

# 운전모의장치를 이용한 고령자의 운전특성 연구

이 원 영

동국대학교 안전공학과

(2006. 7. 20. 접수 / 2006. 10. 16. 채택)

## A Study on Driving Characteristics of the Elderly Driver using a Driving Simulator

Lee, Won-Young

Department of Safety Engineering, Dongguk University

(Received July 20, 2006 / Accepted October 16, 2006)

**Abstract :** The purpose of this study was to analyse the relationships between cognitive abilities and driving characteristics of elderly drivers. Driving characteristics of elderly and younger drivers who were driving a fixed base driving simulator vehicle were examined. Participants consisted of 12 drivers over age 65 (the "older" group) and 12 drivers between the ages of 25 and 55 (the "younger" group). As indices of cognitive ability, critical flicker fusion frequency (CFF) tests and cognitive reaction tests were given before the driving task. CFF was also tested after the simulated driving task for both groups. Cognitive reaction tests, which were composed of speed estimation tests, multiple choice reaction tests and obstacle avoidance tests, were developed by the Korean Road Traffic Safety Authority in 2003. CFF values between the two groups exhibited significant differences both before and after the task, with a p-value less than 0.01 and a t-value of -3.01 before the test and a p-value less than 0.031 and a t-value of -2.35 after the test. Older drivers' CFF values were lower than those of the younger. However, there was no difference in older or younger driver CFF values before and after the task within the same group. Except for the multiple choice reaction test, there was no difference in cognitive reaction test results between the two groups. The elderly drivers made more errors though they did not differ from the younger drivers in reaction times. At the simulated driving task the reaction time of the elderly driver was longer than that of the younger; however, the driving speed of the elderly was lower and the number of collisions greater. There was a positive correlation ( $r=0.496$ ) between the number of errors in the multiple choice reaction test and the number of collisions in the driving task. Therefore, it was identified that critical attributes contributing to automobile crashes involving elderly drivers included cognitive difficulty in judging and responding to complex situations.

**Key Words :** elderly driver, driving characteristics, cff, cognitive abilities, cognitive reaction tests, driving simulator, reaction time

### 1. 서 론

최근 고령자의 인구 증가 문제는 이미 그에 따른 여러 가지 문제를 노출하고 있다. 그 중의 하나가 고령자 교통사고의 증가이다. 1995년에서 2005년까지 지난 10년 동안 전체 사고 사망자수는 10,323명에서 6,376명으로 감소하고 있는 반면, 61세 이상의 고령자 교통사고 사망자수는 동기간 동안 1,806명에서 2,151명으로 증가하여, 전체 교통사고 사망자 중의

점유비는 17.5%에서 33.7%로 2배가량 증가하였다<sup>1)</sup>. 65세 이상의 고령운전자가 야기한 사고의 수도 '95년 1,372건에서 '05년 6111건으로 거의 4배 가량 증가하였다<sup>2)</sup>. 급격한 증가 추세에 있는 고령운전자 사고의 이면에는 연령에 따른 인지적, 정신적, 육체적 능력의 감소가 영향을 미치고 있음은 이미 인정되고 있는 사실이다 (Korteling, 1994)<sup>3)</sup>. 운전에서 중요한 인지능력의 하나로서 중요한 것은 주의의 분할 능력이다. Brouwer 등(1991, 1994)은 운전시뮬레이터를 이용한 실험 연구에서 고령 운전자들이 젊은층 운전자에게 비해 주의 분할 능력에서 유의미한 저하가

나타남을 밝히고 있다<sup>4)</sup>. Kahneman 등(1973)은 버스 운전기사를 대상으로 청각에 대한 선택적 주의실험에서 사고율이 높은 운전자가 수행이 저조하고, 오답율도 높음을 보고한 바 있다<sup>5)</sup>. Mihal과 Barrett(1976)도 이와 유사한 실험에서 사고빈도와 선택적 지각 사이에는 유의한 관계가 있음을 보고하였다<sup>6)</sup>. 한편 Shinar와 Scheiber(1991)는 고령자들은 움직임 탐지하는 능력이 떨어짐을 지적했다. 교통상황에서, 고령 운전자는 주변시야를 가로질러 움직이는 차량에서의 움직임 변화, 예컨대 차를 멈추거나 속도를 떨어트리거나, 속력을 내고 줄이는 것 등을 잘 탐지하지 못한다<sup>7)</sup>. Hills(1980)는 이전 문헌에 대한 분석을 통하여 고령 운전자들이 젊은 운전자들보다 속도를 더 느리게 평가하고, 속도변화에 덜 민감함을 지적한 바 있다<sup>8)</sup>. Andersen 등은 모의운전장치를 이용한 실험에서 고령 운전자는 고속주행 중일 때, 사고 위험 상황이 발생하면 판단력이 급속히 감소된다고 보고하였다<sup>9)</sup>. Olson과 Sivak(1986)은 고령 운전자와 젊은층 운전자의 지각과 반응시간을 측정하였다. 이 결과 고령 운전자들이 젊은층 운전자에 비해 더 많은 지각시간과 반응시간이 필요함을 밝혀내었다<sup>10)</sup>. 연령별로 연속적인 심리운동 반응시간을 측정한 Staplin 등(1990)은 한 가지 과제에서는 젊은층 운전자와 고령 운전자가 기능적으로 비슷하나 2, 혹은 3과제에서는 노년층 운전자가 유의미하게 저하됨을 밝혔는데, 이는 노년층 운전자들이 돌발회피조작을 연이어 해야 할 경우 혹은 일련의 연속적인 동작이 요구될 때는 불리함을 시사한다<sup>11)</sup>.

고령 운전자의 사고 특성에 대해 최근까지 진행된 주요한 연구들의 결과를 종합해 보면 고령 운전자들은 주행거리당 사고율이 높으며<sup>12)</sup>, 사고에 연루되었을 때 고령 운전자들은 사고의 제1당사자가 되는 경우가 더 많다<sup>13)</sup>. 또한 고령 운전자의 교통사고에 원인이 되는 중요한 속성으로서는 교통류에 대해 판단하고 반응하는 데 있어서의 인지적 어려움을 포함한다는 것이 확인되고 있다<sup>14)</sup>. 따라서 교차로와 같이 좀 더 복잡한 상황에서 발생하는 사고에 더 많이 연루되며, 교통류에서 그에 따른 위반으로 자주 적발 된다<sup>15)</sup>. 그러나 그렇다고 해서 운전 에 문제를 야기할 수 있는 기능을 하나 또는 여러 개 측정해서 불안정하거나 문제가 있는 고령 운전자를 적절히 구별해내기란 쉬운 일은 아니다. 또한 실 주행테스트를 실시한다고 해도 통상적인 도로 주행테스트는 비용 소모적이고, 운전자에게도 많은 스트레스를 주는 등 많은 위험이 뒤따른다. 최근에는 컴퓨터 기

술 등의 발달로 인해서 실험실에 기반한 운전모의장치들이 개발되어 운전자 연구에서도 실제 주행실험을 대신할 수 있게 되었다. 운전모의장치는 또한 실제로는 사고에 이를 수도 있는 운전자의 불안정하고 위험한 운전행동을 테스트할 수 있게끔 해주는 장점이 있다<sup>16)</sup>. 이와 관련 많은 연구들이 운전모의장치가 운전자의 행동과 기능에 대한 정확한 관찰을 제공해 줄 수 있다고 결론짓고 있다<sup>17)</sup>.

그럼에도 불구하고 국내에서는 고령 운전자의 특성에 대한 실증적, 실험적인 연구는 거의 이루어지지 않았으며, 일부 고령운전자의 교통실태 및 의식 등에 초점을 맞춘 연구들에 국한되고 있다<sup>18)</sup>. 따라서 본 연구에서는 고령운전자에 대한 실증적 연구의 일환으로 고령 운전자의 인지적 특성과 운전특성은 실질적으로 일반 청장년 운전자와 어떤 차이가 있으며, 그러한 차이는 실제 도로에서의 사고 위험성을 증가시킬 수 있는 것인가를 몇 가지 인지적 특성을 측정할 수 있는 인지특성 검사도구와 운전모의장치를 이용하여 살펴보고자 하였다. 이미 앞에서 살펴본 바와 같이 고령운전자는 특정 운전 상황에서 사고 위험이 높은 것으로 지적되고 있으므로 본 연구에서는 이러한 교통 상황을 반영한 시나리오로 구성된 차량시뮬레이터 주행에서 고령 운전자가 청장년운전자와 비교하여 어떠한 특성을 갖는지를 비교 분석하고자 하였다. 마찬가지로 주의, 속도판단, 지각반응 등 운전 에 영향을 미치는 인지적 특성은 다양하나 여기서는 심적 각성과 인지잠재력과 같은 변인을 포함, 중추신경계의 각성의 전체 상태의 한 지표로서 일반적으로 이용되는 CFF검사(critical flicker fusion frequency test) 및 도로교통공단에서 개발한 운전적성검사기(인지반응검사)를 활용하여 이러한 검사로 측정된 일부 인지적 특성이 운전특성과 어떤 관련성을 가지고 있는 지를 분석하고자 하였다.

## 2. 방 법

### 2.1. 피실험자

피실험자는 10년 이상의 운전경력을 갖고, 지속적으로 운전하고 있는 운전자로서, 65세 이상의 고령운전자 12명(실험집단)과 30대 이상의 청장년운전자 12명(통제집단)을 포함 총 24명이었다. 연령은 고령집단은 66.8±1.6세, 청장년집단은 37.8±6.3세였다. 운전경력은 고령집단이 38.8±9.4년, 청장년집단이 14.7±5.8년이었다.

Table 1. Means of Age and Driving Experience in elderly and Other aged Drivers

	elderly		other aged		t	p<
	mean	std.	mean	std.		
age	66.8	1.6	37.8	6.3	15.5	0.01
years of driving	38.8	9.4	14.7	5.8	7.6	0.01

2.2. 실험도구

1) RTSA-DS

도로교통안전관리공단(RTSA)에서 2004년도에 개발하여 설치한 모의운전장치이다. 이 장치는 운전자가 자동차를 운전하는 동안 실제 도로에서 발생할 수 있는 상황을 컴퓨터 그래픽을 통해 제공함으로써, 조향휠 조작, 가·감속 페달 조작 등 운전조작을 통해 야기되는 차량의 운동을 실시간 시뮬레이션을 수행해 예측하고, 그 결과를 운동, 시각 및 음향 큐를 통해 운전자에게 피드백(feedback)해 준다<sup>19)</sup>. 운전모의장치 상에 탑재된 차량은 오토매틱차량으로 D사의 배기량 1800cc 중형차량이며, 모든 조작시스템은 실차와 동일하다.

2) 시나리오(Scenario)

본 시뮬레이터에 입력된 시나리오는 크게 시내도로 구간과 고속도로 구간(터널구간 포함)으로 구성되어 있고, 각 구간별로 가능한 교차로 상황, 돌발 상황, 정체상황 및 진행방해 상황 등이 포함되어 있다. 총 34가지의 시나리오가 A, B로 나누어져 있고, 본 실험에서는 시속 70~80Km로 주행 시 약 15분 이내에 도달 할 수 있는 거리로 약 18km 정도의 도로이다. 입력된 B구간의 시나리오 중 ID 112~108까지의 구간을 분석에 이용하였다.

3) 임계점멸융합주파수검사(Critical Flicker Fusion Frequency Test)

본 연구에 사용된 임계점멸융합주파수(Critical Flicker Fusion Frequency ; 이하 CFF)측정기는 Lafayette

Table 2. The contents of scenario

Scenario ID	explanation of situation
112	HGV(Heavy goods Vehicle) is interrupting into the lane.
303	Pedestrian is crossing the road.
203	Ahead-car is braking at the crossroad.
505	Oncoming vehicle is coming when overtaking
104	Oncoming car is crossing the centerline
108	Ahead- car is continuously slowing down.

사의 CFF측정기 모델 12021로, 광원의 주파수 변동 범위는 1~100Hz, 명암비 1:1, 최대광도 58Cd, 오차 범위 0.05%로, 광원의 자극색은 흰색이다.

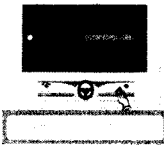
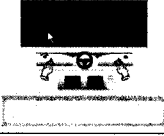

CFF는 사람이 점멸하는 광원을 보고 점멸을 탐지할 수 있는 최대 범위의 주파수이다. 이 CFF치 이상의 주파수에서는 실제로는 점멸하고 있어도 연속적인 것처럼 보인다. 임계 점멸 역치(Critical flicker thresholds)는 하향 한계법을 이용해 결정된다. 이 방법에서는 전형적으로 참여자가 깜박임을 인지할 때까지 주파수를 변화시켜 시간당 자극의 점멸 횟수를 줄이게 된다. 임계융합역치(Critical fusion thresholds)는 참여자가 자극이 점멸을 멈추고, 연속적인 것으로 볼 때까지 자극의 점멸 횟수를 증가시키게 된다. 주파수의 변화범위는 1~100Hz로, 측정시에는 보통 20~60Hz 정도의 범위를 사용한다. CFF치는 하향점멸 값과 상향융합 값의 평균을 취한다.

CFF치는 심적 각성과 인지잠재력과 같은 변인을 포함, 중추신경계의 각성의 전체 상태의 한 지표로서 일반적으로 이용된다<sup>20)</sup>. Grunberger 등(1982)은 CFF치가 심리운동수행상과 반응시간에 관련이 있으며, CFF치가 EEG 측정값과 공변하며, 특히 알파활동증가와 공변함을 발견했다<sup>21)</sup>.

4) RTSA 운전적성검사(인지반응검사 set)

RTSA 운전적성검사는 2001년부터 2003년까지 도로교통공단에서 개발한 컴퓨터식 인지반응 검사기기로, 속도추정검사, 선택반응검사, 장애물 회피검사 3종류로 이루어져 있다. 각각의 검사는 컴퓨터 화면

Table 3. The contents of cognitive reaction tests

test	contents of measurement	test concept
speed estimation test	이동하는 물체에 대한 속도추정능력 및 위치예상능력, 초조도 충동성을 측정	
multiple choice reaction test	위기나 긴박한 사태, 복잡한 상황에서 인지 판단, 조작의 신속성과 정확성등을 측정	
obstacle avoidance test	계속적으로 발생하는 복잡한 상황에서 인지 주의력의 집중 및 배분능력등을 측정	

으로 제시되며, 피검자는 그에 대해 좌, 우 버튼, 페달 및 핸들 등으로 반응하게 되어있다. 측정내용은 Table 3과 같다.

### 2.3. 실험절차

실험에 앞서 피험자에게 본 실험의 목적, 실험절차 및 유의사항을 전달하고 실험참가 동의서를 받았다. 실험은 사전 CFF측정 10분, 운전적성검사(인지반응검사) 20분, 모의운전장치 탑승 실험주행, 20분, 사후 CFF측정 10분 등 실험시간과 설명 및 연습시간을 포함해 피험자 1인당 대략 1시간 반 정도가 소요되었다. 실험은 피험자 24명에 대해 무작위로 오전 2명, 오후 2명을 포함, 1일 4명씩 6일간에 걸쳐 실시하였다.

본 실험을 실시하기 전에 테스트 구간에서 피험자가 운전모의장치의 가속페달, 감속페달, 조향 휠 등에 대한 감을 익힐 수 있도록 사전 테스트 주행을 실시하였다. 이 과정에서는 실험자가 구두로 참여자에게 차로변경, 정차, 가속 등을 지시함으로써 참여자가 자연스럽게 운전모의장치의 운전조작 감각을 익히도록 하였다. 이 때의 구두지시는 운전모의장치실 내부 조작실 마이크를 사용하였다. 이때 피험자의 행동은 운전모의장치 차량 내부에 있는 카메라를 통해 촬영되며, 그 내용은 조작실 내에 있는 CCTV 모니터를 통해 실시간으로 관찰할 수 있다.

테스트 주행을 마친 후에는 운전모의장치 주행을 따라 발생하게 되는 시뮬레이터 멀미(simulator sickness)를 최소화할 수 있도록 약 5분 이상의 휴식 시간을 가진 후 본 주행에 들어가도록 하였다. 본 주행 시의 주행방법에 대해서는 평상시 본인의 운전습관에 따라 운전하되 시속 70~80km를 유지하도록 하였다.

### 2.4. 측정변수

#### 1) 독립변수 및 매개변수

독립변수로는 집단(고령, 청장년), 매개변수로는 CFF 검사, 인지반응검사를 설정하였다.

모의 주행의 사전, 사후 검사로 이루어지는 CFF 측정결과는 상향 및 하향 flicker치의 값을 평균한 CFF치로, 보통 Hz 단위로 제시된다.

모의주행에 앞서 측정되는 3종의 인지반응검사는 각각 다음과 같은 측정 변수를 포함한다.

- 속도추정검사 - 속도추정시간(msec), 동요도(%)<sup>22)</sup>

- 선택반응검사 - 선택반응시간(msec), 오류수(개), 동요도(%)<sup>23)</sup>

- 장애물회피검사 - 총오류수(개), 연습효과(%)<sup>24)</sup>

#### 2) 종속변수

피실험자가 조작하는 가·감속 페달 압력, 주행 속도, 조향 휠 각도 및 차량의 편측위치(lateral position) 등 운전자와 차량에 관련된 각종 자료들은 SCANer-II라고 명명된 프로그램을 통해 수집하였으며, 그 자료들을 Excel 프로그램과 SPSS 프로그램 등으로 분석하였다.

## 3. 결 과

### 3.1. CFF 검사 결과

노인과 청장년 집단의 실험 전후 CFF치를 비교한 결과는 다음과 같다.

CFF값은 과제의 복잡성 등에 따른 인지적 피로도 증가의 지표로도 사용되나 모의주행에 따른 과제 전후의 CFF치의 차이는 드러나지 않았다(실험전후 cff치의 상관은 .82). 이것은 모의 주행과제가 고령자나 청장년에게 각성수준에 영향을 줄 정도로 피로를 유발하는 상황이 아님을 시사한다. 고령자의 일부는 오히려 과제 수행 이후에 CFF치가 더 높게 나타났는데 이는 부분적으로는 검사에 대한 이해도가 영향을 미친 것으로 보인다.

Table 4. Comparison of cff values before and after the task by group

	group	N	Mean(Hz)	Std.	t
cff value before task	elderly	12	31.02	3.10	-3.01**
	Other aged	12	34.28	2.13	
cff value after Task	elderly	12	31.65	3.52	-2.35*
	Other aged	12	34.78	3.01	

\*p < .05, \*\*p < .01

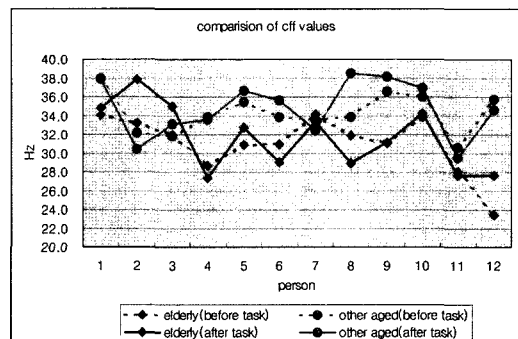


Fig. 1. Comparison of cff values<sup>25)</sup>.

고령집단과 청장년 집단 간에는 과제 전후 CFF 치에 있어서 각기 고령 집단이 평균 3Hz 정도 더 낮게 나타났으며, 이는 의미있는 차이를 보였다( $t = -3.01, df = 22, p < .01; t = -2.35, df = 22, p < .03$ ).

### 3.2. 인지반응검사 결과

고령자와 청장년 집단의 인지반응검사 결과는 Table 5와 같다. 두 집단 간에 의미있는 차이를 보인 것은 선택반응검사의 반응 오류수( $t = -9.3, df = 22, p < .00$ )와 반응동요도( $t = 2.6, df = 22, p < .02$ )로 나타났으며, 다른 검사에서의 차이는 발견할 수 없었다.

속도추정검사의 경우 정확한 도달시간 2080msec에 대해 고령자 및 청장년 모두 조기반응 양상을 보이고 있으며, 양 집단의 차이는 없었다. 장애물 회피검사에서도 좌우의 장애물에 대해 핸들을 이용해 피해나가는 능력에 있어서의 차이는 드러나지 않았다. 선택반응검사에 있어서는 예상된 반응시간의 차이는 드러나지 않았으며, 오히려 반응 오류수에서의 차이가 큰 것으로 드러났다. Fig. 2는 피험자들의 선택반응검사의 반응시간과 반응오류를 표시한 것이다.

Fig. 2에서 알 수 있듯이 고령집단에서는 선택 반응시간이 긴 경우 오류가 감소하는 경향이 있으며, 양자 간에는  $r = -.593$ 의 역 상관관을 보이고 있다( $p < .042$ ). 이에 반해 청장년 집단에서는 이러한 관계는 보이지 않았다.

Table 5. Comparison of cognitive reaction test results by group

measures	group	N	mean	std	t
speed estimation times(msec)	elderly	12	1725	576.5	-0.3
	Other aged	12	1786	493.8	
speed estimation variation(%)	elderly	12	22	15.1	1.0
	Other aged	12	17	10.2	
selective reaction times(msec)	elderly	12	813	387.5	1.6
	Other aged	12	631	78.8	
selective reaction errors(no.)	elderly	12	6	1.7	9.3**
	Other aged	12	1	0.7	
selective reaction variation(%)	elderly	12	42	26.0	2.6*
	Other aged	12	21	4.9	
obstacle avoidance errors(no.)	elderly	12	96	13.7	0.7
	Other aged	12	92	19.2	
obstacle avoidance exercise effect(%)	elderly	12	6	20.2	-0.1
	Other aged	12	7	16.4	

\* $p < .05, **p < .01$

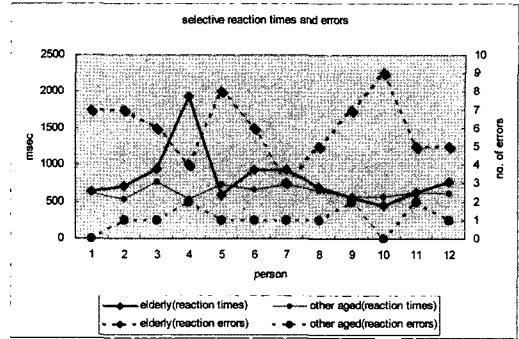


Fig. 2. Selective Reaction times and Errors<sup>25)</sup>.

### 3.3. 모의 주행 결과

#### 1) 평균주행 속도

고령자와 청장년 집단의 운전모의장치 주행에 따른 상황별 평균 주행 속도는 다음과 같다.

전 구간에 걸친 평균주행속도는 고령집단이 39.4 km/h( $SD = 4.7$ ), 청장년 집단이 61.8km/h( $SD = 14.2$ )로 나타났다. 양자 간에는 22.4km/h의 속도차가 발생하고 있다. 구간별로는 “대항차 중앙선침범”, “대형화물차 끼어들기”, “보행자횡단” 상황에서 속도가 가장 높았으며, 양 집단 간에는 유의미한 속도 차이

Table 6. Average speeds by scenario(km/h)

group	HGV interrupting	pedestrian crossing	ahead-car braking	oncoming vehicle overtaking	oncoming car crossing the centerline	ahead-car slowing down	
elderly	mean	47.7	43.6	19.4	37.1**	46.2**	35.6
	std.	6.3	11.6	4.4	10.3	12.3	-
other aged	mean	68.9	68.6	28.4	56.5	70.2	70.2
	std.	14.7	28.9	13.3	16.6	16.1	16.1
t	-4.5**	-2.7*	-2.2*	-3.1*	-3.6**	-	-

\* $p < .05, **p < .01$

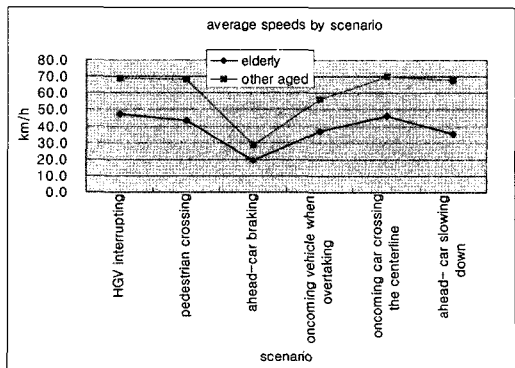


Fig. 3. Average speeds by scenario(km/h).

가 있었다. 속도가 가장 낮았던 구간은 “교차로 부근 앞차의 제동” “앞차의 서행” 등 전방이 지체를 보이는 상황이었다. 이중 주행의 맨 마지막 상황인 “앞차의 서행”에서는 고령자들 중 2명만이 주행하였고, 나머지는 시뮬레이터 멀미(simulator sickness)로 해서 증도에서 주행을 그만두었기 때문에 의미 있는 분석이 불가능하였다. 고령자들의 경우 전 구간에 걸쳐 젊은 사람보다 속도가 낮았던 것은 익숙하지 못한 시뮬레이터 상의 도로를 운행함에 따른 심적 부담감 등이 상대적으로 큰 점과 더불어, 젊은 사람들보다 떨어지는 인지반응능력 등을 감안해서 속도감소로 위험을 회피하려는 일종의 보상심리가 복합적으로 작용한 결과로 보인다.

2) 위험상황에서의 반응시간

각 시나리오별로 위험상황 출현 시 반응시간을 비교한 결과는 다음과 같다.

모의 주행 처음 단계인 “대형차의 갑작스런 끼어들기”에서만 두 집단 간에 유의미한 차이가 있었으며( $t=2.2, df=18, p<.04$ ), 고령집단의 반응시간이 길게 나타났다. 기타 상황에서는 반응시간의 차이는 없었으며, 오히려 “보행자 횡단”, “교차로 앞차 제동” 등에서는 의미 있는 차이는 아니나 고령자의 반응시

Table 7. Average reaction time by scenario(sec)

group		HGV inter-upting #1	HGV inter-upting #2	pedestrian crossing	ahead-car braking	oncoming vehicle when overtaking	oncoming car crossing the centerline	ahead-car slowing down
elderly	mean	1.23	1.06	0.96	0.62	1.01	1.10	1.75
	std.	0.33	0.44	0.25	0.64	0.53	0.96	0.49
other aged	mean	0.89	1.07	1.08	0.81	0.84	1.06	1.18
	std.	0.38	0.51	0.35	0.49	0.41	0.19	0.72
t		2.20*	-0.01	-0.89	-0.64	0.66	0.09	1.38

\* $p<.05$

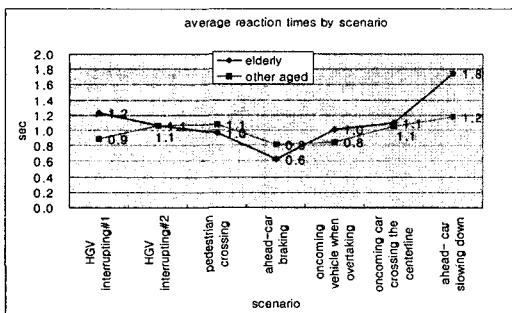


Fig. 4. Average reaction times by scenario.

간이 빠른 것으로 나타났다. 이것은 아마도 고령자의 경우 모의 주행 처음에는 위험상황의 출현에 대비하지 못했으나 “대형차 끼어들기”의 위험 상황이 발생하면서, 속도를 줄이면서 위험상황에 대비하는 데 따른 것으로 보인다(Fig. 3. 참조). 따라서 고령자의 경우 인지 반응능력이 저하되었다고 해서 그것이 위험상황에서의 반응시간에 대해서까지 영향을 줄 것이라고 보는 것은 무리로 보인다. 그러나 한편으로는 “앞지르기 시 대향차 출현”과 같이 가속 조작을 하면서 전방을 관찰하는 경우와 같은 다소 복잡한 상황에서는 여전히 의미 있는 차이는 아니나 반응시간이 청장년에 비해 늦은 것을 발견할 수 있다.

3) 사고 횟수

모의 주행 중 위험 상황 출현 시 적절한 대처를 하지 못하고 사고를 야기한 횟수를 비교하면 다음과 같다.

Table 8. comparisons of collisions

group	mean	std.	N	t
elderly	3.14	1.07	7 <sup>2)</sup>	
other aged	1.50	0.90	12	3.58**
all	2.11	1.24	19	

\*\* $p<.01$

위와 같이 고령자 7명이 총22회, 청장년 12명이 총 18회의 사고를 야기하여, 두 집단 간에는 사고횟수에 있어서 의미 있는 차이가 있었다( $t=3.58, df=17, p<.01$ ). 상황별 평균사고횟수는 다음과 같다.

“앞지르기 시 대향차 출현” 상황에서 고령자는 1.29회의 사고를 야기하였으며, “교차로 앞차 제동”에서도 1.0회의 사고를 야기하였다. 이에 반해 청장년은 “보행자 횡단”에서 가장 많은 0.58회의 사고를 야기하였다. 이것은 고령자의 경우 비교적 동시 수행 과

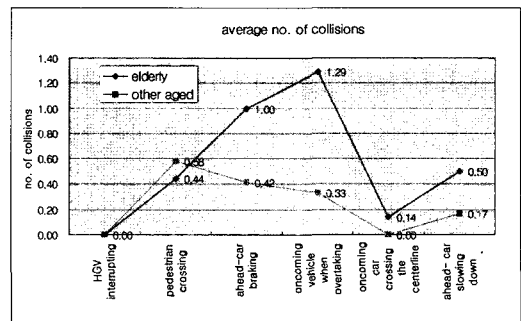


Fig. 5. Average no. of collisions by scenario.

제가 많은 앞지르기 및 교차로 상황 등에서 인지부하를 처리하지 못하고 발생하는 사고가 많으며, 청장년의 경우는 속도를 내면서 방심한 상황에서 사고를 많이 내는 경향이 있음을 보여준다.

4) 조향핸들 조작 횟수

조향핸들 조작횟수를 비교한 결과는 다음 Fig. 6 과 같다.

조향핸들 조작 횟수<sup>28)</sup>는 대부분 상황에서 고령집단이 청장년집단에 비해 많은 횟수를 기록한 것으로 나타난다. “대형차의 갑작스런 끼어들기”(t=2.51, df=19, p<.02), “앞지르기 시 대향차 출현”(t=2.88, df=17, p<.01), “대형차 끼어들기”(t=2.08, df=17, p<.05) 등에서 의미있는 차이를 보였다. 2명의 고령자만이 주행한 “앞차의 서행”을 제외하면 고령자는 특히 “보행자 횡단” 상황에서 조향 핸들 조작이 가장 많았으며, 청장년자는 “대형차 끼어들기” 상황에서 조향핸들 조작이 빈번했다.

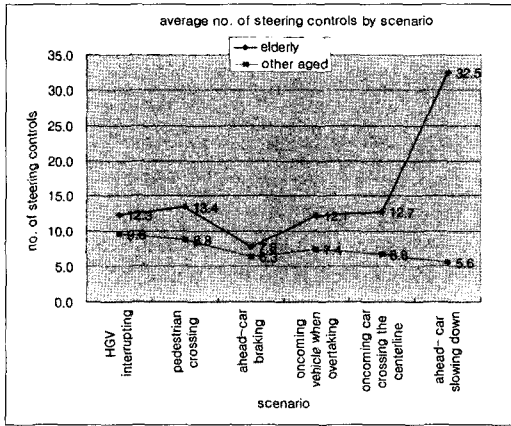


Fig. 6. Average no. of collisions by scenario.

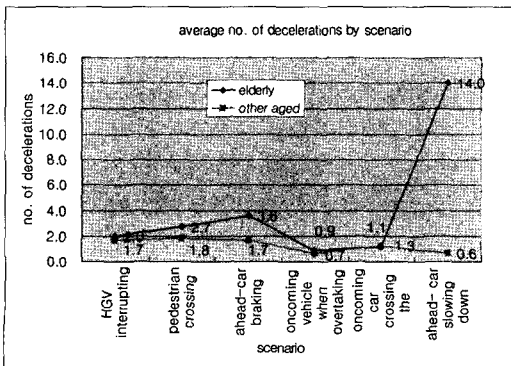


Fig. 7. Average no. of decelerations by scenario.

5) 감속조작 횟수

상황별 평균 감속조작 횟수<sup>29)</sup>를 보면 고령집단은 “보행자 횡단”(t=2.11, df=17, p<.05)과 “교차로 앞차 제동”(t=3.49, df=17, p<.00)에서 의미 있는 차이를 보이며, 더 많은 횟수를 기록했다. 특히 교차로에서 앞차가 갑자기 브레이크를 밟는 상황에서는 청장년의 2배 정도 감속 조작횟수를 보이고 있다.

3.4. 인지적특성과 운전특성의 비교

1) CFF치와 운전특성

실험후 CFF치와 운전특성 간의 상관을 분석한 결과<sup>30)</sup>, “앞지르기 시 대향차 출현”에서의 감속조작(r=-.53, p<.019), “대형차의 갑작스런 끼어들기”에서의 핸들조작(r=-.44, p<.05) 등에서 유의미한 부적 상관관계를 발견할 수 있었다. 이것은 CFF치가 낮을 경우 상황에 따라 감속이나 핸들조작이 증가함을 시사한다. 한편 CFF치와 사고횟수(r=-.33)의 상관은 유의미한 정도는 아니었으나, 사고횟수와도 역의 관계를 가짐을 시사한다. 이것은 고령집단의 일반적인 경향과도 일치한다.

2) 인지반응검사 결과와 운전특성

인지반응검사와 운전특성 간의 상관을 분석한 결과, 선택오류와 사고횟수 간에 r=.496(p<.031)의 유의미한 상관이 있었다. 선택오류와 감속조작 간에는 “교차로 앞차 제동”에서 r=.683(p<.001), “앞차의 서행”에서 r=.946의 높은 상관을 보였다. 선택오류와 핸들조작 간에는 “앞지르기 시 대향차 출현”에서 r=.599(p<.007), “앞차의 서행”에서 r=.919(p<.000)의 높은 상관을 보였다. 선택오류와 반응시간 간에는 “대형차의 갑작스런 끼어들기”에서 r=.442(p<.045)의 유의미한 상관을 보였다. 선택오류와 평균속도 간에는 “대형차 끼어들기”상황에서 r=-.537(p<.010)의 유의미한 상관을 보였다. 기타 상황 또한 r=-.346 이상의 상관을 보였는바, 이는 선택오류가 많은 사람일수록 낮은 속도로 주행한다는 것을 의미한다.

4. 논의 및 결론

본 연구에서는 고령 운전자의 인지적 특성과 운전특성을 청장년과 비교하여 그 차이를 살펴보는 한편, 운전자의 인지적 특성이 운전특성 및 사고특성과 어떤 관계를 갖는지를 분석하였다. 그 결과와 의

미를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 전, 후 CFF치에 있어서 고령자와 청장년 간에 의미 있는 차이가 드러난다( $t = -3.01$ ,  $df = 22$ ,  $p < .01$ ;  $t = -2.35$ ,  $df = 22$ ,  $p < .03$ ). 이는 고령자들이 일반적으로 청장년자에 비해 중추신경계 각성수준의 저하가 있으며, 이것이 탐지능력에도 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

둘째, 인지반응검사 중 선택반응검사에서 고령자들의 경우 반응오류 수에서의 차이가 크게 나타난다( $t = 9.31$ ,  $df = 22$ ,  $p < .00$ ). 고령자의 선택반응 오류와 선택시간을 비교한 결과, 양자 간에는  $r = -.593$ 의 역 상관관을 보이고 있는 바, 고령자의 경우 반응시간을 줄이는 것이 곧 오류의 증가로 이어짐을 시사한다.

셋째, 모의 주행 결과 전 구간에 걸친 평균주행속도는 고령집단이  $39.4\text{km/h}$ ( $SD = 4.7$ )로, 젊은 사람에 비해  $22.4\text{km/h}$ 나 낮은 속도로 주행하였다. 이는 시뮬레이터에 대한 부적응으로도 어느 정도 설명할 수 있지만, 인지저하에 대한 보상이 더 중요한 것으로 보인다. 고령집단에서 선택반응 오류와 평균속도 간에 역 상관관을 보인 결과<sup>31)</sup>는 선택반응 오류가 많은 고령자의 경우 상대적으로 속도를 낮추는 경향이 있음을 시사한다.

넷째, 모의 주행에서 고령자의 위험상황에 대한 반응시간은 “대형차의 갑작스런 끼어들기”에서만 청장년 운전자보다 유의미하게 낮았다( $t = 2.2$ ,  $df = 18$ ,  $p < .04$ ). 이것은 다른 상황에서는 고령자들이 속도를 낮추며, 위험에 더 대비한 결과로 보인다. 그럼에도 불구하고, “앞지르기 시 대향차 출현”과 같이 다소 복잡하고 위험한 상황에서는 여전히 반응시간이 청장년에 비해 늦은 것을 발견할 수 있다. 이는 고령자가 복잡한 교차로 통행 등과 같이 좀 더 주의집중을 요하는 운전상황에서는 반응시간과 오류가 증가한다는 일반적 연구결과와도 일치한다.

다섯째, 고령자의 경우 모의주행에서 청장년보다 더 많은 사고를 냈으며, 특히, “앞지르기 시 대향차 출현” “교차로 앞차 제동”과 같이 동시 수행 과제가 많고 위험한 상황에서 사고가 많았다. 이는 역시 인지처리능력에서의 한계가 있음을 시사한다.

여섯째, 모의주행에서 고령자들의 조향핸들 및 감속조작 횟수는 청장년에 비해 비교적 많았다. 이는 고령자들이 위험상황에 미리 대비하는 경향을 보여 준다. CFF치 및 선택오류 수와 조향핸들, 감속조작 및 평균속도의 비교 결과, CFF치가 낮고, 선택오류가 많은 사람이 조향핸들, 감속조작 횟수가 많고, 평

균속도를 낮게 유지하는 경향이 나타나고 있음은 이를 시사한다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 고령운전자는 복잡하고, 위험한 상황에서는 교통정보 처리와 관련된 반응시간 증가 등의 문제를 조급하게 단축시키려 함으로서 오류를 증가시키며, 그로 인한 사고를 야기하는 경향을 보인다. 다른 한편으로는 주행 속도를 낮추는 등으로 대처를 하며, 위험상황이 발생할 가능성을 예기할 때는 미리 속도를 조절하여 대응하는 경향도 나타난다. 그러나 본 실험의 결과는 모의주행 결과이므로 이러한 결과를 일반화하는 데는 한계가 있음을 지적하고자 한다.

## 참고문헌

- 1) 경찰청, “2006년판 교통사고통계”, p. 38, 2006.
- 2) 도로교통안전관리공단, “교통사고통계분석”, pp. 430~440, 2006.
- 3) J.E. Korteling, “Effects of aging, skill modification, and demand alternation on multiple-task performance”, *Human Factors*, Vol. 36, No.1, pp. 27~43, 1994.
- 4) W.H. Brouwer, W. Waterink, P.C. Van Wolffelaar, and T. Rothengatter, “Divided attention in experiences young and older drivers: Lane tracking and visual analysis in a dynamic driving simulator”, *Human Factors*, Vol. 33, No. 5, pp. 573~582, 1991.
- 5) D. Kahneman, R. Ben-Ishai, & M. Lotan, “Relation of a test of attention to road accidents”, *Journal of Applied Psychology*, Vol. 58, pp. 113~115, 1973.
- 6) W.L. Mihal and G.V. Barrett, “Individual differences in perceptual information processing and their relation to automobile accident involvement”, *Journal of Applied Psychology*, Vol. 61, pp. 229~233, 1976.
- 7) D. Shinar, and F. Scheiber, “Visual Requirements for safety and mobility in older drivers”, *Human Factors*, Vol. 33, No.5, pp. 507~519, 1991.
- 8) B.L. Hills, “Vision, visibility and perception in driving”, *Perception*, Vol. 9, No. 2, pp. 183~216, 1980.
- 9) J.R. Anderson & C. Lebiere, “The atomic components of thought”, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates., p. 490, 1998.
- 10) P. Olson & M. Sivak, “Perception-response time to unexpected roadway hazards”, *Human Factors*, Vol. 28, No.1, pp. 91~96. 1986.



- 11) L. Staplin, K. Lococo, and J. Sim, "Traffic control design elements for accomodating drivers with diminished capacity", Volume II; Final Technical Report, Publication No. FHWA-RD-90-055, Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1990.
- 12) E. Cerelli, "Older drivers: The age factor in traffic safety", Washington DC: US Department of Transport, National Highway Traffic Safety Administration, 1989.
- 13) D.C. Viano, C.C. Culver, L. Evans and M. Frick, "Involvement of older drivers in multivehicle side-impact crashes", Accident Analysis and Prevention, Vol. 22, No. 2. pp. 177~188. 1990.
- 14) G. Jr McGwin, C. Owsley, K. Ball, "Identifying crash involvement among older drivers: agreement between self-report and state records", Accident Analysis and Prevention, Vol. 30, No. 6, pp. 781 ~ 791, 1998.
- 15) F. X. McKelvey & N. Stamatiadis, "Highway accident patterns in Michigan related to older drivers", Transportation Research Record, Vol. 1210, pp. 53 ~57, 1989.
- 16) O.M.J. Carsten, J.A. Groeger, E. Blana, A.H. Jamson, "Driver Performance in the EPSRC Driving Simulator: A Validation Study", Report No. GR/K56162, University of Leeds, United Kingdom, 1997.
- 17) P.A. Desmond, G. Matthews, "Implication of task-induced fatigue effects for in-vehicle countermeasures to driver fatigue", Accident Analysis and Prevention, Vol. 29, No. 4, pp. 515~523, 1997.
- 18) 신연식, 고령운전자의 운전행태 고찰 및 안전운전대책 연구, 교통개발연구원, 2001.
- 19) 송혜수, 신용균, 강수철, 차량 시뮬레이터를 이용한 운전행동 연구(운전분노 및 교통정체를 중심으로), 대한교통학회지, 제23권, 제2호, pp. 61 ~ 73, 2005.
- 20) S. Curran, I. Hindmarch, J. P. Wattis and C. Shillingford, "Critical flicker fusion in normal elderly subjects: A cross-sectional community study", Current psychology, Research and Reviews Vol. 9, pp. 25 ~ 34, 1990.
- 21) J. Grunberger, B. Saletu, P. Berner, H. Stohr, "CFF and assessment of pharmacodynamics: role and relationship to psychometric, EEG and pharmacokinetic variables", Pharmacopsychiatry Vol. 15(Suppl 1), pp. 29~35, 1982.
- 22) 동요도  $V(\%) = \frac{\text{표준편차}}{\text{평균추정반응시간}(10\text{회기준})} \times 100$
- 23) 동요도  $qV(\%) = \frac{\text{표준편차}}{\text{평균반응시간}(12\text{회기준})} \times 100$
- 24) 연습효과 =  $\frac{\text{처음}1/3\text{의오류수} - \text{끝}1/3\text{의오류수}}{\text{처음}1/3\text{의오류수}} \times 100$
- 25) 그래프의 person은 노인과 청장년군의 각각의 개별피험자
- 26) 그래프의 person은 노인과 청장년군의 각각의 개별피험자
- 27) 고령자 12명중 3명은 처음부터 시뮬레이터 멀미로 모의주행에서 제외시켰으며, 2명은 중도에 포기함으로써 분석에서 제외함.
- 28) 조향휠 조작 유무의 판단 기준은 -(좌), +(우)로 5, 즉  $\pm 5^\circ$  이상의 값을 장애물에 대한 회피 동작으로 분석
- 29) 각 시나리오에서 해당 이벤트가 발생하여 끝나는 구간 내에서 그 답력 3 이상을 감속페달의 조작으로 정의
- 30) 실험 전 CFF치에 있어서는 고령집단의 실험에 대한 이해도가 부족하여 다소 편차가 심하게 나왔으므로, 안정적인 결과를 기대할 수 있는 실험 후 CFF치로 비교함.
- 31) "대형차 끼어들기"상황에서  $r = -.537(p < .010)$ 로 유의미한 결과, 기타 상황에서도  $r = .346$  이상이었으나 유의미한 결과는 아님. 이는 다른 상황은 이미 속도를 낮춘 예기된 상황임과도 관계가 있음.