

3D 治具を活用した木材 CNC 加工技術の開発（第 2 報）*

内藤廉二**、長嶋宏之**、永山雅大**

基準平面をもたない複雑な形状の CNC 加工を行うため、3D プリンターを活用した 3D 治具を考案した。昨年度の試験結果をもとに、木製スプーンの CNC 加工を可能にする 3D 治具と加工方法を検討し、高精度な加工と生産性の向上が可能になった。

キーワード：3次元 CNC 加工、CNC 加工機、木材、3D プリンター、3D 治具、スプーン

Development of CNC Processing Technology of Wood Using 3D Jigs (Second Report)

NAITOU Yasuji, NAGASHIMA Hiroyuki, NAGAYAMA Motohiro

Key words: 3D automatic machining, CNC processing machine, Wood, 3D Printer, 3D jig, Spoon

1 はじめに

近年、工芸産業の従事者（後継者）は減少しており、産業の継続性の観点からも機械加工を取り入れ、生産性向上や効率化をはかっていくことが必要と考えられる。

そこで、先行研究¹⁾²⁾では漆工芸製品のスプーンを目標として木材 CNC 加工の活用とその効率化を進めてきた。その結果、平面をもたない複雑な形状であるスプーンに対し、形状を支えるためのサポートを付与することで CNC 加工機による両面加工を達成した（図 1）。

本研究における令和 6 年度の第 1 報³⁾では、熱溶解積層法 3D プリンター（以下、3D プリンター）を活用し、複雑形状でも安定的に真空吸着固定が可能な治具、「3D 治具」を考案し、スプーンに近似した形状による CNC 加工を行った（図 2）。その結果、3D 治具は曲面で構成された被削材を安定的に固定し、サポートの不要な CNC 加工が可能であることが分かった。本報告では目標形状であるスプーンのカNC 加工を可能にする 3D 治具の開発を行った。



図 1 目標のスプーンと先行研究の CNC 加工



図 2 第 1 報（令和 6 年度）の 3D 治具と加工結果

* 令和 6 年度技術シーズ創生・発展研究事業（発展研究）

** 産業デザイン部

2 実験方法

2-1 加工形状と加工工程の設計

本研究の目標は先行研究で対象としてきた漆工芸製品のスプーンの完全再現である。目標形状は全面が曲面で構成されているため、平面定盤に被削材を直接固定する CNC 加工機では最低でも 2 方向からの加工が必要となる。そこで、本実験では最初の加工を第 1 加工、2 番目の加工を第 2 加工と定義した。3D 治具は第 2 加工で使用し、第 1 加工した面を真空吸着固定する設計とした。

形状データは 3DCAD (Robert McNeel & Associates 製、Rhinoceros7) で設計した。設計したスプーンはツボ (掬う凹み) 部分側をオモテ面とし、反対側をウラ面とした(図 3)。加工には CNC 加工機(平安コーポレーション製、NC-151MC1508) を使用し、加工順はオモテ面からウラ面、ウラ面からオモテ面の 2 通りを比較することとした。また、3D 治具は被削材の密着性を高めるパッキンを貼り付けたものと、貼り付けないものの 2 種類で、それぞれ 2 回実験を行った。(図 4)。

被削材は幅 42 mm × 長さ 204mm × 厚さ 18mm の直方体に加工した国内産のブナを使用した。

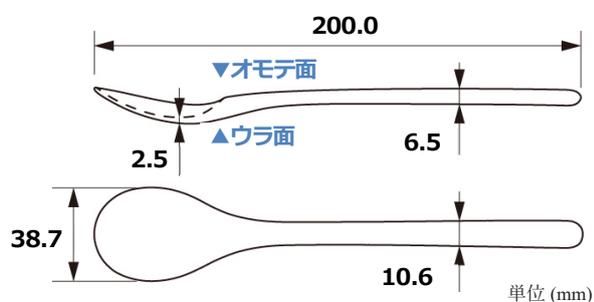


図 3 スプーンの形状と設計寸法

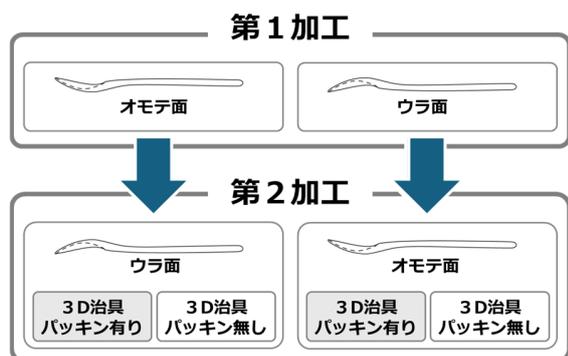


図 4 加工工程の設計

2-2 第 1 加工用治具の製作

第 1 加工用治具は被削材の位置決めとズレ止めのために、被削材の 4 辺にコマを配置して固定する構造とした (図 5、図 6)。

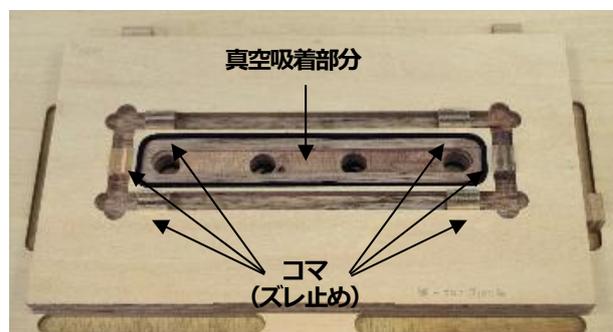


図 5 第 1 加工用治具



図 6 第 1 加工用治具に固定した被削材

2-3 第 2 加工用治具 (3D 治具) の製作

3D 治具は樹脂部品と合板部品で構成される。樹脂部品は 3D プリンター (Stratasys 製、Fortus450mc) を用いて ABS 樹脂で造形した。その後樹脂部品を合板部品に接着した。また、パッキンは、厚さ 0.5 mm の粘着付きスポンジゴムテープを貼り付けた (図 7 ~ 図 12)。

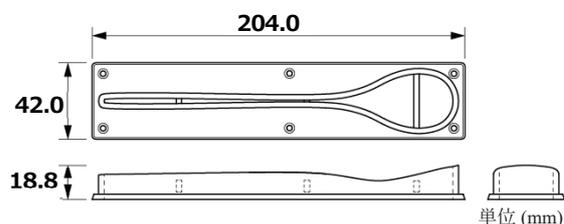


図 7 3D 治具の樹脂部品図 (オモテ面加工用)

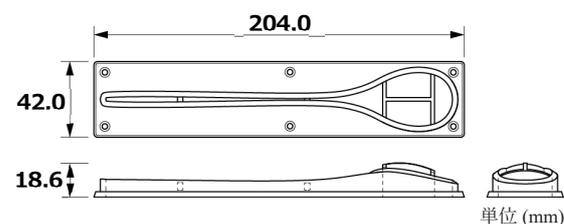


図 8 3D 治具の樹脂部品図 (ウラ面加工用)

2-4 加工条件と加工設計

工具は既製品のビットから選択した。CNC 加工のツールパスは CAM (Hexagon Manufacturing Intelligence 製、AlphaCAM) で作成した。加工工程は第 1 加工、第 2 加工ともに荒加工、仕上加工の順とした。使用する工具と加工条件を表 1 に示す。

表 1 工具と加工条件

加工	使用工具	工具形状	工具径	回転数	送り速度
			mm	rpm	mm/min
荒加工	ストレートビット		Φ12	18000	1000
仕上加工	R面ビット		Φ20	18000	3000



図 9 3D 治具 (オモテ面加工用)

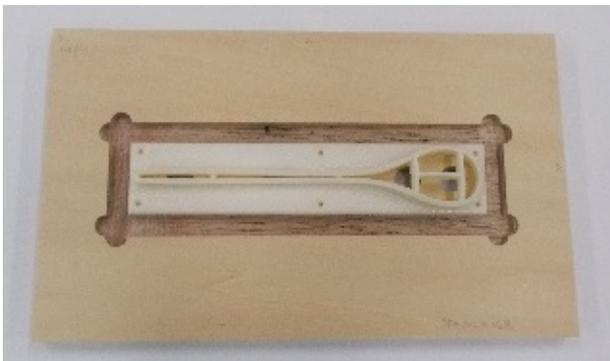


図 10 3D 治具 (ウラ面加工用)

2-5 加工した被削材の評価

CNC 加工した被削材について、加工寸法と加工時間を評価した。加工寸法は、図 13 に示す各箇所でのデジタルノギスによる測定値と、表 2 に示す設計寸法の差分を、誤差許容値と比較評価した。被削材の加工時間は、CNC 加工試験の実測値と手加工で要する時間を比較評価した。



図 11 パッキン貼り付け後 (オモテ面加工用)



図 12 パッキン貼り付け後 (ウラ面加工用)

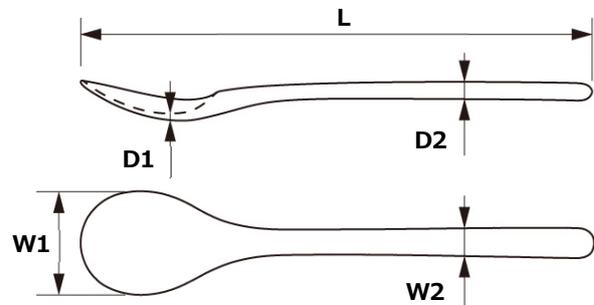


図 13 被削材の寸法測定箇所

表 2 設計寸法と誤差許容値 単位 (mm)

測定箇所	設計寸法	誤差許容値
L	200.0	±1.0
D1	2.5	±0.4
D2	6.5	±0.5
W1	38.7	±0.5
W2	10.6	±0.5

3 結果および考察

3-1 第 1 加工

第 1 加工を行った結果、オモテ面の加工は良好であったが、ウラ面の加工では被削材の寸法と工具径の関係によりツボ部分先端に削り残しが発生した（図 14、図 15）。



図 14 第 1 加工結果

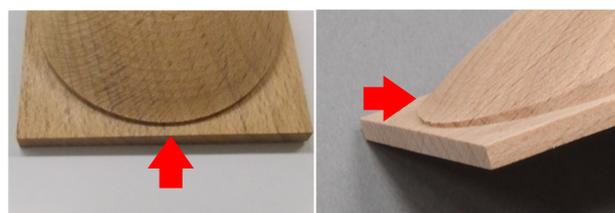


図 15 ウラ面加工時の削り残し

3-2 第 2 加工

第 2 加工はパッキンを貼り付けない 3D 治具とパッキンを貼り付けた 3D 治具で行った。被削材は加工座標に配置できるように合板部にコマを取り付けて位置決めを行った（図 16）。コマは真空吸着固定後（加工前）に取り外した。

パッキンを貼り付けない 3D 治具での加工は、オモテ面、ウラ面の両治具において加工中に被削材が脱落したため加工を中止した（図 17）。原因は、真空吸着時に吸気音が発生していたことから、吸気漏れが発生し吸着力が低下したこと、加えて樹脂表面の摩擦抵抗が低いため被削材が滑り、脱落したためと考える。

パッキンを貼り付けた 3D 治具での加工はオモテ面、ウラ面共に被削材のズレや破損等は発生せず、加工を完了できた。3D 治具の破損や変形等も発生しなかった（図 18）。

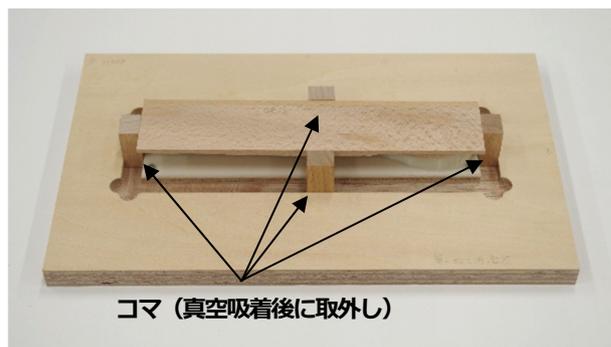


図 16 被削材の位置出し

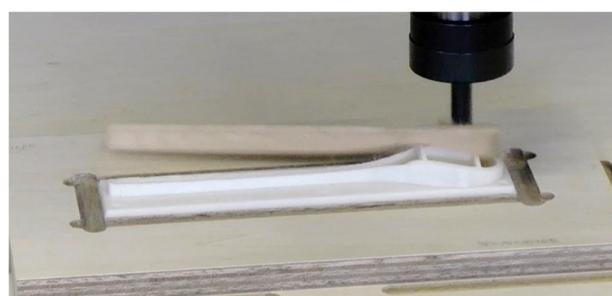


図 17 加工中の被削材が脱落した瞬間（パッキンなし）



図 18 第 2 加工後の被削材（パッキン有り）

3-3 加工した被削材の評価

3-1 および 3-2 の結果より、加工精度の評価対象はオモテ面からウラ面加工、パッキン有りの加工工程の被削材とした（図 19）。

評価対象の被削材 2 本について、加工寸法と設計寸法との誤差を比較して加工精度を評価した。その結果、各測定箇所の誤差は許容値内に収まった（表 3）。なお、D1、D2 の誤差が比較的大きいが、パッキンの有無による高さ方向の誤差であり、CAM の再設定により誤差は低減できると考える。

第 1 加工、第 2 加工に要した CNC 加工時間を測定し、従来の手加工に要する時間と比較した結果、

約 2 分の 1 まで加工時間を短縮することが可能になった(表 4)。なお、第 1 加工から第 2 加工に切り替える際に、治具の交換とコマの配置作業が発生するが、1 分～2 分程度の作業であり、今後、生産を考慮した 3D 治具の改良等で更に短縮も可能であると考える。

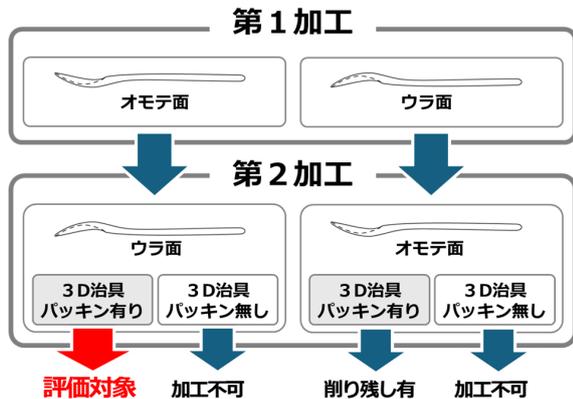


図 19 評価対象とした被削材の加工工程

表 3 設計寸法と加工寸法の誤差

測定箇所	設計寸法	許容値	設計寸法との誤差	
			サンプル1	サンプル2
L	200.0	±1.0	0.0	0.0
D1	2.5	±0.4	-0.2	-0.2
D2	6.5	±0.5	-0.4	-0.5
W1	38.7	±0.5	0.0	0.0
W2	10.6	±0.5	0.1	0.1

表 4 加工時間比較

	第1加工 (オモテ)	第2加工 (ウラ)	総加工時間
CNC加工	12分20秒	7分50秒	20分10秒
手加工	—	—	48分

4 まとめ

3D プリンターを活用した 3D 治具により、木製スプーンの完成形状での CNC 加工に成功した。このことにより従来、手加工でしか生産できなかった木製スプーンの生産性の向上を可能にするとともに、手加工ゆえに発生する製品ごとの寸法や形状の誤差を無くし、安定的な生産品質維持に貢献できることが分かった。

また、CNC 加工機による自動加工は、高齢化や少子化等による技能工不足への対応や、高度な木工技術を有しない企業での木地の内製化への活用等も期待できる。

今後は、3D 治具を用いた CNC 加工技術を県内企業に周知するとともに、当センターの CNC 加工機の活用も進めていく予定である。また、当該技術をスプーン以外の木製品加工にも広く展開していく予定である。

文 献

- 1) 内藤廉二, 有賀康弘: Fusion360 を活用した木材 3 次元自動加工の検討, 岩手県工業技術センター研究報告, 24, p.31-37 (2022)
- 2) 内藤廉二, 有賀康弘, 茨島明: 3 次元自動加工による木工製品製造の効率化, 岩手県工業技術センター研究報告, 22, p.43-47(2020)
- 3) 内藤廉二, 長嶋宏之, 永山雅大: 3D 治具を活用した木材 CNC 加工技術の開発 (第 1 報), 岩手県工業技術センター研究報告, 27, p.34-37(2024)