

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	橋本 剛
論文審査担当者：			
主査	慶應義塾大学教授	博士（工学）	閻 紀旺
副査	慶應義塾大学教授	工学博士	小茂島潤
	慶應義塾大学教授	博士（工学）	大宮正毅
	慶應義塾大学教授	博士（工学）	柿沼康弘
学士（工学）、修士（工学）橋本剛君提出の学位請求論文は「Compensation for Dynamic Errors in Freeform Surface Fabrication Using a Long-Stroke Fast Tool Servo（ロングストロークファストツールサーボを用いた自由曲面加工における動的誤差の補正）」と題し、7章から構成されている。 自由曲面形状を有する高性能光学部品は、精密機器において重要な役割を果たしている。超精密加工技術はこのような光学部品をナノメートル精度で製造する上で重要な役割を果たしており、中でもファストツールサーボ（FTS）加工は、自由曲面光学部品を効率よく製造する有望な手法として注目を集めている。しかし、これまでの FTS 加工に関するほとんどの研究は、 piezo 駆動の FTS を用いた高低差が数十マイクロメートルの微細構造の加工に限定されており、ミリメートルスケールの高低差を持つ自由曲面の高精度加工が困難であった。本研究では、ミリメートルスケールのロングストロークを有するボイスコイルモータ方式の FTS を用いて高アスペクト比の自由曲面の加工を試みている。FTS の動的誤差を解析し、加工誤差のフィードフォワード補正を行うことにより、高精度の自由曲面加工を実現している。 第1章では、本研究の背景と目的について述べている。 第2章では、光学部品に対する最近の需要と動向について述べ、光学部品加工に用いられる超精密加工機の開発や FTS 加工を含む超精密加工の方法を概説している。 第3章では、自由曲面加工における主軸の回転角度誤差が工作物の形状誤差に及ぼす影響について調査し、その主な要因である FTS の時間遅延を同定するための手法を提案している。そして提案手法の有効性を検証するため、ミリメートルの高低差を持つ自由曲面の加工を行っている。 第4章では、FTS の時間遅延から自由曲面加工の形状誤差を推定する方法を提案している。サーボデータより算出された形状誤差の予測値を用いて 3 次元誤差マップを導出し、得られた誤差マップを補正データとして用いて工具軌跡のフィードフォワード補正を行うことにより、自由曲面加工における形状誤差を低減することに成功している。 第5章では、凹型マイクロレンズアレイ（MLA）の FTS 加工において発生する表面うねりの形成要因を調査し、うねり形状とサーボデータの解析結果を比較分析することにより、表面うねりを最小化する加工条件を見出している。 第6章では、凸型マイクロドームアレイ（MDA）の FTS 加工を試み、凹型 MLA 加工との比較を行っている。FTS の動的挙動に起因する誤差と加工面形状の関係を解明することにより、MDA 加工における形状誤差の低減に成功している。 第7章では、本研究の主な結論および今後の課題について述べている。 以上要するに、本論文はミリメートルスケールの高低差を持つ自由曲面の加工におけるロングストロークファストツールサーボの動的な挙動を解析し、加工誤差の補正を行うことにより高精度加工を実現したものであり、加工学および工作機械の分野において工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。			
学識確認結果	学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員および総合デザイン工学特別研究第2（マルチディシプリナリ・デザイン科学専修）科目担当で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。 また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。		