

# Development of Tool Path Generation Method with Lower Calculation Cost: Simplification of 3D model

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-06-15 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24517/00050338">https://doi.org/10.24517/00050338</a>

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



# 工具経路生成時間短縮法の開発 - 3Dモデルの簡略化 -

金沢大学大学院 ○清水琢海, 金沢大学 浅川直紀, 金沢工業大学 高杉敬吾

Development of Tool Path Generation Method with Lower Calculation Cost  
-Simplification of 3D model-

Kanazawa University Takumi Shimizu, Naoki Asakawa, Kanazawa Institute of Technology Keigo Takasugi

This study deals with a method to reduce the calculation costs of a tool path generation. In recent years, needs for 5-axis machining tools are increasing for the complex shaped workpiece. CAM applications are essential in operating 5-axis machining. Since collision avoidance of a workpiece and a tool is essential in CAM applications, the reduction of calculation time of tool path generation is an important problem in development of CAM applications. Therefore, we propose "Projection method", simplification method of the 3D model, which manipulates the control points and the order while keeping the characteristics of the model by 5-axis machining. With simulation using a complex shaped model, we confirm that this method can reduce calculation time of a tool path generation.

## 1. はじめに

インペラのような3軸制御では加工できない複雑な形状の加工には5軸の工作機械が使用される。5軸制御の工作機械を運用する上で、複雑形状の工具経路生成には工作物と工具の干渉検出は必要不可欠であり、CAMソフトウェアは必ず使用される。干渉検出にかかる計算時間の短縮はCAM開発において重要であり、様々な研究が行われている。例えば、金子らは汎用幾何計算デバイスのグラフィックスハードウェアを用いることで工具姿勢を高速に決定している<sup>1)</sup>。

本研究ではCAM上の表現方法に注目した。3Dモデルを構成する自由曲面はNURBSなどのパラメトリックな幾何表現が用いられる。複雑な自由曲面は階数が大きく、コントロールポイント数が多いので幾何計算にかかる計算時間は長くなってしまふ。図1はコントロールポイント72点で構成された1枚のNURBS曲面に対して干渉検出を100回繰り返して、階数を変化させた時の計算時間を示しており、階数が大きくなると干渉検出にかかる計算時間が長くなることわかる。(CPU: Intel Core i5-3570, メモリ: 8Gbyte, OS: Windows 7 Professional 64bit, CAMカーネル: Kodatuno<sup>2)</sup>, CPUのコアは1つ使用した)

そこで本報では、投影法と呼ぶ、コントロールポイントを操作し、設計形状の特徴を維持する3Dモデル簡略化方法を提案、実装し、有効性を確認したので報告する。

## 2. 投影法

### 2.1 投影法概要

NURBS曲線/曲面はコントロールポイント列と呼ばれる順序付けられた点列によって補間され、基底関数と呼ばれる係数関数によりコントロールポイント列を混ぜ合わせることでそれぞれ定義される。階数2のNURBS曲線/曲面を生成する場合、NURBS補間は直線補間と同等になり、全てのコントロールポイント上を通過する。階数下げによる設計形状との誤差は、NURBS曲線/曲面がコントロールポイント上を通過することで発生する。そこで本研究では投影法<sup>4)</sup>と呼ぶ、コントロールポイントを操作し、設計形状の特徴を維持する3Dモデル簡略化方法を提案する。投影法の手順を図2と以下に示す。また今回、設計形状は階数4で表現されているものとする。図2(a)と(b)は階数とNURBS曲面形状の関係を表している。

- (i) NURBS曲面上に任意の数の点を生成し、生成した各点とコントロールポイントとの距離を計算する(図2(c))。
- (ii) 各距離を比較し、最短距離の点の位置のNURBS曲面上にコントロールポイントを投影する(図2(d))。
- (iii) 投影したコントロールポイントを新たなコントロールポイントとし、階数2のNURBS曲面を生成する(図2(e))。

### 2.2 干渉検出

投影法を用いることで3Dモデルの設計形状を維持することはできるが形状誤差は依然存在するので、干渉検出に及ぼす影響を確認した。

加工点での法線ベクトル方向を工具姿勢とし、図3が示すよう

に接線ベクトル周り、法線ベクトルと接線ベクトルの外積周りに±60度の範囲で10度ずつ回転させ、このときの接線ベクトル周りの回転角度 $\gamma$ 、法線ベクトルと接線ベクトルの外積周りの回転角度 $\beta$ をプロットした干渉マップを作成する。図4のφ10のボールエンドミルと羽根が2枚のインペラにおいて、図5に示す加工点で干渉マップを作成し、その結果を図6に示す。図6(a)はオリジナルモデル、図6(b)は簡略化モデルの干渉検出結果である。(a)と(b)の干渉マップから本来干渉していない姿勢で干渉している正の検出誤差とその逆の本来干渉している姿勢で干渉していな

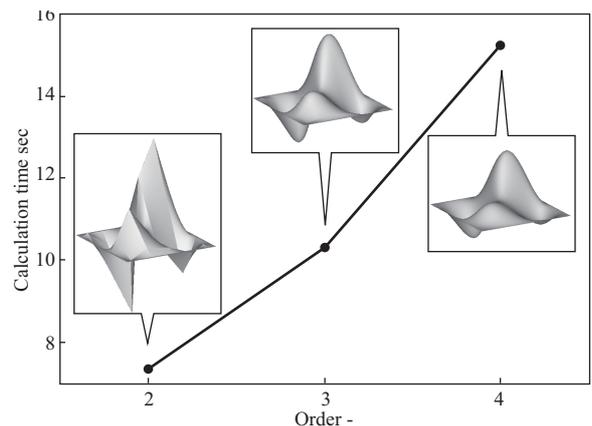


Fig.1 Relation between calculation time and the order of model<sup>2)</sup>

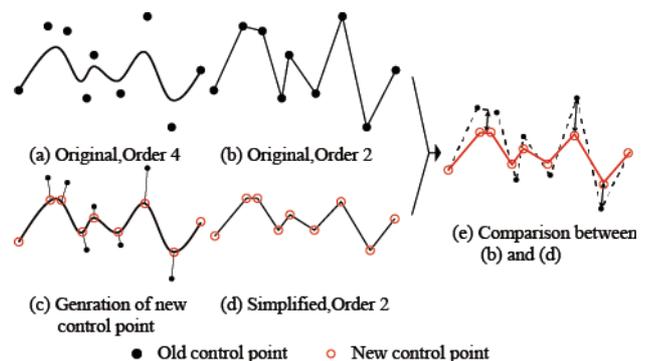


Fig.2 The principle of projection method

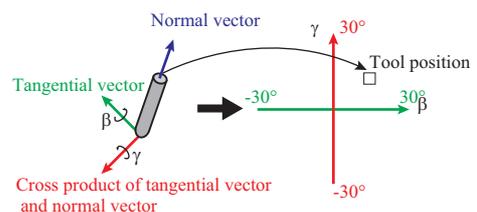


Fig.3 Definition of C-Space

い負の検出誤差が生じたことがわかる。これらの検出誤差は図5 (a)と(b)の3Dモデルの形状差による干渉検出の誤検出が原因である。

負の検出誤差が生じた箇所を工具姿勢に決定すると、工具と工作物が干渉し、工具の破損などが生じる可能性があるため負の検出誤差を取り除く方法が必要である。

3. 工具形状による干渉検出補正

負の検出誤差を取り除くために、工具を干渉を検出するNURBS曲面ごとに膨張させ、簡略化モデルと工具を干渉させる方法を提案する。この工具形状を変化させる干渉検出補正の手順を以下に示す。

- i) 各曲面ごとにオリジナルモデルと簡略化モデルの各曲面での形状差の最大値を計算する。(図7(a))
- ii) 工具を((干渉検出を行うNURBS曲面の最大形状差+工具半径)/工具半径)倍する。(図7(b))
- iii) 各曲面での干渉検出が終わるたびに、工具を元の大きさに戻す。

上記のように、干渉検出をするNURBS曲面ごとに工具形状が変化するので、適切に負の検出誤差を取り除くことができると考えられる。

5. 工具経路生成時間の検証

5.1 条件

干渉マップ作成は2.2.1節と同様の条件で行う。工具経路生成方法として、加工対象面に加工点群を生成し、 $\gamma$ と $\beta$ を用いて工具姿勢を変化させる。このとき干渉しない工具姿勢を見つけたら、その加工点での計算を終了し、次の加工点に移動する。全ての加工点で工具姿勢が決定するまでの時間を測定し、以下の条件で比較する。

- 1) 工作物をNURBS(階数4)で表現した場合
  - 2) 工作物を投影法と工具形状による干渉検出補正を適用した場合
- 図8のように加工点は1)のインペラの羽根上に24点生成する。工具のNURBS曲面数は5枚、工作物は19枚である。(CPU: Intel Corei7 4790, OS :Windows 7 64bit, Memory 16GB,CAMカーネル:Kodatuno)

5.2 工具経路生成時間比較

工具経路生成時間は1)で785秒、2)では投影法による簡略化の時間と干渉検出補正の時間を含めて389秒で約50%減少した。検出誤差に関しては、図9(a)と(b)のように、正の検出誤差は発生するが負の検出誤差は発生しない結果となった。



Fig.4 Defined tool and workpiece

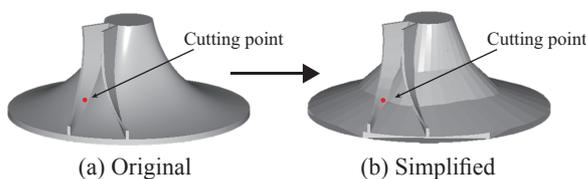


Fig.5 Cutting point of making collision map

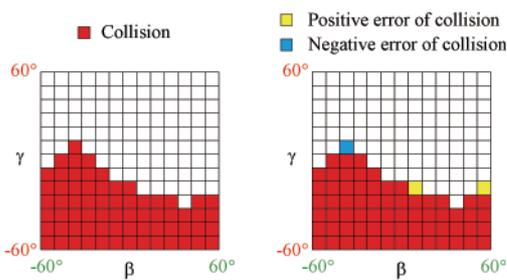


Fig.6 Distribution of collision area in the C-Space

6. 結言

本研究では、工具経路生成時間の短縮をするために、投影法による3Dモデルの簡略化を提案し、本手法を用いて工具経路生成を行い、簡略化前後での計算時間と工具経路を比較することで、以下の結論を得た。

- (1) 投影法を用いることで階数を下げつつ設計形状の特徴を維持する簡略化を行い、工具経路生成時間を短縮することができた。
- (2) 加工点によっては負の検出誤差が生じるが、工具形状による干渉検出補正を行うことで、今回の加工点では正の検出誤差は生じるが、負の検出誤差を取り除くことができた。

参考文献

- 1) 金子順一, 堀尾健一郎:5軸制御切削加工における工具姿勢のグラフィックスハードウェアを用いた高速な決定法, 精密工学会誌, 72, 8 (2006) 1012
- 2) 鬼頭亮太, 高杉敬吾, 浅川直紀, 岡田将人: 工具経路生成時間短縮法の開発:加工点依存プログレッシブメッシュ表現の適用, 精密工学会誌, 81, 4 (2015) 376
- 3) K.Takasugi et al, Development of Platform-Independent Open CAM Kerne, Proc. of the 6th Int. Conf. on Leading Edge Manufacturing in 21th Century, Vol.1, (2011)
- 4) 鬼頭亮太, 高杉敬吾, 浅川直紀, 岡田将人: 工具経路生成時間短縮法の開発, QEM法による3Dモデルの簡略化, 2013年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 87

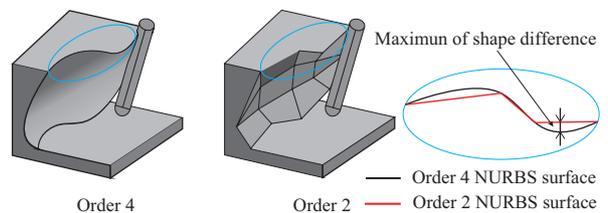


Fig.7(a) Calculation maximum shape difference between original and simplified model in each NURBS surface

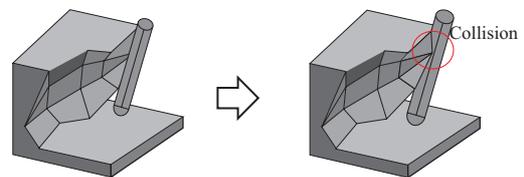


Fig.7(b) Expanding the tool

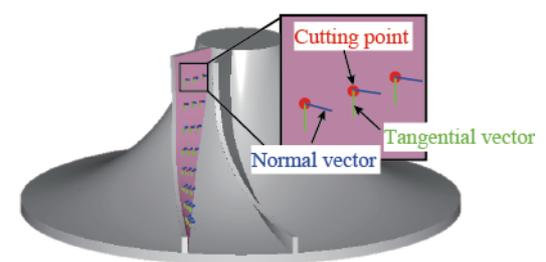


Fig.8 Generation of cutting point, normal and tangential vector

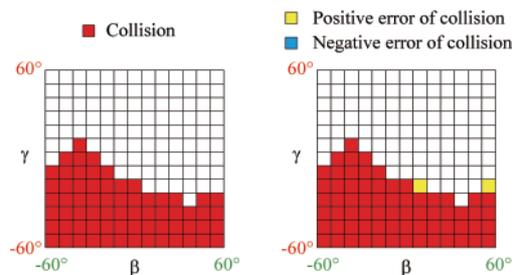


Fig.9 Distribution of collision map are in the C-Space after correction