
一般セッション(口頭講演)| 画質・視覚

[QV] 画質・視覚

Image Quality and Vision

2018年6月20日(水) 09:30 ~ 10:10 コンファレンスルーム (工学系総合研究棟 2 二階)

[QV-02] ビームスポット形状が粒状性に与える影響

Influence of Beam Spot Property on Graininess of Electrophotographic Image

*坂井 直樹¹、曾根 拓郎¹、岸 由美子¹、渡辺 直人¹、添田 真弘¹、酒井 浩司¹、須原 浩之¹、日野 真¹ (1. 株式会社リコー)

*Naoki Sakai¹, Takuroh Sone¹, Yumiko Kishi¹, Naoto Watanabe¹, Masahiro Soeda¹, Kohji Sakai¹, Hiroyuki Suhara¹, Makoto Hino¹ (1. Ricoh Company, Ltd.)

粒状性は、印刷物の画質における重要な項目のひとつであり、特に電子写真ではオフセットライクな画像を得るために重要視されている。電子写真の粒状性を悪化させる要因には、画像を形成するドットの大きさ・形状のばらつきといったドット品質が挙げられる。ドットを形成する最初の工程は露光であるが、露光に用いるレーザービームの特性によって、最終的に出力される印刷物の粒状性が影響を受ける。本発表では、粒状性を向上させるための最適な露光条件を探るため、ビームスポット形状を変化させ、印刷物の粒状性に与える影響を評価した。

ビームスポット形状が粒状性に与える影響

坂井 直樹, 曾根 拓郎, 岸 由美子, 渡辺 直人,
添田 真弘, 酒井 浩司, 須原 浩之, 日野 真

株式会社リコー 研究開発本部 APT研究所

Influence of Beam Spot Property on Graininess of Electrophotographic Image

Naoki Sakai, Takuroh Sone, Yumiko Kishi, Naoto Watanabe,
Masahiro Soeda, Kohji Sakai, Hiroyuki Suhara, Makoto Hino

Institute of Advanced Printing Technology, Research and Development Division, Ricoh Company, Ltd.

We study a relationship between graininess of electrophotographic image and beam spot properties. We evaluate graininess of the images printed in several exposure conditions. Decrement of beam spot size improves the graininess. However, over small beam spot suppresses the effect of improving graininess. To analyze these results, we calculate electric potential distributions of latent images. The sharpness of latent image is an important factor which characterizes the graininess of image.

1. はじめに

粒状性は、印刷物の画質における重要な項目のひとつであり、特に電子写真ではオフセットライクな画像を得るために粒状性を向上させることが重要視されている。電子写真の粒状性を悪化させる要因には、画像を形成するドットの位置、形状のばらつきといったドット品質が挙げられる^{1)・2)}。

画像生成工程において、印刷物のドットを形成する最初の工程である露光は、印刷物の画質に大きな影響を与える。露光によって形成された潜像がドット品質に影響を与えることが確認されている³⁾。また、レーザービーム径と粒状性について、シミュレーション上では相関があることが確認されている⁴⁾が、このような傾向を実験上で確認したという報告は為されていない。本報告では、レーザービームの特性を変化させて画像を出力し、粒状性に与える影響について評価した結果を述べる。

2. 評価方法

2.1 粒状性評価法

本検討では、粒状性を以下の式(1)を用いて評価した¹⁾。これは、Dooleyらの粒状性評価式⁵⁾を、カラー画像にも適用できるように、改良したものである。

$$\begin{aligned} (\text{粒状性}) = & f(\bar{L}^*) \cdot p_B \int \sqrt{WS_B(u)} \cdot VTF_B(u) du \\ & + p_{C1} \int \sqrt{WS_{C1}(u)} \cdot VTF_{C1}(u) du \\ & + p_{C2} \int \sqrt{WS_{C2}(u)} \cdot VTF_{C2}(u) du + C \\ & \dots (1) \end{aligned}$$

式(1)中の $f(\bar{L}^*)$ は評価対象の平均明度 \bar{L}^* を用いた関数、 $WS_B(u)$ 、 $WS_{C1}(u)$ 、 $WS_{C2}(u)$ は評価対象の明度、色度成分のウィナースペクトル、 $VTF_B(u)$ 、 $VTF_{C1}(u)$ 、 $VTF_{C2}(u)$ は明度・色度成分に対する視覚的空間周波数特性を示している。 p_B 、 p_{C1} 、 p_{C2} はパラメータ、 C は定数である。

2.2 実験条件

本検討では、露光条件の調整が可能な作像装置を用いて画像を出力し、粒状性を評価した。露光条件を調整することで、5条件のレーザービーム強度分布を設定した。Fig. 1は、各条件におけるレーザービーム強度のプロファイルを示している。Fig. 2は、各露光条件におけるビーム断面の形状を示している。ビーム断面は、ビーム強度が最大値の $1/e^2$ となる断面と定義した。Fig. 3は、ビーム断面の面積を示している。条件A、B、C、Dの順で、ビーム強度のプロファイルの裾野が広くなり、ビーム面積が拡大している。条件Eのビーム面積($3085 \mu\text{m}^2$)は、条件B($2680 \mu\text{m}^2$)と同等であるが、主に主走査方向にサイドローブが発生し、ビーム断面形状も大きく変形している。

Table 1は、粒状性を評価するために作成した画像データの仕様を示している。本検討では、粒状性の明度に対する依存性を確認するために、面積率の異なる11種類のパッチを作成した。なお、本検討では評価対象は黒色の単色画像としたが、将来的にカラー画像に対する評価の実施を見込み、粒状性の評価式は、カラー画像にも対応した式(1)を使用した。

〒243-0460 神奈川県海老名市泉 2-7-1

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

e-mail: naoki.sakai@jp.ricoh.com

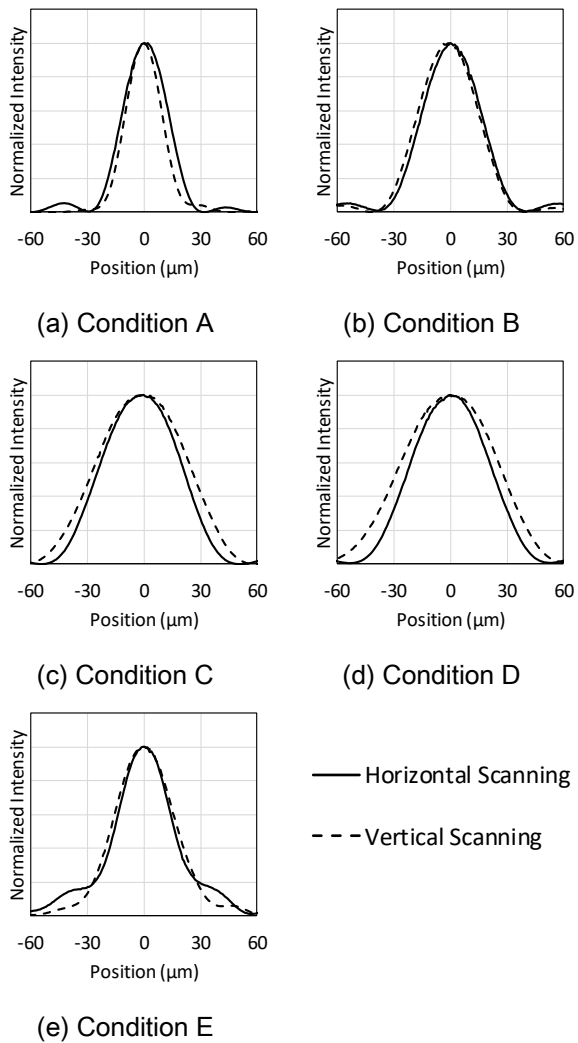


Fig. 1 Beam profiles of each exposure condition

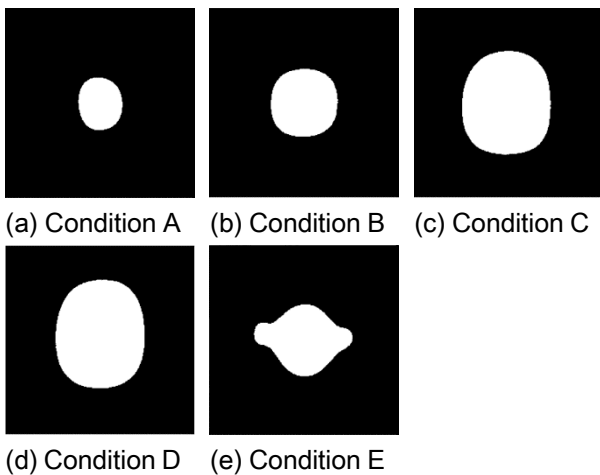


Fig. 2 Beam spot shapes

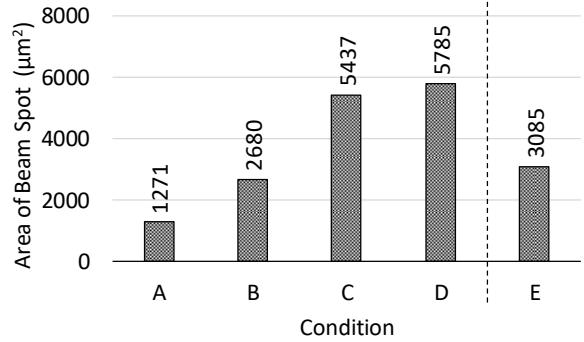


Fig. 3 Area of beam spot

Table 1 Configuration of test chart

Resolution (dpi)	1200
Halftoning	Dot Screen
Area Ratio of Binary Image (%)	3 – 100 (11 Steps)
Color	Single Color of K

出力された画像を CCD カメラで撮影し、評価対象の RGB 分布を取得した。これを $L^*a^*b^*$ 均等色空間に変換し、前記の評価式 (1) を用いて粒状性を評価した。

3. 評価結果

3. 1 ビーム面積と粒状性

ビーム面積を変化させた場合 (条件 A-D) の粒状性の評価結果を Fig. 4 に示す。Fig. 4 の横軸は明度、縦軸は評価式 (1) で算出した評価値を示しており、評価値は数字が小さいほど粒状性が良いことを表す。

条件 B, C, D の評価結果を比較すると、明度 50~80 の中明度でビーム面積の縮小に伴って粒状性が改善している傾向が確認できる。また、条件 A (ビーム面積: $1271 \mu\text{m}^2$) と条件 B (ビーム面積: $2680 \mu\text{m}^2$) は、評価値に大きな違いが認められず、ある程度ビーム面積が小さくなると粒状性が改善しなくなる傾向が見られた。

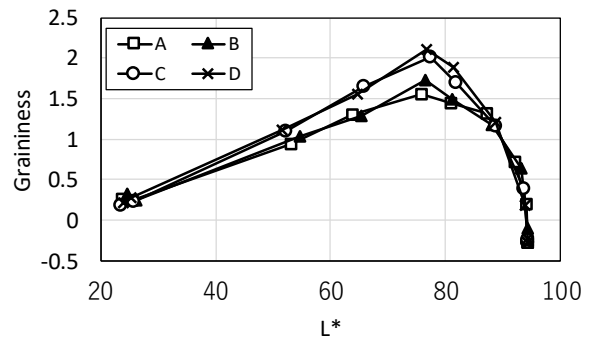


Fig. 4 Graininess of exposure condition A-D

3. 2 ビーム断面形状と粒状性

ビーム断面形状を変化させた場合（条件 B, E）の粒状性の評価結果を Fig. 5 に示す。条件 B と E は、ビーム面積は同程度であるが、条件 E はビーム形状が大きく歪んでいる。両者の粒状性を比較すると、すべての明度の範囲で評価値はおおむね一致しており、ビーム断面形状が粒状性に与える影響は認められなかった。

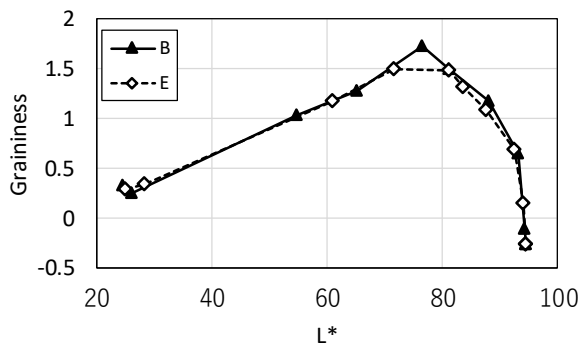


Fig. 5 Graininess of exposure condition B and E

4. 考察

4. 1 ビーム面積縮小による粒状性の改善

Fig. 4 に示したように、ビーム面積の縮小に伴い、中程度の明度範囲で粒状性の改善が認められた。この点について、考察する。

4. 1. 1 ドット形状の観察

粒状性は、微視的にみると画像を構成するドットの位置、形状のばらつきなどに起因する。そこで、各条件で出力された画像のドット形状を観察した。Fig. 6 は、各条件の面積率 50% の画像を顕微鏡で観察したものである。

ビーム面積が小さい場合（条件 A, B）は、面積率の変化は認められるが、いずれの条件もドットの位置、形状のばらつきは小さい。これに対し、ビーム面積が大きい場合（条件 C, D）は、ドットの位置、形状のばらつきが大きい。

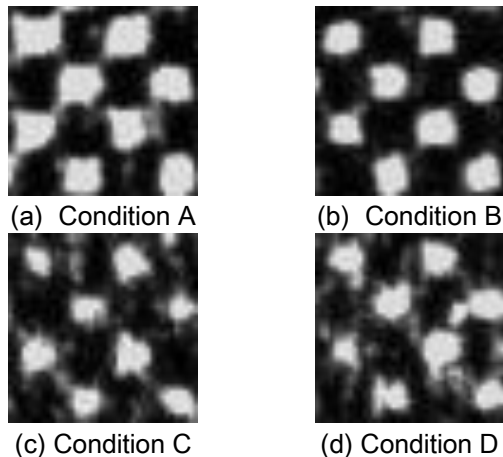


Fig. 6 Microscopic images (Coverage:50%)

4. 1. 2 潜像電位分布シミュレーション

ドットの輪郭が変化した原因を推定するために、感光体上の潜像の電位分布を計算した。まず、各条件におけるビームの強度分布を実測し、これを主・副走査方向に二次元的に走査することで、露光強度分布を得た。次に、露光強度分布を光誘導放電 (PIDC) 曲線にあてはめ、感光体上の潜像の電位分布をシミュレーションした。

Fig. 7 は、シミュレーションで求めた各条件における潜像の電位分布である。Fig. 7 左に示す面積率 50% のパターンについて、潜像の電位分布を求めた。図の黒色の部分が露光部、図の白色の部分が非露光部を示している。ビーム面積が小さい場合（条件 A, B）は、露光部と非露光部の電位変化が急峻である。これに対し、ビーム面積が大きい場合（条件 C, D）は、露光部と非露光部の電位がなだらかに変化している。

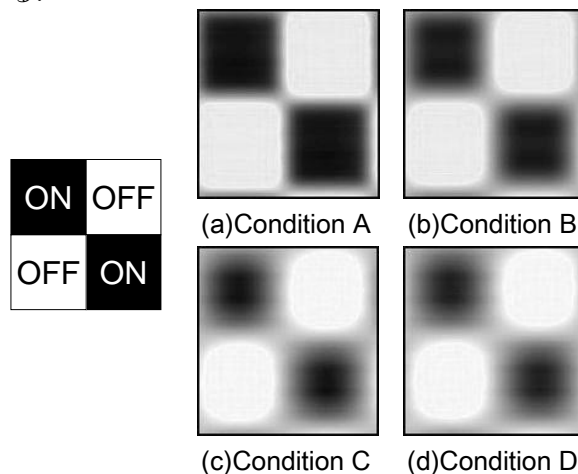


Fig. 7 Simulated electric potential distributions

4. 1. 3 粒状性改善モデル

以上の結果から、ビーム面積の縮小に伴い中明度で粒状性が改善した現象について、Fig. 8 に示すモデルで説明できると考える。露光プロセスにおいて、条件 B のような面積が小さいビームで作像する場合は、ビームの強度分布（図中破線）の裾野は狭い。このようなビームを走査して作像すると、隣接するビームの裾野同士が重なる部分は小さくなり、露光部と非露光部との境界領域で急峻な電位変化を持つ潜像になる（図中実線）。対して、条件 C, D のような面積が大きなビームでは、ビームの強度分布の裾野が広い。このようなビームで作像すると、ビーム同士の裾野が重なることで、露光部と非露光部との境界領域で電位がなだらかに変化する潜像が得られる。

現像プロセスにおいて、露光部と非露光部の境界の電位変化が急峻な潜像は、トナー付着部と地肌部の境界が明瞭なトナー像が得られる。対して、境界の電位変化がなだらかな潜像は、現像が不安定にな

る領域が増え、ドットの境界が不鮮明になる。これによりドットの形状、位置がばらつき、粒状性が低下したと考えられる。

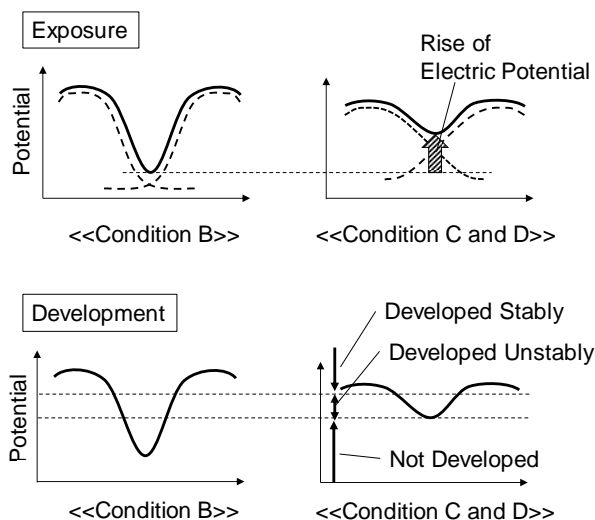


Fig. 8 Exposure and development model

条件 A については、ビーム面積は条件 B より小さいが、粒状性は同等であった。これは、条件 B の段階で、ビーム同士の裾野の重なりが、粒状性に影響を与えない程度に十分小さくなっていたからであると考えられる。そのため、さらにビーム面積の小さい条件 A において粒状性が改善しなかったと考える。

4. 2 ビーム断面形状が粒状性に与える影響

Fig. 5 に示したとおり、ビーム断面形状によって粒状性は変化しなかった。この点について考察する。

4. 2. 1 ドット形状の観察

Fig. 9 に、条件 B と E で出力した画像のドット形状を、顕微鏡で観察したものである。条件 B, E は、面積率に差異は生じているが、いずれの条件もドットの輪郭は明瞭であり、粒状性に影響を与えるドット位置、形状のばらつきには大きさ差異は認められなかった。

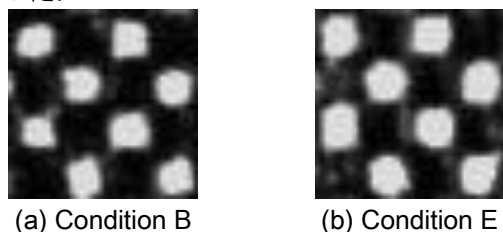


Fig. 9 Microscopic images of condition B and E (Coverage:50%)

4. 2. 2 潜像電位分布シミュレーション

Fig. 10 に、条件 B および E の潜像電位分布のシミュレーション結果を示す。シミュレーション方法は、4-1-2 と同様である。露光部と非露光部と

の境界の電位変化には、わずかな差異が認められるが、これは粒状性に影響を与える程度の差異ではなかったと考える。

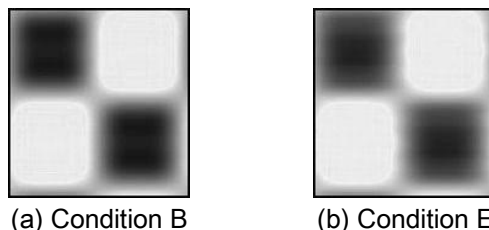


Fig. 10 Simulated electric potential distributions of condition B and E

5. まとめ

ビーム面積が粒状性に与える影響を評価した結果、ビーム面積を縮小することで粒状性が改善することが確認できた。これは、面積の小さなビームで作像するとビームの裾野同士の重なりが小さくなり、潜像の露光部と非露光部の電位変化が急峻になることで、現像後のドット品質が安定したためであると考えられる。ただし、ビーム面積が一定以下になると、粒状性が変化しないことが確認された。これは、ビーム面積が一定以下になると、ビームの裾野同士の重なりが粒状性に対して影響を与えない程度に小さくなるためと考えられる。また、本検討ではビーム断面形状によって粒状性は変化しなかった。これは、ビーム断面形状は潜像に変化を与えるが、その変化が粒状性に影響を与えるほど大きなものではなかったためだと考える。

以上のことから、ビームスポットを小さくすると必ずしも粒状性が改善する訳ではなく、最善の粒状性を与える適正なビームスポット面積を設定することが重要である。

参考文献

- 1) Susumu Imakawa, Makoto Hino, Kenji Kagitani, "Noise Evaluation Method for Halftone Color Image", Ricoh Technical Report No.23 (1997), pp. 53-59 [in Japanese]
- 2) Shinjiro Ito, Yoshiaki Kondo, Kazunori Ishige, Toru Makino, "Evaluation of Electrophotographic Image Quality Aided by Numerical Simulation", Konica Minolta Technology Report Vol. 8 (2011), pp. 40-44 [in Japanese]
- 3) Hiroyuki Suhara, "Study on Measurement of Electrostatic Latent Images in Electrophotography", Waseda University (2015), Ph.D. thesis. [in Japanese]
- 4) Kazuo Terao, Kazuhiro Arai, Daisuke Yoshino, "Effect of the Size of Toner Particle and Laser Spot on the Image Noise", Journal of the Imaging Society of Japan, Vol. 43, No. 3 (2004), pp. 128-133 [in Japanese]
- 5) R. P. Dooley, R. Shaw, "Noise Perception in Electrophotography", Journal of applied photographic engineering, Vol. 4, No. 4 (1979), pp. 190-196