

研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19760085
 研究課題名(和文) 機械構造を考慮した5軸制御加工用工具経路生成に関する研究
 研究課題名(英文) Tool Path Generation for 5-axis controlled machining with consideration of structure of machine tool
 研究代表者
 森重功一(KOICHI MORISHIGE)
 電気通信大学・電気通信学部・准教授
 研究者番号：90303015

研究成果の概要：

現行の5軸制御加工用CAMは、回転軸の急激な変化や反転など、誤差の原因となる機械運動を含んだNCデータに変換されるCLデータを出力する恐れがある。本研究では、回転軸の位置を1点で表すコンフィギュレーション空間を適用し、回転軸の動きを考慮して工具姿勢を決定することで、回転軸の使用軸数と移動量を抑制、さらに加工誤差の原因となる回転軸の反転を回避したCLデータを生成することが可能となった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,900,000	0	1,900,000
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	420,000	3,720,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学：生産工学・加工額

キーワード：工作機械、生産工学、CAD/CAM、アルゴリズム、5軸制御加工

1. 研究開始当初の背景

5軸制御加工機を用いて加工を行う場合、一般的に5軸制御加工用のCAMによる工具経路データの計算が必要となる。現在では、5軸制御加工用の機能において工具干渉回避を考慮した市販のCAMも普及してきている。

図1に示すように、通常のCAMは、工具経路データを生成するメインプロセッサと工具経路データを工作機械用の制御コードであるNCデータに変換するポストプロセッサで構成される。メインプロセッサは、入力したCADデータに対し、加工面と工具経路の誤差や周囲の障害物との干渉を考慮して工具経路データを計算する。ポストプロセッサは、入力した工具経路データを工作機械の

構成に合わせて適切なNCデータに変換する。

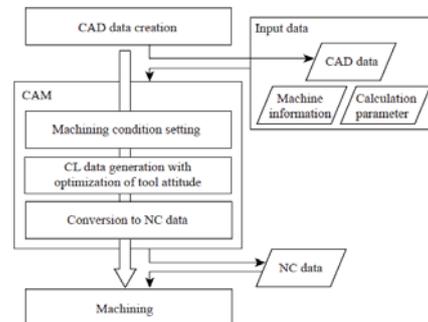


図1 従来のCAMシステムの構成

従来のメインプロセッサでは、工作機械情

報を参照できないため、工具経路データを生成する際に工作機械の可動範囲などを考慮することができない。そのため、ポストプロセッサにおいて変換された NC データでは、工作機械が実現不可能な工具姿勢を出力している可能性があった。また、生成した工具経路データに含まれる工具姿勢が不連続な場合、変換された NC データは冗長な機械動作を含んだものとなり、加工面性状を悪化させる恐れがある。これらの問題に対処するため、図 2 に示すように、工作機械情報を参照し、工作機械の可動範囲内で動作可能かつ、冗長な工具姿勢変化を抑制した工具経路データを生成する手法が必要とされている。

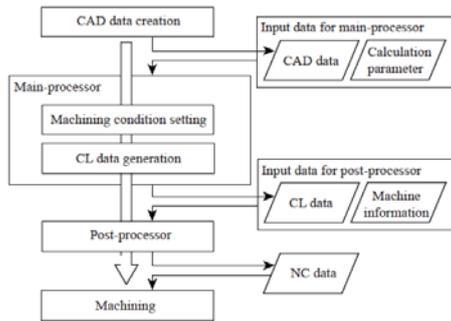


図 2 提案する CAM システムの構成

2. 研究の目的

本研究の目的は、5 軸制御加工機の構造を考慮して無駄のない最適な動作で的確な加工ができる 5 軸制御加工用工具経路生成手法を確立することである。

3. 研究の方法

(1) 本課題では、5 軸制御工作機械の回転 2 軸の位置を 1 点で表すコンフィギュレーション空間 (Configuration Space、C-Space) を適用して、回転軸の動きを抑制した工具経路を生成する。

図 3 (a) に示すように、モデル座標系における工具の位置と姿勢は、工具中心点と工具軸ベクトルで決定される。図 2 (b) に示すように、工具軸ベクトルが主軸方向と一致するように機械の回転 2 軸の値が決定される。

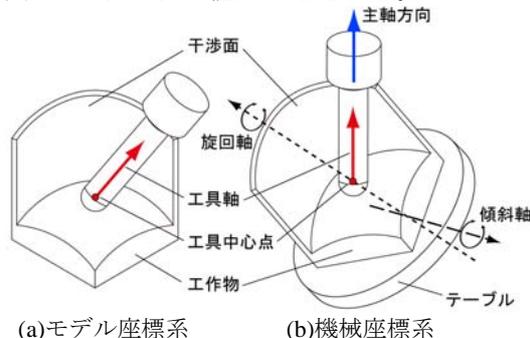


図 3 モデル座標系と機械座標系における工具姿勢
回転 2 軸の値を 2 次元空間上に表現した機

械座標系 C-Space の構成を図 4 に示す。縦軸が旋回軸、横軸が傾斜軸の値にそれぞれ対応している。機械座標系 C-Space 内の 1 点は、回転 2 軸の値、すなわち切削点における 1 つの工具姿勢に対応している。この点を工具姿勢点と呼ぶ。

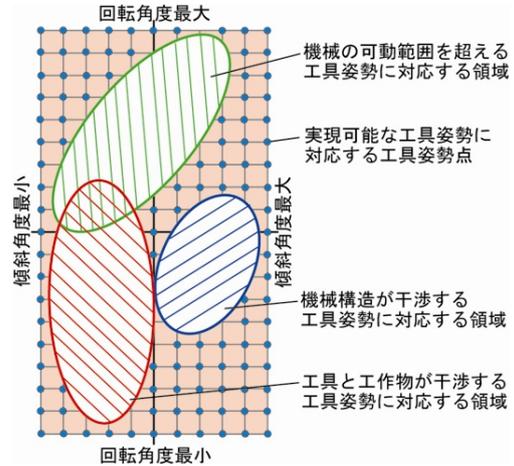


図 4 機械座標系 C-Space

まず、図 2 に示すように機械座標系 C-Space を格子状に分割し、各交点を工具姿勢点とする。次に、各工具姿勢点の回転 2 軸の値をもとに、モデル座標系にある工具中心点の座標値を機械座標系に変換し、機械の X、Y、Z 軸の値を求める。得られた値が機械の可動範囲を超える場合は、その工具姿勢点を C-Space から削除する。さらに、干渉が生じる工具姿勢に対応する工具姿勢点も C-Space から削除する。

以上の処理の後に残った工具姿勢点が、その切削点において実現可能な工具姿勢に対応することになる。各切削点において機械座標系 C-Space を計算した後、図 5 に示すように各 C-Space を結ぶようにして工具経路を計算する。

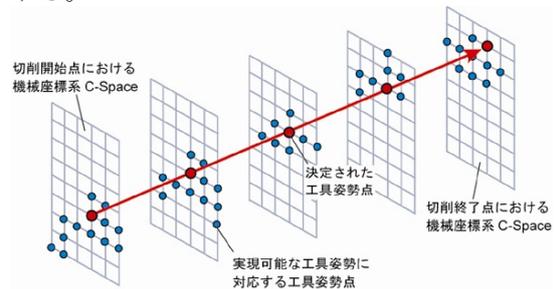


図 5 機械座標系 C-Space を用いた工具経路の探索

回転 2 軸の値を固定したまま加工終了点まで結ぶと、開始点から終了点まで回転 2 軸が動かない「固定 2 軸+同時 3 軸加工」の工具経路が得られる。

回転 2 軸の値を固定したままでは終了点に

到達できない場合は、どちらか一つの回転軸を固定し、もう一つの軸を一方向に回転させるように工具姿勢点を探索する。これにより、加工誤差の原因となる回転軸の反転を回避した「固定 1 軸+同時 4 軸加工」の工具経路となる。

どちらの回転軸も終了点まで固定できない場合は、各回転軸が一方向に回転するように工具姿勢点を探索することにより、回転軸の反転を回避した同時 5 軸加工の工具経路となる。回転軸の反転を回避できない場合は、各工具姿勢点を結ぶ線の長さが最小となるように経路を探索する。結果として、最悪の場合でも回転軸の運動を抑制した同時 5 軸加工の工具経路が得られる。

開発したメインプロセッサプログラムの処理の流れを図 6 に示す。

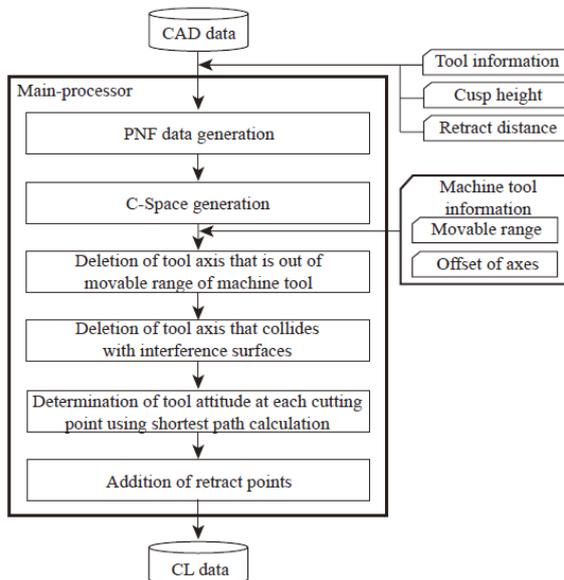


図 6 開発したプログラムの処理の流れ

4. 研究成果

実験のために定義した形状を図 7 に示す。オーバーハング部を有する溝形状で、両側の曲面が干渉面となる底面を加工対象とした。

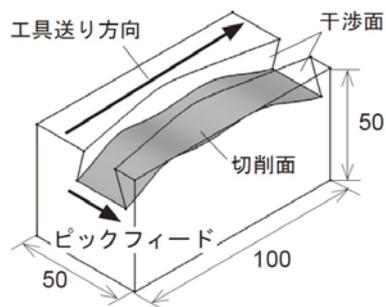


図 7 加工対象形状

生成した仕上げ加工用の CL データを NC データに変換し、加工シミュレーションによって制御軸数と各駆動軸の移動量を計算したところ、従来の手法では、同時 5 軸加工となったのに対し、提案する手法では、固定 2 軸+同時 3 軸加工とすることができた。同時に、各軸の移動量も大幅に減少した。

続いて、S50C を被作材として加工を行い、回転軸の反転が生じる箇所における切削面を比較した。従来の手法で切削した図 8 の仕上げ面は、回転 2 軸が反転する A の箇所において、カッターマークが不連続になっている。一方、提案する手法で加工した図 9 の切削面には不具合は見られず、良好な仕上げ面を得ることができた。

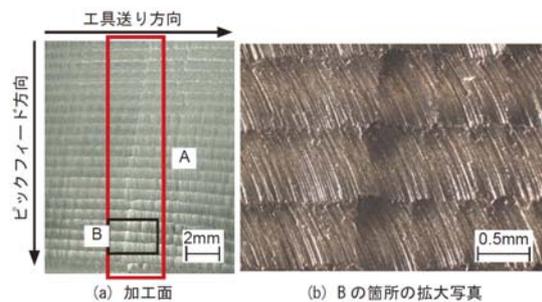


図 8 従来の手法で同時 5 軸加工した仕上げ面

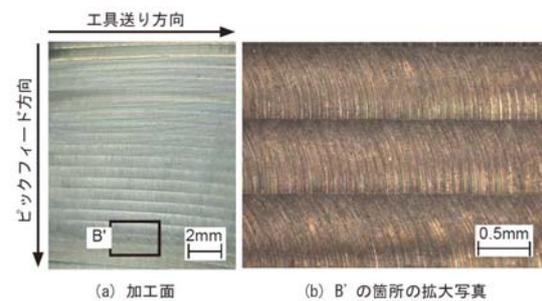


図 9 提案した手法で加工した仕上げ面

本研究では、5 軸制御加工機の回転 2 軸の動きを考慮して工具姿勢を決定するために、回転 2 軸の位置を 1 点で表す機械座標系 C-Space を提案し、使用する回転軸の数と移動量を抑制し、さらに加工誤差の要因となる回転軸の反転を回避した工具経路を生成する手法を開発した。

このように工具経路を工夫することによって、回転軸の性能が低い工作機械でも、複雑な形状を精度良く効率的に加工できるようになる。5 軸制御工作機械を活用しているユーザーから、同時 5 軸制御が必要な加工は全体の二割程度であると聞けるが、提案した手法を適用することによって、さらに少なくできると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① 藤野裕典、森重功一：機械の可動範囲と工具姿勢変化の連続性を考慮した5軸制御加工用工具経路生成法、精密工学会誌、第74巻、第12号、pp. 1330-1334 (2008. 12)、査読有

[学会発表] (計6件)

- ① 金子 誠、森重功一：機械運動を考慮した5軸制御加工用工具経路生成法、型技術ワークショップ2008 in まつしま 講演論文集、pp. 38-39 (2008. 11. 20、宮城)
- ② 金子 誠、森重功一：機械運動を考慮した5軸制御加工用工具経路生成法、2008年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集、pp. 143-144 (2008. 9. 19、仙台)
- ③ 藤野裕典、金子 誠、森重功一：機械の可動範囲と工具姿勢変化の連続性を考慮した5軸制御加工用工具経路生成法、2008年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集、pp. 749-750 (2008. 3. 18、神奈川)
- ④ 藤野裕典、金子 誠、森重功一：機械の可動範囲と工具姿勢変化の連続性を考慮した5軸制御加工用工具経路生成法、型技術ワークショップ2007 in 広島 講演論文集、pp. 18-19 (2007. 11. 27、広島)
- ⑤ 森重功一、藤野裕典、金子 誠：機械の可動範囲を考慮した5軸制御加工用工具経路生成法、型技術者会議2007 講演論文集、pp. 192-193 (2007. 6. 20、東京)
- ⑥ 藤野裕典、森重功一：機械の可動範囲を考慮した5軸制御加工用工具経路生成法、2007年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集、pp. 183-184 (2007. 3. 22、東京)

[図書] (計1件)

- ① Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier, edited by M. Mitsuishi et al., Springer (2008. 5) の中の分担分、Feliciano H. Japitana, Koichi Morishige and Yoshimi Takeuchi: Intricate Shaped Manufacturing by 6-Axis Non-rotational Cutting with the Application of Ultrasonic Vibrations, pp. 395-398.

[その他]

ホームページ等

<http://www.ims.mce.uec.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森重 功一 (MORISHIGE KOICHI)

電気通信大学・電気通信学部・准教授

研究者番号：90303015