

광학적 망점확대의 상당산란면적 모델에 관한 연구

姜 相 薰

부산공업대학교 인쇄공학과

Equivalent Scattering Area Model of Optical Dot Gain

Sang-Hoon Kang

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

Abstract

A new conception of "equivalent scattering area" is investigated as a new approaching method for developing the ideal model of optical dot gain, regarding all the main causes such as scattering, multiple internal reflection of light in paper substrates and dot shapes.

It is experimentally shown that the conception of equivalent scattering area, B' is very useful for the analysis of optical dot gain, and it can be formulated as

$$B' = \begin{cases} m \sin(\pi A) & : 0 < A \leq 0.5 \\ m' \sin\{\pi(1-A)\} & : 0.5 < A < 1.0 \end{cases}$$

1. 서론

오늘날 각종 인쇄에서 원고의 농담을 재현하기 위한 방법으로써 망점에 의한 인쇄방식이 널리 사용되고 있다. 망점 인쇄방식에서 원고의 농담을 정확하게 재현하기 위해서 가장 중요한 요소는 망점의 면적율이다. 따라서 인쇄물의 품질을 정확하게 평가하고 향상시키기 위해서는 망점의 면적율을 정확하게 계산하는 것이 필수적이다.

그런데 원고의 연속농담을 망점으로 분해하여 필름상에 정확하게 재현하여도 다시 이것을 인쇄기를 통하여 종이에 전이시키고, 또 농도계를 사용하여 재현상태를 확인하는 과정에서 망점의 면적율이 필름상의 실제 면적율보다 커지게 되는데 이것을 망점확대

(dot gain)라 한다. 이와 같은 망점확대에는 기계적(또는 물리적) 망점확대와 광학적 망점확대가 있다. 기계적 망점확대는 인쇄과정 중에 잉크의 레오로지(rheology), 인쇄압력, 종이의 흡수율 등에 의하여 종이 위에 전이된 망점이 관상의 망점보다 실질적으로 커지는 것을 말하며, 광학적 망점확대는 인쇄물의 망점을 관측하는 과정에서 피인쇄체에서 발생하는 빛의 산란으로 인하여 실제의 망점보다 크게 보이는 것을 말한다.

따라서 인쇄기계에서의 여러가지 인쇄조건에 따라 발생하는 기계적 망점확대를 광학적으로 평가하기 위해서는 반드시 광학적 망점확대에 대한 보정이 선행되어야하는 것이다.

본 연구에서는 망점확대에 관한 기존의 모델들에 대한 문제점을 분석하고 이를 보완하기 위한 하나의 접근 방법으로써 「상당산란면적(equivalent scattering area)」의 개념을 도입하여 새로운 형태의 망점확대 모델을 유도하고, 실험을 통하여 그 타당성을 입증코자 하였다.

2. 기존의 망점 평가 모델과 그 문제점

망점 인쇄물에서 반사되는 빛의 양은 인쇄용지의 단위면적당 망점면적, 즉 망점면적율과 망점에서의 빛의 흡수성, 즉 망점농도에 의존한다.

망점면적율을 A, 망점농도(dot or solid density)를 D_s , 망점과 인쇄용지 여백의 조합에 의한 망점부의 합성농도(tint density)를 D_t 라 하고, 단위 면적당 단위량의 빛이 입사된다고 하면 단위 면적당 빛의 반사량이 곧 반사율이 되므로 망점의 반사율(dot or solid reflectance)을 R_s , 망점부의 합성반사율(tint reflectance)을 R_t 라 두면 망점 면적율 A는 다음과 같이 Murray-Davies⁽¹⁾ 식으로 표시된다.

$$R_t = 1 - A(1-R_s) \quad \dots \dots \dots (1-a)$$

$$D_t = -\log \{ 1-A(1-10^{-D_s}) \} \quad \dots \dots \dots (1-b)$$

$$A = \frac{1-R_t}{1-R_s} = \frac{1-10^{-D_t}}{1-10^{-D_s}} \quad \dots \dots \dots (1-c)$$

그러나 Murray-Davies 식에서는 인쇄용지를 완전 반사체로 가정하여 종이의 반사율 R_p 를 1로 가정하였으며, 또한 대부분의 인쇄용지에서 발생하는 빛의 산란(scattering)을 고려하지 않고 있다. 따라서 이 식은 빛의 산란이 발생하지 않는 필름(film)에 대해서는 적용될 수 있으나 산란을 무시할 수 없는 종지와 같은 피인쇄체에 대해서는 근본적인 결함을 가지고 있다.

실제로 망점부의 종이 여백에 입사된 빛의 상당 부분은 종이에서의 내부반사와 산란에 의하여 종이 여백에서 직접 반사되지 않고 주변의 망점에서 흡수되므로 반사농도계에서 측정되는 망점부의 농도는 항상 실제 농도보다 크게된다. 이와 같이 실제보다 과대평가된 측정 농도를 사용하여 식(1-C)로부터 계산한 망점면적율 A_{MD} 는 실제 망점면적율 A_{true} 보다 커지게 되어 ($A_{MD}-A_{true}$)만큼의 광학적 망점확대가 발생하게 되는 것이다.

이와 같이 피인쇄체에서 발생하는 빛의 다중 내부반사와 산란에 의하여 야기되는 광학적 망점확대를 보정하기 위한 하나의 방법으로써 Yule - Nielsen⁽²⁾ 은 다음과 같이 지수 n을 사용하여 Murray-Davies식을 수정하였다.

$$A = \frac{1 - 10^{-Dt/n}}{1 - 10^{-Ds/n}} \dots \dots \dots (2)$$

이 식은 적절한 n값만 선택하면 상당히 정확한 망점면적율을 구할 수가 있으므로 현재까지 널리 사용되고 있다. 그러나 이 식에서 n값은 충분한 물리적인 배경에서가 아니라 다분히 편의적으로 착안된 성질의 지수이므로 그동안의 연구결과에 의하면 동일한 인쇄용지에 대해서도 일정한 값을 갖지 못할 뿐만 아니라 인쇄조건에 따라 그 값을 결정하는 일이 매우 번거로운 문제점을 안고 있다. 그럼에도 불구하고 종이에 대한 망점인쇄의 평가에서는 Murray-Davies식에 비하여 비교적 정확한 망점면적율을 계산할 수 있다고 하는 이점 때문에 지금까지 n값에 대한 많은 연구가 활발하게 진행되고 있다.

Ruckdeschel⁽³⁾ 등은 종이에서의 빛의 산란을 분포함수(spread function)로 표시하여 n값을 망점면적율 A의 함수로 유도하였다. 이 표현에 따르면 n값은 망점면적율이 작을 때, 즉 하이라이트(highlight) 영역에서는 스크린 선수(screen frequency)나 망점면적율에 그다지 의존하지 않지만, 망점면적율이 큰 새도우(shadow) 영역에서는 이들 두 패러미터들의 증가와 더불어 n값도 점점 커지는 것으로 나타났다. 이것은 Yule-Nielsen식 자체가 하이라이트 영역에서는 물리적인 의미를 갖지만 새도우 영역에서는 그렇지 못함을 나타내며, n값에 대한 지금까지의 많은 연구에서 실험적으로 구한 n값은 50%이상의 망점면적율에 대해서는 적절하지 못한 값을 의미하는 것이다.

또한 n값에 대한 Ruckdeschel등의 해석에 의하면 종이에서의 빛의 반사상태가 경면반사(specular reflection)에 가까워지면 n값이 1에 접근하게 되며, 완전산란에 가까워지면 n값이 2에 접근하게 되어 결국 경면반사와 완전산란의 중간상태에 해당하는 대부분의 인쇄용지에서는 n값이 1~2 사이에 들어야 한다.

실제로 Pearson⁽⁴⁾ 의 연구결과에 의하면 대부분의 실제적인 인쇄조건에서 n값은 1.4~1.8 사이에 해당되며, 편의상 1.7을 대표값으로 제안하였다.

그러나 최근에 Honjo⁽⁵⁾ 등의 연구에서는 n값이 2를 초과하는 경우도 얼마든지 있을 수 있음을 입증하였으며, W. Pope⁽⁶⁾ 는 동일한 인쇄용지와 일정한 스크린 선수 하에서 잉크의 종류에 따른 수많은 실험을 통하여 n값은 인쇄조건에 따라 각각 다르게 나타나며 주어진 인쇄조건을 대표하는 단 하나의 n값을 추천하는 것은 불가능함을 보여준다.

이상의 연구결과들을 종합하면 종기와 같은 산란성 피인쇄체에 대한 망점인쇄의 평가에 있어서 Yule-Nielsen 식은 적절한 n값을 선택하므로써 Murray-Davies 식보다 정확한 망점면적율을 구할수 있는 장점이 있지만, 인쇄조건에 따른 n값의 결정 방법이 곤란할 뿐만 아니라 식 자체의 물리적인 의미에 모순이 있음을 알 수 있다.

3. 상당산란면적 모델의 제안

망점인쇄에서의 광학적 망점확대의 주요 원인은 주로 피인쇄체에서의 다중 내부반사(multiple internal reflection)를 포함한 빛의 산란에 기인하고 있다.

그러나 망점확대와 관련한 기존의 연구결과를 살펴보면, Yule-Nielsen 모델에서는 앞에서 지적한 바와 같이 물리적으로 모순이 있는 지수 n 을 편의적으로 채택하고 있으며, Clapper-Yule⁽⁷⁾ 과 Honjo⁽⁵⁾ 등의 모델에서는 다중 내부반사와 산란을 동시에 고려하고 있으나 망점 자체의 기하학적 형상에 의한 영향을 전혀 무시하고 있으며, 또한 Huntsman⁽⁸⁾의 모델에서는 다중 내부반사의 영향을 고려하지 않고 있다.

따라서 광학적 망점확대 현상을 더욱 정확하게 해석하기 위해서는 이상의 선행 연구결과로부터 물리적으로 모순이 있는 Yule-Nielsen 모델 대신에 산란과 다중 내부반사 뿐만 아니라 망점 자체의 기하학적 형상을 동시에 고려할 수 있는 새로운 형태의 망점확대 모델에 관한 연구가 요구되는 것이다.

이러한 관점에서 본 연구에서는 상당 산란면적(equivalent scattering area)이라고 하는 새로운 개념을 도입하여 새로운 형태의 망점확대 모델에 관하여 살펴보고자 한다.

<Fig.1>은 망점면적을 A와 여백면적을 (1-A)의 단위 망점부의 투명 필름을 인쇄용지 위에 압착시킨 상태에서 망점과 여백으로 입사된 빛의 반사경로를 나타낸다.

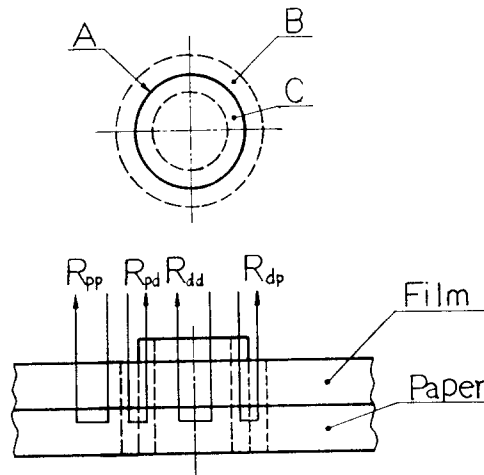


Fig.1 Reflectance behavior due to base scattering for a unit area halftone pattern of dot area A, scattering area B,C and base area (1-A).

망점부의 단위 면적당 단위량의 빛이 입사된다고 하고, 여백으로 입사된 빛이 여백 및 망점을 통하여 반사되는 반사율을 각각 R_{pp} 및 R_{pd} , 망점으로 입사된 빛이 망점 및 여백을 통하여 반사되는 반사율을 각각 R_{dd} 및 R_{dp} 라 하면, R_{pd} 와 R_{dp} 가 인쇄용지에서의 빛의 산란을 나타내며, 산란이 발생하는 망점 내부와 외부의 산란면적을 각각 B, C라 하면 각

각의 반사율은 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 R_{pp} &= r_f(1-A-B)+(1-r_f)r_p t_f^2(1-A-B) \\
 R_{pd} &= r_f B+(1-r_f)r_p t_f^2 t_d B \\
 R_{dd} &= r_d(A-C)+(1-r_d)t_d^2 r_f(A-C)+\{1-r_d-(1-r_d)t_d^2 r_f\} t_f^2 t_d r_p(A-C) \quad \dots \dots \dots (3) \\
 R_{dp} &= r_d C+(1-r_d)t_d^2 r_f C+\{1-r_d-(1-r_d)t_d^2 r_f\} t_f^2 r_p C
 \end{aligned}$$

여기서 r_f , t_f 는 필름의 반사 및 투과율, r_d , t_d 는 망점의 반사 및 투과율, r_p 는 종이의 반사율을 나타낸다.

Murray-Davies 모델에서는 망점으로 입사된 빛은 망점을 통하여, 여백으로 입사된 빛은 여백을 통하여만 반사되므로 이 모델의 반사율 R_{MD} 는 다음과 같이 표시된다.

$$\begin{aligned}
 R_{MD} &= r_f(1-A)+(1-r_f)r_p t_f^2(1-A)+r_d A+(1-r_d)t_d^2 r_f A+\{1-r_d-(1-r_d)t_d^2 r_f\} t_f^2 t_d r_p A \\
 &= [r_d+(1-r_d)t_d^2 r_f+\{1-r_d-(1-r_d)t_d^2 r_f\} t_f^2 t_d r_p] A+\{r_f+(1-r_f)r_p t_f^2\}(1-A) \\
 &= R_s A + R_p(1-A) \quad \dots \dots \dots (4)
 \end{aligned}$$

여기서 R_s , R_p 는 각각 빛의 산란이 발생하지 않는 경우의 망점과 여백에서의 전체 반사율을 나타낸다.

한편 산란이 발생하는 경우의 망점과 여백의 합성반사율, 즉 망점부 반사율 R_t 는

$$R_t = R_{pp} + R_{pd} + R_{dd} + R_{dp} \quad \dots \dots \dots (5)$$

로 표시되므로 식(3), (4)를 식(5)에 대입하여 정리하면 다음과 같이 된다.

$$R_t = R_{MD}-r_p t_f^2(1-t_d) [(1-r_f) B - \{1-r_d-(1-r_d)t_d^2 r_f\} C] \quad \dots \dots \dots (5')$$

이 식에서 산란면적 B , C 는 각각 망점부의 농도를 증가 또는 감소시키지만 결과적으로는 항상 망점부의 농도를 증가시키게 되므로 망점 내외의 산란면적 B , C 만 알게 되면 산란에 의한 망점확대 효과를 쉽게 해석할 수가 있게 된다.

그러나 산란면적 B , C 는 주로 피인쇄체 내부에서의 빛의 반사위치(깊이)와 반사각도 및 망점의 둘레길이에 의존하므로 간단하게 물리적으로 표시할 수 있는 값이 아님을 알 수 있다. 따라서 산란면적 B , C 를 해석적으로 구하는 대신에 식(5')의 [] 안의 산란면적 B , C 의 합성 산란효과를 망점부의 농도를 증가시키는 작용을 하는 망점 외부의 가상의 산란면적 B' 으로 대체하므로써 산란면적에 대한 해석을 보다 용이하게 할 수 있게 된다.

여기서 가상의 산란면적 B' 은 산란면적 B , C 의 합성 산란효과에 상당하므로 이하에 서는 편이상 상당산란면적(equivalent scattering area)이라 부르기로 한다.

따라서 식(5')을 상당산란면적 B' 을 사용하여 고쳐쓰면 식(6)으로 된다.

$$R_t = R_{MD} - r_{pt}^2(1-t_a)B' \quad \dots \dots \dots (6)$$

그런데 상당산란면적 B' 은 망점의 기하학적 형상(주로 둘레길이)에 의존하므로 식 (6)은 산란과 망점의 기하학적 형상의 영향은 포함하게 되지만 다중 내부반사의 영향은 고려하지 않고 있으므로 실제 다중 내부반사가 발생하는 실험결과로부터 B' 을 실험적으로 결정할 수만 있으면 결국 식(6)은 피인쇄체의 산란과 다중 내부반사 뿐만 아니라 망점의 기하학적 형상을 고려하는 이상적인 망점확대 모델이 될 수 있다.

여기서 문제가 되는 것은 주어진 인쇄조건으로부터 상당산란면적 B' 을 여하히 일반화 할 수 있느냐 하는 것이다. 이점에 대해서는 4장에서 실험적으로 상세하게 살펴보기로 한다.

4. 상당 산란면적 모델에 대한 실험적 고찰

<Fig.2>는 스크린 선수와 망점면적율에 따른 광학적 망점확대를 측정하기 위하여 본 연구에서 사용한 Dupont사의 “ Dot Size Comparator - Series2 ” 필름의 구성을 나타낸다.

투과농도계(Macbeth TR - 927)를 사용하여 필름상의 실제 망점면적율 A_{true}를 측정하고, 다시 <Fig.1>과 같이 필름을 인쇄용지(아트지, 120g/m²)위에 압착하여 필름과 종이 위에서의 망점부의 반사농도를 측정하였으며, 그 측정결과는 <Table 1>과 같다.

또한 필름의 여백과 민인쇄부의 투과농도 D_{tr}와 D_{trf}, 종이 위에 필름을 압착한 상태에서의 여백과 민인쇄부의 반사농도 D_{rfp}와 D_{rfb} 및 종이(여백)만의 반사농도 D_{fp}의 측정치는 <Table.2>와 같다.

여기서 필름과 종이의 압착상태에서의 여백의 반사농도 D_{rfp}, 즉 D_p를 고려하여 Murray-Davies의 식(1-b) 및 (1-C)를 고쳐쓰면 각각 식(7) 및 (8)로 된다.

$$D_t - D_p = -\log \{ 1 - A(1 - 10^{-(D_s - D_p)}) \} \quad \dots \dots \dots (7)$$

$$A_{MD} = \frac{1 - 10^{-(D_t - D_p)}}{1 - 10^{-(D_s - D_p)}} \quad \dots \dots \dots (8)$$

<Table 1 및 2>의 측정농도는 종이에서 발생하는 빛의 산란으로 인하여 광학적으로 증대된 농도이므로 이 값을 이용하여 식(8)의 Murray-Davies 모델로부터 망점면적율 A_{MD}를 계산하여 광학적 망점확대율 (D.G)_{op}(=A_{MD}-A_{true})를 구하면 <Table 3>과 같이 된다.

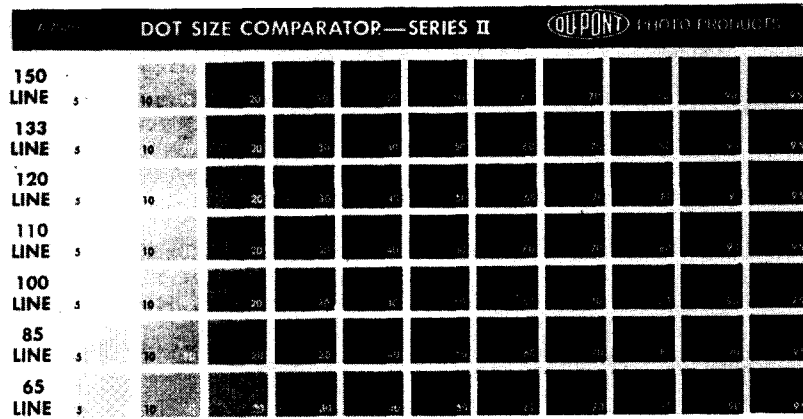


Fig.2 Test chart film of "DOT SIZE COMPARATOR-SERIES II" made by Dupont.

Table 1. Tint densities (D_t - D_p) of test chart film laminated on paper under true dot area coverage(A_{true})

A_{true}	Screen Frequency(lpi)			A_{true}	Screen Frequency(lpi)		
	65	100	133		65	100	133
0.03		0.03	0.03	0.44	0.47		
0.05	0.03			0.45			0.45
0.08			0.07	0.55	0.60		
0.09	0.08	0.07		0.56		0.64	0.66
0.15	0.14			0.64	0.70		
0.16			0.14	0.67			0.83
0.17		0.15		0.68		0.81	
0.24		0.20	0.19	0.75		0.90	
0.26	0.22			0.76			0.97
0.32			0.30	0.77	0.89		
0.33		0.30		0.85	1.09	1.15	1.14
0.34	0.29			0.91	1.31		
0.43		0.48		0.92		1.33	1.34

Table 2. Base and solid densities of test chart film and film / paper combination

D_{tf}	D_{tfs}	$D_{rtp}(=D_p)$	$D_{rtps}(=D_s)$	D_{rp}
0.05	2.80	0.13	1.65	0.06

Table 3. Optical dot gains($A_{MD} - A_{true}$) of test chart film / paper combination

A_{true}	Screen Frequency(lpi)			A_{true}	Screen Frequency(lpi)		
	65	100	133		65	100	133
0.03		0.04	0.04	0.44	0.24		
0.05	0.02			0.45			0.22
0.08			0.07	0.55	0.22		
0.09	0.08	0.06		0.56		0.24	0.25
0.15	0.13			0.64	0.19		
0.16			0.12	0.67			0.21
0.17		0.13		0.68		0.19	
0.24		0.14	0.13	0.75		0.15	
0.26	0.15			0.76			0.16
0.32			0.20	0.77	0.13		
0.33		0.19		0.85	0.10	0.11	0.11
0.34	0.16			0.91	0.07		
0.43		0.26		0.92		0.06	0.07

또한 <Table 2>의 측정농도로부터 r_p , t_f 및 t_d 를 구하여 식(6)을 고쳐쓰면 식(6') 으로 된다.

$$R_t = R_s A + R_p(1-A) - 0.69B' \quad \dots \dots \dots (6')$$

다시 (6')식은 망점면적을 A와 반사농도에 관하여 고쳐쓰면 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} A &= \frac{R_t - R_p}{R_s - R_p} + \frac{0.69}{R_s - R_p} B' \\ &= \frac{1 - 10^{-(D_t - D_p)}}{1 - 10^{-(D_s - D_p)}} - \frac{0.69 \times 10^{D_p}}{1 - 10^{-(D_s - D_p)}} \cdot B' \quad \dots \dots \dots (9) \\ &= A_{MD} - 0.96B' \end{aligned}$$

따라서 광학적 망점확대율 $(D.G)_{op}$ 는 다음 식으로 된다.

$$(D.G)_{op} (= A_{MD} - A_{true}) = 0.96B' \quad \dots \dots \dots (10)$$

그런데 광학적 망점확대율 $(D.G)_{op}$ 는 망점면적을 A에 의존하므로 상당산란면적 B'은 다음과 같은 경계조건을 만족해야 한다.

$$B' = f(A) = \begin{cases} 0 & : A = 0 \\ 0 & : A = 1 \end{cases}$$

위의 경계조건을 만족하는 함수를 $f(A) = m \sin(\pi A)$ 라 가정하면, <Fig.3>과 같이 본 연구에서 사용된 망점 필름은 물론, 현장에서 사용하는 대부분의 망점 인쇄물은 망점면적을 50% 이하에서는 포지티브(positive)이지만 50% 이상에서는 네가티브(negative)로 사용되므로 상당산란면적 B' 의 기하학적 특성상 함수 $f(A)$ 는 다음과 같이 구분하여 표시할 수 있다.

$$B' = \begin{cases} m \sin(\pi A) & : 0 < A \leq 0.5 \\ m' \sin\{\pi(1-A)\} & : 0.5 < A < 1.0 \end{cases} \dots \dots \dots (11)$$

여기서 m 및 m' 은 실험적으로 결정되는 계수이다.

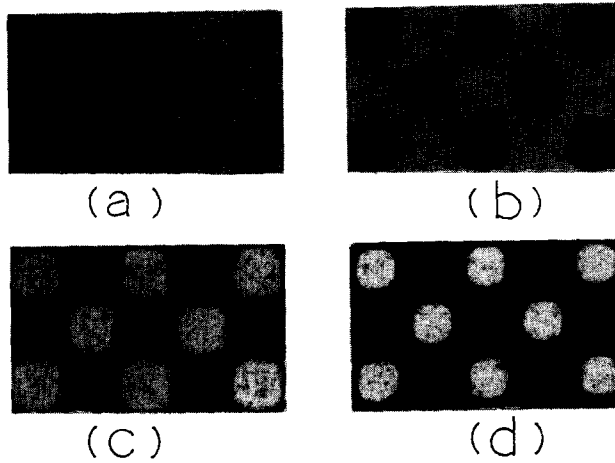


Fig.3 Photomicrographs of 100 lpi tints for dot area coverage of (a) 20%, (b) 40%, (c) 60%, (d) 80% (×50).

따라서 식(11)을 이용하여 식(10)을 고쳐쓰면 다음과 같이 된다.

$$(D.G)_{op} = \begin{cases} 0.96m \sin(\pi A) & : 0 < A \leq 0.5 \\ 0.96m' \sin\{\pi(1-A)\} & : 0.5 < A < 1.0 \end{cases} \dots \dots \dots (12)$$

여기서 계수 m 및 m' 은 <Table 3>의 광학적 망점확대의 측정치로부터 스크린 선 수별로 각각 구할 수 있다.

<Fig.4~6>은 <Table 3>의 광학적 망점확대율의 측정결과를 도시한 것으로써 본 연구의 상당산란면적 모델에 의한 실험식 (12)와 잘 일치함을 보여준다.

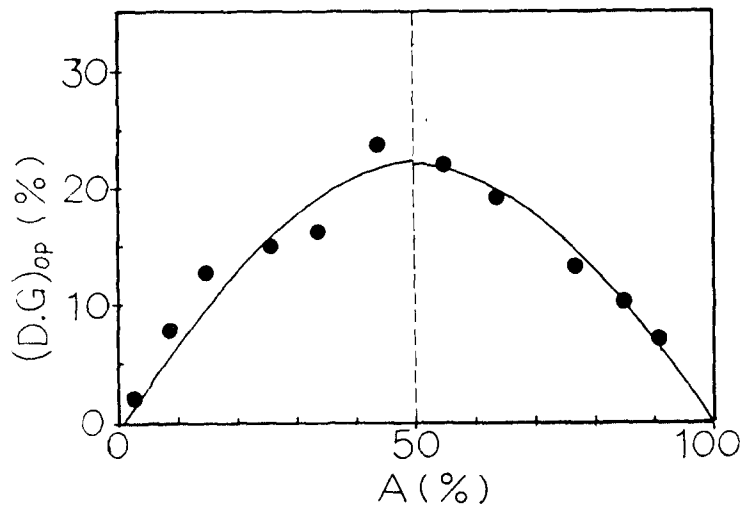


Fig.4 Comparison of optical dot gains measured and calculated by eq.(12) at 65 lpi tints.

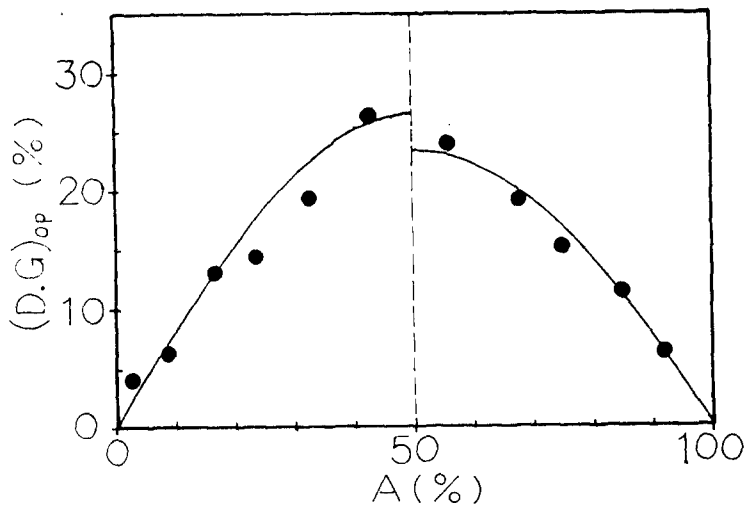


Fig.5 Comparison of optical dot gains measured and calculated by eq.(12) at 100 lpi tints.

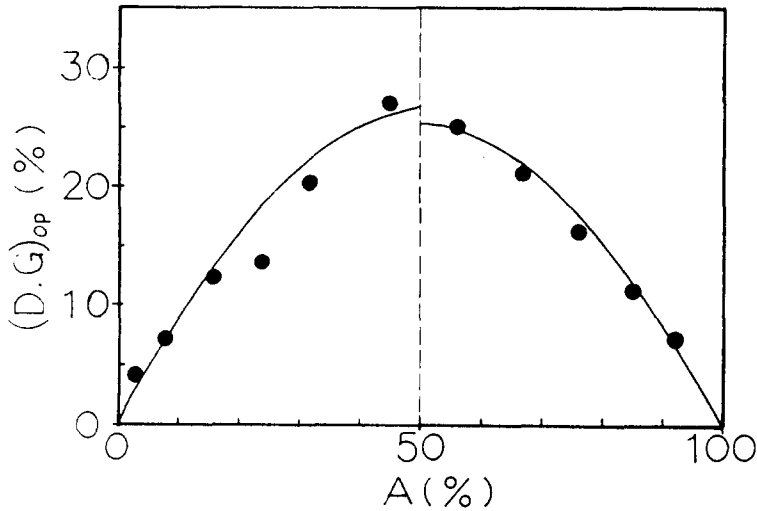


Fig.6 Comparison of optical dot gains measured and calculated by eq.(12) at 133 lpi tints.

다시 상당산란면적 모델을 기존의 Murray-Davies 및 Yule-Nielsen 모델과 비교하기 위하여 식(6') 을 <Table 2>의 실험결과를 이용하여 반사농도에 대한 식으로 고쳐쓰면 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned}
 D_t - D_p &= -\log \{ 1 - A(1 - 10^{-(D_s - D_p)}) - 0.69 \times 10^{D_p} \times B' \} \\
 &= -\log \{ 1 - A(1 - 10^{-1.52}) - 0.93 \times B' \} \quad \dots \dots \dots (13)
 \end{aligned}$$

<Fig.7>은 스크린 선수 65lpi에서의 반사농도 측정치와 Murray-Davies 및 Yule-Nielsen 모델과의 관계를 비교 도시한 것으로써 Yule-Nielsen 모델의 지수 n값이 대략 2~3 사이에 해당함을 알 수 있으며, 이것은 Honjo등이 지적한 바와 같이 실제로 n값이 2를 초과하고 있음을 보여준다.

<Fig.8>은 스크린 선수 100lpi에서의 반사농도 측정치와 식(13)으로 표시되는 본 연구의 상당산란면적 모델을 비교 도시한 것으로써 이 역시 측정치와 실험식이 잘 일치함을 알 수 있다.

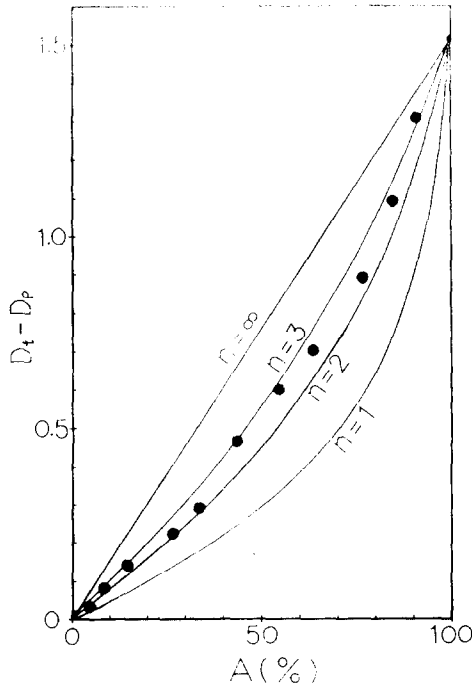


Fig.7 Comparison of measured densities in 65 lpi tints with Murray-Davies and Yule-Nielsen eqs.

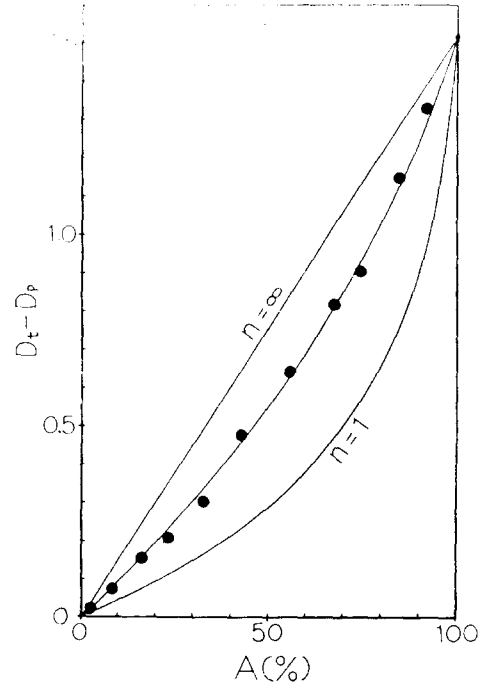


Fig.8 Comparison of measured densities in 100 lpi tinte with equivalent scattering area model of eq.(13).

5. 결론

- (1) 광학적 망점확대의 주요 원인이 되는 빛의 산란, 다중 내부반사 및 망점의 기하학적 형상 등의 영향을 동시에 고려할 수 있는 이상적인 망점확대 모델을 구하기 위한 하나의 접근 방법으로써 「상당산란면적」의 개념이 매우 유효함을 알 수 있다.
- (2) 상당산란면적 B' 은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$B' = \begin{cases} m \sin(\pi A) & : 0 < A \leq 0.5 \\ m' \sin\{\pi(1-A)\} & : 0.5 < A < 1.0 \end{cases}$$

참 고 문 헌

- (1) A. Murray, " Monochrome Reproduction in photoengraving ", J. Franklin Institute, Vol.221, pp.721~744 (1936).
- (2) J.A.C. Yule, W.J.Nielsen, " The Penetration of light into Paper and Its Effect on Half-tone Reproduction ", TAGA Proceedings, Vol.3, pp.65~76 (1951).
- (3) F.R.Ruckdeschel, O.G.Hauser, " Yule-Nielsen effect in printing : a physical analysis ", Applied Optics, Vol.17, No.21, pp.3376~3383 (1978).
- (4) Milton Pearson, " n-Value for General Conditions ", TAGA Proceedings, pp.415~425 (1980).
- (5) Satrou HONJO, Seiichi TAGUCHI, " Mechanism of Optical Dot Gain", The Japanese Society of Printing Science and Technology, Vol.24, No.3, pp.178~188 (1987).
- (6) William W.Pope, " A Practical Approach to N-Value ", TAGA Proceedings, pp.142~151 (1989).
- (7) F.R.Clapper, J.A.C.Yule, " The Effect of Multiple Internal Reflections on the Densities of Half-tone Prints on Paper ", J.Optical Society of America, Vol.43, No.7, pp.600~603 (1953).
- (8) James R.Huntsman, " A New Model of Dot Gain and Its Application to a Multilayer Color Proof ", The Japanese Society of Printing Science and Technology, Vol. 24, No.3, pp.189~202 (1987).