
半導体レーザ記録によるサーマルリライタブル記録媒体の耐光性と繰り返し耐久性の向上

Improvement of Light Durability and Repetition Durability of Thermal Rewritable Media by a Recording Process using Laser Diode

浅井 敏明*	長谷川 史裕**	土屋 美由紀**	川原 真哉*	山本 和孝*
Toshiaki ASAI	Fumihiko HASEGAWA	Miyuki TSUCHIYA	Shinya KAWAHARA	Kazutaka YAMAMOTO
石見 知三*	古川 隆弘*	堀田 吉彦*		
Tomomi ISHIMI	Takahiro FURUKAWA	Yoshihiko HOTTA		

要 旨

サーマルリライタブル記録媒体（Thermal Rewritable Media : TRM）は、数百回の記録／消去が可能であることから、環境負荷の少ない記録媒体として注目されている。視認性のよいロイコ染料を利用したTRMは、耐光性に弱くオープン環境では使用できないという課題があり、また高出力レーザを用いて文字を効率的に描画するベクタースキャン方式では文字の交点や折り返し部などで過剰に加熱され部分的に繰り返し耐久性が低下するという課題があった。半導体レーザ記録プロセスを用いることにより耐光性向上可能な技術を確認し、さらに媒体性能を最大に発現させるプロセス技術およびその記録プロセスを実現させるレーザ制御技術を確認することにより、物流用途などのオープン環境に展開できるようになった。

ABSTRACT

Thermal Rewritable Media (TRM) attract considerable attention as low environmental load media because TRM can be recorded and erased several hundreds times. However, there is a problem that the TRM using leuco dye whose image contrast is high cannot be used outdoors due to low light durability. In a vector scan, that is efficient method to draw characters through high power laser, there is also a problem that the repetition durability tends to decrease partially by overheating at the crossing and turning points of character strokes. We have established technologies that can improve light durability of the TRM by a recording process of using laser diode. In addition, we also established irradiation process technologies that bring out the primary durability of the TRM, and laser control technologies that realize the process. As a result, we can use the TRM outdoors such as logistics.

* サーマルメディアカンパニー リライタブル開発センター

R&D Center of Rewritable Media, Thermal Media Company

** 研究開発本部 基盤技術研究センター

Core Technology R&D Center, Research and Development Group

1. 背景と目的

リライタブル表示技術は、その利便性や環境負荷低減の点から注目度の高い技術分野として各種方式が提案されている。それらの中で、熱を利用したサーマルリライタブル記録媒体(TRM)はいち早く実用化に至っている¹⁾。従来、TRMにはサーマルヘッドによる加熱記録が用いられてきたが、レーザ光により加熱して記録するレーザ記録についても検討されており²⁾、レーザ記録では従来のサーマルヘッド記録と異なり非接触であるために、記録媒体から離れた位置からレーザ光を照射して記録が可能であり、移動体への記録も容易となることから、TRMの用途が広がる可能性がある。

従来の視認性に優れたロイコ染料を利用したTRMは、直射日光に曝されるようなオープン環境で使用すると光劣化により画像の消え残り等が生じるという課題があり、さらにベクタースキャン方式では文字ストロークの交点部等が複数回加熱されるので繰り返し描画するとTRMが劣化するという課題があった。

本報告ではTRMを物流用途などのオープン環境で長期間使用できるように、半導体レーザ(LD)記録による媒体とレーザ制御の検討を行ったので報告する。

2. 実験方法

2-1 記録媒体

Fig.1に従来のTRMの基本構成を示す。ベースフィルムは白色PETフィルム、記録層はロイコ染料とフェノール系長鎖型顔色剤を主成分としている。記録層上には紫外光遮蔽のための紫外光遮断層及び媒体表面を保護する保護層を設けている。

2-2 実験装置

Fig.2に今回用いたLDマーキング実験装置の概略図を示す。光源にはファイバー結合半導体レーザ（波長976nm, 最大出力30W）を用いた。レーザ光の走査はX, Y軸ガルバノスキャナミラーを用いることにより行い、 $f\theta$ レンズ（焦点距離：107mm）により集光して印字を

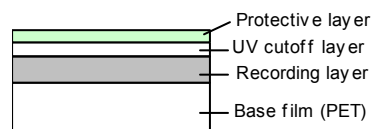


Fig.1 Structure of conventional TRM.

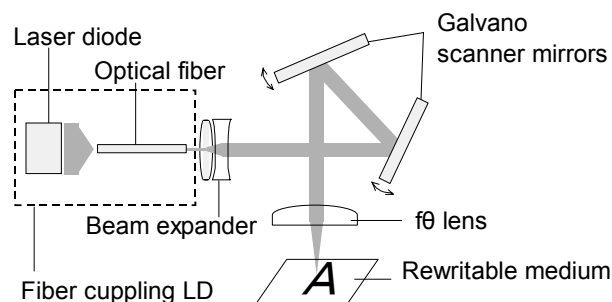


Fig.2 Schematic diagram of the experimental laser recording system.

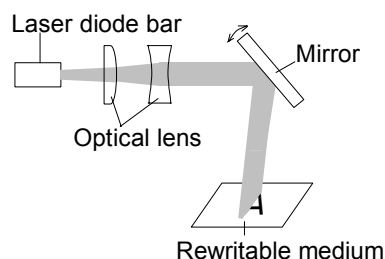


Fig.3 Schematic diagram of the experimental laser erasing system.

行う。Fig.3に今回用いたLD消去実験装置の概略図を示す。光源にはバータイプの半導体レーザ（波長976nm, 最大出力55W）を用いており、ライン状光分布を活用した消去を行う。

3. TRMの耐光性向上の検討

3-1 従来TRMの耐光性

3-1-1 実験および評価方法

Fig.1の従来TRMに対して、サーマルヘッドを用いた感熱印字シュミレーターにより印字を行った。印字したTRMに対して、キセノン光照射下(10万lux)に曝露後、

ホットプレートで加熱して画像の消去を行った後に、画像濃度、地肌濃度、画像消去後の濃度を測定した。濃度の測定は、測定部をスキャナーで読み取り、反射濃度に換算した。

3-1-2 結果と考察

Fig.4に従来TRMの耐光性試験の結果を示す。長時間キセノン光照射下に曝すと画像濃度は低下し、地肌濃度、画像消去後の濃度は増加している。Fig.5に耐光性試験前後のTRMを示す。物流分野における通い箱には屋外での耐光性5年が必要であり、これはキセノン光照射580時間の曝露試験に相当するが、580時間試験後では、特に画像の消え残りが大きく生じていることが確認できる。これら性能低下の原因は、光と酸素によるロイコ染料の分解であると考えられる。

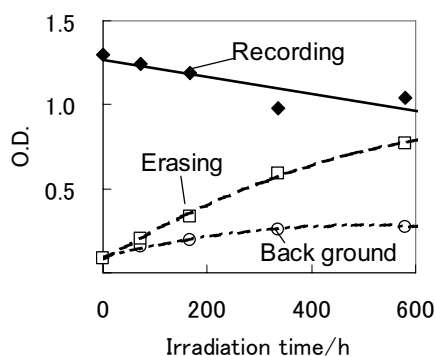


Fig.4 Light durability of conventional medium indicated in Fig.1.

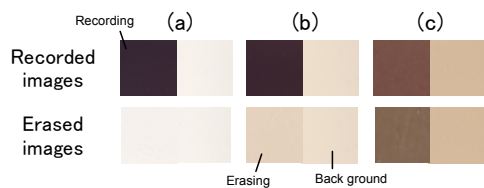


Fig.5 Recorded images, erased images and back ground images (a) before exposed to the light. (b) after exposed to the light 168h. (c) after exposed to the light 580h.

3-2 耐光性に対する紫外光の影響

3-2-1 実験および評価方法

Fig.1の従来TRMに対して、サーマルヘッド感熱印字シミュレーターにより印字を行った。印字したTRM上に、Fig.6に示した特定の波長を遮断するカットフィルターを設置してキセノン光照射下（10万lux）に168時間曝露後、ホットプレートで加熱して画像の消去を行った後に画像濃度、地肌濃度、画像消去後の濃度を測定した。

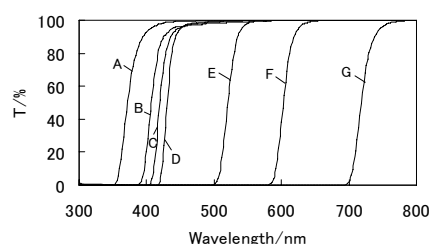


Fig.6 Transmittance spectrum of cutoff film A-G.

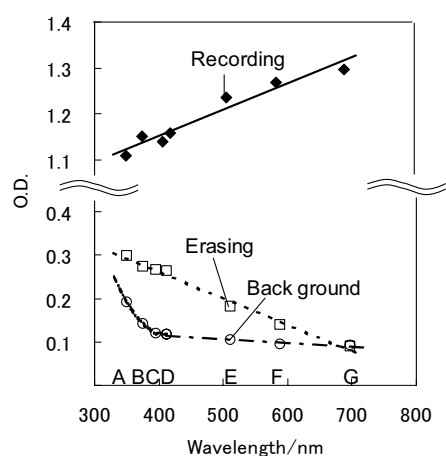


Fig.7 Light durability of conventional medium shown in Fig.1 with various cutoff films after exposed to the light for 168h.

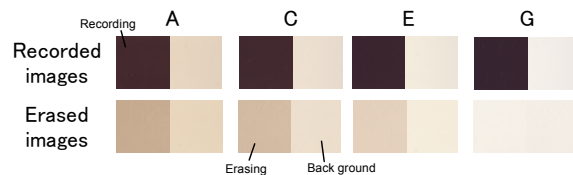


Fig.8 Recorded images, erased images and back ground images with various cutoff films after exposed to the light 168h.

3-2-2 結果と考察

Fig.6に使用したカットフィルターの透過率特性を示す。従来のTRMの紫外光遮断層はFig.6のカットフィルターBと同等の透過率特性を示す。Fig.7にカットフィルターを設置した従来TRMの耐光性試験の結果を示す。地肌濃度は400nm以下の光を照射すると大きく増加し、400nmより波長の長い光を照射しても増加しないことがわかった。画像濃度、画像消去後の濃度変化は、照射する光の波長に比例して、小さくなることが分かった。400nmより波長の長い光で画像部が濃度変化するのは、画像部は可視領域に吸収を持つことから、可視領域の光もロイコ染料の分解に影響を与えているためと考えられる。紫外光の遮断により地肌濃度変化は抑制できるが、画像濃度、画像消去後の濃度の変化は大きくなってしまう。Fig.8に耐光性試験後のTRMを示す。紫外光のみの遮断では、画像部の劣化の抑制が不十分であることが確認できる。

3-3 耐光性に対する酸素の影響

3-3-1 実験および評価方法

基材に記録層を設けたTRMを、熱スタンプで加熱して発色させた。印字したTRMに、シリカを蒸着したバリアフィルム（厚み $12\mu\text{m}$ 、 O_2 transmission rate; $5\text{ ml/m}^2/24\text{h/Mpa}$ ）を上側に貼り合せ、さらにFig.6のカットフィルターCをバリアフィルム上に設置してキセノン光照射下(10万lux)に曝露後、ホットプレートで加熱して画像の消去を行った後に、地肌濃度、画像濃度、画像消去後の濃度を測定した。

3-3-2 結果と考察

Fig.9に、バリアフィルム有無のTRMの耐光性試験の結果を示す。バリアフィルムを貼り合せて酸素遮断することで、画像濃度、画像消去後の濃度変化は小さくなることがわかった。これはバリアフィルムを貼り合せた事で記録層中の酸素が少なくなり、ロイコ染料の分解を抑制することができたためと考えられる。

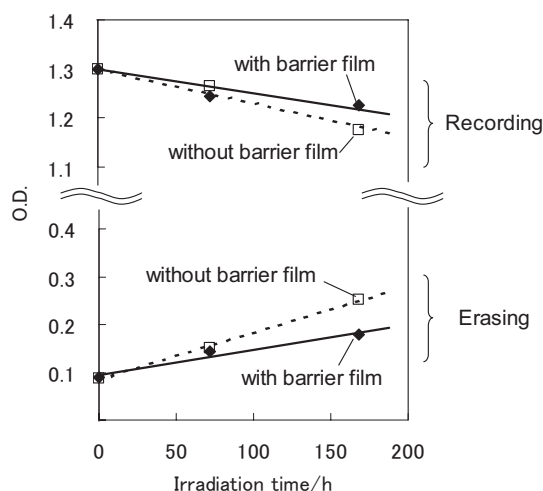


Fig.9 Light durability of the thermal rewritable medium with barrier film that O_2 transmission rate is $5\text{ ml/m}^2/24\text{h/Mpa}$ and that without barrier film.

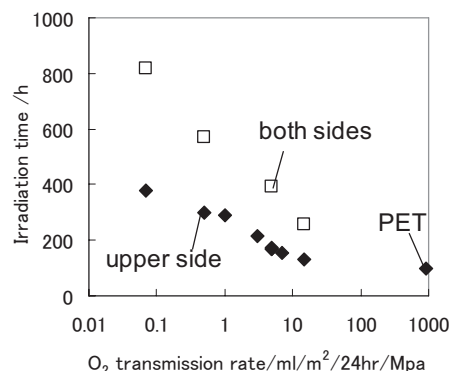


Fig. 10 Irradiation time of thermal rewritable media with various barrier films in both sides and that in upper side when the difference between O.D. of erasing and background is 0.1 after exposed to the light.

Fig.10に、酸素透過度の異なるバリアフィルムを記録層の上側または記録層の両側に貼り合せて、画像消去後の濃度と地肌濃度の差が顧客で許容される0.1になる時のキセノン光曝露時間と酸素透過度の関係性を評価した結果を示す。バリアフィルムの酸素透過度を小さくすると画像消去後の濃度と地肌濃度の差は小さくなり、その結果、許容レベルまでの照射時間が長くなる。さらに記録層の両側にバリアフィルムを貼り合せた方が、記録層の上側に貼り合せた場合に比べて、画像消去後の濃度と地肌濃度の差がより小さくなり、その結果、許容レベルまでの照射時間が長くなることがわ

かった。これは記録層の上側の酸素遮断のみでは酸素遮断が十分ではなく、下の基材側からも酸素が透過してロイコ染料の分解に影響を与えているためと考えられる。

3-4 新規TRMの耐光性

3-4-1 実験および評価方法

Fig.11に、3-2で確立した紫外光遮断技術と3-3で確立した酸素遮断技術を活用した新規TRMの基本構成を示す。記録層にはLD光を吸収して発熱する光熱変換材料として酸化インジウムスズ(ITO)粒子を添加し、ベンゾ

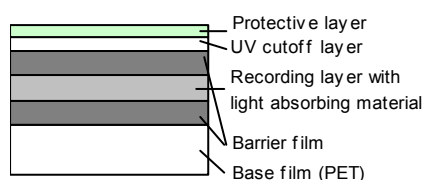


Fig.11 Structure of new TRM.

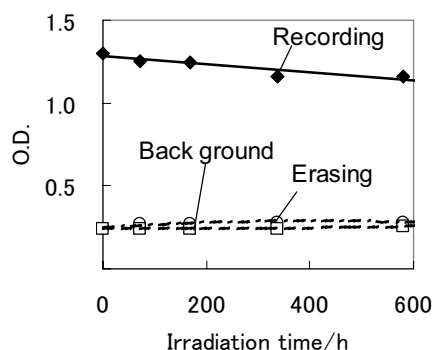


Fig.12 Light durability of new medium indicated in Fig.11.

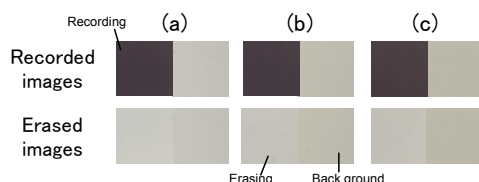


Fig.13 Recorded images, erased images and back ground images (a) before exposed to the light, (b) after exposed to the light 168h, (c) after exposed to the light 580h.

トリアゾール系樹脂をコーティングしてFig.6のカットフィルターCと同等の透過率特性を示す厚み15 μ mの紫外光遮断層を形成し、記録層の上下面には酸素透過度0.5 ml/m²/24h/Mpaのバリアフィルム12 μ mを形成した。Fig.11のTRMにFig.2のLDマーキング実験装置により印字を行った。印字したTRMに対して、キセノン光照射下(10万lux)に曝露後、Fig.3のLD消去実験装置により画像の消去を行った後に、画像濃度、地肌濃度、画像消去後の濃度を測定した。

3-4-2 結果と考察

Fig.12に新規TRMの耐光性試験の結果を示す。LD記録プロセスを導入して、従来TRMでは不十分であった紫外光と酸素を遮断することで、画像濃度、地肌濃度、画像消去後の濃度変化を少なくすることができた。また従来TRMより新規TRMの初期の地肌濃度が大きいのは、ITOを記録層に添加したためである。Fig.13に耐光性試験前後のTRMを示す。580時間試験後においても、画像部と地肌部の劣化が少ないことが確認できる。これより、新規TRMを直射日光に曝されるようなオープン環境で5年以上使用できるようになった。

4. レーザ制御による耐久性向上の検討

LD光を筆で描くようなぞるベクタースキャンは、多数の平行線で文字を表現するラスタースキャンに比べ、短時間で描画が行えることと文字の輪郭を滑らかに表現できる利点があるため、高出力レーザでのマーキングに好適である。しかしフォントデータをそのまま描画に利用すると、交点部などが劣化し、媒体の本来持つ耐久性が発揮できないという課題があった。そこで本章ではまず劣化の原因、さらにその対策としてのレーザ制御技術について述べる。

なお、本章で図示される描画例は、特に断りのない限り、描画データを基にしてCGにて生成したシミュレーション画像である。

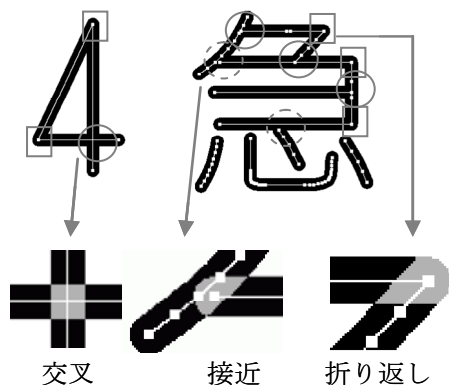


Fig.14 Font data showing overlapped area.

4-1 媒体劣化の原因

Fig.14は本稿で用いたフォントデータの例である。白い線分が文字の中心部を通るストロークで、この集合体がストロークフォントデータである。このフォントデータを基に、レーザのビーム幅分の太さで描画を行った結果を黒で表している。

TRMは過剰な熱が加わると材料の分解温度に達して劣化するが、その原因はFig.14に示す3種類からなるストロークの重複である。1つめは実線の丸で囲んだ部分で、ストロークが「交叉」しているため、レーザが2度照射されることになり、媒体の温度が上がりすぎて劣化する。2つめは点線の丸で囲んだ部分で、ストロークが線幅より「接近」しているため照射域が重なり、温度が上がりすぎて劣化する領域である。3つめは四角で囲んだ部分で、描画時にレーザが走査方向を大きく変える「折り返し」を示している。この位置では2度照射される上、向きを制御するガルバノミラーがその慣性により、急激な方向変化に遅れて追従するため、設定された速度よりも走査速度が低下し、温度が上がりすぎて劣化する。

4-2 従来技術の問題点

Fig.14で示した3種類の重複を除去できれば過度の温度上昇の問題は解決するので、フォントデータ自体を加工することが対策として考えられる。しかし、文字の大きさ、線幅は、装置設定により変化するので、過不足なく重複部を除去したフォントデータを前もって

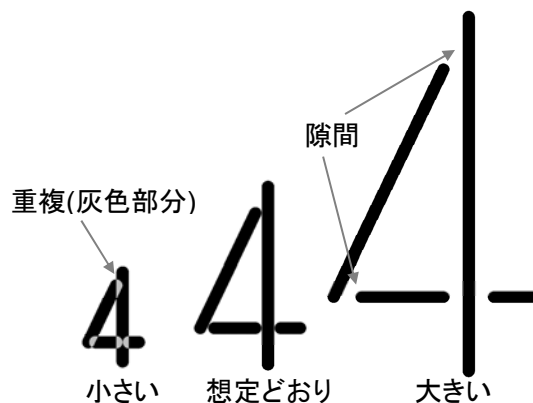


Fig.15 Drawing result in case of modifying font data.

作成することはできない。Fig.15はある線幅・文字サイズを想定して、重複がないようにフォントを加工した場合に、文字の大きさを变化させたときの描画の概念図である。文字の拡大倍率によってフォントデータ上であけた隙間が変化するため、文字の拡大率によって重複が残ったり、隙間が空いたりして文字の品質が劣化してしまう。また、特に日本語では文字種類が多いためこの加工の手間が膨大であり、対応できる書体や表現のバリエーションが少なくなりがちである。

4-3 レーザ制御技術の概要

本技術は、Fig.2におけるベクタースキャンを行うレーザを制御する描画データの生成技術であり、過度の温度上昇なしに品質の高い文字を描画することを目的とする。Fig.16は処理の概略を示した図である。

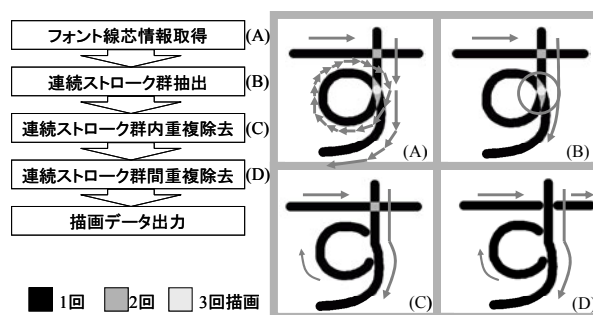


Fig.16 Outline of the process.

4-4 本技術の詳細説明

次にFig.16で示した処理を詳細に説明する。

4-4-1 フォント線芯情報取得

線分列で定義されたストロークフォントデータから線分を線芯情報として取得する。これはFig.14の白い線で例示された線分列に相当する。

4-4-2 連続ストローク群抽出

線芯情報から連続する線分（ストローク）をグループ化して取得する。Fig.16(B)の例では、水平線と、ループを含む縦方向の2つにグループ化される。手書きで文字を描く場合の一筆書きできる単位と考えると想像しやすい。これを連続ストローク群と呼ぶことにする。ここで、Fig.14の「折り返し」に相当する急角度での連続箇所では別のストローク群として分割登録することで、「折り返し」が解消され「接近」の状態となる。

4-4-3 連続ストローク群内重複除去

1本の連続ストローク群に属するストローク同士の重複のうち、残る「交叉」「接近」を検知し、必要な分だけストロークを分割・短縮してこれらを除く処理である。Fig.17はその例でありFig.16では(B)→(C)の処理に相当する。ここでの説明はFig.18を参照して行う。

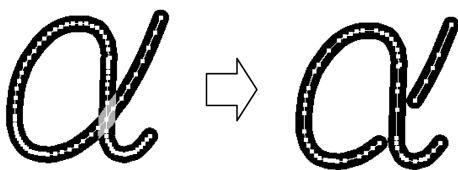


Fig.17 Example of removing overlap within a stroke group.

- (1) ストローク同士が「交叉」あるいは「接近」しているかどうかをすべてのストロークの組に対して検知する。

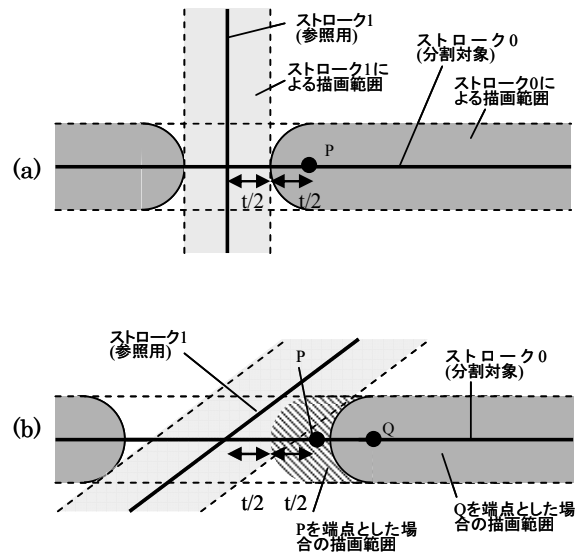


Fig.18 Calculation of dividing or reducing strokes.

- (2) 「交叉」あるいは「接近」のストロークは必要な分だけストロークを分割・短縮する。短縮量の算出にあたってはストローク同士の角度の考慮が必要である。
 - ① Fig.18(a)のように、分割対象のストローク0と参照用のストローク1の2本のストロークが直角に「交叉」している場合は、ストローク線幅 t だけ交点から後退させた点Pを新たなストロークの端点とすればよい。
 - ② Fig.18(b)のように直角でない場合は(a)と同様に t だけ後退させると斜線部のようになり、重複する領域が残ってしまう。そこで、ストローク同士の角度に応じて後退すべき長さ調節し、点Qの位置をストロークの端点とする。ストローク同士の角度が直角から離れるほど、点Qは点Pよりも後退していく。
 - ③ 「交叉」の場合はP、Qの、ストローク1を挟んだ反対側でも同様に端点を算出する。「接近」の場合は反対側にもともとストローク0はないので算出の必要はない。

以上の手順によって、線幅や文字サイズ、さらにストローク同士の角度がどのようなものであっても、過不足のないストロークの分割・短縮が実現できる。

4-4-4 連続ストローク群間重複除去

2つの連続ストローク群が互いに「交叉」「接近」している場合に、一方を分割・短縮してこれらの重複状態を解消する処理である。Fig.16においては(C)→(D)の処理に相当し、水平方向と縦方向のストローク群の交叉を解消する。ストロークの短縮量は4-4-3と同じ手順で求めることができる。2つのストローク群のどちらを分割・短縮するかは、ストロークの消失量の小さいほうなど情報量の消失が少ない側を選択する。

4-5 字体のバリエーション

本技術では、ストロークフォントを利用して通常の字体Fig.19(a)を描画できる他、各ストロークの平行線を生成すれば太文字(b)が描画できる。さらにアウトラインフォントを利用すれば袋文字(c)が、文字ストロークの存在域以外を平行線でずらしながらべた塗りで描画すれば白抜き文字(d)が可能である。またすべての字体に対し、ストロークの座標を回転させて回転文字も印字できるなど、さまざまな字体表現が可能である。

4-6 結果と考察

Fig.20は本技術を適用した描画データを基にFig.2の書き込み装置でTRMに印字を行った例である。同じ文字を同じ線幅で、異なるサイズでTRMに描画した例でありFig.15にあった隙間はなく、また重複も除去され

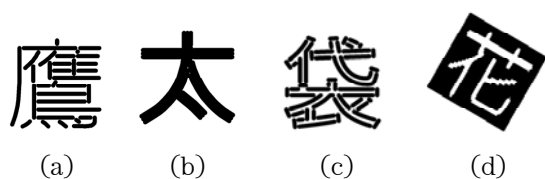


Fig.19 Various expressions.

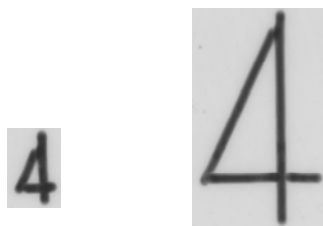
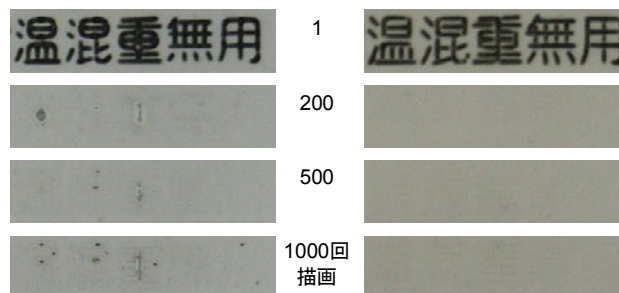


Fig.20 Characters of different sizes.



(a) No removal (b) Overlap Removed

Fig.21 Drawing example on TRM.

ているため、Fig.21で示した耐久性を得ることができる。

Fig.21はTRMに印字、消去を行った例である。(a)(b)とも上から1回、200回、500回、1000回描画したものを表し、一番上以外は消去後の状態である。(a)の重複除去を行わない例では、折り返しや交叉部分を中心に記録媒体の劣化により消えない領域が発生している。(b)は重複除去を行った例で、1000回でも消えない領域はなく、媒体の本来持つ耐久性を発揮できている。

5. 結論

半導体レーザ記録プロセスを用いることにより耐光性向上可能な技術を確認し、さらに媒体性能を最大に発現させるプロセス技術およびその記録プロセスを実現させるレーザ制御技術を確認することにより、TRMを物流用途などのオープン環境に展開できるようになった。

謝辞

最後にLD記録プロセスの検討にあたって、千葉大学大学院 融合科学研究科 北村研究室に多大なるご協力をいただき、感謝いたします。

参考文献

- 1) Y.Hotta: Development of Rewritable Card and Paper, International Congress of Imaging Science 2002, (2002), p. 503.
- 2) 堀田, 鈴木, 北村, 山岡: “リライタブル熱記録媒体へのレーザ書込み”, 電子写真学会誌 第 35 巻, (1996), p. 168.
- 3) 川原, 石見, 堀田: リライタブル熱記録媒体へのレーザ記録 (1) レーザ光強度分布制御による繰返し耐久性の向上, Imaging Conference JAPAN 2007, (2007), p. 51.
- 4) T. Ishimi, S. Kawahara, T. Asai, Y. Hotta: Laser Recording on Thermal Rewritable Media (2) Simulation of Thermal Distribution and Control of Intensity distribution Using the Optical Lens, Proceeding of Imaging Conference JAPAN 2008, (2008), p. 390.
- 4) 浅井, 川原, 石見, 堀田: リライタブル熱記録媒体へのレーザ記録 (3) 半導体レーザ記録による耐光性の向上, Imaging Conference JAPAN 2010, (2010), p. 223.