

同時多軸加工による複雑形状加工技術習得のための取り組み

○磯谷 俊史^{A)}、近藤 聖彦^{A)}、宮崎 芳野^{A)}

^{A)}自然科学研究機構 分子科学研究所

1. はじめに

分子科学研究所の試作工場には多軸マシニングセンタと CAD/CAM が導入されている。これらを用いて切削加工することにより 3 次元的な複雑形状を加工できる。しかし、日常的な業務で同時多軸加工を必要とする複雑な形状を製作する機会は少ない。そこで、同時多軸加工の経験を積むため勉強会への参加や自身で加工課題を設けて実際に加工するなど技術習得・向上に努めてきた。またマシニングセンタを扱う中で必要だと感じて新たに整備した環境についても紹介する。

2. 同時多軸加工について

機械加工の多くは直交する直動軸 X、Y、Z の 3 軸を動かすことで加工を実現している。5 軸マシニングセンタや複合加工機では直動軸にさらに A、B、C 軸といった旋回軸を付与することで、ワークや工具の姿勢を同時に変化させながら加工することが可能になり、複雑な形状の加工が実現できる。しかし、多軸を同時に制御することで工具、ワーク、ワークホルダなどの動きが複雑になり、様々な干渉が発生する。そこでシミュレーションを用いながら干渉を避けるようにツールパスを設定しなければならないため、多くの経験が必要となる。

3. 多軸加工勉強会

令和 6 年度から名古屋大学(理学・工学)、国立天文台、分子科学研究所の若手を中心として不定期ではあるが勉強会を開催している。国立天文台は経験が豊富であるため、アドバイザーとしての役割も担っている。主に勉強会で提案された複雑形状を題材



図 1 勉強会課題
『球状歯車』

として、多軸加工でどのようにアプローチするかを各機関で取り組んだ進捗状況を報告し、意見交換をおこなった。勉強会内で課題の一つとして取り組んだ『球状歯車』の完成品を図 1 に示す。

4. 多軸加工環境について

当研究所試作工場には FANUC 製のロボドリルに追加旋回 2 軸を付加したマシニングセンタが導入されている(図 2)。また NC プログラミングを支援する CAD/CAM ツール hyperMILL と干渉チェックを行うシミュレーション環境として VIRTUAL Machining Center を使用している。



図 2 マシニングセンタ外観

5. 加工課題

同時多軸加工において代表的な加工事例としては『インペラー』が挙げられる。しかし、よくある形状であるがゆえに多くの加工事例が存在するため、何か他の形状を課題として作りたいと常々考えていた。そこで、昨年度の総合技術研究会のポスター発表ブースに展示されていた削り出しスプーン形状に着想を得て『れんげ』の 3D モデルを作成し加工課題とした^[1]。CAD/CAM による NC プログラミングとツールパスの算出をおこない、干渉チェック・シミュレーション(図 3)を実施した後に NC コードを出力した。実際の

加工において、被削材はφ30×130のジュラコンを使用し、工具はφ10、φ5のスクエアエンドミルと

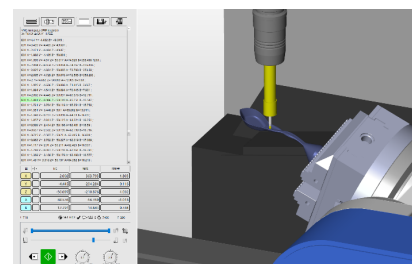


図 3 シミュレーション

R3、R1 のボールエンドミルを使用した。総加工時間については慎重に進めたため約 30 時間を要した。完成品を図 4 に示す。



図 4 加工課題『れんげ』

薄い部分で約 1mm まで削り込みかつ工具を長く突き出す必要があったため、材料や工具のビビリが生じやすい。そのため一気に 130mm の長さ全体を削り出すのではなく、30~40mm 長の 3 つのセクションに分けて加工を進めることで材料にある程度の剛性を持たせ、大きな欠陥を生じさせることなく加工ができた。

6. 新たな環境整備

マシニングセンタ加工の最大の利点として NC プログラムによる無人運転が挙げられる。ATC (Auto Tool Change) により複数の工具を 1 つのプログラムで使用できるため加工工程の集約が可能となる。そのため、一度スタートさせてしまえば今回の課題製作のように長時間の無人運転が可能となり、他の加工業務や設計作業を並行して進めることができる。しかし、加工の進捗を確認するにあたっては実際に機械まで行かなければならないため、カメラで遠隔監視する環境を作れないかを検討した。機械内へカメラを組み込むにあたり、加工中は常に切削液をかけながら運転しているため、防水性がある程度必要になる。機械内のカメラ監視システムが販売されており、その中でもカメラユニットをネットワークにつなげて遠隔監視が可能となるものが販売されていたが、セッティングなどが単純な反面非常に高額で導入するにはハードルが高いと感じた。しかし、映像出力に特化した廉価版も販売されていることを知り、キャプチャーボードを使用することで比較的安価に遠隔監視システムを構築できるのではないかと考えた。システム構成は以下の通りである(図 5)。

カメラの映像をキャプチャーボードを介して OBS (Open Broadcaster Software) をインストールした PC に取り込むことで映像の保存を可能にした。またネットワークに接続した PC を使用することでリモ

ートにより、遠隔地からでも映像を視聴することも可能にした。さらに、キャプチャーボードから映像をスルーすることでマシニングセンタ横に設置したモニターで確認することもできるように構成した。

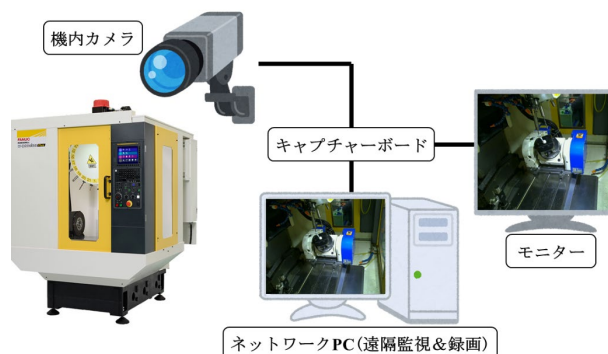


図 5 機内監視システム構成

7. 終わりに

今回、業務とは別に時間を確保して同時多軸加工による複雑形状加工の技術習得に集中的に取り組むことができた。課題の製作過程で CAD/CAM やマシニングセンタに触れる時間を長く確保ができたことで、操作への理解度が深まり現在では業務への積極的な利用につなげることができている。また、監視用のカメラ導入など、周辺環境も整備を進めることができ、より使いやすい環境を構築することができた。今後は経験を活かして、より積極的な業務への活用と技術研鑽、日々の維持管理とさらなる設備の充実にも取り組んでいく。最後に、本項で触れた多軸加工勉強会について現在参加している 3 機関に留めず、より多くの機関にも参加していただき技術力向上の一助となるようなオープンな会に発展していければと考えている。

参考文献

[1] 茶木智勝、総合技術研究会 2025 筑波大学報告書、219-220、2025

謝辞

業務以外での課題製作に際して、理解を示していただいた装置開発室員に感謝いたします。また、多軸加工勉強会での様々な助言にも感謝いたします。

なお、本研究は、令和 7 年度分子科学研究所所長奨励研究費を用いて行ったものである。