

magicolor5400 シリーズエンジンを支える技術

高生産性とコンパクト化技術

Technologies behind the High Productivity and Small Size of the MC5400 Color Tandem Printer

森 上 祐 介*

Morikami, Yusuke

田 中 雅 樹****

Tanaka, Masaki

豊 吉 直 樹**

Toyoshi, Naoki

金 井 伸 夫*****

Kanai, Nobuo

中 根 英 治***

Nakane, Eiji

大 南 泰 一*

Ohminami, Taichi

米 田 哲***

Yoneda, Satoru



要旨

2004年、我々は世界最速のA4フルカラープリンタを開発し市場投入に成功した。本マシンは世界最速の出力枚数を誇るだけでなく、高生産性やコンパクト性など世界トップの機能や品質を多く搭載したコニカミノルタプリンタのフラッグシップ機である。これらを支えるのは、現像・転写・定着・光学・画像技術・駆動をはじめとするコニカミノルタの最先端の技術であり、我々はこれらをタイムリーにお客様に提供することが使命である。magicolor5400シリーズで達成した技術開発について報告する。

Abstract

We have developed an A4 full color printer with the highest print speed in the world, which was launched on the market in 2004. This machine is the flagship of Konica Minolta printers, which features many No.1 functions and high quality. The most advanced technologies of Konica Minolta, including the technologies of developer, transfer, fuser, optics, imaging and driving, are incorporated in the printer, marketed as the magicolor 5400.

This report describes the technological development for the magicolor 5400 series.

* コニカミノルタ ビジネステクノロジー株式会社
機器開発本部 機器第3開発センター 第31開発部
** コニカミノルタ ビジネステクノロジー株式会社
機器開発本部 機器第1開発センター 第12開発部
*** コニカミノルタ ビジネステクノロジー株式会社
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株式会社
機器開発本部 機器第3開発センター 第32開発部
***** コニカミノルタ ビジネステクノロジー株式会社
機器開発本部 画像技術開発部

1 はじめに

カラープリンタを取り巻く環境は極めて激動である。

2002年、カラープリンタで低速クラストップシェアを奪取した当社4サイクル方式のmagicolor2300シリーズの発売から2年後、市場はすでに同商品群に半値以下を要求し、またタンデム方式のカラープリンタの台頭によりカラー印刷速度は数倍に跳ね上がった。

我々はタンデム方式のカラープリンタ市場投入に遅れを取っており、従ってタンデム方式のメリットである高速カラー印刷において世界No.1を目指すべく開発を進めた。併せて4サイクル方式のマシン同様にコンパクトであることがデスクトッププリンタの必須要件であり、これらを併せ持つ高速領域のコニカミノルタフラッグシップマシンの開発が急務であった。

2004年、我々は世界最速のA4フルカラープリンタ magicolor5400シリーズを開発し市場投入に成功した。発売当時このマシンは世界最速の出力枚数を誇ったばかりでなく、現時点においても高生産性やコンパクト性など業界トップの機能や品質を多く搭載したコニカミノルタプリンタのフラッグシップ機である。

本レポートは、magicolor5400シリーズに搭載されたコニカミノルタ最先端の技術を紹介するものである。

2 商品コンセプト

2.1 コンパクト

magicolor5400シリーズのエンジン構成は、Fig.1に示すように重箱構成となっている。下段より給紙カセット

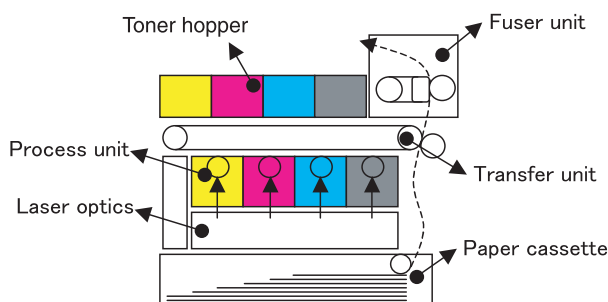


Fig.1 Process layout of the MagiColor 5400 series engine

ト、レーザ光学ユニット、プロセスユニット（感光体や現像部など）、転写ユニット、トナーホッパー、定着ユニット、排紙である。

構成に関しては、競合各社が斜め配置や縦型配置など様々な工夫を凝らしているが、我々の研究によれば横型の重箱構成が最もデッドスペースが少なくできマシン容積を小さくできる。プリンタの設置面積は最大用紙サイズよりも小さくはならないため、最大用紙サイズ（つまり給紙カセット）の投影面積内に如何に高さを抑えて内容物を詰め込めるかがコンパクト化のポイントだからである。従ってデッドスペースが生じる斜め配置は効率が悪い。各種プリンタの設置面積比較をFig. 2に示す。

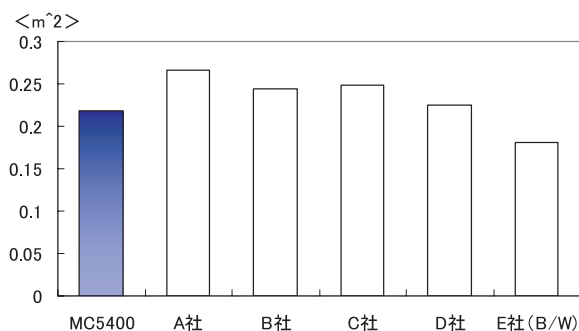


Fig.2 Comparison of footprints among A4 color printers

構成におけるデスクトッププリンタの必要条件として設置面積以外にマシン高さを抑えることが必要である。特に高速のタンデム方式プリンタのように複数のユーザにシェアして使用される場合は、個人のデスクサイドというよりもグループでシェアされるデスク等に設置させる場合が多く、デスクトップ用PCよりも低い高さであることが条件と考えている。これ以上の高さのプリンタを備えることはオフィスでの作業環境を著しく低下させてしまうのである。同じ設置面積でもマシン高さを犠牲にってしまう点で縦型構成もまた効率が悪いのである。

本マシンでは高さを抑制する為に横型の重箱構成以外に、トナーホッパーとプロセスユニットで転写ユニットを挟み込む構成をとっている（Fig. 1）。トナーホッパーとプロセスユニットを転写ユニットの片側に構成すると以下のような欠点があるからである。Fig. 1で転写ユニットの上側にトナーホッパーとプロセスユニットを構成した場合、プロセスユニットから2次転写位置まで時間が多くかかりファーストプリントタイム（最初の1枚を印字するまでの時間）が伸びてしまいお客様の生産性を損なうこととなる（Fig. 3）。またFig. 1で転写ユニットの下側にトナーホッパーとプロセスユニットを構成した場合は、転写ユニットと定着ユニットが重なり合えずにマシン高さを犠牲にしてしまう。

本マシンでは上述の構成を採用しマシン高さを汎用のデスクトップPCよりも低く構成できている（Fig. 4）。

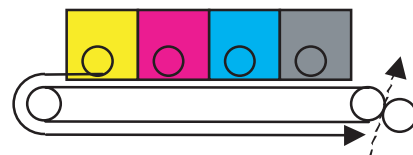


Fig.3 An example where the process units are placed above the transfer unit

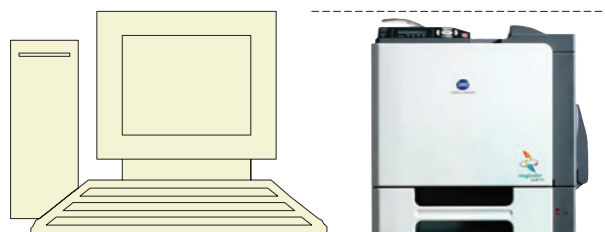


Fig.4 comparison of height between a desktop computer and the MagiColor 5400

さらに本マシンでは、中間転写方式の作像を採用することで、装置片側に通紙部を集約している（Fig. 1）。直接転写方式を採用しコンパクト化を両立しようとする、どうしても用紙アクセスとメンテナンスアクセスを重複せざるを得ない（Fig. 5）。本マシンでは右側の扉を用紙アクセス専用とし正面の扉をメンテナンス用としたことで、コンパクトでありながら用紙へのアクセス時にメンテナンス部品にアクセスせずにできることなどお客様にわかり易い、そして簡便な操作性も実現している。

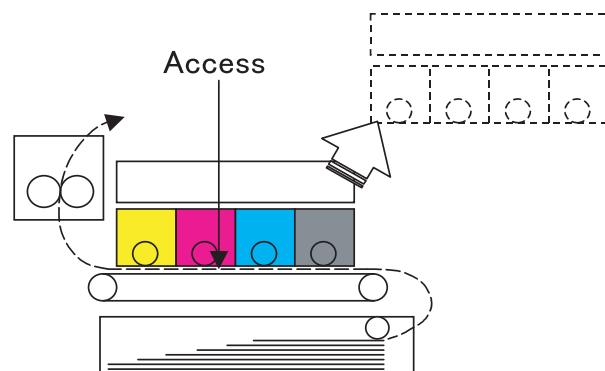


Fig.5 Accessibility to the paper path in a printer equipped with the direct transfer system

上述のように本マシンは横型の重箱構成であり、従ってマシン高さを低くしコンパクト化を達成する為には、各々のユニットを最大用紙サイズ内で構成し、且つ各ユニットの高さを極限まで抑えることが必要である。この場合給紙カセットの高さなどは用紙収容量で決定されることから、コンパクト化達成のキーユニットはレーザ光学ユニット、プロセスユニット、転写ユニット、定着ユニットとなる。これらについては、後述3～6項で詳細を紹介する。

2. 2 高速化

高速化の壁となる技術は主に現像技術、定着技術、レーザ光学技術である。上記以外の技術分野においても当然高速化に伴う障害は多々発生するものの、多くは費用と時間をかければ解決する課題であり（無論費用などは製品コンセプトを左右する案件ではあるが、技術的にみれば課題ではなく制約条件である）ここでは、コンパクトで高速というコンセプトの障害となる意味で上記3つの技術を取り上げている。そして我々はこれら3つの技術を完成させ、Fig. 6に示すように世界最高速のカラープリンタを市場投入することができた。

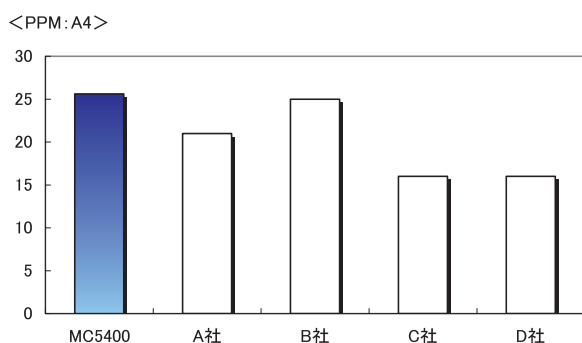


Fig.6 Comparison of printing speed among A4 color printers on the market in June, 2005

2. 3 高生産性

しかしながら印字速度の競争はスポーツの世界記録と同じでいつか破られる。今後も我々を含め各社がこの競争を続けていくであろう。しかし我々は、お客様にとっての高速化の価値がカタログ記載の印字速度ではないことを知っている。特にタンデム方式のプリンタの場合は、プリントボリューム（決められた期間にどれだけの印刷をするか）は飛躍的に高くなる。このように大量印刷をもこなすマシンに要求されるのは、印刷の高速化ではなく、さらに広義な高生産性であると我々は考えている。本マシンでは、お客様の印刷生産性を高める機能をいくつか備えている。

第1に連続印刷時の印刷枚数である。たとえば1000枚の印刷を行うことを想定してみよう。本マシンは25.6枚機（A4サイズ）であるので、単純計算ではおよそ39分で終了するはずであるが、実際は多くのロスタイムが加算され50分近くかかる。Fig. 7に各種プリンタを1時間連続印刷したときの印刷枚数比較を示す。

我々は、このロスタイムを極限まで抑える技術を開発し、本マシンに搭載している。ロスタイムといわれる無駄には種々あるが、その多くはカラー画像のチューニングである。これは画質がカラー機の真骨頂であるからであり、どのマシンもこの部分に大いなるこだわりをもっている。そして画像へのこだわりがモノクロ機との大きな差異でもある。

magicolor5400シリーズは、カラー画像へのこだわりと、お客様の生産性を両立させる技術を達成しているのである。詳細を7項で紹介する。

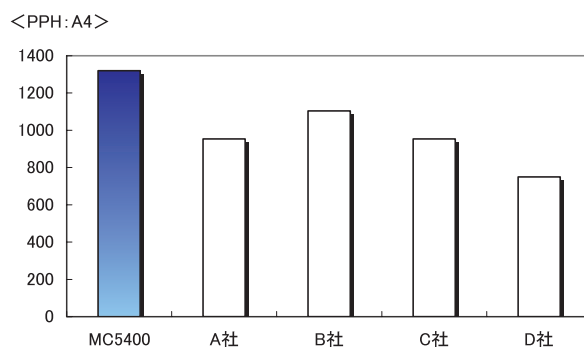


Fig.7 Comparison of printed pages at the continuing job (1 hour) among A4 color printers on the market

第2にウォーミングアップタイム（マシンが印刷可能な状態になるまでの時間）である。お客様が印刷指示してからプリントが開始されるまでの時間は、お客様にとっては無駄な時間である。しかしカタログ上のウォーミングアップタイムはこれを代表する数値ではない。何故なら、ウォーミングアップが終了したからといってマシンが印刷状態になるとは限らないからである。よくなかなか印刷が開始されないという経験がないだろうか。この原因はほぼカラー画像をチューニングしていることに起因する。これらを解決するためには、高速でウォーミングアップ可能な定着技術と、ウォーミングアップ中にマシンを印字可能状態にするためのチューニング技術が必要である。我々は高速で印刷可能な状態に昇温する定着技術と、定着昇温中に高速でカラー画像のチューニングを行う技術を開発し、本マシンに搭載しており、これについて4項、7項で紹介する。

第3に自動カラー・モノクロ判別モード：ACS（Automatic Color Selection）である。我々の原稿はカラーとモノクロが混在することが多い。本マシンは原稿の種類を自動判別し、カラー原稿はカラー印字モードで、モノクロ原稿はモノクロ印字モードで印刷できるよう構成されている。もちろんモノクロ印字モードではカラープロセスは一切働くことはない。従って、この機構によりカラーとモノクロが混在する原稿を印字する場合、全てカラーモードで印字する従来機に比べ、はるかに安価な印字が可能となるのである（つまりモノクロ印字モードではカラー消耗品を消費しないということである）。カタログ上で1枚あたりの印字価格が安い、高いと比較されがちであるが、我々はお客様の実質的な費用を軽減することに重心を置いている。

しかしながら、これら2つのモードの切り替えに時間がかかっていたのでは冒頭の本マシンコンセプトに大いに反することになる。つまりお客様の生産性を犠牲にし

て、安価を提供するわけにはいかないのである。我々は高速でこれらのモードを切り替える技術を開発し本マシンに搭載しており、これを8項に紹介する。

3 現像技術

magicolor5400シリーズはトナーホッパーとプロセスユニットを一体としたカートリッジ構成を取ることで、一成分現像方式でありながら、内部にはトナー補給機構とトナーの循環機構を取り入れて高い信頼性と画像均一性を確保し、12,000枚の長寿命化を達成している。

また、転写ベルトユニットを挟み込むユニークな形状とすることでコンパクトなマシン構成に寄与すると共に、一体型カートリッジとしてユーザ操作性の大幅な向上を実現した。

3. 1 全体構成

カートリッジ全体の外観は、Fig. 8に示すようにコの字形状となっている。上部にトナーホッパー部を、下部に現像と感光体周辺からなるプロセスユニット部を備え、前面の結合プレート内でトナー補給管が上下を繋ぐ構成である。



Fig.8 Perspective view of the cartridge

一見して特異的な形状であるが、Fig. 9、Fig10に示すように、本体への装着時には上部と下部の間の空間に中間転写ユニットを挟み込むように収まることで、装置全体のスペース利用効率が最大となるように工夫されている。

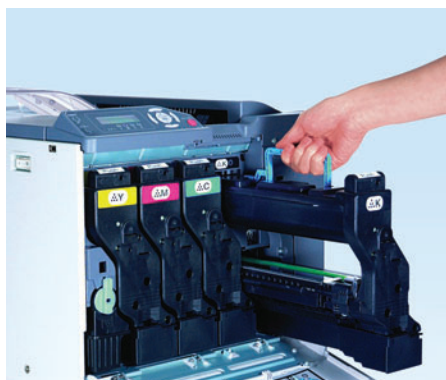


Fig.9 Operation for installing the cartridge

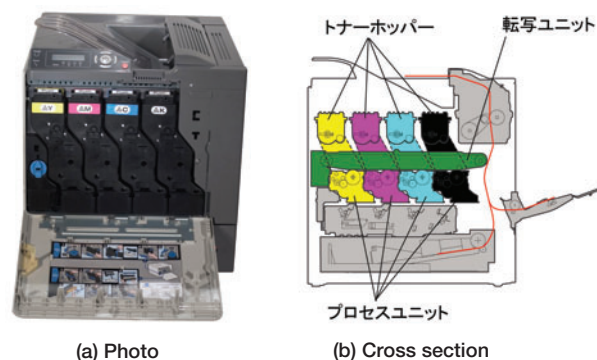


Fig.10 How the cartridges are mounted

プロセスユニット部と転写ユニットの上下の位置関係により生じる違いをFig.11に示す。矢印はモノクロ印刷時の一次転写から定着までの画像の経路を示している。

プロセスユニット部を転写ユニットの下に配置する構成(a)を採用することで、青の矢印で示すように画像形成時間を短くすることができ、商品コンセプトのひとつであるファーストプリントタイムを早くすることができる。一方、一般的な上位置配置(b)の構成を採ると赤の矢印で示すように画像形成時間は長くなってしまう。

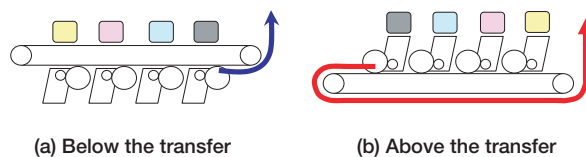


Fig.11 Comparison of length of the paper path in different configurations of the process unit

一体型のカートリッジを下位置に配置してもファーストプリントタイムを早くすることができるが、従来のようなトナーホッパー部とプロセスユニット部が隣接した一体型構成は設置スペースを要するため、転写ユニットの位置が上方に押し上げられ本体の高さが高くなってしまう。

本カートリッジでは、トナーホッパー部とプロセスユニット部を分離して、プロセスユニット部を転写ユニットの下に配置することにより、商品コンセプトであるコンパクトと高生産性を同時に実現した。

従来のカラー出力機器は、YMCK 4色のプロセスユニットに加え、各色のトナー補給ボトル、廃棄トナーボックスなど交換が必要な消耗品の点数が多く、モノクロ出力機器とは比較にならない煩わしさをユーザに与えていた。

今回は全ての機構を一体として構成することにより消耗品点数を極小化し、カラープリンタでありながらモノクロプリンタに近いユーザ操作性を提供することができている。

3. 2 プロセスユニット部構成

Fig.12にプロセスユニット部の断面を示す。左に現像器、右に感光体ユニットを備えており、現像器は現像ギャップを一定に保つため、感光体ユニットに対し揺動可能に保持されコロ当てされている。

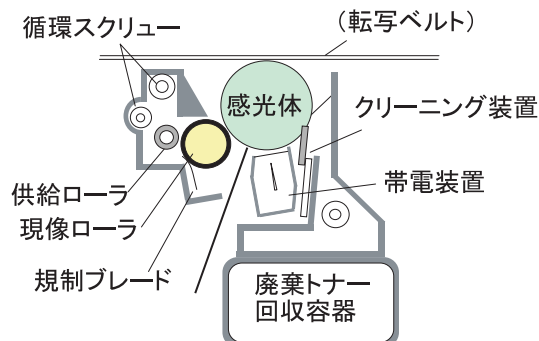


Fig.12 Schematic diagram of the process unit

感光体ユニットは、感光体、帯電装置、クリーニング装置、廃棄トナー回収容器を備え、現像器は現像ローラ、供給ローラ、規制ブレード、循環スクリュー、トナー量検知機構を備えている。

トナー循環機構とトナー量検知機構が従来の一成分現像器とは異なる点であり、コンパクト化、高画質化を達成するために今回、開発したキー技術となる。

現像部については、magicolor2300シリーズで実績のある非磁性非接触一成分方式（SMT現像方式）を採用しており、重合トナーの均一性と相まって高精細な画像再現を可能としている。

これらの機構を高密度設計により、約6 cmの幅に収めることができています。

3. 3 トナー量検知システム（コンパクト化技術）

現像器からトナーホッパー部を分離することで現像器内のトナー量は20数g程度となる。このトナー量は少なくなり過ぎると画像がかすれ、多くなり過ぎるとオーバーフローしてしまうため、高精度なトナー量の制御が要求される。

従来のトナー量検知方式では精度が低く、設置するスペースも無いため、ライトガイドを用いたコンパクトで高精度な検出システムを開発した。

Fig.13にトナー量検知システムの構成を示す。ライトガイドにより、現像器内に光束を導き、容器内のトナーの高さに応じて透過光量に変化することを利用してトナー量を検知している。検知部分は現像器の中にありトナーの噴煙にさらされるため、常時清掃部材が往復動を行って発光面、受光面に付着するトナーを清掃している。清掃部材の駆動はウォーム機構を用いて、供給ローラの回転運動を往復運動に変換することで取り出している。

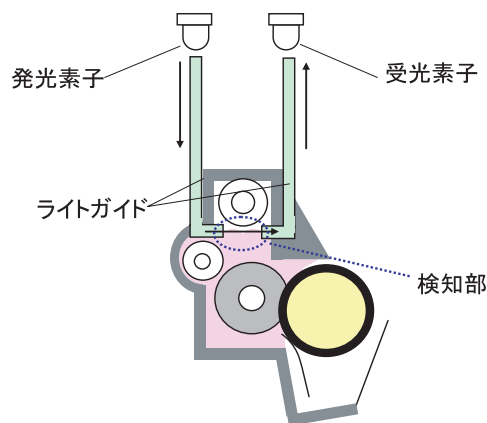


Fig.13 System for toner level detection

ライトガイドの材質は、光透過性、耐傷性、トナーとの帯電性、清掃部材との帯電性を考慮して、種々の材料を検討した中から選定している。清掃部材も清掃能力に加え、耐摩耗性、帯電性を考慮して選定を行った。

また、発光面はφ2、受光面は2×3 mmと検知範囲を狭い面積に設定することで検出精度を上げている。

Fig.14にトナー量検出特性を示す。横軸はトナー量、縦軸は清掃部材の往復動1サイクルあたりの光透過時間を示している。トナー量の検出は光透過時間を閾値と比較することで行っている。初期から耐久にかけて、安定した出力が得られていることが分かる。

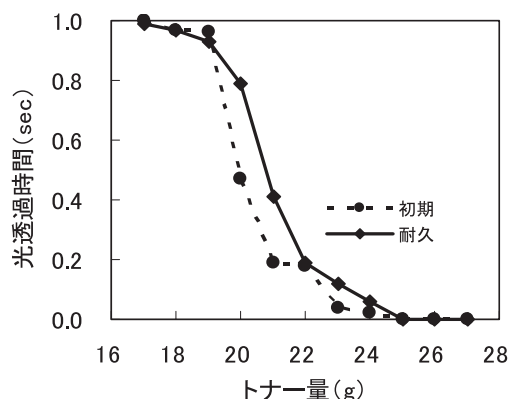


Fig.14 Characteristic curves of the toner level detection

上述した機構と材料の選定により、コンパクトな構成で十分なトナー量検出精度を達成することができた。

この検出結果に基づいて、トナーは逐次、補給され現像器内のトナー量は一定のレベルに保たれるように制御されている。このような構成を取ることで、耐久期間を通してトナー状態が安定することが後藤ら¹⁾によって研究されている。本現像器でもその効果が確認され長寿命化を実現している。

3. 4 トナーの循環システム（高画質化技術）

画像の均一性を確保するため、現像器内には2本のスクリューを備え、内部のトナーを長手方向に循環させている。

Fig.15に循環システムの断面図を示す。

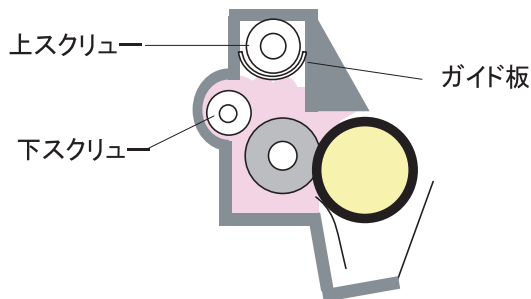


Fig.15 Cross section of a toner circulation system

現像器の幅を狭く構成するため、スクリューは略上下に並べて配置している。上下のスクリュー径は通常の二成分現像器で用いる径の1/2程度とし、トナーの搬送量はリードと回転数で調整している。

トナーは下スクリューで装置の奥側へ搬送され、奥端部から上スクリューに汲み上げられる。汲み上げられたトナーは、上スクリューでガイド板上を装置手前側へ搬送され、ホッパーから補給されてきたトナーと混合されて、ガイド板の手前端部から下スクリューに落下する。

我々はオフィスでの使用時に求められる画質項目のひとつとして、濃度の均一性が重要であると考えた。プレゼンテーション文書、販促資料などカバレッジの高い原稿、用紙上でカバレッジに偏りのある原稿及びそれらの大量印刷を想定したものである。

現像器をコンパクト化した結果として、現像器長手方向のトナー消費量の偏りや急激なトナー消費は、濃度の均一性を損ないやすくなる。狭いスペースであるが、小径のスクリューを配置しトナーの循環を行うことで濃度の均一性を実現している。

3. 5 まとめ

magicolor5400シリーズのカートリッジは、上述したコンパクト、高画質化技術と構成を搭載し、以下の特徴を達成することができた。

- ・ユニークな『コの字形状』の採用と高密度設計技術で製品のコンパクト化、高生産性に寄与している。
- ・トナーホッパー、現像装置、感光体、クリーニング、廃棄トナー収容部を一体化し、カラープリンタでありながら、モノクロプリンタと同等のユーザ操作性を実現した。
- ・コンパクトなトナー容量検知システムの開発によ

り、一体型カートリッジで長寿命化を実現した。

- ・トナーの循環システムの搭載により、オフィスでの使用に耐えうる画像の均一性を実現した。

4 定着技術

magicolor5400シリーズの定着器は、ベルト定着技術（Fig.18(a)参照）をベースに、更なるコンパクト化、高速化、ショートウォームアップ化を実現させたものであり以下にその技術的側面を紹介する。

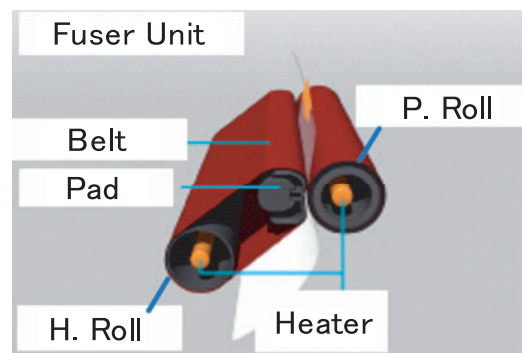


Fig.16 Perspective view of the fuser unit

定着のコンパクト化と高速性の両立は、定着ニップを構成するローラ対を小径化することにポイントがある。Japan Hardcopy '97 Fall Meetingで発表したベルト定着技術は、ローラ定着と比較し、定着ニップ構成に工夫を加え、小径のローラ対にて定着ニップを構成できるという特徴がある。現在まで多くのプリンタやMFPにて製品化され、第1世代から第3世代に至るまで常にコンパクト化や高速化に対応している。

- ・第1世代：スポンジローラと加圧ローラで形成され、Color Page Proにて製品化された。
- ・第2世代：厚肉化されたスポンジローラと加圧ローラで形成され、bizhubC350など数多くのプリンタや複写機にて製品化された。
- ・第3世代：定着パッドと加圧ローラで形成され、magicolor5400シリーズにて製品化された。

4. 1 構成

Fig.16に第3世代の構成図を示す。定着ベルトは基材のポリイミドにシリコンゴムとフッ素樹脂を被覆したエンドレスベルトである。ベルト内部には、定着パッドと加熱ローラを配置している。定着パッドは芯金/樹脂基材/弾性層/表層で構成され、加熱ローラはアルミローラであり、内部にヒーターランプを、外部に温度検出手段（サーミスタとサーモスタット）を有している。加圧ローラは、鉄芯金にシリコンゴム/フッ素樹脂を被覆して

いる。定着ニップは、定着パッドと加圧ローラとで構成し、ニップ出口の曲率を定着パッドにて大きく形成することにより、トナーとベルト表面の離型に有利な構成としている。定着ニップ幅は、ローラ定着に対し同等のローラ外径にて約2倍のニップ幅を確保できている。

4. 2 コンパクト定着技術

トナーを溶融させるためには定着ニップにて熱と圧力を与えることが必要である。ある一定以上の圧力を確保した場合、定着強度を確保するために必要な定着ニップ時間はほぼ一定である。高速化を検討する場合は、定着ニップ時間を維持するために、より長い定着ニップ幅が必要となる。従来は定着ニップ幅を確保するために、ローラの弾性変形を利用し、ニップ時間と圧力を確保していたが、弾性変形にも限界があり、Fig.17に示すように、高速化に伴い、より大径のローラ対を選択していた。例えば、ベルト定着（第2世代まで）はローラ対による定着ニップ構成であったため、A4T25.6枚機のプロセス速度に対応するにはローラ対の外径合計が65mm必要であった。コンパクト化を達成する上で、小径ローラ対にて幅広定着ニップ幅を確保することが課題であった。

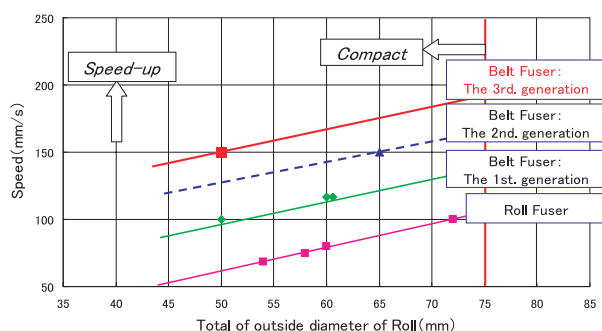


Fig.17 Relationships of process speed and fuser roll diameter

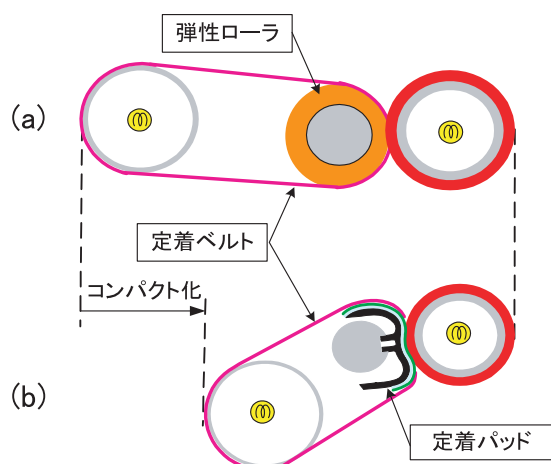


Fig.18 Schematic diagram of belt fuser generations:
(a) 2nd generation, (b) 3rd generation

magicolor5400シリーズに搭載した定着パッドは、加圧ローラの外径におおよそ沿わせた形状にすることにより、小径のローラにて必要な定着ニップ幅を構成することが可能となった。また、Fig.18に示すように、定着パッドを固定配置することにより、定着ベルトを小径化でき更なる小型化にも大きく寄与している。

4. 3 高速定着技術

高速定着にはトナーを溶融させるための熱量と圧力を確保することと、熱供給を追従させることが必要である。

新規採用した定着パッドは、トナーへの伝熱機能（ニップ時間確保）と加圧機能を分離して設計することが可能である。ニップ時間の確保は、加圧ローラに沿わせた定着パッド形状の幅を変更することで任意に設定できる。また、圧力分布はFig.19に示すように定着パッドの

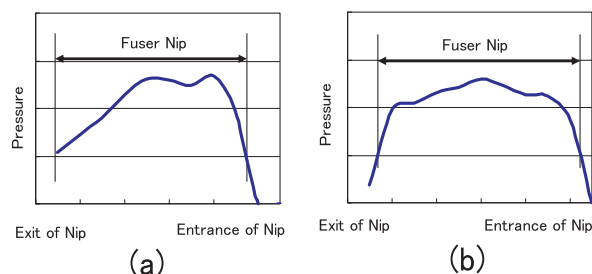


Fig.19 Various design of pressure distribution in the fuser nip of the 3rd generation belt fuser: (a) Example 1, (b) Example 2

曲率を変更することにより、定着ニップの出口位置の圧力変化をコントロールできる。

熱追従性は、熱源（ヒータランプ）からトナーと接触する面（ベルト表面）までに伝熱抵抗となる熱伝導率の低い部材であるポリイミド、シリコンゴムとフッ素樹脂層の総厚を定着ベルト剛性を保てる範囲内で極力薄くすることにより、十分な熱追従性を確保している。連続印字を行っても各用紙において、用紙先端から後端まで均一な光沢画像が得られる。

また、新規採用した定着パッドは、分離機能の大幅な向上を実現できている。Fig.20に示すように、分離機能のパラメータである定着ニップ出口の曲率を定着パッドは、ローラで構成のできる値よりはるかに大きくすることが可能である。その結果、従来用紙先端までトナーが

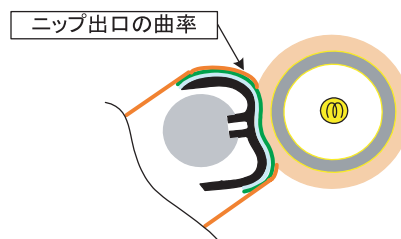


Fig.20 Cross section of the fuser nip

付着していた場合、腰の弱い用紙は分離させることができなかったが、magicolor5400シリーズの定着器は分離が可能な実力を有している。

4. 4 高速昇温定着技術（ショートウォームアップ化技術）

ショートウォームアップを実現するには、ベルト表面の昇温速度を高速化させる必要がある。昇温速度 dT/dt は式(1)に示されるように、昇温効率 η と電力 P の向上と熱容量 C の削減で実現される。

$$dT/dt = \eta \times P / C \quad \dots\dots(1)$$

magicolor5400シリーズの定着器では、昇温効率 η の向上と熱容量 C の削減により高速昇温を達成している。

昇温効率 η を悪化させる要因は、熱変換・伝熱・放熱による熱量ロスなどがある。magicolor5400シリーズの定着器では伝熱によるロスの削減技術として、加圧ローラに逃げる熱量をウォームアップ時間中の回転速度と、加圧ローラの熱伝導率をチューニングすることを試み、回転速度を遅くしすぎるとベルトを均一に加熱できないという課題を考慮し、最適化を図った。Fig.21に示すように、ウォームアップシーケンス中の回転速度が遅く、加圧ローラの熱伝導率(λ)が低いほうがウォームアップタイムは速くなる (Fig.21)。

熱容量の削減は、定着ベルトの小径化と加熱ローラ芯金の薄肉化により達成している。加熱ローラの外径は、薄肉化の加工限界とベルトテンションによる撓み量により決定した (Fig.22)。

定着ベルトの内径は、内蔵される定着パッドと加熱ローラと温度検出装置を内蔵できる最小径とした。温度検出装置を内蔵する目的は、定着ベルト表面の傷を防止するためである。各径は、加熱ローラと組み合わせ可能なベルト内径にて昇温時間が最短となる、加熱ローラと定着ベルト径を選定した。

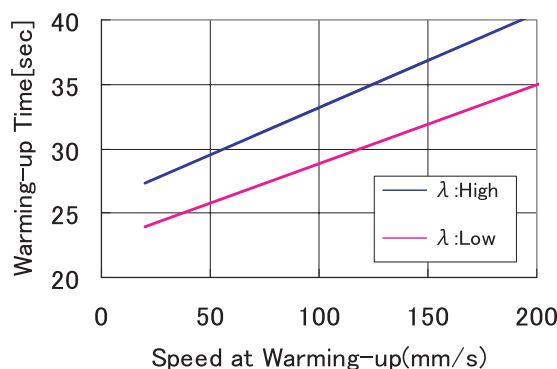


Fig.21 Relationships between warming-up time and rotation speed of the fuser unit during waiting

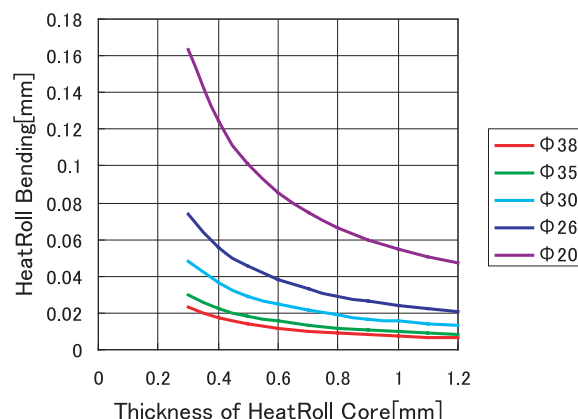


Fig.22 Heat roll bending vs. thickness of the core in various roll diameters

以上のコンパクト化技術、高速定着技術、高速昇温定着技術を搭載したmagicolor5400シリーズの定着器は、magicolor2200シリーズに対して

- ・マシン高さ30%削減
 - ・高速化1.5倍
 - ・ウォームアップ時間約1/4
- を達成している。

5 転写技術

本マシンの転写方式として、多様な紙種に対する画像安定性、通紙信頼性に有利な中間転写方式を採用した。以下に述べる転写技術によって、コンパクトで長寿命なユニットを実現した。

5. 1 超薄型転写ユニット

デスクトッププリンタとしてマシン高さを抑えるために、転写ユニットの厚さを従来ユニットの1/2以下にすることを目標に開発を行った。

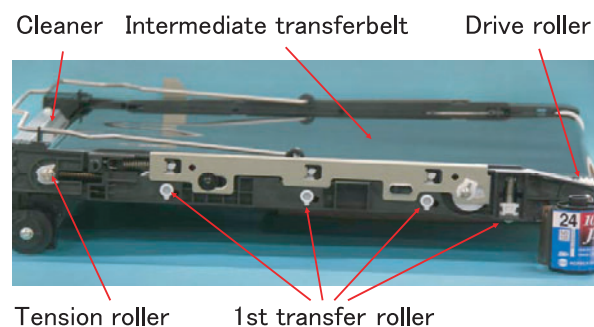


Fig.23 Transfer unit (cutaway model)

従来、駆動ローラ、従動ローラ、テンションローラの3本でベルトを張架していたが、Fig.23のように従動ローラとテンションローラを1本のローラで兼用し、駆動

ローラと合わせて2本のローラでベルトを張架する構成とした。また、張架ローラも転写ユニットの厚さを薄くするために小径化することを検討した。ローラを小径化した場合にベルトの屈曲が大きくなるため、停止放置時のベルトのクリープ変形（永久変形）が発生し、それが1次転写部での転写ニップ形成を阻害することで転写抜けするという課題が発生した。これを解決するために、転写ベルトのクリープ特性をFig.24に示すように従来（magicolor 2300シリーズ）より2倍以上改善した新規材料からなる転写ベルトを選択した。この結果、駆動、従動ローラの小径化が実現し目標を達成することができた。

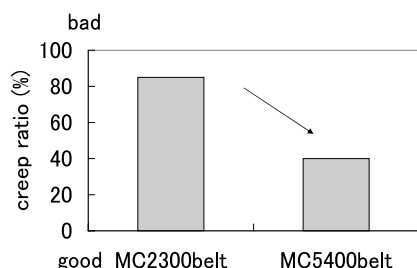


Fig.24 Comparison of creep ratio between a conventional and an improved transfer belts

5. 2 中間転写ベルト駆動

ベルト駆動の基本式²⁾であるオイラー式(2)を示す。ベルト駆動力 Fd 、張り側テンション T_1 、緩み側テンション T_2 、巻きかけ角度 θ 、ローラとベルトの摩擦係数 μ からなり、静止状態のベルトテンション $2T$ は T_1 と T_2 の合力になる。(Fig.25)

小径ローラであってもベルトがスリップすることなく回転駆動するために、これらのパラメータを最適化した。

$$Fd = T_1 - T_2 = T_2 (e^{\mu\theta} - 1) \quad \dots\dots(2)$$

$$T_1 + T_2 = 2T \quad \dots\dots(3)$$

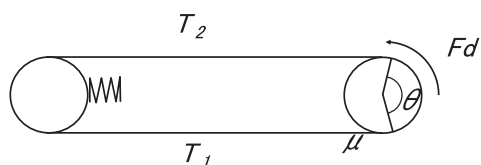


Fig.25 Schematic diagram to explain Euler's formula

Fig.26は(2)式において μ と θ を変化させたときの Fd をプロットしたものである。ハッチング部分は必要な駆動力が得られずにベルトがスリップしてしまう領域である。

テンション T は大きいほど Fd を大きくすることが可能であるが、ベルトに与えるダメージを極力抑えるためある程度以下にする必要がある。

駆動ローラの θ は理想的には180度であるが、実際にはベルトのたわみ反力により小さくなる。特に小径ローラ

の場合は影響が大きくなるため μ を高くすることで必要な Fd を得るようにした。

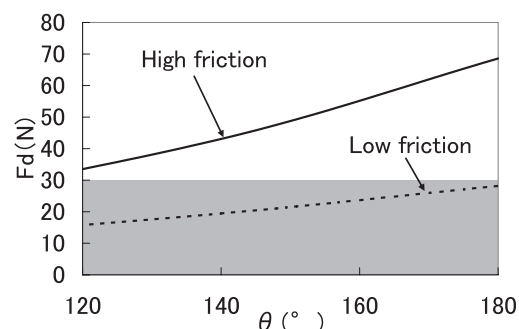


Fig.26 Drive force calculated by formula (2)

Fig.26に示すように、 μ が低い場合は θ を大きくしても十分な Fd が得られないが、 μ が高い場合は θ が小さくても必要な駆動力が得られることが分かる。

そのために駆動ローラには高 μ で高耐久なゴムを被覆したものを採用し、従来の1/2の小径なローラにもかかわらず確実なベルト回転駆動を達成できた。

5. 3 1次転写

ACS機構の為に、1次転写ローラはカラー印字時にはイエロー、マゼンタ、シアン、ブラックの感光体に対して圧接するが、モノクロ印字時はブラックの感光体のみ圧接し、カラー3色は退避する。この機構を駆動ローラ直径以下のスペースに収める必要があった。そこで、従来用いられている発泡半導電ゴムを被覆した転写ローラではなく、直径を従来比で1/2にした金属製の転写ローラを採用した。

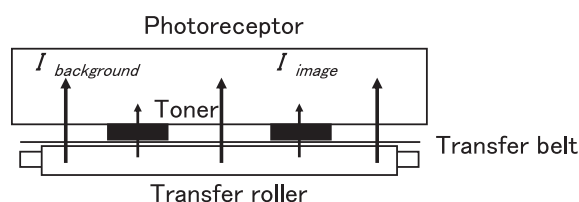


Fig.27 Illustration to explain $I_{background} \gg I_{image}$ in the case that the transfer resistance is low

従来の半導電性1次転写ローラは所定の抵抗を有するのに対して、金属製のローラはほぼ0 Ω である。そのため、Fig.27のように画像パターンが無い部分で1次転写電流 $I_{background}$ が感光体に過剰に流れてしまい、感光体を逆帯電させて転写メモリーと呼ぶ画像ノイズを発生する課題が生じた。

そこで、感光体と1次転写ローラの当接位置をFig.28のようにオフセットすることで中間転写ベルトの電気抵抗を積極的に利用し感光体への過剰電流を防止している。トナーを転写するのに必要な転写電圧と転写メモリーの発生しない転写電圧の許容幅が最大になるようにオフ

セット量と中間転写ベルトの電気抵抗の最適化を行った。

その結果、金属製ローラにもかかわらず半導電性転写ローラと比較して遜色ないレベルを達成した。これらの方策により世界最小サイズの転写ローラと圧接離隔機構が完成した。

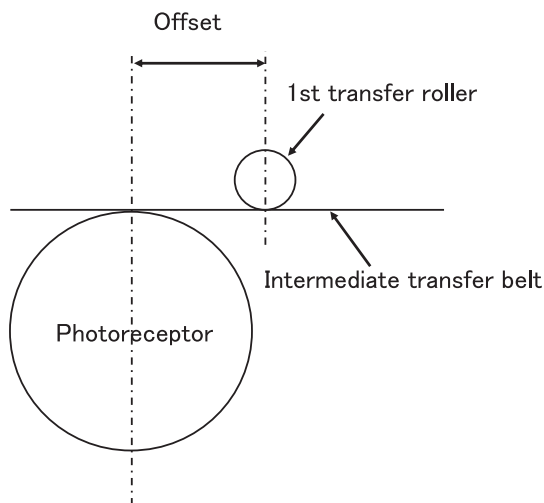


Fig.28 Schematic diagram of the 1st transfer process

5. 4 2次転写

2次転写ローラは駆動ローラと対向した位置にあり、この部分で中間転写ベルトと用紙を圧接し転写電圧を印加することで、トナー像を紙上に転写する。

Fig.29は転写前のベルトに対して用紙が巻き付いていない場合の2次転写の電場解析結果である。赤く表示されている部分は電界が強いことを示しており、丸で囲った部分で中間転写ベルトや用紙の裏面の電界が強くなっていることがわかる。用紙と中間転写ベルトが密着する前の部分の電界が、パッシェン放電開始電圧以上になると放電が発生しトナーが乱れ画像ノイズを発生する。多様な紙種（厚紙、薄紙、封筒、はがき等）であってもトナー像を乱すことなく転写するためには、中間転写ベルトと用紙を2次転写電界の影響が出ない範囲まで巻きつける必要がある。

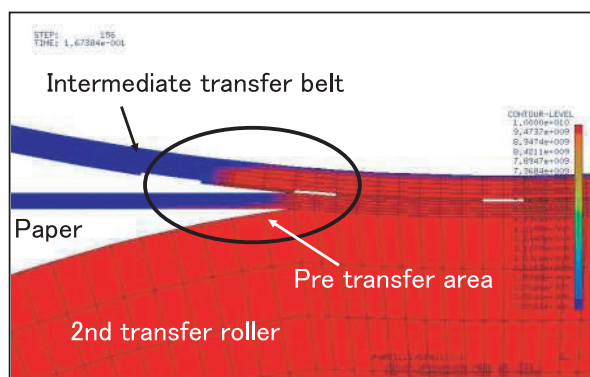


Fig.29 Electric field analysis around the 2nd transfer area

駆動ローラは前述のように小径であることを考慮し、転写ベルトと用紙を巻きつける転写前ガイドの構成を最適化した。特に転写前に設けた用紙ガイド(下)とベルト間の距離は通紙障害にならない程度まで極力近づけることで、ベルトに対する用紙の巻きつけ量を確保した (Fig.30 参照)。また、ガイド表面と用紙との摩擦係数を低減するために低 μ の高分子材料を取り付けた。上記方策により多様な紙種での転写性および通紙信頼性を確保した。

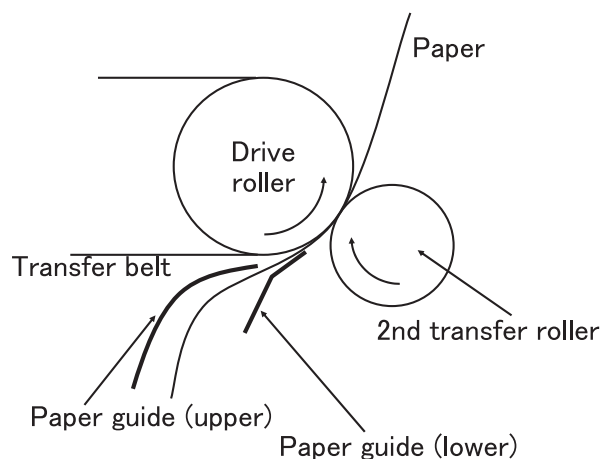


Fig.30 Schematic diagram of the 2nd transfer process

5. 5 中間転写ベルトクリーニング

高速化に伴って、転写ユニットの寿命も従来より長くする必要があった。過去の検討から転写ユニットの寿命はベルトクリーニング寿命が支配的であることが分かっている。そこでクリーニングブレードをより長寿命なものとする検討を行った。

ブレードの磨耗はスティックスリップ運動における摩擦距離 L_{sl} と反発弾性 R に依存することが情野ら³⁾によって報告されている。

Fig.31はブレードエッジ部の拡大外略図である。ブレードクリーニングの L_{sl} と R は式(4)のように表され、 L_{sl} を小さくすることがブレードの長寿命化に必要である。なお、 C は定数である。

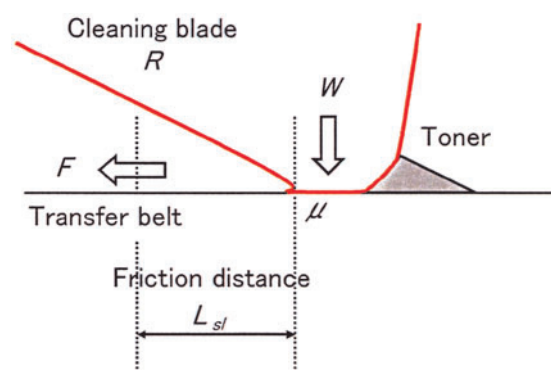


Fig.31 Schematic diagram to explain cleaning parameters

$$\text{クリーニング性能} \propto 1/L_{sl} = -C/\ln R \quad \dots\dots(4)$$

ここで、ブレードのRを小さくするとLが小さくなることから、反発弾性が従来の1/2であるブレード材料を選択した。また、ブレードエッジ部に紙粉が噛み込んでしまいブレード磨耗が進んでいなくても、クリーニング不良が発生することを防ぐために中間転写ベルトを所定の間隔で逆回転させる制御を盛り込んだ。

Fig.32に耐久後のブレードエッジを45度方向から拡大した写真を示す。白く見えている部分がブレードエッジ部分であり、反発弾性を低くした今回採用のブレードの方が従来よりも磨耗量が少なく均一であるのが分かる。

以上の方策により従来の3倍の転写ユニット寿命を達成することができた。

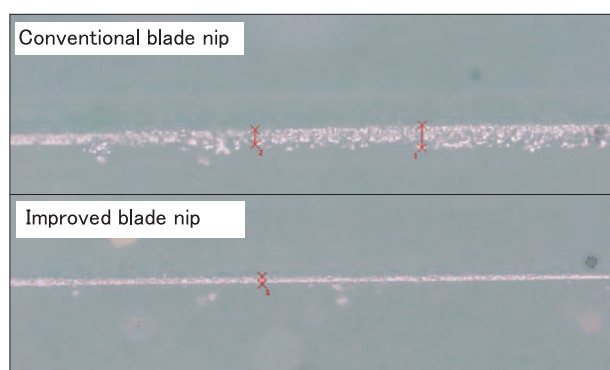


Fig.32 Photographs of worn cleaning blade edge

6 光学技術

タンデム方式プリンタの光学ユニットは、4つの感光体にそれぞれレーザ光を照射する必要がある。これを実現するためには、同一形状の光学ユニットを4つ並べる方法と、全体を一つのユニットで構成して一部の素子を4つのレーザ光で共通に使用する方法がある。magicolor5400シリーズでは、ポリゴンミラーと走査レンズの一部を共通使用する構成とし、ポリゴンミラーに入射する光を束ねる部分や走査レンズに独自の工夫を施すことによって小型化を達成している。

6.1 書き込み光学系の構成

Fig.33に示すように、本光学ユニットでは各色毎に個別に変調される半導体レーザとコリメータレンズを4組備え、4つの平行光を、1つのポリゴンミラーで走査している。

ポリゴンミラーで偏向された4つのレーザ光は共通のレンズを通過した後、分離ミラーにより4方向に分けられ、各色毎に設けられた個別レンズを通過した後、各色の感光体に導かれ露光する。

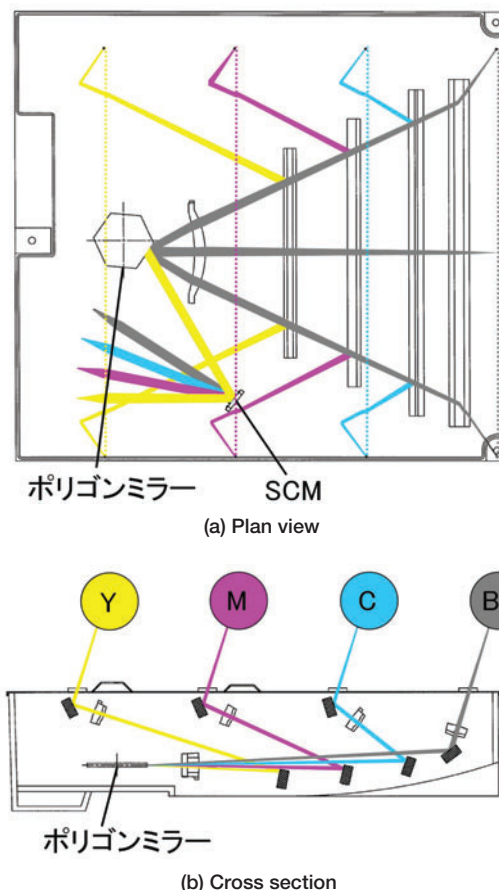


Fig.33 Optics unit of the magicolor 5400 series

6.2 螺旋状シリンドリカルミラー

LBPの書き込み光学系では、半導体レーザの発したレーザ光をコリメータレンズで平行光にした後、シリンドリカルレンズによってポリゴンミラー近傍で一旦線状に集光させるのが一般的である。

magicolor5400シリーズの光学系では、半導体レーザとコリメータレンズは4組あるが、シリンドリカルレンズの代わりに螺旋状シリンドリカルミラー（Spiral Cylindrical Mirror：以下SCMと呼称する）を用いて、4本のレーザ光をポリゴンミラー近傍で同じ高さに集光させている。

SCMは樹脂製の単一の素子であり、透明樹脂に金属蒸着を施してミラーとしている。

Fig.34は、コリメータレンズ後ポリゴンミラー前の光学系について、4つのレーザ光の主光線を示したものである。Fig.34(a)は上から見たものであり、Fig.34(b)は横から見たものである。

SCMに入射するレーザ光は、上から見ると角度がそれぞれ異なるが、横から見るといずれも水平であり高さが異なっている。SCMから射出されるレーザ光は上から見ると同一であるが、横から見ると角度が異なっており、ポリゴンミラー近傍で同じ高さとなっている。

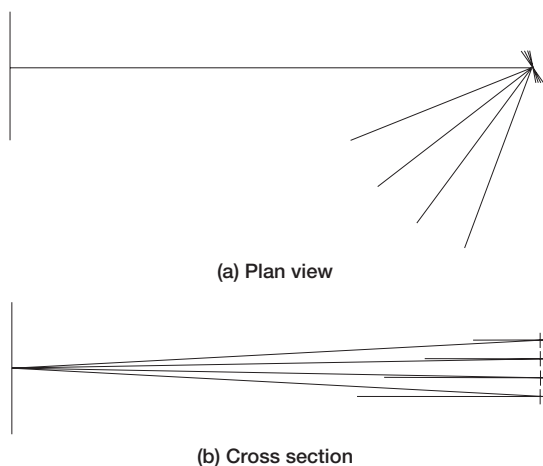


Fig.34 Laser beam tracks from the collimator lens equipped with the SCM to the polygon mirror

また、SCMの反射面はFig.35に示すように、各レーザー光に対応して4つ存在し、一つの素子の上に形成されている。それぞれの面形状は、次の式によって示される自由曲面形状である⁴⁾。

$$x = \frac{z^2}{4y\cos\theta\sin\theta - 4a\cos\theta} \quad \dots\dots(5)$$

z 軸：ポリゴン回転軸に平行な軸

x 軸：入射光束と射出光束の主光線を z 軸に垂直な平面に射影した2直線の2等分線

y 軸：x 軸と z 軸に垂直な軸

なお、 θ は入射光とxz平面のなす角、 a は座標系原点と焦線の距離である。 a の値は4つの面で同一だが、 θ の値がそれぞれ異なるため、面形状はそれぞれ異なっている。

このように、SCMは、4つの光路を束ねてポリゴンミラーへ導く光路合成素子の役割と、平行光を線状に集光するシリンドリカルレンズの役割を単一の素子で兼ね備えるものであり、光学ユニットの小型化に寄与している

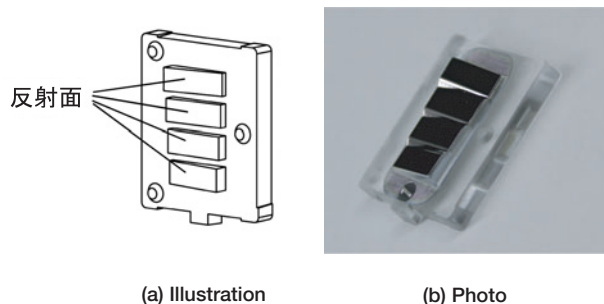
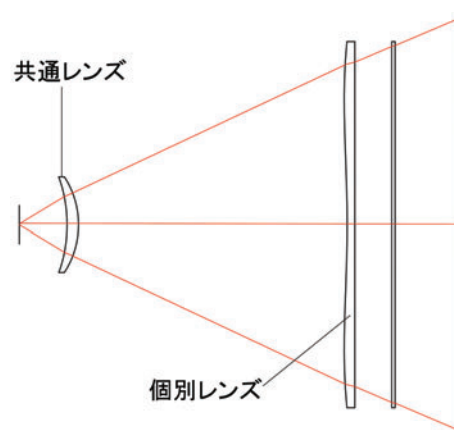


Fig.35 SCM

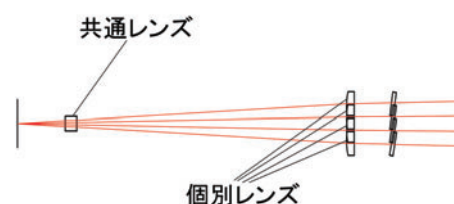
6. 3 走査レンズ

ポリゴンミラーによって偏向された4本のレーザービームは、走査光学系を介して4つの感光体にそれぞれ導かれる。

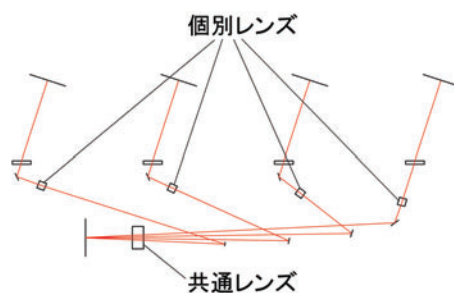
走査光学系は1枚の共通レンズと4枚の個別レンズで構成している。また、各光路に平面ミラーが1枚ないし2枚配置されており、共通レンズを通った光はミラーによって1本ずつ反射されることで光路分離される。



(a) Plan view (the reflection mirrors are omitted)



(b) Cross section (the reflection mirrors are omitted)



(c) Cross section (including the reflection mirrors)

Fig.36 Layout of beam tracks in the scanning optics

Fig.36は、ポリゴンミラー後の光学系について主光線を示したものである。Fig.36(a)は、折り返しミラーを省略した光学系を上から見たものである。また、Fig.36(b)は折り返しミラーを省略した光学系を横から見たもの、Fig.36(c)は折り返しミラー込みの光学系を横から見たものである。Fig.36(a)では4つの光路のうちの一つのみを示したが、Fig.36(b)、Fig.36(c)では重ね書きしている。

レンズはいずれも樹脂製で、自由曲面を有している。共通レンズは両面が自由曲面であり、個別レンズは入射面が自由曲面、射出面が平面である。

4本のレーザ光はポリゴンミラーに入射するときの角度がそれぞれ異なっているので、走査線湾曲と波面のねじれがそれぞれ異なる量で発生する。対称形状のレンズを偏心させる方法でもある程度の補正は可能であるが、今回の設計ではより高い性能を得るために、個別レンズに自由曲面を設け、それぞれを個別に最適化している。自由曲面形状を用いることにより、対称形状のレンズを偏心させた場合に比べ、走査線湾曲と波面のねじれを高い次元でバランスをとることができ、走査線の直線性と結像性能を高い精度で両立させている。また、 $f\theta$ 特性についても通常の $f\theta$ レンズに比較すると1桁高いレベルで収差補正しており、4本のレーザ光の主走査方向における相対的な位置ずれが発生しないようにしている。

このように、ポリゴンミラー上で一旦同じ高さに集光させたレーザ光をその後平面ミラーで光路分離する構成では、ポリゴンミラーの厚みを通常のLBP用光学ユニット並みに薄くすることができ、小型化には有利であるといえる。加えて、ポリゴンミラーの厚みを薄くすることでポリゴンモータの負荷を軽減することができ、高速回転させる場合にも有利である。

その一方で、ポリゴンミラーに角度をつけて入射させる構成は、ポリゴンミラーの誤差がジッタやピッチむらの原因になりやすいという不利な要素がある。

これを補うために前述のSCMや走査光学系の各光学素子に非常に高い精度を要求することになる。コニカミノルタオプト(株)による生産技術開発によってこれらの樹脂製光学素子の精度が大幅に向上したことによって、今回の構成をとることが可能になり、小型化と高精度を両立できた⁵⁾。

以上述べたようにコニカミノルタの光学技術を結集することにより業界トップレベルの小型書き込み光学系を実現することができた。

7 高生産性対応画像安定化技術の開発

2 商品コンセプトに記載されているように、magicolor5400シリーズコンセプトの1つに高生産性がある。カラー画像を安定して出力させるためには、以降に紹介するようなさまざまな調整が必要である。しかし、その調整中はジョブ印字動作を行うことができない。プリントを実行しようとしているユーザにとってはロス時間であり、不快感を持ってしまう。本シリーズ高生産性を支えるために画像安定化システム開発メンバーが取り組んだ課題は、画像安定化調整時間の短縮及び、調整実施タイミングの最適化である。

7. 1 magicolor5400シリーズ画像安定化システム

カラー画像の基本構成は、dot再現、line再現、solid再現、と色再現である。本マシン内ではレーザ光量を調整することでdotとline再現を良好な状態に維持している。現像バイアス印加電圧を調整することでトナー現像量を適正な量に調整し、さらにレーザ光量を調整して感光体露光後電位を安定な状態に維持していることでsolid再現を良好な状態に維持している。また転写材（記録紙）上でのdot、line、solid各再現を良好に維持するために、環境センサ検知結果等から1次転写出力及び2次転写出力を調整している。最終的に転写材上で発色させるためには、熱と圧力によってトナーを適正な状態に溶かす必要がある。定着ユニット内部にはサーミスタが備えられており、検知された温度に基づいて定着ニップ部周辺温度を調整し、単に定着性を確保するだけでなく、安定した色再現を確保している。以上のようにカラー画像再現を常に良好な状態に維持するため、さまざまな調整を搭載している。magicolor5400シリーズに搭載した画像安定化システムの入力-出力の関係をまとめたものをTable 1に示す。

Table 1 Main contents of the image stabilizing system

入力	狙い、目的	出力(制御パラメータ)
IDCセンサ出力	出力ゲイン調整	センサLED入力電流
	最大付着量調整	現像バイアス印加電圧
	線再現調整	PHレーザ光量
	レジストレーション調整	各色主走査、副走査方向印字開始信号
	階調特性検出処理	各階調温度検出値
現像部電流変化検出値	現像ノイズ調整	現像バイアス印加電圧
温湿度センサ	1次転写部出力調整	1次転写部出力
	2次転写部出力調整	2次転写部出力

7. 2 高生産性対応画像安定化システムの検討

①画像安定化調整時間目標値の決定

高生産性という狙いに対して何秒以内に調整を終了させる必要があるか目標値の検討を行った。まずユーザがロス時間を認識するのはどういう機会であるかを考えた。

1. 電源ON時からプリントジョブ開始まで
2. スリープ状態復帰時からプリントジョブ開始まで
3. プリントジョブ実行中中断時間

1, 2, は、ユーザが頻繁に経験する機会である。この機会では、画像安定化の調整時間とは別に定着ユニットのウォームアップ時間が存在する。本マシン開発時ウォームアップ時間は、30sec以内が目標値として設定された。使用ユーザにウォームアップ時間以上待たせないように、画像安定化調整時間も30sec以内を目標値として設定した。

これまで自社タンデム方式電子写真プリンタの中で画像安定化調整時間が最も短かったのは、約1minであった。この目標値30sec以内が達成できれば、プリントジョブ中断時間の削減による総印刷時間低減が可能となり、生産性向上に寄与できると考えた。しかし、この調整時間短縮は従来比1/2であり、技術的に非常にレベルの高い目標であるという認識を持って開発に取り組んだ。

②画像安定化時間短縮案の決定

次に上述目標値30sec以内で調整を終了させる検討を行い、最終的にFig.37に示す案を短縮案とした。

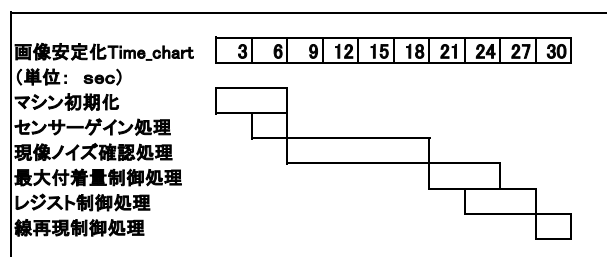


Fig.37 Timing chart of the image stabilizing process in the general mode

検討段階で様々な工夫を行ったが、30sec以内にTable 1に示した全調整を組み入れることはできなかった。そして画像安定化を2種類に分けるアイデアで開発を進めることとした。この2種類の画像安定化とは、通常使用時に実施される制御（以降、通常画像安定化と記載）と各プロセスユニットが交換される場合、ユーザ使用環境が著しく変化した場合などの条件時に実行する制御（以降フル画像安定化と記載）である。そしてこの通常画像安定化時は30sec以内で調整を終了させ、フル画像安定化時は、Table 1に示した全調整を実行することとした。フル画像安定化実行は、ユニット交換時以外通常使用ではほとんど発生しないため、ユーザに対して必要以上に不快感を与えないと考えた結果である。

通常画像安定化には、センサ出力ゲイン処理、現像ノイズ確認処理、最大付着量制御処理、レジストレーション処理、線再現制御処理を構成した。しかし制御時間の制約から階調特性検出処理を構成することはできなかった。階調特性検出処理は、電子写真プロセス部を直接的に制御しないがカラー画像再現を良好な状態に調整するためには非常に重要な機能であることを我々は認識していた。この検出結果は制御コントローラ部へ通知され、カラー再現のための画像処理に使用されるからである。我々は最大付着量制御と線再現制御を実行すれば、階調特性が維持でき、カラー画像調整は可能と考え、その検証を実施した。検証結果は、後述で紹介する。

我々は、通常安定化を実行することで各プロセスユニット部環境変動や耐刷変動による階調特性変動を抑制することは可能と考えたが、各ユニット製造過程で発生

する物のばらつきによって発生する階調特性ばらつきを抑制することは無理であると考えていた。よって上述のように各ユニット交換時は、階調特性検出処理を含めたフル画像安定化実行は必須であり、このことが画像安定化制御を2種類に分けるに至った最大の理由である。

③画像安定化制御実行タイミングの決定

制御の実行タイミングは、実験により決定した。具体的な実行タイミングをTable 2に示す。

Table 2 Conditions to execute the image stabilizing sequence

安定性を阻害する要因	入力	内容
環境変動	環境センサー	所定の環境変動検出によって制御実行許可信号を出力する
耐刷変動	現像駆動時間	所定の現像駆動時間経過後、制御実行許可信号を出力する
プロセスユニット交換	パネル選択	階調補正処理実行含んだイニシャル制御実行許可を出力する
トラブル(Fatal)処理	電源ON	階調補正処理実行含んだイニシャル制御実行許可を出力する

実行タイミングを決定した1例をFig.38を用いて説明する。Fig.38はNN環境（23℃65%RH）で耐刷を実施した際の最大濃度推移を示している。画像調整を実施しない場合、1000枚までの濃度変化が激しく、以降徐々に変化していく特性を持つことがわかった。この結果から、本マシンでは1000枚までは安定化調整の実行間隔を短く、1000枚以降は実行間隔を長く設定した。

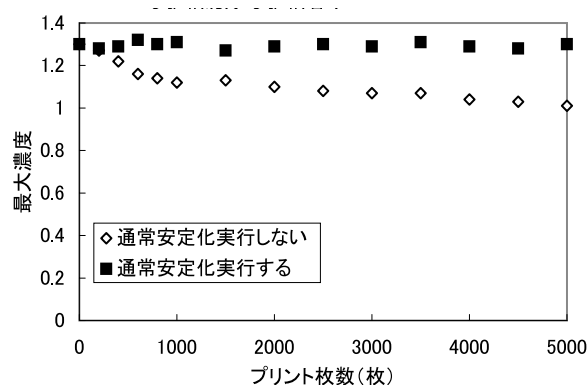


Fig.38 Change of maximum density (cyan) in the NN condition

従来機種においては、上述のような特性が得られると安定化調整実行間隔は短い間隔で統一していた。本マシンでは、必要と考えられるタイミングで調整を実行することとした。その結果従来機種と比較して実行回数が低減できている。

④生産性改善効果

前述までの効果を生産性改善効果として1時間当たりの印字動作時間比率を用いて示す。従来機では1時間稼働させるとTable 3に示すように、各種調整のため506秒

の印字中断時間が生じていた。印字動作時間比率としては約86%であった。上述の改善手段により、magicolor5400シリーズでは中断時間は296秒に削減され、印字動作時間比率は約92%まで改善された。この印字動作時間比率は自社においてトップレベルであり、使用ユーザーが必要以上に不快感を持たないレベルにあると考えている。

Table 3 Comparison of interruption time during 1 hour operation

	Magicolor5400シリーズ*		自社従来機	
	実施回数	所要時間計(sec)	実施回数	所要時間計(sec)
転写調整	18	216	18	216
レジスト調整	1	20	2	50
通常安定化	2	60	4	240
停止時間計	21	296	24	506

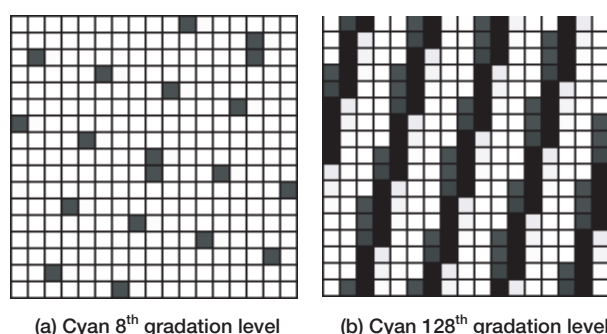
また通常使用時は、調整時間短縮の効果によりマシンがウォームアップするとただちに印字動作開始することが可能になり、非常に効率的な動作を行うことが可能となった。

7. 3 通常画像安定化の階調安定性検証

我々は調整時間短縮のために通常画像安定化処理に階調特性検出処理を入れなかった。本検出処理を施さなくても階調安定性が確保できるか検証を実施した。

①階調安定性検証実験

近年電子写真方式のカラープリンタ内階調再現処理は、面積階調処理を施すのが主流である。面積階調処理構成は、基本的に点再現、線再現の組合せである。この点再現、線再現を安定させれば階調特性の安定性を確保できるのではないかと考え、その検証を実施した。検証にはFig.39に代表される高線数のディザを用いた。



(a) Cyan 8th gradation level (b) Cyan 128th gradation level

Fig.39 Examples of the dither patterns used in the experiment

検証実験として、本マシンをNN環境（23℃65%RH）室に設置し、搭載予定である制御システムを実行し、Table 1に示した制御パラメータを設定した。この設定条件でC、M、Y、K各色の階調特性（入力データー画像濃度特性）サンプルを採取した。シアンの測定結果がFig.40のNN_通常安定化実施後である。次にHH環境（30℃85%

RH）にマシンを設置し、NN環境設定条件で画像サンプルを採取した。その結果がFig.40 HH_通常安定化実施前である。低濃度、中間調濃度、高濃度領域ともNN測定結果より濃度が高くなっていることがわかる。設置環境が変動した場合、制御を実行しなければ階調特性は変動することが確認できた。

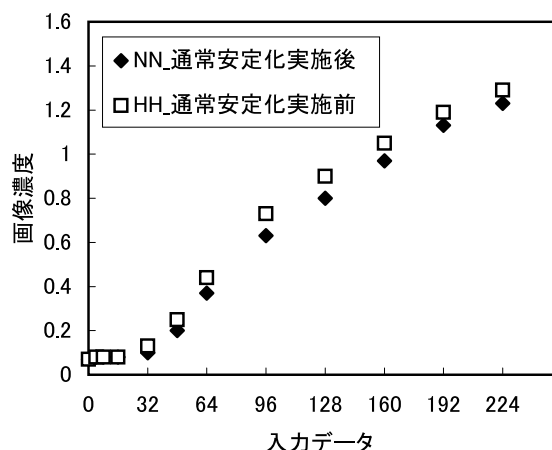


Fig.40 Tone fluctuation in the change of environment (Cyan)

次にHH環境で制御を実行し、各プロセスユニット部の制御パラメータを設定した。この設定条件で階調特性サンプルを採取し、画像濃度を測定した。その結果がFig.41 HH_通常安定化実行後結果である。低濃度、中間調濃度、高濃度全領域でNN測定結果とほぼ一致した特性を得ることができた。

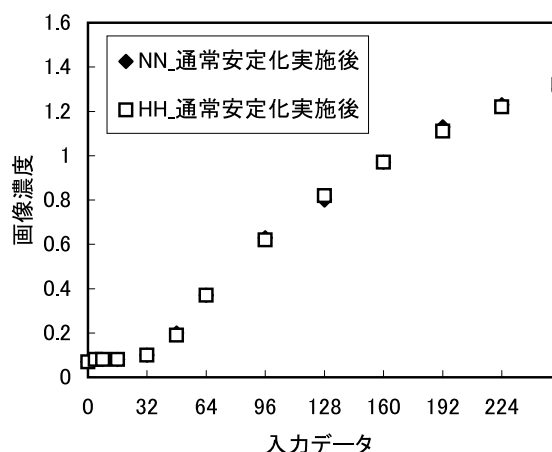


Fig.41 Tone fluctuation after execution of the image stabilization (Cyan)

上述の結果は、C、M、Y、K全色で得られた。またNN環境からLL環境（10℃15%RH）への変動に対しても同様の結果を得ることができた。さらに耐刷変動検証でも同様の結果が得ることができ、通常安定化処理での階調安定性確保に対して大いに自信を持つことができた。

②検証結果に対する考察

ではなぜ本案で前述のような結果を得ることができたのか考察を行った。我々はIDCセンサが転写ベルト上で検出しているのは、トナーによる隠蔽状態であると考えていた。そのような考えに至った検証結果をFig.42に示す。横軸は転写ベルト上トナー付着量である。左側縦軸は、転写ベルト上トナーパッチを検出したIDCセンサ出力であるが、0Vを0に、5Vを255とした規格化値である。右側縦軸は、Fig.43に示したトナーパッチ拡大写真を2値化処理して、トナーによる隠蔽率0%の状態を255に、隠蔽率100%の状態を0とした規格化値である。この結果からIDCセンサ出力と転写ベルト上トナー付着量による隠蔽率とは同様の特性であることがわかった。つまり、センサ出力は、転写ベルト上が隠蔽されていく状態を検出していると考えたのである。

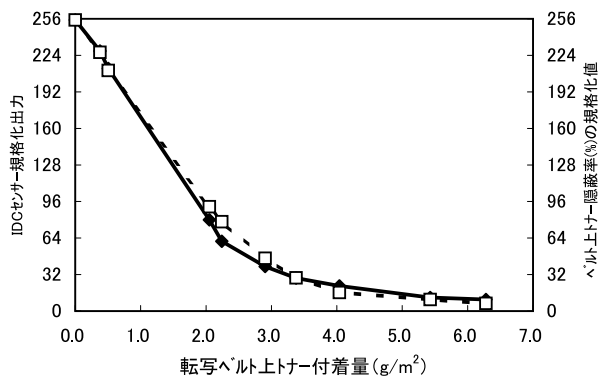


Fig.42 Characteristics of IDC sensor for toner mass detection on the transfer belt

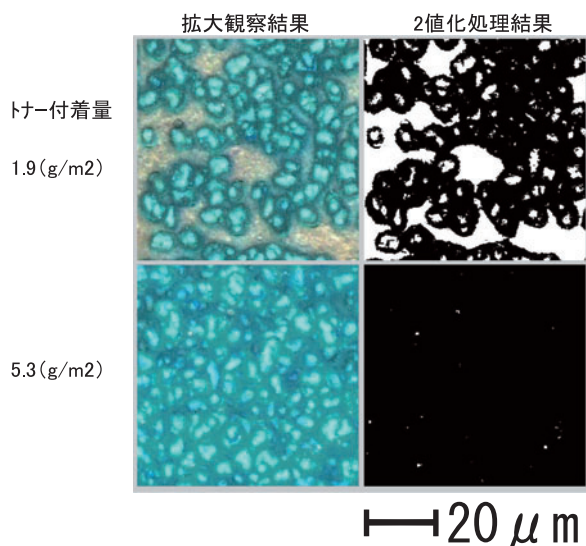


Fig.43 Photos of toner pattern and their respective binarized images

本案の線再現制御ではFig.44に示すような1 on 3 offのパターンをセンサで検出している。レーザー主走査方向

は、1 dot再現の繰り返しで構成していることで点再現の変動を、レーザー副走査方向は斜めではあるが1 dotを連続させる構成を採ることで線再現の変動を検出できていると考えた。

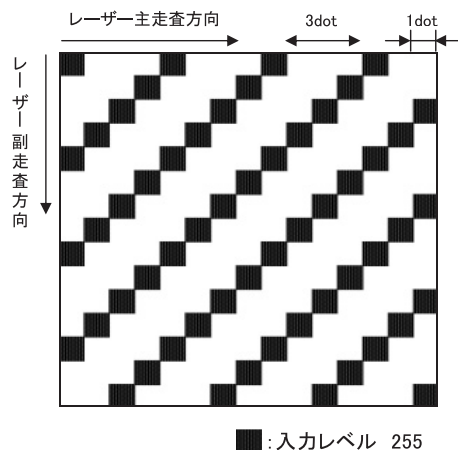


Fig.44 Example of the target pattern for line reproduction control

制御内では、複数のレーザー光量設定でパターンを作成し、IDCセンサ検出結果に基づいて狙いのセンサ出力となるレーザー光量を設定しているが、狙いのセンサ出力に制御するという事は、狙いの隠蔽率を制御していることになる。隠蔽率が制御できていれば、点再現、線再現が制御でき、その結果として前述の階調特性変動を抑制できていると考えている。

以上の結果から、我々は高生産性を支える技術として調整時間を短縮し、実行タイミングを最適化した画像安定化システムを搭載できた。

8 駆動技術

8.1 ACSの必要性

本マシンは、Fig.1に示し前述しているタンデム方式のカラープリンタであり、モノクロ印字モードとカラー印字モードの両方を有している。両モードは選択的に使用できるよう構成され、原稿の各ページのモノクロ/カラーをコントローラで自動的に判別し、混在プリント原稿に対しても、カラー原稿はカラーモードで、モノクロ原稿はモノクロモードで印字する。これを我々はACS (Auto Color Selection) と呼んでいる。モノクロ原稿はモノクロ印字ユニットのみで印字可能である。もちろんカラー印字モードであってもモノクロ原稿は印字可能であるが、その場合にはカラー印字ユニットはプリント可能な状態で駆動しつつも、印字には全く使用しないかあるいは黒1色を不必要に4色で印字するかのどちらかである。ACSはモノクロ印字時には動作しなくてもよいカラー印字ユニットを停止させ、使わなくても良いものをあえて

使った場合との差に値するカラー印字ユニットの消耗を低減することを目的としている。

モノクロ印字時にカラー印字ユニットを停止することでカラー印字ユニットの余分な消耗を抑えれば、カラープリンタでのモノクロ原稿のプリントコストをモノクロプリンタのプリントコストに極力近づけることができる。そうなれば、お客様にとってモノクロプリンタとフルカラープリンタの両方を設置して、原稿に応じて出力先を選択することは不必要となり、ほとんどの原稿をフルカラープリンタで出力していただいても、プリントコスト面でも特に問題を感じないはずである。

したがって、お客様に訴求力のある1枚当たりのプリントコストの観点からみて、原稿に合わせ印字モードを切り換えるACSは、お客様にモノクロプリンタの置き換えにカラープリンタを選択していただくためには必要不可欠な技術である。

ただし、印字モード切り換え動作中は印字ができないため、印字モードの切り換え動作に一定以上の時間を要しているようでは、印字モード切り換えごとに発生する印字停止時間が増加し、実質的な時間当たりの印字枚数の低下が顕著となる。また印字停止時間中の走行によりプロセス部の負荷は増加するため、印字モードを頻繁に切り換えることは、時間ばかりか印字ユニットの消耗を却って進行させる結果となる。したがって、印字モードはできうる限り高速に切り換えることが絶対的に必要である。

8. 2 印字モード切り換え駆動構成

タンデム方式のカラープリンタでは原稿にあわせて印字モードを切り換える場合、カラー現像プロセスを印字に使う、使わないかで、カラーからモノクロあるいはモノクロからカラーに印字モードを切り換えている。モノクロ印字モード時のカラー印字ユニットの消耗を低減するという観点では、カラー印字ユニットの各感光体の駆動を停止して中間転写ベルトから離間し、同時にカラー現像器も現像プロセスを停止しておくことが理想的である。

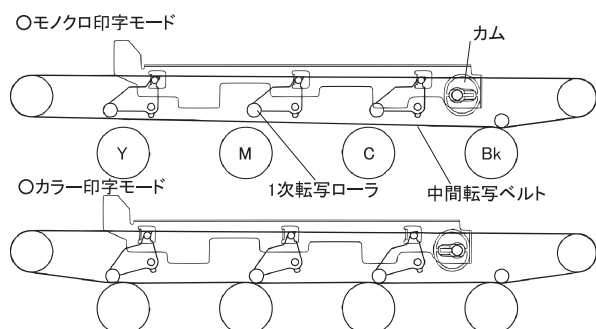


Fig.45 Variation between color and monochrome print mode

本マシンでは、Fig.45のようにY、M、Cのカラー感光体に対し、中間転写ベルトを離間・圧接することで印字モードを切り換えている。モノクロ印字モード時はカラー3色の1次転写ローラは圧接を解除し、退避位置に移動する。カラー3色の1次転写ローラは、カムを介して同時に駆動する。カムの駆動力は、図示しないが中間転写ベルト駆動モータから取っている。カラー印字モードへの切り換えは、逆に1次転写ローラを圧接している。同時にカラー印字ユニットの現像器を駆動させている。また、モノクロ/カラーの両印字モードで常に使用される黒感光体は離間・圧接を行わない。

従来機種では、中間転写ベルトの離間・圧接には専用のモータを使用していた。本マシンでは前述の構成をとることでよりコストを下げかつ高速な圧接・離間動作が可能である。本マシンでは離間-圧接および圧接-離間の切り換え動作時間とも約500msであり、従来の独立モータを使用する場合の1300ms、500msと比較してより高速な印字モード切り換えを達成した。

8. 3 振動減衰時間の短縮

印字モードを切り換えると、カラー3色の1次転写ローラの圧接・離間動作に伴い、各感光体外周部での当接物の有無により、機械的な接触状態に変化が生じる。これを起因としてFig.46に示したように、感光体には接触部から発生する直接振動とあわせ、接触による負荷の瞬間的な変化により感光体軸を中心としたねじり負荷変動が発生する。

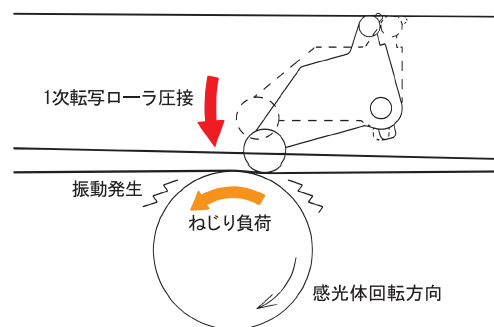


Fig.46 Load fluctuation causing variation to the photoconductor

振動中に印字プロセスを開始すると、アウトプットした紙上の画像にはカラー各色間での色ずれや転写ずれといった画像ノイズが現れる。これを避けるため、振動減衰まで印字開始時間を延期している。この時間を短縮することはいかに振動を抑えるかにかかっている。

カラーからモノクロへの印字モードの切り換えでは、前述の通り黒の感光体と中間転写ベルトの圧接は維持しており、負荷変動は発生しない。カラー感光体はモノクロ印字モードでは使用しないため、振動は問題にならない

い。中間転写ベルトは、部分ごとに張力の差の差があり、共振周波数は異なるが、本マシンでは40～60Hzの範囲であり、感光体の共振周波数とはかけ離れており問題にならない。

モノクロからカラーへの印字モードの切り換えでは、印字に使用する各カラー感光体に1次転写ローラが圧接することで振動およびねじり負荷変動振動しており、振動減衰までの時間が問題となる。速やかに振動を低減することが重要である。本マシンで搭載した主な技術を以下に説明する。

①駆動分割

モノクロ印字モードではカラー感光体の回転を停止するため、黒の感光体とカラー感光体は別々のモータで駆動している。また各カラー感光体に入力された振動、ねじり変動に対しての挙動を合わせるには、YMCの感光体はそれぞれの駆動モータに至るギア系列を全く同じギアで構成することが望ましい。

本マシンでは、コストの制約のためYMC感光体を1つのモータで駆動している。距離と位置関係からY感光体のみギア系列およびギア段数が異なる。Fig.47中のアイドルギアのピッチ円周長を、図示した感光体上の露光ポイント～1次転写ポイントまでの距離の整数倍とすることで、感光体露光時と1次転写ポイントでアイドルギアの同じギア歯をかみ合わせ、ギア段数増加の影響を最小限に抑えている。

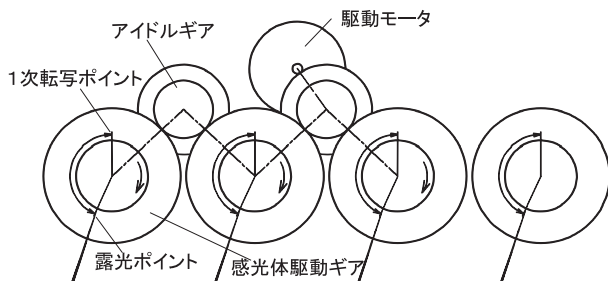


Fig.47 Layout of transmission for driving photoconductors

②かみ合い周波数

感光体の駆動系ギア同士のかみ合い周波数が感光体振動の共振周波数に近い値であると、駆動系からの感光体共振を誘起する要因となる。感光体の共振周波数に対して、感光体駆動ギアの歯数を大きくすることで、ギアの歯数×ギア回転数（rpm）で決まるかみ合い周波数を感光体駆動系全体で共振周波数に対して2倍以上高くなるように設定し、駆動系による振動影響を避けている。

③感光体駆動の連結部材強度

感光体ユニットはお客様の操作にて機外に持ち出されるため、本体駆動ギアと感光体軸はFig.48に示した連結部材で駆動結合している。ねじり負荷変動に対し、連結部材の歪みが大きいと各感光体の位相がずれ、出力された

画像に色ずれ・転写ずれが発生する。振動減衰性を考慮してカップリングは樹脂で形成している。CAE強度解析の結果、10GPa以上の曲げ弾性率であれば、連結部材でのねじり負荷による位置ずれは感光体表面上での距離に換算して30μm以下となり、視覚上の影響は感じられないレベルである。

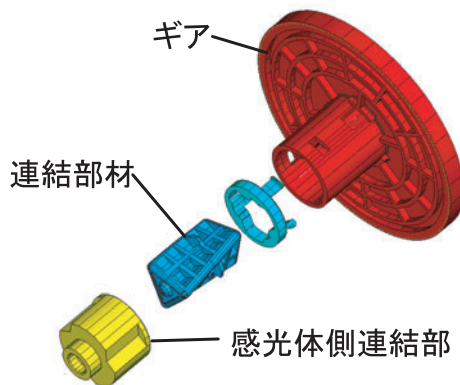


Fig.48 Couplings for photo conductor and drive source

以上の振動・負荷変動抑制策を搭載することで、本マシンは印字モード切り換え時の負荷変動入力に対しほとんど共振を起こさずに振動減衰している。印字停止時間は単純な振動減衰時間のみの200msに抑えた。その結果、高速な印字モード切り換えを達成している。

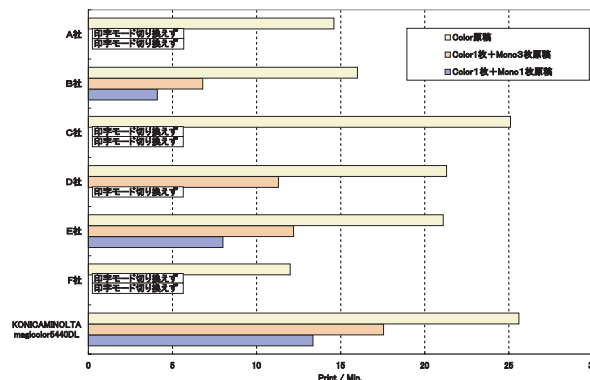


Fig.49 Comparison of effective print speed for mixed mode among A4 printers on the market

8. 4 高速ACSの効果

以上の結果、本マシンはモノクロ印字時のカラー印字ユニットの消耗を極力抑さえた高速ACSを実現した。Fig.49に示したように、カラー/モノクロ混在プリント原稿の混在比率を問わず、印字モードを切り換えた上で生産性の低下を抑え、他社に優る生産性の確保を達成した。

9 まとめ

2004年、我々は様々な技術開発に成功し、フラッグシップ機としてmagicolor5400シリーズの市場投入に成功した。プロセスユニットにおいては、従来の画像品質を維持しながら高速化と2倍以上の長寿命化技術を獲得し、かつトナーホッパーと一体構成とすることで小型化とお客様の操作性の大幅向上を実現できた。定着ユニットにおいては、ベルト定着方式の採用によりコンパクト性を維持しつつ、業界トップレベルの高速ウォーミングアップと高速定着性能を実現できた。転写ユニットにおいては、従来の画像品質を維持しながら1/2以下の小型化と2倍以上の長寿命化を達成できた。レーザ光学ユニットにおいては、自由曲面のレンズなどを駆使し業界トップレベルの小型化を達成できた。いうまでもなくこれらの小型化技術により本マシンは業界トップレベルのコンパクト構成を実現できている。また画像安定化においては、業界トップレベルの短時間調整制御を獲得し、大量印刷時の生産性を向上させ、かつ印刷までの待機時間を大幅に低減することができた。駆動技術においては、高速でのカラー・モノクロモード切替技術を獲得し、お客様の生産性を損なうことなくお客様の負担する実質的なコスト削減を実現することができた。

現在magicolor5400シリーズは関係者の大いなる努力により世界各地で好評をいただいております。我々はこれらの技術の提供を通じお客様の価値向上を図るとともに、本製品を通じ社会の生産性向上に助力できていると信じている。

今後もお客様への実質的な価値向上に向けて、新規技術開発とタイムリーな提供に取り組んでいきたいと考える。

10 謝辞

本製品の品質確保にご尽力いただいた、コニカミノルタビジネステクノロジーズ㈱機器開発本部画像技術開発部福田様はじめ関連する開発者の方々、同機器開発本部機器第2開発センター岩橋様はじめ関連する開発者の方々、同機器第3開発センター村上様・和納様はじめ関連する開発者の方々、同品質統括部製品評価部榎本様はじめ関連する評価者の方々、同生産本部製品化センター原田様はじめ関連する技術者の方々にこの場をお借りして深く感謝し致します。

● 参考文献

- 1) 後藤浩, 村内淳二, KONICA MINOLTA Tech. Rep., Vol. 3 44 (2006)
- 2) “ベルト伝動の実用設計”, ベルト伝動技術懇話会編, 養賢堂 (1996)
- 3) 情野國城, 弓削静雄, 上村正雄, 日本画像学会誌, 40, 320 (2001)
- 4) 稲垣義弘, 特開 2004-117865
- 5) 大柳泰介, 松本安弘, 藤本章弘, KONICA MINOLTA Tech. Rep., Vol. 1, 99 (2004)