

審査の結果の要旨

氏名 内田 裕之

本論文は、工作機械の代表例であるマシニングセンタに関して、従来深く議論されてこなかったサーボモータの慣性モーメントとそのサーボモータが搭載される送り軸の慣性モーメントとの比に着目し、その加工性能への影響を論じたものである。

一般に、加工時間の短縮を最優先とするハイサイクル加工では、サーボモータの慣性モーメントは制御装置が安定に制御出来る範囲で小さい方が好ましく、加工精度や加工面品位を最優先とする高精度高品位加工では、慣性モーメントは大きい方が好ましい、との経験則が存在するが、この経験則を理論から実加工までを含めて定量的に論じた研究はこれまでに殆どなかった。本論文は、実際に同じ条件の下で実加工実験を行い、慣性モーメント比の違いが加工結果に与える影響を論じている。

本論文は 6 章からなる。第 1 章では本研究の背景と関連する従来研究を分析し、研究の目的を示している。第 2 章ではサーボモータとそのサーボモータが搭載される送り軸を 2 慣性系としてモデル化し理論的検討を行うとともに、実際に加工現場で稼働するマシニングセンタの送り軸と搭載されたサーボモータの慣性モーメント比を調査し、マシニングセンタの種類、主な加工対象、慣性モーメント比の間の関係を分析している。力学モデルによる考察では、機構部の送り軸の加減速性能を重視する場合には慣性モーメントの小さなサーボモータの選定と搭載が、一方制御性を重視する場合には慣性モーメントの大きなサーボモータの選定と搭載が望ましいとの結果を得るとともに、実際に加工現場で稼働する様々なマシニングセンタの種類、加工対象、慣性モーメント比の間の関係の分析結果とほぼ一致したことを述べている。

第 3 章では慣性モーメントの異なる 3 グループのサーボモータを順次小型立形マシニングセンタに搭載して、実加工実験を行い、その加工時間と加工精度、加工面品位を測定し比較している。また総慣性モーメントを一定にした条件でも評価を行っている。その結果ハイサイクル加工では早送り時間の短縮のために、マシニングセンタの送り軸に慣性モーメントが比較的小さく加減速性能の

高いサーボモータが求められ、高精度、高品位加工では切削送りの精度と滑らかさが重要で、送り軸に慣性モーメントが比較的大きく制御性（特に外乱抑圧性）の高いサーボモータが求められることを示した。

また、高品位加工は加工する対象が複雑な曲面であることが多く、そのためハイサイクル加工や高精度加工と比較して、実験と評価が難しいとされていたが、高品位加工の実加工実験とその評価に適したワークピースを考案し、慣性モーメントのみ異なるサーボモータとマシニングセンタを使用した一連の実加工実験とその測定評価の有用性を実証した。

第4章では、工作機械の最終的な加工性能の完全な指標とはなり得ないが、サーボモータの与える影響のみを短時間でより多く収集出来る点で優れているマシニングセンタの送り軸の挙動の測定結果と、上記実加工実験の測定結果を比較し、第3章で示された慣性モーメント比に着目したサーボモータの選定の考え方の妥当性を確認した。また、高品位加工の評価に関して、送り軸の挙動を測定する測定システムで得られた位置偏差データを元に計算処理を行い、色別の三次元表示に変換することで、非接触三次元表面粗さ・形状測定機による表面性状の三次元可視化画像との比較を可能とした。色別表示では定量的分析は難しいものの、加工面品位の直観的な比較評価としては有効であったとしている。

第5章では高品位加工に着目して、サーボモータとマシニングセンタの送り軸の慣性モーメント比がテーパ面や曲面の高品位加工に与える影響を、実在するワークピースを用いたより現実に近い実加工実験を通して検討している。高品位加工では、慣性モーメントの比較的大きなサーボモータ、即ち機構部の送り軸の慣性モーメントとの慣性モーメント比を小さく抑えるサーボモータの選定が有効であるとの前章までの結論を検証した。また高精度加工と高品位加工の違いや高品位加工に適したサーボモータなどに関して考察し、この分野における今後の課題を論じている。さらに表面粗さを表す従来の評価指標に加えて、加工面品位を官能検査ではなく定量的に評価可能とする新たな評価指標として、三次元表面性状を表現する評価指標の候補を種々検討し、その有用性を検討している。最後に第6章において結論と今後の課題を述べている。

本論文は、サーボモータとマシニングセンタの送り軸の慣性モーメント比に関して、従来知られていた経験則をより具体的、定量的に裏付け、マシニングセンタの想定する加工対象に応じたサーボモータの最適選定の指標を確立し、これを簡便に評価する手法を提案している。また高品位加工の全体像の把握、官能検査に頼らない評価指標確立の方向性と課題を示している。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。