

工具姿勢評価に基づく多軸制御加工法に関する研究(第3報)

—工具姿勢拘束情報の導入とその効果—

北海道大学工学部 ○川田 毅 近藤 司 金子俊一 五十嵐 悟
 日本大学工学部 白井健二

<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している。この手法では工具姿勢を、工具干渉、加工面粗さ、加工能率、工具経路などの観点から定量的に評価し、工具経路生成時にそれらの評価値から工具姿勢を決定していくところに特徴がある。本報では、既に提案している E-Map¹⁾ を利用するため、新たに工具姿勢拘束情報を導入した。計算機シミュレーションによってその有効性を述べる。

1、緒論

近年、多軸制御加工への関心が高まっている。多軸制御加工は3軸制御加工に比べ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が、工具姿勢の決定とその制御にはまだ問題を残している。著者らは多軸制御加工の仕上げ加工における工具姿勢決定、経路生成問題解決の一手法として、工具姿勢の定量的評価を提案してきた。本報では、工具姿勢の局所的変動を抑制すること、加工形状に応じた工具姿勢制御の必要性、また工具経路の総合的評価を行うことを目的として工具姿勢拘束情報を提案し、その効果について述べる。

2、従来の手法および課題

従来法では、Es-Map, Et-map から各加工点における総合的な E-Map(TotalE-Map)は次のように生成していた。

* 工具経路全体に対する各評価(Ei)に対する重み(優先度)(Wi)と評価の許容最低値を設定する。

* TotalE-Map を、評価の許容最低値を満たす Ei から式(1)に示す線形和によって導き出す。

$$E = W1 * E1 + W2 * E2 + \dots + Wi * Ei \quad (1)$$

しかし、本手法では工具経路全体に対するのみの評価値の設定であり、仕上がり時の加工面粗さを考えると局所的に以下に示すことが発生する。

☆ 平面部では粗さを一定に保つことが望まれるが、周囲の環境によって保てない可能性がある。

☆ 凹形状において工具の要求形状の接近は必然的な物であるが、それを許容できない。

☆ 凸形状において加工点における法線方向が大きく変化するために工具姿勢の大きな変化が推測されるが、それを許容できない。

そこで、局所的な工具経路の評価も考慮された工具姿勢、工具経路生成を可能にするため、新たに工具姿勢拘束情報を導入する。その処理の流れを Fig.1 に示す。

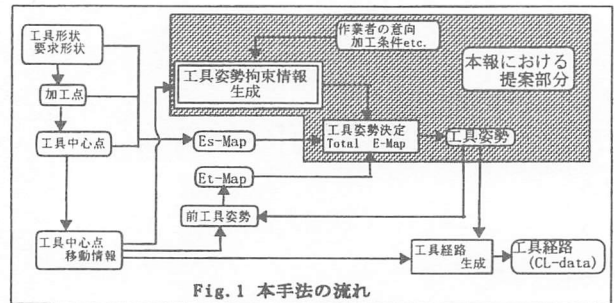


Fig.1 本手法の流れ

3、工具姿勢拘束情報

工具姿勢拘束情報とは、これまで工具経路全体に対して設定してきた大局的な各評価に対する重みと許容最低値の局所的な値である。それぞれの加工点(j)が、各評価(Eij)に対する重み(Wij)と評価の最低許容値を持つことになり、ある加工点(j)での TotalE-Map(Ej)は(2)式から算出される。以下にその生成法について述べる。

$$Ej = W1j * E1j + W2j * E2j + \dots + Wij * Eij \quad (2)$$

3.1 加工点の分類と工具姿勢拘束情報

現状では、要求形状を Fig.2 に示すように {平面部、凹形上部、凸形状部} の3つに部分形状に分類している。工具姿勢拘束情報は、対象となる加工点とその前後の加工点の計3点から曲率を求め、それに基づいて3種類に分類され設定する。それぞれ曲率で {凹形状 < -0.05 ≤ 平面 ≤ 0.05 < 凸形状} とした。本手法では工具姿勢を15度おきの離散的な姿勢を取っており、曲率の絶対値が0.05以内なら同じ姿勢を保つことで、仕上がり時の加工面粗さを一定に制御することが出来る。

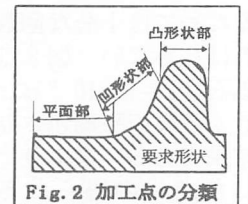


Fig.2 加工点の分類

3.2 平面部における工具姿勢拘束情報

平面部での望まれる工具姿勢は、各加工点ごとに加工面粗さ精度が高いものでなく、その付近での粗さを均一にすることである。粗さを均一にするためには、前工具姿勢と同一の工具姿勢が保たれることが条件であり、そのことを可能にするために、工具姿勢変化に対する重みを他の2倍にしている。

3.3 凹形状部における工具姿勢拘束情報

凹形状では容易に要求形状との近接が生じてしまう。しかし、接近性は直接仕上げ面粗さに影響を与えないので、接近度に関する許容最低値を工具干渉以外は許す値にし、さらに加工面粗さに関する重みを他の2倍にしている。

3.4 凸形状部における工具姿勢拘束情報

加工面粗さは、工具姿勢と加工点における法線との関係だけでなく、工具姿勢とその送り方向にも非常に関係している。しかし凸形状部では、各加工点における法線方向が加工点の移動にともない大きく変化し、同一の加工面粗さを得るためには工具姿勢の大きな変化が必要である。そこで、工具姿勢変化の許容最低値を工作機械が機構的に変化出来る最大の値にし、加工面粗さに関する重みを他の2倍にしている。

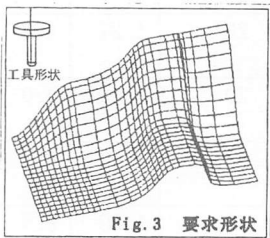
	工具姿勢変化の重み	面粗さの重み	粗さ許容最低値	粗さ許容最低値
平面部	x2	—	—	—
凹形状部	—	x2	干渉以外	—
凸形状部	—	x2	—	最大変化

表1 工具姿勢拘束情報

x2 → 他の評価の2倍基本設定通り
— → 他

4、計算機シミュレーション

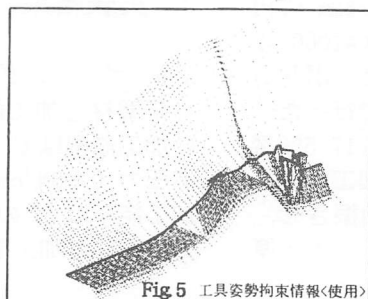
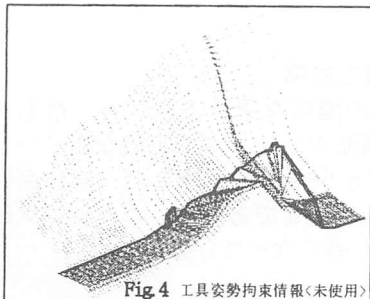
本手法を用いて工具経路生成のシミュレーションを行った。要求形状とそれに対応した工具形状を Fig.3 に示す。E-Map は、工具姿勢空間において 15 度間隔で設定した。工具経路は一系列のみを生成し、一系列の加工点数は 153 点である。計算機シミュレーションは、3 軸加工、工具経路全体で全ての評価の重みを一定、工具姿勢拘束情報を使用、の 3 種類を行った。



工具姿勢拘束情報使用時の条件は、仕上げ面の最大粗さを幾何的形状粗さ以下におさえる事にした。

Fig.4, Fig.5 はそれぞれ工具姿勢拘束情報を用いない時と用いた時に本手法によって生成された工具経路を示している。

図中の太線は、工作機械側で支持される工具の根本の移動を示したものである。また、3 種類のシミュレーションによって生成された工具経路の関係を表 2 と Fig.6 に示す。ただし、表 2 における L (経路長さ) は工具の根本の移動距離であり、粗さとは基礎実験から求めた推定粗さ²⁾である。Fig.6



は、各加工点における推定粗さを示しており、加工点での粗さと粗さ変化を分かるようにしている。

	L (経路長さ) (mm)	R-max (最大粗さ) (μm)	平均粗さ (μm)
3軸加工	314.3	8.98	3.52
工具姿勢拘束情報	<未使用>	8.03	2.04
	<使用>	532.6	3.50

表2 各工具経路での経路長さと面粗さ

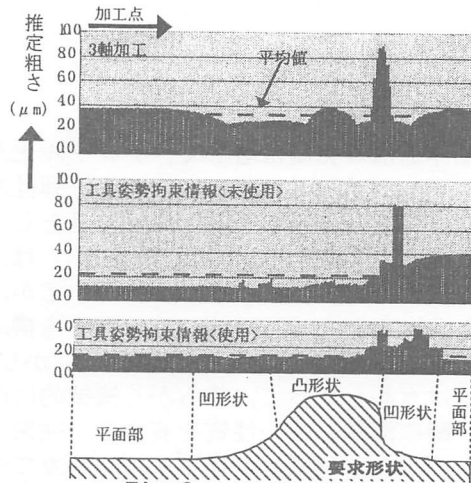


Fig. 6 各工具経路での推定粗さ

3 軸加工では工具姿勢が変化できないため、経路長さは最短であるが仕上がりの面粗さの制御は行えず非常に大きく、またばらつきも大きい。

5 軸制御加工において、工具姿勢拘束情報未使用時は仕上げ面の粗さ変化の割合が大きいことが分かる。それに比べ工具姿勢拘束情報使用時には、加工面全体にわたりほぼ一定な粗さが得られており、また平均粗さも他と比較し良好な値が得られている。このことから、工具姿勢拘束情報が仕上げ面粗さの制御に対して有効に機能する事が確認できた。

5、結論

本研究に関し以下の成果を得た。

- ・従来法における問題点を指摘し、局所的に最適な工具姿勢を決定出来ることが可能な工具姿勢拘束情報を導入した。
- ・計算機シミュレーションの結果、工具姿勢拘束情報の効果および有効性を確認した。

<参考文献>

- 1)川田毅他：工具姿勢評価に基づく多軸加工制御法に関する研究、96 年度精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集、56.
- 2)川田毅他：工具姿勢評価に基づく多軸加工制御法に関する研究(第2報)、1997 年精密工学会春季大会学術講演会講演論文集 P.53