

イラストを入力とする知育菓子向け可食ロボット開発支援システム

A development support system for edible robots
for educational food using illustrations as input今野 嘉乃¹⁾ 小川 純¹⁾

Kano Konno Jun Ogawa

1 はじめに

可食ロボット (Edible robots) という分野は生分解性、生物学的適合性、環境持続性を持ち、低毒性または無毒性の食用素材を使ったロボットのアーキテクチャと定義されている [1]。現在までに、圧縮したポン菓子を翼としたドローン [2] や、食べ物と動きの関係に注目した空気圧駆動のロボット [3]、咀嚼機能の改善などへの応用が考えられるトラス型構造 [4] なども研究が行われている。2025 年大阪万博スイスパビリオンにおいて、空気圧駆動のテディベア型のロボットと食べられる充電式電池が使われている RoboCake の試食会も行われた [5]。

このように広がりを見せる分野である可食ロボットだが、一般社会における認知度は依然として高いとは言えない。飲食店における注文受付ロボットなどのサービスロボットに関しては、大規模での調査が行われ、報告がなされている [6] のに対し、可食ロボットについては、社会的認知度や、市民の受容性に関する調査結果は現時点で確認できなかった。

可食ロボットの社会的普及を促進するためには、親しみやすく、身近な導入手段を作成することが有効と考える。化学の分野において、一般社会に親しまれているものとして、知育菓子が挙げられる。幼稚園児の間食についてのアンケート [7] において、知育菓子を親から買い与えられた経験がある児童が全体の 82.5% であったことから、知育菓子は一般的に親しまれていると言える。

本研究では知育菓子に着目し、可食ロボットを自作可能とする開発支援システムの構築を目指し、一部の自動化を実現した。具体的には、魚がまな板の上ではねる動きを模倣した可食ロボットの作成を対象とし、STL ファイルと Word 形式の設計手順書を出力するシステムを作成した。このシステムには、ユーザが内部構造の一部を操作できるインタフェースも含まれている。ユーザが決定権をもつという点が、知育菓子の「作ることへの参加・介入性」を反映した部分になっている。

2 可食ロボット開発支援システム

本章では、図 1 に示した目標となる知育菓子向け可食ロボット開発支援システムの概要案について述べる。システムの対象者は主に初学者や児童であり、可食ロボット製作を体験できることを目的としている。全 5 段階で構成されており、以下のようにになっている。

- Step1. イラスト入力
- Step2. 入力されたイラストを TRELIS で 3D モデルに変換
- Step3. 出力・操作可能なビューワで 3D モデルを表示
- Step4. 駆動器具を入れる部分を決定
- Step5. 動かしたいものと駆動器具の 3D モデル、設計手順書を出力

1) 山形大学 Yamagata University

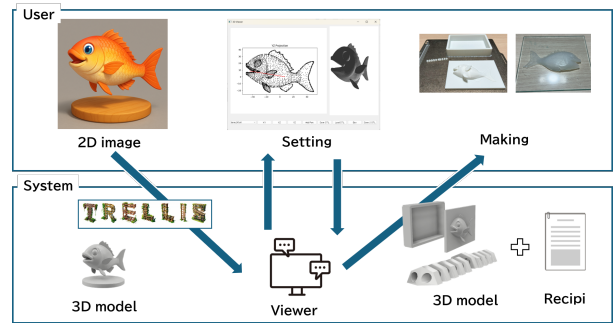


図 1 知育菓子向け可食ロボット開発支援システム案

ユーザの入力が必要な段階としては、Step1 イラスト入力と Step4 駆動器具を入れる部分の決定である。イラスト入力については、入力をイラストにすることによって、幅広い年代がシステムを利用可能とした。駆動器具を入れる部分の決定については、ユーザが希望する箇所に駆動器具を設置することで、意図した動作を実現可能となっている。作ることへの参加・介入性について、このステップが担っている部分大きい。上記 2 ステップ完了後、自動生成される手順書に沿って作業を行うことで、可食ロボットが製作できる構成となっている。Step2 で使用されている TRELIS [8] とは、3D アセット生成モデルであり、Structured LATent (SLAT) と SLAT 向けにカスタマイズされた Rectified Flow Transformers が基盤となっている技術である。入力はテキスト、画像のどちらにも対応している。

将来的には多くの駆動が選べるようにする想定ではあるが、今回は魚がまな板で跳ねる動きを模倣する駆動だけに限定したシステムとなっている。今回は TRELIS で作成した 3D モデルに対し、駆動しやすくするために魚を半身状に加工 (縦方向に分割) している。加工処理は自動化されておらず、手動での対応となっている。

本研究では、Step3-5 をビューワという形で実現した。次章では、実装の流れについて述べる。

3 駆動器具設置ビューワ

今回実現したものは、入力を 3D モデルとし、出力として、動かす対象および駆動器具の 3D モデル、設計手順書を生成する 3D ビューワである。図 2(A) が 3D ビューワの GUI になっている。左側の画面が、駆動器具をどこに置かかを定める 2D 表示、右側は 3D ビューワになっている。

操作方法としては以下の流れになっている。

- Step1. 駆動器具を置きたい場所に線を引く (始点と終点をクリックで選択)
- Step2. 「Add Part」ボタンを押す。線を引いた部分に駆動器具が追加された状態に 3D ビューワが更新される。
- Step3. 「Box」ボタンを押す。今回の可食ロボットを作る過

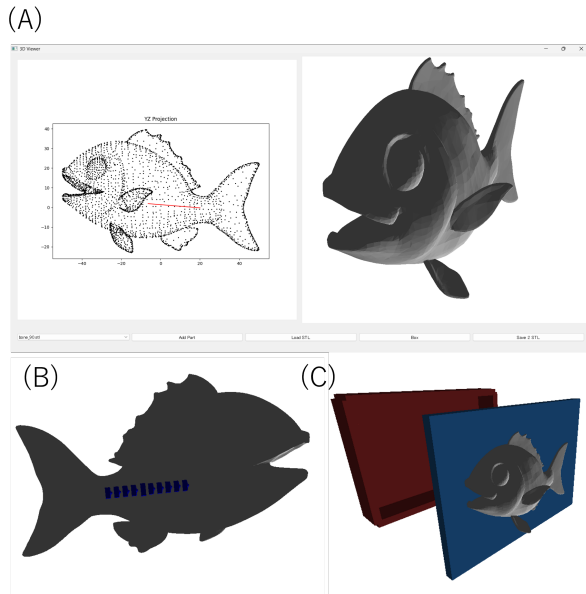


図2 (A)ビューワのGUI, (B)Step2 実行時の3Dビューワ, (C)Step3 実行時の3Dビューワ

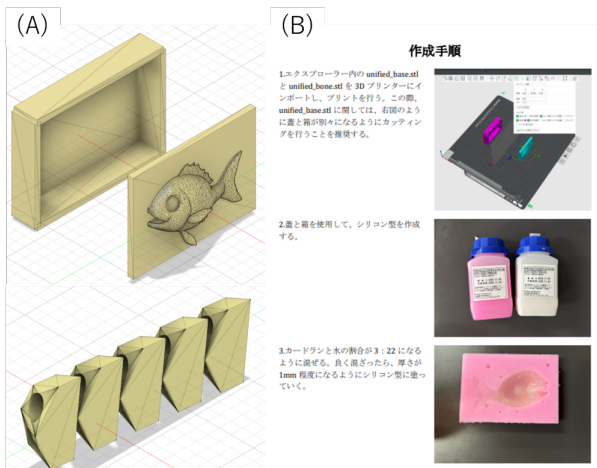


図3 (A)Fusion360で表示したStep4で出力されるstlファイル, (B)Step4で出力される設計手順書

程にシリコンによって型を作る過程が必要になるため、シリコン型を取るための型を作成する。

Step4. 「Save 2 STL」 ボタンを押す。シリコン型の型と駆動器具の2つの3Dモデルがstlファイルとして出力される。同時に設計手順書がWordファイルとして出力される。

Step4. の出力結果の例を図3に示す。このビューワを使うことで、元のモデルごとにシリコン型の型を調節する手間や、駆動器具を作成する手間を省くことが可能になっている。

4 可食ロボットとしての動作確認

今回は魚のはねる動きの中でも、尾が動く様子を作成するべく、駆動器具は魚体の中心から尾に配置した。ビューワによって生成される設計手順書の通りに作成した魚型の可食ロボットを図4に示す。設計手順の通りに作製することによって、魚型を再現することは可能で

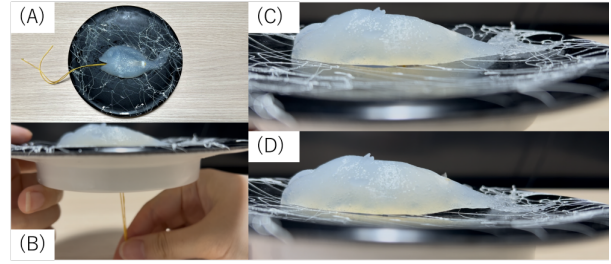


図4 (A) 設計手順通りに作成した魚型可食ロボット, (B) 引張駆動による動きを見るために、中心に穴の開いている皿を使用。穴から紐を引っ張る, (C) 紐を引っ張っていない状態, (D) 紐を引っ張っている状態

あった。動きに関して(C)(D)で表されるように、動きの大きなロボットではないが、小さな動きは行うことができた。今回の結果になった理由として、駆動器具の配置が適切でなかった可能性がある。引張時に器具同士が適切にかみ合わずに、可食ロボットの端部へ力の伝達が想定どおりに行われなかったと推測される。その他の要因として、可食ロボットを配置した皿に糸を通すための穴が開いているが、穴が駆動器具よりも大きく、引張時に器具が下方方向に傾いていたことも挙げられる。

5 おわりに

本研究では、可食ロボットの一般的な認知度を向上させるための開発支援システムを考え、一部を実現した。加えて、実際に実現した部分を利用して可食ロボットを作成し、動きを確認した。今回の結果から、開発支援システムの作成自体が可能と分かった。可食ロボットの駆動器具の造形、設置方法については改良の余地が大いにあることも同時に分かった。今後の展望として、ユーザがイラストと駆動器具の位置を入力するだけで、可食ロボットの作成材料が出力されるという完全なシステムの構築を行う。加えて、よりより駆動を行うための工夫探求も同時に進めていく所存である。

参考文献

- [1] Shintake, Jun, et al. "Soft pneumatic gelatin actuator for edible robotics." 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). IEEE, 2017.
- [2] Kwak, Bokeon, et al. "Towards edible drones for rescue missions: design and flight of nutritional wings." 2022 Ieee/Rsj International Conference On Intelligent Robots And Systems (Iros). IEEE, 2022.
- [3] Nakata, Yoshihiro, et al. "Exploring the eating experience of a pneumatically-driven edible robot: Perception, taste, and texture." Plos one 19.2 (2024): e0296697.
- [4] 多田隈建二郎, et al. "可食ロボット用全周開張式トラス機構." ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2017. 一般社団法人日本機械学会, 2017.
- [5] EPFL, Robotics meets the culinary arts, <https://actu.epfl.ch/news/robotics-meets-the-culinary-arts/>, 2025.(2025年6月11日参照)
- [6] Yoganathan, Vignesh, et al. "Societal attitudes toward service robots: adore, abhor, ignore, or unsure?." Journal of Service Research 28.1 (2025): 93-111.
- [7] 三善陽子, et al. "幼稚園児の間食(おやつ)に関するアンケート." 研究紀要 14 (2024): 177-183.
- [8] Xiang, Jianfeng, et al. "Structured 3d latents for scalable and versatile 3d generation." Proceedings of the Computer Vision and Pattern Recognition Conference. 2025.