

# 드라이빙 시뮬레이터 주행과 현장주행시 운전자 반응 비교 연구

## Comparative Study on Difference in Driver's Workload between Driving Simulator and Field Driving in Tunnel, Highway

김 현 진 Kim, Hyun Jin  
김 주 영 Kim Ju Young  
최 경 임 Choi Gyeong Im  
주 재 흥 Ju Che Hong  
오 철 OH Cheol

정희원 · 교통안전공단 교통조사평가처 책임연구원 (E-mail : khj2047@ts2020.kr)  
교통안전공단 교통안전연구처 책임연구원 · 교신저자 (E-mail : tompkins@ts2020.kr)  
정희원 · 교통안전공단 교통안전교육처 연구위원 (E-mail : kichoi@ts2020.kr)  
교통안전공단 교통운영처 선임연구원 (E-mail : jsy0915@ts2020.kr)  
정희원 · 한양대학교 교통물류공학과 교수 (E-mail : cheolo@hanyang.ac.kr)

### ABSTRACT

**PURPOSES :** This study analyzed the difference in a driver's workload between using a driving simulator and field driving in tunnel, highway.

**METHODS :** Based on the literature review, it was found that a driver's workload could be quantified using biosignals. This study analyzed the biosignal data of 30 participants using data collected while they were using a driving simulator and during a field test involving tunnel driving. Relative energy parameter was used for biosignal analysis.

**RESULTS :** The driver's workload was different between the driving simulator and field driving in tunnels, highway. Compared with the driving simulator test, the driver's workload exhibited high value in field driving. This result was significant at the 0.05 level. The same result was observed before the tunnel entrance section and 200 m after the entrance section.

**CONCLUSIONS :** This study demonstrates the driving simulator effect that drivers feel safer and more comfortable using a driving simulator than during a field test. Future studies should be designed considering the result of this study, age, type of simulator, study site and so on.

### Keywords

Human factor, Driving simulator, Field, Driver, Workload, Tunnel

Corresponding Author : Kim, Ju Young, Chief Researcher  
Korea Transportation Safety Authority, 17, Hyeoksin 6-ro,  
Gimcheon-si, Gyeongsangbuk-do, 39660, Korea  
Tel : +82.54.459.7428 Fax : +82.54.384.5456  
E-mail : tompkins@ts2020.kr

International Journal of Highway Engineering

http://www.ksre.or.kr/

ISSN 1738-7159 (Print)

ISSN 2287-3678 (Online)

Received Feb. 23, 2017 Revised Oct. 10, 2017 Accepted Nov. 15, 2017

## 1. 서론

도로분야에서는 도로설계요소 평가, 도로안전시설 평가, 지능형 자동차 장치에 대한 운전자 수용성 평가 등을 수행할 때 주행 시뮬레이터 기반의 주행실험을 진행해 오고 있다. 실제 도로주행 실험이 곤란한 교통사고 상황의 재현 등 실차 실험으로 수행할 수 없는 다양한 도로, 교통환경에서 운전자와 차량, 도로의 상호관계분

석 필요성이 대두됨에 따라 운전자의 안전에 위협을 주지 않으면서 다양한 도로교통환경을 재현하여 도로계획과 설계, 경관, 교통안전, ITS, Human factor 등의 분야에서 활용할 수 있도록 해 주는 것이 바로 도로주행 시뮬레이터이다.

ESC(Electronic Stability Control), BAS(Brake Assist System), FCW(Forward Collision Warning)

등 첨단차량시스템의 효과분석 및 운전자 적응·수용도 평가와 첨단 차량제어 시스템의 새로운 인터페이스에 대한 운전자 평가에도 다양하게 활용되고 있다.

실제 도로현장에서 운전자를 대상으로 진행되는 실험은 여러 가지 제약성으로 인해 상대적으로 많이 시행되지 못하는 실정이며, 이로 인해 ITS기반시설이나 도로 안전 시설간에 운전자의 반응에 대한 상대적인 비교를 위해 주행시뮬레이터를 활용하여 평가 진행되고 있지만 실제로 도로현장에서 운전자에게 어떠한 반응을 보일지에 대한 연구는 미미한 상태이다. 다만, 실제 도로현장에서 주행하는 경우보다 주행 시뮬레이터를 이용하는 경우 운전자가 더 안전하게 느끼거나 덜 위험하게 느낀다고 보고되고 있어 이에 대한 구체적인 연구가 필요하지만 국내에서는 관련연구가 부족한 실정이다.

본 연구에서는 실제주행환경에 기반한 3D 시뮬레이터 주행환경과 실제 도로 주행환경에서 피실험자를 대상으로 주행 중인 운전자의 반응을 뇌파계측장치를 이용하여 자료를 수집하고 운전자 설명변수를 적용하여 주행 시뮬레이터 주행과 현장주행 시의 운전자의 운전부하를 비교·분석함으로써 운전자가 시뮬레이터 실험에서 더 안락하게 느끼는 시뮬레이터 효과를 보이는지 검증하기 위해 자료를 수집분석하였다.

이를 통해 실제 도로 주행현장에서 운전자의 운전부하량이 시뮬레이터를 활용한 주행과 어느 정도의 차이가 있는지 파악해 봄으로써 도로주행환경에 대한 운전자 수용성 등 운전자 반응평가 연구에 활용하는데 본 연구의 목적이 있다.

본 논문에서 사용한 용어를 정리하면 아래와 같다.

- 각성수준(workload): 작업부하라고도 하며 외부작업 시, 한 사람이 감수해야 할 능력을 의미하며 인적능력과 작업에서 요구하는 정도와 관련이 된다고 말할 수 있다. 즉, 어느 작업에서 요구되는 자원이 적정 수준 이상으로 많아질수록 작업부하량은 증가되고 작업의 수행도는 떨어진다.
- 시각 각성수준: 두뇌의 각 부분은 인간의 시각 및 반응에 대해 고유한 영역을 갖는데, 시각정보처리(visual information)를 위한 작업부하를 의미한다.
- 시지각(Visual Perception): 시각을 통해 수용한 시각적 자극에 대해 인식, 변별, 해석하는 두뇌활동을 의미한다.
- 수행능력: 자동차가 안전하게 운행하는데 필요한 운전자의 운전능력을 의미한다.

## 2. 기존 문헌 고찰

### 2.1. 뇌파와 운전자 반응

운전자의 상태 변화가 생체신호인 뇌파에 반영되기 때문에 운전자의 뇌파를 측정하여 “운전자의 각성수준”을 알아보는 연구들이 많이 수행되고 있으며 운전수행능력의 저하는 각성수준과 상관이 높다(Beatty, J. et al., 1974). 뇌파측정과 관련된 연구로 외부자극의 복잡성 정도가 뇌파활성화에 관여하여 결국 지각에도 영향을 미치는데 자극이 복잡할수록 긴장이완과 상관이 높은 유형의 뇌파 활성화는 차단되고, 각성수준의 향상과 관련이 높은 뇌파의 활성화는 증가된다. 이러한 현상은 운전자의 과부하(Overload)를 통해 설명할 수 있으며 운전행동을 하는데 있어 외부자극이 많은 경우에는, 정보를 처리하기 위한 주의집중력이 요구되고 그에 따라 각성수준은 증가하게 된다(Christie, B. et al., 1972).

Bosurgi G.(2005)는 운전자가 운전 중 받아들이는 정보의 약 80% 이상이 시각정보일 정도로 운전자의 시지각 활동의 변화는 매우 중요한 요소임을 주장하며 운전자 행동에 따른 눈동자의 움직임을 시각부하기준으로 표현하여 운전자의 운전부하를 설명하고자 하였다(Bosurgi G. et al., 2005). Brookhuis(1993)는 운전자의 뇌파분석을 통해 자동차를 오랜시간 운전하게 되면 운전자의 수행능력이 감소함을 밝혔다(Brookhuis, K.A. et al., 1993). Beatty(1974)는 수행능력저하는 각성수준의 저하와 상관성이 높으며 이는 뇌파의 세타파의 증가와 관련이 있다고 하였다(Beatty, J. et al, 1974). Lal, SKL(2003)은 운전자를 대상으로 뇌파신호를 조사하여 운전자의 수행능력을 평가하였으며 뇌파를 이용하는 것이 운전수행능력을 평가하는데 적합함을 증명하였다.

### 2.2. 주행 시뮬레이터와 운전자 반응

Kappler(1993)은 주행 시뮬레이터에서 실제로 위험하지 않고 실제 운전상황이 아니기 때문에 운전자의 의식이 실제와 다를 수 있다고 하였다(Kappler, W.D., 1993). Blana, E(1996)은 리즈대학교의 주행시뮬레이터를 이용한 실험에서 실제도로에서의 운전과 시뮬레이터 운전에 차이가 있으며 둘 간에 의미있는 관계가 있음을 주장하였다(Blana, E. 1996). Jan(1998)은 20명의 피실험자를 대상으로 주행시뮬레이터 주행 중 운전자의 운전행태를 조사하였는데 실제 주행과 차이가 있다고 하였다(Jan Tornros, 1998).

Motoyuki(2003)는 주행 시뮬레이터와 도로주행실험을 통해 터널구간에서의 운전자의 운전행태를 조사하였는데, 둘 간에 차이가 있음을 밝혔다(Motoyuki, 2003).

### 3. 연구방법

#### 3.1. 주행 시뮬레이터 환경실험

##### 3.1.1. 피실험 운전자 선정

우리나라 운전자 연령별 분포상 많은 비율을 차지하고 있는 30대를 대상으로 총 30명의 남성 운전자를 피실험자로 선정하였다. 실험에 참가한 피실험자는 과거에 뇌질환이나 심장질환으로 인해 입원하거나 치료를 받은 적이 없고, 색맹, 색약 등 시각 기능에 이상이 없는 신체 건강한 정상인을 대상으로 하였다. 본 연구에서는 피실험자 배지에 있어 성별 및 연령에 대한 운전자의 반응차이를 고려하지 않았으며, 실험에 참여한 피실험자의 특성자료는 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of Subjects in Driving Simulator Experiment

Classification	Number of subjects	Average age	Eye sight (left)	Eye sight (right)
Characteristics	30people	35	1.0	1.0

##### 3.1.2. 주행구간 구현

주행대상구간은 최근에 개통된 동홍천-양양간 고속도로 인제터널을 선정하였다. 터널은 도로주행구간 중 폐쇄적인 기하구조적 특성으로 운전자에게 높은 운전부하량을 발생시키기 때문에 선정하였다. 실제터널에서의 주행실험이 시·공간적 제약이 많고 장시간 충분한 자료의 수집이 어렵기 때문에 인제터널의 기하구조, 표준단면도, 부대시설에 맞추어 컴퓨터 3D 가상터널을 구현하였다. 구현된 인제터널은 진입부(2km), 터널부(10.9km) 등이며 곡선반경 2,000m 이상인 편도2차로로 구성되어 있으며 터널진입부 형태, 터널내 방재시설 및 FAN과 같은 각종 부대시설은 실제 설계안을 기본으로 구성하여 실제 주행환경과 동일하게 구현하였다.

##### 3.1.3. 자료수집

실험은 실제차량에 컴퓨터, 뇌파측정장비, 빔프로젝터, 스크린을 연결하여 주행시뮬레이터를 구현하였다. 주행 중 실험차량 자체의 움직임은 발생되지 않으며 피실험자가 차량을 조향하고 가·감속함에 따라 스크린에 실제주행과 동일하게 주행화면이 변화되도록 하였다. 주변 차량으로 인한 영향을 최소화하기 위하여 주행구간내 다른 차량은 표출되지 않았으며 주행속도에 따른 주행음향효과를 다르게 구현하였다. 터널내에는 운전자의 시각 각성수준(Workload) 변화에 영향을 미치는 표지판, 사고발생과 같은 이벤트가 발생하지 않도록 하였

다. 2차로 중 바깥차로를 주행토록 하였으며 주행속도는 100km/h로 주행토록 하였다. 터널진입전 지점, 터널진입후 200미터 지점의 데이터를 수집하였다.

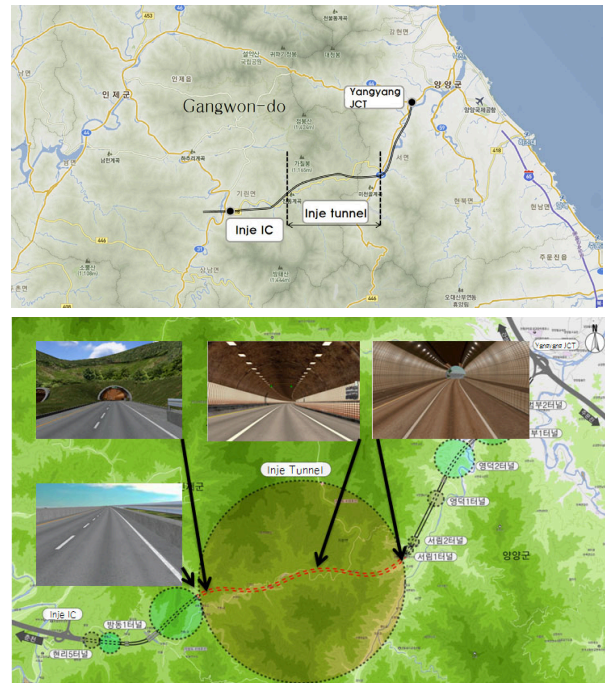


Fig. 1 Experiment Site and Inje Tunnel in Driving Simulation

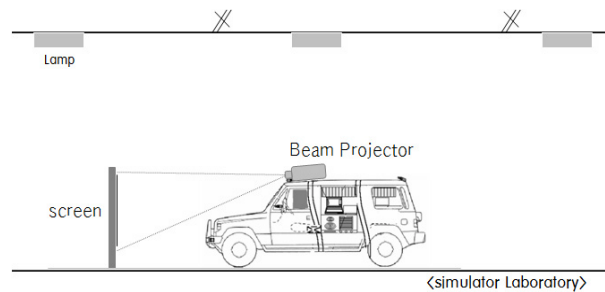


Fig. 2 Simulator Laboratory Setup and Biosignal Equipment

피실험자가 도착하면 먼저 피실험자에게 주의사항을 설명하고 신호수집을 위한 센서를 부착한 뒤 운전자의 거부반응이 없도록 충분한 휴식시간과 주행 시뮬레이터 조작을 위한 적응시간을 주었다. 실험실시 전에는 약물 복용이나 흡연, 커피, 알코올(술)을 복용하지 않도록 하였으며, 피실험자는 피로가 누적되지 않은 상태에서 실험



험에 참여토록 하였다.



Fig. 3 Subject in Driving Simulator Experiment

생체신호는 뇌파측정 장비를 이용하였고 수집 자료는 생체신호(뇌의 후두엽 뇌파)를 수집하였다. 운전자가 취득하는 정보의 90% 이상이 시각정보이며 뇌의 후두엽은 시각적인 정보처리 감각영역으로 알려져 있어(R. Cooper, 1980; Leonard Evans, 1991) 본 실험의 목적에 부합되어 선정하였다.

### 3.2. 현장 주행환경실험

#### 3.2.1. 피실험 운전자 선정

현장 주행환경 실험은 30명의 남성 피실험자를 대상으로 실시하였다. 고속도로에서 운전 중인 운전자에게서 계측장비를 이용하여 데이터를 수집하는 것은 교통안전상 위험요인이 될 수 있어 피실험자는 과거의 사고나 운전경력 등을 고려하여 선정하였다. 피실험자 배치에 있어 성별 및 연령에 대한 운전자의 반응차이를 고려하지 않았으며, 실험에 참여한 피실험자의 특성자료는 Table 2와 같다.

Table 2. Characteristics of Subjects in Field Experiment

Classification	Number of subjects	Average age	Eye sight (left)	Eye sight (right)
Characteristics	30people	33	1.1	1.1

#### 3.2.2. 주행구간 선정

연구기간 중 인제터널이 시공중인 관계로 현장주행 실험을 위한 대상구간은 대전통영고속도로 내 1km 이상의 연장을 가진 3개의 터널인 오두재터널, 육십령터널, 함양터널을 대상으로 운전자의 뇌파자료를 수집하였다. 선정된 터널들은 시뮬레이터내 인제터널이 갖는 기하구조 특성인 곡선반경 2,000m 이상의 평면선형을 가지며 방재시설, 비상전화, Jet Fan 등 시설물이 유사하게 설치되어 있고 표지판, 경고시설 등이 없어 주행환경에 큰 차이가 없는 것으로 가정하였다.

Table 3. Characteristics of Tunnel in Field Experiment

Classification	Horizontal alignment	Vertical grade(%)	Tunnel picture
Yuksimnyeong Tunnel	Straight (L=3,170m)	±0.8	
Oduje Tunnel	Straight (L=1,148m)	±1.7	
Hamyang Tunnel	Straight (L=1,505m) curve (R>2,300m)	±0.5	

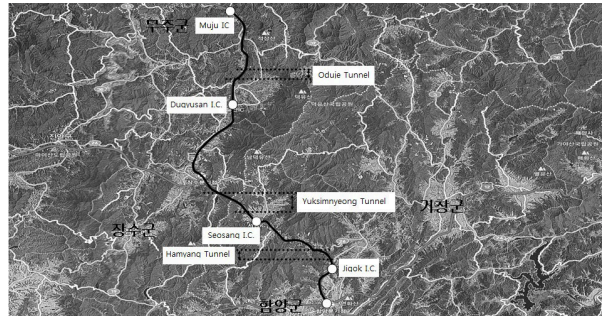


Fig. 4 Experiment Site in Field Experiment

#### 3.2.3. 자료수집

실험은 주행조건이 양호한 맑은날 평일 14:00~18:00 시간대에 수행되었으며 자료수집 시 교통량은 서비스수준 'C' 수준으로 실험에 주변차량의 영향을 받지 않도록 하였다. 실험차량은 총 2차로 중에서 주행차로인 바깥차로로 주행토록 하였으며, 주행속도는 최고제한속도인 100km/h로 주행토록 하였다. 실험은 무주IC에서 출발하여 실험대상터널들을 지나 지곡IC에서 복귀하는 과정으로 진행하였으며, 터널진입 전 지점, 터널진입 후 200미터 지점의 데이터를 수집하였다. 시뮬레이터 실험과 동일한 자료수집 및 분석과정을 거쳤다.



Fig. 5 Subject in Field Driving Experiment

### 3.3. 분석방법

본 연구에서 수집된 생체신호의 정량화 방법은 FFT(Fast Fourier Transform)분석을 통하여 뇌파의 주파수 대역별로 상대 파워스펙트럼 값(Eq. (1))을 구하고 분석 파라미터로는 상대 파워스펙트럼 분석에서 얻어진 값을 정규화(Normalization)분석하여 얻어진 값(Eq. (2))을 사용하였다. Eq. (2)에서 보듯이 무자극 시의 뇌파측정값을 이용하여 정규화(Normalization)과정을 통해 피실험자들의 특성차이를 제거할 수 있다.

수집된 자료는 비디오 화면의 탐색을 통하여 정확한 위치지점의 파악 및 시간체크를 하였으며, 해당 신호수집구간별 자료를 전체 실험데이터에서 분리해낸 후 분석프로그램을 이용하여 정량화하였다. 자료수집 및 분석과정에서 최대값 및 최소값을 제거하는 노이즈 필터링을 포함하였다.

$$R_{power} = \frac{E_{power}}{\sum(A_{power})} \quad (1)$$

여기서,  $R_{power}$  : 상대 파워스펙트럼 값

$E_{power}$  : 특정 파워스펙트럼 값

$A_{power}$  : 모든 파워스펙트럼 값

$$N_p = \frac{P_{driving}}{P_{resting}} \quad (2)$$

여기서,  $N_p$  : Normalization 값

$P_{driving}$  : 운전상황 생체신호 값

$P_{resting}$  : 무자극 시(안정상태) 생체신호 값

$$R_e = \frac{(\Theta_p + A_p)}{B_p} \quad (3)$$

여기서,  $R_e$  : 상대 에너지 계수 값

$\Theta_p$  : 세타파 값

$A_p$  : 알파파 값

$B_p$  : 베타파 값

본 연구에서는 주행 중인 운전자의 부하를 설명하기 위한 변수로 상대에너지계수 값을 사용하였다. 이 변수는 국내·외 운전자 특성연구(Brookhuis, 1993;

TAMIL SELVAN N, 2015)에서 운전자의 운전부하를 잘 설명하는 것으로 보고되어 사용하였다.

상대에너지계수 값(Eq. (3))은 Brookhuis가 운전자의 운전부하를 정의하기 위해 만든 파라미터로 차량을 운전하는 운전자의 뇌파를 측정하여 졸음, 이완상태와 관련이 있는 세타파, 알파파, 주의집중 활동과 관련이 있는 베타파를 추출하고 이들을 이용하여 운전자의 정신적 부하상태를 평가할 수 있다. 운전자의 운전부하가 늘어날수록 상대에너지계수 값은 감소한다.

## 4. 분석결과

### 4.1. 터널진입전 구간의 운전부하

시뮬레이터 환경실험과 현장 주행환경에서의 수집자료 중 데이터 미수집 지점과 이상자료를 제외하고 분석하였다. 시뮬레이터 환경에서 상대에너지 계수값은 2.937, 현장 주행환경에서의 상대에너지 계수값은 2.102로 나타나 현장 주행환경에서의 상대에너지 계수값이 0.835 더 적게 분석되었다. 상대에너지 계수값이 적은 것은 운전자의 운전부하가 더 큰 것으로 이해할 수 있다.

Table 4. Subject's Average Workload in Before-Entrance Section

Classification	Relative energy parameter
Simulator driving experiment	2.937
Field driving experiment	2.102

### 4.2. 터널진입후 구간의 운전부하

시뮬레이터 환경에서 상대에너지 계수값은 2.507, 현장 주행환경에서의 상대에너지 계수값은 2.050으로 나타나 현장 주행환경에서의 상대에너지 계수값이 0.457 더 적게 분석되어 터널진입전의 결과와 동일하게 현장 주행환경에서의 운전자 운전부하가 더 큰 것으로 나타났다.

Table 5. Subject's Average Workload in 200Meter After Tunnel Entrance

Classification	Relative energy parameter
Simulator driving experiment	2.507
Field driving experiment	2.050

### 4.3. 주행 시뮬레이터와 현장 주행환경의 운전부하 비교

시뮬레이션 실험과 현장주행실험의 계측결과 차이를

살펴보면, 터널 진입전 구간과 터널 진입후 구간 각각에 대해 현장주행실험에서의 상대에너지계수 값이 시뮬레이터 주행의 경우보다 더 적게 나타났다. 이는 운전자가 시뮬레이터 주행실험 시 더 안정적으로 느끼는 것으로 해석할 수 있으며 이러한 결과는 기존의 시뮬레이터 실험관련 문헌(Blana, E, 1996 ; Kappler, W.D., 1993 ; Motoyuki, et al., 2003 ; Park, J. et al., 2015)과 유사한 결과이다. 이러한 결과가 통계적으로 유의한 결과 인지 분석하기 위해 시뮬레이터 주행실험값과 현장주행 실험값에 대해 터널진입전 구간과 터널진입후 구간에 대해 각각 통계분석을 수행하였다.

터널 진입전 구간의 경우에는 Table 6에서 보듯이 두 집단인 시뮬레이터 환경과 현장 주행환경에서 계측된 값들의 분산에 대한 F-검정결과(Pr>F)가 0.05보다 작게 나타나 신뢰수준 95%에서 두 집단간의 유의미한 차이가 있는 것으로 분석되었다. 터널 진입후 구간에서도 마찬가지로 두 집단간의 분산에 대한 F-검정결과(Pr>F)가 0.05보다 작게 나타나 신뢰수준 95%에서 두 집단간의 유의미한 차이가 있는 것으로 분석되었다.

Table 6. Results of Variance (Before Entrance)

Source	df	Sum of squares	Mean square	F value	Pr>F
Model	1	15.5580	15.5580	9.08	0.0032**
Error	115	197.1048	1.7139		
Total	116	212.6628			

\* significant in level : 0.05

Table 7. Results of Variance (200Meter After Tunnel Entrance)

Source	df	Sum of squares	Mean square	F value	Pr>F
Model	1	4.5129	4.5129	10.32	0.0017**
Error	105	45.9157	0.4372		
Total	106	50.4286			

\* significant in level : 0.05

## 5. 결론 및 향후 연구과제

도로주행 시뮬레이터는 실제 도로주행 실험이 곤란한 교통사고 상황의 재현 등 실차 실험으로 수행할 수 없는 다양한 도로, 교통환경에서 운전자와 차량, 도로의 상호 관계 분석 등에 사용되고 있다.

그러나 실제 도로현장에서의 주행과 주행시뮬레이터에서의 주행에는 운전자가 느끼는 정도가 차이를 보인

다. 실제 도로현장에서 주행하는 경우보다 주행 시뮬레이터를 이용하는 경우 운전자가 더 안전하게 느끼거나 덜 위험하게 느낀다고 보고되고 있으나 국내에서는 이러한 연구가 미미한 실정이다.

본 연구에서는 실제 주행환경에 기반한 3D 시뮬레이터 주행환경과 실제 도로 주행환경에서 피실험자를 대상으로 주행 중 운전자의 반응자료를 뇌파측정장치를 이용하여 수집하고 운전자 설명변수를 적용하여 주행 시뮬레이터 주행과 현장주행 시의 운전자의 운전부하를 비교·분석하여 운전자가 시뮬레이터 실험에서 더 안락하게 느끼는 시뮬레이터 효과를 검증하였다. 분석결과, 운전자는 시뮬레이터 주행실험 시 더 안정적으로 느끼는 것으로 분석되었으며 통계적으로도 유의하였다. 이러한 결과는 국외 관련문헌과 유사한 결과로 운전자가 시뮬레이터 실험에서 더 안락하게 느끼는 시뮬레이터 효과를 생체신호 데이터에 기반하여 검증한 것에 의미를 가진다.

향후, 본 연구의 결과를 기초로 하여 초보운전자 및 고령운전자, 여성운전자 등으로 다양한 운전자를 대상으로 조사할 필요가 있다. 또한 운전자의 인지반응시간 연구에서 천여명 이상을 대상으로 조사한 것과 같이 다양한 연령대 및 성별로 피실험자를 구성하여 분석값의 신뢰성을 높일 필요가 있으며 비모수검정 방법 등 다양한 분석을 적용해 볼 수 있다. 추후 다양한 시뮬레이터 유형별 비교분석을 통해 보다 정확한 연구가 진행되어야 할 것이다.

## 감사의 글

본 논문은 국토교통물류연구사업 “고위험군 운전자행동개선 및 위반억제 기술개발” 과제 중 시뮬레이터기반의 안전운전 평가·교육시뮬레이터 S/W 개발(2세부) 연구의 일부임.

## REFERENCES

- Beatty, J., Greenberg, A., Deibler, W. P., & O'Hnlon, J. F. (1974). "Operant control of occipital theta rhythm affects performance in a radar monitoring task", *Science*, Vol. 183, pp.871-873.
- Blana, E. (1996). "Driving simulator validation studies : A Literature Review", Working paper 480, Institute of transport studies, University of Leeds, Leeds, UK.
- Bosurgi G., D'Andrea A., and Pellegrino O. (2005). "A Methodology to Study Driving Behaviour Based on the Visual Activity", *83rd TRB Annual Meeting proceeding*, United states.
- Brookhuis, K. A., Waard, D. and Mulder, L. J. M. (1993). "Measuring driving performance by car-following in traffic", *Ergonomics*, Vol. 37, pp.427-434.

- Christie, B., Delafield, G., Lucas, B., Winwood, M., & Gale, A. (1972). "Stimulus complexity and the EEG: Differential effects of the number and verity of display elements". *Canadian Journal of Psychology*, Vol. 26, pp.155-170.
- Jan Tornros (1998). "Driving behaviour in a real and a simulated road tunnel-a validation study", *Accident and analysis prevention*, Vol. 30(4), pp. 497-503.
- Kappler, W.D. (1993). "Views on the role of simulation in driver training", *Proceedings of the 12th european annual conference on Human decision making and manual control*, university Kasel, Germany.
- Lal, S.K.L. and A. Craig, P. Boord, L. Kirkup, and H. Nguyen (2003). "Development of an algorithm for an EEG-based driver countermeasure", *Journal of Safety Research*, Vol. 34(3), pp.321-328.
- Leonard Evans (1991). "*Traffic Safety and the Driver*", Van Nostrand Reinhold, NY, pp.109-114.
- Motoyuki, Nobuhiro (2003). " Simulator study on driver's behavior while driving through a tunnel in a rolling area", *DSC North America 2003 Proceedings*, United states.
- Park, Jinho, Lim.Joonbeom, Joo.Sungkab, Lee, Soobeom (2015). "A study on the compensation of the difference of driving behavior between the driving vehicle and driving simulator", *Int.J. Highw.Eng.* Vol 17, No.2, pp.107-122 (in Korean).
- R.Cooper (1980). "*EEG Technology*", Butterworth, London, Creutzfeldt.
- T. Selvan N and R. Shanmugalaksshmi (2015). "A review on driver fatigue detection system", *International journal of Innovative science and applied engineering research*, Vol. 13, Issue 44, pp. 29-33.