

# AC転写技術

## AC Transfer Technology

中村 圭吾\* 飯村 治雄\* 青木 信次\* 萩野 尉彦\* 前田 一郎\*  
Keigo NAKAMURA Haruo IIMURA Shinji AOKI Yasuhiko OGINO Ichiro MAEDA  
杉本 奈緒美\*\* 田中 真也\*\*  
Naomi SUGIMOTO Shinya TANAKA

### 要 旨

交流高電界を用いた世界初の転写技術「AC転写技術」を開発した。本技術では、交流高電界を用いてトナーの往復運動を発生させ、トナー間に物理的・電気的相互作用を与えることによってトナーの付着力を低下させる。この効果を利用して、放電の発生しない直流電界成分でトナーを転写させることができ、テクスチャ紙のような凹凸紙でも、濃度の均一性に優れた画像が実現される。AC転写技術は、2013年6月に発売のカラープロダクションプリンター「RICOH Pro C5110S/5100S」に搭載されている。

### ABSTRACT

We have developed the “AC Transfer Technology”, which is the world’s first toner transfer technology using ac high fields. In the technology, the ac high fields generate the reciprocating motions of toner particles in recessed portions of papers, and reduce the toner adhesion by repeatedly providing the physical and the electrical interactions among toner particles. Due to this effect, toner particles can be transferred onto papers by low dc field components, and uniform images are realized even on heavily textured papers without discharge generation. The AC Transfer Technology is applied to the color production printers “RICOH Pro C5110S/5100S” released in June 2013.

\* 画像エンジン開発本部 ICT開発センター  
Imaging Core Technology Center, Imaging Engine Development Division  
\*\* 画像エンジン開発本部 モジュール開発センター  
Module Development Center, Imaging Engine Development Division

## 1. はじめに

近年、プロダクションプリンティングの市場において高画質、高安定、用紙対応力が求められており、用紙対応力の面では、テクスチャ紙などの凹凸の大きい用紙に対する転写性の向上が重要な課題となっている。

電子写真プロセスでは、トナーは静電力によって用紙に転写される。一般に転写領域には単純な直流電界が形成されているが、凹凸の大きい用紙では、凹部において用紙とトナー間の空隙が大きく、電界が小さいために、静電力が小さく、転写性が著しく低下してしまう。そのため、凹部での転写性を向上させるには、凹部の空隙を小さくするか、トナーの付着力を小さくする必要がある。その実現手段として、中間転写ベルト方式の転写プロセスでは、低弾性率の中間転写ベルトを用いることで凹部の空隙を小さくする技術<sup>1,2)</sup>や、中間転写ベルト上にあらかじめクリアトナーを転写させることで付着力を小さくする技術<sup>3)</sup>が知られている。しかしながら、深い凹部にトナーを転写させるには、より高いニップ圧や多量のクリアトナーが必要となり、部材の耐久性の低下やコストの増加を招くといった課題がある。

そこで、我々は従来とは異なるアプローチとして、空気の絶縁破壊電界近傍の交流高電界<sup>4)</sup>を形成する新規トナー転写技術を開発し、転写領域における電界をコントロールすることで凹部への転写性を劇的に向上させることに成功した。Fig.1は、2013年6月に発売されたカラープロダクションプリンター RICOH Pro C5110S/C5100S<sup>5)</sup>であり、この技術を「AC転写技術」の名称で搭載している。Fig.2は、RICOH Pro C5110S/C5100Sにおいて、テクスチャ紙上にAC転写技術を使用して印刷した場合と未使用の場合の比較画像<sup>6)</sup>であり、Fig.2に示すように、AC転写技術を用いることで凹部への高い転写性を実現している。

本稿では、AC転写技術の核となる交流高電界を用いた転写技術の特徴を述べ、交流波形として正弦

波を用いたモデル実験による可視化により、凹部での高い転写性が得られるメカニズムについて解析した結果を示す。



Fig.1 RICOH Pro C5110S/C5100S.



Fig.2 Image samples printed out on the LEATHAC 66 (175 kg) with RICOH Pro C5110S/C5100S. The right is by an ac high field and the left is by simple dc field.

## 2. AC転写技術

### 2-1 AC転写技術の特徴

凹部への高い転写性を有するAC転写技術は、高い交流成分と低い直流成分からなる電圧波形を用いることで実現される。Fig.3は、転写領域に印加される電圧波形を示しており、Fig.3 (a)は従来の直流電圧、Fig.3 (b)はAC転写技術における電圧波形を示す。Fig.3 (b)のように、AC転写技術では、交流成分は、転写領域において交番電界を形成する大きな振幅を有する。正弦波の場合、交流成分のピーク間電圧（振幅の2倍の値。以下、「 $V_{p-p}$ 」と記す）は直流成分の電圧（以下、「 $V_{dc}$ 」と記す）の絶対値

$|V_{dc}|$ に対して4倍より大きく設定される。また、直流成分は、従来の単純な直流電界が用いられているプリンタにおける転写電圧よりも低い。

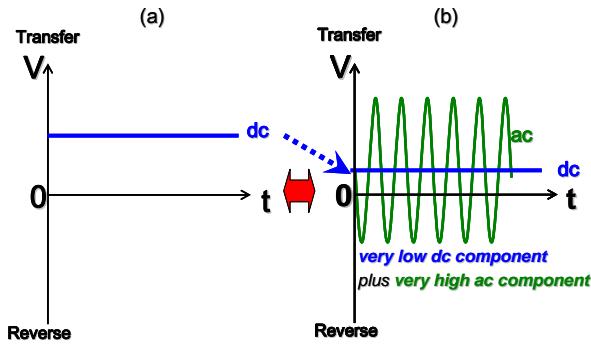


Fig.3 Voltage wave forms of (a) conventional dc fields and (b) AC high fields.

Fig.4は、中間転写方式の実験用プリンタで、テクスチャ紙上にAC転写技術を用いて二次転写した定着後画像Fig.4 (a)と、単純な直流成分で二次転写した定着後画像Fig.4 (b)を示す。なお、本実験用プリンタの中間転写ベルトは一般的なポリイミドベルトであり、使用したテクスチャ紙はレザック66（特種東海製紙（株）製、260 kg（四六判））である。Fig.4におけるそれぞれの印加電圧条件は、画像均一性の主観評価に基づいて設定されており、定着後画像Fig.4 (a)では直流成分1.2 kV<sub>dc</sub>に正弦波の交流成分7.2 kV<sub>p-p</sub>を重畠した電圧を2次転写ローラに印加し、定着後画像Fig.4 (b)では直流成分のみで3.0 kV<sub>dc</sub>の電圧を印加した。すなわち、定着後画像Fig.4 (a)で用いられている $V_{p-p}$ は $|V_{dc}|$ の6倍である。また、 $V_{dc}$ は定着後画像Fig.4 (b)で用いられている $V_{dc}$ の40%に抑えられており、すなわち、低い直流電界が用いられている。

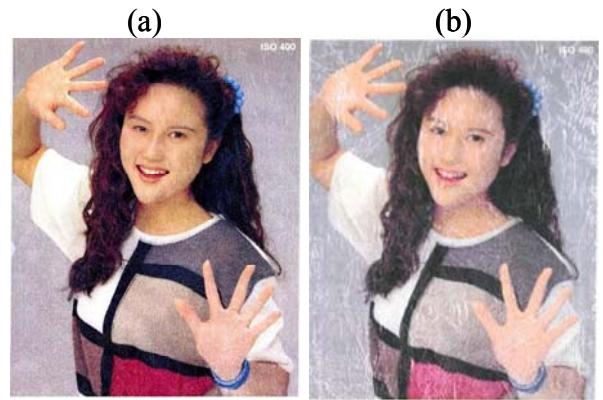


Fig.4 Image samples printed out on the LEATHAC 66 (260 kg, A4size) with an experimental printer.  
(a) is by an ac high field with 1.2 kV<sub>dc</sub> plus 7.2 kV<sub>p-p</sub>, and (b) is by simple dc field with 3.0 kV<sub>dc</sub>.

このテクスチャ紙の凸部と凹部の最大高低差は約160  $\mu$ mあるが、AC転写技術で得られる画像は凹部もトナーが転写されており、単純な直流成分で得られる画像に対して濃度の均一性に優れていることが分かる。

以下では、凹部への転写性向上に対する交流高電界と直流低電界の効果について解析した結果を述べる。

## 2-2 交流高電界の効果

交流高電界の効果を解析するために、転写領域に交流高電界を形成させた際の、用紙凹部におけるトナー挙動を観察した。

Fig.5に挙動を観察するために用いた並行平板モデル実験機の概略図を示す。金属電極上に貼り付けたレザック66（260 kg）に対して、ITO電極上に現像されたトナーが重力方向に転写する過程を高速度カメラで水平方向から観察した。なお、Fig.6は、並行平板モデル実験機で、テクスチャ紙上にAC転写技術を用いて転写した画像Fig.6 (a)と、単純な直流成分で転写した画像Fig.6 (b)であり、Fig.6 (a)のように、AC転写技術の効果は並行平板モデル実験機においても発揮されることを事前に確認している。

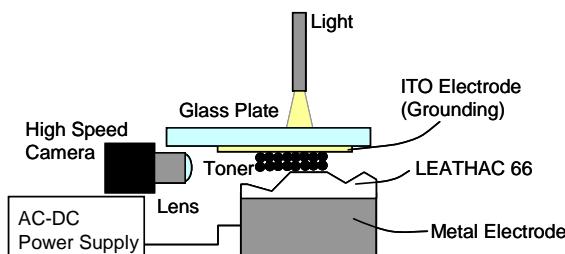


Fig.5 A schematic diagram of the model experimental apparatus for the horizontal observation.

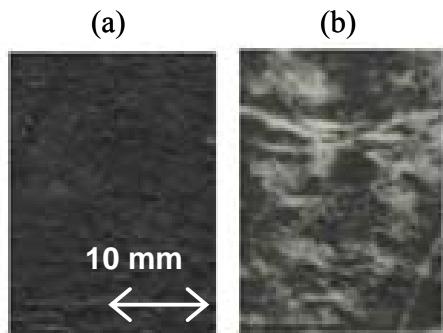


Fig.6 Image samples printed out on the LEATHAC 66 (260 kg) with the model experimental apparatus. (a) is by an ac high field with  $0.2 \text{ kV}_{dc}$  plus  $1.6 \text{ kV}_{p-p}$ , and (b) is by a simple dc field with  $0.5 \text{ kV}_{dc}$ .

Fig.7は、観察結果のスナップショットである。最初に、ITO電極から用紙へトナーが転写する方向の電界が形成されると、少数のトナーが用紙へ転写し、次に、逆向きの電界が形成されると、転写したトナーがITO電極側へ戻る様子が確認でき、トナーが往復運動をしていることが分かる。さらに、往復運動回数の増加とともに、往復運動するトナーの数が増加する現象が観察される。

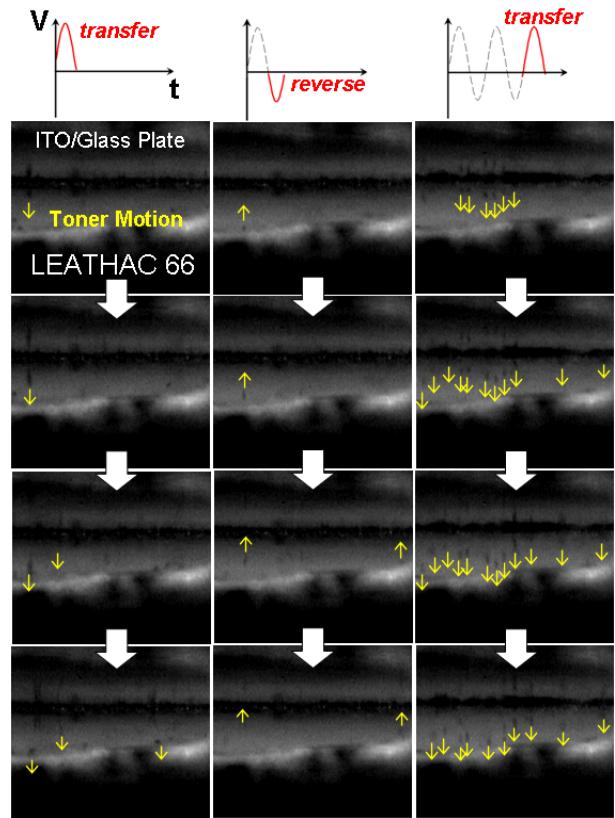


Fig.7 Observed reciprocating motions of toner particles in a recessed portion of the LEATHAC 66 (260 kg).

次に、このトナーの往復運動について詳しく調べるために、トナーの挙動を垂直方向から観察した。Fig.8は、垂直方向から観察した際の並行平板モデル実験機の概略図を示す。また、Fig.9は、様々な付着量でトナーを現像した際のITO電極上のトナー像を示す。ここでは、Fig.9のように、ITO電極上に現像するトナーの初期付着量を変化させ、ITO電極と一定のギャップを設けた金属電極との間に交流電界を形成した際に往復運動するトナーの割合が、初期付着量や往復回数によってどのように変化するかを定量評価した。この際、ITO電極上のトナーにレンズの焦点を合わせ、観察領域におけるITO電極上のトナーの被覆面積を計測し、被覆面積から往復運動するトナーの割合を算出した。観察領域の面積を $A_o$ 、観察領域における現像時のトナー被覆面積を $A_i$ 、各往復運動時のトナーの被覆面積を $A_r$ とすると、現

像時のトナー初期被覆率 $\theta_i$  [%], 往復運動しているトナーの割合 $R_m$  [%]は式(1), (2)で算出される.

$$\theta_i = \left( \frac{A_i}{A_o} \right) \times 100 \quad (1)$$

$$R_m = \left( \frac{A_i - A_r}{A_i} \right) \times 100 \quad (2)$$

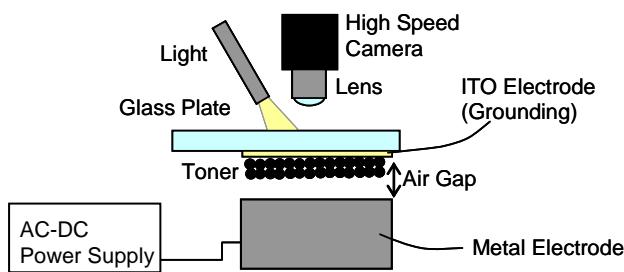


Fig.8 A schematic diagram of the model experimental apparatus for the vertical observation.

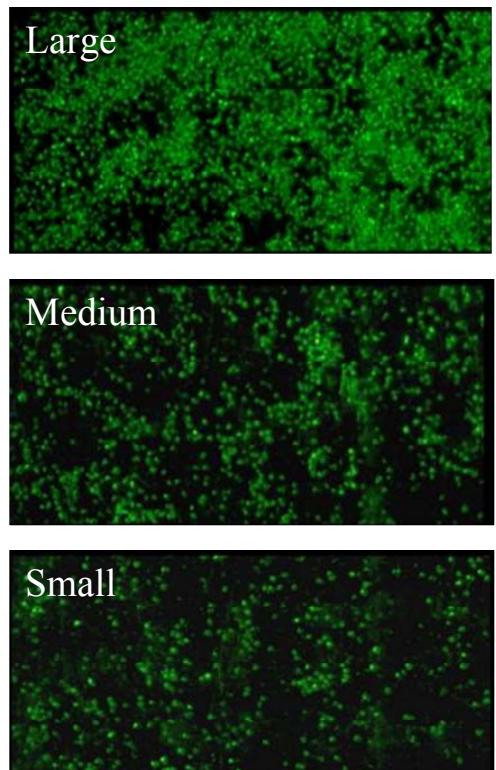


Fig.9 Initial developed toner images on the ITO electrode with difference coverages.

Fig.10は、往復運動するトナーの割合と往復運動回数の関係をトナー初期被覆率ごとに示した図である. Fig.10より、初期被覆率に関わらず往復運動回数の増加とともに往復運動するトナーの割合が増加し、初期トナー被覆率が大きいほど往復運動するトナーの割合が高くなっていることが分かる.

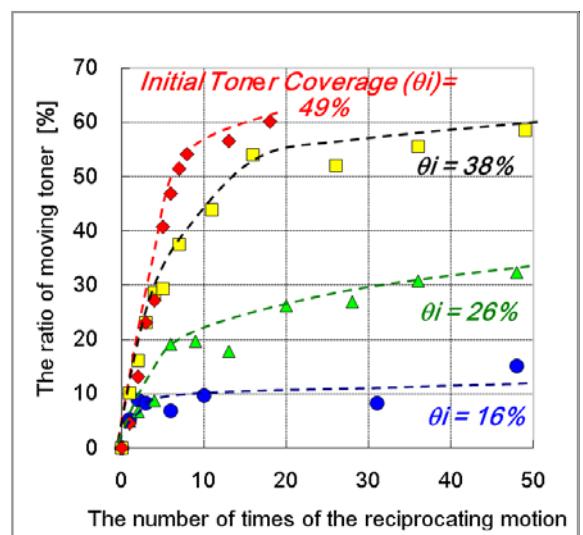
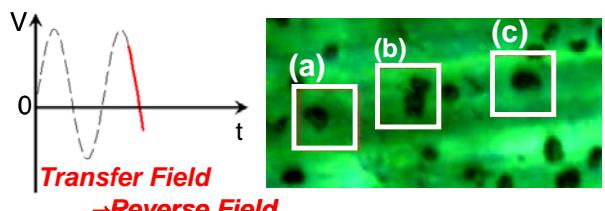
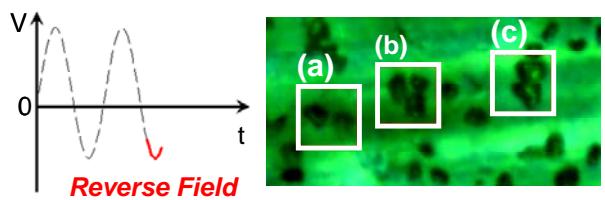


Fig.10 Relationships between the ratio of moving toner and the number of times of the reciprocating motion with various initial toner coverages.

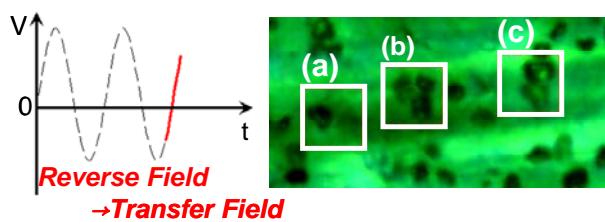
また、観察結果を拡大したスナップショットをFig.11に示す. (b)と(c)の領域では、ITO電極側に戻ってきたトナーが、ITO電極上のトナーと衝突した後、ITO電極上のトナーが運動を開始する様子が確認される. 一方、(a)の領域では、トナー同士の衝突は確認されないが、ITO電極上のトナーが運動を開始しており、往復運動しているトナーは、衝突やクーロン反発力などによりITO電極上のトナーの運動を促していると推測する. すなわち、往復運動しているトナーは、粒子間の物理的・電気的相互作用によってITO電極上のトナーの付着力を低下させ、転写を促している. トナーの付着量が多くなるほど、このようなトナー間の相互作用が生じる可能性が高くなると推測され、Fig.10の結果はこの推測を裏付けている.



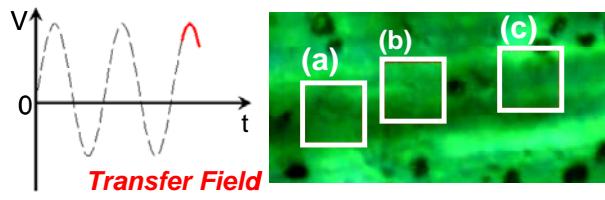
Four toner particles are remaining in the areas (a), (b), and (c) on ITO



Another toner particle is returned into the each area. In (b) and (c), the returned toner particles hit with the remaining ones



The three toner particles, which are assumed to be the returned ones, start to transfer



All toner particles in the areas are transferred

Fig.11 Observed toner interactions depending on a high ac component in the model experimental apparatus.

以上の解析結果に基づいて、交流高電界による凹部への転写率向上のメカニズムを、Fig.12を用いて説明する。Fig.12はプリンタ内の2次転写領域を表している。まず、転写電界によって少数のトナーが

中間転写ベルトから用紙へ転写する。次に、逆向きの電界によって、トナーが中間転写ベルト上に戻り、中間転写ベルト上のトナーとの間に物理的・電気的相互作用が発生し、中間転写ベルト上のトナーの付着力が低下して転写しやすくなる。このようなプロセスを繰り返すことにより、中間転写ベルトから転写するトナーが増え、凹部で高い転写性を得ることができる。

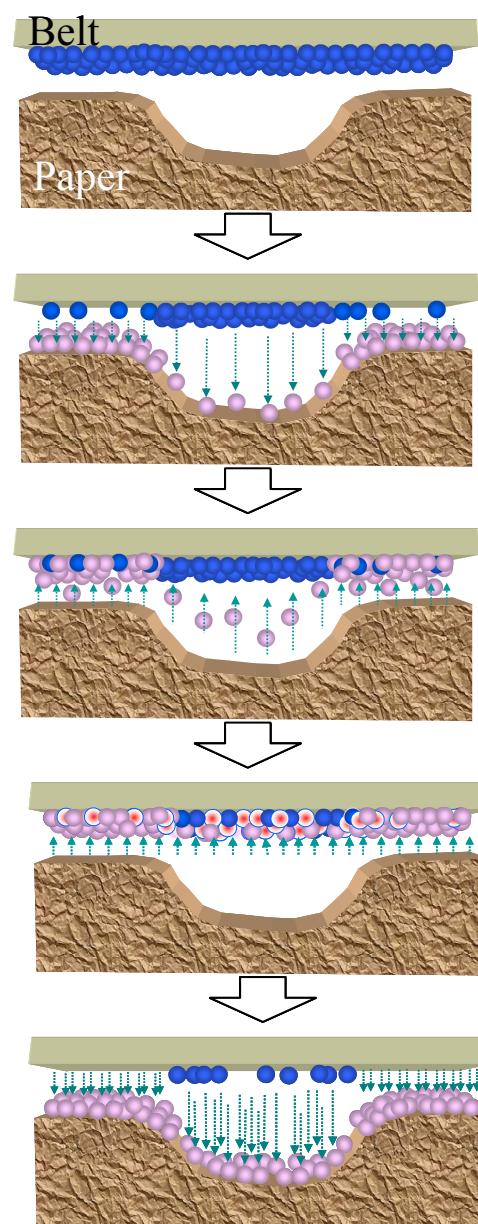


Fig.12 The model of the effect of the high ac components in a secondary transfer nip.

## 2-3 直流低電界の効果

印加される電圧の直流成分は往復運動しているトナーを最終的に用紙に保持するために必要となる。例えば、Fig.8のような並行平板電極の場合、トナーを電気的に金属電極側に保持するためには、接地電極上のトナー層表面電位と同じ大きさを持つ逆極性の電圧が最低限必要となる（以下、この電圧を「 $V_{dc,min}$ 」と記す）。なお、用紙上に転写する場合、 $V_{dc,min}$ は用紙上の表面電位と同じ大きさの逆極性電位となる。一方、交流成分によってトナーの往復運動を生じさせるためには、転写したトナーをITO電極側へ戻す必要があり、そのためには最低でも $-V_{dc,min}$ 以下の電圧（以下、この戻す電圧を「 $-V_r$ 」と記す）が必要となる。Fig.13は、 $V_{dc}$ 、 $V_r$ 、および $V_{p-p}$ の関係を示したものであり、Fig.13 (a)はトナーが往復運動する最小の振幅として、 $-V_r$ を $-V_{dc,min}$ とし、 $V_{dc}$ として $V_{dc,min}$ を用いた電圧波形を、Fig.13 (b)は $V_{dc}$ 、 $V_r$ を $V_{dc,min}$ より大きくした場合の電圧波形を示す。

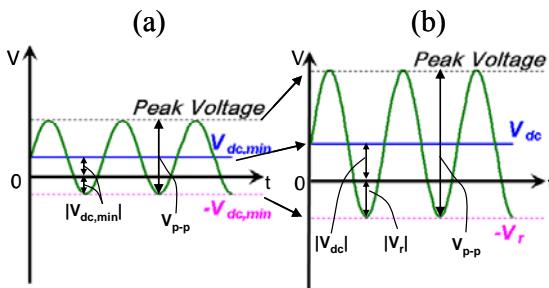


Fig.13 Relationship between  $V_{dc}$ ,  $V_r$  and  $V_{p-p}$ .

Fig.13 (a)より、交流成分のピーク間電圧の最小値 $V_{p-p,min}$ は式(3)で表される。

$$V_{p-p,min} = |V_{dc,min} - (-V_{dc,min})| \times 2 = 4 \times |V_{dc,min}| \quad (3)$$

式(3)で示されるように、高い交流成分の効果を得るためにには、少なくとも $V_{p-p}$ として $|V_{dc,min}|$ の4倍が必要となる。ただし、用紙の場合、 $V_{dc,min}$ では凹凸

によって濃度ムラになることがあるため、Fig.13 (b)のように、通常 $V_{dc}$ や $V_r$ は $V_{dc,min}$ より大きく設定する必要がある。このとき、交流成分の振幅は $|V_{dc}+V_r|$ で、ピーク電圧は $|2V_{dc}+V_r|$ であり、 $V_{dc}$ 、 $V_r$ に応じて $V_{p-p}$ 、およびピーク電圧が大きくなる。

一方、直流成分が高く、ピーク電圧が大きいと、トナーが往復運動しても、用紙の凹部で白抜けが発生する場合がある。Fig.14に、並行平板モデル実験機において、テクスチャ紙上にピーク電圧が大きい状態でトナーを転写させた際の転写画像を示す。Fig.14のように、ピーク電圧が大きくなると用紙の凹部で白抜けが発生する。Fig.15は並行平板モデル実験機での放電観察系であり、Fig.16はこの装置で観察された放電光である。Fig.16のように、 $V_{p-p}$ が大きく、すなわちピーク電圧が大きくなると、用紙の凹部で放電が発生していることが確認できる。Fig.13より、 $V_{dc}$ が大きくなると $V_{p-p}$ が大きくなるため、直流成分を低くすることは、ピーク電圧を低く抑え、放電を発生させないという観点から重要である。

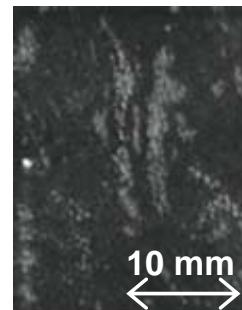


Fig.14 An image sample printed out on the LETHAC 66 (260 kg) with the model experimental apparatus with a voltage of a high  $V_{dc}$  superimposed on a high  $V_{p-p}$ .

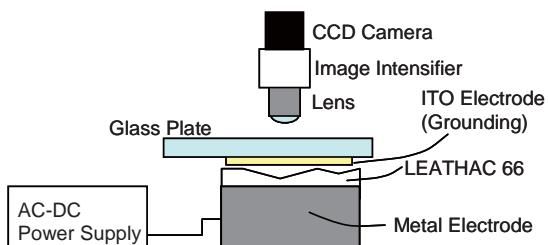


Fig.15 A schematic diagram of the model experimental apparatus for discharge observation with an image intensifier.

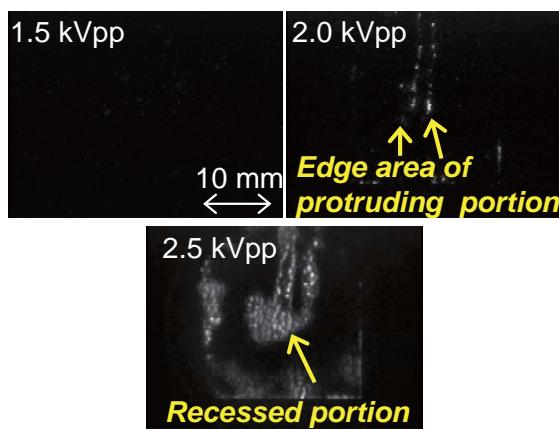


Fig.16 Observed discharge on the LEATHAC 66 (260 kg) sandwiched between ITO and the metal electrodes.

単純な直流成分のみでは、直流成分を低くするとトナーは転写されないが、AC転写技術であれば交流高電界の効果によってトナーの付着力が小さくなるため、低い直流成分でトナーを転写させることができる。以上のように、交流高電界と直流低電界の効果によって、放電を発生させることなく濃度の均一性に優れた画像を得ることが可能となる。

### 3. 結論

凹凸の大きい紙に濃度の均一性に優れた画像を形成可能な、交流高電界を用いた世界初の転写技術「AC転写技術」を開発した。AC転写技術は、直流低電界に交流高電界を重畠した電界を用いることを特徴としており、交流波形として正弦波を用いたモデル実験による高速度カメラやイメージインテンシ

ファイアを使った可視化により、AC転写技術のメカニズムを解析した。交流高電界の効果は、トナーの往復運動を発生させ、トナー間に物理的・電気的相互作用を与えることによってトナーの付着力を低下させることである。この効果を利用し、直流低電界を用いてトナーを転写させることで、テクスチャ紙のような凹凸紙でも、濃度不足や放電跡の無い、濃度の均一性に優れた画像が実現されることを示した。

AC転写技術は、2013年6月に発売されたカラープロダクションプリンターRICOH Pro C5110S/C5110Sに搭載されており、凹凸紙に対する高い転写性を実現している。

### 参考文献

- 1) Canon: CANON TECHNOLOGY HIGHLIGHTS 2009, p.42 (2009).
- 2) T. Ohba et al.: Development of World's Smallest Color Tandem Printer FS-C 5016N, *J. Imaging Soc. Japan*, Vol.43, pp.453-458 (2004).
- 3) H. Mori: High-Speed Color Publishing System Color 1000 Press/Color 800 Press, *J. Imaging Soc. Japan*, Vol.50, pp.21-28 (2011).
- 4) 青木信次ほか: 交流高電界を用いた新規トナー転写技術, Imaging Conference JAPAN 2013 論文集, pp.229-232, 日本画像学会 (2013).
- 5) RICOH: RICOH Pro C5110S/C5100S/オンデマンドプリントイング,  
[http://www.ricoh.co.jp/pp/pod/pro\\_c/5100s\\_5110s/](http://www.ricoh.co.jp/pp/pod/pro_c/5100s_5110s/) (参照2013-08-13).
- 6) RICOH: RICOH Pro C5110S/C5100S/オンデマンドプリントイング,  
[http://www.ricoh.co.jp/pp/pod/pro\\_c/5100s\\_5110s/print/](http://www.ricoh.co.jp/pp/pod/pro_c/5100s_5110s/print/) (参照2013-08-13).