

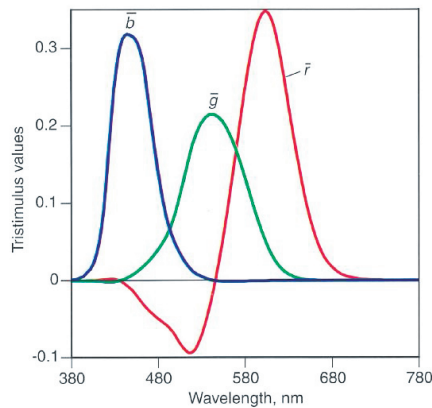
C군의 B급 잡설, 色: 第八篇

또다시 새해가 되었습니다. 세월은 자꾸 흘러가는데 이런 것은 아무것도 없는 관계로 행한 기분에 괜한 심술로 발에 채는 돌부리를 신발로 쿵쿵 찌르고, 편의점에 들르면 삼각김밥을 고르면서도 피지도 않는 담배에 자꾸 눈이 갑니다. 그러나 딱히 별 수 없으므로 아무데나 편한 자리가 생기면 뒹굴뒹굴하다 어찌어찌하여 요동치던 심정이 지나가고 나면, 이래도 상관없고 저래도 상관없는 달관의 운해(雲海)에서 세월아 네월아 두리둥실 떠다니는 기분이 들기도 합니다. 그렇다고 C군이 조울증환자는 아니니 염려는 안 하셔도 됩니다. 다만, 이런 감정의 여러 기록 속에서 항상 독자 여러분을 위해 매달 산고에 버금가는 창작(?)의 고통을 무릅쓰고 처절하게 원고를 쓰고 있는 C군의 충심을 전달하고자 소소한 근황을 전했습니다. (^_^)

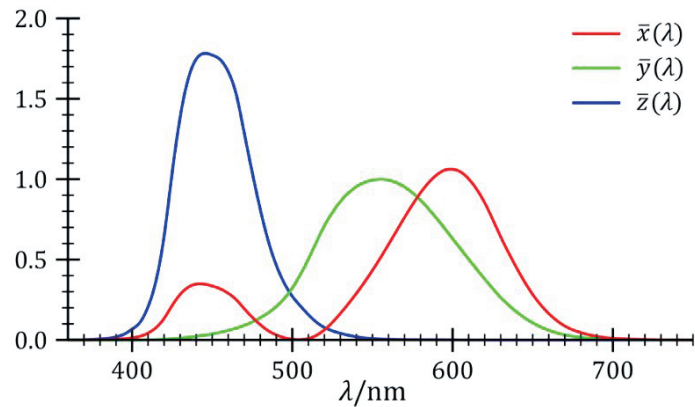
이제 여덟 번째를 맞고 있는 색(色)에 관한 연재도 C군의 감정의 기록만큼이나 진폭이 큰 내용의 흐름을 보여 왔습니다. 이제 절정의 상사점만이 남은 연재이니 재미없더라도 조금만 인내심을 갖고 읽어주시기 바랍니다. C군에게 소박한 바람이 있다면 지어낼 수 있는 모든 이야기를 다 지어내어 더는 지어낼 것이 없을 때까지 해로울 것은 없지만 유익할 것도 없는 본 연재를 이어가는 것입니다. 오늘도 '방송과 기술'이 폐간을 하지 않는 이상, C군의 연재도 계속 이어질 거란 허황된 꿈을 안고 색에 관한 여덟 번째 이야기를 시작하겠습니다. 지난 내용을 자꾸 상기하는 것도 지겨울 것 같아, 본 연재부터는 속도감 있게 진도를 쭉쭉 빼겠습니다. 단계단계의 연결고리가 궁금하신 분은 번거롭더라도 지난 연재를 참고하시기 바랍니다.

지난 호에서 RGB → XYZ 좌표계 변환에 관한 설명이 있었습니다. RGB 좌표계가 나타내는 것은 특정 파장의 빛과 같은 색을 내는 빨강(700nm), 초록(546.1nm), 파랑(435.8nm) 광원의 혼합비율이었습니다. 하지만 RGB 좌표계를 이용하여 가시광선 영역의 색을 표현하면 R, G, B 값 중 하나는 음수가 되는 경우가 많아서 이런 저런 문제가 생겼고, 이를 해결하기 위해 모두 양수를 갖는 새로운 좌표계를 만든 것이 X, Y, Z 좌표계입니다. 변환방법이 궁금한 독자께서는 지난 호의 내용을 참고하세요.

XYZ 좌표계로 이사를 오고 나니, 이제 남은 일은 색을 표현한 X, Y, Z 값을 잘 활용하는 것입니다. 활용을 위해서는 첫 번째로 중요한 것이 임의의 스펙트럼을 갖는 빛의 색을 X, Y, Z로 나타내는 것입니다. 어떻게 임의의 스펙트럼을 갖는 빛의 색을 X, Y, Z로 나타낼 수 있을까요? 예전에 소개되었던 [그림 1]의 $\bar{r}$, $\bar{g}$, $\bar{b}$ 함수를 기억하시나요? $\bar{r}$, $\bar{g}$, $\bar{b}$ 함수는 5nm 간격으로 측정된 R, G, B 값을 기반으로 연속함수를 만들어낸 결과입니다. 왜 연속함수로 만들었냐구요? 실제 자연에 존재하는 광원은 연속된 스펙트럼을 가지고 있으므로 5nm 간격으로 측정된 R, G, B 값을 그대로 사용할 수는 없습니다. 그래서 연속함수인 $\bar{r}$, $\bar{g}$, $\bar{b}$ 함수를 정의하고, 임의의 광원의 스펙트럼과 $\bar{r}$, $\bar{g}$, $\bar{b}$ 함수의 곱을 각각 적분하여 R, G, B 값을 구했습니다. 연속적인 스펙트럼을 갖는 광원의 색을 X, Y, Z로 나타낼 때에도 이것은 마찬가지겠죠? 그러므로 $\bar{r}$, $\bar{g}$, $\bar{b}$ 함수를 기반으



[그림 1] $\bar{r}$, $\bar{g}$, $\bar{b}$ 함수 / 출처 : PRINCIPLES OF COLOR TECHNOLOGY, WILEY 출판사



[그림 2] $\bar{r}$, $\bar{g}$, $\bar{b}$ 함수를 변환하여 얻은 $\bar{x}$, $\bar{y}$, $\bar{z}$ 함수 / 출처 : WWW.WIKIPEDIA.ORG

로 RGB → XYZ 좌표계 변환을 이용하여 $\bar{x}$, $\bar{y}$, $\bar{z}$ 함수를 정의한 것입니다.

$\bar{r}$, $\bar{g}$, $\bar{b}$ 함수를 이용하여 R, G, B 값을 구하는 방법은 [수식 1]에, $\bar{x}$, $\bar{y}$, $\bar{z}$ 함수를 이용하여 X, Y, Z 값을 구하는 방법은 [수식 2]에 정의되어 있습니다.

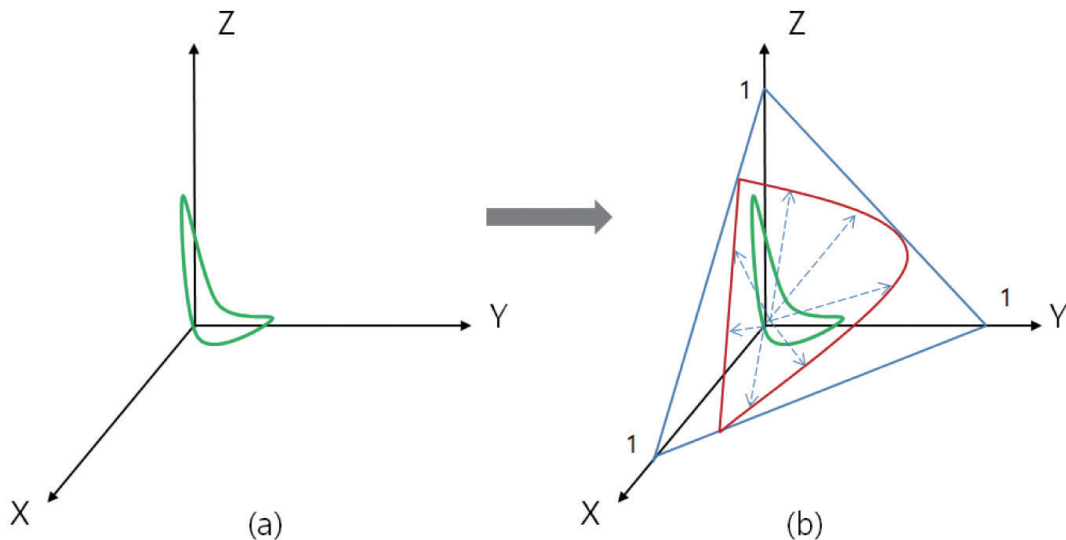
$$\begin{aligned}
 R(Source) &= \int \bar{r}(\lambda) Source(\lambda) d\lambda \\
 G(Source) &= \int \bar{g}(\lambda) Source(\lambda) d\lambda \dots\dots\dots \text{[수식 1]} \\
 B(Source) &= \int \bar{b}(\lambda) Source(\lambda) d\lambda \\
 \lambda : \text{파장}, Source : \text{광원}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X(Source) &= \int \bar{x}(\lambda) Source(\lambda) d\lambda \\
 Y(Source) &= \int \bar{y}(\lambda) Source(\lambda) d\lambda \dots\dots\dots \text{[수식 2]} \\
 Z(Source) &= \int \bar{z}(\lambda) Source(\lambda) d\lambda \\
 \lambda : \text{파장}, Source : \text{광원}
 \end{aligned}$$

[수식 2]를 이용하여 임의의 광원의 스펙트럼으로부터 X, Y, Z 값을 계산해서, 그 광원이 지닌 색을 유니크하게 표현하는 것이 CIE 1931 측색법(Colorimetry)의 근간입니다. CIE 1931 측색법 덕분에 색을 단순히 '푸른색', '파란색', '새파란색', '벌건색', '시뻘건색' 등의 모호한 표현을 통해서 묘사하는 것이 아니라, 정확히 수치로 표현할 수 있게 되었습니다. 하지만 세상에는 똑똑하고 치밀한 사람들이 너무 많은 것 같습니다. 언어를 사용해 주관적이고 모호하게 표현되던 색을 객관적인 수치로 표현할 수 있게 된 것에 만족하지 못하고, X, Y, Z 값을 더욱 효과적으로 활용하기 위해 [수식 3]과 같이 x, y, z 로 표현되는 값을 다시 만들었습니다.

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{X}{X + Y + Z} \\
 y &= \frac{Y}{X + Y + Z} \dots\dots\dots \text{[수식 3]} \\
 z &= \frac{Z}{X + Y + Z}
 \end{aligned}$$

그렇다면 x, y, z 값은 어떻게 만들어졌고, 어떤 특성을 가질까요? [그림 3]과 [그림 4]를 보며 설명드리겠습니다. [그림 3] (a)의 녹색곡선은 5nm 단위로 측정된 R, G, B 값을 X, Y, Z 값으로 바꾸어 X, Y, Z 공간에 그린 것입니다. 녹색곡선의 내부가 인간이 볼 수 있는 가시광선영역의 색이고, 외부는 인간이 볼 수 없는 빛입니다. 이유는 R, G, B 값을 구하기 위한 실험으로부터 쉽게 알 수 있습니다. 녹색곡선에 대응되는 R, G, B 값은 가시영역의 빛 중에 5nm 간격으로 떨어진 단일파장의 빛만을 이용하여 얻은 등색의 R, G, B 혼합비입니다. 색을 이야기할 때 채도라는 말을 씁니다. 이 채도가 가장 높은 색들이 단일파장을 갖는 색들입니다. 서로 다른 파장의 빛이 섞이면 섞일수록 채도는 떨어지게 됩니다. 그러므로 단일파장의 빛과 등색인 RGB 값들로 얻어진 [그림 3] (a)의 녹색곡선은 채도가 가장 높은 색을 의미합니다. 그리고 녹색곡선에 위치한 단일파장의 빛들을 섞으면 그 빛은 녹색곡선으로 포위된 영역 내부의 점이 됩니다. 그러므로 인간이 볼 수 있는 가시영역의 빛의 색은 [그림 3] (a)의 녹색곡선 내부가 됩니다. 하지만 [그림 3] (a)의 녹색곡선은 웬지 보기에 어떻게 생겼는지 정확히 알 수가 없습니다. 1931년의 기술수준으로는 [그림 3] (a)의 녹색곡선을 요즘의 컴퓨터 그래픽처럼 실시간으로 시점을 바꿔가며 3차원으로 보여줄 방법이 전혀 없었을 것이므로, 뭔가 알아보기 쉽고 해석하기 쉬운 방법을 고안할 필요성이 있었던 것 같습니다.



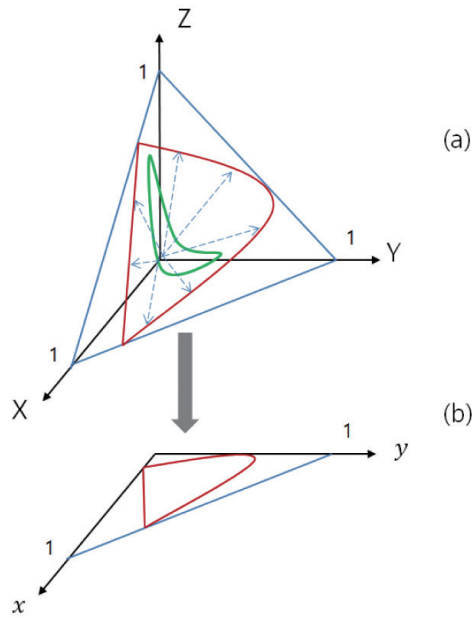
[그림3] XYZ → xyz 좌표계 유도

그래서 고민 끝에 고안된 방법이 X, Y, Z 값 대신 [수식 3]의 x, y, z 값을 사용하는 것이었습니다. [수식 3]과 같이 x, y, z 값을 만들면 어떤 결과가 나올까요? [그림 3] (b)에 x, y, z 값이 어떻게 [그림 3] (a)의 녹색곡선을 바꾸는지 쉽게 그려져 있습니다. [수식 3]에 의해 만들어진 x, y, z 값은 [수식 4]의 특성을 갖습니다.

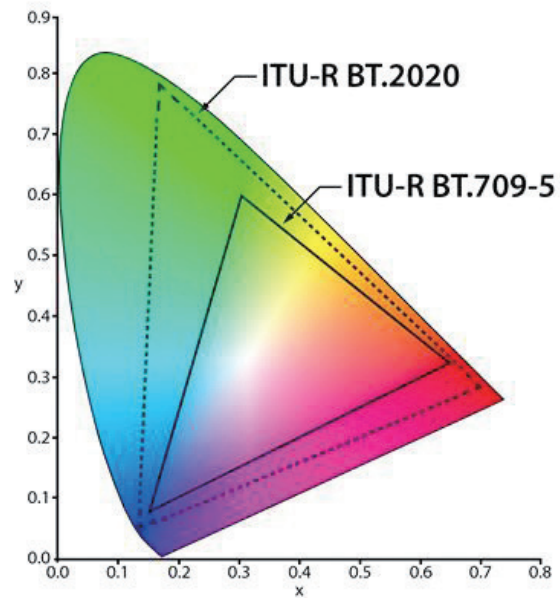
$$x + y + z = \frac{X + Y + Z}{X + Y + Z} = 1 \quad \dots \dots \dots \text{[수식 4]}$$

그런데 [수식 4]의 $x+y+z=1$ 는 어딘가 눈에 익은 듯 합니다. 그렇습니다. 고교수학의 벡터(Vector)에서도 배운 평면의 방정식입니다. [그림 3] (b)의 파란선으로 그려진 삼각형을 포함하는 무한평면을 식으로 표현한 것이 바로 $x+y+z=1$ 입니다. 공간에 꼬불꼬불하게 이상한 모양으로 뒤틀려있던 [그림 3] (a)의 녹색곡선이 [수식 3]에 의해 [그림 3] (b)의 파란삼각형 위에 투영되어 빨간곡선으로 다시 그려지게 됩니다. 이제 한걸 보기 편해진 [그림 3] (b)의 빨간곡선입니다. 그러나 아무리 보기 쉬워도 3차원은 3차원이어서 그런지 1931년 당시의 사람들은 [수식 5]를 이용하여 [그림 4] (b)처럼 z 값을 표현 안하고 x, y 값만으로 그린 2차원의 빨간곡선을 만들었습니다. [수식 5]에서 알 수 있듯이, x, y 값만 알면 z 값은 자동으로 계산이 되므로, z 값을 따로 표시해야 할 필요성이 없었기 때문입니다.

$$z = 1 - (x + y) \quad \dots \dots \dots \text{[수식 5]}$$



[그림 4] xyz 값의 2차원 투영



[그림 5] CIE 1931 색도분포표

/ 출처 : www.stylezineblog.com

[그림 4] (b)에서 좌표축을 보시면 각각 $X \rightarrow x$, $Y \rightarrow y$ 로 바꾸어 표현해 놓았습니다. 어느 단계부터 X , Y 대신 x , y 를 써야할지 고민이 되었으나, 최종단계에서 x , y 로 바꾸어 표시하는 것이 맞을 것 같다는 생각에서였습니다. [그림 4] (b)의 빨간곡선이 왠지 친숙하지 않나요? 어딘가에서 많이 보던 말발굽 모양입니다. 그렇습니다. [그림 5] CIE 1931 색도분포표(CIE 1931 Chromaticity Diagram)가 바로 [그림 4] (b)입니다. 여러분은 드디어 'CIE 1931 색도분포표'가 어떻게 만들어졌는지 그 전과정을 이해하게 되었습니다. 하지만 기뻐하긴 아직 이릅니다. CIE 1931 색도분포표에 관련해 남은 이야기가 아직도 있기 때문입니다.

그럼 다음 호에서 CIE 1931 색도분포표에 관해 알아두면 유용한 것들을 쉽게쉽게 설명드리겠습니다. 📖

P.S.

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