

レーザー穿孔染料転写法の開発

—ドライプロセスによる高濃度・高階調画像の作成—

Development of an Imaging Process Utilizing the Thermal Transfer of Dyes through Laser Ablated Pores

川上 杜太*
Kawakami, Sota

前島 勝己*
Maejima, Katumi

中谷 康一*
Nakatani, Koichi

We have developed a novel dry imaging process which produces images of high optical density (>3.5) and high resolution (>4000 dpi). This process is comprised of two steps. First, in a donor sheet consisting of a dye barrier layer over a heat diffusive dye layer over a support, a high-power laser (>0.1 MW/cm²) imprints an image in the form of pores created in the dye barrier layer. Second, the donor sheet is laminated against a receiver sheet consisting of a dye receiving layer and a support. Heat is then applied (140°C~170°C), and dye transfers through the pores in the dye barrier layer to the receiver sheet. The resulting image on the receiver reveals high contrast ($D_{max}>3.5$, $D_{min}<0.03$) and high stability (no blurring after 1 week, 65°C). The exposure energy required for $D_{max}>3.5$ is 100~200 mJ/cm², depending on image quality desired. This process is suitable for dry graphic arts film and dry medical diagnostic film applications.

1 背景

コンピューターの能力向上に伴い、画像を扱う分野においてもデジタル処理技術が活発に用いられるようになってきた。これに呼応して、ハードコピーの作成方法も、電子写真、熱転写、インクジェットなどデジタル画像の出力に適した方法が種々用いられるようになった。しかし、本当に高品質な画像を必要とする医用・印刷などの分野においては、高解像度・高濃度・高い階調性などの要請のため、銀塩に替わる技術が得られていないのが現状である。

最近、ヘリオス¹⁾(ポラロイド社の熱転写技術を用いた医用画像)、ベルデフィルム²⁾(ゼロックス社の電子写真技術を用いた印刷感材)などのドライ処理による画像形成技術が提案されている。これらは、階調性不足・ D_{min} が高いなどの点でそれぞれ欠点を有しているが、ドライ処理可能という点で注目を集めている。このような状況の中で、当研究室においても、新たな観点からドライプロセスで高濃度・高解像度の得られる新規画像形成方法を開発したので、ここに報告する。

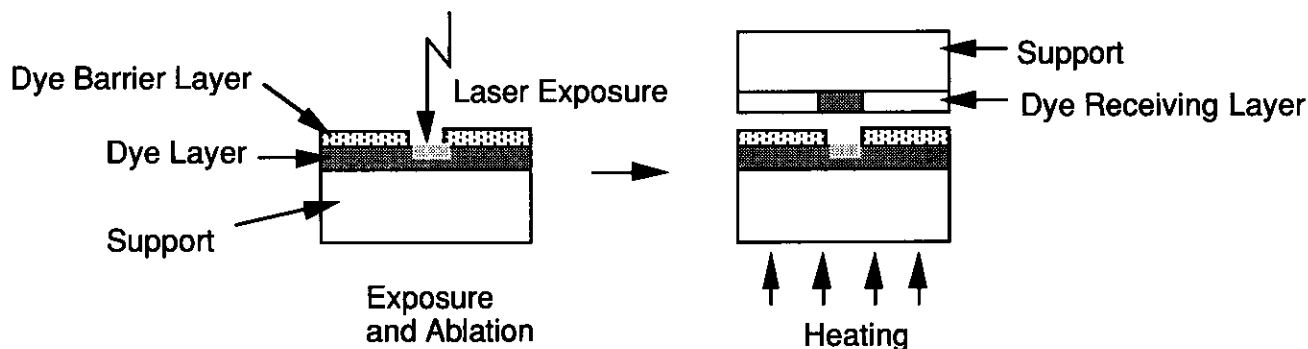


Fig. 1 Creation of, and transfer of dyes through, laser ablated pores

* 感材生産本部 第二開発センター

2 開発思想

本開発はレーザーイメージャーによる医用画像をドライ処理で行えるようにすることを目的として開始された。医用画像に求められる特性は、透過濃度 3.5 以上、解像度 300dpi、256 階調以上というものである。各種ドライ記録技術の中で、例えば通常の昇華熱転写法によれば、濃度階調で 256 階調、300dpi を得ることは可能であるが、従来のサーマルヘッドによる加熱方法では階調カーブの再現性が得られないこと、透過濃度 3.5 を達成することが困難であることなどの欠点がある。その他、電子写真法・インクジェット法なども、透過濃度 3.5 を達成することは困難と考えられる。

一方溶融熱転写法によれば、透過濃度 3.5 を得ることが可能であるが、通常のサーマルヘッドを用いた方式では階調性が出せない。そこで、面積階調で 300dpi、256 階調を得ることを考えると基本解像度として 4800dpi を必要とすることとなる。この観点からの医用画像の作成法がポラロイドによってヘリオスシステムとして発表されている。この方式によれば、レーザー露光による高解像度を用いて面積階調法で階調性を得ている。しかしこの方式では、面積階調を構成する基本ドットが非常に硬調なため、滑らかな階調性を得るうえで課題があるように見受けられる。我々は、当社の開発したポストキレート色素³⁾を用いることにより、昇華熱転写法でも高濃度化達成が可能と考え、レーザー記録による面積階調も組み合わせることで、再現性のある滑らかな階調の画像の作成を目指した。

3 開発のポイント

本方式のプロセスを Fig. 1 に示す。本方式ではレーザーで微細な孔を色材バリアー層に開けた後、十分な熱量の加熱で孔を通して色素を移行させられるため、従来のサーマルヘッドによる昇華転写に比べ、高濃度の色素転写が容易に行える。また、レーザー穿光による微細な孔の径を $5\mu\text{m}$ とすると 300dpi で 256 の面積階調が得られる。さらにレーザー光強度を変調させることで孔の径を変化させ、基本ドットの濃度自体も変化させることで、面積階調の上に濃度階調を組合せ、原理的に 4096 階調程度の階調性も達成できる可能性がある。

本方式の課題は、孔の開いていない部分では加熱下でも色素の透過を押さえる色素バリアー層の設計、及び微小なレーザーの熱で色素バリアー層に孔を開ける技術の 2 点にある。

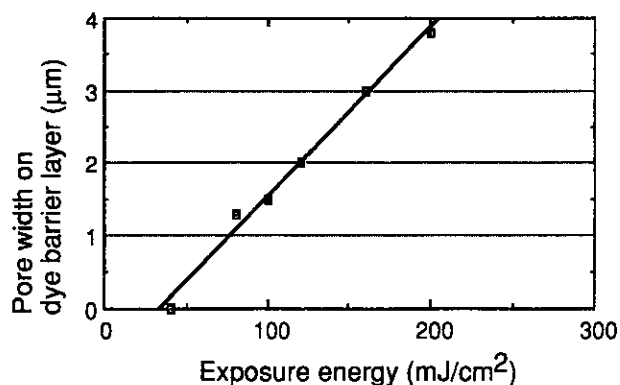


Fig. 2-1: Pore width depends on laser exposure energy. (Exposure wave length, 830nm; beam diameter, $6\mu\text{m}$)

3.1 色素バリアー性

どのような素材でも厚膜化すれば色素の熱移行を防止できるが、逆にレーザーでの穿孔が困難になる。我々は既に得られている知見から $1\mu\text{m}$ 以上の膜に穿孔することは困難と考え、 $1\mu\text{m}$ 以下の膜厚で色素の熱移行を防止できる素材の選定を行った。その結果、水溶性樹脂、特にゼラチン、メチルセルロースがこの目的に合致することを見出した。これらの樹脂では $0.1\mu\text{m}$ の膜厚でも $100\sim 150^\circ\text{C}$ の加熱下で色素の移行を阻止できる。色素バリアー層としては他に金属蒸着膜も有効であるが⁴⁾、昇華性の色素を含む色素層の上に真空蒸着を行うことが困難であること、蒸着層ではピンホールが発生しやすいことなどから、有機薄膜の方が優れていると考えている。

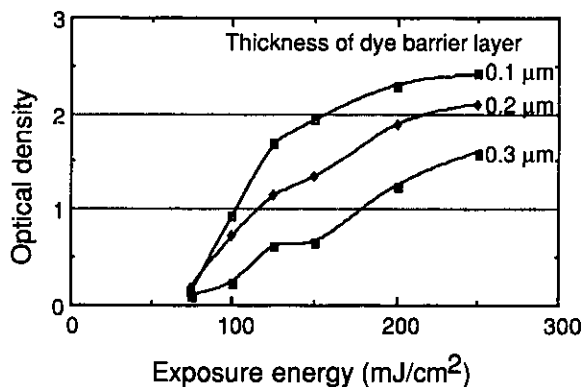


Fig. 2-2: Thinner dye barrier layer makes for wider pores and results in higher transparent optical density in the receiver. Threshold exposure energy for producing pores in the dye barrier layer does not depend on the thickness of the layer. (O. D. of the dye barrier layers at 830 nm: $0.1\mu\text{m}/0.4$, $0.2\mu\text{m}/0.8$, and $0.3\mu\text{m}/1.2$. Dye transfer temperature is 160°C .)

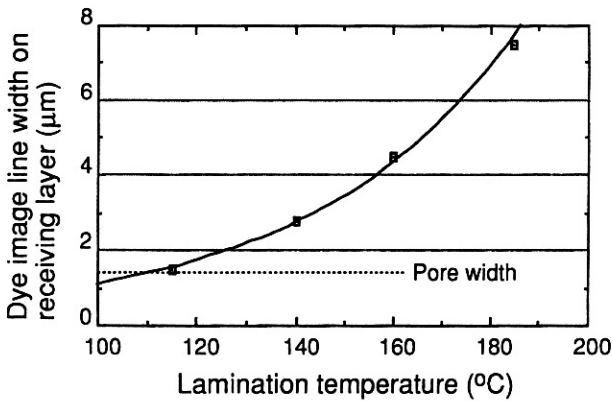


Fig. 2-3: Dye image width is greater than pore width and depends on the dye transfer temperature. Dye transfer is carried out by passing the donor and receiver sheets through the laminator at a speed of 0.7cm/sec.

3.2 感度

必要濃度の達成は孔の径に加え、熱移行過程での加熱条件に依存する。Fig. 2-1 に示されるように、色素バリアー層の孔の径は露光エネルギーに依存する。また、Fig. 2-2 に示されるように、色素バリアー層の膜厚は薄いほど同一エネルギーでの露光で穿孔径が大きくなり、最終

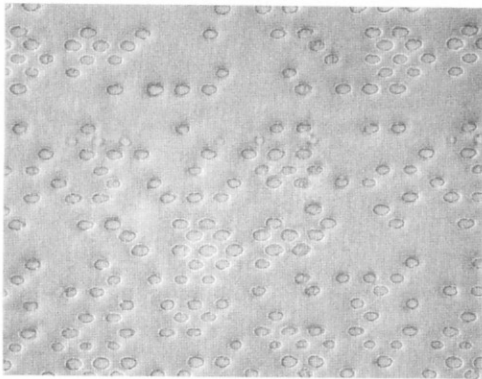


Fig. 3 a) Pores on the donor sheet ablated by laser exposure.

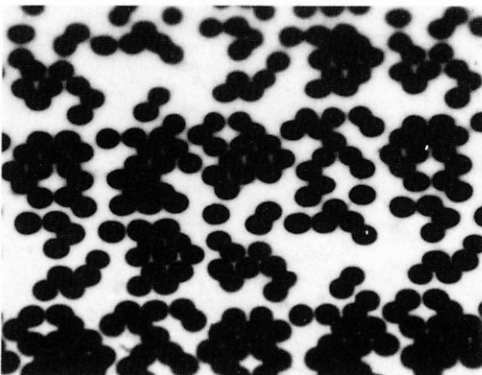


Fig. 3 b) Dye dot images on the receiver sheet transferred through pores by heat lamination. The dot images are much larger than the pores.

的に高い濃度が得られる。Fig. 2-3 に示されるようにドナー上の孔の径が同じでも、高温で熱移行を行うとレシーバー上での色素画像の線幅が太くなる。Fig. 3 の写真からもドナー上の色素バリアー層の穿孔径に比べ、レシーバー上の色素ドット像の方が大きくなるのが分かる。このように、少ないエネルギーで十分な濃度を得るためには、ぎりぎりの大きさの孔を開け、高い温度で色素の移行を行えば良いことになる。但し、あまり高い加熱を行うと孔の開いた部分で、色素層と受像層が熱融着するため、熱移行温度は170°C程度までが好ましく、この際に最大濃度を得るために必要な露光エネルギーは200mJ/cm²程度と見積もられている。(Fig. 2-4)

3.3 画像保存性

熱移行性色素を用いた画像形成においては、色素が受像層中で拡散し解像度が徐々に低下するという問題がある。本方式では色素の拡散が起こると面積階調のためのパターンがにじみ、階調が変化してしまう。我々は、当社の開発したポストキレート色素を用いることでこの問題を回避した。Fig. 4 に見られるように、65°C、1週間後でも細線パターンがにじんでおらず、実用的な画像保存性を有していると言える。

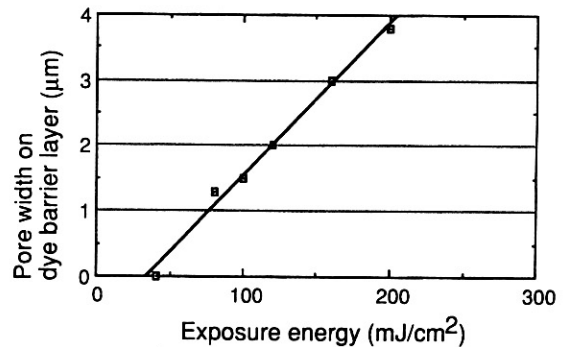


Fig. 2-4: Optical density 3.5 is achieved by ca. 200mJ/cm² and lamination at 170°C, 0.7 cm/sec.

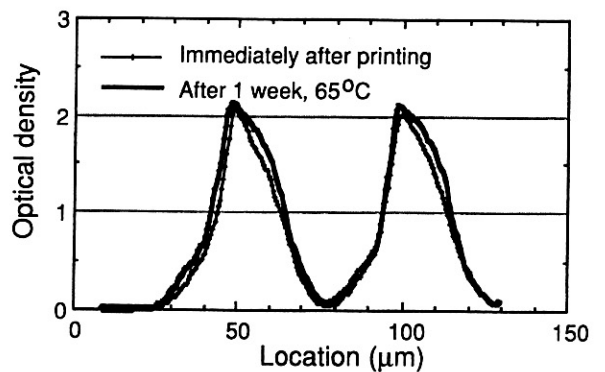


Fig. 4: Microdensitometry indicates no diffusion-created increase in optical density after 1 week, 65°C. This prevention of blurring is achieved by use of post-cure dyes.

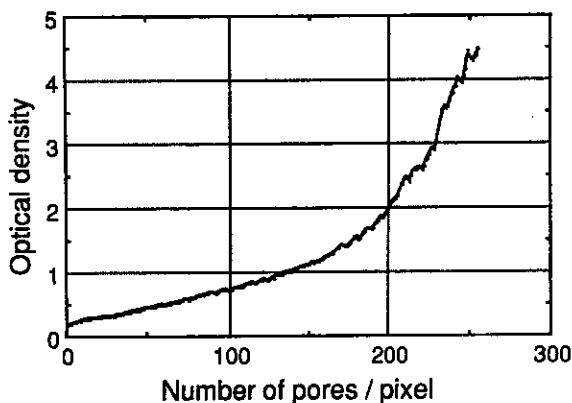


Fig. 5: Gradation is controlled by controlling both the number of pores and the configuration of pores within pixels. Optical density corresponds basically to pores/pixel. However, the slope of the gradation curve is determined by pore configuration. The curve shown resulted from a regular-pitch dot configuration. In contrast, a random pitch dot configuration would yield a linear relationship between optical density and pores/pixel.

●参考文献

- 1) エツエル、マーク アール、公表特許公報平 2-501552
- 2) M. C. Tam, R. O. Routify, G. J. Kovacs, A. L. Pundsack, J. Meester and H. Aboushaka, *Journal of Imaging Science and Technology*, Vol. 36, No. 1, 81-87(1992)
- 3) T. Komamura, T. Abe, *IS&T's 7th International Congress on Advances in Non-Impact Printing Technologies*, Vol. 2, 247-254(1991)
- 4) Leaders, Luc Herwig, European Patent EP 0489972A1

3.4 階調画像

本方式の材料を用いて、1画素を256ドットで構成する面積階調での階調カーブの作成検討を行い、基本的に256階調の再現は可能であることを確認した。(Fig. 5) 階調カーブがややぎざついてしまっているのは、露光のばらつきとラミネーターの温度ムラのためと考えている。Fig. 5は画素内で規則的にドットを配置していった場合の階調カーブを示すが、階調カーブの形は画素内のドットの配置にも依存しており、別の実験でドットをランダムな配置に出力すると、濃度が穿孔数に対しリニアに近くなった。Fig. 3の写真に見られるように、レシーバー上に転写された色素画像は径が広がるため、隣接ドットと重なる。重なった2ドットは離れた2ドットよりマクロの濃度は低くなることを確認している。また、Fig. 2-1に示されるように、露光強度を変えることでドットの大きさを変えることも可能なため、これらの特徴を応用することで、最終的に医用画像に求められている4096階調の達成の可能性もあるものと考えている。

4 まとめ

レーザーイメージャー用の医用画像を、本方式を用いて作成した所、良好な画質で最大透過濃度3.5以上を有する画像が作成できた。本方式では、ドナーとレシーバーの2シートが必要となり、取り扱い上及びコスト的な課題がある。また、ハイパワーレーザーを用いた装置が必要なこと、熱移行プロセスで均一な加熱が必要となることなどの装置的な課題もある。ドナーとレシーバーの一体化、新素材を取り入れることによる高感度化などにより、取り扱い性、低コスト化を行うことで、これらの課題の解決への道が切り開かれるものと考えている。