**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イスは現状存在せず，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，インタフェイスが必要である．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イスを用いて，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イ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イ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**

机の上のパソコン機材

低い精度で自動的に生成された説明図形

中程度の精度で自動的に生成された説明　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. 2 Workpieces used in picking experiments.

Fig. 1 Desktop sized articulated robot.