로빗모형(Ordered Probit Model)으로 이는 종속변수인 심각도가 순차적인 순서를 가질 때 사용하는 모델이다. 분석에 사용된 데이터의 기초통계량은 다음 Table 11과 같다.

Table 11. Case Summary

		N	Percent
Severity	1	2,487	58.1%
	2	1,681	39.3%
	3	109	2.5%
Time of Occurrence	0	2,065	48.3%
	1	2,212	51.7%
Type of Accident	1	1,262	29.5%
	2	2,760	64.5%
	3	255	6.0%
Road Conditions	0	3,856	90.2%
	1	421	9.8%
Road Alignment	1	17	0.4%
	2	26	0.6%
	3	51	1.2%
	4	27	0.6%
	5	32	0.7%
	6	50	1.2%
	7	284	6.6%
	8	356	8.3%
	9	3,434	80.3%
Gender	0	4,131	96.6%
	1	146	3.4%
Age	1	1,433	33.5%
	2	1,169	27.3%
	3	601	14.1%
	4	568	13.3%
	5	319	7.5%
	6	146	3.4%
	7	41	1.0%
Motorcycle Displacement	0	2,751	64.3%
	1	1,526	35.7%
Valid		4,277	100.0%
Missing		-	
Total		4,277	

본 연구에서는 종속변수인 이륜차 사고심각도에 미치는 영향요인을 가장 잘 설명할 수 있는 모형을 구축하기 위해 유의확률을 만족하지 못하는 독립변수를 순차적으로 제거하며 최종모형을 도출하였다. 먼저 모형 1에서는 모든 변수를 투입하였고, 모형 2에서는 유의수준을 만족하지 못하는 노면변수(p-value=0.608)를 제거하여 구축하였으며 성별변수(p-value=0.423)를 제거하여 모형 3을 구축하였고 모형 4에서는 연령변수(p-value=0.320)를 최종적으로 제거하여 모형을 구축하였다.

그 결과 모형의 설명력을 나타내는 ρ^2 (우도비)는 모형 1에서 0.09, 모형 2에서 0.10, 모형 3에서 0.11, 모형 4에서 0.23으로 점차적으로 증가하여 최종모형인 모형 4의 적합도는 매우 우수한 것으로 나타났다.

종속변수인 심각도와 최종적으로 채택된 독립변수인 발생시간, 사고유형, 도로선형, 차종과의 관계를 나타내는 모형의 유의도(Model Fit Index)는 Table 12와 같다.

Table 12. Model Fit Index

Model	-2 Log Likelihood	Chi-Squared	D.F	P-value
Only Intercept	624.458	-	-	-
Final	482.649	141.810	12	.000

Link Function : Probit

일반적으로 모형 유의도(Model Fit Index)검증은 구축된 모형에서 종속변수에 미치는 독립변수의 영향력에 대해 설명하며 모형의 유의확률을 확인하기 위하여 사용하는 검증방법이다.

-2LL(Log Likelihood)은 첫 번째 상수(절편)만 있을 때 624.458에서 유의한 독립변수가 단계별로 투입되면서 최종적으로 482.649로 141.809(MFI Chi-Squared)만큼 감소되었고 이를 통해 종속변수에 영향을 미치는 독립변수가 존재함을 확인할 수 있다.

또한 유의확률이 0.000으로 매우 양호하게 나타났다. 따라서 투입된 독립변수들은 종속변수에 유의미한 영향력을 미치고 있다고 판단된다.

Table 13의 적합도 통계량은 모형의 적합도를 보여주는 결과로서 선택한 모형에 따라 예측된 예측치와 실제관측치가 같은지를 Pearson과 편차(Deviation)를 통해 설명한다. Pearson 및 편차의 경우 귀무가설이 '실제 관측치와 모형에서의 예측치가 같다' 이므로 유의도가 0.05 이상이면 귀무가설이 받아들여지며 이는 모

형이 적합함을 나타낸다.

최종 구축된 모형의 적합도 통계량은 Table 13과 같이 Pearson, 편차의 GOF 유의확률이 신뢰구간 95%에서 0.074, 0.056으로 계산되어 분석데이터가 도출된 모형에 적합하다고 할 수 있으며 표준오차의 경우도 0.132로 매우 작은 오차 값을 갖는 것으로 나타났다.

Table 13. Goodness Of Fit

	GOF Chi-Squared	D.F	GOF P-value
Pearson	205.942	178	.074
Deviation	208.912	178	.056

Link Function : Probit

유사(Pseudo) R2 수치는 종속변수를 설명하는 독립변수의 설명력을 보여주는 수치이며 이 또한 모형의 적합도의 보조설명력을 나타내는 수치이다. 유사(Pseudo) R2의 경우 Table 14의 결과와 같이 3가지 유사(Pseudo) R2 수치가 산출되는데 모두 낮게 나타났으나 설명력이 높은데도 낮은 유사결정계수를 갖는 경우가 있고, 순서형 프로빗 모형에서는 통상적인 회귀분석과 달리 높게 나오지 않는 편이므로 참고하는 정도로 살펴보는 것이 바람직하다.

다만, 이는 본 연구에서 사용된 독립변수 이외에도 다른 변수들이 있을 수 있음을 보여준다고 할 수 있다. 따라서 향후 연구에서는 심각도에 영향을 미치는 변수들을 추가적으로 탐색할 필요가 있음을 보여준다.

검증결과 구축된 모형은 모형 유의도와 적합도 모두 매우 우수한 것으로 나타났다.

Table 14. Goodness Of Fit(Pseudo R2)

Pseudo R2	
Cox&Snell	0.033
Nagelkerke	0.041
McFadden	0.021

Link Function : Probit

5.2. 사고심각도 영향요인분석

본 연구에서는 이륜차 사고발생 시 사고심각도를 파악하기 위해 사고발생에 영향을 미친다고 예상되는 변수들을 투입하여 순서형 프로빗모형을 구축하였고 유의확률을 만족하지 못하는 독립변수를 순차적으로 제거하며 최종모형을 도출하였다. 최종도출된 모형은 Table 15와 같다.

분석결과 통계적으로 유의한 변수로는 발생시간, 사

Table 15. Parameter Estimates

		Estimation of Parameter												
		Model 1			Model 2			Model 3			Model 4			
		B	S. E	P-value	B	S. E	P-value	B	S. E	P-value	B	S. E	P-value	
Marginal Value	Severity	Minor injury	-.404	.237	.088	-.434	.230	.060	-.517	.205	.012	-.287	.081	.000
		Serious Injury	1.405	.239	.000	1.376	.232	.000	1.293	.207	.000	1.517	.086	.000
Location	Time of Occurrence	Day	-.111	.039	.004	-.111	.039	.004	-.111	.039	.004	-.096	.038	.011
		Night	0 ^a	.	.	0 ^a	.	.	0 ^a	.	.	0 ^a	.	.
	Type of Accident	Motorcycle-to-Person	-.392	.083	.000	-.392	.083	.000	-.393	.083	.000	-.405	.082	.000
		Motorcycle-to-Vehicle	-.636	.079	.000	-.634	.079	.000	-.635	.079	.000	-.645	.079	.000
		Motorcycle Only	0 ^a	.	.	0 ^a	.	.	0 ^a	.	.	0 ^a	.	.
	Road Conditions	Dry	.032	.063	.608	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Others	0 ^a	.	.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Road Alignment	Left Uphill	-.042	.299	.889	-.042	.299	.887	-.044	.299	.883	-.064	.298	.829
		Left Downhill	.816	.228	.000	.815	.228	.000	.813	.228	.000	.806	.227	.000
		Left Flatland	.451	.165	.006	.451	.165	.006	.452	.165	.006	.470	.165	.004
		Right Uphill	.216	.230	.346	.215	.230	.350	.217	.230	.344	.202	.229	.378
		Right Downhill	.000	.215	.998	.001	.215	.996	-.003	.215	.987	.013	.214	.950
		Right Flatland	.135	.171	.428	.135	.171	.430	.132	.171	.438	.139	.170	.413
		Straight Uphill	.075	.075	.318	.074	.075	.324	.073	.075	.328	.070	.075	.353
		Straight Downhill	.152	.067	.024	.151	.067	.024	.152	.067	.023	.151	.067	.025
	Gender	Male	.085	.106	.423	.084	.106	.429	-	-	-	-	-	-
		Female	0 ^a	.	.	0 ^a	.	.	-	-	-	-	-	-
	Age	10-19	-.296	.190	.120	-.296	.190	.120	-.299	.190	.116	-	-	-
		20-29	-.171	.191	.370	-.171	.191	.370	-.174	.191	.360	-	-	-
		30-39	-.230	.194	.235	-.231	.194	.234	-.233	.194	.229	-	-	-
40-49		-.232	.194	.232	-.232	.194	.232	-.236	.194	.223	-	-	-	
50-59		-.227	.199	.254	-.229	.199	.251	-.233	.199	.241	-	-	-	
60-69		-.078	.212	.711	-.079	.212	.708	-.082	.212	.698	-	-	-	
Motorcycle Displacement	Larger Than 50cc	.086	.040	.030	.086	.040	.029	.090	.039	.022	.091	.039	.021	
	Under 50cc	0 ^a	.	.	0 ^a	.	.	0 ^a	.	.	0 ^a	.	.	
LL(0)		1721.797			1471.653			1350.402			624.458			
LL(β)		1568.635			1318.753			1198.137			482.649			
ρ^2		0.09			0.10			0.11			0.23			
χ^2		961.631			794.384			681.930			205.942			
Degree of Freedom		20			19			18			12			
Num. of observation		4,277			4,277			4,277			4,277			

Link Function : Probit

a. Current parameters is set to zero because it is a overlap

고유형, 도로선형, 이륜차 배기량으로 나타났으며 발생 시간의 경우 주간에 발생한 사고의 β (추정값이 -0.096으로 야간에 발생한 사고에 비해 주간에 발생한 사고는 심각도가 낮아진다고 나타났다.

사고유형의 경우 이륜차 대 사람 사고의 β 추정값이 -0.405, 이륜차 대 차 사고의 β 추정값이 -0.645로 이륜차 단독사고에 비해 이륜차 대 차 사고, 이륜차 대 사람 사고 모두 심각도가 낮아짐을 알 수 있다.

도로선형은 좌측 내리막과 좌측 평지, 직선 내리막이 유의한 변수로 나타났고, 좌측 내리막의 β 추정값은

0.806으로 좌측 내리막인 경우 사고의 심각도가 매우 증가한다는 것을 의미한다. 좌측 평지와 직선 내리막의 β 추정값은 각각 0.470, 0.151로 좌측 평지에서의 사고와 직선 내리막에서의 사고 또한 직선 평지에서의 사고에 비해 심각도를 증가시키는 요인으로 볼 수 있다.

마지막으로 유의한 변수인 이륜차 배기량의 β 추정값 0.091로 50cc 이상 이륜차의 사고는 50cc 미만 이륜차의 사고에 비해 심각도가 증가한다는 것을 의미한다.

분석결과 좌측 내리막의 도로선형, 이륜차 대 차의 사고유형, 좌측 평지의 도로선형 순으로 심각도에 영향을

크게 미치는 것으로 나타났다.

5.3. 한계효과(Marginal Effect) 분석

최종 도출된 모형을 대상으로 하여 종속변수인 심각도에 대한 각 독립변수의 한계효과의 분석결과는 Table 16과 같다. 한계효과는 각 독립변수의 속성변화에 따른 종속변수의 변화를 의미한다. 모형에서 독립변수의 계수 값을 기초로 한계효과를 분석할 수 있는데 기댓값은 $\exp(\beta X_i)$ 이기 때문에 X_i 에서 변화는 종속변수의 기댓값 변화를 의미한다. 즉, 독립변수 X_i 에서 δ 만큼 변화한다면 $\exp(\beta\delta)$ 의 인자 값이 산출되며 이 인자 값에 의해 다음 Eq. (6)과 같이 발생확률(%)을 추정할 수 있다.

$$\text{발생확률} = 100(\exp(\beta\delta) - 1) \quad (6)$$

사고발생시간을 보면 주간에 발생한 사고는 야간에 발생한 사고에 비해 사망의 발생가능성이 57.7% 감소하는 것으로 나타났다. 사고유형의 경우 이륜차 대 사람 사고와 이륜차 대 차의 사고는 차량단독사고에 비해 경상/부상의 발생가능성이 각각 17.3%, 86.5% 높게 나타나며, 사망사고의 발생가능성은 96.9%, 95.6% 낮게 나타나는 것을 볼 수 있다. 또한 도로선형의 경우 좌측평지에서의 사고는 직선평지에 비해 사망사고 발생가능성이 42.8% 높게 나타났으나 통계적으로 유의하지 않은

것으로 나타났고($p > 0.05$) 좌측 내리막 선형에서의 사고는 사망사고로 이어질 가능성이 직선 평지에서의 사고에 비해 439.3% 즉, 4배 이상 높은 것으로 나타났다.

실제 발생건수와 한계효과 분석을 통한 발생확률에 따른 예측건수의 정확도는 경상/부상의 경우 59.4%, 중상의 경우 60.3%, 사망의 경우 96.6%로 도출되었으며 전체적인 정확도는 72.1%로 매우 높은 정확도를 갖는 것으로 나타났다.

5.4. 모형의 검증

5.4.1. 변수의 유의성 검증

다음의 Table 17은 유의한 변수로 추출된 변수의 영향과 심각도의 일치 정도를 보여주는 교차분석 결과이다. 앞서 분석된 모형에서 유의한 변수(사고발생시간, 사고유형, 도로선형, 이륜차 배기량)를 고려하여 교차분석을 실시하였으며 발생시간의 점근 유의확률이 0.001로 0.05보다 작기 때문에 발생시간은 심각도에 영향을 주는 유의한 변수임을 확인할 수 있다. 사고유형, 도로선형, 이륜차 배기량 또한 0.05보다 작은 수치를 나타내고 있으므로 모두 유의한 변수임을 확인할 수 있다.

5.4.2. 분류 정확도 검증

실제 관측 값에 대한 예측 값의 정확도는 다음 Table

Table 16. Analysis of Marginal Effect

Variable	Group	Reference Group	Severity 1 (Minor injury)		Severity 2 (Serious Injury)		Severity 3 (Fatal injury)	
			Rate of Change	P-value	Rate of Change	P-value	Rate of Change	P-value
Time of Occurrence	Day	Night	13.0	0.051	-10.8	0.068	-57.7	.000
Type of Accident	Motorcycle-to-Person	Motorcycle Only	17.3	0.034	-13.5	0.053	-96.9	.000
	Motorcycle-to-Vehicle		86.5	0.000	-46.9	0.000	-95.6	.000
Road Alignment	Left Uphill	Straight Flatland	-20.3	0.645	33.8	0.554	-100.0	.998
	Left Downhill		-50.4	0.087	-41.3	0.216	439.3	.004
	Left Flatland		-46.6	0.029	13.7	0.656	42.8	.471
	Right Uphill		-32.7	0.311	36.4	0.427	-52.4	.504
	Right Downhill		-8.7	0.800	-8.7	0.804	-64.8	.182
	Right Flatland		-30.8	0.201	30.5	0.355	-73.3	.083
	Straight Uphill		-11.9	0.315	8.3	0.530	-30.6	.361
	Straight Downhill	-27.6	0.004	35.6	0.007	-67.2	.007	
Motorcycle Displacement	Larger Than 50cc	Under 50cc	-15.1	0.010	6.7	0.310	-44.2	.000

Table 17. Crosstabs Analysis

Chi-Square Test												
	Time of Occurrence			Type of Accident			Road Alignment			Motorcycle Displacement		
	Value	D.F	P-value	Value	D.F	P-value	Value	D.F	P-value	Value	D.F	P-value
Pearson chi-square	13.388	2	.001	192.127	4	.000	128.396	16	.000	6.650	2	.036
Likelihood ratio	13.537	2	.001	135.494	4	.000	59.818	16	.000	6.823	2	.033
Number of Valid Cases	4,277			4,277			4,277			4,277		

18과 같다. 구축된 순서형 프로빗모형의 예측정확도는 경상/부상의 경우 70.3%, 중상은 70.1%, 사망은 68.8%로 나타났으며 전체적인 정확도는 70.2%로 정확도가 매우 높은 것으로 나타났다.

Table 18. Accuracy Classification

Severity	Accuracy (%)
1	70.3
2	70.1
3	68.8
Total	70.2

6. 결론 및 향후 연구과제

6.1. 결론

본 연구는 이륜차 사고심각도에 있어 영향을 주는 요인을 도출하여 도출된 요인이 사고심각도에 주는 영향력을 분석하고 그에 따른 결과를 검증하는 것을 주목적으로 하였다.

본 연구를 통해 도출된 최종모형의 결과와 한계효과를 요약하면 다음과 같다.

순서형 프로빗모형을 이용한 분석결과 통계적으로 유의한 변수로는 사고발생시간, 사고유형, 도로선형, 이륜차 배기량으로 나타났다. 이 중 좌측 내리막의 도로선형, 차 대 차의 사고유형 순으로 심각도에 높은 영향을 주는 것으로 나타났다.

발생시간의 경우 주간사고는 야간사고에 비해 심각도가 낮아지며 사망사고의 발생확률이 57.7% 낮아지는 것으로 나타났다. 야간의 경우 도로의 조도감소로 인하여 시거확보와 운전수행에 어려움이 있으며, 이륜차의 경우 차체가 일반차량에 비해 작아 차량 상호간 인지가 어려워 야간사고의 심각도가 높아지는 것으로 판단된다.

사고유형을 살펴보면 이륜차 단독사고에 비해 이륜차 대 차 사고, 이륜차 대 사람 사고 모두 심각도가 낮아지

는 것으로 나타났다. 또한 이륜차 대 사람 사고와 이륜차 대 차의 사고는 차량단독사고에 비해 경상/부상의 발생가능성이 각각 17.3%, 86.5% 높아지며, 사망사고의 발생가능성은 96.9%, 95.6% 낮아지는 것으로 나타났다.

일반적으로 정면충돌, 측면(직각)충돌 등의 사고형태에 따라 차 대 차 사고의 심각도가 높을 것으로 생각하지만 전체사고의 경우에도 차량단독사고의 치사율이 가장 높으며 이는 차량 간의 경미한 접촉사고의 비율이 높은 것에 따른 것으로 판단된다.

특히 이륜차 단독사고의 경우 이륜차의 구조적 특성상 전도, 전복, 낙하, 시설물충격으로부터 보호할 수 있는 차체가 없으며 차량에서 이탈되어 신체에 직접적 충격이 가해지기 때문에 심각도에 (+)영향을 주는 요인으로 판단된다. 또한 이륜차 대 차 사고, 이륜차 대 사람 사고의 경우 경미한 접촉사고의 발생비율이 높음에 따라 심각도 또한 낮아지는 것으로 나타났다.

도로선형의 경우 좌측 내리막 선형에서의 사고 시 사고의 심각도가 증가하며 좌측 평지, 직선 내리막선형 역시 심각도를 증가시키는 요인으로 나타났다.

좌측선형의 경우 과속과 선형에 의한 시거불량으로 전방차량 추돌, 과속과 회전에 의한 전도, 공작물충돌 등의 대형사고가 심각도를 증가시키는 것으로 나타났다.

이는 일반적인 오른손잡이의 경우 좌측회전운동(반시계방향)에 더 익숙하며 이에 따라 과속의 빈도 또한 높아지기 때문인 것으로 판단된다. 내리막 선형의 경우 돌발 상황 시 급제동을 하는 경우 전도, 전복 등의 대형사고로 이어질 가능성이 높으며 내리막선형에서의 과속에 의한 사고 또한 심각도를 증가시키는 것으로 판단된다.

이에 따라 좌측 평지 직선 내리막이 복합된 좌측내리막선형의 경우 심각도가 매우 높아지는 것을 볼 수 있다. 또한 좌측 내리막의 한계효과를 살펴보면 좌측 내리막 선형에서의 사고는 사망사고로 이어질 가능성이 직선 평지에서의 사고에 비해 439.3% 즉, 4배 이상 높은 것으로 나타났다.

이륜차 배기량은 50cc 이상의 이륜차에서 사고의 심각도가 증가하는 것으로 나타났으며 이는 50cc 이상의 이륜차의 경우 50cc 미만의 이륜차에 비해 상대적으로 높은 속도로 주행이 가능하며, 이륜차의 중량 또한 높기 때문에 사고 시 충격량이 크게 작용함에 따른 것으로 판단된다.

변수의 유의성 검증은 교차분석을 통하여 검증하였고, 발생시간, 사고유형, 도로선형, 이륜차 배기량의 점근 유의확률이 0.05보다 작기 때문에 추출된 변수 모두 심각도에 영향을 주는 유의한 변수임이 확인되었다.

실제 관측 값에 대한 예측 값의 정확도는 경상/부상의 경우 70.3% ,중상은 70.1%, 사망은 68.8%로 나타났으며 전체적인 정확도는 70.2%로 매우 높은 정확도를 보이는 것으로 나타났다.

6.2. 향후 연구과제

본 연구에서는 1년간 수집된 사고자료를 통하여 분석을 수행하였으며 향후 사고자료의 확충과 사고자료 수집변수가 개별 이륜차의 속도정보, 사고 시 운전행태 등으로 세분화된다면 분석의 정확도는 더욱 높아질 것으로 판단된다.

또한 분석을 위해 본 연구에서 사용된 변수 이외에 사고 심각도에 영향을 줄 수 있는 변수가 추가적으로 존재할 것으로 판단되며 따라서 향후 이러한 영향변수에 대한 탐색과 탐색된 변수를 추가적으로 투입한 분석이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

References

Antoine Guisan, Frank E. Harrell, 2000. Ordinal response regression models in ecology, *Journal of Vegetation Science*, Vol 11, Issue 5, pages 617-626, October.

Chae, Beom Seok, 2005, A Study on the Characteristics and Solutions of Motorbike traffic Accidents, *Korean Society of Civil Engineers Magazine*, Vol. 53, No.8, August.

Chimba, D. , Lan, C. J. , and Li, J., 2006, Statistical evaluation of

motorcycle crash injury severities by using multinomial models., 84th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Transportation Research Board, Washington, DC.

Eustace, D., Indupuru, V., and Hovey, P., 2011, Identification of risk factors associated with motorcycle-related fatalities in Ohio., *J. Transp. Eng.*

Ha O Keun, 2005, The Study on the Accident Injury Severity Using Ordered Probit Model, *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol 23, No.4

Hong Ji Yeon, 2011, Developing the Accident Injury Severity on a Field of Construction Work using Ordered Probit Model, *Journal of the KOSIS*, Vol 26, No.2

Jang Tae Yeon, 2003, Marginal Effect Analysis of Travel Behavior by Count Data Model, *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol 21, No.3

Ju Mi Ypung, 2002, Probit and Ordered Probit Analysis and Its Application, *Journal of Governmental Studies*, Vol 6, No.1

Kim Hong Jun, 2006, Statistics clearly based learning:-probability distribution, intervision

Lee, Woo Seung, 2001, Motorcycle Operation Status and Future Challenges - policy debate, Seoul Development Institute

Liu, I. and Agresti, A., 2005, The analysis of ordered categorical data: an overview and a survey of recent developments. *Test*, 14(1), 1-73.

McCullagh, P., 1980, Regression models for ordinal data, *Journal of the Royal Statistical Society, Series B* 42, 109-142.

Na, Hee., Park, Byung Ho, 2012, Analysis on the Accident Severity of Motorcycle Using Ordered Logit Model, *Journal of the Korea Planners Association*, Vol.47, No.4, August.

Moshe Ben-Akiva and Steven R. 1985, Lerman, *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand* ,MITPress

Rifaat, S. , Tay, R. , and Barros, A., 2011, Severity of motorcycle crashes in Calgary., *Accid. Anal. Prev.*

Shaheed, M. , and Dissanayake, S., 2011, Risk factors associated with motorcycle crash severity in Kansas., 90th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.

Steven Jones, Saravanan Gurupackiam, Joe Walsh, 2013, Factors Influencing the Severity of Crashes Caused by Motorcyclists: Analysis of Data from Alabama, *American Society of Civil Engineers*.