

## 인지부하가 시각주의와 운전수행도에 미치는 영향에 관한 연령대별 분석

손 준 우<sup>1)</sup> · 박 명 옥<sup>1,2)</sup>

대구경북과학기술원 HumanLAB<sup>1)</sup> · 경북대학교 대학원 심리학과<sup>2)</sup>

### The Impact of Cognitive Workload on Driving Performance and Visual Attention in Younger and Older Drivers

Joonwoo Son<sup>1)</sup> · Myoungouk Park<sup>1,2)</sup>

<sup>1)</sup>DGIST HumanLAB, 50-1 Sang-ri, Hyeompung-myeon, Dalseong-gun, Daegu 711-873, Korea

<sup>2)</sup>Department of Psychology, Graduate School, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

(Received 2 May 2012 / Revised 26 September 2012 / Accepted 22 January 2013)

**Abstract :** Visual demands associated with in-vehicle display usage and text messaging distract a driver's visual attention from the roadway. To minimize eyes-off-the-road demands, voice interaction systems are widely introduced. Under cognitively distracted condition, however, awareness of the operating environment will be degraded although the driver remains oriented to the roadway. It is also known that the risk of inattentive driving varies with age, thus systematic analysis of driving risks is required for the older drivers. This paper aims to understand the age-related driving performance degradation and visual attention changes under auditory cognitive demand which consists of three graded levels of cognitive complexity. In this study, two groups, aged 25-35 and 60-69, engaged in a delayed auditory recall task, so called N-back task, while driving a simulated highway. Comparisons of younger and older drivers' driving performance including mean speed, speed variability and standard deviation of lane position, and gaze dispersion changes, which consist of x-axis and y-axis of visual attention, were conducted. As a result, it was observed that gaze dispersion decreased with each level of demand, demonstrating that these indices can correctly rank order cognitive workload. Moreover, gaze dispersion change patterns were quite consistent in younger and older age groups. Effects were also observed on driving performance measures, but they were subtle, nonlinear, and did not effectively differentiate the levels of cognitive workload.

**Key words :** Cognitive workload(인지 부하), Visual attention(시선주의), Driving performance(운전수행도), Older driver(고령운전자), Driver distraction(운전자 주의분산), Driving simulation(모의주행)

#### 1. 서 론

최근 스마트폰의 보급이 급속히 확산됨에 따라 운전 중 휴대전화 사용 뿐만 아니라, 문자 메시지, SNS, 인터넷 정보 검색 등 다양한 서비스가 주행 중에 이용되고 있다. 이러한 서비스의 이용은 시각적 주의분산(Visual Distraction)을 유발하여 사고 위험을 증가시킬 수 있기 때문에, 자동차 업계에서는 전

방주시 상태를 유지하면서 차내 정보 기기를 조작할 수 있도록 음성인식 방식의 HMI 기술을 활발히 적용하고 있다. 그러나 현재 가장 안전한 사용자 인터페이스 기술로 알려진 음성인식 방식조차도 여전히 인지부하를 유발하여 시각주의에 영향을 미치게 된다.<sup>1-4)</sup> 즉, 핸즈프리를 이용한 전화 통화와 음성 명령 방식은 운전자의 시선이 도로를 향하고 있는 상태를 유지할 수 있도록 지원해 주지만, 여전히 인지적 자원이 사용되고 있기 때문에 전방에서 일어나

\*Corresponding author, E-mail: json@dgist.ac.kr

고 있는 상황에 대한 인지 및 판단 능력이 떨어지게 된다.<sup>5)</sup> 또한, 인지부하가 증가할 경우, 횡방향 및 종방향의 운전 제어능력이 저하되기 때문에 사고위험이 증가하게 된다.<sup>2,6-8)</sup>

이러한 차내 정보 기기 사용으로 유발되는 인지부하의 증가로 인한 운전 능력 저하를 방지하기 위하여, 운전부하 관리시스템이 제안되고 있으며,<sup>9)</sup> 운전자 상태를 추정하기 위하여 운전패턴, 생체신호, 시선의 움직임 등의 다양한 측정변수가 활용되고 있다.<sup>10,11)</sup> 이 중 시각적 거동을 이용하는 방식은 시각적 부주의를 직접 관찰할 수 있는 장점이 있으며, 최근에는 시선 분포의 변화를 이용한 인지 부하 추정 기법에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다.<sup>2,4)</sup>

또한, 인지적 부하가 시선 거동에 미치는 영향과 관련한 다양한 연구가 수행되어 왔다. Harbluk의 연구<sup>1)</sup>와 Victor의 연구<sup>3)</sup>에서는 인지부하가 가중되는 상황에서 운전자가 계기판, 미러, 도로주변상황 등을 보는 횟수를 줄이는 현상이 관찰되었다. 하지만, 운전과 같은 동적인 환경에서 운전자 시선의 고정점을 확인하는 것은 매우 복잡한 처리과정을 요구하기 때문에 실시간 모니터링 기술로 활용하기에는 다소 부적합한 면이 있다.<sup>12)</sup> 한편, 보다 간편한 시선거동 분석기법으로, 시선의 고정점을 분류하지 않고 시선 추적 장치에서 측정된 시선 좌표를 직접 처리하여 인지 부하와 연관된 시각적 변화를 판단할 수 있는 방법도 활용되고 있다.<sup>2,13,14)</sup> 이러한 시선 좌표의 직접 처리 방식을 통하여, Sodhi의 연구<sup>13)</sup>와 Reimer의 연구<sup>2)</sup>에서 인지부하가 증가할수록 시선 좌표가 중심에 집중화되는 것이 관찰되었으며, 인지 부하가 증가함에 따라 동공의 직경이 확대된다 는 사실도 관찰된 바 있다.<sup>15)</sup>

그러나, 한국과 미국 운전자의 운전행동 비교 연구<sup>6)</sup>결과에 따르면, 한국 운전자들은 우수한 속도제어 능력을 보이는 반면 상대적으로 낮은 차선 유지 능력을 나타내어 미국 운전자들과 유의한 차이가 있다고 보고된 바 있다. 이러한 문화에 따른 운전행동의 차이 뿐만 아니라, 중앙분리대 유무와 교통밀도차 등과 같은 도로 상황의 차이로 인하여 해외의 연구와 상이한 결과가 발생할 수 있다는 우려가 있다.

따라서, 본 논문에서는 한국의 교통 상황에서 인지적 2차 과업 수행이 시선분포와 운전수행도에 미치는 영향을 연령별로 비교하고, 해외 연구와의 일관성을 확인하기 위하여 모의주행실험 연구를 수행한 결과를 제시하고자 한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 피험자

인지부하 난이도가 운전자 시야에 미치는 영향을 분석하기 위하여 청년운전자 25-35세와 고령운전자 60-69세를 각각 15명씩 모집하였다. 실험참가자의 평균연령은 20대는 27.9 세( $SD = 3.13$ ), 60대는 63.2 세( $SD = 1.74$ )이며, 평균운전경력은 20대는 6.5년( $SD = 3.56$ ), 60대는 22.8년( $SD = 6.26$ )이다. 실험참여자는 주 3회 이상 운전을 하며, 신체적, 정신적으로 건강한 사람들로 선정하였다. 또한, 기본적인 인지능력을 검사하기 위하여 MMSE(Mini Mental Status Exam)을 시행하였으며,<sup>16)</sup> 30점 만점에 27점 이상을 통과한 사람이 참가하였다.

### 2.2 실험장치

#### 2.2.1 모의주행 및 시선측정

인지부하 난이도가 운전자의 운전수행도와 시각주의에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험은 Fig. 1과 같은 모의 주행 장치를 이용하였다. 모의 주행장치는 DLP프로젝터, 스크린, 제어용 PC와 현대 제네시스의 차량 내부를 재현한 시뮬레이터 차량으로 구성되었으며, 소프트웨어는 System Technology사의 STISIM Drive™를 사용하였다. 도로와 차량 영상



Fig. 1 DGIST Fixed-base driving simulator

이 스크린 화면( $2.5m \times 2.5m$ )에 약 30 Hz주기, 1024  $\times$  768 해상도로 표시된다. 주행 구간은 약 37km의 편도 2차선 직선 고속도로로 구성되었다. 또한, 한국의 고속도로 상황을 묘사하기 위하여 중앙분리대와 가드레일을 추가하고, 주행 및 추월 차선에 주변 차량을 조밀하게 배치하였다.

차량시뮬레이터에 탑승한 운전자의 시선 정보를 검출하기 위하여 FaceLAB 4.6(Seeing Machines, 호주)을 사용하여 60 Hz로 측정하였다.

### 2.2.2 이중 과업 상황

모의 주행 실험 중 인지적 2차 과업(Secondary Task)을 부가하기 위하여, 음성으로 제시되는 숫자를 기억하여 대답하는 N-back 과업을 이용하였다.<sup>6)</sup> 본 실험에서는 3가지 난이도의 인지 부하를 부가하기 위하여 숫자를 듣고 바로 말하는 0-back, 한 숫자 전에 제시된 숫자를 말하는 1-back, 그리고 두 숫자 전에 제시된 숫자를 말하는 2-back을 이용하였다. N-back에서 제시되는 숫자로 0~9사이의 정수를 사용하였으나, 4번은 발음상의 혼돈을 피하기 위하여 사용하지 않았다. N-back 과업은 각 난이도별로 30초 동안 10개의 숫자를 들려주는 과정을 4회 반복함으로써 인지부하가 2분간 지속되도록 설계하였다. 각각의 숫자는 약 2.1초 주기로 제시되었으며, 각 난이도별 N-back을 수행한 이후에 인지능력이 회복될 수 있도록 3회의 N-back 구간 사이에 2분의 휴식시간 2회를 포함하였다.

개인별 인지능력의 차이를 최소화하기 위하여, 20대의 경우는 0-back을 100% 맞추고, 1-back의 경우 2개 이하의 오답, 2-back의 경우는 3개 이하의 오답 조건을 만족시킬 때까지 충분한 N-back 사전 연습을 실시하였다. 60대도 20대와 같은 오답수준을 만족시키기 위하여 사전연습을 실시하였으며, 2-back의 경우 20대는 평균 2.6회, 60대는 평균 5.1회를 실시하였다.

### 2.2.3 실험 절차

실험 절차는 Fig. 2와 같이, 모의 주행 실험을 중심으로 주행 전 단계와 주행 후 단계로 구성하였다. 실험 전 단계는 서명 및 설명(Consent and Overview), 사전 설문(Survey), 시선 측정 장치 세팅(Gaze Tracker Set-up) 및 모의 주행 훈련(Driving Simulator Training), 그리고 N-back 훈련(N-Back Task Training)으로 구

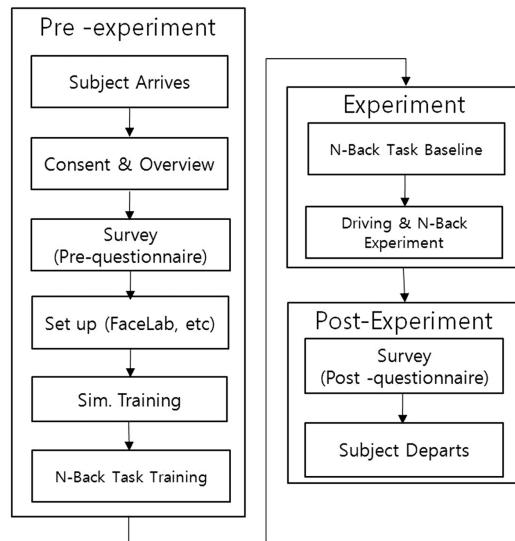


Fig. 2 Experiment flow diagram

성하였다.

본 실험 단계에서는 기준 N-back 수행 능력 실험(N-back Task Baseline), 모의 주행 실험(Driving & N-back Experiment)으로 구성하였다.

또한, 피험자의 참여도를 높이기 위하여, 20대의 경우 실험보상금 30,000원 중 20,000원을 실험비용으로 10,000원을 인센티브 비용으로 나누어 지급하는 것으로 설명하였으며, 60대의 경우 실험비용 50,000원 중 40,000원을 실험비용으로 10,000원을 인센티브 비용으로 설명하였다. 즉, 인센티브 금액이 사고횟수, 도착 지연 시간, N-back 수행에 따른 오답 수에 따라 차감 되도록 설계하여, 피험자가 실제 운전 상황의 스트레스와 유사한 심리적 불안감을 느끼도록 유도하였다.

### 2.2.4 분석 방법

시선주의와 운전수행도는 2분 주기로 구성된 5개 구간에서 측정되었다. 운전자의 기준값(Baseline)에 해당하는 첫 번째 구간은 2차과업이 시작되기 30초 전으로부터 2분간의 측정 구간이며, 두 번째에서 네 번째 구간은 3가지 난이도의 N-back 수행 구간이다. 마지막 5번째 구간은 N-back 수행을 완료한 시점으로부터 30초가 지난 후의 2분간 측정한 구간으로 회복구간(Recover)에 해당한다.

운전자의 과도한 머리 움직임이나 눈 깜빡임 등

으로 인하여 잘못 측정된 시선 데이터를 제거하기 위하여, 좌우 안구의 동공 또는 홍채를 정상적으로 측정하여 얻어진 시선 데이터 중, X 좌표는  $\pm 1.5\text{m}$ , Y좌표는  $\pm 1.0\text{m}$  범위에 속한 시선좌표만 추출하여 분석에 이용하였다.

인지부하의 나이도에 따른 운전수행도와 시선 분포의 변화에 대한 유의성 분석을 위하여, SPSS version 17 프로그램을 활용하였으며, 2차 과업을 수행하지 않은 사전(Baseline) 및 사후(Recovery) 구간과 3가지 나이도의 인지부하(0, 1, 2-back)를 수행한 구간에 대하여 반복측정 분산분석(Repeated Measure ANOVA)을 실시하였다.

### 3. 연구결과

#### 3.1 오답율

운전 중 2차과업으로 인한 인지 처리 능력의 저하 정도와 피험자의 2차과업 수행 참여도를 평가하기 위하여, 정차상황과 이중과업상황에서의 N-back 태스크의 오답율을 비교하였다. 모의주행 실험 전 N-back 태스크만 수행한 기준 오답율과 모의주행 실험과 동시에 N-back 태스크를 수행한 이중과업 오답율은 Table 1과 같다. 즉, 정차 상황과 비교할 때 2차과업 수행 시 더 높은 오답율을 보였고( $F(1,28) = 4.7, p = 0.39$ ), 나이도가 증가함에 따라 오답율이 증가( $F(1,3,34.4) = 76.8, p < 0.001$ )하는 것을 확인할 수 있었으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 이러한 결과는 N-back 태스크가 0-back, 1-back, 2-back으로 올라갈수록 나이도가 증가하여 피험자들의 인지부하가 증가되는 효과를 나타남을 의미한다.

또한, 젊은 운전자와 고령운전자 모두 정차상황

대비 2차과업에서 증가한 오답율이 5%미만으로 운전 중에도 N-back 태스크를 성실히 수행하였음을 알 수 있었다( $F(2,34.4) = 0.9, p = 0.362$ ). 그러나, 연령에 따른 나이도별 오답율에는 유의한 차이( $F(2,34.4) = 39.0, p < 0.001$ )가 있었는데, 이는 고령운전자가 젊은 운전자에 비해 어려운 나이도에 더 많이 영향을 받음을 알 수 있다.

#### 3.2 운전 수행도

2차과업에 따른 운전수행도의 저하를 분석하기 위하여, 종방향 제어 능력(Forward Control Ability)에 해당하는 평균 주행 속도(Mean Speed)와 속도변화량(Speed Variability), 횡방향 제어 능력(Lateral Control Ability)에 해당하는 차선위치변화량(Lane Position Variability)을 관찰하였다.<sup>7)</sup> 평균속도의 감소는 운전부하 증가시 운전자가 취하는 보상행위의 정도를 의미하며, 운전 수행도가 저하될 경우 속도가 느려지고 속도변화가 증가한다.<sup>17)</sup> 또한, 차선위치의 표준편차(Standard Deviation of Lane Position)는 교통사고와 밀접한 관련을 갖는 횡방향 제어 능력을 의미한다.<sup>18)</sup> Fig. 3은 나이도에 따른 (a) 주행 속도의 평균과 (b) 속도변화량을 의미하는 속도의 표준편차, 그리고 (c) 차선위치변화량에 해당하는 차선위치의 표준편차를 나타낸다. 주행 속도 평균과 표준편차를 분석한 결과, 2차과업 전후와 2차과업 상황 하에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $F(3.069, 85.942) = 13.462, p < 0.001, F(3.165, 88.631) = 4.481, p = 0.005$ ). 즉, 고령 운전자와 젊은 운전자 모두 2차과업의 나이도에 따라 평균 속도가 감소하고, 속도변화율이 증가하는 현상이 관찰되었다. 또한, 차선위치의 표준편차에서도 나이도에 따라 유의한 차이를 나타내었다( $F(3.432, 96.097) = 6.247, p < 0.000$ ).

인지부하 나이도에 따른 평균속도, 속도변화량과 차선위치변화량은 Fig. 3의 평균 속도 그래프에서와 같이 젊은 운전자의 경우, N-back을 하지 않았을 때와 비교하여 2차과업의 나이도가 증가할수록 속도가 감소하다가 다시 증가하는 경향을 보였으나, 고령운전자의 경우 0-back에서 속도가 감소하다가, 1-back에서 다시 증가하고, 2-back에서 다시 감소하는 경향을 보였다. 여기서 Baseline과 Recovery

Table 1 Secondary task error rate

Condition	Age	0-back	1-back	2-back
Non driving	25~35	0% (0)	0.74% (2.87)	6.25% (8.35)
	60~69	2% (7.75)	3% (4.86)	33.13% (20.86)
Dual Task	25~35	0% (0)	4.63% (7.47)	7.08% (6.83)
	60~69	0.67% (1.14)	6.48% (6.70)	37.29% (17.46)

\* 오답율 표기법: 평균 오답율(표준편차)

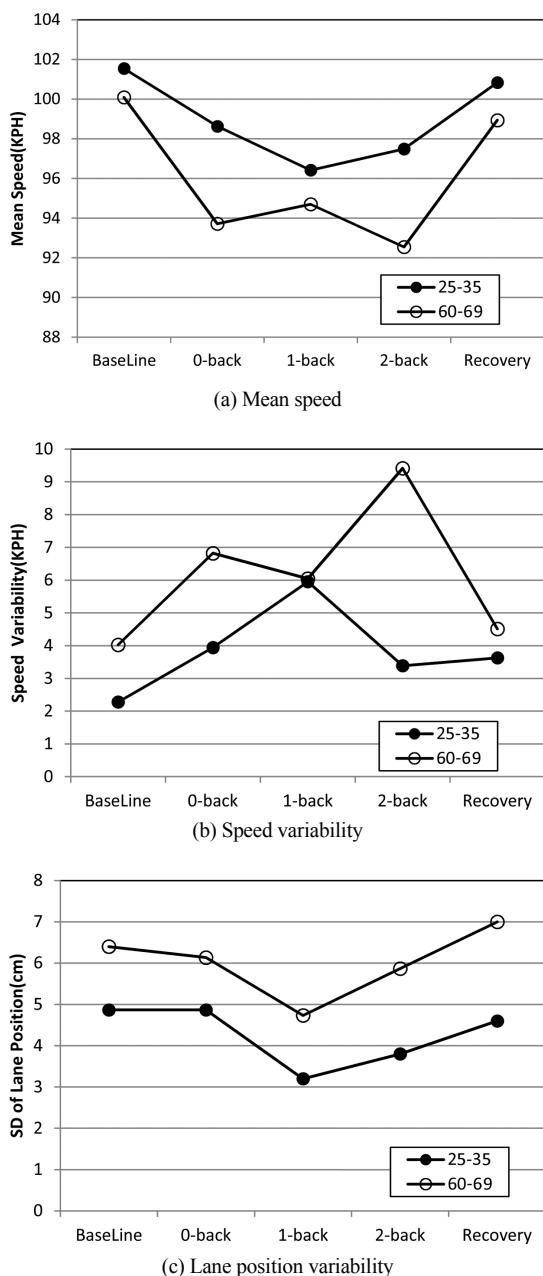


Fig. 3 Driving performance changes under different levels of cognitive workload

속도 대비 3단계의 N-back 구간은 유의한 차이( $p < 0.001$ )를 보였으나 0-back 속도 대비 1-back과 2-back의 속도 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $p = 0.598$ ,  $p = 0.391$ ). 또한 속도변화량의 경우, 높은 인지부하 상황(2-back)에서 고령운전자가 젊은운전자

에 비하여 훨씬 높은 영향을 받는 것으로 나타났다.

Fig. 3(c)에서 제시된 바와 같이 차선위치변화량은 1-back까지 감소하다가 2-back에서 다시 증가하는 경향을 보였다. 이처럼 다소 불규칙한 변화 패턴으로 인하여, 구간별 차선유지능력은 1-back만이 다른 구간과 유의한 차이를 나타내었다. 즉, 0-back과 2-back의 경우, Baseline과 Recovery 구간과 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

인지부하가 연령대별 운전수행도에 미치는 영향은 평균속도( $p = 0.004$ ), 속도변화량( $p = 0.001$ ), 차량변화량( $p = 0.039$ ) 모두 유의한 차이를 보였다. 특히 고령운전자의 경우, 인지부하에 상관없이 젊은 운전자에 비하여 차선유지 능력이 떨어지는 것이 관찰되었다. 이러한 연령 간의 차이로 인하여, 운전수행도를 이용하여 인지부하의 유무를 판단하고자 할 경우 연령을 고려하여 기준값을 정의하여야 할 필요가 있음을 알 수 있다.

### 3.3 운전자 시야각

인지부하 나이도 증가에 따른 운전자의 시선 분포 변화를 관찰한 결과, Fig. 4와 같이 인지부하가 증가함에 따라 시야가 집중화되는 현상(Visual Tunneling)을 관찰할 수 있었다. 이는 선행연구<sup>2)</sup>와 일관성을 갖는 결과로써, 실험 환경이나 문화적 차이와 무관하게 발생하는 일반적인 현상을 알 수 있었다.

운전자 시선의 집중화 정도를 보다 체계적으로 분석하기 위하여 Fig. 5와 같이 횡방향 및 종방향 시선의 표준 편차를 살펴보았다. 횡방향 및 종방향 시선 표준편차 분석 결과, 2차과업 상황에 대하여 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $F(2.917, 81.666) = 39.997, p < 0.000, F(2.835, 79.369) = 46.355, p < 0.000$ ). 또한, N-back 수행 구간에 따른 시선 분포 변화에 대한 유의성을 검증해 본 결과, 1-back과 2-back 구간의 차이(X축:  $p = 0.318$ , Y축:  $p = 0.012$ )를 제외한 모든 구간에서 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ).

연령대에 따른 횡방향의 시선 분포 변화( $p = 0.395$ )와 종방향의 시선 분포 변화( $p = 0.860$ )에는 통계적으로 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 따라서, 시선 분포의 변화량을 이용한 인지부하 나이도 측정 방법은 연령에 무관하게 사용할 수 있는 보다 일반적인 척도임을 알 수 있었다.

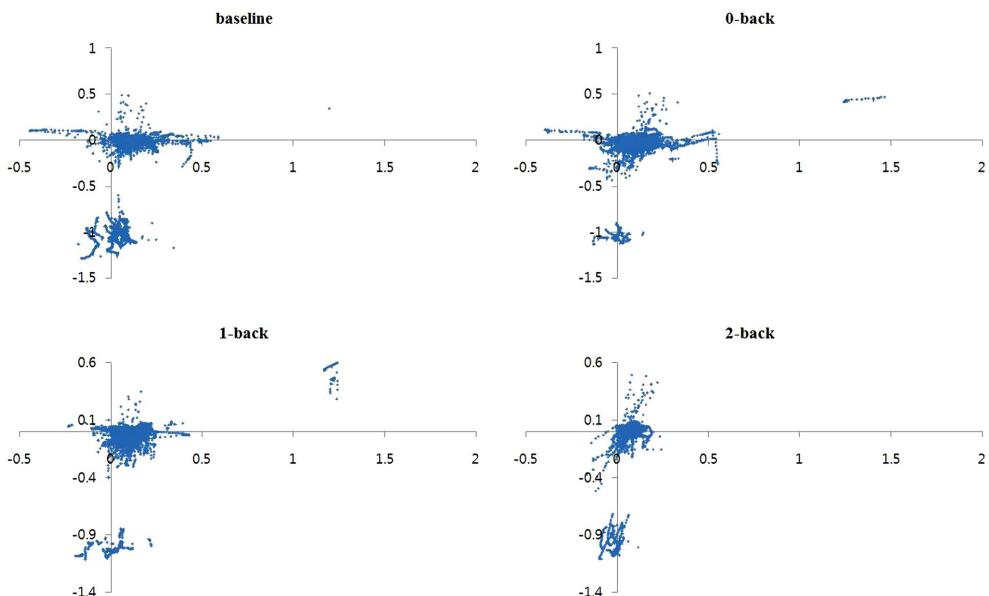
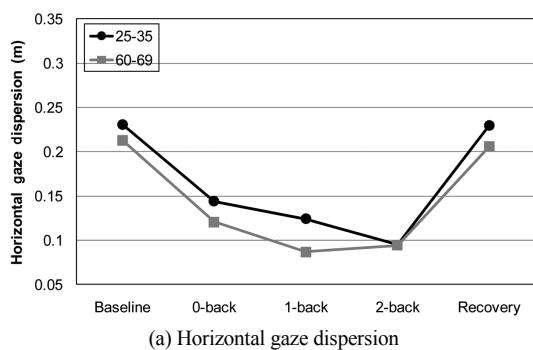
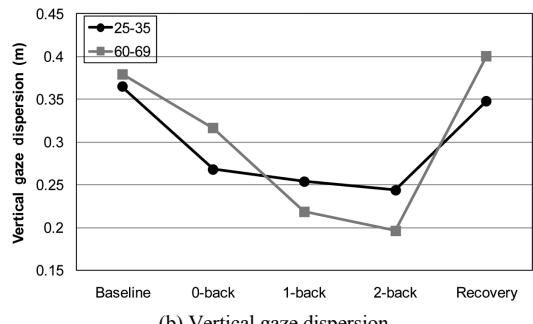


Fig. 4 Gaze distribution changes under different cognitive workload complexity



(a) Horizontal gaze dispersion



(b) Vertical gaze dispersion

Fig. 5 Gaze dispersion changes under different levels of cognitive workload

#### 4. 토의 및 결론

본 연구에서 한국의 연령별 운전 행동 패턴 및 도

로 상황을 고려하여 인지부하가 시선분포에 미치는 영향을 분석한 결과, MIT 연구진이 수행하였던 선 행 연구<sup>2)</sup>에서와 같이 운전자의 시선 분포가 인지부하 난이도에 따라 민감하게 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 한국의 운전 상황에서도 시야각 변화가 운전자의 인지부하 정도를 추정하기 위한 유용한 척도로 활용될 수 있음을 의미한다.

또한, 유럽에서 수행되었던 HASTE Project의 연구 결과<sup>3)</sup> 즉, 인지부하로 인하여 시선분포의 수축이 유발되지만 난이도에 따라 민감하게 반응하지는 않았다는 결론에 반하여, MIT 연구진이 제시한 결과<sup>2)</sup>와 일치하였다. 이러한 이유는 HASTE Project에서 발생하였던 2차과업 중도포기에 따른 인지부하 변화가 본 실험과 MIT 실험에서는 나타나지 않았기 때문으로 추정된다. 2차과업 참여도는 이중과업 상황의 오답율과 정차 오답율의 차이로 판단할 수 있는데, 본 실험에서는 오답율이 거의 유사한 수준으로 유지되었다.

연령 간 비교 결과에 따르면, 고령운전자 집단에서 시야각의 변화가 조금 더 크게 나타났으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 이로써, 시야각의 변화는 문화 및 연령과 무관하게 운전자의 인지부하 정도를 측정하기 위한 수단으로 활용될 수 있음을 확

인하였다. 또한 운전수행능력을 나타내는 평균 주행 속도, 속도 변화량, 그리고 차선위치변화량 항목도 인지부하의 유무를 추정할 수 있는 유용한 지표임을 확인할 수 있었다. 다만 운전수행도의 경우, 인지부하 난이도에 따른 차이를 나타내지는 못하므로 제한적으로 활용될 수 있다.<sup>20)</sup> 또한 인지부하의 난이도가 증가함에 따라 운전자의 시야각이 좁아지는 현상을 통하여 인지부하 또한 사고 가능성을 증가시키는 중요한 요인임을 확인 할 수 있었다.

따라서, 시각적 부주의를 유발하지 않는 음성인식인터페이스를 설계할 경우에도, 인지부하로 인한 주의분산 유발 가능성은 고려하여야 하며, 보다 객관적으로 인지부하를 추정하기 위하여 운전자의 시선 거동의 변화를 활용할 수 있음을 확인하였다.

## 후 기

본 논문은 교육과학기술부의 “대구경북과학기술원” 기관고유 및 일반사업(과제번호:12-S-01), 그리고 CPS 글로벌 센터 사업 연구비 지원에 의한 연구결과임.

## References

- 1) J. L. Harbluk, Y. I. Noy, P. L. Trbovich and M. Eizenman, “An On-road Assessment of Cognitive Distraction: Impacts on Drivers’ Visual Behavior and Braking Performance,” Accident Analysis and Prevention, Vol.39, No.2, pp.372-279, 2007.
- 2) B. Reimer, “Cognitive Task Complexity and the Impact on Drivers’ Visual Tunneling,” Transportation Research Record, Vol.2138, pp.13-19, 2009.
- 3) T. W. Victor, J. L. Harbluk and J. A. Engström, “Sensitivity of Eye Movement Measures to In-task Difficulty,” Transportation Research Part F, Vol.8, pp.167-190, 2005.
- 4) Y. S. Park, S. W. Park, T. Y. Lee and J. Son, “Impact of Cognitive Demand on Drivers’ Visual Attention in Driving Simulator,” Proc. on Ergonomic Society of Korea Fall Conference, pp.180-183, 2010.
- 5) M. A. Recarte and L. M. Nunes, “Mental Workload while Driving: Effects on Visual Search, Discrimination, and Decision Making,” Journal of Experimental Psychology : Applied, Vol.9, No.2, pp.119-137, 2003.
- 6) J. Son, B. Reimer, B. Mehler, A. E. Pohlmeier, K. M. Godfrey, J. Orszulak, J. Long, M. H. Kim, Y. Lee and J. F. Coughlin, “Age and Cross-cultural Comparison of Drivers’ Cognitive Workload and Performance in Simulated Urban Driving,” Int. J. Automotive Technology, Vol.11, No.4, pp.533-539, 2010.
- 7) J. Son, Y. Lee and M. H. Kim, “Impact of Traffic Environment and Cognitive Workload on Older Drivers’ Behavior in Simulated Driving,” International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, Vol.12, No.1, pp.135-141, 2011.
- 8) J. A. Engström, E. Johansson and J. Öslund, “Effects of Visual and Cognitive Load in Real and Simulated Motorway Driving,” Transportation Research Part F, Vol.8, No.2, pp.97-120, 2005.
- 9) B. Reimer, J. F. Coughlin and B. Mehler, “Development of a Driver Aware Vehicle for Monitoring, Managing and Motivating Older Operator Behavior,” Proceedings of the ITS-America, pp.1-9, Washington DC, 2009.
- 10) J. Son and M. Park, “Estimating Cognitive Load Complexity Using Performance and Physiological Data in a Driving Simulator,” Adjust Proceedings of the 3rd International Conference, Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, Salzburg, 2011.
- 11) P. Green, “Driver Distraction, Telematics Design, and Workload Managers: Safety Issues and Solutions,” SAE 2004-21-0022, 2004.
- 12) B. Reimer and M. Sodhi, “Detecting Eye Movements in Dynamic Environments,” Behavior Research Methods, Instruments, & Computers, Vol.38, No.4, pp.667-682, 2006.
- 13) M. Sodhi and B. Reimer, “Glance Analysis of Driver Eye Movements to Evaluate Distraction,” Behavior Research Methods, Instruments, & Computers, Vol.34, No.4, pp.529-538, 2002.
- 14) C. Ahlstrom, K. Kircher and A. Kircher,

- “Considerations when Calculating Percent Road Center From Eye Movement Data in Driver Distraction Monitoring,” Proceedings of the Fifth International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design, Big Sky, MT, pp.132-139, 2009.
- 15) Y. F. Tsai, E. Viirre, C. Strychacz, B. Chase and T. P. Jung, “Task Performance and Eye Activity: Predicting Behavior Relating to Cognitive Workload,” Aviation, Space, and Environmental Medicine, Vol.78, No.5, pp.176-185, 2007.
- 16) M. F. Folstein, S. E. Folstein and P. R. McHugh, “Mini-mental State: A Practical Method for Grading the Cognitive State of Patients for the Clinician,” Journal of Psychiatric Research, Vol.12, No.3, pp.189-198, 1975.
- 17) R. J. Stolwyka, J. L. Charltonb, T. J. Triggsab,  
R. Iansek and J. L. Bradshaw, “Neuro-psychological Function and Driving Ability in People with Parkinson’s Disease,” Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, Vol.28, No.6, pp.898-913, 2006.
- 18) E. Y. Uc, M. Rizzo, S. W. Anderson, J. D. Sparks, R. L. Rodnitzky and J. D. Dawson, “Driving with Distraction in Parkinson Disease,” Neurology, Vol.67, No.10, pp.1774-1780, 2006.
- 19) J. A. Angell, P. A. Austria, D. Kochhar, L. Tijerina, W. Biever, T. Diptiman, J. Hogsett and S. Kiger, “Driver Workload Metrics Task 2 Final Report,” NHTSA, Report No.DOT HS 810 653, 2006.
- 20) J. Son and S. W. Park, “Cognitive Workload Estimation through Lateral Driving Performance,” Proceedings of the 16th Asia Pacific Automotive Engineering Conference, Chennai, SAE 2011-28-0039, 2011.