



道具を介した柔軟物押下時に想起される オノマトペと物性の関連性

Relationship between onomatopoeia and physical properties
recalled during tool-mediated pressing of flexible objects

金田実久¹⁾, 金子征太郎^{1,2)}, 梶本裕之¹⁾

Miku KANEDA, Seitaro KANEKO, and Hiroyuki KAJIMOTO

1) 電気通信大学 情報理工学研究所 (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {kaneda, kaneko, kajimoto}@kaji-lab.jp)

2) 日本学術振興会 (〒102-0083 東京都千代田区麹町 5-3-1)

概要 : 本論文では, 道具を介してシリコンゲルを押下した際に想起されるオノマトペと物性の関連性を明確化することを目的とする. 利き手人差し指にマレット, ゴム製の指サック, プラスチック製の指サックの 3 種類を装着し, 物性の異なる 12 種類のゲルの硬軟感に関するオノマトペを回答する. 得られたオノマトペの音韻を抽出し, その出現回数を用いてオノマトペと物性の関連について考察を行う.

キーワード : オノマトペ, 柔軟感, 硬軟感

1. はじめに

日本語のオノマトペは, 質感を簡単に表現することが出来る. 例えば, 肌の質感の表現には「もちもち」「ぷにぷに」のようなオノマトペが使用されている. 対象の特性を表す音の響きで名前を付けること[1] がオノマトペの原義であり, 上記の人肌の例のような複数の物理パラメータに依存した状況に対する評価をオノマトペでは行うことが出来る.

このようなオノマトペの特性を物性や材質評価の回答指標に活用した工学分野の研究が存在する. 例えば, 渡邊ら[2] の研究では, 試料の触り心地に対する快不快とオノマトペの関係を調査している. 田島ら[3]の研究では, 材料の評価にオノマトペを用いている. また, オノマトペと物性の関連性を調査した研究では, Kikegawa ら[4]のしっとり感を物理計測と官能評価から関連付けた研究や Kato ら[5]のさらさら感について物理特性と官能評価, 感性評価の 3 面から特徴の関連を調査した研究がある. このように材質の表面特性に注目したオノマトペと物性の関連性に関する研究はあるものの, 材質の柔軟感に着目しオノマトペと物性の関連性を調査した研究は未だ少数である. そこで, 我々の前報[6]では, 柔軟物体のオノマトペと物性の関連性に着目し, ゲルを押した時に想起されるオノマトペと触ったゲルの物性値との関連性を調べた.

我々の前回の報告では, 視覚条件 (他者が触れているゲ

ルを見る条件), 視触覚条件 (ゲルを見ながら触れる条件), 触覚条件 (ゲルをカーテン越しに触る条件) におけるオノマトペと物性の関連性を調査した. 結果, 条件ごとの変化は生じたが, 多くの音韻は 3 条件に共通して硬軟の変化によって想起される音韻が変化することが明らかとなった. 例えば, 硬い試料では第 1 モーラ子音で/g/ (例: ぐに) が多く想起され, 柔らかい試料では/m/ (例: もち) が多く想起されることが 3 条件に共通していることが明らかになり, 第 2 モーラ子音では視覚条件のみ/y/ (例: ぐよ) が多く想起されるという変化が生じることが分かった. しかし, 前報は準備された 10 種類の素材を用いて実験を行っていることから, より幅広い物性とオノマトペの関連付けが行えていないという課題を抱えている. この解決のため, 我々は力覚デバイスを用いることを考えた. 力覚デバイスによって硬軟パラメータを任意に変更した状態で実験を行えば, 現在よりも詳細なオノマトペと物性の関連付けが行えると考えた.

力覚デバイスでは, Touch X[7] のように提示時に道具を介す必要があるため, 前報で行った素手で触る条件のオノマトペの回答と道具越しに触った状態でのオノマトペの回答に違いがあるかどうか確認する必要がある. そこで, 本研究では, 将来的な力覚提示装置での実験の準備段階として, 素手以外の条件で試料に触れた際のオノマトペと物性の関連性について調査する. 本研究の目的は, 道具を用

いてゲルを触った場合に物性に関連付けられるオノマトペが変化するかどうかを調べることである。

2. 実験方法

2.1 実験試料

実験試料には Haptic Wonder 12 触 α GEL 見本帖(Taica) [8] を用いた (図 1)。実験試料は、アスカー-C 硬度と針入度、反発弾性率が測定されている。実験試料の各物性値を表 1 に示す。

2.2 実験手順

被験者は椅子に座り、利き手をテーブルの上に載せ、3種類の道具を用いて、押す動作をすべてのゲルに対して行った (図 2)。実験手順は、素手で触った状態との差異を検討するために、本研究の前回の実験と同様の手順で行った。

実験条件は、ゴム製の指サックを装着した条件、プラスチック製の指サックを装着した条件、マレットを持った条件の3条件とした。ゴム製の指サックでは、利き手の人差し指にゴム製の指サックを装着した状態で、ゲルを押し、回答を行った。プラスチック製の指サックの条件では、ゴム製の指サックと同様の手順で実験を行った。マレットの条件では、マレットの球から2cmの部分にマークを付け、そのマークに人差し指の先が来るようにマレットを持った状態でゲルを押し、回答を行った。また、どの条件でもゲルと被験者の間にカーテンを設け、音の影響を減少させるためにイヤーマフを装着した。ゲルの評価中は何度でも押すことを可とした。

実験の評価項目は、自然さ (0:とても不自然 - 6:とても自然)、粘性感 (0:粘性感がない - 100:粘性感が強い)、弾性感 (0:弾性感がない - 100:弾性感が強い)、想起されたオノマトペを1つ以上挙げることとした。オノマトペは事前に硬軟感に関わるものを挙げるようにと説明を行った。

実験参加者は12名 (男性11名、女性1名、21~28歳) で実験を行った。なお本研究は電気通信大学情報理工学研究所倫理委員会の承認(承認番号 20035 (2) 号) をうけて実施されたものである。

表 1: Haptic Wonder 12 触 α GEL 見本帖の物性値

| 試料番号 | アスカー-C | 針入度 | 反発弾性率 |
|------|--------|-----|-------|
| 1 | 51 | 9 | 70 |
| 2 | 32 | 16 | 45 |
| 3 | 20 | 31 | 35 |
| 4 | 20 | 31 | 35 |
| 5 | 10 | 51 | 20 |
| 6 | 0 | 80 | 10 |
| 7 | 0 | 96 | 5 |
| 8 | 0 | 105 | 15 |
| 9 | 0 | 130 | 5 |
| 10 | 0 | 130 | 5 |
| 11 | 0 | 152 | 0 |
| 12 | 0 | 255 | 0 |



図 1: 実験で使ったゲル (左上から右に試料番号 1~6, 左下から右に試料番号 7~12)



図 2: 実験で使った道具 (左: プラスチック製の指サック, 中央: ゴム製の指サック, 右: マレット)

3. 実験結果

各条件で想起されたオノマトペの数は、マレット条件で 209 個、ゴム製の指サック条件で 201 個、プラスチック製の指サック条件で 192 個であった。自然さの平均は、マレット条件で 3.00、ゴム製の指サック条件で 4.63、プラスチック製の指サック条件で 3.10 であり、粘性感と弾性感の平均はそれぞれ、マレット条件で 36.5 点、50.7 点、ゴム製の指サック条件で 31.8 点、53.3 点、プラスチック製の指サック条件で 30.9 点、52.8 点となった。

実験結果のオノマトペを音韻ごとに分解し、カラースケールを用いて比較を行った。得られたオノマトペをヘボン式ローマ字に変換し、モーラごとに分解し、子音と母音に分け、想起された回数を数えたものにカラースケールを用い、表を作成した (例: ぷに→puni→/p/u/n/i/)。カラースケールは、想起された回数が多いほど濃い緑色になり、少ないほど黄色に近くなるよう表示している。また、表に示す結果は比較のために 3 条件すべてで想起された音韻を記載している。

カラースケールを表 2~表 7 に示す。第 1 モーラ子音の想起された音韻の比較では、ゴム製の指サック条件以外の 2 条件で、試料番号 1, 2 付近で /k/ (例: かち) が多く想起されている結果が得られた。また、ゴム製の指サック条件において /m/ (例: もち) は試料番号 11 や 12 のような柔らかい試料で多く想起されている結果が得られた。第 2 モーラ子音では、/n/ (例: ぐに) が最も多く想起された。

表 2: マレット条件の第1モーラ子音のカラースケール

| 試料番号 | k | t | g | p | m | b | n | f |
|------|----|----|----|----|----|----|---|----|
| 1 | 10 | 3 | 3 | 1 | | | | |
| 2 | 8 | 4 | 3 | 2 | | | | |
| 3 | 3 | 2 | 6 | 3 | 2 | | | |
| 4 | 3 | 3 | 5 | 3 | | 1 | | |
| 5 | 1 | 1 | 6 | 3 | | 4 | 1 | |
| 6 | 1 | | 1 | 4 | 4 | 6 | | |
| 7 | | | 2 | 4 | 3 | 5 | | 1 |
| 8 | 1 | | 8 | 5 | 1 | 2 | 1 | |
| 9 | | | 3 | 6 | 5 | 4 | 2 | |
| 10 | | | 2 | 3 | 5 | 3 | 1 | 4 |
| 11 | | | 1 | 7 | 4 | 4 | | 4 |
| 12 | | | 5 | 2 | 4 | 1 | 1 | 3 |
| | 27 | 13 | 45 | 43 | 28 | 30 | 6 | 12 |

表 5: マレット条件の第2モーラ子音のカラースケール

| 試料番号 | N | Q | ch | ts | sh | n | t | g | ny | r | y |
|------|----|---|----|----|----|----|----|---|----|---|---|
| 1 | 6 | | 5 | 4 | 1 | | | | | | |
| 2 | 6 | | 4 | 3 | | 2 | 1 | | | | |
| 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | | 5 | 2 | | | | |
| 4 | 4 | | | 1 | | 5 | 2 | 1 | | | |
| 5 | 2 | | 1 | | | 8 | 4 | 1 | | | |
| 6 | | | 4 | | | 8 | 4 | | | | |
| 7 | | | 3 | | | 8 | 1 | | 1 | 2 | |
| 8 | 1 | | 1 | | | 8 | 4 | | 2 | | 1 |
| 9 | | | 8 | | | 2 | 4 | | 3 | 2 | |
| 10 | | | | | | 9 | 2 | | 4 | | |
| 11 | | | 2 | | | 10 | 1 | | 2 | 3 | |
| 12 | | | 1 | 1 | | 9 | | | 2 | | |
| | 22 | 3 | 30 | 9 | 1 | 74 | 25 | 2 | 14 | 7 | 1 |

表 3: ゴム製の指サック条件の第1モーラ子音のカラースケール

| 試料番号 | k | t | g | p | m | b | n | f |
|------|----|----|----|----|----|----|---|----|
| 1 | 5 | 4 | 4 | 2 | | 1 | | |
| 2 | 2 | 3 | 8 | 1 | 1 | | | |
| 3 | 2 | 3 | 7 | 2 | | 1 | | |
| 4 | 2 | 2 | 5 | 4 | 2 | | | |
| 5 | 1 | | 4 | 5 | 1 | 3 | | |
| 6 | | | 5 | 1 | 6 | 2 | 1 | |
| 7 | | | 1 | 5 | 4 | 5 | 1 | |
| 8 | | | 6 | 3 | 5 | 4 | | |
| 9 | | | 2 | 3 | 6 | 6 | 1 | 2 |
| 10 | | | 1 | 5 | 4 | 3 | | 2 |
| 11 | | | 1 | 7 | 7 | | 1 | 1 |
| 12 | | | 1 | 5 | 8 | | | 6 |
| | 12 | 12 | 45 | 43 | 44 | 25 | 4 | 11 |

表 6: ゴム製の指サック条件の第2モーラ子音のカラースケール

| 試料番号 | N | Q | ch | ts | sh | n | t | g | ny | r | y |
|------|----|---|----|----|----|----|----|---|----|---|---|
| 1 | 4 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | | 2 | | | |
| 2 | 4 | | 1 | 1 | | 4 | | 2 | | | |
| 3 | 4 | 1 | 2 | 1 | | 6 | 1 | | | | |
| 4 | 3 | 1 | 2 | 1 | | 3 | 2 | | 1 | | |
| 5 | 2 | | 1 | | | 7 | 3 | | | | |
| 6 | 1 | | 2 | | | 10 | 1 | | 2 | | |
| 7 | | | 5 | | | 5 | 2 | | 3 | | 1 |
| 8 | | | | | | 11 | 2 | | 3 | | |
| 9 | | | 4 | | | 8 | 2 | | 5 | | |
| 10 | | | 1 | | | 10 | 1 | | 3 | | |
| 11 | | | 3 | | | 9 | | | 4 | 1 | |
| 12 | | | 3 | | | 9 | | | 5 | | 1 |
| | 18 | 3 | 28 | 5 | 1 | 83 | 14 | 4 | 26 | 1 | 2 |

表 4: プラスチック製の指サック条件の第1モーラ子音のカラースケール

| 試料番号 | k | t | g | p | m | b | n | f |
|------|----|----|----|----|----|----|---|---|
| 1 | 9 | 3 | 2 | 1 | | | | |
| 2 | 7 | 3 | 1 | 2 | | | | |
| 3 | 5 | 3 | 6 | | | | 1 | |
| 4 | 7 | 3 | 5 | 2 | | | | |
| 5 | 1 | 1 | 6 | 4 | 1 | 2 | | |
| 6 | 1 | | 4 | 1 | 4 | 4 | | |
| 7 | | | 4 | 4 | 4 | 3 | | |
| 8 | 4 | 1 | 8 | | 1 | 1 | | |
| 9 | | | 3 | 5 | 3 | 4 | | |
| 10 | | | 1 | 10 | 3 | 2 | | 2 |
| 11 | | | 1 | 8 | 5 | 1 | | 3 |
| 12 | 2 | | 4 | 2 | 3 | 1 | 1 | 4 |
| | 36 | 14 | 45 | 39 | 24 | 18 | 2 | 9 |

表 7: プラスチック製の指サック条件の第2モーラ子音のカラースケール

| 試料番号 | N | Q | ch | ts | sh | n | t | g | ny | r | y |
|------|----|---|----|----|----|----|----|---|----|---|---|
| 1 | 6 | | 5 | 3 | 1 | 2 | | | | | |
| 2 | 4 | | 5 | 2 | 1 | 2 | | | | | |
| 3 | 5 | 1 | 2 | 2 | | 1 | | | 1 | | |
| 4 | 7 | | 3 | 2 | | 2 | | 2 | | | |
| 5 | 1 | | 1 | | | 7 | 4 | | | | |
| 6 | 1 | 3 | 2 | | | 6 | 2 | | 1 | | |
| 7 | 1 | 1 | 4 | | | 7 | 2 | | | | |
| 8 | 4 | | | | | 9 | | | | 1 | 1 |
| 9 | | | 4 | | | 5 | 4 | | 1 | | |
| 10 | | | 2 | | | 10 | 2 | | 2 | 1 | 1 |
| 11 | | | 1 | | | 11 | | | 4 | 1 | 1 |
| 12 | | | 3 | 1 | | 8 | 1 | | 3 | | 1 |
| | 29 | 5 | 32 | 10 | 2 | 70 | 15 | 2 | 12 | 3 | 4 |

4. 考察

自然さの平均は、ゴム製の指サック条件が最も高い結果になった。ゴム製の指サックが最も素手の状態に近いため、最も自然さが高かったと考える。粘性の平均点がマレット条件で最も高いのは、材質による違いが考えられる。

第1モーラ子音の想起回数について考察を行う。マレット条件とプラスチック製の指サック条件の試料番号 1, 2 付近で、/k/ の想起回数が多く、前回の実験結果や今回のゴム製の指サック条件では、試料番号 1, 2 付近で/k/ の想起回数が比較的少なくなる結果が得られた。これらの試料は硬く、ゲル接触時に指の接触面積の変化を感じることが難しい条件では、/k/ が多くなると推察する。以上のことから、指の接触面積の変化を感じ取れるかどうかによって想起される音韻が変化している可能性が示唆される。

また、/m/ の想起回数が、ゴム製の指サック条件、特に試料番号 11 や 12 で多くなる結果が得られた。前報において、/m/ は試料番号 11 や 12 のような柔らかい試料で多く想起されていた。一方で、マレット条件やプラスチック製の指サック条件では、ゴム製の指サック条件に比べて 20 回前後想起された回数が少なくなっている。このことから、ゴム製の指サック条件では、素手の状態と同様に/m/ が使われ、マレット条件やプラスチック製の指サック条件では/m/ が想起される回数が少なくなっていると言える可能性がある。

第2モーラ子音の結果から考察を行う。第2モーラ子音で最も想起されるのは、/n/ であった。すべての条件に共通して試料番号 5 以降で特に想起される回数が増加する傾向がある。これより、硬軟感を表現する際に/n/ が使用される可能性が高いことが示唆される。一方で、すべての条件に共通しない特徴として、/ny/ はゴム製の指サック条件での想起回数が他の2条件よりも多くなっている。ゴム製の指サック条件の想起回数は、前報の/ny/ の想起回数と類似しており、素手の状態に近いゴム製の指サックならではの特徴であると考えられる。

以上の考察を踏まえると、ゴム製の指サックは素手に近い状態であり、想起されるオノマトペも素手の結果に近い。一方、マレットやプラスチック製の指サックは、一部の音韻の使用回数が素手の状態と異なることから、マレットやプラスチック製の指サックのように接触面積の変化が分かり辛い道具を用いた場合は、硬い試料の第1モーラ子音で/k/ が多く回答されるように想起されるオノマトペが変化する可能性があるとし唆される。

5. おわりに

本論文では、ゴム製の指サック、プラスチック製の指サックとマレットを利用した際に想起されるオノマトペに変化があるかどうかを明らかにすることを目的とし、実験を行った。

実験の結果、素手の状態に近いゴム製の指サック条件では、前報の結果に類似した結果を得ることが出来た。また、マレット条件とプラスチック製の指サック条件では、一部の音韻の想起された回数が増加している結果を得ることが出来た。ここから、素手で触る場合とマレットやプラスチック製の指サックで触る場合では、想起されるオノマトペに違いがある可能性が示唆された。

今後は、数量化理論 I 類を用いた回帰分析を行う。また、本実験の結果を踏まえ、力覚デバイスを用いた力提示を行い、現在よりも詳細な物性とオノマトペの関連性を調査していく。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP20H05957 の助成を受けたものです

参考文献

- [1] 坂本真樹, 感性情報学—オノマトペから人工知能まで—, コロナ社, 2018.
- [2] 渡邊淳司, 加納有梨紗, 清水祐一郎, 坂本真樹, “触覚の快・不快とその手触りを表象するオノマトペの音韻の関係性(<特集>ハプティクスと VR),” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 16 巻, 3 号, p. 367-370, 2011.
- [3] 田島優輝, 加藤史洋, 井上康之, 舘暲, “力・振動・温度を触原色とする触覚提示デバイスにおける触覚再現手法,” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 24 巻, 1 号, p. 125-135, 2019.
- [4] Kikegawa Kana, Kuhara Rieko, Kwon Jinhwan, Sakamoto Maki, Tsuchiya Reiichiro, Nagatani Noboru and Nonomura Yoshimune, “Physical origin of a complicated tactile sensation: ‘shittori feel!,” R. Soc. open sci.6190039, 2019.
- [5] Yuta Kato, Rieko Kuhara, Maki Sakamoto, Reiichiro Tsuchiya, Noboru Nagatani, Yoshimune Nonomura, Recognition Mechanism of the “Sara-sara Feel” of Cosmetic Powders, Journal of Oleo Science, 70 巻, 2 号, p. 195-202, 2021.
- [6] Miku Kaneda, Masahiro Takeuchi, Seitaro Kaneko and Hiroyuki Kajimoto, "Relationship between onomatopoeia and physical properties when pressing a soft object," 2022 IEEE Haptics Symposium (HAPTICS), 2022.
- [7] 3D Systems, “Touch X”, 3D SYSTEMS, <https://ja.3dsystems.com/haptics-devices/touch-x/specifications>, (参照 2022-07-15).
- [8] Taica, “Haptic Wondwer 12 触 α GEL 見本帖”, <https://taica.co.jp/gel/collection/haptics/>, (参照 2022-07-15).