

운전 중 인지부하가 고령자 운전행동에 미치는 영향

이 용 태¹⁾ · 김 만 호¹⁾ · 손 준 우¹⁾

대구경북과학기술원 공공원천기술연구센터¹⁾

The impact of cognitive workload on older driver's behavior

Yongtae Lee^{*1)} · Man Ho Kim¹⁾ · Joonwoo Son¹⁾

¹⁾Public & Original Technology Research Center, Daegu Gyeongbuk Institute of Science & Technology, Dalseo-gu, Daegu 704-230, Korea

Abstract : Driving is a complex psychomotor task often interrupted by secondary activities that increase cognitive workload and divert attention away from the roadway. The risk of inattentive driving is known to vary with age. To assess the impact of advancing age on driving performance under dual task condition, we evaluate the performance of 63 drivers divided into two age groups, younger (20-29) and older (60-69). This study considers driving behavior in the context of highway driving. Driving performance is composed the forward velocity, speed control and lateral control. Results indicate that age impacts both driving performance and compensatory behavior during dual load conditions.

Key words : Elderly Driver(고령운전자), Cognitive Resource(인지 능력), Secondary Task(이중 과업), Distraction(부주의), Driving Workload(운전 부하), Driving Performance(운전수행능력)

1. 서 론

우리나라는 2000년도에 65세 이상 인구가 전체 인구의 7%를 넘으면서 고령화 사회로 진입하였고, 2019년과 2026년에는 각각 고령사회와 초고령 사회로 진입할 것으로 예상되고 있다. 특히, 고령화 사회에서 고령사회로 진입하는 시기가 19년밖에 걸리지 않을 것으로 예상되며 주요 선진국과 비교하여 고령화가 훨씬 빠르게 진행되고 있다.

고령화가 진행되면서 1999년에서 2002년 사이에 61~70세 운전면허소지자는 16.8%, 71세 이상은 22.5%의 증가를 가져왔으며 전체 운전 면허 소지자

의 증가율 6.8%를 크게 상회하고 있다. 따라서 고령 사회로 진입하는 과정에서 고령운전자의 급격한 증가는 필연적일 것으로 예상되며 고령운전자는 새로운 자동차 소비 주체로 성장할 것이다.

그러나 고령 운전자는 교통사고 발생률이 높은 문제점을 가지고 있다.¹⁾ 한국도로교통안전관리공단의 조사에 따르면, 2006년 기준으로 61세 이상 고령 운전자의 교통 사고율이 지속적으로 증가하는 것을 제시하고 있으며, 교통사고를 유발하는 요인 중에서 전방주시 태만, 판단 오류, 발견 지연과 같이 운전자 부주의에 의한 것이 약 69.1%에 해당하는 것을 나타내고 있다. 이러한 운전 부주의를 유발하는 대표적인 요인은 휴대전화 통화와 내비게이션과 같은 차량편의 및 정보 기기의 조작이다.^{2),3)}

고령 운전자는 시력, 청력, 운동 기능 등 육체적

* 손준우, E-mail: json@dgist.ac.kr

능력뿐만 아니라, 단기 기억력, 공간 지각력 등과 같은 인지적 능력도 동시에 떨어지게 된다.⁴⁾ 이에 따라 고령 운전자의 운전 능력, 위급상황대처능력은 젊은 사람에 비해 떨어지고 발생한 사고의 강도는 매우 높아진다. 미국 NHTSA(Traffic Safety Administration)의 연령별 교통사고 통계에 의하면, 65세 이상 고령 운전자의 교통사고 치사율이 급격히 증가함을 알 수 있다.⁵⁾

이러한 문제점을 해결하기 위하여 최근에는 운전자가 음성으로 차내 시스템을 조작하는 음성인식 기술 방식의 개발이 진행되고 있다. 그러나 음성으로 조작하는 내비게이션의 경우, 약 300개 이상의 음성 명령어가 존재하기 때문에 기억력의 감퇴가 현저한 고령 운전자가 이를 기억하기는 쉽지 않다. 이를 위하여 음성시작 버튼을 누르면 메뉴가 나타나고, 이를 시각으로 인식하여 음성으로 명령을 주는 절차를 반복하게 하는 방식이 사용되고 있다. 이때, 내비게이션은 명령에 대한 실행여부를 음성으로 답하게 된다. 즉, 하나의 원하는 동작을 실행시키기 위해서 내비게이션을 순차적으로 보아야 하고, 음성명령에 대하여 내비게이션의 응답음성을 확인하여야 되기 때문에 휴대전화를 사용할 때와 유사하게 인지 부하는 증가되어지고, 부주의로 인하여 교통사고의 위험도 증가하게 된다.⁶⁾⁻⁸⁾

그러나 휴대전화나 내비게이션 등 다양한 정보 기기에 대한 고령 운전자의 인지부하와 운전 특성을 평가하는 국내 연구는 활발히 진행되지 못하고 있다. 특히, 음성인식에 대한 연구는 더욱 연구 수행 결과를 찾아보기 어렵다. 따라서 고령화에 따른 인지 능력 감퇴가 운전 능력에 미치는 영향에 관한 정량적인 지표 설정에 관한 연구가 필요하다.

이에 본 논문은 20대와 60대 운전자를 대상으로 인지 부하에 따른 모의 주행 실험을 수행하여, 고령 운전자의 운전 특성에 대한 평가 지표 설정의 기초 자료를 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 실험 방법

2.1 피험자

운전 중 인지부하가 고령자 운전행동에 미치는 영향을 분석하기 위하여 Table 1과 같이 총 63명의

피험자를 모집하였다. 참여한 피험자는 최소 주 2회 이상, 3년 이상의 운전 경력을 소유하고, 모의 주행 1시간을 비롯하여 3시간 전후의 실험을 수행할 수 있는 자들로 구성하였다. 특히, 고혈압 등의 지병이 있거나 정신과 치료를 요구하는 질병을 소유한 피험자는 제외하였다. 피험자 모집을 위하여, 20대는 30,000원, 60대는 50,000원의 비용을 지불하였다.

Table 1 Distribution of Subjects by Age and Gender

Age	Gender	N
20's	Male	16
	Female	16
Total		32
60's	Male	16
	Female	15
Total		31

2.2 모의 주행 장치

운전 중 인지부하 실험은 Fig. 1과 같이 대구경북과학기술원(DGIST)의 모의 주행 장치를 활용하여 진행되었다. 모의 주행 장치는 DLP 프로젝터, 스크린, 제어용 PC와 차량(Benz사의 Smart)로 구성되어 있다. 그리고 소프트웨어는 System Technology사의 STISIM Drive™를 사용하였으며, 20-30Hz 주기로 도로와 차량 영상을 1024×768 해상도로 스크린 화면에 표시된다.



Fig. 1 The DGIST Driving Simulator

2.3 인지부하

모의 주행 실험 중 인지부하는 N-back을 선정하였다. N-back은 음성 기반의 인지부하를 측정하는 방법으로 0-back, 1-back과 2-back으로 구성된다.^{9),10)} 예를 들면, 실험자가 3, 5, 8, 4, 7의 숫자를 일정한 주기를 가지고 들려준다고 할 때, 0-back 경우는 숫자 “3”을 들려줄 때 바로 숫자 “3”을 답하고, 1-back의 경우에는 숫자 “3”, “5”를 들려줄 때 숫자 “3”을 답하며, 2-back의 경우에는 숫자 “3”, “5”, “8”을 들려줄 때 숫자 “3”을 답하게 하여 그 응답결과로 평가하였다.

2.4 실험 절차

운전 중 인지부하가 고령자 운전행동에 미치는 영향을 분석하기 위하여, 실험 절차를 Fig. 2와 같이 설계하였다.

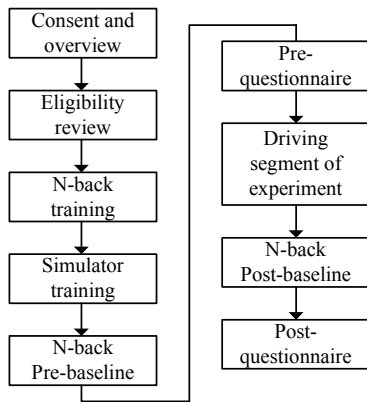


Fig. 2 Structure of experimental protocol

전체 실험 절차는 모의 주행 실험을 중심으로 주행 전 단계와 주행 후 단계로 구성하였다. 실험 전 단계는 서명 및 설명(consent and overview), 피험자 자격 검토(subject eligibility review), N-back 훈련(N-back training), 모의 주행 훈련(simulator training), N-back 사전 기준(N-back pre-baseline)과 사전 설문(pre questionnaire)으로 구성하였다. 모의주행실험(Simulated Driving Experiment)은 도시 구간과 고속도로 구간을 나누어 각각 N-back 이중과업을 수행하도록 구성하였다. 여기서, 도시 구간과 고속도로 구간의 시작은 랜덤하게 설정하여 학습효과에 의한 구간별 주행특성이 달라지지 않도록 하였다. 실험

후 단계는 N-back 사후 기준(N-back post-baseline)과 사후 설문(post-questionnaire)으로 구성하였다.

본 논문에서는 실험을 수행한 결과 중 고속도로 구간의 인지 부하와 운전 특성에 대하여 분석하였다.

2.5 분석 방법

SPSS version 14 프로그램을 활용하여, 인지 부하와 운전 특성에 대하여 연령, 성별, 실험조건(experiment condition) 등 총 3가지 독립변수 및 교호작용에 대하여 분석하였다. 인지 부하는 모의 주행 전(pre-baseline)과 후(post-baseline)에 실시한 N-back 결과와 고속도로 구간을 주행하면서 실시한 N-back 결과에 대하여 ANOVA 분석을 실시하였다. 그리고 운전 특성은 모의 주행 실험 중 N-back 실험 전(Before), 수행 중(During), 실험 후(Following)에 대하여 주행 속도(Forward Velocity), 속도 제어(Speed Control), 그리고 차선 제어(Lateral Control)에 대하여 ANOVA 분석을 실시하였다.

3. 결과

3.1 인지 부하의 특성

운전으로 인한 인지처리능력의 저하 정도를 평가하는 지표로 N-Back Task의 오류율(error rate)을 사용하였다. 오류율은 N-back 실험동안 제시되는 숫자에 대하여 피험자가 틀린 숫자를 답하거나 답을 하지 못하는 경우의 비율을 백분율로 나타낸 것으로, Table 2와 같은 인지 부하의 결과를 확인할 수 있었다.

Table 2 Composite accuracy scores on the secondary task

Age	Gender	Non-driving	Dual-task
20's	Male	3.90(6.59)	5.10(8.84)
	Female	4.96(7.12)	10.10(10.69)
Total		4.43(6.77)	7.60(9.98)
60's	Male	26.92(20.60)	29.82(19.18)
	Female	30.83(27.94)	36.76(24.13)
Total		28.81(24.09)	33.18(21.64)

*mean(standard deviation)

N-back 실험을 수행한 결과, 연령(F(1,118)=66.181, P=0.000)에서는 통계적으로 유의한 차이가

있었으나, 성별($F(1,118)=1.882, P=0.173$)에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그리고 모의 주행을 하지 않을 때와 할 때의 N-back 결과($F(1,118)=1.513, P=0.221$)에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이것은 N-back 실험구간에서의 평균속도 저하율과 관련이 있는 것으로 생각된다. 속도의 저하율이 커진다는 의미는 N-back 실험에 집중하고 있다는 것을 의미한다.

60대의 경우, 모의 주행 실험 중 N-back 실험 전후에 대하여 수행 중의 평균속도를 비교한 결과, 속도의 저하율이 14.6%로 나타났다.

3.2 인지 부하에 따른 운전 특성

인지 부하에 따른 운전 특성은 주행 속도(Forward Velocity), 속도 제어(Speed Control), 그리고 차선 제어(Lateral Control)등을 평가하였다.

주행 속도

주행속도의 결과를 나타낸 것이 Fig. 3이다. 주행 속도에서는 연령 간에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나($F(1,118)=2.926, P=0.089$), 성별 간에는 유의한 차이가 있었다($F(1,118)=4.893, P=0.028$). 그리고 "N-back" 실험 전, 수행 중, 실험 후 간에도 유의한 차이가 있었다($F(1,118)=6.711, P=0.002$). 결과 그래프를 보면, "N-back" 실험의 수행중일 때에 속도가 줄어들고, "N-back" 실험 후에 속도가 다시 증가하는 경향을 볼 수 있다. 특히, 60대의 변화 폭이 큰 것을 알 수 있다.

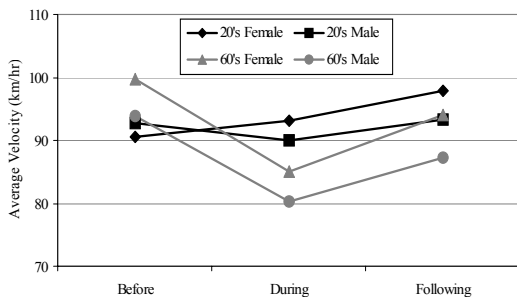


Fig. 3 Forward velocity by age and gender

또한 20대 여성의 경우, "N-back" 실험 전에 상대적으로 저속주행을 하다가 "N-back" 실험이 시작된

이후로 속도가 증가하는 특이한 경향이 있었다. 이는 피험자의 수를 늘려 실험을 수행할 필요가 있다고 생각된다. N-back 실험전후와 수행중일 때의 평균속도를 비교해 보면, N-back 실험을 수행중일 때가 20대는 2.3%, 60대는 11.8%의 속도가 줄었다. 이것으로 인지부하(Secondary Task)가 운전(Primary Task)에 미치는 영향을 알 수 있으며, 60대가 20대보다 더욱 크게 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

속도 제어

속도 제어에서의 평가지표는 속도변이계수(표준편차/평균*100)를 사용하였다. 속도 제어의 결과를 나타낸 것이 Fig. 4이다.

연령($F(1,118)=3.786, P=0.053$)과 성별($F(1,118)=0.144, P=0.705$)에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그리고 N-back 실험 전, 수행 중, 실험 후 간에도 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다($F(1,118)=1.668, P=0.192$).

결과 그래프를 보면, 60대에서는 N-back 실험의 수행중일 때에 속도의 변화폭이 증가하고, N-back 실험 후에 속도의 변화폭이 다시 감소하는 경향을 볼 수 있었다. 이와 반면에 20대에서는 N-back 실험의 수행중일 때에 속도의 변화폭이 감소하고, N-back 실험 후에 속도의 변화폭이 다시 증가하는 경향이 나타났다. N-back 실험 전후와 수행중일 때의 평균속도를 비교해 보면, N-back 실험을 수행중일 때가 20대는 11.5% 감소, 60대는 33.2% 증가하는 것으로 나타났다.

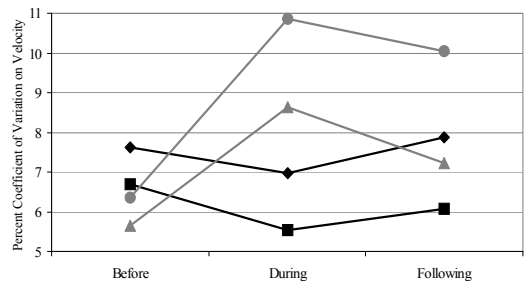


Fig. 4 Percent coefficient of variation on velocity by age and gender

이것으로 인지부하(Secondary Task)가 운전(Primary Task)에 미치는 영향을 알 수 있으며, 60대

와 20대는 서로 상반되는 특성을 보이고 있음을 알 수 있다. 즉, 60대는 20대에 비하여 인지부하가 부가되는 동안 속도제어에 어려움을 겪는 것을 알 수 있다.

차선 제어

차선 제어에 관한 평가지표는 차량의 중심점이 차선의 중앙에서 벗어나는 거리에 대한 표준편차를 사용하였다. 차선 제어의 결과를 나타낸 것이 Fig. 5이다. 연령에서는 통계적으로 유의한 차이가 있었으나($F(1,118)=12.561, P=0.001$), 성별에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다($F(1,118)=0.303, P=0.582$). 그리고, "N-back" 실험 전, 수행 중, 실험 후 간에는 통계적으로 유의한 차이가 있었다($F(1,118)=3.363, P=0.037$).

결과 그래프를 보면, 20대가 60대보다 차선의 변화폭이 큰 것을 알 수 있으며, 전반적으로 "N-back" 실험의 수행중일 때에 차선의 변화폭이 줄어들고, "N-back" 실험 후에 다시 증가하는 경향을 볼 수 있다. 20대 남성의 경우, "N-back" 실험 후에도 다소 감소하는 경향이 있었다. 이것은 피험자의 수를 늘려 실험을 수행할 필요가 있다고 생각된다. N-back 실험 전후와 수행중일 때의 평균속도를 비교해 보면, "N-back" 실험을 수행중일 때가 20대는 25.0%, 60대는 43.4%로 차선의 변화폭이 감소하는 것을 알 수 있다. 이것으로 인지부하가 운전에 미치는 영향을 알 수 있으며, 60대가 20대보다 더욱 영향이 크다는 것을 알 수 있다.

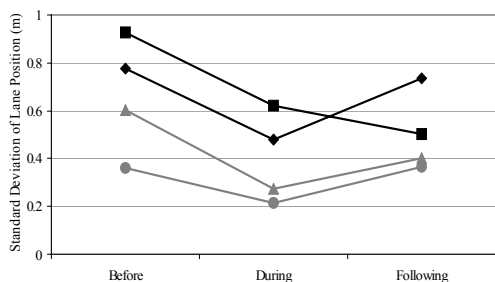


Fig. 5 Standard deviation of lane position by age and gender

4. 결론

본 논문은 고령화에 따른 인지 능력 감퇴가 운전

능력에 미치는 영향에 관한 정량적인 지표 설정을 위한 기초자료를 제시하는데 그 목적이 있으며, 이를 위하여 20대와 60대 운전자를 대상으로 인지 부하에 따른 모의 주행 실험을 수행하여 다음과 같은 내용을 알 수 있었다.

1) N-back 실험의 결과에서 고령 운전자는 젊은 층에 비하여 이중과업(Dual Task)시 인지처리능력의 저하 정도가 크게 나타났다.

2) 인지 부하에 따른 운전 특성의 결과에서 고령 운전자는 인지 부하 시 주행 속도를 줄이는 특성을 보이고, 속도 제어 능력은 전반적으로 떨어지며 특히 인지부하 시 더욱 취약하게 나타났다. 그리고 차선 제어 능력은 인지부하 시 오히려 향상되는 특성을 보였다.

이상의 내용으로 고령 운전자는 젊은 층과 비교하여 다른 인지처리능력과 운전 특성을 보이는 것을 알 수 있었으며, 이 결과는 인지 부하에 따른 운전 특성의 평가 지표 설정에 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

후 기

본 연구는 국토해양부 교통체계 효율화사업의 연구비와 교육과학기술부의 “대구경북과학기술원” 기관 고유 연구 사업비로 수행되었습니다.

References

- 1) Coughlin J. F., and Reimer, B., "New Demands from an Older Population: An Integrated Approach to Defining the Future of Older Driver Safety", Convergence Transportation Electronics Association and SAE International, 2006.
- 2) Wang, J., Knippling R. R., and Goodman, M. J., "The role of inattention in crashes; new statistics from the 1995 crashworthiness data system (CDS)", 40th Annual Proceedings: Association for the Advancement of Automotive Medicine, pp.377 - 392, 1996.
- 3) Stutts, J. C., Reinfurt, D. W., Staplin, L., and Rodgman, E. A., "The role driver distraction in traffic crashes", Report Prepared for AAA Foundation for Traffic Safety. Retrieved, 2003.
- 4) Malfetti, J. L., "Needs and problems of older driver:

- Survey results and recommendations," Proceedings of the older drivers colloquium, 1985.
- 5) M. H. Kim, and Son, J. "Driving Behavior Analysis of Elderly Driver for Development of Elderly-Friendly Vehicle Safety", KSAE Annual Conference, pp.1721-1726, 2008.
 - 6) Stutts, J. C., and Hunter, W. W., "Driver inattention, driver distraction and traffic crashes", ITE Journal, Vol. 73, No. 7, pp.34-45, 2003.
 - 7) Goodman, M. J., Bents, F. D., Tijerina, L., Wierwille, W. W., Lerner, N., and Benel, D., "An investigation of the safety implications of wireless communications in vehicles". Washington, DC: United States Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, pp.808-635, 1997.
 - 8) Haigney, D. E., Taylor, R. G., & Westerman, S. J., "Concurrent mobile (cellular) phone use and driving performance: task demand characteristics and compensatory processes", Transportation Research Part F, 3, pp.113-121, 2000.
 - 9) Mehler, B., Reimer, B., Coughlin, J. F., & Dusek, J. A., "The impact of incremental increases in cognitive workload on physiological arousal and performance in young adult drivers", Paper presented at the Transportation Research Board annual meeting, Washington, DC, 2009.
 - 10) Zeitlin, L. R., "Subsidiary task measures of driver mental workload: A long-term field study", Transportation Research Record 1403, pp.23-27, 1993.