



～なんでも食感生成～ VR レストラン「Yummyverse」

水野 智紀²⁾, 張替 琢生¹⁾, 須賀 紅葵¹⁾, 遅 傑文¹⁾, 松本 康利¹⁾, 飯柴 遼¹⁾,
向原 蒼葉¹⁾, 藤野 創¹⁾, 土門 巧¹⁾, 北島 大輝³⁾, 下小路 航¹⁾, 磯本 惣太郎¹⁾

1) 東京農工大学工学部 (〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16)

2) 東京農工大学農学部 (〒183-8509 東京都府中市幸町 3-5-8)

3) 東京農工大学工学府 (〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16)

概要: 食事は QOL に不可欠だが、嚥下障害や生活習慣病など食の課題が増加している。その解決策の一つとして VR を用いた食体験向上が注目されているが従来の技術では食品ごとのデータ収集に限界があり、特定の食品に限定される問題があった。本稿では、生成 AI が任意の食品の視覚・聴覚・触覚データを生成し、データ制約を克服する。これにより、汎用的な仮想食体験システムを構築し、食事困難者の QOL 改善や、空想の食品を含む多様な食体験の実現といった貢献を目指す。

キーワード: 生成 AI, ウェルビーイング, 食感再現,

1. はじめに

食事は生命維持に不可欠な営みであり、現代においては単なる栄養補給にとどまらず、味覚、視覚、食感を通じて心を満たす豊かな体験としての役割も担っていると言える。そのため、食事体験の質の低下は、生活の質 (QOL) に大きな影響を及ぼすことは想像に難くない。

近年、少子高齢化の影響により嚥下障害を持つ患者が増加傾向にあると報告されている[1]。加えて、肥満や摂食障害など、生活習慣の変化に起因する食の問題も顕在化しており[2, 3]、これらはウェルビーイング向上における大きな課題である。これらの課題に対し、仮想現実 (VR) を活用して食体験を向上させる研究が数多く提案されてきた。例えば、拡張現実 (AR) によって食品の見た目を変えることで味覚に変化を与える手法や[4]、筋電気刺激、振動、咀嚼音などを提示して食感を再現・向上させる技術が開発されている[5, 6, 7]。しかし、これらの既存技術は、食品ごとに詳細なデータ (見た目、匂い、食感など) を必要とし、そのデータ収集には限界がある。結果として、多くの研究がデータを取集することのできた特定の食品に限定されてしまうという課題が存在する。そこで本作品では、生成 AI を用いて任意の食品に関する食感データ (視覚、聴覚、触覚) を推定・生成することにより、データ収集の制約を克服する汎用的な仮想食体験システムの構築を目指す。本システムは、食事制限のある人々の QOL 向上に寄与するのみならず、例えば「ドラゴンの肉」のような空想上の食品に対してもリアルな食体験を提供可能とし、エンターテインメント分野における新たな食体験の創出にもつながることが期待される。



図1, コンセプトアート

2. システム構成

この章では、システムの全体像について説明する。一つ目は図 2 に示される、食感データ生成システム、二つ目は図 3 に示される、食感提示システムである。

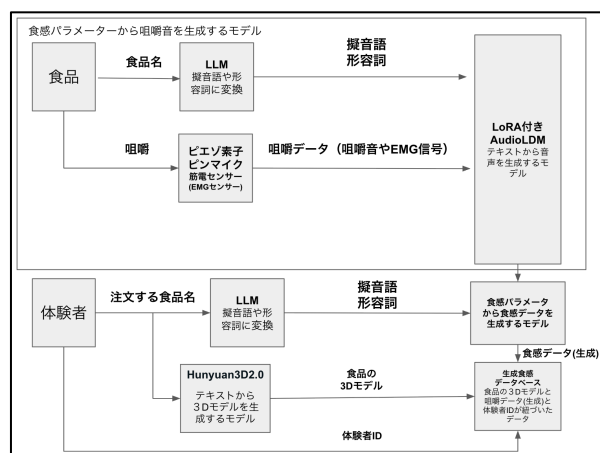


図 2: 食感データ生成システム概要図

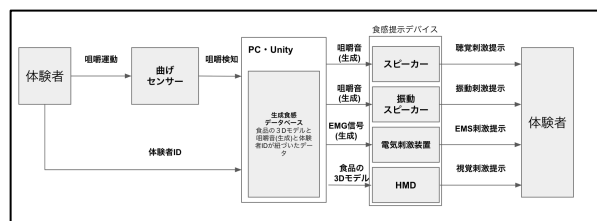


図 3: 食感提示システム概要図

2.1 食感データ生成システム

本システムは、食品名を入力とし、咀嚼音、筋電(EMG)信号、食品 3D モデル生成する多モーダル食感データ生成基盤である。まず、大規模言語モデル(LLM)を用いて食品名を「パリッ」「もちもち」「とろり」などの擬音語・質感形容詞へ正規化し、中山らの触覚生成モデル[8]を発展させた LoRA 付き AudioLDM [9]で学習することで、テキスト条件付きで咀嚼音と EMG を同時生成できるモデルを構築する。一方、視覚提示については、食品名と同一プロンプトをテキストから 3D モデルを生成することのできるモデルである Hunyuan3D2.0 [10]に投入し 3D 表現を自動生成する。最終的に[食品名から“食感・音・筋電・見た目”]がそろった生成食感データベース」を生成する。

2.2 食感データ生成システム

本システムは、体験者が実際に食品を口にしないで「噛んでいる感覚」を多感覚で再現することを目的とするリアルタイム食感提示基盤である。体験者 ID をキーに生成食感データベースを検索し、対象食品の 3D モデル、生成咀嚼音、生成 EMG 信号を取得し、体験者に装着した食感提示デバイスの曲げセンサーが咀嚼動作を検出すると、各食感データをもとにした感覚提示を行う。行う感覚提示を以下にまとめる。

聴覚刺激提示:生成した咀嚼音はヘッドセットに送られ、聴覚的に「パリッ」「もちっ」といった食品固有の音質を再現する。

振動刺激提示:低域振動成分（同一咀嚼音のフィルタリング）低周波帯域のみを抽出し頬とスプーンに装着された振動スピーカーから出力することで、歯や顎骨を伝わる固有振動を再現し、触覚的な「噛みごたえ」を付与する。

EMS 刺激装置:AudioLDM で同時生成された筋電波形を電気刺激装置（EMS）に送り、咬筋付近へ微弱な電気刺激を与えて咀嚼時の筋収縮感を擬似的に提示する。

視覚刺激提示:unity を使い HMD（MetaQuest3）からテーブル上の皿の上の AR コードを取得して重ねる様食品の 3d モデルを出力し、対象食品の外観を視覚提示する。

2.3 使用するデバイス

聴覚刺激提示・咀嚼音の録音

- ・エレコムヘッドセット-HSFBE01USV

振動刺激提示

- ・ビットトレードワン触感デバイス開発/体感モジュール“hapStak”

EMS刺激提示

- ・研究所所蔵25ch電気刺激装置

視覚刺激提示

- ・MetaQuest3

EMG計測

- ・MyoWare2.0マッスルセンサ開発キット
- ・ArduinoUNOR4

振動計測

- ・ピエゾ式コンタクトマイク-AD35
- ・M-AudioUSBオーディオインターフェース

咀嚼検知

- ・ESP32-DevKitC-32E開発ボード
- ・センシアテクノロジー社製曲げセンサー-SENSIA-BS-65

2.4 体験の流れ

1. 体験前の事前準備

- 1.1ユーザーが専用フォームに食べたい料理名を入力する。
- 1.2体験者IDを発行し食感データとの紐付けや整理番号として活用する
- 1.3食感データの生成が終了し体験の順番が近づいてきたら呼び出し。

2. 体験

- 2.1体験者IDを入力
- 2.2HMDと食感提示デバイスを装着する
- 2.3フードドームを開けるとIDに対応する料理の3Dモデルを出現させる。(図4)
- 2.4専用スプーン(先端は使い捨て)でモデルを掬い口に入れそのまま咀嚼する。

- 2.5咀嚼に連動して専用スプーンと食感提示デバイスから食感提示を行う。

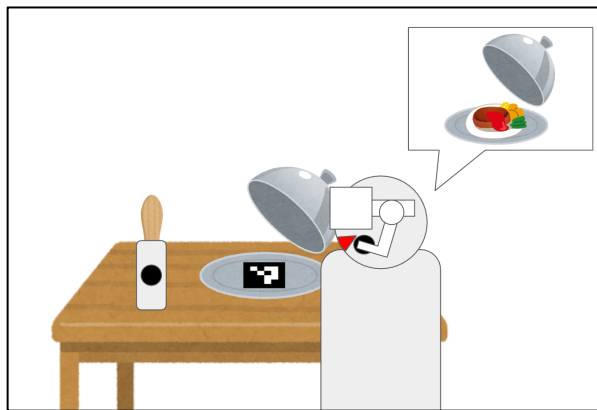


図 4, 予想される体験の様子

2.5 体験中の安全配慮

- ・体験者の口に入るスプーン型振動提示デバイスは衛生面に配慮し個包装の木製スプーンをアタッチメントとして付け替える事ができる構造とする。
- ・EMS刺激に関しては安全面に考慮しつつ行うために、JISの安全基準（JIST0601-2-10）[11]に則り、提示する電気刺激の電圧は20V以内とする。

参考文献

- [1] 公益社団法人全国国民健康保険診療施設協議会, “摂食嚥下障害のある患者の胃ろう造設, 転帰, ならびに胃ろう造設患者に対する口腔ケアの実施効果に関する調査研究事業,” 2013 年 3 月.[オンライン].利用可能 :https://www.kokushinkyo.or.jp/Portals/0/Report-houkokusyo/H24/H24%E8%83%83%E3%82%8D%E3%81%86%E3%81%AE%E3%82%B1%E3%82%A2_%E3%82%B5%E3%83%9E%E3%83%AA%E3%83%BC.pdf. [アクセス日:2025 年 5 月 23 日].
- [2] 厚生労働省, “令和 5 年『国民健康・栄養調査』の結果,” 厚生労働省, 2024 年 11 月 25 日.[オンライン].利用可能 :https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_45540.html. [アクセス日:2025 年 5 月 23 日].
- [3] 井ノ口美香子, “やせに関わる諸問題-わが国における現状と近年の話題-,” 慶應保健研究, vol.37, no.1, pp.99-103, 2019.[オンライン].利用可能 :<https://www.hcc.keio.ac.jp/ja/research/asettts/files/37-15.pdf>. [アクセス日:2025 年 5 月 23 日].
- [4] 中野萌土, 鳴海拓志, 酒田信親, 清川清, “麺類を対象とした視覚変調による味覚操作インタフェースの有効性評価,” 第 23 回日本バーチャルリアリティ学会大会講演論文集, 21B-1, 2018 年 9 月.[オンライン].利用可能 :<https://conference.vrsj.org/ac2018/program2018/pdf/21B-1.pdf>. [アクセス日:2025 年 5 月 23 日].
- [5] 新島有信, 武田十季, “音楽のように“食感”を気軽に楽しむ『FoodMixer』,” NTT サービスエボリューション研究所, 2020 年 9 月 25 日.[オンライン].利用可能 :<https://www.rd.ntt/research/NICO20200807.html>. [アクセス日:2025 年 5 月 23 日]
- [6] 新島有信, 小川剛史, “電氣的筋肉刺激を用いたバーチャル食感提示手法に関する検討,” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol.21, no.4, pp.575-583, 2016.[オンライン].利用可能 :https://doi.org/10.18974/tvrsj.21.4_575. [アクセス日:2025 年 5 月 23 日]
- [7] 後藤隆太, 柳英克, “聴覚刺激提示デバイスを利用した新たな食体験の提案,” 情報処理学会インタラクション 2021 論文集, セッション 1A16, 2021 年 3 月.[オンライン].利用可能 :<https://www.interaction-ipsj.org/proceedings/2021/data/pdf/1A16.pdf>. [アクセス日:2025 年 5 月 23 日]
- [8] akeuchi, T. Ogawa, and A. Nijima, “A Method for Generating Tactile Sensations from Textual Descriptions Using Generative AI,” in Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'24), Honolulu, HI, USA, Apr. 2024, pp.1-10.[オンライン].利用可能 :<https://doi.org/10.1145/3681756.3697870>. [アクセス日:2025 年 5 月 23 日]
- [9] H.Liu, “AudioLDM: Generates speech, sound effects, music and beyond, with text,” GitHub, 2023.[オンライン].利用可能 :<https://github.com/haoheliu/AudioLDM>. [アクセス日:2025 年 5 月 23 日]
- [10] Tencent-Hunyuan, “Hunyuan3D-2: High-Resolution 3D Assets Generation with Large Scale Hunyuan3D Diffusion Models,” GitHub, 2025.[オンライン].利用可能 :<https://github.com/Tencent-Hunyuan/Hunyuan3D-2>. [アクセス日:2025 年 5 月 23 日]
- [11] 日本工業規格 JIS T0601-2-10, 2015.