

日本機械学会 2023 年度年次大会 に参加して

矢羽田 聡 志

Satoshi YAHATA

機械システム工学専攻修士課程 1 年

1. はじめに

私は、2023 年 9 月 3 日～6 日にかけて行われた日本機械学会 2023 年度年次大会に参加し、伝統産業工学のセッション内にて「6 軸制御マシニングセンタを用いた彫金文様の再現（曲面上の毛彫りの場合）」というテーマで発表を行った。

2. 研究内容

2.1 緒言

彫金とは、鑿と呼ばれる工具を用いて金属に彫刻する技法であり、金属装飾として多種多様な文様を表現する。その技法として、一筆書きのように細い線を彫る毛彫りや、鑿を打ち込むことで材料を塑性変形させて文様を彫る蹴り彫りなどがある。これらの技法を巧みに操ることで文様を創製するには、彫金師による熟練技能が必要である。高度な技能を有する彫金師の繊細な手技を習得・継承することは容易なことではない。そこで、機械加工を応用した彫金文様の再現を試みることにした。6 軸制御マシニングセンタの優れた特徴を生かすことで、多くの軸運動制御が必要であると考えられる曲面上の文様の再現を行うことができれば、機械加工による彫金加工の適応範囲を広げることができると期待される。

そこで本研究では、曲面上への毛彫り文様再現の可能性について検討した。

2.2 実験方法

図 1：左は、本研究で使用した 6 軸制御マシニングセンタの軸構成を示す。並進直交 3 軸（X、Y、Z 軸）と傾斜軸（A 軸）と旋回軸（C 軸）の計 5 軸に、主軸の回転制御軸（Cs 軸）を加えた 6 軸を同

時制御できる。本マシニングセンタ主軸に非回転工具を把持して加工を行った。本工具は、 60° と大きなすくい角を有し、また工具進行方向に開口部を有していることから切り屑を進行方向後方に排出することで、加工面品質の向上とバリ発生抑制効果を得ることができることが特徴である。

再現対象とした文様の外観写真を図 1：右に示す。葉脈を表現している 6 つの毛彫り線を、右から順に、①、②、・・・、⑥とした。ワーク形状は、円柱（半径 100mm）の一部を蒲鉾状（100mm×100mm）に切り出したものを使用し、材質はタフピッチ銅とした。回転工具を用いた加工では、送り速度を 500mm/min とし、回転数 3000rpm とした。しかし、非回転工具の場合は、送り速度を大きくしすぎてしまうと工具が破損する恐れがあったため、送り速度 250mm/min と低速にした。なお、法線方向切込み量は、いずれも場合も 0.1mm とした。

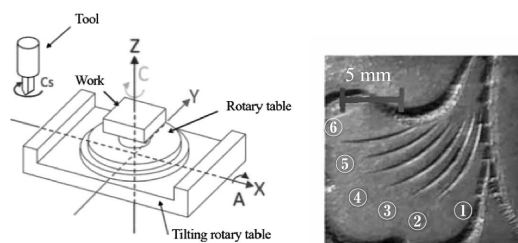


図 1 左：6 軸制御マシニングセンタの軸構成
右：再現対象の外観写真

2.3 実験結果

図 2 は、非回転工具を用いた加工の場合の各軸の運動指令を示す。回転工具を用いた加工では、非回転工具の場合と同様の X 軸、Y 軸、Z 軸、A 軸、C 軸指令値とした。加工開始時は C 軸が 270° であることから、ワークは表面の円弧が YZ 平面と平行になるように位置していることがわかり、文様の加工は、主に A 軸と X 軸および Y 軸の運動により創製されている。また、文様①～⑥に対する各軸の運動の違いに注目する。Cs 軸は、Y 軸と A 軸の動きに主に同期するため文様①、②、・・・、⑥の順に運動範囲が大きくなっている。対象となる文様の

形状は、文様⑥側の加工線ほど、横方向に流れるような加工線となっているため、Cs 軸は文様⑥側ほど角度の変化量が大きくなっていることがわかる。以上により、毛彫り線ごとに各軸の運動挙動が異なり、曲面上への加工の際は、多くの軸を用いた複雑な運動制御が必要になることがわかった。

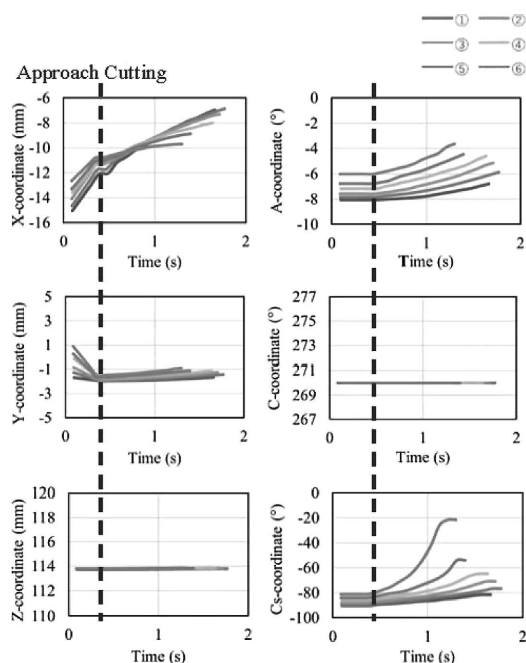


図2 各軸の運動指令

図2の指令に基づき、非回転工具を使用して加工した場合の加工面を図3：左に、比較対象として用いた回転工具を使用した場合の加工面を図3：右に示す。いずれの場合も、文様形状としては再現対象に類似した加工ができていていることがわかる。しかし、図3：右では、回転工具の切れ刃の運動（トロコイド曲線）が転写された切削痕が観察され、彫金文様特有の煌めきが得られないことがわかる。一

方、図3：左では、開発した非回転工具の効果により、材料を掬い取るような加工がなされ、煌めきを有する良好な面品位の加工が描かれていることがわかる。

すなわち、非回転工具と6軸制御マシニングセンタにより、曲面上においても比較的再現性の高い文様加工が実現できる可能性が示唆される結果が得られた。

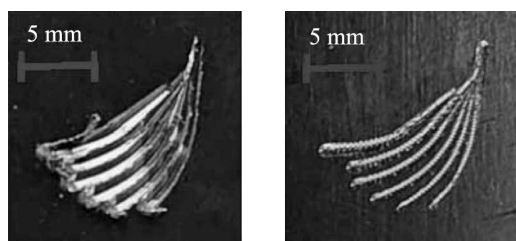


図3 左：非回転工具を使用した場合の加工面
右：回転工具を使用した場合の加工面

2.4 結言

曲面への非回転工具加工時の各軸の運動を可視化し、毛彫り文様に近い煌めきのある加工を行うことができた。これにより、非回転工具による6軸制御マシニングセンタを用いた加工により、曲面の場合であっても、彫金文様の再現性よく加工できる可能性があることが示唆された。

3. まとめ

今回の学会での研究発表を通じて、貴重なご意見を頂くことができた。この経験を生かして今後の研究に役立てていきたい。また、他の参加者の発表を聞くことができ、有意義な時間を過ごすことができた。