

工芸用木材の力制御研磨に関する基礎研究 (第2報)

—研磨性能に及ぼす工具姿勢角の影響—

北見工業大学 ○伊勢英行 田牧純一 二俣正美 北川武揚 北海道工業試験場 鎌田英博

要旨

多関節ロボットを用いた木材の自動研磨システムを構築する際に必要となる基礎的情報を獲得するために、工作物表面に対する研磨工具姿勢角が研磨能率、研磨圧力に及ぼす影響を実験的に検討した。次に工作物表面形状の傾斜角の変化に応じて研磨荷重を適正値に制御する研磨方式を提案し、その研磨能率を一定荷重研磨方式と比較した。その結果、荷重制御研磨方式を採用することにより工作物の形状に関わらず一定の研磨能率を達成できることがわかった。

1. はじめに

木工芸品の木地研磨は見栄え、手触り感を劣悪させる「毛羽立ち」の発生源となる木材表層部の圧縮繊維を除去するため必要不可欠な工程であるが、専ら人の手に頼っているのが現状である。このことはコスト面、作業環境面からみて好ましいものではない。本研究は多関節ロボットに研磨工具を保持させた工芸用木材の自動研磨システムの構築を目標としている。前報では研磨作業の進行に伴う研磨能率の経時変化の追跡、研磨布紙トポグラフィ測定による研磨挙動の解明を行った。

本報では前報で述べた実験装置を用いて研磨姿勢角と研磨特性の関係を把握し、得られた結果をもとにして曲面研磨を行った。

2. 実験方法

研磨工具と工作物の干渉状態を図1に示す。使用した工具は作業現場で曲面の研磨に多用されているポータブルタイプであり、圧縮空気を駆動源としてゴム製の研磨パッドが振動する構造を有している。図のハッチング部は鋼板であり、研磨パッドと一体構造となっている。この研磨パッドにマジックテープを介して研磨布紙を密着させることにより研磨を行うようになっている。

研磨実験装置は工具研削盤をベースとしており、砥石ヘッド部にステッピングモータ駆動の垂直軸を搭載し、それに研磨工具を取り付けることによって研磨システムを構築した。研磨荷重は歪みゲージ式動力計を兼ねた工具保持具によって検出し、研磨荷重をパソコンでモニタリングしながら工具の上下位置制御により荷重制御研磨を行った。表1に実験条件を示す。

3. 工具姿勢角の影響

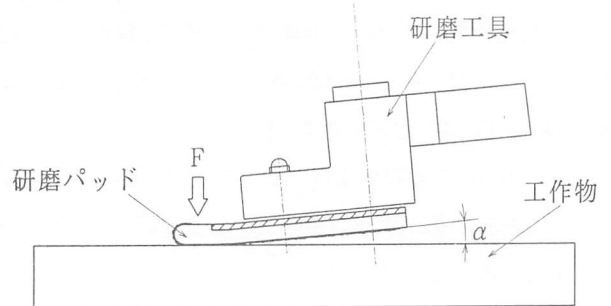
3. 1 工具接触面積

図2は荷重15Nで平面のミズナラ材に対し鉛直方向に研磨工具を押し込んだとき、すなわちプランジ研磨したときの工具接触面積Aを工具角 α に対してプロットした結果である。なお、工具接触面積Aは研磨痕を研磨工具押しつけ方向に垂直な面に投影して得られる面積で定義される値である。図より工具角 α の増加に対し工具接触面積Aは減少傾向を示しているが、その傾向は著しいものではない。これは工具角 α が大きくなり幾何学的接触面積が減少したとしても、研磨の際パッド先端部は工作物の抵抗を受けるので弾性体であるパッド先端部は強制的に工作物平面と平行になるように変形し、その減少分を補うためであると考えられる。

3. 2 研磨能率

図3は工具角 α に対して研磨能率 η をプロットした結果である。なお、研磨能率 η とは研磨痕中央部プロファイルの断面形状を研磨前後で比較して求められる断面積を研磨時間で除した値を

意味する。図において工具角 α が大なるほど研磨能率 η も増加することからわかる。この説明として、工具角 α が大きくなるほどパッド先端部は変形しにくくなるが、研磨布紙と工作物の間には強い摩擦力が発生するようになり、その結果研磨圧力が高くなることから考えられる。



F : 研磨荷重 α : 工具角

図1 研磨工具と工作物の干渉状態

表1 実験条件

| | |
|------|---|
| 研磨工具 | 空気圧駆動式ポータブルサンダ 空気供給圧力 0.35 MPa 無負荷時工具振動数 190 Hz 研磨パッド幅 40 mm |
| 研磨布紙 | 砥粒 溶融アルミナ (#240) 基材 Aw (薄手クラフト紙) 接着剤 レジン/グルー |
| 工作物 | ミズナラ 柾目材 寸法 L400mm×W80mm×H50mm |
| 研磨条件 | 研磨荷重 F = 15 N 工具角 $\alpha = 3 \sim 20^\circ$ |

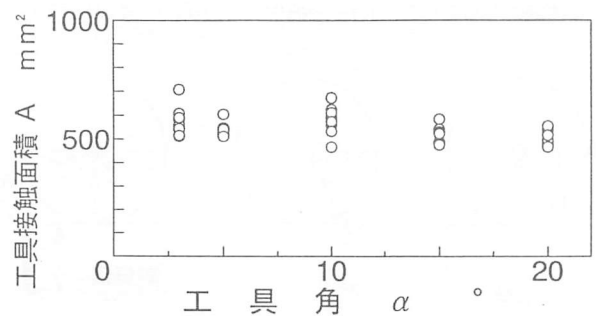


図2 工具角 α と工具接触面積Aの関係

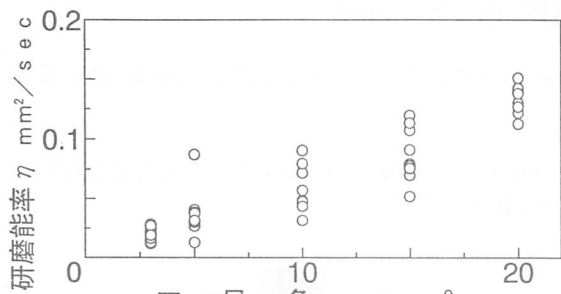


図3 工具角 α と研磨能率 η の関係

4. 曲面研磨実験

一定荷重方式で曲面研磨を行う際、工具角 α を一定とした場合には曲面の位置によって研磨面-研磨パッド間のなす角度(研磨姿勢角)が変化するため研磨能率 η が変化し研磨量が一定とならないことが以上の結果から予想される。そこで、工作物の傾斜角に応じて研磨荷重 F を変化させる荷重制御研磨方式の有効性を検討した。

図4は研磨能率 η を一定に保つために必要な工具角 α と研磨荷重 F の関係をプロットした結果である。図よりいずれの研磨能率 η においても工具角 α が 5° から 15° においては研磨荷重 F の変化が緩やかとなっているがその範囲外におけるその変化は大きくなっている。荷重制御研磨を行う場合には、一定研磨能率 $\eta=0.03\text{mm}^2/\text{sec}$ の近似曲線に注目し、工具角 α と研磨荷重 F の関係を求めた。工具角 α および研磨荷重 F を変化させて求めたこれらの値はプランジ研磨実験から得られたものであるから、工作物に「送り」を与えて研磨する場合の研磨能率 η とは異なることが予想されるが、工具角 α の及ぼす影響は同一であると考えられる。また研磨性能を比較するため一定荷重研磨実験を行った。

表2に研磨条件を示す。

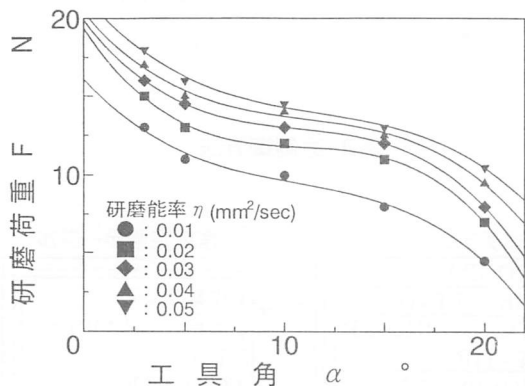


図4 工具角 α と研磨荷重 F の関係

表2 研磨条件

| 工具角 α | | 荷重制御研磨 | 一定荷重研磨 |
|--------------|--------------------|----------|------------|
| | | | 10° |
| 研磨荷重 F | 工作物角度 θ [°] | | |
| | -10.0~ -8.5 | 20N | 8N |
| | -8.4~ -3.0 | 15N | |
| | -2.9~ 3.0 | 13N | |
| | 2.9~ 8.6 | 11N | |
| 8.7~ 10.0 | 8N | | |
| 工作物送り速度 v | | 4 mm/sec | |

曲面研磨実験に使用した試料の形状を図5に示す。この試料の曲率半径は1mであり、工作物角度 θ は $-10^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$ となっている。この場合、試料の右側から左側に研磨工具を移動させて研磨を行うため、研磨姿勢角 $\beta (= \alpha - \theta)$ は徐々に減少していくことになる。

図6は一定荷重研磨方式および荷重制御研磨方式について、工作物送り方向に沿って研磨量を測定した結果である。図6(a)は一定荷重方式によるもので、初期の研磨量(右側)が多く、その後研磨姿勢角 β が小さくなるにつれ研磨量が減少している。一方図6(b)の荷重制御方式では、工作物の位置(β)による研磨量の変化は一定荷重方式に比べ小さくなっており、研磨量を一定にするための研磨荷重制御方式の有効性が確認できる。なお、全体的に見てうねりが見られるが、これは荷重制御を断続的に行ったために生じたものと考えられる。

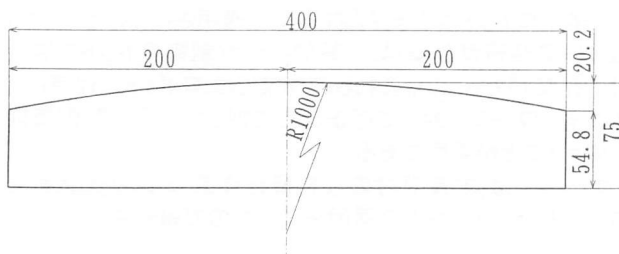
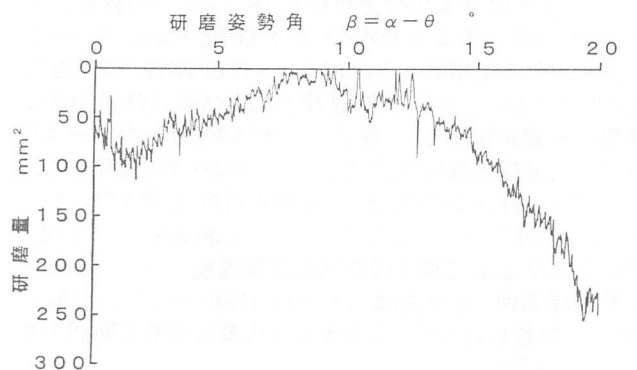
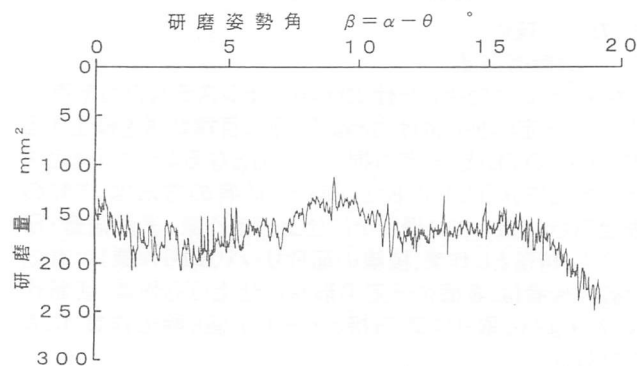


図5 研磨試料



(a) 一定荷重方式による研磨量



(b) 荷重制御方式による研磨量

図6 各研磨方式による研磨量の違い

5. まとめ

木材の曲面研磨を行った結果、荷重制御研磨方式の有効性が確認された。今後、工具角を自由に設定できる6軸多関節ロボットに研磨工具を把持させて曲面研磨を行う予定である。

謝辞: 本実験を遂行するにあたり、研磨試料のご提供をいただいた北見工業技術センター伊藤廣氏に謝意を表します。