

PCCS 表色系の iPad ディスプレイ上における RGB 値の視感測色

A study of visual measurement of PCCS's RGB value on iPad display

若田忠之 Tadayuki Wakata 早稲田大学人間科学 Faculty of Human Sciences, Waseda
 学院 University
 齋藤美穂 Miho Saito 早稲田大学人間科学 Faculty of Human Sciences, Waseda
 学院 University

Keywords: PCCS、RGB 値、測色

1. はじめに

色彩をテーマとして科学的な研究を行う上では、色の再現性は非常に重要な点である。しかし、多数の色を調色し、作成するにはかなりのコストが必要となる。近年はディスプレイの技術発展なども進み、電子媒体上での色再現も可能となったが、その一方でディスプレイの性能差などもあり、画一的な測色値などが無いのが現状である。そこで本研究ではデバイスを限定した上で、カラーカードの視感測色を試みることを目的とした。

2. 方法

色刺激: Practical Color Co-ordinate System (PCCS)における 12 トーン(vivid:v, bright:b, strong:s, deep:dp, light:lt, soft:sf, dull:d, dark:dk, pale:p, light grayish:ltg, grayish:g, dark grayish:dkg)×12 色相(2R, 4rO, 6yO, 8Y, 10YG, 12G, 14BG, 16gB, 18B, 20V, 22P, 24RP)の有彩色 144 色および無彩色 9 色(Bk, 2.5Gy, 3.5Gy, 4.5Gy, 5.5Gy, 6.5Gy, 7.5Gy, 8.5Gy, W)の全 153 色を用いた。

上記の 153 色のカラーカード(PCCS ハーモニックカード 201: 日本色彩研究所株式会社)を 3 cm×3 cm の大きさで 9 cm×9 cm の白色の色上質紙を台紙の中央に貼り付けた(図 1)。

ディスプレイ: iPad Air(apple)を使用した。性能については 2,048 × 1,536 ピクセル解像度、264 ppi であった。実験時には画面の輝度設定は最大値で固定とした。

照明環境: 暗室内に設置した光源装置 (Macbeth Judge 2) における D65 光源を用いた。

測色方法: iPad air については sRGB 値で色管理を行っているため、スライドの操作によって sRGB 値を変化させることができるアプリケーションを作成した。画面上の色の大きさについてはカラーカードと同様に 3 cm×3 cm とした(図 2)。

提示方法: iPad は台座を設置し、床面からの角度は 70 度とした。画面上部の色提示位置と並行と

なる左側にカラーカードを設置した。

観察者は椅子に座り、画面から約 50 cm の位置から画面およびカラーカードを観察した。

確信度評価: 測色結果についてどの程度自身をもって色を再現できたかを、「全くできない」から「完全にできた」までの 10 段階で評価を行った。

色彩に対する能力: 観察者ごとの色彩能力を測定する為、色彩能力テスター (日本色彩研究所株式会社)によって測定を行った。HVC 識別テスト、3 点識別テスト、目測補完テストを用いた。複数段階あるテストについては初級のみを使用した。

観察者: 6 名の大学生 (平均 20.7±0.8 歳、男女比 2:4) が参加した。

実験手続き: 5 分間の暗順応を行った後、色彩能力テスターを行った。全ての観察者で共通して目測補完テストは最後に行い、HVC 識別テスト、3 点識別テストは観察者ごとに順序が異なった。各テスト内の色順等は全てランダムとした。その後、アプリケーションによって測色を行った。色刺激の提示順はカウンターバランスに考慮した。必要な場合には適宜休憩を設け、休憩間に実験条件以外の照明条件に晒された場合は再度暗順応を行った。

3. 結果

実験結果は sRGB 値であるため、RGB 値に置き換えた上で XYZ 表色系に変換し、その後 L*a*b* 表色系に変換を行った(表 1)。それぞれの変換については次式(式 1~式 3)を用いた。sRGB 値から L*a*b* 表色系は各被験者ごとに行った後に L*a*b* 値のそれぞれの値の平均値を求めた(表 1)。

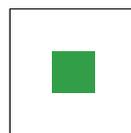


図 1. カラーカード刺激例



図 2. 測色 iPad アプリケーション画面

また、表1には $L^*a^*b^*$ の平均から再度 sRGB 値に逆変換を行った値を示す。

既存の値との比較の為、「デジタル色彩マニュアル(2004), 財団法人日本色彩研究所, pp. 229 (以

sRGB から RGB への置き換え (式1)

※sR を例として示す。sG および sB も同様の計算を用いた

$$\frac{sR}{255} > 0.0392156 \quad / \quad \frac{sR}{255} \leq 0.0392156$$

$$\left[\frac{sR}{255} + 0.055 \right]^{2.4} \quad \frac{sR}{12.92} \quad \text{式(1.1)} \quad \text{式(1.2)}$$

RGB から XYZ への変換 (式2)

$$\begin{bmatrix} X_{D65} \\ Y_{D65} \\ Z_{D65} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9505 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad \text{式(2)}$$

XYZ から $L^*a^*b^*$ への変換 (式3)

$$\frac{Y}{Y_n} > 0.008856 \quad / \quad \frac{Y}{Y_n} \leq 0.008856$$

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16 \quad \text{式(3.1.1)} \quad L^* = 903.29 \left(\frac{Y}{Y_n} \right) \quad \text{式(3.1.2)}$$

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad \text{式(3.2)}$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad \text{式(3.3)}$$

$$D65 \text{ White: } X_n = 95.0450 \quad / \quad Y_n = 100 \quad / \quad Z_n = 108.8917$$

metric Chroma (C^*_{ab}) および色相角 (h_{ab}) (式4)

$$C^*_{ab} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad \text{式(4.1)}$$

$$h_{ab} = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad \text{式(4.2)}$$

色差 ΔE^*_{ab} および明度差: ΔL^* 、彩度差 ΔC^*_{ab} 、色相差 ΔH^*_{ab} (式5)

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \text{式(5.1)}$$

$$\Delta L^* = L^*_1 - L^*_2 \quad \text{式(5.2)}$$

$$\Delta C^*_{ab} = C^*_{ab1} - C^*_{ab2} \quad \text{式(5.3)}$$

$$\Delta H^*_{ab} = \sqrt{(\Delta E^*_{ab})^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*_{ab})^2} \quad \text{式(5.4)}$$

$$\Delta E^*_{94} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{k_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*_{ab}}{k_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*_{ab}}{k_H S_H} \right)^2} \quad \text{式(5.5)}$$

$$S_L = 1 \quad / \quad S_C = 1 + 0.045 C^*_{ab} \quad / \quad S_H = 1 + 0.0145 C^*_{ab}$$

$$k_L = k_C = k_H = 1$$

下 DCM と表記)」に掲載されている sRGB 値を用いた。DCM の値も同様の式を用いて $L^*a^*b^*$ 値に置き換えた(表2)。それぞれの色差を検討するため、式4を用いて metric Chroma である $[C^*_{ab}]$ 、色相角として $[h_{ab}]$ を求めた後、式5を用いて $[\Delta L^*]$ (明度差)、 $[\Delta C^*_{ab}]$ (彩度差)、 $[\Delta H^*_{ab}]$ (色相差)、 $[\Delta E^*_{94}]$ (色差) を求めた(表3)。確信度評価についても、平均値および標準偏差を算出し、表1に示した。

4. 考察

L^* 値 a^* 値 b^* 値のバラつき : 実験結果における $L^*a^*b^*$ 値の標準偏差に着目すると、 L^* 値のバラつきは小さく、 a^* 値、 b^* 値のバラつきは色によって大きいものと小さいのが見られた。特に、v トーンでは a^* 値、 b^* 値ともに 20V が最も大きな値を示し、その他のトーンでも a^* 値については dp、dk などバラつきが大きかった。各色相に着目すると、 a^* 値においては 20V、22P、18P などと青系、紫系の色のバラつきが大きく、 b^* 値では 2R、8Y、6yO などの赤系、黄色系の色のバラつきが大きい傾向が示された(表1)。

確信度評価 : 確信度は高彩度系 (v、s、dp) の 14BG、16gB が低い傾向が示された。しかし、これらの色は実験結果における $L^*a^*b^*$ 値の標準偏差や実験結果と DCM との色差で著しく大きな値を示しているわけではないことから、心理的な影響であると考えられる(表1)。

色差 : クロマを表す C^*_{ab} の差に着目すると、全体的に正の値を示した。色差の計算過程では[実験結果 - DCM]としているため、DCM と比較して彩度は上がっていると考えられる。また、全体的な傾向としては 14BG~22P で彩度がマイナスになるトーンが多いことから、暖色系の色はよりあざやかに感じていると考えられる。色差である ΔE^*_{94} では、全体的な傾向として 2R、4rO、6yO などの暖色系の色の値が大きい傾向がみられた。また、無彩色では、黒を除いては白に近づくほど色差が大きくなる傾向がみられた。ただ、無彩色の中では黒が最も色が大きいことが示された。

参考文献

- 財団法人日本色彩研究所編(2004)、デジタル色彩マニュアル、日本色彩研究所
- 藤野真(2009)、プリンタでの色変換処理とカラーマネージメントワークフロー、日本写真学会誌、72(2)、pp. 72-77
- 篠田博之 藤枝一郎(2007)、色彩工学入門 定量的な色の理解と活用、森北出版株式会社

表1. 実験結果における L*a*b*値の平均値、L*a*b*値の平均値から sRGB 値への逆変換値および確信度評価平均値

色名	L*	a*	b*	sR	sG	sB	確信度評価	色名	L*	a*	b*	sR	sG	sB	確信度評価
v2	48.56 (2.30)	68.28 (4.87)	33.89 (13.52)	221.82	37.97	62.69	8.17 (1.17)	d2	46.70 (3.34)	31.46 (3.96)	16.19 (1.79)	165.99	88.29	85.13	6.67 (1.97)
v4	57.83 (3.43)	58.25 (3.97)	65.17 (5.28)	243.72	85.47	14.28	8.17 (0.75)	d4	50.92 (3.03)	29.52 (2.39)	23.43 (2.60)	177.83	100.10	82.91	7.33 (1.37)
v6	70.97 (2.16)	28.91 (3.09)	68.22 (6.77)	247.83	150.80	39.17	8.33 (1.03)	d6	54.12 (2.87)	17.98 (2.48)	38.30 (7.18)	175.48	116.29	63.15	8.37 (0.75)
v8	80.69 (2.49)	6.81 (2.36)	80.11 (3.19)	247.96	192.47	20.95	8.33 (1.03)	d8	62.56 (3.17)	-0.14 (1.98)	44.05 (10.69)	174.54	149.16	70.93	7.67 (1.37)
v10	74.83 (3.98)	-26.65 (6.61)	71.41 (5.72)	172.80	195.07	27.99	7.50 (1.05)	d10	54.93 (2.85)	-13.42 (2.89)	36.95 (6.53)	129.62	136.54	65.31	7.17 (1.83)
v12	58.47 (2.56)	-50.47 (3.58)	24.94 (3.59)	17.79	161.06	94.71	7.67 (1.37)	d12	52.04 (2.71)	-27.17 (4.45)	14.72 (3.09)	80.30	135.91	98.03	6.67 (1.21)
v14	48.09 (4.78)	-35.11 (2.91)	2.36 (1.78)	1.29	129.18	109.19	4.50 (2.43)	d14	46.10 (3.82)	-25.14 (4.58)	-0.39 (1.29)	49.66	120.57	109.12	8.33 (1.21)
v16	49.38 (3.13)	-20.14 (3.07)	-2.93 (3.30)	1.76	128.48	153.82	4.00 (1.67)	d16	42.02 (4.25)	-14.35 (2.04)	-13.03 (2.00)	50.38	106.78	120.05	7.67 (1.63)
v18	39.45 (3.14)	3.86 (5.28)	-42.99 (4.19)	13.98	94.97	163.11	6.50 (1.52)	d18	34.45 (4.57)	-5.33 (1.48)	-20.54 (3.80)	43.20	85.08	113.31	7.50 (1.05)
v20	33.53 (3.31)	34.29 (17.46)	-51.79 (14.11)	79.86	62.24	162.13	7.00 (0.89)	d20	35.45 (2.17)	11.15 (3.16)	-19.08 (1.85)	85.63	78.73	113.83	7.00 (1.79)
v22	31.55 (4.37)	48.22 (9.99)	-34.17 (8.48)	119.95	36.98	128.65	7.83 (1.47)	d22	33.00 (3.66)	23.40 (2.13)	-11.68 (2.66)	105.25	64.00	96.42	7.67 (0.82)
v24	39.81 (3.56)	59.73 (5.12)	-4.35 (5.05)	174.69	32.94	102.82	7.67 (2.07)	d24	38.47 (4.05)	30.82 (2.43)	-0.04 (2.63)	136.00	69.76	91.63	7.17 (0.98)
b2	63.15 (3.36)	57.94 (6.97)	26.63 (2.20)	253.68	102.78	108.95	7.50 (1.05)	dk2	24.65 (3.88)	30.24 (4.14)	13.21 (7.73)	102.80	36.27	40.16	7.00 (1.79)
b4	64.86 (2.63)	47.93 (3.26)	47.08 (5.92)	250.63	117.85	75.10	7.67 (0.82)	dk4	28.89 (2.19)	29.66 (4.20)	28.87 (7.95)	116.73	46.15	24.34	8.00 (1.10)
b6	73.81 (1.81)	27.82 (3.29)	67.85 (9.50)	255.26	159.25	48.64	7.83 (1.17)	dk6	35.24 (1.95)	14.19 (1.51)	30.92 (8.78)	116.00	73.23	32.93	7.50 (1.52)
b8	83.54 (3.76)	0.72 (2.33)	79.95 (7.49)	247.26	204.13	33.43	7.67 (1.51)	dk8	44.62 (3.65)	1.24 (1.08)	40.61 (7.42)	126.02	103.07	34.11	7.50 (1.05)
b10	77.33 (3.72)	-22.22 (3.84)	65.78 (9.80)	186.46	199.96	56.96	7.83 (1.17)	dk10	35.11 (2.56)	-13.96 (3.44)	32.20 (5.71)	76.45	87.62	27.73	7.67 (1.63)
b12	67.44 (4.44)	-48.85 (3.72)	25.68 (2.38)	66.73	185.20	115.90	8.33 (1.03)	dk12	30.94 (3.80)	-22.59 (5.07)	12.12 (5.00)	37.71	81.52	53.18	7.83 (1.47)
b14	62.55 (2.82)	-40.10 (4.78)	2.13 (3.85)	35.38	169.61	146.30	7.17 (1.60)	dk14	29.04 (3.41)	-19.39 (2.22)	-1.08 (3.57)	22.67	76.51	69.60	7.50 (1.05)
b16	60.81 (5.51)	-25.58 (5.34)	-21.83 (4.79)	20.26	160.78	184.30	6.83 (1.60)	dk16	28.33 (3.11)	-15.05 (3.88)	-9.65 (3.35)	16.33	73.81	81.21	7.50 (1.52)
b18	48.49 (3.69)	-39.50 (4.45)	-36.08 (3.89)	45.10	120.26	175.83	6.83 (1.83)	dk18	20.02 (6.39)	6.99 (11.75)	-21.27 (3.62)	39.48	47.44	80.38	6.83 (2.04)
b20	48.80 (2.96)	23.93 (5.98)	-40.47 (7.25)	117.60	105.06	184.69	6.50 (1.87)	dk20	20.93 (2.02)	7.09 (9.23)	-20.22 (2.44)	42.46	48.39	80.06	7.33 (1.21)
b22	49.33 (3.42)	38.72 (5.99)	-24.95 (6.51)	161.41	92.26	160.13	7.83 (0.98)	dk22	18.20 (4.96)	25.11 (6.81)	-14.39 (5.04)	69.47	29.26	65.54	7.83 (1.17)
b24	59.05 (3.89)	53.92 (2.92)	2.88 (3.49)	227.34	98.47	139.17	7.33 (1.75)	dk24	21.75 (6.90)	31.96 (7.14)	-5.72 (5.98)	91.06	29.03	61.34	7.50 (1.38)
s2	48.46 (5.02)	62.04 (8.98)	30.94 (7.53)	213.48	52.93	66.83	6.33 (1.86)	p2	90.80 (0.96)	9.39 (2.81)	7.08 (1.27)	252.45	222.16	215.51	7.83 (1.47)
s4	52.71 (2.01)	50.91 (1.69)	53.79 (6.34)	216.81	81.51	31.72	7.67 (0.52)	p4	92.05 (1.10)	7.13 (1.73)	10.46 (2.82)	254.32	226.95	215.54	7.17 (2.23)
s6	68.56 (1.95)	31.44 (4.15)	66.14 (4.55)	243.40	142.43	38.67	7.83 (1.17)	p6	89.65 (3.55)	6.37 (1.35)	17.36 (3.84)	250.59	220.20	192.71	7.50 (1.64)
s8	77.57 (2.47)	3.06 (3.32)	71.49 (8.69)	230.81	186.52	44.44	8.17 (0.98)	p8	90.92 (2.24)	0.07 (1.85)	19.91 (3.34)	244.34	227.58	191.08	6.67 (2.42)
s10	67.91 (3.84)	-21.12 (3.66)	58.63 (6.20)	159.30	173.86	49.36	7.17 (1.47)	p10	93.37 (2.14)	-6.27 (1.24)	20.39 (3.00)	239.67	238.33	196.64	6.67 (1.37)
s12	51.26 (3.13)	-45.76 (3.76)	27.73 (7.35)	29.04	140.01	72.22	7.17 (1.17)	p12	91.85 (4.34)	-12.96 (1.77)	8.60 (3.37)	212.24	238.50	214.73	6.67 (2.42)
s14	50.11 (3.68)	-34.56 (2.66)	0.73 (3.69)	12.14	134.36	117.00	5.17 (2.64)	p14	88.90 (4.39)	-12.97 (0.80)	3.07 (1.38)	198.69	230.47	216.97	6.67 (1.03)
s16	46.17 (1.87)	-17.53 (2.63)	-20.79 (2.39)	22.29	119.13	143.51	4.67 (2.16)	p16	90.23 (4.47)	-9.06 (1.82)	-1.92 (1.65)	205.96	232.42	230.29	6.83 (1.83)
s18	37.47 (1.76)	0.94 (2.72)	-37.67 (2.18)	18.33	91.07	148.95	6.33 (2.25)	p18	84.99 (4.33)	-3.03 (2.32)	-3.83 (1.58)	202.44	214.29	219.26	7.00 (1.55)
s20	32.95 (4.88)	27.36 (4.77)	-39.28 (3.73)	84.51	64.39	140.09	7.17 (1.47)	p20	84.71 (2.20)	2.24 (1.06)	-2.43 (1.78)	213.76	210.28	216.05	6.83 (1.72)
s22	35.56 (3.76)	39.15 (5.29)	-26.41 (4.34)	123.86	57.64	126.44	7.17 (1.72)	p22	83.24 (7.47)	5.65 (1.47)	0.59 (1.38)	218.80	203.83	206.41	7.33 (1.03)
s24	40.33 (4.68)	52.64 (5.18)	-1.15 (4.63)	168.66	48.52	98.75	6.83 (1.94)	p24	89.20 (3.48)	6.79 (2.47)	3.66 (0.98)	240.39	219.58	217.39	6.33 (1.63)
dp2	38.11 (5.45)	56.74 (5.74)	25.19 (7.28)	174.02	29.38	52.59	7.50 (0.84)	ltg2	77.76 (4.43)	8.55 (1.30)	8.95 (3.64)	214.84	186.30	176.03	6.67 (1.75)
dp4	41.33 (4.91)	47.46 (3.85)	41.83 (8.10)	175.55	55.71	29.83	8.00 (1.41)	ltg4	73.98 (5.45)	10.17 (1.52)	11.81 (3.21)	208.81	174.79	160.73	6.00 (1.79)
dp6	53.99 (4.88)	23.54 (2.66)	56.26 (5.19)	186.13	111.37	22.33	7.50 (1.22)	ltg6	76.49 (3.86)	6.16 (1.73)	18.93 (2.97)	213.25	183.72	154.20	7.00 (1.90)
dp8	62.35 (4.00)	3.24 (2.71)	59.93 (7.38)	183.11	146.21	32.73	8.00 (1.10)	ltg8	78.08 (2.76)	-0.24 (2.13)	21.30 (3.16)	207.91	191.82	153.72	7.50 (1.64)
dp10	53.86 (3.84)	-16.28 (3.34)	44.46 (8.38)	124.67	134.92	46.95	7.33 (1.21)	ltg10	78.67 (1.29)	-7.22 (2.17)	19.36 (4.09)	195.57	197.58	158.61	7.67 (1.97)
dp12	42.34 (3.22)	-39.89 (2.49)	23.22 (7.12)	18.69	115.00	59.65	6.50 (1.22)	ltg12	76.84 (3.93)	-13.12 (4.64)	8.12 (1.50)	170.13	196.36	174.27	6.67 (2.07)
dp14	40.14 (3.26)	-28.05 (2.46)	1.71 (9.96)	23.16	106.42	91.03	4.67 (2.66)	ltg14	72.12 (4.74)	-14.94 (3.22)	2.31 (3.18)	147.95	184.69	172.09	8.33 (1.37)
dp16	36.95 (1.51)	-17.19 (2.10)	-16.48 (3.41)	1.47	95.70	112.85	6.17 (2.40)	ltg16	72.22 (3.70)	-11.91 (3.12)	-0.96 (2.69)	151.54	183.62	178.38	7.33 (1.97)
dp18	29.90 (2.89)	2.48 (3.82)	-33.20 (2.33)	19.31	72.11	122.04	6.83 (2.04)	ltg18	65.91 (4.30)	-2.34 (2.38)	-5.02 (1.97)	151.02	161.79	168.94	7.67 (0.82)
dp20	23.82 (5.90)	25.68 (9.04)	-34.93 (5.57)	64.25	44.34	109.65	6.17 (2.40)	ltg20	67.61 (2.06)	1.91 (1.31)	-4.40 (2.56)	164.49	163.87	172.54	7.83 (1.47)
dp22	26.66 (1.80)	40.76 (5.38)	-23.86 (5.15)	104.59	32.74	100.08	7.83 (1.17)	ltg22	63.74 (5.02)	7.33 (0.87)	-1.27 (2.42)	166.76	150.15	156.82	7.00 (1.67)
dp24	31.13 (2.65)	45.82 (2.61)	-3.66 (7.05)	133.27	33.46	80.36	7.83 (0.41)	ltg24	72.53 (7.73)	9.50 (1.74)	2.71 (1.87)	197.57	171.94	173.32	6.17 (2.40)
lt2	77.35 (2.21)	29.69 (2.76)	19.44 (5.50)	254.31	169.50	156.65	8.50 (1.05)	g2	42.14 (2.82)	9.19 (1.84)	7.17 (4.21)	118.79	93.85	88.06	7.00 (2.19)
lt4	79.54 (3.49)	24.47 (4.46)	23.21 (4.47)	254.43	179.24	155.24	7.17 (1.72)	g4	40.80 (2.53)	10.86 (2.03)	8.70 (2.98)	118.61	89.49	82.44	7.67 (2.07)
lt6	84.33 (1.96)	11.84 (2.34)	34.47 (6.38)	253.42	200.76	145.99	7.00 (1.10)	g6	47.29 (2.02)	5.06 (2.53)	12.56 (4.23)	128.54	108.58	91.36	6.33 (2.42)
lt8	88.17 (2.89)	-0.18 (2.02)	46.84 (3.87)	249.98	218.60	131.06	6.67 (1.63)	g8	43.78 (5.19)	-0.24 (2.92)	14.60 (2.32)	112.31	102.76	79.36	7.50 (1.76)
lt10	88.37 (3.88)	-14.26 (2.44)	40.34 (5.34)	222.27	227.59	143.76	7.33 (1.21)	g10	45.98 (3.82)	-6.21 (3.81)	14.38 (3.27)	107.90	111.24	84.72	7.17 (1.47)
lt12	83.52 (2.96)	-33.05 (6.66)	18.95 (5.45)	152.67	224.25	171.33	7.83 (1.33)	g12	40.46 (5.02)	-12.48 (3.36)	9.60 (6.40)	79.98	100.74	79.35	7.33 (0.52)
lt14	80.42 (4.61)	-27.82 (2.58)	2.59 (3.39)	138.61	213.97	193.76	7.00 (2.61)	g14	39.34 (3.01)	-12.08 (4.87)	2.62 (3.20)	72.11	98.19	88.06	7.33 (1.03)
lt16	74.30 (2.75)	-20.59 (2.57)	-10.25 (4.07)	123.28	194.33	200.74	7.83 (1.47)	g16	41.05 (4.57)	-8.25 (2.60)	-4.29 (1.42)	77.14	101.08	103.51	7.17 (1.72)
lt18	63.79 (4.87)	-2.74 (3.41)	-20.61 (2.71)	126.29	157.63	190.79	7.00 (1.67)	g18	35.81 (3.04)	-2.22 (2.14)	-4.61 (2.73)	76.43	85.60	91.43	7.00 (2.45)
lt20	67.01 (3.13)	9.90 (2.56)	-21.05 (3.17)	162.02	158.89	200.83	8.17 (1.47)	g20	35.89 (4.23)	3.67 (1.90)	-6.45 (1.42)	85.54	82.93	94.70	7.50 (1.22)
lt22	65.79 (5.93)	19.96 (1.15)	-10.40 (3.10)	187.37	148.03	178.83	7.83 (1.17)	g22	34.71 (4.23)	9.10 (2.06)	-2.88 (2.01)	94.19	76.85	86.39	7.00 (2.68)
lt24	71.95 (1.74)	27.77 (1.79)	4.95 (2.74)	227.93	157.42	168.41	7.33 (0.52)	g24	40.09 (4.40)	9.24 (1.63)	5.07 (2.18)	112.53	89.00	86.57	6.50 (1.76)
sf2	63.7														

表 2. DCM における L*a*b*値の平均値、L*a*b*値の平均値から sRGB 値への逆変換値および確信度評価平均値

	L*	a*	b*	sR	sG	sB		L*	a*	b*	sR	sG	sB		L*	a*	b*	sR	sG	sB		L*	a*	b*	sR	sG	sB
v2	46.06	62.22	25.09	205	45	71	lt2	75.82	26.88	12.56	242	168	165	p2	85.52	5.71	2.61	227	210	209	W	95.15	0.01	0.00	241	241	241
v4	56.17	52.33	56.65	230	89	34	lt4	80.34	22.50	21.74	253	183	160	p4	85.64	5.94	5.48	230	210	204	Gy8.5	85.27	0.01	0.00	213	213	213
v6	70.52	23.08	73.76	239	154	11	lt6	85.50	10.49	32.93	254	205	152	p6	90.17	3.16	12.63	243	224	203	Gy7.5	75.88	0.01	0.00	187	187	187
v8	79.81	-1.14	81.16	233	195	0	lt8	90.24	-4.27	44.51	248	227	141	p8	90.21	-1.95	16.25	236	227	196	Gy6.5	65.87	0.01	0.00	160	160	160
v10	71.21	-24.22	72.37	167	184	0	lt10	85.53	-14.97	38.91	212	220	139	p10	90.26	-6.85	16.74	227	230	195	Gy5.5	55.93	0.01	0.00	134	134	134
v12	55.76	-48.02	22.28	15	153	93	lt12	80.65	-27.97	14.60	153	214	172	p12	85.71	-12.71	6.80	194	221	201	Gy4.5	46.03	0.00	0.00	109	109	109
v14	49.77	-32.64	-3.29	3	133	123	lt14	76.29	-26.32	-2.02	125	202	191	p14	85.70	-11.88	-0.11	189	221	214	Gy3.5	35.72	0.00	0.00	84	84	84
v16	44.64	-16.50	-22.87	6	115	143	lt16	71.13	-16.57	-14.62	119	184	200	p16	85.61	-6.31	-4.95	196	218	223	Gy2.5	25.32	0.00	0.00	60	60	60
v18	38.87	5.21	-43.85	16	93	163	lt18	66.28	-4.16	-20.25	130	165	197	p18	80.46	-1.65	-5.66	191	201	210	Bk	15.16	0.00	0.00	38	38	38
v20	36.12	25.67	-45.11	80	74	158	lt20	66.18	7.61	-20.24	156	158	197	p20	80.46	1.74	-5.60	198	199	210							
v22	35.88	43.02	-31.80	126	55	136	lt22	66.11	17.26	-13.45	181	151	185	p22	80.39	4.42	-3.50	205	197	206							
v24	40.35	55.09	-5.65	170	45	106	lt24	70.71	24.46	-0.10	216	157	174	p24	85.48	5.87	-0.11	225	210	214							
b2	60.69	50.68	22.23	235	105	110	sf2	60.88	27.35	12.00	199	128	127	ltg2	70.89	7.06	3.15	189	169	168							
b4	66.00	43.02	44.16	247	126	83	sf4	66.10	24.66	23.41	215	143	120	ltg4	70.91	6.81	6.52	191	169	162							
b6	75.66	21.53	67.82	252	169	53	sf6	70.74	12.80	37.56	216	163	105	ltg6	75.90	3.83	11.60	203	184	166							
b8	85.55	-3.00	77.72	247	212	49	sf8	75.80	-2.65	43.16	208	186	106	ltg8	75.93	-1.46	15.34	196	187	159							
b10	76.10	-23.25	69.00	182	197	43	sf10	70.81	-14.24	36.78	171	179	105	ltg10	76.03	-6.24	14.82	187	190	160							
b12	66.48	-47.10	22.73	66	182	119	sf12	66.36	-26.91	13.09	116	174	137	ltg12	71.02	-12.13	6.31	155	180	162							
b14	61.34	-35.63	-4.53	35	165	155	sf14	61.33	-26.04	-3.27	83	161	153	ltg14	71.02	-11.21	-0.87	150	180	175							
b16	56.61	-21.68	-22.43	31	148	174	sf16	56.65	-15.97	-15.39	80	145	162	ltg16	71.03	-6.82	-5.22	155	178	183							
b18	51.27	-4.62	-39.31	37	128	189	sf18	51.11	-3.08	-21.49	91	125	158	ltg18	66.16	-1.26	-6.91	152	162	173							
b20	51.08	17.03	-37.06	114	115	185	sf20	50.89	8.59	-21.08	117	118	157	ltg20	66.21	2.37	-6.21	160	160	172							
b22	50.80	34.32	-25.56	158	100	165	sf22	50.91	18.70	-14.39	142	111	146	ltg22	66.25	5.70	-4.41	168	158	169							
b24	56.10	44.93	-1.74	204	101	139	sf24	56.20	25.90	-0.83	177	118	137	ltg24	70.76	6.84	0.17	186	169	173							
s2	46.06	53.65	22.26	194	61	75	d2	46.26	29.62	12.54	161	89	90	g2	40.62	9.83	3.74	114	90	90							
s4	50.63	44.45	44.82	201	84	45	d4	50.91	25.88	23.82	173	103	82	g4	40.59	9.42	6.79	115	90	85							
s6	66.05	22.25	67.93	223	143	21	d6	56.28	14.74	37.80	177	124	69	g6	46.29	5.30	11.94	126	106	90							
s8	76.02	-1.55	77.28	220	185	6	d8	61.15	-0.99	43.25	169	146	69	g8	46.26	-0.46	14.15	118	109	86							
s10	66.35	-22.08	64.88	155	170	23	d10	56.47	-14.41	36.95	132	141	69	g10	46.31	-5.89	12.30	108	112	89							
s12	51.31	-44.42	19.65	14	140	87	d12	51.10	-25.73	12.27	79	133	100	g12	40.91	-10.07	5.00	82	101	88							
s14	46.01	-29.02	-4.11	17	122	115	d14	46.57	-25.12	-4.41	42	122	117	g14	40.81	-9.71	-1.91	76	101	99							
s16	43.25	-15.78	-20.22	25	111	135	d16	38.12	-10.09	-20.86	35	96	123	g16	40.86	-6.68	-6.10	78	100	106							
s18	37.24	1.95	-37.45	26	90	148	d18	36.15	-2.25	-23.87	50	88	123	g18	36.08	-1.07	-8.94	75	86	99							
s20	36.13	21.86	-40.27	80	76	150	d20	36.15	10.77	-23.10	82	81	122	g20	35.97	4.32	-9.67	84	83	100							
s22	35.81	37.77	-28.26	121	60	130	d22	35.94	21.22	-16.38	106	73	111	g22	35.91	9.07	-7.15	94	80	96							
s24	40.41	46.67	-4.50	160	58	104	d24	40.71	27.78	-1.95	137	78	100	g24	40.61	10.25	-0.61	112	90	97							
dp2	35.80	54.16	19.63	163	28	56	dk2	25.68	29.41	7.32	103	40	51	dkg2	20.17	8.86	1.32	62	44	47							
dp4	40.48	43.34	40.95	168	59	29	dk4	30.06	26.78	20.05	115	52	41	dkg4	20.34	7.47	4.33	62	45	43							
dp6	51.82	22.08	58.63	178	107	3	dk6	36.06	14.25	34.48	119	75	28	dkg6	25.94	3.91	8.33	72	59	49							
dp8	61.13	-0.22	63.23	175	145	14	dk8	40.70	0.57	38.08	114	94	30	dkg8	25.97	-0.06	9.59	67	61	47							
dp10	56.34	-20.62	58.52	128	143	9	dk10	36.29	-12.89	31.98	81	90	31	dkg10	26.00	-4.02	7.57	60	63	50							
dp12	40.84	-38.77	17.60	0	111	66	dk12	30.69	-22.52	9.36	34	81	57	dkg12	20.24	-5.32	2.53	42	51	45							
dp14	38.56	-25.54	-5.52	0	102	99	dk14	25.92	-18.24	-4.70	7	69	68	dkg14	20.12	-5.40	-1.79	38	51	51							
dp16	31.79	-13.60	-17.66	0	82	102	dk16	26.17	-12.06	-14.14	7	68	83	dkg16	20.30	-3.97	-4.93	38	51	56							
dp18	24.17	5.41	-34.78	0	58	110	dk18	20.33	-0.66	-21.91	16	51	81	dkg18	16.25	-0.55	-7.63	33	41	51							
dp20	25.89	23.90	-38.86	60	51	121	dk20	20.32	10.87	-20.44	48	45	79	dkg20	15.93	4.61	-8.76	40	38	52							
dp22	25.78	37.16	-27.25	95	36	103	dk22	20.25	18.79	-14.31	66	39	70	dkg22	15.94	8.14	-6.55	47	36	49							
dp24	30.11	47.38	-6.97	131	28	83	dk24	25.76	26.51	-4.86	95	44	69	dkg24	20.05	8.75	-1.64	60	44	51							

※括弧内の値は標準偏差を示す

表 3. 実験結果と DCM 間の色差

	ΔE^*_{94}	ΔL^*	ΔC^*_{94}	ΔH^*_{94}		ΔE^*_{94}	ΔL^*	ΔC^*_{94}	ΔH^*_{94}		ΔE^*_{94}	ΔL^*	ΔC^*_{94}	ΔH^*_{94}		ΔE^*_{94}	ΔL^*	ΔC^*_{94}	ΔH^*_{94}
v2	8.6322	2.5049	9.1389	5.5410	lt2	6.5068	1.5259	5.8187	4.6197	p2	7.1068	5.2810	5.4787	1.8657	W	4.3306	3.1136	3.4586	0.3222
v4	7.3440	1.6627	10.2823	1.3502	lt4	2.3611	-0.8050	2.4405	0.3076	p4	7.7734	6.4099	4.5742	2.2987	Gy8.5	6.6764	6.2721	2.5291	0.2810
v6	7.6538	0.8544	-3.1916	7.3837	lt6	2.2413	-1.1770	1.8866	0.7928	p6	4.7119	-0.5185	5.4779	1.6575	Gy7.5	4.7182	4.2194	2.3153	0.2487
v8	7.2544	0.8744	-0.7731	7.9855	lt8	4.8730	-2.0695	2.1275	4.2029	p8	3.8002	0.7141	3.5393	2.2162	Gy6.5	4.3892	4.3458	0.6248	0.1001
v10	4.4111	3.6185	-0.0925	2.6167	lt10	3.2388	2.8437	1.0944	1.1663	p10	4.5464	3.1142	3.2422	1.7664	Gy5.5	1.5148	1.3463	0.7090	0.1001
v12	4.1936	2.7089	3.3567	1.3464	lt1														