

C군의 B급 잡설, 色 : 第二篇

조인준 KBS 기술연구소 차장

지금도 생각난다~ 자꾸만 생각난다~~ 그 시절 그리워진다~~~ (못 잊겠어요, 김수희), 철이 지나도 너무 지난 유행가 가사가 쌍팔(88)년도의 빛바랜 모습들이 어지러이 뒤섞여있는 기억의 서랍을 사정없이 열어젖힙니다. 대망의 88 서울 올림픽이 끝나고 얼마 지나지 않아 우리의 조국 대한민국에서는 '경제를 살리자'는 구호가 점점 크게 퍼져나갔습니다. 얼마나 연일 외쳐댔는지 어느 코미디 프로그램에서는 죽어가는 아들을 끌어안고 경제야! 경제야! 애타게 울부짖으며 아들을 살려달라 통곡하는 어머니를 소재로 한 코너도 있었습니다. 선진국 진입의 착시효과를 낳은 올림픽 개최의 신기루에 민간이 과소비 양상을 보이기 시작했고, 이로 인해 소비성 산업에 인적/물적 자원이 집중되며 수출경쟁력이 악화하였다는 것이 당시 경제를 살려야 하는 이유, 다시 말해 경제가 죽어가는 원인에 대한 진단이었습니다. 진단의 적부를 떠나, 그때부터 죽음의 문턱을 넘나들기 시작한 경제는 27년이 지난 지금까지 생사를 오락가락하고 있습니다. 눈에 넣어도 아프지 않을 우리의 사랑스러운 경제는 1997년 연말 IMF로 인한 대수술 후 중환자실에 장기입원을 했고, 부동산 붐을 타고 조금 살아나는 듯하다가 2008년 금융위기에 찌꺼기를 당해 수년간 몽근한 후유증에 시달리며 결국 가계부채라는 종양 덩어리까지 얻었습니다. 기구한 팔자지만 희망을 갖고 버티다 보면 절박함으로 링 위에서 모든 것을 태웠던 록키(Rocky)처럼 기적을 이룰 수 있음을 우리 사랑스러운 경제에게 자장가처럼 이야기해주고 싶습니다. 물론, 현실세계에서 영화 같은 일은 거의 일어나지 않는다는 것이 마음에 조금 걸리지만 말입니다.

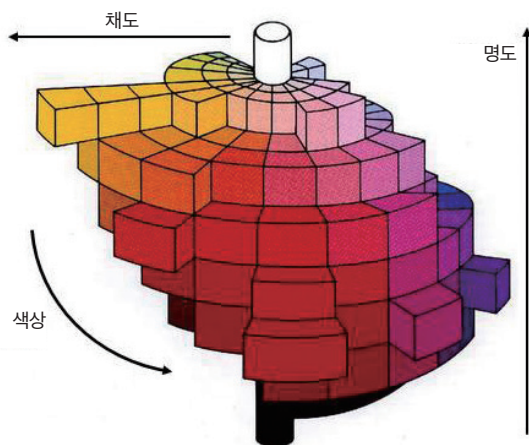
세파와 경제에 관한 생각에 잠기니 미국에서 터진 대공황이 유럽으로 점점 깊게 전염되어갔던 1931년 런던의 가을이 갑자기 마음속에 생생히 그려지려 합니다. 아... 갑자기 어지럽습니다. 진짜로 어지럽습니다. 아... 그리고 보입니다... 선명하게 보입니다... 1931년 9월 18일 오전 9:30분, 21명의 사람들이 케임브리지 대학의 어느 건물에 모여 있는 것이 보입니다. 프랑스, 독일, 영국, 일본, 네덜란드, 그리고 미국에서 온 사람들입니다. 아... 선명하게 보입니다!!!

쿨럭... ㅏ.ㅏ 때 아닌 심령극에 죄송합니다.

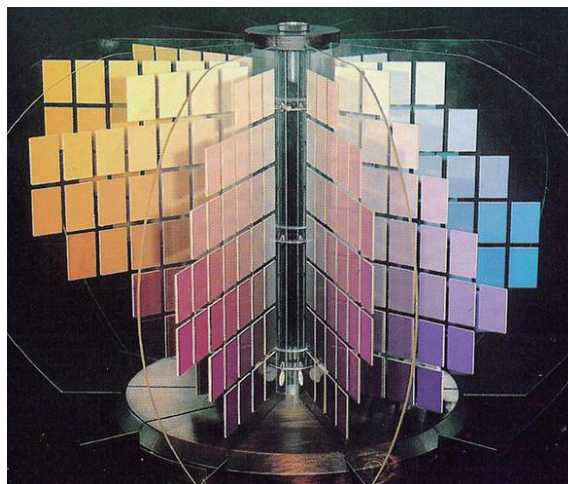
죄송합니다. 유치하게도 지난 호에 이어서 色에 관한 B급 썰을 풀기 위한 도입부를 쓰다 보니 의욕만 넘쳐서 무리수를 뒀습니다. 지난 호에서 인간의 눈과 뇌가 어떻게 색을 지각하는지 간단하게 요약해드렸습니다. 이번 호에서는 이 색을 어떻게 객관적이고 과학적으로 표현할까에 관한 여러 학자들의 노력과 그 결과물에 대한 이야기를 풀어가겠습니다. 이 이야기의 절정은 1931년 케임브리지 대학에서 열린 CIE(Commission internationale de l'eclairage, 국제조명학회) 회의에 있습니다. 이 1931년의 회의를 부각시키기 위해 서론에서 다소 무리한 전개가 이뤄진 것에 대해 다시 한 번 독자 여러분의 양해를 구합니다.

인간은 빛을 통해 세계를 봅니다. 우리가 어떤 사물을 보는 것도 그 사물을 보는 것이 아니라 그 사물이 내뿜거나 반사한 빛을 보는 것입니다. 지난 호에서 설명되었듯이 인간의 눈에는 3가지 종류의 원추세포가 있습니다. 이들 원추세포는 빛의 파장마다 반응하는 정도가 각각 다른데, 이 반응의 차이가 망막과 뇌를 통해 해석되어 인간이 색을 지각하게 되는 것입니다. 여기서





[그림 1] 색입체와 색상, 채도, 명도의 관계
출처 : ssons.com.ne.kr



[그림 2] 먼셀 색입체(Munsell Color Tree)
출처 : maggiemaggio.com

색에 관한 중요한 힌트가 나옵니다. 바로 원추세포의 반응을 지배하는 빛의 파장이 인간이 보는 색을 결정하게 된다는 것입니다. 인간은 언어를 사용하기 이전부터 색을 보았을 것입니다. 그리고 언어를 사용하게 되면서 색들에 이름을 붙였을 것입니다. 빨강, 파랑, 노랑, 초록, 보라 등 그러나 세상에는 우리가 언어로 표현하기에는 벽할 정도로 다양한 색이 존재합니다. 빨간색만 세 분해서 분류해도 끝이 없을 것입니다. 이렇듯 자연의 색에 하나하나 이름을 붙이자면 무한의 세계로 빠져들 것이고, 그렇게 무한개의 이름을 붙인다고 해도 사람마다 같은 이름으로 부르는 색이 모두 조금씩 다를 수밖에 없어서 무의미한 일이 됩니다. 언어로 색을 완벽히 표현한다는 것이 도저히 불가능해 보이죠? 맞습니다. 언어로는 불가능하기에 인류는 색을 묘사하기 위한 방법을 개발해야 했습니다. 다행히 인간의 뇌는 색을 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Lightness)의 세 요소로 분해하여 인식할 수 있었고, 이에 따라 [그림 1]과 같이 색을 공간에 배열한 색입체를 고안한 것입니다.



[그림 1]에서 보이는 색입체의 배열원리에 관해 간단히 설명드리겠습니다. 색입체의 중심축은 흑색→회색→백색을 따라 점진적으로 변화하는 무채색입니다. 이때 색의 밝기는 백색>회색>흑색이므로 위쪽으로 갈수록 명도가 높아집니다. 무채색의 중심축 주변은 빨강→노랑→초록→파랑→보라를 따라 변화하는 색들로 채워집니다. 이때 세로방향으로 같은 위치에 있는 색들은 모두 같은 색상을 가지며, 중심축에서 멀어질수록 색이 짙어지고, 위로 갈수록 색이 밝아지도록 배열이 되어있습니다. 중심축으로부터의 거리가 채도가 되므로 왜 중심축의 백색, 회색, 흑색 등을 무채색이라고 하는지 이해가 가실 겁니다.

색상, 채도, 명도를 이용하여 색을 배열한 색입체 중에 가장 유명한 것 중의 하나가 [그림 2]의 '먼셀 색입체'입니다. 먼셀 색입체의 각 색조각들은 특정한 원리에 의해서 만들어졌고, 각각 기호가 정해져 있었습니다. 사람들은 시료와 먼셀 색입체의 색조각을 비교한 후 가장 유사하다고 생각되는 색조각의 기호로 시료의 색을 표현했습니다. '먼셀 색입체'를 사용하면 지구 반대편에 있는 사람들과끼리도 비교적 손쉽고 정확하게 색에 관한 여러 가지 일을 처리할 수 있었습니다. 하지만 불연속적인 단위의 색조각을 사람이 시료와 비교하기 때문에 정확성은 떨어질 수밖에 없었을 것입니다. 좀 더 진보적이고 과학적인 방법이 필요했을 것 같습니다.

정해진 한 가지 원리로 만들어져서, 다른 나라에서 다른 사람이 만들더라도 같은 색을 내는 색조각들을 이용해 임의의 색이 어떤 색인지 판별하는 방법보다 더 과학적인 방법을 고안하려면 우리는 어떤 새로운 접근을 시도해야 할까요?

앞에서 인간의 눈에는 3종류의 원추세포가 있고, 이 원추세포들이 빛의 파장에 따라 제각각 반응하면서 다채로운 색을 뇌가 지각하게 되는 것이라고 말씀드렸습니다. 그러면 색을 과학적으로 접근함에 있어 이 모든 것의 시작인 빛의 파장과 원추세포의 반

응으로 돌아가면 되지 않을까요? 이를 위해서 이야기를 '먼셀 색입체'보다 앞선 시대인 1800년대로 리부트(Reboot)하겠습니다.

영-헬름홀츠(Young-Helmholtz)의 3원색설

1800년대 초중반, 영국의 토마스 영(Thomas Young)과 독일의 헤르만 루드비히 페르디난트 폰 헬름홀츠(Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz)에 의해서 3원색설이라는 인간의 색지각에 관한 가설이 세워졌습니다. 이 가설은 인간의 눈의 망막조직에는 빨강, 초록, 파랑의 빛을 감지하는 세포(원추세포)가 있고, 빛이 이 세포들을 자극하여 발생한 빨강, 초록, 파랑의 신경신호가 뇌로 전달되어 색을 지각한다는 가설입니다. 원추세포에 관한 과학적 분석이 이루어진 것이 1950년대로 알려졌으므로, 1800년대 초중반에 발표된 3원색설은 과학적 확인이 불가능한 가설일 수밖에 없었을 것 같습니다.

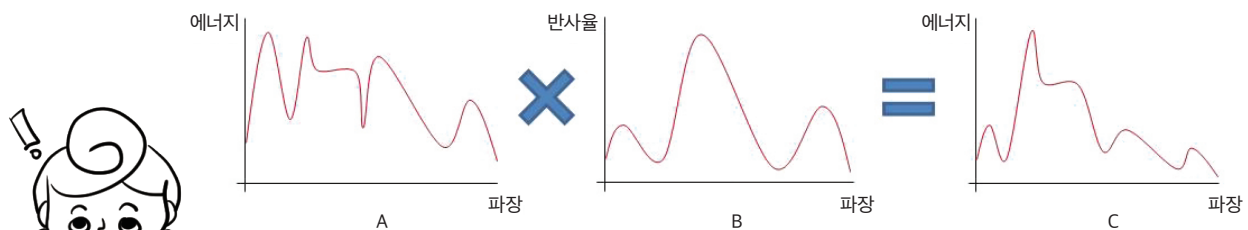
조건등색(Metamerism)

우리는 물체를 볼 때, 물체 그 자체를 보는 것이 아니라 물체가 반사한 빛을 보는 것입니다. 광원과 물체가 존재하고, 광원의 빛을 물체가 반사하여 사람이 그 반사광을 보고 색을 지각하는 상황을 [그림 3]과 [그림 4]를 통해 설명하겠습니다.

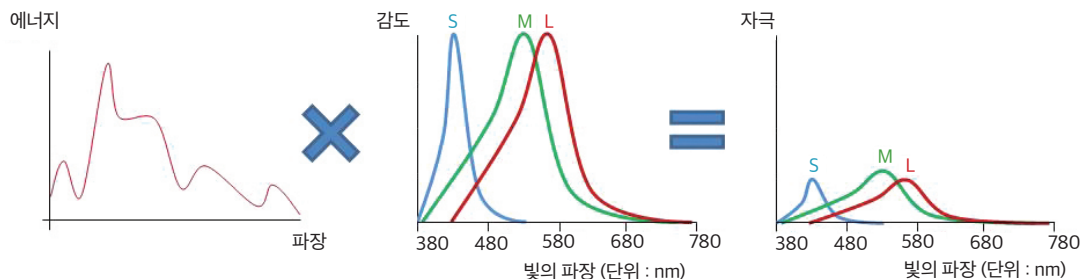
[그림 3]의 A를 광원의 스펙트럼이라고 가정합니다. 자연에 존재하는 대부분 빛 대부분은 단일파장이 아닌 여러 파장의 빛이 혼합된 것이므로 [그림 3]의 A와 같이 임의의 파장 구간에 걸친 에너지 분포를 가집니다. 이 광원의 빛이 물체에 입사하면 물체는 입사하는 빛을 파장에 따라 일정 비율로 반사하게 되는데, 이 파장에 따른 반사율을 [그림 3]의 B라고 가정합니다. 이렇게 물체에 반사되어 사람이 보게 되는 최종적인 빛은 광원의 파장별 에너지에 물체의 파장별 반사율이 곱해진 [그림 3]의 C와 같은 스펙트럼을 가집니다. 이렇게 물체에서 반사된 빛이 인간의 눈 속으로 들어오면 [그림 4]의 중앙에 있는 빨강(L), 초록(M), 파랑(S)의 그래프와 같이 원추세포가 자극됩니다(S, M, L 원추세포에 대한 내용은 지난 호를 참고하세요). 앞서 말씀드렸듯이 인간의 눈에는 빛의 파장마다 반응이 다른 3종류(S, M, L)의 원추세포가 있고, 빛이 이 3종류의 원추세포를 자극하여 최종적으로 뇌로 전달되는 신호를 형성하면, 뇌는 이 신호로부터 색을 지각하게 됩니다.

이렇게 광원을 나온 빛이 물체에서 반사되어 인간의 눈 속으로 들어와 원추세포를 자극하고, 이 자극이 최종적으로 뇌로 전달되어 색을 지각하는 과정에서 재미있는 현상이 존재하게 됩니다. 바로 조건등색(Metamerism)이라는 현상입니다.

[그림 5]의 물체 A와 B는 서로 다른 파장별 반사율을 가진 물체들입니다. 서로 다른 파장별 반사율을 가지고 있지만 태양광

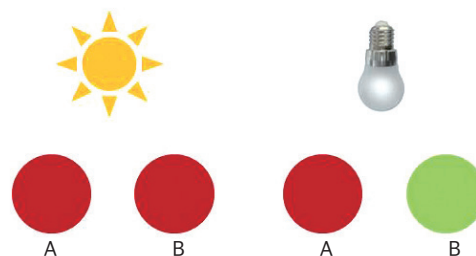


[그림 3] 광원의 스펙트럼(A), 물체의 반사율(B), 반사된 빛의 스펙트럼(C)



[그림 4] 빛의 스펙트럼과 원추세포의 자극

아래서는 같은 색으로 보이고, 백열등 아래서는 다른 색으로 보입니다. 이런 현상이 나타나는 원인은 물체에 따라 파장별 반사율이 다르더라도 광원에 따라 S, M, L 원추세포를 동일하게 자극하는 경우가 발생하게 되기 때문입니다. [그림 3]과 [그림 4]에서 보이는 광원과 물체, 그리고 원추세포의 자극과정을 통해 충분히 발생할 수 있는 현상이라는 것을 직감적으로 알 수 있을 겁니다. 이렇게 특정 광원에서 서로 다른 반사율을 가진 물체들이 동일한 색으로 보이는 현상을 조건등색이라고 하며, 색을 측정하는 방법의 중요한 토대가 됩니다.



[그림 5] 조건등색(Metamerism)의 예

그라스만(Grassmann)의 법칙

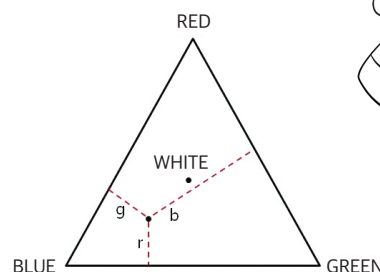
19세기 독일의 수학자이자 언어학자인 헤르만 귄터 그라스만(Hermann Günther Grassmann)은 아래와 같이 4항으로 구성된 색지각에 관한 기본적 법칙을 발표했습니다.

- ① 색은 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Luminance)로 정의된다.
- ② 모든 색은 보색이 존재하며, 어떤 색과 그 색의 보색을 합하면 무채색이 된다.
- ③ 서로 다른 스펙트럼을 가지는 두 빛의 색상(Hue)과 채도(Saturation)가 같으면, 두 빛을 혼합한 빛의 색도 혼합되기 전의 두 빛과 같은 색상과 채도를 가진다.
- ④ 임의의 개수가 빛을 혼합할 경우, 혼합된 빛의 명도(Luminance)는 각각의 빛의 명도를 모두 더한 것과 같다.

그라스만의 법칙 중에서 가장 중요한 것은 조건등색과 관련된 제3항입니다. 앞서 조건등색을 설명하며 말씀드렸듯이, 조건등색과 관련된 현상은 현재 사용되고 있는 색의 측정법에 있어서 중요한 토대가 됩니다. 지금 그라스만의 법칙을 하나하나 설명하기보다는 뒤에서 필요할 때 언급하도록 하겠습니다.

맥스웰(Maxwell)의 삼각형

19세기 영국의 물리학자이며 수학자인 제임스 클러크 맥스웰(James Clerk Maxwell)은 삼각형과 빨강, 초록, 파랑의 3원색을 이용한 색의 표현방법을 고안했습니다. 정삼각형의 각 꼭짓점에 빨강, 초록, 파랑을 대응시키고, 각 꼭짓점을 마주보는 변으로부터의 거리를 각 색의 혼합비로 정의하여 색을 표현하는 방법입니다. 이때 각 꼭짓점에 대응되는 원색들은 동일비로 혼합할 경우 흰색이 되어 삼각형의 중심에 위치하게 됩니다. 맥스웰의 삼각형은 당시 별다른 주목을 받지 못했는지 현재 이에 관해 남아있는 자료들이 별로 없다고 합니다. 하지만 원색의 혼합비로 색을 표현하는 시도였다는 점에서 나름의 의의를 가지는 것 같습니다.



[그림 6] 맥스웰(Maxwell)의 삼각형

지금까지 인간의 색지각과 관련하여, 색을 과학적으로 표현하기 위한 방법의 발전을 이야기하기 전에 그 토대가 되는 여러 가지 사실들을 나열하였습니다. 현재는 다소 정리가 안 되고 혼란스러워 보이지만, 뒤에 전개될 색의 측정에 관한 이야기들에서 일관성 있게 정렬이 될 것입니다. 그러면 다음 호에서 다시 뵙겠습니다. 꾸벅 (...)

P.S. C군의 잡설은 귀동냥에 근거하여 재구성된 것이므로 사실과 다를 수 있음을 항상 유념해주세요. 📖