

循環流路を二つ持つシアモードインクジェットヘッド

Shear-mode Piezo Inkjet Head with Two Recirculating Paths

濱 野 光*
Hikaru HAMANO

田 中 聡 一*
Souichi TANAKA

柴 田 拓 磨*
Takuma SHIBATA

末 富 靖 彦*
Yasuhiko SUETOMI

比江島 一 樹*
Kazuki HIEJIMA

倉 持 裕 介*
Yusuke KURAMOCHI

平 野 肇 志**
Tadashi HIRANO

要旨

循環型インクジェットヘッドはインクチャネルと連通した循環流路から常時インクが排出されることによってインクチャネルとノズルのインクがリフレッシュされ、顔料沈降・ノズル内のインク乾燥・気泡による射出不良を抑制することが可能で、大粒子インク・乾燥性インクが使用される用途や、射出不良が許容されないシングルパスプリンターで需要が拡大している。

一方で既存の循環流路構造では循環性能重視の設計では射出安定性が悪く、射出安定性重視の設計では顔料沈降などの循環性能が不十分となり、射出安定性と循環性能の両立が課題だった。我々は循環流路を二つ持つ構造を新規開発することで射出安定性と循環性能を両立させ、さらに薄型高解像度設計が可能なハーモニカ構造チップと組み合わせることで、業界で最もコンパクトな循環ヘッドであるKM1024a-RCを開発した。

ここではKM1024a-RCの優れた循環性能を実現する循環流路を二つ持つ構造をはじめとする循環流路設計と、射出安定性と循環性能についての評価結果を紹介する。

Abstract

The recirculation head constantly discharges ink from the recirculating path communicating with the ink channel, so that the ink in the ink channel and the nozzle is refreshed, and it is possible to suppress pigment sedimentation, drying of ink, and injection failure due to air bubbles. Demand is growing for applications where large particle inks and drying inks are used, and for single-pass printers that cannot tolerate ejection failures.

On the other hand, in the existing recirculating path structure, the jetting stability is poor in the design that emphasizes the recirculation performance, and the recirculation performance such as pigment sedimentation is insufficient in the design that emphasizes the jetting stability, and it is a problem to achieve both the jetting stability and the recirculation performance. KM1024a-RC is the most compact recirculation head in the industry by developing a two recirculation structure that combines jetting stability and recirculation performance, and combined with a harmonica structure chip that enables a thin and high-resolution design.

In this report, Konica Minolta introduce two recirculating paths structure for the excellent recirculation performance of the KM1024a-RC, and the evaluation results of recirculation performance and jetting performance.

* 材料・コンポーネント事業本部 IJコンポーネント事業部 第1開発部第1グループ
** 材料・コンポーネント事業本部 IJコンポーネント事業部 第1開発部

1 はじめに

産業用途に使用されるIJヘッドは高画像品質だけでなく、高い生産性および多様なインクに対する適合性も要求され、ノズル近傍でのインク循環機能（ノズル循環）が付与されたIJヘッドが注目されている¹⁾。この循環ヘッドはインクチャネルと連通した循環流路から常時インクが排出されることによってインクチャネルとノズルのインクがリフレッシュされ、顔料沈降・ノズル内のインク乾燥・気泡による射出不良を抑制することが可能で、インクチャネルに個別に接続される循環流路と、複数の個別循環流路が合流する共通循環流路で構成される循環流路設計が一般的である。KM1024a-RCはハーモニカ構造チップにインク循環機能を付与したIJヘッドとなるが、開発初期段階においてハーモニカ構造チップに一般的な循環流路設計を適用するといくつかの課題があり、薄型高解像度なハーモニカ型循環ヘッドに最適化した循環流路を開発する必要があることがわかった。

2 ハーモニカ型循環ヘッド設計

2.1 二つの個別循環流路

ハーモニカチップは高密度にインクチャネルを配置しているため、チャネル列方向が狭い長方形のチャネル形状をしている^{2),3)}。そのため、インクチャネルの片端に個別循環路を設けると反対側にインクが滞留し気泡が排出できない課題があった。そこでFig. 1に示す通り、インクチャネルの両端に個別循環流路を設けることで、完全に気泡排出可能な設計としている。

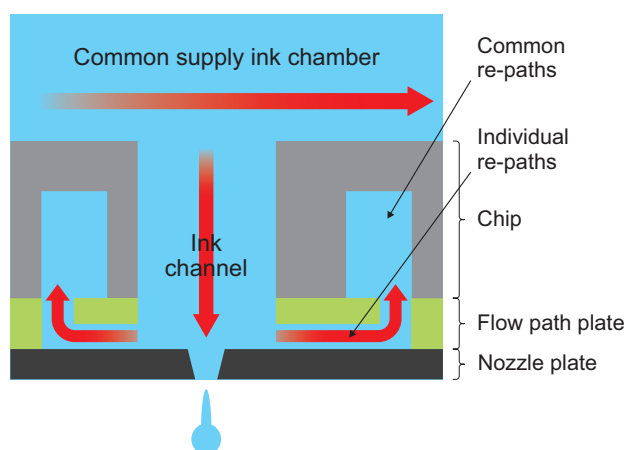


Fig. 1 Two recirculating paths structure.

2.2 共通循環流路のコンプライアンス

ノズルから射出するための圧力波が個別循環流路から共通循環流路に逃げてしまうことで、共有循環流路を介してインクチャネル間でクロストークが発生する。1つ目の対策としては、個別循環流路の長さを稼ぐことでインピーダンスを大きくし、共通循環流路に逃げる圧力波を低減させた。

2つ目の対策としては、共通循環流路の容積を大きくしてコンプライアンスを大きくすることで、共通循環流路からインクチャネルに戻る圧力波を低減させた。Fig. 1に示すようにハーモニカチップに深溝を加工して共通循環流路として、さらにFig. 2に示すように各列の個別循環流路を同じ共通循環流路に連通させることで共通循環流路の数を減らし、コンパクト設計と両立させている。

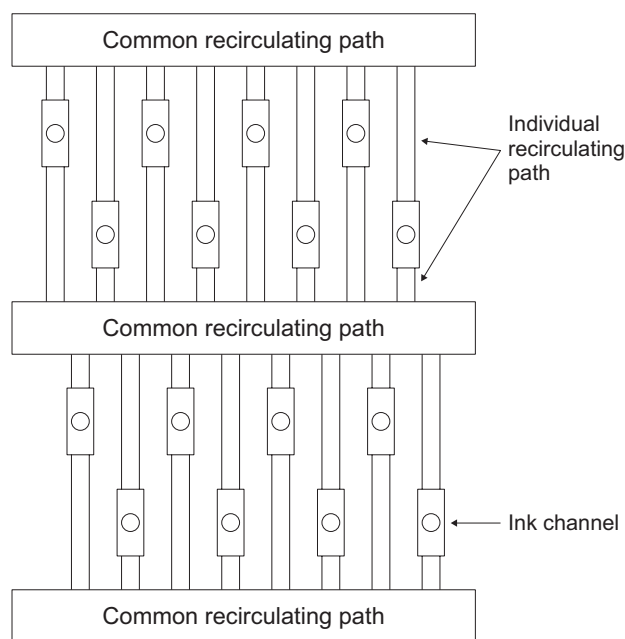


Fig. 2 Common recirculating paths structure.

2.3 フィルターユニット

フィルターは供給流路内に配置されることが一般的であるが、気泡や異物をトラップすることでインクの流れ方が変化するので、インク滞留を発生させるリスクがある。循環ヘッドは供給流路内にもインク循環させており、供給流路内の温度分布均一化・顔料沈降防止の役割があるため、供給流路内にフィルターを設けると射出安定性のロバストが低下する。また、KM1024a-RCシリーズの大液滴ヘッドでは100ml/min相当の射出能力を持っているので、射出による圧力損失も課題となり、薄型なハーモニカ型循環ヘッドの供給流路内に十分なフィルター面積を確保することも難しい。

そこでPhoto. 1に示す通り、フィルターユニットという形で供給流路の外にフィルターを配置し、XZ平面にフィルター面を配置することで1300mm²以上のフィルター面積を確保することが可能になり、フィルターに気泡や異物がトラップされても射出性能には影響が無い設計とした。

また、ハーモニカ型循環ヘッドはノズル循環や供給流路循環など複数の循環流路を有しているが、フィルターユニット内で全て合流する設計となっており、インクの入口 (Inlet) と出口 (Outlet) は1つずつの2ポート構造になっている。

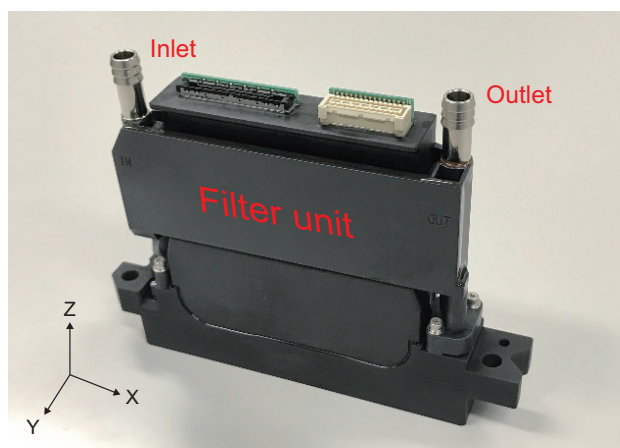


Photo. 1 KM1024a-RC.

3 ヘッド性能評価

ヘッド性能評価では大液滴のハーモニカ型循環ヘッドであるKM1024aLHG-RCで評価を行った。Table 1 に示した通り、最小液滴サイズは25plで、マルチドロップにより最大240pl (6kHz) で駆動可能なインクチャネル設計になっている。標準的な循環条件としてInletとOutletの差圧を15kPaにした際には、インク粘度にもよるが、80ml/min程度の循環流量となる。

Table 1 Specifications of KM1024aLHG-RC.

KM1024aLHG-RC	
Number of nozzles	1024 (256 x 4)
Nozzle resolution [npi]	360 (90 x 4)
Print width [mm]	72
Ink viscosity [mPa·s]	10 - 14
Applicable ink	Solvent, Oil, UV, Water base
Dimensions (WxDxH) [mm]	131 x 19.5 x 99
Jetting frequency [kHz]	14 kHz (25-79 pl multi) 6 kHz (240 pl multi)
Recirculation flow Rate [ml/min]	80 ml/min at Δ 15kPa

3.1 気泡排出性の評価

循環しながら射出しているヘッドへのインク供給を停止させてメニスカスブレイクにより気泡をノズルから巻き込んだ後、インク供給を再開させて、射出の液滴速度および角度が初期状態に戻っているかを評価した。

インク供給停止時間は最も厳しい条件としてヘッド内部のインクを全て排出する10秒に設定して評価を行ったところ、インク供給再開後には1024ノズル全てが初期状態同様に射出していることを確認できたので、インク滞留の無い循環構造となっており、気泡による射出不良が発生したとしてもメンテナンスせずに自動復帰可能であることがわかった。

3.2 デキャップ評価

水系インクは乾燥性が高いので、非射出状態ではノズル内のメニスカス表面から空気中に水分が蒸発し、ノズル内のインク粘度が上昇することで、射出時の液滴速度低下もしくは射出欠を引き起こすデキャップという現象が発生する。

インク循環はノズル内の粘度上昇したインクをリフレッシュする効果が期待されるので、ノズル内のメニスカスを微振動させて同じ効果が発揮できる揺らし波形と組み合わせて、デキャップ低減効果を評価した。Fig. 3 は乾燥性の高い水系インクを用いて1~10秒間、非射出で待機した際のデキャップを評価した結果であり、10秒間非射出で待機した場合はインク循環無&揺らし波形無の実験条件において24%速度低下していたのに対して、インク循環有&揺らし波形有では全く速度低下しないという結果が得られた。

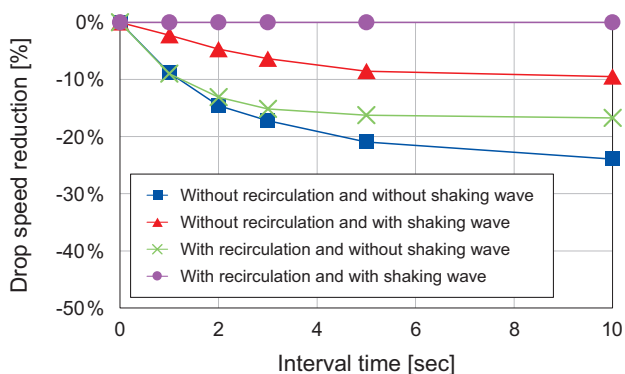


Fig. 3 Decap of water-based ink.

3.3 循環流路クロストークの評価

共有循環流路を介してのインクチャネル間でのクロストークは各ノズルを低周波駆動した際の速度分布（基準速度6m/sec）と、全ノズルを高周波駆動した際の速度分布（基準速度6m/sec）の差分をクロストークによる速度変動と定義することで評価できる。

Fig. 4 は開発初期段階における循環流路クロストークの評価結果であるが、共通循環流路で発生した定在波の影響が顕著に速度分布に現れている。4列あるノズル列はLB, LA, RA, RBと定義した。

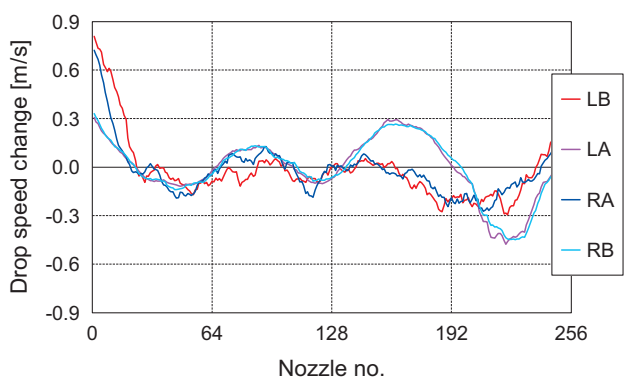


Fig. 4 Crosstalk in the early stage of the development.

循環流路のクロストークはインクチャネルで発生する圧力波が原因であり、パルス数が多いほど厳しい評価となるので、KM1024aLHG-RCの評価においてはパルスの周波数が最大になる8dpd (240pl) @6kHzで評価を行なった。Fig. 5 に示す評価結果のように、速度変動は ± 0.3 m/sec以内に抑えられており、描画には影響のないレベルで設計されていることが確認できた。

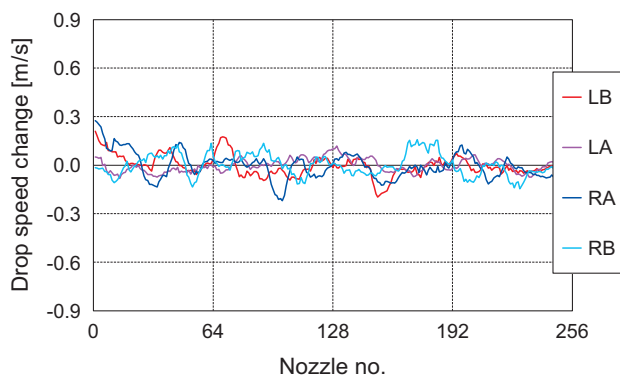


Fig. 5 Crosstalk of KM1024aLHG-RC (8 dpd @ 6kHz).

3. 4 温度分布評価

Fig. 6 は各インクチャネルにインクを供給するインク室の構造を示しており、インク室の直下にあるノズルの位置を○で表記した。ノズルは256×4列という配置になっており、ノズル列と垂直方向にインク (矢印で表記) が流れる構造になっている。また、ハーモニカ型チップはノズルの最外列間距離が3.4mmと小さい上に、インク室内におけるノズル列間のインク移動時間が0.1秒以下と短いのでノズル列間の温度差は無い設計である。

本実験においては72mmと大きな距離があるノズル列方向の3点 (★で表記) に供給流路内のインク温度が測定できるようにサーミスタを組み込んだヘッドを用いて、温度分布と射出速度分布を測定した。

インク加熱はインク供給タンクのヒーターのみを使用し、50°Cに加熱したインクをヘッドに流入させる温度制御下で実験を行なったところ、サーミスタで測定した3点の温度分布は $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 以内に収まっており、射出特性の観点から十分に良好な温度分布といえる。

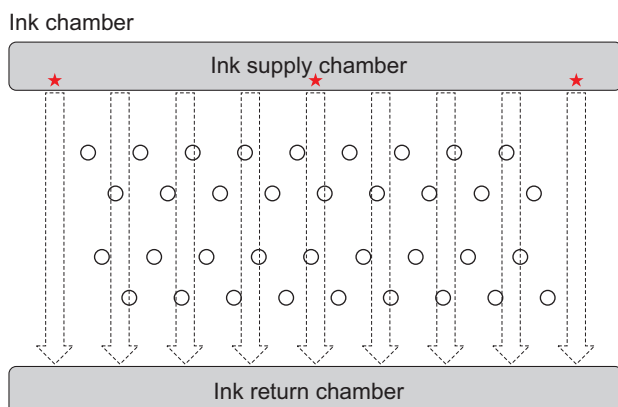


Fig. 6 Ink chamber structure.

4 まとめ

ハーモニカ型循環ヘッドは業界最薄の循環ヘッドでありながら、優れた循環性能と射出性能を兼ね備えている。循環ヘッドは特にシングルパスプリンターで今後需要が伸びると予想されており、コニカミノルタはKM1024a-RCシリーズを溶剤、オイル、UV、水系に対応した小～大液滴にラインナップ展開して、新たなアプリケーションを開拓していく。

●参考文献

- 1) Mark Crankshaw, Mark Rulman, Hanifeh Zarezadeh, Maëlle Douaire, and Angus Condie, "Ink Recirculation – Xaar TF Technology™: A Study of the Benefits," Proceeding of Pringing for Fabrication 2016 (NIP32), Society for Imaging Science and Technology (2016), pp.207-211.
- 2) Hideo Watanabe, Tetsuo Okuno, Shinichi Kawaguchi, Hikaru Takamatsu, and Masato Ueda, "New Developments of Shear-Mode Piezo Inkjet Heads for Industrial Printing Applications," Proceeding of the 27th International Conference on Digital Printing Technologies (NIP), Society for Imaging Science and Technology (2011), pp.282-285.
- 3) Shinichi Nishi, Kazuo Asano, Daisuke Ishibashi, Akiko Kitami, and Kumiko Furuno, Transactions of Japan Institute of Electronics Packaging, 2pp.75-78 (2009).

●出典

本稿は日本画像学会 "Imaging Conference JAPAN 2019" 論文集の予稿を加筆修正して転載したものである。当該予稿の著作権は日本画像学会が有する。