

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：50103
研究種目：奨励研究
研究期間：2022～2022
課題番号：22H04134
研究課題名 技術習得実習から思考・検証実験へ転換を図る同時5軸加工教材の開発

研究代表者

石塚 和則 (Ishitsuka, Kazunori)

釧路工業高等専門学校・教育研究支援センター・技術専門員

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 450,000円

研究成果の概要：機械加工の高度化を背景に、複雑形状が加工できる同時5軸工作機械への移行が加速している。社会ニーズとして付加価値の高い加工技術を有する技術者の育成が求められている。しかしながら同時5軸機のNC加工では、工具経路作成が非常に困難である。その点を補うための分かりやすい教材が必要である。そこで“技術習得型”から“思考・検証型”へ転換を図る教材の開発を行う。具体的には工作法、生産工学、材料力学、熱力学の知識を十分に活用しながら加工を行う。それにより3軸加工を行うオペレータ教育から同時5軸機を駆使するエンジニア教育への質の転換を図れるよう新たに教材を開発することを目的とする。

研究成果の学術的意義や社会的意義

CADソフトウェアを用い、切削条件を考察する課題を与える教材を開発した。切込み深さと送り速度の関係を理解すると同時に、切削抵抗の大きさによる工具のたわみ、発熱量の大きさによる工具寿命などの理解が深まる。また、ポータブル粗さ測定機を導入し、同時5軸加工における切削条件の違いによる加工時間と表面粗さの違いが体験できる内容とした。3週の授業で試行後、教育の効果を評価するためにアンケート調査を行い、施行前と施行後で比較した。評価の平均は施行前3.3であり、施行後3.5であったため、一定の効果があったことが確認できた。他高専の参考となるよう、道内4高専連携による技術職員SD発表会で成果を講演した。

研究分野：機械工学分野

キーワード：同時5軸加工 CAD NC加工 表面粗さ 切削条件

1. 研究の目的

機械加工の高度化を背景に、従来の直交3軸工作機械(以後、3軸機)から、タービンブレードのような複雑形状も加工できる同時5軸工作機械(以後、同時5軸機)への移行が加速している。社会ニーズとして付加価値の高い加工技術を有する技術者の育成が求められている。3軸機を用いたNC(数値制御)加工では、ほぼ自動的に工具経路を作成できる。一方で同時5軸機のNC加工では、工具経路作成が非常に困難である。その点を補うための分かりやすい教材が求められる。そこで、3軸機から同時5軸機へ教育主眼の移行を機に、“技術習得型”から“思考・検証型”へ転換を図る教材の開発を目的とする。具体的には工作法、生産工学、材料力学、熱力学の知識を十分に活用しながら加工を行う。それにより3軸加工を行うオペレータ教育から同時5軸機を駆使するエンジニア教育への質の転換を図る。

2. 研究成果

(1)教材の開発

下記2項目に着目し、座学で学んだ知識を機械加工で活用できる能力の向上を図るための教材を開発した。加工を主眼におき、考察力や分析する力を涵養するものである。

「表面粗さ」に関する考察・検証課題

加工を行う上では、形状・寸法精度はもとより、仕上げ面の品質が求められる。仕上げ面の良さを追求すると生産性が落ちるため、品質工学の観点から、加工面品質と加工に要する時間とのバランスが大事である。そこでカプス高さに注目した2つの課題を与える。CADソフトウェア(以下CAD)を用いて表面粗さを求めることで、粗さに関する理解を深める。他にも表面粗さに直接的影響をあたえるものとして、CADデータ作成上の注意点やCAM設定時のトレランスの影響についても理解を深める内容である。

「切削条件」に関する考察・検証課題

エンドミルで加工する場合、切削条件として大切な点は、主軸の回転数(rpm)、切込み深さ(mm)、送り速度(mm/min)、ピック量(mm)である。毎分あたりの加工体積(mm³/min)を同一の条件とした場合の最適な切削条件を考察するため、4つの課題をあたえて検証してもらう。ピック量を大きくしつつ、送り速度を落として切削した場合と、その逆の場合とを比較し、どちらが優れているかについてCADで検証を行う(図1)。切削抵抗の大小による工具のたわみ、切削に伴う発熱量の大小による工具寿命に対する理解が深まる教材とする。また刃先の温度分布についての理解と切削条件の違いによる切りくずの色調をもとに熱力学の観点で考察できるようにする。工具摩耗や欠損につながる工具負荷を検討することは、加工品の不具合を未然に防止するために大切である。

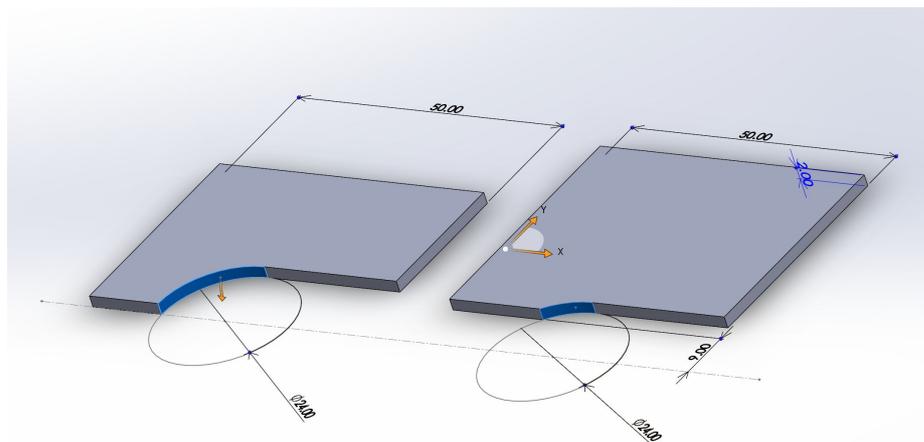


図1 ピック量を変化させた場合の工具接触面積の違い

(2)表面粗さ計の導入

図2に同時5軸機による加工例を示す。さまざまな形状における加工上の要点を教示することで、工具軸の制御の設定方法に関する理解が深まる。また表面粗さを確認しながら加工することで、材料の特性を理解し切削条件を設定できるようになる。そのためポータブル粗さ計(ミツトヨ社製 SJ-210)を導入し、切削条件と表面粗さの関係を理解できる教材を開発した。

加工対象は、流線形断面をもつ翼とする。はじめにCAD上で加工に要する時間(図3)を求める。次に実際に機械を操作し加工を行う。加工後は基準長さ0.8mm部が同じ高さとなる翼の前縁部で表面粗さを測定する(図4)。これにより同時5軸加工における切削条件の違いによ

る加工時間と表面粗さの関係が体感的に理解できる内容とする。

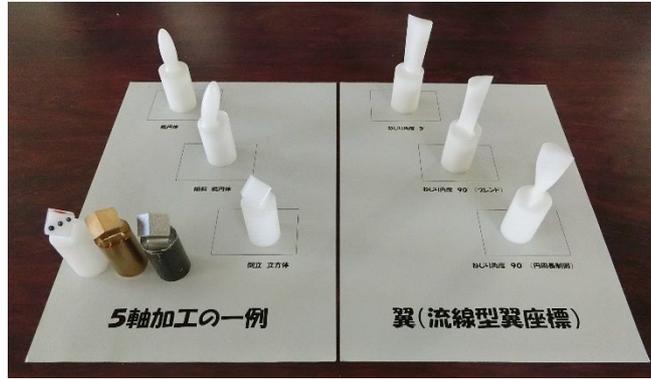


図2 加工例（楕円体，傾斜楕円体，倒立立方体，流線形断面翼【ねじり角5度，ねじり角90度，周長制御ねじり角90度】）

ねじり角	5°	90°
翼形状		
加工	25分	38分

図3 加工時間の算出



図4 加工面の表面粗さ測定

(3)教材の施行と教育効果の検証

作成した教材を令和4年度4学年「CAD/CAM」科目において3週（12/9，12/13，2/7）で試行した。試行後，教育の効果を評価するために表1に示す15の設問において，5段階評価によるアンケート調査を行い，施行前と施行後で比較した（図5）。評価の平均において施行前3.3であり，施行後3.5であったため，一定の効果があったことが確認できた。

表1 設問内容

Q1	NC加工についての程度説明ができますか？	Q9	加工において切り込み量を適切に設定できますか？
Q2	NCに関して今後どの程度学びたいと感じますか？	Q10	送り量とピッチ量の違いを説明できますか？
Q3	現時点で同時5軸加工をどの程度の説明ができますか？	Q11	授業に面白さを感じましたか？
Q4	同時5軸加工を今後どの程度学びたいと感じますか？	Q12	授業を受けてよかったと感じましたか？（必要性、有意義）
Q5	3学年CNC旋盤実習の授業内容は理解できましたか？	Q13	授業のレベルは適切でしたか？（内容が浅い、深い）
Q6	4学年マシニングセンタの授業内容は理解できましたか？	Q14	CADは切削条件の設定で活用できると感じましたか？
Q7	加工条件と加工面粗さの関係をどの程度説明できますか？	Q15	もっと知りたい・学びたいと思いましたか？（興味）
Q8	CADを用いて加工面粗さを推測することはできますか？		

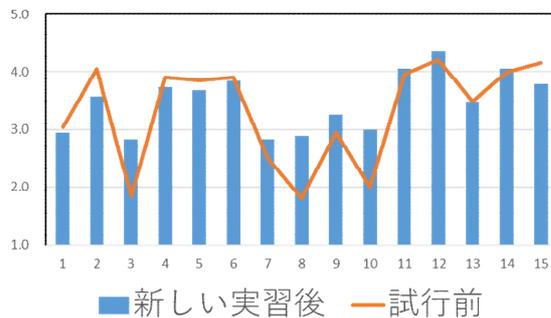


図5 アンケート結果

(4)波及効果

他高専の参考となるよう，道内4高専連携による技術職員SD発表会において「同時5軸加工を中心とした考察分析力向上のための教材開発」という題目で取り組み内容について講演した。

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名
----	--------