

聴覚刺激提示デバイスを利用した新たな食体験の提案

後藤隆太^{†1} 柳英克^{†1}

概要：日本の現代社会において、こうれいしゃ（65歳以上）の人口増加による労働力人口比率の低下や社会保障制度の整備などが課題とされている。そして政府主導の下、高齢者の就業・健康・福祉・学習・社会参加・国際社会への貢献など様々な側面から支援対策に取り組まれている。

高齢化率の増加の要因として医療の発達や生活様式の変化などが挙げられるが、一方で高齢者の主な死亡要因には悪性新生物、心疾患、脳血管疾患、肺炎の4つが挙げられる。これらの死亡要因は老化による身体機能の低下が招く場合が多い。さらに、この身体機能の低下を助長すると考えられるものに介護食がある。介護食には嚥む力が弱い人でも食べやすい、誤嚥しにくいなどのメリットがある一方で、顎や舌の筋肉を使う機会を減少させ、聴覚や触覚的なインタラクションの低減などのデメリットが存在する。本研究では、食のおいしさに聴覚刺激を与える影響に着目し、介護食にインタラクティブな聴覚刺激を付加する。そして、顎や舌の筋肉を使う機会を増やし、介護食利用者でも食事をおいしく摂取して口腔機能低下の予防と食体験を向上させるデバイスを開発し、その有用性を検証する。

1. 背景

近年、日本の現代社会において総人口に占める高齢者（65歳以上）の人口増加による労働力人口比率の低下や社会保障制度の整備などが課題とされている。そして政府主導の下、高齢者の就業・健康・福祉・学習・社会参加・国際社会への貢献など様々な側面から支援対策が取り組まれている。高齢者の人口増加の要因として健康・福祉、特に医療の発達や生活様式の変化などが考えられる。これは厚生労働省の0歳から90歳までの死亡率年次推移が1985年から2019年まで減少傾向にあることから明らかである[1]。また同様に、高齢者の主な死亡要因に悪性新生物、心疾患、脳血管疾患、肺炎が挙げられている[1]。これらは老化による身体機能の低下が招く場合が多いと考えられている。この身体機能の低下を助長させる恐れがあるものとして介護食がある（図1）。



図1 ムース状の介護食

介護職には嚥む力が弱い人でも食べやすい、誤嚥しにくいなどのメリットがあり、本物に似せた成形や味に飽きないような調味を施すなどの視覚的・味覚的な改善が行われて

きた。一方で、顎や舌の筋肉を使う機会を減少させ、聴覚や触覚的なインタラクションの低減などのデメリットが存在する。顎や舌の筋肉が衰えると口腔機能や唾液の分泌機能が低下し、摂食嚥下障害にかかるリスクが高まる。摂食嚥下障害は症状が進行すると誤嚥性肺炎を引き起こす場合があり、唾液には発ガン性物質の毒性を抑える働きがある。また、聴覚的・触覚的なインタラクションが低減することにより食事への意欲も削がれてしまい、より顎周りの筋肉を使う機会が減少してしまう。

これと並行して近年、健康の増進や生活の質（以降、QoL: Quality of Life）の向上が注目を集めており、厚生労働省では食の観点からのQoLの向上について言及している[2]。食がこれらに与える影響として、身体的精神的健康の維持、幼児期における発育の基本、高齢期の生活を支える生きがいなどが挙げられる。そのため、QoLを高める食事として「五感を刺激する食事」や「季節感を楽しむ文化的要素」が必要であるとされる。

2. 研究目的

本研究では、聴覚刺激がおいしさに与える影響に着目し、介護食にインタラクティブな聴覚刺激を付加するシステムの開発と評価を行う。人間が感じるおいしさは、五感の他に環境、文化、嗜好など様々な要素が複雑に絡み合って構成されている。中でも聴覚刺激は最も影響力のある味覚・視覚刺激に次ぐ要素とされている。先述したように、介護食において味覚・視覚的側面からおいしさを損なわない工夫は施されてきているが、聴覚的側面からはあまり例がない。特に介護食はその性質上、食感があまり感じられず食べた時に生じる咀嚼音が発生しない。そのため食べている実感が薄れてしまい、聴覚に起因するおいしさが損なわれてしまう。そこで本研究は介護食利用者が咀嚼するタイミ

ングと口の開ける大きさに対応したインタラクティブな聴覚刺激を付加することで食体験を向上させ、咀嚼運動を促進させて口腔機能の低下の予防に繋げることを目的とする。

3. 関連研究

関連研究として、触覚と聴覚間のクロスモーダル効果に着目した小泉氏らによる Chewing JOCKEY がある[3]。これは咀嚼運動のタイミングに合わせて特定の聴覚刺激を付加し、食感の知覚を増進することを目的としたデバイスである。開発方針として「発話が可能であること」を含有しているが、顔の両脇に反射型光センサを設置して咀嚼運動を検知しているため会話は可能であるが摂食の妨げになることが考えられる。

また、株式会社博報堂は子どもが野菜を食べるタイミングに合わせてオノマトペを再生するフォーク型の食育デバイスである pacoo を開発した[4]。多くの子どもが苦手とする野菜を食べるタイミングでオノマトペによって遊び心と食べるモチベーションを刺激している。これによって子どもたちが楽しく野菜を食べる経験を通じて野菜嫌いを解消することを目的としている。食べるタイミングや音の種類は実際に食べ物を咀嚼した時とは異なるため、タイミングや音の種類が記憶に残っている高齢者にとっては不自然に感じてしまう恐れがある。

本研究では介護食を利用する高齢者の摂食の妨げにならず、自然な聴覚刺激のフィードバックを付与し、食体験の向上につながるデバイスの開発を行う。

4. おいしさを構成する要素の考察

本研究では聴覚刺激によって食事をおいしく感じさせるデバイスの開発を目指すため、食事の「おいしさ」を構成する要素について整理する。

- 食べ物：人間が五感によって感じ取ることのできる要素（風味、食感、音、見た目、香り）
- 生体環境：感覚器官や消化器官などの身体的要素と大脳辺縁系、報酬系といった精神的要素を含む
- 食環境：食べ物への印象に影響を与えうる要素（家族の食習慣、地域の産物、食文化、宗教）
- 外部環境：食事を行う環境を取り巻く要素（場所、時間帯、雰囲気、気候）

独立行政法人食品総合研究所の柳本によるとおいしさは感覚特性で決まるとされている[5]。この研究で取り上げられた食物の感覚特性は味、匂い、テクスチャー、外観、品温、音の6つである。これらの内、食べ物に対する貢献度を比較すると味とテクスチャーが2大特性として特徴を示した。テクスチャーには触覚・聴覚・視覚的要素が存在する。着色や成形といった視覚的要素による改善はこれまで多くの食品会社が試行してきた。本研究では介護食のメリットである嚥下しやすい特性を保ったままテクスチャーに

よる貢献度を高めるため聴覚的要素に着目した。

5. 提案手法

介護食利用者が咀嚼するタイミングと口の開けた大きさを数値化し、その値によってあらかじめ用意した咀嚼音の音源の強弱を操作して再生する。システムの概念図を以下に示す。口を大きく開けた時には音を大きくし、口を小さく開けた時には音を小さくして再生することで聴覚刺激をインタラクティブに感じる事が可能である。



図 2 システムの概念図

開発には ESP32 devkitC、DFPlayer Mini MP3、3軸加速度センサーモジュールを使用した。将来的な実用を想定した場合、電子機器類の配線は利用者にとって食事行為の妨げになる恐れがあるため、配線等の物理的障害は省く方針である。ESP32 devkitCには通信用モジュールが搭載されており、顎の動きのログデータを記録する際に無線で行えると考えたためこれを選定した。後述する評価実験では咀嚼周期や回数も加味するためログデータの記録は必須となる。配線と同様に、計測用のセンサーも食事行為の妨げになる恐れがある。先述した小泉らによる Chewing JOCKEY では反射型光センサーを顔の前に取り付けるため、装着感が増して日常生活に馴染みのない状態での食事となる。同時にセンサーの設置位置によって食べ物を口に運ぶ際の障害になると考えられる。本研究では3軸加速度センサーを下顎の側面部に設置することでこの問題の解消を想定している。開発中の試作機を図3に示す。

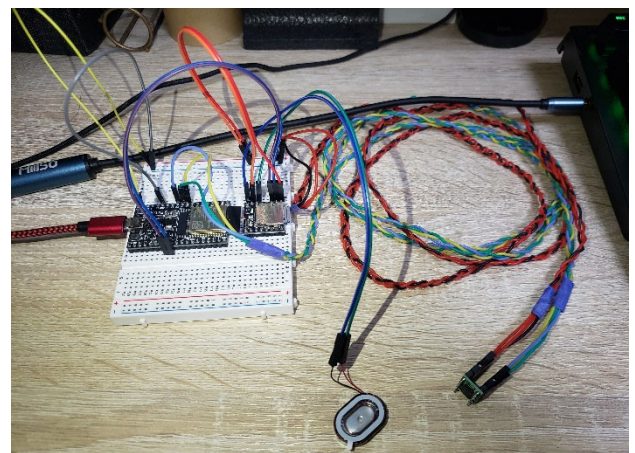


図 3 開発システムの試作機

また、咀嚼時のセンサーの値を顎の可動域別に以下に示す。

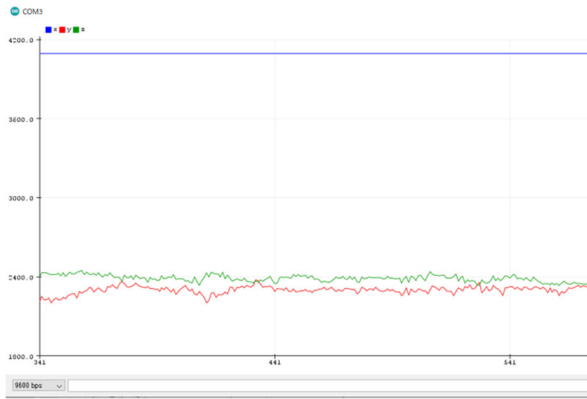


図 4 顎を小さく動かした噛んだ時のセンサーの値



図 5 顎を大きく動かした噛んだ時のセンサーの値

顎を動かしたときの幅と周期と連動させて開発デバイスでは音の強弱をつけて再生する。再生にはアンプ等の周辺部品が小型化されている DFPlayer Mini MP3 を使用する。

6. 実験計画

評価実験は、開発したシステムを被験者が装着せずに介護食を食べた場合と装着して介護食を食べた場合を比較する。また評価は主観的、客観的の2つの側面から行う。主観的な側面からの評価には視覚的評価スケールを用いる。

「0」を「すごくまずい」、「100」を「すごくおいしい」の状態とし、その時点で食べた介護食が数直線上でどの位置にあるかを示すように教示する。客観的側面では咀嚼運動の行動観察によって評価を行う。特に咀嚼の周期や回数といった要素を分析対象として想定している。

7. 今後の予定

現在、デバイスの開発を進めている段階である。12月時点では完成を予定しており、開発が終え次第評価実験に移行する。また、日常的に使用することを想定したデバイスの筐体のデザインも同時に進めていく予定である。筐体のデザインは株式会社SONYが開発したウェアラブルネックスピーカーSRS-WS1のような体にフィットする形を参考

にしている[6]。そして、システムに含まれる聴覚刺激によるフィードバックが口腔機能低下の予防への有用性、筐体デザインが高齢者の利用に則したものかの検証を行う。



図 6 ウェアラブルネックスピーカー SRS-WS1

参考文献

- [1] 厚生労働省,人口動態統計月報年計(概数)の概況,2019,<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/neckai19/dl/kekka.pdf>(参照 2020-12-19).
- [2] 厚生労働省, QOL と食事—e-ヘルスネット,<https://www.ehealthnet.mhlw.go.jp/information/food/e-03-019.html/>, (参照 2020-12-19).
- [3] 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(<特集>クロスモーダル/マルチモーダル). 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 18, 2, 141-150. 2013
- [4] 博報堂 広報室. 博報堂, 野菜を食べるのがもっと楽しくなる食育フォーク「paco」を開発～子どもの野菜の記憶をポジティブにする、新しい食体験を提案～, 2018. <https://www.hakuhodo.co.jp/uploads/2018/03/20180309.pdf>, (参照 2020-12-19)
- [5] 柳本正勝. 食べ物のおいしさに対する各感覚特性の貢献度. 日本調理科学会誌, 2002, 35.1: 32-36.
- [6] “SRS-WS1 | アクティブスピーカー/ネックスピーカー | ソニー”. <https://www.sony.jp/active-speaker/products/SRS-WS1/>, (参照 2020-12-19)