

学 位 論 文 題 名

離散形状データによる工具経路生成システムの開発研究

学位論文内容の要旨

近年、計算機処理能力の飛躍的な進歩により、製造業の分野では工業製品の開発・設計・製造などの一連の生産プロセスにおける製品開発期間の短縮・精度や品質の向上などを目的として、計算機システムの導入が図られている。それらのシステムは、計算機支援設計システム（C A D System）、計算機支援加工システム（C A M System）などと呼ばれ、N C工作機械との連携により加工分野において、生産性、品質の向上に大きく貢献している。

しかし、操作性および意匠性を重要視し、その外装部に自由曲面を積極的に用いている家電産業や自動車産業などでは、製品の機能により、見た目の美しさを求めるだけではなく、触ったときの感触のよさ、使いやすさなどC A Dシステムのグラフィック画面では評価することが困難な形状を扱っている。このため、現在、3次元形状の加工におけるその形状定義方式として、意匠性の高い形状が定義しやすい物理モデル方式と機能性の高い形状が定義しやすい図面定義方式がある。この2種類の形状定義方式は今後も長く続くと予想される。それらに基づく加工は、前者は倣い加工、またはデジタイジング処理後の離散形状データを基にしたN C加工、後者はC A D / C A Mシステムを用いたN C加工で行なっている。その要求形状を削り出すための工具経路生成は、形状定義方式に依存せず、荒加工、仕上げ加工の工程があるが、それぞれに使用する工具は必ずしも同一ではなく、また工具経路は、個々の曲面形状のもつ加工特徴に応じて多種多様に生成できることが望ましい。そのために、形状定義方式および工具形状に依存しないオフセット面の生成技術とそれらを基にした工具経路生成技術の確立が重要であると言える。

N C工作機械による形状創成作業において、物理モデルを計算機内モデル表現することができれば、それ以後の工具経路生成作業の処理の統一化が可能となり、製造部門における生産性の向上が図られる。本論文では、物理モデル、および計算機内モデルで表現される要求形状を離散化した点群データを取り扱うことによる、オフセット処理、工具移動方式の統一的な処理法を提案し、その有効性を検証している。

本論文は7章より構成されており、その概要を以下に示す。

第1章では、緒論であり、本研究の背景、目的、概要および特徴を述べている。その中で、形状定義方式として物理モデル方式と図面方式（C A Dモデル）があり、両者の工具経路生成方式の相違と統一化の必要性を論じている。

第2章では、加工作業における工具経路生成の問題点の整理と本論文で取り扱う課題とその解決法の概略を述べている。その中では物理モデルに基づく処理と計算機内モデルに基づく処理に分類して整理している。さらに物理モデルに基づく処理では倣い加工方式とデジタイジング処理方式に分類した。倣い方式に対する問題点として加工精度やモデル管理の困難さ、荒加工機能、雄雌反転加工機能、部分面加工機能など不十分さなどの問題点を指摘している。デジタイジング処理方式は倣い加工方式のいくつかの短所を補うことで

きるがやはり同様の問題点を指摘している。計算機内モデルに基づく方式においては、作業環境中の3次元工具干渉を解決できるオフセット処理問題、荒加工問題、形状モデルからの加工特徴抽出問題、使用工具決定問題、仕上げ加工工具経路生成問題、さらに加工形状の評価などの問題点を指摘している。これらの問題点の解決のため本研究では、物理モデルおよび計算機内モデルに基づく加工処理の統一化を図ることを目的として物理モデルを計算機内モデルとして再表現する手法を提案し、計算機内モデルとして定義された形状モデルを必要に応じて、面モデルおよび離散的な点群データとして処理することにより、種々の問題を解決する概念と方法を述べている。

第3章では、接触型のプローブによるデジタイジングデータを基にマスタモデルの計算機内モデル表現（点モデル、および面モデル表現）を可能とする変換処理法を提案し、その妥当性をシミュレーション、実験により検証している。その中で、プローブの非接触領域に対する物理モデル形状上の点の算出法を明かにするとともにデジタイジングデータから物理モデル形状を復元する手法を示している。また、物理モデル形状を、構成する要素面へ分離する手順、および離散データで表現される要素面を近似するパラメータ曲面へ当てはめる手順を示している。

第4章では、3軸制御NC加工における工具干渉問題を解決するために、任意の工具形状の適用を可能とする工具オフセット面生成法として逆オフセット法を提案し、工具干渉の完全な回避と、その高精度化や高速性に関して論じ、その妥当性をシミュレーション、実験により検証している。

提案するオフセット面生成法は加工最小単位を点として、点の工具オフセット面の導出法を明かにし、点群で表現される加工面の工具オフセット面を点の工具オフセット面の包絡演算処理として算出している。またオフセット面の記憶空間として格子空間を用いている。また、本手法の加工最小単位を線、および平面への拡張に関しても論じている。

第5章では、4章で述べたオフセット面を基にした荒加工、仕上げ加工に関する工具経路生成法とその手順を述べている。荒加工において、フェースミル、フラットエンドミルを対象とした削り残し領域の抽出法、2次元加工に基づく工具経路生成手順を示している。仕上げ加工において、ボールエンドミルを主に対象工具とした削り残し領域の抽出による工具使用順序の決定法、および加工面の全体加工、曲面の加工特徴を考慮した面単位加工など種々の工具経路生成手順を示している。NC工作機械による加工において、工具は加工面上の離散的な点を移動するため、削り残し領域は点単位に処理しており、点数と加工面積を同等として扱うことにより種々の処理を行なっている。

第6章では、加工面の評価法に関して述べている。本研究における加工面の評価では、形状誤差要因がNC指令情報に起因するものと実加工に起因するものとに分離して処理されている。前者では、工具経路生成に基づくNCデータと工具情報から作成される加工シミュレーション形状と計算機内モデル形状、後者は加工シミュレーションモデル形状と加工物の測定モデル形状との偏差により行なっている。その評価は2曲面間の法線方向偏差およびZ軸方向偏差で行っている。また、形状間の異なる座標系を一致させるため、両形状に対して同一曲面を当てはめることによる3次元空間におけるベストフィット法を提案している。

第7章では、本研究の結論であり、得られた成果の概要を記述している。

学位論文審査の要旨

主 査	教 授	斎 藤 勝 政
副 査	教 授	嘉 数 侑 昇
副 査	教 授	岸 浪 建 史
副 査	教 授	土 谷 武 士
副 査	教 授	鶴 飼 隆 好

学 位 論 文 題 名

離散形状データによる工具経路生成システムの開発研究

生産工学における加工形状の定義には、主に物理モデルと計算機内モデルによる方式が用いられている。それぞれは独立した加工処理で形状創成を行っており、生産工程における作業手順の統合化の観点から、加工形状の定義方式に依存しない統一的な処理による工具経路生成技術の確立が要請されている。

本論文は、加工形状の定義方式および工具形状に依存しない工具経路生成法の開発研究を目的としており、物理モデルの接触式プローブによるデジタイジング情報を基にした離散形状データへの変換技術、離散形状データを基にした任意工具形状の適用を可能とし、さらに工具干渉問題を完全に解決できる工具経路生成の方法論を論じ工具経路生成システムの開発を行ったものであり、本論文は7章より構成されている。

第1章は緒論であり、本研究の背景、目的、概要および特徴を述べている。その中で、形状定義方式として物理モデル方式と図面方式（CADモデル）があり、両者の工具経路生成方式の相違と統一化の必要性を論じている。

第2章では、加工作業における工具経路生成の問題点の整理と本論文で取り扱う課題とその解決法について述べている。その中では物理モデルに基づく処理と計算機内モデルに基づく処理に分類して整理している。做い方式に対する問題点として加工精度やモデル管理の困難さ、荒加工機能、雄雌反転加工機能、部分面加工機能など不十分さなどを指摘している。計算機内モデルに基づく方式においては、作業環境中の3次元工具干渉を解決できるオフセット処理問題、荒加工問題、形状モデルからの加工特徴抽出問題、使用工具決定問題、仕上げ加工工具経路生成問題、さらに加工形状の評価の問題を指摘している。

第3章では、接触型のプローブによるデジタイジングデータを基にマスタモデルの計算機内モデル表現（点群、および面モデル表現）を可能とする変換処理法を提案し、その妥当性をシミュレーションと加工実験により検証している。その中で、プローブの非接触領域に対する物理モデル形状上の点の抽出法を明かにするとともにデジタイジングデータから物理モデル形状を復元する手法を示している。また、物理モデル形状を、構成する要素面に分離する手順、および離散データで表現される要素面を近似するパラメータ曲面へ当てはめる手順を示している。

第4章では、3軸制御加工を対象として、工具干渉問題を完全に解決した、任意の工具形状の適用を可能とする工具オフセット面生成法として逆オフセット法を提案し、その高精度化と処理の高速化に関して論じ、その妥当性をシミュレーションと加工実験により検証している。加工最小単位を点として、点の工具オフセット面の導出法を明かにし、点群で表現される加工面の工具オフセット面を点の工具オフセット面の包絡演算処理として算出している。そのオフセット面の記憶空間として格子空間を用いている。

第5章では、4章で述べたオフセット面を基にした荒加工、仕上げ加工に関する工具経路生成法とその処理手順を述べている。荒加工において、フェースミル、フラットエンドミルを対象とした削り残し領域の抽出法、2次元平面を移動空間とする工具経路生成手順を示している。仕上げ加工において、ボールエンドミルを主に対象工具とした削り残し領域の抽出による工具使用順序の決定法、および加工面の全体加工、曲面の加工特徴を考慮した面単位加工など種々の工具経路生成手順を示している。

第6章では、加工面の評価法に関して述べている。本研究における加工面の評価は、形状誤差要因がNC指令情報に起因するものと実加工に起因するものとに分離して処理されている。前者では、工具経路生成に基づくNCデータと工具情報から作成される加工シミュレーション形状と計算機内モデル形状、後者は加工シミュレーションモデル形状と加工物の測定モデル形状との偏差により行なっている。その形状間の異なる座標系を一致させるため、両形状に対して同一曲面を当てはめることによる3次元空間におけるベストフィット法を提案している。

第7章では、本研究の結論であり、得られた成果の概要を記述している。

これを要するに、著者は、物理モデルと計算機内モデルの形状定義方式に対応可能で、また数値計算的に安定した工具経路を生成する技術の開発研究を行い、形状の創成加工技術における有益な新知見を得ており、精密加工学および生産情報処理工学の進歩に寄与するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。