

디지털 인쇄에 있어서 컬러의 최적화에 관한 연구

김재해[†], 이성형, 조가람, 구철희

[†]한국산업인력공단, 부경대학교 공과대학 화상정보공학부

(2008년 1월 15일 접수, 2008년 2월 11일 최종 수정본 접수)

A Study on the Optimization of color in Digital Printing

Jae-Hae Kim[†], Sung-Hyung Lee, Ga-Ram Cho, Chul-Whoi Koo

[†]Human Resources Development Service of Korea,

Division of Image & Information, College of Engineering, Pukyong National University,

(Received 15 January 2008, in final from 11 February 2008)

Abstract

In this paper, an experiment was done where the input(scanner, digital still camera) and monitor(CRT, LCD) device used the linear multiple regression and the GOG (Gain-Offset-Gamma) characterization model to perform a color transformation. Also to color conversion method of the digital printer it used the LUT(Look Up Table), 3dimension linear interpolation and a tetrahedron interpolation method. The results are as follows.

From color reappearance of digital printing case of monitor, the XYZ which it converts in linear multiple regression of input device it multiplied the inverse matrix, and then it applies the inverse GOG model and after color converting the patch of the result most which showed color difference below 5 at monitor RGB value. Also, The XYZ which is transmitted from the case input device which is a printer it makes at LAB value to convert an extreme, when the LAB value which is converted calculating the CMY with the LUT and tetrahedral interpolations the color conversion which considers the black quantity was more accurate.

1. 서 론

디지털 인쇄물 제작은 입력 장치(스캐너, 디지털 카메라)에서 출력 장치(모니터, 디지털 인쇄기)까지 모두 컬러 관리가 수행되어야만 올바른 컬러 재현이 이루어진다. 먼저 입력 장치에서 다중회귀분석을 통하여 장치 의존적 색공간인 R, G, B 신호값을 선형화하여 장치 독립적인 색공간 CIEXYZ, LAB으로 색변환^{1~3)}한 후 모니터와 인쇄기로 보낸다.⁴⁾ 모니터에서는 CIE 삼자극치를 역변환 매트릭스를 곱하여 선형 R, G, B 신호값으로 색변환한 후 다시 역 GOG을 적용하여 모니터 R, G, B 신호값으로 변환하는 것이 올바른 방법일 것이다.^{5~7)} 또한 디지털 인쇄기인 경우는 입력 장치에서 전송된 LAB값을 LUT(Look Up Table)와 4면체 보간법으로 CMY로 변화한 후 다시 LUT와 3차원 선형 보간법⁸⁾으로 CMY를 LAB값으로 역변환하고,⁹⁾ 역변환된 LAB값에 black양 생성방법으로 GCR를 적용하였고,¹⁰⁾ 인쇄 장치의 컬러재현 영역에 입력된 컬러가 재현될 수 있도록 색역 사상을 실시하였다.^{11~17)} 이렇게 색변환한 값을 측색기를 이용하여 직접 모니터를 측색하거나 인쇄물을 측색하여 원고 이미지와의 색차를 구하였다.¹⁸⁾

따라서 본 연구에서는 디지털 인쇄물의 최적화에 가장 큰 변수인 컬러 재현을 올바르게 처리하기 위하여 입력 장치에서부터 출력 장치까지 다양한 색변환 방법을 컬러 관리에 적용함으로서 원고와의 색차를 최소화 하고자 하였으며, 또한 색변환 방법의 타당성을 검토하였다.

2. 실험

2-1. Sample Target

Fig. 1과 같이 입력 장치의 캘리브레이션용 FUJI color input target IT 8.7/2과 GretagMacbeth Colorchecker DC chart, 모니터의 특성화에 필요한 매트릭스 제작을 위하여 gray 패치를 각각 제작하여 본 실험에 적용하였다. 또한 디지털 인쇄 장치의 특성화를 위하여 ECI2002 (ISO/CD 12642-X) Visual 1,485 패치를 이용하였다.



(a) ColorChecker DC (b) IT 8.7/2 target (c) Monitor linear target (d) ECI2002 visual target

Fig. 1. Test target for use in experiment [(a) Colorchecker DC (b) IT 8.7/2 target, (c) Monitor linear target, (d) ECI2002 Visual target].

2-2. 실험 방법

장치별 프로파일 제작에는 매트릭스를 기본으로 하여 색변환하는 방법과 LUT를 기본으로 하여 색변환하는 방법이 있다. 본 논문에서는 두 가지 방법을 모두 수행한 후 결과가 더 양호한 쪽을 선택한 후 입력 장치에서 출력 장치까지 색변환하여 프로파일 제작에 참조하였다.

Fig. 1과 같이 장치의존 색공간에서 장치독립 색공간으로 색변환하는 정변환(A to B)으로 입력 장치는 다중회귀분석으로 구한 3×20 의 매트릭스를 식 (1)에 적용하여 변환된 XYZ 삼자극치를 LAB값으로 변환하여 프로파일에 참조하였다.

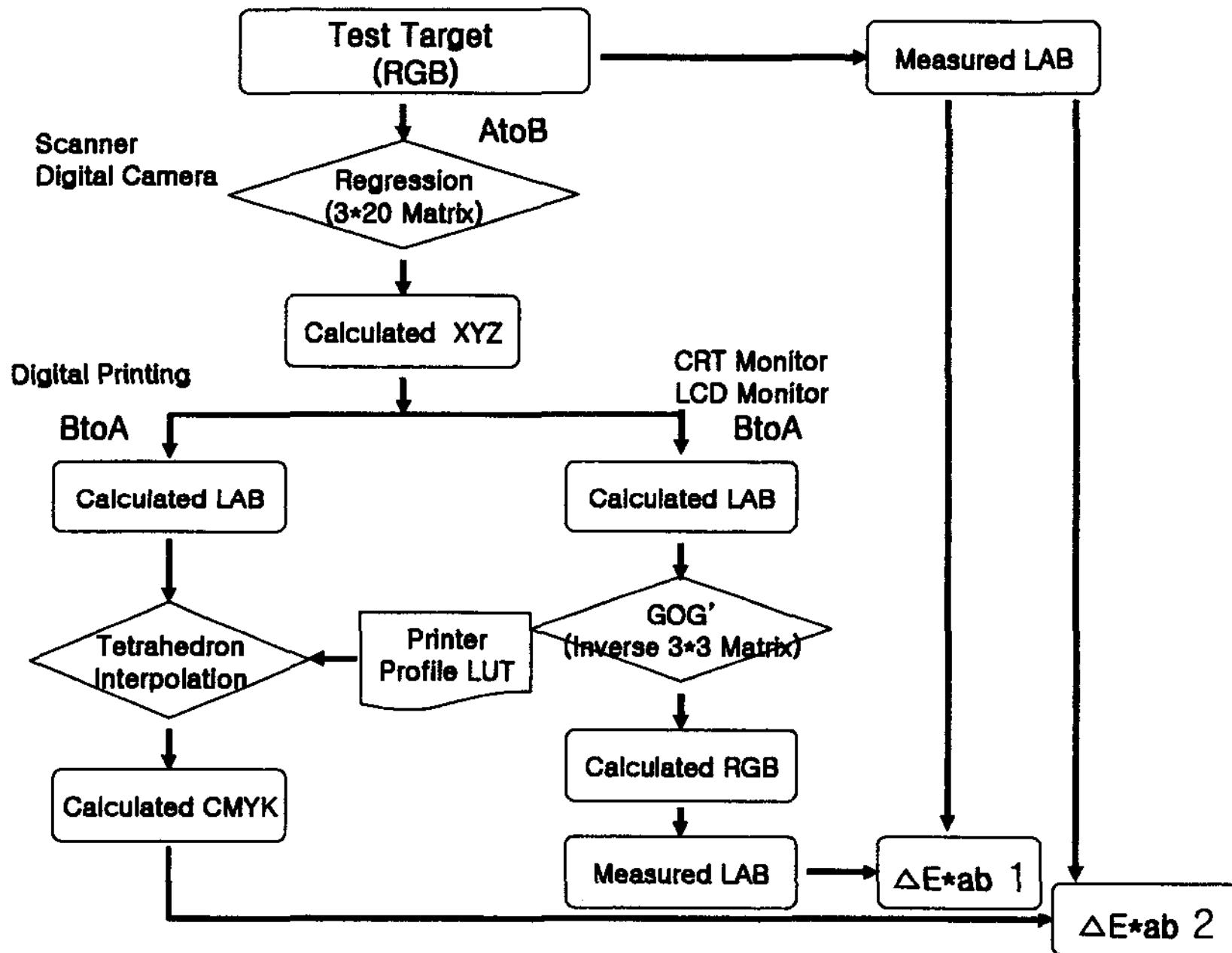


Fig. 1. The color transformation from input device to output device.

$$\begin{bmatrix} -0.1486 & 0.1654 & 0.0225 & 0.0364 & -0.0003 & 0.0028 & -0.0013 & -0.0015 & 0.0005 & 0.0003 & -0.0003 & -0.0003 & 0.0003 & 0.0003 & 0.0003 & 0.0003 & 0.0003 & 0.0003 \\ 0.1461 & 0.0585 & 0.2032 & 0.0322 & -0.0003 & 0.0021 & -0.0003 & -0.0015 & -0.0005 & -0.0003 & -0.0003 & -0.0003 & 0.0003 & 0.0003 & 0.0003 & 0.0003 & 0.0003 & 0.0003 & 0.0003 \\ 0.7316 & -0.0469 & 0.0135 & 0.0205 & -0.0001 & -0.0001 & 0.0005 & 0.0002 & -0.0010 & 0.0001 & -0.0001 & 0.0001 & -0.0001 & -0.0001 & -0.0001 & -0.0001 & -0.0001 & -0.0001 & -0.0001 \end{bmatrix} \times \begin{pmatrix} R_{scanner} \\ G_{scanner} \\ B_{scanner} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_{scanner} \\ Y_{scanner} \\ Z_{scanner} \end{pmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -0.4897 & 0.0222 & 0.0888 & -0.0156 & -0.0011 & -0.0001 & 0.0001 & 0.0002 & 0.0005 & 0.0003 & 0.0001 & 0.0001 & -0.0001 & -0.0001 & -0.0001 & -0.0001 & -0.0001 & -0.0001 \\ -0.6340 & -0.0022 & 0.1875 & -0.0428 & -0.0011 & 0.0001 & 0.0003 & -0.0002 & 0.0007 & 0.0001 & 0.0001 & 0.0001 & -0.0001 & -0.0001 & -0.0001 & -0.0001 & -0.0001 & -0.0001 & -0.0001 \\ -0.5945 & -0.0316 & 0.0132 & 0.0268 & -0.0007 & -0.0005 & 0.0001 & 0.0004 & 0.0002 & 0.0003 & 0.0001 & 0.0001 & -0.0001 & -0.0001 & -0.0001 & -0.0001 & -0.0001 & -0.0001 & -0.0001 \end{bmatrix} \times \begin{pmatrix} R_{camera} \\ G_{camera} \\ B_{camera} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_{camera} \\ Y_{camera} \\ Z_{camera} \end{pmatrix} \quad (1)$$

(단, $X/X_n > 0.008856$, $Y/Y_n > 0.008856$, $Z/Z_n > 0.008856$, L : CIE 1976 명도지수, X_n , Y_n , Z_n : 완전 반사면의 삼자극치, X , Y , Z : 삼자극치)

또한 출력 장치는 먼저 Table 1과 같이 GOG의 선형변환에 필요한 매개변수 gain, offset, gamma 값을 구하였다.⁶⁾ 여기서 구한 매개변수 중 CRT, LCD의 gain, offset, gamma 값을 식 (2), (3)에 각각 대입하여 RL, GL, BL을 계산하였고, 계산된 RL, GL, BL를 식 (4), (5)와 같이 3×3 매트릭스를 곱하여 XYZ로 선형변환하였다. 역변환(B to A)으로 모니터에서 장치독립 색공간인 XYZ값을 역변환 매트릭스 3×3을 곱하고, 또한 색차가 가장 적은 역 GOG 모델을 선택하여 식 (6), (7)과 같이 gain, offset, gamma 값을 적용하여 색변환된 RGB를 측색한 LAB값을 모니터 프로파일 제작에 사용하였다.

Table 4. The Variable Values of GOG Model in CRT & LCD

Model	Monitor	Channel	Gain	Offset	Gamma
GOG	CRT	R	0.9890	0.0092	2.2417
		G	0.9951	0.0037	2.2027
		B	0.9932	0.0057	2.2017
	LCD	R	1.0049	-0.0040	2.1947
		G	1.0066	-0.0075	2.1879
		B	0.9947	0.0058	2.2794

$$R_{CRT} = \begin{cases} [0.9836(\frac{d_g}{255}) + 0.0185]^{2.2417}, & ; [0.9836(\frac{d_g}{255}) + 0.0185] \geq 0 \\ 0, & ; [0.9836(\frac{d_g}{255}) + 0.0185] < 0 \end{cases}$$

$$G_{CRT} = \begin{cases} [0.9953(\frac{d_g}{255}) + 0.0041]^{2.1927}, & ; [0.9953(\frac{d_g}{255}) + 0.0041] \geq 0 \\ 0, & ; [0.9953(\frac{d_g}{255}) + 0.0041] < 0 \end{cases}$$

$$B_{CRT} = \begin{cases} [0.9996(\frac{d_g}{255}) + 0.0003]^{2.1844}, & ; [0.9996(\frac{d_g}{255}) + 0.0003] \geq 0 \\ 0, & ; [0.9996(\frac{d_g}{255}) + 0.0003] < 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$R_{LCD} = \begin{cases} [1.0049(\frac{d_g}{255}) - 0.0040]^{2.1947}, & ; [1.0049(\frac{d_g}{255}) - 0.0040] \geq 0 \\ 0, & ; [1.0049(\frac{d_g}{255}) - 0.0040] < 0 \end{cases}$$

$$G_{LCD} = \begin{cases} [1.0066(\frac{d_g}{255}) - 0.0075]^{2.1833}, & ; [1.0066(\frac{d_g}{255}) - 0.0075] \geq 0 \\ 0, & ; [1.0066(\frac{d_g}{255}) - 0.0075] < 0 \end{cases}$$

$$B_{LCD} = \begin{cases} [0.9947(\frac{d_g}{255}) + 0.0058]^{2.2794}, & ; [0.9947(\frac{d_g}{255}) + 0.0058] \geq 0 \\ 0, & ; [0.9947(\frac{d_g}{255}) + 0.0058] < 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{pmatrix} X_{CRT} \\ Y_{CRT} \\ Z_{CRT} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 0.53431 & 0.4096 & 0.2010 \\ 0.2754 & 0.8392 & 0.0967 \\ 0.0165 & 0.1596 & 1.1035 \end{bmatrix} \times \begin{pmatrix} RL \\ GL \\ BL \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{pmatrix} X_{LCD} \\ Y_{LCD} \\ Z_{LCD} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3347 & 0.2823 & 0.1452 \\ 0.1734 & 0.5601 & 0.0683 \\ 0.0191 & 0.0956 & 0.7561 \end{bmatrix} \times \begin{pmatrix} RL \\ GL \\ BL \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$R_{CRT} = \left(\frac{255}{0.9836} \right) \left[\left(\frac{RL}{255} \right)^{1/2.2547} - 0.0185 \right]$$

$$G_{CRT} = \left(\frac{255}{0.9953} \right) \left[\left(\frac{GL}{255} \right)^{1/2.1983} - 0.0041 \right] \quad (6)$$

$$B_{CRT} = \left(\frac{255}{0.9996} \right) \left[\left(\frac{BL}{255} \right)^{1/2.1844} - 0.00003 \right]$$

$$R_{LCD} = \left(\frac{255}{1.0029} \right) \left[\left(\frac{RL}{255} \right)^{1/2.1997} + 0.0061 \right]$$

$$G_{LCD} = \left(\frac{255}{1.0054} \right) \left[\left(\frac{GL}{255} \right)^{1/2.1917} + 0.0087 \right] \quad (7)$$

$$B_{LCD} = \left(\frac{255}{0.9937} \right) \left[\left(\frac{BL}{255} \right)^{1/2.2190} - 0.0068 \right]$$

출력 장치가 인쇄기인 경우는 LAB값을 LUT과 4면체 보간으로 CMY를 계산하고, 이것을 측색한 LAB값을 ICC(International Color Consortium) 프로파일 제작에 적용하였다. 이 때 ICC에서 기본으로 제시하는 색재현을 고려하여 색역을 압축하는 방법으로 perceptual, relative, saturation, absolute rendering intent 등을 사용하였고, 색역사상 방법을 적용하였다. 또한 회색 보정에서는 black generation 방법중 GCR를 적용하여 LAB 값에서 명도 L값과 A, B값의 변화량으로 회색의 보정이 이루어지도록 하였다. 이 때 세부적인 변수로 그레이 밸런스는 종이의 색을 회색으로 처리하는 것과 일반적인 중성회색에 기초로 하는 것으로 각각 나누어 인쇄 프로파일 제작에 적용하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 디지털 인쇄기의 색재현 영역

인쇄 장치의 선형화를 통해 구한 토클 잉크 한계값이 220%였고, 또한 C, M, Y, K 각각의 잉크 한계값을 구하였다. 또한 사용한 인쇄기의 색재현 영역을 알아보기 위하여 이 값을 장치에서 각각 100% 적용하여 인쇄한 후 1차색 C, M, Y와 2차색 R, G, B 값을 측색하였고, 또한 상용으로 많이 사용하는 표준 Japan Color와 ISO의 색재현 영역을 CIELAB 색공간에 각각 비교한 결과 Fig. 2와 같았다.

Fig. 2와 같이 디지털 인쇄기의 1차색 색재현 영역은 Japan Color와 ISO 잉크의 색재현 영역 보다 Y와 R영역, M과 B영역, B와 C영역에서 넓게 나타났다. 하지만 G와 Y영역, R과 M영역은 상대적으로 좁은 결과를 나타내었다. 또한 M색이 다른 표준 컬러들보다 a*축에서 B계열 쪽으로 치우쳐 전체적으로 푸른색 기미가 나타나는 컬러 캐스트 결과를 나타내었고, G색의 경우는 반대로 b*축에 가까워 채도가 상대적으로 높아 색재현 영역이 축소된 결과를 나타내었다. 이것은 잉크젯 방식의 디지털 인쇄기에서 잉크의 총 합을 400% 전부 사용하는 것이 아니고, 정확한 색재현을 얻기 위하여 캘리브레이션 단계에서 장치에 맞는 선형화 C, M, Y, K 값을 구하여 각각 적용한 결과라 사료된다. 또한 R계열과 G계열의 색재현 영역이 넓게 나타났는데 이것은 용제형 잉크젯 방식인 인쇄기의 전체적인 색재현 특성에서 비롯된 결과라 사료된다.

디지털 인쇄기의 명도는 Japan Color나 ISO와 비교하여 G는 너무 밝게, R과 C에서 어둡게 색이 재현되었고, 나머지 M, Y, B에서 유사한 경향을 나타내었다. 따라서 이러한 명도의 특성도 장치의 색재현 결과에 가중됨을 알 수 있었다.

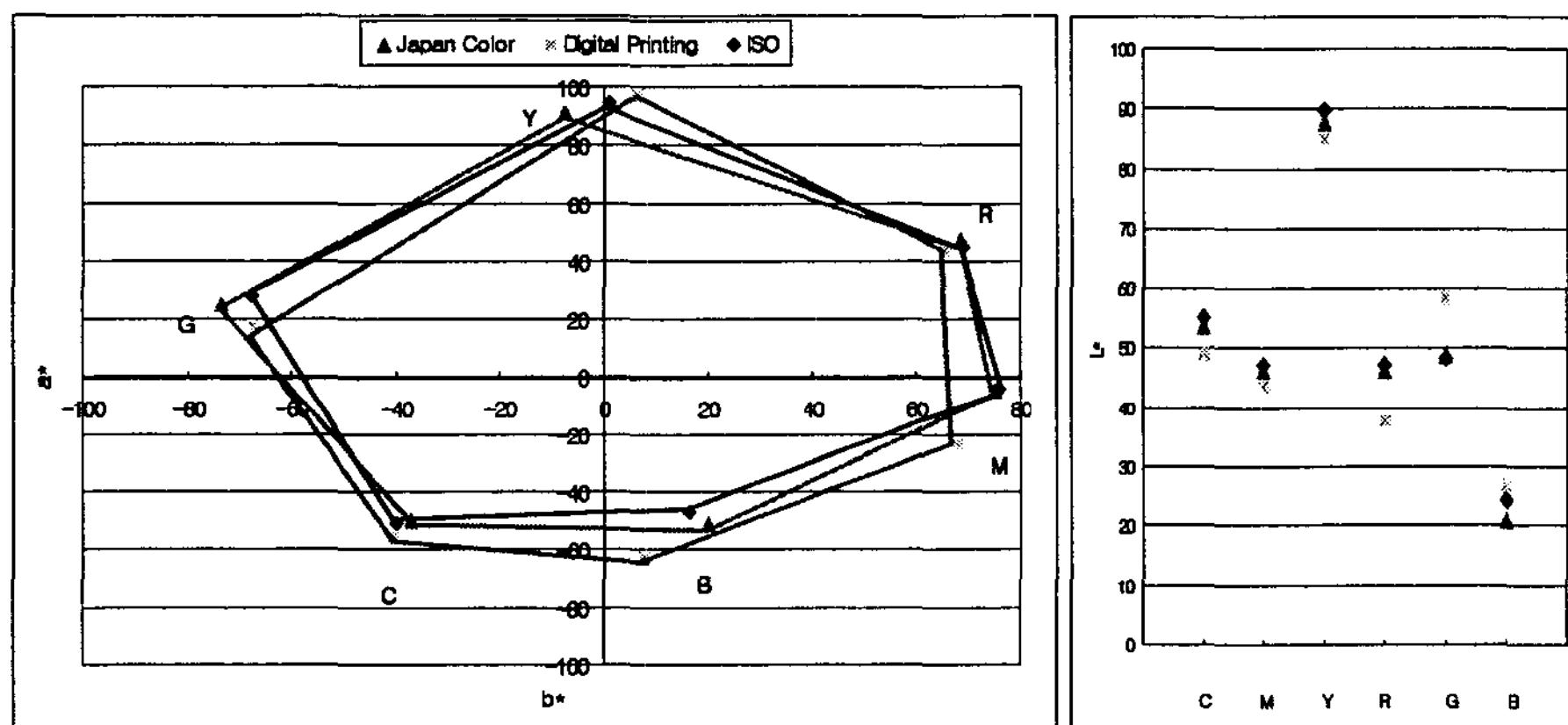


Fig. 2. Color gamut of ISO, Japan color and digital print.

3-2. 디지털 인쇄기의 색변환

디지털 인쇄의 컬러 재현을 위하여 먼저 장치의 존 색공간에서 장치독립 색공간으로 색변환하였다. 입력 장치에서는 다중회귀분석으로 구한 3×20 의 매트릭스를 곱하여 XYZ 삼자극치로 변환하였고, 모니터는 GOG 특성화 방법을 선택하여 입력 장치에서 전송된 XYZ 삼자극치를 역변환 매트릭스 3×3 을 곱하고, 역 GOG 모델을 적용하여 RGB값으로 색변환하였으며, 그 결과는 색차를 구한 히스토그램과 CIELAB 색공간을 이용하여 Fig. 3, 4에 각각 나타내었다. 이 때 입력 장치는 스캐너를 사용하였고, 모니터는 CRT와 LCD를 각각 이용하였다.

원고 target과 색변환 후 CRT 모니터에 재현된 target의 색차를 구하여 그 빈도수를 히스토그램으로 나타낸 결과 Fig. 3(a)와 같이 패치의 대부분 색차가 5이하임을 알 수 있었다. 또한 Fig. 3(b), (c), (d)와 같이 CIELAB 색공간을 통해 비교한 결과 lightness가 높은 패치에서 원고와의 차이가 가중되어 나타났다. 특히 b^* 축의 +쪽에 존재하는 패치는 lightness가 감소하는 경향을 나타내었고, a^* 축의 +쪽에서도 패치의 lightness가 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 a^* 축에 존재하는 패치가 b^* 축에 존재하는 패치보다 원고와의 차이가 가중되어 나타났으며, 특히 a 축의 +쪽에서 상대적으로 색변환의 정확성이 떨어짐을 알 수 있었다.

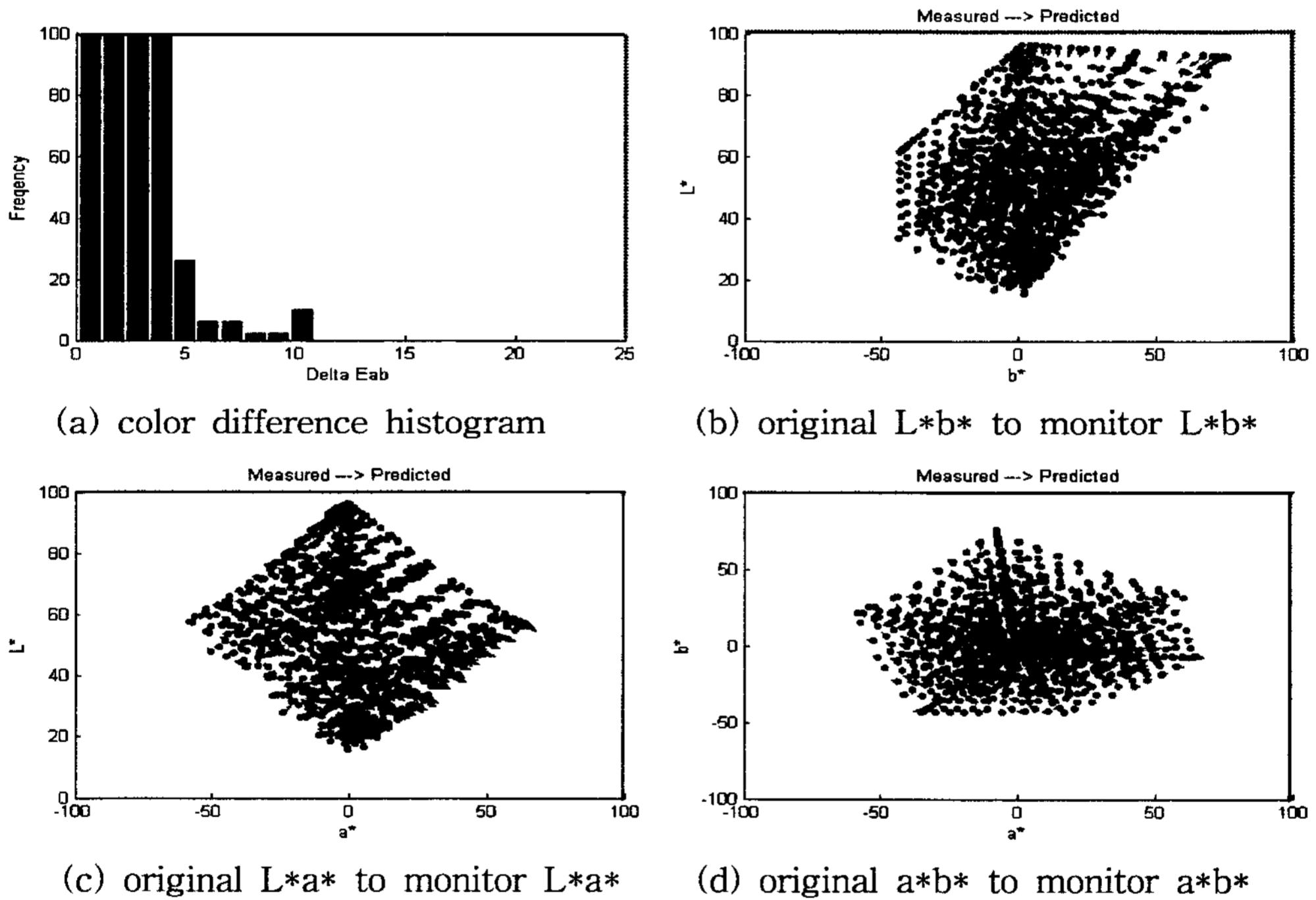
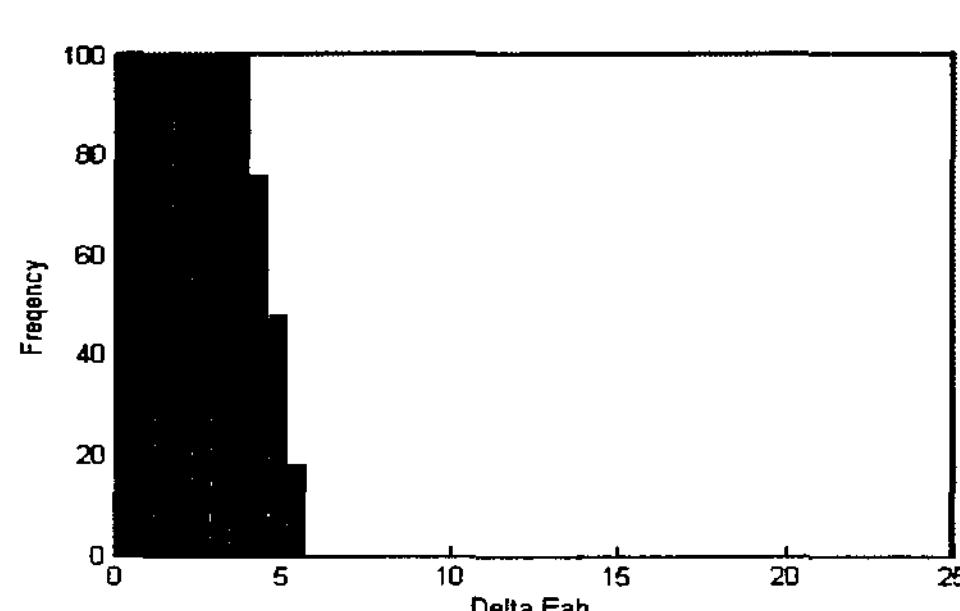


Fig. 3. Color transformation results by scanner to CRT monitor [(a) color difference histogram (b) original L*b* to monitor L*b*, (C) (c) original L*a* to monitor L*a*, (b) original a*b* to monitor a*b*].

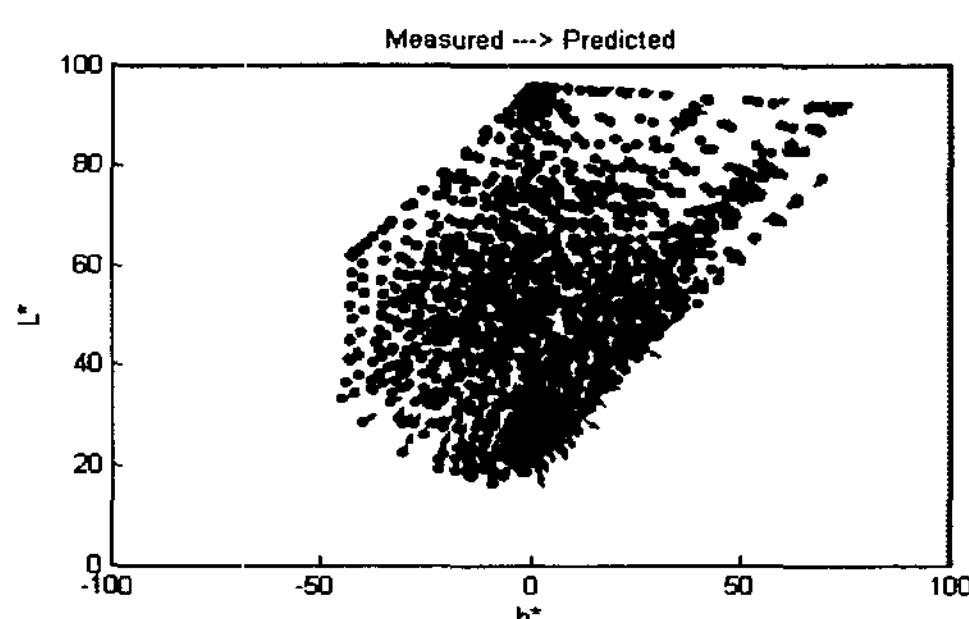
LCD 모니터의 경우 Fig. 4(a)의 히스토그램과 같이 스캐너에서 CRT 모니터로 색변환 한 결과보다 5이상의 색차를 가진 패치의 빈도수가 낮게 나타났다. 또한 Fig. 4(b), (c), (d)와 같이 CIELAB 색공간을 통해 비교한 결과 lightness가 낮은 영역의 패치에서 원고와 차이가 가중되어 나타났다. 특히 b^* 축의 +쪽에 존재하는 패치는 lightness가 감소하는 경향을 나타내었지만, -쪽은 증가하는 경향을 나타내었고, a^* 축의 경우는 대부분

lightness가 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 LCD 모니터에서도 CRT 모니터와 같이 a^* 축에 존재하는 패치가 b^* 축에 존재하는 패치보다 원고와의 차이가 가중되어 나타났다.

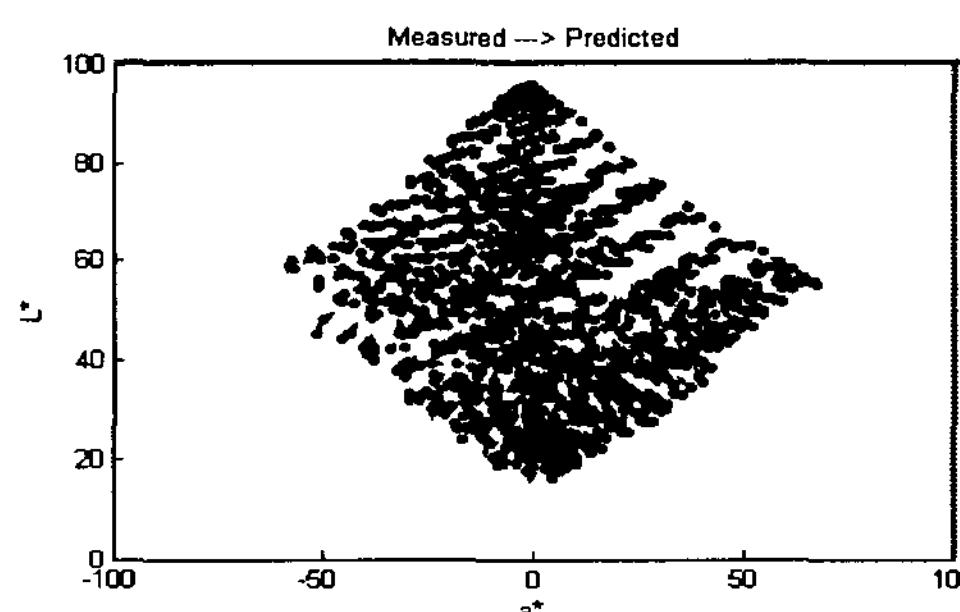
그러나 전체적으로 스캐너를 통해 제작된 target를 모니터로 색변환한 후 원고 target과 비교한 결과 CRT 모니터보다 LCD 모니터에서 더 양호한 결과를 나타내었다. 이것은 비록 입력 장치에서 전송된 동일한 XYZ나 LAB값이라도 R, G, B의 가색 혼합성이 우수한 LCD 모니터에서 수식변환의 오차가 감소되어 CRT 모니터보다 향상된 결과를 가져온 것이라 사료된다.



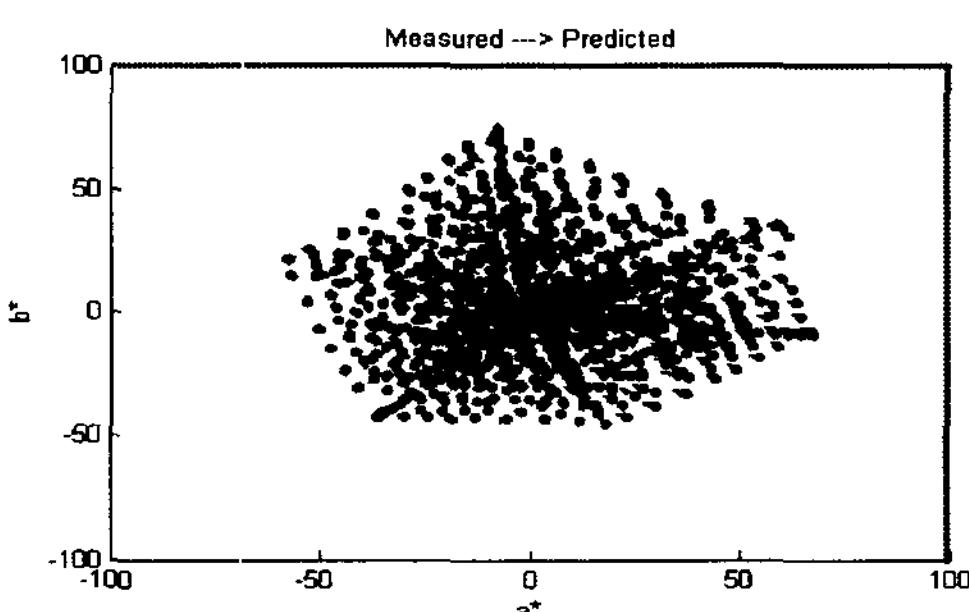
(a) color difference histogram



(b) original L*b* to monitor L*b*



(c) original L*a* to monitor L*a*



(d) original a*b* to monitor a*b*

Fig. 4. Color transformation results by scanner to LCD monitor [(a) color difference histogram (b) original L*b* to monitor L*b*, (C) (c) original L*a* to monitor L*a*, (b) original L*b* to monitor L*b*].

또한 인쇄기인 경우 입력 장치에서 전송된 XYZ 삼자극치를 LAB값으로 변환하였고, 변환된 LAB값을 LUT과 4면체 보간으로 CMY를 계산하였다. 또한 원고 target과 인쇄물 target의 색차를 최소화하기 위한 방법으로 LAB값에 black 생성을 고려하여 계산된 CMY를 다시 LAB값으로 역색변환하였다. 변환된 LAB값에 ProfileMaker 5.0에서 상용으로 지원되는 C, M, Y의 유채색 양을 단계적으로 줄이고, black양을 늘이는 GCR의 네

가지 방법을 적용하였다. 또한 출력 장치의 색재현 범위가 입력 장치의 색재현 영역보다 좁기 때문에 원고와의 색차를 최소화하기 위해 먼저 ICC에서 기본으로 제시하는 색재현을 고려한 색역 압축으로 perceptual, relative, saturation, absolute rendering intent 등 네 가지 방법을 적용하여 출력하였다. 출력한 인쇄물을 측색하여 원고와의 색차 및 lightness, chroma값을 구하였고, 그 결과를 Table 2와 Fig. 5, 6에 각각 나타내었다.

또한 RIT의 Robert Chung이 고안한 CRT(cumulative relative frequency) 곡선으로 원고와의 최소 색차에서 최대 색차까지의 전체 색차 범위를 빈도수에 따라 순위별로 구한 후 시각적인 그래프로 확인하고자 Fig. 7에 나타내었다. 특히 평가 기준은 50%, 90%, 100%의 색차 변화를 기본으로 하였고, 이 때 black양 생성방법은 GCR1으로 하였다. 또한 색역 사상방법은 최소의 디테일을 손실하지 않고, 컬러 재현에 chroma를 강조하는 방식을 적용하였다.

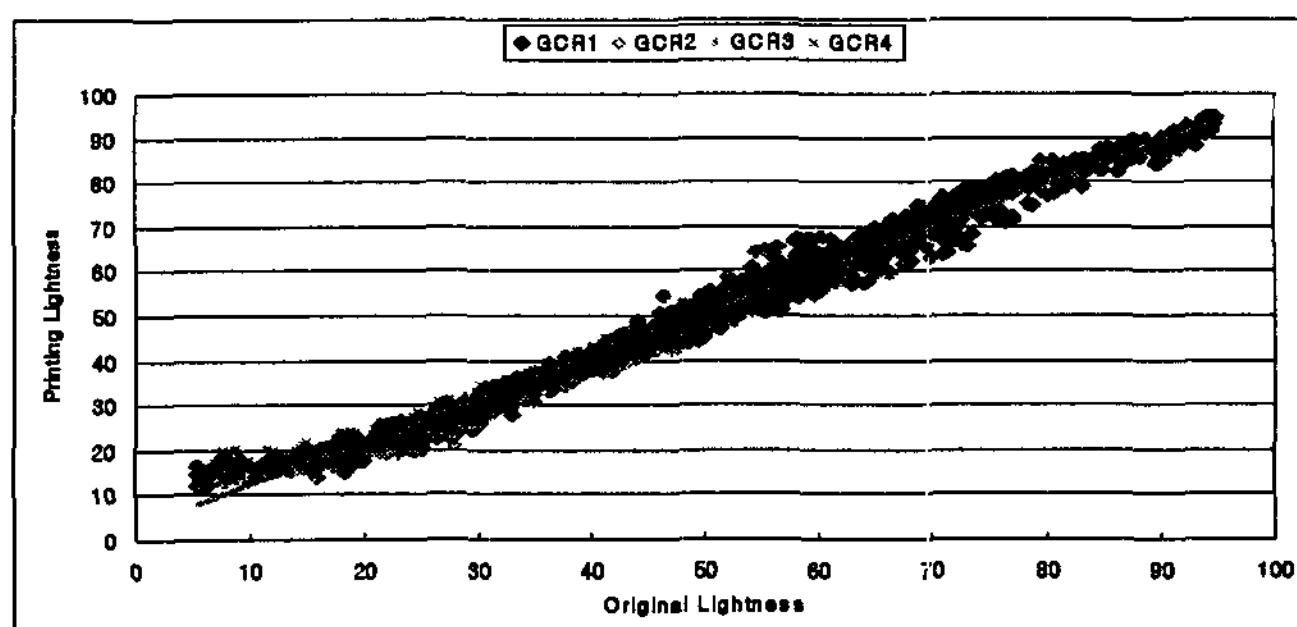
Black량을 고려하지 않은 색변환에서는 입력 원고와의 전체 색차가 4.18이였다. 그러나 Table 2와 같이 black량을 고려한 GCR방법에서는 색차가 각각 3.81, 3.84, 3.80, 3.89로 색차가 감소됨을 알 수 있었다. 이것은 black량을 고려한 샘플링과 함께 보간 방법을 사용함으로써 black량을 고려하지 않은 색변환보다 상대적으로 정확도가 향상된 결과라 사료되며, 따라서 CIELAB에서 CMY로 색변환할 때 black량을 고려한 색변환이 더 정확함을 확인하였다.

Table 2. LAB to CMY Color Transformation Result using Black Generation Methods(GCR1, GCR2, GCR3, GCR4)

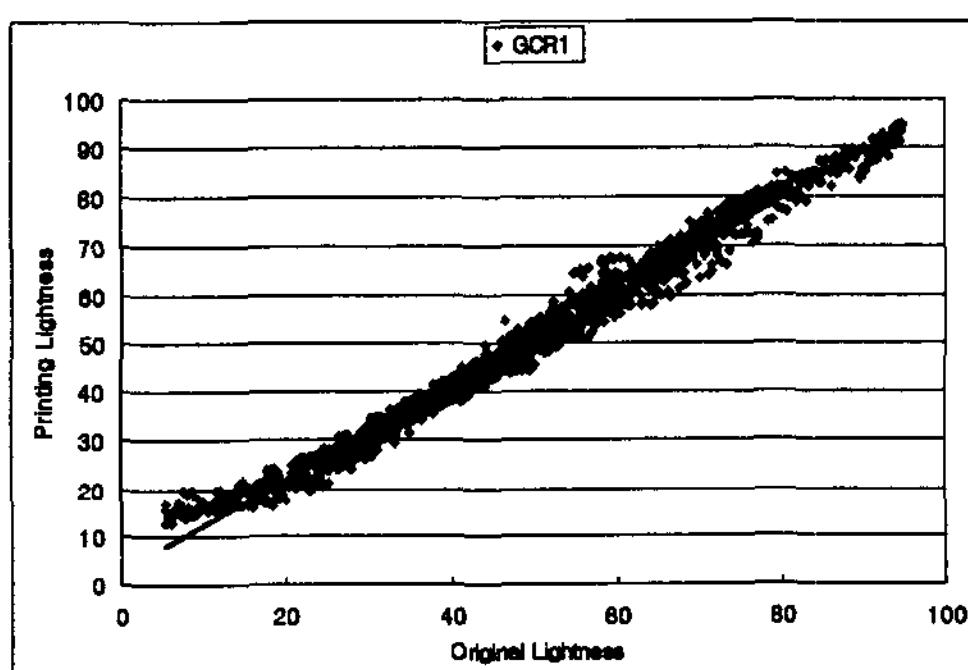
94E*ab	Average	Standard Deviation	Max	Min
LAB to CMY	GCR1	3.81	0.67	12.50
	GCR2	3.84	0.99	11.89
	GCR3	3.80	0.96	12.16
	GCR4	3.89	0.92	11.88

또한 GCR 적용방법에 따른 인쇄물의 결과와 원고 target과의 색재현 정도를 확인하기 위하여 LAB값을 이용하여 lightness, chroma를 구한 결과 Fig. 5, 6과 같이 lightness인 경우는 GCR1, GCR2, GCR3, GCR4 모두 어두운 영역에서는 원고보다 lightness가 증가하는 경향을 나타내었지만, 밝은 영역에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 lightness가 60~80사이에서 가장 원고와 다른 차이를 나타냄으로서 이 영역에 존재하는 색이 다른 영역보다 원고와에 다른 lightness 재현이 이루어짐을 확인하였다.

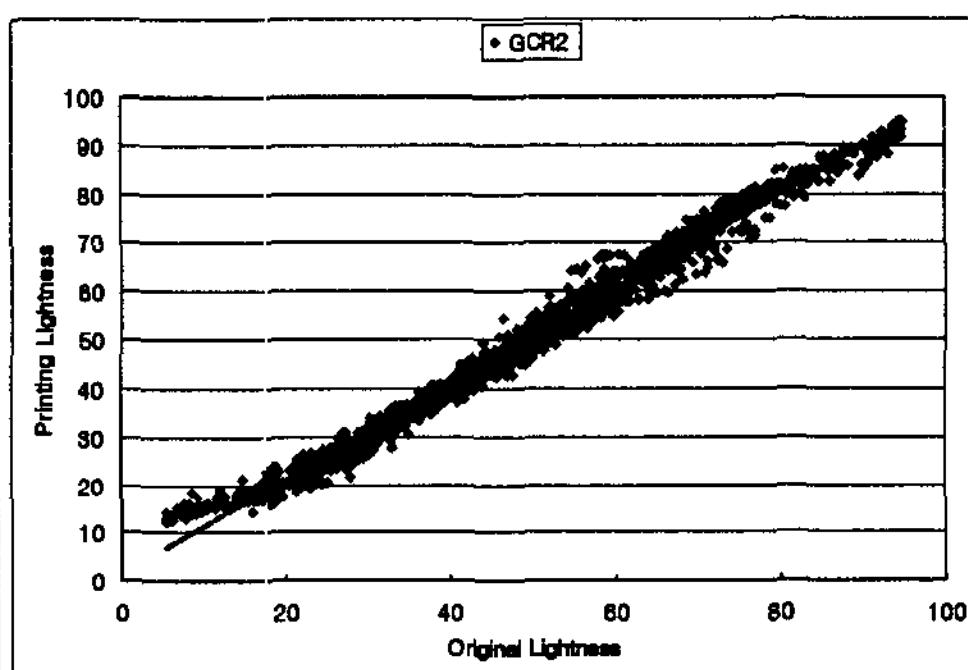
또한 chroma를 비교한 결과 chroma값이 전체적으로 GCR1, GCR2, GCR3, GCR4 모두 유사한 경향을 나타내었지만, 특히 20~40사이에 존재하는 컬러패치의 경우 원고와 차이가 가중되어 상대적으로 폭이 넓게 나타났다. 이것은 LAB에서 CMY로 색변환할 때 생긴 보간 오차와 인쇄기의 재현정도 및 black량의 결정에서 발생하는 결과라 사료된다.



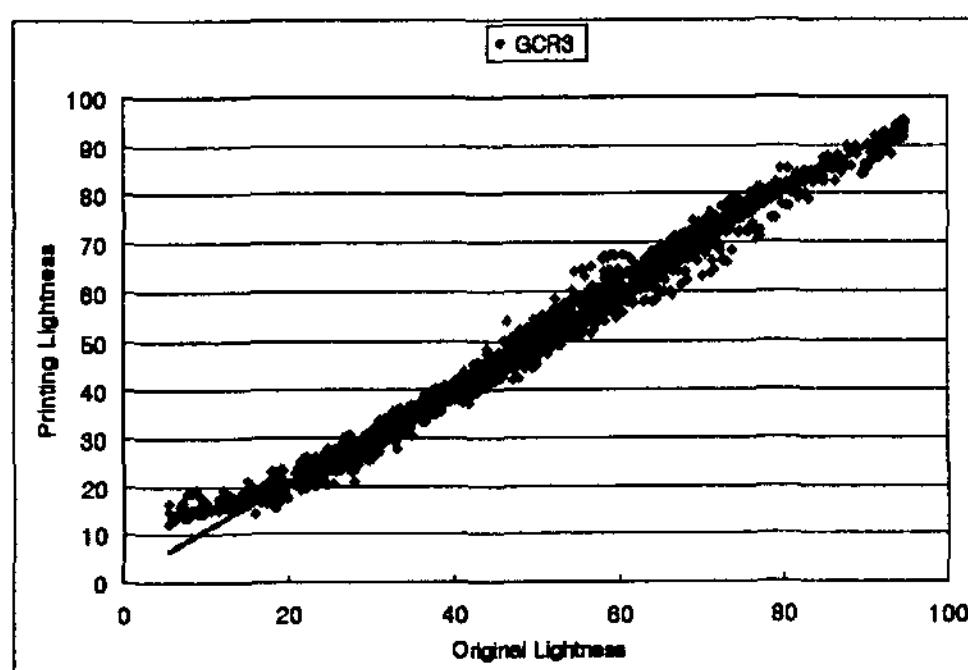
(a) Original and GCR1, GCR2, GCR3, GCR4



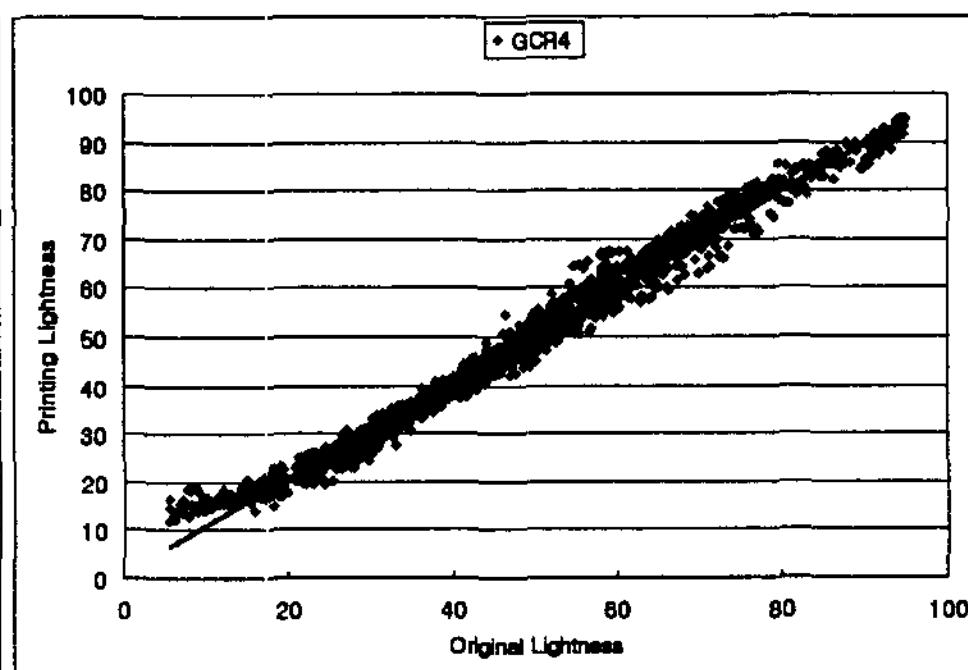
(b) Original and GCR1



(c) Original and GCR2



(d) Original and GCR3



(e) Original and GCR4

Fig. 5. Lightness comparison after LAB to CMY color transformation using black generation.

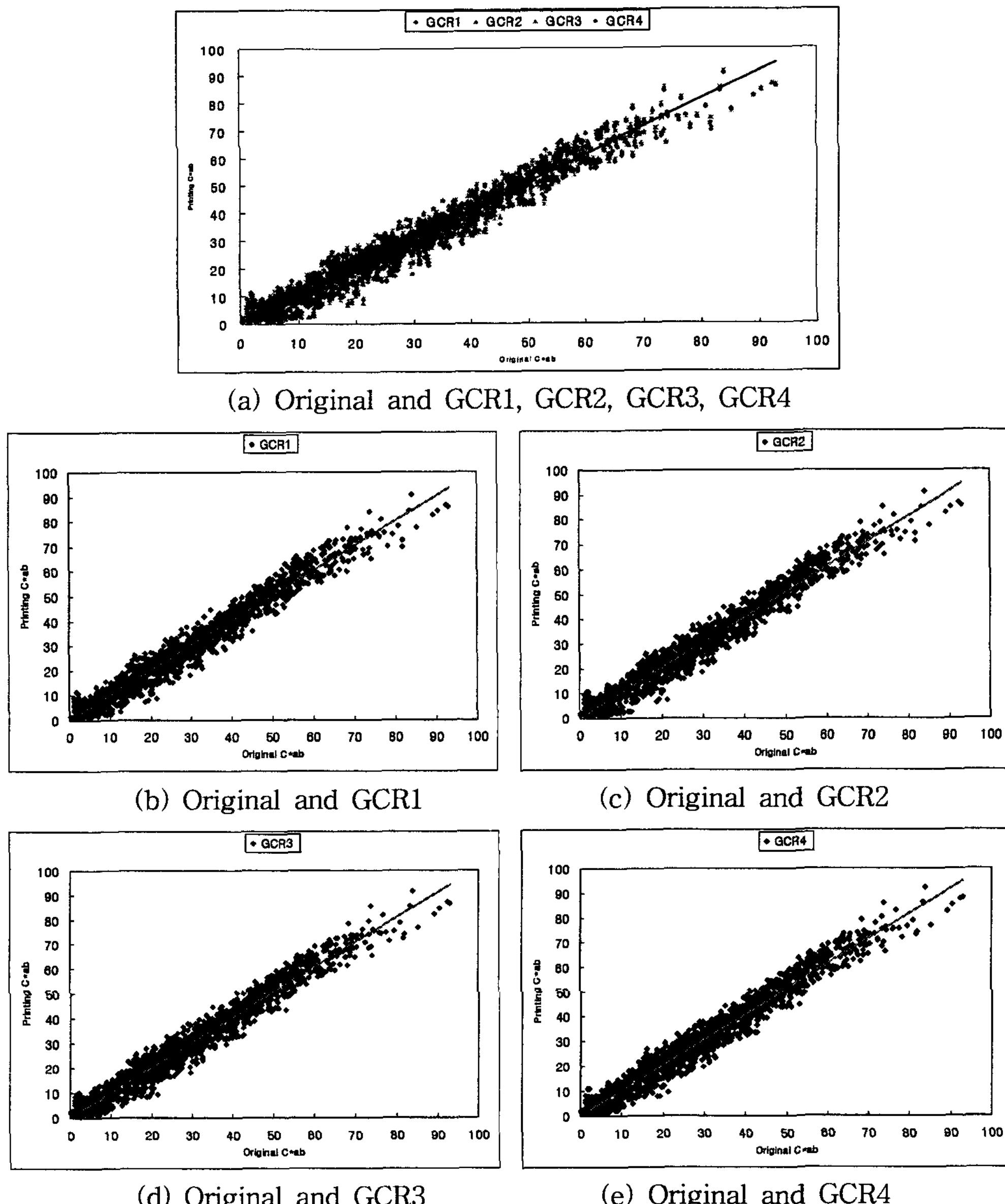


Fig. 6. Chroma comparison after LAB to CMY color transformation using black generation.

Fig. 7과 같이 CRT 곡선을 통해 평균 색차뿐만 아니라 각 패치들의 색차 빈도수를 확인한 결과 50%, 90%, 100%의 평균 색차가 relative인 경우 3.43, 6.66, 12.59이였고, perceptual인 경우는 5.02, 8.05, 14.49이였으며, saturation인 경우는 4.79, 7.76, 13.57, absolute인 경우 4.26, 7.17, 12.8이였다. 따라서 색재현을 고려한 색역 압축방법에서

relative가 가장 적은 평균 색차를 나타내었다. 이것은 relative인 경우 색역 안의 색상은 정확하게 재현할 수 있고, 색역 밖의 색상은 재현할 수 있는 색상의 가장 가까운 점에 맞춰지기 때문에 전체 색상에 대하여 외관 색상은 유지하면서 색역 안으로 압축하는 perceptual보다 더 양호한 결과를 가져온 것이라 사료된다.

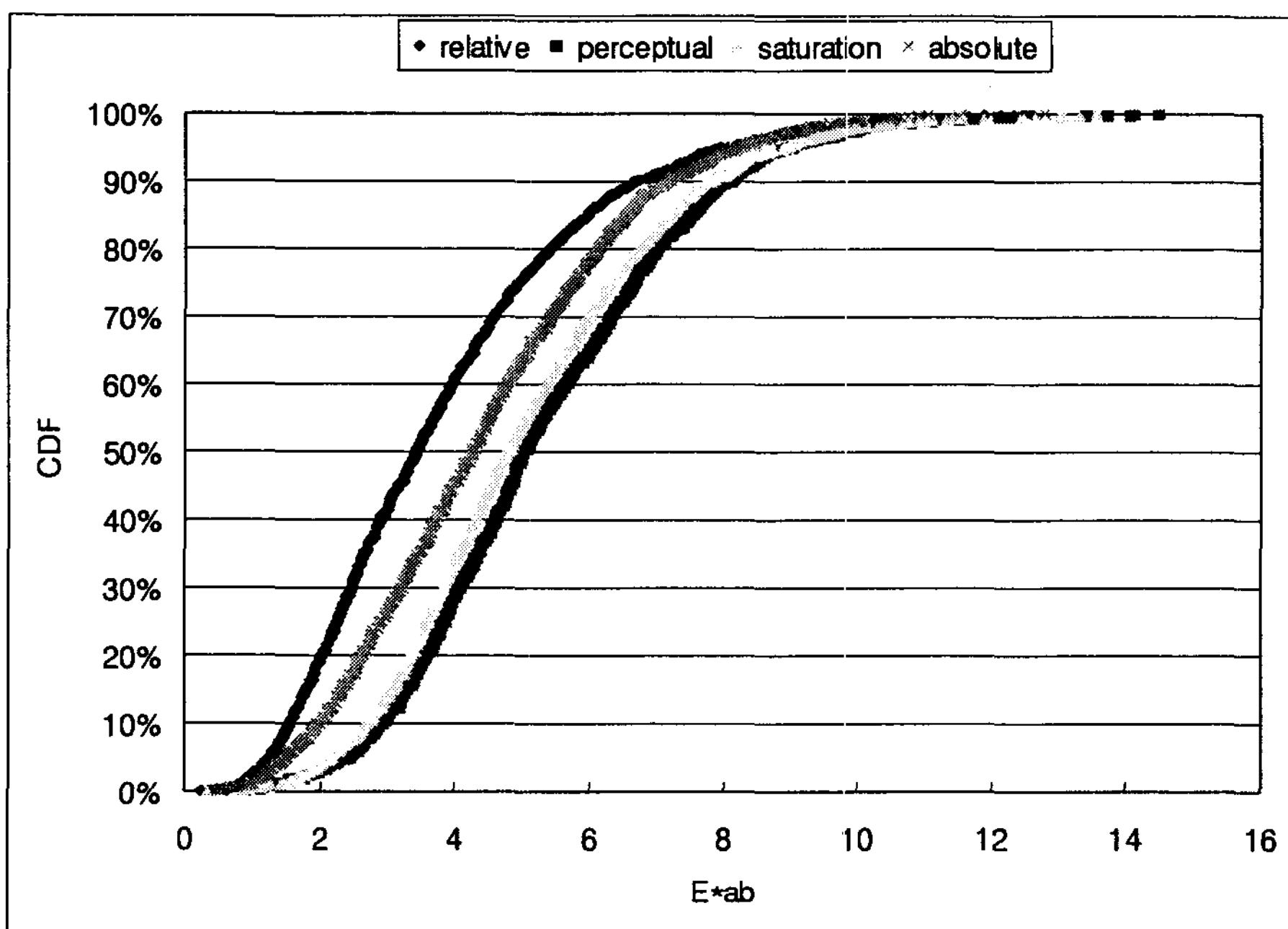


Fig. 7. Comparison of CRF curves for rendering intent.

4. 결 론

디지털 인쇄물의 최적화에 가장 큰 변수인 컬러 재현을 올바르게 처리하기 위하여 입력 장치에서부터 출력 장치까지 색변환 방법을 적용한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

디지털 인쇄의 컬러 재현에서 모니터의 경우 입력 장치의 다중회귀분석으로 변환한 XYZ 삼자극치를 역변환 매트릭스를 곱하고, 역 GOG 모델을 적용하여 모니터 RGB값으로 색변환 후 원고와의 색차를 구한 결과 대부분의 패치가 5이하의 색차를 나타내었다.

또한 인쇄기인 경우 입력 장치에서 전송된 XYZ 삼자극치를 LAB값으로 변환하였고, 변환된 LAB값을 LUT과 4면체 보간으로 CMY를 계산할 때 black량을 고려한 색변환이 더 정확하였다. 또한 원고와의 색차를 최소화하기 위해 적용한 색역 사상에서는 relative rendering intent가 가장 양호한 결과를 나타내었다.

참 고 문 헌

- 1) H. R. Kang, "Color Scanner Calibration", *J. Imag. Sci. Tech*, pp. 162 ~ 170 (1992).
- 2) P. C. Hung, "Colorimetric Calibration for Scanners and Media", *Proc. SPIE 1448* pp. 164 ~ 174 (1991).
- 3) V. Cheung, S. Westland, and M. Thomson, "Accurate Estimation of the Nonlinearity of Input/Output Response for Color Cameras", *Color Research and Application*, Vol. 29, No. 6 (2004).
- 4) J. D. Clippeler, "Device Independent Color Reproduction", *Proc. TAGA*, pp. 98 ~ 106 (1993).
- 5) R. S. Berns, R. J. Motta, and M. E. Gorzynski, "CRT Colorimetry. Part I : Theory and Practice", *color Res. Appl.* 18, pp. 299 ~ 314 (1993).
- 6) R. S. Berns, "Methods for characterizing CRT Displays", *Displays*, Vol. 16, No. 4, ISSN 0141~9382, pp. 173 ~ 182 (1996).
- 7) Y. S. Kwak, L. W. MacDonald, "Characterization of a Desktop LCD Projector", *Displays*, 21, pp. 179 ~ 194 (2000).
- 8) P. C. Hung, Colorimetric Calibration in Electronic Imaging Devices using a Look-up Table Model and Interpolation, *J. Electronic Imaging*, 2(1), pp. 53 ~ 61 (1993).
- 9) A. U. Agar and J. P. Allebach, "A Minimax Method for Sequential Linear Interpolation of Nonlinear Color Transformations", 4th, CIC, pp. 1~5 (1996).
- 10) T. J. Cholewo, "Conversion between CMYK spaces preserving black separation", Lexington, KY, USA, Lexmark International, inc.
- 11) J. Morovic, & M. R. Luo, "Gamut Mapping Algorithms Based on Psychophysical Experiment", Proc. IS&T/SID Color Imaging Conf., 5, pp. 44~49 (1997).
- 12) J. Morovic, "To Develop a Universal Gamut Mapping Algorithm", Ph. D. Thesis, Univ. of Derby (1998).
- 13) T. Hoshino, & R. S. Berns, "Color Gamut Mapping Techniques for Color Hard Copy Images", SPIE 1909 , pp. 152~164 (1993).
- 14) K. M. Braun, "Development and Evaluation of Six Gamut Mapping Algorithms for Pictorial Images", 7th CIC, pp. 144~148 (1999).
- 15) K. M. Braun, "Gamut-Mapping Techniques for Business Graphics", 7th, CIC, pp. 149~154 (1999).

- 16) E. D. Montag and M. D Fairchild, "Gamut Mapping : Evaluation of Chroma Clipping Techniques for Three Destination Gamuts", *6th CIC*, pp. 57~61 (1998).
- 17) M. Shimizu, S. Semba, S. Suzuki, "Gamut Mapping Algorithms Suitable for Implementation to Device Profiles", *6th CIC*, pp. 169~172 (1998).
- 18) R. W. G. Hunt, "Measuring Color", 3rd Edition, Fountain Press (1998).
- 19) International Color Consortium, "ICC Profile Format Specification", Version 3.4, August (1997).
- 20) R. Y. Chung, Y. Komori, "ICC based CMS & Its color matching performance", *Proc. TAGA*, (1998).