

# 高解像度潜像形成および現像技術

High Resolution Latent Image Forming and Development

岩松 正\*<sup>1</sup>  
Tadashi Iwamatsu

豊島 哲朗\*<sup>1</sup>  
Tetsuro Toyoshima

東 伸之\*<sup>2</sup>  
Nobuyuki Azuma

武藤 吉紀\*<sup>1</sup>  
Yoshinori Mutou

中島 吉紀\*<sup>1</sup>  
Yoshinori Nakajima

## 要 旨

近年、高画質化の要求に応えるために、デジタルプリンティング技術の高解像度化が進んでいる。しかし、最小画素での孤立ドットや孤立ラインが安定して形成できない状況である。文字やライン画像の先鋭性や階調表現能力をさらに向上し、写真ライクな画像を実現するために、高解像度画像形成技術が必要とされている。

近い将来、青色レーザーの実用化等によってビームの小径化が実現した場合に備え、我々は、潜像形成・現像過程において要求される諸条件を分析した。本論文では、まず潜像電場の周波数特性解析を行い、高解像度化の課題と感光体薄膜化の有効性について述べる。その中で、潜像電位のMTFとフーリエ級数を用いる計算手法を用い、600から2400dpiの周期ラインと孤立ラインの両立性の分析を行う。次に高解像度の露光・現像実験を行う装置を作製し、600と1200dpiの周期ラインと孤立ラインおよび孤立ドットが両立する条件を実験的に検証する。まとめとして、高解像度に対応する幾つかの手法を提案する。

In recent years, the resolution in digital printing has been increasing, in response to the need for high-image quality. However, stable high-resolution single dots and single lines cannot be formed with present technology. To improve the sharpness and half-tone of images and to achieve photo-quality images, progress in high-resolution image forming technology is needed.

To help allow for the employment of smaller exposing beams, for example blue lasers, we have conducted the study reported in the present paper, in which we investigated the conditions necessary to create a high-resolution latent image forming and development process. In this paper, we first discuss our frequency analysis of the latent electric field, in which we have analyzed the compatibility of single and periodic lines between 600 and 2400 dpi, using a mathematical method employing MTF of the latent image and Fourier series. Next, we discuss the test bed we constructed and our experimental examination of the characteristics of single-line and periodic-line image forming at 600 and 1200 dpi. Finally, we consider the effect of several methods on high-resolution image forming.

## まえがき

現像部における周期潜像電界の計算に関しては、Schaffert<sup>1)</sup>、Schmidlin<sup>2)</sup>らが誘電体3層モデルを用いて詳細に解析した。さらにScharfe<sup>3)</sup>が誘電体を2層モデルに単純化して、ソリッドとライン潜像の現像電界強度特性の分析を行っている。また、Chen<sup>4)</sup>は分極力現像の検討のために2次元の周期潜像電界の計算を行っている。

非磁性1成分接触現像方式のようなトナー層厚が薄い条件の場合、トナー層電界強度の周波数特性は

極値をもたない単調な変化となる。従って、我々は現像部における感光体表面電位の周波数特性が現像の周波数特性を代表するものと考え、詳細な分析を行った。まず、潜像電位のMTF(modulation transfer function)が非常に簡単な形で表現できることを示し、次にフーリエ級数を用いる計算手法で、任意形状の潜像電位シミュレーションを行えることを示す。このシミュレーション結果から、高解像度潜像の特性と現像の課題を明確化するとともに、感光体膜厚の薄膜化が一改善手段であることを示す<sup>5)</sup>。

次に、我々は、帯電部、高解像度露光部、1成分現

\*<sup>1</sup> 生産技術開発推進本部 生産技術開発センター

\*<sup>2</sup> 生産技術開発推進本部 モノづくり革新センター

像部から成る実験機を作製し、感光体薄膜化が効果的であることを検証するとともに、露光エネルギー制御の有効性についても実験検証する<sup>6)</sup>。

## 1. 理論

### 1.1 周期潜像電位の解析解

現像部における電場解析モデルを図1に示す。感光体層とトナー層のそれぞれの誘電率を  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$ , 層厚を  $l$ ,  $m$  とする。感光体層とトナー層の境界面には周期的表面電荷分布  $\sigma$  が存在する。感光体層の下部は導電性基板で電位  $0$ , 現像剤層の上部は現像電極で電位  $V_0$  とした。

この誘電体2層モデルにおいて、 $z$  軸方向の座標原点をこの境界面に設定することで、後述の式の展開を簡略化できる。

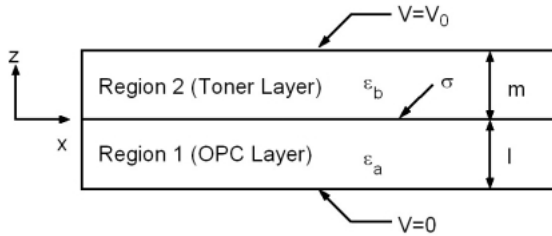


図1 解析モデル  
Fig. 1 Schematic of the model.

表面電荷密度分布  $\sigma$  は式1で与えられる。感光体層およびトナー層には、ラプラス方程式が適用され、それぞれ式2および式3で表される。トナー層ポテンシャル関数  $\phi_2$  は、式4のDC成分とAC成分の和により定義され、その一般解はそれぞれ式5と式6で表される。ラプラス場の線形性より、一般解の係数導出は独立して行うことができる。境界条件は、3つの境界における電位条件と2層の界面における1つの電位密度連続条件である。ACポテンシャルを導出する場合、 $\phi_{2ac}$  の  $b_1$ ,  $b_2$  の2個の係数と  $\phi_{1ac}$  の同様の2個の係数の導出となる。式2と式3に4つの境界条件を適用し、連立方程式を解くことで4つの係数は導出される。DCポテンシャルの導出も同様である。

$\phi_{2dc}$  と  $\phi_{2ac}$  の解の導出結果は、それぞれ式7と式8のようになる。座標原点の工夫により簡略な式で表現され、物理的イメージが掴みやすい。 $\phi_{2ac}$  は周期的電荷密度  $\sigma$  の項のみからなるが、 $\phi_{2dc}$  は右辺第1項の外部電場  $V_0$  の項と第2項の表面電荷密度  $\sigma$  の項からなる。

$$\sigma = \frac{\sigma_0}{2} (1 + \cos \omega x), \omega = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 \phi_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi_1}{\partial z^2} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 \phi_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi_2}{\partial z^2} = 0 \quad (3)$$

$$\phi_2 = \phi_{2dc} + \phi_{2ac} \quad (4)$$

$$\phi_{2dc}[z] = b_b + b_0 z \quad (5)$$

$$\phi_{2ac}[x, z] = \{b_1 \cdot e^{\omega z} + b_2 \cdot e^{-\omega z}\} \cos(\omega x) \quad (6)$$

$$\phi_{2dc}[z] = \frac{V_0 \left( \frac{l}{\epsilon_a} + \frac{z}{\epsilon_b} \right) + \frac{\sigma_0}{2} \frac{l}{\epsilon_a} \frac{m-z}{\epsilon_b}}{\frac{l}{\epsilon_a} + \frac{m}{\epsilon_b}} \quad (7)$$

$$\phi_{2ac}[x, z] = \frac{\frac{\sigma_0 \tanh(\omega l)}{2} \frac{\sinh\{\omega(m-z)\}}{\epsilon_a \cosh(\omega m)} \frac{\cos(\omega x)}{\omega}}{\frac{\tanh(\omega l)}{\epsilon_a} + \frac{\tanh(\omega m)}{\epsilon_b}} \quad (8)$$

### 1.2 トナー層中の電界強度

周波数特性を分析する場合、AC成分のみを取り扱えばよい。 $x$  軸方向で電位振幅が最大となる位置でのトナー層電界強度は、式8に ( $x=0$ ) を代入し、 $z$  で偏微分することにより式9の様に表される。

$$E_{2ac}[0, z] = \frac{\frac{\sigma_0 \tanh(\omega l)}{2} \frac{\cosh\{\omega(m-z)\}}{\epsilon_a \cosh(\omega m)}}{\frac{\tanh(\omega l)}{\epsilon_a} + \frac{\tanh(\omega m)}{\epsilon_b}} \quad (9)$$

トナー層厚  $m$  をパラメータに潜像空間周波数と電界強度との関係を計算した結果を図2に示す。ソリッドエリアの現像に必要なトナー層厚を約  $10 \mu\text{m}$  と仮定し、現像部における感光体表面から  $10 \mu\text{m}$  離れた位置 ( $z = 10 \mu\text{m}$ ) での電界強度を計算した。計算に用いた他の変数の標準値を表1にまとめる。非磁性1成分接触現像に代表されるような現像電極が近い場

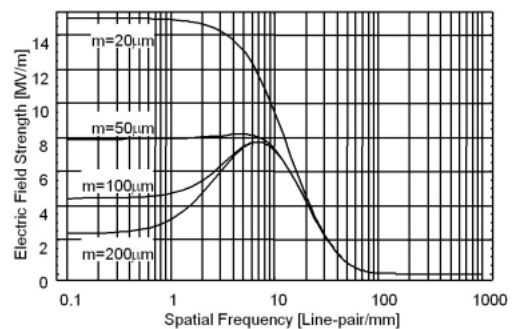


図2 トナー層厚  $m$  の様々な値に対する感光体表面から  $10 \mu\text{m}$  の位置における電界強度と潜像空間周波数との関係

Fig. 2 Relationship between the latent spatial frequency and the electric field strength at a distance of  $10 \mu\text{m}$  from the OPC surface for several values of the parameter  $m$  (toner thickness).

表1 パラメータの標準値  
Table 1 Standard values of parameters.

Photoreceptor Layer		
Thickness	l	20 μm
Dielectric Constant	ε <sub>a</sub>	3
Charge Density	σ <sub>0</sub>	1.33 mC/m <sup>2</sup>
Toner Layer		
Thickness	m	20 μm
Dielectric Constant	ε <sub>b</sub>	2
Electric potential	V <sub>0</sub>	0 V

合、その周波数特性は極値を持たない単調な変化となる。これは図2のm=20の曲線で表される。この電界強度の周波数特性が現像量の周波数特性を代表するものと考えられる。

1・3 潜像電位の周波数特性

式8を基に現像部における感光体表面潜像電位の周波数特性を分析する。ここで、感光体膜厚lを変数とする場合の制約条件として、表面電荷密度σ<sub>0</sub>が膜厚に依らず一定とした。σ<sub>0</sub>を一定とすると、帯電時の感光体内部電界強度が一定となるため、感光体の絶縁破壊強度に対する余裕度が同じ条件にできる。感光体表面電荷密度σ<sub>0</sub>の標準値は表1のように、20 μmの膜厚の感光体を1000 Vまで帯電する条件を標準条件として計算した値の1.33 [mC/m<sup>2</sup>]とした。

感光体膜厚lをパラメータに潜像空間周波数と潜像電位振幅との関係を計算した結果を図3に示す。空間周波数の増加に伴い、潜像電位振幅が減少することがわかる。これは空間周波数の高い画像の現像量が減少することに対応する。また感光体膜厚が薄い場合の特性として、電位振幅の絶対量は小さいが周波数特性がフラットな特性となることがわかる。これは空間周波数が増えなくても現像量の変動が小さく濃度が安定することに対応する。

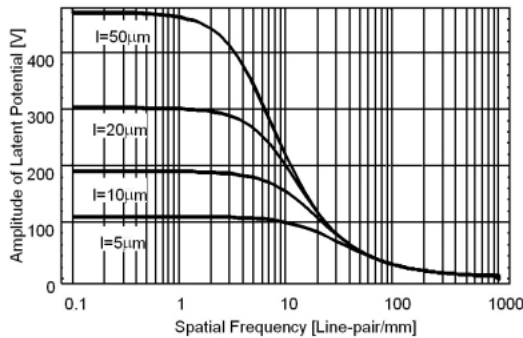


図3 感光体膜厚が潜像電位の周波数特性に及ぼす影響  
Fig. 3 Effect of OPC thickness on frequency of the latent potential.

1・4 周期ラインと孤立ラインの両立性

任意の比率を持つ理想的周期ライン潜像の電界を計算するために、図4の関数G(θ)を導入する。周期2π、幅2α、高さ1の矩形波の周期関数Gは、フーリエ級数を用いて式10で表される。

次に、潜像表面電位振幅のAC成分A<sub>2ac</sub>は、式8のφ<sub>2ac</sub>にx=0, z=0, ω=nωを代入することによって、式11のように表される。空間周波数が0に近い低周波での潜像表面電位振幅A<sub>2acω=0</sub>は、式8のφ<sub>2ac</sub>にx=0, z=0を代入し、ω→0の極限をとることによって、式12のように表される。すると感光体表面の潜像電位振幅の周波数特性MTF<sub>lim</sub>は式11と式12の比で定義され、式13の様に表される。座標原点の工夫により潜像のMTFを非常に簡略な式で表現することができた。

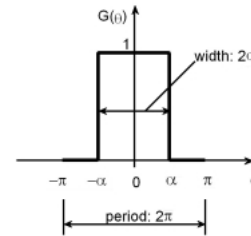


図4 周期ライン潜像の電界計算のための矩形関数G(θ)  
Fig. 4 Rectangular function G(θ) to calculate the electric field of the periodic line latent image.

$$G(\theta) = \frac{\alpha}{\pi} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(n\alpha)}{n} \cos(n\theta) \quad (10)$$

$$A_{2ac} = \frac{\sigma_0}{2} \left[ \left( \frac{\tanh(n\omega l)}{\epsilon_a n \omega} \right)^{-1} + \left( \frac{\tanh(n\omega m)}{\epsilon_b n \omega} \right)^{-1} \right]^{-1} \quad (11)$$

$$A_{2ac\omega=0} = \lim_{\omega \rightarrow 0} \phi_{2ac} = \frac{\sigma_0}{2} \left[ \left( \frac{l}{\epsilon_a} \right)^{-1} + \left( \frac{m}{\epsilon_b} \right)^{-1} \right]^{-1} \quad (12)$$

$$MTF_{lim} = \frac{\left( \frac{l}{\epsilon_a} \right)^{-1} + \left( \frac{m}{\epsilon_b} \right)^{-1}}{\left( \frac{\tanh(n\omega l)}{\epsilon_a n \omega} \right)^{-1} + \left( \frac{\tanh(n\omega m)}{\epsilon_b n \omega} \right)^{-1}} \quad (13)$$

また実際の白ライン幅X<sub>w</sub>、黒ライン幅X<sub>b</sub>の周期ラインパターンを上記矩形周期関数Gに適用するためには、式14の関係を式10に代入すればよい。結局、式10で表される矩形周期関数GのAC成分に対し、空間周波数に対応した周波数特性関数MTF<sub>lim</sub>を乗ずることにより、式15に示すようなレスポンス関数RFが得られる。このレスポンス関数RFは、矩形周期関数Gが規格化(振幅1)されていることから、規格化された関数となっている。従って、実際の潜像電位プロファイルPRは式16に示すようにレスポンス関数RFに振幅A<sub>2acω=0</sub>を乗じ、DC成分A<sub>2dc</sub>を加えることによって得られる。DC成分A<sub>2dc</sub>は式7のφ<sub>2dc</sub>にz=

0 を代入することで式 17 のようになる。特に  $V_0 = 0$  の場合、式 12 の  $A_{2ac\omega_0}$  と等しくなることは、式 1 の定義から理解できる。

$$\alpha = \frac{X_w}{X_w + X_b} \pi, \theta = \omega x \quad (14)$$

$$RF = \frac{X_w}{X_w + X_b} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} MTF_{lmt} \frac{\sin\left(n\pi \frac{X_w}{X_w + X_b}\right)}{n} \cos(n\omega x) \quad (15)$$

$$PR = A_{2ac\omega_0} \cdot RF + A_{2dc} \quad (16)$$

$$A_{2dc} = \frac{V_0 \frac{l}{\epsilon_a} + \frac{\sigma_0}{2} \frac{l}{\epsilon_a} \frac{m}{\epsilon_b}}{\frac{l}{\epsilon_a} + \frac{m}{\epsilon_b}} \quad (17)$$

図 5 は孤立ラインと周期ラインの定義を描いたものである。表 2 に示す条件で孤立白ライン・孤立黒ライン・周期ラインを定義し、潜像電位特性を計算した結果を図 6 ~ 8 に示す。それぞれの図は解像度 600, 1200, 2400dpi に相当する。感光体膜厚の条件はすべて  $l = 20 \mu m$  とした。

図 6 の 600dpi では、周期ライン、孤立ライン共に電位劣化は僅かで、両立性が良いことを示している。

図 7 の 1200dpi では、電位振幅の劣化がより大きくなり、周期ライン潜像では約 1/3 の電位コントラストとなっていることが分かる。この結果は Fig.3 の結果にも対応している。

図 8 の 2400dpi では、さらに劣化が激しく、周期ラインの黒部の濃度や孤立黒ラインの濃度より、孤立白ラインの白部濃度が濃いことを示している。この状態では孤立白ライン、周期ライン、孤立黒ラインはもはや両立しないといえる。

この両立性に着目して詳細なシミュレーションを行うことにより、空間周波数の増加に伴い、孤立ライン潜像と周期ライン潜像ともに電位振幅が減少し、孤立白ラインと孤立黒ラインと周期ラインの両立性が低下することが定量的にわかった。また、 $l = 10 \mu m$  とし計算した結果を図 9 に示す。感光体の薄膜化によって両立性が向上することがわかる。

表 2 孤立ラインと周期ラインの定義  
Table 2 Definition of single and periodic line.

		$X_w$	$X_b$
Single White Line	SWL	$\lambda/2$	$5\lambda/2$
Periodic Line	PL	$\lambda/2$	$\lambda/2$
Single Black Line	SBL	$5\lambda/2$	$\lambda/2$

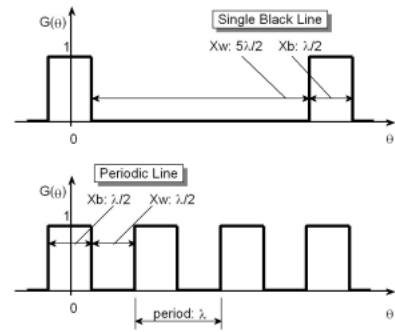


図 5 矩形関数を用いた孤立ラインと周期ラインの定義  
Fig. 5 Definition of the single and periodic lines using the rectangular function.

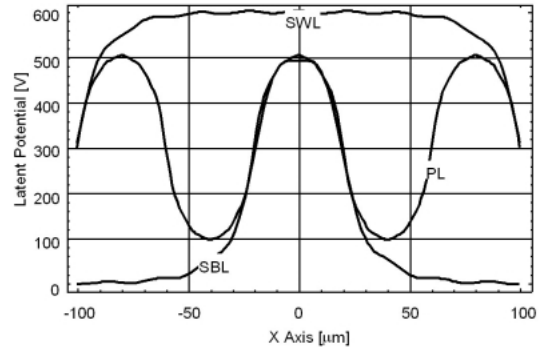


図 6  $l=20 \mu m$ 、解像度 600dpi のときの孤立白ライン、周期ライン、孤立黒ラインの両立性

Fig. 6 Compatibility of a single white line, a periodic line, and a single black line when  $l=20 \mu m$  and the resolution is 600 dpi.

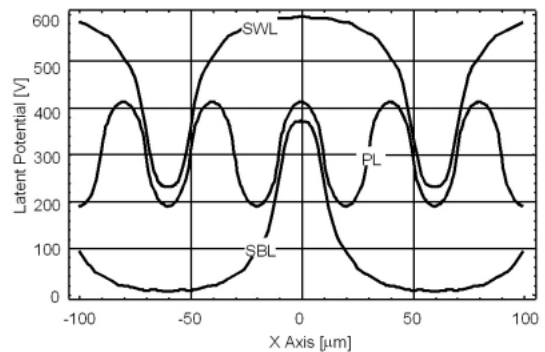


図 7  $l=20 \mu m$ 、解像度 1200dpi のときの孤立白ライン、周期ライン、孤立黒ラインの両立性

Fig. 7 Compatibility of a single white line, a periodic line, and a single black line when  $l=20 \mu m$  and the resolution is 1200 dpi.

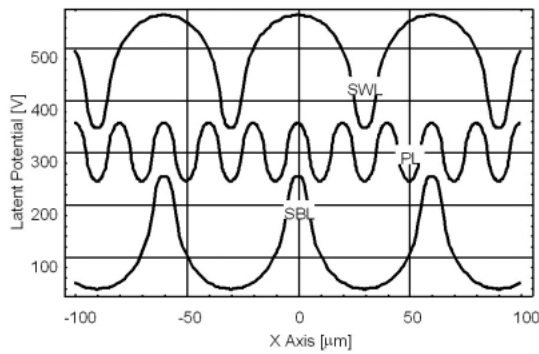


図8  $l=20 \mu\text{m}$ 、解像度 2400dpi のときの孤立白ライン、周期ライン、孤立黒ラインの両立性

Fig. 8 Compatibility of a single white line, a periodic line, and a single black line when  $l=20 \mu\text{m}$  and the resolution is 2400 dpi.

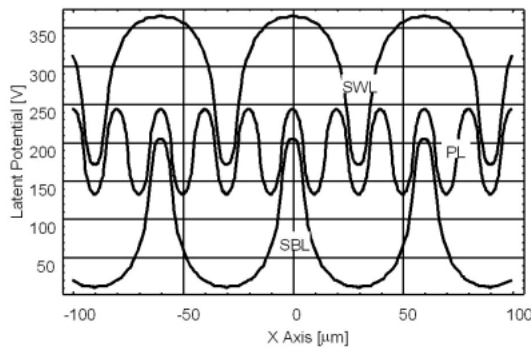


図9  $l=10 \mu\text{m}$ 、解像度 2400dpi のときの孤立白ライン、周期ライン、孤立黒ラインの両立性

Fig. 9 Compatibility of a single white line, a periodic line, and a single black line when  $l=10 \mu\text{m}$  and the resolution is 2400 dpi.

## 2. 実験

### 2.1 実験装置

高解像度潜像に対する現像特性を調べるための実験装置について説明する。実験装置は図10のような帯電部・露光部・現像部から構成され、全ての動きはパソコンで制御されている。感光体は、フラットに配置したフィルム状有機感光体。帯電部は、スコトロロン。露光光学系は、回折限界を利用したもので絞り径の制御により300dpi~6000dpiまで光束径を可変にできる。また、X-Yステージで $1 \mu\text{m}$ の分解能で露光位置を制御できる。現像部は非磁性1成分接触現像。トナーは体積平均粒径で $5 \mu\text{m}$ のものを用いた。画像評価には、シミュレーションで分析した孤立ラインと周期ラインの他に、孤立ドット・1by1ドット・斜め線を加えた図11に示すパターンを用いた。

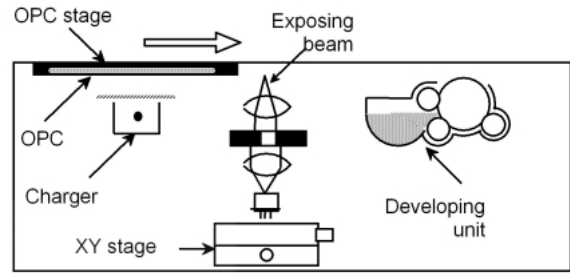


図10 実験装置

Fig. 10 Schematic of experimental equipment.

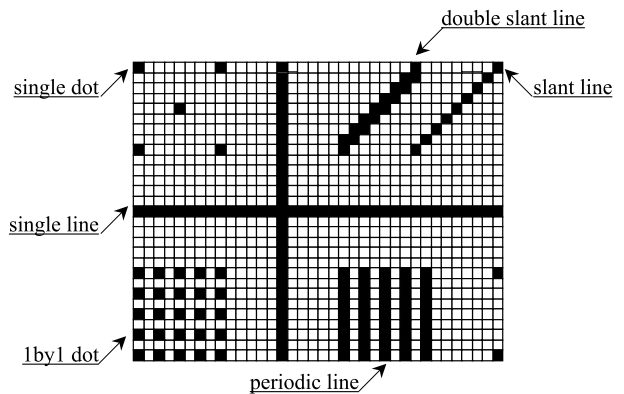


図11 画像評価パターン

Fig. 11 Image test pattern.

### 2.2 感光体膜厚と現像特性

600dpiの画素周期で感光体膜厚 $20 \mu\text{m}$ と $15 \mu\text{m}$ として実験した結果を図12に示す。半減露光エネルギーは、それぞれ $0.064$ と $0.079 [\mu\text{J}/\text{cm}^2]$ 、露光ビーム径は $60 \mu\text{m}$ とした。孤立ラインと周期ラインの両立性は両者共ほぼ良好で、前述のシミュレーションと整合する。ドットパターンの現像性は極めて低い結果から、周期ラインと孤立ドットの両立性は、600dpiの

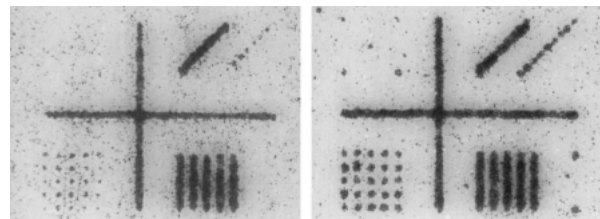


図12 感光体膜厚の現像画像への影響。左図の感光体膜厚は $20 \mu\text{m}$ 、右図は $15 \mu\text{m}$

Fig. 12 Effect of OPC thickness on developed image. OPC thickness of left picture is  $20 \mu\text{m}$  and right one is  $15 \mu\text{m}$ .

条件でも困難であることが実験的に確認された。また感光体膜厚の薄い方がドットの現像性が改善されていることから、感光体薄膜化により潜像電位のコントラストが改善され、解像度が改善されることが確認された。

### 2・3 露光ビーム径と現像特性

1200 dpi の画素周期で露光ビーム径を  $30 \mu\text{m}$  と  $15 \mu\text{m}$  として実験した結果を図13に示す。感光体膜厚は  $20 \mu\text{m}$ 。600dpiの結果と比較すると、孤立ラインと周期ラインの両立性はやや悪化し、ドットパターンの現像性は同様に低い。露光ビーム径の小さい方がドットの現像性が改善されていることから、露光ビーム小径化により潜像電荷密度分布が改善され、解像度が改善されることが確認された。

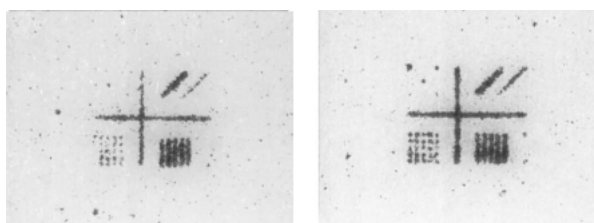


図13 露光ビーム径の現像画像への影響。左図のビーム径は  $30 \mu\text{m}$ 、右図は  $15 \mu\text{m}$

Fig. 13 Effect of exposing beam diameter on developed image. Beam diameter of left picture is  $30 \mu\text{m}$  and right one is  $15 \mu\text{m}$ .

### 2・4 露光エネルギー制御

感光体の薄膜化や露光ビームの小径化により、解像度を改善でき、現像画質の改善効果が確認できたが、すべての画像パターンを良好に再現することはできていない。そこで、画像パターンごとに露光エネルギー密度を変調する手法を検討した。

画像パターンごとに所望サイズとなる露光エネルギーを実験的に把握した。所望サイズとはドット径およびライン幅が画素サイズと同サイズとなり、周期ラインの duty が 50% となる条件である。画素サイズ 600dpi、露光ビーム径  $60 \mu\text{m}$ 、感光体膜厚  $20 \mu\text{m}$  の条件で、所望サイズを求めた結果を図14に示す。周期ライン形成に最適な露光エネルギーは  $0.3 \mu\text{J}/\text{cm}^2$  であるが、孤立ドットの場合は  $0.2 \mu\text{J}/\text{cm}^2$  である。同一露光エネルギーで各画像パターンを両立させることが困難であることがわかる。

画像パターンごとに最適な露光エネルギー制御を行い現像実験を行った結果を図15に示す。600dpiと1200dpiのいずれの条件でもすべての画像パターンを良好に再現できることが確認された。

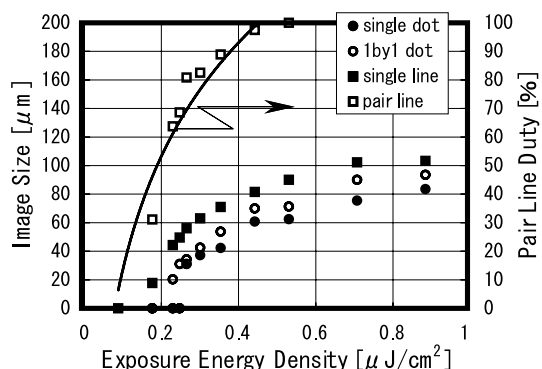


図14 画像パターンに対する露光エネルギー密度の影響

Fig. 14 Effect of the exposure energy density on the image patterns.

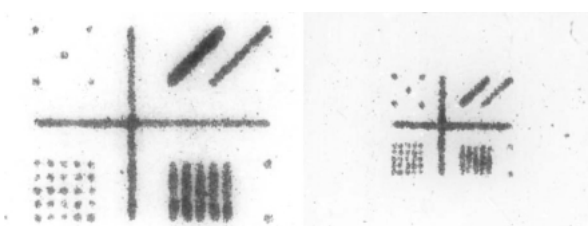


図15 露光エネルギー制御の現像画像への効果。左図は 600dpi、右図は 1200dpi

Fig. 15 Effect of the exposure energy control on developed image. Left picture is 600 dpi and right one is 1200 dpi.

## 3. 考察

### 3・1 シミュレーションについて

トナー駆動力の基となる電界強度は図16に示すように、潜像から離れるに従って急速に低下する。この傾向は空間周波数が高くなるほど顕著になる。即ち潜像の空間周波数が高くなるほど、トナー駆動に必要な電界強度は潜像近傍のみとなる。従って、高周波潜像を忠実に現像するためには、トナーの小粒径化が効果的であることが定性的に理解できる。

現像特性をより厳密に計算するためには、露光ビームのエネルギー分布・感光体中のキャリア拡散・トナー層に電荷を与えた電界計算などが必要である。しかし今回は、孤立ライン潜像と周期ライン潜像の両立性に着目し、潜像電位の周波数特性を用いた簡便な解析手法を提案した。

### 3・2 実験結果について

感光体の薄膜化や露光ビームの小径化に加え露光エネルギー制御の有効性を述べた。いずれも見かけの潜像電位コントラストを改善し、高解像度画像を改善できるものである。露光ビーム小径化に関し、現在実用化されている走査光学系では、コスト対効果の balan

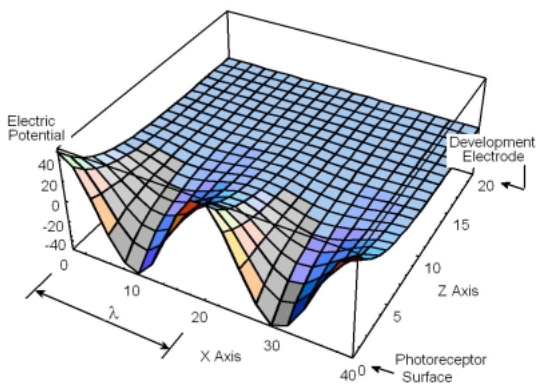


図 16 2400dpi のトナー層内電位  
Fig. 16 Electric potential of the toner layer at 2400 dpi.

スが悪いので小径化の進捗は遅い。従って、1200 dpi のプリンタでも  $\phi 60 \mu\text{m}$  程度のビームを用いているのが現状である。つまり分解能は向上しているが解像度は向上していない。従って現状の走査光学系では潜像形成段階の劣化が依然大きく、改善の余地があると考えられる。文字やライン画像の先鋭性や階調表現能力をさらに向上し、写真ライクな画像を実現するためには、青レーザの実用化等により小径ビームの露光光学系を安価に実現し、薄膜感光体や画像処理技術を総合することにより、真の高解像度画像形成技術達成することが必要である。

**むすび**

(1) 孤立ラインと周期ラインの両立性をより定量的・簡単に理解するために、潜像電位の周波数特性の計算と、フーリエ級数を用いた計算とが有効であることを示した。

(2) 高解像度潜像の両立性を改善するための一手法として、感光体の薄膜化が有効であることを、理論的に示した。

(3) 高解像度画像の露光と現像が可能な実験装置を作製し、感光体薄膜化・露光ビーム小径化・露光エネルギー制御によって両立性が改善することを実験的に確認した。

**謝辞**

本研究を行う機会を与えて下さり有益なご助言を賜りました故奥田徹取締役様に心より感謝するとともに、実験・討論等に協力して頂いた同僚諸氏にお礼を申し上げます。

**参考文献**

- 1) R.M. Schaffert, Electrophotography, 2nd ed., Focal Press (1975).
- 2) F.W. Schmidlin, "Physical Theory of Charged Pigment Electrophotography", IEEE Trans. Electron Devices, ED-19, No.4, pp.448-457 (1972).
- 3) M.E. Scharfe, "Photoconductive Properties and Systems Applications of Selenium-Based Amorphous Alloys", SPSE Second Inter. Conf., pp.142-146 (1974).
- 4) I. Chen, "Development of Electrostatic Images with Polarized Toners", Photographic Science and Engineering, Vol.26, No.3, pp.153-157 (1982).
- 5) T. Iwamatsu et al., "A Study of High Resolution Latent Image Forming and Development", IS&T's NIP15, pp.732-735 (1999).
- 6) 武藤 他, "高解像度電子写真作像プロセスにおけるレーザ露光制御技術", Japan Hardcopy 2000 論文集, pp.121-124 (2000). (2004年5月26日受理)