

# 인지부하 난이도가 운전자 시야각에 미치는 영향에 관한 모의주행 연구

## Impact of Cognitive Demand on Drivers' Visual Attention in Driving Simulator

박윤숙<sup>1</sup> · 박수원<sup>1</sup> · 이태영<sup>1</sup> · 손준우<sup>1</sup>

<sup>1</sup>대구경북과학기술원 인간중심지능형시스템연구실

### ABSTRACT

정보통신기술의 발달과 더불어 운전 중 정보기기의 사용이 증가함에 따라, 운전부주의가 교통사고의 주요 요인으로 급부상하는 부작용을 낳고 있다. 이러한 운전부주의를 줄이기 위한 노력의 일환으로 음성인식 기술이 활발히 도입되고 있으나, 그 효과에 대한 객관적인 연구 결과는 제한적이다. 즉, 음성명령에 따른 음성적 인지부하 또한 운전자의 주의력을 낮춰 운전자의 시각 및 조작행위를 지연시키거나 방해함으로써 긴급상황 시 적절히 대응치 못하도록 할 수 있다는 것이다. 이에 본 연구에서는 음성적인 인지 부하의 복잡도가 운전자에 미치는 영향을 분석하기 위하여, 15명의 젊은 남성운전자가 음성 인지적 이중과업을 수행하면서 운전하는 동안 운전수행능력과 시야각의 변화를 고찰하였다. 그 결과, 인지 부하의 난이도가 증가함에 따라 시선 집중화 현상(Visual Tunneling)도 증가됨을 확인할 수 있었다. 따라서, 시각적 부주의를 유발하지 않는 음성인식인터페이스를 사용할 경우에도 인지부하 증가에 따른 운전부주의 유발 가능성을 염두에 두어야 함을 알 수 있었다.

Keywords: Driver Distraction, Cognitive Workload Complexity, Workload Assessment, Voice Recognition, Driving Simulator

### 1. 서 론

최근 운전자와 승객의 안전과 편의를 향상시키기 위한 차량용 정보기기에 대한 보급이 증가되고 있다. 차량용 정보기기는 운전자에게 안전과 편의에 관련된 다양한 정보를 제공하여 보다 안전하고 편리하게 운전할 수 있도록 도와준다. 하지만 운전 중 차량용 정보기기의 사용은 운전자에게 운전 부주의를 유발시켜 차량사고의 원인이 될 수 있다(Lee et al., 2009). 특히 운전 부주의는 운전 중 핸드폰이나 내비게이션과 같은 정보기기의 조작과 같은 다중작업으로 인하여 높은 운전부하상태에서 빈번하게 발생된다 (Kim et al., 2009).

이러한 문제점을 해결하기 위하여 최근에는 운전자가 음성으로 차내 시스템을 조작하는 음성인식 기술의 적용이 진행되고 있다. 그러나 음성으로 조작하는 내비게이션의 경우, 약 300개 이상의 음성 명령어가 존재하기 때

문에 이를 기억하기는 쉽지 않다 (Lee et al., 2009). 또한 운전 중 전화통화나 대화와 관련한 음성적 인지부하 작업에서도 복잡도에 따라 시선 집중화 현상(Visual Tunneling)이 나타난다(Reimer, 2009). Visual Tunneling 효과는 인지부하 정도에 따라 시선의 할당에 변화가 나타나는 것으로, 운전에만 집중할 때와 비교하여 인지부하가 주어진 동안 운전자는 정면을 집중하여 응시하기 때문에 유효시야가 좁아지며, 인지 부하 작업이 어려워질수록 유효시야는 더욱 좁아진다.

본 연구에서는 음성인식기술에 대한 대체 이중과업으로 N-Back task (Son et al., 2010)를 이용하여 운전자에게 음성적 인지부하를 부가하고 난이도에 따른 운전자의 시야각 변화를 관찰하였다. 그 결과 인지부하가 증가함에 따라 Visual Tunneling 현상도 더불어 증가함을 확인할 수 있었으며, 특히, 운전자의 횡방향 시야각의 변화가 부가된 인지부하의 난이도를 추정하는 데 유용하게 사용될 수 있음을 확인하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 피험자

인지부하 난이도가 운전자 시야각에 미치는 영향을 분석하기 위하여 15명의 25-35세 운전자를 모집하였다. 실험참가자의 평균연령은 27.9세(SD=3.13), 평균운전 경력은 6.5년(SD=3.56)이다. 실험참여자는 주 3회 이상 운전을 하며, 신체적, 정신적으로 건강한 사람들로 선정하였다. 또한, 기본적인 인지능력을 검사하기 위하여 MMSE(Mini Mental Status Exam)을 시행하였으며(Folstein et al., 1975), 30점 만점에 27점 이상을 통과한 사람이 참가하였다.

### 2.2 실험장비

#### 2.2.1 차량 시뮬레이터

인지부하 난이도가 운전자 시야각에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험은 그림1과 같이 대구경북과학기술원(DGIST)의 모의 주행 실험 장치를 이용하여 진행되었다. 모의 주행 실험 장치는 DLP 프로젝터, 스크린, 제어용 PC와 현대 제네시스의 차량 내부를 재현한 시뮬레이터 차량으로 구성되었다. 그리고 소프트웨어는 System Technology사의 STISIM Drive™를 사용하였으며, 약 30Hz 주기로 도로와 차량 영상이 스크린 화면(2.5m x 2.5m)에 1024×768 해상도로 표시된다. 주행 구간은 약 37km의 편도 2차선 직선 고속도로로 구성되었다.

#### 2.2.2 시선측정장비

차량시뮬레이터에 탑승한 운전자의 시선 정보를 검출하기 위하여 FaceLAB 4.6(seeing Machines, 호주)을 사용하여 60Hz의 속도로 측정하였다.



그림 1. 모의주행장치(DGIST)

### 2.3 이중 과업

모의 주행 실험 중 이중 과업을 부과하기 위해 사용된 인지 부하는 음성으로 제시된 숫자를 기억하여 대답하는 N-back 과업으로 선정하였다.(Son et al., 2010) 본 실험에서는 3수준의 인지 부하를 부과하기 위하여 숫자를 듣고 바로 말하는 0-back, 한 숫자 전에 제시된 숫자를 기억하여 말하는 1-back, 그리고 두 숫자 전에 제시된 숫자를 말하는 2-back을 이용하였다. N-back에서 제시되는 숫자로 0~9 사이의 정수를 사용하였으나, 4번은 발음상의 혼돈을 피하기 위하여 사용하지 않았다. 본 실험에서는 이전 실험에서와 달리 N-back 난이도를 순차적으로 증가시키지 않고, 무작위적으로 제시하여 N-back 난이도 예측에 의한 영향을 최소화하였다. N-back 과업은 각 난이도별로 30초 동안 10개의 숫자를 들려주는 과정을 4회 반복함으로써 인지부하가 2분간 지속되도록 설계하였다. 각각의 숫자는 약 2.1초 주기로 제시되었으며, 다른 난이도의 N-back을 수행한 이후에 인지능력이 회복될 수 있도록 2분의 휴식시간을 포함하였다.

개인별 인지능력의 차이를 최소화하기 위하여, 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.

### 2.4 실험 절차

실험절차를 그림 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), 장비 set-up과 모의 주행 훈련(Simulator training), 그리고 N-back 훈련(N-back Task Training)으로 구성하였다.

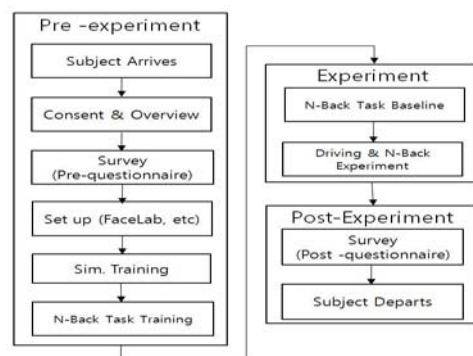


그림 2. 실험 프로토콜(protocol)의 구성

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

피험자의 참여도를 높이기 위하여, 실험 비용 30,000원을 20,000의 실험비용과 10,000원의 인센티브 비용으로 나누어 설명하였다. 즉, 인센티브 금액이 사고횟수, 도착지연시간, N-back 수행에 따른 오답 수에 따라 차감되도록 설계하여, 피험자가 실제 운전 상황의 스트레스와 유사한 심리적 불안감을 느끼도록 유도하였다.

### 2.5 분석 방법

SPSS version 17 프로그램을 활용하여 Task를 수행하지 않은 사전 및 사후 구간과 3수준의 인지부하(0, 1, 2-back)를 수행한 구간에 대하여, 운전수행 능력과 시선의 X축, Y축 방향의 변화를 알아보고자 반복측정 분산분석을 실시하였다.

## 3. 연구결과

### 3.1 오답율

운전 중 이중과업으로 인한 인지 처리 능력의 저하 정도를 평가하는 지표로 N-back task의 오답율을 사용하였으며, N-Back 기준오답율과 이중과업 오답율은 표1과 같다. 즉, 정차 상황에서 수행한 N-Back task에서 난이도가 증가함에 따라 오답율이 증가하는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 0, 1, 2-Back으로 올라감에 따라 난이도가 증가함을 의미한다 또한 Dual-task상황에서는 인지부하가 더욱 증가하여 모든 난이도에 대하여 오답율이 증가함을 알 수 있다.

### 3.2 운전 수행 능력

이중과업에 따른 운전수행능력 변화를 분석하기 위하여, 주행속도의 평균과 차선위치의 표준편차를 관찰하였다. 평균속도의 변화는 운전부하 발생시 운

표 1. 인지부하에 따른 오답율

	0-back	1-back	2-back
Non-driving	1.1%	2.3%	2.7%
Dual-task	2.7%	4.2%	4.6%

전자가 취하는 보상행위의 정도를 의미하며, 차선위치의 표준편차는 교통사고와 밀접한 관련을 갖는 횡방향 제어 능력을 의미한다.

그림 3은 난이도에 따른 주행 속도의 평균과 차선위치의 표준편차를 나타낸다. 주행 속도의 평균 분석 결과, 이중과업 전후와 이중과업 상황 하에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $F(4)=14.734$ ,  $p=0.000$ ). 또한, 차선위치의 표준편차에서도 이중과업 상황에 대하여 유의한 차이를 나타내었다( $F(4)=4.233$ ,  $p=0.005$ ). 인지부하 난이도에 따른 평균속도와 차선유지능력은 그림 3에서와 같이 1-back까지 증가하다가 2-back에서 다시 감소하는 경향을 보였으며, 통계적으로 유의한 차이는 제한적이었다. 이러한 연구 결과는 인지부하의 경우 난이도에 따른 운전수행능력의 변화가 일정하지 않다는 선행 연구와 일관성을 보였다.

### 3.3 운전자 시야각

주행 중 인지부하 난이도가 증가함에 따라 운전자의 시선분포가 집중화되는 현상(Visual Tunneling)을 토대로 운전자의 시야각 변화를 관찰한 결과, 그림 4와 같이 인지부하가 증가함에 따라 시선이 집중화되는 현상이 관찰되었으며, 선행연구(Reimer, 2009)와 일관성을 보였다.

운전자 시선의 집중화 정도를 보다 체계적으로 분석하기 위하여 그림 5와 같이 횡방향 및 종방향 시선의 표준편차를 살펴보았다. 횡방향 시선 표준편차 분석 결과, 이중과업 상황에 대하여 통계적으로 유의한 차이를 나타내었으며( $F(4)=29.032$ ,  $p=0.000$ ), 난이도 간에도 0-Back과 2-Back간에 유의한 차이를 나타내었다( $p=0.040$ ). 종방향 시선도 이중과업 상황에 대하여 통계적으로 유의한 차이( $F(4)=12.669$ ,  $p=0.000$ )가 있었으나, 난이도 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다.



그림 3. 난이도에 따른 속도의 평균 및 차선위치의 표준편차

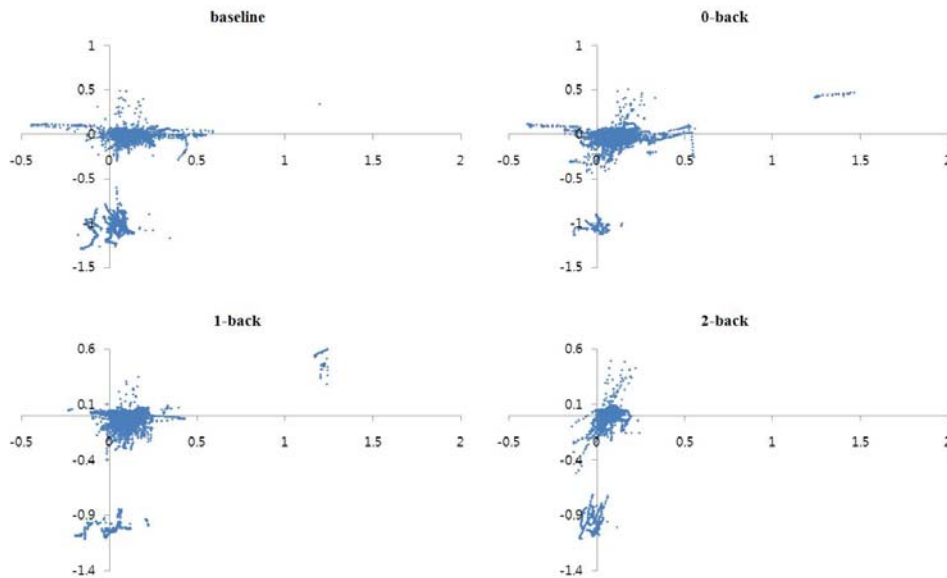


그림 4. 인지부하의 증가에 따른 시선의 집중화 현상

#### 4. 토의 및 결론

본 연구를 통하여 운전자의 시야각 특히, 횡방향 시야각이 인지부하의 난이도에 가장 민감한 측정변수라는 것을 확인할 수 있었으며, 해외 연구(Reimer, 2009)와 일관된 결과를 보였다. 또한, 운전수행능력을 나타내는 평균 주행 속도와 차선위치의 표준편차 항목도 인지부하를 추정할 수 있는 지표임을 확인할 수 있었다. 다만 운전수행능력의 경우, 인지부하 난이도에 따른 차이를 나타내지는 못 하므로 제한적으로 활용될 수 있다. 또한 인지부하의 난이도가 증가함에 따라 운전자의 시야각이 좁아지는 현상이 관찰되었으며, 이는 인지적 부주의로 인하여 사고 가능성이 증가함을 의미한다.

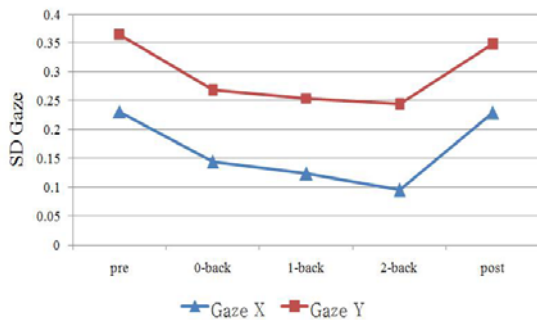


그림 5. 난이도에 따른 시선의 변화

따라서, 시각적 부주의를 유발하지 않는 음성인식인터페이스를 설계할 경우에도, 인지부하로 인한 부주의의 유발 가능성을 고려하여야 한다. 보다 객관적으로 인지부하를 측정하기 위하여 운전자의 횡방향 시야각의 집중화 정도를 활용할 수 있다.

#### 참고 문헌

Reimer, B., Impact of Cognitive Task Complexity on Drivers' Visual Tunneling, *Journal of the Transportation Research Board of the National Academies*, 13-19, 2009.

Kim, M. H., Kum, D. H., Lee, Y. T. And Son, J., Analysis of Driving Performance Characteristics for Estimating Driving Workload", *KSAE Annual Conference*, (pp.1770-1775), Incheon. KOREA, 2009.

Lee, Y. T., Kim, M. H., And Son, J., Effects of Advancing Age on Drivers' Cognitive Workload, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 28(3), 73-79, 2009.

Son, J., Reimer, B., Mehler, B., and et al., Age and cross-cultural comparison of drivers' cognitive workload and performance in simulated urban driving, *International Journal of Automotive Technology*, 11(4), 533-539, 2010.

Folstein, M.F., Folstein, S.E., McHugh, P.R., Mini-mental state: A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician, *Journal of Psychiatric Research*, 12(3), 189-198, 1975.