

## 論文審査の結果の要旨および担当者

|      |               |
|------|---------------|
| 報告番号 | ※ 甲 第 14533 号 |
|------|---------------|

氏 名 LEE Kyung Ki

### 論 文 題 目

Self-identification methods of cutting-relevant information  
(加工関連情報の自己同定手法に関する研究)

### 論文審査担当者

|    |         |       |     |        |
|----|---------|-------|-----|--------|
| 主査 | 名古屋大学   | 工学研究科 | 教授  | 社本 英二  |
| 委員 | 名古屋大学   | 工学研究科 | 教授  | 原 進    |
| 委員 | 名古屋工業大学 | 工学研究科 | 教授  | 糸魚川 文広 |
| 委員 | 名古屋大学   | 工学研究科 | 准教授 | 早坂 健宏  |

## 論文審査の結果の要旨

LEE Kyung Ki君が提出した論文「Self-identification methods of cutting-relevant information」は、工作機械における有益な切削関連情報を同定する新たな二つの方法を提案・実証している。一つ目として、主軸トルク情報に基づくミリングプロセスモニタリングの方法を提案し、検証実験によりその有効性を証明している。二つ目として、工作機械内部のサーボ情報に基づく接触検知方法および回転中心同定方法を提案し、検証実験により提案方法の有効性を証明している。

第1章では、本論文の「序論」として、本研究の背景と目的について述べている。まず、従来の工作機械のスマート化関連技術とスマート加工について説明している。次に、工作機械を用いた切削加工における二つの課題として機械振動と段取り工程について述べ、スマート化の背景から切削加工の課題解決に寄与することができる加工情報の必要性について述べている。本論文では、切削加工の高効率・高精度化を実現するための二つの研究課題と二つの研究目的を設定している。

第2章では、ミリング加工における切削トルクの周波数解析を用いて切込み量と工具偏心をリアルタイムかつキャリブレーションレスでモニタリングする方法を提案している。ここではまず、軸・半径方向切込みと工具偏心が切削トルクの周波数成分に及ぼす影響を明らかにしている。次に、偏心の影響は刃先通過周波数から回転周波数分離された周波数に独立して現れること、軸方向切込みに依存して周波数成分にノッチ形状が現れること、周波数成分間の比率は軸方向切込みと半径方向切込みのみに依存することに着目し、軸・半径方向切込みと偏心を追加情報およびキャリブレーション無しでモニタリングする方法を提案している。また、モニタリングされた切込みの信頼性を評価する指標も考案している。提案方法の有効性を確認するため、切削トルクに比例するz軸方向切削力を実測し、モニタリング結果とその誤差を評価している。その結果、加工条件が変化しない条件だけでなく、工具が工作物に出入りする過渡的な状態においても、切込み量と工具偏心を正しく監視できることを実証している。また、計算時間は加工時間以下であることから、リアルタイム監視システムの実現可能性も確認している。さらに、提案した信頼性指標と切込み量の推定精度との関係を調べ、提案した信頼性指標が切込み量の推定精度と強く相関していること、すなわち提案指標によって監視パラメータの信頼度を評価できることを明らかにしている。

第3章では、ターニングセンタを用いた旋削加工における工具と工作物の相対位置を同定する方法を提案している。本研究では、センサ等を用いても従来は難しかった工具と工作物の直接接触の検知を、センサレスかつ自動的に実現できる方法を提案し、その応用として工作物直径および回転中心の同定方法を提案している。前者は、工作機械サーボの内部情報である主軸トルク信号を利用して接触位置座標を同定する方法である。主軸トルク信号にはサーボ機構に起因する変動も含まれるが、その変動が高い再現性を持つことに着目し、接触時の主軸トルク信号から非接触時の主軸トルク信号を引き算することで、工具と工作物の接触によるトルク信号の増大を検知する。また取得された時系列データを回帰分析することで、従来の閾値判定法より優れた精度の接触検知を実現している。後者の方法では、前加工された工作物表面の複数点に対して接触検知を行い、工作物断面方向に最小二乗法を用いて円をフィッティングすることで、回転中心を同定する。提案方法の有効性を確認するため検証実験を行い、接触検知では繰返し精度 $1.18\mu\text{m}$ 、回転中心同定方法を用いた外周旋削実験では良好な直径精度 $11\mu\text{m}$ の結果が得られ、提案方法の有効性を示している。

第4章では「結論」として、本研究により得られた成果をまとめている。

以上のように本論文は、工作機械の高効率・高精度化に寄与するスマート化関連技術として、ミリングプロセスのリアルタイムモニタリング方法、工具と工作物の高精度接触検知方法とそれを用いた工作物回転中心同定方法を提案し、それらが従来方法の課題を解決し得ることを実証している。これらの成果は、学術上、工業上、寄与するところが大きく、本論文の提出者LEE Kyung Ki君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があるものと判定した。