

차량 시뮬레이터를 이용한 고령운전자와 청장년운전자의 주행특성 연구

조재환*

*동국대학교 안전공학과

- A Study on Driving characteristics of the older drivers and younger drivers using a Driving Simulator -

Jae Hwan Jo*

*Department of Safety Engineering, Dongguk University

Abstract

It's declining the number of deaths in total traffic accidents, but the death of elder drivers has increasing than younger drivers. So this paper wish to prevent the traffic accident of the elder drivers using driving simulator. It can help to make better policies and planning for elder drivers.

Keywords : Older driver, younger driver, driving simulator, driving characteristics

1. 서론

최근 우리나라의 심각한 사회 문제 중 하나로 지적 되는 것이 바로 인구의 고령화 현상이다. 06년 통계청의 조사에 따르면 전체 인구에서 65세 이상 인구가 차지하는 비율은 올해 9.2%로 작년 8.7%에 비해 0.5% 올랐으며 10년 전인 1995년 5.9%에 비해서는 3.3% 늘었다[1].

하지만 지방과 농촌은 전국적인 평균보다 더욱 빨리 고령화 되어가고 있으며, 2004년 기준으로 이미 경남 남해 의령군, 경북 의성, 군위군 등 35개 시·군·구가 노인 인구 비율이 20%를 넘고 있다. 그에 따라 통계청 추계에 따르면 향후 2018년에는 우리나라의 고령인구가 14%로 고령사회(aged society), 2026년에는 20%이상의 초고령 사회(super-aged society)에 도달할 것으로 전망되고 있다[2].

이러한 고령화 현상은 우리 사회에 심각한 도전이 되고 있는데 특히, 급격한 고령화는 노동공급의 감소와

취업인구의 노령화, 그리고 소비침체를 가져와 기업에게는 커다란 위협으로 작용할 전망이다[3]. 더구나 2010년 이후는 베이비붐 세대의 은퇴가 본격화되는 시기로서 노동력 부족과 노인부양 비용이 가져올 충격으로 인해 기업 부담이 급증할 것으로 우려되고 있다. 이러한 고령화 사회에서 심각한 사회 문제로 대두되고 있는 것이 바로 고령운전자들에 의한 사고증가이다. 고령인구와 고령 운전자의 증가에 따라 고령사망자수도 증가하고 있고 우리는 이러한 경향에 대해 도로교통체계의 안전과 효율성을 개선시켜 효율적인 대책을 수립하여야 할 필요성이 대두되었다[4].

1997년에서 2006년까지 지난 10년 동안 전체 사고 사망자수는 11,603명에서 6,327명으로 감소하고 있는 반면, 61세 이상의 고령자 교통사고 사망자수는 동기간 동안 2,175명에서 2,136명으로 감소했음에도 불구하고, 전체 교통사고 사망자 중의 점유비는 18.7%에서 33.8%로 2배가량 증가하였다[5].

† 교신저자: 조재환, 경기도 안산시 상록구 성포동 SK 선경아파트 14동 702호

M·P: 019-336-1118, E-mail: jhjo@gsconst.co.kr

2008년 4월 접수; 2008년 5월 수정본 접수; 2008년 5월 게재확정

고령운전자는 오늘날 우리가 도로 이용 중에 흔히 마주칠 수 있는 운전자로 이들의 인지능력 저하와 신체 반응능력의 저하는 안전한 도로교통 환경을 위협하는 문제로 대두되고 있다. 이러한 고령운전자의 운전능력 감퇴는 자신은 물론 주변의 다른 도로 이용자들에게 생명을 위협하고 막대한 사회, 경제적 손실을 입히게 되어 결코 간과할 수 있는 교통문제가 되었다.

일반적으로 고령자 교통사고의 증가는 연령 증가에 따른 신체 기능의 저하와 그에 따른 운전 기능의 감소에 주 원인이 있다고 할 수 있다. 그에 따라 유럽 등에서는 “고령운전자의 약화된 운전기능을 보완해 줄 수 있는 방법은 무엇인가?”, “고령자의 이동성과 안전성을 어떻게 하면 증가시킬 수 있는가”에 등에 대한 연구가 점차 늘어나고 있다[6].

고령 운전자에 관련한 논문 중에서 인간의 정보인지 능력의 약 90%를 차지하는 시력의 감퇴에 따른 인지적 불이익의 증가는 교통사고의 직접적인 원인으로 고령운전자의 사고 발생률 증가에 영향을 미친다고 하였다[7]. 그리고 연령의 증가는 운전 능력에 영향을 미칠 수 있는 신경 손상계통 손상과 관련이 있다고 하였다[8]. 또한 시뮬레이터를 이용한 선행연구 중 Andersen 등(Anderson & Lebiere, 1998)은 고령운전자는 고속주행 중일 때, 사고위험 상황이 발생하면 판단력이 급속히 감소된다고 보고하였다[9].

또한 최근까지 진행된 주요한 연구들의 결과를 종합해 보면 고령자 운전자들은 주행거리당 사고율이 높으며(Cerelli, 1989; Evans, 1987, 1988), 사고에 연루되었을 때 고령운전자들은 사고의 제1당사자가 되는 경우가 더 많고(Mckelvey & stamatiadis, 1989; Partyka, 1983; Viano, Culver, Evans, & Frick, 1990), 교차로와 좀더 복잡한 상황에서 발생하는 사고에 더 많이 연루되며(Cerelli, 1989; OECD, 1985; Partyka, 1983; Viano, Culver, Evans, & Frick, 1990), 교통류에서 그에 따른 위반으로 자주 적발된다(Mckelvey & stamatiadis, 1989; Rothe, 1990).

더욱이 고령운전자 사고는 주로 주간 시간대에 일어난다(Campbell, 1966; Cerelli, 1989)고 알려지고 있다.

그럼에도 불구하고 국내에서는 고령운전자의 특성에 대한 실증적, 실험적인 연구는 거의 이루어지지 않았으며, 일부 고령운전자의 교통실태 및 의식 등에 초점을 맞춘 연구들에 국한되고 있다[10]. 따라서 본 연구에서는 고령운전자에 대한 실증적 연구의 일환으로 고령운전자의 운전특성은 실질적으로 일반 청장년 운전자와 어떤 차이가 있으며, 그러한 차이는 실제 도로에서의 사고 위험성을 증가시킬 수 있는 것인가를 차량시뮬레이터를 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 고령운전자가 청장년운전자와 비교하여 어떠한 특성을 갖는지를 비교분석하고자 하였다.

2. 실험방법

2.1 실험대상

실험참여자는 운전면허증을 소유하고 있고 운전경력 10년 이상으로 지속적으로 운전하고 있는 30대 이상의 남성 24명을 대상으로 하여 피험자간의 실험설계를 하였다. 실험집단(고령운전자)은 고령자에 해당하는 65세 이상의 개인택시 운전자와 통제집단(청장년운전자)은 30대 이상의 H 자동차사 직원 각각 12명을 선택하였다.

2.2 실험도구

가. 차량 시뮬레이터

본 연구에서 이용한 차량 시뮬레이터는 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. 그에 따라 차량 시뮬레이터에 탑승한 운전자는 실제 도로에서 운전하는 것과 유사한 상황에서 주행할 수 있게 된다. 시뮬레이터 상에 탑재된 차량은 오토매틱차량으로 D사의 배기량 1800cc 중형차이며, 모든 조작시스템은 실차와 동일하다.

본 시뮬레이터는 운전자가 실제 자동차를 운전할 때 느끼는 운동을 재현하는 운동시스템, 주행환경 및 소음을 재현하는 영상 및 음향시스템, 시스템 상황을 감시하는 감시시스템 및 각 영상시스템 간의 정보 및 데이터 교환, 시간 일치화 등을 관리하는 시스템 통합부 등으로 구성되어 있다.

피험자가 조작하는 가·감속 페달 압력, 주행속도, 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.

나. 시나리오(Scenario)

본 시뮬레이터에 입력된 시나리오는 크게 시내도로 구간과 고속도로 구간(터널구간 포함)으로 구성되어 있

고, 각 구간별로 가능한 교차로 상황, 돌발 상황, 정체 상황 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.

<표1> 상황별 분석시나리오의 개요

ID	내용	적용도로
112	대형 화물차 2대가 빠른 속도로 내 차 앞으로 끼어드는 상황	시내도로
303	진행 중에 갑자기 보행자가 무단횡단을 하려고 도로 쪽으로 걸어 나오는 상황	시내도로
203	(왕복 2차선) 교차로에서 전방차량 급정지하는 상황	시내도로
505	일시 정차한 차를 추월할 때 반대편에서 오는 차를 발견하게 되는 상황	시내도로
104	중앙선을 침범하여 잠시 역 주행하는 차량	시내도로
108	앞선 차량이 계속 브레이크 페달을 밟는 상황	시내도로

2.3. 실험절차

실험참여자에게 본 실험의 목적과 의도를 설명하고 자동차 시뮬레이터 실험에 대한 실험절차 및 유의사항을 전달하여 시뮬레이터에 탑승토록 하였다. 본 실험을 실시하기 전에 테스트 구간에서 참여자가 시뮬레이터의 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 시뮬레이터 운전조작 감각을 익히도록 하였다. 이 때의 구두지시는 차량 시뮬레이터실 내부 조작실 마이크를 사용하였다. 이때 실험참여자의 행동은 시뮬레이터 차량 내부에 있는 카메라를 통해 촬영되며, 그 내용은 조작실 내에 있는 CCTV 모니터를 통해 실시간으로 관찰할 수 있다.

테스트 주행을 마친 후에는 시뮬레이터 주행에 따라 발생하게 되는 simulator sickness를 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

실험참여자에게 제시되는 시뮬레이터 주행상황은 고령자 집단 12명과 청장년자 집단 12명에게 모두 동일하였다. 참여자가 이 실험구간을 주행하는 동안 실험자는 SCANer-II 프로그램을 통해 조향휠의 방향 및 각도, 감속페달 및 가속페달의 압력, 차량의 왼쪽 차선과의 거리를 통한 차선 변경 및 침범 여부, 갓길 주행 여부, 차량 속도 등 다양한 측정결과를 기록, 저장하였다.

또한 이를 통해 직접 측정되지 않는 변수들 즉, 지각 반응시간 등은 '이벤트시작시간', '감속페달 작용시간' 등을 이용하여 원 자료로 부터 계산을 하거나 변환하여 새로운 변인들을 구성하였다.

3. 실험결과

3.1. 실험참여자의 특성

가. 연령분포

본 실험에 참여한 피검자 24명 중 고령운전자는 전체가 60대였고, 평균 연령은 67세(SD=1.6)였으며, 청장년운전자는 평균연령이 37.8세(SD=6.3)로 각각 12명씩 배치하였다.

나. 운전경력 분포

실험참여자 24명 중 고령운전자군의 평균운전경력은 38.8년(SD=9.4)이었고, 청장년운전자군의 경우는 14.7년(SD=5.8)으로 조사되었다. 운전경력을 10년 단위로 구분하여 조사한 결과 고령자군 12명 중 6명의 운전경력이 41세 이상으로 나타났고, 청장년운전자는 10명(83.3%)의 운전경력이 11~20년 사이로 나타났으며 그 세부적 운전경력 분포는 아래의 <표2>와 같다.

<표2> 실험참가자별 운전경력 분포

경력 피검자	1~10년	11-20년	21-30년	31-40년	41-50년	계
고령운전자	0(0%)	1(8.3%)	1(8.3%)	4(33.3%)	6(50%)	12(50%)
청장년운전자	1(8.3%)	10(83.3%)	1(8.3%)	0(0%)	0(0%)	12(50%)
계	1(4.2%)	11(45.8%)	2(8.3%)	4(16.7%)	6(25%)	24(100%)

다. 최근 3년간 교통사고 발생건수 분포

인피사고 및 20만원 이상의 물피사고를 포함하는 교통사고 발생건수를 조사한 결과 고령운전자에서는 1건이 3명, 4건이 1명으로 조사되었고, 청장년운전자에서는 최근 3년간 교통사고 발생자가 없었다.

3.2 차량 시뮬레이터 주행실험 결과

가. 평균주행속도

각 실험참가자 간의 평균주행속도를 비교하면 <표3>에서 보는 바와 같이 고령운전자들의 평균주행속도는 39.4km/h(SD=4.7)이고, 청장년운전자들의 평균주행속도는 61.8km/h(SD=14.2)로 나타났다. 두 비교 집단군 사이의 평균주행속도 차이는 22.4km/h로 나타났다. 이는 고령자들의 경우 젊은 사람보다 인지반응 시간 등이 느리기 때문에 위험을 회피하려는 일종의 보상심리에 의해 상대적으로 속도를 늦추는 경향으로서 해석된다.

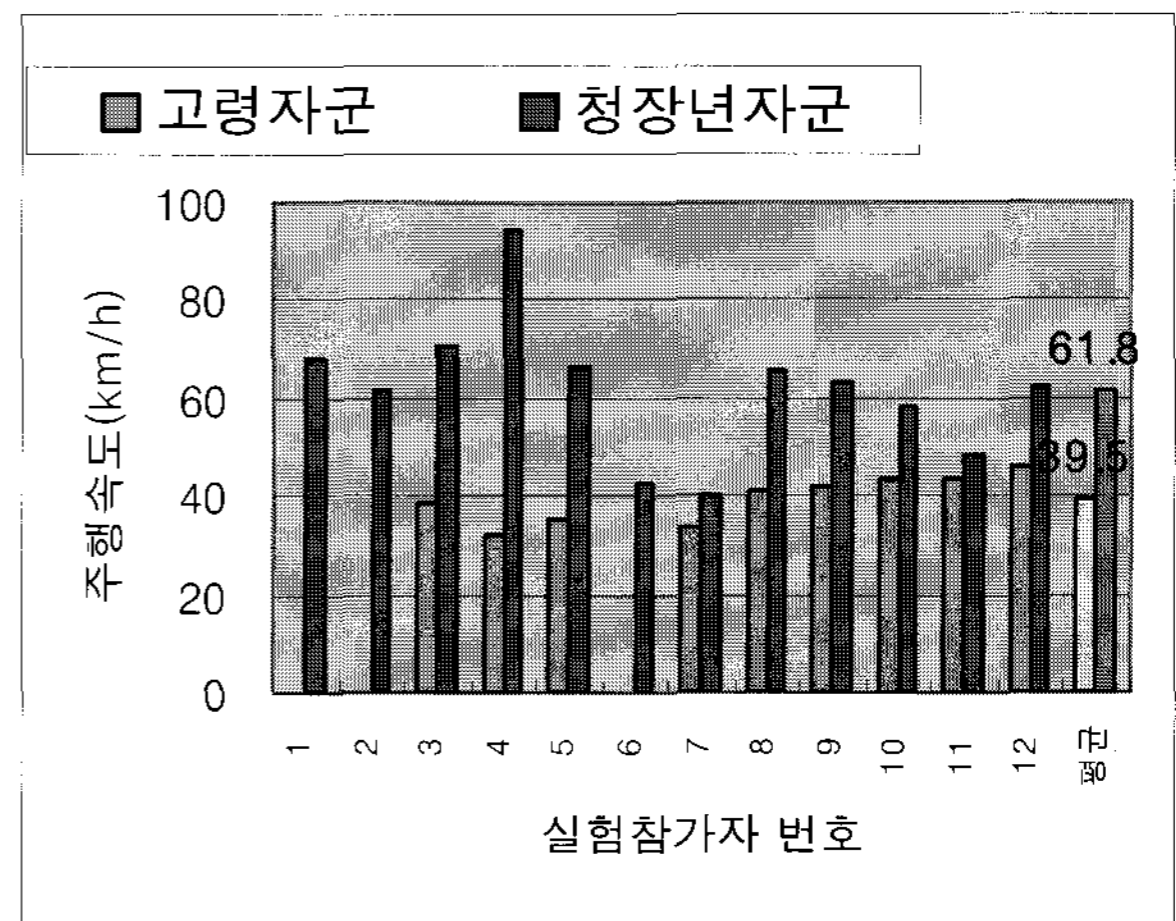
다른 한편으로는 익숙하지 못한 시뮬레이터 상의 도로를 운행함에 따른 심적 부담감 등도 복합적으로 작용하여 평균주행속도가 낮게 나타난 것으로 보인다.

실험 주행 중에 실험자가 속도를 높여 주행하라고 지시한 상황에서도 일부 고령운전자들이 지시를 제대로 따르지 않았던 것은 그러한 부담이 작용한 결과로 보인다. 또한 실험 상황에서 고령운전자들은 시뮬레이터 스크린의 실제 상황보다 낮은 해상도에 기인한 전방 관찰의 불편함과 허리통증 등을 호소한 사례가 많았다.

<표3> 평균주행속도 비교(km/h)

비교군 피검자	고령운전자	청장년운전자
1	X	68.3
2	X	61.4
3	38.2	70.9
4	31.9	94.2
5	35.0	66.1
6	X	42.9
7	33.4	40.2
8	41.2	65.5
9	42.0	63.0
10	43.8	58.3
11	43.7	48.6
12	45.9	62.0
평균	39.5	61.8

※ 실험참가자 중 고령자군의 1, 2, 6번 피검자는 시뮬레이터 테스트 주행 중 구토 및 어지러움등의 호소로 본 실험을 중도 포기함

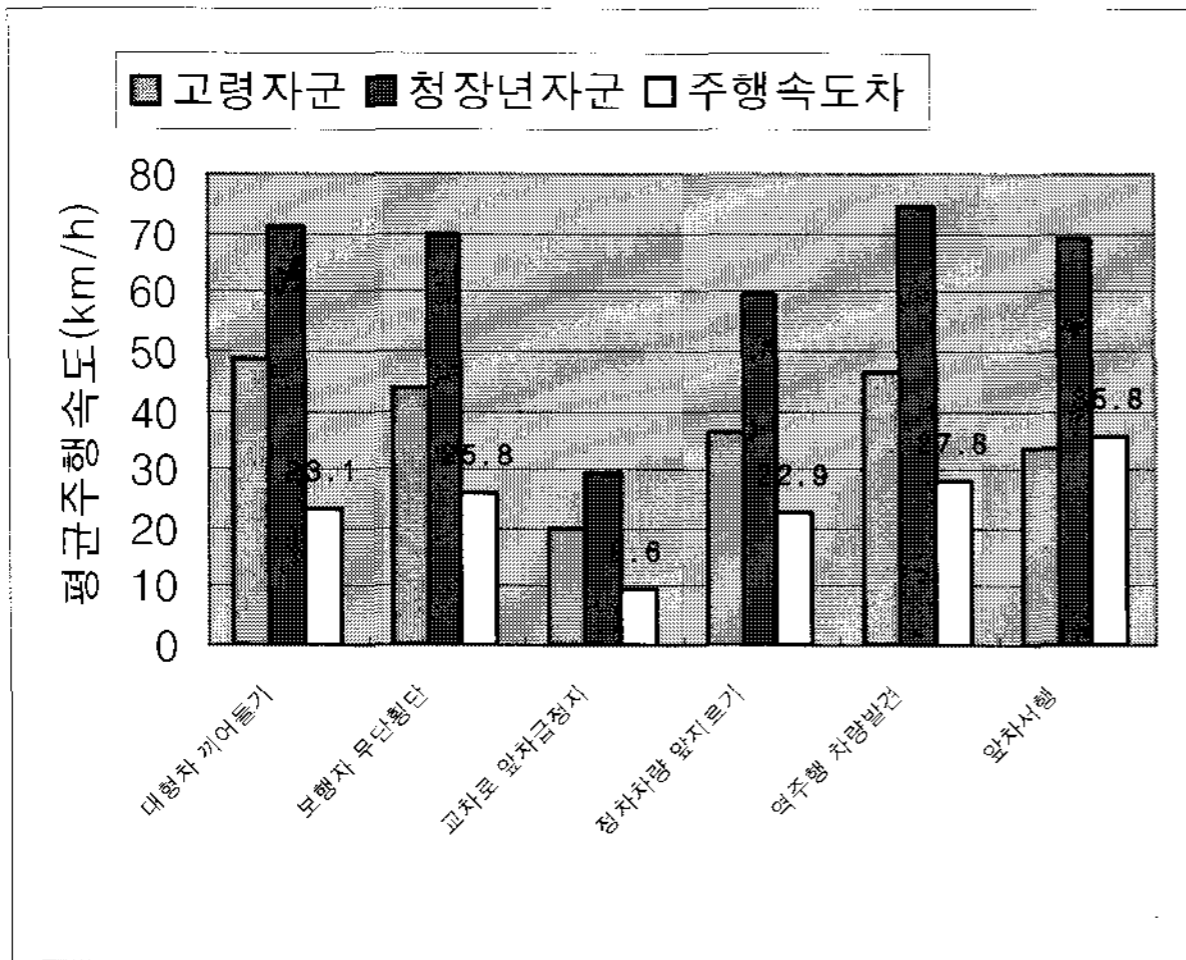


<그림1> 평균주행속도 비교

구간별 비교집단군 간의 평균주행속도를 보면 고령운전자에서는 「대형화물차 끼어들기」 상황에서 가장 빠른 주행속도를 보였다. 이것은 처음에 고령운전자들이 편도 2차로 도로를 주행함에 따라 주행하기에 비교적 넓고, 안전한 도로로 인식하고 속도를 올린 결과이다. 그러나 전방에 느리게 주행하는 대형화물차가 나타남에 따라 점차 속도를 줄이는 경향을 보였다. 한편 청장년운전자 집단은 「중앙선 침범 역주행 차량 발견」 상황에서 구간별 주행속도가 가장 높게 나타났다. 이 상황은 편도 1차로 도로이므로 전방에 차가 없더라도 속도를 어느 정도 줄여야 하는 상황임에도 불구하고 청장년자 대부분이 빠른 속도로 주행하였다. 이는 청장년운전자들이 비교적 좁은 공간에서도 전방의 차량만 없으면 원활하게 주행할 수 있다고 인식한 결과로 보인다. 이에 비해 고령운전자의 경우는 이 상황에서 낮은 속도로 주행하였다.

<표4> 각 구간별 평균주행속도(km/h)

시나리오 실험군	대형차 끼어들기	보행자 무단횡단	교차로 앞차정지	정차량 앞지르기	역주행 차발견	앞차 저행	평균
고령운전자	48.3	43.7	19.8	36.3	46.5	33.6	38.03
청장년운전자	71.4	69.5	29.4	59.2	74.3	69.4	62.20
두 집단간 속도차	23.1	25.8	9.6	22.9	27.8	35.8	24.17



<그림2> 각 구간별 평균주행속도 비교

나. 주행 중 장애물 회피동작 분석(감속페달 조작)

전방에 갑작스런 장애물이 출현했을 때 이를 회피하기 위한 방법으로는 감속페달조작과 핸들조작이 있다. 각 시나리오별로 이벤트 구간에서 실험참가자들의 감속페달 조작 결과를 분석한 결과는 <표5>와 같다.

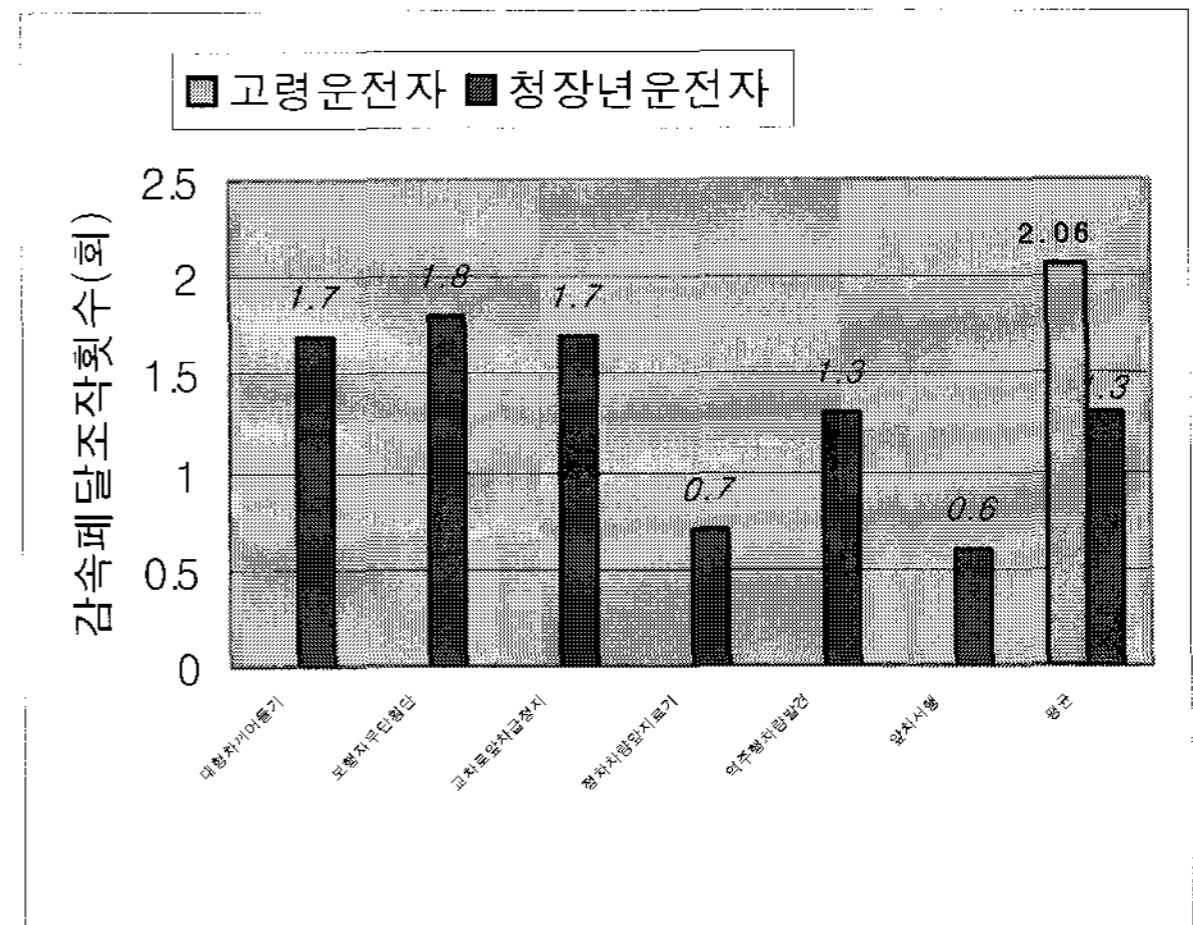
고령운전자의 감속페달 조작횟수는 평균 2.06회(SD=1.12)로 나타났고, 청장년운전자는 1.3회(SD=0.53)로 나타나 고령운전자의 감속페달 조작횟수는 모든 시나리오 상황에서 청장년운전자에 비해 약 2배가량 많았다. 특히 「앞 차 서행」 상황에서 청장년자군에 비해 훨씬 높게 감속 페달 조작에 의존하여 속도를 줄이는 경향을 보이고 있다. 이는 고령운전자가 서행상황에서 가속페달의 조절만으로 적절히 대응하고 있지 못하며, 그에 따라 감속페달까지 사용하여야 적절히 속도조절이 되고 있음을 시사한다. 한편으로는 미리 속도를 조절하여 자신의 인지행동적 약점을 보완하려는 조바심 경향도 보인다.

<표5> 시나리오별 감속페달 조작 횟수(회)

시나리오 비교군	대형차 끼어들기	보행자 무단횡단	교차로 앞차급정지	정차차량 앞지르기	역주행 차량발견	앞차서행	평균
고령운전자	2	2.7	3.6	0.9	1.1	14	2.06
청장년운전자	1.7	1.8	1.7	0.7	1.3	0.6	1.3

※ 감속페달 조작의 기준은 각 시나리오에서 해당 이벤트가 발생하여 끝나는 구간 내에서 그 답력이 35 이상되어야 감속페달의 조작으로 볼 수 있다고 정의하였다.

※ 시나리오 108에서는 고령운전자들의 감속페달 조작횟수 평균이 총 14회로 나타났으나 이는 고령운전자들의 안전거리 유지 특성으로 인해 이벤트가 발생하지 않은 상태에 의 조작횟수이므로 전체의 평균에서는 제외하였다.



<그림3> 시나리오별 감속페달 조작 횟수

(1) 고령운전자 (교차로 앞차량 급정지)

고령자군에서 자동차 감속페달을 가장 많이 조작한 상황은 「앞차서행」 상황으로 나타났지만, 전체 12명 중 10명이 결측(구토 등 어지러움증을 호소, 지나친 저속으로 이벤트 발생 안함)되어 이를 배제시켰다. 따라서 이를 제외하면, 고령자군에서 자동차 감속페달을 가장 많이 조작한 상황은 「교차로 앞차량 급정지」 상황으로 나타났다. 이 상황에서 고령자 집단의 감속페달의 조작이 많았던 것은 교차로에서 앞차가 급정지하는 것을 상대적으로 늦게 발견했기 때문에 사고를 전후에서 감속페달의 조작이 증가하였음을 반영한다. 한편으로 두 사람만이 제대로 주행한 「앞차서행」 상황에서 고령 운전자는 속도를 낮추는 앞차를 앞지르기 위해 중앙선을 넘어 반대편 차량과의 충돌 위험을 감수하기 보다는 차간거리를 유지하며 다소 기다리는 특성을 보였다. 이 상황에서 청장년자군은 대부분이 앞차와의 차간거리를 좁히며 앞지르려고 했으나 고령자군은 정상적으로 주행한 고령자 두 사람 모두 감속페달을 조작하면서 신중하게 따라갔다. 따라서 상대적으로 감속페달 조작 횟수가 크게 증가하였다.

한편 고령운전자의 가속 및 감속페달 조작횟수가 청장년운전자에 비해 빈번하고 강하게 밟은 것으로 나타난 것은 페달조작에 있어 미세한 조작을 수행하는 데 어려움이 있음을 반영하며, 다른 한편으로는 장애물 출현 등의 돌발 상황에서와 같이 지연된 지각 반응이 오히려 급격한 감속페달 조작을 유발하기도 하는 것으로 보인다.

(2) 청장년운전자(보행자 무단횡단)

청장년자군에서는 「보행자 무단횡단」 상황에서 감속페달의 조작수가 가장 많은 것으로 나타났다. 이 상황은 운전자가 장애물이 없는 편도 1차로를 진행하다가 갑자기 도로 변에 있는 보행자가 횡단을 시도하는 것을 보고 브레이크를 밟는 등 긴급히 대처해야 하는 상황이다. 이 상황에서 청장년자군의 대부분은 상황이 발생하기 전에 비교적 높은 속도로 주행하고 있었으며, 그 속도는 고령자군보다 훨씬 높았다. 그에 따라 7명이 보행자 무단횡단을 보고도 사고를 회피하지 못했다. 이에 비해 고령자군은 4명만이 사고를 회피하지 못했다.

이 상황에서 청장년자들의 감속페달 조작횟수가 다른 시나리오에서 보다 증가한 것은 사고회피를 위한 조작을 포함하여 사고를 낸 직후에도 감속페달을 조작하여 속도를 줄이는 경향이 나타났기 때문이다.

다. 주행 중 장애물 회피동작 분석(조향 휠 조작)

조향휠의 조작은 주행을 방해하는 장애물 등이 나타났을 때 감속페달 등과 더불어 이를 회피하기 위한 방법으로 사용되는 중요한 수단이다. 이벤트 발생 구간 내에서 좌, 우 방향으로 조향휠을 조작한 횟수를 측정 한 결과는 <표6>과 같다.

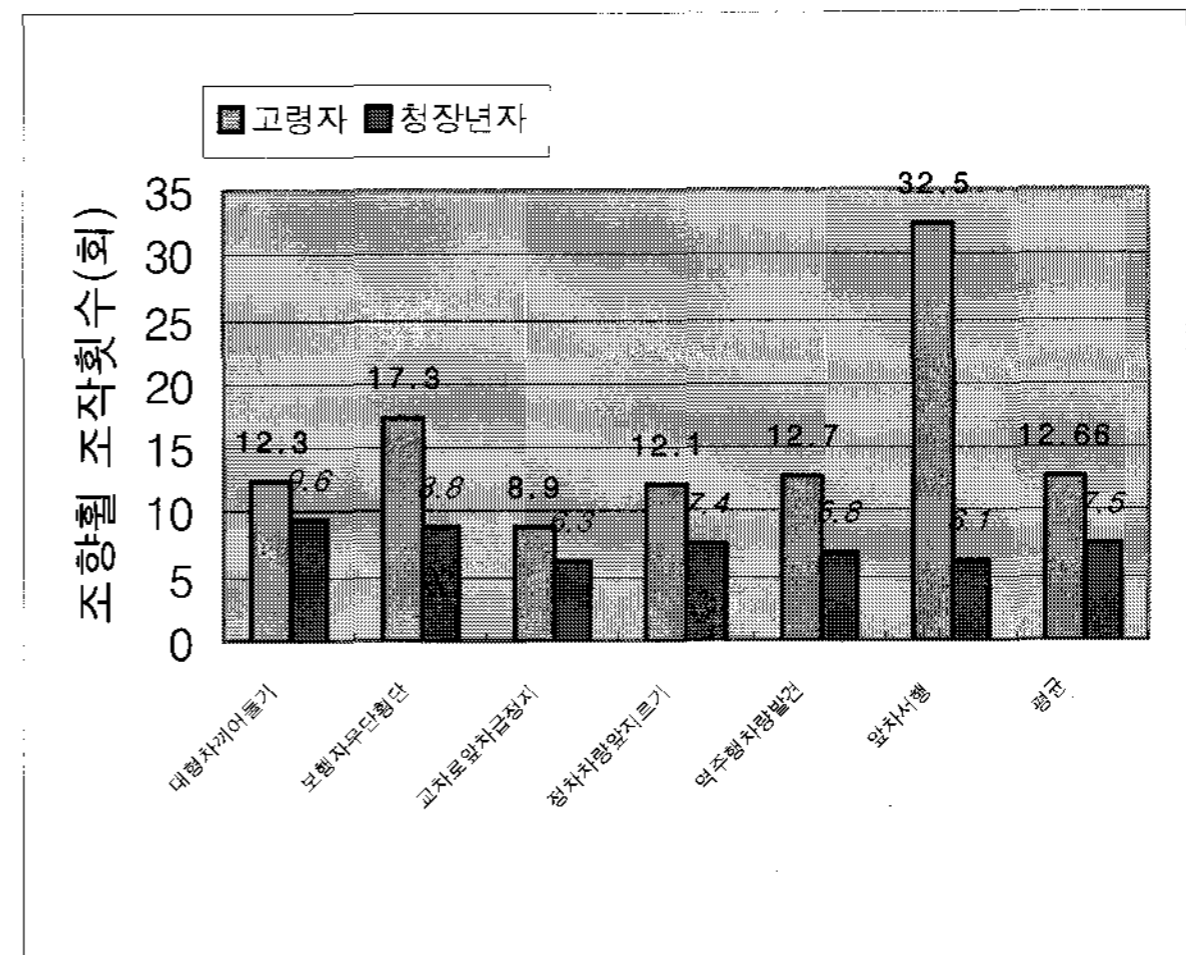
조향 휠의 조작값은 조향 휠의 좌측은 -, 우측은 +로 조작 결과가 나타나며, 조향 휠을 조작한 모든 평균값을 구하면 0에 가깝게 된다.

<표6> 시나리오별 조향휠 조작 횟수(회)

시나리오 비교군	대형차 끼어들기	보행자 무단횡단	교차로 앞차 급정지	정차량 앞지르기	역주행 차량 발견	앞차서행	평균
고령운전자	12.3	17.3	8.9	12.1	12.7	32.5	12.66
청장년운전자	9.6	8.8	6.3	7.4	6.8	6.1	7.5

※ 조향휠 조작 유무의 판단 기준은 -(좌), +(우)로 5, 즉 ±5인 5° 이상의 값을 장애물에 대한 회피동작으로 분석하였다.

※ 시나리오 108에서의 조향휠 조작횟수는 이벤트가 발생하지 않은 상황에서의 조향휠 조작횟수이므로 전체의 평균에서는 배제하였다.



<그림4> 시나리오별 조향 휠 조작 횟수

(1) 고령자운전자(보행자 무단횡단)

고령운전자들은 「앞차서행」 상황에서 평균 조향 휠의 조작횟수가 32.5회로 가장 많이 나타났지만, 전체 12명 중 10명이 결측(구토 등 어지러움증 호소, 지나친 저속으로 이벤트 발생 안함)되어 이를 제외하였다. 이를 제외한 조향 휠의 발생빈도가 높은 상황은 주행 중 갑작스러운 보행자의 무단횡단상황으로, 평균 17.3회로 나타났다. 이는 청장년운전자와 비교했을 때 두 배 정도로 조작이 많은 것이다. 조향 휠을 갑작스럽게 과도하게 조작하게 되면 중앙선을 침범하게 되거나 갓길로 주행하게 되어 대향차량 또는 도로변의 보행자나 교통 시설물 등과의 충돌사고를 유발하기 쉬우므로, 조향 휠 과대 조작을 피하는 것은 안전을 위해서 특별히 유의해야 할 사항이다.

(2) 청장년운전자(대형화물차 끼어들기 상황)

청장년운전자에서 조향 휠을 가장 많이 조작한 상황은 두 대의 대형화물차가 전방에서 지그재그로 운전하여 주행을 방해하는 상황으로, 전체 평균 7.5회보다 약 2.1회 정도의 조작이 많은 것으로 나타났다. 이것은 두 대의 대형 화물차의 끼어들기에 대하여 1차로 또는 2차로로 앞지르기 위해 차로를 자주 변경한 결과이다.

이것은 높은 속도로 주행 중 장애물이 나타났을 때 속도를 낮추기 보다는 조향휠 조작 등으로 피해가려는 다소 성급한 청장년 운전자의 주행특성을 반영하는 것으로 보인다.

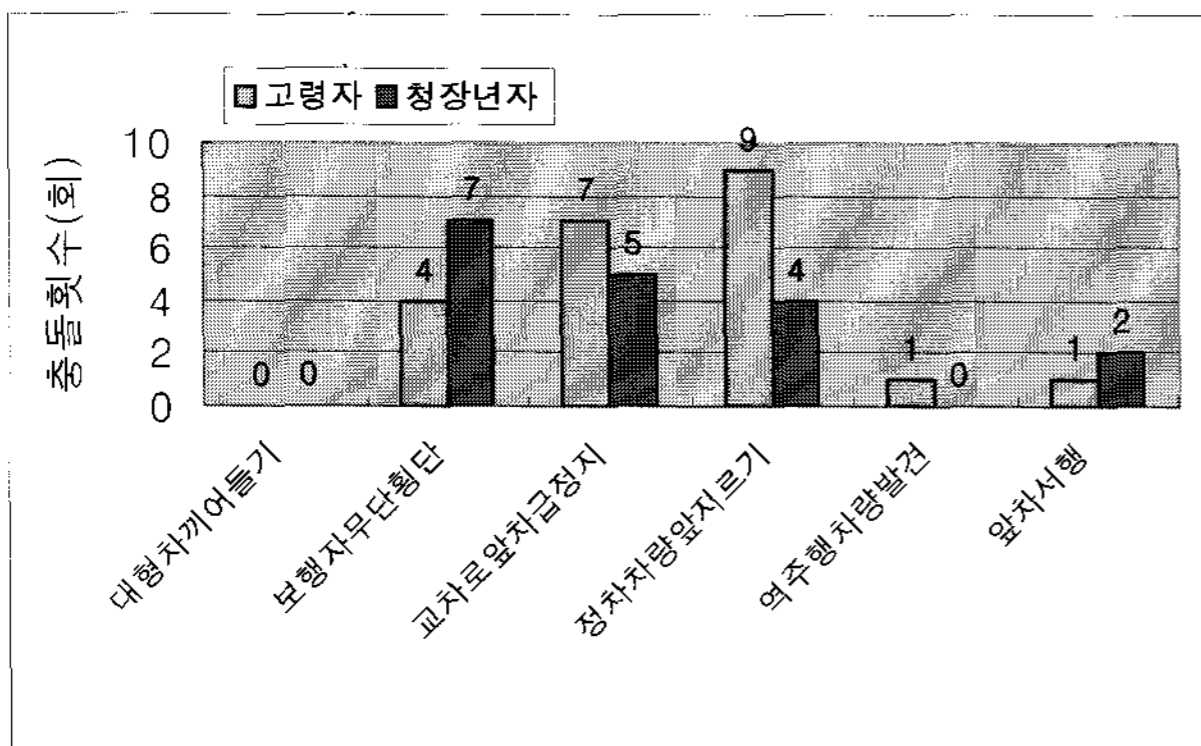
라. 장애물과의 충돌횟수

시뮬레이터 실험상에서 고령자와 청장년자의 충돌횟수를 시나리오별로 구분하여 분석하였다. 이것은 시뮬레이터상이 아니고 실제 차량의 주행상태였다면 직접

적인 사고로 이어질 수 있는 사항이므로 시뮬레이터를 통해서만 분석이 가능한 상황이다.

<표7> 시나리오별 충돌횟수 빈도 비교(회)

시나리오 비교군	대형차 끼어들기	보행자 무단 횡단	교차로 앞차 급정지	정차 차량 앞지르기	역주행 차량 발견	앞차행	전체
고령자군	0	4	7	9 40.9%	1	1	22
청장년자군	0	7 38.9%	5	4	0	2	18



<그림5> 시나리오별 충돌횟수

(1) 고령운전자

고령자군의 경우는 결과를 분석한 시나리오 중 총 22회의 충돌을 일으켰다. 그중 「정차 차량 앞지르기 반대편 차량 발견」 상황에서 가장 많은 9회의 충돌을 일으켰고, 그 다음으로 「교차로에서 전방차량 급정지」 상황에서 7회의 충돌을 일으켰다. 따라서 실제 주행 상황이라고 가정한다면 지방도와 같이 편도1차로 정도의 좁은 도로에서 중앙선을 침범하여 정차한 차량을 추월하고자 할 때 반대편에서 마주오던 차량과의 충돌로 인한 사고의 위험성이 가장 높다고 볼 수 있다.

마찬가지로 정보량의 부하가 많은 교차로 진입시에도 고령자는 상황판단 시간이 늦어져서 사고의 위험성이 높아진다고 볼 수 있다. 실제로도 고령운전자의 교통사고 발생 비율을 봤을 때 ‘중앙선 침범’으로 인한 사고 및 교차로 사고가 가장 높은 것으로 조사된바 있으며, 본 실험에서도 그 결과가 여실히 나타났음을 알 수 있다.

(2) 청장년운전자

청장년운전자의 경우는 「진행 중 갑자기 보행자 무단횡단」 상황에서 보행자와 충돌하는 사고가 가장 많았는데 이는 이벤트 구간 진입 중 지나친 과속으로 인

해 보행자가 지나감을 인지하고 감속페달을 밟았음에도 차량은 관성에 의해서 그대로 충돌하고 지나가는 상황을 나타내었다. 따라서 청장년운전자의 경우는 고령운전자에 비해 과속이 원인이 되어 갑작스럽게 차량이나 보행자 등이 출현하였을 때 미처 정지하지 못하고 충돌하는 주행특성을 보여주었다.

마. 「대형차끼어들기」 상황의 초과주행 거리 비교

이 상황은 총 2개의 이벤트로 구성되어 있다. 첫 번째는 대형트럭이 앞서 주행하며 주행을 방해하고, 두 번째는 첫 번째 대형트럭을 앞지른 후 그 앞의 또 다른 대형트럭이 주행을 방해하며 차로를 변경하는 상황이다. 이벤트 1에서는 실험참가자의 주행을 방해하기 위해 다른 차로로 앞서 진행하던 트럭이 일정 조건이 되면 트럭이 끼어들게 프로그램 되어있다. 그 조건은 실험참가자의 차가 진행 중인 속도 기준으로 2.4초의 거리 안에 트럭이 들어오게 되면 트럭을 실험참가자 차량 앞으로 진행시킨다. 이 상황에서는 충돌 조건에 해당하더라도 실제 충돌은 발생하지 않는다. 트럭이 충돌을 피할 수 있는 속도로 자동으로 진행하기 때문이다. 그러나 이 경우가 실제라면 트럭이 속도를 갑자기 변화시키지는 못하므로 경우에 따라서는 충돌을 야기할 수 있다. 여기서는 실험참가자가 회피동작을 하기 전에 트럭이 들어선 바로 그 지점을 지나쳤는지의 여부 즉, 공주거리가 이벤트 발생지점을 초과했는지의 여부를 분석하였다. 분석은 다음과 같은 식을 활용하였다.

<표8> 차량 초과주행 거리 유추 수식

$$\begin{aligned}
 & \text{“공주거리} = \text{시간} \times \text{속도”} \\
 & \text{시간} = [\text{회피동작 시작시간} - \text{이벤트 1, 2의 발생시간}] \\
 & \text{속도} = \text{회피동작 시작 직전의 주행속도} \\
 & \text{“이벤트 발생조건 거리} = 0.8 \times L_1 \text{”} (L_1=0.833 \times \text{속도}) \\
 & \text{시뮬레이터 제작 프로그램 상에 입력된 이벤트 발생거리 조건} \\
 & \text{“초과주행 거리”} = \text{“공주거리”} - \text{“이벤트 발생조건 거리”}
 \end{aligned}$$

※ 고령운전자의 경우 시뮬레이터 실험 도중 어지러움증 및 구토를 호소하여 주행 실험이 끝까지 시행되지 않았으므로 전체 시나리오의 초과주행 거리를 분석할 수 없었다.

(1) 이벤트 1 구간

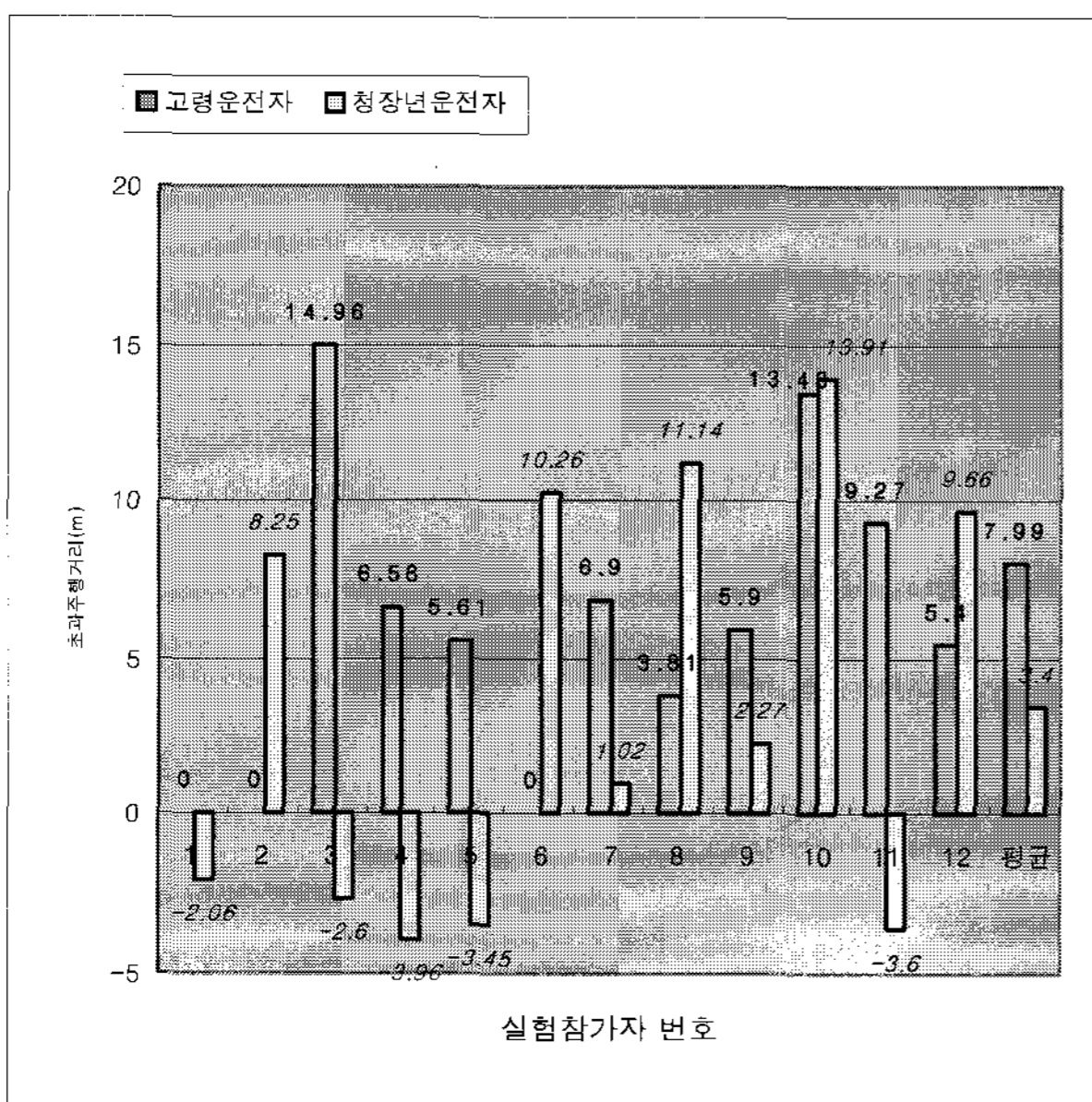
회피 동작 시점까지 진행한 거리는 고령자군에서는 트럭 진입 지점을 평균 7.99m 초과하여 진행하였고, 청장년자군에서는 3.40m 초과하여 진행하였다. 이벤트1 구간 내에서의 평균주행속도는 고령자군의 48.3km/h에 비해 청장년층군이 71.4km/h로 매우 높게 나타났음에

도 불구하고, 고령자군의 초과 진행거리가 길었다는 것은 낮은 주행 속도로 보상할 수 없을 만큼 인지반응시간이 길었다는 것을 의미한다. 사고는 경우에 따라서는 수 cm에서 ~ 수십 cm 차이로 발생 유무가 결정되므로 고령자군이 위험상황의 인지반응지연시간에 따른 사고로의 노출 가능성은 청장년군에 비해 충분히 높다고 볼 수 있다.

다만 이 상황은 실험참가자의 주행을 방해하는 트럭 두 대는 정지해 있는 것이 아니라 같은 방향으로 주행하면서 방해하는 상황이므로 회피시작까지의 공주거리가 이벤트발생거리를 초과했다고 해서 반드시 두 자동차간 충돌이 발생하는 것은 아니다.

<표9> 이벤트 1구간에서의 초과주행거리 비교(m)

비교군 피검자	고령운전자	청장년운전자
1	X	-2.06
2	X	8.25
3	14.96	-2.60
4	6.58	-3.96
5	5.61	-3.45
6	X	10.26
7	6.90	1.02
8	3.81	11.11
9	5.90	2.27
10	13.48	13.91
11	9.27	-3.60
12	5.40	9.66
평균	7.99	3.40



<그림6> 이벤트 1구간의 초과주행거리 비교(m)

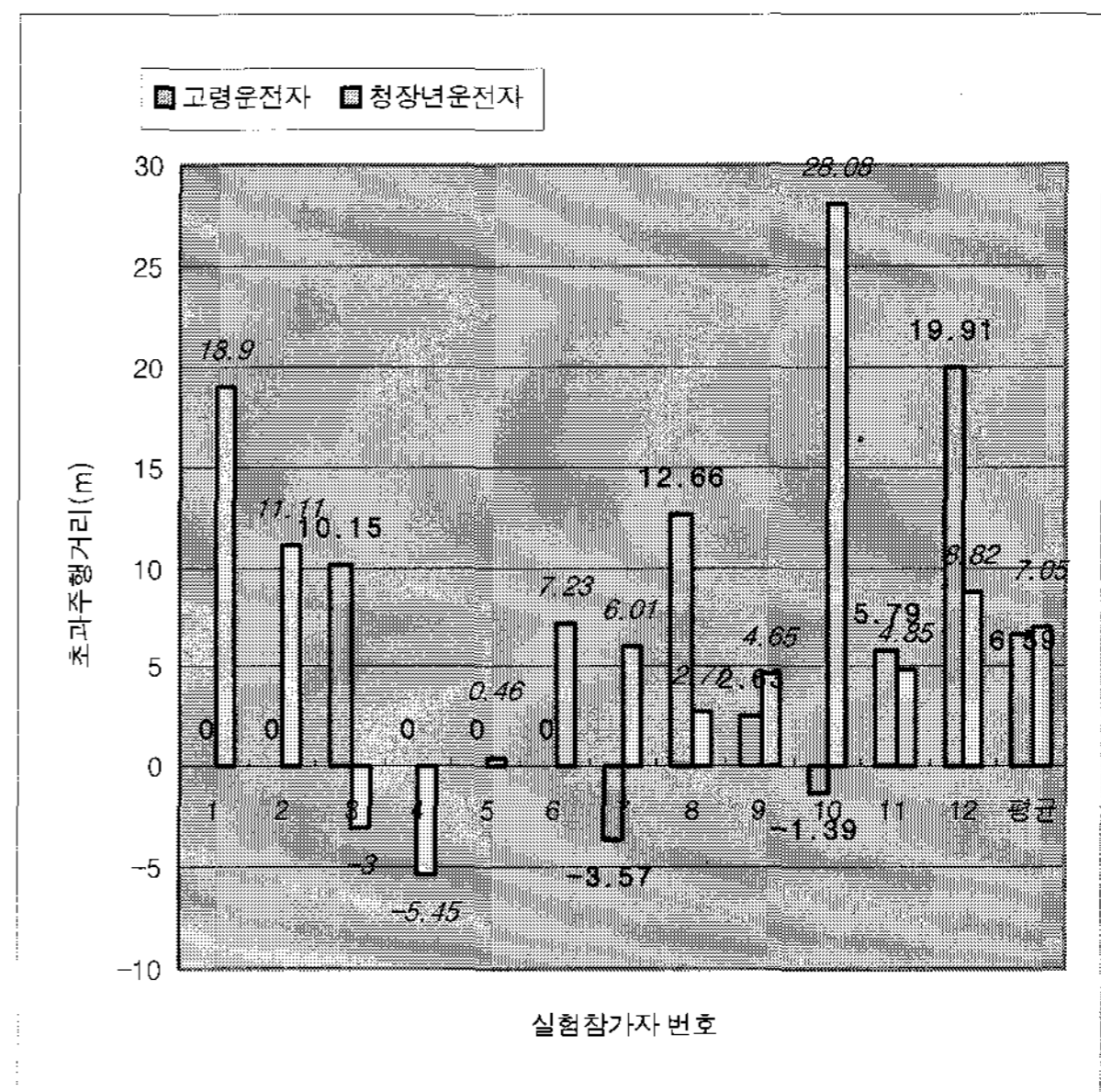
(2) 이벤트 2구간

두 집단간 이벤트 2가 발생 한 지점까지의 초과진행거리를 계산했을 때 고령자군에서는 평균 6.60m 초과하여 진행하였고, 청장년자군에서는 7.04m 초과하여 진행하였다. 이벤트 2에서 두 비교집단 간의 초과 주행거리 분석에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 다만 이벤트 1을 경험한 실험참가자들이 차량속도를 감소시키고 앞으로 나타날 주행 방해 상황에 더욱 신중한 동작을 취하는 것으로 나타났다.

<표10> 이벤트 2 구간에서의 초과주행거리 비교(m)

비교군 피검자	고령운전자	청장년운전자
1	X	18.90
2	X	11.11
3	10.15	-3.00
4	△	-5.45
5	△	0.46
6	X	7.23
7	-3.57	6.01
8	12.66	2.77
9	2.63	4.65
10	-1.39	28.08
11	5.79	4.85
12	19.91	8.82
평균	6.59	7.04

※ 실험참가자 중 고령자군의 1, 2, 6번(x)은 구도 및 어지러움증을 호소하여 실험을 포기하였고, 4, 5번 참가자(△)는 지나친 저속주행으로 인해 이벤트 2가 발생하지 않았다.



<그림7> 이벤트 2 구간에서의 초과주행거리 비교(m)

4. 결론

본 차량 시뮬레이터 실험 연구는 65세 이상의 고령 운전자와, 30-40대 청장년운전자를 구분하여 여러 시나리오가 입력되어진 시뮬레이터 차량의 주행을 통하여 특징적인 상황에 대처하는 두 비교 집단군간의 운전특성을 비교분석함과 동시에 고령운전자의 교통사고 예방을 위한 대책 수립의 선행연구가 되기 위함이다. 이상의 실험을 통하여 나타난 고령운전자의 운전특성은 아래와 같다.

첫째, 동일한 상황에서 고령자 집단은 청장년자 집단보다 낮은 주행 속도를 선택하는 경향을 보인다. 차량 시뮬레이터 실험 구간 내에서의 고령자와 청장년자 사이에 약 22.4km/h 정도의 평균주행속도 차이가 발생했다. 이는 일부는 고령운전자의 시뮬레이터에 대한 적응 부족의 영향도 있었지만 한편으로는 자신들의 고령에 따른 기능저하 즉, 시력 저하 및 인지반응 시간 증가 등에 대한 보상적 운전의 결과도 포함하고 있다.

둘째, 고령운전자들은 앞지르기 상황과 교차로 상황에서 사고 야기 가능성이 높아진다. 차량과 주행 장애물과의 충돌에 있어 고령운전자들은 총 22번의 충돌을 일으켰다. 그 중에서 “정차한 차를 추월시 반대편에서 오는 차를 발견하게 되는 상황”에서 미처 마주 오는 차를 피하지 못하여 9번의 충돌을 일으켰고, 또한 “교차로에서 전방차량 급정지하는 상황”에서 7번의 충돌을 일으켰다. 이는 고령운전자들이 앞지르기 등의 상황과 교차로 상황에서 사고를 야기할 가능성이 높음을 시사해 준다. 이에 비해 청장년 운전자들은 “진행 중에 갑자기 보행자가 무단횡단으로 도로로 걸어 나오는 상황”에서 총 18회 중 7번의 충돌을 일으켰다. 이는 청장년운전자들의 경우 과속이 원인이 되어 돌발적인 장애물의 출현 시에 정지하지 못하고 충돌하는 사고를 야기할 가능성이 높음을 시사한다. 따라서 두 비교집단군 간에는 사고 가능성이 높은 상황에서 차이가 있음을 알 수 있었다.

셋째, 고령운전자들은 젊은 운전자에 비해 앞차와 충분한 안전거리를 유지하는 경향을 보인다. 고령 운전자들은 앞차가 서행을 하는 경우에도 차간거리를 좁히며 앞지르기를 시도하기 보다는 차간거리를 그대로 유지하며 앞차를 따라가는 경향을 보였다(대형화물 끼어들기 상황과 앞차 서행 상황). 특히 “앞 차 서행 상황”에서 특징적인 것은 고령 운전자에게는 이벤트가 발생하

지 않았다는 것이다. 그 이유는 앞서 진행하던 차량을 발견하고 그 차량의 브레이크 램프에 불이 들어오면 시뮬레이터 차량도 감속하여 이벤트가 발생하는 구간 내로 진입하지 않았기 때문이다. 이는 고령운전자들이 중앙선을 침범하는 등의 무리한 운전을 하기보다는 청장년운전자에 비해 충분한 안전거리를 유지함으로써 신중하게 안전 운행을 하는 경향이 있음을 시사한다.

그럼에도 불구하고 “정차한 차를 추월시 반대편에서 오는 차를 발견하게 되는 상황”에서는 판단시간이 지체되어 오히려 늦게 앞지르기를 시도하다가 조작 미스 등으로 사고를 야기하기도 한다.

넷째, 일부 고령운전자는 긴급상황에서는 오히려 핸들을 과대하게 조작하는 등의 조작미스를 보인다. “중앙선을 침범하여 잠시 역주행 하는 차량을 발견한 상황”에서 고령운전자들은 총 3회의 중앙선 침범을 하였다. 이것은 중앙선 침범 차량을 갑작스럽게 발견하고 회피하기 위해 갓길 주행을 하고 난 후 진행 차로로 복귀할 때 조향휠을 과도하게 조작한 결과이다. 만일 이 경우 마주오던 차량이 있었다면 교통사고로 직결될 수 있는 것이다.

이상의 시뮬레이터 실험을 통한 결과를 종합해 볼 때, 고령운전자는 교통정보 처리와 관련된 지각 인지반응시간 증가 등의 약점을 주행 속도를 낮추는 등으로 대처를 하며, 위험상황이 발생할 가능성을 예기할 때는 미리 속도를 조절하여 대응하는 경향을 보였다. 그러나 오히려 긴급상황 발생시에는 판단시간의 지연과 조작 미스 등이 청장년자군에 비해 많이 발생하였다. 이는 고령자 집단의 사고발생율이 높았던 정보량의 부하가 많은 앞지르기 상황이나 교차로 상황에서 두드러지게 나타났다.

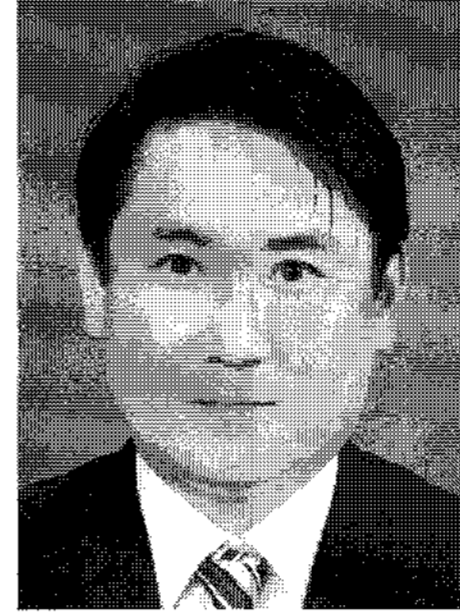
그러나 본 실험의 결과는 차량 시뮬레이터 주행 결과이므로 실제 주행과는 어느 정도 차이가 있어 이러한 결과를 일반화하는 데는 한계가 있음을 지적하고자 한다. 본 시뮬레이터 주행실험에서 연습주행을 거치고 본 주행실험을 거치게 됨에 따라 청장년자들의 경우에는 시뮬레이터 주행 상황에서도 어느 정도 실제 상황과 유사하게 주행했던 반면 고령운전자들은 상당수가 멀미 등의 부적응증을 호소함으로써 실험의 원활한 진행이 어려웠다. 한편으로는 시뮬레이터 주행 초기에 여러 가지 이벤트를 경험함에 따라 학습효과가 발생하여 모든 실험참가자들이 주행 후반에는 미리 차량속도를 감소시켜 앞으로 나타날 주행 방해 상황에 대처하는 경향을 보임으로서 실험자가 지시를 통해 속도를 높이라고 말해야 하는 경우도 있었다.

5. 참 고 문 헌

- [1] 통계청, “2006년 고령자 통계”, 2006
- [2] 통계청, “장래인구 특별추계”, 2006.
- [3] 이삼식 외, “인구고령화의 전개와 인구대책”, 한국보건사회연구원, 2004.
- [4] 이혜훈, “인구 고령화와 재정의 대응과제”, 한국개발연구원, 2001.
- [5] 도로교통안전관리공단, “OECD 회원국 교통사고비교”, 40p, 2004
- [6] Geoffrey Underwood, Nicola Phelps, Chloe Wright, Editha van Loon and Adam Galpin, “Eye fixation scanpaths of younger and older drivers in a hazard perception task”, *Ophthal. Physiol.*, 346p, 2005
- [7] Geoffrey Underwood, Peter Chapman, Karen Bowden, David Crundall, “Visual search while driving: skill and awareness during inspection of the scene”, *Transportation research Part F*, 2002.
- [8] McKenna & Crick, 1994 McKenna, F. P., & Crick, J. L. (1994). “Hazard perception in drivers: a methodology for testing and training”. TRL, Contractor Report 313. Crowthorne, UK: Transport Research Laboratory. 1994
- [9] Anderson, J. R., & Lebiere, C. (1998). “The atomic components of thought. Hillsdale”, NJ:Lawrence Erlbaum Associates. 1998
- [10] 신연식, “고령운전자의 운전행태 고찰 및 안전운전 대책 연구”, 교통개발연구원, 2001.

저 자 소 개

조 재 환



동국대학교 안전공학과를 졸업하고, 경희대학교 경영대학원에서 산업안전관리학 석사학위를 취득하였다. 현재 동국대학교 안전환경에너지시스템 공학과 교통안전전공 박사과정에 재학 중이며, GS건설 안전팀에서 재직 중이다. 건설안전 실무자로서 교통건설

관련한 업무에 안전을 접목하기 위해 많은 관심을 가지고 있다.

주소: 경기도 안산시 상록구 성포동 선경APT 14동 702호