

# Factor N 와 잉크特性을 考慮한 網点畫像의 色再現豫測에 관한 研究

김성근 · 안석출 · 유미옥

부산공업대학교 인쇄공학과

## A Study on the Color Reproduction Prediction of Halftone Image by used Factor N and Process Ink Characteristics

Sung-Geun Kim · Suk-Chul Ahn · Mee-Ok Yoo

Dept. of Graphic Arts Engineering,  
Pusan National University of Technology.

### Abstract

Digital image processing and computer simulation technics have been rapidly developed according to the advancement of computer, total scanner and DTP system were developed at 1980s. Specially, there is need to simulate surface color of printings to CTR's color and is required color image prediction of high precision.

This dissertation describes a new method of color reproduction prediction, which is very high precision color reproduction prediction, for CRT of DTP system.. The experimental results show that described method is useful and valid in color reproduction prediction, for CRT of DTP system.

### 1. 序 論

컴퓨터의 발달과 더불어 화상처리기술이나 시뮬레이션기술이 발달되어 왔으며, 인쇄분야에서는 1980년도에 개발되어 실용화된 토탈 스캐너로 인하여 사진제판의 분야에서 컴퓨터기술의 이용이 급속하게 확대되었다. 한편 1985년에 PC(Personal Computer)를 이용하여 소규모 출판이나 사내출판에 이용되어오던 DTP 시스템의 화상처리 능력과 기능이 향상되어 다소 한계는 있지만 다색화상의 색재현예측 시스템으로 사용되고 있으며, 토탈 스캐너 시스템은 화상의 입력과 출력을 담당하고 화상처리는 DTP 시스템이 담당하는 방식으로 이용이 확대되고 있다. 이와같이 DTP

시스템의 활용도가 급격히 신장되고, 특히 Computer to Plate 방식의 인쇄시스템이 실용화 단계에 접어들면서 고정 인쇄를 생략할 수 있는 정밀도가 높은 색재현예측이 요구됨과 동시에 인쇄물의 표면색을 CRT(Cathode Ray Tube)의 색으로 충실히 표현할 수 있는 컬러 WYSIWYG(What You See Is What You Get)실현을 위한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 인쇄물의 표면색을 CRT색으로 충실히 표현할 수 있는 컬러 DTP 시스템의 실현을 위한 초기 연구단계로, 색재현 예측의 정밀도가 높고, DTP 시스템의 CRT용 색재현 예측의 한 방법을 제안하였다.

제안한 DTP 시스템의 CRT용 색재현 예측 방법은 Neugebauer의 색재현 예측 이론에 인쇄용지나 스크린 선수에 따라 변화하는 상수 Factor  $n$ 을 적용하였으며, 제안된 색재현 예측 방법의 타당성과 유용성을 실험을 통하여 확인하였다.

## 1. 濃度에 의한 多色印刷物の 色再現豫測

### 1-1. 色再現 豫測

4색으로 인쇄된 인쇄물을 확대경으로 검토하면 잉크가 오르지 않은 여백부(1종류), 1차색(4종류), 2차색(6종류), 3차색(4종류), 4차색(1종류)의 15종류의 서로다른 민짜 인쇄부가 나타날 수 있다. 다색 망점인쇄물의 색재현의 대표적인 이론인 Neugebauer Eq 이며,  $c, m, y, k$ 를 C, M, Y, K 잉크의 망점면적율로 하고, M 잉크의 망점면적을  $m$ 와 Y 잉크의 망점면적을  $y$ 만의 조합으로 구성된 경우를 생각하여 보자.

종이의 여백부를  $W_{area}$ ,  $M_{area}$ 는 M 잉크 면적율,  $Y_{area}$ 는 Y 잉크 면적율 그리고  $MY_{area}$ 는 M 잉크와 Y 잉크가 중첩되는 면적율로하면, 이들 4종류의 단위면적당 평균 출현 비율은 각각 다음 식과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} W_{area} &= (1-m)(1-y) \\ Y_{area} &= y(1-m) \\ M_{area} &= m(1-y) \\ MY_{area} &= my \end{aligned} \quad (1)$$

식(1)에서와 같이 서로 다른 독립된 색을 R, G, B 필터에 의한 평균반사율은 각 색의 면적율과 각 필터에 대한 그 색의 반사율의 곱으로 표현된다. R, G, B 필터에 의한 총합 반사율을 각각  $RR$ ,  $RG$ ,  $RB$ 로 하고 M잉크와 Y잉크만의 조합에서 R 필터에 대한 총합 반사율  $RR$ 은 식 (2)와 같다.

$$RR = (W_{area})(W_R) + (Y_{area})(Y_R) + (M_{area})(M_R) + (MY_{area})(MY_R) \quad (2)$$

단 여기서  $W_R$ 은  $W_{area}$ 의 면적에 대한 R 필터의 반사율이며,  $Y_R$ 은  $Y_{area}$ 의 면적에 대한 R 필터의 반사율이고,  $M_R$ 과  $MY_R$ 은  $M_{area}$ 와  $MY_{area}$ 의 면적에 대한 R 필터의 반사율이다. 같은 방법으로 G 필터와 B 필터에서의 총합반사율  $RG$ 과  $RB$ 은 식(3) 및 식(4)와 같다.

$$RG = (W_{area})(W_G) + (Y_{area})(Y_G) + (M_{area})(M_G) + (MY_{area})(MY_G) \quad (3)$$

$$RB = (W_{area})(W_B) + (Y_{area})(Y_B) + (M_{area})(M_B) + (MY_{area})(MY_B) \quad (4)$$

식(2)에서 식(4)를 4종류의 잉크 즉 Y, M, C, K가 조합된 경우로 확장하여 생각하면 서로 다른 16종류의 색과 면적율로 표현된다. 여기서 16종류의 색에 대한 R, G, B 필터에 대한 총합반사율을  $|R_{ij}|$ 라 하고, 16종류의 색에 대한 면적율을  $|A_j|$ 라 하면 식(5)와 같이 행렬의 곱으로 나타낼 수 있다.

$$R_i = |R_{ij}| |A_j| \quad (5)$$

$i=1, 2, 3$ (R 필터, G 필터, B 필터)  
 $j=1, 2, 3, \dots, 16$

또한 총합 투 농도를  $DR_i$ 라 하면  $DR_i$ 는 식 (6)과 같이 표현된다.

$$DR_i = \log_{10} \frac{1}{R_i} \quad (6)$$

### 1-2. Factor $n$ 을 考慮한 色再現 豫測

Factor  $n$ 을 적용한 망점인쇄물의 색재현 예측이란 인쇄용지나 스크린 선수에 따라 변화하는 상수 Factor  $n$ 을 적용하여 실제 인쇄될 화상에 접근시키는 것이다. 색재현 예측에 있어서 C, M, Y, K 잉크의 망점면적율  $c, m, y, k$ 에 Factor  $n$ 이 적용된 망점 면적율을  $c', m', y', k'$ 라 하면,  $c', m', y', k'$ 는 식(7)과 같다.

$$c' = c \left( 1 - 10^{-\frac{D_{i,c}}{n}} \right)$$

$$m' = m \left( 1 - 10^{-\frac{D_{i,m}}{n}} \right) \quad (7)$$

$$y' = y(1 - 10^{-\frac{D_{iy}}{n}})$$

$$k' = k(1 - 10^{-\frac{D_{ik}}{n}})$$

여기서  $D_{ic}$ 는 C잉크의 R, G, B 필터의 민짜 농도이고,  $D_{im}$ ,  $D_{iy}$ ,  $D_{ik}$ 는 M, Y, K 잉크에 대한 R, G, B 필터의 민짜농도이다.

Factor  $n$ 이 적용된 망점 면적을  $c'$ ,  $m'$ ,  $y'$ ,  $k'$ 에 의한 여백부의 면적을  $W'_{area}$ 라 하면  $W'_{area}$  식(8)과 같다.

$$W'_{area} = (1 - c')(1 - m')(1 - y')(1 - k') \quad (8)$$

식 (8)과 같은 방법으로 C, M, Y, K 잉크에 대한 각기 다른 16종류의 색에 대한 망점 면적을  $|A_{jl}'|$ 라 하면,  $|A_{jl}'|$ 는 식(9)와 같다.

$$|A_{jl}'| = \begin{array}{|l} W'_{area} \\ C'_{area} \\ M'_{area} \\ Y'_{area} \\ K'_{area} \\ CM'_{area} \\ CY'_{area} \\ CK'_{area} \\ MY'_{area} \\ MK'_{area} \\ YK'_{area} \\ CMY'_{area} \\ CMK'_{area} \\ MYK'_{area} \\ CYK'_{area} \\ CMYK'_{area} \end{array} \quad (9)$$

또한, 16종류의 색에 대한 R, G, B 각 필터별 총합반사율  $R_i'$ 라 하면  $R_i'$ 는 식(10)과 같다.

$$R_i' = |R_{ij}| |A_{jl}'| \quad (10)$$

Factor  $n$ 이 적용된 총합 톤 농도를  $DR_i'$ 라 하면  $DR_i'$ 는 식(11)과 같이 총합반사율의 역수에 대수를 취한 값에  $n$ 을 곱한 것으로 나낼 수 있다.

$$DR_i' = n \log \frac{1}{R_i'} \tag{11}$$

## 2. 3刺戟値에 의한 色再現 豫測

### 2-1. 網点 面積率에 의한 3刺戟의 豫測

망점 면적율이  $a$ 인 한 화소에 대한 자극치를  $X$ 라 하고, 백지부의 자극치를  $X_w$ , 그리고 민자부의 자극치를  $X_s$ 라 하면, 망점 면적율이  $a$ 인 화소의 자극치  $X$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$X = (1-a)X_w + aX_s \tag{12}$$

다색인쇄에 있어서 4색판의 망점 중첩은 확률적이고 색재현은 감법혼색과 평균적인 가법혼색에 의해 생긴다. 따라서 단위면적내에 있어서 4종류의 잉크 즉 Y, M, C, K가 조합된 경우로 확장하여 생각하면 서로 다른 16종류의 색과 면적율로 표현되며, 16종류의 면적율이  $|A_j|$ 이고, 종이의 여백부를 포함한 16색의 3자극치 ( $T_{kj}$ )와 3자극치  $X, Y, Z$ 는 다음과 같다.

$$|T_{kj}| = \begin{pmatrix} X_w & X_c & X_M & X_Y & X_K & X_{CM} & X_{CY} & X_{CK} & X_{MY} & X_{MK} & X_{YK} & X_{CMY} & X_{CMK} & X_{MYK} & X_{CYK} & X_{CMYK} \\ Y_w & Y_c & Y_M & Y_G & Y_K & Y_{CM} & Y_{CY} & Y_{CK} & Y_{MY} & Y_{MK} & Y_{YK} & Y_{CMY} & Y_{CMK} & Y_{MYK} & Y_{CYK} & Y_{CMYK} \\ Z_w & Z_c & Z_M & Z_Y & Z_K & Z_{CM} & Z_{CY} & Z_{CK} & Z_{MY} & Z_{MK} & Z_{YK} & Z_{CMY} & Z_{CMK} & Z_{MYK} & Z_{CYK} & Z_{CMYK} \end{pmatrix} \tag{13}$$

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = (T_{kj})(A_j) \tag{14}$$

$k = X, Y, Z$

이 식에서 알수 있는 바와같이 망점 면적율과 재현색의 3자극치는 선형방정식으로 표현된다. 이식은 종이에 의한 반사광의 산란등 비선형의 요인은 포함되어 있지 않지만 망점이나 돛트로 그림을 구성하는 색화상재현의 이론적인 의미를 가지고 있다.

### 2-2. $x, y$ 색도도와 $L^* a^* b^*$ 색도도

6 한국인쇄학회지 제12권 제1호 1994.

3자극차  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ 와 색도좌표  $x$ ,  $y$ 의 관계는 식(15)와 같으며, CIE 1976 균등색도도의 관계는 식(16)과 같다.

$$\begin{aligned}x &= X/(X+Y+Z) \\y &= Y/(X+Y+Z) \\z &= Z/(X+Y+Z)\end{aligned}\tag{15}$$

$$\begin{aligned}L^* &= 116\left(\frac{Y}{Y_0}\right)^{1/3} - 16 \\a^* &= 500\left[\left(\frac{X}{X_0}\right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_0}\right)^{1/3}\right] \\b^* &= 200\left[\left(\frac{Y}{Y_0}\right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_0}\right)^{1/3}\right]\end{aligned}\tag{16}$$

그리고 균등 색공간에서 색차  $\Delta E_{ab}$ 는 종종 색재현 평가에 이용되며, [NBS]단위의 색차 식은 다음과 같다.

$$\Delta E_{ab} = 0.92[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}\tag{17}$$

### 3. 實驗方法

#### 3-1. 使用機器

인쇄기 : KOMORI SPRINT 26  
빛쬐틀 : HY8039  
농도계 : MACBATH TR 927(미국)  
색채계 : 직독색채계  
컴퓨터 : IBM PC (486 AT)

#### 3-2. 使用材料

시 료 : COLOR CHART( Hanmi : Royal Art Paper, 175 Line )  
필름원고 : GATF COMPACT COLOR TEST STRIP  
판 : PS Plate (Posi Type EPS:일본)  
인쇄종이 : Royal Art Paper  
인쇄잉크 : 대한잉크(Y, M, C, K)

### 3-3. 實驗方法

인쇄잉크 C, M, Y, K의 4색 인쇄물의 경우 여백부를 포함한 1차색(W, C, M, Y, K), 2차색 (CM, MY, YC, KC, KM, KY), 3차색(CMY, CMK, MYK, YCK ) 그리고 4차색 (CMYK)의 서로 다른 16가지 중, 여백부의 W를 제외한 나머지 15종류를 민짜로 인쇄 또는 중첩 인쇄한 시료를 R, G, B 필터별로 농도를 측정하였다.

시료로 사용한 한미 컬러챠트에는 15종류의 민짜로 인쇄된 시료가 없어서 한미 컬러챠트와 인쇄조건 및 재료를 동일하게 인쇄한 인쇄물을 실험용 시료로 사용하였다. 측정된 R, G, B 필터별 민짜농도값을 이용하여 Neugebauer Eq.과 Factor  $n$ 이 적용된 제안한 방법의 색재현 예측값을 계산하였다.

여기서 Factor  $n$ 의 값은 1.5를 적용하였고, Neugebauer Eq.과 Factor  $n$ 이 적용된 제안한 방법의 색재현 예측 그래프는 Simmon Simulator에 의해 Plot 하여 실측값과 비교하였으며, 효율적인 색평가를 위해서 X,Y,Z의 3자극치를 실측에 의한 색도좌표와 예측에 의한 색도좌표를 비교하고, 실측값과 이론값을 색차로 표현하였다.

## 4. 實驗結果 및 考察

### 4-1. 16種類의 민짜 印刷物の R,G,B 필터 濃도와 3刺戟値

4색 인쇄잉크 C, M, Y, K의 중첩된 16종류( W, C, M, Y, K, CM, MY, YC, KC, KM, KY, CMY, CMK, MYK, YCK, CMYK)의 민짜색인쇄물을 R, G, B 필터별로 측정된 반사농도값은 <표 1>과 같다. 이때 사용한 용지는 로얄 아트지로서 W의 색농도값은 용지의 여백부에 측정된 값이다.

그리고 16종류의 시료를 색차계로 측정된 X, Y, Z의 3자극치 값은 <표 2.>와 같다. 이때 측정방법은 CIE 1931 표준 색채계에 근거하여 측색하였으며, 측색계는 직독법이고, 측정된 X, Y, Z의 3자극치를 근거하여 식(8)에 의해 구한 색도좌표는 <표 3>과 같고, <그림 1>에 16종류의 시료에 대한 색도좌표를 나타내었다.

Table 1. Filter densities of solid printing

Color No.	Sample	Filter Density		
		R	G	B
1 Color	W (White)	0.05	0.07	0.09
	C (Cyan)	1.57	0.54	0.30
	M (Magenta)	0.29	1.58	0.83
	Y (Yellow)	0.08	0.16	1.27
	K (Black)	1.94	2.02	2.00
2 Color	C - M	1.68	1.78	0.93
	M - Y	0.29	1.67	1.91
	Y - C	1.58	0.63	1.39
	K - C	2.15	2.13	2.07
	K - M	1.99	2.16	2.08
	K - Y	1.94	2.03	2.14
3 Color	C - M - Y	1.66	1.86	1.97
	C - M - K	2.17	2.24	2.15
	M - Y - K	2.03	2.19	2.14
	Y - C - K	2.12	2.10	2.13
4 Color	C - M - Y - K	2.20	2.28	2.22



Table 2. The xy chromaticity coordinates and tristimulus values of solid printing

Color No.	Sample	tristimulus values			xy coordinates	
		X	Y	Z	x	y
1 Color	W (White)	80.8	82.3	96.3	0.31	0.32
	C (Cyan)	15.7	22.0	59.7	0.16	0.23
	M (Magenta)	27.1	12.9	18.1	0.47	0.22
	Y (Yellow)	62.6	67.4	3.5	0.47	0.50
	K (Black)	1.0	1.1	1.3	0.30	0.32
2 Color	C - M	4.0	2.2	15.5	0.18	0.10
	M - Y	24.3	12.0	1.0	0.65	0.32
	Y - C	7.9	17.1	2.9	0.28	0.61
	K - C	0.4	0.5	0.6	0.27	0.33
	K - M	0.8	0.7	0.9	0.33	0.29
	K - Y	0.7	0.7	0.6	0.35	0.35
3 Color	C - M - Y	2.1	1.7	1.0	0.40	0.35
	C - M - K	0.4	0.5	0.6	0.29	0.33
	M - Y - K	0.4	0.5	0.6	0.29	0.33
	Y - C - K	0.4	0.5	0.6	0.29	0.33
4 Color	C - M - Y - K	0.4	0.5	0.6	0.29	0.33

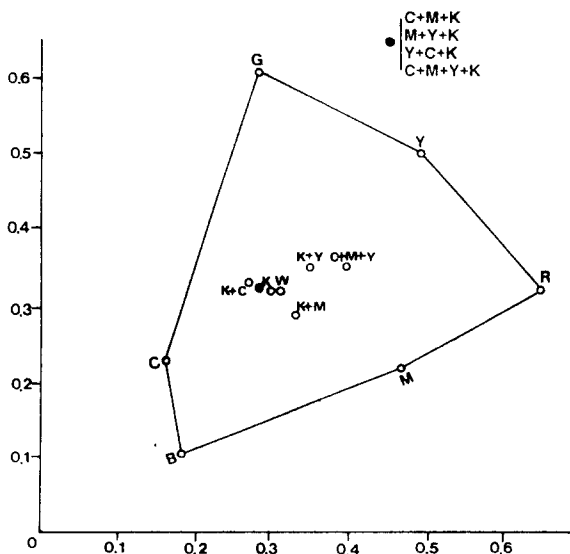
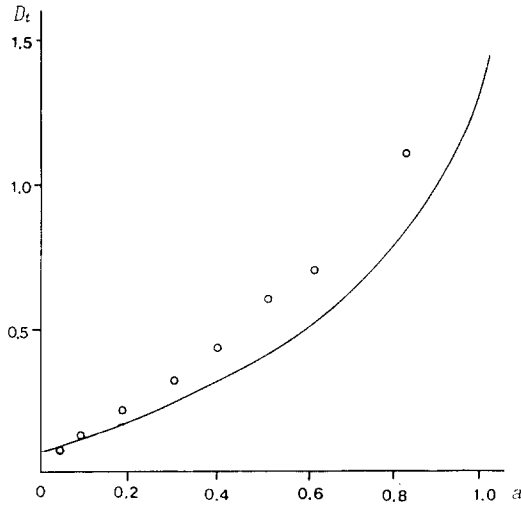


Fig.1 The chromaticity coordinates of solid printing

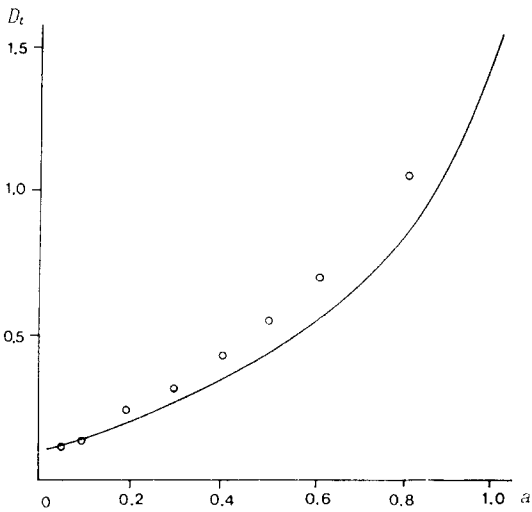
4-2. 톤 濃度에 의한 色再現 豫測

4-2-1. 1次色의 Tone Density 豫測

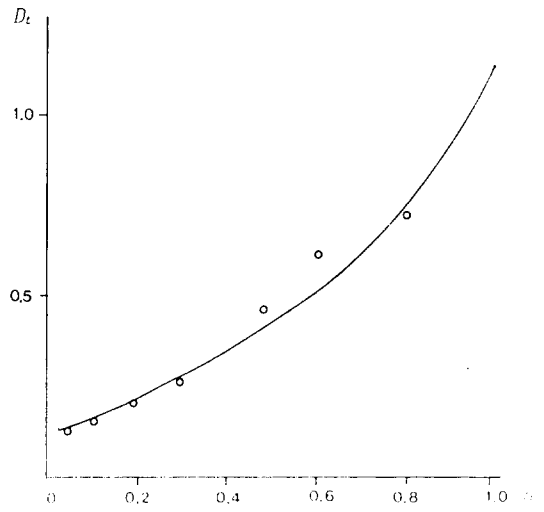
16종류의 색중에서 1차색의 경우 망점 면적율에따른 보색 필터에대한 농도 예측은 Yule & Nielson의 이론과 동일하며, 망점면적에 따른 농도변화량은 <그림 2>에 나타내었다. 그림에서 실선은 N=1.5를 적용한 제안한 이론적인 예측값이고, 점은 실측값이다. 실측값과 예측값이 일치하지 않는 주된 원인은 인쇄에서 발생한 Dot Gain을 보상하지 않았기 때문으로 추정된다.



(a). R-filter density of C ink.



(a) R-filter density of M ink



(b). G-filter density of Y ink

Fig.2 Prediction tone density for 1-color

4-2-2. 2次色의 Tone Density 豫測

2종류의 색만으로 구성된 2차색의 경우 망점 면적율에 따른 2종류의 보색 필터에 대한 톤 농도값과 망점 면적과의 관계는 <그림 3>에 나타내었다.

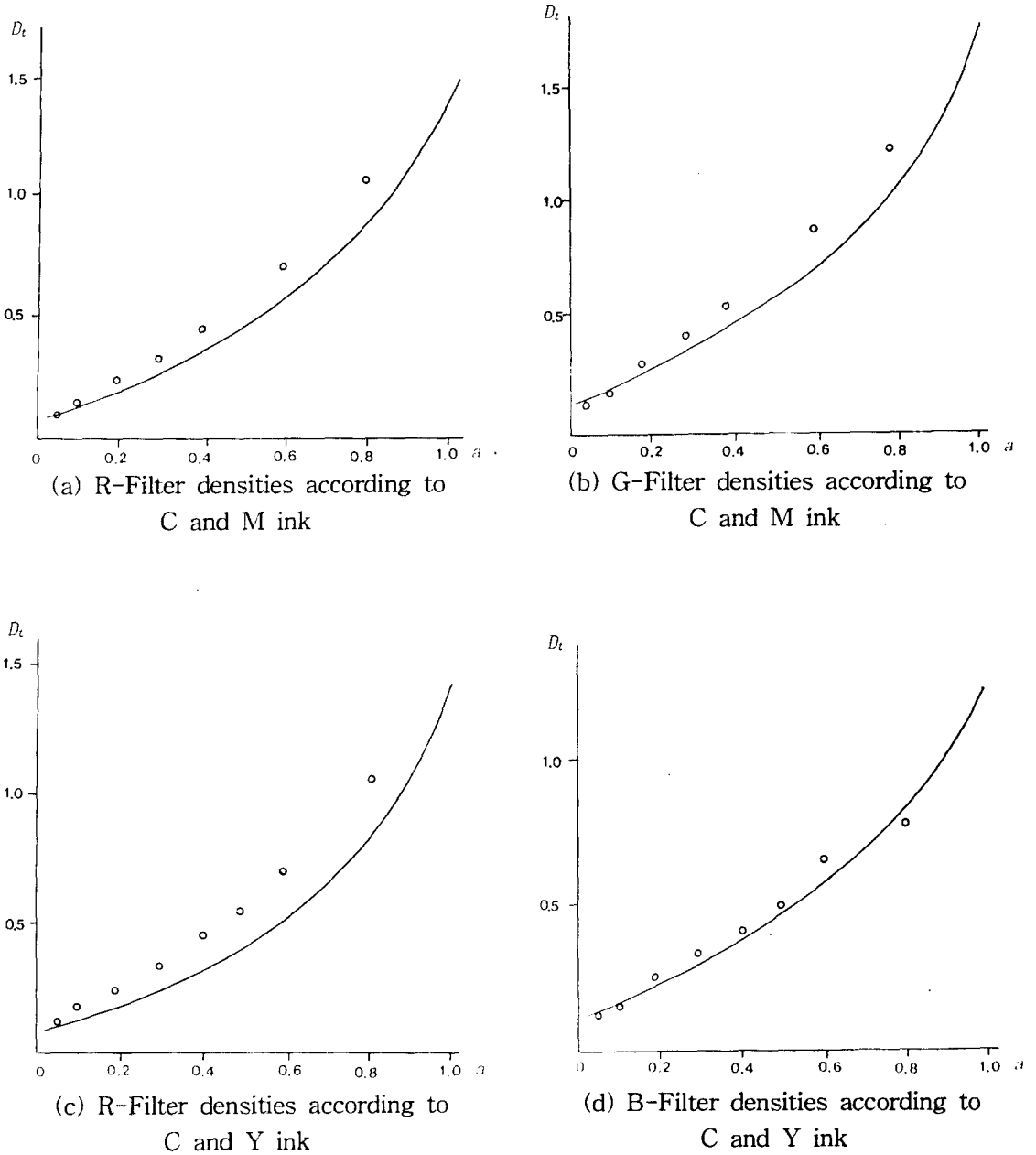
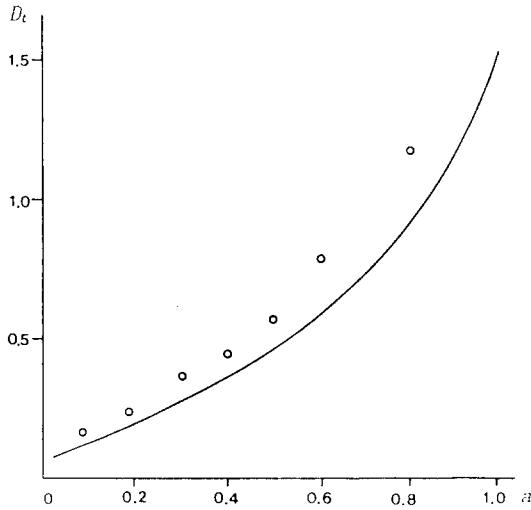


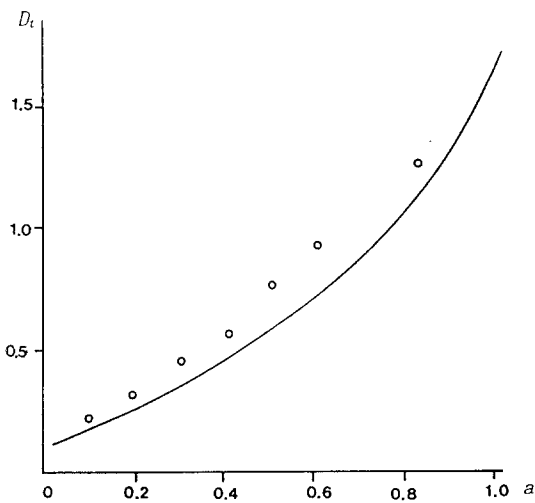
Fig. 3 Prediction tone density for 2-color

4-2-3. 3차색의 Tone Density 豫測

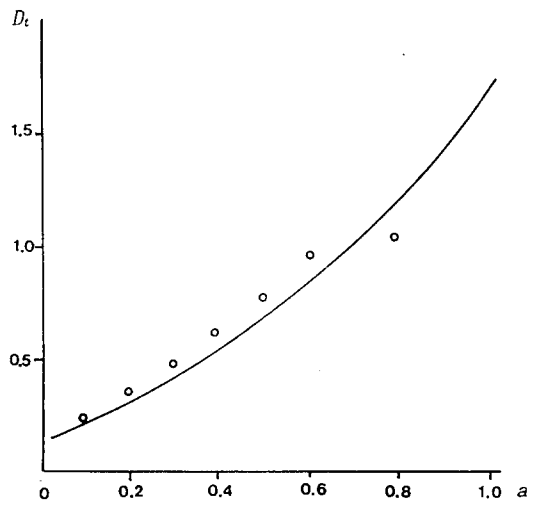
Y, M, C의 4색중 3차색과 4차색의 경우 망점면적율에 따른 톤 농도값과 망점 면적과의 관계는 <그림 4>와 같다.



(a) R-Filter densities according to C, M and Y ink



(b) G-Filter densities according to C, M and Y ink

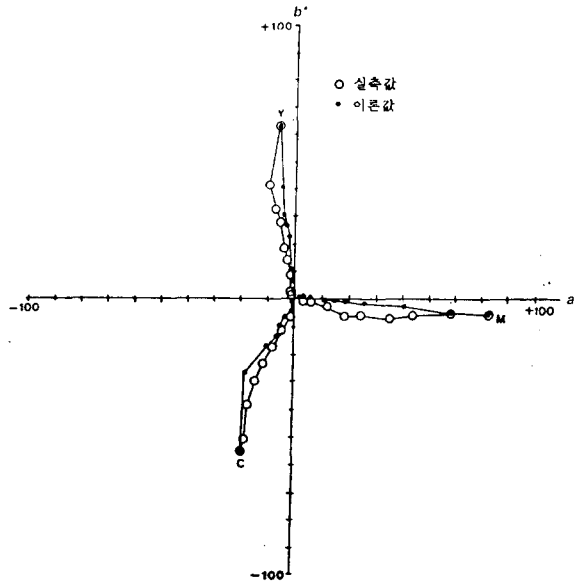


(c) B-Filter densities according to C, M and Y ink

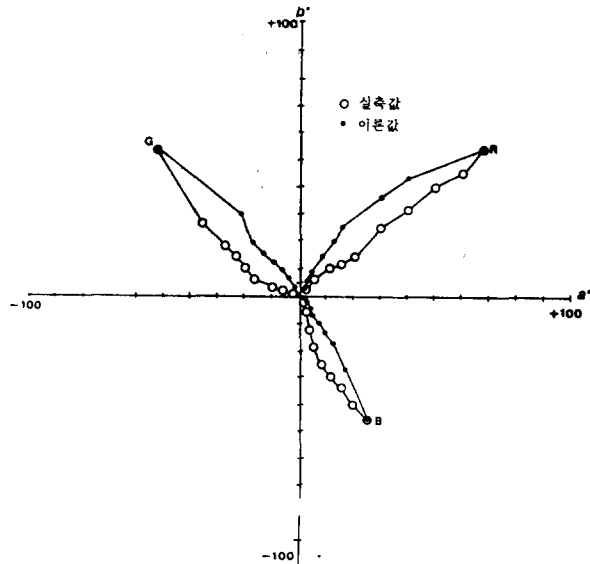
Fig. 4 Prediction tone density for multi-colors

4-3. CIE  $L^* a^* b^*$  色度圖

CIE 1931 xy 색도도는 비균등 색도도로서 실측한 값과 이론적인 값의 색차를 알수 없으므로, CIE 1976( $L^* a^* b^*$ )균등 색도도에 표시한 것이 <그림.5>이다.



(a). 1-color (Y, M, C)



(b). 2-color (R, G, B)

Fig. 5 Comparison of colorimetrically measured values and the theoretical values on  $L^* a^* b^*$  coordinate.

## 5. 結 論

인쇄물의 표면색을 CRT색으로 충실히 표현할 수 있는 컬러 DTP 시스템의 실현을 위한 초기 연구단계로, 색재현 예측의 정밀도가 높고, DTP 시스템의 CRT용 색재현 예측의 한 방법을 제안하였다. 제안한 DTP 시스템의 CRT용 색재현 예측 방법은 Neugebauer의 색재현 예측이론에 인쇄용지나 스크린 선수에 따라 변화하는 상수 Factor  $n$ 을 적용하였으며, 제안된 색재현 예측 방법으로 실험한 결과 다음과 같은 사실을 알았다.

1. 제안된 방법의 색재현 예측에서, 흑백의 단색화상인 경우와 다색화상에서의 1차색의 경우는 Factor  $n$ 이 적용된 Yule & Nielson의 색화상예측과 같았다.
2. 2차색 이상의 혼합색에 대한 색예측은 제안된 방법의 색재현 예측이 Neugebauer의 색재현 예측보다 정밀도가 높았다.
3. 이론적인 값과 실측값의 차이는 사람의 눈으로 감지되지 않는 범위로 색예측이 가능하였다.
4. 제안된 방식은 입력된 화상데이터를 CRT상의 출력에 이용이 가능하여 DTP 시스템에서의 CRT용 인쇄시뮬레이션에 응용할 수 있음이 확인되었다

## 감사의 글

본 연구를 지원해주신 부산공업대학교에 감사드립니다.

그리고 본 연구의 실험을 위한 16종류의 시료인쇄에 많은 도움을 주신 부산전문대학 출판인쇄과 과 선업교수와 신구전문대학 오 성상교수에게 깊은 감사의 뜻을 표합니다.

## 參 考 文 獻

1. J.A.C.Yule, "Principles of Color Reproduction.", John Willy & Son, pp.205 ~ 411, (1967)
2. 松根 琢 外3名, "Offset 印刷における ドットゲイと ブランケットとの關係", JSPS, Vol.27, No.3, pp.299~303, (1990)
3. 松村武彦, "Offset 印刷における 網点の 管理法.", JSPS, Vol.66, No.4, pp.23~26, (1983)
4. S. C. Ahn, M. O. Yoo, S. S. Oh, "A Study on the Decision Factor  $n$  of the Tone Density", KPS, Vol. 10, No.1, pp. 35~54, (1992)
5. Takashi Sakamoto, "Simulation of Colors by the Use of Halftone Dots" JSPS, Vol.28, No.1, pp.2~9, (1991)

6. j.Tajima, "Optimum Color Masking Martix Determation for Dgital Color Plate Making, Using Virtual Color Samples", 信學論(D), Vol. J71D, No.12, pp.2571 ~ 2578, (1988)
7. M. O. Yoo, S. Y. Kawk, S. C. Ahn, "A Studt on the Color Prediction of Halftone Multi-Color Image.", KPS, Vol. 11, No. 1 pp.85 ~101, (1993)
8. Michitaka Nonaka, "Reproducing Image in Printing", JSPS, Vol. 30, NO. 4, pp.28 ~41, (1993)
9. S.Okuyama, G.Kawakami, H.Sakai, " Study on Color Apperance of Color Matching between Color on a CRT and Surface Color", TSPS Conference, Vol. 91, pp.29 ~ 36 (1993)