

技術論文

Technical
Papers

電子写真有機感光体の高解像度設計

1 ドット潜像測定による感光体のパラメータ設計

High-Resolution Design of an Electrophotographic Organic Photoreceptor

伊丹 明彦*
Itami, Akihiko

志田 和久*
Shida, Kazuhisa

要旨

電子写真は高画質化、カラー化が着実に進行する中、感光体にも高解像度の画像形成に対応できる潜像形成能が求められる。一方、現在主流の積層型感光体では、電荷拡散の影響による潜像劣化が懸念されており、画像情報に忠実な潜像形成は、高解像度化の新たな課題として指摘されている。そこで我々は、デジタル画像の基本となる1ドットの潜像形状を測定し、感光体のパラメータ設計に応用することにより、潜像形状のCTL膜厚依存性と形状自体を感光体の制御因子でコントロールできることを示した。また同時に帯電条件や露光条件が潜像劣化に与える影響について考察した。

Abstract

When designing an electrophotographic photoreceptor, high-fidelity reproducibility of latent images has become increasingly important in high-resolution digital systems. We have measured the shape of 1 dot latent images, and applied the result to parameter design of multi-layered organic photoreceptors. It was confirmed that thickness dependability and diffusion of the latent image were controllable to some extent with the parameter design. We also studied influence of charging conditions and exposure conditions on degradation of latent images.

1 はじめに

電子写真は90年代以降、アナログからデジタルへ、モノクロからカラーへと急速な変化を遂げ、画質面でも高解像度化による画像品質の向上が着実に図られている。これに伴い、潜像形成に関わる電子写真感光体にも従来から議論されてきた帯電、光減衰特性といったマクロ的な静電特性に加え、ドット潜像の再現性というデジタル画像の基本となるミクロな視点での静電特性が重要となる。

一方、現在の主流である積層型感光体は、露光により電荷発生層(CGL)で生成した電荷が電荷輸送層(CTL)に注入され表面に移動する過程で拡散し、潜像が劣化する

と言われている。^{1,2)} この潜像劣化はCTL膜厚に依存し、システムの高画質化に伴う新たな課題として認識されている。このような背景から、感光体設計にもデジタル画像の基本となるドット潜像を安定化し、形状をコントロールできる設計技術が求められる。

我々は、これまで感光体のドット再現性の評価として、デジタル画像の低濃度領域における入射露光量に対する出力画像の光吸収率を計測し、その直線性とノイズ(環境/劣化)に対する安定性を評価する機能性評価手法を提案してきた。³⁾ しかしながら、出力画像での評価は、現像、転写、定着といった各ユニットの影響を大きく受けるため、静電潜像の電位プロファイルそのものを計測評価できる方法を探索してきた。今回、我々は会沢らの提案した1ドット静電潜像の測定法⁴⁾を感光体のパラメータ設計に応用し、潜像形状のCTL膜厚依存性や形状劣化を感光体の制御因子でコントロールできることを見出した。本レポートでは潜像変動抑制を目的とした感光体のパラメータ設計と画像形成条件が潜像形状に与える影響について報告する。

2 感光体のパラメータ設計

2.1 1ドット潜像の測定

Fig. 1に示すように感光体上のドット潜像は、感光体に対向して設置された透明電極との間で形成される擬似コンデンサの静電容量の変化を読み取ることにより計測される。⁴⁾ 次に潜像プロファイルの測定手順を示す。まず一様に帯電された感光体に、波長780nmのレーザー光照射により1ドットラインを形成する。次いで潜像形成部位をFig. 1の測定部に移動し、30 μ mごとに直径約10 μ mの検知光を照射して誘導電流を測定する。

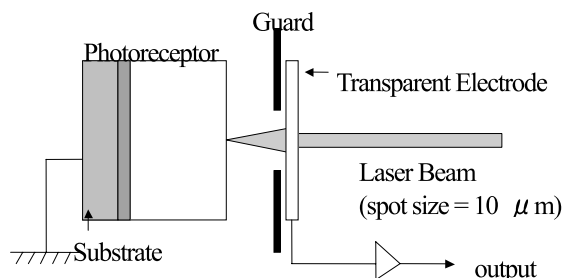


Fig.1 Measurement of 1 dot latent image

*コニカミノルタビジネステクノロジーズ(株) 化成品開発センター 第一開発部

本論文は日本画像学会年次大会 Japan Hardcopy2004にて既発表⁶⁾

この30 μm ごとの誘導電流値をプロットすることにより、Fig. 2のような潜像プロファイルを描くことができる。尚、直交実験における潜像形成は、全て帯電電位、露光エネルギー一定の条件で行った。

2. 2 潜像データの解析

潜像プロファイルの解析方法を以下に示す。まずFig. 2に示すプロファイルデータのピークトップの位置を基準点とする。次に基準点と、基準点から順に3点（左右2点の平均値）についてベースラインからの距離（ y_1 、 y_2 、 y_3 ）を求め、基準点とベースライン間の距離（ y_0 ）との比率データを求めた。この比率データを基準点からの距離に対してプロットすることで、ドット潜像の形状データを求めることができる。（Fig. 3）

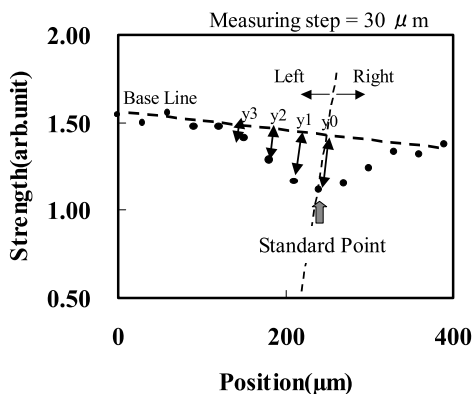


Fig.2 Signal strength datum of a latent image

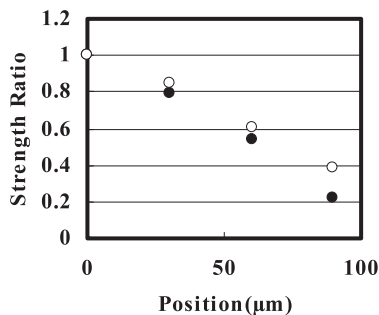


Fig.3 Position data of 1 dot latent image
Strength Ratio = y / y_0
CTL thickness; open 28 μm close 14 μm

次にFig. 3の強度比データを用い、CTL膜厚（14 μm 、28 μm の2水準）を誤差因子としたときの標準SN比（以下SN比）と露光光源の強度分布を標準に直交多項式展開から得られる β_1 、 β_2 を求めた。⁵⁾ SN比の算出は、標準をCTL膜厚14 μm 時の強度比データ（ $Y'_{11} \sim Y'_{13}$ ）と28 μm 時のデータ（ $Y'_{21} \sim Y'_{23}$ ）の平均値（ $Y'_1 \sim Y'_3$ ）とし、下表

のデータ形式を用い、(1)式より算出した。

Signal	M1(30 μm)	M2(60 μm)	M3(90 μm)	Linear formula
N0(average)	Y'_1	Y'_2	Y'_3	L0
N1(CTL14 μm)	Y'_{11}	Y'_{12}	Y'_{13}	L1
N2(CTL28 μm)	Y'_{21}	Y'_{22}	Y'_{23}	L2

$$L1 = Y'_1 \times Y'_{11} + Y'_2 \times Y'_{12} + Y'_3 \times Y'_{13}$$

$$L2 = Y'_1 \times Y'_{21} + Y'_2 \times Y'_{22} + Y'_3 \times Y'_{23}$$

$$S_T = (Y'_{11})^2 + (Y'_{12})^2 + \dots + (Y'_{23})^2 \quad (f=6)$$

$$S_\beta = (L1+L2)^2 / 2r \quad (f=1)$$

$$r = (Y'_1)^2 + (Y'_2)^2 + (Y'_3)^2$$

$$S_{N \times \beta} = (L1-L2)^2 / 2r \quad (f=1)$$

$$S_e = S_T - (S_\beta + S_{N \times \beta}) \quad (f=4)$$

$$V_e = S_e / 4$$

$$V_N = (S_{N \times \beta} + S_e) / 5$$

$$S/N \text{ ratio} = 10 \times \log \left[\frac{(S_\beta - V_e) / 2r}{V_N} \right] \quad (1)$$

β_1 、 β_2 については露光光源の強度分布（Fig. 4）を標準とし、下表のデータを用いて(2)式より算出した。式中、 $m_1 \sim m_3$ はFig. 4の露光光源の強度分布より求めた強度比データである。

Signal(Position)	M1(30 μm)	M2(60 μm)	M3(90 μm)
Laser spot profile (m)	m_1	m_2	m_3
Latent image profile (y)	Y'_1	Y'_2	Y'_3

$$y = \beta_1 \times m + \beta_2 (m^2 - (K3/K2) \times m) \quad (2)$$

$$\text{但し、} K2 = 1/3(m_1^2 + m_2^2 + m_3^2)$$

$$K3 = 1/3(m_1^3 + m_2^3 + m_3^3)$$

Beam size : 80 micron at 13.5%(1/e²)
150micron at 1%

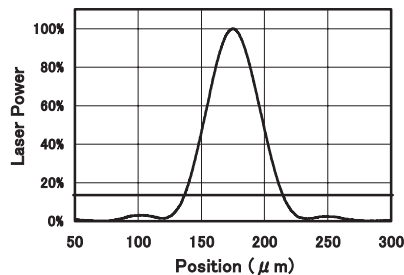


Fig.4 Energy distribution of light source

本実験におけるSN比はCTL膜厚変化に対する潜像形状の安定性を表し、 β_1 、 β_2 は露光プロファイルに対する潜像形状のズレの程度を表す。 β_1 の目標は1であり、値が小さいほど潜像の拡がりは大きくなる。 β_2 の目標は0であり、0との乖離が大きくなると非線形性が大きくなる。実際の計算は加法性を持たせるため、Fig. 3の強度比データをオメガ変換により対数データに変換して計算を行った。⁵⁾

2. 3 L 18直交実験

Table 1に示すように積層OPCの処方因子をL 18直交表

に割り付け、誤差因子はCTL膜厚 2 水準(14 μ mと28 μ m)とし、標準(信号)には、両膜厚データの平均値を用いた。

制御因子に用いたCTMは、イオン化ポテンシャルが5.4(eV)付近と比較的同一で、移動度の異なる3種類を選択した。移動度の序列はB 1 < B 2 < B 3である。またCGMには感度(結晶型)の異なるチタニルフタロシアンを選択した。

Table 1 Control factors and respective levels

		1	2	3
A	CTM cocentration	$\times 2/3$	standard	
B	CTM	B1	B2	B3
C	CTL resin	C1	C2	C3
D	dry temperature	low	standard	high
E	sensitivity of CGM	high	mid.	low
F	CGL thickness	$\times 3/2$	standard	$\times 1/2$
G	UCL resin	G1	G2	G3
H	UCL thickness	$\times 3/2$	standard	$\times 1/2$

3 結果と考察

3.1 要因効果図

要因効果図をFig. 5に示す。SN比はCTMの影響が支配的で、高移動度のCTMほど形状変化が大きくなっている。またCTLに比べるとCGLやUCL因子の寄与度は小さい。

$\beta 1$ については、CGMとCTM因子の寄与度が大きく、特に高感度CGM、高移動度CTMで拡がりの程度が大きい。また $\beta 2$ にはCGM種の差異が強く反映されている。

3.2 確認実験

次にFig. 5の要因効果の再現性についての確認実験を行った。最適条件はSN比最適を基本とし、SN比に差がない因子は $\beta 1$ を大きくする方向で以下の水準を選択した。

Table 2に確認実験の結果を示す。

基準条件 A2 B2 C2 D2 E1 F2 G2 H2

最適条件 A1 B1 C1 D2 E3 F3 G1 H1

Table 2 Results of confirmation experiment

	Prediction	Confirmation	
	S/N (db)		$\beta 1$
Standard	23.64	31.43	0.04
Optimum	44.82	42.55	0.23
Gain	21.18	11.12	0.24

利得の再現性は、推定値の約1/2と十分な再現性は得られなかった。

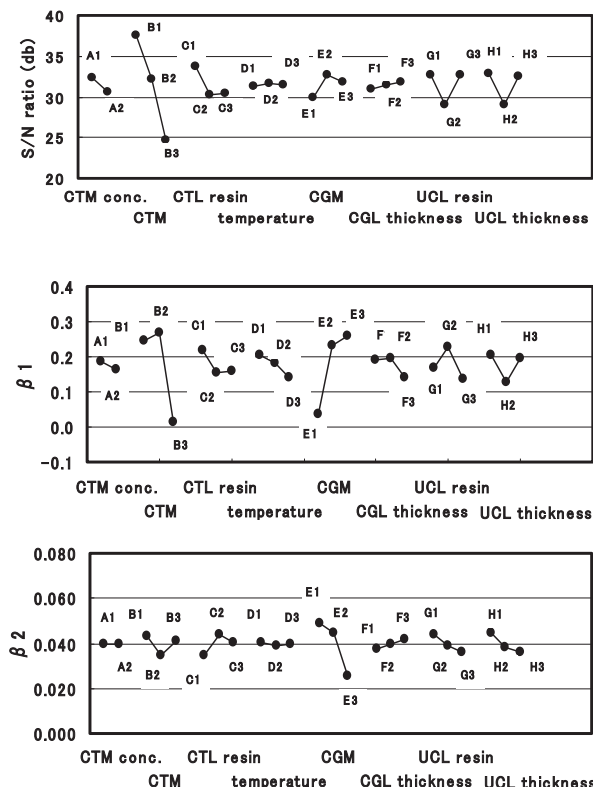


Fig.5 Graph of factorial effects for S/N ratio, $\beta 1$ and $\beta 2$

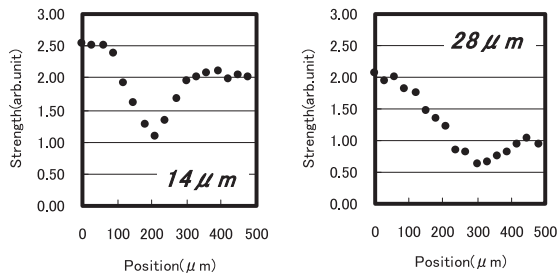
再現性が得られていない理由は次の要因が考えられる。

- ① 潜像電位には時間変化があるが、時間因子が信号や誤差因子に反映されていない。
- ② 実験水準ごとに感光体感度が異なるため、光量一定の条件では発生キャリア量の水準間差が大きい。
- ③ 測定間隔が30 μ mと大きく、測定精度が不十分

特に①の要因に関しては、Fig. 2の潜像プロファイルに見られるように、ベースラインは右下がりの傾きを有しており、本来はベースラインが平行になるよう計測時間を短縮する必要がある。そこで2. 2の潜像データ解析法を変更し、基準点の左右のデータを平均化せず誤差因子として処理したところ、利得の再現性は3/4に向上した。ベースラインの傾きが大きい感光体はドット形状の時間に対する安定性が低いことを示しており、パラメータ設計の中で時間変動も併せて改善することが重要である。したがって、時間因子は積極的に誤差因子や信号因子に反映させていくことが望ましい。

直交実験で得られた最適条件と基準条件の潜像プロファイルをFig. 6に示した。最適条件では狙いどおり膜厚依存性が大幅に改善され、同時にベースラインの傾きが小さく、時間に対する安定性に優れた感光体が得られていることがわかる。このようにドット潜像の計測とパラメータ設計を組み合わせることにより、膜厚依存性と潜像形状をコントロールできることが示された。

<Standard>



<Optimum>

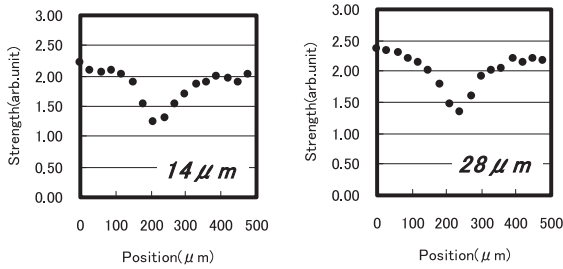


Fig.6 Comparison of the latent image between standard level and optimum level

4 潜像形成条件の影響について

4.1 ドット潜像の露光量依存性

Fig. 7は基準条件において、露光量を約1/2に変化させた時の潜像形状の比較であるが、同一組成でも露光量により形状が大きく変化していることがわかる。過剰な露光はドット拡散による解像度低下を招くため、高い解像度を維持するためには露光量の適正化と露光システムの信頼性が求められる。

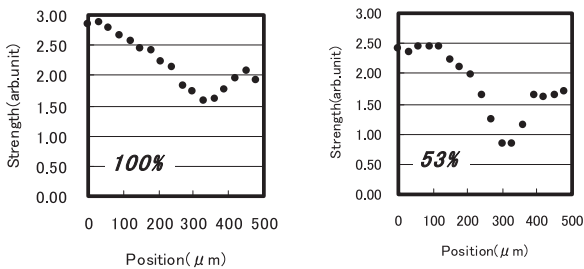


Fig.7 Influence of amount of exposure on the latent image

4.2 ドット潜像の帯電電位依存性

次に帯電電位の影響について考える。帯電電位を-400Vと-650Vに設定した場合の $\beta 1$ の要因効果図をFig. 8に示した。帯電電位-650Vでの $\beta 1$ の平均値は、-400Vと比較して0.14ほど小さく、この差はFig. 9のCTL膜厚変化時の平均 $\beta 1$ 差に相当する。この結果は帯電電位が潜像拡散に大きく関わっていることを示しており、ドット潜像の再現性を得るには低帯電電位での画像形成が有利である。

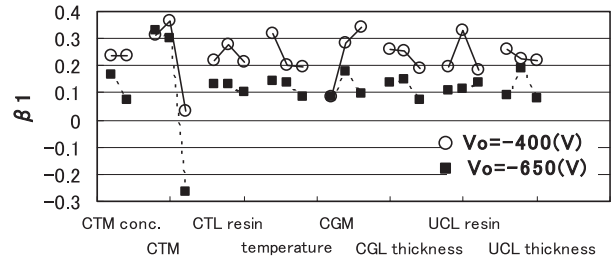


Fig.8 Comparison of factorial effect of $\beta 1$ by the difference in charged potential

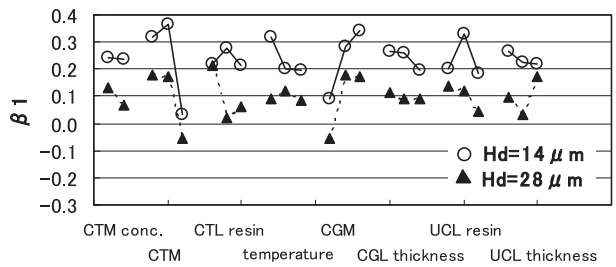


Fig.9 Comparison of factorial effect of $\beta 1$ by the difference in CTL thickness

5 おわりに

本検討の結果、ドット潜像測定と感光体のパラメータ設計を組み合わせることにより、潜像の膜厚依存性や形状をコントロールできることが示された。また潜像形成時の帯電条件や露光条件も重要な変動要因であることを確認した。特に帯電電位の設定は、ドット潜像の再現性だけでなく、感光体劣化やシステムの総エネルギー量にも関係するため、システム設計上重要である。最後に、現状の電子写真システムでは潜像の差異を最終の出力画像に十分反映できていない面もあり、高解像度の画像を安定に出力し続けるには感光体を含めた電子写真プロセス全般の総合的な技術レベルの向上が不可欠である。

●参考文献

- 1) Y.Watanabe, H.Kawamoto, H.Shoji, H.Suzuki, and Y.Kishi, J. Imag. Sci. Tec., **45**, 579 (2001)
- 2) 岡孝造、藤原将一郎、日本画像学会誌、**38**、296 (1999)
- 3) 倉地雅彦、伊丹明彦、品質工学、**10**、555 (2002)
- 4) 会沢宏一、上野芳弘、竹嶋基浩、富士時報、**75**、194 (2002)
- 5) 田口玄一、標準化と品質管理、**54**、61 (2001)、**54**、59 (2001)、**55**、59 (2002)
- 6) 伊丹明彦、志田和久、坂井栄一、Japanhardcopy2004論文集、179 (2004)