주행 중 운전자의 교통안전표지 및 노면표시 인식도 분석

임채홍¹ · 신소명^{2*} · 김도훈¹ · 임준범³ · 김동기²

¹서울시립대학교 교통공학과 박사수료, ²서울시립대학교 교통공학과 박사과정,

³한국교통안전공단 교통안전연구처 선임연구원

Analysis of Driver Awareness of Traffic Control Signs and Road Markings During Driving

LIM, Chaehong¹ · SHIN, Somyoung^{2*} · KIM, Dohoon¹ · LIM, Joonbum³ · KIM, Dongkey²

¹Ph.D. Candidate, Senior Professional, Department of Transportation, University of Seoul, Seoul 02504, Korea

²Ph.D. Course, Department of Transportation, University of Seoul, Seoul 02504, Korea

³Senior Researcher, Transport Safety Research Office, Korea Transportation Safety Authority, Gyeongsangbuk-do 39660, Korea

*Corresponding author: ssm0503@naver.com

Abstract

The traffic safety signs of the city are, under the Road Traffic Act, are mostly installed on the roadside, however they have been likely to be unrecognized due to roadside trees and other facilities. The parallel installation of road markings and traffic safety signs or preferential installation of road markings may be a solution to this problem, however this cause problem because priorities in the effectiveness of road markings and traffic safety signs are legally clear. The purpose of this study was, therefore, to analyzes the gaze time and compliance rate for each installation method by using eye tracking for speed limit, slow speed, no-entry, and stop among regulatory signs for the two-way and four-lane roads in the city and to analyze the visual gaze rate using Visual Attention Service (VAS). The results showed that the parallel installation of the traffic safety sign and road marking increased the gaze time and the gaze rate and level were higher in road marking than those in column- or arch-attached signs. The results of this study are expected to be used as a fundamental data in determining policies such as amendment of standard about traffic safety sign and road markings in city.

Keywords: eye tracking, perception, road marking, traffic safety facilities, urban road

초록

도로교통법에 의거하여 도시부의 교통안전표지는 대부분 도로변에 설치되고 있으나, 가로수 및 타 시설물에 의하여 인지가 어려운 경우가 발생하고 있다. 노면표시 병설 또는 우선설치에 대한 해결방안이 될 수 있으나 교통안전표지와 노면표시는 법적 효력에 대한 순위가 뚜렷하여 문제제기가 될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 도시부 양방향 2차로 도로 및 4차로 도로를 대상으로 규제표지 중 속도제한, 서행, 진입금지, 일시정지에 대해 Eye tracking을 활용하여 설치방법별 주시시간, 준수율 등을 분석하고, VAS(Visual Attention Service)를 활용하여 시선 주시도를 분석하였다. 분석 결과 교통안전표지와 노면표시 병설시 주시시간이 증가하며, 노면표

J. Korean Soc. Transp.
Vol.38, No.4, pp.281-291, August 2020
<https://doi.org/10.7470/jkst.2020.38.4.281>

pISSN : 1229-1366
eISSN : 2234-4217

ARTICLE HISTORY

Received: 28 April 2020

Revised: 11 June 2020

Accepted: 8 July 2020

Copyright ©
Korean Society of Transportation

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

시는 측주식과 문형식 표지판보다 주시율 및 주시도가 높게 분석되었다. 본 연구는 도시부 도로에서 교통안전표지 및 노면표시의 운영기준 개정 등 정책 결정에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

주요어: 인식도, 노면표시, 교통안전시설물, 가상주행시뮬레이션, 도시부도로

서론

1. 연구배경 및 목적

현재 도로에서는 도로교통법 및 설치관리 매뉴얼에 의거하여 차량의 통행 안내·규제·지시·주의를 위해 대부분 도로변에 정주식, 측주식 및 부착식으로 교통안전표지를 설치하고 있다. 그러나 도시부의 도로변은 가로수 및 타 시설물에 의하여 교통안전표지의 인지가 어려운 경우가 종종 발생하고 있으며, 교통안전표지가 많이 설치될수록 운전자의 시인율이 감소(Park et al., 2009)하여 필요한 정보 전달이 제대로 이루어지지 않을 수 있다.

노면표시 병설 또는 우선설치가 이에 대한 해결방안이 될 수 있으나, 도로교통법상 노면표시는 교통안전표지의 보조개념 정도로만 규정되고 있으며 교통안전표지를 보완하여 도로이용자에게 규제 또는 지시의 정보를 전달하고 있어 중요하게 인식되지 않을 수 있으며, 교통안전표지와 노면표시는 법적 효력에 대한 순위가 뚜렷하여 노면표시 병설설치 또는 우선설치의 실효성은 문제제기가 될 수 있다.

이에 본 연구에서는 Eye tracking 기술 및 VAS(Visual Attention Service)를 활용하여 교통안전표지와 노면표시에 따른 운전자의 행태변화 및 시선 주시도를 분석하여 교통안전도를 제고하기 위한 교통안전표지 및 노면표시의 운영기준을 제시하고자 한다.

2. 연구범위

본 연구는 도로교통법에서 지정하는 교통안전시설물 중 교통안전표지와 노면표시를 대상으로 하였으며, 도로교통법 상 같은 의미를 갖는 규제내용에 대해 교통안전표지만 설치하거나 노면표시만 설치하는 지점은 존재하지 않기에 직접적인 비교가 불가능하였다. 따라서 본 연구에서는 교통안전표지만 설치한 지점과 교통안전표지와 노면표시를 함께 설치한 지점을 주된 연구범위로 선정하였으며, 운전자의 행태변화를 명확히 분석할 수 있도록 교통안전표지 종류 중 강제성이 있고 준수 여부 관측이 쉬운 규제표지를 대상으로 분석을 수행하였다.

3. 연구방법

본 연구는 도시부 도로 중 양방향 2차로와 4차로 도로를 대상으로 가상주행 시뮬레이션을 사용하여 진행하였다. 가상주행 시뮬레이션은 다양한 환경을 조성할 수 있으며 외부 요인으로부터 피실험자의 안전을 확보할 수 있고 다양한 수행지표의 측정이 가능하기 때문이다.

연구는 선행연구고찰, 현장조사를 바탕으로 한 시설물 설치기준 불만족 및 운전자 인지영향 여부 조사, 가상주행 시뮬레이션 실험, 분석결과, 결론으로 구성된다. 선행연구고찰에서는 기존의 설치 지침 등을 검토하여 실험 방법 및 시나리오를 수립하였으며, 현장조사를 바탕으로 실험 구간 및 맵을 구축하고, 도로유형 및 표지 종류에 따른 운전자 시선, 주행속도 등 운전행태 등을 분석하였다. 또한 연구의 신뢰도를 향상시키기 위하여 시선주시도를 상대적으로 비교·분석을 진행하였다.

선행연구고찰

본 연구의 목적은 가상주행시뮬레이터를 이용하여 교통안전표지와 노면표시의 시인성 및 준수도 등을 분석하여 교통안전도를 향상시킬 수 있는 교통안전표지와 노면표시의 운영기준을 수립하는 것으로, 교통안전표지 및 노면표시의 설치 지침과 교통안전표지 및 노면표시의 시인성 연구를 중심으로 관련 문헌 고찰을 수행하였다.

1. 교통안전표지 및 노면표시 설치 지침 관련

Korean National Police Agency(2011, 2012)에 따르면, 교통안전표지는 도로이용자에게 교통안전과 원활한 소통을 도모하고, 도로구조와 도로시설물을 보호하기 위해 필요한 각종 정보를 제공하는 것을 목적으로 하며, 단독으로 설치되거나 노면표시 및 신호기와 유기적 또는 보완적으로 결합하여 설치된다.

또한, 교통안전표지는 제공하는 정보에 따라 주의, 규제, 지시 및 보조표지로 구분하며, 도로교통법과 도로교통법 시행규칙에 따라 설치한다. 그러나 특별히 정해진 기준이 없는 경우에는 전문가의 공학적 판단에 의하여 설계 및 제작하여 설치하도록 되어 있다.

노면표시는 비, 눈, 먼지 등에 의한 시인성 제한과 과적차량 등에 의한 내구성의 영향을 받을 수 있기 때문에 교통안전표지와 같은 교통안전시설물과 유기적 결합을 통한 설치를 원칙으로 하고 있다. 다만, 도로교통법에 의하여 교통안전표지 및 노면표시 모두를 규정하고 있는 경우에는 모두 설치하거나 하나만 설치하며, 하나만 규정하고 있는 경우에는 어느 하나만 설치하여도 된다. 세부적으로 살펴보면 국내는 차선을 제외하고는 규제표시의 대부분은 교통안전표지를 우선적으로 설치하며, 노면표시를 병설로 설치하도록 되어있다(Table 1).

Table 1. The relationship between traffic safety signs and road markings

Type of road markings	Traffic sign with road marking	Only toad marking	Preferred road marking & traffic sign	Preferred traffic sign & road marking
Regulation	U-turn, Bus only lanes, Buffer zone	Center line, Lane, Edge of through lane, No passing lane, No parking zone, Obstruction	No parking, No parking/stopping	No right turn, No left turn, No straight through, No turns, No U-turn, Speed limit, Slow marking, Zig-zag line marking, Stop, Yield, Yield lines for roundabouts,
Indication	Crosswalk marking, Bicycle crossings, School zone, Permissive left turn	Parking zone, Guidance lane marking, Guidance, Directions	Direction, Lane changing, Climbing lane	-

2. 교통안전표지 및 노면표시 관련 연구

Tak and Shin(2012)은 선진 교통문화 정착과 연관성이 높고 일반시민들의 인지도가 상대적으로 낮을 것으로 판단되는 10개의 노면표시에 대하여 설문조사를 통해 인지도를 조사한 결과, 이용자의 특성에 따라 인지도는 차이가 없는 것으로 분석되었으며 전반적인 노면표시 인지도 향상에 대한 개선이 필요하다고 분석하였다.

Park et al.(2009)은 교통안전표지를 대상으로 도로환경의 복잡도(정보의 수) 및 교통안전표지의 형태에 따른 안전표지의 시인성 및 판독성 변화를 분석하였다. 분석 결과로는 도로환경이 복잡할수록 교통안전표지를 인지하는 정도인 시인율이 감소하며 복잡도가 일정 수준 이상이 되면 인지율 차이는 크게 발생하지 않는 것으로 나타났으며, 교통안전표지 형태가 삼각형 및 역삼각형인 경우 사각형과 원형인 표지에 비하여 교통안전표지의 뜻을 판단하는 판독

율이 낮고 동화현상 및 대비현상으로 인하여 원형, 삼각형, 역삼각형, 사각형 순으로 시인율이 감소하는 것으로 나타났다.

Shin(2013)은 도로이용자들에게 설문조사를 통해 노면표시의 이해도를 추정하고, 이해도 차이의 유의성을 로지스틱 회귀모형을 이용하여 분석한 결과, 분석 대상인 10개의 노면표시에 대한 평균 이해도는 57.41%로 비교적 낮게 나타났고, 양보표시의 이해도가 25.88%로 가장 낮았으며, 횡단보도 예고표시의 이해도는 91.18%로 가장 높게 나타났다. 또한 노면표시의 이해도는 운전면허 정지 및 취소자와 같은 이용자 그룹에 따라 유의한 영향을 받으나, 일반적인 이용자 특성(성별 및 운전경력)에 따라서는 크게 다르지 않은 것으로 나타났다.

Dougald(2010)는 미국 버지니아 지역에 설치된 지그재그 노면표시의 설치효과를 분석하기 위하여 이해도 조사 및 설치 전·후의 속도변화를 분석하였다. 분석 결과, 통행속도를 감소시키는 효과는 있었으나 응답자의 9%만이 지그재그 노면표시를 이해하고 있는 것으로 나타났다.

3. 가상주행시뮬레이터 활용 연구

Park et al.(2017)은 피실험자 30명을 대상으로 시선유도시설이 설치된 구간의 전·후 300m간의 주행속도 및 감속시점을 분석하여 시선유도시설의 효과를 연구하였다. 분석결과, 곡선반경 1,000m 이하인 좌곡선 구간에서는 갈매기표지가 시선유도시설보다 안정적인 감속을 유도하는 것으로 나타났으며, 뇌파 중 편안함을 의미하는 RFA(Relative Fast Alpha)파를 분석한 결과, 곡선방향 및 곡선반경과 상관없이 갈매기표지가 델리네이터에 보다 우수한 주행안전성을 제공하는 것으로 나타났다.

Kang and Salah(2018)는 피실험자 42명을 대상으로 운전자에게 교통안전정보를 제공하는 교통안전표지에 대해 청각 경보음의 존재여부에 따른 인식률을 비교하였다. 실험은 운전자 행동에 대하여 외부 영향을 배제하기 위하여 맑은 날로 하였으며 교통량은 LOS B로 하였다. 이상치를 제거하고 31명을 분석한 결과, 청각 경보음을 사용할 때가 사용하지 않을 때에 비하여 운전자가 도로변에 위치한 표지판을 잘 준수하는 것으로 나타났다.

4. 연구의 차별성

선행연구고찰에서 확인할 수 있듯이 국내는 교통안전표지 및 노면표시에 대하여 매뉴얼을 통해 설치 방법 등을 제시하고 있으며, 노면표시 중 차선을 제외하고는 독립적으로 사용되지 못하고 교통안전표지와 병행하여 설치하도록 되어 있다. 또한 설문조사를 활용하여 교통안전표지 및 노면표시의 이해도, 판독성에 대하여 많은 연구가 수행되었으며, 가상주행시뮬레이터를 활용하여 시설물의 효과분석이 수행되었다. 본 연구는 시뮬레이터 및 Eye Tracking 기술을 활용해 교통안전표지 및 노면표시의 주시성을 분석하여 교통안전도를 향상시킬 수 있는 교통안전시설물의 운영기준을 수립하는 것에서 차별성이 존재한다. 또한 VAS(Visual Attention Software)를 활용하여 교통안전표지 및 노면표시에 대한 운전자의 시선주시도를 상대적으로 비교하여 결과에 대한 신뢰도를 향상시켰다.

시설물 설치기준 불만족 및 운전자 인지영향 여부 조사분석

규제에 대한 표지판 정보는 양방향 2차로도로와 양방향 4차로 이상 도로에서의 도로규격, 다른 정보의 과다 등으로 운전자에게 시각적으로 전달되는 정도가 다를 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 양방향 2차로 도로와 양방향 4차로 이상 도로를 구분하여 표지판과 노면표시의 설치 종류, 연장당 개수 등 현황을 파악하고, 표지판의 측방여유폭 기준 만족 여부, 설치높이 만족여부, 설치각도 만족여부 등 설치기준 적합여부 및 가로수나 광고판 등으로 시야 혼란 등 인지영향 여부를 조사·분석하였다.

효과적도 비교에 객관성을 향상시키기 위해 교통량, 도로기하구조 및 교통특성을 고려하여 대상지를 선정한 후 시설물 설치기준 불만족 여부를 분석한 결과(Table 2), 2018년 3월 기준으로 2차로에 설치된 표지판은 측방여유폭

설치기준 불만족 비율이 평균 38%, 설치높이 불만족 비율은 47%, 설치각도 불만족 비율은 28%로 나타났다. 4차로에 설치된 표지판은 측방여유폭 설치기준 불만족 비율이 평균 3%, 설치높이 불만족 비율은 47%, 설치각도 불만족 비율은 36%로 나타났다.

운전자 인지영향 여부 분석 결과, 2차로에 설치된 표지판은 훼손된 표지판은 없었으나, 가로수나 광고판 등으로 시야혼란을 주는 지점이 평균 30%로 나타났으며, 교통안전표지와 노면표시가 병설로 설치된 지점은 8%로 나타났다.

Table 2. Analysis result of dissatisfaction with traffic signs installation standard and impact of driver cognitive

Classification		Installation status			Impact of driver cognitive		
		Unsatisfactory rate of lateral width widening	Unsatisfactory rate of installation height	Unsatisfactory rate of installation degree	Damage rate	Confusion rate of sight	Installation rate both traffic signs and road markings
Two-lane roadway	Gangnam-gu office station - Hak-dong station (1km)	75%	75%	15%	0%	47%	17%
	Gangnam station Samsung town - Bang Bang intersection (1km)	0%	18%	40%	0%	13%	0%
	Average	38%	47%	28%	0%	30%	8%
Four-lane roadway	Imun-dong post office - Intersection in front of Hoegi station (1.6km)	5%	51%	36%	14%	48%	0%
	Dogok-dong rodeo - Kukkiwon intersection (0.93km)	0%	43%	36%	47%	0%	37%
	Average	3%	47%	36%	31%	24%	18%

실험설계

1. 실험대상 도로 선정 및 분석대상 표지설정

제한속도 30km/h인 도로는 양방향 2차로인 강남역 삼성타운-뽕뽕사거리, 50km/h인 도로는 양방향 4차로인 이문동 우체국-회기역 앞 교차로로 대상지를 선정하였으며, 분석 대상은 규제표시 중 준수율의 관측이 쉽고 대상지에 설치되어 있는 속도제한, 서행, 진입금지, 일시정지로 하였다.

2. 가상주행실험 맵 구축 및 시나리오 구성 세부내용

가상주행시 보는 화면은 컴퓨터 그래픽에 의해 표출되므로 표출되는 프레임에 따라 인지하는데 영향을 많이 받게 된다. 특히 주행과 같이 움직임이 있는 상황에서는 프레임에 따라 사물을 보고 형태를 인식하는데 현실보다 어려움이 발생하기 때문에, 운전자가 현실과 같이 인지할 수 있도록 하는 것이 중요한 사항이다. 이를 위해 본 연구에서는 실차주행시 표지판과 노면표시의 가독거리를 측정하고, 가상주행시 표지판과 노면표시의 가독거리를 측정하여 가상 주행시 가독거리가 실차 주행시 가독거리와 동일해지도록 표지판과 노면표시의 크기를 확대하였다.

교통안전표지와 노면표시의 영향만을 고려하기 위해 맑은 날, 주변 교통량은 LOS C로 맵을 구축하였으며 외생 변수 영향을 배제하기 위하여 실험구간은 50km/h급 일반도로와 30km/h급 생활도로 2가지 주행환경을 연결하여 약 5km 도로에서 교통안전시설물의 설치현황을 예측할 수 없도록 일반도로와 생활도로를 번갈아 설계하였다. 또한 교통안전시설물 조합을 무작위로 설계한 총 10가지의 시나리오는 Figure 1과 같으며, 운전자가 쉬는 시간 없이 정해

진 코스대로 한번에 주행하도록 하였으며, 대상구간을 유사하게 구현하고 분석대상에 영향을 주는 요소인 과속방지턱, 무단횡단 보행자 등은 제외시켰다. 표지판은 2가지 방법인 교통안전표지만 단독으로 설치하는 방법과 노면표시와 병설로 설치하는 방법으로 속도제한 표지와 서행표지는 50km/h 도로에 설치하였으며 진입금지와 서행표지판은 30km/h에 설치함으로써, 운전자가 속도제한, 서행, 진입금지, 일시정지 표지에 대하여 교통안전표지만 단독으로 설치된 구간과 교통안전표지와 노면표시가 병설된 구간을 모두 주행하도록 하였다. 운전자가 주행하는 맵의 모습은 Figure 2와 같다.

Figure 1. Flow of scenario

Figure 2. Map screen of virtual driving experiment

교통안전표지와 노면표시간의 주시성을 수치화하여 비교분석하기 위하여 시선데이터, 주행기록 데이터 및 주시 시간과 준수율의 상관관계를 분석하였다. 그러나 주행기록데이터 분석의 경우 진입금지는 준수여부 또는 조작시점의 측정이 불가능하여 분석대상에서 제외하였다. 분석 시나리오는 Table 3과 같다.

Table 3. Analysis scenario

Classification	Comparative content	Content of traffic sign	Road type	Effectiveness	Scenario
Analysis of eye tracking data	Traffic signs – Road markings	Speed limit	50km/h	Gaze time, Recognition location, Recognition rate	1, 6
		Slow	50km/h	Gaze time, Recognition location, Recognition rate	2, 7
		Do not enter	30km/h	Gaze time, Recognition location, Recognition rate	3, 8
		Stop	30km/h	Gaze time, Recognition location, Recognition rate	5, 10
	Traffic signs only – Traffic safety signs with road markings	Speed limit	50km/h	Gaze time	1, 6
		Slow	50km/h, 30km/h	Gaze time	2, 7
		Do not enter	30km/h	Gaze time	3, 8
		Stop	30km/h	Gaze time	5, 10
	50km/h – 30km/h	Slow	50km/h, 30km/h	Gaze time	2, 4, 6, 9
Driving log data	Traffic signs only – Traffic safety signs with road markings	Speed limit	50km/h	Compliance rate, Control location	1, 6
		Slow	50km/h	Compliance rate, Control location	2, 7
		Stop	30km/h	Compliance rate, Control location	5, 10
	50km/h – 30km/h	Slow	50km/h, 30km/h	Compliance rate	2, 4, 6, 9
Correlation between the gaze time and recognition rate		Speed limit, Slow, Stop	50km/h, 30km/h	Installation method, Compliance rate	Whole scenarios except for ‘Do not enter’

실험결과

1. 실험개요

실험은 총 30명을 대상으로 하였으며, 운전자의 능력에 따른 편차를 최소화하기 위하여 운전경력 3년 이상, 무사고경력, 일주일에 2회 이상 운전하는 자로 하였으며, Eye tracking 장비로 동체움직임의 정확한 측정을 위하여 안경을 착용한 자는 제외하였다.

실험 진행시 같은 코스를 재실험할 경우 다른 운전자와의 공정성이 저하되기에 돌발상황 등이 발생한 경우는 분석에서 제외하였으며, 피실험자에게는 실험목적을 설명하지 않고 수행하였다.

2. 시선데이터 분석 결과

교통안전표지가 단독설치된 곳의 교통안전표지만의 주시시간과 병설 설치된 구간의 교통안전표지와 노면표시 주시시간의 합을 비교한 결과(Table 4), 노면표시를 병설 설치할 경우 운전자의 교통안전시설물 주시시간이 약 20배 증가하는 것으로 나타났다.

교통안전표지 단독 설치시와 노면표시 병설시의 교통안전시설물 주시시간의 중앙값에 차이가 있는지 검정을 하기 위하여 Paired t-test를 수행한 결과(N=30), 유의수준 95%에서 모든 표지에서 p-value 값이 0.05 이하로 나타나 중앙값의 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉, 교통안전표지 단독 설치시와 노면표시 병설시의 교통안전시설물 주시시간은 차이가 있는 것으로 판단된다.

Table 4. Statistical hypothesis test - gaze time between installation methods

	Classification	Average	Standard deviation	t	p-value
Speed limit	Only traffic sign	0.14	0.27	9.345	0.000
	Traffic safety signs with road marking	2.02	0.98		
Slow	Only traffic sign	0.03	0.10	-13.892	0.000
	Traffic safety signs with road marking	2.37	0.89		
Do not enter	Only traffic sign	0.05	0.09	12.711	0.000
	Traffic safety signs with road marking	2.77	1.17		
Stop	Only traffic sign	0.00	0.00	-10.354	0.000
	Traffic safety signs with road marking	2.12	1.12		

제한속도가 50km/h인 도로와 30km/h 도로의 교통안전시설물 주시시간을 비교한 결과(Table 5), 노면표시를 병설하여 설치한 경우 교통안전시설물의 주시시간이 높게 나타났다. 그러나 표지판만 설치한 도로의 경우 50km/h에서 주시시간이 높은 반면 노면표시와 병설하여 설치한 구간은 30km/h에서 약 1.6배 주시시간이 높게 나타났다.

제한속도에 따라 교통안전시설물의 주시시간의 중앙값에 차이가 있는지 검정을 하기 위하여 Paired t-test를 수행한 결과(N=30), 유의수준 95%에서 p-value 값이 0.05 초과로 나타나 중앙값의 차이는 없는 것으로 나타났다. 즉, 제한속도 50km/h 도로와 30km/h 도로 간의 주시시간은 차이가 없는 것으로 판단된다.

Table 5. Statistical hypothesis test - gaze time between road type

	Classification	Average	Standard deviation	t	p-value
Only traffic sign	50km/h	0.03	0.10	1.439	0.161
	30km/h	0.00	0.00		
Traffic sign with road marking	50km/h	0.09	0.21	-1.115	0.274
	30km/h	0.14	0.23		

3. 주행기록데이터 분석 결과

표지판이 단독으로 설치된 경우와 노면표시가 병설된 경우의 준수율을 분석한 결과(Table 6), 속도제한은 0.00%에서 10.00%로, 서행은 16.67%에서 20.00%로, 일시정지는 3.33%에서 13.33%로 증가한 것으로 나타났다.

표지판이 단독으로 설치시와 노면표시 병설시의 준수율의 중앙값에 차이가 있는지 검정을 하기 위하여 Paired t-test를 수행한 결과(N=30), 유의수준 95%에서 모든 표지에서 p-value 값이 0.05를 초과하는 것으로 나타나 중앙값의 차이가 없는 것으로 나타났다. 즉, 교통안전표지 단독 설치시와 노면표시 병설시의 준수율은 차이가 없는 것으로 판단된다.

시선데이터 분석에서 노면표시를 병설하면 주시시간이 표지판 단독 설치시 보다 증가하나 준수율의 차이가 없는 것으로 보아 주시시간이 준수율에 미치는 영향이 적다고 판단할 수 있다.

Table 6. Statistical hypothesis test - compliance rate by traffic safety facilities

	Classification	Average	Standard deviation	t	p-value
Speed limit	Only traffic sign	0.00	0.00	-1.795	0.083
	Signs with road marking	0.10	0.31		
Slow	Only traffic sign	0.17	0.38	-0.328	0.745
	Signs with road marking	0.20	0.41		
Stop	Only traffic sign	0.03	0.18	-1.361	0.184
	Signs with road marking	0.13	0.35		

4. 시선 주시도 영상분석 결과

특정 대상에 대해 주시시간의 경과에 따라 획득되는 정보에는 차이가 있으므로(Choi and Kim, 2012), 운전자의 교통정보취득은 시선주시도와 밀접한 관계가 있다. 즉, 시선이 사물에 오래 머무를수록 해당 사물의 정보를 정확히 취득할 수 있다. 따라서 알고리즘을 통해 운전자의 시선주시도를 정량화된 수치로 제시할 수 있는 VAS(Visual Attention Service)를 사용하여 교통안전표지 형태 및 노면표시와의 병설여부에 대해 주시도를 비교·분석하였다.

VAS를 활용하여 측주식과 문형식 표지판 및 노면표시에 대한 운전자의 시선주시도를 상대적으로 비교·분석한 결과(Table 7), 동일한 분석조건 하에서 노면표시는 측주식과 문형식 표지판보다 높은 주시율 및 시선유도율을 나타냈으며, 주시순서에서도 1순위에 위치하여 운전자가 주행 중 주시도가 매우 높은 것으로 나타났다.

문형식 표지판은 노면표시 대비 상대적으로 낮은 주시율과 시선유도율을 나타냈었으나, 운전자 시야 내 73%의 주시율과 주시순서에서도 2순위로 나타나 주행시 운전자가 충분히 인식할 수 있는 범위에 포함된다. 반면 측주식 표지판의 주시율은 노면표시와 문형식 표지판에 비하여 매우 낮게 나타났다.

Table 7. Analysis result of VAS (Visual Attention Service)

Classification	Side traffic signs with road marking	Traffic sign only on the side of the road	Road marking only	Bridge type traffic sign only
Gaze rate	Road marking: 78% Traffic sign: -	Traffic sign: -	Road marking: 75%	Traffic sign: 73%
Gaze sequence	Road marking → Pedestrian → Other facilities	Other facilities → Pedestrian → Other facilities	Road marking → Pedestrian → Other facilities	Other facilities → Traffic sign → Other facilities
Gaze attention (Heatmap)*	Road marking: Red Traffic sign: Blue	Traffic sign: Blue	Road marking: Red	Traffic sign: Red

*The color of gaze attention is as follows.

Red: 70% to 99%, Yellow: 40% to 70%, Blue: 0% to 40%

결론

규제정보는 도로규격, 다른 정보의 과다 등으로 운전자에게 시각적으로 전달되는 정보가 다를 것으로 판단되어 양방향 2차로 도로와 양방향 4차로 이상 도로를 구분하여 표지판의 설치기준 적합여부 및 운전자 인지영향 여부를 분석하였다. 분석 결과, 양방향 2차로도로는 4차로에 비하여 측방여유폭 불만족 비율이 높은 것으로 나타났으며 2차로는 가로수나 광고판 등으로 시야혼란을 주는 지점이 평균 30%로 4차로에 비하여 많으나, 교통안전표지와 표지판을 병설로 설치한 지점이 8%로 다소 적어 표지판이 훼손되거나 시야혼란이 있는 지점에서 노면표시가 병설 설치되어 있지 않은 곳이 많아 운전자가 정보를 얻기가 어려운 것으로 분석되었다.

30명을 대상으로 진행된 가상주행 시뮬레이션의 시선데이터 및 주행기록 데이터를 기반으로 도로유형별 교통안전표지와 노면표시 규제정보에 따른 주시성, 주시시간, 준수율 등을 비교·분석하였다.

시선데이터 분석 결과 노면표시를 병설 설치할 경우 운전자의 교통안전시설물 주시시간이 약 20배 증가하는 것으로 나타났으며, 분석결과에 대한 통계적 검증을 수행한 결과 교통안전표지 단독 설치시와 노면표시 병설시의 교통안전시설물 주시시간은 차이가 있는 것으로 나타났다. 제한속도 50km/h인 도로와 30km/h인 도로의 교통안전시설물 주시시간을 비교한 결과 표지판만 설치한 도로에서는 50km/h에서 주시시간이 많게 나타난 반면 노면표시와 병설하여 설치한 구간은 30km/h에서 약 1.6배 주시시간이 많게 나타났다. 분석결과에 대한 통계적 검증을 수행한 결과 30km/h와 50km/h 도로 간의 주시시간은 차이가 없는 것으로 나타났다.

주행기록데이터 분석 결과 노면표시가 병설 설치될 경우 표지판이 단독으로 설치되었을 때에 비하여 속도제한, 서행 및 일시정지의 준수율이 증가한 것으로 나타났으나, 분석결과에 대한 통계적 검증을 수행한 결과 교통안전표

지 단독 설치시와 노면표시 병설시의 준수율은 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 준수율은 교통안전시설물의 인식도 및 주시시간과는 별개로 운전자의 준수인식이 가장 큰 영향을 미치기 때문이라고 판단된다. 그러나 속도제한, 서행 및 일시정지의 준수율은 각각 0.00%에서 10.00%, 16.67%에서 20.00% 및 3.33%에서 13.33%로 높아졌기에 노면표시 병설이 준수율에 효과가 있다고 판단할 수 있다.

VAS를 활용한 시선 주시도 영상분석 결과 노면표시는 측주식과 문형식 표지판보다 높은 주시율 및 주시도를 보였으며, 운전자의 주시순서에서도 1순위에 위치하는 것으로 나타났다. 반면 측주식 표지판은 노면표시와 문형식 표지판에 비하여 매우 낮게 나타났는데 이는 도로변에 위치하여 운전자의 시야 중심에서 벗어날 뿐만 아니라 지주와 가로수 등 기타 시설물 및 보행자 등에 시야가 분산되어 주시율이 저하되는 것으로 판단된다.

즉, 교통안전표지와 노면표시를 병설로 설치할 경우 주시시간이 증가하므로 운전자의 교통정보 취득이 증가하여 교통안전도를 향상시킬 수 있다고 판단할 수 있다. 특히 노면표시는 교통안전표지에 비하여 높은 주시율과 시선유도율을 보이며, 주시순서에서도 1순위로 주행 중 주시도가 매우 높아 운전자에게 주행 중 필요한 정보를 효과적으로 제공할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 설치기준 적합여부가 다소 낮으며, 가로수 등에 의해 교통안전표지의 인식이 어려운 양방향 2차로 도로에서부터 점진적으로 노면표시가 우선적으로 설치할 수 있어 더 많은 노면표시가 설치될 경우 교통안전도가 향상될 수 있을 것으로 판단된다.

한계점

본 연구에서는 다음과 같은 한계점을 갖는다. 첫째, 본 연구는 실제 도로에 설치되어 있는 시설물의 현황을 바탕으로 진행하였기에 교통안전표지와 노면표시 각각 설치시의 주시시간, 준수율 등은 분석할 수 없기에 교통안전표지와 노면표시 각각에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

둘째, 양방향 2차로와 4차로에 도로에 일부 규제표지만을 대상으로 하여, 모든 도로 및 시설물을 포함할 수 없기에 다양한 도로유형별 제한속도, 시설물 등에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한 국내는 차선을 제외하고 규제표지의 대부분은 교통안전표지를 우선적으로 설치하며 노면표시를 병설로 설치하도록 되어 있기에 이에 대한 법제도 개선이 필요할 것으로 판단된다.

셋째, 본 연구에서는 시선 주시도를 VAS라는 프로그램으로 분석한 것이며 차량이 없는 도로만을 분석한 것으로 차량이 주행 중인 도로에서 실제 운전자의 시선을 바탕으로 연구가 필요할 것으로 판단된다.

Funding

This work is supported by Smart City R&D project of the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (KAIA) grant funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (Grant 20NSPS-B154476-03).

ORCID

LIM, Chaehong <http://orcid.org/0000-0001-7462-8691>

SHIN, Somyoung <http://orcid.org/0000-0002-0888-2349>

KIM, Dohoon <http://orcid.org/0000-0002-0273-2219>

LIM, Joonbum <http://orcid.org/0000-0003-1515-6705>

KIM, Dongkey <http://orcid.org/0000-0003-2485-5209>

References

- Choi G. Y., Kim J. H. (2012), Study on the Change of Observation Degree by the Passage of Observation Time, *Journal of Basic Design & Art*, 13(1), 499-510.
- Dougald L. E. (2010), *Best Practices in Traffic Operation and Safety : Phase II : Zig-zag Pavement Markings*, Virginia Transportation Research Council Research Report, FHWA/VTRC 11-R9.
- Kang M. W., Salah U. M. (2018), Assessment of Driver Compliance on Roadside Safety Signs with Auditory Warning Sounds Generated from Pavement Surface: A Driving Simulator Study, *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 5(1), 1-13.
- Korean National Police Agency (2011), *Traffic Signs Setting & Management Manual*.
- Korean National Police Agency (2012), *Traffic Signal Setting & Management Manual*.
- Park J. J., Kim D. N., Park Y. J., Song W. C. (2017), Evaluation of Effectiveness on Delineation System Using Virtual Driving Simulator, *International Journal of Highway Engineering*, 19(5), 163-171.
- Park W. K., Kim H. J., Paik J. K. (2009), A Study on the Visibility and Legibility of Traffic Safety Signs to the Complexity of Road Environments, Shape and Contents of Traffic Safety Signs, *Journal of Integrated Design Research*, 8(1), 97-112.
- Shin K. W. (2013), Drivers' Understanding of Traffic Pavement Markings, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 33(2), 711-718.
- Tak J. H., Shin K. W. (2012), A Recognition Analysis of Pavement Markings, *The 66th Conference of KST, Korean Society of Transportation*, 468-473.