

화물자동차 운전자의 운행시간에 따른 사고위험도 분석

Analysis of Motor Carrier Crash Risk with Driver Hours of Service

박 상 우 Park, Sang Woo | 정희원 · 한국교통연구원 책임연구원 (E-mail : swpark@koti.re.kr)

ABSTRACT

Management of driver hours of service (HOS) for commercial vehicle operators has been a continual safety challenge. One of the more critical issues to government and motor carriers is fatigue and fatigue-related accidents. To reduce truck drivers' fatigue-related accident risk in other countries, the government issued the HOS regulations. However, Korea government does not have any HOS regulations. The objective of this research gives the clues that Korea should have the HOS regulation to reduce truck drivers' fatigue-related accident risk. This study examines the HOS regulation over other countries and conducts relative accident risk analysis using the real data from 3 freight companies. The data set includes 231 accident involved drivers and 462 non-accident drivers. Therefore, the size of the total data set is 693 drivers. One of the most important aspects of early studies of safety and HOS was the need to characterize continuous driving by using the notion of "survival". Subsequent research used a data replication scheme and logistic regression to capture the survival effect. This study uses time-dependent logistic regression. The test of significance between parameters indicates that the first three hours are almost the same risk. In the 10th hour of driving, the risk was more than 2.2 times that in the baseline first hour. In conclusion, as driving time goes on, the crash risk increases.

KEYWORDS

freight, driving hours, crash risk, logistic regression, driver fatigue, hours of service

요지

대형 화물자동차의 사고는 일반적인 사고와 달리 심각한 인명피해 등을 동반할 확률이 높다. 특히, 장거리 운행이 많은 화물자동차 운전특징으로 인해 운전자의 피로 및 피로로 인한 사고가 높다. 이러한 피로와 관련된 사고를 감소시키기 위해서 외국에서는 운전자의 피로에 영향을 주는 중요변수인 운전시간, 수면시간, 운행행태 등을 고려하여 운전자의 운행시간(Hour-of-Service: HOS)을 법으로 규정하고 있다. 운송업체 또한 운전자들의 사고를 감소시키기 위해 법정 운전자 근무시간 준수를 위해 노력하고 있는 실정이다. 그러나 우리나라는 화물자동차 운전자의 피로와 관련 사고율을 줄일 수 있는 기초적인 법정 운전자 운행시간 조차 제시되지 않고 있다. 본 연구는 우리나라 화물자동차 사고사망자 수를 감소시킬 수 있는 운전자의 근로기준법 제정 필요성을 제시하는데 목적이 있다. 이를 위해서 현재 운영 중인 선진외국의 화물자동차 운전자 운전시간 및 운행규정을 살펴보고 실증적 자료를 통해 운전시간에 따른 사고위험도의 차이를 살펴보았다. 실증적 자료는 미국의 화물자동차 3곳의 사고 자료 231명의 운행일지와 사고가 나지 않은 자료 462명의 운행일지를 수집, 총 693명 운전자의 운행일지를 수집하였다. 운전자의 연속된 운행에 대한 특징을 반영할 수 있도록 time-dependent 로지스틱 회귀모형을 사용하였다. 분석결과 운행시간 1시간부터 3시간까지 운전한 운전자 사고위험도 차이는 없는 것으로 나타났다. 운행시간이 10시간인 운전자는 운행시간 1시간인 운전자보다 사고위험도가 약 2.2배 높은 것으로 분석되었다. 결론적으로 운행시간이 증가할수록 사고위험도 또한 증가한다는 것을 알 수 있다. 또한 본 연구는 우리나라의 지역적 특성과 운전자 특성에 맞는 운전자 운전시간 설정을 위한 연구방향 및 향후 연구과제에 대하여 언급하였다.

핵심용어

화물자동차, 운행시간, 사고위험도, 로지스틱 회귀분석, 운전자 피로, 근로기준법

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

우리나라는 자동차의 보급률과 소득수준이 선진국 대열에 있으나 도로교통 사고율만은 OECD 회원국 중 최하위 그룹에 속해 있으며 이로 인한 사회적 비용도 엄청나다. 특히, 화물자동차로 인한 사망사고는 2007년 전체 사망사고 중 약 23%¹⁾를 차지하고 있다. 자동차대수를 고려한 자동차 1만대당 교통사고 사망자 수를 살펴보면 승용차는 2.3명/만 대인데 반해 화물차는 5.3명/만 대로 승용차 사망자수보다 약 2.3배 높다. 이와 같이 대형 화물자동차의 사고는 일반적인 사고와 달리 심각한 인명피해 등을 동반할 확률이 높다.

화물자동차의 사고유형은 운전자, 차량, 도로 관련 사고로 구분될 수 있다. 도로 및 차량 관련 사고를 감소시키기 위해서 정부는 “교통사고 잦은 곳 개선”, “위험도로 개량사업” 및 자동차관리법에 의거 “자동차 점검 및 정비”, “적재관리” 등 관련 법 시행 및 투자를 하고 있다. 그러나 운전자 관련 사고를 위한 대책은 다른 정책에 비해 상대적으로 전무한 상황이다. 특히, 사고율을 줄일 수 있는 기초적인 법정 운전자 운행시간조차 제시되지 않고 있다. 다만, 노동법 제49조에 의거하여 1일 8시간, 1주 44시간 근무하되, 노사 간 합의 시 1주간 12시간 이상 즉, 56시간까지 연장근무가 가능하도록 되어 있다. 그러나 화물자동차 운전자가 이런 운행시간을 제대로 준수하고 있는지 조차 파악이 힘든 실정이다. 일반적으로 피로와 관련된 사고는 피로에 대한 보편적인 정의의 부재로 인해 증명하기란 쉽지 않다. 또한 운전자의 피로 정도를 객관적으로 측정하기란 더욱 어렵다. 운전자 피로 및 피로와 관련된 사고에 영향을 주는 중요 변수로는 운전 시간, 수면상태, 24시간 생체리듬 주기(circadian rhythm)에 의한 운전시간대를 들 수 있다. 이런 변수들을 고려하여 미국 및 유럽과 같은 선진국은 화물자동차 운전자들의 피로와 관련된 사고를 감소시키기 위해서 운전자의 운행시간(Hour-of-Service: HOS)을 법으로 규정하고 강력히 시행하고 있다. 운송업체 또한 운전자들의 사고를 감소시키기 위해 운전자 운행시간 준수를 위해 노력하고 있는 실정이다.

본 연구는 우리나라 화물자동차 사고사망자 수를 감소시킬 수 있는 기초적인 운전자의 운행시간의 법 제정 필요성을 제시하는데 목적이 있다. 이를 위해서 현재 운영 중인 선진외국의 화물자동차 운전자 운행시간 기준 및 운행규정을 살펴보고 실증적 자료를 통해 운전시간에 따른 사고위험도의 차이를 살펴보았다. 또한 본 연구는 우리나라의 지역적 특성과 운전자 특성에 맞는 운행시간 기준 설정을 위한 연구방향 및 향후 연구과제에 대하여 언급하였다. 본 연구는 법 제정의 필요

성을 강조하고 법 제정 시 참고할 수 있는 기초연구 자료로 제공될 것으로 기대된다.

1.2. 연구의 범위

본 연구는 운전시간에 따른 상대적 사고위험도를 측정하기 위해서 미국 3곳 화물업체의 실제 운전자 사고 운행일지 및 사고가 나지 않은 비사고 운행일지를 수집하여 분석하였다. 운전자의 운행시간에 따른 합리적인 사고위험도 측정을 위해서 운전자의 연속된 운행특징을 나타내주는 분석방법을 찾아 분석하였다.

본 연구의 내용적 범위는 다음과 같다.

첫째, 현재 운영 중인 외국의 운전자 근로기준 및 운전시간대에 따른 사고율 분석 선행연구를 고찰한다.

둘째, 미국 화물자동차 업체의 실증적 자료 수집 및 분석 방법론을 제시한다.

셋째, 분석을 통해 도출된 결과치를 검증하고 운전시간에 따른 사고율을 제시한다.

넷째, 향후 우리나라 운전자 근로기준 설정을 위한 기초 연구방향을 제시한다.

본 연구는 그림 1과 같이 진행된다.

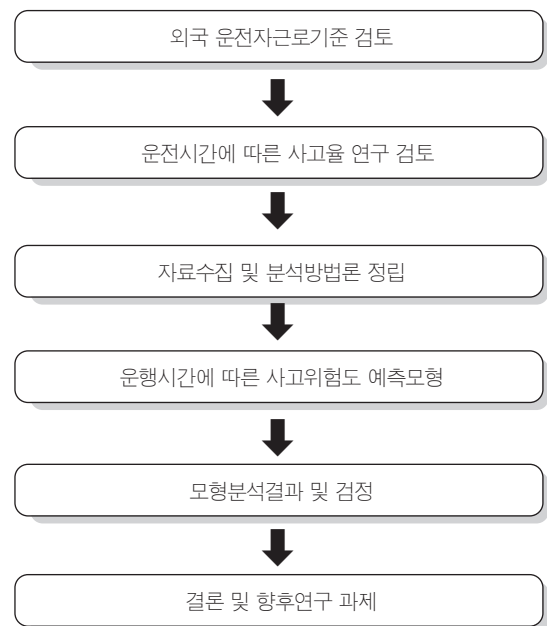


그림 1. 연구의 흐름도

2. 선행연구 고찰

2.1. 외국의 화물자동차 운전자의 운행시간 법규

일반적으로 피로란 어떤 작업을 위해서 소비된 시간의 양과 관련이 있다고 여겨왔다(McDonald, 1984). 그러나 여러

1) 도로교통공단 교통사고통계 자료, 2007

연구(Wylie et al, 1996; Dobbie, 2002; ETSC, 2001)에서 밝혀졌듯이 피로는 단지 시간의 양만 관련이 있는 것은 아닙니다. 일반적으로 운전자 피로 및 피로와 관련 사고에 영향을 주는 변수를 살펴보면 운전시간, 수면시간 및 휴식시간, 24시간 생체리듬(Circadian rhythm), 단조로운 운전 환경, 열, 소음, 차량진동, 날씨, 음주 등을 들 수 있다. 이 중 피로와 관련된 사고에서 가장 중요한 변수로는 운전시간, 수면시간 및 휴식시간, 24시간 생체리듬 주기(circadian rhythm)에 의한 운전시간대를 들 수 있다. 외국은 이러한 요소들을 고려하여 화물자동차 운전자의 운행시간에 대한 법규를 제정하고 있다.

미국은 1930년대 화물자동차 운전자의 피로와 관련된 사고를 줄이기 위한 목적으로 운전자 운행시간 (Hour-of-Service; HOS)을 법으로 제정하였다. 운전자 운행시간 법규를 살펴보면, 최소 8시간동안 운전을 하지 않은 운전자(Off-duty)는 최대 10시간까지 연속적으로 운전(On-duty)할 수 있다. 운전자의 1일 최대 운전시간은 14시간까지로 하였다. 최대 운전시간이란 운전 외 시간²⁾(On-duty not driving)을 포함하고 있다. 또한 누적 운행시간도 제시하고 있는데, 운전자는 7일 동안 60시간, 8일 동안 70시간까지 운전할 수 있다.

화물자동차 운전자의 운행시간 법이 제정된 1930년대 이후, 미국은 고속도로를 이용하는 운전자들의 접근성, 이동성 및 안전성을 높이기 위해서 도로설계, 도로조건 및 유지보수를 적극적으로 시행하였다. 이와 발맞추어 화물 산업 또한 급진적 발전을 하였고 자동차의 성능, 안전성, 기술도 향상하였다. 이런 이유로 인해 미국정부는 2004년 1월, 70년 이상 사용하던 운전자 운행시간에 대한 법률을 개정하게 되었다.

새로운 운전자 운행시간을 살펴보면, 최소 10시간동안 운전을 하지 않은 운전자(Off-duty)는 최대 11시간까지 연속적으로 운전(On-duty)할 수 있게 되었다. 1일 최대 운전시간은 변화 없이 14시간으로 하여 운전을 하지 않는 시간과 최대 운전시간의 합을 24시간으로 맞추게 되었다. 이로 인해 새로운 운행시간은 운전자로 하여금 규칙적인 운행행태로 운전을 유도할 수 있게 되었다. 또한 새로운 운전자 운행시간은 운전자에게 1시간 더 운전시간을 부여하지만, 2시간 더 휴식을 할 수 있게 하여 피로를 풀 수 있는 시간을 제공하였다. 이로 인해 피로와 관련된 사고가 줄어들 것이라고 기대하고 있다.

일본은 운전자의 과로 방지에 의한 안전운행 확보 및 사고 예방 차원에서 사업용 자동차 운전자에 대한 근로기준을 노동기준법으로 규정하고 있다. 사업용 운전자에 대한 근무기준은 업종별 운행특성 등을 감안하여 버스, 화물자동차 운전

자와 택시 운전자로 구분하여 제시하고 있다. 또한 누적 운행시간도 가지고 있는데 주일, 월 단위로 제시하고 있다.

트럭운전자에 대한 운행시간은 1일 13시간까지이며, 1일 최대 운전시간은 16시간까지 연장이 가능하나, 일주일 동안 15시간 이상 운전은 2회로 제한되어 있다. 연속적으로 운행 가능한 시간은 최대 4시간까지이며 4시간 경과 후 1회 10분 이상 휴식을 하도록 되어있다. 월 단위로는 1개월에 293시간으로 되어 있다. 또한, 2인 운전인 경우 1일 최대 운전시간은 20시간까지 연장이 가능하며 휴식시간은 8시간에서 4시간까지 단축이 가능하다.

캐나다의 화물 운전자 운행시간을 살펴보면, 최소 8시간동안 운전을 하지 않은 운전자는 최대 13시간까지 연속적으로 운전할 수 있다. 이는 미국보다 2시간 더 적게 쉬고 2시간 더 많이 운전을 할 수 있도록 되어있다. 유럽의 경우는 1일 최소 11시간동안 휴식을 하여야 하며, 일주일동안 최소 24시간동안 운전하지 못하도록 되어 있다. 즉, 미국, 일본과 캐나다는 운행시간과 운행할 수 없는 시간을 제시하고 있으나, 유럽의 경우는 일정시간동안의 휴식시간을 법으로 제시하고 있다.

2.2. 운행시간에 따른 사고율

앞 절에서 언급하였듯이 외국의 경우 운전자의 운행시간을 법으로 제한하여 피로와 관련된 사고율을 줄이기 위해 노력하고 있다. 또한 사고와 관련된 요인 분석 및 운행시간에 따른 사고 분석 연구가 계속 진행되고 있는 실정이다.

Hakkanen 등(2000)은 핀란드의 2,000명 운전자에 대해서 설문조사를 실시하였다. 조사내용은 기본적인 운전자 특성(나이, 성별, 운전경력 등)과 3개월간의 운행행태(driving shift type), 평균 운전시간, 운행시간 준수 여부 등이었다. 조사내용을 토대로 로지스틱 회귀모형을 이용하여 운전자 피로와 관련된 중요 요인을 예측하였다. 그 결과 운행행태와 운전시간, 이 두 변수가 운전자 피로와 관련 중요한 요인으로 나타났다. 또한 운행시간에 따른 위험도를 살펴본 결과, 운행시간을 초과하여 운전한 운전자 중 17시간 운전한 운전자의 위험률은 6시간 이하로 운전한 운전자 보다 3.57배 높게 나타났다.

Lin 등(1994)은 실제 1,924명의 운행일지를 이용하여 운전자의 나이, 경력, 운행행태, 운전시간 등을 수집하였다. 이런 조사내용을 바탕으로 time-dependent 로지스틱 회귀모형을 이용하여 화물자동차 운전자 사고에 미치는 중요한 요인 및 사고율에 대해 분석하였다. 분석 결과 운행행태에 따른 운행시간이 운전자 사고에 중요한 요인으로 나타났다. 또한 운전시간은 처음 4시간까지는 사고위험이 낮게 나타났으나 4시간부터 7시간까지 운전한 운전자는 4시간까지 운전한 운전자 보다 약 1.5배 사고위험이 높게 나타났다. 또한, 8시간과

2) 운전 외 시간은 근무 중이지만 운전을 하지 않는 시간을 포함한다. 즉, 식사시간, 간단한 휴식시간 등을 포함한다.

9시간 운전한 운전자는 4시간까지 운전한 운전자보다 각각 약 1.8배와 2.3배 사고위험이 높게 나타났다.

Wylie 등 (1996)은 30세 이하, 고속도로를 이용하며 8시간 이상 운전한 운전자들이 사고율이 높다는 결과를 도출하였다. 특히 8시간 이상 운전한 운전자는 4시간 이하 운전한 운전자보다 약 2배 정도 사고율이 높게 나타났다.

3. 분석자료 및 분석 방법론

3.1. 자료수집

화물자동차 운전자의 운전시간에 따른 사고율의 차이를 살펴보기 위해서 본 연구는 2004년도 미국 화물자동차를 운영하고 있는 FedEx, ABF Fright와 Schneider National Inc. 3곳의 회사에서 운행 중인 화물자동차의 운행일지 및 일반적인 사항을 수집하였다. 자료 수집 시 다음과 같은 조건으로 수집하였다. 첫째, 화물자동차 운전자는 미국의 운행시간을 준수하여야 하며 둘째, 운행시간을 초과하여 운행을 한 운행일지는 분석대상에서 제외시켰다.

수집 자료는 사고 자료와 사고가 나지 않은 자료로 구성되었다. 본 연구에서 사고 자료의 정의는 대물, 대인사고를 포함한 모든 사고이며, 사고가 나지 않은 자료의 정의는 계획되었던 일정을 성공적으로 끝낸 경우이다. 각각의 사고 자료 선택 시 같은 터미널을 이용하고 사고가 나지 않은 2명의 운전자 자료 또한 무작위로 선택하였다. 이는 동일한 운전환경을 고려하여 상대적인 사고율 분석을 위한 방법으로 사용되어졌다. 이와 같은 방법으로 사고 자료 231명의 운행일지와 사고가 나지 않은 자료 462명의 운행일지를 수집하여 총 693명 운전자의 운행일지를 수집하였다.

표 1. 운행시간 구분에 따른 사고 자료와 비사고 자료

운행시간 (T)	사고 건수	비사고 건수	운행시간 (T)	사고 건수	비사고 건수
T1≤1	28	1	5<T6≤6	22	34
1<T2≤2	31	6	6<T7≤7	24	62
2<T3≤3	29	9	7<T8≤8	24	73
3<T4≤4	19	7	8<T9≤9	16	106
4<T5≤5	22	29	9<T10≤10	16	135
			Total	231	462

3.2. Time-dependent 로지스틱 회귀모형

대부분의 선행연구는 사고 분석에 있어서 대부분 확률적인 접근을 하였다. 즉 얼마의 시간을 운행하다 사고가 일어났는지 보다는 사고가 일어난 시간을 중심으로 사고율 비교가 이루어졌다. 이로 인해 대부분의 선행연구는 운전 초반에 사고

위험도가 높다는 결론을 내고 있다. 그러나 운전자 운행시간 및 사고율과 관련 연구에서 정확한 결과를 산출하기 위해서는 운전자의 연속된 운행에 대한 특징을 나타낼 수 있어야 한다. 예를 들면 9시간까지 운전한 운전자는 처음 8시간까지 사고가 나지 않고 생존(survival)했다는 것이다.

본 연구에서는 이런 운행특징을 나타내주기 위해서 데이터 반복 방법(data replication scheme)을 이용한 이항 로지스틱 회귀분석을 사용하였다. 즉, 데이터 반복방법은 사고운전자의 경우, 운전자의 사고발생 운행시간 전까지 사고가 나지 않은 것으로 반복 코딩(종속변수=0)을 하고 사고발생 시간만을 사고가 발생한 것으로 코딩(종속변수=1) 하였다. 이와 같이 사고가 나지 않은 운전자도 운행을 마치는 시간까지 반복 코딩(종속변수=0) 하였다.

데이터 반복방법을 통해서 생존 현상 설명이 가능하며, 이런 데이터 반복방법은 로지스틱 회귀분석을 통해 설명이 가능하다. 모형의 사용에 대해서는 통계관련 연구(Brown 1975, Hosmer and Lemeshow 1989)등을 통해 알 수 있다. 모형식은 다음과 같다.

$$P_{i,t} = P(Y_{it} = 1 | Y_{it} = 0 \text{ for } t < t, X_i) = \frac{\exp[g(X_i, t, \beta)]}{1 + \exp[g(X_i, t, \beta)]} \quad \text{식(1)}$$

여기서,

X_i = 독립변수

t = 시간

$t' = t$ 가 일어나기 전 시간

β = 추정 변수

$g(X_i, t, \beta)$ = 선형함수

식(1)의 이항 로지스틱 분석모형은 운행시간에 따른 사고가 나지 않은 운전자의 확률 대비 사고가 난 운전자의 확률의 차이를 정확히 분석할 수 있다. 예를 들면 1시간 운전한 운전자의 사고율 대비 9시간 이상 운전한 운전자의 사고율을 분석할 수 있다.

3.3. 모형의 검정 방법

모형식의 검정법은 ROC 곡선(Receiver Operating Characteristic curve)을 살펴보았다. ROC 곡선은 경계점의 값에 따른 민감도 대비 (1-특이도)의 그래프로 모형이 종속변수의 값 "1"인 개체와 그렇지 않은 "0"인 개체를 얼마나 잘 식별해 낼 수 있는지를 재는 척도라 할 수 있다.

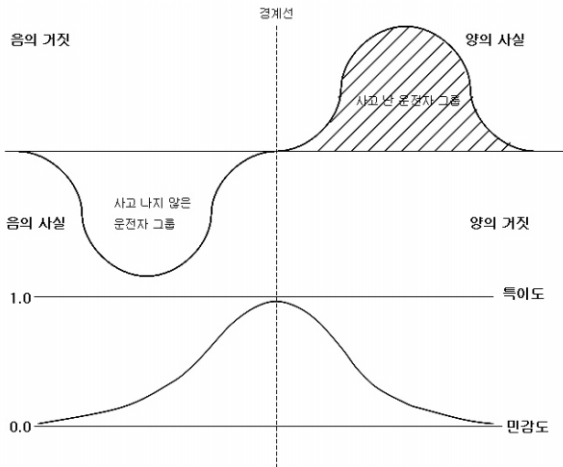


그림 2. 이상적인 검정법

민감도(Sensitivity)란 종속변수 y 의 값이 “1”인 개체들 중에서, “1”로 맞게 예측하는 경우의 비율로 정의한다(양의 사실일 확률이라고도 함). 특이도(Specificity)는 종속변수 y 의 값이 “0”인 개체들 중에서 “0”으로 맞게 예측하는 경우의 비율로 정의 한다(음의 사실일 확률이라고도 함). 이분형 변수는 경계점을 보통 “0.5”로 설계한다.

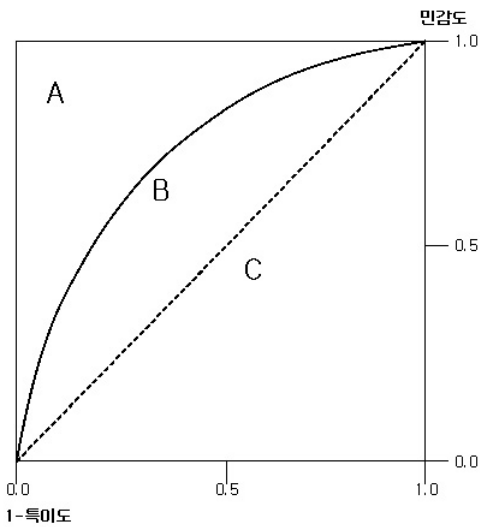


그림 3. ROC 곡선의 검정법

그림 3에서 A영역은 $y=1$ 및 $y=0$ 인 개체를 완벽하게 식별해주는 이상적인 검정법으로 그림 2가 해당된다. C영역(점선)은 $y=1$ 및 $y=0$ 인 개체를 전혀 식별하지 못하는 검정법이다. 즉 ROC 곡선의 아래 면적이 1에 가까울수록 검정법의 식별능력이 뛰어난을 나타낸다.

4. 운행시간에 따른 사고율 분석결과와 그 해석

4.1. 운행시간에 따른 사고율 분석결과

본 연구는 운행시간에 따른 사고율 차이를 살펴보았다. 이를 위해서 1시간씩 균등하게 증가시켜 법정 최대 운행시간인 10시간까지 10개의 운행시간으로 구분하였고 운행시간에 따른 사고위험도를 측정하였다(표 1 참조). 물론, 법정 최대 운행시간은 14시간이지만 본 연구에서는 연속적으로 운행할 수 있는 최대 10시간까지만을 연구범위로 정하였다.

기준변수(reference variable)는 보통 승산비가 가장 작거나 큰 변수를 선택한다. 본 연구는 기준변수로 1시간 이하로 운전한 운전자를 선택하였다. 그러나 본 연구에서 만약 중간 운행시간대의 승산비가 적을 경우에도 최초 운행시간을 기준 변수로 선택하여 해석 상 이해하기 쉽도록 하였다.

Time-dependent 로지스틱 회귀모형을 구축하여 분석한 결과는 표 2와 같다. 기준변수는 1시간 이하로 운전한 운전자(T1)로 다른 시간동안 운전한 운전자들의 사고위험도(Odds Ratio)를 나타내고 있다.

승산비(Odds Ratio)는 특히 역학(Epidemiology)에서 많이 사용되는 연관성의 측도이며, 결과가 $x=0$ 에 해당하는 대상보다 $x=1$ 에 해당하는 대상에 얼마나 더 일어날 것인가를 의미한다. 예를 들면 표 2에서 5시간에서 6시간까지 운전한 운전자(T6)는 1시간 운전한 운전자보다 약 80%(odds ratio=1.804) 높은 사고위험을 가지고 있다고 해석이 될 수 있다.

표 2. 운행시간에 따른 사고위험도 분석 결과

	Coef.	Std.Err.	P-value	Odds Ratio
T2	.045	.197	.818	1.046
T3	-.058	.204	.774	.943
T4	.455	.184	.013	1.576*
T5	.415	.188	.027	1.514*
T6	.590	.184	.001	1.804*
T7	.232	.203	.252	1.262
T8	.702	.190	.000	2.017**
T9	.465	.219	.034	1.592*
T10	.777	.258	.003	2.174**

주) *는 $p\text{-value}=0.05$, **는 $p\text{-value}=0.01$ 수준에서 통계적으로 유의함을 의미함.

표 2를 살펴보면, 총 세 개의 운행시간 변수(T2, T3, T7)는 통계적으로 유의하지 않는다. 즉, 세 개의 변수에 해당되는 시간동안 운전한 운전자의 사고율과 1시간 이내로 운전한 운전자의 사고율은 다르지 않다는 것을 의미한다. 여기서 중요한 해석으로는 운행시간이 3시간(T2, T3)까지 운전한 운전자의 사고율과 기준변수인 운행시간 1시간과 사고위험도 차이가 없다는 것이다 (기준변수 T1의 odds ratio는 1.0임). 3시간이 지나고 4시간부터 6시간까지(T4, T5, T6) 운행시간에 따른 사고위험도는 서서히 비선형적으로 증가하는 것을

알 수 있다(평균 1.6배 사고위험이 높음).

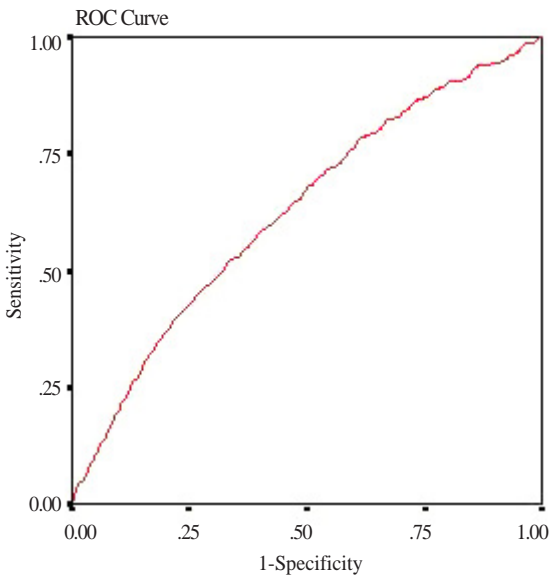
6시간부터 7시간 운전한 운전자(T7)의 사고율은 통계학적으로 유의하지 않지만, 운행시간이 7시간(T8) 이후부터는 기준변수보다 약 2배 이상 사고위험도가 높음을 알 수 있다. 특히, 운행시간이 10시간인 운전자는 운행시간 1시간인 운전자보다 사고위험도가 약 2.2배 높은 것으로 분석되었다.

표 2의 전체적인 운행시간에 대한 사고위험도를 살펴보면, 몇 개의 운행시간에 있어서 통계적으로 유의하지 않지만, 운전시간이 늘어날수록 사고위험도는 비선형적이지만 점차 증가하는 것을 알 수 있다.

4.2. 분석모형 검증

본 모형의 검정을 위해서 ROC 곡선(Receiver Operating Characteristic curve)을 살펴보았다. 본 연구는 통계분석을 위해서 SPSS를 사용하였고, 그림 4는 SPSS를 통해 산출된 ROC 곡선이다.

종속변수	유효수(목록별)
정(+)	542
부(-)	10981



Diagonal segments are produced by ties

검정결과 변수: predicted probability
영역(Area)
0.627

그림 4. ROC 곡선 분석 결과

곡선하면적(AUC, area under curve)은 모형의 식별능력을 나타내는 척도이며 면적이 크면 클수록 검정법의 식별능력이 뛰어난을 나타낸다. 본 연구 모형의 ROC 곡선 분석결과 곡선하면적(AUC)은 0.627로 나타났다.

5. 결론 및 향후 연구과제

5.1. 결론

본 연구는 우리나라 화물자동차 운전자 피로 및 피로 관련 사고를 감소시킬 수 있는 기초적인 운전자 운행시간의 범 제정의 필요성에서 시작하였다. 우리나라는 화물자동차 운전자만을 대상으로 특별히 준수해야 할 법정 운행시간은 제시하지 않고 있다. 그러나 현재 선진 외국은 화물자동차 운전자 근로기준 및 운행규정을 제정하고 강력하게 시행하여 피로 관련 사고를 줄이기 위해서 노력하고 있는 실정이다.

본 연구는 외국의 운전자 근로 기준 및 운행규정을 살펴보고 미국 3곳의 화물자동차 회사 231명의 사고 자료와 462명의 비사고 자료를 이용하여 실제 운전시간에 따른 사고율의 차이를 살펴보았다.

운전자의 연속된 운행에 대한 특징을 나타내주기 위해서 데이터 반복 방법을 이용한 이항 로지스틱 회귀분석을 이용하였다. 운전시간은 1시간씩 균등하게 증가시켜 최대 운전가능시간이 10시간까지 10개의 운행시간으로 구분하였다.

분석결과를 보면 운전시간이 늘어날수록 사고위험도가 비선형적이지만 점차 증가하는 것으로 나타났다. 통계적 유의성을 고려하여 해석을 하면 사고위험도가 크게 변하는 시점은 3시간이 지나고 4시간부터 6시간까지 사고위험도는 서서히 비선형적으로 증가 하는 것을 알 수 있다. 특히 운행시간이 10시간인 운전자는 운행시간 1시간인 운전자보다 사고위험도가 약 2.2배 높은 것으로 분석되었다. 우리나라와 미국의 지역적 특성이 다르지만, 이런 결과는 우리나라 운행시간 기준 선정 시 고려되어야 할 것으로 판단된다.

5.2. 향후 연구과제

본 연구는 운행시간대에 따른 상대적 사고 위험도를 알아보기 위해서 실제 운전자의 운행일지를 수집하여 분석하였다. 그러나 피로와 관련된 사고요인들을 분석하기 위해서는 자료수집이 가장 어려운 실정이며, 미국도 한국과 같이 사고자료 구득이 쉽지 않았다. 실제 사고 자료를 얻을 수 있다면 우리나라의 지역 및 운전자 특성에 맞는 정확한 분석 자료를 얻을 수 있다고 판단된다.

우리나라의 경우, 심한 정체로 인해 가다 서다를 반복하여 운전자의 피로도도는 같은 시간 동안 운전을 계속한 운전자와 다르게 나올 가능성이 크다. 우리나라 교통 환경에서 운전자 피로에 따른 사고율을 알기 위해서는 정체 시 생기는 운전자의 피로도도를 알아야 한다.

피로도도를 알아내기 위해서 트럭운전자 휴게소 등에서 피로도에 관한 설문조사, 실험 운전자들을 고용 및 화물차 회사에 의뢰하여 운행일지 사용 및 설문조사, 시뮬레이터를 이용한 피로도 조사 등을 이용하여 정체로 인한 운전자 피로도도를 검

토해야 할 것이다.

현재 외국은 운전자 피로와 관련 교통사고율을 줄이기 위해서 많은 연구가 진행되고 있다. 일반적으로 외국의 선행연구 결과가 비슷한 경향은 있으나, 우리 실정에 맞는 지역적 특성과 운전자 특성에 맞는 근로기준을 정하기 위해서 상세한 연구가 절실히 필요한 시점이다.

참고 문헌

박응원, 강동수, “국가별 운수안전정책 비교연구”, *교통안전공단*, 2002

설재훈, 김영호, 채찬들, “도로교통 안전사업의 효율적 추진방안”, *한국교통연구원*, 2006

Arnold, P., Hartley, L., Corry, A., Hochstadt, D., Penna, F., Feyer, M., “Hours of work, and perceptions of fatigue among truck drivers”, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 29, pp 471~477, 1997.

Brown, C.C., “On the use of indicator variable for studying the time-dependence of parameters in a response time mode” I, *Biometrics*, 31, pp. 863~872, 1975.

Brown, I., “Driver fatigue”, *Human Factors*, Vol.36, pp 298~314, 1994

Crum, R. M., Morrow, C. P., Olsgard, P., and Roke, J. P., “Truck driving environments and their influence on driver fatigue and crash rates”, *Transportation Research Record 1779, Transportation Research Board*, Washington, D.C., pp. 125~133, 2001.

Dobbie, K., “Fatigue-related crashes: An analysis of fatigue-related crashes on Australian roads using an operational definition of fatigue”, Report No OR23, *Australian Transport Safety Bureau*, 2002.

European Transport Safety Council, “*The role of driver fatigue in commercial road transport crashes*”, ETSC, 2001.

Hakkanen, H., Summala, H., “*Sleepiness at work among commercial truck drivers, Sleep*, Vol. 23”, pp 49~57, 2000.

Hakkanen, H. and Summala, H., “Driver sleepiness-related problems, health status, and prolonged driving among professional heavy-vehicle drivers”, *Transportation human factors*. pp 151~171 vol. 2. No. 2. 2000.

Hosmer and Lemeshow, “*Applied Logistic Regression*”, John Wiley and Sons, 1989.

Jovanis, P., Park, Sang-Woo, Gross, Frank, Chen, Ko-Yu, “On the Relationship of Crash Risk and Driver Hours of Service”, *2005 Truck & Bus Safety & Security Symposium*, Alexandria, VA., November, 2005.

Lin, T., Jovanis, P.P., and Yang, C., “Modeling the safety of truck driver service hours using time-dependent logistic regression”, *Transportation Research Record 1407, Transportation Research Board*, Washington, D.C., pp 1~10, 1993.

Mackie, R.R., and Miller, J.C. “Effect of hours of service, regularity of schedules, and cargo loading on truck and bus driver fatigue”. *HFR Technical Report 1765-F*. (NHTSA, DOT-HS-803-799)(NTIS PB-290-957). Goleta, CA: Human Factors Research, Inc., 1978.

McDonald, N., “*Fatigue, Safety and Truck Driver*”, London and Philadelphia, Taylor & Francis, pp. 104~115, 1984.

Mitler, M. M., Miller, C. J., Lipsitz, J. J., Walsh, K. J., and Wylie, C. D., “*The sleep of long-haul truck drivers, The New England Journal of Medicine*”, Vol. 337, pp 755~762, 1997.

Wylie, C.D., Shultz, T., Miller, J.c., Milter, M.M., and Mackie, R.R., “Commercial MotorVehicle Driver Fatigue and Alertness Study”, FHWA-MC-97-002, *Federal Highway Administration*, Washington D.C., October 1996.

접 수 일 : 2009. 7. 8

심 사 일 : 2009. 7. 9

심사완료일 : 2010. 1. 5