

# 身体拡張認識に基づくロボットアーム制御と食事介助

松田 輝<sup>†</sup> 村田 圭<sup>†</sup> 三枝 亮<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 神奈川工科大学 創造工学部

## 1 はじめに

近年, 障害者の自立支援において, 介助ロボットへの期待が高まっている. 脳や頸椎の損傷による重度な麻痺患者は単独で食事を行うことが難しく, 介護従事者や家族による介助が不可欠となる. これまでの研究では, 利用者がジョイスティックでアームを操作して食物を口元へ運ぶ方法や, ロボットが自動で食物と利用者を認識して専用フォークで食物を口元に運ぶ方法 [1, 2] が提案されている. しかしながら, 現状の食事介助ロボットでは食物の状態認識が十分に検討されておらず, 食物を食べやすい大きさや形状にあらかじめ細断して提供する場合が多い. 障害者の食事の満足感を高めるためには, 介助ロボットが, 自然な状態にある食物をカトラリーで調整して提供できることが望ましい.

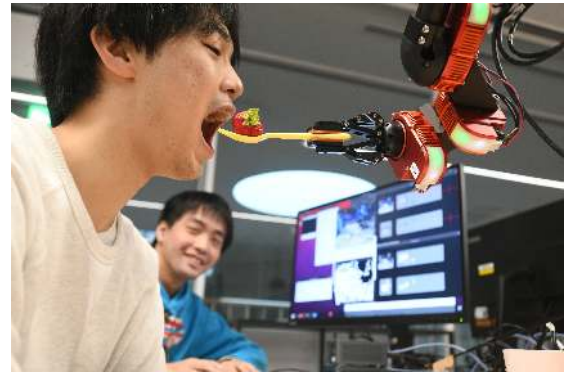


図 1: 食事介助ロボット

## 2 食物の状態推定

本研究では, 障害者や高齢者の食事介助を目的として, 食事介助ロボットが能動的に食物の状態を推定する方法を提案する. 本システムはロボットがカトラリーを拡張身体として認識し, カトラリーを介して食物を操作する. 食物の体積と長径を推定して食べやすさを判定し, 食べやすい状態にある食物を口元へ運搬する. 食べやすさの判定は, 食物の大きさや形状に関する感性評価の結果に基づいて行う. 食事介助ロボットと食物の状態推定のフローを図 1, 図 2 に示す.

本システムでは, ロボットアームがフォークで食物を操作し, 深度カメラで食物の表面を観察する. フォークで食物を操作することで, 物体認識におけるオクルージョンの問題を解決する. ロボットアームは, まず, カトラリーを把持してカトラリーを自己の拡張身体として認識する. 次に, カトラリーで食物を保持してカトラリーを回転する. 回転する度に食物の表面上の 3 次元点群を取得し, 食物の体積と長径を推定する.

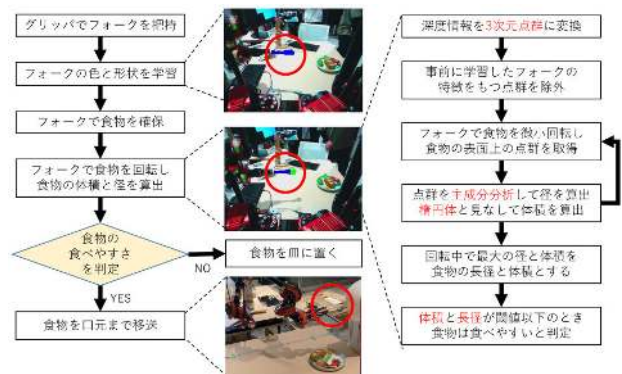


図 2: カトラリー操作による食物の状態推定

食物の体積と長径は, 次式を用いて推定する.

$$t_{k(i)} = \mathbf{e}_k \cdot (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}}), \quad (1)$$

$$l_k = \max_i |t_{k(i)}|, \quad (2)$$

$$V = \frac{4}{3} \pi l_1 l_2 l_3. \quad (3)$$

ここで  $\mathbf{x}_i$  は 3 次元点群の  $i (= 1, \dots, n)$  番目の点の座標,  $\bar{\mathbf{x}}$  は 3 次元点群の平均,  $\mathbf{e}_k$  は 3 次元点群を主成分分析して得られる  $k (= 1, 2, 3)$  番目の固有ベクトルを表す. なお, 固有値は  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3$  とする.  $l_k$  は 3 次元点群を  $\mathbf{e}_k$  に射影した影の長さの最大値を表す. 食物を楕円体と見なして現在の姿勢の体積と長径  $V, l_1$  を算出し, 回転による最大値を食物の体積と長径とする.

### Robot Arm Control Based on Augmented Body Recognition for Feeding

Akira MATSUDA<sup>†</sup>, Kei MURATA<sup>†</sup>, Ryo SAEGUSA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Faculty of Creative Engineering, Kanagawa Institute of Technology, 243-0203, Shimoogino 1030, Atsugi, Japan  
 {akira.matsuda, kei.murata, ryo.saegusa}@syblab.org

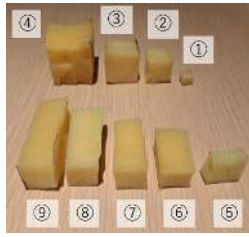


図 3: 食物の代替として用いたスポンジ

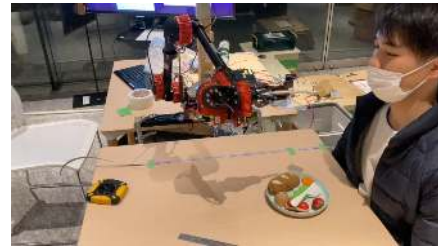


図 5: 食物提供時の安心感に関する実験

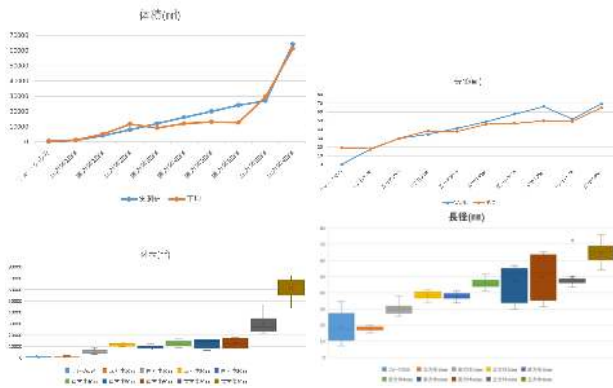


図 4: 体積と長径の実測値と推定値の平均値 (上段左, 上段右), 及び, 体積と長径の推定値の標準偏差 (下段左, 下段右)

### 3 実験

食物の状態推定の機能を検証するため, 体積と長径の推定制度に関する実験を行った. 本実験は, 実験室環境で食物の代替としてスポンジを用いて行った. 実験に用いたスポンジを図 3 に示す. 実験に用いたスポンジは, 1 辺が 10mm から 40mm まで 10mm 刻みの立方体 4 個と, 2 辺が 20mm で残りの 1 辺が 10mm から 60mm まで 10mm 刻みの直方体 6 個の合計 10 個とし, 各対象について 10 回ずつ体積と長径を推定した. 推定値と実測値の比較を図 4 に示す. 体積については立方体の方が実測値に近い値となった. 体積が大きくなるほど標準偏差が大きく, 推定の信頼度が低下することが分かった. 長径についても同様の傾向が得られた. 推定誤差の主な要因は, 対象物の影の部分がフォークの一部として除外されたためであった.

次に, 食事介助ロボットの現場への適用に向けて, 食事提供時の安心感に関する実験を行った. 本実験は, 2022 年 11 月に神奈川県海老名市の文化会館を訪れた 50 代から 80 代の 5 名と 10 代から 20 代の 4 名を被験者とした. 実験では, フォークを把持したロボットアームを口元に向かって動かし, 恐怖を感じた際の距離を

表 1: フォークの接近により恐怖を感じた距離

		無し	10cm	20cm	30cm	40cm
高齢層	スポンジあり	100%	0%	0%	0%	0%
若年層	スポンジ無し	75%	0%	0%	25%	0%

回答させた. 口元とフォークの距離は 40cm から 10cm までの 10cm 刻みとし, 毎回離れた位置にフォークを戻してから近づけた. フォークの先端が食事者へ恐怖を与える可能性を考慮して, フォークにスポンジを保持した状態と何も無い状態の 2 条件で行った. 実験環境と実験結果を図 5 と表 1 に示す. 高齢層と若年層のいずれも恐怖をあまり感じなかった. 実験後のアンケートでは, 目の高さに達した時に恐怖を感じた, アームの速度が遅く恐怖を感じない, モータ音が怖い, などの回答があり, アームの速度やモータ音の検討が必要であることが分かった.

### 4 まとめ

本研究では食事介助ロボットが能動的に食物の状態を推定する方法を提案した. 食物の体積と長径の推定精度の検証では, 良好な結果が得られた. また, 食事提供時の安心感に関する実験では, アプローチの際の速度やモータ音について, 検討の必要性が示唆された. 今後は, 食事の進行状況を認識して, プレート上から適時に食物を提供する機能の実現を目指す.

#### 謝辞

本研究にご協力いただきました小田原福祉会の時田佳代子理事長と関係各位に御礼を申し上げます. 本研究は神奈川県工科大学先進技術研究所の助成を受けた.

#### 参考文献

- [1] 石井 純夫, 食事支援ロボット「マイスプーン」, 日本ロボット学会誌, 21(4), pp.378-381, 2003.
- [2] Feng, Ryan, et al., Robot-assisted feeding: Generalizing skewering strategies across food items on a plate, Inter. Symp. of Rob. Res., Springer, Cham, 2019.