

# KNC プロセスを用いたシングルパスカラー技術

Single Pass Color Technology with KNC PROCESS

羽根田 哲\*

Haneda, Satoshi

Konica New Color (KNC) Process is the key technology to the color electrophotography and was applied to the single pass color printer. KNC Process is characterized by the superposition of toner images on a photoconductor and needed for the compact construction of a color printer.

This color printer is constructed with four saw-scorotron chargers, four LED exposing devices, and four non-contact color developing units surrounding a photoconductor drum. The exposing devices are set in one and included in the photoconductor for the improvement of toner superposition, precise registration, and small engine. Toner images are superposed on the photoconductor by the repetition of charging, internal image exposure and developing, and finally transferred to a paper.

These developed technologies realize the ideal single pass color printer with compactness, precise registration and high image quality.

## 1 はじめに

カラー電子写真技術の進歩は、コンピュータの機能、価格、ダウンサイズの変化に比べて遅く、現状は端末としての機能を果しているとは言い難いものであった。今後のカラー電子写真プリンタの課題は、一言でいうと、インクジェットと競合できる技術を開発できるかということである。このままでは、特殊用途として限定され、インクジェットに市場を占有される可能性が高い。

電子写真は、高速、高画質、普通紙記録という特徴を生かしてモノクロの分野では強い競争性を有してきた。しかしカラーの分野では優位性を確保できないでいる。この原因は、カラー化に伴い装置の大型化とプリントスピードの低下という問題点を有していることにある。

感光体上にトナー像を重ね合わせる KNC プロセスは転写体が不必要であり、低コスト化や小型化を実現する1つの対応策となっている<sup>1)</sup>。しかし多回転方式を採用している限りプリントスピードは改善されない。一方、プリントスピードを改良した方式としては、感光体を含めた画像形成ユニットを用紙搬送方向に4連に並列配置したタンデム構成が一般的である<sup>2)</sup>。このタンデム構成では、色間の高精度な位置合わせ技術が課題となっている<sup>3)</sup>。また装置の大型化やコストの増加につながりやすい。我々は KNC プロセスを用いたシングルパスカラー技術の開発を行った。この技術は、KNC プロセスの低コスト、小型化を維持し、かつ高い生産性を実現できると考えられる。

\* 機器開発統括部 第一開発センター

## 2 エンジン構造と KNC プロセスの課題

KNC プロセスは、感光体上に、帯電、露光、現像を繰り返して、直接トナー像を感光体上に重ね合わせるカラー画像形成方法である。この KNC プロセスを用いたシングルパス構成は、1個の感光体の周りに4組の帯電器、露光装置、現像器を配置することになるが、採用する要素技術によりその構造は大きく異なってくる。

今後の展開を考える時、必要となる技術としては

- (1) 小型、低コストに適したエンジン構造
- (2) 高い位置合わせ精度と簡便な交換性を有する光学系
- (3) KNC プロセスの画質改良

に対応することが課題と考え、上記を優先した開発を行った。

### 2.1 エンジン構造について

重ね合わせの技術の特徴は、感光体上にトナー像を重ね合わせる事から、画像形成部をモノクロ並みに簡略化できる点にある。

多回転方式だと、転写方式と比べサイズ比で1:2(=感光体:感光体+転写体)の、シングルパス方式だと、タンデム方式と比べサイズ比で1:4(=感光体:感光体×4=1:4)の小型化が可能である。位置合わせも、光学系や感光体が近接配置しており遥かに容易となっている。

感光体周囲に帯電器、光学系、現像器を4組配置する基本構成について、Table 1 にまとめられた選択肢と共に検討してみる。

### (1) 感光体

ドラム形状とするのが標準的な使い方であろう。感光体ドラムは、ベルトに対し、高い位置合わせ精度を実現するのに必要な構成である。ベルト感光体を用いる構成は、ベルトの片面に広い空間が確保できることから、現像器を並列配置でき、プロセス上の検討項目が減ることから望ましい面もあるが、感光体の周長や光学系間の間隔が広がり、位置合わせが困難になる。又、感光体の搬送や寿命などに問題も多い。

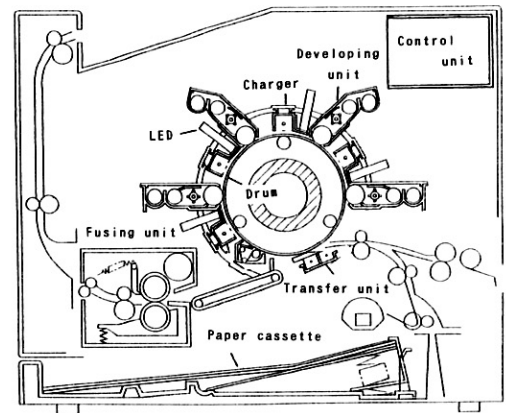
### (2) 露光装置

レーザに比べて輝度変調に問題があるが、プリンタには位置合わせや小型化が容易なLEDが適している。これらドラム状感光体とLED露光装置の選択基準に関して、好ましい構成と理由をまとめると以下のようになる。本体の重量からくる変形や熱膨張は数100 $\mu$ mの不均一な変形を引き起こす。これらは、光学系の位置補正では困難であり、構造上対処しておく必要がある。位置合わせの観点から、感光体と光学系はできるだけ集中させて配置させ、変形が起これとしても位置ずれが起これない構造とする事である。具体的には、光学系をLEDとし、ドラム状感光体を囲む円筒状の強化した共通支持体上に放射状に配置する構成が望ましいと考えた。光学系の変形や熱膨張に対しても強く、コンパクトな構造となる。また、感光体と光学系中心を合わせ易い。

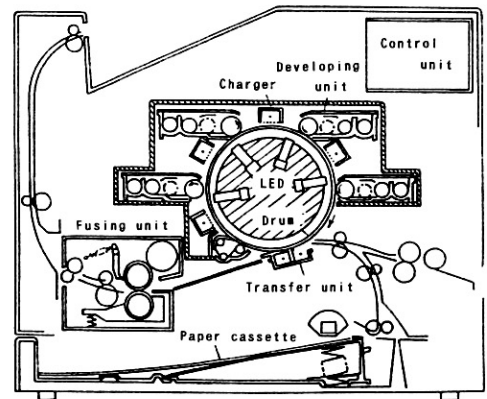
### (3) 露光方式

更に、(1)(2)の特徴を更に生かす選択は、従来の外部像露光方式に代わり、内部像露光方式を選択する事である。この内部像露光方式を用いたシングルパスカラープリンタ試作機の構成図を外部像露光方式と比較してFig. 1に示す。

光（内部像露光）であり、これにより位置合わせ精度とトナー像の重ね合わせが向上する。Table 2にこのプリンタの仕様を示す。



(a) External type



(b) Internal type

Fig. 1 Cross section of the printer

Table 1 Selection of the key technology

element	Photoconductor	Exposing device	Exposing method
selection	Drum	LED	Internal
	Belt	Laser	External

外部像露光方式（Fig. 1）に対し、内部像露光方式（Fig. 1(b)）は、感光体の内部に露光系を内包するとともに、透明基体を使用することで、感光体の内部より像露光を行う方式である。これにより、LEDの位置合わせ精度の向上、及びプロセス部の小型化がより容易となった。ドラム径は、外部露光方式と比べ30～40%小径化できる。

内部像露光方式のエンジンは、感光体の周面に、4組の帯電、露光、現像ユニットを配置することにより、感光体1回転中に4色のトナー像を形成後、普通紙に一括転写を行う。特徴は透明ドラムと一体化したLEDユニットを使用したドラム内部からの像露

Table 2 Specification of the printer

Printer size	450 H × 550W × 520 D mm
Print speed	14 PPM (A4) 7 ppm (A3)
Line speed	75mm/sec
Photoconductor	Transparent drum $\phi$ 80 mm
Image exposure	Internal exposing unit (4-LED heads 300 dpi 685nm)
Charger	Saw-tooth scorotron chargers
Development	Two-component and non-contact development

### 2.2 KNCプロセスの改良

この内部像露光は、重ね合わせの改良に大きな効果がある。KNCプロセスでは、感光体上にトナー像を有した状態で次の潜像形成を行うことが必要である<sup>4)</sup>。外部像露光においては、使用する像露光の波長を780nm以上にする事により潜像形成が可能であるが、トナー層による光吸収と光散乱が存在するためドット露光を行って

も広がった浅い潜像が形成されるので、トナー重ね合わせ時の再現性、特に孤立点の再現性が低下する。このことから、色補正の負荷が大きかった。これに対し、内部像露光では、感光体電位を利用できる範囲では、感光体上のトナー層の影響を受けずに潜像を形成できる特徴を有することから、色補正の程度は大幅に軽減する。むしろ、露光波長を選ばずに潜像を形成できる (Fig. 2)。

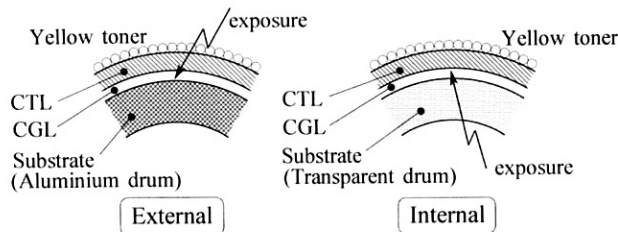


Fig. 2 Exposing methods

### 3 シングルパスカラー用キー技術

以下、小型プリンタやKNCプロセスのために検討あるいは開発した技術について紹介する。これらの技術は、大きく4つに大別される。

#### (1) 内部像露光用感光体

真円度の高い透明基体を有する感光体

#### (2) LED光学系の位置合わせ技術

50 $\mu$ m以下の高精度位置合わせ構造、組立方法と光学系の着脱構成

#### (3) 色補正技術

内部像露光に適した色補正技術

#### (4) プロセス要素技術

小型化、低オゾン化、高画質現像法

以下それらについて、順次説明する。

#### 3.1 内部像露光用感光体

透明感光体について説明する。感光体は透光性のプラスチックドラム上に透明導電層を塗布し、さらに二層構成からなる有機感光層を塗布することにより作製している。感光体仕様を Table 3 に示す。

Table 3 Specification of the photoconductor

Drum	Transparent plastic (Acrylic acid resin) diameter : $\phi$ 80mm thickness : 3mm
Deviation from straightness	20 $\mu$ m
Deviation from circularity	30 $\mu$ m
Electroconductive layer	Transparent electroconductor (ITO)
CGM	Phthalocyanine

#### 3.2 LED光学系の位置合わせ技術

また内部像露光では、4本のLEDを一体的に形成する

事ができるため、着脱で狂うこともなく、容易に高い位置精度を実現することが可能となる。さらに、浮遊トナーやオゾン等により、LEDが汚染されることもない。

4本のLEDはホルダー上に放射状に高精度に固定されている。固定はLED測定用に作製した装置を使用して行う。その方法について Fig. 3 を用いて説明する。透明ドラム表面と等価の位置に置かれた CCD センサ上に、LED光を結像させる。LED光の位置は、画素毎に数 $\mu$ mの精度で正確に測定されている。また微動ステージによって、数 $\mu$ m単位でLEDの位置が補正できる。LEDを規定位置に設定した後、インサート部材を介してホルダーに接着する。ホルダーはロータリーエンコーダによって精度5"以下で回転できる。2本目以降のLEDはホルダーを所定角度回転させて、1本目と同様の手順で接着を行う。この一連の作業による接着誤差は、現状では20 $\mu$ m以下である。

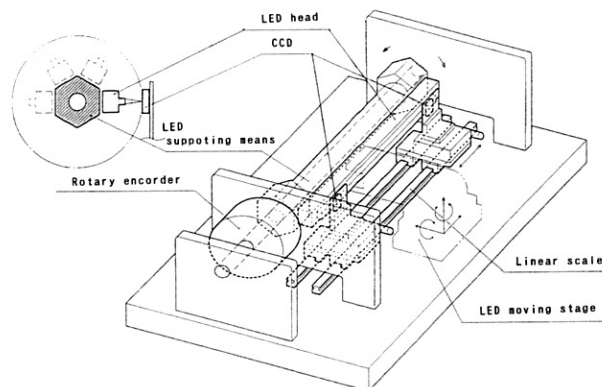


Fig. 3(a) Mounting apparatus of LED heads

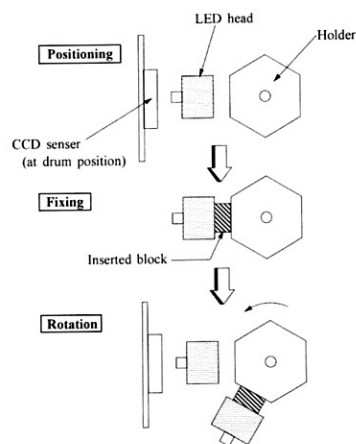


Fig. 3(b) Mounting process of LED heads

組み上げた4本のLEDのドット間のずれ量を Fig. 4 に示す。今回使用したLEDはモノクロ用のものであり、直線性が悪い。この為、相対的に直線性の似通ったLEDを選択した。このLEDでの最大ずれ量は、50 $\mu$ mである。これにドラム駆動むら等の影響が加わり最終的に紙面上でのドットのずれ量は80 $\mu$ mである。

最近のLEDの技術進歩により、直線性の精度は $\pm 10 \mu\text{m}$ が可能となってきており、高精度のLEDの採用とLEDの組立精度を向上させること、更にドラム駆動精度を向上させることで、 $50 \mu\text{m}$ 以下の実現が可能である。

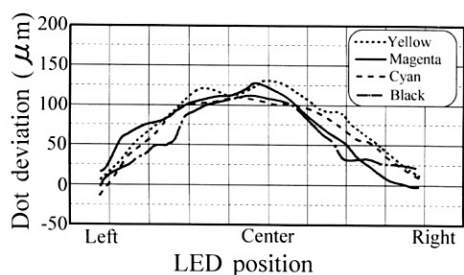


Fig. 4 Dot deviation of LED heads

### 3.3 色補正技術

外部像露光方式と内部像露光方式の比較を示す。外部像露光方式においては、好運にも、カラートナーは赤外光に対し透光性が高く、トナー像の上から半導体レーザー( $\geq 780$ )による潜像形成が可能であった。先のトナー像による光吸収、光散乱やトナー電位により潜像形成が妨げられる分に対しては、露光量(パルス幅変調)により色補正を行っている。1次色と比較すると、2次色は、1色目の露光量は弱く、2色目の露光量を強くして付着量のバランスをとっている。これに対し、内部像露光方式では、1次色と2次色間のトナー層電位の補正は必要であるが、先と後の露光量は原則同じでよい。

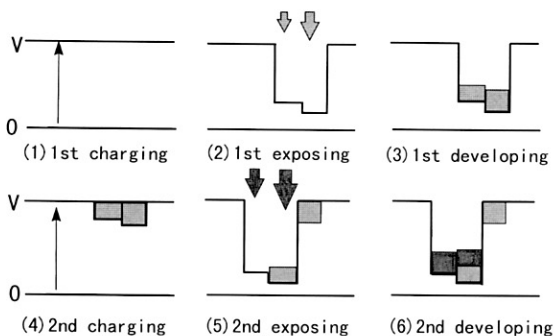


Fig. 5(a) KNC Process (External case)

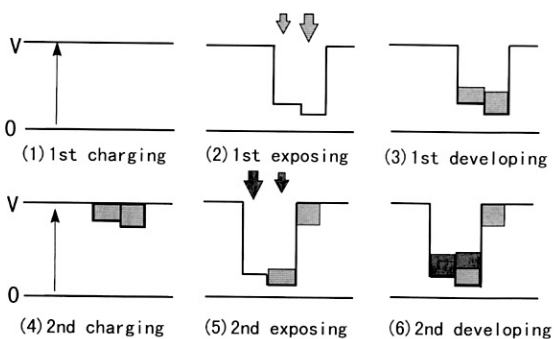


Fig. 5(b) KNC Process (Internal case)

即ち、外部像露光において、トナー層による光吸収と光散乱が存在するためトナー重ね合わせ時の再現性、特に孤立点の再現性が低下するために必要であった光量補正(マスクング)が、内部像露光では、大幅に軽減できることになる。特に、トナー層電位が影響しないハイライト部においては、補正を考慮しなくても良い再現性が得られる(Fig. 5)。

補正無しの内部露光と外部露光の孤立点の画像サンプルをFig. 6に示す。画像サンプル(Blank)は、感光体上に直接 $170 \mu\text{m}$ ( $2 \times 2$  dots)の孤立点を露光し、Blackトナーで現像したものである。画像サンプル(External)及び画像サンプル(Internal)は、それぞれ外部像露光及び内部像露光により、感光体上に形成したYellowトナーのべた画像の上から $170 \mu\text{m}$ ( $2 \times 2$  dots)の孤立点を露光し、Blackトナーで現像したものである。外部露光においては光量補正が必要である事が、内部露光では補正無しでも十分な孤立点再現を行うことができる事がわかる。

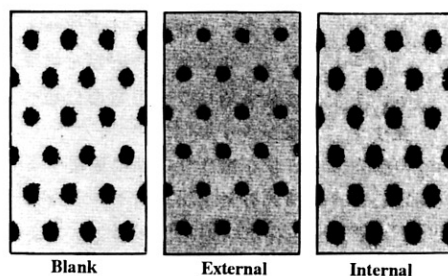


Fig. 6 Dot reproduction on a toner layer

### 3.4 プロセス要素技術

多回転のKNCプロセスにおいて、感光体は最大紙サイズ以上の周面が必要であるという制約を受けたが、シングルパスにおいてはトナー像を順次転写していくので、感光体径の制約はなくなった。反面、現像器に加えて帯電、露光も4組必要となり、結局プロセス要素の小型化無くしては、感光体が大型化してしまう。

これらの小型化の課題に加え、特に、4個の帯電器により発生する多量のオゾンの問題に対応できる帯電器や小型で小粒径トナーにも対応できる高画質現像法が必要となる。

#### 3.4.1 コロナ帯電器

KNCプロセスにおける帯電は、感光体と非接触であるコロナ帯電器が必須である。このプリンタでは、電極に鋸歯電極を採用した。鋸歯電極は感光体方向への放電指向性が高く、帯電器の小型化を図ることができる。

Fig. 7に放電電流一定での、帯電器の幅と感光体電位の関係を示す。一定の感光体電位を得るのに、鋸歯電極では、ワイヤ電極と比較して、サイドプレートの幅を $20 \rightarrow 12 \text{mm}$ と狭くすることが可能である。また、鋸歯電極はワイヤ電極に比べ、発生するオゾン量が少ないことが報告

されている<sup>5)</sup>。本検討でも、オゾン発生量は、ワイヤーと比べ、1/5に減少している。

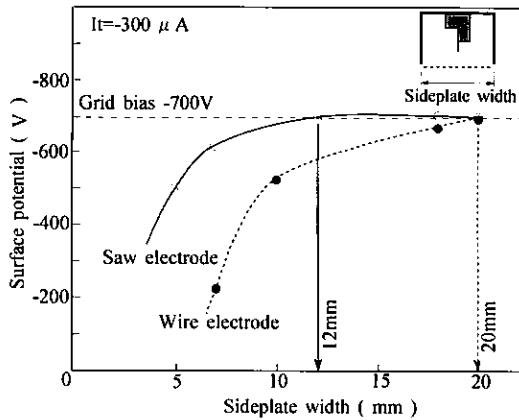


Fig. 7 Relation between sideplate width and surface potential

### 3. 4. 2 非接触現像法

感光体上でトナー像を重ね合わせるKNCプロセスでは、感光体上のトナー像を乱さずに次のトナー像を形成するために、非接触現像法を採用している<sup>1)</sup>。

プリンタに用いた現像器は、従来の多回転KNCプロセスであるKonica KL-2010の現像器である<sup>6)</sup>。この現像器は、現像スリーブφ18mm、高さ25mmの小型二成分現像器である。この小型現像器、前記した鋸歯帯電器と内部像露光方式との採用により、φ80mmの感光体周囲に、4組のプロセスユニットを配置することが可能となった。更に、将来直面する事となる現像性向上（小型化、小粒径トナー、一成分現像対応）対策として制御電極現像法を開発した。

Fig. 8に従来の2成分非接触現像法と制御電極現像法のAC電界の様子を示す。従来の現像法ではスリーブにAC電圧を重畳してトナーを飛翔させているが、高い現像性を得るためにはAC電圧を高くする必要があり、一方AC電圧を高くすると感光体上のトナー像に別のトナーが付着して混色が発生したり、リングマークと呼ばれる放電による画像欠陥が発生しやすくなるという問題がある。特に小粒径トナーや一成分トナーでは高いAC電圧が必要となるため、混色や放電のない条件で高い現像性を得ることは困難であった。

これに対し制御電極現像法では、スリーブと感光体との間に板状或いはワイヤー状の制御電極を設置し、制御電極にはDC電圧、スリーブにはDCとACの重畳電圧を印加して、制御電極とスリーブの間にのみ強いAC電界を形成するように設定する。このような構成により、現像剤からトナーを引き出すための強いAC電界と現像空間を飛翔するトナーに作用する弱いAC電界とに分離してソフトな現像が可能となるため、混色のない条件で高い現像性を得ることが期待できる。また現像領域は低いAC電圧の印加で済むため、現像偏りの対策としても有効である。

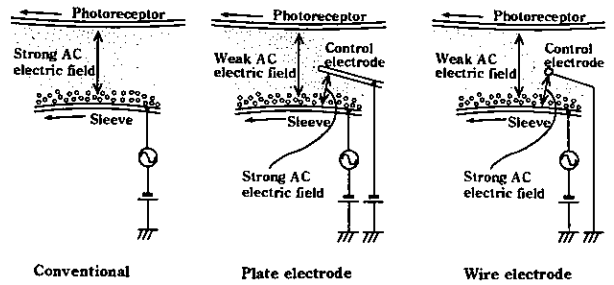


Fig. 8 Developing methods

実験条件を示すと、現像バイアスは制御電極にDC電圧、スリーブにDCとACの重畳電圧をそれぞれ印加し、スリーブDC電圧は-750V、AC周波数は8KHzとした。現像ギャップは500μm、表面電位はベタ黒部-50V、背景部-850Vとした。また現像剤は8.5μmトナーと45μmキャリアを用いている。

Fig. 9(a)にAC電圧と現像性の関係を示す。現像性は従来方式に対し、ワイヤー電極や板状電極が高く、制御電極の設置によって現像性が大幅に向上している。画像濃度1.3（トナー付着量0.8mg/cm<sup>2</sup>）を得る時のAC電圧は、1000V、800V、600V、であり、従来現像法より低いAC電圧で同等の現像性が得られる。Fig. 9(b)にAC電圧と混色の関係を示す。

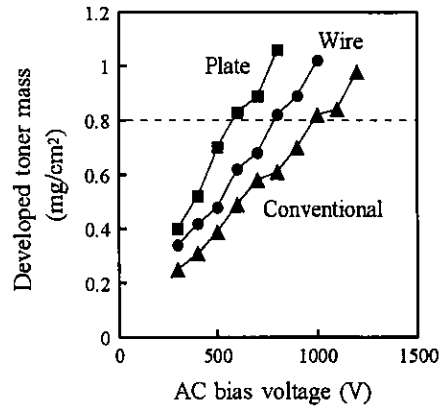


Fig. 9(a) Developed toner mass vs. AC bias (Vpp/2)

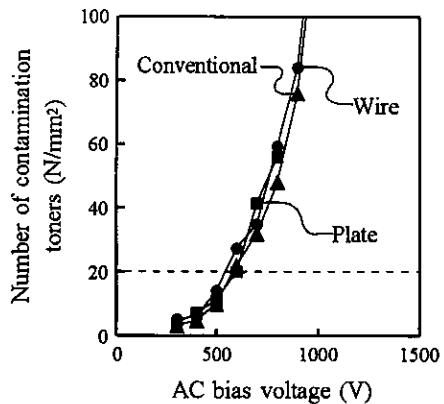


Fig. 9(b) Color toner contamination vs. AC bias (Vpp/2)

また Fig. 9(c) には Fig. 9(a) と Fig. 9(b) の結果から得られた現像性と混色の関係を示す。同一付着量に対する混色は、従来方式に対し、ワイヤー電極や板状電極が低くなっており、制御電極の設置によって混色も減少することがわかる。

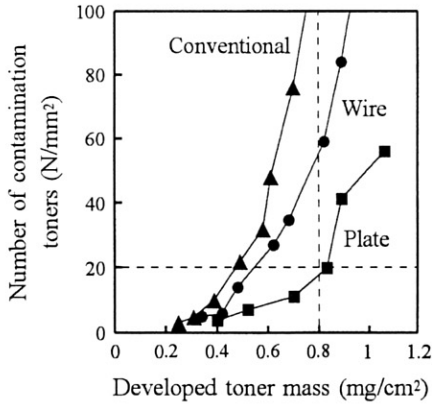


Fig. 9(c) Color toner contamination vs. developed toner mass

画質に影響を与える因子の一つとして現像偏りがある。Fig. 10 にハーフトーンとベタ黒とを隣接させたときの画像濃度プロフィールを示す。

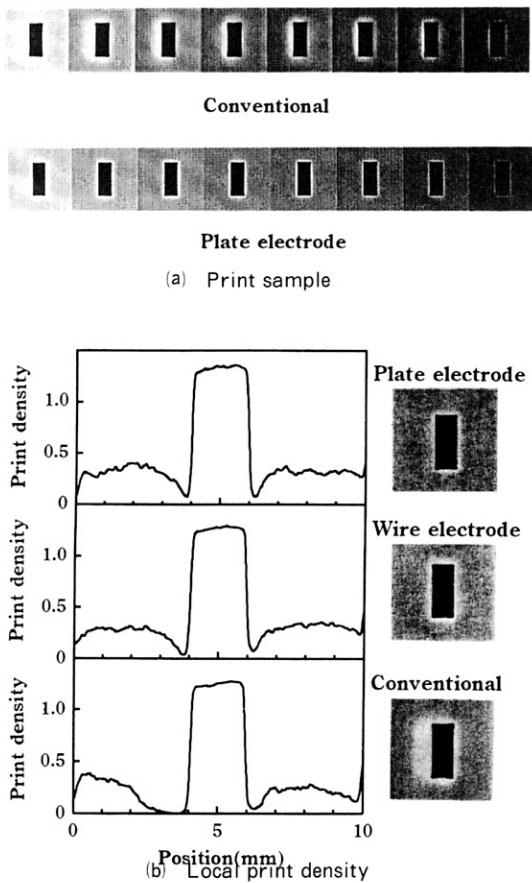


Fig. 10 Density profile of print samples

従来現像法では先後端のハーフトーンの抜けに大きな差があり、現像偏りがみられる<sup>7,9)</sup>。この現象はスリーブ AC 電圧を高くするとさらに顕著になる。これに対し制御電極現像法では、エッジ電界によるハーフトーンの抜けはあるものの、現像偏りはみられない。従来現像法では強い AC 電界によってトナーを振動させながら現像するため、潜像に忠実な現像が得られず、現像偏りが発生する事が知られている。制御電極現像法では、現像空間にトナークラウドを供給して弱い AC 電界下で現像するため、トナーは潜像電界に忠実に運動し、従来問題となっていた現像偏りは発生しない。

#### 4 まとめ

KNC プロセスを用いたシングルパスカラー技術について検討した。内部像露光方式を用いた KNC プロセスの特長は、低コスト化、小型化に適し、トナー像の重ね合わせが改善し、さらに高速プリントを実現できることである。またタンデム構成では困難な、高いレジスト精度の実現が可能である<sup>8,9)</sup>。

具体的な検討項目をまとめると、

- (1) 小型、低コスト、高い位置合わせ精度を有するエンジン構造について検討し、好ましい採用技術として、ドラム状感光体と LED 光学系を採用した。
- (2) トナー像重ね合わせ時の画質改良技術として、内部像露光方式を採用した。内部像露光方式は、小型化、高精度位置合わせ、LED の汚れ防止にも大きな効果を発揮する。
- (3) 上記(1)(2)を実現するためのキー技術として以下の技術を開発した。
  - ・透明基体を有する内部像露光用感光体
  - ・小型で低オゾンの鋸歯電極コロナ帯電器
  - ・LED 光学系の高精度組立技術及び着脱機構
  - ・内部像露光用 KNC 色補正技術
  - ・高画質、高性能な制御電極現像法

となる。

モノクロ技術の延長では、カラープリンタ分野で生き抜くのは困難である。更にエンジン構造の検討、要素技術の改良を行い、より理想的なカラープリンタ技術へと完成させていく計画である。

#### ●参考文献

- 1) 羽根田他：Japan Hardcopy'95論文集、P.1 (1995)
- 2) 平倉他：Japan Hardcopy'91論文集、P.101 (1991)
- 3) 城戸他：富士ゼロックステクニカルレポート、No.10,P.46 (1995)
- 4) 羽根田他：電子写真学会誌、Vol.31,Na.3,P.171 (1992)
- 5) U.S.P. 3,691,373
- 6) 岡本：KONICA TECHNICAL REPORT、Vol.6,P.34 (1993)
- 7) 仲野他：Japan Hardcopy'96論文集、P.93 (1996)
- 8) 時松他：Japan Hardcopy'96論文集、P.149 (1996)
- 9) 重田他：Japan Hardcopy'96論文集、P.73 (1996)