

《觀察》

색 검색과제에서 인접색과 배경색의 효과

곽 호 완

경북대학교 심리학과

색은 형태와 함께 대상의 지각표상을 이루는 중요한 특징이다. 본 연구는 색 검색 과제에서 주변 방해색의 영향을 체계적으로 검토하여 원색과 혼합색의 상대적 처리효율성을 밝히고자 하였다. 단일 혼합색 방해자극들 사이에서 원색 표적을 탐지하거나 혹은 그 반대의 상황에서 실시된 실험 1의 결과, 원색과 혼합색 표적 조건간에 검색기울기의 차이가 발견되지 않았다. 자극변별성 및 약호화 편향을 통제하기 위해 두 가지 방해자극 색을 사용한 실험 2에서는 혼합색 방해자극들 사이에서 원색 표적을 찾는 과제 수행시 병렬적 검색 패턴을, 그 반대 상황일 때 계열적 검색패턴을 얻었다. 이는 원색이 특정 상황에서 혼합색보다 더 효율적으로 처리된다는 것을 시사한다. 표적에 결합된 인접 배경색이 표적 탐지에 미치는 영향을 연구하기 위해 실시한 실험 3에서도 원색이 혼합색보다 더 효율적으로 처리됨을 시사하는 결과가 얻어졌다.

주제어 색지각, 색검색, 원색/혼합색, 처리 효율성

색은 형태와 함께 대상의 지각표상을 이루는 중요한 측면이다. 유기체는 일상적인 지각 장면에서, 대상에서 반사되는 빛의 분광적 특징을 단순히 대응 색으로 변환시키는데 그치지 않고, 조명상황(illumination), 광면성(specularity), 그림자(shading), 주변 색 등을 고려하여 대상의 표면색(surface color)을 항상적으로 표상한다. 이 때문에 우리는 형광등 하에서나 백열등 하에서나 대부분 대상의 고유한 표면색을 복원한다(Kaiser & Boynton, 1996). 그러나 장면의 색을 기계적, 수동적으로 등록하

는 필름카메라는 찍힌 사람의 얼굴 색을 조명에 따라 다르게 표현한다.

형태는 여러 가지 형태 세부특징(shape feature; 예: 선분종말 line termination, 폐쇄성 closure, 방향 orientation, 길이 length, 각도 angle, 곡선성 curvature)들의 조합이지만, 그 형태를 채우는 것은 표면 세부특징(surface feature)으로서 색, 절밀도, 휘도(luminance), 양안부등(binocular disparity) 등이 그에 해당한다(Cavanagh, Arguin, & Treisman, 1990). 즉 색은 표면세부특징이며 대상의 운곽 속을

이 연구는 1998년도 과학기술부의 뇌과학 사업단과제 연구비에 의해 수행되었다.
교신저자 주소: 대구광역시 북구 산격동 1370번지 경북대학교 심리학과, 71701-702
(e-mail: kwak@knu.ac.kr)

채우는 기능을 하기 때문에 우리가 대상의 윤곽을 벗어나게 색을 지각하는 경우는 없다. 이것은 지각표상이 형성되기 전에 형태세부특징과 표면세부특징이 결합하여 전체적인 대상지각이 가능함을 시사한다.

색은 형태, 깊이, 밝기, 운동 등의 정보처리와는 어떤 관련이 있는가? 일반적으로 심리학자들은 이러한 여러 대상의 특징들이 초기단계에서는 병렬적으로 처리됨을 가정한다. 그러나 이러한 병렬처리가 독립적인 과정인지 상호작용을 하는지가 아직 불명확하다. 색은 휘도와 함께 대상표면의 일차적 표상을 구축한다. 그 다음 단계에서 이 표상들이 결, 양안부등 및 운동정보와 결합하여 공통적 표상을 생성한다(Cavanagh et al., 1990). 여기서 이 속성들이 어떤 위계 구조로 연결되어 있고 그 처리 순서는 어떠한지에 관해 아직 명확하게 밝혀지지 않고 있다.

Treisman(1988)에 의하면 시각적으로 튀어나오는(pop-out) 표적은 그 표적이 시소자(visual primitive)를 갖고 있기 때문에 가능하다. 또한 시소자가 없는 자극판은 계열적 검색과정을 밟는다고 했다. 동일한 자극쌍이 검색과제에 사용되어도 두 자극 중 하나만 시소자가 있는 경우에는 그 자극이 표적으로 규정된 경우에만 시각적으로 튀어나오는 병렬검색 패턴을 보였고, 반면에 표적이 시소자로서 규정되지 않은 경우에는 자극수에 따라 반응시간이

증가하는 계열적 검색패턴을 보였다. 이렇게 두 자극이 표적과 방해자극으로 그 역할이 바뀔 때 따라 질적으로 다른 검색기울기의 패턴이 얻어지는 것을 검색 비대칭(search asymmetry)이라고 한다(Treisman & Gormican, 1988; Treisman & Souther, 1985). 예를 들어 사선을 수평선들 사이에서 검색할 때는 병렬적 검색패턴이, 수평선을 사선들 사이에서 검색할 때는 계열적 검색패턴이 얻어지므로, 수평선보다는 사선이 더 시소자에 가깝다. 어떤 경우에는 두벌의 자극세트 모두에서 계열적 검색패턴이 얻어지는 경우도 있는데, 이 경우 두 조건에서의 검색 기울기가 현저히 다를 때는 두 자극 중 표적으로 된 자극의 검색효율성이 높을 것으로 간주된다.

Treisman과 Gormican(1988, 실험 7)은 색 자극의 검색과정에서 원색 또는 혼합색이 시소자의 기능을 갖는지, 또는 표준자극과 이탈자극(또는 혼합색) 중 어느 것이 더 효율적인 검색을 가능하게 하는지를 알아보려고 검색비대칭 과제에서 색자극 검색실험을 실시하였다. 자극은 적-자주, 녹-연녹, 청-청록의 색쌍을 사용하여 흰색 마분지에 새겨 넣은 것을 순간 노출기를 통하여 피험자에게 제시하였다. 실험 결과 표준자극색(적, 녹, 청)은 4.8msec/자극 정도의 계열적인 검색패턴을, 혼합색의 경우에는 2msec/자극으로 거의 병렬적 검색패턴을 얻었으므로, 혼합색이 원색보다는 더 효율적으로

-
- 1) 시각검색과제에서 자극수가 증가함에 따라 반응시간이 늘어나면 통상 계열적 검색이 일어났다고 하고, 검색 기울기는 하나의 자극을 처리하는데 걸린 시간으로 추정된다. 반면에 검색기울기가 0에 수렴하거나 자극수 효과가 통계적으로 유의하지 않으면 병렬검색으로 간주한다. 이러한 병렬검색 판정에는 일반적으로 연구자들이 일치하지만, 자극수 효과로 본 계열적 검색판정에는 여러 연구자들이 일치된 견해를 보이지 않는다. 그 이유는 첫째, 계열처리는 통계적으로 제한용량 병렬처리와 구분할 수 없다는 주장이 있고, 둘째, 검색 기울기가 10 msec/item 이하로 비교적 완만하면 병렬검색이라고 주장하기도 한다. 본 연구에서는 이러한 판정의 불확실성에서 벗어나기 위해 병렬/계열처리의 판정은 유보하고, 자극수 효과가 얻어지면 계열적 검색패턴으로, 얻어지지 않으면 병렬적 검색패턴으로 단지 기술적으로만 서술하기로 한다. 대신 각 표적 조건에서의 검색기울기가 다르거나, 두 조건 중 하나에서만 자극수 효과가 얻어지면 두 조건의 검색의 상대적 효율성이 다른 것으로 판정한다.

처리됨을 시사하는 검색비대칭을 보였다.

비록 Treisman과 Gormican(1988)의 연구 결과는 혼합색이 원색보다 효율적으로 처리됨을 시사하는 결과를 얻기는 하였지만 몇가지 점에서 그 결과를 그대로 받아들이기에는 문제가 있다. 첫째, 검색 기율기가 5msec 이하로서 이는 보통 병렬검색으로 간주한다¹⁾. 이렇게 완만한 검색기율기가 얻어진 이유 중 하나는 그들의 실험에서 색 자극이 백색 바탕에 그려졌으므로 현출성이 뛰어나기 때문일 수 있다. 구체적으로, 색자극의 시각적 밝기에 의한 판단을 하지 않도록 하기 위해 자극판의 배경과 색자극을 등휘도로 제시할 필요가 있다. 논문의 세 실험에서는 등휘도의 상황에서 실험을 실시하였다. 둘째, 그들이 사용한 자극은 모두 원색에 가까운 자극이었다. 예를 들어 연녹색은 노랑과 녹색의 중앙이 아니고 녹색에 가까운 혼합색이었다. 즉 대표적인 혼합색을 사용하지 않았으므로, 그 결과를 일반화하기 곤란하다. 따라서 혼합색으로 원색에 가까운 색보다는 색환 상에서 원색의 중앙에 위치한 혼합색을 사용할 필요가 있다. 본 실험들에서 사용된 혼합색은 모두 원색들의 CIE 좌표상 중앙 또는 원색들의 혼합색으로 구성하였다. 셋째, 그들의 연구에서는 단일한 색으로 구성된 방해자극들 사이에서 한 표적색을 찾게 하였기 때문에, 다양한 혼합색과 원색으로 구성된 일반 지각상황으로의 일반화가 곤란하다. 실험 2와 3에서는 두 가지 또는 그 이상의 인접 방해색을 제시하였다.

본 연구에서는 Treisman과 Gormican의 연구의 문제점들을 보완하여 등휘도 자극판에서 보다 다양한 색자극 세트를 사용하여 원색과 혼합색 중 어느 것이 더 효율적으로 처리되는가의 문제를 검토하고자 하였다. 부가하여, 색이 형태, 밝기 등의 여타 세부특징들의 처리와 어떤 관계가 있는지를 밝히기 위해 색표적의 방향, 밝기, 굵기 등의 자극특성들을 조작하였다.

실험1: 동질 색 방해자극을 사용한 검색비대칭 과제

실험 1을 실시하기 전에 Treisman과 Gelade(1980)의 세부특징검색과제와 접합표적검색과제를 사용하여 예비실험을 실시하였다. 우선 Treisman과 Gelade의 전형적인 시각검색과제를 등휘도 조건에서 색 검색실험으로 개발하였다. 등휘도는 흐릿하게 보기(blurring)를 통해서 자극의 밝기에 따른 구별이 거의 보이지 않게 모니터의 RGB값을 조정된 뒤에, 최소 깜박임(minimum flickering technique) 방법(Troscianko & Low, 1986)으로 보완조정하였다. 등휘도 조건에서 실험을 하는 이유는 표적검색과제가 색상의 차이가 아닌 휘도의 차이에 의거할 가능성을 배제할 필요성이 있었기 때문이다. 예비 실험을 위한 색 자극으로 적색(CIE 좌표값: $x=.543, y=.344$)과 청색(CIE 좌표값: $x=.145, y=.073$) 직사각형을 사용하였다. 접합조건인 과제는 청색 수직사각형과 적색 수평사각형 사이에서 적색 수직사각형을 찾는 것이었고, 세부특징조건은 청색사각형 방해자극 가운데 적색 표적을 찾는 과제였다. 예비실험 결과 Treisman과 Gelade의 결과와 마찬가지로 세부특징조건은 자극수가 증가하여도 검색시간이 증가하지 않는 병렬적 검색패턴이 얻어진 반면, 접합조건은 자극수에 따라 검색반응시간이 선형적으로 증가하는 계열적 검색패턴이 얻어졌다. 결론적으로 예비실험에서 사용한 자극들로 Treisman과 Gelade의 결과를 반복 검증하였으므로 본 연구에서 개발한 색 검색실험의 자극 및 과제가 타당함을 보였다.

실험 1에서는 청, 적, 녹색과 같은 원색 및 황, 자주, 옥색과 같은 혼합색 중 둘 다 또는 어느 하나만 시소자가 되는지를 규명하고자 하였다. 예를 들어, 혼합색들 사이에서 원색을 찾는 조건과 원색들 사이에서 혼합색을 찾는 조건을 포함하여 이 두 조건 간에 검색 비대

칭이 나타나는지를 보았다. 만일 원색검색 조건과 혼합색 검색 조건 중 어느 한 조건에서만 자극 수 효과가 얻어지고 다른 조건에서는 얻어지지 않거나, 두 조건의 검색기울기가 다르게 나온다면 검색비대칭이 관찰되었으므로 원색 또는 혼합색 중 기울기가 적게 나오거나 자극 수 효과가 나오지 않은 조건의 표적색이 더 효율적으로 처리된다고 할 수 있다.

부가하여, 실험 1에서는 방해자극의 밝기 및 방향을 무선적으로 변화시켜 이러한 방해자극이 검색패턴에 체계적으로 어떤 영향을 주는지도 검토하였다. 즉 표적자극의 밝기에 따라 시각검색패턴이 달라지는지, 만일 달라진다면 색검색과정이 밝기지각과정과 상호작용하는지를 알아보려고 하였다. 밝기를 무선적으로 변화시키는 방법은 표적검색에서 밝기에 의거한 탐지를 할 수 없도록 하는 방법으로도 사용된다. 왜냐하면 등휘도 조건에서 실험하는 것만으로는 피험자들 혹은 시간마다 달라지는 특정 색상에 대한 밝기 민감도를 충분히 통제할 수 없기 때문이다.

방 법

피험자. 지각심리학과 기초심리학을 수강하고 있는 평균 연령이 21.8세인 남녀 대학생 12명을 대상으로 이들에게 실험 참가명목으로 인센티브를 주고 강의 참가요건의 일부로 실험에 참여시켰다. 이들은 모두 교정시력 1.0 이상이고 정상 색 시력의 오른손잡이들이었다.

장치 및 도구. IBM 호환 586 개인용 컴퓨터, 삼성 SyncMaster 500s 17인치 컬러 모니터 화면에 해상도를 800×600으로 하여 사용하였다. 좌표상의 CIE 값과 cd/m^2 에서의 휘도 값은 Minolta Chroma Meter CS-100을 사용하여 측정하였다.

자극 및 절차. 자극은 회색 배경($x=.296, y=.324$)에 제시된 혼합색(자주색)과 원색(적색)의 직사각형들로 평균 휘도가 $46.1 cd/m^2$ 인 등

휘도 조건에서 제시되었다. 실험 1에 사용한 색은 청색과 밝은 청색, 자주색과 밝은 자주색이었다. 표적-청색조건일 때는 자극화면에서 표적 자극이 청색이거나 밝은 청색이 무선적 위치에 제시되고, 나머지는 자극 수에 따라 자주색과 밝은 자주색이 무선적으로 채워졌다. 시각도가 가로×세로 $.2^\circ \times .8^\circ$ (또는 $.8^\circ \times .2^\circ$)인 직사각형 자극을 약 60cm 거리에서 시각도 8° 의 범위에 제시하였다. 색자극은 6×6 (가로×세로)의 가상적인 격자내에서 무선적으로 자극 수 조건에 따라 배열되었다. 자극의 최종 위치는 x, y축 상에서 자극 수의 50% 범위내에서 무선적으로 배치되어 자극정렬에 따른 시각검색의 용이성을 배제하였다. 과제는 혼합색(자주색) 수직/수평대대 방해자극들 사이에서 원색(청색)의 수직대대 표적을 찾거나 원색(청색) 사이에서 혼합색(자주색) 자극을 찾는 것이었다. xy 좌표상의 CIE 값이 청색의 경우 .145, .073, 밝은 청색 .147, .074, 밝은 자주색 .203, .111, 자주색 .26, .147인 것을 각각 자극색으로 사용하였다. 자극의 수는 9, 18, 27개로 다르게 하여 무선적으로 제시하였다.

실험 1에 사용된 자극판은 응시자극판과 표적자극판 및 무표적자극판이었다. 표적자극판의 예를 그림 1에 제시하였다. 응시자극판은 중앙에 '+'표시가 나타나게 하여 자극 제시 전 응시점으로 사용하였다. 응시자극판은 1-1.5초 동안 제시되었고 이 때 피험자는 응시점에 눈을 고정시켜야 했다. 그 후 표적자극판과 무표적자극판을 무선적으로 제시하였고 자극판의 자극들은 반응키를 누를 때까지 화면에 남아 있었다. 피험자들에게 표적이 있는 표적조건에서는 오른쪽의 '/'키를, 표적이 없는 무표적 조건에서는 왼쪽의 'Z'키를 누르게 하였다. 이 때 '가능한 한 빠르고 정확하게 반응하세요'라고 지시하면서 피험자의 반응시간을 측정하였다. 실험 1은 6번의 연습시행을 거쳐 각각 48시행씩 4블럭에 걸쳐 총 192시행으로 이루어졌다. 실험실은 차광 및 방음장치가 된 지각실험

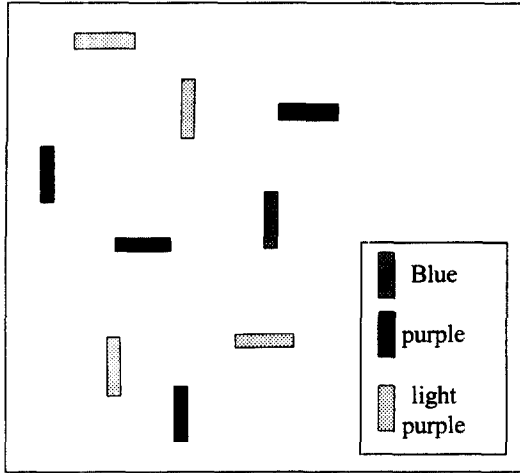


그림 1. 실험 1 자극 화면의 예 (청색 표적, 회색 바탕)

실을 이용하였다. 피험자들의 평균정확 반응률은 98%였다. 이후의 실험에서도 이 수준의 정반응률이 관찰되었으므로 정반응률에 대한 변량분석 결과보고는 생략하였다.

설계. 표적의 유형(청색/ 자주색) × 자극관 유형(표적/ 무표적) × 방해자극 방향 동질성(동질/ 이질) × 표적의 밝기(밝음/ 어두움) × 자극수(9/ 18/ 27)의 5원 반복측정 설계를 사용하였다.

결과 및 논의

실험 1의 결과 그림 2에서 보듯이 자극수 효과가 유의하지 않았고($F(2, 22) = 1.20, NS, MSE = 2193.55$), 자극수 변인은 표적유형과 상호작용하지 않았으므로($F(1, 11) < 1, MSE = 703.166$), 표적이 청색이든 자주색이든 동일

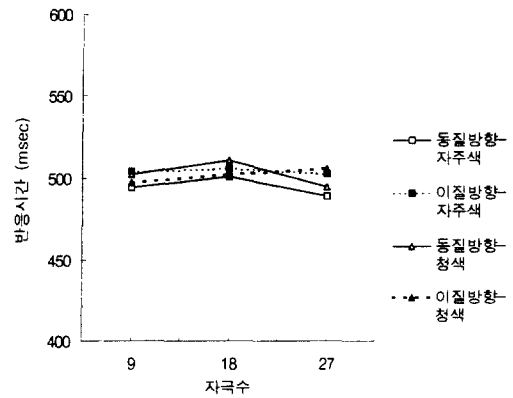


그림 2. 실험 1의 표적유형, 방해자극 방향동질성 및 자극수에 따른 반응시간

한 검색패턴을 보였다. 따라서 실험 1에서 청-자주색 세트에서 검색비대칭이 일어나지 않았다²⁾.

방해자극의 방향 동질성이 검색시간에 유의한 영향을 주지 않았으며($F(1, 11) = 2.49, NS, MSE = 3741.36$) 표적의 유형($F(1, 11) = 3.66, NS, MSE = 831.45$)과도 유의하게 상호작용하지 않았다. 다만 그림 2에서 보듯이 방향동질성 × 자극수의 상호작용이 ($F(2, 22) = 3.07, .05 < p < .1, MSE = 1025.02$) 약하게 일어졌는데, 이는 자극의 방향이 동질적일 때는 자극수가 가장 많은 27개의 조건에서 반응시간이 오히려 줄어드는 경향성 때문이다. 이 결과는 동질적인 방해자극 조건의 경우에 전주의적으로 집단화되어 표적의 분리가 상대적으로 쉬워진다는 것을 시사한다. 비록 통계적으로 유의한 차이는 없었지만 자극의 방향동질성이 시각검색에 영향을 준다는 것을 시사하는 결

2) 실험1은 표적이 청색이거나 자주색인 조건만 포함되었으므로 실험결과를 원색/혼합색의 질적 처리양상으로 해석하는 데는 일반성의 문제가 있다. 이 문제를 해결하기 위해 별도의 실험에서 무선적으로 주어진 단일 혼합색(또는 원색)들 사이에서 두드러진 unique한 원색(또는 혼합색) 표적을 탐지하는 검색과제를 실시했는데 그 결과, 두 검색표적 세트에서 병렬 검색패턴이 일어졌으며 역시 검색비대칭은 관찰되지 않았다. 결국 실험1과 같이 단일한 배경색들 사이에서 표적색을 검색하는 과제에서는 원색과 혼합색의 상대적 처리효율성이 차이를 보이지 않았다.

과가 실험 1에서 얻어졌으므로, 이 문제는 실험 2에서 다시 검토될 것이다.

표적의 밝기에 따른 검색시간은 차이가 없었고($F(1, 11) = 1.45, NS, MSE = 490.63$), 자극수나($F(1, 11) < 1, NS, MSE = 1794.28$) 반응조건과의 상호작용도($F(1, 11) < 1, NS, MSE = 654.07$) 관찰되지 않았다. 피험자들이 표적밝기에 기초하여 검색할 수 없었던 것은 방해자극들도 그 밝기가 무선적으로 변화하였기 때문이다. 표적밝기가 검색 기율기에 영향을 주지 않은 이 결과는 색검색 과정이 밝기 지각과정과 독립적으로 일어남을 시사한다.

실험 1의 결과는 단일색상의 방해자극에서 특정 색자극의 검색이 방해자극의 수에 영향을 받지 않는 병렬처리의 패턴을 보였으며, 표적이 원색이건 혼합색이건 그 패턴은 동일하였다. 본 실험 결과는 혼합색의 처리우세를 보인 Treisman과 Gormican(1988, 실험 7)의 결과와는 상반되는 결과이다. 상반되는 결과에 대한 한 가지 설명으로는 본 실험의 경우 컴퓨터 모니터 상으로 제시되어 자극의 변별성이 순간노출기에 사용된 종이자극보다 더 높았을 가능성이 있다. 다른 가능성은 그들의 실험에서 사용된 자극의 쌍이 본 실험과 달랐으므로 그 차이가 자극변별성의 차이를 낳았을 가능성도 있다. 예를 들어 녹색과 연녹색은 색환상에서 청색과 자주색보다 더 가까운 거리에 있다. 이렇게 변별성이 낮은 자극을 표적-방해자극 세트로 사용되는 경우에는 본 실험과는 다른 색변별과정(방해자극의 집단화과정)이 색검색과제에 도입될 가능성이 있다고 본다. 그리고, 본 실험에서 청색/자주색의 자극변별성이 높았기 때문에 두가지 색의 상대적 처리효율성이 얻어지지 않았을 수 있다. 자극변별성을 통제하면서 시각검색과정을 어렵게 하기 위해 두 가지 종류의 비동질적 방해자극색을 기용하여 실험 2를 수행하였다.

실험 2: 비동질 색 방해자극

청색과 적색을 혼합하면 자주색이 되고, 색환 상에서 적색은 자주색과 주황색 사이에 있고, 이 두 색 모두 CIE 상에서 등거리를 갖고 있으므로 동일한 표적-방해자극 혼동성을 가진다. 실험 1에서 방해자극이 동질적인 색상으로 구성되어 있어서 이것이 피험자들로 하여금 편향된 검색 전략을 사용하도록 했을 가능성이 있다. 예를 들어, 청색들 사이에서 자주색을 검색할 때는 적색에 편향된 검색을 할 수 있게 됨으로 병렬적 전주의적 검색이 가능하다. 이러한 편향검색 전략을 피험자들이 사용할 수 없도록 실험 2에서는 두 가지 방해자극을 사용하였다. 부가하여, 실험 1에서 경향성이 발견된 방해자극과 자극수의 상호작용을 재검토하였다

방 법

피험자. 정상시력의 피험자로 실험 2-1에 15명, 실험 2-2에는 22명이 참가하였다.

장치 및 도구. 실험 1에서와 동일한 실험장치를 사용하였다.

자극 및 절차. 자극은 연회색 배경($x=.296, y=.324$)에 제시된 혼합색과 원색의 직사각형들로 실험 1에서와 동일한 등휘도 조건에서 제시되었다. 표적 및 방해자극에 사용된 색은 원색인 청색과 적색, 혼합색인 자주색과 주황색이었다. 시각도가 가로×세로 $.2^{\circ} \times .8^{\circ}$ 인 직사각형 자극을 약 60cm 거리에서 시각도 8° 의 범위에 제시하였다. 실험 2는 두 부분으로 구성되었다. 먼저, 실험 2-1은 혼합색(자주색과 주황색) 방해자극들 사이에서 원색(적색) 표적을 찾는 과제였고 실험 2-2는 원색(청색과 적색) 방해자극들 사이에서 혼합색(자주색) 표적을 찾는 것이었다. xy 좌표상의 CIE 값이 청색의 경우 .145, .073, 적색 .0543, .0344, 자주색 .26, .147, 주황색 .542, .406인 것을 각각 자극색으로 사용하였다.

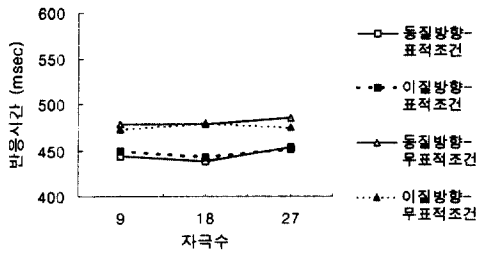


그림 3. 실험 2-1의 자극판 유형, 자극수 및 방해자극 방향 동질성에 따른 반응시간 (혼합색 사이에서 원색 검색)

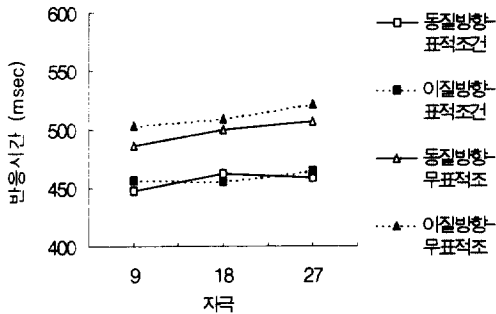


그림 4. 실험 2-2의 자극판 유형, 자극수 및 방해자극 방향 동질성에 따른 반응시간 (원색 사이에서 혼합색 검색)

자극의 수를 9, 18, 27개로 다르게 하여 무선적으로 제시하였다. 실험 2에 사용된 자극판 유형은 실험 1에서와 동일한 것이었고 다른 실험절차들도 실험 1과 동일하였다.

설계. 실험 2-1과 2-2 모두 자극판 유형(표적/ 무표적) × 방해자극 방향동질성(동질방향/이질방향) × 자극수(9/ 18/ 27)의 3원 반복측정 설계를 사용하였다.

결과 및 논의

실험 2-1. 혼합색 방해자극들 사이에서 원색 표적을 검색하도록 한 실험 2-1의 결과를 변량분석한 결과, 그림 3에서 보듯이 병렬적 검색패턴을 보였다($F(2, 28) = 2.26$, NS , $MSE =$

705.24). 표적조건은 반응시간이 무표적조건보다 빠르게 나타났다($F(1, 14) = 37.18$, $p < .001$, $MSE = 2442.59$). 방해자극의 방향의 동질성 여부는 자극수와 유의한 상호작용을 보이지 않았다($F(2, 28) < 1$, NS , $MSE = 663.43$). 여타 변인의 주효과 및 그들간의 유의한 상호작용은 관찰되지 않았다.

실험 2-2. 원색들 사이에서 혼합색을 검색하도록 한 실험 2-2의 결과에 대한 변량분석 결과, 그림 4에서 보듯이 실험 2-1과 마찬가지로 자극판 유형의 주효과가 얻어졌고($F(1, 21) = 65.45$, $p < .001$, $MSE = 4423.66$), 방해자극 방향동질성은 자극수와 유의한 상호작용을 보이지 않았다($F(2, 42) = 1.74$, NS , $MSE = 913.82$). 흥미롭게도 실험 2-1과는 달리 실험 2-2에서 자극수의 주효과가 유의미한 것으로 나타나, 원색 방해자극들 사이에서 혼합색 표적을 검색하는 상황에서는 계열적 검색패턴이 얻어졌다($F(2, 42) = 9.31$, $p < .001$, $MSE = 1042.21$).

결국 실험 2-1, 2-2 두 실험에서 원색과 혼합색에 대한 검색은 검색비대칭을 보였다. 즉 이것은 원색보다 혼합색이 덜 효율적으로 처리된다는 것을 보여주며, 원색에 대한 인간의 반응이 더 잘 조율(tuning)되어 있음을 시사한다.

참고로 실험 2에서 실험 1과는 달리 자극방향 동질성이 자극수와 상호작용하지 않았다. 그러한 패턴이 얻어지지 않는 이유는 아마도 방해자극들이 두 가지 색으로 이루어져서 방해자극들이 집단화되기 어려웠기 때문으로 보인다. 이 결과는 자극의 형태속성과 표면속성이 시각검색단계에서는 상호작용하지 않고, 집단화 과정에서만 상호작용하는 것으로 보인다.

원색이 혼합색보다 더 잘 처리된다는 실험 2의 결과는 Treisman과 Gormican(1988)의 연구에서 원색보다 혼합색의 검색기울기가 더 작게 얻어진 검색비대칭 결과와는 일견 상반되는 결과이다. 그러나 그의 실험에서는 원색

과 혼합색간의 변별성이 아주 낮아서, 피험자들은 원색이나 혼합색의 특정 값에 대한 판단을 하기 보다는 방해자극들을 효과적으로 집단화시킴으로써 현출하는 표적을 검색하려고 하였을 가능성이 있다. 이 과정에서 혼합색 보다는 원색이 더 잘 배경으로 집단화되었고, 따라서 원색사이에서 혼합색이 더 잘 검색되었을 수 있다. 반면에 본 실험에서는 방해자극들이 비동질적이므로 방해자극들을 집단화시킴으로써 표적을 검색하려는 방략이 사용될 수 없었다. 이렇게 설명하면 Treisman과 Gormican의 결과는 원색을 더 잘 처리함으로써 얻어진 결과라고 해석될 수 있으며, 이론적으로는 본 연구의 결과와 상충하지 않는다.

실험 1과는 달리 실험 2에서는 혼합색과 원색의 검색패턴이 질적으로 다르게 얻어졌다. 그 가능한 한 이유는 실험 1에서는 방해자극이 단일한 색상이었기 때문에 표적색의 검색에서 편향된 방략이 사용되었을 가능성이 있다. 예를 들어 청색 사이에서 자주색을 검색하는 것은 적색을 검색하는 방략으로 전환시키면 효율적으로 검색될 것이다. 실험 2에서는 두 가지의 방해자극 색이 사용되었으므로 색 편향 검색방략의 사용이 곤란했을 것이다. 따라서 혼합색과 원색의 상대적 처리효율성에 관한 시사점은 실험 2의 결과에서 도출되는 것이 타당하다. 즉 적색이나 청색과 같은 원색은 자주색이나 청록색과 같은 혼합색보다 더 효율적으로 처리되며, 시소자의 특성을 지닌다.

실험 3: 인접 배경색의 효과

실험 2의 한 문제점은 관찰된 검색비대칭이 원색과 혼합색의 상대적 처리효율성의 차이에 비롯된 것인지, 아니면 표적-방해자극 세트간의 차이 (예를 들어 자극변별성) 때문에 얻어진 것인지 분명치 않다는 것이다. 다시 말해서

실험 2-1에서는 적색표적에 자주색, 황색 방해자극이었고, 실험 2-2에서는 자주색 표적에 청, 적색의 방해자극으로 구성되었기 때문에 두 실험간에는 표적 뿐만 아니라 방해자극 세트도 달라졌다. 즉 표적-방해자극의 역할만 바꾸는 전형적인 검색비대칭 과제와는 자극세트에서 차이가 있기 때문에 실험 2의 결과를 순수하게 원색-혼합색의 처리구분으로 귀인하기 곤란하다. 실험 3에서는 동일한 인접 배경색에서 표적-방해자극의 역할만 바꾸어서 실험함으로써 검색비대칭의 현상을 보다 확실히 규명하고자 하였다.

실험 2의 결과에서 알 수 있듯이 색 지각은 그 표적색이 원색인지 아닌지의 영향과 그 주변 방해색이 어떤 색으로 구성되어있는지의 영향도 받는다. 부가하여 빈번히 관찰되는 사실은 주변 방해자극 색 뿐만 아니라 표적주변에 인접한 색 자극이 표적의 색 지각에 더 큰 영향을 준다는 것이다. 이것은 특정 색을 지각하는 신경구조의 수용장들이 인접한 것들끼리보다 큰 상호작용을 하기 때문이다. 실험 3에서는 인접한 배경색이 어떤 영향을 주는지를 검토하고자 하였다.

CIE 좌표상에서 대칭되어 있는 적-녹과 청-황은 서로 보색관계에 있다. 대립과정설(opponent-process theory)에 따르면 보색관계(예: 적-녹)에 있는 색이 주변에 있으면 더 뚜렷이 구분되는데 그 이유는 각 색이 주변에 억제적 영향을 주어서 각각의 색을 더욱 더 강하게 만들기 때문이다. 이것을 동시 색 대비(simultaneous color contrast) 현상이라고 한다. 반면에 주변의 색이 보색이 아닌 경우(예, 적-청), 특히 색피의 크기가 작을 때 주변색이 색피에 흡수되어 표적색이 주변색과 비슷하게 보인다. 예를 들어 적색은 노란색 주위에서는 주황색으로 보인다. 이것을 색 동화 효과(color assimilation, 또는 색확산 color spreading)라 한다. 일반적으로 대비는 각기 다른 대상간에 일어나서 대상간의 분리를 촉진시키며, 동화는

한 대상 내에서의 표면색의 색상 및 밝기의 비균질을 감소시키는 방향으로 진행된다. 대비와 동화 이 두 기제가 결합되어 색 항등성을 낳는데 기여한다.

실험 3-1에서는 녹색과 노란색 사각형 배경 내에 있는 적색 '+' 표시를 검색하는 과제를 사용하였다. 구체적으로 녹색 속의 주황색은 적색변이가 일어나며(대비) 노란색 속의 적색은 황색변이가 일어난다(동화). 만약 이것이 적색 표적을 찾는 과제라면 위 두 주변색 조건에서 표적에 대한 헛경보나 탈루로 귀결되어 오류반응을 하거나 반응시간이 늘어나게 된다.

방 법

피험자. 실험 3-1에는 14명, 실험 3-2에는 18명이 실험에 참가하였다.

장치 및 도구. 실험1에서 사용한 것과 동일한 장치들을 기용하였다.

자극 및 절차. 회색 전체 배경(x=.296, y=.324)에서, 주황색이나 적색의 '+' 사인을 가진 녹색과 노랑색 직사각형들을 실험 1에서와 동일

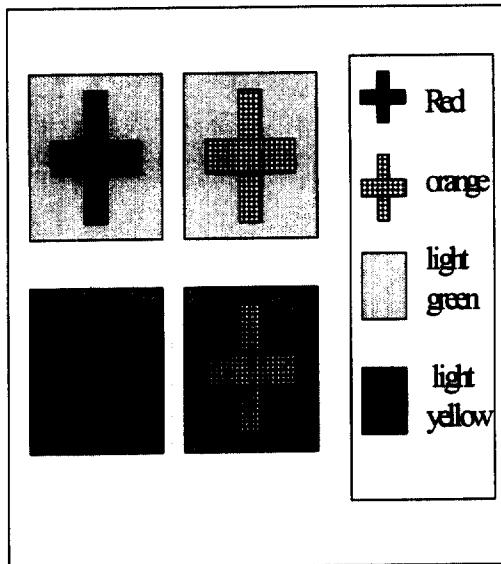


그림 5. 실험 3-1 색 검색실험에서의 자극 예.

한 등휘도 조건에서 제시하였다. 실험 3에 사용한 색은 적색과 노랑색, 녹색 및 주황색이었다. 시각도가 $1.2^\circ \times 1.2^\circ$ 인 정사각형 내에 폭이 두꺼운 것 $.5^\circ$, 얇은 것 $.2^\circ$ 이고 크기가 1.1° 인 '+' 자극을 약 60cm 거리에서 시각도 8° 의 범위에 제시하였다(그림 5). 실험 3-1의 과제는 녹색과 노랑색 직사각형내에 있는 적색과 주황색의 '+' 표시 중에서 적색 '+' 표적을 찾는 것이었고, 실험 3-2의 과제는 적색 '+' 표시들에서 주황색 '+' 표시를 검색하는 것이었다. xy 좌표상의 CIE 값이 적색의 경우 .543, .0344, 녹색 .305, .583, 노랑색 .407, .452, 주황색 .542, .406인 것을 각각 자극색으로 사용하였다. 자극의 수는 4, 8, 12개로 다르게 하여 무선적으로 제시하였다.

실험 3-1, 3-2에 사용된 자극판 역시 실험 1과 동일한 유형으로 만들었는데, 표적자극판의 예를 그림 6에 제시하였다. 이 실험은 8번의 연습시행을 거쳐 각 72시행씩 6블럭에 걸쳐 총 432시행으로 이루어졌다. 그 밖에 다른 실험 절차들은 실험 1에서와 동일하였다.

설계. 실험 3-1, 3-2 모두 자극판 유형(표적조건/ 무표적조건) \times 인접 배경색 유형(녹색/ 노랑색/ 무배경) \times '+' 유형(얇음/ 두꺼움) \times

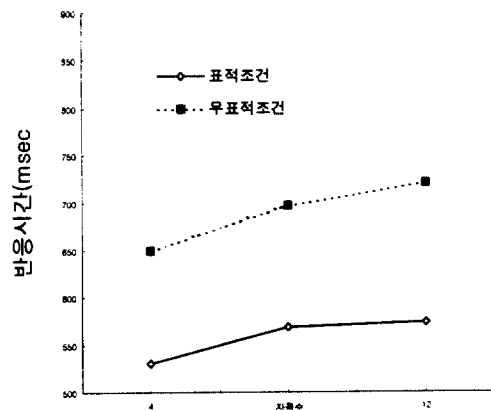


그림 6. 실험3-1의 자극판 유형 및 자극수에 따른 반응시간 ('주황색+' 사이에서 '적색+'의 검색)

자극수(4/ 8/ 12)의 4원 반복측정설계를 사용하였다.

결과 및 논의

실험 3-1, 3-2의 결과에 대한 변량분석을 실시하였다. 두 실험 모두에서 무배경조건에서는 자극수의 효과가 관찰되지 않았으므로 ($F < 1$), 병렬적 검색패턴을 보였고, 검색비대칭도 관찰되지 않았다. 무배경조건은 인접배경이 있는 조건에 대한 통제조건으로서, 표적 및 방해자극에 인접한 색사각형이 없는 조건이므로 실험 1과 실험적으로 동일한 상황이어서, 병렬적 검색패턴을 보인 것은 당연하고도 필요한 결과이다. 두 실험 각각에서 무배경 조건을 벤자료를 바탕으로 변량분석을 실시하였다.

실험 3-1. 그림 6에서 보는 바와 같이 원색 검색과제인 실험 3-1에서는 실험 1, 2에서보다 자극수 증가에 따른 가파른 선형함수가 얻어졌다($F(2, 26) = 7.05, p < .01, MSE = 14006.52$). 이는 인접배경색이 표적의 검색에 영향을 주어 계열적 검색이 되었음을 시사한다. 그리고 '十'의 유형이 짧은 경우(651ms)와 가는 경우(602ms) 검색시간에 있어서 유의한 차이를 보였다($F(1, 13) = 26.03, p < .001, MSE = 3474.280$). 그리고, 선의 굵기와 자극수간에 약한 상호작용이 관찰되었다($F(1, 13) = 2.53, .1 < p < .05, MSE = 4070.21$). 즉 선의 굵기는 기본적으로는 형태 세부특징이지만, 그 너비가 넓어질수록 표면 세부특징적인 면을 포함하므로 색지각과 어느 정도 상호작용함을 시사한다. 인접 배경색 유형은 주효과도 여타 변인과의 상호작용도 관찰되지 않았다($F < 1$).

실험 3-2. 그림 7에서 보는 바와 같이 혼합색 과제인 실험 3-2에서도 자극수 증가에 따른 가파른 선형함수가 얻어졌고($F(2, 34) = 74.79, p < .001, MSE = 6341.47$), 자극수와 자극판 유형간의 상호작용도 유의하였다($F(2, 34) = 20.80, p < .001, MSE = 5783.44$).

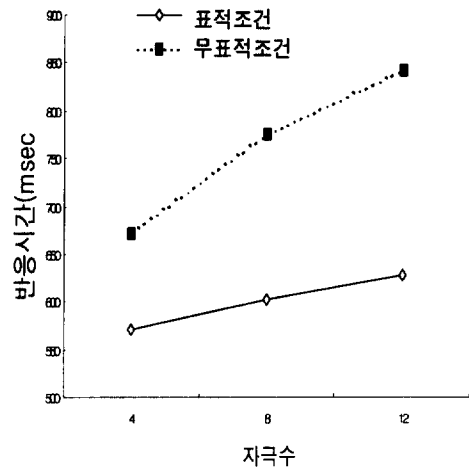


그림 7. 실험3-2의 자극판 유형 및 자극수에 따른 반응시간 ('적색+' 사이에서 '주황색+'의 검색)

즉 실험 3의 1,2 모두에서 계열적 검색 과정을 시사하는 검색 패턴이 얻어졌다. '十'의 선굵기의 효과도 유의한 것으로 나타났고($F(1, 17) = 55.87, p < .001, MSE = 9744.82$), 선굵기는 자극수와 유의한 상호작용을 보였다($F(1, 17) = 7.56, p < .01, MSE = 1963.85$). 이러한 결과는 실험 3-1에서와 마찬가지로 색 지각에 있어서 선의 굵기 특징은 색지각 과정과 상호작용함을 의미한다. 부가하여, 실험 3-1과 마찬가지로 실험 3-2에서도 인접 배경색 유형의 주효과 및 여타변인과의 상호작용이 관찰되지 않았다.

특기할 만한 중요한 결과로, 그림 6과 그림 7에서의 검색 기울기를 비교한 결과, 실험 3-1과 실험 3-2의 표적조건 기울기는 각각 5.7, 7.1이었고, 무표적 조건의 경우 각각 8.9, 21.4로 나타났다. 즉, 실험 3-2의 검색 기울기가 실험 3-1의 기울기보다 더 가파른 것으로 드러나 검색비대칭이 관찰되었다. 이를 통계적으로 검증하기 위해 실험 3-1, 3-2 자료를 묶어서 비가중-평균 변량분석(unweighted-means analysis of variance)를 실시하였다. 변량분석

결과 표적유형(적/황색)과 자극수 사이에 유의한 상호작용이 관찰되었다($F(2, 60) = 5.29, p < .01, MSE = 9663.00$). 즉 원색검색조건보다 혼합색 검색조건인 기울기가 더 컸다. 이는 원색이 혼합색보다 더 효율적으로 처리되어 검색비대칭을 보인 실험 2의 결과를 수렴적으로 지지하는 결과이다.

두 실험 모두에서 배경색의 주효과도 자극수와의 상호작용도 관찰되지 않았다. 이는 배경색이 노랑과 녹색 중 어느 것이건 색동화와 색대비로 인한 자극변별성의 감소가 표적 및 방해자극에 걸쳐서 전체적으로 비슷한 정도로 일어남을 시사한다.

종합 논의

본 연구는 세 실험세트로 구성되어 실시되었다. 먼저, 혼합색 방해자극들 사이에서 원색 표적을 탐지하거나 혹은 그 반대의 상황에서 이루어진 실험 1에서는 표적이 혼합색이든 원색이든 전반적으로 평평한 검색기울기가 얻어졌다. 그리고 방해자극의 방향 동질성을 조작하였으나 이 변인이 검색기울기 패턴에 유의한 영향을 주지 않았고, 표적의 밝기도 검색패턴에 영향을 주지 않았다. 즉 이것은 색 처리가 초기에는 방향, 밝기, 형태정보와는 독립적으로 이루어짐을 시사한다.

실험 2는 두 부분으로 진행되었는데 혼합색(자주색과 주황색) 방해자극들 사이에서 원색(적색) 표적을 찾는 실험 2-1의 결과, 평평한 병렬적 검색기울기 패턴이 얻어졌다. 반면에 실험 2-2의 원색(청색과 적색) 방해자극들 사이에서 혼합색(자주색) 표적을 검색하는 조건에서는 계열적 검색패턴이 얻어졌다. 이것은 원색이 특정 상황에서 혼합색보다 더 효율적으로 처리된다는 것을 시사한다.

실험 3은 녹색과 노랑색 직사각형 내에 있는 적색과 주황색의 '十' 표시 중에서 적색 '十'

표적을 찾거나(실험 3-1), 적색 사이에서 황색 '十'를 검색하는 것이었는데(실험 3-2) 두 실험 모두에서 자극수 증가에 따른 선형함수가 얻어졌고, 그 검색기울기는 혼합색 표적조건인 실험 3-2에서 더 컸다. 이러한 검색비대칭 결과는 원색이 혼합색보다 더 효율적으로 처리된다는 실험 2의 결과와 부합한다. 부가하여, 검색기울기가 실험 2보다 실험 3에서 더 가파르게 얻어진 것을 보면, 시각장에서 멀리 떨어진 색 자극보다 바로 인접한 배경색이 표적색의 지각에 더 큰 영향을 준다는 것을 의미한다.

종합하면, 특정상황에서 원색이 혼합색보다 더 효율적으로 처리된다고 볼 수 있다. 여기서 특정 상황이란 방해자극색들이 비동질적인 상황을 나타내며, 동질적인 경우에는 원색/혼합색의 상대적 처리의 효율성이 없어 보인다. 이 결과는 일상적인 관찰과도 부합하는데, 우리는 일반적으로 혼합색보다는 원색 옷을 입은 사람이 눈에 더 잘 띄는 것을 경험한다. 원색이 혼합색보다 용이한 시각검색을 가능하게 한다는 실험결과는 많은 실용적 함의점을 가진다. 건축물의 구성요소 또는 전자제품의 제어스위치나 디스플레이를 설계할 때 특정 위치를 검색하기 용이하게 만들기 위해서 색을 사용할 때는 혼합색 보다는 원색을 사용하는 것이 도움을 줄 수도 있다. 특히 인접배경색이 복잡하게 근접되어 나타나는 일상적 상황에서는 특정 색의 현출성이 떨어지게 되는데, 그 감소하는 정도가 원색에서 보다 작다는 것을 본 실험들에서 보았다.

실험 1, 2, 3에서 사용된 색의 검색실험에서 색도의 조작 외에도 형태 세부특징인 방향, 굵기 및 표면 세부특징인 밝기 등도 조작되었다. 표적 선의 굵기는 시각검색 패턴에 영향을 주는 것으로 나타났으나, 방향이나 밝기와 같은 세부특징들은 색의 검색과정에 영향을 주지 않는 것으로 드러났다. 이는 색의 검색과정에 필요한 핵심적인 과정이 비교적 초기과정에서

일어나며, 이 과정은 형태나 방향, 밝기 등의 처리과정과는 독립적으로 병렬적으로 일어남을 시사한다. 따라서, 대상의 세부특징들을 형태 세부특징 및 표면 세부특징으로 구분하는 것 보다는 다양한 지각실험과제를 통하여 상호 독립적으로 처리되는 세부특징들을 질적으로 구분하는 체계적인 진단적 실험과제를 개발할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- Cavanagh, P., Arguin, M., & Treisman, A. (1990). Effect of surface medium on visual search for orientation and size features. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 479-491
- Kaiser. P. K., Boynton. R. M. (1996). *Human color vision* (2nd ed). Washington,DC: Optical Society of America.
- Treisman, A. (1988). Features and objects: The 14th Bartlett memorial lecture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40A, 201-237.
- Treisman, A., & Gelade, G. (1980). A feature integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Treisman, A., & Gormican, S. (1988). Feature analysis in early vision: Evidence from search asymmetries. *Psychological Review*, 1, 15-48.
- Treisman, A., & Souther, J. (1985). Search asymmetry: A diagnostic for preattentive processing of separable features. *Journal of Experimental Psychology: General*, 114, 285-310
- Troscianko, T., & Low, I. (1986). A technique for presenting isoluminant stimuli using a micro-computer. *Spatial Vision*, 1, 197-202.

Effects of noise and adjacent color in visual search tasks

Ho-Wan Kwak

Kyungpook National University

Perceiving colors of a surface plays an important role on the percept of an object. I investigated the characteristics of human color information processing by examining the effect of the surrounding distractor colors on the perception of target color in several color search tasks. Experiment 1, in which the search performance for a primary color among single-color distractors or vice versa was investigated, revealed an early parallel processing property of color information with objects' orientation and shape. However, when two primary colors or two-color distractor mixtures were included in experiment 2, the results showed a parallel search pattern in searching primary colors among color distracter mixtures but a serial search pattern in searching color mixtures among primary colors. These results indicate that processing for primary colors is more efficient than that for color mixtures under a certain circumstance. I further investigated effects of adjacent surrounding colors on the detection of target color in Experiment 3. Again, We found that searching for a primary color among color mixtures was more efficient than searching for a mixture color among primary colors.

keywords color perception, color search, primary/mixed color, processing efficiency

초고접수 2000. 10. 16

최종본접수 2000. 12. 22