

전자 디스플레이에서의 변별력에 근거한 정보 코딩용 색상의 도출

A Study on Salient Colours for Information Coding at Electronic Video Displays

김 상 호 *
양 승 준 **
박 관 석 **

Abstract

An experiment was conducted to identify salient colours for information coding at electronic video displays. CRT and TFT-LCD were used to evaluate the effect of different types of electronic displays on the salience of colours. Total of 100 Subjects, 50 for each display were asked to select more salient 10 colours among 24 given colours. There was no statistically significant difference in the salience of colours between the two display types. The result showed that the tested colours could be clustered into 5 categories according to their brightness, saturation, and the number of R, G, B elements occupied to reproduce the colours. Three achromatic colours (black, white, grey) and eight chromatic colors (red, yellow, green, blue, cyan, orange, magenta, and indigo) were identified as the salient colours at the electronic video displays. The result also showed that the eight chromatic colours could be clustered into two distinct categories, landmark colours (red, yellow, green, and blue) and the other basic colours (cyan, magenta, orange, and indigo). It is noticeable that cyan, magenta, and indigo substituted for pink, purple, and brown that were recommended as the salient colours for the environment not using electronic video displays by the previous researches.

* 금오공과대학교 신소재시스템공학부 산업시스템공학전공 부교수

** 금오공과대학교 신소재시스템공학부 산업시스템공학전공 석사과정

1. 서론

생산현장의 기계들이 자동화되면서 작업자의 직무형태는 단순작업에서 벗어나 공정상태에 대한 감시자 또는 관리자로서의 역할로 변화되었다. 자동화된 공정을 감시하는 작업자는 공정의 관리상태를 파악하고, 필요한 조치를 취하는 것을 주된 직무로 한다. 이를 위해서는 공정상태와 관련된 수많은 정보를 수집, 처리하여야 하기 때문에 작업자의 정보처리능력이 전체적인 작업성능을 좌우하게 된다. 작업자에게 필요한 정보를 전달하는 과정에서 제시되는 정보와 연관성이 있는 색상을 중복 제시하는 것이 효과적이라는 사실은 많은 연구사례들을 통해 이미 밝혀진 바 있다 (Jubis, 1990; Post and Geiselman, 1999; Leonard, 1999). 작업자가 명확히 구분해낼 수 있는 색상을 이용하여 특정정보의 성격을 표시해주는 방식을 색상코딩(color coding)이라 한다. 색상코딩을 이용한 공정관련 정보제시방식을 보다 효율적으로 이용하기 위해서는 인간의 색상인식(color perception) 특성에 대한 고찰을 통해 인간이 인식할 수 있는 색상의 전 영역(color gamut) 중에서 뚜렷하게 구분될 수 있는 색상의 특성을 파악할 필요가 있다. 또한, 작업자의 고정관념(stereotype)에 부합되는 의미연관성을 바탕으로 특정 공정상태를 표현하는데 가장 적합한 색상이 도출되어야 한다.

2. 인간의 색상인식 특성

Miller(1956)의 고전적인 연구에 의하면 인간이 주어진 단일차원의 정보를 절대기준에 따라 몇 가지 특성으로 구분해야 하는 이른바 절대평가 직무에 있어서는 경로용량에 따른 정보처리능력의 한계가 7 ± 2 개 대안 수준이다. 이는 인간이 비교자극이 주어진 상태에서의 상대평가에는 매우 강한 측면이 있으나, 절대평가 기준에 의해 변별해낼 수 있는 자극의 종류는 5~9개 정도에 불과하다는 의미이다. Berlin과 Kay(1969)의 연구결과에 따르면 색상계는 기본적으로 11개의 영역으로 구분될 수 있는데, 이는 3개의 무채색(Black, White, Grey)과 8개의 유채색(Red, Green, Yellow, Blue, Purple, Orange, Pink, Brown)으로 구성된다. Julia와 Whitfield(1997)는 먼셀표색계에서 선택한 446개 색상에 대한 색명칭 부여실험을 통해 앞서 밝혀진 11가지 색상이 색명칭의 일치도와 반응시간 면에서 다른 색상에 비해 탁월한 변별력을 지니고 있음을 확인하였다. 또한, 이들은 8개의 유채색을 그 변별수준에 따라 다시 유채원색군(landmark colours)과 기타 유채기본색군(Other Basic Colours)으로 구분할 수 있음을 주장하였다. 이들의 실험 결과에 따르면 보다 높은 변별력을 가진 유채원색군에는 Red, Green, Yellow, Blue가 포함되며, 기타 유채기본색군에는 Orange, Pink, Purple, Brown이 포함된다.

3. 연구내용 및 방법

본 연구에서는 전자디스플레이를 이용하여 구현할 수 있는 기본적인 색상들 중 다른 색상과 가장 뚜렷하게 구분되는 몇 가지 종류를 실험적으로 규명하고, 변별력이 뛰어난 것으로 규명된 색상들의 특성을 파악해보고자 하였다.

3.1 실험용 색상의 결정

기존 연구결과들(Berlin and Kay, 1969; Mayhew, 1992)을 통해 전자디스플레이가 아닌 일반 환경 하에서 변별력이 높은 것으로 밝혀진 11개 색상 이외에 13가지 색상을 추가하여 총 24개 색상을 대상으로 변별력 평가실험을 실시하였다. 추가된 13가지 색상에는 전자디스플레이의 색표현 과정에서 R, G, B의 이진조합에 의해 나타나는 기본 8색 중 앞서 선정된 11색에서 누락된 Cyan과 Magenta가 포함되었다. 그 이외의 색상은 기 선정된 색상에 대한 심리적 보색관계와 색영역에 있어서의 등산성을 고려하여 선정하였다. 24개 색상에 대한 R, G, B 색좌표 및 기타특성을 정리하면 <표 1>과 같다.

<표 2> 실험에 사용된 색상들의 명칭과 R, G, B값 및 채도, 명도 특성표

색상명	R	G	B	채도	명도	색상명	R	G	B	채도	명도
BLACK	0	0	0	0	0	MAGENTA	255	0	255	255	128
WHITE	255	255	255	0	255	CYAN	0	255	255	255	128
GREY	128	128	128	0	128	LAWNGREEN	128	255	0	255	128
RED	255	0	0	255	128	INDIGO	75	0	128	255	64
GREEN	0	255	0	255	128	IVORY	255	255	240	255	252
BLUE	0	0	255	255	128	SKYBLUE	153	204	255	255	204
YELLOW	255	255	0	255	128	BEIGE	245	245	220	142	233
ORANGE	255	128	0	255	128	NAVY	0	0	128	255	64
PURPLE	128	0	128	255	64	DARKGREEN	0	128	0	255	51
PINK	255	204	204	255	230	PLUM	204	153	204	85	179
BROWN	165	42	42	152	104	SIENNA	153	102	51	128	102
VIOLET	255	153	255	255	204	KHAKI	240	230	140	196	190

3.2 실험방법

피실험자들로 하여금 전자디스플레이에 제시된 24개의 색상배열에서 다른 색과 뚜렷이 구분되는 색상 10개를 마우스를 이용하여 차례대로 골라내도록 하였다. 제시되는 색상의 위치에 따른 영향과 인접색상의 종류에 따른 간섭효과를 배제하기 위하여 색상의 배열을 매 실험마다 무작위적으로 변화시키도록 고안되었다. 사용되는 전자디스플

레이의 종류에 따라 색상변별력에 차이가 발생하는지 여부를 규명하기 위하여 15인치 TFT-LCD와 17인치 완전평면 CRT가 사용되었다. 디스플레이의 휘도는 화면 중앙의 흰색 바탕에서 측정하였을 때 $100\text{cd}/\text{m}^2$ 가 되도록 조정하였으며, 색상표현력은 24 bit, 도트피치(dot pitch)는 0.24mm로 동일하고, 해상도 역시 1024×768 로 동일하게 조정하였다. 주변조명의 밝기는 화면 중앙에서 측정하였을 때 600lx이었으며, 자연광을 완전히 차단하고 삼파장 간접 확산 조명을 이용함으로써 디스플레이 화면에서 경면반사가 발생하지 않도록 하였다. 피실험자의 수는 디스플레이 종류별로 50명씩 총 100명이었으며, 정상적인 시력과 색각능력을 지닌 20대 대학생들로 구성되었다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 디스플레이 종류에 따른 영향평가

디스플레이 종류에 따른 색상별 선택회수의 분포형태를 살펴보면 LCD의 경우에는 7회(Beige)에서 44회(Red, Black)까지 선택되어 선택회수의 범위(range)값이 37, 표준편차는 11.23이었으며, CRT의 경우에는 3회(Sienna)에서 47회(Yellow)까지로서 범위값이 44, 표준편차는 12.64였다. 선택회수의 분산크기에 대한 동질성 검정을 실시한 결과 그 차이는 통계적으로는 유의하지 않은 것으로 나타났다($p\text{-value}=0.798$). 각 색상별 선택회수 역시 Orange나 Brown, Khaki, Beige와 같은 일부색상을 제외하고는 전반적인 차이를 발견할 수 없었다. Orange와 Brown의 경우 TFT-LCD에서는 자주 선택되었으나 CRT에서는 선택회수가 상대적으로 매우 낮았던 반면, Khaki와 Beige는 그와 반대되는 특성을 나타냈다. 각 색상별 선택회수에 있어 유의한 차이가 있는지 통계적으로 계수치 데이터에 대한 동질성 검정방법인 χ^2 (chi-square)검정을 실시한 결과 디스플레이 종류에 따른 통계적 유의차는 발견되지 않았다($p\text{-value} = 0.935$). 선택회수를 이용하여 개별 색상의 변별력에 대한 서열을 구하였다. 각 색상의 변별력 순위 역시 비슷하게 나타났으나, Orange와 Brown, Beige에서는 5 이상의 상당히 큰 서열의 차가 나타나 색상의 변별력에 유의한 영향을 미치는 여부를 통계적으로 검증하기 위하여 비모수적 통계분석(nonparametric statistical analysis)을 실시한 결과 색상서열에서도 통계적 유의차가 존재하지 않는 것으로 확인되었다($p\text{-value}=0.918$). 이상의 분석결과들을 종합해 볼 때 디스플레이의 종류는 색상의 변별력에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 결론 지을 수 있다.

4.2 선택회수에 따른 색상변별력 군구분

개별색상에 대한 선택회수를 디스플레이의 종류와 상관없이 누적한 후 다변량 통계분석 기법인 군집분석(clustering analysis)을 실시하였다. 군집분석의 결과 선택회수가 많았던 I군에는 Red, Black, Yellow의 3가지 색상이 포함되었으며, 선택회수의 비중은 전

체의 26.8%인 것으로 나타났다. II군에는 Green, Blue, Grey의 3가지 색상이 포함되었으며, 선택회수의 비중은 전체의 18.5%로 나타났다. III군에는 Cyan에서 Ivory까지 가장 많은 7가지 색상이 포함되었으며, 비중은 전체의 29.8%였다. IV군에는 Skyblue에서 Brown까지 6가지 색상이 포함되었으며, 비중은 전체의 17.5%였다. 선택회수가 가장 낮았던 V군에는 Violet에서 Beige까지 5가지 색상이 포함되었으며, 비중은 전체의 7.4%에 불과하였다. 따라서 I, II, III군까지에 포함되는 색상은 모두 13가지로서, 이들이 차지하는 비중은 전체의 75.1%에 해당하였으므로 이들을 다른 색상과 뚜렷하게 구분되는 변별력이 높은 색상으로 선정하였다.

4.3 기존 연구결과와의 비교

앞서 선정된 13가지 색상에는 무채색인 Black(I군), Grey(II군), White(III군)가 모두 포함되었으며, 유채색 중에서는 삼원색에 해당하는 Red(I군), Green(II군), Blue(II군) 외에 Yellow(I군)가 기타색상에 비하여 변별력이 높게 나타났다. 기타 유채색으로는 Cyan, Indigo, Magenta, Orange, Lawngreen의 5가지가 III군으로 선정되었는데 선행연구에서는 기타 유채색으로 Orange, Pink, Purple, Brown이 선정되었으므로, Orange를 제외한 나머지 색에서 기존연구와 일치하지 않는다. 선정된 기타유채색 중 Lawngreen(39회)의 경우 Green(64회)과의 유사성으로 인해 피실험자들이 색상선택 과정에서 혼동하였을 개연성이 있으므로, 낮은 선택회수를 나타낸 Lawngreen을 선정색상에서 제외하고 Green을 I군 수준의 변별력을 지닌 색상으로 파악하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. Magenta의 경우는 Pink 또는 Violet과 유사한 색감을 나타내기 때문에, 기존연구에서 밝혀진 Pink를 대신한 것으로 판단되며, 이와 유사하게 Indigo도 동색계열인 Purple을 대체한 것으로 판단된다. 그러나 기존연구에서 선정된 Brown대신 Cyan이 선정된것은 두색이 동색계열이 아니기 때문에 이러한 해석이 불가능하다. 따라서 Cyan이 변별력이 높은 기본색으로 밝혀진 것은 본 연구를 통해 확인된 결과 중 가장 유의할 만한 내용이라 할 수 있으며, 향후 전자디스플레이를 통한 색상코딩 시에는 Cyan을 활용할 필요가 있을 것으로 판단된다. 상대적으로 선택빈도가 낮았던 Pink나 Purple 대신 변별력이 보다 우수한 동색계열의 Magenta와 Indigo를 사용하는 것이 사용자들의 색상에 대한 인지도를 개선하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

<표 2> 선정색상 비교표

	무채색			유채 원색				기타 유채기본색			
기존연구	BLACK	WHITE	GREY	RED	GREEN	BLUE	YELLOW	ORANGE	PINK	PURPLE	BROWN
본 연구	BLACK	WHITE (IVORY)	GRAY	RED	GREEN (LAWN GREEN)	BLUE	YELLOW	ORANGE	MAGENTA	INDIGO	CYAN

4.4 선정된 색상의 특성분석

무채색군의 경우에는 R, G, B의 3개 색요소가 동일한 수준으로 섞여있기 때문에 채도가 모두 0이며, 명도에 의해서만 구분이 가능한데 0에서 255까지의 명도 수준 중 가장 어두운 0(Black)과 가장 밝은 255(White)가 유채색과 가장 뚜렷하게 구분되고, 중간 명도인 128(Grey)은 0과 255에 비해 상대적으로 선택회수가 떨어짐을 알 수 있다. 유채색은 R, G, B 3개 색요소 수준의 차이로 인해 채도는 0보다 커지고 명도는 255보다 작아지게 된다. 색상변별력에 따른 군구분 중 유채원색군과 기타 유채기본색(III)군의 경우에는 채도가 모두 255로서 순도가 매우 높은 색상들로 구성되어 있다는 공통점을 지니고 있다. IV군의 경우에는 Brown을 제외하고는 채도가 255로서 III군과 동일한 수준의 순도를 지니고 있으나, 명도가 64, 230 등 128 이외의 값을 가지고 있다. 그러나 본 연구에서 Purple 대신 III군에 포함된 것으로 판정한 Indigo의 경우에는 IV군의 Purple과 채도 및 명도가 255, 64로서 동일하지만, R, G, B의 구성상 보다 푸른색을 띠고 있다. IV군에 포함된 색상들의 색요소 수는 1, 2, 3 모두에 해당하여 어떤 규칙성도 발견할 수 없었다. 색상 선택회수가 가장 낮았던 V군에 해당하는 색상들은 R, G, B 3개 색요소를 모두 포함하고 있으며, Violet을 제외한 나머지 색상들 모두는 채도가 255 미만으로서 순도가 떨어지고, 명도 역시 128 이외의 값을 가지고 있었다.

5. 결론 및 추후연구

실험에 사용된 24개 색상의 변별력에 대한 군집분석 결과 이들은 5개의 특성군으로 나누어지며, 명도, 채도 및 색구성에 동원된 삼원색 요소의 수가 각 특성군을 구분하는 기준이 되는 주요 영향인자임을 확인하였다. 무채색 3개 색상(Black, White, Grey)은 기타 색상들과 채도면에서 확연히 구분되는 특성을 나타냈다. 유채색중 타색에 비해 상대적으로 높은 색상변별력을 나타낸 색상은 유채원색군(Red, Yellow, Green, Blue), 기타 유채기본색군(Cyan, Magenta, Orange, Indigo)에 해당하는 8가지 색들로 이들이 지닌 공통점은 명도가 128로서 중간수준이며, 채도가 255로서 높은 순도를 지니고 있다는 점이었다. 또한 기존 연구결과와 비교하여 다소의 불일치가 확인되었다. 기타 유채기본색군에서 발견된 구성색상의 불일치는 일반 환경과 전자디스플레이 사용 환경의 차이를 나타내주는 결과로 해석된다. 따라서 전자디스플레이를 사용한 정보 처리 환경에서 색상 코딩을 이용할 경우에는 기존 연구에서 추천된 기타 유채기본색군의 Pink, Purple, Brown 대신 Magenta, Indigo, Cyan을 사용할 것이 권장된다.

본 연구에서는 11개의 기본적인 인간의 색상구분 영역 중 Pink와 Purple을 Magenta와 Indigo가 대체한 것으로 가정하였으나, 이를 검증하기 위한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 공정정보의 효율적인 전달을 위해 색상코딩을 이용하려면 변별

력이 우수한 색상들이 지닌 색감과 특정 공정정보간의 의미연관성을 파악하기 위한 연구가 후속되어야 할 것으로 판단된다.

6. 참고문헌

- [1] 김상호, 최경임 (2002), “데스크탑용 CRT와 TFT-LCD의 시각 작업수행도 비교·평가”, 「대한인간공학회지」, 제21권, 제1호, pp. 95-112.
- [2] 문은배(2002), “색채교실”, http://www.koreacolor.net/color/color_c.asp
- [3] Berlin, B. and Kay, P. (1969), *Basic Color Terms: Their Universality and Evolution*, University of California Press.
- [4] Chang, S.H. (2001), “CRT's Developing Strategy corresponding with Flat Displays in the view point of Ergonomics”, *IMID Digest*, pp. 799-800.
- [5] Grandjean, E.(1987), *Ergonomics in Computerized Offices*, Taylor & Francis: London.
- [6] Jubis, R.M.T.(1990), “Coding Effects on Performance in a Process Control Task with Uniparameter and Multiparameter Displays”, *Human Factors*, Vol. 32, No. 3, pp. 287-297.
- [7] Leonard, S.D.(1999), “Does Color of Warning Affect Risk Perception?”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 23, pp. 499-504.
- [8] Mayhew, D.J.(1992), *Principles and Guidelines in Software User Interface Design*, Prentice Hall.
- [9] Miller, G.A.(1956), “The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information”, *Psychological review*, Vol. 63, pp. 81-97.
- [10] Post, D.L. and Geiselman, E.E.(1999), “Benefits of Color Coding Weapons Symbology for an Airborne Helmet-Mounted Display”, *Human Factors*, Vol. 41, No. 4, pp. 515-523.
- [11] Sanders, M.S. and McCormick, E.J.(1993), *Human Factors in Engineering and Design*, 7th Ed., McGraw-Hill.
- [12] Sturges, J. and Whitfield, T.W.A.(1997), “Salient Features of Munsell Colour Space as a Function of Monolexic Naming and Response Latencies”, *Vision Research*, Vol. 37, No. 3, pp. 307-313.
- [13] Wickens, C.D., Gordon, S.E. and Liu, Y. (1998), *An Introduction to Human Factors Engineering*, Longman.