レーザー溶融熱転写の記録特性及び色再現

The Recording Characteristics and Color Reproduction of Laser Thermofusible Transfer

竹田克之*　川上壮太*　仲島厚志*　阿部隆夫*
Takeda, Katsuyuki　Kawakami, Sota　Nakajima, Atsushi　Abe, Takao

Recording characteristics of laser thermofusible printing was examined by using the laser thermofusible transfer material which is comprised of light-heat converting layer and ink layer. Since this ink layer contains the same pigment as process ink, solid color of transferred image is very similar to actual print. Optical density of transferred image is saturated above the certain exposure energy and transferred dot image is very sharp and repeatable on size. These result in an excellent persistency of secoundary color gamut compared with prints. This indicates that laser thermofusble printing is the most suitable for DDCP.

1　緒言

近年、近赤外の半導体レーザーやYAGレーザーなどのハイパワーレーザーを用いたヒートモードレーザー記録方式の研究開発が活発に進められ、溶融熱転写方式[1)2)3)]、昇華型熱転写方式、アブレーション方式[4)]などの検討が行われている。いずれもレーザーを用いることで解像力を飛躍的に向上させることが可能なため、高解像力が要求される印刷画像や医用画像への応用が行われている。

本研究では、レーザー溶融熱転写方式の記録特性を材料設計と関連付け、印刷で用いられる網点画像として出力した場合の、画像品質、ドットゲイン変動、色再現特性について検討を行った。

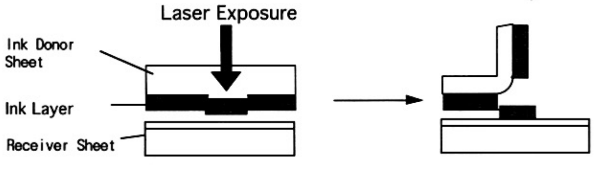


Fig.1　Imaging Process of Laser Thermofusible transfer.

2　実験方法

2．1　材料構成

本研究にあたって、Fig.2に示すような光熱変換層とインク層を基本構成とするレーザー溶融熱転写記録材料を用いた。

光熱変換層とインク層を分離することで色濁りを抑え、かつインク層には熱軟化性樹脂を主体としたバインダーを用いることで、シャープな画像の形成が行える設計とした。

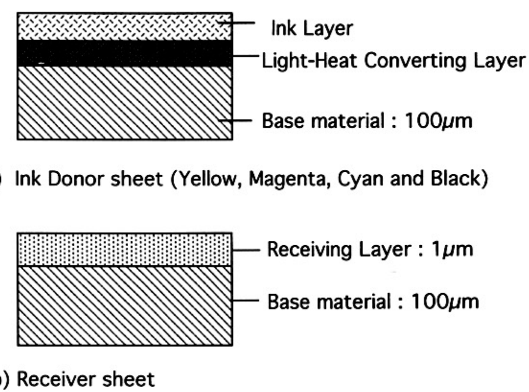


Fig.2　Construction of Laser Thermofusible transfer materials.

2．2　記録方法

レーザー記録は、回転ドラム上に受像シートの受像層とインクシートのインク層を対向して密着させ、ドラム上の吸引孔から、吸気して、ドラムと各シート間を減圧することにより、密着させ、インクシートの基材側から、露光する外面走査方式を用いた。発振波長：830 nm、露光面最大出力：120 mW、副走査方向ビーム径：11 μm の半導体レーザーを、線速度：4.57～8.57 m／s の条件で露光し、インク層を受像シートに転写した。この際、ドラム表面をプレヒートなどの加熱処理は行っていない。

その後、必要に応じ、受像シート上に形成された画像をラミネーターを用いて、圧力及び、加温によりアート紙へ再転写することで、アート紙上に画像を形成した。

*感材生産本部　感材開発統括部　2G

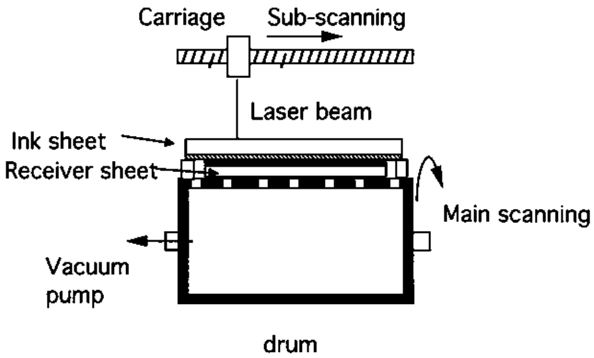


Fig.3　Exposure Apparatus

3　結果および考察

3．1　レーザー溶融熱転写記録の基本特性

レーザー溶融熱転写の入出力特性を把握する観点で、1ライン記録した際の転写線幅の露光エネルギー依存性の一例を Fig.4 に示す。

図中の実線は、レーザーのプロファイルがガウシアン分布であるとして、d_0 ： $1/e^2$ ビーム径、J_{th} ：敷居値エネルギー密度とすれば、

$$\frac{w}{d_0} = \sqrt{\frac{1}{2} ln\left(\frac{2J_{avg}}{J_{th}}\right)}$$

表される。ここで、平均エネルギー密度 J_{avg} は、

$$J_{avg} = \frac{P}{vd_0}$$

（ P ：露光面パワー、v ：主走査速度）である。

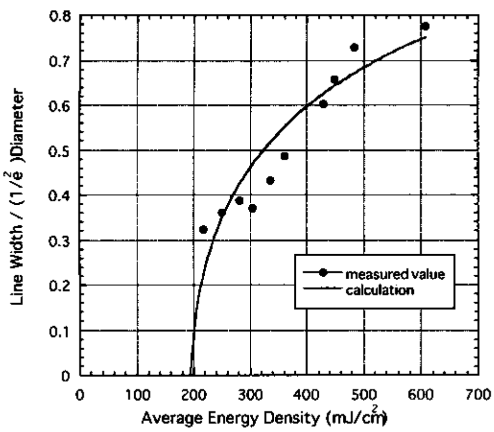


Fig.4　The dependence of recorded line width on exposure energy. The line width is normarized by 1／e2 diameter of laser beam.

このように、計測値をこの式でフィッティングできることから、熱伝導を介する光熱変換層を分離したレーザー溶融熱転写材料においても、インク層の熱分布は、近似的にガウシアン分布であると推察される。

以下、材料の特性値として、敷居値エネルギー J_{th} をもって、材料パラメータとの関係を調べた結果を報告する。

まず、J_{th} と光熱変換層の膜厚との関係を示す（Fig.5）。膜厚が薄いほど、J_{th} は、小さくなる。これは、レーザー照射が、インクシート支持体側から、なされ、光熱変換層の支持体側から、発熱し、インク層側に向って温度勾配ができているため、インク層表面が発熱部に近い程溶融しやすいことを示す。

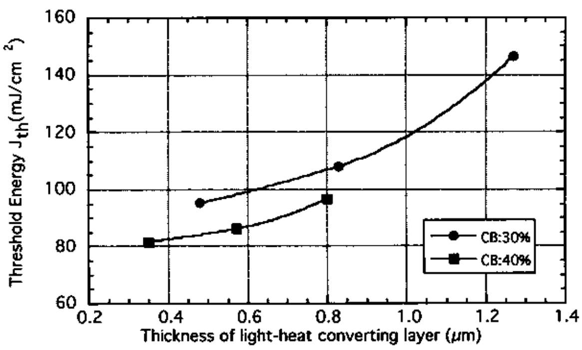


Fig.5　The dependence of threshold energy on the thickness of light-heat converting layer

同様に J_{th} とインク層の膜厚との関係（Fig.6）についても、インク層表面が、受像層面と接着性をもつ程度に、溶融粘度が下がるまで加熱されるために必要なエネルギーは、インク層膜厚に相当する熱容量と、厚み方向の熱伝導の影響で、強く膜厚に依存する。

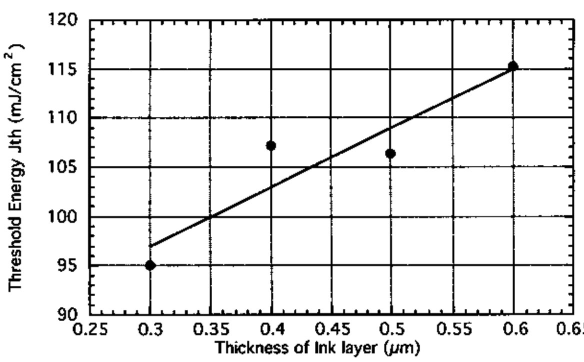


Fig.6　The dependence of threshold energy on the thickness of Ink layer

インク層膜厚は、膜厚ムラによる濃度変動、インク層の膜強度を考慮し、実用的には、0.5μm とした。光熱変換層は、膜厚が薄く、透過濃度が高い程、光熱変換効率は高いと考えられるが、さらに、照射レーザーの出力が

高くなると光熱変換層の一部がインク層とともに受像層面に転写されてしまうことがある。これは、光熱変換層自体の熱破壊により、光熱変換層内で凝集破壊するためである。このような光熱変換層の破壊に要するエネルギーを高くするためには、熱分解しにくい素材を選定した。

次に示す露光照度と転写エネルギーの関係（Fig.7）では、所謂、相反則不軌が認められ、高照度露光ほど低エネルギーでの転写が可能である。すなわち、光熱変換層で変換された熱が拡散してしまわないうちに溶融の様な相変化を生じるためには、弱い光を長く照射するより、強い光を短時間照射する方が効率が良い。

Fig.4より、副走査線の送りピッチ以上の線幅が得られるように露光エネルギーを与えることで、安定したベタ画像が得られる。仮に、送りピッチを半値幅とすれば、

$$J_{FWHM} = \sqrt{\frac{\pi}{ln2}} \times J_{th} = 2.13 J_{th}$$

なるエネルギー密度で表される。

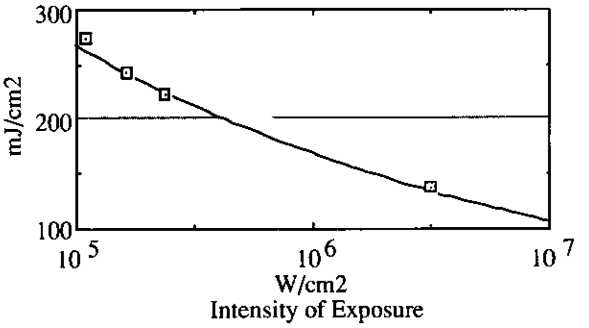


Fig.7 Relationship between the intensity and transfer energy

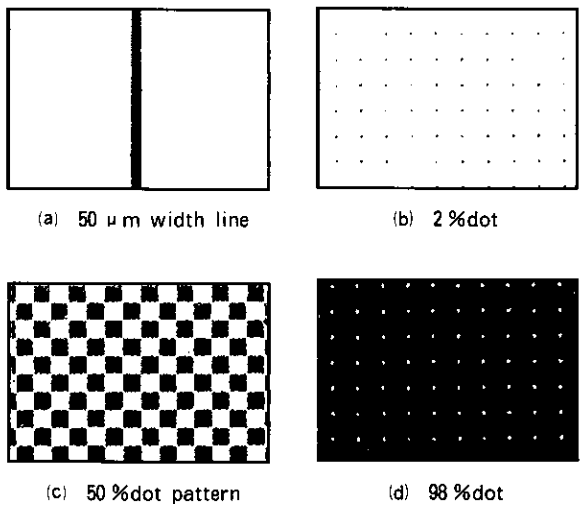
Fig.8は、4000 dpi（副走査送りピッチ：6.35 μm）で、べた露光時の記録エネルギーに対する反射濃度の依存性を示す。記録エネルギーは、副走査ピッチ主走査速度から算出した。

比較に示したレーザー昇華熱転写材料では記録エネルギーが大きくなるに従い濃度が増加するのに対して、レーザー溶融型熱転写方式では一定のエネルギー以上で反射濃度が一定した値を示す。

本研究で検討したレーザー溶融熱転写記録材料では、インク層の膜厚が薄く、かつ、光熱変換層との接着力を調整しており、インク層が凝集破壊を起こさずに界面剥離で転写するため、敷居値以上の露光エネルギーに対し、安定した色濃度を得ることが出来た。

3．2 レーザー溶融熱転写記録の網点品質

RIP（Raster Image Processor）を介して、レーザー光を変調し、レーザー溶融熱転写方式で出力した網点画像をPhoto.1に示す。非常に切れの良い転写画像が形成できるため、175線で2％から98％まで網点をきれいに再現できる。



(a) 50 μm width line
(b) 2％dot
(c) 50％dot pattern
(d) 98％dot

Photo. 1 Ink transfered image of half tone dots

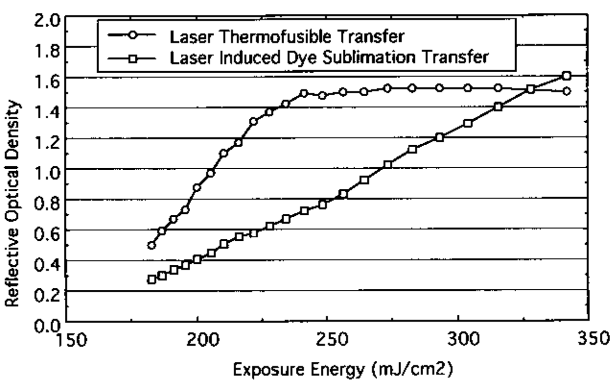


Fig.8 The dependence of reflective optical density on exposure energy.

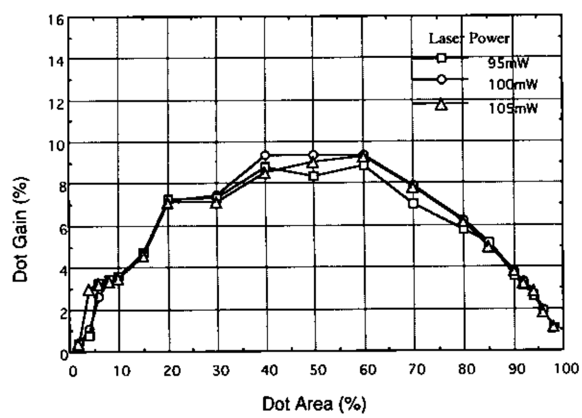


Fig.9 Stability of Dot Gain curve

3．3　ドットゲイン変動

Fig.9はレーザーパワーを95，100，105 mWと変化させた場合のドットゲイン変動を示す。記録エネルギーの変動に対しても安定したドットゲインが得られている。これは、溶融熱転写が一定以上の記録エネルギーに対して一定濃度を示し、かつシャープな画素を形成するためと考えられる。

3．4　色再現

Fig.10に、印刷物（Japan Color サンプル）と色相を近似させたレーザー溶融熱転写材料を用いて出力した1次色の測色値をa^*b^*面上に示した。溶融転写型では、色材として印刷インクと同じ顔料を用いるため、適切に顔料を選択調整することで、印刷物から$\Delta E < 3$の範囲で色調調整することが可能であった。一方、昇華熱転写記録では染料を用いるため、顔料系の印刷物と色相を厳密に一致させることが難しく、露光エネルギーが強すぎると色濁りが生じる。

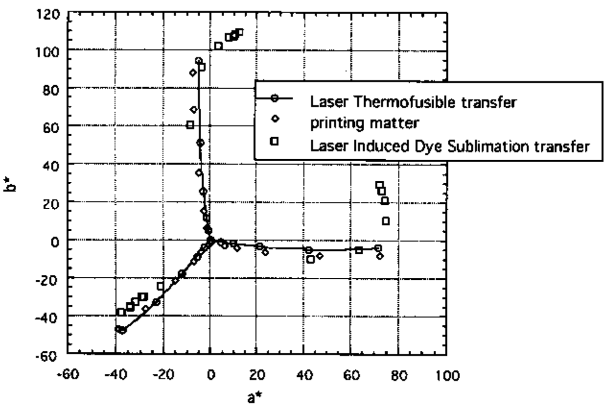


Fig.10　The comparison of Color coordinate of solid color of printing matter, laser thermofusible transfer and laser induced dye sublimation transfer

さらに、IT.8.7／3のテストパターンを出力、定点を測色し、2次色の色再現領域を求め、印刷物（Japan Color）と比較をした。溶融熱転写記録は2次色においても、印刷と同等の色再現域を有することが確認された。(Fig.11)

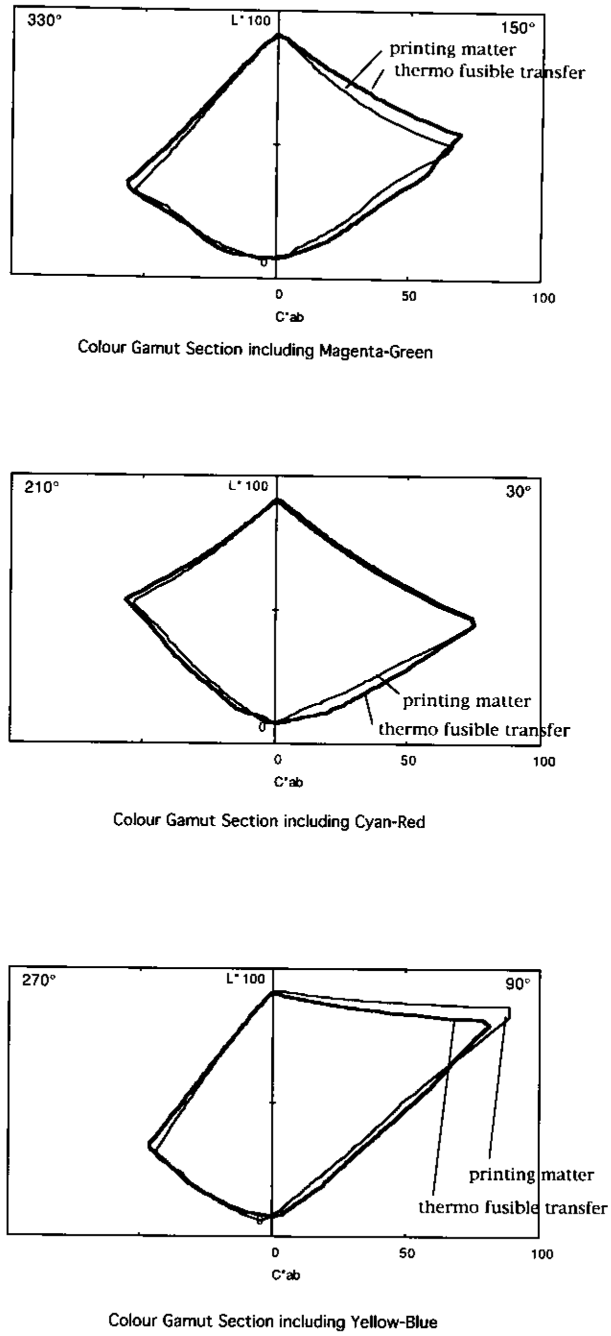


Fig.11　Comparison of color gamut of printing matter and laser thermofusible transfer.

4　結論

レーザー溶融熱転写記録方式は、顔料を色材として用いるため1次色を印刷インクと非常に近く設定することが可能である。また色材層が層ごと転写するため、レーザーエネルギーなど記録デバイスのバラツキが濃度に影響を与えにくく、小点からベタまでの網点面積においても安定したドットゲイン再現性を示す。このため2次色の色再現性も良好であり、安定した繰り返し再現性が得られ、網点再現を必要とするデジタル記録（DDCP）などの用途に最適な技術であることが分かった。

●参考文献

1）電子写真学会誌 Vol. 32, No.2, 110 (1993)
2）電子写真学会誌 Vol. 32, No.3, 236 (1993)
3）IS&T's Tenth International Congress on Advances in Non-Impact Printing Technologies, 340-342 (1994)
4）Journal of Imaging Science and Technology Vol. 36, No.2, 180 (1992)