

要旨

本報告では、プロセスプランニングにおいて、最も重要な問題である加工シーケンスの決定を対象問題とする。この問題に対してクラシファイアシステム(CS)を適用し、機械学習による問題解決を試みる。このCSにおける学習メカニズムとして、ルール列に対する局所的な強化則であるバケットブリゲードアルゴリズム(BBA)を採用し、有効なルール連鎖の獲得を行なう。簡単なテスト形状による計算機実験により、システムの具体的な動作とその有効性を確認した。

1. 緒言

近年の生産技術の進歩や多品種少量生産への要求に加え、耐故障性などの観点から、さらに柔軟な自動生産システムの実現が必要とされている。なかでも製品の形状や素材の情報などから生産方法、生産順序、使用機械の種類などを決定するプロセスプランニングは、加工技術に関する知識の体系化が困難であるため自動化が遅れている分野といえる。つまり同じ製品であっても製造する方法は幾通りも存在し、最適な生産方法は設備や機械、蓄積した加工技術、他の作業との競合状態により大きく左右される。現在までこの問題に対して多くの試みがなされているが、問題の中に理論的に決定できる部分と出来ない部分が混在しているため、いずれも製造の各分野に広く適用できるシステムには到達していない。

そこで本報告では、機械学習によるプロセスプランニングへの新しいアプローチを試みる。すなわち、製品仕様の変化などにより発生する設計基準変更に対して、柔軟に対応可能なシステムの開発を目的とし、そのための機械学習スキームとしてインスタンスからの強力な学習手法として知られるクラシファイアシステム(CS)[Hol86]を採用する。またプロセスプランニングには幾つかの局面があるが、本報告では部品に対する加工シーケンスの決定を対象問題とし、計算機実験により本アプローチの有用性を検証する。

2. プロセスプランニング

ある部品に対するプロセスプランニングは、製品の形状や素材の情報などから生産方法、生産順序、使用機械の種類などを決定する問題である。ここでの目的は部品の製造コストや加工時間を最大にし、そしてその質や機械の稼働率を最大にする様なプロセスプランの決定である。一般にこの作業は、設計者から示された設計仕様に基づきプロセスプランナーが、プランニングすることになるが、非常に解決困難な問題で、それ故、加工プロセスや機械の能力等の知識を有する熟練のプランナーが必要になる。これまで、プロセスプランニングを自動化するため、バリエーション方式や創成方法などの多くの試みがなされてきた[千田90]が、製造の各分野に広く適用できるシステムは完成していない。この理由としては、対象物の形状と加工法の関係などが一定せず、新しい仕様の製品が出来る度にそれらの関係が大幅に変化するため、プロセスプランニングを自動的にすすめるシステムは設計の基準変更柔軟に対応

できなければならない。

またプロセスプランニングには、加工部分の分解、使用機械(治具)の決定など幾つかの段階が存在する[Kus90]が、ここでは加工順序の決定を対象問題とする。すなわち、入力としては、

- ・部品に対して分解された加工要素(elementary volumes)とある機械と固定位置の設定上で実際に加工出来る加工可能部(machinable volumes)との関係を表すマトリックス
- ・各加工可能部に対して要求される加工コスト、使用機械、固定位置
- ・機械、固定位置の交換コスト
- ・加工順序に関する制約条件

が与えられ、すべての可能な組合せの内、コストを最小にする加工順序が出力される。

3. CSの適用

プロセスプランニングにおける加工順序の決定問題を機械学習により解くためにCSを適用する。CSは単純かつ強力な学習能力を持つ機械学習システムで、エキスパートシステムで用いられるプロダクションルールベースと類似の特徴を持っている。システムにおいて、ある環境に対する実行(戦略)はクラシファイアと呼ばれるストリングルールによって表現され、このクラシファイアの有限個の集合により全ての実行が制御される。又、各クラシファイアには、環境への適応度に応じて増減される"強度"が割り当てられ、システムは、学習回数を重ねるごとにクラシファイア群を問題に適應するように進化させ、この進化したクラシファイア群によりシステムは解を導出する。

CSは幾つかの構成要素から構成されており、その中心としてクラシファイアの集合が存在する。1つのクラシファイア c_i は、条件部分 c_i と行為部分 a_i から構成されるストリングルールで、次のように表現される。

$$c_i = (c_i, a_i)$$

又、条件部と行為部はそれぞれ次のような単純な記号で表現される。

$$c_i = \{0, 1, \#\}^{lc}$$

$$a_i = \{0, 1\}^{la}$$

ここで、#は0,1の両者とマッチするワイルドカード記号、 lc, la はそれぞれ、予め決められた、条件部と行為部のストリング長である。これを加工順序決定問題に適用する場合、 c_i は現在の加工状況、使用している機械番号、固定位置にマッチングされ、 a_i により次に除去する加工可能部が

指示される。ルールの選択は、インタフェースによりアコードされた環境からの情報と各クラシファイアーの条件部とのマッチングにより行われ、条件を満たしたクラシファイアーが活性化される。条件マッチングにおいて複数の活性化クラシファイアーが存在した場合、クラシファイアー間の競合により1つのルールが選択される。この競合は各クラシファイアーに対応する強度を基にして行われ、より高い強度を有するクラシファイアーが勝者となる。

4. ルールの強化則

ここで、各クラシファイアーの強度をその環境への適応度に応じて変化させるルールの強化則が必要となる。すなわち、あるルールにより採られた戦略の結果をフィードバックさせ、最終的な成功に貢献したルールにはより大きな強度を持たせ、役に立たないルールには小さな強度を与える機構が必要である。しかしある動作がルールの連鎖により表現される場合には、各クラシファイアーのシステムへの貢献度の判断は困難である。そこでここでは、ルール列に対する局所的な強化則であるバケットブリゲードアルゴリズム(BBA) [Hol86]を採用する。これは各クラシファイアーの強度に基づいた指値の支払いにより行われる。すなわち、今メッセージを発しているクラシファイアーに対してマッチした他のクラシファイアーが競合の為に指値をさしだす。そのうちで勝者となったクラシファイアーの指値が、メッセージを発していたクラシファイアーに支払われる。そして勝者となったクラシファイアーが自らのメッセージを発生し、後続のクラシファイアーから支払を受け、ルール連鎖の最後のクラシファイアーは環境から報酬を受取る。

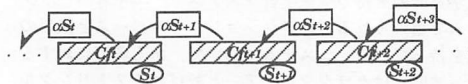


図1 BBAの概要

BBAにより現存のルール中の有効なルールを発見できるが、クラシファイアーの集合中にすべての可能なルールを登録することは不可能であるため、何等かの方法により作成された初期集団に対して学習が行われる。そこで、さらに良い解を獲得するために、GAによる新ルールの生成が可能となる。CSにおいてはルールが単純な記号により表現されるため、簡単に新しいルールが生成できる。

5. 計算機実験

上記方法論により計算機上で数値実験を行った。図2は実験に用いたテスト形状で、その加工条件が図3に示される。図中 a_{ij} は分解された加工要素(ev)と加工可能部(mv)の関係を表すマトリックス、 C は各加工可能部に対する加工コスト、 T, F はそれぞれ各加工可能部に対する使用機械、固定位置である。この入力に対してCSにより学習させた結果が図4である。図中、縦軸は加工終了時のコストの合計、横軸は学習回数を示している。本実験においてクラシファイアーの初期集団は乱数により作成し、重複を含まない2000本のルールで構成される。この時、各クラシファイ

アーの持つ強度値はすべて同じ値を設定し、ルール競合において同強度のクラシファイアーが複数活性化した場合にランダムに勝者を選択した。またGAによる新ルールの生成は学習回数10回につき1度行われるように設定した。

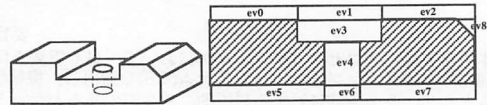
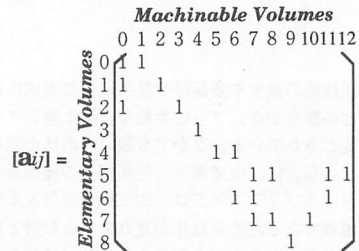


図2 実験用テスト形状



$$C = [69.8, 18.3, 29.3, 22.1, 50.3, 16.4, 19.4, 58.1, 56.0, 2.7, 10.7, 45.8, 43.7]$$

$$T = [t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8, t_9, t_{10}, t_{11}, t_{12}]$$

$$F = [f_1, f_1', f_1'', f_1''', f_1'''' , f_1''''', f_1'''''' , f_2, f_2', f_2'', f_2''', f_2'''' , f_3, f_3', f_3'', f_3''', f_3'''' , f_4]$$

図3 加工条件

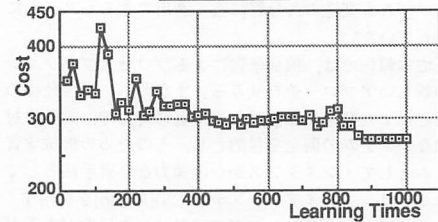


図4 学習結果

6. 結言

プロセスプランニングにおける加工シーケンスの決定問題へのアプローチとして、クラシファイアーシステムを適用し、計算機実験によりその機械学習システムとしての学習能力を検証した。

参考文献

- [Gol89] D.E.Goldberg, :Genetic Algorithms in Search, Optimization & Machine Learning, Addison-Wesley, 1989
- [Hol75] J.H.Holland, :Adaptation in Natural and Artificial Systems, University of Michigan Press, pp.20-120, 1975.
- [Hol86] J. H. Holland, K.J. Holyoak, R.E. Nisbett, and P.R.Thagard, : Induction, The MIT Press, pp.81-150, 1986.
- [Kus90] A. Kusiak :Intelligent Manufacturing Systems, Prentice-Hall, pp.142-179, 1990.
- [Wil89] S.W. Wilson and D.E. Goldberg, :A Critical Review of Classifier Systems, in Proc. of 3rd Int. Con. on Genetic Algorithms, Laurence Erlbaum Associates, pp.244-255,1989.
- [川上92] 川上敬, 嘉数侑昇, :マルチエージェント環境における自律型ロボットナビゲーション問題に関する研究—クラシファイアーシステムによるアプローチ—, '92精密工学会春期大会講演集, 1992.
- [千田90] 千田豊満:CAD/CAMシステム, 理工学社, pp.99-100, 1990.