

# レーザー彫刻加工の描画特性の把握

Identification of drawing characteristics of engraving process by laser machine.

会津若松技術支援センター 産業工芸科 関澤良太

当センター保有のレーザー加工機の加工条件と加工結果の関係性が明確でなく、加工結果を見てから条件を修正するしかないという問題を解決するため、加工条件と結果の関係性を明確にした加工サンプル集を作成した。また、本研究を進めるにあたって異素材風加工が可能となったことから、異素材風加工の技術シーズ開発のため加工条件の確立を図った。

**Key words:** レーザー加工機、レーザー彫刻加工、異素材風加工

## 1. 緒言

本研究は、レーザー加工機の彫刻における加工条件と加工結果の関係性を明確にすることを目的とする。現在、当センターが保有しているレーザー式精密加工機 (UNIVERSAL LASER SYSTEMS 社 PLS6MW) は、加工する材料や厚みに合わせて適切な条件を設定することで、適正な切断や彫刻が可能である。しかし、加工条件と加工結果の関係性が明確でないため、加工結果を見てから加工条件を修正するしかなく、試行錯誤に時間と材料コストがかかることが問題になっていた。そこで加工条件と加工結果の関係性を明確にすることで、加工時間の短縮や製品の完成イメージを共有するツールとして活用できると考えた。また、本研究を進めるにあたって、異素材風の彫刻加工が可能であることが分かった。本研究では、レーザー加工機の主な6つの加工条件を調節し、その加工結果との関係性を調査した。加えて異素材風加工の加工条件を確立するために、複数種類の画像データから加工データを作成し、加工に適する条件を検討した。

## 2. 実験

### 2. 1. レーザー式精密加工機の概要

本研究に用いたレーザー式精密加工機の加工機本体を図1に示す。また、主な仕様を表1に示す。



図1 研究で使用したレーザー加工機

表1 研究で使用したレーザー加工機の主な仕様

レーザーの種類	波長 10.6[ $\mu$ m] CO <sub>2</sub> レーザー
出力	定格 40[W]
使用フォーカスレンズ	1.5[インチ]
焦点深度	$\pm$ 1.905[mm]
焦点距離	38.1[mm]
集光ビームスポット径	0.0762[mm]
制御ソフト	UCP (ユニバーサルコントロールパネル)

### 2. 2. 加工条件と加工結果の明確化

以下に示す6つの主な加工条件を調整し、加工条件と加工結果の関係性を明確にした。

- (1) パワー (10~100[%])
- (2) スピード (10~100[%])
- (3) 解像度 (1[インチ]内のレーザー照射回数: 100~1000[ppi])
- (4) 画像濃度 (縦軸の加工する間隔: 1~7 段階)
- (5) デザリング (画像処理方法: 中間調もしくはエラー拡散)
- (6) 素材 (アクリル、シナ合板、朴木、レーザー用ゴム)

#### 2. 2. 1. パワーとスピードの調査

パワーとスピードそれぞれの設定値を 10[%]~100[%]の10段階ずつ、合計 100 通りの彫刻加工を行い、加工結果を調査した。解像度は 500[ppi]、画像濃度は 5、デザリングはエラー拡散、素材はシナ合板 (6[mm]厚) とアクリル (3[mm]厚) の2種類で条件を設定した。

#### 2. 2. 2. 解像度の調査

解像度を 100~1000[ppi]の10段階で彫刻加工を行い、加工結果を調査した。パワーは 100[%]、スピードは 30[%]、画像濃度は 5、デザリングはエラー拡散、素材はレーザー用ゴムで条件を設定した。

### 2. 2. 3. 画像濃度の調査

画像濃度を1～7の7段階で彫刻加工を行い、加工結果を調査した。パワーは100[%]、スピードはアクリルが83[%]、朴木が57[%]、解像度は500[ppi]、ディザリングは中間調、素材は朴木(6[mm]厚)とアクリル(3[mm]厚)の2種類で条件を設定した。

### 2. 2. 4. ディザリングの調査

ディザリングを中間調もしくはエラー拡散2種類で彫刻加工を行い、加工結果を調査した。パワーは100[%]、スピードはアクリルが83[%]、朴木が57[%]、解像度は500[ppi]、画像濃度は1～7、素材はアクリル(3[mm]厚)の2種類で条件を設定した。

### 2. 3. その他の調査

前述した彫刻加工条件と加工結果の他に以下3つの項目について調査した。

#### 2. 3. 1. スピードの違いによる彫刻深さの変化

スピードを1[%]変化させたときの彫刻される深さの変化量を調査した。パワーは100[%]、解像度は500[ppi]、画像濃度は5、ディザリングはエラー拡散、素材は深さ指定の要望が多いレーザー用ゴムで条件を設定した。

#### 2. 3. 2. 彫刻で潰れないマス大きさ

彫刻加工で潰れないマスの大きさを調査した。格子状に1[mm]幅の彫刻を行い、区切られたマス一辺の長さを0.1～1(0.1[mm]刻み)、1.5、2[mm]として加工した。パワーは100[%]、スピードは20[%]、解像度は500[ppi]、画像濃度は5、ディザリングはエラー拡散、素材はアクリル、シナ合板、朴木、レーザー用ゴムの4種類で条件を設定した。

#### 2. 3. 3. 彫刻可能な最小の線幅

彫刻可能な最小の線幅を調査した。彫刻線の幅の範囲を0.01～0.1(0.01[mm]刻み)、0.1～1(0.1[mm]刻み)、1～3(0.5[mm]刻み)[mm]として加工を行った。パワーは100[%]、スピードは20[%]、解像度は500[ppi]、画像濃度は5、ディザリングはエラー拡散、素材はアクリル、朴木、レーザー用ゴムの3種類で条件を設定した。

### 2. 4. 異素材風加工の条件の確立

異素材風加工とは、様々な材質の写真データを用いて彫刻加工を行うことで、他の素材のテクスチャを付与するという加工である。

まず、ケミカルウッドに対して、木目のテクスチャの加工を試みた。実際に木材をスキャナーで読み取り、取得した画像をAdobe illustratorを使用して彫刻用

データを3種類作成し、最も仕上がりが良い条件を元に、加工条件を微調整した。最終的には4面加工を行った。また、画像からAdobe Photoshopを使用して彫刻用データを作成しアクリル、木材やケミカルウッドに対して、ペンキのひび、石垣、紙、植物編みカゴ、水彩画、サテン、蛇のウロコ、コンクリート、革(編み)、革(シボ)などのテクスチャの加工を行った。

## 3. 結果と考察

### 3. 1. 加工条件と加工結果の明確化

#### 3. 1. 1. パワーとスピードの調査

パワーとスピードの加工結果を図3に示す。

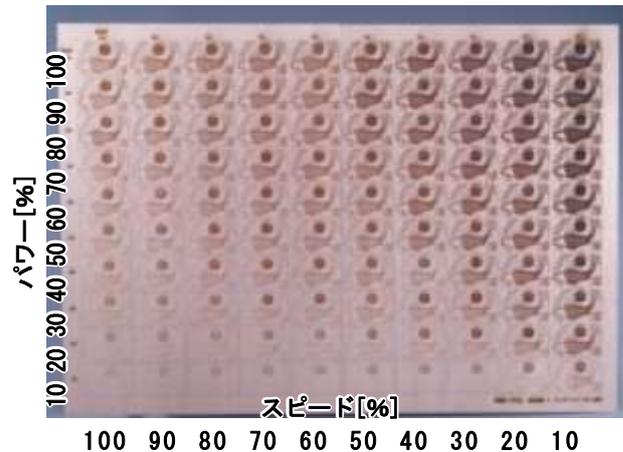


図3 パワー・スピード彫刻早見表(シナ合板)

横軸がスピードで左に行くほどスピードが速く、浅く彫刻し(最小深さ:0.02[mm])、加工時間が短くなり(最短2分16秒)、逆に右に行くほどスピードが遅く、深く彫刻し(最大深さ:2.5[mm])、加工時間が長くなる(最長5分26秒)。また、縦軸がパワーで上に行くほどパワーが高く深く彫刻、下に行くほどパワーが低いので浅く彫刻できる。パワーとスピードに対応する深さと見た目が分かり、完成イメージが共有しやすくなった。

#### 3. 1. 2. 解像度の調査

解像度による加工結果の差を図4に示す。



図4 解像度による加工結果の差(レーザー用ゴム)  
(200ppi 全体図(左)、部分拡大図(右))

200[ppi]の場合、円や桜の花の輪郭形状が滑らかな曲線ではなく、角張っている形状になった。また、500～

1000[ppi]で差はほとんどなく、解像度の違いで加工時間に影響は出ないことが分かった。

### 3. 1. 3. 画像濃度の調査

画像濃度による加工結果の差を図5に示す。

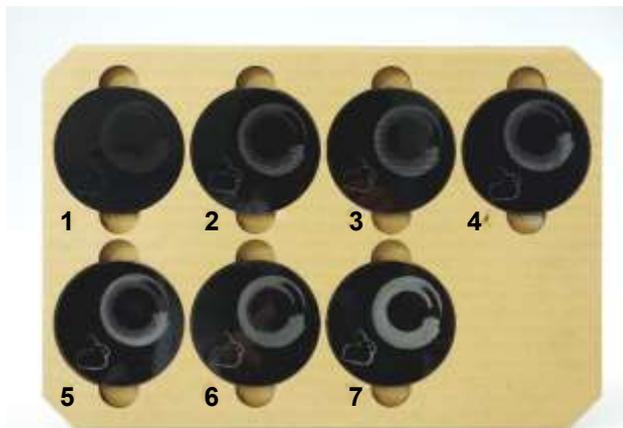


図5 画像濃度による加工結果の差 (アクリル)

数値が大きいほど縦軸の加工間隔が狭いため、深く細かく加工ができるが、加工時間が長くなる(画像濃度:1の場合=1分16秒、画像濃度:7=18分)。また、数値が小さいとデジタルノイズのような加工ができる。

### 3. 1. 4 デザリングの調査

デザリングによる加工結果の差を図6に示す。

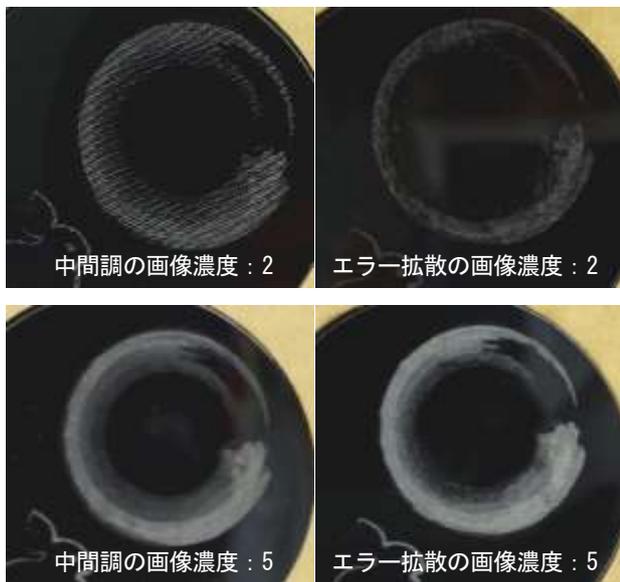


図6 デザリングによる加工結果の差

エラー拡散は、画像濃度の数値が1~3の時、彫刻が浅く薄い印象を与えるが、筆のかすれやグラデーションによる凹凸などの表現に適していることが分かった。一方で、中間調は、画像濃度の数値が1~3の時でも彫刻した模様が見えやすく、デジタルの表現をしたい場

合に適していることが分かった。

## 3. 2. その他の調査

### 3. 2. 1. スピードの違いによる彫刻深さの変化

加工結果を以下の図7に示す。

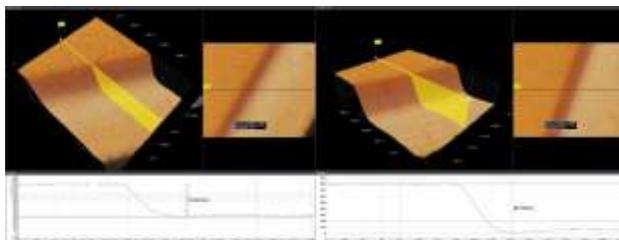


図7 スピードの違いによる彫刻深さの変化  
(スピード17% (左)、スピード18% (右))

デジタルマイクロスコープ (ハイロックス社 HRX-01)で観察した結果、スピード17[%]:深さ0.820[mm]、スピード18[%]:深さ0.790[mm]、スピード10[%]:深さ1.295[mm]であった。各結果を比較すると、スピードを1[%]変化させると深さは0.03~0.06[mm]変化し、変化量が一定ではないことが分かった。

### 3. 2. 2. 彫刻で潰れないマスの大きさ

潰れないマスの大きさの調査結果を図8に示す。



図8 彫刻で潰れないマスの大きさの調査 (朴木)

シナ合板と朴木の場合、一辺が0.4[mm]以下のマスは潰れてしまい、0.7[mm]以下のマスは指で触ると折れてしまった。アクリルの場合、一辺が0.4[mm]以下のマスは潰れてしまい、0.5[mm]以下のマスは指で触ると折れてしまった。レーザー用ゴムの場合、0.1[mm]でも潰れず、折れなかった。以上の結果から、素材によって彫刻で潰れないマスの大きさは異なるが、一辺0.8[mm]以上のマスであれば彫刻が可能であり、耐久性もある程度保証されることが分かった。

### 3. 2. 3. 彫刻可能な最小の線幅

アクリルでの加工結果を図9に示す。



図9 彫刻可能な最小の線幅 (アクリル)

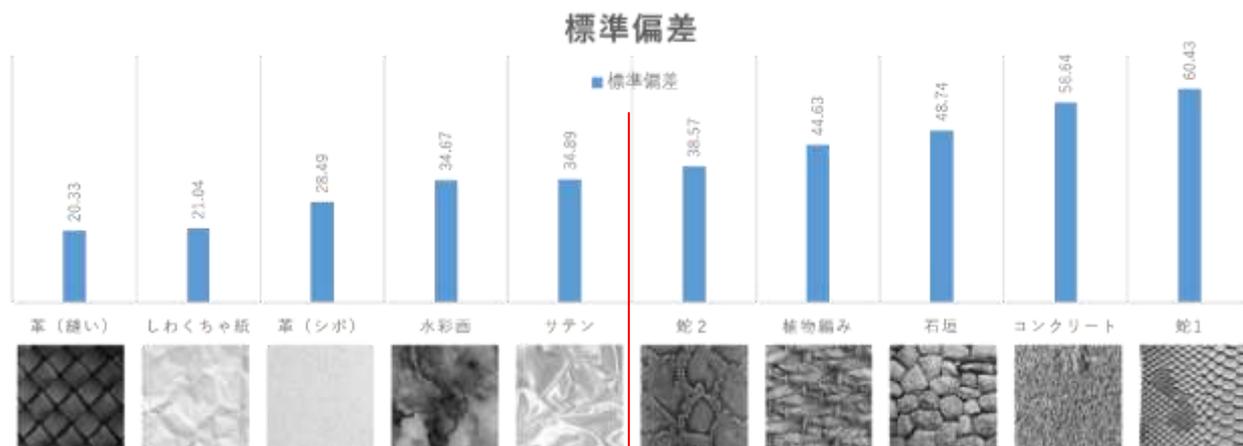


図 1 2 異素材風加工用データの標準偏差

複数の線幅を彫刻した結果、設定値 0.08[mm]以下の線幅は、実寸値に大差がなく、幅は 0.22~0.23[mm]であった。また、0.02[mm]以下の設定では、制御ソフト側が対応できず、加工できなかった。

### 3. 3. 異素材風加工の条件の確立

木目の異素材風加工を行った結果、パワー100[%]、スピード 50[%]、解像度 500[ppi]、画像濃度 3、ディザリング：エラー拡散の場合、最も木材に近い見た目となったが粉っぽい触り心地であり、改善の余地がある。木目のテクスチャを加工した外観を図 1 0 に示す。



図 1 0 木目のテクスチャ加工（ケミカルウッド）  
（左から画像濃度 2、画像濃度 3、パワーとスピードの違いによる加工結果の比較、4面加工）

また、Adobe illustrator 内の機能である画像トレースで彫刻用データを作成した。彫刻用データ作成から加工までの各段階の写真を図 1 1 に示す。



図 1 1 異素材風加工の各段階（元画像：左、加工用データ：中、ケミカルウッドに加工：右）

様々な材質の画像で異素材風加工を行う中で、加工後の凹凸がある異素材感が出やすいこと、彫刻用データの標準偏差が大きいほど加工後の凹凸がはっきりしていることが分かった。図 1 2 にその結果を示す。

サテン（標準偏差：34.89）と蛇 2（標準偏差：38.57）を境にして、加工後の凹凸に差が出た。このことから画像の標準偏差は、異素材風加工への適正判断の 1 つの指標にできることが分かった。

最後に、最終試作品としてコンセントカバー（ケミカルウッド）と桐箱に直接異素材風加工を施した。それらを図 1 3 に示す。



図 1 3 異素材風加工：最終試作品

## 4. 結言

本研究の結果は、以下のとおりである。

### 【彫刻特性】

- (1) ドット絵などデジタル加工した場合は解像度を下げると良い。
- (2) スピード:1[%]で 0.03~0.06[mm]深さが変化する（ゴム印の場合）。
- (3) エラー拡散の方が、筆のかすれやグラデーションの加工に優れている。
- (4) 画像濃度は、数値が大きいほど、間隔が狭く、深く細かく加工できて、加工時間が長くなる。
- (5) 彫刻できるマスの一辺の長さは 0.8[mm]が最小値。それ以下は、潰れてしまうもしくは耐久

- 性が低く、指で触ると折れてしまう。
- (6) 彫刻できる線幅の最小値は0.08[mm]。しかし、設定値0.08[mm]以下の線幅の実寸値は、ほとんど差がなく（実寸値0.22～0.23[mm]幅）、0.02[mm]以下の線は制御ソフトが読み込まない。

#### 【異素材風加工】

- (1) 素地の色は暗い方が馴染みやすい。
- (2) 焦げがつく素材だと、凹凸がなくても表情が見える。
- (3) 凹凸がはっきりしていると異素材感が出やすい。
- (4) 画像の標準偏差は、異素材風加工への適正判断の指標にできる。

#### 参考文献

- 1) 益田佳奈, 篠塚慶介, 伊藤利憲. デジタルファブリケーションによる地域商品の開発. 令和3年度宮城県産業技術総合センター研究報告書 NO.19 2022年.