2색 중첩 민인쇄의 광학적 해석과 중첩인쇄 순서에 관한 연구

姜 相 薰
부경대학교 공과대학 인쇄정보공학과
(1997년 12월 10일 받음, 1997년 12월 22일 최종수정본 받음)

A Study on Optical Analysis and Overprinting Sequence in 2-Color Solid Overprints

Sang-Hoon Kang
Dept. of Graphic Arts Engineering, Pukyong National University
(Received 10 December 1997, in final form 22 December 1997)

Abstract

The color difference between original and printed copy is affected mainly by ink trapping and optical properties of overprinted ink layers. Since the general expression itself about ink trapping is affected also by the optical properties, the analysis of color difference using the ink trapping only cannot be certain.

This study will show a new approaching method for optical analysis of spectral reflectance and the effect of printing sequence on color difference in multi-color overprints under the condition of excluding completely the ink trapping problems by means of using transparent film as a substrate.

——기 호 설 명——

R : 분광반사율 (spectral reflectance)
T : 분광투과율 (spectral transmittance)
b : 흑색흡광체 (black plaque)
w : 백색반사체 (white plaque)
f : 투명필름 (transparent film)
i : 잉크층 (printed ink layer)
bf : (흑색흡광체)+(투명필름)
wf : (백색반사체)+(투명필름)

wff : (백색반사체)+(투명필름)+(투명필름)
wmf : (백색반사체)+(마젠타잉크층)+(투명필름)
wcf : (백색반사체)+(시안잉크층)+(투명필름)
wcfmf : (백색반사체)+(시안잉크층)+(투명필름)+(마젠타잉크층)+(투명필름)
wfmfc : (백색반사체)+(투명필름)+(마젠타잉크층)+(투명필름)+(시안잉크층)
R_{sfa} : 투명필름(f) 표면에서 공기(a) 중으로의 분광표면반사율(R_s)
R_{sif} : 잉크층(i) 표면에서 투명필름(f) 중으로의 분광표면반사율(R_s)
X_{fa} : 투명필름(f)과 공기층(a)의 계면에서 투명필름 중으로의 분광내부반사율(spectral reflectance, X)
X_{if} : 잉크층(i)과 투명필름(f)의 계면에서 잉크 중으로의 분광내부반사율(X)

1. 서 론

컬러인쇄물은 기본적으로 C (cyan), M (magenta), Y (yellow) 및 K (black)잉크의 중첩인쇄에 의하여 이루어진다. 제판공정에서 원고의 색분해와 교정인쇄과정을 통하여 정확하게 각 잉크에 대한 분색판이 제판되어도 인쇄공정에서의 여러 가지 원인에 의하여 색의 재현상태가 다르게 나타나는데, 중첩인쇄 순서도 이러한 색차를 일으키는 중요한 원인 중의 하나이다.

각 잉크의 중첩인쇄 순서에 따라 색차가 나타나는 주된 원인은 먼저 인쇄된 잉크층이 다음 잉크를 받아들이는 능력, 즉 잉크 수용성(acceptability or receptivity) 에 따른 잉크 트래핑(trapping) 문제와 분광투과율(spectral transmittance), 분광반사율(spectral reflectance), 불투명도(opacity) 등과 같은 잉크 자체의 광학적 성질을 들 수 있다.

잉크의 광학적 성질에 의한 색차를 규명하기 위해서는 잉크의 트래핑율을 일정하게 유지하여야 하는데 실제로는 매우 어려운 문제이다. 설령 많은 시행착오를 통하여 트래핑율이 일정하게 유지되는 인쇄물을 얻을 수 있어도 인쇄품질 연구에서 일반적으로 사용되는 Preucil[(1)]의 트래핑식 자체가 잉크의 광학적 특성에 의존함으로 트래핑율 자체만에 의한 색차의 해석이 불가능하게 된다.

따라서 본 연구에서는 중첩잉크층의 트래핑 차이에 의한 색차를 완전히 배제하고 잉크 자체의 광학적 특성만에 기인하는 중첩인쇄 순서에 의한 색차를 해석하기 위하여 C 잉크와 M잉크를 각각 투명필름 위에 인쇄를 하여 각 잉크의 트래핑율을 일정하게 유지하면서 다양한 중첩순서의 인쇄물을 구하는 방법을 사용하였다.

인쇄물의 광학적 해석에서 자주 인용되는 중요한 연구로는 망점 인쇄물의 농도에 대한 다중내부반사(multiple internal reflection)의 영향을 해석한 Clapper 와 Yule[(2)]의 논

문이 있다. 이 논문이 평가 받는 이유는 다중내부반사를 등비수열의 개념을 도입하여 최초로 수식화 하였다는 것이다. 그러나 이 연구에서는 실제의 컬러 인쇄물과 같이 각 잉크층의 중첩과정에서 발생하는 광학적 현상에 대한 해석에는 미치지 못하고 있다.

인쇄물의 색에 대한 고전적인 연구에서는 농도와 3자극치 (tristtimulus value) X, Y, Z에대한 해석이 주된 연구 대상이 되어 왔다. 그러나 컬러인쇄물의 품질을 농도를 사용하여 평가하는 데에는 한계가 있다. 또한 인쇄물의 3자극치가 일치하면 일반적으로 두 색을 등색으로 인정하지만 메타머리즘(metamerism)의 관점에서 보면 이 역시 넓은 의미에서는 등색이 되지 않는다. 두 인쇄물의 분광반사율곡선(spectral reflectance curve)이 일치해야만 비로소 완전한 등색이 되는 것이다.

최근의 인쇄물의 색에 대한 연구에서 그 주된 대상이 분광반사율이 되고 있는 것은 당연하다 할 수 있다. 이와 같은 분광반사율에 대한 연구 중에서 주목할만한 것으로는 Neugebauer[3]방정식의 분광반사율 수정에 관한 Yan Liu[4]의 논문이 있다. 이 논문의 의의는 최초로 상당분광반사율(equivalent spectral reflectance, ESR)이라는 새로은 개념을 도입하여 중첩인쇄물의 분광반사율을 각 단색 인쇄물의 분광반사율의 곱으로 표시하였다는 것이다. 그러나 이 모델에서는 실제의 중첩인쇄물에서 나타나는 복잡한 광학적 현상을 너무 단순화 함으로써 해석 자체의 신뢰도가 떨어지는 문제가 있다.

본 연구에서는 이상에서 지적한 선행연구들의 한계를 극복할 수 있는 새로운 형태의 접근방식을 통하여 각 중첩인쇄물에 대한 분광반사율을 광학적으로 해석하여 분광반사율에 대한 새로운 형태의 방정식을 구하고, 각 중첩인쇄물에서 직접 측정한 분광반사율과의 비교를 통하여 그 타당성을 검토하였다.

2. 중첩인쇄물의 분광반사율에 대한 광학적 해석

인쇄물의 색은 기본적으로 조명광의 분광반사율에 의하여 결정된다. 잉크의 종류에 따라서 색이 다르게 보이는 것은 조명광으로 주로 사용되는 백색광 중에서 각 잉크의 광학적 특성에 의하여 잉크층을 통과하는 단색광의 투과율이 조명광의 파장에 따라서 다르게 나타나기 때문이다. 그러므로 본 연구의 광학적 해석에서 사용되는 광학적 성질들은 모두 분광특성으로 나타내기로 한다.

Fig.1은 조명광 중의 임의의 파장의 빛이 투명필름 위에 인쇄된 잉크층을 투과하여 백색 반사체 표면에서 반사되어 나오는 과정을 표면반사(surface reflection), 계면반사(intersurface reflection), 다중내부반사(multiple internal reflection) 및 다중외부반사(multiple external reflection)의 개념을 사용하여 도시한 것이다.

표면반사는 경면반사(specular reflection) 성분과 확산반사(diffuse reflection) 성분으로

이루어지는데 본 연구의 실험에서는 분광측색계(spectrophotometer)의 경면반사성분 제거방식(specular component exclusive)으로 측정할 수가 있으므로 해석과정에서부터 반사체의 색과 관계가 없는 경면반사성분을 제외하고 순수한 확산반사성분만을 나타내기로 한다.

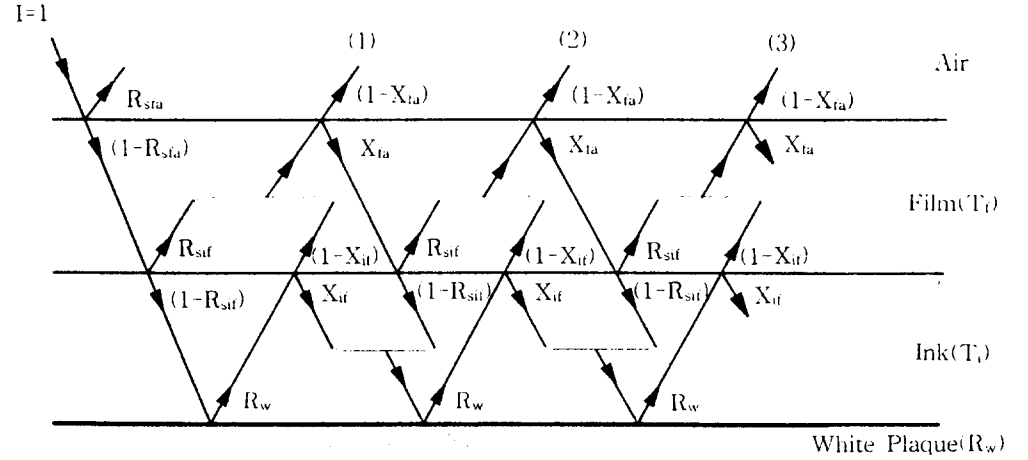


Fig.1. Optical properties of printed ink layer on transparent film.

Fig.1로부터 단위 입사광 $I=1$의 전체 분광반사율 R_{wif}는 표면반사율 R_{sfa}와 다중내부반사를 고려한 다중외부반사율 (1), (2), (3)……(n)의 합으로 나타낼 수 있다. 여기서 외부반사율을 식으로 표시하면 다음과 같이 된다.

$$(1):\ \{(1-R_{sfa})R_{sif}T_f^2+(1-R_{sfa})(1-R_{sif})R_wT_f^2T_i^2(1-X_{if})\}(1-X_{fa})$$

$$(2):\ \{(1-R_{sfa})R_{sif}T_f^2+(1-R_{sfa})(1-R_{sif})R_wT_f^2T_i^2(1-X_{if})\}(1-X_{fa})$$
$$\times\{R_{sif}T_f^2X_{fa}+(1-R_{sif})R_wT_f^2T_i^2X_{fa}(1-X_{if})\}$$
$$+(1-R_{sfa})(1-R_{sif})R_w^2T_f^2T_i^4X_{if}(1-X_{if})(1-X_{fa})$$

$$(3):\ \{(1-R_{sfa})R_{sif}T_f^2+(1-R_{sfa})(1-R_{sif})R_wT_f^2T_i^2(1-X_{if})\}(1-X_{fa})$$
$$\times\{R_{sif}T_f^2X_{fa}+(1-R_{sif})R_wT_f^2T_i^2X_{fa}(1-X_{if})\}^2$$
$$+(1-R_{sfa})(1-R_{sif})R_w^2T_f^2T_i^4X_{if}(1-X_{if})(1-X_{fa})\times R_wT_i^2X_{if}$$

$$(n):\ \{(1-R_{sfa})R_{sif}T_f^2+(1-R_{sfa})(1-R_{sif})R_wT_f^2T_i^2(1-X_{if})\}(1-X_{fa})$$
$$\times\{R_{sif}T_f^2X_{fa}+(1-R_{sif})R_wT_f^2T_i^2X_{fa}(1-X_{if})\}^{n-1}$$
$$+(1-R_{sfa})(1-R_{sif})R_w^2T_f^2T_i^4X_{if}(1-X_{if})(1-X_{fa})\times(R_wT_i^2X_{if})^{n-2}$$

(n)번째 외부반사율의 첫째 및 둘째 항에 대하여 각각 무한등비급수를 구하여 전체 분광반사율 R_{wif}를 구하면 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$R_{wif} = R_{sfa} + \frac{\{(1-R_{sfa})R_{sif}T_f^2 + (1-R_{sfa})(1-R_{sif})R_w T_f^2 T_i^2 (1-X_{if})\}(1-X_{fa})}{1-\{R_{sif}T_f^2 X_{fa} + (1-R_{sif})R_w T_f^2 T_i^2 X_{fa}(1-X_{if})\}} + \frac{(1-R_{sfa})(1-R_{sif})R_w^2 T_f^2 T_i^4 X_{if}(1-X_{if})(1-X_{fa})}{1-R_w T_i^2 X_{if}} \quad \cdots\cdots(1)$$

그런데 굴절율(refractive index)이 n_1, n_2인 두 물질의 계면에서 수직으로 입사된 빛의 반사율 R은 다음과 같은 Fresnel[5]의 식으로 표시된다.

$$R = \frac{(n_1 - n_2)^2}{(n_1 + n_2)^2} \quad \cdots\cdots(2)$$

이 식은 두 물질의 계면에서 발생하는 반사율은 두 물질의 굴절율의 차의 제곱에 비례함을 나타낸다. 따라서 두 물질의 굴절율의 차이가 매우 작은 경우에는 계면에 입사된 빛은 반사되지 않고 전부 계면을 통과한다고 볼 수 있다.

Fig.1에서 표면의 공기층과 투명필름의 계면에서는 두 물질의 굴절율의 차이가 크므로 계면에서의 반사율을 무시할 수가 없다. 그러나 투명필름과 잉크층과의 계면에서는 공기층과의 계면에 비하여 상대적으로 굴절율의 차이가 작으므로 식(1)을 간단히 하기 위하여 이 계면에서의 반사율 R_{sif}와 X_{if}를 0으로 가정하면 식(1)은 다음과 같이 고쳐 쓸 수 있다.

$$R_{wif} = R_{sfa} + \frac{(1-R_{sfa})R_w T_f^2 T_i^2 (1-X_{fa})}{1-R_w T_f^2 T_i^2 X_{fa}} \quad \cdots\cdots(1')$$

식(1′)에서 R_w와 R_{wif}를 실험을 통하여 직접 측정하게 되면 미지수는 R_{sfa}, X_{fa}, T_f 및 T_i의 4개가 된다.

미지수 T_f를 구하기 위하여 시험편 wff를 (wf+f)와 (w+ff)로 나누어서 해석하여도 그 결과는 같으므로 식(1′)의 유도과정과 같은 방법으로 R_{wf+f} 및 R_{w+ff}를 구하면 각각 식(3) 및 (3′)이 된다.

$$R_{wf+f} = R_{sfa} + \frac{(1-R_{sfa})\,R_{wf}\,T_f^2(1-X_{fa})}{1-R_{wf}\,T_f^2\,X_{fa}} \quad \cdots\cdots(3)$$

$$R_{w+ff} = R_{sfa} + \frac{(1-R_{sfa})\,R_w\,T_f^4(1-X_{fa})}{1-R_w\,T_f^4\,X_{fa}} \quad \cdots\cdots(3')$$

여기서 $R_{wf+f} = R_{w+ff}$ 이므로 두 식으로 부터 T_f를 구하면 다음과 같이 된다.

$$R_{wf} = R_w \cdot T_f^2 \quad \cdots\cdots(4)$$

$$T_f = \sqrt{\frac{R_{wf}}{R_w}} \quad \cdots\cdots(4')$$

미지수 R_{sfa} 및 X_{fa}를 구하기 위하여 같은 방법으로 R_{wf} 및 R_{bf}를 구하면 각각 식(5) 및 (6)과 같이 된다.

$$R_{wf} = R_{sfa} + \frac{(1-R_{sfa})\,R_w\,T_f^2(1-X_{fa})}{1-R_w\,T_f^2\,X_{fa}} \quad \cdots\cdots(5)$$

$$R_{bf} = R_{sfa} + \frac{(1-R_{sfa})\,R_b\,T_f^2(1-X_{fa})}{1-R_b\,T_f^2\,X_{fa}} \quad \cdots\cdots(6)$$

여기서 식(4)를 식(5)에 대입하여 R_{sfa}에 대하여 정리하면 식(7)이 된다.

$$R_{sfa} = R_{wf}\,X_{fa} \quad \cdots\cdots(7)$$

다시 식(7)을 식(6)에 대입하여 X_{fa}에 대하여 정리하면 식(8)이 되므로 미지수 R_{sfa} 및 X_{fa}를 구할 수 있게 된다.

$$X_{fa} = 1 - \frac{(R_{wf}-R_{bf})(1-R_b\,T_f^2)}{R_{wf}(1-R_b\,T_f^2) - R_b\,T_f^2(1-R_{bf})} \quad \cdots\cdots(8)$$

마지막으로 식(1′)을 T_i에 대하여 정리하면 식(9)와 같이 되므로 식(1′)의 4개의 미지수를 모두 구할 수 있게 된다.

$$T_i=\sqrt{\frac{R_{wif}-R_{sfa}}{R_w T_f^2\{1-R_{sfa}-(1-R_{wif})X_{fa}\}}} \quad \cdots\cdots(9)$$

다시 투명필름 위에 마젠타 또는 시안 잉크를 인쇄한 fm과 fc의 중첩결과를 해석하기 위하여 식(1′)의 유도과정과 같은 방법으로 R_{wmfcf}를 구하면 식(10)과 같이 된다.

$$R_{wmfcf}=R_{sfa}+\frac{(1-R_{sfa})R_w T_f^4 T_c^2 T_m^2(1-X_{fa})}{1-R_w T_f^4 T_c^2 T_m^2 X_{fa}} \quad \cdots\cdots(10)$$

식(10)은 중첩시험편의 표면층에 투명필름이 놓이기만 하면, 즉 R_{sfa} 및 X_{fa}만 일정하게 유지되면 중첩인쇄물의 분광반사율은 중간층의 필름과 마젠타 및 시안 잉크층의 중첩순서에는 무관함을 나타낸다.

그러나 여기서 유의할 것은 식(1)을 식(1′)으로 간단히 표현하는 과정에서 각 잉크층 및 투명필름 사이의 굴절율의 차이가 무시할 수 있을 정도로 작다고 가정한 사실이다. 만약에 투명필름과 잉크층 및 잉크층 상호간의 굴절율의 차이를 무시할 수 없는 경우에는 그 정도에 따라서 중첩인쇄물의 중첩순서에 따라 이 식으로부터 구한 분광반사율과 실제의 측정치 사이에 차이가 나타나게 될 것이다. 이 경우에 대한 분석은 매우 복잡하게 되므로 차후의 후속 연구에서 별도로 검토하기로 한다.

3. 실 험

3.1. 인쇄 조건

본 연구에서 시험편으로 사용한 모든 인쇄물은 "Heidelberg GTOZP" 2색 인쇄기의 제1유닛만을 사용하여 아래와 같은 동일한 인쇄조건 하에서 단색인쇄를 실시하였다.

(1) 인 쇄 판 : Fuji PS plate 0.2mm
(2) 블 랭 킷 : REEVES Vulcan 714 Compressible Blanket 1.9mm
(3) 인쇄용 투명필름 : XEROX OHP film BOLD AND GOLD 210×297mm
(4) 인쇄잉크 : 한국특수잉크 Best-one Magenta, Cyan
(5) 인쇄압력(블랭킷 압축량) : 0.07mm
(6) 인쇄속도 : 4000rpm

3.2. 분광반사율 및 색차 측정

각 인쇄물의 분광반사율 및 색차는 "MINOLTA CM-2002" 분광측색계(spectrophoto-meter)를 사용하여 측정하였다. 투명필름의 반사체로는 "DAINIPPON SCREEN DM-400" 반사농도계용 백색 및 흑색 표준농도판(white or black plague)을 사용하였다.

분광측색계의 광원은 D_{50}, 2° 시야 (CIE 1931 observer)를 사용하였으며, 표면반사 중의 경면반사성분을 제외하기 위하여 SCE(specular component excluded) 상태에서 3회의 자동 반복측정에 의한 평균치를 측정하였다.

반사율은 400~700nm 영역을 10nm씩 등간격으로 각 31개의 분광반사율을 측정하였으며 색차는 CIELAB 색차 ΔEab^*를 구하였다.

Table1은 본 연구에서 사용한 흑색(b) 및 백색(w) 반사체와 이 반사체 위에 투명필름(f), 마젠타잉크(m), 시안잉크층(c) 등을 여러 가지 순서로 중첩시킨 시험편의 종류와 각 시험편의 분광반사율 측정과 함께 구한 3자극치를 나타낸 것이다. 여기서 mcfmf-c는 본 연구에서 시도한 광학적해석 방법을 이용하여 400~700nm 사이에 10nm의 등간격으로 31개의 분광반사율을 계산하여 구한 가상적인 시험편을 나타낸 것이다.

Table 1. Tristimulus values of specimens.

specimen	X	Y	Z	specimen	X	Y	Z
b	0.53	0.55	0.52	wfmfc	5.8	4.45	15.29
w	78.34	81.72	65.59	wmfcf	5.81	4.65	15.6
bf	1.06	1.11	1.21	wfcfm	6.41	4.48	14.83
wf	67.57	70.53	55.56	wmffc	6.01	4.84	15.79
wff	58.89	61.5	47.54	wcffm	6.92	4.77	14.95
wmf	36.04	20.25	19.07	wfmcf	5.7	4.39	15.25
wcf	17.87	27.3	49.87	wfcmf	6.42	4.32	14.51
wcfmf	6.85	4.53	14.53	wcfmf-c.	5.78	4.16	14.63

4. 실험 결과 및 고찰

2장에서 제시한 중첩인쇄물의 광학적해석 방법의 타당성을 검토하기 위하여 Table 1의 시험편에 대하여 실시한 분광반사율 측정결과를 식(4′), (8), (7), (9)의 순서로 대입하여 각 식으로부터 차례대로 T_f, X_{fa}, R_{sfa} 및 T_m, T_c를 구하여 이 결과를 최종적으로 식(10)에 대입함으로써 wcfmf, wfmcf, wfmcf 및 wfcmf와 같이 표면층에 투명필름이 놓이는 중첩순서의 시험편에 대한 분광반사율의 계산치 $R_{wcfmf\text{-}cal.}$을 구하였다.

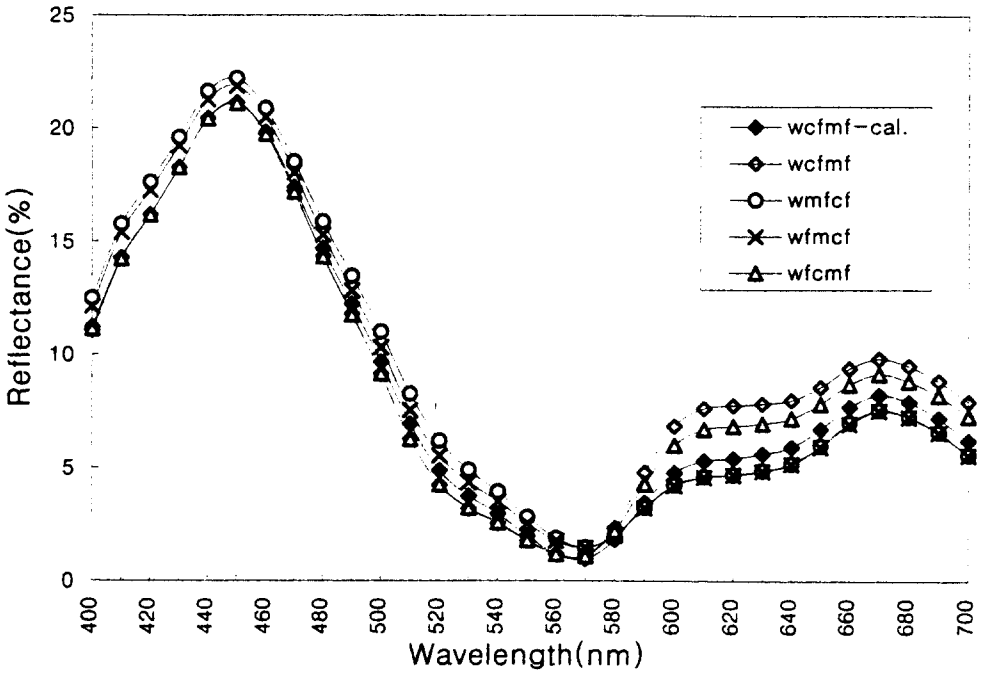


Fig.2. Comparison of measured spectral reflectances of the overlapped specimens with top surface of film with the calculated reflectances.

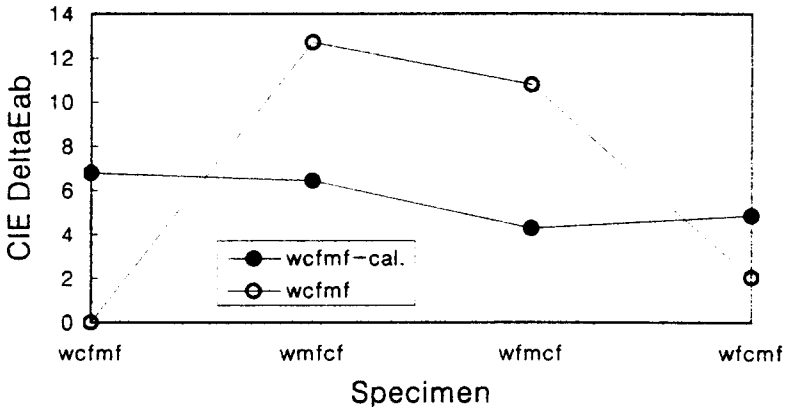


Fig.3. Comparison of color differences of the overlapped specimens with the top surface of film for calculated or measured target.

Fig.2는 계산에 의하여 구한 $R_{wcfmf-cal.}$을 실제로 분광측색계를 사용하여 측정한 각 시험편의 분광반사율곡선과 비교하여 도시한 것이다. Fig.3은 Fig.2의 결과로부터 계산에 의하여 구한 가상 시험편 wcfmf-cal.과 실제 시험편 wcfmf의 색을 기준으로 하여 각 시험편의 색과의 색차를 도시한 것이다.

가상시험편 wcfmf-cal.과 각 시험편과의 색차 ΔEab^*는 4.27~6.79로 나타났으며 이 값은 인쇄물의 허용색차를 벗어나는 수준이므로 본 연구에서 제시한 광학적해석 방법을 인쇄물의 색차 해석에 직접 적용하는 것은 곤란함을 보여 준다. 그러나 여기서 주목할 것은 실제의 인쇄물 wcfmf에 대한 각 시험편과의 색차는 2.05~12.72 사이로 전자에 비하여 색차범위가 훨씬 커진다는 사실이다.

이것은 2장에서 식(1)로부터 식(1′)을 유도하는 과정에서 투명필름과 각 잉크층 및 잉크층 상호간의 굴절율의 차이가 무시할 수 있을 정도로 작다는 가정 하에서 wcfmf, wmfcf, wfmcf 및 wfcmf가 동일한 색이 된다는 해석 결과에는 상당한 오류가 있음을 나타낸다. 특히 wcfmf와 잉크층 c와 m의 중첩순서가 동일한 wfcmf와의 색차는 2.05로 비교적 작은 반면에 잉크층의 중첩순서가 반대인 wmfcf 및 wfmcf와의 색차는 각각 12.72 및 10.80으로 상대적으로 크게 나타났다는 것이다. 이것은 중첩인쇄에서 각 잉크층의 트래핑율이 일정하게 유지되어도 잉크의 중첩순서에 따라서 색의 재현상태가 다르게 된다는 중요한 사실을 시사하는 것이다.

그러나 Fig.2에서 도시된 바와 같이 본 연구에서 제시한 분광반사율에 대한 해석방법은 해석상의 편의를 위하여 각 잉크층 상호간의 굴절율의 차이를 무시한 가정의 오류를 제외한 해석 자체의 접근방식은 매우 타당성이 있음을 알 수 있다.

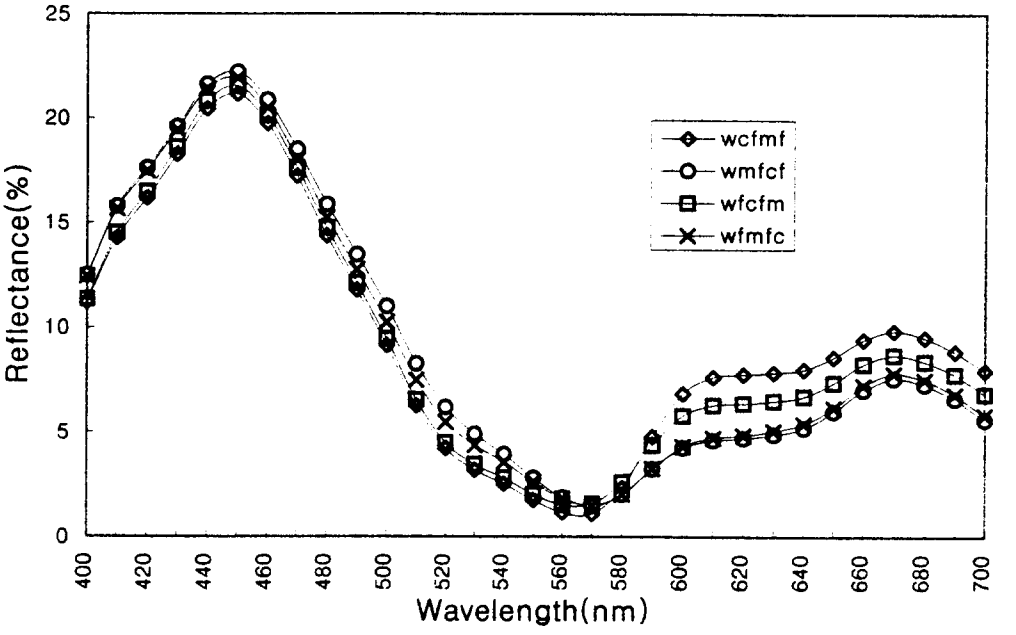
Fig.4 및 Fig.5는 m 및 c잉크의 중첩순서에 따른 8개의 중첩인쇄 시험편 상호간의 분광반사율곡선 및 색차를 비교하여 도시한 것이다.

Fig.4(a)는 투명필름과 각 잉크층이 교대로 중첩된 4종의 시험편에 대하여, Fig.4(b)는 두 개의 투명필름층끼리 또는 m과 c의 두 잉크층끼리 적접 접촉하는 충첩순서를 포함한 4종의 시험편에 대하여 측정한 분광반사율곡선을 보여준다.

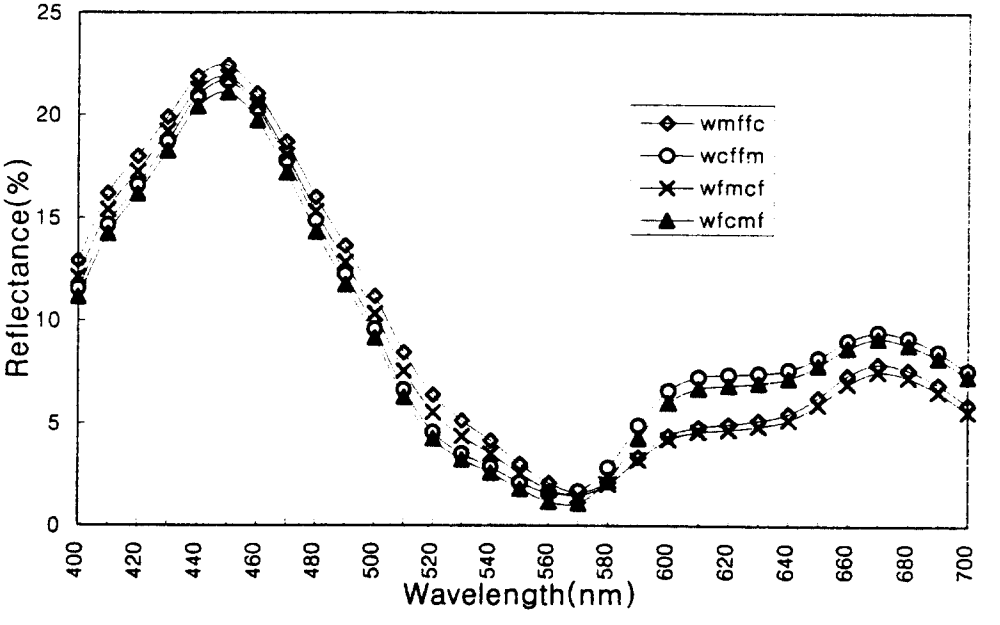
Fig.5(a)는 m+c의 잉크 중첩순서를 가지는 2종의 시험편 wmfcf 및 wmffc를 기준으로, Fig5.(b)는 c+m의 잉크 중첩순서를 가지는 2종의 시험편 wcfmf 및 wcffm을 기준으로 하여 Fig.4(a), (b)의 분광반사율곡선을 가지는 8종의 시험편과의 색차를 비교하여 도시한 것이다. Fig.4(a), (b) 모두 같은 인쇄순서끼리는 색차가 비교적 작지만 다른 인쇄순서에서는 상대적으로 색차가 상당히 커지는 현상을 뚜렷하게 보여준다.

이러한 현상은 앞에서 언급한 바와 같이 식(1)을 편의적으로 간단히 하는 과정에서 투명필름과 잉크층, 또는 각 잉크층 상호간의 굴절율의 차이를 무시한 가정이 타당하지 못함을 보여주는 것이다.

본 연구의 실험에서는 투명필름 위에 각 잉크층을 단색인쇄하여 인쇄된 투명필름을

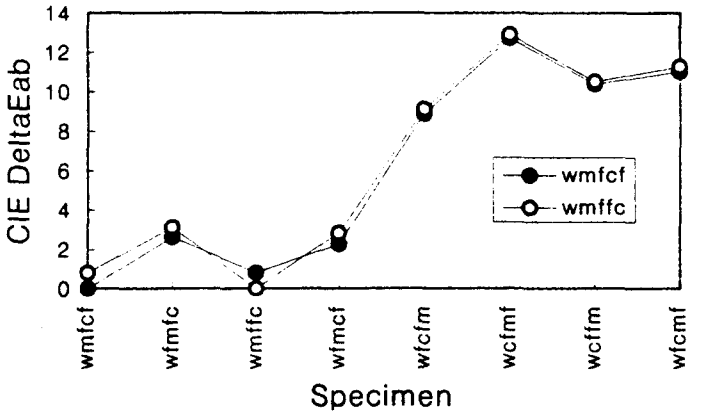


(a)

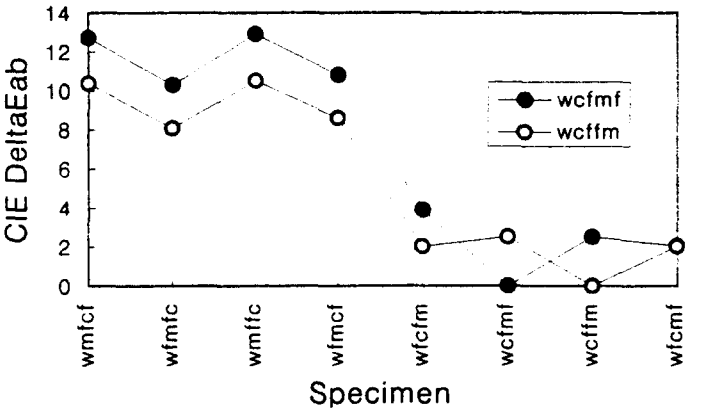


(b)

Fig. 4. Comparisons of measured spectral reflectances of the overlapped specimens according to the overlapping sequences of printed films with magenta or cyan inks.



(a)



(b)

Fig.5. Comparisons of color differences of the overlapped specimens according to the overlapping sequences of printed films with magenta or cyan ink in the targets and the specimens.

중첩시키는 방법으로 중첩인쇄 시험편을 준비함으로써 각 잉크층의 표면이 완전히 건조되어 두 잉크층 사이의 계면이 물리적으로 완전히 분리된 상태에 있기 때문에 이러한 현상이 더욱 두드러지게 나타나는 것으로 생각된다.

그러나 다색인쇄기에서의 중첩인쇄처럼 제1쇄색의 잉크가 거의 건조되지 않은 상태에

서 제2쇄색의 잉크가 올려지는 경우에는 각 잉크를 구성하는 비이클(vehicle)의 상호작용에 의하여 각 잉크층의 계면에서의 내부반사율이 감소하여 인쇄순서에 의한 색차는 훨씬 줄어들 것으로 생각된다. 특히 만약에 두 잉크의 비이클의 종류가 같은 경우에는 두 잉크층 사이의 굴절율의 차이는 무시할 수 있을 정도로 작아지므로 본 연구에서의 해석방법이 정확하게 적용될 수 있는 충분한 가능성이 있으므로 이 부분에 대하여는 차후의 후속 연구에서 검토하기로 한다.

5. 결 론

다색인쇄에서 중첩잉크층의 트래핑 차이에 의한 색차를 완전히 배제하고 잉크 자체의 광학적 특성만에 기인하는 중첩인쇄의 순서에 의한 색차의 해석을 위하여 실시한 중첩인쇄물의 분광반사율에 대한 광학적 해석과 실험을 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 본 연구에서 제시한 중첩인쇄물의 분광반사율에 대한 해석방법은 중첩잉크층 사이의 굴절율의 차이가 큰 경우에 직접 적용은 곤란하지만, 이것은 해석과정에서의 편의적인 가정의 오류에 기인함으로 해석 자체의 접근방식은 매우 타당성이 있음을 확인하였다.

(2) 만일 비이클의 성분이 같은 잉크를 다색인쇄기를 사용하여 습식으로 중첩인쇄할 때와 같이 두 잉크층 사이의 계면에서의 내부반사를 무시할 수 있는 경우에는 본 해석방법의 직접 적용이 가능하며, 따라서 잉크의 중첩순서는 색차와 무관하게 될 것이다.

(3) 중첩잉크의 비이클 성분이 매우 상이하거나 단색인쇄기를 사용하여 건식으로 중첩인쇄할 때와 같이 두 잉크층 사이의 계면에서의 내부반사를 무시할 수 없는 경우에는 잉크의 중첩순서에 따라서 상당한 색차가 발생함으로 정확한 색재현을 위해서는 교정인쇄과정에서 중첩인쇄의 순서를 명시할 필요가 있다.

참 고 문 헌

(1) F. Preucil, "Color and Tone Error of Multicolor Presses", TAGA Proceedings, pp.175~180, 1958

(2) F. R. Clapper and J. A. C. Yule, "The Effect of Multiple Internal Reflections on

the Densities of Half-tone Prints on Paper", J. of the Optical Society of America, Vol.43, No.7, pp.600~603, 1953

(3) H. E. J. Neugebauer, "Die Theoretischen Grundlagen des Mehrfarbendruckes", Z. wiss. Photogr., Vol.36, pp.73~89, 1937

(4) Yan Liu, "Spectral Reflectance Modification of Neugebauer Equations", TAGA Proceedings, pp.154~172, 1991

(5) Sammuel J. Williamson and Herman Z. Cummins, "Light and Color in Nature and Art", John Wiley and Sons, p.363, 1983