

지적확인활동의 정량적 평가 —모니터 자극에 대한 선택반응시 반응방법에 따른 실수율 변화—

Quantitative assessment of effects of TOUCH & CALL

— Effects of reaction method on choice reaction to monitor presented stimuli —

장 성 룯* · 목 연 수* · 이 동 훈* · 전 경 원**
S. R. Chang · Y. S. Mok · D. H. Lee · K. W. Chun

ABSTRACT

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

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

The results show that reaction time is longer(0.138-0.279sec.) in case of indicating with fingers and shouting than that of responding only visually. On the other hand, the error rate decreases by 3.3 times -7times. From this, it is considered to verify quantitative estimation on multiple feedback of TOUCH & CALL.

1. 서 론

인간기계 체계에서의 인간의 실수는 정보의 감지, 처리, 행동기능에서 자주 발생한다. 특히 체계가 복잡해 질 수록 인간 실수의 확률이 커지고, 그 결

과의 심각성은 더욱 커지고 있다. 예를 들어 밸브 오조작은 흔하게 일어나며, 간혹 이러한 실수로 인해서 TMI 원전방사능 누출사고 등과 같은 대형 재해를 초래하기도 했다.

산업재해를 예방하기 위한 무재해 운동의 일환인 지적확인 운동은 사람이 작업중에 일으키기 쉬운

* 부산공업대학교 산업안전공학과

** 인제대학교 보건대학원

부주의, 착각, 서두름 등으로 인한 오판단 및 오조작이 없이 작업을 안전하게 수행하기 위하여 작업공정의 요소에서 자신의 행동을 “* * 좋아” 하고 대상을 지적하면서 큰소리로 확인하는 것이다. 다시 말하여 지적확인 운동은 인간의 눈, 귀 등 오판의 감각기능을 총동원한 다중 정보교환(feedback)을 이용하여 작업의 정확성과 안전성을 확인하는 것이다.

본 연구에서는 모니터 감시 및 조종장치 조작시 반응방법에 따른 실수율의 변화를 평가하고 인간의 실수를 줄이기 위한 지적확인의 효과를 계량적으로 측정하는데 그 목적이 있다.

2. 연구의 배경

2.1 반응시간에 관한 연구

인간은 외부에서 발생하는 자극-교통 신호등, 화재 경보기, 경계신호, control room의 계기판을 받아 들어서 동작을 개시하게 된다. 동작을 개시하는데 까지 걸리는 시간은 감각 수용기에서의 지연(1~38ms), 대뇌 피질로의 신경전달(1~100ms), 중앙처리지연(70~300ms), 근육으로의 신경전달(10~20ms), 근육의 잠재 및 작동시간(30~70ms) 등 여러 종류의 지연 누적 효과이며, 113~528ms정도 걸리는 것으로 알려져 있다¹⁾. 이렇게 인간이 감각기관을 통해 받아들인 외부 자극에 의해서 동작을 개시할 때까지 걸리는 시간을 반응시간(reaction time)이라 부른다.

단순 반응 시간이란 하나의 특정한 자극만이 발생할 때 반응에 걸리는 시간을 말하며, 사용하는 감각기관, 자극의 특성, 연령, 개인차 등에 따라 다르나 대개 0.15~0.2초 정도이다. 별도의 반응을 요구하는 자극의 수가 여러인 선택반응의 경우에는 정확한 반응을 해야하는 중앙처리의 정보량이 증가함에 따라 반응 실수의 가능성과 반응시간의 지연이 생긴다. 이런 선택 반응 시간은 선택해야 하는 대안의 수가 증가함에 따라 같이 증가하며, $y = a + b \cdot \log N$ (y : 반응시간, N : 대안의 수, a , b : 상수)와 같은 식으로 나타낼 수 있다.²⁾

인간의 반응시간과 재해는 매우 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다.

鈴木(1966)의 연구에서 일본 국철(國鐵)선로보

수 근로자 중 10년이상 근무한 근로자를 대상으로 단순반응 실험을 한 결과 반응시간 및 실수율이 재해 경험과 관계있는 것으로 밝혔다.

또, 竹内³⁾⁴⁾, 長塚⁵⁾등의 연구에서 기관차 운전자를 대상으로 선택반응에 대한 실험을 한 결과 선택 반응시간이 0.55초 이상인 경우 사고율이 비교적 높은 것으로 밝혀졌다. 鈴木, 竹内, 長塚 등의 연구에 의하면 단순 반응시간, 선택반응의 시간 및 실수율이 산업재해와 관계가 있는 것으로 판명되었다. 이러한 반응시간에 영향을 미치는 요인은 일반적으로 자극의 종류, 강도, 자극과 반응의 양립성, 반응의 방법, 예상효과 등을 들 수 있다⁶⁾⁷⁾.

2.2 지적확인

지적확인은 무재해운동을 추진하는데 필요한 기법중의 일부이며, 산업안전에서의 인간존중의 기본이념을 실현하기 위해서는 지적확인을 실시하여야 한다.

지적확인은 100년전 일본 국철에서 처음 실시된 것으로 역원이 플랫폼에서 전차의 진입과 발차시에 안전운행을 확인하기 위한 안전활동 기법으로, 이 기법의 실시의의는 사람이 작업중에 일으키기 쉬운 부주의, 착각, 서두름으로 인한 오판단, 오조작, 등을 미리 막기위한 것으로, 자신의 눈, 손, 입, 그리고 귀를 이용하여 작업 착수전이나 작업 완료 후에 대상물체를 지적확인 함으로써 자신의 안전을 확보하는 것이다⁸⁾⁹⁾.

일본 철도 노동과학연구소(현재, 철도종합연구소)에서 실시한 지적확인에 대한 연구를 보면 반구형 램프(직경 13mm) 5개를 배열하여 놓고 무작위로 램프가 점등하고 소등함을 반복하게 한다. 이때 피실험자는 램프가 켜지면 램프를 소등시킬 수 있는 보턴을 누른다. 이때 누른 보턴이 바른 보턴이면 램프는 소등되고, 바르지 못한 보턴이면 error로 처리하도록 하고 계속해서 다른 램프가 점등과 소등을 반복하게 만들었다. 여기서 지적확인을 하였을때 실수율은 0.8%였으나 지적확인을 하지 않았을 때는 2.58%라는 결과가 나왔다¹⁰⁾¹¹⁾.

3. 실험 대상 및 방법

3.1 실험 변수

본 연구에서의 실험변수는 독립변수인 반응방법과 종속변수인 실수율, 반응시간으로 구분된다.

본 실험에서의 자극은 그림으로 제시되며 해당되는 그림이 나타날 때 해당 key를 누르도록 하였다. 즉, 모니터에 ♠ ◆ ♥ ♣ 처럼 그림(형태)으로 랜덤하게 피실험자에게 시각적으로 자극을 주면 피실험자는 랜덤하게 배열되어진 ♠ ◆ ♥ ♣ 모양을 부착한 반응키를 보면서 반응하는 것을 말한다.

반응방법

반응방법은 네가지로 구성되는데 그 세부내용은 다음과 같다.

반응방법 1 : 신호를 시각적으로만 감지하여 반응하는 것으로 모니터에서 나타나는 그림을 보고 그 그림에 해당하는 반응키를 누른다.

반응방법 2 : 신호를 시각적으로 감지하고 손가락으로 지적하면서 반응하는 것으로 모니터에서 나타나는 그림을 보고 그 그림을 팔을 쭉뻗어 손가락으로 지적한 다음 반응키를 누른다.

반응방법 3 : 신호를 시각적으로 감지하고 소리를 내면서 반응하는 것으로 모니터에서 나타나는 그림을 보고 그 그림을 큰 소리로 확인하면서 반응키를 누른다.

반응방법 4 : 신호를 시각적으로 감지하고 손가락으로 지적하고 소리를 내면서 반응하는 것으로 모니터에서 나타나는 그림을 보고 그 그림을 팔을 쭉뻗어 손가락으로 지적하고 큰 소리로 확인하면서 반응키를 누른다.

실수율(error rate)

반응시 반응키를 잘못 눌렀을때와 실험의 제한시간인 2초를 경과할 때까지 반응키를 누르지 못하였을 때를 실수로 취급하며, 100회 실험 후 실시간에 즉시 집계가 되도록 설계하였다.

반응시간(reaction time)

반응시간은 모니터에 그림이 나타나서 피실험자가 해당되는 반응키를 누르는데 소요된 시간을 측정하였다. 여기에서 피실험자는 2초안에 자극을 감지하여 반응하여야 하며 반응키를 눌렀을 때 실시간에 즉시 반응시간들이 분석 가능하도록 실험설계를 하였다. 반응시간을 계산할 때 실수를 범한 반응은 분석에서 제외하였다.

3.2 실험기기

본 연구에서 사용되는 실험기기는 자극 발생과

실수 여부, 반응시간 측정을 위하여 IBM P/C 386을 이용하였고, 외부 반응키와 interface card를 제작하였다. P/C의 모니터를 이용하여 자극을 제공하는 것은 software의 문제이므로 프로그램으로 해결하였다. 그러나 사람이 실수율을 측정하는 과정에서 오류가 발생할 가능성이 있고, 반응시간을 스톱워치로 측정하는 것은 현실적으로 불가능하다. 정상적인 사람이 스톱워치를 누를 때 나타나는 오차시간은 0.2초 가량 된다. 따라서 본 연구에서는 외부반응 키에서의 반응을 P/C 내부의 프로그램을 이용하여 직접 받아 들일 수 있도록 interface card를 개발하여 이용하였다. 이를 통하여 실험의 종료와 동시에 실수율과 반응시간을 분석할 수 있도록 하였다.

본 연구에 이용된 실험기기는 연결은 Fig. 1 과 같다.

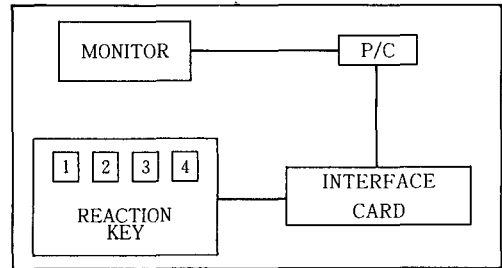


Fig. 1 Functional layout of experiment

3.3 피실험자

본 실험의 피실험자는 시각, 청각 및 운동기능 등 신체장애가 없는 20~27세의 대학생 30명(남자 21명, 여자 9명)으로 구성되며, 실험전에 400회씩 반복 연습한 후 본 실험에 투입하였다.

3.4 실험방법

본 연구는 모니터에서 발생하는 자극을 보고 피실험자가 선택반응할 때 생기는 인간의 실수율을 분석하기 위하여 이루어졌다. 즉, 모니터에서 발생시키는 자극에 대하여 반응방법을 변화시키면서 실험을 수행할 때 인간의 실수율과 선택반응시 소요되는 시간을 측정하였다. 실험의 편이성을 위하여 P/C 모니터에서 자극을 랜덤하게 발생시키고, 제작된 반응키를 누르도록 하여 실수율과 반응시간을

실시간에 수집하고 즉시 분석이 가능하도록 실험설계를 하였다.

실험절차는 Fig. 2와 같은 순서로 수행되며 모니터에 나타나는 자극간의 간격은 2초이며 반응키를 누르지 않을시에는 2초안에 나타났다가 사라지게 프로그램화 하였다. 반응키를 2초안에 누를 시에는 반응키는 누름과 동시에 모니터의 자극은 사라지게 하였으나 다음 자극은 곧바로 나타나지 않고 앞의 반응시간과 합하여 2초 후에 나타난다. 각 반응 방법별로 100회씩 실험하여 실수율과 반응시간을 측정하였다.

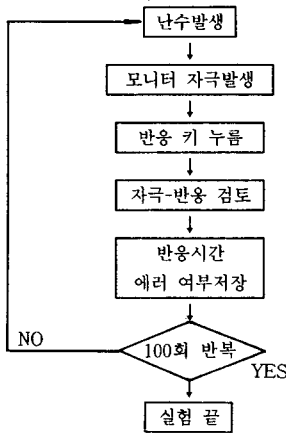


Fig. 2 Flowchart of experiment

4. 연구결과

본연구는 모니터에서 발생한 자극을 보고 반응키를 누르는 실시간 실험을 통하여 반응방법에 따른 인간행동의 특성인 실수율과 반응시간의 변화를 분석하고자 하였다. 반응방법 1, 2, 3, 4의 실수율은 각각 0.73, 0.43, 0.27, 0.20%로 나타났으며, 반응시간은 0.72, 0.83, 0.74, 0.94초로 나타났다. 이를 나타낸 것이 그림 3이다.

반응방법에 따른 인간행동 특성의 변화를 검증하기 위하여 실험결과를 F-test를 이용하여 통계적으로 분석하였다. 분석결과는 다음과 같다.

실수율은 반응방법 1(0.733%), 반응방법 2(0.433%), 반응방법 3(0.267%), 반응방법 4(0.200%)의 순으로 나타났으며, 각 반응방법을 비교

하였을때 반응방법 1-반응방법 3($F=5.02, p<0.05$), 반응방법 1-반응방법 4($F=8.07, p<0.01$)의 실수율 차이는 통계적으로 유의 하였다.

반응시간은 반응방법 4(0.938초), 반응방법 2(0.829), 반응방법 3(0.740초), 반응방법 1(0.719초)의 순으로 나타났으며, 각 반응방법을 비교하였을 때 반응방법 1-반응방법 2($F=12.96, p<0.001$), 반응방법 1-반응방법 4($F=32.94, p<0.001$), 반응방법 2-반응방법 3($F=7.18, p<0.01$), 반응방법 2-반응방법 4($F=6.90, p<0.05$), 반응방법 3-반응방법 4($F=24.17, p<0.001$)의 반응시간 차이는 통계적으로 유의하였다.

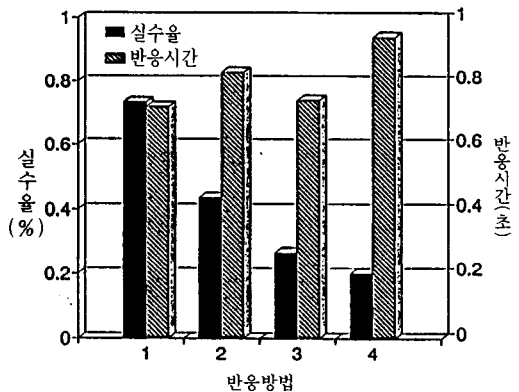


Fig. 3 Experimental results(error rate and reaction time)

5. 결론 및 고찰

본 연구는 모니터 감시 및 조종장치 조작시 인간의 실수와 반응시간을 측정하는 실시간 실험방법을 개발하고, 이를 이용하여 반응방법에 따른 인간 실수율의 변화를 분석하였다. 또한, 인간의 실수를 줄일 수 있는 지적확인 효과를 실험을 통하여 정량적으로 평가하고 유의성을 F-test로 검증하였다. 이를 통하여 산업재해 예방에 일조가 되게 함은 물론 작업에 종사하는 근로자들의 안전확보에 기여할 기초자료를 제공하고자 하였다.

시각, 청각, 운동기능 등, 신체장애가 없는 20~27세의 대학생 30명(남자 21명, 여자 9명)을 대상으로 실시한 연구 결과를 정리하면 다음과 같다.

반응 방법면에서 시각적으로만 반응한 경우보다 손가락으로 지적하면서 소리를 내고 반응했을 경우

에 반응시간은 다소 증가하나, 실수율은 현저히 감소하였다. 이를 통하여 지적확인의 다중개환에 대한 정량적 평가와 유의성을 검증한것으로 사료되며 지적확인을 함으로써 인간의 자극-반응의 실수율을 3.7배 이하로 줄일 수 있는것으로 확인하였다. 본 연구의 전체 실수율들이 1%를 넘지 않으나 각 반응방법 별로 뚜렷한 차이를 보이고 있으며 산업재해예방은 0%를 목적으로 하고 있기 때문에 지적확인 은 꼭 필요한 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) Wargo, M., Human Operator Response Speed, Frequency, and Flexibility : A Review and Analysis, Human Factors, 1967; 9(3) : 221-238.
- 2) Hilgendorf, L., Information Input and Response Time, Ergonomics, 1966; 9(1) : 31-38
- 3) 竹内常雄, 責任運轉事故と 心理 適性検査, 鐵道 勞働科學, 1975; 29 : 127-135
- 4) 竹内常雄, 責任運轉事故と 心理 適性検査(2), 鐵道 勞働科學, 1976; 30 : 219-225
- 5) 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, 1985; 21(2) : 71-79
- 6) Wickens, C. D., D.L.Sandry and M.Vidulich, Compatibility and resource competition between modalities of input, central processing and output, Human Factors, 1983; 25(6) : 227-252
- 7) Wickens C. D., Engineering psychology and human performance, Columbus, Charles E. Merrill Publishing Co., 1984 : 331-340.
- 8) 飯山雄次, 指差唱呼の效用-その科學的背景[安全], 中央勞働災害防協會, 1980. 12月號.
- 9) 한국산업안전공단, 지적확인, 안전보건, 1990; 2(4) : 67-69, 1990; 2(5) : 92-93
- 10) 佐藤隆, 危險の指差呼稱は自己への警鐘, 危險豫知の實踐心理學, 東京, 勞働新聞社 : 44-55
- 11) 中央勞働災害防協會, 指差呼稱の必要性和有效性, 指差呼稱でゼロ災害(1), 東京, 1988, 中央勞働災害防止協會, 1998 : 14-19.