

운전자의 속도통제와 정보처리에서의 인간요인: 운전자의 눈높이와 인지부하의 효과

이 재 식

부산대학교 심리학과

운전자가 세단형 차량을 운전하거나 트럭을 운전하는 경우와 같이, 운전자의 눈높이가 지상으로부터 달라졌을 때, 운전자의 속도 통제와 정보처리 양상에 어떤 차이를 보이는지 알아보기 위해 두 개의 운전 시뮬레이션 실험을 실시하였다. 실험 1에서는 운전자의 눈높이와 도로의 복잡도를 달리하여, 운전자의 평균 운전속도, 자유 회상율, 그리고 주관적인 경과시간 추정치를 분석하였고, 실험 2에서는 운전자의 눈높이와 인지 부하 수준의 운전 속도 통제 및 정보처리 수행에 대한 효과를 좀더 구체적으로 알아보기 위해, 운전자의 주의를 서로 다른 감각양식(청각 vs. 시각)과 과제의 복잡도(복잡 vs. 단순)에 따라 분산시켰을 때의 수행을 측정하였다. 두 실험의 결과를 종합하여 요약하면, (1) 높은 눈높이 조건(6피트)의 피험자들은 낮은 눈높이 조건(4피트) 조건의 피험자들에 비해 더 빠른 운전 속도와, 더 나은 자유 회상율, 그리고 더 과소 추정된 주관적 경과 시간을 보고하는 경향을 보였고, (2) 또한 이전 연구들의 결과가 보인 대로, 도로의 복잡성은 운전자의 속도 조절 행동에 중요한 요인으로 작용하여, 복잡한 도로 일수록 운전자는 단순한 도로에 비해 느린 속도로 운전하는 경향을 보였다. 특히 (3) 운전자의 눈높이 효과의 크기는 여러 목표 속도들의 수준에 따라 일정하였으며, 운전자의 주위가 시각적으로 혹은 복잡한 과제에 의해 분산될 때가 청각적 혹은 단순한 과제에 의해 분산될 때보다, 더 느린 운전 속도와 저조한 정보처리 수행을 보였다. 인지적 부하의 수준이 운전 속도와 자유 회상율과는 부적 상관인, 반면 주관적 경과 시간의 추정과는 정적상관이 있다는 이전의 연구 결과들과, 본 연구에서 밝혀진 운전자 눈높이 효과, 즉 높은 눈높이에 의한 운전 속도와 자유 회상율의 증가, 그리고 주관적 경과 시간의 과소 추정 경향은 운전자의 눈높이의 변화가 지각적 속성의 변화이기는 하나, 지각적 수준을 넘어서 인지적 수준까지 영향을 준다는 것이 본 연구에서 시사되었다.

운전시에 운전자들은 그들의 움직임의 방향이나 속도에 대한 정보를 환경에서 제공되는 몇 가지 단서들에 의존하여 처리한다. 인간 정보처리의 생태학적 중요성을 검증하면서 Gibson (1979)은 사람들은 자신의 움직임을 통제하거나 지각하기 위해 환경에서 직접 제공되는 몇 가지 단서들을 이용한다고 제안하였다. 예를 들어, 관찰자의 눈높이가 낮은 경우, 응시점으로부터의

결구배(textural gradients)는 높은 응시점의 관찰자에 비해 덜 압축되어 (compressed) 있다. 또한 관찰자들이 움직임에 따라 그 결구배의 변화율은 관찰자의 눈높이에 의해 다르다. 즉, 트럭을 운전할 때와 같이 운전자의 눈높이가 높다면, 일반 세단형 승용차를 운전할 때와 같이 낮은 눈높이의 경우보다 결구배의 변화율이 느리다.

또 다른 단서는 실제 관찰자들이 움직일 때나 외부 환경 자체가 움직일 때 출현하는 광학 흐름(optic flow)이다. 이러한 광학흐름의 패턴은 움직임에 대한 특정한 정보를 제공한다. 즉, 응시점으로부터 원심적으로(centrifugally) 확장되어 방사되는 것처럼 보이는 광학적 결 요소들(optical texture elements)에 의해 관찰자들은 그들이 앞으로 나아가고 있다는 것을 알 수 있게 한다. 뿐만 아니라, 광학 흐름의 변화 속도에 따라 관찰자들은 자신의 움직임의 속도에 대한 정보도 제공받는데, 일반적으로 눈높이가 낮은 경우가 높은 경우에 비해 광학 흐름의 변화 속도가 빠르다.

이러한 광학 흐름 시간에 따른 변화율이 움직임의 속도 지각에 미치는 효과는 보잉 747 항공기가 처음 소개되었을 때의 조종사의 항공기 지상 주행(taxiing, 항공기를 착륙 후 터미널까지 이동하거나 이륙하기 위해 활주로로 이동시키는 과정) 오류에서 볼 수 있었는데, 조종사들은 너무 빨리 항공기를 지상에서 조종하려는 경향을 보여 종종 랜딩 기어를 손상시켰다. 이러한 과속의 원인은 보잉 747 항공기가 이전의 모델에 비해 조종석의 위치가 약 두 배 정도 높아 실제 운전속도는 같더라도 광학 흐름의 변화속도는 느리게 지각되어 조종사들이 기존에 익숙해 있던 시각흐름의 변화율에 맞추어 지상주행을 하려 했기 때문이었다(Wickens, 1992).

운전자에게 제공되는 운전 환경의 지각적 속성뿐만 아니라, 운전자의 인지적 능력 특히 주의의 역할(role of attention) 역시 운전 수행을 결정하는 중요한 인간 요인 중 하나이다. 이와 관련된 문제 중의 하나는 운전을 자동화된(automatized) 행동으로 볼 것인지, 아니면 통제적(controlled) 과정으로 볼 것인지에 대한 것이다. Summala(1988)는 운전 기술들은 연습과 경험을 통해 개발되는 일종의 자동적 과정

이라고 주장하였다. 그러나 이러한 연습과 경험의 이점에도 불구하고 운전 상황은 운전자로 하여금 도로상이나 도로 외의 환경에 지속적인 주의를 요구한다. Shinar(1978, p.72)는 운전자들이 일반적으로 그들의 주의를 온전히 운전과 관련된 과제의 수행에 집중하는 것은 아니며, 그 결과 전체 교통 사고의 45%정도가 이러한 주의의 실패에 의한 것임을 밝혔다. 이와 유사하게 Hughes와 Cole(1986)도 30-50%정도의 운전자의 시각적 주위가 운전과 관련 없는 곳에 할당된다는 것을 보였다.

이런 결과들은 운전이 어느 정도는 인지적 부하를 초래함을 시사한다. 운전자의 인지 부담과 운전 수행, 특히, 운전 속도와 관계를 살펴보기 위해 흔히 사용되는 방법은 운전자에게 운전 외의 또 다른 과제(흔히 2차 과제라고 함)를 수행하도록 요구하는 것이다. 예를 들어, Harms(1991)는 운전자에게 운전을 하면서 운전자에게 청각적으로 들려준 숫자 중 큰 수에서 작은 수를 빼도록 요구하였다. 그가 발견한 결과 중 하나는 운전자의 운전 속도가 이차 과제의 난이도(즉, 인지 부하의 정도)와 부적적으로 상관을 보였다는 것이다.

운전자의 운전 속도는 앞에서 언급한 지각적 혹은 인지적 요인 뿐만 아니라 환경적 요인에 의해서도 영향을 받는데, 특히 중심시로 처리되는 정보보다는 주변시에서 오는 정보에 의해 운전 속도 유지 수행이 더 큰 영향을 받는다. 예를 들어, Shinar, McDowell, 그리고 Rockwell(1974)에 의하면 피험자들에게 속도계를 보지 않고 60mph를 유지하게 했을 때, 평균 운전 속도가 가로수가 있는 도로에서는 54 mph였던 반면, 가로수가 없는 도로에서는 57 mph로 도로 주변의 환경이 복잡할 때의 운전 속도가 단순할 때보다 더 느렸다.

본 연구에서는 운전자의 운전 속도 통제와 정보처리에 대한 운전자 눈높이, 도로의 복잡

성, 그리고 부가적인 과제들의 효과를 보기 위하여 여러 종속치들이 측정되었다. 먼저 여러 수준의 목표 속도하에서 운전자의 평균 운전 속도가 측정되었고, 자유 회상 과제는 운전자 눈높이나 도로의 복잡성이 운전자 정보처리의 지각적 수준을 넘는 인지적 특성에까지 적용될 수 있는지를 확인하기 위해 사용되었다. 또한 운전자가 주관적으로 느끼는 과제 수행의 경과 시간 추정치는 자극의 스케일이 작을수록(즉, 높은 곳에서 한번에 많이 볼수록) 스케일이 큰 조건에 비해 감소한다는 결과(예를 들어, Ewert, 1993)와, 과제가 복잡하고 인지 부하가 클수록 주관적 경과 시간 추정치가 증가한다는 이전 결과들(예를 들어, Brown, 1985)에 근거하여, 운전자의 눈높이를 달리했을 때의 운전자들의 운전 시간 추정의 차이도 살펴보았다. 종합하면, 이 세 개의 종속치들은 공통적으로 운전자가 운전 중에 보이는 정보처리의 부담 정도를 반영한다고 할 수 있다. 즉, 인지적 부담이 적을수록 더 빠른 운전속도와, 더 나은 자유 회상 수행, 그리고 더 과소평가된 주관적 경과 시간 추정 경향을 보일 것이다. 특히 인간의 정보 처리 능력과 관련된 이러한 서로 다른 종류의 종속치들을 통해 운전자의 눈높이와 운전자의 정보처리 양상의 관계에 대한 수렴적 증거를 얻을 수 있을 것이다.

본 연구에서 가장 관심 있게 조사될 독립 변인은 운전자의 속도 통제와 정보처리에 대한 운전자 눈높이의 효과이다. 앞에서 언급되었던 보잉 747 항공기 조종사가 택싱(taxiing)할 때의 과속에 관한 사례는 운전자 눈높이의 차이에 의한 속도 통제를 경험적 혹은 실험적 데이터에 근거하여 설명한 것이라기 보다는 기술적인(descriptive) 수준이다. 본 연구에서는 운전자의 눈높이가 변할 때 운전자는 자신들의 운전 속도를 어떻게 지각하고 통제하는지를 살펴볼 것이다.

특히 낮은 눈높이 조건의 경우, 높은 눈높이 조건에 비해, 망막에 투사되는 공간적 구배들(spatial gradients)이 더 빠르게 변하기 때문에, 운전자의 주변시에 제공되는 움직임에 관한 정보(혹은 단서)들 역시 더 빠르게 변할 것으로 여겨진다. 따라서, 속도를 유지하기 위한 다른 정보 제공원이 없다면(예를 들어 속도계를 볼 수 없다면) 운전자는 자신의 운전 속도를 순전히 환경이 제공하는 단서들에 의존하여 유지해야 하기 때문에, 높은 눈높이의 운전자에 비해 낮은 눈높이의 운전자들은 더 느린 속도로 운전할 것으로 예상된다.

본 연구에서는 운전자의 눈높이를 지상으로 부터 4피트와 6피트의 두 수준으로 통제하였는데, 그 이유는 4피트와 6피트의 운전자 눈높이가 일상생활에서 운전자들이 흔히 경험할 수 있는 눈높이의 수준들이기 때문이다. 즉, 일반적인 세단형 자동차를 운전할 때의 운전자의 눈높이는 대략 6피트 정도이다. 그러나 본 연구에 참여한 피험자들(즉, 대학생들) 뿐만 아니라 운전자들의 대부분이 세단형 자동차를 운전한다는 점을 고려하면, 4피트의 눈높이 조건이 6피트 조건에 비해 더 일반적일 것이다. 이점에 대해서는 전체 논의에서 다시 언급될 것이다.

운전자의 속도통제와 정보처리에 관련하여 본 연구에 포함된 또 하나의 요소는 이차적 과제가 요구하는 인지적 부담의 수준이다. 만일 운전 속도가 운전자의 인지적 부담과 부적적으로 상관되어 있다면(e. g., Harms, 1991), 그리고 운전하면서 운전자의 주의를 시각적으로(예를 들어, 도로표지판을 이해하려 한다든지), 혹은 청각적으로(예를 들어, 옆에 있는 사람과 이야기기를 한다든지) 분산된다면, 운전자에게 요구되는 운전 수행 그 자체 외의 이차적 과제들은 운전자의 운전속도 통제나 정보처리에 영향을 줄 것이다. 또한, 운전자의 운전 속도 통제와 부적 상관이 있는 도로의 복잡도(예를 들어,

Shinar, McDowell, & Rockwell, 1974)도 이전 연구 결과의 반복 검증뿐 아니라, 서로 다른 눈높이 조건과 도로의 복잡도 효과를 관련지어 살펴보기 위해 포함되었다.

실 험 1

방법

피험자 40명(남자 13명, 여자 27명)의 대학생이 실험에 참가하였으며, 피험자들의 평균 연령은 20.8세였다. 모든 피험자들은 실험 참가 당시 유효한 운전면허증을 소지하였고, 실험 참가 기준에 부합하는 운전 경험이 있었으며(평균 운전 경력은 4.1년, 그리고 매년 약 2,200 마일 운전), 시력은 정상이었다.

과제조건 모든 피험자들에게 네 가지의 실험 조건이 제시되었다: 통제 조건, 속도 유지 조건(Speed-Keeping : SK Only), 자유 회상 조건(Free Recall : FR Only), 그리고 속도 유지와 자유 회상 과제의 혼합 조건(Combination of the SK and FR). 통제 조건에서 피험자들은 다른 과제의 수행 없이 속도계를 보면서 정해진 목표 속도를 유지하도록 요구받았는데, 목표 속도는 일상생활에서 많이 접하는 35, 45, 55, 그리고 65mph의 네 종류가 제시되었다. 특히, 실험자는 피험자에게 이 속도 표지가 제한 속도 표지가 아니고, 그 속도대로 운전해야 한다는 것을 의미한다는 것을 실험 전에 설명하였다.

속도 유지 조건(SK Only)에서는 피험자들이 속도계를 보지 않고 주어진 목표 속도로 운전하도록 요구받았으며, 자유 회상 과제는 이 조건에 요구되지 않았다. 자유 회상 조건(FR Only)에서는 피험자들이 속도계를 보며 속도를

유지할 수 있었으나, 운전 중 매 1,000피트마다 광고판 형식으로 도로의 우측에 하나씩 제시되는 단어를 순서에 관계없이 기억하여 실험 후에 보고하도록 요구받았다. 이 조건에서 제시된 단어들은 16개로 Paivio, Yuille 그리고 Madigan(1968)이 밝힌 심상도(imagery)나 구체성(concreteness)이 5.0이상, 그리고 유의미가가 5.97이상이었으며, Thorndike와 Lorge(1944)가 밝힌 출현 빈도가 백만 분의 49 이상이었다. 마지막으로 혼합 조건에서는 속도유지와 자유 회상 과제가 동시에 요구되었으며, 이 과제에서는 자유 회상 조건과는 다른 단어의 목록이 제시되었다.

운전 시뮬레이터와 운전 시나리오 본 실험에 사용된 운전 시뮬레이터는 미합중국 아이오와 대학교의 운전 시뮬레이션 연구소(CCAD & IDS)에 설치된 고정형 시뮬레이터(fixed base simulator)로 일반 승용 자동차에서 볼 수 있는 모든 계기판들이나 컨트롤들이 설치되었으며, 트랜스미션은 오토매틱이었다. 운전자의 시뮬레이터 조작에 따른 도로나 주변장면의 움직임은 시뮬레이터와 연결된 컴퓨터가 생성한 이미지에 의해 제시되었으며, 운전속도 등과 같은 운전 수행 데이터는 시뮬레이터와 연결된 개인용 컴퓨터에 저장되었다. 시뮬레이터의 대쉬보드 중앙 상단에 디지털형의 속도계가 제공되었다. 도로상의 장면들(예를 들어, 차선이나 옆차선의 자동차들)이나 도로 외의 장면들(예를 들어, 도로 주변의 건물이나 경치)은 STISIM 운전 시뮬레이션 프로그램(버전 6.22, Systems Technology Inc.)에 의해 구성되었으며, 모든 장면들은 운전자 머리 2.5미터 위에 설치된 SONY TV 프로젝터에 의해 화면의 중심과 운전자의 시선이 가로 50도, 세로 40도의 시각역(visual angle)을 제공하는 디스플레이 상에 투사되었는데, 이 시각역은 실제 운전 상

황에서 운전자에게 제공되는 최소한의 시각영역을 만족시킬 수 있는 조건이었다(Haug, 1990).

각 과제조건에 따라 연습을 위한 운전 시나리오와 본 실험을 위한 운전 시나리오가 한 쌍씩 준비되었다. 각각의 눈높이 조건에 따라서는 같은 시나리오들이 사용되었으나, 같은 눈높이 조건에서 각 실험조건에 따른 시나리오는 운전자의 연습효과를 제거하기 위해 도로 외의 장면들(예를 들어, 건물의 모양)은 약간씩 변경되었다. 피험자들이 운전하는 도로는 2차선 도로였으며, 목표 속도 표지판 외의 교차로나 멈춤 표시와 같은 운전자가 속도를 변경시켜야 하는 도로 표지들은 제시되지 않았다.

모든 시나리오의 운전길이는 20,000피트였으며, 각 목표속도를 정확히 따른다면 시나리오당 약 5분이 소요되었다. 각각의 시나리오에는 복잡한 도로나 단순한 도로가 5,000피트마다 반복되었으며, 피험자에 따라 도로 복잡도의 제시 순서가 변경되었다. 복잡한 도로조건인 경우 도로의 양측에 평균 30개씩의 서로 다른 모양과 색깔의 건물이 제시되었고, 반대차선에는 평균 20대의 자동차들이 서로 다른 속도로 움직이도록 제시되었다. 이에 비해 단순한 도로의 경우에는 도로 옆의 건물이나 반대차선의 자동차가 제시되지 않았다.

네 가지의 목표속도들은 점진적으로 증가하거나 감소하도록 제시되었는데, 같은 속도는 하나의 운전 시나리오 안에서 네 번씩 제시되었다: 증가 1(35, 45, 55, 65mph), 연결 1(55 mph), 감소 1(65, 55, 45, 35mph), 연결 2(45 mph), 증가 2(35, 45, 55, 65mph), 연결 3(55 mph), 그리고 감소 2(65, 55, 45, 35mph). 점진적 목표속도의 제시와 연결 속도의 제시는 갑작스런 속도 변화에 따른 운전속도의 순응효과를 방지하기 위해 채택되었다(Schmidt & Tiffin, 1969). 각각의 목표속도는 1,000피트 운

전 거리마다 제시되었다.

절 차 실험 실시 전에, 피험자들은 그들의 운전 경력과 인구학적 특성을 보고하도록 하는 질문지를 완성하였고, 간단한 시력검사를 받았으며, 손목 시계를 볼 수 없는 곳에 두도록 요구받았다. 40명의 피험자들이 각각의 눈높이 조건에 무선 할당되었고, 각 눈 높이에 조건 안에서 서로 다른 과제가 제시된 순서는 라틴 스퀘어 방식으로 피험자에 따라 변환되었다. 모든 피험자들은 본 실험을 행하기 전에 각 실험조건과 동일한 운전 시나리오로 연습시행을 한번 실시하였다. 통제조건에서는 일상 운전 상황과 마찬가지로 피험자들은 속도계를 보면서 목표속도를 유지하였으며, 다른 부가적인 과제는 요구되지 않았다.

속도 유지 조건(SK Only)에서는 속도계가 제공되지 않았으며, 피험자들은 그들의 운전 속도에 대한 최상의 추정을 바탕으로 목표속도를 유지하도록 요구받았다. 자유 회상 조건(FR Only)조건에서는 피험자들은 속도계를 보면서 자신들의 운전 속도를 목표 속도에 맞게 조절할 수 있었으나, 도로의 오른쪽에 하나씩 제시되는 단어들을 운전이 끝난 후 순서에 상관없이 회상하도록 요구받았는데, 이 지시는 이 운전자들이 운전을 시작하기 전에 주어졌다. 혼합 조건에서의 피험자들은 속도 유지와 자유 회상과제를 동시에 수행하도록 요구받았다. 각각의 실험조건들이 완성된 후(자유회상이 요구된 조건들은 자유회상이 끝난 후) 피험자들은 그 조건을 완성하는데 소요된 시간을 분과 초 단위로 가능한 한 정확하게 보고하도록 요구받았다.

분 석 세 가지의 종속 측정치들이 본 연구에서 분석되었다: 평균 운전 속도, 자유 회상율, 그리고 주관적인 경과 시간 추정. 평균 운

전 속도는 각각의 운전자 눈높이 수준, 도로의 복잡성, 그리고 목표 운전 속도 조건에 따라 매 10 피트의 운전 거리마다 측정되었으며, 운전 속도를 새로운 목표 속도로 변화하는데 생기는 변량을 제거하기 위해 목표 운전 속도 표지판이 제시된 전후의 200피트 거리는 데이터 수집에서 제외하였다. 회상된 단어 수는 백분율로 변환되었으며, 주관적 경과 시간 추정치는 실제 소요된 시간에서 피험자가 보고한 시간을 뺀 후 초 단위로 변환하였다.

관찰된 운전 속도는 도로 조건(단순 vs. 복잡), 눈높이 수준(4feet vs. 6feet), 목표 속도(35, 45, 55, 65mph), 그리고 과제 유형들(통제 조건, 속도 유지 조건, 자유 회상 조건, 그리고 속도 유지와 자유 회상의 혼합 조건)에 대하여 변량 분석(ANOVA) 하였는데, 도로 조건, 목표 속도, 그리고 과제 유형은 피험자내 변인이었고, 눈높이 수준은 피험자간 변인이었다.

결과 및 논의

운전속도의 비교 변량 분석 결과, 운전자의 눈높이 [$F(1, 38) = 7.82, p < 0.005$], 도로 조건 [$F(1, 38) = 18.52, p < 0.0001$], 그리고 목표속도가 [$F(1, 38) = 4197.56, p < 0.001$], 유의미하였는데, 이런 결과는 운전 속도는 운전자의 눈높이가 높을수록, 도로가 단순할수록, 그리고(충분히 예상되는 바와 같이) 요구되는 운전속도가 클수록 빨랐다는 것을 시사한다. 이에 비해 과제 유형에 따른 운전속도의 차이는 없는 것으로 나타났다 [$F(3, 114) < 1$]. 그러나, 눈높이와 과제유형간의 상호작용이 유의미하고 [$F(3, 114) = 3.35, p < 0.05$], 또한 다른 상호작용효과도 유의미하였기 때문에 {눈높이와 도로조건, [$F(1, 38) = 4.14, p < 0.05$], 과제유형과 도로조건 [$F(3, 114) = 6.74, p < 0.001$], 과제유형과 목표속도 [$F(9, 342) = 6.21, p < 0.001$], 도

로조건과 목표속도 [$F(3, 114) = 12.00, p < 0.001$], 그리고 3원 상호작용효과인 눈높이 x 도로조건 x 목표속도 [$F(9, 343) = 3.48, p < 0.001$]}, 평균 운전속도에 대한 추가적인 분석들이 각각의 과제유형별로 수행되었다.

먼저, 눈높이 주효과는 통제조건과 자유회상 조건(FR Only)에서는 유의미하지 않았는데, 이는 이 조건들에는 속도계가 제공되어 피험자들이 요구된 목표속도에 맞게 속도를 조절하였기 때문인 것으로 생각된다. 따라서, 운전속도의 통제에 미치는 운전자 눈높이의 효과는 속도계가 제공되지 않았던 속도 유지 조건(SK Only)과 혼합 조건에서만 분석되었다. 지면으로부터의 눈높이와 도로의 복잡성, 그리고 요구된 목표속도에 따른 관찰된 운전속도가 그림 1에 제시되어 있다.

그림 1에서 보이듯이 자유 회상 조건 [$F(1, 38) = 4.87, p < 0.05$]과, 혼합 조건 [$F(1, 38) = 4.83, p < 0.05$] 모두에서 눈높이 효과가 유의미하였는데, 이는 속도계 없이 운전을 하는 경우 눈높이가 높은 운전자들이 낮은 운전자들에 비해 빠르게 운전한다는 것을 시사한다. 이러한 눈높이 효과와 관련된 하나의 중요한 질문은 눈높이 효과가 여러 목표속도들에 따라 동질적인가 하는 것이다. Anderson(1981)의 정보통합 이론(Information-Integration Theory)에 따르면, 만일 눈높이 효과가 여러 목표 속도에 대해 독립적이면(혹은 동질적이면) 각각의 눈높이 조건에 따른 평균 운전 속도는 여러 목표 속도들에 대해 평행적(parallel) 관계를 보여야 한다. 이 질문에 대한 대답은 각각의 목표속도와 눈높이 조건의 상호 작용 효과를 살펴봄으로써 구해질 수 있는데, 결과는 두 조건 모두에서 상호작용이 유의미하지 않음을 보여, 눈높이의 효과가 각각의 목표속도들에 대해 독립적임을 시사하였다.

눈높이의 효과와 유사하게, 평균 운전속도에

대한 도로의 복잡성의 효과도 속도 유지 조건 [$F(1, 38) = 6.76, p < 0.05$]과, 혼합 조건 [$F(1, 38) = 15.53, p < 0.001$] 모두에서 유의미하였는데, 이런 결과는 앞의 서론에서 언급되었듯이 도로의 복잡도가 증가할수록 운전자의 운전 속도가 감소함을 보이는 것이라 할 수 있다. 눈높이의 효과와는 달리 도로의 복잡성의 효과는 요구되어진 목표속도에 따라 그 효과의 크기가 달랐는데--즉, 속도 유지 조건 [$F(3, 114) = 4.43, p < 0.005$]과, 혼합 조건 [$F(3, 114) = 8.42, p < 0.001$]에서의 유의미한 도로조건 x 목표속도 효과--단순 주효과 분석 결과 이러한 상호

작용은 도로의 복잡성의 효과가 낮은 목표속도들(예를 들어, 35 혹은 45mph)에만 국한되고 목표속도가 큰 경우는 도로 복잡성의 효과가 상대적으로 미약했기 때문이었다.

속도계를 보지 않고 정해진 목표속도를 유지하거나(SK Only) 혹은 자유 회상 과제와 속도 유지를 동시에 수행하는 것(SK and FR)이 속도계를 보면서 목표 속도만을 유지하면서 운전하는 것(Control)과 어떠한 차이가 있는지를 알아보기 위해 평균 운전속도를 각각의 목표 속도 별로 분석하여 보았다.

통제 조건과 속도 유지 조건간의 비교에서는

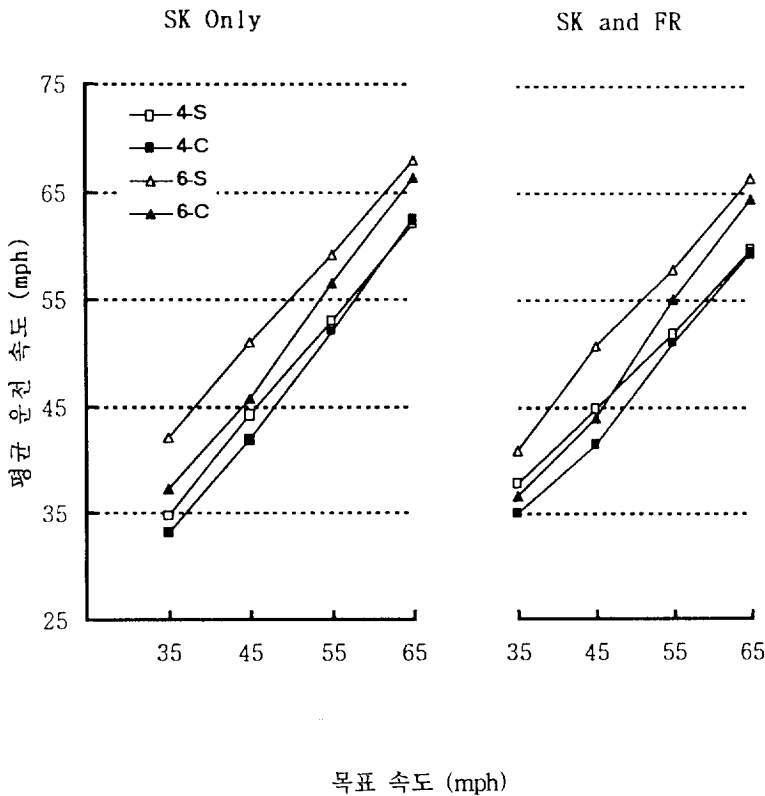


그림 1. 운전자의 눈높이, 도로의 복잡도, 그리고 목표속도들에 따른 속도 유지 조건(SK Only)과 혼합 조건 (SK 와 FR)에서의 평균 운전 속도 (4-C: 운전자 눈높이=4 피트, 도로 조건=복잡; 4-S: 운전자 눈높이=4 피트, 도로 조건=단순; 6-C: 운전자 눈높이=6 피트, 도로 조건=복잡; 6-S: 운전자 눈높이=6 피트, 도로 조건=단순).

표 1. 운전자의 눈높이, 도로 조건, 그리고 요구되는 이차 과제의 특성에 따른 단어의 자유 회상율 (%).

과제 유형		눈높이 및 도로 조건			
		4 피트		6 피트	
		단 순	복 잡	단 순	복 잡
자유회상조건	평 균	74	60	79	68
	표준 편차	19	13	13	16
혼 합 조 건	평 균	58	44	69	55
	표준 편차	15	17	19	19

각 목표 속도 조건에 따라 유의미한 차이가 발견되지 않았다. 그러나 통제 조건과 혼합 조건의 비교에서는 유의미한 차이가 있었는데, 즉, 목표속도가 35mph인 경우 피험자들은 통제 조건보다 혼합 조건에서 더 빠른 운전속도를 보인[$t(39) = 2.08, p < 0.05$] 반면, 65mph의 목표 속도에서는 이런 경향이 반전되어 통제 조건이 혼합 조건에 비해 유의미하게 빠른 운전 속도를 보였다[$t(39) = 2.62, p < 0.05$].

자유 회상 수행 본 실험에서 채택된 자유회상 과제의 기본 가정은 만일 자유 회상율이 운전자의 정보처리 능력과 밀접한 관계가 있다면, 요구되어지는 다양한 수준의 부가적 과제들이나 도로의 복잡도에 따라 단어의 자유 회상율이 차이를 보일 것이라는 것이다. 즉, 단순히 자유 회상 과제를 수행하는 것에 비해 속도계 없이 주어진 목표 속도를 유지하려 노력하는 동시에 자유 회상 과제를 수행하는 것이 더 어려울 것으로 가정된다. 또한 운전 속도와 인지적 부하가 부적인 상관 관계를 보인다면, 즉, 인지부하가 클수록 속도를 낮추는 경향을 보인다면, 앞에서 살펴본 운전자 눈높이의 효과를 지각적 수준을 넘어 인지적 수준으로도 설명 가능할 것이다. 운전자의 눈높이 조건과 각 과

제 조건에 따른 제시된 단어의 회상율이 표 1에 제시되어 있는데, 자유 회상 수행의 비교는 자유 회상 과제가 요구되었던 자유 회상 조건(FR Only)과 혼합 조건에서(SK and FR)만 고려되었다.

먼저 모든 과제 조건을 포함한 전반적인 변량분석 결과, 유의미한 눈높이 주효과[$F(1,38) = 11.89, p < 0.001$], 유의미한 과제 난이도 주효과[$F(1,38) = 20.82, p < 0.001$], 그리고, 유의미한 도로 복잡도 주효과[$F(1,38) = 11.89, p < 0.001$]가 얻어졌다. 유의미한 상호 작용 효과는 얻어지지 않았다. 그러나, 이러한 독립 변인들의 효과를 각각의 과제 조건에 따라 분석한 결과, 자유 회상 과제만 요구되었던 조건에서는 도로가 복잡할수록 회상율이 유의미하게 감소하였으나[$F(1, 38) = 14.34, p < 0.001$], 눈높이에 따라서는 단어 회상율에 차이가 없었다. 이에 비해, 혼합 조건에서는 운전자의 눈높이가 높을수록[$F(1, 38) = 7.02, p < 0.05$], 또한 도로가 단순할수록[$F(1, 38) = 14.43, p < 0.001$], 회상율이 높았다. 또한 두 과제 조건간에도 유의미한 차이가 있었는데[$F(1, 38) = 33.95, p < 0.001$], 단순히 자유 회상 과제만 수행할 때가 자유회상과 속도 유지 과제를 동시에 수행한 조건에 비해 회상율이 높았다.

표 2. 실험 1에서의 두 눈높이 조건에 따른 각 과제조건에 대한 실제 경과시간과 피험자의 주관적 경과시간의 비교 (* Z Value of Wilcoxon Test; 단위=초).

과제 유형	4-피트 눈높이					6-피트 눈높이				
	실제시간	추정치	차이	Z*	p	실제시간	추정치	차이	Z	p
통제 조건	279	270	-9	-1.15	ns	278	237	-41	-3.02	.002
속도유지조건	300	273	-27	-1.06	ns	277	233	-44	-2.20	.027
자유회상조건	280	264	-16	-1.08	ns	279	249	-30	-2.20	.027
혼합 조건	309	294	-15	-.41	ns	277	263	-14	-.97	ns

주관적 경과 시간 추정 (Subjective Elapsed Time Estimation) 표 2는 각각의 눈높이 조건과 요구되어진 과제의 종류에 따른 주관적으로 판단된 경과시간 추치를 보여주고 있다. 일반적으로 피험자들은 실제 경과한 시간보다 낮게 경과 시간을 추정하였으나, 유의미한 결과는 피험자의 눈높이가 6피트인 경우에, 혼합조건을 제외한 통제조건 [$Z = -3.02, p = 0.002$], 속도 유지 조건 [$Z = -2.20, p = 0.027$], 그리고 자유 회상 조건 [$Z = -2.20, p = 0.027$]에서만 발견되었다.

실험 2

앞에서 소개되었듯이, 운전에 대한 지각적 혹은 인지적 특성의 영향은 많은 연구자들에게 의해서 소개되었으나, 운전자의 눈높이와 관련된 운전자의 속도통제나 정보처리, 특히 운전자 눈높이와 운전자의 주의 부담을 체계적으로 변화시켰을 때의 운전자의 속도통제나 정보처리 수행 능력에 대한 연구는 거의 보고되지 않았다. 실험 2의 목적은 실험 1에서 밝혀진 운전자의 눈높이의 효과를 운전자의 인지 부담과 관련하여 좀 더 구체적으로 알아보기 위해 수행되었는데, 특히 운전자의 눈높이와 주의 부담을 체계적으로 변화시켜, 두 변인들이 운전

자의 속도통제와 정보처리에 어떤 상호작용을 보이는지 살펴보고자 한다. 운전 수행, 특히 운전자의 속도 통제가, 이전 연구들이 밝혔듯이 운전자의 인지적 부담과 밀접한 관계가 있고, 운전 수행 자체가 거의 시각적 정보처리를 요구한다면, 운전자의 운전 속도는 운전을 함과 동시에 운전자가 처리해야 하는 인지적 부담의 정도뿐만 아니라, 어느 감각 양식으로(modality: 즉, 시각적인가 혹은 청각적인가) 주의를 분산되는가에 따라서도 영향을 받을 것이다.

따라서 주의 분산과제의 감각 양식을 달리하고(시각 vs. 청각), 또한 각각의 감각양식 내에서 과제의 복잡성을 달리한다면(복잡 vs. 단순), 운전자의 운전 속도 통제에 이러한 변인들이 어떻게 영향을 주는지 체계적으로 분석할 수 있을 것이다. 특히, 운전이 주로 시각적인 정보처리 능력과 관련이 깊고 (예를 들어, McKnight & Adams, 1970), 운전자의 눈높이 차이에 의한 도로 환경의 변화는 주로 시각적 요소와 관련이 있다면, 운전자의 운전 속도통제나 정보처리에 대한 운전자 눈높이의 효과는 주로 시각적 주의분산과제에 더 영향을 받을 것으로 예상된다.

방법

피험자 본 실험에는 41명의 피험자가 참가

하였으며, 이중 21명은 낮은 눈높이 조건(지상에서 4피트)에, 그리고 20명은 높은 눈높이 조건(지상에서 6피트)에 무선 할당되었다. 그들의 평균 연령은 18.9세였고, 모든 피험자들은 유효한 운전 면허증을 소지하고, 일상생활에서 자주 운전하는, 숙련된 운전자들이었다(평균 운전경력은 3.3년, 년 평균 운전 거리는 약 3,500마일). 또한 모든 피험자들의 시각 예민도(교정시력 포함)는 운전 자격의 법적 기준에 맞는 정상 시력이었다.

운전 시뮬레이터와 운전 시나리오 실험 2에서는 실험 1과 동일 기종의 운전 시뮬레이션이 사용되었으나, 두 개의 200W급 스피커가 각각 시뮬레이터의 조수석과 엔진실에 추가 설치되었는데, 조수석의 스피커는 뒤에서 설명될 청각적 주의 분산 과제 자극들을 들려주기 위해 사용되었고, 엔진실의 스피커는 자동차의 엔진소음과 진동과 같은 환경적 음향효과를 제공하기 위한 목적으로 사용되었다.

연습을 위한 하나의 운전 시나리오와 네 개의 주의 분산 조건에 해당하는 운전 시나리오가 준비되었다. 각각의 눈높이 조건에 따라서는 같은 길이의 시나리오들이 사용되었으나, 같은 눈높이 조건에서 각 실험조건에 따른 시나리오는 운전자의 연습효과를 제거하기 위해 도로 외의 장면들(예를 들어, 건물의 모양)은 약간씩 변경되었다. 특히 한번의 연습 운전 시나리오에는 5,000피트의 주행거리마다 네개의 과제조건이 각각 제시되어, 연습시행을 통해 피험자들이 네 개의 주의 분산 과제를 모두 연습할 수 있도록 하였다.

주의 분산 과제들의 유형 운전자의 주의 분산은 문장이 제시되는 감각양식(즉 시각적 자극인가 혹은 청각적 자극인가)과 복잡정도(즉, 쉬운 문장인가 혹은 어려운 문장인가)에 따라

네 가지의 유형으로 구성되었다: 시각-복잡, 시각-단순, 청각-복잡, 그리고 청각-단순. 시각적 자극인 경우 문장들이 스크린의 오른쪽에서부터 왼쪽으로 천천히 움직이는 비행체에 달린 현수막에 제시되었고(예를 들어, 지평선위로 지나가는 광고용 비행체), 피험자는 현수막의 문장을 큰소리로 끝까지 읽도록 지시 받았다. 청각적 자극은 운전자로부터 0.7미터 우측에 위치한 스피커를 통해 제시되었으며, 피험자는 문장을 들은 후 큰 소리로 반복하도록 지시 받았다.

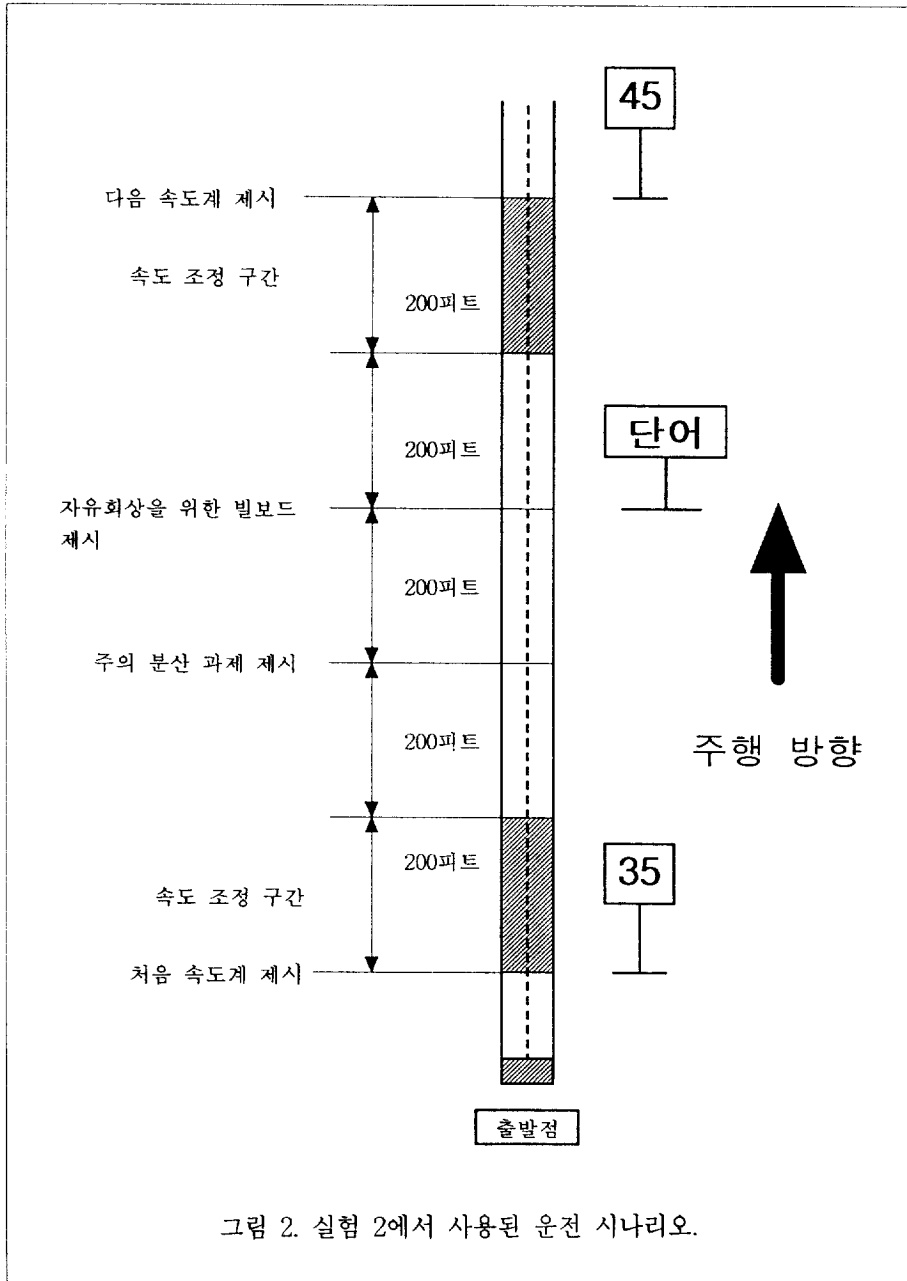
문장의 복잡 정도는 문장의 길이와 구조에 의해 결정되었다. 복잡한 문장은 문장의 길이가 비교적 길었고(단어수는 8-10개), 문법적으로 복잡한 수동형이나 복문 혹은 중문의 형태였다. 이에 비해 단순한 문장은 길이가 짧고(단어수는 2-4개) 문법적으로 간단하였다. 많은 연구들이 보였듯이(예를 들어 Kimball, 1973) 길고 문법적으로 복잡한 문장들은 그 문장의 처리에 짧고 문법적으로 간단한 문장에 비해 더 많은 정보 처리 노력과 시간이 요구되기 때문에, 운전자가 운전함과 동시에 따라 읽거나 반복하여야 할 때 더 많이 운전자의 주의를 분산할 것으로 가정할 수 있다.

40개의 간단한 문장들과 40개의 복잡한 문장들을 “Student’s Grammar of English”(von Ek, J.A, & Robat, N. J., 1984)에서 선택하여 이중 32개의 간단한 문장들은 시각-단순 혹은 청각-단순조건에 16개씩 무선적으로 각각 할당되었고, 32개의 복잡한 문장들 역시 시각-복잡조건과 청각-복잡조건에 16개씩 각각 할당되었다. 나머지 8개의 단순한 문장들과 8개의 복잡한 문장들은 연습시행에 사용되었는데 연습시행에서는 각각의 주의 분산 조건에 4개씩의 문장이 사용되었다.

절차 각각의 눈높이 조건의 모든 피험자들

은 네 개의 주의 분산 조건에 모두 참가하였으며, 도로의 복잡도와 네 가지의 목표속도들은 실험 1에서 기술되었던 바와 같이 제시되었다. 각각의 눈높이 조건에서 피험자들에게 제시되는 주의 분산 과제의 감각 양식과 과제의 난이

도의 순서는 피험자들에 따라 라틴 스퀘어 방식으로 순환되었다. 연습 시행은 본 실험의 하나의 주의 분산 과제에 해당하는 운전 거리와 같았으나(20,000피트) 각각의 주의 분산 과제가 매 5,000피트 운전 거리마다 네 번씩 제시되었



다. 특히 연습 시행에서는 운전자가 자신들의 운전 속도를 제시된 목표속도에 맞추어 조정할 수 있도록 속도계가 제공되었다. 자유 회상 과제와 주관적 경과 시간 추정 과제도 실험 1에서 기술된 방식과 동일하게 이루어졌다. 연습 시행의 목적은 피험자들이 과제를 제대로 이해하고 있는지 검토하고, 운전 시뮬레이터에 익숙하게 되도록 하기 위한 것이었으며, 피험자들은 자신들이 보기에 연습이 더 필요하다고 판단되는 경우 부가적 연습을 할 수 있다는 것을 알려주었으나, 실제 실험에서 부가적 연습을 요구하는 피험자는 없었다.

본 실험 시행에서는 피험자가 속도계의 도움 없이 도로의 오른쪽에 각각 제시되는 네 가지의 목표속도에 자신들의 운전 속도를 맞추어 속도를 조절하도록 요구받았다. 새로운 목표속도가 제시된 후 400 피트를 운전했을 때, 주의 분산 과제가 제시되었는데, 과제의 종류에 따라 피험자들은 스크린 상에 제시되는 문장들을 큰소리로 읽거나 (시각적 분산) 혹은 스피커를 통해 들리는 문장을 큰소리로 따라 말하도록 (청각적 분산) 요구받았다. 주의 분산과제가 제시된 후 200 피트를 운전하면, 도로의 우측 상단에 자유회상과제를 위한 단어가 빌보드 형식으로 제시되었는데(제시되었던 단어는 실험 1과 동일하였다), 피험자들은 한 시나리오가 끝날 때마다 제시되었던 단어를 순서에 상관없이 자유회상 하도록 요구받았다.

출발점으로부터 처음으로 목표 속도 사인이 제시되는 가속 구간과 급작스런 목표속도의 변화를 방지하기 위해 제시되었던 세 번의 연결 구간을 포함한 총 운전 거리는 각각의 시나리오 당 (즉 각각의 주의 분산 과제 조건) 20,000 피트였으며, 한 시나리오 안에서 16번의 주의 분산 과제를 위한 문장들과 16번의 자유회상을 위한 단어들 이 제시되었다. 실험이 실시되기

전에, 피험자들은 특별한 이유 없이 시뮬레이터를 정지시키지 말 것과, 도로 오른쪽에 제시되는 속도 표지판은 속도 제한 표시가 아닌 그 속도에 맞추어 운전할 것을 의미하는 표지임을 충분히 이해할 수 있도록 하였다. 각각의 과제가 끝난 직후 자유 회상이 먼저 요구되었는데, 자유회상에는 1분이 주어졌고, 실험자는 미리 준비한 채점지에 보고된 단어를 체크하였다. 자유회상이 끝난 직후 피험자들은 해당 운전 시나리오를 완수하는데 걸린 경과 시간을 분과 초로 가능하면 정확하게 주관적으로 추정하여 보고하도록 요구받았다. 구체적인 실험 2의 운전 시나리오가 그림 2에 제시되어 있다.

분석 실험 1과 마찬가지로 세 가지의 종속 측정치들이 본 연구에서 분석되었다: 평균 운전 속도, 자유 회상, 그리고 주관적인 경과 시간 추정. 평균 운전 속도는 각각의 운전자 눈높이 수준, 도로의 복잡성, 그리고 목표 운전 속도 조건에 따라 매 10피트의 운전 거리마다 측정되었으며, 운전 속도를 새로운 목표 속도로 변화하는데 생기는 변산을 제거하기 위해 목표 운전 속도 표지판이 제시된 전후의 200피트 거리는 데이터 수집에서 제외하였다. 회상된 단어 수는 백분율로 변환되었으며, 주관적 경과 시간 추정치는 실제 소요된 시간에서 피험자가 보고한 시간을 뺀 후 초 단위로 변환하였다. 관찰된 운전 속도는 도로 조건(단순 vs. 복잡), 눈높이 수준(4feet vs. 6feet), 목표 속도(35, 45, 55, 65mph), 그리고 네 가지의 주의 분산 조건(시각-복잡, 시각-단순, 청각-복잡, 청각-단순)에 대하여 변량 분석(ANOVA) 하였는데, 도로 조건, 목표 속도, 그리고 각각의 주의 분산 과제 유형은 피험자내 변인이었고, 눈높이 수준은 피험자간 변인이었다.

결과 및 논의

운전 속도의 비교 관찰된 결과는 표 3에 제시되어 있다. 변량 분석 결과는 운전속도는 운전자의 눈높이가 높은 조건 [$F(1,39) = 4.47, p = 0.041$]에서, 그리고 도로가 단순한 조건 [$F(1,39) = 10.15, p = 0.003$]에서, 그렇지 않은 조건보다 더 빨랐다. 물론 목표속도가 높을수록 운전속도가 더 빨랐다 [$F(3,117) = 507.16, p < 0.001$]. 또한 운전자의 주의가 시각적으로 분산된 경우 청각적으로 분산된 경우보다 약 2mph 정도 느린 속도를 보였으며 [$F(1,39) = 19.85, p < 0.001$], 복잡한 과제가 요구되었을 때가 단순한 과제가 요구되었을 때보다 약 1mph 느렸다 [$F(1,39) = 7.99, p = 0.007$].

주의 분산 과제의 양식(modality)에 따른 운전자 눈높이의 상대적 효과를 알아보았을 때, 눈높이에 따른 운전속도의 차이는 운전자가 시각적으로 주의 분산된 경우에만 유의미하였는데(즉, 높은 눈높이 조건이 낮은 눈높이 조건에 비해 상대적으로 운전속도가 빨랐다, $F(1,39) = 4.88, p = 0.033$), 이런 결과는 운전자의 눈높이 효과는 시각적인 정보처리에 배타적으로 영향을 주는 것을 시사한다.

주의 분산의 감각 양식과 분산 과제의 복잡성이 운전자의 평균 운전 속도에 미치는 영향을 좀더 세부적으로 알아보기 위해, 주의 분산 과제의 복잡성과 주의 분산이 이루어진 감각양식의 네 가지 조합(즉, 청각-단순; 청각-복잡; 시각-단순; 그리고 시각-복잡)에 따른 운전자의 운전속도에는 어떤 차이가 있는가를 각각의 눈높이 조건별로 분석해 보았다. 또한 전체적인 주의 분산과제의 운전 속도에 미치는 영향을 살펴보기 위해 도로의 복잡성과 목표속도들의 각 수준들은 분석에서 고려되지 않았다.

그림 3에서 보이는 바와 같이, 운전자의 눈높이가 4피트였던 경우, 운전자의 주의가 시각

-복잡 과제에 의해 분산되었을 때, 청각-단순 조건 [$t(20) = 4.26, p < 0.0001$]이나 청각-복잡 조건 [$t(20) = 2.12, p = 0.047$]에 비해 통계적으로 유의미하게 느린 운전 속도를 보인 반면, 시각-단순 조건에서의 운전 속도와는 유의미한 차이를 보이지 않았다. 또한 시각-단순 조건에서의 운전 속도는 청각-단순 조건에서의 운전 속도와 비교에서만 유의미하게 느린 운전 속도를 보였다 [$t(20) = 2.18, p < 0.042$]. 이러한 결과의 패턴은 운전자의 눈높이가 6피트였던 경우에서도 유사하게 나타나, 평균 운전 속도는 운전자의 주의 분산 조건이 시각-청각인 경우가 청각-단순 조건이나 [$t(19) = 4.29, p < 0.0001$], 청각-복잡 조건 [$t(19) = 2.67, p < 0.015$]에 비해 유의미하게 느린 운전 속도를 보였고, 시각-단순 조건과의 비교는 차이를 보이지 않았다. 그러나, 4피트 조건과는 달리, 6피트 조건에서의 시각-단순 조건과 청각-복잡 조건에서의 운전 속도의 비교는 유의미한 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과들을 종합해 보면, (1) 운전자의 주의 분산 조건들에 따른 평균 운전 속도는 시각-복잡조건에서 가장 느리고, 그 다음, 시각-단순 조건, 청각-복잡 조건 순으로 느리며, 그리고 청각-단순 조건에서 가장 빨랐고, (2) 앞에서 보고되었던 바와 같이 비록 전체적인 분석에서는 운전 속도가 복잡한 과제가 제시되었던 경우가 단순한 과제가 제시되었던 조건보다 느린 운전 속도를 보이기는 했어도, 같은 감각 양식 내에서 주의 분산 과제 복잡성의 운전 속도에 대한 효과의 비교(즉, 청각-단순 대 청각-복잡; 시각-단순 대 시각-복잡)는 유의미한 차이를 보이지 않았다.

운전자 눈높이의 운전 속도에 대한 효과를 각각의 주의 분산 조건에서 비교하였을 때, 눈높이 효과는 청각-복잡 조건 [$F(1,39) = 4.09, p = 0.050$]과, 시각-단순 조건 [$F(1,39) = 6.26, p = 0.017$]에서 유의미한 반면(즉, 높은 눈높이의

표 3. 실험 2 에서의 운전자의 눈높이, 도로 조건, 목표 속도, 그리고 요구되는 주의 분산과 제의 유형에 따른 운전자의 평균 운전 속도 (mph).

눈높이	주의분산 과제유형	도로조건			목표속도 (mph)			
					35	45	55	65
4피트	청각-단순	단	순	평균	37.10	43.26	48.42	57.48
				표준편차	8.74	8.26	7.90	7.58
		복	잡	평균	38.15	44.87	51.56	58.25
				표준편차	7.03	7.96	6.90	6.99
		단	순	평균	37.96	43.06	48.11	56.22
				표준편차	9.16	8.23	7.23	7.79
	복	잡	평균	37.74	43.11	49.48	56.00	
			표준편차	7.75	8.00	7.33	7.87	
	청각-복잡	단	순	평균	37.54	43.34	47.83	54.67
				표준편차	5.50	4.89	4.60	6.11
		복	잡	평균	41.44	43.93	48.10	51.73
				표준편차	6.50	3.41	5.67	8.27
단		순	평균	38.24	44.14	49.17	57.06	
			표준편차	9.42	8.46	7.82	6.40	
복	잡	평균	41.51	44.48	50.21	53.00		
		표준편차	7.88	5.55	7.10	7.77		
6피트	시각-단순	단	순	평균	42.28	49.43	53.52	66.42
				표준편차	7.86	6.78	7.28	6.52
		복	잡	평균	39.98	48.06	55.64	64.55
				표준편차	6.41	5.46	6.07	5.38
		단	순	평균	41.59	48.39	55.86	65.27
				표준편차	8.69	6.11	6.27	6.16
	복	잡	평균	38.47	46.71	54.98	63.24	
			표준편차	6.14	5.11	5.19	5.68	
	시각-복잡	단	순	평균	41.01	48.32	55.79	64.18
				표준편차	9.04	8.59	7.63	5.90
		복	잡	평균	38.79	45.28	52.80	60.83
				표준편차	4.56	4.88	6.35	5.98
단		순	평균	40.07	48.01	52.56	61.79	
			표준편차	9.29	7.50	8.76	6.84	
복	잡	평균	38.84	43.23	50.35	58.28		
		표준편차	5.51	6.38	4.68	5.31		

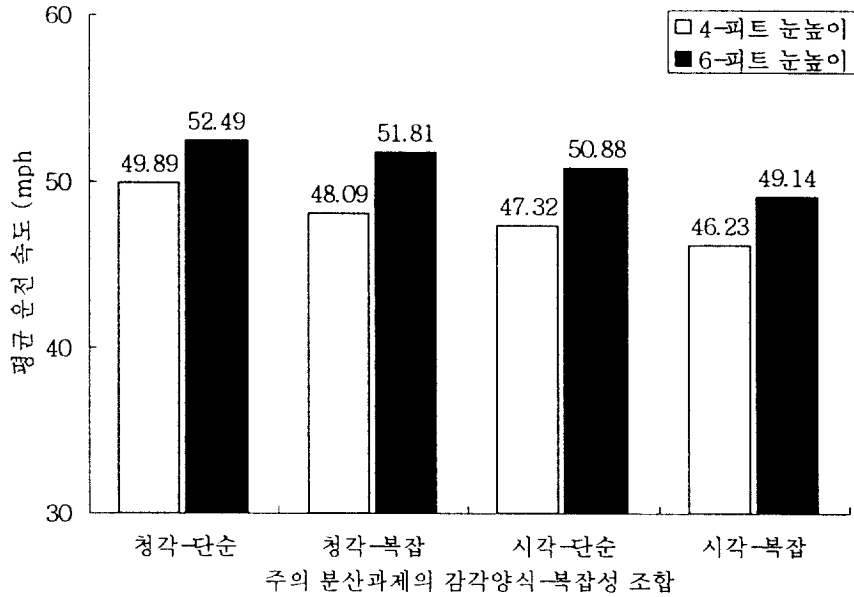


그림 3. 운전자의 눈높이, 주의 분산 과제의 감각 양식, 그리고 주의 분산 과제의 복잡도에 따른 평균 운전 속도.

운전자들이 낮은 눈높이의 운전자들에 비해 빠른 운전 속도를 보였다), 청각-단순 조건과 시각-복잡 조건에서는 유의미하지 않았다. 이러한 패턴의 결과에 대해 언급되어야 할 중요한 질문은, 왜 운전자의 눈높이 효과가 청각-단순

조건과 시각-복잡 조건에서는 유의미하지 않았는가 하는 것이다. 시각-복잡 조건인 경우가 질문에 대한 설명 중의 하나는 이 조건에서 피험자들에게 요구되었던 과제의 복잡성이 운전자 눈높이의 효과를 압도하였을 (over-

표 4. 실험 2 에서의 운전자의 눈높이, 도로 조건, 그리고 요구되는 주의 분산 과제의 유형에 따른 단어의 자유 회상율 (%).

주의 분산 과제 유형		눈높이 및 도로 조건			
		4 피트		6 피트	
		단순	복잡	단순	복잡
청각-단순	평균	49	46	61	59
	표준 편차	10	11	12	20
청각-복잡	평균	42	40	56	46
	표준 편차	12	11	17	18
시각-단순	평균	43	42	52	46
	표준 편차	17	20	17	20
시각-복잡	평균	39	31	39	33
	표준 편차	22	21	19	21

whelming) 가능성이 있다. 즉, 이 조건에서의 운전자들은 운전 중에 제시되는 긴 문장들을 소리내어 읽기 위하여 더 빈번하고 시간적으로 더 오랜 시각적 주사(visual scanning)를 운전과는 상관없는 곳(즉, 문장이 제시되었던 스크린의 우측 상단)으로 집중하였을 것이고, 따라서 다른 주의 분산 조건에 비해 상대적으로 높은 눈높이의 “이점”이라 할 수 있는 운전하는 방향의 도로에 대한 더 넓은 시각적 주사가 어려웠을 것이다. 청각-단순 조건에서의 눈높이 효과의 부재에 대해서는 가능한 설명을 찾기가 비교적 어렵다. 하나의 가능한 설명은 피험자들이 네 개의 주의 분산 조건에 모두 노출되었기 때문에, 청각-단순 과제는 다른 조건들에 비해 상대적으로 쉽게 지각되어, 앞에서 보고되었던 바와 같이, 다른 조건들에 비해 운전자들은 주의가 청각-단순 과제에 의해 분산된 경우에 가장 빨리 운전하려는 경향을 보인 결과, 운전자의 눈높이 효과가 이러한 경향에 의해 희석되었을 것이라는 것이다.

자유 회상 수행 실험 2에서의 자유 회상 과제와 관련된 기본적 가정은 자유회상 수행의 정도가 다양한 주의 분산 과제에 걸쳐 정보처리의 난이성을 반영한다는 것이다. 다시 말해, 자유 회상 수행은 주의 분산의 요구가 클수록 감소할 것이다. 표 4는 실험 2에서 보인 각 눈높이 조건, 도로의 복잡성, 그리고 주의 분산

과제의 종류에 따른 자유 회상율을 보여주고 있다. 변량 분석 결과, 운전자의 눈높이가 높은 조건이 낮은 조건보다 [$F(1,39)$

7.34, $p = 0.010$], 주의 분산이 청각적으로 이루어진 경우가 시각적으로 이루어진 경우 보다 [$F(1,39) = 17.35$, $p < 0.001$], 주의 분산 자극이 단순한 조건이 복잡한 조건보다 [$F(1,39) = 24.75$, $p < 0.001$], 그리고 도로조건이 단순한 조건이 복잡한 조건보다, 자유 회상율이 더 좋았는데 [$F(1,39) = 5.95$, $p = 0.019$], 특히 자유 회상율에 대한 눈높이 효과와 도로의 복잡성 효과는 실험 1과 일치하는 결과를 보였다.

자유회상 수행에 대한 독립변인들 사이에 유의미한 상호 작용 효과는 없었으나, 자유 회상율에 대한 운전자의 서로 다른 눈높이의 상대적 효과의 크기를 알아보기 위해, 각각의 주의 분산 과제 조건에서 운전자 눈높이 효과를 검증하여 보았다. 분석 결과 유의미한 운전자 눈높이 효과는 청각-단순 조건 [$t(40) = -2.83$, $p = 0.007$]과, 청각-복잡 조건에서만 발견되었는데 [$t(40) = -3.56$, $p = 0.001$], 이러한 결과는 운전자 눈높이의 효과가 시각적으로 처리해야 하는 주의 분산 과제의 부담에 의해 감소하였다는 것을 시사한다. 또한 실험 1과 실험 2에서 보인 전체적인 자유 회상율의 평균 점수를 비교해 보면, 똑같은 실험 자극들이 제시되었음에도 불구하고, 실험 2에 비해 실험 1의 자유 회상율이 높았는데(즉, 63% 대 45%), 이러한

표 5. 실험 2에서의 두 눈높이 조건에 따른 각 주의 분산 과제조건의 실제 경과시간과 피험자의 주관적 경과시간의 비교 (* Z Value of Wilcoxon Test; 단위=초).

주의 분산 과제 유형	4-피트 눈높이					6-피트 눈높이				
	실제시간	추정치	차이	Z*	p	실제시간	추정치	차이	Z	p
청각-단순	294	268	-27	-1.65	ns	271	209	-61	-2.66	.008
청각-복잡	298	249	-49	-2.96	.003	273	227	-46	-2.39	.017
사격-단순	285	227	-58	-3.15	.002	276	214	-62	-3.04	.002
시각-복잡	293	261	-30	-1.81	ns	274	252	-22	-1.27	ns

결과는 전반적인 자유 회상 수행이 단순한 속도 유지나 자유 회상만이 요구되었던 조건에 비해, 부가적인 주의 분산 과제가 요구되었던 경우에 더 감소하였음을 시사한다.

주관적 경과 시간 추정 표 5는 각각의 눈높이 조건, 주의 분산 과제의 감각 양식, 그리고 주의 분산 과제의 복잡성에 따른 주관적 경과 시간 추정의 결과를 보이고 있다. 실험 1에서는 4피트 눈높이 조건에서 실제 경과 시간과 추정된 경과 시간 사이에 차이를 보이지 않았으나, 실험 2에서의 4피트 눈높이 조건에서는 청각-복잡 조건 [$Z=-2.96, p=0.003$]과 시각-단순 조건 [$Z=-3.15, p=0.002$]에서 유의미한 차이가 발견되었다. 6피트 눈높이 조건에서는 청각-복잡 조건 [$Z=-2.39, p=0.017$]과, 시각-단순 조건에서 뿐만 아니라 [$Z=-3.04, p=0.002$], 청각-단순 조건에서도 유의미한 과소 추정 경향을 보였다 [$Z=-2.66, p=0.008$]. 그러나 두 눈높이 조건 모두에서, 시각-복잡 조건에서의 과소 추정 경향은 보이지 않았다.

실험 1과 실험 2에서 주관적 경과 시간 추정치를 종속 변인으로 사용했을 때의 가장 근본적인 가정은 주관적 시간 추정이 인지적 부하량과 관련 있다는 것이었다. 즉, 인지 부하량이 클수록 주관적인 경과 시간 추정치가 증가한다 (Brown, 1985). 바꾸어 말하면, 경과 시간의 과소 추정 경향이 클수록 더 사용할 수 있는 인지적 자원이 많다는 것을 시사한다. 실험 1에서는 높은 눈높이의 운전자들은 낮은 눈높이의 운전자들에 비해 경과 시간을 더 과소 추정하려는 경향을 보였음을 관찰하였는데(표 2를 보라), 이러한 경향은 피험자들에게 요구되었던 과제가 다소 어렵지 않거나(예를 들어, 속도 유지만이 요구되었던 조건, 혹은 자유 회상만 요구되었던 조건), 아무런 부가적인 과제가 요구되지 않았던 조건(예를 들어, 통제 조건)에서

만 발견되었고, 비교적 어려운 과제가 요구되었던 조건(예를 들어, 동시에 속도 유지와 자유 회상을 수행하는 과제)에서는 이러한 경향은 발견되지 않았다. 실험 2에서는 실험 1과는 달리 4피트 눈높이 조건에서도 과소 추정의 경향을 부분적으로 보이기는 했지만, 6피트 눈높이 조건의 피험자들은 과제가 매우 어려운 조건(예를 들어, 시각-복잡 주의 분산 과제)을 제외하고는 더 뚜렷한 과소 추정의 경향을 보였다. 종합해 보면, 운전자에게 제공되는 서로 다른 눈높이는 지각적 속성의 차이뿐만 아니라 인지적 용량에도 차이를 주는 것으로 생각된다.

전체 논의

본 연구에서는 운전자가 세단형 차량을 운전하거나 트럭을 운전하는 경우와 같이, 운전자의 눈높이가 지상으로부터 달라졌을 때, 서로 다른 복잡도의 도로를 주행할 때, 그리고, 운전 중에 부가된 이차 과제나 주의 분산 과제에 의해 인지 부하 정도가 체계적으로 달라졌을 때의, 운전자의 속도 통제와 정보처리와의 관계를 살펴보는 것이 목적이었다. 실험 1에서는 운전자의 눈높이와 도로의 복잡도를 달리하여, 운전자의 평균 운전속도, 자유 회상율, 그리고 주관적인 경과시간 추정치를 분석하였고, 실험 2에서는 운전자의 눈높이와 인지 부하 수준의 운전 속도 통제 및 정보처리 수행에 대한 효과를 좀더 구체적으로 알아보기 위해, 운전자의 주의를 서로 다른 감각 양식(청각 vs. 시각)과 과제의 복잡도(복잡 vs. 단순)에 따라 분산시켰을 때의 실험 1에서 측정되었던 종속 변인들에 대한 수행을 측정하였다.

두 실험의 결과를 종합하여 요약하면, (1) 높은 눈높이 조건(6피트)의 피험자들은 낮은 눈높이 조건(4피트) 조건의 피험자들에 비해 더

빠른 운전 속도와, 더 나은 자유 회상율, 그리고 더 과소 추정된 주관적 경과 시간을 보고하는 경향을 보였고, (2) 또한 이전 연구들의 결과가 보인 대로, 도로의 복잡성은 운전자의 속도 조절 행동에 중요한 요인으로 작용하여, 복잡한 도로일수록 운전자는 단순한 도로에 비해 느린 속도로 운전하는 경향을 보였다. 특히 (3) 운전자의 눈높이 효과의 크기는 여러 목표 속도들의 수준에 따라 일정하였으며, 운전자의 주의를 시각적으로 혹은 복잡한 과제에 의해 분산될 때가 청각적 혹은 단순한 과제에 의해 분산될 때보다, 더 느린 운전 속도와 저조한 정보처리 수행을 보였다. 인지적 부하의 수준이 운전 속도와 자유 회상율과는 부적 상관인 반면 주관적 경과 시간의 추정과는 정적 상관이라는 이전의 연구 결과들과, 본 연구에서 밝혀진 운전자 눈높이 효과, 즉 높은 눈높이에 의한 운전 속도와 자유 회상율의 증가, 그리고 주관적 경과 시간의 과소 추정 경향은 운전자의 눈높이의 변화가 지각적 속성의 변화이기는 하나, 지각적 수준을 넘어서 인지적 수준까지 영향을 준다는 것이 본 연구에서 시사되었다.

지각적 속성이라고 여겨지는 운전자의 눈높이 효과가 운전자의 속도 통제나, 자유 회상 수행, 그리고 주관적 경과 시간 같은 인지적 측면까지 영향을 준다는 것은 흥미로운 발견이다. 비록 자유 회상만 요구되는 경우와 같이 비교적 운전자의 인지 부하가 크지 않을 때는 운전자의 눈높이 효과가 인지적 측면까지 영향을 주지는 않았지만, 자유 회상 과제와 운전 속도 유지 과제가 동시에 요구되는 인지 부하 조건에서는 눈높이의 자유 회상율에 대한 효과가 보다 분명해졌다. 물론, 높은 눈높이 조건의 경우 낮은 눈높이 조건보다 외부 환경의 변화 속도, 즉 광학 흐름의 속도가 상대적으로 느리기 때문에 높은 눈높이 조건에서 제시되는 단어의 노출 시간이 낮은 눈높이 조건보다 길어, 피험

자들의 단어에 대한 주시시간이 많았을 가능성도 있으나, 자유 회상만 요구되었던 경우에는 눈높이 효과가 유의미하지 않았다는 사실로 미루어, 높은 눈높이 조건의 더 나은 단어 회상율은 단순히 단어의 노출 시간 때문만은 아닌 것으로 생각된다.

이에 대해 또 다른 가능한 대안적 설명은 높은 운전자의 눈높이 그 자체가 운전자에게 더 많은 가용한 인지 용량을 제공할 수 있다는 것이다. 즉, 높은 눈높이 조건의 운전자는 낮은 눈높이 조건의 운전자들에 비해 같은 시간 안에 그리고 같은 정도의 인지적 노력으로 더 많은 공간을 주시할 수 있고, 이 결과 시간당 처리되는 정보의 청크 크기가 더 클 수 있다는 것이다. 따라서 낮은 눈높이 조건의 피험자들에 비해, 높은 눈높이 조건의 피험자들이 더 빠른 운전 속도를 보였던 것은 순수한 지각적 요소(즉, 높은 눈높이일수록 광학 흐름의 변화율이 낮은) 뿐 만 아니라, 앞에서 운전자의 인지 부하량과 운전 속도와와의 관계에서 보였듯이 (Harms, 1991), 높은 눈높이 조건이 제공하는 추가적인 정보 처리의 용량 때문일 수 있다. 특히, 그림 1에서 보이는 각각의 목표속도들에 걸친 두 눈높이 조건간의 평행적 관계는 높은 눈높이에 의해 발생하는 이러한 인지적 여유가 운전자가 어떠한 속도로 운전하더라도 동질적으로 영향을 미치는 것을 시사한다.

위에서 언급된 여러 가능성을 제대로 검토하기 위해서는 운전자의 주시 방향이나 주시 시간이 각각의 눈높이 조건에 따라 어떠한 차이를 보이는가 분석하는 것이 요구된다. 예를 들어, 높은 눈높이 조건의 운전자로 하여금 시선을 도로의 먼 쪽에 응시할 수 있게 하는 효과가 있다면, 실험을 통하여, 같은 눈높이 조건하에서 응시점을 달리하도록 지시를 통하여 서로 다른 운전자의 응시점에 대한 효과를 분석할 수 있을 것이다. 이러한 문제는 운전자가 사용

하는 가용한 시각 영역과 관련하여 중요한 시사점을 제공한다. 예를 들어 Mourant와 Rockwell(1972)은 운전 초보자와 전문가의 시각 주사 형태(visual scanning pattern)를 비교하였는데, 그들의 결과는, 초보 운전자에 비해 운전 경험이 많은 운전자들은 더 먼 곳을 응시하며 운전하고, 자주 백미러나 사이드 미러를 체크하고, 더 넓은 시각적 주사를 하는 반면, 초보 운전자들은 운전하는 도로의 왼쪽만을 주로 주시하고, 시각 영역이 상대적으로 한정되어 있다는 것을 보여 주었다.

실험 2의 결과들, 예를 들어 시각적이거나 복잡한 주의 분산 과제가 청각적이거나 단순한 주의 분산 과제에 비해 운전자의 운전 속도 통제나 정보처리의 수행을 떨어뜨린다는 점은, 운전 수행 자체가 주로 시각-주도적 수행이라는 기존의 연구 결과와 일치할 뿐만 아니라, 자동차 내의 디스플레이 설계에 고려되어야 하는 인간(운전자)-기계(자동차) 상호작용 패턴이나, 도로 표지판의 설치 등과 같은 인간(운전자)-환경(도로) 상호작용 패턴에 관해 중요한 시사점을 준다. 다시 말해, 운전자가 필요로 하는 정보를 제공하기 위해서는 정보의 종류에 따라 다르겠지만, 가능하면 정보의 감각 양식을 분산하여 시각적 정보 처리의 부담을 줄일 수 있도록 차내의 디스플레이를 설계하여야 할 것이다. 예를 들면, 자동차의 오기능을 나타내는 신호와 같은 것은 운전자에게 청각적인 음성정보로 제공하는 것이 운전자가 도로로부터 시야를 계기판으로 자주 옮기도록 하는 것보다 정보 처리의 부담을 덜어줄 것이다. 또한 도로표지판의 설계에서는 특정한 위치에 많은 종류의 표지판을 설치한다거나, 한 표지판 안에 복잡한 내용의 정보를 제공하는 것은 지양되어야 할 것으로 생각된다. 특히 운전 상황은 운전자가 빠른 속도로 이동하고 그 만큼 정보처리에서의 시간적 제약(time-constraint)이 클 것이

기 때문에 단위 시간당 처리할 수 있는 운전자의 정보처리 능력이 동시에 고려되어야 할 것이다.

본 실험의 결과에 대한 하나의 중요한 질문은 이러한 운전자의 눈높이 효과가 실제 운전 상황까지 일반화될 수 있는가 하는 것인데, 이 질문은 또한 실생활 운전 장면과 운전 시뮬레이션의 비교와도 관련된다. 실생활 운전 장면에서 운전자에게 높은 눈높이를 제공하는 차종들은 일반적으로 자동차의 차체가 크고, 더 큰 소음과 엔진 소리를 제공하며, 더 느린 가속과 더 긴 감속 거리를 갖는데, 이러한 모든 요인들은 운전자의 속도 지각과 속도 통제에 영향을 준다. 그러나 운전 시뮬레이션은 이러한 요인들을 통제할 수 있을 뿐만 아니라, 운전자에게 제공되는 운전 장면을 두 눈높이 조건에 동일하게 제공할 수 있기 때문에 운전 속도의 통제에 위에서 열거한 요인들의 개입 없이 순수한 운전자의 지각적 혹은 인지적 특성과 관련 지어 연구할 수 있다는 장점이 있다.

운전 시뮬레이션이 갖는 단점(특히 운전자의 속도 감각과 관련하여)은 피험자들이 자신들의 운전 속도를 시각적 자극의 변화에만 의존하여 판단할 수 있다는 점이다. 즉, 실제 운전 상황에서 속도감은 시각적 단서들 뿐만 아니라, 전정기관이나 피부(예를 들어, 운전석과 신체의 마찰)로부터 오는 단서들에 의해서도 속도감을 달리 느끼는데, 본 연구에서 사용된 고정형(fixed-base) 운전 시뮬레이션은 이러한 시각 외의 단서들은 제공할 수 없기 때문에 본 연구 결과의 일반화에 제한이 있을 것이며, 추가적인 현장 연구를 통해 보다 현실과 가까운 상황에서 운전자의 눈높이 효과의 분석이 있어야 할 것으로 생각된다.

비록 본 연구의 실험들이 눈높이 조건을 실험 참가자들의 눈높이에 대한 순응 효과를 배제하기 위해 피험자간(between-subject) 변인

으로 조작하였으나, 피험자들이 여러 눈높이 조건에 노출되는 피험자내(within-subjects) 설계에 의한 운전자 눈높이의 운전 속도 및 통제와 정보처리 양상의 연구에 많은 시사점을 줄 수 있을 것이다. 사실, 피험자간 설계보다는, 피험자-내 설계 설계가 실생활에서의 운전자들의 경험을 잘 반영할 수 있다(즉, 직장에서 트럭을 운전하다 가정에서 일반 승용차를 운전하는 사람의 경우). 또한 피험자내 설계의 경우 짧은 실험 시간 안에 운전자들이 서로 다른 눈높이에 따른 광학 흐름의 변화에 대해 익숙하지 못할 수 있기 때문에 운전자들은 자신들의 운전 속도를 파악하는데 어려움을 겪을 수 있고, 따라서 운전자들은 서로 다른 눈높이에 의해 발생하는 운전 속도감의 차이에 재빨리 적응하여야 할 것이다. 얼마만큼의 시간과 경험이 운전자로 하여금 새로운 눈높이에 의한 광학 흐름의 변화에 대처할 수 있게 하는가의 문제는 또 다른 연구 과제라 할 수 있다.

또한 앞서서도 언급되었듯이, 4피트와 6피트의 운전자 눈높이는 일상생활에서 운전자들이 가장 많이 경험하는 눈높이 수준들이나, 상대적으로 4피트가 6피트에 비해 더 일반적인 눈높이 조건이다. 실제, 본 연구에 참여했던 피험자들은 대부분 세단형 자동차를 운전하고 있다고 보고하였다. 이런 점을 고려할 때, 6피트의 눈높이 조건에 할당되었던 피험자들은 자신들이 평소 경험했던 눈높이와는 다른 시각적 경험을 하였을 것이며, 이러한 요인이 서로 다른 두 눈높이 조건에서의 피험자들의 수행 차이에 영향을 주었을 가능성이 있다. 이러한 가능성을 좀 더 구체적으로 살펴보기 위해서는 6피트 눈높이 조건에 해당하는 피험자들을 트럭이나 밴같은 높은 눈높이를 제공하는 자동차에 익숙한 집단에서 선발하여, 본 연구를 반복해 볼 필요가 있다고 하겠다.

참고문헌

- Anderson, N. H., (1981). *Foundations of information integration theory*, New York: Academic Press.
- Brown, S. W., (1985). Time perception and attention: The effects of prospective versus retrospective paradigms and task demands on perceived duration. *Perception & Psychophysics*, 38, 115-124.
- Ewert, K. K. (1993). *A spatial perspective on the experience of time*. Unpublished Master's Thesis, University of Iowa.
- Gibson, J. J. (1950). *The Perception of the Visual World*, Boston, Houghton Mufflin.
- Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*, Boston, Houghton Mufflin.
- Harms, L. (1991). Variation on drivers' cognitive load: effects of driving through village areas and rural junctions, *Ergonomics*, 34, 151-160.
- Haug, F. I. (1990). *Feasibility study and conceptual design of a national advanced driving simulator*. Iowa City: University of Iowa, College of Engineering, Center for Simulation and Design Optimization of Mechanical Systems.
- Mourant, R. R., & Rockwell, T. H (1972). Strategies of visual search by novice and experience drivers. *Human Factors*, 14, 325-336.
- Shinar, D. (1978). *Psychology on the Road: The Human Factors in Traffic*

- Safety*. John Wiley and Sons, Inc.
- Summala, H. (1988). Risk control is not risk adjustment: the zero risk theory of driver behavior and its implications, *Ergonomics*, 4, 491-507.
- Shinar, D., McDowell, E. D., & Rockwell, T. H. (1974). Eye movement in curve negotiation. *Human Factors*, 19, 63-72.
- Wickens, C. D. (1992). *Engineering Psychology and Human Performance* (2nd Ed), Harper Collins Publishers Inc., New York, NY.

Human Factors in Driver's Speed Control and Information Processing : Effect of Driver's Eye-Level and Cognitive Load

Jae-Sik Lee

Department of Psychology, Pusan National University

The purpose of the present study was to investigate the effects of drivers' eye-level from ground and cognitive load on their driving speed control and information processing through driving simulation. In Experiment 1, the effects of drivers' eye-level and road complexity on driving speed when no speedometer was available, free recall performance, and subjective elapsed time estimation were examined. In Experiment 2, the relationship between the drivers' eye-level and cognitive load was investigated when their attention was systematically divided with regard to two different modalities of information processing (visual vs. auditory) and levels of task difficulty (complex vs. simple). The results of the two experiments showed that (1) the drivers who were test at a higher eye-level condition (6-feet) showed significant tendencies towards faster driving speed, greater free recall ability, and lower estimates of elapsed time than those who were tested at a lower eye-level condition (4-feet), and (2) consistent with previous studies, environmental factor such as road complexity proved to be very important in controlling driving speed: the subjects drove significantly slower in the complex road condition than in the simple road condition. In particular, (3) the effect of drivers eye-level on driving speed was homogeneous at various levels of target driving speeds (35, 45, 55, and 65 mph), and the subjects showed slower driving speed and worse information processing performance when their attention was divided by visual or complex distracters than by auditory or simple distracters. Based on the previous studies in this field which showed negative relationship between cognitive load and driving speed or free recall performance, but positive relationship between cognitive load and subjective time estimates, the drivers' faster driving speed, greater free recall ability, and lower elapsed time estimates at a higher eye-level condition than those at a lower eye-level condition in the present study suggested the effect of driver's different levels of eye-height which is generally assumed to be a perceptual factor also can affect driver's cognitive factors.