■ 研究論文

Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 13, No.1, 1994

자극의 종류와 반응방법이 선택반응에 미치는 영향에 관한 연구

Effects of stimuli and reaction methods on error rate and time of choice reaction

장 성 록*

Abstract

Automation and mechanization of work make people put the machine into operation and control the state of operation. In the process of those works, they are apt to have accidents caused by their carelessness. To reduce such accidents, we can practice "TOUCH & CALL", which is to indicate and ascertain the dangerous parts at every process before performing tasks.

The objectives of this study are to examine the effects of S-R compatibility and to show quantitatively the efficiency of TOUCH & CALL.

The results show that:

1. Reaction time in case of indicating with fingers and shouting is slightly longer (0.138sec.~ 0.279sec.) than that of responding only visually. However, the error rate decreases by 1/3.3 ~ 1/4.2 times. From this, it is considered to verify quantitative estimation on multiple feedback of TOUCH & CALL.

2.In the stimulus-response relation aspect, numeric stimulus-numeric response shows lower error rate (0.033%~0.133%) than any other stimulus-response relation, and shorter reaction time is proven (0.556sec.~ 0.835sec.). These data suggest that having the order of stimulus-response arranged in accordance with the experimental knowledges and conceptional compatibility can bring down the error rate considerably.

1. 연구의 필요성 및 목적

인간과 기계와의 관계는 최근 급격히 변화하여 왔다. 옛날에는 인간의 직접적인 육체적 노동이 주류를 이루었으나 특히 작업의 기계화, 자동화 추세는 인간 기계 체계에서 인간의 개입 성격을 변화시켰고 인간의 기여는 기계의 운전과 보전에 좀더 기울어져서

* 부산공업대학교 산업안전공학과

운전자의 상당한 시간이 기계를 감시하고 제어하거나 검사를 하는 정신적 작업으로 변하게 되었다. 즉, 현대의 인간 기계 체계에서는 인간이 처리해야 하는 정보의 양이 급격히 늘어나고 있다. 예를 들면 항공기의 조종석, 레이더, 자동차의 계기판, 제철소, 발전소의 조종실(control room)에서의 인간의 역할은 모니터 감시 및 조종기기의 조작으로 기울어지고 있다.

이러한 인간 기계 체계에서의 인간의 실수는 정보의 감지, 처리, 행동기능에서 자주 발생한다. 특히 체계가 복잡해질 수록 인간 실수의 확률이 커지고, 그 결과의 심각성은 더욱 커지고 있다. 예를 들면 밸브 오조작은 흔하게 일어나며, 간혹 이러한 실수로 인해서 TMI 원전 방사능 누출사고 등과 같은 대형 재해를 초래하기도 했다.

산업재해를 예방하기 위한 무재해 운동의 일환인 지적확인 운동은 사람이 작업중에 일으키기 쉬운 부주의, 착각, 서두름 등으로 인한 오판단 및 오조작이 없이 작업을 안전하게 수행하기 위하여 작업 공정의 요소 요소에서 자신의 행동을 하기 전에 작업대상을 지적하면서 큰소리로 확인하는 것이다. 다시 말하여 지적확인 운동은 인간의 눈이나 귀 등 오관의 감각기능을 총동원하여 작업의 정확성과 안전을 확인하는 것이다[1,2,3].

인간의 반응시간과 재해는 매우 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다. 일본 국철선로 보수공사자의 사고분석에 의하면, 10년이상 근무한 근로자를 대상으로 단순반응 실험을 한 결과 반응시간 및 실수율이 재해경험과 관계가 있으며, 기관차 운전자를 대상으로 선택반응에 대한 실험을 한 결과 선택 반응시간이 0.55초 이상인 경우 사고율이 비교적 높은 것으로 밝혀졌다[4,5,6]. 이들 분석에 따르면 단순반응시간, 선택반응시간 및 실수율이 산업재해에 영향을 미치는 것으로 판명되었다. 이러한 반응 시간에 영향을 미치는 요인은 일반적으로 자극의 종류 및 강도, 자극과 반응의 양립성, 반응의 방법, 예상 효과 등을 들 수 있다[7,8].

본 연구에서는 모니터 감시 및 조종장치 조작시 제공되는 정보의 형태와 반응 방법에 따른 인간 실수율의 변화를 평가하고 인간의 실수를 줄이기 위한 지적확인의 효과를 계량적으로 측정하는데 목적이 있으며 연구의 대상이 되는 자극의 종류에 따른 선택반응시간과 실수율 변화를 파악하므로써 작업의 특성이 반영된 조건하에서 실수율을 최소로 하는 안전작업방법을 설계 하는데 기여하고자 한다.

2. 실험 설계

2-1. 실험 변수

본 연구에서의 실험변수는 독립 변수과 종속 변수로 구분되며 Table 1과 같다.

Table 1. Experimental variables

독립 변수	종속 변수
자극 - 반응관계	실수율
반응 방법	반응시간

2-1-1. 독립 변수

본 실험에서의 독립 변수는 자극-반응관계와 반응방법으로 구성된다.

자극-반응관계

자극-반응관계에 있어서는 ① 형태자극 - 순서반응, ② 형태자극 - 형태반응, ③ 숫자자극 - 순서반응, ④ 숫자자극 - 형태반응으로 구성되며, 그 세부 내용은 다음과 같다.

① 형태자극 - 순서반응

모니터에 ♠ ◆ ♥ ♣ 처럼 그림(형태)으로 무작위로 피실험자에게 시각적으로 자극

을 주면 피실험자는 반응키의 순서 (♠- 1번키, ◆- 2번키, ♥- 3번키, ♣- 4번키)대로 반응하는 것을 말한다.

② 형태자극 - 형태반응

모니터에 ♠ ◆ ♥ ♣ 처럼 그림(형태)으로 무작위로 피실험자에게 시각적으로 자극을 주면 피실험자는 무작위로 배열되어진 ♠ ◆ ♥ ♣ 모양을 부착한 반응키를 보면서 반응하는 것을 말한다.

③ 숫자자극 - 순서반응

모니터에 1 2 3 4의 숫자가 무작위로 나타나서 피실험자에게 시각적으로 자극을 주면 피실험자는 숫자에 대응하는 반응키의 순서 (1- 1번키, 2- 2번키, 3- 3번키, 4- 4번키)대로 반응하는 것을 말한다.

④ 숫자자극 - 형태반응

모니터에 1 2 3 4의 숫자가 무작위로 피실험자에게 시각적으로 자극을 주면 피 실험자는 1 2 3 4의 숫자를 무작위로 배열한 반응키를 보면서 반응하는 것을 말한다.

반응방법

반응방법은 ①신호를 시각적으로만 감지하여 반응, ②신호를 시각적으로 감지하고 손가락으로 지적하면서 반응, ③신호를 시각적으로 감지하고 소리를 내면서 반응, ④신호를 시각적으로 감지하고 손가락으로 지적하고 소리를 내면서 반응하는 4가지로 구성되며, 그 세부내용은 다음과 같다.

① 반응방법 1 : 신호를 시각적으로만 감지하여 반응하는 것은 모니터에서 나타나는 그림 또는 숫자를 보고 그 그림 또는 숫자에 대한 반응키를 누르는 것을 말한다.

② 반응방법 2 : 신호를 시각적으로 감지하고 손가락으로 지적하면서 반응하는 것은 모니터에서 나타나는 그림 또는 숫자를 보고 그 그림 또는 숫자를 팔을 쭉 뻗어 손가락으로 지적한다음 반응키를 누르는 것을 말한다.

③ 반응방법 3 : 신호를 시각적으로 감지하고 소리를 내면서 반응하는 것은 모니터에서 나타나는 그림 또는 숫자를 보고 그 그림 또는 숫자를 큰 소리로 확인하면서 반응키를 누르는 것을 말한다.

④ 반응방법 4 : 신호를 시각적으로 감지하고 손가락으로 지적하고 소리를 내면서 반응하는 것은 모니터에서 나타나는 그림 또는 숫자를 보고 그 그림 또는 숫자를 팔을 쭉 뻗어 손가락으로 지적하고 큰 소리로 확인하면서 반응키를 누르는 것을 말한다.

2-1-2. 종속 변수

본 실험에서의 종속 변수는 실수율(error rate)와 반응시간(reaction time)으로 구성된다.

실수율(error rate)

본 실험에서의 반응 실수는 모니터에서 제시되는 자극과 약속된 반응키를 잘 못 누르거나, 2초 이상 반응하지 못 했을 경우로 정의하였다. 대안이 4개인 선택반응의 예비실험결과 최대가 0.95초인 것으로 나타났다. 따라서 실험설계시 자극의 제시간격을 2초로하고, 2초이상 반응하지 못한 경우는 실수로 처리하도록 하였으나 2초가 경과하도록 반응하지 못한 경우는 훈련시에만 나타났다. 실수율은 실험 실시간에 즉시 분석이 가능하도록 실험 설계를 하였다. 반응실수에 대한 기준은 제시된 자극과 반응키와의 일치하는가에 있으므로 자극을 제시하였을 때 시각적으로만 감지하고 소리를 내면서 반응시와 시각적으로 감지하고 손가락으로 지적하고 소리를 내면서 반응시에 자극과 일치하지 않게 소리를 내고 반응키는 올바르게 누르는 것에 대하여는 실수로 잡지 못하는 제한점이 있다.

반응시간(reaction time)

반응시간은 모니터에 자극으로 그림 또는 숫자가 나타나는 시간부터 반응키를 누른 시간으로 정의하였다. 여기에서 피실험자는 2초안에 감지하여 반응하여야 하며 반응키를

눌렀을 때 실시간에 즉시 반응시간들을 분석 가능하도록 프로그램하였다.

2-2. 실험 방법

2-2-1.실험기기 및 피실험자

본 연구에서 사용되는 실험기기는 개인용 컴퓨터, 반응키, 인터페이스 카드로 구성되며, 모니터에서 자극을 무작위로 제공하도록 하고, 자극을 감지한 피실험자가 외부 반응키를 누르도록 하여 실험을 수행하였다. 개인용 컴퓨터의 모니터를 이용하여 자극을 제공하는 것은 software의 문제이므로 프로그램으로 해결하였다. 그러나 반응의 경우 사람이 실수율을 측정하는 과정에서 오류가 발생할 가능성이 있고, 반응시간을 스톱워치로 측정하는 것도 무리다. 예비 실험 결과 선택반응시간은 자극의 종류와 반응 방법에 따라 0.4~0.95초 정도로 나타났다. 정상적인 사람이 스톱워치를 누를 때 나타나는 오차시간은 0.2초 가량된다. 따라서 본 연구에서는 반응시 실수와 반응시간을 프로그램을 이용하여 반응키에서 직접 받아 들일 수 있도록 인터페이스 카드를 개발하여 이용하였다. 이를 통하여 실험의 종료와 동시에 실수율과 반응시간을 분석할 수 있도록 하였다[9].

본 실험의 피실험자는 시각, 청각 및 운동 기능 등 신체장애가 없는 20~27세의 대학생 30명(남자 21명, 여자 9명)으로 구성였으며 자극과 반응관계를 암기하고 400회씩 반복 연습한 후 본 실험에 투입되도록 하였다.

2-2-2. 실험계획

본 연구는 자극의 종류와 반응방법에 따라 모니터에서 발생하는 자극을 보고 피실험자가 선택반응할 때 생기는 인간의 실수율과 반응시간의 변화를 분석하고자 한다. 즉, 모니터에서 발생시키는 자극-반응의 관계별로 반응방법을 변화시키면서 실험을 수행할 때 피실험자의 실수율과 선택반응시 소요되는 시간을 측정한다. 실험의 편이성을 위하여 개인용 컴퓨터 모니터에서 자극을 발생시키고, 제작된 반응키를 누르도록 하여 실수율과 반응시간을 실시간에 수집하고 즉시 분석이 가능하도록 실험설계를 하였다.

본 연구의 실험 방법은 자극-반응 관계에 따라 형태자극과 순서반응, 형태자극과 형태반응, 숫자자극과 순서반응, 숫자자극과 형태반응의 4가지 종류로 하였고 반응방법은 지적확인의 실효성 및 다중 궤환에 대한 정량적 평가를 위하여 독립변수에서 언급한 반응방법과 같은 4가지 방법으로 실시하였다. 자극-반응관계와 반응방법별 실험은 2요인 모수모형설계로 실험순서는 난수표를 이용하여 무작위로 배치하였고, 피실험자는 16가지의 실험에 대하여 각 100회씩 반복하여 실시하였다. 실수율은 100회 실험시 실수 수를, 반응시간은 100회 실험의 평균시간을 실험결과로 이용하였다.

3. 실험 결과

본실험은 자극-반응관계, 반응방법의 두 가지 요인에 대한 모수모형설계를 이용하였다. 그러나 본실험의 결과에 영향을 미치는 요인은 피실험자, 자극의 종류, 반응의 종류, 반응방법의 4가지이다. 따라서 이들이 실수율과 반응시간에 미치는 영향을 파악하기 위하여 반복이 없는 4원배치의 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며 Table 2에 분석결과를 정리하였다. 분산분석 결과 피실험자, 자극의 종류, 반응의 종류, 반응방법이 선택반응의 실수율과 반응시간에 영향을 미치며($p<0.01$), 자극의 종류와 반응의 종류의 교호작용이 실수율($p<0.01$)과 반응시간($p<0.05$)에 영향을 미치는 것으로 판명되었다.

Table 2. ANOVA table

	source	df	SS	MS	F	p
	피실험자(A)	29	25.0438	0.8636	3.17	0.000
	자극의 종류(B)	1	2.0021	2.0021	7.36	0.008
	반응의 종류(C)	1	4.2187	4.2187	15.50	0.000
실	반응방법(D)	3	11.5229	3.8410	14.11	0.000
	A * B	29	21.8104	0.7521	2.76	0.000
	A * C	29	8.8437	0.3050	1.12	0.335
수	A * D	87	29.1646	0.3352	1.23	0.167
	B * C	1	1.5187	1.5187	5.58	0.020
	B * D	3	1.5729	0.5243	1.93	0.131
율	C * D	3	0.9563	0.3187	1.17	0.326
	A * B * C	29	8.7937	0.3032	1.11	0.342
	A * B * D	87	25.3646	0.2915	1.07	0.375
	A * C * D	87	18.7313	0.2153	0.79	0.862
	B * C * D	3	0.7563	0.2521	0.93	0.432
	Error	87	23.6812	0.2722		
	Total	479	183.9812			
	피실험자(A)	29	3.85833	0.133.5	30.51	0.000
	자극의 종류(B)	1	0.90152	0.90152	206.76	0.000
	반응의 종류(C)	1	0.12859	0.12859	29.49	0.000
반	반응방법(D)	3	4.53553	1.51184	346.74	0.000
	A * B	29	0.76320	0.02632	6.04	0.000
	A * C	29	0.32179	0.01110	2.54	0.000
응	A * D	87	1.488.6	0.01710	3.92	0.000
	B * C	1	0.03035	0.03035	6.96	0.010
	B * D	3	0.22803	0.07601	17.43	0.000
시	C * D	3	0.03433	0.01144	2.62	0.056
	A * B * C	29	0.16367	0.00564	1.29	0.180
	A * B * D	87	0.59145	0.00680	1.56	0.000
간	A * C * D	87	0.42438	0.00488	1.12	0.301
	B * C * D	3	0.00184	0.00061	0.14	0.935
	Error	87	0.37933	0.00436		
	Total	479	13.85037			

자극-반응관계와 반응방법이 실수율과 반응시간에 미치는 영향을 평가하기 위하여 30명의 피실험자가 수행한 실험결과의 평균치를 이용하였다. 또 이들의 유의성을 검증하기 위하여 t-test를 이용하였다. 자극-반응 관계가 일정할 때 반응방법별 반응시간과 실수율에 대한 차이의 유의성을 검정하고, 반응방법이 일정할 때 자극-반응 관계에 따른 반응시간과 실수율에 대한 차이의 유의성을 검증하였다.

자극-반응관계와 반응방법에 따른 실수율과 반응시간은 Table 3, 4와 같다.

Table 3. Error rate(%)

		자극 - 반응관계			
		형태 - 순서	형태 - 형태	숫자 - 순서	숫자 - 형태
반응방법	반응방법 1	0.667	0.733	0.133	0.700
	반응방법 2	0.333	0.433	0.100	0.333
	반응방법 3	0.133	0.267	0.100	0.367
	반응방법 4	0.200	0.200	0.033	0.167

Table 4. Reaction time(sec.)

		자극 - 반응관계			
		형태 - 순서	형태 - 형태	숫자 - 순서	숫자 - 형태
반응방법	반응방법 1	0.680	0.719	0.556	0.638
	반응방법 2	0.824	0.824	0.824	0.827
	반응방법 3	0.726	0.740	0.587	0.635
	반응방법 4	0.929	0.938	0.804	0.843

3-1. 자극-반응 관계에 따른 실험결과

3-1-1.형태자극-순서반응 실험시 반응 방법별 실수율과 반응시간

형태자극-순서반응에서 실수율은 반응방법 1 (0.667%), 반응방법 2 (0.333%), 반응방법 4 (0.200%), 반응방법 3 (0.133%)의 순으로 나타났으며, 각 반응방법을 비교하였을 때 반응방법 1-반응방법 3, 반응방법 1-반응방법 4의 실수율 차이는 통계적으로 유의하였으나 다른 반응방법들의 실수율 비교에서는 통계적으로 유의하지 않았다.

반응시간을 보면 반응방법 4 (0.929초), 반응방법 2 (0.824초), 반응방법 3 (0.726초), 반응방법 1 (0.680초)순으로 나타났으며, 각 반응방법을 비교하였을 때 반응방법 1-반응방법 2, 반응방법 1-반응방법 4, 반응방법 2-반응방법 3, 반응방법 2-반응방법 4, 반응방법 3-반응방법 4의 반응시간의 차이는 통계적으로 유의하였으나 다른 반응방법들의 반응시간 비교에서는 통계적으로 유의하지 않았다.

시각적으로만 자극을 받아 그냥 반응하였을 때의 실수율은 지적확인을 하였을 때의 실수율보다 3.3배정도 크게 나타났으며, 반응시간은 물론 반응 동작이 많은 지적확인이 0.249초 정도 길게 나타났다.

3-1-2. 형태자극 - 형태반응 실험시 반응 방법별 실수율과 반응시간

형태자극-형태반응에서의 실수율은 반응방법 1 (0.733%), 반응방법 2 (0.433%), 반응방법 3 (0.267%), 반응방법 4 (0.200%)의 순으로 나타났으며, 각 반응방법을 비교하였을 때 반응방법 1-반응방법 3,반응방법 1-반응방법4의 실수율 차이는 통계적으로 유의하였으나 다른 반응방법들의 실수율 비교에서는 통계적으로 유의하지 않았다.

반응시간에서는 반응방법 4 (0.938초), 반응방법 2 (0.829초), 반응방법 3 (0.740초), 반응방법 1 (0.719초)의 순으로 나타났으며, 각 반응방법을 비교하였을 때 반응방법 1-반응방법 2, 반응방법 1-반응방법 4, 반응방법 2-반응방법 3, 반응방법 2-반응방법 4, 반응방법 3-반응방법 4의 반응시간 차이는 통계적으로 유의하였으나 다른 반응방법들의 반응시간 비교에서는 통계적으로 유의하지 않았다.

시각적으로만 자극을 받아 반응하였을 때의 실수율은 지적확인을 하였을 때의 실수율보다 3.7배 정도 크게 나타났으며 반응시간은 물론 반응시 동작이 많은 지적확인이 0.219초 정도 길게 나타났다.

3-1-3. 숫자자극 - 순서반응 실험시 반응 방법별 실수율과 반응시간

숫자자극-순서반응에서의 실수율은 반응방법 1 (0.133%), 반응방법 2 (0.100%), 반응방법 3 (0.100%), 반응방법 4 (0.033%)순으로 나타났으며, 각 반응방법을 서로 비교하여 볼 때 실수율의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다.

반응시간에서는 반응방법 2 (0.824초), 반응방법 4 (0.804초), 반응방법 3 (0.587초), 반응방법 1 (0.556초)의 순으로 나타났으며, 각 반응방법을 비교하였을 때 반응방법 1-반응방법 2, 반응방법 1-반응방법 4, 반응방법 2-반응방법 3, 반응방법 3-반응방법 4의 반응시간 차이는 통계적으로 유의하였으나 다른 반응방법들의 반응시간 비교에서는 통계적으로 유의하지 않았다.

시각적으로만 반응하였을 때의 실수율은 지적확인을 하였을 때의 실수율이 4배 정도 크게 나타났으며, 반응시간은 지적확인을 하였을 때 0.248초 정도 길게 나타났다.

3-1-4. 숫자자극 - 형태반응 실험시 반응 방법별 실수율과 반응시간

숫자자극-형태반응에서의 실수율은 반응방법 1 (0.700%), 반응방법 3 (0.367%), 반응방법 2 (0.333%), 반응방법 4 (0.167%)순으로 나타났으며, 각 반응방법을 비교하였을 때 반응방법 1-반응방법 2, 반응방법 1-반응방법 4의 실수율 차이는 통계적으로 유의하였으나 다른 반응방법들의 실수율 비교에서는 통계적으로 유의하지 않았다.

반응시간에서는 반응방법 4 (0.843초), 반응방법 2 (0.827), 반응방법 1 (0.638초), 반응방법 3 (0.635초)의 순으로 나타났으며, 각 반응방법을 비교하였을 때 반응방법 1-반응방법 2, 반응방법 1-반응방법 4, 반응방법 2-반응방법 3, 반응방법 3-반응방법 4의 실수율 차이는 통계적으로 유의하였으나 다른 반응방법들의 반응시간 비교에서는 통계적으로 유의하지 않았다.

시각적으로만 반응하였을 때의 실수율은 지적확인을 하였을 때의 실수율이 4.2배 정도 크게 나타났으며 반응시간은 물론 반응동작이 많은 지적확인이 0.205초 정도 길게 나타났다.

3-2. 반응방법에 따른 실험결과

3-2-1. 반응방법 1에서의 자극-반응 관계별 실수율과 반응시간

반응방법 1 에서의 실수율은 형태자극-형태반응(0.733%), 숫자자극-형태반응(0.700%), 형태반응-순서반응(0.667%), 숫자자극-순서반응(0.133%)순으로 나타났으며, 각 자극-반응을 서로 비교하였을 때 형태자극-순서반응과 숫자자극-순서반응, 형태자극-형태반응과 숫자자극-순서반응, 숫자자극-순서반응과 숫자자극-형태반응의 실수율 차이는 통계적으로 유의하였으나 이외의 자극-반응들을 다른 자극-반응들과 비교하여 보았을 때 통계적으로 유의하지 않았다.

반응시간에서는 형태자극-형태반응(0.719초), 형태자극-순서반응(0.680초), 숫자자극-형태반응(0.638초), 숫자자극-순서반응(0.556초)순으로 나타났으며, 각 자극-반응을 서로 비교하였을 때 형태자극-순서반응과 숫자자극-순서반응, 형태자극-순서반응과 숫자자극-형태반응, 형태자극-형태반응과 숫자자극-순서반응, 형태자극-형태반응과 숫자자극-형태반응, 숫자자극-순서반응과 숫자자극-형태반응의 반응시간 차이는 통계적으로 유의하였으나, 형태자극-형태반응과 형태자극-순서반응을 서로 비교하여 보았을 때 통계적으로 유의한 차이는 나지 않았다.

3-2-2. 반응방법 2에서의 자극-반응 관계별 실수율과 반응시간

반응방법 2에서의 실수율은 형태자극- 형태반응(0.433%), 형태자극-순서반응(0.333%), 숫자자극-형태반응(0.333%)은 같게 나타났으며,숫자자극-순서반응(0.100%)순으로 나타났으며, 각 자극-반응을 서로 비교하였을 때 숫자자극-순서반응과 숫자자극-형태반응의 실수율 차이는 통계적으로 유의하였으나 이외의 자극-반응들을 다른 자극-반응들과 비교하여 보았을 때 통계적으로 유의하지 않았다.

반응시간에서는 형태자극-형태반응(0.829초), 숫자자극-형태반응(0.827초), 형태자극-순서반응(0.824초), 숫자자극-순서반응(0.824초)순으로 나타났으며, 각 자극-반응들을 다른 자극-반응들과 비교하여 보았을 때 통계적으로 유의하지 않았다.

3-2-3. 반응방법 3에서의 자극-반응 관계별 실수율과 반응시간

반응방법 3 에서의 실수율은 숫자자극-형태반응(0.367%), 형태자극-형태반응(0.267%), 형태자극-순서반응(0.133%), 숫자자극-순서반응(0.100%)순으로 나타났으며, 숫자자극-순서반응과 숫자자극-형태반응을 비교하여 보았을 때 통계적으로 유의하였으나, 이외의 조합에서는 통계적으로 유의하지 않았다.

반응시간에서는 형태자극-형태반응(0.740초), 형태자극-순서반응(0.726초), 숫자자극-형태반응(0.635초), 숫자자극-순서반응(0.587초)순으로 나타났으며, 반응시간에서는 형태자극-형태반응(0.719초), 형태자극-순서반응(0.680초), 숫자자극-형태반응(0.638초), 숫자자극-순서반응(0.556초)순으로 나타났으며, 각 자극-반응을 서로 비교하였을 때 형태자극-순서반응과 숫자자극-순서반응, 형태자극-순서반응과 숫자자극-형태반응, 형태자극-형태반응과 숫자자극-순서반응, 형태자극-형태반응과 숫자자극-형태반응, 숫자자극-순서반응과 숫자자극-형태반응의 반응시간 차이는 통계적으로 유의하였으나, 형태자극-순서반응과 형태자극-형태반응비교에서는 통계적으로 유의하지 않았다.

3-2-4. 반응방법 4에서의자극-반응 관계별 실수율과 반응시간

반응방법 4에서의 실수율은 형태자극-형태반응(0.200%), 형태자극-순서반응(0.200%)이 같게 나타났으며, 숫자자극-형태반응(0.167%),숫자자극-순서반응(0.033%)순으로 나타났으나, 각 자극-반응들을 다른 자극-반응들과 비교하여 보았을 때 통계적으로 유의한 차이가 나지 않았다.

반응시간은 형태자극-형태반응(0.938초), 형태자극-순서반응(0.929초), 숫자자극-형태반응(0.843초), 숫자자극-순서반응(0.804초)순으로 나타났으며, 형태자극-순서반응과 숫자자극-순서반응, 형태자극-순서반응과 숫자자극-형태반응, 형태자극-형태반응과 숫자자극-순서반응, 형태자극-형태반응과 숫자자극-형태반응의 반응시간 차

이는 통계적으로 유의하였으나, 이외의 조합에서는 통계적으로 유의하지 않았다.

4. 결론 및 토의

본 연구는 모니터 감시 및 조종장치 조작시 제공되는 정보의 형태(숫자, 그림)와 반응 방법에 따른 인간 실수율의 변화를 분석하여 인간의 실수를 줄일 수 있는 지적확인의 효과를 정량적으로 평가하기 위하여 시각, 청각, 운동 기능 등, 신체장애가 없는 20~27세의 대학생 30명(남자 21명, 여자 9명)을 대상으로 실시한 연구 결과는 다음과 같다.

1. 반응 방법면에서 시각적으로만 반응한 경우보다 손가락으로 지적하면서 소리를 내고 반응했을 경우에 반응시간은 증가(0.205초~0.279초)하나, 실수율은 감소(3.3배~4.2배)하였다. 이를 통하여 지적확인의 다중궤환에 대한 정량적 평가와 유의성을 검증한것으로 사료되며 지적확인을 함으로써 인간의 자극-반응의 실수율을 3.3배 ~ 4.2배 이하로 줄일 수 있는것으로 확인하였다.

2.자극-반응 관계에서 숫자자극-순서반응이 다른 자극-반응보다 모든 반응방법에서 실수율이 작고(0.033%~0.133%) 반응시간이 짧게(0.556초~0.804초) 나타난 것은 자극에 대한 반응의 순서를 지금까지 생활하고 학습하여 오면서 체득한 지식과 인간의 양립성에 어긋나지 않게 반응키를 배열해 놓고 반응하게 하므로써 실수율을 대폭 줄일 수 있는것으로 확인하였다[10].

본 연구 실험 방법과 상이하나 일본 철도노동과학연구소에서 실시한 지적확인에 대한 연구와 비교하여 보면 반응방법 1이 반응방법 4보다 실수율이 3배정도 높은 것으로 나타나는 것을 볼 수 있으며[3], 본 연구의 실험에서도 반응방법 1이 반응방법 4보다 실수율이 3.3 - 4.2배 정도 높은 것으로 나타났으므로 재현성에 있어서도 문제가 없는것 같다.

실수율 분석에서 반응방법 2와 반응방법 4에서 자극을 감지하여 반응시에 소리를 낼 때 자극과 일치하지 않는 소리를 내고 반응키는 자극과 일치하는 반응키로 반응하였을 때 잘 못된 소리도 실수로 잡아야 하나 본 실험에서는 실수로 잡지 못하는 제한점이 있다.

반응시간의 차이에 대한 분석시 동작시간을 제거하지 않았다. 본 연구에서 측정한 반응시간에는 동작시간이 포함되어 있는 것이다. 엄밀한 의미의 선택반응시간은 동작시간을 제거하여야 하나 본 실험에서는 반응시간의 절대적인 수치보다는 자극-반응 관계와 반응방법에 따른 소요 반응시간의 증감량에 관심이 있으며, 반응키의 위치 배열을 동일하게 실험을 수행하여 동작시간은 일정하므로 이러한 절차를 생략하였다.

실험의 분산분석 결과 자극의 종류, 반응의 종류, 반응방법, 자극-반응관계 등이 직무 수행도에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이를 이용하여 표시장치에서 제공하는 자극의 종류, 반응의 종류, 반응방법에 따른 시간 지연을 고려한 체계적이고 효율적인 표시장치와 조종장치의 인간공학적인 설계가 가능하며, 인간의 실수를 최소화하는 직무설계에도 기여할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 분산분석 결과 피실험자별로 실수율 및 반응시간의 차이가 현격한 것으로 분석되어 작업자의 적성을 고려한 적절한 직무배치는 재해의 주된 원인인 인간의 에러를 줄일 수 있는 방안이라는 것이 실험적으로 증명되었다.

참 고 문 헌

〔1〕 飯山雄次, "指差唱呼の效用-その科學的背景", 安全, 12號, 中央勞動災害防協會,1980.

〔2〕 佐藤隆, "危險の指差呼秤"は自己への警鍾, 危險豫知の實踐心理學", pp. 44-55, 東京, 勞動新聞社, 1986.

〔3〕 北川俊夫, "指差呼秤の必要性と有效性", 指差呼秤てセロ災害(1), 東京, 中央勞動災害防止協會, pp.14-19, 1988.

〔4〕 竹內常雄, "責任運轉事故와 心理 適性檢查", 鐵道勞動科學, Vol.29, pp. 127-135, 1975.

〔5〕 竹內常雄, "責任運轉事故와 心理 適性檢查(2)", 鐵道勞動科學, Vol. 30, pp. 219-225, 1976.

〔6〕 長塚 康弘, "事故頻度 : 疲勞および 單調感と 反應時間", 人間工學, Vol 21(2), pp. 71-79, 1985.

〔7〕 Wickens, C.D., D.L. Sandry and M. Vidulich, "Compatibility and resource competition between modalities of input, central processing and output", Human Factors, Vol. 25(6), pp. 227-252, 1983.

〔8〕 Wickens C.D., "Engineering psychology and human performance", pp. 331-340, Columbus, Charles E. Merrill Publishing Co., 1984.

〔9〕 장성록, 목연수, 이동훈, 전경원, "지적 확인활동의 정량적 평가", 한국산업안전학회지, Vol. 8, No. 3, pp. 73-77, 1993.

〔10〕 Fitts, P. and C. Seeger, "S-R compatlbility: spatial characteristics of stimulus and response codes" Journal of Experimental Psychology, Vol. 46, pp.199-210, 1953.