

日用品の機能に基づく表裏認識を利用した ロボット動作パラメータの自動決定

中京大学 工学部 機械システム工学科
寺沢 拓真 橋本 学

生活支援ロボットには、身の回りのあらゆる日用品を扱うことが要求される。一般に日用品は、同一の種類のものであったとしても形状やサイズにバリエーションを持ち、また、さまざまな姿勢（例：表向き、裏向き）で置かれている。したがって、ロボットが日用品を扱うためには、物体の形状やサイズ、表裏の変化に対応可能なロボットの動作パラメータの決定が要求される。動作パラメータとは、物体に対するハンドのアプローチ位置や方向、動作軌跡のようなロボット動作の実行に必要な情報のことを指す。本研究では、物体の形状やサイズ、表裏の変化に対応可能な動作パラメータ決定手法を提案することを目的とする。

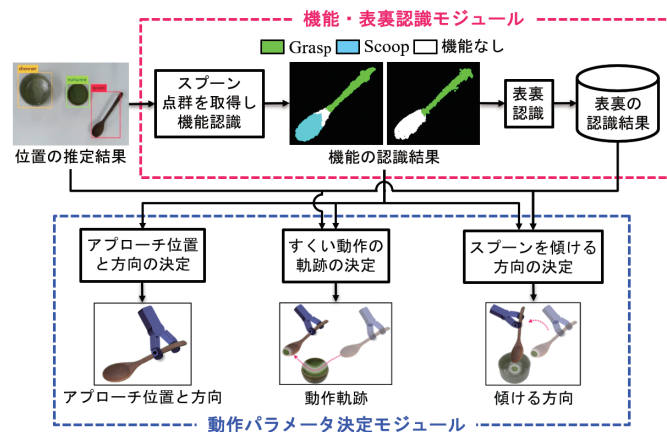


図1 提案手法の流れ

提案手法の流れを図1に示す。本研究では“抹茶をすくって茶碗に入れる”（以下、目標タスクと呼ぶ）というタスクにおける、スプーンの把持、抹茶をすくう、抹茶を茶碗に入れるというロボット動作を扱う。また動作パラメータは、スプーンに対するハンドのアプローチ位置と方向、抹茶をすくう動作の軌跡、抹茶を茶碗に入れる際にスプーンを傾ける方向とする。前処理として、物体検出手法のYOLOを用いてシーン中からスプーンとなつめ、茶碗の位置を推定する。機能・表裏認識モジュールでは、日用品の機能情報を利用して表裏認識をおこなう。まずスプーンの位置の推定結果をもとにスプーン点群を抽出し、3次元点群を入力とするDeep Learningを用いて、スプーンの各点に対して機能（“Scoop”、“Grasp”）を表すラベルを推定する。“Scoop”点群が検出された場合は、スプーンは表向きに置かれていると判断する。これに対して“Scoop”点群が検出されなかった場合は、スプーンは裏向きに置かれていると判断する。動作パラメータ決定モジュールでは、機能ラベルが推定された点群情報と表裏情報、なつめと茶碗の位置の推定結果を利用して各動作パラメータを決定する。まず“Grasp”点群の重心と法線ベクトルを求め、これらをスプーンに対するハンドのアプローチ位置と方向とする。次に“Grasp”重心とスプーン先端の点との距離を求める。求めた距離値と、なつめと茶碗の位置の推定結果をもとに、抹茶をすくう動作の軌跡とスプーンを傾ける方向を決定する。スプーンが裏向きに置かれている場合は、

抹茶をすくう際になつめに対してアプローチする方向や、抹茶を茶碗に入れる際にスプーンを傾ける方向を変化させる。機能ラベルが推定された点群情報と表裏情報を利用して各動作パラメータを決定するため、ロボットは物体の形状やサイズ、表裏の変化に対応できるようになる。

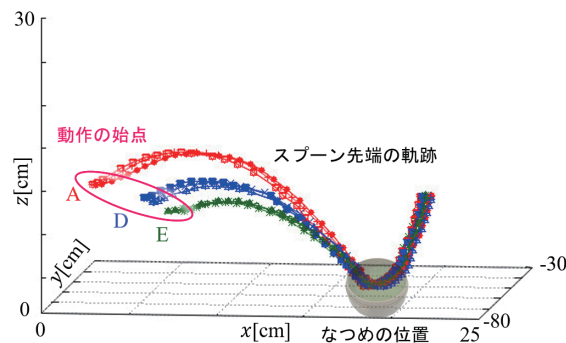


図2 抹茶をすくう際のスプーン先端の軌跡

表1 目標タスクの成功率 [%]

スプーン (全長[cm])	A (15.5)	B (16.0)	C (19.0)	D (20.0)	E (23.0)	平均
表向き	80	80	80	100	93	87
裏向き	80	93	73	93	87	85
平均	80	87	77	97	90	86

実験では形状やサイズの異なる5種類のスプーンを用いて、目標タスクにおけるロボット動作を評価した。各スプーンの全長はそれぞれ、A：15.5cm、B：16.0cm、C：19.0cm、D：20.0cm、E：23.0cmである。実験結果を図2、表1に示す。図2は、スプーンA、D、Eについて、抹茶をすくう動作を5回ずつ実行した時のスプーン先端の軌跡を表している。図中の曲線はそれぞれ、赤：スプーンA、青：スプーンD、緑：スプーンEにおける軌跡である。図2より、どのスプーンにおいても、なつめの位置でスプーン先端の高さが一定となっていることを確認した。これは、提案手法により、スプーンのサイズの変化に合わせて動作軌跡がリアルタイムで自動決定されていることを表している。また表1は、各スプーンについて、目標タスクを30回ずつ（表向き：15シーン、裏向き：15シーン）実行した時のタスクの成功率を表している。なお、抹茶をすくう際とすくった抹茶を茶碗に入れる際に、抹茶をテーブルにこぼすことなくタスクを完遂した場合を成功と定義した。表1より、タスクの平均成功率は約86%であった。各スプーンにおいて、一定の成功率が得られていることから、スプーンの形状やサイズ、表裏の変化に対応可能なロボットの動作パラメータが決定されていることを確認した。

今後は、この技術をロボットに搭載し、お茶立て動作を実現する実証プロトタイプシステムを開発する予定である。