

동환경 시뮬레이터에서 주행속도에 따른 운전자 감성평가

성은정, 민병찬, 전효정, 김태은, 강인형, 김철중

한국표준과학연구원 인간정보연구그룹

Sensibility Evaluation of Driver to the Speed in a Dynamic Simulator

E.J. Sung, B.C. Min, H.J. Jeon, T.E. Kim, I.H. Kang, C.J. Kim

Ergonomics & Information Technology Group

Korea Research Institute of Standards and Science(KRISS)

Abstract

본 연구에서는 동적환경 감성 시험평가 시스템(driving simulator)을 이용하여 다양한 운전속도(40, 70, 100km/h)에서 주행시 운전자의 감성평가를 실시하였다. 그 결과, 주행속도가 증가할수록 쾌활성, 쾌적감, 긴장감, 각성감, 속도감이 높게 나타났고, 심박수는 증가하였다. 안정시에 비하여 주행시에 뇌파의 알파파는 감소하고 베타파는 증가하였으며 호흡수가 증가하였으나, 조건간의 유의차는 나타나지 않았다. 또한 70km/h이상에서 GSR의 증가와 SKT의 감소가 인정되었으며, 70km/h이하에서 눈깜박임율이 증가하였다. 이상의 결과로부터, 운전자는 속도가 증가할수록 주관적으로 긍정적인 감성을 느끼지만, 70km/h이상에서 자율신경계 반응에 차이가 있음을 알 수 있었다. 또한 이러한 결과는 실제차량 및 시뮬레이터에서 수행한 선행연구의 결과와 대체로 일치하여 본 시스템으로 운전자 감성평가가 충분히 수행될 수 있음을 시사하였다.

Keyword : Driving Simulator, Speed of Vehicle, Subjective Evaluation, Physiological Responses

1. 서론

지금까지 인간의 감성에 대한 연구는 엄격히 통제된 실험실 등의 정적인 환경에서 주로 이루어져왔다. 이것은 감성과 관련된 생리신호 측정시 발생하는 노이즈를 최소화하는 등 측정시의 용이성을 우선시하는 것이었다. 그러나 일상 생활 중에 경험하는 각종 감성들은 다양한 동적인 상황 속에서도 발생하게 되므로 동적 환경에서의 감성평가에 관한 연구의 필요성이 대두되고 있다. 동적 환경 중에서 가장 대표적인 것이 자동차를 들 수 있는데, 실제 자동차에서 각종 생

리신호를 측정하는데는 어려움이 많을 뿐 아니라 위험성도 수반된다. 따라서 자동차 운전상황을 재현할 수 있는 시뮬레이터를 이용한 연구가 바람직하다고 할 수 있겠다.

본 연구그룹에서는 동적 환경을 제시하고 그에 따른 감성을 평가하기 위한 시뮬레이터를 개발하는 한편, 각종 동적 상황에서의 감성평가에 관한 연구를 수행하여 왔다[1-3]. 최근 최종적으로 3면의 3D 스크린과 6축 유압시스템의 모션시스템으로 구성된 동적환경 감성시험평가 시스템이 구현되어, 이를 이용한 각종 운전상황에서의

운전자의 감성을 측정 평가하고, 선행연구 결과와 비교하고자 하였다. 이에 본 연구에서는 동적 시뮬레이터에서 다양한 속도로 주행하였을 때 운전자의 감성에 대하여 주관적, 생리적 평가를 통하여 검토하고자 하였다.

2. 실험 방법

2.1 피험자

피험자는 신체 건강하고 운전 경력이 있는 20대의 남자 12명을 대상으로 하였고, 그들의 평균 연령은 23.5 ± 1.5 세, 신장 171.1 ± 7.0 cm, 체중 68.0 ± 9.2 kg, 운전 경력은 2.6 ± 1.8 년이었다. 피험자는 실험 전날 충분한 수면을 취하고 실험 당일 파격한 운동, 흡연, 카페인 음료, 약물 복용을 금하였으며, 시뮬레이터에 충분히 익숙해지도록 시운전을 실시한 후에 실험에 임하도록 하였다.

2.2 실험장비

자동차 시뮬레이터는 3D graphic을 사용하여 80 inch real projection screen 위에 30(H)×25(V)의 FOV를 가지는 영상을 30frame/sec으로 투사되는 방식이고, motion은 6축의 유압시스템으로 구성되어 있다. 즉, 차량 시뮬레이터에 탑승한 운전자가 운전 중 조작하는 조향 휠, 가감속 페달 등으로부터 입력을 받아 실시간으로 차량의 운동을 예측하고, 그 결과를 시각, 음향 및 운동시스템에 전달하여 필요한 시각 및 운동 큐를 생성하게 하는 실시간 차량 시뮬레이션 시스템이다(그림1).

주행은 기어 변속없이 휠과 페달만을 이용하도록 하였고, 각 조건에서 제시한 속도로 3분간 일정한 차선에서 주행하도록 하였다.

2.3 실험 프로토콜

피험자는 실험실에 도착하여 실험에 대한 설명을 듣고 일반적인 사항(운전경력, 병력, 수면시간, 카페인 음료복용 여부, 시뮬레이터 경험 여부 등)에 대한 설문지를 작성한 후 시뮬레이터에서 시운전을 실시하고 생리신호 수집에 필요한 전극 및 센서를 장착하였다. 시뮬레이터에 승차한 후 안정을 취한 상태에서 3분간 생리신호를 측정하였고, 이어서 체온 및 혈압 측정과 주관평가를 실시하였다. 주행 전 측정이 끝나면 시동을 걸고 사



그림 1. 실험에 이용한 시뮬레이터

전에 지시된 속도로 3분간 정속주행을 실시하면서 생리신호를 수집하였다. 주행이 끝나면 체온, 혈압, 주관평가를 실시하고, 휴식을 취한 후 다른 2가지 속도 조건에 대하여 같은 순서로 진행하였다. 3가지 속도의 제시순서는 랜덤하게 하였고, 실험 시간은 약 100분 정도 소요되었다.

2.4 측정항목

생리신호는 뇌파(EEG: Fz 및 Cz 부위), 심전도(ECG: CM5유도법), 안전도(EOG: 수직방향), 피부전기저항(GSR: 우측 검지와 중지), 손끝 피부온도(SKT: 우측 소지), 호흡(RSP: 흉부)을 Biopac System 및 AcqKnowledge 프로그램을 이용하여 3분간 수집하였고, HSK System을 이용하여 전전두부 뇌파(EEG: Fp1, Fp2)를 102.4초간 측정하였다. 또한 혈압은 자동혈압계를 이용하여 수축기혈압, 이완기혈압 및 맥박수를 측정하였고, 릿속형 체온계를 이용하여 체온(이내온)을 측정하였다.

주관적 평가로서 35문항으로 구성된 속도관련 감성을 단극 5점 척도(0~4점)로 평가하도록 구성하였고, 이것은 쾌활성, 긴장감, 이완감, 불쾌감의 4그룹으로 분류되어진다[2,3]. 그 외의 일반적인 감성, 즉 쾌적감, 긴장감, 각성감, 속도감, 현실감 등은 VAS(Visual Analogue Scale)법으로 평가하도록 하였고, 졸림감은 KSS(Karolinska Sleepiness Scale)의 9단계 평가법을 이용하였다[4]. 또한 Simulator Sickness에 관한 평가(16항목, 4점 척도)도 실시하였다. 주관적 평가는 주행전과 주행 후에 정차한 상태에서 피험자 자신이 직접 기록하도록 하였다.

3. 실험 결과

3.1 Simulate Sickness

시뮬레이터 주행 전후의 Simulator Sickness에 대한 평가는 Kennedy et al.(1993)의 Simulator Sickness Questionnaire(SSQ)를 참조하였다[5]. 16분항으로 구성된 Simulator Sickness 평가지를 이용하여 각 속도 조건에서 주행 전과 주행 후에 피험자가 직접 기록하도록 하여 조사하였다. Simulator Sickness는 항목군별로 메스꺼움, 안구 운동불편, 방향감각상실로 분류되고 이 세 항목군과 Total Sickness로 평가할 수 있다.

본 실험에서는 모든 조건에서 주행 후 Sickness 스코어가 증가하지 않았고 조건간의 유의차도 나타나지 않았으므로(그림2), 시뮬레이터 주행시 Simulator Sickness의 영향은 거의 없었던 것으로 나타났다.

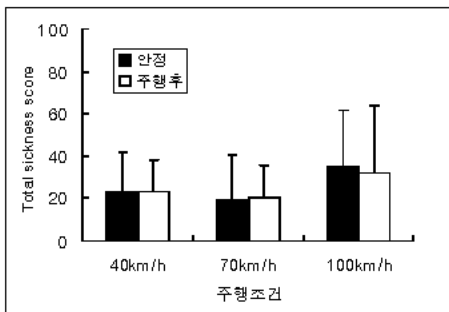


그림 2. Simulator Sickness의 비교

3.2 속도 관련 감성평가

속도에 관련된 주관적 평가는 정순철 등(2000, 2001)에 의한 35항목의 감성어휘를 이용하여 평가하였고, 그 결과를 그림3에 나타내었다.

“쾌활성”과 관련된 항목들(새비있다, 흥미진진하다, 기분좋다, 상쾌하다, 환상적이다, 시원하다, 활기차다, 들뜨다)에서는 주행속도가 증가할수록 유의하게 높은 스코어를 나타내었고, 특히 100km/h에서는 주행전에 비하여 주행후에 유의하게 증가하였다. “긴장감” 관련 항목(난폭하다, 겁난다, 스포티하다, 빠르다, 거칠다, 위협하다, 서두른다)은 100km/h 조건에서 크게 증가하여, 특히 70km/h조건과의 유의차가 인정되었다. 이완감(느속하다, 안정감 있다, 졸리다)과 불쾌감(머리가 멍하다, 짜증난다, 피곤하다, 지루하다, 어지럽다, 납

답하다) 관련 항목에서는 주행속도가 감소할수록 스코어가 낮게 나타나, 40km/h조건에 비하여 100km/h조건이 유의하게 감소하였다.

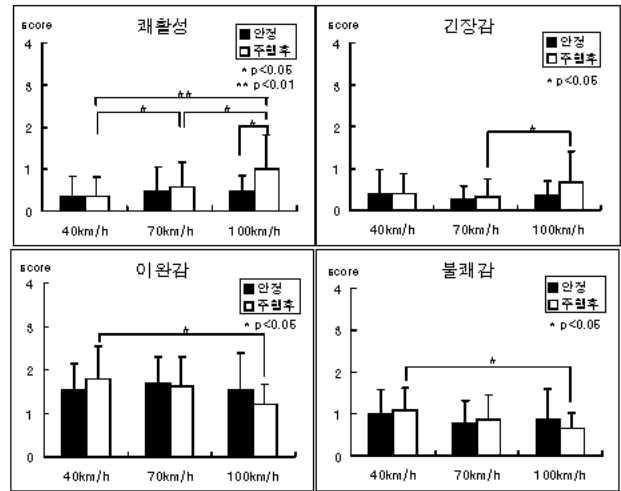


그림 3. 속도관련 감성평가 결과

3.3 일반적인 감성평가

VAS(Visual Analogue Scale)법으로 평가한 일반적인 감성, 즉 쾌적감, 긴장감, 각성감, 속도감, 현실감 등은 속도가 증가할수록 높은 스코어를 나타내었다(그림4).

쾌적감은 40km/h조건에서 안정시에 비하여 주

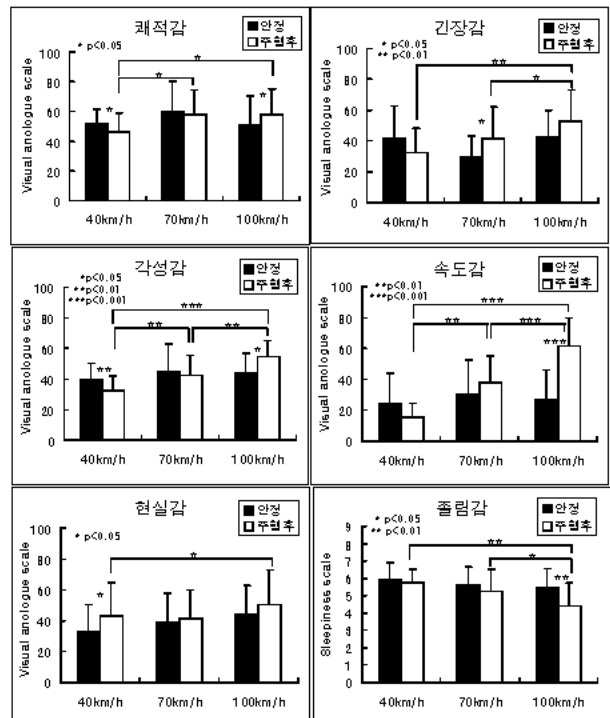


그림 4. 일반적인 감성항목에 의한 평가

행후 유의하게 감소하고 100km/h조건에서 안정시에 비하여 주행후 유의하게 증가하여, 40km/h조건이 다른 조건에 비하여 유의하게 저하되었다($p<0.05$). 긴장감은 100km/h조건이 다른 조건에 비하여 유의하게 증가하였고($p<0.05$), 각성감 및 속도감은 속도가 증가할수록 스코어의 유의미한 증가가 인정되었으며($p<0.01$), 40km/h조건에 비하여 100km/h조건에서 현실감이 유의미하게 높아진 것으로 평가되었다($p<0.05$).

풀림감은 주행전에 비하여 주행후에 감소하여 특히 100km/h조건에서 주행전후의 유의차가 인정되었고($p<0.01$), 주행후 조건간의 비교에서도 속도가 증가할수록 풀림감은 감소하여 100km/h조건이 다른 두 조건에 비하여 유의하게 낮은 것으로 나타났다($p<0.05$).

3.4 중추신경계 반응

전두엽(Fz) 및 중심엽(Cz)에서 측정된 뇌파의 주파수 대역별 상대비율 안정시 값에 대하여 주행시의 값으로 비교한 결과, 대체로 알파파는 감소하고 베타파는 증가하는 경향을 나타내었으나 주행조건간의 유의차는 인정되지 않았다(그림5). 즉, 알파파에서 베타파 대역에 대한 알파파의 비율은 안정시에 비하여 유의하게 감소하였고 100km/h조건에서 더욱 현저하였으나 조건간의 유의차는 없었다. 또한 알파파에서 베�타파 대역에 대한 베타파의 비율은 안정시에 비하여 유의하게 증가하였고 100km/h조건에서 더욱 현저하였으나 조건간의 유의차는 없었다.

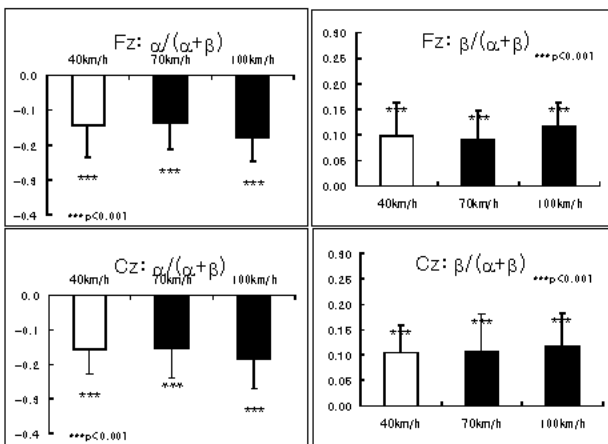


그림 5. 안정시 값에 대한 주행조건별 뇌파 결과

3.5 자율신경계 반응

심박수는 주행전 안정시에 비하여 주행후 현저히 증가하여, 70km/h 및 100km/h조건에서 유의차가 인정되었다($p<0.01$). 또한 주행속도가 증가할수록 심박수는 증가하여, 특히 40km/h에 비하여 100km/h조건이 유의하게 증가한 것으로 나타났다($p<0.05$, 그림6).

그 이외의 자율신경계 반응으로, 호흡수, 눈깜박임율, 손끝피부온도, 피부전기저항을 주행전 안정값에 대한 주행시의 값으로 나타내었다(그림7). 그 결과, 주행속도가 증가할수록 호흡수와 피부전기저항은 증가하고 눈깜박임율과 피부온도는 감소하는 경향을 나타내었으나, 조건간의 유의차는 인정되지 않았다. 또한, 호흡은 안정시에 비하여 모든 주행조건에서 유의하게 증가하였고($p<0.05$), 눈깜박임율은 40km/h 및 70km/h조건이 안정시에 비하여 유의하게 증가하였으며($p<0.01$), 피부온도와 피부전기저항은 70km/h이상의 주행조건에서 유의한 차이가 인정되었다($p<0.01$).

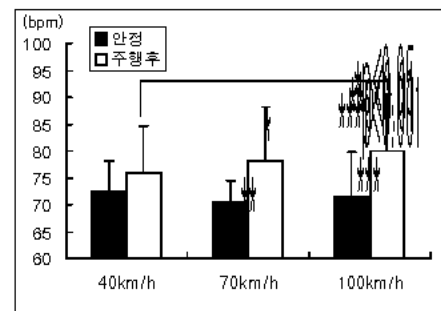


그림 6. 심박수의 변화

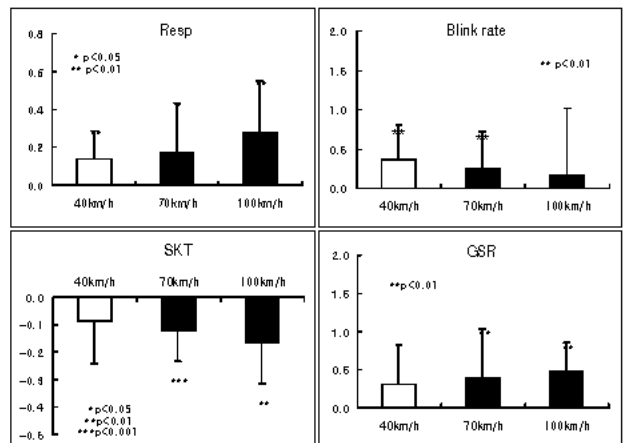


그림 7. 호흡율, 눈깜박임율, 피부온도 및 피부전기저항의 비교

4. 결론 및 고찰

본 연구에서는 동적환경에서 감성을 시험 평가 가능한 시스템으로서 Driving Simulator를 이용하여 다양한 운전속도(40, 70, 100km/h)에서 주행시 운전자의 감성평가를 실시하였다. 그 결과, 주행속도가 증가할수록 쾌활성, 쾌적감, 긴장감, 각성감, 속도감이 높게 나타났고, 심박수가 증가하였다. 안정시에 비하여 주행시에 뇌파의 알파파는 감소하고 베타파는 증가하였으며 호흡수가 증가하였으나, 조건간의 유의차는 나타나지 않았다. 또한 70km/h이상에서 피부전기저항의 증가와 피부온도의 감소가 인정되었으며, 70km/h이하에서 눈깜박임율이 증가하였다. 이상의 결과로부터, 운전자는 속도가 증가할수록 주관적으로 긍정적 감성을 느끼지만, 70km/h이상에서 자율신경계 반응에 차이가 있음을 알 수 있었다.

본 연구그룹에서는 선행연구에서 Graphic Simulator 및 Prototype의 Dynamic Simulator에서의 각종 주행속도(40, 100, 160km/h)에서의 주관적 평가 및 자율신경계 반응에 관하여 검토한 바 있다[2,3]. 그 결과, 속도가 증가함에 따라 긴장도와 쾌도가 증가하고, 자율신경계 반응은 교감신경계가 활성화됨을 밝혀, 본 연구의 결과와 비슷한 경향을 보여주었고, 이는 실제차량을 이용한 실험결과와도 일맥상통하고 있다[1]. 한편, 선행연구에서는 40, 100, 160km/h의 주행조건을 설정하여 의도적으로 감성의 차이를 유발시키고자하는 경향이 있었으나, 본 연구에서는 보다 현실적이고 보편적인 속도의 적용을 시도하였다. 따라서 선행연구에서는 100km/h이상의 속도조건에서 GSR 및 SKT와 같은 자율신경계 반응이 안정시에 비하여 유의한 차이를 나타내었으나[2,3], 본 연구결과를 통하여 70km/h이상의 속도조건에서 GSR 및 SKT의 유의한 차이가 있음을 알 수 있었다. 또한, 본 연구에서는 선행연구보다 다양한 생리적 측정수법을 이용하여 뇌파, 호흡, 눈깜박임 등도 주행시에 유의하게 변화함을 밝혔다.

이와 같이, 본 연구결과는 주행속도의 증가에 따라 운전자의 감성에 차이가 있음을 생리적, 심리적 수법을 통하여 밝혔고, 이는 실제차량 및 시뮬레이터에서 수행한 선행연구의 결과와 대체로 일치하여 본 시스템으로 운전자 감성평가가 충분히 수행될 수 있음을 시사하였다. 또한 본 연구에서는 선행연구에서 수행된 시뮬레이터 실험에서 유발된 Simulator Sickness 수치에 비하여 현저히 작아져서 Simulator Sickness의 영향이 적은 환경에서 감성평가가 가능하다고 할 수 있겠다. 향후 장시간에 걸친 운전시의 감성평가 및 보다 다양한 피험자를 대상으로 실시하여 동적 환경에서의 감성 데이터베이스를 구축하고자 한다.

5. 참고문헌

- [1] 김철중, 민병찬, 정순철, 김상균, 오지영, 민병운, 김유나(1999), 자동차 속도 변화에 따른 자율신경계의 반응 연구, 공업경영학회지, 22(52), 203-210.
- [2] 정순철, 민병찬, 김유나, 신미경, 김철중(2000), 가상 시뮬레이터에서 속도변화에 따른 운전자의 감성 측정에 관한 연구, 한국감성과학회지, 3(2), 103-112.
- [3] 정순철, 민병찬, 신미경, 김철중(2001), 동적 시뮬레이터에서 속도와 운전형태 변화에 따른 운전자의 감성평가, 산업경영시스템학회지, 24(65), 51-63.
- [4] Akerstedt T and Gillberg M(1990), Subjective and objective sleepiness in the active individual, International Journal of Neuroscience, 52, 29-37.
- [5] Kennedy RS, Lane NE, Berbaum KS, Lilenthal MG (1993), Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness, International Journal of Aviation Psychology, 3(3), 203-220.