

LaserBend における設計支援ソフトウェアの開発

今野 陽斗* 渡邊 恵太†

概要. レーザーカッターは主に平面加工に特化しているため、3D 作品の制作には加工したパーツの組み立てが必要になる。この組み立て作業は手作業で行われるため、作業の速度や精度、安定性など個人の技術に依存し、製作者によって作品の品質に差が生じる。そこで我々は、熱収縮性プラスチックの局所加熱によって、3D 曲面を形成する新しい曲げ加工手法「LaserBend」を提案した。この手法により、従来では形成が難しかった立体的な曲面を組み立て作業なしで実現し、制作技術に依存せずに一貫した品質の3D 作品の制作できる。しかし、従来のレーザーカッター用ソフトウェアは平面加工に限定され、設計段階で立体的な完成形を確認ができず、設計が困難だった。そこで本研究では、LaserBend による曲げ加工を支援する3D 設計ソフトウェアを開発する。本ソフトウェアは、設計段階での立体プレビュー機能により、製作者が完成形を視覚的に確認しながら設計ができる。

1 はじめに

レーザーカッターは、デジタルファブリケーションの領域で3D プリンタと並び広く活用されており、素材のカットや彫刻、マーキングなどを迅速に行うことができる [1]。レーザーカッターの技術は急速に進化している [3] が、平面の加工に特化している [2]。そのため、レーザーカッターで3D 作品を制作するためには、個々の加工パーツを組み立てる手間が課題となっている。

我々 [4] は、熱収縮性プラスチックを対象としたレーザーカッターによる素材の曲げ加工手法「LaserBend」を提案した (図 1)。この研究では、熱収縮性プラスチックをレーザーカッターを用いて局所的に加熱し、熱収縮を制御することでレーザーカッターによる曲げ加工を実現した。これにより、従来のレーザー加工では形成が難しかった曲面を形成でき、組み立て作業なしで3D オブジェクトを制作できる。また、レーザー出力や焦点距離の調整により、曲げ角度を柔軟に制御できることも明らかにした。さらに、レーザーの照射方法を工夫することで、屈曲加工と湾曲加工の切り替えができることも示された。

しかし、LaserBend 手法には、作品の設計段階において課題がある。LaserBend 手法では、加工対象が上向きに曲がるため、完成品は必然的に立体的な形状になる。レーザーカッター専用のソフトウェアでは平面描写しかサポートされておらず、立体的な形状を描写することができない。そのため、加工が完了するまで、最終的な仕上がりを正確に把握することが困難である。

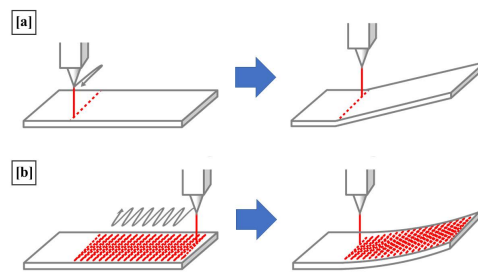


図 1. LaserBend: 熱収縮性プラスチックを用いたレーザーカッターによる曲げ加工; (a) レーザーを線状に照射する屈曲加工; (b) レーザーを面上に照射する湾曲加工 (文献 [4] より引用)。

そこで本研究では、LaserBend 手法を用いた曲げ加工の設計を支援する専用ソフトウェアを開発する。本ソフトウェアは、3D モデルのプレビュー機能を搭載しており、加工後の形状をリアルタイムでシミュレーションできる。図 2 は、対象物の一部 (ピンク色部分) にレーザーを照射することで、形成される曲面の様子を示している。照射レーザーのパラメータはスライダーから編集できる。これにより、設計段階で最終的な仕上がりが確認できず、設計が困難であるという問題を解決する。このソフトウェアツールは、Rhinoceros およびそのプラグインである Grasshopper を使用して制作した。

2 従来の LaserBend 設計プロセスと課題

LaserBend の設計は、主に「軌道設計」と「出力設定」の2つのプロセスがある。我々は、これらの工程において Adobe Illustrator と smartDIYs 社付帯のレーザーカッター操作用ソフトウェア SmartDIYs Creator を使用した。

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 明治大学大学院 先端数理科学研究科

† 明治大学 総合数理学部

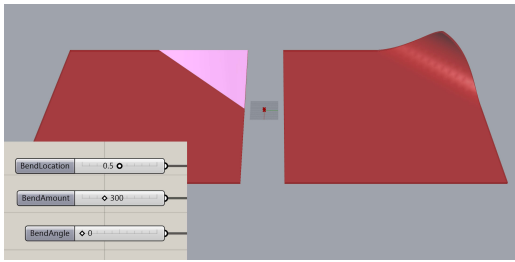


図 2. LaserBend 設計支援ソフトウェア: (左) レーザーの照射軌道図; (右) 形状プレビュー.

軌道設計では、レーザー加工に必要な照射軌道を設定し、カットや彫刻、曲げ加工を行うためのパスを決定する。この工程は、3D 形状を 2D の展開図に変換する空間的な理解が必要となる。LaserBend 手法では、この展開図に対して曲げ加工を施し、最終的に立体的な作品を形成する。

出力設定では、レーザーの出力パラメータ (パワー、速度、照射回数またはハッチング) および、加工の順序を設定する。この工程では、曲げたい角度に応じてレーザーの出力を調整する必要がある。LaserBend 手法では、与える熱量が大きいほど曲がる角度が大きくなり、逆に小さいほど曲がる角度が小さくなる。しかし、現状の LaserBend には加工後の形状を事前に確認するプレビュー機能がない。そのため、設計者は理想の形状を得るために試行錯誤が必要である。

3 LaserBend 設計支援ソフトウェアの提案

本研究で提案する LaserBend 設計支援ソフトウェアでは、「展開図自動生成」と「パラメータ自動設定」の 2 つの主要機能がある。これらの機能を通じて、LaserBend の設計プロセスを自動化することを目指す。

展開図自動生成機能は、ユーザーの意図する 3D 形状に応じた 2D の展開図を自動的に生成する。展開図の生成は、3D モデルの編集時に使用した、オブジェクトの曲げ変形アルゴリズムに基づき生成される。生成された展開図は SVG 形式でエクスポートでき、一般的なレーザー加工機や CAD ソフトウェアとの互換性も確保している。展開図には、加工手順に基づき「切断線」と「屈曲加工線」、「湾曲加工線」の 3 種類の線が含まれる。それぞれの線は適切な加工指示を保持している。

パラメータ自動設定機能は、生成された展開図に基づき、最適なレーザーパラメータ (パワー、速度、照射回数またはハッチング) を自動で算出し、各加工線に適用する。このパラメータは 3D モデルの形状情報や素材情報をもとに計算され、計算結果は RGB と α 値に反映される。具体的には、R がパワー (0-100%)、G が速度 (0-10000 mm/s)、B が照射回数

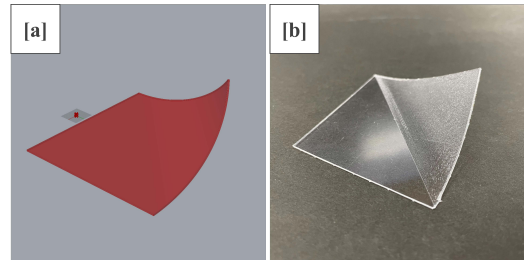


図 3. プレビューと作品の比較: (a) プレビュー画面; (b) プレビュー時のパラメータで作成した作品.

(0-32 回) またはハッチング (0.00-0.50 mm) が対応し、 α には加工モード (切断、屈曲、湾曲) を表す。RGB の各成分には、パワー、速度、照射回数 (もしくはハッチング) の値を 0-255 にスケールした値が設定される。加工モードは切断の場合は 1.0、屈曲加工では 0.8、湾曲加工では 0.5 が α 値に設定される。たとえば、パワー 30%、速度 5000 mm/s、ハッチング 0.15 mm で湾曲加工を行う場合、(77, 128, 77, 0.5) の色が設定される。この自動設定プロセスにより、ユーザーは手動でパラメータを設定する必要がなく、設計プロセスの効率が大幅に向上する。

4 議論

本ソフトウェアのプレビューが、最終的な製品とどの程度一致していたかについて評価を行った。図 3.a は、目的とする 3D モデルのプレビューを示している。このプレビューは、制作前に形状や構造を視覚的に確認し、設計通りに仕上がるかを確認するためのものである。一方、図 3.b は、プレビューに基づく SVG ファイルを用いて加工した実際の作品を示している。

図 3.a と図 3.b を比較から、意図した形状は大まかに再現されているが、カール特性においてプレビューとは異なる結果が観察された。具体的には、プレビューにおいてカールが全体的に均一であった。しかし、実際の加工物では先端部でカールが強く発生し、根元にかけてその度合いが減少した。この現象は、均一なカールを想定していたプレビューと異なる結果であり、製品の仕上がりに影響を与える可能性がある。このような差異が生じた原因は、照射面積の違いによる熱分布の不均一や、材料特性の影響が考えられる。しかし、情報が少ないためさらに詳細な原因分析が必要である。

今後、ソフトウェアの精度を向上させるための基礎データを取得することが重要である。データの取得は、実際のカール特性を測定し、その結果とプレビューとの定量的な比較を行う。この改善を通じて、プレビューの精度をさらに高め、最終製品と一致する設計支援ツールの実現を目指す。

参考文献

- [1] R. Karim. Laser Material Processing. 2018.
- [2] A. Schwarzenbach and U. W. Hunziker. A flexible system for versatile laser processing. 1989.
- [3] A. Yunus, F. Kuuyine, and A. Galyuoni. MATERIAL PROCESSING: FOCUS ON LASER CUTTING. 2020.
- [4] 今野陽斗, 渡邊恵太. LaserBend : 熱収縮性プラスチックを用いたレーザーカッターによる曲げ加工. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2024 論文集, pp. 210–218, 2024.