

## 자동차내 항법 시스템의 정보 제공 형태에 따른 운전자의 정보처리와 운전 통제: 정보의 감각 양상과 제시빈도의 효과

이 재 식

부산대학교 심리학과

본 연구에서는 자동차내의 항법 장치가 제공하는 정보의 제시 방식, 즉, 정보의 제시 경로(modality)와 제시 빈도를 달리하여 운전자의 운전 수행과 정보 처리에 이들이 어떠한 영향을 미치는지 살펴보았다. 실험 1에서는 도로 표지에 대한 정보들을 시각적인 경로와 청각적인 경로를 통해 운전 중에 있는 운전자에게 각각 제시한 후 운전자들이 얼마나 많은 정보들을 기억하고 있는지, 각각의 정보 제공 양상에 따른 운전 수행의 차이는 있었는지, 그리고 운전자가 주관적으로 평가하기에 어느 정보 제공 양상이 운전 수행을 더 방해했는지 등을 살펴보았다. 실험 1의 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 자유회상률은 시각 정보에 비해 청각 정보 조건에서 더 우수하였던 반면 둘째, 운전 수행은 시각 정보가 제시되었을 때가 더 우수하였고, 셋째, 피험자들이 청각 자극이 제공된 경우가 시각적으로 제공된 경우보다 상대적으로 정보의 제공이 운전에서 더 방해되거나 성가심을 유발한다고 보고하는 경향이 더 컸다. 실험 2는 현실에서의 운전 상황과 좀더 가깝게 실험 1의 연구 방법을 보완하였으며, 정보의 제시 빈도와 정보의 제공 양상, 그리고 운전 거리에 따라 운전자가 주어진 정보를 얼마나 빠르고 정확하게 판단하여 반응하는지 검증하였다. 실험 2의 결과를 종합하면 다음과 같다. 첫째, 일반적으로 운전자들은 시각 정보보다는 청각 정보에 대해 더 빠른 반응 시간을 보였다. 둘째, 운전 거리가 증가함에 따라 시각 정보에 대해 반응하는 시간이 더 느려지는 경향을 보이는 반면, 청각 정보에 대한 반응 시간은 운전 거리와는 별 상관없이 없었다. 셋째, 청각 정보가 시각 정보에 비해 정보의 제시 빈도에 더 많은 영향을 받아 정보가 고빈도로 제시되는 경우 반응 시간이 증가한 반면, 시각 정보에 대해서는 정보 제시의 빈도에 별로 영향을 받지 않았다. 넷째, 정보의 제공 양상은 반응의 실수율과 의미 있는 관련성이 없는 것으로 보이지만, 실수율은 정보가 고빈도로 제시되었을 때가 저빈도로 제시되었을 때보다, 그리고 운전의 초반부에서 더 높았다.

근래 급속한 기계 기술의 발달과 더불어 자동차와 운전자의 관계는 단순한 수송의 목적을 위한 수송 수단(자동차)과 그 조작자(운전자)라는 관계를 넘어, 자동차가 운전자에게 주는 심리적 효과(예를 들어, 쾌적감이나 안전

감)의 중요성이 증가하고 있다. 또한 기계/기술적인 요소의 발달 수준은 아직도 많은 개발 요소의 잠재 가능성에도 불구하고 자동차를 생산하는 많은 기업체들 사이에서 거의 비슷한 수준이 될 것으로 전망된다. 차세대 자동차

본 연구 실험 1의 일부분은 제 38차 Human Factors and Ergonomics Society(Nashville, Tennessee, 1994년 10월)에 발표되었음.

차는 연료의 효율적 사용이나 안전성과 같은 기계적 요소의 발달에 의한 운전자의 요구 충족뿐만 아니라, 정보화 사회에 따른 운전자에 대한 정보 제공의 능력까지 고려해야 할 것으로 생각된다. 예를 들어, 이른바 자동차 선진국이라 일컬어지는 미국, 일본, 그리고 유럽에서는 자동차내 항법 장치(in-vehicle navigation system)의 개발에 박차를 가하고 있으며, 몇몇 국가에서는 이미 시제품이 상용화된 상태이다. 국내에서도 몇몇 차종에 한정적으로 이러한 시스템이 부착되어 시판되고 있고, 이러한 분야로의 투자와 연구가 활발해질 것으로 기대된다. 그러나 자동차 내 항법 장치의 사용은 운전 중에 있는 운전자에게는 부가적인 정보 처리의 요구를 수반하기 때문에 운전의 안전과 정보 처리의 효율성 측면에서 이러한 항법 장치의 개발에 인간공학적인 요인의 고려가 필수적이라고 생각된다.

자동차내 항법 장치의 설계와 관련되어 가장 중요한 요인은 항법 시스템의 정보 제공 방식과 정보 처리자로서의 운전자 사이의 상호 작용이다. 운전자가 운전 중에 처리해야 하는 정보의 내용과 양이 다양할 뿐만 아니라 운전자의 정보 처리 방식이 주어진 자극 속성에 따라 다양하게 변할 수 있기 때문에 최적의 설계를 위해서는 가장 적절한 방식의 정보 제공이 선택되고 시스템에 구현되어야 한다.

운전자가 운전 수행을 하면서 동시에 처리해야 하는 항법 정보들은 일반적으로 정도의 차이는 있어도 운전자의 주의 부담을 야기할 수 있으며, 이러한 주의 부담은 곧 운전 수행이라고 하는 일차적인 과제의 수행 저하를 초래하기 때문에 항법 시스템이 갖는 물리적 속성은 디스플레이의 설계의 기본적인 연구 대상이었다. 운전자에 대한 항법 시스템의 정보 제공 방식에서 가장 먼저 그리고 가장 많이 고려되었던 측면은 정보의 제공 양상(modality of information presentation)과 정보의 복잡도(complexity of information)였다. 즉, 운전자에

게 정보를 제공할 때 청각적으로 제시할 것이 아니면 시각적으로 제시할 것인가와 주어진 시간에 얼마만큼의 정보를 제공하는 것이 운전자의 주의 부담을 최소화하고 최상의 운전 수행을 유도할 수 있는가의 문제이다.

운전 수행이나 운전자의 정보 처리와 관련된 시각 정보와 청각 정보의 상대적인 우위성에 대해서는 많은 연구들이 청각 정보가 시각 정보에 비해 더 바람직한 정보 제공 방식이라는 결론을 내리고 있다. Labiale(1990)의 연구에서는 특정 출발점으로부터 목표지점까지 항행하게 하면서 운전자에게 필요한 정보들을 청각 정보나 혹은 시각 정보로 제시해 주고 전반적인 운전 수행의 차이를 비교하였다. 예를 들어, 운전자가 특정 교차로에 근접함에 따라 회전하는 방향이나 방법에 대해 시각적인 정보나 청각적인 정보를 각각 제시해 주었다. 그의 결과에 의하면, 시각 정보에 비해 청각 정보를 제시받은 피험자들은 더 빠른 시간 안에 주행을 완료하였고, 교차로에서 실수를 범하는 확률이 적었으며, 보다 안정적으로 차량을 통제하는 경향을 보였다. 특히 Labiale(1990)의 연구에서는 운전자에게 시각적으로 항행 정보를 제시하는 것과 청각적으로 항행 정보를 제시하는 했을 때의 인지 부하 차이도 평가했는데, 그의 연구 결과는 항행 정보가 시각적으로 제시될 때보다 청각적으로 제시될 때, 인지 부하가 더 낮았음을 보여 주었다. 또한 운전자의 인지적 부하의 정도와 관련하여 운전자들에게 어떤 시스템이 운전을 방해하지 않고 더 안전하게 느껴지는지를 선택하게 했을 때, 운전자들은 시각적 정보 시스템에 비해 청각적 정보 시스템이 더 안전한 시스템이라고 평가하였다.

Streeter, Vitello, 그리고 Wonsiewicz(1985)의 연구도 Labiale(1990)과 유사한 방법을 사용하여 운전자의 차량통제에 있어서의 시각 정보에 대한 청각 정보의 우세성을 발견하였다. Walker와 Brockelsby(1991)는 청각 항행 시스

템을 사용한 운전자들이 시각 항행 시스템을 사용한 운전자들보다 더 안전하게 운전한다고 보고했는데, 예를 들어, 시각 시스템을 사용한 피험자들은 계기판의 변화들을 더 많이 놓치거나, 반응시간이 더 길었으며, 또한 더 느리게 운전했다. 또한 McKnight와 McKnight (1992)는 운전 과제가 복잡할 때(예를 들어, 교통량이 많아 복잡한 도로나 커브가 급한 도로를 주행할 때), 운전자들은 전통적인 대쉬보드형 디스플레이에서 제시되는 정보들을 많이 놓치는 경향을 관찰하였고, Zwahlen과 DeBald (1986)는 이와 유사한 교통 상황에서 운전자들이 정상적인 운전 궤도에서 더 많이 이탈한다는 것을 보고하였다. 운전 시뮬레이션을 이용한 Parkes와 Coleman (1990)의 연구에서는 길 안내를 시각적으로 하는 것보다 청각적으로 할 때 더 나은 수행을 보였음을 관찰하였다.

시각 디스플레이를 능가하는 청각 시스템의 이러한 명백한 이점들에도 불구하고, Dingus와 Hulse(1990)는 청각 정보의 제시가 운전자의 주의와 정보 처리 부하에 관한 모든 문제의 해결책은 될 수 없다고 지적한다. 예를 들어, 진행 방향에 있는 교차로에 대해(단순화된 형태의 지도를 제시해 주는 것이 아니고) 일일이 말로 운전자에게 설명해 줘야 하는 경우를 설정해 본다면, 교차로의 이름, 회전해야 하는 방향, 회전하는 지점까지의 거리 등과 같은 운전자가 필요로 하는 정보들을 제공하기 위한 청각적/언어적 디스플레이는 짧은 시간 안에 많은 메시지의 제공을 요구하게 된다. 또한 그러한 메시지는 시각 정보의 제공에 비해 단순화되거나 명세화 될 수 없다. 예를 들어, 시각 디스플레이에서 텍스트를 이용한 정보의 제공보다 심벌을 이용한 정보의 제공은 더 간단하면서 동시에 명료하다. 메시지의 단순성이나 명료함이 감소함에 따라 청각적 메시지를 처리하는 데 요구되는 부하는 증가하게 될 것이며, 이러한 시사점은 위에서 언급된 청각 정보의 시각 정보에 대한 우위성에 대해 재고할

여지를 남기고 있다.

자동차 내 항법 장치 설계에서 시각 정보의 중요성을 찾을 수 있는 가장 대표적인 원리는 자극과 반응사이의 최적의 조합을 강조하는 이른바 자극-반응의 부합성 원리(stimulus-response compatibility: 즉, 주어지는 정보의 양상과 반응 양상 사이의 최적의 결합)이다. 이 원리에 의하면, 시각 자극에 대해서는 손으로 반응하는 것과 같은 신체 운동적 반응(manual response)이 결합되도록 시스템을 설계하는 것이 가장 빠르고 정확한 반응을 유도한다는 것을 지적하고 있다(Brainard, Irby, Fitts, & Alluisi, 1962; Williges, Williges, & Elkerton, 1987; Robinson & Eberts, 1987; 좀더 일반적인 최적 자극-반응 부합성의 결합은 Teichner & Krebs, 1974를 보라). 따라서 운전 수행이 손과 발에 의한 자동차의 통제라는 점을 감안하면, 청각 정보에 대한 것보다는 시각 정보에 대한 반응이 더 빠르고 정확해야 할 것이다. 예를 들어, 자동차내 항법 장치에서 제공되는 회전 방향을 가리키는 시각적 화살표에 대한 반응이 사람의 목소리와 같은 청각 지시보다 운전자의 반응에 더 유리할 것이다. 반면 청각 정보에 대해서는 음성 반응(verbal response)이 가장 빠르고 정확한 반응을 유도한다(Teichner & Krebs, 1974).

운전자에게 자동차내 항법 장치를 통해 정보를 제공하는 것은 어떤 방식으로든 운전자가 보다 안전하고 효율적으로 운전을 수행하도록 유도하는 것을 목적으로 한다. 이러한 목표를 달성하기 위해서는 정보 자체가 갖는 물리적 속성뿐만 아니라 운전자가 제공된 정보에 대해 어떤 반응 패턴을 보이는지를 검토하는 것이 선행되어야 할 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 자동차내의 항법 장치가 제공하는 정보의 제시 방식, 즉, 정보가 어느 감각 경로를 통해 전달되는가(modality)와 주어진 시간에 제시된 정보의 빈도를 달리하여 운전자의 운전 수행과 정보 처리에 이들이 어떤

한 영향을 미치는지 살펴보고자 한다. 실험 1에서는 도로 표지에 대한 정보들을 시각적인 경로와 청각적인 경로를 통해 운전 중에 있는 운전자에게 각각 제시한 후 운전자들이 얼마나 많은 정보들을 기억하고 있는지, 각각의 정보 제공 양상에 따른 운전 수행의 차이는 있었는지, 그리고 운전자가 주관적으로 평가하기에 어느 정보 제공 양상이 운전 수행을 더 방해하는지 등을 살펴보았다. 실험 1에서 자유회상 과제를 도입한 이유는 운전자들의 정보 처리가 각각의 정보 제공 양상에 따라 어떠한 차이를 보이는지 관찰하기 위해서였다. 즉, 서로 다른 감각 경로를 통해 제시되는 정보가 운전자들에게 동일한 수준의 인지적 노력을 요구하는지 알고자 하였다. 앞서도 언급되었듯이 자동차 내 항법 장치에서 제시되는 정보의 처리는 기본적으로 부가적인 과제의 수행이며(즉, 운전이 주된 과제이다), 운전자의 인지적 노력을 상대적으로 더 많이 요구하는 정보 제공 양상이 운전 수행을 더 방해한다면, 자유회상률과 운전 수행 사이에는 일종의 교환(trade-offs)이 있을 것으로 기대된다. 좀더 구체적으로 운전이 주로 시각-주도적인 수행이라면, 청각 정보에 대한 자유회상률이 더 나올 것이다. 실험 2는 좀더 현실에서의 운전 상황과 가깝게 실험 1의 연구 방법을 보완하였으며, 정보의 제시량과 정보의 제공 양상, 그리고 운전 거리에 따라 운전자가 주어진 정보를 얼마나 빠르고 정확하게 판단하여 반응하는지 검증하였다.

## 실험 1

### 방법

**피험자.** 16명의 피험자들(각각의 연령별, 성별 구분에 따라 4명씩)이 실험에 참가하였으며, 고령 운전자의 경우 평균 연령은 60.8세, 젊은 운전자의 경우 평균 연령은 22.3세였다.

모든 피험자들은 실험 참가 당시 유효한 운전 면허증을 소지하였고, 실험 참가 기준에 부합하는 운전 경험이 있었으며(고령 운전자의 평균 운전 경력은 34.1년, 젊은 운전자의 경우 5.4년, 그리고 각 집단 모두 매년 약 2,500 마일 이상 운전), 시력과 청력은 정상이었다.

**과제조건.** 모든 피험자들에게 서로 다른 정보 제공 양상(시각 vs. 청각)에 따른 디스플레이 조건에 대해 연습을 위한 운전 시나리오와 본 실험을 위한 운전 시나리오가 한 쌍씩 준비되었다. 연습 시행은 실험 조건에서 사용된 것과는 다른 정보들로 각 실험 조건에서 제시되는 전체 자극 수(16개)의 반절에 해당하는 8개가 제시되었고, 또한 본 실험 조건의 절반에 해당하는 거리를 운전하도록 요구되었다는 점을 제외하면, 모든 조건들(예를 들어, 도로의 형태나 도로 상의 교통량 등)이 본 실험 조건과 동일하였다. 시각 자극들은 모두 그래픽으로 구성되었고, 시뮬레이터의 대쉬보드 위(운전자의 시야 전방)에 위치한 Liquid Crystal Display(LCD, 12 × 15 cm) 상에 제시되었다. LCD는 운전 중 운전자의 시야를 방해하지 않으면서 제대로 보일 수 있도록 뒤로 약 20도 정도 기울여지도록 장착되었다. 각 시각 정보는 운전자의 운전 거리에 따라 일정하게 제시될 수 있도록 미리 프로그램 되었다. 청각 자극들은 각각의 시각적인 도로 표지들을 1-3 단어들로 재구성하여 여성의 목소리로 자동차 내의 스피커를 통해서 제시되었는데, 각 자극의 제시 지점은 시각 조건과 동일하였다.

**운전 시뮬레이터와 운전 시나리오.** 실험에 사용된 운전 시뮬레이터는 미합중국 아이오와 대학교의 운전 시뮬레이션 연구소(Center for Computer Aided Design & Iowa Driving Simulator: CCAD & IDS)에 설치된 고정형 시뮬레이터(fixed-base simulator)로 일반 승용 자동차에서 볼 수 있는 모든 계기판들과 컨트롤들이 설치되었으며, 트랜스미션은 오토매틱이었다. 운전자의 시뮬레이터 조작에 따른 도로

나 주변 장면의 움직임은 시뮬레이터와 연결된 컴퓨터가 생성한 이미지에 의해 제시되었으며, 핸들이나 가속기를 통한 운전자의 차량에 대한 입력 정도나 실제 차량의 움직임 등과 같은 운전 수행 데이터는 시뮬레이터와 연결된 개인용 컴퓨터에 저장되었다. 앞에서 언급되었던 바와 같이 시뮬레이터의 대쉬보드 중앙 상단에 시각 정보를 제공하기 위한 LCD가 제공되었다. 도로상의 장면들(예를 들어, 차선이나 옆 차선의 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 2.5 미터 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 상황에서 운전자에게 제공되는 최소한의 시각 영역을 만족시킬 수 있는 조건이었다(Haug, 1990).

또한 각 실험 조건에 따른 시나리오는 운전자의 연습효과를 제거하기 위해 도로 외의 장면들(예를 들어, 건물의 모양)은 약간씩 변경되었다. 피험자들이 운전하는 도로는 2차선 도로였으며, 피험자들은 운전 속도를 모든 조건에서 65 mph(즉, 104.61 km/h)로 유지하도록 요구받았다. 모든 시나리오의 운전거리는 20,000 피트였으며, 목표 속도(65 mph)를 정확히 따른다면 시나리오 당 약 5분이 소요되었다. 각각의 정보 제공 양상 조건에서 자극들은 매 1,000 피트의 운전 거리마다 하나씩 제시되었고, 처음과 마지막 1,000 피트의 운전에는 자극이 제시되지 않았다.

절차. 실험 실시 전에, 피험자들은 그들의 운전 경력과 인구학적 특성을 보고하도록 하는 질문지를 완성하였고, 간단한 시력/청력 검사를 받았다. 16명의 피험자들은 각각의 실험 조건에 모두 참여하였는데, 8명의 피험자들은

시각 조건에, 나머지 8명의 피험자들은 청각 조건에 먼저 할당되었다. 모든 피험자들은 본 실험을 행하기 전에 각 실험 조건과 동일한 운전 시나리오로 연습 시행을 한번 실시하였으며, 각 자극들은 피험자에 따라 무선적으로 제시되도록 하였다. 모두 54개의 도로 표지들이 준비되었는데, 이들은 운전자들이 정상적인 운전 중에 경험할 수 있는 규제에 관한 내용들(예를 들어, 정지, 양보, 추월 금지 등)이나 경고에 관한 것들(예를 들어, 전방 급커브, 건널목, 도로 좁아짐 등)로 구성되었다. 이 중 36개는 본 실험의 시각이나 청각 조건에 각각 18개씩, 나머지 18개는 연습 시행의 시각과 청각 조건에 각각 9개씩 무선적으로 선택되어 할당되었다. 운전자에게 친숙하지 않을 수 있는 표지들(예를 들어, Farm Machinery: 농장 기계가 지나는 지역)이나 내용이 특이한 표지들(예를 들어, Deer Crossing: 사슴이 지나는 도로)등은 제시되지 않았다. 20,000 피트의 운전이 종료된 후 즉시 스크린 전체가 검은 색으로 바뀌었으며, 이때 운전자들은 자신들이 보았거나 들었던 자극들을 순서에 상관없이 모두 기억하여 보고하도록 요구받았다. 실험자는 미리 준비한 채점지로 피험자의 응답을 기록하였다. 또한 자유 회상 과제가 끝난 후 각각의 정보 제시 형태에 대한 운전자의 주관적 평가를 보고하도록 하였다. 모든 피험자들은 특별한 요구가 없는 한 시뮬레이터를 정지하지 말고 계속 운전하라는 지시와 차선을 바꾸는 것 혹은 교차로에서 회전하는 것 등을 하지 말라는 지시를 실험 전에 받았다. 그리고 운전 중에 불편감이나 멀미를 경험할 경우, 실험자에게 즉시 보고하도록 하였으나, 실제 실험 중에 탈락한 피험자는 없었다. 실험 종료 후 간단한 실험 후 설명이 주어졌고, 각 피험자들에게는 일정량의 보수가 지급되었다.

종속 변인들. 세 가지의 종속 측정치들이 본 연구에서 분석되었다: 도로 표지들에 대한 자유회상률, 운전 수행 정도, 그리고 디스플레이

유형(즉, 시각적 정보와 청각적 정보)에 대한 주관적 평가. 자유회상물은 전체 자극 수(18개)에 대한 응답자의 회상 자극 수를 비교하였다.

운전 수행 평가는 운전자가 차량을 얼마나 안정되게 유지하면서 운전하였는가를 알아본 것으로, 크게 운전 속도 제어와 차선 유지 등으로 구분되었다. 운전 속도 제어 측면에는 운전자의 (1) 액셀러레이터(가속기) 입력의 변산성(acceleration variability: 변산이 클수록 운전자가 급가속이나 급감속을 하였다는 것을 나타낸다)과, (2) 운전 속도의 변산성(speed variability: 운전자의 운전 속도가 목표 속도인 65 mph로부터 얼마나 이탈되었는지의 측정치)이 포함되었고, 차선 유지 수행은 (1) 차선 내 차량 위치의 변산성(variability in lane position: 주행선의 중앙, 즉, 차량의 최초 위치로부터 차량이 좌우로 움직인 정도), (2) 핸들 조작물의 변산성(variability in steer wheel rate: 변산성이 클수록 운전자가 차선을 유지하기 위해 급작스런 핸들 조작을 하였다는 것을 보여준다), 그리고 (3) 도로의 진로에 대한 운전 차량 진로의 차이(road heading error: 주어진 시점에서 도로의 방향과 차량의 진행 방향의 차이를 각도로 계산한 측정치로 이상적으로는 두 방향의 각도 차이가 0도 이어야 한다) 등이 측정되었다.

운전 수행과 관련된 측정치들은 서로 상관되어 있을 수 있지만(예를 들어, 운전 속도의 변산성과 액셀러레이터 입력의 변산성, 혹은 핸들 조작물의 변산성과 차량 위치의 변산성), 각각의 측정치들을 모두 분석에 포함한 이유는 운전자가 차량의 핸들이나 액셀러레이터를 통해서 입력한 힘의 크기와 실제 차량이 입력에 따라 반응한 정도가 다를 수 있기 때문이었다. 예를 들어, 액셀러레이터를 갑자기 그리고 세게 밟았다 하더라도 실제 상황에서의 운전처럼 차량의 속도가 즉시 변화되는 것은 아니다. 운전 수행은 매 10 피트의 운전 거리마다

측정되었다.

자동차내의 항법 장치에서 제공되는 정보 제시 양상의 효과를 자유회상물이나 운전 수행의 정도 등과 같은 객관적 절차에 의해 측정할 수도 있으나, 이 영역의 많은 연구자들은 객관적인 측정치와 더불어 피험자들에 의해 주관적으로 평정된 데이터의 유용함도 또한 강조하고 있다(예를 들어, West, French, Kemp, & Elander, 1993). 이들의 권고에 따라 각각의 정보 제공 양상에 따른 운전자의 주관적 평가를 알아보기 위해 피험자들에게 제시되었던 자극들이 운전애 방해가 되는 정도(distraction)나 내용의 이해 가능 정도(comprehension), 그리고 정보들이 제시되는 것이 운전자에게 짜증이나 성가심(annoyance)을 주었는지 등에 대해 7점 척도(1 = 전혀 아니다, 4 = 중간, 7 = 매우 그렇다)로 답하게 하였다.

분석. 관찰된 자유회상물, 운전 수행 정도, 그리고 주관적 평가에 대해 2(디스플레이 조건: 시각 vs. 청각) × 2(운전자의 연령: 젊은 운전자 vs. 고령 운전자) × 2(운전자의 성별: 남 vs. 여) 변량분석(ANOVA)을 하였는데, 연령과 성별은 피험자간 변인이었고, 디스플레이 조건은 피험자내 변인이었다. 모든 종속치들에 대해 0.05의 결정 기준이 적용되었고, 유의미하지 않은 결과는 보고에서 제외하였으나, 주관적인 평정치에 대해서는 필요하다면 근소하게 기각역을 벗어난 결과(예를 들어,  $0.05 < p < 0.10$ )는 보고에 포함하였다.

## 결과 및 논의

그림 1에서 보이듯이 운전자들은 정보가 시각적으로 제시된 경우에 비해 청각적으로 제시되었을 때 더 많은 정보들을 회상하였다 [ $F(1, 12)=18.09, MSe=1.99, p=0.001$ ]. 이러한 결과는 정보가 시각적으로 제시된 경우에 비해 청각적으로 제시되었을 경우 운전자들이 주어진 정보를 더 많이 작용기억 안에 과지하

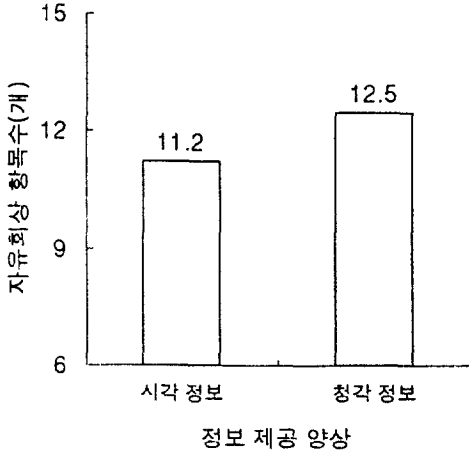


그림 1. 정보 제공 양상에 따른 평균 자유 회상 단어 수

고 있음을 시사해 준다.

이에 비해 운전 수행의 분석은 운전 속도 제어와 차선 유지 모두에서 청각 정보에 대한 시각 정보의 우위성을 일관적으로 보여주고 있다. 우선 시각 디스플레이 조건에 비해 청각 디스플레이 조건인 경우 피험자들은 더 큰 엑셀러레이터 입력의 변산성을 보였는데 [ $F(1, 12)=6.28, MSe=13.81, p=0.028$ ], 이러한 경향은 젊은 운전자에 비해 고령의 운전자에게서 더 뚜렷하였고[디스플레이 조건과 연령의 유의미한 상호작용,  $F(1, 12)=6.97, MSe=13.81, p=0.022$ , 그림 2], 운전자의 주행 속도가 목표

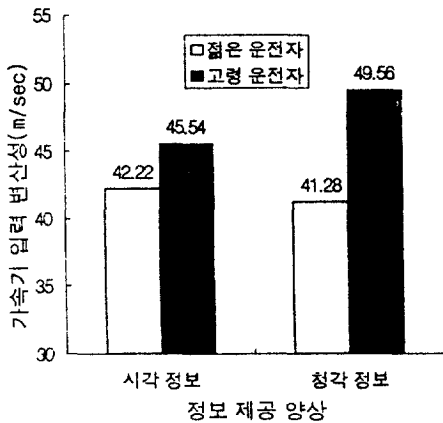


그림 2. 가속기 입력의 변산성에 대한 정보 제공 양상과 연령의 효과.

속도인 65 mph로부터 얼마나 이탈되었는지의 측정치에 대한 분석에서도 시각 디스플레이 조건에 비해 청각 조건에서 더 큰 변산성이 관찰되었다[ $F(1, 12)=5.55, MSe=0.33, p=0.036$ , 그림 3].

차량의 속도 통제와 마찬가지로 청각 디스플레이 조건에 비해 시각 디스플레이 조건에서 상대적으로 더 나은 차선 유지 수행이 관찰되었다. 즉, 청각 디스플레이 조건에서 피험자들은 차선의 중앙으로부터 좌우로 차량을 더 많이 움직였고[ $F(1, 12)=9.65, MSe=16.72, p=0.009$ , 그림 4], 더 급작스럽고 큰 각도로 핸

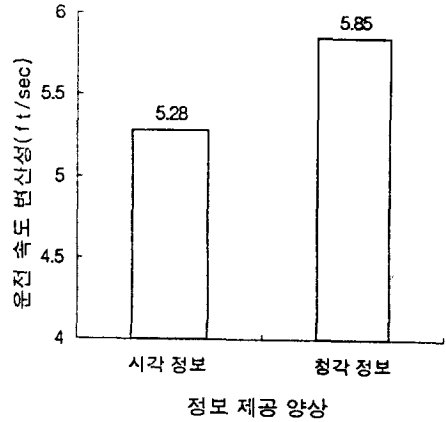


그림 3. 정보 제공 양상에 따른 운전 속도의 변산성.

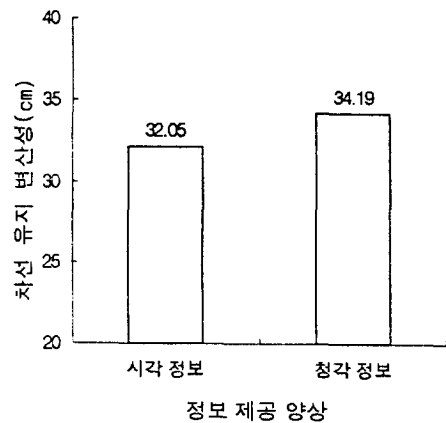


그림 4. 정보 제공 양상에 따른 차선 유지의 변산성.

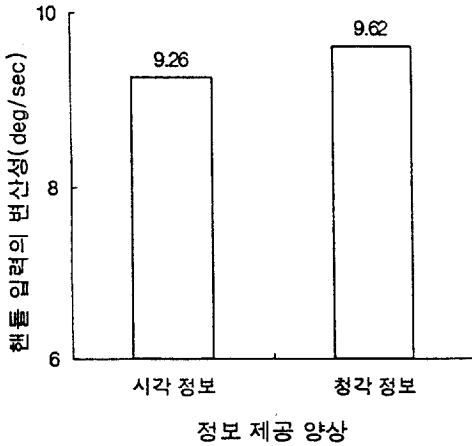


그림 5. 정보 제공 양상에 따른 핸들 입력의 변산성.

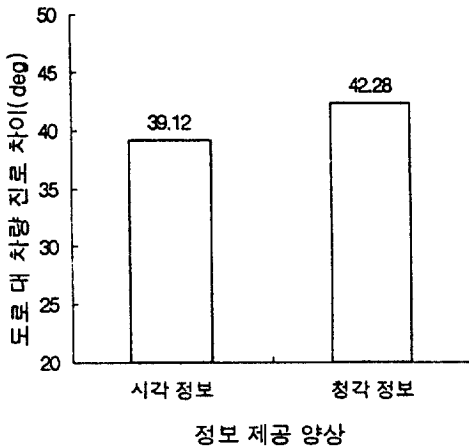


그림 6. 정보 제공 양상에 따른 도로와 차량의 진로(heading) 각도 차이.

들을 조작하였으며 [ $F(1, 12)=14.20, MSe=0.30, p=0.003$ , 그림 5], 더 큰 도로의 진로에 대한 운전 차량 진로의 각도 차이를 보였다 [ $F(1, 12)=17.70, MSe=13.81, p=0.001$ , 그림 6].

디스플레이의 양상에 대한 피험자들의 주관적 평가 역시 운전 수행과 마찬가지로 청각 디스플레이와 비교하여 시각 디스플레이가 더 긍정적으로 평가되었으나 결과는 모두 결정 기준(즉,  $p < 0.05$ )을 만족하지 못하였다. 예를 들어, 피험자들은 시각 디스플레이에 비해 대

체적으로 청각 디스플레이가 더 운전 방해된다고 보고하였고 [ $F(1, 12)=4.03, MSe=5.03, p=0.068$ ], 청각 정보들의 제시가 시각 정보의 제시보다 짜증이나 성가심을 주는 정도가 컸다고 보고하였다 [ $F(1, 12)=4.45, MSe=1.70, p=0.056$ ]. 제시된 정보의 이해 용이성은 정보가 제시되는 양상에 의해 의미 있는 차이를 보이지 않았으나, 대체적으로 고령의 운전자들은 젊은 운전자들에 비해(디스플레이의 종류에 상관없이) 정보가 무엇을 의미하는지 이해하기 어렵다고 보고하는 경향을 보였다 [ $F(1, 12)=4.67, MSe=3.43, p=0.052$ ].

실험 1의 결과를 전체적으로 요약하면 다음과 같다: (1) 자유회상률은 시각적 자극에 비해 청각적 자극 조건에서 더 우수하였던 반면, (2) 운전 수행은 시각 정보가 제시되었을 때가 더 우수하였고, 또한 (3) 피험자들이 청각 자극이 제공된 경우가 시각적으로 제공된 경우보다 상대적으로 정보의 제공이 더 운전 방해되거나 성가심을 유발한다고 보고하는 경향이 더 컸다.

이러한 결과들은 자동차내 항법 장치의 설계, 특히 정보의 제공 양상과 관련하여 몇 가지 시사점을 준다. 먼저, 시각 정보에 대한 청각 정보의 우월한 자유 회상 수행은 정보를 청각적으로 제시하는 것이 시각적으로 제시하는 것보다 운전자가 운전 중에 기억과 같은 정보 처리의 능력을 최대화하는데 보다 더 효율적일 수 있다는 것을 시사한다. 이러한 시사는 다음의 몇 가지 이유로 설명 가능하다. 첫째, 일반적으로 운전은 그 자체가 시각-주도적 과제의 수행이다. 예를 들어, 운전 중에 처리하는 모든 정보의 약 95%는 시각적인 것이다(McKnight & Adams, 1970). 따라서 시각 디스플레이에 의한 정보는 운전자들이 운전이라고 하는 일차적이면서 동시에 시각-주도적 과제의 수행에 의해 청각 정보보다 더 많은 간섭을 받을 수 있는 반면, 청각 자극은 일차적인 운전 과제와는 별개의 독립적인 정보



처리 경로와 인지적 자원을 사용할 수 있을 것이다(Wickens, 1992). 즉, 운전 중에 있는 운전자의 작업기억 안에서 처리되고 저장될 수 있는 시간적 여유나 정보처리 용량의 자원이 청각 자극의 경우가 시각 자극인 경우보다 상대적으로 더 유리할 수 있으며, 그 결과 시각적 자극에 비해 청각 자극이 보다 우월한 자유회상 수행을 보였을 가능성이 있다.

자유 회상 수행에서 시각 정보에 대한 청각 정보의 우월성에 대한 두번째 가능한 설명은 정보 처리 과정에서 시각/청각 양상이 각기 지니는 독특한 특징에서 찾을 수 있을 것이다. 즉, 시각 정보에 주의를 기울이고 이해하기 위해서는 운전자는 자극이 주어진 곳을 향하여 눈을 돌려야 하지만, 청각 정보에 대해서는 특별한 주의 방향이 정해져 있지 않을 뿐만 아니라 정보가 작업 기억 속에 남아있는 시간 역시 청각 정보가 시각 정보 보다 상대적으로 길다(Wickens, 1992). 이러한 이유로 운전 중에 제시되는 시각 자극들은 운전자에 의해 간과되거나 무시될 수 있는 가능성이 있는 반면, 시각 정보에 비해 상대적으로 많은 수의 청각 정보가 작업 기억에서 더 오랫동안 남아 있었기 때문에 자유 회상에서 더 많은 청각 정보들을 회상하였을 가능성이 있다.

운전 수행에서의 청각 정보의 시각 정보에 대한 상대적인 열등성은 (1) 운전 수행 자체가 상당 부분 시각-주도적이며, (2) 자유 회상 과제에서 보였듯이 운전자의 주시행동이나 정보 처리 시간상으로 유리할 수 있다는 것 등을 고려할 때 설명하기가 힘든 부분이다. 그러나 많은 선행 연구들이 지적하였듯이(예를 들어, Dingus & Hulse, 1990) 청각 정보는 짧은 시간 안에 제공해야 할 정보량이 많은 경우 시각 정보 제시에 비해 단순화되기 어렵고, 또한 비록 단순한 형태로 전환된다 하여도 그 내용을 운전자들이 해석하는데 더 많은 인지적 노력을 요구할 수 있기 때문에 절대적으로 우세한 정보 제공 양상이라고 단정 지을 수 없다.

특히 실험 1에서는 이전의 청각 정보의 우세성을 보인 연구들과는 달리 시각 정보의 제공이 더 나은 운전 수행을 이끈다는 결과를 보여주고 있다. 이러한 경향에 대한 가능한 설명은 청각 자극과 시각 자극의 상대적인 정보 처리 노력의 차이에서 찾을 수 있을 것이다. 예를 들어, 일차적으로 주어진 운전 과제를 수행하는 과정에서 운전자는 보다 나은 차량 통제를 위해 시각 정보들을 종종 무시하거나 간과할 수 있다. 그러나 청각 자극은 이러한 정보의 '선택적' 방략이 상당히 힘들었을 것이다. 즉, 입력되고 있는 청각 정보를 의도적으로 무시하기가 곤란하였고, 그 결과 비록 더 많은 수의 청각 정보들이 입력되고 처리되어 자유 회상에서 높은 수행율을 보였을지라도 상대적으로 운전 수행에 투자할 수 있는 정보처리 용량이 시각 정보에 비해 적었을 수 있다.

이러한 가능성은 각 정보 제공 양상에 대한 운전자들의 주관적 평가에서도 시사된다. 예를 들어, 운전자들은 청각 자극들이 시각 정보들에 비해 운전에 더 방해되고 또한 짜증이나 성가심을 더 유발한다고 보고하는 경향을 보였는데, 이러한 반응 경향은 시각 정보에 비해 청각 정보가 제시되었을 경우 선택적 주의가 더 어려웠다는 것을 시사한다(즉, 청각 자극을 무시하고 운전 수행과 관련된 정보처리에 더 몰두할 수 없었을 것이다).

## 실험 2

실험 1은 현실 세계에서 사용되는 자동차내 항법 시스템과 그것을 사용하는 운전자의 상호작용 측면에서 몇 가지 제한점을 지닌다. 첫째, 일반적으로 실제의 자동차내 항법 장치에서는 청각 정보나 시각 정보가 하나의 블록을 형성하여 계속해서 제시되지 않는다. 즉, 정보의 종류나 내용에 따라 시각 정보와 청각 정보가 무선적으로 제시된다. 둘째, 일반적인

로 운전자들은 제공되는 정보의 내용을 기억할 필요가 없다. 즉, 정보의 내용에 적절하게 반응하는 것이 기억하는 것보다 더 중요하다. 셋째, 실험 1에서 사용된 20,000 피트의 운전 거리(혹은 약 5분 정도의 운전 시간)는 실제 운전 상황, 특히 자동차내 항법 장치와 운전자가 계속 상호 작용하는 상황에 비하면 상당히 짧은 시간이다. 넷째, 단순히 청각 정보나 시각 정보가 각각 분리된 시스템을 통하여 제공되는 경우는 드물다. 예를 들어 이러한 시스템은 현재 상용화되고 있는 자동차 내 항법 장치의 '선행 모델' 들이고, 현재는 보통 그래픽이나 텍스트를 이용한 시각 정보와 음성이나 소리를 이용한 청각 정보가 한 시스템 안에서 제시된다. 다섯째, 항법 장치에서 제공되는 정보가 항상 동일하게 제시되는 경우는 드물다. 즉, 운전 상황에 따라 제공되는 정보량이 다를 수 있다.

실험 2에서는 앞에서 지적한 문제점들을 보완하여 보다 현실에 가까운 운전자와 항법 장치의 상호작용 상황에서 서로 다른 정보의 제공 양상에 대한 운전자의 반응을 알아보고자 한다. 즉, 실험 2에서는 청각 정보와 시각 정보가 무선적으로 제공되었고, 90분의 비교적 긴 운전 거리가 요구되었으며, 운전자가 처리해야 하는 정보량을 체계적으로 변화시켰다.

실험 1에서는 정보 제공 양상에 따른 정보의 자유회상률, 운전 수행 정도, 그리고 운전자의 주관적인 평가 등을 측정하였으나, 실험 2에서는 운전자가 청각 혹은 시각 정보에 대해 얼마나 빨리 정확하게 반응하는지를 측정하였다. 정보 제공의 양상(시각 혹은 청각)에 따른 운전자의 운전 수행 능력은 실험 2에서는 측정되지 않았다. 그 이유는 시각 정보와 청각 정보들이 운전 중에 무선적으로 제시되었기 때문에 특정한 시점에서 보이는 운전 수행의 차이가 순수하게 정보 제공의 양상의 차이에 기인하였다는 것을 보장하기 어렵기 때문이었다.

실험 2의 목적은 정보가 청각적 혹은 시각적으로 제시되었을 때, 운전자들이 어떤 정보 제공 양상에 더 빠르고 정확하게 반응하는지를 살펴보고, 나아가 운전 수행 시간의 증가와 정보의 제시량이 정보의 제공 양상과 어떤 상호작용을 보이는지 알아보는 것이다.

## 방법

**피험자.** 10명(남자 8명, 여자 2명)의 운전자가 실험 2에 참가하였으며, 이들의 평균 연령은 38.2세였다. 모든 피험자들은 유효한 운전 면허증을 소지하고, 100,000 마일 이상의 운전 경력을 지닌 숙련된 운전자들이었다. 또한 모든 피험자들은 시각 예민도(교정 시력 포함)와 청력에서 운전 자격의 법적 기준에 맞는 수준이었다.

**운전 시나리오와 과제조건.** 모든 피험자들에게 연습을 위한 운전 시나리오와 본 실험을 위한 운전 시나리오가 한 쌍씩 준비되었다. 연습 시행은 실험 조건에서 사용된 것과는 다른 정보들이 각 실험 조건에서 제시되는 전체 자극 수인 216개에 비해 비교적 소수(48개)만이 제시되었고, 본 실험 조건의 9 분의 1에 해당하는 거리(40,000 피트)를 운전하도록 요구되었다는 점을 제외하면, 모든 조건들(예를 들어, 도로의 형태나 도로 상의 교통량 등)이 본 실험 조건과 동일하였다. 시각적 자극들은 모두 텍스트로 구성되어 시뮬레이터의 대쉬보드 위(운전자의 시야 전방)에 위치한 LCD 상의 중앙에 제시되었다. 청각 자극들은 여성의 목소리로 자동차내의 스피커를 통해서 제시되었는데, 각 자극의 제시 지점은 시각 조건과 동일하였고, 각 정보는 운전자의 운전 거리에 따라 일정하게 제시될 수 있도록 미리 프로그램되었다.

모든 정보들은 도로에 관한 내용(예를 들어, '전방에 응급 차량 진행 중', '전방에 도로공사', 혹은 '급커브' 등)이나 자동차의 상태에 관한

내용(예를 들어, '엔진 과열' 이나 '냉각수 부족' 등)이었고, 주어진 내용에 따라 운전자는 스티어링 휠(steering wheel)에 장착된 선택 버튼을 빠르고 정확하게 누르도록 지시 받았다. 운전자가 처리해야 하는 정보량은 운전 거리 당 제시되는 정보의 빈도수로 결정되었다. 높은 정보 처리 요구 조건에서는 정보들이 1,000 피트 마다 한번씩 제시되었고, 낮은 정보처리 요구 조건에서는 5,000 피트 마다 1개의 정보가 제시되었는데, 이 두 조건은 20,000 피트마다 번갈아 제시되었고, 5명의 피험자들은 고빈도 조건을, 나머지 5명은 저빈도 조건을 먼저 수행하도록 하였다. 모든 정보들은 청각 정보와 시각 정보, 그리고 도로 상태나 차량 상태에 따라 동수로 제시되었으며, 제시 순서는 무선적이었다. 연습을 위한 운전 시나리오와 본 실험을 위한 운전 시나리오는 주행 거리에서만 차이가 있었고, 운전자의 연습 효과를 제거하기 위해 도로 외의 장면들(예를 들어, 건물의 모양)만이 약간씩 변경되었다. 운전자가 주어진 운전 속도(65 mph)를 정확히 지킨다면, 연습 시행에 소요된 시간은 약 10분, 본 실험 운전에 소요된 시간은 약 90분이었다.

운전 시뮬레이터. 실험 2에서는 실험 1과 동일 기종의 운전 시뮬레이터가 사용되었으나, 운전자의 반응 시간을 측정하기 위해 스티어링 휠(steering wheel) 상에 두 개의 버튼이 추가로 장착되었다. 이 버튼들은 운전자가 왼손과 오른손의 엄지손가락으로 누를 수 있도록 되었는데, 도로에 관한 정보들이 제공되었을 때는 오른쪽 버튼을, 자동차에 관한 정보가 제공되었을 때는 왼쪽 버튼을 누르도록 하였다. 청각 정보들은 실험 1과 같은 방식으로 제공되었다.

절차. 실험 실시 전에, 피험자들은 그들의 운전 경력과 인구학적 특성을 보고하도록 하는 질문지를 완성하였고, 간단한 시력/청력 검사를 받았다. 10명의 피험자 중 5명은 고빈도 조건을, 나머지 5명의 피험자들은 저빈도 조건

을 먼저 수행하도록 무선적으로 할당되었다. 실험 1과 마찬가지로 제시되는 모든 정보들은 운전자들이 정상적인 운전 중에 경험할 수 있는 도로 상태나 차량 상태에 관한 내용들이었고, 운전자에게 친숙하지 않거나 특이한 내용의 정보들은 제시되지 않았다. 모든 피험자들에게는 특별한 요구가 없는 한, 시뮬레이터를 정지하지 말고 계속 운전하라는 지시와, 차선을 바꾸는 것 혹은 교차로에서 회전하는 것 등을 하지 말라는 지시를 실험 전에 받았으며, 운전 중에 불편감이나 멀미를 경험할 경우, 실험자에게 즉시 보고하도록 하였으나, 실제 실험 중에 탈락한 피험자는 없었다. 실험 종료 후 간단한 실험 후 설명이 주어졌고, 각 피험자들에게는 일정량의 보수가 지급되었다.

분석. 총 운전 거리인 360,000 피트를 분석의 편의상 세 구간(한 구간을 120,000 피트씩 구분하여 구간 I를 0 - 120,000피트, 구간 II를 120,000 - 240,000 피트, 구간 III을 240,000 - 360,000 피트)으로 나누어 분석하였다. 실험 1과는 달리 운전자의 정보에 대한 반응시간과 실수율에 대해 2(정보의 감각 양상: 시각 vs. 청각) × 2(정보의 제시 빈도: 고빈도 vs. 저빈도) × 3(운전 거리: 구간 I, II, III) 변량 분석(ANOVA)을 실시하였다. 특히 반응 시간이 너무 빠르거나 너무 느린 반응(즉, 반응 시간이 500msec 이하이거나 3000msec 이상인 반응), 그리고 선택된 버튼이 요구되었던 버튼과 다른 경우(즉, 도로 정보에 대해 왼쪽 버튼을 눌렀거나 차량 정보에 대해 오른쪽 버튼을 누른 경우)는 실수로 정의되었고 반응 시간의 변량 분석에서는 제외하였다.

## 결과 및 논의

반응시간의 분석. 실험 1의 자유 회상 결과와 유사하게 운전자들은 청각 정보가 제시되었을 때 더 빠르게 반응하였다 [ $F(1, 9)=34.52$ ,  $MSe=11.78$ ,  $p<0.001$ ]. 즉, 시각 정보에 대해서는 평균 1.71초가 소요된 반면, 청각 정보에

대해서는 평균 1.40초가 소요되어, 시각 정보에 비해 청각 정보에 대해 약 300msec 정도 더 빨리 반응하였음을 보여주고 있다. 정보의 제공 양상과 운전 거리의 상호작용이 유의미하였는데 [ $F(2, 18)=6.84, MSe=0.0199, p=0.006$ ], 이는 운전 거리가 증가함에 따라 청각 정보에 대한 반응 시간에는 별 차이가 없는 반면, 시각 정보에 대해서는 운전 거리가 증가함에 따라 반응 시간이 점차 느려졌기 때문이다(그림 7). 또한 정보의 제공 양상과 정보의 제시 빈도의 상호작용이 유의미하였다 [ $F(1, 9)=19.05, MSe=0.0077, p=0.002$ ]. 이것은 정보가 시각적

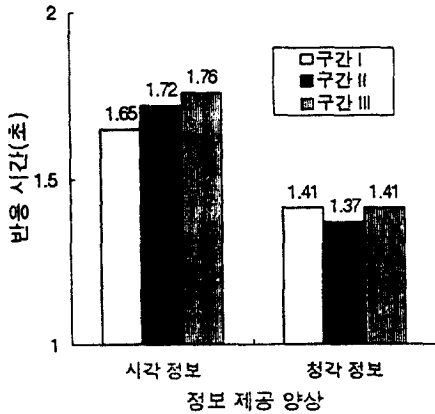


그림 7. 반응 시간에 대한 정보 제공 양상과 운전 거리의 상호작용 효과.

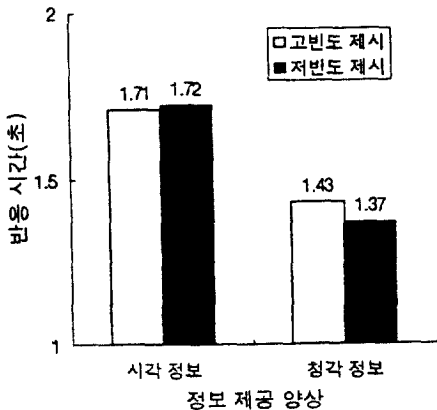


그림 8. 반응 시간에 대한 정보 제공 양상과 정보 제공 빈도의 상호작용 효과.

으로 제시되었을 때는 제시 빈도가 달라짐에 따라 반응 시간에 별 차이가 나타나지 않은 반면, 청각 정보에 대해서는 고빈도의 정보인 경우 저빈도의 정보에 비해 유의미하게 반응 시간이 느렸기 때문이었다(그림 8).

반응 실수 분석. 앞서도 언급되었듯이 반응의 실수는 반응이 너무 빠르거나 느린 것(반응 시간이 500msec 이하이거나 3000msec 이상인 반응), 그리고 버튼의 선택이 잘못되었던 경우를 합하여 분석하였다. 그림 9와 10은 반응 실수의 빈도를 전체 요구된 반응의 수에 대한 백분율로 환산하여 표기한 것이다. 결과에 의하면, 실수의 빈도는 정보의 제시 양상에 대해서는 유의미한 차이를 보이지 않았으나, 일반적으로 고빈도의 정보가 제시되었을 때가 저빈도의 정보가 제시되었을 때보다 많았다 [ $F(1, 9)=7.40, MSe=0.20, p=0.024$ , 그림 9]. 또한 실험이 시작된 전반부인 구간 I에서의 실수가 가장 많았고 나머지 두 구간(구간 II와 III)에서는 차이가 없었다 [ $F(2, 18)=4.10, MSe=0.020, p=0.34$ , 그림 10].

청각 정보에 대한 보다 빠른 반응은 실험 1에서도 논의되었듯이 청각 자극이 시각 자극보다 더 빨리 운전자의 주의를 끌 수 있다는 것에서 찾을 수 있을 것이다. 즉, 운전자가 차량을 통제하기 위해 주의를 도로 상에 집중하

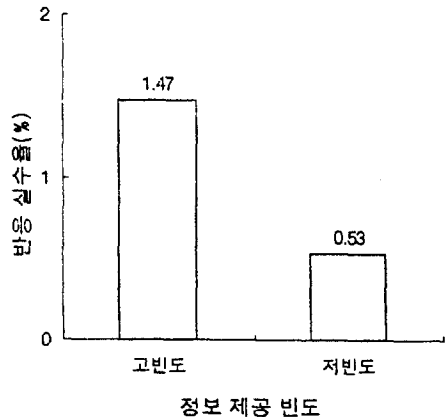


그림 9. 정보 제공 빈도에 대한 반응 실수율.

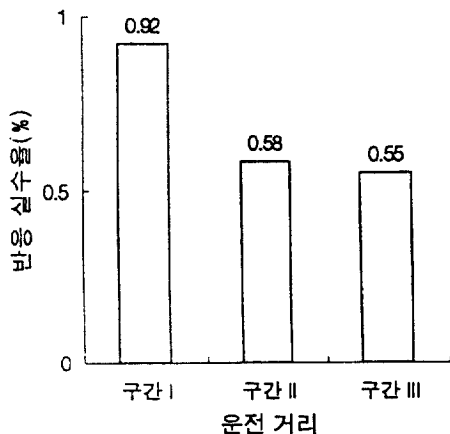


그림 10. 운전 거리에 따른 반응 실수율.

고 있을 때 시각 정보가 제시되는 경우 운전자들은 제시된 정보를 읽고 반응하기 위해 눈을 도로와 디스플레이 사이를 자주 전환해야 했고, 이러한 반복적인 전환 시간이 시각 정보를 판독하고 이해하여 반응을 할 때까지의 전체적인 반응 시간을 증가시켰을 가능성이 있다. 특히 시각 정보가 제시되었다는 사실을 알려주기 위해 특별한 단서가 제공되지 않았기 때문에, 운전자들이 도로에 시선을 집중하고 있을 때 운전자들은 시각 정보가 제시되었다는 것을 주변시에 의존해서 판단하여야 하고, 이러한 부가적인 단계가 시각 정보에 대한 반응을 늦추었을 가능성이 있다.

또한 운전자의 운전 피로와 정보 처리와의 관계에 대한 것은 정보 제공 양상에 따라 달라질 수 있다는 것을 시사하는 결과도 주목할 만하다. 예를 들어, 시각 정보에 대한 운전자의 반응 시간은 운전 거리가 길어짐에 따라 증가하였던 반면, 청각 정보에 대한 반응 시간은 운전 거리에 따라 차이를 보이지 않았다. 시뮬레이터를 30분 이상 운전한다는 것은 실제 생활에서 운전하는 것보다 더 많은 운전 피로와 졸리움, 가벼운 멀미증 등을 유발할 수 있다는 것을 감안하면(예를 들어, Frank, Casali, & Wierwille, 1987), 시각 정보에 대한 반응이 운전자의 피로에 더 민감할 수 있다는

것을 시사한다. 이에 비해 청각 정보는 운전자가 비교적 장시간의 운전을 통해 어느 정도 피로해져 있을 때라도 운전자의 주의를 유도하는데 시각 정보에 비해 유리한 것으로 생각된다.

운전자의 반응 시간 측면에서 볼 때, 청각 정보가 시각 정보에 비해 갖는 단점은 주어진 시간에 제시되는 정보의 빈도수로 결정되는 정보의 밀집도에 의해 더 많이 영향을 받을 수 있다는 점이다. 예를 들어, 정해진 운전 거리마다(혹은 일정 시간에) 제시되는 정보의 빈도수가 증가하면, 시각 정보에 대한 반응 시간은 별로 영향을 받지 않는 반면, 청각 정보에 대한 반응 시간은 정보가 고빈도로 제시되었을 때가 저빈도로 제시되었을 때보다 길었다. 이러한 반응 경향은 청각 정보가 시각 정보에 비해 갖는 주의 분할 과제에서의 열등성으로 설명 가능하다. 예를 들어, 일반적으로 사람들의 주의를 시각적으로 혹은 청각적으로 분산되도록 하였을 때, 청각적 과제는 시각적 주의에 비해 효과적인 주의 분산 수행을 보이지 못한다(Massaro & Warner, 1977; Treisman & Davis, 1973). 따라서 청각 정보가 고빈도로 제시됨에 따라 운전자들은 청각적 주의 분산에 어려움을 경험하였을 것이고, 그 결과 반응 시간의 증가를 초래하였을 가능성이 있는 반면, 고빈도의 시각 정보에 대한 주의 분산은 청각 정보에 비해 그 영향이 상대적으로 적었을 가능성이 있다.

반응 시간의 분석과는 달리 반응의 실수율은 정보의 제시 양상에 따라 차이를 보이지 않았으나, 전체적인 반응의 실수율은 자극의 제시 빈도가 증가함에 따라 증가하였고 실험이 시작된 처음 구간에서 가장 높았다. 반응 시간에서의 차이(즉, 청각 자극에 대한 반응이 시각 자극에 대한 반응보다 빨랐다)에도 불구하고 청각 자극과 시각 자극에 대한 반응의 실수 빈도에 차이가 없는 것은, 청각 자극이 운전자의 빠르고 정확한 반응을 유도하는데

시각 자극에 비해 더 많은 이점이 있을 수 있다는 것을 시사한다. 이러한 시사점의 항법 디스플레이 설계의 적용에 대해서는 종합 논의에서 다시 언급될 것이다. 상대적으로 높은 저빈도 정보 제시에 대한 고빈도 정보 제시 조건에서의 실수율은 주어진 시간 안에 요구되어진 반응의 수가 증가할수록 운전자들이 운전을 수행함과 동시에 처리해야 하는 부가적인 반응(제시되는 정보에 대한 적절한 반응의 선택)으로 더 많은 주의를 기울여야 했고, 이러한 분산된 주의의 부담이 운전자가 적절한 반응을 선택하는 것을 방해하였기 때문이라 생각된다. 특히 본 실험에서 요구되어진 부가적 반응이 비교적 단순한 형태의 선택 반응이었음에도 불구하고 제시되는 정보의 빈도가 증가함에 따라 반응의 정확성이 떨어진다는 것을 주목하면, 신속하고 정확한 반응이 동시에 요구되는 운전 상황에서 사용되는 자동차 내 항법 장치의 설계에 정보의 제시 빈도가 중요한 요인으로 고려되어야 한다는 것을 시사한다.

비록 실험 전에 충분한 연습 시행을 실시하였고, 앞에서 논의한 바와 같이 운전 거리가 증가함에 따라 운전자들이 더 피로해질 수 있다는 점을 고려하면, 운전 거리와 부가적인 선택 반응의 정확성 사이의 관계에서 나머지 두 구간에 비해 처음 운전 구간의 반응 정확성이 가장 낮은 이유에 대한 설명을 찾기가 어렵다. 그러나 그림 7에 나타난 바와 같이(비록 시각 정보의 경우에 국한되지만) 반응 시간이 운전 거리가 증가함에 따라 증가하였다는 것을 고려하면, 제시된 정보에 대한 선택 반응에서 반응 속도와 정확성 사이의 교환(speed-accuracy trade-off)이 있는 것으로 생각된다.

## 종합 논의

본 연구에서는 자동차내의 항법 장치가 제

공하는 정보의 제시 방식, 즉, 정보가 어느 감각 경로를 통해 전달되는가(modality)와 주어진 시간에 제시된 정보량을 달리하여 운전자의 운전 수행과 정보 처리에 이들이 어떠한 영향을 미치는지 살펴보았다. 실험 1에서는 도로 표지에 대한 정보들을 시각 경로와 청각 경로를 통해 운전 중에 있는 운전자에게 각각 제시한 후 운전자들이 얼마나 많은 정보들을 기억하고 있는지, 각각의 정보 제공 양상에 따른 운전 수행의 차이는 있었는지, 그리고 운전자가 주관적으로 평가하기에 어느 정보 제공 양상이 운전 수행을 더 방해하는지 등을 살펴 보았다. 실험 1의 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 자유회상률은 시각 자극에 비해 청각 자극 조건에서 더 우수하였던 반면 둘째, 운전 수행은 시각 정보가 제시되었을 때가 더 우수하였고, 셋째, 피험자들에게 청각 자극이 제공된 경우가 시각적으로 제공된 경우 보다 상대적으로 정보의 제공이 운전 방해되거나 성가심을 유발한다고 보고하는 경향이 더 컸다.

실험 2는 좀더 현실에서의 운전 상황과 가깝게 실험 1의 연구 방법을 보완하였으며, 정보의 제시 빈도와 정보의 제공 양상, 그리고 운전 거리에 따라 운전자가 주어진 정보를 얼마나 빠르고 정확하게 판단하여 반응하는지 검증하였다. 실험 2의 결과들을 종합하면 다음과 같다. 첫째, 일반적으로 운전자들은 시각 정보보다는 청각 정보에 대해 더 빠른 반응 시간을 보였다. 둘째, 운전 거리가 증가함에 따라 시각 정보에 대해 반응하는 시간이 더 느려지는 경향을 보이는 반면, 청각 정보에 대한 반응 시간은 운전 거리와는 별 상관없이 있었다. 셋째, (일반적으로 청각 정보에 대한 반응이 시각 정보에 대한 반응보다 빠르다 할지라도) 청각 정보가 시각 정보에 비해 정보의 제시 빈도에 더 많은 영향을 받아 정보가 고빈도로 제시되는 경우 반응 시간이 증가한 반면, 시각 정보에 대해서는 정보 제시의 빈도에 별로 영향을 받지 않았다. 넷째, 정보의 제공

양상은 반응의 실수율과 의미 있는 관련성이 없는 것으로 보이지만, 실수율은 정보가 고빈도로 제시되었을 때가 저빈도로 제시되었을 때보다, 그리고 운전의 초반부에서 더 높았다.

본 연구에서 기술된 두 개의 실험으로부터 얻어진 결과를 종합해 보면 다음과 같은 시사점을 얻을 수 있을 것이다. 먼저 운전 중에 있는 운전자에게 제시되는 정보는 그 정보가 어떠한 감각 경로를 통해 얼마나 많이 제시되는가에 따라 운전자의 운전 수행이나 정보처리에 영향을 미칠 수 있기 때문에, 정보 제공의 목적이나 정보의 내용이 무엇인지에 따라 정보 제공 방식이 신중히 결정되어야 할 것으로 생각된다. 예를 들어, 본 연구에서 시사되는 청각 정보의 시각 정보에 대한 장점은 시각 정보에 비해(비록 운전 수행에 부정적인 영향을 미치거나, 운전 방해가 된다거나 짜증을 더 유발한다고 운전자가 주관적으로 느끼더라도) 쉽게 무시되거나 간과되지 않았고, 또한 청각 정보에 대한 선택 반응은 시각 정보에 대한 것보다 더 빨랐으며, 운전 거리가 증가하여도 반응 시간에는 영향을 받지 않았다는 것 등이다. 이에 비해 청각 정보를 제공하는 것의 단점은 정보의 제시 빈도가 증가함에 따라 청각 정보에 반응 시간이 증가하였다는 것이다. 이러한 특징들은 청각 정보가 교차로에서의 회전이나 차선의 유지, 그리고 일정한 운전 속도의 유지와 같은 항행 정보(navigational information) 보다는 운전자의 주의를 빨리 유도하여 빠른 반응을 유발할 수 있는 경고음으로 사용되는 것이 더 바람직할 수 있다는 것을 시사한다.

정보의 제시 빈도가 증가함에 따라 청각 정보에 반응 시간이 증가한다는 제한점에도 불구하고, 전체적인 비교에서 볼 때 시각 정보에 비해 청각 정보에 대한 선택 반응 시간이 여전히 더 빠르다는 것을 주목할 필요가 있다. 실제로 자동차 내 항법 장치를 포함한 거의 모든 시스템의 설계에서 많은 연구자들이 시

각 정보에 비해 청각 정보를 더 강조했던 이유는 바로 이러한 청각 정보의 특성들 때문이었다. 예를 들어, 비행기 조종사에 대한 경고 시스템 설계에 관한 Simpson과 Williams(1980)의 연구는 여기에 해당하는 대표적인 사례이다.

청각적인 항행 정보를 통해 운전자에게 어떤 행동을 취할 것을 요구하는 것과 관련된 흥미 있는 발견은 운전자들이 시각적 메시지에 비해 청각적인 메시지에 더 우선 순위를 두고 반응한다는 점이다. 이러한 반응 패턴은 종종 부정적인 결과를 초래하기도 한다. 일본 자동차 메이커에 의해 수행된 한 연구(Dingus & Hulse, 1990에서 인용)는 훨씬 많은 운전자들이 시각 정보보다는 음성 정보에 더 잘 반응하려는 편향이 있음을 보여 주었다. 특히 편향적인 행동은 운전 중 차량 내에 설치된 항법 장치들이 제시하는 명령들을 따르는 경향에서 더 명백하였는데, 심지어 음성 정보가 교통 규정 정보와 같음을 일으킬 때(예를 들면, 일방통행 도로 쪽으로 잘못된 길로 회전하라는 경우)조차 그러했다.

비록 음성으로 항행 정보를 제시하는 것이 항행 정보와 관련된 시각 주의의 과부하를 완화시킬 수 있는 하나의 대안이 될 수 있다 하더라도, 청각 항행 정보의 제공은 신중하게 선택되고 그 제시 방법 또한 적절하게 설계되어야 한다. Avolio, Kreock 그리고 Panek(1985)는 운전자의 정보 처리 양상에서 보이는 개인차와 교통 사고 수와의 관계에 관하여 연구하였다. 그들의 연구 결과에 의하면, 운전자들이 주어진 상황에 무관한 정보를 배제함과 동시에 적절한 정보에 선택적으로 주의를 기울일 수 있는 능력이 교통 사고와 관련되는 비율과 높은 상관이 있었다. 이들의 결과를 본 실험과 관련지어 본다면, 청각 정보는 이러한 선택적 주의를 어렵게 한 반면, 시각 정보는 운전자의 정보 처리 부담에 따라 선택적으로 처리될 수 있었다는 것을 시사한다. 특히 정보의 제시 빈

도에 상관없이 운전자들은 시각 정보에 대해 비교적 일정한 반응 시간을 보인 반면, 청각 정보의 경우에는 정보의 제시 빈도가 증가함에 따라 반응 시간이 증가하였다는 사실도 청각 정보에 비해 시각 정보에 대한 선택적 반응이 더 용이하였을 가능성을 뒷받침한다. 또한 많은 연구자들이 청각 정보가 시각 정보에 비해 더 우수한 운전자의 항행 수행을 유도한다는 것이 관찰하였지만(예를 들어, Labiale, 1990; Streeter et al, 1986; Walker & Brockelsby, 1991), 본 실험 1에서는 이와는 반대의 결과가 관찰되었다. 즉, 운전 수행의 많은 지표들(속도 통제나 차선 유지)이 청각 정보가 제공되었을 때에 비해 청각 정보가 제시되었을 때 더 우수하였다는 것을 주목할 필요가 있다. 이러한 결과는 청각 정보에 비해 시각 정보가 제시되었을 때, 운전자들이 자신들에게 요구된 정보 처리 부담 정도에 따라 시각 정보를 선택적으로 처리하고 일차적으로 주어진 운전 수행에 더 많은 인지적/운동적 노력을 투자할 수 있다는 가능성과 운전자에게 요구되어진 정보 처리의 수준에 따라 청각 정보나 시각 정보의 운전 수행에 대한 상대적 우위성이 달라질 수 있다는 것을 시사한다.

또한 비록 시각적 주의는 운전자가 운전 중에 처리하는 정보가 거의 대부분 시각 경로를 통해 획득된다는 점에서 가장 중요한 정보처리의 측면이지만(Rockwell, 1972; McKnight & Adams, 1970), 이러한 시각적 주의의 중요성에도 불구하고 약 30-50%의 시각적 주의가 대부분의 상황에서 운전과 직접적으로 관련 없는 곳(예를 들어 도로 상의 경치나 광고판 등)에 주어진다라는 사실에 주목할 필요가 있다(Hughes & Cole, 1986). 운전이 거의 시각-주도적인 과제 수행이라는 것과 운전자가 실제 운전과 관련된 정보에 완전히 시각적으로 주의 집중하여 주어진 정보를 모두 처리한다는 것은 별개의 문제이다. 예를 들어, 운전자가 운전하고 있는 도로 위에 시선을 두고 있다

해도, 라디오를 듣거나 옆 사람과 대화하기 위하여 주의를 전환하는 상황에서처럼 반드시 도로 상에서 주어지는 정보가 모두 다 처리되는 것은 아니다. 항법 장치를 주시하고 정보를 수집, 이해하는 과정에 소요되는 자원은 바로 이러한 운전 그 자체에 필요한 시각적 정보 처리 외의 남는 자원이며, 운전이 주로 시각적인 과제라고 해서 시각 정보의 제시가 운전자의 운전 수행을 반드시 저하시킨다고 단정할 수는 없다.

물론 인간의 작업 기억(working memory)이 언어적인 것과 공간적인 것으로 분리될 수 있다는-Baddeley(1986)는 이 두 개의 시스템을 각각 음운적 시연 루프와 시공간적 '스크래치패드'라고 명명하였다-인간 정보 처리의 구조적 특성상 정보를 모두 같은 감각 경로를 통해 처리하도록 요구하는 양상내 설계(intra-modality design) 보다 정보가 서로 다른 감각 경로를 통해 처리될 수 있도록 하는 양상간 설계(inter-modality design)가 더 유리하다는 것이 많은 연구자들에 의해 제안되었지만(예를 들어, Wickens, Sandry, & Vilulich, 1983), 운전자의 운전 수행 및 정보처리와 관련된 자동차내 항법 장치의 정보 제공 양상의 결정은 정보의 제시 빈도나 정보의 내용 등과 같은 다른 여러 요인들이 동시에 고려되어 설계되어야 할 것으로 생각된다.

운전자에게 제시되는 정보의 제공 방식을 결정하기 위하여 Deatherage(1977)는 정보의 내용과 정보가 제공되었을 때 운전자에게 요구되는 반응의 특성, 그리고 환경적 요인들을 고려하여 다음과 같은 지침들을 제시하였다. (1) 정보의 특성 측면에서 볼 때, 제시하여야 할 정보가 단순한 내용이거나, 길이가 짧고, 정보의 내용이 주어진 시간에 한정된 것인 경우(즉, 다음에 다시 그 정보를 참조할 필요가 없는 경우)나, (2) 운전자의 반응 측면에서, 운전자의 즉각적인 반응이 요구되거나 반응의 준비가 제대로 되어있지 않은 경우는 시각 양



상보다 청각 양상을 사용해야 한다. 그러나 (3) 교차로의 위치, 회전해야 할 지점, 혹은 주의해서 운전해야 할 지점 등과 같은 특정 장소에 관한 설명은 청각 정보보다 시각 정보로 제시해야 한다. (4) 환경적 측면에서 볼 때, 외부가 너무 밝아 시각 정보를 제공하는 디스플레이가 제대로 보이지 않거나, 터널을 통과한 후와 같이 조도가 급격히 변하는 경우, 그리고 외부의 시각 단서가 부족할 때 시각 정보에 비해 청각 정보가 사용되어야 한다.

그러나 청각 정보와 시각 정보의 완전한 분리보다는 각각의 정보 제공 양상이 갖는 특징을 고려하여 적절하게 혼합하여 사용하는 것이 더 바람직하다. 이러한 관점에서 Dingus와 Hulse(1990)는 청각적 형태의 항행 정보 제시에 대해서 다음의 두 가지를 제안했다. (1) 청각 정보는 운전자의 주의를 시각 디스플레이로 유도하는 하나의 “안내자”로서의 기능을 담당하도록 제시되어야 한다. 이러한 청각 단서(cue)는 시각 디스플레이에서 발생할 수 있는 변화나 제시될 정보들에 주의를 기울이게 하며, 그 결과 운전자가 중요한 항행 정보를 놓치는 일을 방지해 줄 수 있다. 또한 시각 디스플레이가 다른 정보들을 제공하기 위해 변화했다는 것을 알려주기 위한 청각 단서들은 운전자가 시각적 디스플레이에 변화가 발생했는지 일일이 관찰하지 않아도 되도록 해주며, 앞으로 발생할 디스플레이 상의 변화에 대한 준비로 지속적으로 시각 디스플레이를 주시할 필요성을 줄여 준다. (2) 청각적 형태의 메시지는 간단하게 제시되는 시각 정보와 결합되어 그 내용이 보충되고 확인되어야 한다. 청각 형태로 자세하게 항행 정보를 일일이 기술해 줄 수 없기 때문에, 청각 정보는 일반적으로 짧은 문장이나 단어, 혹은 의미 없는 소리로 제시된다. 이러한 정보들을 이해하기 위해서는 운전자들은 각각의 청각 정보의 내용을 기억하고 있어야 하며, 이러한 기억의 부담은 청각 정보의 잘못된 해석을 초래하기도 한다. 따라

서 청각 정보의 제시가 있을 경우, 시각적으로 그 정보의 내용을 확인할 수 있게 한다면, 청각 정보의 해석 오류의 정도를 상당 부분 감소시킬 수 있다.

## 참고 문헌

- Avolio, B.J., Kroeck, K.G., Panek, P.E. (1985). Individual differences in information processing ability as a predictor of motor vehicle accidents, *Human Factors*, 27, 577-587.
- Baddeley, A.D. (1986). *Working Memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Brainard, R.W., Irby, T.S., Fitts, P.M., & Alluisi, E. (1962). Some variable influencing the rate of gain of information. *Journal of Experimental Psychology*, 63, 105-110.
- Deathage, B.H. (1972). Auditory and other sensory forms of information presentation. In H. Van Cott and R. Kinkade (Eds.), *Human Engineering Guide to Equipment Design*. 123-160. Washington: U. S. Government Printing Office.
- Dingus, T.A., & Hulse, M.C. (1990). *Preliminary human factors test and evaluation of the TravTek and highway driver's assistant conceptual designs*. Submitted to General Motors, Moscow, ID: Human Factors Research Institute, University of Idaho.
- Frank, L.H., Casali, J.G., & Wierwille, W.W. (1987). Effects of visual display and motion system delays on operator performance and uneasiness in a driving simulator. In *Proceedings of the Human Factors Society 31st Annual Meeting*, NY: Yew York.
- 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.

- Hughes, P.K., & Cole, B.L. (1986). What attracts attention when driving? *Ergonomics*, *29*, 377-391.
- Labiale, G. (1990) In-car road information: Comparisons of auditory and visual presentation. In *Proceedings of the Human Factors Society 34th Annual Meeting*, 623-627. Santa Monica, CA: Human Factors Society.
- McKnight, J.A., & McKnight, S.A. (1992). *The effect of in-vehicle navigation information systems upon driver attention*(Tech. Report). Landover, MD: National Public Services Research.
- McKnight A.J., & Adams, B. (1970). *Driver education task analysis: Vol 1*. Task description (DOT Tech. Report HS 800-367). Washington, DC: U. S Department of Transportation.
- Massaro, D.W., & Warner, D.S. (1977). Divided attention between auditory and visual perception. *Perception and Psychophysics*, *21*, 569-574.
- Parkes, A.M., & Coleman, N. (1990). Route guidance systems: A comparison of methods presenting directional information to the driver. In E.J. Lovesey(Ed.), *Contemporary Ergonomics*, 480-485, London: Taylor & Francis.
- Rockwell, T. (1972). Skills, judgment, and information acquisition in driving. In T.W. Forbes (Ed.). *Human Factors in Highway Traffic Safety Research*. New York: Wiley Interscience, 133-164.
- Robinson, C.P., & Eberts, R.E. (1987). Comparison of speech and pictorial displays in a cockpit environment. *Human Factors*, *29*, 31-44.
- Simpson, C., & Williams, D.H. (1980). Response time effects of alerting tone and semantic contest for synthesized voice cockpit warnings. *Human Factors*, *22*, 319-330.
- Streeter, L.A., Vitello, D., & Wonsiewicz, W. (1985). How to tell people where to go: Comparing Navigational Aids, *International Journal of Man-Machine Studies*, *22*, 549-562.
- Teichner, W., & Krebs, M. (1974). Laws of visual choice reaction time. *Psychological Review*, *14*, 1-35.
- Treisman, A., & Davies, A. (1973). Divided attention to eye and ear. In S. Kornblum (Ed.) *Attention and Performance IV*. New York: Academic Press.
- Walker, C.M., & Brockelsby, W.K. (1991). Automatic vehicle identification(AVI) technology design considerations for highway applications. *IEEE*, 805-811.
- West, R., French, D., Kemp, R., & Elander, J. (1993). Direct observation of driving, self reports of driving behavior, and accidents involvement, *Ergonomics*, *36*, 557-567.
- Wickens, C.D. (1992). *Engineering Psychology and Human Performance*(2nd Ed.), New York: Harper Collins Publishers Inc.
- Wickens, C.D., Sandry, D., & Vidulich, M. (1983). Compatibility and resource competition between modalities of input, output, and central processing. *Human Factors*, *25*, 227-248.
- Williges, R.C., Williges, B.H., & Elkerton, J. (1987). Software interface design. In G. Salvendy (Ed.). *Handbook of Human Factors*, 1416-1448. New York: Wiley & Sons
- Zwahlen, H.T., & DeBald, D.P. (1986). Safety aspects of sophisticated in-vehicle information displays and controls. In *Proceedings of the Human Factors Society 30th Annual Meeting*, 256-260. Santa Monica, CA: Human Factors Society.

## The Effects of Information Modality and Complexity of In-Vehicle Navigation System on Drivers' Information Processing and Vehicle Control

Jae-Sik Lee

Department of Psychology, Pusan National University

The purpose of the present study was to investigate the effects of modality (auditory vs. visual) and complexity of information (high vs. low frequency) in a in-vehicle navigation system on drivers' information processing and vehicle control. In Experiment 1, the effects of information modality on free recall performance, driving performance, and subjective evaluation for the types of information were investigated. The results showed that (1) free recall performance was better in the auditory condition than in the visual condition, but (2) driving performance was better in the visual condition than in the auditory condition. In addition, (3) the drivers generally preferred visual information than auditory information. In Experiment 2, drivers' reaction time and accuracy were examined as information modality, frequency of information, and driving distance varied. The results showed as follows. (1) the drivers responded faster in the auditory information condition than in the visual condition. But (2) the auditory condition also led to increased reaction time as the amount of information increased. In contrast, (3) reaction time for the visual information increased as the driving distance increased. (4) The error rate did not appear to be affected by information modality, but a higher rate was found in the complex information condition (high frequency) and in the earlier part of driving.