

北海道大学工学部 ○川田 毅 近藤 司 植原弘之 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経路生成の一手法を提案する。この手法では、多軸制御加工で加工可能な工具姿勢を、種々の観点から定量的に評価するところに特徴がある。工具姿勢評価の対象は、接近度、加工能率、工具姿勢の変化量等を用いており、目的により静的、一時的の2種類に分類し、その値を工具姿勢空間にマッピングした。計算機シミュレーションでは、生成した工具姿勢評価マップを基に2種類の工具経路を生成した。

## 1. 緒論

近年、多軸制御加工への関心が高まっている。これは、3軸制御加工に対し多軸制御加工は、加工可能形状の範囲が大きい、加工能率が高い、加工面粗さを制御できるという利点がある。しかし、このような利点を活かす工具姿勢の決定とその制御が問題になっている。そこで、本研究は工具の姿勢決定、経路生成問題の解決の一手法として、工具姿勢の定量的評価を行いその評価値に基づく工具姿勢決定、工具経路生成法を提案する。

本報では、その工具姿勢評価の基本的考え方とその手法について報告する。

## 2. 本研究の基本構想

本研究では、多軸制御工作機械を用いたボールエンドミル加工を対象としており、次に示す点に着目する。

- 1) 工具干渉
- 2) 加工面粗さ
- 3) 加工能率
- 4) 工具経路評価

工具姿勢は上記の4種類の項目に対し独立であるため、統一的な扱いが難しく、工具姿勢決定の一意性を困難にしていた。

本研究では、それらの項目の統一的取り扱いを可能にするため工具姿勢に対し定量的評価を導入する。工具姿勢はそれらの項目の総合的な評価に基づいて一意に決定する。そのため、工具姿勢の評価値は、工具姿勢空間内のマップ (Tool-Attitude-Evaluation-Map) に離散的に記憶される。

E-Mapは、その性質からEs-MapとEt-Mapの2種類に分類される。Es-Mapには、各加工点における独立した評価値が記憶され、Et-Mapには工具移動を考慮した評価値が記憶される。こうしたことから、この両者は生成時期が異なっている。これらE-Map生成を含む本研究の基本構想を図1に示す。

工具経路生成の初期作業として、工具形状、要求形状から加工点、工具中心点を求め各加工点でのEs-Mapを生成する。この後に、工具姿勢決定行程に入る。Et-Mapは、前の工具姿勢が決定した後に一時的に生成され、その後Es-Map, Et-Mapを基に作業者の意向に伴う条件を考慮にいたれた評価値を各姿勢ごとに生成し最適な工具姿勢を決定する。

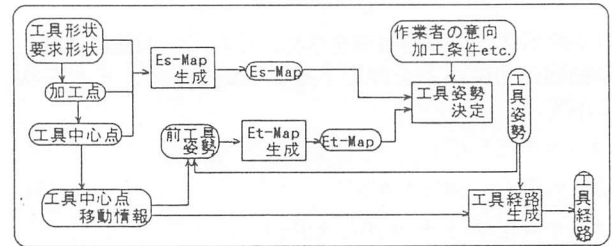


図1 基本構想

## 3. 工具姿勢評価マップ (E-Map)

E-Mapとは、加工形状と工具形状、加工状態から決定される工具姿勢の評価値であり、種々の項目の評価値は点群化された加工点に対する工具姿勢空間内にマッピングして記憶させている。この評価値は、どの姿勢がいかに加工に適しているかを示しており、各々は偏差値により表現することで正規化している。

E-Mapは、生成法や評価因子の関係からEs-MapとEt-Mapの2種類に大きく分けられる。

### 3.1 Es-Map

Es-Mapは、加工点での工具姿勢を他の加工点での工具姿勢とは独立に評価したものであり、加工形状と工具形状の静的(static)な関係で決定される。

Es-Mapには現在、接近度と加工能率の2つの評価値が含まれている。

#### ・工具と要求形状の接近度

接近度には、工具の切削不能領域と要求形状との最短距離を求め、これを評価値としている。同時に干渉の有無もこの評価値で判断できる。

#### ・加工能率

工具回転数が一定でも、刃先上の加工点の位置によってその切削速度が変わってくる。一般に加工能率は切削速度に依存しており、工具姿勢は加工能率に深く関係している。そこで、加工能率の評価は刃先回転速度つまり刃先上の加工点の位置の切削速度を対象としている。

### 3.2 Et-Map

この評価マップは、局所的な工具経路評価に用いるものであり、工具経路生成中に一時的(temporary)に作られるものである。これは、工具姿勢の変化に関する評価を行っている。現状では、前工具姿勢が決定した後にそれを基に生成している。

Et-Mapには、工具姿勢変化と刃先加工点を対象とする評価マップが含まれている。

・工具姿勢変化

工具姿勢の変化は、前の工具姿勢に対する相対的な工具姿勢の変化量を基に評価している。

・刃先加工点変化

刃先加工点とは、要求形状上の加工点と接触している工具上の点である。刃先加工点の変化は、工具軸まわりの変化を考慮しており、加工面粗さ等に影響を与えるために評価要因としている。

4. 工具姿勢決定法

工具姿勢決定の際には作業者の意向を取り入れる必要がある。そこで本手法では評価の許容値と各評価 $E_i$ に対する重み $W_i$ を設定することで、それを反映している。そして、これらを用いて最終的な評価値 $E$ を求め、工具姿勢を決定する。 $E$ は、まず作業者の設定した条件を満たす物の積集合の工具姿勢だけを選択し、次式により重みを考慮して算出している。

$$E = W_1 * E_1 + W_2 * E_2 + \dots + W_i * E_i$$

5. 計算機シミュレーション

本手法を用いて工具経路生成のシミュレーションを行った。加工形状は図2でしめす。E-Mapは、工具姿勢空間において15度間隔で設定した。図3は、工具姿勢決定の評価にEs-Mapのみを用いた例を示している。これは、各加工点で独立的に工具姿勢が決定されている。図4はEs-Map、Et-Mapの評価を同じ重みで考慮された評価値を用いて、工具姿勢を決定した例である。図中の折れ線は、工具中心点を始点とした工具軸の先端を直線補間したものである。

図3から、接近度や加工能率を適当に満たす工具経路生成がされていることが分かる。また、図4ではEt-Mapも用いた結果、工具姿勢変化が少ない工具経路を生成していることが分かる。

6. 結論

本研究に関し以下を報告した。

- ・工具姿勢評価に基づく多軸制御加工法を提案した。
- ・工具姿勢に対して、2章で述べた4項目を統一的に取り扱うことが可能な工具姿勢評価法を導入した。
- ・計算機シミュレーションの結果、本手法の効果を確認した。

<参考文献>

- ・近藤 司、川田 毅、五十嵐 悟：C-Spaceを利用した加工情報の生成に関する研究、96年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集、849

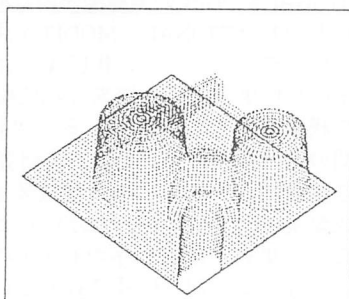


図2 加工形状

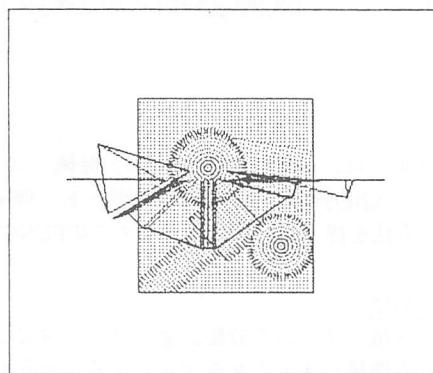


図3.a Es-Mapのみを使用 (平面図)

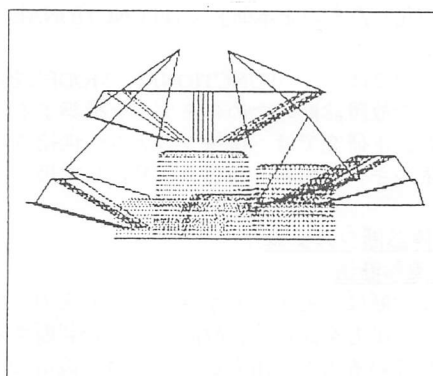


図3.b Es-Mapのみを使用 (正面図)

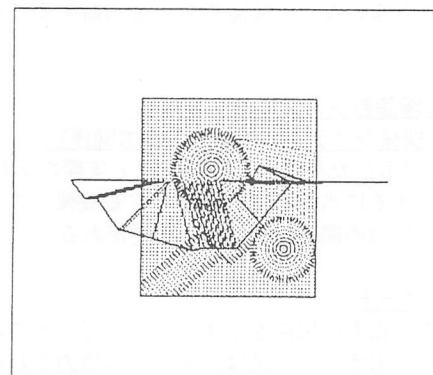


図4.a Es-Map, Et-Mapを使用 (平面図)

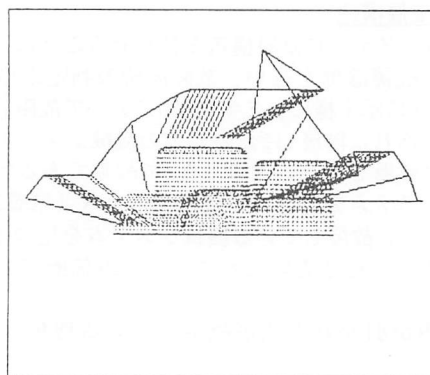


図4.b Es-Map, Et-Mapを使用 (正面図)