

# 자동차 시뮬레이터에서의 급출발 및 급제동에 따른 운전자 감성 평가\*

## Evaluations on Driver's Sensibility Changes by Sudden Start and Sudden Stop Conditions in Driving Simulator

전효정\*\* · 민병찬\*\* · 성은정\*\* · 김철중\*\*

Hyo-Jeong Jeon, Byung-Chan Min, Eun-Jung Sung, Chul-Jung Kim

Abstract : The purpose of the study was to measure and compare driver's psychophysiological responses in different driving conditions through driving simulator. Twelve male adults(more than 1 year of driving experience) were assigned to four different driving conditions, such as normal speed(70km/h), sudden start(0km/h → 70km/h), and sudden stop(70km/h → 0km/h), and their simulator sickness, subjective pleasantness and arousal, EEG, ECG, skin temperature, and GSR were measured. Subjective and physiological evaluations were executed before and after driving in each condition. The results showed that subjective pleasantness and arousal increased in sudden stop and sudden start conditions, relative to stop and normal speed conditions. As the central nervous responses, beta wave increased and alpha wave decreased in sudden stop and sudden start conditions, relative to stop and normal speed conditions. With regard to the autonomic responses, heart rate and GSR increased, while skin temperature decreased in sudden stop and sudden start conditions, which means an activation of sympathetic nervous system. The results suggested that based upon observation of the distinctive psychophysiological changes by driving conditions, it is possible to evaluate the human sensibility in dynamic environment.

Key words : Human Sensibility, Psychophysiological Responses, Driving Simulator

요 약 : 자동차 시뮬레이터에서 운전 형태에 따른 감성을 평가하기 위하여 운전자의 심리생리적 반응을 측정하였다. 운전 형태는 정차, 정속주행(70km/h), 급출발(0km/h→70km/h) 및 급제동(70km/h→0km/h)으로 하였다. 피험자는 운전경력이 1년 이상인 20대 남자 12명을 대상으로 Simulator Sickness 및 주관적 쾌적감과 각성감, 뇌파(Electroencephalogram), 심전도(Electrocardiogram), 피부온도(Skin temperature), 피부전기저항(Galvanic skin response)을 측정하였다. 주관적, 생리적 평가는 각 주행조건에서 주행 전과 후에 실시하였다. 실험결과 정차 및 정속 주행보다 급출발 및 급제동 조건에서 쾌적감과 각성감은 높아졌다. 생리적으로는 정차 및 정속 주행보다 급출발 및 급제동 조건에서 중추신경 반응은 알파파가 감소하였고, 베타파는 증가하였다. 자율신경 반응은 심박율 및 피부전기저항의 증가, 피부온도의 저하로부터 교감신경이 활성화됨을 알 수 있었다. 이러한 결과로부터 운전 형태에 따라 심리·생리적인 변화가 뚜렷하였고, 시뮬레이터를 이용한 동적 환경에서의 감성 평가가 가능하였다. 감성에 대한 개인간의 차이를 최소화하고 객관화된 감성을 도출하기 위해서는 앞으로 더 많은 대상자에 대한 측정 자료가 요구된다.

주요어 : 감성 평가, 생리심리반응, 자동차 시뮬레이터

### 1. 서론

인간 감성은 외부로부터 감각정보에 대하여 직관

적, 순간적으로 발생하며 복합적이고 종합적인 느낌으로 명확한 표현이 어려운 동시에 개인과 환경 변화에 따라 다양하게 변화하고, 환경의 변화 및 외부 자

\*본 연구는 과학기술부 G7 감성공학과의 연구비 지원을 받아 수행되었음.

\*\* 한국표준과학연구원 인간정보그룹, Tel : 042)868-5456, Fax : 042)868-5049, E-mail : s\_hjeon@hanmail.net

극으로 인한 신체적 반응과 생리적 변화를 수반한다 [1,2]. 그러므로, 이러한 인간감성을 측정 및 평가하는데 개인의 주관적인 평가와 함께 외부자극에 대한 생리적 반응을 통한 객관적인 평가가 필요하다[1].

감성 연구자들은 정서 특정적 생리 반응을 통하여 인간 감성을 정량적으로 규명하고자 하였다. 정적 환경에서 시각, 청각, 후각, 피부 감각에 자극 제시와 정서 유발에 따른 생리적 반응의 변화를 살펴본 결과, 쾌-불쾌 차원의 생리적 감성 지표인 뇌파는 쾌 감성일 때 상대적으로 알파( $\alpha$ )파의 출현량이 증가하였고, 불쾌 감성에서는 베타( $\beta$ )파의 출현량이 증가하였다[3-6]. 감성에 대한 자율신경 반응은 각성되거나 긴장되었을 때 심박변동을, 피부온도, 피부전기저항 등의 생리 신호를 통하여 교감 신경이 활성화됨을 보고하였다[5,7]. 동적 환경에서의 연구로 실제 차량을 이용한 속도 및 운전 형태에 따른 감성 및 생리적 변화는 주행 속도의 증가, 급출발 및 급제동일 때 긴장감이 높아졌고, 자율신경 반응도 활성화된 것으로 나타났다[8,9].

인간의 감성적 변화를 측정하고 이에 대한 데이터 베이스를 구축하기 위해서는 다양한 환경과 실제 상황에서 피험자가 느끼는 변화를 관찰하여야 하는데, 실제 상황에서는 여러 가지 실험 관찰에 관련된 변수들의 통제가 불가능하고 유의한 실험 결과를 얻기 어렵다[10]. 최근에 실제 상황에서의 연구에 따른 단점을 보완하고 효율적으로 인간감성에 대한 특성을 파악하기 위하여 시뮬레이터와 같은 모의 시험 시설을 이용한 감성 평가 연구가 이루어지고 있다[11,12]. 고정되어 있는 가상 시뮬레이터(fixed graphic simulator)에서 속도 변화에 따른 운전자의 감성은 속도가 증가함에 따라 주관적인 긴장도와 쾌도, 교감신경의 활성이 증가하였다[12]. 움직임이 있는 자동차 시뮬레이터(motion-based driving simulator)에서도 속도 및 운전 형태에 따라 주관적인 긴장감과 쾌활성은 속도 증가, 급가속 및 급감속하였을 때 증가하였으며 생리적 반응은 피부온도와 피부전기저항의 생리신호를 통하여 교감신경이 활성화된 것으로 나타났다[9].

본 실험은 동적 환경 시험용으로 구축된 자동차 시뮬레이터를 이용하였고 실제 차량 및 가상, 동적 시뮬

레이터에서의 운전자의 심리생리적 감성에 대한 선행 연구 결과를 바탕으로 운전 형태에 따른 운전자의 감성 변화를 살펴보고자 하였다.

운전 형태는 정차, 급출발(0km/h→70km/h), 급제동(70km/h→0km/h) 조건으로 하여 운전자의 주관적 감성 및 생리적 반응을 측정하였고 동일한 시뮬레이터를 이용한 정속 주행(70km/h)시 측정 결과와 비교 분석하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 피험자

운전 경력이 1년 이상이고 뇌질환이나 심장질환의 병력이 없는 신체 건강한 남자 12명이 실험에 참여하였다. 평균연령은 23.1±1.4세이고 평균 운전경력은 2.4±1.6년이었다. 실험 전 신경계에 영향을 줄 수 있는 흡연이나 카페인 음료의 섭취를 금하였고 실험 내용에 대해 충분히 이해한 후 실시되었다.

### 2.2 시뮬레이터

본 실험에 이용한 시뮬레이터의 시스템 구성 및 사양은 표 1과 같다. 주행 화면은 3면으로 구축되어 있고, 주행 그래픽의 구성은 주행 차량이 없는 주행 도로(2차선)와 건물 및 자연 배경으로 되어 있다. 피험자는 시뮬레이터에서 운전대, 브레이크 페달 및 가속 페달, 자동 변속기를 이용하여 일정한 차선으로 주행하도록 하였다. 급출발과 급제동 신호는 실험자가 시스템을 이용하여 제어하였다.

### 2.3 주관적 평가 및 생리신호 측정

Simulator Sickness는 Kennedy와 Lane(1993)의 Simulator Sickness Questionnaire(SSQ) 16문항을 참조하였다[13]. 주관적인 감성은 쾌적감(불쾌하다→쾌하다), 긴장감(이완된다→긴장된다), 각성감(졸린다→각성된다), 속도감(느리다→빠르다), 현실감(현실감이 없다→현실감이 있다)에 대하여 VAS(Visual Analogue Scale)법을 이용하여 평가하였고 피험자가 직접 기록하도록 하였다.

생리신호는 Biopac system과 Acqknowledge 프로

표 1. 시뮬레이터 시스템 구성 및 사양

시스템 구성	세부 내용
Vehicle Dynamics System	- Real-time, High Fidelity - Detailed Terrain Database
Motion System	- Bandwidth : Up to 50Hz - High Freq. Ride-Feel Motion Base - Open/Closed-Loop Control - Adaptive Washout Algorithm
Operating Console System	- Communication with 100Mbps Ethernet - Integration Based on PC Technology - Data Acquisition & Analysis Tools - Central Control System - Air-conditioning/Environment Control - Real-Time System Monitoring
Control Force Loading System	- Integrated, Interactive Real Vehicle Cabs - Force Feedback with Full Instrumentation - Re-configurable Seats and Panels - Modular Design for Easy Replacement
Image Generation System	- Highly Realistic Graphic Image - Fast Update Rate Up to 30Hz - Autonomous Interactive Traffic - Scenario Control - Various Database
Image Display System	- 1024*768, LCD Projection - FOV : 3ch, 150*40 deg
Sound System	- Full 3D Audio Generation - Arrp., EQ, Speakers

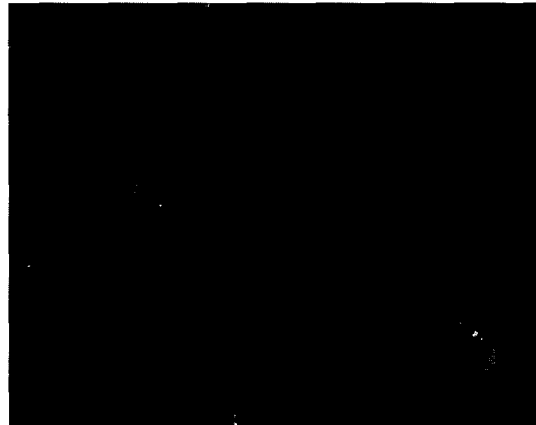


그림 1. 자동차 시뮬레이터 및 주행화면

그램을 이용하였으며 측정시 sampling rate는 256 Hz 로 설정하여 수집하였다. 생리신호는 국제 10-20 전극법에 따라 Fz(정중전두부) 부위의 뇌전위(Electroencephalogram ; EEG)를 측정하였다. 또한, 심전도(Electrocardiogram ; ECG, CM5법)와 피부온도(Skin temperature, 우측 소지) 및 피부전기저항(Galvanic skin responses, 우측 검지와 중지)을 측정하였다.

2.4 실험과정

실험 프로토콜은 그림 2에 나타내었다. 주행 조건은 급출발 주행, 정속 주행 후 급제동으로 하였다. 급출발 주행은 정지(0km/h) 상태에서 10초 이내(5초~10초)에 70km/h로 급가속한 다음 정속주행(70km/h) 하였다(3분 주행). 정속 주행 후 급제동은 정속주행(70km/h)하다가 주행화면에 "STOP" 문자가 표시되면 5초 이내에 급감속하여 정차하였다(3분 주행). 주관적 simulator sickness와 감성은 각 주행조건에서 정차했을 때와 주행 후(급출발 주행 후와 정속 주행 후 급제동)에서 평가하였다. 생리신호는 각 조건에서 정차, 주행(급출발 주행, 정속주행 후 급제동) 하는 동안 측정하였다. 피험자마다 급출발 및 급제동 조건의 제시 순서효과가 없도록 랜덤하게 실시하였다.

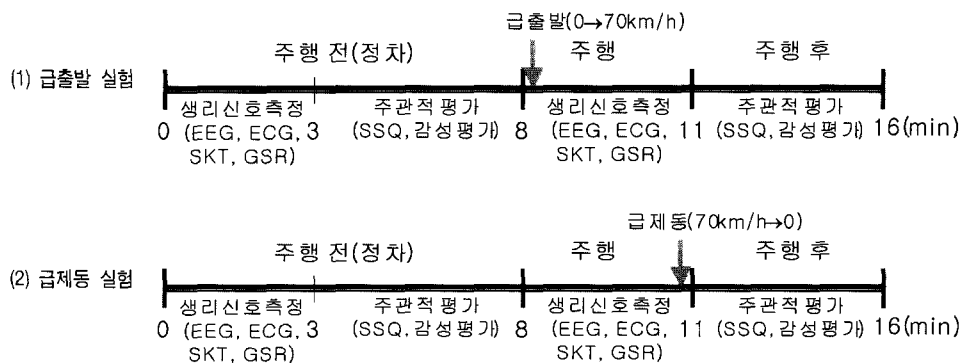


그림 2. 실험 프로토콜

### 2.5 분석

Simulator sickness는 TSS(Total simulator sickness)를 구하였고, 주관적 감성 평가는 VAS 법으로 측정하였다. 뇌파, 피부온도, 피부전기저항은 급출발 주행할 때와 정속 주행 중 급제동했을 때 5초간 측정된 신호를 이용하였고 심박변화율은 각 주행조건에서 주행 3분 동안의 심전도 신호로 분석하였다. 뇌파는 눈감박임 신호를 제거한 후 주파수 대역에 따라  $\delta$ 파(0.5~4 Hz),  $\theta$ 파(4~8 Hz),  $\alpha$ 파(8~13Hz),  $\beta$ 파(13~30Hz) 신호를 FFT(Fast Fourier Transform)법으로 분석하였다. 심박변화율은 심전도에서 R-peak를 시간에 따라 검출하여 평균 R-R 간격을 구하였다. 피부온도와 피부전기저항은 진폭의 평균을 구하였다. 측정된 주관적 평가 항목은 각 조건에 대하여 평균과 표준편차를 구하고, 생리신호는 정차에 대하여 평균화시킨 다음 평균과 표준편차를 구하였다.

주행 조건에 따라 정차(안정), 급출발 주행 및 급제동, 정속 주행(70km/h) 조건의 측정값을 비교 분석하였다. 정속 주행은 동일한 피험자의 영향을 무시하고 속도변화에 따른 감성 평가 실험에서의 70km/h 정속 주행했을 때의 측정값을 참조하였다.

정차 및 주행 조건에 따른 주관적, 생리적 측정값의 통계적 유의성은 SPSS 프로그램을 이용하여 paired t-test로 검증하였다.

## 3. 연구결과

### 3.1 주관적 simulator sickness

Total Simulator Sickness는 그림 3과 같이 정속 주행, 급출발, 급제동 조건에서 주행 후 TSS(Total simulator sickness) 점수를 비교하였을 때 조건간 차이가 없었으며 각 조건에서 정차(안정)와 주행 후에서도 유의한 차이는 없었다. 이와 같은 결과로부터 본 실험에서 simulator sickness가 미치는 영향은 크지 않았다고 보여진다.

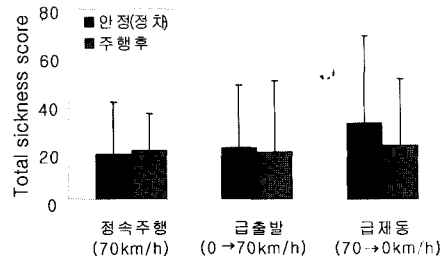


그림 3. 운전 형태에 따른 주관적 Simulator Sickness

### 3.2 주관적 감성 평가

본 실험에서 측정된 5가지 감성(쾌적감, 긴장감, 각성감, 속도감, 현실감) 중 쾌적감은 급출발일 때 정차 및 급제동 조건에 비해 유의하게 높았고( $p < 0.05$ ), 각성감은 정속 주행에 비해 급출발( $p < 0.05$ ), 급제동( $p < 0.05$ )일 때 높았다(그림 4, 5).

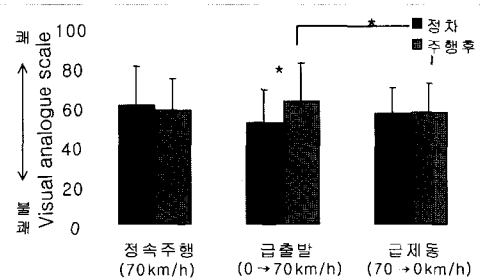


그림 4. 운전 형태에 따른 쾌적감(\* $p < 0.05$ )

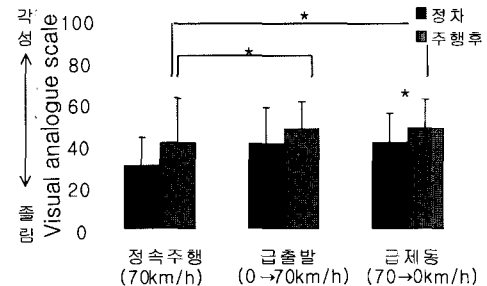


그림 5. 운전 형태에 따른 각성감(\* $p < 0.05$ )

3.3 생리적 반응

모든 생리신호는 정차했을 때의 측정값을 0으로 설정하였을 때 정차에 대한 각 조건에서의 상대적 변화량을 비교 분석하였다. 뇌파는 Fz 부위에서 각 주파수 영역에 대한 분석 값을 이용하여  $\alpha/(\alpha+\beta)$ 와  $\beta/(\alpha+\beta)$ 를 구하여 분석하였다. 그림 6과 7에서  $\alpha/(\alpha+\beta)$ 는 정차상태일 때보다 정속 주행( $p < 0.001$ ), 급출발( $p < 0.05$ ), 급제동( $p < 0.05$ ) 조건에서 모두 감소하였고,  $\beta/(\alpha+\beta)$ 는 정차상태일 때보다 정속주행( $p < 0.001$ ), 급출발( $p < 0.05$ ), 급제동( $p < 0.05$ ) 조건에서 모두 증가하였다. 조건간에 통계적 유의차는 없었지만 정속주행보다 급출발과 급제동시  $\alpha/(\alpha+\beta)$ 는 더 감소하였고,  $\beta/(\alpha+\beta)$ 는 더 증가하였다.

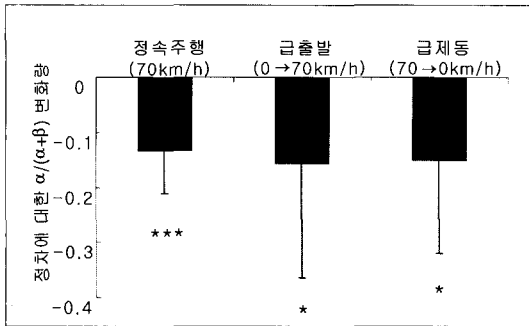


그림 6. 운전 형태에 따른 Fz 부위의  $\alpha/(\alpha+\beta)$ 의 변화 : 주행 전과 각 조건과의 유의차(\* $p < 0.05$ , \*\*\* $p < 0.001$ )

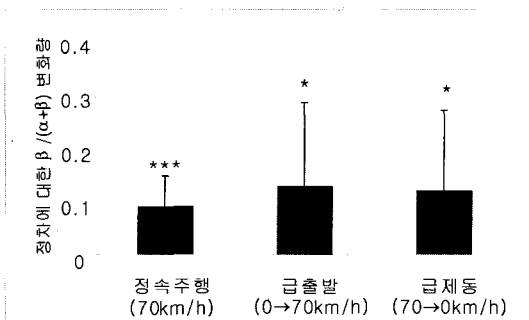


그림 7. 운전 형태에 따른 Fz 부위의  $\beta/(\alpha+\beta)$ 의 변화 : 주행 전과 각 조건과의 유의차(\* $p < 0.05$ , \*\*\* $p < 0.001$ )

심박변화율은 평균 R-R 간격에 대하여 주행조건에 따라 비교하였을 때 그림 8과 같이 정차에 비해 정속 주행( $p < 0.05$ ), 급출발( $p < 0.05$ ), 급제동( $p < 0.05$ ) 조건에서 유의하게 감소하였다. 조건간에 통계적 유의차는 없었으나 급제동일 때에 다른 조건에 비해 가장 현저하게 감소하여 심박수가 증가하였다.

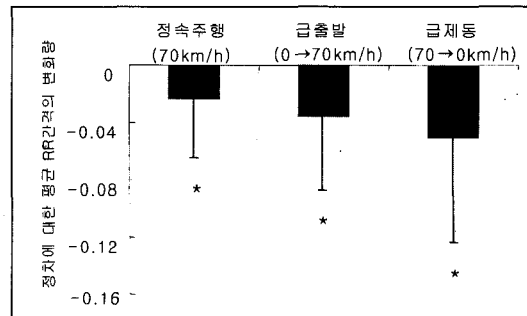


그림 8. 운전 형태에 따른 평균 R-R 간격 : 주행 전과 각 조건과의 유의차(\* $p < 0.05$ )

피부온도는 그림 9와 같이 정차에 비해 정속 주행( $p < 0.001$ ), 급출발( $p < 0.001$ ), 급제동( $p < 0.001$ )에서 유의하게 낮았고 조건간에는 급제동 조건보다 급출발 조건에서 유의하게 낮았다( $p < 0.05$ ). 피부전기저항은 그림 10에서 피부온도와 반대로 정차에 비해 정속주행( $p < 0.01$ ), 급출발( $p < 0.01$ ), 급제동( $p < 0.01$ )에서 높았다. 조건간에서 비교하면 급출발 조건이 급제동 조건보다 유의하게 높았다( $p < 0.05$ ).

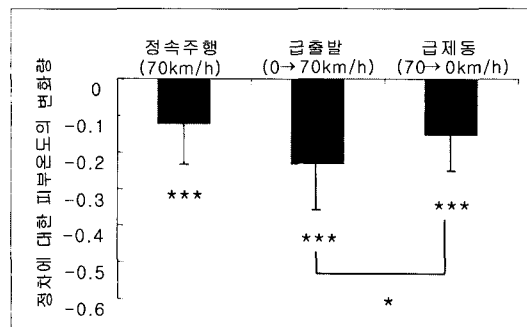


그림 9. 운전형태에 따른 피부온도(\* $p < 0.05$ ) : 주행 전과 각 조건과의 유의차(\*\*\* $p < 0.001$ )

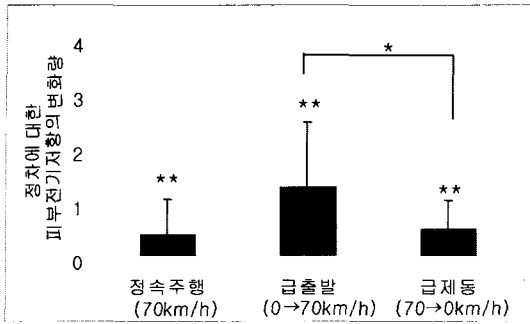


그림 10. 운전 형태에 따른 피부전기저항(\*p<0.05) : 주행 전과 각 조건과의 유의차(\*\*p<0.01)

#### 4. 토의 및 결론

본 실험에서는 자동차 시뮬레이터에서 운전자의 정차, 정속 주행(70km/h), 운전형태(급출발 및 급제동)에 따른 주관적 감성 및 생리적 변화를 비교 분석하였다.

주관적 감성 측정 결과 쾌적감은 급출발일 때 가장 높았고, 각성감은 정차 및 정속 주행에 비해 급출발과 급제동일 때 높았다. 생리적 변화는 뇌파에서 정차 및 정속 주행보다 급출발과 급제동일 때  $\alpha$ 파는 현저하게 감소하고  $\beta$ 파는 증가하였다. 심전도 분석을 이용한 평균 R-R 간격은 급제동일 때 가장 크게 감소하였고, 피부온도는 급출발일 때 가장 낮아진 반면 피부전기저항은 급출발의 경우 가장 높았다. 주행 조건에 따른 중추신경 반응은 정차에 대한 뇌파의 변화량을 통하여 급출발과 급제동에서  $\alpha$ 파와  $\beta$ 파의 상반된 경향을 볼 수 있었다. 여러 뇌파 연구에서  $\alpha$ 파는 이완된 상태에서 더 많이 발생하며,  $\beta$ 파는 외부의 자극에 대하여 각성되거나 긴장 상태, 속도가 증가함에 따라 출현량이 많아지는 것으로 보고되고 있는데[2,5,14], 본 실험의 급출발과 급제동 상황에서  $\beta$ 파의 상대적 증가는 정속 주행보다 각성과 긴장됨이 더 컸던 것으로 예측할 수 있다. 자율신경반응에서 심박율(heart rate)의 증가, 피부온도의 저하는 긴장 상태나 정신적 부하를 반영하고 피부전기저항은 각성 수준의 지표로 알려져 있으며, 이러한 생리신호는 교감신경의 활성화로 설명할 수 있다[8,15,16]. 본 실험에서 정속 주행에 비해 급출발과 급제동 상황에서 심박율의 증가, 피부온도

의 저하, 피부전기저항의 증가로부터 교감 신경의 활성화, 생리적으로 더 긴장되고 각성되었음을 알 수 있고, 이는 주관적 감성 평가에서 쾌적감과 각성감의 결과와 일치하였다.

관련된 선행 연구 결과와 비교하면, 실제 차량에서 실험시 운전자 조수석에 앉은 피험자의 생리신호를 측정된 결과 급출발 및 급제동 했을 때 정차나 정속 주행(60km/h)에 비해 심박수가 증가하였고, 피부온도는 낮아졌으며 피부전기저항은 가장 높았는데[17], 이는 측정 피험자가 다르지만 본 실험 결과와 일치하였다. 동적 시뮬레이터를 이용한 실험에서는 피부온도와 피부전기저항의 측정값의 변화가 정속 주행(20km/h), 급가속(20km/h→160km/h)주행보다 급감속(160km/h→20km/h)했을 때 가장 컸으나 본 실험에서는 다른 조건에서보다 급출발 주행일 때 가장 높아 차이가 있었다[9]. 또한 동적 시뮬레이터에서 1시간 동안 정속 주행(60km/h)시 생리적 변화와 비교하였을 때도 주행시간과 측정 시간은 다르지만 정차에 비해 주행 5분 이후부터  $\alpha$ 파와 피부온도가 감소하고, 심박수와 피부전기저항이 증가한 것으로 나타났다 [18,19]. 본 실험에서의 동적 자동차 시뮬레이터로 주행 시 Simulator Sickness는 큰 영향을 미치지 않았는데, 이는 선행 연구에서 동일한 주행 시간(3분)으로 실시된 가상 및 동적 시뮬레이터에서 주행에 의해 유발된 Sickness 수치보다 낮아[9,12], 본 시스템에 의하여 Sickness가 생리적 반응에 미치는 영향이 감소되었을 것으로 추측된다.

이와 같이 자동차 시뮬레이터를 이용한 동적 환경에서 운전자의 운전형태에 따른 감성 연구 결과 정차 및 정속 주행보다 급출발, 급제동 주행 조건에서 심리적으로 쾌적감과 각성감을 더 많이 느꼈고, 생리적으로는 중추신경과 교감신경이 활성화됨으로써 심리·생리적 변화가 더 현저함을 알 수 있었다.

시뮬레이터를 이용한 동적 환경에서의 감성 평가는 실제 상황에 따르는 위험 부담을 최소화할 수 있고, 복합적인 자극 제시가 가능하여 제품에 대한 평가에 다양하게 이용할 수 있을 것으로 기대된다. 감성은 사회, 문화적 경험에 따라 그 특성이 다르므로 개인간의 차이를 최소화하여 객관화된 감성을 도출하기 위해서

는 앞으로 더 많은 대상자에 대한 측정 자료가 요구된다.

### 참고문헌

- [1] 이구형(1998), 감성과 감정의 이해를 통한 감성의 체계적 측정 평가, 한국감성과학회지, 1(1), 113-122.
- [2] 손진훈(2001), 생리 신호를 이용한 감성 측정, 한국정밀공학회지, 18(2), 14-25.
- [3] 황민철, 류은경, 김철중(1998), 시각 감성 평가를 위한 뇌파의 민감성에 대한 연구, 대한인간공학회지, 17(1), 1-9.
- [4] 손진훈, 이임갑, Estate Sokhadze, 김지은, 최상섭(1998), 1/f 음악이 스트레스에 따른 정서생리반응에 미치는 영향, 한국감성과학회지, 1(1), 135-143.
- [5] 민병찬, 정순철, 김상균, 오지영, 김혜주, 김수진, 김유나, 신정상, 민병운, 김철중, 박세진(1999), 뇌파와 자율신경계 반응을 이용한 향의 영향 평가, 한국감성과학회지, 2(2), 1-10.
- [6] 김지은, 박연숙, 오애령, 최상섭, 손진훈(1998), 직물촉각자극에 의해 유발된 정서와 EEG 특성, 한국감성과학회지, 1(1), 153-160.
- [7] 전광진, 정순철, 민병찬, 정은지, 성은정, 강인형, 김철중(2001), IAPS 사진 자극에 유발된 긴장도 감성 변화의 평가, 한국감성과학회 추계학술대회 논문집, 134-137.
- [8] Min BC, Chung SC, Park SJ, Kim CJ, Sim MK, Sakamoto K(2002), Autonomic responses of young passengers contingent to the speed and driving mode of a vehicle, International Journal of Industrial Ergonomics, 29, 187-198.
- [9] 정순철, 민병찬, 신미경, 김철중(2001), 동적 시뮬레이터에서 속도와 운전 형태 변화에 따른 운전자의 감성 평가, 산업경영시스템학회지, 24권 65집, 51-63.
- [10] 박세진(1997), 감성측정평가 시뮬레이터의 개발 및 전망, 전자공학회지, 24(11), 1344-1349.
- [11] 김철중, 민병찬, 정순철, 김상균, 오지영, 민병운, 김유나(1999), 자동차 속도 변화에 따른 자율신경계의 반응 연구, 공업경영학회지, 22(52), 203-210.
- [12] 정순철, 민병찬, 김유나, 신미경, 김철중(2000), 화상 시뮬레이터에서 속도 변화에 따른 운전자의 감성 측정에 관한 연구, 한국감성과학회지, 3(2), 103-112.
- [13] Kennedy, RS and Norman EL(1993), Simulator Sickness Questionnaire : An enhanced method for quantifying simulator sickness, The International Journal of Aviation Psychology, 3(3), 203-220.
- [14] 성은정, 민병찬, 전효정, 김태은, 강인형, 김철중(2002), 동환경 시뮬레이터에서 주행속도에 따른 운전자 감성평가, 한국감성과학회 추계학술대회 논문집, 177-181.
- [15] Ohsuga M, Shimono F, Genno H(2001), Assessment of phasic work stress using autonomic indices, International Journal of Psychophysiology, 40, 211-220.
- [16] Richter P, Wagner T, Heger R, Weise G(1998), Psychophysiological analysis of mental load during driving on rural roads : a quasi-experimental field study, Ergonomics, 41(5), 593-609.
- [17] 민병찬, 정순철, 김상균, 민병운, 오지영, 장진경, 신정상, 김유나, 김철중, 박세진(1999), 운전 및 도로 상황에 따른 자율신경계의 반응, 한국감성과학회지, 2(1), 61-68.
- [18] 김태은, 민병찬, 전효정, 전광진, 성은정, 정순철, 김철중(2001), 자동차 시뮬레이터에서 Simulator Sickness에 의한 EEG 반응, 한국감성과학회 추계학술대회 논문집, 112-116.
- [19] 전효정, 민병찬, 김유나, 전광진, 오혜영, 성은정, 정순철, 김철중(2001), 동적 시뮬레이터에서 simulator sickness와 자율신경계 반응, 한국감성과학회 추계학술대회 논문집, 113-319.