

1 パス両面画像形成技術の開発

A Study on Single Pass Duplex Technology

重田 邦男*
Shigeta, Kunio

佐藤 洋太郎*
Satou, Youtarou

永瀬 久喜*
Nagase, Hisayoshi

羽根田 哲*
Haneda, Satoshi

Single pass duplex technology is a new method to obtain a duplex printing. A first toner image developed on a photoreceptor is transferred to an intermediate transfer belt and stored on it until a second toner image is developed on the photoreceptor subsequently. Then by passing a paper between the photoreceptor and the belt, the second toner image on the photoreceptor and the first toner image on the belt are transferred to opposite sides of the paper respectively. Thereafter the transferred toner images on both sides of the paper are fixed simultaneously.

This single pass method for duplex printing has many advantages such as minimized duplex printing time, improved paper handling, reduced power consumption and so on, compared with a conventional method by twice repeating of one-sided printing process.

To achieve the single pass duplex printing, several subjects for transferring the toner images to both sides of the paper, transporting the paper retaining the toner images and fixing the toner images on both sides of the paper simultaneously are investigated.

1 はじめに

近年地球環境問題への取り組みとして、エネルギー消費の少ない定着器の開発等、機器の省エネルギー化が積極的に進められている。しかしながら電子写真における消費エネルギーをトータルで考えた場合、消費エネルギーのほとんどは紙の製造工程が占め、機器の使用工程における消費エネルギーは著しく小さいため、機器の省エネによる環境負荷低減は微々たるものであり、環境負荷低減のためには紙をできるだけ節約すること、すなわち紙の両面使用が最も有効であると報告されている¹⁾²⁾。

両面プリント機能の搭載については国際エナジースタープログラムでも規定されており、既に多数製品化されているものの、実際にユーザーが積極的に活用しているとは言いがたい。この原因として、両面プリントに時間がかかる、用紙ジャムが発生しやすい等、使い勝手の悪さが指摘されている。

今回我々は、これらの問題を解決できる新しい両面プリント方式として1パス両面画像形成技術を開発した。

2 現行の両面画像形成技術

Fig.1 に現行の両面画像形成技術の基本構成を示す。

現行技術は、通常の片面画像形成プロセスを2回繰り返して両面プリントを得る方式である。すなわち、

(1) 用紙表面への画像形成：感光体ドラム上に第1画像を形成し、通常の片面画像形成プロセスと同様にして用紙上に第1画像を転写、定着する。

(2) 用紙反転：用紙を排紙せずにそのまま用紙反転経路

* 機器開発統括部 第2開発センター

を通して表と裏を反転させ、再給紙する。

(3) 用紙裏面への画像形成：感光体ドラム上に第2画像を形成し、再び通常の片面画像形成プロセスにより、用紙裏面に第2画像を転写、定着する。

というプロセスである。この方式では、一旦定着してカーラしやすくなった用紙を、用紙反転経路を通して表裏を反転させた後、再給紙するという用紙搬送を行うため、

- 両面時の1stプリント速度が遅い。
- 用紙搬送の信頼性が低く、ジャムが発生しやすい。
- ジャムが発生した場合、通紙経路が長いいため、無駄になる用紙が多く、ジャム処理も大変である。
- 適用できる紙種に制限があり、厚紙や薄紙、はがき等の小サイズ紙や不定形紙には対応できない。
- 定着オイルによって通紙経路が汚染され、特にカラーの場合に問題となる。
- 機内への熱の持ち込みがあり、プロセスが安定しない。等の問題がある。

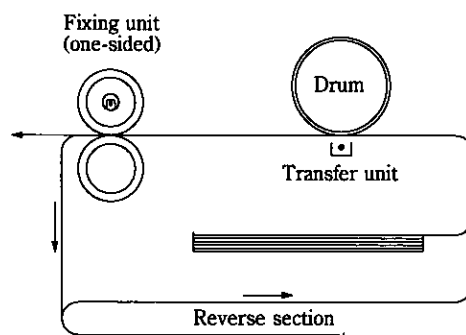


Fig.1 Conventional method of both-sided image formation

3 1パス両面画像形成技術

3.1 基本構成

1パス両面画像形成技術とは、用紙の両面にトナー像を転写して一度に定着する、すなわち1回の通紙で両面プリントを得る方式である。基本構成をFig.2に示す。本方式の構成上の特徴は、感光体ドラムに対向して中間転写体ベルトを設けていること、中間転写体ベルト上の通紙経路に沿って1次転写と2次転写との2つの転写を配置していること、および定着器として通常の片面定着器ではなく両面定着器を採用していることの3点である。現行方式のような用紙反転経路は不要となるため、小型化が可能な構成である。また通紙経路として通常の片面画像形成時と同じ給送系を採用できる。

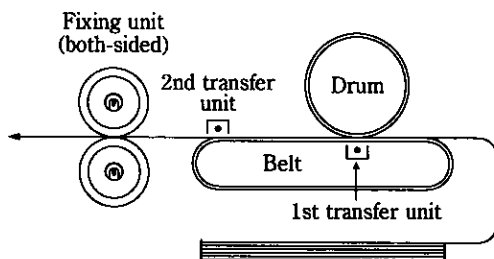


Fig.2 Single pass method of both-sided image formation

3.2 画像形成プロセス

Fig.3により画像形成プロセスを説明する。

- (1) まず感光体ドラム上に第1画像（裏面画像）を形成し、中間転写体ベルト上に転写する（1次転写A）。このとき用紙は供給しない。
- (2) つぎに中間転写体が1周するタイミングに合わせて用紙を供給し、感光体上に第2画像（表面画像）を形成して、用紙の表面に転写する（1次転写B）。このとき用紙は第1画像（裏面画像）を保持した中間転写体上に吸着した状態で搬送される。
- (3) 用紙を2次転写部へ移動させ、用紙の表面に転写電荷を付与して、中間転写体上の第1画像（裏面画像）を用紙の裏面に再転写する（2次転写）。この際用紙表面の第2画像（表面画像）は極性が反転される。
- (4) 中間転写体から用紙を分離し、用紙の両面に転写されたトナー像を一度に定着する。

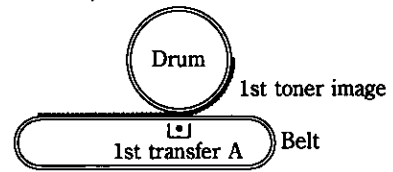
3.3 特徴

1パス方式では裏面画像の転写を2回行うことから、裏面画像の鏡像処理が必須となる。本方式はアナログ機の時代にすでに考案されていた技術であるが³⁾、この鏡像処理の故にアナログ光学系では実現には至らず、デジタル化により実現への道が開けたものである。

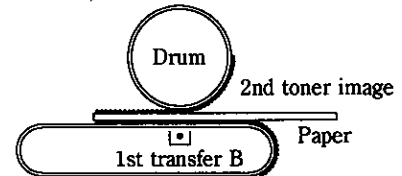
1パス方式の長所（○）と短所（●）を以下に示す。

- 用紙反転の待ち時間がないため、用紙両面への画像形成を続けて行うことが可能となり、両面時の1st プリ

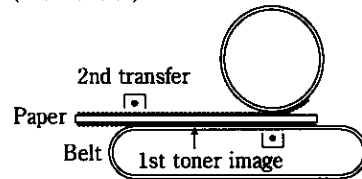
- (1) Transfer of 1st toner image from drum to belt (1st transfer A)



- (2) Transfer of 2nd toner image from drum to paper (1st transfer B)



- (3) Transfer of 1st toner image from belt to paper (2nd transfer)



- (4) Fixing of 1st and 2nd toner images

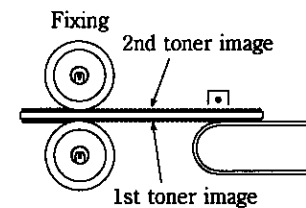


Fig.3 Image forming process

ント速度が速くなる。また両面と片面の混在モードでのプリントも可能である。

- 定着器通過後の用紙を再給紙する必要がないため、用紙の給送信頼性が大幅に向上する。また定着オイルによる通紙経路の汚染や機内への熱の持ち込みもない。
- 片面時と全く同じ給送系で両面プリントが可能であるため、紙種の制限がなくなる。
- 用紙反転経路がないため、ジャム発生時に無駄になる用紙が少なく、ジャム処理も容易である。
- 両面時に定着器を通過する用紙の数は片面時の半分であるため、定着消費電力が低減される。
- 表面画像は1回転写、裏面画像は2回転写であるため、裏面画像の鏡像処理が必要となる。また表裏に画像差がある場合、補正する必要がある。
- ジャム処理の際、未定着のトナー像が両面にあるため、手および機内が汚れやすい。
- トナーリサイクル採用時はベルトクリーニング部からの回収機構が必要となる。

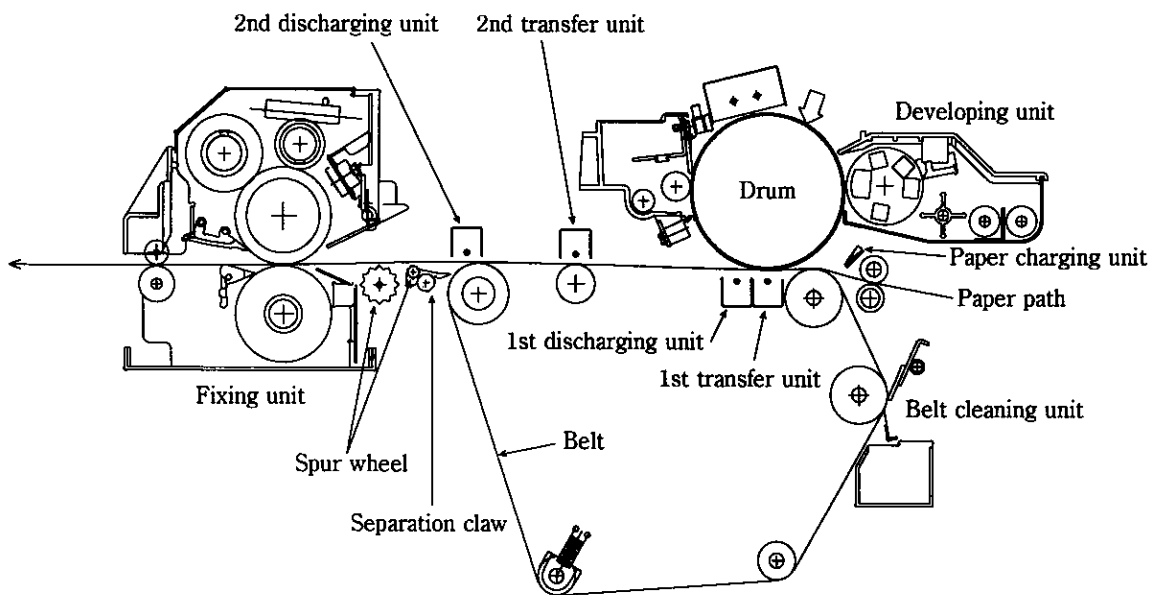


Fig.4 Cross section of image forming apparatus

4 装置構成

実験機の断面構成を Fig.4 に示す。実験機は線速 280 mm/sec のデジタル複写機「Konica 7050」を 1 パス両面画像形成用に改造した。中間転写体ベルトは $\phi 214$ mm のポリミドベルトを使用し、ベルトの移動方向に沿って紙帯電器、1 次転写器、1 次除電器、2 次転写器、2 次除電器、ベルトクリーナーを設けた。中間転写体ベルトと定着器の間には分離爪と拍車を設置し、定着器は上下のローラを独立に温度制御するようにした。給紙部と画像形成部は「Konica 7050」のユニットをそのまま使用し、給紙駆動、感光体駆動、現像駆動、中間転写体駆動、定着駆動はすべて独立駆動とした。Fig.5 に実験機の基本動作を示す。

5 主な技術課題

5.1 用紙両面への転写

1 パス方式では、1 次転写部で 2 回、2 次転写部で 1 回と、Fig.6 に示す計 3 回の転写を行い、用紙両面にトナー像を形成する。1 次転写 A と 1 次転写 B は何れも中間転写体ベルト背面を帯電して感光体ドラム上のトナー像を転写するプロセスであるが、用紙の有無によって転写性が異なる可能性がある。また 1 次転写 B においては中間転写体と用紙裏面との間にトナー像が存在するため、この影響について検討する必要がある。一方 2 次転写は用紙の表面側を帯電して中間転写体上のトナー像を用紙の裏面に転写するプロセスであるが、この際用紙表面のトナー像に反対極性の電荷を付与することになるので、トナー像が乱れる懸念がある。また 2 次転写においても用紙反対面のトナー像の影響を検討する必要がある。さらにこれら 3 回の転写のすべてにおいて中間転写体ベルトが関与しているため、この影響についても検討する必要がある。

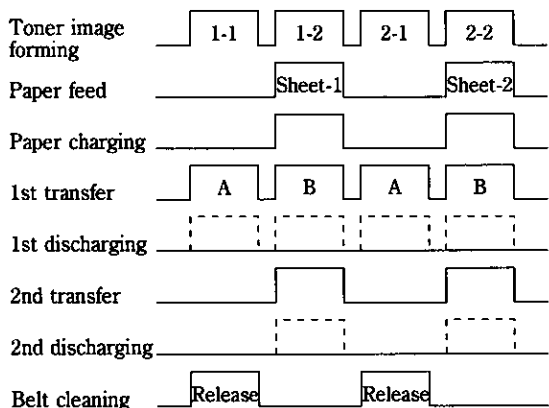


Fig.5 Image forming sequence

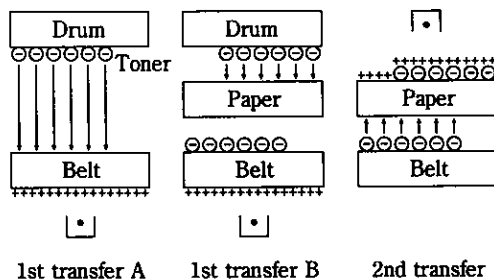


Fig.6 Schematic view of transfer process

5.1.1 各転写条件の設定

Fig.7 に体積抵抗率 $10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ オーダーの中間転写体を用いたときの各転写における転写電流依存性を示す。

感光体から中間転写体への転写である1次転写Aの適正転写電流値は、感光体から用紙表面への転写である1次転写Bの適正転写電流値よりかなり低くなっている。1次転写Bの場合には、感光体と中間転写体との間に用紙が介在していること、およびその用紙上には後述するようにトナーと同極性の紙帯電電荷が付与されていることにより、1次転写Aに比べて転写に必要な電荷量が多くなるものと考えられる。この点を考慮して、1次転写Aと1次転写Bの転写電流値を切り換える必要がある。

つぎに用紙反対面のトナー像の影響について検討する。

用紙の裏面側にベタ画像を形成したときとしないときの1次転写Bの適正転写電流値は、ベタ画像を形成したときの方が高めにシフトしている。この適正転写電流値のずれが大きい場合には裏面画像のネガまたはポジのゴーストが表面画像に発生することになるが、今回の結果では両者のずれは小さく、用紙の裏面側のトナー像の有無による1次転写Bへの影響は無視できる程度であると言える。すなわち両者の適正転写電流値の間の値に転写電流を設定することにより、ゴースト発生がなくかつ転写率低下もない条件で、表面画像の転写が可能となる。

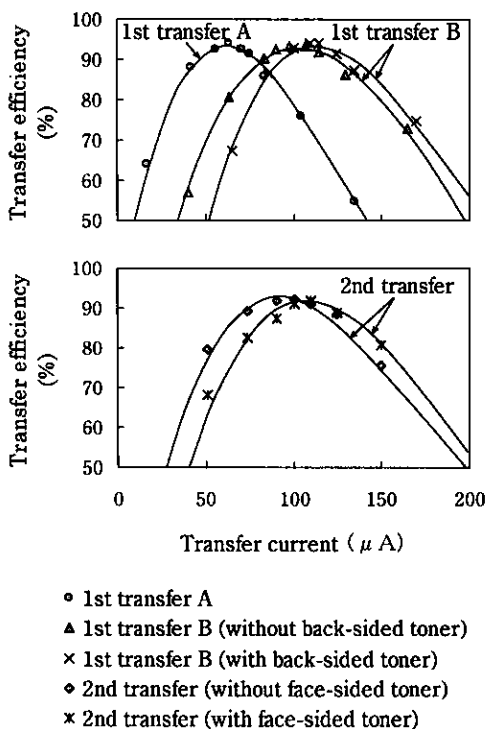


Fig.7 Transfer efficiency vs. transfer current

2次転写においても、用紙反対面のトナー像の影響は1次転写Bの場合と同様に小さく、問題がないことがわかる。またトナー像の上から転写電荷を付与することに

よるトナー像乱れについても、適正転写電流値付近では全く問題がないことが確認されている。

5.1.2 中間転写体の抵抗最適化

Fig.8 は中間転写体ベルトの体積抵抗と各転写における最適転写電流値の関係を示した結果である。

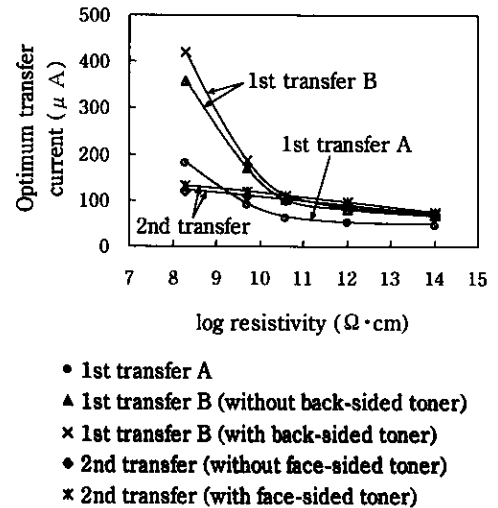


Fig.8 Optimum transfer current vs. belt resistivity

1次転写AおよびBの最適転写電流値のベルト抵抗依存性は低抵抗側で急激に増加しているのに対し、2次転写の最適転写電流値のベルト抵抗依存性はあまり変化していない。この理由として、1次転写AとBでは中間転写体ベルトの背面に電荷を付与するため、ベルト抵抗の影響を受けやすく、低抵抗側ではリーク電流の増加に伴って適正転写電流が急激に増加するのに対し、2次転写では用紙の表面側を帯電するため、ベルト抵抗依存性は小さくなっているものと考えられる。

低抵抗の中間転写体ベルトを用いた場合には、適正転写電流値の絶対値が大きくなる以外に、用紙反対面のトナー像の影響による適正転写電流値のずれも大きくなってしまふ。特に $10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下の低抵抗ベルトでは1次転写Bのずれが大きく、表面画像の濃度確保とゴーストの防止を両立することができない。

一方体積抵抗が $10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の高抵抗の中間転写体ベルトを用いた場合には、1次転写A後のベルト表面が感光体ドラムから分離する際やベルト背面が接地ローラに接近する際に局所的な放電現象が発生し、中間転写体ベルト上のトナー像が飛散して円弧状の画像欠陥となってしまう。また用紙が中間転写体ベルトから分離するときにも剥離放電が発生し、用紙の裏面や表面のトナー像が飛散してしまう。ただしこれらの現象は各転写の後に除電器を設置することにより解消することが可能ではある。

以上の結果より、中間転写体として体積抵抗 $10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 程度の中抵抗ベルトを採用することとした。

5.2 用紙の搬送

1パス方式では、Fig.9に示すように、トナー像を保持した中間転写体ベルト上に用紙を供給して搬送しなければならない。また用紙の両面にトナー像を転写した後は、これを定着器へと搬送しなければならない。このため、トナー像の乱れを防止しながら用紙を搬送する技術が必要となる。

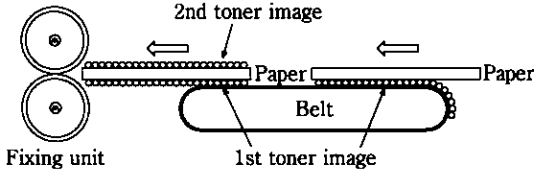


Fig.9 Paper conveyance with toner image

5.2.1 中間転写体による用紙搬送

中間転写体ベルト上のトナー像の乱れを防止するためには、トナー像を介して中間転写体ベルトと用紙とを密着させる必要がある。このため、Fig.10に示すように、中間転写体の最上流部に紙帯電器を設け、用紙全面を帯電して中間転写体に静電的に密着させるようにした。紙帯電器は、設置スペースを小さくできる点、中間転写体への当接解除機構が不要である点を考慮して非接触の鋸歯電極を採用した。帯電ブラシ等の接触式の紙帯電器の場合には、当接解除機構を設けたとしても、用紙ジャム発生時やベルトクリーニングブレード解除時のトナー跡によって紙帯電極が汚れてしまう。また紙帯電器による用紙の帯電は、感光体上のトナー像が転写前に飛ぶことを防止するため、トナーと同極性とした。

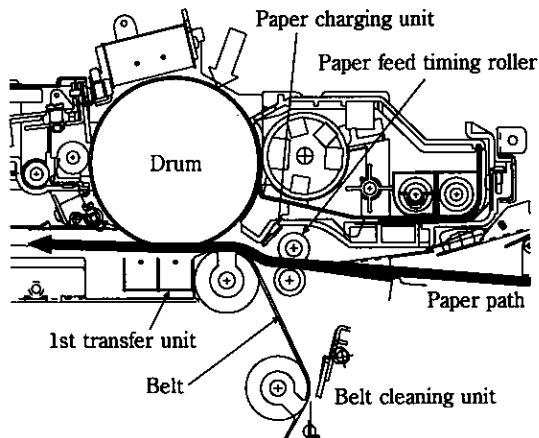


Fig.10 Paper conveyance onto belt with paper charging

5.2.2 中間転写体～定着器間の用紙搬送

用紙裏面のトナー像を擦らずに定着器へ搬送するためには、中間転写体ベルトと定着器とを近接して配置し、用紙を直接導く方法が考えられる。しかしながらこの方法では、中間転写体ベルトが定着器からの熱の影響を受

けてしまい、トナー像が融着したり、中間転写体自身に変質したりするという問題がある。また用紙の腰の強さや中間転写体への静電付着力の違いによって分離時の用紙の進行方向が一定しないため、定着器への進入が安定せず、定着しわが発生しやすいという問題もある。

そこで、Fig.11に示すように、中間転写体ベルトと定着器との距離をある程度離して、その間に用紙裏面ガイド用の拍車を設置した。これによって用紙裏面のトナー像を擦らずに搬送できるようになった。さらに、用紙に遊びがないと、用紙が拍車方向に強く押しつけられて裏面のトナー像が乱れたり、用紙が定着器に引っ張られて中間転写体上のトナー像がずれたりするという問題が発生するため、定着ニップ部の形状と、中間転写体と定着器との速度差によって用紙が拍車から離れる方向にループを形成するようにした。

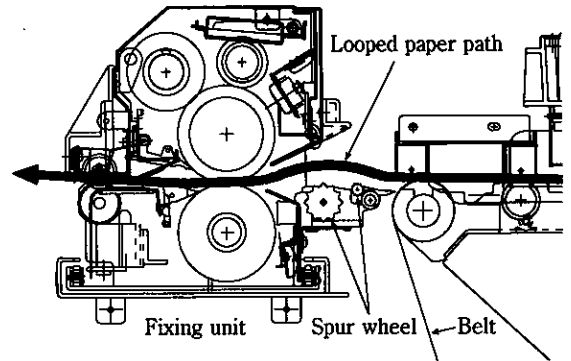


Fig.11 Paper conveyance between belt and fixing unit

以上の構成により、中間転写体ベルトから分離した用紙を、トナー像の乱れを生じることなく、安定して定着器へと搬送できるようにした。定着しわや拍車跡の問題も出ていない。

5.3 両面同時定着

両面定着器においては、Fig.12に示すように用紙の裏面にもトナー像があるため、下ローラの加熱も必要となる。このため上下のローラ構成やヒータバランスをどのように設計するかが重要である。また下ローラへのオイル塗布やクリーニングの要否についても検討する必要がある。

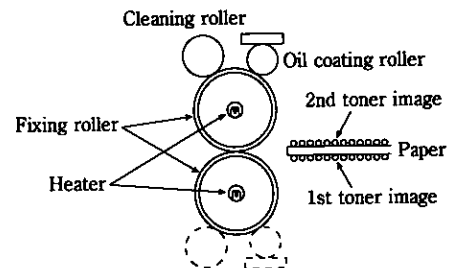


Fig.12 Fixing unit for both-sided toner images

片面定着器では下ローラの加熱が不要であるため、上ローラを熱伝導性のよいハードローラとし、上ローラのみを加熱するのが一般的である。一方両面定着器では何らかの下ローラ加熱手段が必要である。幸いなことに両面時の給紙間隔は Fig.5 に示すように間欠給紙となるため、上ローラから下ローラへの熱供給によって下ローラを加熱することができる。また定着器を通過する用紙の数は片面時の半分であるため、片面定着器のヒータ容量のままでも上下ローラの加熱に必要な熱量を供給可能であると考えられる。これらのことを考えると、現行の片面定着器をそのまま用いても両面定着できる可能性が高いと予想できた。

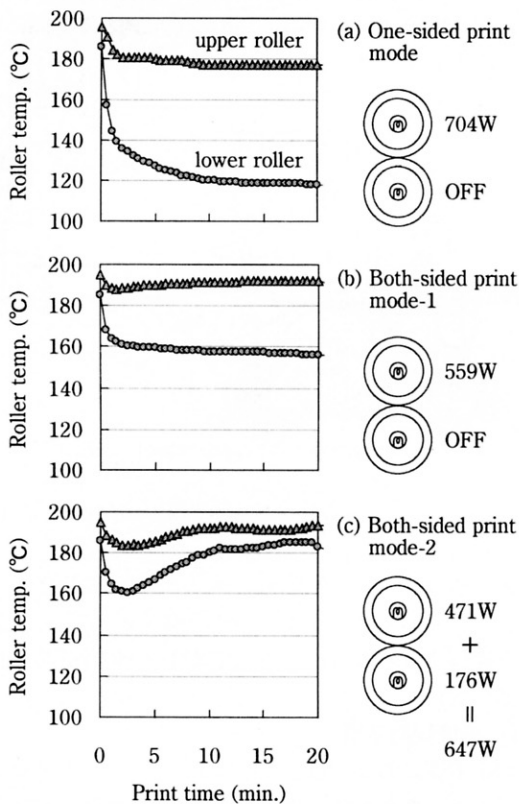


Fig.13 Temperature change and power consumption

Fig.13は「Konica 7050」の定着器をそのまま使用して連続プリントを行い、上下ローラの温度変化と平均消費電力を測定した結果である。

- (a) 片面モードでは、上ヒータをフル点灯しても上ローラ温度を設定温度（190℃）に維持することができない。また下ローラ温度も120℃まで下がってしまう。
- (b) これに対し両面モードでは、上ローラからの熱供給により、下ヒータを使用しない場合でも、下ローラ温度を160℃近くに保つことができる。この場合の消費電力は片面時より2割以上も少なくなる。
- (c) 下ヒータを併用することにより、上下のローラ温度を設定通り（上190℃、下185℃）に制御することが

きる。このモードでの熱量供給は過剰であったため、連続プリント終了直後に上下のローラ温度が200℃をはるかに越えてしまったが、それでも片面時の消費電力より1割近く少なくなっている。

また上記「Konica 7050」用定着器を用いて引き続き両面5万プリントのランニングテストを行ったが、下ローラには特にクリーニング機構やオイル塗布機構を設けなくても、画像汚れや定着しわ等の問題は発生しなかった。以上より、両面定着器としての特別な構成は不要であり、現行の片面定着器の基本構成を大きく変更しなくても済むことがわかる。

6 まとめ

新たに開発した1パス両面画像形成技術は、中間転写体を用いて用紙の両面にトナー像を転写し、1回の通紙で両面プリントを得る方式である。現行方式と比べ、用紙の反転や再給紙を行わないため、1st両面プリントが速い、給送信頼性が高く、紙種の制限もない、両面時の定着消費電力が少ない等、優れた特徴をもつ。

主な検討結果は以下の通りである。

- (1) 1パス両面画像形成のための課題について検討し、原理通り1パスで両面画像形成が可能であることを実証した。
- (2) 解決した課題とそのために必要な構成は、
 - (a) 用紙両面への転写において、1次転写Aと1次転写Bは設定条件を変更する必要があるが、1次転写Bと2次転写における用紙反対面のトナー像の影響は無視できる。また中間転写体ベルトの抵抗は中抵抗が好ましい。
 - (b) トナー像を乱さずに用紙を搬送する技術として、中間転写体による用紙搬送には紙帯電極の設置、中間転写体～定着器間の用紙搬送には拍車の設置と用紙のループ形成が有効である。
 - (c) 両面定着器として、現行の片面定着器の基本構成を大きく変更する必要はなく、下ローラの温度制御を行うことにより問題なく両面定着できる。また消費電力を2割程度低減できる。

である。

引き続き中間転写体ベルトの耐久性、環境依存性等について検討を行い、実用化のための課題を解決する予定である。

●参考文献

- 1) 砂金, 大村, 藤田, 中谷, Japan Hardcopy'97 Fall Meeting 論文集, 69(1997).
- 2) 丸田, 第45回電子写真学会技術講習会要旨集, p.106 (1998).
- 3) Joseph Fantuzzo, Frazer D. Punnett, USP3,671,118.
- 4) 九門, 立川, 電子写真学会誌, 33(1), 43(1994).