

曲面パラメータを応用した高精度・高効率加工パス生成方法の開発：曲面パラメータを応用した修正可能な工具経路生成方法

著者	浜松 央弥, 森本 喜隆, 高杉 敬吾, 浅川 直紀
著者別表示	Hamamatsu Hiroya, Morimoto Yoshitaka, Takasugi Keigo, Asakawa Naoki
雑誌名	精密工学会学術講演会講演論文集
巻	2016 Autumn
号	H73
ページ	457-458
URL	http://doi.org/10.24517/00052927

doi: 10.11522/pscjspe.2016A.0_457



曲面パラメータを応用した高精度・高効率加工パス生成法の開発

—曲面パラメータを応用した修正可能な工具経路生成方法—

金沢工業大学 ○浜松央弥, 森本喜隆
金沢大学 高杉敬吾, 浅川直紀

Development of the Surface Parameter-based Method for Accurate and Efficient Tool Path Generation
—Modifiable Tool Path Generation using Surface Parameter-based Method—

Kanazawa institute of technology, Hiroya Hamamatsu, Yoshitaka Morimoto
Kanazawa University, Keigo Takasugi, Naoki Asakawa

CAM is essential to machine complex free surfaces using a multi-axis controlled machine tool. CAM generates a tool path by calculating intersections between the workpiece and some planes in real space. Then, it is necessary to regenerate a tool path newly when the generated tool path does not satisfy the required accuracy. In conventional method, it is difficult to modify the generated tool path partially. Therefore, it takes much time before the tool path is determined. In this study, we have proposed a new method of tool path generation with high-speed processing using free-form surface parameters. Since the tool paths can be generated at high speed, it is possible that operators can modify the tool path in near-real-time. In this report, an algorithm for the method of near-real-time tool path modification is proposed, and the effectiveness is confirmed with a simulation.

1. 緒言

近年、自動車部品、医療機器、金型業界などの様々な分野において多くの部品の設計に自由曲面が用いられている。自由曲面を高精度かつ効率的に加工するためにはCAMは必要不可欠である。CAMを使用することにより、技術者は工作物の材質や使用する工具、切削条件等のパラメータを種々設定することで複雑な加工工程を考慮せずに工具経路を生成することができる。

現在市販のCAMには、様々な経路生成アルゴリズムが用意されており、CAMオペレータは目的の形状に合わせた生成方法が選択可能である。しかし、要求する精度や加工面品位が得られない場合には別の工具経路を生成しなおさなければならないが、従来のCAMでは既に生成された経路を部分的に修正したり加工経路が粗く生成されている場所に対して部分的に追加したりすることが困難である。したがって、新たに設定パラメータを調整することによって一から工具経路を計算させる必要がある。これらの理由のために、加工経路を決定するまでに多くの時間を要することになる。

本研究ではこれまで曲面パラメータを利用した全く新しい加工経路の生成方法を提案してきた¹⁾。本手法を用いることにより工具経路を高速で生成することができ、オペレータがリアルタイムで工具経路を追加、修正することができる。本報では、リアルタイム工具経路修正のためのアルゴリズムを提案、実装し、その有効性をシミュレーションによって確認する。

2. 曲面パラメータを応用したパス生成法

本研究で使用する曲面パラメータを用いた工具経路の生成方法について簡単に説明を行う。実空間上のパラメトリック曲面 S は、パラメータ (u, v) を用いて表現することができる。 u と v の間に何らかの関数関係が存在している場合、 $S(u, v)$ は自由曲面上の曲線を表す²⁾。 $S(u, v)$ における (u, v) 平面内の曲線は曲線 C

ラメータ t によって表されるので $C(u(t), v(t))$ として表すことができ、図1に示すように (u, v) 平面上で描いた曲線は一意的に実空間における自由曲面上の曲線に変換される。ただし、実空間において等間隔に点を生成するためのアルゴリズムを考案する必要がある。その方法は先行研究において確立されておりパラメータ (u, v) を次の2式を用いて更新することによって実空間上の座標に変換した際に等間隔な点群となる (u, v) 座標を導くことができる。

$$\frac{du}{ds} = \frac{C_{t,u}}{\|C_{t,u}S_u + C_{t,v}S_v\|} \quad (1)$$

$$\frac{dv}{ds} = \frac{C_{t,v}}{\|C_{t,u}S_u + C_{t,v}S_v\|} \quad (2)$$

(1)、(2)式は1階の常微分方程式であるから、Runge-Kutta法などの数値計算手法を適用することができる。ただし、 $C_{t,u}$ 、 $C_{t,v}$ はパラメータ t に依存しているため、次式に示す du 、 dv 、 dt の関係式を用いて、 (u, v) と同様に t を更新していく必要がある。

$$dt = \frac{\sqrt{du^2 + dv^2}}{\|C_t\|} \quad (3)$$

以上の操作によって、 (u, v) 平面上に定義された曲線は高速に実空間上で等間隔な加工点群へと変換され、工具経路を生成することができる³⁾。

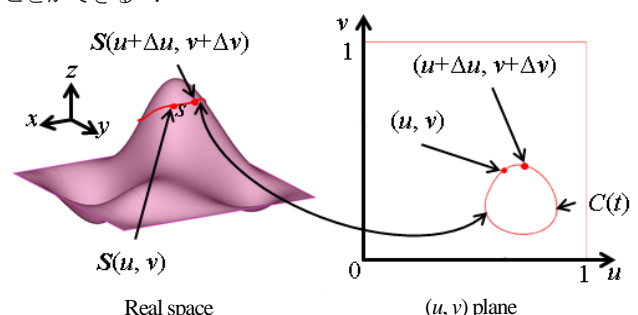


Fig. 1 Relationship of curves between real space and (u, v) plane

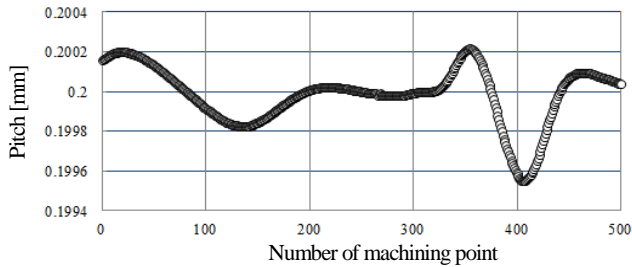
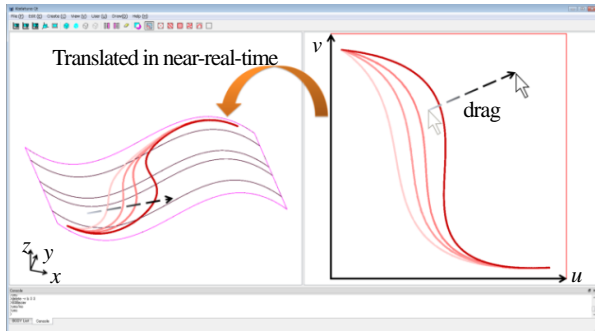


Fig. 2 Detail of pitch error at secondary Bezier

Fig. 3 Schematic view of near-real-time translation of curve from on (u, v) plane to on free surface in-real space

3. CL データ生成方法

3-1. 曲線描画機能の追加

上述の方法を用いることによって (u, v) 平面上に描画された曲線は、高速に実空間上の等ピッチ面上点群へと変換できるため、次に、 (u, v) 平面上での曲線追加と、その編集機能を実装する。使用する曲線に2次曲線を2次ベジエ曲線で表現し、それ以上の複雑な曲線を3階のNURBS曲線を用いて表現する。ただし、計算式はNURBSを利用するが直感的な操作を可能とするためにWeightを一定の値として非有理な曲線として扱う。また、生成される制御点すべてを通る曲線として生成することにより技術者が曲線をイメージしやすいよう工夫し実装を行う。

工具経路として利用するために生成された経路が対象とする (u, v) 平面上の矩形領域内に収まっているか判断し、矩形領域内だけに曲線を生成する必要がある。パラメータ t を用いて2次ベジエ曲線を求める式を次に示す。次式において P_0 は始点を P_1 は制御点、 P_2 は終点をそれぞれ意味する

$$C(t) = (P_0 + 2P_1 + P_2)t^2 + (-2P_0 + 2P_1)t + P_0 \quad (4) \\ (0 \leq t \leq 1)$$

(4)式に関して2次方程式の解の公式を用いてパラメータ (u, v) が0, 1の時の交点の算出を行う。得られた交点のうちパラメータ t の値が $0 \leq t \leq 1$ の範囲外になるものを交点群から省く。始点($t=0$)、終点($t=1$)の両端点に関しても矩形領域内にあるかを判定し、矩形領域内にあれば交点群に加える。これを昇順に並び替え、若い値を初期値として次の t 値までパラメータ (u, v) を更新し、矩形領域外に曲線が逸脱する前に更新を終える。そして、矩形領域内に曲線が戻ってくる3番目の t 値を初期値として再度 (u, v) を更新する。これを交点群の最後のパラメータ値まで行うことにより矩形領域内に収まる曲線のみを生成・描画することが可能となる。

次に等ピッチな点群生成の結果について述べる。図2はピッチ長として0.2[mm]を指定して前章で述べた計算式を用いて算出した際に得られた各点間の間隔を示している。ばらつきが最大でも0.8[μm]以下に抑えられていることがわかる。また、不連続性も見られず、一様な経路が生成されていることがわかる。

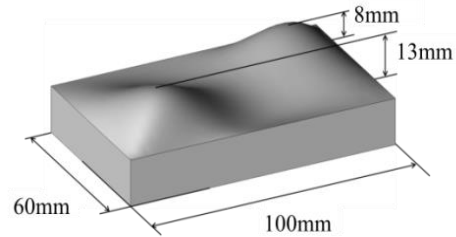


Fig. 4 Defined workpiece for simulation

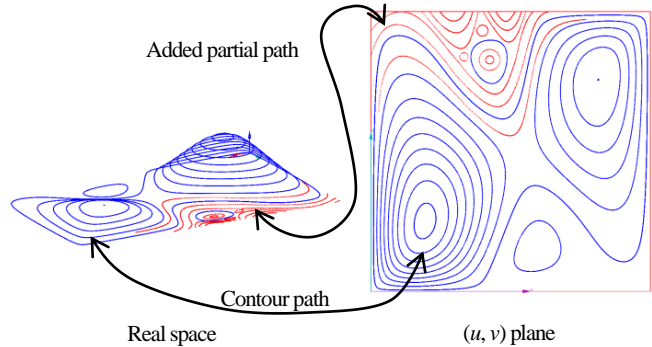


Fig. 5 Result of machining path generation and added partial path

図3に (u, v) 平面上に描かれた曲線が実空間上でリアルタイムに表現される様子を示す。技術者はマウスをドラッグさせることによって軌跡を確認しながらリアルタイムに曲線を修正することができる。したがって、本手法を用いることにより等間隔な点群として工具経路を追加・修正することが可能であるといえる。生成に要する時間は対象となる曲面や曲線の長さに依存するがおおよそ50msecに満たない時間で曲線を生成することができる。そのため、何度もパラメータを設定しなおして工具経路を再生成する必要がなくなり、本来経路決定までに要する時間を大幅に短縮することが期待できる。

3-2. 工具経路生成手順

提案手法をシミュレートするために図4に示すような自由曲面を定義する。図5に示すように技術者は工具経路の生成結果から任意の箇所部分経路を追加することができる。青色の経路は等高線経路を示し、赤色の経路は追加された部分経路を示している。

図5からわかるように緩斜面における粗い経路を追加した加工経路によってカスプ高さが小さくなるよう、補完する形で生成できていることがわかる。

4. 結言

本研究では工具経路修正方法を提案・実装した。これにより以下の結果を得た。

- (1) 部分的に追加・修正可能な工具経路生成方法を提案した。
- (2) 提案された方法を実装することにより、部分的な工具経路をほぼリアルタイムで追加可能であることが確認できた。

参考文献

- 1) Takasugi, K. et al., "A Surface Parameter-based Method for Accurate and Efficient Tool Path Generation" Int. J. of Automation Technology, Vol.8, No.3, (2014), 428-436
- 2) 徳坂衛, 齊藤剛: CAD/CAMにおける曲線曲面のモデリング, 東京電機大学出版局, 1996年, 90-123
- 3) 高杉敬吾, 浅川直紀, 森本喜隆, 浜松央弥: 曲面パラメータに基づいた高精度高効率工具経路生成—一般曲面への適用—, 精密工学会誌, Vol.81, No.10, (2015), 974-978