

○ 金沢大学工学部 正員 近田康夫
 金沢大学工学部 正員 城戸隆良
 金沢大学工学部 正員 小堀為雄

1 はじめに

近年の性能の向上が著しいパーソナル・コンピュータによるコンピュータグラフィックス (CG) への関心は急速に高まっている。ところで、構造物の計画段階での意志決定の補助手段として CG を応用した場合に、ディスプレイ上に表示された構造物の色と実際の塗装色とを対応付けなければ実用にならない。しかし、現状における CG の利用は多くの色をディスプレイ上に表示できることを利用してよりリアルに表現することを目指しており、その表示した色から実際の塗料の色を指定する方法としては、ディスプレイ上の画像やカラーコピーと色見本を見比べておおよその対応をとるといった、あいまいな方法をとる場合がほとんどである。土木工学への CG の利用はようやく普及しはじめた段階といえるが、形状だけでなく、様々な媒体を通じて得る色彩情報を的確に判断し有効に利用することが重要に課題となってくるであろう。

本報告では、最近パーソナル・コンピュータによる CG で利用されはじめたフルカラー・フレーム・バッファを利用した場合の色彩の計算機内部表現と JIS にも規定されている一般的な色彩指標であるマンセル色票表現との対応 (RGB → Yxy) を 16 ビットパーソナルコンピュータ上で行い、筆者らが開発中の橋梁景観シミュレーションシステムに組み込んだ例を示すものである。

2 RGB → YXZ 変換

色を表現する体系を、表色系^{1),2)}と呼ぶが、コンピュータグラフィックスで用いる RGB カラーモデルは CIE(国際照明委員会)の XYZ 表色系と対応づけることができる。

カラーモニタの RGB および CIE の XYZ はともに加法混色系であるから、その色空間の変換は次式で与えられる³⁾。

$$\begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X_r & X_g & X_b \\ Y_r & Y_g & Y_b \\ Z_r & Z_g & Z_b \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} R \\ G \\ B \end{Bmatrix} \quad (1)$$

ここで、 X_r, Y_r, Z_r は単位量の原色 R を作るために必要な 3 刺激値である。 X_g, Y_g, Z_g と X_b, Y_b, Z_b も同様である。例えば、 $(R, G, B) = (1, 0, 0)$ のときは上式より $X = X_r, Y = Y_r, Z = Z_r$ と求められる。残りの 2 原色に関しても同様にして変換マトリックスを得ることができる。

一方、標準の白色の XYZ 表色系での 3 刺激値 (X_w, Y_w, Z_w) が既知である場合には、式 (1) に代入して解けば、 C_r, C_g, C_b が求められる。

3 刺激値の代わりに色度座標と輝度 (x_w, y_w, z_w) が既知である場合も同様で、

$$\begin{aligned} C_r &= (Y_w/y_w)[x_w(y_g - y_b) - y_w(x_g - x_b) + x_g y_b - x_b y_g]/D \\ C_g &= (Y_w/y_w)[x_w(y_b - y_r) - y_w(x_b - x_r) + x_b y_r - x_r y_b]/D \\ C_b &= (Y_w/y_w)[x_w(y_r - y_g) - y_w(x_r - x_g) + x_r y_g - x_g y_r]/D \\ D &= x_r(y_g - y_b) + x_g(y_b - y_r) + x_b(y_r - y_g) \end{aligned} \quad (2)$$

で、 C_r, C_g, C_b が求められる。なお、CIE の標準光の 3 原色の色度座標は JIS で既知である。

コンピュータグラフィックスでは、カラーモデルとして、主観的な色の感覚を指定するために HSV あるいは HLS の各カラーモデルが提案されており、市販のペイントソフトでも一部採用されている。HSV, HLS カラーモデルで注意しなければならないことは、XYZ は RGB との間では互いにアフィン変換で変換ができるが、HSV, HLS の各カラーモデル との間の変換はアフィン変換ではない (マトリックス演算の形で表わせない)。従って、HSV あるいは HLS カラーモデルを用いた場合には、いったん RGB カラーモデルに変換してから CIE に変換するのが分かりやすい。

3 マンセル表色系とディスプレイ上の色との対応

ディスプレイ上に表示される色は、CRT 管面の発光体が発する光を直接感じているが、マンセル表色系に代表される塗装色は物体が反射した光が目に入って感じる物体色である。この両者を対応付けるには、CIE の 3 刺激値 (XYZ) を介することになる。すなわち、マンセル表色系の色を一度 CIE の XYZ 刺激値に変換 (実際には、XYZ に簡単な四則演算を施して求める色度座標 x, y と輝度情報となる Y による Yxy に変換) し、次いでカラー・モニタに必要な RGB に変換するのである。この方法により、それ以前には色見本を外挿して想像するしかなかったマンセル表色系の色を実際に表示できることになる。PC9801 用のフルカラー表示用フレームバッファでは R,G,B それぞれが 0-255 の 256 段階に設定できるので、入力する Yxy の Y もこれに対応させてスケールリングする必要がある。

また、マンセル表色系は JIS(Z 8721) において、 Yxy 表示による表が与えられており⁴⁾、任意の Yxy 値に対応した表示記号 (HV/C) を定める場合 (すなわち色を特定する場合) には、この表と色度図を用いて補間法によって求めることになっている⁵⁾。

なお、CRT ではブラウン管に加えられる電圧と明るさの関係は直線的ではなく、指数的に変化することが知られており、この補正值の幅は、実験的に 1~4 とされており、日本におけるカラーディスプレイでは、2.2 であるといわれている²⁾。この輝度補正を γ 補正と呼んでいる。

標準白色としては、A(0.448,0.408), B(0.349,0.352), C(0.310,0.316) および D6500(0.313,0.329) のうち、日本では、C 光源を一般的に採用している。

採用する 3 原色の光源としては、CIE の XYZ 3 原色 [R(0.375, 0.265), G(0.274, 0.717), B(0.167, 0.009)], NTSC 標準 [R(0.670, 0.330), G(0.210, 0.710), B(0.140, 0.080)], カラー CRT モニタ [R(0.628, 0.346), G(0.268, 0.588), B(0.150, 0.070)] のうち NTSC 標準を採用する。ただし、() 内の数値は色度座標 (x, y) である。なお、文献 3) には、色モデル間の変換のための簡単なアルゴリズムが説明されている。

4 応用例

筆者らは、橋梁を新たに建設する場合や、架け替える場合の計画段階における橋梁形式や塗装色の選定の意志決定の支援のためにパーソナル・コンピュータを利用した比較的安価な景観シミュレーションシステムの基本的な開発を行った⁶⁾。この場合に、選定した橋梁の塗装色を決定する手段として本報告の前章までで述べてきた方法を用いた。塗装の基本色を決定する場合、色の変更 (選定) 操作は RGB で行うが、同時に Yxy 値を表示するようにプログラムされている。この Yxy 値により、JIS の色度図から内挿法によって容易にマンセル色のコードが導かれる。なお、 Yxy は XYZ 表色系における Y の値 (輝度情報) とその色の色度座標 (x, y) を意味する。

従来のようにマンセル・ブック等の色見本とディスプレイ上の表示色を比較して色を同定するよりも速く、かつ合理的に色の決定が行えることになる。

5 結言

土木工学におけるコンピュータ・グラフィックスでの色の取り扱いに関して、色彩学的基本事項を確認するとともに、ディスプレイ上に RGB で表示した色を CIE の Yxy 値を介してマンセル色に変換するプログラム (RGB→ Yxy) を作成し、筆者らの開発した PC9801 上における景観シミュレーションシステムに組み込んだ。

現在さらにこれを進めて、RGB 表現から直接マンセル色を表示できるように変換テーブルを自動的に作成できるようにシステムを改良中である。

また、厳密な意味では、カラーディスプレイの調整を行わなければならないが、これに関しても検討している。

参考文献

- 1) 日本色彩学会編:新編色彩科学ハンドブック, pp.83 ~ 146, 東京大学出版会, 1982.
- 2) 日本図学会編:CG ハンドブック, pp.424 ~ 456, 森北出版, 1989.
- 3) Rogers,D.F. 著 山口富士夫監修:実践コンピュータグラフィックス基礎手続きと応用, pp.471 ~ 506, 日刊工業新聞社, 1988.
- 4) JIS ハンドブック 33 色彩, pp.129 ~ 167, 日本規格協会, 1990.4.
- 5) 川上元郎: 新版色の常識, pp.68 ~ 72, 日本規格協会, 1987.12.
- 6) 近田康夫, 城戸隆良, 小堀為雄: パーソナルコンピュータ上での橋梁景観シミュレーションシステムの構築, 構造工学論文集, Vol.36A, pp.543 ~ 550, 1990.3.