

# 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5報）

田中等幸\*、松原早苗\*\*、西村太志\*\*\*、堀部喜学†、大竹嘉幸††

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

TANAKA Tomoyuki\*, MATSUBARA Sanae\*\*, NISHIMURA Futoshi\*\*\*,  
HORIBE Yoshitaka† and OTAKE Yoshiyuki††

本研究では、金属製品の高付加価値化を目的とし、レーザーによる加飾技術を確立する。これまでに、ステンレス鋼やチタン合金への発色特性を明らかにし、また金属表面に画像データを加飾するシステムを開発した。本年度は、加工技術の金属製品への適用可能性を検討するため、酸化膜の微細構造化による色分解能の向上を試みた。その結果、本技術は従来手法に比べ色分解能が4倍に向上することを確認し、精細な装飾技術として適用できることを実証した。

### 1. はじめに

レーザーを利用した加飾加工は、レーザーエネルギーを高精度に制御することで、金属表面に酸化膜を形成する技術である。酸化膜に表面で反射した光と、酸化膜を透過し金属表面で反射した各々の光が干渉することで、我々は色として認識することができる。

本加工技術は、金属表面を物理的に変化させるため、スタンプ、ラベリングまたはプリント印刷などの加工技術と比べて、剥がれや消失がない。また、インクや塗料、または電気化学的処理と比べて、処理後に発生する廃棄物などが発生しないため環境負荷はなく、ランニングコストを必要としない優位性がある。しかし、多彩な色を発色するためには、酸化膜の厚みを高精度に形成する必要があるため、実用上は数色に限られていた。その対策として従来研究では、レーザーを繰り返し走査することで膜厚を制御する手法や、雰囲気ガスによって膜厚を制御する等の試みが行われているが、加工時間や安全性等、実用上の課題があった。

そこで本稿では、レーザー加飾技術が金属製品へ装飾技術として適用可能性について検討する。具体的には、複数の酸化膜から構成される微細な皮膜構造を形成することで、色分解能の向上を図る。また、金属製品に本提案技術を適用した試作品開発事例について報告する。

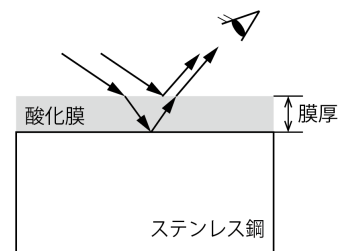


図1 薄膜干渉モデル

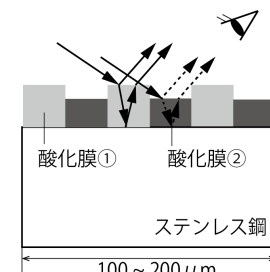


図2 提案する薄膜微細構造

### 2. レーザーによる金属表面の発色機構

#### 2.1 従来手法と課題

図1に、レーザー照射によって形成された酸化膜による薄膜干渉モデルを示す。ステンレス鋼の発色は、表層に形成された酸化膜の厚さと光の入射角度が関係する干渉によるものである。レーザーによって強制的にステンレス鋼を酸化させると、その表層にCr酸化物またはFe酸化物から成る薄膜が形成される。このとき、薄膜による反射光とステンレス鋼による反射光の二つの光の光路差によって強められた波長が色調として認識される。しかし、意図する色調を発色するためには、酸化膜の厚みを0.1nm単位で制御する必要があるため、パルスレーザーの加工条件（出力、周波

\* 金属部

\*\* 情報技術部

\*\*\* 産学連携部

† 有限会社志津刃物製作所

†† 株式会社シズテック

数等)によって色調を精密に制御することは困難である。

## 2. 2 提案手法

本研究では、ステンレス鋼の表層に複数の酸化膜から構成される微細な皮膜構造を形成することで、色分解能の向上を試みる。図2に提案する薄膜の微細構造を示す。肉眼での識別が困難な微小領域内に、特定の波長を強める複数の酸化膜を形成し、各々の面積比率を変えることで、混合色を再現する。

## 3. 実験

加飾実験は、2.2節に記述した提案手法によって、色分解能が向上することを検証する。6つの加工条件(表1)の中から2つの加工条件を組み合わせ、それぞれの面積比率を変化させることで中間色の再現を試みる。なお、レーザー走査速度は100mm/s、走査間隔は5μmとする。

実験に使用する加工機は、ファイバーレーザー(OMRON社製、MX-Z2000G)である。材料は、ステンレス鋼 SUS304 #400 研磨(100mm×100mm、t=1mm)を使用する。可視域色の測定には、分光測色計(コニカミノルタ社製、CM-2600d)を使用する。

表1 加工条件

加工条件	出力 [W]	周波数 [kHz]	パルス幅 [ns]
1	5.4	200	105
2	4.4	100	15
3	4.8	300	30
4	5.6	450	15
5	5.0	500	15
6	8.6	425	105

## 4. 結果と考察

図3に加飾結果を示す。6色(赤色、緑色、青色、マゼンダ色、シアン色、黄色)を基軸とした24階調の色相環を示している。隣り合う色相間で連続的に変化している様子が確認できる。例えば、レーザーを出力4.8W、パルス幅30ns、繰り返し周波数300kHzの条件で金属表面に照射すると、およそ厚さ365nmの酸化膜が形成され緑色に発色した。一方、レーザーを出力4.4W、パルス幅15ns、繰り返し周波数100kHzの条件で金属表面に照射すると、およそ厚さ174nmの酸化膜が形成され黄色に発色した。図4は、緑色と黄色に発色する2つの加工条件を使用し、それぞれの面積比率を100%:0%、75%:25%、50%:50%、25%:75%、0%:100%としたときの正反射スペクトルである。スペクトルが緑色から黄色へと変化している様子が分かる。この現象は、光の三原色の原理と同様の効果であると説明でき、面積比率に応じて緑色と黄色の混色が認識できたと考えられる。本実験

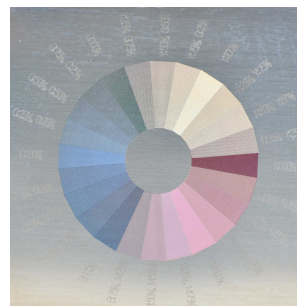


図3 加飾実験結果

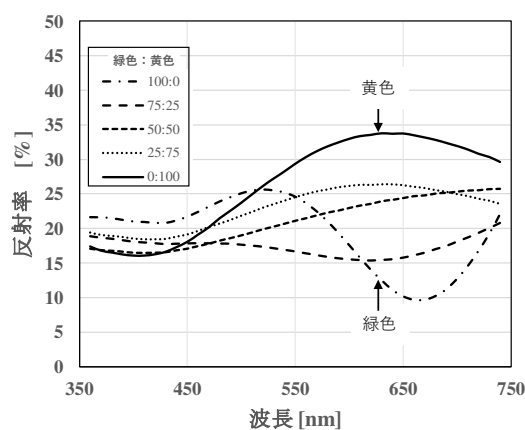


図4 分光測色結果



図5 爪切り製品の試作

では、6つの加工条件で24色を可能としたが、面積比をさらに微細化することで、精細なグラデーションの再現が可能である。また、加工条件の組み合わせによっては、従来手法では困難であった発色が期待できる。

## 5. 加飾技術を適用した試作品開発

図5に本技術を適用した試作品(爪切りの意匠開発)を示す。花柄模様が緑色から黄色に精彩に変化し、鮮やかな装飾技術として適用できることを実証した。

### 【謝辞】

本研究成果の一部は、科学技術振興機構事業研究成果最適展開支援プログラム A-STEP 機能検証フェーズの支援を受けて実施した。

### 【参考文献】

- 1) 田中ら,岐阜県工業技術研究所報告 No.7 pp1-4,2019