



(様式 5)

指導教員 承認印	
-------------	---

2019 年 11 月 27 日  
Year Month Day

## 学位 (博士) 論文要旨

(Doctoral thesis abstract)

論文提出者 (Ph. D. candidate)	工学府博士後期課程 機械システム工学 専攻 (major) 2017 年度入学 (Admission year) 学籍番号 17833002 氏名 井上 友貴 (student ID No.) (Name)  (Seal)
主指導教員氏名 (Name of supervisor)	笹原 弘之
論文題目 (Title)	複合加工機の工程設計支援に向けた加工フィーチャ認識方法に関する研究 Study on feature recognition method contributing to CAPP system for multi-tasking machine tools
論文要旨 (2000 字程度) (Abstract (400 words)) ※欧文・和文どちらでもよい。但し、和文の場合は英訳を付すこと。 (in English or in Japanese) <p>近年、生産形態は多品種少量生産へと移行し、生産現場ではより効率的な生産システムが求められている。機械加工においては、工作機械の高速・高精度化に加え、多軸化・複合化・多機能化が進み、特に工程集約と高効率加工が期待される多軸・複合加工機の導入が進んでいる。しかしながら、最先端の工作機械により加工時間が短縮された一方で、CAM ソフトウェアにより工作機械を制御するための NC プログラムを生成するまでの加工準備時間の割合が、生産リードタイムの中で大きくなっている。</p> <p>特に、CAM ソフトウェアへの入力情報を用意する工程設計は熟練した作業者に依存しており、高い技能と時間的負担を強いている。このため、工程設計の標準化と加工準備時間の削減が求められており、加工対象となる CAD モデルを基に加工方法や加工順序を自動的に決定することで、作業者が施してきた工程設計を代替する工程設計支援システム (CAPP: Computer Aided Process Planning) の開発が進んでいる。</p> <p>CAM ソフトウェアへの入力情報を用意する工程設計支援システムの開発において、加工フィーチャと呼ばれる加工工程を特徴付ける領域の認識が最も重要となる。そこで本研究では、多軸・複合加工機による機械加工に向けて、複雑な加工対象を単純形状へ簡略化して加工フィーチャの種類が増大することを避けながら、旋削主軸間での工作物の把持替えや複数箇所同時加工を可能にし、設計者の意図を加工順序や加工工程へと反映できる加工フィーチャの認識を目的とする。</p>	

第1章「緒論」では、工業的・工学的背景と本研究の背景を述べ、従来の研究に対して解決すべき課題や重要性を示すとともに本研究の目的を述べている。

第2章「複雑形状に対応した加工フィーチャ認識」では、3軸制御のマシニングセンタによる加工に限定することで加工プリミティブと呼ぶ単位形状の取得を簡便にし、複雑な部品形状を想定して面取りや自由曲面などの特定形状部を取り除いて近似する手法を説明している。加えて、複雑な加工プリミティブを円柱や直方体の単純形状へと変換し、加工プリミティブと目標形状とが接する面である創成面を単純化後の加工プリミティブへと継承することで、定義すべき加工フィーチャの種類が無数になることを避けながら加工フィーチャを認識する方法について述べている。

第3章「多軸・複合加工機に対応した加工フィーチャ認識」では、加工フィーチャ認識方法の適応範囲を5軸制御のマシニングセンタや複合加工機で加工する複雑形状へと拡大している。このために、特定の平面に限定することなく、目標形状と除去領域の境界面を用いて加工プリミティブを取得することで様々な方向からの加工フィーチャの認識を実現している。また、様々な工作機械による加工を想定して加工フィーチャを認識することで、提案方法の有用性を検証するとともに、複合加工機を用いた加工実験により認識した加工フィーチャに基づいて施した工程設計で問題なく加工できることを示している。

第4章「複合加工機の機能を活用した工程設計」では、更なる効率化に向けて登場している第2旋削主軸や下側刃物台タレットを備えた複合加工機の機能を活用できるように加工フィーチャ認識方法を拡張している。工作物の主軸間での把持替えにより全方向からの加工を考慮するために、各主軸側で加工フィーチャを認識するために除去領域を2つの領域に分割する手法を考案している。加えて、工具主軸と下側刃物台タレットを用いた複数箇所同時加工により加工工程を集約するために、連続する加工フィーチャの組合せから干渉せずに同時に除去できるものを抽出する手法も考案している。また、把持替えと同時加工を含む加工シミュレーションの結果を検証し、提案する加工フィーチャ認識方法の有用性を明らかにしている。

第5章「設計情報を参照した工程設計」では、近年の3次元製図の規格化に関する動向を参考に、従来は一切考慮されてこなかった設計者の意図も工程設計へと反映するために、目標形状に付与された幾何公差や表面粗さなどの設計情報を参照しながら加工プリミティブを結合して加工工程を集約する方法論を述べている。また、同一の設計情報を持つ複数の加工プリミティブを、1つの加工プリミティブに包括して加工順序を割り当て、複数の加工プリミティブから加工フィーチャの種類を特定することで、加工工程間の差異を無くして設計者の本来の意図を満たすことができることを示している。

第6章「結論」では、第2章から第5章のまとめとして結論を述べ、今後の展望について述べている。

(英訳) ※和文要旨の場合(400 words)

There is always strong impetus to shorten the manufacturing lead-time of mechanical products. High efficiency by using multi-axis and multi-tasking machine tools has been attracted attention to deliver in the field of machining. There are a lot of different kinds of multi-axis and multi-tasking machine tool structures that have both function of turning and milling. Therefore, the machining operations are generally complicated, and it takes a great deal of time and labor to generate NC programs. In order to reduce the preparatory time, computer aided process planning (CAPP) system is required to automatically determine machining process parameters such as machining sequence, cutting tool, cutting conditions and so on. This study aims at development of a CAPP system for multi-axis and multi-tasking machining.

First, the engineering background, the problem and the importance of this research are described.

Second, in order to consider complex target shapes of practical mechanical parts, special shapes such as chamfer part and freeform surface are approximated to remove them, and machining features are recognized by simplifying machining primitives such as bended groove or taper shape. The machining primitive is restored to original complex shape for CAM software.

Third, feature recognition method for complex shapes is modified to adapt multi-axis and multi-tasking machine tools. It is confirmed that the proposed feature recognition method is useful by recognizing machining features assuming some machine tool machining, and by machining experiment.

Fourth, a feature recognition method is proposed for multi-tasking machine tools having two confronting spindles and a turret to deal with the complicated machining operations. Chucking switch of a workpiece between two confronting turning spindles is introduced to realize 6-face machining of complex target shapes. A workpiece shape and a target shape are divided into two domains related to the main turning spindle side and the sub turning spindle side, respectively. Then, machining features are recognized from each domain according to the assumed spindle side. Moreover, parallel machining by using plural functions of turning and milling is achieved by recognizing machining features that are simultaneously machined by the same machining method.

Fifth, machining primitives having design common design information are combined as one machining primitive and the design information is inherited from the target shape to the combined machining primitive. Then, the same machining sequence is allocated to some machining primitives that the same design information is added.

Sixth, it is summarized that some useful results indicated by above studies.