

捺染市場におけるインクジェットプリンター技術

Inkjet Printing Technology in Textile Printing Market

竹内 節* 三 觜 拓* 樽 井 将 則*
Setsu TAKEUCHI Taku MITSUHASHI Masanori TARUI

要旨

布帛上へのパターン印刷を意味する捺染は主にスクリーン印刷により行われている。インクジェットプリンターによるデジタル印刷は2000年以前に始まっているもののデジタル化の進展は遅く、その比率は現在でも数%に留まっている。従来のインクジェットプリンターでは生産速度がロータリースクリーン印刷によるコンベンショナル捺染の数分の1程度であり、これがデジタル化への律速となっていた。近年、シングルパス印刷技術を応用した高速インクジェットプリンターが開発され、デジタル化への転換が加速されつつある。昨年開催された国際展示会（ITMA2015）においても各社よりシングルパス方式を採用した新プリンターが展示された。本稿ではコニカミノルタのシングルパスプリンターNASSENGER SP-1を例に、シングルパスプリンターに必要な技術を解説する。

Abstract

Pattern is printed onto fabrics mainly by analog means, screen printing. Digital printing by inkjet printer began around the end of 20th century, but its progress has been slow. Its ratio in the market has still remained in a few percent. Production rates in the conventional inkjet printer, even in the fastest ones, were less than 10% of the screen printers. The small productivity limited the progress of digitalization. Recently a high-speed inkjet printing technology, so-called "single pass printing technology," has been developed. The technology has made the inkjet printer much faster in production rate, and it is expected to accelerate the conversion from analog to digital.

In this paper, we will explain technical points of the Konica Minolta's latest inkjet printer, NASSENGER SP-1, as an example of the single pass printer.

*インクジェット事業部 開発部 第3開発グループ

1 はじめに

布帛上へのパターン印刷を意味する捺染は主にスクリーン印刷により行われており、生産量は全世界でおおよそ一年間に300億m²と言われている。インクジェットプリンターによるデジタル印刷は1990年代の終わりに始まっているもののデジタル化の進展は遅く、その比率は現在でも3%程度に留まっている。従来のインクジェットプリンターでは印刷速度がロータリースクリーン印刷による従来の捺染の数分の1以下であり、これがデジタル化への律速となっていた。近年、画像の高品質化と共に高速化へのニーズが高まり、シングルパス方式を採用した高速インクジェットプリンターが開発された。本方式では従来技術の中で最も高速であるロータリースクリーン方式と同等以上の生産性を可能としている。本稿では昨年開催された国際展示会（ITMA2015）に展示された各社の新プリンターを紹介し、コニカミノルタのシングルパスプリンター NASSENGER SP-1を例に、シングルパスプリンターに必要な技術を解説する。

2 捺染用インクジェットプリント技術の特徴

捺染は布を対象としており、紙を対象とする一般的なインクジェットプリントとは異なる特徴を有する。初めにインクジェット捺染の特徴を以下に解説する¹⁾²⁾³⁾。

1) 多種、多様な布種への対応が必要

プリント対象となる布帛は、糸の種類、太さ、撚り、織り方・編み方の組み合わせが無限に考えられ、実際に身の回りの様々な捺染商品を見ると、衣服はもちろんのことスカーフのような薄手の素材からタオルやカーペットのような厚手の素材、水着のような伸縮性の素材、カーシートのような剛直な素材等、非常に多くの布種が用いられていることがわかる。

インクジェットプリントでもこのような多種・多様な布種を安定かつ高精度で搬送し、滲みのない高品位の画像を形成することが求められる。

2) 布種毎にインク（染料）が異なる

布帛（繊維）の種類によって反応する染料が異なるため、Table 1 に示すように最適な染料種のインクを選択する必要がある。

Table 1 Matching of dyes and fabrics.

	Cotton, Linen, Rayon	Silk, Nylon, Wool	Polyester, Acetate
Reactive dye	✓	✓	
Acid dye		✓	
Disperse dye			✓
Sublimation dye			✓
Pigment	✓	✓	✓

大まかに言うと、綿やレーヨンなどのセルロース繊維には反応性染料、絹、ウール等の動物系の繊維には酸性染料、ポリエステルやアセテート等の合成繊維には分散染料・昇華染料が適している。また顔料はバインダーを用いて繊維表面に固着するものであり、顔料そのものが繊維に固着していないので堅牢性の確保が難しい。一方布種の制約が少なく染着のための後処理を必要としない利点があり、技術開発が進められている。

反応性染料、酸性染料は水溶性の染料であり、インク中に均一に溶解している。一方、分散染料・昇華染料は油溶性の染料を微結晶状態でインク中に分散したものであり、顔料インク同様、不均一系のインクである。捺染用にインクジェットプリンターでは均一系・不均一系どちらのインクも安定に射出する必要がある。

3) 前処理、後処理の必要性

インクジェットによる捺染では、布の前処理を必要とする点で従来の捺染と大きく異なる。従来の捺染では色材を捺染糊に混合してスクリーン方式などにより捺染することが一般的である。捺染糊は色材の浸透性を制御し有効に付着させるための糊剤と、染着に必要な助剤が配合されている。「糊」の文字が示すように捺染糊は粘度が高く、そのままではインクジェットヘッドより射出することができない。そこでインクジェットプリントにおいては、色材成分のみをインクに配合しておき、他の機能性材料成分をあらかじめ布帛上に塗布しておく「前処理」操作が必要となる。

また、プリント後の色材を繊維中に固着させるために加熱発色操作が必要となる。その後前処理で塗布した機能性材料や未固着の色材を除去する洗浄処理が必要となり、これらを合わせて「後処理」と称する。この点が紙へのプリントとは大きく異なる。

上記の通り捺染用インクジェットプリントでは従来の捺染とも紙へのインクジェットプリントとも異なる要件を必要とされており、1990年代の終わりに捺染用インクジェットプリンターが登場して以来、様々な技術開発が行われてきた。その結果、ここまで述べてきた課題についてほぼ解消することができ、イタリアなどの高品位が要求されるブランドにも採用されるレベルに到達した。しかし従来のスキャン方式のインクジェットプリンターでは印刷速度が遅く、ロータリースクリーン印刷による従来の捺染の数分の1以下であった。近年、プリントヘッドをメディアの横幅に並べて固定するシングルパス方式のインクジェットプリンターが開発され、デジタル捺染へも応用されるようになった。本方式はロータリースクリーン方式と同等以上の生産性を可能としており、一気に捺染のデジタル化を加速するものとして期待されている。

4) ITMA2015について

ITMAとは繊維・捺染産業界における最大の国際展示会であり、4年に一度ずつ開催され、最近では昨年、イ

タリア・ミラノにて開催された⁴⁾。捺染に留まらず製糸から染色、縫製にいたる繊維に関連するあらゆる機械が展示されており、昨年開催されたITMA2015には全世界47カ国・地域から1650社以上が出展した。デジタル捺染に関してはコニカミノルタ、エプソン、ミマキエンジニアリング等の日本のプリンターメーカー、MS Printing Solutions, SPG Prints, EFI Reggiani等の欧州のプリンターメーカー、多数の中国のプリンターメーカーがインクジェットプリンターを展示していた。これらの大部分はスキャン方式のプリンターであったが、複数のメーカーからシングルパス方式のプリンターも発表・展示されていた。概要をTable 2にまとめる^{5) 6) 7)}。シングルパス方式にはスキャン方式とは異なる技術課題があり、次項にて搭載されている技術を紹介する。

Table 2 Single pass digital inkjet textile printing machines.

Manufacturer	Machine	Print head	Number of colors	Max. speed
MS Printing Solutions	MS LaRio	Kyocera KJ4B	6-8 colors	75 m/min
SPG Prints	Pike	Fuji Dimatix Samba	6 colors	90 m/min
Konica Minolta	NASSENGER SP-1	Konica Minolta New Head	6-8 colors	6400 m ² /h
Atexco (Honghua)	Vega One	Fuji Dimatix Samba	4-8 colors	-

3 最新デジタルテキスタイルプリンターの技術紹介

シングルパス方式を採用したインクジェットプリンターは従来のアナログ印刷機の中で最も高速であるロータリースクリーン方式と同等以上の生産性を可能としている。シングルパス方式では高速印字の実現に加え、高画質の確保を目的に新たな技術が必要となる。シングルパス方式を採用した最新のデジタルテキスタイルプリンター NASSENGER SP-1 を例に、高生産性と高画質を可能とする技術について解説する。

3.1 NASSENGER SP-1 について

NASSENGER SP-1 はシングルパス方式を採用しており、1時間あたりの最高速で6,400m²の布帛上に印刷することが可能である (Fig. 1)。

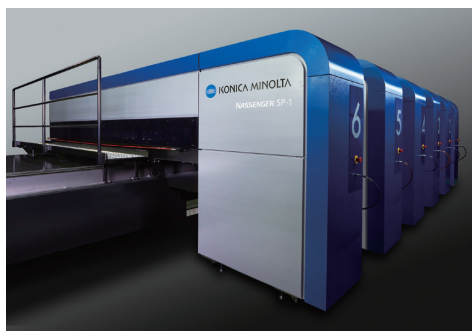


Fig. 1 Single pass digital inkjet textile printing machine NASSENGER SP-1.

これは従来のロータリースクリーン印刷機にも匹敵する生産性を有し、かつデジタルの特性を活かして多くの工数を必要とするスクリーン版の取り替え等の手間が大幅に軽減できることは言うまでもない。しかしそれゆえに、品質の悪化やエラー、あるいは故障による修理・交換・調整などによる、印刷以外の目的で装置を停止・専有する時間、すなわちダウンタイムがユーザーの生産スケジュールに大きなインパクトを与えることになりかねない。

そこでNASSENGER SP-1では、インクジェットプリンターならではのダウンタイムを軽減する機能を複数盛り込んでいる。本節においてそれらのうちいくつかについて紹介する。

3.2 機械構成によるダウンタイムの軽減

3.2.1 布浮検知、ジャム検知

今までのスキャン方式のインクジェット技術では、布のほつれ、シワなどで生じる布の有害な浮きが発生した場合、印刷を中断し、有害な浮きを直す。または、その箇所をキャリッジが通過するまで送ってから印刷を再開する必要があった。NASSENGER SP-1では印刷を中断することなく、布の浮きを当該箇所だけヘッドの土台(キャリッジ)が退避し印刷し続け、生産時間のロスを無くしている。またヘッド破損による機械のダウンタイムを軽減するため、各色に異物や布浮きを検出するジャム検知機構を備えている。

3.2.2 ヘッドの交換性向上

今までインクジェット技術ではインクジェットヘッドの交換は容易ではなく、交換のためにダウンタイムが生じ、生産性が失われていた。NASSENGER SP-1では布浮き検知やジャム検知でヘッド破損を防止し、また後述するノズル欠補完によりヘッドの交換頻度を軽減させているが、どうしてもヘッドの交換が必要な場合についてはヘッドの交換性を向上させることでダウンタイム軽減を図った。インクジェットヘッドをモジュール化した上で、調整不要な取り付け構成を構築している (Fig. 2)。

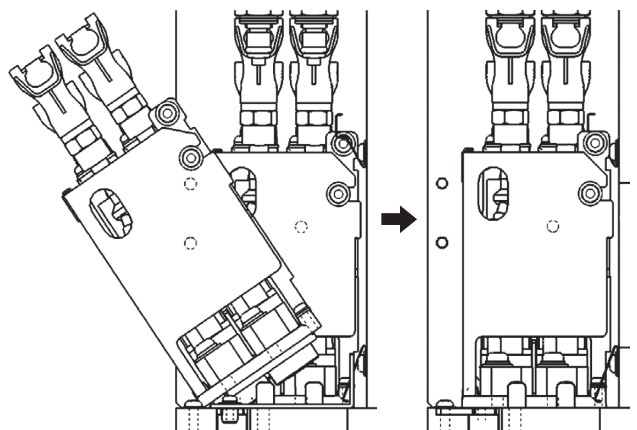


Fig. 2 One-touch mounting mechanism of the print head.

また、インクジェットヘッドを搭載するキャリッジへアクセスが容易になるように色ごとに作業台（キャットワーク）を設け、更にはキャリッジのカバーは開閉が容易な昇降窓を採用し、交換にかかるダウンタイムの軽減を達成している (Fig. 3)。

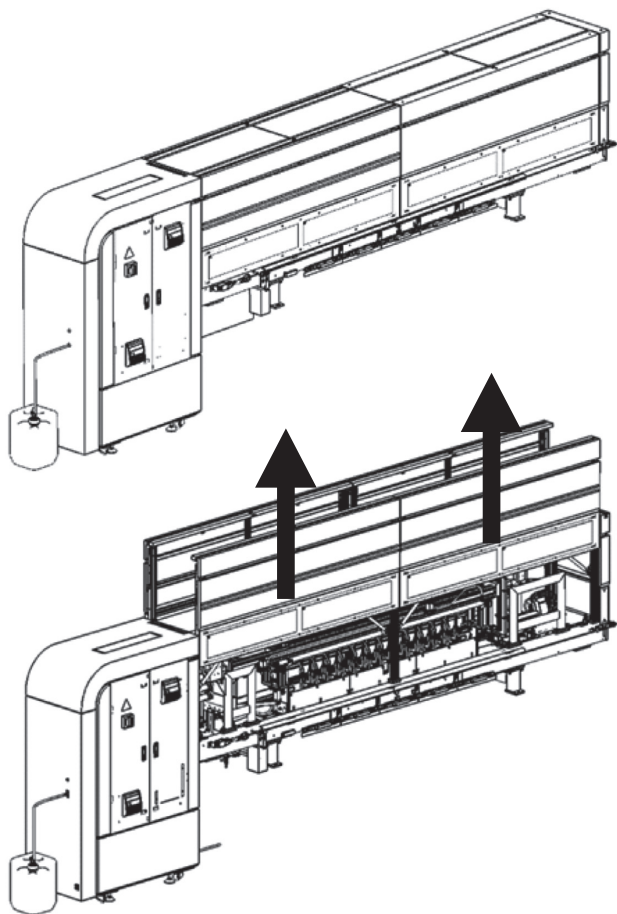


Fig. 3 "Rising Shutter" - lifting window for print head maintenance.

既存のインクジェットヘッドでは、印刷し位置調整を行う必要があるが、モジュール内に位置出しの構成を含めることで、位置調整する時間を軽減した。またNASSENGER SP-1は、ヘッドの着脱をばねによる押当て力を用いることでワンタッチにし、取り付け時間の軽減を実現している。

3.3 画像処理・補正によるダウンタイムの軽減

3.3.1 カメラスキャンによる着弾ズレ補正

シングルパス方式は、印画メディア幅全体をカバーするための必要な数のプリントヘッドを並べ、印刷を行う方式である。これをすべての色毎に必要とするため、その数は膨大なものとなる (NASSENGER SP-1では、例えば印刷幅1,600mmの6色モデルで、162モジュールのプリントヘッドを必要とする)。そのため設置時、およびプリントヘッド交換時の調整工数は膨大なものとなる。一方でこの調整を怠ることでヘッド間の着弾ズレが発生してしまい、鮮鋭性や色ムラなどの原因にもなり、稼働後の画質トラブルによるダウンタイムは免れない。

NASSENGER SP-1では、調整チャートの印画結果をメディア全幅において、可動式のCCDカメラによって撮影し (Fig. 4)、画像処理を行うことで各ヘッド間の着弾ズレ量を測定することが可能である。実際のジョブ印刷の際にはこのズレ量を補正して使用するノズル範囲の変更、吐出タイミングの調整を行う。これにより、ジョブ印刷での着弾ズレ量を大幅に低減することで、各種の画質トラブルを回避することが可能となった (Fig. 5)。

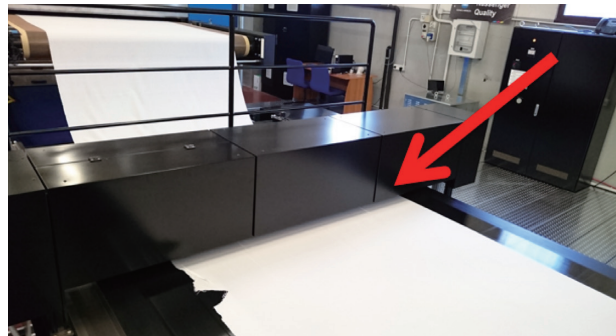


Fig. 4 Image alignment function by camera unit.
Built-in CCD camera unit scans test patterns for head-alignment.

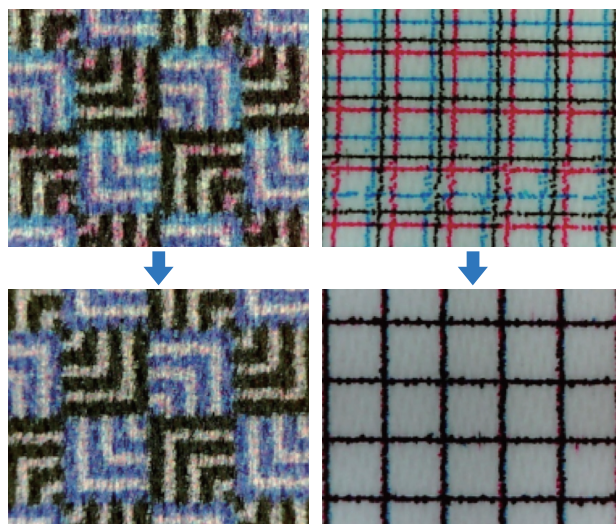


Fig. 5 Effects of image alignment correction - fine pattern.

この機能は事前に行うわずかな印画とカメラスキャンの時間を要するだけで、メディア搬送方向、ヘッドノズル列方向のいずれに対しても、着弾ズレを極限まで抑えこむことが可能であり、設置時やプリントヘッド交換時の工数、すなわちダウンタイム軽減に大きく寄与している。

3.3.2 シェーディング補正

プリントヘッドから吐出される液量は、固有のパラメーターや温度変化を想定したテーブルによって駆動電圧の補正を行うことで概ね一定には保たれるものの、個体差によってわずかな液滴量の違いが生じ、局所的に濃度ムラが生じることがある。また、プリントヘッドによっては経時的な劣化によって初期の液量に変化し、濃度変化を生じることがある。

NASSENGER SP-1では調整チャートの印画結果をやはりカメラによって撮影し画像処理を行うことで、プリントヘッドごとの階調特性を測定することが可能であり、それに応じた補正を施す、シェーディング補正機能を搭載している。これによってメディア幅全体において、特定の階調だけでなく、すべての階調においてプリントヘッド間の階調特性を揃えることが可能となり、濃度ムラを抑制できるようになった (Fig. 6)。

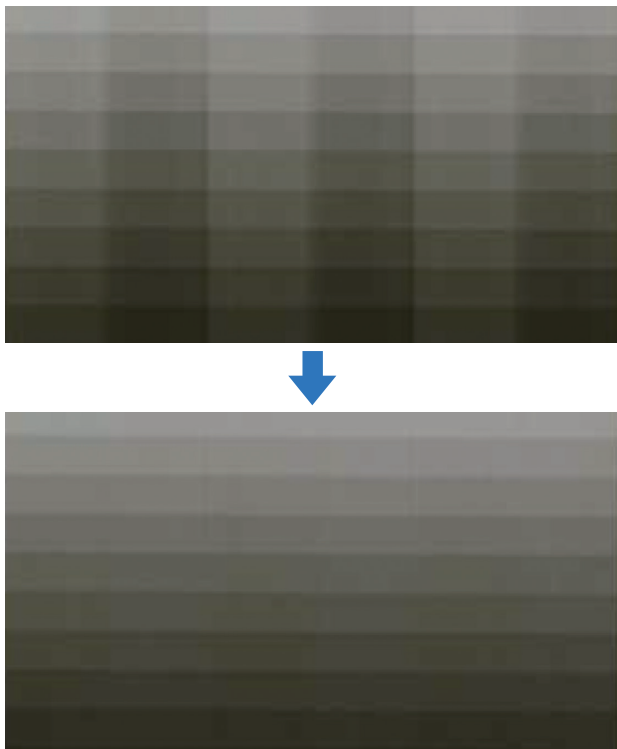


Fig. 6 Effects of image alignment correction - density unevenness.

プリンターの設置時、もしくは特定のプリントヘッドを交換する際に、あるプリントヘッドと周辺のプリントヘッドとの濃度差が生じたとしても、この機能によって濃度ムラを抑制することができる。

3.3.3 ノズル欠補完

インクジェットプリンターには、ノズル欠による白スジはつきものである。しかし、画像品質上その白スジですら許容されないことも多く、かつシングルパス方式ではスキャン方式のようなマルチパス効果も期待できないことから、最悪の場合プリントヘッドの交換をせざるを得ない。膨大なノズル数を有するプリントヘッドをわずかな数のノズルの異常によって交換するのは不経済であるし、その後のインク導入、調整を含めてもダウンタイムの発生も免れない。

このような事情を鑑みNASSENGER SP-1では、レーザーセンサーによるノズル欠検知機能 (Fig. 7) と、それによって検出されたノズルによって作画されるべき画素を周辺のノズルによって補完するノズル欠補完機能 (Fig. 8) を搭載している。

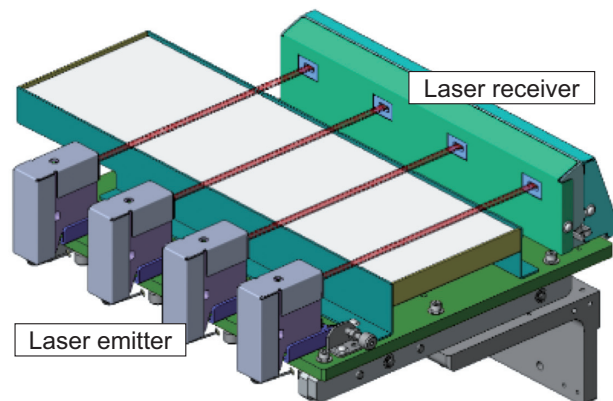


Fig. 7 Missing nozzle detection unit.

4 Laser beams scan jetting performance of 4 print modules simultaneously.

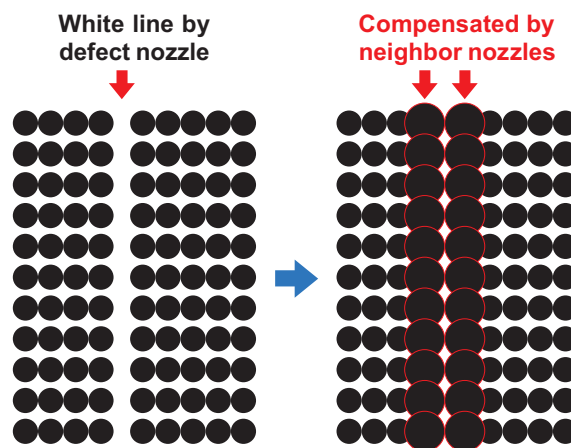


Fig. 8 Illustration of nozzle-missing compensation.

ノズル欠検知機能は、実際にメディア上に印画をしなくてもオペレーションパネルからの操作だけで各ノズルの状態を正確に検知できるため、インクやメディアの消費を最小限に抑えることが出来る。また、ノズル欠補完機能も極端な連続欠以外の広範なケースにおいて、補完動作が可能であり、インクジェットプリンターにつきもののノズル欠による白スジを抑制することが可能となった。これらの機能は、プリントヘッドの寿命を延ばすとともに、交換時のダウンタイム軽減に大きく寄与している。

3.4 インク供給の安定化・適正化による ダウンタイムの軽減

ダウンタイムを軽減する機能として、布帛ヘインクを吐出し画像形成させるインクジェットヘッドに対して、適正化されたインクを安定して供給する構成が必要となる。

適正化とはインクジェットヘッドの不良吐出を発生させないように、インクに混入した異物や溶存気体を取り除き、かつ適切な温度管理を行う事である。また上記の通りNASSENGER SP-1はロータリースクリーン印刷機に匹敵する印刷速度を有しており (6,400m²/h)、これによりインクジェットヘッドへ大流量 (～1L/min) のインクを安定した圧力で供給する構成が必要である。NASSENGER SP-1のインク供給構成を Fig. 9 に示す。

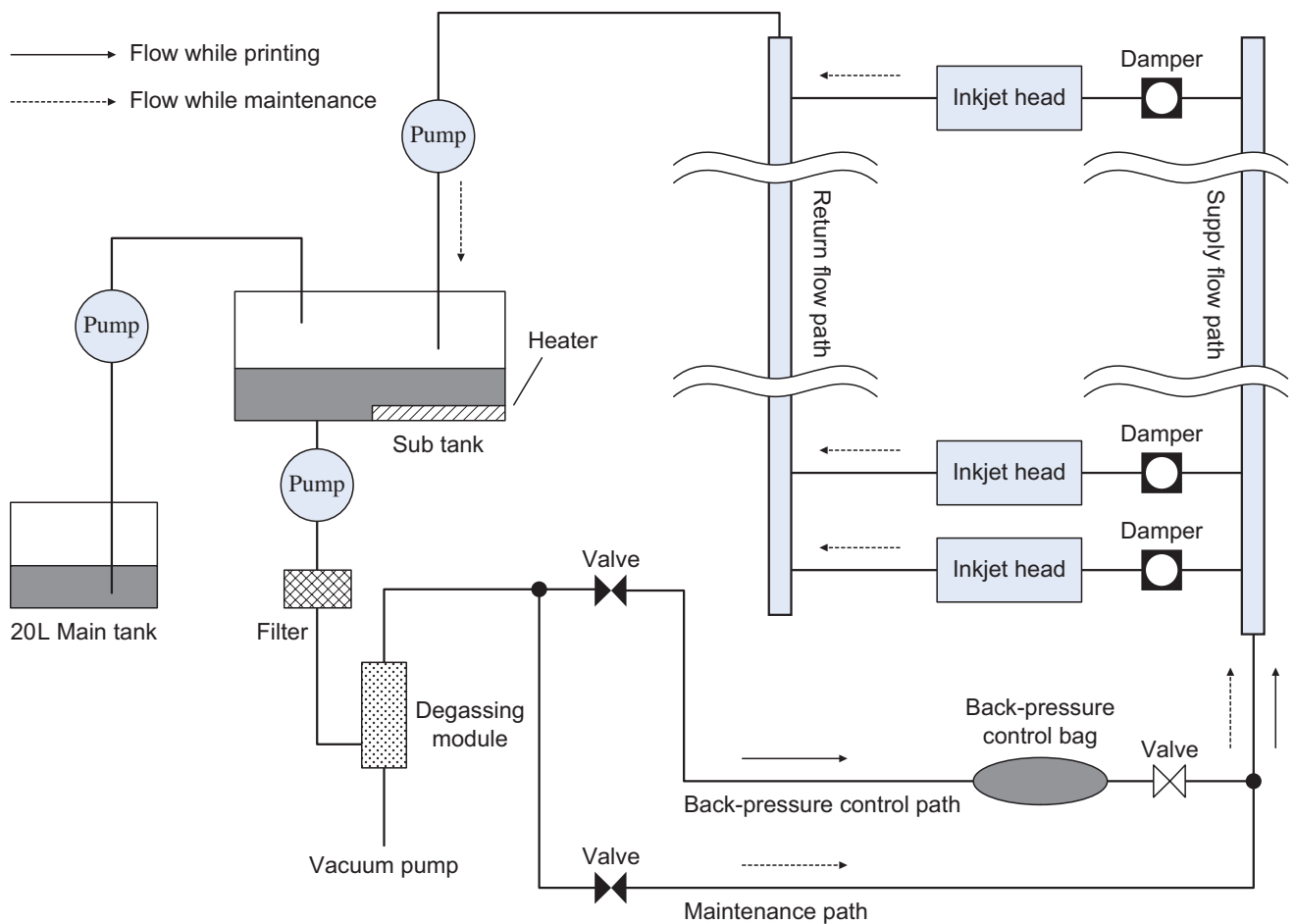


Fig. 9 Block diagram of ink-flow.

3. 4. 1 メインタンクとサブタンク

20Lで提供されるメインタンクをNASSENGER SP-1のインク供給部に設置すると、インクはサブタンクへポンプにより供給される。サブタンクは35Lの容量を持ち、インク消費の最も大きい印刷状況（例えばベタ印刷時）でもメインタンクの交換無しで30分以上は印刷維持が可能である。つまりメインタンク交換作業の時間的猶予があるためにダウンタイムの軽減を図ることができる。

また、インクの温度が安定していないと粘度が変動してしまうため結果としてインクジェットヘッドから吐出される液滴量が変わり印刷物の濃度が変動してしまう。NASSENGER SP-1ではサブタンクに温度管理用ヒーターを搭載し、温度一定のインクがインクジェットヘッドへ供給されるようにした (Fig. 10)。

3. 4. 2 フィルターと真空膜脱気

インクに外部から不純物（ゴミやホコリ）が混入すると、インク経路やインクジェットヘッド内部に詰まり、安定したインク供給が出来なくなり、結果として液滴量が変わってしまう。またインクジェットヘッドのノズルに不純物が詰まると吐出不良を引き起こす。さらにインクに溶存している気体が存在するとインク経路やインクジェットヘッド内部に気体を発生させ、結果としてこれも吐出不良を起こす原因となる。

そこでNASSENGER SP-1ではインク流路内にフィルターと真空膜脱気モジュールを備えることでインク内の異物と溶存している気体を取り除くことができる。

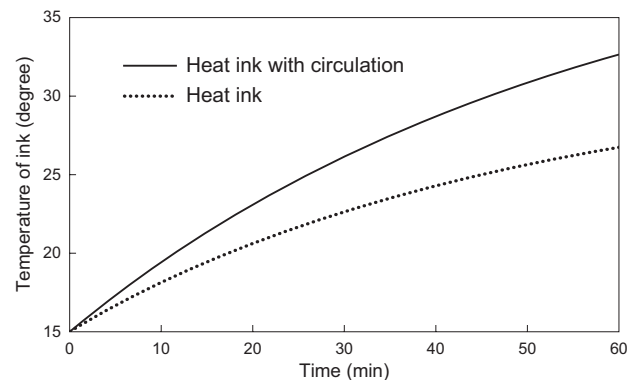


Fig. 10 Temperature control of ink in sub tank.

3. 4. 3 背圧制御

インクの安定した供給を行う為には供給機構の部品点数を抑え、シンプルな構成にすると、故障によるダウンタイムを低減させることができる。1L/minもの大流量を扱うには、圧力を検知して送液ポンプを制御させるという従来の方式では部品点数の増加と機構の複雑化が生じてしまう。そこでNASSENGER SP-1では可撓性袋による背圧制御方式を採用した。これはインクジェット

ヘッドと可撓性袋の物理的な高低差によってインクジェットヘッドの背圧（水頭値）を制御する方式の事で、圧力検知や液面検知の必要が無くシンプルな構成となる。また、大流量のインクが動くことによるインクジェットヘッド内の圧力変動も気を付けなければならない。インクジェットヘッドからインクを吐出する時に圧力変動を抑制しないと安定した吐出量にならず、印刷濃度が変動することになる。NASSENGER SP-1では可撓性膜を持ったダンパを流路に備えることで、大流量のインクが移動することによって生じる圧力変動を抑制することが出来る（Fig. 11）。

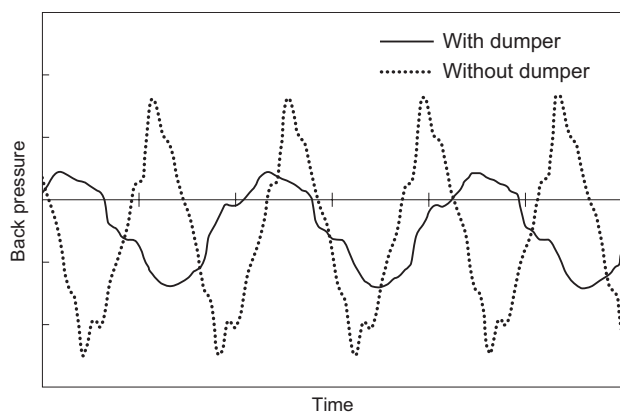


Fig. 11 Suppression of pressure fluctuation.

3. 4. 4 インク戻り流路

流路内やインクジェットヘッド内の空気を取り除きインクを充填させるヘッドメンテナンス機能はポンプによる加圧方式を採用している。この時、前記背圧制御用の可撓性袋に過大な圧力が加わらないようバイパスするメンテナンス用流路を設ける。また、インクをインクジェットヘッドからサブタンクへ戻す流路を設けることで、ヘッドメンテナンス時に廃棄されるインクを極力減らす事が出来る。またこの戻り流路はインク温度を前記サブタンク内のヒーターで制御させるときに流路内をインク循環させる場合でも使用され、効率良く温度制御が可能である。

4 おわりに

シングルパス方式のインクジェットプリンターにおいてはインク滴の着弾のずれ、射出欠などが画像品質の劣化に直結するため、その防止・補完に高度な技術が必要とする。コニカミノルタ製のNASSENGER SP-1はそのような欠点に対応するため、種々の新規の技術を採用した。これらの技術により、ロータリースクリーン方式のアナログ印刷機に匹敵する速度を確保しつつ、高品質な捺染を可能とすることができた。シングルパス方式のインクジェットプリンターが発展・普及することにより捺染のデジタル化の拡大が進み、捺染業界に発展に寄与できることを期待している。

●参考文献

- 1) H. Kato, K. Goi, N. and Nakajima, "Inkjet Printing System for Textiles," Journal of the Imaging Society of Japan, 48, pp.285-289, (2009) [in Japanese].
- 2) M. Maekawara, "The NassengerPRO 1000, a Next-Generation High-Speed Inkjet Textile Printer," Journal of the Imaging Society of Japan, 51, pp.381-385, (2012) [in Japanese].
- 3) K. Shirota, "Digital Textile Printing Technologies 2015," Journal of the Imaging Society of Japan, 55, pp.244-246, (2016) [in Japanese].
- 4) <http://www.itma.com> (accessed 2016-07-19).
- 5) <http://www.msitaly.com/00/P00000028/LaRio.html> (accessed 2016-07-19)
- 6) http://www.spgprints.com/textile+printing/systems+textile/systems/digital+printing+systems/pike?product_id=614 (accessed 2016-07-19)
- 7) http://www.konicaminolta.jp/inkjet/products/textile_printers/nassenger_sp1/index.html (accessed 2016-07-19)

●出典

本稿は日本画像学会誌“Journal of the Imaging Society of Japan Vol. 55 (2016) No. 5 p. 619-624”の予稿を転載したものである。本稿の著作権は日本画像学会が有する。