

捺染用インクジェットプリントシステム

— Konica Nassenger KS1600 II —

Inkjet Textile Printing System — Konica Nassenger KS1600 II —

加 藤 孝 行*

Katoh, Takayuki

川 島 保 彦**

Kawashima, Yasuhiko

本 多 広 行*

Honda, Hiroyuki

The inkjet textile printing system "Nassenger KS-1600 II" developed by Konica are practically used. This system has features and mechanism of the head driving frequency 20kHz, the high quality inks and the good fabric feed unit. At the printing speed 10m²/hour, the black print fabric of L*value 20 is obtained by color-development. The stretch fabric is also available by this fabric feed unit.

1 はじめに

1. 1 捺染市場の現状

液体をデジタルで制御できるインクジェットは産業用途として注目を浴びている。特に捺染業界における期待は大きい。現在、国内及び欧州の生産者は従来スクリーン捺染などによる生産を安価な中近東や中国などへシフトさせている。一方、高級品は自国内で生産しようと試みている。これは、最終顧客の考え方が必需品と嗜好品との2つに分かれ、必需品としての衣服やインテリアには、より安価なものを求め、嗜好品に対しては個性的で高級感のあるものを求めていることにある。つまり、国内及び欧州の生産者は、高付加価値商品に特化し斬新なデザインが可能なインクジェット捺染へシフトせざるを得なくなっている。現にデザインの大半はデジタル化され、従来捺染では不可能なグラデーションを含んだものが主流となりつつある。

また、近年の捺染業界は販売効率アップを狙い在庫圧縮を進めており小ロット化と短納期化を求めている。捺染用インクジェットはデジタル処理しプリントを行うので短納期化に対応でき在庫レス化が可能でありこの点も大いに着目されている。さらに、必要な部分のみ染料や顔料を付着させるので廃液などが格段に少なく、かつ消費電力など種々の点で厳しくなった環境問題にも十分に対応できる¹⁾。

1. 2 捺染のデジタル化

1976年にZimmer社がFig. 1に示すクロマトロニック方式を開発した。このシステムはベルト上でモケット(布帛の一種、カーペット等に使用)を間欠的に移動させ、停止状態で可動染料液ユニットがモケット移動方向に対し垂直に移動し、電磁弁でジェットノズルをコントロールしインクを吐出するものである。その後、インクジェットの出現により高精細な画像形成が可能となり一般布帛への印捺が可能となった。1993年に、鐘紡とキャノンは

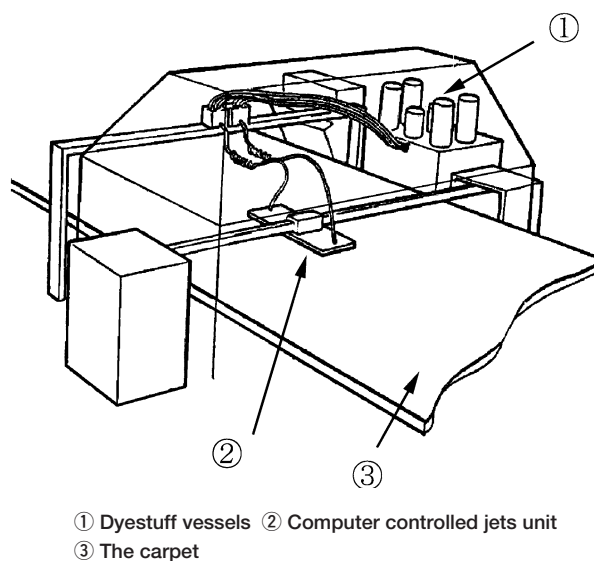


Fig.1 Diagram of the Chromojet Carpet Printing System

布帛用BJプリントシステム²⁾を開発した。このシステムはデジタル画像を毎分1mの速さで印捺ができ3.8×6.4×1.7m、重量7tを有した本格的なデジタルプリント生産装置である。また、1997年に、コニカと住江織物は、微細なノズルを有するインクジェットヘッドに対応した分散染料のインク化と高粘度対応のヘッドの実用化に成功し、ポリエステル繊維へのデジタル捺染を可能にした^{3) 4)}。

現在、発表されている捺染用インクジェット装置は、インクジェットの心臓部であるヘッドが、熱又はバブルジェットのDOD方式、圧電素子によるピエゾ方式及び連続射出のCIJ方式の3種類でそれぞれに長所と短所があり、その目的によって使分けがなされている⁵⁾。色形成方法においては、Y、M、C、Kのインクを基準としたプロセスカラーが主流である。その他の方法として従来捺染で使用する安価な染料を使用し有版捺染単色カラーデータを用いて、インクジェット捺染と従来捺染での色を容易に一致できるようにした事前混色法による色形成方法も提案されている⁶⁾。

* 技術センター IJTセンター 第3開発グループ
** 技術センター IJTセンター 第1開発グループ

2 捺染用インクジェットNassenger II型の主要技術

以下にコニカが開発した捺染用インクジェットプリントシステムの主要技術について述べる。

2. 1 システム設計

インクジェットによる紙と布帛のプリント上の相違は、現行の印刷と捺染の違いに一致していると考えて良い。印刷は、平滑な表面構造を持つ紙に文字や模様を表現する技術として発展し、捺染は粗面で多孔質な布帛（繊維集合体）に模様を表現する技術として発展してきた。捺染の印捺方式は印刷同様に版方式が利用され、その版も凸版、凹版、孔版、平板など印刷と同様な方式が採用されている。捺染と印刷の大きな違いは色の深みである。印刷の場合は媒体の表面部分のみの着色で十分な効果が発揮できるのに対して、布帛の場合は深みを出すために繊維の内部までインクを浸透させる必要がある。さらに、発色後の洗いによって未染色染料が流れてしまう。Fig. 2は数十種類の図柄をそれぞれ紙用と布用のL*a*b*形式で色変換した後、それぞれの専用プリンタで出力した場合のインク付着量分布を示した。なお、この時用いた布用インクは紙用に比べて2～4倍程度染料濃度が高いものを使用している。図より紙用プリンタのインク付着量は10ml/m²以下に分布しており、同じ色を出すためには布用では平均約4倍のインク量が必要なことがわかる。つまり、捺染用のプリンタは、紙用プリンタのインクに比べて捺染用のインクは吐出量を多くし、かつインク濃度を高濃度化する必要があることがわかる。

次に解像度について述べる。インクジェットでの濃度変化は基本的には面積変調により中間調を再現する。つまり、ドットの大きさは固定であるがドットの数を変える。現在の紙用プリンタは、濃淡のインクを用いかつ視認限界域以下の最小ドットを用いてドットの大きさも可変させ粒状感を低減し写真画質に近づけている⁷⁾。これは、平滑な表面構造を持つため、光の反射が強く、ドッ

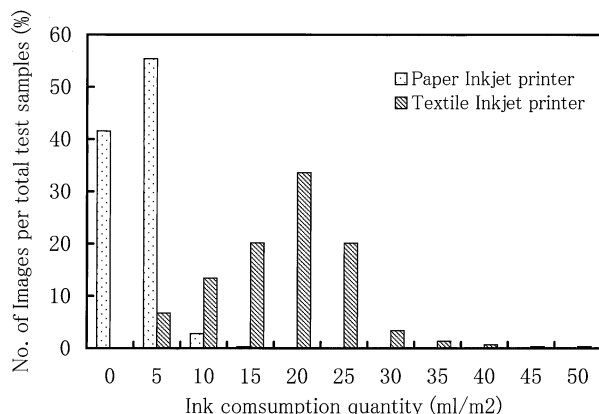


Fig.2 Ink distribution of various images using two kinds of printers.

トが強調されてしまうためと考えられる。つまり、高い解像度が必要となっている。一方、捺染では細線を描くための解像度は必要であるが、粒状感に関しては紙用プリンタのレベルまでは必要ではない。布帛の表面は粗面で多孔質であり反射光がランダムとなり、高い解像度が認識できないためである。さらに、布帛には織りの空隙がありインクドットが小さい高解像度では織りの空隙を通過してしまうためである。つまり、捺染インクジェットシステムでは解像度は細線を重視して考えれば良い。衣服などの遠距離でデザインを見る場合には、細線から考えて、720dpi以下、つまり実際の細線では0.05mmで十分であり、現実的には540dpi (0.07 mm) 以下であれば十分で、また最小解像度は260dpi (0.14mm) 以上あれば良い。

産業用としてインクジェットを考えるに当たり重要なことは生産性である。インクジェットのプリント速度はヘッドの駆動周波数とノズル数及びドットの解像度で決定される。ヘッドが搭載されるキャリッジの加減速を考慮した解像度300dpiでの速度をFig. 3に示す。図よりわかるように、プリント速度を上げるためにはノズル数を増やせば良い。しかしながらこの考えでは大きな問題が生じる。不出射ノズルの生じる確率が高くなることである。つまり、欠陥プリントの確率が高くなることである。プリント速度は20KHz駆動と5 KHz駆動では約2.5倍も異なる。つまり同じ速度では20KHzのヘッドを使用すればノズル数を25%に抑えられる。産業用として開発するに当たり安定性を考慮して、この程開発したインクジェット捺染用ヘッドは20KHzで駆動できるように設計している。

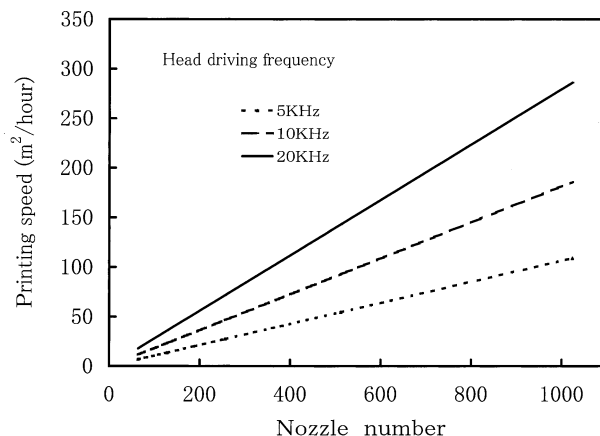


Fig.3 Textile Inkjet printing speed

2. 2 捺染用インクジェットインク

捺染用インクジェットインクは、粘度、表面張力という基本特性だけでなく、布帛やヘッドとのマッチングも考慮に入れて設計しなければならない。布帛と使用染料の関係をTable 1に示す。

綿やレーヨンなどのセルロース繊維には反応性染料が適している。反応性染料は繊維に対して主に共有結合で

Table1 Types of fabric and inks

	Cotton/Linen /Rayon	Silk/Nylon /Wool	Polyester /Acetate
Dispersed dyestuff			◎
Reactive dyestuff	◎	○	
Acid dyestuff		◎	
Pigment	○	○	○

染着する。したがって、水素結合で染着する直接染料よりも一般的に染色堅牢度が優れている。また、発色部分と反応部分を機能分離させているため、同一骨格で分子設計しなければならない直接染料よりも良好な色相が得られるといったメリットも有している。ビニルスルホン系、モノクロルトリアジン系が代表的な反応性染料である。一般的に染着性ではビニルスルホン系が優れているが、インク保存安定性では、モノクロルトリアジン系が優れている。

絹、ナイロン及びウールなどのアミノ酸系の繊維には酸性染料が適している。アミノ酸のカチオン性基（４級アンモニウム塩）に対して、酸性染料が有するアニオン性基（スルホ基等）がイオン結合する。堅牢度の優れた酸性媒染染料も知られているが、クロム塩を含むために環境面から捺染用インクジェットインクとしては敬遠されている。また、反応性染料でも絹やウールなどに染色できるが、この場合の反応はアミノ酸のアミノ基等に対する共有結合であり、染色条件にもよるが、綿よりも反応性は低下すると言われている。

ポリエステルは、エチレングリコールとテレフタル酸を重縮合した線状高分子であり、主鎖にベンゼン核が規則的に存在する。そのため疎水的で、直接染料をはじめ、反応性染料や酸性染料など従来の親水性染料では染色できない。ポリエステル用の最適な染料は分散染料であり、布帛へ物理的に拡散し、主に疎水-疎水ファンデルワールス力によって染着する。

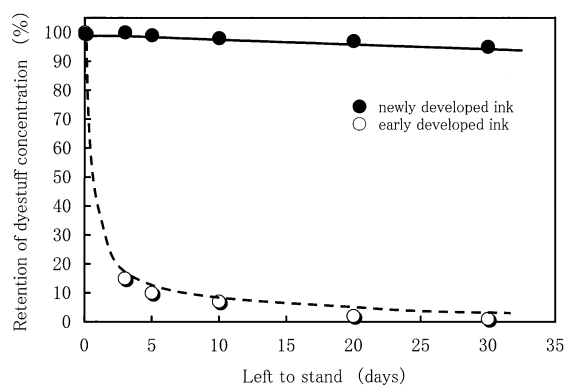
捺染用インクジェットインクは水系インクであり、その基本構成は紙用水系インクジェットインクと同じで

- イ) 染料、顔料などの色材
- ロ) 水
- ハ) 水可溶な有機溶媒
- ニ) 表面張力調整剤
- ホ) 防黴剤
- ヘ) pH 調整剤

などからなる。最終製品として高い染色濃度が必要なため、それを具現化するために、紙用インクジェットインクと比較してより高い色材含有量が求められる。色材含有量は、インク保存安定性、ヘッドからの安定出射とトレードオフの関係にあり、一般的に色材含有量を高くすると、インク保存安定性、出射性は劣化する。それをクリアーするためには高度なインク処方設計、技術開発が

必要であり、捺染用インクジェットインクの中でも不均一系インクである分散染料インクの技術開発負荷が最も大きい。

分散染料インクジェットインクの処方設計について簡単に述べる。アゾ及びアントラキノンが代表的な分散染料インク用の染料骨格であり、疎水性有機化合物である。これらを、染料に対する吸着性が優れた特殊な高分子分散剤を用いて、電気二重層とポリマーの立体排除効果を適切にコントロールすることで、紙用インクジェットインクよりも高濃度で且つ安定に分散させている。Fig. 4に、60℃の加速劣化試験による沈降データを示す。評価方法はサンプル瓶の上層部約1割を採り分光光度計によって染料濃度を測定し基準濃度と比較した。染料に適した分散剤と適切な分散剤量で処方したインクは開発初期のインクに比べて格段に改良されていることがわかる。



Acceleration test at 60℃
Fig.4 Sedimentation of the cyan ink

2. 3 布帛の搬送

インクジェット装置において、紙用と布用で異なるところは搬送方法である。紙は伸縮率が小さいが布帛は著しい。Fig. 5は、一定幅当りに加重した場合の伸び量を示す。紙では測定精度以下であるのに対して、デシン布では加重が300g/100mmで約60 μm伸びる。ストレッチ布においては加重が約100g/100mmで急激に0.2mmぐらい伸びてしまい搬送ごとに加重が変動して搬送量が異なる。

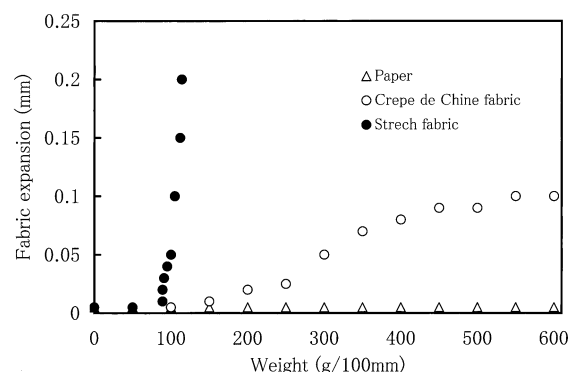
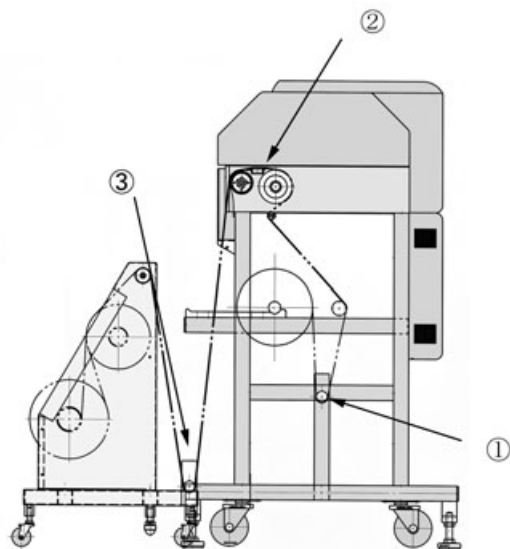


Fig.5 Fabric expansion



① The sensor unit of fabric feed
② The nip roller unit
③ The sensor unit of the winder

Fig.6 Diagram of the fabric transfer unit

その結果として搬送ムラが生じ白いスジ（バンディング）が発生する。

Fig. 6 は今回開発した布帛対応搬送ユニットを示す。

構成は布の送出し部に自動送出し機構をつけ、センサーにて常に一定の量を送出すものである。送出された布に一定のテンションを与え、布の伸縮を安定させている。布の横方向には主搬送部のニップローラをスパイラル状にして一定の伸びと皺取りの効果を与えている。プリント面での布の伸縮状態はプリント後の布の状態にも左右され、プリント後にも一定テンションが負荷されるようにセンサーで巻き取り量を調整している。この搬送ユニットと従来の方法による搬送精度を Fig. 7 に示す。横軸は同じピッチで搬送したときの搬送ピッチの数であり縦軸は搬送ムラ量である。通常の紙プリンタでの搬送では、布帛の伸縮のため、あるテンション以上で布帛が

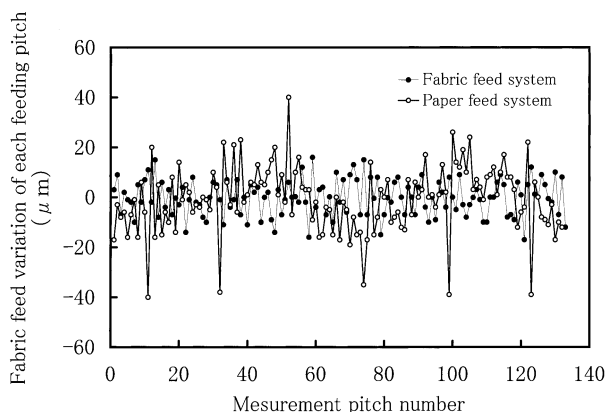


Fig.7 Fabric feed stability

伸びて搬送量が少なくなり、あるテンション以下では伸縮せずに搬送量が多くなる。したがって、Peak to Peak の値が大きくなりバンディングが生じる。一方、布帛対応ユニットでは、布帛の伸縮を事前に一定に抑えているのでPeak to Peak の値は小さくバンディングは生じない。

以上のように、困難とされていたスポーツウェアなどの伸縮性のあるストレッチ布帛の搬送が可能となった。

3 まとめ

デザインは着実にデジタル化した無製版のデザインへと移行し、国内外ともにインクジェット捺染システムが浸透してきている。Photo. 1 は、デザイナーとして著名なYoshiki Hishinumaさんが、今までにない革新的なプリントができることに着目され、『'01 Paris collection』において発表された作品の一例である。

インクジェット捺染は、デザインの許容度拡大はもとより在庫レス化に対応し、さらに環境問題に対しては従来の約20%のエネルギー使用量のみでプリントできる。今後、繊維・染色産業の囑望するところの高生産性のシステム開発に応えていかなければならないと考えている。

この写真の内容についてはお問い合わせ下さい

'01 Paris collection: Design Yoshiki Hishinuma

Photo.1 This design was made with the inkjet textile printing system

●参考文献

- 1) 北川修一、地球を救う環境マニュアル、繊維社、1999、p484
- 2) 蔵田満、三浦康、鈴木鋭一、Textile Art,2,(1997)
- 3) 加藤孝行、若杉雄司、松本和正、Textile Art,4,(1998)
- 4) 加藤孝行、染色工業、48、10、(2000)
- 5) Tincher W C, Text World, 149,11 (1999).
- 6) 北尾好隆、加工技術、11、35 (2000)
- 7) 米窪周二、インクジェット記録におけるインク・メディア・プリンターの開発技術、技術情報協会、2000、p161