

고령자의 자동차사고 위험도 분석

김대환¹ · 허태영^{2*}

¹동아대학교 경제학과, ²충북대학교 정보통계학과

Analysis on the Auto Accident Risks of the Old

KIM, Dae Hwan¹ · HEO, Tae Young^{2*}

¹Department of Economics, Dong-A University, Busan 602-760, Korea

²Department of Information Statistics, Chungbuk National University, Chungbuk 362-763, Korea

Abstract

After empirically investigating the vehicle accident risks by age groups, various programs and policies have been imposed to reduce the old's risks in other countries. In Korea, it is little known the risk level by age groups and no policy changes has been implemented even if the number of vehicle accidents occurred by the old has been rapidly rising while the total number of vehicle accidents has been decreasing. This study empirically investigates the vehicle accident risks by age groups and the results show that the old drivers over age 65 has the highest accident risk except for the young drivers below age 25. Thus, we emphasize the necessity of reinforcing the qualifications for reissuing the drive licence and programs for educating the old drivers in Korea which is facing the most rapid population aging in the world. On the other hand, various changes are needed reflecting the old drivers such as reforming the road signs, issuing a sticker and providing them incentives such that the old drivers use the public transportation instead of self-driving.

주요국에서는 증가하는 노인운전자의 교통사고 경감을 위해 연령별 자동차 사고 위험도를 분석한 후, 위험도가 높은 고령자의 교통사고를 경감하기 위한 다양한 제도를 시행하고 있다. 최근 우리나라 교통사고는 감소하고 있지만 65세 노인운전자의 교통사고는 빠르게 증가하고 있음에도 불구하고 노인운전자의 자동차사고 위험도에 대한 실증연구가 부재하고, 관련 제도 개선이 이루어지지 않고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 우리나라 운전자들의 연령별 자동차사고 위험도를 분석하였는데, 25세 미만 연령층을 제외하고 65세 이상 노인운전자의 자동차사고 위험도가 가장 높은 것으로 분석되어졌다. 세계에서 가장 빠른 인구고령화를 경험하고 있는 우리나라에서도 주요국처럼 노인운전자에 대한 운전교육 및 운전면허 재발급 자격을 강화할 필요가 있겠다. 또한 노인운전자를 배려한 도로표지판 개선과 노인운전차량 스티커 부여, 그리고 자가운전 대신 대중교통을 운전하는 노인들에 대해 인센티브를 제공하는 유인체계의 변화가 필요하다.

Keywords

accident model, count model, old driver, vehicle accident, zero altered negative binomial
사고모형, 가산모형, 노인운전자, 자동차사고, 영 변형 음이항분포

* : Corresponding Author
theo@cbnu.ac.kr, Phone: +82-43-261-3741, Fax: +82-43-273-5928

Received 25 September 2014, Accepted 25 December 2014

서론

우리나라의 자동차 수는 1980년에 50만대에 불과하였으나 1997년에 1,000만대를 돌파한 이후 2012년에는 2,000만대에 가까워졌을 정도로 경제성장과 함께 빠르게 증가해 왔다(The Road Traffic Authority, 2013b). 현재 우리나라는 세계 5위 자동차 생산국이자 세계 10위에 달하는 자동차 보유국이다. 우리나라는 자동차 생산량과 보유대수로는 명실상부 교통대국이지만, 자동차 수 대비 교통사고와 교통사고로 인한 사망률은 OECD 국가 중 가장 높다. 우리나라보다 10배 정도에 달하는 자동차를 보유하고 있는 미국은 자동차 1만 대당 사망자 수가 1.3명인 반면 우리나라는 2.6명으로 두 배 가량 높고 OECD 평균인 0.8명보다도 3배 이상 높은 실정이다(한국도로교통공단 교통통계정보).

국내 교통사고와 관련하여 눈에 띄는 특징은 노인¹⁾ 운전자 교통사고가 빠르게 증가해 왔다는 것이다. 최근 감소하고 있는 자동차 사고와는 반대로 65세 이상의 노인 운전자에 의한 교통사고는 1992년 1,008건에 불과하였으나 매년 꾸준히 증가하여 2012년에는 13배 이상 증가한 15,176건에 달한다(The Road Traffic Authority, 2013a). 교통사고로 인한 노인 사망자 수는 2006년 기준 노인 10만명 당 37.7명으로 OECD 선진국 영국(6.0명), 스웨덴(6.1명) 대비 6배 이상 높은 것으로 나타났다. 일본의 12.3명에 비해서도 3배 이상 높다(National Police Agency, 2010).

이렇게 노인운전자의 교통사고 건수가 빠르게 증가한 요인은 여러 가지가 있겠지만 크게 두 가지로 요약될 수 있다. 첫째, 인구 중 노인인구가 증가하면서 노인운전자의 수도 증가해 노인운전자의 자동차사고 건수도 자연스럽게 증가했다. 2001년 이후 전체 운전면허소지자는 3.2% 증가한 반면 65세 이상 노인 운전면허소지자수는 14.8%로 다른 연령대에 비해 급격히 증가한 것이 사실이다(The Road Traffic Authority, 2013a).

둘째, 노인운전자의 자동차사고 위험도가 다른 연령대에 비해 높을 수 있다. 기대수명이 증가하면서 운전하는 노년기가 증가하게 되는데 노인운전자의 자동차사고 위험도가 높을 경우 자동차사고 건수 및 사망률은 노인운전자 수 증가와 맞물려 빠르게 증가할 것이다.

해외 선행연구의 경우 연령별 자동차사고 위험도를

분석하고, 위험도가 높은 연령층에 특화된 맞춤형 정책 및 교육프로그램을 통해 자동차사고 및 그로 인한 사회경제적 비용을 경감해 왔다. 하지만 고령자의 자동차사고가 빠르게 증가하는 우리나라에서는 아직 연령별, 특히 고령자의 자동차사고 위험도에 대한 연구조차 충분히 이루어지지 않았다.

그동안 우리나라 노인인구가 빠르게 증가해 왔다고는 하지만 우리나라는 중국, 인도와 더불어 노인인구 비중이 세계에서 가장 낮은 나라에 속한다. 하지만 우리나라의 인구고령화 속도는 세계에서 가장 빠를 것으로 추정되고 있다. 2010년 인구 10명 중 1명에 불과한 65세 이상 인구는 2060년 경 10명 중 4명 정도로 증가하게 되는데 그 중 3명은 75세 이상이 될 정도로 인구고령화가 세계에서 가장 빠를뿐더러 세계에서 가장 높은 고령 국가가 될 예정이다(Statistics Korea, 2011). 만약 노인운전자의 자동차사고 위험도가 높다면 급격한 노인인구의 증가와 맞물려 우리나라 자동차사고도 빠르게 증가할 것으로 예상된다.

이에 본 연구는 우리나라 운전자들의 연령별 자동차사고 위험도를 분석해 노인운전자들의 자동차사고 위험도를 평가하고 해외사례를 통해 정책적 시사점을 도출하고자 한다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제 II장에서는 자동차사고의 위험도와 관련한 국내외 선행연구를 소개한다. 제 III장에서는 운전자 자료를 활용한 연령별 자동차사고의 위험도 분석을 통해 우리나라 노인운전자의 자동차사고 위험도가 실제로 높은지 여부를 분석한다. 제 IV장에서는 실증분석 결과를 논의하고, 마지막으로 제 V장에서는 노인운전자의 교통사고 경감을 위해 시도되고 있는 해외사례를 토대로 시사점을 도출한다.

선행연구

운전자 특성별로 자동차사고 위험도를 분석한 실증분석 연구는 주로 해외에서 이루어져 왔으며, 노인운전자의 자동차사고 위험도에 대한 분석결과는 연구물마다 대동소이하다. 본 연구의 연구배경과 마찬가지로 미국에서도 다양한 연령층 중 노인인구가 가장 빠르게 증가하고 있음을 감안하여 Stamatidis and Deacon(1995)은 연령별 자동차사고 위험도를 실증적으로 연구하였다. Stamatidis and Deacon(1995)은 자동차사고 빈도

1) 노인의 정의는 실정법이나 제도적 장치의 규정에 의해 65세 이상을 의미한다.

가 높을수록 위험도가 높은 것으로 정의하고 각 연령별 자동차사고 위험도를 분석하였다. 특히 연령별 자동차사고 위험도를 분석하기 위해 운전자의 연령을 5세 단위로 구분하여 자동차사고 위험도가 상대적으로 낮은 40-44세를 준거변수로 활용하였다. 분석 결과, 30대 및 40대 초반 연령 운전자의 자동차사고 위험도가 가장 낮은 반면 미성년자 및 20대 초반 운전자의 자동차사고 위험도가 높고, 노인운전자의 자동차사고 위험도가 가장 높은 것으로 분석되어졌다. 특히 65세 이상 운전자 중에서도 75세를 상회하면서 자동차사고 위험도도 매우 빠르게 증가하는 것으로 나타났다. 65세 이상을 노인이라고 정의하지만 특히 상대적으로 연령이 높은 75세 이상 고령자들은 전반적인 신체적·정신적 능력이 크게 저하되는 것으로 알려져 있다(Alsnih and Hensher, 2006). 이에 Stamatiadis and Deacon(1995)는 고령운전자의 높은 자동차사고 위험도를 경감시키기 위해 고령운전자에 특화된 운전교육 프로그램을 개발하고, 운전면허제도를 차별화하며, 증가하는 노인운전자를 위해 교통표지판의 개선이 필요하다고 주장했다.

William and Shabanova(2003)는 자동차사고 수가 아닌 자동차사고 시 사망률에 대한 연구를 하였는데, 분석 결과 고령운전자는 자동차 사고 시 사망률이 가장 높은 것으로 나타났다. 자동차사고 건수 및 자동차사고 심도(부상 정도)를 모두 고려한 Massie and Campbell(1990)의 연구에서도 고령자는 자동차사고 건수 측면에서도 위험도가 높지만 사고 시 치명적 사고율 또한 높은 것으로 분석되어져 다른 선행연구들과 대동소이한 연구 결과를 보여주고 있다.

자동차사고 빈도를 종속변수로 활용해 65세 이상 운전자의 자동차사고 위험도가 높지 않다는 AI-Balbissi(2002)의 연구도 존재하나, 이 연구에서는 단순히 연령별로 자동차사고 빈도를 비교한 기술적 통계방법을 활용해 결과에 대한 신뢰도는 다른 선행연구에 비해 높지 않다.

노인운전자의 자동차사고 위험도를 증가시키는 원인에 대한 연구도 활발하게 진행되어 왔다. 먼저 운전 시 외부정보를 받아들이고 처리하는 신체적 기능 중 가장 중요한 능력은 시각인데, 연령이 증가함에 따라 운전 시 사망을 주시하고 특정 위험요인에 집중하는 시력이 저하될 뿐더러 색을 인지하고 판단하는 능력이 저하되는 색맹(color blindness)이 발생하기 때문에 자동차사고 위험도가 증가할 수 있다(Kline et al., 1992). 특히 연령이 증가하면서 주변시(peripheral vision)의 저하가

나타나는데 이러한 주변시 저하는 옆에서 끼어드는 자동차를 제대로 인지하고 반응하는 능력을 저하시키는 것으로 알려져 있다. 또한 거리를 지각하는 시력(depth perception) 때문에 앞차와의 안전거리 확보에 장애를 유발하여 자동차사고를 증가시킬 수 있다.

노인은 민첩성에서 청년의 33%, 각근력(다리 근육의 힘)에서 청년의 50%, 평형성에서 청년의 33%에 불과해 위험한 교통상황에 대응할 운동능력이 높지 않다(Park and Choi, 2010). 또한 연령이 증가할수록 장시간 운전 시 피로가 빨리 찾아오고, 청각이 저하되어 노인의 자동차사고 위험도가 증가할 수 있다. 특히 청각의 저하는 경계기능 약화로 연계되는데, 65-74세 고령자의 24%, 75세 이상 고령자의 39%가 청각장애에 해당한다(Lee et al., 2011). 뿐만 아니라 동일한 위험을 감지하더라도 인지반응 시간(perception-reaction time)이 길어 운전 시 위험한 상황에 직면하더라도 핸들과 브레이크 작동을 하는데 오랜 시간이 소요된다.

국내 연구도 최근 고령자의 자동차사고와 관련한 연구가 증가해 왔는데, 대부분 노인보행자에 대한 연구가 주를 이루고 있다(Kim, 2005; Kim and Kim, 2004; Oeo et al., 2012). 고령자의 교통사고 위험도와 원인을 분석한 연구도 존재하나(Lee, 2011; Park and Choi, 2010), 국내 선행연구 모두 다변량 실증분석이 아닌 도로교통공단의 자료를 활용한 기술적 통계(descriptive statistics)분석에 한정되어 있다. 흥미로운 것은 우리나라 노인들의 경우 스스로 고령자로 생각하지도 않고 본인의 운전능력에 대해 확신하는 경향이 강한 반면 객관적인 평가 결과는 노인운전자의 운전능력이 여러 가지 측면에서 높지 않다는 운전정밀적성검사가 이루어진바 있다(Kang and Jo, 2012).

실증분석 모형 및 자료

1. 분석 모형

본 연구에서는 노인 운전자의 교통사고 위험에 대한 영향력을 확인하기 위해 다양한 가산모형(count models)을 이용하였다. 분석모형으로는 가산모형의 대표적인 모형인 포아송모형, 음이항모형과 함께 과잉된 영이 관측된 자료의 특성을 반영한 영과잉 모형과 영변형 모형을 적용하였으며 간략한 설명은 다음과 같다.

1) 포아송 모형과 음이항 모형

포아송 회귀모형(Poisson regression)은 종속변수 Y 가 계수형 자료(count data) 일 때 가장 흔하게 사용되는 모형으로 종속변수 Y 의 기댓값이 독립변수 X_1, X_2, \dots, X_k 의 선형결합으로 설명되는 형태를 가정한다. 포아송 모형의 일반식은 식(1)과 같다

$$P(Y_i = y_i) = \frac{e^{-\mu_i} \mu_i^{y_i}}{y_i!} \quad (1)$$

이때 모수 μ_i 는 식(2) 같이 독립변수들인 \mathbf{x}_i 의 로그 연결함수로 표현된다.

$$\mu_i = E(y_i | \mathbf{x}_i) = \exp(\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_p x_{ip}) = \exp(\mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta}) \quad (2)$$

포아송회귀모형에서 독립변수들에 대한 모수 벡터 $\boldsymbol{\beta}$ 의 최대우도 추정량은 식(3)과 같은 로그우도함수를 최대로 하는 값으로 구할 수 있다.

$$\ln L(\boldsymbol{\beta}) = \sum_{i=1}^n (y_i \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta} - \exp(\mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta}) - \ln y_i!) \quad (3)$$

실제 계수형 자료에서 평균보다 분산이 크게 나타나는 과대산포(overdispersion)의 문제가 종종 발생하기 때문에 회귀계수의 표준오차가 편의(biased)될 수 있다. 따라서 과대산포의 존재를 확인한 이후 이를 반영할 수 있는 음이항 분포를 가정한 회귀모형을 활용하는 것이 바람직하다. 음이항 회귀모형은 식(4)와 같이 정의되며 로그우도함수는 식(5)와 같다.

$$Y_i \sim \text{bin}(\mu_i, \theta) \quad (4)$$

$$\ln L(\boldsymbol{\beta}, \theta) = \sum_{i=1}^n [(\sum_{j=0}^{y_i-1} \ln(j + \theta^{-1})) - \ln y_i! - (\theta^{-1} + y_i) \ln(1 + \theta \mu_i) + y_i \ln \theta \mu_i] \quad (5)$$

여기서, 모수 θ 는 과대산포를 나타낸다(Miaou, 1994).

2) 영 과잉 모형(ZIM; Zero Inflated Model)

과잉된 영 관측값 때문에 과산포의 문제가 발생한다는 가정을 통해 과잉된 영과 계수형 자료를 고려한 혼합

분포 모형이 제안되었다. 그 중 영 과잉(zero-inflated) 모형은 반응사건을 ω 의 가중치로 영 반응값을 가지는 사건과 $1-\omega$ 의 가중치로 영 반응값을 포함한 계수 반응값을 가지는 사건으로 나누어 분석하는 모형으로 영 과잉 모형의 함수는 식(6)과 같다.

$$f(Y|X, Z) = \begin{cases} \omega + (1-\omega)f(0|X) & , Y=0 \\ (1-\omega)f(Y|X) & , Y>0 \end{cases} \quad (6)$$

식(6)에서와 같이, 가중치 ω 와 $1-\omega$ 로 나눈 혼합 분포의 형태를 보이고 있다(Lambert, 1992; Yau, et al., 2003).

3) 영 변형 모형(ZAM; Zero-altered model, Hurdle model)

영 과잉 모형과는 달리 영 변형(zero-altered) 모형은 반응사건을 π 의 가중치로 영 반응값을 가지는 사건과 $1-\pi$ 의 가중치로 영 반응값을 제외한 계수형 반응값을 가지는 사건으로 나누어 분석하는 모형으로 영 변형모형의 함수는 식(7)과 같다.

$$f(Y|X, Z) = \begin{cases} \pi & , Y=0 \\ (1-\pi)f(Y|X) & , Y>0 \end{cases} \quad (7)$$

식(6)과는 달리, 식(7)에서는 가중치 π 와 $1-\pi$ 로 나눈 혼합 분포의 형태를 보이고 있다(Gurmu, 1998).

2. 모형선택

본 연구에서는 선정된 변수를 통해 교통사고 발생건수에 미치는 변수들의 영향을 확인하고자 포아송, 음이항, 영 과잉, 영 변형 회귀모형을 이용하였으며, 최적 모형 선택을 위해 과대산포 검정과 붕(Vuong)의 검정을 활용하고자 한다.

1) 우도비 검정

과대산포모수 θ 의 통계적 유의성을 검정함으로써 포아송 모형과 음이항 모형 중 최적의 모형을 선택할 수 있으며, 과대산포 유의성에 대한 귀무가설(H_0)과 대립가설(H_1)은 식(8)과 같다.

$$H_0 : \theta = 0 \text{ vs } H_1 : \theta > 0 \quad (8)$$

각 모형의 로그우도함수(Log Likelihood, LL)로 계산된 우도비 검정통계량은 식(9)와 같다.

$$LR = -2(\ln L(M_0) - \ln L(M_1)) \sim \chi^2_1(1) \quad (9)$$

여기서 M_0 는 포아송 모형, M_1 은 음이항 모형을 나타낸다.

2) 붕의 검정

서로가 비내포(non-nested) 관계인 두 모형에 대해 밀도함수 $f_1(\cdot)$ 와 $f_2(\cdot)$ 로 붕의 검정(Vuong test)을 수행할 수 있어 붕의 검정을 수행하여 과잉된 영(inflated zero)을 반영한 모형과 그렇지 않은 모형의 차이를 검정할 수 있다(Vuong, 1989). 만약 과잉된 영이 존재함에도 불구하고 이를 반영한 모형을 활용하여 실증분석이 이루어지지 못할 경우 추정계수와 표준오차가 편향(biased)된다.

서로 다른 두 모형의 밀도함수의 최대우도 차이를 비교한 형태를 반영하기 위해 $m_i = \ln\left(\frac{f_{1i}(y_i)}{f_{2i}(y_i)}\right)$ 이라 하면 Vuong 검정통계량은 $v = \frac{\bar{m}\sqrt{n}}{sd(m)}$ 이다. 여기서, \bar{m} 는 m_i 의 평균, n 은 표본개수, $sd(m)$ 는 m_i 의 표준편차를 나타내며, Vuong 검정통계량은 표준정규분포를 따른다고 알려져 있다. 그러므로 검정통계량의 임계값 1.96보다 크다면 과잉된 영이 존재한다고 결론 내리게 되며, 과잉된 영을 반영할 수 있는 모형이 실증분석에 활용되어야 한다.

3) AIC

여러 가지 분석 모형의 제안이 가능할 경우 모형 간 비교를 위해 대표적으로 많이 쓰이는 것이 AIC(Akaike Information Criteria)이다. 모수가 p 개인 모형에 적합한 로그우도로부터, AIC는 식(10)과 같이 정의된다(Akaike, 1973).

$$AIC = -2\ln L + 2p \quad (10)$$

이론적으로 모형별 AIC값이 2미만의 차이가 날 때 두 모형 간 설명력의 차이가 없다고 결론내리며, 2 초과 6 미만일 경우 AIC 값이 작은 모형이 약간 선호되며, 6 초과 10 미만일 경우 AIC 값이 작은 모형이 선호되며, 10 이상일 경우 AIC 값이 작은 모형이 매우 선호되는 것으로 결론 내릴 수 있다(Kass and Raftery, 1995).

3. 분석 자료

연령별 자동차사고 위험도를 분석하기 위해 보험개발원에 집계된 자료를 활용하였다. 보험개발원은 보험소비자와 보험산업 발전을 위한 서비스를 제공하고 공정한 보험요율을 산출하기 위한 전문 보험요율 산출기관이다. 특히 보험개발원은 보험업법에 근거하여 설립된 비영리 기관으로 주요 업무가 공정하고 합리적인 보험요율 산출이기 때문에 모집단(population)인 모든 국내 운전자의 사고기록을 보유하고 있다.

본 연구에서 활용된 자료는 2006년을 기준으로 영업용 차량을 제외한 국내 모든 개인운전자 중 약 40만 명에 달하는 샘플을 무작위로 추출한 후, 누락된 정보가 있는 자료를 삭제한 후 396,264개의 샘플이 최종 실증분석에 활용되었다. 또한 2006년 한해의 자료를 활용한 분석결과와 신뢰성 확보를 위해 2005년 개인운전자 중 50만 명을 무작위로 추출하여 누락된 정보가 있는 자료를 삭제한 후 494,265개의 샘플을 분석에 활용하였다.

2006년 및 2005년 자료를 활용한 실증분석에서 종속변수는 각각 2006년 및 2005년을 기준으로 1년 동안 대물배상 담보에서 발생한 자동차사고 건수이다. 현재 우리나라자동차보험에는 대물배상담보, 대인배상담보, 자기차량담보, 자기신체사고담보, 무보험차량담보로 구성되어 있는데, 운전자라면 의무적으로 대물배상담보에 가입해야 한다. 그러므로 대물배상담보의 사고 건수를 종속변수로 활용할 때, 선택편의(selection bias)를 배제한 연령별 자동차사고 위험도를 분석할 수 있다.

Table 1에서와 같이 총 359,273명이 사고를 내지 않은 것으로 나타났으며 나머지 총 샘플 중 9.3%에 해당하는 36,991명이 최소 1건 이상의 사고를 낸 것으로 나타났는데 1건을 기록한 사람은 33,984명, 2건은 2,742명, 3건은 235명, 4건은 25명을 기록하였으며 5건을 기록한 사람도 5명 있는 것으로 나타났다.

Table 1의 총 발생 건수를 보면 교통사고를 내지 않은 사람이 대다수를 차지하고 있어 0이 과잉된 자료의 형태를 고려한 분석의 필요성을 가늠할 수 있다. 또한 사고 건수의 평균은 0.102이고 분산은 이보다 근소하게 큰 0.110이므로 과산포를 고려한 분석이 필요하다.

Table 2는 본 연구의 실증분석에 활용된 변수의 이름과 각 변수들의 정의를 보여준다. 본 연구의 목적에 따라 노인 운전자들의 교통사고 발생건수에 대한 영향 정도를

Table 1. Frequency by number of accident

# of accident		0	1	2	3	4	5
Frequency		359,273	33,984	2,742	235	25	5
Age	age≤24	6,519	816	98	11	1	
	25≤age≤29	30,034	3,127	300	22	1	
	30≤age≤34	54,883	4,708	357	37	5	1
	35≤age≤39	64,779	5,688	410	33	3	1
	40≤age≤44	61,563	5,630	423	31	3	
	45≤age≤49	53,732	5,261	435	39	4	1
	50 ≤age≤ 54	36,686	3,814	286	28	4	1
	55≤age≤59	24,526	3,490	204	20	1	1
	60≤age≤64	14,693	1,420	130	6	2	
	65≤age≤69	7,751	703	66	6		
	70≤age≤74	2,961	312	19	1	1	
	75≤age	1,146	115	14	1		
Gender	male	281,916	25,897	1,991	164	12	4
	female	77,357	8,087	751	71	13	1
Car type	Compact car(~1000cc)	25,794	2,074	149	11		2
	Small car (1000-1599cc)	108,477	9,531	725	55	5	1
	Midsize car (1600-1999cc)	106,726	10,539	869	65	10	1
	Full-size car (2000cc-)	37,882	3,360	256	32	1	
	VAN	1,384	81	7			
	SUV	79,010	8,399	736	72	9	1
Area	Seoul	67,172	6,497	587	61	8	
	Busan	22,866	2,233	192	14	2	
	Daegu	20,955	2,146	160	15		1
	Incheon	19,696	1,790	157	19		
	Gwangju	11,325	1,130	80	11		
	Dajeon	13,928	1,246	110	9		
	Ulsan	9,825	957	78	6	1	
	Gyeong-gi	84,687	8,151	609	54	6	1
	Gang-won	11,433	936	65	4	2	
	Chung-buk	11,515	1,024	67	2	2	1
	Chung-nam	14,372	1,334	104	5	1	
	Jeon-buk	12,443	1,147	84	6		1
	Jeon-nam	10,711	922	79	3		
	Gyeong-buk	20,444	1,785	145	6	1	1
	Gyeong-nam	23,653	2,302	195	18	2	
	Jeju	4,248	384	30	2		

확인하기 위해 연령대를 Table 2와 같이 구분하였으며, 30대 후반(만 35세 이상 만 39세 이하)집단이 사고율이 가장 낮은 것으로 알려져 있으므로 이 집단을 기준변수로 하였다. 성별, 차량 종류, 지역 변수들은 더미변수로

처리하여 각각 여성, 배기량 1600-1999cc, 서울이 기준변수이다. 본 연구에서 정의된 변수에 의해 Table 1에서는 집단 구분에 따른 교통사고 빈도를 건수별로 표시하였다.

Table 2. Variables and definition

Variable	Definition
Age	age≤24 if age≤24 then 1, otherwise 0
	25≤age≤29 if 25≤age≤29 then 1, otherwise 0
	30≤age≤34 if 30≤age≤34 then 1, otherwise 0
	35≤age≤39 if 35≤age≤39 then 1, otherwise 0
	40≤age≤44 if 40≤age≤44 then 1, otherwise 0
	45≤age≤49 if 45≤age≤49 then 1, otherwise 0
	50≤age≤54 if 50≤age≤54 then 1, otherwise 0
	55≤age≤59 if 55≤age≤59 then 1, otherwise 0
	60≤age≤64 if 60≤age≤64 then 1, otherwise 0
	65≤age≤69 if 65≤age≤69 then 1, otherwise 0
	70≤age≤74 if 70≤age≤74 then 1, otherwise 0
	75≤age if 75≤age then 1, otherwise 0
Gender	if male then 1, otherwise 0
Car age	Car age
Car type	Compact car (~1000cc) if displacement<1000cc then 1, otherwise 0
	Small car (1000-1599cc) if 1000≤displacement≤1599cc then 1, otherwise 0
	Midsize car (1600-1999cc) if 1600≤displacement≤1999cc then 1, otherwise 0
	Full-size car (2000cc~) if displacement≤2000cc then 1, otherwise 0
	VAN if VAN then 1, otherwise 0
	SUV if SUV then 1, otherwise 0
Area	Seoul if Seoul then 1, otherwise 0
	Busan if Busan then 1, otherwise 0
	Daegu if Daegu then 1, otherwise 0
	Incheon if Incheon then 1, otherwise 0
	Gwangju if Gwangju then 1, otherwise 0
	Dajeon if Dajeon then 1, otherwise 0
	Ulsan if Ulsan then 1, otherwise 0
	Gyeong-gi if Gyeong-gi then 1, otherwise 0
	Gang-won if Gang-won then 1, otherwise 0
	Chung-buk if Chung-buk then 1, otherwise 0
	Chung-nam if Chung-nam then 1, otherwise 0
	Jeon-buk if Jeon-buk then 1, otherwise 0
	Jeon-nam if Jeon-nam then 1, otherwise 0
	Gyeong-buk if Gyeong-buk then 1, otherwise 0
	Gyeong-nam if Gyeong-nam then 1, otherwise 0
	Jeju if Jeju then 1, otherwise 0

Table 3. Descriptive statistics for variables

Variables	Mean	Std. Dev.
Accident	0.102	0.331
Age		
age≤24	0.019	0.136
25≤age≤29	0.084	0.278
30≤age≤34	0.151	0.358
35≤age≤39	0.179	0.383
40≤age≤44	0.171	0.376
45≤age≤49	0.150	0.357
50 ≤age≤ 54	0.103	0.304
55≤age≤59	0.068	0.253
60≤age≤64	0.041	0.198
65≤age≤69	0.022	0.145
70≤age≤74	0.008	0.091
75≤age	0.003	0.057
Gender	0.782	0.413
Car age	7.047	3.914
Car type		
Compact car(~1000cc)	0.071	0.256
Small car(1000-1599cc)	0.300	0.458
Midsize car (1600-1999cc)	0.298	0.458
Full-size car (2000cc~)	0.105	0.306
VAN	0.004	0.061
SUV	0.223	0.416
Aarea		
Seoul	0.188	0.390
Busan	0.064	0.245
Daegu	0.059	0.235
Incheon	0.055	0.227
Gwangju	0.032	0.175
Dajeon	0.039	0.193
Ulsan	0.027	0.163
Gyeong-gi	0.236	0.425
Gang-won	0.031	0.174
Chung-buk	0.032	0.176
Chung-nam	0.040	0.196
Jeon-buk	0.035	0.183
Jeon-nam	0.030	0.169
Gyeong-buk	0.056	0.231
Gyeong-nam	0.066	0.248
Jeju	0.012	0.108

실증분석 결과

1. 기술적 통계(Descriptive Statistics)

Table 3은 본 연구의 실증분석에 활용된 자료의 기술적 통계를 보여준다. 운전자 당 한해 0.102건의 교통사고를 유발한 것으로 나타났다. 운전자의 평균연령은 43.5세 인데 노동시장 진입연령인 20대 후반부터 운전자 비중이 증가하기 시작한다. 30-40대 운전자 비중이

가장 높고 우리나라 은퇴연령인 50대 중후반에 운전자 비중이 급격히 감소하고 이후 연령이 증가함에 따라 운전자의 비중도 점차 감소함을 알 수 있다.

운전자 중 남성운전자의 비중은 78.2%로 여성에 비해 남성운전자의 비중이 절대적으로 높다. 운행되는 자동차의 연식은 평균 7년 정도인 것으로 나타났으며, 소형 및 중형차에 해당하는 배기량 1000-1999cc의 차량이 60% 정도에 달한다.

운전자 또는 자동차의 수는 경제활동 인구수가 가장 많은 경기도와 서울에 집중되어 있는 것을 알 수 있다.

Table 4. Results of model comparison

		GLM		ZIM		ZAM	
		Poisson	NB	Poisson	NB	Poisson	NB
LL		-134259	-133830	-133796	-133730	-133828	-133793
df		34	35	68	69	68	69
AIC		26859	26773	26773	26760	26779	26772
Vuong Test				14.03	6.90	13.09	4.27
θ		1.400 (0.059)		1.843 (0.136)		0.596 (0.230)	
LR	df	1		1		1	
	χ^2	857.12		127.67		69.522	
	p	<0.001		<0.001		<0.001	

경기도에는 23.6%, 서울에는 18.8%의 자동차가 운행되고 있는 것으로 나타났는데 이는 우리나라에 등록된 모든 차량의 지역별 비중과도 일치한다. 도로교통공단은 우리나라에 등록된 차량(모집단)을 대상으로 지역별 등록대수를 발표하고 있는데, 2006년 당시 전체 등록된 차량 중 경기도에 23.9%, 그리고 서울에 19.1%가 등록되어 있는 것으로 발표하고 있다.²⁾

2. 최적모형 선택

Table 4는 본 연구에서 제안한 모형들을 일반화 선형 모형(GLM)과 영 과잉 모형(ZIM), 영 변형 모형(ZAM)으로 나누어 포아송 분포가정 모형과 음이항 분포가정 모형 중 더 우수한 모형을 선택할 수 있게 로그우도(LL: Log-Likelihood)와 AIC 값을 나타내고 붕의 검정과 우도비 검정을 실시한 결과이다. 음이항 회귀모형의 과대산포 모수 추정량은 1.400($t=23.705$, $p<0.05$)이고 영 과잉 음이항 모형의 과대산포 모수 추정량은 1.843($t=13.441$, $p<0.05$)이며 영 변형 음이항 모형의 과대산포 모수 추정량은 0.596($t=2.499$, $p=0.12$)로 나타났다. 각각의 모형에서 우도비 검정결과는 모두 유의한 것으로 나타났으며($p<0.001$) 이는 과대산포가 분명히 존재함에 따라 음이항 분포가정이 더 좋다고 판단할 수 있다.

Table 4에서 붕의 검정 결과를 보면 포아송 분포가정 시 영 과잉 모형의 붕의 검정통계량이 14.026이고 영 변형 모형의 붕의 검정통계량이 13.088으로 둘 다 임계값 1.96(95% 유의수준)보다 높은 것을 알 수 있다. 또한, 음이항 분포가정 시 영 과잉 모형의 붕의 검정통계량은

6.895이고 영 변형 모형의 경우는 4.273이다. 따라서 포아송 분포가정과 음이항 분포가정 모두 과잉된 영을 반영한 모형이 더 좋은 것으로 나타났음을 알 수 있다.

과잉된 영을 반영한 모형 중 가장 적합한 모형을 선별하기 위해서는 AIC 값을 활용할 수 있다. 분석결과 영 과잉 음이항 모형이 가장 낮아 최적 모형으로 판단되었으며, 음이항 회귀모형, 영 과잉 포아송 모형, 영 변형 음이항 모형, 영 변형 포아송 모형, 포아송 회귀모형의 순서로 낮게 나타났다.

Table 4의 결과에 따르면 영 과잉 모형의 음이항분포의 AIC값이 26,760으로 가장 작으며 다른 모형보다 최소 10 이상 차이가 나고 있음을 알 수 있다. 그러므로 AIC 값이 10 이상 차이 나면 값이 작은 모형을 매우 선호할 수 있다는 판단근거에 의해(Kass and Raftery, 1995) 영 과잉 음이항분포 모형이 연령에 따른 자동차 사고 위험도를 분석하기에 가장 적합한 모형이다.³⁾

3. 분석결과

본 연구에서 제안한 모형은 포아송 회귀모형, 음이항 회귀모형, 영 과잉 포아송 모형, 영 과잉 음이항 모형, 영 변형 포아송 모형, 영 변형 음이항 모형 총 여섯 개이다. 우도비 검정결과 과대산포가 존재하는 것으로 나타나 음이항 분포가정이 더 적합하며, 붕의 검정 결과 과잉된 영을 고려해 준 모형이 더 좋을 수 있다. 또한 AIC 기준으로 비교해 본 결과 영 과잉 음이항 모형이 가장 잘 추정된 모형으로 나타났다.

Table 5의 결과는 최적모형으로 선택된 영 과잉 음이항 회귀모형의 추정결과이다. 먼저 연령변수를 살펴보면

2) 국토교통부 국토교통통계누리 <https://stat.molit.go.kr/portal/cate/partStat.do>
 3) 2005년 자료의 경우에도 영 과잉 음이항분포 모형이 가장 적합한 모형으로 판명되었다.

Table 5. Results of selected model (2006)

Variable	ZINB			
	Estimate	S.E	P-value	
Intercept	-2.115	0.030	<0.001	
Age	age≤24	0.461	0.050	<0.001
	25≤age≤29	0.199	0.029	<0.001
	30≤age≤34	0.009	0.026	0.712
	40≤age≤44	0.042	0.024	0.085
	45≤age≤49	0.136	0.026	<0.001
	50 ≤age≤ 54	0.169	0.027	<0.001
	55≤age≤59	0.174	0.032	<0.001
	60≤age≤64	0.154	0.038	<0.001
	65≤age≤69	0.215	0.055	<0.001
	70≤age≤74	0.235	0.078	0.003
75≤age	0.216	0.121	0.074	
Gender	-0.164	0.017	<0.001	
Car age	0.004	0.003	0.158	
Car type	Small car (1000-1599cc)	-0.105	0.043	0.014
	Midsized car (1600-1999cc)	-0.031	0.023	0.179
	Full-size car (2000cc~)	-0.197	0.026	<0.001
	VAN	0.028	0.240	0.908
	SUV	0.066	0.022	0.002
	Area	Busan	0.010	0.032
Daegu		-0.126	0.045	0.005
Incheon		-0.086	0.040	0.032
Gwangju		-0.002	0.033	0.952
Dajeon		-0.084	0.041	0.038
Ulsan		-0.184	0.047	<0.001
Gyeong-gi		-0.102	0.035	0.004
Gang-won		-0.039	0.021	0.063
Chung-buk		0.010	0.031	0.756
Chung-nam		-0.054	0.035	0.125
Jeon-buk		-0.137	0.069	0.047
Jeon-nam		-0.063	0.043	0.141
Gyeong-buk		-0.097	0.046	0.037
Gyeong-nam		-0.033	0.042	0.429
Jeju	-0.077	0.045	0.087	

25세 미만 더미변수의 추정 계수는 0.461로 연령더미 변수 중 가장 높게 나타났다. 이는 25세 미만의 운전자들의 기대교통사고 발생건수가 가장 높은 것을 의미한다. 이어 20대 후반과 30대 초반까지 기대교통사고 발생건수가 점점 감소하는 것으로 나타났으며 30대 후반을 기저점으로 다시 40대 초반부터 50대 후반까지 기대교통사고 발생건수가 점점 높아지는 것을 알 수 있다. 하지만 60대 초반에 기대교통사고 발생건수가 조금 낮아졌다가, 노인분류 기준인 65세 이상부터 급격히 기대교통사고 발생건수가 매우 높아져 20대 후반보다 더 높아진 것을 알 수 있다. 이러한 분석결과는 미국 운전자들

대상으로 실증 분석한 Stamatiadis and Deacon(1995)의 결과와도 상당히 일치하고 있다.

자동차 사고 발생에 대한 성별의 효과를 확인하기 위한 추정계수는 -0.164로 유의하게 나타나 남성의 기대교통사고 발생건수가 여성에 비해 낮다는 것을 알 수 있다. Storie(1977)의 연구에서도 남성보다 여성의 자동차사고 발생건수가 높은 것으로 분석되어졌는데, 여성이 남성보다 지각판단 능력이 상대적으로 취약하기 때문에 더 많은 교통사고를 유발한다고 설명하고 있다. 차량 연식의 추정 계수는 0.004로 나타났으나 통계적으로 유의하지 않아 사실상 차량 연식에 따른 자동차 사고 위험도의 차이는 발견되지 않았다.

차량 종류에 따른 결과를 보면 각각 더미변수의 추정된 계수 중 SUV 차량의 경우가 가장 높게 추정되어 이때 기대교통사고 발생건수가 가장 높은 것을 알 수 있고 경차의 추정계수가 -0.105이므로 이 때의 기대교통사고 발생건수가 가장 낮은 것을 알 수 있다.

해외에서도 차량별 교통사고 위험도를 분석한 연구들이 존재하는데, SUV의 교통사고 빈도가 높을 수는 있어도 차가 크고 무거워 운전자의 사망률은 오히려 낮을 수 있다고 결론 내리고 있다(Kweon and Kockelman, 2003).

지역영향에 대한 분석결과 부산·충북을 제외한 모든 지역더미변수의 계수가 음수로 추정되었고 대부분 유의미하게 나타나 부산·충북, 서울시, 나머지 지역 순서로 기대교통사고 발생건수가 상대적으로 높음을 알 수 있다. 울산은 추정계수가 -0.184로 자동차사고 위험도가 가장 낮은 지역으로 추정되며, 신뢰수준 95%에서 통계적으로도 유의하다.

해외에서도 지역별로 도로상태, 도로표지판, 지역 운전자의 습관 등으로 자동차 사고 위험도가 다를 수 있다고 알려져 있다(Center for Road Safety, 2010).

2006년 한 해의 자료를 활용해 분석된 연령별 자동차 사고 위험도의 신뢰도를 확인하기 위해 2005년도를 기준으로 국내 총 운전자 중 50만 명을 무작위로 추출하여 재분석한 결과를 Table 6이 보여주고 있다. 분석결과 2006년 및 2005년 자료를 활용해 분석된 연령별 자동차 사고 위험도 추이가 크게 다르지 않음을 확인할 수 있다. 즉, 25세 미만 연령층의 위험도가 가장 높지만 연령이 증가함에 따라 자동차사고 위험도가 감소하다가 기준 그룹인 35-39세에 도달할 때 사고위험도가 가장 낮게 나타난다. 이후 연령이 증가함에 따라 자동차사고 위험

Table 6. Results of selected model (2005)

Variable	ZINB			
	Estimate	S.E	P-value	
Intercept	-1.958	0.029	<0.001	
Age	age≤24	0.424	0.036	<0.001
	25≤age≤29	0.201	0.022	<0.001
	30≤age≤34	0.011	0.019	0.569
	40≤age≤44	0.062	0.018	<0.001
	45≤age≤49	0.134	0.019	<0.001
	50 ≤age≤ 54	0.184	0.021	<0.001
	55≤age≤59	0.152	0.025	<0.001
	60≤age≤64	0.101	0.031	<0.001
	65≤age≤69	0.110	0.041	0.008
	70≤age≤74	0.173	0.058	0.003
75≤age	0.209	0.107	0.050	
Gender	-0.165	0.013	<0.001	
Car age	-0.031	0.002	<0.001	
Car type	Small car (1000-1599cc)	-0.281	0.024	<0.001
	Midsized car (1600-1999cc)	-0.125	0.017	<0.001
	Full-size car (2000cc-)	0.083	0.031	0.007
	VAN	-0.135	0.133	0.311
	SUV	0.049	0.015	0.001
Area	Busan	-0.042	0.024	0.081
	Daegu	0.044	0.024	0.070
	Incheon	0.036	0.025	0.160
	Gwangju	-0.013	0.032	0.688
	Dajeon	-0.071	0.030	0.018
	Ulsan	-0.024	0.035	0.500
	Gyeong-gi	-0.015	0.016	0.345
	Gang-won	-0.183	0.035	<0.001
	Chung-buk	-0.142	0.034	<0.001
	Chung-nam	-0.083	0.031	0.008
	Jeon-buk	-0.063	0.032	0.048
	Jeon-nam	-0.134	0.033	<0.001
	Gyeong-buk	-0.018	0.026	0.504
	Gyeong-nam	-0.050	0.024	0.039
	Jeju	-0.163	0.047	<0.001

도가 증가하는데, 60세 초반에 위험도가 잠시 낮아지다가 65세 이상부터 증가하기 시작한다. 65-69세 사이 운전자에 대한 위험도를 나타내는 추정계수의 값은 두 분석결과 간에 차이는 보이지만 전체적인 연령에 따른 위험도 추이는 대동소이하며, 특히 70세를 상회하면서 자동차사고 위험도가 동일하게 높은 것을 확인 할 수 있다.

2006년 및 2005년 자료의 분석결과에서 가장 크게 차이나는 것은 지역별 자동차 사고 위험도인데, 그 이유

는 지역별로 특정 년도에 홍수, 폭설과 같은 자연재해가 매년 다르기 때문이다. 이러한 이유로 우리나라에서는 지역별로 자동차보험료를 차등화해야 한다는 주장이 받아들여지지 않고 있다.

결론

전체 운전면허소지자 중 65세 이상 노인 운전면허소지자의 점유율이 2001년 1.8%에서 2012년 5.9%로 빠르게 증가함에 따라 노인운전자의 자동차사고 수와 사망자도 빠르게 증가해 왔다(The Road Traffic Authority, 2013b). 실제로 지난 10년 동안 65세 이상 노인운전자의 교통사고건수는 640.5%가 증가하였으며(Lim et al., 2012), 2012년 전체 교통사고 사망자 중 34.6%가 65세 이상 노인이었다. 이에 본 연구는 우리나라 운전자 연령별로 자동차사고 위험도를 분석하였는데, 분석 결과 65세 이상 노인운전자의 위험도가 매우 높은 것으로 나타났다. 특히 세부 연령별 자동차사고 위험도를 분석한 결과 65세 이상 노인운전자의 위험도는 25세 이하 젊은 운전자를 제외하고는 모든 연령층 중 가장 높은 것으로 분석되어졌다.

현재 우리나라 교통사고 사망률은 OECD 국가 중 가장 높은 실정인데, 세계에서 가장 빠른 인구고령화를 경험하고 있는 상황에서 향후 노인운전자가 급격히 증가할 경우 국내 교통사고 빈도 및 사망률은 더욱 빠르게 증가할 가능성이 높다. 그럼에도 불구하고 노인운전자로 인한 자동차사고 위험도에 대한 연구가 활발하지 않을뿐더러 노인운전자의 자동차사고 및 사망률을 경감시키기 위한 정책적 노력이 활발하지 않은 것이 현실이다.

주요국의 경우 연령별 자동차사고 위험도를 분석하고, 위험도가 높은 노인운전자의 자동차사고를 경감시키기 위해 다양한 시도를 추진해 왔다. 현재 노인인구가 가장 많은 일본의 경우 2009년부터 인지기능검사제도를 시행하면서, 75세 이상의 운전자가 운전면허를 갱신할 때 인지기능검사와 야간 시력 측정을 의무적으로 받게 하고 있다. 뿐만 아니라 거의 20년 전인 1997년에 시니어 마크제도를 도입해, 시니어 마크가 부착된 차를 추월할 경우 우리 돈 50만원 이하의 벌금을 부과하고 있다.

미국의 경우에는 노인운전자의 운전면허 갱신 주기를 단축하고 있으며, 운전면허 갱신 시 시력검사와 주행능력 검사를 요구하고 있다. 뉴햄프셔, 일리노이 등과 같은 주는 노인운전자 중에서도 75세 이상 운전자에 한하여

운전면허를 갱신할 경우 도로시험이 의무화되어 있다.

심지어 뉴질랜드에서는 80세 이상일 경우 운전면허를 자동말소하고 있다. 즉, 2년에 한 번씩 의사의 소견서를 첨부하고 주행능력 시험을 거쳐 면허증을 새로 발급받도록 하고 있다. 호주는 80세부터 매년 시력, 청력 등과 같은 각종 의학증명서 제출이 의무화되어 있으며, 85세부터는 도로주행시험까지 통과해야 운전할 수 있다⁴⁾.

최근 우리나라도 노인운전자의 운전면허 갱신자격을 강화하고 있으나 해외에 비해서는 매우 완화된 조건을 적용하고 있다. 과거 운전면허 갱신주기는 연령에 관계없이 10년 주기였으나 2011년 12월 9일 이후부터는 65세 이상 운전자는 갱신주기를 5년으로 단축하였다. 하지만 갱신주기가 다른 나라에 비해 여전히 길고, 75세 이상 노인운전자가 갱신 시 별도의 교통안전교육을 반드시 받도록 의무화하고 있는 일본과 달리 우리나라는 별도의 교통안전교육이 요구되지 않고 있다(Samsung Traffic Research Institute, 2007). 또한 운전면허 갱신 시 적성검사가 시력검사 중심으로만 이루어지고 있는 우리나라와 달리 영국은 70세 이후부터는 3년 주기로 면허를 갱신토록 하고 갱신 시 시력, 청력 등 건강상태에 대한 16개 항목에 대해 평가하고 있다. 이렇다보니 우리나라에서는 65세 이상 치매환자 10명 중 한명은 직접 자동차를 운전하고 있는 상황이지만 현행법상 치매운전자를 가려낼 방도가 없는 실정이다⁵⁾.

해외의 경우 노인운전자들의 운전교육과 갱신자격을 강화하고 있으나 대상 연령이 65세가 아닌 70세 또는 75세 이상의 운전자를 대상부터 시작된다. 비록 65세 이상을 노인이라고 규정하고 있으나 본 연구에서도 70세 미만 운전자의 자동차사고 위험도는 분석 자료마다 다소 상이하게 도출된다. 하지만 분석 자료에 관계없이 70세 이상의 운전자들의 경우 자동차사고 위험도가 높게 나타나고 있기 때문에 고령자의 안전운전을 위한 다양한 정책을 모색하되 우선 75세 이상 또는 70세 이상부터 시작하는 것이 바람직하다고 판단된다.

물론 노인운전자에 대한 운전면허 취득 및 갱신요건을 강화하는 방안도 필요하겠지만, 노인운전자를 대상으로 교통안전교육을 강화하고 도로 표지판을 개선하려는 노력도 병행되어야 할 것이다. 뿐만 아니라 노인 맞춤형 대중교통 제공 등과 같은 복지제도도 지속적으로 확충되

어야 할 것이다.

본 연구에 사용된 자료는 2006년 자료라는 한계가 있으나 국내 전체 운전자 중 40만 명을 무작위 추출하여 결과에 대한 신뢰도를 높였다. 또한 한해의 자료에 기반한 결과를 일반화하기 위해 2005년을 기준으로 국내 전체 운전자 중 50만 명을 무작위 추출하여 재분석 한 결과에서도 연령별 자동차사고 위험도 추이가 대동소이하였다. 뿐만 아니라 분석에 활용된 2005년 및 2006년 샘플에 포함되어 있는 운전자들이 현재도 자동차보험에 가입하였을 가능성이 높아 좀 더 최근의 자료를 활용하더라도 본 연구의 실증분석 결과가 크게 달라질 것이라 생각하지 않는다.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by Dong-A University Research Fund.

REFERENCES

- Al-Balbissi A. H. (2002), Role of Gender in Road Accidents, *Traffic Inj Prev*, 4(1), 64-73.
- Akaike H. (1973), Information Theory As an Extension of the Maximum Likelihood Principle, In the Second International Symposium on Information Theory, edited by B. V. Petrov and B. F. Csaki, Academicl Kiado.
- Alsnih R., Hensher D. A. (2003), The Mobility and Accessibility Expectations of Seniors in an Ageing Population, *Transportation Research*, 37(10), 903-916.
- Center for Road Safety (2010), Road Traffic Crashes in New South Wales.
- Gurmu S. (1998), Generalized Hurdle Count Data Regression Models, *Economics Letters*, 58, 263-268.
- Kang S. C., Jo S. K. (2012), Analyzing the Characteristics of Traffic Accidents by the Elderly Drivers and Prevention of Accidents, Research Report, The Road Traffic Authority.

4) 주요국의 사례는 Lee et al.(2011)의 연구와 Kang and Jo(2012)의 내용 일부를 인용하였으며, 구체적인 내용은 Kang and Jo(2012)의 연구보고서를 참고하기 바란다.

5) http://news.sbs.co.kr/news/endPage.do?news_id=N1001948842

- Kass R. E., Raftery A. E. (1995), Bayes Factors, *Journal of the American Statistical Association*, 90(430), 773-795.
- Kim H. J., Kim H. S. (2004), A Study on Prevention of Death Caused by Car Accidents of the Aged Pedestrians, *Journal of the Korean Urban Management Association*, 17(3), Korean Urban Management Association, 139-163.
- Kim S. H. (2005), Risk Factors of the Elderly Traffic Accident and Task for Local Social Welfare Institutions, *Social Welfare Policy*, 23, Korean Association of Social Welfare Policy, 235-241.
- Kline D. W., Kline T. J., Fozard J. L., Kosnik W., Schieber F., Sekuler R. (1992), Vision, Aging, and Driving: the Problems of Older Drivers, *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 47(1), 27-34.
- Kweon Y. J., Kockelman K. M. (2003), Overall Injury Risk to Different Drivers: Combining Exposure, Frequency, and Severity Models, *Accident Analysis and Prevention*, 35(3), 414-450.
- Lambert D. (1992), Zero-inflated Poisson Regression With an Application to Defects in Manufacturing Technometrics, 34, 1-14.
- Lee H. J. et al. (2011), Traffic Safety Measure Establishment on Cause for Elderly People Traffic Accident, Research Report, Ministry of Land, Infrastructure and Transport.
- Lim S. J., Park J. T., Kim Y. I., Kim T. H. (2012), Analysis of Elderly Drivers' Accident Models Considering Operations and Physical Characteristics, *J. Korean Soc. Transp.*, 30(6), 37-46.
- Massie D. L., Campbell K. L. (1993), Analysis of Accident Rates by Age, Gender, and Time of Day Based on the 1990 Nationwide Personal Transportation Survey, Transportation Research Institute.
- Miaou S. P. (1994), The Relationship Between Truck Accidents and Geometric Design of Road Sections. Poisson versus Negative Binomial Regressions, *Accident Analysis & Prevention*, 26, 471-482.
- National Police Agency (2010), Statistics of Traffic Accidents of 2009.
- Oeo G. Y., Kim D. G., Kim Y. R. (2012), The Effectiveness of Traffic Safety Education to Seniors, *International Journal of highway engineering*, 14(1), 63-72.
- Park B. S., Choi J. H. (2010), A Study on Reducing the Aged Traffic Accidents, *Korean Balanced Development Studies*, 1(1), 147-173.
- Samsung Traffic Research Institute (2007), Prevention and Tasks for Traffic Accidents Aged Society, Research Report.
- Stamatiadis N., Deacon J. A. (1995), Trends in Highway safety: Effects of an Aging Population on Accident Propensity, *Accid. Anal. Prev.* 29(7(4), 443-459.
- Statistics Korea (2011), Prospecting Long-term Democracy: 2010-2060, Press Release.
- Storie V. J. (1977), Male and Female Car Drivers: Differences Observed in Accidents, UK, England: Transport and Road Research Laboratory.
- The Road Traffic Authority (2013a), Analyzing the Characteristics of Traffic Accidents by the Elderly Drivers in 2012, Research Report.
- The Road Traffic Authority (2013b), Diagnosis of Statistics of Traffic Accidents.
- Vuong Q. H. (1989), Likelihood Ratio Tests for Model Selection and Non-nested Hypotheses, *Econometrica*, 57, 307-334.
- William, A. F., Shabanova V. I. (2003), Responsibility of Drivers, by Age and Gender, for Motor-vehicle Crash Deaths, *Journal of Safety Research*, 34(5), 527-531.
- Yau K. K. W., Wang K., Lee A. H. (2003), Zero-inflated Negative Binomial Mixed Regression Modeling of Over-dispersed Count data With Extra Zeros, *Biomedical Journal*, 45, 437-452.

☞ 주 작 성 자 : 김대환

☞ 교 신 저 자 : 허태영

☞ 논문투고일 : 2014. 9. 25

☞ 논문심사일 : 2014. 11. 2 (1차)

2014. 11. 20 (2차)

2014. 12. 8 (3차)

2014. 12. 25 (4차)

☞ 심사판정일 : 2014. 12. 25

☞ 반론접수기한 : 2015. 6. 30

☞ 3인 익명 심사필

☞ 1인 abstract 교정필