

도로유형별 자동차 운전자의 응시영역 추출 분석 및 활용방안

A Study on Driver's Gaze Area in Variable Road Characteristics
Using Eye Tracking System

박진호 가천대학교 도시계획학과 박사과정 수료(제1저자)
Park Jinho Ph.D. Candidate, Dept. of Urban Planning,
 Gachon Univ.(Primary Author)
 (gonature1@naver.com)

김형철 가천대학교 도시계획학과 교수(교신저자)
Kim Hyungchul Prof., Dept. of Urban Planning,
 Gachon Univ.(Corresponding Author)
 (Hyungkim@gachon.ac.kr)

목 차

I. 연구의 개요

1. 연구의 배경
2. 연구의 목적
3. 연구의 수행방법
4. Eye Tracking의 이론적 검토

II. 선행연구 검토

1. 관련 연구 동향
2. 국내외 연구사례
3. 기존 연구와의 차별성

III. 현장실험

1. 현장실험 개요
2. 현장실험

IV. 결과 분석

1. 분석 방법
2. 분석 결과

V. 결론 및 활용방안

1. 결론
2. 활용방안
3. 연구의 한계

1. 연구의 개요

1. 연구의 배경

자동차 운전자는 운전 중 도로의 다양한 환경에 노출된다. 그 범위는 도로 및 주변의 상황뿐만 아니라 운전자의 운전행태나 차내 환경, 도로 주변의 상황에 이르기까지 매우 광범위하고 다양한 변수들의 영향을 받게 된다.

이 중 운전자의 의도적 운전행태나 운전 중인 차량 내의 환경 등 운전자 스스로 통제가 가능한 부분을 제외하고 운전자가 통제하지 못하는 외적 요인들 즉, 도로의 물리적 환경 등이 운전에서 어느 정도의 영향을 미치는지 계량적으로 파악하기는 쉽지 않았다. 정상적인 상태에서 운전 중 전방을 응시하는 비율은 어느 정도인지, 또한 주변의 영향이나 차량의 속도에 따라 전방주시율이 어떻게 변화할지 등을 알아보는 시도는 도로 및 도로 주변 환경 변화에 대한 운전자의 형태변화를 파악할 수가 있다.

현장상황이 아닌 실험실 내의 시뮬레이션이나 시뮬레이터 등을 통한 방법을 사용하는 경우 실제의 도로주행 상황과 환경적 차이가 크게 발생하여 효과적인 검증이 어려운 측면이 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해 실제 도로를 주행하는 운전자의 응시지점을 파악하여 운전집중도에 대한 분석을 시도함으로써 다양한 도로상황에서 운전자의 운전행태를 분석해 보고자 하였다.

운전자가 바라보는 응시지점에 대한 심도 있는 연구가 진행된다면 교통안전과 관련한 자동차 공학의 발전이나 도로계획 혹은 도로설계 시 도로시설물, 교통표지판, 노면마킹, 신호등 등의 설치위치 선정이나

디자인에 매우 유익한 결과가 도출될 것이다. 또한 운전자가 바라보는 부분에 대한 미적 측면이나 환경적 측면을 고려한 계획을 수립하는 데 도움이 될 것이다.

사람의 생태적 특성만을 감안할 경우 최상의 시야는 좌우 약 3° 내에서 이루어지고, 명확한 시야는 10° 내에서 이루어지며, 만족할 만한 시야는 20° 내에서 이루어진다고 알려졌다. 또한 주변시¹⁾로 물체의 윤곽을 감지하게 되는데, 이때 주변시는 좌우 약 120°에서 180°까지이고 속도가 높아짐에 따라 좁아진다(Wolfgang et al. 1988). 그러나 실제로 운전을 할 경우에는 사람의 생태적 특성뿐만 아니라 주변의 환경적 특성에 의해 운전자의 시선이 변화하는 경우가 많다. 도로의 차로 수, 도로구간에서의 위치의 차이(링크 혹은 교차로) 등에 따라 차이가 있을 것이라는 가정하에 본 연구가 진행되었다. 이러한 차이는 도로를 설계하거나 도로의 구성요소를 디자인하고 시설물의 위치를 결정할 경우 운전자가 가장 인지하기 적합한 위치에 선정할 수 있도록 하는 데 매우 유용한 기초자료가 될 것이다. 또한 도시에서 도로 주변에 위치한 건축물의 형태나 옥외광고물 등 혐오를 주는 요인들의 차폐 등에도 기초적 자료를 제공할 것이다.

2. 연구의 목적

본 논문은 도로를 이용하는 주 이용자인 자동차 운전자의 시선분석을 통해 도로 유형에 따라 혹은 주변환경에 따라 운전자의 전방주시율을 분석하였다.

이를 통해 구현 가능한 세부적인 사항으로는 첫째, 도로 신설 시 도로의 기능이나 유형 및 성격 등을 고려하여 질적으로 아름답고 조화로운 도로환경을 만들기 위한 개선지점의 파악이 가능하다.

1) 주변시(Peripheral vision): 시야가 직접적으로 바라보는 곳에서 벗어나 물체를 뚜렷하게 보지는 않지만 약하게나마 빛이나 움직임, 형태정도를 인식할 수 있는 시야.

둘째, 기존 도로의 개량이나 개선사업 시 도로의 주변환경과 물리적인 특성에 따라 어떠한 부분에 개선의 초점을 맞추어야 할 것인가를 제시할 것이다. 이를 통해 도로에 문화적, 사회적 콘텐츠를 더 담을 것인지, 혹은 안전시설, 물리적 시설물을 더 담을 것인지, 자연적 요소를 더 담을 것인지를 정비의 포인트로 선정할 수 있을 것이다.

셋째, 운전자 시선이 집중되는 부분에 환경개선 및 도로정비의 초점을 맞춰 효율적이고 절제된 정비 방안의 수단으로 활용할 수 있다. 통상 운전자는 도로를 주행하면서 주행속도가 빠른 경우는 전방을 많이 주시하게 되어 주변 사물을 잘 인지하지 못하는 경우가 많다. 반면 주행속도가 느린 경우나 정지 시에는 주변의 사물에 대한 응시시간이 길어지기 때문에 도로 주변에 대한 시각적 인지를 많이 하게 된다.

3. 연구의 수행방법

도로 주행 시 운전자의 시선에 대한 분석이 본 논문의 주요 목적이며, 이는 궁극적으로 도로 및 주변 시설물에 대한 재배치 관련 연구에 적용방안이 도출될

수 있다.

연구 수행과정은 시선 분석에 대한 기술적, 이론적 검토와 교통 분야나 관련 공학 분야 등에서 적용된 분석에 관한 연구를 선행 파악하였다. 그리고 결과 도출을 위하여 시선응시장치를 활용한 현장실험을 실시하여 그 결과를 분석하고 활용방안을 모색하는 순서로 진행하였다.

4. Eye Tracking의 이론적 검토

사람을 포함한 동물 눈의 움직임을 추적하여 안구로 입력되는 시각정보를 구득하고 분석하는 연구 분야를 Eye Tracking이라고 한다.

통상 눈이라고 하지만 눈동자의 움직임을 추적한다는 것이 더 정확한 의미이며, 연구자에 따라서 눈이 주시하는 곳을 추적한다는 의미로 Eye Tracking 혹은 Gaze Tracking이라고도 한다. 우리말로는 시선 추적, 응시추적, 혹은 눈동자 추적, 동공추적 등 여러 가지 형태로 불리기도 한다.

Eye Tracking 장비는 두 대의 카메라를 통하여 한 개는 피실험자의 눈동자 중 동공의 움직임을 추적하여 컴퓨터 데이터로 기록하고 다른 하나는 피실험자가 보는 전면 영상을 촬영하여 두 개의 데이터를 융합하게 된다. 이때 빠르게 움직이는 동공을 얼마나 정확하게 추적하여 시선고정 위치를 파악하고 기록하느냐가 장치의 신뢰도를 보증하게 된다. 본 연구에 사용된 장비는 장치의 형태에 따라 이동형과 고정형이 있는데 고정형 장치의 경우 컴퓨터에 부착하여 주로 실험실에서 활용이 가능하고 이동형 장치의 경우 피실험자가 착용하고 자유롭게 이동하면서 응시하는 지점을 모니터링하고 응시데이터를 저장하도록 구성되어 있다.

그림 1_ 연구의 흐름



II. 선행연구 검토

1. 관련연구 동향

사람의 눈은 뇌에서 전달된 명령으로 움직이고 눈의 움직임을 통해 대상 사물을 인지하며 사물에 대한 시각정보를 다시 뇌로 보내는 역할을 수행하게 된다. 때문에 사람의 시각정보 습득은 뇌의 지배를 받으며, 습득된 정보를 토대로 대상을 인식하고 다음 단계의 행동을 위한 명령을 내보내게 된다.

과거에는 시선 추적을 하기 위해서 사람의 머리를 고정시키고 제한적 형태로 실험을 수행할 수밖에 없었다. 그러나 최근 개발된 장비들은 모자처럼 머리에 장착하여 피실험자가 자유롭게 이동하면서 응시하는 사물이나 지점들에 대한 데이터를 기록하여 수집할 수 있으며, 수집된 데이터를 상세하게 분석하는 전용 소프트웨어도 지속적으로 발전하고 있다.

사람의 눈동자 움직임을 측정하는 방법에 관한 연구는 스틸카메라의 발명시기와 유사한 역사를 가진다. 초기 연구에서는 스틸카메라로 사람의 눈동자 움직임을 촬영하는 것으로 시작하였으며, 근래에는 실험실에서 시뮬레이터를 이용하여 고정된 상태에서 눈동자의 움직임을 파악하는 방법이 주로 연구됐다. 최근에 이동이 가능한 형태의 장치가 개발됨에 따라 눈동자 움직임을 실시간으로 추적하고 데이터를 저장하여 여러 가지 형태로 분석이 가능하게 되었다. 이동식 장치가 개발됨에 따라 연구의 활용분야가 획기적으로 넓어졌으며, 행태학적, 심리학적 연구에서 스포츠과학, 응용과학 측면까지 다양하게 적용됐다.

선행연구의 내용은 첫 번째, 사람의 눈동자 움직임을 감지하여 분석하는 기술개발 부분의 연구발전이 어느 정도까지 진행되었는가를 살펴보고, 두 번째, 본 문헌의 결과적 내용인 운전자의 시선연구 또는 교통 분야와 관련된 부분으로 구분하여 검토하였다.

2. 국내외 연구사례

해외 연구사례를 살펴보면 눈의 움직임에 관한 연구는 컴퓨터의 발전과 함께 약 100년 정도 된 것으로 파악하고 있다(Robert et al. 2003). 각막에 반사되는 빛을 활용하여 눈의 움직임을 추적하는 기술은 1901년에 Dodge and Cline에 의해 개발되었다.

1930년대에 들어와서 Miles와 Tinker는 눈동자 움직임을 기록하는 사진기술을 적용하였다. 1947년 Paul Fitt와 동료들은 비행기 조종사가 운전하는 동안 콕핏과 지상부를 응시하는 눈의 움직임을 모션픽처 카메라로 연구하였다.

국내연구의 발견 시점은 1990년대부터이며, 주로 Eye Tracking 기술의 초기적 방법론과 기술의 원리에 초점이 맞추어지고 있다. 2000년대에 들어 장비의 발전과 Eye Tracking 구현기술의 개발, 인터페이스의 개발 등에 관한 연구가 진행되어 온 것으로 조사되었다. 특히 전자학 분야의 논문들이 많이 출현하고 있으며 시선추적 분석을 위한 통합모델, 얼굴과 눈동자의 움직임의 추적방법, 적외선 조명 카메라 등을 이용한 시선추적방법 등 시선추적의 방법론이나 추적방법에 초점이 맞추어져 왔다.

교통계획, 교통공학 등과 관련하여 Eye Tracking을 활용한 사례는 1990년대에 들어 고정식 장치를 활용한 연구가 발견되었으며, 자동차공학이나 전자공학 차원에서 접근한 유사 연구들이 발견되었다.

1) 해외사례

(1) 기술개발

Basilio et al.(2011)은 비제한적 환경하에 머리 장착형 시선추적장치의 연구를 통하여 성인이나 아이까지 적용 가능한 시스템을 시험하였다. 시스템은 두 개

의 CCD(Charge - Coupled Device) 카메라를 가지고 있으며 중앙뿐만 아니라 주변부의 비전까지 관측이 가능한 것으로 개발하였고 빛의 반사를 정상화하여 Tracking 시의 오차를 제거하였다.

대만의 Wen-Bing et al.(2004)은 영상기반의 운전자 피로감지시스템을 제안하였다. 기본적 원리는 프레임 이동 시 얼굴을 검지하고 검지된 얼굴을 파악한 후 눈을 검지하여 눈의 템플릿을 저장하는 것으로 이에 따라 Eye Tracking을 지속적으로 업데이트하도록 시스템화하였다. 위 연구에서 초당 20프레임하에서 시선 추적이 가능했고 4번의 시험에 의해 평균 눈의 위치 일치율이 99.1%에 달했다. 피로검지 일치율은 100%였으나 평균 정확성은 비디오 테스트 결과 88.9%에 달했다.

David et al.(1996)은 운전자들이 졸리기 시작하는 때를 검지하기 위한 시스템을 디자인하였다. 이 시스템은 차량 내에 간편하게 장착하여 운전자의 운전 영향 미치지 않고 작동이 가능한 상태로 개발되었으며, 별도의 도움 없이 구동할 수 있는 것이 특징이다.

(2) 기술활용

Manbir et al.(2004)은 운전자가 운전 중 여러 가지 차량장치나 무선 기계장치 등을 조작하도록 하여 운전자의 운전성능을 평가하였다. 이때 운전자에게 지시된 수행과제는 총 6개로 라디오를 조작하여 일정 주파수를 맞추기, 진행방향 주유소의 기름 단가 보기, 백미러로 뒤를 따르는 차량 설명하기, 휴대폰 전화에 응답하고 저장하기, 계기판 읽기, 휴대폰 수신음을 3

번 울려 반응 살피기였다. 총 36개의 데이터 샘플을 획득하였으며, 그 결과 전방을 응시하지 않고 과제수행을 위한 최대 응시시간이 1.6초로 나타났다.

Joanne et al.(2002)은 21명의 운전자에게 8km의 도시 내 도로를 주행하게 하여 운전자의 운전 방해가 되는 인지방해요소를 찾아내는 실험을 하였다. 이 중 간단한 덧셈을 하는 것과 핸드프리로 전화를 받는 실험이 포함되어 있는데, 이때 Eye Tracking 장비를 사용하여 운전자의 시각적 패턴 스캐닝을 기록하였다. 실험 결과 인지방해요인이 많아질수록 단속성 안구운동²⁾이 적어졌으며, 오른쪽 주변부를 보는 시간이 줄어들었다. 또한 기구들이나 룸미러를 보는 시간도 줄어들었다. 이때 사용한 분석 방법은 전방에 관심영역(AOI)을 설정하고 그 영역에 시선이 고정된 시간을 백분율로 표시하여 제시하는 것이었고 시선 고정 영역은 Grid Map 분석기법³⁾을 활용하여 분석하였다.

Laura et al.(2001)은 4개의 웹페이지를 보는 사용자들에게 Eye Tracking 장치를 착용하도록 하고 시선의 흐름과 고정시간, 많이 응시하는 지점 등을 파악하였다. 이때 실험 참가자에게 두 가지의 임무를 수행토록 했는데 하나는 외국에서의 휴대폰 사용 방법 찾아보기, 다른 하나는 새로운 휴대폰의 헤드셋을 찾아보기였다. 임무 완료시간과 정확한 링크에 도달했는가를 점수화하여 성능을 평가하였으며, 총 시선 고정시간, 시선 고정횟수 등을 산정하여 4개의 홈페이지에 대한 상대적 유용성을 제시하였다.

Greed(2000)는 머리와 눈의 움직임을 통하여 비행시뮬레이터의 SRF(Scientific Research Facility) 환경에서 7명의 숙련된 파일럿들의 운전 행태를 검토

2) 시각대상을 중심으로 보기 위한 공역(안구)운동의 일종. 대상을 중심좌에서 포착하기 위해 이루어지는 급속한 안구운동임.

3) Eye Tracking 분석 시 화면을 원하는 간격의 Grid Cell로 구분하여 해당 cell 내에 시선이 고정된 시간이나 전체시간 중 고정시간의 비율을 알아보는 분석 방법.

하여 25개의 Data Set을 만들었다. 이때 파일럿들이 다양한 조정상황을 수행하면서 시선이 A330 콕핏의 다양한 부분에 고정되는 평균비율 등을 도출하였다.

2) 국내사례

(1) 기술개발

이상철(2009)은 머리장착형 시선추적장치의 활용이 증가하고 있는 데 주목하고, 다양한 환경에서의 광원 간섭을 차단하는 적외선 차단필터를 사용하여 안구 감지 효율을 극대화시켰다. 일반적 시선추적장치의 경우 광원을 직접 보거나, 광원이 반사되어 눈으로 들어오는 경우 순간적으로 작동이 불가능하게 되는 데 적외선 차단필터를 사용하는 경우 소프트웨어적 알고리즘 없이 상당한 시선추적 개선효과가 있는 것으로 나타나 이동형 시선추적장치 활용 시 안정적인 동공추출이 가능하도록 하였다.

박일권 외(2007)는 카메라를 이용하여 운전자의 눈꺼풀 움직임 및 깜박임을 감지하여 졸음을 판단하는 기존 개발의 신뢰도가 높으나 운전 중 시야에 여러 가지 불빛 때문에 측정의 신뢰도가 낮아짐을 파악하고 여러 가지 조명에서도 안정된 영상처리를 위하여 적외선 영상과 눈모서리필터(Eye Corner Filter)라는 눈 검출방법을 사용하여 후보영역을 검출하는 방법을 이용하였다. 총 10인에 대한 조명보정 방법으로 눈검출의 오인식률이 보정 전 5.42%에서 조명보정 삽입 후 1.61%로 낮아지는 결과를 얻었다.

(2) 기술활용

박혜경(2010)은 지하철역 내 공공환경시설물에 대하여 Eye Tracking 장치를 활용한 실험을 통하여 시지각 주목성 정도를 평가하였다. 본 논문의 의의는 공

공환경시설물의 사용자 주목성 평가에 Eye Tracking 을 사용하였다는 것이다. 제한적인 것은 실험 시 장소의 직접적 방문이 아닌 모니터를 이용하고 고정형 장치를 활용한 것으로 현실과 차이가 발생할 수 있는 한계를 가지고 있는 것으로 평가된다.

김홍상 외(2002)는 Takei사의 초점기록장치를 사용하여 4인의 운전자에게 착용토록 하고 운전자의 시각행태를 분석하였다. 여기에서는 직선 및 곡선구간에서 운전자의 시선주시영역, 시각행태 특성 등을 좌우 및 상하 주시영역폭, 동체속도 등을 통해 분석하였다. 그 결과 직선구간에서 원활하던 시각행태가 곡선구간에서는 진행방향 내측에 집중되고 동체속도와 주시영역 등의 시각활동이 위축된다는 사실을 파악하였다. 또한 야간 시 대향차량이 있는 경우 전조등으로 인하여 전방주시활동이 극히 제한된다는 결론을 제시하였다.

김호영 외(2000)는 Talk Eye라는 장치를 3인의 운전자에게 고글형으로 착용하도록 하고 터널구간과 터널 진입 전후 구간에 대한 운전자의 시각영역을 상하좌우 각도 및 주시점 분포도로 분석하여 보여주고 있다. 그 결과 터널 진입 전 좌우 주시영역폭이 최저가 되고 터널 진입 후 좌우 주시영역폭이 상승하여 회복되는 것으로 분석하였다. 이는 차량의 주행속도 변화와 유사하다는 결론을 도출했으며, 고속도로 터널구간에서의 상하 주시영역폭의 변화는 일정한 유형으로 변화하지 않는다는 결론을 도출하였다.

해당 연구는 터널에서 운전자의 시선이동폭을 제시하고 있으나 시선이 고정된 시간 등에 대한 자료는 제시되지 않았다.

3. 기존 연구와의 차별성

기존의 운전자 관련 Eye Tracking 연구는 운전자의 시선이 고정되는 지점을 표시하고, 이에 대한 결과치

를 분포도 형태나 상하좌우로 움직이는 눈동자의 작동 범위만으로 제시하고 있다. 반면 본 논문은 운전자가 응시하는 지점에 대한 응시빈도뿐만 아니라 응시 시간, 특정한 지점에 응시한 누적응시시간 등을 수치화하여 제시하였으며, 무엇보다도 단순 지점에 대한 결과치가 아닌 주행경로 전체에 대한 운전자의 개인별 응시특성과 도로특성에 따른 누적 응시율 변화를 제시하여 연구 신뢰도를 높인 것이 타 연구와 차별화되는 결과라고 설명할 수 있다.

III. 현장실험

1. 현장실험 개요

전술하였듯이 운전자의 시선을 추적하여 응시지점을 파악하기 위해서는 시선추적장치라는 특별한 장비를 사용하여야 한다. 이 장비는 여러 가지 형태의 장치가 있으나 크게 두 가지 방식으로 구분된다. 첫 번째는 고정형 장치로 실험자가 시선추적장치에 머리를 고정하고 눈동자만을 움직여 시선을 추적하는 장치가 있고, 두 번째로는 이동형 장비로 장치를 실험자의 머리에 고정시키고 실험자가 자유롭게 움직이면서 실험자의 시선을 추적하는 장치로 구분할 수 있다. 전자의 경우 실험자가 움직임 없이 일정한 영역 내에서 눈동자만을 움직이게 되므로 비교적 측정이 용이하고 얻어지는 자료 또한 명확한 분석이 가능하다. 그에 비해 제한된 영역만을 실험하기 때문에 실험 방법이 매우 한정적이고 실험내용이 제한적일 수밖에 없다. 그러나 후자의 이동형 장치는 실험

자가 움직이면서 사방을 응시하는 것을 실시간으로 감지하기 때문에 실험과 분석이 까다로운 반면 활용성이 매우 높다는 장점이 있다. 필드에서 운전자의 시선을 추적하기 위해서는 이동형 시선추적장치를 사용하여야 하며 이에 따라 본 실험에서는 이동형 장비를 사용하였으며 독일 SMI(SensoMotic Instrument)사의 iView X HED System을 사용하였다.

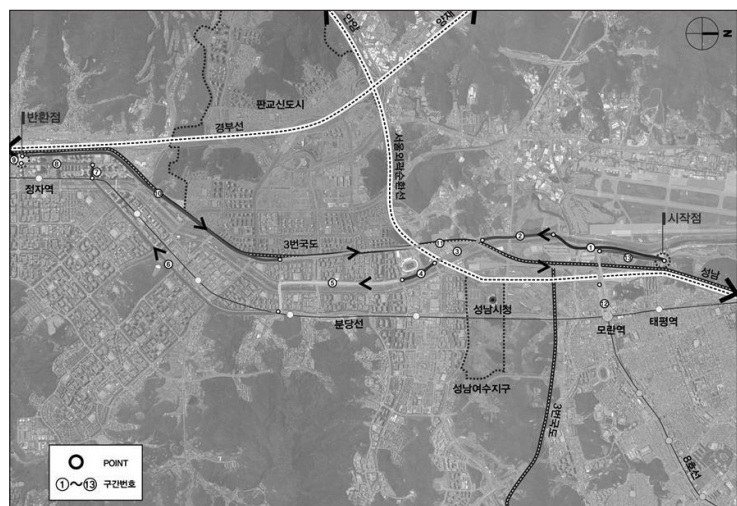
2. 현장실험

1) 실험구간 선정

실험구간은 실험자들 간의 시선추적 Data를 면밀하게 대조할 수 있도록 충분한 구간거리를 선정하였으며, 도로의 환경적 요인 변화에 따른 실험결과의 비교를 위해서 도시부와 비도시부로 구분 가능한 지역이 포함되도록 구성하였다.

실험을 위한 주행구간은 경기도 성남시 수정구 태평동 도로를 시점으로 경기도 성남시 분당구 정자동을 반환점으로 하여 시점으로 다시 돌아오는 총 길이가 20.12km에 이르는 순환구간으로 선정하였다. 또

그림 2_ 대상구간 현황



한 차로수별 응시율의 변화를 알아보기 위하여 다양한 차로 수의 도로가 대상구간에 포함되도록 고려하였다. 선정 구간 내에는 다음의 여건들이 포함되도록 고려하였다.

- 도시 구간⁴⁾과 비도시 구간⁵⁾
- 왕복4차로 도로와 6차로 이상의 도로 구간
- 고속화도로 구간
- 교차로 구간

이 중 도시 구간과 비도시 구간을 구분한 이유는 운전자가 운전 중에 도로 주변의 건축물이나 경관에 따라 주의 집중력이나 응시대상 등의 차이가 발생하는지 살펴보기 위함이다.

도로별 차로 수에 대한 고려는 운전자가 주행하는 도로의 차로 수에 따라 시선의 움직임이 변화함을 살펴보기 위한 것으로 왕복4차로의 도로를 주행

표 1 _ 실험대상구간의 구간별 현황

구간	연장(누적연장)(km)	차로 수(왕복)	구간 여건
1	1.55	4	비도시
2	2.51(0.96)	6	비도시
3	3.19(0.68)	4	도시
4	3.67(0.48)	4	도시
5	5.69(2.02)	4	도시
6	8.27(2.58)	10	도시
7	8.44(0.17)	5	도시
8	9.44(1.0)	4	도시
9	9.54(0.1)	6	도시
10	13.52(3.98)	8	고속화도로
11	17.91(4.39)	6	고속화도로
12	19.26(1.35)	8	고속화도로
13	20.12(0.86)	4	비도시

4) 도시 구간: 도로의 주변지역이 주거나 상업용 건축물 혹은 인공 구조물로 구성된 지역.

5) 비도시 구간: 도로의 주변지역이 건축물이나 인공구조물로 구성되어 있지 않고 산악이나 구릉, 평야 등으로 개방된 자연적인 형태로 이루어진 지역.

6) 보정(Calibration): Eye Tracking을 하기 전 장치를 실험자에게 착용하고 착용된 장치가 실험자의 눈동자 움직임을 감지하고 시선의 움직임에 따라 정확히 일치되도록 수정하는 과정을 말함.

할 때와 그 이상의 도로를 운전할 경우를 비교대상으로 하였다.

2) 실험대상자 선정 및 실험기간

실험대상자는 운전 가능한 30~40대 성인으로 구성하였으며, 초보 운전자의 경우 운전 미숙으로 인해 실험에 영향을 미쳐 다른 오차가 발생할 것으로 예상되어 운전경력이 주의집중에 영향을 주지 않도록 3년 이상의 운전경력이 있는 사람을 대상으로 선정하였다.

정확한 실험결과의 구득을 위해서는 장비의 정확한 착용 및 보정⁶⁾(Calibration)이 이루어져야 하므로 실험 전 장비 세팅에 소요되는 시간이 필요하다. 따라서 실험시간의 절반 이상은 장비의 세팅과 실험자 교육 등에 할애해야 하고, 약 20km 내외의 구간을 주행하고 돌아오는 미션을 설정하였으며, 총 6일간 14인의 실험자를 선정하여 실험을 진행하였다. 그러나 이 중 4인은 최종 실험대상에서 제외되었는데 그 사유는 4명 중 2명은 난시 등 시력 이상이 심해 기기의 작동이 제대로 이루어지지 못하였고, 다른 2명은 보정 과정에서 기계상의 혹은 실험자 특성, 실험환경 등에 의하여 전체 실험을 완수하지 못한 경우이다. 따라서 총 10명의 실험대상자가 정상적인 실험을 완료하였다.

표 2_ 실험 대상자 현황

대상	성별	나이(세)	학력	운전 경력	누적 주행거리(km)	선정 여부	비고
1	남	44	대졸 이상	10년 이상	10만 이상	○	
2	여	37	대졸 이상	10년 이상	10만 이상	○	
3	남	32	대졸 이상	5~10년	1만 미만	○	
4	남	44	대졸 이상	10년 이상	10만 이상	○	
5	여	40	대졸 이상	5~10년	5~10만	○	
6	남	44	대졸 이상	4년	10만 이상	×	오류 발생
7	남	31	대졸 이상	10년 이상	1만 미만	○	
8	남	43	대졸 이상	10년 이상	10만 이상	○	
9	남	45	고졸	10년 이상	10만 이상	○	
10	남	42	고졸	10년 이상	10만 이상	○	
11	남	44	대졸 이상	10년 이상	10만 이상	×	보정 불가
12	남	30	대졸 이상	10년 이상	10만 이상	○	
13	남	44	대졸 이상	5~10년	10만 이상	×	보정 불가
14	남	41	대졸 이상	10년 이상	10만 이상	×	오류 발생

첫 번째로 실험자별 구간 재구분은 녹화된 동영상을 보면서 도로의 특성과 차량흐름 특성, 교차로의 정지 시 Data 등의 기준을 적용하여 구분하였다. 도로의 특성은 녹화된 동영상 상이 왕복 4차로 도로인지, 혹은 왕복 6차로 이상 도로인지 주행도로가 변화할 때마다 구간을 분리하여 도로유형별 시선추적 데이터를 구분하였다. 또한 도로 주변으로 건물이나 상가가 없는 경우와 상가나 빌딩이 있는 경우의 특성도 파악하여 구분하였다.

IV. 결과 분석

1. 분석 방법

구득된 눈동자 추적 자료는 실험자별로 운전행태나 차량의 소통상황 등이 다르기 때문에 주행시간이 모두 다르게 나타났으며, 개략적으로 피실험자 1인당 약 30분에서 1시간 정도의 동영상 자료와 누적 데이터 자료를 얻을 수 있었다.

각 실험자의 실험결과 자료는 전용분석 프로그램을 이용하여 도로구간의 특성에 따라 구간을 재구분하고, Grid Map 분석기법을 활용하여 구간별 분석을 실시하였다.

결과자료의 분석은 <표 3>과 같은 순서에 의해서 원데이터를 가공하여 최종적으로 Grid Map 분석을 위한 자료를 도출하였다.

두 번째로 차량흐름은 차량의 이동 속도에 따라 운전자의 시선 움직임이 변화할 수 있음을 감안하여 차량이 정지하였을 때와 주행하였을 때를 구분하여 파일을 별도로 정리하였다.

세 번째로 교차로에 정지하였을 경우 일반도로구간과 달리 시선 움직임의 변화를 파악하기 위하여 파일을 구분하여 정리하였다.

표 3_ 데이터 분석 흐름

data 분석 flow	작업 내용
Raw data	피실험자별 data 파일 생성 (*.avi / *.idf)
도로유형 구분	피실험자별로 도로위치별, 도로유형별로 자료 구분 후 파일 분리(도시부/비도시부/교차로, 차로수별, 고속화도로)
유형별 유효 data 추출	유효 data 추출 연구목적에 따른 유효 data 추출 - 좌우 차선 변경 제외 - 횡단보도 정지, 신호대기 정체 시 제외 - missing data 제외 - 지하차도, 차로 합류/분류부 등 제외
Grid map 분석	8×8 cell을 기준으로 유효 데이터의 grid map 분석

표 4_ 실험자별 유효 데이터 측정시간(초)

구분	왕복4차로		왕복6차로 (비도시부)	왕복8차로 이상 (도시부)	고속화 도로	교차로		총 측정시간
	비도시부	도시부				비도시부	도시부	
1	236,187	46,009	74,743	214,537	392,249	116,043	310,008	1,389,777
2	209,686	109,308	51,621	156,220	243,835	323,380	325,475	1,419,525
3	293,248	171,342	71,131	119,545	548,389	379,892	322,713	1,906,260
4	85,621	118,942	85,608	202,766	282,803	124,983	277,874	1,178,598
5	165,201	226,730	86,972	139,506	589,850	234,944	230,618	1,673,821
6	313,822	92,297	80,893	619,928	619,928	412,544	188,533	2,327,945
7	275,577	406,521	89,929	303,101	1,069,186	556,326	226,329	2,926,970
8	NA	NA	NA	NA	274,684	NA	44,327	319,010
9	224,972	69,957	75,840	173,484	554,176	87,849	67,755	1,254,032
10	NA	36,217	41,292	62,015	660,858	NA	225,027	1,025,409
합계	3,804,313	1,277,324	658,030	1,991,104	5,235,956	2,235,960	2,218,659	15,421,347

표 5_ 도로구간별 유효샘플 수(회)

왕복4차로		왕복6차로 (비도시부)	왕복8차로 이상 (도시부)	고속화도로	교차로		총 샘플링횟수
비도시부	도시부				비도시부	도시부	
90,215,668	63,866,210	32,901,505	99,555,200	261,797,815	111,797,990	110,932,970	771,067,358

위와 같은 분석과정을 거쳐 <표 4>와 같이 실험자별 유효 데이터를 분리하였으며 이를 분석하여 총 1,542만 1,347초의 유효데이터를 샘플로 구축하였다.

유효 샘플링 회수는 1초당 검출되는 샘플 횟수로 환산한 데이터로 본 논문의 자료 분석 시 샘플 검출은 50hz로 작성되었으며, 이는 1초당 50회의 샘플을 검출하는 것을 의미한다. 검출된 총 유효샘플 검출수는 <표 5>와 같다.

앞서 설명하였듯이 실험자로부터 촬영된 눈동자 응시추적 동화상의 화면을 8×8의 Grid로 구분하고 각 셀에 눈동자가 머무는 시간을 분석하는 Grid Map 분석을 실시하였다. 이때 원활한 데이터 분석을 위하여 전용 소프트웨어인 BeGaze2.5⁷⁾를 활용하여 분

석하였다.

<그림 3>에 나타난 화면은 HED 장치에 부착된 카메라에 의해 녹화된 영상을 Grid Map 분석기법을 사용하여 분석하는 과정을 캡처링한 화면으로 전체

그림 3_ HED 분석화면



7) Eye Tracking 실험을 통해 얻은 결과를 수집하고 수집된 데이터를 분석하는 전용 프로그램으로 피실험자의 기본정보 및 피실험자별 관심영역의 분석, 응시시간, 누적 응시시간, 응시지점 등을 데이터로 분석하여 여러 가지 형태의 결과로 보여주거나, TXT 파일이나 EXCEL 파일 형태로 제공하여 편집이나 활용할 수 있도록 하는 프로그램.

화면을 8×8의 그리드로 분할하여 분석을 하였다.

각 그리드 셀 안에는 수치와 색이 표현된다. 이때 숫자는 시선이 해당 셀에 머문 시간을 밀리초 단위로 누적하여 보여주며 색상은 청색에서 녹색, 황색, 적색 순으로 표현되며 시선이 가장 많이 머문 곳이 적색으로 표현된다. 단순히 색이나 숫자가 표현되지 않은 영역은 운전자의 시선이 응시되지 않는 곳이다. 운전 중에는 아무리 시선이 산만한 운전자라 하더라도 전방을 주시하는 비율이 가장 높으므로 적색은 운전자가 바라보는 전방주시 영역이 된다. 실험자별 특성에 따라 4×4, 4×5, 6×5, 5×5 셀 등이 전방주시 영역으로 분석되었으며 대부분의 경우 4×4셀을 전방주시 영역에 가장 많이 활용하며 본 논문에서는 이를 중심영역으로 정의하고 이에 대한 분석을 수행하였다.

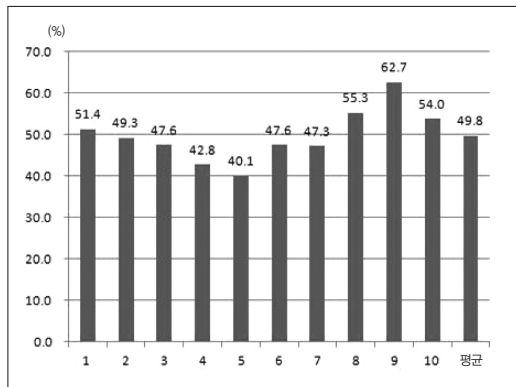
2. 분석 결과

1) 피실험자별 응시율 분석

실험에서 유효한 자료로 수집된 10인의 피실험자별 전방 응시영역에 대한 Grid Map 분석 결과를 살펴보면 <그림 5>와 같다.

전 실험자별로 공통되는 응시 특성은 각 셀의 중

그림 4_ 피실험자별 중심영역 응시율 분석



심쪽에 가까울수록 응시율이 높아지는 것을 알 수 있으며, 그림에서 가장자리 영역으로 갈수록 응시영역이 낮아지고 모서리 쪽으로는 응시가 많이 발생하지 않은 것을 알 수 있다. 또한 중앙의 4×4셀 영역에서 가장 높은 응시율을 보이고 있는데, 바로 이 영역이 자동차 운전 시 주로 응시하는 전방주시영역이 된다. 그다음으로 응시율이 높은 영역은 주 응시영역의 좌우와 상하방향으로 나타났으며 실험자에 따라서 어느 한 방향으로 보다 넓은 영역이 나타나기도 한다.

실험자별 응시영역의 모양을 살펴보면 개인마다 다소 상이한 모양을 나타내고 있지만, 1% 미만의 응시율을 보이는 영역을 제외한다면 중심영역인 4×4셀을 중심으로 주변지역에 대부분의 시선이 집중되는 것을 알 수 있다.

총 피실험자 10명을 대상으로 한 응시영역의 차이를 비교해 본 결과 피실험자별 중심영역 응시비율은 최저 40.1%에서 최고 62.7%의 범위로 나타났다. 전체 평균으로는 운전 중 49.8%가 중심영역을 응시한 것으로 분석되었다. 이는 전체 운행시간 중 약 40~64%에 해당하는 시간을 전방응시에 할애했다는 것을 의미한다.

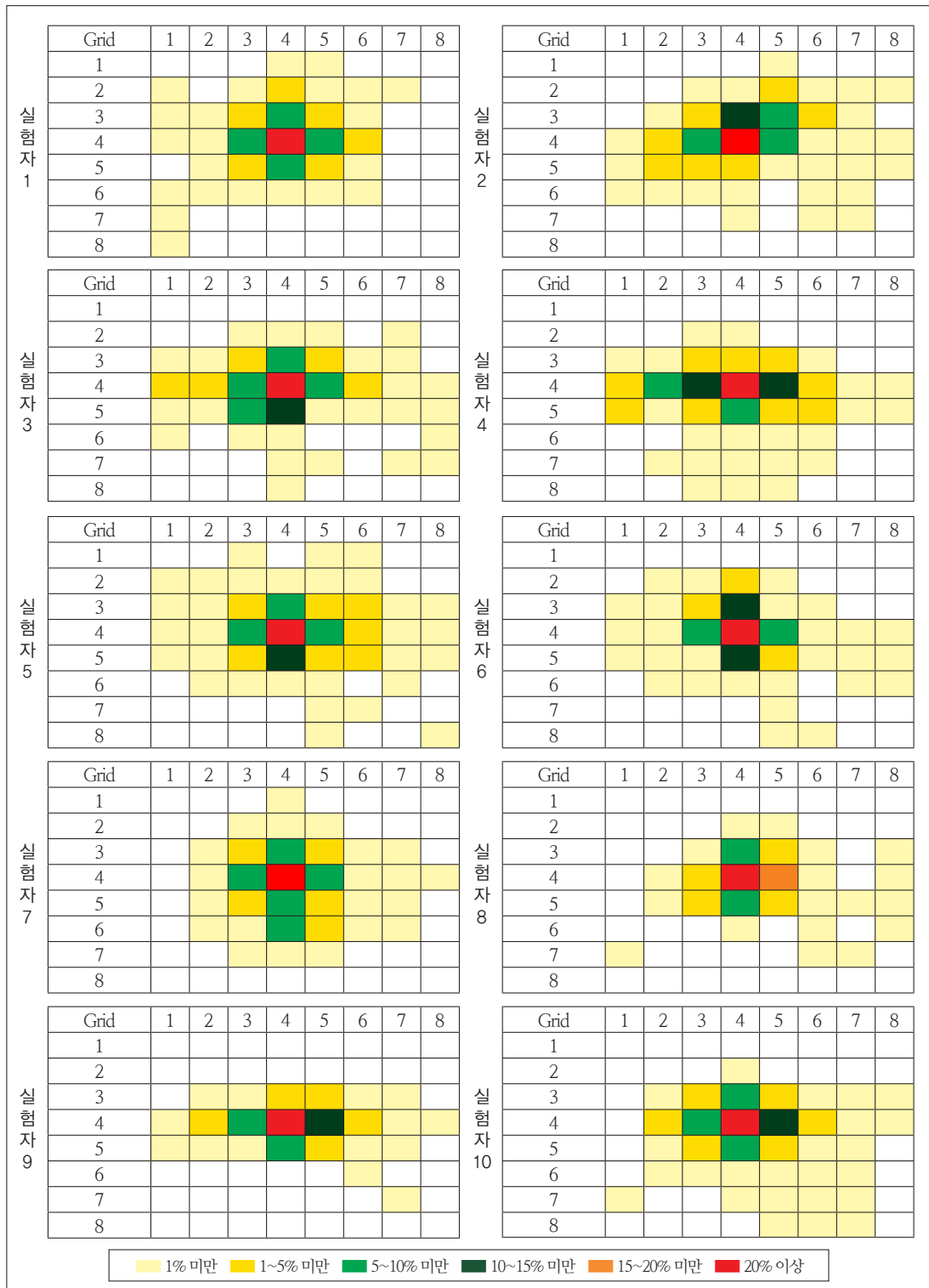
이 결과만으로 볼 때 개인별 중심영역 응시율의 최소치와 최고치의 차이가 약 26% 정도나 발생하여 차이가 큰 것으로 분석된다. 반면 <표 6>과 같이 4×4셀 주변부의 셀까지 합산하여 계산한다면 응시율은 최저 약 81.6%에서 최고 약 96.2%까지로 분석되었

표 6_ 중심영역 및 주변(전방영역) 응시율

실험자	응시율(%)	실험자	응시율(%)
1	93.6	6	89.1
2	87.8	7	93.7
3	90.0	8	96.2
4	81.8	9	94.8
5	81.6	10	91.4

주: 3×3셀에서 5×5셀까지의 응시율을 합산한 값.

그림 5_ 피실험자별 응시영역 및 색온도 분석



으며 약 14.6%의 응시율 차이가 발생하여 4×4셀만 분석하였을 때보다 응시율의 차이가 줄어들며 대부분 80% 이상의 높은 응시율을 보인다.

2) 도로유형별 응시율 분석

도로유형별 중심영역 분석은 10인의 피실험자가 왕복4차로 구간 도로와 왕복6차로 이상 도로, 고속화도로, 교차로 구간을 운전한 시선응시 데이터를 분류하여 합산한 자료다.

그 결과 교차로구간과, 왕복4차로 도로구간, 왕복6차로 이상 도로구간, 고속화도로구간 순으로 운전 중 중심영역의 응시시간이 높아지는 것으로 분석되었다.

교차로 정지 시 전체 데이터의 평균 중심영역 응시시간 비율은 전체의 약 36.4%로 비교적 낮게 나타났다. 왕복4차로 구간에서의 평균 중심영역 응시시간 비율은 47.7%로 교차로의 결과치와는 차이가 크게 발생하는 것으로 나타났다. 왕복6차로 이상의 도로상 운행 실험결과 운전자의 평균 중심영역 응시시간은 54.7%로 나타났으며, 이는 교차로의 결과치와 왕복4차로의 결과치보다 높게 나타났다. 끝으로 고속화도로의 평균 중심영역 응시시간 비율은 57.9%로 분석되었다.

정리하면 교차로에서의 중심영역 응시율이 가장 낮으며, 다음으로 왕복4차로 도로와 같이 차로 수가 비교적 적은 도로의 경우 중심영역 응시율이 낮게 나타났다. 고속화도로의 경우 왕복6차로 이상의 도로보다 그 비율이 낮게 나타났으나 약 3.2% 정도의 차이를 보이고 있어 도로폭원이 일정규모 이상인 경우 중심영역 응시율이 큰 차이를 보이지 않는다는 것을 알 수 있다.

유형별 샘플 결과치의 검증을 위해 분산분석을 실시한 결과 유의수준 0.05에서 P값이 5.22E-07, F비는 17.93154로 집단 간의 차이가 존재함이 확인되었다.

그림 6_ 도로유형별 중심영역 응시율

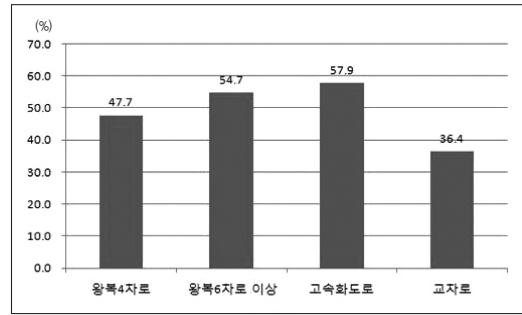


표 7_ 도로유형별 중심영역 응시율 분산분석 결과

인자의 수준	관측수	합	평균	분산
교차로	9	311,41266	34,601407	46,4103
왕복4차로	9	433,319048	48,146561	23,60255
왕복6차로 이상	9	499,404522	55,489391	98,31233
고속화	9	524,160551	58,240061	56,18319

변동의 요인	제곱합	자유도	제곱 평균
처리	3019,336	3	1006,4454
잔차	1796,067	32	56,127092
계	4815,403	35	

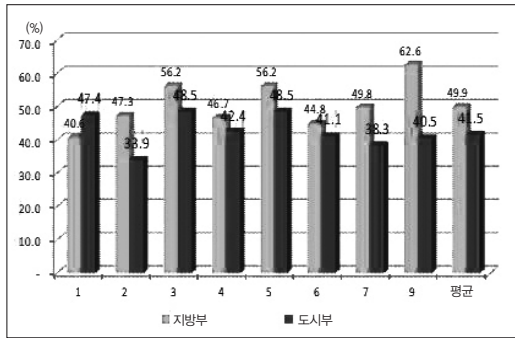
F 비	P-값	F 기각치
17,93154	5,22E-07	2,90112

3) 비도시부와 도시부 도로의 응시영역 분석

왕복4차로 도로를 비도시부와 도시부로 구분하는 경우 도시부의 도로변에는 건축물이나 옥외광고물, 기타 인공적 교통시설물이 많고 비도시부에서는 주로 자연적인 경관이 나타나기 때문에 양자 간의 차이가 있을 것으로 보고 그 차이를 분석해 보았다.

총 9인의 피실험자를 대상으로 한 실험결과를 살펴보면 도시부에서는 최고 48.5%, 최저 33.9%의 응시율을 보이고, 평균 약 41.5%의 응시율을 보이고 있는 반면 비도시부에서는 최고 62.6%, 최저 40.6%, 평균 약 49.9%로 도시부보다 높게 나타나는 것으로 분

그림 7_ 비도시부와 도시부의 중심영역 응시율(%)



석되었다.

왕복4차로 도로의 비도시부와 도시부에서의 중심영역 응시율에 차이가 있을 것이라는 가정하에 피 실험자별 결과치를 검정하기 위하여 Paired T-test를 수행하였다. 이때 샘플검정을 위한 가설은 다음과 같 이 설정하였다.

- 귀무가설 H0: 비도시부와 도시부의 중심영역 응시 율에는 차이가 없다.
- 대립가설 H1: 비도시부와 도시부의 중심영역 응시 율에는 차이가 없지 않다.

분석 결과 유의수준 0.05에서 P값은 0.026229406 이며, 이에 따라 귀무가설은 기각되고, 통계적으로 차 이가 존재하는 것으로 분석되었다.

표 8_T-검정 쌍체비교 결과

구분	변수 1	변수 2
평균	50.66147191	43.34589925
분산	46.04365935	29.43850794
관측수	9	9
피어슨 상관 계수	0.141266474	
가설 평균차	0	
자유도	8	
t 통계량	2.720475744	
P(T<=t) 단측 검정	0.013114703	
t 기각치 단측 검정	1.859548033	
P(T<=t) 양측 검정	0.026229406	
t 기각치 양측 검정	2.306004133	

4) 도로유형별 응시영역 분석

10인의 피실험자의 전방응시 데이터 분석 결과 각 도 로별로 4×4 셀에서 중심영역이 형성되었으며 중심 영역과 연결한 상하좌우로 비교적 높은 응시율을 보

표 9_ 도로유형별 운전자 응시영역 분석 결과

(단위: %)

구분	Grid	1	2	3	4	5	6	7	8	sum
왕복 4차로 도로	1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
	2	0.0	0.1	0.4	0.7	0.2	0.0	0.1	0.0	1.4
	3	0.1	0.3	2.5	7.4	2.1	0.3	0.0	0.0	12.7
	4	0.2	1.3	10.0	47.7	7.7	0.5	0.2	0.1	67.7
	5	0.1	0.7	2.7	9.5	3.3	0.3	0.1	0.1	16.8
	6	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.9
	7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.3
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
	sum	0.6	2.4	15.9	65.5	13.5	1.2	0.6	0.3	100.0
왕복 6차로 이상 도로	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
	2	0.0	0.0	0.1	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	1.0
	3	0.1	0.2	3.5	8.1	2.3	0.1	0.3	0.0	14.6
	4	0.1	0.5	6.6	54.7	7.7	0.6	0.4	0.2	70.6
	5	0.0	0.1	1.2	8.4	1.9	0.4	0.2	0.1	12.3
	6	0.0	0.1	0.0	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1	0.8
	7	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4
	8	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
	sum	0.2	0.9	11.6	72.3	12.4	1.2	1.1	0.4	100.0
고속화 도로	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
	2	0.0	0.0	0.1	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	1.0
	3	0.0	0.2	1.4	8.2	2.6	0.2	0.1	0.0	12.8
	4	0.0	0.3	5.3	57.9	8.4	0.7	0.3	0.1	73.0
	5	0.1	0.2	1.4	6.9	2.3	0.3	0.2	0.1	11.5
	6	0.0	0.2	0.2	0.4	0.1	0.0	0.0	0.1	1.0
	7	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.3
	8	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3
	sum	0.2	1.0	8.4	74.1	13.7	1.4	0.8	0.3	100.0
교차로	1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2
	2	0.0	0.1	0.2	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	2.3
	3	0.1	0.8	2.6	9.4	4.1	1.5	0.3	0.0	18.7
	4	0.9	3.1	8.7	34.3	9.3	3.1	0.7	0.4	60.5
	5	0.3	0.9	2.5	6.4	3.1	1.5	0.7	0.4	15.7
	6	0.0	0.1	0.4	0.5	0.6	0.1	0.0	0.1	1.8
	7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.5
	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.4
	sum	1.4	5.0	14.4	51.6	17.9	6.6	2.0	1.1	100.0

이고 있다.

교차로 정지상황 및 고속화도로를 제외하고는 중심영역을 중심으로 위쪽보다는 아래쪽의 응시비율이 높으며, 좌측보다는 우측의 응시비율이 다소 높게 나타나는 것으로 파악되었다. 그러나 교차로의 경우 전 영역을 고르게 주시하는 것으로 분석되어 타 유형보다 응시영역이 넓게 분포하는 것을 알 수 있다. 끝으로 왕복4차로 도로의 경우 왕복6차로 이상 도로나 고속화도로 주행 시보다 시선분포가 다소 확산되어 그 영역이 좌우로 퍼져있는 것을 알 수 있다.

V. 결론 및 활용방안

1. 결론

실험결과 운전자의 전방응시영역은 도로유형별로 차이가 나는 것으로 나타났다. 먼저 도로구간 특성별 운전자의 중심영역 응시율 변화를 살펴본 결과 왕복 6차로 이상 도로와 고속화도로에서의 중심영역 응시율이 가장 높게 나타났다. 이에 비해 왕복4차로 도로는 응시율이 떨어지는 것으로 나타났는데 주행 중 도로 주변부로 시선 분산이 발생했기 때문이다. 이는 도로의 차로 수에 따라, 혹은 차량의 운행 및 정지 여부에 따라 운전자의 전방주시율에 차이가 발생한다는 것을 의미한다. 또한 교차로 정지상태에서 전방주시율이 낮아지는 이유는 교차로에서 운전자가 많은 정보를 인지하려 하기 때문으로 판단된다. 따라서 교차로에서는 안내표지판, 교통표지판 등의 인지가 링크 구간에서 보다 용이할 것으로 사료된다. 또한 도로를 비도시부와 도시부로 구분하여 살펴본 결과 도시부보다는 비도시부에서의 응시율이 높게 나타났는데, 이는 도시부에서는 도로 주변 시설물이나 건축물 등에 의해 전방주시율이 다소 감소한 것으로 도로환경이 운전자의 전방주시율에 영향을 끼친다는 것을 보

여주는 자료가 된다.

이를 통해 운전자의 운전 시 시선응시는 운전자가 개인의 특성 외에 도로의 환경에 의해 영향을 받는다는 것을 확인할 수 있었다. 이에 따라 운전 중 안전 확보나 원활한 정보습득을 위해서는 운전자에게 영향을 주는 여러 가지 주변요소를 고려하여 도로설계에 반영하는 것이 필요하다. 본 결론은 도로의 계획이나 설계, 기타 가로등, 가로수 등의 도로부속시설물, 표지판, 안내판 등의 정보물, 도로변 건축물의 외관이나 옥외광고물 설치 등에 근거 자료로 활용이 가능할 것이다.

2. 활용방안

기존 연구와 본 연구의 가장 큰 차이점은 기존 연구가 시선의 변화에 따른 순간적 분석 결과만을 제시하였다면 본 연구는 운전자의 시선 변화에 따른 시선 범위뿐 아니라 응시시간을 누적으로 기록하고, 그 양을 계량화하여 전체에서의 비율을 수치화하여 분석한 것이다.

도출된 결론은 우리가 이미 인지하고 있는 사람의 행태적 시각 연구와 그 결과가 크게 다르지 않게 나타났다. 다만 운전자의 입장에서 도로의 주변환경에 따라 운전자의 시선이 어떻게 변화되는지에 대한 연구를 매크로한 차원에서 분석하여 결론을 도출하였다는 것이 본 논문의 큰 의미가 될 것이다.

도로 및 교통시설의 계획과 설계과정에서 우리가 간과하거나 고려하지 못하는 요소 중 하나가 환경변화에 따른 시각변화에 대한 것이다. 이는 도로의 기능적 측면 외에 운전자의 심리적 측면이나 행태적 측면을 고려한 설계에 적용된다면 매우 의미 있는 기초연구가 될 것이며, 크게 다음과 같은 경우에 활용이 가능할 것이다.

1) 왕복4차로와 왕복6차로 이상 구간에서의 시각변화

분석 결과를 살펴보면 왕복4차로 구간에서 평균 중심영역 응시율은 47.7%, 왕복6차로 이상에서의 중심영역 응시율은 54.7%로 좁은 도로보다 넓은 도로에서 중심영역의 응시율이 높은 것으로 나타났다. 이는 운전자를 중심으로 볼 때 도로가 넓어지면서 더 산만해질 것 같은 운전자의 중심영역 집중률이 오히려 높아지는 것을 의미하는데, 그 이유는 도로가 너무 넓은 경우 도로에서 보도까지의 거리가 멀어지면서 주위에 대한 시각 간섭영향이 감소되었기 때문으로 해석할 수 있다. 따라서 도로의 폭이 넓어지는 경우는 교통표지판의 설계 시 문형식으로 설치하거나 지주식 교통표지판을 설치하더라도 현재의 설계기준을 보완하여 보다 도로 안쪽으로 내민 현수식 형태의 설계개선이 필요하다.

또한 지금까지의 도로시설물은 미적 차원을 고려할 때 시각주체에 대한 고려가 미미하였다. 도로의 주 이용자가 운전자인지 혹은 보행자인지에 대한 고려가 필요하며, 2차선 이상의 다차선 도로에서는 교통시설물 외의 가로시설물 설계 시에는 운전자 중심보다는 보행자 중심으로 설치하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

2) 교차로와 도로구간에서의 응시변화

교차로부와 중심영역 응시율은 전 운전자 평균이 36.4%로 왕복4차로나 왕복6차로 이상 도로구간보다 월등히 낮아지는 것을 알 수 있었다. 교차로는 4방향에서의 신호와 차량의 흐름, 그리고 횡단보도 및 회전동작에 따른 여러 가지 운전조작이 발생하는 구간이기도 하다. 이는 운전자가 교차로에서는 도로구간보다 많은 정보를 습득하기 위해 다양하게 시선을 움직이거나 주위의 다양한 환경을 파악하기 위해 중

심영역의 응시율이 감소되는 것으로 추측된다. 교차로에서는 그만큼 교통시설물 및 교통정보 등의 파악이 상대적으로 용이하다는 의미이기도 하다. 따라서 교통정보물의 설치나 교통시설물 등을 설치하기에는 교차로부가 적합하다. 교차로에서의 사설 상업광고물이나 간판, 현수막의 설치 등은 그곳에서 많은 정보를 습득하여야 하는 운전자에게는 여러 가지 혼돈을 주어 안전운전을 방해하는 요인이 될 수 있으므로 이에 따른 설치규제나 가이드라인이 필요할 것이다.

3) 고속화도로와 일반도로와의 시각변화

일반적으로 고속화도로에서는 차량의 속도가 빨라지므로 운전자의 시야가 좁아져서 전방에 대한 응시 비율이 높을 것으로 예상된다. 본 논문의 연구 결과에 따르면 고속화도로 운전자의 중심영역 응시율은 약 57.9%로 나타났다. 또한 중심영역 주변응시율까지 합한 비율은 약 94.4%로 나타났다. 이는 왕복6차로의 중심영역 응시율인 54.7%에 주변응시율까지 합한 94.3%와 유사한 수준으로 나타난다. 두 경우 모두 중심영역과 전방에 주시하는 비율이 유사하다고 해석할 수 있다. 또한 왕복4차로에서는 주변응시율을 포함한 전방 주시비율은 92.8%로 다소 낮아지며 중심영역의 응시율도 47.7%로 고속화도로에 비해 낮은 것으로 나타난다.

이 결과를 근거로 도로 및 부속시설물에 대한 설계를 적용하는 경우 왕복6차로 이상의 경우나 고속화도로와 같이 차로수가 많은 경우에는 운전자가 인지해야 하는 시설물 설치 시 원거리에서 인식이 가능한 크기로 설치하거나 앞서 언급하였듯이 문형식의 교통시설물을 설치하는 것이 바람직하겠다.

표 10_ 구간 응시특성과 도로계획 및 정비 시 고려사항

도로 구분	구간 응시특성	도로 계획 및 정비 시 고려사항
왕복4차로 도로구간	<ul style="list-style-type: none"> • 운전자 시선 분산으로 집중률 저하 • 도시부와 비도시부의 응시율 차이 발생 • 도로 주변과의 상호관계 높음 	<ul style="list-style-type: none"> • 안전운전 시설물의 확대 • 비도시부와 도시부의 계획 및 설계방안 차별화 • 보도부 및 주변 상가의 광고물, 교통시설물, 가로수 등의 운전자를 고려한 정비방안 마련
왕복 6차로 이상 도로구간 및 고속화도로	<ul style="list-style-type: none"> • 도로폭원 확대에 따른 주변응시율 저하 • 운전속도의 증가 • 도로주변과의 상호관계 낮음 	<ul style="list-style-type: none"> • 교통표지판 및 교통시설의 설치 시 도로 안쪽으로 향하도록 설계지침 마련 • 속도증가에 따른 표지판 시인성 제고방안 마련 • 보도부 및 주변 상가는 보행자 중심의 설계 및 정비방안 마련
교차로구간	<ul style="list-style-type: none"> • 운전자의 시선 분산 극대 구간 • 도시부와 비도시부의 응시율 차이 발생 • 운전자의 교통정보 습득 구간 	<ul style="list-style-type: none"> • 교통정보시설 제공 외 상업용 광고물, 사설표지판 등 교통정보와 혼동되는 표지물의 규제 방안 • 비도시부와 도시부의 계획 및 설계방안 차별화 • 교차로를 중심으로 교통정보 및 교통표지판을 집중하고 시인성을 높이며, 상업용 광고물, 불필요한 정보 및 시설물의 최소화로 정보 구득력이 향상되도록 정비

4) 도시부 도로와 비도시부 도로에서의 시각변화

왕복4차로 도로에서 도시부와 비도시부의 분석 결과를 살펴보면 총 9인 중 8인에게서 도시부 도로보다 비도시부 도로에서의 중심영역 응시율이 높은 것으로 나타났다. 전체 평균으로 볼 때 도시부 도로는 41.5%, 비도시부 도로는 49.9%로 약 8.4%의 차이를 보인다. 그 이유는 도로 주변부에 인공적 구조물이 많은 경우 그로 인하여 운전자의 시선이 분산되기 때문으로 해석할 수 있다. 이는 안전운전과도 연관되는데 주변환경의 영향이 안전운전에 미치는 영향을 무시할 수 없다는 점을 시사한다. 따라서 안전상 운전 시 주의가 요구되는 도로에서는 가급적 단순하게 주변을 설계하는 것이 안전상 도움이 된다는 것을 말해준다.

도로구간을 특성별로 구분하고 본 논문의 결과 분석에 따른 도로계획 및 정비 시 고려사항을 정리하면 <표 10>과 같다. 도로구간 특성을 감안한 운전자의 응시특성을 감안한다면 도로의 선형계획이나 설계, 정비계획 수립 시보다 안전하고 효율적인 도로계획을 수립하는 데 도움이 될 것이다.

3. 연구의 한계

향후 연구 결과에 대한 구체적 적용을 할 경우 다음과 같은 부분에 대한 추가적 고려가 필요한 것으로 판단된다. 첫째, 구체적이고 간결한 조사목적 구축과 적용현장에 대한 직접적 조사, 그리고 이에 따른 조사계획 수립이 필요하다. 둘째, 도로유형별로 구분된 조사 계획이 필요하다. 셋째, 장치의 착용특성과 운전 가능한 피실험자를 대상으로 순수 연구목적으로만 도출된 결론이므로 향후 실제 적용을 위해서는 샘플 수를 확대하는 것이 유리하다. 넷째, 향후 같은 도로라 할 지라도 차량의 이동속도에 대한 고려를 감안한다면 현장 상황을 보다 잘 설명하는 데이터의 구득이 가능할 것이다.

참고문헌

김호영 · 김주현 · 금기정 · 김명수, 2000. “고속도로 터널구간에 서 운전자 시각행태 변화에 관한 연구”. 대한토목학회 논문집 제20권 제3-D호, pp471-476.
 김홍상 · 금기정 · 김명수 · 박영진, 2002. “교통안전 증진을 위한

- 국도 곡선부에서의 운전자 시각행태 분석”. 대한교통학 회지 제20권 제3호, pp7-16.
- 박일권 · 김광수 · 박상철 · 변해란. 2007. “조명에 강인한 눈꺼풀 움직임 측정기반 운전자 감시 시스템”. 한국정보과학회 논문지 제34권 제3호, pp255-265.
- 박혜경. 2010. “아이트래킹 기법을 이용한 지하철 공공환경시설물의 시지각 주목성 평가연구”. 한국디자인학회논문 제23권 제1호, pp238-246.
- 이상철. 2009. “착용형 시선추적장치의 스포츠분야 적용을 위한 시선 추적 장치 실용화”. 제어 · 로봇 · 시스템학회 논문지 제15권 제3호, pp265-272.
- Basillio, Noris., Jean-Baptiste, Keller. and Aude, Billard. 2011. “A Wearable Gaze Tracking System for Children in Unconstrained Environments”. *Computer Vision and Image Understanding* vol.115, no.4, pp476-486.
- David, Tock, and Ian, Craw. 1996. “Tracking and Measuring Driver's Eyes”. *Image and Vision Computing* vol.14, no.8, pp541-547.
- Greed, Anders. 2000. *Eye Tracking Research an A330 Full Flight Simulator*. Berlin : Berlin University of Technology.
- Joanne, L. H. and Y. Ian Noy. 2002. *The Impact of Cognitive Distraction on Driver Visual Behaviour and Vehicle Control*. Transport Canada : Road Safety Directorate and Motor Regulation Directorate.
- Laura, C., Linden, J. B. and Judy, D. 2001. *An Eye Movement Analysis of Webpage Usability*. England : Department of Psychology, Lancaster University.
- Manbir, Sodhi., Jerry, Cohen. and Susan, Kirschenbaum. 2004. “Multi-Modal Vehicle Display Design and Analysis”. *URITC Project no.536103*. Berkeley : University of Rhode Island Transportation Center.
- Robert J. K. Jacob. and Keith S, Karn. 2003. “Eye Tracking in Human - Computer Interaction and Usability Research: Ready to Deliver the Promises”. eds, Hyona, Radach. and Deubel, in *The Mind's Eye*(First Edition). England : Oxford, pp573-605.
- Wen-Bing, Horng., Cih-Yuan, Chen., Cang, Yi. and Chun-Hai, Fan. 2004. 3. 21. “Driver Fatigue Detection Based on Eye Tracking and Dynamic Template Matching”. Proceedings of the IEEE. 2004 *IEEE International Conference on Networking, Sensing & Control*. Taipei, Taiwan.
- Wolfgang S, Homburger. and James H, Kell. 1988. *Fundamentals of Traffic Engineering*. California : University of California Institute of Transportation Studies.

- 논문 접수일: 2013. 4. 10
- 심사 시작일: 2013. 4. 18
- 심사 완료일: 2013. 5. 6

A Study on Driver's Gaze Area in Variable Road Characteristics Using Eye Tracking System

Keywords: Eye Tracking, Eye Detecting, Driver's Gaze, Road Design, Road Characteristics

Eye tracking system means tracking and detecting the movement of driver's eyes using a series of device. This study analyzes driver's gazing area in variety of road characteristics using Eye tracking system. The contents of this report include the history of development in terms of the techniques of eye detection and the application of Eye tracking device. For collecting driver's eye gazing data, we used a head mounted device to 14 people in various road conditions. In the conclusion section of this study, gazing characteristics of drivers' eyes change according to the road characteristics, speed of the vehicle, number of lanes, and environment of running road. Moreover, we found drivers' eyes are more shifted to the other various spots when the vehicle is stopped on the crossroads compared to on the normal road and express road. Furthermore, the drivers' eyes dispersed more on the urbanized roads than on the rural roads, and more on the two-way with 4 lanes than on the two-way with 6 lanes. It can be adopted when we design and plan the road and also set the location for street furnitures and transportation facilities.

도로유형별 자동차 운전자의 응시영역 추출 분석 및 활용방안

주제어: 운전자 시선, 응시영역, 시선추적, 도로정비, 도로계획, 아이트래킹

Eye Tracking 장비는 사람의 눈동자 움직임을 포착하고 추적하는 기술을 말하며, 1950년대부터 현재까지 지속적인 발전을 이루어 왔다. 본 논문은 도로주행 시 운전자가 주로 어느 지점을 응시하고 있는가를 Eye Tracking System을 활용하여 알아보고 이를 통하여 도로의 특성별 운전자의 주시영역 변화를 살펴보는 시도를 하였다. 특히, 도로의 차로 수 및 성능, 도로의 공간적 특성에 따라 운전자의 전방 응시율이 달라질 수 있다는 가정하에 다양한 도로상황에서 운전자의 시선응시 변화를 Eye Tracking 장치를 활용하여 실험하였다. 총 14인의 피실험자를 대상으로 Eye Tracking 장치를 장착하고 21.5km에 이르는 구간을 주행하는 동안 운전자의 시선변화를 기록하여 분석하였다. 구득된 데이터의 총 유효시간은 199만 1,104초로 집계되었으며, 이는 약 7억 7,106만 7,358회의 Sampling Rate에 해당한다. 데이터 분석 결과 교차로에서의 중심영역 응시율이 가장 낮았으며, 왕복4차로 도로, 왕복6차로 이상 도로, 고속화도로 순으로 중심영역 응시율이 높아지는 것을 확인하였다. 교차로 정지 시 운전자의 시선이 중심영역에서 분산되어 응시율이 낮아지며, 비도시부 도로보다는 도시부 도로에서의 응시율이 낮아지는 것으로 분석되었다. 본 논문의 연구 결과는 도로시설물의 계획이나 설계, 도로의 선형계획, 도로 주변 및 가로시설물 정비 시에 활용이 가능할 것이다.