

## (2) タンデム方式カラープリンタ LS-C8026N の開発

石田英樹、近藤浩人、渡木龍司  
京セラミタ株式会社 技術本部

### <要旨>

京セラミタ(株)は、a-Si 感光体と LED ヘッドを組み合わせたタンデム方式のカラープリンタにおいて、高品質かつ長寿命を達成した。独自技術として、高画質化を追求した LED ヘッドの画像補正技術と、長寿命で安定した画質を維持し続けることができる a-Si 感光体の長寿命化技術をまとめた。

### 1. はじめに

近年、オフィス環境におけるカラー化は非常に早いスピードで進行しており、カラー印字の低コスト化と高生産性に対する要望がますます強くなってきている。しかし一般的にカラー機は、画像品質を維持する上で主要ユニットの交換を頻繁に行う必要があり、ユーザの要求を完全に満足させるのが困難であった。

京セラミタ(株)は、新規開発の LS-C8026N でタンデム方式カラープリンタとして世界で初めて a-Si 感光体を搭載し、主要ユニット寿命 30 万枚を確保して印字コストの低減を達成すると共に、ユニット交換時のダウンタイムを最小限にした。また 600dpi4bit 多値の LED ヘッドを新規に開発し、カラー画像の階調表現力を高めたばかりでなく、a-Si 感光体の特性に合わせた画像補正を行うことで、画像品質の安定性と長寿命化を達成した。LS-C8026N の概観を Fig.1 に、製品の主な仕様を Table.1 に示す。

Table.1 LS-C8026N の主な仕様

項目	仕様
構成	デスクトップ
感光体	a-Si感光体
現像	二成分現像方式
定着	熱ローラ定着方式
プリントスピード	カラー:26ppm、モノクロ:26ppm
ウォームアップタイム	179秒以下
LEDヘッド	600dpi
階調再現性	256階調
ファーストプリントタイム	9.4sec
機械サイズ	W699 × D715 × H463
機械重量	84.3kg



Fig.1 LS-C8026N  
(オプションの PF-640、CA-33 を装着)

### 2. 本体断面構成

Fig.2 に LS-C8026N のレイアウトを示し、Fig.3 に作像ユニットの概略構成を示す。

本プリンタの特徴は、高耐久で環境に優しい a-Si 感光体と、露光デバイスとしては小型の LED ヘッドの採用である。LED ヘッドは作像プロセス周りの省スペース化に貢献し、全色 A4 換算で約 2 万枚印字可能な大容量トナーコンテナの装着を可能にした。また、京セラミタ独自の長寿命設計により、トナーのみの交換でカラー、モノクロ共に A4 で 26 枚 / 分の高生産性をユニット寿命まで持続することができた。

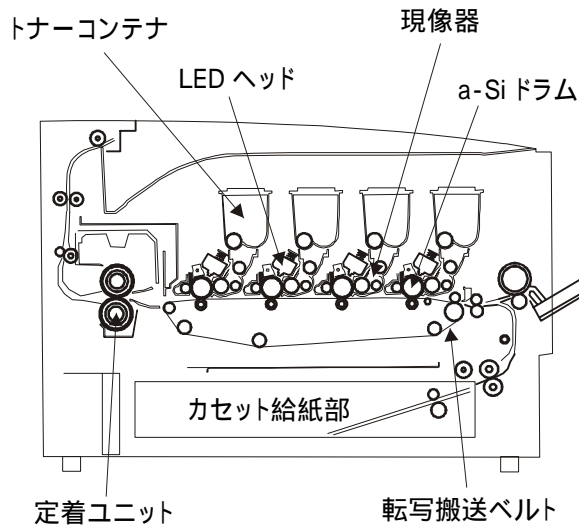


Fig.2 LS-C8026N レイアウト図

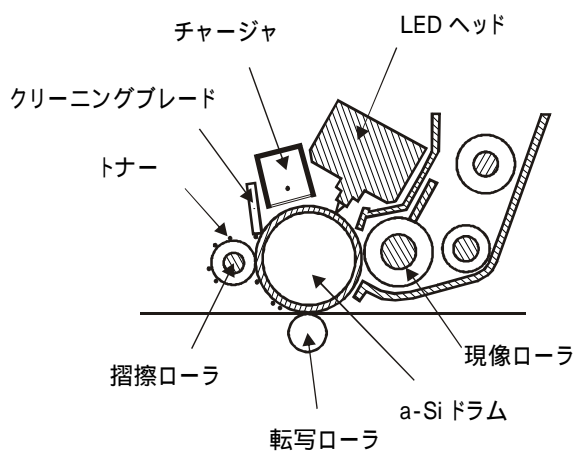


Fig.3 作像ユニットの概要

### 3. 長寿命と高画質技術

#### 3.1 LEDヘッド

##### 3.1.1 LEDヘッドの構造

LEDヘッドの構造をFig.4に示す。回路基板上のLEDから発光したビームが、ロッドレンズアレイにより等倍で像面上に結像する構造である。

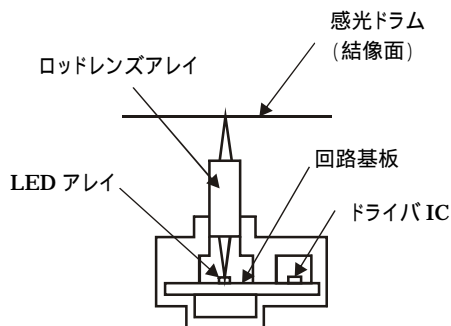


Fig.4 LEDヘッドの構造

##### 3.1.2 ダイナミックドライブ方式

今回開発したLEDヘッドは駆動方式としてダイナミックドライブ方式を採用している。ダイナミックドライブ方式とは、Fig.5のようにダイオードマトリクスの時分割駆動による印字方式である。これは、1ラインのデータをn分割し、それぞれの分割されたブロックを順次発光させる方式で、駆動用ICの削減が可能であり、低価格化にメリットがある。

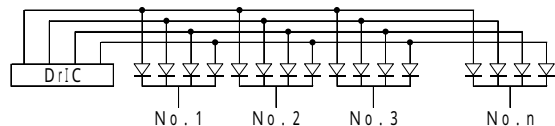


Fig.5 ダイナミックドライブ方式

##### 3.1.3 LEDヘッドの画像補正技術

LEDヘッドには、発光素子毎に異なる駆動電流を印加する電流制御と、4bitの階調を再現する点灯時間制御が備わっている。電流制御は、LED素子のドット毎の光量差や、ロッドレンズアレイの光学性能ばらつきに使用している。一方、点灯時間制御は、階調制御に加えて、a-Si感光体の感度の差やLED素子の平均光量差の補正に使用している。本プリンタで用いているLEDヘッドの画像補正をまとめると、Fig.6のようになる。

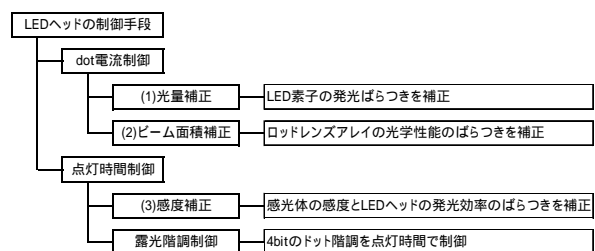


Fig.6 LEDヘッドの画像補正技術

##### (1) 光量補正

LEDヘッドは全発光素子に均一な電流を与えても、素子毎に光量差がある為、Fig.7に示すように光量ムラが発生する。そこで、各素子の光量が一定になるように、それぞれの素子に印加する電流を調整する。無補正で約30%ある光量差は、光量補正を行うと1/10以下になる。

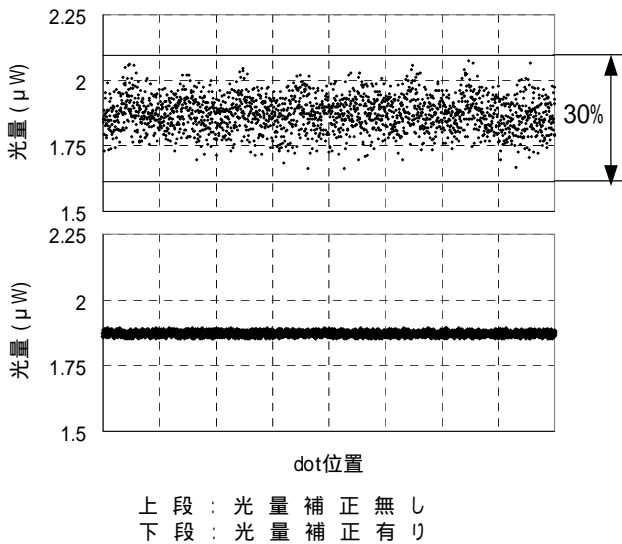


Fig.7 光量補正の効果

(2) ビーム面積補正<sup>1)</sup>

LEDヘッドは、ロッドレンズを多数配置したロッドレンズアレイが使用されている。個々のロッドレンズには、屈折率分布や光軸倒れ等のばらつきが存在する。この光学特性のばらつきがビーム面積(ビーム形状)に影響を与えている。ここでビーム面積とは、ビームの露光分布上のある閾値の面積を指している。実はこのビーム面積の違いが、画像濃度と密接な関係にあった。ビーム面積と画像濃度の関係の一例を Fig.8 に示す。

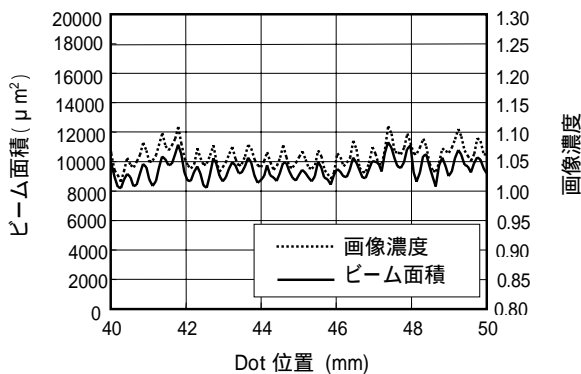
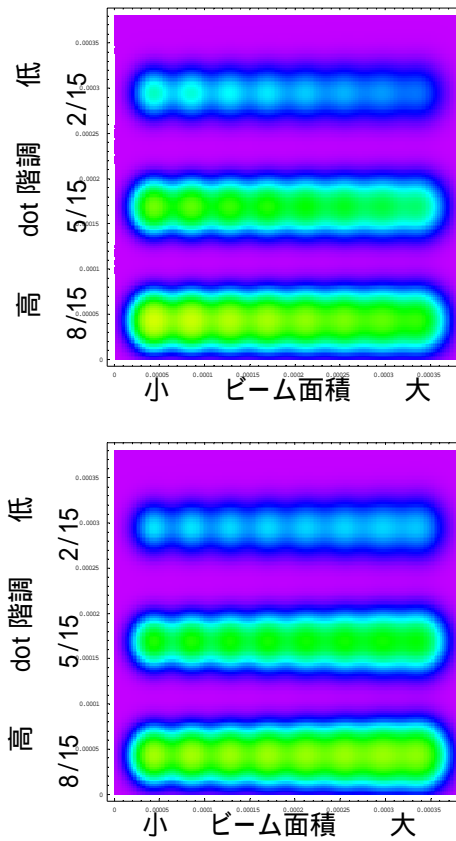


Fig.8 ビーム面積と画像濃度の関係

このように、ビーム面積の異なるビームで画像を形成しても、均一な濃度の画像は得られにくい。そこで我々は各ビームの光量と面積を測定し、これら二つのデータから LED 駆動電流を調整して、dot 画像の大きさを均一にするビーム面積補正を取り入れた。これにより画像濃度の均一感が向上した。

Fig.9 に、感光体上の露光エネルギー分布をビーム面積補正を入れた場合と入れない場合に対して計算した結果を示す。低階調 2/15 において、ビーム面積が大きい領域のエネルギー分布は、不均一になることがわかる(9-1)。次に、ビーム面積の大きい領域の光量を上げた潜像分布を、(9-2)に示す。これを見ると、低階調 2/15 のビーム面積の大きいところの潜像分布は、均一になっていることがわかる。このように階調毎にビーム面積の大小によって、光量補正の割合を変化させてエネルギー分布の均一化を行うことで、レーザスキャナ方式と同等の濃度むらの少ない画像出力が可能となった。



上段：光量補正のみ(9-1)  
下段：光量補正 + ビーム面積補正(9-2)

Fig.9 ビーム面積の大小に対する潜像の露光量分布シミュレーション

(3) 感度補正

a-Si 感光体は、デバイス間に感度差が存在する。一方、LEDヘッドもデバイス間に平均光量の差が存在する。単に a-Si 感光体と LEDヘッドを組み

合わせただけでは、最適な露光後電位が得られない場合がある。しかし本プリンタには、各階調の点灯時間を調整する感度補正が備わっているので、どのようなデバイスの組み合わせでも露光後電位をほぼ等しく設定できる。例えば感度補正を2倍近い点灯時間の差で調整すると、レーザ光学系ではビームの走査距離が大きく異なり、形成される潜像の形も全く違ったものとなる。しかし、ダイナミックドライブ方式のLEDヘッドは、一つの画素の最大走査幅がビーム径に対して短く、（本機の場合1/14ライン分）潜像の形状にほとんど影響がない。

### 3.2 a-Si 感光体

京セラミタ(株)は、マシンコンセプトとして「経済性と環境配慮の両立」をうたっている。そこで、長寿命と画質の維持性といった観点から採用したa-Si 感光体の特徴について述べる。

#### 3.2.1 a-Si 感光体のヒータレス化技術

a-Si 感光体は、高耐久性が確保できる反面、帯電時に発生するオゾン、NOx等の放電生成物の影響で感光体表面が酸化される。このとき生成されるa-SiO<sub>2</sub>は、親水性で、高湿環境下では空気中の水分と結合し易い。感光体表面で放電生成物がイオン化し、a-SiO<sub>2</sub>が水分と結合すると、感光体表面の電気抵抗が低下し、電位が横に流れる画像流れ<sup>2),3)</sup>という現象が発生する。この画像流れを防止するには、一般的に、感光体ドラム内にヒータを入れてドラムを暖める手段がとられる。これは感光層表面近傍の相対湿度を下げて、a-SiO<sub>2</sub>と水分の結合を弱めている。しかし、感光体ドラムの中にヒータを装着すると、起動時間が長くなり、消費電力も増える。そこで我々は独自のヒータレス化技術によって、a-Si 感光体を搭載していながら、消費電力の少ないプリンタの製品化を進めてきた。このヒータレス化技術の中で、最も重要なものが、a-SiC:H層の層構成とそれを研磨するシステムである。

#### (1) 表面保護層 (a-SiC:H)

ヒータレス仕様のa-Si 感光体はFig.10に示すような層構成である。

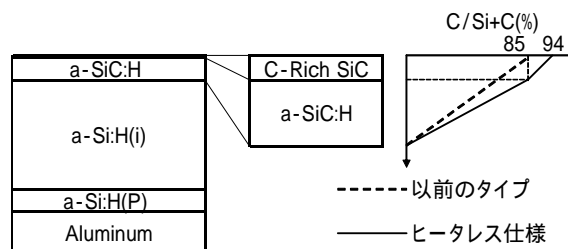


Fig.10 ヒータレス仕様の a-Si 感光体の層構成

以前我々が使用していた a-Si 感光体は、最表面のカーボン含有量が85%近いa-SiC:H層を表面保護層として設けていた。これに対し、ヒータレス仕様の a-Si 感光体は、この最表層の上にカーボン含有量をさらに94%近くまで増やした保護層(C-Rich SiC層)が設けられている。これにより、表面の電気抵抗が確保され、耐酸化性が向上し、高湿環境下でも画像流れが防げるようになった。一方、カーボン含有量を増やすと表面硬度は低くなる。この柔らかくなった表面保護層を積極的に研磨することで、最表面に形成されたばかりのa-SiO<sub>2</sub>が研磨され、感光体表面は、常に新しい状態に保たれるようになった。a-SiC:H層内のカーボン含有量と表面硬度の関係<sup>4)</sup>を Fig.11 に示す。この図によれば、a-SiC:H層はカーボン含有量が80%台で最も硬い膜質となり、90%を超えると表面硬度が落ちて研磨し易い膜質となる。

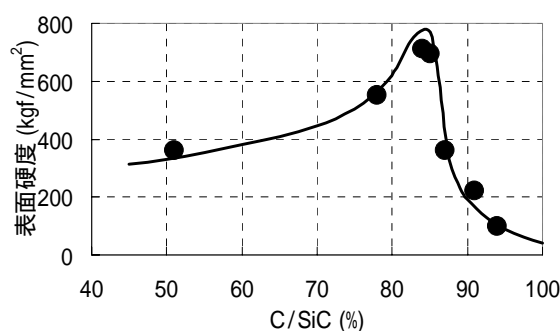
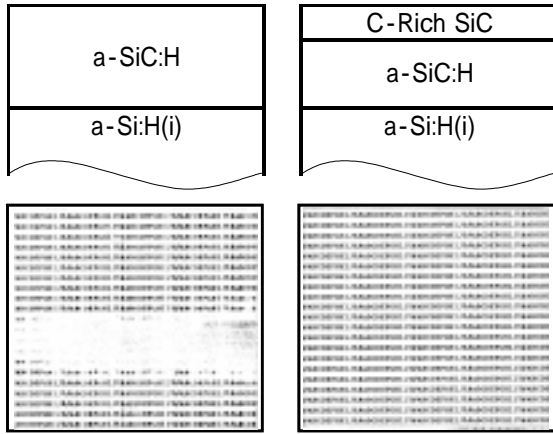


Fig.11 カーボン含有量と表面硬度

ヒータレス仕様の a-Si 感光体と従来品の画像流れに対する性能比較を行った結果を Fig.12 に示す。明らかにヒータレス仕様の a-Si 感光体は画像流れに対して効果があることが確認された。



以前のタイプ                      ヒータレス仕様

Fig.12 以前のタイプとヒータレス仕様の a-Si 感光体の画像流れに対する比較結果

(2) 感光体研磨システム

a-Si 感光体をヒータレス化する上でもうひとつ重要な技術は、感光体表面の研磨である。そこで、研磨メカニズムについて説明すると、未転写トナーや研磨粒子がクリーナーに回収され、摺擦ローラ表面に保持される。この摺擦ローラを感光体ドラムに押し当て、速度差を設けて回転させることで感光体表面が研磨される。ヒータレス仕様の研磨システムの一例を、Table.2 に示す。

Table.2 研磨システムの一例

クリーニングの主な仕様	
ブレード材質	ウレタンゴム
ゴム硬度	70°
食い込み量	1.3mm
圧接角	26°
摺擦ローラの主な仕様	
スポンジ材質	発泡EPDM
セル径	150 ~ 200 μm
対ドラム線速比	1.2倍

ヒータレス方式では感光体表面を積極的に研磨することから、表面保護層の研磨量が感光体寿命と深く関わっている。そこで本プリンタで主要ユニット寿命 30 万枚の耐久評価を行った。Fig.13 に研磨量と表面粗さの推移を示す。

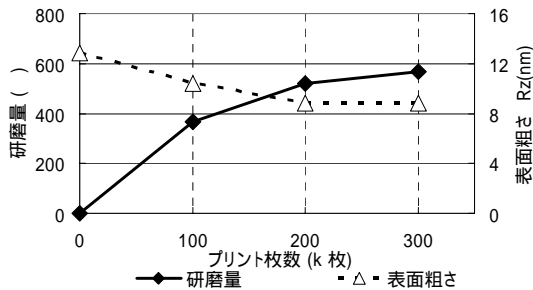


Fig.13 30 万枚耐久試験における a-Si 感光体の研磨量と表面粗さの推移

この結果、耐久試験後の研磨量は 600 前後で、初期 10000 あった表面保護層は十分に残っていた。

また、Fig.14 に 10 万枚毎の電位特性測定結果を示す。この結果、耐久試験を通じて電位特性はほとんど変わらず、初期に調整した感度補正の状態が最後まで維持できている。

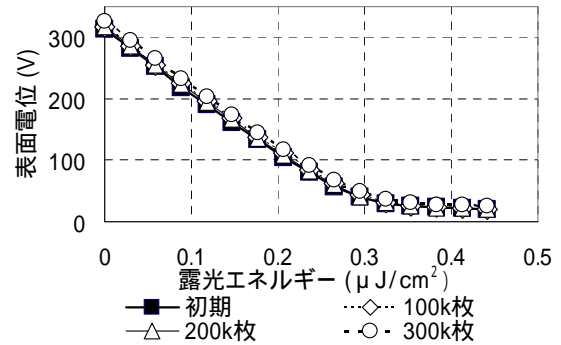
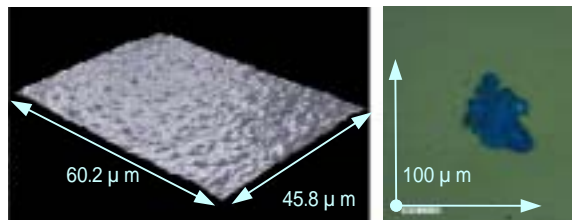
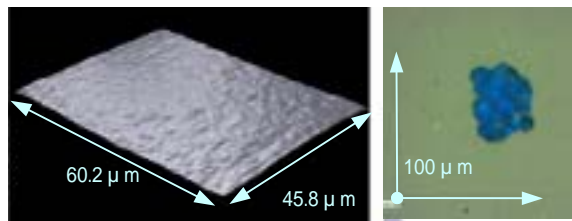


Fig.14 30 万枚耐久試験における電位特性変化

Fig.15 は、30 万枚耐久試験前後の感光体の表面状態を 3 次元光干渉顕微鏡で観察した表面粗さイメージと、感光体上の 1dot トナー像を顕微鏡で観察した拡大写真である。これによれば、表面平滑性は変化しているが、1dot トナー像はほとんど変化せず、安定して形成されていることが確認された。



感光体の表面状態(Rz=12.8nm) 感光体上 1dot トナー像  
30 万枚耐久試験前



感光体の表面状態(Rz=8.8nm) 感光体上 1dot トナー像  
30 万枚耐久試験後

Fig.15 30 万枚耐久試験前後の感光体表面状態と感光体上に現像された 1dot のトナー像の比較 (Veeco 社製 Wyko NT-1100)

#### 4.まとめ

我々は「経済性と環境配慮の両立」という商品開発コンセプトを掲げ、主要ユニットの長寿命化とダウンタイムを最小限に抑えることに全力を注いできた。タンデム方式のカラープリンタにおいて、これらのコンセプトを達成する上で採用したのが、長寿命で安定した画質を維持し続けることができる a-Si 感光体であり、独自の画像補正技術を用いて高画質化を追求した LED ヘッドである。

LED ヘッドは、a-Si 感光体のデバイス間の感度差や LED ヘッドのデバイス間の平均光量差を感度補正で吸収し、ライフを通じて安定した画質を維持し続けることが可能になった。

a-Si 感光体に関しては、表面保護層の最表面にカーボン含有量を 94%近くまで増やした保護層 (C-Rich SiC 層) を設け、それを積極的に研磨するメカニズムを設けることで、ヒータレス化が可能になった。これらの技術を集結することで、どのようなデバイスの組み合わせでも、安定した画像が、ライフを通じて得られるようになった。

#### 参考文献

- 1) 大庭忠志、塚原茂樹、神山雄二、佐藤孝幸、坂田昌一 : 世界最小カラータンデムプリンタ FS-C5016N の開発、日本画像学会誌第 152 号 Vol.43. No.6、33-38 (2004)
- 2) 奥田幸一、竹内達夫 : 環境に優しい電子写真作像システム 日本画像学会誌第 156 号 Vol.44. No. 4、52-59 (2005)
- 3) 柿沼弘明、福田永、西川哲、渡辺宙 : アモルファス・カーボン表面層によるアモルファス・シリコン感光体の高耐湿化 電子写真学会第 59 回研究討論会予稿集、30-34 (1987)
- 4) Akihiko Ikeda, Takashi Nakamura, Masamitsu Sasahara, Daigorou Ookubo, Tetsuya Kawakami : Development of a New a-Si Photoreceptor Drum by DC Plasma CVD, Society for Imaging Science and Technology, 21<sup>st</sup> International Conference on Digital Printing Technologies Final Program and Proceedings, 13-16 (2005)

禁無断転載

2005 年度  
ビジネス機器関連技術調査報告書(“ -3”部)

発行 社団法人 ビジネス機械・情報システム産業協会  
技術委員会 技術調査小委員会

〒105-0003 東京都港区西新橋 3 丁目 25 番 33 号  
N P 御成門ビル 4 階  
電話 03-5472-1101  
FAX 03-5472-2511