# 1 ドット潜像電位評価技術

会沢 宏一(あいざわ こういち)

上野 芳弘(うえの よしひろ)

竹嶋 基浩(たけしま もとひろ)

# 特集2

1 まえがき

画像情報の出力用デバイスとしてはカラープリンタ, ディジタル複写機が主流であり,インクジェット方式のも のと電子写真方式のものに二分されている。今後は,低速 低価格領域では家庭用としてインクジェット方式が拡大し, 高速領域では電子写真方式が伸長すると予想されている。 このうち,電子写真方式への技術的要求の中では印字品質 の向上に対するものが強くなっている。印字品質とは,解 像度,階調性,濃度などを指すが,その中でも最近は解像 度が重要視されている。現在,市販されている電子写真装 置の解像度は 600 dpi (ドット/インチ)から 1,200 dpi あ るいは 2,400 dpi と多岐にわたっている。今後のカラー化 やディジタル化への対応に向けて,さらに解像度を高める ことが課題として挙げられる。

これまでにもプリンタ・複写機などの装置メーカー,感 光体・トナー・光源などの部材メーカーが解像度向上に向 けて,解像度を決定する要因の解析や,帯電・露光・現 像・転写・定着という電子写真プロセス,ならびに感光体 ドラムに用いられる感光体材料の改善を行ってきた。富士 電機でも感光体上に画像情報を再現性よく電気潜像として 形成できる高解像度感光体の開発を進めている。しかしな がら,電子写真プロセスは複雑であり,印字の解像度の優 劣を決定する要因を明確化することは現時点では難しいと 考えられている。

また,解像度に大きな影響を与えると考えられる静電潜像の直接的な測定についても提案されているが,感光体ドラム上の潜像測定については適切な手段が得られていなかった。

潜像形成に関するシミュレーションは,これまでに岡, <sup>(3)</sup>(<sup>(4)</sup>-(<sup>6)</sup>) Watanabe, Chenらが試みているが,感光体上の潜像との 直接的な対比は行われていなかった。

富士電機は解像度の優劣を決定する要因解析を目的に, MASPP(Micro-Area Surface Potential Probe: 微小面積 表面電位計)を用いた,1ドット潜像電位を測定する新し い評価装置を開発し,有機感光体(OPC: Organic Photoconductor)の材料,層構成などを変化させた場合に潜像がどのように追従するか検討を行ってきた。

本稿では MASPP による潜像測定の原理を詳しく紹介 し,特に MASPP 信号の解釈と電子写真特性との関連に ついて述べ,今後の電子写真技術の向上の一助としたい。

2 1 ドット潜像電位測定装置

# 2.1 潜像電位測定装置の構成

測定装置は,帯電器,ドラム駆動装置,書込み光源, MASPPから構成される(図1)。書込み光源は市販プリ ンタのレーザスキャニングユニット(LSU)を用いている。 所望の電位 V<sub>0</sub>に帯電した感光体に対し,感光体の軸方向 にLSUによる1ドット幅の線の書込みを行う。その後, MASPPの位置に,書込みを行った領域を移動させ,微小 面積電位測定を行う。このとき,微小面積電位測定を感光 体の周方向に数十µmの間隔で複数回測定を行うことによ り潜像電位プロファイルを取得できる。

# 2.2 MASPPの仕組み

MASPPの動作原理は,感光体の光減衰による表面電荷 量の変化を,誘導電流として検出するものである。図2に MASPPの概念を示す。

感光体表面に対し平行に,およそ1mmの間隔に配した 透明電極を通して帯電された感光体表面に検知レーザを照

図1 1 ドット潜像電位測定装置の構成





会沢 宏一

アモルファスシリコンおよび有機 感光体の開発に従事。現在,富士 電機アドバンストテクノロジー (株)物質・科学研究所主任研究員。 応用物理学会会員,日本画像学会 会員,米国画像学会会員。



有機感光体の開発に従事。現在, 富士電機画像デバイス(株)材料技 術部。

上野 芳弘



#### 竹嶋 基浩

有機感光体用材料の開発に従事。 現在,富士電機画像デバイス(株) 材料技術部。応用物理学会会員。 射する。検知レーザを照射された感光体は光減衰し,感光体と透明電極で構成された電気容量において,感光体表面 電荷の変化に相当した誘導電流が発生する。この誘導電流 を増幅器で増幅したものが MASPP から出力される信号 である。

図3には測定値と後述するパルス関数による計算値曲線 を示す。

検知レーザ照射により,感光体の表面電荷がほとんど中 和される条件においては,誘導電流の大きさは検知レーザ 照射前の表面電位および感光体の光減衰特性に依存する。 この関係から表面電位を逆算することで,検知レーザの照 射面積内の表面電位を計測することができる。富士電機で は,この検知レーザのビームサイズを直径約 10 μm と小 径化することで,微小面積での表面電位の測定を可能とし た。

# 2.3 潜像電位測定

MASPP によるある点の表面電位測定時間は, さまざま な検討の結果から 650 ms に設定している。この条件のも と,潜像を形成した負帯電積層型 OPC の表面を, 30 µm ピッチでスキャンして得られた MASPP 信号を図4に示す。

スキャンは異なる 55 点の位置に対するものである。こ の信号から検知レーザ照射による電荷変化量を求めて表面 電位に変換すると潜像電位プロファイルを得ることができ る。

#### 図2 MASPPの原理



図 3 MASPP 出力信号



図4では,感光体上の1点目から55点目までには35.75 秒の時間が必要となる。感光体には暗減衰があるため,こ の時間は可能な限り短縮する必要があるが,現状の測定シ ステムでは,検知レーザ光照射による信号取得のために約 200 ms,ドラムの回転による位置の移動に約100 ms,回 転・停止による測定システムの振動が消失するまでに100 ~ 300 msの時間が必要であるため,これ以上の測定時間 の短縮は現時点では難しい。

2.4 MASPP 出力信号の形状

検知レーザ照射による MASPP 出力信号は検討の結果, 式1,のパルス関数により近似できることが分かった(図3)。 感光体の層構成,電気特性,帯電極性などに依存せず,信 号形状は式1,により近似することができる。

ただし,式中 *S* は MASPP 出力信号,*S*<sub>bg</sub> は信号のオフ セット値,*t* は時間,*A*,*t*<sub>0</sub>,*k*<sub>1</sub>,*k*<sub>2</sub> は定数である。

MASPP 信号に対し,式1によるカーブフィッティング を行うことにより,式中の各パラメータを決定できる。

感光体の諸電気特性と式1の各数値との関係について 実験を行った結果を以下に述べる。これらの関係を明確に することにより,潜像プロファイルを測定しなくても解像 度を推定できることを期待してこのような解析を行ってい る。

# 2.5 電荷保持率と信号のオフセット値(Sbg)

負帯電積層型 OPC において,異なる暗電荷保持率 V<sub>k5</sub>
(5秒後の電荷保持率)を有するサンプルを準備した。初期帯電電位を - 500 V として測定を行い,得られた MAS
PP 信号に対し式 1 をカーブフィッティングして S<sub>bg</sub>を求めた。図5 に S<sub>bg</sub>と感光体の暗電荷保持率との関係を示す。
V<sub>k5</sub> が小さくなる(暗減衰が大きくなる)と S<sub>bg</sub> は増加する傾向を有している。これは,MASPP が感光体の時間あ

図4 MASPP による潜像測定例



たりの電荷変化量に比例した信号を出力する機構から理解 できる。

# 2.6 信号の最大振幅と光感度

異なる光感度を有する負帯電 OPC サンプルを準備し, 表面電位を - 600 V として検知レーザ照射時の MASPP 信 号を解析し,検知レーザ照射に伴う MASPP 信号の最大 振幅を *S*max とした。

*S*<sub>max</sub> と光感度 *E*<sub>200</sub> (表面電位を - 600 V から - 200 V に 光減衰させるのに要する露光量)の間には,図6に示すよ うな関係があることが分かった。

これも S<sub>bg</sub>の場合と同様に,MASPPの機構から理解される。光感度の優れた感光体は,光照射時の単位時間あた りの電荷変化量が大きいため S<sub>max</sub> は大きな値を示すと考 えられる。

# 2.7 信号ピーク時間と電荷移動度

検知レーザが照射されてから, MASPP 信号の振幅が最 大になるまでの時間(*t*<sub>peak</sub>)と,電荷輸送層(CTL: Charge Transport Layer)の電荷移動度の関係を図7に 示す。CTLの電荷移動度が大きいものほど小さい *t*<sub>peak</sub>を

図5 暗電荷保持率と信号のオフセット値



#### 図6 信号の最大振幅と光感度



示す。これは t<sub>peak</sub> と CTL 中を移動する電荷のトランジッ トタイムとの間に,またトランジットタイムと電荷移動度 との間に関係があることを示す。なお,測定した OPC の 膜厚,帯電電位は同一としている。

#### 2.8 電荷変化量と表面電位

MASPPによる測定では感光体の表面電荷量の単位時間 あたりの変化量を検出している。このため,検知レーザ照 射により生じる MASPP 信号を積分すると,電荷の総変 化量に相当する値を求めることができる。これまでに示し たように,MASPPの出力する信号は,暗減衰による成分 と光減衰による成分を含んでいるため,積分時に暗減衰分 を除く必要がある。図8に,負帯電積層型OPCを用いて, 初期帯電電位 V<sub>0</sub>を変化させた場合の信号積分値())を 示す。

測定する感光体ごとに,このような検量線を作成するこ とで表面電位を求める。静電潜像プロファイルは,検知 レーザ照射による電荷変化量を,検量線を用いて表面電位 を算出することにより作成される。

2.9 1 ドット潜像電位測定装置で得られる潜像電位形状 本装置で得られる1 ドット潜像電位として,図9 に負帯

図7 電荷移動度と振幅最大時間



図8 信号積分値と初期帯電電位



# 図9 1 ドット潜像電位測定結果



図10 書込み後の時間経過と潜像電位



#### 電積層型 OPC の場合の例を示す。

潜像電位形状を得るために,位置を変えながら MASPP による電位測定を17回繰り返している。さきに述べたよ うに,MASPPの1回の測定には650ms必要であるため, 最初の測定点から最後の17番の測定点まで約11秒経過し ている。また,装置の制約から,書込みが行われてから MASPP測定を開始するまでに3秒を必要とする。図10は, 図9の縦軸はそのままに,横軸を1ドット幅線の書込みを 行ってから,MASPPによる測定が行われるまでの時間 (*t*m)に直したものである。図9および図10において,最 初の測定点と最後の測定点では,表面電位は50V程度の 差が生じ,潜像プロファイルは全体的に右下がりの傾向を 有している。本システムでは,各点を同時に測ることがで きないため,測定点ごとに書込みが行われてから経過して いる時間が異なる。本装置による潜像プロファイルは,こ の理由から右下がりの傾向を有する。

# 3 実験結果

# 3.1 測定条件

感光体ドラムを回転数約5r/min で回転させながら,ド

#### 図 11 潜像電位の幅と深さの定義



図12 潜像の書込み光強度の依存性



ラム表面を ± 500 ~ ± 700 V 程度に均一帯電させる。その 後,最大強度の e<sup>-2</sup>におけるドット幅が約 80 µm の LSU を,記載のない場合は露光像面パワー 0.28 mW にて発光 させ,1ドットラインを書き込み,MASPP にて測定ス テップ 30 µm で潜像電位を測定する。なお,本実験結果 における潜像の幅は,図11に示すように感光体の表面電位 の変化している幅を意味する。

#### 3.2 潜像の露光強度依存性

1 ドットラインを形成する LSU の露光光強度を変化さ せた場合の,負帯電積層型 OPC の潜像形状の変化を図12 に示す。露光強度の増加により潜像深さが深くなり,潜像 幅が広がっている。露光強度増加により印字濃度が上昇し, ライン幅が広くなるという一般的に知られている結果と一 致した傾向を示している。

本測定による潜像プロファイルが実際の電子写真プロセ ス上の静電潜像プロファイルに近いことを示唆する重要な 結果である。

#### 3.3 負帯電 OPC と正帯電 OPC の比較

負帯電積層型 OPC と正帯電単層型 OPC について潜像 電位を測定した。潜像電位測定結果を図13および図14 に 示す。

各 OPC の層構成は以下のとおりである。

1〕 負帯電 OPC(積層型): アルミ基板 /電荷発生層

# 図 13 負帯電 OPC の潜像形の膜厚依存



図 14 正帯電 OPC の潜像形状の膜厚依存



(CGL: Charge Generation Layer)/CTL (CTLの移動度:1.0 × 10<sup>-6</sup> cm<sup>2</sup>/V·s)

2 正帯電 OPC (単層型):アルミ基板/感光層

負帯電 OPC では, 膜厚 18 μm のときの潜像の幅は 150 μm であるが, 膜厚 26 μm では幅が 240 μm に広がる。負 帯電積層型 OPC では,基板側で電荷発生するため CTL 膜厚が厚くなると横方向への電荷の拡散が発生し,解像度 が低下するという,従来の知見と合致する結果となってい る。

一方,正帯電単層型 OPC では膜厚の依存性は小さく, 膜厚 22 ~ 32 µm の範囲において潜像の幅は 150 ~ 180 µm と狭い。負帯電積層型 OPC と正帯電単層型 OPC の潜像 の幅をまとめたものを図15 に示す。単層 OPC は表面で電 荷発生するために高解像であるという考え方を支持する結 果である。

# 3.4 潜像電位の移動度依存性

潜像形状と感光体の電気特性の関係を調べるために,負 帯電積層型 OPC において移動度の異なる電荷輸送材料 (CTM: Charge Transport Material)をCTL に用いた場 合の1ドット潜像電位プロファイルを測定した。このとき, CTM は移動度のみに着目して選択し,CTM の分子構造 はそれぞれ異なっている。CTL 中の CTM とバインダの









質量比率はすべて1:1とした。

図13で使用した CTL の代わりに,より移動度の高い CTL を積層した OPC の潜像電位測定結果を図16 に示す。 CTL の移動度は 1.5 × 10<sup>-5</sup> cm<sup>2</sup>/V•s である。

図13の OPC の場合, CTL 膜厚 18 µm では潜像の幅は 150 µm であったが,高移動度 CTL を積層した図16の OPC の場合, CTL 膜厚 18 µm において潜像の幅は270 µm となっている。高移動度 CTL を積層した場合,潜像 の幅は広がる傾向を有する。また,潜像の深さについても, 図13では約150 V に対し,図16では約100 V であり,移動 度の高い CTL を積層した OPC の方が浅くなる。印字速 度の高速化に対応した高移動度 CTL の適用が移動度を高 めることで1 ドット潜像の形状を,幅が広がり深さが浅く なるようにするという逆の結果を示している。

このように, 負帯電積層型 OPC では膜厚の増加に伴う 潜像の幅の広がりが観測されたが, 負帯電積層型 OPC に 関する潜像電位には, CTL 中を走行するキャリヤ移動度 依存性が存在すると推測される。各種 CTM を用いて潜像 電位の幅の移動度依存性を図17に示す。

この実験結果から, CTL の高移動度化により潜像電位の幅が増加することが確認された。

高移動度 CTL を用いた OPC の1 ドット潜像の幅は,低移動度 CTL の場合と比較して広くなると考えられる。

# 図 17 負帯電 OPC の潜像の幅と CTL の電荷移動度の関係



これは低移動度 CTL の1 ドット印字がシャープに印字されるというこれまでの経験と一致している。

岡らはシミュレーションにより, CTL 中の電荷拡散係 数 Dおよび移動度μの比 D/μが, 10を超える場合にお いて静電潜像の劣化が大きくなると述べている。潜像の劣 化と CTL の電荷輸送特性は密接な関係を有している可能 性は高いと考えられるが,今回の実験で得られた,潜像の 幅と CTL の電荷移動度の関係は,このことを支持するも のではないかと考えている。

# 4 あとがき

今回は富士電機独自の表面電位測定法を用いることで静 電潜像の測定が可能となることと,幾つかの事例について 報告した。また,MASPP信号から得られる諸パラメータ と感光体特性,静電潜像の関連性について示した。

今後は,測定時間の短縮や,検知レーザ微細化により, 1ドット潜像測定装置の高度化を図り,より詳細な潜像電 位プロファイルを取得し,種々の潜像形成シミュレーショ ン結果との対比を行い,OPC設計における高解像度化技 術の開発に役立てたいと考えている。 さらには,潜像形成用光源のフレキシブル化による最適 な露光プロファイル(光量・発光波形など)の検討を行い, 電子写真分野における高解像度化技術の発展に貢献してい く所存である。

### 参考文献

- Yarmchuk, E. J.; Keefe, G. E. High-resolution surface charge measurements on an organic photoconductor. J. Appl. Phys. vol.66, 1989, p.5435-5439.
- 2 岡孝造,藤原将一郎.感光体の潜像劣化とディスオーダー パラメータ.日本画像学会誌,vol.38, no.4, 1999, p.296-301.
- Watanabe, Y. et al. A Numerical Study of High Resolution Latent Image Generation by Laser Beam Exposure. IS & T's NIP16, 2000, p.822-826.
- 4] Chen, I. Optimization of photoreceptors for digital electrophotography. J. Imaging Sci. and Technol. vol.34, 1990, p.15-20.
- 5] Chen, I. Developability of interposed imagewise charge in color electrophotography. J. Imaging Sci. and Technol. vol.35, 1991, p.365-372.
- 6 Chen, I. Electrostatic image densities in digital hybrid halftone methods. J. Imaging Sci. and Technol. vol.39, 1995, p.302-305.
- 7〕 竹嶋基浩, 会沢宏一.1DOT 潜像電位の検討. Japan Hardcopy 2001, 2001, p.281-284.
- [8] Aizawa, K. et al. A Study of 1-dot Latent Image Potential. IS&T's NIP17, 2001, p.572-575.
- [9] 上野芳弘ほか.1DOT 潜像電位の検討[2].Japan Hardcopy 2001 Fall, 2001, p.28-31.
- [10] 会沢宏一ほか.感光体評価技術(1ドット潜像電位評価技術).富士時報.vol.75, no.3, 2002, p.194-197.
- [11] Lin, C.W.; Nozaki, T. The measurement of Photoconductive Characteristics on Kicro-Area Surface of Photoconductor Drum. Proceedings of IS&T's 11th International Congress on Advances in Non Impact Printing Technologies. 1995, p.138-141.



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する 商標または登録商標である場合があります。