

3D 治具を活用した木材 CNC 加工技術の開発（第 1 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 治具を作成した。3D 治具により複雑な曲面でも定盤への安定した固定を可能にし、正確な 3 次元 CNC 加工が可能になった。

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

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

NAITOU Yasuji, NAGASHIMA Hiroyuki, NAGAYAMA Motohiro

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

1 はじめに

近年、工芸産業は生産額と従事者（後継者）が減少しており、産業の継続性の観点から生産性や利益率の向上が必要であると考えられる。岩手県工業技術センターでは先行研究として、漆工芸製品のスプーン（図 1）をターゲットに木材 CNC 加工の活用とその効率化を進めてきた。¹⁾²⁾

スプーンのような平面をもたない複雑な形状は、加工の過程で基準平面が無くなり加工機の定盤への固定が困難となる。先行研究では、定盤への固定部分とスプーンを支えるサポートを付与することにより、CNC による両面加工を達成した（図 2）。しかし、依然としてサポートを除去する手間や、材料の歩留まり悪化が課題となった。

本研究では、これまでの研究で明らかとなった木材 CNC 加工における課題解決のため、複雑形状の木製品に対して、熱溶解積層法 3D プリンター（以下、「3D プリンター」という）で固定治具を作成し、サポートを使わない CNC 加工を可能とすることを研究目標とした。



図 1 漆工芸品のスプーン



図 2 サポートを付与したスプーンの CNC 加工

2 実験方法

2-1 3D 治具の定義

3D プリンターはコンピューターで設計した任意の形状を造形でき、複雑な形状も比較的容易に製作することができる。

本研究では、図 2 で示した固定部分及びサポートに代わる治具を 3D プリンターで製作する。これにより、複雑形状の被削材を固定できる可能性があり、次の効果が考えられる。

- ・加工工具と被削材固定具の接触リスクの低減
- ・手加工工数の削減による生産性の向上
- ・材料歩留まりの向上
- ・治具製造工程の短縮

治具の構成要素は、CNC 装置定盤へ取付ける合板部品、3D プリンターで造形した樹脂部品であり、これらを接合して 3D 治具（図 3）と呼称することとした。なお、3D 治具と材料の固定は真空吸着で行われる。真空吸着による固定は木工用の CNC 加工機で多く用いられ、真空ポンプによる負圧によって定盤に材料を吸い付ける固定方法である。よって 3D 治具には定盤に繋がる吸込口を設ける構造とした。

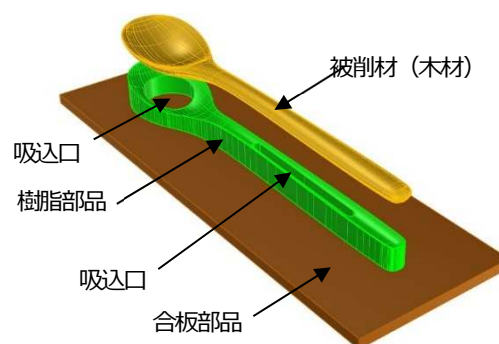


図 3 3D 治具

* 令和 5 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

2-2 加工形状と加工工程の設計

本実験の加工形状はスプーンの近似形状とし、かまぼこ型の曲面とスプーンの皿と柄を模した平面で構成される。設計寸法と加工後の寸法を比較することに重点をおいて設計した（図 4）。

スプーンは基準平面をもたない複雑な形状の為、CNC 加工機ではオモテ面、ウラ面の 2 方向からの加工が必要となる。そこで、実験においては曲面側の加工を第 1 加工、平面形状側の加工を第 2 加工とした（図 5）。3D 治具は第 2 加工で使用し、第 1 加工で加工した曲面側を支えながら真空吸着固定する仕様とした。

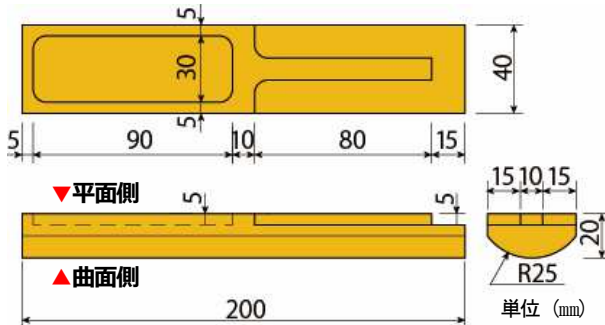


図 4 被削材加工形状図面

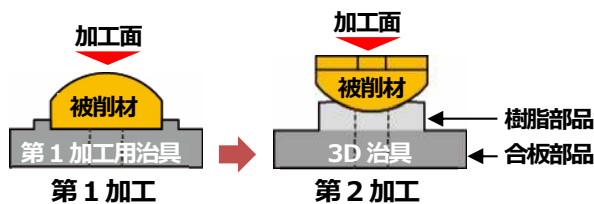


図 5 加工工程

2-3 3D 治具の設計と造形

3D 治具の樹脂部品を被削材の曲面形状にあわせて設計し（図 6）、3D プリンター（Fortus 450mc、Stratasys 社）で造形した（図 7）。本機では樹脂が隙間なく埋まっている solid の他に樹脂量の節約の為、3 種の充填パターンを選択できる（図 8）。そこで、各充填パターンで造形した治具での加工精度を確認した。造形条件は以下の通り。

- ・樹脂：ABS
- ・チップ：T16 (0.254 mm)
- ・充填パターン：
 - (Solid, Sparse, Sparse Double dense, Hexagram)

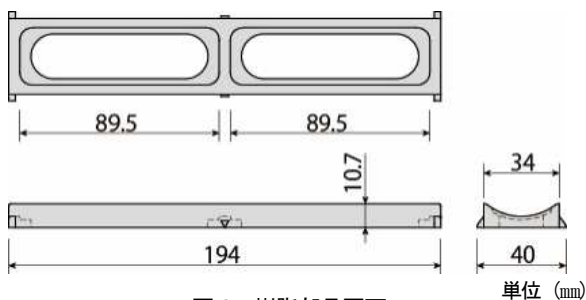


図 6 樹脂部品図面

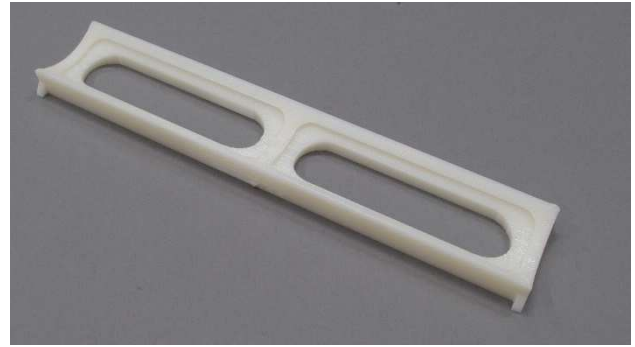


図 7 造形した樹脂部品

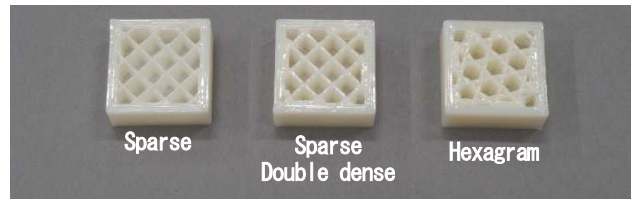


図 8 充填パターン

2-4 加工条件

加工には当センター保有の CNC 加工機（NC-151MC1508、(株)平安コーポレーション）、被削材はブナ材を用いた。使用する工具、加工条件（表 1）、及びツールパス（工具経路）（図 9）は製品のスプーン加工の中で特に切削量の多い荒加工での工具の動きを想定し設定した。ツールパスの作成にはアルファ CAM（ライコムシステムズ(株)）を用いた。

表 1 第 1 加工の切削条件

		第1加工	第2加工
使用工具	荒加工	ストレートビット (直径 12 mm)	ストレートビット (直径 12 mm)
	仕上加工	ボールエンドビット (直径 20 mm)	
回転数		18000 rpm	18000 rpm
送り速度		1000 mm/min	1000 mm/min
仕上加工のカスプハイト		0.01 mm	—
加工深さ		—	5 mm (2.5 mm × 2回)

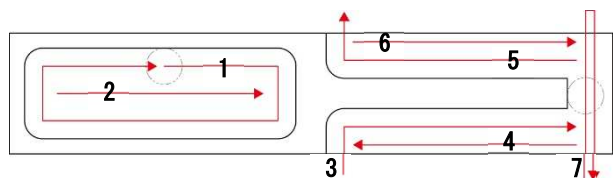


図 9 第 2 加工のツールパスと加工順

2-5 加工寸法測定と精度許容値の設定

樹脂の充填パターンが異なる 4 種の 3D 治具で CNC 加工した被削材の寸法を測定した。スプーンに求められる寸法誤差許容値は製造現場にヒアリングを行い（図 10）、図 4 の設計値に対する各寸法の許容値を定めた（図 11）。加工寸法は、被削材の測定箇所（図 12）に対してデジタルノギスを用いて測定し比較評価した。

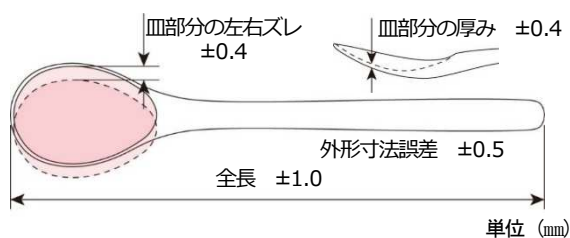


図 10 製造現場で求められている寸法誤差許容値

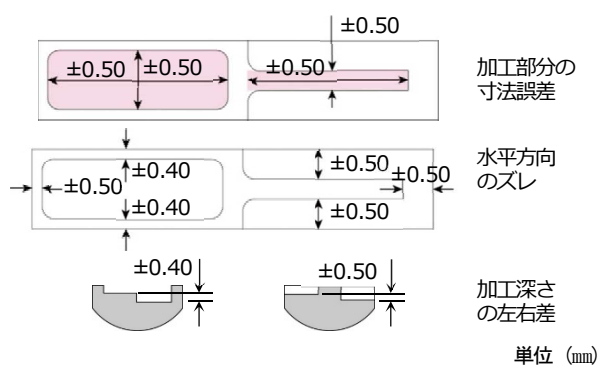


図 11 被削材の寸法誤差許容値

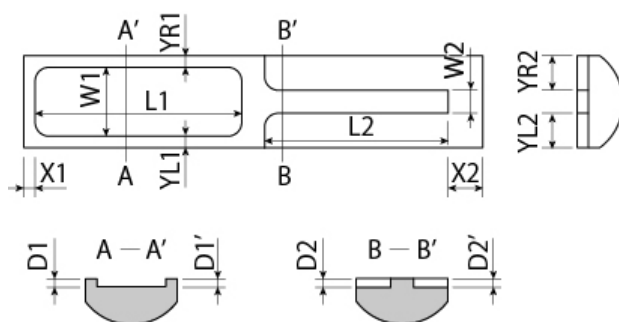


図 12 被削材の寸法測定箇所

3 結果および考察

3-1 第 1 加工

第 1 加工用治具を製作し (図 13)、被削材の加工を行った。加工結果を図 14 に示す。



図 13 第 1 加工用治具



図 14 第 1 加工結果

3-2 第 2 加工

図 7 の樹脂部品を合板部品に接着固定し、第 2 加工用の 3D 治具を製作した (図 15)。被削材の真空吸着を確実にするため、樹脂部分に厚さ 2mm のスポンジゴムシートを紐状に切り出し、パッキンとして取り付けた。第 1 加工での切削曲面を 3D 治具で真空吸着固定し、加工座標に配置できるように合板部品にコマを取り付けて位置出しを行った (図 16)。コマは真空吸着固定後に取り外し、加工を行った。加工時に被削材のズレや破損等の問題は発生しなかった。また、3D 治具の破損や変形などの問題も発生しなかった。第 2 加工終了後の被削材を図 17 に示す。

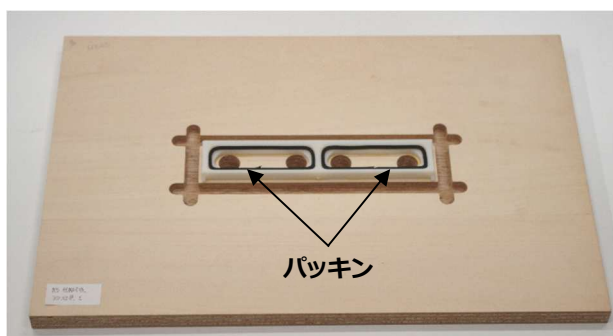


図 15 第 2 加工用治具

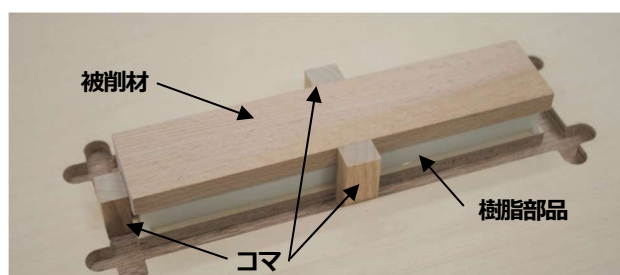


図 16 被削材の位置出し

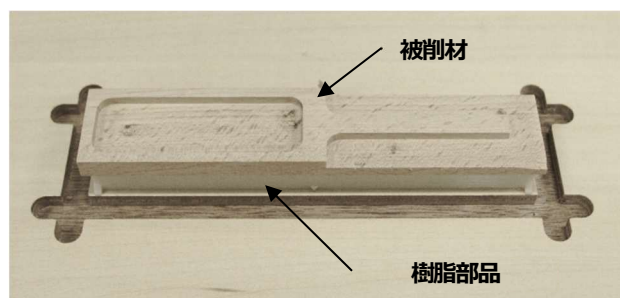


図 17 第 2 加工後の被削材

3-3 加工精度の比較

加工精度の比較結果は、表 2、表 3、表 4 の通りとなった。各測定箇所の寸法精度は許容値内に収まっており、4 種の充填パターンによる寸法誤差に差は見られなかった。3D 治具を用いた吸着固定による CNC 加工が可能であること、3D 治具の機能は充填パターンに影響されず、3D 治具の製作コストが低い充填形状 (Sparse) でも問題なく加工できることが分かった。

表 2 第 2 加工面（内側）の寸法誤差比較

単位 (mm)

測定箇所	L1	W1	L2	W2
許容値	±0.50	±0.50	±0.50	±0.50
パ タ ン	Solid	0.03	0.09	-0.06
	Sparse	0.05	0.01	-0.05
	Double dense	-0.02	0.06	0.08
	Hexagram	-0.05	0.09	0.06

表 3 第 2 加工面（外側）の寸法誤差比較

単位 (mm)

測定箇所	X1	X2	YL1	YR1	YL2	YR2
許容値	±0.50	±0.50	±0.40	±0.40	±0.50	±0.50
パ タ ン	Solid	-0.03	0.29	-0.08	-0.01	-0.37
	Sparse	-0.01	0.01	-0.11	-0.03	-0.05
	Double dense	0.04	0.04	-0.12	-0.04	-0.27
	Hexagram	-0.10	0.15	-0.11	0.06	-0.23

表 4 第 2 加工面（左右）の寸法誤差比較

単位 (mm)

測定箇所	D1-D1'	D2-D2'
許容値	±0.40	±0.40
パ タ ン	Solid	0.11
	Sparse	0.07
	Double dense	0.00
	Hexagram	-0.17

4 まとめ

3D プリンターを活用した 3D 治具は、3 次元加工された木材を真空吸着固定し、CNC 加工を可能にすることが分かった。また、被削材の加工精度は樹脂部品の充填形状にも影響されないことが明らかとなった。これらから、3D 治具を活用することにより、複雑形状の木製品をサポートを使わずに CNC 加工できる可能性が示された。

今後は、最終到達目標である製品のスプーン木地の加工試験を行う。加工形状がより小さくなり、吸着面積が減少するため、3D 治具及び加工条件の精緻化と、生産性を考慮した仕上げ精度について検討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)