



スマートフォン上での Psuedo-Haptics を用いた 食感拡張手法の提案

Proposal for a food texture enhancement method using Psuedo-Haptics on smartphones

溝口泉¹⁾, 梶本裕之¹⁾

Izumi MIZOGUICHI and Hiroyuki KAJIMOTO

1) 電気通信大学大学院 情報理工学研究所 (〒 182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, mizoguchi@uec.ac.jp, kajimoto@kaji-lab.jp)

概要: 本研究ではスマートフォン上での Psuedo-Haptics を用いた食感拡張手法について検討を行う。現在までに咀嚼と同時にスマートフォンを握る動作を行うことで、食感を硬く変化させることができることが示唆された。本研究では、画面上に表示した食品の形状を握り動作に合わせて変化させた際の食感の変化について調査した。結果として画像の幅を握力に応じて縮めることで食感が柔らかくなる可能性が示唆された。

キーワード: Human-Food Intreraction, Pseudo-Haptics, Smartphone

1. はじめに

飲食において食感は重要な要素である。そのためダイエットや咀嚼障害者などを対象とした、Human-Food Interaction 技術が近年注目され、多くの手法が提案されてきている。

食感が注目される理由としては、味や香りについては調味料による調整・香料を用いた提示が一般的に容易であるのに対し、食感は事後的に調整することが難しいことが理由として挙げられる。例えば塩味については塩を追加で振る、香りについては香料や香草などを追加することで、調理的に容易に変化・調整することが可能である他、電気刺激で塩味を強化する手法や嗅覚ディスプレイなど様々なデバイスが提案されている。しかし、食感については使用する食材そのものが持つものであり、それ自体が料理の美味しさに影響することもある重要なパラメータである。必要に応じてすり下ろす、潰すなどして柔らかくすることや火の入れ方で固くすることは可能であるものの、調理により食感が失われることも多い。こういった点において、食感を維持したまま硬さを調整する、もしくは硬さが変化した状態であっても食感を加える手法は大きな需要を持っている技術である。

飲食、特に食感を拡張する先行研究としてはヘッドマウントディスプレイを用いて食品の見た目を変える MetaCookie[1] や咀嚼時の音を変化させて食感を変える ChewingJocky[2] などが挙げられる。Metacookie はヘッドマウントディスプレイを用いて、手に把持するクッキーの見た目を変化させることで、食感の変化が生じることを示した。ChewingJocky は骨伝導イヤホンを用いて、咀嚼時に生じる咀嚼音を変化させて提示することで、食感や飲食物の厚さが変化して感じることが示した。これらは有効な手法であることが示さ

れているものの、ヘッドマウントディスプレイなどの特殊なデバイスを用いる都合上、携帯性や利便性に乏しく、実際の飲食に用いるには不都合な点が多くあると考えられる。

そこで我々は現在までにより実用的な食感拡張手法として、触覚転移を用いたスマートフォン単体での手法を提案している [3]。しかし、この手法は主に食感を固くするものであり、食感を柔らかくもしくは滑らかにすることができないという課題があった。そこで本研究では Pseudo-Haptics を用いて食感を柔らかくする手法について検討した。先行研究において、スマートフォン上に表示した矩形を握りに合わせて変形することで柔らかさを感じるということが知られている [4]。これを利用し、スマートフォン上に表示した食品の画像を咀嚼と握り動作に合わせて変形させることで食感や味が変化するかについて評価した。

2. 実験用デバイス・アプリケーション

実験において使用したデバイス・アプリケーションの外観を以下の図 1 に示す。本実験用アプリケーションは iPhone15 pro 上で動作し、外部マイコン (ESP32-WROOM-32D) に接続された圧力センサ (FSR400) にかかる圧力に応じて動作する。圧力センサを外部から用いる理由としては、現時点ではスマートフォン単体で利用可能な圧力測定方法が一般化していないためであり、安定動作のために用いた。iOS のバージョンは 17.5.1, Swift のバージョンは Swift5 である。

実験用アプリケーションの動作を以下の図 2 に示す。本アプリケーションでは圧力センサにかかる手からの力に応じて画像がポアソン比で変形し、力をかけるほど横幅が短く、縦幅が変化に応じて長くなる変化が生じる。先行研究においては単純な横幅変動のみのパターンがあるが、予備

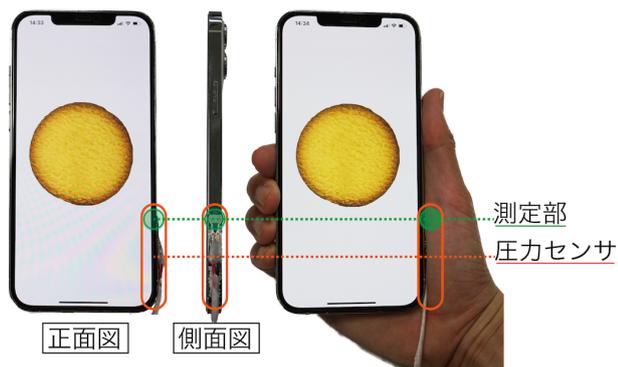


図 1: 実験用デバイス・アプリケーション外観

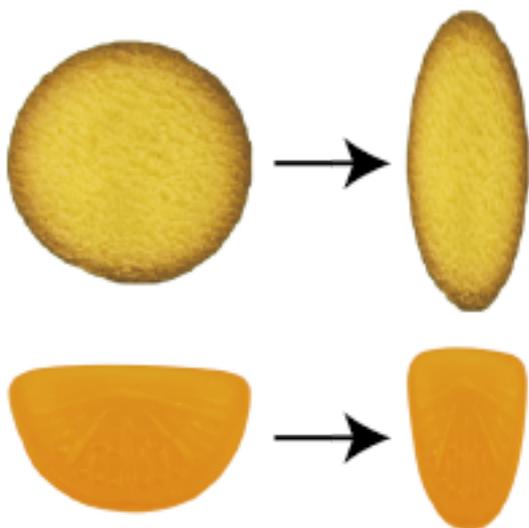


図 2: 画像変形イメージ（左：変形前，右：変形後）

実験を行った際、食品の画像においては横幅のみの変化では違和感が生じるというコメントが得られたため、今回はポアソン比での変化とした。今回使用したポアソン比は 0.5 であり、力に応じて横幅は最大で 0.5 倍に減少し、縦幅は 1.25 倍に変化する。力の閾値は 2 段階であり、100gf および 200gf である。それぞれの設定値を超えた場合は最大の変形となりそれ以上は変化しない。閾値の測定には精密分銅を用い、圧力センサに乗せキャリブレーションを実施した上で用いた。

3. 評価実験

実験に用いた食品は 2 種類であり、グミとクッキーである。それぞれ特徴的かつ方向性の違う弾力性や割れ感のある食品であり、工業的に制作されるため形状や重量はほぼ同一となり、比較に適しているためである。グミについては明治社製の果汁グミ・オレンジ味を、クッキーについては森永社製のムーンライトクッキーを用いた。

食感の主観的なものであり、客観的に評価することは難しい。そのため本実験は被験者内実験計画で行う。今回の実験の目的は、画像の変形とそのために必要な力の量が食感・味等に対してどのような影響を与えるかの評価である。

目的を達成するため、実験は 2 つの要因から構築された。1 つ目の要因は食品の違いであり、今回はグミとクッキーそれぞれにおいて評価を行った。2 つ目の要因は画面と操作パターンの違いである。具体的には A: 握りあり画像変化なし（閾値 200gf）、B: 握りあり画像変化あり（閾値 100gf）、C: 握りあり画像変化あり（閾値 200gf）の 3 種類のパターンについて評価を行った。パターンの提示順・食品の提示順はランダム化し、被験者毎に異なる順での提示を行った。

評価はアンケートにより実施した。アンケート内容と回答値は以下の表 1 のとおりである。アンケートでは主に食感・味・アプリケーション利用の際の力の量について主観で評価を依頼した。基準がない場合回答が困難となるため、各食品の実験開始前に、何も使わない状態で同一の食品を食べてもらい、食感・味についてはその際の感覚を中間値の 4 として、回答を行うように指示をした。

具体的な実験手順は以下の通りである。

1. 口中の残渣を洗い流すため水を一口以上飲む
2. 食感・味の基準として、クッキーもしくはグミを 80 BPM のペースで咀嚼する
3. 再び水を飲み残渣を洗い流し、パターン A,B,C をランダムな順で設定しクッキーもしくはグミを 80 BPM のペースで咀嚼する
4. 嚥下した後アンケートの全設問に回答する
5. 残りのパターンについて手順 3-4 を繰り返す
6. 残りの食品について手順 1-5 を繰り返す

実験の被験者は 7 名（男性 6 名，女性 1 名）であり、平均年齢は 22.1 歳であった。すべての被験者は咀嚼や味覚に問題はなく、スマートフォンを日常的に使っている者であった。

4. 実験結果・議論

実験後のアンケート結果を以下の図 3, 表 2,3 に示す。被験者数が 7 名と少ないため、統計的な処理、検定は有効に処理できないため行わなかった。

結果として、それぞれの食品の属性と拡張手法に相関がある可能性が示唆された。例えば弾力についてはそもそもグミにはあるもののクッキーにはほぼ存在しない属性である。そのため、図 3-b,h を見てわかるように画像変形により増強されると予想された弾力についてはグミにおいては画像変形ありでは上昇する傾向にあったものの、クッキーにおいてはほぼ変化が見られない。しかしながら硬さという属性に関してはどちらにおいても存在するためか、図 3-a,g を見てわかるように単純な握り動作のみで画像変形なしの A パターンではクッキー・グミともに上昇する傾向が見られることがわかる。逆に画像変形がある B パターンでは、クッキー、グミ共に基準とした 4 よりも低い傾向が見られ、若干ではあるものの食感が柔らかく変化する可能性が示唆された。

表 1: 実験アンケート設問および回答指標

設問	回答値 (1-7,4: 通常に食した際の値)	
お菓子の硬さはどのくらいでしたか	1: 非常に柔らかい	7: 非常に硬い
お菓子の弾力はどのくらいでしたか	1: 弾力が弱い	7: 非常に弾力が強い
お菓子の美味しさはどのくらいでしたか	1: あまり美味しくない	7: 非常に美味しい
お菓子の甘さはどのくらいでしたか	1: あまり甘くない	7: 非常に甘い
お菓子の酸味はどのくらいでしたか	1: あまり酸っぱくない	7: 非常に酸っぱい
どのくらい力を込めましたか	1: 全く力を込めていない	7: 全力で力を込めた

表 2: クッキーのアンケート回答値 (平均)

	硬さ	弾力	美味しさ	甘さ	酸味	力の量
A	4.71	4.29	3.71	3.57	4.00	5.57
B	3.57	4.14	4.57	4.57	4.00	3.43
C	4.14	4.57	4.43	4.00	3.86	4.71

表 3: グミのアンケート回答値 (平均)

	硬さ	弾力	美味しさ	甘さ	酸味	力の量
A	5.00	4.00	3.86	3.57	4.29	5.57
B	3.71	5.14	4.43	4.43	4.29	4.43
C	3.86	4.71	4.29	3.71	4.43	5.14

力の量による影響としては、強い力を要する場合、硬さや味などについて減少傾向になる可能性が示唆された。クッキーにおいて最も強い力を要するパターン A において、美味しさや甘さなどが下がる傾向が見られる他、グミにおいても美味しさや甘さが減少する傾向にあることが見て取れる。これは力を強く込めることでスマートフォンのエッジに強く手が食い込むことによる痛みが生じること、操作の方に集中力を削ぐことで、味覚に対し集中できなくなっている可能性が考えられる。このことから本手法の運用においては、各被験者毎に握り圧力の閾値をキャリブレーションし、強すぎる握り動作が不要となるように調整することで利便性が向上する可能性が高い。

またグミにおける酸味についてはすべての条件で若干向上している他、コメントベースで半数を超える被験者が画像変形が酸味を強く高めているという点に言及していた。これについては機序が不明なものの、可能性としては美味しさや甘さのようなポジティブな感覚と違い、酸味や苦味のような危険感知に関わる感覚は集中を削がれている状態でも強く感じる可能性や、提示しているグミの色がオレンジ色であり、酸味をイメージしやすい色であったことなどが考えられる。しかしながら画像の変形等が影響している可能性もあり、今後提示画像の色を調整するなどして追加の実験を行う必要があると考えられる。

5. まとめ

本稿ではスマートフォンを握る動作に合わせた食品画像の変形による Pseudo-Haptics を用いて、食感の拡張を行う手法を提案した。実際にクッキーおよびグミを用いた比較

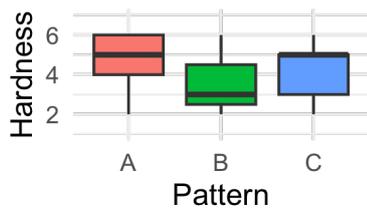
実験を行った結果、それぞれの食品が元々持つ属性については食感や味を高めるもしくは抑える可能性が示唆された。特にグミの弾力については顕著であり、クッキーでは弾力にほぼ影響がなかったものの、グミにおいては弾力が上昇することが示された。硬さについてはグミ・クッキー双方において、画像の変形を伴わない場合に上昇することが示され、ある程度一般化して利用できる可能性が示唆されると共に、画像変形を行うことで柔らかさ方向への変化を提示できる可能性が示唆された。味覚については手法を用いることで甘さや美味しさが抑えられることが示唆された。しかし利用において必要となる力が大きい場合に顕著になる可能性が同時に示唆されたことから、各ユーザーごとに力の量を測定しキャリブレーションを行うことで、安定して利用することができる可能性があると考えられる。

謝辞

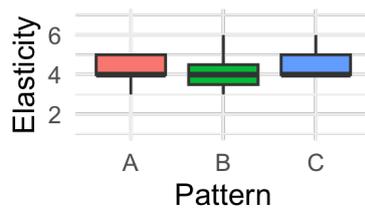
本研究は JSPS 科研費 24K20815 の助成を受けたものである。本研究は KDDI 財団調査研究助成 2024-R-030 の助成を受けたものである。

参考文献

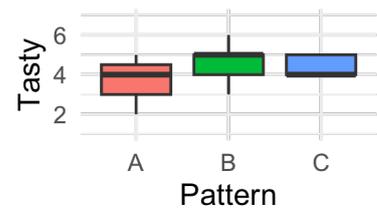
- [1] Takuji Narumi, Shinya Nishizaka, Takashi Kajinami, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose. Meta cookie+: An illusion-based gustatory display. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, Vol. 6773LNCS, pp. 260–269. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011.
- [2] Naoya Koizumi, Hidekazu Tanaka, Yuji Uema, and



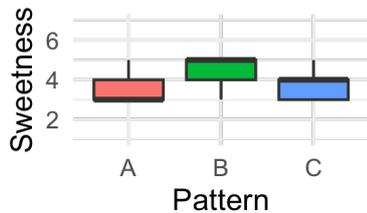
(a) クッキー：硬さ



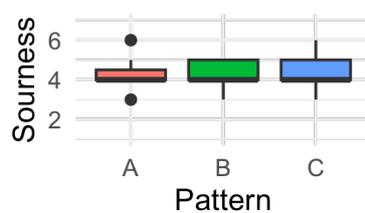
(b) クッキー：弾力



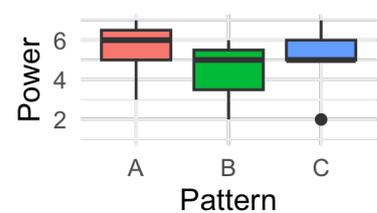
(c) クッキー：美味しさ



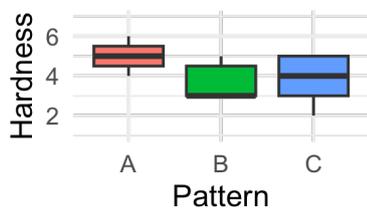
(d) クッキー：甘さ



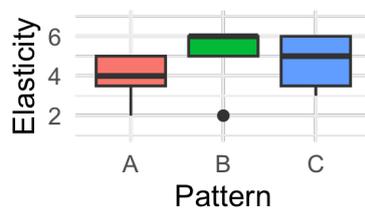
(e) クッキー：酸味



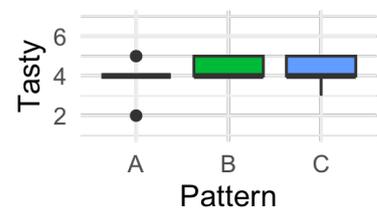
(f) クッキー：力



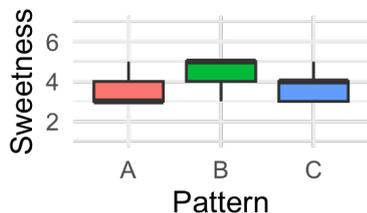
(g) グミ：硬さ



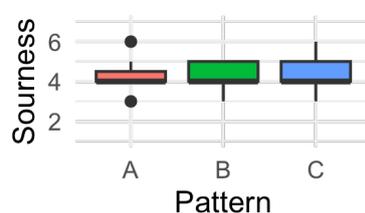
(h) グミ：弾力



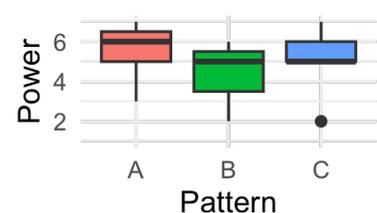
(i) グミ：美味しさ



(j) グミ：甘さ



(k) グミ：酸味



(l) グミ：力

図 3: 全てのグラフのキャプション

Masahiko Inami. Chewing jockey. In *Proceedings of the 8th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology - ACE '11*, p. 1, New York, New York, USA, 2011. ACM Press.

- [3] Izumi Mizoguchi and Hiroyuki Kajimoto. Food texture augmentation by smartphone gripping in hand. *2023 IEEE World Haptics Conference, WHC 2023*, jul 2023.
- [4] Takashi Kimura and Takuya Nojima. Pseudo-haptic feedback on softness induced by grasping motion. In *Proceedings of the 2012 International Conference on Haptics: Perception, Devices, Mobility, and Communication - Volume Part II*, EuroHaptics'12, pp. 202–205, 2012.