《研究論文》

Journal of the Human Engineering Society of Korea
Vol. 1 No. 2 Dec, 1982

잭보드 형태의 표시장치에 적용된 색암호의 효과

(Effects of Color Coding on a Jack Board-Type Display)

李 東 夏† 朴 景 洙†

Abstract

Application of color coding to a jack board-type display has not yet been tried. The purpose of this paper is to study the effects of color coding on a jack board-type display. Ten subjects searched 10 * 20 arrays of numbers for the presence or absence of a color coding. Five colors were used for the coding. Three subjects were selected among 10 subjects to repeat 11 times the above experiments. Detection time was reduced by 6.6 % for the color coding condition. Three subjects did not show any results different from those in their inexperienced state, except the learning effect during repetition of the experiments. The results imply that the color coded jack board-type display may be efficient either to inexperienced subjects or to experienced subjects.

I. 서 론

시각적 표시장치(visual display)의 설계에 있어서 색암호(color coding)의 우수성은 널리 알려져있다. Jones(1962)는 1962년 이전에 발표된 문헌들을 조사하면서 색암호가 위치 찾기 임무(location-type task)에서 탐지시간(detection time)을 감소시킨다는 점에서 가치가 있다고 하였다. Hitt(1961)는 그의 실험에서 여러가지 유형의 임무, 즉 위치 찾기(locating), 계수(counting), 비교(comparing), 확인(verifing), 식별(identifying) 가운데 위치 찾기 임무에 있어서, 색암호가 가장 우수하다고 발표하였다. 또한 Christ(1975)는 1975년 이전에 발표된 문헌조사를 통하여 무색암호(achromatic code)에 대하여 색암호가 특정 조건 하에서 아주 효율적이 될 수 있다고 보고하였다.

한편, 중복 암호(redundant coding)의 사용도 또한 목표물에 대한 위치 찾기 임무에서 유효한 것으로 보고되고 있으나, Saenz(1974)는 4색깔과 4형상(shape)으로 구성된 가능한 모든 조합을 사용한 실험에서 색암호와 형상 암호를 중복한 조건이 색암호만 사용한 조건과 크게 다르지 않음을 발견하였다.

색암호의 우수성에 비하여 색암호를 실제 설계에 적용하여 발표한 실험 결과는 흔하지 않다. 그 중에 한 예로 Konz(1969)가 alphabetic filing 임무에 색암호를 적용하여 속도가 7.1% 빨라졌고 실수율(error rate)도 9.6%에서 7.5%로 낮아졌다고 보고한 것이 있다.

그리고 특히 목표물이 표시장치(dispiay) 상에

†韓国科学技術院 産業工学科

고정된 위치를 가지고 있어 작업자가 그 위치에 대하여 확실한 기대를 하고 있는경우, 즉 예를 들어 잭 보드 형태의 표시장치(jack board-type display)에 대하여 적용된 색암호의 효과는 아직 밝혀지지 않았다.

색암호를 설계하는 과정에서 중요한 모수(parameter)는 암호에 사용하는 색의 갯수와 표시장치 상에 나타나는 자료의 갯수이다. Green (1956)이나 Smith(1962)에 의하면 탐지 시간이 감소한다는 면에 있어서 5개까지의 색의 수가 효율적이라고 하였고 Cahill(1976)에 의하면 표시장치 상에 나타나는 자료의 수가 적은 경우 (10 내지 20)에는 10개까지의 색이 사용될 수 있으며 이 이상의 자료의 수를 가지는 표시장치에는 8 내지 9 까지의 색이 위험 없이 사용될 수 있을 것이라고 시사하였다.

색암호에 사용된 각 색깔에 대하여 아직 그다지 많은 연구가 이루어져 있지 않다. 위에서 언급한 Saenz(1974)의 실험에서는 사용한 색깔 중 노랑색, 빨강색, 파랑색이 탐지 시간이 짧았고 녹색이 비교적 긴 것으로 나타났다. Konz(1972)는 회색 판지 위에 파랑색, 자주색, 녹색, 검정색, 빨강색, 오렌지색, 노랑색의 7색을 사용하여 판독성(legibility)과, 주의를 끄는 정도(attractiveness)를 측정 하였다. 이에 의하면 파랑색 자주색, 녹색이 판독성이나 주의를 끄는 정도에 있어서 우수하였고, 빨강색은 그 다음이었고 노랑색이 비교적 가장 열등한 것으로 나타났다.

Lincoln(1964)은 전기적 연결에 사용되는 여러 patch board의 설계를 비교 분석한 결과, 미숙련 피실험자에게서는 설계에 사용된 여러 가지 서로 다른 label과 pattern의 효과가 피실험자의 성능에 유의하게 나타났지만 숙련된 피실험자에게서는 유의하게 나타나지 않았다고 보고하고 있는데, 위의 사실은 색암호나 기타 중복 암호가 미숙련 상태 하에서는 유효한 영향을 미치나 숙련 상태에서는 큰 영향을 주지 않을지도 모른다는 것을 시사하고 있다. 만일 피실험자의 숙련된 상태하에서 별로 영향을 미치지 못한다면 색암호나 중복 암호가 가지는 효과는 미숙련자에게 국한하여야 할 것이다.

실험을 통하여 확인하려는 사항은 다음과 같이 요약될 수 있다.

연구의 첫째 목적은 수동식 전화 교환기에서 사용되고 있는 잭보드 형태의 표시장치에 색암호를 사용하거나, 혹은 색암호와 형상 암호를 중복 사용하여 기존의 표시장치보다 성능이 우수한 표시장치의 설계가 가능한가의 여부를 살펴보는 것이다.

두번째 목적은 표시장치에 사용된 각각의 색이나 형상이 가지는 성능을 분석하는 것이다.

세번째 목적은 피실험자가 어느 정도 숙달된 상태 하에서도, 위치 찾기 작업에 있어서, 색암호나 중복 암호가 피실험자의 성능에 유효한 영향을 미치는가를 확인하는 것이다. 기대되는 결과는 Lincoln(1964)의 경우와 같이 미숙련 상태 하에서는 색암호나 중복암호의 효과가 유의할 것 이나 점차 숙련 상태에 이르면서 색암호나 중복 암호의 효과는 나타나지 않을 것으로 생각된다.

Ⅱ. 실 험 방 법

1. 표시장치의 설계

실험에 앞서 표시장치에 사용할 암호를 색암으로만 할 것이냐, 색암호와 형상암호를 중복하여 사용할 것이냐를 결정하였다. 첫째, 중복 암호를 사용한 표시장치를 다음과 같이 설계하하였다. 우선 기준이 되는 표시장치로서 30cm ×60cm의 검정색 바탕의 직사각형 판 위에 200개의 구멍이 10×20의 배열을 가지게 하였고 구멍 위에 0에서 199까지의 번호를 그림 1과 같이 부착하였다. 4개의 색깔(빨강색, 노랑색, 파랑색, 녹색)을 사용하여 열을 구분하였고 그 다음 6개의 형상 (○, □, ∞, △, □, ○)을사용하여 행을 구분하였다. 그림 2에 중복 암호 표시장치의 모양을 나타내었다. 따라서 각 구멍에는 해당번호가 붙여지고 색과 형상으로써그 구멍의 위치에 대한 중복 암호가 되도록 하였다. 둘째, 색암호만을 사용하여 설계한 표시장치에서는 5개의 색(노랑색, 빨강색, 녹색, 파랑색, 자주색)을 사용하여 1색이 2개의 행을 구분하도록 하였다. 그림 3에 색암호만을 사용한 표시장치의 모양을 나타내었다.

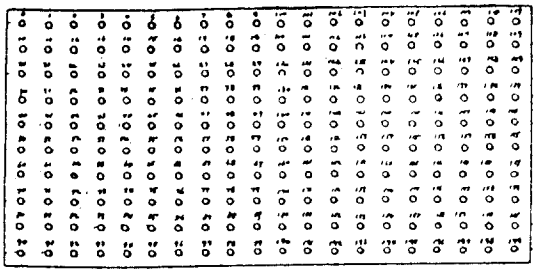


그림 1 기준 표시장치의 모양

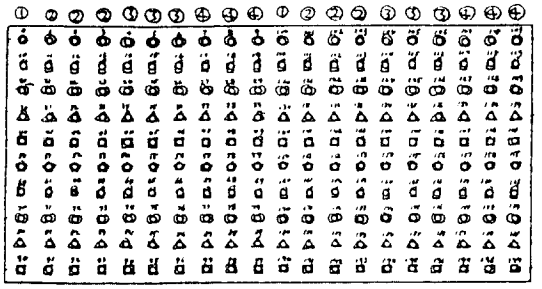
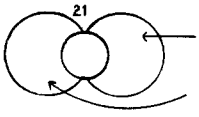


그림 2 중복암호 표시장치의 모양

열 1은 노랑색
열 2는 빨강색
열 3은 녹색
열 4는 파랑색
을 사용하여 구분하였음.

예를 들면



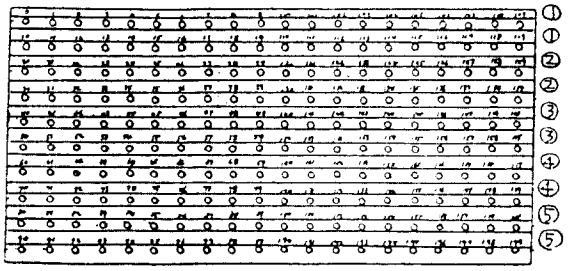


그림 3 색암호만을 사용한 표시장치의 모양

행 1은 노랑색
행 2는 빨강색
행 3은 녹 색
행 4는 파랑색
행 5는 자주색
을 사용하여 구분하였음.

예비 실험을 통하여 피실험자들의 반응을 들어본 결과 비좁은 배열에 대하여 사용된 중복암호가 너무 복잡하여 피실험자들에게 혐오감을 준다는 사실을 발견하였다. 반면에 색암호만을 사용한 표시장치는 단순해 보일 뿐만 아니라 행을 구분하는데 색암호가 도움을 준다는 반응이었다.

이와 같은 피실험자들의 선호에 따라 본 실험에서는 색암호만을 사용한 표시장치를 실험장비로서 채택하였다.

2. 실험 장비 및 절차

실험 장비는 다음과 같이 구성되었다. 피실험자가 좌석에 앉으면 테이블 위에 두 개의 플러그를 양손에 쥐게 되고, 두 개의 누름 스위치를 바로 양손 아래에 부착시켜 놓았다. 피실험자의 정면에는 이 실험에서 기준이 되는 무색의 표시장치(그림 1참조)가 고정되어 있었고 이 기준 표시장치 위에 색암호를 사용한 표시장치를 갈아낄 수 있도록 되어 있었다.

하나의 표시장치에 대한 실험은 다음과 같이 구성되었다. 실험이 시작되면, 마이크로 컴퓨터 (HP9845B)의 CRT화면에 0에서 199까지의 숫자가 무작위 순서로 나오며(숫자가 나오는 시간 간격은 3000 밀리 초에서 7500 밀리 초 사이에 지수 분포를 가지도록 되어 있었다) 실험 보조원이 구두로 번호를 한 자리씩 불러주었다. 이 때부터 컴퓨터에 내장된 시계가 밀리 초 단위로 시간을 세도록 되어 있었다. 실험 보조원으로부터 번호를 들은 피실험자는 해당 번호를 표시장치 상에서 시선으로 찾아, 그 순간 양손 아래에 부착된 스위치를 누르도록 되었다. 이 때에 스위치를 통하여 전달된 아날로그 신호는 A/D converter(HP 59313 A)에 보내지고 디지탈 신호로 바뀌어져 컴퓨터에 입력되며 그 때까지의 경과 시간(탐지 시간)을 기록하도록 되어있었다. 그 다음 피실험자는 표시장치 상의 해당번호 아래 부착된 구멍에 플러그를 꽂음으로써 그 때까지 경과된 시간을 뻗힘 동작(reach)에 소요된 시간으로서 컴퓨터에 입력, 기록하였다. 이와 같은 동작을 200개 의 번호에 대하여 각 한번씩 실시하였다.

따라서 이 실험에서 번호 탐지 과정 중 발생

할 수 있는 실수율(번호를 잘 못 탐지하는정도)은 0이었다.

1회(cycle)의 실험은 색암호를 사용한 표시장치에 대하여 위와 같은 실험을 한번 하고, 기준 표시장치를 사용하여 한번 하는 것으로 구성되어있었다. 미숙련 상태에 있는 10명의 피실험자를 선정하여 실험 내용을 주지시키고 적당한 예비 연습을 시킨 다음 1회의 실험을 실시하였다.

10명의 피 실험자 중에서 무작위로 추출된 5명은 색암호 표시장치에 대하여 먼저 시작하였고 나머지 반은 기준 표시장치에 대하여 먼저 시작하였다. 1회의 실험은 하루에 끝내는 것을 원칙으로 하였고 오전에 한번 오후에 한번 수행하도록 하였다.

10명의 피실험자 중에서 3명을 임의로 추출하여 11회의 실험을 반복시킴으로써 점차로 숙련에 이르게 하였다. 매 실험을 통해서 나온 200개의 탐지시간과 뻗힘 동작 시간의 자료는 마이크로 컴퓨터에 부착된 카트리지 테이프에 데이타 파일로서 저장되었다가 분석시 사용되었다.

실험실 내의 소음 수준은 평균 40데시벨이었고 표시장치 위에 비추어지는 조도는 50 ft-cd 이었다.

3. 피 실 험 자

10명의 23내지 24세의 남자 대학원 학생으로 구성되어 있으며, 모두 보정 시력이 1.0이상이었고 그중 1명을 제외하고는 모두 오른손잡이였다. 또한 색맹이나 색약은 없었다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 잭 보드 형태의 표시장치에 적용된 색암호가 가지는 효과.

미숙련 상태의 10명의 피실험자에게 색암호를 사용한 경우와 사용하지 않은 경우, 각각 200개의 번호에 대한 탐지 시간의 평균치를 성능 척도(performance measure)로서 사용하였다.

이 실험에서의 분석은 자료의 분포에 대한 어떠한 가정도 하지 않고 일반적인 결론을 내리기 위하여 nonparametric분석을 채택하였다.

기준 표시장치의 경우와 색암호 표시 장치의 경우, 탐지 시간과 뻗힘 동작 시간의 평균치가 표 1에 나와있다.

	탐지 시간의 평균치	뻗 침 동 작 시간의평균치
기 준 표 시 장 치	2296	994
색 암 호 표 시 장 치	2145	931

표 1. 기준 표시장치와 색암호 표시장치에 대하여 탐지 시간과 뻗힘 동작 시간의 평균치

한 피실험자가 기준 표시장치와 색암호 표시장치에 대하여 각각 실험을 수행하였기 때문에 related 2 sample case에 해당한다. 따라서 Wilcoxon matched pairs signed ranks 검정이 적당하였다.

검정 결과 탐지 시간의 경우 $p = .014$로서 탐지 시간이 짧아졌다는 면에 있어서 색암호의 효과가 유의하게 나타났다. 반면, 뻗힘 동작 시간의 경우 $p=.053$으로서 색암호에 의한 영향이 나타난다고 볼 수 없었다.

실험 순서에 의한 영향(색암호 실험을 먼저하느냐, 기준 표시장치 실험을 먼저하느냐에 의한 영향)은 물론 나타나지 않았다 ($p=.138$)

색암호 표시장치의 기준 표시장치에 대한 효율성은 Christ가 제시한 공식에 의하면 탐지 시간에 있어서 약6.6% 정도 빨라진 것인데, 이는 Konz(1969)가 alphabetic filing작업에 색암호를 적용하였을 때, 속도가 7.1% 빨라졌다는 사실과 비교할 때 효율성이 약간 낮다고 볼 수 있다.

이러한 색암호의 효과에 대한 요인은 실험 도중 피실험자들의 반응에서 살펴볼 수 있었다. 우선 기준 표시장치에 대한 실험에서는 피실험자들이 해당번호를 찾아 시선을 움직이는 과정에서 검정 바탕의 균일한 표시장치가 상당히 지루한 감을 주었다고 하였다. 반면에 색암호 표

시장치에서는 시선이 해당 번호를 찾아 옮아가는 과정에서, 여러 색상이 변화를 주어 지루한 느낌이 들지 않았다는 것이다. 이러한 지루함을 덜어주는 요인이 탐지 시간이 짧아진 결과와 어느 정도 관계가 있으리라 본다.

색암호의 효과에 대한 다른 이유로서는 행으로 구분된 색암호가 피실험자로 하여금 행을 구분하는데드는 어려움을 덜어주는데 있었을 것으로 생각된다. 한편 기준 표시장치의 경우는 피실험자들이 행을 구분하는데 어려움이 컸다는 반응이 있었다.

그 외 여러가지 요인이 색암호의 효과에 작용했었겠지만 본 실험에서 피실험자의 반응을 통하여 확인할 수 있었던 것은 위의 두 요인이었다.

결과적으로 기존 책 보드 형태의 표시장치에 대하여 색암호를 사용한 표시장치가 성능이 우수하다는 것을 알 수 있었다. 그러나 과연 어떤 색들의 조합으로 이루어진 색암호가 최적인가에 대한 문제는 본 실험의 과제가 아니었으므로 계속되는 연구에 기대해 보아야 할 것이다.

2. 색암호에 사용된 다섯 가지 색깔이 가지는 효과

이 효과를 분석하기 위하여서는 색깔이 가지는 효과뿐만 아니라 그 색깔이 표시장치 위에 놓인 위치의 효과를 아울러 고려하여야 하므로 기준 표시장치로부터 위치의 효과를 분석하여 색암호 표시장치의 경우와 비교하였다. 색암호가 사용된 위치는 표 2 와 같다.

	해 당 번 호	사용색깔
구간 1	0 - 9, 100 - 109, 10 - 19, 110 - 119	노랑색
구간 2	20 - 29, 120 - 129, 30 - 39, 130 - 139,	빨강색
구간 3	40 - 49, 140 - 149, 50 - 59, 150 - 159	녹 색
구간 4	60 - 69, 160 - 169, 70 - 79, 170 - 179	파랑색
구간 5	80 - 89, 180 - 189, 90 - 99, 190 - 199	자주색

표 2. 색암호 표시장치상의 5색깔이 가지는 위치(그림 3 참조)

이 때 각 구간에 소속된 번호에 대한 탐지 시간의 평균치가 성능 척도로서 사용되었다. 색암호 표시장치 상에서의 각 구간이 가지는 탐지 시간의 평균치(색깔+위치의 효과)와 기준 표시장치 상에서의 각 구간이 가지는 탐지 시간의 평균치(위치의 효과)가 표 3 에 나와있다.

	구간 1	구간 2	구간 3	구간 4	구간 5
기 준 표시장치	2144	2451	2285	2409	2390
색 암 호 표시장치	2047	2153	2173	2229	2124

표 3. 각 구간에 따른 탐지 시간의 평균치

각 표시장치의 경우 한 피실험자가 5개의 구간 전부에 대하여 실험을 수행하였기 때문에 related 5 samples case에 해당한다. 따라서 Friedman의 2 way ANOVA가 적당하였다.

ANOVA 결과 색암호 표시장치의 경우나 기준 표시 장치의 경우 공히 각 구간 1, 2, 3, 4, 5에 대한 탐지 시간의 평균치가 서로 차이가 있음을 보였다. 기준 표시장치의 경우와 색암호 표시장치의 경우, 각 구간을 탐지 시간이 짧은 순으로 나열하여 표 4 에 정리하였다.

탐지시간이 짧은 순 서	기준표시장치	색암호표시장치
1	구간 1	구간 1
2	구간 2	구간 5
3	구간 3	구간 2
4	구간 5	구간 3
5	구간 4	구간 4

표 4. 각 구간에 따른 탐지 시간순서 표

*는 일련의 wilcoxon matched pairs signed ranks 검정 결과 서로 차이가 있다고 할 수 없는 쌍을 표시함.

색암호 표시장치에서 각 색깔이 가지는 탐지 시간의 상대적인 순위는 기준 표시장치가 가지는 위치의 효과와 비교하여 볼 때 자주색(구간 5)을 제외하고는 모두 같다. 따라서 특정 색깔이 가지는 두드러진 효과는 살펴볼 수 없었다.

다만 자주색만은 탐지 시간을 줄이는데 기여했다고 볼 수 있었다.

한편 Konz(1972)의 실험결과와 비교하여 볼 때, Konz의 결과로는 자주색이 판독성이나 주의를 끄는 정도가 높다고 했는데 이는 본 실험의 결과와 상관성을 가지는 것으로 생각된다. 그러나 그 외의 색 즉 파랑색이나 녹색이 빨강색이나 노랑색에 비하여 판독성이나 주의를 끄는 정도가 높다는 Konz의 실험 결과에 대하여 본 실험에서는 상반되게 나왔는데 이것은 위치가 가지는 효과와 뒤섞여서 각 색깔이 가지는 효과가 확실히 나타나지 않았기 때문인 것으로 생각된다. 이렇게 볼 때 결국 자주색 이외에 다른 색깔에 대하여서는 그 성능에 대하여 특별히 논의할 수 없는 형편이었다.

3. 숙련과정에서 색암호가 피실험자의 성능에 미치는 영향

미숙련 피실험자 10명 중 임의로 추출된 3명이 11회의 실험을 수행하는 동안 위의 1, 2, 절에서 분석한 내용에 대하여 검토하였으나 미숙련 상태(제 1회의 실험)에서 보이는 양상과 크게 다른 것이 없었다. 그림 4 에 3명의 피실험자의 기준 표시장치에 대한 탐지 시간의 평균치와 색암호 표시장치에 대한 평균치를 매회에 대하여 도시하였다.

매회 대부분 색암호에 대한 탐지 시간의 평균치가 기준 표시장치에 대한 평균치보다 작았다. 그리고 두 평균치 사이의 차이는 매회 거의 비슷한 양상을 보였다. 3명 모두 제 10회 실험이 경과한 이후에도 계속해서 학습효과가 일어나고 있는 실정이었으며 완전히 숙련된 상태하에서 색암호 표시장치가 가지는 효과를 확인하기는 불가능하였다. 그러나 학습이 일어나는 양상이 이후에도 크게 달라지지 않는다면 숙련된 상태하에서도 색암호 표시장치는 무색의 기준 표시장치보다 피실험자로 하여금 빨리 탐지하게하는 효과를 나타낼 것이다.

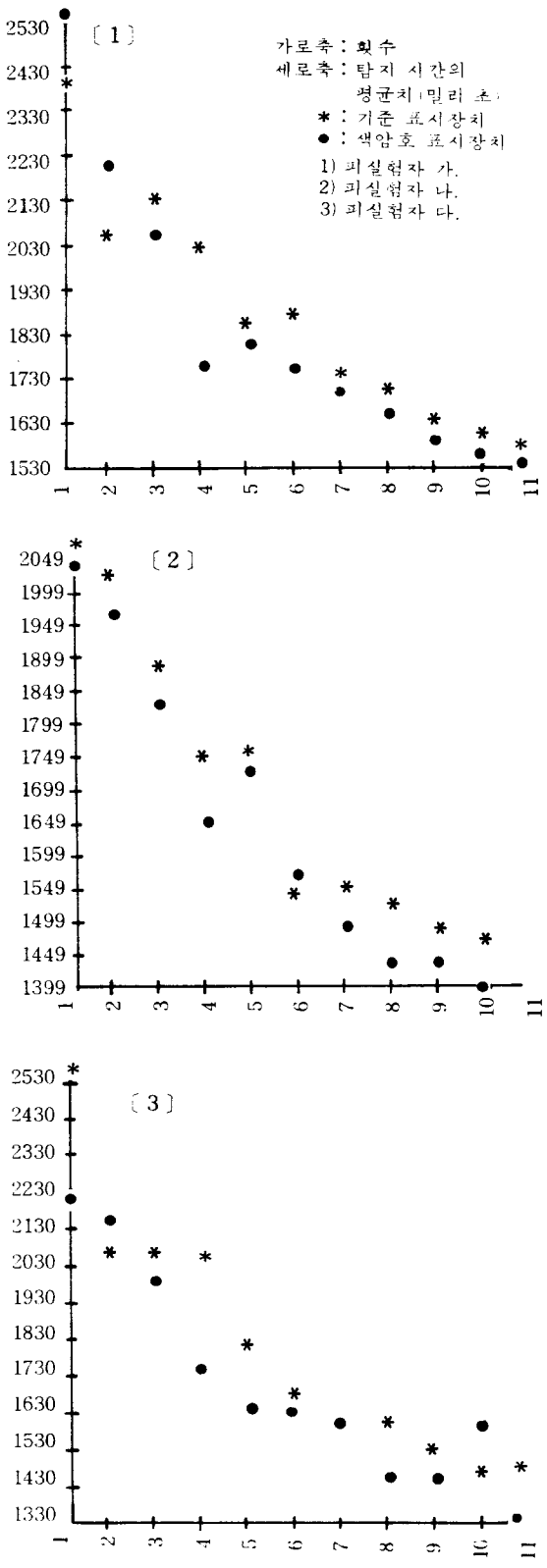


그림 4. 3명의 피실험자가 11회 반복실험에서 보인 학습 곡선.

Ⅳ. 결 론

본 연구에서 확인한 결론은 다음과 같다.

첫째, 잭 보드 형태의 표시장치에 색암호를 사용한 결과, 사용하지 않았을 때보다 탐지 시간이 짧아졌다는 면에 있어서 상대적인 효율성이 약6.6%정도 더 우수한 것으로 나타났다. 이는 널리 알려진 색암호의 효과에 비추어 효율성이 약간 낮은 것으로 평가된다. 그렇지만 이 정도의 효율성으로도 잭 보드 형태의 표시장치에 색암호를 적용하는 것은 산업적인 측면에서 유익할 것으로 보인다.

둘째, 색암호에 사용된 5색(노랑색, 빨강색 녹색, 파랑색, 자주색)중에서 자주색이 두드러지게 탐지 시간을 단축시켰다. 나머지 색에 대하여서는 탐지 시간에 특별히 어떤 영향을 미치는지 확인 할 수 없었다. 따라서 색암호에 사용되는 색깔에 대한 연구가 계속되어야 하며 아울러 최적 색깔 조합에 대한 연구도 이루어져야 할 것이다.

셋째, 숙련 과정 중에 색암호 표시장치가 기준 표시장치에 대하여 가지는 상대적인 효율은 미숙련 상태에서 색암호 표시장치가 가지는 그것과 크게 다른 것이 없었다. 그리고 숙련 상태에서의 색암호 효과는 파악할 수 없었는데 완전히 숙련에 이르기까지는 더 많은 시간과 반복실험이 소요되므로, 이미 숙련된 피실험자를 통해서 숙련 상태에서의 색암호 효과에 대한 연구를 진행시키는 것이 필요하다고 생각된다.

參 考 文 獻

[1] Cahill, M., and Carter, Jr, R.C., "Color Code Size for Searching Displays of Different Density," ***Human Factors***, Vol. 8, No 3, 1976.

[2] Christ, R.E., "Review and Analysis of Color Coding Research for Visual Displays," ***Human Factors***, Vol. 17, No 6, 1975.

[3] Hitt, W.D., "An Evaluation of Five Different Abstract Coding Methods," *Human Factors*, Vol. 3, 1961.

[4] Jones, M.R., "Color Coding," *Human Factors*, Vol. 4, 1962.

[5] Konz, S.A., Chawla, S., Sathaye, S., and Shah, P., "Attractiveness and Legibility of Various Colors when Printed on Cardboard," ***Ergonomics***, Vol. 15, No 2, 1972.

[6] Konz, S.A., and Koe, B.A., "The Effect of Color Coding on Performance of an Alphabetic Filing Task," ***Human Factors***, Vol. 11, No 3, 1969.

[7] Lincoln, R.S., and Konz, S.A., "Reducing Wiring Errors by Patch Board Design," ***Human Factors***, Vol. 6, No 2, 1964.

[8] Saenz, N. E., and Riche, C.V., Jr., "Shape and Color as Dimensions of a Visual Redundant Code," ***Human Factors***, Vol. 16, No. 3, 1974.

[9] Seibel, R., "Level of Practice, Learning Curves, and System Values for Human Performance on Complex Task," ***Human Factors***, Vol. 6, No 3, 1964.