

민윤기\* · 김현우\* · 임동훈\* · 민병찬\*\* · 김보성\*†

\*충남대학교 심리학과  
\*\*한밭대학교 산업경영공학과

## Effects of Visual Information Processing Skills on Intersection's Driving Performance of Elderly Drivers

Yoon-Ki Min\* · Hyun-Woo Kim\* · Dong-Hoon Lim\* · Byung-Chan Min\*\* · Boseong Kim\*†

\*Dept. of Psychology in Chungnam National Univ.

\*\*Dept. of Industrial and Management Engineering in Hanbat National Univ.

The purpose of this study was to examine elderly drivers' driving performances at the intersections, suggested by Bao and Boyle(2009), according to visual information processing skills. Visual information processing skills of elderly drivers were measured by using the visual working memory task, developed by Min et al.(2006). Seven elderly drivers were divided into two groups(good/poor) depending on the level of visual information processing skills and eleven younger drivers were a contrast group. This study examined the differences of driving performance(i.e., intersection passing times, approach velocities, speed variation and handling variations) among three groups. The results showed that elderly drivers having the poor visual information processing skills passed more slowly through the intersection than the contrast group, and passing times between elderly drivers having the good visual information processing skills and the contrast group was not significantly different. It is suggested that elderly drivers having the poor visual information processing skills use more times when they pass through the intersection, because they don't process a lot of hazardous and latent hazardous factors quickly.

**Keywords** : Visual Information Processing Skills, Intersection, Elderly Drivers, Driving Simulator

### 1. 서론

안전운전을 위해서 시각 능력은 필수적이다. 이는 운전이 시각 중심적인 복잡한 과제에 해당되기 때문이다 [10]. Hills와 Burg(1974)는 시력 검사 결과와 자동차 사고 기록간의 관계성을 살펴본 결과, 유의한 부적상관을 발견하였다[14]. 이러한 결과는 연령이 증가할수록 시각

능력이 저하되고 이로 인해 운전수행이 저하되는 현상을 잘 설명해준다. 그러나 최근 몇몇 연구들은 운전 면허증 재발급 기준과 치명적인 사고간의 관계를 살펴본 결과, Hills and Burg(1974)의 결과와 모순되는 증거들을 보여주었다. Grabowski, Campbell and Morrissey(2004)는 시력 검사의 결과가 치명적인 사고 비율과 유의한 관계성을 가지는 것은 단지 고령 운전자 중에서도 70세 이상

논문접수일 : 2009년 07월 30일    논문수정일 : 2009년 09월 07일    게재확정일 : 2009년 09월 23일

† 교신저자 expsy2@cnu.ac.kr

※ 이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(R01-2007-000-20070-0).

인 운전자들에게만 해당된다고 하였다[13]. 또한 Westlake (2000)의 연구 역시 시력 검사의 결과와 자동차 사고는 유의한 관계성을 가지지 않음을 주장하였다[18]. 이러한 결과들은 단순히 신체적 능력에 있어 시각 능력보다는 인지 과정이 포함된 시각 능력, 즉 시각 정보처리 능력이 고려되어야 한다는 것을 시사하는 증거들로 해석될 수 있다[12, 17].

그러나 시각 정보처리 능력의 중요성은 확인하였으나, 이를 측정할 보편적인 도구는 아직 미흡한 상태이다. 이는 인지(cognition)의 개념이 매우 방대함에도 불구하고, 사람들의 인지적 능력을 너무 단순한 하나의 자원(resource)으로 보기 때문이다. Kim과 Bishu(2004)의 연구에서도 운전 중에 있어서 인지적 능력을 측정할 때, 인지적 자원에 대한 세부적인 구분보다는 현존하는 인지적 기능과 관련된 도구들(예: 브레이크 반응시간 검사, 지각유형 검사, 이원 청취 검사 등)을 모두 포함하여 운전 수행의 예측변인으로 사용하였다[15]. 즉 이러한 도구들이 운전수행을 잘 예측하는 지에만 관심을 두었을 뿐, 이 도구가 인지적 측면의 어떤 부분을 반영하는지에 대해서는 관심을 두지 않았기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 Baddeley(1986)가 제안한 작업기억 모형에 근거하여 시각, 공간, 집행 능력을 개별적으로 살펴볼 수 있도록 고안한 민윤기, 김초복, 정종욱(2006)의 과제 중 시각 작업기억 과제를 사용하여 시각 정보처리 능력을 측정하였다[6, 9]. 이를 통해 고령자의 운전수행에 있어 시각 정보처리 능력의 영향을 살펴보고자 하였다.

## 2. 고령자의 교차로 운전수행

고령자를 대상으로 하는 National Highway Traffic Safety Administration(NHTSA)의 2004년도 자료에 따르면 충돌사고 발생비율의 약 45%가 교차로 내에서 발생하는 것으로 나타났다[16]. 이는 교차로가 3개 이상의 직진도로가 서로 만나는 지점으로 처리해야 할 시각 정보들이 다른 도로 조건에 비해 많기 때문이다[4]. 2006년부터 2008년까지의 경찰청의 교통사고 통계결과를 보더라도 교차로의 교통사고는 매년 약 5,000건씩 증가하는 것으로 나타나 교차로가 운전자에게 있어 위험한 상황이며, 특히 고령 운전자에게 있어서는 더욱 위험한 상황임을 알 수 있다[1-3].

이는 몇몇 연구들의 결과를 통해서 보다 명확하게 확인할 수 있다. 이순철, 김종희, 오주석과 김인식(2005)의 연구는 교차로 내의 좌회전 상황에서 고령 운전자와 젊은 성인 운전자의 운전수행을 비교하였다[7]. 그 결과, 고령 운전자들이 젊은 성인 운전자들에 비해 반대 차선

에서 직진하는 차량의 속도가 더 빠를 때 좌회전을 시도하는 것으로 나타났다. 이는 고령 운전자들이 젊은 성인 운전자들보다도 교차로 내 추돌사고의 위험성을 더 많이 내포하고 있음을 시사하는 것이다.

또한 이준범, 김비아, 이세원, 이재식(2008)의 연구 역시 이순철 등(2005)의 연구와 유사하게 교차로 내의 좌회전 상황에서 운전자의 판단에 대한 연령 효과를 살펴 보았다[8]. 그 결과, 좌회전이 가능한 조건에서 진입이 가능하다고 판단한 비율은 젊은 성인 운전자가 높았으나, 좌회전이 가능한 조건에서 진입이 불가능하다고 판단하거나, 좌회전이 불가능한 조건에서 진입이 가능하다고 판단한 비율은 고령 운전자가 높은 것으로 나타났다.

그러나 연구들마다 교차로 상황에 대한 시나리오가 다양하기 때문에 이들의 결과를 단순히 교차로 조건에서의 운전수행 결과로 통합하는 데에는 문제점이 존재한다. 따라서 본 연구는 Bao와 Boyle(2009)가 제시한 교차로 유형 조건 중 교차로를 통과하면서 좌회전 또는 우회전하는 구간에서 운전 수행(예 : 통과시간, 접근속도, 속도 및 핸들링 변화량)을 측정하였다[10].

## 3. 연구방법

### 3.1 실험참가자

대전시에 거주하며, 운전 경력이 1년 이상인 65세 이상의 노인 남성 12명이 실험에 참가하였다. 이 중 노인 3명은 실험 도중 Simulator Sickness로 인해 중도 포기하였으며, 노인 2명은 시각 작업기억 과제 수행 정확률이 50% 미만으로 우연수준 이하의 정확률을 보임으로써 이들의 자료는 분석에서 제외하였다. 실험에 참여한 고령자의 평균연령은 69.14(±3.02)세였으며, 모니터를 통해서 제시되는 자극을 지각하는 데 문제가 없는 정상 혹은 교정시력을 가지고 있었다. 이들의 운전경력은 모두 9년 이상이었다. 또한 대비 집단으로 운전경력이 1년 이상인 20대 성인 남성 11명이 실험에 참가하였다. 이들의 평균연령은 26.0(±3.29)세였으며, 고령자와 마찬가지로 모니터를 통해 제시되는 자극을 지각하는데 문제가 없는 정상 혹은 교정시력을 가지고 있었다. 이들의 운전경력은 3년 미만이 4명, 6년 미만이 4명, 9년 미만이 1명, 9년 이상이 2명이었다.

### 3.2 실험 도구 및 자극

실험실은 평균 22℃의 실내온도를 유지하였으며, 운전 시뮬레이터 작동 시 일반적인 생활 공간(예 : 조용한

방)에서 측정되는 40dB보다 약간 높은 50dB 정도의 소음이 발생되었다. 운전 시뮬레이터는 Gridspace Co.에서 제작한 GDS-300S로 3대의 32인치 LCD모니터를 통해 전방과 후방, 좌/우의 운전에 필요한 환경을 제시하도록 구성되었다. 시뮬레이터의 차량 모델은 현대 자동차의 ‘클릭’으로 운전장치(예 : 핸들, 가속페달, 브레이크 페달 등)와 표시장치(예 : 방향지시등, 속도계, RPM 미터 등)는 실제차량과 동일하였다<그림 1>.



<그림 1> 운전 시뮬레이터 실험 환경

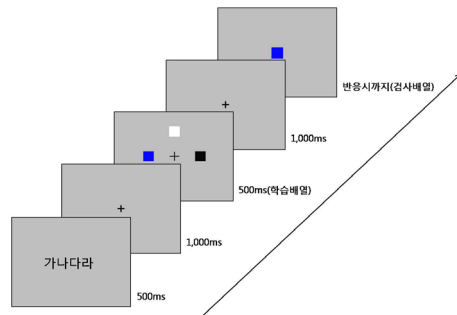
시각 정보 처리 능력을 측정하기 위해서 민윤기 등 (2006)이 사용한 시각 작업기억 과제가 사용되었다<그림 2>[6]. 이 과제는 총 7가지(하양, 검정, 노랑, 빨강, 보라, 초록, 파랑) 색상 중 네 가지의 색상이 정사각형 색상판(시각도 0.42°×0.42°)의 형태로 제시된 이후 하나의 색상이 제시된다. 이 때 제시된 색상판의 색상이 이전에 제시되었던 색상인지의 여부를 판단하여 정해진 키를 누르는 과제이다. 각 자극은 17인치 CRT 모니터를 통하여 1024×768의 해상도로 E-Prime 1.2 프로그램에 의해서 제시되었으며, 제시되는 자극의 바탕은 RGB(128, 128, 128)의 회색이었다.

### 3.3 실험 절차

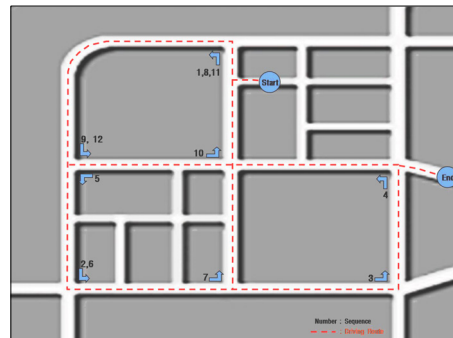
실험참가자는 운전 시뮬레이터 실험 전에 시각 작업 기억 과제를 수행하였다. 과제 실시 전 약 10회의 연습 시행을 실시하였다. 시각 작업 과제에서 먼저 ‘가나다라’의 문구가 제시되고, 실험 참가자들은 이를 실험 처음부터 끝까지 계속해서 반복하여 읊도록 지시를 받았다. 이러한 절차는 색상을 시각이 아닌 언어적인 형태로 기억하는 것을 방지하기 위함이다. 이후 화면 중앙에 500ms 동안 정사각형 색상판의 색상을 기억하고(학습배열), 3,000ms 동안 고정점이 제시된 후 화면 중앙에 색상 하나가 제시가 된다(검사배열). 실험참가자들은 이 색상이 학습배열에 나왔던 것인지 아니었는지를 키보드

‘1’과 ‘2’키를 이용하여 반응하였으며, 총 시행은 98시행이었다.

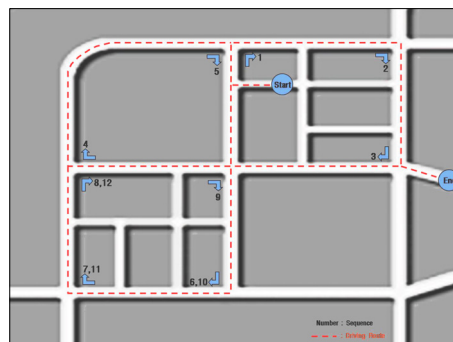
운전 시뮬레이터 실험은 약 3분 간의 연습 운전을 통해 실험 참가자로 하여금 적응하도록 한 후 실시되었다. 실험은 교차로 좌회전과 우회전 두 조건으로 구성되었으며, 각 조건의 순서는 실험참가자에 따라 역균형화(counter balancing)하였다. 편도 2차로로 구성된 약 10분의 주행 시나리오에서 좌회전 조건은 십자형과 T자형 교차로에서 화면에 제시되는 방향 지시에 따라 좌회전 하는 조건이었으며<그림 3>, 우회전 조건은 좌회전 조건과 마찬가지로 방향지시에 따라 우회전을 하는 조건이었다<그림 4>. 각 조건별로 12번의 회전구간이 포함되었다.



<그림 2> 시각 작업기억 과제



<그림 3> 좌회전 시나리오 구성



<그림 4> 우회전 시나리오 구성

### 3.4 실험 설계 및 분석

고령 운전자의 시각 처리 능력이 교차로에서 좌/우회전 운전 수행에 미치는 영향을 살펴보기 위해, 회전형태(좌/우)와 집단을 독립변인으로 하였으며, 운전 수행(교차로 통과시간, 진입속도, 속도 및 핸들링 변화량)을 종속변인으로 하는 2×3 혼합 요인 설계를 적용하고, 순위변환 변량분석(rank transform ANOVA; Conover and Iman, 1981)을 실시하였다[11]. 이는 분석에 사용될 종속 측정치들을 오름차순 방식으로 정렬하여 순위자료로 변환한 후 사용하는 방식으로 자료가 정규분포를 이루지 않을 때 사용하는 방법으로 제안된 것이다. 집단은 김보성 등(2009)이 제시한 작업기억 과제 수행 구분의 방식을 활용하여 시각 정보 처리능력이 ‘상’인 집단 3명과 ‘하’인 집단 4명으로 구분하였으며, 대비 집단은 젊은 성인 11명이 포함되었다[4].

### 3.5 종속측정치

운전수행을 측정하기 위한 종속 측정치로 교차로 통과시간, 진입속도, 속도 및 핸들링 변화량을 사용하였다. 교차로 통과시간은 실험 참가자의 차량이 정지선을 지나 회전하여 진입하는 도로의 정지선을 지날 때까지의 시간(ms)을 측정하였으며, 교차로 진입속도는 실험 참가자의 차량이 정지선에 도달했을 때의 차량의 속도(km/h)를 측정하였다. 그리고 교차로 통과시 속도의 변화량은 실험 참가자의 차량이 교차로에 진입한 순간부터 가속 또는 감속함에 따른 변화의 정도를 비율(%)로 측정하였으며, 핸들링 변화량 역시 핸들을 좌측 또는 우측으로 회전시킴에 따른 변화의 정도를 비율(%)로 측정하였다.

## 4. 결 과

### 4.1 시각 작업기억 과제 수행

고령 운전자를 시각 정보처리 능력에 따라 구분하기 위해 시각 작업기억 과제의 정확률과 반응시간을 측정하였다. 정확률과 반응시간의 교환 현상(Trade off)으로 인해 수행 수준이 달라지는 것을 방지하기 위한 표준화 작업(정확률/반응시간)을 통해 고령 운전자를 두 집단으로 구분하였다[4]. 즉 시각 작업기억 과제 수행의 표준화 계수가 .0005보다 큰 집단을 시각 정보처리 능력이 ‘상(上)’인 집단으로, .0005보다 작은 집단을 시각 정보처리 능력이 ‘하(下)’인 집단으로 구분하였다<표 1>. 대

비 집단인 젊은 성인의 시각 작업기억 과제 수행 결과는 <표 2>에 제시하였다.

<표 1> 고령 운전자의 시각 작업기억 과제 수행 결과

실험참가자	정확률(ratio)	반응시간(ms)	표준화계수
A	0.50	961.29	0.000520
B	0.74	1,676.79	0.000444
C	0.61	1,265.13	0.000489
D	0.76	969.52	0.000789
E	0.74	1,399.22	0.000532
F	0.63	1,727.74	0.000366
G	0.68	1,586.66	0.000431

<표 2> 젊은 성인 운전자의 시각 작업기억 과제 수행 결과

실험참가자	정확률(ratio)	반응시간(ms)	표준화계수
H	0.92	843.62	0.001089
I	0.86	708.49	0.001210
J	0.86	818.02	0.001048
K	0.81	820.78	0.000982
L	0.96	804.90	0.001192
M	0.91	741.50	0.001225
N	0.97	704.65	0.001376
O	0.89	674.68	0.001316
P	0.95	614.31	0.001545
Q	0.85	564.84	0.001499
R	0.85	817.18	0.001036

### 4.2 운전 수행

#### 4.2.1 교차로 통과시간

회전 형태와 집단에 따른 교차로 통과시간의 차이를 살펴보기 위해 순위변환 변량분석을 실시한 결과, 회전 형태와 집단의 주효과는 유의한 반면, 회전 형태와 집단의 상호작용 효과는 유의하지 않은 것으로 나타났다<표 3>. 즉 회전 형태에 있어서는 좌회전보다 우회전시에 통과시간이 빠른 것을 확인할 수 있었다. 또한 집단에 있어서는 Bonferroni 방식의 사후 비교를 실시한 결

<표 3> 교차로 통과시간의 변량분석 결과

Source	SS	df	MS	F	p
회전형태	2,159.39	1	2,159.39	317.33	.00
회전형태×집단	20.93	2	10.46	1.54	.25
오차(회전형태)	102.07	15	6.81		
집단	338.79	2	169.39	6.18	.01
오차(집단)	411.32	15	27.42		

<표 4> 교차로 통과시간의 집단 간 사후비교 결과

집 단	대비집단	Mean Difference	SE	p
고령자_우수	젊은 성인	8.68	3.41	.07
고령자 저조	젊은 성인	9.06	3.06	.03

과, 시각 정보처리 능력이 우수한 고령 운전자 집단은 대비 집단인 젊은 성인 운전자 집단과 통과시간에 있어 유의한 차이를 보이지 않았다. 반면, 시각 정보처리 능력이 저조한 고령 운전자 집단은 대비 집단보다 교차로를 느리게 통과하는 것으로 나타났다<표 4>.

4.2.2 교차로 진입속도

회전 형태와 집단에 따른 교차로 진입속도의 차이를 살펴본 결과, 회전 형태와 집단의 주효과 및 상호작용 효과가 모두 유의하지 않은 것으로 나타났다<표 5>.

4.2.3 속도 변화량

회전 형태와 집단에 따른 교차로 내 회전시 속도 변화량의 차이를 살펴본 결과, 회전 형태의 주효과만 유의한 것으로 나타났다<표 6>. 즉 좌회전보다 우회전시 속도 변화량이 작은 것으로 나타났다.

<표 5> 교차로 진입속도의 변량분석 결과

Source	SS	df	MS	F	p
회전형태	6.98	1	6.98	0.21	.65
회전형태×집단	65.03	2	31.02	0.93	.42
오차(회전형태)	500.19	15	33.35		
집단	597.24	2	298.62	3.43	.06
오차(집단)	1,305.76	15	87.05		

<표 6> 교차로 통과시 속도 변화량의 변량분석 결과

Source	SS	df	MS	F	p
회전형태	886.15	1	886.15	36.50	.00
회전형태×집단	47.03	2	23.52	0.97	.40
오차(회전형태)	364.19	15	24.28		
집단	33.85	2	16.92	0.22	.81
오차(집단)	1,182.60	15	78.84		

4.2.4 핸들링 변화량

회전 형태와 집단에 따른 교차로 내 회전시 핸들링 변화량의 차이를 살펴본 결과, 회전 형태와 집단의 주효과 및 상호작용 효과가 모두 유의하지 않은 것으로 나타났다.

<표 7> 교차로 통과시 핸들링 변화량의 변량분석 결과

Source	SS	df	MS	F	p
회전형태	4.20	1	4.20	0.05	.82
회전형태×집단	179.03	2	89.51	1.11	.36
오차(회전형태)	1,208.20	15	80.55		
집단	224.42	2	112.21	1.58	.24
오차(집단)	1,065.08	15	71.01		

4. 결 론

본 연구는 교차로 내에서 고령 운전자들의 좌회전 또는 우회전 수행시 시각 정보처리 능력에 따라 운전 수행에서 차이가 발생하는 지를 살펴보았다. 그 결과, 교차로 통과시간에 있어서 시각 정보처리 능력이 저조한 고령 운전자들은 젊은 성인 운전자들에 비해 느린 반면, 시각 정보처리 능력이 우수한 고령 운전자들은 젊은 성인 운전자들과 유사한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 고령 운전자의 공간 정보처리 능력과 운전 수행의 관계를 살펴본 김보성 등(2009)의 결과와 일치하는 것으로 나타났다[4]. 이는 교차로를 통과하기 위해서는 위험요소들을 확인하는 과정이 요구되는데, 이 과정에서 위험 요소가 어떠한 대상인지와 그 요소가 교차로 내에 어디에 위치하는지가 모두 요구됨을 시사하는 것이다.

또한 운전자에게 있어 자신이 진행하는 방향에서 직접적으로 위험이 가해지는 요소들(예 : 진행방향의 차도에 보행자가 걸어 들어오는 경우; 위험요소)은 빠르게 처리하여 대처해야 하는 반면, 직접적인 위험 요소가 아닌 것들(예 : 진행방향의 인도에 보행자가 지나가는 경우; 위험 잠재요소)은 빠르게 배제시켜야 안전하게 교차로를 통과할 수 있다. 그러나 공간뿐만 아니라 시각 정보처리 능력이 저조한 고령 운전자들은 위험 요소와 위험 잠재요소를 처리하는 데 오랜 시간이 요구됨으로 교차로에서 더 오랜 시간 머무르게 되는 것이다.

민병찬 등(2009)의 연구에 따르면, 이러한 결과는 단지 젊은 성인에 비해 고령 운전자들의 전반적인 인지적 능력의 저하로 인해 나타나는 보상 운전행동의 결과로 해석될 수도 있다[5]. 그러나 본 연구에서는 시각 정보처리 능력이 저조한 고령 운전자 집단만 젊은 성인 운전자 집단에 비해 저조한 수행을 보였다는 결과를 고려한다면, 고령자의 보상 운전행동만의 영향으로 해석하는 것은 적절치 않은 것으로 사료된다.

한편 교차로 진입속도에 있어서 집단의 차이가 유의하지 않게 나타난 결과는 교차로 통과시간에서 나타나

는 집단의 효과를 지지해주는 증거로 해석될 수 있다. 다시 말하면, 본 연구에서 설정한 교차로 상황은 신호 등이 없는 교차로이기 때문에 교차로 통과시간은 교차로에 진입하는 차량의 속도에 의해서도 영향을 받을 수 있다. 그러나 진입속도의 집단간 차이가 유의하지 않다는 결과는 결국 교차로 통과시간의 집단간 차이가 진입 속도에 의해서 나타나는 영향이 배제된 결과라는 점을 보여주는 것이다. 즉 교차로 진입 후 교차로 내의 위험 및 위험 잠재요소에 대한 처리 수준으로 인해 나타난 운전수행의 결과로 해석될 수 있다.

이와 더불어 교차로 내의 속도 및 핸들링 변화량에서 집단간 차이가 유의하지 않은 결과도 교차로 통과시간에서 집단의 효과를 지지해주는 증거로 해석될 수 있다. 속도와 핸들링의 변화가 심한 경우는 흔히 초보 운전자들에게 있어 운전 미숙이나, 또는 신체적 운동 반응의 저하된 운전자들의 운전 수행 결과를 반영하는 것이다. 그러나 본 연구에 참여한 고령 운전자들의 운전 경력이 모두 9년 이상이라는 점은 운전 미숙의 영향을 배제시킬 수 있을 것이다. 또한 가속과 감속 페달을 자주 밟음으로써 나타나게 되는 속도의 변화량과 핸들을 자주 움직임으로 나타나는 핸들링 변화량에서 젊은 성인과 차이가 유의하지 않다는 점은 고령자의 신체적 능력의 저하로 인해 교차로 통과시간이 길어졌다는 해석은 적절하지 않은 것으로 사료된다.

이상의 논의를 종합해보면, 운전 수행의 저하가 단순히 연령의 효과로 설명되기 보다는 시각 정보처리 능력 수준의 효과로 해석될 수 있다. 이러한 해석은 한편으로 고령자의 교차로 교통사고를 미리 예측하고 방지하는 데 사용되는 평가도구로서 시각 작업기억 과제가 활용될 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 또한 넓게는 시각 작업기억 과제가 고령자에게 있어 운전 면허증 재발급을 위한 변별 검사(screening test)로서 충분한 가치가 있을 것이다.

## 참고문헌

- [1] 경찰청; “2006년판 교통사고 통계”, 2006.
- [2] 경찰청; “2007년판 교통사고 통계”, 2007.
- [3] 경찰청; “2008년판 교통사고 통계”, 2008.
- [4] 김보성, 임동훈, 김현우, 민병찬, 민윤기; “좌/우 회전 구간에서 고령 운전자의 공간 정보 처리 능력과 운전 수행의 관계”, *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 11(3) : 1319-1330, 2009.
- [5] 민병찬, 민윤기, 김영선, 이범수, 김영수, 민수영, 김보성, 장진규; “운전 시뮬레이터를 이용한 고령자의 운전행동 특성 분석”, *산업경영시스템학회지*, 32(1) : 67-71, 2009.
- [6] 민윤기, 김초복, 정종욱; “작업기억의 연령차와 상태불안 및 인지간섭의 조절효과”, *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 8(3) : 1161-1173, 2006.
- [7] 이순철, 김종희, 오주석, 김인식; “고령운전자의 교통사고 특성 : 고령운전자와 청소년운전자의 교통사고 비교분석”, *충북대학교 사회과학연구*, 22(2) : 149-167, 2005.
- [8] 이준범, 김비아, 이세원, 이재식; “운전 수행에서 판단의 정확성에 미치는 연령의 효과: 운전 시뮬레이션 연구”, *한국안전학회지*, 23(2) : 45-50, 2008.
- [9] Baddeley, A.; *Working memory*, Oxford University Press, Oxford, 1986.
- [10] Bao, S. and Boyle, L. N.; “Age-related differences in visual scanning at median-divided highway intersections in rural areas,” *Accident Analysis and Prevention*, 41 : 146-152, 2009.
- [11] Conover, W. J. and Iman, R. L.; “Rank transformations as a bridge between parametric and nonparametric statistics,” *The American Statistician*, 35 : 124-129, 1981.
- [12] Desapriya, E., Subzwari, S., Fujiwara, T., and Pike, I.; “Conventional vision screening tests and older driver motor vehicle crash prevention,” *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 15 : 124-126, 2008.
- [13] Grabowski, D. C., Campbell, C., and Morrissey, M. A.; “Elderly licensure laws and motor vehicle fatalities,” *Journal of the American Medical Association*, 23 : 2840-2846, 2004.
- [14] Hills, B. and Burg, A.; “Vision and audition in driving,” Report No. NTIS PB-238-278, Washington, DC : US Department of Transportation, 1974.
- [15] Kim, B. J. and Bishu, R. R.; “Cognitive abilities in driving: Differences between normal and hazardous situations,” *Ergonomics*, 15 : 1037-1052, 2004.
- [16] National Highway Traffic Safety Administration; “Traffic safety facts 2003 data-older population,” 2004.
- [17] Viamonte, S. M., Ball, K. K., and Kilgore, M.; “A cost-benefit analysis of risk-reduction strategies targeted at older drivers,” *Traffic Injury Prevention*, 7 : 352-359, 2006.
- [18] Westlake, W.; “Another look at visual standards and driving,” *British Medical Journal*, 21 : 972-973, 2000.