

색채는 유채색과 무채색의 조합으로 구성되는 시각적 속성이다. 유채색에는 색상과 채도, 명도의 속성이 존재하며, 빨강, 주황, 갈색 등의 색이름으로 기술된다. 반면 무채색은 유채색의 기미가 없는 계열의 색이며, 흰색에서 검은색까지 중간에 있는 여러 가지의 회색들을 말한다. 즉, 무채색의 구별은 밝고 어두운 정도의 차이로 나타낼 수 있으며 명도는 있지만 색상, 채도의 속성이 없다. 그러므로 유채색은 무채색속성을 가질 수 있지만, 무채색은 어떤 유채색속도 가지지 않는다(Fairchild, 1998).

색채과학의 역사에서 무채색에 관한 과학적 연구는 Forsius(1611)에 의해서 시작되었다. 그는 무채색을 검은색과 흰색을 포함하여 7개의 등급을 가진 언어적 척도로 표현하였다. 이후 Glisson(1677)은 흰색, 검은색, 노란색, 빨간색 및 파란색을 기본적인 색채로 간주하고 그 중 검은색과 흰색으로 무채색을 설명하였다. 그는 검은색과 흰색을 양극단에 놓고 검은색과 흰색을 혼합하여 시각적으로 중간으로 느껴지는 색을 만드는 방법으로 무채색을 24단계로 나누었다. Mayer(1758)은 3개의 일차색(primary color)인 r(red, 빨강), g(gelb, 노랑을 뜻함), b(blue, 파랑)색료를 이용하여 육면체 형태인 이중 피라미드(double pyramid)를 만들었다. 그는 r, g, b색료의 동일한 양을 섞음으로써 무채색을 23개의 상대명도(lightness)¹⁾ 단계로 나누었고, 중심면(central plane)에 중간 회색이 오도록 하였다. 그 후 Lambert(1772)는 Mayer의 이중 피라미드를 도식화하여 단순하게 만들었는데, 무채색의 23단계도 단순화하여 8단계로 줄였다. Runge(1810)는 그의 이중 원추형 색입체(double-

cone color solid)에서 10단계의 무채색척도를 만들었다. 흰색은 꼭대기에 검은색은 바닥에 위치하였고, 원의 중간에 위치하는 회색축은 흰색과 검은색의 혼합에 의해서 즉, 세 개의 주요한 색료인 r, g, b의 혼합에 의해서 만들어졌다. Runge(1810)의 무채색척도는 Mayer (1758)와 Lambert(1772)와 동일한 방식으로 만들어졌다고 볼 수 있다. 이들은 색료의 혼합으로 무채색의 척도를 구성하려는 노력을 하였다.

Bouguer(1729)부터 무채색척도의 발전은 광도측정법(photometry)의 발전과 함께 이루어졌다. 그는 명도(brightness)²⁾의 역치를 연구하였는데, 흰색 스크린(screen) 뒤에 두 개의 양초를 세워두고 양초사이의 거리를 조절하여 스크린에 비친 막대기그림자의 명도를 관찰하게 하였다. 이와 같은 방법을 이용하여 두 그림자간의 최소식별차이(just noticeable difference)를 조사하였다. Masson(1768)은 시각적 절대역치를 회전판의 흰색부분 둘레와 검은색부분의 둘레의 비율로 기술하였다. 그는 흰색 원형판의 일정부분을 부채꼴 모양으로 나누어 검은색으로 칠하고, 흰색과 검은색이 다양한 비율로 분할된 판을 회전시켜 회색기미가 보이는지를 실험하였다. 또한 이 방법을 사용하여 관찰거리와 조명환경을 변화시키면서 실험하였는데, 그 결과 시각적 절대역치가 관찰거리와 조명환경에 따라 1/50~1/120(원판에서의 검은색둘레/원판에서의 흰색의 둘레)의 범위 안에서 변하는 것을 관찰하였다. 이후 Arago(1850)은 향상된 장비를 이용하여 Masson의 실험을 반복하여 절대역치의 비율을 1/133으로 낮추었다. 이들은 자극 강도에 대응하여 명도를 양적용

1) 상대명도(lightness)는 백색표면과 물체에 같은 조명을 하였을 때, 백색표면에 대한 물체의 상대적인 밝기를 의미한다.

2) 명도(brightness)는 주어진 물체 또는 광원이 어느 정도 밝기를 가지는가에 대한 시각적 감각의 속성이다.

어로 설명하려는 시도를 하였다는데서 의의가 있다.

1800년대 중반이후, Helmholtz(1867)에 의해서 무채색의 척도 발전과 함께 무채색의 개념도 확고히 자리잡았다. 그는 3원색이론에서 중요한 개념으로써 무채색의 명도 단일차원을 강조하였다. 즉, 눈에서의 빨강, 초록, 파랑의 세 개 색 처리가 동일한 크기로 활성화되어야만 흰색을 지각할 수 있고, 다양한 활성화 정도에 따라 흰색의 강도가 변한다고 가정하였다.

Hering(1874)은 색채지각의 대립과정이론(opponent process theory)에서 무채색이 단일 속성만을 가진다고 가정하였다. Hering은 빨강을 볼 수 없는 사람은 녹색을 볼 수 없고, 파랑을 볼 수 없는 사람은 노랑도 볼 수 없다는 현상과 빨간색에 대한 잔상이 녹색이고, 녹색에 대한 잔상은 빨간색이며, 노란색과 파란색, 흰색과 검은색 사이에도 상응한 결과를 얻은 것을 바탕으로 빨강 - 초록, 노랑 - 파랑 및 하양 - 검정의 대립축을 구성하였다. 대립과정 이론에서 무채색은 3개의 대립축 중 하나인 흰색 - 검은색축으로 표상된다. 축의 양 끝에는 흰색과 검은색이 있고 그 사이에는 회색들이 존재한다. 즉, Hering은 어떤 회색이라도 흰색과 검은색의 속성을 가진다고 간주함으로써 회색을 흰색과 검은색의 조합으로 나타낼 수 있다고 생각하였다.

Evans(1974)는 색상, 채도, 상대명도(lightness), 명도(brightness), 현란도(brilliance)의 다섯 가지로 색채의 속성을 분류하였다. 명도는 광도(luminosity)³⁾의 관점에서 정의되며, 상대명도는 백색 표면에 대한 상대적인 명도로 설명된다.

3) 광도(luminosity)는 물체색과 광원색이 지니는 밝기의 정도를 의미한다.

현란도(brilliance)는 무회색휘도(zero grayness luminance)와 관련이 있는 개념으로 색채가 현란(fluorescent)⁴⁾한 느낌이 나는 정도를 의미한다. Evans는 회색도(grayness)의 개념을 통해 색채의 채도를 설명하였다. 회색도가 증가하면 색이 점점 검은색과 유사해지고, 회색도가 감소하면 색이 현란하게 보인다고 언급했다. Evans는 무채색을 회색도가 최대인 지점의 상대명도 및 명도로 표현했다고 할 수 있다.

색채과학의 역사에서 무채색을 살펴본 바에 따르면, 무채색은 명도의 단일속성으로써 기술된다. 이는 무채색은 유채속성이 없음을 의미한다. 그러면, 유채속성이 있으면 무채색이 아니라고 판단하는가? 또는 사람들의 무채색 판단에 유채속성이 없는 명도의 단일속성만이 판단의 준거라고 생각할 수 있는가?

Palmer와 Teller(1993)는 무채색이 유채색과는 다른 처리기제를 가질 것이라는 전제를 하였으나 무채색과 유채색의 처리기제가 독립적인 것 같지 않다고 결론을 내렸다. 이는 무채색을 판단할 때 명도의 단일속성 외에 다른 처리 기제가 관여될 수 있음을 의미한다. 그들은 유채색과 무채색의 처리기제를 살펴보기 위해서 다양한 방해자극을 사용하여 목표자극을 찾는 시각탐지과제를 실시하였다. 목표자극은 휘도(luminance)⁵⁾가 다른 무채색으로 구성

4) 현란(fluorescent)은 Evans(1974)의 표현으로 색채가 형광을 띄거나 현란하게 빛나는 것을 의미한다.

5) 휘도(luminance)는 표면에서 측정된 물리적 밝기를 의미한다. 칸델라(cd/m², 1평방미터 이내에 촛불 하나를 켜 밝기)로 표시한다. 상대명도(lightness)는 밝기가 1이나 100을 Scale로 잡은 상대적인 밝기이다(HSV체계에서는 Value라고도 한다). 휘도(luminance)와 상대명도(lightness)를 비교하여 설명하면 휘도(luminance)가 증가함에 따라 상대명도(lightness)는 같이 선형으로 증가하지는 않고 어느 시점에서는 포

되었고, 방해자극은 채도(chromaticity)값이 각기 다른 유채색으로 구성하였다. 무채색 목표자극의 역치는 목표자극과 방해자극의 채도 차이가 클수록 증가하였다. 만약 무채색과 유채색의 처리기제가 상이하다면 무채색목표탐지는 방해자극인 유채색의 채도와는 상관없이 이루어져야 한다. Wolfe(1994)는 무채색과 유채색간의 채도차이에 따라 무채색 탐지반응시간에 차이가 있는 Palmer와 Teller(1993)의 결과가 탐지과제의 제한점을 의미하는 것이 아니라, 시각탐지과제에서의 수행이 시각체계의 높은 수준에서의 작동기제를 반영하고 있는 것이라고 생각했다. 그러므로 Palmer와 Teller(1993)의 연구는 인지적인 과제에서 무채색을 판단할 때 다른 기제가 영향을 줄 수 있음을 시사한다.

인지적인 과제 중에서 색채명명실험의 반응양상은 무채색을 판단할 때 명도의 단일속성만을 가지고 응답하는가에 대한 의문점을 준다. 김영선, 박현수, 이윤형 및 이만영(2001)의 먼셀색표집의 전체 색편 영역을 제시하고 각각의 색편을 11개의 기본색이름으로 명명하는 색채 범주화 실험을 살펴보면, 무채색과 유채색의 정의에도 불구하고 무채영역이 아닌 채도가 낮은 영역에서 '흰색', '회색', '검은색'의 명명 빈도가 높은 현상이 발생하였다. 논리적으로는 먼셀색공간의 유채영역을 무채색으로 분류하는 것은 모순임에도 불구하고 이러한 현상이 발생한다. 왜냐하면, 각 색상영역의 채도는 변별과제를 통하여 결정하였기 때문이다. 먼셀 색공간에서는 중심의 무채색축을 0으로 하고 채도가 증가할수록 차례로 번호가 커지

화된다는 점, 휘도(luminance) 차이가 20% 난다고 해서 상대명도(lightness) 차이도 20% 나는 것은 아니며 그보다 차이가 적을 수 있다.

게 되어 있다. 이는 변별과제를 통하여 결정된 것으로, 변별과제는 '이 두색이 채도가 같은가 다른가'를 판단하는 과제이다. 예를 들면, 채도가 낮은 유채색은 무채색(채도 0)과 채도가 다르다는 응답을 통하여 결정된 것이다. 그러므로 유채색에서는 채도의 속성이 존재하며, 무채색이 아니다. 그러나 색이름 범주화 연구의 결과들을 살펴보면, 채도가 낮은 영역들에서 분명한 무채색응답이 발생한다. 범주화 과제는 인지적인 과제로써 지각적인 차이구분을 요구하는 변별과제와는 다르다. 그러므로 범주화과제를 통한 무채색응답은 변별과제와는 다른 지각적 또는 인지적 기제가 작용한 결과라 생각해볼 수 있다. 그러나 김영선 외(2001)의 연구는 유채색 영역에서의 무채반응을 확인해보는 것이 연구의 목적이 아니었다. 그리고 흰색, 회색, 검은색의 색이름 제시가 단일색이름으로 명명되는 양상을 살펴보기 위한 것이라기보다는 다른 기본색이름 수식을 위하여 사용되었다. 또한 범주화과제에서는 색이름의 제시가 실험참가자의 반응에 영향을 미치므로, 김영선 외(2001)의 연구에서 검은색, 회색, 흰색의 색이름을 제시해 주지 않았다면, 무채응답이 나오지 않았을 것이다. 그러므로 유채색 영역에서 무채색 반응이 나오는 원인이 무엇인지 파악하기에 앞서, 유채영역에서 무채응답이 발생하는지를 확인하는 연구가 선행되어야 할 것이다.

본 연구는 세 가지 목적이 있다.

첫째로, 유채영역에서 무채응답이 발생하는지를 확인하는 것이다. 이를 알아보기 위하여 실험1에서는 먼셀색표집을 이용하여 무채색과 유채색의 범주판단과제를 실시했다. 본 연구는 사람들의 무채색과 유채색에 대한 정의가 명확하고 무채색과 유채색의 판단이 정의와

일치한다고 가정하였다. 또한 본 연구에서는 색채분류과제를 사용하여 무채색과 유채색을 분류하였다. 색채 분류과제는 범주화방법의 한 종류로써 인지적인 과제라 볼 수 있다. 이 방법은 무채색과 유채색을 채도 0인 경우에는 무채색으로 분류하고 채도가 1이상일 경우에는 유채색으로 분류하는지, 또는 이와는 다른 양상으로 분류하는지를 쉽게 알 수 있다는 장점이 있다. 사람들의 반응이 무채색 고유의 정의와 일치한다면 ‘유채기미가 없는’ 색편만을 무채색이라고 응답할 것이다.

둘째로, 유채영역에서 무채응답이 나오는 것이 무채색편과 유채색편수의 불균형에 의한 경계이동의 결과인지 확인하고자 하였으며, 정확한 무채색과 유채색의 경계변화를 확인하고자 하였다.

셋째로, 낮은 채도에서 Helmholtz-Kohlrausch 효과⁶⁾가 존재하는지를 파악하고자 하였다. 실험 1과 2를 통해 먼셀색표집과 모니터 상에서 파랑과 보라색상과 상대명도에 따라 채도가 낮은 유채영역에서 분명한 무채응답이 발생함을 확인하였다. 실험 1과 실험 2의 결과는 Helmholtz-Kohlrausch 효과와 유사한 현상을 보였다. Helmholtz-Kohlrausch 효과는 파랑과 보라 색상영역에서 그 효과가 크기 때문이다. 그러므로 실험 3에서는 본 연구의 실험 1과 실험 2에서 사용된 자극과 같이 비교적 낮은 채도에서 Helmholtz-Kohlrausch 효과가 있는지 알아보기 위하여 상대명도 대응과제(lightness matching task)를 실시하였다. 이를 통해서 채도가 낮은 영역에서 명도의 지각적인 증가현상

이 색상에 따라 차이가 있는지 알아보려고 했고 실험 1과 2와의 연관성을 살펴보고자 하였다.

실 험 1

본 실험은 유채영역에서 무채응답이 발생하는지를 확인하기 위해서 실시하였다. 이를 알아보기 위해서 먼셀색표집을 이용하여 무채색과 유채색의 범주판단과제를 실시했다. 이 실험에서 채도가 낮은 유채색영역에 대한 무채색 범주판단반응이 나타날 것으로 예상했다.

방 법

참가자 고려대학교 학부생 5명이 실험에 참가하였다. 이들은 모두 정상시력과 색감자였다.

자극 먼셀색편모음집(Grossy)에서 무채색편을 포함한 모든 색상면의 채도 0~41 색편을 선택하였다. 이때, 색편은 모든 명도를 포함했다. 사용한 색편은 총 787개였다.

절차 외부의 소음이 차단된 방음실에서 진행하였으며, 선택한 모든 색채자극 모두 회색카드(먼셀 흑백도 N7: 10×13cm)의 중앙에 끼워 자연광(Exemolite: D65)아래에서 관찰하게 하였다. 보유하고 있는 먼셀색표집의 무채색편은 다른 색편과 크기와 두께에서 차이가 나므로 색편이 꽂힌 카드위에 색편의 테두리 역할을 하는 회색 종이(먼셀 흑백도 N7)를 덧붙여 색편크기를 통일시켰다.

모든 색편을 무선적으로 섞어 ABCD 4개의 칸이 있는 상자에 넣었다. 그리고 실험참가자에게 ABCD 중 두 개의 세트를 선택하여 무선

6) Helmholtz-Kohlrausch 효과는 주광시(photopic vision)에서 일정한 휘도(luminance)를 유지하면서 색채자극의 순수성(purity)이 증가함에 따라 야기되는 지각된 색채의 명도변화를 의미한다(CIE,1988).

적으로 한 카드씩 뽑아 응답하게 하였다. 두 개의 세트에 대한 응답이 끝나면, 잠시 휴식을 가진 후 나머지 2세트에 대하여 반응했다. 응답한 색편은 미리 준비된 바닥의 상자에 내려놓게 하였다. 이것은 한 번 본 색편을 다시 보면서 비교하지 않게 하기 위해서였다.

실험참가자의 과제는 제시된 색편이 무채색인지 유채색인지를 응답하는 것이었다. 실험이 끝나면 자신이 생각하는 또는 알고 있는 무채색과 유채색의 개념을 기술하게 하였다. 이는 유채색과 무채색의 개념을 명확하게 알고 있는지를 확인해 보기 위한 것이었다. 실험시간은 1~2시간 정도 소요되었다.

결과 및 논의

실험참가자들의 무채색과 유채색의 범주 정의는 본 연구자의 기대와 일치했다. 즉, 5명 모두 ‘빨강, 파랑, 노랑 등의 색상과 채도의 기미가 없는 명도만으로 이루어진 색 - 흰색, 회색, 검은색’으로 무채색을 기술하였다. 유채색의 경우에는 무채색의 정의와는 반대로 색상의 기미가 보이고 채도가 있는 색 - 흰색, 회색, 검은색을 제외한 색’이라고 응답했다.

무채색 반응 영역을 살펴보면, 여러 색상영역에서 무채색반응이 나옴을 확인할 수 있었다. 무채색응답은 전반적으로 저명도(명도 2,3) 보다는 중명도(명도 4,5,6)와 고명도(명도 7,8,9)에서 발생하였다. 색상영역들을 살펴보면 특히 10B~10P 색상영역의 채도가 2이하인 색편에서 무채색 응답이 많았다. 이 색상영역은 파란색과 보라색 영역이다. 특히 파란색의 초점영역인 5PB에서는 무채색 응답이 가장 높았다. 채도가 낮음에도 불구하고 무채색이라고 응답하지 않은 색상영역은 대부분 빨강, 노랑,

초록의 색상영역이었다. 특히, GY와 G색상영역에서는 단 한 개의 무채색응답도 나오지 않았다.

실험의 결과를 통하여 채도가 낮은 유채색영역들에서 분명한 무채색응답이 발생함을 확인할 수 있었다. 특히, 파랑과 보라색상영역에 해당하는 10B~10P에서는 2이상의 채도에서도 무채색 응답이 발견되었다. 이는 김영선 외(2001)의 결과와는 차이점이 있다. 김영선 외(2001)의 연구에서는 특정한 경향없이 낮은 채도에서 무채응답이 전 색상영역에 걸쳐 나타났다. 그러나 본 실험은 예상하지 못한 결과를 나타내었다. 즉, 다른 색상영역에서는 무채반응이 거의 없으나, 파랑과 보라 색상영역에서는 무채응답반응이 많았다.

그러나 이 실험의 결과는 무채색자극과 유채색자극의 수에서 차이가 큰 데에 원인이 있을 수 있다. 무채색 자극의 수는 36개인 반면에 유채색편의 수는 751개였다. 그러므로 유채와 무채색편 수의 차이에 의한 경계 이동(border shift)의 가능성이 있다. 또한 보유하고 있는 먼셀색표집의 채도는 1,2,4로 채도3의 색편이 없었고, 채도가 1인 Munsell 색채자극이 2.5와 7.5 색상면에는 없으므로 실험에 포함되지 않은 영역이 존재하였다. 그러므로 경계가 채도3에서 이루어지는지, 채도2에서 이루어지는지 불분명하였다. 그래서 채도의 구분을 더 세분화하여 경계변화양상을 다시 확인해보고, 무채자극과 유채자극의 수를 비슷하게 맞추어 경계이동이 일어나지 않도록 보완한 실험이 요구되었다.

실 험 2

본 실험은 유채영역에서 무채응답의 발생이

무채색편과 유채색편수의 불균형에 의한 경계 이동의 결과인지 확인하고자 했다. 실험1의 결과에서 무채색의 범주경계가 색상과 상대명도(lightness)에 따라 다름을 확인할 수 있었다. 파랑과 보라 색상영역, 증명도와 고명도에서 무채색의 범주경계가 넓어졌다. 그러나 실험1의 결과는 유채와 무채색편 수의 차이에 의한 경계 이동(border shift)의 가능성이 있다. 또한 채도가 1인 Munsell 색채자극의 부족으로 실험에 포함되지 않은 영역도 존재했기 때문에 문제점이 있다. 실험2에서는 이런 문제점들을 보완하여 모니터 상에서 실험하였다. 즉, 무채자극과 유채자극의 수를 비슷하게 맞추어 경계이동이 일어나지 않도록 보완하고, 채도의 구분을 더 세분화하였다.

방 법

참가자 고려대학교 학부생 39명이 실험에 참가했다.

모니터 Calibration Gretag Meebeth사의 Calibration 프로그램을 사용하여 삼성 909NF CRT모니터의 감마값이 2.2, 색온도가 6500K, Luminance 90%, Brightness는 50, Contrast는100로 맞추었다. 이렇게 맞추어 놓은 후 모니터 프로파일을 저장하였다. 이 모니터 프로파일을 윈도우에 적용시킨 후에 Gretag Meebeth사의 Calibration 프로그램이 제대로 Calibration을 했는가를 확인 하였다. 수정된 RGB값을 각각 0/63/127/191/255로 맞추어 색을 만든 후 측색기로 xyY값을 얻어내어 색온도를 계산하였다. 측색 결과에 따른 색온도는 6450~6550K으로 Calibration이 되었음을 확인할 수 있었다. 이때 사용한 측색기는 Gretag Macbeth사의 Spectrolino

와 Minolta사의 CS1000이었으며 두 측색기의 측색 결과는 유사하였다.

자극 Munsell Conversion Program을 통하여 무채색자극을 포함한 각 모든 색상면의 채도 0~3.5인 색자극을 선택하여 모니터에 구현하였다. 채도 0~3.5에서 채도의 간격은 0.5였다. 모든 명도를 반영하여 색자극을 선택했다. Munsell Conversion Program에서 무채색자극은 Munsell Neutral Color Scale의 36개의 색편을 이용하여 모니터에 구현했다. 모니터색편 구현 절차는 다음과 같았다. 먼저 CMC(Munsell Conversion Program)에서 먼셀색편에 해당하는 먼셀값의(C광원상에서의) XYZ값을 얻어냈다. 그 다음 변환공식(Hunt, 1991a)을 이용하여 D65광원에서의 XYZ값을 변환하여 CIE LAB값을 계산하였다. 각각의 색체에 해당하는 CIE LAB값을 포토샵에 입력하여 색자극을 만들었다. 윈도우에 적용된 모니터 프로파일을 포토샵의 color 프로파일에도 똑같이 적용시켰고, 포토샵의 color setting은 sRGB, 감마 2.2로 맞추었다. 실험에 사용되는 색자극은 유채자극과 무채자극을 모두 포함하여 대략 3000(각 세트당 750)여개였다.

절차 자극을 A, B, C, D의 4 세트로 만들어진 실험참가자당 두 개의 세트를 실험하였다. A 세트는 색상값이 2.5인 색상들만으로 구성되었다. 마찬가지로 B, C, D 세트는 각각 색상값이 5, 7.5, 10인 색상들로 구성되어 있었다. 각각의 세트에서는 무채자극을 반복적으로 제시하여 무채자극과 유채자극수를 동일하게 맞추었다. 실험은 외부의 소음이 차단된 암실에서 진행하며 선택한 모든 색채자극을 A, B, C, D 세트별로 각각 모니터의 중앙에 제시하였

다. 실험참가자의 눈과 모니터와의 거리는 0.7m이며, 시각도는 약 3도였다. 모니터의 배경색은 중간회색(Middle Gray, 먼셀색표집의 N5(반사율 19.8%)에 해당)이었다. 색채자극은 각각 한 번씩 제시되었다. 실험참가자는 제시된 색자극이 무채색인지 유채색인지 판단하도록 했다. 무채색이면 키보드의 왼편에 있는 'Z' 반응키를 누르고 유채색이면 키보드의 오른편에 있는 '/' 반응키를 눌렀고, 반응 키는 역균형화(counterbalancing)시켰다.

실험이 끝나면 자신이 생각하는 또는 알고 있는 무채색의 개념이 무엇인지 적게 하고, 또한 유채색의 개념도 적게 하였다. 이것은 각각의 실험참가자들의 무채색과 유채색의 정의를 확인하여 이 연구의 가정인 '실험참가자들의 무채색에 대한 개념이 명확하다'는 것을 확인해 보기 위함이었다.

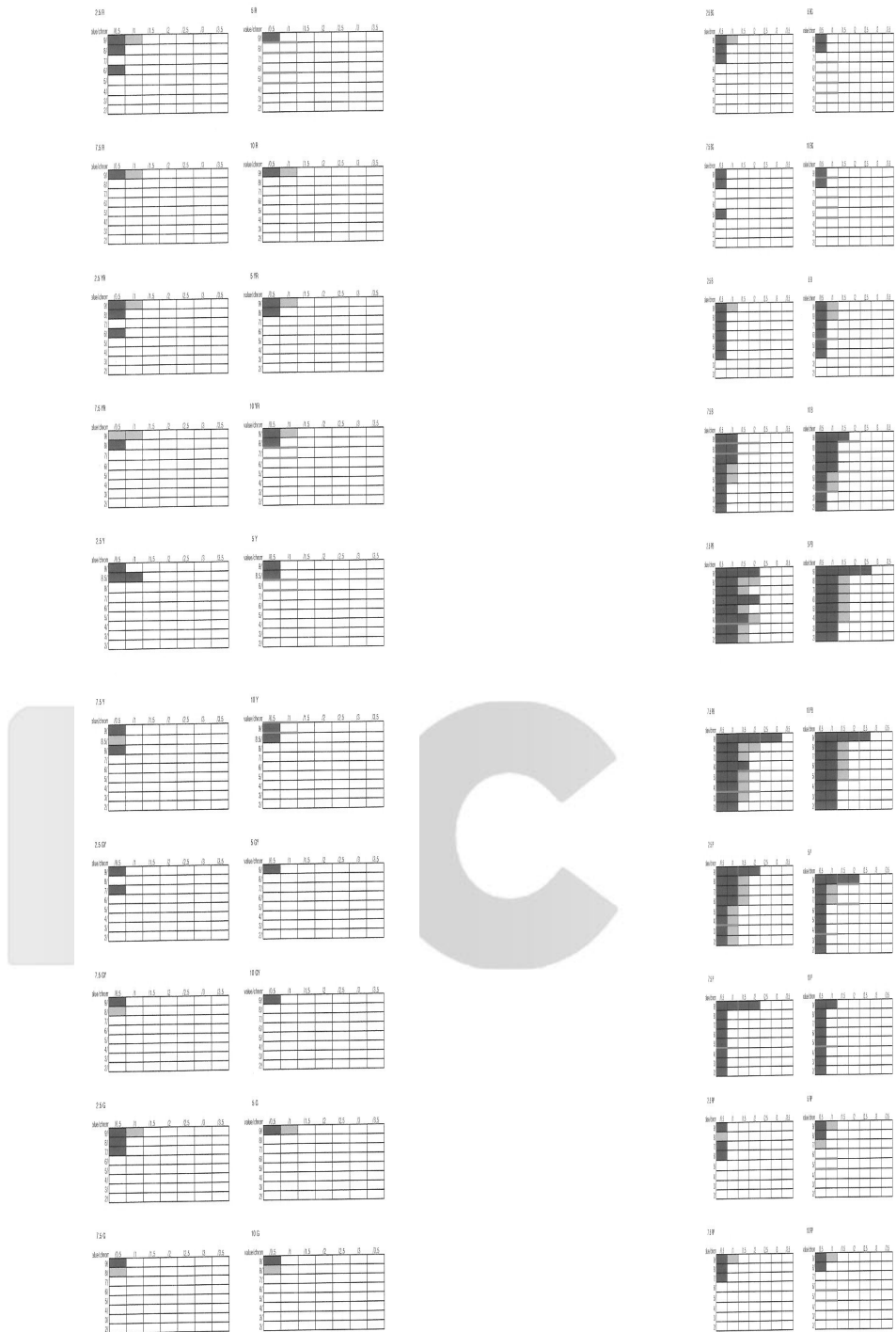
결과 및 논의

실험 참가자 39명 중 24명이 무채색에 대한 범주정의는 본 연구자의 기대와 일치했다. 즉, '빨강, 파랑, 노랑 등의 색상과 채도의 기미가 없는 명도만으로 이루어진 색 - 흰색, 회색, 검은색'으로 무채색을 기술하였다. 유채색의 경우에는 무채색의 정의와는 반대로 '색상의 기미가 보이고 채도가 있는 색 - 흰색, 회색, 검은색을 제외한 색'이라고 응답했다. 무채색에 대한 범주정의가 명확하지 않은 15명은 결과분석에서 제외하였다.

실험의 결과는 그림 1에 제시하였다. 한 색 자극에 12명의 실험참가자가 반응하였다. 12명의 반응 중에서 7명 이상이 무채색이라고 응답한 것을 무채응답으로 간주하였다. 그림 1에서 진한회색으로 표시된 부분은 응답의

66.7%(8명) 이상이 무채색이라고 응답한 영역이고, 연한회색으로 표시된 영역은 58.3%(7명)이 무채색이라고 응답한 영역이며 흰색부분은 유채색영역이다. 무채자극은 모두 무채색이라고 응답했으므로 표에서는 제외하였다. 그림 1의 진한 실선은 실험 1의 결과를 표시한 것이다. 그림 1을 살펴보면, 전반적으로 저명도(명도2,3)보다는 중명도(명도 4,5,6)와 고명도(명도 7,8,9)에서 무채색 반응 영역이 발생하였고, 특히 고명도에서 무채색 반응영역이 넓었다. 색상영역별로 살펴보면 파랑과 보라 영역이 다른 색상영역보다 더 넓었다. 빨강, 노랑, 초록 계열의 색상에서는 고명도(명도8,9)를 제외하고 채도의 증가에 따른 무채색반응이 없었다. 파랑과 보라색상 영역에서는 실험 1의 결과와 비슷하게 7.5B ~ 10P에서 무채색응답이 나왔고, 무채색의 채도경계는 약 1.5정도였다. 실험 1과 실험 2의 결과를 비교해보면 파랑과 보라 영역에서 무채색경계가 넓어진다는 점에서 동일하였다. 즉, 무채자극과 유채자극의 수를 동일하게 맞추었음에도 불구하고 무채색의 범주경계가 넓어졌다. 그러나 실험 2의 무채색 채도 경계가 실험 1보다 모든 영역에서 전반적으로 0.5~1정도 줄었음을 확인할 수 있었다. 이는 경계이동(border shift)의 효과가 줄어든 것으로 볼 수 있다.

흥미로운 것은 실험참가자 39명중 15명이 무채색 개념이 모호하다는 것이었다. 이 실험 참가자들은 자신의 무채색 정의에 맞게 응답함을 확인할 수 있었는데, 예를 들면 무채색의 정의가 '검은색과 회색으로 이루어진 색'이고, 유채색의 정의가 '다른 색상의 기미가 있는 색과 흰색'인 실험참가자는 '흰색'을 유채색이라고 응답하였다. 이는 참가자들이 각자의 정의에 따라 명확하게 반응함을 의미한다.



무채색 응답 (66.7%이상) ■ 무채색 응답 (58.3%이상) ■ 실험 1 결과 —
 그림 1. CRT 모니터에서의 색상영역에 따른 무채색과 유채색반응

무채색의 정의가 명확하지 않은 사람들을 제외한 24명의 실험참가자의 응답은 무채색과 유채색의 올바른 정의에 의해 응답함을 확신할 수 있었다.

본 연구에서는 먼셀색표집과 CRT모니터를 이용하여 파랑과 보라의 특정 색상영역에서 무채색의 범주가 넓어짐을 알 수 있었다. 특정 색상영역에서 무채색의 범주경계가 넓어지는 것은 Helmholtz-Kohlrausch 효과와 상당히 유사한 현상이다. 왜냐하면, Helmholtz-Kohlrausch 효과는 파랑과 보라 색상영역에서 그 효과가 크기 때문이다. Helmholtz-Kohlrausch 효과는 주광시(photopic vision)에서 일정한 휘도(luminance)를 유지하면서, 색채자극의 순수성(purity)이 증가함에 따라 야기되는 지각된 색채의 명도변화를 의미한다(CIE,1988). 이 효과는 B/L(brightness/luminance) 또는 L/Y(lightness/luminance factor)로 불리기도 한다. 또한 Wyszecki와 Stiles (1982)는 어떤 휘도(luminance)에서 흰색 참조자극이 있을 때 유채색자극은 일반적으로 참조자극보다 더 밝게 나타난다고 설명하면서, 이런 현상을 Helmholtz-Kohlrausch 효과라 한다고 언급했다. 즉, 동일한 휘도(luminance)를 가진 무채색과 유채색 자극은 명도(brightness 또는 지각된 lightness)에 따라 달라 보이며, 실제로 유채색 자극의 명도가 무채색자극의 명도보다 더 높다(Nayatani, 1997).

Nayatani(1998)는 색의 채도력이 Helmholtz-Kohlrausch 효과의 원인이 될 수 있다고 언급하였다. 그는 채도력(chromatic strength)이 노란색 단색광에서는 최소이고 보라색 단색광에서는 최대가 된다고 밝혔는데, 이 채도력 때문에 색상에 따라 최고 채도값이 다르다고 주장했다. Nayatani의 연구는 채도의 영향력이 클수록 명도의 영향력이 크다는 것을 함의하고

있다. 즉, 채도력이 높은 색상이 명도의 영향력도 높음을 의미한다. 결과적으로 채도의 증가에 따라 명도의 영향력이 커지는 정도, 즉 Helmholtz-Kohlrausch 효과가 보라색에서 최대이고 노란색에서 최소라고 할 수 있다.

Nayatani(1998)의 연구를 적용하여 본 실험의 결과의 원인을 추론해 볼 수 있을 것이다. 즉, ‘파랑’과 ‘보라’영역은 채도력이 높으므로 실험 참가자들은 채도가 증가할수록 명도의 영향력을 크게 느껴서 채도가 높아지는 것을 명도가 높아지는 것으로 혼동하여 유채색을 무채색으로 응답했을 가능성이 있을 수 있다. 반대로, 무채응답이 거의 없었던 ‘빨강’, ‘노랑’, ‘초록’영역은 채도력이 낮으므로 채도의 증가에 따른 명도의 영향력이 적다. 그러므로 ‘파랑’, ‘보라’와 동일하게 낮은 채도임에도 확연히 유채색으로 지각되었을 수 있다.

그러나 색채과학의 많은 연구들은 채도가 높은 색상에서의 Helmholtz - Kohlrausch 효과에 대해 관심을 가졌다. 그러므로 본 연구에서 사용된 색편은 채도가 낮은 영역이기 때문에 아직 Helmholtz - Kohlrausch 효과가 있다고 단정짓기는 어렵다. 즉, Helmholtz - Kohlrausch 효과는 채도가 높아질수록 그 효과가 더 커지기 때문에 본 연구처럼 채도가 낮은 영역에서는 Helmholtz-Kohlrausch 효과가 나타나지 않을 수도 있다. 그러므로 Helmholtz-Kohlrausch 효과가 낮은 채도영역에서도 존재하는지 확인하는 연구가 필요하다.

실 험 3

본 실험은 낮은 채도에서 Helmholtz-Kohlrausch 효과가 존재하는지를 파악하고자 하였다. 실험1과 2를 통해 먼셀색표집과 모니터 상에서

색상과 상대명도에 따라 채도가 낮은 유채영역에서 분명한 무채응답이 발생함을 확인하였다. 실험1과 실험2의 결과는 Helmholtz-Kohlrausch 효과와 유사한 현상을 보인다. Helmholtz-Kohlrausch 효과는 파랑과 보라 색상영역에서 그 효과가 크기 때문이다. 그러므로 실험 3에서는 낮은 채도에서 Helmholtz-Kohlrausch 효과가 있는지 알아보기 위하여 상대명도 대응과제(lightness matching task)를 실시하였다. 이를 통해서 채도가 낮은 영역에서 명도의 지각적인 증가현상이 색상에 따라 차이가 있는지 알아보려고 하였다. 본 실험에서는 파랑과 보라영역에서는 지각적인 대응명도가 본래 색편의 명도와 차이가 나지만, 무채색반응이 나오지 않은 색상영역의 색편에서는 본래 색편의 명도와 대응한 무채색의 명도가 비슷할 것이라고 예상하였다.

방 법

참가자 고려대학교, 성균관대학교, 숙명여자대학교, 이화여자대학교의 학부생 37명이 실험에 참가하였다. 이 중 색약인 두 명의 자료는 결과분석에서 제외하였다.

자극 색편자극은 먼셀색표집을 이용하였다. 색이름연구(권오상, 2001; 김영선, 박현수 및 이윤형, 2001; 김영선 1998)에서 선정된 빨강, 노랑, 초록, 파랑, 보라의 초점색이 포함된 색상영역 중에서 먼셀색표집의 채도 1영역이 존재하는 색상좌표를 선택하였다. 즉, 빨간색의 초점영역은 7.5R이었으나 먼셀색표집에 채도 1인 영역의 색편이 없었기 때문에 5R을 선택하였다. 노란색은 5Y, 초록색은 5G, 파란색은 5PB, 보라색은 5P 색상영역을 선택하였다. 모

든 명도를 반영하여 채도 1,2,4인 색편 117개가 실험에 사용되었다. 본 실험의 무채색자극은 먼셀 Neutral color scale의 무채색편 36개를 이용하였다.

절차 외부의 소음이 차단된 방음실에서 진행하였으며, 선택한 모든 색채자극 모두 회색카드(먼셀 흑백도 N7: 10 × 13cm)의 중앙에 끼워 자연광(Exemolite: D65)아래에서 관찰하게 하였다. 모든 색편은 무선적으로 제시하였다. 실험참가자의 과제는 제시된 색편의 명도와 Neutral color scale의 무채색의 명도가 동일한 것을 찾는 상대명도 대응과제(lightness matching task)였다. 만약 제시된 색편의 명도가 Neutral color scale의 무채색 명도와 대응하는 것이 없다고 생각 될 때에는 대응하는 명도의 정도를 Neutral color scale 명도의 사이값으로 표현하게 하였다. 예를 들면, 유채색편의 명도가 무채색편의 명도 5와 5.25사이라고 응답할 수 있었다. 각 실험참가자는 5개 색상영역의 색편들에 대하여 모두 응답하였고, 실험에 소요된 시간은 중간 휴식시간을 포함하여 대략 1시간 정도였다.

결과 및 논의

본 실험은 낮은 채도에서 Helmholtz-Kohlrausch 효과가 존재하는지를 알아보려고 하였다. 이를 통하여 실험 1과 2에서 무채응답이 발생한 파랑과 보라 색상영역에서 무채색과의 명도대응이 본래 색의 명도와 차이가 있는지 알아보려고 하였다. 본 실험의 결과는 파랑과 보라영역에서는 본래 색편의 명도와 대응한 무채색의 명도가 차이가 나지만, 실험 1과 2에서 무채색반응이 나오지 않은 색상영역인 빨강,

노랑, 초록의 색편들은 본래 색편의 명도와 대응한 무채색의 명도가 비슷할 것이라 예상하였다.

결과분석은 실험참가자들이 대응한 명도값을 가지고 단일표본 t검증분석(one sample t-test)을 수행하였다. 표 1~5는 각각의 색상영역에서 무채색과 상대명도 대응을 한 35명의 대응명도평균과 표준편차를 나타낸 것이다. 5R은 빨강, 5Y는 노랑, 5G는 초록, 5PB는 파랑,

5P는 보라를 나타내며, 각 표의 가로축은 면색표집의 채도(chroma) 1, 2, 4를 의미하고 세로축은 명도(value) 1~9를 의미한다. 명도평균은 각 명도에서의 대응결과들을 평균한 것이다. 표에서 * 표시는 단일 표본 검증분석을 사용하여 색편의 원래명도와 대응명도간의 명도차이가 통계적으로 유의미한 차이를 보이는 것들을 표시한 것이다.

먼저 빨강색상영역에서 상대명도 대응결과

표 1. 빨강색상영역에서의 대응명도의 평균과 표준편차 및 t 검증 결과 (* p<.05)

9/	8.6786 (0.6795) *	8.2286 (1.2402) *		8.4536 (1.0182)
8/	8.3257 (0.6236) *	7.8786 (0.8366)	7.3714 (1.6532) *	7.8586 (1.1844)
7/	7.3071 (0.9375)	6.9643 (1.3203)	6.5143 (1.4063) *	6.9286 (1.2689)
6/	6.4124 (0.9959) *	6.3357 (1.0217)	5.9714 (1.1259)	6.2429 (1.0575)
5/	5.7286 (1.2011) *	5.3124 (1.0856)	5.8786 (1.2274) *	5.6262 (1.1824)
4/	4.6357 (1.2995) *	4.5571 (1.2189) *	4.7286 (1.1574) *	4.6405 (1.2168)
3/	3.2214 (0.8505)	3.4500 (1.4912)	3.4571 (1.3374)	3.3762 (1.2491)
2/	2.1357 (0.7890)	2.4571 (1.6384)	2.2500 (0.7301)	2.3023 (1.1483)
명도 /채도	/1	/2	/4	대응명도평균

표 2. 노랑색상영역에서의 대응명도의 평균과 표준편차 및 t 검증 결과 (* p<.05)

9/	8.5786 (0.5583) *	8.0143 (1.1520) *	8.0286 (0.9251) *	8.2071 (0.9408)
8/	8.1857 (0.6013)	7.6571 (1.2935)	7.1143 (1.0818) *	7.6524 (1.1140)
7/	7.1857 (0.8689)	6.9071 (1.0591)	6.9286 (0.9287)	7.0071 (0.9548)
6/	6.3214 (1.0264)	5.9286 (1.1672)	5.8714 (1.1382)	6.0405 (1.1197)
5/	5.5429 (1.1544) *	5.4929 (1.1368) *	4.7214 (1.1094)	5.2524 (1.1846)
4/	4.4286 (0.0371) *	4.2500 (0.9176)	4.3929 (1.2780)	4.3571 (1.0802)
3/	3.1357 (0.7002)	3.3000 (1.0304)	3.9571 (1.8306) *	3.4643 (1.3153)
2/	2.4286 (1.4292)	2.1429 (0.5534)		2.2857 (1.0854)
명도 /채도	/1	/2	/4	대응명도평균

는 표 1에 나타나 있다. 총23개의 색편 중에서 11개의 색편의 대응명도가 원래 명도값과는 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이 중에서 5R 9/1, 5R 9/2, 5R 8/4, 5R 7/4의 결과는 명도를 과소평가 한 결과이고, 나머지 7개의 색편은 명도를 과대평가한 것을 나타낸다. 표 2의 노랑색상영역에서의 상대명도 대응결과를 살펴보면 총 23개의 색편 중에서 8개의 색편의 대응명도가 원래 명도값과는 통계적으로 차이

가 유의미 하였다. 이 중에서 5Y 9/1, 5Y 9/2, 5Y 9/4, 5R 8/4의 결과는 명도를 과소평가 한 결과이고, 나머지 4개의 색편은 명도를 과대평가한 것을 나타낸다.

초록색상영역에서의 상대명도 대응결과는 표 3에 나타나 있다. 총23개의 색편중에서 12개의 색편의 대응명도가 원래 명도값과는 $p < .05$ 수준에서 유의미한 차이를 보였다. 이 중에서 5G 9/1, 5G 9/2의 결과는 명도를 과소

표 3. 초록색상영역에서의 대응명도의 평균과 표준편차 및 t 검증 결과 (* $p < .05$)

9/	8.4643 (0.6643) *	8.3429 (1.1899) *		8.4036 (0.9586)
8/	8.0071 (0.8818)	7.8071 (0.8271)	7.5143 (1.4777)	7.7762 (1.1104)
7/	7.3951 (0.8900) *	7.3214 (1.0047)	7.2857 (1.2204)	7.3341 (1.0383)
6/	5.9000 (1.1249)	6.1571 (1.3090)	6.6143 (1.1398) *	6.2238 (1.2193)
5/	5.7571 (0.9748) *	5.2857 (1.2384)	5.7000 (1.5156) *	5.5810 (1.2679)
4/	4.7571 (1.1718) *	4.1714 (1.2959)	4.5286 (1.3295) *	4.5289 (1.2834)
3/	3.5286 (0.8505) *	3.5786 (1.0826) *	3.6071 (1.5616) *	3.5714 (1.1908)
2/	2.2714 (0.9765)	2.2500 (1.4051)	2.8571 (1.9282) *	2.4595 (1.5009)
명도/채도	/1	/2	/4	대응명도평균

표 4. 파랑색상영역에서의 대응명도의 평균과 표준편차 및 t 검증 결과 (* $p < .05$)

9/	8.9929 (0.4222)	8.8500 (0.5007)		8.9214 (0.4654)
8/	8.5143 (0.5782) *	8.2857 (0.8273) *	7.9171 (0.8084)	8.2390 (0.7796)
7/	7.6143 (0.6707) *	7.6286 (0.8919) *	7.2929 (1.4148)	7.5119 (1.0420)
6/	6.5000 (0.8766) *	6.5429 (0.9044) *	6.5500 (1.4217) *	6.5310 (1.0862)
5/	5.3714 (0.7285) *	5.3857 (0.8980) *	6.0857 (1.0199) *	5.6143 (0.9431)
4/	4.1643 (0.8224)	4.8500 (1.1729) *	5.0000 (1.2352) *	4.6714 (1.1416)
3/	3.2071 (0.5831) *	3.6786 (1.2741) *	4.1357 (1.4055) *	3.6738 (1.1970)
2/	2.1000 (0.9436)	2.2000 (0.7346)	2.9714 (1.4448) *	2.2438 (1.1415)
명도/채도	/1	/2	/4	대응명도평균

표 5. 보라색상영역에서의 대응명도의 평균과 표준편차 및 t 검증 결과 (* p<.05)

명도 /채도	/1	/2	/4	대응명도평균
9/	9.0357 (0.4336)	8.8357 (0.7974)		8.9357 (0.6451)
8/	8.3429 (0.6727) *	8.2500 (0.79750)	7.5714 (1.6060)	8.0548 (1.1483)
7/	7.3857 (1.2342) *	7.6000 (0.7331) *	7.0786 (0.9369)	7.3548 (1.0035)
6/	6.3071 (1.0932)	6.5380 (0.9441) *	6.4714 (1.2259) *	6.4389 (1.0876)
5/	4.9571 (0.9573)	5.5071 (1.0528) *	5.8786 (1.6263) *	5.4476 (1.2952)
4/	4.1500 (0.7278)	4.7143 (1.0713) *	5.0571 (1.2734) *	4.6405 (1.1110)
3/	3.3714 (0.8561) *	3.4929 (1.0476) *	3.7643 (1.6527) *	3.5429 (1.2323)
2/	2.0857 (1.0657)	2.1357 (0.7844)	2.3571 (1.4905)	2.1929 (1.1458)

평가 한 결과이고, 나머지 10개의 색편은 명도를 과대평가하였다.

실험 1과 2에서 무채도답이 많이 발생하였던 파랑과 보라색상영역의 대응명도 결과는 표 4와 표 5에 나타나있다. 각각 총23개의 색편중에서 파랑영역에서는 16개의 색편의 대응명도가 원래 명도값과는 통계적으로 유의미한 차이를 보였고, 보라영역에서는 12개의 색편의 대응명도가 원래 명도값과의 차이는 통계적으로 유의미하였다. 이 중 파랑과 보라 영역에서는 명도를 과소평가한 색편은 없었고, 통계적으로 차이가 유의미한 28개의 색편은 대응명도를 모두 과대평가한 결과였다. 명도를 과소평가했다는 것은 실험참가자들이 원래 명도보다 더 낮은 대응명도로 반응했다는 것이고, 과대평가는 색편의 원래 명도보다 더 높은 대응명도로 반응했음을 의미한다.

5가지 색상영역의 대응명도차이를 살펴보면 고명도에서의 유의미한 명도차이는 대부분 명도를 과소평가한 결과였다. 특히, 빨강, 노랑, 초록영역의 고명도에서는 모두 대응명도를 과소평가하였다. 그러나 파랑과 보라영역에서는

고명도에서는 대응명도의 유의미한 차이가 없었고, 전반적으로 모든 명도에서 대응명도를 과대평가하였다. 고명도의 대응명도를 과소평가한 원인으로 실험참가자들의 반응 경향성을 들 수 있을 것이다. 즉, 실험참가자들이 실제로 9이상의 높은 명도로 지각했음에도 불구하고 극단치의 명도값을 쓰기 꺼려했을 가능성이 있다. 예를 들면, 명도 9인 색편과 무채색편의 명도를 대응하는 경우에, 무채색편에서 명도9이상의 색편은 9.00, 9.25, 9.5, 9.75의 네 색편밖에 없다. 그러므로 명도 9이상의 색편들이 지각적으로 매우 흰색에 가까움에도 불구하고 더 낮게 응답했다는 것은 극단치의 대응명도를 선택하지 않으려는 경향을 나타낸 것이라 추측된다. 이를 고려하여 5가지 색상영역의 대응명도차이를 다시 살펴보면 빨강영역에서는 7개, 노랑영역에서는 4개, 초록영역에서는 10개, 파랑영역에서는 16개, 보라영역에서는 12개의 색편 명도대응이 본래 색의 명도와 유의미한 차이가 있다고 볼 수 있다.

본 실험은 파랑과 보라영역에서는 채도가 증가할수록 본래 색편의 명도와 차이가 나지

만, 실험 1과 2에서 무채색반응이 나오지 않은 색상영역인 빨강, 노랑, 초록의 색편들은 본래 색편의 명도와 대응한 무채색의 명도가 비슷할 것이라고 예상하였다. 빨강, 노랑, 초록색상영역의 색편들 중에서도 대응명도 차이가 있는 것들이 존재하였지만, 파랑색상영역과 보라색상영역보다는 적었다. 특히, 노란색상영역은 명도의 과대평가가 전체 23개 색편 중에서 4개 색편으로 가장 적었다. 파랑색상영역과 보라색상영역의 색편들은 다른 색상영역보다 본래 색의 명도를 더 많이 과대평가하였다. 이는 Helmholtz-Kohlrausch 효과가 낮은 채도에서도 나타남을 의미한다.

Helmholtz-Kohlrausch 효과의 경향성을 좀 더 자세히 살펴보기 위하여 각 색상영역별 Helmholtz-Kohlrausch 효과평가를 계산하였다. 예를 들면, 표 1에서 5R 9/1의 대응명도 평균은 8.6786인 경우 Helmholtz-Kohlrausch 효과는 $8.6786/9=0.9642$ 이다. 이런 방식으로 빨강색상영역의 모든 명도에서 계산한 후 평균을 낸 것이 빨강색상영역의 Helmholtz-Kohlrausch 효

과평균이다. 1보다 값이 클수록 Helmholtz-Kohlrausch 효과가 크다. Helmholtz-Kohlrausch 효과평가를 색상과 채도에 따라 그래프를 그려보면 그림 2와 같다.

채도가 증가할수록 초록, 파랑 및 보라영역에서 Helmholtz-Kohlrausch 효과평균이 커지며, 노랑영역에서는 채도의 증가에 따른 명도차이가 적은 것을 확인할 수 있었다. 즉, 본 실험에서 채도가 높아짐에 따라 Helmholtz-Kohlrausch 효과는 노랑영역에서 최소이고 파랑색영역에서 최대이다. 그러므로 낮은 채도에서도 Helmholtz-Kohlrausch 효과가 존재함을 확인할 수 있었다.

종합논의

본 연구에서는 사람들의 무채색에 대한 범주정의가 명확하고, 무채색판단이 정의와 일치한다고 가정했을 때 범주판단과제를 실시하여 유채색영역에서 무채응답이 발생하는 지를 확인해 보았다. 그리고 무채응답발생이 무채

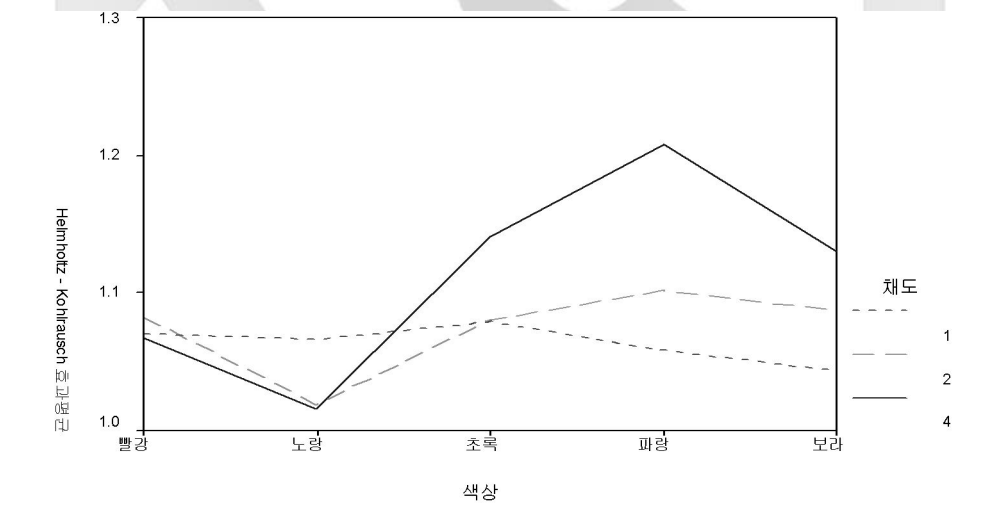


그림 2. 색상과 채도에 따른 Helmholtz-Kohlrausch 효과평균

색과 유채색자극수의 차이에 의한 것인지 확인해 보았다. 또한, 낮은 채도에서 Helmholtz-Kohlrausch 효과가 존재하는지를 파악하고자 하였다. 실험1과 실험2를 통하여 결과적으로 무채색과 유채색의 범주경계변화를 확인할 수 있었고, 실험3을 통하여 채도가 낮은 유채영역에서 Helmholtz-Kohlrausch 효과를 확인할 수 있었다.

실험 1은 먼셀색표집을 이용하여 무채색과 유채색의 범주판단과제를 실시하였다. 그 결과 파랑과 보라의 특정색상에서 무채색의 범주경계가 넓어지고 전반적으로 증명도와 고명도 영역에서 무채색 반응이 나옴을 확인하였다. 실험 2는 유채영역에서 무채응답이 나오는 것이 무채색편과 유채색편수의 불균형에 의한 경계이동의 결과인지 확인하고자 하였다. 실험2의 결과는 실험 1과 동일하게 파랑과 보라색상영역에서 무채색의 범주경계가 넓어졌고, 전반적인 색상영역에서 고명도에서 무채색의 범주경계가 넓어짐을 확인하였다.

실험 3은 실험 1과 실험 2의 결과와 유사한 현상인 Helmholtz-Kohlrausch 효과와 관련하여 낮은 채도에서 명도의 지각적인 증가현상이 색상에 따라 차이가 있는지 알아보하고자 하였다. 이는 실험1과 2의 특정색상영역에서 범주경계가 넓어진다는 결과가 Helmholtz-Kohlrausch 효과의 양상과 유사하였기 때문이다. 상대명도대응과제 결과는 파랑과 보라색상영역에서 지각적인 대응명도가 본래 색편의 명도를 전반적으로 과대평가하였다. 반면에 빨강, 노랑, 초록색상영역등의 색편들은 파랑과 보라색상영역의 색편들보다 본래 색편의 명도와 대응한 무채색의 명도를 과대평가하는 색편이 적었다. 이는 낮은 채도영역에서도 Helmholtz-Kohlrausch 효과가 나타남을 의미했다.

실험 1과 실험 2의 결과가 유사하게 나타났지만, 그 결과들을 직접적으로 비교하는 것은 문제가 있을 수 있다. 왜냐하면 실험 1은 먼셀 색표집을 가지고 실험하였고, 실험 2는 모니터 상에서 실험하였기 때문이다. 실험 2에서 색자극은 먼셀 색표집의 색편들을 구현한 것이지만, 색편구현과정에서 문제점이 있을 수 있다. 예를 들면, 먼셀 색편의 CIELAB값을 포토샵에 입력할 때는 소수첫째자리에서 CIELAB 값이 반올림된다. 그러므로 색편 구현이 정확하게 되었다고 보기 어렵다. 또한 앞서 언급하였듯이 실험에 너무 많은 색자극을 사용함으로써 모든 색자극을 측색해 보지 못해서 각 색자극 간의 지각적인 등간성을 확신하기 어렵다는 문제점이 있다. 만약 각 색자극간의 지각적 등간성이 지켜지지 않았다면, 무채색과 유채색의 범주경계가 왜곡되어 나타날 수 있을 것이다.

본 연구자는 실험 3에서 고명도에서의 명도 과소평가를 극단치의 명도값을 쓰기 꺼려하는 실험참가자들의 반응 경향성으로 설명하였다. 이 때문에 실험1과 2에서 고명도에서의 무채 반응이 다른 명도에서보다 더 많이 나온 것에 대한 설명을 할 수 없다. 명도 과소평가를 실험참가자들의 반응 경향성으로 설명하는 것은 아직 확실하지 않은 가정으로 이에 대한 확인 연구가 필요하다.

실험3의 결과는 낮은 채도에서도 Helmholtz-Kohlrausch 효과가 존재함을 나타낸다. 실험 3의 그림 2를 통해서 채도가 증가할수록 Helmholtz-Kohlrausch 효과의 경향성이 커짐을 확인할 수 있었고, 이 효과가 색상에 따라 차이가 있음도 확인하였다. 그러나 본 연구에서는 파랑색상영역에서의 Helmholtz-Kohlrausch 효과가 보라색상영역보다 더 크게 나타났다.

이것은 본 실험에서 사용한 색편들이 채도가 낮은 영역이기 때문일 수 있다. Munsell 색 체계에서는 채도가 낮아지면 색상지름이 작아져 인접된 색상의 색편간의 거리가 짧아진다. 또한 김인지, 오경기, 권오상, 김영선 및 이만영 (2003)의 고유색과 비고유색의 유사성평정연구에 따르면, 보라는 파란색 고유색이 포함된 색이므로 파랑과의 유사성평정점수가 높다. 그러므로 채도가 낮은 영역에서 파랑과 보라 색상이 사실상 지각적으로 확연한 구분이 되지 않았을 수 있다. 즉, Helmholtz-Kohlrausch 효과는 채도가 증가함에 따라 더 커지므로 아직 완전한 모양이 되기에는 채도가 낮았을 것이다.

명도의 지각적인 증가현상이 색상에 따라 차이가 있다는 실험 3의 결과는 실험 1과 2의 결과가 채도와 명도속성을 혼동함으로써 나타나는 현상이라고 해석할 수 있는 가능성을 준다. 즉, 특정색상영역에서 채도가 증가하는 것을 명도가 증가하는 것으로 혼동하는 것이다. 이는 Nayatani(1998)의 연구와 연관지어 생각해 볼 수 있다. Nayatani(1998)는 색의 채도력이 Helmholtz-Kohlrausch 효과의 원인이 될 수 있다고 언급하였다. Nayatani의 연구는 채도의 영향력이 클수록 명도의 영향력이 크다는 것을 함의하고 있다. 이는 채도력이 높은 색상이 명도의 영향력도 높음을 의미한다. 결과적으로 채도의 증가에 따라 명도의 영향력이 커지는 정도, 즉 Helmholtz-Kohlrausch 효과가 보라색에서 최대이고 노란색에서 최소라고 할 수 있다. 실험 1과 2의 무채반응이 나왔던 파랑과 보라색상영역은 채도력이 높은 색상영역이므로 채도의 증가에 따른 명도의 영향력도 또한 크다. 그러므로 채도가 높아지는 것을 명도가 높아지는 것으로 혼동하여 유채색을

무채색으로 응답했을 가능성을 시사하고 있다. 이는 반대로, 무채응답이 거의 없었던 빨강, 노랑, 초록색상영역은 채도력이 낮으므로 채도의 증가에 따른 명도의 영향력이 적어서 ‘파랑’, ‘보라’와 동일하게 낮은 채도임에도 확연히 유채색으로 지각할 수 있었을 것이다. 이를 알아보기 위하여 채도와 명도를 사람들이 혼동하는가에 대한 실험과 특정색상영역에서 채도가 증가하는 것을 명도가 증가하는 것으로 혼동하는 정도를 알아보는 실험이 요구된다.

본 연구는 Helmholtz-Kohlrausch 효과와 무채응답간의 연관성을 찾아보고자 노력하였다. 그러나 실험 1과 실험 2의 무채색과 유채색의 범주경계변화의 원인으로 다른 가능성들이 있을 수 있다. 본 연구자는 여러 다른 가능성들 중에서 S원추체의 영향으로 무채색과 유채색의 범주경계변화를 설명할 수도 있다고 생각한다. 망막에서 상대적인 원추체의 수를 살펴보면 L, M, S원추체가 대략 40:20:의 비율로 분포한다. S원추체는 망막전체를 통틀어 상대적으로 드물게 존재하며, 특히 중심와의 중심영역에서는 거의 없다. 즉, S원추체는 L원추체와 M원추체에 비하여 매우 적다(Fairchild, 1998). 이는 단파장인 파란색 계열보다 장파장과 중파장인 빨간색과 초록색이 더 탐지가 쉬움을 의미한다. 앞선 실험들의 결과를 S원추체의 영향으로 설명하면, 채도가 낮은 파랑과 보라영역의 색들은 색상을 정확히 탐지하는데 어려움이 있어 이 영역들을 무채색으로 응답하였을 수 있다. 이를 알아보기 위해서는 파랑과 보라색영역에서의 무채반응의 원인이 S원추체의 수에 따른 영향인지 알아보는 실험이 필요하리라 생각한다.

참고문헌

- 권오상, 이만영 (2001). 초점색간 심리적 거리를 통한 기본색이름 발생 순서 연구. 고려대학교 대학원.
- 김영선 (1998). 한국어 기본 색이름과 색채공간 표상영역. 고려대학교 대학원 박사학위 청구논문.
- 김영선, 박현수, 이윤형, 이만영 (2001). 한국어 색이름의 면색채공간 연구(I). 한국색채학회지, 15(1), 29-36.
- 김인지, 오경기, 권오상, 김영선, 이만영 (2003). 색채유사성 평정에서 나타난 고유색의 특성. 2003 한국 심리학회 하계학술대회 논문집, 86-89.
- Arago, D. F. J. (1850). Un mouvement modere rend la visibilite des objets plus facile. In *Oeuvres completes de Francois Arago*, vol. 10. Paris : Gide, 255-260.
- Bauer, B., Jolicoeur, P., & Cowan, W. B. (1996a). Visual search for targets that are or are not linearly separable from distractors, *Vision Research*, 36, 1439-1466
- Bauer, B., Jolicoeur, P., & Cowan, W. B. (1996b). Distractor heterogeneity versus linear separability in visual search for color targets. *Perception*, 25,1281-1293.
- Berns R. S. (2000). *Principles of Color Technology*, John Wiley & Sons, Ins.
- Bouguer, P. (1729). *Essai d'optique*. Paris : Jombert.
- CIE Publication No.17.4 *International Lighting Vocabulary*. (1987). Central Bureau of CIE, Vienna, 845-02-34, 50
- DeValois, K. K. & Switkes, E. (1983). Simultaneous masking interations between chromatic and luminance gratings, *Optical Society of America* vol 73, 11-18.
- Evans R. M. (1964). Variables of perceived color, *Optical Society of America* vol 54, 1467-1474.
- Evans R. M. (1974). *The perception of color*, New York; John Wiley & Sons, 99-105.
- Fairchild, M. D. (1998). *Color Appearance Models*, Addison-Wesley, Reading, MA .
- Fechner, G. T. (1860). *Elemente der Psychophysik*, trans. H.S. Langfeld. Leipzig: Breitkopf und Hartel.
- Forsius, S. A. (1611). *Physica*, Codex Holmiensis D. 6, Royal Library, Stockholm.
- Glisson, F. (1677). *Tractatus de ventriculo et intensinitis*. London : Brome.
- Hunt R. W. G, (1991a). *Measuring Color*, 2nd Ed., Ellis Horwood, New York, N. Y.
- Hunt R. W. G., (1982). A model of colour vision for predicting colour appearance, *Color res. Appl.* 7, 95-112
- Hard A., Sivik L., & Tonnquist (1996). NCS natural color system-from concept to research and application, PartI. *Color Res Appl* 21, 180-205.
- Helmholtz, H. (1867). *Handbuch der Physiologischen Optik, Teil III*. Hamburg: Voss.
- Hering E. (1874a) *Zur Lehre vom Lichtsinne. II. Uber simultanen Lichtcontrast*. Sber. Akad. Wiss. Wien, Math nat. Kl. Abth. III 68, 186-201.
- Kuehni, R. G. (2001), The Early Development of the Munsell System, *Color res. Appl.* 30, 20-27.
- Kuehni, R. G. (2003), *Color Space and Its Divisions*, Wiley-Interscience, a John Wiley & Sons

- Publication.
- Lambert, J. H. (1772). *Beschreibung einer mit dem Caulauischen Wachse ausgemalten Farbenpyramide*. Berlin : Haude und Spener.
- Masson, V. (1845). Etude de photometrie electrique. *Annales de chimie et de physique* 14: 129-195.
- Mayer, T. (1758). *Opera inedita Tobiae Mayeri* ; ed. G. C. Lichtenberg. Gottingen.
- Munsell, A. H. (1915). *Atlas of the Munsell Color System*, 2nd ed. Malden: Wadsworth-Howland.
- Nayatani Y. (1997), Simple estimation methods for the Helmholtz-Kohlrausch effect, *Color Res. Appl.* 22, 385-401
- Nayatani Y. (1998), A Colorimetric Explanation of the Helmholtz-Kohlrausch effect, *Color Res. Appl.* 25, 374-378
- Palmer, J. & Teller, D. Y. (1993). Color codes in visual search: the effects of target and distractor heterogeneity on search accuracy thresholds, *Invest. Ophthalmol. Visual Sci.* 34(Suppl.), 1289.
- Runge, P. O. (1810). *Die Farben-Kugel oder Construction des Verhältnisses aller Mischungen der Farben zueinander*. Hamburg: Perthes.
- Wolfe, J. M. (1994). *Guided search 2.0*: a revised model of visual search, *Psychon. Bull. Rev.* 1, 202-238.
- Wooten. B. & Miller. D.L (1997), *The Psychopsics of Color, Color Categories in Thought and Language*, Cambridge University Press, 69-70.
- Wyszecki G. & Stiles W. S. (1982), *Color Science*, 2nd Edition, Wiley, New York, 410-419.
- 1차원고접수: 2005. 2. 11
 2차원고접수: 2005. 5. 27
 최종게재결정: 2005. 6. 21

The Categorical Boundary Shift in Achromatic and Chromatic Colors as a Function of Hue and Lightness

Inji Kim

Samsung Advanced Institute of Technology

Kyung-Ki Oh

Behavioral Science Research Center

Mahn-Young Lee

Dept. of Psychology, Korea University

The purpose of this present study was to examine the categorical boundary shift in achromatic and chromatic colors according to hue and lightness by using category judgment task, and to confirm the Helmholtz-Kohlrausch effect in low chroma area by using lightness matching task. This study was performed by assumption that people can define the achromatic color accurately and judge the achromatic color according to their own definition. Three experiments were conducted. Experiment 1 was designed to whether people choose the achromatic color within the chromatic color area through the category judgment task. In Experiment 1, classification task between achromatic and chromatic colors was conducted by using Munsell Book of Color. The results of Experiment 1 showed that the categorical boundary of achromatic colors was widened in certain colors of 'blue and purple' and area of achromatic colors was found generally in middle and high lightness. In Experiment 2, it was examined whether achromatic response within the chromatic color area result from boundary shift caused by numerical imbalance between achromatic and chromatic color chips. Experiment 2 was performed with CRT monitor just as same procedure with Experiment 1. The results of Experiment 2 showed that the achromatic boundary became widened in the area of blue and purple as well as in high lightness of general color areas, in spite of numeric balance between achromatic and chromatic patches. Experiment 3 was conducted to confirm the Helmholtz-Kohlrausch effect and to prove whether perceptual increase of lightness in low chroma makes difference according to the hue. It is because the result from Experiment 1 and Experiment 2 that categorical boundary was widened in a particular color areas was similar to the Helmholtz-Kohlrausch effect. In Experiment 3 the lightness matching task was performed. The results of Experiment 3 showed that perceptual matching lightness in blue and purple overestimated the original lightness of chips in general. However, the chips of red, yellow and green has less overestimated the lightness of achromatic colors corresponding to the lightness of original chips than chips of blue and purple. It indicates that the Helmholtz-Kohlrausch effect are shown in low chromatic area. Based on the results of the three experiments, the boundary shift in achromatic and chromatic color area was confirmed and the Helmholtz-Kohlrausch effect in colors of low chroma was existed.

Keywords: categorical boundary, achromatic color, the Helmholtz-Kohlrausch effect