

論文の要旨

形状操作方法として、材料を除去していくことで目標の形状に成形を行う除去加工が存在する。除去加工による形状の状態遷移では、除去する形状の大きさや材質などの加工条件に依存して除去抵抗が発生する。除去抵抗は、加工中に対象物とロボットの手先の間で発生する滑りや引っかかりの要因となるため、形状の遷移に影響を及ぼす重要な因子である。このような理由から、除去抵抗を精緻に再現したシミュレータを構築する必要があるが、除去抵抗は加工条件と複雑に関係しているため困難である。そのため、実機実験によるデータの収集が必須となる。しかし、除去加工は母材から材料を徐々に削り取る不可逆的な加工であるため、実環境で実行可能な実験回数には限りがある。

そこで、我々は除去加工が、物体と工具平面が局所的に面接触している部分で行われていることに着目し、形状遷移を工具平面での切断（切断面）による幾何的な形状分割として捉える。これにより、ロボットの動作計画は、切断面による幾何的な形状分割モデルを用いた、切断面系列の計画問題として簡単化できる。実際の除去加工では、加工条件に依存して発生する研削抵抗によって形状が変化するため、研削抵抗による手先のずれや加工のずれを幾何的に設定した切断面との残差量として補正する。

これを踏まえて本研究では、研削加工による物体成形のための切断面系列の強化学習手法を提案する。提案法では形状遷移モデルを加工条件に依存しない幾何的切断面モデルと、加工条件に依存した、除去抵抗による手先のずれや加工のずれを、切断面のずれ量として補正するモデルの2つに分離してモデル化する。切断面のずれ量を補正するモデルは、切断面と対象物が局所的に干渉する部分の形状情報のみに依存し、形状全体の情報を必要としない。これにより、提案手法は、1)少ないデータ量で効率的な学習と、2)多様な初期・目標形状への適用が可能である。提案手法の有効性は、シミュレータと実機ロボットを用いた粗研削加工により確認を行った。