

ドットカラープリンタの色再現の検討

川 上 元 郎* 大 熊 良 夫** 小 室 茂 雄***

Discussion on Color Reproduction of Color Printer

Genro KAWAKAMI, Yoshio OOKUMA, Sigeo KOMURO

Reroduced color of the dot printer on the market was discussed about seven test color samples : cyan, magenta, yellow, red, green, blue and black. The color step consisted of picture elements from one dot to sixteen dots (full color) was nonlinear and the more the number of dot was the smaller the interval of color step was. To realized linear color interval, the method of printing the dot must be devised.

1. まえがき

ドットプリンタの中間調を再現する方法として、2値表示方式が、よく用いられる。この方式によれば、網点印刷などと同様にシアン (C)、マゼンタ (M)、イエロー (Y) 及び黒 (S) の4種類のインキを使用することにより、フルカラープリンタとして使うことが出来る。

一般のマトリックスは4×4の16段階変化が得られ、網点印刷と同様に面積率は線形変化をする。しかし、ドットの形及びその打たれた方が網点印刷と違い、後発技術であるため、種々未完成的な課題が多い。

それらの課題の中で、筆者らは色再現に関心を持ち、代表的な機器から得られる出力(カラーハードコピー)を実験的、測色学的側面から検討を進めている。それらの検討の中で最近に得られた結果について報告する。

2. 2値表示方式

既報論文¹⁾の解説を引用させて載くと、1画素は白あるいは黒の2値から成っていると考えると中間調画素はそれらの占有面積率で決る。中間調画素に2値表示の例として古くからある網点印刷が挙げられる。この印刷はアナログ的な手法だが、デジタル装置に対しては「疑似階調表示」という観点から研究が進められている。

この2値表示方式は読取りと記録との解像度の相違により、中間調を持つ読取り1画素を2値記録の1画素に対応させるディザ(Dither)法、十分多くの記録画素に対応させる濃度パターン法、その他、に分類される。

2.1 ディザ法

読取られた中間調信号を一定いき値で2値化せず、ある規則によって算出された雑音(ディザ信

| | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0 | 8 | 2 | 10 | 10 | 4 | 6 | 8 | 13 | 7 | 6 | 12 |
| 12 | 4 | 14 | 6 | 12 | 0 | 2 | 14 | 8 | 1 | 0 | 5 |
| 3 | 11 | 1 | 9 | 7 | 9 | 11 | 5 | 9 | 2 | 3 | 4 |
| 15 | 7 | 13 | 5 | 3 | 15 | 13 | 1 | 14 | 10 | 11 | 15 |
| B型 | | | | H型 | | | | S型 | | | |

図 1 4×4 ディザマトリックス

*電子工学科教授 **電子工学科助手

***一幸電子工業株式会社 (元電子工学科助手)

昭和63年9月21日受理

号=Dither signal : dither は英語で身震いのこと)を加えた後、一定いき値で2値化するのがディザ法である。

数あるディザ法の内「組織的ディザ」だけが現在実用されている。これは2値化のいき値をその画面の座標のみで決定するもので、普通の画面は、 $n \times n$ ドットのマトリックスで構成されている画素の集合とみなす。マトリックスの大きさは 4×4 から 8×8 程度が普通で、マトリックス内部のいき値順序の種類は約11種²⁾である。

中でもBayer : B型、網点(Half-tone) : H型、渦巻(Screw) : S型の3種が、よく使われる。

図1にこれらのいき値順序(ディザマトリックス)にドットが打込まれて行く様子を0~15の数字で示した。

2.2 濃度パターン法²⁾

ディザ法では画素ごとにその濃度をディザマトリックスと比べて2値化を行なった。これに対して、この方法ではあるブロック内 $m \times n$ での平均濃度 D_m といき値(4×4 ブロックでは0から15)を比較して2値化を行なう。

3. 電子プリンタ³⁾

印字機構の面からみると、衝撃印字(インパクト)方式と非衝撃(ノンインパクト)方式とに大別される。筆者らの研究ではノンインパクト(NIP)方式のみを使って検討をしている。

3.1 ノンインパクトプリンタ

記録方式として、

- ①感熱式：感熱紙に熱パルスを与え発色させる。
- ②インクジェット式：インクジェットを粒子化し偏向させて記録する。
- ③放電破壊式：表面層を放電破壊し、下の黒色層を露出させる。
- ④電解記録式：電解液含浸紙に電流を流し電解反応により発色させる。
- ⑤静電記録式：記録紙に高電圧パターンを与え、静電潜像を形成しトナーで現像・定着する。

⑥電子写真式：帯電した光導電層に光パターンを与え、静電潜像を形成し現像・定着する。

⑦化学写真式：感光度に光パターンを与え、静電潜像を形成し、現像・定着する。

があるが、筆者らの研究では①、②の方式のプリンタを用いて行なった。

3.2 感熱式プリンタ

これは現像・定着を必要とせず、全く乾式記録で、取扱いが容易であり、インパクトプリンタに比べて印字の際に機械的動作を必要としないため、低騒音で高信頼度である。なお筆者らの研究には横河北辰電機製(NP 510)を用いた。

3.3 インクジェット式プリンタ

これは極めて低騒音で、高速印字が可能なほか、安価な普通紙が使える、現像・定着を必要としない。なお筆者らの研究にはシャープ製(IO-720)を用いた。

4. 色再現の問題点

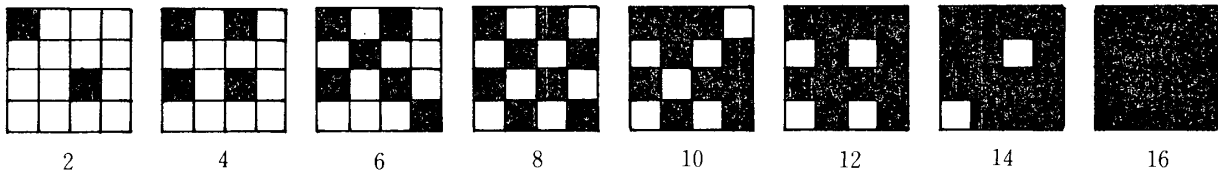
画面が 4×4 ドットマトリックスの画素の集合の場合、3色(C,M,Y)のインキで色出しをするとき、1色あたりの階調数が16であるから、 $16^3 = 4096$ 色⁴⁾、更に黒(S)のインキも加えると $\times 16$ の65536色の色再現が出来る勘定になる。

ところがこの65536種の画素の中には見分ける事が出来ないのもかなり含まれていると考えられる。その2画素の色は互いに等色で、1色と勘定する事になる。こんな関係にある色は、この65536色の中に50%以上あると考えられる。

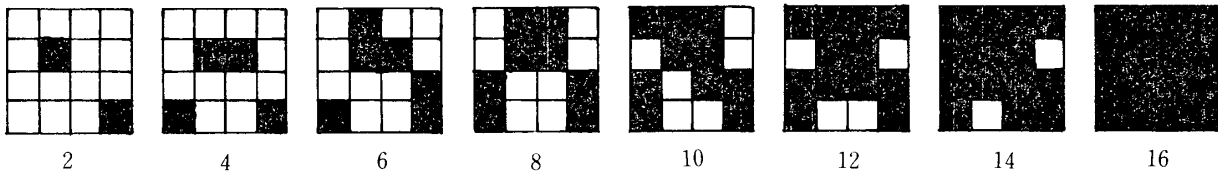
視覚系というブラックボックスでは、プリンタの画素はinputで、視認がoutputである。そして両者の相関は非線形であるからこのような事が生じると考えられる。したがってinput出来る画素数で「何万色再現」と性能表示されるが、outputから見れば、誇大表示と言えよう。

このoutputである視認量は一般に「色差」という尺度⁵⁾で表示される。そこでまず代表的なドットカラープリンタとして前述した2機種について、入出力の非線形特性を実験調査してみた。

B型



H型



S型

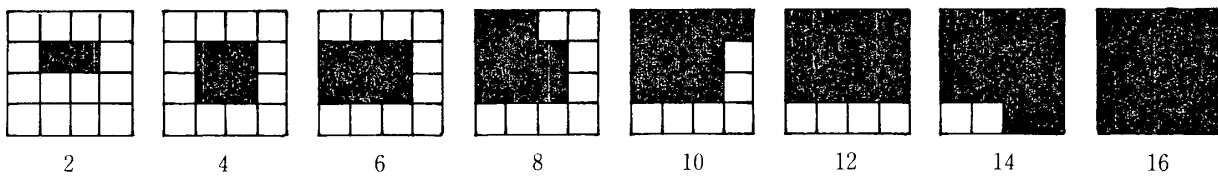


図 2 実験試料 (数字はドット数)

5. 実 験⁶⁾

5.1 実験試料

4×4ドットマトリックスの画素で、単色イエロー、マゼンタ、シアン、赤、緑、青及び黒の試料を、B型、H型、S型の3種のドットの打ち方で、図2のようなドット数2、4、6、8、10、12、14、16の種ぶつの画像に作成した。

感熱式の場合は、用紙として、A4判無地白色熱

転写用 (NEC: EF-5623 A4 N) を、インクリボンとして YEW 純正カラー熱転写リボン (B 9821 PM 及び B 9813 TV) を用いた。

インクジェット式の場合は、用紙として、A4判無地白色インクジェット用を、インクとしてシャープ純正品を用いた。

5.2 測定値

日本電色色差計 (ND-1001 DP) を用いて試料全色について測定した結果として表1に感熱式の測

表 1-1 測色値 シアン (C)

| | ドット数 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
|--------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| B 型 | L^* | 82.7 | 79.5 | 69.3 | 63.6 | 60.4 | 57.6 | 54.7 | 53.6 |
| | a^* | -3.1 | -4.9 | -10.7 | -14.2 | -15.7 | -17.8 | -19.8 | -20.2 |
| | b^* | -5.1 | -10.0 | -22.0 | -28.8 | -32.4 | -35.9 | -39.2 | -39.8 |
| H 型 | L^* | 82.9 | 80.2 | 72.0 | 68.3 | 63.4 | 58.9 | 54.6 | 53.6 |
| | a^* | -2.9 | -4.4 | -8.6 | -10.7 | -13.9 | -16.9 | -20.0 | -20.2 |
| | b^* | -6.0 | -9.3 | -18.4 | -22.6 | -28.7 | -34.1 | -39.1 | -39.8 |
| S 型 | L^* | 84.7 | 80.0 | 76.6 | 70.9 | 65.8 | 62.3 | 56.4 | 53.6 |
| | a^* | -1.9 | -4.0 | -6.2 | -9.1 | -12.4 | -14.0 | -18.3 | -20.2 |
| | b^* | -4.1 | -8.8 | -13.5 | -19.6 | -25.9 | -29.2 | -37.0 | -39.8 |

注) 用紙の数値は $L^*=89.2$, $a^*=0.1$, $b^*=0.5$

表 1-2 測色値 マゼンダ (M)

| | ドット数 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
|--------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| B 型 | L^* | 82.3 | 79.5 | 68.1 | 63.6 | 58.2 | 53.4 | 50.7 | 49.1 |
| | a^* | 7.9 | 12.4 | 27.5 | 34.7 | 43.5 | 51.0 | 56.3 | 59.2 |
| | b^* | -0.8 | -1.6 | -2.8 | -3.5 | -3.3 | -3.2 | -2.9 | -2.5 |
| H 型 | L^* | 82.6 | 79.4 | 71.0 | 67.9 | 61.2 | 55.8 | 50.4 | 49.1 |
| | a^* | 7.8 | 11.7 | 23.3 | 27.3 | 38.5 | 46.4 | 56.2 | 59.2 |
| | b^* | -0.6 | -1.3 | -2.2 | -2.3 | -2.9 | -3.2 | -3.0 | -2.5 |
| S 型 | L^* | 84.4 | 79.6 | 74.9 | 68.7 | 62.9 | 59.3 | 52.2 | 49.1 |
| | a^* | 5.4 | 11.4 | 17.5 | 26.4 | 35.7 | 40.6 | 53.2 | 59.2 |
| | b^* | -0.3 | -0.9 | -1.6 | -2.6 | -2.8 | -2.8 | -2.9 | -2.5 |

表 1-3 測色値 イエロー (Y)

| | ドット数 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
|--------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| B 型 | L^* | 88.0 | 87.7 | 87.1 | 86.7 | 85.8 | 84.8 | 84.9 | 84.5 |
| | a^* | -1.7 | -2.9 | -4.8 | -5.6 | -6.6 | -6.9 | -7.5 | -9.2 |
| | b^* | 9.3 | 15.2 | 26.8 | 33.0 | 41.7 | 45.2 | 49.6 | 72.0 |
| H 型 | L^* | 88.3 | 87.2 | 86.7 | 86.3 | 85.5 | 84.9 | 84.6 | 84.5 |
| | a^* | -2.0 | -2.9 | -5.5 | -6.2 | -7.6 | -8.3 | -9.1 | -9.2 |
| | b^* | 10.6 | 16.3 | 32.0 | 37.4 | 50.3 | 57.6 | 68.5 | 72.0 |
| S 型 | L^* | 88.5 | 88.1 | 87.2 | 86.9 | 85.7 | 85.3 | 85.1 | 84.5 |
| | a^* | -1.3 | -2.8 | -4.2 | -5.8 | -6.8 | -7.4 | -8.8 | -9.2 |
| | b^* | 7.7 | 15.4 | 23.4 | 35.1 | 43.8 | 49.5 | 63.5 | 72.0 |

表 1-4 測色値 赤 (R)

| | ドット数 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
|--------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| B 型 | L^* | 82.9 | 80.2 | 75.9 | 77.7 | 70.0 | 58.6 | 54.6 | 45.7 |
| | a^* | 5.6 | 8.5 | 13.2 | 10.7 | 19.4 | 35.3 | 41.7 | 58.6 |
| | b^* | 2.4 | 4.4 | 7.9 | 9.7 | 15.9 | 19.5 | 23.6 | 29.6 |
| H 型 | L^* | 82.8 | 80.6 | 73.8 | 72.1 | 68.6 | 60.1 | 55.3 | 45.7 |
| | a^* | 5.8 | 8.3 | 15.9 | 17.7 | 21.9 | 33.7 | 41.1 | 58.6 |
| | b^* | 2.3 | 3.6 | 7.3 | 9.2 | 13.6 | 16.8 | 23.1 | 29.6 |
| S 型 | L^* | 83.2 | 78.9 | 74.2 | 68.4 | 63.4 | 58.8 | 52.7 | 45.7 |
| | a^* | 4.7 | 9.0 | 14.3 | 20.8 | 27.1 | 33.9 | 43.4 | 58.6 |
| | b^* | 1.9 | 4.1 | 6.8 | 10.1 | 13.4 | 14.7 | 21.0 | 29.6 |

表 1-5 測色値 緑 (G)

| | ドット数 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
|--------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| B 型 | L^* | 81.3 | 77.9 | 67.6 | 66.2 | 58.9 | 52.4 | 48.2 | 47.1 |
| | a^* | -5.3 | -8.9 | -19.6 | -24.2 | -31.5 | -39.9 | -46.8 | -51.9 |
| | b^* | 2.2 | 3.5 | 8.9 | 16.7 | 16.4 | 15.8 | 15.1 | 14.5 |
| H 型 | L^* | 82.2 | 79.4 | 70.6 | 68.7 | 62.9 | 55.8 | 49.7 | 47.1 |
| | a^* | -4.1 | -7.7 | -15.6 | -18.4 | -25.4 | -34.0 | -45.0 | -51.9 |
| | b^* | 2.1 | 3.1 | 7.1 | 9.9 | 12.8 | 12.4 | 14.5 | 14.5 |
| S 型 | L^* | 83.8 | 79.0 | 74.0 | 68.5 | 62.3 | 58.2 | 50.2 | 47.1 |
| | a^* | -3.4 | -7.3 | -11.8 | -17.6 | -24.0 | -28.5 | -42.6 | -51.9 |
| | b^* | 1.6 | 3.1 | 4.7 | 7.5 | 9.4 | 9.5 | 13.9 | 14.5 |

表 1-6 測色値 青 (B)

| | ドット数 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
|--------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| B 型 | L^* | 79.4 | 73.8 | 58.3 | 49.5 | 42.0 | 34.2 | 28.5 | 25.2 |
| | a^* | 1.4 | 2.4 | 5.5 | 9.6 | 10.5 | 11.7 | 11.2 | 10.9 |
| | b^* | -3.9 | -6.9 | -13.6 | -19.1 | -22.8 | -27.6 | -32.3 | -35.5 |
| H 型 | L^* | 80.6 | 75.2 | 62.7 | 58.2 | 48.4 | 39.5 | 28.2 | 25.2 |
| | a^* | 1.2 | 1.6 | 3.9 | 5.2 | 6.9 | 8.2 | 11.3 | 10.9 |
| | b^* | -3.8 | -6.0 | -11.4 | -13.6 | -19.0 | -24.1 | -33.3 | -35.5 |
| S 型 | L^* | 82.2 | 45.8 | 69.9 | 60.8 | 51.6 | 46.6 | 32.8 | 25.2 |
| | a^* | 0.8 | 1.6 | 2.6 | 4.1 | 5.7 | 5.8 | 9.5 | 10.9 |
| | b^* | -2.5 | -5.0 | -7.7 | -12.0 | -16.3 | -18.5 | -28.3 | -35.5 |

表 1-7 測色値 黒 (S)

| | ドット数 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
|--------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| B 型 | L^* | 81.2 | 77.8 | 63.2 | 59.0 | 49.0 | 35.6 | 25.0 | 14.1 |
| | a^* | -0.0 | -0.0 | 0.0 | -0.0 | 0.2 | -0.0 | -0.0 | -0.0 |
| | b^* | 0.3 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | -0.1 | -0.1 | 0.0 | 0.4 |
| H 型 | L^* | 79.8 | 77.6 | 66.3 | 62.4 | 51.7 | 38.9 | 24.8 | 14.1 |
| | a^* | -0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | -0.0 | -0.0 | -0.0 |
| | b^* | 0.3 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | -0.0 | -0.1 | 0.1 | 0.4 |
| S 型 | L^* | 83.5 | 77.8 | 71.7 | 63.9 | 54.3 | 46.6 | 31.1 | 14.1 |
| | a^* | 0.0 | -0.1 | -0.0 | -0.0 | 0.0 | -0.0 | 0.0 | -0.0 |
| | b^* | 0.4 | 0.3 | 0.1 | -0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.1 | 0.4 |

表 2-1 測色値 シアン (C)

| | ドット数 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 用紙 |
|--------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| B 型 | L^* | 86.3 | 82.3 | 78.5 | 74.7 | 73.0 | 70.9 | 69.0 | 66.8 | 90.0 |
| | a^* | -3.3 | -7.5 | -11.3 | -15.4 | -16.3 | -17.8 | -19.2 | -21.0 | 0.2 |
| | b^* | -6.7 | -12.1 | -17.1 | -22.0 | -24.0 | -26.3 | -28.3 | -31.0 | -1.8 |
| H 型 | L^* | 86.6 | 83.0 | 79.3 | 76.6 | 73.8 | 71.4 | 68.9 | 66.9 | 90.2 |
| | a^* | -3.3 | -6.4 | -9.7 | -12.3 | -14.8 | 17.2 | -19.4 | -20.4 | 0.3 |
| | b^* | -6.6 | -11.0 | -15.6 | -19.2 | -22.6 | -26.0 | -28.8 | -31.0 | -1.7 |
| S 型 | L^* | 86.4 | 83.8 | 80.4 | 77.0 | 73.8 | 71.0 | 69.0 | 66.8 | 90.1 |
| | a^* | -2.7 | -5.0 | -8.1 | -11.6 | -14.6 | -16.7 | -18.9 | -20.9 | 0.2 |
| | b^* | -6.2 | -9.7 | -13.9 | -18.5 | -22.4 | -25.4 | -28.3 | -31.0 | -1.6 |

表 2-2 測色値 マゼンタ (M)

| | ドット数 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 用紙 |
|--------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| B 型 | L^* | 84.3 | 77.5 | 71.8 | 65.3 | 63.0 | 60.4 | 58.3 | 56.4 | 89.9 |
| | a^* | 9.1 | 19.2 | 28.3 | 39.0 | 42.0 | 46.0 | 49.3 | 53.4 | 0.4 |
| | b^* | -3.3 | -5.4 | -6.8 | -8.8 | -8.4 | -8.2 | -8.0 | -7.8 | -1.6 |
| H 型 | L^* | 84.1 | 79.2 | 74.2 | 69.6 | 65.5 | 62.0 | 58.3 | 56.5 | 90.1 |
| | a^* | 8.9 | 16.0 | 24.1 | 30.4 | 37.5 | 43.1 | 49.1 | 53.6 | 0.4 |
| | b^* | -3.4 | -4.5 | -5.7 | -6.5 | -7.4 | -7.6 | -8.2 | -7.8 | -1.6 |
| S 型 | L^* | 84.7 | 80.9 | 75.9 | 70.8 | 66.3 | 63.2 | 59.1 | 56.6 | 90.0 |
| | a^* | 7.8 | 13.6 | 20.6 | 28.6 | 35.9 | 40.8 | 47.6 | 53.3 | 0.6 |
| | b^* | -3.0 | -3.8 | -4.9 | -6.2 | -7.1 | -7.2 | -7.9 | -7.7 | -1.7 |

表 2-3 測色値 イエロー (Y)

| | ドット数 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 用紙 |
|--------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| B 型 | L^* | 89.4 | 88.6 | 87.8 | 87.0 | 86.6 | 86.1 | 85.9 | 85.6 | 90.0 |
| | a^* | -1.6 | -3.5 | -4.7 | -6.0 | -5.8 | -5.8 | -5.7 | -5.7 | 0.3 |
| | b^* | 8.7 | 19.9 | 31.0 | 43.0 | 47.1 | 52.5 | 56.5 | 61.0 | -1.7 |
| H 型 | L^* | 89.4 | 88.8 | 87.9 | 87.2 | 86.7 | 86.4 | 85.9 | 85.7 | 90.0 |
| | a^* | -1.6 | -2.8 | -4.0 | -4.8 | -5.4 | -5.4 | -5.5 | -5.3 | 0.4 |
| | b^* | 8.6 | 17.3 | 26.8 | 35.0 | 43.4 | 50.0 | 57.0 | 61.6 | -1.7 |
| S 型 | L^* | 88.8 | 88.3 | 87.4 | 86.7 | 86.0 | 85.6 | 85.3 | 84.8 | 89.9 |
| | a^* | -1.3 | -2.3 | -3.1 | -4.2 | -4.7 | -4.7 | -4.5 | -4.2 | 0.2 |
| | b^* | 8.6 | 17.3 | 26.7 | 36.5 | 47.3 | 54.4 | 61.2 | 65.8 | -1.4 |

表 2-4 測色値 赤 (R)

| | ドット数 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 用紙 |
|--------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| B 型 | L^* | 82.5 | 74.8 | 69.1 | 63.0 | 61.8 | 60.4 | 59.4 | 58.8 | 90.1 |
| | a^* | 8.7 | 18.7 | 26.1 | 35.0 | 37.0 | 39.0 | 40.5 | 41.3 | 0.2 |
| | b^* | 3.1 | 9.4 | 12.7 | 16.9 | 17.0 | 16.8 | 16.5 | 16.1 | -1.5 |
| H 型 | L^* | 82.8 | 76.4 | 71.0 | 67.2 | 63.3 | 60.9 | 59.1 | 58.3 | 90.0 |
| | a^* | 8.7 | 16.0 | 23.0 | 28.4 | 34.4 | 38.1 | 40.5 | 41.9 | 0.2 |
| | b^* | 3.0 | 7.4 | 10.3 | 13.1 | 15.3 | 16.7 | 16.5 | 16.4 | -1.4 |
| S 型 | L^* | 83.9 | 79.0 | 73.7 | 68.6 | 64.3 | 61.8 | 59.7 | 58.5 | 90.2 |
| | a^* | 7.3 | 12.8 | 19.3 | 26.6 | 32.9 | 36.4 | 39.7 | 41.9 | 0.3 |
| | b^* | 2.4 | 5.2 | 8.3 | 12.0 | 15.3 | 16.4 | 16.6 | 16.5 | -1.4 |

表 2-5 測色値 緑 (G)

| | ドット数 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 用紙 |
|--------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| B 型 | L^* | 83.9 | 77.8 | 73.4 | 68.9 | 67.8 | 66.5 | 65.5 | 64.8 | 89.9 |
| | a^* | -6.3 | -14.8 | -20.8 | -27.9 | -30.1 | -32.5 | -33.6 | -35.1 | 0.1 |
| | b^* | 3.7 | 10.4 | 14.7 | 19.2 | 20.0 | 20.2 | 19.7 | 19.7 | -1.6 |
| H 型 | L^* | 84.5 | 80.0 | 76.1 | 72.9 | 69.8 | 67.5 | 66.2 | 65.3 | 90.0 |
| | a^* | -7.5 | -14.0 | -20.0 | -24.7 | 29.7 | -33.0 | -34.8 | -35.8 | 0.1 |
| | b^* | 4.4 | 9.7 | 13.4 | 16.2 | 19.1 | 20.4 | 20.3 | 20.0 | 1.5 |
| S 型 | L^* | 85.6 | 81.7 | 78.1 | 73.7 | 70.2 | 68.0 | 66.1 | 65.0 | 90.1 |
| | a^* | -6.1 | -10.9 | -16.4 | -23.3 | -29.2 | -32.3 | -35.1 | -36.5 | 0.2 |
| | b^* | 3.2 | 6.2 | 10.3 | 14.5 | 18.2 | 19.6 | 20.1 | 20.3 | -1.6 |

表 2-6 測色値 青 (B)

| | ドット数 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 用紙 |
|--------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| B 型 | L^* | 80.2 | 69.0 | 61.5 | 52.6 | 50.8 | 48.8 | 47.3 | 46.1 | 90.2 |
| | a^* | 5.0 | 11.1 | 14.3 | 19.2 | 19.1 | 19.3 | 19.4 | 18.7 | 0.3 |
| | b^* | -7.0 | -14.4 | -18.3 | -24.5 | -25.4 | -26.4 | -27.2 | -27.9 | -1.7 |
| H 型 | L^* | 80.2 | 71.9 | 64.9 | 59.5 | 54.1 | 50.5 | 48.6 | 47.8 | 90.3 |
| | a^* | 5.0 | 8.9 | 11.9 | 14.1 | 16.4 | 17.6 | 17.2 | 16.8 | 0.4 |
| | b^* | -7.4 | -12.4 | -16.8 | -20.0 | -23.8 | -26.1 | 27.3 | -27.7 | -1.5 |
| S 型 | L^* | 81.8 | 75.5 | 68.7 | 61.0 | 54.3 | 51.3 | 49.1 | 47.7 | 90.2 |
| | a^* | 3.9 | 6.2 | 9.3 | 12.9 | 16.1 | 16.9 | 16.6 | 16.5 | 0.3 |
| | b^* | -6.3 | -9.7 | -13.8 | -18.8 | -23.5 | -25.5 | -26.9 | 27.5 | -1.5 |

表 2-7 測色値 黒 (S)

| | ドット数 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 用紙 |
|--------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| B 型 | L^* | 82.8 | 74.5 | 66.7 | 57.9 | 55.0 | 51.0 | 47.5 | 42.6 | 90.1 |
| | a^* | -0.1 | -0.8 | -1.6 | -2.5 | -2.7 | -2.9 | -3.4 | -4.0 | 0.1 |
| | b^* | -1.7 | -1.8 | -1.7 | -1.8 | -1.7 | -1.8 | -1.7 | -1.7 | -1.5 |
| H 型 | L^* | 82.8 | 76.6 | 70.1 | 64.6 | 58.3 | 53.2 | 47.1 | 42.6 | 90.4 |
| | a^* | -0.13 | -0.6 | -1.2 | -1.7 | -2.0 | -2.6 | -3.4 | -3.6 | 0.2 |
| | b^* | -1.7 | -1.8 | -1.7 | -1.8 | -1.8 | -1.0 | -1.7 | -1.7 | -1.5 |
| S 型 | L^* | 83.6 | 78.6 | 72.6 | 65.7 | 59.3 | 54.2 | 47.6 | 42.5 | 90.1 |
| | a^* | -0.1 | -0.4 | -0.9 | -1.5 | -1.9 | -2.5 | -3.2 | -4.0 | 0.2 |
| | b^* | -1.8 | -1.8 | -1.8 | -1.8 | -1.7 | -1.8 | -1.8 | -1.8 | -1.6 |

色値を、表 2 にインクジェット式の測色値を示す。

6. 考 察

6.1 均等色空間での吟味

吟味をするのに本研究では、CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 色空間⁵⁾を用いることにした。

UCS 色度図として a^*-b^* 色度図上に測色値を打点したものを図 3 に示す。この色度図は、図上の全ての箇所において、輝度の等しい色の感覚差が図上の幾何学的距離にほぼ比例するように意図して目盛が定められている。

またこの図の性質として、原点には白、灰色、黒といった無彩色が打点され、同心円の外方に位置するほど鮮やかな色が打点される。

それらの打点の詳細を見ると、一般に原点付近のドットの歩度は大きく、外円周付近の歩度は小さい。つまり等色 (1 色) に見える色で、input としては多種であっても output としては 1 種の結果である。

ところが色はグラスマンの法則により、三属性 (3 元) から成る。したがって色の数量表示は 3 次元 (空間) ベクトル量で表わされる。その点、図

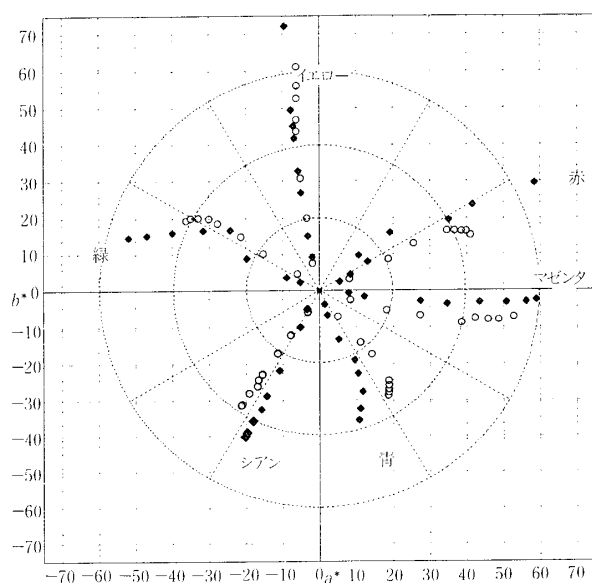


図 3-1 B型の a^*-b^* 色度図 (■感熱式, ○インクジェット式)

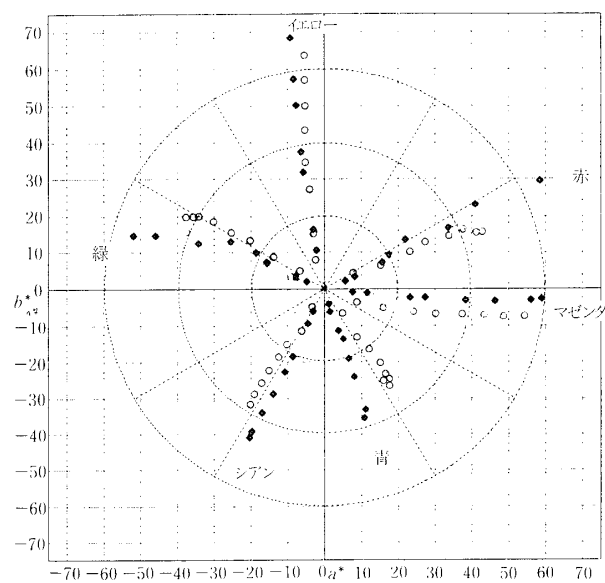


図 3-2 H型の a^*-b^* 色度図 (■感熱式, ○インクジェット式)

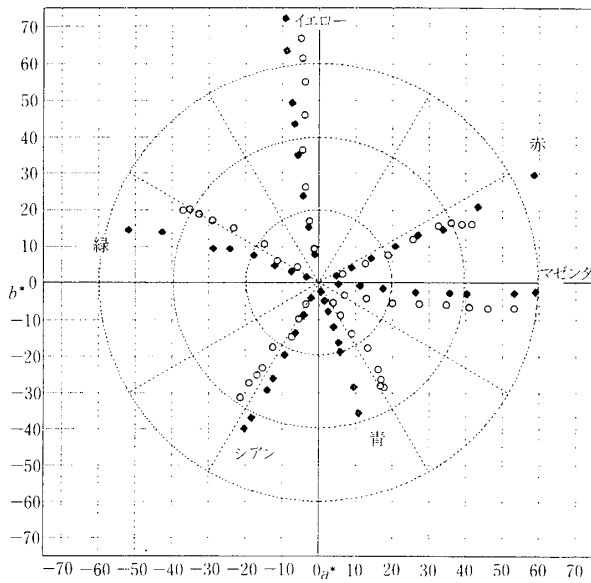


図 3-3 S型の a^*-b^* 色度図 (■感熱式, ○インクジェット式)

3では、色合い（色相）及び鮮やかさ（彩度）の属性しか吟味していない。

そこで表1に示されている残りの属性、明度 L^* を用いて、インクジェット式の分についてドット数と明度との関係を図4のように作成してみると、色によって程度は違うが、明度はほぼ等歩度

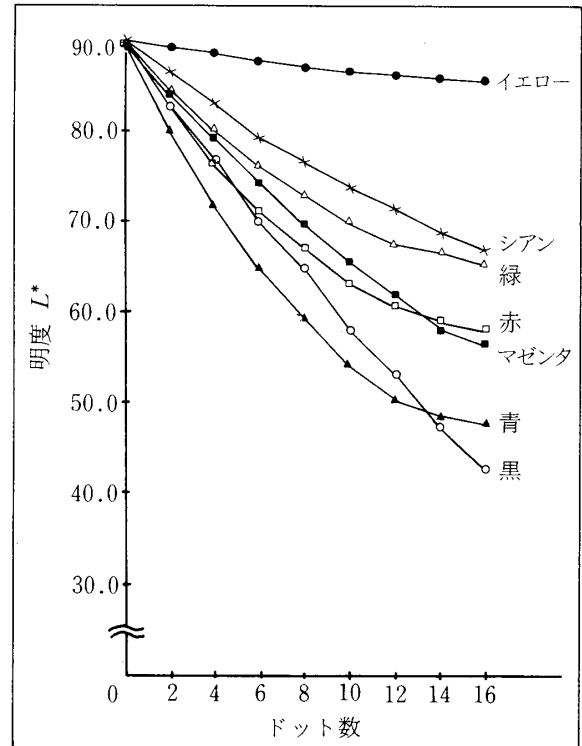


図 4-2 H型のドット数と明度との関係

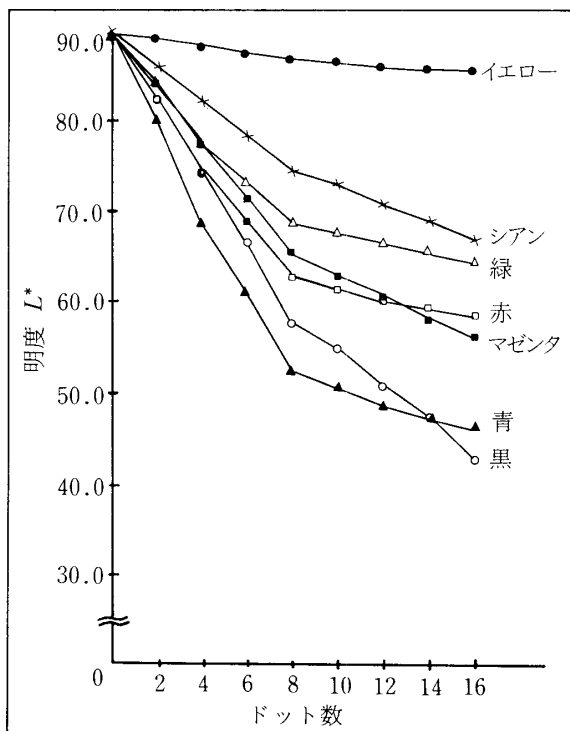


図 4-1 B型のドット数と明度との関係

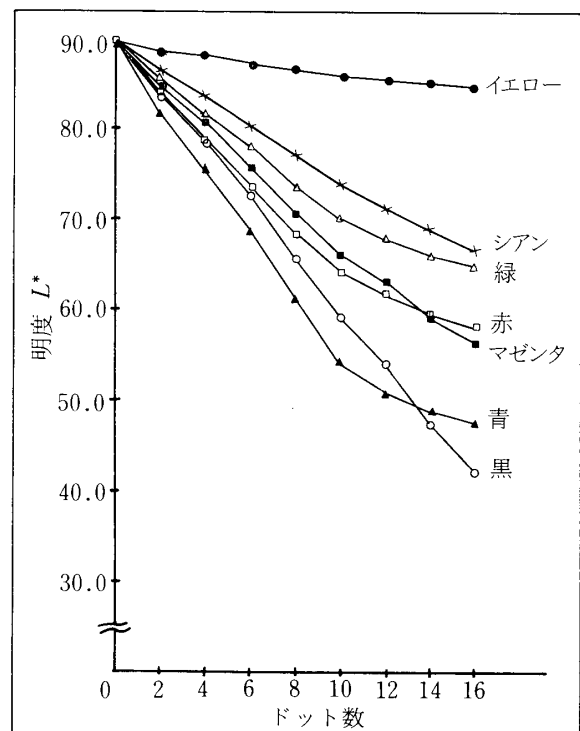


図 4-3 S型のドット数と明度との関係

に減少する。しかし、詳細に見るとドット数が増す（鮮やかになる）と歩度がやや小さくなる。

感熱式の場合も似たような結果であった。

6.2 色差での吟味

色の違いを3次元ベクトル量で表わす尺度として「色差 ΔE 」がある。 ΔE は表1に示す L^* , a^* , b^* を用いて次の式から求める。

$$\Delta E = [(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2]^{1/2} \dots\dots\dots (1)$$

前項同様にインクジェット式の分についてドット数間と色差との関係を図5のように作成してみると、色によって多少違うが、全データを用いた回帰線を次式のように求めることが出来る。

$$B型: Y = -0.69X + 12.30,$$

$$R = -0.795 \dots\dots\dots (2)$$

$$H型: Y = -0.48X + 10.54,$$

$$R = -0.819 \dots\dots\dots (3)$$

$$S型: Y = -0.32X + 9.38,$$

$$R = -0.632 \dots\dots\dots (4)$$

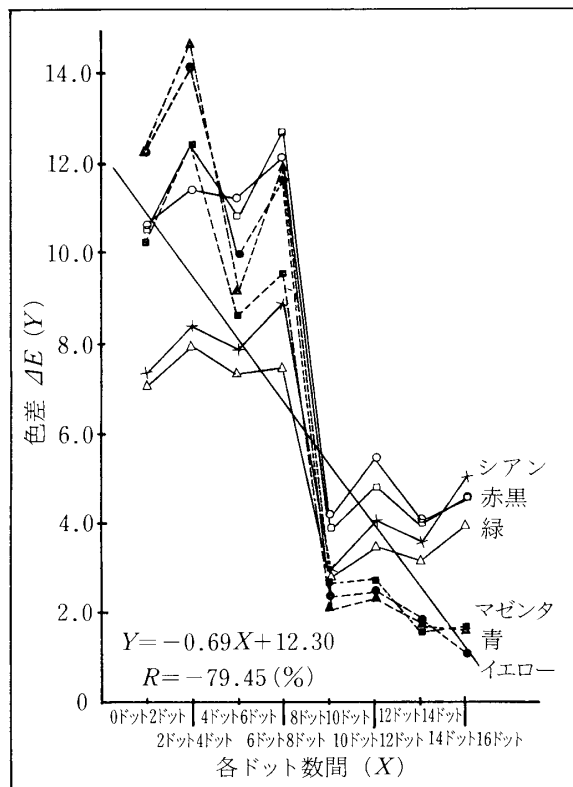


図 5-1 B型のドット数間と色差との関係

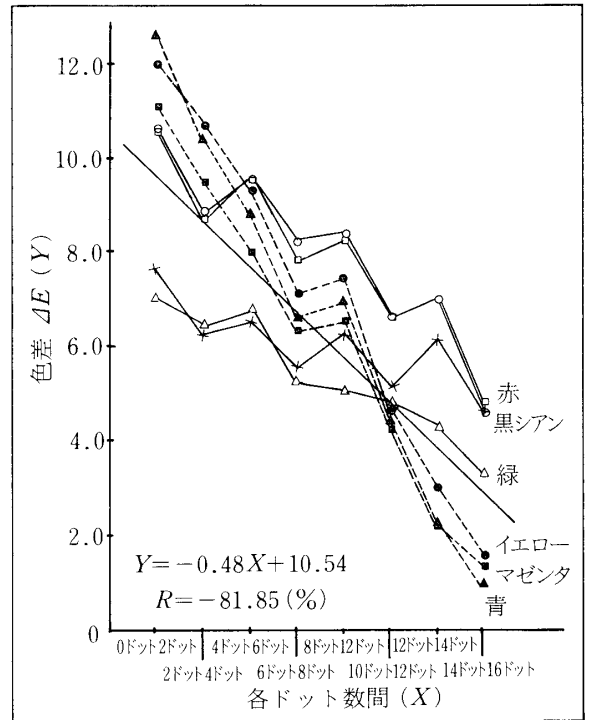


図 5-2 H型のドット数間と色差との関係

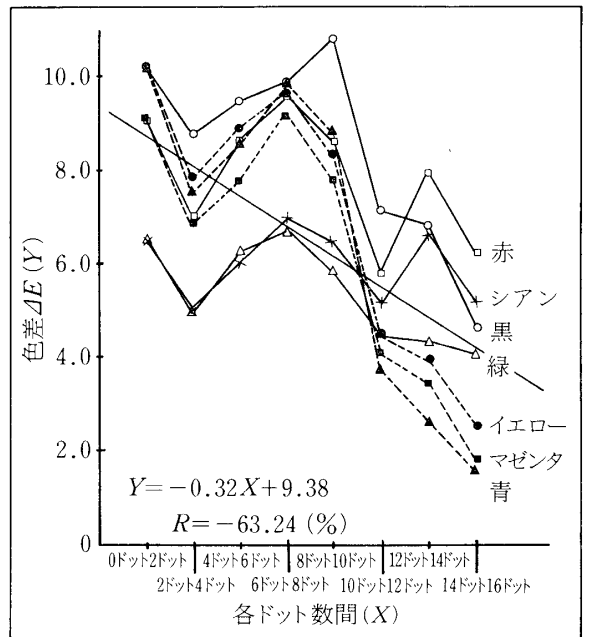


図 5-3 S型のドット数間と色差との関係

しかも、まずまずよい相関係数 (R) である。

何れも右下がりの傾向を示している事は、明らかに鮮やかな色群は画素は違っても等色が多い事、即ち入出力関係が非線形である事を物語っている。一つ一つの画素を違った色として生かすには、回帰線が水平に描かれ、つまりドット数間(歩

度) が等しくなるように、ハード面で対策を考える必要がある。

ここで気になる特性が見掛けられる。例えば図 5-1 の B 型を見ると、2 ドット 4 ドット、6 ドット 8 ドット、10 ドット 12 ドットのデータは何れの色も揃って山型の異常値を示す。このような山型異常値は H 型及び S 型にも見掛ける。

これは画素に打込まれるドットが占める面積率が定常的に狂っているので、プリンタの動作調整不良と考えられる。画素を顕微鏡で拡大視して吟味する必要がある。

感熱式の場合も似たような結果であった。

7. 結 論

4×4 ドットマトリックスを画素とし、ドットの打込み方も Bayer 型、網点型及び渦巻型の 3 種を用い、シアン、マゼンタ、イエロー、赤、緑、青及び黒の 7 色についての単色画像を 2 種のドットカラープリンタで作成し、それらを測色して、色再現状態について吟味した。その結果は次のようである。

1. ドット数が増え、色が鮮やかになるに従って、画素内のドット数を少々増やしても着色効果がない。つまり入力が無効となっている。
2. これは現状のプリンタ機構は、その入出力が非線形関係にある事を物語っている。画素として

何万色種を入力出来ると言っても、出力として同数の色再現されていない。

3. 画素内のドット数を増やして行くに従って色が変わって行く程度にむらが認められた。これはドットの打込み方の癖、つまりプリンタの動作調整不良と考えられる。
4. 画素を顕微鏡で拡大観察する必要がある。

8. 謝 辞

この研究を進めるに際し、財団法人日本色彩研究所色彩工学研究室長小松原 仁氏の御協力を得た。またこの研究の実験実施には卒業研究生の幸田尚人、後上泰孝両君に負うところが大きであった。併せて謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 小野文孝：第一回 NIP シンポジウム論文集 1-2 (1984)
- 2) 三宅洋一：写真工業 7 (1987) 110
- 3) 画像電子学会編：画像電子ハンドブック (昭 54：コロナ社) 287
- 4) 武藤正行：MINOLTA TECHNO REPORT No.1 (1984) 63
- 5) 川上元郎：新版 色の常識 (昭 62：日本規格協会) 143
- 6) 小室茂雄，川上元郎：日本色彩学会誌 11-1 (1987) 74