

# 급출발 및 급제동에 따른 운전자 감성 평가

전효정, 민병찬, 성은정, 김태은, 강인형, 김철중  
한국표준과학연구원 인간정보그룹

## Sensibility evaluation of driver to sudden start and sudden stop

H.J. Jeon, B.C. Min, E.J. Sung, T.E. Kim, I.H. Kang, C.J. Kim  
Ergonomics & Information Technology group,  
Korea Research Institute of Standards and Science

### Abstract

동적 시뮬레이터에서 정속주행(70km/h)과 급출발(0km/h→70km/h) 및 급제동(70km/h→0km/h)에 따른 운전자의 심리생리적 반응을 알아보았다. 피험자는 운전경력이 1년 이상인 20대 남자 12명을 대상으로 하였다. 실험결과 주관적인 쾌적감은 급출발에서 가장 높았고 각성감은 정속주행에 비해 급출발과 급제동에서 높았다. 주행시 뇌파는 모든 조건에서 알파파가 안정 상태(정차)일 때보다 감소하였고 베타파는 증가하였다. 피부전기저항은 모든 주행 조건에서 정차에 비해 증가한 반면 피부온도는 낮아졌으며 조건간에는 급출발일 때 피부온도가 더욱 낮았고 피부전기저항은 더 높았다. 이러한 결과로부터 정차, 정속주행에 비해 급출발과 급제동 조건에서 주관적, 생리적 반응의 변화가 현저함을 알 수 있었다.

*Key words* : sensibility evaluation, physiological responses, driving simulator

### 1. 서론

인간 감성은 외부로부터 감각정보에 대하여 직관적, 순간적으로 발생하며 복합적이고 종합적인 느낌으로 명확한 표현이 어려운 동시에 개인과 환경 변화에 따라 다양하게 변화하는 특성이 있다[1]. 이러한 인간감성을 측정 및 평가하는데 개인의 주관적인 평가와 함께 외부자극에 대한 생리적 반응을 통한 객관적인 평가가 필요하다[1].

동적 환경에서의 감성 평가는 자동차나 시뮬레이터를 이용하여 운전상황, 속도변화, 질

제 도로 상황에 따라 주관적인 감성과 생리적 반응의 변화를 관찰하여 감성을 정량적으로 추출하기 위한 연구가 시도되어 왔다[2~5]. 운전 형태에 따른 감성 평가 연구에서 주관적 감성은 정차, 정속주행에 비해 급출발 및 급제동일 때 긴장도가 유의하게 증가하고, 급가속과 급감속할 때도 쾌활성과 긴장감이 증가한다고 하였다. 생리적 반응의 변화는 급출발, 급제동일 때 정차, 정속주행에 비해 심박변화율에서 평균 R-R 간격은 감소하고, 피부온도는 낮아지며 피부전기저항은 증가하였다[3,5].

본 실험은 능동 플랫폼 시현용으로 구축된 자동차 시뮬레이터를 이용하여 긴급발 및 정지능 상황에서 운전자의 주관적 감성과 생리적 반응을 관찰하고, 정차 및 정속 주행했을 때의 심리생리적 반응과 비교 분석하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1 피험자

운전 경력이 1년 이상이고 뇌진탕이나 심장 질환의 병력이 없는 신체 건강한 남자 12명이 실험에 참여하였다. 평균연령은 23.1 ± 1.1세이고 평균 운전경력은 2.4 ± 1.6년이었다. 운전 진동추진강도에 영향을 줄 수 있는 담배나 카페인이나 알콜 함유된 음료의 섭취를 금하였고 실험 내용에 대해 충분히 이해한 후 실시되었다.

### 2.2 시뮬레이터

본 실험에 이용한 시뮬레이터의 사양은 다음과 같다.

- ① Real time simulation system(RTSS)
  - Real-time simulation algorithm,
  - Vehicle dynamic simulation module 등
- ② Visual and audio system
  - i) LCD projector
    - NEC MT-1030G+
    - 해상도 : 1024\*768
    - 액정 패널
      - : 13", p-Si TFT Active Matrix
    - 렌즈
      - : 전동 줌, 전동 포커스,
      - F2.5f=52-65mm
    - 이미지 크기 : 20 ~ 300 inch
    - 투사 거리 : 1.0 ~ 12.2m
    - 밝기 : 1200 ANSI Lumens
    - 명암비율 : 300:1
  - ii) Display system
    - Rear projection type
    - High gain flat screen system
  - iii) 기타
    - 30 frame/sec의 frame rate 확보
    - 모든 대상물에 현실감 있는
    - 16 bit full texture mapping
    - 5,000,000 polygon/sec 이상의
    - 대상을 표현

- ③ Control force loading system
  - Operating system : Linux(Redhat 7.0)
- ④ Motion system
  - Inverse Kinematic
  - Washout Algorithm 등
- ⑤ Operating console system
  - Operating console
  - : Custom Made Desk and Rack

### 2.3. 주관적 평가 및 생리신호 측정

Simulator Sickness는 Kennedy와 Lane(1993)의 Simulator Sickness Questionnaire(SSQ) 16문항을 참조하였다[6]. 주관적인 감성은 피로감(불쾌→쾌), 긴장감(이완→긴장), 작심감(졸린→각성), 속도감(느린→빠름), 실재감(현실감이 없다→현실감이 있다)에 대하여 VAS(Visual Analogue Scale)법을 이용하여 평가하였고 피험자가 직접 기록하도록 하였다.

생리신호는 Biopac system과 Acknowledg e 프로그램은 이용하였으며 측정시 sampling rate는 256 Hz로 설정하여 수집하였다. 생리신호는 국제 10-20 전극법에 따라 Fz(정중전두부) 부위의 뇌전위(Electroencephalogram : EEG)를 측정하였다. 또한, 심전도(Electrocardiogram : ECG, 1차전, CM-법)와 피부온도(Skin temperature, 1차전, 오른손 소지) 및 피부전기적향(Galvanic skin responses, 1차전, 오른손 검지와 중지)을 측정하였다.

### 2.4 실험과정

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 주행회선에 "STOP" 문자가 표시되면 5초 이내에 급감속하여 정차하였다(3분 주행). 주관적 simulator sickness와 감성은 각 주행조건에서 정지했을 때와 주행 후(급출발 주행 후와 정속 주행 후 급제동)에서 평가하였다. 생리신호는 각 조건에서 정차, 주행(급출발 주행, 정속주행 후 급제동) 하는 중

안 측정하였다. 피험자마다 급출발 및 급제동 조건에 대한 주행 순서는 무작위로 실시하였다.

### 2.5 분석

Simulator sickness는 TS(Total Sickness)를 구하였고, 주관적 감성 평가는 VAS 법으로 측정하였다. 뇌파, 피부온도, 피부전기저항은 급출발 주행할 때와 장속 주행 중 급제동을 할 때 5초간 측정된 신호를 이용하였고 심박변화율은 각 주행조건에서 주행 3분 동안의 심전도 신호로 분석하였다. 뇌파는 눈감박입 신호를 제거한 후 주파수 대역에 따라  $\delta$  파(0.5~4Hz),  $\theta$  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 병준화시킨 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

Simulator sickness는 그림 1과 같이 정속 주행, 급출발, 급제동 조건에서 주행 후 TS(total sickness) 점수를 비교하였을 때 조건간 차이가 없었으며 각 조건에서 정차(안정)와 주행 후에서도 유의한 차이는 없었다. 이와 같은 결과에서 동적 환경에서의 감성 평가에 simulator sickness가 미치는 영향은 크지 않았다.

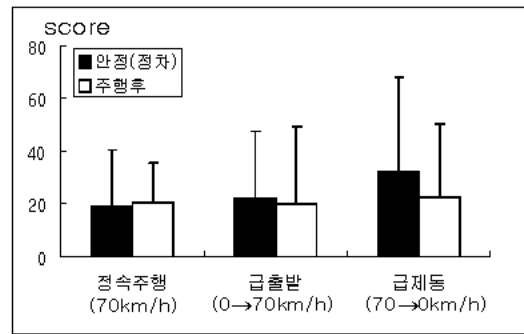


그림 1. 운전 상황에 따른 simulator sickness (Total Sickness)

### 3.1 주관적 감성 평가

본 실험에서 측정된 5가지 감성(쾌적감, 긴장감, 각성감, 속도감, 실재감) 중 쾌적감과 각성감은 그림 2, 3과 같이 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.

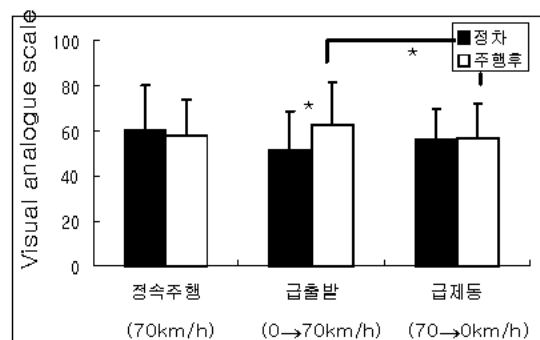


그림 2. 운전 상황에 따른 쾌적감(\*  $p < 0.05$ )

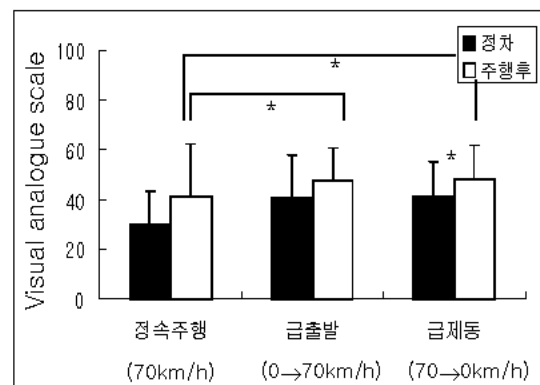


그림 3. 운전 상황에 따른 각성감(\*  $p < 0.05$ )

### 3.2 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 4와 5에서  $\alpha/(\alpha+\beta)$ 는 정차상태일 때보다 정속 주행( $p<0.001$ ), 급출발( $p<0.05$ ), 급제동( $p<0.05$ ) 조건에서 모두 낮았고,  $\beta/(\alpha+\beta)$ 는 정차상태일 때보다 정속주행( $p<0.001$ ), 급출발( $p<0.05$ ), 급제동( $p<0.05$ ) 조건에서 모두 높았다. 조건간에 통계적 유의차는 없었지만 정속주행보다 급출발과 급제동시  $\alpha/(\alpha+\beta)$ 는 더 낮았고,  $\beta/(\alpha+\beta)$ 는 더 높았다.

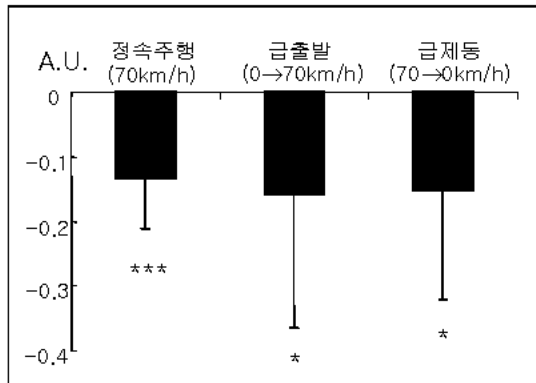


그림 4. 운전 상황에 따른 Fz 부위의  $\alpha/(\alpha+\beta)$ 의 변화(\*  $p<0.05$ , \*\*\* $p<0.001$ )

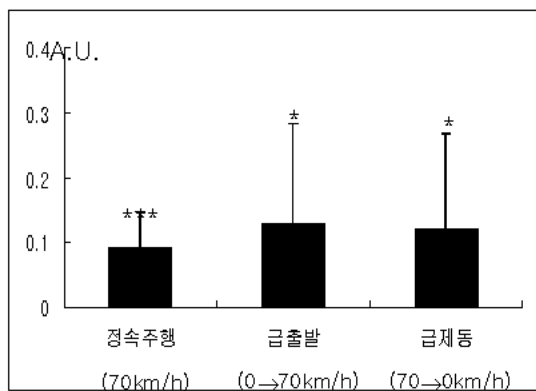


그림 5. 운전 상황에 따른 Fz 부위의  $\beta/(\alpha+\beta)$ 의 변화(\*  $p<0.05$ , \*\*\* $p<0.001$ )

심박변화율은 평균 R-R 간격에 대하여 주

행조건에 따라 비교하였을 때 그림 6과 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 많이 감소하여 심박수가 증가하였다.

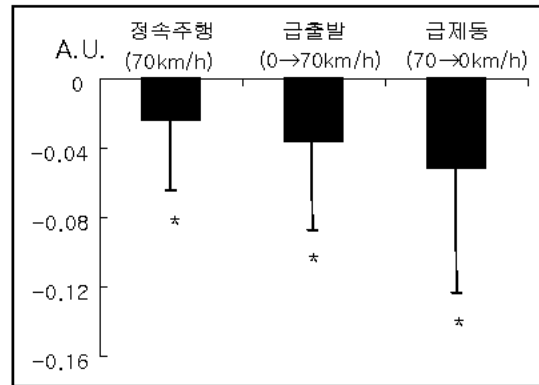


그림 6. 운전 상황에 따른 평균 R-R 간격 (\* $p<0.05$ )

피부온도는 그림 7과 같이 정차에 비해 정속 주행( $p<0.001$ ), 급출발( $p<0.001$ ), 급제동( $p<0.001$ )에서 유의하게 낮았고 조건간에는 급출발 조건보다 급제동 조건에서 유의하게 낮았다( $p<0.05$ ). 피부전기자향은 그림 8에서 피부온도와 반대로 정차에 비해 정속주행( $p<0.01$ ), 급출발( $p<0.01$ ), 급제동( $p<0.01$ )에서 높았다. 조건간 비교하면 급출발 조건이 급제동 조건보다 유의하게 높았다( $p<0.05$ ).

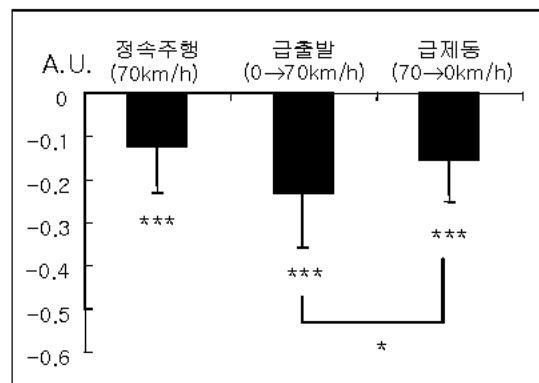


그림 7. 운전 상황에 따른 피부온도 (\*  $p<0.05$ , \*\*\*  $p<0.001$ )

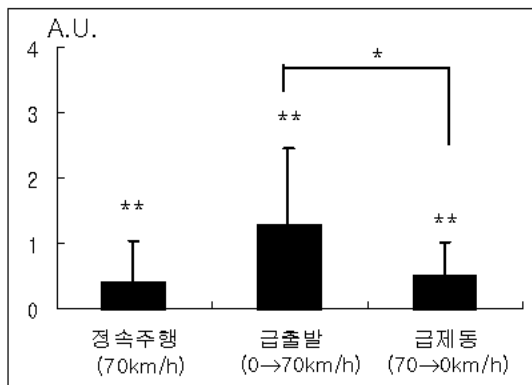


그림 8. 운전 상황에 따른 피부전기저항 (\* p<0.05, \*\* p<0.01)

#### 4. 결론

농직 시뮬레이터에서 운전자의 정차, 급출발 및 급제동에 따른 감성을 측정하고 정속 주행했을 때와 비교 분석하였다.

주관적 감성에서 쾌적감은 급출발일 때 가장 높았고, 각성감은 정차, 정속 주행에 비해 급출발, 급제동에서 높았다. 생리적 반응의 변화는 뇌파에서  $\alpha$  파와  $\beta$  파의 변화량이 정차, 정속 주행보다 급출발과 급제동에서 각각 현저하게 감소하거나 증가하였다. 평균 R-R 간격의 감소로부터 심박수는 급제동일 때 가장 증가하였고, 급출발일 때 피부온도는 가장 낮았고, 피부전기저항은 가장 높았다. 이러한 결과로 정차, 정속 주행에 비해 급출발 및 급제동 상황에서 쾌적감이나 각성감이 증가하였고  $\beta$  파, 심박수와 피부전기저항이 증가함을 알 수 있었다.

실제 차량에서 실험시 운전자 조수석에 앉은 피험자의 생리신호를 측정된 결과 급출발 및 급제동 했을 때 정차나 정속 주행(60km/h)에 비해 심박수가 증가하고, 피부온도는 낮아지고 피부전기저항이 가장 높았다[3]. 이는 측정 피험자가 다르지만 본 실험 결과와 일치하였다. 농직 시뮬레이터 실험에서는 피부온도와 피부전기저항의 측정값의 변화가 정속 주행(20km/h), 급가속(20km/h→160km/h)주행보다 급감속(160km/h→20km/h)했을 때 가장 컸으나 이 실험에서는 다른 조건에서보다 급출발

주행일 때 가장 높아 차이가 있었다[5]. 또한 농직 시뮬레이터에서 1시간 동안 정속 주행(60km/h)시 생리적 반응 결과와 비교하였을 때도 주행시간과 측정 시간은 다르지만 정차에 비해 주행 5분 이후부터 알파파의 감소, 심박수의 증가, 피부온도의 감소, 피부전기저항의 증가는 본 실험 결과와 비슷하였다[7,8]. Simulator sickness는 시뮬레이터로 1시간동안 주행했을 때와 비교했을 때 본 실험에서는 3분 동안 주행한 결과 그 영향은 크지 않았다.

시뮬레이터를 이용한 농직 환경에서의 감성 평가는 실제상황에 비해 안전성과 자극 제시에 대한 안정성으로 더 유용하게 이용될 것이다. 앞으로 시뮬레이터에 대한 simulator sickness와 같은 인제에 미치는 부작용을 최소화하기 위한 기술적 노력과 다양한 농직 환경에서 더 많은 대상자의 측정 자료가 요구된다.

#### 참고문헌

- [1] 이구형(1998), 감성과 감정의 이해를 통한 감성의 체계적 측정 평가, 한국감성과학회지, 1(1), 113-122
- [2] 김철중, 민병찬, 정순철, 김상근, 오지영, 민병운, 김유나(1999), 자동차 속도 변화에 따른 자율신경계의 반응 연구, 공업경영학회지, 22(52), 203-210
- [3] 민병찬, 정순철, 김상근, 민병운, 오지영, 장진경, 신정상, 김유나, 김철중, 박세진(1999), 운전 및 도로 상황에 따른 자율신경계의 반응, 한국감성과학회지, 2(1), 61-68
- [4] 정순철, 민병찬, 김수진, 민병운, 남경돈, 신정상, 김유나, 김철중, 박세진(2000), 화상 시뮬레이터에서 속도 변화에 따른 생리 반응, 국제인간공학 심포지움 및 대한인간공학회 춘계 학술대회 논문집, 23-26
- [5] 정순철, 민병찬, 신미경, 김철중(2001), 농직 시뮬레이터에서 속도와 운전 형태 변화에 따른 운전자의 감성 평가, 산업경영시스템학회지, 24권 65집, 51-63

[6] Kennedy, R. S. and Norman E. Lane(1993), Simulator Sickness Questionnaire : An enhanced method for quantifying simulator sickness, The International J. of Aviation Psychology, 3(3), 203-220

[7] 김태은, 민병찬, 전효정, 진광진, 상은정, 정순철, 김철중(2001), 자동차 시뮬레이터에서 Simulator Sickness에 의한 EEG 반응, 한국감성과학회 추계 논문집, 112-116

[8] 전효정, 민병찬, 김유나, 진광진, 오혜영, 상은정, 정순철, 김철중(2001), 농작 시뮬레이터에서 simulator sickness와 자율신경계 반응, 한국감성과학회 추계 논문집, 113-319