

교통 갈등상황 재현을 위한 운전 시뮬레이션 및 운전자 행동 분석 진단 시스템 개발¹⁾

이 재 식 손 건 태

부산대학교 심리학과 부산대학교 통계학과

본 연구는 운전 갈등 상황의 본질과 이에 따른 운전자들의 행동 패턴을 정량적/실시간적으로 분석하여, 이를 토대로 교통 갈등 상황에서의 운전자의 갈등 회피 행동에 대한 이해를 목적으로 실시되었다. 연구 I에서는 운전자들이 경험하는 대표적 갈등 유형들이 무엇인지 알아보기 위하여 운전자들을 상대로 심층적 인터뷰를 실시하였으며, 이를 토대로 세 가지의 대표적인 교통 갈등 유형들을 추출하였다. 연구 II에서는 연구 I의 결과를 토대로 운전 시뮬레이션을 통해 각 교통 갈등 상황들을 재현하였으며, 교통 갈등 상황에 따른 운전자의 충돌 회피 반응들의 유형과 특징들을 분석하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 교통 갈등 상황은 차량들이 교차하는 지점에서 더 빈번하게 발생하는 것으로 조사되었다. 둘째, 운전 시뮬레이션을 통해 각 교통 갈등 유형에 따라 갈등의 심각성을 분석한 결과, 전방 갈등이 조건이 다른 갈등 조건에 비해 더 많은 충돌 빈도를 보였으며, 반응 유형에 따른 갈등의 심각성을 분석한 결과, 브레이크와 핸들을 동시에 사용하거나 브레이크를 단독으로 사용하여 갈등 상황을 회피하고자 하는 노력이 핸들만을 사용하는 노력에 비해 더 효율적이었다. 셋째, 최초 반응 시간과 최초 반응시의 상대 차량과의 거리를 분석해 본 결과, 다른 조건들에 비해 우측에서 접근해 오는 차량에 대한 대응을 좀 더 신속하게 할 뿐만 아니라 상대 차량이 물리적으로 더 먼 거리에 있을 때 반응하였음을 관찰할 수 있었다. 이러한 반응 패턴은 최대 반응 시간과 최대 반응시의 차간 거리를 분석한 결과에서도 일관적으로 관찰되었다. 마지막으로 연구 I과 II의 자료와 결과를 종합하여, 운전 갈등 상황에서의 운전자의 반응 패턴을 평가하고 진단할 수 있는 방안이 무엇인지 개념적인 모델을 제시하여 논의하였다.

1) 이 논문은 1998년도 한국학술진흥재단 과학기술기초중점연구지원(학제간 연구: 과제 번호 D00005)에 의하여 연구되었음. 본 논문을 위해 실험과 자료 입력에 도움을 준 부산대학교 심리학과, 김비아, 노진아, 김은영, 최시환, 그리고 하희준에게 감사를 드린다.

교통 사고는 운전자, 차량, 또는 도로 시설의 안전성 문제를 추정할 수 있는 가장 직접적인 측정치이며 사고의 본질을 조사, 분석, 그리고 재구성해 봄으로써 안전과 관계된 여러 가지 정보(예를 들어, 사고 유형이나 운전자 과실의 정도 등)를 얻을 수 있다. 그러나 “이미 발생한” 사고를 분석하여 그 유형이나 원인을 파악하는데는 두 가지의 문제가 있다. 첫째는 “이미 발생된” 사고 기록이 신뢰롭지 못할 가능성이 있다는 것이다. 예를 들어, 보고된 교통 사고는 모든 교통 사고의 전집을 포함하고 있지 못할 수 있고, 기록이 완전하거나 정확하지 않을 수도 있으며, 보고의 편파가 있을 수 있다는 점 등이 문제가 된다. 둘째는 교통 사고를 안전 진단 목적으로 사용할 때, 그에 따르는 부담이 너무 크다는 것이다. 다시 말해, 위험지역을 확인하고, 특정한 대책들을 수립한 후 그러한 노력들의 효과를 알아보기 위해 사고가 발생하기를 기다리는 것은 (특히 교통 사고의 발생 확률로 볼 때) 결코 바람직한 일이 아닐 것이다. 만약 사고가 발생하기 전에 위험여부를 진단하고 적절한 대책을 강구한다면, 사고로 인한 불필요한 손실을 줄일 수 있을 것이다. 이런 측면에서 사고를 예측하고 안전을 평가하려는 많은 노력들이 이루어져 왔다. 그 결과로, 교통 갈등 기법(Traffic Conflict Technique: TCT)으로 알려진 교차로 안전 평가 방법이 개발되었다.

“교통 갈등(Traffic Conflict)”이란 두 대 혹은 그 이상의 차량들의 운전자들이 교차로에서 충돌을 피하기 위해 급작스럽게 브레이크를 밟거나 핸들을 조작해야 하는 상황을 의미한다. 즉, 교통 갈등 상황에서는 교통 사고의 위험 가능성이 다른 운전 상황에 비해 매우 높은 것으로 평가되고 있다. 교통 갈등에 대해서는 연구자들에 따라 다양하게 정의되어 왔다. Perkins와 Harris(1967)는 “교통 갈등은 어떤 잠재적 사고 상황으로서, 운전자가 회피 행동, 즉 충돌을 피하기 위해 브레이크를 걸거나 핸들을 이용해 비껴가는 행동을 하는 경우”라고 정의하였고, Glaue와 Migletz(1980)는 “교통 갈등은 둘 이상의 도로 사용자를 포함하고 있는 교통 상황이며, 한 운전자가 방향 또는 속도에서의 변화와 같은 비전형적 또는 비일반적 행위를 수행할 때 발생하는 것으로, 이것은 다른

운전자의 운전 패턴과는 상관없이 충돌 위험에 빠뜨리게 된다”고 정의하였다. 마지막으로 미국 고속 도로 안전국(Federal Highway Administration, 1989)은 “교통 갈등은 둘 이상의 도로 사용자를 포함하는 것으로, 한 사용자의 행동이 다른 사용자가 충돌을 피하기 위해 급작스런 방향 조종 행동을 하도록 만드는 교통 상황”이라고 정의하였다.

교통 갈등 기법은 교차로에서 흔히 발생하는 ‘근접 사고(near misses) 또는 갈등(conflict)’을 측정하는 기법을 말하는 것이다. 이 기법은 교차로 사고 및 안전을 예측하고 평가하려는 목적으로 개발되었으며 이 기법에서는 갈등과 실제 사고의 본질적인 원인은 동일하다고 가정한다. 따라서, 회피 행동(예를 들어, 브레이크를 걸거나, 핸들을 돌려 피하는 것)을 유발하는 차량들 간의 갈등 또는 보행자와 차량들 간의 갈등은 잠재적 사고의 지표가 될 수 있으며, 갈등이 더 자주 발생할수록 결국 사고로 이어질 가능성은 점점 더 커질 수 있다.

교통 갈등 기법에 관한 최초의 논문은 Perkins와 Harris에 의해 1967년에 쓰여진 것이다. 연구자들은 원래 General Motors사의 차량들이 다른 회사가 만든 차량들과 다르게 운행되고 있는지의 여부를 연구하기 위해 이 기법을 개발하였다(Glaue & Migletz, 1980). 그 후에 이 기법은 교차로 안전문제를 평가하는데 보다 더 적절하다고 여겨졌고, 미국 정부에 의해 안전 평가 도구로 채택되게 되었다. Perkins와 Harris(1967)는 교통 갈등 상황에 대한 관찰법 연구 자료를 토대로 교차로에서 발생하는 사고 유형에 대응하는 5가지의 일반적인 갈등 유형들을 정의하였다; 좌회전 갈등(left-turn), 끼어들기 갈등(weave), 교차 교통 갈등(cross-traffic), 적신호 위반 갈등(red-light violation), 그리고 후위 갈등(rear-end). 좌회전 갈등은 좌회전 차량이 마주 오는 차량 앞을 가로막아 앞에서 오는 차량이 급하게 브레이크를 거는 행동을 유발할 때 발생한다. 끼어들기 갈등은 한 차량이 같은 차선의 차량 앞에서 갑자기 차선을 변경하여 뒤따르던 차량에게 브레이크를 걸도록 할 때 일어난다. 교차 교통 갈등은 측방 도로의 차량이 교차로를 통과하여 직진하는 차량에게 감속하도록 만들 때 발생한다. 적신호 위반

갈등은 운전자 오류나 신호를 무시하는 차량으로 인해 회피 운전이 야기될 때 발생한다. 마지막으로, 후위갈등은 앞서가던 차량의 감속으로 인해 뒤따르던 차량에게 브레이크를 걸도록 만들 때 발생한다.

교통 갈등에서의 운전자 행동이나 반응의 패턴을 분석하기 위해서는 몇 가지 문제들이 고려되어야 한다. 첫 번째 문제는 교통 갈등 상황의 심각성 수준을 어떻게 구분할 것인지의 문제이다. 초기에 교통 갈등 기법이 직면한 가장 커다란 문제는 갈등의 범위가 너무 큰 것이었다. Perkins와 Harris(1967)의 연구에서는 사고 직전의 상태와 가벼운 브레이크 조작을 구분하는 방법이 없었다. 이런 문제들을 해결하기 위해서 연구자들은 “회피행동을 하지 않았을 때, 사고까지 걸리는 시간(Glaue & Migletz, 1980)” 또는 “갈등의 심각성(Older & Spicer, 1976)”을 추정함으로써 갈등의 심각성 수준을 측정하려고 했다. Older와 Spicer(1976)가 제안한 심각성 수준들은 (1) 충돌의 위험이 최소일 때 일상적인 브레이크 또는 핸들 조작, (2) 충돌 위험이 있지만 조작자가 충분한 시간을 가지고 브레이크나 핸들을 조작하는 경우, (3) 비정상적인 접근 상황에서 충돌을 피하기 위한 급속한 과속, 차선변경, 또는 정지, (4) 매우 비정상적인 접근 상황 또는 가벼운 충돌 상황에서 충돌을 피하기 위한 긴급 브레이크 조작 또는 차선 변경, 그리고 (5) 충돌에 수반된 긴급 행동 등이다.

교통 갈등에서의 운전자 행동이나 반응의 패턴을 분석하기 위해 고려되어야 하는 두 번째 문제는 교통 갈등 상황을 평가하는 방법론과 관련되어 있다. 교통 갈등 상황에서 운전자의 행동을 정확하고 객관적으로 분석하기 위해서는 교통 갈등 분석 기법도 다른 측정/분석 도구들에 요구되는 일반적 조건들을 갖고 있어야 한다. 먼저, 교통 갈등의 분석 기법은 안전문제를 진단하고 예측해 내는 능력 즉, 타당성에 관한 근거를 확보해야 한다. 또한 타당성과 더불어 신뢰성도 먼저 평가되어야 할 것이다. Shinar(1984)는 이와 관련된 두 가지의 신뢰도를 기술하고 있다. 하나는 교통 갈등 현상의 신뢰성 측면이다. 즉, 교통갈등의 수준이 반복 관찰될 수 있는 안정적인 특징인지의 여부이다. 다른 하나는 도구의 신뢰성 측면이

다. 즉, 동일한 교통 흐름 패턴에 대한 반복 관찰이 동일한 교통 갈등 지표를 산출하는지의 여부이다. 전자는 확인할 수 없는 많은 요인들이 존재하기 때문에 신뢰성을 결정하기는 매우 힘들지만, 후자는 갈등에 대한 정확한 정의와 표준화된 절차를 통해서 확보할 수 있는 것이다.

도구의 신뢰성은 주로 자료 수집 방법에 달려있다. 또한 신뢰로운 자료 수집 방법의 지표는 자료가 얼마나 객관적인 방법과 절차에 의해서 수집되었는지에 달려있기 때문에 자료 수집 방법을 주관적인 방법과 객관적인 방법으로 구분해 보는 것이 유용하다. 주관적 방법은 주로 관찰자의 지각과 판단에 의존하는 방법이다. 객관적 방법은 비디오, 컴퓨터, 또는 비디오와 컴퓨터를 연결시킨 장비 등을 사용하여 갈등을 분석하는 방법이다. 예를 들어, 비디오로 찍은 차량의 움직임을 각 프레임별로 분석하면, 차량의 이동 속도, 가속 정도, 브레이크 조작 여부, 차선 변경 등에 관한 정확한 정보를 얻을 수 있다. 그러나 객관적 접근 방법은 장비의 준비나 연구 과정 중에 소요되는 비용/시간과 같은 경제적 문제가 있기 때문에 주관적 방법의 효과를 검증하려는 많은 연구들이 있었다. Shinar(1984)는 실험실 실험을 통해서 주관적인 방법과 객관적인 방법을 비교하였는데, 사람들은 차량 움직임의 특성을 일관되게 평가하는 경향이 있다는 것을 발견하였다.

교통 갈등 상황에 따른 운전자 반응을 이해하기 위해 정량화된 접근을 사용하기도 한다. van der Horst와 Kraay(1986)는 갈등 상황의 위험을 구분하기 위해 갈등의 심각성을 1에서 5까지의 척도상에서 충돌 가능성과 충돌 결과에 대하여 평가하였다. 충돌 가능성은 충돌까지의 시간(time to collision: TTC)과 사후 접근 시간(post encroachment time: PET)에 의해 결정된다. TTC는 충돌 과정에 있는 두 운전자가 진로와 속도를 변화시키지 않았을 때 두 차량이 충돌하기까지 걸리는 시간이고, PET는 첫 번째 차량이 떠난 위치까지 두 번째 차량이 도착하는데 걸리는 시간을 말한다. PET가 중요한 측정치가 되는 것은 경로나 속도 변화가 없더라도 서로 거의 근접한 경우, 충돌은 없었지만 실제 충돌의 기회가 있었으므로

갈등으로 보아야 옳다는 생각 때문이다. van der Horst와 Kraay(1986)에 따르면, 충돌하기까지 걸리는 시간이 1.5초 이하일 때, 잠재적으로 위험한 상황이 된다. Ekman(1986)은 능숙한 운전자가 회피 운전을 수행했던 상황들을 알아보았는데, van der Horst와 Kraay(1986)의 결과와 마찬가지로 능숙한 운전자가 회피행동을 함으로써 사고를 피하기 위해 최선을 다하는 것 이외의 다른 선택이 없는 한계가 1.5초임을 발견했다. TTC가 1.5초 이상이었을 때, 운전자들은 그 상황을 거의 위험으로 지각하지 않았으나, 이와 같은 시간 한계는 차량들이 저속 운행되는 도로 상황에만 적용되는 것이고, 차량의 속도에 따라 이 시간 한계는 달라진다.

충돌이 일어났을 때의 결과 정도는 주로 잠재적인 충돌 에너지와 도로 사용자들의 취약성(vulnerability)에 달려있다. 이런 측면에 영향을 주는 요인들은 상호 속도차이, 조작 가능하고 조작에 필수적인 공간, 접근 각도, 도로 사용자의 유형 등이 있다. 예를 들어, 조작을 위한 공간이 적을 때 운전자의 회피 행동은 더 극적이고 더 복잡할 가능성(예를 들어, 브레이크를 밟는 동시에 차선을 변경하기)이 있다.

본 논문은 크게 세 부분으로 구성되어 있다. 먼저 연구 I에서는 운전자들이 경험했던 교통 갈등 상황의 유형을 파악하기 위해 약 270명을 대상으로 인터뷰 조사한 자료를 소개할 것이다. 연구 II에서는 연구 I에서 얻은 자료를 바탕으로 대표적 운전 갈등 상황들을 시뮬레이션으로 재현하고, 다양한 교통 갈등 상황에서 운전자들이 보이는 일반적 행동 특성을 시간적으로 분석하여 운전자의 갈등 회피 행동 패턴을 이해하고자 한다. 마지막으로 연구 I과 II의 자료와 결과를 종합하여 운전 갈등 상황에서의 운전자의 반응 패턴을 평가하고 진단할 수 있는 방안이 무엇인지 개념적인 모델을 제시하여 논의하고자 한다.

연구 I: 교통 갈등 상황의 특성 분석-인터뷰 조사

운전자들이 주로 경험하는 교통 갈등의 유형을 파악하기 위해서는 앞에서 언급한 주관적 방법과 객

관적 방법을 모두 사용하여 이 접근 사이에서 교통 갈등 상황에서 운전자들이 보이는 태도나 행동에 수렴적 결과가 도출될 수 있는지 검토하는 것이 바람직하다. 그러나, 객관적 방법이 갖는 경제성의 문제와 특히 주관적인 방법과 객관적인 방법 사이에 비교적 일관적인 평가 결과가 도출될 수 있다는 Shinar(1984)의 연구에 근거하여, 본 연구에서는 운전자들을 대상으로 심층적인 인터뷰를 통해, 운전자가 경험했던 교통 갈등의 유형에 대한 자기 보고형 자료들을 사용하였다. 자세한 절차와 결과는 다음에 기술되어 있다.

방법

면접 참가자에 대한 분석. 면접에 참가한 운전자는 총 274명(평균 연령 37.6세)이었다. 이 중 남자는 213명 여자는 61명이었으며, 이 운전자들 중 136명은 최근 5년 동안 실제 사고 경험이 있었고 나머지 138명은 최근 5년간 실제 사고 경험은 없었다. 운전자 면접 시행 중 버스 운전자에 대한 면접은 두 곳의 버스 운수업체를 직접 방문하여 현재 운전중인 운전자 총 20명을 대상으로 실시하였다. 택시 운전자에 대한 면접은 두 곳의 택시 회사를 방문하거나 LPG 충전소 2곳을 직접 방문하여 현재 운전 중인 택시 운전자 총 20명을 대상으로 실시하였다. 나머지 234명의 일반 운전자들에 대해서는 면접이 가능한 장소에서 현재 운전을 하고 있는 운전자들을 대상으로 면접을 실시하였다. 면접 참가자들에 대한 표집은 표본의 크기에 따라 그 비율에 맞게 표집하는 것이 원칙이지만, 본 연구가 전반적인 교통 갈등의 유형이 무엇인지 파악하는 것이 주요 목적이었기 때문에, 면접 참가자들의 표집에 대한 특별한 기준은 적용하지 않았다.

절차 및 도구. 면접은 인간공학을 전공하는 대학원생 4명에 의해서 이루어 졌다. 면접지의 내용은 크게 두 부분으로 교통 갈등 상황에서 발생한 당시의 정황에 관한 면접과 상대방의 특성에 관한 면접으로 나누어졌다. 당시 정황에 관한 면접지에는 운전자들이 기억하는 당시의 날씨나 시간대, 교차로에 대한

정보와 본인의 차와 상대방의 차량의 위치에 대한 정보가 포함되었다. 또한 응답자의 정확한 회상을 위해 그 때 당시 상황에 대한 간략한 그림도 첨가하여 응답자에게 그 그림과 당시 상황이 일치하는지를 다시 한번 확인하는 작업을 거쳤다. 이런 작업 후 응답자의 대처방안과 그 당시 상대방의 차종이나 운전자 특성에 관한 질문을 추가적으로 실시하였다. 또한 운전자들이 자신의 사고 상황이나 사고 유발 상황에 대해서 언급하기를 꺼려할 경우, 교차로에서의 교통 갈등 상황을 직접 목격한 것도 면접에 추가하였으나, 자료의 동질성을 위해 본 연구의 분석에는 목격한 교통 갈등 유형은 포함하지 않고, 운전자들이 직접 경험한 교통 갈등 유형에 대한 자료만 분석되었다. 또한 교통 갈등이 시간 압력과 같은 변인에 의해 영향을 받을 수 있고, 일반 자가용 운전자들에 비해 버스나 택시 운전자들의 경우 이러한 변인의 영향을 더 많이 받을 수 있다는 가능성도 있으나, 일차적 분석 결과 다른 일반 운전자들의 자료와 차이가 없었기 때문에 운전 시간대와 교통 갈등 유형 사이의 관계는 분석에서 제외되었다.

결 과

본 연구 I의 관심은 운전자들이 대표적으로 경험하는 교통 갈등의 유형이 무엇인지 파악하는 것이 가장 중요한 것이었고, 교통 갈등 상황에서의 운전자 반응 유형이나 주관적으로 평가된 심각도가 면접 참가자들에 따라 매우 다양했기 때문에, 본 연구에서는 교통 갈등 상황에 따른 보고 빈도만을 분석하고 이를 연구 II의 기초자료로 사용하고자 한다. 먼저 교통 갈등 유형은 총 53 유형이었으며, 이 중 3회 이상 보고된 것은 25 유형이었다. 표 1은 이러한 교통 갈등 유형 중 가장 대표적인 상위 6개의 갈등 유형을 정리한 것이다.

이러한 교통 갈등 유형 중 전방 상대차 직진 갈등 유형은 자차가 직진할 때 상대 차량이 전방에서 직진하는 상황, 좌측방 갈등 유형은 자차가 직진할 때 상대 차량이 좌측에서 직진하는 상황, 우측방 갈등 유형은 자차가 직진할 때 상대 차량이 우측에서 직진하는 상황, 전방 상대차 좌회전 갈등 유형은 자차

표 1. 교통 갈등 유형에 따른 보고 빈도

교통 갈등 유형	보고 빈도
전방 상대차 직진 갈등	26(9.5)
좌측방 갈등	24(8.8)
우측방 갈등	24(8.8)
전방 상대차 좌회전 갈등	14(5.1)
후방 갈등	13(4.7)
자차 우회전 상대차 우측방 직진 갈등	13(4.7)

() 숫자는 전체 보고수에 대한 백분율임.

가 직진할 때 상대차량이 좌측에서 좌회전하는 상황, 후방갈등 유형은 자차가 직진하기 위해 정차해 있을 때 상대방 차량이 후방에서 직진하는 상황, 그리고 자차우회전 상대차 우측방 직진 갈등은 자차가 좌회전할 때 상대방 차량이 우측에서 직진하는 상황을 말한다. 이들 중 연구 II의 운전 시뮬레이션에서 재현된 상황은 전방 상대차 직진 갈등(이하 전방 갈등), 좌측방 갈등 및 우측방 갈등의 세 가지 유형이었다.

연구 II: 운전 시뮬레이션을 통한 교통 갈등 상황 재현 및 운전자 행동 패턴 분석

앞에서도 언급되었지만, 교통 사고 측정치는 이미 사고가 발생한 후에 그 원인을 후향적으로 추적하는 접근 방법이기 때문에 교통 사고의 방지나 사고의 심각성을 줄이기 위한 자료로는 부분적으로 밖에 활용되지 못한다는 비판이 있으며, 교통 갈등 기법(traffic conflict technique)도 부분적으로는 이러한 비판의 대상이 될 수 있다. 특히 초기의 교통 갈등에 대한 연구는 연구자에 따라서는 운전자의 행동 자체 보다는 차량의 종류에 따라 운전자들이 어떻게 반응하는지를 연구하는 것이었거나(예를 들어, Perkins & Harris, 1967), 운전자들이 교통 갈등 상황을 유발하는 빈도와 운전사고 경력 사이의 상관 관계가 있는지의 여부(Federal Highway Administration, 1989) 등과 같은 관찰된 현상에 대한 기술 수준에 그치고 있다.

이에 따라 교통 갈등 상황에 대한 운전자의 행동을 연구하는 연구자들은 정량적인 분석 방법을 통한 좀더 객관화된 개념과 연구 방법론을 개발하기 시작하였는데, 이러한 객관적인 교통 갈등 상황의 평가 방법은 대체적으로 시간에 따른 차량의 거동 분석에 초점이 맞추어졌다. 예를 들어, Hayward(1972)는 교통 갈등 상황에서 두 차량이 충돌하기까지의 시간(time-to-collision)을 계산하였고, 이와 비슷한 개념으로 Hydén(1975)은 사고까지의 시간(time-to-accident)이라는 개념을 사용하였으며, Balasha, Hakkert, 그리고 Livnech(1980)는 운전자의 차량 통제 능력을 자동차의 거동을 분석함으로써 위험 갈등 상황에서의 위험 정도와 운전자의 행동 사이의 관계를 구하고자 하였다.

그러나 이러한 노력들에도 불구하고 교통 갈등 상황에서 보이는 운전자들의 행동에 대한 분석은 아직 구체적으로 이루어지지 않고 있다. 예를 들어, 운전자들이 왜 교통 갈등 상황에 빠지는지, 그리고 그러한 교통 갈등 상황에서 운전자들이 보이는 가장 대표적인 사고 회피 방식이 무엇인지에 대한 정보는 앞에서 언급한 연구 방법들로는 매우 얻기 힘들다. 이러한 연구의 제한점들 때문에 최근에는 운전 시뮬레이션 기법을 이용한 다양한 운전 시나리오를 통해 인위적으로 교통 갈등 상황을 유발한 후, 운전자들이 실제로 어떠한 반응 형태를 보이는지 연구하는 추세 가 증가하고 있다(예를 들어, Lee, McGehee, Dingus, & Wilson, 1998).

본 연구의 목적은 크게 두 가지로 나뉘어 기술될 수 있다. 첫째, 앞의 연구 I에서 얻은 자료를 바탕으로 대표적 운전 갈등 상황들을 시뮬레이션으로 재현하는 것이다. 앞에서도 논의되었듯이 운전자가 교통 갈등 상황에서 휘말리는 상황은 매우 다양하다. 예를 들어 운전자가 전방을 충분히 주시하면서 운전한다고 하여도 안전거리를 확보하지 않거나 반응이 지연되어 어쩔 수 없이 사고를 일으킬 수 있다. 반면 운전자의 주의가 다른 곳으로 주어져있을 때는 앞 차량의 거동을 지각하여 판단하고 또 최종적인 반응을 실행하기까지 비교적 긴 시간이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 연구 I에서 밝혀진 교통 갈등 상황과 관

련된 근접 사고에 대한 운전자의 보고에 기초하여 이러한 여러 갈등 상황들을 시뮬레이션함으로써 다양한 운전 갈등 상황을 다른 요인들의 혼입이 배제된 통제적 상황에서 반복 실험함으로써 정량적이고 일반화된 운전자의 사고 회피 반응을 이해할 수 있는 상황들을 재현하고자 한다.

둘째, 다양한 교통 갈등 상황에서 운전자들이 보이는 일반적 행동 특성을 실시간적으로 분석하여 운전자의 갈등 회피 행동 패턴을 이해하는 것이다. 운전자가 충돌의 위험이 있는 교통 갈등 상황에서 위험을 인지하고 이에 대해 안전하고 효율적으로 대처하는 방법이 무엇인지에 대해서는 운전자의 운전 기술의 정도를 평가하는데 매우 중요한 측면이다. 예를 들어, 운전자들이 운전 중에 있는 도로상에서 갑자기 앞차가 끼어 드는 경우 운전자들은 일반적으로 어떻게 반응하는가, 그리고 그 반응 패턴이 과연 효율적인가하는 문제는 위험 갈등 상황에서 운전자들이 얼마나 효율적으로 충돌을 회피할 수 있는지를 결정하는 주요 요인들이 된다. 따라서 본 연구를 통해 운전자들이 교통 갈등 상황이 발생했을 때 사고를 피하기 위해 최초로 그리고 가장 빈번하게 보이는 행동 패턴이 무엇인지를 밝히고 그러한 반응 형태들이 실제 사고의 빈도나 심각성과 어떤 상관성이 있는지 탐색해보고자 한다.

방 법

피험자. 부산대학교 학부생 62명이 실험에 참가하였다. 평균연령은 만 23.6세로 남자 43명, 여자 19명이었다. 실험참가자 전원은 유효한 운전면허증을 소지하였다. 이들 중 44명은 면허취득 후 운전경험이 없었고, 18명은 실제로 운전한 경험이 있었다. 실험참가자 62명 중 8명은 이전에 시뮬레이터를 이용한 실험에 참가한 경험이 있었다.

기구. 실험에 사용된 시뮬레이터는 고정형 시뮬레이터(fixed-based simulator)로 차체는 90년식 현대 엑셀이었다. 운전 프로그램은 50×40도 크기의 화면을 지원하는 프로젝터(EIKI, KD 7000)로 운전자 전방 1.5m에 있는 스크린(4×3m)에 투사되었다. 운전 프로

그림은 watcom C로 구현되었고, 운전자의 행동에 따라 즉각적으로 운전 환경을 변화시킴으로써 실제 운전상황과 유사한 환경을 제공하며, 엔진 소음은 스피커 두 대로 운전자에게 제시되었다. 운전 프로그램을 지원하고 실시간(real-time)으로 데이터를 저장하는 주 통제 컴퓨터는 Pentium II-450MHz 급으로 그래픽 가속기(Voodoo 2)가 부착된 것을 사용하였다. 운전 환경은 스크린에 투사됨과 동시에 화면 분배기(PMS 301-VD)를 통하여 모니터(삼성, SyncMaster 500s)로 확인되었으며, 운전자의 운전 행동은 실시간(1/10초 단위)으로 측정되어 데이터베이스에 저장되었다.

운전 시나리오 및 절차. 간단한 연습시행을 한 후 본시행을 수행하였다. 운전 상황은 2차선의 직선도로와 교차로가 혼합된 형태의 변화하지 않은 도심지역으로 총 1.4km였으며, 운전 환경은 시야가 좋은 맑은 날씨였다. 좀더 사실적인 교차로 갈등 상황을 유도하기 위해 운전자는 1차선으로 주행했으며, 다른 차량을 추월하거나 보행자가 갑자기 나타나는 등의 돌발적인 상황은 없었다. 실험참가자는 운전 시뮬레이터에 탑승하여 핸들, 브레이크, 그리고 액셀러레이터 조작에 관한 간단한 설명을 들은 후 조작해 보는 기회를 가졌다. 연습시행에서는 시뮬레이터의 조작에 익숙해지고 일정속도를 유지하는 것을 익히기 위해 총 2km의 직선 도로를 운전하였다. 운전자는 속도를

75km/h로 유지하며 주행하도록 하였다. 본시행은 총 1.4km의 도로를 교차로 갈등 유형에 따라 총 3회 운전하는 것이었는데, 한 시행은 교차로 전 1.2km의 직선구간, 교차로, 그리고 교차로 이후 200m의 직선 구간으로 구성되었다. 교차로 부근에서는 건물이 나타났는데, 이것은 운전자들에게 곧 교차로가 나타날 것이라는 정보가 되었다. 그림 1에서 보듯이 실험에 사용된 3가지 갈등 유형은 좌측방 갈등, 우측방 갈등, 그리고 전방 갈등이었다. 이것은 연구 1에서의 교차로 갈등사고에 대한 사전 설문조사를 통해 빈번한 교차로 사고 유형 중 상위 3가지를 뽑은 것이었다. 각 갈등 유형은 다음과 같았다. 좌측방 갈등은 자차가 직진하고 있을 때, 상대 차량이 왼쪽에서 직진해 오는 경우이고, 우측방 갈등은 자차가 직진하고 있을 때 상대 차량이 오른쪽에서 직진해 오는 경우이다. 마지막으로 전방 갈등은 자차가 직진하고 있을 때 상대 차량이 운전자 맞은편에서 직진해 오는 경우를 말한다. 모든 갈등 유형에서 상대 차량의 진행속도는 자차 속도보다 20km/h 더 빨랐고, 상대차량 주행차선은 좌측방일 경우 2차선, 우측방과 전방일 경우는 1차선이었다. 이렇게 조건에 따라 상대 차량의 주행차선을 다르게 한 것은 자차 운전자에게 갈등 상황이 더욱 극적으로 보이게 하기 위해서였다.

다른 두 갈등 유형과는 달리 전방 갈등의 경우 상대 차량은 그림 1의 (c)와 같이 교차로 내에서 갑자

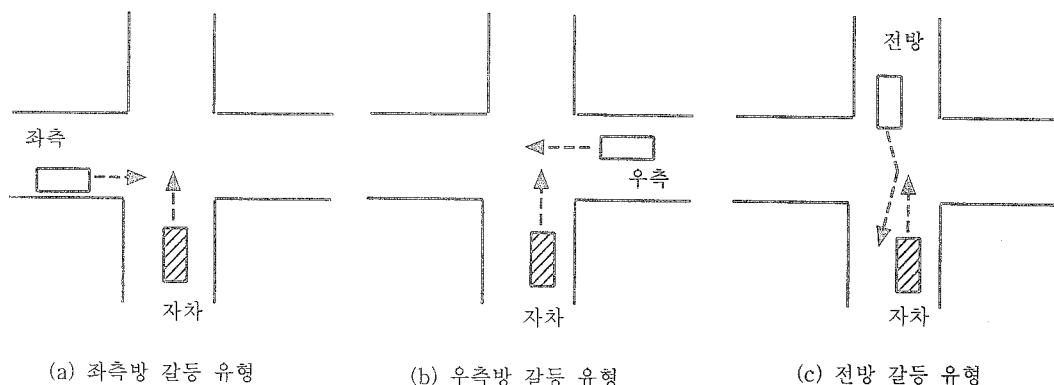


그림 1. 시뮬레이션 실험에 사용된 교통갈등 유형

기 자차 진행방향 쪽으로 주행하도록 조작하였다. 상대차량이 단순히 차선을 준수하여 교차로를 통과하는 상황에서는 실험으로 갈등을 유도해 내기 어렵기 때문이다. 실험참가자들이 상대 차량이 갑자기 뛰어드는 것을 어색하게 느끼지 않도록, 교차로 양방향 30m전부터는 언덕을 세워 차선이 2차선에서 1차선으로 변경된 것처럼 보이도록 조작하였다.

각 갈등 유형에 따른 시행에서 운전자의 차량이 교차로에 들어서면 갑자기 상대 차량이 뛰어들도록 조작하여, 사고가 일어날 수 있을 정도로 심각한 교통갈등 상황이 구현되었다. 교차로에서 상대차량은 운전자의 차량이 교차로에 들어서기 20m전에 교차로의 오른쪽, 왼쪽, 맞은편에서 나타나도록 프로그램으로 구현되었다. 상대 차량이 나타나는 방향에는 임의로 건물을 세워 시야를 가림으로써 운전자가 상대의 출현을 돌발적으로 느끼도록 하고, 그와 동시에 상대 차량의 출현이 어색하지 않도록 하였다. 본시행을 마친 후에는 간단한 인구학적 질문지에 답하게 하고, 실험목적과 실험 시나리오 구성에 대한 사후설명을 하였다.

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 갈등 상황이 발생하기 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 62명 중 21명이었고 41명의 자료만 분석에 포함되었다. 특히 모든 피험자가 세 가지의 교통 갈등 상황에 따라 브레이크만 사용하거나(이하 'B 반응'), 핸들만 사용하거나

(이하 'H 반응') 혹은 브레이크와 핸들을 동시에 사용하여(이하 'B+H 반응') 교통 갈등 상황에 대처할 수 있었기 때문에, 각 갈등 유형에 따른 가능한 반응의 관찰수는 최대 123, 최소 41이었으나, 각각의 교통 갈등 상황에 대해 운전자들이 충돌 회피 반응의 유형을 스스로 선택할 수 있었을 뿐만 아니라, 실제로 피험자에 따라 각 갈등 유형에 대해 반응하는 패턴이 다양하였기 때문에 91개의 관찰치가 분석에 포함되었다.

운전자의 반응에 대한 전반적 분석. 여기에서는 운전자가 교통 갈등 상황에 접했을 때 대체적으로 어떠한 반응의 패턴을 보이는지(예를 들어, 브레이크나 핸들을 이용하여 갈등 상황을 회피하고자 하는 빈도에 차이가 있는지)와, 각각의 회피 반응 유형에 따라 여러 갈등 상황에서 실제 관찰된 충돌과 회피의 비율의 차이가 있는지 살펴보고자 한다. 먼저 전체적으로 교통 갈등 상황에 대해 운전자들은 'H 반응'을 보이는 비율이 가장 많았고(40.7%), 'B 반응'의 비율은 35.2%였으며, 'B+H 반응'의 비율은 24.2%였다. 또한 세 가지 교통 갈등의 유형 중에서 특히, 좌측방 갈등이나 우측방 갈등의 조건인 경우 충돌을 회피하는 비율이 전체 반응의 60%를 넘었던 반면, 전방 갈등 조건에서는 이러한 경향이 바뀌어 충돌의 비율이 63%였다.

특히, 그림 2에서도 보이듯이, 각각의 갈등 상황별로 반응의 유형에 따른 충돌과 회피의 상대적 비율을 살펴보았을 때(각 빈도의 차이가 있는지 살펴보기 위해 카이-자승 분석을 실시해 보았는데, 통계적으로 유의미한 차이는 좌측방 갈등 조건뿐이었으나, $X^2_{(2)} = 7.06, p < 0.05$, 전체적인 반응의 패턴에 대한 이해를 위해 다른 조건도 기술에 포함하였다), 좌측방 갈등과 우측방 갈등의 경우에는 'B 반응'과 'B+H 반응'의 경우 'H 반응'에 비해 더 효율적인 것으로 관찰되었던 반면(예를 들어, 두 상황 모두에서 'H 반응'에 비해 'B 반응'의 경우에 회피 비율이 상대적으로 높았으며, 특히 좌측방 갈등의 경우 'B+H 반응'에서는 충돌이 관찰되지 않았다), 전방 갈등의 경우에는 'B+H 반응'을 제외하면 브레이크와 핸들을 별

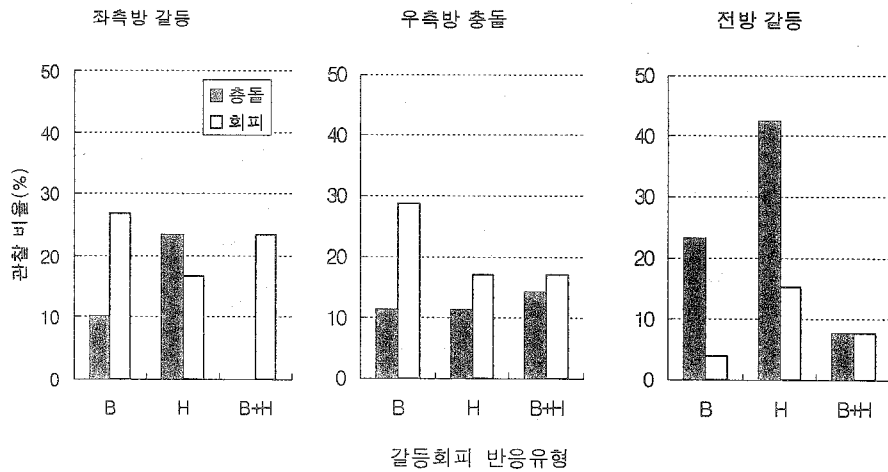


그림 2. 갈등 유형에 따른 반응 유형별 충돌/회피 비율

도로 사용하는 것은 갈등의 회피에 도움이 되지 않는 것으로 보인다. 충돌과 회피를 구분하는 반응의 속성이 무엇인지(예를 들어, 왜 브레이크 반응이 핸들 반응에 비해 충돌의 비율이 상대적으로 적은지) 그리고 갈등의 유형에 따라 회피/충돌의 비율이 왜 다른지를 알아보기 위해서는 교통 갈등 유형에 따른 반응 유형들의 특성에 대한 좀 더 세부적인 분석이 있어야 할 것이다. 아래는 각각의 갈등 회피 반응이 갖는 좀 더 구체적인 분석을 실시한 결과이다.

최초 반응 유형에 대한 분석. 교통 갈등 상황이 발생하였을 때 운전자들이 보이는 최초의 반응 시간은 교통 갈등 상황에서 충돌을 회피하기 위한 반응의 질을 평가하는데 가장 중요한 지표 중의 하나이다. 다시 말해, 교통 갈등 상황이 발생했을 때, 어떠한 반응의 유형을 선택하는지와 더불어 선택된 반응을 얼마나 빠르게 실행하고자 하였는지는 충돌의 여부를 결정짓는 중요한 변인이 될 수 있다. 여기에서는 각각의 교통 갈등 상황에 따라 선택된 특정 반응의 유형이 다른 차량이 출현한 후, 언제 처음으로 촉발되기 시작하였는지를 분석하고자 한다. 특히, 먼저 충돌 회피 반응이 운전자에 따라 다양하게 나타날 수 있기 때문에 최초 반응 시간은 최초로 표출된 반

응의 유형에 따라 별개로 분석되어졌고(예를 들어, 다른 차량이 나타난 시점으로 부터 'B 반응' 조건인 경우에는 운전자가 브레이크에 발을 올려놓을 때까지의 시간을, 그리고 'H 반응'의 경우는 핸들을 움직이기 시작할 때까지의 시간을 계산하였다), 충돌 회피에 성공한 경우만 포함하였으며, 핸들과 브레이크를 동시에 사용하여 충돌을 회피하고자 한 경우에는 두 가지 반응 중 빠른 반응 형태를 선택하였다. 이에 따라 총 91개의 가능한 관찰치 중 49개의 충돌 회피 반응이 분석 가능했으나, 최초 반응이라고 보기 애매했던 반응 등을(예를 들어, 100msec 이하의 빠른 반응) 제외한 45개의 관찰치가 분석에 포함되었다.

그림 3은 교통 갈등 유형과 회피 반응 유형에 따른 최초 반응 시간을 보여주고 있다. 각각의 교통 갈등 조건과 세 가지의 가능한 반응 유형에 대해 이원 변량 분석을 실시한 결과 교통 갈등 상황과 반응 유형 사이의 상호작용 효과는 유의미하였는데, $F(4, 39) = 4.18, p < .005$. 이것은 좌측방 갈등의 경우, 'H 반응'이 가장 느렸던 반면, 전방 갈등의 경우는 'B+H 반응'이 가장 느렸고, 우측방 갈등 조건에서는 각 반응 유형의 최초 반응 시간이 매우 유사하였기 때문이었다. 우측방 갈등 조건에서의 빠른 최초 반응 시간은 다른 차량이 오른쪽에서 접근해 오는 경우 운

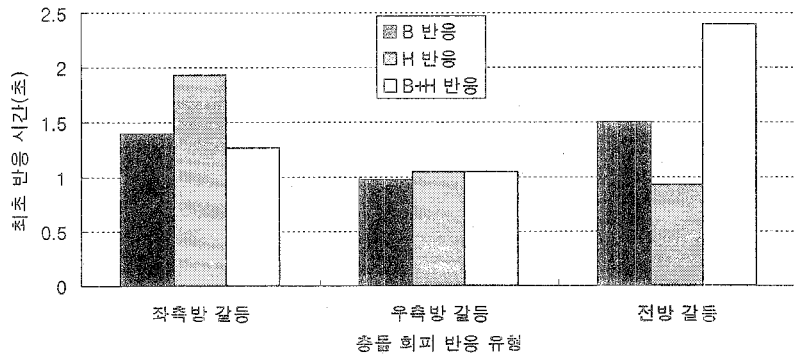


그림 3. 교통 정체 유형과 회피 반응 유형에 따른 최초 반응 시간

전자들이 다른 조건에 비해 더 빨리 다른 차량을 발견할 수 있을 가능성을 시사하는 결과이며, 이러한 이유로 우측방 정체 조건에서는 다른 조건에 비해 회피의 빈도가 충돌의 빈도에 비해 상대적으로 모두 높았던 이유에 대한 하나의 가능한 설명이 되는 것으로 생각된다.

또한 교통 정체 유형과 회피 반응 사이의 유의미한 상호작용을 통해 앞에서 살펴본 충돌/회피의 상대적인 비율 차이에 대한 설명이 가능하다. 즉, 좌측방 정체 조건에서는 'H 반응'이 가장 느렸던 결과 충돌이 회피보다 더 많았던 반면, 우측방 정체의 경우 모든 반응 유형들이 빠르게 개시된 결과 대체적으로 충돌 회피의 빈도가 높았던 것으로 생각된다. 또한 전방 정체 상황에서는 일반적으로 운전자들이 느린 회피 반응 경향을 보였는데(충돌한 경우와 회피한 경우를 모두 고려했을 때, 전방 정체 조건에서는 최초 반응 시간이 일어날 때까지 평균 2.4 초가 소요되어 우측방 정체 조건에서의 평균 1.1 초, 좌측방 정체 조건에서의 평균 1.5 초에 비해 현저히 길었다), 이러한 이유로 충돌을 회피한 경우에서의 비교적 빠른 브레이크나 핸들의 최초 조작 시간에도 불구하고 그림 2에서 보이는 것과 같이 전체적인 회피 빈도는 매우 낮았다.

최초 반응시의 차간 거리. 최초 반응시의 차간

거리는 운전자들이 정체 상황을 파악하고 최초의 회피 반응을 보인 시점에서 운전자의 차량과 상대 차량의 물리적 거리를 시간 단위로 정의한 것이다. 즉, 최초 반응을 보이기 시작한 지점에 위치한 운전자의 차량이 상대 차량과 얼마나 떨어져 있었는가에 대한 지표이다. 상대 차량과의 거리는 일반적으로 절대 거리를 기준으로 표기되지만, 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 측정 한 후 분석하였다. 최초 반응시의 차간 거리에 대한 측정치는 운전자들이 정체 상황이 출현한 이후 얼마나 신속하게 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 교차로를 통과할 때 운전자들의 운전 속도가 개인에 따라 다를 수 있기 때문이다. 즉, 정체 상황을 접했을 시점에서의 운전 속도가 빠를수록 최초의 회피 반응이 표출된 시점에서의 상대 차량과의 거리는 감소할 것이고, 이것은 운전자들이 (시간상으로) 얼마나 신속하게 반응을 시

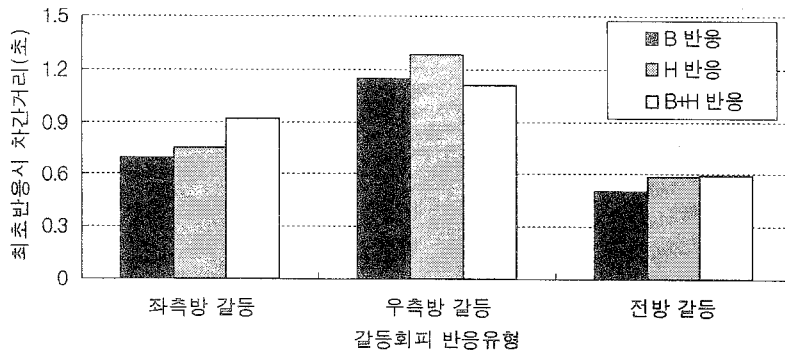


그림 4. 교통 갈등 유형과 회피 반응 유형에 따른 최초 반응시 차간 거리

작했는지와는 독립적으로 (거리상으로) 얼마나 안전한 거리를 유지한 상태에서 회피 반응을 시작하였는가에 대한 측정치로 사용될 수 있을 것이다.

그림 4는 각 교통 갈등 유형에 따라 최초의 반응이 나타나기 시작했을 때의 상대 차량과 운전자의 차량 사이의 거리를 보여주고 있는데, 긴 시간일수록 상대 차량과 더 멀리 떨어진 상태에서 반응을 시작했다는 것을 의미하며, 차간 거리가 시간 단위로 1초라는 것은 예를 들어, 시속 25km/h의 속도인 경우 두 차량 사이의 거리가 7m라는 것을 의미한다. 변량 분석 결과 교통 갈등 유형의 주효과만 통계적으로 유의미하였다, $F(2, 39) = 11.60, p < .001$. 또한 각 교통 갈등 유형의 주효과에 대해 Tukey의 HSD를 이용하여 각 유형에 따라 짝비교를 해 보았을 때, 5%의 임계치를 기준으로 우측방 갈등 조건이 다른 두 조건 각각에 대해 차간 거리가 유의미하게 길었던 반면, 좌측방 갈등 조건과 우측방 갈등 조건 사이에는 유의미한 차이가 관찰되지 않았다. 이러한 결과는 앞에서 살펴본 최초 반응 시간과 관련지어 볼 때, 운전자들은 다른 조건들에 비해 우측에서 접근해 오는 차량에 대한 대응을 좀 더 신속하게 할 뿐만 아니라 상대 차량이 물리적으로 더 먼 거리에 있을 때 반응하였다는 것을 시사한다.

최대 반응 실행 시간. 앞에서는 갈등 상황이 발생

하였을 때 운전자들이 보이는 최초의 반응들이 갖는 특성에 대해 분석하였다. 이러한 반응 특징과 더불어 운전자가 충돌을 회피하기 위해 언제 최대의 노력을 발휘했는지의 여부도 운전자의 충돌 회피 반응의 질을 결정짓는 중요한 변인이 될 수 있다. 이러한 관점에서 운전자들이 최초의 반응을 시작한 다음부터 최대의 입력이 투입된 시간까지를 각각의 교통 갈등 조건에 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 작동 개시 시간부터 해당 반응의 최대 입력이 관찰된 시간까지를 측정하였다. 이러한 최대 반응 실행 시간을 각 교통 갈등 유형과 반응 유형별로 정리한 것이 그림 5이다.

변량 분석 결과는 통계적으로 유의미한 결과를 보여주지 않았지만 몇 가지 측면에서 최대 반응 실행 시간이 갖는 특징은 운전자의 충돌 회피 행동을 이해하는데 중요한 측정치를 제공해 줄 수 있기 때문에 이에 대해 좀 더 논의하고자 한다. 첫째, 최초 반응이 발생한 후 최대의 노력이 투입되기까지는 교통 갈등의 조건에 따라, 그리고 반응 유형에 따라 약간의 차이는 있지만 대략 800msec 정도의 시간이 소요되었음을 알 수 있다. 둘째, 이러한 최대 반응 실행

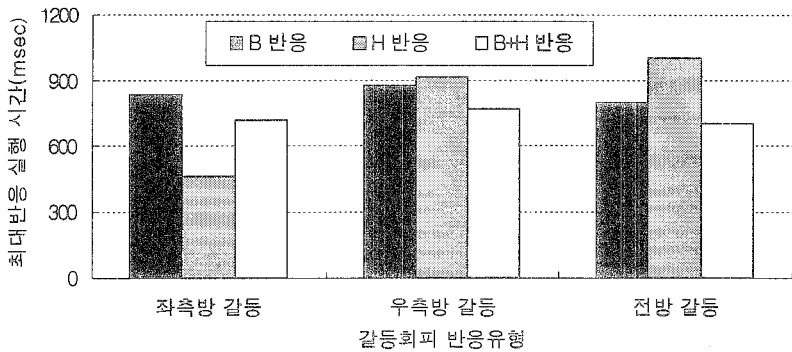


그림 5. 교통 갈등 유형과 회피 반응 유형에 따른 최대 반응 실행 시간

시간은 앞에서 살펴본 최초 반응의 패턴과 매우 밀접한 관계가 있는 것으로 여겨진다. 다시 말해, 최초 반응이 늦은 경우 최대 반응으로 이행하는데 걸리는 시간이 상대적으로 더 감소하는 반면 최초 반응이 빠른 경우에는 최대 반응으로 이행하는데 걸리는 시간은 상대적으로 더 증가하였다. 예를 들어, 좌측방 갈등의 경우, 핸들을 최초로 조작하는데 걸린 시간이 가장 길었지만, 핸들을 최대로 움직이는데 걸리는 시간은 가장 짧았다. 이와는 대조적으로 핸들의 최초 반응시간이 다른 조건에 비해 비교적 짧았던 전방 갈등의 경우 핸들의 최대 반응 시간은 상대적으로 더 길었음을 알 수 있다(전방 갈등에 대한 'B+H 반응'도 같은 설명이 가능하다). 이러한 결과는 운전자

들이 갈등적 상황에서 다른 차량과의 충돌을 회피하는데 걸리는 전체 시간은 비교적 일정할 수 있고, 최초로 어떠한 회피 책략을 얼마나 빨리 실행에 옮기느냐가 얼마나 빨리 최대의 노력 수준으로 도달하느냐에 비해 교통 갈등 상황에서 충돌 여부를 결정짓는 더 중요한 요인이 될 수 있다는 것을 시사한다.

최대 반응시 차간 거리. 운전자들이 갈등 상황을 피하기 위해 최대 반응을 보였을 때의 상대 차량과 운전자 차량 사이의 물리적 거리를 분석한 이유는 앞에서 언급한 최초 반응시의 차간 거리를 운전 수행의 지표로 사용한 논리와 유사하다. 즉, 운전자가 갈등 상황을 피하기 위해 최대의 노력을 기울였을

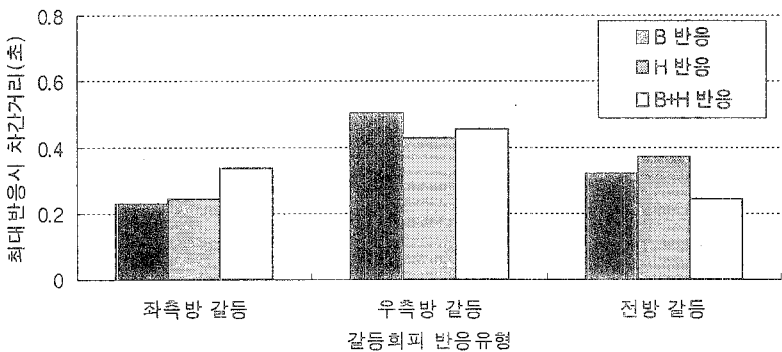


그림 6. 교통 갈등 유형과 회피 반응 유형에 따른 최대 반응시 차간 거리

때의 상대 차량과의 거리는 운전자가 얼마나 신속하게 최대의 노력을 발휘했는가와 얼마나 안전한 거리에서 차량을 정지시킬 수 있었는지에 대한 정보를 줄 수 있는 중요한 측정치가 될 수 있다. 최대 반응시의 차간 거리는 브레이크나 핸들의 입력이 최대치가 이르렀을 때의 상대방 차량과 운전자 차량 사이의 거리를 시간 단위로 표시한 것이다. 그림 6은 각 교통 갈등 유형에 따라 운전자들이 보인 최대 회피 반응 시점에서의 상대방 차량과 운전자 차량의 거리를 정리한 것이다.

먼저, 최대 반응이 발생했을 때 상대 차량과 운전자 차량 사이의 거리는 시간 단위로 대략 370msec 정도였는데, 이것은 예를 들어, 운전자가 시속 25km/h의 속도로 교차로를 통과하다가 상대 차량의 접근을 발견하고 이를 피하기 위해 최대의 노력을 기울였을 때 상대 차량과 대략 2.6m 정도 떨어진 곳에서 차를 정지시킬 수 있다는 것을 의미한다. 변량 분석 결과 최대 반응시의 차간 거리는 교통 갈등의 유형에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보였으나, $F(2, 40) = 3.38, p < .05$, 그 외의 효과들은 유의미하지 않았다. 특히 교통 갈등 유형들이 갖는 주효과와 소재를 알아보기 위해 Tukey의 HSD 검증을 한 결과 5%의 수준에서 좌측방 갈등에서의 차간 거리와 우측방 갈등에서의 차간 거리 사이의 비교만이 유의미하였다. 이러한 결과는 앞에서 살펴본 최소 반응시의 차간 거리의 결과와 유사하게 우측방 갈등 조건인

경우가 다른 경우에 비해서 가장 먼 거리를 사이에 두고 상대 차량을 회피할 수 있었다는 것을 시사한다.

충돌 발생시 충돌 속도. 운전자들이 다양한 교통 갈등 상황에서 거의 충돌 상황이 발생할 뻔했지만 충돌을 모면하는 경우(즉, near miss)와 더불어 실제 충돌이 발생했을 경우 그 심각성을 평가해 보는 것도 교통 갈등 유형과 이에 대한 운전자의 반응 패턴 사이의 관계를 살펴보는 데 매우 유용한 자료가 될 수 있다. 왜냐하면 비록 충돌이 발생했다 하더라도 충돌 당시의 충돌 속도가 크지 않다면 운전자는 어느 정도 적절한 충돌 회피 반응을 보였다고 평가될 수 있기 때문이다. 특히 본 실험에서는 운전 갈등 상황의 재현을 극대화하기 위해 운전자들이 적절하게 반응하지 않을 경우 충돌이 발생하도록 시나리오를 구성하였기 때문에 충돌/회피의 비율과 함께 충돌 당시의 충돌 속도도 운전자의 반응 패턴의 적절성을 평가하는 중요한 측정치가 될 수 있다. 그림 7은 충돌이 발생한 사례 중에서 각 교통 갈등 유형과 반응 패턴에 따른 충돌 당시의 운전 속도를 나타낸 것이다(앞에서도 언급하였지만, 좌측방 갈등 조건에서 'B+H 반응'의 경우 충돌이 관찰되지 않았기 때문에 그림에도 제시되지 않았다). 또한 충돌이 발생했던 42개의 관찰치 중에서 운전자의 교차로에서 서행을 하지 않았거나 지시된 운전 속도인 75km/h를 훨씬 넘는 속도로 교차로를 통과하다가 충돌이 발생한 2

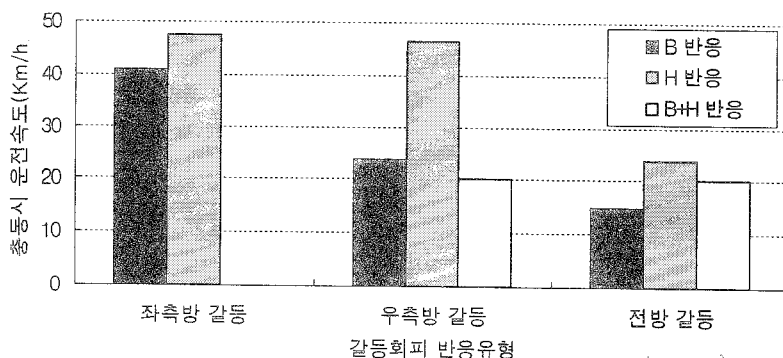


그림 7. 교통 갈등 유형과 회피 반응 유형에 따른 충돌시 운전 속도

개의 사례를 제외한 40개의 관찰치만 분석에 포함되었다

변량 분석 결과, 통계적으로 유의미한 교통 갈등 유형의 효과와, $F(2, 34) = 21.23, p < 0.001$, 충돌 회피 반응 유형의 효과가 관찰되었다. 교통 갈등 유형에 따라 충돌시 충돌 속도를 살펴보면, 전방 갈등 조건이 가장 느린 충돌 속도를 보였고(20.5km/h), 그 다음이 우측방 갈등 조건(29.2km/h)이었으며, 좌측방 갈등 조건의 경우가 가장 빠른 운전 속도로 충돌하였다(45.6km/h). 회피 반응의 유형에 따라서는 핸들만을 사용하여 충돌을 회피하고자 한 경우의 충돌 속도가 35.4km/h로 가장 빨랐고, 핸들과 브레이크를 모두 사용하여 반응한 경우가 가장 느린 충돌 속도를 보였고(20.5km/h). 또한 각 교통 갈등 조건에 따른 분석에서는 좌측방의 경우 충돌 속도가 반응 유형에 따라 차이가 없었던 반면, 우측방 갈등 조건과 전방 갈등 조건 모두에서 핸들만을 사용하여 회피하고자 한 경우의 충돌 속도가 가장 빨랐다. 이러한 결과는 교통 갈등 유형의 경우 전반적인 추돌 빈도는 많았지만, 충돌시의 속도는 다른 조건에 비해 가장 느리며, 브레이크만으로 반응했을 때(혹은 브레이크와 핸들을 모두 사용한 경우) 보다는 핸들만을 이용해 충돌을 회피할 경우, 충돌시 더 위험한 상황이 초래될 수 있음을 시사한다.

교통 갈등 상황에서의 운전자 행동 평가 및 진단

운전자 행동의 연구 방법으로 앞에서 언급된 운전 시뮬레이션 기법이 다양하게 사용되고 있는 것과 같은 맥락에서 운전자의 행동을 어떻게 설명할 것인가와 같은 보다 개념적인 문제에도 다양한 접근이 취해져 왔다. 운전자의 행동을 설명하기 위해 운전자의 사고 경향성과 같은 특질적인 측면이나 교통 사고수와 같은 인구학/통계학적 특성보다는 운전자가 어떠한 반응 단계를 거쳐 최종적인 사고 회피 반응을 보이는지를 살펴보고자 하는 정보처리적 접근이 우세하게 등장하고 있다.

운전자 행동을 분석하는 것은 연구의 관점이나 분

석 수준에 따라 다양할 뿐만 아니라 운전 행동의 어떤 측면에 관심을 갖느냐에 따라서도 달라진다. 예를 들어 운전자 행동에 대한 하나의 설명모델로서 Reason(1974)은 외부자극의 수용기, 정보를 처리하는 뇌, 그리고 운동기능으로 나누어, 운전자의 정보처리 과정을 설명하고 있다. Shinar(1985)에 의하면, 운전자 - 자동차 - 도로의 3각 시스템에 있어서, 도로, 다른 자동차의 움직임, 자기 자동차의 움직임으로부터 정보를 입력 처리하여 적절한 제어 동작에 관한 의사 결정을 하는 것이 운전자의 역할이라고 설명한다. 이러한 모델들에서 시사되었듯이 운전 행동에 대한 정보 처리적 접근의 가장 대표적인 특징은 운전 행동을 몇 단계로 구분하여 각 단계의 특징과 여러 단계 사이의 상호작용이 무엇인지를 설명하고자 한다는 점이다. 이러한 과정에 관련하는 인간 요인들은 교통 상황에서 발생할 수 있는 위험에 대한 운전자들의 탐지 능력, 교통 상황을 정확하게 파악한 후 상황에 대한 예측/판단 능력, 그리고 적절한 반응의 선택과 실행과 같은 운전 조작 능력 등이 포함될 수 있다.

여기에서는 본 연구 결과와 운전자의 행동에 대한 정보 처리적 접근을 토대로 교통 갈등 상황이라고 하는 특수한 운전 장면에서 운전자의 행동에 영향을 미치는 요인들과 그 요인들의 역할에 대해 논의하고자 한다. 그림 8은 대표적인 교통 갈등 상황에서 운전자의 갈등 회피 수행 능력을 결정지을 수 있는 몇 가지 요인들을 열거하고 있다. 먼저 다양한 교통 갈등 상황(본 연구에서는 좌측방 갈등, 우측방 갈등 및 전방 갈등 상황에 국한하였음)에서 운전자들이 보인 반응의 유형이나 특성에 따라 최종적으로 일어날 수 있는 결과를 크게 완전 회피, 갈등 및 충돌의 세 수준으로 구분하였다. 이러한 다양한 교통 갈등 상황에 따른 결과의 유형은 운전자, 차량 및 환경의 요인이 영향을 줄 것이다.

교통 갈등 상황에서 운전자의 충돌 회피 노력에 영향을 주는 차량 요인은 차량이 갖는 기계적 속성에 의해 주로 영향을 받는다. 예를 들어, 운전자가 최적의 반응을 보일 때(즉, 신속하고 정확한 반응의 선택 및 실행이 가능했을 때) 교통 갈등에 따른 결과는 브레이크나 핸들의 민감도 혹은 타이어의 상태에

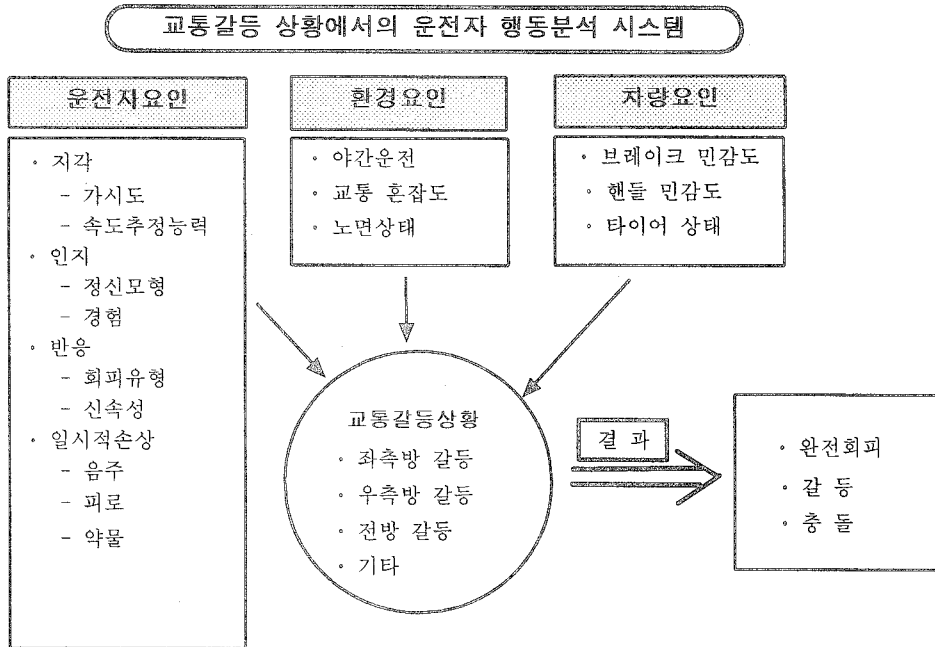


그림 8. 교통갈등 상황에서의 운전자 행동분석 시스템에 대한 제안 모델

의해 결정될 것이다. 환경 요인들은 주로 운전자가 처한 교통 여건과 관련 있는 것으로 주야간에 따른 운전, 교통의 혼잡도 및 노면 상태가 결정적 요인이 될 것으로 생각되어 진다.

교통 갈등 유형에 따른 운전자의 회피 반응의 질을 결정하는 요인들 중 본 연구에서 가장 중요하게 고려되어지는 것은 운전자와 관련된 인간 요인들이다. 우선 운전자들은 상대방의 차량을 탐지, 감시할 수 있는 시야를 충분히 확보해야 한다. 뿐만 아니라 상대방의 거동을 시간/공간적으로 계산해 낼 수 있어야 하고 그러한 정보처리의 결과에 부응하는 적절한 반응을 선택하고 실행해야 한다. 이러한 정보 처리를 방해하는 운전자의 일시적 손상 요인도 고려되어야 할 것이다. 예를 들어, 음주(이재식, 김비아, 유완석, 1999; Attwood, Williams, & Madill, 1980; Huntley & Centybear, 1974; Laurell, 1977; Mortimer & Sturgis, 1979)나 피로(이재식, 김비아, 유완석, 1999; Collins, 1977; Dingus, 1985; Skiller, Wierwille, & Hardee, 1984; Stern, 1994) 및 약물(Hurst, 1976; Holroyd &

Kahn, 1974; Sharma, 1976; Clayton, 1976; Linnolia & Mattila, 1973; Mortimer, 1976; Moser, Bressler, & Williams, 1972; Blomberg & Preusser, 1972) 등은 운전자의 시야를 좁게 하는 효과가 있으므로 이러한 영향 하에 있는 운전자가 교통 갈등 상황에 접했을 때는 충돌의 가능성이 더 증가할 수 있다.

좀 더 구체적으로 본 연구에서 얻어진 운전자의 반응 패턴을 중심으로 그림 8에서 제시한 모델에 대해 설명하고자 한다. 먼저 반응의 유형(특히 회피 유형) 측면에서는 핸들만 사용하는 것에 비해 브레이크를 사용하거나 핸들과 브레이크를 동시에 사용하는 것이 유리한 것으로 판단된다. 예를 들어, 반응 유형에 따른 갈등의 심각성을 분석한 결과, 브레이크와 핸들을 동시에 사용하거나 브레이크를 단독으로 사용하여 갈등 상황을 회피하고자 하는 노력이 핸들만을 사용하는 노력에 비해 더 효율적이었다. 즉, 반응의 각 유형에 따른 회피의 빈도는 브레이크만을 사용했거나 브레이크와 핸들을 모두 사용했을 때가 핸들을 단독으로 사용한 조건에 비해 더 높았고, 모든

갈등 조건에서 핸들만을 사용했을 때의 충돌 속도가 다른 조건들에 비해 더 빨랐다.

둘째, 좌측방 갈등 조건이나 우측방 갈등 조건에 비해 전방 갈등 조건에서 충돌의 빈도가 높고, 특히 우측방 갈등 조건이 다른 조건에 비해 빠른 최초 반응 시간이 빠르고 또한 상대적으로 많은 충돌 회피 빈도를 보인 것은, 운전자의 충돌 회피 과정에 운전자의 다른 차량의 움직임 대한 일종의 정신 모형과 시각적 주시 특성이 모두 작용한 결과인 것으로 생각되어진다. 먼저 우측방 갈등의 경우가 다른 두 조건, 즉 좌측방 갈등 조건이나 전방 갈등 조건에 비해 충돌의 빈도나 회피 시점에서의 안전성 측면에서 더 회피 수행이 우수하였다. 예를 들어, 우측방 갈등 조건에서는 다른 조건들에 비해 모든 반응 유형들에서 충돌의 빈도보다 회피의 빈도가 높았으며, 최초 반응이나 최대 반응을 보인 시점에서의 상대 차량과의 거리가 더 길었다.

이러한 결과들은 우측방 조건들에서는 다른 조건들에 비해 운전자들이 비교적 더 빨리 상대 차량의 움직임을 탐지하는데 유리할 수 있다는 것을 시사한다. 이것은 우측방 갈등 조건의 물리적 특성을 살펴보면 이해할 수 있다. 우측방 갈등 조건인 경우, 운전자의 차량이 교차로에 접근할 때 상대 차량이 건너편의 차선에서 접근해오기 때문에 더 일찍 그리고 더 오래 상대방 차량의 거동을 살필 수 있다 [그림 1의 (b) 참조]. 이에 비해 좌측방 갈등인 경우는 상대 차량이 운전자 차량과 더 가까운 차선에서 접근해오기 때문에 [그림 1의 (a) 참조] 실제로 우측방 갈등 조건에 비해 상대 차량이 갑자기 출현하는 것으로 보일 수 있으며 이에 따라 적절한 반응의 선택이나 실행이 어려웠을 것으로 생각된다.

흥미있는 것은 상대방의 차량이 일찍 탐지되고 상대방 차량의 거동이 쉽게 인지될 수 있는 전방 갈등에서 충돌 회피 수행이 왜 다른 조건들에 비해 가장 저조하였는가의 문제이다. 그림 1의 (c)에서도 보듯이 전방 갈등 조건에서는 상대 차량이 운전자 차량의 정면 맞은편에서 접근해 오기 때문에 다른 조건들에 비해 상대 차량의 거동을 파악하는데 가장 용이한 조건이다. 그럼에도 불구하고 전방 갈등 조건

에서 충돌의 빈도나 다른 회피 반응 유형에 따른 수행들이 가장 저조했던 것은 정면에서 접근해오는 상대 차량에 대한 운전자들의 정신 모형과 관련이 있는 것으로 생각되어진다. 다시 말해 운전자들은 자신의 정면에서 접근해 오는 차량이 그들 쪽으로 갑자기 방향을 바꾸어 접근할 가능성에 대해서는 그렇게 많은 기대를 갖고 있지 않을 수 있고 이에 따라 상대 차량의 갑작스런 접근에 의한 상황을 매우 갈등적으로 평가하고 있을 뿐만 아니라 이에 대한 대처도 매우 빈약할 수 있다는 것이다. 그림 1의 (c)에서 보이는 것과 같은 전방 갈등 조건은 사람에 따라서 인위적인 상황으로 평가될 수 있지만 이러한 갈등 조건은 의외로 빈번하게 발생할 수 있는 갈등 상황이다.

우선 연구 I에서도 살펴보았듯이, 운전자들이 경험했던 갈등 상황 중에서 전방 갈등 조건은 다른 조건들에 비해 비교적 높은 빈도로 보고되고 있다. 뿐만 아니라 전방 갈등 조건은 도로가 좁거나 교통량이 많은 조건에서는 흔히 관찰될 수 있는 조건이다. 특히, 전방 갈등 상황은 상대방 차량이 좌회전 신호를 주지 않고 좌회전하고자 했다가 운전자의 차량 때문에 다시 방향을 조절하는 일종의 교차 교통 상황과 매우 유사한 상황이다. 다시 말해 상대방 차량의 거동이 운전자들이 보유하고 있는 정신 모형(예를 들어, 운전자들은 전방에서 접근해오는 차량은 상대 차량이 회전 신호를 주지 않는 이상 직진할 것으로 기대한다)과 어긋나거나, 정면에서부터 접근해 오는 상대 차량이 갑작스럽게 움직이는 경우는 운전자의 시야 확보 정도와는 별도로 매우 갈등적이고 위험한 결과로 이어질 수 있다.

총 합 논 의

앞에서도 언급하였지만, 교통 갈등 상황에서는 교통 사고의 위험 가능성이 다른 운전 상황에 비해 매우 높을 뿐만 아니라 비록 교통 사고를 발생시키지 않았다 하더라도 운전자들이 교통 갈등 상황에서 겪는 많은 스트레스가 장차 운전자들의 행동을 더 과

격하고 남을 배려하지 않는 운전 습관으로 이어지게 할 수 있다는 점에서 중요한 연구 주제이다.

이러한 연구 관심사에 기초하여 본 연구는 운전 갈등 상황의 본질과 이에 따른 운전자들의 행동 패턴을 정량적/실시간적으로 분석하며, 이를 토대로 운전자의 회피 행동에 대한 전반적 설명 모델을 제시하는 것을 목적으로 실시되었다. 먼저, 운전자들이 경험하는 대표적 갈등 유형들이 무엇인지 알아보기 위하여 274명의 운전자들을 상대로 심층적 인터뷰를 실시하였으며 이를 토대로 세 가지의 대표적인 교통 갈등 유형들을 추출하였다(연구 I). 연구 II에서는 연구 I의 결과를 토대로 운전 시뮬레이션을 통해 각 교통 갈등 상황들을 재현하였으며, 교통 갈등 상황에 따른 운전자의 충돌 회피 반응들의 유형과 특징들을 실시간적이고 정량적으로 분석하였다. 마지막으로 연구 I과 II를 종합적으로 고려하여 교통 갈등 상황에서의 운전자 행동을 예측하고 진단하는데 필요한 요인들에 대해 논의하였다.

각 연구들을 통해 밝혀진 결과들을 요약하면 다음과 같다. 첫째, 운전자들이 경험할 수 있는 다양한 교통 갈등 상황들 중에서 상대 차량과의 접촉 지점이 단일한 도로(같은 방향이든 반대 방향이든)보다는 차량들이 서로 교차하는 교차로에서의 갈등이 더 많은 빈도로 보고되었다. 이러한 교통 갈등 상황들 중에서 보고의 빈도가 높은 순서는 전방 갈등, 좌측방 갈등 그리고 우측방 갈등의 순이었으며(표 1 참조), 이러한 세 가지의 갈등 유형이 연구 II의 운전 시뮬레이션을 통한 교통 갈등 상황 재현에 사용되었다.

둘째, 운전 시뮬레이션을 통해 각 교통 갈등 유형에 따라 갈등의 심각성(충돌/회피의 상대적 빈도와 충돌시의 충돌 속도들을 감안했을 때)을 분석한 결과, 전방 갈등 조건이 다른 갈등 조건에 비해 더 많은 충돌 빈도를 보였으나, 갈등 상황에서의 회피 실패로 인한 상대 차량과의 충돌 속도는 좌측방 갈등인 경우에 가장 빨랐다. 셋째, 각각의 반응 유형에 따른 갈등의 심각성을 분석한 결과, 브레이크와 핸들을 동시에 사용하거나 브레이크를 단독으로 사용하여 갈등 상황을 회피하고자 하는 노력이 핸들만을 사용하는 노력에 비해 더 효율적이었다. 예를 들어,

반응의 각 유형에 따른 회피의 빈도는 브레이크만을 사용했거나 브레이크와 핸들을 모두 사용했을 때가 핸들을 단독으로 사용한 조건에 비해 더 높았고(특히, 좌측방 갈등 조건에서는 브레이크와 핸들을 모두 사용한 경우 충돌이 발생하지 않았다), 모든 갈등 조건에서 핸들만을 사용했을 때의 충돌 속도가 다른 조건들에 비해 더 빨랐다.

셋째, 운전자들이 교통 갈등 상황에 접한 후의 최초 반응 시간과 최초 반응시의 상대 차량과의 거리를 분석해 본 결과, 다른 조건들에 비해 우측에서 접근해 오는 차량에 대한 대응을 좀더 신속하게 할 뿐만 아니라 상대 차량이 물리적으로 더 먼 거리에 있을 때 반응하였음을 관찰할 수 있었다. 이러한 반응 패턴은 최대 반응 시간과 최대 반응시의 차간 거리를 분석한 결과에서도 일관적으로 관찰되었다.

넷째, 이러한 결과들을 교통 갈등 상황에서 운전자들의 회피 행동의 질을 결정하는 주요 변인들은 상대 차량을 관찰할 수 있는 공간적/시간적 여유와, 특정 회피 반응 유형을 선택하고 실행하기까지의 반응 시간 및 다른 차량의 움직임에 대한 예측이나 정신 모형이 모두 포함된다고 할 수 있다.

본 연구의 결과들과 다른 관련 연구들을 종합적으로 고려해볼 때 몇 가지 시사점들을 얻을 수 있을 것이다. 첫째, 운전자들이 경험하는 교통 갈등이나 더 나아가 교통 사고들에는 운전자들의 기본적 운전 기술뿐만 아니라 상대 차량의 거동을 예측하고 이에 따라 적절한 대응을 할 수 있는 방략을 학습하는 것이 매우 중요할 것으로 여겨진다. 차량들이 독립적으로 운행될 수 있는 여건(예를 들어 평면 교차로가 아닌 입체 교차로에서는 비교적 독립적인 운행이 가능하며 이에 따라 교통 갈등의 수준도 훨씬 낮아질 수 있다)이 되지 않는 이상 교통 갈등 상황은 불가피한 것일 수 있다. 따라서 운전자들에게는 차량 통제 기술과 더불어 상대 차량의 거동에 대한 적절한 정신 모형과 같은 인지적 기술의 획득 및 적용도 중요한 운전 기술로 고려되어야 할 것이다.

둘째, 운전 갈등상황에서의 회피 반응의 질을 결정짓는 것은 적절한 반응 유형의 선택 및 신속하고도 정확한 반응의 실행이라는 점과 이러한 운전 기술이

주로 실제 운전 경험을 토대로(예를 들어, 다양한 교통 갈등 상황을 접해 본 후) 학습되고 유지된다는 것을 감안하면, 운전자들의 운전 기술 획득 단계에 신체적/정신적 손상을 최소화하면서 이러한 갈등 상황을 경험하고 적절한 반응 방략을 습득할 수 있는 기회를 제공하는 것이 단순한 차량 통제 기술을 학습시키는 것보다 더 바람직한 운전 교습 방략이 될 수 있을 것으로 생각된다. 예를 들어, 본 연구에서 사용된 운전 시뮬레이션 기법은 운전자 행동에 대한 전반적 이해를 돕는 데도 사용될 수 있지만, 운전자의 훈련에도 광범위하게 적용될 수 있을 것이다.

우리나라는 1960년대 중반부터 산업 구조가 고도화되고, 급속한 경제 성장이 이루어지면서, 자동차의 보유대수가 급속하게 증가하여 자동차에 의한 여러 사회적 문제가 발생하기 시작하였다. 그 대표적인 예가 바로 교통 사고의 증가에 따른 교통 사고 사상자의 증가를 들 수 있는데, 교통 사고에 의한 경제적 손실을 액수로 환산하면 1986년에 이미 9천억, 그리고 10년 뒤인 현재의 경우 약 2조에 육박하는 것으로 조사되었다. 또한 교통 사고로 인한 사망과 부상에 따른 사회적 문제의 심각성이 날로 증가하고 있으며, 교통 사고를 당하지 않았더라도 운전자들이 교통 갈등 상황에 빠지는 빈도가 더 빈번해지면서 교통 분위기는 날로 험악해지고 위험해지는 상황이 되었다. 이에 따라 운전자들이 받는 운전 스트레스는 상당할 것으로 추측되며 삶의 질의 향상이라는 국민적 희망에 부정적인 영향을 주고 있다. 따라서 교통 사고 수를 줄이고, 운전자들이 보다 안전하고 효율적인 운전을 수행하기 위해서는 교통 갈등 상황에서 운전자들이 보이는 심리적/행동적 요소들에 대한 면밀한 분석과 교통 갈등 상황에 대한 보다 객관화된 이해를 통해 교통 사고를 감소시키려는 노력이 필요하다고 할 수 있다. 본 연구를 통해 밝혀진 운전 갈등 상황에 대한 전반적 자료나 운전 시뮬레이션을 통한 교통 갈등 상황에서의 운전자의 행동적 요인 및 여러 상황적 요인들간의 복합적인 관계에 대한 결과들은 교통 갈등 상황에서의 운전자의 행동에 대한 심층적 분석뿐만 아니라 보다 진보된 형태의 운전자 행동에 대한 정량화된 모델의 개발에 도움을

줄 수 있을 것으로 기대된다. 이러한 노력은 사고의 예방적 측면 뿐만 아니라 보다 안전한 교통 분위기를 형성하기 위해 반드시 이루어져야 하는 측면이라고 할 수 있다.

후 기

본 논문은 1998년도 한국학술진흥재단 과학기술기초중점연구지원(학제간 연구: 과제번호 D00005에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- 이재식, 김비아, 유완석 (1999). 음주와 피로가 주의 분산과제와 운전수행에 미치는 영향: 운전 시뮬레이션 연구. *한국심리학회지: 산업 및 조직*, 12(2), 91-107.
- Attwood, D., Williams, R. D., & Madill, H. D. (1980). Effects of blood alcohol concentrations on closed-course driving performance. *Journal of Studies on Alcohol*, 41, 623-634.
- Balasha, D., Hakkeni, A. S., & Livnech, M. A. (1980). A quantitative definition of the near-accident concept (Suppl. Rep. 557). Crowthorne, England: Transportation and Road Research Laboratory.
- Blomberg, R. D., & Preusser, D. F. (1972). *Drug abuse and driving performance*. Dunlap and Associates, Inc. Final Report No. HS-800-754.
- Clayton, A. B. (1976). The effects of psychotropic drugs upon driving related skills. *Human Factors*, 18, 241-252.
- Collins, W. (1977). Some effects of sleep deprivation on tracking performance in static and dynamic environments. *Journal of Applied Psychology*, 62, 567-573.
- Dingus, T. A. (1985). *Development of models for detection of automobile driver impairment*. IEOR

- Department Research. Unpublished Thesis, Vehicle Simulation Laboratory, Human-Factors Group. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA.
- Ekman, L. (1986). The development of the Swedish traffic conflict technique. In *proceedings of the workshop traffic conflict and other intermediate measures in safety evaluation*, Budapest, September, 1986.
- Federal Highway Administration. (1989). Traffic conflict technique for safety and operations: Engineer's guide.
- Glauz, W. D., & Migletz, D. J. (1980). Application of traffic conflict analysis at intersections. *Transportation Research Record*, 1026, 1-12.
- Hayward, J. C. (1972). Near-miss determination through use of a danger in traffic records. *Highway Research Record*, 384, Washington, DC: Highway Research Board.
- Holroyd, K., & Kahn, M. (1974). Personality factors in student drug use. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 42, 236-243.
- Huntley, M. S., & Centybear, T. M. (1974). Alcohol, sleep deprivation and driving speed effects upon control use during driving, *Human Factors*, 16, 19-28.
- Hurst, P. M. (1976). Amphetamines and driving behavior. *Accident Analysis and Prevention*, 8, 9-14.
- Hydén, C. A. (1975). *A traffic conflicts technique for risk measuring*. Lund, Sweden: Department of Traffic Planning and Engineering, Lund Institute of Technology.
- Laurell, H. (1977). Effects of small doses of alcohol on driver performance on emergency traffic situations. *Accident Analysis and Prevention*, 9, 191-201.
- 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.
- Linnoila, M., & Mattila, M. J. (1973). Drug interaction on driving skills as evaluated by laboratory test and by a driving simulator. *Phamakopsychiatrie Neuro-Psychopharmakologie*, 6, 127-132.
- Mortimer, R. G. (1976). Drug use and driving by university student sample. *Proceeding of the 20th conference of the American association for automotive medicine*.
- Mortimer, R. G., & Sturgis, S. P. (1979). Some effects of alcohol on car driving on two-lane and limited-access highways. *Proceedings of the Human Factors Society 23rd Annual Meeting*, 254-258.
- Moser, B. A., Bressler, L. D., & Williams, R. B. (1972). *Collection analysis and interpretation of data on relationship between drugs and driving*. Research Triangle Institute, Final report No. HS-800-648.
- Older, S. J., & Spicer, B. R. (1976). Traffic conflicts: A development in accident research. *Human Factors*, 18, 335-350.
- Perkins, S. R., & Harris, J. I. (1967). *Traffic conflict characteristics accident potential at intersections* (Technical Report GMR-718), Warren, MI: General Motors, Electro Mechanics Department.
- Reason, J. (1974), *Man in motion : The psychology of travel*. Weidenfeld & Nicolson, London.
- Sharma, S. (1976). Barbiturates and driving. *Accident Analysis and prevention*, 8, 27-32.
- Shinar, D. (1984). The traffic conflict technique: A subjective vs objective approach. *Journal of Safety Research*, 15, 153-157.
- Shinar, D. (1985). *Psychology on the road*. Macmillan publishing Co., Inc.
- Skinner, J. H., Wierwille, W. W., & Hardee, L. (1984). *An investigation of low-level stimulus-induced measures of driver drowsiness*. IEOR Department

- Report #8402. Vehicle Simulation Laboratory, Human Factors Group. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA. November.
- Stern, J. A. (1994). Blink rate: a possible measure of fatigue. *Human Factors*, 36, 285-297.
- van der Horst, A. R. A., & Kraay, J. H. (1986). The Dutch conflict observation technique 'Doctor'. *In proceedings of the workshop traffic conflict and other intermediate measures in safety evaluation*, Budapest, September, 1986.

Driving Simulation for Traffic Conflict Situation and Development of Diagnosis System for Drivers' Behavior Pattern

Jaesik Lee* and Keon Tae Shon**

Department of psychology, Pusan National University*

Department of Statistics, Pusan National University**

The purpose of the present study was to analyze driver's behavioral pattern in traffic conflict situation using a driving simulation study and to develop a diagnosis system for the driver's behavior pattern based on driving performance data in simulated traffic conflict situation. In Study I, typical and representative driving conflict situations were determined by using an in-depth interview. In Study II, driver's collision avoidance behavior patterns under the various traffic conflict situations were analyzed in terms of drivers' response strategies and their effectiveness. The main results can be summarized as follows: First, the drivers tended to report traffic situations as conflicting in intersection rather than straight lane condition. Second, conflict avoidance effort using brake or both brake and steering wheel found to be more effective than using steering wheel alone in terms of various safety criteria such as speed at collision and number of collisions. Third, drivers performances such as collision avoidance and vehicle operations were better in traffic conflict condition of "cross-traffic-from-right" than "cross-traffic-from-right" or "opposing lane". Finally, a possible model of diagnosis system for driver's conflict avoidance behavior pattern under the traffic conflict situation was proposed and several implications of the study were discussed.