

# 多軸制御加工における工具経路生成に関する研究

## —G Aを用いた工具姿勢決定法の検討—

北海道大学工学部 ○飛澤克紀 近藤司 金子俊一 五十嵐悟

### 要旨

本研究は、多軸制御加工における工具姿勢自動決定法の開発を目的としている。そのために、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm ; G A)<sup>1)</sup> という最適化・探索手法を用い、工具経路全体、すなわち大局的な見地から工具姿勢を評価し、決定するところに特徴を有する。本報では、その基礎として加工形状を2次元に限定し、G Aを用いた工具姿勢決定法の提案と手順、および計算機シミュレーション結果について報告する。

### 1. はじめに

多軸制御工作機械によって、高能率、高精度、高速な加工が可能となる。しかしながら、産業界において金型を加工するには未だに3軸制御工作機械が主流を占めているのが現状である。その理由の一つに、多軸制御工作機械は複雑な構造の上に、自由度が高いため工具経路を自動生成することが困難であるということが挙げられる。従来のように試行錯誤、および経験によって工具姿勢を決定するのではなく、定量化による客観的判断に基づいて工具経路を生成することが必要である。

多軸制御加工における工具姿勢決定問題<sup>2)</sup>では、仕上げ面粗さ、工具干渉、工具摩耗、切削効率、連続切削性、工具姿勢変化の連続性、総加工距離、総加工時間等の項目を取り扱うことができる。しかし、従来の決定手法ではそれらのいずれかのみを考慮で決定されており、また、工作機械の構造によっては困難な工具姿勢選択 (デッドロック) がなされる場合があるなど多軸加工の利点を生かすことができない場合がある。このような問題は工具姿勢をその近傍点から推定する場合に発生することが多く、これを避けるためには、工具経路全体に関する工具姿勢を大局的に評価し、決定する方法しかない。

本研究は、上記の項目を統一的に扱うことが可能な工具姿勢決定に関する一手法を提案することにある。

本報では工具姿勢決定問題に多点探索が可能なG Aを応用し、その手順と有効性を検討した。

## 2. G Aを用いた工具姿勢決定法

### 2. 1 工具姿勢決定手順

工具姿勢決定手順の全体図を図1に示す。あらかじめ加工点の順番は与えられ、各加工点における個別評価のデータを準備する。ここで言う個別評価とは、工具と加工物との干渉有無、接近度、各工具姿勢における加工面粗さ、加工能率である。まず、加工形状データ、オフセット面データを読み込む。次に、個別評価のデータを読み込み、作業者の要求を入力する。それ

らを基に問題特性を考慮したG Aによって、工具姿勢を決定し、工具経路を自動生成する。

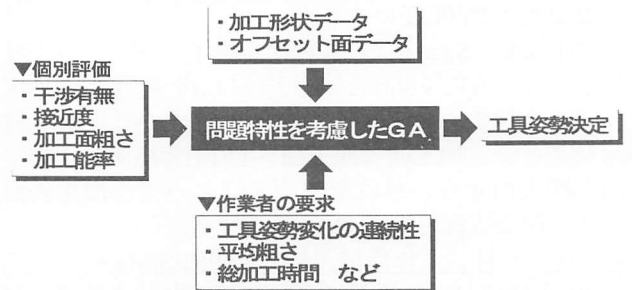


図1 工具姿勢決定手順の全体図

### 2. 2 工具経路評価関数

本手法の評価として、工具姿勢の連続性、工具と加工物との接近度 (干渉含む)、平均粗さ、総加工時間を考慮した工具経路評価関数とした。この評価関数によって従来の個別評価とは違い、定量化に基づく評価が可能となる。評価関数は、以下のように表せる。

$$f = w_1 A + w_2 P + w_3 R + w_4 E \quad \dots (1)$$

A : 工具姿勢変化量を表し、姿勢変化の連続性に関わる。

P : 工具と加工物との接近度を表し、安全性に関わる。

R : 加工面粗さを表し、平均粗さに関わる。

E : 加工能率を表し、総加工時間に関わる。

w i : 各項の重みを表す。

本報では、工具姿勢の連続性を重視し、他の評価については、許容値を与えた。Aを次のように定義する。

$$A = \sum_{i=0}^{n-2} (\theta_{i+1} - \theta_i)^2 \quad \dots (2)$$

nは総加工点数、iは加工点番号、 $\theta_i$ はi番目の加工点における工具姿勢の角度である。

## 3. 工具姿勢決定問題とG A

### 3. 1 問題設定

本研究においては先に述べた評価関数を最大にするような工具経路を生成することを目標としている。解空間が膨大なため全探索を行うことは現実的に不可能

なので、GAという最適化・探索手法を用いる。GAは個体群によるグローバルな多点探索を行えるという特徴を有する。これを適用するためには、まず、問題空間をGA空間に変換しなければならない。本研究においては、一本の工具経路を一つの個体、各加工点における工具姿勢を遺伝子に対応づけた。(図2参照)

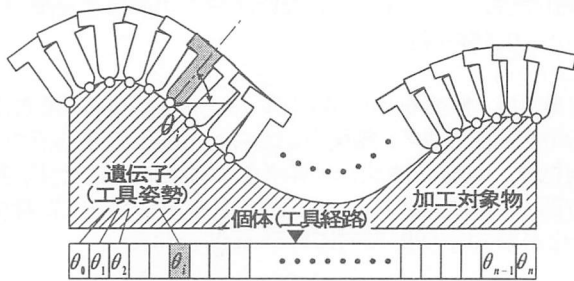


図2 GAの適用法

### 3.2 遺伝的オペレータ

効率よく解空間を探索するために、工具姿勢の連続性を重視した、交差・突然変異の方法を以下に示した。

**交差:** 工具姿勢変化の連続性を考慮し、前後の工具姿勢がある角度以上(自分で設定)広がっている箇所を探しだし、そこを切断点とし多点交差を行う。この操作により、工具姿勢の急激な変化を避けることが期待できる。このような箇所がない場合は一様交差を行っている。

**突然変異:** 世代ごとに方法を変えている。初期の世代の頃は探索空間を広げるために高い確率で変異を行っている。その後、局所解から脱出し、収束を速めるために本問題においては工具を一本づつ変化させても効果が薄いため、ある部分列(総加工点数の数%以内)を作り、変化させている。これにより局所解からの脱出をはかり、最適解に収束していくことが期待できる。

### 4. 計算機シミュレーション

本手法を用いて計算機シミュレーションを行った。その結果を図3に示す。加工形状は総加工点数97点の2次元形状とし、最初の加工点の工具姿勢は60度で一定、他の工具は10度おきに可変とした。作業者の要求としては、連続性をかなり重視し、他の評価に関しては許容値を与えた。

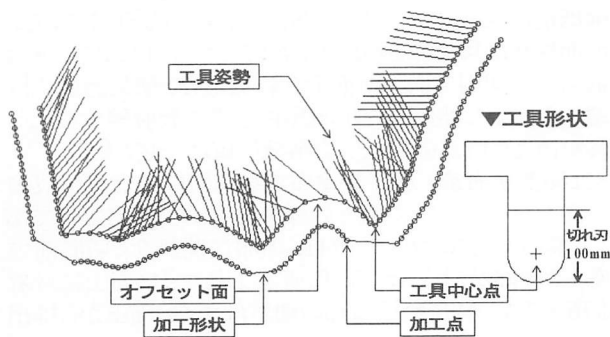


図3 連続性を重視した工具経路生成

GAパラメータとしては、個体数40、交差率0.6、突然変異率0.1~0.03、とした。

次に、作業者の与えた条件を満たしているかどうかの検討を図4のグラフによって行った。今回は、許容値を与えるにとどめたが、このグラフによるとほぼ許容値を満たしてはいるが、所々大幅に許容値を超えているところがある。これは、その加工点において与えた条件をすべて満たす工具姿勢は存在しないことから起こるものである。

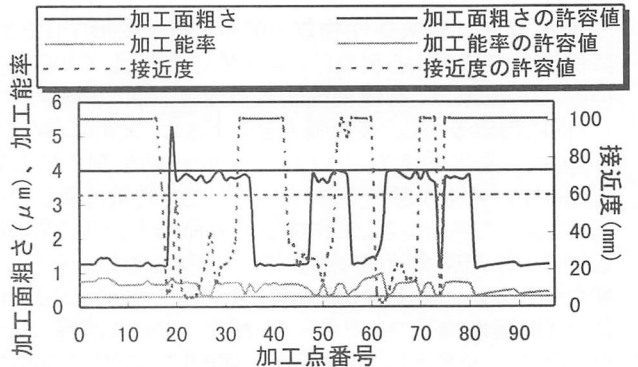


図4 工具経路の評価

図5に各世代ごとの評価値の変化を示す。比較対象として単純GAを使用した。世代ごとに突然変異の方法を変えているが、用いた遺伝的オペレータによって速く収束し、局所解を抜けていることが確認できる。

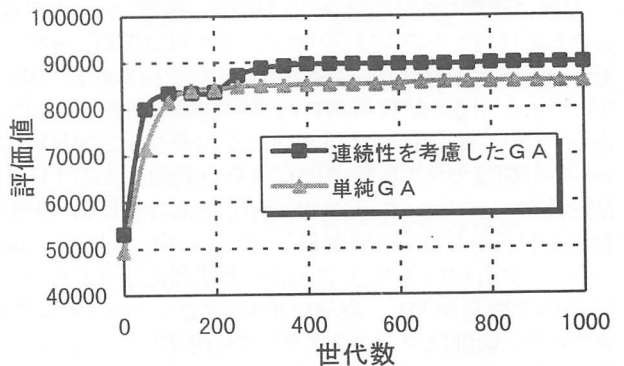


図5 評価値の変化

### 5. おわりに

- 多軸制御加工における工具姿勢自動決定問題に対してGAを適用した。
- 計算機シミュレーションにより本手法の有効性を確認した。

### 謝辞

本研究を遂行するにあたり、数々のアドバイスを下さった九州工業大学の郭明暉様、水垣善夫様に謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 北野宏明: 遺伝的アルゴリズム、産業図書
- 2) 川田毅ほか: 工具姿勢評価に基づく多軸制御加工法に関する研究—基本構想—、1996年度精密工学会北海道支部講演論文集(1996)、p55-56