Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.21. No.3. pp.47-58. October 2002

인지지도 유사도와 정신적 작업부하와의 관계에 대한 연구

The study of the relationship between the similarity of cognitive map and the mental workload

유승동*, 박 범**

ABSTRACT

The similarity of the shape of interface between human cognitive map and real product is the important factor to determine the human performance. Nevertheless, the degree of similarity between these has not been defined quantitatively in recent studies. Therefore, in this study, the cognitive map and the mental workload were measured by SMM(Sketch Map Method) and RNASA-TLX(Revision of NASA-Task Load Index). And the numerical expression of the accuracy point was suggested for the quantitative calculation of relative positional similarity between cognitive map and real product. In the experiment, nine subjects were participated and two kinds of vehicles were used. Mental workload was measured immediately after the road test. The result of analysis on the relationship between accuracy and mental workload shows that the negative correlation exists on each vehicle, and the lower score of mental workloads is measured on the vehicle that has the higher score of accuracy between two vehicles.

Keyword: Cognitive map, Mental Workload, Sketch Map Method, RNASA-TLX, HMI

* 아주대학교 산업공학과 인간공학연구실
주소 : 442-749 경기도 수원시 팔달구 원천동 아주대학교 산업공학과
전화 : 031-219-1957 / 2428
E-mail : vm97@orgio.net
** 아주대학교 기계 및 산업공학부 산업정보시스템공학전공

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

1. 서 론

인지지도(Cognitive map)는 공간적 심상의 활성 정보 탐색구조이며(Neisser, 1976), 또한 객체들과 운동감각, 시각적, 청각적 암시들의 기억으로 구성되어지는 정신적 모형(Mental model)이다(Griffin, 1973).

일반적으로 이러한 인지지도는 거대 환경(Large environment)에 대한 지도를 심상에 투영하는 것을 의미한다. 심상에 존재하는 심적 지도(Mental map)이라고 할 수 있는 것이다. 이러한 심적 지도는 지도상에 존재하는 여러 대상들의 위치 및 이들 간의 상대위치에 대한 정보를 포함하고 있게 된다. Stevens와 Coupe (1978)는 이러한 Mental map에 대한 위계적 구조의 체계적 왜곡에 대하여 연구를 수행하기도 하였다. 이러한 인지지도는 이와 같이 거대 환경에 대해서만 적용되어질 수 있는 것은 아니고, 보다 작은 환경에 대하여도 적용이 되어질 수 있다. 즉, 인간은 작은 환경이나 대상을 구성하고 있는 것들에 대한 위치 정보 및 형태 정보를 지도의 형태로 각인 할 수 있기 때문이다(Yu and Park, 2000a). 따라서 이와 같은 작은 환경에 대한 인지지도의 추출에 관한 연구가 수행되고 있다.

특히 자동차의 IP(Instrument Panel)에 대한 인지지도를 추출해내기 위한 연구가 최근에 이루어지고 있는데, 이들 연구들을 통해 IP에 대한 인지지도 추출 정적 방법론인 SMM (Sketch Map Method)이 제안되었으며 (Yu and Park, 1999), 또한 동적 방법론인 BPM (Blind-Pointing Method)도 개발되었다 (Yu and Park, 2000b; Yu and Park, 2000c).

이러한 방법론들은 운전자가 자동차의 IP 상의 장치들을 제어하는데 대한 부적 전이 (Singley and Andersen, 1989)를 방지하기 위해, 운전자의 IP에 대한 인지지도 형태를 추출해내고, 이를 기반으로 IP 설계를 할 수 있도록 하기 위해 개발되었다.

이전의 연구들 중, Yoon등(1998)은 운전시 이차과제가 수행도와 정신적 작업부하에 미치는 영향에 대하여 연구를 수행하였다. 하지만 이 연구는 정적 운전 시뮬레이터(fixed-based driving simulator)를 사용하여 연구를 수행하였으며, 운전자의 수행도를 브레이크 페달을 밟는 정도로서 측정하였다. 또한 기존의 NASA-TLX (NASA-Task Load Index)를 그대로 적용하여 정신적 작업부하를 측정하였다. 이로 인해 Yoon등(1998)의 연구는 실제적인 운전자의 수행도 및 정신적 작업부하의 측정 및 분석에 있어서 한계점이 있다고 할 수 있다(Yu and Park, 1998b).

또한, Yu와 Park(1998a, 1998b)의 연구에서는 운전자의 운전석에 대한 주관적 표준화와 실제 차량의 운전석의 형태나 기능들이 보다 유사할 경우 운전자의 Performance가 증가한다는 가정을 수립하고 이들 간의 관계에 대한 연구를 수행하였다. 여기서 운전석에 대한 주관적 표준화(standardness)(Graesser and Marks, 1993)란 운전자들이 각기 주관적으로 '운전석이란 이렇게 구성되어 있으며 이러한 기능을 가지고 있다'라고 인지지도 내에 표준화시켜 각인하고 있는 형태를 말한다. 이들은 운전자에게 보다 친숙하고 인지지도 내에 각인되어 있는 자동차의 운전석 형태와 보다 유사

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

하다고 가정한 차량에 대하여 운전자의 Manual performance가 증가한다는 것을 밝혀내었다. 하지만, 인지지도의 형태와 유사하다는 가정을 하였을 뿐, 구체적으로 유사도에 대한 정량화는 하지 못하였다.

따라서 본 연구에서는 운전자의 IP에 대한 인지지도 형태를 추출해보고, 실제로 인지지도 형태와 실제 차량 IP형태의 유사도가 운전자의 과제 수행에 대한 정신적 작업부하에 어떠한 영향을 끼치는지 알아보고자 연구를 수행하였다.

이를 위해 인지지도의 형태를 SMM을 사용하여 추출한 다음, 실험 차량의 IP형태와의 유사도를 정량화하기 위한 방법을 제안하였다. 그리고 정신적 작업부하를 Yu와 Park(1998b)의 연구에서 사용된 RNASA-TLX의 변형 모델을 적용하여 측정하였으며, 유사도와 정신적 작업부하 간의 관계에 대하여 분석을 수행하였다.

본 연구에서 사용된 SMM은 피험자들이 대상 장치들을 Sketch하여 주관적으로 인지지도 형태를 보고하는 인지지도 추출 방법론이다. 이 방법론은 정적인 상황에서 적용을 할 수 있으며, 이를 통해 추출된 Sketch map은 여러 가지 방법에 의해 분석될 수 있다(Yu and Park, 1999; Yu and Park, 2000a; Yu and Park, 2000b). 또한 RNASA-TLX는 운전자 판단에 의한 정신적 작업부하의 공식화 방법으로서, 이 방법은 운전자가 실제적인 실험이나 경험을 통해 자신이 느낀 정신적 작업부하의 정도를 스스로 판단하여 정량화 하는 것이다. 그러므로 이 방법은 다른 방법들에 비해 상대적으로 실행이 쉽고 피험자의 수용성이 높은 방법이다.

또한 RNASA-TLX는 미 육군에 의해 개발된 NASA-TLX(Hart and Staveland, 1988)를 근간으로 하고 있지만, 기존의 NASA-TLX의 척도들이 인간공학적인 용어와 기술적인 용어로

표 1. RNASA-TLX의 평가 항목 (Yu and Park, 1998b)

척 도	내 용
1. 정신적 능력의 요구정도	제시된 장치들의 사용에 있어서, 어려운 작무들을 수행하는데 요구되는 정신적 능력의 요구정도가 쉬웠는지 어려웠는지에 관한 질문입니다. 어려울수록 높은 점수를 부과하면 됩니다.
2. 운전의 불안감	제시된 장치들의 사용에 있어서, 어려운 작무들을 수행할 때 사고 및 운전 불능의 불안감에 관한 질문입니다. 불안감이 높을수록 높은 점수를 부과하면 됩니다.
3. 시간적인 스트레스	제시된 장치들을 사용하는데 있어서, 각 장치들을 운전자가 즉시 사용해야 한다는 시간적인 압박감에 관한 질문입니다. 즉 장치조작의 지연에 대한 시간적 압박감을 의미합니다. 스트레스가 높을수록 높은 점수를 부과하면 됩니다
4. 장치 탐색의 어려움	제시된 장치들을 사용하는데 있어서, 각 장치들의 위치 탐색의 어려운 정도를 의미합니다. 어려울수록 높은 점수를 부과하면 됩니다.
5. 장치 조작의 어려움	제시된 장치들을 조작하는데 있어서, 각 장치들의 조작에 대한 어려운 정도를 의미합니다. 어려울수록 높은 점수를 부과하면 됩니다.
6. 차량 외부 환경 인식의 어려움	제시된 장치를 조작하는데 있어서, 어려운 작무를 수행하는 동안 차량 외부 환경의 인식에 대한 어려움 정도를 의미합니다. 어려울수록 높은 점수가 부여됩니다.

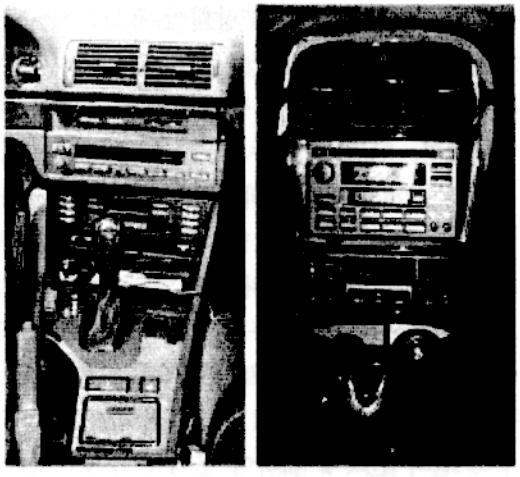
Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

기술이 되어있어서 피험자들이 항목들을 이해하는데 어려움을 보고하는 문제점을 해결하기 위해, 이러한 척도들이 피험자가 이해하기 쉬운 언어로 구성하도록 하는데 초점을 두고 있다. 본 연구를 위한 정신적 작업부하의 평가 항목들은 표1에서 보는바와 같이 자동차 운전석의 평가에 직접 적용할 수 있는 6개의 척도 항목들로 구성되어 있다(Yu and Park, 1998b).

RNASA-TLX를 이용한 평가의 실행은 기존 NASA-TLX의 평가의 실행과 동일하지만, 부가적으로 측정 데이터의 일관성을 검증하기 위한 단계가 추가된다. 데이터의 일관성 검증을 위해 사용된 방법은 AHP(Analytic Hierarchy Process)기법(Armacost, et al., 1994)(Saaty, 1980)에서 적용되어진 Saaty의 일관성 지수를 사용한다. 일관성 지수 C.R. 값이 0.1보다 작을 때 일관성이 있다고 판단하여 일관성이 검증된 데이터만을 정신적 작업부하 분석에 사용한다.

2. 실 험

본 실험은 첫 번째로 운전자의 인지지도 내에 각인되어 있는 자동차 IP의 형상을 추출해 내고, 두 번째로 실험에 사용한 차량의 IP 형상과 인지지도상의 IP 형상간의 비교를 통해 유사도를 측정 한 후, 마지막으로 시험 주행 차량 주행후의 정신적 작업부하와 시험 차량의 IP 형상, 인지지도상의 IP형상 간 관계를 분석해보는 것을 목표로 수행되었다. 이를 위해 인지지도 형상 추출 방법론으로 Yu와 Park(1999)이 제안한 SMM을 사용하였으며, 운전자의 정신적 작업부하의 측정을 위한 방법론으로 Yu와 Park(1998b)이 수정 제안한 RNASA-TLX를 사용하여 주관적인 정신적 작업부하를 측정하였다. 그리고 실험을 위한 시험 주행 차량은 H사의 2,000cc 급 중형 자동차와 B사의 2,800cc 급 중형 자동차를 사용하였다. 두 실험 차량의 IP형태는 그림 1과 같다.



(a) B 실험 차량 (b) H 실험 차량

그림 1. 실험 차량들의 IP형태

2.1 실험 계획 및 방법

본 실험을 위하여 9명의 피험자들이 실험에 참여하였다. 참여한 피험자들의 평균연령은 28.7세, 표준편차 2.45, 운전경력 평균 4.3년, 그리고 표준편차는 2.24 이었다. 참여한 피험자들은 모두 실제 도로 주행 경험을 보유하고 있는 사람들이었다. 이들 9명중 3명은 자신의 차량을 보유하고 있는 운전자였으며, 나머지 6명은 자신의 차량을 보유하고 있지 않은 운전자였다. 본 연구에서는 피험자들이 주관적

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

으로 보고한 인지지도의 형상과 운전석 장치 조작에 대한 정신적 작업부하간의 비교가 목적이므로 차량 보유여부는 고려하지 않았다.

전체 실험의 진행은 우선 SMM을 사용하여 운전자의 IP에 대한 인지지도 형태를 추출해 내고, 실험차량에 탑승하여 모든 피험자가 동일 경로를 주행한 후, RNASA-TLX를 사용하여 정신적 작업부하를 측정하였다. 구체적인 실험 절차는, 우선 피험자들에게 실험에 대한 충분한 설명과 주의사항을 숙지시킨 후, 개인 신상 및 보유차종 또는 많이 운전해본 차종에 대한 이름, 연식을 기입하도록 한다. 이때 실험에 대한 의도된 결과의 도출을 최대한 방지하기 위해 피험자들에게 전체 실험 흐름과 다음단계의 실험에 대한 정보는 제공하지 않았다. 단지 매 경우마다의 실험에 관련된 주의사항만 교육하고 실험을 수행하였다. 다음으로 피험자에게 IP의 윤곽이 표시되어 있는 계측지를 제시하고, 계측지에 각자의 인지지도 내에 각인되어 있는 IP의 형태를 Sketch 하도록 한다. Sketch map 작성이 끝나면 바로 실험차량에 탑승하여 수원, 병점간 1번 국도의 왕복 20km 구간을 직접 운전하여 주행하도록 한다. 시험주행도중 피험자들이 운전 1차 직무 외에 2차 직무를 수행하도록 유도하기 위해 IP 부분의 장치들을 조작해보도록 지시한다. 이때 자극제시는 Verbal protocol을 사용하여 제시하며, 풍향 조절 스위치, FM/AM 전환 스위치, 공기 내부 순환스위치, 풍량 조절 스위치, 에어컨 On/Off 버튼, 라디오 볼륨 조절 스위치, 온도조절 스위치, 테이프 꺼냄 버튼, 뒷열선 스위치, 카세트 덱, 라디오 채널, 액정화면, 주파수 탐색 버튼, 시가 잭, 비상등 스위치 등 15개의 장치들(Yu and Park, 1997)을 운전하면서 조작하도록 자연스러운 상황을 유도한다. 이들 자극의 제시는 피험자들의 직무에 대한 학습효과와 다음 직무에 대한 예측 수행을 방지하기 위해 무작위 순서로 제시한다. 주행이 끝난 후 바로 피험자들에게 준비된 정신적 작업부하 측정용 RNASA-TLX 설문지를 작성하게 함으로써 피험자들의 정신적 작업부하의 변형을 최소화한다.

이와 같은 절차를 거쳐 실험을 수행하였으며, 보다 정확한 비교 분석을 위해 2단계로 나누어 실험을 실시하여 보았다.

우선, B사의 자동차를 사용하여 전체 9명의 피험자들의 주행실험을 실시하고 정신적 작업부하를 측정하였다. 이로부터 24시간이 경과한 후 전체 9명의 피험자를 대상으로 H사의 자동차를 사용한 주행실험을 실시하고 정신적 작업부하를 측정하였다. 이와 같이 두 단계로 실험을 실시한 이유는, H사의 자동차는 국산 중형 차량으로 운전자들에게 비교적 친숙한 인터페이스를 가지고 있고, B사의 자동차는 외산 중형 차량으로 국내 운전자들에게 친숙

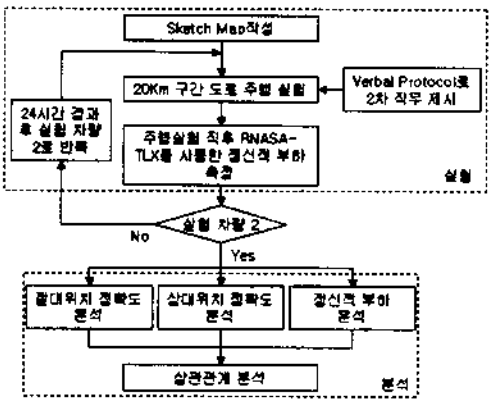


그림 2 실험 및 분석 절차

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

하지 않은 인터페이스를 가지고 있기 때문에, 이 둘 간의 비교를 통해 보다 확실한 비교 분석을 실시하기 위함이다. 또한 24시간이라는 실험간 시간간격을 설정한 이유는 이전 실험 차량에서의 실험을 통한 학습이 다음 차량에서의 실험에 대해 영향을 미치지 않을 정도의 시간 간격, 즉, 실험을 통해 학습된 지식이 단기기억 저장소에서 사라지기에 충분한 시간 간격이라는 가정 하에 설정하였다.

전체적인 실험 및 분석 절차는 그림 2와 같으며, 피험자들의 적극적 실험 참여를 유도하기 위해 실험이 끝난 후 실험 참여에 대한 일정한 대가를 지불하였다.

2.2 실험 결과 및 분석

2.2.1 Sketch map상의 장치 빈도 분석

전체 피험자들로부터 획득된 Sketch map에는 총 30개의 장치들이 Sketch 되었다. 피험자들이 작성한 Sketch map의 예는 그림 3과 같으며, 이들 장치들에 대한 각각의 빈도는 그림 4와 같다.

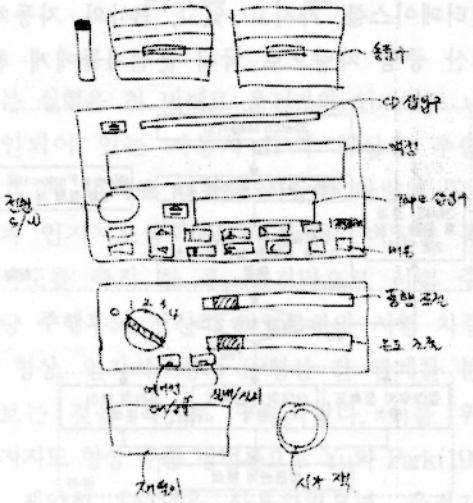


그림 3. 작성된 Sketch map의 예

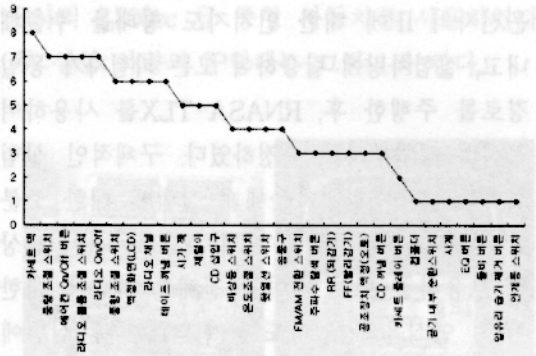


그림 4. Sketch된 장치들의 빈도

그림에서 보는바와 같이 대체적으로 공조장치 조절스위치들에 대해 빈도가 높게 나타났으며, 오디오 부분의 주요 장치들에 대한 빈도 또한 높게 나타났다.

2.2.2 Sketch map과 실험 차량간 유사도 분석

우선, Sketch map상의 인지지도의 형태와 B사 실험 차량의 IP형태와의 유사도 분석을 실시하였다. 유사도 지수로는 개인별로 작성한 Sketch map과 실험 차량 각각의 IP에 모두 존재하는 장치들의 절대위치 및 상대위치 정확도를 사용하였다. B사 실험 차량의 분석에 사용한 장치는 전체 30개의 장치 중에서 실험차량에 없는 장치들을 제외한 26개의 장치들이며, H사 실험 차량의 분석에는 29개의 장치를 사용하였다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

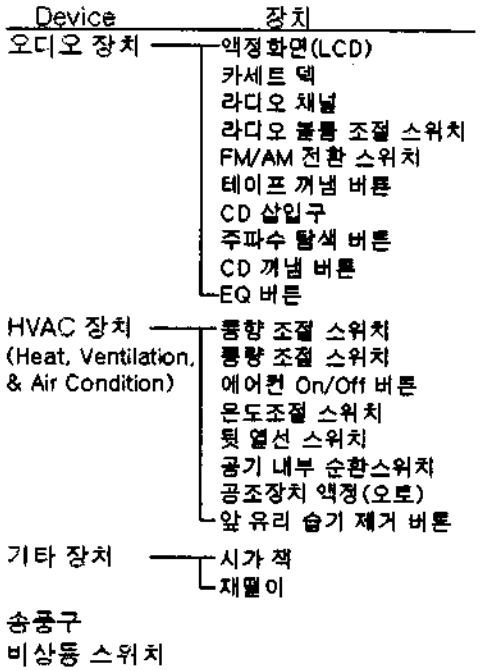


그림 5. 계층도의 예

우선 실험 차량별 공통 장치들과 개인별 Sketch 장치들에 대한 위치 분석을 실시하였다. 절대위치 정확도는 Sketch map상의 IP형태와 실험차량의 IP형태간 절대위치를 검토하여 산출하였다. 그리고 상대위치 정확도는 우선 공통 장치들을 Device에 관한 계층으로 구분하고, 각 계층별 정확도를 비교하였다. 즉, 상위 계층은 Device별로, 하위 계층은 각 피험자가 작성한 Sketch map상의 장치들 중, 각 Device 내의 장치들로 구성된 계층도를 작성한 뒤, AHP(Analytic Hierarchy Process)분석과 동일한 프로세스로 각 장치 쌍들의 상대위치를 비교하였다. 본 연구에서 작성된 계층도의 예는 그림 5와 같다.

상대위치의 정확도 점수는 각 Device별 장치 쌍들의 쌍대 비교(상, 하, 좌, 우)를 한 후, 피험자별 쌍의 합계 대비 정확도 비율을 계산하였다. 그리고 여기에 Device별 상대위치(상, 하) 정확도 비율을 가중치 요인으로 곱하여 피험자별 상대위치 정확도 데이터를 계산하였다. 양자 중 0값이 발생하는 경우를 방지하기 위해 정확도 비율과 가중치에 모두 각각 0.1을 가산해주었으며, 계산된 최대치가 1이 되도록 하기 위해 상수항을 곱해주었다. 또한 공통 장치들의 개수에 따른 정확도 데이터의 편중을 방지하기위해 실험 차량별 전체 공통 장치 개수를 기준으로 한 평활 지수를 곱해주었다. 본 연구에서 제안하고 사용한 상대위치 정확도 점수를 계산하는 식은 식 (1)과 같다.

$$CS=\left\{\left(\frac{\sum I_{iC}}{P_{iC}}+0.1\right)\cdot w_i\right\}\cdot \alpha\cdot\frac{N_{iC}}{N} \quad (1)$$

where

CS : 정확도 점수

i : i번째 피험자

wi : i번째 피험자의 가중치 계수

$$w_i=\frac{\sum I_{iD}}{P_{iD}}+0.1$$

ΣI_{iC} : i 번째 피험자의 장치 쌍에 대한 상대위치 정확도 Index(0 or 1) 합

ΣI_{iD} : i 번째 피험자의 Device 쌍에 대한 상대위치 정확도 Index(0 or 1) 합

P_{iC} : i 번째 피험자의 전체 장치 쌍 개수

P_{iD} : i 번째 피험자의 전체 Device 쌍 개수

N_{iC} : i 번째 피험자의 공통 장치 개수

N : 실험 차량별 전체 공통 장치 개수

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

a : 상수항 (1/1.21)

이와 같은 방법으로 계산된 두 실험 차량에 대한 절대위치 및 상대위치 정확도 점수는 표 2와 같다.

표 2. 절대위치 및 상대위치 정확도 점수

	B 실험 차량		H 실험 차량	
피험자	절대	상대	절대	상대
1	0.1	0.143	0.3	0.226
2	0.5	0.092	0.867	0.400
3	0	0.018	0.182	0.014
4	0.588	0.305	0.667	0.397
5	0.7	0.169	0.5	0.153
6	0	0.004	0.2	0.047
7	0.313	0.350	0.5	0.403
8	0.286	0.235	0.563	0.358
9	0.417	0.160	0.769	0.303

다음으로 두 실험 차량 간 절대위치 및 상대위치 정확도 점수들에 차이가 있는지를 검증하기 위해 T-test를 수행하였다. 분석 결과는 표 3에서 보는바와 같이 유의수준 0.05에서 절대 및 상대 위치 모두에 대해 유의한 차이를 보이며, B실험 차량 보다 H실험 차량에 대한 절대 및 상대위치 정확도 점수가 높게 산출되어 있는 것을 볼 수 있다. 즉, 피험자들의 인지지도 형상이 B실험 차량보다 H실험 차량에 더 유사하다는 것을 알 수 있다.

2.2.3 정신적 작업부하 점수 계산

다음으로 RNASA-TLX를 사용한 정신적 작업부하 점수를 계산하였다. 정신적 작업부하는 실험 계획 및 방법에서 언급한 바와 마찬가지로 B실험 차량으로 20km구간 주행 후 측정하고, 24시간 이상 경과한 후에 H실험 차량으로 20km구간 주행 후 다시 측정하였다. 주행 중에는 피험자의 이차과제 수행을 유도하기 위해 Verbal protocol을 사용하여 자극 제시에 대한 반응 과제를 수행하도록 실험을 진행하였다. 정신적 작업부하 측정 데이터는 9명 피험자 모두에 대하여 일관성 있는 것으로 계산되었으므로 모든 피험자들의 데이터를 분석에 사용하였다. 각 피험자들의 척도별 정신적 작업부하와 Mean WWL(Mean Weighted Workload) 점수는 그림 6, 그림 7과 같다. 그리고 Mean WWL 점수의 실험 차량 간 비교는 그림 8과 같다.

다음으로 실험 차량에 따른 정신적 작업부하의 정도가 차이가 있는지를 검토하기 위해 6개의 척도와 Mean WWL에 대하여 각각 T-test를 사용하여 분석해 보았다. 분석은 B

표 3. 위치 분석에 대한 T-test 결과

		평균	분산	관측수	t 통계량	P(T<=t)	t기각치
절대위치	H차량	0.505	0.059	9	3.235	0.006	1.860
	B차량	0.323	0.064	9			
상대위치	H차량	0.256	0.024	9	2.837	0.011	1.860
	B차량	0.164	0.014	9			

(α=0.05, 단측 검정)

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

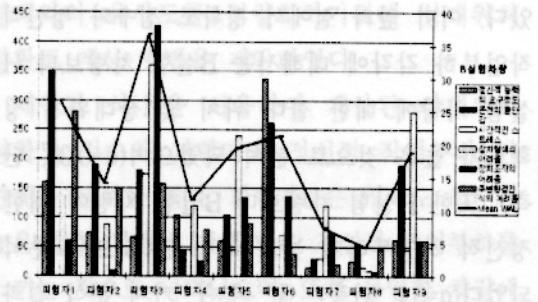


그림 6. B실험 차량에 대한 정신적 작업부하

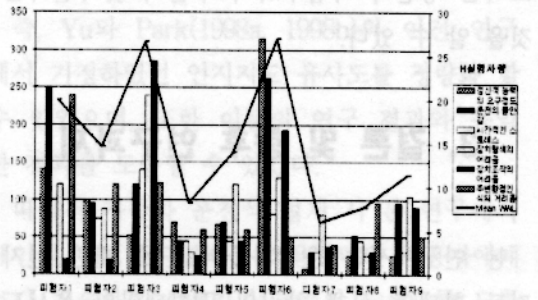


그림 7. H실험 차량에 대한 정신적 작업부하

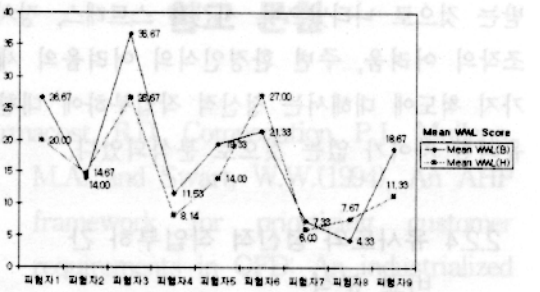


그림 8. Mean WWL 점수의 차량 간 비교

실험 차량에 대한 정신적 작업부하가 H차량보다 높은지를 검증하기 위해 유의수준 0.1에서 단측 검정을 하였다. 분석 결과는 표4와 같다. 표4에서 보는바와 같이 피험자들은 B차량에 대하여 H차량보다 더 높은 정신적 작업부하를 받는 것으로 분석되었다. 이를 각 척도별로 살펴보면, 정신적 능력의 요구정도, 운전의 불안감, 장치 탐색의 어려움의 세 가지 척도에 대하여 B차량에서 더 큰 정신적 작업부하를

표 4. 정신적 작업부하에 대한 T-test 결과

척 도	실험 차량	평균	분산	관측수	t 통계량	P(T<=t)	t기각치
1.정신적 능력의 요구정도	B	100.833	9695.313	9	1.730	0.061	1.397
	H	89.167	8848.438	9			
2.운전의 불안감	B	156.111	11672.05	9	2.834	0.011	1.397
	H	113.333	7354.688	9			
3.시간적인 스트레스	B	50.556	2477.778	9	-0.554	0.297	1.397
	H	54.583	1610.938	9			
4.장치탐색의 어려움	B	159.722	12494.44	9	2.196	0.030	1.397
	H	104.167	4031.25	9			
5.장치조작의 어려움	B	104.167	16979.69	9	1.017	0.169	1.397
	H	82.778	8808.507	9			
6.주변 환경 인식의 어려움	B	102.5	6664.063	9	0.966	0.181	1.397
	H	92.917	4000.781	9			
Mean WWL	B	17.762	99.357	9	1.559	0.079	1.397
	H	15.052	62.693	9			

(α=0.1, 단측 검정)

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

받는 것으로 나타났으며, 시간적 스트레스, 장치 조작의 어려움, 주변 환경인식의 어려움의 세 가지 척도에 대해서는 정신적 작업부하에 대한 유의한 차이가 없는 것으로 분석되었다.

2.2.4 유사도와 정신적 작업부하 간 비교 분석

이와 같은 방법으로 계산된 유사도 점수와 정신적 작업부하 점수를 사용하여, 이 들 간의 상관관계를 분석해 보았다. 즉, 운전자의 인지지도 내에 각인되어 있는 IP형태와 운전하는 차량의 IP형태의 유사도에 따라 정신적 작업부하가 어떻게 변화하는지를 분석해 보았다.

우선, 각 실험 차량별로 위치 정확도와 RNASA-TLX척도 점수와의 상관계수를 계산해 보았다. 계산 결과는 표5에서 보는 바와 같이 두 실험 차량 모두에 대해 위치 정확도와 정신적 작업부하 점수 간에는 음의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 즉, 동일한 차량에 대해서도 피험자들의 인지지도내의 IP형태와의 유사성이 높을수록 정신적 작업부하가 낮아지는 양상을 보이고 있는 것이다.

다음으로는 실험 차량간의 위치 정확도와 RNASA-TLX척도 점수와의 관계를 살펴보았다. 이미 앞의 절에서 정확도 점수와 정신적 작업부하 각각에 대해서는 B실험 차량보다 H실험 차량에 대한 절대 위치 및 상대위치 정확도가 높은 것으로 분석 되었으며(α=0.05, 단측), 또한 H실험 차량보다 B실험 차량에 대한 정신적 작업부하가 높게 측정 된 것으로 분석되었다(α=0.1, 단측). 즉, 이 두 가지 분석 결과들을 살펴보면, 피험자들의 인지지도 형태와 보다 유사한 H실험 차량에 대하여 피험자들이 느끼는 정신적 작업부하의 수준이 낮아진다는 것을 알 수 있다.

3. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 운전자들의 IP에 대한 인지지도 형태와 실제 차량의 IP형태와의 유사도에 따라 운전 1차, 2차 직무를 수행함에 있어서의 정신적 작업부하가 어떤 관계를 가지는지에 대해 연구를 수행하였다. 인지지도 추출을 위해 Yu와 Park(1999)의 연구에서 제안된 SMM을 사용하였으며, 정신적 작업부하의 측정을 위해서는 Yu와 Park(1998b)의 RNASA-TLX의 변형 모델을 사용하였다. SMM을 통해 추출된 인지지도형태와 실험 차량의 실제 IP

표 5. 위치정확도 점수와 RNASA-TLX 척도 점수들 간의 상관 계수 값

실험차량	위치 비교	RNASA-TLX 척도						
		척도1	척도2	척도3	척도4	척도5	척도6	Mean WWL
B	절대 위치	-0.490	-0.547	-0.311	-0.041	-0.499	-0.240	-0.509
	상대 위치	-0.570	-0.721	-0.513	-0.315	-0.562	-0.350	-0.744
H	절대 위치	-0.476	-0.608	-0.329	-0.628	-0.653	-0.266	-0.718
	상대 위치	-0.522	-0.608	-0.564	-0.832	-0.824	-0.120	-0.888

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

형태와의 유사도를 정량화하기위해 상대위치 정확도 계산 방법을 제안하였다.

제안된 식(1)을 사용하여 계산된 상대위치 정확도 점수와 피험자의 정신적 작업부하 간 관계를 분석한 결과, 피험자들은 정확도 점수가 높은 실험 차량에 대해 낮은 정신적 작업부하를 느끼는 것으로 나타났으며, 또한 동일한 차량에 대해서도 정확도 점수가 높은 피험자가 낮은 정신적 작업부하를 느끼는 경향이 있는 것으로 나타났다.

즉, Yu와 Park(1998a, 1998b)의 이전 연구에서 가정하였던 인지지도 유사도를 정량화 할 수 있었으며, 또한 이들의 연구 결과와 동일한 결과를 도출할 수 있었다.

따라서 자동차 운전석 설계 시 본 연구에서 제안된 방법 및 결과를 적용한다면 사용자에게 보다 친숙하고 사용자가 최적의 수행도를 도출할 수 있는 인터페이스를 설계 하는데 도움이 될 수 있을 것이라 사료된다. 또한 본 연구 결과를 확장하여 생각한다면, 다른 HMI (Human-Machine Interface) 설계에도 적용 가능할 것으로 여겨진다.

향후, 본 연구 결과의 실질적인 응용을 위해 보다 많은 피험자들에 대한 실험을 통한 데이터 베이스의 구축이 필요하며, 다른 인지지도 추출 방법론과의 연계 방안에 대한 연구가 요구된다. 또한 본 연구에 사용된 RNASA-TLX가 주관적 보고에 의한 정신적 작업부하 측정 방법이므로, 이와 병행하여 객관적 방법에 의한 정신적 작업부하 측정 결과와의 관계에 대한 연구도 수행되어야 할 것이다.

참고 문헌

Armacost, R.D., Componation, P.J., Mullens, M.A. and Swart, W.W.(1994), An AHP framework for priortizing customer requirements in QFD: An industrialized housing application, *IIE Transactions*, 26(4), pp.72-79.

Graesser, A.C. and Marks, W.(1993), Models that simulate driver performance with hand control, In Peacock, B. and Karwowski, W.(Eds.), *Automotive Ergonomics*, pp.383-399.

Griffin, D.R.(1973), Topographical Orientation, In Downs, R.M. and Stea, D. (Eds.), *Image and Environment*, Aldine Publishing Co., Chicago, pp.296-299.

Hart, S.G. and Staveland, L.E.(1988), Development of NASA-TLX(Task Load Index): Results of empirical and theoretical research, In Hancock, P.A. and Meshkati, N.(Eds.), *Human Mental Workload*, Amsterdam: North-Holland, pp.139-138.

Neisser, U.(1976), *Cognition and Reality*, WH Freeman, San Francisco.

Saaty, T.L.(1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.

Singley, M.K. and Andersen, J.R.(1989), *The transfer of cognitive skill*, Cambridge, MA: Harvard University Press.

Stevens, A. and Coupe, P.(1978), Distortions

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

in judged spatial relations, *Cognitive Psychology*, 10, pp.422-437.

Yoon, S.Y., Yi, G.H. and Kim, J.Y.(1998), The Effects of Secondary Task on Driving Performance and Subjective Workload, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 21(45), pp.145-154.

Yu, S.D. and Park, P.(1997), The Study of Object Selection for Human-Vehicle Interaction, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 20(44), pp.463-473.

Yu, S.D. and Park, P.(1998a), A Study of the Time Prediction with Hand Control in Vehicle, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 24(2), pp.199-209.

Yu, S.D. and Park, P.(1998b), A Study of the Relationship between the Time to implement of Driving Secondary Task and Mental Workload to Standardness of Cockpit, *Korean Journal of Cognitive Science*, 9(4), pp.95-106.

Yu, S.D. and Park, P.(1999), A Study of the Measurement of Driver's Cognitive Map on Instrument Panel, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 18 (2), pp.35-45.

Yu, S.D. and Park, P.(2000a), The study of the extraction of middle-aged driver's cognitive map on the Instrument Panel and comparison with the real vehicle, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 23(61), pp.1-11.

Yu, S.D. and Park, P.(2000b), A Study of the Formulating Cognitive Map about the Center Fascia and the Difference between Two Age Groups, *Proceedings of CSEPC2000 (Cognitive Systems Engineering in Process Control)*, pp.71 -78.

Yu, S.D. and Park, P.(2000c), A study for the development of Blind-Pointing Method to extract driver's cognitive map on Instrument Panel, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 26(1), pp.9-16.

저자 소개

◈ 유승동

아주대학교 산업공학과에서 학사와 석사 학위를 취득했으며, 동대학원에서 박사과정을 수료했다. 주요 관심분야는 인간공학, 인지공학, HCI, HMI 등이다.

◈ 박 범

현재 아주대학교 기계 및 산업공학부 산업정보시스템공학전공 부교수로 재직 중이며, 아주대학교 산업공학과에서 학사, Ohio University에서 석사, Iowa State University에서 박사학위를 취득하였다.

논문접수일 (Date Received): 2002/5/14
논문게재승인일(Date Accepted): 2002/9/10

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.