

전자출판에서 입·출력 장치의 컬러 관리에 관한 연구 (II)

조가람[†], 구철희

[†]부경대학교 공과대학 화상정보공학부

(2007년 4월 9일 접수, 2007년 5월 11일 최종 수정본 접수)

A Study on Color Management of Input and Output Device in Electronic Publishing (II)

Ga-Ram Cho[†], Chul-Whoi Koo

[†]Division of Image & Information, College of Engineering, Pukyong National University,

(Received 9 April 2007, in final from 11 May 2007)

Abstract

The input and output device requires precise color representation and CMS (Color Management System) because of the increasing number of ways to apply the digital image into electronic publishing. However, there are slight differences in the device dependent color signal among the input and output devices. Also, because of the non-linear conversion of the input signal value to the output signal value, there are color differences between the original copy and the output copy. It seems necessary for device-dependent color information values to change into device-independent color information values. When creating an original copy through electronic publishing, there should be color management with the input and output devices.

From the devices' three phases of calibration, characterization and color conversion, the device-dependent color should undergo a color transformation into a device-independent color.

In this paper, an experiment was done where the input device used the linear multiple regression and the sRGB color space to perform a color transformation. The

output device used the GOG, GOGO and sRGB for the color transformation.

After undergoing a color transformation in the input and output devices, the best results were created when the original target underwent a color transformation by the scanner and digital camera input device by the linear multiple regression, and the LCD output device underwent a color transformation by the GOG model.

1. 서 론

출력 장치에서 올바른 컬러 재현을 위하여 먼저 입력 장치의 정확한 이미지 캡처도 중요하지만 장치를 통하여 기록한 이미지가 장치 의존적 컬러 정보값을 장치에 영향을 받지 않는 장치 독립적인 컬러 재현으로 처리할 필요가 있다. 컬러 재현은 모든 이미지 입·출력 장치들이 항상 동일한 응답특성을 나타내도록 하는 초기화 단계인 캘리브레이션 단계가 우선이다. 이때 장치의 정확한 캘리브레이션이 이루어지고, 특히 입력 장치의 중요한 gray balance가 고유의 장치값과 측정된 휘도 또는 명도 간의 관계로 이루어진다.^{1,2)}

다음으로 장치의 컬러 재현특성을 알아내는 것이 특성화(characterization) 단계이다. 마지막으로 특성화 단계에서 구해진 데이터와 변환 매트릭스를 통하여 수학적 연산을 하면 장치 독립적인 색변환(color conversion)이 이루어진다. 이러한 세 가지 단계로서 입·출력 장치들의 컬러 매니지먼트 시스템(Color Management System : CMS)이 이루어진다.^{3,4)}

따라서 전자출판에서 원고제작은 입력 장치에서 출력 장치까지 일괄적으로 이루어져야만 올바른 컬러 재현이 된다. 먼저 입력 장치에서 다중회귀분석을 통하여 장치의존적 색공간인 R, G, B 신호값을 선형화하여 장치독립적인 색공간 CLEXYZ, LAB으로 색변환한 후 출력 장치인 모니터로 보낸다. 모니터에서는 다시 역변환하기 위하여 먼저 CIE 삼자극치를 역변환 매트릭스에 곱하여 선형 R, G, B 신호값으로 색변환한 후 다시 GOG, GOGO 모델을 적용하여 모니터 R, G, B 신호값으로 역변환시키는 방법을 제시하였고, 제안된 방법의 타당성을 검토하였다.

2. 실 험

2-1. 표준 target과 모니터 gray patch 제작

실험에 이용한 원고는 Fig. 1과 같이 입력 장치의 캘리브레이션용 FUJI color input target IT 8.7/2와 출력 장치의 특성 분석과 색변환에 필요한 매트릭스를 구하기 위하여 gray patch를 제작하였다. IT 8.7/2 target은 22개의 중성색 부분과 hue angle, 시각적으로

lightness와 chroma 영역을 균등하게 하여 제작한 144개의 영역, 84개인 C, M, Y, K, R, G, B 영역, 그리고 36개의 스킨 컬러 영역을 합쳐 총 286개의 패치로 구성되어 있다.

또한 linear target은 모니터에서 선형변환 계산에 활용할 3×3 매트릭스와 R, G, B 각 채널에서 장치의 입력값에 대한 응답특성을 분석하기 위하여 필요하다. 따라서 linear target은 R, G, B 각 채널당 0에서 255레벨 사이를 4레벨 단계씩 65개와 gray 0에서 255레벨까지 65개로 전체 260개의 patch로 제작하였다.

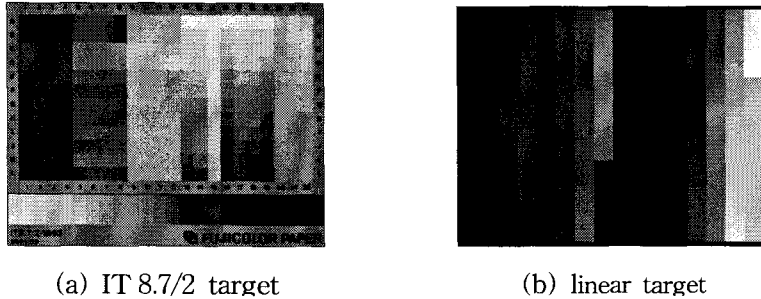


Fig. 1. Test target for use in experiment [(a) IT 8.7/2 target, (b) linear target].

2-2. 입력 장치에서 출력 장치로 색변환

전자출판에서 이미지 제작을 위하여 IT 8.7/2 target을 캘리브레이션⁵⁾이 이루어진 FUJIS사의 FineScan 2750 스캐너와 Finepix S2pro 디지털 카메라를 사용하여 300ppi의 해상도로 이미지를 입력하였다. 입력된 RGB 신호값을 다시 출력 장치인 CRT, LCD 모니터의 RGB 값으로 직접 색변환을 하였다. 이때 입력 장치에서는 다중회귀분석 방법으로 매트릭스를 구한 다음 선형적 XYZ로 색변환하였고, sRGB 변환방법은 입력 장치를 통하여 입력된 RGB 값을 gamma 2.2의 조건으로 선형화한 후 매트릭스를 이용하여 표준광원 D₆₅의 조건으로 XYZ를 계산함으로써 입력 장치에서 출력 장치까지 컬러 관리를 실행하였다.

먼저 입력 장치에서 식 (1), (2)와 같이 scanner, camera의 RGB 신호값을 다중회귀분석 방법을 이용하여 3×20 매트릭스를 계산한 후, 계산된 매트릭스를 RGB에 곱하여 XYZ로 색변환하였다. 또한 sRGB 변환에서는 식 (3)과 같이 3×3 매트릭스를 이용하여 CIEXYZ 값을 구하였다.

$$\begin{bmatrix} 0.4201 & 0.0520 & 0.0680 & -0.0180 & -0.0011 & -0.0011 & 0.0034 & 0.00064 & 0.00004 & 0.00054 & -0.000004 & 0.000005 & -0.000005 & 0.000003 & -0.000003 & 0.000007 & 0.000007 & -0.000001 & -0.000003 & -0.000002 \\ -0.4471 & -0.0030 & 0.1864 & -0.0510 & 0.0001 & 0.0003 & 0.0008 & -0.0008 & 0.0007 & -0.000004 & 0.000003 & -0.000004 & 0.000003 & -0.000010 & 0.000008 & 0.000007 & -0.000003 & 0.000003 & 0.000003 & -0.000003 \\ -0.5262 & -0.0180 & 0.0125 & 0.0036 & -0.0007 & -0.0005 & 0.0004 & 0.0005 & 0.0004 & 0.0002 & -0.000002 & 0.000001 & -0.000003 & 0.000003 & -0.000002 & 0.000004 & 0.000004 & -0.000004 & -0.000003 & -0.000003 \end{bmatrix} \times \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} -0.4289 & 0.0520 & 0.0098 & -0.0180 & -0.0081 & -0.0001 & 0.0004 & 0.0006 & 0.0004 & 0.0005 & -0.00004 & 0.00005 & -0.00005 & 0.00003 & -0.00002 & 0.00007 & 0.00007 & -0.00001 & -0.00003 & -0.00005 \\ -0.4471 & -0.0030 & 0.1907 & -0.0516 & -0.0010 & 0.0001 & 0.0002 & 0.0000 & -0.0000 & 0.0007 & -0.00004 & 0.00002 & -0.00004 & 0.00003 & -0.00002 & 0.00004 & 0.00004 & 0.00001 & -0.00003 & -0.00005 \\ -0.5207 & -0.0731 & 0.0124 & 0.0591 & -0.0007 & -0.0005 & 0.00004 & 0.0000 & 0.0004 & 0.0002 & -0.00002 & 0.00001 & -0.00003 & 0.00003 & -0.00002 & 0.00004 & 0.00004 & -0.00004 & -0.00003 & -0.00001 \end{bmatrix} \times \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{pmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9525 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \quad (3)$$

위 식에서 계산된 XYZ를 디스플레이 장치인 CRT, LCD 모니터로 보낸 후 먼저 식 (4), (5)와 같이 3×3의 역변환 매트릭스를 곱하여 선형 RL, GL, BL로 변환시켰다. 변환된 RL, GL, BL을 식 (6), (7)과 같이 CRT의 GOG, GOGO 모델을 이용하여 비선형 RGB 값으로 역변환시켰다. 또한 sRGB도 식 (8)과 같이 XYZ에 단순한 역변환 3×3 매트릭스를 곱하여 RGB 값을 구하였다. LCD 모니터에서도 동일한 방법으로 RGB 값을 구하였다.^{6)~9)}

$$\begin{bmatrix} RL_{CRT} \\ GL_{CRT} \\ BL_{CRT} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 33.4700 & 28.2300 & 14.5200 \\ 17.3400 & 56.0100 & 6.8300 \\ 1.9100 & 9.5600 & 75.6100 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} RL_{LCD} \\ GL_{LCD} \\ BL_{LCD} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 52.2929 & 39.9281 & 20.4735 \\ 27.0928 & 81.5756 & 9.9307 \\ 1.6734 & 15.4852 & 111.6084 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} R_{CRT} &= \left(\frac{255}{0.9836}\right) \left[\left(\frac{RL}{255}\right)^{1/2.2547} - 0.0185 \right] \\ G_{CRT} &= \left(\frac{255}{0.9953}\right) \left[\left(\frac{GL}{255}\right)^{1/2.1983} - 0.0041 \right] \\ B_{CRT} &= \left(\frac{255}{0.9996}\right) \left[\left(\frac{BL}{255}\right)^{1/2.1844} - 0.00003 \right] \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} R_{CRT} &= \left(\frac{255}{1.0125}\right) \left[\left(\frac{RL}{255}\right)^{1/2.2189} + 0.0119 \right] - 0.0012 \\ G_{CRT} &= \left(\frac{255}{1.0211}\right) \left[\left(\frac{GL}{255}\right)^{1/2.1845} + 0.0208 \right] - 0.0019 \\ B_{CRT} &= \left(\frac{255}{1.0171}\right) \left[\left(\frac{BL}{255}\right)^{1/2.2197} + 0.0160 \right] - 0.0004 \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{pmatrix} R_{sRGB} \\ G_{sRGB} \\ B_{sRGB} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3.2410 & -1.5374 & -0.4986 \\ -0.9692 & 1.8760 & 0.0416 \\ 0.0556 & -0.2040 & 1.0570 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \quad (8)$$

Fig. 2는 원고를 입력 장치에서 출력 장치까지 색변환한 후 변환된 원고의 LAB 값을 세 부분으로 나누어 색차를 구하였다. 먼저 입력 장치에서 다중회귀분석과 sRGB 색변환 방법을 사용하여 구한 LAB와 원고를 측색하여 얻은 LAB와의 색차를 구한 것이 $\Delta E^*_{ab 1}$ 이다. 또한 입력 장치에서 구한 XYZ를 출력 장치인 모니터로 GOG, GOGO, sRGB 모델로 특성화하여 RGB로 역변환시킨 후, 측색기로 모니터에서 직접 측색한 LAB를 입력 장치에서 변환된 LAB와 색차를 구한 것이 $\Delta E^*_{ab 2}$ 이다. 마지막으로 본래의 원고에서 측색한 LAB와 모니터에서 디스플레이된 원고의 LAB의 색차를 구한 것이 $\Delta E^*_{ab 3}$ 이다. 본 연구에서 각각의 색차를 구하여 비교 평가하였다.

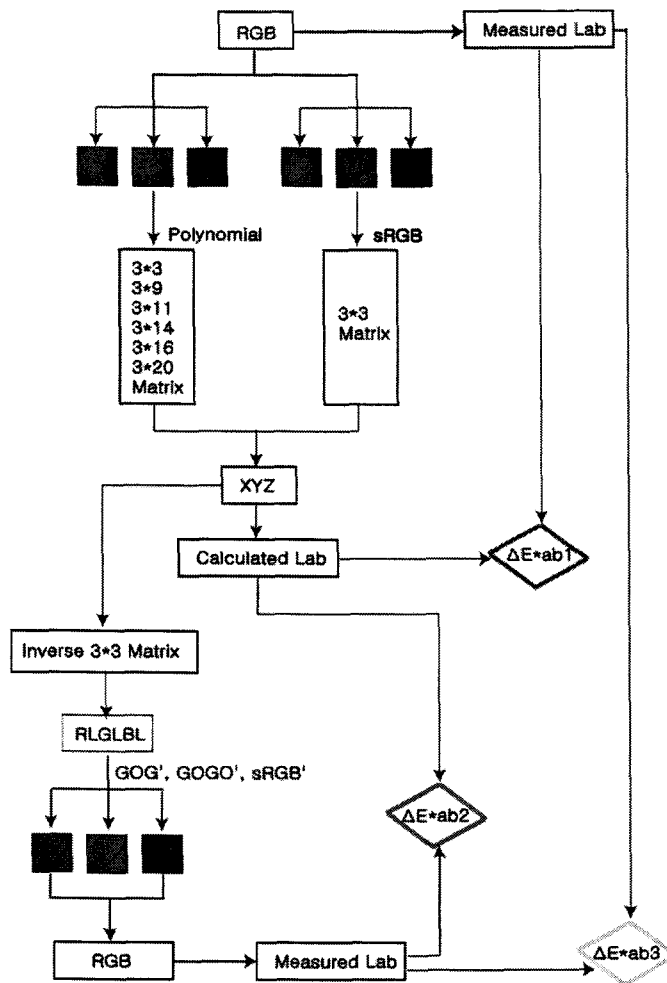


Fig. 2. The color difference and schematic diagram for color transformation from input device to output device.

3. 결과 및 고찰

3-1. 히스토그램과 CIELAB 색공간을 이용한 평가

입력 장치에서 입력된 R, G, B 신호값을 먼저 선형 다중회귀분석과 sRGB 색공간을 이용하여 선형적인 CIEXYZ, LAB로 색변환된 값을 출력 장치인 모니터에서 다시 역변환하여 모니터 R, G, B로 target을 디스플레이 하였다. 디스플레이 된 이미지의 색재현을 평가하기 위하여 모니터에서 직접 CIELAB를 측정하여 두 점간의 거리 차로써 ΔE^*_{ab} 를 계산하여 색차를 히스토그램에 나타내었고, 또한 색변환된 패치의 경향을 알기 위하여 CIELAB 색공간을 이용하여 평가한 결과를 Fig. 3 ~ 14에 각각 나타내었다.

Fig. 3과 같이 입력 장치가 스캐너, 출력 장치가 CRT일 경우 다중회귀분석 방법에서 구한 CIELAB 값을 이용하여 다시 CRT 모니터에서 GOG 모델로 역변환 후 측색한 CIELAB로 구한 색차에서는 5이상의 색차를 가진 패치가 증가함을 확인하였다. 또한 CIELAB 색공간에서는 원고와 비교하여 낮은 lightness 영역에 존재하는 패치가 더욱 더 lightness가 감소하였다. 또한 lightness가 40이하인 패치에서는 green이 보다 더 증가되었고, lightness가 60 ~ 80 사이의 패치는 yellow 요소가 더 증가되는 경향을 보였다.

Fig. 4와 같이 GOGO 모델에서도 유사한 경향을 나타내었지만, gray patch가 낮은 lightness이면 더욱 더 lightness가 감소하였고, 60 ~ 80의 lightness에 놓인 패치는 lightness가 증가함으로써 이미지가 밝아짐을 확인하였다. 따라서 색차의 주 부분은 lightness가 40이하와 60 ~ 80에 위치한 이미지에서 나타남을 알 수 있었다.

Fig. 5와 같이 출력 장치가 LCD 모니터인 경우는 lightness가 20이하인 어두운 영역에서 lightness가 감소하는 경향을 보였다. 그러나 LCD의 GOG 모델에서는 CRT에서 보다 더 향상된 결과를 나타내었다. 이것은 입력 장치에서 동일한 색변환 값이 출력 장치에서 비선형 R, G, B 신호값으로 바뀌었을 때 가색 혼합성이 우수하므로 수식을 통한 변환에서 오차가 작아 색재현이 CRT 보다 향상된 것이라 사료된다.

GOGO 모델에서는 Fig. 6와 같이 lightness 40이하에 존재한 컬러 패치의 색오차가 많아 색재현의 정확성을 감소시켰다. 또한 lightness가 30이하인 영역의 그레이 색에서 lightness가 낮아짐을 확인하였다. 이것은 모니터의 고유 특성과 측색기의 측색적인 오차의 영향에서 일부 발생한 색차라 사료되며, 이러한 문제의 해결점을 찾는 것이 또한 필요하다고 사료된다.

sRGB 색공간을 이용한 색변환 결과를 Fig. 7, 8에 나타내었다. Fig. 7, Fig. 8과 같이 원고와 최종 이미지간의 비교에서는 sRGB 색공간의 표현력 부족에 따른 단순화로 전체 패치가 원색으로 색변환 되었기 때문에 히스토그램에서 나타난 것처럼 색차의 폭이 넓게 나타났다. 이것은 제한된 gamma 2.2조건과 간단한 3×3 매트릭스만을 활용하였기 때문이라 사료되며, 따라서 GOG, GOGO 모델보다 sRGB 색공간을 이용한 색변환이 색재현에서 정확성이 떨어짐을 확인하였다.

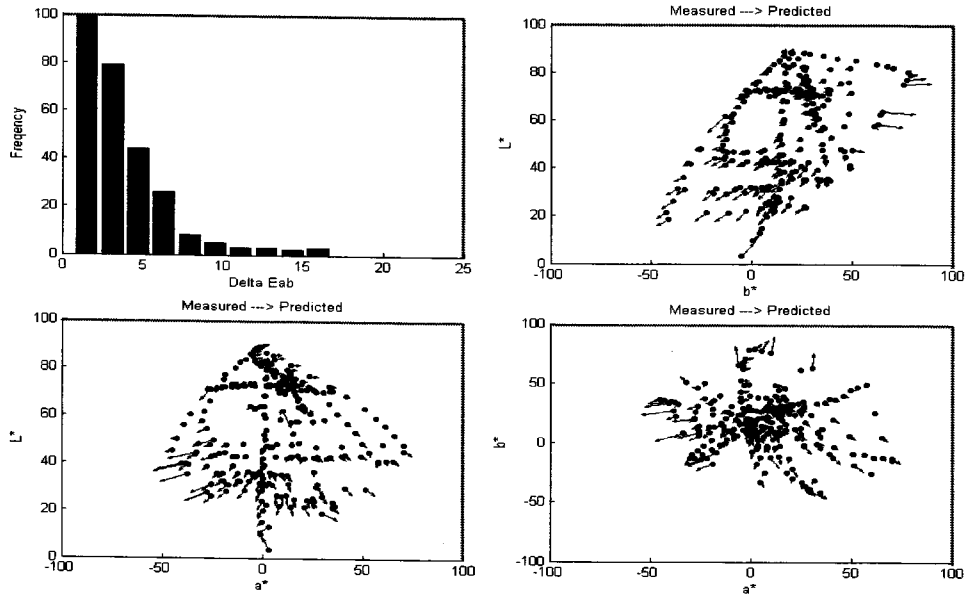


Fig. 3. Color transformation results by linear multiple regression (scanner) and GOG method (CRT monitor).

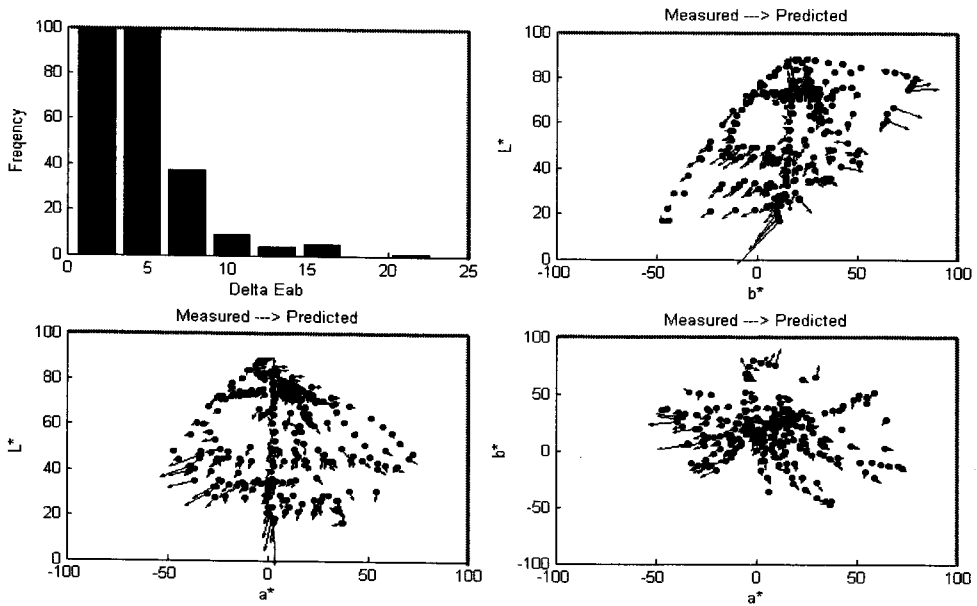


Fig. 4. Color transformation results by linear multiple regression (scanner) and GOGO method (CRT monitor).

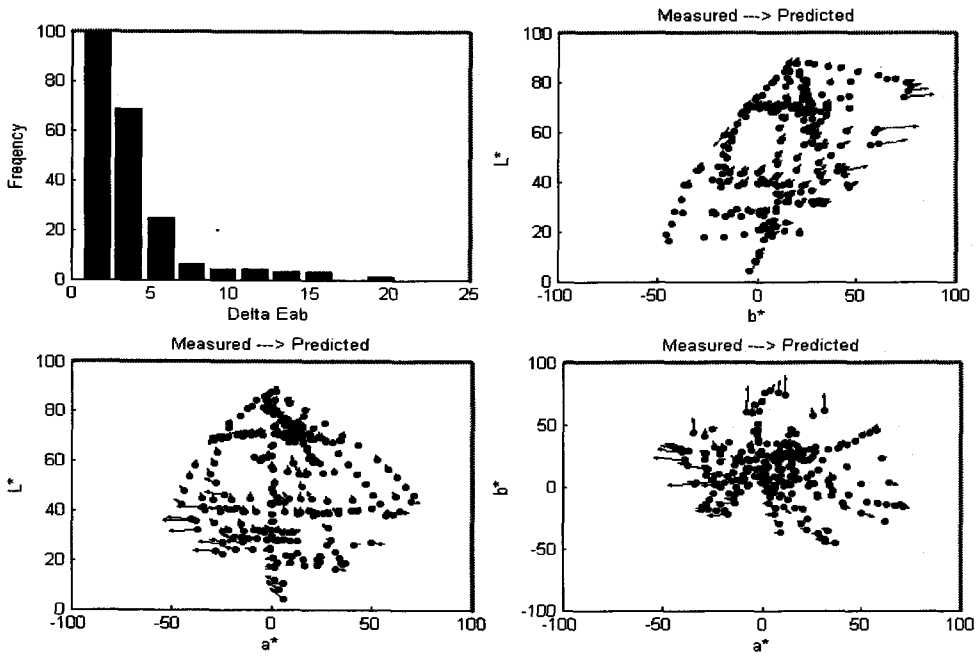


Fig. 5. Color transformation results by linear multiple regression (scanner) and GOG method (LCD monitor).

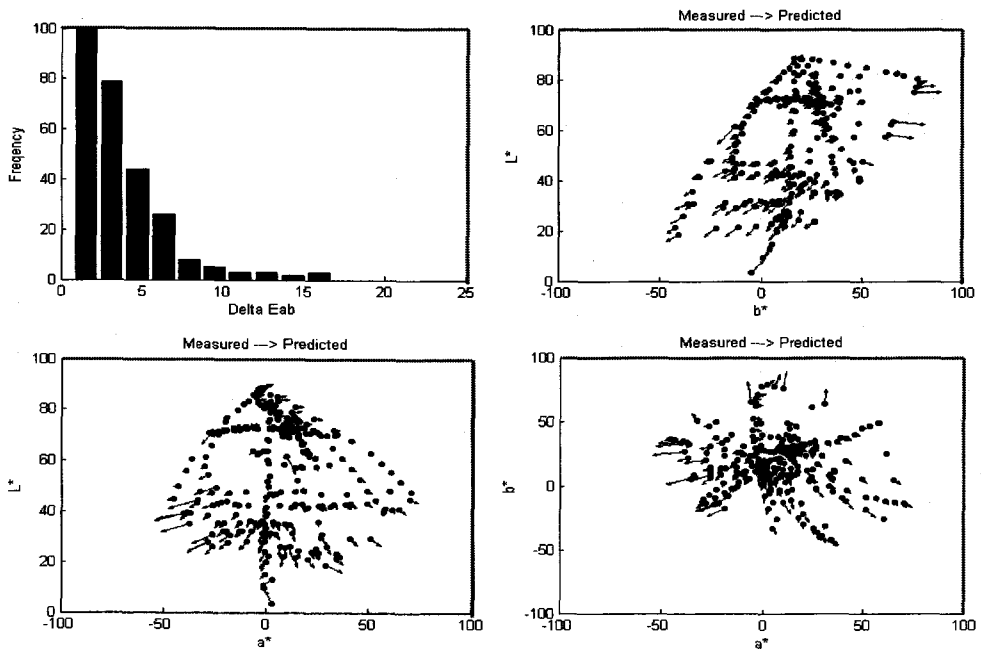


Fig. 6. Color transformation results by linear multiple regression (scanner) and GOG method (LCD monitor).

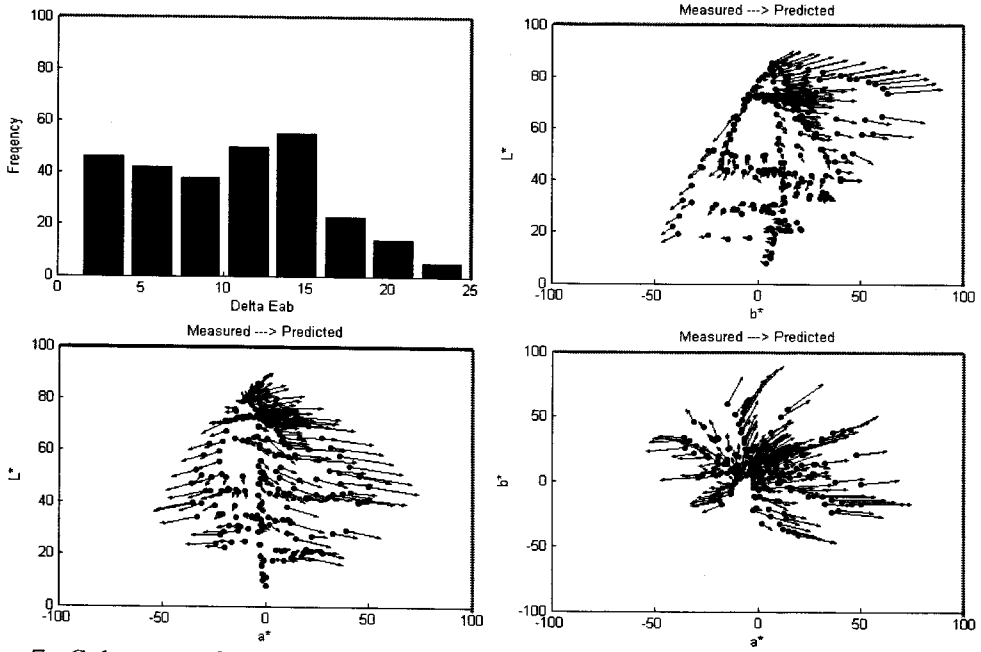


Fig. 7. Color transformation results by sRGB (scanner) and sRGB method (CRT monitor).

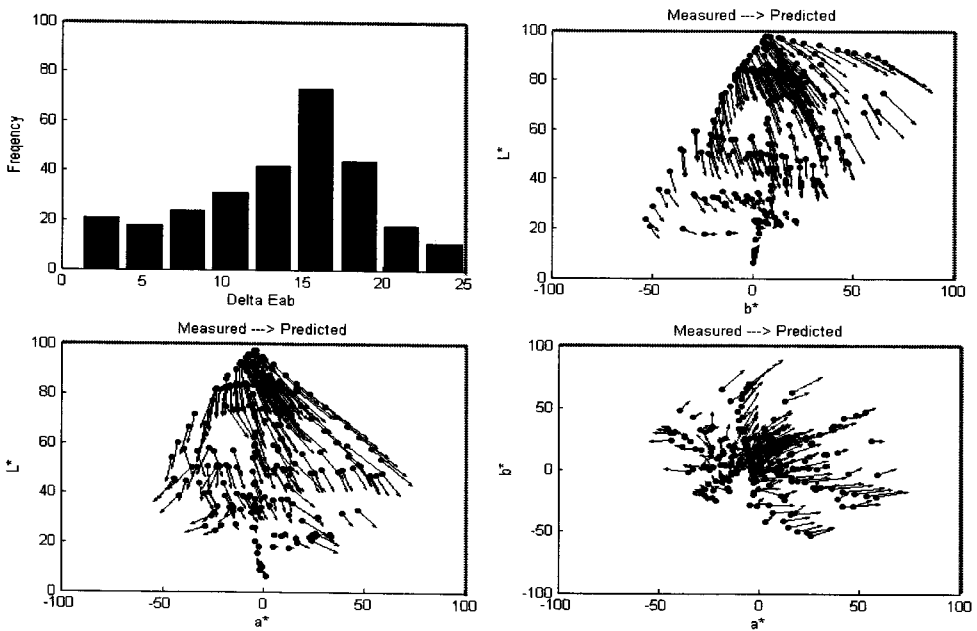


Fig. 8. Color transformation results by sRGB (scanner) and sRGB method (LCD monitor).

Fig. 9와 같이 입력 장치가 디지털 카메라이고, 출력 장치가 CRT인 경우 다중회귀분석 방법에서 색변환한 후 다시 CRT 모니터에서 GOG 모델로 역변환 후 측색한 CIELAB로 구한 색차에서는 6이상의 색차를 가진 패치가 증가함을 확인하였다. 또한 원고와 비교해서 3차색인 gray patch의 변화가 두드러졌다. Lightness가 40이하인 경우는 더욱 낮아졌고, 70 ~ 80 사이에서는 더 높아지는 경향을 나타내었다. 전체 색재현에서 스캐너보다 색차가 증가하였다.

Fig. 10과 같이 GOGO 모델에서도 유사한 경향을 나타내었지만, 특히 gray patch가 40이하인 lightness에서 더 많은 lightness 감소를 나타내었고, 전체적인 패치의 lightness는 증가 또는 감소의 혼합이 나타났다. 또한 a^* 축에서 -값으로 떨어진 패치는 더욱 더 green 색이 증가되는 경향을 나타내었고, b^* 축을 기준으로 하여 +값으로 떨어진 패치는 yellow 색이 증가되는 결과를 얻었다.

Fig. 11과 같이 출력 장치가 LCD 모니터인 경우는 입력 장치에서 변환된 값의 차이는 낮았지만, 출력 장치로 색변환된 결과에서 색재현의 오차가 증가함을 알 수 있었다. 또한 lightness가 20이하인 어두운 영역에서 lightness가 감소하는 경향을 보였고, LCD의 GOG 모델에서 CRT에서 보다 더 향상된 결과를 나타내었다. 이것은 CRT 모니터의 RGB 값의 혼색보다 LCD 모니터의 RGB 혼색이 더 우수하기 때문이라 사료된다.

Fig. 12와 같이 LCD의 GOGO 모델에서는 lightness가 40이하에 존재한 컬러 패치의 색재현에서 많은 오차를 발생시켰다. 또한 lightness가 50이하인 패치가 대부분 lightness 감소를 가져옴으로써 이미지가 어두워짐을 확인하였다. 따라서 GOGO 모델에서는 lightness 위치의 변화에 따른 패치의 색차가 가중되어 있음을 알 수 있었다.

sRGB 색공간을 이용한 색변환 결과를 Fig. 13, 14에 나타내었다. Fig. 13, Fig. 14와 같이 원고와 최종 이미지 비교에서는 어떤 특정한 규칙성 없이 큰 색차를 나타내었는데 이것은 sRGB 색공간의 표현력 부족에 따른 단순화로 전체 패치에 모든 색차를 가져온 것이라 사료된다. 따라서 sRGB 색공간을 이용한 색변환보다 GOG, GOGO 모델로 특성화하여 색변환 하는 것이 더 효율적이라 사료된다.

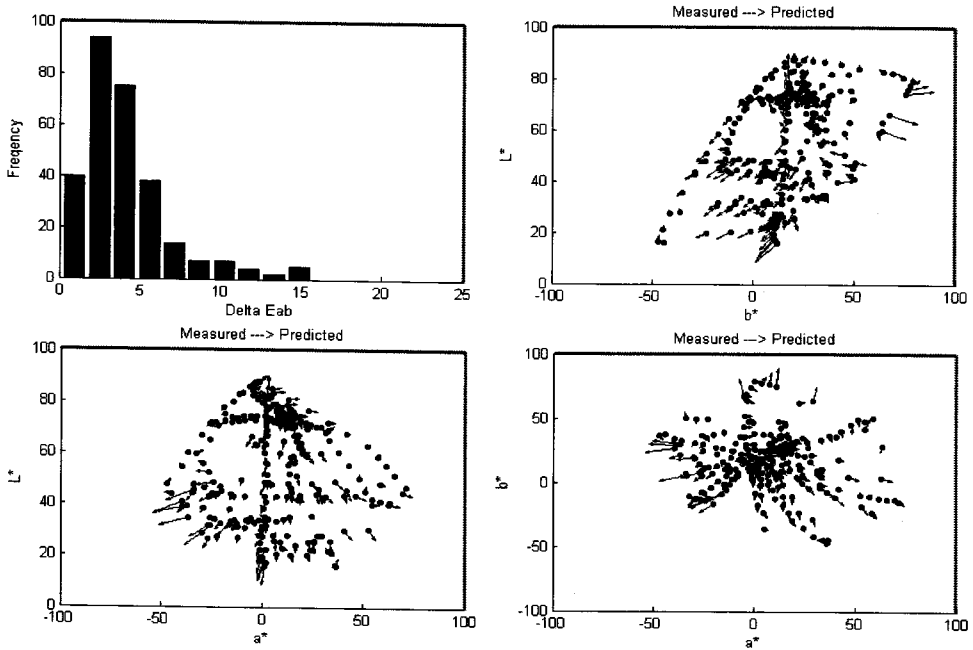


Fig. 9. Color transformation results by linear multiple regression (digital camera) and GOG method (CRT monitor).

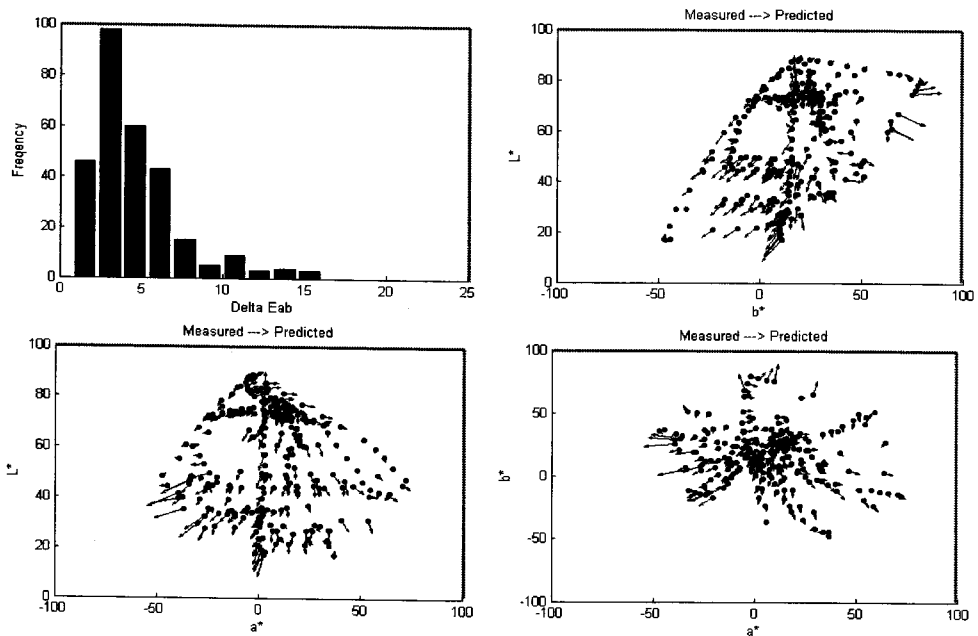


Fig. 10. Color transformation results by linear multiple regression (digital camera) and GOGO method (CRT monitor).

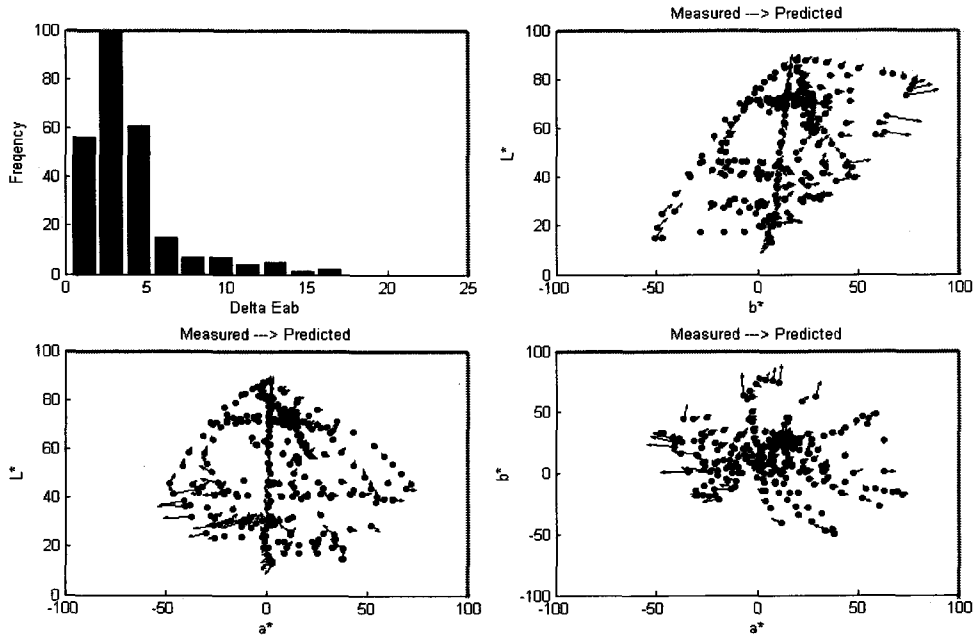


Fig. 11. Color transformation results by linear multiple regression (digital camera) and GOG method (LCD monitor).

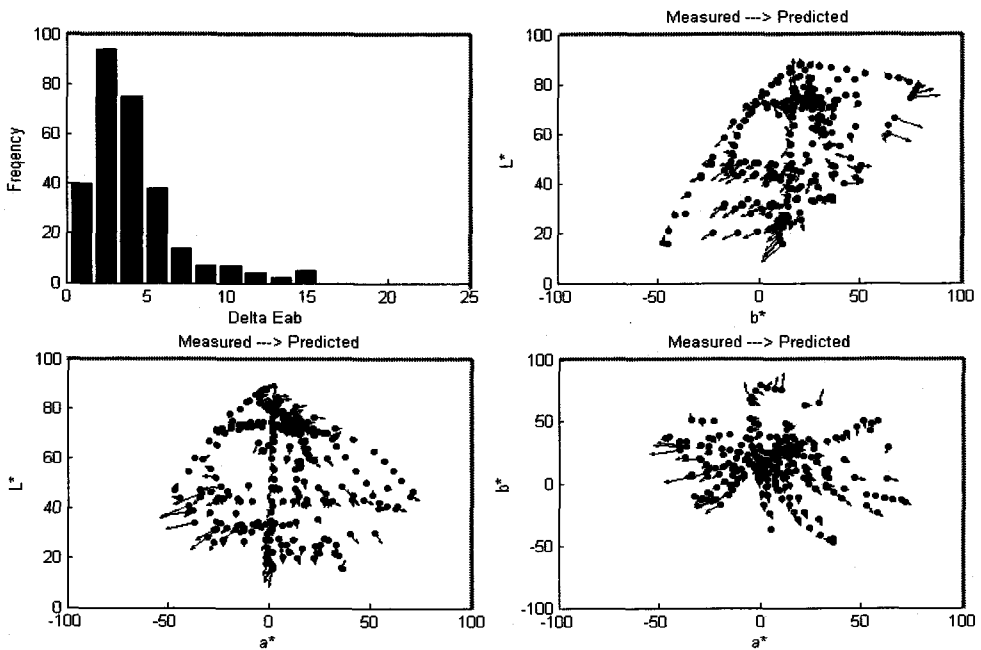


Fig. 12. Color transformation results by linear multiple regression (digital camera) and GOG method (LCD monitor).

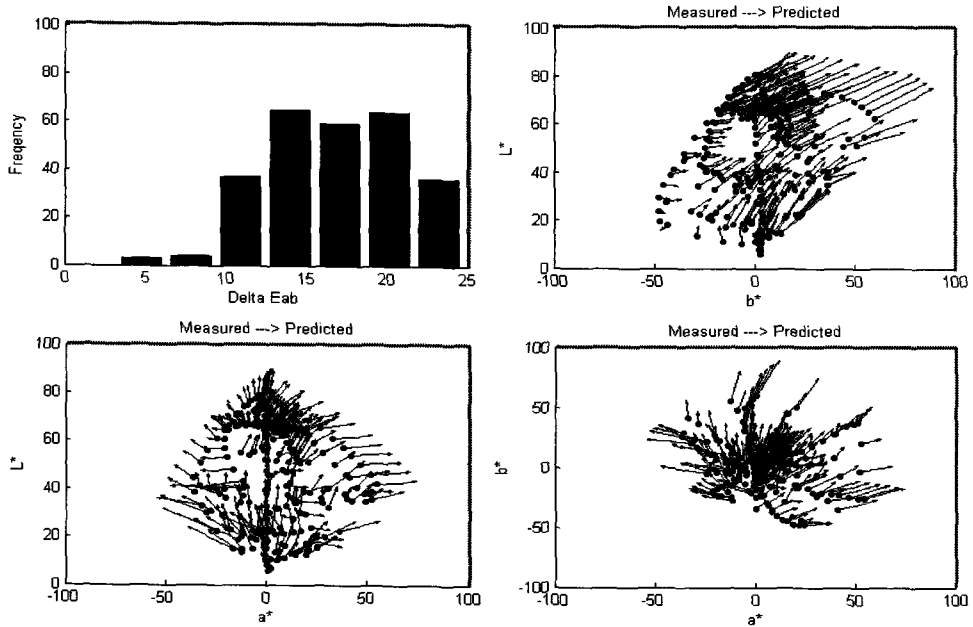


Fig. 13. Color transformation results by sRGB (digital camera) and sRGB method (CRT monitor).

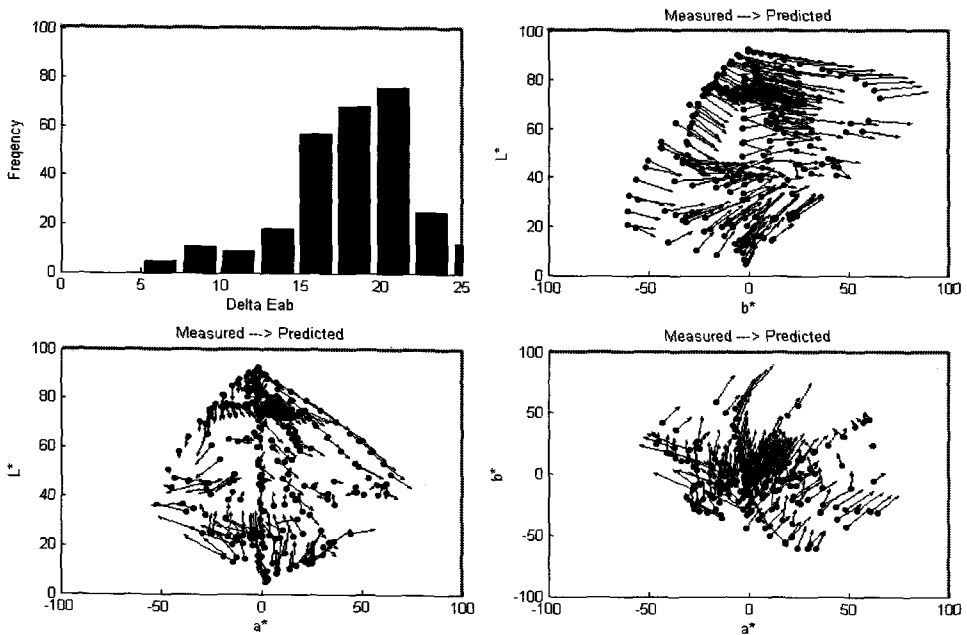


Fig. 14. Color transformation results by sRGB (digital camera) and sRGB method (LCD monitor).

3-2. 색차를 이용한 평가

입력 장치에서 출력 장치까지 색변환된 결과를 수치적으로 확인하기 위하여 Table 1 과 같이 색차를 계산하였다. 선형 다중회귀분석과 GOG, GOGO 모델을 이용하여 원고와 모니터에서 역색변환을 통하여 디스플레이된 이미지와의 최종 색차에서는 3.6929, 4.5502로 GOG 모델이 GOGO 모델보다 색재현이 우수함을 확인하였다. 또한 sRGB 색공간을 이용한 변환에서는 입력 장치에서 sRGB로 변환된 값이 모니터에서 최종 출력될 때 GOG, GOGO 모델이 sRGB에서 sRGB 모델로 역변환 시킨 결과보다 우수한 것을 확인하였다. 이것은 입력 장치에서 변환된 색변환 값이 모니터에서 특성화의 정확도가 sRGB 보다 더 높은 GOG, GOGO 모델로 변환되었기 때문이라 사료된다. 그러나 최종 결과물에서는 이미 입력 장치에서 색 손실이 일어난 상태이므로 전체 12이상의 높은 색차를 나타내었다. 출력 장치가 LCD인 모니터에서도 CRT와 유사한 경향을 나타내었지만, 전체 색차는 작게 나타났다. 선형 다중회귀분석과 GOG, GOGO 모델로 변환한 후 원고의 CIELAB와 최종 디스플레이된 CIELAB와의 색차를 구한 결과 3.3084, 3.6929가 얻어졌다. sRGB 색공간을 이용한 경우에는 CRT 모니터에서와 같이 최종 출력에서 GOG, GOGO 모델이 sRGB에서 sRGB 모델로 역변환 시킨 결과보다 향상된 결과를 확인하였다. 그러나 sRGB 색공간의 특성에 따라 원고와의 색차가 큰 12이상의 결과를 확인하였다.

Table 2와 같이 입력 장치에서 출력 장치까지 색변환된 결과를 수치적으로 계산하여 나타내었다. 원고와 모니터에서 역 색변환을 통하여 디스플레이된 이미지와의 최종 색차에서는 4.0849, 4.5502로 GOG 모델이 GOGO 모델보다 색재현이 양호함을 확인하였다. 입력 장치에서 sRGB로 변환된 색 값은 최종 출력과 원고를 비교했을 때 GOG, GOGO, sRGB 모델에서 각각 15.964, 15.5585, 17.5256의 결과를 얻었다. 입력 장치에서 출력 장치로 색변환될 때 sRGB에서 sRGB 모델로 역변환 시키는 것보다 GOG, GOGO 모델을 이용하는 것이 더 우수하다는 것을 확인하였다. 이것은 입력 장치에서 변환된 색변환 값이 모니터에서 특성화의 정확도가 sRGB보다 더 높은 GOG, GOGO 모델로 변환되었기 때문이라 사료된다. 그러나 최종 결과물에서는 이미 입력 장치에서 색 손실이 일어난 상태이므로 전체 15이상의 높은 색차를 나타내었다. 출력 장치가 LCD인 모니터에서도 CRT와 유사한 경향을 나타내었지만, 전체 색차가 선형 다중회귀분석 방법을 이용한 변환에서는 작았지만, sRGB 색공간을 이용한 방식에서는 증가하였다. 원고의 CIELAB와 최종 디스플레이된 CIELAB와의 색차에서는 3.8121, 4.0849가 얻어졌다. sRGB 색공간을 이용한 경우에는 CRT 모니터에서와 같이 최종 출력에서 GOG, GOGO 모델이 sRGB에서 sRGB 모델로 역변환 시킨 결과보다 향상된 결과를 확인하였다. 그러나 sRGB 색공간의 제한된 조건의 색변환에 따라 출력 장치의 모델 정확도가 배제된 18이상의 큰 색차를 확인할 수 있었다. 따라서 입력 장치에서 출력 장치까지 장치별 최적의 색변환 과정을 통하여 색관리가 이루어져야 전자출판 원고제작에서 원고 색의 정확성을 향상시킬 수 있을 것이라 사료된다.

Table 1. Color Difference Results for Characterization Methods from Input Device to Output Device

Device	Method	A to B	GOG	GOGO	sRGB
			ΔE^*_{ab}		
Scanner, CRT	Multiple Regression	Original CIELAB to Monitor CIELAB	Avg.= 3.6929 Std.= 2.6849 Max.=16.7137	Avg.= 4.5502 Std.= 2.8027 Max.=16.1147	
	sRGB	Original CIELAB to Monitor CIELAB	Avg.=12.019 Std.= 4.9743 Max.=27.5054	Avg.=12.0415 Std.= 4.6002 Max.=27.3993	Avg.=12.3592 Std.= 4.1269 Max.=19.5519
Scanner, LCD	Multiple Regression	Original CIELAB to Monitor CIELAB	Avg.= 3.3084 Std.= 2.7069 Max.=20.4908	Avg.= 3.6929 Std.= 2.6849 Max.=16.7137	
	sRGB	Original CIELAB to Monitor CIELAB	Avg.=12.1452 Std.= 5.3748 Max.=30.4235	Avg.=12.8958 Std.= 5.8921 Max.=32.7774	Avg.=13.7161 Std.= 5.6397 Max.=27.8093

Table 2. Color Difference Results for Characterization Methods from Input Device to Output Device

Device	Method	A to B	GOG	GOGO	sRGB
			ΔE^*_{ab}		
Camera, CRT	Multiple Regression	Original CIELAB to Monitor CIELAB	Avg.= 4.0849 Std.= 2.7929 Max.=15.6537	Avg.= 4.5502 Std.= 2.8027 Max.=16.1147	
	sRGB	Original CIELAB to Monitor CIELAB	Avg.=15.964 Std.= 4.7110 Max.=29.7233	Avg.=15.5585 Std.= 4.7325 Max.=28.1573	Avg.=17.5256 Std.= 5.0796 Max.=34.0492
Camera, LCD	Multiple Regression	Original CIELAB to Monitor CIELAB	Avg.= 3.8121 Std.= 2.6854 Max.=17.2747	Avg.= 4.0849 Std.= 2.7929 Max.=15.6537	
	sRGB	Original CIELAB to Monitor CIELAB	Avg.=19.7151 Std.= 4.6105 Max.=33.5591	Avg.=19.6344 Std.= 4.5812 Max.=33.5828	Avg.=18.2509 Std.= 4.2556 Max.=29.1665

4. 결 론

전자 출판의 원고제작 시 입력 장치에서 출력 장치까지 색변환한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

입력 장치에서 선형 다중회귀분석 방법과 sRGB 색공간을 이용하여 색변환 후 다시 출력 장치에서 GOG, GOGO, sRGB로 역색변환할 때 IT 8.7/2 target 원고가 스캐너 입력 장치에서 선형 다중회귀분석으로 색변환한 후 LCD 출력 장치에서 GOG 모델로 색변환한 결과 색차가 4.0849로 GOGO 모델의 4.5502보다 우수하였다.

입력 장치가 디지털 카메라인 경우에는 다중회귀분석 방법을 이용하여 색변환 후 LCD 출력 장치에서 GOG 모델로 역색변환할 때 색차가 3.8121로 GOGO 모델의 4.0849보다 양호한 결과를 나타내었다.

또한 sRGB 색공간을 이용한 입력 장치에서 출력 장치로의 색변환에서는 모두 원고와 비교하여 15이상의 높은 색차를 나타내었다.

참 고 문 헌

- (1) J. D. Clippeler, "Device Independent Color Reproduction", *Proc. TAGA*, 98 ~ 106 (1993).
- (2) G. Sharma, "Digital Color Image Hand Book", CRC Press, chapter 5 (2003).
- (3) International Color Consortium, "ICC Profile Format Specification", Version 3.4, August (1997).
- (4) R. Y. Chung, Y. Komori, "ICC based CMS & Its color matching performance", *Proc. TAGA*, (1998).
- (5) H. R. Kang, "Color Scanner Calibration", *J. Imag. Sci. Tech*, 162 ~ 170
- (6) R. S. Berns, R. J. Motta, and M. E. Gorzynski, "CRT Colorimetry. Part I: Theory and Practice", *color Res. Appl.* **18**, 299 ~ 314 (1993).
- (7) R. S. Berns, "Methods for characterizing CRT Displays", *Displays*, **16(4)**, ISSN 0141 ~ 9382, 173 ~ 182 (1996).
- (8) Y. S. Kwak, L. W. MacDonald, "Characterization of a Desktop LCD Projector", *Displays*, **21**. 179 ~ 194 (2000).
- (9) K. Naoya, T. Deguchi, and R. S. Berns, "An Accurate Characterization of CRT Monitor(1) Verification of Past Studies and Classification of Gamma", *Optical Review*, **8(5)** (2001).