

## 운전 시뮬레이션을 이용한 운전자의 추돌 회피 행동에 관한 연구\*

이 계 식  
부산대학교 심리학과

본 연구는 운전자들이 경험할 수 있는 추돌 상황을 운전 시뮬레이션을 통해 재현하여 운전자들이 보이는 추돌 회피 행동의 여러 측면들이 평가하고 분석하기 위한 목적으로 수행되었다. 두 개의 실험이 실시되었는데, 실험 I에서는 운전 속도와 선행 차량과의 차간 거리를 체계적으로 조작하여 운전자의 반응 유형 및 반응 단계에 따라 추돌과 회피가 어떠한 양상으로 나타나는지 관찰하였고, 실험 II에서는 주의 분산과제가 추가되었다. 실험 결과들을 종합하면 다음과 같다. 첫째, 선행 차량과의 물리적 거리와는 상관없이 운전 속도가 빠른 조건일수록 추돌이 빈번하게 관찰되었다. 둘째, 추돌 회피 전략은 핸들만 사용하는 것보다 브레이크를 신속하게 사용하거나 핸들과 브레이크를 모두 사용하는 것이 유리하였다. 셋째, 선행 차량의 거동에 대한 최초 반응의 신속성과 추돌을 회피하기 위한 최대 노력의 투입 시점이 추돌 여부를 결정짓는 가장 중요한 요인으로 밝혀졌다. 넷째, 일반적으로 주의 분산이 요구되었던 경우 그렇지 않은 조건보다 추돌이 더 빈번하였을 뿐만 아니라, 운전자의 추돌 회피 수행과 관련된 여러 가지 지표들이 대부분 저하됨이 관찰되었다.

자동차 사고 중 가장 빈번한 것은 차량 대 차량의 추돌 사고(rear-end collision)이다. 우리 나라의 교

통 사고 통계 자료를 보면 추돌 사고는 1990년에서 1995년의 기간 동안 전체 교통 사고의 22-28%를 차지하여, 교통 사고 유형 중에서 가장 빈번한 것으로 나타나고 있다. 이러한 추돌 사고로 인한 사망자나 부상자의 수도 다른 교통 사고 유형에 비해 가장 높는데, 예를 들어 교통 사고로 인한 사망자 중 주행 중 추돌 사고에 의한 사망자는 전체의 20% 정도로 정면 충돌

\* 본 논문은 1998년도 한국학술진흥재단의 학술연구비(신진교수과제, 과제번호 1998-003-C00504)에 의하여 지원되었음. 도움을 준 부산대학교 심리학과 김비아, 노진아, 김은영, 최시환, 하희준에게 감사드린다.

사고의 16% 보다 높으며, 진행 중 추돌 사고에 의한 부상자도 전체 교통 사고 관련 부상자의 26% 정도로 다른 교통 사고 유형에 의한 부상자의 수에 비해 월등히 높았다.

미국의 경우 전체 교통 사고의 25%가 추돌 사고라는 통계 자료가 있는데, 특히 더 중요한 점은 교통 사고 때문에 발생하는 도로의 정체 시간 전체에 대해 약 32%의 정체 시간이 추돌 사고로 인한 것이라고 한다(National Highway Traffic Safety Administration, 1995). 이러한 결과는 우리 나라의 교통 사고 유형에도 적용될 수 있으며, 교통 사고에 의한 인명 손실 이외에도 교통 정체에 의한 시간적, 경제적 손실을 감안하면, 자동차의 추돌 사고의 비중이 매우 크다고 할 수 있다.

연구자들에 의해 제안된 추돌 사고의 원인, 특히 운전자와 관련된 원인들은 대체적으로 안전 거리 미확보와 운전 부주의 등이다. 먼저 운전자들이 안전 거리를 충분히 확보하지 않고 운전하는 이유는 운전자들이 앞에서 달리는 차는 갑자기 정차하거나 서행하지 않을 것이라고 막연히 믿는 이유가 가장 크고, 이러한 믿음은 실제 운전자들의 경험을 통해서 강화되기 때문이라고 한다(Evans, 1991). 즉, 실제 운전에서 앞차가 갑자기 정지 혹은 서행하여 위험한 순간이 되는 빈도는 매우 적기 때문에 앞차와 근접해서 운전하는 것을 그렇게 위험한 것으로 생각하지 않는 것이다. 그러나 운전 중에 출현하는 장애물에 대처할 수 있는 시간적 여유가 운전자에게 필요하며, 운전자가 잠재적 위험상태의 변화에 적절히 대응할 수 있는 충분한 시거리(sight distance)를 운전자는 확보할 수 있어야 한다. 운전 중 위험에 대처하는 반응 시간은 단순 반응 시간이라기 보다는 선택 반응 시간과 복합 반응 시간이 결합된 형태일 것이다. 운전자가 예측하지 못한 장애물에 충돌하지 않을 수 있는 충분한 전방 시거리를 확보하기 위한 것이 제동 정지 시거리의 확보로 연결된다. 제동 정지 시거리의 결정은 운전자의 지각-반응 시간을 고려해야 하며, 이것은 운전자가 위험물을 발견하고 브레이크를 걸기까지의 시간을 의미한다. 따라서 운전자가 앞의 장애물이 갑자기 출현한다거나, 앞차가 갑자기 정차하는

등의 위험한 상황에서 사고를 피하기 위해 어떠한 반응양상을 보이는지 관찰할 필요가 있다.

두 번째 추돌 사고의 원인은 운전자의 부주의이다. 즉, 대부분의 운전자들은 앞 차량의 움직임을 항상 감시하면서 운전하지는 않는다. 예를 들어, 시각적 주의는 운전자가 운전 중에 처리하는 정보가 거의 대부분 시각 경로를 통해 획득된다는 점에서 가장 중요한 정보 처리의 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 주어진다 사실에 주목할 필요가 있다(Hughes & Cole, 1986). 또한 비록 시선을 도로 상에 두고 있다는 것과 도로 상에서 일어나는 변화에 대한 정보를 운전자들이 모두 처리한다는 것은 별개의 문제이다. 예를 들어, 운전자가 운전하고 있는 도로 위에 시선을 두고 있다 해도, 라디오를 듣거나 옆 사람과 대화하기 위하여 주의를 전환하는 상황에서 처럼 반드시 도로 상에서 주어지는 정보가 모두 다 처리되는 것은 아니다. 이러한 상황에서 앞차가 갑자기 정차하는 경우는 완전한 주의를 주어진 상황에 비해 운전자의 반응시간이나 추돌 회피 행동이 매우 느려질 수 있다.

지금까지 운전자의 운전 수행 능력을 측정하기 위한 여러 가지 방법론들이 제안되었다. 가장 초보적이며, 간단한 방법은 문헌이나 자료를 분석하여 운전 행동과 관련된 요인들을 찾아내고 그러한 특성들에 대한 정보를 통합하는 것이다. 그러나 이러한 접근법을 통해 얻어진 자료는 운전 수행 능력과 직접적으로 관련 있는 요인들이라고 생각할 수 없으며, 단지 기술적인(descriptive) 것으로 운전자의 특성에 대한 객관적이고 정량화된 자료로 활용하기에는 많은 제한점이 있다. 다시 말해, 운전 수행능력을 반영하는 기본적인 인간 수행 능력과 관련된 정보는 제시하지 못한다. 이에 비해 실험실적 연구법은 운전자의 운전 수행 능력과 직접적으로 관련될 수 있는 인간 요인을 규명하는 보다 객관적인 접근법이다. 예를 들어 운전자의 지각적, 인지적 능력과 한계, 피로나 약물/음주의 효과 등을 분석하기 위해 운전 수행이라고 하는 총체적/통합적 인간 행동을

구성하는 세부적 인간 요인은 무엇이며, 그러한 요인들이 상대적으로 얼마만큼 운전수행을 설명하는지 확인하고, 또한 관련된 세부적 인간 요인들을 조작적으로 혹은 수량적 개념으로 정의할 수 있게 한다. 이러한 실험 실적 접근법의 한계는 무엇보다 실제 운전 수행능력을 예언하는데 일반화의 어려움이 있다는 것이다. 다시 말해, 경험적으로 얻어진 인간 수행의 기본적 특성을 운전이라고 하는 특수한 상황에 적용시키고자 할 때는 통제되지 않은 다른 많은 변인들의 영향으로 잘 맞지 않을 수 있다.

최근 들어 운전자의 운전 수행 특성에 대한 연구뿐만 아니라 자동차의 최적 설계를 위해 사용하는 방법은 운전 시뮬레이션이다. 운전 시뮬레이션은 사용하는 연구 기관에 따라 그 종류가 매우 다양하다. 가장 기본적인 장치들, 예를 들어, 핸들이나 브레이크, 혹은 액셀러레이터 등만을 제공하는 워크스테이션형 시뮬레이터에서부터 지상에는 고정되어 있으나 비교적 실제 운전 차량과 거의 동일한 장치들과 기계적 특성들을 지원하는 고정형 운전 시뮬레이터(fixed-base driving simulator), 그리고 실제 전후로 차량이 움직이는 것을 제외한 차량의 모든 역동적 움직임(예를 들어, 언덕 길이나 심한 굴곡이 있는 도로를 운전할 때의 차량의 움직임) 등을 지원하는 운동-지원형 시뮬레이터(motion-base driving simulator)가 현재 사용되고 있다.

운전 시뮬레이션의 이점은 다양하다. 첫째, 운전 시뮬레이션은 실제 운전 상황과 거의 동일한 조건을 제시해 주기 때문에 운전자의 운전 능력과 직접적으로 관련 있는 수행 특성들의 분석에 유리하다. 다시 말해 실제 도로상에서 운전자가 보일 수 있는 여러 행동 요소들에 대한 직접적인 관찰이 시뮬레이션을 통해 가능하기 때문에 얻어진 데이터의 실제 운전행동에 대한 일반화 가능성이 커진다.

둘째, 운전 시뮬레이션은 실제 운전에서는 조작하기 어려운 여러 상황들을 자유롭게 조작할 수 있다. 예를 들어, 비가 온다거나 안개가 끼어있는 도로 상에서의 운전은 실제의 운전 조건이 이러한 상황을 허락하지 않는 한 실험이 불가능하다는 점 때문에 반복하여 실험한다거나 다른 여러 변인들은 엄밀하게 통제하여 순수

하게 관찰하고자 하는 조건만을 조작할 수 없다. 그러나 시나리오 개발 프로그램의 간단한 조작으로 이러한 운전 환경의 조건들이 모두 충족될 수 있다.

셋째, 위에서 언급한 장점과 유사하게 운전 시뮬레이션을 통해 운전자에 대한 신체적 손상없이 아주 위험한 교통 상황을 재현할 수 있다. 예를 들어, 충돌 직전의 운전자 행동이 일반적으로 어떤 양상을 보이는지 알기 위해 실제 운전 상황에서 이러한 위험 상황을 재현하는 경우 운전자의 신체적 손상 가능성을 감수해야 하기 때문에 이러한 문제는 실제 운전 상황에서는 적합하지 않다. 따라서 본 연구에서는 이와 같은 운전 시뮬레이션의 장점들을 이용하여 추돌 가능한 상황에 따른 운전자들의 반응 행동에 특정 패턴이 있는지, 있다면 그러한 패턴의 특징은 무엇인지에 대해 알아보려 한다.

본 연구는 운전자들이 운행 도중 도로상에서 갑자기 출현하는 위험한 장애물을 발견하고 적절한 반응을 실행하기까지 거치는 반응의 단계와, 각 반응의 단계들에서 요구하는 반응 시간에 대한 실시간적(real time) 측정을 통하여 운전자의 추돌 회피 행동에 대한 객관적이고 정량화된 분석을 실시하는 것을 목적으로 한다. 이러한 측정을 하기 위해서는 다양한 운전 상황에서 고려되어야 하는 요인들을 단순화시켜 운전자들의 반응을 동질적으로 통제하여야 할 필요가 있을 뿐만 아니라, 운전자에게 특별한 신체적/심리적 손상 없이 운전 도중에 발생하는 추돌 위험 상황에서 운전자가 보이는 행동을 분석할 필요가 있기 때문에 운전 시뮬레이션이란 연구 기법을 사용하여 추돌 가능 상황을 재현했으며, 이를 통해 운전자가 접할 수 있는 다양한 운전 조건들(예를 들어, 운전 속도나 선행 차량과의 차간 거리)을 체계적으로 변화시켜 각 운전 상황에 따른 추돌 회피 반응의 특성을 분석하고자 한다.

### 실험 I: 단순 운전 상황에서의 운전자의 추돌 회피 행동

추돌 사고와 관련한 인간 요인 중에서 운전자의 행동/수행과 안전(예컨대, 운전자가 긴박한 추돌 위험 상황을 적절하게 지각하고 반응하는 능력이 있는가에 관

한 문제)에 대한 문제가 주된 물음거리였다(Clarke, Goodman, Perel, & Knipling, 1992). 이러한 관점에서 Mortimer(1988)는 많은 추돌 사고가 사고 차량의 운전자가 선행 차량을 보지 못했거나, 복잡한 지각적 요인으로 인해 발생한다고 보고하였다. 특히 지각적 요인의 측면에서 운전자는 자신의 차량 속도와 선행 차량의 상대 속도에 대한 정보를 획득하는데 어려움을 겪는다고 보고하였다(Mortimer, 1990). 또한 Janssen(1989)은 사고차량 운전자의 판단 잘못으로 인해 추돌 사고가 발생한다고 하였고, Hirst와 Graham(1997)은 추돌 사고는 운전자가 초기 단계에서 다른 운전자나 물체를 탐지하는데 실패하거나, 장애물의 움직임을 잘못 판단하여 발생한다고 하였다.

따라서 운전자가 위험물을 발견하고 이에 대해 안전하고 효율적으로 대처하는 방법이 무엇인지는 운전자의 운전 기술 정도를 평가하는데 매우 중요한 측면이다. 예를 들어, 운전자들이 운전 중에 있는 도로상에 갑자기 위험물이 나타난 경우 일반적으로 어떻게 반응하는가, 그리고 그 반응 패턴이 과연 효율적인가 하는 문제들은 추돌 가능 상황에서 운전자들이 얼마나 효율적으로 추돌을 회피할 수 있는지를 결정하는 주요 요인들이 된다.

실험 I은 추돌 상황에서 운전자의 추돌 회피 행동과 관련된 두 가지의 질문에 관심을 두고 수행되었다. 첫째, 운전자들이 위험물을 발견하고 그것을 피하기 위해 최초로, 그리고 가장 빈번하게 보이는 행동이 무엇인지(구체적으로 브레이크를 먼저 밟는지, 핸들을 먼저 조작하는지, 아니면 브레이크와 핸들의 조작이 함께 이루어지는지)를 밝히고, 그러한 반응 형태들이 실제 추돌의 빈도와 어떤 관계가 있는지 살펴보고, 운전 속도와 선행 차량과의 차간 거리(headway)에 따라 운전자의 추돌 행동이 어떠한 양상으로 나타나는지를 탐색하고자 한다.

둘째, 운전자의 추돌 회피 반응은 최종적으로 보여지는 반응뿐만 아니라 운전자의 반응 과정에서 어떠한 행동이 선택되고 그 반응이 얼마나 신속하고 정확하게 실행되는지에 대해서도 결정된다. 따라서 운전자의 추돌 회피 반응을 여러 단계로 구분하여 각 단계마다 소요되는 시간을 측정하여 계열적인 운전자 반응을 실시

간적으로 분석하고자 한다. 이를 통해 차량의 추돌과 관련된 가장 핵심적인 운전자 회피 반응의 단계뿐만 아니라 그 단계의 상대적 기여도를 평가할 수 있을 것으로 기대된다.

## 방법

### 실험 참가자

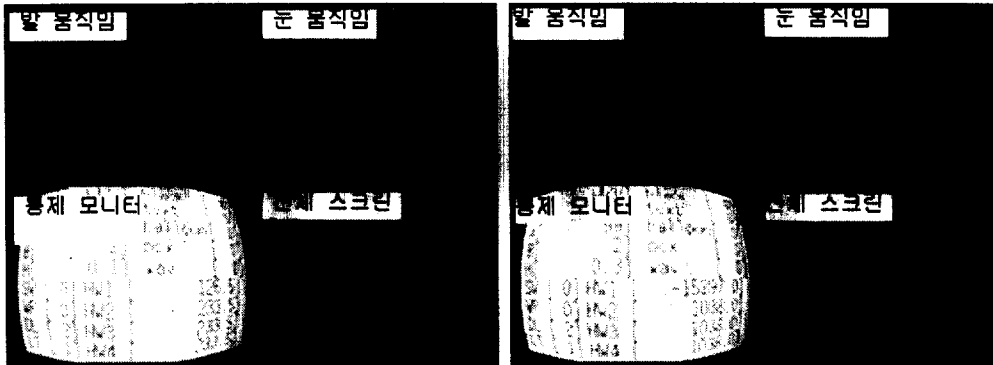
부산대학교 학부생 60명이 실험에 참가하였다. 평균연령은 만 22.9세로 남자 42명, 여자 18명이었다. 실험 참가자 전원은 유효한 운전면허증을 소지하였다. 이들 중 39명은 면허취득 후 운전경험이 없었고, 21명은 실제로 운전한 경험이 있었다. 실험참가자 60명 중 18명은 이전에 시뮬레이터를 이용한 실험에 참가한 경험이 있었다. 또한 실험 참가자들 중 4명은 실제 교통 사고 경험이 있는 것으로 조사되었다.

### 시뮬레이터 및 기구

실험에 사용된 시뮬레이터는 고정형 시뮬레이터로 차체는 90년식 현대 엑셀이었다. 운전 프로그램은 Watcom C로 구현되었고, 운전 장면에 대한 그래픽은 50×40도 크기의 화면을 지원하는 프로젝터(EIKI, KD 7000)에 의해 운전자 전방 1.5m에 있는 스크린(4×3m)에 투사되었다. 운전자의 차량(시뮬레이터) 제어 행동에 따라 즉각적으로 운전 환경을 변화시킴으로써 실제 운전상황과 유사한 환경을 제공하였으며, 엔진 소음은 스피커 두 대로 제시되었다.

운전 프로그램을 지원하고 데이터를 저장하는 주 통제 컴퓨터는 Pentium II-450MHz 급으로 그래픽 가속기(Voodoo 2)가 부착된 것을 사용하였다. 운전 환경은 스크린에 투사되되 동시에 화면 분배기(PMS 301-VD)를 통하여 모니터(삼성, SyncMaster 500s)로 확인되었으며, 운전자의 운전 행동은 실시간(1/10 초 단위)으로 측정되어 데이터 베이스에 저장되었다.

실시간으로 저장되는 데이터와 비교하기 위해 폐쇄 회로 카메라에서 입력받은 네 개의 화면 즉, 운전자의 안구 움직임, 발의 움직임, 전체 스크린, 그리고 통제 모니터가 4화면 분할 모니터(Panasonic, WJ-420)를 통해 확인되었다. 안구 움직임과 발의 움직임은 보다



(a) 정면을 주시하고 있는 경우

(b) 주의가 분산된 경우

그림 1. 4화면 분할기에 입력된 폐쇄회로 카메라의 출력 화면

정밀한 초소형 폐쇄회로 카메라인 Panasonic GP-LM7TA를 이용하였고, 전체 스크린은 Commax CCM-43LN, 그리고 통제 모니터는 Commax CCM-53N을 이용하였다. 4화면 분할 모니터에 입력된 예가 그림 1에 제시되었다.

#### 운전 시나리오 및 절차

실험참가자는 간단한 연습시행을 한 후 본 시행을 수행하였고, 실험 후에는 간단한 인구학적 질문지를 작성하였다. 운전 상황은 변화하지 않는 도심지역으로 총 1.2km의 직선 도로였다. 운전자는 주행선으로 운전하였고, 운전 환경은 시야가 좋은 맑은 날씨였다. 실험 참가자는 운전 시뮬레이터에 탑승하여 핸들, 브레이크, 액셀러레이터 조작에 대한 간단한 설명을 듣고, 2km 정도의 연습 시행을 통해 시뮬레이터를 조작해 보았다.

본 시행에서 실험 참가자들에게 총 3회의 추돌 상황이 제시되었다. 운전자들에게는 75km/h, 100km/h, 그리고 125km/h의 속도를 유지하면서 달리도록 하였고, 각 속도에 따라 차간거리 2.5초와 3.0초가 유지되도록 시나리오를 조작했다. 추돌 상황의 순서는 운전 속도에 따라 무선적으로 제시했고, 차간 거리와 운전 속도 조건은 피험자간 변인이었다. 각 조건마다 실험자가 속도를 지정하고 실험 참가자가 그 속도에 맞추어 주행하도록 지시하였다.

본 시행에서 운전자가 일정한 거리를 운전하여 특정 지점을 통과하면 추돌 이벤트 차량이 생성되었는데, 속도가 75km/h일 경우 300m를 지나면 추돌 이벤트 차량이 자차를 추월하여 350m 지점부터 차간간격을 유지하도록 했다. 그 후 600m 지점에서 앞서 가던 추돌 이벤트 차량이 정지하기 시작하여 차량 간 추돌이 일어나도록 조작했다. 속도가 100km/h일 경우는 350m 지점에서 추월하여 400m에서 차간간격을 유지, 750m 지점에서 정지하기 시작하도록 하였고, 125km/h의 경우는 400m에서 추월해서, 450m에서 차간간격을 유지하고 900m에서 추돌 이벤트 차량이 정지하기 시작하도록 프로그램되었다.

#### 결과 및 논의

본 실험의 결과를 분석하기 위하여 분석 목적에 따라 빈도 분석 및 변량 분석을 실시하였으며, 통계적 임계치는 5%로 정하였다. 그러나 필요하다고 판단될 경우 이 임계치를 초과하지 못하였지만 임계치에 근접하였던 결과(10%의 임계치 이내)나 본 연구의 관점에서 중요하다고 생각되어지는 발견들에 대해서는 통계적 기준과는 별개로 부분적으로 보고하고자 한다. 또한 결과의 분석을 통해 운전자의 운전 행동이 실험의 목적에 맞지 않았던 사례들(예를 들어, 교통 추돌 상황이 발생

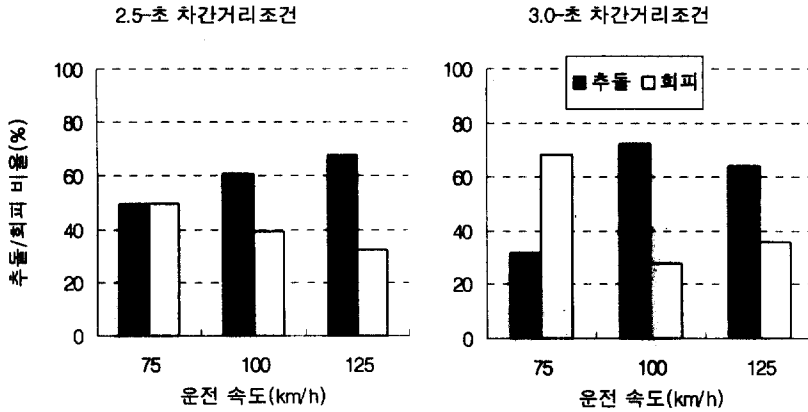


그림 2. 운전 속도 및 차간 거리에 따른 추돌/회피 반응의 상대적 비율

하기 전에 미리 정지하여 교통 갈등과 관련된 운전자의 행동에 대한 관찰이 어려운 경우)과 시뮬레이터의 운전자 반응 기록에 오류가 있었던 자료들은 제외하였다. 이러한 이유로 제외된 실험 참가자들은 전체 참가자 60명 중 2.5초 차간 거리 조건에서는 2명, 3.0초 차간 거리 조건인 경우는 5명이었고 이들을 제외한 53명의 자료만 분석에 포함되었다.

브레이크 반응(이하 'B 반응')과 핸들 반응(이하 'H 반응') 혹은 브레이크와 핸들 반응(이하 'B+H 반응')을 구분하는 기준은 다음과 같다: 운전자가 추돌 회피 반응을 보이면서 핸들을 좌우 20도 이상 틀지 않고(핸들 입력값은 좌우로 각각 최대 180도였다) 브레이크 입력값이 30 퍼센트(0 퍼센트는 전혀 브레이크 입력을 하지 않는 경우이고, 완전하게 브레이크를 밟았을 때는 100 퍼센트로 계산하였다) 이상인 경우는 'B 반응'으로, 핸들 입력값이 좌우 20도 이상이면서 브레이크 입력값이 30 퍼센트 이하인 경우는 'H 반응'으로, 그리고 핸들 입력값이 좌우 20도 이상이면서 브레이크 값도 30 퍼센트 이상인 경우는 'B+H 반응'으로 분류하여 분석하였다. 특히 앞으로의 회피 반응 유형의 분석에서 'B+H 반응'은 각각의 반응 중 빠른 반응 시점을 택하여 분석을 실시하였다.

#### 차간 거리와 운전 속도 및 추돌/회피 비율

본 실험의 중요한 연구 관심사 중의 하나는 선행 차량과의 거리와 운전 속도에 따라 추돌이나 회피 상대적 비율이 어떠한 차이를 보이는지의 여부이다. 차간 거리는 운전자의 차량과 상대 차량의 물리적 거리를 시간 단위로 정의한 것이다. 즉, 운전자의 차량이 상대 차량과 얼마나 떨어져 있었는가에 대한 지표이다. 상대 차량과의 거리는 일반적으로 절대 거리를 기준으로 표기되기도 하지만, 차량 사이의 거리를 단순한 절대적 거리로만 표현할 경우, 두 차량의 상대적 속도 차이에 대한 정보를 얻기 어렵다는 단점이 있다. 다시 말해, 차량의 속도가 빠를수록 특정 지점에 도달하는 시간은 감소하지만 그 지점과 차량 사이의 물리적 절대 거리는 증가한다. 따라서 본 실험에서는 두 차량간의 상대적 거리를 시간 단위로 측정한 후 분석하였다(운전 속도는 앞에서 언급한대로 75, 100 및 125km/h 조건들이었다).

선행 차량과의 거리와 운전 속도에 따라 추돌이나 회피의 상대적 비율에 대한 결과를 정리하면 다음과 같다(그림 2 참조). 먼저, 차간 거리가 2.5초 인 조건과 3.0초 인 조건에 따른 비교를 보면, 두 차간 거리 조건에 따라 추돌/회피의 상대적 비율에는 큰 차이가 발견되지 않았다(3.0초 조건에서의 추돌 비율은 2.5초 조

전에 비해 4% 정도 낮았다). 그러나 차간 거리와 운전 속도를 동시에 고려했을 때의 추돌/회피의 상대적 비율은 다른 양상으로 나타났다. 예를 들어, 두 차간 거리 조건 모두에서 대체적으로 운전 속도가 증가함에 따라 추돌/회피의 상대적 비율이 증가했으나, 75 km/h의 운전 속도인 경우 2.5초 차간 거리 조건에서는 추돌/회피의 상대적 비율이 같았다. 그러나, 3.0초 차간 거리 조건인 경우에는 회피의 비율이 추돌의 비율보다 36% 정도 더 높았다(이러한 차이는 통계적으로도 유의미하였다,  $\chi^2_{(2)} = 9.09, p < .05$ ). 이러한 결과는 운전 속도가 증가함에 따라 추돌의 상대적 비율이 증가하지만, 운전 속도가 비교적 느리다면(즉, 75km/h), 운전자들은 비교적 우수한 추돌 회피 반응을 보일 수 있다는 것을 시사한다.

#### 추돌 회피 반응 유형에 대한 전반적 분석

먼저 각각의 운전 속도 조건과 차간 거리 조건을 함께 고려하여 추돌 회피 반응의 유형들을 분석해 보았을 때, 전체 반응 중 'B 반응'의 비율은 28.5%, 'H 반응'은 15.4%, 그리고, 'B+H 반응'은 28.1%였다. 이것은 운전자들이 추돌을 회피하기 위해 핸들만을 사용하기보다는 브레이크만을 사용하거나 혹은 핸들과 브레이크를 같이 사용하는 경향이 있음을 시사한다.

특히 브레이크와 핸들을 같이 사용한 경우에 브레

이크와 핸들을 동시에(시간 차이 없이) 사용한 경우는 전체 'B+H 반응' 중에서 4.8%, 브레이크를 먼저 제동한 후 핸들을 사용한 비율은 71%, 그리고 핸들을 먼저 사용한 후 브레이크를 밟은 비율은 24.2%였다. 이것은 브레이크와 핸들을 같이 사용하기는 하지만 이 두 가지 조작을 "동시에" 하는 비율은 매우 낮고, 특히 두 가지 조작 중 브레이크를 먼저 조작하는 경향이 크다는 것을 시사한다. 또한 'B+H 반응' 중에서 브레이크를 먼저 사용할 경우 핸들보다 약 80msec, 반대로 핸들을 먼저 사용한 경우에는 브레이크 보다 약 60msec 더 빠르게 반응하였다.

추돌 회피의 책략에 따라 운전 속도 조건별로 추돌/회피의 상대적 비율을 살펴보았을 때, 먼저 운전 속도가 75km/h인 조건인 경우, 핸들만을 조작한 경우보다 브레이크를 사용하거나 핸들과 브레이크를 모두 사용한 경우가 추돌을 회피하는데 효율적이었으나, 운전 속도가 100km/h인 경우에는 회피 책략과 상관없이 추돌의 빈도가 회피의 빈도보다 더 높았다. 흥미 있는 결과는 운전 속도 125km/h 조건인데, 이 조건에서는 브레이크만을 조작한 경우, 다른 운전 속도 조건에 비해 추돌의 빈도가 훨씬 높았고, 특히, 다른 두 운전 속도 조건과 대조적으로 핸들을 이용했을 때의 회피 빈도가 추돌 빈도 보다 더 높았다,  $\chi^2_{(2)} = 8.57, p < .05$ . 이와 같은 결과가 그림 3에 제시되어 있다.

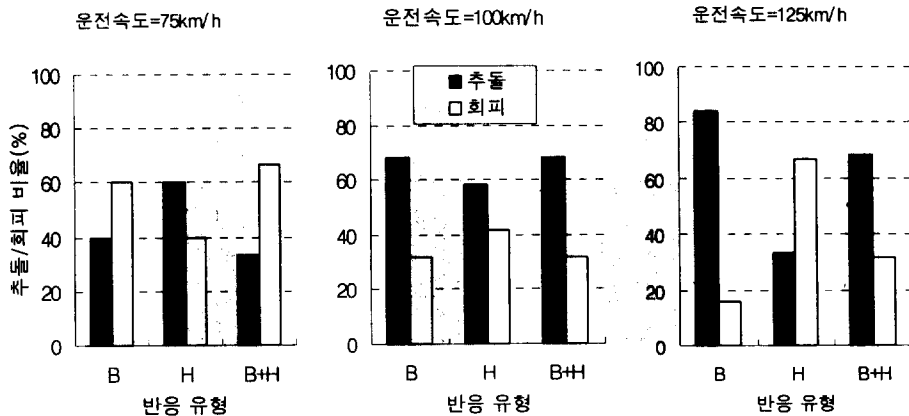


그림 3. 반응 유형, 운전 속도 및 차간거리에 따른 추돌/회피 비율

최초 반응 유형에 대한 분석

추돌 가능 상황이 발생하였을 때 운전자들이 보이는 최초의 반응 시간은 추돌 가능 상황에서 추돌을 회피하기 위한 반응의 질을 평가하는데 가장 중요한 지표 중의 하나이다. 다시 말해, 앞에서 언급한 반응 유형의 선택과 더불어 선택된 반응을 얼마나 빠르게 실행하고자 하였는지는 추돌의 여부를 결정짓는 중요한 변인이 될 수 있다. 여기에서는 각각의 운전 속도 조건 및 차간 거리 조건 및 최종 결과(추돌/회피)에 따라 선택된 특정 반응의 유형이 선행 차량이 정지하기 시작한 후 언제 처음으로 촉발되었는지 분석하고자 한다. 특히, 추돌 회피 반응이 운전자에 따라 다양하게 나타날 수 있기 때문에 최초 반응 시간은 최초로 표출된 반응의 유형에 따라 별개로 분석되어졌고(예를 들어, 선행 차량이 정지 한 시점으로부터 'B 반응' 조건인 경우에는 운전자가 브레이크에 발을 올려놓을 때까지의 시간을, 'H 반응'의 경우는 핸들을 움직이기 시작할 때까지의 시간을 계산하였다), 그리고 핸들과 브레이크를 동시에 사용하여 충돌을 회피하고자 한 경우('B+H 반응')에는 두 가지 반응 중 빠른 반응 형태를 선택하였다.

먼저 운전 속도, 차간 거리 및 추돌/회피 반응 조건에 대해 최초 반응 시점의 전반적인 변량 분석 결과, 차간 거리 주효과와 그 외의 상호 작용 효과들은 통계적으로 유의미하지 않았으나, 운전 속도와,  $F(2, 123) = 16.01, p < .001$ , 추돌/회피 반응에 따른 최초 반응

에는 유의미한 주효과가 관찰되었다,  $F(1, 123) = 105.91, p < .001$ . 차간 거리 조건들을 구분하지 않고 각각의 운전 속도 조건에 따라 추돌 및 회피 반응시의 최초 반응 시간을 정리한 것이 그림 4에 제시되어 있다. 그림에서도 볼 수 있듯이, 운전 속도가 증가할수록 선행 차량 정지 후 이에 최초로 반응하는 시간이 증가할 뿐만 아니라(즉, 75km/h를 기준으로 운전 속도가 25km/h씩 증가할 때마다 대략 350 msec 정도 최초 반응 시간이 지연되었다), 추돌시의 최초 반응 시간은 추돌을 회피했을 때의 최초 반응 시간보다 길었다(즉, 추돌했을 때의 최초 반응 시간은 회피했을 때 보다 약 850msec 정도 더 늦었다). 이러한 결과는 차간 거리나 운전 속도와는 독립적으로 추돌 여부를 결정 짓는 가장 중요한 반응 요인 중의 하나는 선행 차량 정지 후 얼마나 신속하게 최초 반응을 보일 수 있는지의 여부라는 것을 시사한다.

최대 반응 실행 시간

앞에서는 추돌 가능한 상황이 발생하였을 때 운전자들이 보이는 최초의 반응들이 갖는 특성에 대해 분석하였다. 그러나 운전자가 추돌을 회피하려고 하는 노력은 운전자들이 보인 반응 중에서 최대로 입력된 반응의 특성일 것이다. 다시 말해 최대 반응의 양은 회피 노력에 대한 최대의 노력으로 여겨질 수 있다. 이러한 관점에서 운전자들이 최초의 반응을 시작한 다음부터 최대

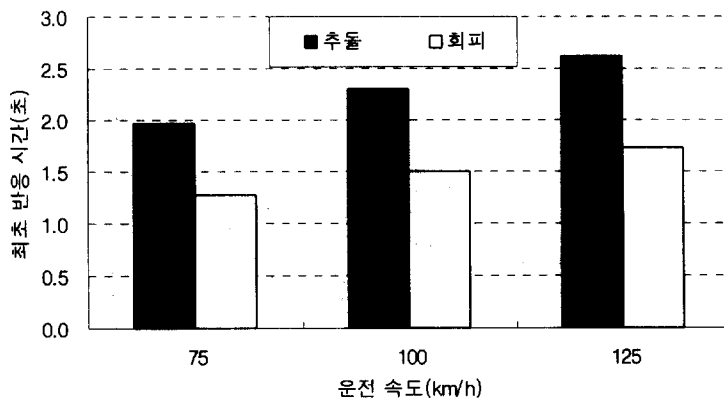


그림 4. 운전 속도 및 추돌/회피 반응에 따른 최초 반응 시간



의 입력이 투입된 시간까지를 각각의 운전 속도 조건과 차간 거리 및 추돌/회피 반응에 따라 분석하여 보았다. 'B 반응'의 경우는 브레이크에 발을 올려놓은 순간부터 최대 브레이크의 입력에 소요된 시간을, 'H 반응'의 경우는 최초로 핸들을 돌리기 시작한 시간부터 최대로 핸들을 돌린 시간까지를, 그리고 'B+H 반응'의 경우는 브레이크나 핸들의 최초 개시 시간부터 해당 반응의 최대 입력이 관찰된 시간까지를 측정하였다.

운전 속도, 차간 거리, 추돌/회피 및 각 반응 유형에 대해 최대 반응 실행 시간에 차이가 있는지 변량분석해 보았을 때, 반응의 유형 및 차간 거리의 주효과 및 이 변인들과 다른 변인 사이의 상호작용 효과가 통계적으로 유의미하지 않았으나, 추돌/회피 반응에 따라서는 통계적으로 유의미한 주효과가 관찰되었고,  $F(1, 129) = 9.53, p < .005$ , 추돌/회피 반응 및 운전 속도 사이의 상호작용 효과도 유의미하였으며,  $F(1, 129) = 6.13, p < .005$ , 운전 속도의 주효과는 10%의 기각역 안에서 유의미하였다,  $F(2, 129) = 2.27, p = .076$ . 최대 반응 실행 시간을 각 운전 속도와 추돌/회피 반응에 따라 정리한 것이 그림 5이다.

최대 반응 실행 시간이 갖는 특징은 여러 가지 측면에서 운전자의 추돌 회피 행동을 이해하는데 중요한 측정치를 제공해 줄 수 있기 때문에 이에 대해 좀더 논의하고자 한다. 먼저, 최초 반응이 발생한 후 최대의

노력이 투입되기까지는 대략 1000msec 정도 소요되는 것으로 보이며, 특히 추돌을 하지 않았을 경우에는 900msec, 반면 추돌을 했을 때는 1100msec 정도였다. 이것은 (좀더 세밀한 추가적 분석이 있어야 하겠지만) 추돌과 회피를 결정짓는데 기여할 수 있는 최대 반응 실행 시간의 임계 차이값이 200msec 정도일 수 있다는 것을 시사한다. 둘째, 그러나 그림 5에서도 보듯이 이러한 결론은 운전 속도를 고려하지 않고 추정해 보았을 때이고, 운전 속도를 감안한다면 좀더 구체적인 예측이 가능하리라 보여진다. 예를 들어, 운전 속도가 75km/h인 경우에는 추돌과 회피 반응시의 최대 반응 실행 시간에 차이가 없는 반면, 운전 속도가 125km/h인 경우에는 그 차이가 700msec 정도로 통계적으로 유의미하였다,  $t(37) = 4.34, p < 0.05$ . 이러한 결과는 운전자의 추돌/회피를 결정짓는 요인이 운전 속도가 비교적 느린 조건인 경우에는(예를 들어 75km/h)에는 최초 반응 시간이 최대 반응 실행 시간 보다 상대적으로 더 중요한 반면, 운전 속도가 빠르다면 최초 반응 시간과 최대 반응 실행 시간이 모두 추돌/회피를 결정짓는데 기여할 수 있다는 가능성을 시사한다.

#### 최초 반응시의 차간 거리

최초 반응시의 차간 거리는 운전자들이 추돌 가능한 상황을 파악하고 최초의 회피 반응을 보인 시점에서

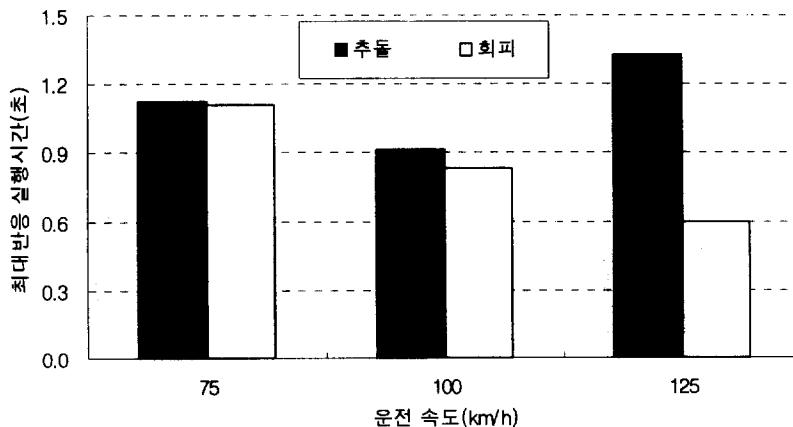


그림 5. 운전 속도와 추돌/회피 반응에 따른 최대 반응 실행 시간

운전자의 차량과 상대 차량의 물리적 거리를 시간 단위로 정의한 것이다. 최초 반응시의 차간 거리에 대한 측정치는 운전자들이 회피 기능 상황이 출현한 이후 얼마나 신속하게 추돌 회피 반응을 보였는가에 대한 측정치와 더불어 운전자의 효율적인 방어 운전에 대한 평가적 측정치를 제공해 준다.

최초의 회피 반응을 최초 회피 반응 개시 시간과 함께 상대 차량과의 물리적 거리로도 분석하고자 하는 이유는 비록 조건에 따라 그 조건에 해당하는 운전 속도로 운전하도록 실험 참가자들에게 지시했지만, 운전자의 시뮬레이터 통제 능력이나 운전 경험에 따라 운전 속도가 다르게 나타날 수 있고(특히 선행 차량이 정지하기 시작했을 때의 운전자의 운전 속도), 운전 속도에 따라 최초의 회피 반응이 표출된 시점에서의 상대 차량과의 거리에 차이가 있을 수 있기 때문이다. 즉, 운전자들이 추돌 가능 상황에서 얼마나 신속하게 반응했는지와는 별개의 문제로 얼마나 안전한 지점부터 추돌 회피 반응을 시작하였는가에 대한 정보는 운전자의 추돌 회피 능력을 결정짓는 중요한 측정치로 사용될 수 있을 것이다.

그림 6은 각 운전 속도, 차간 거리 및 추돌/회피 반응 유형에 따라 최초의 반응이 나타나기 시작했을 때의 상대 차량과 운전자의 차량 사이의 거리를 보여주고 있는데, 긴 시간일수록 상대 차량과 더 멀리 떨어진 상

대에서 반응을 시작했다는 것을 의미하며, 차간 거리가 시간 단위로 1초라는 것은 예를 들어, 시속 100km/h의 속도인 경우 두 차량 사이의 거리가 약 28m라는 것을 의미한다. 변량 분석 결과(충분히 예상 가능한 것이지만), 추돌을 한 경우가 회피한 경우보다 선행 차량과의 차간 거리가 더 가까운 곳에서 최초 반응이 발생하였고,  $F(1, 123) = 8.53, p < .005$ , 두 가지의 차간 거리 조건 중 긴 차간 거리 조건(3.0초)에서의 최초 반응시 차간 거리가 짧은 차간 거리 조건(2.5초)에 비해 더 길었다,  $F(1, 123) = 5.02, p < .05$ . 또한 운전 속도의 주효과는 5%의 기각역에서는 통계적으로 유의미하지 않았으나 운전 속도와 추돌 유무에 따른 최소 반응시 차간 거리에는 유의미한 상호작용 효과가 관찰되었다,  $F(2, 123) = 3.94, p < .005$ . 이러한 결과는 앞에서 분석하였던 최초 반응 시간이나 최대 반응 실행 시간과 같은 반응의 신속성과 더불어 반응 시점의 안전성도 추돌의 유무를 결정짓는데 중요한 역할을 한다는 것을 시사한다. 예를 들어, 전체적인 차간 거리의 비교에서 추돌했을 때의 선행 차량과의 최초 반응시 차간 거리는 약 850msec였던 반면, 회피했을 때의 차간 거리는 1250 msec 정도로 400msec의 차이가 있었다(이 차이는 시속 100km/h로 운전 속도 조건인 경우 추돌했을 때에 비해 추돌을 하지 않았을 때 선행 차량과 약 11m 정도 더 떨어진 곳에서 최초 반응을 보이

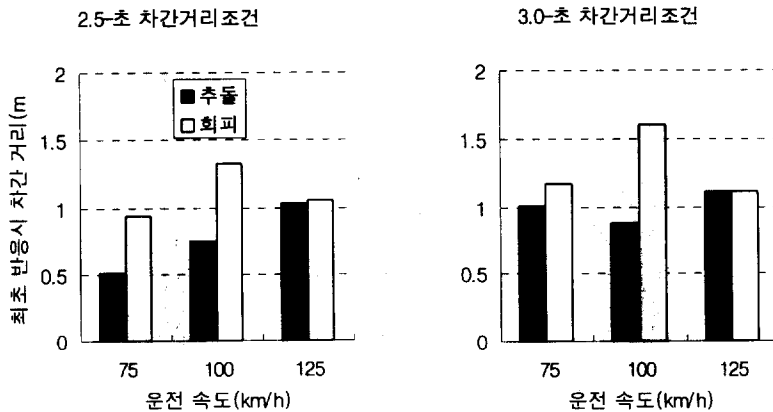


그림 6. 운전 속도와 차간거리 및 추돌/회피 반응에 따른 최초 반응시 차간 거리

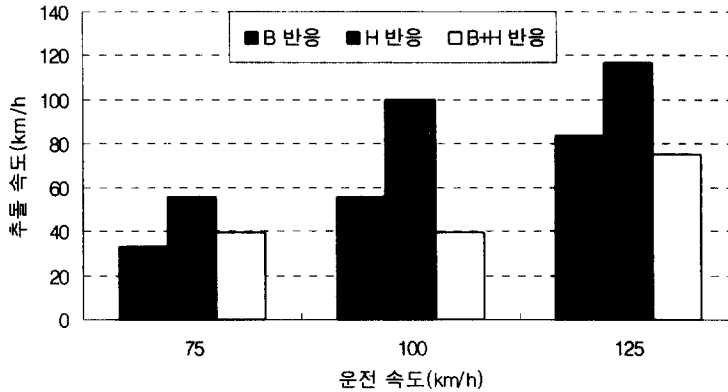


그림 7. 추돌시 운전 속도

기 시작했다는 것을 의미한다). 또한 운전 속도와 추돌 유무 조건 사이의 유의미한 상호작용 효과가 시사하듯이, 추돌/회피 반응 사이의 최초 반응시 차간 거리는 운전 속도가 가장 빨랐던 125km/h 조건에서는 발견되지 않았다. 이러한 결과는 125km/h 운전 조건인 경우 비록 차간 거리는 추돌한 경우나 그렇지 않은 경우 사이에 별 차이가 없지만, 추돌 여부를 결정짓는데 앞에서 살펴본 최초 반응 시간이나 최대 반응 실행 시간이 상대적으로 더 중요한 역할을 한다는 것을 시사한다.

#### 추돌 발생시 추돌 속도

운전자들이 다양한 교통 갈등 상황에서 거의 충돌 상황이 발생할 뻔했지만 충돌을 모면하는 경우(즉, near miss)와 더불어 실제 충돌이 발생했을 경우의 심각성을 평가해 보는 것도 추돌 상황에 대한 운전자의 반응패턴을 살펴보는 데 매우 유용한 자료가 될 수 있다. 왜냐하면 비록 추돌이 발생했다 하더라도 추돌 당시의 추돌 속도가 크지 않다면 운전자는 어느 정도 적절한 추돌 회피 반응을 보였다고 평가될 수 있기 때문이다. 특히 본 실험에서는 추돌 상황의 재현을 극대화하기 위해 운전자들이 적절하게 반응하지 않을 경우 추돌이 발생하도록 시나리오를 구성하였기 때문에(예를 들어, 차간 거리 2.5초 조건은 운전자가 추돌을 회피하

기 위한 최소한의 지각-반응 시간으로 간주되고 있다: 이순철, 1997; Lee, McGehee, Dingus, & Wilson, 1998), 충돌/회피의 비율과 함께 충돌 당시의 충돌 속도도 운전자의 반응 패턴의 적절성을 평가하는 중요한 측정치가 될 수 있다.

그림 7은 각각의 운전 속도 조건에 따라 추돌 회피의 반응 유형에 따라 추돌이 발생했을 때의 운전자의 차량 속도를 나타내고 있다(일차적인 변량 분석 결과, 차간 거리 조건에 따라서 추돌 속도상의 유의미한 차이가 없었기 때문에 차간 거리에 따라서는 추돌 속도의 차이를 구분하지 않았다). 변량 분석 결과, 추돌의 회피 방향의 유의미한 주효과,  $F(2, 73) = 11.49, p < .001$ , 와 운전 속도에 따른 추돌 속도의 유의미한 차이가 관찰되었으며,  $F(2, 73) = 8.55, p < .001$ . 두 변인 사이의 상호 작용 효과는 유의미하지 않았다. 그림 7에서도 보이듯이, 추돌할 때의 추돌 속도는 반응 유형과 운전 속도에 따라 몇 가지 주목할 만한 결과들을 보여주고 있다. 첫째, 충분히 예상할 수 있는 것처럼 운전 속도가 빠를수록 추돌 속도도 더 빠른 경향을 보이고 있다. 둘째, 더 흥미있는 결과는 추돌 회피 방향에 따른 추돌 속도의 차이이다. 브레이크만을 이용하거나 핸들과 브레이크를 동시에 사용하여 추돌을 회피하고자 한 경우에 비해 핸들만을 사용하여 추돌을 회피하고자 한 경우, 추돌 속도는 요구되어진 운전 속도와 거의 비

숫하였다. 즉, 추돌을 피하기 위해 핸들을 조작하긴 했지만 그 조작이 늦어 선행 차량과 추돌하게 되었음을 시사한다. 핸들만을 이용하여 추돌을 회피하고자 하는 전략은 이러한 측면(즉, 추돌을 피하지 못했을 경우 추돌 속도가 매우 크다)뿐만 아니라, 주변에 다른 차량들이 있는 조건에서는 쉽게 쓰지 못할 뿐만 아니라, 다른 차량과의 추가적 충돌이 있을 수 있다는 점에서 핸들만을 조작한 추돌 회피 전략은 바람직하지 않다는 것을 시사한다. 특히, 브레이크와 핸들을 모두 사용해서 추돌을 피하고자 할 경우 운전 속도가 빠르지 않다면(예를 들어 100 km/h 이하) 다른 회피 전략에 비해 대체적으로 추돌 속도가 낮은 것으로 보아 비교적 유리한 추돌 회피 방법이 될 수 있을 것으로 여겨지지만, 운전 속도가 너무 빠른 경우에는(예를 들어, 125km/h) 이러한 전략의 효과도 감소한다는 것을 알 수 있다.

## 실험 II: 주위-분산 상황에서의 운전자의 추돌 회피 행동

추돌 사고와 관련하여 운전자의 부주의가 중요한 사고 원인 중의 하나로 생각되어져 왔는데, 예를 들어 미국의 경우, 전체 추돌 사고의 63%가 운전자의 부주의 때문이었다. 운전자의 주의를 어떤 시점에 운전자가 어떤 지점을 주시하고 있는가와 관련된 문제이다. 운전자는 운전 중에 끊임없이 외부 환경을 주사(scanning) 하며 이러한 것들이 때때로, 운전자로 하여금 도로에서 눈을 떼게 만들고 다른 자극들에 주의를 기울이게 한다(Dingus, McGehee, Manakkal, Jahns, Carney, & Hankey, 1997).

우리가 운전을 매우 힘든 과제라고는 생각하지 않는다고 하지만, 사고 통계에 의하면 만약 운전자들이 완전히 주의를 기울인다면 사고의 45%는 예방할 수 있을 것이라고 한다(Treat, Tumbas, McDonald, Shinar, Hume, Mayer, Stanisfer, & Castellan, 1977). 사고의 원인이 되는 이러한 주의집중의 실패는 내적 자극(즉, 차량 내에 주의를 빼앗김) 혹은 외적 자극(차장 밖의 주변환경들에 주의를 빼앗김)이나, 운전과는 무관한 생각들에 의해 정지 신호나 표지판 탐지에

실패하는 것으로 인해 나타난다(Shinar, 1978).

우리는 여러 가지 물체나 사상(event)들에 주의를 분산시키기도 하고, 관심있는 물체나 영역에 선택적으로 주의를 기울이기도 하며 관심 밖의 환경적인 요인들을 무시하기도 한다. 운전을 할 때 분산주의와 선택주의는 모두 중요하다. 시각 영역에서 보면, 운전할 때 우리는 전형적으로 전방의 도로에 주의를 기울인다. 그러나 도로 밖에서 즉각적으로 발생하는 중요한 일들(예를 들면, 차선을 변경하는 차, 옆 차선에서 끼여들, 곡선도로에서 어린 아이가 뛰어 들어오는 일 등) 또한 우리의 행동에 영향을 미치기 때문에, 어떤 주의 용량은 주변시에 할당되기도 한다(Shinar, 1978).

경험이 많은 운전자들은 주위가 분산되는 상황에 더 적응적이어서 결과적으로 운전과제에 더 적은 주의를 기울이고, 비운전 과제에 많은 주의를 기울인다고 생각되어져 왔으며, 운전에 익숙한 운전자들이라도 효과적으로 주의를 분배하는 능력에서의 차이가 안전과 관련한 중요한 결정인이 되는 것 같다. Kahneman, Ben-Ishai, 그리고 Lotan(1973)은 경험 많은 이스라엘 버스 운전자를 대상으로 한 연구에서 사고율과 주의과제 수행간의 정적인 상관을 보고하였다. 그들이 사용한 과제는 운전자들에게 두 귀에 서로 다른 메시지가 제시되는 헤드폰을 착용하도록 한 후, 청각 단서가 제시되면 운전자들의 주의를 한 귀에서 다른 귀의 메시지로 옮기도록 하는 것이었다. 실험 결과 사고율이 높을 수록 운전자가 놓친 정보가 더 많고 선택주의 과제에서의 에러도 더 많았다. 미국 운송회사의 운전자들을 대상으로 한 Mihal과 Barrett(1976)의 연구도 이와 유사하게 운전자의 사고 빈도와 선택주의 과제에서의 수행간에 통계적으로 유의미한 상관을 얻었다.

운전 중의 주의분산에 관한 Brown (1965)의 연구는 주의를 기울여야 할 부담이 적은 경우, 운전자들은 어떠한 일차과제 수행(즉, 운전수행)의 손상 없이도 부가적인 심적 과제들을 수행할 수 있음을 보였다. 그러나 부가적으로 주의를 기울여야할 이차과제가 운전자로 하여금 스트레스를 유발시킬 정도이면, 일차과제의 수행이 저하된다는 것이 관찰되었다.

본 실험에서는 운전자의 주의 분산이 추돌 가능 상황에서 운전자의 추돌회피 행동에 어떠한 영향을 살펴

보는 것을 목적으로 한다. 특히 실험 II에서는 실험 I에서 밝혀진(주의 분산 조작이 가해지지 않은) 단순 운전 상황에서의 운전자의 추돌 회피 행동의 여러 가지 측면들과 주의 분산이 요구되었을 때의 추돌 회피 행동 사이에는 어떠한 차이가 있는지 비교하고자 한다. 그리고 본 실험에서 요구되는 주의 분산과제는 시각적 주의 분산과제로 운전자의 시야가 도로에서 이탈하여 차내의 다른 곳을 주시하도록 요구된 것이었다. 이러한 과제 조건은 앞의 선행 연구에 대한 개관에서 소개된 비교적 인위적인 주위 분산 과제(예를 들어 운전 과제를 수행하면서 암산 과제를 수행하게 하거나 이원 청취를 하게 하는 것과 같은) 보다는 실제 운전 상황에서 보다 흔히 경험할 수 있는 주의 분산 과제를 모사한다고 할 수 있다. 본 실험에 선택된 주위 분산 과제는 운전 중에 자동차의 실내등을 켜도록 요구하는 것이었다.

## 방법

### 실험 참가자

부산대학교 학부생 124명이 실험에 참가하였다. 평균연령은 만 23.3세로 남자 87명, 여자 37명이었다. 실험 참가자 전원은 유효한 운전면허증을 소지하였다. 이들 중 81명은 면허취득 후 운전경험이 없었고, 43명은 실제로 운전한 경험이 있었다. 실험참가자 124명 중 36명은 이전에 시뮬레이터를 이용한 실험에 참가한 경험이 있었다. 또한 사고유무에 있어서는 14명이 사고경험이 있었다.

### 시뮬레이터 및 기구

실험 I과 동일한 실험 장치들이 사용되었다.

### 운전 시나리오 및 절차

연습시행과 본시행으로 실험이 진행된 절차는 실험 I과 동일하였다. 실험 II에서는 시뮬레이터 차량이 차간 거리를 유지하고 나면 스스로 추돌 이벤트 차량이 멈추도록 했지만 본 실험에서는 실험참가자가 차량에 부착된 스위치를 누른 후에 추돌 이벤트 차량이 멈추도

록 하였다. 스위치를 눌러야 할 지점에서는 미리 녹음된 메시지를 제시되었는데, 이에 대한 반응을 유도하기 위해 실험 전에 운전자들에게는 주행 중 "스위치를 누르시오"라는 음성 메시지가 2초에 걸쳐 나오면 부착된 스위치를 쳐다보면서 정확히 두 번 누르도록 지시했으며, 스위치는 운전석 근처에 부착되었다. 지시에 따라 운전자들이 스위치를 누르면 운전자 차량 정면에서 주행하던 차량이 자동적으로 정지하기 시작하도록 프로그램 되었다.

본 실험은 모든 실험 참가자들이 한가지의 실험 조건에만 할당된 피험자간 설계였다. 각각의 운전자들에게는 75km/h, 100km/h, 125km/h의 속도를 유지하면서 달리도록 하였고(운전 속도 조건들), 각 속도에 따라 차간거리 2.5sec, 3.0sec가 유지되도록(차간 거리 조건들) 시나리오를 조작했다. 각 조건마다 실험자가 운전 속도를 지정하고 실험참가자가 그 속도에 맞추어 주행하도록 지시하였다. 운전자 차량이 주행하다가, 추돌 이벤트 차량이 생성되어 운전자 차량을 추월한 후, 주의 분산 과제(스위치 누르기 반응)를 수행함에 따라 추돌 이벤트 차량이 운전자 차량의 정면에서 갑자기 정지하여 추돌 상황이 모사되는 시나리오였다.

## 결과 및 논의

본 실험의 결과 분석은 대부분 실험 I과 동일한 절차에 의해 이루어졌는데, 실험 I과 마찬가지로 운전자의 운전 행동이 실험의 목적에 맞지 않았던 사례들과 시뮬레이터의 운전자 반응 기록에 오류가 있었던 자료들은 제외하였다. 이러한 이유로 제외된 실험 참가자들은 전체 참가자 124명 중 2.5초 차간 거리 조건에서는 8명, 3.0초 차간 거리 조건인 경우는 11명이었고, 이들을 제외한 101명의 자료만 분석에 포함되었다. 특히, 단순 조건이었던 실험 I의 결과와 주의 분산 과제가 주어진 본 실험의 결과를 서로 비교해 보기 위해 필요하다면 실험 I에서 언급된 결과를 부연하고자 한다.

### 차간 거리와 운전 속도 및 추돌/회피 비율

본 실험 II에서는 실험 I과 비교하여 운전자의 주

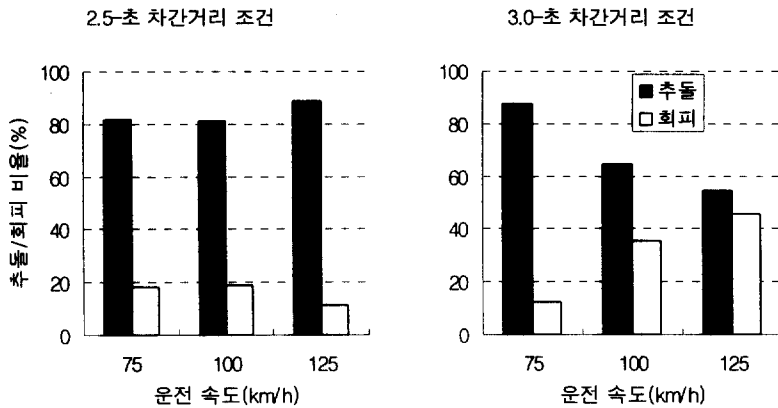


그림 8. 주의분산 상황에서의 운전속도 및 차간거리에 따른 추돌/회피 반응의 상대적 비율

의가 일시적으로 분산되고 운전자가 도로를 주시하고 있지 않은 상태에서 선행 차량과의 거리와 운전 속도에 따라 추돌이나 회피의 상대적 비율이 어떠한 차이를 보이는지의 여부이다. 선행 차량과의 거리와 운전 속도에 따라 추돌이나 회피의 상대적 비율에 대한 결과를 정리 하면 다음과 같다. 먼저, 차간 거리가 2.5초인 조건과 3.0초인 조건에 따른 비교를 보면 두 차간 거리 조건에 따라 추돌/회피의 상대적 비율에는 큰 차이를 보였다(2.5초 조건에서는 83%의 추돌 비율을 3.0초 조건에서는 63%의 추돌 비율을 보였으며, 이 분포는 통계적으로도 유의미하게 달랐다,  $\chi^2_{(1)}=4.86, p<0.05$ . 둘째, 주의 분산 과제 하에서 관찰된 이러한 추돌/회피 반응의 상대적 비율은 실험 I의 단순 조건에 매우 다른 양상을 보이고 있다. 예를 들어, 주의 분산 조건에서는 대부분의 운전 속도에서 추돌의 비율이 회피의 비율보다 훨씬 컸으며, 특히 3.0초 차간거리와 75km/h 운전 속도 조건의 경우, 단순 운전 상황에서는 회피의 비율이 높았으나(그림 2), 주의분산 조건에서는 그 경향이 역전되어 나타났다(그림 8). 이러한 결과는 운전자의 주의를 분산되지 않은 단순 운전 상황에서 차간거리가 길고 운전 속도가 느린 경우라면, 추돌 상황에 대해 어느 정도 운전자들이 대처할 수 있을 기회를 가질 수 있지만, 주의를 분산된 경우에는 이러한 기회를 상실할 수 있다는 가능성을 시사한다.

#### 추돌 회피 반응 유형의 분석

먼저 전체적인 반응 유형을 분석해 보면 'B 반응'의 비율은 22.8%, 'H 반응'은 34.74%, 그리고, 'B+H 반응'은 42.6%였다. 그리고 브레이크와 핸들을 같이 사용한 경우에 브레이크와 핸들을 동시에(시간 차이 없이) 사용한 경우는 전체 'B+H 반응' 중 4.8%, 브레이크를 먼저 제동한 후 핸들을 사용한 비율은 45.2%, 그리고 핸들을 먼저 사용한 후 브레이크를 밟은 비율은 50%였다. 또한 'B+H 반응' 중에서 브레이크를 먼저 사용할 경우 핸들보다 약 50msec, 반대로 핸들을 먼저 사용한 경우에는 브레이크 보다 약 80msec 더 빠르게 반응하였다.

추돌 회피의 전략에 따라 운전 속도 조건별로 추돌/회피의 상대적 비율을 살펴보았을 때, 먼저 운전 속도가 75km/h인 조건에서는 핸들만을 조작한 경우에, 그리고 운전 속도가 100km/h인 조건에서는 브레이크만 사용한 경우 모든 운전자들이 선행 차량을 추돌하였다. 특히, 실험 I의 단순 조건과 마찬가지로 본 실험의 주의 분산 조건에서 운전 속도 125km/h 조건인 경우에는 회피 빈도가 추돌 빈도 보다 더 많은 것도 관찰되었다(그림 9). 운전 속도가 빠를 경우 관찰되는 이러한 반응 패턴은 운전자들이 브레이크의 조작을 고려하지 않고 핸들만을 이용해 급하게 차선을 변경했음을 시사하며, 추돌을 회피했다 하더라도 (본 실험 조건과는 달

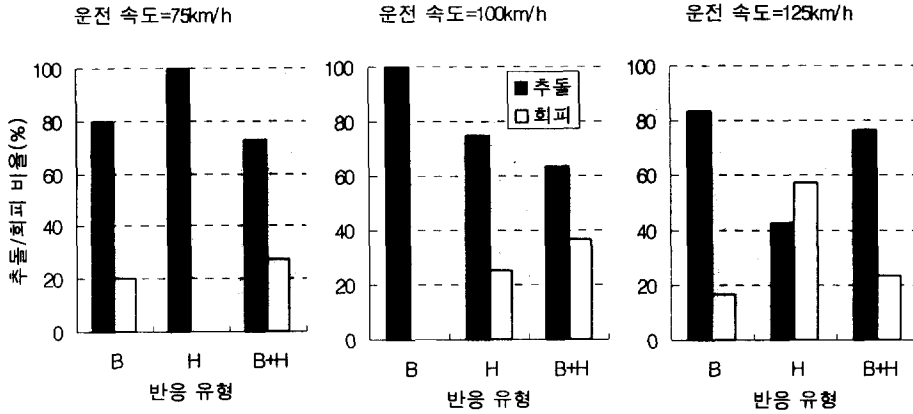


그림 9. 주의분산 상황에서의 반응 유형 및 운전속도에 따른 추돌/회피반응의 상대적 비율

리) 주위의 다른 차량이 있을 수 있는 일상적 운전 상황에서는 또 다른 차량들과 충돌과 같은 더 위험한 상황도 가능하기 때문에 단순한 추돌/회피의 상대적 빈도만으로는 이러한 반응 패턴의 질을 평가하기 어려울 것으로 생각되어 진다.

#### 최초 반응 유형에 대한 분석

최초 반응 유형에 대한 분석도 실험 I과 동일한 절차에 따라 분석되었다. 먼저 운전 속도, 차간 거리 및 추돌/회피 반응 조건에 대해 최초 반응 시점의 전반적인 변량 분석 결과, 운전 속도에 따라 최초 반응 시간에 약간의 차이는 있었으나(즉, 75km/h인 경우는 1.8초, 100 km/h인 조건에는 2.1초, 그리고 125 km/h인 조건에는 2.4초) 이것은 통계적으로 유의미한 차이가 아니었다. 또한 차간 거리 주효과와 그 외의 상호작용 효과들은 통계적으로 유의미하지 않았다. 다만 단순 조건인 경우 각각의 운전 속도 조건에서의 최초 반응 시간과 비교해 보면, 주의 분산 조건에서는 모든 운전 속도 조건에 따라 대략 200 msec 정도 더 느린 최초 반응 시간을 관찰할 수 있었다(단순 조건에서의 최초 반응 시간의 평균은 운전 속도에 따라 각각 1.6초, 1.9초, 그리고 2.2초였다). 특히, 단순 조건에서와는 달리 추돌했을 때와 추돌을 회피했을 때 사이의 최초

반응 시간에는 유의미한 차이가 없었다.

#### 최대 반응 실행시간

앞에서는 추돌 가능한 상황이 발생하였을 때 운전자들이 보이는 최초의 반응들이 갖는 특성에 대해 분석하였는데, 실험 I의 단순 조건과는 달리, 추돌했을 때와 추돌을 회피했을 때의 최초 반응 시간에는 유의미한 차이가 관찰되지 않았다. 실험 I의 단순 운전 조건에서는 추돌 여부를 결정짓는 중요한 요인으로 최초 반응이 얼마나 신속하게 시작되는지의 여부로 논의하였으나, 주의 분산 조건에서 최초 반응 시간에 따른 추돌과 회피 반응 사이에 유의미한 차이가 없었기 때문에 단순 조건과는 다른 설명이 요구된다.

추돌의 여부를 결정짓는 요인으로 최초 반응이 얼마나 신속하게 촉발되었는지의 여부가 아니라면 추돌 여부를 결정짓는 또 다른 가능한 요인은 무엇인가의 문제이다. 이에 대한 한가지 가능한 요인은 최대 반응 실행 시간이다. 실험 I에서도 분석되었지만, 최대 반응은 회피 노력에 대한 최대의 노력으로 여겨질 수 있으며, 최초의 반응 시간이 추돌이나 회피에 따라 차이가 없었던다면, 추돌 장면에서 선행 차량과의 회피를 가능하게 했던 것은 최대 반응의 실행이 더 빨랐기 때문일 수 있다는 가능성을 생각할 수 있다.

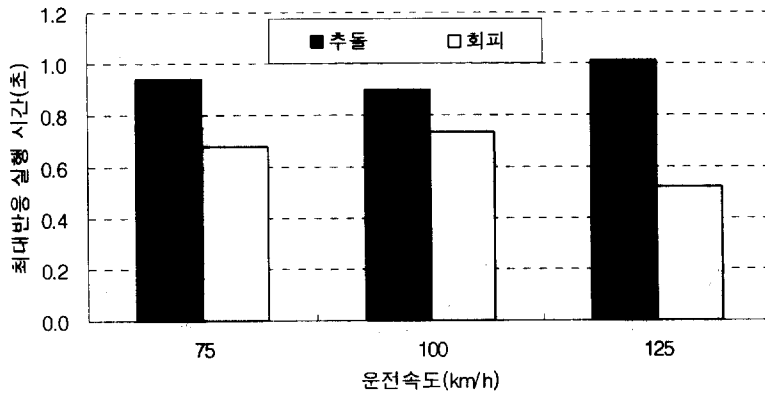


그림 10. 주의 분산 과제에서의 운전 속도와 추돌/회피 반응에 따른 최대 반응 실행 시간

이러한 가능성은 그림 10에서도 보이듯이, 운전 속도, 차간 거리, 추돌/회피 및 각 반응 유형에 대해 최대 반응 실행 시간에 차이가 있는지 변량분석해 보았을 때 추돌과 회피에 따른 최대 반응 시간 차이가 통계적으로 유의미했다는 것으로 증명될 수 있다,  $F(1, 65) = 4.90, p < .05$ . 이러한 결과는 추돌과 회피 사이의 최초 반응 시간에 차이가 없었다라도 최대 반응의 실행 시간이 빠르다면, 추돌을 어느 정도 피할 수 있음을 시사한다. 특히, 주의 분산 조건에서의 최대 반응 실행

시간은 단순 조건보다 대체적으로 짧은 경향이 있었는데(예를 들어, 단순 조건에서의 최대 반응 실행 시간은 대략 990msec였던 반면 주의 분산 조건에서는 대략 850msec 정도였다), 이것은 주의 분산 조건에 있었던 운전자들이 추돌을 피하기 위해 더 갑작스럽게 차량을 통제하였음을 시사한다.

최초 반응시의 차간 거리

그림 11은 주의 분산 조건에서의 각 운전 속도, 차간 거리 및 추돌/회피 반응 유형에 따라 최초의 반응

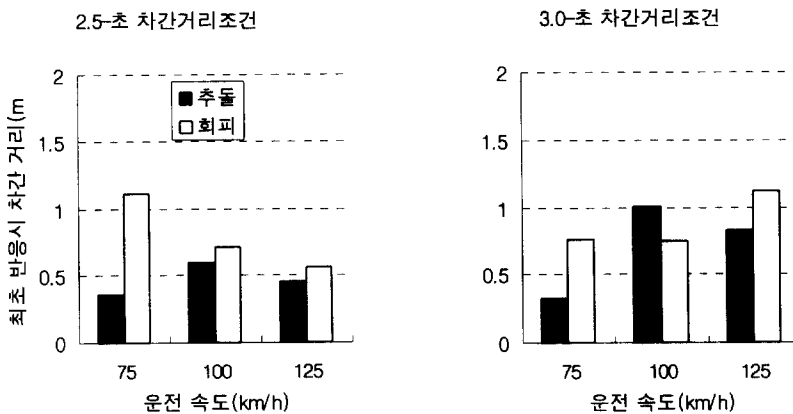


그림 11. 주의 분산시 운전 속도와 차간거리 및 추돌/회피 반응에 따른 최초 반응시차간 거리



이 나타나기 시작했을 때의 상대 차량과 운전자의 차량 사이의 거리를 보여주고 있다. 실험 I과 마찬가지로 추돌을 한 경우가 회피한 경우보다 선행 차량과의 차간 거리가 더 가까운 곳에서 최초 반응이 발생하는 경향이 관찰되었다. 그러나 실험 I의 단순 조건과 비교되는 측면은 최초 반응시의 선행 차량과의 차간 거리가 주의 분산 조건에서 훨씬 더 길다는 것이다. 즉, 단순 조건에서의 최초 반응이 표출될 때 차간 거리는 대략 1000msec 정도인데 비해 주의 분산 조건에서는 약 700msec 정도였다. 이는 주의 분산 조건의 경우 훨씬 더 가깝게 선행 차량에 접근한 상태에서 최초 회피 반응을 보였다는 것을 시사한다.

#### 추돌 발생시 추돌 속도

그림 12는 각각의 운전 속도 조건에 따라 추돌 회피의 반응 유형에 따라 추돌이 발생했을 때의 운전자의 차량 속도를 나타내고 있는데, 변량 분석 결과, 차간 거리 조건에 따라서는 추돌 속도에 유의미한 차이가 없었으나, 추돌의 회피 방향의 유의미한 주효과와,  $F(2,48) = 14.09, p < .001$ , 운전 속도의 주효과와,  $F(2,48) = 14.68, p < .001$ , 유의미하였다. 즉, 충돌 속도는 운전 속도가 빠를수록 더 빠른 경향을 보이고, 추돌 회피 방향에 따른 충돌 속도의 차이에서 볼 수 있듯이 브레이크만을 이용하거나 핸들과 브레이크를 동시

에 사용하여 추돌을 회피하고자 한 경우에 비해 핸들만을 사용하여 추돌을 회피하고자 한 경우 추돌 속도가 더 컸기 때문이다. 이런 경향은 실험 I에서도 관찰되었으나, 추돌 속도는 단순조건과 주의분산 조건에 큰 차이가 없었다.

#### 종합 논의

본 연구에서는 운전자들이 운행 도중 도로상에서 갑자기 출현하는 위험한 장애물을 발견하고 적절한 반응을 실행하기까지 거치는 반응의 단계와 각 반응의 단계들에서 요구하는 반응 시간을 실시간으로 측정하여 운전자의 추돌 회피 행동의 여러 측면들이 측정되고 평가되었다.

실험 I에서는 운전자들이 위험물을 발견하고 그것을 피하기 위해 최초로 그리고 가장 빈번하게 보이는 행동이 무엇인지, 그리고 반응 형태들이 실제 추돌의 빈도와 어떤 관계가 있는지 살펴보고, 운전자의 반응 과정을 여러 단계로 구분하여 각 단계마다 얼마나 시간이 소요되는지 측정하여 계열적인 운전자 반응을 실시간적으로 분석하였다. 이를 위해 운전자들에 다양한 운전 속도로 운전할 것을 요구하였고(즉, 75, 100, 125 km/h), 선행 차량과의 물리적 차간 거리를 두 수준(2.5초와 3.0초의 차간거리)으로 조작하였다.

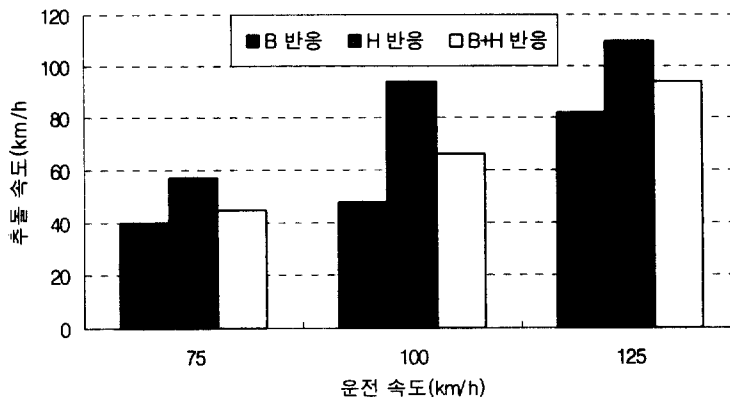


그림 12. 주의 분산 과제에서의 추돌시 운전 속도

실험 II는 운전자의 주의 분산이 추돌 가능 상황에서 운전자의 추돌 회피 행동에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보기 위해 실시되었으며, 대부분의 조건들은 실험 I과 동일하였다. 특히 주의 분산 조작이 가해지지 않은 단순 운전 상황에서의 운전자 추돌 회피 행동의 여러 측면들과 주의 분산이 요구되었을 때의 추돌 회피 행동 사이에는 어떠한 차이가 있는지 관찰하고자 하였다. 실험 II에서의 주의 분산과제는 시각적 주의 분산과제로서 운전자의 시야가 도로에서 이탈하여 차내의 다른 곳을 주시하도록 요구된 것이었다.

단순 운전 조건(실험 I)에서 관찰된 운전자들의 추돌 회피 반응에 대한 분석 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 추돌 빈도를 운전 속도 조건과 차간 거리 조건을 고려하여 분석해 보았을 때, 차간 거리가 일정하다 하더라도 운전 속도가 빠를수록 더 빈번한 추돌이 관찰되었고, 특히 낮은 운전 속도 조건과 긴 차간 거리 조건에서는 추돌을 회피하는 비율이 추돌 비율보다 더 높았다. 둘째, 추돌을 회피하는데 채택된 반응 유형에 따른 분석 결과를 보면, 운전자들이 추돌을 회피하기 위해 핸들만을 사용하기보다는 브레이크만을 사용하거나 혹은 핸들과 브레이크를 같이 사용하는 것이 더 효율적이었다. 셋째, 추돌이 가능한 운전 상황에서 추돌과 회피를 결정짓는 운전자의 반응 요인들을 분석한 결과, 차량이 정지하는 것을 발견한 직후 표출되는 최초의 반응 시간과 추돌을 회피하기 위한 최대의 노력 투입 시간이 매우 중요한 역할을 하였다. 넷째, 최초 반응의 표출 시간과 마찬가지로 운전자들이 추돌 상황을 신속하게 인식하고 보다 안전한 거리에서(즉, 선행 차량과 보다 멀리 떨어진 시점에서) 추돌 회피 반응을 보일수록 추돌의 빈도가 감소하였다. 마지막으로, 추돌이 관찰된 사례를 분석해 보았을 때 핸들만을 사용했던 경우가 브레이크만을 사용하거나 핸들과 브레이크를 같이 사용하는 경우에 비해 충돌 속도가 가장 빨랐다.

주의 분산 조건(실험 II)의 결과를 요약하면 다음과 같다. 먼저 전반적인 분석을 살펴보면, 주의 분산과제가 부과되었을 때에는 단순 운전 조건에 비해 여러 가지 측면에서 운전자들이 더 저하된 회피 수행을 보였는데, 예를 들어, 추돌의 빈도가 더 많았고, 최초 반응의 표출이 더 늦었으며, 선행차량과 더 근접한 시점에서

서 최초 반응을 하기 시작하였다. 둘째, 실험 I과 마찬가지로 추돌 회피 방략 중 핸들만을 사용하여 회피를 피하고자 하는 노력이 가장 저조한 회피 수행을 가져왔다. 셋째, 그러나 실험 II의 결과와는 달리 주의가 분산된 조건에서는 추돌을 결정짓는 가장 중요한 요인은 최초 반응 시간이 아니라 최대 반응 실행시간이었다.

본 연구의 결과들을 종합하면, 추돌 가능한 운전 상황에서 운전자들의 추돌 회피 여부를 결정짓는 요인들은 어떠한 차량 통제 방략을 채택할 것인지, 얼마나 신속하게 그러한 선택된 방략을 적용하는지, 그리고 그러한 반응을 실행할 때 선행 차량과의 물리적 거리가 얼마나 되는지와 같은 것들이므로 보인다. 특히 운전자의 주의가 분산될 경우, 추돌의 가능성이 급격하게 증가하였다는 점을 감안하면, 많은 추돌 사고의 원인에 운전자의 주의 집중 능력 혹은 적절한 주의 배분 능력과 같은 인간 요인들이 근저하고 있다고 생각된다. 또한 선행 차량과의 물리적 거리가 동일하다 하더라도 운전 속도가 빠를수록 추돌의 가능성이 증가할 뿐만 아니라 운전자의 추돌 회피 수행의 질이 저하되었다는 것은 과속 운전이 갖는 심각성을 시사해 주는 결과이다.

본 연구에서 실험에 참가한 운전자들은 모두 유효한 운전 면허를 갖고 있었지만, 현재 운전을 하지 않는 사람들도 포함되었다. 따라서, 운전의 경험 정도가 추돌 회피와 관련된 다양한 행동 측면에도 차이를 보이는지 분석해 볼 필요가 있었는데, 운전을 빈번하게 수행하는 집단과 그렇지 않은 집단에 대해 앞에서 언급한 다양한 운전 측면들을 분석해 보았을 때, 이 두 집단 사이에는 특별한 차이가 관찰되지 않았다. 그러나, 추돌 회피 기술이 다양한 운전 경험을 통해 습득되어질 수 있다는 점을 감안하면, 본 연구에 포함된 결과들이 실제로 운전을 빈번하게 수행하는 모든 운전자들에게 일반화되어 적용하는 것에는 다소의 문제가 있을 가능성도 있다.

본 연구의 결과는 운전자들이 추돌 가능한 상황에 대해 매우 취약하다는 것을 보여 주고 있다. 이러한 관점에서 운전 중 운전자에게 추돌의 위험을 알려주거나 선행 차량의 거동을 신속하고 정확하게 파악할 수 있는 보조 수단을 개발하고 제공해 주어야 할 것이다. 외국에서는 운전자의 주의를 유도하여 추돌 사고를 감소시

키는 방법들이 제안되어져 왔는데, 예를 들어 1985년 9월 1일 이후 만들어진 모든 미국 자동차에는 뒷 유리 중앙에 설치된 정지등(Center High Mounted Stop Lamps)을 부착하도록 한 것이 있다. 이것은 추돌 사고가 발생했을 때의 사망자 수를 감소시켰을 뿐만 아니라(Digges, Nicholson, & Rouse, 1985), 추돌 사고가 50~60%까지 감소될 수 있음을 보여주었다(Kahane, 1989). 이러한 노력뿐만 아니라 좀더 적극적으로 운전자의 추돌 회피 행동을 도울 수 있는 시스템이 있는데, 차량내 추돌 방지 시스템(Front To Rear End Collision Avoidance System)이나 추돌 경고 시스템(Front To Rear End Collision Warning System)등이 여기에 해당한다.

우리 나라에서도 최근에 자동차의 주요 생산 업체들이 차량의 디자인이나 연비의 효율성과 같은 기계적/물리적인 측면에 대한 연구뿐만 아니라 운전자에게 운전 상황에 대한 보다 많은 정보를 제공함으로써 운전자가 미리 운전 상황을 예측하여 운전할 수 있도록 하는 이른바 자동차내 항법 장치(In-Vehicle Navigation System)의 개발에 많은 투자를 하고 있는데, 이러한 항행 보조 시스템에 추돌 방지/추돌 경고 시스템도 구현될 것이며, 그러한 시스템이 효율적으로 작동하기 위해서는 운전자의 반응이 실제 어떻게 이루어지는가 하는 인간 요인적 데이터가 이러한 시스템들의 알고리즘에 통합되지 않으면 안될 것이다. 본 연구를 통한 운전자의 추돌 회피 반응에 대한 데이터는 언제 추돌 방지/추돌 경고 시스템이 작동을 시작하거나 운전자에게 경고를 주어야 하는지에 대한 중요한 데이터를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고 문헌

- 이순철 (1997). 운전자 행동의 심리학적 연구. *심리과학*, 6, 11-26, 서울대학교 심리과학 연구소.
- Brown, I. D. (1965). Effect of a car radio on driving in traffic. *Ergonomics*, 8, 475-479.
- Clarke, R. M., Goodman, M. J., Perel, M., & Knipling, R. R. (1992). Driver performance and IVHS collision avoidance systems: A search for design relevant measurement protocols. *Proceedings 7th annual meeting of IVHS America*, 241-248.
- Digges, K. Nicholson, R., & Rouse, E. (1985). The technical base for center high mounted stop lamp. Report 851240, SAE. Annapolis, MD.
- Dingus, T. A., McGehee, D. V., Manakkal, N., Jahns, S. K., Carney, C., & Hankey, J. M. (1997). Human factors field evaluation of automotive headway maintenance/collision warning devices. *Human Factors*, 39, 216-229.
- Evans, L. (1991). *Traffic Safety and Driver*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Hirst, S., & Graham, R. (1997). *The format and presentation of collision warnings*. In Y. I. Noy(Ed.), *Ergonomics and safety of intelligent driver interface*. NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Hughes, P. K., & Cole, B. L. (1986). What attracts attention when driving? *Ergonomics*, 29, 377-391.
- Janssen, W. H. (1989). *The impact of collision avoidance systems on driver behavior and traffic safety* (Tech. Rep. Drive Project 1041). Traffic Research Centre, University of Groningen, the Netherlands.
- Kahneman, D., Ben-Ishai, R., & Lotan, M. (1973). Relation of a test of attention to road accidents. *Journal of Applied Psychology*, 58, 113-115.
- Lee, J., McGehee, D. V., Dingus, T. A., & Wilson, T. (1998). Collision avoiding behavior of unalerted driver using a

- front-to-rear-end collision warning display on the Iowa driving simulator. *Transportation Research Record 1573*, 1-7.
- Kahane, C. J. (1989). *An evaluation of center high mounted stop lamps on 1987 data*(DOT HS 807 442). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.
- 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.
- Mihal, W. L., & Barrett, G. V. (1976). Individual differences in perceptual information processing and their relation to automobile accident involvement. *Journal of Applied Psychology*, 61, 222-233.
- Mortimer, R. G. (1988). *Rear-end collision. Automotive engineering and litigation*. New York: Gerland Law Publishers.
- Mortimer, R. G. (1990). Perceptual factors in rear-end crashes. In *Proceedings of the Human factors and Ergonomics Society 34th Annual Meeting*, Santa Monica, CA, 591-594.
- National Highway Traffic Safety Administration. (1995). *Examination of target vehicular crashes and potential ITS counterparts*. Synthesis report: U. S. DOT. Springfield, Virginia.
- 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.
- Shinar, D. (1978). *Psychology on the road: The human factors in traffic safety*. New York: John Wiley & Sons.
- Shinar, D. (1985). *Psychology on the road*. Macmillan publishing Co., Inc
- Treat, J. R., Tumbas, N. S., McDonald, S. T., Shinar, D., Hume, R. D., Mayer, R. E., Stansifer, R. L., & Castellan, N. J. (1977). *Tri-level study of the causes of traffic accidents*. Report No. DOT-HS-034-3-535-77(TAC), Indiana University.

1차 원고 접수: 2000. 8. 23.

최종 원고 접수: 2000. 11. 7.

# Analysis of Driver's Front-To-Rear-End Collision Avoidance Behavior Using a Driving Simulation Study

Jaesik Lee

Department of Psychology, Pusan National University

The purpose of the present study was to analyze and evaluate drivers' various front-to-rear-end collision avoidance behavior using a driving simulation. Two experiments were conducted. In Experiment I, where driving speeds and headways were systematically varied, drivers' response types and response characteristics were analyzed in terms of quality of collision avoidance behavior. In Experiment II, divided-attention task was imposed. The results of the two experiments are as followings. First, more frequent collisions were observed in faster driving speed condition. Second, better collision avoidance performance was found when the drivers' operated brake or both brake and steering wheel than when they operated steering wheel only. Third, one of the most important factors affecting collision avoidance behavior appeared to the degree of swiftness of response. Fourth, various criteria of drivers' collision avoidance performance were greatly impaired when driver's attention was visually divided. Finally, implications of the study was discussed.