

教育用ロボット「DOBOT」のためのCAD/CAMインタフェース

CAD/CAM Interface for Educational Robot DOBOT

○学 鈴木 真太郎 (山口東京理科大学) 正 永田 寅臣 (山口東京理科大学)
正 渡辺 桂吾 (岡山大学)

Shintaro SUZUKI, Tokyo University of Science, Yamaguchi

Fusaomi NAGATA, Tokyo University of Science, Yamaguchi, nagata@rs.tusy.ac.jp

Keigo WATANABE, Okayama University

In this study, a CAD/CAM interface for an educational robot DOBOT is proposed. A robot operating environment that can be used without conventional teaching process is presented, in which tool paths called CLS (cutter location source) data are interpretively converted into robot language codes line by line and are given to the robot controller. The usefulness of the proposed system is evaluated through design and drawing experiments.

Key Words: CAD/CAM interface, Interpreter-like controller, Robot language, CLS data, Outline font, DOBOT

1 緒言

教育用ロボット「DOBOT」とそのAPIを使用して、事前にCAMから出力した工具経路であるCLSデータを1行ずつロボット言語に変換しながらインタプリタ的に実行させる機能について検討した。従来、ロボットを動作させるには、目標の位置と姿勢情報を多数入力して記憶させる教示と、記憶した情報によって指示された連続動作を実行する再生の2つのステップからなる教示再生方式が一般的である。本研究では、オフラインでCLSデータからロボット言語を出力するポストプロセッサの作業を省略し、CLSデータを翻訳しながら直接ロボットを動作させるCAD/CAMインタフェースを提案し、教示レスに取り組んだので報告する。

2 スプライン曲線に沿ったCLSデータ補間法

図1には今回提案するCLSデータのスプライン補間機能と、アウトラインフォントを扱うためのCAD/CAMインタフェースの役割を示す。ポストプロセッサとダイレクトサーボはそれぞれ、FANUCとDENSOの産業用ロボットのためにすでに開発している[1, 2]。ベクタイメージ編集ソフトであるイラストレータでは様々なフォントが利用でき、それらはDXF形式に変換することができる。CreoのようなハイレンドなCAD/CAMはDXFデータをインポートし、CLSデータを生成できる。オリジナルのアウトラインフォントに曲線が含まれるとき、一般的にCAD/CAMのメインプロセッサは直線近似による多数の微小な直線でCLSデータを構成する。このため、CLSデータの補間は直線近似された軌跡を滑らかにするのに有効である。

ここでは、3次曲線に基づくスプライン補間を適用する。図2には正規化変数 t を用いた x 方向のスプライン曲線を示している。 $p_{i-1}(t)$, $p_i(t)$, $p_{i+1}(t)$, $p_{i+2}(t)$ はCLSデータ内の4つのポイントであり、 i はファイル内のステップ番号である。また、 $x_{i-1}(t)$, $x_i(t)$, $x_{i+1}(t)$ はそれぞれ、これから生成する3次のスプライン曲線を表す。3次のスプライン曲線 $x_i(t)$ は次式で与えられる。

$$x_i(t) = a_i t^3 + b_i t^2 + c_i t + d_i \quad (1)$$

ここで、 $a_i = [a_{xi} \ a_{yi} \ a_{zi}]^T$, $b_i = [b_{xi} \ b_{yi} \ b_{zi}]^T$, $c_i = [c_{xi} \ c_{yi} \ c_{zi}]^T$, $d_i = [d_{xi} \ d_{yi} \ d_{zi}]^T$ はこれから決定する係数ベクトルであり、 x 方向の成分を考慮すると図1から以下の関係式が得られる。

$$x_i(-1) = p_{x(i-1)} = -a_{xi} + b_{xi} - c_{xi} + d_{xi} \quad (2)$$

$$x_i(0) = p_{xi} = d_{xi} \quad (3)$$

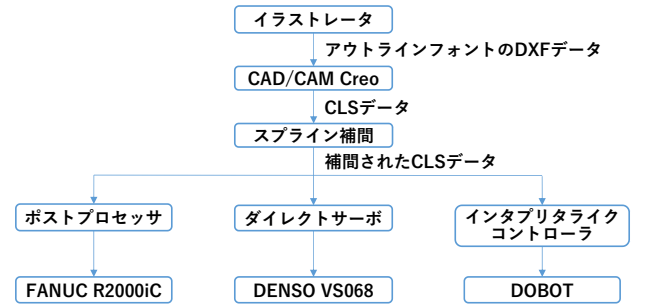


Fig.1 Role of the proposed post processor, direct servo, interpreter-like controller and spline interpolation to handle outline fonts.

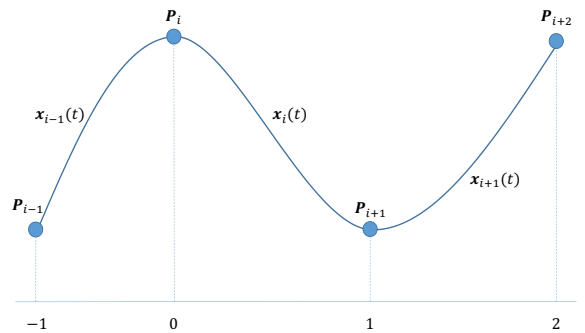


Fig.2 3rd-order spline curves for CLS data interpolation.

$$x_i(1) = p_{x(i+1)} = a_{xi} + b_{xi} + c_{xi} + d_{xi} \quad (4)$$

$$x_i(2) = p_{x(i+2)} = 8a_{xi} + 4b_{xi} + 2c_{xi} + d_{xi} \quad (5)$$

これらを整理すると次式が得られる。

$$\begin{pmatrix} a_{xi} \\ b_{xi} \\ c_{xi} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{1}{6} & -\frac{1}{2} & \frac{1}{6} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ -\frac{1}{3} & 1 & -\frac{1}{6} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p_{x(i-1)} - p_{xi} \\ p_{x(i+1)} - p_{xi} \\ p_{x(i+2)} - p_{xi} \end{pmatrix} \quad (6)$$

y 方向と z 方向の係数ベクトルについても同様に求めることができるので、 p_i と p_{i+1} の間のセグメントは $x_i(t)$ ($0 \leq t \leq 1$) により任意の点数で補間できる．この工程を CLS データ内のすべてのポイントに適用することによって CLS データを補間するためのスプライン曲線群を生成できる．

3 教育用ロボット「DOBOT」のための CAD/CAM インタフェイス

4 自由度を持つこのロボットは最近、メカトロニクスの教育分野で非常に注目されており低コストにもかかわらず、3D プリンタのような積層加工、エンドミルを使った切削加工、ペンツールを使った印字、レーザー加工などに利用できる．ロボットの質量と可搬質量はそれぞれ、3 kg、500 g であり、PC やスマートフォンによる制御が可能である．また、位置繰り返し精度は、教育用ロボットとしては 0.2 mm と優れている．しかしながら、CAD/CAM とのインタフェイスは提供されていなかったためインタプリタ的に実行できる機能を検討することとした．

Dobot 社が提供する API である Dobot API for MFC (Microsoft Foundation Class) を統合開発環境である Visual Studio 2017 上に実装し、DOBOT 本体を動作させるためのプログラム開発を行った．API とはソフトウェアコンポーネント相互の入出力に使用するインタフェイスのことで、他のソフトウェアと機能を共有できるようにしたデバイスドライバであるが、今回は DOBOT 本体にアクセスするために入力用の `GetPose()` と出力用の `GotoPoint()` という 2 つの関数を主に用いてダイアログベースの CAD/CAM インタフェイスを開発した．`GetPose()` により、現在のアーム先端の位置座標を取得できる．一方、`GotoPoint()` により、指定した位置座標まで PTP モードあるいは CP モードにてアーム先端を移動させることができる．図 3 にはインタプリタ的に実行できる CAD/CAM インタフェイスを搭載した DOBOT を示す．

動作確認のためにイラストレータを用いてアウトラインフォントの Calibri「S」と HGP 行書体「木」をそれぞれ、DXF データに変換した後、3 次元 CAD/CAM Creo Parametric 上に展開した．次に CAM のメインプロセッサを使用してフォントのアウトラインに沿った CLS データを作成した．その後、前章で設計したスプライン補間機能を用いて図 4 のように CLS データ内の隣り合うポイント間を 3 点で補間した．開発したダイアログベースの CAD/CAM インタフェイスでは、`GetPose()` に基づきワーク座標系を設定でき、その原点を基準に CLS データを 1 行ずつ解析しながら `GotoPoint()` 関数を使って DOBOT 本体に出力できるようにした．デザインツールと CAD/CAM を用いて作成した Calibri の「S」と HGP 行書体の「木」を構成する CLS データ内の記述通りに DOBOT 先端のペンを動作させてフォントを描くことで、設計した CAD/CAM インタフェイスの有効性を確認した．図 5 には Calibri フォント「S」の描画風景を示す．



Fig.3 Educational robot DOBOT with a CAD/CAM interface.

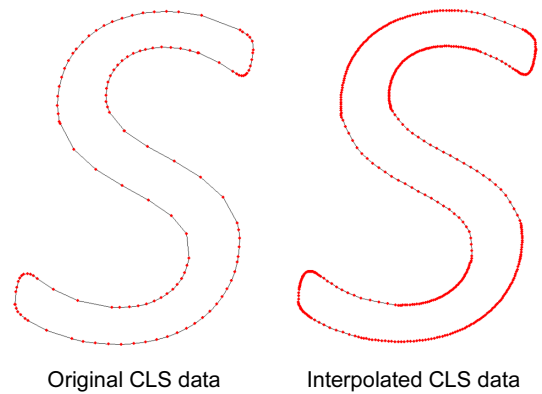


Fig.4 Original CLS data of outline font “S” and Interpolated ones.

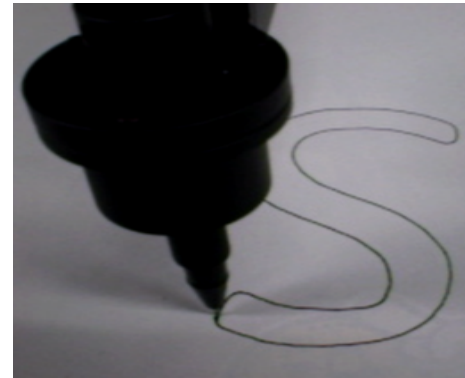


Fig.5 Drawing scene of Calibri font “S”.

4 結 言

本研究では、デザインツールで入力したアウトラインフォントから工具経路である CLS データを作成し、教示レスでロボットを実行させることで開発した CAD/CAM インタフェイスの有効性を確認することができた．今回は教育用ロボットである「DOBOT」を使用した．今後の展開としては標準化のための ORiN ミドルウェアが搭載された DENSO「VS068」のような産業用ロボットでも CAD/CAM インタフェイスを利用できるようにし、有用性を実証しながらベストプラクティスとして教示レスを実現していきたい．

参考文献

- [1] F. Nagata, Y. Okada, T. Kusano, K. Watanabe, CLS Data Interpolation along Spline Curves and Post Processing for FANUC Industrial Robots, *Journal of Institute of Industrial Applications Engineers*, Vol. 5, No. 3, pp. 129–135, 2017.
- [2] 永田, 濱田, 渡辺, ORiN2 SDK を用いた産業用ロボット VS068 の CAD/CAM インタフェイス, 第 18 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集, pp. 1938–1941, 仙台国際センター, Dec. 2017.