

운전자 정보처리 특성 분석을 위한 운전 시뮬레이션

이재식

부산대학교 심리학과, 인지과학협동과정

Driving Simulation for the Analysis of Driver Information-Processing Characteristics

Jaesik Lee

Department of Psychology, Graduate Program in Cognitive Science
Pusan National University

요 약

본 연구의 목적은 최근 운전자 행동에 대한 연구 방법으로 매우 중요하게 대두되고 있는 운전 시뮬레이션 방법을 이용하여 운전자들이 보이는 기본적인 운전 수행 능력 및 이러한 운전 수행 능력과 관련이 가장 깊은 것으로 기존의 연구들이 밝혀왔던 기본적인 지각적/인지적/운동적 수행 능력을 측정하여 운전자 수행을 평가하는 것을 목적으로 한다. 특히 운전자의 운전 수행 및 운전과 관련된 기본적인 정신/운동 수행 능력은 정보처리적 관점에서 측정되고 분석되었으며, 이를 통해 운전자들이 보이는 기본적인 정보처리 능력의 패턴에 대한 전반적 이해를 시도하였다. 본 연구에서는 기본적인 운전 수행 능력을 평가하는데 사용되는 차량의 속도 유지와 차선 유지에 대한 측정치와 더불어 운전과 관련한 인간 수행 중에서 단순 반응 능력, 선택 반응 능력, 속도 추정 능력, 청각적 주의나 시각적 주의의 분산 능력 등이 운전 시뮬레이션을 통하여 운전 중에 실시간으로 측정되었다. 본 연구에서 수집된 자료는 운전자들의 실제 운전 수행 및 이와 관련된 정보처리 활동에 대한 표준화된 준거를 제시하는데 기초적 자료로 사용될 수 있으리라 생각된다.

1. 서론

운전자의 운전수행과 다른 인간 요인들, 예를 들어 운전자의 지각적, 인지적 능력과 한계 등의 관계를 분석하기 위해서는 운전 수행이라고 하는 총체적/통합적 인간행동을 구성하는 세부적 인간 요인이 무엇이며, 그러한 요인들이 상대적으로 얼마만큼 운전수행을 설명하는지 확인하고, 또한 관련된 세부적 인간 요인들을 조작적으로 혹은 수량적 개념으로 정의해야 한다. 인간의 행동적 수행뿐만 아니라 심리적인 기제를 설명하는 패러다임으로 흔히 정보처리 이론이 많이 사용되어 왔다. 일반적으로, 정보처리(Information-Processing)라 함은 인간의 외현적 행동에 선행하는 여러 종류의 감각적, 지각적, 그리고 인지적 활동을 총체적으로 의미한다. 운전 수행은 이러한 활동들의 복잡하고 다양한 상호작용의 결과로 보이는 인간수행의 한 측면인 바,

인간의 운전수행을 정보처리 패러다임에 맞추어 몇 개의 단계로 분석하는 것이 운전수행을 이해하는데, 이론적으로 또한 실제적으로 용이할 것이다.

운전과 관련한 인간수행을 몇 단계로 구분할 것인가에 대해서는 연구자들 사이에 의견의 일치가 있는 것은 아니지만, 가장 많이 거론되는 요소들은 (1) 인간이 외부 환경의 변화를 어떻게 탐지하는가[1], (2) 외부 자극을 어떻게 지각하고, (3) 어떠한 방식으로 제한된 주의의 양을 할당하는가 [2], (4) 운전자의 일반적인 인지능력, 예를 들어 기억이나 의사결정 능력은 운전 수행과 어떠한 상호관련성이 있는가, 그리고 (5) 인간의 외현적 행동 능력은 자동차의 통제에 어떤 영향을 미치는가 등이다.

본 연구의 목적은 최근 운전자 행동에 대한 연구 방법으로 매우 중요하게 대두되고 있는 운전 시뮬레이션 법을 이용하여 운전자들이 보이는 기

본적인 운전 수행 능력 및 이러한 운전 수행 능력과 관련이 가장 깊은 것으로 기존의 연구들이 밝혀왔던 기본적인 정신/운동적 수행 능력을 측정하여 운전자 수행 측정치들에 대한 대략적인 분포를 관찰하는 것을 목적으로 한다. 특히 운전자의 운전 수행 및 운전과 관련된 기본적인 정신/운동 수행 능력은 정보처리적 관점에서 측정되고 분석될 것이며, 이에 따라 운전자들이 보이는 기본적인 정보처리 능력의 패턴에 대한 전반적 이해가 가능하리라 생각된다.

2. 운전행동의 인간공학적 분석:

운전 시뮬레이션

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 운전자 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 순수하게 관찰하고자 하는 조건만을 조작할 수 없다. 그러나 시나리오 개발 프로그램(Scenario Development Program)의 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 설정하기 힘들다. 이와 같은 운전 시뮬레이션의 장점들 때문에 시뮬레이터를 이용한 운전자의 운전 수행 능력 측정은 이 분야의 연구에 선두 주자들인 미국이나 유럽의

여러 나라에서 활발히 이용되고 있다.

넷째, 운전 시뮬레이터는 실험실 환경에서 운용되는 시스템이기 때문에 운전자의 직접적인 운전 수행 외에 운전매에 매우 필수적이라고 할 수 있는 안구 운동의 관찰, 발이나 손 조작, 심박률이나 피부 전도 반응과 같은 생리적 지표들을 병렬적으로 측정 가능하다.

그러나, 운전 시뮬레이션을 이용하여 운전자의 행동을 분석하거나, 다른 공학적 측면을 연구하는 데는 몇 가지 문제가 있을 수 있다. 첫째, 운전 시뮬레이션이 비교적 현실에 가까운 운전 환경을 제공해 준다해도, 운전 행동에 매우 중요한 몇 가지 요소들은 운전 시뮬레이션을 제시해 줄 수 없는 경우도 있다. 예를 들어, 운전자의 횡적 혹은 종적 움직임에 매우 민감한 단서를 제공해 주는 전정 감각은 제시해 주지 못하는데, 이것은 시뮬레이터가 실제 차량처럼 움직이는 것이 아니기 때문이다. 이 때문에 운전자의 시각각은 전방에 제시된 그래픽에 의해 자신의 차량이 앞으로 전진하고 있다는 단서를 받아들이는 반면 이에 상응하는 전정 감각은 제공되지 않게 된다. 즉, 두 감각 사이에 괴리가 발생하게 되는 것이다. 이것은 운전자가 운전 시뮬레이터를 운전할 때 대개 운동 멀미감을 일으키는 원인이 되기도 한다.

둘째, 운전자들은 운전 시뮬레이터를 운전할 때, 실제 운전 상황이 아니기 때문에 실제와는 다른 기대나 태도를 가지고 운전할 수 있다. 예를 들어, 실제 운전 상황보다는 더 위험한 방식으로 운전하는 경향을 보일 수 있다. 이러한 경향은 추돌 회피 행동이나 교통 갈등 상황에서의 충돌 회피 행동과 같이 운전자의 운동 제어 능력과 차량 통제에 대한 태도가 모두 중요하게 작용하는 경우, 순수한 운전자의 수행을 오염시키는 결과를 가져오기도 한다.

3. 운전 시뮬레이션을 통해 측정 가능한 측정치들

3.1 운전 수행 능력 측정치

운전 시뮬레이션을 통해 측정할 수 있는 운전자의 수행 측정치들은 연구의 관심사가 무엇인지에 따라 달라지겠지만 거의 모든 측정치들에 대한 데이터의 수집이 가능하다고 할 수 있다. 특히 운전

시뮬레이터에 운전자의 생리적 반응(예를 들어, 심박률이나 근전도 혹은 호흡률)이나 불수의적 운동 반응(예를 들어, 피로나 졸리움 등에 의한 눈꺼풀 반응 등)을 측정할 수 있는 다양한 기기들을 장착하여 운전 수행과 직접적으로 관련된 측정치들(다음에 다시 자세히 살펴보겠지만, 운전자의 속도 제어 능력이나 차량의 위치 제어 능력 등에 대한 측정치) 뿐만 아니라 운전과 관련된다고 여겨지는 다양한 형태의 간접적 측정치들을 수집하여 비교/분석할 수 있다. 특히 운전 수행 능력에 대한 직접적 측정치들과 더불어 이러한 간접적인 측정치들에 대한 자료를 서로 비교/분석함으로써 주어진 과제 상황에 대한 수렴적 결과의 도출이 가능하다.

그러나 문제는 운전 시뮬레이터가 얼마나 현실 세계의 운전 상황을 제대로 반영해 주고 있는지의 정도이다. 운전 시뮬레이터를 개발하고 충실도를 높이기 위해서는 운전 시뮬레이터를 운전하는 운전자의 운전 수행과 실제 차량을 운전하는 운전자의 운전 수행 능력 사이에 높은 상관성이 있어야 한다. 또한 운전 시뮬레이션을 실시하는 주요 목적 중의 하나가 바로 운전자의 운전 수행 능력을 다양한 시나리오를 통해 측정하고 분석하는 것이기 때문에 운전 시뮬레이터는 운전자의 운전 수행 능력을 여러 측면을 통해 측정하는 데이터 수집 능력이 있어야 한다.

운전자의 운전 수행 능력을 시뮬레이터가 측정하기 위해서는 운전자의 운전 수행능력을 대표하는 측정치들을 정의하는 것이 가장 중요한 문제이며 이러한 측정치들은 운전자의 운전 수행 능력에 대한 타당한 측정치들로 정량화가 가능해야 한다. 운전 수행 평가는 운전자가 차량을 얼마나 안정되게 유지하면서 운전하였는가를 알아보는 것으로, 크게 운전 속도 제어와 차선 유지 등으로 구분된다.

그러나, 운전 수행과 관련된 측정치들은 서로 상관되어 있을 수 있지만(예를 들어, 운전 속도의 변산성과 액셀러레이터 입력의 변산성, 혹은 핸들 조작률의 변산성과 차량 위치의 변산성), 각각의 측정치들을 모두 운전자의 운전 수행 능력의 분석에 포함하는 이유는 운전자가 차량의 핸들이나 액셀러레이터를 통해서 입력한 힘의 크기와 실제 차량이 입력에 따라 반응한 정도가 다를 수 있기 때문이다. 예를 들어, 액셀러레이터를 갑자기 그리고 세게 밟았다 하더라도 실제 상황에서의 운전처럼 차량의 속도가 즉시 변화되는 것은 아니다. 운전

수행은 운전 거리를 단위로 측정하거나(예를 들어 1 미터 단위), 혹은 운전 수행동안 소용된 시간을 단위로 측정한다(예를 들어, 백 분의 일초). 운전자의 운전 수행 능력은 앞에서 제시된 다양한 측정치들을 통해 측정될 수 있지만, 본 연구에서는 다음의 두 가지 측정치를 운전 수행에 대한 전반적 평가치로 제안하고자 한다.

- 차량의 운전 속도
- 차선 침범 횟수

여러 가능한 측정치들이 있을 뿐만 아니라 운전 시뮬레이션을 통해 매우 다양한 측정치들에 대한 수집이 가능함에도 위의 두 가지 측정치를 운전 수행의 가장 대표적인 측정치로 선택하여 분석하고자 하는 이유는 다음과 같다.

• **측정치들 사이의 높은 상관성:** 많은 연구자들이 지적하였듯이, 운전 수행을 크게 차량의 속도 제어와 차선에 대한 차량의 상대적 위치의 제어로 구분하는 것은 매우 일반적인 경향이다. 또한 앞에서 지적하였듯이 보다 세밀한 운전 수행의 분석을 위해서는 다양한 운전 수행 측정치를 사용하는 것이 더 정확한 운전 수행 진단이나 평가를 가능하게 할 수 있다. 그러나 각각의 운전 수행에서 측정되는 수행치들은 일반적으로 서로 상관성이 매우 높으며(예를 들어, 운전 속도는 브레이크나 가속기의 입력 행태와 높은 상관성을, 그리고 차량의 차선 침범 횟수는 차선내 차량의 위치나 핸들의 입력 변산성과 매우 높은 상관성을 보인다), 따라서 모든 측정치를 일일이 검토하는 것보다는 운전 수행을 대표한다고 여겨지는 수행치를 선택하여 분석하는 것이 때로는 더 바람직할 수 있다.

• **높은 내용 타당도:** 특히 이러한 대표적 운전 수행 측정치는 운전자들이 가장 이해하기 쉬운 측정치이기 때문에 내용 타당도면에서도 더 우수하다. 예를 들어, 차량의 종방향 가속도, 브레이크 입력의 변산성, 차량의 횡방향 가속도 혹은 핸들의 입력 변산성 등과 같은 측정치들은 운전자들이 일반적으로 생각하고 있는 운전 수행 측정치라고 하기는 힘들다. 대신 운전자들은 자신의 운전 속도가 대략 얼마였는지, 혹은 차선을 얼마나 빈번하게 침범했는지에 대해서는 매우 친숙해 있을 뿐만 아니라, 각각의 측정치가 수량화되어 제시되는 경우(예

를 들어 검사 종료 후 검사 결과에 대한 feedback 을 제공할 때) 그러한 측정치들이 의미하는 바를 충분히 이해할 수 있을 것이다.

• **검사 시뮬레이터의 충실도 문제:** 본 실험은 워크스테이션 형 운전 시뮬레이터를 이용해 이루어진다. 워크스테이션형 운전 시뮬레이터는 가장 기본적인 운전 장치들, 예를 들어 핸들이나 브레이크, 혹은 액셀러레이터 등만을 제공하고, PC에 의해 운용되는 가장 간단한 형태의 운전 시뮬레이터이다. 이러한 형태의 시뮬레이터는 일반적으로 운전 전에 사용되는 장치들(예를 들어 조이스틱 형태의 핸들이나 브레이크)로부터 주 통제 시스템인 PC 사이의 커뮤니케이션에 약간의 지체가 발생할 수 있을 뿐만 아니라, 여러 복잡한 측정치들이 동시에 그리고 매우 시간 간격을 두고(예를 들어 1/100초 단위로) 실시간적으로 측정되기에는 시스템상에 다소 무리가 따를 수 있다. 따라서 가장 핵심적인 몇 개의 운전 수행 측정치만을 사용하게 된다면, 운전자의 운전 수행 능력을 비교적 충실하게 반영하면서도 운용 시스템의 한계에 의한 부작용을 막을 수 있다.

3.2 운전 수행과 관련된 정신/운동적 수행 측정치들

운전 시뮬레이션을 통해 앞에서 열거한 기본적인 운전 수행 능력뿐만 아니라, 운전 중에 운전자들이 보일 수 있는 다양한 정보처리 능력을 측정할 수 있다. 운전자의 운전 수행 외의 다른 인간 요인들, 예를 들어 운전자의 지각적, 인지적 능력과 한계 등의 관계를 분석하기 위해서는 운전 수행이라고 하는 총체적/통합적 인간행동을 구성하는 세부적 인간 요인이 무엇이며, 그러한 요인들이 상대적으로 얼마만큼 운전수행을 설명하는지 확인하고, 또한 관련된 세부적 인간 요인들을 조작적으로 혹은 수량적 개념으로 정의해야 한다. 운전과 관련한 인간 수행 중에서 중요한 요소들은 단순 반응 능력, 선택 반응 능력, 속도 추정 능력, 청각적 주의나 시각적 주의의 분산 능력 등이다. 운전 시뮬레이션을 이용하여 측정할 수 있는 운전자의 정신/운동적 수행 측정치들에 대한 구체적인 설명은 다음과 같다.

• **단순 반응 능력:** 운전자가 운전 중에 수행하는

다양한 종류의 반응뿐만 아니라 인간이 일상 생활에서 수행하는 모든 반응 과제에 가장 기본은 단순 반응 과제이다. 즉 단거리 달리기 선수가 출발 신호에 따라 달리기 시작하는 것과 같은 단순 반응 과제는 인간이(혹은 운전자가) 외부 세계에서 제시되는 자극의 제시 여부에 대해 신속하고 정확한 반응을 요구한다. 예를 들어, 단순 반응 과제들은 운전 중에 운전자의 전방에서 주행하고 있던 차량이 갑자기 감속하여 뒤따라가던 운전자가 매우 갑작스럽게 브레이크를 밟아야 하는 경우와 같이 매우 위험한 상황에서부터, 교차로에서 적색 신호등에 의해 정차해 있다가 신호등이 녹색등으로 바뀌에 따라 차량을 출발시키는 상황과 같이 비교적 덜 위험한 상황에 이르기까지 매우 다양한 형태로 제시된다. 따라서 운전자가 자극의 존재 여부를 탐지하는 능력은 운전 수행의 가장 기본적인 능력이라고 할 수 있다.

• **선택 반응 능력:** 선택 반응 능력은 제시된 자극의 속성에 따라 반응의 종류가 달라지는 것을 말한다. 따라서 운전자는 우선 자극을 탐지하는 능력뿐만 아니라 자극 사이를 변별하는 능력도 갖고 있어야 한다. 운전자들은 앞에서 언급된 단순 반응, 즉, 도로 상에 제시된 자극들에 대해 빠르고 정확하게 반응하는 능력뿐만 아니라, 도로 주변에 제시되는 대상을 탐지하고 파악(변별)하여 가장 적절한 반응을 선택하여 실행할 수 있어야 한다.

• **주의 분산 능력:** 주의 분산은 동시에 여러 대상에 일정한 수준의 주의를 배분(allocate)하여 그 대상의 정보를 추출하는 것이다[3]. 주의 분산과제는 운전자들이 정해진 차선을 계속적으로 유지하면서 운전하는 추적과제와 운전자의 시각주위에서 제시될 수 있는 위험 요소의 탐지 및 확인을 요구하는 시각탐지과제를 모두 포함할 수 있기 때문에 운전행동의 복합적인 측면을 단순화하여 측정할 수 있는 하나의 실험적 유추로 사용될 수 있다[4]. 추돌 사고의 원인 중에 중요한 것이 운전자의 부주의, 즉, 앞 차량의 움직임을 항상 감시하면서 운전하지는 않는다는 점이다. 예를 들어 시각적 주의를 운전자가 운전 중에 처리하는 정보가 거의 대부분 시각 경로를 통해 획득된다는 점에서 가장 중요한 정보처리의 측면이지만[5][6], 이러한 시각적 주의의 중요성에도 불구하고 약 30-50%의 시각적 주의가 대부분의 상황에서 운전과 직접적으

로 관련 없는 곳(예를 들어 도로 상의 경치나 광고판 등)에 주어진다. 사실에 주목할 필요가 있다 [7]. 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 주의가 주어진 상황에 비해 운전자의 반응시간이나 추돌 회피 행동이 매우 느려질 수 있다.

- **동적 자극 속도 추정 능력:** 속도 추정 특히 도로 상에서 움직이고 있는 다른 차량들의 이동 속도에 대한 정확한 추정은 운전자들이 다른 차량이 교차로로 접근하고 있을 때 먼저 그 교차로를 통과할 것인지를 결정하는데 필수적인 능력이다. 특히 우리나라 교통 사고의 상당 부분이 교차로에서 발생한다는 점을 감안하면 교차로에서의 다른 차량의 이동 속도에 대한 추정 능력은 매우 필수적이고 중요한 수행 지표가 될 수 있을 것이다.

4. 연구 방법

4.1 운전 수행 측정치

앞에서도 언급되었듯이 운전자들이 자신이 운전하는 차량의 속도를 얼마나 안정적으로 유지할 수 있는지는 운전 수행 능력을 측정하는 가장 기본적인 면에서도 중요한 측면이다. 간단하게 요약하면, 운전 수행 능력은 목표 운전 속도로부터 이탈의 정도가 얼마인가로 측정되며, 그 변산성(즉, 목표 속도로부터 얼마나 이탈된 운전 속도로 주행했는가와 그 운전 속도의 변화는 어느 정도인가)이 클수록 저조한 운전 수행을 나타낸다고 할 수 있다.

본 과제에서는 운전자가 자신의 운전 속도를 파악할 수 있도록 운전 속도를 화면의 중앙 하단(즉, 본넷이 위치한 곳)에 디지털 디스플레이로 제시하였다[그림 1]. 이러한 유형의 속도계는 일반 차량의 대쉬보드와는 달리 운전자가 눈을 차량 안팎으로 이동할 필요가 없고, 또한 아날로그식의 속도계 보다는 더 정확한 운전 속도값을 제시해 주기 때문에 정확한 속도 제어를 요구하는 과제에 더 바

람직하고 따라서 더 빈번하게 사용되는 디스플레이 유형이다. 본 과제에서 운전자들은 주어진 목표 운전 속도인 시속 100km를 유지하면서 운전하도록 요구받는다.

운전자의 차량 제어 능력(즉, 운전 수행 능력)을 운전 속도의 유지라는 측면으로 평가하는 것과 더불어 차량의 횡적 운동 방향에 대한 제어 능력도 운전자의 운전 수행 측정치로는 가장 기본적으로 빈번하게 사용되는 요소이다. 앞에서 소개한 다양한 차량의 횡적 방향 제어 능력 지표들 중에서 가장 중요한 것은 운전자의 차량이 얼마나 빈번하게 차선을 넘어 갔는가의 빈도이다. 즉, 운전자들은 자신의 주행 차선을 기준으로 다른 차량이 통행하는 옆 차선이나 도로의 갓길로 주행해서는 안 된다. 어느 방향이든 차선의 침범 횟수가 많을수록 저조한 운전 수행을 나타낸다. 본 운전 시뮬레이션 과제에서는 운전자의 차선 유지 능력을 제대로 반영하기 위해 우측 방향과 좌측 방향의 커브 길을 적절히 제시하였다(직선 주행만 요구한다면 운전자의 차선 유지 능력을 제대로 측정할 수 없을 것이다).

4.2 운전 수행과 관련된 정신/운동적 수행 측정치

- **단순 반응 과제:** 본 과제에 사용된 단순 반응 과제는 운전자가 운전 중에 도로 상에 방해물을 갑자기 발견하고 이에 대해 브레이크를 작동시키는 상황을 모사하도록 구성되었다. 자극들은 빨간색의 정사각형으로 운전자가 시뮬레이터를 운전하면서 주시하는 화면의 중앙에 제시된다. 이 자극이 최초로 출현할 때의 자극 크기는 20 x 20 픽셀의 크기로 되어 있으며, 운전자가 앞으로 차량을 이동해감에 따라 그 크기가 증가한다(따라서 이것은 마치 앞 차량이 갑자기 멈추는 경우 앞 차량의 뒷부분이 운전자 쪽으로 갑자기 다가오는 추돌(front-to-rear-end collision) 상황을 모사한 것이라고 할 수 있다).

이 자극이 제시됨과 동시에 운전자들은 최대의 힘으로 그리고 가장 빠르고 정확하게 브레이크를 밟아 차량을 이 자극과 충돌하지 않도록 차량을 정지시켜야 한다. 특히 다양한 브레이크 반응 중에서 최대 브레이크 입력을 단순 반응 과제로 채택한 이유는 단순히 브레이크 위에 발을 올려놓는 반응보다는 실제로 차량을 멈추기 위해 최대로 브



그림 1. 본 과제에서 사용된 운전 시뮬레이션 도로 환경의 대략적 표상

레이크를 밟는 반응이 차량의 안전한 통제와 다 관련이 있기 때문이다.

• **선택 반응 과제:** 선택 반응 과제는 운전자의 이러한 능력을 파악하기 위해 채택되었다. 본 과제에 포함된 선택 반응 과제는 운전 중에 갑자기 도로 주변에 상하 두 방향의 화살표 중 하나가 제시 되는데 이러한 자극이 제시됨과 동시에 운전자들은 해당 화살표의 방향에 상응하는 버튼을 선택하여 신속하고 정확하게 반응해야 한다.

이러한 선택 반응 과제는 앞에서 기술된 단순 반응 과제와는 몇 가지 중요한 차이들이 있다. 먼저 단순 반응 과제에서는 단순히 자극의 출현 여부에 대해서만 신속하고 정확한 판단을 하는 것이 요구되는 반면, 선택 반응 과제에서는 자극의 형태(즉, 화살표의 방향)를 변별/판단하여 이에 상응하는 반응을 선택하고 실행해야 한다. 둘째, 자극의 제시 위치도 단순 반응 과제의 경우에는 항상 도로 중앙에 제시되는 반면 선택 반응 과제에서의 자극들은 화면의 네 가지 위치 중 한곳에 무선적으로 제시되도록 하였다. 단순 반응 과제에서 일정한 위치에 자극을 계속 제시한 것은 운전자들이 갖고 있는 가장 기본적인 자극 탐지 능력이 무엇인지에 대한 자료를 줄 수 있다(또한 이것은 운전자의 운전 행동 분석에서는 가장 기본적이고 필수적인 자료이기도 하다). 반면 운전 상황은 매우 가

변적이고 역동적인 상황이기 때문에 운전자들의 주시 행동은 단지 도로 중앙에만 머무르는 것이 아니고 광범위한 도로 주변 상황을 파악해야 한다는 점을 고려하면 선택 반응 과제에서 사용된 자극들은 이러한 운전자의 주시 범위 능력을 반영해 줄 수 있다.

화살표 자극들은 운전자들이 보는 CRT 화면의 네 가지 끝 부분(즉, 오른쪽 위, 왼쪽 위, 오른쪽 아래, 왼쪽 아래)에 무선적으로 2번씩 제시되도록 하였는데, 이것은 운전자의 주변시 탐지 능력을 측정할 수 있게 할뿐만 아니라, CRT 화면이 실제 운전 상황에 비해 좁은 시야만을 제공할 수 있다는 시뮬레이터의 한계(즉, 본 과제에서 사용되는 것과 같은 워크스테이션형 시뮬레이터는 일반적으로 시각적 충실도가 낮다) 때문에 발생할 수 있는 인위적인 검사 수행상의 향상을 최대한 감소시키기 위해서이다.

• **시각적 주의 분산 과제:** 시각적 주의 분산 과제인 경우, 운전 중에 화면의 중앙에 7 개의 숫자들이 무선적으로 제시되면 운전자들은 이 숫자들은 소리내어 읽음과 동시에 이들을 암기하도록 요구받는다. 숫자들이 제시된 후(즉, 운전자들이 숫자들을 읽기 시작하면) 2초 후에 선택 반응 과제에 사용되었던 것과 동일한 자극이 제시되고, 운전자는 이 화살표의 방향에 따라 해당되는 버튼을 빠

르고 정확하게 누르는 반응을 수행해야 한다.

• **청각적 주의 분산 과제:** 청각적 주의 분산 과제는 앞에서 기술된 시각적 주의 분산 과제와 매우 유사하다. 단 운전자들이 소리내어 따라 읽고 암기하도록 요구받는 숫자들이 시각적인 형태 대신 음성으로 제시되는 것이 차이이다. 모두 시각적 주의 분산 과제에서와 마찬가지로 모두 7 개의 숫자들이 1초의 간격으로 무선적으로 제시되면 이 숫자들을 다 듣고 난 후에 운전자들은 이 숫자들은 소리내어 따라 읽음과 동시에 이들을 암기하도록 요구받는다. 숫자들은 여성의 음성으로 제시되었고, 운전자들에 따라 무선화되도록 프로그램되었다.

앞에서 언급된 시각적 주의 분산 과제와 본 청각적 주의 분산 과제가 가장 근본적으로 다른 점이 있다. 시각적 주의 분산 과제에서는 숫자들이 일단 제시된 후 운전자들이 숫자들을 다 읽었는지의 여부와 상관없이 2 초 후에 선택 반응 과제가 요구되었던 반면, 청각적 주의 분산 과제에서는 모든 숫자들을 다 듣고 그것을 다시 한번 소리내어 반복해 보도록 요구하는 과제이기 때문에 자극이 제시되어 있는 상황이 아닌 이미 자극들을 다 듣고 난 이후 2초 후에 선택 반응 과제가 요구되었다는 점이다. 음성 숫자 자극들이 모두 제시된 이후 운전자들이 숫자들을 따라 말하기 시작하면 선택 반응 과제에 사용되었던 것과 동일한 자극이 제시되고, 운전자는 이 화살표의 방향에 따라 반응해야 한다.

• **동적 자극 속도 추정 과제:** 운전자가 도로를 주행하는 도중 갑자기 화면이 정지하면서 전방 약 50m 지점에서 화면의 우측에 가로 x 세로 각각 30 픽셀과 10 픽셀 크기의 노란색 자극이 나타난다. 이러한 동적 자극의 출현과 동시에 자동차의 운전 속도는 인위적으로 0이 되도록 설정하였는데(즉, 화면이 정지된 상태가 되고 노란색의 동적 자극만 좌측으로 이동하는 것으로 보인다), 그 이유는 운전을 계속하도록 할 경우, 차량의 운전 속도와 동적 자극의 이동 속도가 서로 상호작용하여 속도 추정 과제 자체를 너무 어렵게 할 수 있기 때문이다. 특히 화면상으로는 차량이 앞으로 진행할 경우, 동적 자극의 크기도 매우 역동적으로 변하기 때문에(즉, 가깝게 다가올수록 자극 자체의 크기도 커진다) 이러한 자극 크기 변인과 자극

이동 속도 사이의 상호작용이 발생할 수 있었기 때문이다.

이러한 노란색의 직사각형 자극은 곧바로 일정한 속도로 좌측으로 이동하는데(즉, 일정한 속도로 도로를 가로지르게 된다), 이때의 이동 속도는 초당 17 픽셀이다. 노란색 자극이 제시되어 좌측으로 이동하기 시작한 후 약 1.5초 후에 화면이 사라지면서 화면의 좌측에 동적 자극과 크기는 같지만 빨간색으로 표시된 목표 지점이 보이게 된다. 다시 말해 지금까지 보이던 노란색의 동적 자극은 사라지고 대신 목표 지점을 나타내주는 적색 사각형이 보이게 된다. 적색 사각형의 크기는 앞의 동적 자극과 같으며 정지되어 있는 상태로 제시된다. 운전자의 과제는 이전에 제시되었던 노란색의 자극이 목표 지점에 도달했다고 추정되는 시점에 지정된 버튼을 누르는 것이다. 특히 버튼을 누르는 순간 화면이 원래의 상태로 회복되기 때문에 피검자들은 자신이 얼마나 정확하게 반응했는지의 정도에 대한 피드백을 매 시행마다 받을 수 있다.

5. 결과 및 논의

본 연구는 최근 운전 시뮬레이션법을 이용하여 운전자들이 보이는 기본적인 운전 수행 능력 및 이러한 운전 수행 능력과 관련이 가장 깊은 것으로 기존의 연구들이 밝혀왔던 기본적인 정신/운동적 수행 능력 정보처리적 관점에서 측정하고 분석함으로써 운전자들이 보이는 기본적인 정보처리 능력의 패턴에 대한 전반적 이해와 더불어 운전자 전집에 대한 운전 수행 능력의 상대적 평가를 위한 기본적 자료를 수집하는 것을 목적으로 실시되었다. 따라서 본 연구에서는 종속변인과 독립 변인 사이의 인과적 관계보다는 운전자 수행의 여러 측면들의 측정치들에 대한 대략적인 분포의 특징 및 이러한 점수 분포의 전반적인 평가를 주로 하고자 한다.

표 1은 본 연구에서 관찰된 운전자의 두 가지 운전 수행 측정치(즉, 속도 유지와 차선 유지) 및 이와 관련된 5가지의 기본적인 정신/운동 수행 측정치(즉, 단순반응 과제, 선택 반응과제, 시각 분산 과제, 청각 분산 과제, 그리고 동적 자극 속도 추정 과제)들의 점수들을 요약한 것이다.

186명의 운전자들이 시뮬레이터 차량을 운전했을 때의 평균 운전 속도는 117km/h(중앙값은 123.50km/h)이며, 표준편차는 약 20km/h였다. 이러

표 1. 운전자의 운전 수행 및 이와 관련된 기본적인 정신/운동 수행 측정치의 요약

통계치	종속치		속도 제어 과제	차선 유지 수행 과제	단순 반응 과제	선택 반응 과제	시각 분산 과제	청각 분산 과제	동적자극-목표 지점 사이의 거리편차		
	운전 속도	차선 침범수	RT	RT	반응 정확률	RT	반응 정확률	RT	반응 정확률	픽셀수 단위	미터 단위
	(km/h)	(회)	(초)	(초)	(%)	(초)	(%)	(초)	(%)		
관찰수	186.0	183.0	180.0	188.0	188.0	187.0	187.0	188.0	188.0	188.0	188.0
평균값	117.0	73.0	1.685	1.076	68.5	1.132	65.8	1.047	77.2	178.1	23.7
중앙값	123.5	66.0	1.570	1.005	66.0	1.050	66.0	0.980	85.0	178.7	23.8
표준편차	19.6	50.3	0.617	0.308	22.9	0.349	26.7	0.262	21.8	65.3	8.7
최소값	59.0	4.0	0.930	0.570	16.0	0.570	16.0	0.630	28.0	23.1	3.1
최대값	145.0	408.0	4.150	2.610	100.0	3.010	100.0	2.090	100.0	336.0	44.8
제5백분위	77.1	9.2	1.015	0.715	33.0	0.740	16.0	0.725	34.3	72.3	9.6
제25백분위	105.8	39.0	1.223	0.890	50.0	0.900	50.0	0.890	57.0	132.7	17.7
제50백분위	123.5	66.0	1.570	1.005	66.0	1.050	66.0	0.980	85.0	178.7	23.8
제75백분위	133.0	99.0	1.985	1.198	83.0	1.270	83.0	1.150	100.0	220.2	29.4
제95백분위	138.0	153.0	2.852	1.662	100.0	1.814	100.0	1.641	100.0	301.6	40.2

본 자료는 본 논문의 저자가 참여한 "운전 정밀 재표준화" 프로젝트(수행기관: 서울대학교 심리과학 연구소) 수행 과정에서 수집되었음.

한 결과를 해석하는데는 다음과 같은 몇 가지 주의 사항들이 있다. 첫째, 본 검사 결과에 포함된 186명의 자료(자료가 미비하거나 오반응으로 판정된 자료는 분석에서 제외되었음)는 원래 운전자들이 준수해야 하는 목표 속도인 시속 100km를 훨씬 넘는 평균 117km의 속도로 운전하였음을 보여 주고 있음에 유의해야 한다. 이러한 결과에 대해서는 몇 가지 가능성이 있다. 가장 기본적으로는 운전 시뮬레이션 자체가 실제 운전보다는 덜 위험하다거나 소음이나 진동이 없다는 이유 등으로 속도감을 제대로 느끼지 못해 원래 주어진 목표 속도보다 더 빠르게 운전했을 가능성이 있다. 그러나 이보다 더 중요한 가능성은 피험자들이 검사를 받기 전에 목표 속도가 시속 100km/h라는 것을 잘 숙지하지 못했을 가능성이 있다. 따라서 실험 전에(혹은 검사 전에) 이러한 측면에 대한 철저한 고려와 함께, 운전자의 행동 분석에 운전 시뮬레이션 갖는 문제점을 보완할 수 있는 방안이 강구되어야 할 것으로 생각된다.

두 번째 문제는 운전자들의 평균 운전 속도에 대한 분포가 부적절로 매우 심하게 편포되어 있다는 점이다. 다시 말해 이것은 운전 속도의 분포가 정상적인 형태대기 보다는(즉, 정상 분포를 이루지 못함) 빠르게 운전한 사람들의 비율이 상대적으로

더 많았다는 것을 시사한다. 이러한 점수의 분포가 갖는 특징은 다음에 언급될 판정 기준의 설정에 매우 중요한 시사점을 주며, 이에 대해서는 전체 논의 부분에서 다시 언급될 것이다.

운전 수행의 질을 결정하는 가장 중요한 지표 중의 하나인 차선내 차량의 위치 제어 능력은 많은 연구자들에 의해 운전 수행 능력을 평가하는 매우 민감한 측정치임이 밝혀졌을 뿐만 아니라 우측측정치는 운전자의 정보처리 능력을 감소시키는 다양한 요인들과도 밀접하게 관련되어 있다는 것이 일반적으로 알려진 사실이다. 예를 들어, 음주나 피로의 영향이나 정보처리 과부하 등에 의해 가장 민감하게 변화되는 것이 바로 차선내 차량의 제어 능력이다(음주나 피로의 영향 혹은 정보처리 과부하 정도가 증가함에 따라 차량 유지의 변산성 혹은 차선 이탈의 반도가 증가한다).

본 연구의 자료 분석 결과 운전자들은 약 15분 동안의 운전 수행 시간 동안 시간 평균 73회의 차선 침범수를 보였다. 주행 방향을 중심으로 왼쪽으로의 이탈인 중앙선 침범 횟수는 평균 49회, 오른쪽으로의 차선 침범인 갓길로의 침범 횟수는 평균 24였다. 그러나 본 과제의 목적은 운전자의 전반적인 차선 유지 능력을 측정하는 것이었기 때문에 좌우 이탈 방향은 고려하지 않고 전체 이탈

수만을 고려하였다. 차선 침범수의 표준편차는 50.3회로 매우 큰 표준편차가 관찰되었는데, 이러한 표준편차 값은 차선 침범 횟수의 분포가 정적으로 매우 편포되어 있기 때문이었다(즉, 소수의 운전자들이 매우 빈번한 차선 이탈수를 보였다).

운전 중 도로 전방에 제시된 자극의 출현에 따라 얼마나 빠르게 브레이크를 최대의 힘으로 밟았는지를 총 8회에 걸쳐 측정된 단순 반응 과제에서의 반응 평균 반응 시간은 1.68초, 반응 시간의 표준편차는 0.62였다. 그리고 선택 반응 과제 즉, 운전 중 도로 주변에 제시된 자극의 출현에 따라 그 자극이 무엇인지 탐지하고(즉, 화살표의 제시 여부에 대한 신속하고 정확한 결정) 그 자극이 요구하는 반응이 무엇인지(즉, 화살표의 방향에 따라 해당되는 버튼을 선택하는 것) 결정하는데 까지 소요된 시간과 그 정확성을 총 6회에 걸쳐 측정된 결과, 평균 반응 시간은 1.08초, 반응 시간의 표준편차는 0.31이었으며, 반응 정확률의 평균은 68.5%였다.

운전자의 주의가 시각적으로 분산된 상황에서 제시된 자극의 출현에 따라 그 자극이 무엇인지 탐지하고(즉, 화살표의 제시 여부에 대한 신속하고 정확한 결정) 그 자극이 요구하는 반응이 무엇인지(즉, 화살표의 방향에 따라 해당되는 버튼을 선택하는 것) 결정하는데 까지 소요된 시간과 그 정확성을 총 6회에 걸쳐 측정된 결과 운전자의 선택 반응의 평균 반응 시간은 1.13초, 반응 시간의 표준편차는 0.35이었으며, 반응 정확률의 평균은 65.8%였다.

일반적으로 운전은 시각적 주의를 더 요구하기 때문에 운전자의 주의가 시각적으로 분산되는 경우보다 청각적으로 분산되는 경우가 운전에 방해가 적다고 알려져 있다. 따라서 시각적 주의 분산 상황보다는 청각적 주의 분산 상황에서의 수행이 더 우수할 것으로 생각해 볼 수 있다. 청각적 주의 분산 과제에서의 평균 반응 시간은 1.05초, 반응 시간의 표준편차는 0.26이었으며, 반응 정확률의 평균은 77.1%였다. 앞에서도 언급되었듯이, 청각적 주의 분산 과제 상황에서의 모든 수행 지표들이 시각적 주의 분산 과제 상황보다 더 우수하다는 것을 알 수 있다. 청각 분산 과제의 반응 정확률을 보면 제75백분위수의 값과 제95백분위수의 값이 100%로 모두 같음을 알 수 있다. 이것은 100명의 운전자가 있을 경우 상위 25%까지는 반응의 정확률이 100%로 모두 같다는 것을 의미하며, 그만큼

피험자들의 반응 정확률이 높았다는 것을 시사한다

동적 자극에 대한 속도 추정의 정확도는 앞에서 언급되었듯이 운전자들이 버튼을 눌렀을 때(즉, 운전자들이 생각하기에 동적 자극이 목표 자극의 위치와 정확하게 겹쳐졌다고 생각하는 시점에서) 목표 자극과 동적 자극 사이의 물리적 거리이다. 동적 자극과 목표 지점 사이의 거리 평균값은 픽셀 단위로 약 178, 표준 편차는 약 65 정도였다

본 연구는 운전 시뮬레이션을 이용하여 운전자들이 보이는 기본적인 정보처리 능력의 패턴이 어떠한지를 살펴보는 것을 목적으로 실시되었다. 운전 시뮬레이션 과제 수행에 대한 평가는 운전자들이 보인 정제 평균과 표준편차를 기준으로 하여 나누어질 수 있으며, 표준편차에 기초한 등급화는 가장 일반적인 방법 중의 하나이다. 그러나, 본 연구에서 운전 시뮬레이션에 의해 얻어진 결과들을 분석한 결과를 보면, 표준편차를 사용하여 운전자들의 수행을 평가하는 것은 몇 가지 문제가 있는 것으로 보인다. 그러한 이유 중 대표적인 것은 다음과 같다. 첫째, 많은 운전 수행 지표들이 정상 분포가 아닌 편포된 형태의 분포를 보이고 있다(예를 들어, 앞에서 논의된 평균 운전 속도를 보라). 이러한 경우, 정상 분포를 가정하고 등급화에 적용되는 표준편차 값은 상위 집단과 하위집단을 동등하게 분류하는데 비교적 신뢰롭지 못한 결과를 초래할 수 있다. 둘째, 점수들이 편포되어 있을 때는 일반적으로 분포의 대표치로서 평균값 대신 중앙값을 사용하는 것이 일반적이고, 특히 중앙값을 대표치로 사용할 경우, 점수의 상위 및 하위 집단을 구분하는데는 편차보다는 백분위수가 때로는 더 바람직한 선택일 수 있다.

본 연구의 결과를 토대로 특정 수준의 운전 수행을 보인 운전자 자신에 대한 개별화된 피드백이 목적이라면, 운전자들을 가능한 세부적으로 변별하여 등급화하는 것이 바람직할 것이다. 그러나 표준편차를 사용할 경우에, 예를 들어 3 표준편차를 기준으로 할 경우, 이것은 상/하위 집단을 통틀어 전집의 1%에 해당되는 피험자들에 대해서만 적용되는 등급이 될 것이다. 즉, 100명을 검사하여 점수로 서열화했을 때 상위 1위와 2위는 서로 다른 등급에 해당될 수 있다. 그러나 실용적이 의미로 보면 두 운전자에게 대해서는 같은 내용의 피드백이 주어지는 것이 더 타당한 것으로 보인다. 다시 말해 통계적 의미의 표준편차와 실용적 의미의 표준

편차는 다른 것이다. 따라서 단순히 표준편차를 적용하여 등급화하는 것 보다는(이 경우 특정 집단은 너무 많은 운전자들이, 반면에 다른 등급에는 너무 소수의 운전자들만이 포함될 수 있다), 집단의 점수들을 서열화하여 백분위를 기준으로 한 특정 등급에 사람들이 골고루 포함될 수 있도록 하는 것도 바람직할 것이며, 실제로 인간 공학의 인체측정이나 생체역학 영역에서는 표준편차보다는 백분위수를 더 빈번하게 사용한다.

본 시뮬레이션 과제는 일차적으로 운전 수행을 하면서 이와 더불어 무선적으로 제시되는 5가지의 정신/운동적 과제들(단순 반응 과제, 선택 반응 과제, 시각/청각 주의 분산 과제 및 동적 자극 속도 추정 과제)을 수행하여야 한다. 일반적으로 운전 수행은 일차 과제(primary task)라고 부르는 반면 5개의 정신/운동적 과제들은 이차 과제(secondary)라고 불린다. 이러한 경우 특히 고려해야 하는 것은 일차 과제와 이차 과제 사이에 수행 득실 관계(trade-offs)가 발생할 수 있다는 점이다. 다시 말해, 만일 어떤 운전자들은 일차 과제들에 모든 주의를 집중하여 운전 수행만을 더 잘하고자 하는 반면 주어진 이차 과제들을 소홀히 하게 된다면 이러한 운전자들의 이차 과제 수행 점수들은 일차 과제와 이차 과제에 골고루 중요성을 부여하고 수행한 운전자들이나 반대로 일차 과제보다는 이차 과제를 더 강조한 운전자들의 점수와는 매우 다른 양상으로 나타날 것이다.

일반적으로 운전 수행 검사에서 일차 과제에 대한 수행 능력(즉, 운전 수행 능력)은 사람에 따라 거의 유사할 것이라고 가정하고 이차 과제들의 효과를 검증하기도 하지만, 본 과제의 속성상 두 가지 과제들을 모두 고려하는 것이 타당하리라 본다. 첫째, 대부분의 운전자들은 일상적인 운전 상황에서 차량 통제에 거의 어려움을 경험하지 않을 것이지만 운전 시뮬레이션의 경우에는 사정이 달라질 수 있다. 즉, 운전자들은 시뮬레이터에 대해서는 별로 친숙하지 않기 때문에 운전 수행이라고 하는 일차 과제들이 운전자들에 따라 유사할 것이라고 가정해서는 안 된다.

둘째 일차 과제 수행에 차이가 있다면 이를 고려하여 이차 과제에 대한 수행이 평가되어야 할 것이다. 예를 들어 운전 속도를 매우 느리게 하고 운전한 운전자들은 차선내 차량 제어 수행이나 다른 과제에 대해 더 많은 주의를 기울일 수 있었을 것이고, 이에 따라 이들에 대한 수행도 더 우수해

질 것이다. 따라서 운전자들의 운전 수행 및 기타 정신/운동적 과제 수행 능력을 평가하는데는 운전 수행과 정신/운동 과제 수행 능력을 모두 고려해야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] Olson, P. L., & Sivak, M. (1986). Perception-Response time to unexpected roadway hazards. *Human Factors*, 28(1), 91-96.
- [2] Dobbins, D. A., Tiedemann, J. G., & Skordahl, D. M. (1963). Vigilance under highway driving conditions. *Perceptual and Motor Skills*, 16, 38.
- [3] Pashler, H. E. (1996). *The psychology of attention*. MIT press.
- [4] Burns, M., & Moskowitz, H. (1980). Effects of Diphenhydramine and Alcohol on Skills Performance. *European Journal of Clinical Pharmacology*, 17, 259-266.
- [5] Rockwell, T. H. (1972). Strategies of visual search by novice and experienced drivers. *Human Factors*, 14, 325-225.
- [6] 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).
- [7] Hughes, P. K., & Cole, B. L. (1986). What attracts attention when driving? *Ergonomics*, 29, 377-391.