

レーザーによる顔料を使用しない金属製品への着色技術および、 ぎふブランド製品の開発（第3報）

西村 太志、松原 早苗、堀部 嘉学*、大竹 喜幸**

Development of color marking techniques on the metal surface by laser marking and unique products in Gifu (III)

Futoshi Nishimura, Sanae Matsubara, Yoshitaka Horibe* and Yoshiyuki Otake**

本研究では、ステンレスやチタンの表面にレーザー光で酸化膜を形成し、この酸化膜で反射した光の干渉による発色技術の開発を行っている。本年度は、イラストや写真等の画像から、印字加工データを簡便に作成する手法を検討する。そして、この成果を応用したアプリケーションを作成する。また、本研究で使用したレーザーマーカでは、美しい青系の発色が得られているが、他の色との差異を調査するため、酸化膜の化学結合状態や硬さを調査する。

1. はじめに

レーザーによる刻印は、金属の極表面を酸化するため、顔料を必要とする印刷に比べて摩耗等に対する耐久性に優れている。このため、工具等の型番表示によく用いられている。これまでレーザーマーカは、ロゴやバーコード、型番等の単純な模様や文字を単色での印字に利用されることが多かった。単色印字の場合、レーザーの発振条件が1つであることや、画像も2値画像であるため、1色の領域を抽出するのみでよく、加工データの作成が容易である。

これまでに報告¹⁾³⁾があるように、本実験装置でもステンレスやチタンに鮮やかな多色印字を行うことができるようになった。前報⁴⁾⁵⁾までに、酸化膜厚と発色の関係や、表面状態の影響等を明らかにした。しかし、多色になることで、画像を印字する色毎の領域を分け、各色領域に対してレーザーの発振条件を設定する必要があり、加工データ作成に多大な労力と時間が必要である。本研究成果を普及させるには、この問題点の解決が不可欠である。

そこで、本研究では、イラストや写真等の画像から、印字加工データを簡便に作成する手法を検討し、そのアプリケーションを試作し、印字した結果を報告する。酸化膜の詳細を調査するため、化学結合状態や硬さを測定した結果も報告する。

2. 手法

図1に実験装置を示す。レーザーマーカはオムロン製 MX-Z2000G である。当機器では、画像を各色の領域



図1 レーザーマーカ本体

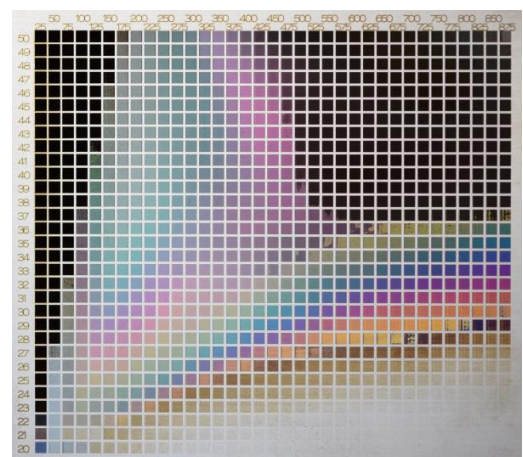


図2 カラーサンプル (パターン8)

に対して、輪郭抽出を行い、DXF形式の領域データとして出力する。そして、各領域データに、レーザーの発振条件を設定し、重ね合わせ作成する。この印字加工データの作成作業において、画像を各色の領域に分割し、

*有限会社志津刃物製作所

**株式会社シズテック

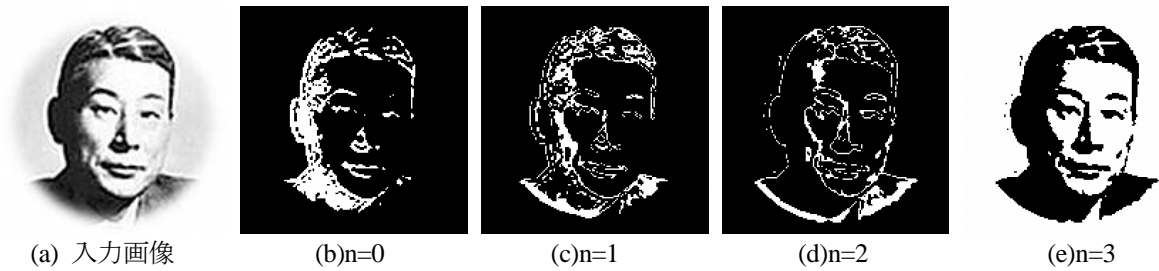


図3 濃淡画像の入力画像と領域画像

表1 図3に対するカラーパターン

色番号 n	RGB 値 (R,G,B)	パターン	周波数 (kHz)	パワー (%)
0	(0, 0, 0)	1	100	50
1	(85,85,85)	5	150	27
2	(170,170,170)	5	150	25
3	(255,255,255)			

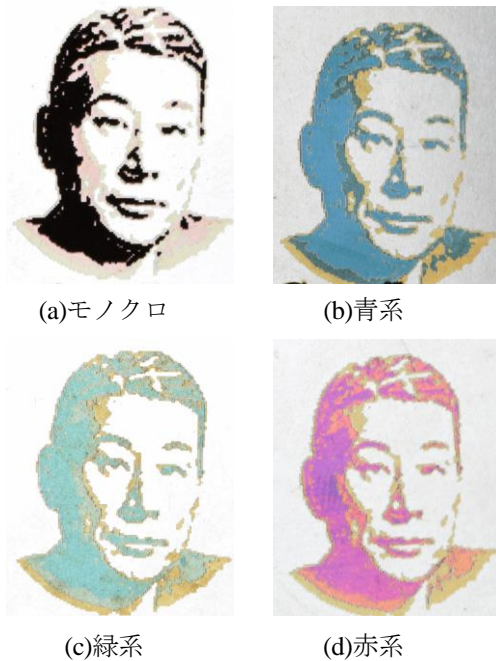


図4 濃淡画像の印字結果

値と、印字するレーザーの発振条件を対応させたリストをカラーパレットと呼ぶ。印字する色数 N 分の行からなるリストとなる。

カラーパレットを作成する前に、レーザーの発振条件と発色の関係を見るため、パターンを 1~12、周波数を 25~800Hz を 25Hz 刻み、パワーを 20~50% を 1% 刻みで変えて出力したカラーサンプルを作成した。図 2 にパターン 8 のカラーサンプルを示す。左下の矩形をパワー 20%、周波数 25kHz とし、上方向はパワーを 1% ずつ上げ、右方向は周波数を 25kHz ずつ上げて印字した。作成したカラーサンプルを基に、目視により、画像上の RGB 値と、印字するレーザーの発振条件を対応付け、カラーパレットを作成した。このパレットは、対象とする画像に応じて作成することも、基本となる色で作成したものを再利用することもできる。

2. 2 領域分割と輪郭抽出

まず、入力画像を、カラーパレットで指定した色数 N の領域に分割する。分割方法は、入力画像の各画素に対して、その RGB 値と、N 色あるカラーパレットの RGB 値との距離が最も近い色番号 n を求める。得られた色番号 n を画素値とする領域分割画像を生成する。RGB 値の距離はユークリッド距離を用いた。

領域分割画像に対して、色番号 n 毎に、輪郭抽出を行い、輪郭を形成する連続する画素の座標値を、DXF 形式の領域データとして出力する。座標値は、画像の左下を原点として、右方向を X 軸、上方向を Y 軸とする。印字する幅サイズを入力し、拡大縮小を行った座標値を出力する。

2. 3 印字加工データの出力

2. 2 にて得られた各色の領域データに対して、カラーパレットに従い、レーザーの発振条件を設定し、全色重ね合わせたものを印字加工データとして出力する。

輪郭抽出する作業に多大な時間を必要とする。そのため、イラストやロゴのような各色ベタ塗りの画像に制限されていた。また、ベタ塗りであっても印字色数が増えることで、領域数が増え、作業負担が増加する。そこで、本研究では、入力された画像をソフトウェア上で自動的に印字する色の領域に分割し、その輪郭を抽出する手法を画像処理の技術を用いて開発した。この手法により、ベタ塗りでない多階調の写真の画像の印字も可能となる。

処理の手順は、まず、画像上の色とレーザーの発振条件を対応させたリストを作成し、画像をその色領域に分割する。そして、各色領域の輪郭を抽出し、対応するレーザーの発振条件を設定し、重ねたデータを印字加工データとして出力する。

2. 1 カラーパレットの作成

画像は、各画素に対して RGB それぞれ 8bit (256 段階) の値をもつことを想定し、以降、その値を RGB 値と呼ぶ。また、レーザーの発振条件は、パターン (連続発振するパルスの個数)、周波数 (パルスの周期)、パワー (パルスの高さ) とする。ここでは、画像上の RGB



図5 カラー写真画像の中間処理及び印字結果

3. 実験

3.1 濃淡画像

図3(a)のグレースケール256階調の濃淡画像を入力と



(a)画像 RGB 値 (b)印字
図6 カラー写真用カラーパターン

して、表1に示すカラーパターンに従い、各色に分割した領域の画像を図3(b)~(e)に示す。濃淡画像の場合、RGBの各値が同じ値となるため、RGB値が(d,d,d)の濃淡値をdと呼ぶとこととする。図3(a)の画素の濃淡値が、色番号n=0, 1, 2, 3に対応する濃淡値0, 80, 170, 255に近い値、つまり、それぞれ0~42, 43~124, 125~211, 212~255の範囲になる画素を白、その他の画素を黒とした画像を、それぞれ図3(b)~(e)に示す。これらの画像から、イラスト等のベタ塗りと異なり、複数の階調数を持つ画像では、領域が散らばっており、複雑な領域データとなることがわかる。

生成された領域データに表1のカラーパターンに示すレーザーの発振条件を設定し、出力した印字加工データ

を印字した結果を図4(a)に示す。また、レーザーの発振条件を変え、青系、緑系、赤系の色で印字した結果を、それぞれ図4(b), (c), (d)に示す。

3.2 カラー写真画像

カラー写真の画像に対しても同様の処理を行い、印字する実験を行った。図5(a)の入力画像に対して、カラーパターンに従い、領域分割した結果を図5(b)に、印字加工データを作成して印字した結果を図5(c)に示す。

カラー写真用に色数N=26のカラーパターンを作成した例を図6に示す。図6(a)は、カラーパターンにおけるRGB値を四角で描画したものである。図6(b)は、3.1にて作成したカラーパターンから、図6(a)のRGB値と対応するレーザーの発振条件を目視にて決定し印字したものである。このカラーパターンを用いて、カラー写真の画像を印字した結果を図5の一番上の画像である。その他の入力画像については、個々にカラーパターンを作成した。

図6(b)は、分割された領域の画素に、カラーパターンの色番号に対応するRGB値を入力した画像である。領域が正しく分割され、印字されていることがわかる。より鮮やかな発色が求められるが、カラーパターンを作成した際、色相により印字できる明度、彩度の分解能にばらつきがあることがわかった。レーザーの発振条件と鮮やかな印字手法について引き続き検討していく必要がある。

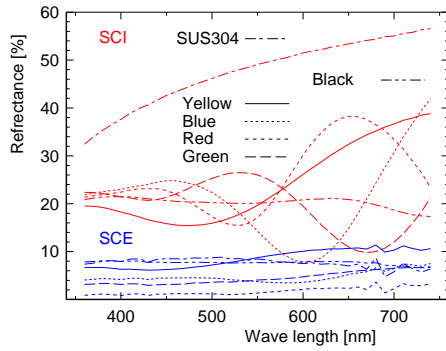


図7 反射率 (S C I)

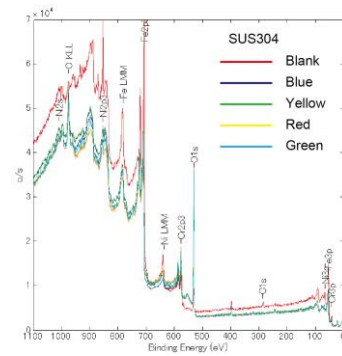


図9 光電子強度分布

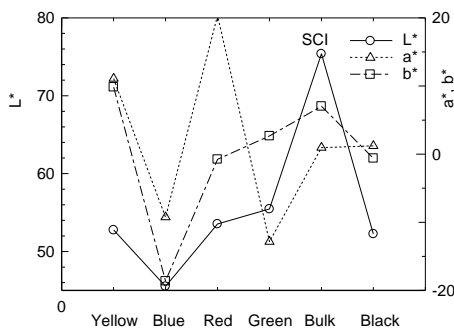


図8 測色値

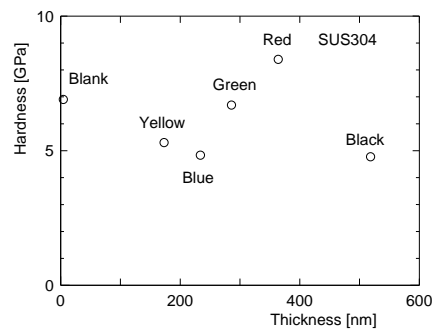


図10 薄膜の硬度

3. 3 測色

図7に測色計(コニカミノルタ製 CM-2600d)でカラーマーキング(黄、青、赤、緑、黒)サンプルを測定した結果を示す。横軸は光の波長、縦軸は反射率である。SCEは正反射光を含まない、SCIは含んだ測定結果である。SCEではどの色も反射率は10%以下である。そしてこれは拡散光の反射なので、酸化膜そのものの反射率である。SCIでは色ごとに特定の波長の光が多く反射していることが分かる。黒の反射率は波長によらずほぼ20%である。図8に測色値を示す。見た目に対応した測色値(L*a*b*)が得られた。

3. 4 化学結合

図9にX線光電子分光分析装置(アルバック・ファイ製 PHI5000VersaProbeII)の測定結果を示す。横軸は結合エネルギー、縦軸は光電子強度である。測定前にArイオンビームで表面をクリーニングしている。色によらず同じ分布形状をしていることから、酸化膜の化学組成はすべて同じである事が分かる。この分布形状から酸化膜はCr₂O₃、Fe₂O₃であることが分かる。

3. 5 硬さ

図10にナノインデント(アジレントテクノロジー製 G200)の測定結果を示す。横軸は前報で測定した酸化膜の膜厚、縦軸は硬さである。硬さは連続剛性測定法により得ている。膜厚が厚いほど硬い傾向がある。黒色については膜厚が厚くても、青色程度の硬さである。これまでの研究⁵⁾で得られた色ごとの膜厚と長野ら⁶⁾が示

している膜厚は異なっている。図9の結果から膜の化学組成はすべて同じであるので、硬さの違いは密度の違いによるものと予想できる。この密度の違いは屈折率の違いにも関係すると考えられる。よってカラーマーキングによる発色の違いは、酸化膜の厚さだけでなく、屈折率の違いも影響していると予想できる。

4. まとめ

- (1)多階調の画像からカラー印字加工データを作成し、印字することができた。
- (2)カラーマーキングによる結果を測色計で測定できる。
- (3)本研究で印字したカラーマーキングは正反射光を含んだ解析で測色できる。
- (4)発色の違いは酸化膜の厚みだけでなく、屈折率の違いも影響していると予想される。

【参考文献】

- 1) 阪部, 天田財団助成研究成果報告書 No.27, pp172-214,2014
- 2) 品田ら,日本機械学会論文集 C 編 Vol.72 No.713, pp235-240,2006
- 3) 品田ら,日本機械学会論文集 C 編 Vol.72 No.722, pp3406-3411,2006
- 4) 西村ら,岐阜県工業技術研究所報告 No.4 pp1-2,2016
- 5) 西村ら,岐阜県工業技術研究所報告 No.5 pp1-4,2017
- 6) 長野ら,レーザ加工学会誌 Vol.23 No.1, pp76-79,2016