

Tue. Jun 19, 2018

Main Hall

Oral presentation | Inkjet

[IJ1] Inkjet (1) Process

Session Chair: Masahiko Fujii (Fuji Xerox Co., Ltd.), Satoshi Kimura (Seiko Epson Corporation)

2:00 PM - 3:00 PM Main Hall (1st Floor, Keyaki Kaikan)

[IJ1-01] High Quality Inkjet Printing Technology for Plastic

Substrate

*TAKESHI MIYATO¹, YUSUKE FUJII¹, AYATO SATO¹,
IPPEI NAKAMURA¹, TAKAHIRO HAMAMOTO¹, KOJI
KAWATO¹ (1. FUJIFILM Corporation)

2:00 PM - 2:20 PM

[IJ1-02] The new system for generating microjets for highly viscous ink

*Hajime Onuki¹, Mao Maeshima¹, Yoshiyuki Tagawa¹
(1. Tokyo University of Agriculture and Technology)

2:20 PM - 2:40 PM

[IJ1-03] Observation of Fast Wetting Dynamics of Micro-Droplets on Substrates

*Ryohsuke Yokota¹, Taichi Hirano¹, Shujiro Mitani¹, Keiji Sakai¹ (1. The University of Tokyo)

2:40 PM - 3:00 PM

Oral presentation | Inkjet

[IJ2] Inkjet (2) Ink

Session Chair: Sadanao Okuda (SAKATA INX CORPORATION), Shinichi Okada (DIC Corporation)

3:20 PM - 4:40 PM Main Hall (1st Floor, Keyaki Kaikan)

[IJ2-01] Preparation of a W/O Emulsion Ink for Inkjet Printing

*Naofumi Ezaki¹, Shunsuke Uozumi¹ (1. RISO KAGAKU CORPORATION)

3:20 PM - 3:40 PM

[IJ2-02] New White Pigments -Correlation between Structure of Inorganic Hollow Particles and White Opacity-

*Tomohiro Hirade¹, Hiroshi Goto¹ (1. Ricoh Company, Ltd.)

3:40 PM - 4:00 PM

[IJ2-03] Pigments for Inkjet Food Packaging Printing

*Stephane Biry¹, Ruth Bauer² (1. BASF Colors & Effects Switzerland AG, 2. BASF Colors & Effects GmbH)

4:00 PM - 4:20 PM

[IJ2-04] Influence of the Characteristics of Emulsion on Image Quality

Takahashi Shigeki¹, *Yoshikawa Takahiro¹ (1. KAO Corporation)

4:20 PM - 4:40 PM

Reception Hall

Oral presentation | Image Input, Image Processing and Kansei Imaging

[IM] Image Input, Image Processing and Kansei Imaging

Session Chair: Makoto Matsuki (former NTT Qualis), Yoshihiro Hattori (Konica Minolta, Inc.)

12:50 PM - 2:10 PM Reception Hall (3rd Floor, Keyaki Kaikan)

[IM-01] Color Management System for Metallic Color

*Masahiko Kubo¹, Kaoru Yamauchi¹ (1. Fuji Xerox Co., Ltd.)

12:50 PM - 1:10 PM

[IM-02] Steganography Technology for Inkjet Printing System

*Yuki Ishida¹ (1. Canon Inc.)

1:10 PM - 1:30 PM

[IM-03] Application of Deep Learning to Technology to Create Photo Books from a Large Amount of Images

*Hirokazu Kondo¹, Yukinori Noguchi¹, Hiroyuki Furuya¹, Takuya Tsutaoka¹ (1. FUJIFILM Corporation)

1:30 PM - 1:50 PM

[IM-04] Color Uniformity Correction Technology for Multi-Display

*Gaku Furuichi¹, Yasushi Adachi¹, Terumitsu Katohgi¹, Makoto Hayasaki¹, Hideki Ohnishi¹, Toshiyuki Okunishi¹, Toshiyuki Gotoh¹, Daisuke Igarashi¹, Daiichi Sawabe¹, Tomoya Ishikura¹, Haruo Yamamoto¹ (1. Advanced Technology Development Unit, Business Solution Business Unit, SHARP Corporation)

1:50 PM - 2:10 PM

Conference Room

Oral presentation | Electrophotography

[EPm] Electrophotographic Materials

Session Chair: Tatsuya Tada (Ibaraki University), Akihiko Itami (Konica Minolta, Inc.)

1:00 PM - 2:20 PM Conference Room (2nd Floor, Engineering Research Building II)

[EPm-01] Development of New Solid-capsuled Toner

*Masami Tsujihiro¹, Masaki Okita¹, Hidetoshi Miyamoto¹, Naruo Yabe¹, Yoshio Ozawa¹ (1.

KYOCERA Document Solutions Inc.)

1:00 PM - 1:20 PM

[EPm-02] Investigation of Fogging Toner by Measurement Technique for Electrostatic Charge on Single Particle with MEMS-based Actuated Tweezers

*Daichi Yamaguchi¹ (1. Ricoh Company, Ltd.)

1:20 PM - 1:40 PM

[EPm-03] Adhesion of Liquid Electrographic Images with a Substrate in Flexible Packaging

*Chisato Urano¹, Osamu Ide¹ (1. Fuji Xerox Co., Ltd.)

1:40 PM - 2:00 PM

[EPm-04] Application of Volatile Liquid Toner for Liquid Electrophotography System Using High Concentration Contact Developing Method

*Yuki Yokoyama¹, Toshihiko Suzuki¹, Nobuyuki Nakayama¹ (1. Fuji Xerox Co., Ltd.)

2:00 PM - 2:20 PM

Oral presentation | Electrophotography

[EP1] Electrophotographic Devices (1)

Session Chair: Yoshihiro Hattori (Konica Minolta, Inc.), Takashi Bisaiji (Ricoh Company, Ltd.)

2:40 PM - 3:20 PM Conference Room (2nd Floor, Engineering Research Building II)

[EP1-01] Development of Liquid Electrophotography System with Volatile Carrier Developer

*Nobuyuki Nakayama¹, Satoshi Tatsuura¹, Taichi Yamada¹, Toshihiko Suzuki¹, Takamaro Yamashita¹, Osamu Ide¹ (1. Fuji Xerox Co., Ltd.)

2:40 PM - 3:00 PM

[EP1-02] Development of a Beam Splitting Laser Scanning Method with an Optical System Removing Ghost Light

*Tadashi Nakamura¹, Shigeaki Imai¹, Yoshinori Hayashi¹ (1. Ricoh Company, Ltd.)

3:00 PM - 3:20 PM

Oral presentation | Electrophotography

[EP2] Electrophotographic Devices (2)

Session Chair: Yasuaki Watanabe (Fuji Xerox Co., Ltd.), Hiroyuki Matsushiro (Ricoh Company, Ltd.)

3:40 PM - 4:40 PM Conference Room (2nd Floor, Engineering Research Building II)

[EP2-01] On External Heating Fuser Technology for On Demand and High Productivity Printing of LBP

*Akimichi Suzuki¹, Satoshi Nishida¹, Isamu Takeda¹, Shotaro Ikegami¹ (1. Canon Inc.)

3:40 PM - 4:00 PM

[EP2-02] The Energy-Saving Fixing Apparatus Which Achieved Production Print Image Quality and Cardboard Speeding

*Toshihiro Wazumi¹, Kazunori Nishinoue¹, Hiroaki Miho¹ (1. KONICA MINOLTA, INC.)

4:00 PM - 4:20 PM

[EP2-03] Development of Drying Process for Liquid Electrophotography

*Masaaki Abe¹, Satoshi Tatsuura¹, Nobuyuki Nakayama¹ (1. Fuji Xerox Co., Ltd.)

4:20 PM - 4:40 PM

Oral presentation | Inkjet

[IJ1] Inkjet (1) Process

Session Chair: Masahiko Fujii(Fuji Xerox Co., Ltd.), Satoshi Kimura(Seiko Epson Corporation)

Tue. Jun 19, 2018 2:00 PM - 3:00 PM Main Hall (1st Floor, Keyaki Kaikan)

[IJ1-01] High Quality Inkjet Printing Technology for Plastic Substrate

*TAKESHI MIYATO¹, YUSUKE FUJII¹, AYATO SATO¹, IPPEI NAKAMURA¹, TAKAHIRO HAMAMOTO¹,
KOJI KAWATO¹ (1. FUJIFILM Corporation)

2:00 PM - 2:20 PM

[IJ1-02] The new system for generating microjets for highly viscous ink

*Hajime Onuki¹, Mao Maeshima¹, Yoshiyuki Tagawa¹ (1. Tokyo University of Agriculture and
Technology)

2:20 PM - 2:40 PM

[IJ1-03] Observation of Fast Wetting Dynamics of Micro-Droplets on Substrates

*Ryohsuke Yokota¹, Taichi Hirano¹, Shujiro Mitani¹, Keiji Sakai¹ (1. The University of Tokyo)

2:40 PM - 3:00 PM

一般セッション(口頭講演)| インクジェット

[IJ1] インクジェット(1) プロセス Inkjet (1) Process

2018年6月19日(火) 14:00 ~ 15:00 大ホール (けやき会館 一階)

[IJ1-01] 非浸透基材への高品質インクジェット印刷技術 High Quality Inkjet Printing Technology for Plastic Substrate

*宮戸 健志¹、藤井 勇介¹、佐藤 綾人¹、中村 一平¹、浜本 貴紀¹、河戸 孝二¹ (1. 富士フイルム株式会社)

*TAKESHI MIYATO¹, YUSUKE FUJII¹, AYATO SATO¹, IPPEI NAKAMURA¹, TAKAHIRO HAMAMOTO¹, KOJI KAWATO¹ (1. FUJIFILM Corporation)

デジタルシートフィード式インクジェットプレスシステム「JetPress720S」では、色滲みとドット干渉を「Rapid Pigment Coagulation (RAPIC) Technplogy」によって制御している。RAPIC技術を応用すると非浸透基材では、低浸透基材と比較し、更に高速に凝集することを確認できた。凝集剤がインクの高速凝集挙動に与える影響を報告する。

非浸透基材への高品質インクジェット印刷技術

宮戸 健志*, 藤井 勇介*, 佐藤 綾人*
中村 一平*, 浜本 貴紀**, 河戸 孝二**

*富士フイルム株式会社 R&D 統括本部 アドバンストマーケティング研究所

**富士フイルム株式会社 R&D 統括本部 解析技術センター

High quality inkjet printing technology for plastic substrate
Takeshi Miyato*, Yusuke Fujii*, Ayato Sato*, Ippei Nakamura*
Takanori Hamamoto**, Koji Kawato**

* FUJIFILM Corporation, ADVANCED MARKING LABORATORIES
RESEARCH & DEVELOPMENT MANAGEMENT HEADQUARTERS
** FUJIFILM Corporation, ANALYSIS TECHNOLOGY CENTER
RESEARCH & DEVELOPMENT MANAGEMENT HEADQUARTERS

In the digital sheet-fed inkjet press system “Jet Press 720S”, color blur and dot interference are controlled by “Rapid Pigment Coagulation (RAPIC) Technology”. With RAPIC Technology, ink droplets coagulate immediately by the reaction between ink and pre-conditioner coated on the substrate. We successfully detected faster coagulation of ink droplets on the plastic substrate compared to the penetrant one. This result suggests that the concentration of coagulant has a significant influence on the behavior of dot interference on the substrate.

1. はじめに

当社が開発した「Jet Press 720S」は、シングルパス方式で菊半サイズ対応 (最大印字サイズ: 720×520 mm) の印刷を実現し、更に多様な印刷用紙にオフセット印刷レベルの画質を再現する高速、高画質(4 階調 1200 dpi)の解像度インクジェット印刷機である。Jet Press 720S のマーケティングプロセスでは、プレコンディショナーとインクを反応させる高速凝集技術 (Rapid 技術) を採用しており、インクの滲みやインク液滴間の合一を抑制し、画質向上を図っている¹⁾。

高画質化のためには、ドットの拡がりを精緻に制御することが重要になる。これまで、プレコンディショナーを塗布した浸透基材上におけるドット形成挙動にインク物性が与える影響について、高速度カメラ観察から解析した結果を報告した^{2),3)}。本発表では、非浸透基材を用いた際の高速な凝集挙動の直接観察した結果を報告する。

2. 実験方法

ドット形成過程の観察は、市販の高速度カメラとズームレンズを組み合わせ、透過照明配置で行った。インクジェットヘッドの直下に基板を配置し、顔料インク吐出から着弾、ドット形成までを観察した。

非浸透基材は、PET フィルムを使用した。プレコンディショナー塗布は、プレコンディショナーを基材にバー塗布し、乾燥させることで行った。ドット形成挙動の解析では、得られたタイムプロファイルをもとに single exponential ($r = A \exp(-t/\tau) + B$) でフィッティングし、着弾後のドット径の濡れ拡がり距離 ($r-(A+B)$) が $-A$ の 99% に達した時間を顔料凝集時間とした。

3. 結果と考察

非浸透基材 (PET フィルム) 使用時における着弾後の液滴サイズのタイムプロファイルを Fig.1 に示した。着弾後の液滴が数 μs オーダーの慣性領域における濡れを経て、粘性領域において PET フィルム上を濡れ拡がる様子が観測された。一方、乾燥後のドット径を実測すると $48.5 \mu\text{m}$ であったことから、顔料凝集は、およそ $70 \mu\text{m}$ で生じていると推定した。顔料凝集後も液滴サイズが拡がっているのは、PET フィルム上では溶媒の浸透が無く、且つ顔料の凝集が非常に速いため、顔料凝集後に溶媒のみが濡れ拡がる挙動が観察されたためと推定した。顔料凝集にかかる時間の凝集剤濃度依存性を求めた結果を Fig.2 に示した。凝集剤濃度 100% で観察された顔料凝集時間 約 $70 \mu\text{s}$ は、浸透基材使用時 (1.1 ms) と比較して 1 桁早かった。非浸透基材を用いることで、プレコンディショナーの浸透が抑制され、基材表面に多量に凝集剤が存在するため、効率的に顔料凝集が進むと推定した。

* 〒258-8577 神奈川県足柄上郡開成町牛島 577

* 577 Ushijima, Kaisei-machi, Ashigarakamigun,
Kanagawa, 258-8577, Japan
e-mail: takeshi.miyato@fujifilm.com

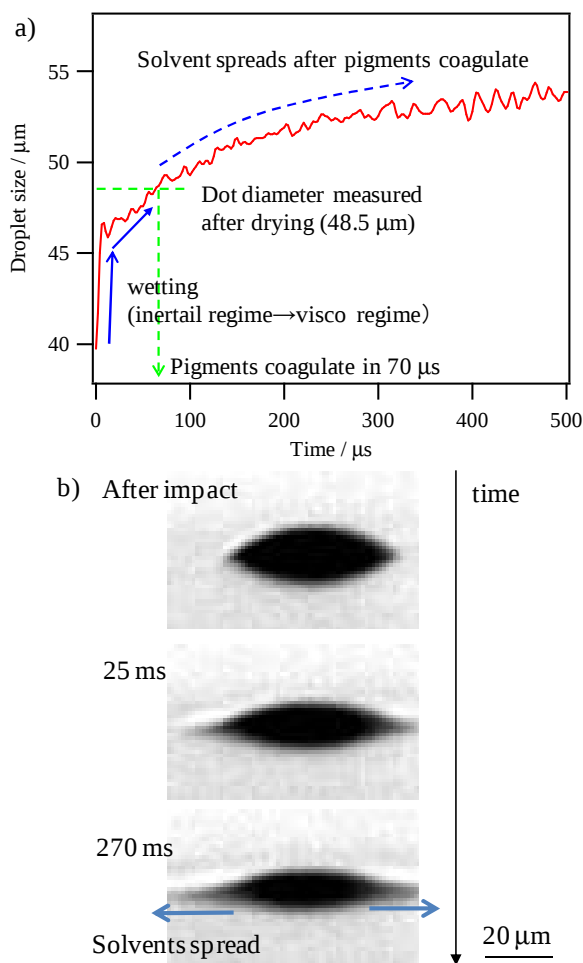


Fig.1 a) Time profile of droplet size jetted on the Plastic substrate.
b) Ink droplet images after just landing.

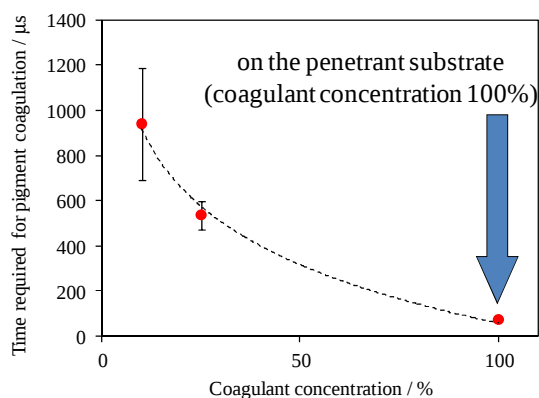


Fig.2 Coagulant concentration dependence of coagulation speed on the non-penetrant substrate.

4. まとめ

非浸透基材 (PET フィルム) 上において、凝集剤がインク高速凝集挙動に与える影響を明らかにし、凝集剤により凝集速度、濡れ速度を ms オーダーで制御できると分かった。また、凝集剤濃度を変化さ

せることでドット径を制御できること、浸透基材同等の凝集速度を持たせるためには凝集剤量を減量できることが分かった。

当社は今後も、高品質なインクジェット印刷システム実現に向け、材料開発技術と解析技術の継続的な向上を目指す。

尚、当日は非浸透基材対応インクのインクジェットヘッドからの吐出挙動を直接観察した結果も併せて報告する。

参考文献

- 1) Atsushi Kaeriyama, Ryuji Shinohara, Akihiro Endou, Shoji Yasuda, "Environment-friendly ink-jet print material technology", Proceeding of The 134th Conference of The Japanese Society of Printing Science and Technology (2015). [in Japanese].
- 2) Takanori Hamamoto, Yuki Sato, Koji Kawato, Atsushi Kaeriyama, Baku Nishikawa, Yasutoshi Hirabayashi, Takeshi Miyato, "Dot control technology in high quality inkjet prints", Proceeding of The 135th Conference of The Japanese Society of Printing Science and Technology (2016). [in Japanese].
- 3) Takanori Hamamoto, Koji Kawato, Yusuke Fujii, Takeshi Miyato, Shoji Yasuda "Dot control technology of inkjet droplet on penetrant/non-penetrant substrate" Proceeding of The 119th The Annual Conference of The Imaging Japanese Society of Japan (2017). [in Japanese]

一般セッション(口頭講演)| インクジェット

[IJ1] インクジェット(1) プロセス Inkjet (1) Process

2018年6月19日(火) 14:00 ~ 15:00 大ホール (けやき会館 一階)

[IJ1-02] 新規高粘度インク吐出装置の開発

The new system for generating microjets for highly viscous ink

*大貫 甫¹、前嶋 麻緒¹、田川 義之¹ (1. 東京農工大学)

*Hajime Onuki¹, Mao Maeshima¹, Yoshiyuki Tagawa¹ (1. Tokyo University of Agriculture and Technology)

インク吐出技術は、インクジェットプリンタなど印刷技術において、そのクオリティを決定し得る重要な技術である。しかしこれまでの主な吐出技術では、低粘度（10 cP程度）のインクのための射出に限定されていた。そこで我々は、高粘度（1000 cP）液体を吐出する技術を新たに開発した。吐出の駆動力として、液体容器に打撃を加える手法を採用した。これに加え、液体容器内に細管を挿入し、細管内外の液面差をつける工夫を施した。これらの工夫により高粘度インクの吐出が可能になる。本研究では、開発したインク吐出技術のメカニズムについて実験・数値計算を用いて議論する。

This study proposed the new technology for generating microjets for highly viscous ink. The present technology can eject only low viscous ink. In our technology, the jet is induced inside a thin tube partially submerged in a liquid. The meniscus inside the tube is kept deeper than that outside the tube. An impulsive force added at the bottom of a liquid container leads ejection of the microjets with high viscosity up to 1,000 cP. This study experimentally and numerically reveals the mechanism of our method.

新規高粘度インク吐出装置の開発

大貫 甫*, 前嶋 麻緒*, 田川 義之*

*東京農工大学 大学院工学府 機械システム工学専攻

The new system for generating microjets for highly viscous ink

Hajime Onuki*, Mao Maeshima*, and Yoshiyuki Tagawa*

* Department of Mechanical Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology

This study newly proposed a device for generating microjets for highly viscous ink. The present technology can eject only low viscous ink. In our technology, the jet is induced inside a thin tube partially submerged in a liquid container. The meniscus inside the tube is kept deeper than that outside the tube. An impulsive force added at the bottom of the container leads ejection of the microjets with high viscosity up to 1,000 cP, which is same viscosity as honey. This study experimentally and numerically reveals the viscous effect on the liquid jet induced by the proposed device.

1. 緒言

液体ジェットは、インクジェット印刷技術¹⁾など幅広い分野で利用されている。これまでの液体ジェット技術の多くは、液体を微細な穴から押し出すことで液体を射出しているが、低粘度(10 cP程度)のインクのみでの射出に限定される。粘度の制限は、吐出時の液体の飛散や塗布後の滲みの問題となって現れる。この問題の解決のため、我々は高粘度液体も射出可能な装置を開発した²⁾。本技術では、駆動力として打撃を採用している。さらに本装置では細管を挿入し、細管内側の気液界面位置を細管外側より深くする工夫を施した。これにより従来では射出困難であった高粘度インク(1,000 cP)の射出を可能にした。本装置はインクジェット技術の発展のみならず、3Dプリンタや金属配線、細胞印刷など次世代技術への応用が期待できる。

本研究では、開発した液体射出技術のメカニズムの解明を目的とする。射出メカニズムの解明のため、タイムスケールが異なる二つの現象に着目した。それぞれの現象について、実験および数値計算を行い、粘性の寄与を明らかにすることで射出メカニズムの把握を目指す。

2. 装置概要

本装置の概要を Fig.1(a)に示す。本装置では、まず液体を充填した試験管に濡れ性の良い細管を挿入する。細管の濡れ性により細管内側の気液界面は、下に凸の形状を有する。次に細管内側の気液界面を容器底部へ押し下げ、細管内外の液面差を作る。なお細管内外の液面差は、細管外側の気相を減圧することで作る。この状態を維持したまま、容器底部に打

撃を与える。これらに工夫により、細管内側より液体ジェットが射出される。実際に蜂蜜(1,000 cP程度)を射出した様子を Fig.1(b)に示す。蜂蜜のような高粘度の液体もジェットとして射出されている。

本装置による液体ジェットは、タイムスケールの違いにより二つの過程に分けることができる。一つ目の過程は、打撃による急加速過程である(衝突過程と呼ぶ)。液体容器に打撃が加わるとき、液体は短時間で急激な加速度を得る。本過程は、液体ジェット射出全体のタイムスケール(~10 ms オーダー程度)に比べて非常に短い(0.1 ms オーダー以下)。二つ目の過程は、気液界面での流れの集束過程である(集束過程と呼ぶ)。衝突過程に速度を得た気液界面は、液体ジェットとして射出される。このとき凹面形状を持つ気液界面付近では、速度は界面中心軸方向に向く。この現象は流れの集束と呼ばれ、細管径より細い液体ジェット射出を引き起こす。この集束過程のタイムスケールは、衝突過程に比べて非常に大きい(0.1 ms 以上)。本装置で射出される液体ジェットは、1)衝突過程により速度を得て、2)集束過程により液体ジェットとして射出される。以下にそれぞれの過程で起こる現象について説明する。

まず衝突過程について着目する。打撃により液体が急加速されるとき、液体の運動は剛体運動と同様に瞬間的な運動をとらえることができる。打撃により液体は鉛直方向 z に速度 U_0 を持つとする。このとき Navier-Stokes 方程式より液中の速度 U_0 は、

$$U_0 = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \Pi}{\partial z} \quad (1)$$

と表される。なお、 ρ は液体の密度である。ここで Π は圧力力積と呼ばれる値であり、打撃付与時間における圧力の積分値である。式(1)より、液中の速度 U_0 は圧力力積勾配 $\partial \Pi / \partial z$ に比例する。

* 〒184-0002 東京都小金井市中町 2-24-16

* 2-24-16 Naka-cho, Koganei, Tokyo, 184-0002, Japan

e-mail: h_onuki@cc.tuat.ac.jp

ここで細管内側の圧力力積に着目する．細管内側の圧力力積勾配 $\partial\Pi'/\partial z$ は，細管外側の圧力力積勾配 $\partial\Pi/\partial z$ に比べて大きくなる (Fig.2)．ここで，細管外側の気液界面から細管内側の気液界面までの距離を l_{top} ，細管内側の気液界面から細管端面までの距離を l_{middle} と定義する．幾何関係より細管内側の圧力力積勾配 $\partial\Pi'/\partial z$ は，

$$\frac{\partial\Pi'}{\partial z} = \left(\frac{l_{\text{top}}}{l_{\text{middle}}} + 1 \right) \frac{\partial\Pi}{\partial z} \quad (2)$$

と表される．また，細管内側の速度 U' は，式(1)と同様の関係を持つ．したがって式(1)および式(2)より，細管内側の速度 U' は，

$$U' = \left(\frac{l_{\text{top}}}{l_{\text{middle}}} + 1 \right) U_0 \quad (3)$$

と表される．式(3)より細管内側の速度 U' は，細管内側の液面位置に関する二つのパラメータ l_{top} ， l_{middle} により，大幅に増速可能である．

次に集束過程に着目する．打撃により速度 U を得た気液界面は流れの集束により液体ジェットとして

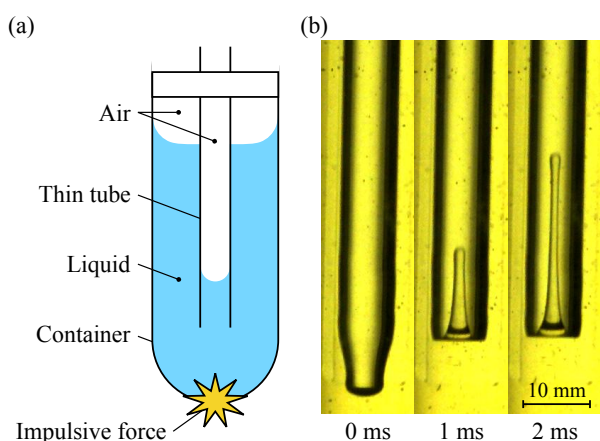


Fig.1 (a) Schematic image of the viscous microjet generator. (b) Generation of liquid jet with honey.

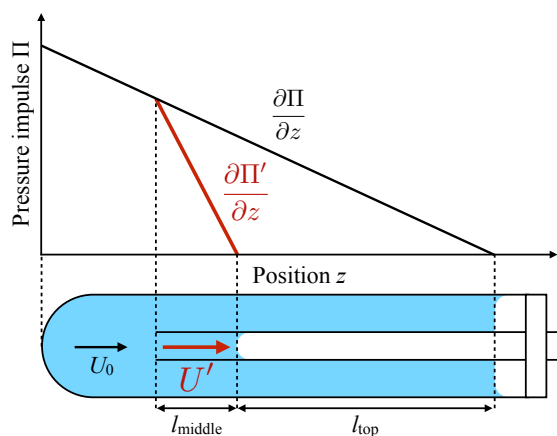


Fig.2 Model based on a pressure impulse approach during the impact interval.

射出される．このときジェット速度 V'_{jet} は気液界面が得る速度（初期速度 U' ）に比例することがわかっていて．これと式(3)より，ジェット速度 V'_{jet} は，

$$V'_{\text{jet}} = \beta \left(\frac{l_{\text{top}}}{l_{\text{middle}}} + 1 \right) U_0 \quad (4)$$

と表される．式(4)よりジェット速度 V'_{jet} は，液面位置により大幅に増速できる．なお式(4)における β は，初期速度 U' に対するジェット速度 V'_{jet} の増速率であり，界面形状および粘度に関するパラメータである．

3. 実験・計算概要

3.1 実験概要

実験装置を Fig.3 に示す．本実験では，容器として試験管 (A-10, マルエム, 内径 8.0 mm), 液体としてシリコンオイル (KF-96, 信越化学, silicone oil, Sigma Aldrich) を用いる．液体を充填した試験管にガラス管 (FPT-80, Fujiston, 内径 0.5 mm) を挿入する．液面差はシリンジにより細管外側の気相を減圧することで作る．打撃はコイルガンにより鉄心 (SS400) を鉛直上部に射出し，容器底部と衝突させることで与える．打撃後，細管内側の気液界面よりマイクロジェットが生成される．実験の様子は，二台の高速度カメラ (FASTCAM SA-X, Photron) および白色光源 (White Led Backlight, Phlox) で撮影する．撮影速度はそれぞれ，ジェット生成を撮影するものを 50,000 fps, 容器全体の移動を撮影するものを 12,500 fps とする．なお，二台の高速度カメラはパルスジェネレータ (Model 575 Digital Delay/Pulse Generator, BNC) で同期されている．本実験では，液体の動粘度 ν ， l_{top} ， l_{middle} および初期速度 U_0 を $\nu = 1\text{-}500$ cSt, $l_{\text{top}} = 39.7\text{-}61.7$ mm, $l_{\text{middle}} = 1.6\text{-}10.0$ mm, $U_0 = 0.3\text{-}0.5$ m/s の範囲で変化させる．マイクロジェットの速度 V'_{jet} は，ジェット先端が三相接触点を初めて超えた瞬間から 0.2 ms までのジェット先端の移動距離から算出する．初期速度 U_0 は同時刻から 0.8 ms までの容器底部の移動距離から算出する．

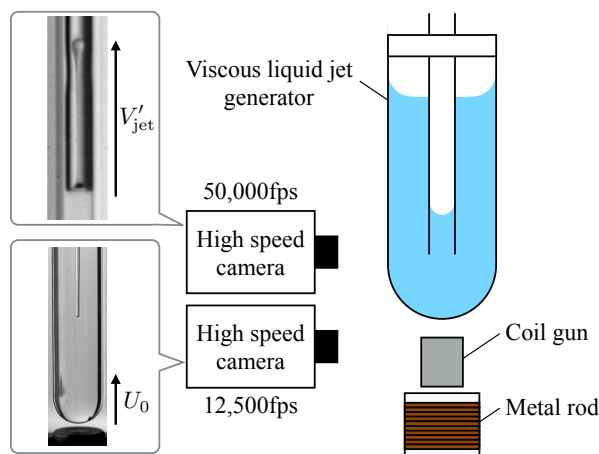


Fig.3 Experimental setup.

3.2 計算概要

本計算は、汎用シミュレーションソフトウェア (COMSOL Multiphysics, 計測エンジニアリング) による有限要素法で行う。計算の支配方程式として、非圧縮の Navier-Stokes 方程式および連続の式を用いる。気液界面の追跡方法として Level-Set 法を採用する。Level-Set 法では、Level-Set 関数 ϕ を定義し、 $\phi = 1$ を液体、 $\phi = 0$ を気体とし、 $0 < \phi < 1$ を液体気体の混合体として二相流を計算する。本計算では、 $\phi = 0.5$ を気液界面として追跡する。本計算では、衝突過程と集束過程の二つの異なるタイムスケールの過程について、それぞれ独立した計算を行う。なお、液体の物性は実験に合わせて設定している。

衝突過程での計算対象を Fig.4(a) に示す。本過程では、細管を含む容器全体を計算対象とする。打撃として計算対象の底部および側部に時刻 $t = 0 - 10^{-6}$ s で U_0 まで加速する境界条件を与える。本計算では、細管内半径 $r = 2.5 \times 10^{-1}$ mm, 初期速度 $U_0 = 0.4$ m/s と一定とし、動粘度 ν , l_{top} および l_{middle} をそれぞれ $\nu = 1 - 500$ cSt, $l_{\text{top}} = 40.0 - 47.5$ mm, $l_{\text{middle}} = 2.5 - 10.0$ mm の範囲で変化させる。

集束過程計算での計算対象を Fig.4(b) に示す。本過程では、計算負荷軽減のため、細管内側の気液のみを計算対象とする。打撃として計算対象底部に時刻 $t = 0 - 10^{-6}$ s の間に圧力が急激に変化する境界条件を与える。本計算では、細管内半径 $r = 2.5 \times 10^{-1}$ mm を一定とし、動粘度 ν および細管内側の速度 U をそれぞれ、 $\nu = 1 - 500$ cSt, $U = 2.0 - 20.0$ m/s の範囲で変化させる。

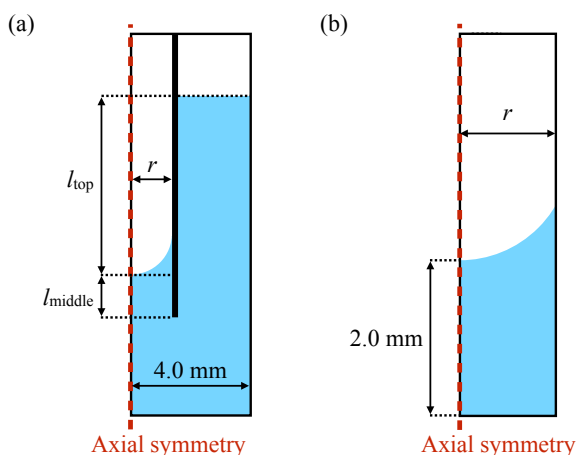


Fig.4 Geometry for calculating (a) liquid acceleration during the impact interval and (b) generation of the liquid jet during the focusing interval.

4. 結果・考察

4.1 衝突過程における粘性の影響

計算より求めた圧力力積分布を Fig.5 に示す。なお、各位置における圧力力積 Π は、容器底部の圧力力積で除することで無次元化し、管軸方向距離 z は

細管外側の気液界面位置で除することで無次元化している。数値計算により求めた圧力力積分布を破線で、モデル (式(2)) を実線でそれぞれ示す。数値計算がモデルと良く一致している。したがって、式(2)により本現象を記述可能である。また、各動粘度 ν および各 $(l_{\text{top}}/l_{\text{middle}}+1)$ における圧力力積勾配および細管内側の流速を Table 1 に示す。なお、Table 1 における細管内側の圧力力積勾配 $\partial\Pi^*/\partial z^*$ は、細管外側の圧力力積勾配 $\partial\Pi/\partial z$ で無次元化しており、細管内側の流速 U は、細管外側の流速 U_0 で無次元化している。各 $(l_{\text{top}}/l_{\text{middle}}+1)$ において、無次元化圧力力積勾配 $\partial\Pi^*/\partial z^*$ と無次元化速度 U^* が $(l_{\text{top}}/l_{\text{middle}}+1)$ とおおよそ一致している。これは式(2)および式(3)と一致する傾向である。したがって本装置では、液面差 $(l_{\text{top}}/l_{\text{middle}}+1)$ により圧力力積勾配 $\partial\Pi^*/\partial z^*$, 速度 U^* を容易に調節できる。また動粘度 ν に関わらず、圧力力積勾配 $\partial\Pi^*/\partial z^*$ と速度 U^* はほぼ一定である。これより衝突過程では、粘度の影響は小さく無視できる。

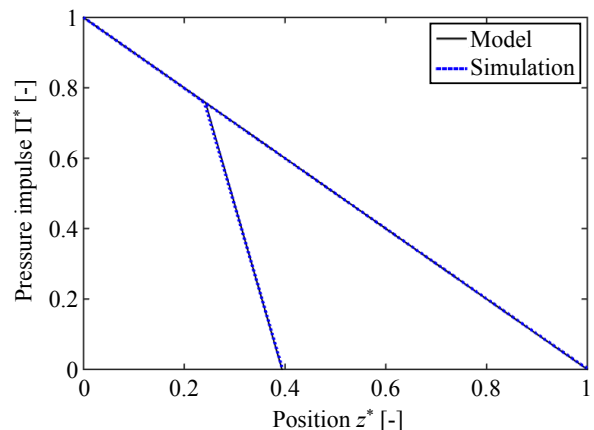


Fig.5 Relation between the pressure impulse Π^* and the vertical position z^* .

Table 1 Relation between $l_{\text{top}}/l_{\text{middle}}+1$, the normalized gradient of the pressure impulse $|\partial\Pi^*/\partial z^*|$ and the normalized liquid velocity inside the tube U^* .

$l_{\text{top}}/l_{\text{middle}}+1$	ν [cSt]	$ \partial\Pi^*/\partial z^* $	U^*
5	1	4.9	4.9
	10	4.9	4.9
	100	4.9	4.9
10	1	9.5	9.6
	10	9.5	9.4
	100	9.5	9.4
15	1	13.8	13.4
	10	13.8	13.4
	100	13.8	13.4
20	1	18.1	17.3
	10	18.0	17.3
	100	18.0	17.3

4.2 集束過程における粘性の影響

数値計算より求めた液体ジェット射出時における流速場を Fig.6 に示す．なお流速場は，与えた初期速度 U' で除し無次元化している．各動粘度 ν において，打撃付与直後 ($t = 1 \mu\text{s}$) では速度場はほぼ一定である．これは，打撃付与中における粘度の影響は小さいことを意味し，4.1 節と一致する傾向である．一方，低粘度流体 (10 cSt) の場合，界面の変形に伴い，界面中心の流速が初期速度 U' の2倍程度になっている．これは，流れの集束による増速効果であると考えられる．しかし，高粘度流体 (100 cSt) の場合，流れの集束による増速効果は観測されない．また高粘度流体では，細管管壁付近の低い速度が観測される．この領域は境界層の発達によるものであると考えられる．ここで，境界層の発達が流れの集束を阻害すると仮定し，境界層の厚さに着目する．

一般的に境界層厚さ δ は， $\delta = (\nu t)^{1/2}$ で表される．流れの集束は，界面が凹面形状を有する間に起こり続け，その時間 t_f は，

$$t_f \sim \frac{2r}{U'} \quad (5)$$

と見積もられる．式(5)より，流れの集束直後の無次元化境界層厚さ δ^* は，

$$\delta^* = \frac{\delta|_{t=t_f}}{r} = \sqrt{\frac{2}{\text{Re}}} \quad (6)$$

と表される．なおレイノルズ数 Re は， $\text{Re} = U'r/\nu$ で定義される．式(6)より無次元化境界層厚さ δ^* は，レイノルズ数 Re の関数である．液体ジェットの増速率 β と無次元化境界層厚さ δ^* の関係を Fig.7 に示す．なお増速率 β は，式(4)を用いて求めている．先行研究による非粘性の数値計算³⁾を Fig.7 に実線で示す．また，先行研究による細管内半径 $r = 1.0 \text{ mm}$ の実験⁴⁾を Fig.7 に三角プロットで示す．細管内半径 r ，初期速度 U' および動粘度 ν が変化した場合でも境界層厚さ δ^* により増速率 β の傾向を統一的に記述できる．境界層厚さ δ^* が小さい場合，本結果が非粘性の数値計算³⁾と良く一致している．この範囲では，粘性の影響は小さく無視できる．一方，境界層厚さ δ^* が大きい場合， δ^* の増加に伴い増速率 β は低下する．これより，この範囲では粘度の影響は顕著に現れ，粘度は増速率 β の低下に寄与する．

5. 結言

本研究では，従来では射出が困難であった高粘度液体を射出可能な装置を開発した．本装置における粘性の影響を明らかにするため，1)打撃による衝突過程，2)流れの集束による集束過程，の異なるタイムスケールに分け，それぞれの過程について粘性の影響を調査した．衝突過程では，圧力力積に着目したモデルを提案し，数値計算と良い一致を得た．さらに衝突過程では，粘性の影響は小さく無視できることがわかった．一方，集束過程では，粘性の影響は大きく現れ，境界層の発達に着目することで粘性の影響を統一的に記述できた．

参考文献

- 1) M. Fuji, "Series Digital Printing technology 'Inkjet'", Tokyo-denki University Press (2008) [in Japanese].
- 2) H. Onuki, Y. Oi and Y. Tagawa, "Microjet generator for highly viscous fluids", *Physical Review Applied*, **9**, 014035 (2018).
- 3) I. R. Peters, Y. Tagawa, N. Oudalov, C. Sun, A. Prosperetti, D. Lohse, and D. van der Meer, "Highly focused supersonic microjets: Numerical simulations", *Journal of Fluid Mechanics*, **719**, pp. 587-605 (2013).
- 4) H. Onuki and Y. Tagawa, "A highly-viscous liquid jet generator", *Trans. J. Multiphase Flow*, **29**, pp. 335-342 (2015) [in Japanese].

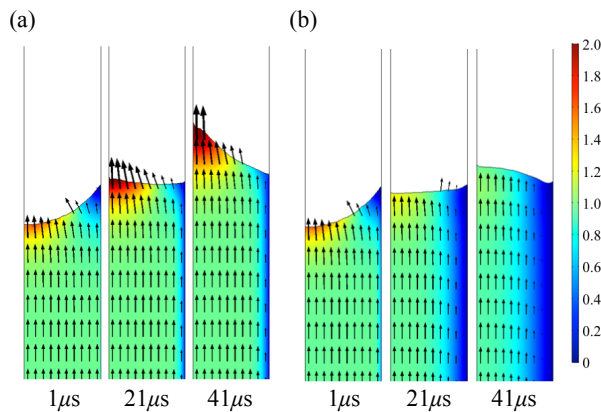


Fig.6 Velocity fields in the liquid during the focusing duration with (a) small viscous liquid ($\nu = 10 \text{ cSt}$) and (b) large viscosity one ($\nu = 100 \text{ cSt}$).

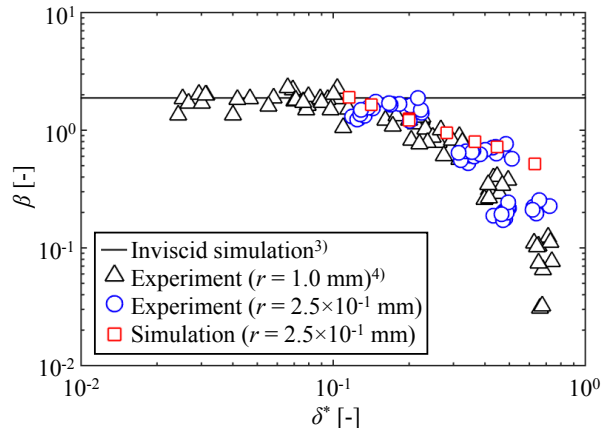


Fig.6 The increment ratio of the jet velocity β vs. the normalized thickness of boundary layer δ^* .

一般セッション(口頭講演)| インクジェット

[IJ1] インクジェット(1) プロセス Inkjet (1) Process

2018年6月19日(火) 14:00 ~ 15:00 大ホール (けやき会館 一階)

[IJ1-03] 微小液滴の高速着弾現象の観察

Observation of Fast Wetting Dynamics of Micro-Droplets on Substrates

*横田 涼輔¹、平野 太一¹、美谷 周二朗¹、酒井 啓司¹ (1. 東京大学)

*Ryohsuke Yokota¹, Taichi Hirano¹, Shujiro Mitani¹, Keiji Sakai¹ (1. The University of Tokyo)

インクジェット液滴が基板に着弾し、濡れ広がる様子をマイクロ秒以下の時間分解能で鮮明に観察する簡便な方法を開発した。この手法により、ガラス基板やインクジェット紙、ゲルなどの様々な基板での微小液滴の高速な濡れ広がりを観察し、動的接触角を高時間分解能で測定することに成功した。本講演では、開発した手法を説明するとともに、得られた動的接触角の基板や液体への依存性について議論する。

微小液滴の高速着弾現象の観察

横田 涼輔*, 平野 太一*, 美谷 周二朗*, 酒井 啓司*

*東京大学生産技術研究所

Observation of fast impingement dynamics of micro-droplets on substrates

Ryohsuke Yokota*, Taichi Hirano*, Shujiro Mitani* and Keiji Sakai*

*Institute of Industry and Science, the University of Tokyo

Recently, inkjet technology is applied not only for printing but also for patterning of electric circuits. However, it is difficult to observe impingement, wetting and drying dynamics of microdroplets ejected from inkjet due to the lack of spatial and temporal resolution of the measurement system. We developed a simple method that can observe the microdroplets dynamics on substrates with high time resolution. We succeeded in observing and analyzing the dynamic wetting and contact angle accurately.

1. はじめに

近年の技術革新によって、インクジェットは紙への印刷だけでなく、Printed Electronics や Bio プリントなど様々な分野に応用を広げている。その際に重要となるのは、液滴の濡れ広がりや乾燥といったダイナミクスである。しかし、インクジェットのような微小液滴の運動の時定数は、マイクロ秒オーダーであり、このような微小領域における高速な現象を直接観察することは高性能ハイスピードカメラを用いたとしても困難である。

そこで我々は、マイクロメートルオーダーの微小な液滴が基板に着弾し、濡れ広がる様子や乾燥する様子をマイクロ秒オーダーで観察する手法を新たに開発した。この手法は、様々な液体・基板に対応できるため、様々な応用に利用できると考えられる。

2. 実験

2.1 液滴生成機構

液滴生成機構は、独自に開発したオンデマンド型のインクジェットヘッドを利用している。このインクジェット機構の基本となる部分は、ガラス毛细管を外側からピエゾ素子で挟んだ形状になっている。この機構により液体に触れる部分がガラス毛细管のみとなるため、耐腐食性が高い。また機構も簡便であり、ディスポーザブルなガラス管を用いていることから、汎用性が高いという特徴がある。

2.2 光学系

観察にはストロボ法を用いた。高速な運動であっても繰返し再現性が高い場合には、ストロボの発光周波数と運動の周波数を同期させることによって映像上は停止して撮影される。また、ストロボの発光

タイミングをずらすことによって、運動の様子をコマ送りの映像として観察することも可能である。このときの1コマあたりの時間間隔は、発光タイミングのずらし方で決まるため、運動の時間スケールに応じた動画撮影時の時間スケールの変更が容易である。この手法における時間分解能は、ストロボの発光の持続時間のみで決まるため、マイクロ秒以下の時間分解能を実現することが可能である。

光源には、発光時間が短く大光量のパルスライトである菅原研究所製 NPL-91 を用いた。このパルスライトの発光時間は 75 ns である。このような大光量のパルスライトを用いたとしても、インクジェットのような極微細な空間を観察するには、十分な明るさでない。そのため、レンズによって光を液滴の着弾地点で集光させることにより、十分な明るさを実現した。また基板端の影響を小さくするため、顕微鏡をほんの僅かに傾けて設置している。そのため集光したパルスライトの光は基板に反射した後、顕微鏡に入射するようにセットアップした。

2.3 制御系

射出した液滴をそのまま基板に着弾させるだけでは、浸透や乾燥を待ってから射出するとしても、残留物などの影響が積算されることとなり、現象の繰返し再現性が保てなくなる。そのためストロボ法を利用するにあたっては、液滴が移動し、新たに射出された液滴は新しい表面に着弾する必要がある。そこで我々は、移動ステージを用い、移動ステージと液滴の射出タイミングを制御することにより、高時間分解能かつ長時間の観察可能な実験系を実現した (Fig. 1)。

* 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4 丁目 6-1

* 4-6-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo, 153-8505, Japan

e-mail: ryokota@iis.u-tokyo.ac.jp

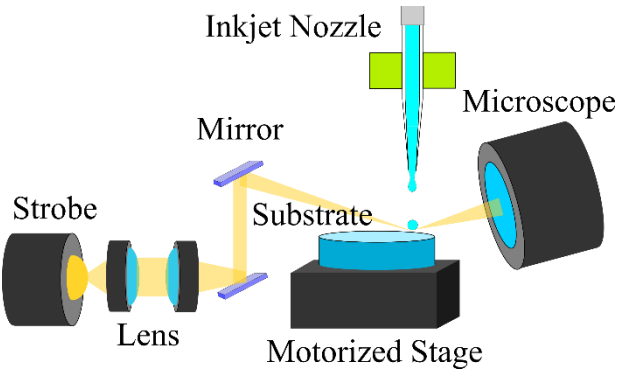


Fig.1 Schematic image of measurement setup.

本手法では、新しい表面を供給し続ける必要があるため、一回の実験時間が制限されている。そのため単純な横移動等では、実験可能な時間は2-3分程度であり、十分な実験時間を確保できない。そこで我々は、基板上に螺旋を描きながら射出することにした(Fig. 2)。この手法では、一定の直線運動と回転運動のみの単純な制御で、基板を効率良く使うことができるため、実験時間は15分程度になる。さらに螺旋形状を描くことで、省スペースで実験が可能である点も、この手法の特徴である。

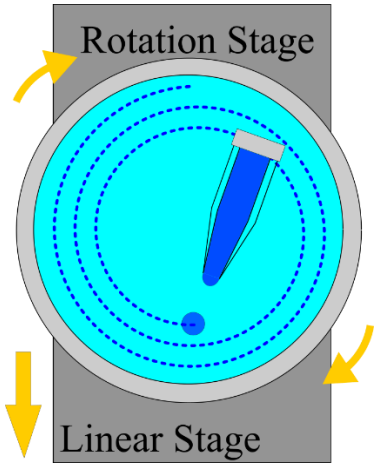


Fig.2 Newly developed method of ejection by spiral pitch. Setup for providing flesh surface at landing spot of droplets.

3. 結果

3.1 測定試料・基板

測定試料として、異なる物性値を持つ4種類の液体を用いて実験を行った(Table 1)。基板については、ガラス基板とインクジェット紙基板を用いた。ガラス基板には、光学用の平行平面基板を用いた。またインクジェット紙基板は、プラスチック製の円形基板の上に、インクジェット紙を貼り付けたものである。

Table 1 Table of physical properties of sample liquid.

	Density [g/cm ³]	Surface Tension [mN/m]	Viscosity [mPa · s]
Water	1.00	72.8	0.89
Ethylene glycol	1.11	48.4	16.1
Ethanol	0.785	22.4	1.10
10cSt Silicon	0.935	20.1	9.35

3.2 実験結果

500 ns ごとに、画像の撮影を行った。ここでは、ガラス基板に対し水液滴を着弾させた際の画像の一部を Fig. 3 に示す。

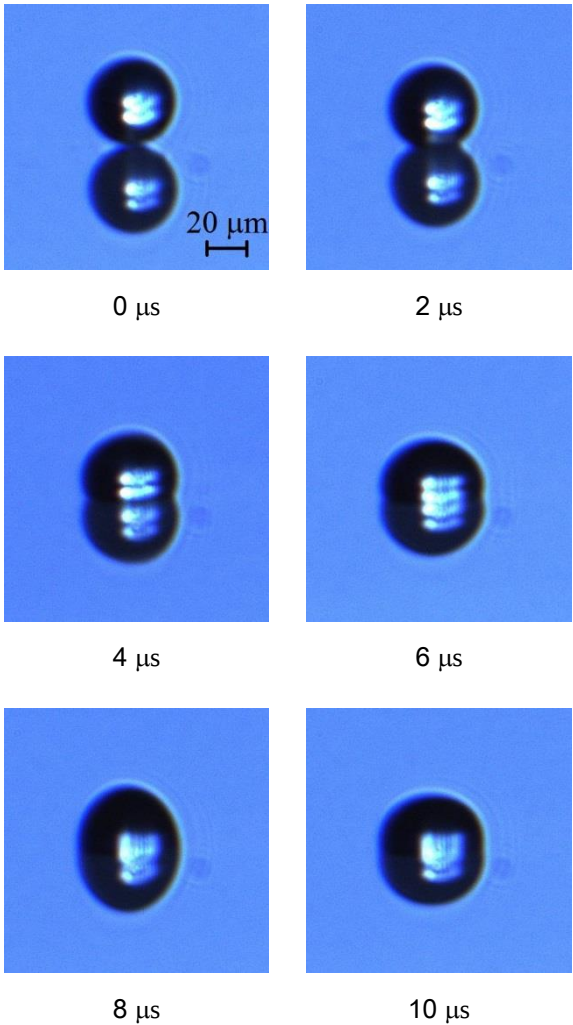


Fig.3 Water droplets impinge on glass substrate. The image reflected by the substrate are also observed.

4. 液滴の形状解析

濡れ広がりや接触角の動的な変化を調べるために画像解析を行った。

4.1 解析手法

液滴画像を二値化し、解析することにした。今回撮影を行ったどの液滴においても、基板による反射も観察されている。液滴は濡れ広がり部分球の形状になる。このときの高さを h 、幅を w とした。また接触角については、液滴の幅 w 及び高さ h を用いて、次の式により算出した。

$$\theta = 2 \tan^{-1} \frac{h}{w} \quad (1)$$

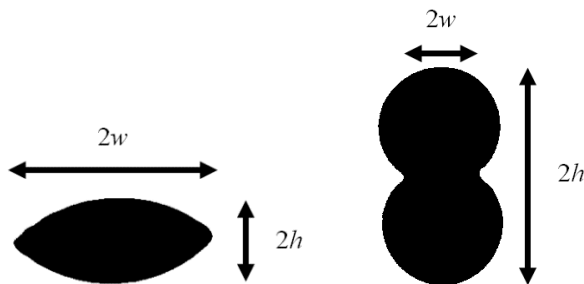


Fig.4 Binary image of droplet.

4.2 解析結果

Fig. 5 はガラス基板上に着弾させた液滴の濡れ広がり幅 w の時間変化を示したものである。Fig. 6 はガラス基板上に着弾させた液滴の接触角の変化を示したものである。Fig. 7 は、インクジェット紙上の各種液滴の濡れ広がり様子である。

またガラス基板上に着弾させた液滴については、 $10 \mu\text{s}$ 程度までは、どの液滴も類似の傾向を示している。しかし、それ以降は表界面張力の差によって、濡れ広がりや接触角に差が出ていることが分かる。

インクジェット紙基板については、液滴の濡れ広がりに対して、紙への浸透が支配的になるまでの時間に差があることが分かる。エタノールが他の2液体に比べて、早く液滴が小さくなっているのは、液滴の浸透だけでなく蒸発も支配的になっていると考えられる。

このことから、液滴の粘度や表界面張力といった物性値に依存して、濡れ広がり様子が変化することが確認された。

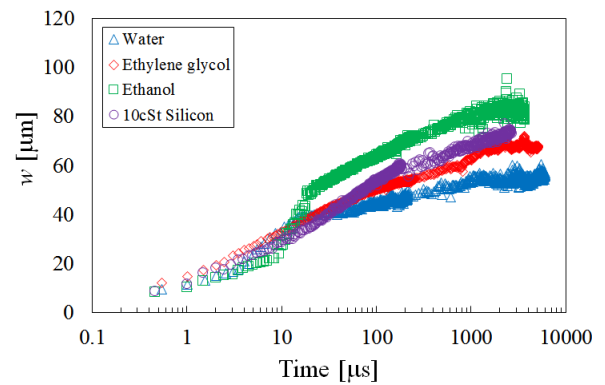


Fig.5 Width of Droplet on glass.

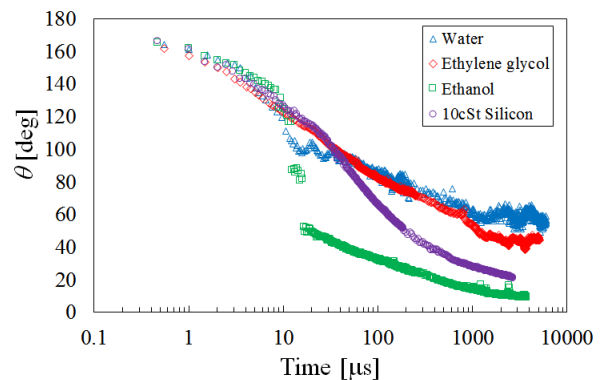


Fig.6 Contact angle of droplets on glass.

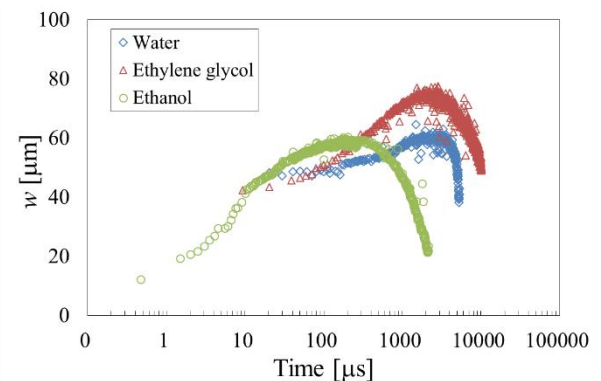


Fig.7 Width of droplets on paper.

5. まとめ

新たな手法の開発により、インクジェットのような微小な液滴が基板に着弾し、濡れ広がるダイナミクスを観察・解析することに成功した。また液体の物性値の違いによる、濡れ広がりや接触角の変化を捉えることにも成功した。この手法によって、これまで困難であった、インクジェットが基板に着弾する過程の直接観察が容易に可能になり、濡れ広がりや乾燥のダイナミクスの理解につながると考えられる。

参考文献

- 1) P. G. de Gennes, “Wetting: statics and dynamics”, Reviews of Modern Physics, 57, 3, pp.827-863 (1985)
- 2) L. Tanner, “The spreading of silicone oil drops on horizontal surfaces”, Journal of Physics D: Applied Physics, 12, 9, pp.1473-1484 (1979)
- 3) Tatsuya Yamada and Keiji Sakai, “Observation of collision and oscillation of microdroplets with extremely large shear deformation”, Physics of Fluids, 24, 022103 (2012)
- 4) Hideaki Kutsuna and Keiji Sakai, “Hyper Rheology Measurement by Emission and Collision of Micro-Fluid Particles”, Applied Physics Express, 1, 027002 (2008)
- 5) Horace Lamb, “Hydrodynamics”, DOVER SCIENCE BOOK, (1932)

Oral presentation | Inkjet

[IJ2] Inkjet (2) Ink

Session Chair: Sadanao Okuda (SAKATA INX CORPORATION), Shinichi Okada (DIC Corporation)

Tue. Jun 19, 2018 3:20 PM - 4:40 PM Main Hall (1st Floor, Keyaki Kaikan)

[IJ2-01] Preparation of a W/O Emulsion Ink for Inkjet Printing

*Naofumi Ezaki¹, Shunsuke Uozumi¹ (1. RISO KAGAKU CORPORATION)

3:20 PM - 3:40 PM

[IJ2-02] New White Pigments -Correlation between Structure of Inorganic Hollow Particles and White Opacity-

*Tomohiro Hirade¹, Hiroshi Goto¹ (1. Ricoh Company, Ltd.)

3:40 PM - 4:00 PM

[IJ2-03] Pigments for Inkjet Food Packaging Printing

*Stephane Biry¹, Ruth Bauer² (1. BASF Colors & Effects Switzerland AG, 2. BASF Colors & Effects GmbH)

4:00 PM - 4:20 PM

[IJ2-04] Influence of the Characteristics of Emulsion on Image Quality

Takahashi Shigeki¹, *Yoshikawa Takahiro¹ (1. KAO Corporation)

4:20 PM - 4:40 PM

一般セッション(口頭講演)| インクジェット

[IJ2] インクジェット(2) インク Inkjet (2) Ink

2018年6月19日(火) 15:20 ~ 16:40 大ホール (けやき会館 一階)

[IJ2-01] インクジェット用 W/Oエマルションインクの調製 Preparation of a W/O Emulsion Ink for Inkjet Printing

*江崎 直史¹、魚住 俊介¹ (1. 理想科学工業株式会社)

*Naofumi Ezaki¹, Shunsuke Uozumi¹ (1. RISO KAGAKU CORPORATION)

油性インクジェットインクは、印刷時の用紙変形が発生しないため、紙を対象とした高速印刷に適している。油性インク中に水を乳化した油中水型 (W/O) エマルションインクでは、色材の浸透が抑制され、画質が向上する。一方で、水を乳化するとインクの粘度が高くなる事が課題であった。また、エマルション粒子の凝集・合いが起こるため、貯蔵安定性にも課題があった。

本研究では、油相と水相の組成を変えてW/Oエマルションインクを作製した。それらの粘度と貯蔵安定性を評価し、組成との関係性を調べた。その結果、水相に特定の2価イオンを添加する事によって、粘度を抑えながら貯蔵安定性を向上させられる事を明らかにした。

インクジェット用 W/O エマルションインクの調製

江崎 直史*, 魚住 俊介*

*理想科学工業株式会社 開発本部 R&I センター AR 開発部

Preparation of a W/O Emulsion Ink for Inkjet Printing

Naofumi Ezaki* and Shunsuke Uozumi*

*AR Development Department, R&I Center, Research & Development Division, RISO KAGAKU CORPORATION

Water in oil (W/O) emulsion ink for inkjet printing is a possible candidate which can achieve both high image quality and high speed printing for plain paper. However, it was hard to prepare a W/O emulsion ink which is suitable for inkjet printing because it had higher viscosity and worse stability. In this study, effects of compositions of the W/O emulsion on its viscosity and stability were investigated in order to prepare the W/O emulsion available as inkjet ink. Addition of a specific divalent cation to the water phase of the W/O emulsion was found to achieve both low viscosity and good stability.

1. 緒言

インクジェットインクは、溶媒の種類によって、水性、油性、溶剤、UV に分類される。印刷対象物の種類に応じて、適したインクが選択される。液体が浸透し易い紙を対象とした印刷においては、水性インク、もしくは油性インクが用いられる。特に、油性インクは、印刷時の用紙変形が発生しないため、高速印刷に適している。一方で、油性インクは浸透現象のみで乾燥させるため、紙の種類によっては印刷物裏側付近まで色材が浸透する。その結果、印刷物の発色が低くなり、また裏抜けが多くなる場合があった。この問題を解決する手段の1つとして、油性インク中に水を乳化した油中水型 (W/O) エマルションインクが挙げられる。W/O エマルションインクでは、用紙変形を防止しつつ、色材の浸透が抑制され、発色が向上し、裏抜けも少なくなる。しかしながら、水を乳化するとインクの粘度が高くなり、インクジェットヘッドからの吐出が困難になることが課題であった。また、エマルション粒子の凝集・合一が発生するため、貯蔵安定性にも課題があった。

本研究では、インクジェットに適した W/O エマルションインクを調製する事を目的として、油相と水相の組成を変えて W/O エマルションを調製した。それらの粘度と貯蔵安定性を評価し、組成との関係性を調べた。

2. 実験

2.1 材料

界面活性剤は、非イオン界面活性剤であるポリリシノレイン酸デカグリセリル (PR-20) を使用した。

油は、ドデカン、パルミチン酸イソオクチル (IOP)、オレイルアルコール (OA) を使用した。水相への添加剤として、塩化ナトリウム、塩化カリウム、塩化カルシウムを使用した。

2.2 W/O エマルションの調製

イオン交換水に PR-20 および各種油相を種々の濃度で順次添加し、ローター式ホモジナイザーを用いて 10,000rpm、5 分間攪拌することによりエマルションを調製した。また、無機塩を添加するときは、まず水に無機塩を添加して溶解した後に PR-20、ドデカンを種々の濃度で添加し、ローター式ホモジナイザーを用いて 10,000rpm、5 分間攪拌することによりエマルションを調製した。

2.3 評価

粘度測定にはストレス制御式粘度計、エマルション粒子の粒度分布測定には超音波減衰式粒度分布測定器、エマルション粒子の観察にはフリーズフラクチャー透過型電子顕微鏡 (FF-TEM) を用いた。

3. 結果と考察

油相の油の種類の変更、および水相に無機塩を添加した W/O エマルションを作製し、粘度と貯蔵安定性を評価した。また、W/O エマルションの粒子サイズを評価し、インクジェット適性を調べた。

3.1 油の種類

油の種類が W/O エマルションの粘度と貯蔵安定性に与える影響を調べた。油は、極性が異なるドデカン、IOP、OA を使用した。油/水/界面活性剤 (PR-20) の3成分系で、組成比を変えて W/O エマルションを作製し、貯蔵安定性が優れる組成比を調べた。

* 〒305-0818 茨城県つくば市学園南 2 丁目 8 番 1

* 2-8-1 Gakuen-minami, Tsukuba, Ibaraki 305-0818 Japan

e-mail: ezaki-n@riso.co.jp

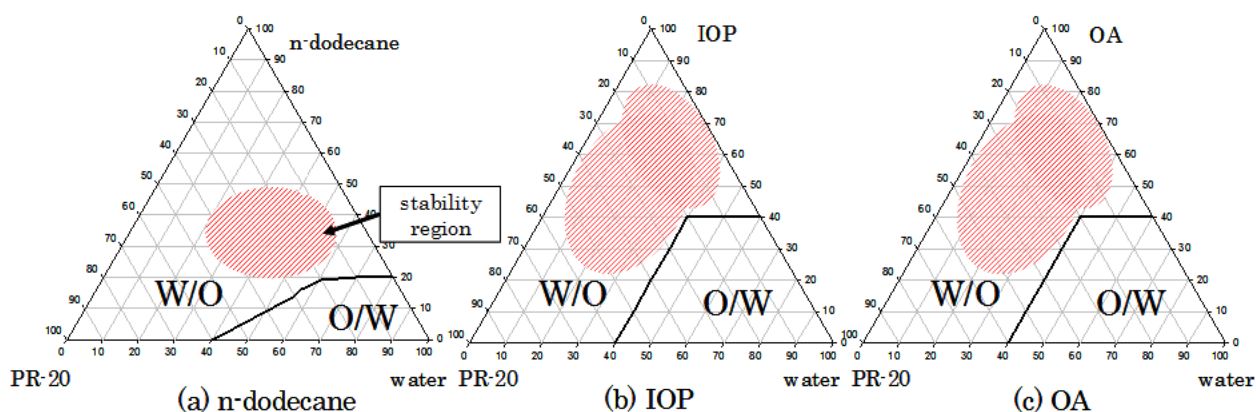


Fig.1 Stabilities of W/O emulsions using different oils

極性が高い IOP や OA を使用すると、極性が低いドデカンを使用した場合と比較して、貯蔵安定性が優れる組成の領域が広がることが明らかになった。しかしながら、極性が高い油は粘度が高いため、単独で使用することは困難である。ドデカンの様な粘度が低い油と組合せて使用する必要があると考えられる。

3.2 水相への無機塩添加

水相への無機塩添加が W/O エマルションの粘度と貯蔵安定性に与える影響を調べた。無機塩は、塩化ナトリウム、塩化カリウム、塩化カルシウムを使用した。いずれの無機塩を添加した場合でも、W/O エマルションの貯蔵安定性は向上した。特に塩化カルシウムを添加した場合に、貯蔵安定性が優れる組成の領域が広がることが明らかになった。粘度は、塩化カルシウムを添加していない場合と比較して、ほとんど変化がなかった。したがって、水相へ塩化カルシウムを添加する事によって、粘度を抑えながら貯蔵安定性を向上させられる事が明らかになった。

3.3 W/O エマルションの粒子サイズ

エマルション粒子のサイズがインクジェットに適しているかを確認する為、ドデカン/水/PR20 の三成分系で W/O エマルションを調製し、超音波減衰式粒度分布計、光学顕微鏡、FF-TEM を用いてエマルション粒子のサイズを調べた。粒度分布測定では、300～800nm の粒子が多いことが明らかになった。光学顕微鏡で観察すると、1μm 以上の粗粒が見られた。エマルションを FF-TEM で観察すると、100～200nm の粒子とそれらが凝集した粒子が見られた (Fig. 2)。粒度分布測定で 300～800nm の領域に見られたピークは、100～200nm 程度の粒子が凝集した物と推測される。したがって、エマルション粒子の凝集を抑制し、1μm 以上の粗大粒子を除去すれば、インクジェットに適した粒子サイズのエマルションを調製できると考えられた。

4. 結論

インクジェットに適した W/O エマルションインクを調製する事を目的として、油相の油の種類の変更、および水相に無機塩を添加した W/O エマルションを作製し、粘度と貯蔵安定性を評価した。

油の種類変更では、極性の高い油を使用する事によって貯蔵安定性が向上することを明らかにした。極性の高い油は粘度が高いため、極性の低い油と組合せて使用する必要がある。

水相への無機塩添加では、塩化カルシウムを添加する事によって、粘度を抑えながら貯蔵安定性を向上させられることを明らかにした。

W/O エマルションの粒子サイズは、貯蔵安定性を向上させる事によって粒子の凝集を抑制し、粗大粒子を取り除けば、インクジェットに適したサイズを実現できると考えている。

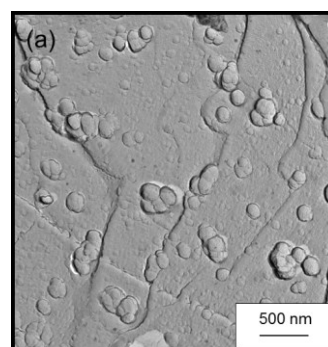


Fig.2 Particles of the W/O emulsion observed by FF-TEM

5. 謝辞

本研究は、東京理科大学理工学部酒井・酒井研究室との共同研究により実施しました。

一般セッション(口頭講演)| インクジェット

[IJ2] インクジェット(2) インク Inkjet (2) Ink

2018年6月19日(火) 15:20 ~ 16:40 大ホール (けやき会館 一階)

[IJ2-02] 新規白色顔料の開発 -無機中空粒子の構造と白色隠蔽性の関係- New White Pigments -Correlation between Structure of Inorganic Hollow Particles and White Opacity-

*平出 智大¹、後藤 寛¹ (1. 株式会社リコー)

*Tomohiro Hirade¹, Hiroshi Goto¹ (1. Ricoh Company, Ltd.)

白色インクには色材として一般的に酸化チタンが用いられるが、高比重なためインク中では沈降するという課題がある。また、低比重色材として中空樹脂粒子を用いた場合、加熱乾燥時に中空粒子の形状を維持できず、狙いの白色隠蔽性が得られない。

上記の中空樹脂粒子の課題に対して低比重かつ加熱乾燥に耐用可能な色材として中空シリカ粒子に着目した。中空シリカ粒子は内部空気層を利用した散乱光により隠蔽性が得られる。中空シリカの一次粒子径、及びシェル厚を制御因子として白色隠蔽性に対する要因効果を把握することで、耐熱／耐溶剤性に優れ、かつ、低比重で高い白色隠蔽性が得られる白色顔料を開発した。

新規白色顔料の開発 -無機中空粒子の構造と白色隠蔽性の関係-

平出 智大, 後藤 寛

株式会社リコー CIP 開発本部 機能材料開発センター

New White Pigment -Correlation between Structure of Inorganic Hollow Particles and White Opacity

Tomohiro Hirade, Hiroshi Goto

Functional Material Development Center, Commercial and Industrial Printing Development Division,
Ricoh Company Ltd.

We have made a new white ink which features less sedimentation and high white opacity even upon non-permeable media. Titanium dioxide has been used in the white ink in order to obtain high opacity, but it has the problem of sedimentation. Hollow resin particles have also been used for white ink. Sedimentation is drastically reduced, however, white opacity is limited when heating and drying especially on non-permeable media. In order to overcome these problems, we focused on characteristics of hollow silica particles with low density in addition to heat resistance and solvent resistance. We developed new white pigment of hollow silica particles which lead to less sedimentation and high white opacity by optimizing primary particle size and wall thickness size.

1. はじめに

白色インクジェットインクは、透明なフィルム材や着色した印字媒体上に高画質の描画が可能となることから、サイングラフィックス、ラベル、パッケージ印刷などにすでに実用化されている¹⁻³⁾。

今回我々は、白色インクジェットインクに広く適用が期待できる新規白色顔料を開発した。無機中空粒子である中空シリカの性質を利用し、一次粒子径およびシェル厚を最適化することで、低比重でありながら高い白色隠蔽性が得られることを見出したため報告する。

2. 白色インクジェットインクの課題

白色インクジェットインクに求められる特性の一つとして、印字媒体を十分に隠蔽する白色隠蔽性が挙げられる。そのため、白色顔料には高屈折率である酸化チタンが一般に広く用いられている。しかし、酸化チタンは比重が大きいため、インク中で容易に沈降するという課題がある。これにより長期保存時のケーキングや使用時の不吐出などの不具合を引き起こす。これに対し、プリンター装置内を攪拌する機構を設けるなどの工夫がされている。最近ではノズル近傍までインクを常時攪拌可能なインクジェットヘッドが発売されている⁴⁾。

材料的アプローチでは、白色顔料として中空粒子

を利用することが知られている⁵⁾。Fig. 1に示すように、中空粒子は粒子内部に空隙を有し低比重であるとともに、外殻部と内部空隙の屈折率差を利用した散乱により、白色隠蔽性が得られる。近年では、中空樹脂粒子を利用した水性白色インクを搭載するインクジェットインクプリンターが発売されている⁶⁾。しかし、中空樹脂粒子を利用する場合は、乾燥時に塗膜中の溶剤成分が抜けやすい浸透性の印字媒体を併用する必要がある。非浸透性の印字媒体では、大気側にしか溶剤成分が抜けられないため、高速乾燥するには高温条件とする必要がある。その場合、Fig. 2に示すように、乾燥温度を上げると中空樹脂粒子が潰れ、白色隠蔽性が大きく低下するという課題が発生する。

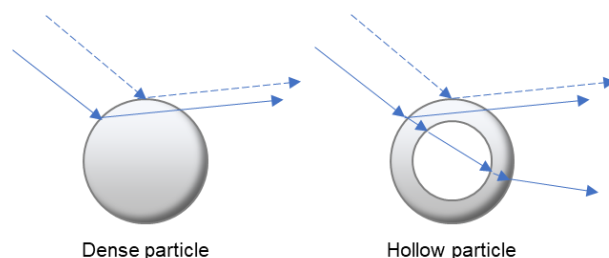


Fig.1 Image of light scattering from dense particle and hollow particle.

* 〒243-0460 神奈川県海老名市泉二丁目7番1号

* 2-7-1 Izumi, Ebina-shi, Kanagawa, 243-0460, Japan

e-mail:tomohiro.hirade@jp.ricoh.com

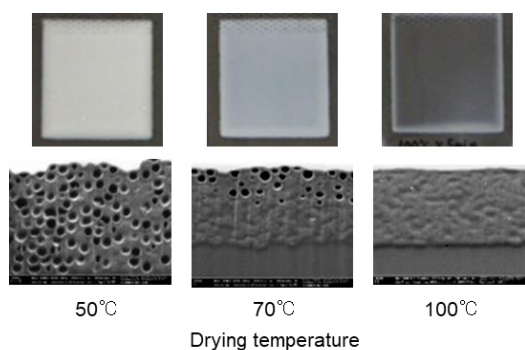


Fig.2 Printed white ink containing hollow resin particles on PET.

我々はこれら課題に対応するため、無機中空粒子である中空シリカに着目した。シリカの比重は 2.2g/cm^3 と、酸化チタンの比重 4.0g/cm^3 と比較しても低比重であり、沈降課題に対して有利である。無機中空粒子では、中空チタンや中空シリカなどがインクジェットインクへの適用検討が報告されているが^{7, 8)}、前者は粒子比重による顔料沈降の懸念が大きく、後者は粒子径が数十ナノメートルと小さいため十分な白色隠蔽性を得ることができないと思われる。我々は、中空シリカの一次粒子径および外殻部の厚み（シェル厚）を最適化することで、耐熱性および耐溶剤性に優れ、かつ、従来の酸化チタンと比較しても沈降しにくく高い白色隠蔽性が得られる白色顔料を開発した。

3. 実験

3. 1 中空シリカの合成

種々の合成条件を検討することにより、一次粒子径およびシェル厚の異なる中空シリカを得た。合成した中空シリカを Fig. 3 にまとめて示す。Fig. 3(B) では、一部粒子が割れているものが観察された。一次粒子径が大きくなると、一定の厚み以上のシェルを有しないと中空粒子の強度が不足するものと考えられる。これら合成した粒子を用いて水系白色インクを調製した。

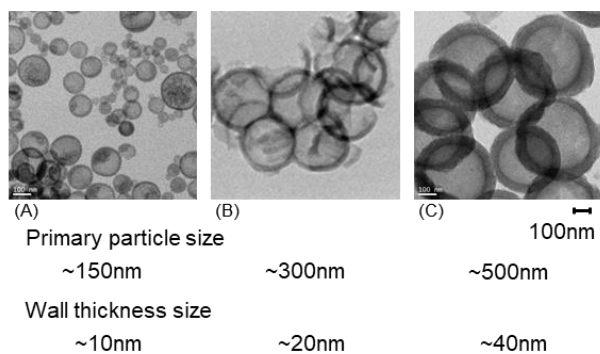


Fig.3 TEM images of synthesized hollow silica particles.

3. 2 白色隠蔽性及び沈降速度に対する要因効果

前述した粒子特性の異なる調製インクを用いて、非浸透性の OPP (Oriented PolyPropylene) 上にバーコート（巻き線径 0.15mm ）塗膜を形成した。乾燥条件は 80°C とした。Eq. 1 に示すハンター白色度を用いて白色隠蔽性評価を行い、Eq. 2 に示すストークスの式を用いて沈降速度を計算した。Fig. 4 に一次粒子径の白色隠蔽性および沈降速度に対する要因効果を示す。中空シリカの一次粒子径が大きくなるにつれて白色隠蔽性が増加し、同時に、沈降速度も増加する。それでもなお、一次粒子径 500nm の中空シリカの沈降速度は、一次粒子径 200nm の酸化チタンと比較すると小さく、沈降課題は軽減されることが期待される。

$$W = 100 - \{(100 - L)^2 + a^2 + b^2\}^{1/2}$$

W : Hunter whiteness

a : redness-greenness

L : Lightness

b : yellowness-blueness

Eq.1 Hunter whiteness.

$$V = \frac{D^2 (\rho_p - \rho_f) g}{18 \eta}$$

V : Sedimentation velocity (m/s)

ρ_f : Density of fluid (kg/m^3)

D : Diameter of particle (m)

g : Gravitational acceleration (m/s^2)

ρ_p : Density of particle (kg/m^3)

η : Viscosity (kg/m s)

Eq.2 Stokes's law.

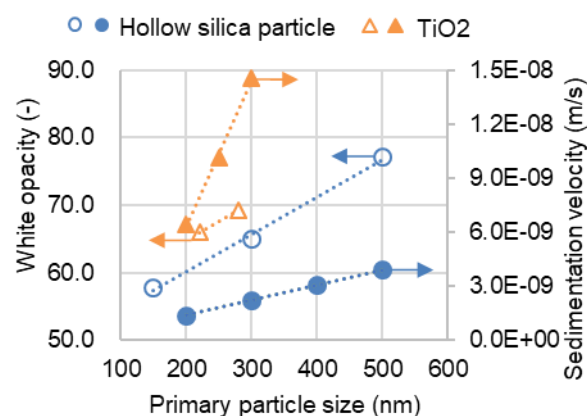


Fig.4 Influence of primary particle size on white opacity and sedimentation velocity.

3. 3 顔料付着量と白色隠蔽性の関係

最も高い白色隠蔽性が得られた、Fig. 3(C) に示す一次粒子径約 500nm の中空シリカを用いて白色インクの印字評価を実施した。印字条件は、リコー製 GXe5500 を用い、解像度 $600 \times 600\text{dpi}$ でヘッド駆動電圧により付着量を調整した。Fig. 5 に中空シリカと酸

化チタンの顔料付着量と白色隠蔽性の関係を示す。いずれも顔料付着量が増加するにつれて、白色隠蔽性は増加する傾向にある。同一顔料付着量で比較すると、中空シリカは酸化チタンと比較して白色隠蔽性が高いと言える。従来の白色インクジェットインクでは、下地を十分に隠蔽するために印字回数を重ねる必要があるが、中空シリカでは少ない印字回数で白色隠蔽性の高い塗膜を形成可能となり、生産性向上が期待される。

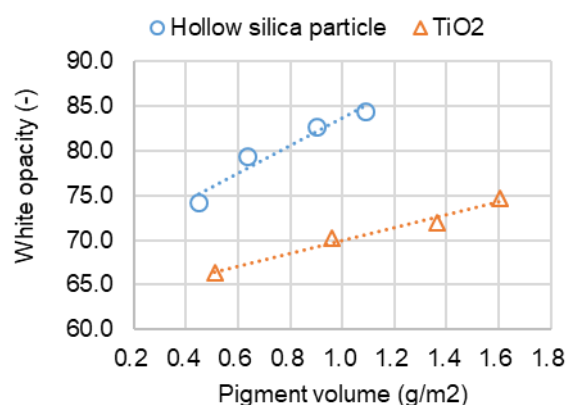


Fig.5 Correlation between pigment volume and white opacity.

3. 4. 印字塗膜観察

上記で得られた、中空シリカおよび酸化チタンの印字塗膜断面を SEM 観察した様子を Fig. 6 に示す。Fig. 6(A) の中空シリカ印字膜は、顔料付着量 0.64g/m^2 、平均膜厚 $4.9 \pm 0.3\mu\text{m}$ であり、Fig. 6(B) の酸化チタン印字膜は、顔料付着量 1.60g/m^2 、平均膜厚 $2.9 \pm 0.4\mu\text{m}$ であった。中空シリカ印字膜は、酸化チタン印字膜と比較して低顔料付着量にも関わらず、膜厚は厚いことが確認された。また、中空シリカ印字塗膜では、塗膜中に粒子が中空形状を維持して構成されており、非浸透性の印字媒体上での加熱乾燥にも十分耐用可能であることを確認した。中空シリカは無機材料であるため、大きな乾燥エネルギーを必要とする高速生産にも対応でき、さらに溶解性の強い溶剤インクなどにも適用できるものと推測される。

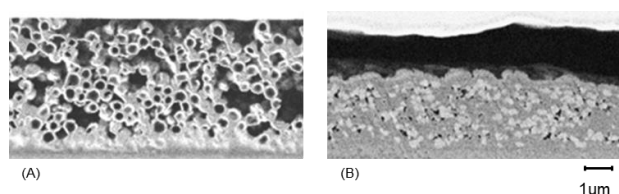


Fig.6 SEM image of printing film of (A) hollow silica particle and (B) TiO_2 .

4. まとめ

今回開発した新規白色顔料は、中空シリカの性質を利用し、一次粒子径およびシェル厚を最適化することで、低比重でありながら高い白色隠蔽性を示すことを確認した。さらに樹脂中空粒子の課題であった耐熱性および耐溶剤性にも優れることを確認し、非浸透性の印字媒体や適用インクの拡大を期待することができる。

中空シリカの一次粒子径は、インクジェット吐出特性に影響することが予測されるため、今後さらに、一次粒子径と吐出特性の関係を把握して、設計する必要がある。

参考文献

- 1) Kazuhiro Nakajima, "Inkjet Technologies 2004", Journal of the Imaging Society of Japan, **43**, pp. 473-479 (2004) [in Japanese].
- 2) Akira Takeuchi, "New Technological Trends UV Ink-Jet and Wide-Format Printers", Journal of the Imaging Society of Japan, **48**, pp. 180-185 (2011) [in Japanese].
- 3) Masaru Ohnishi, "Historical Developments of Inkjet Ink Materials and its Application", Journal of the Imaging Society of Japan, **52**, pp. 132-141 (2013) [in Japanese].
- 4) Ricoh Industrial Inkjet heads MH5421H/5241MF, Retrieved April 19, 2017, https://jp.ricoh.com/release/2017/0419_1.html
- 5) Kunihide Takarabe, "The natures and Applications of Polymer Particles with Voids", Shikizai, **61**, pp. 494-508 (1988) [in Japanese].
- 6) Takayoshi Kagata, "Development of Aqueous White Ink", Journal of the Imaging Society of Japan, **49**, pp. 404-411 (2010) [in Japanese].
- 7) Hewlett-Packard Company, WO 2015/047306 A1.
- 8) Harrison Robert Holzgang, "Investigate Novel Inkjet Printing of High Performance Silica-based Nanostructured Anti-Reflection Coatings", Oregon State University (2015).

一般セッション(口頭講演)| インクジェット

[IJ2] インクジェット(2) インク Inkjet (2) Ink

2018年6月19日(火) 15:20 ~ 16:40 大ホール (けやき会館 一階)

[IJ2-03] Pigments for Inkjet Food Packaging Printing

*Stephane Biry¹, Ruth Bauer² (1. BASF Colors &Effects Switzerland AG, 2. BASF Colors &Effects GmbH)

With inkjet printing showing strong and steady growth in packaging and industrial printing, there are rising concerns over the suitability and compliance of inkjet inks for sensitive applications such as food packaging, where the inks – and thereby the primary ink components like pigments, resins and additives – need to meet stringent requirements in terms of their toxicological profile and migration behavior. This paper reviews pigments for inkjet food packaging printing, in the light of the latest changes in legislations and recommendations by the competent authorities, particularly the EU authorities.

Pigments for Inkjet Food Packaging Printing

Stephane Biry^{*} and Ruth Bauer^{**}

^{*}BASF Colors & Effects Switzerland AG, Basel, Switzerland

^{**}BASF Colors & Effects GmbH, Ludwigshafen, Germany

With inkjet printing showing strong and steady growth in packaging and industrial printing, there are rising concerns over the suitability and compliance of inkjet inks for sensitive applications such as food packaging, where the inks – and thereby the primary ink components like pigments, resins and additives – need to meet stringent requirements in terms of their toxicological profile and migration behavior.

This paper reviews organic pigments that are suitable for inkjet food packaging printing, in the light of the latest changes in legislations and recommendations by the competent authorities, particularly the EU authorities.

1. Digital Packaging Printing

Digital printing (inkjet and electrophotography) has become a significant print technology for all kinds of applications, including publication, commercial and industrial printing.

The well-known benefits of digital printing, like variable data printing and print customization, short-run efficiency, print-on-demand, minimal set-up and switchover time and costs, are also of high value for packaging printing applications. For example, there are many trends in packaging that lead to a decrease of the average print run length. Packaging is critical in establishing brand identity and serves as an advertising medium, and there are more and more specific, seasonal or regional packaging designs. This is resulting in shorter run lengths and the need for a better management of the packaging supply costs, which are negatively impacted by long lead times and high stock levels. Thus, it comes as no surprise that digital printing is on the rise in the label and package printing sector, to the detriment of the conventional packaging printing technologies such as flexography, gravure and offset.

An increasing number of products around the world are adopting digital printing. According to a recent Smithers-Pira study, in 2017 all digitally printed packaging amounted to some \$13.2 billion sales, which is about 3.33% of all printed packaging. The labels sector is currently the most advanced in its adoption of digital print. Through 2022, the value of the digital packaging sector will grow at 11.2% CAGR to \$23.2 billion, accounting for nearly 5.3% of packaging by value, while print volume will reach the equivalent of 334 billion A4 prints (some 3.2% of the total print area output). This projected growth

is driven mainly by new, highly productive corrugated inkjet and electrophotographic presses, with additional contribution from cartons and other segments, such as flexibles, rigids and metals.

2. Food Packaging and the Food Contact Regulatory Landscape

Packaging has always served a critical role in the food supply chain and roughly 90% of all foodstuffs are packaged, at least in mature countries. Considering that the value share of food and beverage packaging is approximately 70% of the overall consumer packaging market, food packaging printing is obviously a primary target market for all players in the digital printing value chain, from raw material suppliers to OEMs and converters.

Besides design and sustainability, a major topic for food packaging relates to consumer health and food-safe packaging, including the printing of food packaging. This is reflected in the increasing regulation of food packaging materials and the printing inks used to print on them, which is aiming to guarantee food safety and human health through use of appropriate packaging materials and printing technologies.

Guidelines and regulations for food packaging differ from region to region, and even from country to country, but the underlying principle is that the packaging should not endanger human health, change the composition of the foodstuff or alter its organoleptic properties.

Amongst the guidelines and regulations that pertain to food package printing inks for indirect food contact (i.e. inks for use on the non-food contact surfaces of food packaging), there are few which are particularly important and enforced. For example, the EU Framework Regulation (EC) No. 1935/2004 which – in substance –

* Klybeckstrasse 141, 4057 Basel, Switzerland
e-mail: stephane.biry@basf.com

states that food contact materials shall be safe. Also, the GMP Regulation (EC) No. 2023/2006, which lays down the general rules for all business operators in the food packaging value chain, and specifies that quality assurance and control systems are established and implemented. The more recent EU plastic packaging regulation (EC) No. 10/2011 is relevant for food package printing inks too, since printed plastics are also in scope. A lot of attention is also going to the Swiss Ordinance SR 817.023.21, since it was officially enacted in April 2008. SR 817.023.21 comprises positive lists of chemicals that are allowed to be used in inks for food packaging printing. List A comprises substances that have been thoroughly evaluated in terms of their health and safety risk and have a stated Specific Migration Limit (SML) or have to comply with the Overall Migration Limit (OML). List B comprises substances for which there is insufficient information currently to define a SML, but are allowed for use provided they comply with a migration threshold of maximum 10 ppb. EuPIA (European Printing Ink Association) provides general guidelines, including directions on Good Manufacturing Practice, and a negative list of banned ink chemicals. Worth mentioning, is the fact that the EU commission started activities to adopt a new Union legislation on printed food contact materials, including printing inks and commonly printed materials such as paper and board, in 2018.

In the US, the FDA concerns itself with food additives and direct food contact, and does not provide a regulation for inks for indirect food contact applications (no-migration principle).

In Japan, under the Food Sanitation Law, the inertness of food packaging must be ensured and the Japanese Printing Ink Manufacturers Association has issued recommendations on food packaging inks.

Also, some brand owners (e.g., Nestlé) have defined their own guidelines for food packaging printing, which have to be complied with by their packaging suppliers.

As far as pigments are concerned, the primary concern of regulations which pertain to food packaging pigments is to define upper limits for impurities such as traces of heavy metals, Primary Aromatic Amines (PAAs), Polychlorinated Biphenyls (PCBs) or dioxins. In Europe, the most relevant recommendations concerning the colorants for food packaging are the European Resolution AP (89) 1 (1989) and the German BfR IX (2015).

3. Ink Migration

A major concern with printed food packaging, when it comes to food safety and consumer health, is ink migration. All printing inks have the potential to migrate

from the printed side of the packaging to the food-contact side and contaminate the food. At this point, it must be emphasized that ink migration into the packaged foodstuff is not only a function of the ink itself, but also largely depends on the other packaging components (print substrate), the printing and processing conditions, and also on the nature of the packaged food (e.g., fatty foodstuffs are more prone to absorb ink migrants). In the end, it's the entire printed packaging together with its content that must be compliant with regulations to ensure consumer safety, not just the ink. Ultimately, the responsibility therefore lies with the converter and the brand owner.

As a general rule, it is always recommended to use barrier substrates such as glass or metal or implement functional barrier layers (aluminium laminated cardboard, for example), even though this doesn't resolve the set-off migration issue. Also, low-migratory ink components should be selected whenever possible, and if migrating substances cannot be avoided, comprehensive toxicological data must be available and migration levels must be below the defined SML.

Ink migration and thereby food contamination can occur in different ways. The most common migration mechanisms are set-off, diffusion and gas phase migration. Set-off might occur when the prints are stacked or rolled up after printing and before conversion. In that case, ink components might transfer directly from the printed side to the reverse side of the packaging and later be in direct contact with food. In case of diffusion migration, ink compounds might reach the food by diffusing through the packaging substrate (e.g. thin-walled PE pouches). Gas phase migration might occur during strong heating (e.g., microwave-ready meals).

Examples of ink components with high migration potential include low molecular weight photoinitiators and monomers, as present in UV-curable inks, solvents, plasticizers, as well as any other low molecular weight substances ($< 1'000 \text{ g.mol}^{-1}$). In general, ink components like binders, inorganic materials (e.g., fillers, silica matting agents) and organic pigments have no or extremely low migration potential and are usually not regarded as migrants. That said, aforementioned non-migrants might contain impurities which could migrate and contaminate food. In case of organic pigments, such impurities often consist of substances with significant toxicity and human health risks such as Primary Aromatic Amines (PAAs) or Polychlorinated Biphenyls (PCBs).

4. Azo Pigments and Primary Aromatic Amines (PAAs)

Azo pigments still reign supreme amongst organic pigments and represent more than 50% of the worldwide organic pigment production by volume. They are used in all kind of industries and applications, in particular in printing inks.

All azo pigments can potentially contain traces of PAAs, which are relatively small, mostly hydrophobic aromatic molecules that are prone to migrate, unlike the pigment itself (due to its particulate, crystalline nature). This is related to the azo pigment manufacturing process, which always starts with the conversion of a primary aromatic amine into a diazonium salt in the 1st synthesis step (the so-called diazotization). In addition, the coupling component introduced in the second step – while not being a PAA itself – might also contain PAA residues. Considering possible PAA residues originating from the coupling component and unreacted PAA from the diazotization step, the final azo pigment might contain residual PAAs at its surface or embedded into the crystal lattice (even after thorough washing). On top of that, certain non-azo pigments are also made from PAAs and can also potentially include PAA impurities. All in all, there are numerous pigments, mostly azos but some non-azo types as well, that are potentially contaminated by PAA residues, especially yellow, orange, red and magenta pigments (cyan and green pigments of the copper-phthalocyanine type or DPP red pigments, for example, are not concerned).

Issue with PAAs is that most of them exhibit acute or chronic toxicity, and a number of them are suspected human carcinogens. Actually, at least 22 PAAs are recognized and classified as CMR (Carcinogenic, Mutagenic, Reprotoxic) substances and are not allowed to come into contact with food at all. Examples of CMR-classified PAAs include 3-3'-Dichlorobenzidine (used in the synthesis of PY 13, PY 83 and other diarylide pigments) and o-Anisidine (used in the synthesis of e.g. PY 74). Both PY 83 and PY 74 are very popular yellow ink pigments, also widely used in inkjet inks and electrophotographic toners.

5. PAAs in Printed Food Packaging Materials

5.1 Regulatory Landscape

Older regulations and recommendations about PAAs are usually dealing with PAA content of the pigment itself (e.g. AP (89) 1 (1989) or EuPIA 2011), whereas for more

recent regulations like BfR IX (2015) or (EC) No. 10/2011, it is the final packaging item that is in scope and it is PAA migration to food which is defined and regulated. For instance, under European Resolution AP (89) 1 (1989), the maximum threshold limit for PAAs in pigments is 500 ppm in total and 10 ppm for 3 specific PAAs (singly and in total). In the German BfR IX recommendation from October 2015, limit values for PAAs are no longer defined for pigments but for migration from final article, with a migration limit of 10 ppb in total and only 2 ppb singly for 22 specific PAAs that are recognized as CMR substances.

According to BASF Colors & Effects' worst-case assessment, aforementioned migration limits for PAAs translate into PAA content requirements for pigments which are significantly lower compared to the 500 ppm limit as recommended under AP (89) 1 (1989) or the old BfR IX recommendation from 2010. Thus, maximum PAA content of the pigment should now be less than 100 ppm singly and in total and 20 ppm singly for 22 PAAs classified as CMR.

5.2 New Analytical Method for PAA Analysis

Following the recent change in BfR (IX) recommendation regarding PAAs, and considering similar European regulations which are also focusing on PAA migration, there was an urgent need for a new analytical method to accurately identify and quantify PAAs as single substances in organic pigments. The established method from ETAD (Ecological and Toxicological Association of Dyes and Organic Pigments Manufacturers), ETAD No. 212, became obsolete since it didn't anymore fulfil the criteria regarding sample preparation, PAA extraction, selectivity and detection limit, as required by latest recommendations and regulations pertaining to PAA migration. Since no industry-wide feasible and accepted analytical method existed that complies with the newly required benchmarks, during 2015/2016 BASF developed a new test method for the exact qualitative and quantitative analysis of PAAs in pigments. BASF promoted the test method at ETAD, who had it validated by a round robin test within ETAD members. The method was subsequently published as ETAD Method No. 212 revised, edition May 3rd, 2016. As a released ETAD method, industry-wide acceptance is ensured and conversion into a norm is intended. All ETAD members, which include all major pigment and dye manufacturers, have the right to use the method free of charge, while non-ETAD members can purchase the method.

6. Conclusion

Digital printing enjoys increasing popularity for packaging printing applications. Food packaging is a strongly regulated field and Primary Aromatic Amine (PAA) impurities commonly present in organic pigments and thereby in printing inks, are of particular concern with regard to food safety and human health. Indeed, many PAAs are toxic and may endanger consumer health in case of migration from the printed packaging into foodstuff. To control PAAs in digital printing inks for food packaging, it is advisable to use pigments not relying on PAAs for their synthesis and therefore free of PAA impurities or breakdown by-products.

In case PAAs are used in pigment manufacturing, only pigments from reliable sources that are strictly monitored for PAA content should be used.

BASF Colors & Effects is analyzing its pigments with a new method to accurately identify and quantify PAA impurities. A pigment selection for digital food packaging printing inks which is meeting all relevant EU (incl. latest German BfR IX (2015)), Swiss Ordinance SR 817.023.21, as well as US and Asia-Pacific regulations, is available from BASF Colors & Effects.

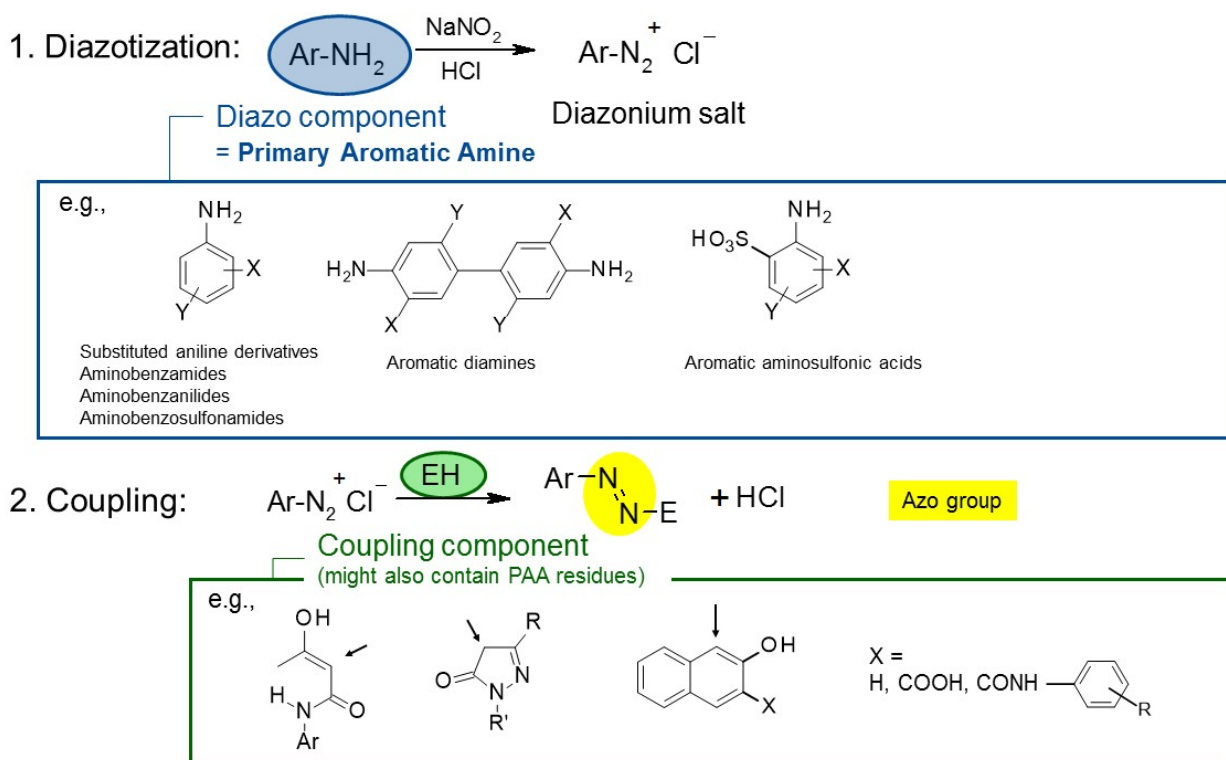


Fig.1 Azo pigments synthesis.

C.I. Pigment Yellow 83

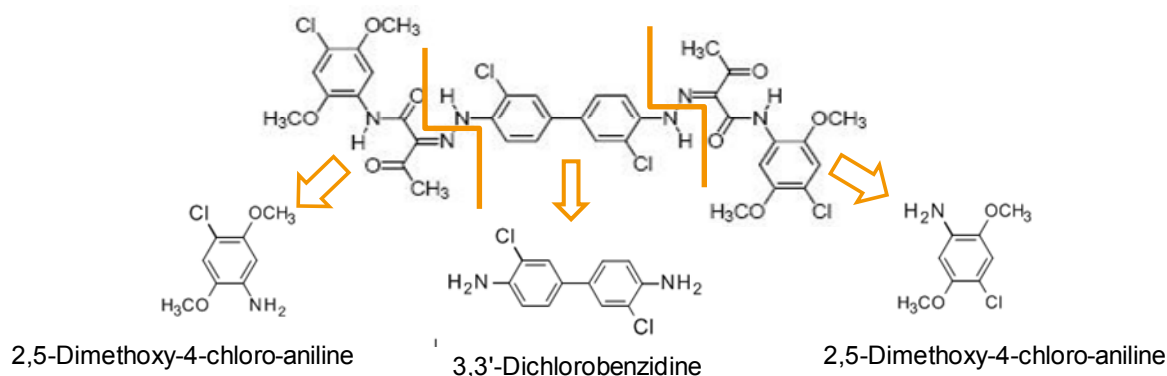


Fig.2 Possible PAA contaminants in P.Y. 83.

一般セッション(口頭講演)| インクジェット

[IJ2] インクジェット(2) インク Inkjet (2) Ink

2018年6月19日(火) 15:20 ~ 16:40 大ホール (けやき会館 一階)

[IJ2-04] O/W型乳化重合エマルション特性が画質に及ぼす影響 Influence of the Characteristics of Emulsion on Image Quality

高橋 茂樹¹、*吉川 貴裕¹ (1. 花王株式会社)

Takahashi Shigeki¹, *Yoshikawa Takahiro¹ (1. KAO Corporation)

本研究より、O/W乳化重合エマルションを含有するインク性能は、エマルション自体の特性に大きく依存することがわかった。乳化エマルション含有インクを紙へ印字した後の画像濃度は、インク中の乳化エマルション量、即ち液滴中の粒子数（固形分）が多いと、また、粒子径が大きくなると低下し、Tgが高いと高くなることがわかった。さらに、紙との相互作用を表すインク滴の広がり面積と光沢度の積が、画像濃度を予測する新たな指標となることがわかった。定着性については、乳化エマルションがカーボンブラック量よりも同じ、または多くなると紙に着弾したポリマーの絡み合いが増し、定着性が高まることがわかった。

The image quality after printing the emulsion-containing ink on paper was found to be decreased as the amount of emulsion in the ink, that is, the number of particles in the droplet was larger, or as the particle size was increased. On the other, the image quality was higher when Tg of emulsion was higher. In addition, it was found that the product of the spreading area of ink droplets indicating the interaction with paper and the glossiness was a new index for predicting image density. Regarding the fixing property, it was found that when the amount of emulsion was the same as or larger than that of colorant, the entanglement of the polymer landed on the paper was thought to be improved and the fixing property was enhanced.

O/W型乳化重合エマルジョン特性が画質に及ぼす影響

高橋 茂樹, 吉川 貴裕

花王株式会社 テクノケミカル研究所

Influence of the Characteristics of Emulsion on Image quality

Shigeki Takahashi, and Takahiro Yoshikawa

Global R&D Performance Chemicals Research Laboratories

According to this study, it was found that the ink performance including the O/W type emulsion greatly depends on the characteristics of the emulsion.

The image quality after printing the emulsion-containing ink on paper was found to be decreased as the amount of emulsion in the ink, that is, the number of particles in the droplet was larger, or as the particle size was increased. On the other, the image quality was higher when Tg of emulsion was higher. In addition, it was found that the product of the spreading area of ink droplets indicating the interaction with paper and the glossiness was a new index for predicting image density.

Regarding the fixing property, it was found that when the amount of emulsion was the same as or larger than that of colorant, the entanglement of the polymer landed on the paper was thought to be improved and the fixing property was enhanced.

1. はじめに

インクジェット方式を用いたプリンタは安価で省エネルギーであるため、その利用が写真並の高画質が得られるパーソナル分野、オフィス分野や少量多品種印刷分野まで広がり、最近では大型プリンタにも展開されている。大型プリンタ（印刷機）は従来のアナログ印刷からデジタル化が進み、必要な時に必要な部数だけを直ぐに印刷できるデジタルプリンタが印刷機として使われ始めた。このデジタルプリンタは、電子写真方式から導入が始まり、カタログや冊子などのカット紙をベースに市場を拡大してきたが、画質や連続生産性に優れるインクジェット方式が注目されてきた。インクジェット印刷方式は、ライン型プリントヘッドの躍進により幅広印刷、高密度化と連続生産性を強みとし、商業、帳票、最近では包装ラベル・パッケージにも用途を広げている。

顔料インクは、界面活性剤と樹脂エマルジョンで保護層を形成¹⁾、顔料にジアゾ化合物や酸化処理により官能基を化学結合することによって静電反撥力を付与^{2, 3)}、高分子量ポリマーを吸着させ静電斥力⁴⁾や立体斥力⁵⁾を利用することによって安定化させた報告がある。

しかし、これらの顔料インクではさらに画像濃度や耐擦過性について解決すべき課題が残っている。耐擦過性については、インクにポリマー微粒子を入れて耐擦過性を向上させた報告⁶⁾があるが、ポリマー物性といった観点からの詳細な報告はない。そこ

で本研究では、ポリマーの特性が印刷物に及ぼす影響を分かりやすくするために、自己分散カーボンブラック（分散剤を必要としない色材）を用いて併用するポリマーの性能を評価した。実際に乳化エマルジョンを作製して、添加量、粒子径やガラス転移点などの特性と画像濃度の関係を検討した。

2. 自己分散カーボンブラックと乳化重合法エマルジョンの設計

本研究では、単純なモデル実験として、着色剤としてカーボンブラック（Pigment Black 7）を液相酸化した分散体（自己分散カーボンブラック）、ポリマーは安定な重合が可能なアクリル系モノマーを使って作製した乳化重合エマルジョンを用いた。エマルジョン粒子の作製方法は、水を媒体とし水に難溶な疎水性のモノマーを重合する乳化重合法（O/W 型エマルジョン）を選択した。まず、自己分散カーボンブラックの配合量を検討し、次に乳化エマルジョン添加量（顔料とポリマー比率）、ポリマーエマルジョン粒子径の得られた印刷画像に与える影響について検討した。最後に、ポリマーの成膜性を示すガラス転移点の影響などを検討した。

- (a). 自己分散カーボンブラック添加量の影響
- (b). ポリマーエマルジョン添加量の影響
- (c). ポリマーエマルジョン粒子径の影響
- (d). ガラス転移点の影響
- (e). 水溶性溶剤の影響

* 〒640-8580 和歌山市湊1 3 3 4 番地

* 1334 Minato, Wakayama, Wakayama Prefecture, 640-8580, JAPAN

e-mail: takahashi.shigeki@kao.com, yoshikawa.takahiro2@kao.com

3. インク配合処方及び画像評価

上記2で得られた自己分散カーボンブラック、乳化エマルジョンを含有するインクをインクジェットプリンタ（ピエゾ方式）で印字するため、自己分散カーボンブラック 5.0 g、乳化エマルジョン 2.5 g、2,4,7,9-テトラメチル-5-デシン-4,7-ジオールのエチレンオキサイド付加物 1.0 g を添加し、グリセリンとイオン交換水でインク粘度を 4.0 mPa・s に調整しインク配合物を作製した。自己分散カーボンブラックの配合量を変更する場合は 1.0～10.0 g の範囲とし、乳化エマルジョンの配合量を変更する場合は 0.5～10.0 g とした。また、溶剤種を変更する場合は、グリセリンを水溶性溶剤に置き換えて検討した。

4. 実験と結果

4.1 自己分散カーボンブラック、乳化エマルジョン配合量と画像濃度との関係

まず最初に自己分散カーボンブラックの配合量が画像濃度に及ぼす影響を確認した。自己分散カーボンブラック量と画像濃度の関係を Fig.1 に示した。紙表面にコート層を設けている印刷用紙や吸液層を持つインクジェット専用紙は粒子がそのまま紙表層に堆積するため、配合量が 5 % を超えると画像濃度が飽和していることがわかった。また、画質の指標として光沢度を評価した。印刷用紙では自己分散カーボンブラック量が増えると光沢度が高くなり、5 % で飽和している。しかし、水分を吸収しやすいインクジェット専用紙では配合量が増えると光沢が低下することがわかった。これらの結果を基に、自己分散カーボンブラックの配合量を画像濃度が安定する 5 % に設定して以下の検討を行った。

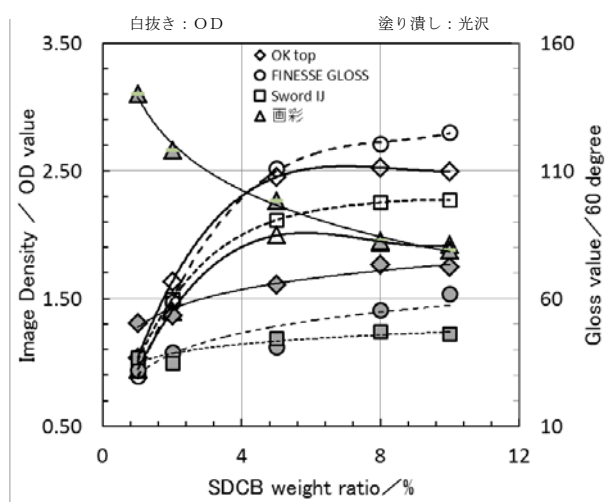


Fig.1 Relationship between self-dispersed carbon black weight ratio and image density

次に自己分散カーボンブラックの配合量を固定し、乳化エマルジョン添加量と画像濃度の影響を調べた。その結果、Fig.2 に示すように、印刷用紙、インクジェット専用紙で乳化エマルジョンの添加量が増えると画像濃度が低下することがわかった。また、光沢も乳化エマルジョン添加量が増えると低下することがわかった。インクジェットインクの粒子数が増加すると吐出速度が低下する問題が生じる可能性があるため、画像濃度と安定吐出しやすい配合量という観点で乳化エマルジョン添加量 2.5 % を選択した。

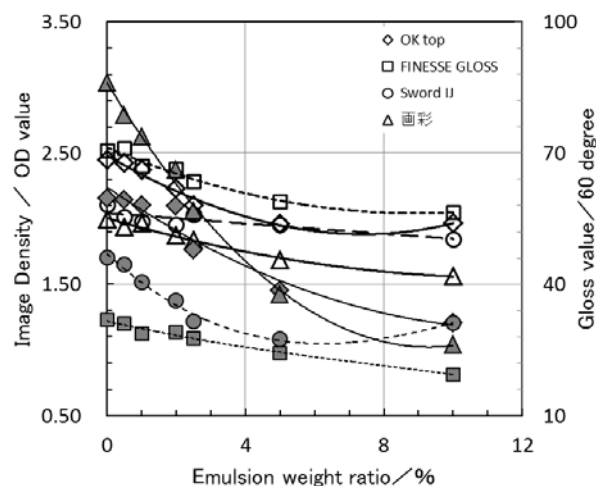


Fig.2 Relationship between emulsion weight ratio and image density .

4.2 乳化エマルジョン粒子径と画像濃度との関係

Fig.3 に乳化エマルジョンの平均粒子径と画像濃度、および、粒子径と光沢度の関係を示した。粒子径を大きくしても全ての用紙で画像濃度が低下し、粒子径が小さいと画像濃度が高くなることがわかった。また、光沢度も粒子径が大きくなると低下する傾向にあることがわかった。

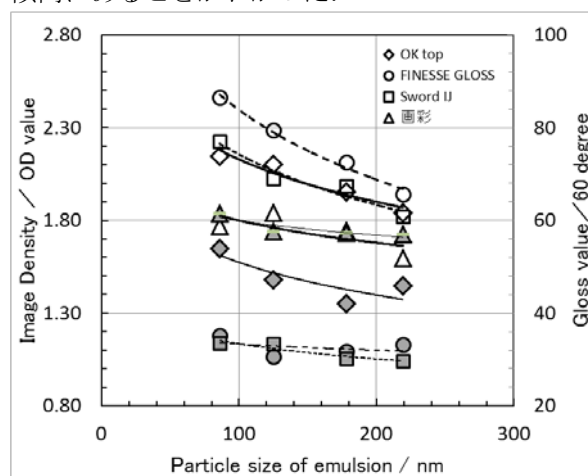


Fig.3 Relationship between particle size of emulsion and image density

4.3 乳化エマルションのガラス転移点と画像濃度との関係

乳化エマルションのガラス転移点（スチレン、アクリル酸ブチル比率を変えた組成）による影響を調べた。Fig. 4 に乳化エマルションのガラス転移点と画像濃度の関係を示した。図のように印刷用紙は、ガラス転移点が高いと画像濃度が高くなる傾向になる。インクジェット専用紙では、画像濃度に影響しないことがわかった。光沢度は、印刷用紙では影響を受けにくく、インクジェット専用紙はガラス転移点が低くなると高くなる傾向にある。吸液の速いインクジェット専用紙では、低ガラス転移点の乳化エマルションほど紙表面で融着しやすいため光沢が高くなったと考えられる。

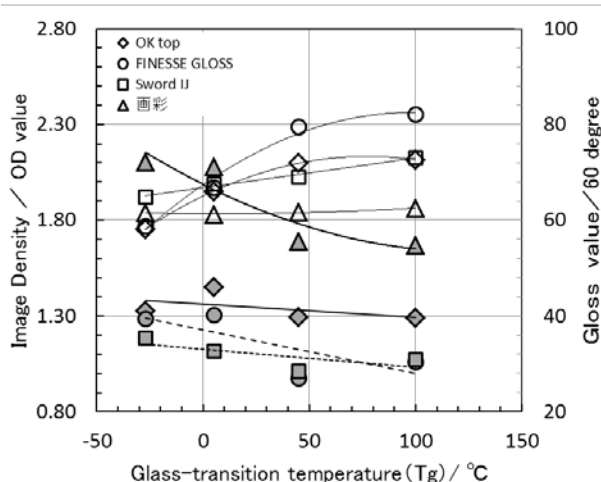


Fig. 4 Relationship between glass-transition temperature of emulsion and image density

4.4 沸点の異なる水溶性溶剤と画像濃度との関係

Fig. 5 に溶剤の沸点と画像濃度の関係を示した。図のように、印刷用紙やインクジェット専用紙では沸点を変えても画像濃度が変わらないことがわかった。光沢度は、印刷用紙では影響を受けにくく、インクジェット専用紙は沸点が高くなると光沢度が高くなる傾向にある。

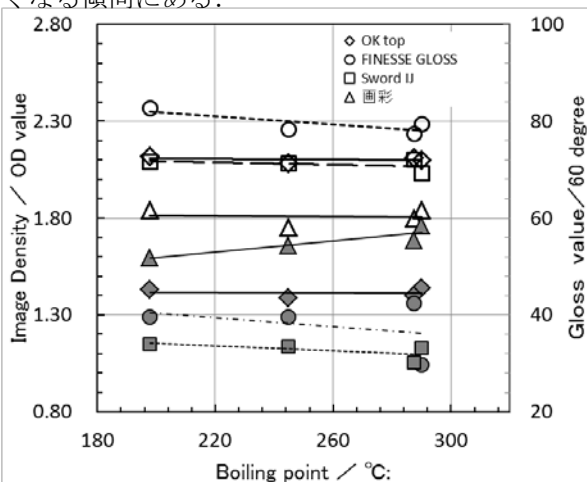


Fig. 5 Relationship between boiling point of ink and image density

5. コロイド粒子と画像濃度の考察

画像濃度を高くするためには、粒子を表層に多く留めることとインクが紙上で平滑に濡れ広がることが重要である。印刷されたベタ部の表面を観察すると、乳化エマルション粒子数が多くなるほどベタ部埋まりが悪く、ボイド（白抜け）面積が多くなり画像濃度ムラが発生していることがわかった。また、粒子径が大きくなるほど白抜け面積が増え画像濃度ムラが発生していることが確認された。各種用紙にインク滴（2 μ L）を一定に滴下できる接触角計を用いて濡れ広がり面積を測定すると、紙種によってその度合いは異なるが、自己分散カーボンブラック、乳化エマルションの添加量が多いインクほど濡れ広がり面積が小さく（Fig. 6）、また、乳化エマルション粒子径が大きくなるにつれてインク滴の広がり面積が小さくなっている。

Emulsion weight ratio (%)	0	1.0	2.5	5.0	10.0
Paper					
OK					
UPM					
Sword iJet					
画彩					

Fig. 6 Wet spreadability of ink droplet with different emulsion weigh ratio.

このことから、粒子数が多いインクや大粒径を添加したインクは、液滴が紙に着弾後ビヒクル（液体）の紙への浸透が進み、ポリマー粒子の拡散速度が遅いため表層付近の溶液濃度が内部よりも高くなり、疎水性粒子の微凝集（不動化⁷⁾）がより起こりやすくなるため濡れ広がりが抑制され、その結果、不均一なベタ画像になり画像濃度が低下したと考えられる。この広がり面積はポリマー粒子と紙との相互作用を示しており、これによって濡れ広がり時の固体薄膜（外周）がどこで生成されるかが決まる。

このように濡れ広がり面積が画像濃度に深く関わることがわかったが、濡れ広がりが同じでも紙種によって画像濃度が異なることから、画像濃度に関わるさらに別の因子が存在すると考えられる。ベタ部の観察から、光沢が高い印刷ほど白抜けが少なく表面粗さも小さくなっており、画像濃度に寄与してると考えられる。そこで、画像濃度と光沢度の関係を調べてみると、全ての用紙で画像濃度と光沢に傾

向があることがわかった。光沢は、上記固体薄膜が生成された後に溶剤の蒸発により限られた面積の液滴皮膜が形成され、その皮膜の浪打ち状態で決まるものと仮定すると、固体薄膜の位置と固体薄膜で囲われた液滴皮膜の平滑性を数値化した値は画像濃度を表現できるはずである。Fig. 7 に示すように、インクの広がり面積に光沢度を乗じた値と画像濃度との間に高い相関があり、成膜された膜の物性（液滴成膜面積）が画像濃度を示す新しい指標となることがわかった。

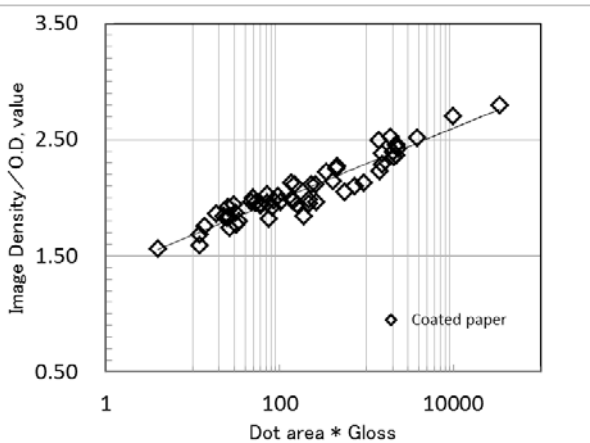


Fig.7 Relationship between droplet formation and image density

6. 擦過性

画像保存性を確保するために、紙への定着性は非常に重要な要素である。非吸液紙は顔料粒子が紙表面にそのまま残るため、強い擦りに対して定着性が弱いと考えられる。そこで乳化エマルジョン添加量と定着性の関係を示した (Table 1)。

Table 1 Effects of emulsified emulsion weight ratio on mechanical smear

Number of times Emulsion weight ratio (%)	Ref.	Rub.10th	Rub.30th
0	電驚	電驚	電驚
1.0	電驚	電驚	電驚
2.5	電驚	電驚	電驚
5.0	電驚	電驚	電驚
10.0	電驚	電驚	電驚

乳化エマルジョンを用いた混合インクでは、顔料が介在することでポリマーの成膜がしにくいと考えられるが、乳化エマルジョンがカーボンブラック量よりも同じ、または多くなると紙に着弾したポリマーの絡み合いが大きくなり、成膜性が高まったと考

えられる。また、乳化エマルジョンの添加量とガラス転移点とその紙への定着性に関係するものと考えられる。

7. まとめ

本研究より、O/W 乳化重合エマルジョンを含有するインク性能は、エマルジョン自体の特性に大きく依存することがわかった。乳化エマルジョン含有インクを紙へ印字した後の画像濃度は、インク中の乳化エマルジョン量、即ち液滴中の粒子数(固形分)が多いと、また、粒子径が大きくなると低下し、Tg が高いと高くなることがわかった。さらに、紙との相互作用を表すインク滴の広がり面積と光沢度の積が、画像濃度を予測する新たな指標となることがわかった。定着性については、乳化エマルジョンがカーボンブラック量よりも同じ、または多くなると紙に着弾したポリマーの絡み合いが増し、定着性が高まることがわかった。

参考文献

1) Ichiroh Fujii, Keita Katoh, Tomohiro Nakagawa, Masaki Kudoh, Akihiko Matsuyama, Akihiko Gotoh, and Kiyofumi Nagai : Development of GELJET Ink for IPSiO SG Series, Ricoh Technical Report, No.38, pp.83-87, (2012). [in Japanese].

2) Akihiro Oshima, Toshiyuki Sato, and Joseph E. Johnson : Surface Modification of Black Pigments -A Novel Approach for Advancing Black Pigment Performance -, Japan Hardcopy '97 collected papers, pp.161-164, (1997). [in Japanese]

3) Toshihide Kuwahara, and Seishiro Ito : Studies on Pigment Dispersion in Water III -The Wet Oxidation of Carbon Black and the Dispersibility in Water -, Journal of the Japan Society of Colour Material, 45, [11], pp.9-14, (1972). [in Japanese].

4) Shigeki Takahashi :Effect of Properties of High-Molecular Weight Polymer on the Characteristics of Polymer-Dispersed Pigment in Water-Based Ink, Journal of the Japan Society of Colour Material, 85, [7], pp.271-278, (2012). [in Japanese].

5) Shigeki Takahashi :Effect of Properties of High-Molecular Weight Polymer on the Characteristics of Colored Emulsion by Phase Inversion Emulsification, Journal of the Japan Society of Colour Material, 88, [9], pp.312-320, (2015). [in Japanese].

6) Masahiro Yatake : Polymers for Pigment-based Inkjet Ink, Polymers, 55, [6], pp.410-413, (2006). [in Japanese].

7) Atsushi Ikeda, Toshiharu Enomae and Fumihiko Onabe : Interaction between latex and starch in coatings during drying, Japan Technical Association of the Pulp and Paper Industry journal, 55 [2], pp.236-243, (2001). [in Japanese]

Oral presentation | Image Input, Image Processing and Kansei Imaging

[IM] Image Input, Image Processing and Kansei Imaging

Session Chair: Makoto Matsuki(former NTT Qualis), Yoshihiro Hattori(Konica Minolta, Inc.)

Tue. Jun 19, 2018 12:50 PM - 2:10 PM Reception Hall (3rd Floor, Keyaki Kaikan)

[IM-01] Color Management System for Metallic Color

*Masahiko Kubo¹, Kaoru Yamauchi¹ (1. Fuji Xerox Co., Ltd.)

12:50 PM - 1:10 PM

[IM-02] Steganography Technology for Inkjet Printing System

*Yuki Ishida¹ (1. Canon Inc.)

1:10 PM - 1:30 PM

[IM-03] Application of Deep Learning to Technology to Create Photo Books from a Large Amount of Images

*Hirokazu Kondo¹, Yukinori Noguchi¹, Hiroyuki Furuya¹, Takuya Tsutaoka¹ (1. FUJIFILM Corporation)

1:30 PM - 1:50 PM

[IM-04] Color Uniformity Correction Technology for Multi-Display

*Gaku Furuichi¹, Yasushi Adachi¹, Terumitsu Katohgi¹, Makoto Hayasaki¹, Hideki Ohnishi¹, Toshiyuki Okunishi¹, Toshiyuki Gotoh¹, Daisuke Igarashi¹, Daiichi Sawabe¹, Tomoya Ishikura¹, Haruo Yamamoto¹ (1. Advanced Technology Development Unit, Business Solution Business Unit, SHARP Corporation)

1:50 PM - 2:10 PM

一般セッション(口頭講演) | 画像入力/画像処理/画像感性

[IM] 画像入力, 画像処理および画像感性

Image Input, Image Processing and Kansei Imaging

2018年6月19日(火) 12:50 ~ 14:10 レセプションホール (けやき会館 三階)

[IM-01] メタリックカラー用カラーマネジメントシステム

Color Management System for Metallic Color

*久保 昌彦¹、山内 薫¹ (1. 富士ゼロックス株式会社)

*Masahiko Kubo¹, Kaoru Yamauchi¹ (1. Fuji Xerox Co., Ltd.)

特殊トナーを生かした付加価値の高い印刷物へのニーズに応えるため、ゴールドトナー/シルバートナー単色だけでなく、CMYKトナーとの掛け合わせによるメタリックカラーを検討した。メタリックカラーでは測色角度に対する色再現が異なるため、従来のカラーマネジメント技術では、ターゲットと色の見え方が異なるという課題があった。そこで、複数の測色角度に対する色再現を考慮したメタリックカラー用カラーマネジメント技術を開発した。本発表では、新規カラーマネジメント技術と、本技術を搭載したプロダクション用デジタル印刷機について紹介する。

In order to respond to the needs for highly value-added print making use of special toner, metallic color was examined. In metallic color, since the color reproduction depends on the observation direction, the conventional color management technology has a problem that the color appearance of the target and the print are different. Therefore, we developed color management technology for metallic color considering color reproduction for multiple observation directions. In this presentation, we introduce new color management technology and digital printing press for production with this technology.

メタリックカラー用カラーマネジメントシステム

久保 昌彦*, 山内 薫*

*富士ゼロックス株式会社 デバイス開発本部 イメージングプラットフォーム開発部

Color Management System for Metallic Color

Masahiko Kubo*, and Kaoru Yamauchi*

*Imaging Platform Development Device Development Group, Fuji Xerox Co., Ltd.

In order to respond to the needs for highly value-added print making use of special toner, metallic color was examined. In metallic color, since the color reproduction depends on the observation direction, the conventional color management technology has a problem that the color appearance of the target and the print are different. Therefore, we developed color management technology for metallic color considering color reproduction for multiple observation directions. In this presentation, we introduce new color management technology and digital printing press for production with this technology.

1. はじめに

近年、プロダクション用デジタル印刷機の画質および生産性が向上し、オフセット印刷からの移行が加速されている。プロダクション用デジタル印刷機としては、特殊トナーを生かした付加価値の高い印刷物へのニーズがあり、当社ではColor 1000i Pressにおいて、ゴールドトナーとシルバートナーを搭載した¹⁾。ゴールドトナーとシルバートナーの画質はお客様から好評であったが、ゴールドトナーやシルバートナーの単色ではなく、CMYK トナーとの掛け合わせにより様々なメタリックカラーを再現したいとの要望が寄せられ、メタリックカラーの再現を検討した。

当社では、金泥を使った甲冑装飾の絵など、メタリックカラーを含んでいる古文書の複製活動に取り組んでおり²⁾、鮮やかなメタリックカラーを表現するためには、CMYK トナーの下層に隠蔽性の高いメタリックトナー層を形成することが必要であることがわかった。Color 1000i Pressでは、メタリックトナー層はCMYK トナー層の上層に形成されるため、Fig. 1に示すようにメタリックトナー層をCMYK トナー層の下刷りになるように刷り順を変更した。しかしながら、メタリックカラー画像では、測色角度によって色再現が異なるため、オフセット印刷用のメタリックカラー特色を、CMYK トナーとメタリックトナーの組み合わせで再現する場合、Fig. 2に示すように、従来の入射光の拡散方向となる測色角度 45° に基づくカラーマネジメント技術では、入射光の正反射方向に近い測色角度 15° における色再現が、目標と異なってしまい、色の見え方が暗くなるという課題があった。

そこで、メタリックカラーの特徴である複数の測色角度に対する色再現性を考慮することで、目標に色の見え方を近づけることが可能なカラーマネジメント技術を開発した。この技術により、従来機種に比べて、オフセット印刷用メタリックカラー特色に近い再現を実現することができた。

本発表では、複数の測色角度に対する色再現を考慮したメタリックカラー用新規カラーマネジメント技術と、本技術を搭載したプロダクション用デジタル印刷機について報告する。

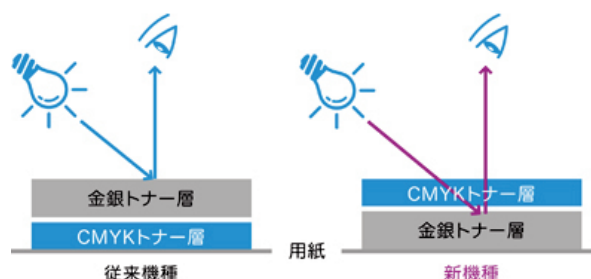


Fig.1 Changing the order of printing for metallic color.

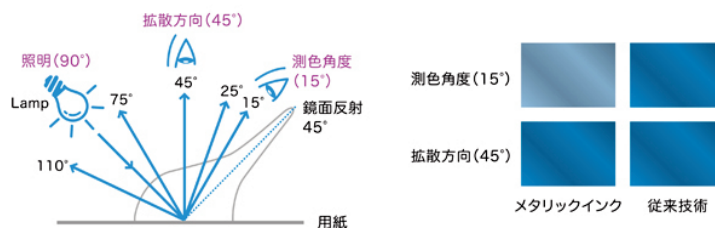


Fig.2 Problem of the conventional color management.

* 〒220-8668 神奈川県横浜市西区みなとみらい 6-1

* 6-1 Minatomirai, Nishi-ku, Yokohama-shi, Kanagawa 220-8668, Japan e-mail: Masahiko.Kubo@fujixerox.co.jp

2. メタリックカラーの色再現における課題

従来の測色角度 45° に基づくカラーマネジメント技術を用いて、メタリックカラーに適用した場合の課題について説明する。まず、Color 1000i Press の印刷順序を変更し、CMYK トナーの下層となるシルバートナー量を 100% に固定した。つぎに、オフセット印刷用メタリックカラー特色の測色角度 45° における測色値 ($L^*a^*b^*$) をターゲットとして、フレキシブル UCR のアルゴリズム³⁾により、測色値との色差が最小となる CMYK トナー量を求め、メタリックカラー画像を出力した。光輝感が高い色票 A と光輝感の低い色票 B について、メタリック塗料の色再現評価として一般的な測色角度 $15^\circ / 25^\circ / 45^\circ / 75^\circ / 110^\circ$ における明度 (L^*) の評価結果を Fig. 3 に示す。また、ターゲットとの色の見えの差を 5 段階の妨害尺度を用いて主観評価した結果を Fig. 4 に示す。5 段階の妨害尺度としては、G4 以上が色の見えの差が分からないレベル、G3 以上が色の見えの差は分かるが許容できるレベルと設定した。

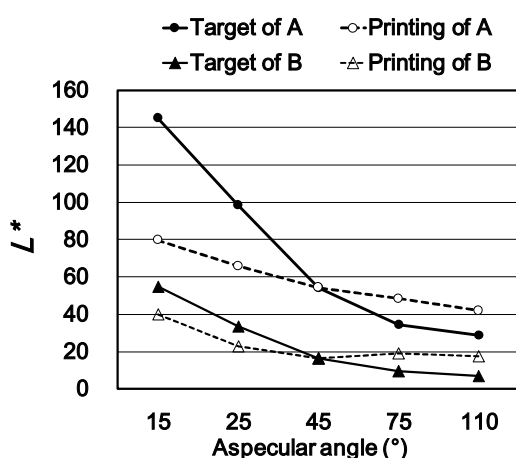


Fig.3 Difference in L^* from the target at the aspecular angles.

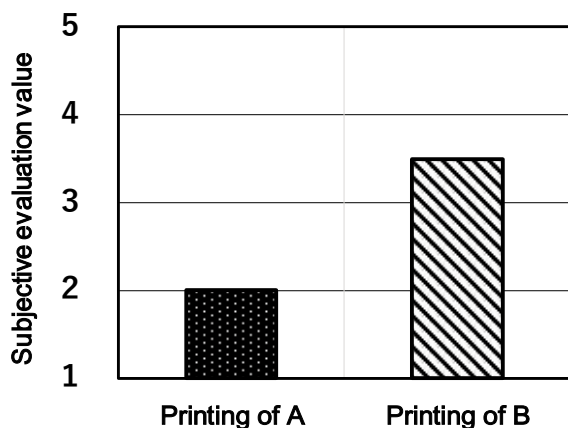


Fig.4 Result of subjective evaluation.

Fig. 3 および Fig. 4 に示すように、ハイライト側（測色角度 $15^\circ/25^\circ$ ）における L^* が低く、光輝感が低い色票 B では、プリントサンプルの測色角度における L^* はターゲットと近くなっており、主観評価値が許容レベル以上となっている。しかしながら、ハイライト側における L^* が高く、光輝感が高い色票 A では、測色角度における L^* は、測色角度 45° では一致するものの、ハイライト側ではターゲットよりも大幅に低くなり、主観評価値は許容レベル未満となる。したがって、メタリックカラー特色として良く使われる光輝感の高い色票については、従来の測色角度 45° に基づくカラーマネジメント技術では、色の見え方を近づけることができず、光輝感も低くなってしまったことがわかった。

3. メタリックカラー用カラーマネジメント技術

3.1 色変換アルゴリズムの提案

メタリックカラーにおいて色の見えを近づけ、光輝感を高めるためには、測色角度 45° の色再現性を近づけるだけでは不十分であり、ハイライト側（測色角度 $15^\circ / 25^\circ$ ）およびシェード側（測色角度 $75^\circ / 110^\circ$ ）の色再現性も平均的に近づける必要があるのではないかと考えた。

本発表で提案する色変換アルゴリズムの処理フローを Fig. 5 に示す。処理は以下の手順による。

- ① ターゲットの複数角度 ($15^\circ / 25^\circ / 45^\circ / 75^\circ / 110^\circ$) における測色値 ($L^*a^*b^*$) とシルバートナー量 Si を入力する。
- ② シルバートナー量 Si を固定し、ターゲットとの複数角度における色差の平均値を最小化する CMYK トナー量 $CMYK$ を決定する。
- ③ 決定した CMYK トナー量 $CMYK$ とシルバートナー量 Si を出力する。

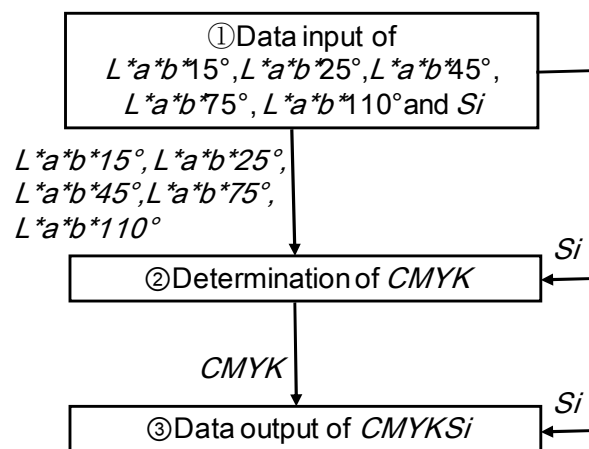


Fig.5 Processing flow of proposed color conversion algorithm.

3.2 色変換アルゴリズムの実現

色変換アルゴリズムの具体的な実現方法について述べる. ①については, 多角度の測色計を用いてターゲットとなるメタリックカラー特色を測色したデータを用いる. シルバートナー量については, 光輝感やプリントコストを考慮して設計者やユーザが任意に設定する. ②については, デジタル印刷機の CMYKSi トナー量から, 各測色角度における $L^*a^*b^*$ への変換を行なうニューラルネットワークで構成されたプリンタモデルを用いる. ニューラルネットワークについては, ハイファイカラー用プリンタモデル⁴⁾を展開し, RGB トナー量をシルバートナー量 S_i と測色角度 θ に置き換えることにより, (1)式のように実現した.

$$(L^*, a^*, b^*) = F(C, M, Y, K, S_i, \theta) \quad (1)$$

ターゲットとの複数角度における色差を最小化する CMYK トナー量については, K トナー量 K を先に決定しておき, ターゲットとの複数角度における平均色差を目的関数として, プリンタモデルを非線形最適化手法であるシンプレックス法⁵⁾を用いて解くことにより, CMY トナー量 CMY を決定した.

3.3 評価結果および考察

2章で示した評価条件において, メタリックカラー用カラーマネジメント技術を適用した場合の測色角度における L^* と主観評価結果を, それぞれ Fig. 6 および Fig. 7 に示す. 色変換に用いたニューラルネットワークによるプリンタモデルの色予測精度は, 平均色差で 2.0 であり, ハイファイカラー用プリンタモデルと同等の色予測精度が得られた.

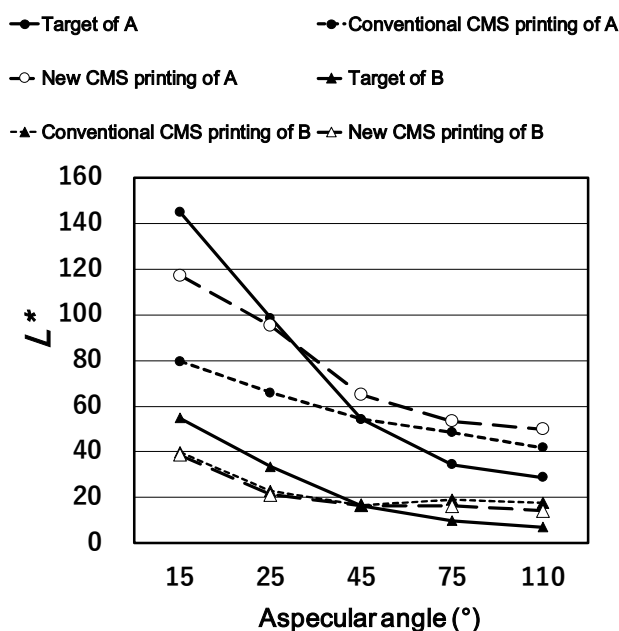


Fig.6 Difference in L^* from the target at the aspecular angles.

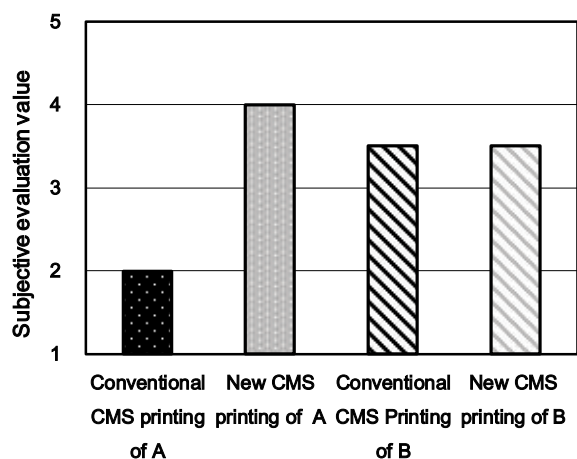


Fig.7 Result of subjective evaluation.

Fig. 6 および Fig. 7 から, 本技術により光輝感の高い色票 A におけるハイライト側の L^* は従来技術に対して大きく向上し, 主観評価値も大幅に改善することがわかる. 本技術では, 測色角度 45° からシェード側における明度差は, 従来技術よりも若干大きくなるものの, ハイライト側の明度差は大幅に小さくなっており, ハイライト側からシェード側までの複数の測色角度における明度差は, 平均的に小さくなっている. また, 光輝感の低い色票 B においても測色角度における L^* と主観評価値は従来技術と同等となっており, メタリックカラー特色の光輝感にかかわらず, ターゲットに近い色の見えと光輝感が実現できている.

これらの結果より, 本発表で提案した複数の測色角度に対する色再現を考慮したメタリックカラー用新規カラーマネジメント技術により, メタリックカラーの色の見えと光輝感を改善することができると考えられる.

4. 本技術を搭載したデジタル印刷機

本技術を Fig. 7 に示す Iridesse™ Production Press に搭載し, 従来機種に比べて PANTONE® のメタリックカラーライブラリに近い再現を実現した.



Fig.7 Iridesse™ Production Press

Iridesse™ Production Press の開発方針は、プロダクション用デジタル印刷機として重要な生産性、用紙汎用性、画質、信頼性の向上を基盤に、特殊トナーなど多彩なアプリケーションを用途に応じて増やせる付加価値の高い商品を目指した。Color1000 Press のプラットフォームを進化させ、業界初のワンパス 6 色プリントエンジンと新規カラーマネジメント技術により、ゴールド、シルバー、ホワイトの下刷りで、光輝感の高いメタリックカラー表現や色紙/黒紙へのホワイトの印字を可能にしている。これを実現させるために、本技術に加え、新トナー設計、6 色マーキングエンジン技術、高画質補正技術、高速高画質コントローラ設計、高信頼性/耐久性設計などの技術開発を行った。

また、本技術の知見をもとに、社内デザイナーの意見をフィードバックし、Fig.8 に示すプロダクション用デジタル印刷機に対して最適な光輝感のメタリックカラーを実現する富士ゼロックス独自のスウォッチテーブルを搭載した。



Fig.8 Fuji Xerox original swatch table.

このスウォッチテーブルを用いることにより、メタリックブルー、メタリックレッドなどのシルバートナーベースのメタリックカラーに加えて、青金、赤金などのゴールドトナーベースのメタリックカラーを用いた印刷物を簡単に作成することが可能になり、Fig.9 に示すように、表現力の広がりによる、新たな価値提供を実現した。

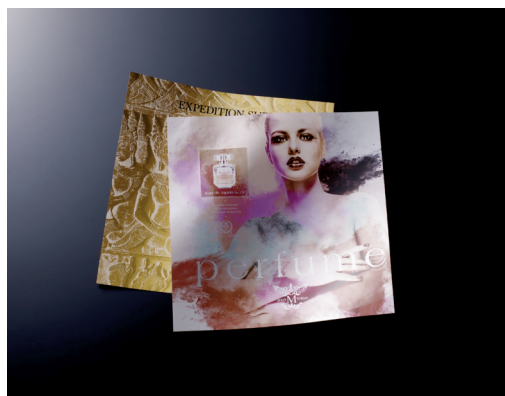


Fig.9 Print samples of metallic color.

5. まとめ

本発表では、メタリックカラー用のカラーマネジメント技術について、複数の測色角度におけるターゲットとの色差を考慮した新しい色変換処理方式について検討を行なった。本技術をシルバートナーと CMYK トナーを搭載したデジタル印刷機を用いて評価した結果、従来技術である測色角度 45° の色差に基づいた色変換処理方式に比べて、光輝感が向上し、主観評価値を大幅に改善することができた。

今後、さらなるメタリックカラーの画質向上を実現するためにはカラーマネジメント技術の進化に加えて、デジタル印刷機の光輝感の向上や色域の拡大が重要であると考えられ、より付加価値の高い印刷物を提供可能な技術を検討していく予定である。

商標について

- Iridesse は、米国ゼロックス社の商標です。
- PANTONE およびその他の Pantone 商標は Pantone LLC の登録商標です。

参考文献

- 1) Atsushi Minoda, "Color 1000i Press", Fuji Xerox Technical Report, No.25, pp. 131-140, (2016). [in Japanese]
- 2) Hideki Kimura, "A Project to Restore Traditional Documents of Kyoto and the Digital Printing Technologies That Make It Possible", Fuji Xerox Technical Report, No.24, pp. 61-68, (2015) [in Japanese].
- 3) Hitoshi Ogatsu, Kazumasa Murai, Shinji Kita, "Flexible gray component replacement(GCR) based on CIE L*a*b*", Proceedings of SPIE, 2424, pp. 123-133, (1995).
- 4) Masahiko Kubo, "The Color Conversion Method for HiFi Color which guaranteed Colorimetric Color Reproduction, Continuousness of Color Separation and Adjustment K/RGB", Journal of the Imaging Society of Japan, Vol.44, No.6 pp. 408-415, (2005). [in Japanese]
- 5) Masahiko Kubo, "The Color Conversion Method for DTP Printer which guaranteed Preservation of Black Separation and Colorimetric Color Reproduction", Journal of the Imaging Society of Japan, Vol.40, No.3 pp. 192-200, (2001). [in Japanese]

一般セッション(口頭講演) | 画像入力/画像処理/画像感性

[IM] 画像入力, 画像処理および画像感性

Image Input, Image Processing and Kansei Imaging

2018年6月19日(火) 12:50 ~ 14:10 レセプションホール (けやき会館 三階)

[IM-02] IIプリントシステム向けステガノグラフィ技術

Steganography Technology for Inkjet Printing System

*石田 祐樹¹ (1. キヤノン株式会社)

*Yuki Ishida¹ (1. Canon Inc.)

近年、高機能なスマートフォンが普及し、ユーザは気軽に写真を撮影できるようになった。また、ユーザはパソコンを介さずにスマートフォンからプリンタに直接印刷できるようになった。その結果、ユーザがスマートフォンから印刷する写真の枚数も増え続けている。そこで我々はスマートフォンを使った写真の新たな楽しみ方を提供するために、スマホアプリ"Message in Print"を開発した。"Message in Print"は写真に情報を埋め込み印刷する機能と情報が埋め込まれた印刷物からカメラを使って情報を読み取る機能を持つ。講演ではこれらの機能と使用されている技術について紹介する。

I J プリントシステム向けステガノグラフィ技術

石田 祐樹*

*キャノン株式会社 インクジェットデバイス開発センター

Steganography Technology for Inkjet Printing System

Yuki Ishida*

*Inkjet Device Development Center, Canon Inc.

In recent years, high-function camera capable smartphones have spread through the market, and users who had the smartphones have come to be able to take more photographs easily. In addition, the users have come to be able to print them directly from a smartphone without via PC. As a result, print volume from the smartphones is extremely increasing. Therefore we developed a smartphone application "Message in Print" to offer a new way of enjoying photographs using the smartphones. "Message in Print" is composed of the following two major functions. The first function is to embed user-designated information in a photograph and to print it, and the second function is to extract the embedded information from the printed photograph. Here we report details of those functions.

1. 背景

近年、高度な機能を持つモバイル端末であるスマートフォンが普及し、ユーザは気軽に写真を撮れるようになった。その為、スマートフォンを使用した写真の撮影枚数は増加し続けている。弊社では従来から写真文化の発展を目的として写真を「きれいに」「素早く」「簡単に」印刷できるように努めてきた。スマートフォンから「簡単に」印刷する為にアプリを使用してスマートフォンから直接写真を印刷できるようにした。また、ストレージサービスやソーシャルネットワークサービス（以下 SNS）等、様々なクラウドサービスから印刷できる環境を提供してきた。

昨年、スマートフォンを使用した写真印刷を更に楽しんでもらう為にステガノグラフィ技術を利用したスマートフォンアプリ「Message in Print」（以下 MinP）を開発した。ステガノグラフィ技術とは、音声や画像の中に情報を秘匿して埋め込む技術である。弊社では以前からステガノグラフィ技術を利用した製品の開発を行っていたが、開発当初は写真に埋め込まれた情報を読み取る端末としてイメージスキャナを想定していた。イメージスキャナはコンピュータに接続して使用する事が一般的であり、ユーザが手軽に使用することができなかった。しかし、近年スマートフォンが普及し、スマートフォンに搭載されたカメラも年々進化してきた。そこでイメージスキャナの代わりにスマートフォンに搭載されたカメラを使用することで写真から情報を手軽に読み取ることが出来るようになった。

MinP を使用すると、テキストメッセージや SNS の Uniform Resource Locator（以下 URL）などの色々な情報を目に見えない形で写真に埋め込み印刷する事ができる。そして、印刷した写真を MinP で読み取るとメッセージや動画をスマートフォンに表示することができる。また、写真をプレゼントする際に写真と共にメッセージや動画を送ることでサプライズを演出する事ができる。



Fig.1 Canon "Message in Print".

2. ステガノグラフィ技術

MinP に搭載した弊社のステガノグラフィ技術は“写真を劣化せずに情報を埋め込み印刷する技術”と“印刷された写真から素早く情報を読み取る技術”が重要であった。本稿ではそれらの埋め込み技術と読み取り技術について紹介する。

* 〒212-8530 神奈川県川崎市幸区塚越 3-451

* 451, Tsukagoshi 3-chome, Saiwai-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa, 212-8530, Japan

e-mail: ishida.yuuki@canon.co.jp

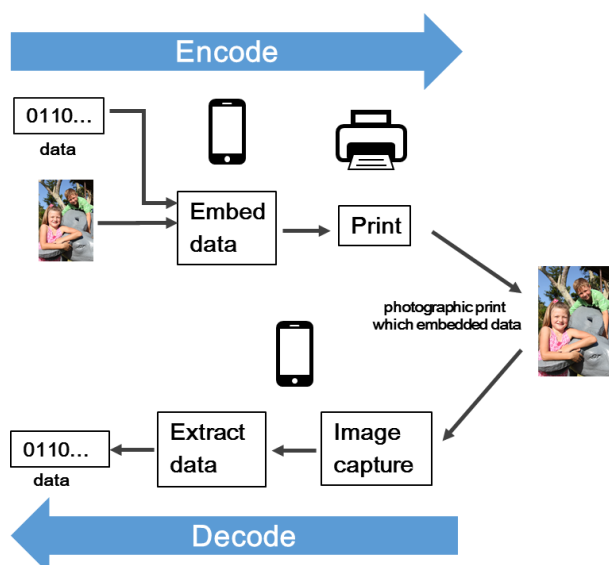


Fig.2 Whole flow of steganography.

Fig. 2 を用いて、情報の埋め込みと読み取りの全体フローを説明する。情報の埋め込みはスマートフォンで行う。アプリを起動し、画像と埋め込む情報を選択し、情報を埋め込む。そして、情報が埋め込まれた画像をプリンタへ送信し印刷する。プリンタの印刷は通常の印刷と同様の処理を行う。情報の読み取りは MinP のアプリを起動し、情報が埋め込まれた印刷物をスマートフォンのカメラで撮影する。そして、アプリ内で撮影した画像から情報を読み取る。

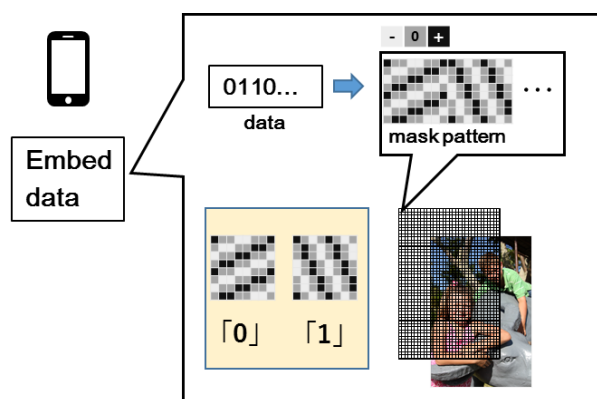


Fig.3 Encoding algorithm of steganography.

次に Fig. 3 を用いて情報の埋め込みについて説明する。情報は画質劣化しないように埋め込む必要がある。その為、Fig. 3 に示すように人の目で識別が難しい極小のパターンを画像に連続的に重畳する。情報の埋め込みはマスクパターンを用いる。「0」と「1」で表現された実データに誤り検出訂正符号¹⁾を追加し、埋め込みデータを作成する。誤り検出訂正符号は情報を読み取る際に実データに誤りを検出訂正する事ができる。「0」と「1」で表現された埋め込みデータに対し、それぞれ異なるマスクパターンを用い

て画像に適用する。マスクパターンを適用する画像を RGB 画像とすると、Red は以下の式で表すことができる。

$$R'(x,y) = R(x,y) + \text{mask}(x,y)\lambda_{\text{color}}$$

x と y は画素の x 方向、 y 方向の位置を表している。 $R(x,y)$ および $R'(x,y)$ はマスクパターン適用前後の Red の画素値を表している。 $\text{mask}(x,y)$ は該当する画素位置がマスクパターンの「-1(マイナス)」「0(変化なし)」「+1(プラス)」のどの値が適用されるかを示している。 λ_{color} は重み係数であり、色毎に値を変えることができる。Green 及び Blue についても Red と同様の計算を行う。画像の所定の領域毎にマスクパターンを適用する事で、情報が埋め込まれた画像が生成される。生成された画像を高精度に紙面上で表現するために、インクジェットプリンタを使用して印刷する。その結果、人の目では識別できず、カメラでは識別可能なパターンを印刷物上に表現する事ができる。

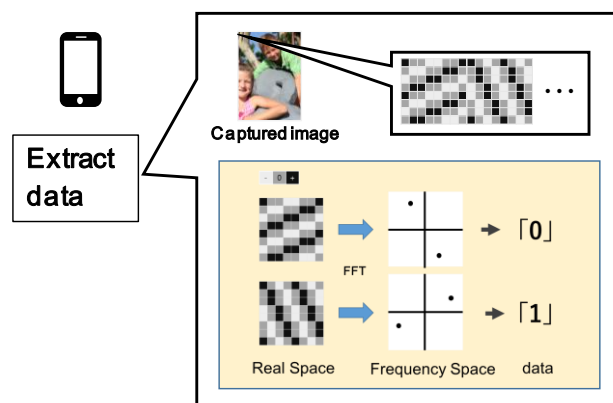


Fig.4 Decoding algorithm of steganography.

Fig. 4 を用いて情報の読み取りについて説明する。情報の読み取りは周波数解析を用いる。

以下の数式を用いて画像の所定の領域に対して 2 次元のフーリエ変換²⁾を行う。

$$F(\xi,\eta) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x,y) e^{j2\pi(\xi x + \eta y)} dx dy$$

画像データは座標 (x,y) の関数 $f(x,y)$ で表現される。 (ξ,η) は周波数を表しており、それぞれ (x,y) 軸方向、 y 軸方向の空間周波数を表している。

Fig. 3 で「0」と「1」のパターンとして埋め込んだ印刷物の撮影画像を周波数空間に変換するとそれぞれ異なる周波数に特徴点が発生する。この特徴点を判定する事で「0」と「1」の情報を取得することができる。

3. 技術課題

ステガノグラフィ技術の製品化を実現するために導入した処理の一部を紹介する。

3.1 画質劣化を防止する埋め込み方法

既に説明したように画像に情報を埋め込む処理はスマートフォンで行っている。

仮に画像に適用するマスクパターンの振幅量を固定値(重み係数 λ_{color} を固定値)にした場合、印刷された埋め込み画像は色毎に周波数の強度が増減してしまうことがわかった。周波数の強度が増えると印刷物の画質劣化が発生する。また、周波数の強度が減ると情報の読み取りが出来なくなってしまう。

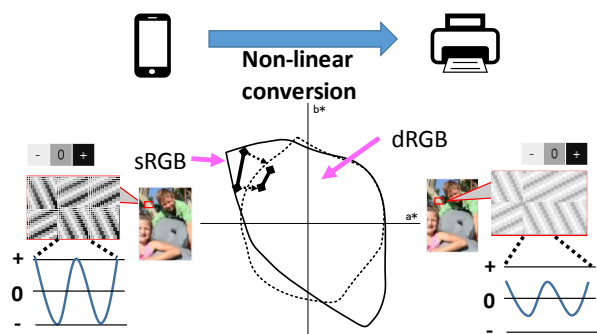


Fig.5 color conversion for printer.

周波数の強度の増減は異なるデバイス間の色変換が影響している。Fig. 5 で入力デバイスの色空間を標準色空間(sRGB)、出力デバイスの色空間をプリンタ色空間(dRGB)として色変換により周波数の強度が可変する仕組みを図示している。Fig. 5 に示すように入力デバイスと出力デバイスでは色再現域の形状が異なる為、非線形な色変換が行われる。その結果、印刷物上で色毎に周波数の強度が変わってしまう問題があった。

この問題を解決するためには印刷物上で一定の周波数の強度を維持する必要がある。仮に出力デバイスの色空間でマスクパターンを適用する場合の重み係数を $\lambda_{\text{dRGB_color}}$ とすると、 $\lambda_{\text{dRGB_color}}$ を色に依らず一定の値にすることで印刷物上の周波数の強度を一定の値にすることが出来る。しかしながら、MinPの埋め込みフローでは出力デバイスではなく入力デバイスの色空間で情報を埋め込む必要があった。

$$\lambda_{\text{sRGB_color}} = f^{-1}(\lambda_{\text{dRGB_color}})$$

そこで、出力デバイスの重み係数 $\lambda_{\text{dRGB_color}}$ から入力デバイスの重み係数 $\lambda_{\text{sRGB_color}}$ を算出する。具体的には、色毎に非線形な色変換により周波数の強度が増える場合は入力デバイスの重み係数 $\lambda_{\text{sRGB_color}}$ を減らし、周波数の強度が減る場合は入力デバイスの重み係数 $\lambda_{\text{sRGB_color}}$ を増やす。

$\lambda_{\text{sRGB_color}}$ を λ_{color} として色毎に設定したものが前述の画像のRGB値にマスクパターン適用する式に相当する。そして、 λ_{color} を適用する事で印刷物上の周波数の強度が維持される。

3.2 読み取り高速化方法

印刷物からスマートフォンで情報を読み取る際には、出来るだけ素早く情報を読み取ることが求められる。情報を読み取る際にスマートフォンを印刷物上にかざす。印刷物とスマートフォンは固定されていないため、撮影画像中で印刷物の位置も一定ではない。つまり、撮影画像中のどの位置に情報が埋め込まれているかわからないという問題があった。

Fig. 6 は情報の読み取り時のフローチャートである。スマートフォンのカメラを動画モードで起動しライトを点灯する。動画モードを用いると連続的に撮影画像を取得することが出来る。次に撮影画像の中で情報の埋め込み位置を探索する。ここで埋め込み位置を素早く探索するために、アンカーブロックを用いる。アンカーブロックは情報が埋め込まれているブロック(以下データブロック)と比較して幅と高さがそれぞれ2倍のブロックである為、データブロックと比較してブロック位置の探索が容易となっている。このアンカーブロックを印刷物の中に所定の間隔で埋め込み、情報の読み取り時にはアンカーブロックを探索してからデータブロックを解析する事で素早くデータを取得することが出来る。

データ取得後、誤り訂正処理と誤り検出処理を実施する。誤り訂正処理を行う事でデータの一部が間違っている場合でも訂正することが出来、誤り検出処理を実施することでデータが全て取得できたか検出することが出来る。データが完成したら読み取り処理は終了し、データが完成しなかったら再度画像を取得し同様の処理を繰り返す。

前記フローを実施する事で情報の読み取りを素早く行うことが出来る。

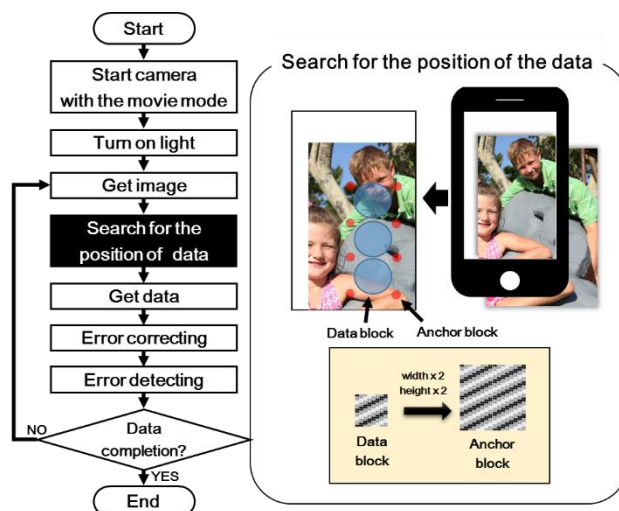


Fig.6 Search for the position of the data.

4. 性能検証

提案したステガノグラフィ技術の効果を示す画質性能と読み取り性能の検証を行った。

4.1 画質性能

画質性能は色変換後の画像を用いて検証する。マスクパターンを適用した画像の振幅の「-(マイナス)」 「0(変化なし)」 「+(プラス)」の3点の輝度差(ΔL^*)に注目する。Fig. 7 はマスクパターンを適用後の振幅の輝度差(ΔL^*)を示す図である。印刷物上は極小領域での振幅である為、所定の輝度差以内であれば、一定の距離で印刷物を確認すると振幅が平均化され、パターンは視認できない。検討の結果、振幅の最大輝度差が $\Delta L^*_{\max} < 3$ であれば視認できない事がわかった。

画質性能の検証として 729 種類の色を含むカラーチャートに情報の埋め込みを行い、色変換後のカラーチャートの各色の最大輝度差($\Delta L^*_{\max}$)を算出した。Fig. 8 は画質性能の検証結果である。横軸はカラーチャートの 729 色を示し、縦軸は前述の 3 点の中での最大輝度差($\Delta L^*_{\max}$)を示している。ほとんどの色が $\Delta L^*_{\max} < 3$ となっている。一部の色の $\Delta L^*_{\max} \geq 3$ となっているがこれは黒周辺の色であり、画質劣化しにくい色であることが確認されている。

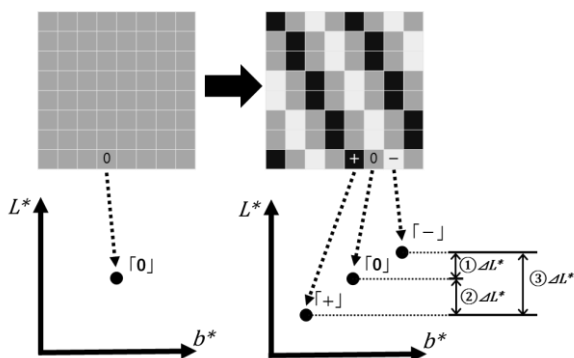


Fig.7 Difference of Luminance.

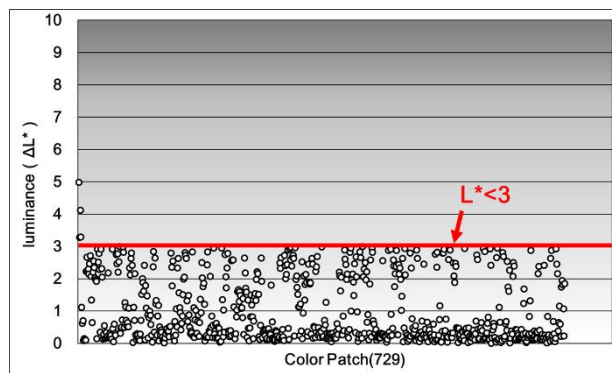


Fig.8 Result of image quality evaluation.

4.2 読み取り性能

読み取り性能は被験者実験によって検証する。スマートフォンを印刷物上にかざして実際に情報を読み取る時間を測定する。被験者 A, B, C, D の 4 名により A~V の 22 種類の印刷物を読み取る時間を測定する。情報の読み取り開始から読み取り完了するまでの時間を測定する。

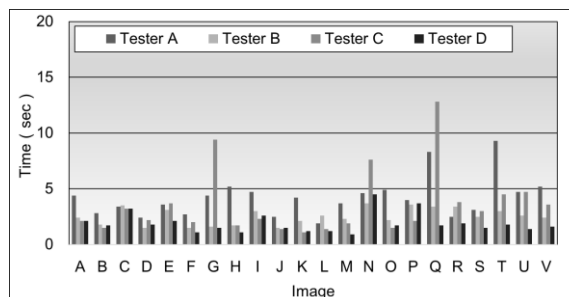


Fig.9 Result of decoding time evaluation.

Fig. 9 は読み取り時間の測定結果である。ほとんどのケースで 10 秒以内に読み取りを完了している。

ただし、測定結果は弊社測定条件によるものであり、スマートフォンの処理速度やカメラのオートフォーカスの性能によっては測定結果が変わる可能性があることに注意されたい。

5. 今後の課題

読み取りの高速化検討により読み取り操作性に一定の効果が出たが、QR コードの読み取り操作性には達していない。今後は更なる読み取り操作性の改善が必要であると考えている。また、本稿で説明したステガノグラフィ技術は様々な利用用途が考えられる。利用用途を広げるために種々のプラットフォーム (iOS、Android 等) やアプリケーションの形態に柔軟に対応できるようにする必要がある。

6. まとめ

以上述べたように、本稿では“ステガノグラフィ技術の概要”、“写真を劣化せずに情報を埋め込み印刷する技術”及び“印刷された写真から素早く情報を読み取る技術”について説明した。さらに提案した技術により画質性能及び読み取り性能が一定の性能に達していることがわかった。今後も提案した技術の改良及び新たな利用用途を模索し、写真の新たな楽しみ方を提供する事で写真文化の発展に貢献していく。

参考文献

- 1) Y.Fujii: IPSJ Magazine, Vol.45, No.8, pp.1980-1997 (2004) [in Japanese].
- 2) 高木 (監), “新編 画像解析ハンドブック”, 東京大学出版会 (2011 第 3 版) [in Japanese].

一般セッション(口頭講演) | 画像入力/画像処理/画像感性

[IM] 画像入力, 画像処理および画像感性

Image Input, Image Processing and Kansei Imaging

2018年6月19日(火) 12:50 ~ 14:10 レセプションホール (けやき会館 三階)

[IM-03] 大量画像からフォトブックを作成する技術への深層学習の応用 Application of Deep Learning to Technology to Create Photo Books from a Large Amount of Images

*近藤 浩和¹、野口 幸典¹、古谷 宏行¹、薦岡 拓也¹ (1. 富士フイルム株式会社)

*Hirokazu Kondo¹, Yukinori Noguchi¹, Hiroyuki Furuya¹, Takuya Tsutaoka¹ (1. FUJIFILM Corporation)

デジタルカメラやスマートフォンで撮影した画像をネット上で共有するだけでなく、テーマに沿ったオリジナルの写真アルバムを作成するという楽しみ方も定着してきている。しかし、大量に撮りためた画像から良い写真を選択し、アルバムのページに上手くレイアウトすることは、多くのユーザーにとって大きな課題となっている。これら課題の解決を支援する技術として、当社の写真のノウハウをベースにした独自アルゴリズムによる「Image Organizer」技術を開発して商品・サービスに展開してきた。本報告では、近年、進展が著しい深層学習を取り入れることによる写真選択・レイアウト機能の性能向上について述べる。

大量画像からフォトブックを作成する技術への深層学習の応用

近藤 浩和*, 野口 幸典*, 古谷 宏行*, 蔦岡 拓也*

*富士フイルム株式会社 R&D 統括本部 画像技術センター

Application of Deep Learning to Technology to Create Photo Books from a Large Amount of Images

Hirokazu Kondo*, Yukinori Noguchi*, Hiroyuki Furuya*, and Takuya Tsutaoka*

*Imaging Technology Center, R&D Management Headquarters, FUJIFILM Corporation

In addition to sharing images shot with digital cameras and smartphones on the net, it is also becoming popular to create original photo albums. However, choosing a good photo from a large amount of images taken and laying it well on the page of the album is a big task for many users. As a technology to support the solution of these problems, we have developed "Image Organizer" technology based on our own algorithm based on our know-how of photography and applied it for products and services. In this article, we describe improvement of the performance of photo selection / layout function by introducing deep learning which is remarkable progress in recent years.

1. はじめに

デジタルカメラやスマートフォンで撮影した画像をネット上で共有するだけでなく、テーマに沿ったオリジナルの写真アルバムを作成するという楽しみ方も定着してきている。しかし、大量に撮りためた画像から良い写真を選択し、アルバムのページに上手くレイアウトすることは、多くのユーザーにとって大きな課題となっている。これら課題の解決を支援する技術として、当社の写真のノウハウをベースにした独自アルゴリズムによる「Image Organizer」技術を開発して商品・サービスに展開してきた。本報告では、近年、進展が著しい深層学習を取り入れることによる写真選択・レイアウト機能の性能向上について述べる。

2. Image Organizer 技術の概要

「Image Organizer」とは、大量の写真画像の中から良い写真を自動的に選択する「スマートセレクト」機能、選ばれた複数の画像に最適なページレイアウトを提案する「スマートレイアウト」機能からなり、Year Album サービスにおける確かな画像選択とメリハリのあるレイアウトを実現している。特に写真アルバムで重要な登場人物については顔認識技術を使って中心人物・主要人物を自動で分類する「スマートキャスティング」機能を実現した¹⁾。

人物写真が中心のアルバムでは、顔検出による顔の大きさ・向き・表情の評価と、明るさやボケ・ブレ等の評価によって、顧客満足度の高い写真の選

択・レイアウトができていた。しかし、主要被写体が人物ではない画像での良い写真の選択・レイアウトには、別の評価モデルを導入する検討する必要があった。

3. 深層学習による画像認識

主要被写体が人物ではない写真では、写っている物体の種類やシーンが判別できると、写真アルバムとしてより適切なページレイアウトを提案できる可能性がある。このような画像認識技術の歴史は長く、画像認識アルゴリズムの進展とともに大規模なデータセットが作成されることで性能の向上が続いてきた。物体クラスごとに画像が整理されたデータセット ImageNet を使った画像認識コンペティション ILSVRC で毎年新しい手法が提案され性能を競ってきたが、2012年に深い層構造をもつ畳み込みニューラルネットワーク(convolutional neural network, CNN)が他の画像認識アルゴリズムの性能を大きく上回ったことで、深層学習に大きな注目が集まるようになった²⁾。

4. フォトブック作成に必要な画像認識

CNNによる画像認識を実際の商品・サービスで活用するには、商用利用可能な大量の教師データ(正解付きの画像データ)の収集がコスト面での課題となる。また、スマートフォンのアプリ上でも高速に動作させるためには、CNNのサイズ(パラメータ数)を小さくしなければならないというソフト実装上の課題がある。

そこで今回は、認識する物体カテゴリ数をフォトブック作成で有用と考えられる、人・ペット・食べ物・夜景・乗り物・花・アウトドア・インドアなど

* 〒258-8538 神奈川県足柄上郡開成町宮台 798

* 798 Miyanodai, Kaisei-machi, Ashigarakami-gun, Kanagawa, 258-8538, Japan

e-mail: hirokazu.kondo@fujifilm.com

を含む 20 以下に絞り込み, 実用上の精度が確保できる CNN のサイズを探って行った. 前述の AlexNet のネットワーク構造と同じながら, パラメータサイズは約 1/60 とすることで, 学習に必要な画像数を大幅に減らし, スマートフォン上でも実用的な動作速度を確保することができている.

4.1 画像アノテーション

学習用画像として 20 万枚以上の一般画像を収集し上述のカテゴリのラベル(複数)を付けたものを使用した.

また, 婚礼アルバムなどの業務用途での写真選択の効率化のためには, 例えば, 結婚式・披露宴の雰囲気醸し出すのに不可欠な小物やシーンなどの「イメージカット」と呼ばれる画像を分類することが必要だが, これらの良質な教師データを大量に集めることは困難なので, 更にパラメータサイズを小さくして, 「イメージカット」かそうでないかの 2 クラス判別器として実装した.

4.2 良い写真判別

良い写真を判別する方法として, 画質や色合いなどの人手で設計した画像特徴量を使って統計的機械学習で判別する手法が報告されている³⁾. このような研究で使われている評価のついた画像は写真コンテストなどをソースとしているため, 一般ユーザーが多数撮影する写真に比べて作品としてのレベルが高く, また, 失敗に近い写真は通常は SNS で公開されることは少ない.

一般ユーザーの写真アルバムの作成を支援するという意味では, 失敗に近い写真も適切に判別しなくてはならないが, 学習に使える評価のついた画像を大量に準備することは困難である. 今回は, 社内で保有する失敗写真も含む画像から, 約 7000 枚を抽出して一般ユーザー 200 名による写真の良さの評価を実施しこれを教師データとした.

しかし, この画像数で CNN そのものを学習することは現実的ではないため, 画像アノテーションの物体識別器として学習済みの CNN を転用し, 約 7000 枚の画像に対して CNN が出力する特徴量(多次元ベクトル)とその写真の良さを回帰することで, 一般ユーザーが撮影した画像に対する一般ユーザーの観点での写真の良さを判別することが可能になった.

4.3 類似画像判別

良い写真と判別された画像であっても, 類似した画像が写真アルバムの同じページにレイアウトされるのは好ましくない. したがって, これも一般ユーザーの観点で写真として類似しているかの判別が必要になる. これも良い写真判別と同様に, 画像アノテーションの識別器として学習済みの CNN は, 一般ユーザーが写真を見る目を既にもっていると考え

ことができ, 1 組の入力画像に対して CNN が出力する特徴量の距離で類似画像が判別できることが分かった.

5. 性能評価

5.1 評価方法

画像アノテーションの評価は, 評価用画像セットに対してカテゴリのラベルあり・なしに正しく分類されたか, 精度(precision), 再現率(recall)とそれらの調和平均である F 値(F-measure)で評価する.

類似画像判別も, 評価用の類似画像セットと非類似画像セットに対して, 類似している・いないの 2 クラス分類として, 画像アノテーションと同様の評価指標を用いた.

良い写真判別の評価は, 個人による評価のバラツキが大きいため, 評価画像に付けた唯一の良い・良くないの正解を判別できても一般ユーザーの感覚に近いとは言えないため, ここでは複数の評価者の判別結果との一致度を評価した.

5.2 評価結果

画像アノテーションは複数のカテゴリラベルが付いた 5000 枚の評価画像に対して, ラベル別の F 値は乗り物(0.94), 夜景(0.93), 花(0.90), ペット(0.89), 人(0.86)などとなった. 婚礼アルバムの「イメージカット」は 400 枚の評価画像に対して F 値は 0.92 であった.

類似画像判別は 200 組の評価画像セットに対して F 値は 0.81 となった.

良い写真判別は 100 枚の評価画像に対して 15 人の被験者がそれぞれ良いと判断した画像に対して, 平均 64%の一致度であった.

6. まとめ

本報告では, 大量の画像からの写真選択とページレイアウトを支援する Image Organizer 技術へ, 近年, 進展が著しい深層技術を取り入れることによる機能・性能の向上について述べた.

参考文献

- 1) Xuebin Hu, Tetsuya Takamori, Kei Ymaji, and Tetsuya Matsumoto, “‘Image Organizer Technology’ which makes it easy to create photo book from a large amount of image, The 113th Annual Conference of the Imaging Society of Japan (2014).
- 2) Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, and Geoffrey E. Hinton, “Imagenet classification with deep convolutional neural networks”, NIPS (2012).
- 3) Ritendra Datta, Dhiraj Joshi, Jia Li, and James Z. Wang, “Studying aesthetics in photographic images using a computational approach”, ECCV (2006).

一般セッション(口頭講演) | 画像入力/画像処理/画像感性

[IM] 画像入力, 画像処理および画像感性

Image Input, Image Processing and Kansei Imaging

2018年6月19日(火) 12:50 ~ 14:10 レセプションホール (けやき会館 三階)

[IM-04] マルチディスプレイ向けユニフォミティ向上技術

Color Uniformity Correction Technology for Multi-Display

*古市 岳¹、安達 靖¹、加藤木 央光¹、早崎 真¹、大西 英樹¹、奥西 稔幸¹、後藤 俊之¹、五十嵐 大輔¹、澤辺 大一¹、石倉 知弥¹、山本 治男¹ (1. シャープ株式会社 ビジネスソリューション事業本部 次世代技術開発センター)
*Gaku Furuichi¹, Yasushi Adachi¹, Terumitsu Katohgi¹, Makoto Hayasaki¹, Hideki Ohnishi¹, Toshiyuki Okunishi¹, Toshiyuki Gotoh¹, Daisuke Igarashi¹, Daiichi Sawabe¹, Tomoya Ishikura¹, Haruo Yamamoto¹ (1. Advanced Technology Development Unit, Business Solution Business Unit, SHARP Corporation)

近年、デジタルサイネージ（電子看板）を使った広告が増えており、中でも複数の液晶ディスプレイを組合せた大画面のデジタルサイネージのニーズが高まり、数多く見受けられるようになっている。デジタルサイネージではテレビとは違い、白画面など均一な階調のコンテンツの表示や複数枚の画面を組み合わせた表示が多くなるため、テレビでは大きな問題にならなかった液晶ディスプレイ面内の色ムラ/輝度ムラや面間のばらつきが画質問題となる場合があるため、面内・面間共に高精度な色/輝度均一性の向上を可能とする技術を新たに開発した。本稿では、同技術の概要や特長、実際の製品搭載にあたり解決した技術課題などを中心に報告する。

マルチディスプレイ向けユニフォミティ向上技術

古市 岳*, 安達 靖*, 加藤木 央光*, 早崎 真*, 大西 英樹*,
奥西 稔幸*, 後藤 俊之*, 五十嵐 大輔*, 澤辺 大一*, 石倉 知弥*, 山本 治男*

*シャープ株式会社 ビジネスソリューション事業本部
次世代技術開発センター

Color Uniformity Correction Technology for Multi-Display

Gaku Furuichi*, Yasushi Adachi*, Terumitsu Katohgi*, Makoto Hayasaki*, Hideki Ohnishi*,
Toshiyuki Okunishi*, Toshiyuki Gotoh*, Daisuke Igarashi*, Daiichi Sawabe*, Tomoya Ishikura* and Haruo Yamamoto*

*Advanced Technology Development Unit,
Business Solution Business Unit, SHARP Corporation

Recently, advertisements using digital signage are increasing. Among of those, multi-LCD (Liquid Crystal Display) has a great need and can be seen in many places. In the digital signage field, since many LCDs are assembled as one big single display and/or to display a certain single color level, such as white and/or major colors, there are some image quality issues of luminance and color mura (un-uniformity) in the single display and the color differences among the displays that are not big issues in the consumer LCD-TV field. Therefore, we developed new technologies to improve the uniformities of luminance/color precisely for both of the single display and the multi-display. In this paper, we will mainly introduce about the general description of the issues, the features of our luminance/color uniformity correction technologies, and the issues we resolved by implementing those technologies in our LCD products.

1. はじめに

近年、デジタルサイネージ(電子看板)は交通/公共/教育機関や商業施設などへの導入が多くなっている。デジタルサイネージで使用される業務用液晶ディスプレイは、業務用途に適した耐久性やパフォーマンスを兼ね備えており、高解像度で情報量が多く、屋内/屋外にも設置が可能で、経年劣化も少なく、メンテナンスがしやすい利点を持っている。

民生用の液晶 TV と異なり、商品やコーポレートカラーなどの静止画も長時間表示させる場合があるため、個々の液晶ディスプレイでの高精度(忠実)な色再現が要求されるが、液晶ディスプレイの構造において、液晶パネル内のセル厚のばらつきによる色の变化やバックライトの配置による明るさの変化が主な原因で色ムラや輝度ムラが生じてしまう。また、訴求効果を高めるため、複数の液晶ディスプレイを縦横配置したマルチディスプレイで組むことも多く、大画面マルチでの色再現の一体感も重要である。

個々の液晶ディスプレイの高精度な色再現を実現するためには、面内(画面内)の色再現が均一である必要があり、更に、製造工程や材料のバラツキにより生じる異なるディスプレイ間での個体差を吸収する必要がある。よって、これらの面間の色を合わせるための色調整技術(面間カラーマッチング)も要求される。また、表示色約 10 億色(RGB3 色 10bit での

全組み合わせ)に対し、面内の色ムラ(以後、輝度ムラも含む)補正と面間カラーマッチングを製造工程上で短時間に、かつ、低コストで実現しなくてはならない。

このように液晶ディスプレイをデジタルサイネージに利用する利点は多く、今後市場拡大が期待される。それに伴い高精度で低コストに実現可能な色再現/色調整技術が必要になっている。当社では、それらを実現する技術「SHARP UCCT」(Uniform Color Calibration Technology)を開発し、2015 年発売の PN-V551 に搭載した。翌年には、更に進化させた「SHARP Advanced UCCT」を開発し 2017 年発売の PN-V701 に搭載している。本稿ではその技術の一部を紹介する。



Fig1: Image of multi-layout of PN-V701

* 〒261-8520 千葉県千葉市美浜区中瀬 1-9-2

* 1-9-2, Nakase, Mihama-ku, Chiba-shi, Chiba, 261-8520, Japan

2. 面内色ムラ補正技術

まずは、個々の液晶ディスプレイにおける面内の色ムラ補正技術について説明する。色ムラ補正と面間カラーマッチングは液晶ディスプレイの製造工程内 (Fig2) で行われ、液晶ディスプレイに様々な色を表示させ、それをカメラで撮影し、色ムラの状態を取得する。色ムラ補正に使用する色はグレー色や主要 RGBCMY 色の各色からいくつかの階調を選択し、製造工程での処理時間に応じた色数を選定する必要がある。撮影するカメラに起因するデータの不均一性を予め取り除くため、シェーディング補正や幾何学補正を行い、測定値から色度 XYZ 値に色変換を行う。表示色に対し、目標 XYZ 値とカメラにより得られた測定 XYZ 値をもとに、目標値との差分 XYZ 値から対象の液晶ディスプレイの補正すべき RGB 値を算出する。

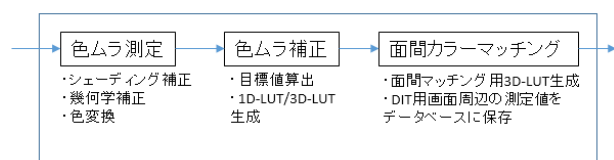


Fig2: Process of color uniformity correction in the product line

これを液晶ディスプレイのピクセル単位ごとに適切な補正値を算出することが理想ではあるが、この場合膨大なメモリ容量と処理能力が必要になってしまう。そこで、可能な限り低コストで、高精度な色ムラ補正を行うため、当社は 1D (1 次元)-LUT (ルックアップテーブル) と 3D (3 次元)-LUT の構成で実現した。なお、選定された色以外の補正値は、算出された補正値の補間により求められる。

1D-LUT では、画面を小さな領域ごとに分割し、その局所領域における各 RGB の階調を調整できるようにした。そして、1D-LUT は主に輝度ムラを補正することになる。局所領域の数は多くなるものの、個々の領域における補正テーブル数が少ないため、比較的メモリ容量を削減することが可能になる。(Fig3)

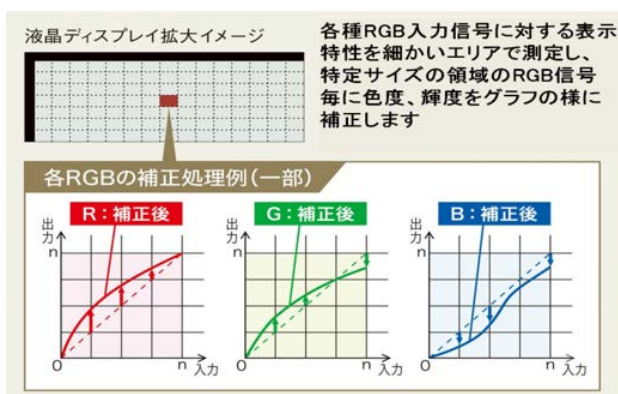


Fig3: 1D-LUT at local area in the display

一方、3D-LUT は、画面を比較的大きく分割し、色の彩度、色相方向の調整用として、1D-LUT で補正し

きれなかった色ムラを補正するために利用する。しかし、3D-LUT を 1D-LUT と同じ階調分の調整箇所数 (N) で設けると、 N^3 倍のメモリ容量に増大してしまう。(Fig4)

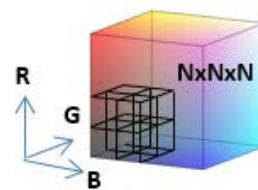


Fig4: Image of one area of 3D-LUT in the display

そこで、このメモリ容量を低減しながら、高画質化を実現させるため、3つの手法を用いた。まず、①高次元 (測定色 $\times$ RGB3 色の補正値) の色情報をクラスタリングすることで、補正テーブル数を削減した。(Fig5)

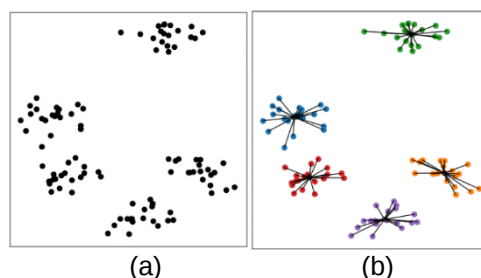


Fig5: Image of clustering method

Fig5 の (a) はクラスタリング開始時の初期状態であり、開始点 (初期シーズ) とこれらの点 (色情報) における最近傍にもとづいてクラスタ分けし、各クラスタで重心、最近傍、クラスタの再分割のサイクルを、重心の移動がある一定値以下になるまで繰り返す (Fig5 (b))。色ムラの状態により総クラスタ数を変えることができ、各クラスタに共通の 1 つの 3D-LUT を用いることで、全ピクセルにテーブルを持たせた場合と比べ、大幅にテーブル数を削減でき、低コストになる。

しかし、この手法だけでは、トーンギャップ (擬似輪郭) や粒状感 (ノイズ感) が出てしまうので、高画質化させるため、別途②ギャップ軽減処理と③粒状感改善処理を施している。

このように 1D-LUT と 3D-LUT を組み合わせることにより、少ない測色数とメモリ容量を抑えながら、色ムラを補正し、高画質化にすることが可能になる。

Fig6 は、面内を縦 5 $\times$ 横 5 に均等割りした箇所 (Fig6 (a)) における補正 OFF と ON の輝度比と色度分布の比較結果である。輝度比 (Fig6 (b)) は、明らかに補正 ON の方が補正 OFF に比べ輝度比が一定に近づいており、色度分布 (Fig6 (c)) も、補正 ON の方が補正 OFF に比べ、画面中央の色度に集まっていることから、本補正処理を行うことで、色ムラ/輝度ムラ共に改善されていることが分かる。

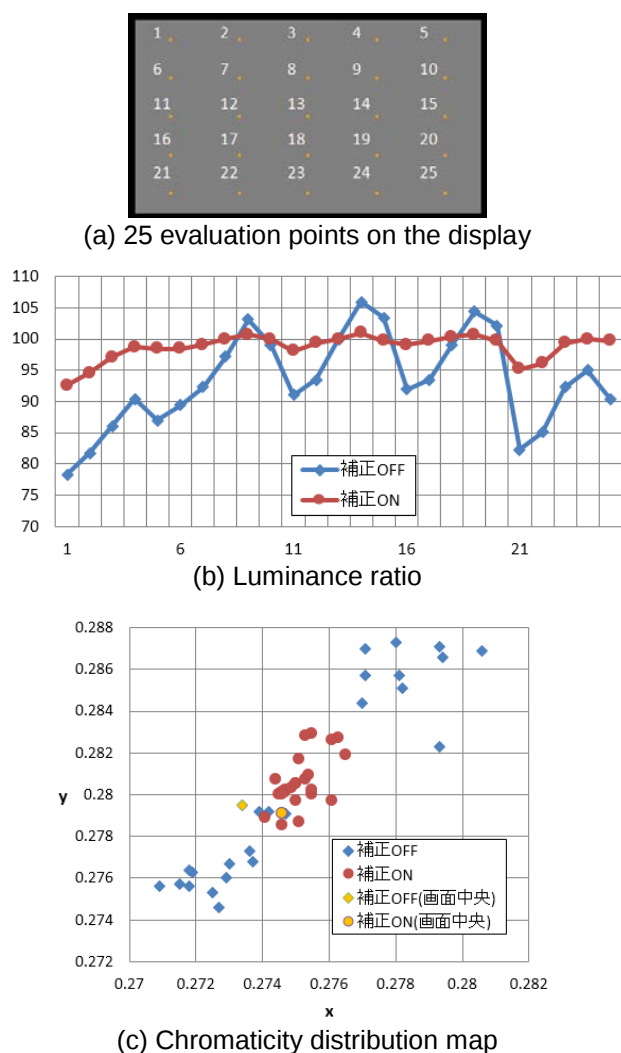


Fig6: Result of color uniformity correction

ただし、色ムラを優先的になくすよう（全面を均一）にすると、ディスプレイの最高輝度の能力は出せず、エッジやコーナー付近の低輝度側に合わせないといけなくなってしまい、画面全体が暗くなる傾向にある。輝度低下はデジタルサイネージにおいて視認性を下げることになり、利用するユーザーにとって好ましくない場合がある。そのため、利用するユーザーの意図に合うように複数のモードを設けるようにした。高輝度モードは、最高輝度をできるだけ確保しつつ主に色ムラを補正し、ムラ補正優先モードでは、輝度をやや抑えながら、色ムラ/輝度ムラ両方を可能な限り補正する。これは入力階調を、ムラ補正優先モードでは画面のエッジでの最高階調と同じ輝度になるような階調付近まで画面全体の階調を落とすように調整することで実現できる（高輝度モードでは入力階調は調整しない）。

3. 面間カラーマッチング技術

個々の液晶ディスプレイの色再現領域は、製造/材料のバラツキにより個体差が生じる場合がある。そして、この異なる液晶ディスプレイをマルチに組み、1つ1つの液晶ディスプレイ内の色再現は均一

であっても、コンテンツを全画面で表示するマルチディスプレイでの一体感が得られにくい。広告として表示される商品が異なるディスプレイ間をまたいで表示されると、その商品の本来の質感や訴求力を損なってしまう。また、人間にとって敏感な人肌ではコンテンツの内容とは異なった印象を与えてしまう。

そのため、異なる液晶ディスプレイでマルチに組んだ場合においても、マルチ全体での色均一性が保てるような色調整技術が必要であり、ここでは色調整技術にあたる面間カラーマッチング技術について説明する。

面間カラーマッチングも面内の色ムラ補正と同様、限られた色数の中での高精度なカラーマッチングを行う必要がある。予め、目標値（目標とする色特性情報）を設定し、液晶ディスプレイの機種における基準色特性値と製造工程上のディスプレイにおける主要色を含む複数色の測定値に基づき、目標値に近づくような 3D-LUT の調整値を求める。製造工程上で測定できる色数は限られており、それら以外は線形補間で求められるため、誤差が生じやすい。そのため、補間値に対し、前述の基準色特性値との差分を加算することで（差分補正加算）、補間精度の向上を図っている。（Fig. 7）

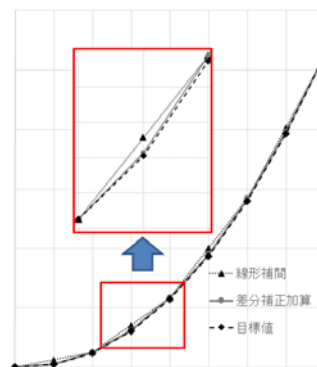
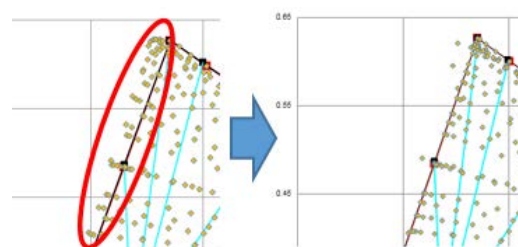


Fig7: 3D-LUT interpolation for color matching

また、この面間カラーマッチングにより、例えば色域外にあった対象ディスプレイの表示色（Fig8(a)）は目標値に近づき、色域内にほぼ収まるようになり（Fig8(b)）、面内・面間含めて色再現が均一性/一体感のあるマルチディスプレイが実現される。



(a) Before color matching (b) After color matching

Fig8: Before/after of applying color matching around green region of chromaticity diagram

4. 設置時/設置後の色調整ツール(DIT:Display Installation Tool)

面内の色ムラ/輝度ムラ補正と面間カラーマッチングを行ったとしても、マルチで組んだ場合に隣合うディスプレイのエッジ付近での僅かな色の違いが目立ってしまう場合がある。そのため、予め製造工程上(Fig2)で個々の液晶ディスプレイの画面周辺付近を数カ所測定し、その測定値をデータベースに保存しておく。その測定値をもとに、DITは画面付近の色の似たもの同士を隣り合わせるように、設置現場での最適なレイアウトを求める。

また、マルチディスプレイを設置後、個々のディスプレイの経年変化の度合いが異なり、それによって、ディスプレイ間での色がずれてしまう場合がある。この場合、ディスプレイに接触するような測色機を用いても、非接触型のカメラを用いても、色調整できるような機能がDITに備わっており、メンテナンスも容易にできるようになっている。

5. 終わりに

このように色ムラ補正技術でディスプレイ面内の色均一性を向上し(Fig9(b))、面間カラーマッチング技術で異なるディスプレイ間の一体感を向上させ、設置時/設置後にはDITを用いることで、様々な状況での柔軟な対応と利便性を上げることが可能になった(Fig9(c))。



(a) Image of before correction



(b) Image of after color uniformity correction



(c) Image of after color matching and DIT

Fig9: Image of color uniformity correction

最後に、それらを適用した実際の設置結果をFig10に示す。



(a) Before correction



(b) After correction

Fig10: Before/after of color uniformity correction

今回紹介した色ムラ補正技術、色調整技術は製造工程上で短時間に、またメモリ容量削減で低コストでありながら、高精度/高画質化を実現できるものである。今後は液晶ディスプレイだけでなく、他のデジタルサイネージ媒体(LEDディスプレイ、プロジェクター)にも応用していきたい。

参考文献

- 1) 三宅洋一, "デジタルカラー画像の解析・評価", 東京大学出版会(2000)[in Japanese].
- 2) 大田登, "色再現光学の基礎", コロナ社(1997)[in Japanese].
- 3) 映像情報メディア学会編, "カラー画像工学", オーム社出版局(1997)[in Japanese].
- 4) 日本色彩学会編, "カラーサイエンス", 朝倉書店(2004)[in Japanese]

Oral presentation | Electrophotography

[EPm] Electrophotographic Materials

Session Chair: Tatsuya Tada(Ibaraki University), Akihiko Itami(Konica Minolta, Inc.)

Tue. Jun 19, 2018 1:00 PM - 2:20 PM Conference Room (2nd Floor, Engineering Research Building II)

[EPm-01] Development of New Solid-capsuled Toner

*Masami Tsujihiro¹, Masaki Okita¹, Hidetoshi Miyamoto¹, Naruo Yabe¹, Yoshio Ozawa¹ (1. KYOCERA Document Solutions Inc.)

1:00 PM - 1:20 PM

[EPm-02] Investigation of Fogging Toner by Measurement Technique for Electrostatic Charge on Single Particle with MEMS-based Actuated Tweezers

*Daichi Yamaguchi¹ (1. Ricoh Company, Ltd.)

1:20 PM - 1:40 PM

[EPm-03] Adhesion of Liquid Electrophotographic Images with a Substrate in Flexible Packaging

*Chisato Urano¹, Osamu Ide¹ (1. Fuji Xerox Co., Ltd.)

1:40 PM - 2:00 PM

[EPm-04] Application of Volatile Liquid Toner for Liquid Electrophotography System Using High Concentration Contact Developing Method

*Yuki Yokoyama¹, Toshihiko Suzuki¹, Nobuyuki Nakayama¹ (1. Fuji Xerox Co., Ltd.)

2:00 PM - 2:20 PM

一般セッション(口頭講演)| 電子写真

[EPm] 電子写真材料 Electrophotographic Materials

2018年6月19日(火) 13:00 ~ 14:20 コンファレンスルーム (工学系総合研究棟 2 二階)

[EPm-01] 新規ソリッドカプセルトナーの開発 Development of New Solid-capsuled Toner

*辻廣 昌己¹、大喜多 正希¹、宮本 英稔¹、矢部 成男¹、小澤 義夫¹ (1. 京セラドキュメントソリューションズ株式会社)

*Masami Tsujihiro¹, Masaki Okita¹, Hidetoshi Miyamoto¹, Naruo Yabe¹, Yoshio Ozawa¹ (1. KYOCERA Document Solutions Inc.)

長期にわたる画質の安定性を達成し、次世代の省エネシステムに対応する新規カプセルトナーを開発した。製法としては、乾式プロセスと湿式プロセスを組み合わせた独自の生産システムでポリエステル素材の特徴を最大限に高め、その表面に薄膜のカプセルを形成したものである。結果として、十分な耐熱保存性を確保しつつ高い省エネ性能と長期にわたる画質の安定性を達成した。本稿では、TASKalfa6052ciなどに搭載、商品化した新規カプセルトナーの特徴、性能について述べる。

New capsuled toner that achieves long-term image quality stability and corresponds to the next-generation energy saving system. As a manufacturing method, it is our unique production system combining a dry process and a wet process to maximize the characteristics of polyester material and form a capsule of thin film on its surface. As a result, we achieved high energy saving performance and long term stability of image quality while securing adequate heat preservability. On this paper, we describe the feature and performance of the new capsule toner installed and marketed in TASKalfa 6052ci and others.

新規ソリッドマイクロカプセルトナーの開発

辻廣 昌己*, 大喜多 正希*, 宮本 英稔*, 矢部 成男*, 小澤 義夫*

*京セラドキュメントソリューションズ株式会社

Development of New Solid-micro-capsuled Toner

Masami Tsujihiro*, Masaki Okita*, Hidetoshi Miyamoto*, Naruo Yabe*, and Yoshio Ozawa*

* KYOCERA Document Solutions Inc.

The various toners have been developed during 80 years until now since C. Carlson developed the image of letter "ASTORIA" by using dyed spore under studying of electro-photography in 1938.

In last 20 years, there were big changes that the binder resins shifted from styrene-acrylic to polyester by the material point of view, and the save energy became the keyword. Moreover, the wet chemical method became popular instead of the dry kneading pulverizing method by the production process point of view. After reviewing the two changes, we report about the capsuled toner by our new dry and wet processes.

1. はじめに

C. Carlson が電子写真の研究の中で 1938 年に **ASTORIA** の文字を植物の胞子を染色したトナーで現像してから 80 年になり、今日まで様々なトナーが開発されてきた。直近の 20 年間の大きな変化は素材面では結着樹脂がスチレン-アクリル系からポリエステル系を主体とした樹脂にシフトし、省エネが重視されたこと、製法面では乾式プロセスの混練粉碎法から湿式プロセスのケミカル法が一般化したことである。

ここでは、この二つの変化の振り返りを行った後に当社の新たな乾式-湿式プロセスによるカプセルトナーについて述べる。

1.1 トナーの素材面と製法面の変化

混練粉碎法ではスチレン-アクリル系樹脂からポリエステル系樹脂への移行が進み、さらには非結晶性ポリエステル樹脂の中に結晶性ポリエステル樹脂を微細に混合して低温定着性を達成する技術が一般化し、ケミカルトナーと同等レベルの省エネを達成している。¹⁾ 設備面でも微粉碎機の内部ローターの冷却によって温度に敏感で粉碎熱で軟化しやすい素材においても粉碎効率が飛躍的に向上し、トナーの小径化についても対応可能になっている。²⁾ 混練粉碎法は乾式プロセスのため不純物の混入を懸念することなく多様な素材が使用可能であり、設計の自由度が高い等の利点はあるが、省エネ設計をした場合、樹脂設計を低分子量化する必要がある、ブロッキング性をどう担保するかが課題である。湿式プロセスのケミカル法においてもスチレン-アクリル系のモノマーを用いた懸濁重合法や乳化重合凝集法から、省エネの要求に対応するためポリエステル系の結着樹脂を用いた溶解懸濁法³⁾ やエステル伸長重合法⁴⁾

へとシフトしてきた。溶解性を改良する目的で結晶性ポリエステルの使用も一般化してきている。これらのケミカルトナーは形状が正確に制御され均一性が高いために画質の鮮明さや安定性に優れている。

一方、ポリエステル系樹脂は縮重合法で合成されるため、湿式プロセスのケミカル法でトナー化するためにはいったん合成した樹脂を溶剤で溶解させるか乳化等で微細化した後に凝集させる必要があり、生産プロセスに必要な界面活性剤や溶剤の除去・回収に多大なコストを要する。また洗浄残の界面活性剤等がトナーの帯電に影響を与え、環境によっては画質を変化させることもある。

当社が新たに開発したトナーは乾式プロセスと湿式プロセスを組み合わせることで設計自由度を高めると同時に生産時の環境負荷を大きく低減した独自の製法である。このトナーのモデル図を **Fig. 1** に示す。

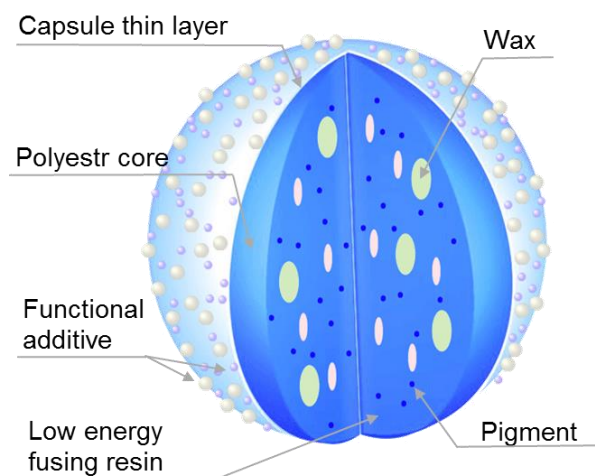


Fig.1 Solid-micro-capsuled toner image.

* 〒540-8585 大阪市中央区玉造 1-2-28

1.2 ソリッドマイクロカプセルトナー

ソリッドマイクロカプセルトナーとは固体微粒子表面に薄膜のカプセル膜を形成するカプセル化技術で作製したトナーである。

各種微粒子の表面をカプセル化する手法は古くから試みられ、医薬品や食品分野等において広く製品化されている。この手法を用いたトナーの特許出願⁵⁾やトナー化の実験報告もされているが⁶⁾製品化された例はない。技術的な課題はカプセルのコアとなる粒子表面の特性とマイクロカプセル材料との結合の制御、および定着ニップにおけるカプセル破壊を制御できるかが課題であった。当社が開発したマイクロカプセル化技術は、コア材料として露出界面を制御したポリエステル樹脂を開発したこと、独自のカプセル材を開発したこと、さらにカプセル薄膜を形成する製造プロセスを開発したことである。製法として、乾式プロセスでコアを作製することでトナー粉体粒子の設計自由度を高め、湿式プロセスをカプセル化に集中させて界面活性剤や分散剤などの使用を無くし、カプセル化工程に要する水の使用量を極小とすることが可能になり、生産プロセスにおける環境負荷低減と各種環境下での帯電の安定が図られた。以下、具体的なカプセル化技術と製法について記す。

2. ソリッドマイクロカプセルトナーの構造と製法

2.1 ソリッドマイクロカプセルトナーの構造

Fig.1 に示したモデル図においてバインダ樹脂、ワックスおよび着色材で構成された低温定着ポリエステルコアを保護する目的でコア表面にカプセル薄膜を形成する。カプセル化材のタイプによってトナーの正または負に帯電性を制御することができる構造である。

2.2 ソリッドマイクロカプセルトナーの製法

ソリッドマイクロカプセルトナーの製法をFig.2 に示す。Step1 においてポリエステルコアとカプセル化材を混合する。Step2 ではポリエステルの表面活性を利用してコア表面とカプセル化材との密着性を高め、カプセルの前駆体を形成させる。Step3 においては加熱反応処理でコア表面とカプセル化材の化学的なインターアクションを高めつつ粒子形状を適正なレベルにまで制御する。トナーは円形度を上げると現像性や転写性が向上する一方で、ブレードクリーニング性は悪化する。この製法は搭載するプロセスの特性に応じて混練粉碎トナーの形状から真球に近い形状にまで自由に制御することが可能である (Fig.3)。反応が終了した後、脱水・乾燥工程を経てソリッドマイクロカプセルトナーを得る。

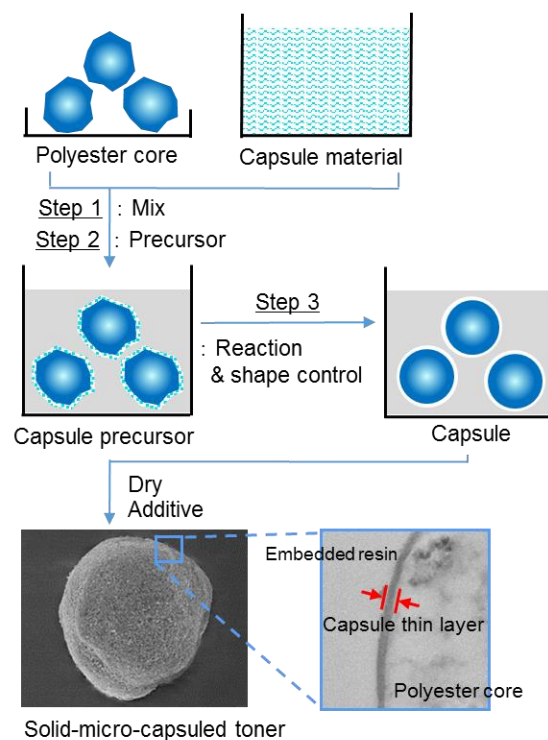


Fig.2 Manufacturing process of the solid-micro-capsuled toner.



Fig.3 Toner shape control.

3. ソリッドマイクロカプセルトナーの特性

3.1 定着性能

Fig.4 において当社のソリッドマイクロカプセルトナーと従来トナーの定着可能領域を比較した。このグラフの幅は定着器の定着可能温度の範囲を示している。当社の新規開発トナーは従来のトナーと比較して 40℃以上の低温定着性を有しており、多様な定着システムについて対応が可能である。

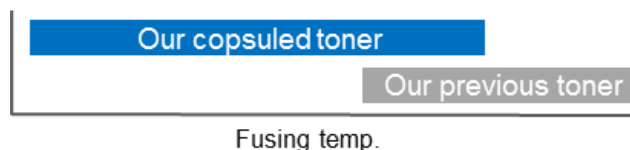


Fig.4 Fixable temperature range.

Fig. 5 に低温定着ソリッドマイクロカプセルトナーを搭載した当社カラーA 3 複合機 TASKalfa 6052ci の消費電力は従来機と比較して半減した。

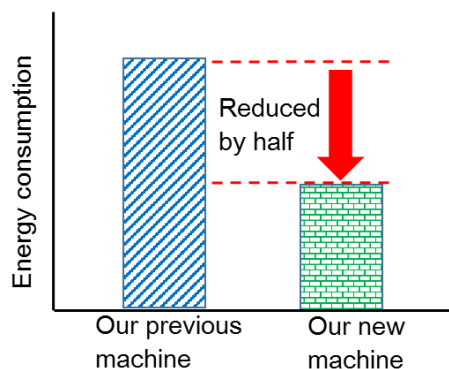


Fig.5 Comparison of energy consumption.

3. 2 定着性能と保存安定性の両立

一般に、低温定着性と保存安定性はトレードオフの関係にある。従来のコア-シェル型のケミカルトナーにおいてもその関係は両立していない。当社ソリッドマイクロカプセルトナーは、カプセル薄膜の強度を高くすることで、この関係にとらわれることなくこの相反する性能を両立させることができた (Fig. 6)。

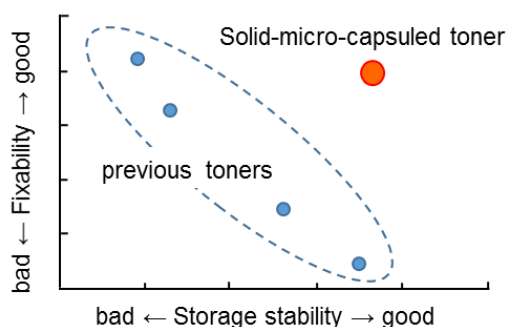


Fig.6 Relationship between Storage stability and fixability.

3. 3 帯電制御

混練粉碎法トナーは帯電性を付与するために CCA (帯電制御剤) や CCR (帯電制御樹脂) を使用し、粉碎界面に露出したそれら薬剤で帯電性を制御していた。当社の新しいトナーはカプセル薄膜の材料に帯電性のモノマーを共重合し、カプセル膜がポリエステルコアを保護すると同時に、帯電付与と制御機能を有する設計をした。この製法では使用するモノマーを選ぶことでトナーの極性を自由に変えることが可能である。Fig. 7 はトナーとキャリアを混合・攪拌し続けた場合のソリッドマイクロカプセルトナーの帯電量変化を示した。この新規開発トナーは正帯電であっても負帯電であっても帯電量の変化が小さい。

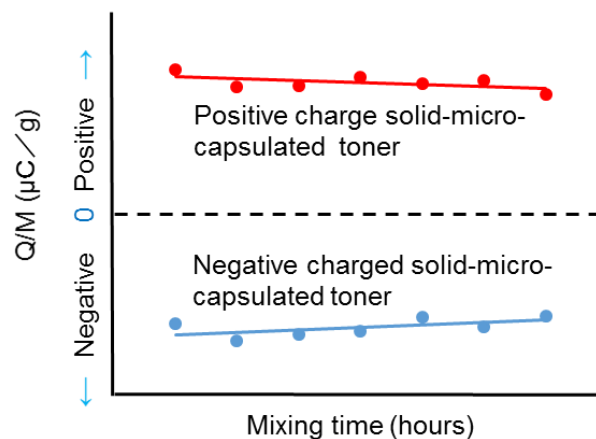


Fig.7 Relationship between Q/M and mixing time

Fig. 8 に環境変化に伴う帯電量の変化を当社のソリッドマイクロカプセルトナーと従来トナーとを比較して示した。

当社ソリッドマイクロカプセルトナーにおいては、カプセル材料が帯電制御を受け持つため、ポリエステルコアの環境変化に伴う水分子の吸着で生じる帯電の変化をうけにくい。

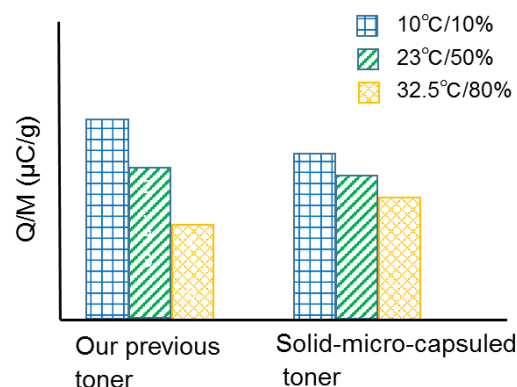


Fig.8 Charging stability.

3. 4 架橋微粒子の開発

当社では架橋構造を有する有機微粒子のことを CLP (Cross Linked Particle) と呼び、ソリッドマイクロカプセルトナーの外添材料として開発した。

従来、大粒子径のシリカ⁷⁾や樹脂微粒子⁸⁾が使用された例はあるが、大粒径シリカは硬いカプセル薄膜から脱落しやすい。また、樹脂微粒子は強度が不十分で変形しやすい。そこで、当社はソリッドマイクロカプセルトナーの保存安定性や帯電安定性をさらに向上させることを目的としてこの CLP を開発した。CLP の走査型電子顕微鏡写真を Fig. 9 に示した。

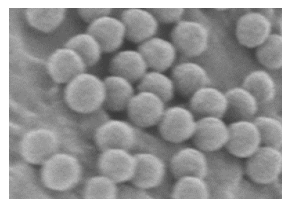


Fig.9 SEM image of CLP on our toner.

この CLP をソリッドマイクロカプセルトナー表面に配合することによってカプセル膜の安定性をさらに向上させ長期にわたる画像の安定性を図ることができた。

3.5 長期安定性

当社のソリッドマイクロカプセルトナーは低温定着性を有しながら長期にわたって帯電性を一定に保ち、出力画像を高いレベルで安定化できる。当社ソリッドマイクロカプセルトナー搭載の TASKalfa 6052ci は 60 万枚出力後も良好な画質を維持した。Fig. 10 には 60 万枚出力後の帯電量分布を示した。当社の新規開発トナーは初期の分布を殆ど維持していた。

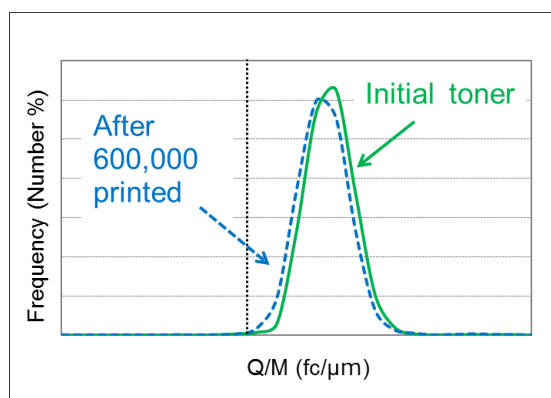


Fig.10 Toner charge distribution after 600,000 printed.

4. まとめ

固体粒子表面に薄膜を形成するソリッドマイクロカプセル法によるトナーを開発、商品化した。今回開発したカプセル化技術では帯電コントロールおよび形状コントロールをカプセル化と同時に行い、トナー性能向上を図った。この新規開発トナーを TASKalfa 6052ci などに搭載し、長期にわたる画像安定出力と省エネ性能の大幅な向上が確認できた。

Fig. 11 に代表機種を示した。



Fig.11 Appearance of the onboard models.

参考文献

- 1) N.Fukuri”Low energy fusing toner by controlling nano dispersion of crystalline polyester”, IS&T’s NIP24 International Conference on Digital Printing Technologies, 78 (2008).
- 2) 古川, “高冷却型機械式微粉碎機グラシスを使ったトナー処理” 粉砕 No 75(2014) [in Japanese]
- 3) 大門, “EA-Eco Toner”, 富士ゼロックステクニカルレポート No.20 2011 [in Japanese]
- 4) 八木, “Ricoh Technical Report”, No.29 DECEMBER, 2003 [in Japanese]
- 5) 特開平 2013-109330 [in Japanese]
- 6) 日暮, “電子写真トナーのマイクロカプセル化”, 日本画像学会誌第 43 巻第 3 号 (2004) Nigel J. Bunce, “Environmental Chemistry”, Wuerz Publishing Ltd. (1991), pp. 1-115. [in Japanese]
- 7) 松村, “ゾルゲルシリカ微粒子”, 日本画像学会誌第 54 巻第 2 号 (2015) [in Japanese]
- 8) 塚田, “有機微粒子のトナー用添加剤への応用”, 日本画像学会誌第 54 巻第 2 号 (2015) [in Japanese]

一般セッション(口頭講演)| 電子写真

[EPm] 電子写真材料

Electrophotographic Materials

2018年6月19日(火) 13:00 ~ 14:20 コンファレンスルーム (工学系総合研究棟 2 二階)

[EPm-02] MEMSピンセットによる一粒子帯電量計測技術を用いた地汚れトナー解析 Investigation of Fogging Toner by Measurement Technique for Electrostatic Charge on Single Particle with MEMS-based Actuated Tweezers

*山口 大地¹ (1. 株式会社リコー)

*Daichi Yamaguchi¹ (1. Ricoh Company, Ltd.)

In situ measurements of charge of fogging toner have been carried out using measurement technique with MEMS-based Actuated Tweezers and AFM cantilever. Because this technique enables picking up single particle and measurement of the charge successively, the technique has great potential for application to the analysis of single isolated toner particles, such as those in fogging. The fogging toners on the flat ITO substrate were generated with several voltage conditions, and the amounts of fogging toners were quantified by image analysis. The relationship between the amount and the charge of fogging toner were analyzed. The results demonstrate that the amount of fogging toners decreases as the charge of fogging toners increases positively.

MEMS ピンセットによる一粒子帯電量計測技術を用いた地汚れトナー解析

山口 大地*

*株式会社リコー 研究開発本部

Investigation of Fogging toner by Measurement Technique for Electrostatic Charge on Single Particle with MEMS-based Actuated Tweezers

Daichi Yamaguchi

*Research and Development Division, Ricoh Company, Ltd.

In situ measurements of charge of fogging toner have been carried out using measurement technique with MEMS-based Actuated Tweezers and AFM cantilever. Because this technique enables picking up single particle and measurement of the charge successively, the technique has great potential for application to the analysis of single isolated toner particles, such as those in fogging. The fogging toners on the flat ITO substrate were generated with several voltage conditions, and the amounts of fogging toners were quantified by image analysis. The relationship between the amount and the charge of fogging toner were analyzed. The results demonstrate that the amount of fogging toners decreases as the charge of fogging toners increases positively.

1. はじめに

非画像部にトナーが付着する“地汚れ”現象は、電子写真技術にて頻出する課題である。電子写真は、摩擦帯電させたトナーを電界で移動させることで画像を形成する技術であり、非画像部は、正規帯電したトナーが移動しないように電界設計される。その為、地汚れトナーは帯電不良を起こしていることが予測されるが、その検証は必ずしも容易で無いケースも存在する。ブローオフ法やE-spart等の、既存の帯電量計測手法では、計測粒子数がマクロスケールであり、現像器内トナーや画像部トナーも含めて評価することが多い^{1), 2), 3)}。地汚れ現象と帯電量の計測値との相関が表れにくくなる為である。

上記の地汚れのような、電子写真の少量異常発生トナーの状態を見極めるべく、筆者は、MEMS ピンセットを用いた一粒子トナーの帯電量計測技術を開発した⁴⁾。MEMS ピンセットで把持した任意の一粒子トナーをカンチレバーに近接させることで発生する、カンチレバーの反りから、把持したトナーの電荷を計測するという技術である。従来の原因解析のアプローチでは、現像装置や感光体上の一定量以上のトナーの平均帯電量、すなわち、狙い通りに機能しているトナーも含めた計測するのに対して、本技術は異常トナーのみの帯電量を直接計測する。部品等に付着した異常トナーについて in situ な電荷量計測を行うことで、異常現象に対して、感度の高い評価手法となり、より明確な因果関係を導き出せること

が期待できる。

本研究では、モデル試験機により、地汚れ現象を模擬したトナーを発生させ、MEMS ピンセットによる帯電量計測技術で解析した。以下に結果を報告する。

2. 実験方法

感光体を模擬する平板サンプルを用いて、単体試験機により地汚れ現象を再現した。平板サンプルには、ガラス表面にITO層を形成した導電性基板を用いた。Fig. 1における現像ローラ、及び、ITOに Table 1 の条件で電圧を印加した。現像剤には、負帯電性トナーを混合した二成分現像剤を用いた。ブローオフ法にて計測した帯電量 Q/M は、 $-22 \mu C/g$ であった。

Glass plate

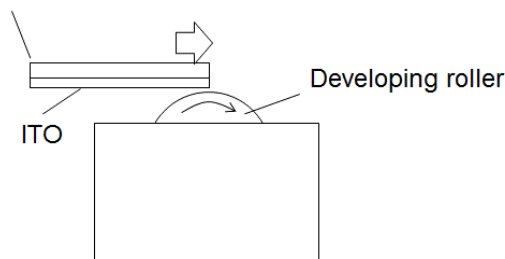


Fig.1 Experimental setup

〒243-0460 神奈川県海老名市泉二丁目7番1号

2-7-1 Izumi, Ebina, Kanagawa 243-0460, Japan

e-mail: daichi.yamaguchi@jp.ricoh.com

Table 1 Voltage condition

Voltage applied to ITO electrode		-350 V
Voltage applied to developing roller	Offset	-250 V
	Peak to peak	DC (-) AC 750,1000 V
	Frequency	DC - AC 2, 9, 20 kHz
	duty	50 %

単体試験機通過後の平板サンプル表面を光学顕微鏡にて観察して、地汚れトナー量を評価した。より具体的には、光学顕微鏡画像から、画像解析ソフト Image-Pro Plus により、二値化処理と粒子カウントをおこない、地汚れトナー量を計測した。

地汚れトナー10 粒子について、ナノピンセットによる1 粒子トナー帯電量計測技術によって、帯電量を評価した。詳細は以下の通りである。

2. 1 MEMS ピンセットによる一粒子帯電量計測技術

筆者らは、トナー粒子を把持操作可能な MEMS 駆動ピンセットと AFM 用カンチレバーを用いた、トナー帯電計測技術性評価技術を開発した⁴⁾。MEMS 駆動のマイクロピンセットには、アオイ電子株式会社製ナノピンセットを用いた⁵⁾。

本技術は、ナノピンセットでサンプリングした任意の一粒子トナーをカンチレバーに近接させることで発生する、カンチレバーの反りから、把持したトナーの電荷量を計測するという技術である (Fig. 2)。ナノピンセットで把持したトナーの鏡像力-変位曲線から、電荷量を算出する。電荷量算出の際には、トナー粒子表面の不均一な電荷分布を、仮想的な点電荷で置き換え、最小二乗法で計測値にフィッティングを実施する。

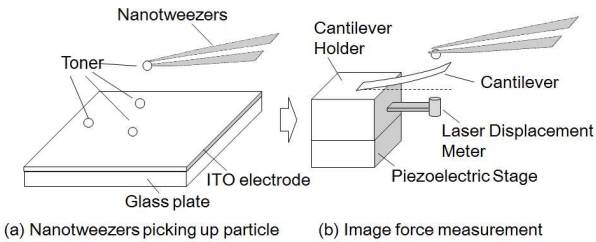


Fig.2 Schematic diagram of image force measurement of single toner particle

本技術は、1 粒子トナーの帯電極性を判別することも可能である。鏡像力計測は、カンチレバーは接地した状態で実施するが、Fig. 3 に示すように、カンチレバーに電圧を印加した際に、カンチレバーがトナー側に引き寄せられるか、もしくは反発するかでトナーの帯電極性を判別できる。

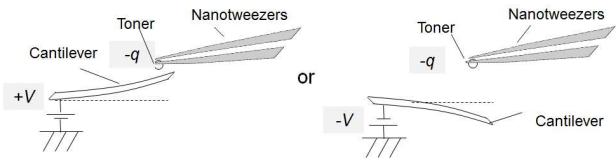


Fig.3 Schematic diagram of image force measurement of single toner particle

本研究においては、ナノピンセットでサンプリングしたトナーについて、帯電極性を評価した後、引き続き鏡像力を計測することで、同一粒子について、帯電極性と帯電量を評価した。

3. 結果と考察

平板サンプル上の地汚れトナーの観察結果の一例として、Fig. 3 に DC 電圧印加時の結果を示す。基板上に、トナーが付着している様子がわかる。



Fig.4 Optical microscope image of fogging toners on ITO substrate at application of DC voltage

Fig. 4 と同様の観察を、Table 1 の電圧条件で実施し、更に、画像解析により地汚れトナー量を計測した。単位面積あたりの地汚れトナー量として、まとめた結果を Fig. 5 に示す。電圧条件に依存して、地汚れトナー量が増加すること、特に、AC 電圧印加時はピークツーピーク電圧を下げ、周波数を上げること地汚れトナー量が減少することがわかる。

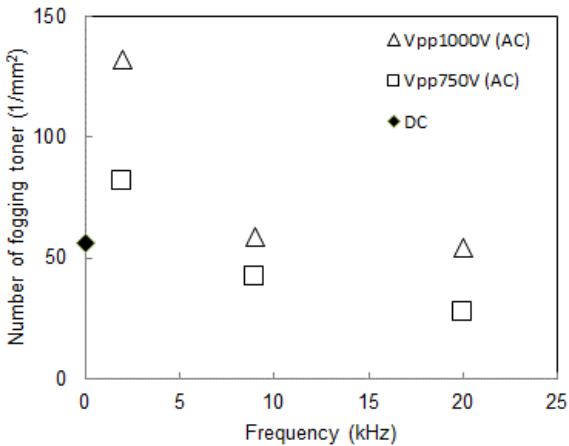


Fig.5 Applied voltage dependence of number of fogging toner

Fig. 6にDC 電圧印加の地汚れトナー帯電量計測結果を示す。計測した 10 粒子において、正負の帯電量のトナーが混在していることがわかる。なお、以下の結果も含めて、帯電量の測定値はソートして表示している。横軸のサンプルナンバーは、測定順とは無関係のことを付記する。

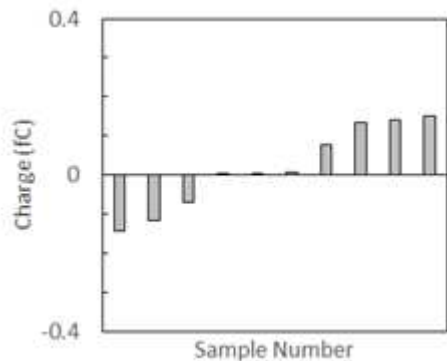


Fig.6 Charge measurement results at application of DC voltage

更に、AC 電圧印加時の地汚れトナー帯電量計測結果を Fig. 7, Fig. 8 にて示す。Fig. 7 がピークツーピーク電圧 750V で周波数を変えた結果、Fig. 8 がピークツーピーク電圧 1000V で周波数を変えた結果である。Fig. 7, Fig. 8 とともに周波数を上げると、地汚れトナーの帯電量が全体的にプラス側にシフトすることがわかる。更に、Fig. 7 と Fig. 8 を比較すると、ピークツーピーク電圧が低い方が、地汚れトナーの帯電量がプラス側にシフトすることがわかる。

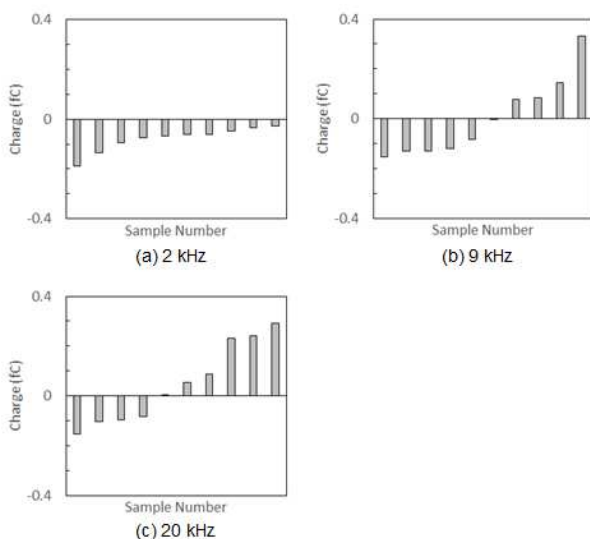


Fig.7 Charge measurement results at application of AC voltage with Vpp of 750 V

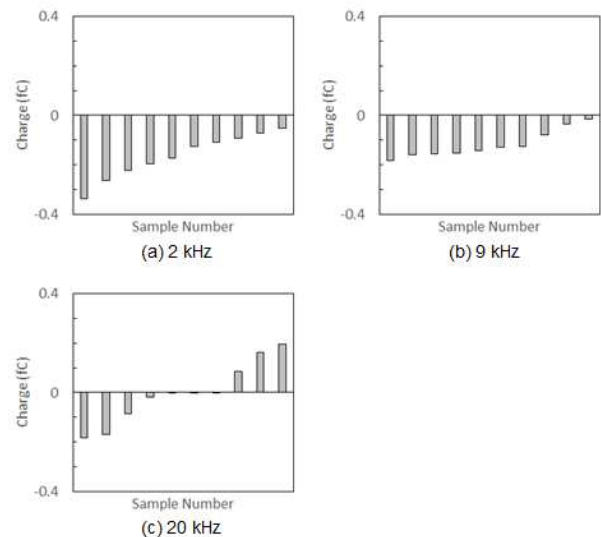


Fig.8 Charge measurement results at application of AC voltage with Vpp of 1000 V

Fig. 6 から Fig. 8 の帯電量計測結果から、各条件での 10 粒子の帯電量の平均値と、電圧印加条件との関係を Fig. 9 に示す。AC 電圧印加時で、地汚れトナーの帯電量が DC 電圧時よりも、プラス側に大きいのは、ピークツーピーク電圧 1000V, 周波数 20kHz の条件のみであることがわかる。また、AC 電圧印加時に、周波数を上げる、もしくは、ピークツーピーク電圧を下げることによって、地汚れトナー帯電量がプラス側にシフトすることがわかる。

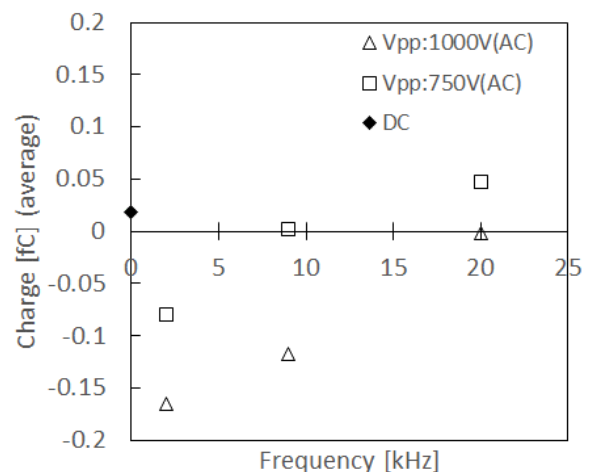


Fig.9 Applied voltage dependence of Charge of fogging toner

Fig. 9 について電圧波形から考察した結果を Fig. 10 に示す。DC 電圧印加時はマイナス帯電トナーが ITO 電極に移動する電界は作用しない為、DC 電圧印加時に比べて、AC 電圧印加時の方が地汚れトナー中に占めるマイナス帯電トナーが多くなる傾向を示す、と考えられる。また、AC 電圧印加時は、現像剤中の多数を占めるマイナス帯電トナーであっても、

現像ローラから ITO 電極へ移動する電界が作用する (図中の斜線領域)。周波数を上げることは、マイナス帯電トナーが ITO 電極へ電界移動する時間が短くなることであり、1 周期でマイナス帯電トナーが ITO 電極側へ移動する距離が短くなることである。よって、周波数を上げると、マイナス帯電トナーが ITO 電極部に付着しにくくなり、地汚れトナーの帯電量がプラス側にシフトすると考えられる。

一方、ピークツーピーク電圧を下げると、マイナス帯電トナーを地肌部へ移動させる電界強度が小さくなる。よって、1 周期でマイナス帯電トナーが地肌側へ移動する距離が短くなり、マイナス帯電トナーが ITO 電極に到達しにくくなると考えられる。したがって、ピークツーピーク電圧を下げると、地汚れトナーの帯電量がプラス側にシフトすると考えられる。

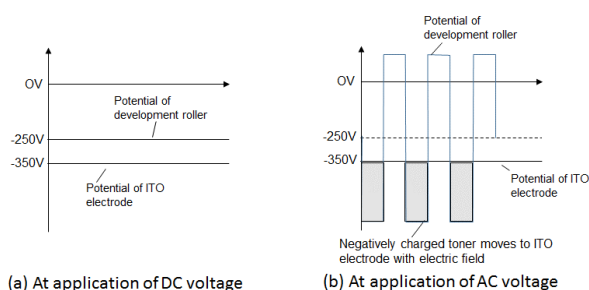


Fig.10 Relationship between voltage waveform and movement of negatively charged toner

Fig. 5 と Fig. 9 を基に作成した、地汚れトナーの発生量と帯電量の関係を Fig. 11 に示す。地汚れトナー帯電量がプラス側に大きいと、地汚れトナーの発生量が少ない関係にあることがわかる。トナー中の多数を占めるのはマイナス帯電トナーである。Fig. 11 は、現像電圧条件を変えて地汚れトナーの発生状態を変えていることから、Fig. 11 は、正規の帯電状態であるマイナス帯電トナーが非画像部に付着しないように、現像電圧条件を設計することが、地汚れ低減に重要であることを示していると考えられる。

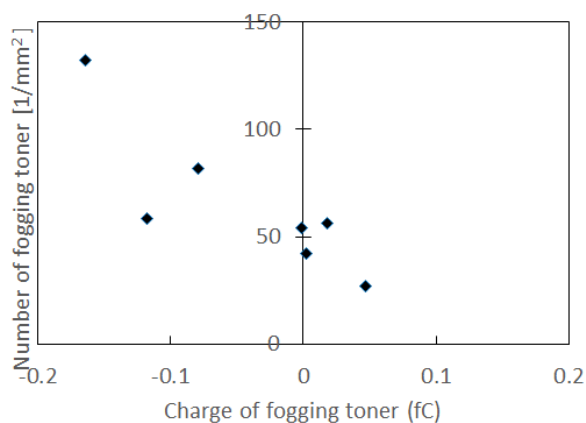


Fig.11 Relationship between amount of fogging toner and charge of fogging toner

4. まとめ

モデル試験機により、地汚れ現象を模擬したトナーを発生させて、MEMS ピンセットにより、地汚れトナーの帯電量を in situ に計測した。地汚れトナー帯電量がプラス側に大きいと、地汚れトナー発生量が少なくなる関係にあることを明らかにした。

参考文献

- 1) Dan A. Hays, "Toner Adhesion", The Journal of Adhesion, **51**, pp. 41-48 (1995).
- 2) L. B. Shein, "Electrophotography and Development Physics", Springer, New York, (1988), p. 80.
- 3) M. K. Mazumder, R. E. Ware, T. Yokoyama, B. J. Rubin, D. Kamp, "Measurement of Particle Size and Electrostatic Charge Distributions on Toners Using E-SPART Analyzer", IEEE Transactions on Industry Applications, **27**, pp. 611-619, (1987).
- 4) D. Yamaguchi, S. Shuusuke, M. Hamaguchi, "Measurement Technique for Electrostatic Charge on Single Toner Particles with Microelectromechanical-based Actuated Tweezers", Journal of Imaging Science and Technology, **61**, pp. 030501-1-030501-8, (2017).
- 5) Takeshi Umemoto, Kenjiro Ayano, Masato Suzuki, Masatoshi Yasutake, Takashi Konno, and Gen Hashiguchi "Nanotweezers with Proximity Sensing and Gripping Force Control System", Japanese Journal of Applied Physics, **48**, pp. 08JB21-08JB21-4 (2009).

一般セッション(口頭講演)| 電子写真

[EPm] 電子写真材料 Electrophotographic Materials

2018年6月19日(火) 13:00 ~ 14:20 コンファレンスルーム (工学系総合研究棟 2 二階)

[EPm-03] 液体现像方式による軟包装印刷物の接着強度 Adhesion of Liquid Electrographic Images with a Substrate in Flexible Packaging

*浦野 千里¹、井出 収¹ (1. 富士ゼロックス株式会社)

*Chisato Urano¹, Osamu Ide¹ (1. Fuji Xerox Co., Ltd.)

液体现像方式によるトナー画像と軟包装基材との接着性を解析した。軟包装は基材上の印刷画像にフィルムをラミネートする工程を伴い、基材とフィルムの高い接着性が求められる。基材がPETの場合、トナーと基材間の接着性が低いことが課題だった。接着性に影響する現像剤材料と物性因子を解析した。材料はトナー樹脂組成と離型剤、分散剤が寄与した。物性因子は高SP値の分散剤ほど接着性が高い傾向となったが、トナー分散性との両立が難しかった。複数成分からなるSP値の異なる高分子分散剤を作製して、SP値と接着性及び分散性との相関を評価した。高接着の樹脂組成と最適SP値の分散剤により、目標の接着性が得られた。

液体现像方式による軟包装印刷物の接着強度

浦野 千里*, 井出 収*

*富士ゼロックス株式会社 研究技術開発本部 マーキング技術研究所

Adhesion of Liquid Electrophoretic Images with a Substrate in Flexible Packaging

Chisato Urano* and Osamu Ide*

*Marking Technology Laboratory, Research and Technology Group, Fuji Xerox Co., Ltd.

Dispersants for liquid immersed developers, obtaining strong peel force in soft packaging applications formed by laminating a film on a toner layer fused on a thin PET film, were investigated. It was estimated that commercially available high molecular dispersants with sufficient dispersion stability decrease the toner adhesion with a PET film due to their hydrophobic components for the dispersibility in a nonpolar carrier solvent and amine components for the affinity with toner resin, which decrease the adhesion caused by the reaction with the isocyanate component of adhesive agents used for the lamination. A laminated application with sufficient peel force can be obtained by using the developer comprising the dispersant optimized both for the structure of amine component and the ratio of hydrophobic component.

1. はじめに

デジタル印刷技術は商業印刷に普及し、近年はラベル、紙器（紙製パッケージ）、軟包装（薄フィルムパッケージ）など印刷プロダクション市場全般への拡張を狙っている。これらの市場では、高画質、高生産性に加えて、メディア汎用性（厚紙、薄紙、フィルムなど）や後加工適性（ラミネート、ニス塗布など）といったさまざまな性能が要求される。

Indigo®シリーズ(Hewlett-Packard Inc.)に代表される液体现像方式は、高画質と高生産性の特徴から商業印刷やフォトブック用途に使用されていた¹⁾。液体现像剤は数ミクロンの小径トナーを分散した非極性キャリアオイルを主成分とし、キャリアオイル中のトナー凝集を防ぐ分散剤やトナーの帯電を調整する帯電制御剤などが添加される²⁾。

液体现像の新たな用途としてデジタル化が進んでいない軟包装印刷への用途展開が期待されている。軟包装では、Fig. 1に示すようにトナー像を設けた印字基材の上にラミネート基材（以下ラミ基材と略す）を貼り合わせるラミネート工程がある。ラミネートはドライラミネートと呼ばれる方式が一般的で、この方式では画像が形成された印字基材の表面に有機溶剤に溶かした熱硬化性接着剤を塗布して、溶剤を蒸発乾燥させた後にラミ基材と貼り合わせる。接着剤は使いやすさと接着強度に優れることから、ポリウレタン系接着剤を用いることが多い³⁾。

軟包装では、画像と印字基材間の接着力が不十分であることが課題になっている。印字基材にはポリプロピレンやPETなどの薄層フィルムを使い、画像

印字面をコロナ処理することで接着性を高めている。

グラビア印刷では、インク材料の極性を高くすることで接着力を高めている⁴⁾。しかし、液体现像剤の場合、キャリア液との親和性からトナー表面の極性が低く、印字基材との十分な接着性を得ることが難しい。特にPETフィルムにおける接着性が低かった。この課題を解決するために、印字基材上にアンダーコート層を設けることでトナーと印字基材間の接着力を高めている商品が多い⁵⁾。アンダーコート層の作製にはコストと時間がかかるため、この層なしで高接着性を実現する液体现像技術が求められている。

本報告では、液体现像剤によるトナー画像と印字基材間の低接着性の原因を解析し、その改善方法を検討した。



Fig. 1 Configuration of laminated flexible package with toner layer

2. 実験

2.1 液体现像剤の構成

キャリアオイルには炭化水素系溶媒を用いた。トナーは、フタロシアニン系シアン顔料、樹脂及び離型剤の混合物を小径化して作製した。さらに後述する分散剤を添加、攪拌して液体现像剤を得た。

一般に、トナーと基材との接着性には、トナー結着樹脂の種類と離型剤が寄与することが知られてい

* 〒250-0852 神奈川県南足柄市竹松 1600

* 1600 Takematsu, Minamiashigara-shi, Kanagawa, 250-0111, Japan

e-mail: urano.chisato@fujixerox.co.jp

る．そこで樹脂組成と離型剤量を変化させたトナーを準備した (Table 1)．

Table 1 Compositions of toner samples

Toner	A	B	C	D	E
Polymer component	a	b	c	b	b
Release agent (ratio)	0	0	0	1/3a	a

2.2 評価画像の作製法

印字基材には $12\mu\text{m}$ の PET フィルムを用い、Select-Roller (オーエスジーシステムプロダクツ株式会社製) を使用して、そのコロナ処理面上に液体現像剤を均一塗布した (Fig. 2)．真空乾燥によりキャリアを除去後、 120°C で加圧定着してトナー画像を形成した．乾燥後のトナー量はカラー画像で想定される最大量とした (以下、W と記載)．

トナー画像面に二液硬化型ウレタン接着剤 (TOMOFLEX™ CAT-RT37, TOMOFLEX™ TM-570 と溶剤との混合物、東洋モートン株式会社製) を塗布した後、 70°C のホットプレート上で 15 秒間加熱して溶剤を除去した．接着剤塗布面にラミ基材の $20\mu\text{m}$ の OPP フィルムを重ねて熱圧着して貼り合わせた (Fig. 3)．その後、 60°C の恒温槽に 18 時間置き接着剤を硬化させた．

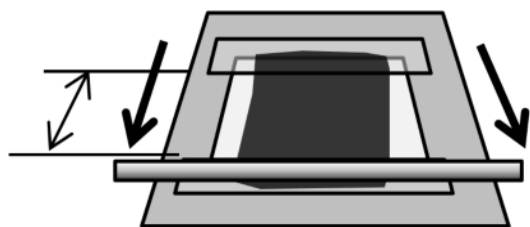


Fig. 2 Experimental apparatus to coat developer

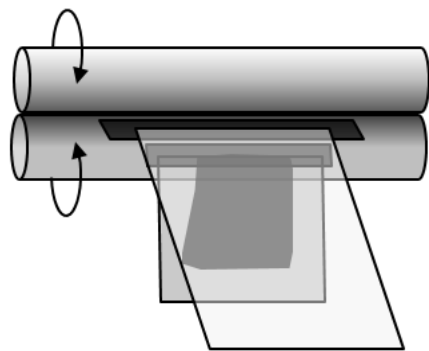


Fig. 3 Experimental apparatus for lamination

2.3 接着性の評価法

接着性評価は、ストログラフ V1 (株式会社東洋精機製) を使用した．JISZ0237 に従い、ラミ基材を下側に固定して、印字基材側を 90° で剥離したときの強度を測定した (Fig. 4)．印刷会社へのヒアリング

により接着性の目標値を決めた (以下、1.0 A. U. と記載)．

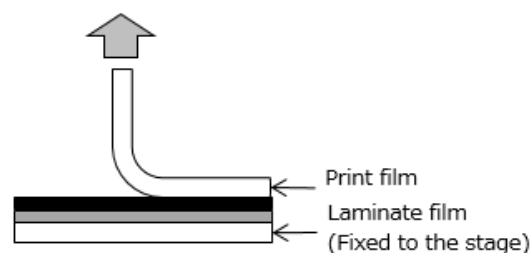


Fig. 4 Schematic view of peel force measurement

3. 低接着の原因究明

3.1 低接着部の特定

トナーC を用いた現像剤で作製した画像の接着性を測定した．分散剤には分散安定性の観点からポリエステル-ポリアミン系分散剤を用い⁶⁾、1 w% (対トナー重量) 添加した．トナー画像と印字基材間で剥離し、接着性は 0.2 A. U. と低い値だった．

上記トナー画像と印字基材との接着性を調べた．トナー画像を形成した印字基材上にラミ基材を重ねて、接着剤を用いずに熱圧着によりトナーを溶融させて貼り合わせた．このトナー画像と印字基材間の接着性は 0.3 A. U. と低かった．

接着剤と印字基材の接着性を測定した．印字基材に接着剤を塗布後、熱圧着によりラミ基材を貼り合わせた．接着剤と基材の接着性は 2.5 A. U. 以上と基材が破断するほど高い強度となった．

3.2 分散剤量と接着性

トナーC を用いて分散剤量を変化させた現像剤を作製し、分散剤量と接着性の相関を評価した．この結果を Fig. 5 に示す．分散剤量を $1/2$ にすると接着力は 2 倍になった．このときも剥離面はトナーと印字基材間だった．一方、分散剤を添加しない画像の接着強度は非常に高く、印字基材が破断する 2.5 A. U. まで剥離は生じなかった．分散剤が接着性を阻害することが示唆された．

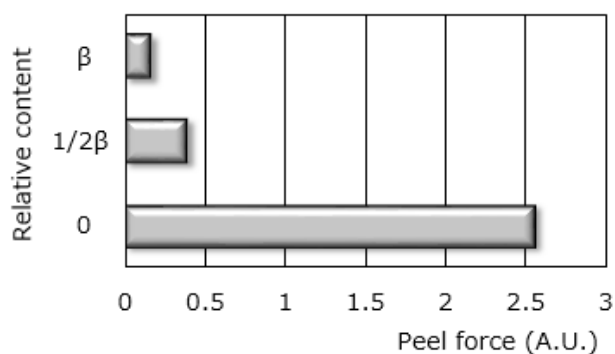


Fig. 5 Peel force dependent on relative weight content of dispersant

3.3 トナー量と接着性

トナーと印字基材との接着性を考察するため、定着画像を観察した。Fig. 6に示すように、基材全面がトナーで覆われておらず、トナー間に空隙があることがわかった。ドライラミネート工程では接着剤をトナー画像上に加圧しながら塗布する。このときに接着剤が印字基材の表面にまで浸透することで、トナー自体の低接着力を補い印字基材との接着力を高めていると推測した。

この仮説が正しければ、トナー層に空隙が多い方が接着性は高くなると推測した。空隙はトナー量が少ないほどより多くなると考え、トナー量と接着性との相関を評価した (Fig. 7)。予想通り、トナー量減少に伴い接着性は高くなった。

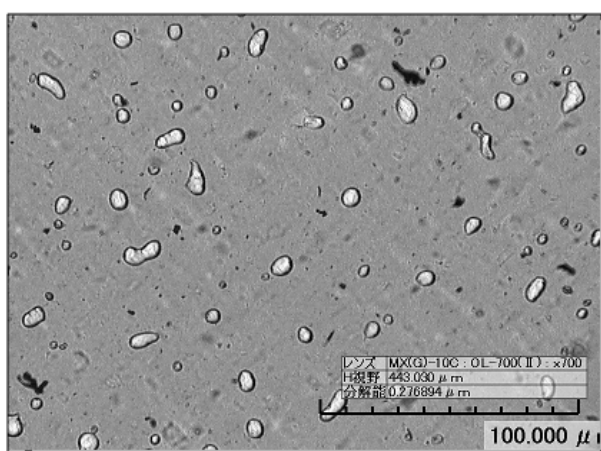


Fig. 6 Microscopic image of toner layer fixed on film

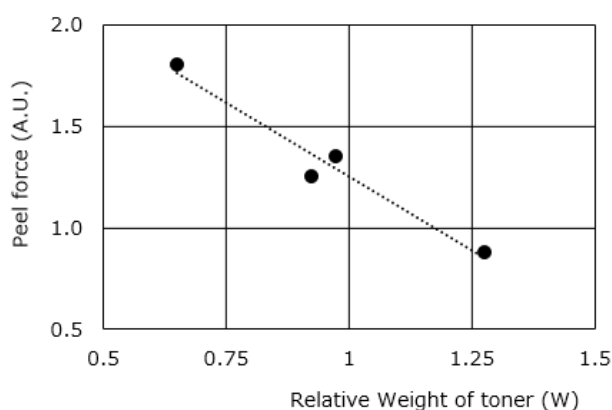


Fig. 7 Peel force dependent on weight density of toner layer

3.4 分散剤構造

非極性キャリアオイル中へのトナーの分散を考察すると、分散剤はキャリアオイルとの親和性のある疎水基と、極性基を有するトナーとの親和性のある親水性基が必要である。ポリエステルトナーとの親和性を高めるにはアミノ基が良好であることが報告されている⁶⁾。

まず、トナーCを用いて、Fig. 8に示すように分散剤のアミン量とドライラミネート接着性との相関を評価した。分散剤中の1級と2級のアミン量が増加するに伴いドライラミネート接着性は低下した。アミノ基が接着阻害の要因であることが示唆された。

ここでポリウレタン系接着剤は、主剤の水酸基含有ポリエステルと反応性のイソシアネート硬化剤の2液から構成される。イソシアネートは水酸基よりもアミノ基との反応性が高い。イソシアネートが分散剤のアミノ基と反応し、接着剤の硬化反応が阻害されたために接着性が低下したと推測した。

次に、トナーCを用いた現像剤に、分散剤の疎水基成分を添加して、その添加量と接着性との相関を評価した。Fig. 9に示すように、疎水成分の添加により接着性は1/3に低下した。

接着性はトナーの結着樹脂の極性基と基材のコロナ処理で生じた極性基との相互作用に依存すると考えられる。非極性の分散剤疎水基が結着樹脂と基材の間に入り込むことで接着性を阻害すると推測した。

以上より、分散剤設計において、親水性基の1級と2級のアミン量、及び疎水基の量を低減することが重要であることが示された。

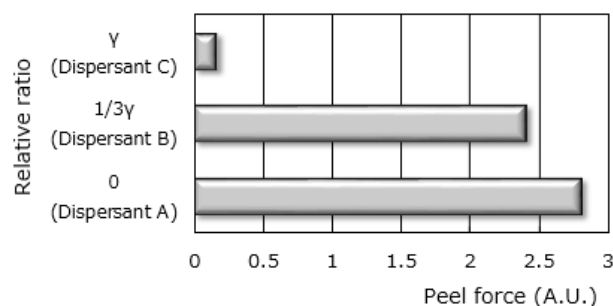


Fig. 8 Peel force dependent on relative mole ratio of primary and secondary amine in dispersant

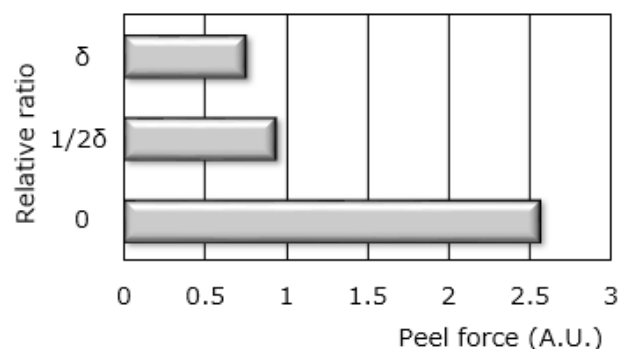


Fig. 9 Peel force dependent on relative weight ratio of hydrophobic component

3.5 トナー組成

分散剤を添加しない条件で、接着性に対するトナーの結着樹脂の寄与を評価した。結果をFig. 10に示す。樹脂組成により接着性は変化した。

次に離型剤の影響を評価した。離型剤は極性が低く、またトナー層界面に析出しやすく接着性を低下させると推測した。離型剤量と接着性との相関を Fig. 11 に示す。離型剤の量に応じて接着性は低下することが示された。

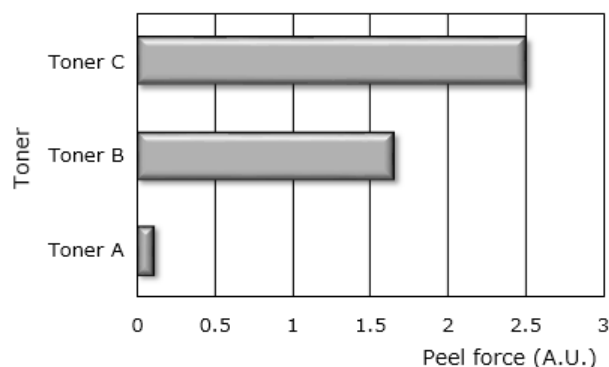


Fig.10 Peel force dependent on toner resin

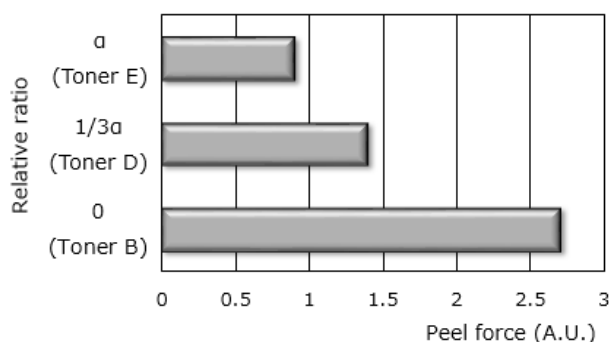


Fig. 11 Peel force dependent on relative weight ratio of release agent

4. 分散剤の最適化

前章の結果を踏まえて、ドライラミネート接着性に最適な分散剤構造を検討した。ここでは接着性に最適なトナーとして、接着性が最も高く、離型剤を含まないトナーCを用いた。

分散剤の親水性基のアミンは、接着剤の硬化反応を阻害しない3級アミンとした。アミン量を一定量として、疎水基の極性を変化させた含アミンポリマーを作製した。

分散剤として使用するためには非極性キャリアオイルに溶解しなければならない。そこで分散剤のSP値とキャリアオイルへの溶解性を評価した。SP値が高くなるにつれて溶解性は低下し、その量が $\epsilon + 0.2$ 以上で不溶となった。

次に、トナーCに作製した分散剤を添加した現像剤を準備して、SP値と接着性の変化を評価した。Fig. 12 に示すように、SP値の増加とともに接着力は高くなり、 ϵ 以上の領域で目標とする接着力1.0 A.U.以上を達成できた。

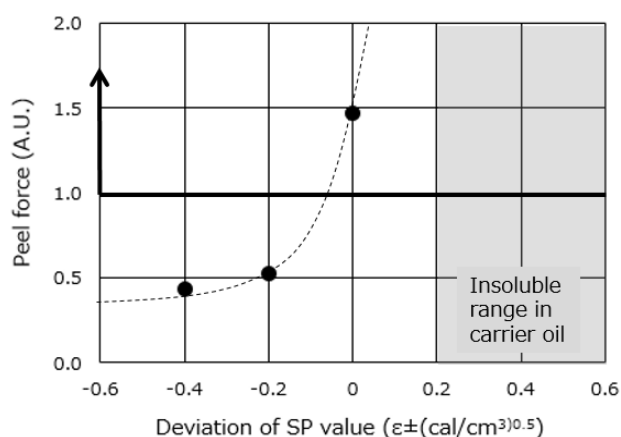


Fig. 12 Peel force dependent on relative solubility parameter of dispersant

5. まとめ

液体現像剤による軟包装印刷物のドライラミネート接着性を評価した。接着性には分散剤の量と組成、トナー結着樹脂の組成、及び離型剤量が寄与することが明らかになった。アミン系分散剤において、3級アミンを導入して、SP値を制御することで、キャリア溶解性とドライラミネート接着性を両立することを示した。

この分散剤組成の現像剤は、現像剤の保管安定性に加えて、現像、転写、定着などの電子写真プロセス適性も満たした。ただし、キャリアオイルへの溶解性と接着目標を両立する分散剤のSP値範囲が狭いこと、また定着部材の汚染抑制などを考慮すると、トナー樹脂や離型剤の更なる改善が必要だと考える。

参考文献

- 1) E. Odake, "Outlook of Liquid Development Technology", Journal of the Imaging Society of Japan, **49**, p108-115 (2010)
- 2) M. Aruga, "Electro Ink Imaging Technology-HP Indigo Press-", Journal of the Imaging Society of Japan, **48**, p58-62 (2009)
- 3) K. Matsumoto and K. Kawakami, "Daredemowakaru laminating", Kakougijyutsukenkyukai, p156-158 (1998) [in Japanese]
- 4) T. Suzuki, "Trend of Gravure Ink", Journal of the Imaging Society of Japan, **32**, p77-87 (1995)
- 5) M. K. Bhattacharyya, H. T. Ng, E. G. Hanson, B. J. Jackson, S. D. Morse and M. Aronhime, "Probing Interfacial Acid-Base Interactions in Ink-Substrate Adhesion", J. Imaging Sci. Technol., **54**(1), p10504-1-10504-6 (2010)
- 6) Y. Hanada, "Analysis of surface modified fine particles dispersion behavior in liquid by colloid probe AFM method", Tokyo University of Agriculture and Technology, Ph.D. Thesis, p58 (2009)

一般セッション(口頭講演)| 電子写真

[EPm] 電子写真材料

Electrophotographic Materials

2018年6月19日(火) 13:00 ~ 14:20 コンファレンスルーム (工学系総合研究棟 2 二階)

[EPm-04] 高濃度接触現像系の液体现像方式における揮発系液体トナーの適用

Application of Volatile Liquid Toner for Liquid Electrophotography System Using High Concentration Contact Developing Method

*横山 優樹¹、鈴木 俊彦¹、中山 信行¹ (1. 富士ゼロックス株式会社)

*Yuki Yokoyama¹, Toshihiko Suzuki¹, Nobuyuki Nakayama¹ (1. Fuji Xerox Co., Ltd.)

揮発系液体现像剤による高濃度接触現像系の液体现像方式に関して、液体现像剤供給部の機能設計を行った。高濃度接触現像系は高速適性に優れる一方で、感光体に接触させる現像ロール上に均一な現像剤薄層を形成する工程（層形成プロセス）が、高画質を得るうえで重要となる。高濃度接触現像系における揮発系液体现像剤のハンドリングはこれまで実績が無く、液体现像剤の乾燥や、低粘度化に伴うリビング起因ディフェクトなどの課題を抽出した。そこで、上記課題に対応した独自技術を実装することで、揮発系現像剤に適用した高濃度接触現像系の液体现像方式を確立し、安定動作と高画質を実証した。

高濃度接触現像系の液体现像方式における揮発系液体トナーの適用

横山 優樹, 鈴木 俊彦, 中山 信行

富士ゼロックス株式会社 研究技術開発本部 マーキング技術研究所

Application of Volatile Liquid Toner for Liquid Electrophotography System Using High Concentration Contact Developing Method

Yuki Yokoyama, Toshihiko Suzuki, and Nobuyuki Nakayama

Marking Technology Laboratory, Research & Technology Group, Fuji Xerox Co., Ltd.

Regarding high concentration contact developing method using a volatile liquid toner of LID (Liquid Ink Development), compositions for the developer supply system were specified. While the high concentration contact developing method has ability in high-speed printing, it is important to obtain high image quality that the process of forming a uniform thin developer layer on a developing roll which is transferred to the photoreceptor. It has not been conducted using the volatile liquid toner in the high concentration contact developing method, therefore, several problems due to the high volatility and the low viscosity of the liquid toner were occurred. In this report, it was determined that the key elements and those basic specifications for the developer supply system.

1. はじめに

液体现像方式 (Liquid Ink Development, 以下 LID) は, キャリアオイルと呼ばれる絶縁性液体中に分散させたトナーによる電子写真技術である。インクジェットに対しては普通紙画質, フィルム適性, 環境適性などの点で, 乾式電子写真に対しては生産性やランコストなどの点で優位性をもつ。

液体现像剤に用いられるキャリアオイルは, 大きく不揮発性と揮発性に分けられる。不揮発性キャリアオイルは, メンテナンス性などに利点を有するが, 画像形成後にメディア上にオイルが残留するため, ラミネートやニス塗布といった後加工適性が獲得しにくい。

本研究では, 揮発性キャリアオイルと微小粒径トナーからなる液体现像剤を採用し, 幅広いアプリケーションに共通に適用できるタンデム型液体现像システムの研究開発に取り組んだ。乾式電子写真ではハンドリングが困難な微小粒径トナーで画像形成が可能なことから, 高精細, 高品質な印刷画像が得られ, さらに, 静電潜像を形成する感光体と現像ロールをニップさせる接触現像により, 広幅, 高速印刷が可能である。一方で, 液体现像剤をマーキング部に供給する機構が必要であり, 装置が複雑化, 大型化するという側面も持っていることから, 生産性の高い印刷市場へ向けた技術として研究開発を進めてきた。

本報告では, 高濃度接触現像系の液体现像方式における揮発系現像剤の適用を目的として, 液体现像

剤供給部の基本構成と, 接触現像パラメータ設計および揮発系現像剤マネジメント技術を提示する。

2. 液体现像方式の現像プロセスの概要

液体现像システムの現像方式は, 扱う液体现像剤の粘度と現像の仕組みから大きく 2 つに分類される²⁾(Fig.1)。本研究で扱う現像方式は高濃度接触現像であり, 現像ニップ上流の現像ロール (Developing Roll, DR) 上に液体现像剤の薄層を形成し, 現像ロールと感光体を接触させて潜像に応じて転移させる。この方式は薄層形成と接触転移の機能が分離されており, 現像工程に電気泳動を利用しないことから, 低濃度現像剤を用いる方式と比較して高速適性に優れる。

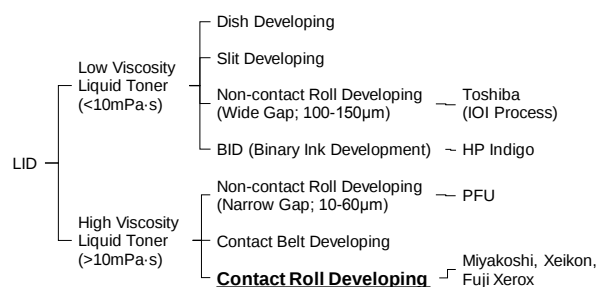


Fig.1 Classification of LID.

一方で, 感光体に転移させる現像剤薄層の不均一性が, 粒状性や文字品質などの画像構造に直接影響する。これは, 低濃度現像方式が電気泳動による飽和現像であるのに対し, 高濃度現像方式では現像ロール上に形成された現像剤薄層を, 感光体の潜像に対して高効率で転移させることに起因する。よって, 現像ロール上に均一な現像剤薄層を形成する工程 (以降, 層形成プロセスと記載) が, 高画質を得るうえで重要となる。

〒243-0494 神奈川県海老名市本郷 2274 番地
2274 Hongo, Ebina-shi, Kanagawa, 243-0494, Japan
e-mail: yuki.yokoyama@fujixerox.co.jp

本研究の層形成プロセスでは、フレキシ印刷の刷版へのインキ供給などで薄層液体供給に実績のあるアニロックスロール（Anilox Roll, AR）を採用している。アニロックスロールとは、クロムメッキやセラミックスコートされた金属のシリンダーの表面に、セルと呼ばれる微細な窪み（もしくは溝）を有する硬質のロールで、セル内に液体を保持する。Fig.2 にアニロックスロールの代表的な彫刻パターン³⁾の形状を示す。

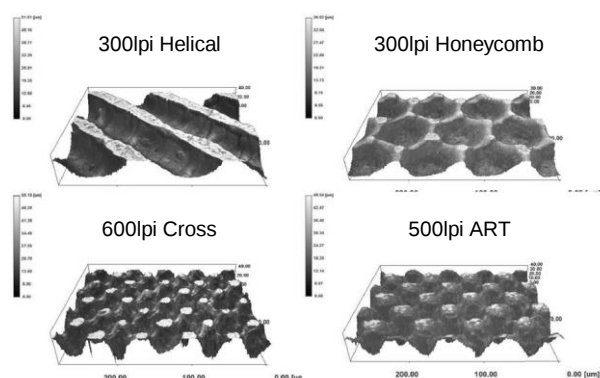


Fig.2 Several cell pattern of anilox roll.

Fig.3 に、揮発性の低い液体現像剤を用いた高濃度接触現像系の液体現像方式⁴⁾における層形成プロセスから現像プロセスの構成の概略を示す。アニロックスロールの下部は液体現像剤を満たした現像剤槽に浸漬されており、それぞれのロールは接触して回転する。

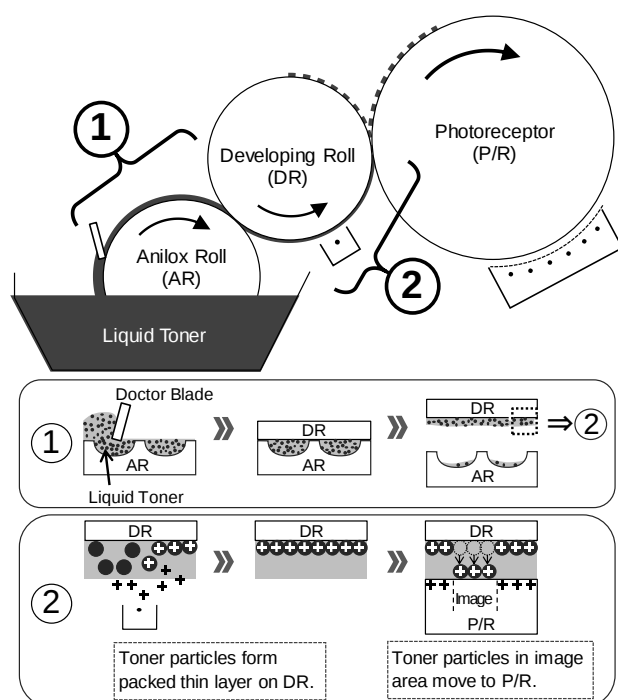


Fig.3 High concentration contact developing system for non-volatile liquid toner.

アニロックスロールの回転により汲み上げられた液体現像剤はドクターブレードによって規制され、アニロックスロール表面のセル内にのみ残る。この

セル内の液体現像剤を濡れ性と電界によって現像ロールへ転移することで、常に安定した量の液体現像剤が現像ロールへ供給される（Fig.3 の①）。

現像ロール上に設置された帯電器により、電界転移に必要な電荷がトナーに付与されるとともに、トナーパッキング（凝集）層を形成する。現像ニップに突入した現像剤薄層は、感光体の潜像に対して高効率で電界転移する（Fig.3 の②）。

3. 揮発系現像剤を使用するうえでの課題

高濃度接触現像系の液体現像方式において、揮発性キャリアオイルと微小粒径トナーからなる液体現像剤を適用させるうえで、主に以下の課題を抽出した。

3.1 液体現像剤の乾燥

本研究で使用するキャリアオイルは水よりも揮発性が低く、印刷動作中の乾燥が問題になることは無いが、印刷停止中に各工程で液体現像剤の乾燥が進行し、部材へのダメージや、乾燥した二次粒子状のトナーのコンタミなどが生じる。

また、Fig.4 に示すように、液体現像剤の固形分濃度が上昇して流動性を失う時間は、液体現像剤の膜厚に依存する。ブレードニップ部などに溜まる液体現像剤の厚みに相当する mm オーダーの膜厚では、数時間で流動性を失う一方で、アニロックスロールのセル深さなどに相当する μm オーダーの膜厚では、数分で流動性を失うことから、各プロセスで適切な乾燥対策を施すことが重要になる。

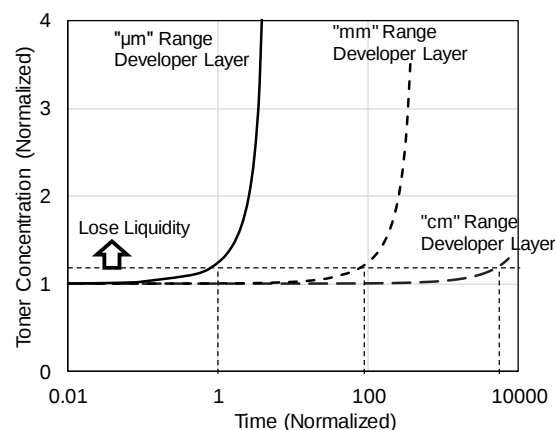


Fig.4 Increasing rate of toner concentration.

3.2 液体現像剤の低粘度化に伴うリビング起因ディフェクトの悪化

本研究で採用している接触現像方式では、ロールニップの出口（ポストニップ）で現像剤薄層が分断する際に、Fig.5 に示すような、うね状の周期的構造を形成するリビング現象が発生し、このリビングに起因する筋状ディフェクト（ニップ筋）や、画像の尾引きなどの画質劣化が発生する。また、オイルの粘度が低いほどリビングが発生しやすく、オイルの

粘度と揮発性は概ね正の相関関係にあることから、揮発系現像剤ではリビングに対してロバストな現像剤/システム設計が必要となる。

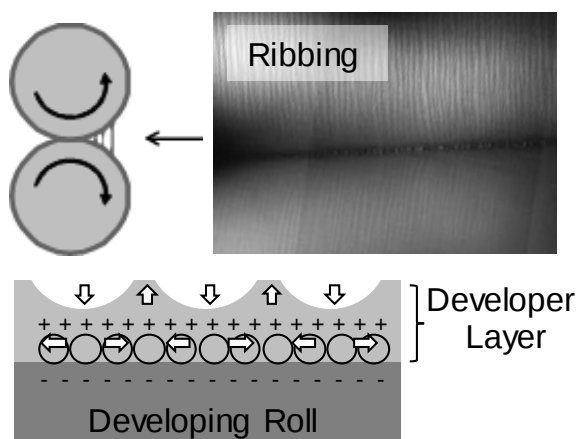


Fig.5 Ribbing phenomenon in post nip area.

4. 揮発系現像剤に適用した高濃度接触現像系の液体現像方式

3章で抽出した課題に対応した本研究の液体現像システムにおける層形成プロセスから現像プロセスの構成の概略を Fig.6 に示す。また、Fig.6 の中でハイライトした項目は本研究の液体現像システムを成立させる上で特に重要な要素であり、それらの基本的な機能と仕様について、設計根拠などの詳細を後述する。

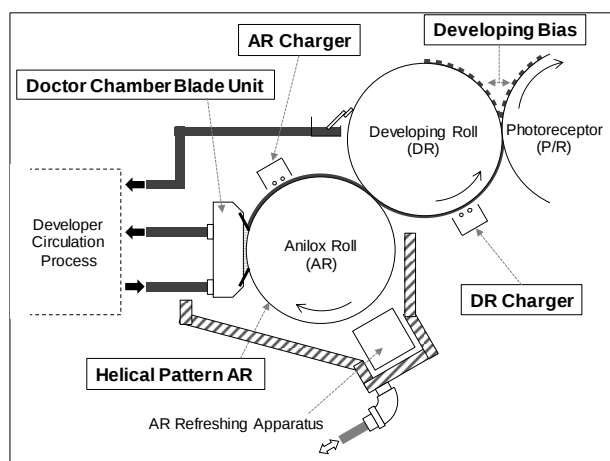


Fig.6 High concentration contact developing system for volatile liquid toner.

4.1 ドクターチャンバー

現像剤貯留部の液体現像剤の乾燥を抑制するために、フレキソ印刷で液の飛散や悪臭・異物混入防止に実績のある、密閉構造のドクターチャンバー方式を採用した。現像剤循環プロセスで固形分濃度や分散性などが調整された液体現像剤がドクターチャンバーに供給され、アニロックスロールへと転移する。ドクターチャンバーからオーバーフローした液体現像剤は、マーキングプロセスの各クリーニング工程

などで回収された液体現像剤とともに、再び現像剤循環プロセスへ回収される。

アニロックスロールの下方には、セットアップ時などに使用するアニロックスロール洗浄機構を配置している。

4.2 ヘリカル彫刻パターン

代表的なアニロックスロール彫刻パターンであるヘリカル構造とハニカム構造のアニロックスロールを用いたときの、現像ロール上のトナー層の観察像を Fig.7 に示す。本結果から、特にアニロックスロールと現像ロールのニップ圧力を大きくしたときに、オープンセルのヘリカル構造に比べ、クローズドセルのハニカム構造ではリビングの影響を受けやすいことが明らかとなり、本システムではリビングに対してロバスト性の高いヘリカル構造を選択した。

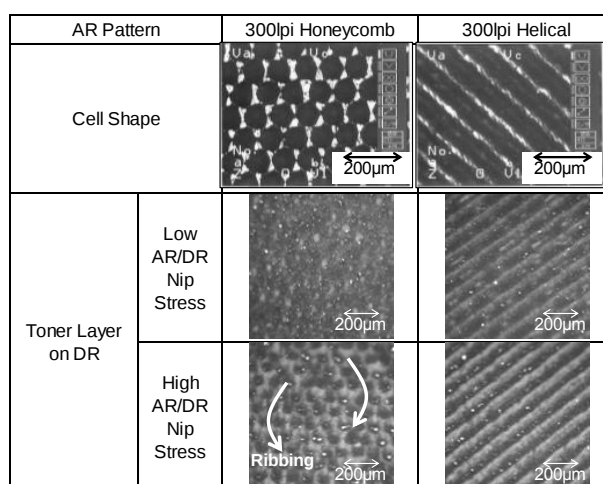


Fig.7 Toner layers on the developing roll.

4.3 現像パラメータ設計

2章で述べたとおり、高濃度接触現像系の液体現像方式では、現像ロール上に設置された帯電器 (DR Charger) により、電界転移に必要な電荷がトナーに付与されるとともに、トナーパッキング (凝集) 層を形成する。DR Charger の出力 (= トナー電荷量) が低いと、トナーパッキング性低下によるリビング起因ディフェクト (ニップ筋、尾引き) の悪化や、カブリが発生する。一方で、DR Charger の出力 (= トナー電荷量) が高いと、トナーパッキング性向上により画像品質が改善するが、Fig.8 に示すように、感光体上の潜像部に誘起される逆極の電荷量が不足するため、現像されるトナー量 (= 現像効率) が低下する。よって、リビング、現像効率、カブリの三者を両立する現像パラメータ設計が必要となる。

DR Charger の出力と現像バイアスに対するリビング起因ディフェクト、現像効率、カブリの要因効果を Fig.9 に示す。本パラメータ設計により、現像効率とカブリを維持しながらリビングを抑制し、文字品質やハイライトドット再現性をはじめとする高い画像品質を獲得した (Fig.10)。

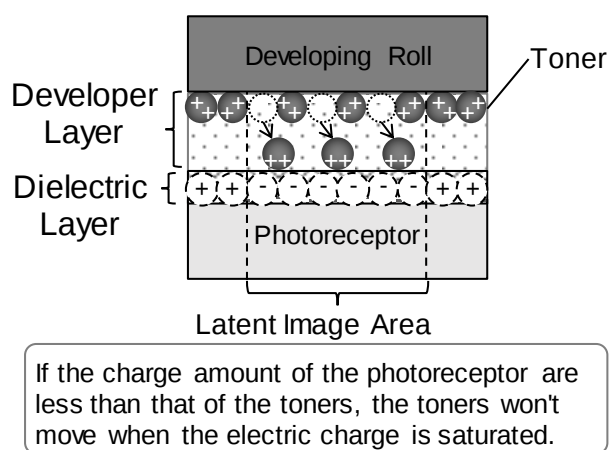


Fig.8 Developing phenomenon of LID.

DR Charger Output	Low	Mid	High	Mid	Mid	Mid
Developing Bias	Mid Low	Mid Low	Mid Low	Low	Mid High	High
Solid Area						
Tail Edge						
Ribbing Defect	×	△	△	△	○	○
Developing Rate	○	△	×	×	○	○
Background Density	△	○	○	○	○	×

Fig.9 Developing parameter design.

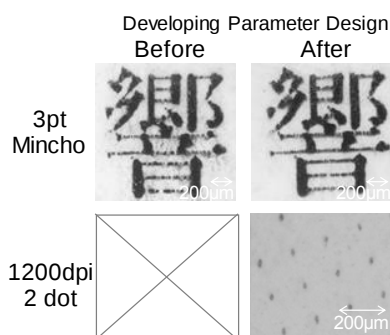


Fig.10 Text and highlight dot quality.

4.4 現像ロール上トナー量制御 (AR Charger)

乾式電子写真と同様に、液体现像方式においても、メディアの種類に応じて転移するトナー量を制御する必要がある。フレキソ印刷などではセル容積の異なる複数のアニロックスロールを使い分けることでインキ量を制御する方法が知られているが、少量多品種ジョブまでの対応を想定すると、アニロックスロールの交換を繰り返すのは現実的ではない。

そこで、アニロックスロールの交換なく、トナーにかかる静電気力 ($F=qE$) を変えることで、現像ロールへのトナーの転移量を制御する。具体的には、アニロックスロールと現像ロールの間に一定の電位差を付与した状態 (E :一定) で、アニロックスロールに対向して配置した帯電器 (AR Charger) でトナーの帯電量 (q) を変え、トナー量を制御する手段を選択した。Fig.11 に印刷速度 60m/min で AR

Charger の出力を変えたときの現像ロール上トナー量の推移を示す。本結果をもとに、アニロックスロールのセル容積を最適化することで、目標のトナー量に応じて制御範囲を調整する。

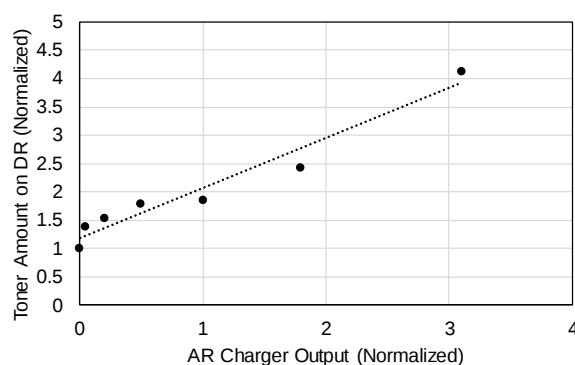


Fig.11 Toner amount control.

5. まとめ

本報告では、高濃度接触現像系の液体现像方式における揮発系現像剤の適用を目的として、液体现像剤供給部の基本構成と、接触現像パラメータ設計および揮発系現像剤マネジメント技術を提示した。

- 揮発性キャリアオイルと微小粒径トナーからなる液体现像剤を採用したことによる主な課題は、「液体现像剤の乾燥」「液体现像剤の低粘度化に伴うリビング起因ディフェクトの悪化」である。
- 上記課題に対応した液体现像剤供給部の基本構成と、キーとなる要素について基本的な機能と仕様を示した。

本研究により、揮発系現像剤に適用した高濃度接触現像系の液体现像方式を確立し、連帳紙を用いて印刷速度 60m/min でオフセット印刷同等の画質を獲得した。さらに、軟包装フィルムを含む多様なメディアへの印字と、ラミネートやニス塗布などの後加工適性を実証した。

参考文献

- Nobuyuki Nakayama, Satoshi Tatsuura, Taichi Yamada, Toshihiko Suzuki, Takamaro Yamashita, and Osamu Ide, "Development of Liquid Electrophotography System with Volatile Carrier Developer", Proceeding of ICJ2018: Imaging Conference Japan 2018, (2018) [in Japanese].
- Hosoya, ISJ's Symposium (2004) [in Japanese].
- Yuichi Sasaki, "The Latest Technologies of Laser Engraved Ceramic Roll", Journal of printing science and technology, **43**, pp. 255-258 (2006) [in Japanese].
- Lode Deprez, Werner Op de Beeck, Wim Libaers, Mathias Van Remortel, and Dirk Gijsbrechts, "Xeikon Trillium: the Next Generation of High Quality, High Speed and Low Cost Sustainable Digital Printing", Digital Fabrication and Digital Printing: NIP30 Technical Program and Proceedings, pp. 44-47 (2014).

Oral presentation | Electrophotography

[EP1] Electrophotographic Devices (1)

Session Chair: Yoshihiro Hattori(Konica Minolta, Inc.), Takashi Bisaiji(Ricoh Company, Ltd.)

Tue. Jun 19, 2018 2:40 PM - 3:20 PM Conference Room (2nd Floor, Engineering Research Building II)

[EP1-01] Development of Liquid Electrophotography System with Volatile Carrier Developer

*Nobuyuki Nakayama¹, Satoshi Tatsuura¹, Taichi Yamada¹, Toshihiko Suzuki¹, Takamaro Yamashita¹, Osamu Ide¹ (1. Fuji Xerox Co., Ltd.)

2:40 PM - 3:00 PM

[EP1-02] Development of a Beam Splitting Laser Scanning Method with an Optical System Removing Ghost Light

*Tadashi Nakamura¹, Shigeaki Imai¹, Yoshinori Hayashi¹ (1. Ricoh Company, Ltd.)

3:00 PM - 3:20 PM

一般セッション(口頭講演)| 電子写真

[EP1] 電子写真デバイス (1)

Electrophotographic Devices (1)

2018年6月19日(火) 14:40 ~ 15:20 コンファレンスルーム (工学系総合研究棟 2 二階)

[EP1-01] 揮発性キャリア現像剤を用いた液体现像システムの開発

Development of Liquid Electrophotography System with Volatile Carrier Developer

*中山 信行¹、辰浦 智¹、山田 太一¹、鈴木 俊彦¹、山下 隆磨¹、井出 収¹ (1. 富士ゼロックス株式会社)

*Nobuyuki Nakayama¹, Satoshi Tatsuura¹, Taichi Yamada¹, Toshihiko Suzuki¹, Takamaro Yamashita¹, Osamu Ide¹ (1. Fuji Xerox Co., Ltd.)

高沸点揮発性キャリアオイルと小径トナーで構成される現像剤を用いた液体现像システムを開発した。商業印刷からラベル、軟包装までプロダクション市場へ幅広く適用するため、高速高画質のほか、メディア汎用性、後加工適性、低ランコストなどを狙いとした。これらを達成するため、現像剤/添加剤の開発とあわせ、接触薄層現像/タンデム静電多重転写プロセス、多段ロール定着/背面加熱乾燥プロセス、現像剤循環/再分散プロセスなどの開発を行った。連帳紙を用い、オフセット印刷同等の画質を達成し、また、多様なメディアへの印字と、ラミネートやニス塗布などの後加工適性を実証した。

揮発性キャリア現像剤を用いた液体現像システムの開発

中山 信行, 辰浦 智, 山田 太一, 鈴木 俊彦,
山下 隆麿, 井出 収

富士ゼロックス株式会社 マーキング技術研究所

Development of Liquid Electrophotography System with Volatile Carrier Developer

Nobuyuki Nakayama, Satoshi Tatsuura, Taichi Yamada, Toshihiko Suzuki,
Takamaro Yamashita, and Osamu Ide

Marking Technology Laboratory, Fuji Xerox Co., Ltd.

A liquid electrophotography system was developed using liquid developer consist of volatile carrier oil with a high boiling point and fine toner particles. Objectives of the system were to achieve high image quality, high productivity, wide media latitude, low run cost, and high post process capability in order to obtain applicability to wide variety of production print applications such as commercial print, label, carton and soft package. For the purpose, in addition to engagement of newly designed developer and additives, an image forming process using contact development process and tandem type electrostatic multi transfer process, back heat type oil drying process, roller fixing process, and developer circulation and dispersion process were developed. High image quality comparable to offset prints, printability to wide variety of media and high capability to post laminating or varnishing process were demonstrated.

1. はじめに

近年, 商業印刷, ラベル, 紙器 (紙製パッケージ), 軟包装 (薄フィルムパッケージ) など印刷プロダクション市場への拡張を目指したデジタルプリント技術の開発が活性化している^{1,2)}. これらの市場では, 高画質, 高生産性, 低ランコスト, メディア汎用性 (厚紙, 薄紙, フィルム, ラベル紙など), 後加工 (ラミネート, ニス塗布など) 適性といったさまざまな性能が要求され, また適用するアプリケーションにより, 重要度や要求値が異なる. さらに, ラベルなどでは連続紙が一般的であるが, 商業印刷などでは, カット紙であることや両面適性が重要である.

これらの要求に対する主要な画像形成技術は, インクジェット (IJ: Ink jet) と電子写真技術であり, 後者では, 乾式トナーを用いるプロセス (DX: Dry xerography) と液体キャリアオイル中に分散したトナーを用いる液体現像 (LID: Liquid ink development) プロセス^{3,4)}がある.

LID プロセスは後述する Fig. 2 に示す原理であり, 絶縁性液体中に分散させたトナーに外部から電荷を付与し, 接触現像/転写を行う. 接触プロセスであること, 液体中で微小粒径のトナーを使用できること, オイル潤滑により部材の長寿命が期待できることなどから, 高画質, 高生産性, 低ランコスト, メディア汎用性などを同時に獲得でき, 幅広いアプリケーションに適用できる可能性がある. また, IJ に対し

ては, 普通紙画質, フィルム適性などの点で, DX に対しては, 生産性やランコストなどの点での優位性が期待できる.

液体現像剤に用いられるキャリアオイルは, 揮発性で特徴付けられる. 揮発性の低いオイルは, 画像形成後にメディア上に残留し, ラミネートやニス塗布といった後加工適性が獲得しにくい問題がある.

Table 1 Market requirements and adopted methods.

	Application	Com- mercial printing	Label	Carton	Soft package	Adopted methods
Requirement	Image quality	◎	○	○	○	Volatile oil/ fine toner
	Productivity	◎	○	◎	◎	Tandem layout
	Run cost	◎	○	○	◎	Contact development
	Medium latitude	○	◎	◎	◎	Electrostatic transfer
	Post process capability	-	◎	○	◎	Roller/IR drying
	Cut sheet/ Duplex capability	◎	-	-	-	Roller fixing

◎ Highly important, ○ Important, - Less important
— Improving relation — Degrading relation

本研究では, 揮発性の高いキャリアオイルを用いて微小粒径のトナーを分散した液体現像剤を採用し, 幅広いアプリケーションに共通に適用できるタンデム型 LID システムの開発に取り組んだ. 各アプリケーションの要求特性と, 採用した技術の関係は Table 1 に示すとおりである. タンデム型静電転写方式の採用は, 生産性の点で有利であるが, メディア汎用性がひとつの課題となる. また, 後加工適性を獲得するため, オイルを除去する乾燥プロセスを設ける

〒250-0111 神奈川県南足柄市竹松 1600 番地
1600 Takematsu, Minamiashigara, Kanagawa, 250-0111, Japan
e-mail: Nobuyuki.Nakayama@fujixerox.co.jp

が、高生産性を達成するためには、高速乾燥性能が必要となる。さらに、揮発性現像剤を安定して扱うための技術が必要である。

2. LID システム

2.1 システム構成

開発したLIDシステムの全体構成を Fig. 1 に示す。電子写真の原理による帯電、露光、現像、転写プロセスで構成される画像形成部を4色分併置した。各色画像形成部の構成と画像形成プロセスは Fig. 2 に示すとおりである。

Fig. 1 において、最終転写後には、オイルを除去する乾燥プロセスと、トナーの定着プロセスが配置される。このほかに、画像形成領域各部に搬送された現像剤を回収し、固形分濃度を調整して再度現像部に供給する現像剤の循環プロセスが必要となる。

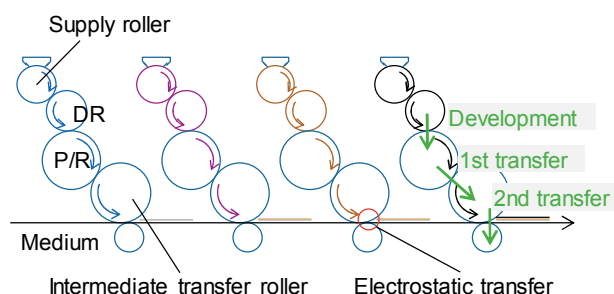


Fig. 1 Developed LID system configuration.

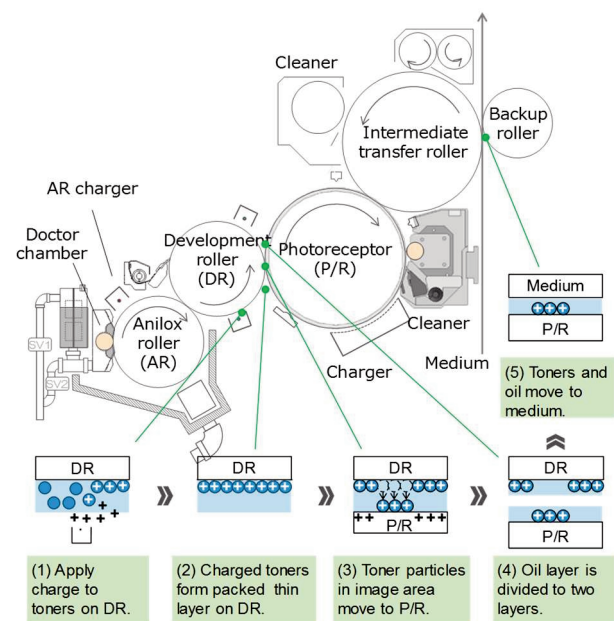


Fig. 2 Image forming process and configuration.

開発した主要技術の特長は以下のとおりである。
 現像剤：分散性/定着性/フィルム接着性/保管性を両立する小径トナー技術および添加剤技術
 現像：高画質化接触現像パラメータ技術と揮発性現像剤のマネジメント技術

転写：多種メディアへのタンデム多重転写技術
 乾燥：多種メディアでの浸透オイル高速除去技術
 定着：定着性と後加工適性を実現するローラ定着パラメータ技術
 循環：現像剤循環・回収機構と現像剤の再分散・固形分濃度制御技術

2.2 画像形成プロセス

画像形成プロセスの動作の概略を Fig. 2 を参照して説明する。

貯蔵槽 (Doctor chamber) 内の液体現像剤が現像剤供給ローラ (Supply roller) 上に供給され薄層を形成する。供給ローラには、フレキシ印刷で利用されるアニロックスローラ (AR: Anilox roller) を採用した。続く層形成プロセスでは、AR から現像ローラ (DR: Development roller) に転移させたトナーにコロトロン電荷を付与し (Fig. 2 (1)), 静電力により DR 表面側へ様膜状に付着 (パッキング) させ、高精細で均一な画像形成を可能とする (Fig. 2 (2))。

現像プロセスでは、DR と感光体の表面を接触させ、DC 現像バイアスを印加してパッキングしたトナーを画像部へ転移させる (Fig. 2 (3))。瞬時に画像形成が完了することから、高速適性に優れる一方で、現像剤薄層のムラがそのまま画像構造に影響するため、上述した層形成プロセスが重要となる。現像ニップ出口では、キャリアオイル層内部でオイルが両方のローラ表面に分断されることで、現像像の乱れやカブリを防止する (Fig. 2 (4))。トナー層の電荷量変化やトナーの過度な凝集により、現像効率の低下や非画像部へのカブリが生じる場合がある。また、現像ニップの出口では、キャリアオイルの表面うねり (リビング) が発生し、その影響で筋状の画像ムラとなる LID 方式特有の課題がある。

転写プロセスは、中間体ローラを用いており、一次転写では、感光体上の現像像を DC バイアスで中間体へ転写し (Fig. 2 (5))、さらに、中間体からメディアへの二次転写を行う。メディアの静電容量、表面電位、転写ニップ前後の姿勢、などにより、転写特性が大きく影響を受ける。さらには複数エンジン間では前色のエンジンでの転写履歴や、連続紙の場合には搬送張力 (テンション) など機械力によるトナー像の乱れが生じる場合がある。

3. 主要要素技術

以下に主要要素技術の構成と特長、性能を述べる。

3.1 現像剤/添加剤⁵⁾

現像剤は、揮発性キャリアオイルと一般の乾式トナーより微小粒径のトナーを採用し、樹脂、添加剤などを新たに開発した。

現像剤の構造は Fig. 3 に示すとおりである。トナー母体については、揮発オイルとの親和性、フィルム

基材との接着性を考慮した樹脂を開発した。また、LID 特有のリビングの影響を抑制するため、添加剤により現像時のトナーのパッキング性を上げる施策を導入した。

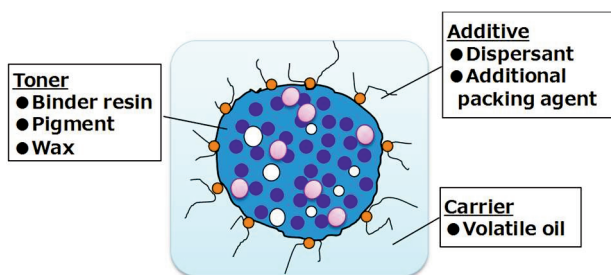


Fig. 3 Liquid developer configuration.

3.2 現像プロセス⁶⁾

現像剤供給には、前述した AR を用いている。AR は、表面に微細な窪み（セル）を有する硬質のローラで、ドクターブレードを当接して回転させることにより、所望量の液体现像剤をローラ表面に保持する。AR 表面のセルパターンは、リビングの影響をうけにくいヘリカル構造を選択した。また、AR に現像剤を供給する貯蔵槽には、現像剤乾燥を抑制するために、密閉構造のドクターチャンバー方式を採用した。

AR から DR へ均一化した現像剤層を転移させるプロセスでは、供給されるトナー量をメディアの種類により制御する必要がある。そこで、AR に対向して配置したコロトロン (AR charger) により付与するトナーの帯電量を変えることで、トナー量を制御している。

3.3 転写プロセス⁷⁾

転写プロセスの構成は Fig. 1 および Fig. 2 に示したとおりである。感光体上に現像されたトナー像は、中間体を介してメディア上に静電転写する。このようなタンデム型静電転写により、多様なメディアへの多重転写性を確保することが課題である。具体的には、厚紙や合成紙など、静電容量が小さいメディアへの転写効率向上が問題となる。リビングの影響抑制などのために現像プロセスで高帯電/高バイアスが必要なことから、転写前のトナー電荷量が高い (DX の 10 倍以上) ことがひとつの障害である。

転写効率改善のため、転写領域の電界解析も行つて要因と対策を検討し、次の施策を導入した。

- ①メディアパスを最適化してプレニップ放電を抑制し、トナーの逆極性化を抑制し、また高電界を確保する。
 - ②一次転写バイアスによりトナー電荷量を制御し、二次転写バイアスの過度な上昇を抑制する。
- これにより、合成ラベル紙のような静電容量が小さいメディアでも十分な転写効率を実証できた。

3.4 乾燥プロセス⁸⁾

後加工適性を獲得するためにメディア上への画像形成後に、メディアに浸透したオイルを回収する乾燥プロセスが必須となる。メディア上にトナーとオイルが転写塗布された際には、トナー層/メディアコート層/メディア基材層の各層にオイルが吸収されながら、各層からある速度で揮発する。オイルの存在比率は、塗布後の経過時間と各層の毛管現象による吸引力で決定され、揮発速度は飽和蒸気圧と各層の通気抵抗および表面からの浸透深さによって決まる。さらに溶解したトナーは変形し表面を覆って通気抵抗を変化させるため、乾燥効率は表面のトナー量と加熱温度および時間にも依存する。

上記メカニズムに基づいて要因効果を検討し、乾燥性はメディア温度に強く依存することが分かった。短時間でメディアを昇温するため、連続紙に対しては、背面からの接触加熱+温風による蒸気排出方式を採用した。また、カット紙に対しては、ローラとの接触が不安定となることから、遠赤外ヒーター方式を採用した。

3.4 定着プロセス

定着プロセスについては、基本機能であるグロスや定着強度に加え、ラベルや紙器で必要となるラミネート/ニス適性を獲得する必要がある。これらについては、トナー樹脂および添加剤と、2 ローラ定着パラメータの最適化を行っている。目標とする定着性能を達成し、後加工適性については、ラミネート接着強度や、ニス塗布性に対して問題ない結果を得ている。

3.5 循環プロセス

画像形成領域では、キャリアオイル量、トナー量に変化しながら、ローラ間を現像剤が順次転移していく。各ローラ上に転移した余剰現像剤を回収して、混合し、さらにトナー分散性や固形分濃度 (SC: Solid concentration) を適性値に再調製して再利用する現像剤循環プロセスを設けている。

Fig. 4 に開発した現像剤循環プロセスの構成を示す。画像形成領域各部から回収した現像剤を冷却しながら超音波攪拌により再分散する。その後、メインタンク内で、新たな高濃度現像剤やキャリアオイルと所定比率で混合する。ここでは、回収した現像剤の SC を検知しながら、高濃度現像剤とキャリアオイル量を制御する。分散性、SC が調整された現像剤は中間タンクを介して現像層形成プロセスの現像剤貯蔵部に供給する。

画像カバレッジを 4~60% の範囲で切り替えながら稼働させた際の、中間タンクにおける SC の変化を Fig. 5 に示す。目標 SC に対して変動幅を数% の範囲に制御できている。

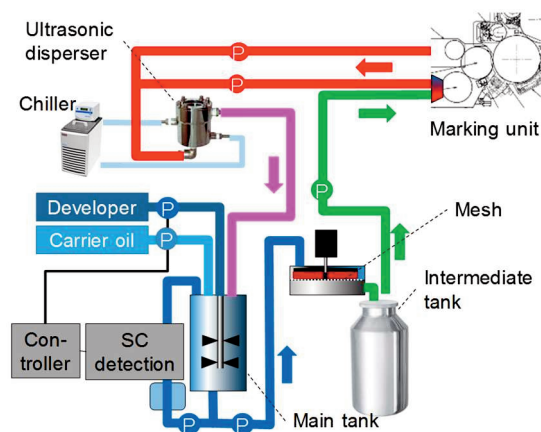


Fig. 4 Developer circulation process configuration.

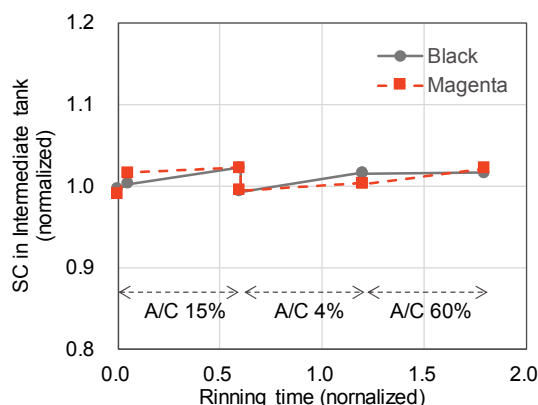


Fig. 5 Relation between SC and operation time.

4. 性能検証結果

以上で述べた LID システムにより、所望の画質、生産性、メディア汎用性、後加工適性が得られた。画質に関しては、Fig. 6 に示す拡大写真のとおりに小サイズ文字およびハイライト中間調画像の良好な再現性が検証できた。小径トナーの採用とリビングの影響抑制が寄与した。また、総合的な画質評価結果を市販印刷機の結果と合わせて Fig. 7 に示す。縦軸は、独自に規程している画質スコアであり、アナログ印刷と遜色ないレベルの画質が得られている。

5. まとめ

揮発性キャリアオイルと小径トナーからなる現像剤を導入し、幅広いアプリケーションに共通に適用できるタンデム型 LID システムの開発に取り組んだ。現像剤/添加剤の開発とあわせ、接触薄層現像/タンデム静電多重転写プロセス、多段ローラ定着/背面加熱乾燥プロセス、現像剤循環/再分散プロセスなどの開発を行った。

画質、生産性、メディア汎用性、後加工適性など市場要求を満足する性能を達成した。画質については、小径トナーによる解像度、粒状性の向上と、LID 特有のリビングの影響を解消することにより、印刷同等の画質が達成できた。

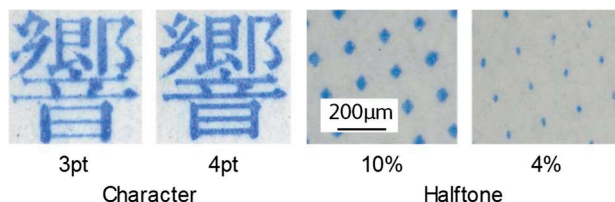


Fig. 6 Image obtained in present study.

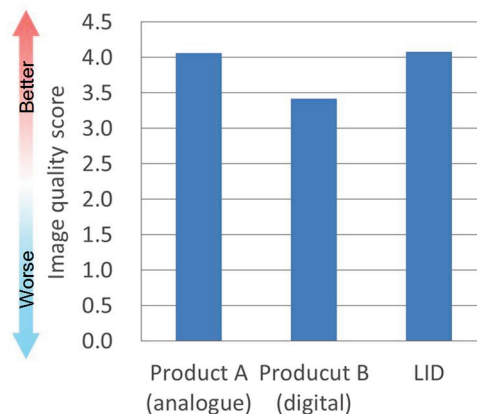


Fig. 7 Image quality evaluation results.

参考文献

- 1) Hidetomo Doi, "Digital Printing and Publishing Market in Japan," Journal of the Imaging Society of Japan, **55**, pp. 549-555 (2016) [in Japanese].
- 2) Shinri Sakai, "Report of Drupa 2016," Journal of the Imaging Society of Japan, **56**, pp. 107-110 (2017) [in Japanese].
- 3) Eishu Odake, "Outlook of Liquid Development Technology," Journal of the Imaging Society of Japan, **49**, pp. 108-115 (2010) [in Japanese].
- 4) Tsutomu Teraoka, "Think Liquid Development Technology for Digital Printing," Presentation Material of 54th Imaging Cafe of the Imaging Society of Japan, (2016).
- 5) Chisato Urano and Osamu Ide, "Adhesion of Liquid Electrographic Images with a substrate in Flexible Packaging," Proceeding of ICJ2018: Imaging Conference Japan 2018, (2018) [in Japanese].
- 6) Yuki Yokoyama, Toshihiko Suzuki, and Nobuyuki Nakayama, "Application of Volatile Liquid Toner for Liquid Electrographic Images using High Concentration Contact Developing Method," Proceeding of ICJ2018: Imaging Conference Japan 2018, (2018) [in Japanese].
- 7) Taiju Gan, Takeshi Nagao, Toshihiko Mitsuhashi, Toshihiko Suzuki, and Nobuyuki Nakayama, "Development of Transfer Process Applicable to Various Mediums for Liquid Electrophotography with Tandem-Electrostatic Transfer Method," Proceeding of ICJ2018: Imaging Conference Japan 2018, (2018) [in Japanese].
- 8) Masaaki Abe, Satoshi Tatsuura, and Nobuyuki Nakayama, "Development of Drying and Fixing Processes for Liquid Electrophotography," Proceeding of ICJ2018: Imaging Conference Japan 2018, (2018) [in Japanese].

一般セッション(口頭講演)| 電子写真

[EP1] 電子写真デバイス (1) Electrophotographic Devices (1)

2018年6月19日(火) 14:40 ~ 15:20 コンファレンスルーム (工学系総合研究棟 2 二階)

[EP1-02] ゴースト光除去光学系による光束分割書込方式の開発 Development of a Beam Splitting Laser Scanning Method with an Optical System Removing Ghost Light

*仲村 忠司¹、今井 重明¹、林 善紀¹ (1. 株式会社リコー)

*Tadashi Nakamura¹, Shigeaki Imai¹, Yoshinori Hayashi¹ (1. Ricoh Company, Ltd.)

ゴースト光を除去する光学系により、カラー電子写真装置における低コスト・省スペース化を可能とする光束分割書込方式の搭載を実現可能とした

ゴースト光除去機構を有する光束分割書込方式の開発

仲村 忠司, 今井 重明, 林 善紀

株式会社リコー 研究開発本部 APT 研究所 画像応用開発センター

Development of a beam splitting laser scanning method with an optical system removing ghost light

Tadashi Nakamura, Shigeaki Imai, and Yoshinori Hayashi

Applied Imaging Development Center, Institute of APT, R&D Division, RICOH Co., LTD.

In a beam splitting laser scanning method, ghost light due to a return light to a light source causes an error image. We show the optical system removing ghost light and its effect for an error image. Using this beam splitting laser scanning method, we developed the world's first beam splitting laser scanning unit with VCSEL (vertical cavity-emitting laser) light source to realize high-speed, high-density, low-cost and compact color production printer.

1. 背景と目的

カラー電子写真装置においては、シアン、マゼンタ、イエロー、ブラックの各色に対応した感光体を並列したタンデム方式が主流となっており¹⁾、通常、4つの感光体に対して4つの光源部を備えている。特に、近年では、高速化、高画質化の要求に応えるため、光源部にVCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser)²⁾等のマルチビーム光源を用いる機種が増えてきている。そのような機種では³⁾、光源のコストウェイトが高く、駆動ボード含めたサイズも大きいため、光源の数を低減することが、低コスト化と省スペース化に対して有効である。我々はそのために、光束を分割し、光源数を低減する方法を検討した。

光束を分割し、複数の走査領域を走査する技術として、回折素子を用いた方式があり、回折光学素子により、一つの光束を複数に分割して、マルチビーム化を実現している^{4), 5)}。しかし、この方式は、分割したそれぞれの光束を独立に変調させる音響光学素子などが必要であり、コストアップと大型化を招く。

これに対し、我々は1つの光束から分割した光束をそれぞれ異なる感光体へ導光し、それぞれの感光体を走査するタイミングを時間的に分離し、2つの感光体を交互に走査する光束分割方式を考案した。この方式では、上述の音響光学素子のような特別な変調素子を用いることなく光源部の数を半減することができるので、低コスト、省スペースが可能となる。この方式では、方式特有のゴースト光が発生し、そのゴースト光に起因して、異常画像が発生してしまうが、このゴースト光を低減するための光学系構成をこれまでに報告している⁶⁾。本報では、その構

成によるゴースト光低減の効果と、その結果としての異常画像の抑制結果について報告する。

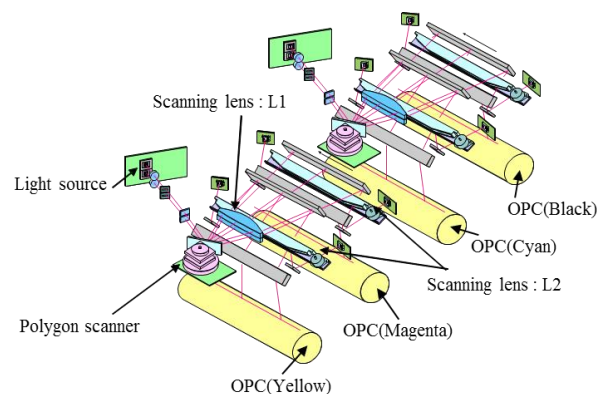


Fig.1 Tandem type LSU(laser scanning unit) in color laser printer.

2. 光束分割書込方式の構成

先に示した Fig. 1 のタンデム書込ユニットの例では、2つの書込ユニットで構成されており、1つの書込ユニットは2つの光源部を有しており、各光源からの光束が、反射面を2段構成とした2段ポリゴンスキヤナの上下段にそれぞれ入射し、ポリゴンスキヤナが回転することにより、各光束がそれぞれ対応する2つの感光体に露光する。

このような書込ユニットの2色対応部 (Yellow, Magenta) 用のレーザ駆動と感光体露光のタイミングチャートを Fig. 2 に示す。また、書込光学系の模式図を Fig. 3 に示す。Fig. 2 では、横軸に時間をとっており、時間 t が経過するにつれ、複数の反射面 (Fig. 3 中では4面) を持つポリゴンスキヤナが反時計回りに回転し、光源部からの光束を走査していく。多くの場合、感光体上の画像領域の直前に配置した同期センサ PD (Photo Diode) を走査するタイミングで光源部を発光し、その信号出力 (Sync detection) により、ポリゴンスキヤナの回転角を検知して、感

* 〒243-0460 神奈川県海老名市泉 2-7-1

* 2-7-1 Izumi, Ebina-city, Kanagawa, 243-0460, Japan

e-mail: tadashi.t1.nakamura@jp.ricoh.com

光体上の書き出し位置を制御している。走査角 θ は、1つの光源がポリゴンスキャナ1面で走査できる最大の角度、画角 θ_0 は、1つの感光体の画像領域を走査する角度である。また、それぞれの角度だけ光束を走査する時間を t_θ 、 $t_{\theta 0}$ とする。ここで、Yellow, Magenta 対応部の2つのレーザは異なる駆動回路を用い、並列に駆動制御されている。

これに対して、光束分割書込ユニットは、1つの光源部から射出した光束を分割し、分割された2つの光束がそれぞれ異なる感光体を交互に走査する。2つの感光体への書込データは異なるため、それぞれの感光体を露光するタイミングが時間的に分離されている必要がある。

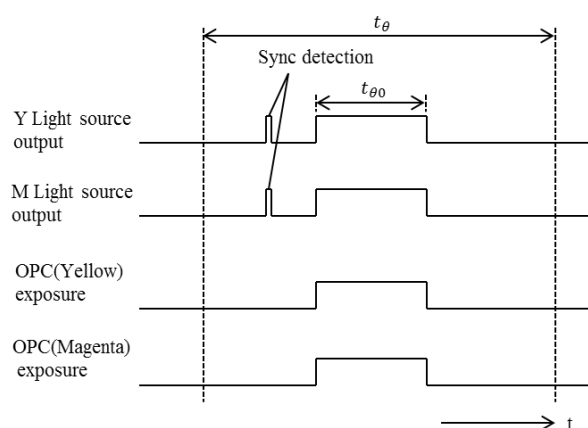


Fig.2 Timing chart of laser driving of general LSU.

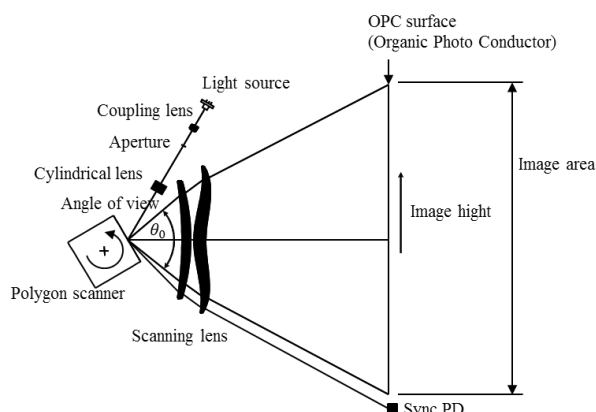


Fig.3 Optical system of LSU.

光束分割書込光学系の主要部構成を Fig. 4, 7 に示す。光源からの光束を偏光ビームスプリッタ (Polarizing Beam Splitter : PBS) と全反射プリズムにより上下に平行な2つの光束に分割し、回転方向に位相をずらした、位相差2段ポリゴンスキャナにより、上下段の光束を時間的にずらして感光体を走査する。このような構成により、1つの光源で2つの感光体を時間的に交互に走査することができる。このことを Fig. 5 を用いて詳細に説明する。図示された位相差2段ポリゴンスキャナの上下段4面ミラーの位相差は45度である。ここで、位相差2段ポリゴンスキャナは反時計回りに回転しており、(a) に対

し、(b)は反時計回りに20度回転、(c)は45度回転、(d)は65度回転した状態である。

(a)では、下段ミラーでの反射光が感光体に到達し、上段ミラーでの反射光は遮光される。(b)では、(a)と同様に下段ミラーでの反射光が感光体に到達し、上段ミラーでの反射光が遮光されるが、(a)とは感光体上の照射位置が異なる。(c)、(d)では、上段ミラーでの反射光が上記とは異なる感光体に到達し、下段ミラーでの反射光は遮光される。(a)に対し、位相差2段ポリゴンスキャナが90度時計回りに回転すると、再び、(a)の状態になる。

上記のように、光束分割方式を採用した書込ユニットのタイミングチャートを Fig. 6 に示す⁷⁾。Fig. 6 に示すように、光束分割方式では、2つの感光体 (Yellow, Magenta) を走査する時間が異なっている。

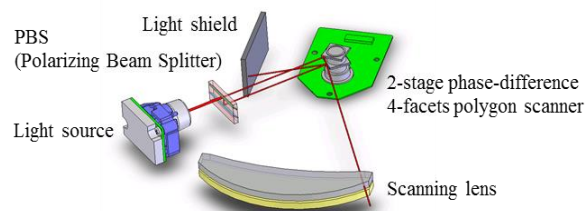


Fig. 4 Main configuration of beam splitting method.

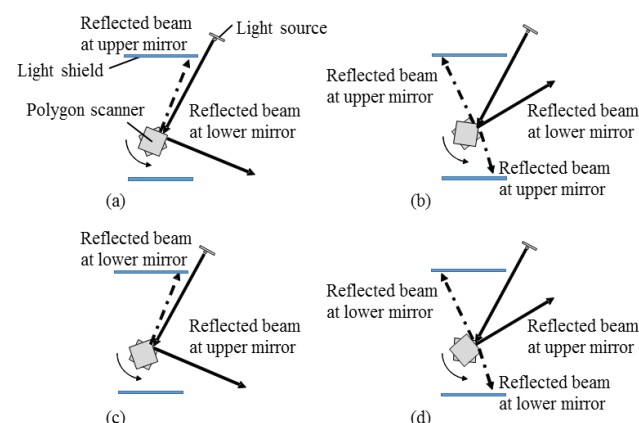


Fig. 5 Alternately scanning with use of 2-stage phase-difference polygon scanner.

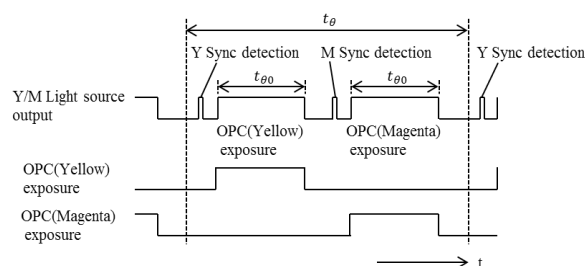


Fig. 6 Timing chart of laser driving of the beam splitting method.

3. ゴースト光を除去する光学系

光束分割書込光学系の、光源からポリゴンスキャナまでの構成を Fig. 7 に示す。ここで、ポリゴンミラーの回転軸方向を z 方向、 z 方向とポリゴンスキャナまでの各光学素子の光軸に垂直な方向を y 方向と呼ぶ。 y 方向を偏光方向、光学軸、透過軸での 0 度と定義し、 z 方向を 90 度と定義する。

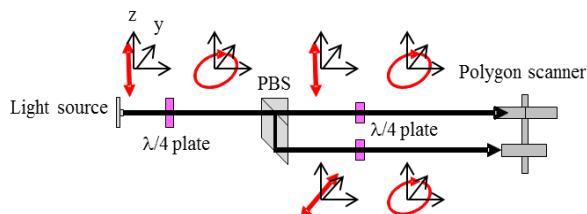


Fig. 7 The configuration from the light source to the polygon scanner.

光源から射出される光束は、偏光方向 90 度の直線偏光であり、光学軸が 45 度の $1/4$ 波長板(以降、 $\lambda/4$ 板と呼ぶ)により円偏光に変換される。円偏光となった光束は、透過軸が 90 度と 0 度の PBS と全反射プリズムにより、上段は偏光方向 90 度、下段は偏光方向 0 度の直線偏光として、上下方向に平行な 2 つの光束に分割される。

このとき、光束分割方式特有の、次のような問題が発生する。上段ミラーの反射光が感光体へ書き込みを行っている際、下段ミラーが光源からの入射光に対し垂直配置となるタイミングが生じ、下段ミラーでの反射光が光源へ戻る光が発生する。その様子を Fig. 8 に示すが、光源へ戻った光は光源で反射し、再び上段ミラーに向かい、上段で反射されて、書き込み中の感光体に到達するゴースト光となり、異常画像を形成してしまう。

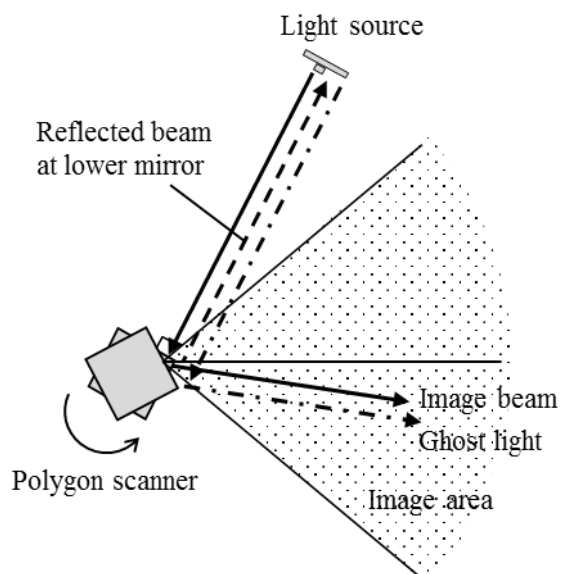


Fig. 8 The reflected beam going back to the light source.

そこで、このようなゴースト光を除去するため、本光学系では、上下に分割された各々の光束に対し、

再度 $\lambda/4$ 板を透過させ、同じ回転方向の円偏光としてポリゴンミラーに入射させる構成としている。この結果、Fig. 9 に示すとおり、下段ミラーで反射され光源側に戻る円偏光の光束は、 $\lambda/4$ 板を透過し、偏光方向が 90 度の直線偏光の光束として PBS に入射するため、PBS を透過し、光源側に反射光は向かわない。また、同様に上段ミラーで反射され光源側に戻る円偏光の光束は、 $\lambda/4$ 板を透過し偏光方向が 0 度の直線偏光の光束として PBS に入射するため、PBS で反射し、光源側に透過されない^{8)・9)}。このような構成をとることにより、ゴースト光を除去できる。

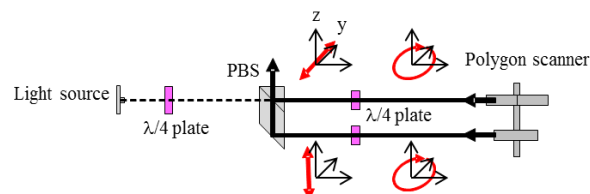


Fig. 9 Optical system removing the ghost light.

4. ゴースト光除去の効果

前節で述べたゴースト光除去のための構成の効果をも、光出力の測定にて検証した。その測定結果を Fig. 10 に示す。ここでは横軸に像高、縦軸に光出力をとっており、中央部の矢印で示した部分が、戻り光が発生してゴースト光が感光体に重畳照射されている領域である。Fig. 10 の (a) はゴースト光対策を施していないため、ゴースト光が重畳されていない領域の光量 $157 \mu\text{W}$ に対して、ゴースト光が重畳照射されている領域の光量は $165 \mu\text{W}$ であり、光量が急峻に変化している。前節で示したゴースト光除去対策すると、このような急峻な光量変化が解消されることを確認した。

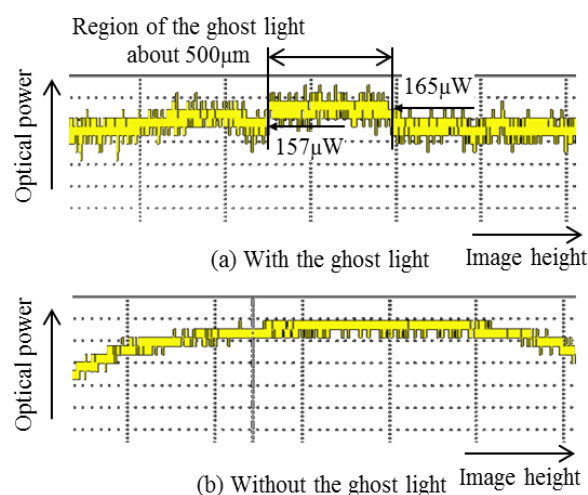


Fig. 10 Effect of the ghost light on optical power.

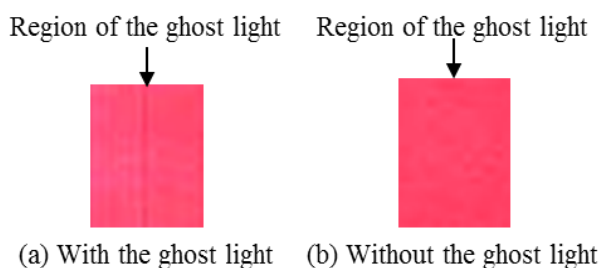


Fig. 11 Effect of the ghost light on image.

さらに、ゴースト光除去対策を施していない光束分割書込ユニットと、対策を施した書込ユニットにて画像を出力した結果を Fig. 11 に示す。ゴースト光除去対策を施していない Fig. 11(a) では、ゴースト光が重畳されている領域で光量が強くなり、その領域 (Fig. 11 中矢印部分) の濃度が濃くなり、縦筋の異常画像が発生した。これに対して、Fig. 11(b) はゴースト光除去対策を施した結果であり、ゴースト光が除去され、縦筋の異常画像が解消されていることがわかる。

5. まとめ

カラー電子写真装置において、光源数を半減することで、低コスト、省スペースを可能とする世界初の光束分割方式を考案した。光束分割方式ではゴースト光が発生し、縦筋の異常画像が形成するが、ゴースト光を除去する光学系により、縦筋の異常画像が解消されることを示した。

40 チャンネル VCSEL を用いたプロダクションプリンティング分野のカラー複合機に、上記ゴースト光除去対策を施した光束分割方式を搭載することで、40 チャンネル VCSEL の使用個数を半減し、大幅なコストダウンと小型化を実現した。

参考文献

- 1) K. Sakai, "A Technical Overview of Optical Unit for Tandem Color Laser Printer," IS&T International Conference NIP22 (2006), pp.568-571.
- 2) N. Jikutani et al., "780nm-range 40 Channels VCSEL Array for Printers," Ricoh Technical Report, 37, pp.74-80 (2011) [in Japanese].
- 3) K. Sakai et al., "Laser Scanning Module Adopted with VCSEL array," Ricoh Technical Report, 37, pp.81-86 (2011) [in Japanese].
- 4) K. Kataoka, "High-speed and high-resolution laser printer optics using multiple beams," Journal of the Society of Electrophotography of Japan, 37, No.1 pp.91-98, (1998) [in Japanese].
- 5) K. Kataoka et al., "Optics for modulating multiple beams using an asymmetric multilevel phase grating and a multichannel acousto-optic modulator," Applied Optics, 36, No.4 853-861, (1997).
- 6) Y. Itami et al., Ricoh Technical Report No.42 P.83-P.90, (2016) [in Japanese].
- 7) Y. Hayashi (Ricoh Co., Ltd.), Japanese Registered Patent

4880767 (2011).

8) Y. Hayashi (Ricoh Co., Ltd.), Japanese Registered Patent 4445234 (2010).

9) Y. Hayashi (Ricoh Co., Ltd.), Japanese Registered Patent 4500738 (2010).

Oral presentation | Electrophotography

[EP2] Electrophotographic Devices (2)

Session Chair:Yasuaki Watanabe(Fuji Xerox Co., Ltd.), Hiroyuki Matsushiro(Ricoh Company, Ltd.)

Tue. Jun 19, 2018 3:40 PM - 4:40 PM Conference Room (2nd Floor, Engineering Research Building II)

[EP2-01] On External Heating Fuser Technology for On Demand and High Productivity Printing of LBP

*Akimichi Suzuki¹, Satoshi Nishida¹, Isamu Takeda¹, Shotaro Ikegami¹ (1. Canon Inc.)

3:40 PM - 4:00 PM

[EP2-02] The Energy-Saving Fixing Apparatus Which Achieved Production Print Image Quality and Cardboard Speeding

*Toshihiro Wazumi¹, Kazunori Nishinoue¹, Hiroaki Miho¹ (1. KONICA MINOLTA, INC.)

4:00 PM - 4:20 PM

[EP2-03] Development of Drying Process for Liquid Electrophotography

*Masaaki Abe¹, Satoshi Tatsuura¹, Nobuyuki Nakayama¹ (1. Fuji Xerox Co., Ltd.)

4:20 PM - 4:40 PM

一般セッション(口頭講演)| 電子写真

[EP2] 電子写真デバイス (2)

Electrophotographic Devices (2)

2018年6月19日(火) 15:40 ~ 16:40 コンファレンスルーム (工学系総合研究棟 2 二階)

[EP2-01] オンデマンド性・高生産性を実現した外部加熱定着方式 On External Heating Fuser Technology for On Demand and High Productivity Printing of LBP

*鈴木 彰道¹、西田 聡¹、竹田 敢¹、池上 祥太郎¹ (1. キヤノン株式会社)

*Akimichi Suzuki¹, Satoshi Nishida¹, Isamu Takeda¹, Shotaro Ikegami¹ (1. Canon Inc.)

キヤノンは、高い生産性と省エネ性を兼ね備えたLBP654Cを、2017年4月に発売した。この製品では、新規開発となる外部加熱方式の定着器技術を採用することにより、TEC値1.0kwh、連続印刷27枚/分・ファーストプリント8.6秒の高速プリントを実現した。これらの実現のために、外部加熱方式の定着器技術として、外部加熱ユニット、3層の層構成を有する定着ローラ、加圧ユニット、均熱板を採用した。本報告では、伝熱シミュレーションを用いて、従来機定着器との比較から、これらの技術による定着器性能向上を確認した。

Canon has released LBP654C which is an energy saving and a high-speed printing in April, 2017. This product accomplished a high-speed printing of up to 27 pages per minute with a quick first print of 8.6 seconds and a high print quality. For these achievement, an external heating fuser technology has been newly developed. Especially this new fuser technology contributes to the print quality uniformity and temperature rise on the non-paper region. In this paper, the improvement of the fuser performance has been confirmed through comparison with the conventional fuser by using a heat transfer simulation.

オンデマンド性・高生産性を実現した外部加熱定着技術

鈴木 彰道, 西田 聡, 竹田 敢, 池上 祥太郎

キヤノン株式会社 周辺機器第二開発センター

On External Heating Fuser Technology for On Demand and High Productivity Printing of LBP

Akimichi Suzuki, Satoshi Nishida, Isamu Takeda, Shotaro Ikegami

Peripherals Development Center 2, Canon Inc.

Canon has released LBP654C which is an energy saving and a high-speed printing in April, 2017. This product accomplished a high-speed printing of up to 27 pages per minute with a quick first print of 8.6 seconds and a high print quality. For these achievement, an external heating fuser technology has been newly developed. Especially this new fuser technology contributes to the print quality uniformity and temperature rise on the non-paper region. In this paper, the improvement of the fuser performance has been confirmed through comparison with the conventional fuser by using a heat transfer simulation.

1. はじめに

近年、レーザープリンターの消費電力削減のために、各社で様々な定着器が活発に開発されている。キヤノンでは、低熱容量化を図った ODF (On Demand Fuser) を開発し、多くの機種に採用している¹⁾。

一方、レーザープリンターの小型化・高速化がより一層進展しており、各社から様々な製品が発表されている。ODF は小型化・ファーストプリント時間短縮・消費電力削減の面で大きな利点がある反面、高速化に伴い定着部材や加圧部材の非通紙部昇温の増大が課題として挙げられる。

キヤノンは、高い環境性能・高速プリントを特長とする LBP654C を、2017 年 4 月に発売した²⁾。従来機 (LBP7200C) との比較で、連続印刷速度 (A4 サイズ) 35% 向上、ファーストプリント時間 42% 短縮、TEC 値に関しては 28% 削減を実現した。本製品は、上記の実現のために新たに開発された外部加熱方式の定着器を搭載した。

本稿では、LBP654C に搭載した外部加熱方式の定着技術に関して、技術概要と動作原理に関して説明する。また、伝熱シミュレーションを用いた技術考察、及び、従来機定着器との比較からの性能向上に関する検証結果について報告する。

2. LBP654C の紹介

LBP654C の製品概要を述べる。Table 1 に LBP654C の基本仕様を、Fig. 1 に LBP654C の外観図を挙げる。

LBP654C は、連続印刷 27 枚/分・ファーストプリント 8.6 秒の高速プリント、TEC 値 1.0kWh の高い環境性能を実現し、両面印刷や無線 LAN、タッチパネル搭載などの機能性も充実している、更には、より鮮やかでくっきりとした高画質を実現し、カラー写真などもクリアにプリントすることが出来る。

Table 1 Specifications of LBP654C

Type	Desktop Color Laser Printer
Printing Method	Electrophoto Method
First-Print Time (BW/Color)	8.3s/8.6s
Print Speed (BW/Color)	Up to 27/27ppm (A4)
Warm-up Time	13s or Less from Power On
Recovery Time	2s or Less from Sleep State
Typical Electricity Consumption	1.0kWh
Energy Star	Yes

Refer to disclaimers of reference 2).

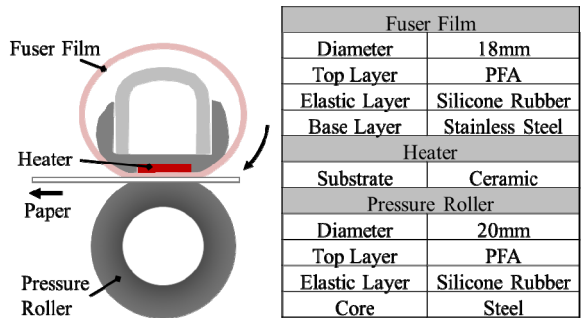
〒212-8602 神奈川県川崎市幸区柳町 70-1

70-1, Yanagicho, Saiwaiku, Kawasaki, Kanagawa 212-8602, Japan

e-mail: suzuki.akimichi@canon.co.jp



Fig. 1 LBP654C の外観図



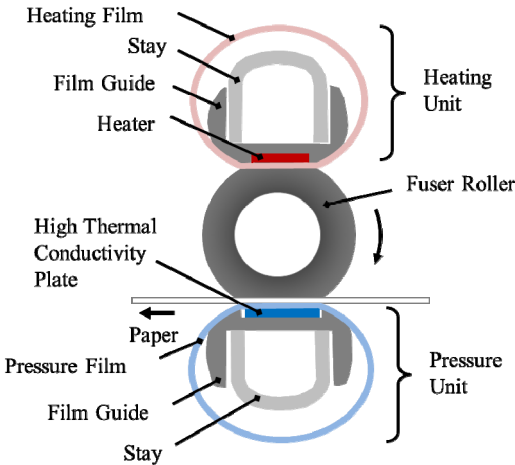
B. Conventional ODF Fuser (LBP7200C)
Fig. 2 Cross-section of Fuser Unit

3 . 外部加熱定着技術

LBP654C では、前述した従来 ODF 定着の課題である非通紙部昇温に対する対応、及び、画像均一性の向上のため、新規に開発した外部加熱方式のオンデマンド定着技術を採用した。以下に、LBP654C における定着器技術の概要を説明する。

3 - 1 . 外部加熱方式の構成

外部加熱方式の定着技術に関して説明を行う。Fig. 2 に外部加熱方式 (A) と従来 ODF 方式 (B) の定着器構成の断面概略図を挙げる。外部加熱方式は、加熱ユニット、定着ローラー、加圧ユニットの 3 つの要素からなる。加熱ユニットは、従動回転する加熱フィルムとその内部に配置されたセラミックヒーターを有し、不図示の加圧機構で定着ローラーに押圧されている。定着ローラーは、不図示の駆動部に回転駆動され、3 層の層構成を有する。加圧部は従動回転する加圧フィルムとその内部に配置された高熱伝導板からなり、不図示の加圧機構により押圧されている。紙は、定着ローラーと加圧ユニットで形成された定着ニップ部に挿入され、熱と圧により紙上のトナーの定着工程を経て機外に排出される。



A. External Heating Fuser (LBP654C)

3 - 2 . 加熱フィルム

外径 18mm の加熱フィルムは、耐熱樹脂からなる基層、PFA (tetrafluoroethylene-perfluoroalkyl vinyl ether) の表層から構成されている。フィルムの厚みは、定着ローラーへの熱伝達を効率的に行うために総厚約 65 μ m とした。

3 - 3 . 定着ローラー

Fig. 3 に定着ローラーの断面概略図を挙げている。外径 18mm の定着ローラーは、外径 11mm の鋼製の芯金上に 3 層の層構成を有し、基層には厚みが約 3.5mm となるシリコンゴムをベースとした発泡ゴムを採用することで、断熱性と低硬度を実現した。中間層は、ベース材料のシリコンゴムに熱伝導フィラーを添加することにより、薄層で高熱伝導かつ高熱容量となるようにした。表層は、オフセット防止の観点から PFA を採用した。

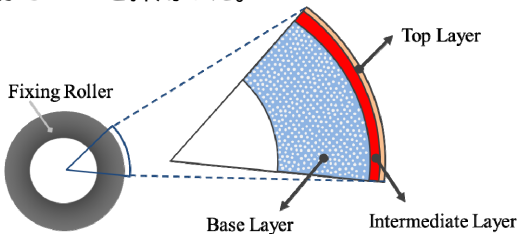


Fig. 3 Cross-section of Fuser Roller

3 - 4 . 加圧ローラー

外径 18mm の加圧フィルムは、耐熱樹脂からなる基層、PFA (tetrafluoroethylene-perfluoroalkyl vinyl ether) の表層から構成されている。LBP654C では、定着ローラーと加圧ユニット部によって形成された定着ニップ部での紙の搬送を安定させる観点から、逆クラウン形状とした。

3 - 5 . 高熱伝導板

高熱伝導板は、アルミニウムからなる厚み 0.8mm 幅が 9.3mm の板状の部材からなる。

3 - 6 . 外部加熱方式の動作

本外部加熱定着構成における、動作について説明する。

定着ローラーは、加熱ユニットから熱を受け取る。その際、加熱ユニット内のヒーターは、定着ローラーが所望の温度になるように、ヒーターの裏側に配置された温度検知素子を用いて制御される。定着ローラーが加熱ユニットから受けた熱は、定着ローラー基層には熱伝導性の低い（断熱性の高い）発泡ゴムを採用しているため、ローラー内部へと拡散せず、表層の近傍部にある高熱伝導の中間層に蓄熱される。本方式の定着方式では、中間層の厚みを定着可能な範囲で極力薄くすることでオンデマンド性を確保することが可能となる。

中間層に蓄熱された熱は、定着ローラーの回転により、定着ローラーと加圧ユニットで形成された定着ニップ部へと搬送される。未定着トナーが担持された紙は、定着ニップにおいて、中間層に蓄熱された熱と圧力で定着され機外に排出される。この際に、定着ローラー上の奪われた熱は、再度ヒーターより供給されるため、連続した印刷に対しても定着が可能となる。

定着ローラーは、低硬度であるため、定着ニップ部で紙の凹凸に対しての追従性が高くトナーの溶けムラを軽減し、画像均一性を改善することが可能となる。

また、本構成では、加圧ユニット内には定着ニップ部に接するように高熱伝導板が配置されている。このため、幅の狭い紙を通紙した場合に発生する定着ローラーの非通紙部の昇温を、均熱化し抑制することにより、特に幅狭の紙における印刷生産性を改善することが可能となる。

4 . 伝熱シミュレーションによる性能評価

ここでは、伝熱シミュレーションを用いて、定着ローラーの中間層厚みと定着性との関係、及び、高熱伝導板の非通紙部昇温の抑制効果について確認を行う。

4 - 1 . 伝熱シミュレーション技術

伝熱シミュレーションでは、フーリエの法則に基づいて物体内の熱移動を考慮し、ニュートンの法則に基づいて空気への熱移動を考慮した。また、物体間の熱移動に接触熱抵抗を考慮した³⁾。非通紙部の昇温に関するシミュレーションでは、紙幅方向中央基準で紙を搬送する定着器を想定し、シミュレーションモデルは対称性を考慮し搬送位置中央から半分をモデル化した。伝熱シミュレーションで用いた加熱フィルム、ヒーター、定着ローラー、加圧フィルム等の構成は前述の通りである。また、ヒーター中

央部の裏面にはモデル化した温度検知素子を配置した。

その他、各部材に熱伝導率 λ [W/mmK]、比熱 Cp [J/kgK]、密度 ρ [kg/mm³]、初期温度を与え、ヒーターには入力電力 I [W]を与えた。また、各部材間には実測に基づいた接触熱抵抗 R [mm²K/W]を与え、部材表面の放熱には放熱係数 R [W/mm²K]を与えた。

4 - 2 . 中間層の厚みと紙温度の関係

伝熱シミュレーションによる中間層厚みの影響の評価方法を述べる。

148 mm/s の速度で定着ローラーを回転させると同時に、電力を投入する。電力投入から 10 秒経過時に通紙開始し 10 枚を連続通紙させる。中間層厚みによらずヒーター表面が同じ温度になるようにヒーターを駆動制御した時の、5 枚目から 10 枚目までの紙温度の平均値で評価を行った。紙温度は、定着性との相関があり紙温度が高い程、定着性が良好となる。尚、中間層の厚みは、1 μ m から 500 μ m の間でシミュレーションを行った。

Fig. 4 に中間層の厚みを振った場合の紙温度の関係を示す。計算の結果、中間層厚みが薄くても厚くても紙温度は低く、100 μ m 付近に適正な領域（紙温度が高く定着性が良好な領域）があるといえる。これは、中間層が薄すぎると中間層への蓄熱が不十分となり、通紙により定着ローラーの熱が奪われ、紙への熱供給が減少したためであると考えられる。一方、中間層が厚すぎると中間層の熱容量が増大し定着ローラーが十分に昇温せず、紙の温度が低くなると考えられる。

また、中間層が厚くなるほど消費エネルギーが大きくなるため、LBP654C では定着性が確保できる範囲で中間層は薄くすることで、定着性とオンデマンド性との両立を図った。

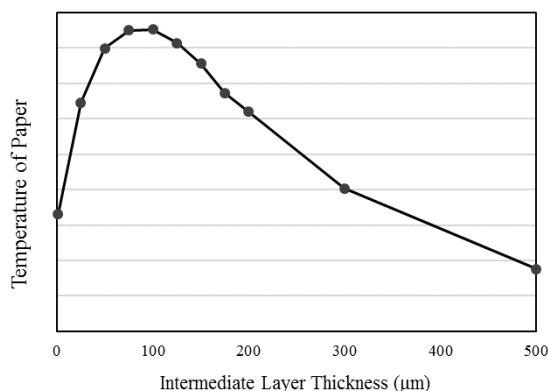


Fig.4 Intermediate Layer Thickness vs. Temperature of Paper

4 - 3 . 非通紙部昇温の性能

次に、定着器の非通紙部昇温性能を確認する。まず、伝熱シミュレーションによる非通紙部昇温性能の評価方法を述べる。148 mm/s（従来機では 115 mm/s）の速度で定着器を回転した状態で、ヒーターに電力を投入した。一定経過時間後に B5 サイズ紙を通紙開始し、ヒーターに投入する電力は、定着ニップ下流端における紙平均温度が 100 以上になるように制御した。紙物性値は Océ 社製 Red Label Presentation FSC 80g/m² に基づいた。そして、連続 30 枚通紙した後の、定着ニップ下流端における定着部材の最高温度の比較を行った。Fig.5 に、従来 ODF 構成と外部加熱構成で、比較を行った各部材の温度（図中の Maximum temperature）の定義について示す。

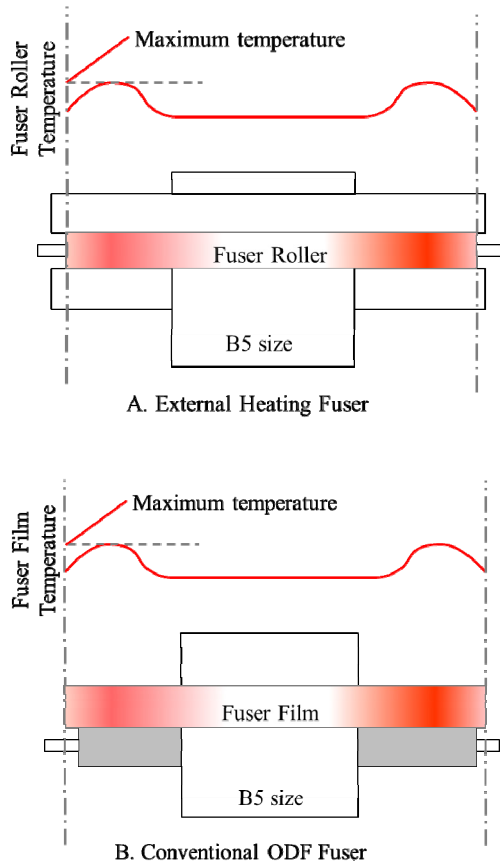


Fig. 5 Definition of the temperatures for comparison

Table 3 に外部加熱方式定着器を用いた LBP654C と従来機(LBP7200C)との、様々な印刷速度における非通紙部昇温のシミュレーション結果を挙げる。従来機の構成は、Fig2 の B に示した構成である。Table2 中の ΔT_R は、従来機の定着器を従来の印刷速度 (115mm/s) で印刷した場合の定着フィルムの温度 (Maximum temperature) を基準温度として、基準温度との差分で表記している。

Table 2 Conditions and Results of simulations

	Conventional (LBP7200C)	Comparison #1	LBP654C
Speed [mm/s]	115	148	148
Fuser	Conventional ODF Fuser	Conventional ODF Fuser	External Heating Fuser
ΔT_R []	Reference	+28	-7

従来機定着器の構成（LBP7200C）のまま、印刷速度を LBP654C 同等（148mm/s）に増速した比較例 1 においては、 ΔT_R は 28 上昇した。これは、速度増加した状態で、紙温度を 100 以上に保つためにヒーターから定着ローラーへの熱供給が増大したために端部の定着フィルムの温度が上昇したためである。一方、外部加熱方式の LBP654C 構成では、148mm/s の速度においても、 ΔT_R は基準温度よりも 7 低く抑制される。つまり、本外部加熱方式の定着器は、従来機よりも高速化したにも関わらず、部材端部の昇温が従来機よりも低く抑えられている。これは、定着ローラーと加圧ユニットとのニップ部近傍に配置されたアルミニウム製の高熱伝導板により、定着ローラー上の熱が長手方向に均熱化されるためである。これにより巾狭の紙を通紙した場合においても非通紙部の昇温を抑制し、高い生産性を維持することが可能となる。

5 . まとめ

本報告では、LBP654C に採用された外部加熱方式のオンデマンド定着器の技術紹介を行った。また、伝熱シミュレーションを用いて、中間層の厚みと定着性との関係を確認した。また、非通紙部の昇温に関しては、従来機定着器との比較から、LBP654C の定着器技術による定着器性能向上を確認した。

参考文献

1) Y.Otsuka , K. Okuda, Y. Tomoyuki, A. Kuroda, “ A study on On-Demand Fusing Technology”, Proceeding of Japan Hard Copy '94, The Imaging Society of Japan (1994), pp. 61-64, [in Japanese]

2) Canon Official Website, Available at: <http://cweb.canon.jp/satera/lbp/lineup/a4-color/654c/> (Accessed March 22, 2018) [in Japanese]

3) Y. Otsuka, T. Ochiai, T. Sano, and Y. Nishizawa, “Optimum Heater Designing for Low Energy Consumption Fuser”, Proceeding of PPIC'08: Pan-Pacific Imaging Conference '08, The Imaging Society of Japan (2008), pp. 196-199.

一般セッション(口頭講演)| 電子写真

[EP2] 電子写真デバイス (2)

Electrophotographic Devices (2)

2018年6月19日(火) 15:40 ~ 16:40 コンファレンスルーム (工学系総合研究棟 2 二階)

[EP2-02] プロダクションプリント画質と厚紙高速化を達成した省エネ定着 The Energy-Saving Fixing Apparatus Which Achieved Production Print Image Quality and Cardboard Speeding

*和澄 利洋¹、西埜植 一紀¹、三保 広晃¹ (1. コニカミノルタ株式会社)

*Toshihiro Wazumi¹, Kazunori Nishinoue¹, Hiroaki Miho¹ (1. KONICA MINOLTA, INC.)

小規模印刷業やオンデマンドプリントショップ、企業内印刷を含むライトプロダクションプリント市場においては、顧客のコスト・環境意識が高まる中で、前任機に対して大幅な省エネを実現し、且つプロダクションプリント品質（画質・厚紙高速化）を実現する必要がある。

我々は省エネに有効な低熱容量スポンジローラの採用を目指し、プロダクションプリント品質を確保するために生じる定着圧力の増加とそれによる耐久性の悪化を両立させるため、テストピースを用いた材料選定と、ひずみのCAE解析に基づく部材設計を行うことで、スポンジローラの採用に成功し、長寿命かつ高品質な省エネ定着装置を開発した。

プロダクションプリント画質と厚紙高速化を達成した省エネ定着

和澄 利洋，西埜植 一紀，三保 広晃

コニカミノルタ株式会社 情報機器開発本部 EP 画像技術開発センター

The Energy-saving Fixing Apparatus Which Achieved Production Print Image Quality and Cardboard Speeding

Toshihiro Wazumi, Kazunori Nishinoue, and Hiroaki Miho

EP Image Engineering Development Center R&D Headquarters Business Technologies, Konica Minolta, Inc.

While customer's cost and environment consciousness is rising, in a small-scale print trade, a on demand print shop and a light production print market including in-house printing, we have to achieve low electricity consumption and achieve the production print quality (image quality and cardboard speeding).

We aimed to adopt the low thermal capacity sponge roller, but excessive fixing pressure caused destruction of the sponge. We have developed the long-lived life and high-quality fixing apparatus by practicing component design based on material selection using test piece and CAE analysis of strain.

1. はじめに

小規模印刷業やオンデマンドプリントショップ、企業内印刷を含むライトプロダクションプリント市場においては、顧客のコスト・環境意識が高まる中で、前任機に対して大幅な省エネを実現し、且つプロダクションプリント品質（画質・厚紙高速化）を実現する必要がある。

我々は省エネに有効な低熱容量スポンジローラの採用を目指し、プロダクションプリント品質を確保するために生じる定着圧力の増加とそれによる耐久性の悪化を両立させるため、テストピースを用いた材料選定と、ひずみの CAE 解析に基づく部材設計を行うことで、スポンジローラの採用に成功し、長寿命かつ高品質な省エネ定着装置を開発した。

ある。



Fig.1 Photograph of the AccurioPress C3080

2. Konica Minolta AccurioPress C3080

本報告の定着システムは、本年 1 月に上市した Konica Minolta AccurioPress C3080 に搭載した。外観図を Fig.1 に示す。基本仕様を Table1 に示す。

高い信頼性と優れた画質で、市場評価の高い bizhub PRESS C1070 シリーズ。長尺紙使用の大量印刷機能、高品質印刷物を安定供給する IQ-501 の強化などを加え、パワーアップしたマルチロール印刷システム、AccurioPress C2070 シリーズ。そこからさらなる進化を遂げ、市場競争力を高める生産性を付与したシステムが、AccurioPress C3080 シリーズで

Table1 Basic specifications of AccurioPress C3080

		AccurioPress C3080
Print / Copy process		Laser electrostatic process
Development system		Dry dual component magnetic brush development
Productivity	Print speed A4	81ppm/71ppm
	Print speed A3	45ppm/39ppm
	Warm-up time	390s
	First copy time	4.2s (B&W) 6.5s (Full Color)
Media versatility	Paper size	Postal card ~ 323 x 480mm
	Paper weight	62 ~ 350g/m2
	Maximum Paper capacity	15390 Sheets maximum
Resolution / Gradation		1200dpi x 1200dpi/ 256 8-bit CMYK
Operebility		Large 15" color touch-screen display
Dimensions		800x903x1076mm

* 〒192-8505 東京都八王子市石川町 2970

* 2970 Ishikawa-machi, Hachioji-shi,Tokyo,192-8505,Japan

e-mail:toshihiro.wazumi@konicaminolta.com

3. 開発コンセプト

我々が目指す究極のデジタルプレスシステム商品の共通コンセプトは、『安心・簡単・快適』である。多様な使用環境・使用条件に対して、高画質を安定して提供することを可能にし、お客様に『安心』して使っていただく製品として、信頼性と安定性を重視して設計した。またお客様に『快適』に使うために、機械サイズをコンパクトに設計した。

本稿では前任機 AccurioPress C2070 に対して、高生産性 (Fig. 2) と省エネ性能 (Fig. 3) を付与した定着システムに焦点を絞り報告する。

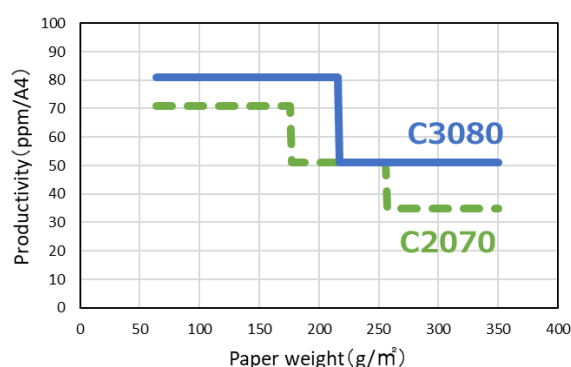


Fig. 2 In C3080, acceptable range of printing speed on paper weight was extended by improving temperature stabilization control.

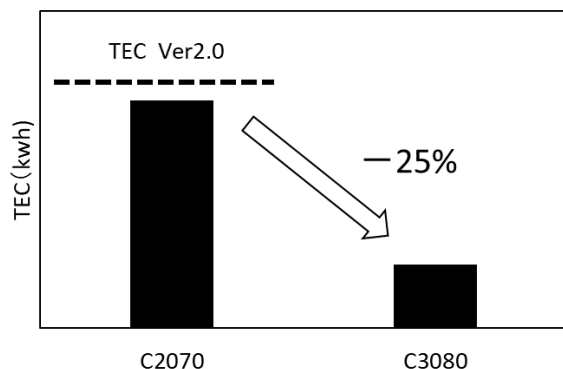


Fig. 3 C3080 achieved 25% lower electricity consumption.

4. 定着プロセス技術

Fig. 4 に定着部の基本構成を示す。AccurioPress C3070 は C2070 同様に上二軸ベルト方式を採用した。低温定着トナー（デジタルトナーHD[®]）を採用するとともに、①上加圧ローラ弾性層のスポンジ化、②定着ニップ圧力アップ、③温度分布を最適化した新規

ヒーターランプの採用、を通じて効率的な熱供給を可能にすることによって、C2070 に対して大幅な消費電力削減による省エネ性向上、及び厚紙通紙時の定着性確保を実現した（C2070 に対して約 25% の消費電力を削減）。

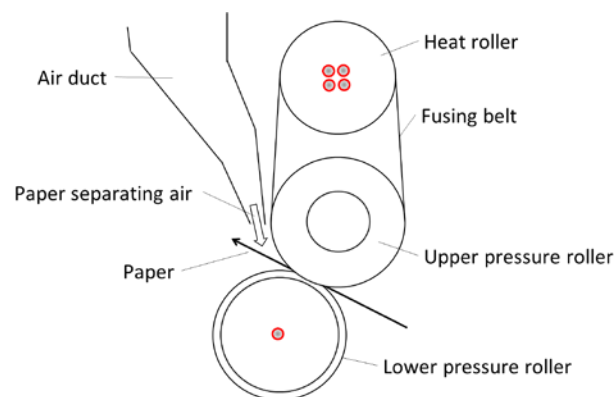


Fig. 4 Fixing Unit of AccurioPress C3080

また、多様な市場ニーズに対応するために、C3080 では通紙可能な紙種の拡大にも注力した。

用紙分離のためのエアブロー方式定着分離機構はエアフローに関する CAE 解析技術により、あらゆる場面での紙挙動を極限まで安定することができるエアダクトによる送風の効率向上に成功した。その結果、厚紙での高速通紙性と薄紙通紙時の用紙分離性能との両立を達成した。

2 次転写部で高抵抗ベルトを採用し、新規の押圧可変機構を使用するとともに、定着部ではトナーへの熱供給効率の向上と、ニップ圧力と上下加圧ローラ構成の最適化を行うことにより、エンボス紙使用時の印刷品質を大幅に改善した (Fig. 5)。

その結果、多様なサイズ、坪量（薄紙から厚紙まで）、紙種（エンボス紙など）での高画質化を可能とした。

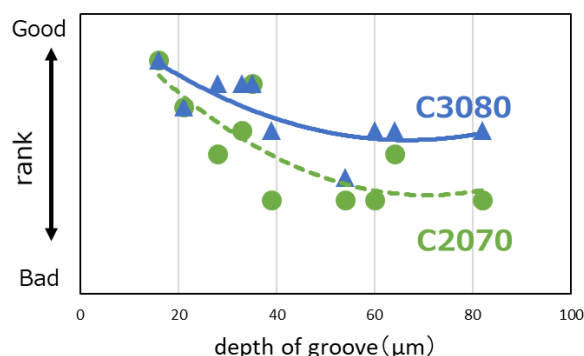


Fig. 5 In C3080, print quality on embossed paper was improved compared with C2070.

4. 1 狙いと課題

本定着器の狙いは大幅な省エネルギー化及び PP 品質（厚紙高速化・画質）と耐久性の両立である。

従来のオフィス機はスポンジローラを採用することで省エネを実現しているため、プロダクションプリント機でもスポンジローラを採用することで省エネを達成できる。しかしながらプロダクションプリント品質達成のためにはオフィス機に比べ大幅に定着圧力を上げる必要があり、耐久性が悪化することが経験的にわかっている (Table2)。よって従来はスポンジローラをプロダクションプリント機で使うのは不可能と考えられていた。

Table 2 Pros and cons of the sponge roller for applying to the production printer.

	Request	Conventional solid for PP	Sponge roller for MFP	Conventional sponge to PP	Countermeasures or adverse effects
①	Environmental spenorty (TEC Value)	×	○	○	Adopting sponge roller
②	Temperaturel control (Thermal responsibility)	○	○	○	—
③	Cardboard productivity	×	×	○	Extending nip by loading up
④	Image quality (noise or ununiformity on image)	○	×	○	Raising pressure by loading up
⑤	Durability	○	○	×	Getting worse by loading up
⑥	Fixing strength	○	○	○	—
⑦	Paper passing reliability	○	○	○	—
⑧	Separating performance	○	○	○	—

実際に C2070 の上加圧ローラにスポンジを適用したところ、短時間で破壊に至ることを確認した (Fig. 6)。



Fig.6 To achieve print quality for production print, it required higher fixing pressure, which caused destruction of the sponge layer in short time.

4. 2 機能特性フロー図

破壊メカニズムを分析し、機能フロー図を作成した (Fig. 7)。機能フロー図とはパラメータと品質（今回は耐久破壊）をつなぐ、特性値を見える化したものである。作成したフローの中から破壊につながる

特性として①熱劣化、②疲労負荷、③ゴム変形に着目し、それぞれ解析を行った。

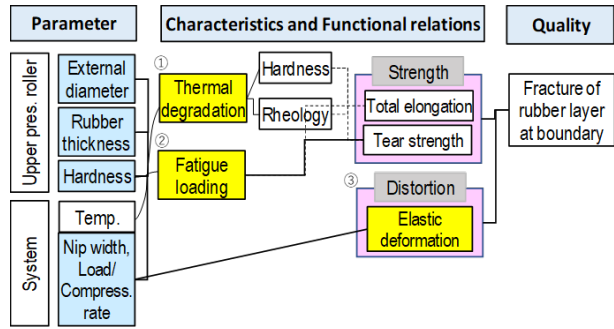


Fig.7 Functional properties flowchart

4. 3 熱劣化

テストピースを用いて 100 時間加熱放置し、強度を測定した (Fig. 8)。従来のソリッドゴムは加熱放置を行うと、急速に強度の低下が発生しているが、スポンジは加熱放置しても強度が変化しないことが分かった。よって本定着器で採用したスポンジローラは従来のソリッドゴムと異なり、熱劣化の影響を考慮しなくて良いことが分かった。

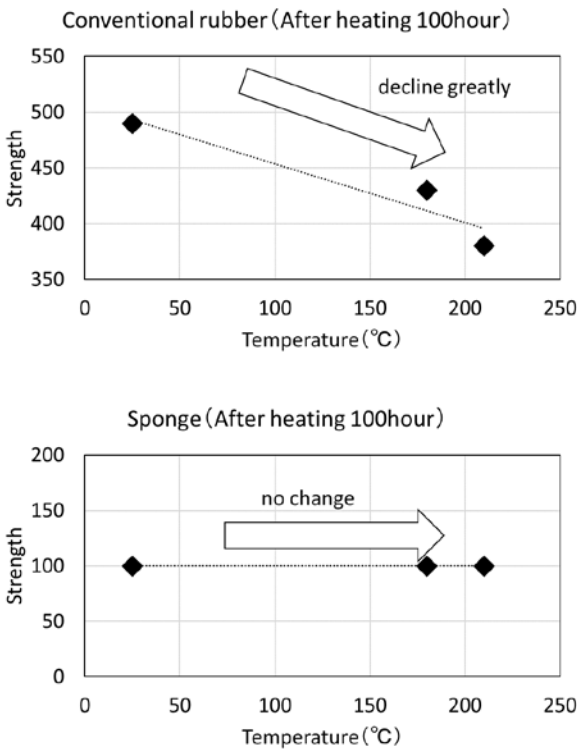


Fig.8 Comparison of temperature dependence on strength degradation between conventional solid rubber (upper) and foamed rubber (lower).

4. 4 疲労負荷

テストピースを用いて機械的な負荷を繰り返し付与し、破壊までの回数を測定した (Fig. 9)。従来のソリッドゴムは実使用よりもはるかに大きな負荷を繰り返しかけても、破壊しなかったが、スポンジは負荷を大きくしていくと、破壊までの回数が大幅に少なくなることが分かった。よって本定着器で採用したスポンジローラは従来のソリッドゴムと異なり、疲労負荷の影響を強く受けることが分かった。

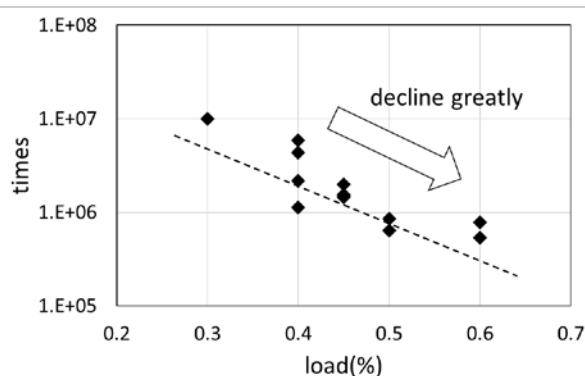


Fig.9 Results of cyclic test count till the test piece was fructured by changing loading intensity.

4. 5 ひずみ (CAE 解析)

ゴム変形に対して、スポンジにかかるせん断ひずみを CAE で算出した (Fig. 10)。

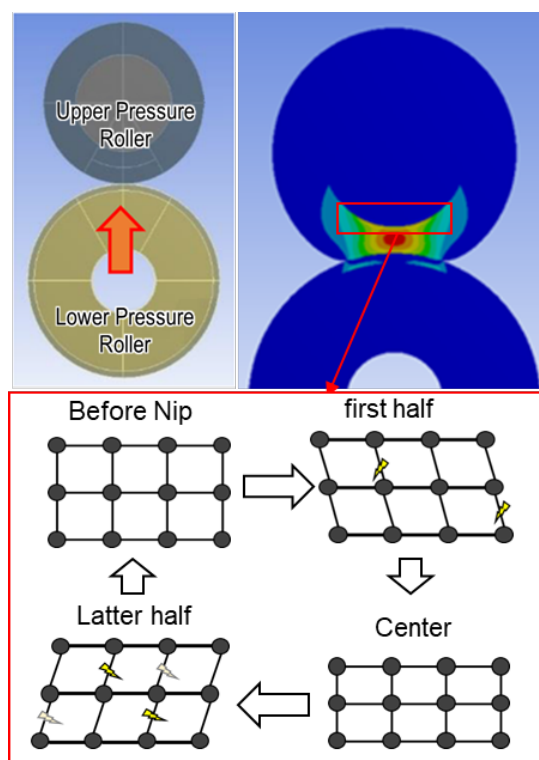


Fig.10 Image diagram of CAE analysis for calculating interfacial shear strain.

スポンジの耐久での破壊は芯金との界面近傍で発生しており、界面付近のせん断ひずみを切り出して解析を行った。

CAE で算出したひずみと耐久時間の関係を並べた結果が Fig. 11 である。非常に高い相関があり、界面せん断ひずみを低減することで耐久が急速に改善することがわかった。AccurioPress C3080 では高荷重のままひずみを低減するローラ構成に変更し、飛躍的に耐久性を改善することができ、プロダクションプリント機としては初めてスポンジローラの採用に成功した。

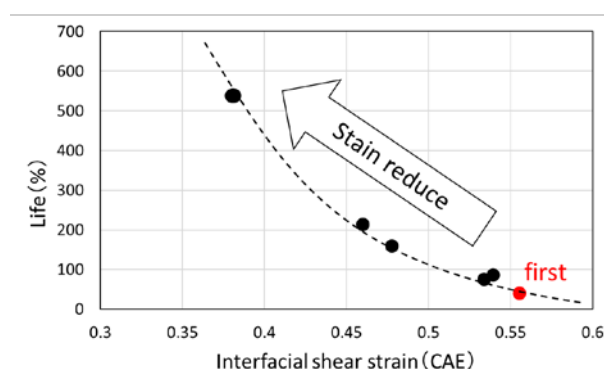


Fig.11 Relation between experimental results of sponge roller life and calculated results of interfacial shear strain by CAE.

5. まとめ

我々が開発した定着装置は、印刷業を営むお客様の多様なビジネスモデルに応えるべく、信頼性と安定性を重視して設計された。

定着上加圧ローラにスポンジローラを採用し、大幅な省エネ化と、プロダクションプリント品質 (画質・厚紙高速化) を実現した。

また、テストピースを用いた材料選定と、ひずみの CAE 解析に基づく部材設計を行うことで、プロダクションプリント機にスポンジローラを採用することに成功し、長寿命かつ高品質な省エネ定着装置を開発した。

今後も我々プロダクションプリント製品に携わる開発者は真摯にお客様の求めるニーズを探索し、真の価値まで掘り下げて新しい技術と製品を提供し続けていきたい。

一般セッション(口頭講演)| 電子写真

[EP2] 電子写真デバイス (2)

Electrophotographic Devices (2)

2018年6月19日(火) 15:40 ~ 16:40 コンファレンスルーム (工学系総合研究棟 2 二階)

[EP2-03] 液体现像方式における乾燥技術の開発

Development of Drying Process for Liquid Electrophotography

*阿部 昌昭¹、辰浦 智¹、中山 信行¹ (1. 富士ゼロックス株式会社)

*Masaaki Abe¹, Satoshi Tatsuura¹, Nobuyuki Nakayama¹ (1. Fuji Xerox Co., Ltd.)

高沸点揮発性キャリアオイルを用いた液体现像方式における乾燥技術を開発した。課題は基材に転移・浸透するキャリアオイルの乾燥時間短縮である。基材を短時間で昇温し、基材内の水蒸気によってオイルを押し出すことで、乾燥時間の大幅な短縮が可能であることを見出した。これらにより、短時間乾燥で良好な定着性能を獲得する新たな乾燥定着システムを開発できた。

液体现像方式における乾燥技術の開発

阿部 昌昭, 辰浦 智, 中山 信行

富士ゼロックス株式会社 マーキング技術研究所

Development of Drying Process for Liquid Electrophotography

Masaaki Abe, Satoshi Tatsura, and Nobuyuki Nakayama

Marking Technology Laboratory, Fuji Xerox Co., Ltd.

A drying process was developed for liquid electrophotography using volatile carrier oil with high boiling point and fine toner particle. A drying process of the oil is necessary to obtain post-process capability such as lamination and varnishing. Since the toner layer covering the surface of the medium served as a resistance layer, it was hard to dry the oil penetrated into a permeable medium such as coated paper. In this study, it was clarified that drying performance strongly depends on the temperature of the media, and required rapid heating system to obtain temperature above the boiling point of water. Based on the study, high-speed drying processes for continuous medium and sheet-fed medium were presented.

1. はじめに

液体现像（LID：Liquid Ink Development）の原理は、図1に示す通り、液体现像剤を用いる電子写真プロセスであり、液体现像剤としてキャリアオイルにトナーを分散させ、微小粒径トナーの接触現像/転写を行う。接触プロセスであること、液体中で微小粒径のトナーを使用できること、オイル潤滑により長寿命が期待できることなどから、高画質、高生産性、メディア汎用性、低ランコスト、環境適性などを同時に獲得でき、プロダクション市場での幅広いアプリケーションに適用できる可能性を持つ^{1, 2)}。

一方、ラミネートやニス塗布といった後加工適性を獲得するため、転写工程でメディアに転移するキャリアオイルの除去技術が必要となる。液体现像剤に用いられるキャリアオイルは、大きく不揮発性と揮発性に分けられるが、不揮発性オイルは、メディア上にオイルが残留し、上記後加工適性を獲得しにくい。そのため、揮発性キャリアオイルを採用した液体现像システムの乾燥技術開発に取り組んだ。

揮発性キャリアオイルの乾燥は、コート紙などの浸透性メディアで大きな課題となる。メディア内部に浸透したキャリアオイルは、表面を覆うトナー層が抵抗となって揮発が妨げられるためである。本報告では、メディアに浸透したキャリアオイルの乾燥メカニズムを考察し、定着基本性能と後加工適性獲得に必要な乾燥条件を検討した。そして、検討結果に基づいて、連帳と枚葉メディアそれぞれに適した液体现像システムの乾燥プロセスについて検討した。

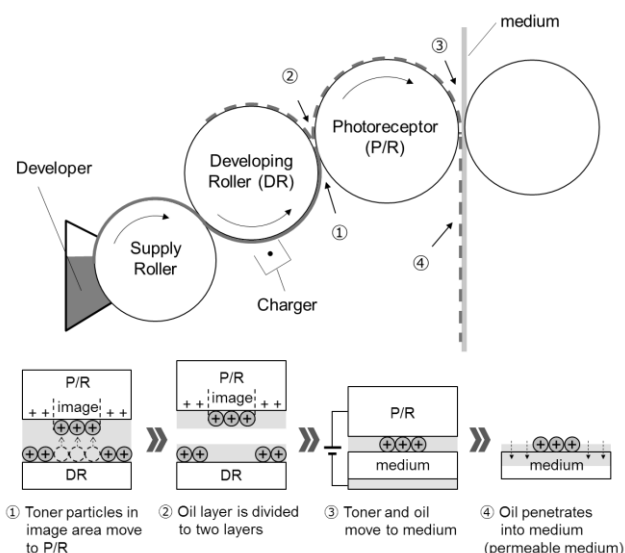


Fig.1 LID process.

2. 乾燥技術の概要

2.1 乾燥メカニズム

メディアに浸透したキャリアオイルは、次の2つのプロセスで乾燥すると推察される。

(1) メディア内部の水蒸気によってキャリアオイルがメディア外に押し出され、押し出されたキャリアオイルがメディア（またはトナー層）表面で揮発するプロセス。主に、メディアが水の沸点以上に急速加熱される過程でおこる。

(2) メディア温度によって決まるメディア内のキャリアオイルの蒸気濃度、および、トナーとメディア各層の拡散係数に従って拡散揮発するプロセス。

2.2 乾燥性能の検証方法

図2に示す実験装置で乾燥性能を検証した。金属製の背面加熱ロール（BHR：Back Heat Roller）をメディア裏面に接触させて急速加熱し、水蒸気によりキャリアオイルを押し出して乾燥するプロセス（メカニズム1、図2A～B）と、乾燥炉内に一定時間メディアを滞留させ、キャリアオイルを拡散乾燥するプロセス（メカニズム2、図2B～C）で構成される。転写後（図2A）は、画像部、非画像部で、同一量のオイルが残留するようにした。

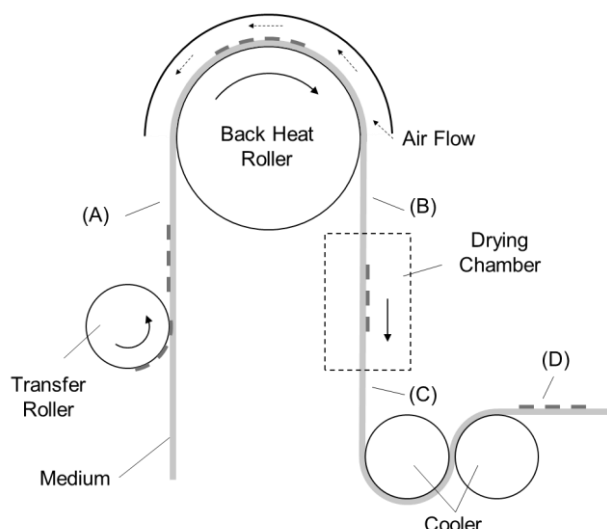


Fig.2 Schematic of experimental apparatus for LID drying process.

2.3 水蒸気によるキャリアの押し出し乾燥

BHR出口（図2のB）における残留キャリアオイル量は、図3に示すように、メディア温度に大きく依存し、メディア温度に比例して残留キャリアオイル量が減少した。また、図4に示すように、トナー層の影響は小さいことがわかる。トナーが熔融前にキャリアオイルが水蒸気によってメディア外に押し出されるため、トナー層の抵抗の影響が小さいと推察される。

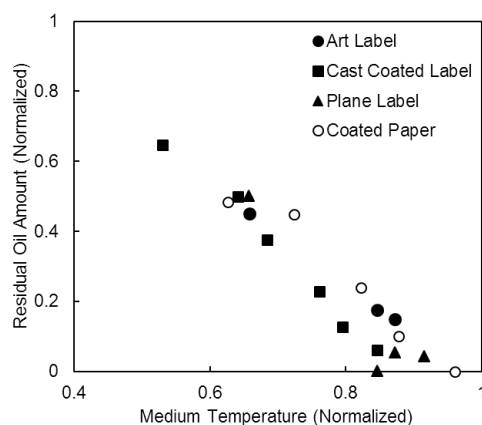


Fig.3 Relation between residual oil amount and medium temperature in BHR process.

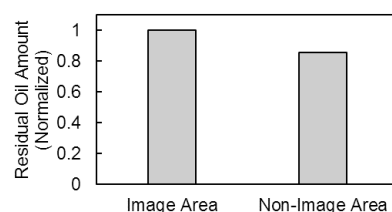


Fig.4 Comparison between image and non-image area.

2.4 メディア内キャリアオイルの拡散乾燥

乾燥炉内でのメディア滞留時間と残留オイルの関係は、図5に示す通り、時間に比例して残留オイルが減少することがわかる。画像部の揮発速度（図5の傾き）は、非画像部に対して半分以下に低下する。さらに、図6に示すように、揮発速度とグロス（高いほどトナーが熔融した状態）が負の相関であり、トナー熔融後となる拡散乾燥では、2.3節で述べた結果とは異なり、トナー層が抵抗となる影響を強く受ける。以上の結果から、拡散揮発による乾燥（乾燥炉）では、トナー層の通気抵抗を増大させないことが重要であることがわかる。

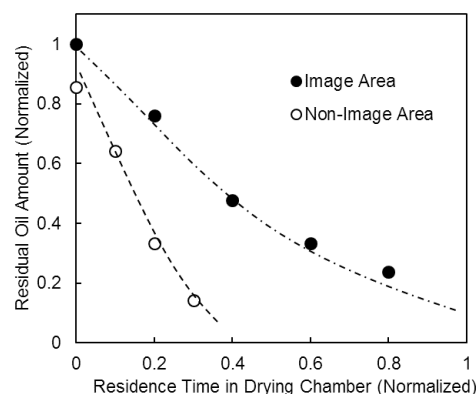


Fig.5 Relation between residual oil amount and residence time in drying chamber.

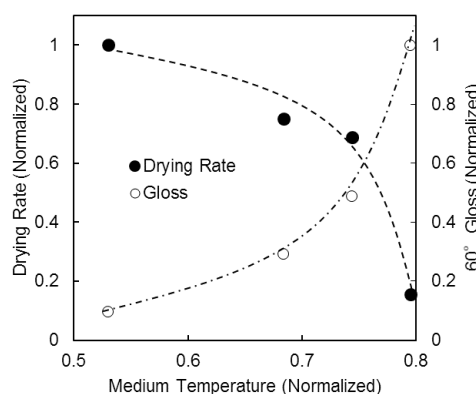


Fig.6 Relation between drying rate and gloss.

2.5 乾燥方式

2.3節, 2.4節で述べた結果から, ①メディアをトナー溶融温度以上に急速に昇温する乾燥方法, または, ②トナー溶融温度以下でトナー層の通気性を確保して乾燥する方法のいずれかを選択する. 乾燥方法②では, 定着基本性能と後加工適性を獲得するために乾燥炉で数10秒程度の滞留時間が必要となる. 印刷機には100 m/min程度の高速性が求められると想定し, 高速乾燥が可能な乾燥方法①を選択した.

3. 連帳メディアの乾燥システム構成

連帳メディアでは, ラベルや軟包装などで使われるフィルムメディアへの対応も必要である. フィルムメディアは非浸透性のため, 乾燥性は問題とならないが, 熱変形の点で安定した温度制御が必要となる. そのため, 加熱手段としてメディア裏面からの接触加熱(BHR)を採用した. 接触加熱では, メディア内部の水分が水蒸気となってメディア裏面(BHRとメディアの接触界面)に流出し, 密着性が低下して加熱効率が低下する. 水蒸気によるキャリアオイル押し出しと密着性低下の回避の両立が課題となるが, 対策として, 図7に示すように, 複数のBHRで間欠的に接触加熱することでメディア裏面の水蒸気を逃がし, 密着性を改善する方法を検討した.

図8に示すように, 加熱時間の延長より, BHRの多段化が有効であることがわかる. メディア裏面から水蒸気が逃げるため, 後段のBHRで高い密着性と熱伝達効率が得られることが高い到達温度に繋がる. 最終的に3段のBHRによる加熱構成とし, 乾燥プロセス時間数秒以下で目標の乾燥性が得られた.

本構成では, 搬送ロールへ画像面が接触することによる画質劣化が懸念されるが, BHR#1の温度設定と接触時間, 離形性の高い搬送ロール表面材質を使うことで, 問題にならないことを検証した.

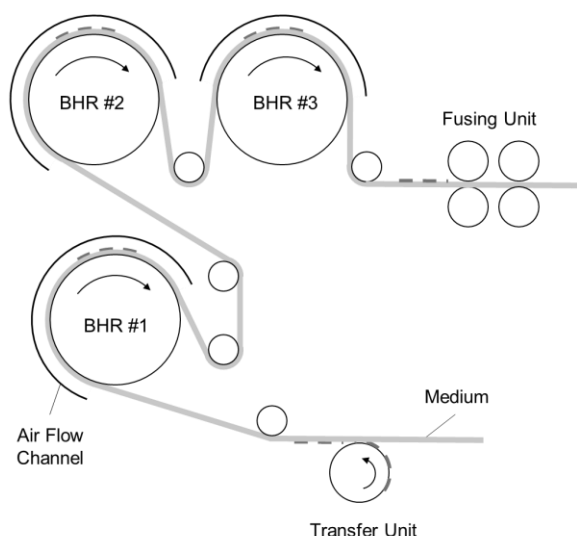


Fig.7 Schematic of multiple BHRs heating system.

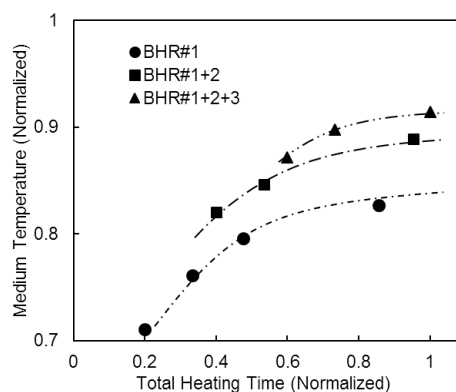


Fig.8 Heating characteristic of multiple BHRs.

4. 枚葉メディアの乾燥システム構成

枚葉印刷機で採用されるグリップパー用紙搬送では, メディアに張力を印加できない. 従って, 3章で述べた接触加熱方式では, 密着性の低下, メディア終端部の跳ね上がりによる画像部のこすれ, 温度均一性低下の懸念がある. そのため, 加熱手段として, 遠赤外線ヒーター(IRヒーター: Infrared heater)による非接触加熱を採用した.

4.1 IRヒーターの基本性能

IRヒーターの加熱効率はヒーターの放射波長と被加熱物の吸収波長の組み合わせに依存し, 一般的にK色(カーボン含有)部が白紙部と比較して高温になる. 色間温度差が大きい場合, たとえば, K色部を乾燥温度に合わせて加熱すると, 他色部では乾燥性能が不足する. 色間温度差を解消するためにはIRヒーター表面温度を下げて放射波長を長波長にし, 白紙部の吸収率を高める必要がある. 図9に示すとおり, ヒーター表面温度を下げることで, 実用上問題とならない色間温度差に低減できることを検証した.

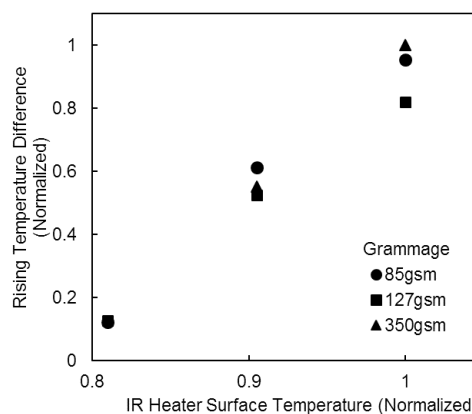


Fig.9 Relation between rising temperature difference and IR heater surface temperature.

4.2 ブリスター対策

用紙中で急激に蒸発・膨脹した水蒸気がトナー層に妨げられ、圧力が紙の内部結合強度を超えるとブリスターが発生する。通気抵抗が最も高くなる、メディア両面にトナー層がある場合のブリスター発生状況を図 10 に示す。図中の×印はブリスター発生点を示す。昇温速度を遅くすることでブリスターを回避できることがわかる。

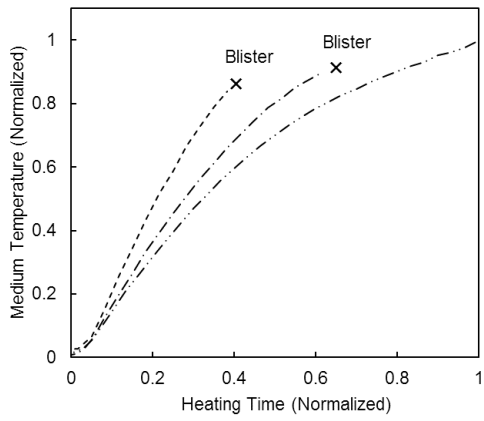


Fig.10 Temperature rising characteristic and blister.

5. まとめ

高沸点の揮発性キャリアオイルの乾燥技術開発に取り組んだ。乾燥が課題となる浸透性メディアでは、メディアを急速に昇温し、メディア内で発生する水蒸気によってオイルを押し出すことが高速乾燥に必要であることが分かった。

連帳メディアと枚葉メディアそれぞれに適した乾燥システムを検討した。連帳メディアに対して、3 段の BHR 加熱構成によって接触性低下の課題を解消した。枚葉メディアに対して、IR ヒーターのパラメータ調整によって色間温度差とブリスターの課題を解消した。

一連の検討により、表 1 に示すように、幅広いアプリケーションに適用可能な、液体现像の乾燥システムを構築した。

Table 1 Typical applicable medium.

Application	Medium
Commercial	Coated and uncoated paper
Packaging	Coated and uncoated paper Pressure sensitive labels (Paper, PET, Synthetic paper, Metallic) Paperboard Films (PET, OPP, ONY)

参考文献

1) Nobuyuki Nakayama, Satoshi Tatsuura, Taichi Yamada, Toshihiko Suzuki, Takamaro Yamashita, and Osamu Ide, “Development of Liquid Electrophotography System with Volatile Carrier Developer”, Proceeding of ICJ2018: Imaging Conference Japan 2018, (2018) [in Japanese].

2) Tsutomu Teraoka, “Think Liquid Development Technology for Digital Printing,” Presentation Material of 54th Imaging Cafe, (2016) [in Japanese].