

# カラー中間転写方式の高画質化技術

High Imaging Quality Color Intermediate Transfer

稲田 保 幸\*      森    智 英\*      廣 井 俊 顕\*  
Inada, Yasuyuki    Mori, Tomohide    Hiroi, Toshiaki  
川 上    勲\*\*      横 山 知 明\*  
Kawakami, Isao    Yokoyama, Tomoaki

## 要旨

電子写真プロセスにおける中間転写方式の高画質化技術の開発に取り組んだ。1次転写部では感光体上のトナーに加わる中間転写ベルトの当接力の低減により、トナーの感光体への付着力を抑え、中抜け現象の抑制を行った。2次転写部では中間転写ベルトの表面特性に着目した開発を行い、表面硬度を高めることでトナーの中間転写ベルトとの付着力を抑え、2次転写率の向上を達成した。

本技術は、タンデムカラー MFP の bizhub C353 等に搭載し、従来に比べ高い転写画質を実現した。

## Abstract

We developed technology which heightens the imaging quality of a color intermediate transfer electrophotographic process. In the first transfer stage of that process, hollow defects are minimized by decreasing the adhesive force between the toner and the photoconductive drum. This was accomplished through the reduction of contact pressure by the intermediate transfer belt on the toner image on the photoconductive drum. In the secondary transfer process, the secondary transfer rate is improved by decreasing the adhesive force between the toner and the intermediate transfer belt. This was accomplished by increasing the surface hardness of the intermediate transfer belt. This technology is incorporated in the bizhub C353, a tandem color MFP that delivers image quality surpassing prior technologies.

## 1 はじめに

タンデムカラー MFP の転写方式は、Fig. 1 に示す中間転写ベルトを用いた中間転写方式が主流である。中間転写方式は、感光体上に形成したトナー像を中間転写ベルト上へ転写し（1次転写）、中間転写ベルト上で Y, M, C, K の4色のトナー像を重ね合わせた後、用紙上へ転写する（2次転写）方式である。中間転写方式において転写画質の向上を行なうためには、1次転写および2次転写の各々の部分での転写性能の向上が必要である。

本報告では、1次転写部および2次転写部において高画質化のために取り組んだ内容について紹介する。

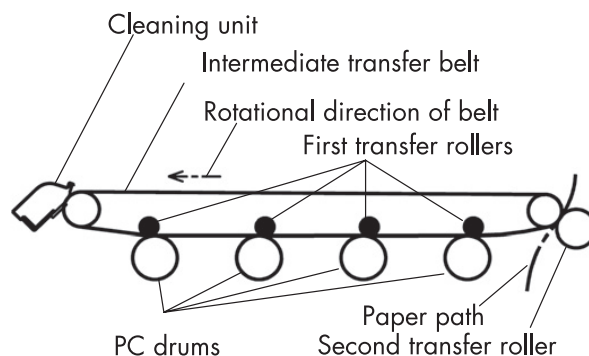


Fig.1 Intermediate transfer

## 2 1次転写部における画質向上

### 2.1 1次転写部での課題

1次転写部では、Fig. 2 に示すようなトナー像の一部が中間転写ベルトへ転写されない画像欠損（以下、中抜け現象と称する）が発生する場合がある。

この中抜け現象は、感光体と中間転写ベルト間の当接圧力が大きいほど発生しやすいことが知られている。また、感光体上のトナー像としては感光体進行方向に形成された線像（縦線像）や孤立したドット像などで発生しやすく、感光体進行方向と直角な方向の線像（横線像）や密集したドット像では発生しにくいことも知られている。

この中抜け現象は以下のようなメカニズムで発生していると考えられる。

\* コニカミノルタビジネステクノロジーズ(株)  
機器開発本部 機器第2開発センター 第22開発部  
\*\* コニカミノルタビジネステクノロジーズ(株)  
機器開発本部 機器第2開発センター 第21開発部

横線像やドットが密集したトナー像の場合、1次転写部では転写ニップ領域中で感光体と中間転写ベルト間に介在するトナー粒子数が多い状態であり、中間転写ベルトが各トナー粒子に平均的に当接するので、当接力は分散しトナー1粒子にかかる当接力は小さい。一方、縦線像やドットが孤立して存在するトナー像の場合は、これらのトナーに中間転写ベルトの当接力が強く作用する。感光体上のトナーに中間転写ベルトにより大きな当接力が加わると、この力によりトナー粒子間の凝集が発生する。凝集したトナー群は一つの塊として振る舞い、トナーと感光体の接触面積が増加し、その結果感光体との付着力が増加して中間転写ベルトへ移動しにくくなる。

我々は、感光体表面に離散した所定被覆面積のトナーに、外部より中間転写ベルトを介して荷重をかけた後、振動離脱力から付着力を測定する付着力測定装置<sup>1)</sup>を用いて、その荷重を変化させながらトナーの付着力を測定することで、押圧荷重が付着力に与える影響を確認した。

その確認結果をFig. 3に示す。Fig. 3において横軸は加えた圧力、縦軸はトナーと感光体との付着力であり、圧力を高めるほど付着力は増加していくことを示している。

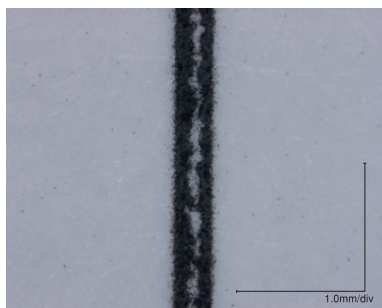


Fig.2 Image of hollow defects

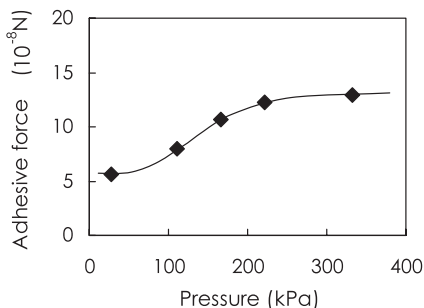


Fig.3 Pressure versus adhesive force

## 2. 2 1次転写部での転写性能向上

1次転写部で発生する中抜け現象を抑制するためには、中間転写ベルトによりトナーに加わる当接力を低減することが重要である。本1次転写部は、1次転写電圧を印加する1次転写ローラを、中間転写ベルトを介して

感光体と対向配置し、1次転写ローラ軸両端に設けた位置決め部材を、感光体を保持するイメージングユニット両端に当接することで、1次転写ローラが中間転写ベルトを感光体へ一定量押し込む構成としている。本構成でトナーに加わる当接力を低減する方策として、以下の2つが考えられる。一つは中間転写ベルトの感光体への押し込み量を低減することであり、もう一つは中間転写ベルトの剛性を小さくすることである。

中間転写ベルトの剛性を小さくする手段としてベルトの厚みを薄くすることがあるが、厚みを薄くしすぎるとベルトの強度が低下して耐久使用時にベルトが破壊する危険が高まる。我々は、中間転写ベルトの破壊が起きない範囲でベルトの厚みを薄くし前述した中抜け現象の抑制を行なった。

本報告では、もう一つの方策である中間転写ベルトの感光体への押し込み量の低減について検討した結果を述べる。

我々は1次転写ローラ軸両端に設けた位置決め部材の寸法を変え、感光体表面に相当する位置に圧力センサを配置し、押し込み量と中間転写ベルトから感光体面への圧力を測定した。尚、この測定は1次転写電圧を印加しない状態で行ない、また、それぞれの条件で実際の中抜け現象の品質確認を行なった。

その結果をFig. 4に示す。Fig. 4において横軸は測定した感光体面の受ける平均圧力、縦軸は中抜けランクを示す。中抜けランクとは中抜け現象の程度をランク分類したもので、数値が大きいほうが中抜けは良好であることを示している。Fig. 4は感光体面が中間転写ベルトから受ける圧力を小さくするほど中抜けは抑制できることを示している。尚、圧力が0の条件においても良好な画像が得られたが、これは品質確認の際には1次転写電圧を印加しており、そのため感光体と中間転写ベルトの間に静電吸着力が作用し、感光体と中間転写ベルトが十分接触した状態になっているためである。

最終的な条件設定を行なう際には、実際の転写状態において感光体と中間転写ベルトの接触が不安定になり転写不良が発生することがないように限界の押し込み量を求め、各部品単体や組立て時のばらつきを考慮した上で押し込み量の設定を行なった。

ここまでの検討で1次転写部において感光体面が中間転写ベルトから受ける圧力を低減すれば中抜け現象は抑制できることを確認したが、中抜けとなる理由、即ち縦線像の場合Fig. 2に示すようにトナー像のほぼ中央部分のみが転写されない理由は明確ではなかった。

そこで、縦線像を形成するトナー像の高さを測定したところ、トナー像の中央部は両端部に比べてトナー高さがやや高いことが分かり、トナー像中央部ではトナーに加わる当接力が大きくなるからであると推定した。この推定に対して実際の当接力の分布を測定することは容易

でなかったため、CAE解析によりトナー像に加わる圧力分布を解析した。この解析では、感光体上のトナー像として幅約 $300\mu\text{m}$ の縦線像、トナー像の高さは前述した測定結果を基に厚みの分布を持った均一な層と仮定した。そして、1次転写ローラの配置やベルト剛性を加味したモデルを用い中間転写ベルトを所定量感光体へ押し込ませた条件でトナー像に加わる中間転写ベルトからの当接圧力の分布を解析した。

解析結果をFig. 5に示す。図は、解析モデルのうち縦線トナー像を線幅方向に線中央より片側のみ、長さ方向(進行方向)に転写ニップ中心近傍の $100\mu\text{m}$ の領域だけを切り出して、トナー像の断面形状とトナー表面が受ける圧力分布を示している。なお、トナー像は図中上面側を中間転写ベルトとの接触面、下面側を感光体との接触面としている。Fig. 5ではトナー像上面が中間転写ベルト面から受ける圧力が大きい領域は赤く図示されており、トナー像中央部での当接圧力が端部より大きいことを示している。この結果より、トナー像中央部では当接圧力が大きいとトナー凝集が発生しやすく、その結果中抜け現象が発生しやすいと考えられる。

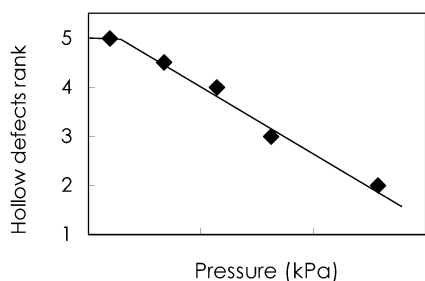


Fig.4 Contact pressure versus hollow defects

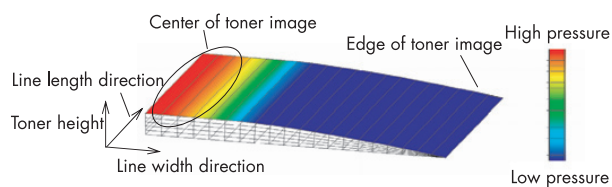


Fig.5 Distribution of contact pressure impressed on the center of the toner image

### 3 2次転写部における画質向上

次に2次転写部における画質向上の検討結果を報告する。

#### 3.1 2次転写部での課題

2次転写部では、内面で中間転写ベルトを張架支持するローラに対向してベルト外面に半導電性の発泡ゴムローラ(以下、2次転写ローラと称する)を配置し、2次転写ローラを所定量中間転写ベルトへ押し込ませると

共に中間転写ベルトと等速で回転駆動する構成となっている。この状態で中間転写ベルトと2次転写ローラの間で用紙を搬送し、同時に2次転写ローラに正極性の電圧を印加することで中間転写ベルト上に存在する負極性の電荷を帯びたトナー像を用紙へ静電転写している。

2次転写部において中間転写ベルト上のトナーに働く力の概要をFig. 6に示す。ここで、

$F_1$ : 中間転写ベルトとトナーの間の付着力

$F_2$ : 用紙とトナーの間の付着力

$F_3$ : トナー間の凝集力

$F_4$ : 2次転写ローラに印加した電圧による静電転写力である。

1次転写部で述べたように $F_3$ が大きくなると $F_1$ も大きくなる。また $F_2$ は通常使用される普通紙において、用紙の凹凸は中間転写ベルト表面の凹凸よりも十分大きく、その結果 $F_1 > F_2$ であると考えられる。

中間転写ベルト上のトナーを全て用紙へ転写するためには、 $F_4 + F_2 > F_1$ の関係にすればよい。しかし、 $F_4$ を大きくするために2次転写ローラに印加する電圧を高くしすぎると、2次転写部で放電が発生しトナー像の一部に乱れが発生することがある。また、 $F_2$ はユーザーの使用する用紙種により変わるものであり調整は困難である。更に $F_1$ に影響する $F_3$ を小さくするために2次転写ローラの中間転写ベルトへの押し込み量を小さくしすぎると、2次転写部における用紙の搬送力が低くなり用紙搬送むらが発生する可能性がある。

これらの経験を踏まえ、 $F_1$ 、即ち中間転写ベルトとトナーの付着力を低減することに主眼において2次転写システムを開発した。具体的には、中間転写ベルトからトナーが離れやすい状態にするため、中間転写ベルトの表面特性を変えることを検討した。

2次転写部における転写性能として2次転写率を測定した。2次転写率とは、2次転写前の中間転写ベルト上のトナー量と2次転写後の用紙上のトナー量の比であり、全てのトナーが用紙上へ転写できれば100%となる。経験的に2次転写性能が低く転写画質が悪い場合は2次転写率は低い。我々は2次転写率と転写画質の関係を事前に確認し、十分な転写画質が得られる2次転写率として95%を目標において開発を行なった。

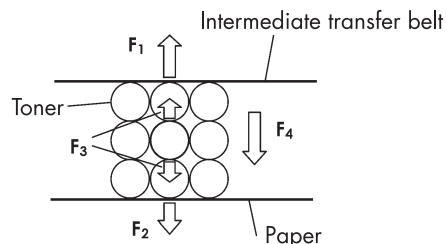


Fig.6 Model of second transfer

### 3. 2 中間転写ベルトの表面特性の改良

中間転写ベルトの表面特性として代表的なものは以下のものがある。

- ・表面硬度
- ・表面エネルギー
- ・表面粗さ
- ・表面抵抗率

この中で、表面粗さは大きくすると中間転写ベルトとトナーの付着力は小さくなり2次転写率が向上することは判ったが、目標の2次転写率を得るまで表面粗さを大きくすると中間転写ベルトのクリーニング不良が発生した。その他の特性については検討の結果、各々最適な方向性を見出したが本報告では表面硬度について詳細に述べる。

中間転写ベルトの表面硬度が低い場合、2次転写ローラと内面の支持ローラ間の押圧加重で、中間転写ベルトに接するトナーがベルト面に押圧される際、中間転写ベルト表面が微小変形しトナーとの接触面積が増加することで中間転写ベルトとトナーの付着力が大きくなると予測できる。従って中間転写ベルトの表面硬度は表面が変形しにくい硬度にすることが重要と考えた。以下にその検討結果を示す。

ここでは中間転写ベルトの表面に表面硬度を変えることができる各種材料をコーティングして実験を行った。

Fig. 7に、中間転写ベルトの表面硬度と中間転写ベルト上のトナーの付着力の関係を示す。付着力の測定は実際に2次転写ローラにより加えられる圧力とほぼ同等の圧力を加えて行なった。Fig. 7より、表面硬度が高いほど中間転写ベルト上のトナーの付着力は低くできることが分かる。

次に前述した表面コーティングを施した中間転写ベルトを使用し、2次転写率の測定を行なった。

結果をFig. 8に示す。Fig. 8で横軸は中間転写ベルトの表面硬度、縦軸は2次転写率である。中間転写ベルトの表面硬度と2次転写率には相関関係があり、表面硬度を高くすると2次転写率は向上できる。今回の検討の結果、従来90%程度であった2次転写率を最大98%にまで向上することができた。コーティング層の厚みを $0.2\mu\text{m}$ から $3\mu\text{m}$ まで数種変えて同じ検討を行なったが、どれもほぼ同じ結果を得た。

尚、表面硬度が十分高い領域において2次転写率は98%で飽和している。この原因として、2次転写前の中間転写ベルト上のトナーの中に帯電が不十分なものが含まれ、その結果このトナーに作用する前述した静電転写力が小さかったことなどが考えられる。

以上述べたように、2次転写率を高めるためには中間転写ベルトの極めて表面部の硬度を高くすればよく、表面硬度を高くした中間転写ベルトの採用により2次転写率の目標である95%以上を達成した。

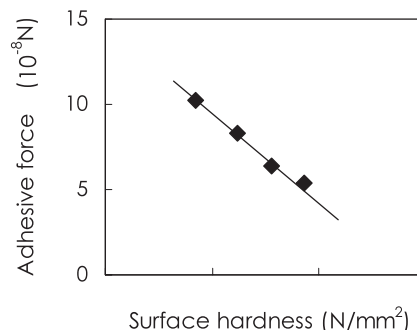


Fig.7 Surface hardness versus adhesive force of the intermediate transfer belt

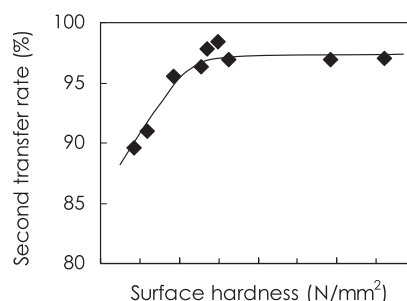


Fig.8 Surface hardness versus second transfer rate

## 4 まとめ

我々は、タンデムカラー MFPの転写方式として主流になっている中間転写方式の高画質化のための技術開発に取り組んだ。中間転写方式の1次転写部では、感光体上のトナー像に加わる中間転写ベルトの当接力の低減を行い中抜け現象の抑制を行なった。2次転写部では表面硬度を高めた中間転写ベルトの採用により2次転写率の向上を達成した。

これらの技術は、bizhubC353等の製品に搭載し、従来に比べ高い転写画像品質を実現すると共に、転写率を向上させたことでトナー消費量の低減や未転写トナーの回収箱の長寿命化にも寄与することができた。

### ●参考文献

- 1) 平山順哉, 和田実, 蛭子修, Japan Hardcopy '97 Fall Meeting 論文集, 45, (1997)