



Title	誤差を伴う多軸加工シミュレーションのための工具掃引体導出に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	荒井, 航
Citation	北海道大学. 博士(情報科学) 甲第13089号
Issue Date	2018-03-22
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/70611
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Wataru_Arai_abstract.pdf (論文内容の要旨)



[Instructions for use](#)

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（情報科学） 氏名 荒井 航

学 位 論 文 題 名

誤差を伴う多軸加工シミュレーションのための工具掃引体導出に関する研究
(Study on generating tool swept volumes for machining simulation with errors of multi-axis machine tools)

近年、製造業の競争力を高めるために、より高機能な部品を低コストに生産することの重要性は、ますます高まってきている。生産加工システムに対する要求としては、航空機のインペラに代表される複雑な形状を加工すること、一度の段取りによる加工の効率化を図ることがあげられ、それを実現できる多軸加工が注目されている。しかしながら、多軸工作機械を用いる場合、並進駆動軸だけではなく回転駆動軸も組み合わせた複雑な軸構成を持つため、工具運動が複雑となり、誤差も生じやすいといった問題がある。したがって、複雑な工具運動を確認し、工具運動の結果である加工形状や加工誤差を検証する加工シミュレーションシステムの確立は、生産システムの発展において非常に重要である。

従来の加工シミュレーション技術は、複雑な運動を検証し、工作機械や工具との干渉判定を行うことに重点がおかれてきた。一方、加工形状を導出する方法として、微小直方体（ボクセル）で素材や空間を分割し、工具運動によって工具が通過した部分を導出し、加工形状を得る方法が主流である。この方法は、効率化のために空間分割方法を工夫した Octree などがその派生的研究として提案されている、しかしながら、この方法では現状のコンピュータのメモリ使用量かつ実用的な計算時間で、ある程度の大きさの部品に対する微小な加工誤差までを表現可能とはならず、新しい方法論が求められている。

形状モデルやコンピュータグラフィックスの分野では、物体が運動した掃引形状を定義する研究がおこなわれており、CAD (Computer Aided Design) システムに実装されている。提案されている基本原理は、物体表面上における法線ベクトルと速度ベクトルが直交する領域が掃引体を形成する、という掃引条件に基づく方法である。この方法は、前述のボクセルを用いた方法とは異なり、形状を表す数式に基づくため、高精度にしかも高速に加工形状を導出できる可能性がある。この研究に基づき、工具掃引形状の導出に関する研究が多数行われてきたが、CAD システムを含め、工具の自己交差運動に対しては、工具掃引形状が導出できないという問題があった。この問題に対し、円柱形状の工具を対象として工具掃引条件式を解く方法が提案されているが、多軸加工で一般的な工具形状である円錐、トーラスといった工具形状を対象とした工具掃引条件式の解法は確立されていないという問題が残されている。

そこで本研究では、多軸加工で一般的な工具形状に対し、工具掃引条件式を解析的に解き、その解に基づいて工具掃引体を導出する方法を確立した。工具掃引条件式を解析的に解くことによって、工具の自己交差運動を含む多軸加工に対応した加工シミュレーションシステムを実現することができる。このシミュレーションシステムは、高精度な加工面を導出することができるため、従来提案されている工作機械の誤差モデルを用いることで、工具運動に対する加工誤差を確認すること、また、さまざまな工具運動を高速・高精度に検証することで工程設計へ応用することが可能となる。本研究

では、特定の工具運動に対する加工誤差を確認するシステムを実装し、提案するシミュレーションシステムの有効性と応用可能性を示した。

以下に本論文の構成について述べる。

第1章では、より高精度な部品加工を実現する上で、加工面に生じる加工誤差を高精度にシミュレーション可能とする高精度な多軸加工シミュレーションシステムの必要性と課題について述べた。すなわち、本章では、複雑な工具運動を確認し、工具運動の結果である加工形状や加工誤差を検証する加工シミュレーションシステムの確立は、生産システムの発展において非常に重要であることを指摘した。

第2章では、多軸加工シミュレーションシステムを実現する方法の現状と問題点について調査した。現状の多軸加工シミュレーションシステムでは、ボクセルを用いた方法が主流であるが、この方法では現状のコンピュータのメモリ使用量かつ実用的な計算時間で、ある程度の大きさの部品に対する微小な加工誤差までを表現可能とはならず、新しい方法論が求められていることと、工具掃引条件に基づくこれまでの研究では、工具の自己交差運動に対応できないという問題を指摘し、工具掃引体生成方法を提案する必要性を明らかにした。

第3章では、第2章で指摘した問題点を解決するために、工具掃引体を導出するための基本的な考え方を示した。その考え方は、円柱形状に対する既存研究を拡張して、解が導出可能となるように工具掃引条件式を変形し、一般的な工具に対し解析的に解くこと、その解に基づき工具掃引形状を導出することである。さらに、本研究で対象とする工具形状、工具運動表現に関して述べた。

第4章では、一般的な工具形状を対象に、第3章で述べた基本的な考えに基づき工具掃引形状を導出するために、工具掃引条件式を解析的に解く手順およびその解に関して述べた。ここで、一般的な工具形状として、フラットエンドミル側面を表す円柱、テーパエンドミル側面を表す円錐、ラジアスエンドミルにおけるコーナーラジアス側面を表すトーラス、フラットエンドミル底面を表す平面を対象とする。

第5章では、第4章で明らかにした工具掃引条件の解に基づいて、要求される形状の近似精度を満たす工具掃引体を、三角形メッシュモデルとして構築する方法を提案した。また、工具の自己交差運動を例に、提案する工具掃引体導出方法によって、設定した要求近似精度を満たすよう工具掃引体を生成可能であることを示した。

第6章では、提案する工具掃引体導出方法を、高精度な部品加工を支援する加工システムに応用する方法について述べた。従来提案されている工作機械の誤差モデルを用いることで、ある工具運動に対する加工誤差を確認することを示した。また、さまざまな工具運動を高速・高精度に検証することで工程設計へ応用することが可能となることを示した。

第7章では、結論として本研究において得られた成果をまとめ、本研究の新規性、有用性を明らかにした。最後に、今後の研究課題と展望について述べた。

最後に要約すると、本論文は、多軸加工で一般的な工具形状に対し、工具掃引条件式を解析的に解き、工具掃引体を導出する方法を確立することで、工具の自己交差運動を含み、誤差を伴う多軸加工のシミュレーションシステムが実現可能であることを明らかにした。