한국ITS학회논문지 J. Korea Inst. Intell. Transp. Syst.

자기보고 기반 운전성향을 통한 주행행태 특성 추정 연구

Estimation of Driving Behavior Characteristics through Self-Reported-Based Driving Propensity

황 순 천* · 이 동 민**

* 주저자 : 서울시립대학교 스마트시티학과 연구교수
** 교신저자 : 서울시립대학교 교통공학과 & 스마트시티학과 교수

Sooncheon Hwang* · Dongmin Lee**

* Research Professor, Dept. of Smart cities., Univ. of Seoul
** Professor, Dept. of Transportation Eng & Smart cities., Univ. of Seoul

† Corresponding author : Dongmin Lee, dmlee@uos.ac.kr

Vol. 23 No.1(2024)
February, 2024
pp.26~41

pISSN 1738-0774
eISSN 2384-1729
https://doi.org/10.12815/kits.2024.23.1.26

Received 5 December 2023
Revised 13 December 2023
Accepted 18 December 2023

ⓒ 2024. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

요 약

안전한 도로교통 환경 조성을 위하여 운전행동에 영향을 미치는 인적요인에 관한 연구가 필요하지만, 실제 주행행태에 영향을 미치는 개인별 인적요인 특성을 도출하기에는 많은 어려움이 있다. 이에, 개별 운전자의 자기 보고를 통하여 도출되는 위험운전성향을 분석하여 주행행태 특성과 상관성이 있는지 확인하고, 교통상황에 따른 주행행태에 영향을 미치는 운전성향을 추정하는 방법을 제시하고자 하였다. 본 연구에서는 기존에 고안된 설문 기법을 활용하여 실험 참가자들의 위험운전성향을 여러 방법으로 도출하고, 가상환경 기반의 주행 시뮬레이터 실험을 통하여 도출된 주행행태 특성을 분석하여 위험운전성향과 주행행태 특성 간 유의미한 상관관계가 있는지 확인하였다. 실험 결과, 한국형 DBQ를 통하여 도출되는 난폭운전성향이 높은 사람들이 상대적으로 빠른 주행속도와 가속도 행태를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통하여 상대적으로 위험운전행동을 보이는 운전자를 추정할 수 있는 평가 방법을 확인할 수 있었다.

핵심어 : 운전성향, 설문기법, 주행행태, 주행 시뮬레이터

ABSTRACT

To ensure safer road conditions, understanding the human factors influencing driving behavior is crucial. However, there are many difficulties in deriving the characteristics of individual human factors that affect actual driving behaviors. Therefore, this study analyzes self-reported dangerous-driving propensities in order to explore potential correlations with drivers' behaviors. The goal is to propose a method for assessing driving tendencies based on varying traffic scenarios. The study employed a questionnaire to gauge participants' propensity to drive dangerously, utilizing a simulator to analyze their driving behaviors. The aim is to determine any notable connections between dangerous-driving propensity and specific driving behaviors. Results indicate that individuals exhibiting a high propensity for reckless driving, as identified by the Korean DBQ, tend to drive at higher speeds and display more aggressive acceleration patterns. These findings contribute to a potential method for assessing reckless driving drivers.

Key words : Driving propensity, Questionnaire, Driving behaviors, Driving simulator

Ⅰ. 서 론

도로 상에서 발생하는 교통사고는 여러 가지 특수한 상황이 복합적으로 작용하여 발생하지만, 많은 사고 원인에 운전자 과실이 포함되는 것으로 알려져 있다 (Evans, 2004; Javins and Carter, 2022; Song et al., 2005). 이에 운전자가 과실을 범할 수 있는 위험운전행동 결정요인을 분석하여 고위험군 운전자를 선별하거나, 해당 특성을 확인하는 방법을 개발하는 연구가 지속해서 이루어져 왔다 (Aberg and Rimmo, 1998; Dahlen et al., 2005; Lajunen and Parker, 2001). 기존 연구에서는 외향성, 신경성 등 개인의 성격적 특성 요인에 기반을 두거나, 안전운전, 위험운전 등 특정 운전성향을 분류하여 이와 같은 특성이 위험운전행동과 연관성이 있는지 확인하는 데 중점을 두었다. 이를 통하여 위험운전행동을 보이는 운전자 유형을 평가할 수 있는 요인을 확인할 수 있었지만, 해당 요인 특성을 지닌 운전자가 실제 도로주행 상황에서 위험운전행동과 같은 주행행태 특성을 보이는지 확인하는 연구는 충분히 이루어지지 않았다. 동일한 도로교통 상황에서도 개인의 운전성향과 다른 요인에 의하여 나타나는 주행행태는 다를 수 있는 만큼 (Zhang et al., 2016), 운전성향과 주행행태를 비교하여 도로교통 환경에 따라 위험운전행동을 보일 수 있는 운전자 유형을 확인하는 것이 필요하다.

이에 본 연구에서는 기존에 개발된 설문조사 기반의 평가 방법을 활용하여 도출한 위험운전성향과 주행시뮬레이터 실험을 통하여 도출한 주행행태 특성 간에 상관관계를 분석하고, 운전성향 유형에 따라 어떤 주행행태 특성과 유의미한 상관성이 나타나는지 분석하였다. 자기 보고 방식의 평가방법을 활용하여 참가자들의 난폭운전성향 및 운전분노수준을 도출하였으며, 본인이 인지하고 있는 주관적 운전성향과 비교하여 정량적인 평가 방법의 필요성을 확인하였다. 또한, 일련의 연속류 도로 환경에 구간별로 교통류 서비스 수준(LOS, Level of Service)을 다르게 설정하여 교통환경에 따른 주행행태 특성을 도출하여 운전성향 유형에 따라 어떤 교통환경에서 어떤 주행행태 특성이 유의미한 상관관계가 있는지 비교해 보고, 회귀모형을 통하여 주행행태 특성 중 위험운전성향에 영향을 미치는 요인을 확인해 보았다. 이를 통하여 실제 위험운전행동을 보일 수 있는 운전자를 추정해 볼 수 있는 자기 평가 기반 위험운전성향의 유용성을 확인해 보았다.

Ⅱ. 선행연구 고찰

1. 운전성향 관련 연구사례 고찰

운전자의 과실 행위를 분석하고, 이러한 행위가 발생하게 되는 요인을 찾아내기 위하여 많은 연구가 수행되었다 (Berdoulat et al., 2013; Parr et al., 2016; Starkey and Isler, 2016; Taubman-Ben-Ari et al., 2016). 기존 연구에서는 운전자 과실 행위로 과속, 난폭한 운전행동, 주의 분산 등을 제시하였으며, 이와 같은 운전행동은 개인의 성격이나 습관 등 인적요인과 관련되어 있다는 점을 제시하였다. 운전행동에 영향을 미치는 요인을 도출하기 위하여 활용된 방법으로는 사람의 외향성, 신경성, 친화성 등의 개별 성격을 규정하여 이와 관련 있는 운전행동 특성을 도출하거나(Lajunen and Parker, 2001; Lev et al., 2008; Taymur et al., 2017), 개인이 인식하고 있는 특정 주행행태 영향 요인을 도출하는 방법(Aberg and Rimmo, 1998; Mesken et al., 2002; Ryu and Oh, 2022; Zhao et al., 2012) 등이 있다. 또한, 운전 상황에서 개별 운전성향 특성에 따라 나타날 수 있는 분노수준을 평가하여 공격적 운전행동(Aggressive Driving) 특성을 도출하는 연구들도 수행되었다 (Dahlen et al., 2005; Lajunen and Parker, 2001; Iversen and Rundmo, 2002; Shin et al., 2009; Song et al., 2005). 본 연구에서는 운전자 행동을 정량적으로 평가할 수 있게 개발된 Driving Behaviour Questionnaire(DBQ)와 Driving Anger

Scale(DAS)를 활용하여 자기 평가 기반 운전성향을 도출하였다. DBQ와 DAS는 대표적인 척도로 다양한 연구에서 활용되었으며, 국내 실정에 맞게 설문문항 및 구조를 개량한 방법이 있어(Ryu and Oh, 2022; Shin et al., 2009) 이를 활용하였다.

DBQ는 위험운전행동 범주를 의도적인 위험 행동(위반, violation)과 의도하지 않은 위험 행동(오류, error)으로 구분하여 응답한 사람들의 위험운전성향을 도출하도록 설계되었다. DBQ에서 제시하고 있는 위험운전행동과 연관된 이상 행동 유형으로는 작은 실수, 부주의에 의한 과실, 오류에 의한 실수, 의도치 않은 위반행위, 고의에 따른 위반행위가 있으며, 유형별로 다수의 설문 문항이 구성되어 있다. DBQ 응답 결과를 활용하여 응답자 간에 상대적인 위험운전행동 수준을 평가할 수 있다. DBQ 방식은 다수의 후속 연구에서 설문 구성의 안정적 구조를 인정받았으며, 위험운전행동을 평가하는 주요 방법으로 여겨지고 있다 (Aberg and Rimmo, 1998; Mesken et al., 2002; Ryu and Oh, 2022; Zhao et al., 2012). Ryu and Oh(2022) 연구에서는 기존에 연구된 DBQ 관련 구조를 국내 실정에 맞게 재정립하여 한국판 운전행동척도를 개발하였다. 한국판 운전행동척도는 기존 DBQ가 주로 다루었던 운전에 영향을 미치는 부정적 요인과 더불어 긍정적 운전행동에 대한 평가 항목도 포함하여 개발되었다.

또한, 주행 중에 발생하는 다양한 상황에 대하여 분노를 느끼는 수준을 평가하여 운전자의 공격적 운전성향을 알 수 있는 척도로 Deffenbacher et al.(1994) 연구에서 개발한 운전 분노척도 평가(DAS)가 있다. DAS는 운전 분노가 운전자의 위험운전과 관련되는 중요한 성격 요인이라 가정하고, 이를 측정할 수 있는 설문 문항을 개발하는 데 중점을 두고 있다. 운전 분노와 관련된 요인으로 적대적 몸짓, 불법 운전, 경찰 출현, 서행운전, 무례한 운전, 교통방해를 제시하였으며, 각 요인 특성에 맞는 설문 문항을 구성하여 종합적인 운전 분노 척도를 개발하였다. 이후 표준화된 평가 방법을 토대로 수행된 후속 연구 (Deffenbacher et al., 2001)에서 도출된 운전척도 분노 수준이 운전 상황에서 분노를 느끼는 개인의 운전성향과 상관성이 있음을 제시하였다. 이후 DAS 평가 방식은 운전 분노척도를 평가하는 다양한 연구에서 활용되면서 유용성을 입증받았다 (Dahlen et al., 2005; Lajunen and Parker, 2001; Iversen and Rundmo, 2002; Shin et al., 2009; Song et al., 2005). 국내에서는 Shin et al.(2009) 연구에서 국내 실정에 맞게 설문 문항과 구조를 개선시킨 한국형 운전분노척도를 개발하였다. 또한, Song et al.(2005) 연구에서는 14명의 피실험자를 대상으로 운전분노척도를 평가하고, 도출된 운전분노 수준과 차량 시뮬레이터 환경으로 구현된 교통정체 상황에서 나타나는 주행행태 특성과의 상관성을 분석하는 연구를 수행하였다. 해당 연구를 통하여 상대적으로 운전분노 수준이 높은 운전성향을 가진 운전자들이 정체상황에서 난폭운전과 위험운전을 감행하는 경향이 높다는 점을 확인할 수 있었다.

2. 주행행태 특성 분석 연구사례 고찰

주행행태 특성을 분석하는 연구는 주로 교통안전 분야에서 교통사고와 관련된 위험성과의 연관성을 연구하는데 활용되었다. 운전행동은 나이, 경력, 성별, 태도, 정서 등 다양한 요인에 의해 영향을 받아 운전 과정에서 나타나는 의도적 또는 비의도적인 특성과 행동을 의미한다 (Elander et al., 1993; Müller et al., 2013; Reiser et al., 2008). 이러한 요인은 다양한 도로교통 상황에서 순간적으로 본인 운전행동에 영향을 미쳐 상황에 따라 운전속도, 가속, 감속, 조향 등의 운전행동 변화를 초래하는 것으로 알려져 있다. 이와 같이 개인 운전성향에 따라 달라지는 주행행태 특성을 유형화하여 일반적으로 방어적 또는 소극적 운전행동부터 위험하거나 공격적인 운전행동에 이르는 범위 내에서 특징을 지어 정의할 수 있다 (Langari and Won, 2005; Murphey et al., 2009; De Vlieger et al., 2000). 공격적 또는 방어적 주행행태 특성으로 정의하는 기준은 특징지을 수 없으며, 상대적으로 과속 이상의 빠른 주행속도와 급가감속 행태, 잦은 차로변경 등을 보이는 경우

를 공격적 주행행태 특성으로 정의할 수 있다. 국내에서는 한국교통안전공단에서 사업용 차량의 운행기록을 분석하여 11대 위험운전행동을 정의하였는데, 과속, 급가감속 등이 해당 지표로 활용되고 있다 (Digital Tachograph Analysis system, 2021)

이전의 연구들에서는 주행행태 특성 평가를 위한 요인으로 주행속도, 추월 행동, 차간거리 격차 및 감속, 가속도를 활용하였다 (Doshi and Trivedi, 2010; De Vlieger et al., 2000). 실제 도로 조건에서 이와 같은 변수들을 측정하여 주행 행동을 평가하는 것은 이상적이지만, 안전 문제 및 제한된 실험 조건으로 인하여 현실적인 한계가 존재한다. 이러한 문제를 극복하는 대안으로 가상환경 기반의 주행 시뮬레이터를 활용하여 운전자의 주행행태를 평가하는 연구가 이루어져 왔다 (Abou-Zeid et al., 2011; Fitzpatrick et al., 2017; Philippe et al., 2009; Wang et al., 2014). 관련 연구들에서는 다양한 도로 환경에서 나타나는 주행속도, 감·가속도, 횡방향 배치, 차간거리 격차 및 충돌 시간(TTC)과 같은 변수들을 도출하여 주행행태 특성을 정의하였다. 이 변수들은 개인의 운전 성향에 따라 특징이 달라지는 차이를 확인할 수 있어 주행행태를 정의하는 데 적합한 지표가 될 수 있다. 또한, 시뮬레이터에서 파생된 데이터와 실제 차량 주행 데이터의 비교 분석을 통하여 주행 시뮬레이터를 이용하여 주행행태 특징을 도출하는 방법이 적절한 것임을 확인한 연구도 있었다 (Wang et al., 2014). 이처럼 운전자의 개별적인 주행행태 특징을 분석하는 많은 연구가 있었으며, 그중에서도 주행 시뮬레이터를 활용하여 가상의 다양한 도로교통 환경에서 나타나는 개별 운전자의 주행행태 특징을 분석하기 위한 많은 노력이 있었음을 확인할 수 있었다.

3. 연구 차별점

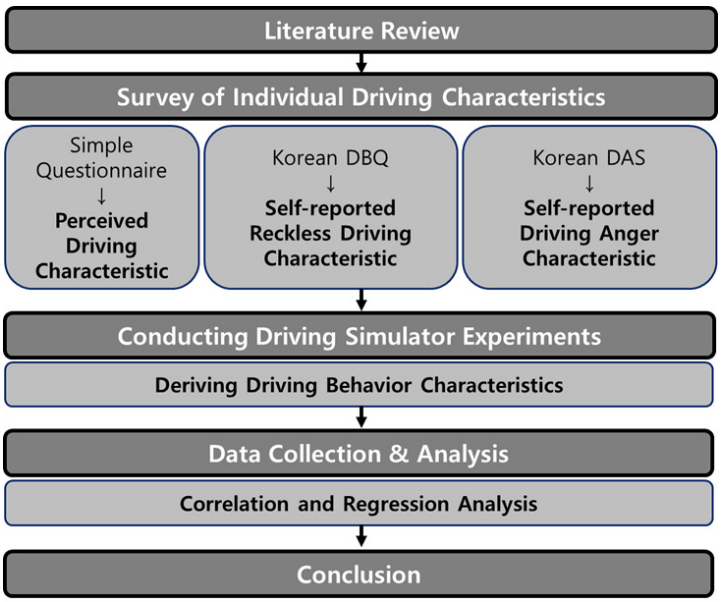
본 연구에서는 운전성향과 주행행태 특성 간 연관성을 밝히는 실험 연구를 수행하였다. 많은 연구에서 운전행동에 영향을 미치는 요인을 분석하였으며, 유의미한 연구 결과를 도출하였다. 하지만, 기존 연구에서는 주로 기록된 사고 건수 등을 통하여 위험운전행동을 보이는 유형에 대한 요인 특성을 도출하였다 (Lajunen and Parker, 2001; Ryu and Oh, 2022; Shin et al., 2009; Zhao et al, 2012). 이는 실제 운전행동으로 나타나는 주행행태 특성을 실제로 분석하지 못하였다는 점에서 한계가 있다. 국내에서는 Song et al.(2005) 연구에서 운전분노 수준과 도로정체 상황에서 나타나는 주행행태 특성 간 유의미한 상관성을 제시하였지만, 상대적으로 적은 14명의 피실험자를 대상으로 수행되었다는 한계가 있다. 본 연구는 20대에서 50대까지 다양한 연령대로 구성된 46명의 피실험자를 대상으로 연구를 진행하였으며, 본인이 인지하고 있는 운전성향과 자기 보고 방식으로 도출된 난폭운전성향 및 운전분노수준의 세 가지 유형을 도출하여 주행행태 특성과의 상관관계 분석을 통하여 운전성향 도출 방식에 따른 위험운전행동 유형 연관성을 확인하였다는 점에서 의의가 있다.

Ⅲ. 방법론

1. 실험 개요

본 연구에서는 자기 보고 기반으로 조사된 위험운전성향과 VR 기반 주행 시뮬레이터 실험을 통하여 도출된 주행행태 특성 간 상관성을 확인하기 위하여 다음 <Fig. 1>과 같은 방식으로 실험 연구를 수행하였다. 기존 문헌 검토를 통하여 확인된 운전행동을 평가하는 방법 중 국내 실정에 맞게 개발된 한국형 DBQ와 DAS를 활용하여 실험 참가자들의 자기 보고 기반의 위험운전성향을 도출하였다. 한국형 DBQ를 통하여 난폭운

전성향을 도출하였으며, 한국형 DAS를 통하여 운전분노수준을 도출하였다. 여기서 도출된 위험운전성향과 주행 시뮬레이터 실험을 통하여 도출된 주행행태 특성을 상호비교하여 각 위험운전성향과 주행행태 특성 간의 상관성을 확인하였다. 또한, 실험 참가자들 스스로가 인식하고 있는 운전성향을 조사하여, 조사된 결과와 자기 보고 기반으로 평가된 위험운전성향과의 상관성을 확인하였다. 이를 통하여 정량적인 평가 결과가 도출되는 자기 보고 기반 방식의 운전성향이 위험운전행동 특성을 보이는 운전자를 평가하는 데 더 유용한 방법이라는 점을 확인하였다.



<Fig. 1> A flow of entire experiments

본 실험 연구에 참여한 참가자는 총 46명이었다. 20대 13명, 30대 15명, 40대 10명, 50대 8명이었으며, 이 중 남성은 34명, 여성이 12명이었다. 실험에 참여한 참가자들은 모두 유효한 운전면허를 소지하고 있었으며, 최소 주 1회 이상 운전을 하는 사람들을 섭외하였다. 실험에 앞서 참가자들에게 개인 운전성향 및 주행행태 특성 분석을 위하여 관련된 자료를 수집한다는 점을 고지하였으며, 이에 대하여 참가자가 동의하는 경우에 한하여 실험을 진행하였다. 실험 순서는 운전성향 평가를 위한 설문조사와 주행 시뮬레이터 실험 순으로 진행되었다.

2. 운전성향 조사

1) 자기인식 기반 운전성향 조사

운전성향을 도출하기 위하여 준비된 한국형 DBQ, DAS 설문조사에 앞서 개별 참가자가 스스로 인지하는 운전성향을 네 가지 수준(방어적, 다소 방어적, 다소 공격적, 공격적) 중에서 선택하도록 하였다. 직접적으로 묻는 질문 방식을 통하여 참가자가 충분히 생각할 시간 없이 평소 인지하고 있는 본인의 주관적 운전성향을 도출하고자 하였다. 운전성향을 네 가지로 설정한 것은 응답자가 중간으로 선택하는 경향성을 방지하면서, 인지하는 운전성향을 보다 명확하게 분류하고자 하였기 때문이다.

2) 자기보고 기반 위험운전성향 조사

다음으로, 실험 참가자들의 위험운전성향을 도출하기 위하여 기존에 개발된 관련 평가 방법 중 난폭운전성향을 평가할 수 있는 DBQ과 운전분노수준을 평가할 수 있는 DAS 방법을 활용하였다. 먼저, 난폭운전성향을 도출하기 위하여 Ryu and Oh(2022) 연구에서 개발한 한국형 DBQ 방법을 활용하였다. 한국형 DBQ 방법은 안전운전 및 난폭운전 행동 평가를 위하여 총 6가지 하위 범주로 구성되며, 그 중 난폭운전성향을 도출할 수 있는 하위 범주는 <Table 1> 내용과 같이 운전오류, 위반운전, 그리고 공격적 운전을 포함하고 있다. 설문 문항은 총 23개로 구성하였으며, '절대 하지 않는다' ~ '거의 항상 한다'의 5가지 응답 항목을 설정하여 1점에서 5점으로 점수를 산정하였다. 개별 문항 응답 결과를 토대로 각 하위 범주별 평균 점수를 산정한 다음, 각각의 범주별 점수를 평균하여 난폭운전성향 수준을 평가하였다.

<Table 1> Composition of revised Korean DBQ related to reckless driving propensity

Categories	Key questionnaire	Response Items	# of questionnaries
Driving errors	Speed judgment error, etc	″I never do it″ (1 point) ″I rarely do it″ (2 points) ″Sometimes″ (3 points) ″You do it often″ (4 points) ″I almost always do it″ (5 points)	12
Violation	Signal ignoring, etc		6
Aggressive driving	reckless driving, etc		5

마지막으로 Deffenbacher et al.(1994)에서 개발한 방법을 토대로 한국 실정에 맞춰 정립한 한국형 DAS 평가 방법 (Shin et al., 2009)을 활용하였다. 운전분노척도를 도출하기 위한 하위 범주로는 진행방해 행동, 다른 운전자의 무례한 운전 행동에 대한 대응행동, 적대적 운전 행동, 불법 운전 행동, 서행운전 행동의 5가지 항목이 있으며, 다음 <Table 2> 내용과 같이 범주별 설문 문항을 구성하였다. 설문 문항은 총 21개로 각 질문에 대하여 본인이 화가 나는 정도를 1점(화가 전혀 나지 않는다)에서 5점(화가 매우 많이 난다) 사이로 평가하도록 하였다.

<Table 2> Composition of revised Korean DAS

Categories	Key questionnaire	# of questionnaries
Traffic obstruction	Traffic congestion, etc	4
Discourtesy	Conditions for creating an unpleasant driving environment of the other vehicle, etc	5
Hostile gestures	Conditions of accusation against me, etc. against other drivers	4
Illegal driving	Speeding conditions of nearby vehicles, etc	4
Slow driving	Situation where red signal is continuously caught at signal intersection, etc	4

3. 주행행태 특성 분석

1) 실험 도구

본 연구에서는 반 돔 형태의 스크린 화면이 설치된 주행 시뮬레이터 장비를 활용하였다. 해당 장비는 <Fig. 2>와 같으며, 실제 차량 형태를 구현한 운전석과 운전석을 둘러싼 스크린 화면을 통해 피실험자가 주행환경에 최대한 몰입할 수 있는 환경을 갖추고 있는 것이 특징이다. 주행 시뮬레이터를 구동하는 운영 프로

그램으로는 Forum8 회사가 개발한 UC-winRoad 프로그램(ver.15.0)을 활용하였다. UC-winRoad는 가상현실 솔루션을 제공하는 프로그램 도구로 도로교통 분야의 전문 시뮬레이션 기능을 탑재하고 있어 다양한 교통 시뮬레이션 연구에서 활용되었다(Meuleners and Fraser, 2015; Mukai and Hayashi, 2015; Pan et al., 2018). 피실험자가 운전하는 주행속도, 조향, 엑셀 및 브레이크 답력 등의 행태가 약 0.1초 간격으로 기록되어 주행행태를 정밀하게 분석할 수 있는 장점이 있다.

<Fig. 2> A driving simulator and UC winRoad program

2) 실험 도로 환경

참가자의 주행행태 특성을 분석하기 위하여 <Fig. 3>과 같이 VR 환경 기반으로 도시부 고속도로를 모사한 3차로 연속류 도로를 설계하였다. 참가자들로 하여금 평소 익숙한 도로 환경이라 할 수 있는 도시부 고속도로에서 주행을 시작하여 사전에 안내받은 목적지까지 안내표지판을 보며 신호 제어 없이 교통류에 따라 평소 운전습관에 맞춰 운전행동을 보일 수 있도록 하는데 목적을 두고 도로 환경을 구현하였다. 세부적인 도로교통 환경은 <Table 3> 내용과 같다. 먼저 상대적으로 안정된 교통류에서 나타나는 참가자들의 주행행태 특성을 분석하기 위하여 처음 3.8km 구간을 LOS C 교통류 수준으로 교통량을 구현하였다. 해당 구간에서는 차로별로 주행하는 주변 차량들의 주행속도를 70~85km/h, 차간간격을 60~160m 내로 임의로 설정하였다. 이를 통하여 참가자가 추종, 추월 등의 운전행동을 본인 운전성향에 따라 자연스럽게 행동할 수 있도록 유도하는 데 중점을 두고 해당 구간을 설계하였다. 이어서 두 번째 구간에서는 교통정체가 발생하는 상황을 0.8km에 걸쳐 구현하였다. 해당 구간은 교통정체로 인하여 참가자가 운전 중인 차량을 지속적으로 제동함으로써, 가속과 감속 행태를 지속적으로 수행하도록 설계하였다. 이를 통하여 운전자가 해당 구간에서 심리적 압박감이나 짜증감 등을 느낌으로써 주행행태에 변화가 나타나는 것을 유도하였다. 해당 구간에서 LOS는 F 수준이었으며, 주변 차량들의 평균 주행속도는 10~20km/h 수준이었다.

<Fig. 3> Implementation of road traffic environment based on virtual environment

<Table 3> Design characteristics of road sections

Sections	Length of Roads	LOS	Objectives
1	3.8km	LOS C	Anslysis of driving behaviors for car-following and overtaking
2	0.8km	LOS F	Anslysis of driving behaviors in congested situations

3) 실험 진행

참가자들의 주행행태 특성 분석을 위한 주행 시뮬레이터 실험은 다음과 같은 방식으로 진행되었다. 본 실험 진행에 앞서 참가자가 주행 시뮬레이터 환경에 익숙해지면서, 평소 운전습관대로 운전을 할 수 있다고 체감할 수 있도록 충분한 사전연습 주행 기회를 참가자들에게 제공하였다. 참가자들이 본인이 충분히 익숙해졌다고 느끼고, 실험 진행자도 해당 참가자가 충분히 시뮬레이터 환경에 적응되었다고 판단되는 경우 연습주행을 마치도록 하였다. 주행 시뮬레이터 실험은 참가자당 1회로 한정하여 운전이 이루어지도록 진행하였다. 실험 진행 간 참가자가 멀미 등 불편한 현상을 호소할 경우 즉각적으로 실험을 중단하였으며, 해당 참가자의 데이터는 분석에 활용하지 않았다.

4) 데이터 분석

주행 시뮬레이터 실험을 통하여 수집되는 주행 기록 로그 데이터 중 주행속도, 가감속도, 차간거리 등의 변수를 활용하여 주행행태 특성을 도출하였다. <Table 3>에 제시되어 있는 구간 별 특성에 따라 개별 참가자들의 주행행태 특성을 도출하였다. 변수별 데이터는 주행거리 1m 간격으로 보간법을 적용하여 전처리를 하여 구간별로 나타나는 주행행태 특성을 거리 단위로 정확히 분석할 수 있게 작업하였다. 각 구간별로 나타난 주행행태 특성 중 참가자들의 주행행태 특성 차이를 확인할 수 있는 주요 지표를 다음 <Table 4> 내용과 같이 선정하였다.

먼저 구간 1에서는 종ㆍ횡방향 가속도 및 주행속도, 그리고 차간거리를 주행행태 특성 변수로 선정하였다. LOS C 수준의 구간 1에서 참가자들은 본인 운전 습관에 따라 다양한 가속행태와 주행속도를 보였고, 과속행태에 따라 다른 차간간격 행태를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 주행속도와 차간거리는 로그 데이터로 수집되는 값을 활용하여 분석하였으며, 가속도 값은 차량 진행방향에 따라 수집된 시간과 거리 값을 활용하여 산출하였다. 지・정체 상황이 발생하는 구간 2에서 참가자들은 차간간격 유지 수준에 따라 가속과 제동 수준을 다르게 하는 행태를 보였다. 종방향 가속도 및 감속도, 그리고 차간간격을 주행행태 특성 변수로 선

<Table 4> Driving behavior propensities variable items

Sections	Driving Behavior Characteristics	Representative Value	Units
Section 1	Longitudinal acceleration (x_1)	Average	m/s^2
	Driving speed (x_2)	Average	km/h
	Headway (x_3)	Average	m
	Lateral acceleration (x_4)	Average	m/s^2
Section 2	Longitudinal deceleration (x_5)	Average	m/s^2
	Longitudinal acceleration (x_6)	Average	m/s^2
	Headway (x_7)	Average	m
Section 1 and 2	# of lane changing (x_8)	Count	counts
	Rate of overspeed (x_9)	Overspeed driving time / Total driving time	%

정하였으며, 해당 값을 도출하는 방식은 앞서 설명한 구간 1에서의 분석 방법과 동일하다. 구간별 주행행태 특성과 별개로 전체 주행과정에서 나타난 차로변경 횟수와 전체 주행시간 대비 과속 주행시간을 비율로 계산한 값을 추가로 분석하여 도출된 운전성향과의 상관성을 분석하는 데 활용하였다.

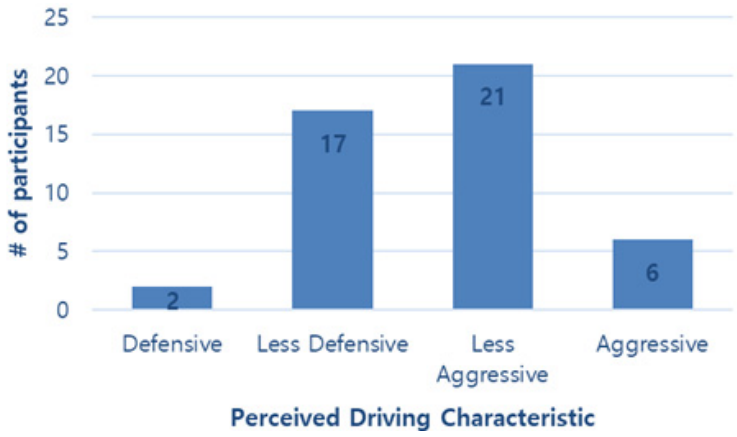
도출된 위험운전성향에 따른 주행행태 특징 간 상관성을 분석하기 위하여 Pearson 상관분석 방법을 활용하였다. 추가적으로 위험운전성향에 영향을 미치는 주행행태 특성을 확인하기 위하여 회귀분석을 수행하였다. 모든 분석은 SPSS 프로그램(Ver. 20)을 활용하여 수행되었다.

Ⅳ. 분석 결과

1. 운전성향 분석 결과

1) 자기인지 기반 운전성향 조사 결과

설문조사 방법을 활용하여 도출한 참가자들의 네 가지 운전성향 중 본인들이 인지하고 있는 운전성향은 다음 <Fig. 4>와 같았다. 방어적인 운전성향은 2명, 다소 방어적인 운전성향은 17명으로 약 41.3%가 상대적으로 방어적인 운전성향으로 인지하고 있었다. 반대로 상대적으로 공격적인 운전성향을 지닌 사람은 약 58.7%로 이 중 다소 공격적인 운전성향이 21명, 공격적인 운전성향은 6명이었다.



<Fig. 4> The number of perceived driving propensities evaluated by participants

2) 자기보고 기반 운전성향 조사

다음으로 한국형 DBQ를 기반으로 참가자들의 난폭운전성향을 분석한 결과, 다음 <Table 5>와 같은 결과가 도출되었다. 참가자들은 위반운전에 대한 자기 평가가 상대적으로 높은 반면, 운전오류에 있어서는 낮은 평가를 한 것으로 나타났다. 전체 참가자들의 난폭운전성향은 평균 약 1.31점으로 나타났다.

<Table 5> Results of derived reckless driving propensity (5 scales)

Criteria	Driving errors	Violation	Aggressive driving	Overall
Mean	0.99	1.85	1.10	1.31
S. D	0.39	0.66	0.66	0.40

<Table 6>은 한국형 DAS를 기반으로 운전분노 척도를 도출한 것으로, 타인의 무례행동에 대한 대응행동과 적대적 운전 행동이 상대적으로 높은 평균 값이 기록되었다. 반면, 진행방해 행동의 경우 상대적으로 가장 낮은 평균 값과 높은 표준편차 값이 기록되어 응답자 간 차이가 상대적으로 더 큰 것으로 나타났다.

<Table 6> Results of derived driver anger scale (5 scales)

Criteria	Traffic obstruction	Discourtesy	Hostile gestures	Illegal driving	Slow driving	Overall
Mean	3.18	3.94	3.90	3.49	3.34	3.57
S. D	0.82	0.61	0.61	0.63	0.60	0.49

본인이 인지하고 있는 운전성향과 자기 보고 기반으로 도출된 운전성향 간 상관관계를 분석한 결과 난폭운전성향과 유의미한 상관관계가 있는 것으로 도출되었다 (γ=0.42, ρ=0.00). 운전분노수준과는 유의미한 상관관계가 도출되지 않았다. 이는 참가자들이 인지하고 있는 운전성향과 자기 보고 기반으로 평가된 운전성향 결과에 있어서 공격적이거나 난폭한 위험운전 행동 수준에 대한 인식 수준이 일정 부분 유사한 특징을 보인 것으로 판단된다.

2. 주행행태 분석 결과

피실험자들의 주행행태 특성을 구간별로 살펴본 결과 다음 <Table 7> 내용과 같다. 구간 1에서 참가자들은 평균 주행속도 82.07km/h로 주행하였고, 15th percentile이 77.35km/h, 85th percentile이 87.48km/h로 참가자들은 도로 제한속도(80km/h)보다 다소 높게 주행하는 경우가 많은 경향을 보였다. 평균 차간간격은 72.73m, 표준편차가 26.34로 참가자들 간 차간간격에 분포가 상대적으로 넓게 나타나는 특징을 보였다. 종방향 가속도는 평균 $1m/s^2$ 이지만, 횡방향 가속도는 평균 $2.9m/s^2$로 참가자들은 횡방향 주행 시 더 빠른 가속행태를 보이는 특징을 나타냈다. 구간 2에서 참가자들의 평균 감속도 행태는 $2.73m/s^2$이었고, 평균 가속도는 $1.63m/s^2$로 구간 1에서보다는

<Table 7> Results of characteristic analysis of driving behaviors

Categories		Average	S. D	15th percentile	85th percentile
Section 1	Longitudinal acceleration (x_1)	1.00 m/s^2	0.45	0.52 m/s^2	1.53 m/s^2
	Driving speed (x_2)	82.07 km/h	4.72	77.35 km/h	87.48 km/h
	Headway (x_3)	72.73 m	26.34	47.42 m	100.31 m
	Lateral acceleration (x_4)	2.90 m/s^2	0.85	1.98 m/s^2	4.08 m/s^2
Section 2	Longitudinal deceleration (x_5)	2.73 m/s^2	0.59	2.22 m/s^2	3.31 m/s^2
	Longitudinal Acceleration (x_6)	1.63 m/s^2	0.27	1.40 m/s^2	1.84 m/s^2
	Headway (x_7)	19.71 m	4.98	15.07 m	26.19 m

상대적으로 다소 높은 가속 행태를 보였다. 마지막으로 전체 주행 과정에서 참가자들은 평균 5.04회 차로변경 행태를 보였으며, 평균 약 51.38% 비율로 과속 주행이 나타나는 특징이 도출되었다.

<Table 8> Results of characteristic analysis of driving behaviors

Categories		Average	S. D	15th percentile	85th percentile
Entire sections	# of lane changing (x_8)	5.04	1.83	4	8
	Rate of overspeed (x_9)	51.38%	21.35	31.14%	75.47%

3. 위험운전성향과 주행행태 특성 간 상관관계 분석

설문조사를 통하여 도출한 네 가지 유형의 운전성향과 주행 시뮬레이터 실험을 통하여 도출한 주행행태 특성 간 상관성을 확인하기 위하여 상관분석을 수행하였다. <Table 8>에 정리된 결과를 살펴보면, 참가자 본인이 인지하고 있는 운전성향과 주행행태 특성 간에는 유의미한 상관관계가 도출된 경우가 없었다. 본인이 인지하고 있는 운전성향으로는 그 사람의 운전행동 특성을 도출하는데 한계가 있음을 보여준 결과로 해석되었다.

반면, 난폭운전성향과 주행행태 특성 간 상관관계를 분석한 결과, 구간 1에서 나타난 종ㆍ횡방향 가속도 및 주행속도, 그리고 전체 구간에서 나타난 과속수준 행태와 유의미한 상관관계가 있는 것으로 분석되었다. 난폭운전성향이 높을수록 일반적인 주행 상황에서 빠른 가속도와 주행속도를 보이는 것을 확인할 수 있었으며, 전반적으로 제한속도 이상의 과속수준을 유지하는 비율이 높은 것을 확인할 수 있었다. 이를 통하여 난폭운전성향이 높은 사람들은 빠른 속도로 주행하는 운전행동을 보이는 것으로 추정할 수 있다. 마지막으로 운전분노수준은 구간 1에서의 종방향 가속도, 구간 2에서의 종방향 감속도 및 전체 구간에서의 차로변경 횟수와 유의미한 상관관계가 있는 것을 확인하였다. 운전분노수준이 높은 참가자들일수록 빠른 종방향 가속 행태를 보이고, 구간2에서 더 빠른 감속행태를 보였으며, 주행 중 차로변경 빈도가 많은 것으로 나타났다.

결과를 종합하면, 본인이 인지하고 있는 운전성향으로는 주행행태 특성을 도출하는데 한계가 있었다. 자기 보고 기반으로 평가된 위험운전성향 중에서는 상대적으로 난폭운전성향이 위험운전행동 특성을 보이는 운전자를 도출하는 데 효과가 있는 것을 확인할 수 있었다. 난폭운전성향이 높을수록 일반적인 주행이 가능한 상황에서 빠른 주행속도와 가속도를 보이는 행태를 보이는 경향이 높은 것을 확인할 수 있었으며, 운전분노수준이 높을수록 빠른 감ㆍ가속도 행태와 빈번한 차로변경 행태를 보이는 경향이 높은 것을 확인할 수 있었다. 한편, 본인이 인지하고 있는 운전성향과 난폭운전성향 간 유의미한 상관관계를 보이지만 각 운전성향과 주행행태 특성 간 도출되는 상관관계는 다른 결과가 도출되었다. 이는 본인이 인지하고 있는 운전성향만으로 주행행태 특성을 분석하는데 한계가 있으며, 정량적으로 분석된 운전성향을 통하여 주행행태 특성을 추정하는 것이 더 효과적임을 확인할 수 있는 결과로 판단된다.

<Table 9> Results of correlation analysis between driving propensities and driving behavior characteristics

Categories	Driving Behavior Propensities								
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
Perceived	0.19	0.29	0.09	-0.04	-0.15	-0.27	0.00	0.15	0.14
Reckless driving propensity	0.49*	0.53*	-0.12	0.48*	0.22	0.10	-0.27	0.28	0.43*
Driver anger scale	0.32*	0.26	-0.19	0.03	0.40*	0.01	-0.15	0.35*	0.23

* ρ<0.05

4. 위험운전성향 회귀분석

도출된 주행행태 특성을 토대로 각 위험운전성향에 영향을 미치는 주요 변수를 확인하기 위하여 회귀분석을 수행하였다. 먼저, 난폭운전성향에 영향을 미치는 주요 주행행태 특성 변수를 확인하기 위한 회귀분석을 수행한 결과 다음 <Table 9>와 같은 결과가 도출되었다. 종방향 및 횡방향 가속도 행태가 상대적으로 급하고, 주행속도가 빠를수록 높은 난폭운전성향이 도출되는 확률이 높아지는 것을 확인할 수 있었다.

<Table 10> Regression model results related to reckless driving propensity

Variable	B	S.E,	P
Longitudinal acceleration (x_1)	0.297	0.115	0.014
Driving speed (x_2)	0.022	0.011	0.059
Lateral acceleration (x_4)	0.185	0.054	0.001
Constant	-1.330	0.851	0.126
adj R^2=0.453			

반면, 운전분노수준에 대하여 상대적으로 높은 설명력을 가지는 주행행태 특성 변수로는 종방향 감속도와 차로변경 횟수가 도출되었다. <Table 10>은 운전분노수준에 대한 회귀분석을 수행한 결과이며, 개발된 해당 회귀모형은 설명력이 0.184 수준으로 나타났다. 이는 앞서 난폭운전성향에 대한 회귀모형의 설명력이 0.453 수준인 것에 비하여 상대적으로 낮은 설명력을 보이는 것으로 주행행태 특성으로 운전분노수준을 평가하는데 상대적으로 한계가 있음을 확인할 수 있었다.

<Table 11> Regression model results related to driver anger scale

Variable	B	S.E,	P
Longitudinal deceleration (x_5)	0.266	0.119	0.030
# of lane changing (x_8)	0.072	0.038	0.067
Constant	2.481	0.331	0.000
adj R^2=0.184			

이와 같은 결과를 토대로 자기 보고 기반으로 도출되는 난폭운전성향과 운전분노수준에 따라 상관성 높은 주행행태 특성이 각각 다르다는 점을 확인할 수 있었다. 상대적으로 난폭운전성향이 높은 사람들은 연속류 구간에서 빠른 주행속도와 가속행태를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 특히, 주행 중 상대적으로 제한속도 이상으로 과속하는 비중이 높은 것으로 나타나 난폭운전성향과 과속주행행태와 상관성이 높은 것을 확인할 수 있었다. 한편, 운전분노수준이 높은 사람들은 상대적으로 정체 구간에서 급감속 행태를 보이고, 주행 중 잦은 차로변경 행태와 상관성이 높은 것을 확인할 수 있었다. 이는 운전자가 정체 상황과 전방 주행 차량으로 인하여 답답함을 느낄 수 있는 교통환경에서 짜증감이나 분노를 느끼며 그에 따라 운전행동을 하게 되어 나타나는 결과로 해석할 수 있다.

Ⅴ. 결 론

본 연구에서는 여러 유형의 위험운전성향이 특정 주행행태 특성과 상관성이 있는지 확인하는 실험 연구를 수행하였다. 본인이 인지하고 있는 주관적 운전성향과 정량적 분석을 위하여 기존에 개발된 한국형 DBQ와 DAS를 통하여 난폭운전성향과 운전분노수준을 도출하였다. 이러한 위험운전성향 유형과 주행행태 특성 간 상관성을 분석하기 위하여 일방향 3차로 연속류 도로를 가상환경으로 구현하여 소통이 원활한 상황과 정체가 발생한 상황에서 나타나는 주행행태 특성을 도출하였다. 분석 결과, 사람들이 주관적으로 인지하고 있는 본인의 운전성향으로는 주행행태 특성을 설명하는데 한계가 있었다. 정량적으로 평가된 위험운전성향 중에서는 난폭운전성향이 상대적으로 빠른 주행속도와 가속도 행태를 보이는 주행행태 특성과 유의미한 상관관계가 있는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 운전분노수준이 높은 성향일수록 정체 상황에서 상대적으로 급감속을 하는 경향이 있는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통하여 한국형 DBQ 및 DAS를 통하여 도출되는 위험운전성향으로 개별 운전자에 대하여 간접적으로 주행행태 특성을 추정해볼 수 있다는 점을 확인할 수 있었다. 이와 같은 방식으로 특정 위험운전행동과 관련된 주행행태 특성과 유의미한 관계를 보이는 운전성향을 도출할 수 있다면, 교통사고 예방 및 도로교통안전 증진에 활용할 수 있을 것이다.

한편, 본 연구에서는 주행 시뮬레이터를 활용하여 실험 참가자들의 주행행태를 도출하였는데, 이는 가상현실 공간에서 나타난 특성으로 현실을 완전히 반영할 수 없다는 한계가 있다. 그리고, 도시고속도로라는 한정된 도로환경과 제한된 교통환경에서 나타나는 주행행태만을 가지고 분석에 활용하여 다양한 도로교통 환경에서 나타날 수 있는 차이점을 반영하지 못했다. 또한, 본 연구는 관련 연구가 필요하다는 점을 제시하기 위하여 수행된 실험연구로 참가자들의 유형을 분류하는데 충분한 샘플을 확보하였다고 제시하기 어려우며, 상대적인 평가를 통하여 결과를 도출하였다는 한계가 있다.

따라서 향후 연구를 발전시키기 위해서는 지속적인 실험을 통하여 표본을 수집하는 것이 필요하다. 많은 표본을 확보할 수 있다면 전반적인 특성 분석 뿐만 아니라 성별, 연령별 특성 차이도 확인해볼 수 있을 것이다. 또한, 연속류 외 도시부 도로, 비신호교차로 등 다양한 도로교통 환경에서 나타날 수 있는 주행행태 특징 차이를 반영하기 위하여 추가적인 실험 시나리오 구축이 필요하다. 또한, 현실과 가상현실 간 차이를 극복하기 위하여 주행 시뮬레이터 실험 환경 중 일부 실험을 현실에 접목해 수행하는 것이 필요하다. 최근 기술발전을 통하여 증강현실을 기반으로 현실과 가상현실을 연계하는 Vehicle in the loop system이 실험 연구에 활용되고 있는데, 이와 같은 기술을 활용할 수 있다면 현실을 반영한 주행행태 데이터를 취득하여 결과의 신빙성을 높일 수 있을 것이다. 동일한 피실험자들을 대상으로 VR 및 AR 기반 환경에서의 주행행태와 실제 차량 주행 데이터(DTG 등)를 비교해서 분석한다면 더 유의미한 연구 결과를 도출할 수 있을 것이다. 이와 같은 방법을 통하여 보다 객관적으로 평가할 수 있는 운전성향을 도출할 수 있는 기준을 마련한다면 인적요인 측면에서 심화된 연구 결과를 도출해낼 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 2021년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구입니다 (No.092021C26S02000, Lv.4 자율협력주행 대응 교통객체 인지고도화 및 악조건 해소기술 개발). This work was supported by the Korea Institute of Police Technology grant funded by the Korea Government(KNPA) (No.092021C26S02000, Development of Transportation Safety Infrastructure Technology for Lv.4 Connected Autonomous Driving).

REFERENCES

Aberg, L. and Rimmo, P. A.(1998), "Dimensions of aberrant driver behaviour", *Ergonomics*, vol. 41, no. 1, pp.39-56.

Abou-Zeid, M., Kaysi, I. and Al-Naghi, H.(2011), "Measuring aggressive driving behavior using a driving simulator: An exploratory study", *3rd International Conference on Road Safety and Simulation*, pp.1-19.

Beanland, V., Sellbom, M. and Johnson, A. K.(2014), "Personality domains and traits that predict self-reported aberrant driving behaviours in a southeastern US university sample", *Accident Analysis & Prevention*, vol. 72, pp.184-192.

Berdoulat, E., Vavassori, D. and Sastre, M. T. M.(2013), "Driving anger, emotional and instrumental aggressiveness, and impulsiveness in the prediction of aggressive and transgressive driving", *Accident Analysis and Prevention*, vol. 50, pp.758-767.

Cayanus, J. L., Martin, M. M. and Weber, K. D.(2005), "The relationships between driver anger and aggressive communication traits", *Communication Research Reports*, vol. 22, no. 3, pp.189-197.

Dahlen, E. R., Martin, R. C., Ragan, K. and Kuhlman, M. M.(2005), "Driving anger, sensation seeking, impulsiveness, and boredom proneness in the prediction of unsafe driving", *Accident Analysis and Prevention*, vol. 37, no. 2, pp.341-348.

De Vlieger, I., De Keukeleere, D. and Kretzschmar, J. G.(2000), "Environmental effects of driving behaviour and congestion related to passenger cars", *Atmospheric Environment*, vol. 34, no. 27, pp.4649-4655.

Deffenbacher, J. L., Lynch, R. S., Oetting, E. R. and Yingling, D. A.(2001), "Driving anger: Correlates and a test of state-trait theory", *Personality and Individual Differences*, vol. 31, pp.1321-1331.

Deffenbacher, J. L., Oetting, E. R. and Lynch, R. S.(1994), "Development of a driving anger scale", *Psychological Reports*, vol. 74, pp.83-91.

Digital Tachograph Analysis System, https://etas.kotsa.or.kr, 2021.10.11.

Doshi, A. and Trivedi, M. M.(2010), "Examining the impact of driving style on the predictability and responsiveness of the driver: Real-world and simulator analysis", *2010 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, IEEE, pp.232-237.

Elander, J., West, R. and French, D.(1993), "Behavioral correlates of individual differences in road-traffic crash risk: An examination of methods and findings", *Psychological Bulletin*, vol. 113, no. 2, p.279.

Evans, L.(2004), *Traffic safety*, Michigan: Science Serving Society.

Fitzpatrick, C. D., Samuel, S. and Knodler Jr, M. A.(2017), "The use of a driving simulator to determine how time pressures impact driver aggressiveness", *Accident Analysis and Prevention*, vol. 108, pp.131-138.

Iversen, H. and Rundmo, T.(2002), "Personality: Risky driving and accident involvement among Norwegian drivers", *Personality and Individual Differences*, vol. 33, no. 8, pp.1251-1263.

Javins, B. and Carter, L. C.(2020.9.8.), *What Percentage of Auto Accidents are Caused by Human Error?* https://www.baileyjavinscarter.com/what-percentage-of-auto-accidents-are-caused-by-human-error/, 2022.10.08.

Lajunen, T. and Parker, D.(2001), “Are aggressive people aggressive drivers? A study of the relationship between self-reported general aggressiveness, driver anger and aggressive driving”, *Accident Analysis and Prevention*, vol. 33, no. 2, pp.243-255.

Langari, R. and Won, J. S.(2005), “Intelligent energy management agent for a parallel hybrid vehicle-part I: System architecture and design of the driving situation identification process”, *IEEE Transactions on Vehicular Technology,* vol. 54, no. 3, pp.925-934.

Lev, D., Hershkovitz, E. and Yechiam, E.(2008), “Decision making and personality in traffic offenders: A study of Israeli drivers”, *Accident Analysis & Prevention*, vol. 40, no. 1, pp.223-230.

Mesken, J., Lajunen, T. and Summala, H.(2002), “Interpersonal violations, speeding violations and their relation to accident involvement in Finland”, *Ergonomics*, vol. 45, no. 7, pp.469-483.

Meuleners, L. and Fraser, M.(2015), “A validation study of driving errors using a driving simulator”, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 29, pp.14-21.

Mukai, N. and Hayashi, M.(2015), “Analysis of Driving Behaviors at Roundabout Intersections by Using Driving Simulator”, In *Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services*, Springer International Publishing, pp.347-355.

Müller, T., Hajek, H., Radić-Weißenfeld, L. and Bengler, K.(2013), “Can you feel the difference? The just noticeable difference of longitudinal acceleration”, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, vol. 57, no. 1, pp.1219-1223.

Murphey, Y. L., Milton, R. and Kiliaris, L.(2009), “Driver's style classification using jerk analysis”, *2009 IEEE Workshop on Computational Intelligence in Vehicles and Vehicular Systems*, IEEE, pp.23-28.

Pan, B. H., Yu, Y. J., Wu, S. Q. and Yan, K. Q.(2018), “Research on advance distance of guide signs of expressway exits based on UC-win/Road simulation”, *Journal of Highway and Transportation Research and Development(English Edition)*, vol. 12, no. 3, pp.71-79.

Parr, M. N., Ross, L. A., McManus, B., Bishop, H. J., Wittig, S. M. and Stavrinos, D.(2016), “Differential impact of personality traits on distracted driving behaviors in teens and older adults”, *Accident Analysis and Prevention*, vol. 92, pp.107-112.

Philippe, F. L., Vallerand, R. J., Richer, I., Vallieres, É. and Bergeron, J.(2009), “Passion for driving and aggressive driving behavior: A look at their relationship”, *Journal of Applied Social Psychology*, vol. 39, no. 12, pp.3020-3043.

Reiser, C., Zellbeck, H., Härtle, C. and Klaiss, T.(2008), “Kundenfahrverhalten im fokus der fahrzeugentwicklung”, *ATZ-Automobiltechnische Zeitschrift*, vol. 110, no. 7, pp.684-692.

Ryu, J. B. and Oh, J. S.(2022), “Development of Korean Version of Driving Behavior Scale”, *Traffic Safety Research*, vol. 41, no. 1, pp.47-64.

Shin, Y. K., Hahn, D. W. and Ryu, J. B.(2009), “A prediction of overspeed driving on the road with driving anger scale”, *The Korean Journal of Health Psychology*, vol. 14, no. 1, pp.159-173.

Song, H. S., Sin, Y. G. and Gang, S. C.(2005), “A study of Drivers' Behaviors using a Driving Simulator (with Special Reference of Driving Anger and Traffic Congestion)”, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 23, no. 2, pp.61-74.

Starkey, N. J. and Isler, R. B.(2016), “The role of executive function, personality and attitudes to risks in explaining self-reported driving behaviour in adolescent and adult male drivers”,

Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, vol. 38, pp.127-136.

Stephens, A. N., Young, K. L., Logan, D. B. and Lenné, M. G.(2015), "The need for speed? The relationships between driver traits and speed choices during a naturalistic drive", *Procedia Manufacturing*, vol. 3, pp.3200-3207.

Taubman-Ben-Ari, O., Eherenfreund-Hager, A. and Prato, C. G.(2016), "The value of self-report measures as indicators of driving behaviors among young drivers", *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 39, pp.33-42.

Taymur, I., Budak, E., Duyan, V., Kanat, B. B. and Önen, S.(2017), "Examination of personality traits and social problem-solving skills of individuals whose driving licenses have been confiscated due to drunk driving", *Traffic Injury Prevention*, vol. 18, no. 1, pp.3-8.

Wang, J., Li, K. and Lu, X. Y.(2014), "Effect of human factors on driver behavior", In *Advances in Intelligent Vehicles*, Academic Press, pp.111-157.

Wang, X., Chen, L., Shi, H., Han, J., Wang, G., Wang, Q., Zhong, F. and Li, H.(2022), "A real-time recognition system of driving propensity based on AutoNavi navigation data", *Sensors*, vol. 22, no. 13, p.4883.

Zhang, J., Wang, X., Yu, C., Liu, Z. and Wang, H.(2016), "Development of a prediction method for driver's propensity", *Procedia Engineering*, vol. 137, pp.161-170.

Zhao, N., Mehler, B., Reimer, B., D'Ambrosio, L. A., Mehler, A. and Coughlin, J. F.(2012), "An investigation of the relationship between the driving behavior questionnaire and objective measures of highway driving behavior", *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 15, no. 6, pp.676-685.