

表面形状によりワークを分類するための 3D CNN の構築と 産業用ロボットへの実装

永田研究室 F121013 大隅 捺央

1. 目的

近年、生産ラインを流れる工業製品の写真をもとに画像処理や CNN の技術を応用して自動的に欠陥検出を行おうとするシステムが多く提案されている。工業製品の分類方法としてカメラで撮影した画像とその画像処理により視覚検査するとき、照明環境を一定に整える必要があり、その都度調整することは困難である。一方、3D カメラは安全な近赤外線光を照射しワークとの距離を測定するため、照明環境の変化に影響されずにデータを取得することができる点で有効である。本研究では、ワークの真上にカメラを設置した限定的な測定状況での物体認識を想定し、表面形状が異なるようなワークを高精度に分類できる 3D CNN の構築と、小型産業用ロボットへの実装方法について検討したので報告する。

2. 実験方法

本研究では 8 カテゴリの表面形状を識別するためにボクセルデータをベースとする 3D CNN を構築し、分類実験およびピック&プレースタスクによりその性能を評価する。実験ではワーク毎にボクセルデータの元データとなる 3 次元点群データ (PCD: Point Cloud Data) を測定するが、PCD には大量の 3 次元情報が含まれているため、効率的な学習処理が困難な場合が多い。このため、PCD をデータ量が圧縮されたボクセルデータに変換することにより、形状の特徴を捉えた上で計算負荷を軽減させることが可能になるものと期待される。まず、0.1~0.2 mm の解像度を持つ 3D カメラ CR-Scan を用いて、3D プリンタで加工した全 80 個のワーク(8 カテゴリ×10 モデル)から STL データを測定し、PCD に変換後、さらにボクセルデータに変換した。準備したボクセルデータを使って 3D CNN を訓練し、基本的な分類性能を評価した。次に、各カテゴリのワークを増やすことで訓練データを拡張し、分類性能がどのように変化するかを評価した。最後に、構築した 3D CNN を小型の多関節ロボットである MG 400 に実装し、ワークの表面形状の特徴の違いから仕分けを行うピック&プレースタスクに適用し、その有用性を評価した。

3. 結果

まず、CR-Scan により作成したワークの表面形状を取得し、Z 軸周りに 1 度ずつ回転させるデータ拡張を施すことで 1 つの PCD あたり 360 の拡張ファイルを得た。80 個のワークから得られた $10 \times 360 \times 8 = 28,800$ 個の PCD を全て $32 \times 32 \times 32$ サイズのボクセルデータに変換した。次に異なる 2 の方法で 28,800 個を訓練データとテストデータに分割し、2 種類のデータセットを準備した。その後、2 つの訓練データで全 12 層からなる VoxNet を学習させ、それぞれのテストデータで分類実験を行ったが十分な汎化性能は得られなかった。このため、各カテゴリに属するワークを新たに 1 つずつ追加工作成し、同様のデータ拡張を行うことで $11 \times 360 \times 8 = 31,680$ 個として評価したところ、汎化性能に改善の傾向が見られた。最後に SDK が利用できる深度センサ Real Sense により直接取得した PCD から構築した 3D CNN を MG400 に実装し、表面形状を認識しながらのピック&プレースタスクに適用し、ロボットシステムとしての有用性を評価したところ、ピックアップしたワークを分類結果に応じて指定した場所にプレースするというタスクを安定的に実行することができた。



Fig. 1 MG400 with a soft gripper to pick various types of shapes.