



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사학위논문

교정 인쇄 장치에서 디지털 이미지의
색변환 적용에 관한 연구



부경대학교대학원

인쇄공학과

김정은

공학석사학위논문

교정 인쇄 장치에서 디지털 이미지의
색변환 적용에 관한 연구

지도교수 구철희

이 논문을 석사학위논문으로 제출함.



2009년 8월

부경대학교대학원

인쇄공학과

김정은

김정은의 공학석사 학위논문을 인준함.

2009년 8월 26일



주 심 공학박사 윤 중 태 (인)

위 원 공학박사 조 가 람 (인)

위 원 공학박사 구 철 회 (인)

목 차

목 차	i
List of Figure	ii
List of Table	iii
Abstract	iv
제 1 장 서 론	1
제 2 장 관계이론	3
2-1. ICC Profile의 정의	3
2-2. 색공간의 정의	3
2-3. 색차	4
2-4. RIP(Raster Image Processor)의 정의	5
제 3 장 실 험	6
3-1. Sample Image	6
3-2. 실험 장비	7
3-3. 컬러 모드 장치 테스트	7
3-4. 변환 장치 모드의 색재현 테스트	9
제 4 장 결과 및 고찰	12
4-1. 교정 프린트기의 컬러 모드 장치 평가	12
4-2. 색공간에 따른 변환 장치 모드의 컬러 재현 평가	19
제 5 장 결 론	30
References	32

List of Figures

Fig. 1.	Sample Image.....	6
Fig. 2.	Chroma difference for cyan, magenta, yellow colors in printer.....	8
Fig. 3.	Color reproduction difference according to RGB, CMYK image choice in proof printer(RGB, CMYK drive).....	9
Fig. 4.	Color reproduction difference according to RGB, CMYK image choice in proof printer of conversed mode device(RGB to CMYK mode device).....	11
Fig. 5.	The chroma of CMY vs. dot gain for tested images in RGB mode (RGB drive).....	15
Fig. 6.	The chroma of CMY vs. dot gain for tested images in CMYK mode (CMYK drive).	16
Fig. 7.	The chroma of CMY vs. dot gain for tested image in conversion mode device (RIP : CMYK mode device).....	17
Fig. 8.	Comparison of color gamut volume according to RGB, CMYK mode device, conversed CMYK mode device.....	17
Fig. 9.	Comparison of color gamut volume according to linearization of conversed CMYK mode device.....	18
Fig. 10.	Valuation of device mode profile using ΔE^*_{ab} and CIELAB color space.....	21
Fig. 11.	Comparison of color gamut volume according to color space.....	22
Fig. 12.	Visual valuation of image according to color space(Adobe RGB and Proof CMYK).....	24
Fig. 13.	Visual valuation of image according to color space(sRGB and Proof CMYK).....	25
Fig. 14.	Comparison of CRF curves with Adobe RGB, sRGB, Proof CMYK.....	26
Fig. 15.	Valuation of proof CMYK using CIELAB color space.....	27
Fig. 16.	Valuation of Adobe RGB image using CIELAB color space.....	28
Fig. 17.	Valuation of sRGB image using CIELAB color space.....	29

List of Table

Table 1. Valuation of Device Mode Profile(Conversed CMYK Mode Device)..... 20



A Study on the Color Conversion Application of Digital Image in Proof Printer Device

Jeong-eun Kim

*Department of Graphic Arts Engineering, Graduate School,
Pukyong National University*

Abstract

Generally, if RGB image is sent to the printer when we print a digital photograph, the printer will convert RGB to CMYK by the inner built-in drive. Because the difference between color space of RGB and CMYK will cause that change and difference. The most common way to solve the problem is to convert colors by using ICC profile at RIP software or to adapt automatic color converting from the software of the original printer. So I intended to study show which way is most efficient to the digital output and which color mode device is the best based on the printer's own drive in this paper. I tried to observe and check the extended range of color space such as Adobe RGB as well as CMYK and sRGB. Then I made sure which is the suitable color space.

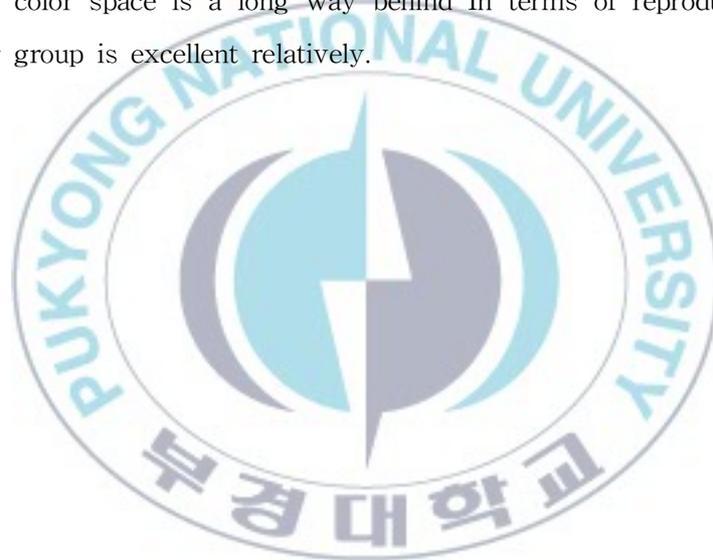
Besides, When we convert RGB mode into CMYK mode by utilizing RIP software and adapt the printer's ICC profile made by our selves, we evaluated the output we get and compared the result with extended RGB image.

The results are as follows.

In case of RGB mode, the printer requests RGB, and that makes the color space more efficient than CMYK's. Converted to CMYK by utilizing RIP software, the chroma is more linearized than the one produced with its'

own driver. Compared with sRGB mode's color gamut, Adobe RGB mode's color gamut and CMYK mode's color, CMYK mode's color gamut is the smallest among 3 of them. CMYK mode's color gamut by utilizing RIP software can be changeable. that can be small and narrow or wide and broad. In other words, the volume of color gamut depends on how CMYK is linearized. The color space of sRGB is more advantageous than the one of Adobe RGB in color-reproduction printed. But in the group $-b^*$, the chroma leaves behind in terms of reproduction, In the group of $-a^*$, the chroma is excellent relatively. Visual evaluation of the image, Adobe RGB image has not many reproduction colors.

Specially, according to printers' characteristics, blue color group of Adobe RGB and sRGB color space is a long way behind In terms of reproduction but yellow color group is excellent relatively.



제 1 장 서 론

인쇄에서 컬러를 관리한다는 것은 최종 인쇄물 컬러가 소비자가 요구하는 컬러와 얼마나 일치하여 재현 가능한지를 판단하고, 최적의 효과를 내도록 하는 것이다. 교정 인쇄는 소비자의 컬러에 대한 인식이나, 컬러 품질 향상에 대한 욕구가 높아짐에 따라서 소비자가 직접 교정 인쇄물로 하여금 최종 인쇄물의 결과를 미리 예측해 볼 수 있고, 최종 인쇄물의 중간 단계로써 수정의 여지도 가질 수 있는 중요 매개로 인식되어 활용되고 있다. 또한 인쇄 현장에서의 교정 인쇄는 원고와 최종 인쇄물이 교정 인쇄물로 하여금 최소의 색차를 얻기 위한 참조로 사용되고 있다.

교정 인쇄의 장점은 인쇄판을 사용하지 않고 본인쇄 조건으로 RIP(raster image processor)을 통해 교정 인쇄함으로써 제판 공정 없이도 손쉽게 컬러를 관찰, 수정할 수 있다는데 있다. 대부분의 인쇄 장비들이 디지털화로 인하여 많은 부분들이 자동화로 관리되고 있는 것처럼 과거의 교정 인쇄 시스템은 인쇄 방법의 축소화라 생각될 정도로 복잡한 절차들을 거쳤으나, 현재는 컬러 프린터나 프루프(proofer) 등의 장비와 컬러 재현 기술 능력의 발달로 손쉽게 교정 인쇄물을 출력할 수 있게 되었다.

교정 출력물에 있어서 색공간은 일반적으로 입력 장치의 sRGB를 표준으로 받아 출력 장치의 색공간인 CMYK로 변환시켜 사용하고 있다. 그러나 RAW 파일에 대한 인식이 확산되면서 이미지 데이터 손실이 줄어들었고, 그와 더불어 sRGB, CMYK 색공간 뿐만 아니라, 확장된 Adobe RGB 색공간으로 디지털 이미지를 제작하게 되었다.

기존의 프린터 기술은 CMYK 4가지 컬러 채널을 기본으로 하여, CMYK 디지털 컬러 이미지를 CMYK 프린터로 보내는 단순한 변환을 수행하였다. 하지만 최근에는 7가지 또는 8가지의 컬러 채널을 추가하여 더욱 더 정밀한 교정 출력물을 제작할 수 있게 되었다.¹⁾⁻³⁾ 그리고 프린터는 자신이 가진 드라이버 소프트웨어를 기반으로 사용할 때는 RGB 모드 장치로, RIP 소프트웨어를 사용할 때는 CMYK 래스터 데이터를 취급하는 CMYK 장치로써 구동될 수 있다. 그러나 RGB 원고 이미지를 어

떤 모드 장치로 출력하는 것이 더 나은 결과를 가져올 것인가 또는, 디지털 이미지 처리 프로그램에서 CMYK 래스터 데이터가 7색 또는 8색 채널을 가진 프린트에서 어떻게 분할되어야 하는가에 대해서는 고려되어야 할 것이다.¹⁾

일반적으로 디지털 사진 출력시에 RGB 이미지를 프린터로 보내면 프린트는 자체에 내장된 드라이버가 내부적으로 RGB에서 CMYK로 변환하여 출력으로 내보내어 최종 출력에 이른다. 이때 RGB와 CMYK의 서로 다른 컬러 재현 영역의 차이로 원고와 최종 출력물은 색차를 가져올 수도 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 가장 일반적인 방법은 RIP에서 ICC 프로파일을 사용하여 컬러 변환을 하거나, 본래의 프린터 드라이브 소프트웨어의 자동 컬러 변환 방법을 적용해 출력하는 방법이 있다.⁴⁾

따라서 이러한 특성들을 참조하여 본 논문에서는 디지털 원고 이미지를 교정 프린트기 자체 드라이버 소프트웨어를 기반으로 출력할 때, 어떤 컬러 모드 장치를 이용하는 것이 효율적인가를 연구하였다. 이 때, 디지털 이미지 원고를 CMYK, sRGB 뿐만 아니라 확장된 Adobe RGB까지, 이미지의 적용에 따른 컬러 재현의 차이를 관찰하고 그에 적합한 색공간을 확인하였다. 또한 RIP 소프트웨어를 활용하여 RGB 모드 장치를 CMYK 모드 장치로 변환하고, 교정 인쇄 프린트의 ICC 프로파일을 제작하여 적용했을 때와 확장된 RGB 이미지를 적용했을 때의 결과를 각각 비교, 평가하였다.

제 2 장 관계 이론

2-1. ICC Profile 정의

ICC(International Color Consortium) 프로파일은 각각의 디지털 장치에서 입력 및 출력 장치의 개별적 특성에 제한받지 않고 컬러의 일치된 컬러를 구현할 수 있도록 표현된 포맷을 규격화 한 데이터 파일이다.

ICC 프로파일을 만들기 위해서는 일반적으로 장치 독립적 색공간인 CIEXYZ와 CIELAB의 데이터 값들을 사용한다. 프로파일 제작시에는 여러 가지 색변환 방법들이 수행되는데 이 방법들은 현재 개발되어 상용 소프트웨어로 시판되고 있다. 대표적인 예로써 GretagMacbeth ProfileMaker, Monaco Profiler, Fujifilm Colourkit Profiler, ColorSynergy, Linocolor Scan Open ICC, Kodak Colorflow 등이 있다. 여기에서 사용하는 소프트웨어들도 어느 정도의 오차를 가지고 있으며, 인쇄에서 오차 범위를 ΔE^*_{ab} 가 4까지 허용하고 있다.

ICC 프로파일은 특정 장비의 컬러 정보와 장치 독립적인 컬러 정보간의 전환을 위해 컬러 관리에 필요한 정보를 포함한 파일이다. 이러한 파일은 RIP의 하드 디스크에 저장되고, 개별적인 프로파일은 컬러 정보간의 변환에 사용된다.⁵⁾⁻⁷⁾

2-2. 색공간의 정의

일반적으로 인쇄 적용되는 RGB 기반의 색공간은 sRGB와 Adobe RGB가 있다. sRGB는 1996년 11월, HP사가 대부분의 CRT 모니터들이 비슷한 컬러 특성을 보인다는데 착안하여 만든 표준 RGB 색공간이다. 대부분 모니터들의 형광 색도가 서로 비슷하고 CRT 감마값도 서로 비슷할 뿐만 아니라 모니터, 스캐너, 그리고 디지털 카메라들이 모두 RGB 색공간을 사용한다는 사실에 입각해 이들 장비의 평균값으로 표준 모니터의 색공간을 정의한 것이다. 이것은 대부분 장비의 색공간을 모두 포함하는 좁은 색공간이자 윈도우의 표준 색공간이다.

sRGB 색공간을 표준으로 정의함에 따라 RGB와 CIEXYZ 색공간 사이의 정확한 좌표 변환이 가능하게 되었으며, 그 결과 sRGB가 장비에 무관한 장치 독립적 색공간으로 통용될 수 있게 되었다. 포토샵 등의 이미지 편집 프로그램은 5.0 버전부터 sRGB를 기본 작업 공간(working space)으로 채택하고 있다.⁸⁾

오늘날 Kodak, Canoe, Nikon, Fuji, Sony사 등 디지털 카메라(DSC : Digital Still Camera)를 만드는 회사에서도 sRGB 색공간을 채택하고 디지털 카메라 초기값으로 사용하고 있다. 또한 sRGB 색공간을 사용하여 이미지 작업을 하게 되면 이미지에 프로파일을 포함시켜 전송해야 하는 부담 없이도 웹에서 동일한 컬러 재현 결과를 얻을 수 있다. 대부분의 모니터와 디지털 컬러 장비에 두루 사용할 수 있는 전형적인 색공간이지만 녹색과 시안(cyan) 등의 컬러에서 컬러 손실이 심한 편이다.

Adobe RGB는 sRGB가 인쇄시 녹색, 시안 쪽에 손실이 심한 문제를 극복하기 위하여, 인쇄시 손상이 심한 컬러(녹색과 시안)를 중심으로 보다 넓은 영역을 갖도록 다시 제작한 색공간으로 Adobe사에 의해 정의되었다. 1998년 12월 Adobe Photoshop 5.0.2 버전과 함께 처음 소개된 것으로, sRGB와 비교했을 때, 전형적인 인쇄 장비의 컬러 표현 영역과 더욱 유사하며, 일반적인 CMYK 색공간을 모두 포함할 정도의 표현 영역을 보인다. 특히 녹색과 시안 영역의 컬러 재현이나, 오렌지색의 하이라이트 영역의 컬러 재현의 경우에는 sRGB 색공간과 비교했을 때 월등히 좋은 결과를 보여준다.

오늘날 대부분의 소프트웨어에서 설정 가능한 옵션으로 Adobe RGB를 채택하고 있으며, 디지털 카메라 역시 이 색공간을 사용할 수 있도록 지원하고 있다. 만약 카메라 설정에서 Adobe RGB를 선택하는 설정이 없다면 RAW 파일로 촬영하여 변환 가능하다. 하지만 녹색 부근에서 채도가 필요 이상으로 높게 확장되어 인쇄 장비로는 표현이 불가능한 영역이 존재하게 된다는 문제가 있다.

2-3. 색 차

색차는 ΔE_{ab}^* 로 표시되며, ΔE_{ab}^* 는 CIELAB 색공간에서 두 점 사이의 유클

리드 거리로 구할 수 있다. CIELAB 색공간에서 2개의 측색치 $L^*_1 a^*_1 b^*_1$ 와 $L^*_2 a^*_2 b^*_2$ 간의 색차는 다음 식과 같다.

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

여기서 ΔL^* , Δa^* , Δb^* 을 구하기 위하여 L^* , a^* , b^* 는 다음 식으로 나타난다.

$$\left. \begin{aligned} L^* &= 116(Y/Y_N)^{1/3} - 16 \\ a^* &= 500[(X/X_N)^{1/3} - (Y/Y_N)^{1/3}] \\ b^* &= 200[(Y/Y_N)^{1/3} - (Z/Z_N)^{1/3}] \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

단. $X/X_n > 0.008856$, $Y/Y_n > 0.008856$, $Z/Z_n > 0.008856$ 일 때이다.

2-4. RIP(Raster Image Processor)의 정의

RIP은 소프트웨어 RIP이나 하드웨어 RIP 서버로 역할을 수행한다. RIP은 작업자의 어플리케이션(application)에서 전송되는 포스트스크립트(PostScript)와 PDF(portable document format) 파일을 해석하고, Adobe가 제공하는 CPSI(조정가능 포스트스크립트 해석기)를 통하여 고품질의 출력물을 제공하게 된다.

포스트스크립트 해석기로 페이지 조합(raster & vector data)으로 구성된 파일(문서, 그림, 하프톤 및 분판 정보를 포함)이 인쇄되는 방법을 프린터가 이해하는 형태로 해석한다.

RIP에서의 컬러 변환은 2단계로 일어나는데 첫 번째는 보색인 R, G, B를 감함으로써 C, M, Y원색을 재현하는 방법이다. 이론적으로는 C, M, Y의 동등한 양의 합으로 K를 재현할 수 있으나, 실제로 C, M, Y잉크는 완벽하게 혼합되지 않는다. 그래서 두 번째 단계로 K의 양을 계산한다. K량의 계산은 UCR(Under Color Remove), GCR(Gray Component Replacement)을 포함하는 매개 변수의 정확한 선택으로 출력 장치의 특성화에 의존되어 RIP에 적용된다.^{1), 4)}

제 3 장 실 험

3-1. Sample Image

실험에 사용된 이미지는 인쇄물의 객관적 평가를 위하여 표준 RGB chart인 TC9.18 RGB test chart와 RGB-Calibration image 그리고 ECI 2002V test target을 사용하였다.



Figure 1. Sample image

TC9.18 RGB test chart는 표준 RGB chart로 RGB 모드 장치의 컬러 관리를 위하여 사용하는 test chart이다. 또한 RGB-Calibration image도 Fuji사에서 제공하는 이미지로 RGB 컬러 관리를 위하여 제작된 이미지이다.

ECI 2002V target은 인쇄 장치의 특성화를 위한 ISO(International Standards Organization)와 ANSI(American National Standards Institute)에서 정한 표준 target으로 실험에 가장 널리 사용되고 있다. ECI 2002V target은 K0과 K20일 때 각각 C, M, Y의 망점 면적율이 1, 10, 20, 40, 70, 100단계의 조합으로 만든 $64(4^3)$ 색으로 합계 746색을 포함한다. 또한 기본 타깃 182개를 더하여 총 928색으로 구성된 IT8.7/3 target에서 부족한 C, M, Y단계 729(9^3)색을 늘려 제작한 전체 패치의 수가 1,485개인 target이다.

이 실험에서는 프린트기의 장치 모드 특성과 색공간에 따른 컬러 재현을 확인

하기 위하여 TC9.18 RGB test chart를 Photoshop CS3 프로그램에서 색공간을 각각 변환하여 사용하였고, 원고의 컬러 변환에 따른 시각적 차이를 확인하기 위하여 RGB 디지털 이미지를 활용하였다. 또한 프린트 출력물의 평가와 프로파일 제작에 ECI 2002V test target을 사용하였다.

3-2. 실험 장비

실험에 사용된 교정 프린트는 Agfajet Sherpa 43i(6 color)와 Epson 9800 (8 color), 용지는 잉크젯 전용 Premium Glossy Photo Paper(240g/m²)를 사용하였다. RIP Software는 APOGEE PDF RIP V2.0와 ORIS Color Tuner를 이용했다. 각각의 모드에서 단계별 C, M, Y 컬러를 확인하기 위하여 Spectrophotometer X-Rite Eye-One iO로 CIELAB 값을 측정하였다. 이 때 측정 장치 구동 소프트웨어는 ProfileMaker 5.0 Measure Tool을 사용하였다.

3-3. 컬러 모드 장치 테스트

기존의 프린트 기술은 CMYK의 4가지 컬러 채널을 기본으로 컬러 이미지를 CMYK 프린트로 보내는 단순한 변환을 수행하였다. 하지만 최근에는 더욱더 컬러 재현 범위를 확장시킬 수 있는 6가지 이상의 컬러 채널을 갖춘 프린터가 대중화됨으로써 교정 인쇄뿐만 아니라 전문 사진이나 디자인 출력물에 이르기까지 그 범위가 확대되고 있다. 특히 프린터기는 자체 드라이버 소프트웨어를 기반으로 사용할 때, 기존의 CMYK 모드 장치가 아닌 RGB 모드 장치로써 구동될 수 있다. 그러므로 디지털 이미지를 출력할 때 CMYK 색공간으로 변환하지 않고 RGB 색공간에서 출력할 수 있고, 기존의 CMYK 색공간을 기반으로 하는 프린터기보다 확장된 컬러 gamut이 가능하다.

따라서 본 연구에서 CMYK와 RGB 모드 장치, RIP 소프트웨어를 이용한 변환 모드 장치의 컬러 재현 특성과 RGB 색공간으로 재현된 컬러 이미지를 어떤

모드 장치로 출력하는 것이 효율적인가를 확인하기 위하여 Figure 2, 3과 같이 실험하였다. CMYK와 RGB 모드 장치의 원색 C, M, Y 채널별 컬러를 확인하기 위하여 Figure 2와 같이 RGB 모드에서 C, M, Y 각각 20단계로 만들어진 컬러 패치 60개를 2가지 장치 모드로 나누어 출력하였다. 이 때 조건은 윈도우 환경에서 프린트기 자체 드라이버 소프트웨어를 기반으로 하였다.

또한 교정 인쇄용 프린트로 CMYK 래스트 데이터를 취급하기 위하여 RIP 소프트웨어로 RGB 모드 장치를 CMYK 모드 장치로 변환하여서 이미지를 출력하였다. 출력된 이미지를 Spectrophotometer로 측색하여 CIELAB 값을 구한 후, Matlab 8.0을 구동하여 평가에서 각 채널별 chroma를 볼 수 있도록 CIELCH 값으로 변환시킨다.

Figure 3과 같이 RGB, CMYK 모드 장치의 프린트에서 디지털 컬러 이미지의 출력시 가장 효율적인 색공간을 확인하기 위하여 TC9.18 test chart를 RGB 색공간과 CMYK 색공간으로 제작된 이미지를 각각 출력하였다.

출력된 이미지를 측색하여 CIELAB 값으로 구한 후, 원고의 CIELAB 값과의 특성화를 찾아서 ICC 프로파일을 제작하였다.^{9), 10)} 각 프로파일들을 ProfileMaker 5.0 Profile Editor를 구동하여 각각의 컬러 gamut 볼륨을 나타내었다.



Figure 2. Chroma difference for cyan, magenta, yellow colors in printer.

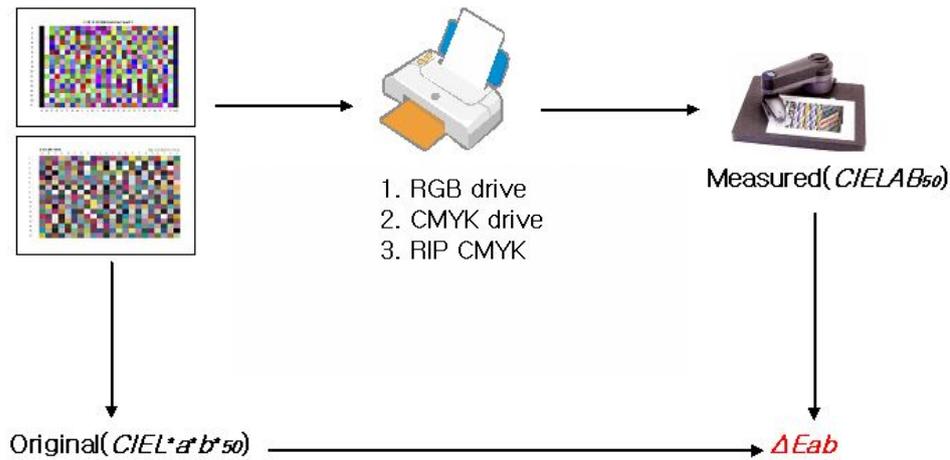


Figure 3. Color reproduction difference according to RGB, CMYK image choice in proof printer(RGB, CMYK drive).

3-4. 변환 장치 모드의 색재현 테스트

RIP 소프트웨어 사용은 RGB 장치 모드를 CMYK 장치 모드로 변환하여 CMYK 래스터 이미지 데이터(raster image data)를 활용하게 할 수 있을 뿐만 아니라 장치 사용의 제한과 조정으로 더욱더 프린트가 예측할 수 있는 컬러를 만들 수 있다.¹⁾ 그러나 대부분의 잉크젯 프린트는 비선형적 응답을 가지므로 장치에 맞는 선형화를 우선 잡아야 한다.

Figure 4와 같이 먼저 Linearization Pattern target을 이용하여 비선형 모델인 CIELAB 값으로 장치에 맞는 선형화 CMYK 값의 데이터를 찾고, 선형화 값에 따라 장치 캘리브레이션을 수행하여 프린트가 최적의 조건에서 일관성 있는 결과가 유지될 수 있도록 하였다. 또한 Figure 4와 같이 프린트의 선형화 후, ECI 2002V test target을 출력하였고, 출력물을 측색 장치로 측색하여 CIELAB

값을 얻었다. 이 측정 CIELAB 값과 원고 CIELAB 값의 특성화를 찾아 CMYK 장치 모드 ICC 프로파일을 제작하였다.

이 때 사용한 프로파일링 툴은 GretagMabeth의 ProfileMaker 5.0을 활용하였고, 프로파일링 조건은 선행 연구에서 그 결과가 가장 양호한 것으로 profile size가 large, perceptual rendering intent가 neutral gray, gamut mapping이 LOGO chroma plus, predefined가 inkjet 400, separation이 GCR3, black start 40, define black point를 neutralize로 설정하였다.

또한 색공간에 따른 변환 장치 모드의 컬러 재현 특성과 출력시 가장 효율적인 색공간을 확인하기 위하여 먼저 RIP 소프트웨어 설정시 입력 프로파일(input profile)인 프루프 프로파일(profile)에는 CMYK 장치 모드 프로파일을, 출력 프로파일(output profile)인 프린트 프로파일(print profile)에는 ISO Coated 프로파일을 적용¹¹⁾하여 CMYK ECI 2002V test target을 출력한 후, 측색 장치로 CIELAB 값을 구하였다. 여기서 구한 출력 타겟 CIELAB 값과 원고 타겟 CIELAB값의 색차를 구하여 실험에서 제작한 CMYK 장치 모드 ICC 프로파일의 컬러 재현 범위를 확인하였다.

또한 TC9.18 RGB test chart와 RGB-Calibration image를 Adobe Photoshop CS3 프로그램에서 다른 색공간 sRGB, Adob RGB의 프로파일을 각각 적용한 후, CMYK 장치 모드 프로파일로 변환시켜 출력하였다. 출력시 RIP 설정은 입력 프로파일과 출력 프로파일을 CMYK 장치 모드 ICC 프로파일로 동일하게 하였다.

원고 이미지에 대한 출력 이미지의 컬러 재현정도와 색공간 적용에 따른 컬러 재현 범위를 확인하기 위하여 측색 장치로 각각의 CIELAB 값을 구하였다. 또한 RGB-Calibration image의 시각적 평가를 Adobe Photoshop CS3 프로그램의 보기 메뉴의 프루프 셋업(setup)에서 CMYK 장치 모드 프로파일을 프로파일에 적용하고 프루프 컬러로 변환한 후, 컬러 gamut 경계를 확인하였다.¹²⁾

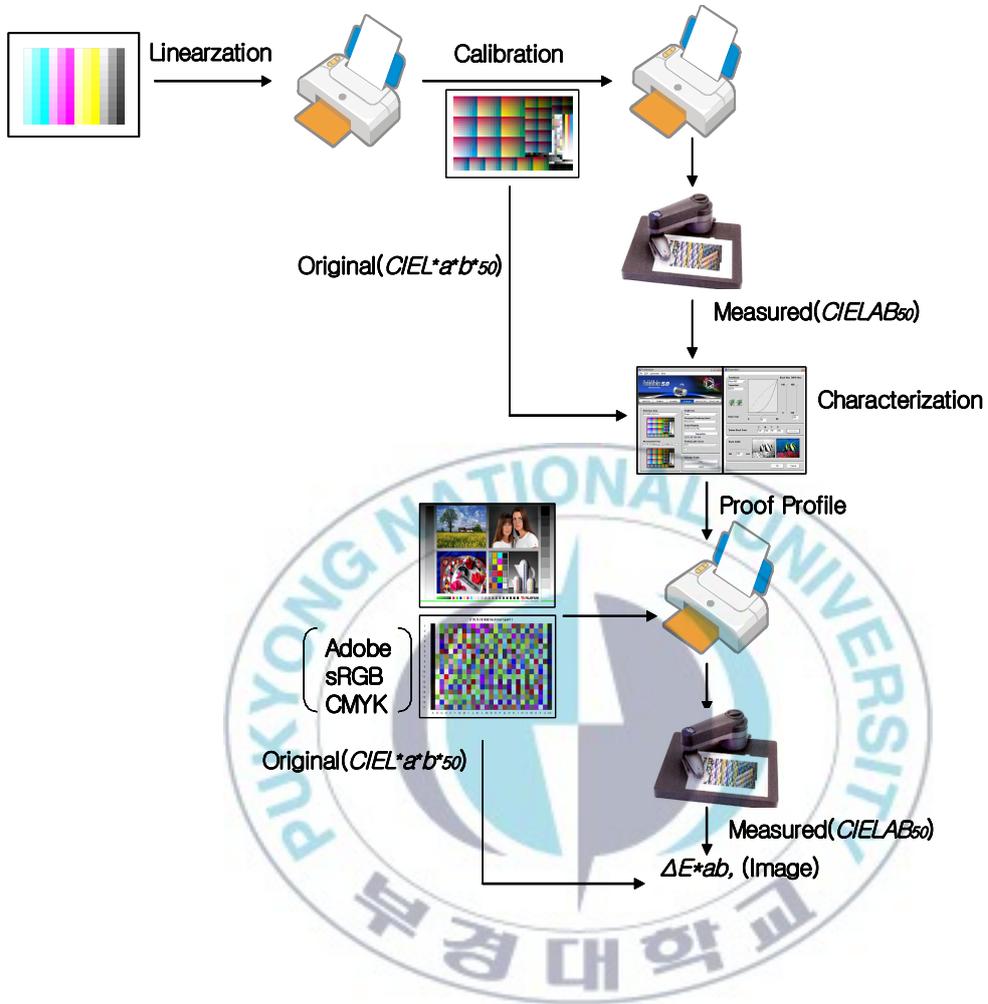


Figure 4. Color reproduction difference according to RGB, CMYK image choice in proof printer of converted mode device(RGB to CMYK device mode).

제 4 장 결과 및 고찰

4-1. 교정 프린트기의 컬러 모드 장치 평가

4-1-1. C, M, Y 채널별 특성

교정 프린트기에서 색공간이 서로 다른 RGB와 CMYK 모드 장치를 기반으로 하여 20단계의 계조로 구성된 RGB 모드의 컬러 패치를 동일한 조건에서 출력하였다. 출력물을 Spectrophotometer Eye-one으로 측색하여 CIELAB 값을 얻었다. 컬러 채널별 chroma를 구하기 위해 실험에서 얻어진 CIELAB 값을 Matlab 8.0 프로그램을 활용하여 CIELCH 값을 구한 후, 그 결과를 Figure 5, 6, 7에 각각 나타내었다.

프린트 자체 드라이브가 RGB 모드 장치를 기반으로 할 경우 Figure 5의 (a), (b)와 같이 RGB 색공간으로 출력된 망점 단계에 따른 원색 C, M, Y 채널의 chroma가 CMYK 색공간으로 출력된 결과보다 더 양호함을 알 수 있었다.

마젠타(magenta)나 노란색보다도 특히 시안색의 경우 CMYK 색공간으로 출력할 경우 chroma가 50 이상에서 단절되는 경향을 나타냄으로써 채널별로 비교했을 때 가장 컬러 재현성이 부족하였다.

RGB 모드 장치인 경우 프린트가 요구하는 데이터는 RGB이고, 이 데이터는 보이지 않는 내부의 작업 록업 테이블에 의해 RGB 데이터에 맞는 CMYK 컬러로 변환되기 때문이라 판단된다. 따라서 이 실험에서는 교정 프린트기가 RGB 모드 장치인 경우 디지털 이미지 출력에서 CMYK 색공간보다 RGB 색공간이 더 효율적인 것을 알 수 있었다.

프린트 자체 드라이브가 CMYK 모드 장치를 기반으로 할 경우 Figure 6(a), (b)와 같이 RGB, CMYK의 서로 다른 색공간을 적용하였지만 결과는 서로 유사한 경향을 나타내었다. 이것은 프린트의 색공간이 출력 원고의 색공간보다 좁은 한정된 색공간에서 재현된 결과라 생각된다. 프린트에서 재현할 수 있는 컬러 재현 영역이 좁으므로 원고 이미지가 넓은 색공간을 가졌다 할지라도

프린트의 재현 색공간을 벗어난 부분에 대해서는 컬러를 표현해 내지 못한다.

채널별로 보았을 때, 특히 장치 특성에 따른 노란색의 비선형적 특성이 두드러졌으며 시안색의 chroma가 낮게 나타났다. 이는 노란색과 시안색을 포함하는 컬러의 혼색에 가장 많은 영향을 줄 것이라 생각된다.

Figure 7은 RIP 소프트웨어를 이용하여 RGB 모드 장치를 CMYK 모드 장치로 변환하여 출력하였을 때의 결과이다. 앞선 RGB 자체 드라이브 모드 장치와 CMYK 자체 드라이브 모드 장치로 재현된 것과 비교하여 망점 단계별 chroma가 더 선형적인 증가를 나타내었다. 특히, 노란색의 경우 앞선 결과들보다 거의 선형적인 형태를 띠며 dot area이 100%일 때 chroma가 포화 상태를 보였다.

RIP을 통한 결과가 더 선형적 특징을 보이는 것은 비선형성이 강한 프린트 장치의 특성을 RIP 소프트웨어의 장치에 맞는 특성화 적용으로 비선형성을 제어할 수 있기 때문이다. 특히, RIP에서는 장치 프로파일을 통한 정확한 컬러 재현을 위하여 비록 비선형 모델인 CIELAB 값을 이용하지만 CIELAB 값으로 장치에 맞는 선형화 CMYK 값의 데이터를 찾을 수 있었다. RIP에서 CMYK 값의 조정에 따라 CIELAB 값으로의 재현력이 달라지게 된다.

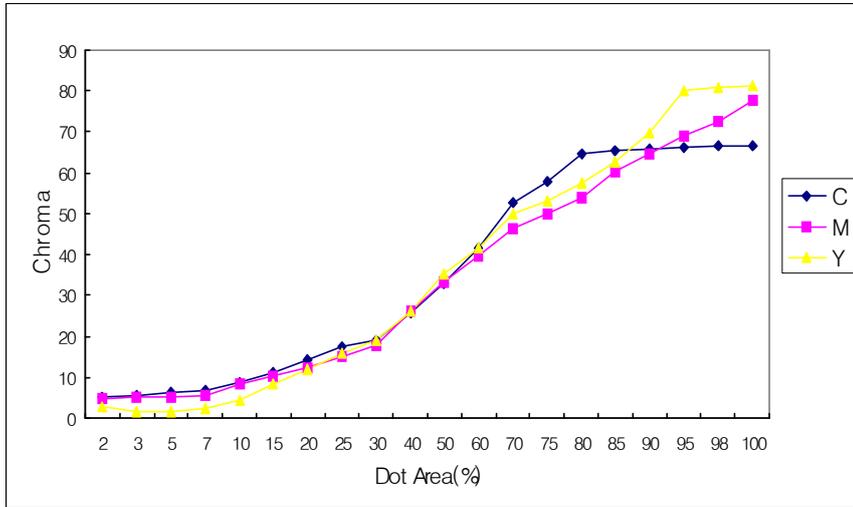
4-1-2. 컬러 gamut 볼륨평가

TC9.18 RGB test chart를 RGB, CMYK 모드 장치와 RIP 소프트웨어로 변환한 CMYK 모드 장치로 출력한 후, Spectrophotometer로 측색하여 각각의 CIELAB 값을 얻었다. 그리고 각각의 모드 장치에 따른 컬러 gamut을 확인하기 위하여 GretagMabest사의 ProfileMaker 5.0을 구동하여, 측정한 CIELAB값과 원고 CIELAB 값의 특성화를 찾아 프로파일을 제작하였다.

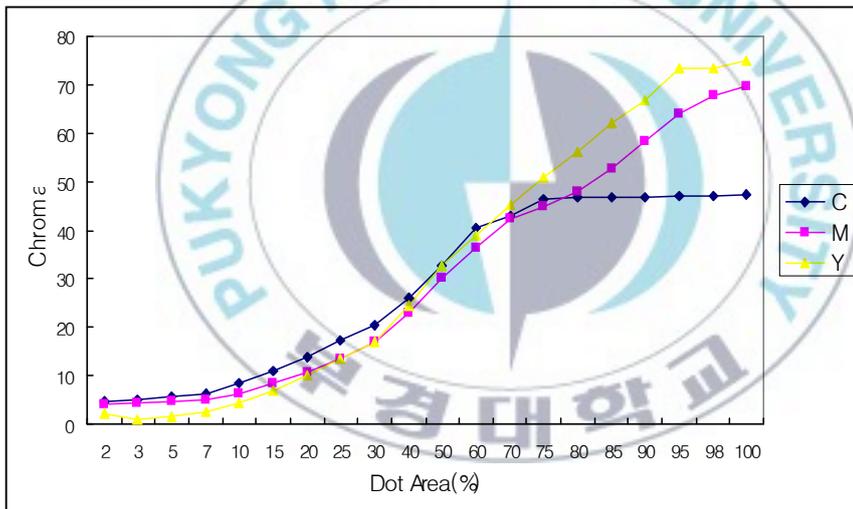
제작된 프로파일을 가지고 Figure 8과 같이 ProfileMaker 5.0 Profile Editor를 구동하여 CIELAB 색공간에 RGB, CMYK, RIP으로 변환한 CMYK 모드 장치 각각의 컬러 gamut 볼륨을 나타내었다. 실험 결과 CMYK 모드 장치의 컬러 gamut이 RGB 모드 장치와 RIP 소프트웨어로 변환한 CMYK 모드 장치의 컬러 gamut 볼륨보다 좁은 것을 알 수 있었다. 특히 RIP 소프트웨어로 변환한

CMYK 모드 장치의 컬러 gamut 볼륨이 RGB 모드 장치의 컬러 gamut과 비교했을 때 축소된 영역과 확장된 영역이 있는 것을 알 수 있었다. 이것은 RIP 소프트웨어를 통한 프린터의 선형화와 캘리브레이션으로 장치 컬러 gamut 볼륨을 좁힐 수도 있고 확장시킬 수도 있기 때문이다. 특히 선형화는 제한된 잉크젯 프린트로 더 나은 작동을 보장하기 위하여 약간의 더 작은 gamut 볼륨으로 변환할 수도 있다.

Figure 9는 인쇄용 ISO Coated 프로파일의 gamut과 RIP에서 변환한 CMYK 모드 장치의 컬러 gamut, RIP에서의 선형화 값 조절을 다르게 하여 나타낸 컬러 gamut을 비교하여 나타내었다. RIP, RIP1은 소프트웨어로 변환한 CMYK 모드 장치의 선형화와 캘리브레이션을 한 후, 프린트 프로파일을 만든 결과이다. 이러한 장치 프로파일과 기존의 ISO Coated 인쇄용 프로파일과 비교하여 교정 인쇄 프린트로써의 수행이 가능한가를 확인하였다. RIP, RIP1의 컬러 gamut을 보면 동일한 프린트이지만 CIELAB 측정값이 달라짐에 따라 컬러 gamut이 차이가 남을 알 수 있었다. CIELAB 색공간에서 더욱더 균일하게 컬러가 재현되기 위하여 선형화로 어떻게 CMYK 값을 조정하는가가 중요하다는 것을 보여주었다. 또한 더욱더 향상된 프린트 프로파일의 제작은 인쇄용 프로파일을 재현할 수 있으므로 인쇄에서 교정 프린트까지 컬러 매칭을 가져올 수 있을 것으로 사료된다.

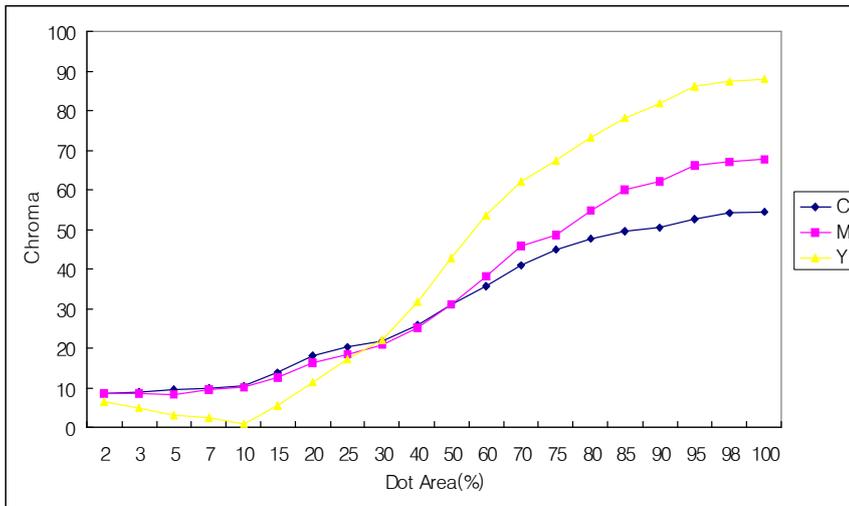


(a) RGB color space image

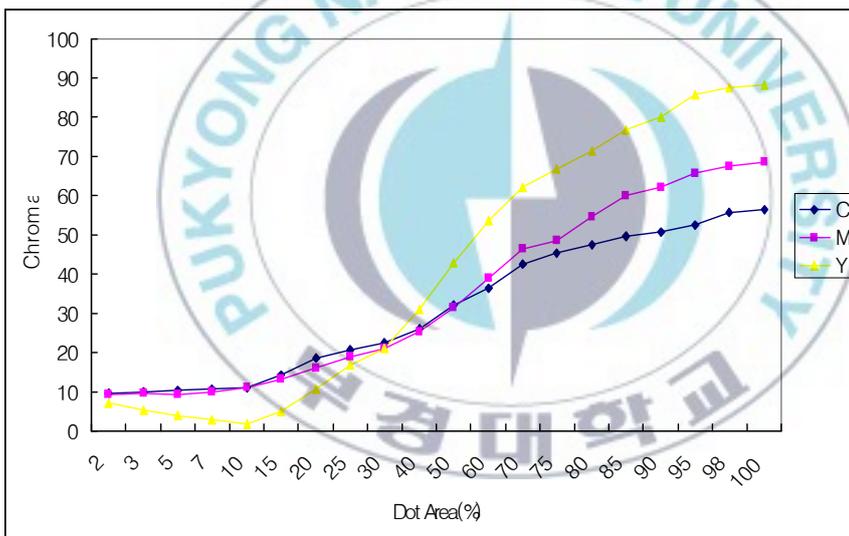


(b) CMYK color space image

Figure 5. The chroma of CMY vs. dot gain for tested images in RGB mode(RGB drive).



(a) RGB color space image



(b) CMYK color space image

Figure 6. The chroma of CMY vs. dot gain for tested images in CMYK mode(CMYK drive).

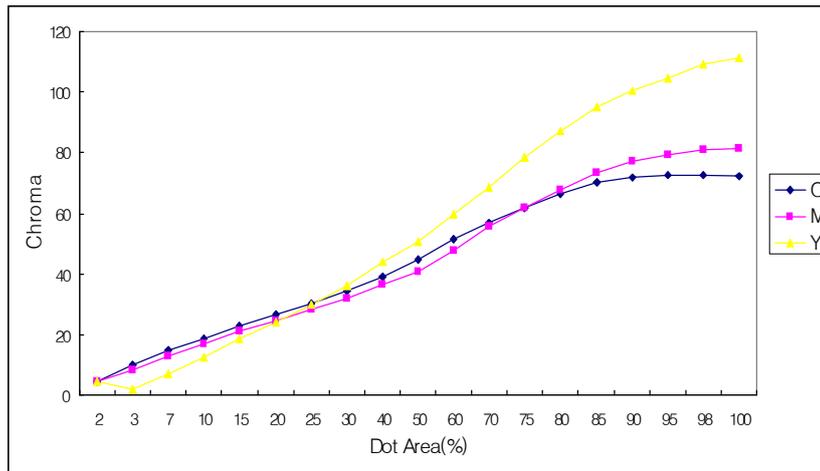


Figure 7. The chroma of CMY vs. dot gain for tested image in conversion mode device(RIP : CMYK mode device).

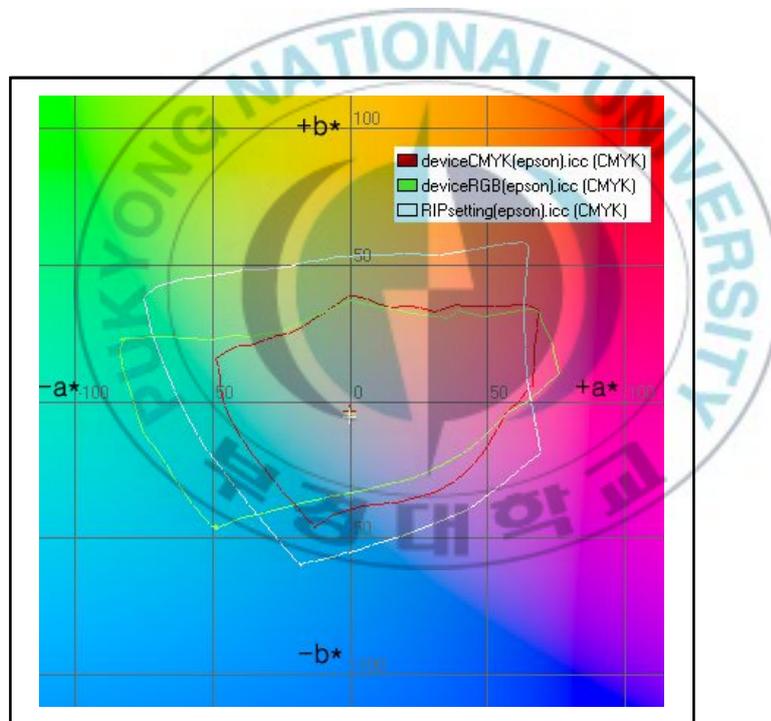


Figure 8. Comparison of color gamut volume according to RGB, CMYK mode device, conversed CMYK mode device.

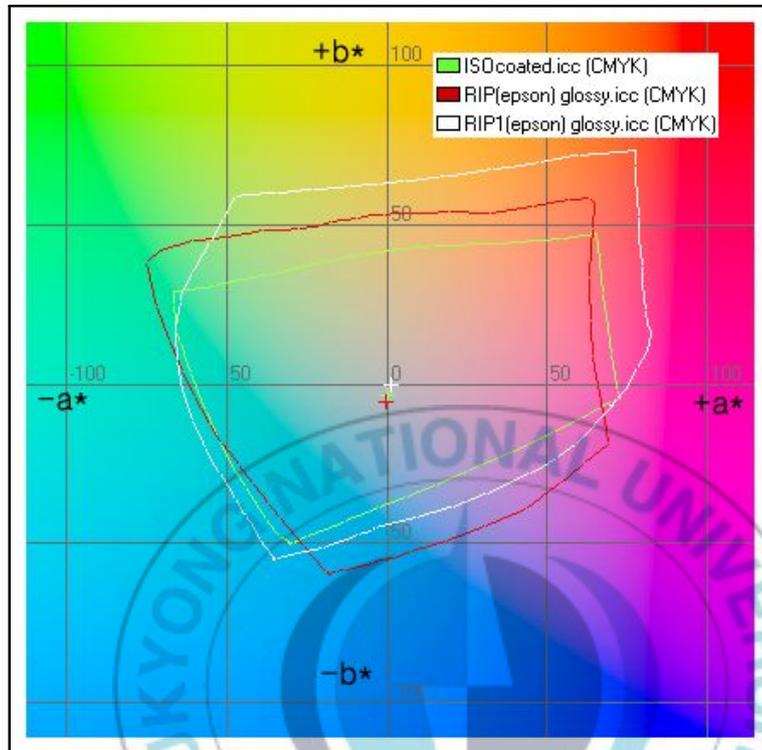


Figure 9. Comparison of color gamut volume evaluation according to linearization of conversed CMYK mode device.

4-2. 색공간에 따른 변환 장치 모드의 컬러 재현 평가

프린트의 선형화와 캘리브레이션 후, ECI 2002V test target을 출력하였고, Spectrophotometer로 측색하여 CIELAB 값을 구하였다. 여기서 측정된 CIELAB 값과 원고를 측색한 CIELAB 값과의 특성화를 찾아 CMYK 모드 장치의 ICC 프로파일을 제작하였다. 또한 제작한 프로파일의 정확성 평가와 컬러 재현 특성을 확인하기 위하여 CMYK ECI 2002V test target을 출력하였다. 출력물을 측색 장치로 측색하여 CIELAB 값을 구하였고, 여기서 구한 출력 target CIELAB 값과 원고 target CIELAB 값의 색차를 구한 후, 그 결과를 Table 1에 나타내었으며, 1,485개 패치별 색차와 컬러 재현 특성을 Figure 10에 각각 나타내었다.

Table 1과 같이 RIP 소프트웨어 설정에서 입력 프로파일인 프루프 프로파일에는 CMYK 모드 장치 프로파일을 출력 프로파일인 프린트 프로파일에는 ISO Coated 프로파일을 적용하였다. 실험 결과 평균 색차가 2.23, 표준 편차가 0.86, 최대 색차가 5.66, 최소 색차가 0.07을 각각 나타내었다.

또한 Figure 10(a)의 히스토그램 결과와 같이 대부분의 컬러 패치가 5 이하의 색차를 나타내고 있지만, 다수의 컬러 패치가 5이상의 색차를 나타내고 있으므로 이러한 컬러의 보정을 고려할 필요가 있다.

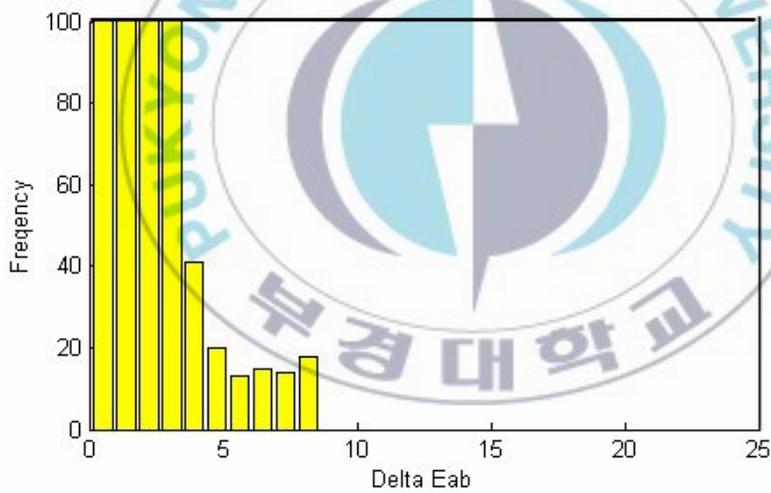
Figure 10(b), (c), (d)의 CIELAB 색공간으로 확인한 결과 chroma가 높은 +a*쪽 계열의 컬러에서 더욱더 chroma가 증가함으로써 컬러 재현의 차이를 가져왔으며, 또한 어두운 계열의 컬러에서 lightness가 감소하는 경향을 나타내었다. 이것은 CMYK 모드 장치 프로파일의 특성에 따라 적색 계열의 변환이 정확하게 이루어지지 않은 결과라 사료된다.

색공간에 따른 변환 장치 모드의 컬러 재현 특성과 출력시 가장 효율적인 색공간을 확인하기 위하여 먼저 색공간별 컬러 gamut 볼륨을 확인한 결과 Figure 11과 같았다. sRGB 색공간의 경우 Adobe RGB 색공간 보다 gamut 볼륨이 좁으므로 프린트에서 컬러 재현이 유리하지만 -b*쪽의 chroma가 높은 계열의 컬러인 경우 프린트기의 컬러 재현성이 떨어짐을 알 수 있었다. 이것은 RGB 색공간을 기본으로 하는 혼색과 CMYK 색공간을 기본으로 하는 혼색의 차이, 최적

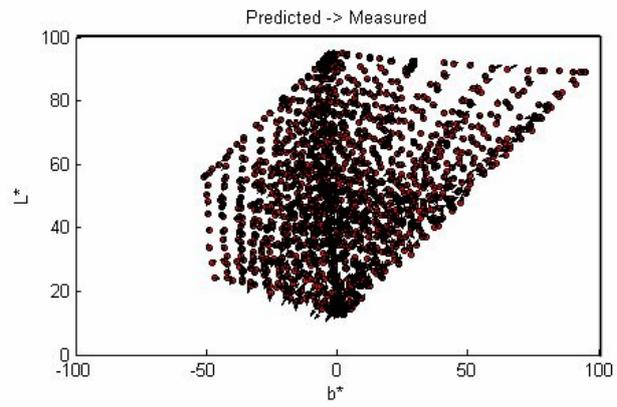
의 장치 구동을 위한 프린트 장치의 특성화에 따른 결과라 생각된다. 그러나 $-a^*$ 쪽 계열의 컬러인 경우 sRGB 색공간보다 재현성이 양호하고 Adobe RGB 색공간과 유사함으로써 이러한 컬러의 디지털 이미지인 경우, 원본 이미지와 유사한 컬러를 재현할 수 있을 것으로 사료된다.

Table 1. Valuation of Device Mode Profile(Conversed CMYK Mode Device)

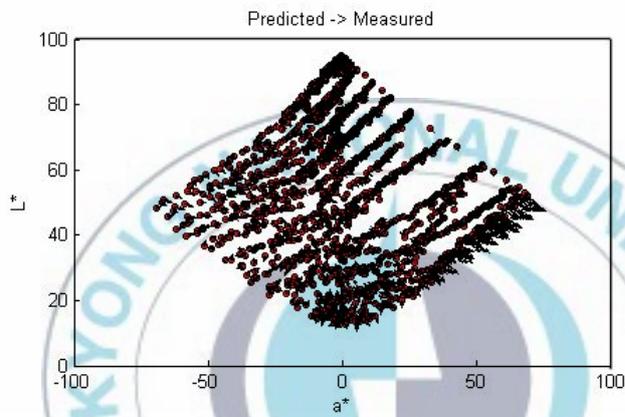
Test Target	ΔE_{avg}	ΔE_{stnd}	ΔE_{max}	ΔE_{min}	Application of the Profile (RIP Setting)	
					Input Profile	Output Profile
ECI2002	2.23	0.86	5.66	0.07	CMYK Device Mode	ISO Coated



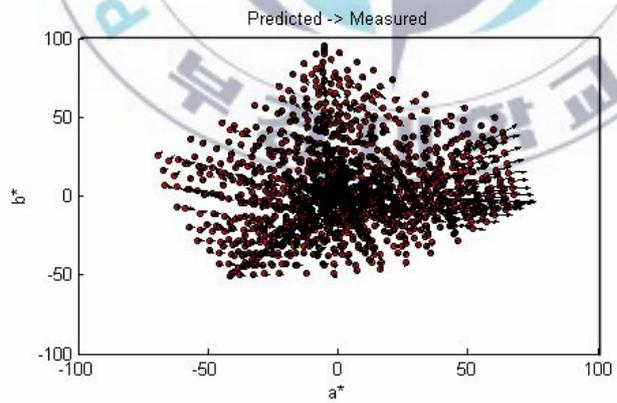
(a) Histogram



(b) CIEL^{*}b^{*} space



(c) CIEL^{*}a^{*} space



(d) CIEa^{*}b^{*} space

Figure 10. Valuation of device mode profile using ΔE^*_{ab} and CIELAB color space.

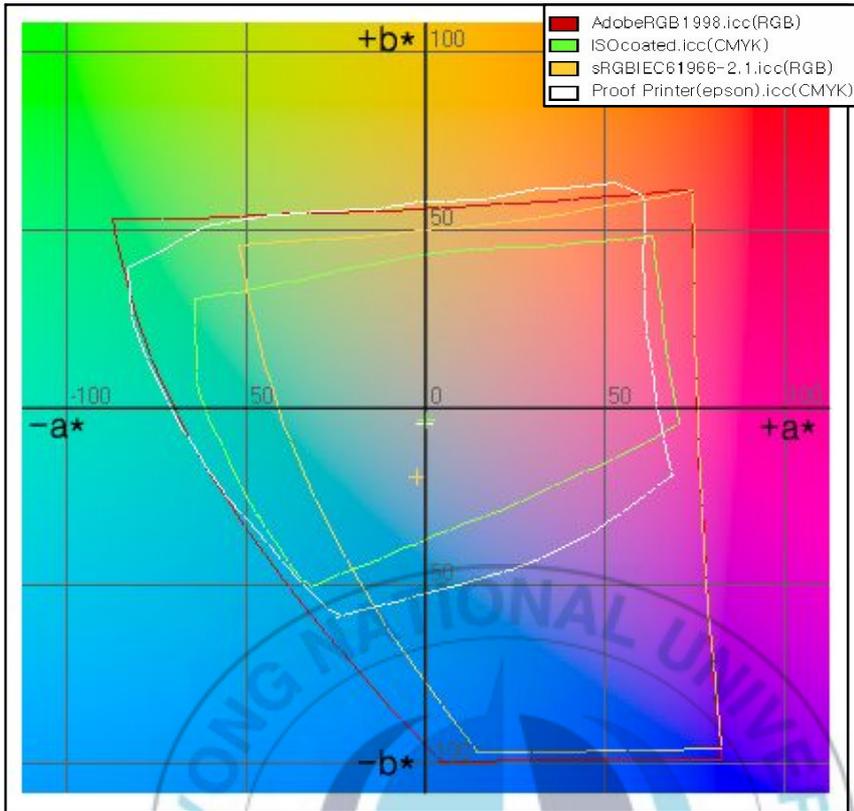


Figure 11. Comparison of color gamut volume according to color space.

Figure 12와 13은 색공간에 따른 변환 장치 모드의 시각적 평가를 위하여 RGB-Calibration image를 Adobe Photoshop CS3 프로그램의 보기 메뉴의 프루프 셋업(setup)에서 CMYK 모드장치 프로파일을 프로파일에 적용하고 프루프 컬러로 변환한 후 컬러 gamut 경계를 확인한 결과이다.

Figure 12의 Adobe RGB 색공간에서 재현된 이미지의 경우 CMYK 모드 장치 프로파일을 적용에서 chroma가 높은 순색에서 재현성이 떨어짐을 알 수 있었다. 특히 R, G, B의 삼원색과 관련된 컬러에서 색차가 많이 발생함을 확인하였다. 또한 Figure 13의 sRGB 색공간에서 재현된 이미지와 비교하면 프린트에서 재현될 수 없는 컬러가 더 많음을 알 수 있었다. 이는 Adob RGB 색공

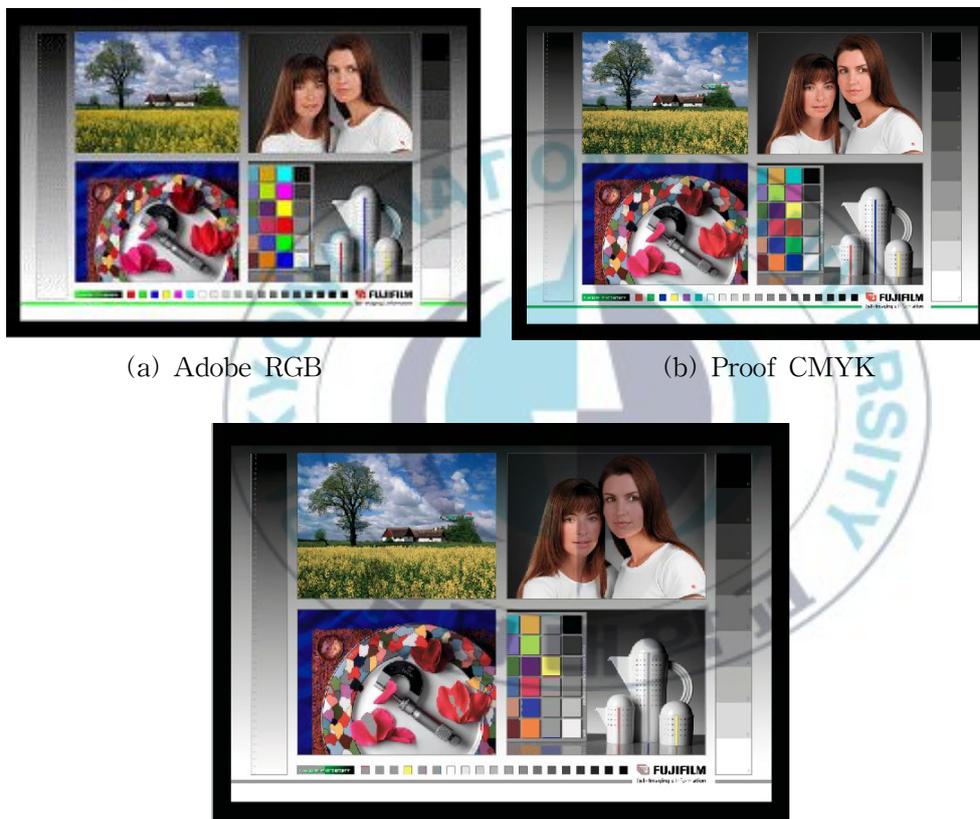
간과 프린트 색공간의 차이가 sRGB 색공간과 프린트 색공간과의 차이보다 더 크기 때문이라 사료되며 따라서, 프린트보다 너무 넓은 색공간으로 이루어진 이미지의 경우가 더 크기 때문이다. 또한 프린트의 장치 특성화에 따라 Adobe RGB, sRGB 색공간에서 원색계열에서 재현성이 떨어졌다. 특히 블루색 계열의 컬러인 경우 다른 컬러 보다 매우 재현성이 떨어짐을 확인할 수 있었다. 그러나 노란색 계열의 컬러인 경우 상대적으로 다른 컬러에 비해 재현성이 우수한 것을 알 수 있었다.

Figure 14는 Adobe RGB, sRGB, 프루프 CMYK의 CRF(Cumulative Relative Frequency) 곡선 비교를 나타낸 것이다. 이 곡선은 원고의 최소 색차에서 최대 색차까지의 전체 색차의 범위를 빈도수에 따라 순위별로 구한 후, 시각적 그래프로 표현한 것으로 CMYK는 비교적 양호한 결과를 보였으나, Adobe RGB와 sRGB의 경우 5 이상의 색차가 나는 패치도 많음을 알 수 있었다. 이것은 실험에 적용한 test target이 RGB 색공간을 기반으로 하여 혼색됨으로써 CMYK 색공간을 기반으로 하는 혼색보다 chroma와 lightness가 높는데 이러한 특성으로 패치의 컬러 재현성이 떨어짐으로써 색차가 가중된 것이라 사료된다. 특히 RGB 색공간의 1차색이 CMYK 색공간에서는 2차색으로 재현됨으로써 chroma와 lightness가 더욱 낮아졌는데 이러한 장치적인 색공간의 차이에 따른 컬러 재현을 고려하여 장치 프로파일의 제작이 필요할 것으로 사료된다.

Figure 15, 16, 17은 CIELAB 색공간으로 확인한 결과이다. Figure 15와 같이 CMYK 모드 장치의 선형화와 캘리브레이션을 한 후 최적의 프로파일을 제작하였기 때문에 CMYK 색공간을 기반으로 제작된 test target 의 경우 프로파일을 통한 정확한 컬러 매칭이 이루어짐으로써 양호한 결과를 나타내었다. 그러나 Figure 16의 Adobe RGB 색공간을 기반으로 한 test target을 프루프 CMYK 프로파일을 적용시켜 프린트 한 경우, 원고의 컬러보다 chroma와 lightness가 상당히 감소한 것을 알 수 있다. 이것은 RGB 색공간으로 재현된 이미지의 컬러가 CMYK 색공간으로 재현할 수 없는 영역에 존재함으로써 프로파일을 통해 매칭하였지만, 정확도가 떨어져 많은 색차를 가져왔다. 하지만 CMYK 색공간에 존재하는 패치의 경우 RGB 색공간을 기반으로 하였지만 프린트 프로파일의

최적화로 양호한 컬러 재현 결과를 나타내었다. 또한 Figure 17의 sRGB 색공간을 기반으로 한 컬러 패치도 Adobe RGB의 경우와 유사한 결과를 나타내었다. 특히 chroma가 높은 원색 계열쪽의 컬러의 재현성이 매우 떨어지는 경향을 확인할 수 있었다.

따라서 RGB 색공간으로 재현된 컬러인 경우 CMYK 색공간으로 재현할 수 없는 컬러가 있으므로 어느 정도의 컬러 손실을 예측하고, 최종 원고에 프린트 프로파일을 적용시킨 후, 이미지를 출력하는 것이 더 나은 결과를 가져올 수 있을 것으로 사료된다.



(c) Comparison of Adobe RGB and Proof CMYK color gamut

Figure 12. Visual valuation of image according to color space(Adobe RGB and Proof CMYK).



(a) sRGB



(b) Proof CMYK



(c) Comparison of sRGB and Proof CMYK color gamut

Figure 13. Visual valuation of image according to color space(sRGB and Proof CMYK).

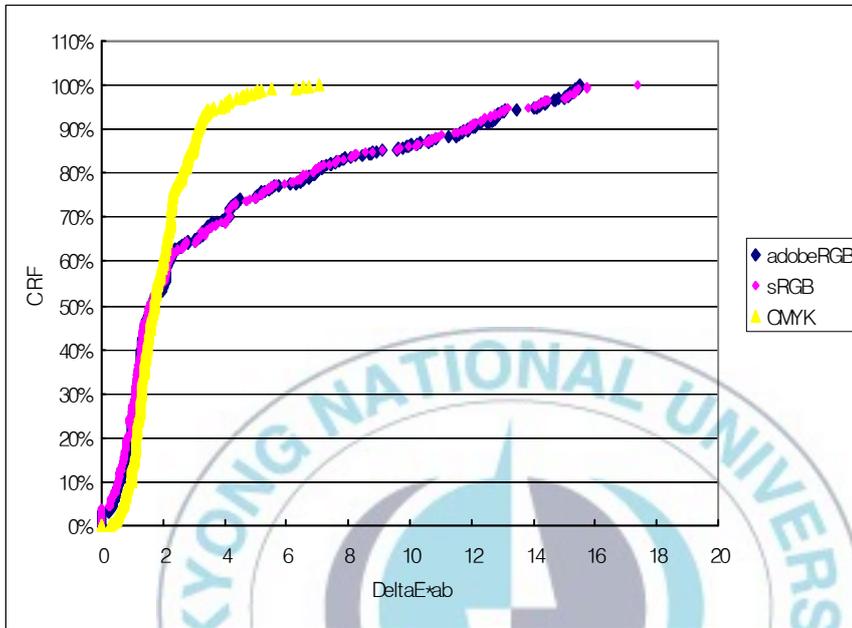
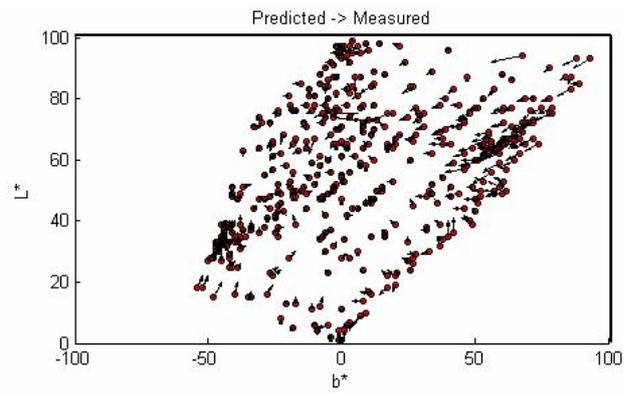
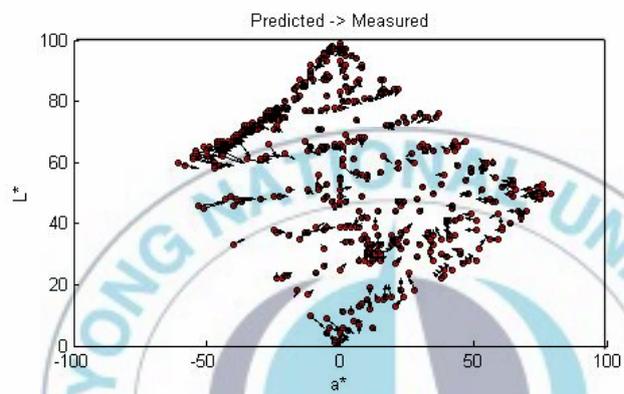


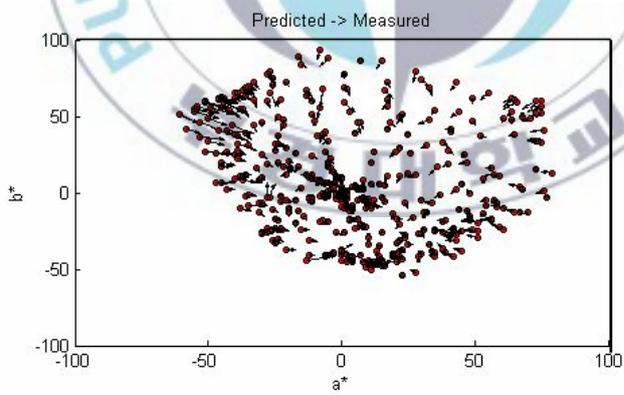
Figure 14. Comparison of CRF curves with Adobe RGB, sRGB, Proof CMYK.



(a) CIEL*b* space



(b) CIEL*a* space



(c) CIEa*b* space

Figure 15. Valuation of proof CMYK using CIELAB color space.

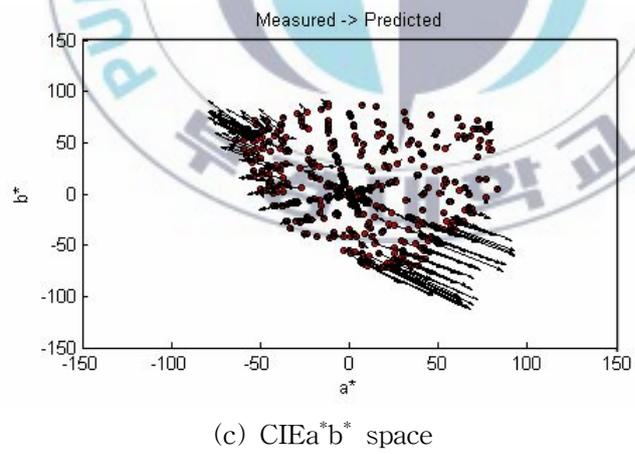
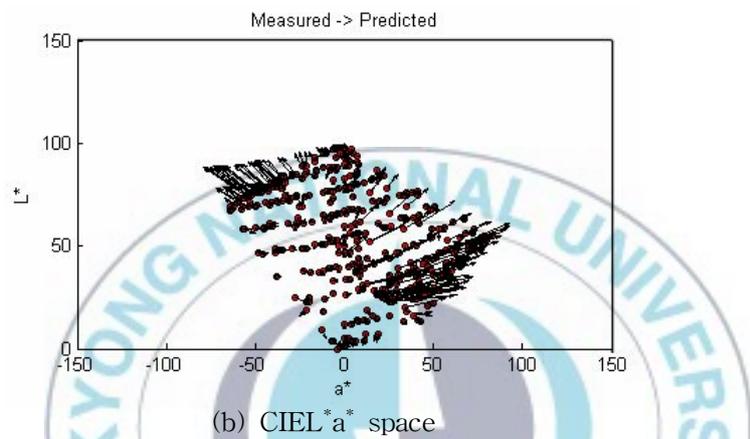
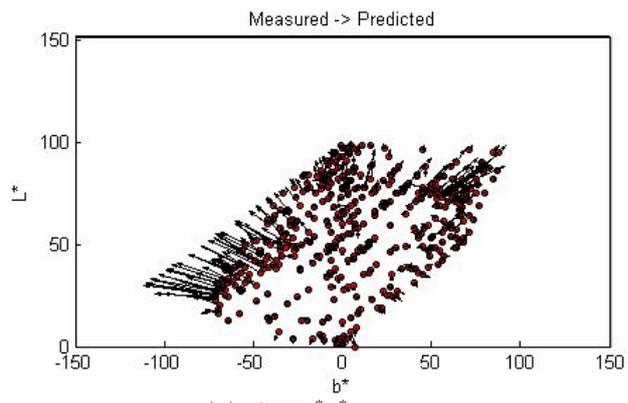


Figure 16. Valuation of Adobe RGB image using CIELAB color space.

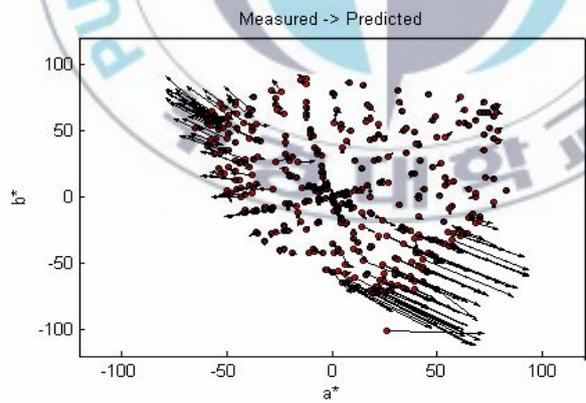
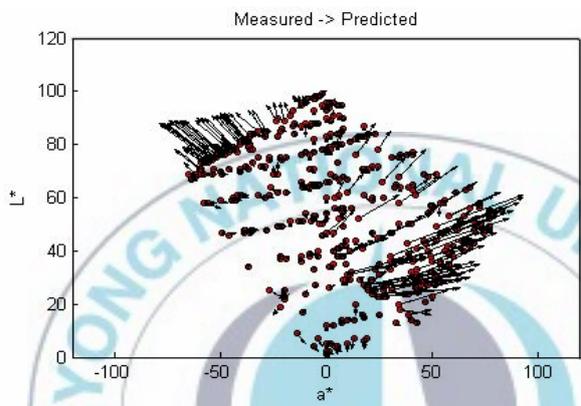
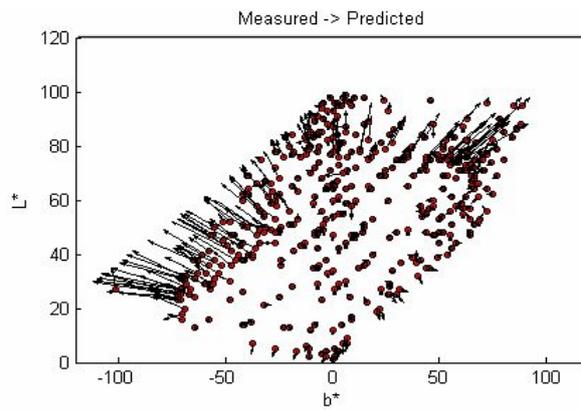


Figure 17. Valuation of sRGB image using CIELAB color space.

제 5 장 결 론

교정 인쇄 장치에서 디지털 이미지의 색변환 적용에 관한 연구에서 교정 프린트기의 컬러 모드 장치에 대한 실험과 색공간에 따른 변환 장치 모드의 컬러 재현에 관한 실험을 하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. RGB 모드 장치인 경우 프린트가 요구하는 데이터는 RGB이고, 이 데이터는 보이지 않는 작업 룩업테이블에 의해 RGB 데이터에 맞는 CMYK 컬러로 변환되기 때문에 RGB 모드 장치인 경우, 디지털 이미지 출력에서 CMYK 색공간보다 RGB 색공간이 더 효율적인 것을 알았다. 또한 RIP 소프트웨어를 이용한 RGB 모드 장치를 CMYK 모드 장치로 변환할 경우, 자체 드라이브 모드 장치로 재현된 것보다 망점 단계별 chroma가 선형적인 증가를 나타내었다.
2. CMYK 모드 장치의 컬러 gamut이 RGB 모드 장치와 RIP 소프트웨어로 변환한 CMYK 모드 장치의 컬러 gamut 볼륨보다 좁고, 특히 RGB 모드 장치보다 RIP 소프트웨어로 변환한 CMYK 모드 장치의 컬러 gamut 볼륨은 프린터의 선형화와 캘리브레이션에 따라 장치 컬러 gamut 볼륨을 좁힐 수도 있고 확장시킬 수도 있다. 또한 동일한 프린트이지만 CIELAB 측정값이 더욱더 균일하게 재현되기 위하여 선형화로 어떻게 CMYK 값을 조정하는가에 따라서 컬러 gamut 볼륨의 차이가 남을 알 수 있었다.
3. sRGB 색공간의 경우, Adobe RGB 색공간 보다 gamut 볼륨이 좁으므로 프린트에서 컬러 재현이 유리하지만 $-b^*$ 쪽의 chroma가 높은 계열의 컬러인 경우 프린트의 컬러 재현성이 떨어졌다. $-a^*$ 쪽 계열의 컬러인 경우, sRGB 색공간보다 재현성이 양호하고 Adobe RGB 색공간과 유사함으로써 이러한 컬러의 디지털 이미지인 경우, 원본 이미지와 유사한 컬러를 재현할 수 있을 것으로 사료된다.

4. 시각적 평가의 경우, Adobe RGB 색공간에서 재현된 이미지의 경우 sRGB 색공간에서 재현된 이미지보다 프린트에서 재현될 수 없는 컬러가 많고, 특히 프린트기의 장치 특성화에 따라 Adobe RGB, sRGB 색공간의 블루색 계열의 컬러인 경우, 다른 컬러 보다 재현성이 떨어지지만 노란색 계열의 컬러인 경우 상대적으로 다른 컬러에 비해 재현성이 우수하였다.



References

- 1) Erika Hrehorova, Dr Abhay Sharma and Dr Paul D Fleming III, "Color Reproduction Studies in RGB and CMYK Workflows using Inkjet Printer Drivers and RIPs", TAGA, pp. 59~171 (2006).
- 2) Stefan Livers and Marc Mahy, "Quality Managed Proofing: The road to visual Consistency"
- 3) Martin Habekost, "The effect of Colorants in Proofing Systems in Comparison to Standard Four Color Process Inks", TAGA, pp. 218~235 (2006).
- 4) Kudzai Chigogora, Paul D. Fleming III and Abhay Sharma, "Optimizing Proofing in a Digital Work Flow", Proceedings of the 57th TAGA Annual Technical conference, Toronto, Ontario (2005).
- 5) International Color Consortium, "ICC Profile Format Specification", Version 3.4, August (1997).
- 6) International Color Consortium, "International Color Consortium Profile Format", <URL : ftp://sgigate.sgi.com/pub/icc/ICC34.pdf> (1998).
- 7) Abhay Sharma and Paul D Fleming, "Evaluating the Quality of Commercial ICC Color Management Software", TAGA (2002)
- 8) Mary Nielsen and Michael Stokes, "The Creation of the sRGB ICC profile", IS&T/SID Proc. 6th Color Image conference, pp. 253~257 (1998).
- 9) YoshiKazu Shimanura, Robert Chung and Frauz Sigg, "Further Study of ICC-based Digital Proofing", TAGA, pp. 381~393 (2001).
- 10) Dawn Wallner, "Color Management and Transformation through ICC profile", Color Engineering, pp. 247~261 (2002).

- 11) Ben starr “Device Link Profiles/Repurposing CMYK” Progressive Color Media, LLC (2005).
- 12) Evening, M, “Adobe photoshop CS2 for Photographer”, Boston Focal press (2005).



감사의 글

“오늘은 바닥을 치는 날이다. 내일이면 오르겠지”라는 생각으로 항상 열심히, 최선을 다해 살았습니다.

부족한 저를 항상 배려해주시고 끊임없는 격려와 지도를 아끼지 않으신 구철회 지도교수님, 정말 감사드립니다. 학문적으로 무지한 저에게 논문을 쓰기까지 물심양면으로 지원해주시고, 뜨거운 열정으로 가르침을 주신 조가람 박사님께 진심으로 감사드립니다. 미흡한 논문이지만 끝까지 챙겨주시고 세심하게 심사해 주신 심사위원장 윤종태 교수님께도 감사드립니다.

자주 찾아뵙지도 못하는 제자에게 힘이 되어주시고, 인생의 지도자가 되어주시는 김정숙 교수님께도 감사드립니다.

2년 반이 넘는 기간동안 저와 진해에서 부산까지 함께 하고, 서로 격려와 용기를 준 동기이자 직장 동료인 문성환님께도 감사의 말을 전합니다. 그리고 세미나 동안 여러모로 손발이 되어준 스캐너실 오승재, 이원규, 정성진, 박민지, 허경영 후배님께도 감사의 말을 전합니다. 또한, 비록 전국 각지에 떨어져 있지만 마음의 힘이 되어주시는 구철회 교수님 문하의 스캐너실 선배님들께도 감사의 말씀을 전합니다.

육해공군 인쇄창 통합이라는 힘든 여건과 논문준비로 인하여 정신없는 저에게 항상 격려와 위안을 주시는 우리 디자인팀 식구들 김정선, 정윤남, 김민석, 박상원, 이영식님께 감사를 전합니다. 막내로 부대에서 힘든 일, 어려운 일 마다안코 도와주신 김해희, 강미옥, 박영주, 이영미님과 직장생활과 공부를 병행하게끔 도와주신 한황현사무관님, 주성근서기관님, 김성수서기관님, 임우진과장님, 김도필창장님께도 감사드립니다.

처음 진해로 발령받아 외로울 때나 어려울 때 항상 힘이 되어준 '03기수 동기들 최상록, 김호철, 오미향, 황기봉, 윤선중, 이화원, 김나리, 김철영, 박성호, 권태건님께도 감사를 전합니다.

소홀한 육아와 살림에 대해 항상 걱정해주고, 여러모로 챙겨주시는 포스코 식구들, 이재철, 김은운, 김욱, 박해경, 허윤석, 박선정님께도 감사드립니다.

그리고 절친들, 정옥수, 고혜은, 우윤선, 김봉정, 전찬욱, 김혜영, 전현정, 김유미, 박수경, 정세림, 오금선, 윤지윤, 최현미에게도 감사를 전합니다.

마지막으로 사랑하는 우리 가족들...

주말부부라는 힘든 선택으로 생긴 아내와 엄마의 빈자리를 묵묵히 채워주는 세상에서 가장 사랑하는 우리 신랑 권상근님께 감사와 사랑을 전합니다. 저의 분신인 아들 권우현이... 낳아준거밖에 해준게 없어 너무 미안하지만 너를 너무 사랑한다.

머느리로 딸로, 부족한거 투성이지만 욕심만 가득차서 진학을 선택했을 때 격려해주시고, 사랑으로 다독여 주시는 우리 부모님 김상호, 윤태숙, 권순식, 박도연님께도 감사와 사랑을 전합니다. 특히 우리 어머니 박도연님께, 이 논문을 바칩니다.

어려울때 힘들때 기쁘고 좋은 일을 함께 의논하고, 걱정해주는 우리 가족들 김혜진, 정승우, 정유석, 권동근, 오무영님 정말 사랑합니다.

2009년 7월 4일

김정은 올림

