



測色の歴史と発展 (12) 前号より続く

木村哲也
須賀茂雄

5.4.6 L*u*v*表色系

CIEは、CIE1976(L*a*b*)均等色空間と同時に、1975年にCIE1960UCS色度図を改良したCIE1976(L*u*v*)均等色空間を勧告した。

CIE1976L*a*b*色空間と同様にCIE1976明度指数として、

$$L^* = 116 f(Y/Y_n) - 16$$

$$f(Y/Y_n) = (Y/Y_n)^{1/3}$$

$$\text{if } (Y/Y_n) > (6/29)^3$$

$$f(Y/Y_n) = (841/108)(Y/Y_n) + 4/29$$

$$\text{if } (Y/Y_n) \leq (6/29)^3$$

CIE1976UCS色度図における色度座標 u' 、 v' として、

$$u' = 4X/(X+15Y+3Z)$$

$$\text{または、} u' = 4x/(-2x+12y+3)$$

$$v' = 9Y/(X+15Y+3Z)$$

$$\text{または、} v' = 9y/(-2x+12y+3)$$

均等色空間は、

$$L^* = 116 f(Y/Y_n) - 16$$

$$u^* = 13L^*(u' - u'_n)$$

$$v^* = 13L^*(v' - v'_n)$$

1960年に暫定的に勧告されたCIE1960UCS色度図は、x-y色度図よりも知覚的にほぼ均等であるといわれ、MacAdam(1937年)のUCSに基礎をおき、XYZ系の射影変換により求められた。XYZ表色系との変換は下記による。

$$u = 4X/(X+15Y+3Z)$$

$$\text{または、} u = 4x/(-2x+12y+3)$$

$$v = 6Y/(X+15Y+3Z)$$

$$\text{または、} v = 6y/(-2x+12y+3)$$

このときの均等色空間の変換式は下記による。

$$W^* = 25Y^{1/3} - 17$$

$$1 \leq Y \leq 100$$

$$U^* = 13W^*(u - u_0)$$

$$V^* = 13W^*(v - v_0)$$

1960年にCIEの暫定的な勧告を行ったが、その後検討され、「修正マンセル系をu-v色度図にプロットしたときに、vを1.5倍したときの方がより均等である」という提案により、CIE1976(L*u*v*)均等色空間では、 $v' = 1.5v$ と分子の係数が「6」から「9」に変更された。

CIE1976UCS色度図を図71に示す。

CIELAB(1976) u^* 、 v^* 座標図を明度別に比較したグラフ³⁰⁾の一例を図72に示す。

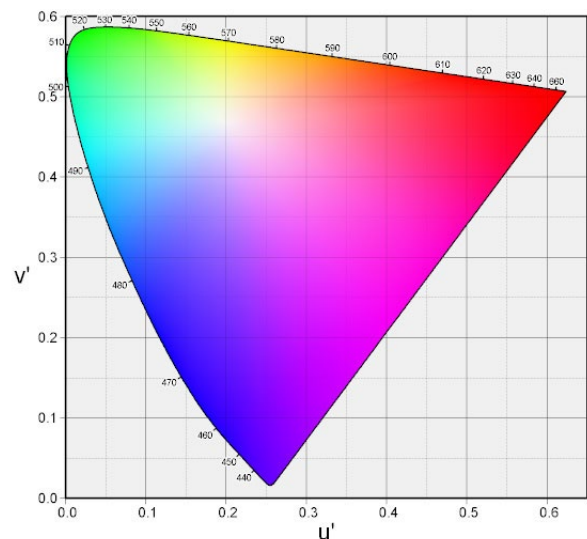


図71 CIE1976UCS色度図

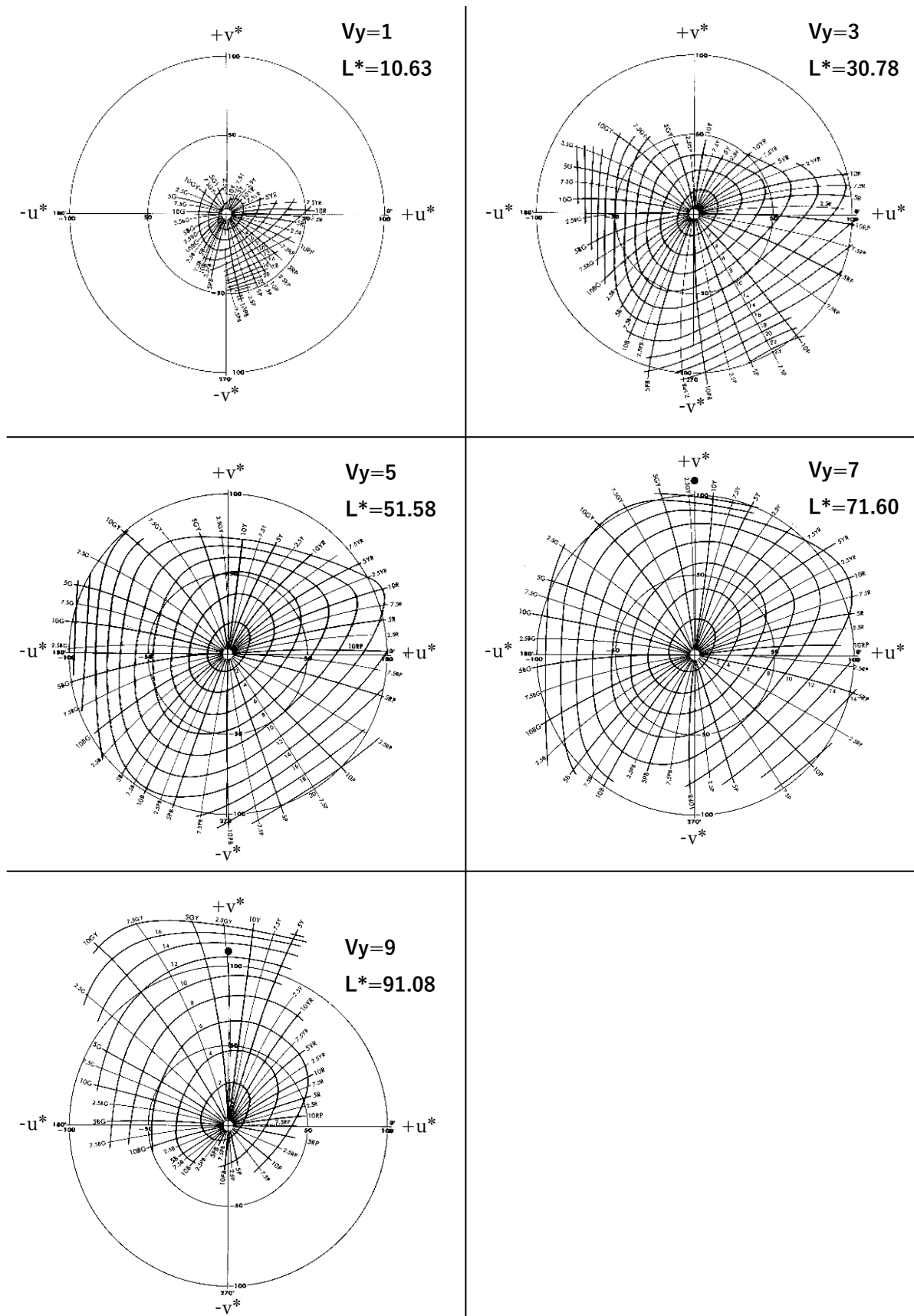


図72 明度別CIELAB (1976) u^* 、 v^* 座標図の一例



5.5 明度軸の違い

人間の目の感覚に合わせた明度は、黒(ideal black)から白(ideal white)までを均等に10等分し、黒:0から白:10と値付けしている。無彩色の場合は、NO.○のように頭にNをつけて表す。Nの数値はマンセルバリュー V_y に相当する。明度 V_y とY、L、 L^* の関係を表14に示す。また、明度の見本を図73に示す。

表14 明度 V_y とY、L、 L^* の関係

V_y	Y	L	L^*
9.986	100.00	100.00	100.00
9.586	90.00	94.87	96.00
9.155	80.00	89.44	91.69
8.682	70.00	83.67	87.00
8.153	60.00	77.46	81.84
7.548	50.00	70.71	76.07
6.848	40.00	63.25	69.47
6.047	30.00	54.77	61.66
5.091	20.00	44.72	51.84
3.727	10.00	31.62	37.84
0.874	1.00	10.00	8.99
0.787	0.90	9.49	8.13
0.700	0.80	8.94	7.23
0.613	0.70	8.37	6.32
0.526	0.60	7.75	5.42
0.438	0.50	7.07	4.52
0.351	0.40	6.32	3.61
0.263	0.30	5.48	2.71
0.176	0.20	4.47	1.81
0.088	0.10	3.16	0.90
0.000	0.00	0.00	0.00

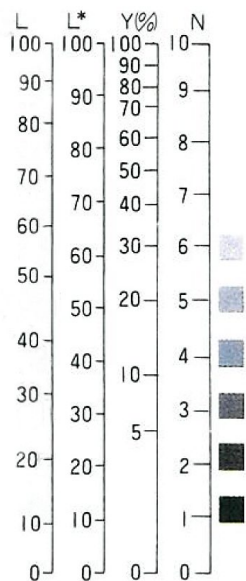


図73 明度L、 L^* 、Y、Nの見本

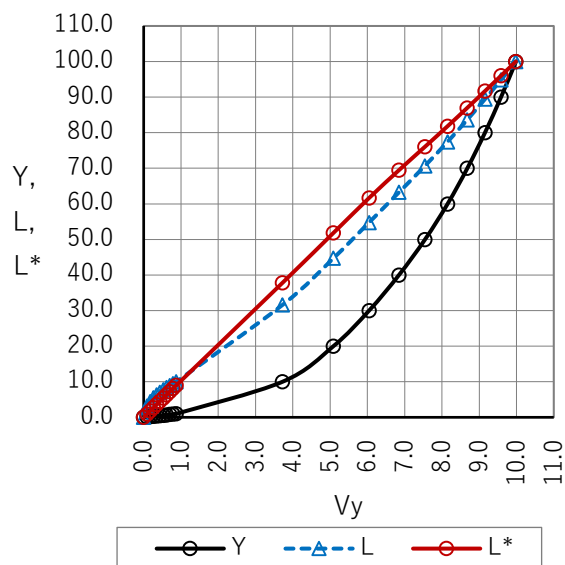


図74 明度 V_y とY、L、 L^* の関係図

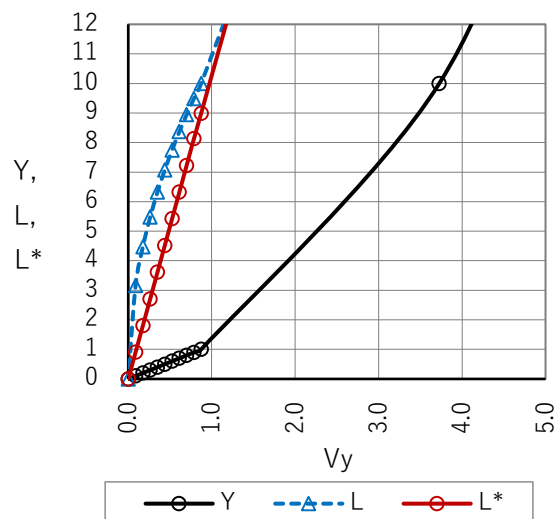


図75 明度 V_y とY、L、 L^* の拡大関係図
[V_y が $(6/29)^3$ (0.008856) 以下の場合]

図74でも示すように、Yは明度 V_y と比例していない。L*は明度 V_y とほぼ直線関係にあるが、明度が低い場合、 V_y が $(6/29)^3$ (0.008856) 以下においては、5.4.5のように V_y とYの補正式を変更して、図75ように直線関係に保つようにしている。

5.6 物体色の色差

5.6.1 色差式の経緯

工業製品の色の差を定量的に表示するため、特定の表面色における2色の幾何学的な距離が、人の色差知覚に近似するように、多くの研究者が均等等色空間について検討してきた。アダムス・ニッカーソンの色



差式、ハンターの色差式による色彩管理が長い間続いていたが、1964 年 CIE は CIE1960UCS 色度図と立方根を用いた明度関数を組み合わせた $U^*V^*W^*$ 均等色空間および色差式を勧告した。これを受け、1970 年 3 月に、“ $U^*V^*W^*$ 系による物体色の表示方法”及び“色差表示方法”として、 $U^*V^*W^*$ 色差式、ハンターの色差式およびアダムス・ニッカーソンの色差式を内容とする JIS Z 8730（色の表示方法－物体色の色差）を制定した。 $U^*V^*W^*$ 系による物体色の表示方法は、光源色の色度や演色性の評価方法に用いられる方向にあった。ハンターの色差式またはアダムス・ニッカーソンの色差式が塗料や染色関係で広く使われていた。その後、 $U^*V^*W^*$ 均等色空間の信頼性についての疑問が提起され、CIE で研究、検討を加え、1975 年に $U^*V^*W^*$ 均等色空間を改良した CIE1976 $L^*a^*b^*$ 色空間とアダムス・ニッカーソン色空間に近似した CIE1976 $L^*a^*b^*$ 均等色空間を承認し、1976 年に CIE1976($L^*a^*b^*$) 均等色空間および色差式と CIE1976($L^*a^*b^*$) 均等色空間および色差式として勧告した。ISO 105-J03 で採用されている CMC(1:c) および CIE が 1995 年に暫定的に採用した CIE94 など人の色差知覚とのより強い相関性を求めてきたが、CIE 15:2004 に CIEDE2000 のみが採用された。

5.6.2 アダムス・ニッカーソンの色差

マンセルバリュー関数を基礎として、1942年に提案したマンセルバリュー関数を用いた色差式で、染色工業において広く使用されていた。下記に示すように色差式は5次式なので、表 ($X, Y, Z \Rightarrow V_X, V_Y, V_Z$ への変換 および $\Delta(V_X - V_Y)$ 、 $0.23 \Delta V_Y$ 、 $0.4 \Delta(V_Z - V_Y)$ の2乗値の表) を用いて使用されることが多かったが、計算機の進歩により容易に結果が求められるようになった。

アダムス・ニッカーソンの色差式を下記に示す。

$$\Delta E_{AN} = 40[(0.23 \Delta V_Y)^2 + \{\Delta(V_X - V_Y)\}^2 + \{0.4 \Delta(V_Z - V_Y)\}^2]^{1/2}$$

ここに、 ΔV_Y ：明度指数の差

$\Delta(V_X - V_Y)$ ：色度座標 $\Delta(V_X - V_Y)$ の差

$\Delta(V_Z - V_Y)$ ：色度座標 $\Delta(V_Z - V_Y)$ の差

V_X, V_Y, V_Z を求めるには、CIE1931測色標準観測者および補助標準イルミナントCを用い、JIS Z 8722に規定する三刺激値 X, Y, Z を下記の式のAに1.01998 X, Y 、および0.84672 Z を代入する。

$A > 0.9$ の時

$$V(A) = 2.49268A^{1/3} - 1.5614 - [0.985/\{(0.1073A - 3.084)^2 + 7.54\}] + 0.0084\sin(4.1A^{1/3} + 1) + (0.021/A)\sin[0.39(A - 2)] - (0.0037/0.44A)\sin[1.28(A)]$$

$A \leq 0.9$ の時

$$V(A) = 0.87445A^{0.9967}$$

$V(A)$ ：XYZ表色系の三刺激値 X, Y, Z における V_X, V_Y, V_Z

5.6.3 ハンターの色差

Hunter Color and Color difference meter(ハンター色差計)として色彩管理初期から使用されている色差である。2次関数によるXYZからの変換なので極めて簡単で、塗料業界を中心に広い分野で使用されていた。色相・彩度方向の差が大きい欠点があるが、その点を注意して用いられている。

ハンターの色差式を下記に示す。

$$\Delta E_H = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$$

$$\Delta L = L_1 - L_2$$

$$\Delta a = a_1 - a_2$$

$$\Delta b = b_1 - b_2$$

$$L = 10Y^{1/2}$$

$$a = 17.5(1.02X - Y)/Y^{1/2}$$

$$b = 7.0(Y - 0.847Z)/Y^{1/2}$$

(次号へ続く)

【参考文献】

30) スガ試験機(株) 技術資料