

주행시뮬레이터를 활용한 보행자 돌발 횡단 상황에서의 고위험 운전자 유형별 안전운전 교육 효과분석

The Effect Analysis of Safe Driving Education for High-Risk Driver Groups in Sudden Pedestrian Crossing Situation Using a Driving Simulator

이 재 현* · 모 대 상** · 홍 준 의*** · 이 청 원****

* 주저자 : 서울대학교 건설환경공학부 석박사통합과정
** 공저자 : 서울대학교 건설환경공학부 석박사통합과정
*** 공저자 : 서울대학교 건설환경공학부 석사졸업
**** 교신저자 : 서울대학교 건설환경공학부 교수

Jaehyeon Lee* · Daesang Moh** · Jooneui Hong*** · Chungwon Lee****

* Dept. of Civil and Environmental Eng., Seoul National University
** Dept. of Civil and Environmental Eng., Seoul National University
*** Dept. of Civil and Environmental Eng., Seoul National University
**** Dept. of Civil and Environmental Eng., Seoul National University

† Corresponding author : Chungwon Lee, chungwon@snu.ac.kr

Vol.20 No.5(2021)

October, 2021
pp.18~34

pISSN 1738-0774
eISSN 2384-1729
<https://doi.org/10.12815/kits.2021.20.5.18>

Received 3 September 2021
Revised 13 September 2021
Accepted 16 September 2021

© 2021. The Korea Institute of
Intelligent Transport Systems. All
rights reserved.

요 약

교통사고 사망자 중 보행자 사망자는 약 40%로 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 이는 OECD 회원국 평균 약 2배 정도의 수치로 보행자의 안전관리가 시급한 실정이다. 이처럼 심각성이 높은 보행자 사고의 감소를 위해서는 일반 운전자보다 교통사고 발생 가능성이 높은 고위험 운전자(초보, 고령, 상용차 운전자)에 대한 사고 감소 방안이 선행 적용될 필요가 있다. 이에 본 연구는 보행자가 돌발적으로 횡단하는 위험상황이 구현된 주행시뮬레이터를 활용하여 교통사고 감소 방안 중 하나인 안전운전 교육의 수행 전후 보행자 돌발 횡단 상황에서 고위험 운전자의 운전행태 개선 효과를 분석하였다. 초보 운전자와 고령 운전자의 경우 대부분의 대리 안전 지표에서 운전행태 개선을 보이지 않았고, 상용차 운전자만이 안전운전 교육으로 인한 운전행태 개선 효과가 나타났다. 이러한 결과는 초보 운전자와 고령 운전자의 경우 안전교육 이외에 보행안전 인프라, 운전자 주행 보조 시스템 등의 추가적인 보행자 사고 감소 방안이 필요하다는 것을 시사한다. 본 연구의 결과는 고위험 운전자에 의한 보행자 사고의 감소 방안을 수립하는데 기초 연구로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

핵심어 : 보행자 돌발 횡단, 고위험 운전자, 안전운전 교육, 대리 안전 지표

ABSTRACT

Pedestrian deaths in Korea due to traffic accidents are 40 percent of the fatalities in traffic accidents, which is about twice the average of OECD member countries. To reduce severe pedestrian accidents, it is necessary to apply the accident reduction measures to high-risk drivers (novice, elderly, and commercial vehicle drivers) who are more likely to cause traffic accidents than general drivers. Therefore, this study analyzed the effect of safe driving education on high-risk drivers' behavior. Here, the safe driving education is chosen as the measure to reduce traffic accidents. As

part of the study, sudden pedestrian crossing situations were implemented in the driving simulator, and the vehicle trajectory data were collected to compare the driving behavior before and after the education. Most surrogate safety measures showed no improvement in the driving behavior of novice and elderly drivers, and the effect of safe driving education was found to be significant only in the group of commercial vehicle drivers. The results implied that additional measures such as pedestrian safety infrastructure and driver assistance systems, apart from the safe driving education, may be needed for novice and elderly drivers to reduce pedestrian accidents caused by them. With the findings mentioned above, this study is expected to provide a foundation to establish a plan to reduce pedestrian accidents caused by high-risk drivers.

Key words : Sudden pedestrian crossing, High-risk driver, Safe driving education, Surrogate safety measures

I. 서 론

국내 교통사고 사망자 수는 지속적으로 감소하는 추세이지만 각종 사고로 인한 사망자 중 교통사고 사망자는 약 72%로 여전히 높은 수준이며, 교통사고 사망자 중 보행자는 약 40%로 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 이는 OECD 회원국 평균의 약 2배 정도이며, 하위권 순위에 머물러 있어 보행자의 안전대책이 시급한 실정이다(Ministry of the Interior and Safety, 2017; Ka et al., 2019). 이에 대한 해결방안으로 행정안전부는 2021년까지 보행자 교통사고 사망자 수 42% 감축을 목표로 하는 「보행안전 종합대책」을 마련하여 제도 개선, 교통안전교육 강화, 보행안전 인프라 확충, 보행환경 위험요소 대응 등을 추진 중에 있다.

교통사고의 발생원인은 주로 인적요인, 도로요인, 차량요인으로 구분할 수 있으며, 교통사고의 90% 이상이 인적요인에 의해 발생한다(Park et al., 2016). 인적요인에는 신체적 조건, 심리적 조건, 상황판단능력, 운전 경험 등이 포함된다. 이러한 인적요인에 의해 발생하는 교통사고를 감소시키는 방안으로 운전자 안전운전 교육, 보행자 접근 알림과 같은 보행안전 인프라, 인프라-차량 간 통신을 활용한 차내 단말기 알림 서비스, 차량에 탑재된 운전자 보조시스템(Advanced Driver Assistance Systems; ADAS) 등이 있으며, 최근 이와 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다.

세계 각국에서는 일반 운전자보다 교통사고 발생 가능성이 높은 초보 운전자, 고령 운전자 등을 고위험 운전자 군으로 분류하고 있으며, 일부 국가들은 트럭이나 택시, 버스 등의 상용차 운전자들을 고위험 운전자 군에 포함시키고 있다(Park et al., 2016; Ka et al., 2020). 초보 운전자는 운전 경험 부족 및 운전 미숙으로 인해 주행 시 발생하는 여러 상황에서 적절한 의사결정 및 조작을 하지 못함에 따른 사고 위험성이 높으며(Lee et al., 2013; Kim et al., 2009), 자신의 운전능력을 과신하거나 운전을 두려워하는 경향이 있어 일반 운전자보다 교통사고 발생 가능성이 큰 것으로 밝혀져 있다(Matthews and Moran, 1986; Endriulaitienė et al., 2020). 고령 운전자는 노화에 의한 신체적인 변화로 인해 주행 중 잘못된 판단이나 오류 행동을 유발할 가능성이 있어 일반 운전자 대비 교통사고 위험성이 높다. 특히, 국내 교통사고 중 고령 운전자에 의한 교통사고 발생 비율이 매년 증가하고 있어 교통안전 분야의 중요한 문제로 대두되고 있다(Jeong and Jeong, 2019). 상용차 운전자의 경우 비상용차 운전자에 비해 사고율이 약 4~5배 정도 높으며, 차량 특성상 일반 차량보다 사고 발생 시 피해가 크다(Lee et al., 2012). 또한, 사망자가 발생한 보행자 사고의 약 50%가 상용차에 의한 교통사고이며, 주행거리 1억km당 교통사고 발생건수, 사망자수, 부상자수 모두 비상용차보다 약 1.3배 많게 나타나 상용차에 대한 교통사고 감소 대책이 필요한 실정이다(Lee, 2014).

이러한 고위험 운전자의 연구는 지속적으로 진행되어 왔다. 초보 운전자에 대해서 국내 교통사고 통계자

료를 활용한 일반 운전자 대비 초보 운전자의 교통사고 위험도 및 심각도에 미치는 요인이 연구되었고(Kim et al., 2009; Choi et al., 2011), 주행시뮬레이터를 활용하여 도시부 도로와 고속도로 구간에 대해 초보 운전자의 운전 수행능력 및 주행 안전성을 분석한 연구도 수행되었다(Lee et al., 2013). 고령 운전자의 경우 설문조사 또는 교통사고 기록을 통해 고령 운전자의 심리적 특성과 운전 특성, 교통사고 인적요인의 특성이 연구되었으며(Jo et al., 2008; Oh et al., 2015), 시력검사, 인지검사 등을 포함한 고령 운전자 운전능력 평가시스템을 활용하여 일반 운전자와 고령 운전자의 운전능력 차이와 고령자 연령에 따른 운전능력 차이를 비교한 연구가 진행되었다(Jeong and Jeong, 2019). 상용차 운전자에 대해서는 설문조사 또는 상용차에 설치된 운행기록계의 자료를 활용하여 운전자의 공격적인 운전성향이나 급감·가속 행태 등과 같은 위험한 운전행태가 연구되었다(Lee et al., 2012; Lee, 2014; Cho et al., 2015). 한편, 위와 같은 여러 유형의 운전자를 함께 분석한 연구도 진행되었다. 운전자 교육용 주행시뮬레이터의 시나리오를 효과적으로 구성하기 위해 교통사고 자료를 활용하여 초보 운전자와 고령 운전자의 교통사고 유발 가능성이 큰 상황을 분석하는 연구가 수행되었으며(Park et al., 2016), Surrogate Safety Measure (SSM)를 지표로 하여 도시부 도로와 고속도로로 이루어진 구간을 대상으로 초보, 고령, 상용차 운전자의 안전운전 교육 효과를 주행시뮬레이터 실험을 통해 분석한 연구도 진행되었다(Ka et al., 2020). 이처럼 고위험 운전자와 관련된 연구는 사고통계, 운행기록, 주행시뮬레이터, 설문조사 등의 방법을 활용하여 다양하게 진행되었으나, 대부분은 고위험 운전자에 의한 사고 발생 유형 또는 요인을 분석하거나 일반적인 주행 또는 특정 위험상황에서의 운전행태 분석이 주로 진행되었고, 고위험 운전자로 인해 발생하는 사고를 감소시킬 수 있는 효과적인 방안을 분석하는 연구는 거의 진행되지 못하였다.

이에 본 연구는 국내 교통사고 사망자 중 가장 큰 비중이 보행자라는 심각한 상황을 고려하여, 세계적으로 고위험 운전자 군에 포함하고 있는 초보, 고령, 상용차 운전자를 대상으로, 안전운전 교육을 통해 보행자와의 충돌 사고가 발생 가능한 위험 상황에서의 운전행태 개선여부를 주행시뮬레이터를 활용하여 분석하고자 하였다. 이를 통해 고위험 운전자 유형별로 보행자 사고 감소에 안전운전 교육이 효과적일지 추정하여, 해당 운전자로 인해 발생하는 보행자 사고를 감소시킬 수 있는 방안에 대한 시사점을 도출하고자 하였다.

II. 문헌 고찰

보행자 사고의 감소를 위해 보행자-차량 간 교통사고에 대한 연구는 지속적으로 진행되어 왔다. Han et al.(2020)은 20~40대 운전자 92명을 대상으로 시뮬레이터 내 어린이 무단횡단으로 인한 충돌상황을 구축하여 운전자 나이, 성별에 따른 인지 반응시간을 분석하였다. 성별에 따른 인지 반응시간의 차이는 존재하였으나, 실험자 연령대에 따른 유의한 차이가 없는 것으로 확인되었다. Choi et al.(2011)은 초보 운전자에 의한 교통사고를 대상으로 보행자-차량 교통사고의 심각도에 영향을 미치는 요인들에 대해 분석하였고, 운전자 연령, 교통법규위반 횟수, 교통사고위치가 보행자-차량 교통사고 심각도 증가에 영향을 미치는 것으로 나타났다. Jurecki and Stańczyk(2014)는 좌측 또는 우측에서 횡단하는 보행자와 충돌 가능한 상황에서 운전자 반응시간을 분석하기 위해 시험도로 내 해당 상황을 구현하여 실차 실험을 수행하였으며, 보행자가 좌측보다 우측에서 나타날 때 운전자의 반응시간이 더 길어지는 것으로 나타났다. Habibovic et al.(2013)은 90건의 보행자-차량 충돌사고 영상을 통해 사고의 원인을 연구하였다. 교차로 접근 시 운전자의 시야 방해와 보행자의 과실이 주요 원인으로 나타났으며, 이러한 보행자 사고의 감소를 위해서는 운전자 보조 시스템(ADAS)이 효과적일 수 있음을 주장하였다.

일반운전자보다 교통사고 유발 가능성이 상대적으로 높은 고위험 운전자에 대한 연구도 수행되었다.

Calvi et al.(2020)은 초보 운전자 1419명을 대상으로 한 설문조사를 통해 운전 태도에 대한 자기평가와 교통 사고 간의 연관성을 분석하였고, 초보 운전자의 교통사고는 안전에 관한 운전 태도보다 운전 미숙과 연관성이 더 높은 것으로 나타났다. Lee et al.(2013)은 설문조사 및 주행시물레이터를 활용하여 초보 운전자의 심리적 특성 및 운전행동에 대해 분석하였다. 심리적 특성 분석은 50명을 대상으로 진행하였으며, 위험 예측, 과속, 위반 등의 모든 부분에서 초보 운전자가 일반 운전자보다 위협하게 나타났다. 시물레이터 실험은 20~60대의 초보 운전자 10명, 일반 운전자 10명이 도시부 도로와 고속도로 구간을 주행한 결과를 활용하였으며, 초보 운전자가 일반 운전자보다 운전 수행능력이 저조하며 주행 안정성이 낮은 것으로 분석되었다. Chen et al.(2019)은 초보 운전자와 일반 운전자에게 실도로 주행 영상을 보여주고, 영상 내 보행자가 횡단할 것인지 아닌지에 대한 판단 여부를 조사하여 보행자 횡단 의도를 인지하는 연구를 수행하였다. 초보 운전자 대비 일반 운전자가 더 보수적으로 판단(보행자가 횡단할 것으로 인지)하면서 해당 보행자의 움직임에 더 주시하는 것으로 확인되었다.

Jeong and Jeong(2019)은 580명의 고령 운전자를 대상으로 고령 운전자 운전능력 평가시스템을 활용하여 연령 증가에 따른 운전능력 변화를 연구하였다. 분석 결과 일반 운전자 대비 고령 운전자는 반응시간이 길고, 주의력, 지각능력, 속도추정능력 등이 낮게 나타났다. Borowsky et al.(2010)은 운전 중 발생 가능한 사고 위험을 인지하는 능력에 대해 나이와 운전경력이 미치는 영향을 분석하였다. 일반 운전자, 초보 운전자, 고령 운전자에게 시선 추적기를 연결하여 영상 시청 중 위험 인지 정도를 측정하였고, 일반 운전자 및 고령 운전자는 실제적인 위험 및 잠재적인 위험 인지에 능숙하였지만 초보 운전자는 전방을 고정 주시하는 경향으로 인해 주위에서 발생 가능한 잠재적인 위험 인지가 낮은 것으로 나타났다.

Lee(2014)는 상용차 운전자 중 택시 운전자를 대상으로 디지털 운행기록시스템 자료를 통해 운전 지속시간에 따른 감·가속 행태를 분석하였다. 운전자의 운전 지속시간이 늘어남에 따라 위험한 운전 행동(급가속, 급제동)을 보이는 운전자 비율이 늘어났으며, 감·가속도 분포의 위험 수준 확률은 더 높아진다는 결과를 도출하였다. Cho et al.(2015)은 위험 운전 행동 특성을 반영한 사업용 자동차 업종별 주요 위험 운전 행동유형을 도출하였다. 도시부 도로를 주행하는 시내버스와 택시는 속도분포가 유사하게 나타났고, 전세버스는 주행 속도가 범위내 고르게 분포하여 속도 편차가 가장 높았다. 화물차량은 속도분포가 높은 쪽으로 치우쳐져 사고 위험성이 가장 높은 업종으로 확인되었다.

사고 원인을 분석하는 연구 외에도 사고를 감소시키는 방안에 대한 연구도 진행되었다. Park et al.(2016)은 운전자 교육 효과가 극대화되는 주행시물레이터 시나리오를 구성하기 위해 차대차 사고자료를 분석하여, 일반 운전자보다 고위험 운전자의 사고 발생빈도가 높은 사고 유형을 선정하는 체계를 제시하였다. 운전자 유형별 발생빈도가 상위 10위에 해당하는 사고 유형을 분석하였고, 고위험 운전자를 위한 운전자 안전교육 시나리오를 선정하였다. Ka et al.(2020)은 Surrogate Safety Measures (SSM)를 평가지표로 활용하는 주행시물레이터 기반 운전자 안전교육의 효과에 대해 분석하였다. 일반 운전자 31명의 시물레이터 주행자료를 활용하여 15개의 SSM을 선정 한 후, 이를 활용하여 총 58명의 초보, 고령, 상용차 운전자의 안전교육이 위험 운전 행동 개선 효과를 확인하였다. Isler et al.(2011)은 운전면허를 취득한 지 6개월이 되지 않은 초보 운전자를 심리적 교육(위험 인식, 동기부여 등)과 차량 주행기술 교육을 받는 그룹으로 분리하여 교육의 효과를 비교하였다. 첫 번째 그룹은 위험 인식 및 추월 행태에 대해 개선이 있었으나 운전 자신감의 감소를 동반하였고, 두 번째 그룹은 주행기술에 개선이 있었으나 위험 인식 및 운전 태도, 운전 자신감 등은 개선되지 않았다.

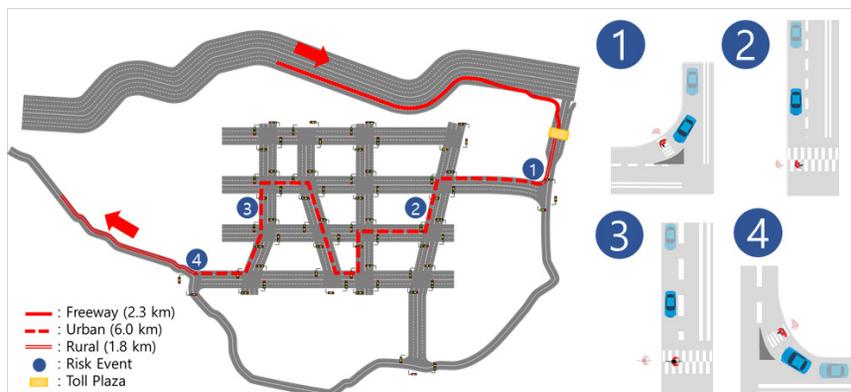
Song et al.(2009)은 전방의 위험 상황에 대해 운전자에게 효과적인 차내 단말기 교통안전 경고 정보 도출을 위하여 실제 주행환경에서 정보제공방식의 여러 조합에 대한 운전자 반응특성 실험을 수행하여, 설정한 영향권 별 가장 효과적인 경고 정보 구성을 도출하였다. Calvi et al.(2020)은 보행자 안전을 개선하기 위해 주

행시뮬레이터 내 증강 현실 기술을 적용하여 운전자에게 보행자 알림 경고 전달을 통한 안전 개선 여부를 연구하였다. 경고가 전달되면 운전자는 횡단보도 접근 시 기존보다 더 감속하여 보행자 사고 가능성이 줄어드는 것으로 나타났으며, 이를 통해 커넥티드 차량 기술이 보행자 안전에 기여될 수 있음을 주장하였다. Manawadu et al.(2015)은 주행시뮬레이터를 활용하여 일반 운전자와 초보 운전자에게 여러 도로 조건에서 자율주행 차량과 일반 차량을 주행하는 실험을 진행하여 자율주행에 대한 선호도를 분석하였다. 일반 운전자의 경우 주행의 유연성과 즐거움으로 인해 일반 차량에 대한 선호도가 높았지만, 초보 운전자는 운전의 용이성과 안전성으로 인해 자율주행 차량에 대한 선호도가 높아 안전성 측면에서 본인의 운전실력보다 자율주행에 의존하는 경향이 있는 것으로 분석되었다.

본 연구는 다양한 교통사고 중 많은 문헌이 초점을 맞추고 있는 보행자 사고를 중심으로, 교통사고 감소 방안 중 하나인 안전운전 교육이 일반운전자 보다 사고 발생 가능성이 높은 고위험 운전자로 인한 보행자 사고를 감소시키는데 효과적인지 주행시뮬레이터를 활용하여 확인하고자 하였다. 이때 고위험 운전자는 세계적으로 고위험 운전자 군에 포함되고 있는 초보, 고령, 상용차 운전자로 설정하였으며, 분석을 통해 고위험 운전자 유형에 따른 보행자 사고 감소 방안에 대한 시사점을 도출하고자 하였다.

Ⅲ. 실험 시나리오 및 분석 방법

본 연구에 활용된 주행시뮬레이터 실험 자료는 고속도로(2.3km), 도시부 도로(6.0km), 지방부 도로(1.8km)로 구성된 총 10.1km 구간의 시나리오를 기반으로 수집되었다(Fig. 1). 피실험자의 실제 운전행태와 최대한 유사한 운전행태 자료를 수집하기 위해 시뮬레이터 주행 중 주변 환경과의 상호 작용이 가능하도록 주변 차량의 움직임을 교통 흐름 모델 등을 활용하여 현실적으로 구현하였다. 보행자와의 교통사고가 발생 가능한 상황에서 고위험 운전자의 운전행태를 분석하기 위해 <Fig. 1>과 같이 보행자의 돌발 횡단 이벤트가 발생하는 4개의 구간을 분석 구간으로 설정하였다. 4개의 이벤트는 모두 도시부 도로 내 위치하며, 이 중 이벤트 ①과 ④는 주행 차량이 우회전 도류화 구간 통과 시 우측 인도에서 교통섬 방향으로 보행자가 갑자기 등장하는 상황으로, 이벤트 ②와 ③은 단일로 구간에서 보행자가 돌발적으로 무단횡단을 하는 상황으로 구성되어 있다.



<Fig. 1> Designed route scenario in driving simulator and sudden pedestrian crossing event

본 연구의 피실험자는 총 58명의 고위험 운전자로 구성되었으며, 실험에 참여한 초보, 고령, 상용차 운전자의 인구 통계 자료는 <Table 1>과 같다. 초보 운전자는 운전 경력이 2년 이하를 기준으로 총 21명, 고령 운전자는 60세 이상의 운전자를 기준으로 16명, 상용차 운전자는 운전 경력이 2년 이상이며 상용차를 운행하는 운전자 21명으로 구성되었다.

<Table 1> Demographics of the participants in this study

Type		High-Risk Driver(58)					
		Novice(21)		Elderly(16)		Commercial(21)	
		N	%	N	%	N	%
Age	20-29	20	95.2	0	0.0	0	0.0
	30-39	1	4.8	0	0.0	1	4.8
	40-49	0	0.0	0	0.0	4	19.0
	50-59	0	0.0	0	0.0	16	76.2
	60-69	0	0.0	10	62.5	0	0.0
	70-79	0	0.0	6	37.5	0	0.0
Gender	Male	6	28.6	16	100.0	21	100.0
	Female	15	71.4	0	0.0	0	0.0
Driving years	<=2	21	100.0	0	0.0	0	0.0
	3-20	0	0.0	1	6.3	4	19.0
	21-39	0	0.0	7	43.8	17	81.0
	>=40	0	0.0	8	50.0	0	0.0
Crash experience	None	21	100.0	4	25.0	17	81.0
	1	0	0.0	2	12.5	0	0.0
	2	0	0.0	5	31.3	2	9.5
	>=3	0	0.0	5	31.3	2	9.5
Traffic violation	None	21	100.0	9	56.3	9	42.9
	1	0	0.0	0	0.0	11	52.4
	2	0	0.0	4	25.0	0	0.0
	>=3	0	0.0	3	18.8	1	4.8

본 연구에서는 운전자의 운전행태를 분석하기 위해 SSM을 지표로 활용하였다. 여러 가지 SSM 중 본 연구에 적합한 지표를 선정하기 위해 선행 연구(Ka et al., 2020)에서 주행시물레이터 실험 자료 분석 시 활용한 SSM을 참고하였다. 선행 연구에서는 주행시물레이터를 활용한 운전자의 위험 운전행태를 분석하기 위해 주행 차량의 행태와 관련된 8개의 SSM과 주행 차량과 주위 차량 간의 상호 작용에 관련된 7개의 SSM을 선정하여 총 15개의 지표를 분석에 활용하였다. 본 연구는 보행자와의 충돌사고가 발생할 수 있는 특정 위험 상황에서의 운전행태를 분석하는 것이 목적이므로, 주위 차량 간의 상호 작용이 아닌 주행 차량의 행태와 관련된 SSM을 효과분석 지표로 활용하고자 하였고, 8개의 SSM 중 차로변경과 관련된 1개 지표를 제외한 7개의 지표를 <Table 2>와 같이 효과분석 지표로 최종 선정하였다. 이때, 본 연구에서 활용하는 7개의 SSM은 그 값이 클수록 상대적으로 위험한 운전행태임을 의미하며, 그 값이 감소한다는 것은 운전행태가 개선되었음을 나타낸다.

<Table 2> Surrogate safety measures selected in this study

Types of Risky Driving Behaviors	Surrogate Safety Measure	Description	Unit
Speeding	Accumulated Speeding (AS)	The normalized relative area (per unit length) bounded between the speed profile values higher than the speed limit and the speed limit line	km/h
Reckless changing speeds	Speed Uniformity (SU)	The normalized relative area (per unit length) bounded between the speed profile and the average speed line	km/h
	Speed Variation (SV)	The standard deviation of the speed	km/h
Rapid acceleration and deceleration	Acceleration Noise (AN)	The root mean square deviation of the acceleration	m/s ²
	Max Acceleration (Acc)	The maximum acceleration of the subject vehicle	m/s ²
	Max Deceleration (Dec)	The maximum deceleration of the subject vehicle	m/s ²
Erratic steering control	Yaw Rate	The rotational velocity around the z-axis of the subject vehicle	°/s

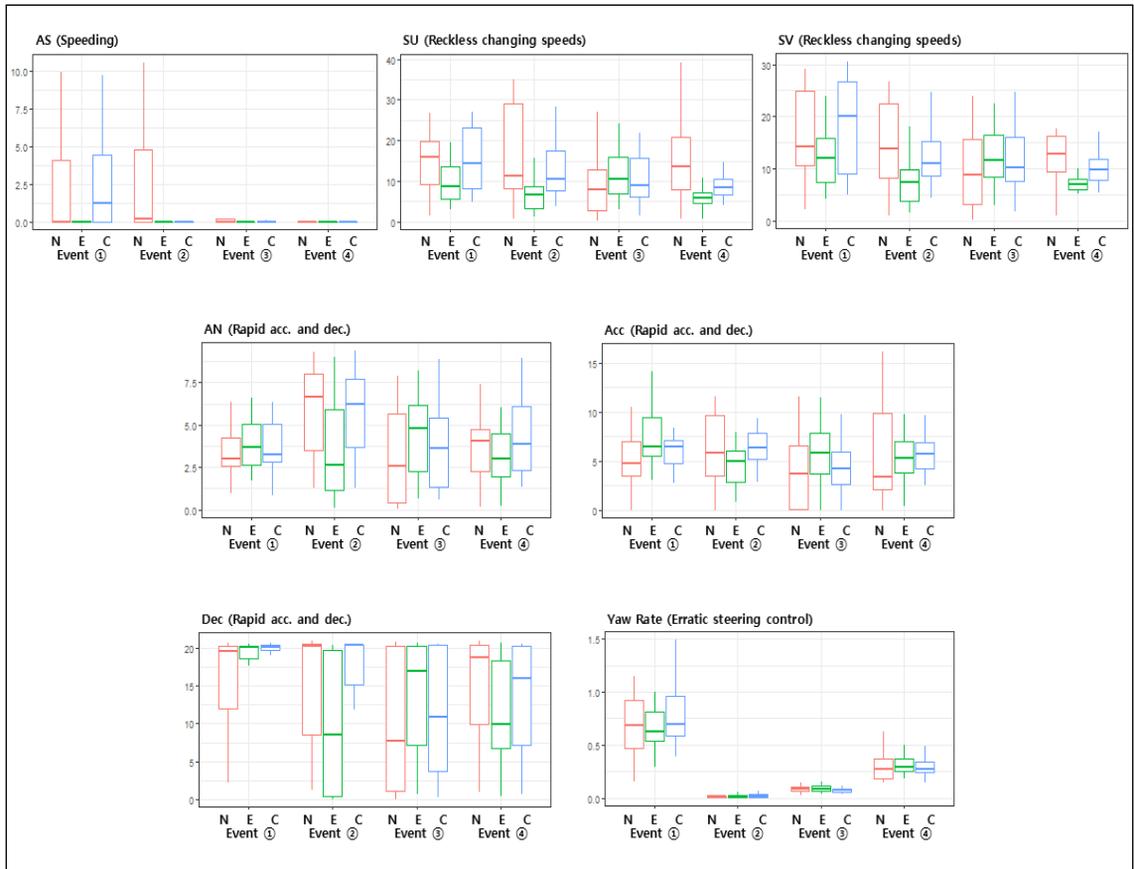
본 연구는 보행자 돌발 횡단 상황에서 고위험 운전자의 평소 운전행태와 안전운전 교육 후의 운전행태를 비교하여 고위험 운전자 유형별 안전운전 교육 효과를 분석하고자 하였다. 실험에 참여한 운전자는 먼저 약 1~3분 동안 주행시물레이터 적응을 위한 연습 주행을 수행한 이후 평소처럼 주행 시나리오를 운전하여 교육을 위한 자료를 생성하였고, 이를 기반으로 하여 해당 운전자에 대한 안전운전 교육을 진행하였다. 교육은 운전한 영상을 재생하며 진행되는 피드백과 위험한 운전행태에 대한 피드백의 두 부분으로 구성되었으며, 특히 운전행태와 관련해서는 과속(speeding), 무분별한 속도 변경(reckless changing speeds), 급가감속(rapid acceleration and deceleration), 불규칙한 조향제어(erratic steering control) 등에 대해 피드백하고 안전하게 운전하는 방법을 운전자에게 교육하였다. 안전운전 교육이 끝난 이후 각 운전자의 운전행태 개선 여부를 확인하기 위해 동일한 주행 시나리오를 운전하는 실험을 수행하였다.

보행자 돌발 횡단 상황에서 안전운전 교육을 통한 초보, 고령, 상용차 운전자의 운전행태 개선 효과를 분석하기 위해 안전운전 교육 전후 주행한 자료로부터 각 운전자가 이벤트 구간을 주행하였을 때의 SSM을 산출하였다. 분석에 활용한 공간적 범위는 국내 사고 잦은 곳 선정기준이 정지선 전후방 30m 이내임을 고려하여, 우회전 도류화 구간인 이벤트 ①, ④는 도류화 구간 진입 전 30m, 진출 후 30m를 포함하여 총 80m 구간을 분석 구간으로 선정하였으며, 단일로 횡단보도에서 발생하는 이벤트 ②, ③은 횡단보도를 중심으로 50m 구간을 분석 구간으로 선정하였다. 산출된 SSM에 대해서는 고위험 운전자 유형별 Paired t-test를 수행하여 안전운전 교육을 통해 보행자 돌발 횡단 상황에서 운전행태 개선 효과가 있는 고위험 운전자 유형을 분석하고, 이를 통해 초보, 고령, 상용차 운전자로 인해 발생하는 보행자 사고를 감소시킬 수 있는 방안에 대한 시사점을 도출하였다.

IV. 분석 결과

안전운전 교육에 따른 고위험 운전자의 운전행태 개선을 확인하기 전에, 먼저 고위험 운전자의 평소 운전 습관대로 주행 중 보행자 돌발 횡단 상황을 겪었을 때의 운전행태를 비교하기 위해 <Fig. 2>와 같이 운전자 유형별 SSM 산출 결과를 그래프로 도식화하였다. 먼저 과속 관련 지표인 AS 산출 결과, 상대적으로 주행 초반 이벤트인 ①, ②에서 초보 운전자와 상용차 운전자가 과속 행태를 보였지만, 고령 운전자는 모든 이벤

트에서 과속하지 않은 것으로 나타났다. 무분별한 속도 변경 관련 지표인 SU와 SV에서는 초보 및 상용차 운전자에 비해 고령 운전자가 상대적으로 속도 변동성이 낮은 것으로 나타났으나, 급가감속과 조향 관련 지표인 AN, Acc, Dec, Yaw Rate에서는 초보, 고령, 상용차 운전자 간 지표 차이의 경향성은 나타나지 않았다.



<Fig. 2> Results of SSM in before education for high-risk drivers (N: novice drivers, E: elderly drivers, C: commercial vehicle drivers)

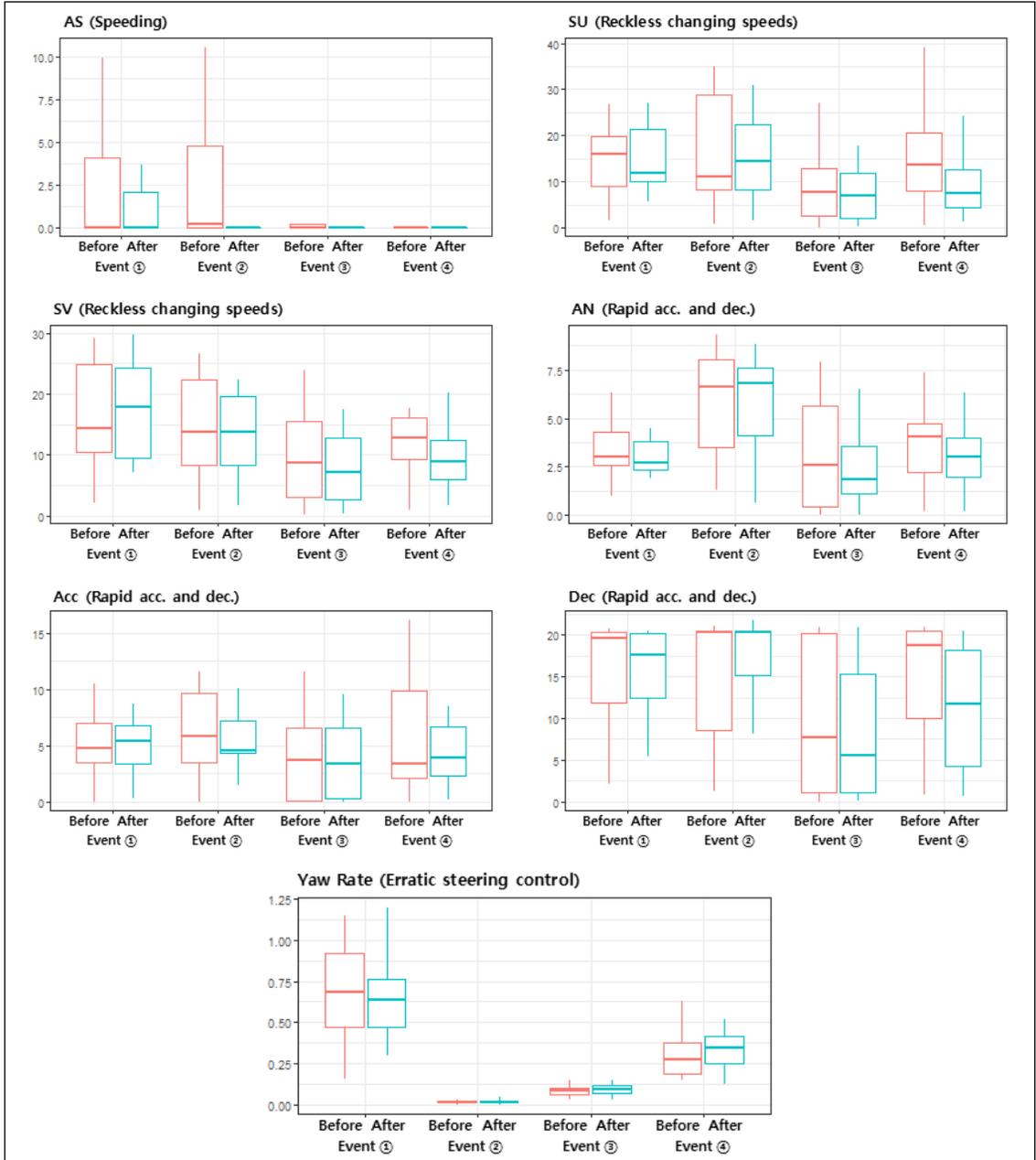
초보 운전자에 대해 주행시뮬레이터 시나리오의 전 구간을 대상으로 안전운전 교육 전후의 운전행태를 Paired t-test를 활용하여 분석한 선행 연구의 결과와 보행자가 돌발 횡단하는 특정 위험 상황에 대해 분석한 본 연구의 결과는 <Table 3>과 같다. 전 구간에 대해 분석한 선행연구의 결과는 안전운전 교육 후 7개의 SSM이 모두 감소하여 교육을 통한 운전행태 개선이 있는 것으로 나타났지만, 보행자 돌발 횡단 상황이 발생하는 이벤트 ①~④에서는 이벤트 ②의 AS와 이벤트 ④의 SU를 제외한 모든 지표에서 유의미한 운전행태 개선이 나타나지 않았다. 이는 초보 운전자들의 운전경력 부족 및 운전미숙, 그리고 전방의 위험 인지 능력의 부족이 단기간의 안전교육으로 개선될 가능성이 크지 않다는 것을 뜻하며, 기존 연구에서도 동일한 결과가 분석된 바 있다(Simons-Morton and Ouimet, 2006; Brijis et al., 2014). 다시 말해, 초보 운전자로 인한 보행자 사고의 감소를 위해서는 초보 운전자의 경력이 증가하여 운전이 숙달될 때까지는 안전운전 교육 이외에 추가적인 사고 감소 방안이 필요하다는 것을 의미한다.

<Table 3> Results of paired t-test for SSM in before and after education for novice drivers

Analysis section		Surrogate Safety Measures						
		AS	SU	SV	AN	Acc	Dec	Yaw Rate
Whole designed route in scenario (Ka et al., 2020)	μ_{before}	3.54	15.03	30.62	2.97	0.24	0.17	0.14
	μ_{after}	1.48	12.97	25.53	2.27	0.15	0.11	0.12
	t	5.41	4.10	6.34	6.20	6.94	6.07	2.85
	p-value	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.01*
Event ①	μ_{before}	2.61	14.91	17.27	3.35	5.26	16.09	0.70
	μ_{after}	1.73	15.14	17.09	2.98	5.12	15.70	0.64
	t	1.77	-0.20	0.21	1.23	0.28	0.27	0.77
	p-value	0.09	0.84	0.84	0.23	0.78	0.79	0.45
Event ②	μ_{before}	4.80	16.88	14.56	5.69	5.94	15.09	0.02
	μ_{after}	0.26	14.85	13.44	5.73	6.04	16.20	0.02
	t	2.26	0.82	0.65	-0.06	-0.09	-0.56	-0.45
	p-value	0.04*	0.42	0.52	0.95	0.93	0.58	0.66
Event ③	μ_{before}	1.87	8.99	9.58	3.20	4.22	10.07	0.08
	μ_{after}	0.21	8.33	8.08	2.57	3.90	8.27	0.11
	t	1.80	0.26	0.88	1.10	0.35	0.84	-1.30
	p-value	0.09	0.79	0.39	0.28	0.73	0.41	0.21
Event ④	μ_{before}	0.09	14.87	11.80	3.82	5.44	14.57	0.30
	μ_{after}	0.01	9.23	9.65	3.14	4.59	10.93	0.33
	t	1.68	2.36	1.63	1.10	0.91	1.58	-1.07
	p-value	0.11	0.03*	0.12	0.28	0.37	0.13	0.30

*P value < Significant Level 0.05

초보 운전자의 안전운전 교육 전후의 SSM을 도식화한 결과는 <Fig. 3>과 같다. 대부분의 지표에서 운전행태 개선이 나타나지 않았지만 안전운전 교육 전과 후에 전반적으로 주행 시나리오 내 누적 주행거리가 늘어날수록 보행자 돌발 횡단 이벤트 발생 시 SSM이 낮아지는 경향이 나타났다. 이는 고속도로 구간에서 도시부도로로 진입 직후 발생하는 이벤트 ①, ②에서는 돌발 상황에 대한 대처가 상대적으로 미흡하지만, 도시부도로에서 주행거리가 어느 정도 누적된 이후인 이벤트 ③, ④에서는 상대적으로 돌발 상황에 대한 운전자의 대응 행태가 개선되었음을 의미한다. 초보 운전자는 운전 확신수준(운전 자신감)이 높을수록 높은 사고율을 보이는 반면 불안감이 클수록 방어 운전을 하는 경향이 있는데(Lee et al., 2007), 본 실험에서는 돌발적인 이벤트를 겪을수록 운전 확신수준이 감소함에 따른 심리적인 영향에 의해 방어 운전행태를 취한 것으로 해석할 수 있다. 이를 통해 초보 운전자는 스스로 방어적인 주행 행태를 취할 수 있도록 충분한 주행을 통해 다양한 상황을 경험하는 것이 선행되어야 함을 알 수 있다.



<Fig. 3> Results of SSM in before and after education for novice drivers

고령 운전자의 안전운전 교육 전후의 운전행태에 대해 Paired t-test를 활용하여 분석한 결과는 <Table 4>와 같다. 전 구간에 대해 분석한 선행연구의 경우 고령 운전자는 교육을 통해 과속 관련 지표인 AS, 급가감속 관련 지표인 AN, Acc, Dec에서 운전행태 개선을 확인할 수 있었지만, 보행자 돌발 횡단 상황이 발생하는 이벤트 중에서는 이벤트 ①에서 급가감속 관련 지표와 이벤트 ③에서 SU만이 교육을 통한 운전행태 개선을 나타냈다. 이와 같은 결과는 안전운전 교육이 고령 운전자의 가감속 행태를 안전하게 변화시키는 것에 일정

부분 효과가 있을 수 있지만 유의미하게 크지 않다는 것으로 볼 수 있다.

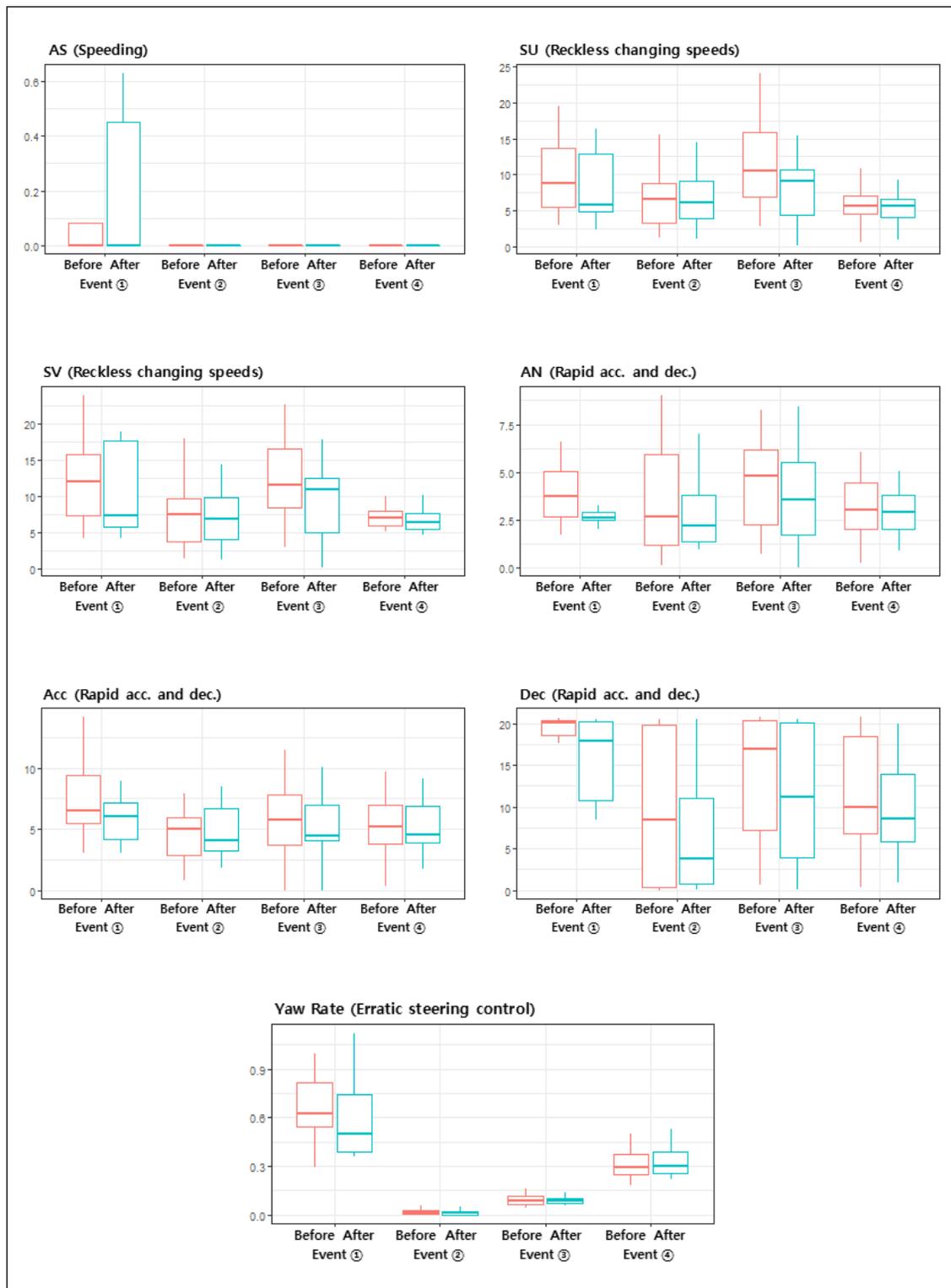
<Table 4> Results of paired t-test for SSM in before and after education for elderly drivers

Analysis section		Surogate Safety Measures						
		AS	SU	SV	AN	Acc	Dec	Yaw Rate
Whole designed route in scenario (Ka et al., 2020)	μ_{before}	0.71	13.51	23.00	2.80	0.21	0.14	0.13
	μ_{after}	0.29	12.73	21.86	2.49	0.17	0.12	0.12
	t	2.46	1.29	1.92	3.19	2.28	2.46	1.95
	p-value	0.03*	0.22	0.07	0.01*	0.04*	0.03*	0.07
Event ①	μ_{before}	0.42	9.84	12.28	3.84	7.35	18.72	0.67
	μ_{after}	0.22	8.45	10.83	2.77	6.05	15.81	0.61
	t	0.94	1.50	1.97	3.61	2.57	2.62	0.94
	p-value	0.36	0.16	0.07	0.00*	0.02*	0.02*	0.36
Event ②	μ_{before}	0.01	7.36	7.85	3.55	4.48	9.21	0.02
	μ_{after}	0.00	6.58	7.18	2.98	5.31	6.94	0.01
	t	1.00	0.50	0.56	0.77	-0.87	0.84	1.36
	p-value	0.33	0.63	0.59	0.45	0.40	0.41	0.19
Event ③	μ_{before}	0.00	12.20	12.59	4.27	6.01	13.32	0.09
	μ_{after}	0.00	7.89	9.57	3.87	5.33	10.96	0.09
	t	-	2.23	1.75	0.53	0.81	0.85	0.14
	p-value	-	0.04*	0.10	0.61	0.43	0.41	0.89
Event ④	μ_{before}	0.00	6.36	7.11	3.27	5.49	11.40	0.31
	μ_{after}	0.00	5.32	6.51	2.93	5.27	9.39	0.33
	t	-	1.05	0.74	0.70	0.32	0.78	-0.69
	p-value	-	0.31	0.47	0.50	0.75	0.45	0.50

*P value < Significant Level 0.05

고령 운전자의 안전운전 교육 전후의 SSM을 도식화한 결과는 <Fig. 4>와 같다. 앞서 언급한 것과 같이 고령 운전자는 대부분의 지표에서 운전행태 개선을 확인할 수는 없었지만, 도시부 도로 진입 초반부에 발생하는 상황인 이벤트 ①에서 급가감속 행태의 개선을 보였다. 이는 안전운전 교육이 수행 초기에 그 효과가 있지만, 누적 주행거리가 늘어날수록 운전자 평소의 습관대로 회귀하여 교육 효과가 소멸되는 경향이 있는 것으로 볼 수 있다. 따라서 고령 운전자로 인한 보행자 사고 감소를 위해서는 단기간의 안전교육보다는 주기적인 안전교육을 통해 평소 운전행태를 안전하게 개선시키거나, 안전운전 교육 이외에 추가적인 사고 감소 방안이 필요할 것으로 판단된다.

상용차 운전자의 안전운전 교육 전후의 운전행태를 분석한 결과는 <Table 5>와 같다. 먼저, 전 구간을 대상으로 분석한 선행연구에서 상용차 운전자는 안전운전 교육 후 7개의 SSM이 모두 감소하여 교육을 통한 운전행태 개선이 있는 것으로 나타났다. 보행자 돌발 횡단 상황이 발생하는 상황에 대해 분석한 본 연구에서도 이벤트 ①~④ 중 이벤트 ①, ②에서 대부분의 SSM이 감소한 것으로 나타나 다른 유형의 고위험 운전자에 비해 안전운전 교육의 효과가 가장 큰 것으로 확인되었다.



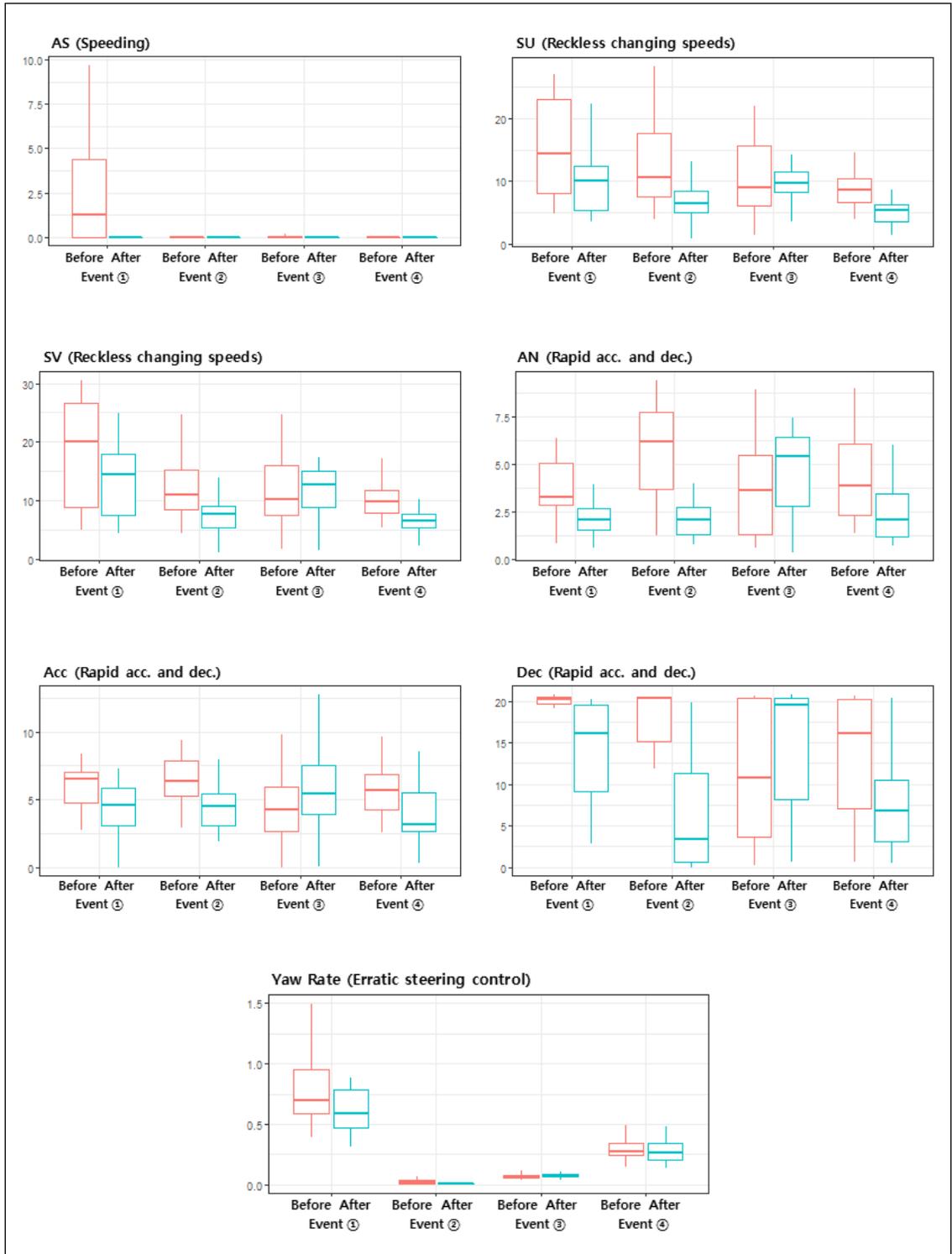
<Fig. 4> Results of SSM in before and after education for elderly drivers

<Table 5> Results of paired t-test for SSM in before and after education for commercial vehicle drivers

Analysis section		Surogate Safety Measures						
		AS	SU	SV	AN	Acc	Dec	Yaw Rate
Whole designed route in scenario (Ka et al., 2020)	μ_{before}	2.83	15.50	28.70	2.95	0.24	0.17	0.14
	μ_{after}	0.42	13.37	23.50	2.04	0.14	0.10	0.12
	t	5.54	5.20	9.19	8.54	8.70	7.01	3.57
	p-value	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*
Event ①	μ_{before}	2.98	15.39	17.86	3.80	6.01	18.83	0.77
	μ_{after}	0.29	10.04	13.03	2.32	4.92	14.46	0.61
	t	3.16	4.23	4.24	5.47	1.23	2.94	2.60
	p-value	0.01*	0.00*	0.00*	0.00*	0.23	0.01*	0.02*
Event ②	μ_{before}	0.36	12.90	12.46	5.83	6.95	16.38	0.02
	μ_{after}	0.00	6.71	7.45	2.47	4.47	5.54	0.01
	t	1.71	3.56	3.42	5.63	3.01	5.86	4.15
	p-value	0.10	0.00*	0.00*	0.00*	0.01*	0.00*	0.00*
Event ③	μ_{before}	0.83	13.69	11.05	3.62	5.08	12.16	0.07
	μ_{after}	0.00	9.67	11.70	4.62	5.87	14.41	0.08
	t	1.68	1.43	-0.43	-1.62	-0.80	-1.28	-0.54
	p-value	0.11	0.17	0.67	0.12	0.43	0.21	0.60
Event ④	μ_{before}	0.00	6.36	7.11	3.27	5.49	11.40	0.31
	μ_{after}	0.00	5.32	6.51	2.93	5.27	9.39	0.33
	t	-	1.05	0.74	0.70	0.32	0.78	-0.69
	p-value	-	0.31	0.47	0.50	0.75	0.45	0.50

*P value < Significant Level 0.05

상용차 운전자의 안전운전 교육 전후의 SSM을 도식화한 결과는 <Fig. 5>와 같다. 상용차 운전자는 고령 운전자와 유사하게 도시부 도로 진입 초반부에 발생하는 상황인 이벤트 ①, ②에서 교육을 통한 운전행태의 개선을 보였으나, 누적 주행거리가 늘어날수록 운전자의 평소 습관대로 회귀하여 이벤트 ③, ④에서는 개선이 나타나지 않았다. 이는 단기적인 안전운전 교육을 통해 상용차 운전자의 운전행태가 개선되는 효과가 있음을 의미하지만, 고령 운전자와 마찬가지로 주기적인 안전교육을 통해 평소 운전행태를 안전하게 개선시키거나, 안전운전 교육 이외에 추가적인 사고 감소 방안이 필요함을 의미한다. 국내에서는 사업용 여객자동차(택시, 버스) 운전자와 사업용 화물자동차 운전자를 대상으로 매년 법·제도, 교통안전수칙 등의 교육을 실시하고 있으나, 연간 1회 4시간을 교육하는데 그치고 있어 실효성 측면에서 적정 교육주기 및 교육시간에 대한 연구가 추가적으로 필요할 것이다.



<Fig. 5> Results of SSM in before and after education for commercial vehicle drivers

V. 결 론

본 연구는 보행자가 돌발적으로 횡단하여 차량과의 충돌사고가 발생할 수 있는 상황이 구현된 주행시물레이터 실험 자료를 활용하여 고위험 운전자 유형별 안전운전 교육 전후의 운전행태를 비교 분석하였다. 연구에 참여한 고위험 운전자는 운전경력이 2년 이하인 초보 운전자와 60세 이상의 고령 운전자, 그리고 운전경력이 2년 이상이며 상용차를 운행하는 상용차 운전자로 구성되었다. 운전행태를 나타내는 지표는 선행 연구를 참고하여 운전자가 주행하는 차량의 행태와 관련된 7개의 SSM을 선정하여 분석하였다.

보행자 돌발 횡단 상황이 구현된 이벤트 구간에 대해 초보, 고령, 상용차 운전자의 안전운전 교육 전후 운전행태의 개선을 분석한 결과, 초보 운전자와 고령 운전자는 대부분의 이벤트 및 지표에서 유의미한 개선을 보이지 않았다. 반면, 상용차 운전자의 경우 비교적 주행거리가 짧은 초반부인 이벤트 ①, ②에서 대부분의 지표가 운전행태의 개선을 나타내었다. 한편, 안전운전 교육 전후 누적 주행거리가 증가할수록 초보 운전자는 돌발 상황에서 SSM이 점점 낮아지는 경향을 보였다. 그러나 고령 운전자와 상용차 운전자는 누적 주행거리 증가에 따라 돌발 상황 구간에서 SSM이 낮아지거나 높아지는 경향을 나타내지 않았다. 이와 같은 결과는 초보 운전자로 인한 보행자 사고 감소를 위해서는 운전 경력 증가 및 다양한 이벤트 경험 등을 통한 방어적인 운전행태를 체득할 때까지 안전운전 교육과 함께 추가적인 사고 감소 방안이 필요하다는 것을 의미한다. 고령 운전자로 인한 보행자 사고 감소를 위해서는 주기적인 안전운전 교육과 함께 신체적 노화에 의한 운전 능력 감소를 보조할 수 있는 보행자 접근 알림과 같은 보행안전 인프라, 인프라-차량 간 통신 기반 차내 단말기의 보행자 알림 시스템, 또는 차량에 탑재된 운전자 주행 보조 시스템 등의 추가적인 방안이 필요할 것이다. 그리고, 상용차 운전자는 안전운전 교육에 의한 운전행태 개선 효과가 나타났지만, 지속적인 보행자 사고 감소를 위해서는 개선된 운전행태가 유지될 수 있도록 정기적인 안전운전 교육을 진행하는 것이 효과적인 것이며, 필요 시 추가적인 사고 감소 방안을 도입하는 방향이 바람직할 것으로 판단된다.

본 연구는 고위험 운전자 유형별 적합한 보행자 사고 감소 방안의 마련을 위한 기초 연구자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 다만 실험에 참여한 고위험 운전자의 남녀 비율이 균등하지 않았고, 교통사고 감소 방안 중 안전운전 교육의 효과만을 분석하였다는 점에서 본 연구에 한계가 존재한다. 향후에는 안전운전 교육 이외의 추가적인 사고 감소 방안을 적용한 초보, 고령, 상용차 운전자 유형별 운전행태 개선 효과와 관련된 연구가 수행되어야 할 것이다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었습니다(과제번호 21PQWO-B153346-03). 그리고 서울대학교 공학연구원과 서울대학교 건설환경종합연구소의 지원으로 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.

REFERENCES

Borowsky A., Shinar D. and Oron-Gilad T.(2010), "Age, skill, and hazard perception in driving," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 42, no. 4, pp.1240-1249.

- Brijs K., Cuenen A., Brijs T., Ruiter R. A. and Wets G.(2014), "Evaluating the effectiveness of a post-license education program for young novice drivers in Belgium," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 66, pp.62-71.
- Calvi A., D'Amico F., Ferrante C. and Ciampoli L. B.(2020), "Effectiveness of augmented reality warnings on driving behaviour whilst approaching pedestrian crossings: A driving simulator study," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 147, 105760.
- Chen W., Zhuang X., Cui Z. and Ma G.(2019), "Drivers' recognition of pedestrian road-crossing intentions: Performance and process," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 64, pp.552-564.
- Cho J. H., Jang K. T., Shim J. S. and Oh C. S.(2015), "An analysis of dangerous driving behaviors in commercial vehicles using eTAS," *The 72nd Conference of Korean Society of Transportation*, vol. 72, pp.158-163.
- Choi S., Park J. H. and Oh C.(2011), "Factors affecting injury severity in pedestrian-vehicle crash by novice driver," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 29, no. 4, pp.43-51.
- Endriulaitienė A., Šeibokaitė L., Markšaitytė R., Slavinskienė J. and Arlauskienė R.(2020), "Changes in beliefs during driver training and their association with risky driving," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 144, 105583.
- Habibovic A., Tivesten E., Uchida N., Bärgran J. and Aust M. L.(2013), "Driver behavior in car-to-pedestrian incidents: An application of the Driving Reliability and Error Analysis Method (DREAM)," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 50, pp.554-565.
- Han H., Lee S., Shim H., Kim S. and Yang J. H.(2020), "A study on the driver's response time under jaywalking situation using simulator," *Transaction of the Korean Society of Automotive Engineers*, vol. 28, no. 7, pp.471-481.
- Isler R. B., Starkey N. J. and Sheppard P.(2011), "Effects of higher-order driving skill training on young, inexperienced drivers' on-road driving performance," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 43, no. 5, pp.1818-1827.
- Jeong M. and Jeong M.(2019), "Analysis of driving ability according to driver's age using senior driver assessment system(S-DAS)," *Journal of Transport Research*, vol. 26, no. 4, pp.1-14.
- Jo H., Oh Y. and Lee S.(2008), "Investigation of the driving characteristics of elderly drivers," *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, vol. 7, no. 6, pp.121-132.
- Jurecki R. S. and Stańczyk T. L.(2014), "Driver reaction time to lateral entering pedestrian in a simulated crash traffic situation," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 27, pp.22-36.
- Ka D., Lee D. and Yeo H.(2019), "Development of predictive pedestrian collision warning service considering pedestrian characteristics," *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, vol. 18, no. 3, pp.68-83.
- Ka E., Kim D., Hong J. and Lee C.(2020), "Implementing surrogate safety measures in driving simulator and evaluating the safety effects of simulator-based training on risky driving behaviors," *Journal of Advanced Transportation*, vol. 2020, pp.1-12.
- Kim K. Y., Chang M. and Oh C.(2009), "The analysis of risk according to traffic accident types by novice and experienced drivers in Korea," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 27,

- no. 3, pp.17-28.
- Lee H., Gang S., Kim H., Oh C. and Park J.(2012), “A study on commercial vehicle drivers’ propensity,” *Transportation Technology and Policy*, vol. 9, no. 2, pp.13-18.
- Lee J.(2014), *A study on deceleration and acceleration behavior according to the driving duration of the corporation taxi*, Master’s Thesis, Seoul National University, Seoul, Korea.
- Lee S., Kim J., Lee N. and Park Y.(2013), “The potential driving behavior analysis of novice driver using a driving simulator,” *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, vol. 33, no. 4, pp.1591-1601.
- Lee S., Lee S. and Park S.(2007), “The Effects of Driving Confidence Level on Dangerous Driving Behaviors in the Novice Drivers: A Path Analysis Study,” *The Korean Journal of Culture and Social Issues*, vol. 13, no. 3, pp.111-125.
- Manawadu U., Ishikawa M., Kamezaki M. and Sugano S.(2015), “Analysis of individual driving experience in autonomous and human-driven vehicles using a driving simulator,” *In 2015 IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM), IEEE*, pp.299-304.
- Matthews M. L. and Moran A. R.(1986), “Age differences in male drivers’ perception of accident risk: The role of perceived driving ability,” *Accident Analysis & Prevention*, vol. 18, no. 4, pp.299-313.
- Ministry of the Interior and Safety(2017), *Comprehensive measures for pedestrian safety*.
- Oh J., Lee E., Rye J. and Lee W.(2015), “An analysis for main vulnerable situations and human errors of elderly drivers’ traffic accidents,” *Journal of Transport Research*, vol. 22, no. 4, pp.57-75.
- Park S., Shin H. and Kim Y.(2016), “Selection framework of driving simulator scenarios for driver education based on traffic accident data analysis,” *Journal of Transport Research*, vol. 23, no. 4, pp.15-33.
- Simons-Morton B. and Ouimet M. C.(2006), “Parent involvement in novice teen driving: A review of the literature,” *Injury Prevention*, vol. 12, no. suppl 1, pp.i30-i37.
- Song T., Oh C., Oh J. and Lee C.(2009), “Effects of in-vehicle warning information on drivers’ responsive behavior,” *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 27, no. 5, pp.63-74.