# フードロボットチャレンジの試み

○平井 慎一 松野 孝博 王 忠奎 西田 賢生 古田 晴規 盛影 大樹 宮越 陸矢 名手 一生 草薙 真之介 青山 大樹 村岡 泉 (立命館大学)

## 1. はじめに

近年、食品マニピュレーションに関する研究が進められている。様々なアイデアに基づくハンドを実現するために、ロボットチャレンジを企画した。本稿では、フードロボットチャレンジの試みについて述べる。著者の研究室でフードロボットチャレンジを始めた契機は、2019年のIEEE Humanoidsのワークショップ [1] における議論である。食品マニピュレーションに関する研究者が議論する中で、研究者のコミュニティを拡大する手段として、ロボットチャレンジが提案された。ワークショップに引き続き、2020年のIEEE/RSJ IROS において Forum on Robotic Food Manipulation Challengeを企画した [2]。それに合わせて、チャレンジを研究室内で試みたのが始まりである。

ロボットチャレンジは、教育、ホビーから問題解決、さらには研究の発展まで、様々な目的を設定することができる[3]. したがって、ロボット競技を設計するときには、目的を明確にした上で、1) 誰が参加するか、2) 参加者の専門や専攻、3) 競技の主な課題は何かを決めることが必要となる. 一般に、参加者としては、中学・高校生/学部生/大学院生等が考えられる. 参加者が学生の場合、専攻として機械/電気電子/情報/材料/食品学等の可能性がある. また、競技の主な課題としては、ハンドの設計/センシングや認識/運動計画など、様々な切り口が考えられる.

フードロボットチャレンジの目的は、食品マニピュレーションに関する研究コミュニティの拡大である.ただし、研究室で実施する段階においては、研究室に配属された学部生の導入教育とするという目的が考えられる.したがって参加者としては、1a)研究室に配配された学部生、1b)研究室で活動している大学院生が考えられる.研究室の学生と大学院生は機械システムの設計や試作、制御に関して一定の技術を有している.そこで、競技の課題として、ハンドの設計を対象とした.学生と大学院生はハンドの設計や試作に関する経験が異なることを考慮し、研究室に配属された学部生を対象とするチャレンジと、院生を対象とするチャレンジを試みた.本報告では、ロボットチャレンジに関するこれまでの試みを紹介する.

## 2. ワイン注ぎロボットコンテスト

学部生を対象とするチャレンジが、ワイン注ぎロボットコンテストである。容器に入っているワインをグラスに注ぐ動作を、ロボットに実行させることを目指す。動作が失敗することを考慮して、液体であるワインの代わりにビーズを用いる。ハンドの多用性を評価するために、容器を複数用意する。参加者は、容器を把持するハンドを設計し、試作する。試作したハンドをロボッ



図1 ワイン注ぎロボットコンテストのフィールド





(a) コップ

(b) ペットボトル





(c) 計量カップ

(d) ワインボトル

図2 容器

トマニピュレータに取り付け、ロボットマニピュレータを動作させることにより、容器に入っているビーズをグラスに注ぐ.

ワイン注ぎロボットコンテストのフィールドを,図1に示す。本コンテストでは,ロボットマニピュレータとして,ユニバーサルロボット社の UR5e を用いた。本コンテストでは4種類の容器(図2)を用いた。ペットボトル(図2(b))は四角柱形状,ワインボトル(図2(d))は円柱形状となっている。ワインボトルはガラス製である。コップ(図2(a))と計量カップ(図2(c))は,上方が広く下方が狭い形状である。計量カップは取っ手を有している。各容器にはあらかじめ100gのビーズ(直径6mm)を入れておく。参加者は,試作したハンドを用いて,容器に入っているビーズをゴールグラスに注ぐ、ゴールグラスの下に設置している重量計で,注が

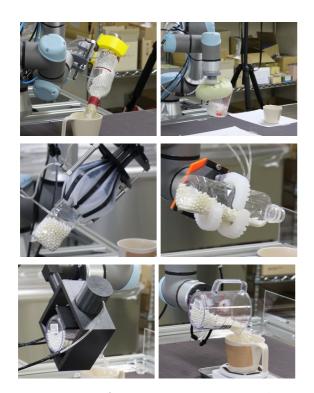


図3 ワイン注ぎコンテストにおけるハンドの試作例

れたビーズの重量を計測する.この重量を得点とする.参加者には、ロボットコンテストの説明会、URマニピュレータの講習会を実施した.さらに、複数の院生に技術アドバイザーを依頼し、参加者からの質問や相談に対応してもらった.参加者は、容器を把持するハンドを設計し、試作する.試作したハンドをURマニピュレータに取り付け、教示によりURマニピュレータの動作プログラムを作る.動作プログラムを再生することにより、注ぎ動作を実現する.教示再生を用いるため、各参加者は容器を定めた位置に置く必要がある.それを支援するために、床面全体に方眼マットを設置した.また、ゴールグラス外にこぼれたビーズがフィールド外に散乱することを防ぐために、フィールドの周囲をアクリル板で囲った.

ワイン注ぎロボットコンテストにおいて試作されたロボットハンドの例を、図3に示す. プリーツ構造ソフトハンド, ジャミングハンド, 包みグリッパー, 環状シェルグリッパー, 吸着ハンドなど, 様々な形態のハンドが使われた.

これまでのワイン注ぎロボットコンテストでは、ハンドの設計・製作が課題であり、容器やゴールグラスの位置は事前に与えていた。今後は、容器の位置をランダムに与え、容器の位置をセンサで計測し、ロボットマニピュレータを駆動するという課題を考える。そのとき、標準的なハンドを指定し、センシングと運動計画を課題とするという試み、ハンドの設計・試作、センシング、運動計画すべてを課題とするという試みが考えられる。

# 3. 食品ハンドリングロボットコンテスト

大学院生を対象とするチャレンジが, 食品ハンドリングロボットコンテストである. 形状や特性の異なる



図4 食品ハンドリングロボットコンテストのフィールド



図5 食品サンプル

様々な食品を把持することを目指す. コンテストの条件を可能な限り一定にするために,食品サンプルを用いる.参加者は,複数の食品サンプルを把持するハンドを設計し,試作する. 試作したハンドをロボットマニピュレータに取り付け,ロボットマニピュレータを動作させることにより,食品サンプルを把持する.

食品ハンドリングロボットコンテストのフィールドを、図4に示す。本コンテストでは、ロボットマニピュレータとして、ユニバーサルロボット社の UR5e を用いた。本コンテストでは10種類の食品サンプル(図5)を用いた。食品ハンドリングの実験において用いる食品サンプルは、ハンドリングに影響を与える要素、すなわち重量や柔らかさ、表面特性等を再現していることが望ましい。図に示すエラストマー製の食品サンプルは、形状や色のみならず重量や柔らかさ、表面特性を実物に似せて製作されている。

参加者は、食品ハンドリングに関する研究を進めている大学院生であり、それぞれが研究において設計・試作したハンドを用いてコンテストに臨んだ。試作したハンドをロボットマニピュレータに取り付け、教示により UR マニピュレータの動作プログラムを作る。テーブルの上に置かれた 10 種類の食品サンプルを持ち上げ、トレー内に置く。動作プログラムを再生することにより、食品サンプルのピックアンドプレースを実現する。

食品ハンドリングロボットコンテストにおいて試作



図6 ハンドリングコンテストにおけるハンドの試作例

されたロボットハンドの例を、図6に示す.バインディングハンド、平行シェルグリッパーなど、様々な形態のハンドが使われた.

これまでの食品ハンドリングロボットコンテストでは、ハンドの設計・製作が課題であり、食品サンプルの位置やトレーの位置は事前に与えていた。今後は、食品サンプルの位置をランダムに与え、食品サンプルの位置をセンサで計測し、ロボットマニピュレータを駆動するという課題を考える。また、食品サンプルの種類を増やすことにより、より多様な食品の把持を目指す。食品サンプルに関しては、本講演会でフォーラム「食品サンプル規格標準化~食品業界のDX・自動化推進に向けて~」が企画されている。フォーラムでの議論を踏まえて、今後の食品ハンドリングロボットコンテストで用いる食品サンプルを設定する予定である。

#### **4.** おわりに

本稿では、フードロボットチャレンジとして実施した、ワイン注ぎロボットコンテストと食品ハンドリングロボットコンテストの試みを述べた. 過去2回のコンテストは、参加者が研究室内に限定されていた. 現在、山形大学でもワイン注ぎロボットコンテストを進めている. 将来的には、国内のコンテスト、国際的なチャレンジに発展させたい.

謝辞本コンテストは、内閣府が進める「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期/フィジカル空間デジタルデータ処理基盤」(管理法人:NEDO)による支援を受けた。

### 参考文献

- [1] Workshop on Robotic Food Manipulation https://sites.google.com/view/robotcook19/, IEEE Humanoids 2019
- [2] Forum on Robotic Food Manipulation Challenge https://sites.google.com/view/robotcook20/, IEEE/RSJ IROS 2020
- [3] 特集: 教育・技術開発の場としてのロボットコンテスト, 日本ロボット学会誌, Vol. 38. No. 9, 2020