

木質部材の素材研磨作業への力制御ロボットの適用

東芝機械(株)○永滝真太郎, 北海道立工業試験場 鎌田英博

要旨

木質部材加工の自動化・省力化を目指して、力制御機能を有する仕上げロボットに研磨工具を把持し、塗装前の素材研磨作業への適用実験を行った。一定の条件下で良好な研磨面が得られたので報告する。

1. はじめに

木質部材の素材研磨作業は、NC切削加工後の「毛羽立ち」除去のために行われる。しかしながら、素材研磨作業は、作業者が振動工具を持ち、粉塵環境下で行うため、作業環境として好ましいものではない。また、木材加工の自動化の観点からは、人手による研磨工程が大きな阻害要因となっている。

産業用ロボットはさまざまな作業に適用されているが、バリ取り作業や研磨作業は、一般的な位置制御ロボットでは十分な作業ができない。これらの作業では、ロボットに保持した工具を、ワークに対して適正な力で押しつける力制御機能を備えることが重要である。

本研究では、木質部材の素材研磨作業に、力制御機能を有する仕上げロボットの適用を試みたので報告する。

2. 仕上げロボットシステム

図1に直角座標型の仕上げロボットシステムの外観を示す。ロボットシステムは、ロボット本体、ロボットコントローラおよびペンダントで構成する。ロボット本体は、剛性が高く力制御がしやすいことから、円筒座標型および直角座標型の2種類の形態を採用した。各ジョイントはACサーボモータで駆動し、位置検出器にアブソリュートエンコーダを採用している。手首先端に6軸力覚センサを組み付け、工具をワークに一定の力で押しつけるよう、フィードバック制御を行っている。可搬質量は5kg、空間での先端の最高速度は480mm/sec、工具の標準押し付け力は4.9~29.4N(0.5~3kgf)であり、通常、作業者が行っている手仕上げ作業に必要な範囲をカバーしている。

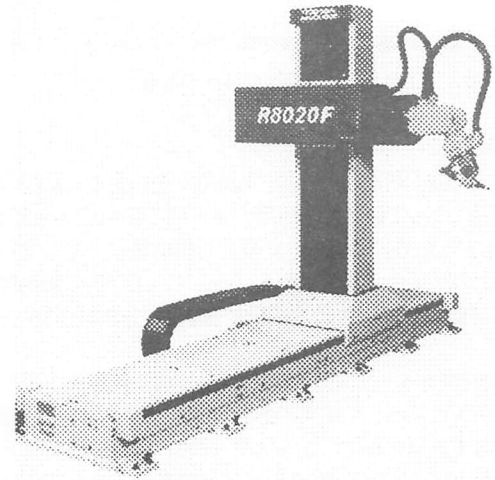


図1 仕上げロボットの外観

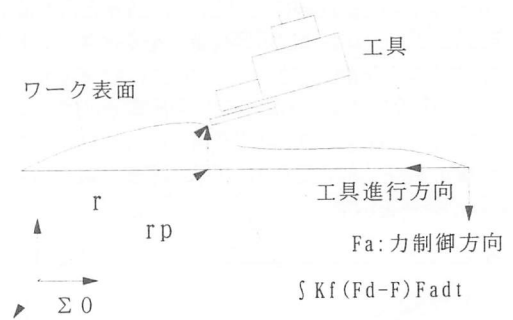


図2 力制御方法

3. 力制御技術

3.1 力制御方法

本システムに使用した仕上げロボットシステムの力制御方法には、一定の押し付け力となるように目標軌道を修正する方法(GMOVE)と、一定の押し付け力となるよう送り速度を制御する方法(CMOVE)とがある。前者の方法は、未知の表面形状に倣って滑らかに仕上げる作業(表面研磨・研削作業、錆落とし作業、稜線の面取り・バリ取り作業)に有効であり、後者は、表面を一定の形状に仕上げる作業(切断作業、大きなバリ取り作業、溶接ビードの余盛り除去作業)に有効である。

ここでは、木質部材の素材研磨作業に使用した、GMOVE制御則を説明する。図2に示すように、工具先端を概ね一定速度で送り、進行方向に対して概ね直行する方向に目標軌道rの修正を行う。工具先端の目標軌道rの基礎式は次式のように表せる。

$$r = rp + \int K_f(F_d - F) F_a dt \quad (1)$$

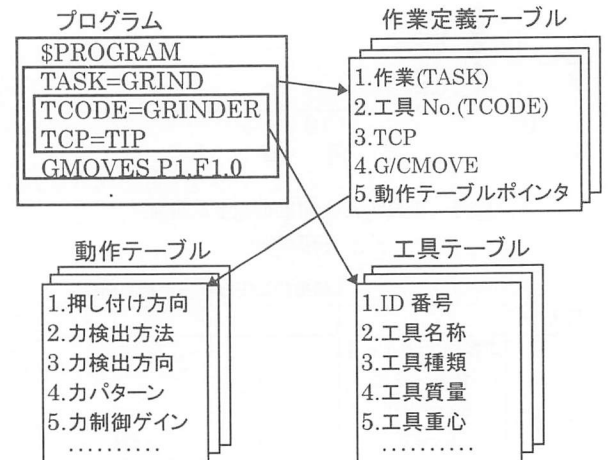


図3 プログラムとテーブルの関係

rp は教示点に基づき算出される位置制御時の目標軌道, Kf は力制御積分ゲイン, Fd は指定された方向への目標押し付け力の大きさ, Fa は力修正方向単位ベクトルを表している。

3.2 作業指向ロボット言語

磨き作業などを力制御によって行う場合, 従来のロボット言語では, 多くの力制御パラメータを指定する必要がある。力制御パラメータは, 押し付け力の大きさおよび方向, 力の検出方法および方向, 力制御ゲイン, 力センサのカットオフ周波数など多岐にわたる。これらのパラメータを間違いなく設定することは, ユーザにとって大きな負担となっていた。そこで, どのような作業を, どのような工具の, どの部分で加工するかが解れば, 力制御パラメータをほぼ決定できることに注目して, 作業指向型のロボット言語を開発した。

図3に示すプログラムとテーブルの関係から, 作業を定義することによって力制御パラメータが決定される手順を示す。作業を定義するには, 作業名(TASK), 工具コード(TCODE), 加工点(TCP)を宣言する。力制御動作命令(GMOVE)を宣言すると, 作業定義テーブルから動作テーブルを割り出す。動作テーブルには, 力制御動作命令が必要とする複雑な制御パラメータが格納してある。

4. 素材研磨実験

図4に木質部材の素材研磨作業の様子を示す。ワークは椅子のアームで, 材質はミズナラである。研磨工具はベルトサンダを使用し, 研磨紙の粒度は#240である。図5にワークの概略形状と教示点を, 図6に加工プログラムを示す。教示点はワークの全長にわたり3点のみ教示している。押し付け力9.8N(1kgf), 工具送り速度50mm/secの加工条件で良好な研磨面が得られた。

加工時の反力の様子を図7に示す。ワーク段取り高さが未知であるとの前提で, P1点でワーク高さのタッチ計測を行っている。計測後, 工具を一旦を離してから回転させ, P1, P2, P3と力制御による加工を行っている。軌道が不連続に接続するP2点で若干ショックがあるが, ほぼ目標の押し付け力となっている。

5. おわりに

工具をワークに対して一定の力で押し付けられる仕上げロボットシステムを木質部材の研磨作業に適用し, 一定の研磨条件下で良好な研磨面を得られた。今後の課題として, 木質部材加工作業用の研磨工具および力制御則の開発, より使いやすいマンマシンインタフェースの開発があげられる。

参考文献

- 1) 神野他: “タスク指向のロボット言語を有する力制御仕上げロボットの開発”, 日本ロボット学会誌, Vol.14, pp178-1185, 1996
- 2) 永滝: “仕上げロボット「バリボ」の適用技術”, 東芝機械技報, No.14, 1995

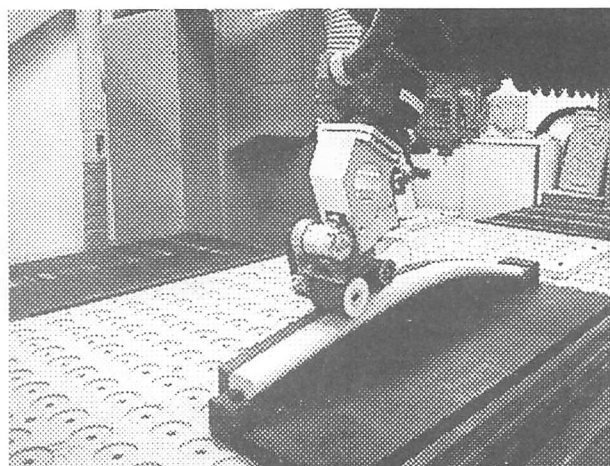


図4 素材研磨作業の様子



図5 ワークの概略形状と教示点

PROGRAM	COMMENT
TASK=POLISH	Assign a task
TCODE=BELT1	Assign a Beltsander1 as a tool
TCP=TIP	Assign tool center point
DFORCE=1.0	Assign desired force
SPEED=50.0	Assign arm tip speed
MOVE P0	Move to P0
FRESET	Reset force sensor
TOUCH P1,S5.0	Move straight toward P1 until the force exceeds the assigned value
MOVERS P4	Move straight to P5(Relative)
TOOL_ON	Make the tool run
MOVES P1	
GMOVES P2	Move to P2 with force=DFORCE
GMOVES P3	
MOVERS P4	Move straight to P4(Relative)
TOOL_OFF	Make the tool stop
END	

図6 加工プログラム

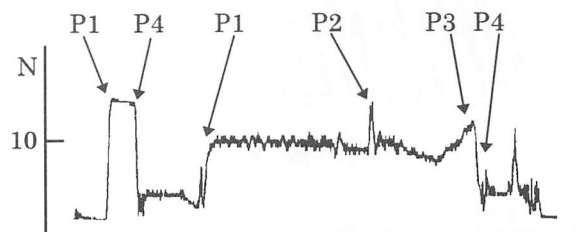


図7 磨き作業時の反力