

形状認識のためのCNNの設計とデスクトップ型多関節ロボットへの実装

永田研究室 F118050 古田 慧

1. 目的

昨今、人工知能および産業用ロボットの発達により、工場のライン作業等の単純作業は自動化が進んでいる。しかし、産業用ロボットは比較的大型なものが多く、高価である。また、産業用ロボットと CAD/CAM とをソフトウェア的につなぐ汎用的なデータインタフェースは現状存在せず、産業用ロボットを制御するためにはメーカーごとのロボット言語を理解することや、ティーチングを行う等の専門的な知識が必要となり、動作までに多くの時間とコストがかかってしまうといった課題がある。これらの課題を解決するためには、どのメーカーであっても使用できるような共通のロボット言語、インタフェースが必要である。本研究ではユーザ側での機能拡張を可能にする Hyper CLS データ(HCLS データ)を提案し、図 1 のような小型・安価なデスクトップ型多関節ロボットに適用し、ピック&プレース動作の位置決め精度や拡張機能の有用性を確認することで評価を行った。

2. 研究内容

本研究では、MATLAB 上で開発した HCLS データに対応した制御インタフェースを用いて、DOBOT 社の 4 自由度をもつ小型卓上ロボット Magician を動作させることで、HCLS データと制御インタフェースの有用性を評価する。HCLS データは、GOTO 文を先頭に持つ行内に XYZ 座標値、グリッパの回転角度である R 値に続き、ウェイト時間を指定する PAUSE、グリッパのオープンとクローズを指定する GRIPPER、リンク補間用の MOVJ 指令あるいは直線補間用の MOVL 指令を指定する MOV などのステートメントを意味する数値情報を記述できるようにしている。また、基本ステートメントである GOTO 文に加えて、ビジュアルフィードバック(VF)によりオブジェクトの重心位置にグリッパを移動させる VF_CONTROL、CNN により画像に含まれる欠陥を検出できる CNN_DEFECT などの拡張用ステートメントを含ませることができるようにしている。HCLS データおよび制御インタフェースを評価するために、教示再生によるクリアランス 0.9 mm 程度のピック&プレース作業実験、VF による対象となるワークのピッキングの自動化実験、さらに形状の異なる6種類のワークを CNN により分類し、形状ごとに所定の場所にプレースさせる形状分類実験を行う。形状分類実験では、3D プリンタにより図 2 のような 6 種類の形状のワークを製作し、ウェブカメラにより撮影した訓練用画像を用いて CNN (sssNet) を訓練し、同様に用意したテスト画像の分類実験を行い、sssNet の汎化性能を評価した。

3. 結果

まず、ピック&プレース実験では、教示点を細かく調整することや軌道が弧を描く MOVJ ではなく軌道が直線となる MOVL を適用することにより、クリアランスが 0.9 mm 程度の位置決め精度が求められる作業でも長時間安定して実行することができた。次に、VF 制御によるピッキングの自動化実験では、VF により対象となるワークの真上にロボットアーム先端を移動させ、小型ウェブカメラで撮影した画像から角度を推定し、それをもとにグリッパを回転させピッキングを行うといった、一連のピッキング動作を安定的に行うことができた。また、カメラと対象となるワークとの Z 方向の距離の違いにより、XY 平面で実行する VF 制御の望ましいゲインの値が変化したため、試行錯誤的にゲインを微調整することでより滑らかなビジュアルフィードバックの動作を実現することができた。さらに、形状分類実験では、分類を行うために設計した CNN である sssNet により 80 %程度の精度で形状の認識を行い、所定の場所にピック&プレースを行うことが可能となった。実験開始当初は、五角形と六角形、また丸と七角形といった比較的似ている形状に対しては認識精度があまり良くなかったが、訓練画像を増やしたり、形状ごとの訓練画像の枚数を調整したりすることで認識精度を向上させることができた。



Fig. 1 Desktop sized articulated robot.

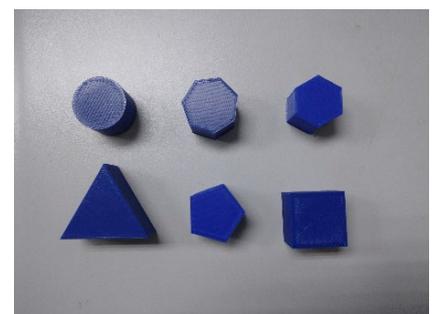


Fig. 2 Workpieces used in picking experiments.