

곡선반경 유형에 따른 운전자 시선허성분석

송병근 · 임준범[†] · 이수범 · 박진호

서울시립대학교 교통공학과

(2012. 1. 13. 접수 / 2012. 4. 3. 채택)

A Study on the Analysis of Driver's Visual Behavior Characteristics according to the Type of Curve Radius

Byung-Kun Song · Joon-Bum Lim[†] · Soo-Beom Lee · Jin-Ho Park

Department of Transportation Engineering, University of Seoul

(Received January 13, 2012 / Accepted April 3, 2012)

Abstract : Understanding driver's characteristic of visual activity is important process because driver depends on a visual signal more than 90% for getting outside information needed to drive, thus a series of driving, including perception, judgement, and activity, is completed. This study analyzes quantified driver's sight range in curved section where recognition of various information is critical due to biggest speed change among sections. Simulation is utilized for this study because of safety problem on field experiment and difficulties in using equipment. Building 6 roads that have different in curve radius by virtual driving map, experiment is carried out recruiting 30 people. Through analytical researches, it shows that drivers keep an eye on direction of driving, and driver's visual range is narrowed on left curve than right curve, and the more curve radius become small, the more drivers see in narrow angle.

Key Words : type of curve radius, visual behavior characteristics, driving simulator, eye camera

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

운전에 필요한 외부 정보는 90% 이상을 운전자의 시각에 의존하고 운전자의 시각 활동과 이에 따른 인지, 판단, 행동에 이르는 일련의 과정을 통하여 이루어짐으로 운전자의 시각 활동 특성을 파악하는 것은 매우 중요한 의미를 갖는다¹⁾. 곡선구간은 직선구간에 비해서 이러한 운전의 과정이 복잡하게 이루어지는 구간으로써, 어느구간보다 도로선형과 도로안전 시설물, 도로를 설명하는 표지판 등의 인지가 중요하다고 할 수 있다.

도로교통공단²⁾의 「2010년 교통사고 통계분석」에 따르면 직선부 구간에서는 전체 사고의 91.9%인 208,534건이 발생하였고, 곡선부 구간에서는 전체 사고의 7.2%인 16,334건이 발생하였다. 그러나 치사율

Table 1. Road type accident (2010)

도로 선형	발생건수		사망자수(명)			부상자수(명)	
	구성비 (%)		구성비 (%)	치사율	구성비 (%)		
총계	226,878	100.0	5,505	100.0	2.4	352,458	100.0
곡선부	16,334	7.2	1,100	20.0	6.7	26,636	7.6
직선부	208,534	91.9	4,383	79.6	2.1	323,108	91.7
기타	2,010	0.9	22	0.4	1.1	2,714	0.8

자료 : 도로교통공단 2010 교통사고 통계분석, 2011. pp. 157
치사율 = (사망자수/발생건수) * 100

측면에서 곡선부 구간은 직선부 구간에 비해 약 3배 높게 나타나고 있다.

이는 곡선부 구간에서 인지-판단-행동의 운전과정이 이상적으로 행해지지 않아 곡선반경에 맞는 주행속도를 내지 못하고 과속하여 도로를 이탈하거나 중앙선을 침범하여 사망으로 이어지는 경우가 많은 것으로 판단된다. 곡선부에서의 사망사고는 운전자가 곡선반경에 따라서 적절한 속도를 주행하지 못하면 발생하는 경우가 많은데, 적절한 속도를 판단하기 위해서는 도로선형, 시설물, 표지판 정보의 시

[†] To whom correspondence should be addressed.

t_safety@hanmail.net

각적 인지가 중요하다. 운전자의 시야범위는 주변 환경에 크게 좌우되나, 주위환경과 관계없이 곡선 자체가 가지는 시야적 범위가 곡선반경에 따라 다를 것으로 판단된다. 그리하여 본 연구의 목적은 도로 특성, 주변환경, 시설물 등의 영향을 배제한 곡선반경 유형에 따른 시야범위의 차이를 규명하는 것이다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

곡선부 구간에서 인적 요인과 관련된 연구는 실제 현장 실험 재현이 난해하고 막대한 예산과, 피실험자의 안전상에 부담을 주는 문제점이 있다.

이에 본 연구에서는 현장 실험 조성의 제약을 극복하기 위해 3차원 가상의 도로를 구축한 후 차량시뮬레이터와 Eye camera를 활용하여 곡선부 구간에서 나타나는 운전자들의 시각 특성을 분석하는데 목적이 있다.

2. 문헌고찰

2.1. 운전자 시선 행태에 관한 연구

이은경(2009)³⁾은 고속도로 IC 램프 유출구간에서 운전자의 시각 특성에 대한 연구를 수행 하였다. 본 연구에서는 IC연결로 유출구간에서 운전자 시각행태 변화가 운전자의 안전운전에 미치는 영향 정도를 파악하였다. 곡선구간에서는 직선구간에서의 활발

한 시각행태와는 달리 운전자의 시점이 구심방향으로 집중되는 현상이 나타나 도로·교통 상황을 충분히 파악하기에 부족한 행태를 나타내고 있었으며, 직선구간에 비해 상대적으로 위축된 시각 활동을 나타내는 현상을 확인하였다. 이런 결과를 바탕으로 곡선구간에서 운전자 주의를 환기시키거나 차량 궤적 이탈 등 안전상 문제를 해결하기 위해 장기적인 관점에서 교통안전 시설물의 유의성을 평가하고, 적절한 설치기준을 제시하였다.

권성대 등(2011)⁴⁾은 교통안전을 고려한 곡선부 시선유도시설물을 제시하였다. 곡선부에 기설치 운영 중인 재귀반사식 시선유도시설과 도로안전을 향상시키기 위해 개발된 내부조명식 시선유도시설을 대상으로 설문조사와 주행실험을 실시하였다. 연구 결과 내부조명식 시선유도시설에서는 시인성, 속도감속 필요성, 안전성에 대한 효과가 큰 것으로 분석되었으며, 내부조명식 시선유도시설이 설치된 곡선부를 진입할 때 주행차량의 완만한 속도 감속으로 인해 주행안전성을 확보하는 것으로 분석 되었다. 즉, 곡선부에서는 재귀반사식 시선유도시설에 비해 내부조명식 시선유도시설이 운전자에게 도로선형에 대한 정보를 더욱 효과적으로 제공되는 것으로 나타났다.

김홍상(2002) 등⁵⁾은 교통안전 증진을 위한 국도 곡선부에서 운전자 시각행태에 대한 연구를 수행하였다. 본 연구에서는 교통사고 다발지점으로 지정되어 있는 국도 34호선(벽암리~입장면)을 대상으로 운전자의 시각행태와 시선유도 시설을 확인하는 시각적 일련의 과정을 파악하였다. 연구 결과 곡선구간에서 주된 시각행태가 진행방향의 내측에 집중되고 동체속도와 시선 활동이 직선구간에 비해 현저히 위축되는 것으로 나타났다.

Transportation Engineering, University of Wisconsin (1987)⁶⁾ 연구에서는 운전자의 광각 및 시각 능력에 대한 연구를 수행하였다. 운전자는 주행중 우측을 주시하다 좌측으로 주시 방향을 옮길 경우 약 0.5초에서 1.3초 걸리는 것으로 나타났고, 운전 중 속도계를 읽고 다시 전방으로 시선을 옮기는데 약 0.5~1.5초 소요되는 것으로 나타나 교통통제설비 및 설치장소 선정 시 이와 같은 시각 분석 결과를 반드시 고려하여야 한다고 제시하였다.

2.2. 운전자 인지곡선반경 산정에 관한 연구

Shaun Bidulka (2002) 등⁷⁾은 도로환경 구성에 따라 시각적 인지에 미치는 요인 분석을 위해 실제 도로

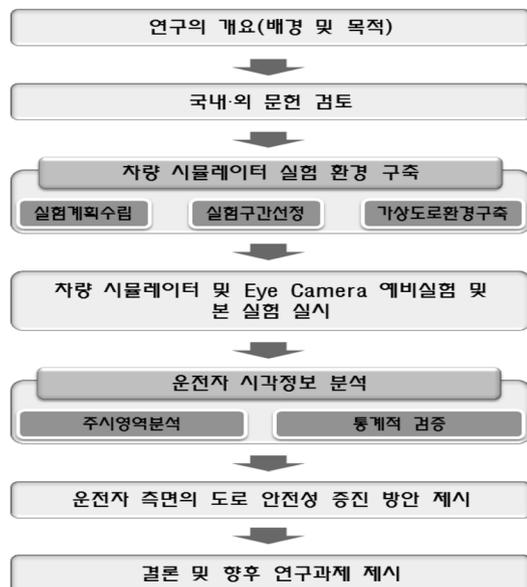


Fig. 1. Process of study.

와 유사하게 제작한 애니메이션을 이용하여 도로의 선형변화에 따른 운전자 인지 반응에 대한 연구를 수행하였다. “Phase I” 연구 방법은 Static Method와 Dynamic Method의 두 가지 방법으로 실시하여 도로 환경에 차이에 따른 인지반응을 알아보았다. 연구 결과 1) 인지곡선반경은 중단선형과의 결합에 의해 영향을 받고 2) 두 가지의 실험 방법에 따른 결과는 큰 차이가 없었으며, 3) 시거와 중단곡선 파라미터 (중단경사, 대수차, 중단곡선의 기울기)는 실험 결과에 영향이 있으며, 4) 편경사율, 평면곡선의 방향 운전자의 특성(나이, 성, 안경 착용 여부, 교육 수준) 등은 영향이 없는 것으로 나타났다. “Phase II” 연구에서는 “Phase I”의 실험 계획과 결과를 바탕으로 선형 변수에 대한 곡선 인지반경을 정량화 하여 회귀분석으로 결과를 제시하였다.

신재만(2010) 등⁸⁾은 시각왜곡현상에 대해 연구를 수행하였다. 시각왜곡현상은 도로의 직선구간과 연결되는 곡선구간에서 운전자가 주행 시 인지하는 곡선반경이 실제 곡선반경과 상이하게 나타남을 뜻한다. 연구에서 이론적 인지곡선반경 모형을 산출하여 한국건설기술연구원에서 제시한 경험적 인지곡선반경 모형식의 결과 값과 비교하였다. 연구결과 두 모형식 모두 실제 곡선반경보다 인지곡선반경이 작게 나타났고 이를 통해 시각왜곡도를 비교 분석하였다. 시각왜곡도가 1에 가까울수록 곡선부 시각왜곡도가 작고, 1보다 커지거나 작아져 1에서 멀어질수록 곡선부 시각왜곡도가 커진다고 제시하고 있다. 그 결과 시각왜곡도는 1보다 작은 값들로 나타나 운전자가 곡선반경을 실제보다 작게 인식하여 곡선부 진입 전 부적절한 감속으로 문제점이 발생할 수 있을 것이라고 제시하고 있다.

2.3. 차량시뮬레이터의 이용 사례

조준희(2008) 등⁹⁾에 따르면 1970년대부터 개발 적용되기 시작한 차량시뮬레이터는 기술의 비약적인 발전에 힘입어 고도의 현실감을 갖춘 대규모 시뮬레이터가 등장하고 있으며 지능형 교통시스템, 교통 안전 연구, 도로설계 등 다양한 분야에 응용이 되고 있다. 특히, 실제 도로에서의 주행실험을 통한 연구 결과를 비교, 검증해야 하나 피실험자의 안전과 도로교통 환경조건 때문에 제한된 조건에서의 실험만 가능하다. 현재, 이와 같은 한계성을 극복하기 위해 현실감이 크게 향상된 차량시뮬레이터를 활용하고 있다.

김종민(2008)¹⁰⁾은 도로교통 연구를 위한 도로주행 시뮬레이터는 다양한 도로시설 및 교통현상을 현실감 높게 재현하고 이에 대한 운전자의 행동을 관찰, 기록할 수 있어야 함을 제시하였다. 도로시설 평가에 도로주행 시뮬레이터를 활용하기 위해서는 충분한 검토가 이루어져야 하는데 연구 목적에 따라 도로시설의 인간요소를 검토하고 시뮬레이터에 재현 범위를 설정하고 활용해야 한다. 하지만 현재까지 도로시설의 인간요인을 재현하는 시스템에는 한계가 있기 때문에 추후 개발되는 도로주행 시뮬레이터는 도로시설의 인간요소를 정확히 파악하고 운전자의 운전행동을 분석할 수 있어야 한다.

2.3. 기존 연구와의 차별성

Table 2에서 볼 수 있듯이 기존의 가상실험을 통한 연구문헌은 정성적결과가 도출되어 시선의 범위를 파악하지 못하고 운전자의 주시 방향만 도출하였다. 그리고 정량적결과가 도출된 현장실험도 곡선반경 하나에 대해서만 시지각 분석을 하였다.

Table 2. Literature investigation result

연구자(연도)	분석대상	분석방법		연구 결과 형태	연구 결과 내용
		현장실험	가상실험		
이은경(2009)	고속도로 IC	○		정량적 결과 제시	운전자 시지각 변화 (주시영역분포, 동체변화속도)
권성대(2011)외 3명	곡선부 구간의 시선유도시설물	○		정성적 결과 제시	시선유도시설물간의 효과 비교
김홍상(2002)외 3명	국도 곡선부 구간	○		정량적 결과 제시	곡선반경(R=130,500) 차이에 따른 주간 및 야간의 시지각 차이(주시영역분포, 동체변화속도)
Shaun Bidulka(2002) 외 2명	곡선부 구간		○	정성적 결과 제시	곡선부 구간에서 인지반응에 미치는 영향 요인
University of Wisconsin(1987)	운전자의 시각능력	○		정량적 결과 제시	동체변화속도
신재만(2010)외 3명	지방부 2차로 도로 인지곡선반경		○	모형 정립	곡선부 구간의 특성을 고려한 인지곡선반경 선정

본 연구는 기존문헌 고찰을 통해 도로 외부 환경에 의해 시선변화가 발생 할 수 있는 요인을 배제하고, 다양한 곡선반경에서의 운전자 주시영역을 분석하고 정량적인 시선 범위에 대한 연구를 수행하였다.

3. 실험개요

3.1. 실험 장비 소개

3.1.1. Simulator

차량시뮬레이터는 안전한 실험실 내에서 위급상황까지 포함하는 다양한 주행상황을 반복적으로 재현 가능하며, 모든 실험자에게 같은 상황을 설정, 제공하여 운전 상황 변화에 따른 변수를 배제할 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서 주행실험을 위해 사용된 시뮬레이터는 I-drive 3ch 2엘 MF 품종으로서, 100% 실차부품을 이용한 1/4차량 형태로 구성되어 있다.

3.1.2. Eye camera(Face LAB)

곡선부에서 운전자 시각이 어떠한 형태로 변화하는가를 파악하기 위해 본 연구에서는 시각정보를



Fig. 2. Driving simulator.



Fig. 3. Eye camera setting.

획득 할 수 있는 장비로 Eye camera(Face LAB)를 이용하였다. Eye camera는 사람의 머리 움직임과 Gaze의 좌표값을 통해 위치 정보를 파악 할 수 있으며, 실험자 시선의 방향, 눈 깜박임 속도 및 지속시간 등의 측정이 가능하다. Eye camera는 기존의 시선 변화 측정 장비인 안구운동 측정 장치와 달리 별도의 헬멧이나 렌즈 등의 착용 없이 운전자의 시선 데이터를 취득할 수 있는 장점이 있다.

또한 Eye camera(FaceLAB)은 World-model 이라는 내부Tool을 이용하여 어떤 환경에서도 피실험자가 바라보는 곳을 좌표상 중심점으로 설정 할 수 있으며 본 연구에서 운전자가 시뮬레이터를 바라보고 있을 때의 Head point*를 X,Y좌표상 중심점으로 설정하였다.

3.2. 가상 주행 맵 구축

본 연구에서 가상 주행 맵을 구축하기 위해 사용한 UC-WinRoad 프로그램은 도로기하구조와 그 외 시설물들을 3-D 그래픽을 통해 표현 할 수 있다. 가상 주행 맵을 구축 할 때에는 도로기하구조, 중앙분리대와 노측 가드레일만 맵에 표현하여 구축했다. 그 이유는 이번 연구가 실제 도로를 평가하는 것이 아니라 곡선반경 차이에 따른 운전자의 시선 특성을 분석하는데 목적이 있기 때문이다. 도로상에 일정하게 분포되지 않은 도로 시설물들이 맵에 포함된다면 그 시설물로 인해 운전자의 시선 분포가 변하여 시선분포 결과를 다른 구간과 비교하는데 활용할 수 없다고 판단하였다.

3.2.1. 곡선반경 설정

설계도로는 국토해양부¹¹⁾의 『도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침』에서 제시하고 있는 설계속도별(80km/h) 최소 곡선반경을 기준으로 R=280, 500, 750, 1,000, 1,500, 2,000m 등 총 6개의

Table 3. Included road facilities in the virtual map

반영 가능 항목	반영여부
중앙분리대	반영
가드레일	반영
이정표	미반영
노면마킹	미반영
건물 및 식수대	미반영
주변 차량	미반영

* Head Point : Eye-Camera(FaceLAB)에서 피실험자의 양쪽 눈을 감지하여 미간에서 일직선으로 표현된 점

도로로 종단경사(0°), 모든 도로는 직선구간 - 곡선구간(우곡선) - 직선구간 - 곡선구간(좌곡선)으로 구축 하였으며 가장 작은 곡선반경인 R=280m은 국토해양부¹¹⁾ 『도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침』에서 제시하는 국토부 설계속도인 80km/h일 때 최소 곡선반경을 적용하였다.

3.2.2. 선형구성 및 길이 설정

가상의 맵은 하나의 곡선반경에 대하여 직선부, 좌곡선, 우곡선을 적용하였으며 직선 길이는 곡선부의 영향을 최대한 배제 할 수 있도록 1km를 설정하고 곡선반경에 따라서 곡선의 구간길이와 가상의 맵 전체 구간 길이가 다르게 제작하였다.

또한 선형 구성은 곡선과 직선의 복합적인 영향을 최대한 배제 하고 직선부, 곡선부의 특성을 정

확히 파악할 수 있도록 국토해양부¹¹⁾의 『도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침』에서 제시한 평면선형 설계의 방법 3가지 ‘1) 긴 직선-짧은 곡선에 의한 선형구성, 2) 긴 곡선- 짧은 직선에 의한 선형구성, 3) 연속적인 곡선에 의한 선형구성’ 중 1) 긴 직선-짧은 곡선에 의한 선형구성을 따랐으며 곡선부, 직선부와 전체 구간길이는 다음과 같다.

3.3. 실험 방법

3.3.1. 피실험자 구성

피실험자 구성은 운전경력, 성별, 연령, 사고경험을 고려하여 시각기능에 이상이 25세~30세 남성으로 구성하였다.

3.3.2. 자료 수집방법

실험은 전체 2cycle로 구성된다. 1cycle은 시뮬레이터 조작법에 익숙하지 않은 피실험자들이 적응을 할 수 있는 기간으로 설정하여 피실험자들이 6종류의 곡선반경(R=280, 500, 750, 1000, 1500, 2000m)에 해당하는 가상의 맵을 무작위로 2번씩 총 12번 주행하며 이때 Data는 분석에 사용하지 않는다. 2cycle은 Data를 획득하는 과정인데, 1cycle과 마찬가지로 1명의 피실험자에 대하여 6종류의 곡선반경(R=280, 500, 750, 1000, 1500, 2000m)에 따른 가상의 맵을 무작위로 3번씩 주행 하도록 하여 Data를 획득 하였다.

또한 본 실험은 순수 피실험자의 곡선반경에 따른 시선만을 추출하기 위한 실험으로써 Free-flow 상태에서 주행 하도록 하였으며 이에 따라 피실험자가 사이드 미러나 룸미러등 시뮬레이터 화면 이외의 대상을 주시하지 않고 정면만 주시하도록 교육을 실시하였다.

3.3.3. 실험 분석 방법

실험 실시 전 피실험자 시선의 거리가 기록되는 오차 범위를 줄이고 Head point가 경계선 밖으로 벗어나는 것을 방지하기 위해 Simulator 화면에 가상의 경계선을 설치하여 calibration을 실시하였다.

곡선부 구간 주행시 피실험자들의 시선 범위는 Eye camera(FaceLAB)에 표출되는 Gaze point와 Head point의 거리 차이를 이용, 피실험자들의 시선 범위를 산출 하였다.

피실험자 1명에 해당하는 결과 산출은 피실험자 1명당 3개의 실험 Data가 획득 되는데, 각각의 Data에 대하여 주시 영역 폭 및 시선 범위 분석 결과



Fig. 4. Experiment map construct.

Table 4. Section type and length

선형구분	곡선반경 단위 : m					
	280	500	750	1,000	1,500	2,000
(a) 직선	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
(b) 완화곡선	100	150	150	150	150	150
(c) 우곡선	208	345	510	731	944	1,120
(d) 완화곡선	100	150	150	150	150	150
(e) 직선	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
(f) 완화곡선	100	150	150	150	150	150
(g) 좌곡선	241	389	567	759	982	1,183
(h) 완화곡선	100	150	150	150	150	150
(i) 직선	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
전체길이	3,849	4,334	4,677	5,090	5,526	5,903

Table 5. Experimenter riation about each attribute

항목	성별	운전 경력	인원(명,%)	사고 경험
실험자 구성	남 자	1년 미만	5명 16.7%	무
		1년 이상 ~ 5년 미만	12명 40.0%	무
		5년 이상 ~ 10년 미만	10명 33.3%	무
		10년	3명 10.0%	무

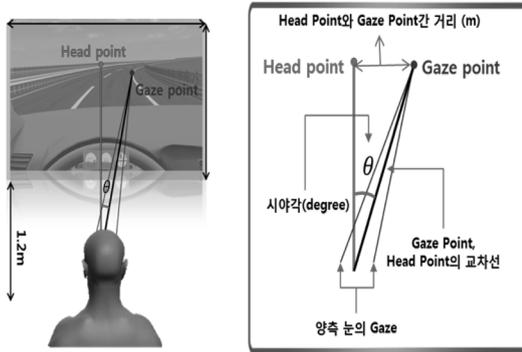


Fig. 5. Driver's visual behavior analysis methods

를 도출하여 3개의 평균 값을 피실험자 1명의 실험 결과 값으로 사용하였다.

실험 전 피실험자가 화면 중앙을 바라보고 편안하게 운전할 수 있게 앉아 있을 때의 좌표값을 Head point 중심점(0,0)으로 설정하고 운전자와 시뮬레이터 화면 사이의 거리 측정값(ex.1.2m)과 시선변화에 의해 기록되는 Gaze point(x,y)등 총 3개의 점을 이용하여 운전자의 머리 움직임과 이에 따른 시선 각도를 산출 하게 된다.

4. 실험 결과 분석

4.1. 운전자 시선 분석 결과

전체 30명의 피실험자를 대상으로 곡선반경 별로 좌곡선, 우곡선 각각 주시 영역폭과 시선의 범위를 산출한 결과 우곡선에서의 운전자 시선범위 및 활동이 좌곡선에서의 범위와 활동보다 넓고 활발하게 이루어 졌고 곡선반경이 커짐에 따라 피실험자들의 주시범위가 확대 되는 것으로 나타났다.

Table 6은 곡선반경에 따른 우곡선, 좌곡선의 주시영역 폭과 시선범위 결과 값을 표로 정리한 것이다.

4.2. 통계적 유의성 분석 방법

곡선반경별 좌곡선과 우곡선 구간에서 피실험자의 주시 영역 폭 및 시선 범위 결과를 바탕으로

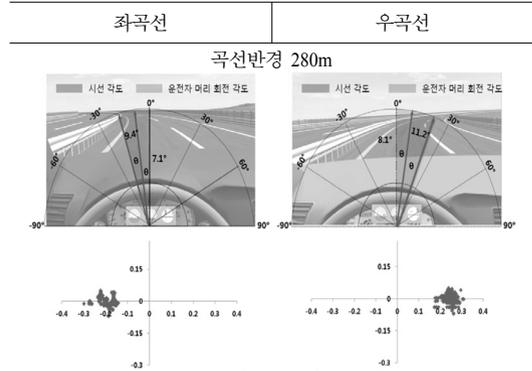


Fig. 6. Horizontal curve I (R=280m) driver's visual range

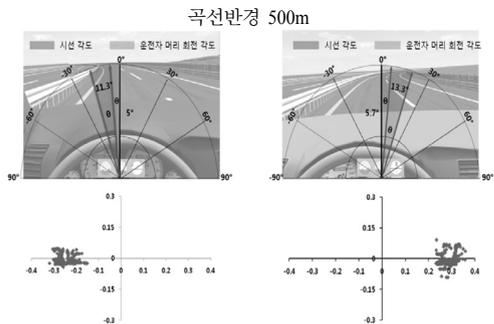


Fig. 7. Horizontal curve II (R=500m) driver's visual range

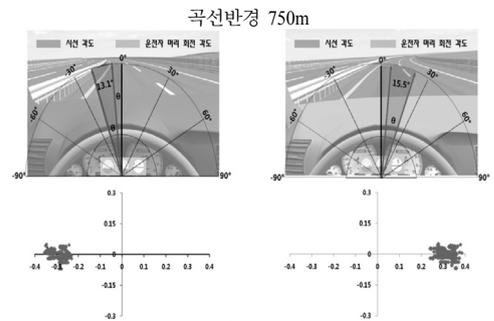


Fig. 8. Horizontal curve III (R=750m) driver's visual range

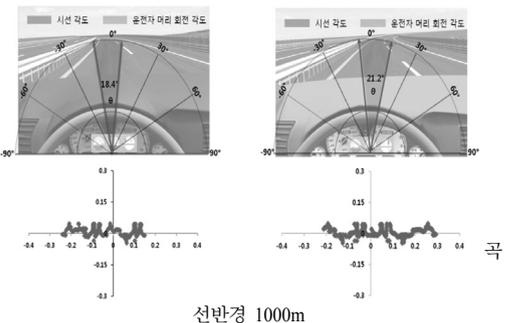


Fig. 9. Horizontal curve IV (R=1,000m) driver's visual range

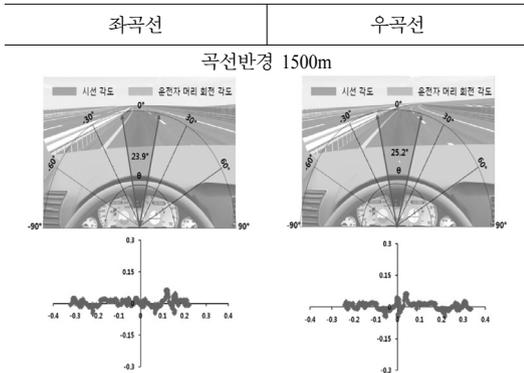


Fig. 10. Horizontal curve V (R=1,500m) driver's visual range

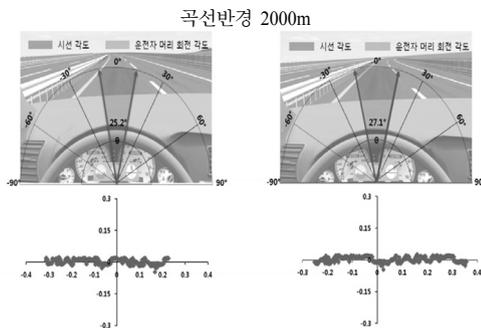


Fig. 11. Horizontal curve VI (R=2,000m) driver's visual range

Table 6. Result of horizontal curve driver's visual range

곡선반경	우곡선		좌곡선	
	주시 영역 폭	시선 범위	주시 영역 폭	시선 범위
R = 280m	9.4°	0.198m	11.2°	0.240m
R = 500m	11.3°	0.242m	13.3°	0.282m
R = 750m	13.1°	0.294m	15.5°	0.331m
R = 1,000m	18.4°	0.387m	21.2°	0.449m
R = 1,500m	23.9°	0.506m	25.2°	0.560m
R = 2,000m	25.2°	0.536m	27.1°	0.578m

곡선반경에 따른 시선 결과 차이가 있는지 여부를 분석 하였다. 분석 방법으로는 2개 이상의 여러 모집단의 모평균을 비교하는데 널리 사용되는 통계 기법인 분산분석(ANOVA)을 이용하였다. 분산분석(ANOVA)의 기본가정은 각 집단간 서로 독립적이어야 하고, 표본평균의 분포가 정규분포를 따르고 집단들은 거의 같은 분포를 가져야 한다는 가정을 만족하여야 한다. 이러한 분석방법은 평균치간에 차이가 있는지를 판별할 수 있을 뿐만 아니라 어떤 평균이 다른지를 확인할 수 있는 통계 분석이다.

4.2.1. 좌곡선 구간 통계적 유의성 검토

가) 단일표본 Kolmogorov-Smirnov 검증

단일표본 Kolmogorov-Smirnov 검증은 관측들의 분포가 특정한 이론적 분포를 따르는지를 조사하는 방법이다. 본 연구에서는 피실험자 30명의 평균 결과 값이 통계적으로 정규성 분포를 따르는지를 검토 하기 위하여 단일표본 Kolmogorov-Smirnov 검증을 실시하였다.

나) 분산의 동질성 검증(Test of homogeneity of variances)

분산분석이 유용하기 위해서는 표본이 무작위 추출 되었으며 모집단은 동일한 분산을 가지고 있다는 가정을 충족시켜야 하며 보통 분산의 동질성 평가는 Levene 통계값을 사용한다. 분산의 동질성 분석 결과 Levene 통계량에 따른 p-value는 0.694로 $\alpha=0.05$ 보다 커 모집단의 분산이 동일하다고 할 수 있다.

다) 분산분석(ANOVA) 결과

곡선반경에 차이에 따른 좌곡선 구간의 주시 영역과 시선 범위에 대하여 피실험자들의 평균값 차이가 있는지 여부를 통계적으로 확인하기 위해 다음과 같은 가설을 설정하였다.

곡선반경별 좌곡선 구간의 분산분석(ANOVA) 결과 R=280m과 R=500m간에는 유의확률이 0.168

Table 7. Kolmogorov-Smirnov test result (left curve)

	개수	평균	표준편차	유의확률
R = 280m	30	9.2886	2.62856	0.051*
R = 500m	30	11.2876	2.54972	0.065*
R = 750m	30	13.1945	2.83907	0.083*
R = 1,000m	30	18.4283	2.91419	0.056*
R = 1,500m	30	23.8894	2.87342	0.058*
R = 2,000m	30	25.2275	2.69890	0.056*

* : 유의수준 $\alpha = 0.05$ 수준에서 유의함

Table 8. Homogeneity of variances test result (left curve)

Levene 통계량	df1	df2	유의확률
0.607	5	174	0.694*

* : 유의수준 $\alpha = 0.05$ 수준에서 유의함

Table 9. Statistical test for hypothesis

• 귀무가설(H0) : 6개의 곡선반경에 따른 운전자의 주시 각도는 동일하다.
• 대립가설(H1) : 6개의 곡선반경에 따른 운전자의 주시 각도는 동일하지 않다.

로 유의수준 0.05보다 커 귀무가설을 기각하지 못하고 채택하게 되었다. 이는 두 곡선 간 피실험자의 평균 결과 값의 차이는 없는 것으로 해석할 수 있으며, 또한 R=1,500m과 R=2,000m 역시 유의확률이 0.618로 유의수준 0.05보다 커 두 곡선간 평균 결과 값의 차이가 없는 것으로 나타났다. 분산분석(ANOVA) 결과를 바탕으로 곡선반경 차이에 따른 운전자의 시선범위를 요약하면 곡선반경 R=280m 구간과 R=500m 구간 주행 시 운전자의 시선 범위 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 곡선반경 R=1,500m과 R=2,000m 구간인 도로 역시 곡선부 구간 주행 중 운전자의 시선 범위 차이가 없는 것으로 나타났으며, 그 외 모든 비교군은 곡선반경에 따라 시선범위 차이가 있는 것으로 나타났다.

4.2.2. 우곡선 구간 통계적 유의성 검토

우곡선 구간에서의 통계적 유의성 검토는 앞선 좌곡선 구간의 통계적 유의성 검토와 동일한 방법과 절차에 의해 실시하였다.

가) 단일표본 Kolmogorov-Smirnov 검증

단일표본 Kolmogorov-Smirnov 검증결과 모든 곡선반경에서 피실험자의 평균값이 유의확률 (p-value) 0.05이상으로 피실험자들의 평균 결과는 정규성 분포를 따르는 것으로 나타났다.

Table 10. ANOVA test result (left curve)

(I) 곡선반경	(J) 곡선반경 (I-J)	평균차 (I-J)	유의확률	95% 신뢰구간	
				하한값	상한값
R=280m	R=500	-1.998	0.168*	-4.39	0.39
	R=750	-3.905	0.011	-6.29	-1.51
	R=1,000	-9.139	0.00	-11.53	-6.74
	R=1,500	-14.60	0.00	-16.99	-12.20
	R=2,000	-15.93	0.00	-18.33	-13.54
R=500m	R=750	-3.465	0.004	-4.30	0.48
	R=1,000	-7.140	0.00	-9.53	-4.74
	R=1,500	-12.60	0.00	-14.99	-10.20
	R=2,000	-13.93	0.00	-16.33	-11.56
R=750m	R=1,000	-5.233	0.007	-7.62	-2.84
	R=1,500	-10.69	0.00	-13.08	-8.30
	R=2,000	-12.03	0.00	-14.42	-9.63
R=1,000m	R=1,500	-5.461	0.00	-7.85	-3.06
	R=2,000	-6.799	0.00	-9.19	-4.40
R=1,500m	R=2,000	-1.338	0.618*	-3.73	1.05

* : 유의수준 $\alpha = 0.05$ 수준에서 유의함

나) 분산의 동질성 검증(Test of homogeneity of variances)

분산의 동질성 검증 결과 Levene 통계량에 따른 p-value가 0.061로 $\alpha=0.05$ 보다 커 모집단의 분산이 동일한 것으로 나타났다.

다) 분산분석(ANOVA) 결과

곡선반경에 차이에 따른 우곡선 구간의 주시 영역과 시선 범위에 대하여 피실험자들의 평균값 차이가 있는지 여부를 통계적으로 확인하기 위해 다음과 같은 가설을 설정하였다.

곡선반경별 우곡선 구간의 분산분석(ANOVA) 결과 R=280m과 R=500m간에는 유의확률이 0.246로 유의수준 0.05보다 크므로 두 곡선간 피실험자 평균 결과 값 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 R=1,500m과 R=2,000m 역시 유의확률이 0.883으로 유의수준 0.05보다 커 두 곡선간 평균 결과 차이는 없는 것으로 나타났다. 분산분석(ANOVA) 결과를 바탕으로 곡선반경 차이에 따른 운전자의 시선범위를 요약하면 곡선반경 R=280m 구간과 R=500m 구간 주행 시 운전자의 시선 범위 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 곡선반경 R=1,500m과 R=2,000m 구간인 도로 역시 곡선부 구간 주행 중 운전자의 시선 범위 차이가 없는 것으로 나타났으며, 그 외 모든 비교군은 곡선반경에 따라 시선범위 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 11. Kolmogorov-Smirnov test result (right curve)

	개수	평균	표준편차	유의확률
R = 280m	30	11.1908	2.53542	0.067*
R = 500m	30	13.8519	2.71437	0.073*
R = 750m	30	15.5463	1.70920	0.080*
R = 1,000m	30	20.8218	2.48091	0.056*
R = 1,500m	30	26.2837	2.69890	0.056*
R = 2,000m	30	27.1441	2.85959	0.052*

* : 유의수준 $\alpha = 0.05$ 수준에서 유의함

Table 12. Homogeneity of variances test result (right curve)

Levene 통계량	df1	df2	유의확률
4.936	5	174	0.061*

* : 유의수준 $\alpha = 0.05$ 수준에서 유의함

Table 13. Statistical test for hypothesis

<ul style="list-style-type: none"> • 귀무가설(H0) : 6개의 곡선반경에 따른 운전자의 주시 각도는 동일하다. • 대립가설(H1) : 6개의 곡선반경에 따른 운전자의 주시 각도는 동일하지 않다.

Table 14. ANOVA test result (right curve)

(I) 곡선반경	(J) 곡선반경	평균차 (I-J)	유의확률	95% 신뢰구간	
				하한값	상한값
R=280m	R=500	-1.694	0.246*	-4.85	-0.46
	R=750	-4.355	0.010	-6.55	-2.15
	R=1,000	-9.630	0.006	-11.82	-7.43
	R=1,500	-15.09	0.00	-17.28	-12.89
	R=2,000	-15.95	0.00	-18.15	-13.75
R=500m	R=750	-2.661	0.007	-4.85	-0.46
	R=1,000	-6.969	0.005	-9.16	-4.77
	R=1,500	-12.43	0.00	-14.62	-10.23
	R=2,000	-13.29	0.00	-15.48	-11.09
R=750m	R=1,000	-5.275	0.00	-7.47	-3.07
	R=1,500	-10.73	0.00	-12.93	-8.54
	R=2,000	-11.59	0.00	-13.79	-9.40
R=1,000m	R=1,500	-5.461	0.00	-7.65	-3.26
	R=2,000	-6.622	0.00	-8.51	-4.12
R=1,500m	R=2,000	-0.860	0.883*	-3.05	1.33

* : 유의수준 $\alpha = 0.05$ 수준에서 유의함

4.3. 결과의 활용방안

본 연구의 결과 운전자의 곡선부 주행시 시선범위는 도로선형 방향을 따라가며, 우곡선보다 좌곡선이 좁게(1차로 주행시) 나타나는 것을 알 수 있었다. 또한 곡선반경별 운전자들의 시선범위는 통계적으로 차이가 있는 것을 알 수 있었으며, 곡선반경이 작을수록 시선범위도 작아지는 것을 알 수 있었다. 이 결과를 보아 곡선반경이 작은 곡선부는 주행속도의 차이가 더욱 커질 수 있는 구간이기 때문에 정보의 제공과 인지가 더욱 중요한 구간이지만 운전자의 시선범위는 작아지는 구간이다. 이상의 연구결과는 곡선반경별 시야범위내에 도로시설물이나 안전시설물 등을 설치하는 가이드라인을 제시하는데 활용할 수 있다. 또한 전국의 도로는 시설물이나 주변환경이 제각각 너무 다르기 때문에 실제도로에서의 운전자 시선분석을 위해서는 곡선부 자체로 인해 좁아진 시야를 기준으로 삼는 것이 유용하다고 판단된다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 곡선반경 유형에 따른 운전자의 시선행태를 알아보기 위해 총6개의 곡선반경 유형을 가상의 도로로 구축한 후 Eye camera와 시뮬레이터를 이용하여 주행실험을 실시하였다. 실험 결과 곡선반경이 R=1,000m 이하 곡선부 주행시 운전자들의

시선이 곡선방향과 동일한 방향을 향해 주시하였으며, R=1,000m이상 곡선의 경우 곡선유형이 운전자의 시선 방향에는 큰 영향이 없는 것으로 나타났다. 곡선반경별 운전자의 정량적인 시선 범위 분석 결과 모든 곡선반경에서 우곡선보다 좌곡선에서의 시선 범위가 좁게 나타났다. 이는 주행실험이 1차선에서 주행하였기에 나타난 결과로 중앙분리대로 인하여 운전자의 시선이 넓게 퍼지지 못하고 중앙분리대에 집중되기 때문이다. 본 연구는 곡선반경 차이에 중점을 두고 실험을 설계, 연구를 수행하였으며, 중앙분리대와 같은 시설물 측면을 반영한 시선분석이 향후 연구과제라고 할 수 있다. 또한 본 연구의 피실험자가 남성으로만 한정된 것에 대해서 여성으로 확대하고 좀 더 다양한 표본을 수집하여 결과를 비교해보는 것이 필요하다.

감사의 글 : 이 논문은 국토해양부 교통체계효율화 사업의 연구비 지원(10교통체계-미래03)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 1) Transportation Research Board, "National Cooperative Highway Research Program", 2008.
- 2) 도로교통공단, "2010 교통사고 통계분석", 2011..
- 3) 이은경, "고속도로 IC램프 유출구간에서의 운전자 시각행태 특성 연구", 명지대학교 석사학위 논문, 2000.
- 4) 권성대, 이석기, 정준화, 하태준, "교통안전을 고려한 곡선부 시선유도시설물 제시에 관한 연구", 대한토목학회논문집, 제31권 제3호, pp. 403~412, 2010.
- 5) 김홍상, 금기정, 김명수, 박영진, "교통안전 증진을 위한 국도 곡선부에서의 운전자 시각행태 분석", 대한교통학회지, 제20권 제3호, pp 7~16, 2002.
- 6) Shaun Bidulka, Tarek Sayed, and Yasser Hassan, "Influence of Vertical Alignment on Horizontal Curve Perception", Transportation Research Record 1976, Paper No. 02-2166, PP12~23, 2002.
- 7) University of Wisconsin, Transportation Engineering, 1987.
- 8) 신재만, 박제진, 손상호, 하태준, "곡선부 시각왜곡현상을 고려한 인지곡선반경 산정에 관한 연구", 대한토목학회논문집, 제30권 제4호, pp 395~402, 2010
- 9) 조준희, 이운성, 이동민, "차량 시뮬레이터의 개발

- 및 응용 동향”, 한국도로학회지, 제10권 1호, pp 68~74, 2010.
- 10) 김종민, “도로주행 시뮬레이터와 도로시설 평가”, 건설기술정보, 통권290호, pp 15~20, 2008.
 - 11) 국토해양부, “도로의 구조 시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침”, 2009.