

ORiNミドルウェアが搭載された産業用ロボットのための CAD/CAMインタフェース

F118605 鈴木 真太郎
永田研究室

1. 目的

産業用ロボットは現在、様々な生産ラインで利用されているが、本体の機構や性能はほとんど変わらないにもかかわらず、メーカーによって操作方法やインタフェースが大きく異なっている。また、産業用ロボットを利用するには、アーム先端の目標位置と姿勢のデータを多数入力して記憶させる「教示」と、教示されたデータに基づき繰り返し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が、教示を完了するまでに多くの手間と時間を要するといった課題がある。さらに、産業用ロボットをはじめとする様々な多関節型ロボットと、3次元CAD/CAMによって作成された工具経路データとの連携は未だ十分とは言えない¹⁾。本研究ではこれらの課題を解決するために、産業用ロボットとCAD/CAMとのデータインタフェースを開発する。CAD/CAMが生成するCLS (Cutter Location Source) データと呼ばれる国際標準の工具経路を用いた教示レス法を提案し、評価のために2種類の多関節ロボットを用いた軌道追従制御実験、描画実験、さらに加工実験を行い、利用環境及び利用技術の高度化を図る。

2. 研究内容

図1には、本研究でソフトウェア開発を行ったアウトラインフォントを扱うためのスプライン補間、インタプリタタイプのコントローラ、リアルタイム制御が可能なダイレクトサーボの役割を示す。まず、イラストレータのようなデザインツールとCAD/CAMを用いて作成したアウトラインフォントのCLSデータを滑らかに仕上げるために、3次曲線あるいは5次曲線に基づくスプライン補間の機能を開発した。高次のスプライン補間で問題となっていた振動や変形を防ぐための生成条件、すなわち、CLSデータ内の隣り合う2点間の距離と進行方向をチェックすることで、必要な部分にのみ指定された点数の補間を行い、シャープなエッジを残したい部分には補間を行わないといったピンポイント的な適用を可能にしている。これにより、例えば、フォントのオリジナル形状を保持したまま必要な箇所のみ補間点を生成できるようになった。補間点の生成はCLSデータ内にGOTO文で記述される位置・姿勢情報を追加的に書き込むことで行った。

つぎに、作成したCLSデータをロボットが処理できるように図1に示すようなCAD/CAMインタフェースについて検討した。本研究では、教育用ロボット「DOBOT」のためのインタプリタタイプのコントローラと産業用ロボット「VS068」のためのダイレクトサーボという二つのCAD/CAMインタフェースを開発し、評価実験を行った。DOBOTでは、提供されているAPI関数を用いてWindows上で実行できるダイアログベースのインタフェースを開発した。予め設定したワーク座標系を基準とし、CLSデータ内のGOTO文を1行ずつ解析しながら入力用関数であるGetPoseをコールすることで目標となる位置・姿勢情報を取得し、出力用関数であるGotoPointをコールすることでアーム先端の位置・姿勢をCAMの出力イメージ通りに制御できるようにした。また、GetPoseをタイム割込みの中からコールすることで、アーム先端の位置・姿勢をリアルタイムにモニターできるようにしている。もう一つの制御対象であるDENSO製産業用ロボットVS068には、標準化のためのミドルウェアであるORiN (Open Resource interface for the Network)が搭載されており、このORiNに対応したCAD/CAMインタフェースの開発を行った。

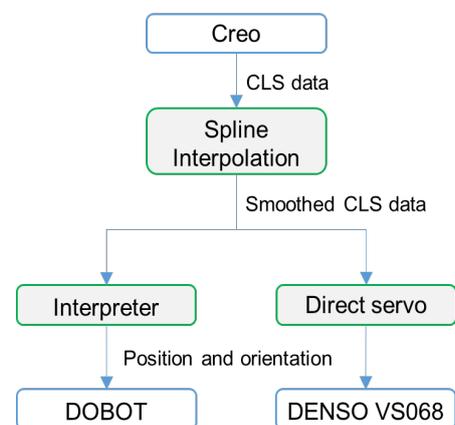


Fig. 1 Proposed robotic CAD/CAM system without using conventional teaching process.

ORiN は、同一のアプリケーションソフトウェアが異なるメーカー、バージョン、ロボット、NC 工作機械などの制御装置の情報を共通的な方法でアクセスできる標準化のための通信インタフェースであるが、現時点では具体的なアプリケーションが少ないという問題がある。開発には ORiN ミドルウェアが提供する API 関数群が含まれる CAO(Controllor Access Object)と呼ばれる開発用インタフェースを用いた。CAO に含まれる多くの関数を検証し、その中からアーム先端の位置・姿勢情報をモニターするための関数である CaoGetPose と、実時間でサーボ系に目標の位置・姿勢情報を与えることができる関数である CaoMove を用いてダイレクトサーボと呼ぶコントローラを開発した。



Fig. 2 Machining scene of outline fonts using industrial robot VS068 with the proposed CAD/CAM interface.

実装した CAD/CAM インタフェースの有効性を検証するために、生成した CLS データを目標軌道にして工具先端の軌道追従制御と図 2 のような切削加工の実験を行った。例えば、VS068 の場合は、Windows の 10 msec 周期の標準タイマを使って CLS データを基に算出したサンプリング時間毎の目標位置 $\mathbf{x}(k) = [x(k) \ y(k) \ z(k)]^T$ と目標姿勢 $\mathbf{o}(k) = [\phi(k) \ \theta(k) \ \varphi(k)]^T$ を UDP パケットで VS068 のサーボ系に直接与えることで、CAD/CAM 上で生成させた工具の動きをロボットアーム先端に再現させることができた。さらに、「b-CAP」と呼ばれるリアルタイム制御のための通信プロトコルを用いることで、1 msec 周期のマルチメディアタイマから正確に位置・姿勢データをロボットに送ることができるようになり、アーム先端の速度量 $\dot{\mathbf{x}}(k)$, $\dot{\mathbf{o}}(k)$ のリアルタイム制御が可能になった。

3. 結果と考察

本研究では教示工程の省略化及びロボットと 3 次元 CAD/CAM との連携のために、2 種類の CAD/CAM ベースのロボットインタフェースを開発した。評価のためにデザインツールで作成したアウトラインフォントから工具経路となる CLS データを生成し、さらにサンプリング時間毎の位置・姿勢情報を算出することで教示を行うことなくロボットによるアウトラインフォントの描画と切削加工を行うことができた。また、提案した条件付きのスプライン補間機能を適用することで、ゴシック系フォントの特徴であるエッジ部分を保持したまま必要な曲線部分のみを滑らかにできるようになった。以上の結果から、開発した二つの CAD/CAM インタフェースの有用性を確認することができた。

参考文献と研究発表

- 1) Fusaomi Nagata, Yudai Okada, Takamasa Kusano, Keigo 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) 鈴木真太郎, 永田寅臣, 渡辺桂吾, 教育用ロボット DOBOT のための CAD/CAM インタフェース, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2018 講演論文集, 2P1-L07(1–2), 2018.
- 3) 鈴木真太郎, 永田寅臣, 渡辺桂吾, 多関節ロボットのための CAD/CAM インタフェース, 日本機械学会 九州支部 北九州講演会講演論文集, pp. 60–64, 2018.
- 4) Shintaro Suzuki, Fusaomi Nagata, Keigo Watanabe, “CAD/CAM Interfaces for Articulated-Type Robots,” *Procs. of 24th International Symposium on Artificial Life and Robotics*, pp. 738–742, 2019.

Abstract

CAD/CAM interfaces are proposed for two types of articulated-type robots. They are an educational robot named DOBOT and an industrial robot named VS068. Two types of robot operating environments that can be used without any conventional teaching processes are presented. In case of the DOBOT, paths called CLS (cutter location source) data are interpretively converted into robot language codes line by line and are given to the robot controller through provided API functions. Also, in case of the VS068, position and orientation vectors calculated based on CLS data are given to the robot controller every sampling time through API functions provided by ORiN middleware. Due to the proposed systems, attractive outline fonts can be easily drawn and engraved without any complicated teaching tasks. The usefulness and validity of the proposed systems are demonstrated through design, drawing and engraving experiments.