

Evaluating the effectiveness of advanced driver assistance systems from a field study

Myoungouk Park¹, Joonwoo Son^{*1}

¹Daegu Gyeongbuk Institute of Science and Technology, Daegu, Korea, 711-873

ABSTRACT

Objective: This paper aims to investigate age differences in the effectiveness of advanced warning systems. **Background:** Understanding of age differences in the effectiveness towards advanced driver assistance systems may help successful introduction of new technology in auto-market. **Method:** 52 drivers were participated in on-road field experiments. They drove approximately 6.2km on urban road (about 25 minutes) and 9.6km of highway (about 10 minutes) either with or without ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) support. After completing the driving experiment, comparisons between the ADAS-supported and non-supported groups were conducted. **Results:** The results suggested that the FCW (Forward Collision Warning) and the LDW (Lane Departure Warning) significantly impact on average velocity and headway on highway driving, and steering reversal rate on urban driving, respectively. **Conclusion:** The ADAS are likely to make a positive influence on drivers' behaviors by increasing their safety margins such as lower speed and longer headway distance.

Keywords: Effectiveness, ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), Age Difference, Gender Difference, Intelligent Vehicle

1. Introduction

오늘날 자동차 제조사에서는 다양한 지능형 운전 지원시스템(Advanced Driver Assistance Systems, ADAS)을 제공하고 있다. 현재, 양산중인 지능형 운전지원시스템(ADAS)으로는 차량자세제어시스템, 정지보조시스템, 전방충돌경고시스템, 차선이탈경고시스템, 지능형 정속주행제어시스템, 야간시야보조시스템 등이 있다. 이러한 지능형 운전지원시스템은 고령 운전자들의 안전 운전에 많은 도움을 줄 수 있는 것으로 보고된 바 있다 (Mitchell et al, 1997, Shaheen et al, 2001).

예를 들어, 전방충돌경고장치(Forward Collision Warning, FCW)은 운전자의 주의환기를 위한 것으로, 고령운전자에게 가장 유용한 차량 안전 시스템 중의 하나로 인식되고 있다 (Davidse, 2006). FCW의 효과에 관한 선행연구에 따르면 실험에 참가한 고령운전자의 73%가 유용하다고 응답하였다(Mizutani, 2001). 고령운전자의 운전능력 감퇴를 보상하기 위한 또 다른 지원시스템으로는 차선이탈경고

장치(Lane Departure Warning, LDW)가 있다. 미국 고속도로안전보험연구소(Insurance Institute for Highway Safety (IIHS))는 차선이탈경고장치(LDW)가 7,529건의 치명적인 충돌사고를 예방 또는 완화할 수 있다고 발표하였다(IIHS, 2010).

선행연구를 통하여 ADAS의 사고저감효과에 관한 많은 연구가 수행되었지만, ADAS가 운전행동에 미치는 효과(effectiveness)에 대한 체계적인 분석결과는 거의 알려지지 않았다. 특히, 연령에 따른 전방충돌위험과 차선이탈경보시스템의 유효성에 관한 연구는 거의 이루어져 있지 않다.

본 연구에서 ADAS가 운전행동에 미치는 효과를 체계적으로 분석하기 위하여 실차 도로주행실험을 실시하였다. 이러한 효과분석은 연령이 미치는 영향을 고려하여 수행하였다. 이러한 지능형 운전지원시스템과 같은 새로운 기술의 유효성에 대한 연령차를 이해하는 것은 고령 운전자들의 저하된 운전기능을 보완하기 위한 지능형 안전시스템 보급에 도움을 줄 수 있을 것이다.

2. Method

2.1 Subject

본 연구를 위하여, 25~35세의 젊은 성인들과 55~65세 준고령자들(late middle age)의 남녀 피험자 각각 13명씩 총 52명을 모집하였다(표 1. 세부사항 참조). 참여한 피험자는 최소 3년 이상의 운전경력을 보유하고, 주 2회 이상 정기적으로 운전을 하고 있으며, 약 3시간의 도로주행실험을 수행할 수 있는 신체적, 정신적으로 건강한 사람들로 구성하였다. 특히, 고혈압 등의 지병이 있거나 정신과 치료를 요구하는 질병을 소유한 피험자는 제외하였다.

Table.1 Participants overview

Age Group	Younger		Late Middle Age	
Gender	Male	Female	Male	Female
No of Subject	13	13	13	13
Age*	27.54 (2.90)	30.46 (3.10)	60.69 (1.89)	57.08 (2.06)
No of ADAS-Supported	7	6	6	7

* Note. Means with standard deviations in parentheses

2.2 Experimental setup

고속도로에서 실차 주행실험을 수행하기 위하여 H사의 차량(배기량: 3,300cc)을 활용하여 운전행동 데이터 모니터링 환경을 구축하였다(Park et al., 2011).

구축된 모니터링 차량은 주행정보, 연비정보, 차량의 경사 정보, GPS, 운전행동 영상정보(전방, 후방, 좌/우 측방)를 수집할 수 있도록 여섯대의 비디오 카메라, 고속/저속 CAN 장비, 운전자 시선측정 장비 그리고 생체신호 측정 장비를 탑재하였다. 모든 데이터들은 100Hz의 마스터 시간(master time)에 의해 동기화되어 저장되며, 부가적인 교통상황처리 소프트웨어를 이용하여 운전의 영향을 미치는 도로 환경적 요소들(끼어들기, 신호대기 등)을 마스터 시간과 함께 신속하게 기록할 수 있도록 하였다.

주행정보와 연비에 관한 정보는 차량의 CAN통신 데이터로부터 수집하였으며, 영상정보는 특정 시간에서의 영상을 찾기 용이하게 하기 위하여 마스터 시간을 오버레이(overlay)하여 저장하고 별도의 데이터 파일에 마스터 시간과 프레임 번호를 저장하였다.

2.3 Advanced Driver Assistance Systems

전방충돌경고와 차선이탈경고기능을 제공하기 위하여 Mobileye C2-170 (Mobileye, Amstelveen, The Netherlands)가 사용되었다 (Mobileye, 2012). 전방충돌경고장치는 다른 차량과의 안전거리를 실시간 모니터링하며, 전방 차량추돌 시간(Time-To-Collision, TTC)이 0.6초이하의 상황에서 충돌 경고를 제공한다. 그리고, 차선이탈경고장치는 차선 내에서의 차량 위치를 모니터링하며, 차량이 차선 밖으로 이탈하려고 하는 경우 운전자에게 경고를 준다.

2.4 Procedure

ADAS가 운전행동에 미치는 영향을 분석하기 위하여 다음과 같이 실험 절차를 설계하였다. 전체 실험 절차는 주행실험을 중심으로 실험 전/후 단계로 구성하였다. 실험 전 단계에서는 안전 운전의 가능여부(safety protocol) 파악, 실험동의(Consent), 사전설문을 실시하였다.

실험 전 설문을 완료한 후, 참가자들은 주행실험차량에 관한 적응을 위해 약 20분간 국도와 도심구간으로 구성된 연습주행을 실시 하였다. 참가자들은 시내도로 6.2km(약 25분)와 고속도로 9.6km (약 10분)을 주행하였으며, 시내도로는 제한속도 60kph의 2~4차선도로, 고속도로는 제한속도 100kph의 중앙분리대가 있는 4차선도로이다.

2.5 Dependent variables for evaluating effectiveness of ADAS

FCW의 효과를 분석하기 위하여 평균속도와 전방 차량과의 간격(Headway)을 이용하였으며, LDW는 주행차선 내에서의 차량위치분포(S.D. of Lane Position)와 조향반전율(Steering wheel Reversal Rate)을 이용하여 분석하였다(Son et al, 2011).

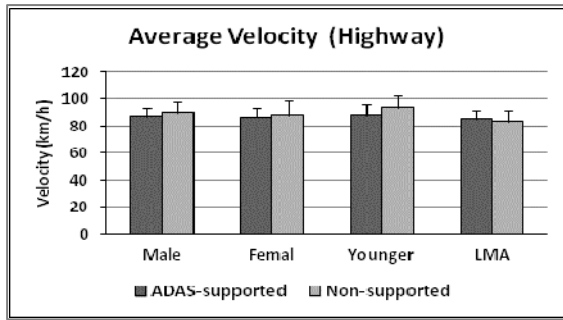
ADAS가 운전행동에 미치는 영향을 통계적으로 분석하기 위하여 SPSS 17의 일반 선형 분석(general linear model; GLM)을 실시하였다.

3. Results

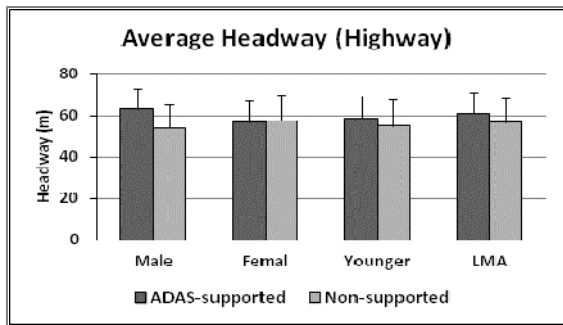
3.1 Highway Driving

Figure 1에서와 같이, 고속도로 주행에서 ADAS 지원을 받은 젊은 운전자들은 지원을 받지 않은 그룹보다 유의하게 감속하여 주행하였다($F(1,148)=9.926$, $p=0.002$). 또한,

ADAS 지원 그룹과 그렇지 않은 그룹의 전방 차량거리 (Headway)에도 유의한 차이가 있었다($F(1,148)=4.484$, $p=0.036$). 특히, ADAS 지원을 받은 남성 운전자그룹의 전방 차량거리는 8.9m(16.3%) 증가하였다($F(1,148)=9.099$, $p=0.003$). 이러한 결과는 FCW가 남성운전자그룹의 고속도로 안전운전 향상에 효과적이라는 것을 의미한다.



(a) Average velocity on highway



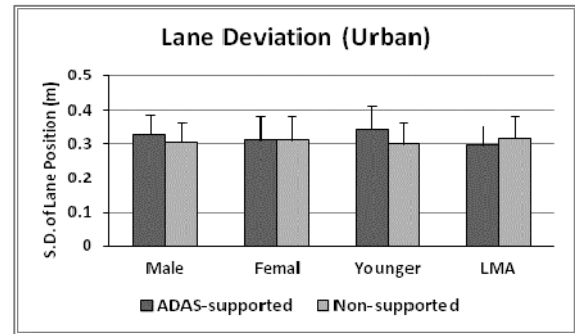
(b) Average headway on highway

Figure 1. Comparison of Velocity and Headway between FCW-supported and non-supported groups on Highway

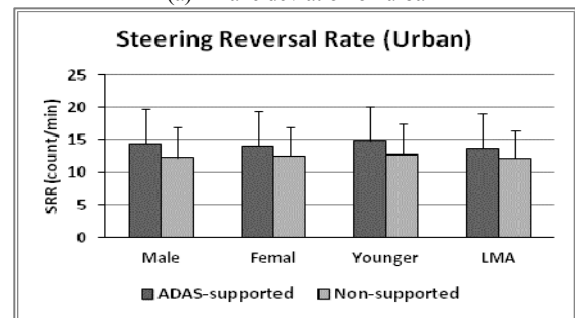
3.2 Urban Driving

Figure 2에서는 시내도로에서의 LDW의 효과를 보여준다. 고속도로와는 달리 시내주행의 운전상황은 복잡한 교통 신호, 노면 주차 차량, 높은 교통 밀도와 보행자들 등의 환경요인에 의해 운전을 방해 받게 된다. 따라서, LDW는 조향반전율(SRR)에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다($F(1,304)=7.322$, $p=0.007$). 즉, ADAS가 지원된 참가자 집단에서는 지원되지 않은 집단보다 높은 조향 반전횟수(14.2%)가 나타났다. 또한, ADAS가 지원된 젊은 운전자그룹의 주행차선 내에서의 차량위치분포(SD of Lane Position)도 크게 증가했다($F(1,304)=17.528$, $p=0.000$).

이는 LDW 지원이 활성화되었을 때 차선을 유지하는데 더 많은 노력이 요구된다는 것을 의미한다. 따라서, LDW의 효과는 차선을 유지하는데 높은 작업부하를 발생할 수 있기 때문에 운전에서 긍정적이라고 판단하기 어렵다.



(a) Lane deviation on urban



(b) Steering reversal rate on urban

Figure 2. Comparison of SDLP and SRR between LCW-supported and non-supported groups on Urban Road

4. Discussion

본 연구에서는 ADAS의 효과에 관한 체계적인 분석을 위하여 실차주행 실험을 실시 하였다. 그 결과, FCW는 고속도로 주행에서 젊은 운전자그룹의 속도와 전방거리에서 유의한 변화를 유도할 수 있었다. 따라서, FCW는 고속도로 주행안전을 향상시킬 수 있는 유용한 장치가 될 수 있음을 보여준다. 이는 FCW가 안전운전에 유용하다는 선행연구(Davidse, 2006; Muzutani, 2001)와 일관성 있는 결과를 보여준다. 그러나, LCW는 시내주행에서 조향반전율(SRR)을 상당히 증가시키는 것으로 나타났다. 이는 LCW가 안전주행 향상에 유효한 영향을 미치는지에 대한 의문을 불러 일으킨 HLDI 보고서의 결과와 매우 유사하다(HLDI, 2012).

본 연구를 통하여 차량에 적용된 신기술의 유효성에는 연령의 차이가 존재함을 확인할 수 있었다. 이는 새로운 기술을 차량에 적용하고자 할 경우, 기술의 유효성에 대한 연령차를 분석하는 과정이 반드시 필요함을 의미한다.

Acknowledgements

This research was supported in part by Daegu Gyeongbuk Institute of Science and Technology (DGIST) Research Program (Project No. 13-S-01) of the Ministry of Education, Science, and Technology (MEST), and Establishment Program of Industrial Original Technological Base (Project No. M0000009) of the Ministry of Knowledge Economy (MKE).

References

- Davidse, R. Older drivers and ADAS. IATSS Res, 30(1), 6-20. 2006.
- Highway Loss Data Institute. They're working: Insurance claims data show which new technologies are preventing crashes. Status Report. 47, 5, pp.1-8, 2012.
- Insurance Institute for Highway Safety, 2010. New estimates of benefits of crash avoidance features on Passenger vehicles. Status Report, Vol. 45, No. 5, pp. 4-5. May 20, 2010
- Marshall, D. C., Wallace, R. B., Torner, J. C., and Leeds, M. B. 2010. Enhancing the effectiveness of safety warning systems for older drivers: project report. DOT HS 811 417. National Highway Traffic Safety Administration. 2010.
- Mitchell, C.G.B. and Suen, S.L. ITS impact on elderly drivers. Paper presented at the 13th International Road Federation IRF World Meeting, Toronto, Ontario, Canada, June 16 to 20, 1997.
- Mizutani, H. Study report AHS substantiation and evaluation. http://www.ahsra.or.jp/eng/c04e/7th/04mizu_e/04mizu_e.htm. (2003).
- Mobileye, Mobileye C2-170, <http://www.mobileye.com/all-products/mobileye-c2-series/mobileye-c2-170> (last accessed on 3rd Oct. 2012)
- Park, S. W. and Son, J., "Implementation of a Vehicle Monitoring System using Multimodal Information", Korean society of Transportation, 29(3), pp.41-48, 2011.
- Shaheen, S.A. and Niemeier, D.A. Integrating vehicle design and human factors: minimizing elderly driving constraints. "Transportation Research Part C: Emerging Technologies" 9(3), pp.155-174, 2001.
- Son, J., Lee, Y., and Kim, M. Impact of traffic environment and cognitive workload on older drivers' behavior in simulated driving. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. 12, 1, pp.135-141, 2011.

Author listings

Myoungouk Park: violet1211@dgist.ac.kr

Highest degree: M.A. Candidate, Department of psychology (Cognitive), Kyungpook National University

Position title: Research Engineer, Daegu Gyeongbuk Institute of Science & Technology (DGIST)

Areas of interest: Cognitive workload in driving, older driver's workload, Fitness-to-drive assessment, older driver and stroke patient's driving rehabilitation.

Joonwoo Son: json@dgist.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Mechanical Engineering, Pusan National University

Position title: Senior Research Scientist, HumanLAB, Daegu Gyeongbuk Institute of Science & Technology (DGIST)

Areas of interest: Design for older drivers, driver's workload assessment methodology (on-road & simulator study), Advanced human-vehicle interface, Eco-drive assistant technologies, Fitness-to-driver assessment, Driver rehabilitation.