

自由鍛造のAI制御の可能性に関する基礎的検討

静岡大学 工学部 精密工学科

助教授 田中繁一

(平成2年度奨励研究助成 AF-90018)

1. 研究の背景

自由鍛造に代表される自由度が大きく逐次的な加工法においては、その材料流動の制御が難しく、熟練者の勘や経験的な知識に頼る部分が多い。それゆえ、加工品の精度が不十分かつ不安定で、高精度の製品が得にくい。しかし、最近の多品種小量生産の要求に対応してこの種の加工法の重要性が増している。

本研究では、このような加工法に対して最適な加工プロセスを自動生成するシステムの構築のための基礎的検討を試みた。ここでは、図1のような工具のXY平面の位置決めとZ軸方向の押込みにより、素材表面に金型類似の任意の起伏形状を成形する状況を考察した。

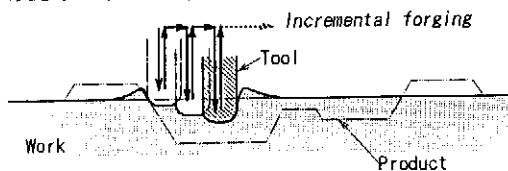


図1 逐次自由鍛錬による形状創成

工具の押込みにより排除された材料は体積一定則に基づき図のように押込み部近傍に予定外の変形をもたらして形状の制御を困難なものにしている。

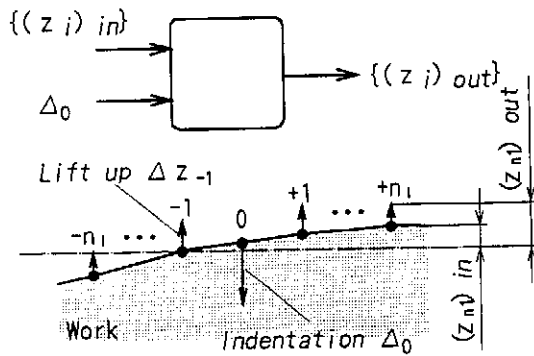


図2 モジュール

しかし、この複雑な状況を一般的な数値解析的方法によって予測し制御することに対しては、まだ現時点では制約が多い。ここではニューラルネットワークを用いて近似的に加工プロセスを評価することを提案し、簡単な例に適用してその可能性を検討した。

2. 研究の成果概要

2.1 モジュール化ニューラルネットワークによる押込み量の推定

加工を成功させるためにはその手順を予め最適化しておく必要があるが、本研究ではニューラルネットワークの学習機能を用いて数回の試行により素材の変形特性を獲得し、これをシミュレータとして用いて加工プロセスを計画する手法を提案した。しかし(階層型)ニューラルネットワークは一様な構造で用いるとその規模が巨大化し、学習に多大な教師データと時間を必要し、ときには学習が不可能な場合がある。この解決策として、ネットワークのモジュール化を試みた。つまり、図2のような工具1回の押込みに対応するモジュールを考え、全体のネットワークをこのモジュールを用いて例えば図3のように構築する。

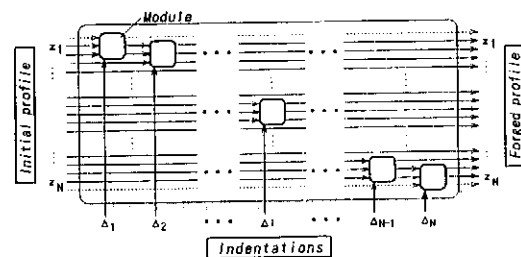


図3 モジュール化されたネットワーク ($n_1 = 1$ の場合)

このとき、学習はモジュールの単位で行われる。

製品形状が指定されたとき、それと出力との誤差を計算してこれを逆伝搬させ、入力（押し込み量）を修正する。この操作を誤差が許容値以下になるまで繰り返すことにより押し込み量が決定する。

2.2 工具の近接2回押し込み

図3のネットワークのもっとも簡単な応用例として、変形域が干渉する間隔で工具を2回押し込んだ場合の材料分布の制御を試みた。最初に加工したくぼみは2回目の押し込みによる材料排除のために形状が変化するために、これを見込んだ押し込みを1回目に行わなければならない。

実験に用いた図4の装置は、プラスティシン・モデル素材の位置決めを行うXYテーブルと工具の押し込みを行うZ軸シリンダおよび形状測定用のレーザ変位計を備えている。

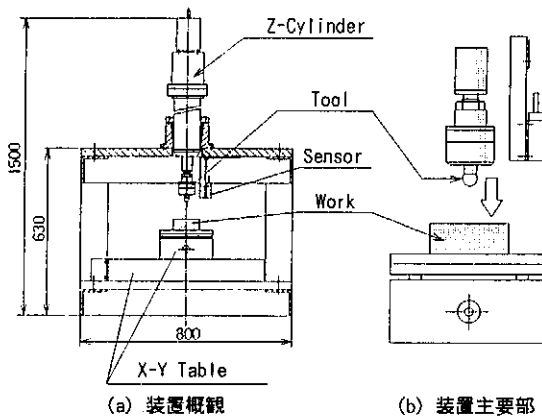


図4 実験装置

9パターンの教師データを 3×10^4 回学習させたモジュールを図5のネットワークに組み込み、指定の深さ形状をもたらす押し込み量の予測を試みた。

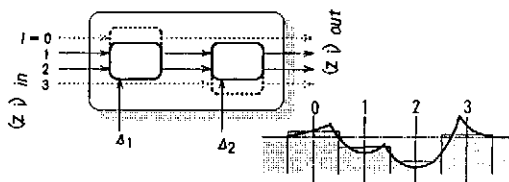


図5 工具の2回近接押し込み

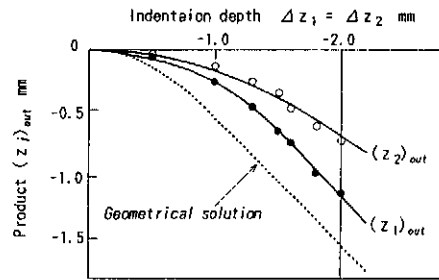


図6 順モデル

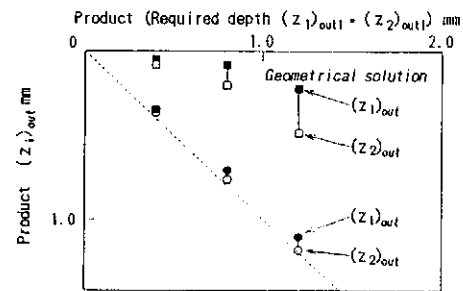


図7 逆解析による加工例

図6は学習後のネットワークの状態を示し、図7は、同一深さの2個のくぼみの加工を実現する押し込み量を逆解析により求め、それを実際の加工に適用したものであり、指定された製品寸法に対して非常に近い形状が得られている。

3. 結言および今後の課題

- (1) 逐次自由鍛造においては、加工量とその加工順序を予め最適化しておくことが必要である。
- (2) 加工プロセスをニューラルネットワークを用いて生成する方法を提案した。
- (3) 最も簡単な例として、工具の近接2回押し込みの制御を(2)を用いて行い良好な結果を得た。
- (4) 一般的な形状への適用、最適加工順序の決定、さらには、塑性力学的基礎知識の組み込みやシステムのブラックボックス化防止のための監視機構の装備などが今後の課題である。

4. 発表論文

- 1) 田中繁一・中村保・平岩正至・今泉晴樹・松原正基：制御逐次自由鍛造による形状創成、第42回塑性加工連合講演会講演論文集（1991 - 9）.535.