

고속버스 DTG 자료를 활용한 버스 위험운전 행태 분석

Analysis of Dangerous Bus Driving Behavior Using Express Bus Digital Tacho Graph Data

김수재* · 주재홍** · 추상호*** · 이향숙****

* 주저자 : 홍익대학교 도시계획과 박사과정

** 공저자 : 한국교통안전공단 선임연구원

*** 공저자 : 홍익대학교 건설도시공학부 부교수

**** 교신저자 : 인천대학교 동북아물류대학원 조교수

Su jae Kim* · Jaehong Joo** · Sang ho Choo*** · Hyangsook Lee****

* Dept. of Urban Design and Planning, Univ. of Hongik

** Korea Transportation Safety Authority

*** Dept. of Urban Design and Planning, Univ. of Hongik

**** Graduate School of Logistics, Incheon National Univ.

† Corresponding author : Hyangsook Lee, hslee14@inu.ac.kr

Vol.17 No.2(2018)

April, 2018

pp.87~97

ISSN 1738-0774(Print)

ISSN 2384-1729(On-line)

<https://doi.org/10.12815/kits>

2018.17.2.87

요약

많은 승객들이 이용하는 대중교통수단인 버스의 위험운전을 체계적으로 평가 및 진단하기 위한 시스템은 현재까지 매우 미흡한 상황이다. 본 연구는 실제 고속버스 운행기록장치(DTG, Digital Tacho Graph) 자료를 활용하여 버스 위험운전의 특성과 패턴에 대해 분석하였다. 위험운전 8개 유형에 대해 시간대별, 요일별, 날씨별 분포를 분석한 결과, 급가속(61.3%), 급좌우회전(20.1%), 급감속(15.1%) 유형이 대부분을 차지하였으며, 새벽시간대, 금요일, 맑은 날에 각각 위험운전이 더 많이 발생하는 패턴을 보였다. 이어서 통계분석을 통해 위험운전 유형별 상관성과 시간대별 발생건수의 차이를 규명하였으며, 위험운전의 정도에 따라 3개 그룹을 제시하였다. 본 연구의 결과는 향후 안전운전 교육기관에서 운전 시뮬레이터를 통한 신빙성 있는 진단 및 교육을 수행하기 위한 참고자료로 활용될 수 있을 것이다.

핵심어 : 위험운전 유형, 고속버스, 운행기록장치, 안전운전 교육, 운전 시뮬레이터

ABSTRACT

Bus, a major transportation mode, doesn't have a systematical evaluation system for dangerous driving behavior yet. This paper analyzes the characteristics and pattern of bus driving behavior using Digital Tacho Graph(DTG) data on express bus. 8 types of dangerous driving behavior were considered according to timeslot, the day of week and weather condition. As results, rapid acceleration, rapid left-right turn and rapid deceleratio accounted for more than 97% and relatively high percentages were shown in dawn, on Friday and on the clear day, respectively. From the statistical analysis, correlation between the dangerous driving types and difference according the timeslot were found, and 3 groups considering the level of the dangerous driving were suggested. This study contributes to setting an efficient and reliable eduction system for using driving simulators.

Key words : Dangerous driving behavior type, Express bus, DTG, Safe driving education, Driving simulator

Received 18 April 2018

Revised 24 April 2018

Accepted 26 April 2018

© 2018. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

I. 서론

도로교통공단 교통사고분석 시스템(TAAS)에 의하면 2015년 우리나라 교통사고 발생건수는 약 23만 건, 사망자수는 4,621명으로 OECD 국가 중 상당히 높은 편에 속하는 것으로 발표되었다. 교통사고 발생률보다 더 심각한 것은 교통사고 사망률이다. 교통사고 사망률은 인구 10만 명당 9.1명으로 칠레, 미국에 이은 세 번째로 나타났으며, 자동차 1만 대당 1.9명으로 OECD 국가 중 가장 높은 것으로 나타났다. 또한 2015년 사업용 차량에 의한 교통사고 발생건수, 부상자수, 사망자수의 약 20%가 버스로 인해 발생하였으며, 최근 버스사고가 자주 발생하면서 대중교통 안전성에 대한 우려가 커지고 있는 상황이다.

한국교통안전공단에서는 2008년 상주, 2017년 화성에 안전운전체험교육센터를 건립하여 사업용 차량 운전자를 대상으로 운전 시뮬레이터를 통한 안전운전교육을 시행하고 있다. 사업용 차량은 택시(승용차), 버스, 화물자동차로 구분되나 다양한 차종을 고려한 위험운전 유형, 위험운전 판단기준, 임계값 등에 대한 연구가 미비하여 운전행태 진단 시 승용차와 동일한 기준을 적용하고 있다(Lee et al., 2014). 최근에 들어서야 교통안전공단 자동차안전연구원에서 다양한 차종을 고려한 위험운전 기준에 대한 연구가 진행되었다(Korea Transportation Safety Authority Korea Automobile Testing&Research Institute, 2016).

버스의 경우 대량수송이라는 특성상 많은 승객들이 탑승하여 사고 발생 시 승용차에 비해 더 큰 피해가 발생할 수 있으며, 최근 버스 사고가 자주 이슈화되고 있는 상황이다. 사업용 버스는 「교통안전법」 제55조에 따라 운행기록장치(DTG, Digital Tacho Graph)를 의무 장착하여 운행하고 있다. 즉, DTG를 통해 버스 운행에 대하여 모두 기록되며, 기록된 자료를 통해 운행행태를 파악할 수 있다. 이러한 법적 제도로 인해 최근 DTG 자료를 활용하여 사업용 차량의 안전운전에 대하여 많은 연구가 수행되고 있다(Lee and Lee, 2012; Kang et al., 2015; Kim and Kang, 2015; Jang et al., 2017; Cho et al., 2017).

따라서 본 연구에서는 사업용 버스의 실제 운행 자료를 활용하여 버스의 위험운전 행태를 분석하고자 한다. 우선 위험운전 유형과 관련된 선행연구를 검토하고, 이를 고속버스 운행 자료에 적용하여 버스 운전자의 위험운전 발생 현황에 대하여 분석하였다. 버스 위험운전 유형에 따른 상관성을 분석하고 그룹화하여 버스 위험운전군에 대한 기준을 제시하였다. 마지막으로 안전운전체험교육센터에서 본 연구결과를 적용하기 위한 시사점을 제시하였다. 본 연구를 통해 실제 사업용 버스의 위험운전에 대하여 분석하고, 이를 통해 안전운전 체험교육센터에서의 적용방안을 제시함으로써 보다 정확한 평가가 이루어질 수 있을 것으로 기대된다.

II. 선행 연구 검토

본 연구에서는 사업용 버스의 위험운전 행태에 대해 분석하기 위해 위험운전에 관한 기존 선행연구를 살펴보았다. 위험운전과 관련된 기존 연구들은 크게 위험운전 유형을 분류한 연구와 위험운전 행태를 분석한 연구로 구분할 수 있다.

위험운전 유형을 분류한 연구는 다음과 같다. Oh et al.(2008)는 보행자 사고 관련 연구와 교통사고 관련 연구, 보험사 교통사고 자료, 경찰청 교통사고 발생현황 자료를 통해 위험운전 유형을 분류하였다. 위험운전 유형은 크게 속도위반, 가속, 감속, 회전, 차선변경으로 구분하여 세부적으로 총 16가지의 위험운전 유형을 정의하였다. 위험운전 분석을 위해 차량의 거동상태에 따라 차량의 데이터를 수집할 수 있는 데이터로거를 개발하였다. Han and Yang(2007)는 운행 상황별 교통사고 통계를 활용하여 위험운전 유형을 급제동, 급가속, 급선회, 급차로변경 4가지로 분류하였다. 차량용 블랙박스를 설치한 차량으로 실차 실험을 하여 산출된 데이터를 통해 분류한 위험운전 유형에 대한 특성을 분석하고, 위험운전 인지 알고리즘을 개발하였다. Cho and

Lee(2007)은 위험운전을 난폭운전, 운전미숙 등의 운전자 직접적인 행동뿐만 아니라 주변 환경에 따라 위험 상황에 처하는 경우도 포함하였다. 위험운전 여부를 실시간으로 판단하기 위해 안전운전 관리시스템을 개발하고 실제 운행 차량에 설치한 뒤 약 1년간 자료를 수집하였다. 수집된 결과를 통해 시스템의 유효성을 검증하였다. Hong et al.(2011)는 위험운전 판단장치를 개발하여 실제 버스를 대상으로 장착하여 위험운전 유형을 파악하였다. 실차 주행 시뮬레이션을 통해 위험운전 유형에 대한 임계값을 평가하고 보정하였다. Lee et al.(2014)는 승용차 위험운전 유형을 재분류하고, 운전 시뮬레이터 진단 항목으로 적용하였다. 운전 시뮬레이터 진단을 위해 위험운전 유형에 대한 판단 알고리즘을 설계하고, 위험운전 판단의 임계값을 개발하여 비교 분석하였다. Korea Transportation Safety Authority Korea Automobile Testing&Research Institute(2016)은 차종별 위험운전 유형을 급가속, 급출발, 급감속, 급정지, 급진로변경, 급앞지르기, 급좌우회전, 급U턴 8가지로 분류하고 시뮬레이션 분석을 통해 각 위험운전 유형별 임계치를 설정하였다.

위험운전 유형에 따른 위험운전 행태를 분석한 연구도 다수 수행되었다. Jeong and Kim(2008)은 위험운전 중 과실 유형에 대한 설문조사를 통해 교통위반지수를 도출하여 운전자 개인 및 차량의 특성이 교통위반행태에 미치는 영향에 대하여 분석하였다. Toledo et al.(2008)은 In-vehicle data recorder(IVDR) 시스템을 개발하여 차량의 위험운전 행태를 기록하고, 운전자에게 이에 대한 실시간 정보를 제공하였다. 이를 통해 안전운전을 평가하고 충돌 및 운전 위험지수의 감소를 이끌어 냈다. Oh and Lee(2010)은 선행연구를 통해 위험운전 유형 및 임계치를 산정한 뒤 위험운전 판단 알고리즘을 개발하였다. 알고리즘이 프로그램된 위험운전 판단장치를 실제 차량에 장착하여 운전자의 위험운전 행태를 분석하고, 위험운전 시 경고정보를 제공하여 경고정보 제공시스템의 효과를 분석하였다. Lee and Lee(2012)은 DTG 자료와 운수회사 자료를 통해 DTG 설치에 따른 위험운전 행태 변화를 관찰하여 DTG 설치에 대한 사회적 편익을 추정하였다. 위험운전 유형은 한국교통안전공단의 기준을 활용하였으며, 위험운전 행태 분석을 통해 위험운전 그룹을 나눈 뒤 그룹별 사회적 편익을 추정하였다. Ko and Choi(2013)는 11대 중과실 교통법규 위반행위에서 실제 주행 시 발생할 수 있는 상황을 고려하여 공격적 위험운전을 정의하였다. 운전자의 운전 성향을 분석하여 그 변화에 따른 공격적 운전행동을 인식할 수 있는 시스템을 개발하고자 하였다. Mir et al.(2013)은 파키스탄의 교통사고 감소를 위해 상업용 버스 및 트럭 운전자에게 설문조사하여 위험운전 요인을 분석하였다. 과거 5년간의 교통사고 자료와 설문조사를 통해 구축한 위험운전 요인간의 상관관계를 분석하여 안전운전을 위한 예방책의 필요성을 주장하였다. Guo and Fang(2013)은 위험운전 요인에 따른 고위험 운전자를 식별하고 예측하여 안전운전 교육을 수행하고자 하였다. 약 100명의 차량에 운행행태 기록 장치를 설치하여 약 1년간 자료를 수집하였다. 수집된 자료를 바탕으로 개인 운전 행태에 따른 위험운전 요인을 분석하였고, 운전 행태 및 사회경제적 특성을 통해 고위험 운전자를 예측하였다. Kim et al.(2015)는 시내버스의 DTG 자료를 활용하여 한국교통안전공단의 위험운전 유형에 따라 위험운전 행태를 분석하였다. 위험운전 행태를 분석하여 운전자의 안전운전 지원서비스 기회를 도출하였다. Kim and Kang(2015)는 DTG 자료를 활용하여 한국교통안전공단의 위험운전 유형에 따른 위험운전 행태를 분석하였다. 위험운전 발생 시 경고하는 시스템을 통해 운전습관 개선 및 안전운전 지원 방안을 제안하였다. 실제 차량 시뮬레이션을 통해 위험운전 경고 시스템의 효과를 분석하였다. Kang et al.(2015)는 사업용 자동차의 비실시간 운행기록 분석이 안전사고 예방에 큰 효과가 없음을 밝히고자 하였다. 이를 위해 DTG 자료와 스마트폰을 통한 위험운전 경고 시스템을 활용하여 위험운전 행태를 분석하였다. 모의 실험환경을 구축하고 시뮬레이션을 통해 위험운전 경고 시스템의 효과를 검증하였다. Jang et al.(2017)는 택시 DTG 자료를 활용하여 한국교통안전공단에서 분류한 위험운전 유형에 따른 위험운전자를 판별하였다. 택시 운전자 가운데 급가속 및 급정지가 잦은 운전자를 대상으로 사고 위험군을 분석하여 안전운전을 위한 방안을 제시하였다. Park and Kim(2018)은 첨단경고장치가 운전자의 운전행태에 미치는 영향에 대하여 분석하였다. 첨

단경고장치는 전방추돌경고 및 차로이탈경고를 운전자에게 제공하며, 경고 횟수를 통해 위험운전 여부를 판단하였다. 사업용 화물자동차에 첨단경고장치를 7개월간 부착하여 데이터를 수집함으로써 위험운전 행태를 분석하였다.

Ⅲ. 버스 DTG 자료

1. 자료 개요

본 연구는 버스 위험운전 행태에 대해 분석하기 위해 한국교통안전공단으로부터 고속버스 운행 자료를 수집하였다. 한국교통안전공단에서는 운행기록분석시스템(eTAS, Digital Tachograph Analysis System)을 통해 DTG가 장착된 버스, 택시, 화물차의 차량운행 상황을 실시간(초 단위)으로 기록하고 있다. 본 연구에서는 2016년 10월 1일부터 28일까지 고속도로를 운행한 고속버스 5대에 대한 DTG 자료를 수집하였다. 자료는 운행일자, 운행시간, 현재운행거리, 누적운행거리, 순간속도, 분당 엔진회전수(RPM), 브레이크 신호, X좌표, Y좌표, 방위각, 가속도X, 가속도Y, 상태코드 등으로 구성되어 있다.

<Table 1> DTG data structure

Data list	Description	Example
Date	YYYYMMDD	20161001
Time	HHMMSS	103406
Trip distance	Trip distance(km)	50
Cumulative trip distance	Cumulative trip distance(km)	26870
Velocity	Velocity(km/h)	68
RPM	Revolution per minute	1534
Break	If the vehicle's break works, 1	0
X-coordinate	X-coordinate	1270145
Y-coordinate	Y-coordinate	375044
Azimuth	Travel direction	112
Acceleration X	X-direction Acceleration	-12
Acceleration Y	Y-direction Acceleration	-18
Status code	If the vehicle is moving, 0	0

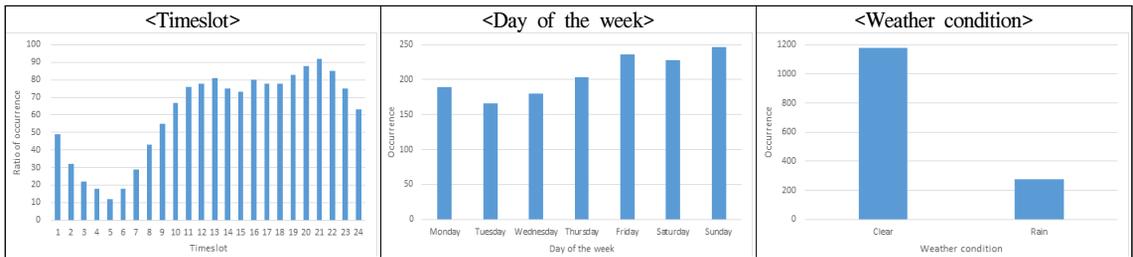
2. 자료 특징

버스 위험운전 행태 분석에는 고속버스 5대로부터 28일 간 수집된 총 140개의 운행 자료 중 각 차량의 일일 운행시간이 4시간 이상인 113개의 자료를 활용하였다. 분석 자료의 기초통계분석 결과는 <Table 2>와 같다. 총 113대-일의 자료를 운행 시간대로 살펴보면 1,450대가 운행하는 것으로 집계되었다. 최소 운행시간은 4.06시간, 최대 운행시간은 14.02시간이었으며, 평균 운행시간은 8.83시간으로 나타났다.

<Table 2> Descriptive statistics

Sample size (vehicle·day)	Sample size (vehicle·timeslot)	Min travel time (hours)	Max travel time (hours)	Average travel time (hours)
113	1,450	4.06	14.02	8.83

버스 위험운전 행태는 운행 시간대의 위험운전 횟수를 통해 분석되었으며, 이에 앞서 시간대별, 요일별, 기상상태별 분포 등 기초분석을 수행하였다. 시간대별, 요일별, 기상상태별 운행 분포는 <Fig. 1>과 같다. 차량이 가장 많이 운행한 시간대는 20~21시로 92대(6.3%), 가장 적게 운행한 시간대는 4~5시로 12대(0.8%)인 것으로 나타났다. 고속버스는 주로 낮 시간대와 저녁 시간대에 많이 운행하는 것으로 파악되었다. 일주일 중 금~일요일이 약 49%를 차지하였으며, 평일에 비해 주말의 이용이 많은 나타났다. 화요일의 경우 약 11%로 가장 적게 운행하는 패턴을 보였다. 기상상태 중 ‘강우’는 주요 운행지역의 강우량이 10mm 이상인 경우로 설정하였으며, 대부분 날씨가 맑을 때(약 81.1%) 운행한 것으로 나타났다.



<Fig. 1> Trip distribution

IV. 버스 위험운전 분석 결과

1. 버스 위험운전 유형 및 판단기준

위험운전이란 각종 교통사고를 유발할 수 있는 위험한 운전행태로 선행연구에 의해 다양한 유형들이 정의되어 있다. 본 연구는 고속버스 운전자의 위험운전 행태를 분석하기 위해 Korea Transportation Safety Authority(2016)에서 제시한 위험운전 유형을 활용하였다. 위험운전 유형은 급가속, 급출발, 급감속, 급정지, 급진로변경, 급앞지르기, 급좌우회전, 급U턴의 8개를 포함한다. 각 위험운전 유형에 대한 판단기준은 <Table 3>과 같다. 앞서 수집된 고속버스 DTG자료(초 단위 운행자료)에 8개 위험운전 유형별 판단기준을 적용하여, 각 유형별 총 몇 건의 위험운전이 발생하였는지 분석하였다.

<Table 3> Evaluation standard for dangerous driving behavior

Dangerous Driving Type		Evaluation standard
Acceleration	Rapid acceleration	· Accelerating 6km/h per second at higher than 6km/h speed
	Rapid start	· Starting lower than 5km/h speed and accelerating 8km/h per second
Deceleration	Rapid deceleration	· Decelerating 9km/h per second at higher than 6km/h speed
	Rapid stop	· Decelerating at higher than 9km/h speed and becoming 5km/h speed
Rapid lane change		· Changing the lane recording more than 8°/sec(left or right side) at higher than 30 km/h speed · Cumulative angle is less than ±2°/sec and acceleration/decelerating is higher than 2km/h during 5 seconds
Rapid overtaking		· Changing the lane recording more than 8°/sec(left or right side) at higher than 30 km/h speed · Cumulative angle is less than ±2°/sec and acceleration is higher than 3km/h during 5 seconds
Rapid turn		· Turing left or right rapidly with cumulative turn angle ranging from 60° to 120° during 4 seconds at higher than 25km/h speed
Rapid U-turn		· Turing with cumulative turn angle ranging from 160° to 180° during 9 seconds at higher than 25km/h speed

2. 버스 위험운전 발생 현황

버스 DTG 자료를 활용하여 버스 위험운전 유형별 발생 현황을 분석하였다. 일 단위 자료인 113개의 자료를 운행 시간대 단위로 전환한 1,450개 자료로부터 각 유형별 위험운전이 몇 회 발생하였는지를 분석하였다.

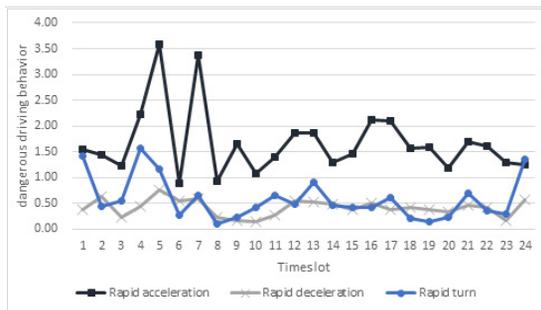
총 위험운전은 3,780건 발생하였으며, 그 중 급가속, 급좌우회전, 급감속 유형이 각각 2,316건(61.3%), 761건(20.1%), 572건(15.1%)으로 대부분을 차지하였다. 급출발 유형의 경우 한 건도 발생하지 않았으며, 급정지, 급앞지르기, 급U턴 유형의 경우 전체 발생건수의 1%이하로 나타났다. 이는 고속도로를 주로 운행하는 고속버스의 특성상 급출발 및 급정지, 급앞지르기, U턴이 자주 발생하지 않기 때문인 것으로 판단된다. 버스 위험운전 발생 현황은 <Table 4>와 같다.

<Table 4> The number of dangerous driving behavior

Dangerous driving behavior	Rapid acceleration	Rapid start	Rapid deceleration	Rapid stop	Rapid lane change	Rapid overtaking	Rapid turn	Rapid U-turn	Total
Occurrence	2,316	0	572	19	85	18	761	9	3,780
Ratio(%)	61.3	0.0	15.1	0.5	2.2	0.5	20.1	0.2	100.0

1) 시간대별 위험운전 발생 현황

버스 위험운전 유형 중 다른 유형에 비해 자주 발생하는 급가속, 급감속, 급좌우회전 유형에 대하여 시간대별 분포를 살펴보았다. 시간대별 분포는 각 시간대별·유형별 발생건수를 시간대별 운행대수로 나눈 차량 1대 당 발생건수로 산정하였다. 시간대별·유형별 발생 현황은 <Fig. 2>와 같다. 시간대별 버스 위험운전 발생 건수를 살펴본 결과 급가속 유형의 경우 대부분의 시간대에서 차량 1대당 1~2건으로 나타났으며, 4~5시와 6~7시에 약 3.5건으로 가장 높게 나타났다. 또한 급감속과 급좌우회전 유형의 경우 대부분의 시간대에서 0~1건인 것으로 집계되었다.



<Fig. 2> The number of dangerous driving behavior for timeslot

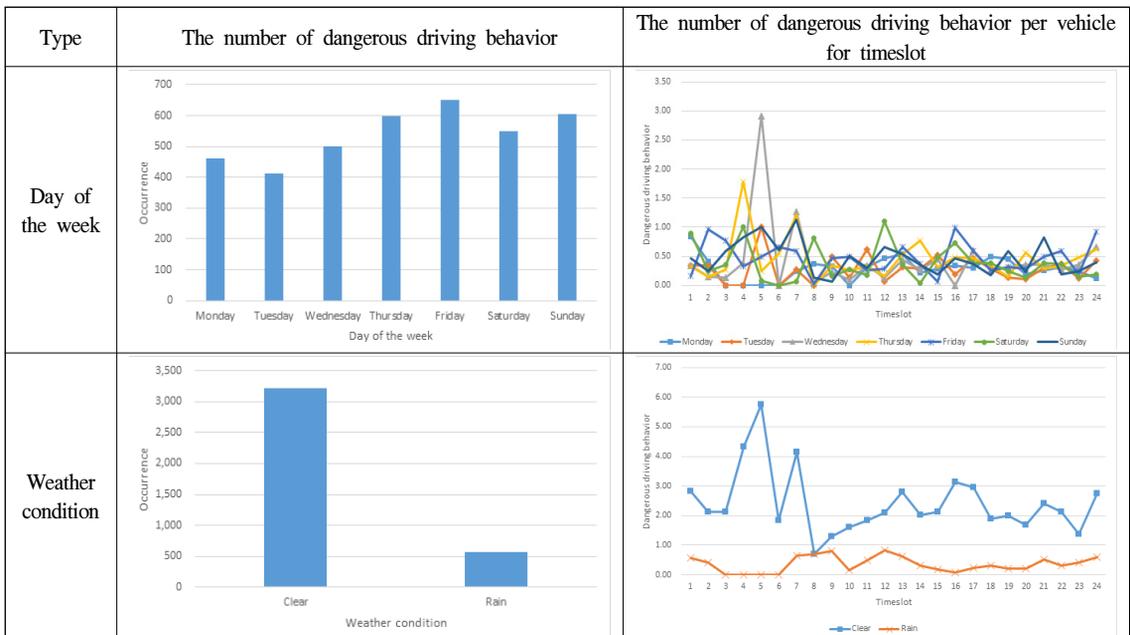
2) 요일별 위험운전 발생 현황

버스 위험운전의 요일별 발생 분포는 버스 위험운전 전체 발생건수에 대하여 요일별 발생건수와 시간대별 발생건수를 운행대수로 나눈 차량 1대 당 발생건수로 산정하였다. 요일별 발생 분포는 <Fig. 3>과 같다. 요일별 발생건수를 살펴보면, 월~수요일에 비해 목~일요일에 위험운전이 더 많이 발생한 것으로 나타났다. 차량 1대당 요일별 시간대별 위험운전 발생 분포를 살펴보면, 대부분의 시간대에 1건 미만으로 나타났

며 수요일 4~5시, 목요일 3~4시에 각각 2.9건, 1.8건으로 다른 시간대에 비해 높게 나타난 것을 확인할 수 있었다.

3) 기상상태별 위험운전 발생 현황

기상상태는 강우량이 10mm 이상일 때를 ‘강우’로 설정하였다. 분석기간인 28일 중 비가 온 날은 5일로 관측되었다. 버스 위험운전의 기상상태별 발생 분포는 요일별 발생 분포와 동일하게 기상상태별 전체 발생건수, 차량 1대당 기상상태별 시간대별 발생건수로 산정하였다. 기상상태별 발생 분포는 <Fig. 3>과 같다. 날씨가 맑을 때 버스 위험운전 발생건수가 3,216건으로 전체 발생건수의 약 85%를 차지하는 것으로 나타났다. 차량 1대당 기상상태별·시간대별 위험운전 발생 분포를 살펴보면, ‘강우’시의 위험운전 발생건수가 모든 시간대에서 1건 미만으로 나타나 맑을 때에 비해 훨씬 적은 것을 확인할 수 있었다. 이는 비가 오는 날 운전자가 더욱 주의하며 운전하기 때문인 것으로 판단된다.



<Fig. 3> The number of dangerous driving behavior for timeslot and day of the week

3. 버스 위험운전 통계분석

1) 버스 위험운전 유형별 상관성 분석

버스차량 1대당 위험운전 유형별 발생건수에 대하여 상관성 분석을 수행하였다. 위험운전 유형 중 주로 발생하는 급가속, 급감속, 급좌우회전 유형에 대하여 상관성 분석을 수행하였다. 상관성 분석 결과는 <Table 5>와 같다. 급가속 유형이 급감속, 급좌우회전 유형과 각각 0.5629, 0.4082의 상관성을 보였으며, 통계적으로 유의하게 나타났다. 급감속 유형과 급좌우회전 유형의 상관성은 0.3948로 가장 낮게 나타났으며, 통계적으로 유의하지 않는 것으로 나타났다. 따라서 버스 운전자의 급가속 횟수를 줄이면 급감속, 급좌우회전 등의 위험운전 횟수도 함께 줄어들 것으로 판단된다.

<Table 5> Correlation analysis of dangerous driving behavior types

Type	Rapid acceleration	Rapid deceleration	Rapid turn
Rapid acceleration	1	-	-
Rapid deceleration	0.5629*	1	-
Rapid turn	0.4082*	0.3948	1

Note : * $p < .05$

2) 시간대별 발생건수 차이 분석

주로 발생하는 3가지 위험운전 유형의 시간대별 발생건수의 차이를 분석하기 위해 각 유형별 분산분석을 수행하였다. 분석 결과는 <Table 6>과 같다. 급좌우회전 유형에서만 시간대별 발생건수가 통계적으로 차이가 났으며, 다른 두 유형의 경우에는 시간대별로 차이가 나지 않는 것으로 분석되었다.

<Table 6> Variance analysis of dangerous driving behavior for timeslot

Type	Category	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F-value	Significance probability
Rapid acceleration	Between groups	292.18	23	12.70	1.396	0.101
	Within groups	12,978.99	1,426	9.10	-	-
	Total	13,271.18	1,449	-	-	-
Rapid deceleration	Between groups	26.15	23	1.14	1.006	0.454
	Within groups	1,612.20	1,426	1.13	-	-
	Total	1,638.36	1,449	-	-	-
Rapid turn	Between groups	174.62	23	7.59	3.308	0.000
	Within groups	3,272.98	1,426	2.30	-	-
	Total	3,447.61	1,449	-	-	-

3) 위험운전 유형에 따른 그룹화

8개의 위험운전 유형의 각 발생건수를 고려하여 총 113대·일의 자료에 대한 군집분석을 수행하였다. 본 연구에서는 각 유형별 발생건수를 기준으로 고위험군, 중위험군, 저위험군을 분류하고자 하므로 K-평균 군집분석을 통해 3단계로 구분하였다. 군집분석 결과는 <Table 7>과 같다.

우선, 고위험군으로 분류된 포본은 총 13개로 시간당 4.34건의 급가속, 1.00건의 급감속, 0.91건의 급좌우회전 등 총 6.46건의 위험운전이 발생하였다. 중위험군의 경우 42개 포본이 분류되었으며, 시간당 2.81건의 급가속, 0.73건의 급감속, 0.85건의 급좌우회전 등 총 4.52건의 위험운전이 발생하였다. 저위험군의 경우 가장 많은 58개의 포본에서 총 2.59건의 위험운전이 발생하였다. 시간당 버스 위험운전의 발생건수를 통해 군집분석을 수행하여 각 운전자들의 위험운전 등급 나눈 뒤, 각 운전자들의 안전 교육 시에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

<Table 7> Categories for Dangerous Driving Behavior

Group	Sample	Rapid acceleration	Rapid start	Rapid deceleration	Rapid stop	Rapid lane change	Rapid overtaking	Rapid turn	Rapid U-turn	Total
High risk	13	4.34	0.00	1.00	0.04	0.08	0.06	0.91	0.04	6.46
Middle risk	42	2.81	0.00	0.73	0.03	0.08	0.02	0.85	0.01	4.52
Low risk	58	1.50	0.00	0.35	0.01	0.09	0.01	0.64	0.00	2.59

4. 교육센터 적용을 위한 시사점

다양한 기초분석과 통계분석 결과를 교육센터에 실제 적용하기 위한 방안을 제시하고자 한다. 우선 위험운전 유형별 발생건수를 활용하여 체험센터에서 운전자의 운전행태 진단시 중요도 및 우선순위를 결정할 수 있을 것이다. 고속버스 운전자의 운전행태를 분석해 보았을 때, 급가속이 가장 많았으며, 급좌우회전, 급감속이 그 뒤를 이었다. 이 3개 유형이 실제 운행 중에 가장 빈번히 일어나는 위험운전 유형이므로, 이에 대한 평가가 우선시되어야 할 것이다. 상관분석 결과를 토대로 운전자의 급가속 습관 개선시 급감속, 급좌우회전 운전행태 역시 개선될 것으로 판단해 볼 수 있다. 또한 분산분석 결과, 급우회전의 경우 시간대에 다른 발생건수의 차이가 뚜렷이 발생하였다. 특히 차량이 적은 시간대에 특히 안전 운전을 유도하기 위한 교육이 필요함을 시사하고 있다. 군집분석 결과에 의하면 표본의 위험운전 행태를 종합적으로 고려할 때 고위험군, 중위험군, 저위험군의 3개 그룹이 생성되었다. 이는 교육생의 운전행태가 어느 그룹에 속해있는지 판별해 주기 위한 통계적 근거를 제공할 수 있다. 향후 축적되는 빅데이터를 이용하여 보다 정교한 종합적 평가가 가능한 시스템을 구현하는 것이 필요하다.

V. 결 론

1. 연구의 요약 및 시사점

본 연구는 실제 고속버스 운행 자료를 활용하여 버스 위험운전 행태에 대해 분석하였다. 분석 결과를 통해 운전자의 운전 행태를 파악하고 이를 평가함으로써 안전운전 교육센터에서 운전자별 교육을 위한 기준을 제시하였다. 버스 위험운전 행태 분석의 주요 내용을 요약하면 다음과 같다.

우선 버스 위험운전 유형을 구분하였다. 위험운전 유형은 급가속, 급출발, 급감속, 급정지, 급진로변경, 급알지르기, 급좌우회전, 급U턴 8가지로 구분할 수 있으며, 이중 급가속, 급감속, 급좌우회전이 고속버스에서 자주 발생하는 유형인 것으로 나타났다.

다음으로 버스 위험운전의 발생 현황에 대해 살펴보았다. 고속버스 5대의 28일 자료 중 4시간 이상 운행한 날의 자료를 활용하여 분석을 수행하였다. 위험운전 유형 중 급가속이 약 61.3%, 급좌우회전이 약 20.1%, 급감속이 약 15.1%로 대부분을 차지하였다. 이 세 가지 유형에 대하여 시간대별 발생 분포를 살펴보면 급가속 유형은 대부분의 시간대에 차량당 1~2건 발생하였으며, 급감속 및 급좌우회전 유형의 경우 대부분의 시간대에서 1건 미만으로 발생하였다. 요일별 발생 현황에 대해 살펴본 결과 위험운전 발생건수의 경우 월~수 요일에 비해 목~일요일에 더 많이 발생하는 것으로 나타났다. 차량 1대당 시간대별 발생건수를 살펴보면 대부분의 시간대에 1건 미만으로 나타났으며 수요일 4~5시, 목요일 3~4시에 각각 2.9건, 1.8건으로 다른 시간대에 비해 더 많이 발생하였다. 기상상태별 발생 현황을 살펴보면 대부분의 위험운전이 맑은 날 발생하였으며, 강우 시 차량 1대당 시간대별 발생건수는 1건 미만으로 나타났다.

주로 발생하는 위험운전 유형인 급가속, 급감속, 급좌우회전에 대하여 상관성을 분석한 결과 급가속과 급감속, 급좌우회전 유형이 각각 0.5629, 0.4082의 상관성을 보였으며, 통계적으로 유의하게 나타났다. 급감속과 급좌우회전 유형의 경우 0.3948의 상관성을 보였으나, 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 각 유형에 대하여 시간대별 발생건수의 사이를 분석한 결과 급좌우회전 유형의 경우 시간대별 발생건수가 통계적으로 차이가 있는 것으로 분석되었다. 마지막으로 각 유형별 발생건수에 대하여 군집분석을 수행하여 위험운전군을 산정하였다. 위험운전군은 고위험군, 중위험군, 저위험군 3가지로 구분하였으며, 하루 평균 위험운전

발생건수는 각각 6.46건, 4.52건, 2.59건으로 나타났다.

본 연구에서는 실제 고속버스 운행 자료를 활용하여 버스 위험운전 행태에 대하여 분석하였다. 본 연구의 결과를 통해 안전운전 교육센터에서 위험운전에 대한 우선순위를 제시하며, 기상상태에 따른 가중치를 부여하고, 교육생의 위험운전 행태를 진단함으로써 안전운전 어드바이스를 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 객관적인 평가를 통해 교육의 효율성을 향상시키고 나아가 참여자의 만족도를 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

2. 연구의 한계 및 향후 연구 과제

본 연구에서는 자료 취득의 어려움으로 인하여 버스 위험운전 행태 분석에 있어 고속버스 5대의 운행 자료만을 활용하였다는 한계점을 지닌다. 분석 결과가 대표성을 지니기 위해서는 다양한 노선을 운행하는 여러 대의 버스 운행 자료를 취득하여 분석해야 할 필요가 있다. 또한 시내버스, 시외버스, 마을버스 등 버스 유형에 따라 주행거리, 이용도로 등의 운행특성이 다르게 나타나므로 보다 광범위한 자료를 수집 하여 각 유형에 따른 위험운전 판단 기준을 설정해야만 향후 적절한 평가·진단이 가능할 것이다. 본 연구에서는 교육센터의 활용 측면에서만 통계분석을 수행하였는데, 향후 시계열 분석, 인과관계 분석 등 다양한 통계분석 항목을 도출하여 연구해볼 필요가 있을 것이다.

본 연구에서 활용한 DTG 자료의 경우 차량의 운행행태에 대해서만 기록하는 것으로, 차량의 운전자에 대한 정보는 확인할 수 없었다. 동일한 차량 및 노선일지라도 운전자의 특성에 따라 운전행태가 다르게 나타난다. 따라서 향후 연구를 통해 운전자의 특성을 반영하여 분석한다면 보다 정확한 평가가 가능할 것이며, 이를 통해 운전자 개인특성에 대한 위험운전 평가 유형을 개발할 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 논문은 2017년 한국ITS학회 춘계학술대회에서 발표되었던 논문을 수정·보완하여 작성하였습니다.

REFERENCES

- Cho J. H. and Lee W. S.(2007), "Development of a Safe Driving Management System," *Transaction of the Korean Society of Automotive Engineers*, vol. 15, no. 1, pp.71-77.
- Cho J. S., Lee H. S., Lee J. Y. and Kim D. N.(2017), "The Hazardous Expressway Sections for Drowsy Driving Using Digital Tachograph in Truck," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 35, no. 2, pp.160-168.
- Guo F. and Fang Y.(2013), "Individual driver risk assessment using naturalistic driving data," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 61, pp.3-9.
- Han I. H. and Yang K. S.(2007), "Recognition of Dangerous Driving Using Automobile Black Boxes," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 25, no. 5, pp.149-160.
- Hong S. J., Lim L. K. and Oh J. T.(2011), "A Study on In-vehicle Aggressive Driving Detection Recorder System for Monitoring on Drivers' Behavior," *Transaction of the Korean Society of Automotive Engineers*, vol. 19, no. 3, pp.16-22.
- Jang J. M., Lee Y. I. and Lim J. K.(2017), "Analysis of Risk Driver Discrimination Considering

- Driver's Behavior Based on Digital TachoGraph(DTG)," *Journal of Transport Research*, vol. 24, no. 4, pp.63-77.
- Jeong D. W. and Kim H. S.(2008), "An Analysis of the Traffic Offense Behavior by Drivers' Characteristics," *Seoul Studies*, vol. 9, no. 3, pp.119-131.
- Kang J. G., Kim Y. W. and Jun M. S.(2015), "Real-time Dangerous Driving Behavior Analysis Utilizing the Digital Tachograph and Smartphone," *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, vol. 20, no. 12, pp.37-44.
- Kim M. J., Lim C. H., Lee C. H., Kim K. J., Jeon J. W. and Park Y. S.(2015), "Identifying Service Opportunities for Enhancing Driving Safety of Intra-City Buses Based on Driving Behavior Analysis," *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, vol. 41, no. 5, pp.499-510.
- Kim Y. W. and Kang J. G.(2015), "Implementation of Real-time Dangerous Driving Behavior Analysis Utilizing the Digital Tachograph," *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, vol. 20, no. 2, pp.55-62.
- Ko J. J. and Choi K. H.(2013), "The Design and Implementation of Driver Safety Assist System by Analysis of Driving Behavior Data," *Journal of advanced navigation technology*, vol. 17, no. 2, pp.165-170.
- Korea Transportation Safety Authority Korea Automobile Testing&Research Institute(2016), New Dangerous Driving Behavior Standards and Methods.
- Lee H. S., Joo J. H. and Choo S. H.(2014), "A Study on Improving Traffic Safety Evaluation Standard Based on Driving Simulators," *The Korea Spatial Planning Review*, vol. 80, pp.3-15.
- Lee S. J. and Lee C. W.(2012), "Short-Term Impact Analysis of DTG Installation for Commercial Vehicles," *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 11, no. 6, pp.49-59.
- Mir M. U., Razzak J. A. and Ahmad K.(2013), "Commercial vehicles and road safety in Pakistan: exploring high-risk attributes among drivers and vehicles," *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, vol. 20, no. 4, pp.331-338.
- Oh J. T. and Lee S. Y.(2010), "Analysis of Risky Driving Pattern and Warning Effect by Risk Driving Judgment Device," *Journal of Transport Research*, vol. 17, no. 2, pp.129-141.
- Oh J. T., Cho J. H., Lee S. Y. and Kim Y. S.(2008), "Development of a Data-logger Classifying Dangerous Behaviors," *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 7, no. 3, pp.15-28.
- Park J. Y. and Kim D. G.(2018), "Identifying the effects of advanced warning devices on the driving behaviors of commercial vehicle drivers," *International Journal of Highway Engineering*, vol. 20, no. 1, pp.137-146.
- The Korea Road Traffic Authority Traffic Accident Analysis System, <http://taas.koroad.or.kr>, 2018.02.20.
- Toledo T., Musicant O. and Lotan T.(2008), "In-vehicle data recorders for monitoring and feedback on drivers' behavior," *Transportation Research Part C*, vol. 16, pp.320-331.