

Chewing Percussion

-咀嚼動作の筋電運動による演奏インターフェースと多人数協奏の可能性について-

長坂莉里† 小島君斗† 山中胤宜† 松永康佑† 藤木淳†

概要: 本研究では、一般的に無意識的でエンターテインメント性の低い「咀嚼」という行為に着目し、咀嚼時の筋電位をリアルタイムでパーカッション音へ変換するシステム「Chewing Percussion」を提案する。本システムは咀嚼動作を演奏手法へと変換し、複数人で音響を共有することによって非言語的な交流や協調を促すことを目的とする。本稿では咀嚼の検出手法と音響変換の設計および著者らによる使用実践、その結果と考察について述べる。

1. はじめに

咀嚼という行為は食品から栄養を摂取するために必要な行為であると同時に、さまざま健康維持の役割を持つ動作である。咀嚼は通常無意識で行われるものであるが、その役割の多さから認知科学や健康の維持増進等の分野で注目されており、咀嚼を促す研究では看護や教育の分野での活用が多く見られる。その一方で咀嚼は一般的に無意識で行われる動作であり、楽しさを伴う行為とは言い難いのが現状である。また、咀嚼を促すことを目的とした先行研究の中では複数人での食事や咀嚼においてその動作から楽しさや協調性を促すようなものや、非言語的な相互作用に着目したものがほとんど見られない。本研究ではこの無意識的かつエンターテインメント性の少ない「嚙む」という行為に改めて着目し、咀嚼による筋肉の動きをパーカッション音へとリアルタイムで変換することで咀嚼を能動的に可聴化し、複数人での食事の空間をエンターテインメント性をもつ場へと昇華させるシステム「Chewing Percussion」を提案する。

本システムが生み出す主要な価値は「多人数による非言語交流の創出」であると考えられる。本システムは複数人での使用において、互いの咀嚼のリズムが共有されることでそれらを使用したセッションを試みるのが可能である。そのため本システムを通じて、食事に対してエンターテインメント的側面により豊かな体験価値を提供できることが見込まれる。また、声による交流が制限される、あるいは困難な食事の場においても身体の動きに基づく非言語的コミュニケーションを促し、相手との一体感や協調性を生み出す装置としての活用も期待される。

本稿では咀嚼の検出手法およびそれらの音響変換の設計、プロトタイプを用いて行う咀嚼セッションの実践結果による共同体験の価値について述べる。

2. 関連研究

2.1 筋電位信号の応用

筋電位の主要な応用先は身体機能の拡張や補完を目的とした実用的なものである。例えば装着者の筋活動を捉えて動作する筋電義手やロボットスーツ[1]は医療・福祉的な価値を追求した代表例である。また、咀嚼動作における筋活動を計測し、そのデータをゲームに使用することによって早食い防止や咀嚼回数の改善を促すシステムが提案されている[2]。これらの研究は身体機能の改善や拡張、健康維持といった実用的な目的に焦点を当てている。

また、筋電位は人間の身体表現を拡張するものとしても利用されており、筋電位を音楽のパラメータに変換した上で楽器として利用する研究[3]や、障がいをもつ人のため楽器として提案されている事例[4]がある。

しかしこれらは主に個人に対する身体支援や表現方法の拡張を目的としており、複数人による使用を通じた非言語交流を促すような社会的意義を追求している事例は限定的である。

2.2 咀嚼動作を用いた食体験の感覚拡張

咀嚼に関連するインタラクション研究は主に食品の味覚や食感を操作・拡張する文脈で発展している。

それらの中では特に、聴覚情報が食感の認知に影響を与えるというクロスモーダル知見に基づき食感の知覚を変化させる研究が多く存在している。例えばスナック菓子の咀嚼音をリアルタイムに聴覚フィードバックすることで、吸湿によって劣化した食感に対する知覚が変化することを示す研究[5]がある。

また、咀嚼動作に対して同期した音響を提示することにより食感を拡張させる「Chewing JOCKEY」[6]はこうした聴覚フィードバックによる食感の操作をインタラクションとして実装している代表的な例である。しかし、これらの研究の多くは個人の食体験における感覚の変容を目的とし

ており、咀嚼という身体行為を他者と共有することによって生じる相互作用や楽しさについては十分に扱われていない。

2.3 相互作用によるエンターテインメント性

相互作用のエンターテインメント性の創出にあたり咀嚼を「周期的な運動」として捉え直し、複数人での行為の同期やセッションを可能にする設計は、従来の食体験拡張とは異なるエンターテインメント性を有する体験を生み出す可能性をもつと考えられる。

複数人での行為の同期やセッションにおける心理的側面の事例として、他者や外部刺激のリズムに対して人間の行為や身体動作が自発的に同期・同調するエンタテインメントという心理現象がある。音声や身体動作を対象とした先行研究では、母子間の相互作用を例に、発話リズムと身体運動が相互に影響し合いながら同調する現象が観測・分析されており、人間の行為が外部刺激や他者の行為のリズムに同調する心理や行動基盤が存在することが示されている[7]。

このような心理現象の性質として、複数人が同時にリズムを共有する体験において心理的な結束感や没入感を生み出す要因となることが指摘されており、コミュニケーションや共同体験の形成において重要な役割を果たすと考えられる。この観点に基づき、エンタテインメントをインタラクション設計やゲーム体験へ応用する研究も行われている。例えば MIDI ドラムを用いたリズム生成を複数人で行うリズム指向型のシリアスゲームでは、参加者が即興的に打楽器演奏を行い、そのリズムの同期度合いをシステムが解析・フィードバックすることで共同演奏体験を促進する手法が提案されている[8]。この研究ではリズムの同調そのものがプレイヤーの動機付けとなって他者との協調や交流を自然に誘発する要素として機能することが示されている。

これらの研究は、単一の操作や動作自体が限定的な表現しか持たない場合であっても、複数人が同時に関与してリズムを共有することで演奏行為や遊戯体験として成立し得ることを示唆しており、行為の価値が個人内で完結するのではなく他者との同期や関係性の中で立ち上がる点に特徴がある。一方でこれらのエンタテインメントを活用したインタラクション研究の多くは音楽演奏や身体運動を主な対象としており、日常的かつ無意識的に行われる身体動作を複数人での演奏行為や非言語交流へと転換する試みは十分に行われていない。

以上を踏まえ本研究では筋電位の使用方法を従来の生活支援や健康維持といった機能的な文脈から切り離し、演奏行為を介した「エンターテインメント性」や「非言語交流」といった体験価値焦点を当てることによって、複数人での食事や咀嚼行為を豊かにする目的へと転換する。また、咀嚼によるフィードバックの価値を食感の拡張や個人の食体験の向上という個人的な感覚の変容に留めず、複数人が音

響を共有し非言語的な一体感や協調性を生み出す社会的価値の創出に焦点を当てる。

それらを行う上で、フィードバックの音響要素が参加者間で共通のリズム基盤となり音響の同期を促すことができる設計が重要となる。そのため本システムでは咀嚼がもつ動作の単調さや周期性から着想を得て、その動作に対するフィードバックとして打楽器系の単音を音響に使用することにより、使用者が自身の咀嚼リズムを他者のリズムに合わせてようとするエンタテインメント的な演奏行為を誘発し、より非言語的な体験価値を創出するよう試みた。

3. 実装

3.1 システム

本システムは筋電センサー、Arduino、PC (Processing) により構成される。本制作に使用した機材とアプリケーションは以下の通りである。

- mac OS 15.3
- Arduino IDE ver2.3.6
- Processing

本システムはセンサーによって筋電位を Arduino で摂取し、リアルタイムにシリアル送信を通じて Processing に送信する。Arduino 側では直近の筋電位を Processing に送信し、音響出力の制御情報として用いられる(図1)。Processing では、受信した筋電位が前回の筋電位より大きく、かつ閾値を超えたときに音声ファイル (WAV 音源) の再生を行うことで、咀嚼動作に対応した音の出力を行う。閾値は装着後 3 秒間の自動キャリブレーションによって決定し、さらに発音条件とは別にその条件をリセットする閾値を設定するヒステリシスにより音声ファイルの意図しない発音を防いでいる。

使用機材 : macOS sequoia 15.3 Arduino IDE ver 2.3.6 Processing 4.3



図 1 システム設計

本システムでは同一構成の再生プログラムを 3 系統用意し、ドラムの構成音であるキックとスネア、加えてクラップ音の計 3 音による簡易的なパーカッション演奏を実装した。一般的に想起される打楽器系の単音セッションの例には演奏ではスネア、キック、ハイハットの 3 音からなるドラムの構成やこれに類似した音域の構成が挙げられるが、ハイハットの役割に該当する楽器類に関しては他 2 音に比

べ使用頻度が非常に高く本研究には適さないと判断したため、クラブに変更し適度な咀嚼間隔での演奏体験を可能にした。

3.2 装置

本システムでは、咬筋にセンサーを固定するため図2の装置を製作した。装置には市販の小顔リフトアップベルトをベースに使用した。本システムの使用に適する形状にするためセンサー装着部分に2点の穴を開けてセンサーとリフトアップベルトを固定すると同時に、それらの固定の際に必要な布部分を補填するため耳を通す部分の下部3分の1程度を縫合した。

また、小顔リフトアップベルトを使用する際は頭頂部に付属の面ファスナーを使用して硬く固定するが、本システムでは咀嚼運動を行うため、本来の装着方法では顔の側面が圧迫されその支障になることが予測される。そのため使用時には装置を頭部で固定せず、耳から顎下にかけて装着して使用することとした。

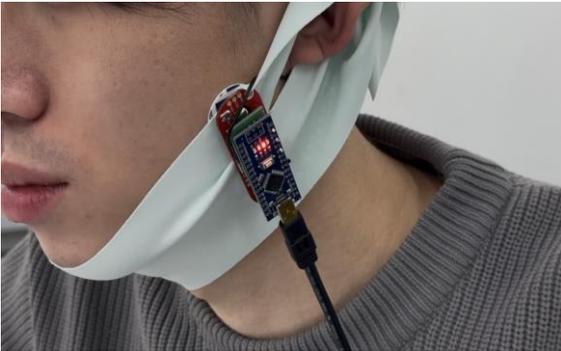


図2 センサー固定装置

3.3 実装要点と体験

本システムにより使用者は咀嚼を行うたびに即座に単音が鳴る体験を得ることができる。さらに咀嚼の感覚を一定に保つことで連続した発音が生まれ、リズムを刻む簡易的な楽器演奏体験へと発展する。この構成により、咀嚼という無意識的かつ日常的な身体運動が、音楽的アウトプットを伴う能動的な表現行為へと変換される体験を提供している。

4. 著者らによる実践

4.1 実践目的

本実践は、セッションを通じたコミュニケーションや一体感、その誘発性に関する視点から、咀嚼動作の音響変換システムがもたらす主要な価値である「多人数での非言語交流の創出」およびそれに付随する食体験へのエンターテインメント性の付与の検証を目的として行なった。

実践にあたっては、複数人が互いに咀嚼のリズムを共有することにより食事の場を言語を介さないコミュニケーションの場へと発展させ、そのプロセスを通じて一体感や協調性、喜びが増幅されると仮定して行なった。

4.2 実践概要

本実践は著者ら3名が、各自の咀嚼動作によって単音のパーカッション音を発生させることでセッションのような演奏体験が成立するかを検証した(図3)。特に操作性や動作に対する集中度合い、食体験への影響および装置の装着感に着目した。

実施時には一定量の咀嚼必要とする食品としてクラッカーなどの菓子類を用いた。



図3 実践の様子

5. 結果と考察

5.1 実践結果

著者らによる実践の結果、開始初期段階では各自が自身の咀嚼と、その動作に応じて発せられるパーカッション音の新鮮さや関係性を積極的に確認しながらシステムの操作に慣れようとする様子が見られた。

その後操作に慣れるにつれて、発音を咀嚼動作に付随するものとしてではなく、意図的に音を生成するために咀嚼を行うという意識や行動の変容が見られた。その後は他者の発する音響にも意識が向けられ、自身の咀嚼の速度やタイミングを調整して他者のリズムと同期させようとする協調的な行動が誘発された。

以上のことから、本システムは咀嚼という日常的な動作を用いながらも音を生成する行為そのもの楽しさを見出し、演奏体験へと引き込まれるシステムであることが確認された。特に複数人でのセッションにおいては他者の音と咀嚼のタイミングを合わせようとする意識が自然に生じ、セッションが成立した際には演奏行為に対する没入感と高い一体感が得られた。

一方で、咀嚼動作によって意図したタイミングで単音を鳴らすためには咀嚼のリズムや強さ、回数等を調整する必要があり、単独であってもリズムカルな発音を安定して継続することは容易ではないと感じたが、セッションが円滑に進行しリズムが揃い始めた局面では発音を継続すること自体に強く没頭する傾向が見られた。その結果、咀嚼のために用意された食品をほぼ無意識的に次々と口に運ぶ行動が観察され、食事行為自体ではなく音を鳴らし続けるための身体動作として咀嚼を行っている様子が確認された。

実践後の感想として、「セッションがうまくいった瞬間の印象が特に強く残っている」「美味しいと感じる余裕がな

かった」「噛んでいるという感覚よりも音を出している感覚が強かった」といった感想が挙げられた。これらの結果は、注意が「パーカッション音の生成」と「咀嚼動作の継続」に強く向けられる一方で、食品の味や食感、本来の咀嚼音に対する知覚は抑制され、演奏行為への深い没入が生じていたことが示唆される。

5.2 本システムの可能性

本実践を通じて、多人数での非言語交流の創出およびそれに付随する食体験へのエンターテインメント性の付与に関する有用性が示された一方で、セッションにおいて重要な要素である「タイミングよく音を鳴らすこと」を目的に咀嚼行動と聴覚情報に集中した結果、音への集中によって味覚の知覚を抑制するという新たな可能性も示唆された。

しかしながらこの結果は、食品の味以外に意識を向けさせることで食体験をポジティブに変容させる目的への応用の可能性があることと捉えることもできる。例えば、特定の食品にネガティブな印象を持つ使用者に対して、咀嚼による音楽性に意識を集中させることで食品への苦手意識の克服を促す目的で使用する事が考えられる。

6. おわりに

本稿では複数人での食事の場において、咀嚼という行為をエンターテインメント性をもつ演奏行為へと変換し、それらを通して交流を促すシステムである「Chewing Percussion」を提案した。本システムは咀嚼による筋肉の動きを検出してリアルタイムでパーカッション音に変換するものであり、実践を行なった結果、本システムは多人数におけるセッションにおける非言語的な交流や一体感を生むという価値の創出への有用性が示唆された。その一方で、音への集中によって味覚の知覚を抑制するという可能性が示唆されるなど、食体験そのものに対する影響も見出された。これは本システムが食品に対しての知覚のあり方に変化をもたらす可能性を示すものである。

今後は本システムが使用者にもたらす心理的効果社会的相互作用について客観的な指標を用いた定量的な評価を行う必要がある。また、咀嚼動作のエンターテインメント性と味覚の知覚を両立させるインタラクション設計、もしくは味覚の知覚を抑制することによる新たなシステムの設計などの方向性へのアプローチも考えられる。さらに装置設計の観点からは、個人差のある頬の形状や筋肉の位置に柔軟に対応したセンサーの装着方法の検討を行うことで、より自然で負担の少ない咀嚼動作を引き出すことのできるシステムへと展開していきたい。

参考文献

- [1] 木曾淳, 関弘和. 筋電位信号を応用した生活支援機器の紹介. 電気学会誌, vol.130, no.6, p.356-359,2010.
- [2]KDDI 総合研究所, 株式会社電通サイエンスジャム. 「カミカミ大行進」-咀嚼行動を用いた健康支援システム-. ニュースリ

リース, 2019.

<https://www.kddi-research.jp/newsrelease/2019/071801.html>, (参照 2025-12-19).

- [3]Courtney N.Reed,Landon Morrison, Andrew P.McPherson,David Fierro,Atau Tanaka. Sonic Entanglements with Electromyography: Between Bodies, Signals, and Representations, DIS'24: Proceedings of the 2024 ACM Designing Interactive System Conference, P2691-2707, 2024.
- [4]石川圭佑, 戸田真志, 櫻沢繁, 秋田純一, 近藤一晃, 中村裕. 表面筋電信号を用いたウェアラブル型ミュージックインタフェース. 芸術科学会論文誌, vol. 11, no. 2, pp. 12-20, 2012.
- [5]杉山妙, 村野賢博, 土屋欣也, 佐藤史明. スナック菓子の咀嚼音フィードバックが食感認知に与える影響. 日本食品科学工学会誌, vol.71, no.5, p.175-180, 2024.
- [6]小泉直也, 田中秀和, 上間裕二, 稲見昌彦. Chewing JOCKEY-咀嚼音提示を利用した食感拡張装置の検討-. 18 巻 2 号, p.141-150. 2013.
- [7]渡辺富夫, 石井威望, 小林登. コミュニケーションにおけるエンタテインメント(音声-体動同調現象)のコンピュータ自動分析法-母子(新生児)をモデルとして-. 医用電子と生体工学, 22 巻 6 号, p.419-425,1984.
- [8]Carnovalini, F., Rodà, A. & Caneva, P. A rhythm-aware serious game for social interaction. *Multimed Tools Appl* 82, 4749–4771 ,2023.