

---

# デジタル孔版印刷方式で世界初の自動両面印刷装置の開発

## Development of World First Automatic Duplex Printing Machine in Digital Mimeograph Printing Process.

佐藤 光雄\*

Mitsuo SATOH

菅野 比呂志\*

Hiroshi KANNO

大川 英治\*

Eiji OHKAWA

菅原 光弘\*

Mitsuhiro SUGAWARA

---

### 要 旨

東北リコー株式会社はデジタル孔版プロセスによる製版・印刷一体機（プリポート、サテリオ）を開発し、1986年2月に世界初のデジタル孔版印刷機SS-880を発売した。孔版プロセスは用紙へのエマルジョンインキ浸透で擬似的乾燥を行うプロセスであり、特別な定着を行っていない。そのため印刷直後の用紙を触ると手にインキが付着し、またローラー機構により印刷後の用紙搬送を行うとインキが次の用紙に付着する。この未定着と言う制約のため自動で両面印刷を行うデジタル孔版印刷機の開発は非常に困難であった。このたび4つのオリジナル技術（サテリオマスター、ワンドラム両面製版方式、汚れ防止ビーズローラー、高速用紙反転搬送技術）から構成される両面印刷方式及び両面印刷装置を開発し、2007年3月にSatelio DUO 8として発売し、好評を博している。Satelio DUO 8は240ページ/分的高速自動両面印刷機であり、コンパクトな1ドラム両面印刷機構により母体である従来機と同じマシンサイズで自動両面印刷を実現している。

### ABSTRACT

TOHOKU RICOH Company developed a plate-making and print machine in one body (Priport or Satelio) by a digital mimeograph process and released the world's first product SS-880 in February, 1986. The mimeograph process is known as a process to perform pseudo-drying by emulsion ink penetration to paper and has no fixing system. Therefore, ink adheres to one's hand when one touches the fresh printed paper, and ink also adheres to the next paper during various post-press transportations of roller. It has been very difficult to develop an automatic duplex printing process in mimeograph because of the pseudo-drying limitation. We have developed a new duplex printing method and machines which consists of four original technology (1 : Technology of Satelio master plate 2 : Technology of two sided images on one master plate 3: Technology of blur free beads roller 4: Technology of high speed duplex paper handling) and released it as Satelio DUO 8 in March, 2007 which got favorable review. The machine is a full automatic ultra high speed printer of 240 page per minute, and is just the same size as the preceding products due to very compact duplex paper handling mechanism.

---

\* 東北リコー株式会社 印刷機事業本部

Digital Duplicator Product Development Div., Tohoku Ricoh Co., Ltd.

## 1. 背景

弊社はデジタル孔版プロセスによる製版・印刷一体機（プリポート、サテリオ）を開発し、1986年2月に世界初の製品SS-880を発売した。孔版印刷プロセスは用紙に転移したインキの浸透と水分蒸発で擬似的な乾燥を行うプロセスであり、特別な定着工程を有していない。そのために印刷直後の印刷物画像部を触ると手指にインキが付着してしまう。

また同じ用紙に二回印刷する事で両面印刷や多色印刷を行う場合にも給紙機構コロ部などでインキの再転写によるコロ跡汚れが発生する。やむを得ず、印刷後の用紙を一晩放置してから二回目の印刷を行っているのが現状である。このインキ浸透による擬似的乾燥といった画像形成プロセス上の制約のために、自動で両面印刷を行う両面印刷機の開発は非常に困難であった。弊社でも過去に何度か両面印刷機開発にチャレンジしたが果せなかった。この閉塞状況をブレイクすべく従来の発想を大きく転換し、4つのオリジナル技術から構成される両面印刷方式及び装置を開発し、2007年3月にSatelio DUO8/DUO8Fとして発売した。これは、デジタル孔版印刷機として世界初の自動両面印刷機である。また世界初の240ページ/分高速印刷、非常にコンパクトな1ドラム両面印刷機構、母体である従来印刷機と全く同じマシンサイズ実現などの特徴を有している。Fig.1に両面ユニットを引き出した状態の写真を示す



Fig.1 Satelio DUO8.

## 2. 技術

### 2-1 デジタル孔版印刷機と両面印刷

デジタル孔版印刷機の市場調査結果から、顧客における両面印刷の比率が高く、自動両面機を求める声が大ききことは以前から十分に把握できていた。なぜこれまで実現できなかったのかという問いに対しては、主にFig.2に示すような二つの理由があった。一つは画像面汚れの技術課題対策が困難であったこと、そしてもう一つは求められるコストと性能を実現する適切なシステムが提案できなかったことである。

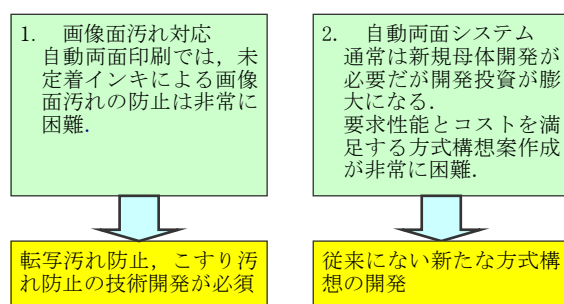


Fig.2 Concept of duplex printer.

しかしFig.3に示すような環境の変化が、自動両面印刷への要望をますます増加させていることを認識して、技術開発活動にチャレンジすることにした。

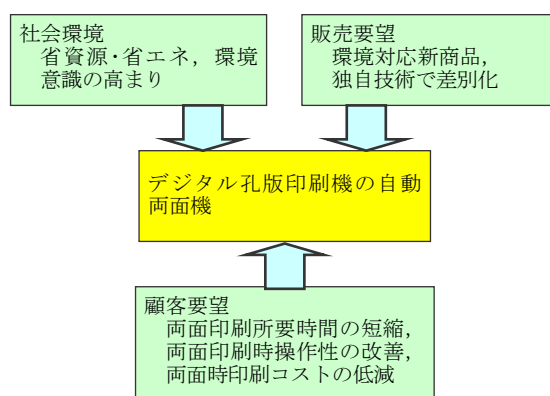


Fig.3 Environmental change about duplex.

## 2-2 自動両面印刷機の構想

まずは特許情報を収集しそれをベースにして、自動両面方式パターン分類一覧表を作成した。次に開発方針を明確にした。以下にその開発方針を示す。

- ・1パス自動両面方式で生産性を向上できること
- ・マシンの外観やサイズは従来片面機同等のこと
- ・片面印刷性能は従来機同等のこと
- ・他社が真似できない独自技術で競争力が大
- ・現有母体と現有サプライの活用で投資を抑制

上記開発方針に基づいて分類一覧表における各方式の評価を行い、さらに新しい改良アイデアを加えながら独自の自動両面印刷機構想案を固めていった。参考までに代表的な方式の特徴と評価をFig.4に示す。方式Dが最終的に選択された基本方式であり、これを基に構想案を作成した。

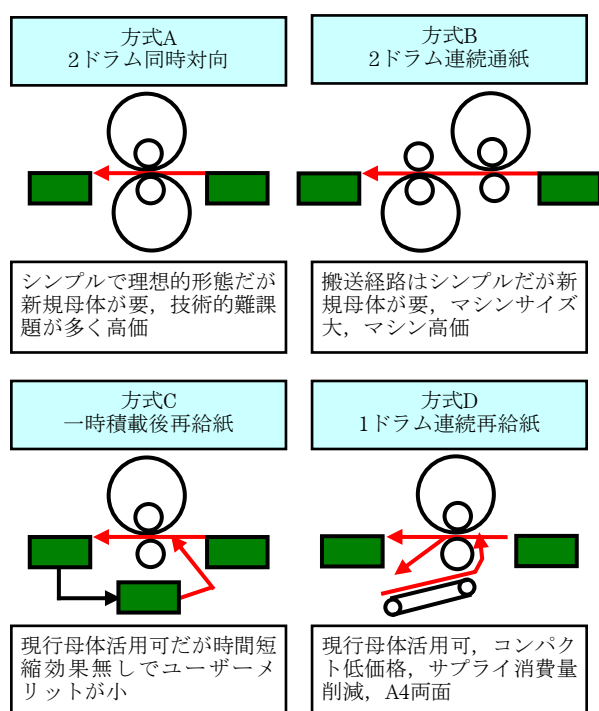


Fig.4 4 patterns of duplex system.

方式Dの構想案においては、給紙部から分離搬送された1枚目の印刷用紙の片面に、印刷ドラムの裏面画像領域によって裏面画像の印刷が実施され、それが斜め

下方の再給紙ユニット部に搬送された後ここで一時待機になり、次に2枚目の印刷用紙の片面に前と同様に裏面画像の印刷が行われるが、それに合わせて待機中の1枚目用紙を反転搬送させて送り込み、反対面に今度は印刷ドラムの表面画像領域によって表面画像の印刷を実施し、こうして両面に画像が印刷された用紙を水平方向に搬送して排紙トレイに排出する。

この構想案を実現する上で特に重要になったのは、Fig.5に示す4つのオリジナル技術である。ここでマスクとあるのは孔版原紙のことである。



Fig.5 Four original technologies.

- (1) サテリオマスク  
当社独自開発3層構造マスクの採用で、紙上のインキを薄く均一に形成する技術
- (2) ワンドラム両面製版方式  
1本の印刷ドラムに表裏両面の画像を製版したマスクを装着し、印刷ドラム1回転で表裏2面を連続印刷する技術
- (3) 汚れ防止ビーズローラー  
最適微細凹凸を表面に形成した印圧ローラーを用いることで、転写汚れの発生を防止する技術
- (4) 高速用紙反転搬送技術（フリップユニット）  
裏面画像印刷済み用紙を先端クランプで高速搬送後、反転搬送して再給紙する技術

サテリオマスタについては、参考文献1)に詳細が示してあるのでそれを参照していただくことにして、ここでは説明を省略する。

### 2-3 ワンドラム両面製版方式

Satelioシリーズは印刷機であるので、サテリオマスタに製版を行いその版を用いて印刷する。印刷の最大面積はA3サイズであるので版の大きさもA3サイズ対応になっている。この版をその外周に巻き付け、前後の余裕を取れる様に印刷ドラム外径も決められている。例えば120枚/分のスピードで印刷時のドラム外周速度は1130mm/sと非常に大きな値となっているが、その印刷速度は用紙サイズによって変る事なく120枚/分の印刷速度となっている。従ってA4用紙印刷では上記外周速度が持つ潜在能力の1/2も使っていない状態であった。

我々はそこに気づき、「もしA4裏面とA4表面の二面分の画像を一つのドラムに巻きつけられる一枚の版に製版し、給紙されたA4用紙にまずはA4裏面画像を印刷し、その未定着印刷用紙を反転搬送再給紙機構で同じ印刷ドラムに再度給紙し、残りのA4表面画像を印刷する事が出来れば、240ページ/分の非常に高速な両面印刷が可能になる。」と言う構想をまとめた。（再給紙機構の詳細は2-5章に記載）

Fig.6左図は印刷ドラムに巻きついている版を展開した図である。上端の部分がクランプで版の先端をクランプしている。その版にはA3サイズの「A3全面画像」が製版されており、この版はA3用紙の片面印刷に供される従来からの版となっている。

Fig.6右図は同じく印刷ドラムに巻きついている版を展開した図である。上端の部分がクランプで版の先端をクランプしている。その版にはA4サイズの「A4裏面」と「A4表面」の二面分の画像が前記一枚の版に製版されており、この版はA4用紙の両面印刷に供される新構想の版となっている。

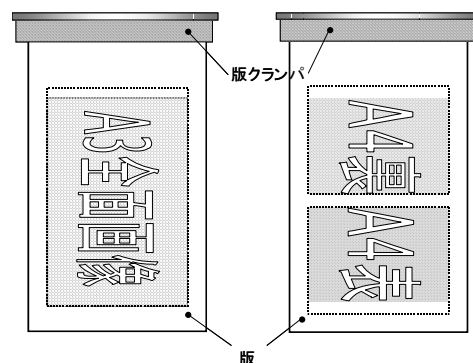


Fig.6 2 types of press plate.

Fig.7は本両面印刷機で用紙に印刷する工程を示したものである。1枚目の用紙が給紙されると、先ず版に形成されたA4裏面の画面を印刷される。その時にA4表面の画像領域で印圧がかかってしまうとA4表面の画像が印圧ローラーに直接印刷されてしまい不具合となる。従って一枚目の印刷の時はA4表面画像領域の印圧（図の点線部分）を解除する機能が必要となる。同様に最終印刷用紙ではA4裏面領域の印圧を解除する機能が必要となる。2枚目以降の定常両面印刷時は前の回転でA4裏面印刷した用紙を機内に1枚オーバーラップさせつつ途切れる事なくA4表面印刷を行う。印刷ドラム一回転につき表裏二ページの印刷が行われ、その結果として240ページ/分の高速両面印刷が実現している。

Fig.8は3枚カム切替機構である。A4裏面領域、A4表面領域、A3全面領域に印圧をかけるプロフィールを持つ3枚の印圧カムを高速に切り替える。機構自体はカムが固定された軸をスラスト方向にスライドする事でカムを切り替えるという一般的機構であるが、カム面とカムフォロア面が接触していない共通谷部タイミングでカム切替を実施する事でスライド負荷が小さく比較的小型のステッピングモータにて約60msという高速な切替えが実現出来た。

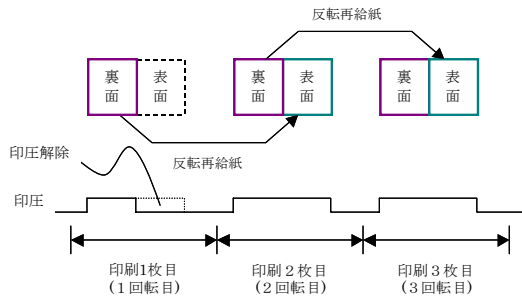


Fig.7 The paper rotation and press.

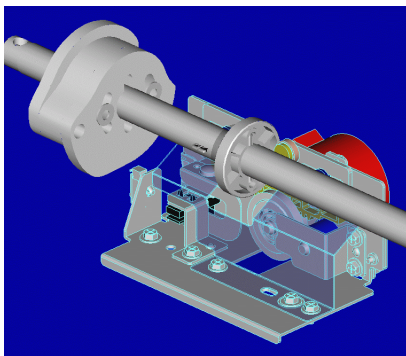


Fig.8 Shifting mechanics of 3 different profile press cams.

## 2-4 汚れ防止ビーズローラー

Fig.4の方式Dにおいて、裏面画像が印刷された用紙を反転してその反対面に表面画像を印刷する際には、裏面画像の未乾燥インキが印刷時押圧によって印圧ローラー表面に転移してしまい、次工程でこの転移インキが次の印刷用紙に再転位して、その画像面を汚すのが転写汚れである。

新たに技術開発した汚れ防止の印圧ローラー（ビーズローラーと呼ぶ）の概略図をFig.9に示す。これは印刷画像形成のための印圧用弾性ゴムローラーであると同時に、両面印刷時に反転用紙に摩擦搬送力を付与する搬送ローラーであり、更には表面画像インキが付着しても転写汚れを発生させない汚れ防止ローラーでもあるので、複数の機能をバランスよく併せ持つことが要求される重要キーパーツである。

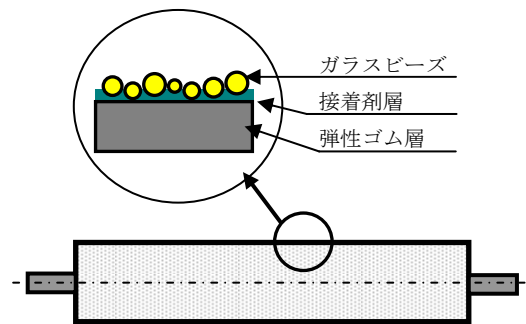


Fig.9 Glass beads coated roller.

ビーズローラーは、ゴムローラーの表面に多数の球状ガラスビーズを所定の凹凸状態で接着したものであり、こうすることで印刷画像面からのインキ転移量を極端に少なくして、そのインキが次の印刷用紙表面に再転位しても微細でまばらな点々状になるために、目視では汚れが目立たないようにしたものである。

ビーズ表面に付着したインキは、毎回印刷用紙に転移していくセルフクリーニング効果によって、インキの蓄積が防止される。重要な点は汚れが目立たないことはもちろんのこと、印圧時弾性変形でもガラスビーズの剥離や皮膜割れが起こらず、マスタフィルム面に直接当たっても孔をあけないということである。

Fig.10にはビーズローラー表面を顕微鏡で見た写真を示す。ガラスビーズの粒径はバラツキを有しているが、その平均粒径は約 $70\mu\text{m}$ である。ガラスビーズの球状精度が悪いとその先端突起がマスタフィルムに孔をあけてしまう。

またTable 1に、印圧ローラー表面に各種の汚れ低減シートを巻き付け接着して実験評価を実施した結果の一部を示す。

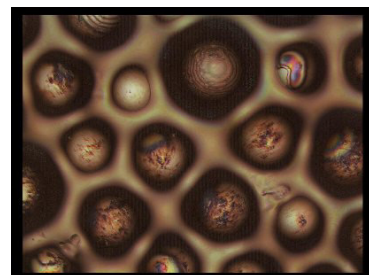


Fig.10 microphotograph of glass beads coated roller. ( $\times 500$ )

Table 1 Result of experiment.

シート種類	評価項目			
	転写汚	搬送性	マスタ破	耐久性
シート巻付無し	××	○	○	○
シートA	×	△	○	△
シートB	○	○	×	△
シートC	×	△	○	○
シートD	×	△	○	△
シートE	○	○	○	×
セラミックビーズ	○	○	△	○
ガラスビーズA	△	×	○	○
ガラスビーズB	○	○	△	○
ガラスビーズC	○	○	○	○

ガラスビーズAの場合はビーズ粒径と凹凸がそろい過ぎていて転写汚れが出るとともに用紙搬送力が低下してしまい、ガラスビーズBの場合はビーズの球状精度が劣るためにマスタフィルムに孔があいてしまう。

ガラスビーズCの条件をゴムローラー表面に直接形成するように開発したのが、最終的に商品化されたビーズローラーである。

Fig.11には、こうした印圧ローラーによる転写汚れの評価結果の一例写真を示す。左がTable 1のシートA巻き付けローラーの場合で、右が汚れ防止ビーズローラーの場合である。用紙前半部にベタ画像を孔版印刷し、直後にローラー対で押圧回転搬送して用紙後半部に転写汚れを発生させた印刷物である。左側は転写汚れが目立つが、右側ではほとんど汚れは見られない。

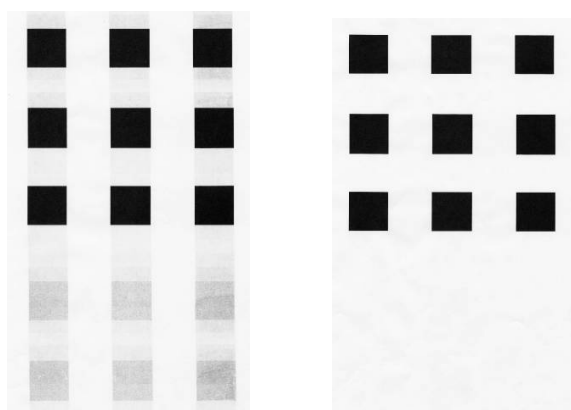


Fig.11 Comparison of ink transfer stain.

以上説明した転写汚れの他に、印刷画像面が搬送系部材に接触してこすられることで発生してしまう「こすり汚れ」がある。それは例えば切替板の上面や排出搬送装置としてのエア吸引ベルト表面及び腰付け用ジャンプ板上面などの部分で発生する。そこでこうしたこすり汚れの防止対策も、接触面の最小化という形でそれぞれに実施した。

## 2-5 高速用紙反転搬送技術

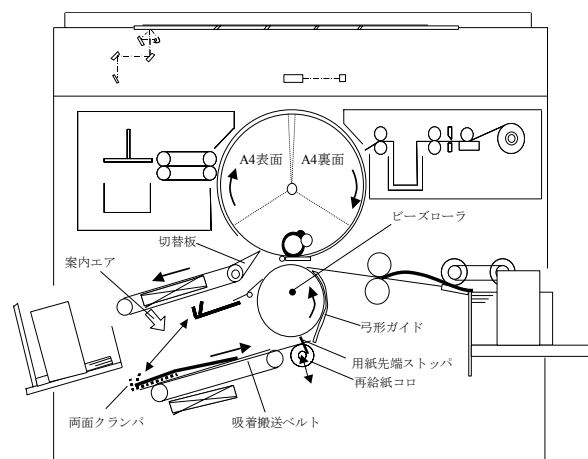


Fig.12 Outline of Satelio Duo 8.

この技術は印刷ドラムの片面画像（裏面）が印刷された印刷用紙を反転し残りの片面（表面）を印刷するために再度印刷ドラムに対して給紙する技術・機構である。印刷ドラムとプレスローラーで形成されたニップ部を通過し裏面が印刷された用紙はその先端からエアが吐出している上向き位置の切替板により斜め下方に案内される。その近傍に待機しているステッピングモータにより駆動される両面クランプにより印刷用紙の先端はクランプされ左下方方向の吸着搬送ベルト部に向かって搬送される。

両面クランプは印刷用紙先端が到着する直前に陸上リレー競技と同様に助走を開始する事で用紙先端到達時の速度差を低減し、折れシワなどのキズをつけなくと同時に異常画像につながる印刷用紙の過剰なタワミを発生させない効果がある。次の再給紙タイミングに遅れない様に、両面クランプの最高速度は印刷ドラム周速（fig.14の横矢印が印刷ドラム周速を示している）



より大きくなっている。印刷ニップよりA4用紙後端が抜けないタイミングでクランプ速度がドラム周速より大きくなると発生する不具合（後述）はステッピングモータ台形制御パラメータをチューニングし回避している。

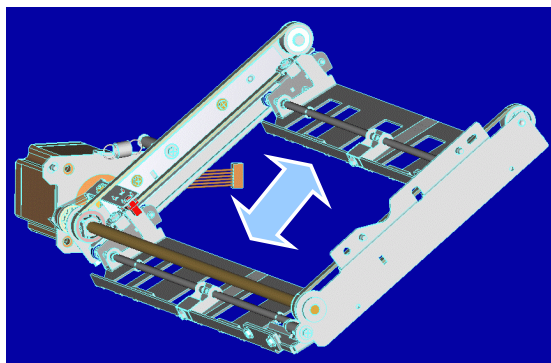


Fig.13 Mechanics of a duplex clamber.

Fig.14は最高速度である240ページ/分で両面印刷を行う時の用紙先端とクランプ位置及びクランプ速度のタイムチャートである。左端の0msでクランプがスタートし助走を開始するが、その時用紙先端はまだ約20mm手前にいる。A pointで用紙先端がクランプに追いつくが、速度差が小さいので用紙先端キズは発生しない。B pointで用紙のたわみは最大で数mmになりその後徐々に小さくなるが、A4用紙後端がドラムニップから抜けるC pointでも用紙のたわみは保持されている。そのため用紙に過大な張力が発生する事はなく、クランプからの用紙抜けやキズなどの不具合は発生しない。クランプ搬送動作は起動から停止まで、わずか数百msと非常に短時間に完了する高速な動作となっている。

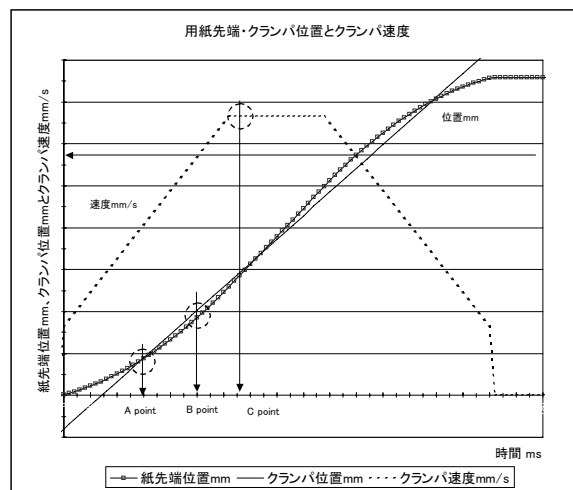


Fig.14 Control of duplex clamber.

吸着搬送ベルト部に用紙が到着しても直ちにはクランプを開放しない。上方から用紙の画像面に吹き付けられる案内エアにより印刷用紙が吸着搬送部に落下・到達し、クランプ到着の直前に回転開始している吸着搬送ベルトにより用紙に所定の張力がかかった状態になるよう、インターバル（数十ms）を取った後でクランプ開放位置に数mm移動してカム機構によりクランプが開き用紙を開放する。この遅延動作により用紙の全面が吸着された状態でバラツキの少ない搬送を行う効果と同時に、中央一箇所でクランプされた用紙を一对の吸着搬送ベルトで張力を掛ける事で用紙のスキューを矯正する効果が現れる。両面クランプは往復機構なので、用紙を開放したら直ちに用紙先端を待ち構えクランプする右上位置に復帰する。用紙をクランプしていないので復路の速度は往路より高速である。

吸着搬送ベルトにより用紙先端・後端が逆転し右方向に搬送された用紙は用紙先端ストッパに突き当たり先端位置決めが行われる。用紙先端にキズ、過剰なタワミやストッパ未達が発生しない様に、用紙先端ストッパの直前に用紙先端を検出するセンサが設けられ、検出信号によりベルト速度を減速し用紙先端ストッパに到達し適性たわみを形成するようにステッピングモータが適切に制御される。

印刷ドラム回転角度が所定のタイミングの時ソレノイド作動によって再給紙コロが上昇し、ストッパから用紙先端を解除すると同時に前記ビーズローラーに当

接し用紙を挟持する。ソレノイドには動作遅れがあり印刷速度により印刷ドラムに当接する角度すなわち画像位置がズレるが、印刷速度に応じてソレノイドの動作遅れ（個体差含む）を補正したタイミングでソレノイドのオン制御が行われている。回転しているビーズローラーと再給紙コロで挟持された用紙はビーズローラーと所定のスキマで保持された弓形ガイドに案内され、再び印刷ドラムに搬送され、残りの片面（表面）が印刷される。両面印刷が完了した印刷用紙はカム機構により下向きに方向を変えた切替板により水平方向に案内され、片面印刷と共通の排紙吸着搬送部で搬送され、排紙台に排出される。

これら一連の両面印刷工程が500msという短いサイクルで進行し、印刷用紙が高速に反転搬送されるイメージから本技術を「燕返し」と呼んでいる。

### 3. 成果

#### 3-1 生産性向上

両面印刷時の印刷ドラム最高回転速度は120rpmになる。通常の片面印刷においては印刷ドラム1回転で1枚の印刷が行われる。本装置による自動両面印刷の場合、ドラム1回転で表面画像と裏面画像の両方を印刷できることから、その最高プリント速度は毎分240ページになる。これはこうした価格帯の出力装置では最高速度になるという特徴を有する。これは多多数印刷においては大きな生産性の向上効果を発揮できることになる。但し両面印刷時用紙サイズは、A4以下に限定される。

従来の2回通し方式の場合には、一旦表面への印刷を行った後それを半日とか一日放置させて十分にインキを紙に浸透させてから、今度はその反対面に裏面への印刷を行うという方法なので、操作が面倒であることはもちろんトータルの印刷所要時間が非常に大になってしまうという欠点を持っていた。しかし本装置を用いることで両面印刷所要時間の大幅な節約が可能になる。その比較をFig.15に模式的に示す。

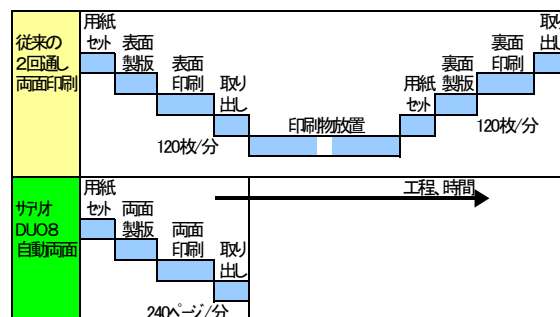


Fig.15 Time for duplex print.

上記以外にも従来の2回通し方式に較べて表裏の印刷画像方向ミスが発生する事を防止できる。また裏面印刷時ジャムを想定して表面印刷で余分に印刷をしておく必要がないなどのメリットもある。また万一搬送部で用紙ジャムが発生しても、両面印刷用反転搬送ユニットをフロント方向に引き出し可能にしたので、ジャム処理が簡単にできる特徴もある。

#### 3-2 印刷コストの低減

両面印刷の場合は片面印刷に比較して用紙代が半分になることは当然であるが、それ以外に消耗品としてのマスタ代とインキ代が印刷物のコストに大きく影響を与えることがわかっている。

従来の2回通し印刷方式の場合、表面印刷で1枚のマスタを使用し次に裏面印刷で更にもう1枚のマスタを使用するので合計で2枚を使うことになるが、本装置を使用すれば1枚のマスタで表面画像と裏面画像の両方に印刷ができるので、マスタコストは半分に節約できるというメリットがある。

またデジタル孔版印刷では使用済みのマスタを剥離して廃棄するわけだが、その際にマスタに付着して捨てられるインキ量も印刷コストに影響する。使用するマスタが半分になるということは、当然排版で廃棄されるインキ量も半分になるので、更に印刷コストを低下させることが可能になる。

もちろん前記の生産性向上による両面印刷時所要時間の短縮も印刷コスト低減に効果を有する。



## 4. 今後の展開

技術開発活動の成果として、従来は実現が困難といわれていた自動両面のデジタル孔版印刷機をこうして世界で初めて商品化でき、7月に米国BLI社の“Pick of the year 2007”を受賞した。また8月に日本ものづくり大賞東北経済産業局長賞を受賞した。

生産性の向上や印刷コストの低減に大きな貢献ができたが、より快適に短時間で安心して低コストで両面印刷をしたいというお客様のニーズに完全に応えることができたわけではない。今後も更なる改善を続けて、信頼性の向上と低価格化・低騒音化を目標に開発を進めていく所存である。またインキ汚れの低減技術及び高速の用紙反転搬送技術は、他方式の画像形成装置への応用も含めて広く展開できる可能性を有すると判断している。

### 参考文献

- 1) リコーテクニカルレポート No.31  
「新規孔版印刷用サテリオマスタの開発」
- 2) 印刷雑誌 2002 年 10 月号  
「機能向上進むデジタル孔版印刷」
- 3) 登録特許 第 3545861 号
- 4) 公開特許 2003-200645 号