

群馬高専ものづくり人材育成講座における 機械加工シミュレーションの活用

矢口 久雄*, 岡本 邦夫**, 浅見 博**, 須永 修司**, 金子 忠夫*

(2019年1月7日受理)

1. はじめに

数値制御による機械加工（以下、NC加工）は、作業者ごとの加工精度や作業時間のばらつきを解消し、特に同じ製品を大量生産する現場において大きなメリットがある。また、試作品などに代表されるいわゆる一品物の製作においても、高い精度要求や多様な設計変更柔軟に扱われるNC加工の役割は大きい。さらに近年、複雑で高精度な製品が従来よりも短納期で要求されることを背景に、加工対象物（以下、ワーク）を工作機械から取り外さずに連続で複雑な加工ができる多軸加工が企業にも広がっている。多軸加工とは、X, Y, Z方向の自由度で工具が移動する3軸加工をベースとして、そこにワークを把持するチャックなどの自由度を加えたNC加工である。一方で、機械加工に携わる技術者にとっては、従来の旋盤やフライス盤などの汎用機の基礎的な加工技術に加えて、NC加工ならではのノウハウや加工プログラムを扱うスキルの獲得が重要な課題となっている。

群馬高専（以下、本校）の実習工場には、4軸加工が可能な複合加工機（図1；ヤマザキマザック製INTEGREX j-200）と5軸加工が可能なマシニングセンタ（図2；同VARIAXIS 500-5XII）が導入されており、それぞれ教育や研究に広く活用されている。これらの実機に加えて、国立高専機構が進める“KOSEN（高専）4.0”イニシアティブの本校採択事業「バーチャル工房を活かした高専教育高度化による情報活用エンジニアの育成」²⁾の一環で多軸加工教育の本格的な展開を目的として、機械加工シミュレーションソフト「VERICUT」が平成30年度から新規導入されている。多軸加工では工具やワークが複雑に動くため、これらの衝突によって高価な実機が損傷する危険が常にともなっており、学生の人数に対する実機の台数も不足している。このような中、コンピュータ上で実機を正確にシミュレーションできるVERICUTの導入によって、衝突の心配をすることなく、学生一人ひとりがコンピュータ上でNC加工機械の動きをシミュレーションできる環境が整備され、本校の多軸加工教育に大きな変革がもたらされた³⁾⁵⁾。



図1 複合加工機 (INTEGREX j-200)



図2 マシニングセンタ (VARIAXIS 500-5XII)

図3に、本校における多軸加工の一例として、マシニングセンタを用いた同時5軸加工によってアルミニウムの丸棒材から削り出した風車の試作品を示す。これは機械工学科の流体研究室の卒業研究にともなう依頼加工として、本稿の著者でもある岡本によって製作されたものであり、2018年11月に東京ビッグサイトにて開催された「JIMTOF 2018（第29回日本国際工作機械見本市）」におけるDMG森精機株式会社の「第13回切削加工ドリムコンテスト」にも出品された⁶⁾。ここで、VERICUTによるシミュレーションは本来の目的である衝突防止に加えて、工具の動きを適切に制御することによる仕上がり精度の向上や加工時間の短縮にも役立てられており、このようなVERICUTの活用は企業における加工においても有用と考えられる。

そこで、金子を代表とした本稿の著者らが中心となり、

平成 30 年度の群馬高専ものづくり人材育成講座における新テーマとして「多軸加工シミュレーションと複合加工機による加工練習」を企画し、企業の若手技術者向けの NC 加工プログラミング及び実加工に関する基礎講座を実施した。また、本校の「バーチャル工房」においてグループウェアとして平成 30 年度から導入された「サイボウズ Office」についても、加工条件などの情報共有に活用可能なツールとしてプロジェクト機能などを紹介することにした。このような新しい試みの大きな狙いとして、VERICUT や複合加工機を始めとする本校の教育研究設備の活用を軸とした地域ニーズの掘り起こしに加えて、本校と企業との新しい関係構築を目指すことによって将来的な共同研究や企業相談の件数増加に寄与できればという著者らの思いもある。本稿では、本講座の実施状況について報告するとともに、アンケート等から見てきた今後の課題について述べる。

2. 人材育成講座の様子

今回の人材育成講座は平成 30 年 11 月 21 日、11 月 28 日、12 月 5 日の 3 日間に設定し、時間はそれぞれ 17:30 ~20:00 とした。初めて試みであったが、参加者は 4 名おり、それぞれ群嶺テクノ会員企業である Y 社からの 3 名と T 社からの 1 名であった。

2. 1 第 1 回目 (11 月 21 日)

第 1 回目の 11 月 21 日は代表の金子が中心となり、群馬高専における NC 加工の現状や本講座の流れなどを最初に説明した。さらには、本講座に何を期待するのか、それを参加者たちから直接聞くという、やや思い切った展開もあった。これには参加者側も少し驚いていた様子であったが、この中で Y 社の参加者も T 社の参加者も、当初われわれが想定していた以上に実加工を見たいという要望を強く持っていること、T 社は VERICUT を導入しているものの、十分に活用できておらず、本講座を通じて活用に向けたヒントを得たいという要望を持って参加していることが新たに見えてきた（これらの要望に合わせる形で、急遽、岡本らが中心となって第 2 回目以降の実習内容を大幅に見直すという対応がとられた）。その後、CAM ソフトである Mastercam を用いた簡単な NC プログラム作成と VERICUT によるシミュレーションを行い、本講座で用いるソフトウェアの大まかな雰囲気を参加者が体験して第 1 回目は終了した。

2. 2 第 2 回目 (11 月 28 日)

第 2 回目である 11 月 28 日では、参加者 4 名を 2 名ずつの 2 グループに分けて実習を進めた。浅見が担当した Y 社の若手技術者 2 名は群馬高専の OB であり、1 名は

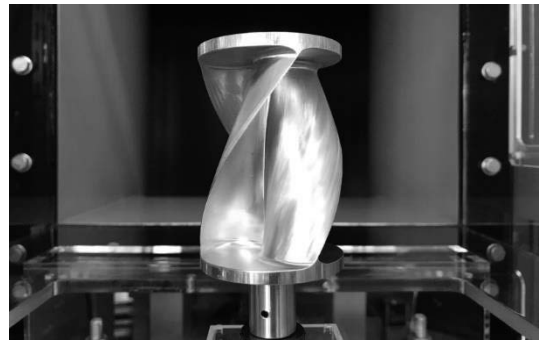


図 3 同時 5 軸加工による風車の試作品

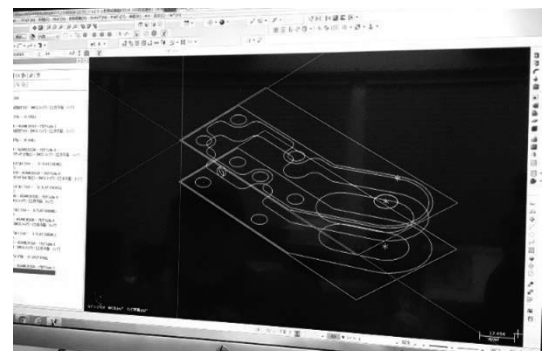


図 4 3 軸加工サンプルを用いた NC プログラム作成

機械工学科出身であったが、学生当時の NC 加工教育は黎明期にあり、現在とは実習内容も異なっていたとのことであった。そこで、彼らには現在の機械工学科 5 年生の特論 II でも扱っている 3 軸加工のサンプルを題材として、Mastercam を用いた NC プログラムの作成に取り組んでもらった (図 4)。実際は、Y 社でも別の CAM ソフトウェアを用いた 3 軸加工に仕事で取り組んでいるとのことであったが、Mastercam を体験するのは初めてとのこと、ソフトウェアによってプログラム作成の様子も大きく変わることがわかり、良い勉強になったとの感想があった。ここでの実習の様子から、現在の群馬高専で行われている NC 加工に関する教育プログラムが企業の若手技術者のスタートアップとしても利用できる可能性も見えてきた。

一方、Y 社の 1 名と T 社の 1 名は中堅技術者ということで、須永と岡本の 2 名で担当する形で第 2 回の実習に臨んだ。前半は須永が旋盤加工における NC プログラムの作成とシミュレーションについて指導した (図 5)。T 社の参加者からは、旋盤に対する漠然としたイメージは持っていたものの、シミュレーションを通じて工具の動きと切削の様子に対応が以前よりも良く理解できたとの感想があった。また、Y 社の参加者からは加工条件などについての踏み込んだ質問もあり、旋盤工としての豊富な経験を持つ須永らでなければ対応できない場面も見られた。後半は、岡本が小型エンジンのカムシャフトを



図5 旋盤加工のNCプログラム作成

題材とした4軸加工に取り組んだ。実習では、あらかじめ用意しておいたCADデータに対してMastercamによるNCプログラムを一から作成した。ここでは、荒取り、中仕上げ、仕上げ、といった段階的な加工プロセスの動作確認や、工具の制御点の設定に関するノウハウの指導が行われたが、図6に示すVERICUTによるシミュレーションが非常に役立った。実際、VERICUTを所有していないY社の参加者からもわかりやすいとの声があった。また、工具が切削から“逃げた”状態で空間を移動するエアカットと呼ばれる動作を最適化し、加工時間を短縮するVERICUTのオプション機能も参考になったと好評であった。

2. 3 第3回目（12月5日）

最終日である第3回目の12月5日には参加者全員で実習工場に赴き、第2回目にNCプログラムを作成しておいたカムシャフトの実加工を見学した（図7）。ここでの実加工は複合加工機（INTEGREX j-200）による4軸加工であり、岡本が中心となって機械の動きや実際の加工についての解説を行った。第1回目から実加工を見たいという強い要望があったとおり、どの参加者も非常に強い関心をもって見学に臨んでいた。特に、Y社の参加者は、持参したデジタルカメラを用いて加工面の仕上がりを撮影し、質問も積極的に行っていた。また、実加工では切削油などで工具の動きが見えにくいところもあるため、複合加工機の横に置かれたパソコンを用いて、VERICUTによるシミュレーションも同時に進めながら解説を行った。

実加工の見学後、矢口が次世代の機械加工に取り組んでいるHILLTOP株式会社⁷⁾などの事例を紹介し、加工条件などの情報共有がもたらす新しい可能性について解説した。ここで、本校に平成30年度から導入された「サイボウズOffice」のプロジェクト機能やGoogleスプレッドシートを活用した加工条件の共有、Dropboxのファイルリクエスト機能⁸⁾などを紹介した。さらに、これらのソフトウェアには導入コストやセキュリティの問題もある

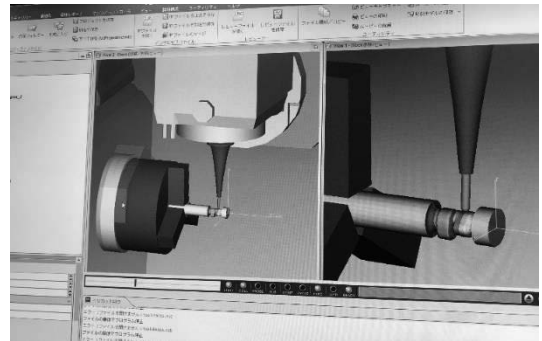


図6 VERICUTによる4軸加工のシミュレーション

ことから、プライベートネットワーク内におけるホームページサーバーによる掲示板や会議室予約システムなどの運用についても事例を示した。実際、T社では外注で情報共有システムを導入予定であること、Y社でも加工事例の収集が課題となっているという話があり、これらの企業においても情報共有への関心が一定程度あることが窺えた。

3. アンケート結果の分析

最終日に行ったアンケート結果に基づいて、本講座に対する評価と今後の課題について考える。まず、参加者の担当分野は3名が「製造」で、1名のみが「製造」「技術」の両方であった。また、専門分野は4名とも「機械」であった。これらのことから、参加者全員が基本的に製造現場で加工などに携わる機械系技術者という枠組みに当てはまることがわかる。これは、本講座で企画当初から参加者として想定していた対象と完全に合致する。また、講義を受けての評価に関する各項目のアンケート結果は以下ようになった。

- ・講義の内容：
良い（3名）、やや良い（1名）
- ・講義のレベル：
適切（4名）
- ・テキストの編集：
良い（1名）、やや良い（2名）、やや悪い（1名）
- ・講師の教え方：
良い（3名）、やや良い（1名）
- ・講義時間：
適切（4名）

ここで、講義全体に対する参加者の評価は概して高いが、テキストについては一定の課題があることがわかる。また、このようなアンケートにおいては不満を書きにくい

状況も踏まえると、その他の項目に関する部分についても、当然ながら、改善の余地は大きいと思われる。

以下は、アンケートの自由記述欄から抜粋した参加者の感想や要望である。

- ・機械での動いている様子を見せてもらえて、どうしてもパソコンだけでは理解しづらい点も確認することができた。
- ・実加工では、まだ社内で挑戦したことのない4軸加工を拝見することができ、勉強になりました。
- ・同時4軸、5軸加工、プログラム作成のイメージが掴めて良かった。理論的な方向からもアプローチしてもらいたい。CAMと実加工の時間を増やしてもらいたい。
- ・複合旋盤のCAMと実機での動きを見て、今まで理解できないことを知る事が出来ました。

これらの記述からも参加者の実加工に対する関心の高さがあらためてわかる。第1回目に実加工の要望を確認しておいたことで、ある程度、要望に沿った実習を提供できたことは大きい。また、CAM（ここではVERICUTによるシミュレーションも含めて指していると思われる）と実加工を対応させながら説明を進めた点についても、一定の評価が得られていると考えられる。一方で、理論的アプローチの要望なども挙げられており、これらは今後の課題として考えていく必要があると思われる。

4. おわりに

国立高専機構が進める“KOSEN（高専）4.0”イニシアティブの本校採択事業「バーチャル工房を活かした高専教育高度化による情報活用エンジニアの育成」にて導入された機械加工シミュレーションソフト「VERICUT」は本校の多軸加工教育の新たな展開をもたらした。これを背景にVERICUTや複合加工機などの教育研究設備の活用を軸とした試みとして、平成30年度の群馬高専ものづくり人材育成講座における新テーマ「多軸加工シミュレーションと複合加工機による加工練習」を企画し、平成30年11月21日、11月28日、12月5日の3日間で実施した。現場の技術者4名の参加があり、限られた時間の中、多軸加工におけるシミュレーションの重要性を伝えることができた意義は大きいと考えられる。また、参加者の要望が強かった実加工についても可能な範囲で対応でき、アンケートからは概ね高い評価が得られた。しかし、現状ではスタッフの個人的な技能や個性に依存する部分が少なからずあり、現場の技術者でもある参加者たちからの満足を得るための準備や運営の維持に対し、



図7 複合加工機による実加工（4軸加工）

大きな負担がともなうことも事実である。次年度以降の高度化が求められる一方で、費用対効果についても十分に検討した上で、今後の取り組みのあり方を決定していく必要がある。また、“KOSEN（高専）4.0”イニシアティブにおける本校の「バーチャル工房」の戦略も踏まえ、関係者らとの合意形成を図っていくことも重要である。

参考文献

- 1) 岡本邦夫, 金子忠夫, 矢口久雄, “複合加工機による歯車のミーリング加工手順”, 群馬高専レビュー, 第36号, (2018).
- 2) 独立行政法人国立高専機構 “KOSEN（高専）4.0”イニシアティブ 平成29年度採択事業一覧
http://www.kosen-k.go.jp/main_super_kosen_4.0list.html
(2019年1月3日閲覧)
- 3) 岡本邦夫, 浅見博, 矢口久雄, 金子忠夫, “多軸加工機における機械シミュレーション教育への試み”, 高専フォーラム, (2018).
- 4) 岡本邦夫, 浅見博, 須永修司, 矢口久雄, 金子忠夫, “多軸加工機における機械シミュレーション教育への試み”, 群馬大学理工学系技術部発表会, (2018).
- 5) 岡本邦夫, 矢口久雄, 浅見博, 須永修司, 金子忠夫, “機械加工シミュレーションを用いた多軸加工教育の展開”, 群馬高専レビュー, 第37号, (2019).
- 6) DMG森精機株式会社 第13回切削加工ドリームコンテスト
<https://www.dmgmori.co.jp/corporate/dreamcontest/>
(2019年1月3日閲覧)
- 7) HILLTOP 株式会社ホームページ
<http://hilltop21.co.jp/>
(2019年1月3日閲覧)
- 8) Dropbox ヘルプセンター「ファイルリクエストを使用して他のユーザーからファイルを収集する」
<https://www.dropbox.com/ja/help/files-folders/create-file-request>
(2019年1月3日閲覧)

Human Resources Development of NC Machining by Using of Computer Simulation

Hisao YAGUCHI, Kunio OKAMOTO, Hiroshi ASAMI,

Shuji SUNAGA, and Tadao KANEKO

We conducted human resources development course of NC (numerical control) machining utilizing VERICUT, used for simulating multispindle machining, in National Institute of Technology, Gunma College. Participants learned NC programs to create tool paths by using of CAM software Mastercam and simulated motion of tool path and material removal process by VERICUT. In addition, demonstration of 4-axis machining was also executed with multi-tasking machine (Mazak INTEGREX j-200).

