

운전자 시각행태 및 주행행태 분석기반의 결빙주의표지 개발연구

Analyzing Driving Behavior, Road Sign Attentiveness and Recognition with Eye Tracking Data

이강신* · 이동민** · 황순천*** · 권완택****

* 주저자 : 서울시립대학교 스마트시티학과 석사과정
 ** 교신저자 : 서울시립대학교 교통공학&스마트시티학과 교수
 *** 공저자 : 서울시립대학교 교통공학과 박사수료
 **** 공저자 : 서울시 도로계획과 도로계획과장

Ghang Shin Lee* · Dong Min Lee** · Soon Cheon Hwang*** ·
Wan Taeg Kwon****

* Dept. of Smart Cities., Univ. of Seoul
 ** Dept. of Transportation Eng& Smart Cities., Univ. of Seoul
 *** Dept. of Transportation Eng, Univ. of Seoul
 **** Seoul Metropolitan Government Road Planning Division

† Corresponding author : Dong Min Lee, dmllee@uos.ac.kr

Vol.20 No.6(2021)

December, 2021
pp.117~132

pISSN 1738-0774
 eISSN 2384-1729
<https://doi.org/10.12815/kits.2021.20.6.117>

Received 29 October 2021
 Revised 9 November 2021
 Accepted 24 November 2021

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

요약

우리나라는 지형 특성상 산악지역을 통과하는 도로구간이 많아 일조량에 따라 음영이 지속되는 구간이 발생하여 겨울철 도로결빙으로 인한 사고위험이 높다. 국내 도로결빙 안전대책에도 불구하고 도로결빙 사고위험은 여전히 인명피해로 연결되고 있다. 본 연구는 개발 중인 온도 감응형 교통안전 표지판이 운전자에게 결빙 주의 정보를 효과적으로 전달할 수 있는지에 대하여 주행 및 시각행태 측면에서 효과평가 실험연구를 수행하였다. 효과적인 결빙안내를 위해 개발된 다양한 표지판 시안 중 일반인 대상으로 수행된 선호도 평가 결과에서 가장 높은 시인성 및 효과성 평가를 받은 대안을 실험대상 표지판으로 선정하였다. 임의의 지방도를 VR로 구현하여 선정된 표지판이 설치된 구간에서 나타나는 피실험자의 주행행태와 시선행태 변화를 분석하였다. 분석결과, 온도 감응 후 표지판 구간에서 약 7km/h 이상의 속도감소 행태가 나타났으며, 시각행태 측면에서도 영향효과가 나타났다. 이에 개발 중인 결빙주의 표지판은 기존 표지판에 비해 운전자에게 높은 경각심을 주는 것으로 분석되었다.

핵심어 : 교통안전 표지판, 결빙주의표지, 도로 결빙사고, 도로 결빙감지, 주행 시뮬레이터

ABSTRACT

Due to the terrain in Korea, there are many road sections passing through mountainous areas. During the winter, there is a higher risk of traffic accidents, due to black ice caused by the lack of sunlight. Despite domestic road freezing safety measures, accidents caused by road freezing results in severe traffic accidents.

Under these considerations, this study analyzed whether traffic safety signs that change in response to the external temperature help drivers recognize frozen road segments. The study was conducted

through analysis of the effect of the signs on a driver's perspective. For the signs under development, out of the signs designed by experts, the sign design which received the highest visibility and effectiveness evaluation ratings from the general public was selected. The sign was implemented through Virtual Reality (VR) and installed on the right side of the road to analyze the effect on gazing and driving behavior. As a result of analyzing the driver's driving behavior, a speed reduction of about 7km/h or more was found in the sign section. Therefore, It was found that the existence of the sign had a strong relationship with the rate of the drivers' speed reduction.

Key words : Driving simulator, Visibility, Freezing, Black ice, Eye-tracker, Driving Simulator

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

도로결빙 사고는 도로 위에 얇은 얼음층이 형성되어 미끄러움 등에 따라 발생하는 교통사고를 의미한다. 일반적으로 산악지역을 관통하는 국내도로는 그 특성상 절토 후 도로를 시공하는 경우가 빈번하다(Lee, 2005). 이러한 이유로 매우 긴 구간에 일조가 적게 나타나 음영이 오래 지속되는 구간이 발생하여 겨울철 도로결빙으로 인한 사고위험이 크다. 겨울철 국내도로 결빙 관련 사고율을 살펴보면 도로 결빙사고 치사율은 3.3%로 건조 2.1%, 습기 2.9%, 적설 1.6%보다 높으며 교통사고 1천 건당 사망자 35.9명으로 평균 21.6명보다 66.2% 높은 것으로 나타났다(Samsung Traffic Safety Research Institute, 2016). 이는 운전자가 도로 결빙을 인지하기 어려우며, 건조, 습윤 등 다른 노면 상태보다 마찰계수가 낮아 제동거리가 증가하게 되어 교통사고를 유발하는 확률이 증가하기 때문이다(Park et al., 2017). 또한, 도로결빙은 겨울철이라는 한정된 기간 내에 불규칙하게 발생하는 위험이라 운전자들이 이에 대하여 특별히 경각심을 더 갖지 않는 경향을 보인다(Hwang et al., 2019). 이는 기존에 설치된 도로결빙 관련 주의 표지판만으로 운전자들에게 경각심을 일깨워주는 데 한계가 있음을 의미한다. 이에, 겨울철 도로 결빙사고를 예방하기 위하여 운전자에게 도로 결빙위험을 인지하게 하여 경각심을 갖도록 돕는 것이 필요하다.

본 연구에서는 겨울철 도로결빙으로 인한 사고 예방을 위하여 새로 개발 중인 외부온도에 감응하는 결빙 주의 표지판이 실제 운전자들에게 주의 정보를 효과적으로 제공할 수 있는지에 대한 평가를 주행 시뮬레이터 실험을 통해 도출하였다.

2. 연구의 범위 및 절차

본 연구는 개발 중인 온도 감응형 표지판이 실제 운전자 측면에서 결빙 주의 정보를 효과적으로 제공할 수 있는지 평가하기 위하여 운전자의 시각 및 주행행태를 분석하는 실험연구를 수행하였다. 먼저, 기존 문헌 검토를 통하여 선행된 도로결빙 관련 연구사례를 살펴보고, 도로결빙 구간의 위험성과 안전대책 마련 필요성을 확인하였다. 외부온도에 감응하는 표지판의 시인성을 높이는 디자인을 선정하고자 개발 과정에서 고려되고 있는 6개 시안에 대하여 설문조사와 주행 영상 실험을 통해 상대적으로 시인성이 좋다고 평가를 받은 디자인을 선정하였다. 선정된 디자인으로 제작된 온도 감응형 결빙 주의 표지판의 설치 효과를 분석하기 위하여 가상환경 시뮬레이션으로 임의의 지방도로 구간을 제작하였다. 주행 시뮬레이터와 시선추적장비를 활용하여 주행 실험 간에 나타나는 주행행태와 시선 행태 측면에서의 행태 변화를 통한 주의 표지판 설치 효과를 분석하여 결론을 도출하였다.

II. 관련 이론 및 선행연구 고찰

1. 관련 이론 고찰

1) 도로결빙 관련 연구

도로결빙 사고 예방을 위한 관련 연구를 살펴보면 도로결빙 예측, 감지기술 개발 및 효과성 평가에 중점을 두고 있다. 국외사례를 살펴보면 Lu and Higgins-Luthman(2008)은 도로결빙으로 인해 빗이 굴절됨을 이미지센서로 감지하는 기술을 발명하였다. 해당 연구는 결빙도로의 특성을 이용해 도로결빙 사고방지 기술개발에 활용방안을 제시한 연구로써 의의가 있다. 그러나, 개발된 도로결빙 감지 이미지센서는 트럭 앞부분에 부착해 활용할 수 있기에 개인 운전자 측면에서 도로결빙을 감지하는 데 효과적이나 교통안전 표지판 운영방안에 접목할 수 있는 기술로는 부적합했다.

이미지센서 이외에 다양한 방식으로 도로결빙을 감지하려는 연구도 다수 수행되었는데, Troiano et al.(2011)은 도로설치 방식의 적외선 도로 결빙감지기를 개발해 실제 결빙도로에 설치해 효과를 분석했다. 이에 적외선 도로결빙 감지기는 도로가 결빙됨을 효과적으로 감지함이 확인되었다. 해당 연구는 감지과정에서 소모하는 전력으로 감지기 내부에서 발생하는 열에 의해 온도오차범위가 발생하는 사례를 향후 연구과제로 제시했다. 유지보수 차원에서 외부온도와의 화학반응만으로 운전자 측면에서 결빙도로를 인지하게 도와주는 교통안전 표지판이 효과적 측면뿐 아니라 실용적 측면에서 우세하다는 점을 제시하였다.

도로결빙으로 인한 겨울철 사고 위험성에 비하여 이를 예방하기 위한 관련 연구들은 미흡한 실정이다. 이에 Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2018)에서는 겨울철 안전한 주행환경 구현을 목표로 외부자극(광원, 온도 등) 감응 재료를 활용하여 실시간 도로정보(위험)를 시각화할 수 있는 기술을 개발 중이다. 본 논문은 관련 연구의 하나로 개발 중인 외부온도 감응 재료를 이용한 교통안전 표지판의 설치 효과를 운전자 행태 측면에서 평가하였다.

2) 시인성 평가 연구

교통안전 표지판의 시인성 평가 연구를 살펴보면 기상 상황과 표지판 디자인의 관계연구 중요성을 강조하고 있다. Munchior et al.(2005)는 기상 상황에 따라 교통안전 표지판의 반사 정도를 측정해 결과, 기상 상황(서리 및 이슬)으로 인해 교통표지의 반사 정도가 60~79% 정도로 감소하는 것을 확인하였다. 해당 실험은 고해상도 카메라로 새벽, 오전, 오후에 안개 및 구름 기상 상황 교통안전 표지판을 촬영하여 피실험자에게 제공한 후 설문 조사를 진행했다. 해당 연구는 설문 조사를 이용해 교통안전 표지판의 시인성을 평가한 연구로써 의의가 있다. 또한, Lee and Yeo(2008) 연구에서는 내부 조명식과 재귀반사식 시선 유도 시설물을 대상으로 시인 및 판독성에 대해 실험한 결과, 기존의 재귀반사식 교통안전표지보다 내부 조명식 표지가 한글·영문 모두 판독거리가 길고, 야간 시인성 또한 뛰어난 것을 확인하였다. 총 40명으로 구성된 피실험자는 송도 국제도시 중 차량 유동량이 적고 직진성이 보장되는 도로에서 진행되었고 DGPS(Differential Global Positioning System)를 이용하여 주행상태에서 속도별, 주/야간별, 표지별 시인 거리와 판독거리를 측정했다. 해당 연구는 DGPS를 활용해 피실험자의 주행속도, 표지별 시인 거리와 판독거리를 실제 도로에서 평가한 연구로써 의의가 있다. 해당 선행연구를 살펴본 결과 결빙 주의 교통안전 표지판 시인성 평가를 설문 조사 및 가상환경 도로구간 주행 실험으로 진행함이 적절하다고 분석된다.

3) 주행 시뮬레이터 연구

교통안전시설 효과평가를 위해 주행 시뮬레이터를 활용하는 관련 선행연구를 고찰했다. Park et al.(2016) 연구에서는 가상현실 주행시나리오 구현장비를 활용한 비정규 교통안전 시설물의 효과평가를 수행하고, 고속도로 비정규 교통안전 시설물의 최적화된 설치·운영 지침 수립을 통한 교통흐름의 효율성 확보 및 교통사고 예방을 위해 비정규 교통안전 시설물에 대한 실태조사 및 실험을 통한 효과검증을 통해 비정규 교통안전 시설의 설치 및 운용에 대한 방향성을 제시했다. 이는 가상현실 주행시나리오 구현장비를 활용해 교통안전 시설의 효과성을 평가한 연구로써 의의가 있다. 또한, Horberry et al.(2006) 연구에서는 가상현실 주행 시뮬레이터를 활용한 노면 교통안전 표시의 효과평가를 수행하고, 연령대에 따라 구분되는 교통안전 시설물의 효과에 대한 실태조사 및 실험을 통한 효과 검증방법을 제시했다. 이처럼 다양한 교통안전시설 효과평가에 활용되는 주행 시뮬레이터는 운전자 행태를 분석하는 데 주로 사용되었다. 본 연구에서도 외부자극에 감응하는 도로결빙 교통안전 표지판은 주행 시뮬레이터에서 구현되어 실제 운전자가 주행하며 외부자극에 감응하기 전·후 결빙 주의 표지판에 도출된 표지판의 유무가 어떠한 주행행태로 도출되는지 연구하였다.

또한, 기존 연구에서 운전자 측면에서 주의 운전애에 따른 주행행태 변화를 평가하는데 속도감소량을 지표로 활용하는 것을 확인할 수 있었다(De Oña et al, 2014; Lim et al., 2020; Lee et al. 2004). 해당 연구들에서는 공통으로 운전자 측면에서 주의 운전애를 요구하는 상황일 때 나타나는 주행행태로 속도 감소 현상이 발생하는 점을 제시하였다. 보호구역, 공사 구간, 평면 곡선 구간 등 안전한 주행을 위하여 해당 구간에 진입하기 전 속도 감소가 필요한 곳에 특정 교통안전시설이나 정보제공 도입 효과를 평가하는데 속도감소량을 비교분석하는 것이 적절한 방법이 될 수 있음을 확인하였다.

4) 시각행태 분석 관련 연구

Gilland(2008) 연구에서는 주행 중 시각적 주시해야 하는 다양한 상황으로부터 운전자가 부여받는 Driving Workload를 연령대별 시각행태 분석을 통해 효과 분석을 진행하였다. 시각행태 분석은 동공 크기, 주시시간과 시각행태 속도변화를 척도로 각 상황이 어느 연령대에 가장 높은 Driving Workload를 부여했는지 분석하였다. 이는 주행 중 발생하는 운전 작업량을 시각행태 분석과 연계 분석한 연구로서 의의가 있다.

그 외 피실험자 주시 행태 정의 관련 연구로는 Anantrasirichai et al.(2016) 연구에서 주시 정의(fixation identification)를 연구한 논문을 고찰했다. 해당 논문은 주시 행태의 분류법을 이동 중에 착용하는 저 표본 장치(Low-sample-rate devices: 표본조사 속도가 느려 초당 표본 수가 적은 장치, 장시간 표본조사가 이뤄질 때 표본의 크기를 적게 유지함)로 하여금 높은 정확도를 달성하게 제시하며 높은 품질의 데이터를 산출할 수 있게 도와준다. 이는 CNN(Deep Convolutional Neural Network) 모델에서 영감을 받은 합성곱 신경 네트워크 시스템을 구현해 기존 방법보다 16%까지 정확도를 높일 수 있었다. 본 논문은 위 연구에서 정의된 주시 행태 분류법을 활용한 Tobii Lab filter를 활용해 주시 행태 데이터를 산출했다.

Joseph(2000) 연구에서는 5가지 시각측정 방법들을 나열하여 각각의 주시 행태 정의가 어떠한 성향을 나타내는지 연구했고 5가지 시각측정 방법들이 크게 두 가지 척도를 활용함을 제시했다. 이는 공간과 시간으로 공간적 척도는 속도, 주시점 간 거리, 주시 분포도를 척도로 사용되고, 시간적 척도는 주시가 특정 지점에 머무는 시간을 척도로 사용되었다. 해당 연구는 시각측정 분석을 위해 필요한 요소들을 비교·분석하는 연구로서 의의가 있다. 이에 본 논문은 시각측정 분석방법 중 주시행태의 속도를 척도로 주시 횟수와 주시점 사이의 움직임을 산출했다.

Starvinos et al.(2016) 연구에서는 광고판을 유형별로 구분하여 피실험자의 나이에 따른 운전자의 시각적 영향을 시뮬레이터를 이용한 실험을 통해 분석하였다. 그 결과, 10대 운전자의 경우, 다른 연령대의 운전자

보다 광고판의 영향에 따른 시각행태의 변화가 크게 나타났다. 또한, 정적인 광고판에서 더 많은 주시시간을 나타낸 일부 노년층 그룹을 제외하고, 광고판 전환 시간이 증가함에 따라 광고판을 보는 주시시간이 매우 증가하는 양상을 나타냈다.

2. 시사점 및 연구의 차별성 도출

도로결빙을 연구한 기존 연구들에서는 도로결빙 예측 및 감지에 큰 비중을 두고 있는 것으로 나타났다. 이들은 적외선 및 이미지센서를 이용해 도로 위에 얇은 얼음층을 감지하는 기술의 효율성 평가와 이러한 효율성이 커지는 기상조건에 관한 연구가 다수 수행되었다. 기존 교통안전시설 시인성 및 효과 평가 관련 연구들은 운전자의 주행행태에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 평균 주행속도, 설문 조사, 교통안전시설과 차량간 거리 등의 효과 척도를 사용하였다. 이러한 척도들은 주의 표지판을 눈으로 보고, 내용을 인지하여, 그에 따라 주행행태에 변화를 줬는지 일련의 인지 반응 행태를 세밀하게 분석하지 못하는 한계가 있다. 본 연구에서는 운전자 측면에서 주의 표지판을 주시하는 시각행태와 표지판을 인식할 수 있는 거리에서 나타나는 주행행태 사이의 관계에 중점을 두고 있다는 차별성이 있다. 또한, 본 연구에서는 Tobii glasses pro 3 최신 버전에서 제공하는 시선 행태분석 모듈을 이용함으로써 주행 중 피실험자의 시선 행태를 보다 정밀하게 분석했다는 차별점이 있다. 본 논문은 주행 시뮬레이터에서 운전자가 주행 중 표지판을 주시한 횟수, 표지판에 소비한 총 주시시간 등을 도출했다. 이를 통해 운전자에게 인지된 결빙안내표지 설치 전·후 시각행태 및 주행행태 분석을 기반으로 결빙주의표지 설치에 따른 효과를 평가하는 연구를 수행했다.

또한, 기존 연구에서 운전자 측면에서 주행 시뮬레이터를 기반으로 시각행태 및 주행행태평가지표를 활용한 실험을 바탕으로 본 실험을 분석했다(Edquist et al., 2011; Park, 2018). Edquist et al.(2011) 연구에서는 주행 시뮬레이터를 통해 광고판이 있을 때와 없을 때 운전자의 시각적인 행동, 도로표지에 대한 반응을 조사하는 실험을 수행하였다. 피실험자는 광고판이 있는 9km 길이의 3차로 신호교차로 주행을 하며 광고판의 내용을 보고하는 지시를 이행했다. 그 결과, 간판으로 인해 도로에서 운전자의 눈 움직임이 산만하게 나타났고, 도로 표지판에 대한 반응을 지연시켜 차선 변경에 대한 오류와 소요시간이 증가하였다. Park(2018) 연구에서는 옥외 광고물에 의한 운전자의 주행행태 및 시각행태의 영향을 확인하고 위험요인에 대한 해결방안을 제시하기 위해 가상 시뮬레이션 실험을 진행했다. 해당 실험은 피실험자의 구현된 영동대로와 테헤란로 광고물 영향 구간에서 시간에 따른 차량의 주행속도 변화, 차로 횡 방향 주행 위치를 분석했다. 그 결과, 운전자의 주행행태가 일부 영향을 받지만, 주행속도, 횡방향 주행 위치에 옥외 광고물이 미치는 영향은 미미한 수준으로 분석되었다.

또한, 선행연구 검토 결과, 주행 시뮬레이터를 기반으로 운전자의 시각행태 및 주행행태 변화를 평가하는데 속도감소량 및 주시행태를 지표로 활용하는 것을 확인할 수 있었다. <Table 1>에 정리된 내용과 같이 가상환경 기반에서 주행행태와 시각행태를 평가한 연구들을 보면 시각행태 측면에서 대상 물체를 얼마나 자주 봤는지와 오래 봤는지를 평가하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 시각행태와 주행행태를 종합적으로 분석하기 위하여 속도 변화, 특정 행위 시도 횟수 등을 지표로 활용한 것을 확인할 수 있다. 이에 본 연구에서는 기존의 주행 시뮬레이터 실험을 기반으로 운전자 측면 시각행태 및 주행행태 분석에 사용된 주행행태평가지표의 타당성을 검토 후 평가지표를 선정했다. 해당 평가지표로는 주시횟수(Fixation visit), 주시시간(Fixation time), 평균속도(Mean of speed), 평균 속도 표준편차(Standard deviation of speed)로 해당 지표들을 활용하여 결과를 도출하였다.

<Table 1> Previous research on driving simulator data with eye tracking data

Year	Author	eye tracking data	driving data
2002	Salvucci & Liu	Fixation time	Lateral position, Throttle, Steering wheel
2010	Edquist et al	Fixation time, Fixation visit, Glance Pattern,	Lane change attempt, time of execution
2018	Park et al	Fixation time, Fixation visit, Average time of fixation time	Driving speed
2020	Babic et al.	Fixation time, Fixation visit, Average time of fixation time	Driving speed, Acceleration/Deceleration, Lateral position

Ⅲ. 연구 방법론

1. 표지판 디자인 시인성 평가

본 실험에 앞서 개발 중인 외부자극에 감응하는 교통안전 표지판의 디자인 선정을 위한 시인성 평가를 진행했다. 도출된 6가지 디자인에 대하여 운전자 측면에서 어떤 시안이 의미 전달과 도로 결빙안내 측면에서 가장 우수한지를 평가하도록 하였다. 평가에 사용된 6가지 디자인은 <Fig. 1>과 같으며, 평가 방법은 온라인 설문조사와 주행 영상 기반 평가를 별도로 수행하였다. 온라인 설문 조사를 통해 총 124명의 응답 결과를 바탕으로 각 디자인에 대한 선호도를 조사하였다. 그리고 주행 시뮬레이터를 이용하여 주행 중에 운전자 관점에서 보이는 주행 영상 속 표지판 시인성 및 선호도 평가를 33명을 대상으로 진행하였다. 두 가지 결과를 종합한 최종 우수 시안을 도출하여 주행 실험에 활용하였다.

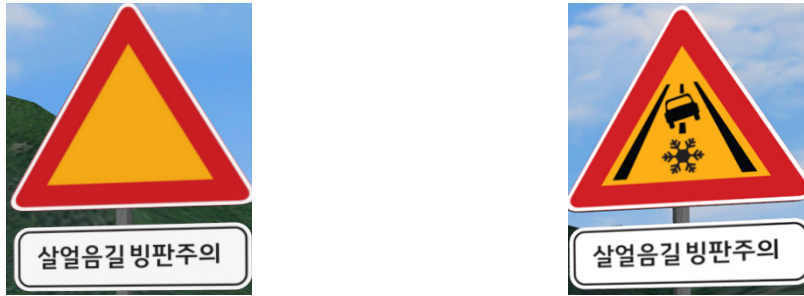


<Fig. 1> 6 Suggested Black Ice Traffic Signs

2. 주행 시뮬레이터 효과성 평가

1) 실험 개요

표지판 디자인 시인성 평가에서 가장 높은 선호도 평가를 받은 대안 1 디자인을 VR 기반 도로에 구현하여 운전자 측면 교통안전 표지판 시각행태 인지 반응과 구간별 주행행태의 관계를 분석하고자 하였다. 가상 시나리오에 구현된 대안 1 디자인 모습은 <Fig. 2>와 같다. 기존의 문자형식 결빙 주의 표지판을 포함해 두 가지 형태의 표지판을 각각 도로상에 설치하였다. 개발 중인 교통안전 표지판 특성상 결빙점 이하 온도에서 표지판 내용이 반응되어 운전자가 도로결빙을 인지할 수 있도록 하는 특성을 구현하였다.



<Fig. 2> Designs of Current Black ice Traffic sign(Left) and Suggested Black ice Traffic sign(Right)

2) 피실험자 구성

표지판에 대한 운전자들의 사전 지식 여부가 운전자의 반응을 결정할 수 있는 중요한 요인으로, 사전에 표지판의 감응 정보 내용을 정확히 인지하고 있는 그룹과 그렇지 못한 그룹들과의 차이 비교를 위해 두 번에 걸쳐 실험을 진행하였다. 사전실험 피실험자들은 표지판의 감응 관련 내용을 교육받지 못했고 본 실험 피실험자들은 표지판이 의미하는 바를 교육을 받고 실험을 진행하였다.

피실험자 모두 운전면허를 보유하고 있으며, 평소에 운전하는 사람들로 모집하였다. 본 논문은 감응형 표지판에 대한 사전교육을 받은 두 번째 그룹을 대상으로 진행된 연구결과만을 서술했다.

총 31명을 대상으로 실험을 진행하였으며, 피실험자 모두 운전면허를 보유하고 있으며, 평소에 운전하는 사람들로 모집하였다. 연령대별로 20대 11명(남성 9명/ 여성 2명), 30대 10명(남성 7명/ 여성 3명), 40대 7명(남성 6명/ 여성 1명), 50대 3명(남성 1명/ 여성 2명)으로 진행한다. 피실험자 성별 비율은 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Participant configuration

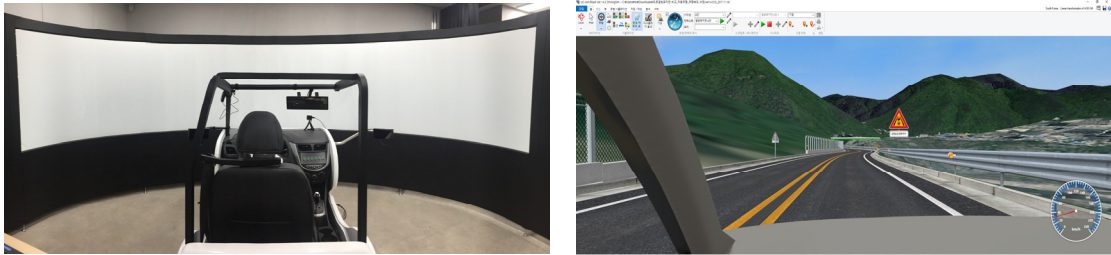
Age	20's	30's	40's	50's	Total
Male	9	7	6	1	23
Female	2	3	1	2	8
Total	11	10	7	3	31

3) 실험 장비

본 연구에서는 <Fig. 3>와 같이 서울시립대학교 용산캠퍼스 VR 센터에 구축된 주행 시뮬레이터와 시선추적장비를 활용한 실험을 수행하였다. 해당 장비는 실제 주행하는 것과 같은 환경을 제공해 피실험자가 차량 움직임에 최대한 몰입해 도출된 주행행태 및 시각행태 데이터를 도출할 수 있게 구축된 실험 장비이며 주행행태 및 시각행태 분석을 목적으로 하는 본 연구에 적합한 도구이다. 또한, 해당 장비를 구동하는 프로그램으로는 VR 기반 도로환경 구현 전문 프로그램인 UC-winRoad(ver14.0)를 활용하였다. UC-winRoad는 3차원 가상 현실 구현 소프트웨어로 도로의 선형, 단면, 지형 처리부터 교통설정 모델 설정 처리 등의 VR 작성 편집이 가능하며, 시뮬레이터와 연결을 통해 각종 시뮬레이션이 가능한 프로그램이다. 가상 주행 시뮬레이터와 연동을 통해 각종 시뮬레이션 실험이 가능하고 운전자의 시뮬레이터 조작 데이터를 저장할 수 있다.

시선추적장비는 Tobii Technology에서 개발한 Tobii glasses pro 3을 활용하였다. Tobii glasses pro 3은 렌즈에 통합된 적외선 시각추적 기술을 통해 착용자의 시야각을 방해하지 않는다. 이를 통해 더 넓은 시야각을 추적할 수 있으며 착용자로부터 시각에 대한 보다 포괄적인 자료를 수집할 수 있다. 착용자의 시야를 가리지

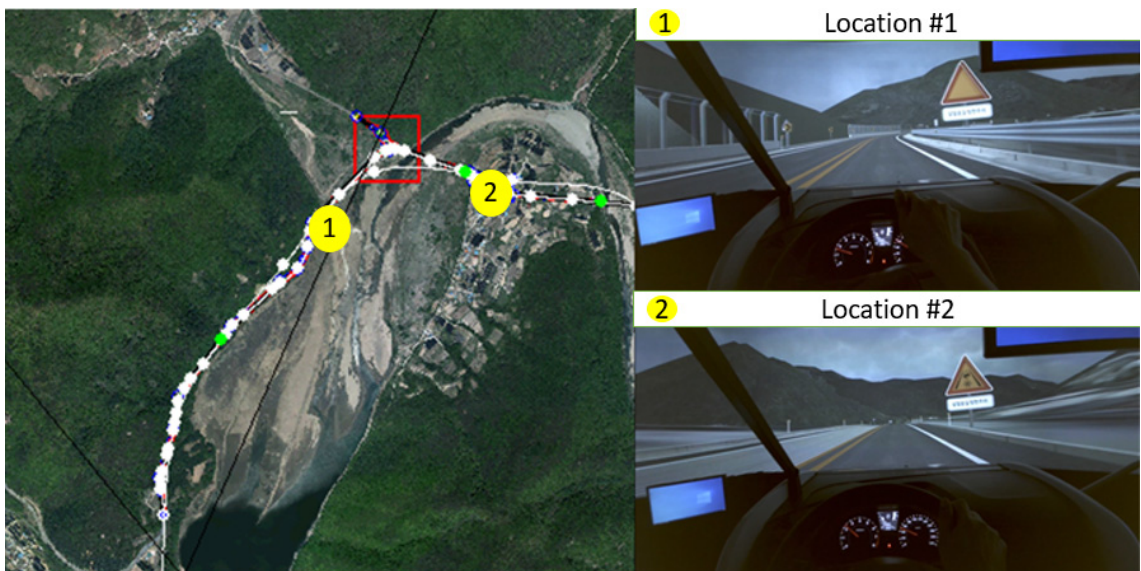
않기에 착용자의 자연스러운 신체의 움직임에 지원한다. 마지막으로 착용자의 시각이 움직이는 속도 및 머리의 움직임까지 측정하여 더욱 심도 높은 자료를 수집할 수 있다.



<Fig. 3> Driving Simulator(Left) with UC-winRoad Simulation VR(Right)

4) 시나리오 구성 및 실험 진행 방법

실험에 활용된 도로는 약 2.0km 양방향 2차로 지방부 도로를 UC-winRoad를 통해 구현하였다. 구현된 도로는 약 2.0km 연장의 일방향 1차로 도로로 제작되었다. 구현된 도로는 <Fig. 4>와 같으며, 주행 시작 지점으로부터 0.6km(표지판#1), 1.5km(표지판#2) 지점에 각각 외부자극 감응형 표지판을 구현하였다. 첫 번째 표지판은 기존 텍스트 중심의 결빙표지판, 두 번째 표지판은 외부온도에 감응하여 주의표지가 생성된 상태를 구현하였다. 이를 통해 외부온도에 감응하는 표지판의 효과를 두 구간에서의 주행행태 비교를 통해 도출하고자 하였다.

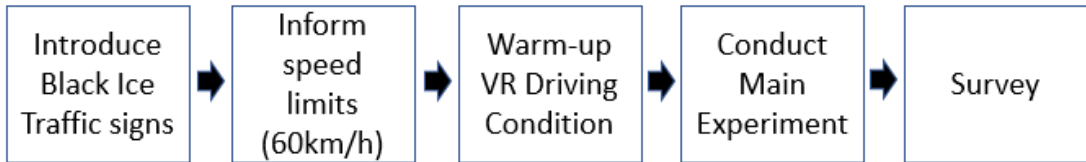


<Fig. 4> Experimental road section and sign installation point

Location#1: Current Black ice Traffic Sign
 Location#2: Suggested Black ice Traffic Sign

주행 시뮬레이터 실험은 다음 <Fig. 5>와 같은 절차를 통해 진행되었다. 먼저, 실험에 참여한 피실험자에게 외부온도 감응형 표지판의 원리를 설명하여 관련 내용을 숙지할 수 있도록 하였다. 주행 시뮬레이터 실험

간에 피실험자들의 주행행태가 분산되는 걸 방지하기 위해서 주행하는 도로의 제한속도가 60km/h임을 사전에 알려 전반적 주행속도를 제한속도에 맞춰 준수할 수 있게 하였다. 다음으로 피실험자의 시각행태 분석을 위하여 Tobii Glasses Pro 3를 착용하여 피실험자별 초점을 개별적으로 맞추는 작업을 수행하였다. 이상으로 실험 준비를 마친 후 주행 시뮬레이터 작동에 익숙해질 수 있도록 사전실험을 수행하였다. 사전실험 간에는 피실험자가 시뮬레이터 환경에 충분히 익숙해질 수 있도록 엑셀, 브레이크, 조향 등을 충분히 조작해볼 수 있게 하였다. 사전실험을 통해 피실험자가 시뮬레이터 작동에 익숙해진 후 준비된 본 실험을 수행하였다.



<Fig. 5> Procedure of Driving Simulator Research

5) 주행행태 분석방법

설치된 결빙 주의 표지판에 따라 나타나는 주행행태 변화 수준을 분석하기 위하여 <Table 3>와 같이 표지판이 보이는 100m 전 지점부터 10m 단위로 구간을 나누어 구간별 주행속도 변화를 도출하였다. 구간별 주행속도는 해당 구간에서 기록된 전체 피실험자들의 데이터 평균값으로 산정하였으며, 구간별 평균값의 차이를 paired t-test를 통해 통계적으로 분석하여 차이의 유의미성을 도출하였다.

<Table 3> Comparison of Average Fixation Visit and Time on Area of Interest Analysis

	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6	Section 7	Section 8	Section 9
Distance from the sign(m)	90	80	70	60	50	40	30	20	10

6) 시각행태 분석방법

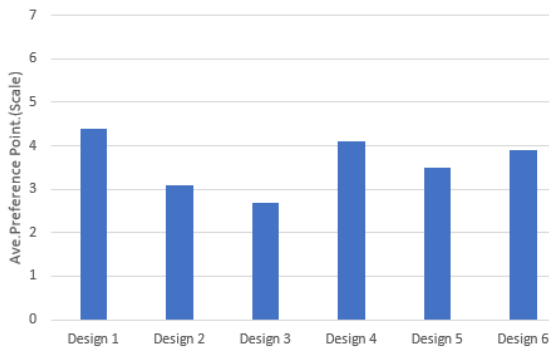
실험 간에 피실험자들이 실제 표지판을 주시했는지에 대한 시각행태를 도출하기 위하여 설치된 표지판을 주시한 횟수와 주시시간의 평균값을 도출했다. 주시 횟수 및 시간은 Tobii pro glasses 3의 분석프로그램 Tobii Lab의 관심 범위분석(Area of Interest Analysis)을 활용해 산출했다. 주시 정의(fixation identification)는 관련 선행연구를 참고하였는데(Steil et al., 2018; Peng et al., 2019), Tobii Lab에서는 시각데이터에서 시선 행태의 속도가 일정 속도(100°/s)를 초과하면 시선이동(Saccade), 그 외 시선 행태를 주시(Fixation)로 정의한다. 주시 데이터의 정형화를 위해 최소 주시시간을 60 millisecond로 정했다. 주시 횟수는 시선이동의 유무(Availability of saccade between fixation)로 판단되므로, 표지판을 한번 주시했다라도 눈의 움직임 속도가 일정 속도 이상 산출되면 여러 번의 주시 횟수가 산출되었다.

그 외 피실험자의 표지판 구간 시각행태 분석을 위해 Tobii Lab의 관심 시간 분석(Time of Interest Analysis)을 활용했다. 관심 시간 분석(Time of Interest Analysis)은 피실험자의 시각행태를 Heat map으로 산출해 관심 시간 동안 피실험자의 시선이 어떻게 분산되었는지 표현하는 데 활용되었다. 이는 새로운 표지판이 있는 구간과 없는 구간에서의 운전자 시각행태에 어떠한 변화가 있는지 나타내는 데 사용되었다.

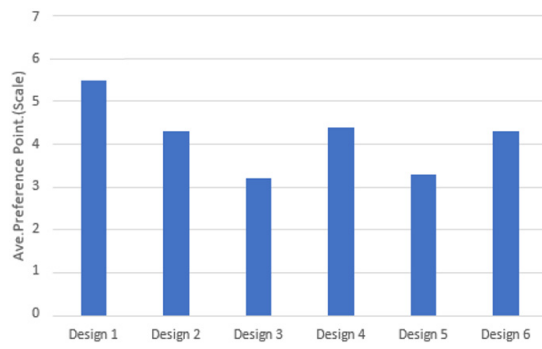
IV. 실험 결과 및 분석

1. 디자인 시인성 평가 결과

도출된 6가지 디자인에 대하여 운전자 측면에서 어떤 시안이 시인성과 이해력 측면에서 선호하는지를 온라인 설문한 결과는 <Fig. 6>와 같다. 해당 결과를 분석한 결과, 대안 1이 가장 선호도가 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 평가 결과는 실제 주행 영상 속에서 나타나는 6개 디자인별 만족도 평가를 수행한 결과에서도 <Fig. 7> 내용과 같이 대안 1이 상대적으로 가장 높은 평가를 받는 것으로 도출되어 주어진 디자인 중 가장 높은 만족도가 도출되었다. 응답자들은 눈 모양의 아이콘이 주는 경각심과 간단명료하게 이해할 수 있는 내용 측면에서 대안 1을 선호한다는 응답을 하였다. 이와 같은 결과는 교통안전 표지판 디자인 관련하여 운전자들이 단번에 직관적이고, 명료하게 이해할 수 있는 디자인 개발이 필요함을 시사한다.



<Fig. 6> Preference of the Designed Signs Based on Online Survey



<Fig. 7> Preference of the Design Signs Based on Experiment

2. 외부자극 감응 표지판에 따른 주행행태 분석결과

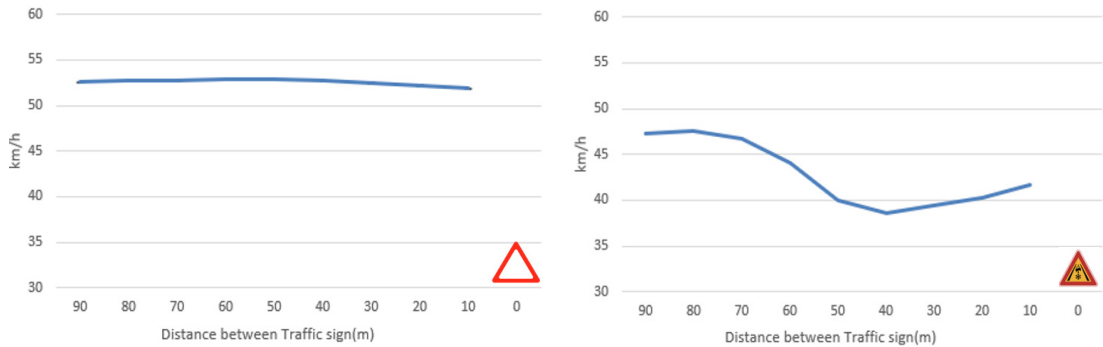
본 실험에 앞서 진행된 사전실험에서는 온도감응 표지판 원리에 대하여 피실험자들에게 설명하지 않은 상태로 실험을 수행하였다. 피실험자들의 평균 주행속도는 약 50.17km/h였으며, 첫 번째 텍스트 중심 결빙주의 표지판이 설치된 구간에서의 평균 속도는 약 46.07km/h로 약 4km/h 정도 차이를 보였다. 다만, 두 번째 온도 감응형 표지판이 설치된 구간에서의 평균 주행속도는 약 55.19km/h로 전체 구간 및 첫 번째 표지판이 설치된 구간과 비교했을 때도 평균 약 5km/h 정도 주행속도가 증가한 것을 확인할 수 있었다. 이는 평소 운전자들이 결빙주의에 대하여 크게 경각심을 갖지 않거나, 온도 감응형 표지판의 원리를 알지 못한 상황에서 표출되는 주의 내용을 적시에 환기하지 못하기 때문으로 분석된다.

이에 본 실험에서는 피실험자들에게 온도 감응 표지판 원리를 설명한 후 진행하였다. 본 실험에서 도출된 주행행태 변화 특성은 <Table 4> 내용과 같다. 전체 구간에서 평균 주행속도는 약 51.19km/h였으며, 첫 번째 텍스트 중심 결빙주의 표지판이 설치된 구간에서의 평균 속도 약 52.54km/h와 큰 차이를 보이지 않았다. 다만, 온도 감응형 결빙주의 표지판이 설치된 구간에서의 평균 주행속도는 약 41.90km/h로 전체 구간 및 첫 번째 표지판이 설치된 구간과 비교했을 때도 평균 약 10km/h 정도 주행속도 감소가 관측되어 결빙주의 표지판의 영향이 높은 것으로 분석되었다. 이를 세부적으로 살펴보면 다음 <Fig. 8> 내용과 같다.

<Table 4> Characteristic of running speed in the experiment

Categories	mean	std.
Total	51.19km/h	8.64
Sign location #1	52.54km/h	9.01
Sign location #2	41.90km/h	9.08

<Fig. 8>을 보면 현재 도로상에 설치되어 운영되고 있는 텍스트 중심의 결빙안내표지판이 설치된 첫 번째 표지판 설치 구간에서는 평균 주행속도가 50km/h 초반대에서 지속해서 일정한 형태를 보이는 것으로 나타났다. 반면, 외부온도 감응 표지판 개발을 위해 디자인된 두 번째 표지판 설치 구간에서는 표지판이 설치된 지점으로부터 약 60m 이전 지점부터 주행속도가 낮아져 전방 40m 지점에서는 속도 감속이 시작되기 전(80m 상류부 지점)과 비교하면 약 7km/h 이상 주행속도 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 현상이 발생한 이유는 주의표지 내용이 생성된 표지판을 피실험자들이 인지하여 결빙에 대비하여 안전운전을 하기 위하여 감속행태를 보였기 때문으로 판단된다.



<Fig. 8> Current Black Ice Traffic Sign(Left) and Suggested Black Ice Traffic Sign(Right) Mean of Speed by Roadway Sections

이와 같은 차이를 통계적으로 분석하기 위하여 구간별 paired t-test를 통해 검증해보았다. <Table 5>는 첫 번째 표지판이 설치된 구간을 10m 단위로 분석한 것으로 표지판이 설치된 지점으로부터 전방 40m 전 구간부터 주행속도 차이가 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 해당 구간인 section 6에서 section 9까지의 Paired t test p-value 결과, 표지판에 근접해서야 속도변화가 일부 있음을 확인할 수 있다. 하지만 해당 구간에서의 속도 차이는 최대 약 0.33km/h로 실제 주행행태 변화가 거의 이루어지지 않은 것으로 판단된다.

반면, 두 번째 표지판이 설치된 구간에서는 첫 번째 표지판 구간과는 다른 평균 주행속도 차이가 나타났다. <Table 6>를 보면 표지판이 설치된 지점으로부터 전방 90m 지점부터 60m 지점까지 10m 단위로 지속적 평균 주행속도 변화가 유의미하게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이러한 경향은 전방 70m~60m 사이에서 가장 두드러지게 감속행태가 나타난 것을 확인할 수 있다. 해당 구간인 section 3에서 section 5까지의 paired t-test p-value 결과, 표지판 인지 후 충분한 사전위치에서 속도를 감소하는 효과를 관측하였다. 이와 같은 결과를 통해 운전자 측면에서 주의 표지판을 인식하고, 위험 상황을 인지하게 되면 감속행태를 보이는 것을 확인할 수 있으며, 그와 같은 행태는 표지판 내용을 확실히 인지하게 되는 지점으로부터 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

<Table 5> Paired t test by Roadway Section for Current Black Ice Traffic Sign

Compared section		mean difference (i-j)	Standard Deviation	t-statistic	p-value
section (i)	section (j)				
section 1	section 2	-.13	.65	-1.09	.29
section 2	section 3	-.08	.70	-.60	.55
section 3	section 4	-.07	.69	-.56	.58
section 4	section 5	.01	.64	.08	.94
section 5	section 6	.12	.68	.96	.34
section 6	section 7	.21	.69	1.70	.01*
section 7	section 8	.30	.71	2.30	.03*
section 8	section 9	.33	.65	2.85	.01*

*p<0.05

<Table 6> Paired t test result by Roadway Section for The Suggested Black Ice Traffic Sign

Compared section		mean difference (i-j)	Standard Deviation	t-statistic	p-value
section1(i)	section2(j)				
section 1	section 2	-.26	.81	-1.76	.09
section 2	section 3	.85	2.16	2.21	.04*
section 3	section 4	2.66	3.72	3.98	.00*
section 4	section 5	4.07	6.30	3.60	.00*
section 5	section 6	1.29	3.32	2.16	.04*
section 6	section 7	-.71	3.17	-1.24	.22
section 7	section 8	-.98	2.73	-1.99	.06
section 8	section 9	-1.29	2.30	-3.13	.00*

*p<0.05

3. 외부자극 감응 전후 표지판 구간별 시각행태 분석결과

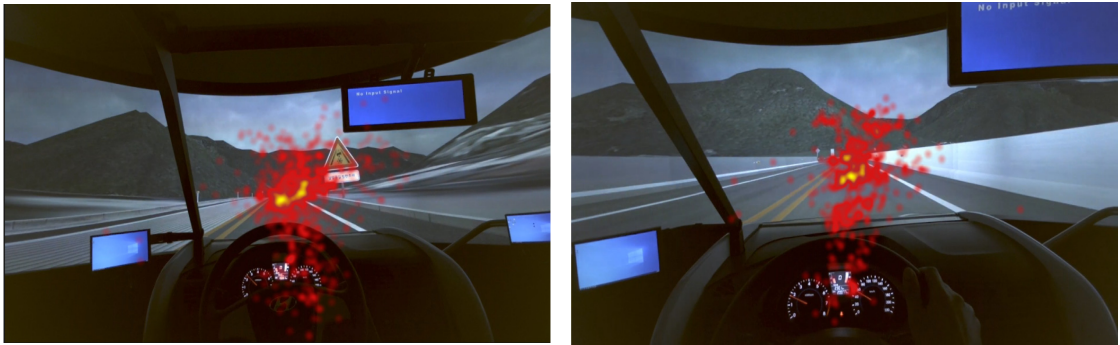
표지판 인식 가능 거리(50m section: 5와 9 사이) 기준 주시 횟수(Fixation Visit) 및 주시시간(Fixation Time) 관심 범위분석(Area of Interest Analysis) 결과 텍스트 중심의 표지판과 개발을 위해 디자인된 표지판 주시 데이터가 다르게 나타났으며 <Table 7>과 같다. 텍스트 중심의 표지판과 개발을 위해 디자인된 표지판의 주시 횟수 차이는 2회, 주시시간 차이는 212.9ms로 나타났다. 픽토그램 없는 기존 텍스트 중심 표지판의 경우는 대체로 피실험자가 상대적 높은 빈도와 긴 주 시간의 시각행태를 보였으나, 속도변화가 미미함을 확인했다. 이는 첫 번째 표지판에 의한 운전자 행태 변화에 미치는 영향이 미미했음을 설명한다. 반면, 외부온도에 감응해 결빙주의 표지가 표시된 온도 감응형 표지판의 경우, 쉽게 표지판이 인지되고 의미가 전달되어 적은 횟수와 짧은 시간 동안 주시했음에도 불구하고 운전자 행태 변화에 충분히 영향을 미쳤음을 확인했다.

<Table 7> Comparison of Average Fixation Visit and Time on Area of Interest Analysis

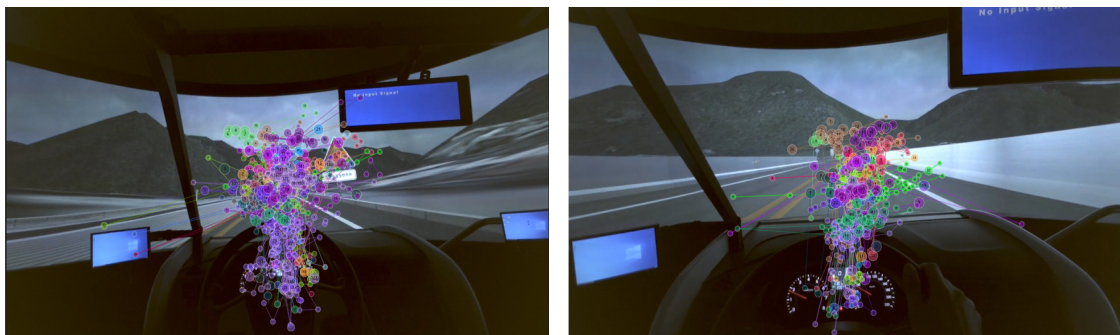
	Current Black Ice Traffic Sign	Suggested Black Ice Traffic Sign
Average Fixation Visit	7.8	5.8
Average Fixation Time	638.21ms	425.31ms

표지판 인식 가능 거리(50m) 기준으로 도로 결빙주의 표지판 구간과 도로 결빙주의 표지판이 없는 구간의 관심 시간 분석(Time of Interest Analysis)을 통해 Heat map과 Gaze Plot으로 나타냈다. Heat map은 구간별 주시점의 분포도를 나타내는 자료이고 표지판이 운전자의 주시 행태에 어떠한 영향을 미치는지 설명할 수 있으며, Gaze Plot은 구간별 주시점의 이동 동선을 나타내는 자료이고 표지판이 운전자의 주시점의 이동행태에 어떠한 영향을 미치는지 설명할 수 있는 도식화 방법이다. 분석결과 도로 결빙주의 표지판이 설치된 구간과 도로 결빙주의 표지판이 없는 일반구간의 시각행태를 산출했으며 시각집중도는 Heat map으로 <Fig. 9>, 시각 움직임은 Gaze Plot으로 <Fig. 10>과 같다.

결빙 주의 표지판이 설치된 구간과 일반 주행 구간의 시선 행태 분석결과, 표지판이 설치된 구간을 주행하는 시점에서의 피실험자 주시점은 크고 넓게 흩어져 나타났다. 해당 구간에서의 시선 움직임 행태 분석결과를 살펴보면 상하좌우로 지속적인 움직임을 보였음을 확인할 수 있다. 그에 반해 일반 주행 구간에서의 시선 행태 분석결과를 살펴보면 피실험자의 주시점은 중앙에 집중해 나타났다. 시선 움직임 행태 분석결과를 살펴보면 상하좌우 움직임이 표지판이 설치된 구간과 표지판이 설치되지 않은 구간의 행태를 비교했을 때, 표지판이 설치된 구간에서 역동적인 움직임을 보였고 설치되지 않은 구간에서 상대적으로 미미한 움직임을 보였다.



<Fig. 9> Driver's Visual Heat map for Suggested Traffic sign Section(Left)& Regular Roadway Section(Right)



<Fig. 10> Driver's Visual Gaze Plot for Suggested Traffic sign Section(Left)& Regular Roadway Section(Right)

V. 결 론

본 연구에서는 개발 중인 외부온도 감응형 결빙 주의 교통안전 표지판이 운전자에게 미치는 영향을 분석

하고자 주행 시뮬레이터를 이용한 실험을 수행하였다. 평가를 위하여 가상환경 도로에 설치된 결빙 주의 표지판들에 대하여 반응한 피실험자들의 주행행태와 시각행태를 분석하였다. 분석결과 외부온도에 감응하지 않은 상황에서 결빙 주의가 표시되지 않은 표지판의 경우 더 많이, 오래 주시를 하는 행태가 나타났지만, 주행속도 감속 등의 주행행태 변화는 발생하지 않았다. 반면에, 외부온도에 감응해 결빙 주의가 표시된 표지판이 설치된 구간에서는 상대적으로 적은 주시 빈도와 시간 행태가 나타났음에도 주행속도를 감속하는 행태 변화가 발생하는 것을 확인하였다. 피실험자들은 외부온도에 반응하여 주의표지가 나타나는 표지판이 설치된 구간에서 주행속도를 감속시킴으로써 안전한 주행을 하고자 하는 행태를 보인 반면 주의표지가 없는 표지판이 설치된 구간에서는 주행행태의 변화를 보이지 않았다. 이는 개발 중인 외부온도 감응형 결빙주의 표지판이 운전자들에게 더욱 결빙위험에 대한 경각심을 주는데 효과적일 수 있다는 점을 시사한다.

하지만 본 연구에서는 개발 중인 외부온도 감응형 결빙 주의 표지판에 효과 자체를 평가하는 데 초점을 두어, 외부환경에 따라 픽토그램이 생성되는 과정을 통해 실험에는 제한적이었고, 단일 도로교통 환경에서만 평가하였다는 한계가 있다. 도로형태, 교통류, 기상조건 등에 따라 운전자가 결빙 주의 표지판에 대하여 반응하는 주행행태는 달라질 수 있다. 또한, 실제 도로에 결빙이 발생하면 마찰계수에 의해 감속 감도가 달라지는데 이를 현실성 있게 반영하는데 주행 시뮬레이터의 기술적 한계가 있었다. 마지막으로 본 연구에서 나타난 주행행태 및 시각행태 분석결과는 주행 시뮬레이터를 통해 도출된 결과로 이는 상대적 차이에 의한 결과라는 점에서 한계가 있다. 이에 향후 연구에서는 다양한 도로교통 환경을 구현하여 운전자 측면에서 나타나는 행태를 다양하게 분석할 필요가 있다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원 지원으로 수행되었음 (과제번호 19POQW-B152372-01)

REFERENCES

- Anantrasirichai N., Gilchrist I. D. and Bull D. R.(2016), “Fixation identification for low-sample-rate mobile eye trackers,” *2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*.
- Babić D., Babić D., Cajner H., Sruk A. and Fiočić M.(2020), “Effect of Road Markings and Traffic Signs Presence on Young Driver Stress Level, Eye Movement and Behaviour in Night-Time Conditions: A Driving Simulator Study,” *Safety*, vol. 6, no. 2, 24.
- De Oña J., Garach L., Calvo F. and García-Muñoz T.(2014), “Relationship between Predicted Speed Reduction on Horizontal Curves and Safety on Two-Lane Rural Roads in Spain,” *Journal of Transportation Engineering*, vol. 140, no. 3, 04013015.
- Edquist J., Horberry T., Hosking S. and Johnston I.(2011), “Effects of advertising billboards during simulated driving,” *Applied Ergonomics*, vol. 42, no. 4, pp.619-626.
- Gilland J.(2008), *Driving, eye-tracking and visual entropy: Exploration of age and task effects*, University of South Dakota.
- Horberry T., Anderson J. and Regan M. A.(2006), “The possible safety benefits of enhanced road

- markings: A driving simulator evaluation,” *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 9, no. 1, pp.77-87.
- Hwang S. C., Lee D. M., Jung Y. J. and Kim J. G.(2019), “Introduction of facility combinations and experimental methods for the development of products for external stimulation-sensitive road traffic safety facilities,” *Korean ITS Society Academic Conference*, pp.605-605.
- Joseph D. D. S.(2000), “Identifying Fixations and Saccades in Eye-Tracking Protocols Dario D. Salvucci Joseph H. Goldberg Nissan Cambridge Basic Research Dept. of Industrial and Manufacturing Engineering Four Cambridge Center Pennsylvania State University,” *In Proceedings: Eye Tracking Research & Applications Symposium 2000: Palm Gardens, Association for Computing Machinery (ACM)*, FL: November 6-8, p.71.
- Lee C., Hellinga B. and Saccomanno F.(2004), “Assessing Safety Benefits of Variable Speed Limits,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1897, no. 1, pp.183-190.
- Lee D. W. and Yeo W. W.(2008), “Measures to improve traffic safety facilities on urban highways,” *Korean Transportation Association*, vol. 34, pp.332-341.
- Lee H. S.(2005), “Analyses on sunshine influence and surface freezing section of road using GIS,” *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, vol. 23, no. 3, pp.293-301.
- Lim S., Choi J. and Oah S.(2020), “Effects of Gateway on Reducing Vehicle Speeds in School Zones,” *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 38, no. 2, pp.85-96.
- Lu Y. and Higgins-Luthman M. J.(2008), *Black ice detection and warning system*, U.S. Patent Application No. 11/948,086.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2018), *Real time visualization of road condition. Vulnerability of road networks. driving safety*, Retrieved from <https://scienceon.kisti.re.kr/commons/util/originalView.do?cn=TRKO201900001549&dbt=TRKO&rn=>
- Munehiro K., Tokunaga R. A., Asano M. and Hagiwara T.(2005), “Effect of Time and Foggy Conditions on Subjective Visibility,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1911, no. 1, pp.85-104.
- Park G. Y., Lee S. H., Kim E. J. and Yun B. Y.(2017), “A Case Study on Meteorological Analysis of Freezing Rain and Black Ice Formation on the Load at Winter,” *Journal of Environmental Science International*, vol. 26, no. 7, pp.827-836.
- Park J. J., Seo I. K. and Park J. H.(2016), “Analysis of the effect of lane guidance lines using road driving simulators and calculation of appropriate installation length,” *Journal of the Korean Transportation Association*, pp.238-241.
- Park J. S.(2018), “Analysis of the driver’s gaze characteristics and advertising attitude of outdoor advertisements in free display areas,” *Korea Out of Home Advertising Center report 2018*, pp.3-9.
- Peng H., Li B., He D. and Wang J.(2019), “Identification of fixations, saccades and smooth pursuits based on segmentation and clustering,” *Intelligent Data Analysis*, vol. 23, no. 5, pp.1041-1054.
- Salvucci D. D. and Liu A.(2002), “The time course of a lane change: Driver control and eye-movement behavior,” *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*,

vol. 5, no. 2, pp.123-132.

Samsung Traffic Safety Research Institute(2016), *Analysis of the Relationship between Regional Climate Changes and Traffic Accidents*.

Stavrinos D., Mosley P. R., Wittig S. M., Johnson H. D., Decker J. S., Sisiopiku V. P. and Welburn S. C.(2016), "Visual behavior differences in drivers across the lifespan: A digital billboard simulator study," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 41, pp.19-28.

Steil J., Huang M. X. and Bulling A.(2018), "Fixation detection for head-mounted eye tracking based on visual similarity of gaze targets," *Proceedings of the 2018 ACM Symposium on Eye Tracking Research & Applications*.

Troiano A., Pasero E. and Mesin L.(2011), "Detection of ice formation over a road surface," *In Proceedings of International Conference on Sensor Device Technologies and Applications (SENSORDEVICES)*, Nice/Saint Laurent du Var, France, August, pp.21-27.

Veneri G., Piu P., Federighi P., Rosini F., Federico A. and Rufa A.(2010), "Eye fixations identification based on statistical analysis-Case study," *2010 2nd International Workshop on Cognitive Information Processing*.