



オノマトペの提示による振動フィードバックの印象変化手法

溝口泉¹⁾, 櫻井翔²⁾, 広田光一²⁾, 野島琢也³⁾

Izumi MIZOGUCHI, Sho SAKURAI, Koichi HIROTA, Takuya NOJIMA

- 1) 電気通信大学情報理工学研究科 (〒 182-8585 東京都調布市調布ケ丘 1 - 5 - 1, mizoguchi@uec.ac.jp)
 2) 電気通信大学情報理工学研究科 (〒 182-8585 東京都調布市調布ケ丘 1 - 5 - 1, {sho,hirota}@vogue.is.uec.ac.jp)
 3) 電気通信大学情報理工学研究科 (〒 182-8585 東京都調布市調布ケ丘 1 - 5 - 1, tnojima@nojilab.org)

概要: 本研究は、触覚刺激と「オノマトペ」の同時視覚提示により、触覚の知覚を変化させる手法を提案する。既存のシュードハプティクスとは異なり、言語情報を用いる点が特徴である。スマートフォンでの評価実験の結果、提示オノマトペに応じて 5 種類の異なる触感を誘発し、ボタン押下感覚のリアリティも向上させる効果を確認した。本手法は、既存のスマートフォンや VR デバイスに容易に実装でき、触覚体験を豊かにする新たな可能性を示す

キーワード: ハプティクス、オノマトペ、AR、スマートフォン

1. はじめに

オノマトペは擬態語・擬音語とも呼ばれ、物事の動きや変化、音などを端的に表すことのできる語である。様々な言語の中でも、日本語は特にオノマトペの多い言語として知られている。一般的にオノマトペは漫画を始めとするイラストやアニメーションなどの映像作品、文学作品等で状態や感情、音などを表現する手法として広く利用されている。また、Fukusato らの研究や Wang らの研究 [1, 2] では、映像や音声に対して、画面にオノマトペを表示することで、臨場感や音のリアリティを高めることができることが報告されている。Oh らの研究 [3] では VR 環境においてもオノマトペを表示することで臨場感が向上することが報告されており、文字での表現以上の効果があることが示されており、利用される範囲は拡大している。

研究分野において官能評価や感覚の評価のためのアンケート手法として利用される他、動作や運動の伝達のための活用などが検討されている。渡邊らは触覚を一般化したカテゴリに分類するために、オノマトペの関連性を示したオノマトペの二次元分布図 [4] を作成している。但馬らの行う、視覚における原色を触覚でも作り出そうとする研究 [5] では触感の評価にオノマトペを用いている他、土斐崎らの作成した商品検索システム [6] では、オノマトペを用いて質感の表現を行わせている。このように、オノマトペを官能評価等に用いることは広く行われてきており、一般化するための研究も行われている。また、オノマトペは動きを表すことにも使われることから、動作の伝達に関する研究でも使用されている。吉川らは運動の動きやコツの表現、伝達に使用できるオノマトペをスポーツオノマトペとして定義し、実際のスポーツや指導における有効性について検討 [7] している。また、藤野らは筋の緊張や力の強弱などを伝達することができるスポーツ用のオノマトペのデータベース [8] を

作成するなど、動作の伝達についても研究が進んでいる。

このように広く活用されるオノマトペであるが、現状、表現におけるオノマトペの選択や利用・活用は作者や製作者の感覚的な利用が多くなっており、理論的な構築がなされていない。また、研究や調査等において、味覚や触覚など様々な感覚をオノマトペで表現するといった手法が多く行われているが、オノマトペの提示が他の感覚に与える影響についてはあまり調査されていない。我々はオノマトペの提示が感覚に与える影響を調査することにより、個人の感覚による利用が多かった点を理論化し、より効率よく利用することが可能であると考えた。

本論文では、オノマトペの提示が触覚に対し与える影響を調査するため、画面上のボタンを押した際に、振動フィードバックとオノマトペを同時に提示するスマートフォンアプリケーションを作成した。そして、表示するオノマトペの語の違いにより、ユーザの受けた触覚の印象の変化、およびリアリティ・没入感の変化について調査を行った。

2. 提案手法・実験用アプリケーション

本研究では振動触覚フィードバックと同時にオノマトペを画面上に表示する。そしてそれにより、表示したオノマトペによって提示した触覚フィードバックの印象を変化させることを目的とする。

提案手法の有効性を評価するため、図 1 のようなスマートフォンアプリケーションを作成した。本アプリケーションでは、画面上に仮想ボタンが表示されており、それをタップすることで振動触覚フィードバックの提示と画面上への 7 種類のオノマトペの表示を行う。これらのオノマトペは研究室の学生 1 名と著者がオノマトペ辞典の中からスイッチに使われそうな語を選択した。さらに対照群としてスイッチにはあまり使われないオノマトペ 2 語 (グニュ、ニュル)

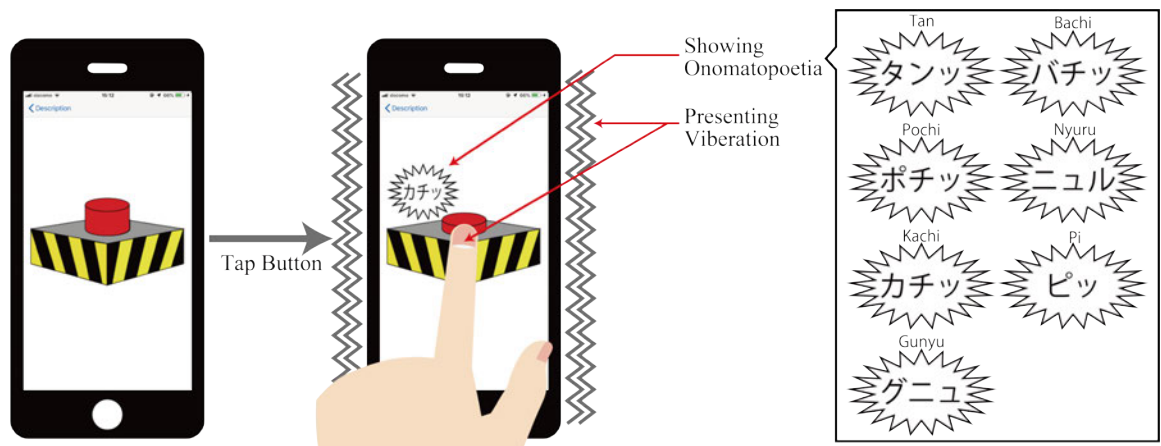


図 1: Operation and screen transitions of the application and the onomatopoeia word set.

を著者が追加して作成した。また、実験用に用いたスマートフォンは Apple 社製 iPhone 6s plus(iOS13.1.1) であった。アプリケーション上でボタンをタップした際の画面変化を図 1 に示す。通常時は図左のようにボタンのみが表示されている状態である。ボタンをタップすることで、図右のように、ボタンが押し下げられた状態に変化し、同時にボタン左上に吹き出しに囲まれたオノマトペが表示される。それと同時に振動フィードバックとして短時間振動する仕組みとなっている。動きによる Pseudo-haptics などの影響を除外するため、ボタンの画像は押す前と押したあとの 2 枚のみで、アニメーション効果などは実装していない。

振動刺激の実装は iOS におけるシステムサウンド ID1003 (メッセージ受信時などに使用される振動) によって実装しており、iOS13.1 では約 0.1 秒の振動である。

3. 評価実験

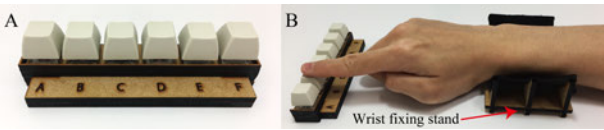


図 2: (A) 実験用キースイッチ, (B) 実験時の姿勢

実験は、被験者がアプリケーション上のボタンをタップし、触覚フィードバックとオノマトペの提示を受け、その後 6 つのキースイッチの内、最も触感が近いと感じたスイッチを選択する形で行った。同時に 7 段階リッカート尺度のアンケート (画面上のボタンを押した際、ボタンを押した感覚を感じたか) に回答させ、リアリティの変化について調査した。実験に使用したキースイッチは図 2 左に示した 3 種の触感と重さ 2 種を組み合わせたものである。リニアスイッチでは 35g/60g・タクトイルスイッチでは 28g/72g・クリッキースイッチでは 45g/80g のペアを使用した。もし表示したオノマトペにより印象や触感が変化する場合、スイッチの選択される傾向がオノマトペ毎に変化すると考えられる。

被験者には実験中、十分な音量のホワイトノイズが流れ

表 1: 提示オノマトペ毎の最も近いと感じた触感のスイッチの回答

		スイッチタイプ					
触感		クリッキー		タクトイル		ライナー	
キー荷重		80g	45g	72g	28g	60g	35g
ぐん や	タンッ	4	5	6	8	1	6
	バチッ	5	7	10	4	0	4
	ポチッ	4	6	9	8	2	1
	ニュル	1	3	2	1	11	12
	カチッ	6	10	4	7	0	3
	ピッ	4	3	6	8	4	5
	グニユ	1	2	7	4	9	7
	なし	2	5	6	4	7	6

るノイズキャンセリングヘッドホンを着用させ、環境音やキースイッチの発する音は聞こえなかった。そのため、音によるキースイッチの判別は困難である他、音による印象への影響は最小限に抑えられていると考えられる。またキースイッチの並び順は各試行毎にランダムに変更し、毎回全てのキースイッチを 1 度は押してから最も触感の印象が近いスイッチを選ぶ様に被験者に指示をした。手首や指の姿勢により触感が変化しないよう、被験者がスイッチを押す際には図 2-B のように手首を台に固定し、毎回同じ姿勢で押すように指示した。

実験参加者は男性 7 名、女性 2 名、その他 1 名の合計 10 名であり、平均年齢は 22.9 歳であった。全ての被験者は日常的にスマートフォンを用いており、健康に問題がなく、手の触覚に異常がない者だった。

また、本実験は電気通信大学ヒトを対象とする実験に関する倫理規程に基づき、倫理審査委員会の認可を受けた上で行っている (管理番号 19055 号)。

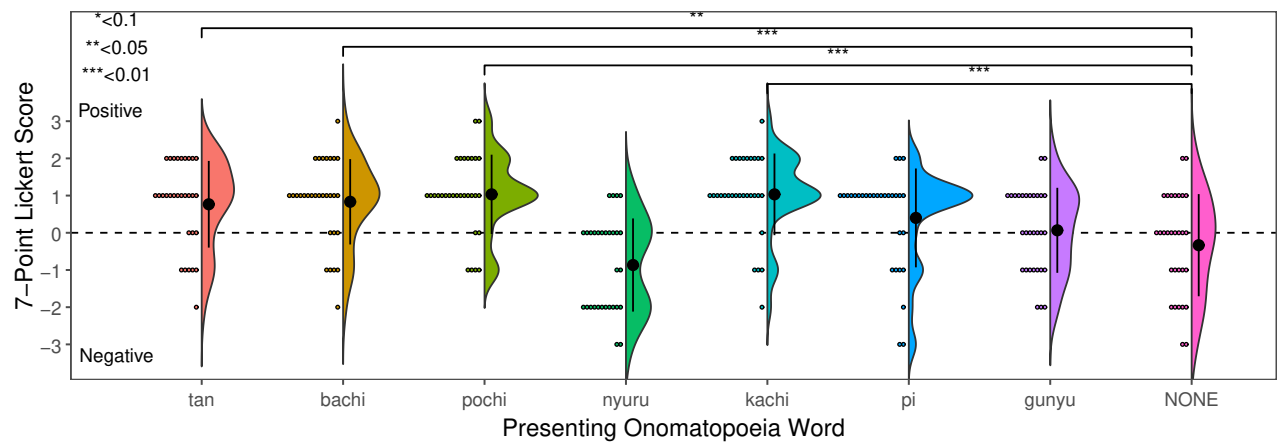


図 3: Tukey-kramer 検定によるリアリティに関する表示なしと各オノマトペの比較結果

表 2: 各オノマトペとオノマトペ非表示の場合をカイ二乗検定により比較した結果 (*は有意差有りを示す)

オノマトペ	統計量			q 値	
	χ^2 値	p 値	Cramer's V	0.05	0.1
カチッ	24.417	0.00018	0.463	*	*
パチッ	15.633	0.008	0.409	*	*
ポチッ	15.438	0.0087	0.388		*
ニユル	14.502	0.013	0.354		*
タンッ	11.143	0.049	0.329		*
ピッ	8.2524	0.14	0.238		
グニュ	3.2048	0.67	0.184		

表 3: 各オノマトペ毎の重量に関する音象徴効果と選択されたスイッチの比較

語	IPA	重さに関する 音象徴効果	スイッチ重量	
			軽い	重い
カチッ	KatiQ	軽い	20	10
タンッ	tanQ	軽い	19	11
ピッ	piQ	軽い	16	14
ポチッ	PochiQ	軽い	15	15
グニュ	gunyu	重い	13	17
パチッ	BachiQ	重い	15	15
ニユル	Nyuru	なし	16	14

4. 結果

表示したオノマトペ毎に選択されたキースイッチをまとめたものを以下の表 1 に示す. 本アンケート結果は名義尺度であるため, まずカイ二乗検定による適合度の検定を行った. まず, 自由度 35 のカイ二乗検定を結果全体に対して行った結果, p 値は 0.00008, クラメールの V は 0.251 であり, 中程度の効果量を示した上で有意に差があることが示された. このことから, オノマトペの提示とその語の違いにより, 選択されるキースイッチの頻度分布に差が生じることが示さ

れた. さらに語による違いを調査するため, 表示なしの場合を理論値と置き, オノマトペ毎に自由度 5 のカイ二乗検定を 7 パターン行った. 多重比較の補正のため, 得られた値は Benjamini-Hochberg 法で補正を行った. その結果を以下の表 2 に示す. 検定の結果, 「カチッ」「パチッ」において q 値 0.5 の有意差が, 「ポチッ」「ニユル」「タンッ」において q 値 0.1 の有意傾向が見られた. 有意差が見られる全ての語においてクラメールの V は 0.3 以上となっており, 中程度の効果量があり信頼できる結果である. このことから表示なしの場合と比べ, いくつかの語においてはキースイッチの選択される割合に明らかな差が生じることが示された. また, それぞれで選択されたキースイッチの傾向を見ると, 表示する語によって傾向が違い, 違う触感を受けていることがわかる. 例えば, 「カチッ」では 45g のクリッキータイプのスイッチが最も多く選択されているが, 「パチッ」「ポチッ」では 72g のタクタイルスイッチが選択される, 「ニユル」では 35g のリニアスイッチが, 「タンッ」では 28g タクタイルスイッチが選択されている. 語によってスイッチの触感や同じ触感でも重さに違いがでており, 語による影響が生じていると考えられる.

7 段階リッカート尺度で取得したアンケート「画面上のボタンを押した際, ボタンを押した感覚を感じたか」の結果を図 3, に示す. アンケートでは 1 を感じなかった, 7 を感

じたとして回答を取得した。また各オノマトベと表示なしの場合を比較するため、Tukey-kramer 検定による多重比較を行った。その結果を以下の表??に示す。

結果として、「カチッ」「ポチッ」「バチッ」「タンッ」の4つの語において、表示なしの場合と比較してp値が0.01未満を示し、これらの95%信頼区間が0をまたいでいないことから、有意に差があることが示された。得られたスコアを見ると、「カチッ」「ポチッ」「バチッ」「タンッ」の4つの単語の平均値と中央値が1、正の平均値が0.7~1.03であるのに対し、表示なしの場合平均値と中央値はそれぞれ0.3と0であり、オノマトベを同時に提示することで触覚的なリアリティを高めることが可能であることが示された。また平均値において有意差が見られなかったものの、スイッチにはあまり使われない単語である「ニュル」においては、オノマトベ表示なしの場合と比較して平均値・中央値共にマイナスの値を示しており、状況・物体と一致しないようなオノマトベの提示はリアリティを損なう可能性が示唆された。

さらにオノマトベ毎の音象徴による影響について調査を行った。日本語における音象徴効果について検証を行った浜野らの研究[?]では、最初の子音、母音、語尾に応じていくつかの音象徴効果があることが示されている。

今回使用したオノマトベでは直線的なイメージを持つものが多く存在した。母音効果において、「バチッ」「カチッ」「ポチッ」「ピッ」の4つが直線的なイメージを持つと考えられる。しかし、直線的で変化の少ない触感を持つリニアスイッチでは、直線的なイメージをあまり持たない「ニュル」において最も多く選択されている。「カチッ」や「グニュ」では、硬さを連想させる音象徴効果があると考えられるが、強い反力や引っ掛かりが与えられるタクトイルやクリッキータイプのスイッチは「カチッ」では多く選ばれたが、「グニュ」ではあまり選択されなかった。グニュは意味的に柔らかい物体や触感を表す語であることから、意味が優先される可能性がある。また、今回の実験に関連する音象徴効果に頭子音に含まれている重さの概念がある。それぞれのオノマトベ毎のキースwitchの選択で比較的軽い3種と比較的重い3種がどの程度選ばれたかを以下の表3に示す。その結果、音象徴効果の内、重さについてはある程度影響が生じているといえる結果となった。「バチッ」「ポチッ」では同数であり、「ニュル」には重さの概念がないが、その他の単語ではそれぞれの軽い・重い音象徴側に選択されるスイッチが偏っている。これらのことより、音象徴による効果は限定的であり、意味による効果が優先される可能性が高い。しかし重みに関しては音象徴による影響が生じていると考えられる。

5. まとめ

本研究では、触覚フィードバックと同時に提示するオノマトベが、触感の印象にどのような影響を与えるかについて調査した。6つの異なる触感のスイッチを用いた比較実験の結果、オノマトベがない場合と比較し、2つのオノマトベにおいて、選択されるスイッチの傾向が有意に変化し、3つ

の単語で有意傾向が見られた。リアリティに関しても4つの単語で有意に増加することが確認された。また、音象徴の影響を受ける可能性についても示唆された。今後の課題として他言語での応用、汎用性に関する調査などが重要である。

参考文献

- [1] Tsukasa Fukusato and Shigeo Morishima. Automatic depiction of onomatopoeia in animation considering physical phenomena. In *Proceedings of the 7th International Conference on Motion in Games*, MIG '14, pp. 161–169, New York, NY, USA, 2014. Association for Computing Machinery.
- [2] Fangzhou Wang, Hidehisa Nagano, Kunio Kashino, and Takeo Igarashi. Visualizing Video Sounds With Sound Word Animation to Enrich User Experience. *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol. 19, No. 2, pp. 418–429, feb 2017.
- [3] Jiwon Oh and Gerard J. Kim. Effect of accompanying onomatopoeia with sound feedback toward presence and user experience in virtual reality. In *Proceedings of the 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, VRST '18, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.
- [4] Junji WATANABE, Arisa KANO, and Maki SAKAMOTO. Trend Visualization of Emotional Judgments on Materials in Contact Using Distribution Map of Japanese Onomatopoeic Words. *Transactions of Japan Society of Kansei Engineering*, Vol. 13, No. 2, pp. 353–359, 2014.
- [5] 田島優輝, 加藤史洋, 井上康之, Yuki Tajima, Fumihiro Kato, Yasuyuki Inoue, Susumu Tachi. 力・振動・温度を触原色とする触感提示デバイスにおける触感再現手法. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 24, No. 1, pp. 125–135, 2019.
- [6] Ryuichi Doizaki, Saki Iiba, Takayuki Okatani, and Maki Sakamoto. オノマトベと質感印象の結び付きに着目した商品検索への画像・テキスト情報活用の可能性. 人工知能学会論文誌, Vol. 30, No. 1, pp. 124–137, jan 2015.
- [7] 吉川政夫. 運動のコツを伝えるスポーツオノマトベ. バイオメカニズム学会誌, Vol. 37, No. 4, pp. 215–220, 2013.
- [8] Yoshitaka FUJINO, Kousei INOUE, Masao KIKKAWA, Emi NISHINA, and Tsuneo YAMADA. 運動学習のためのスポーツオノマトベデータベース. 日本教育工学会論文誌, Vol. 29, No. Suppl, pp. 5–8, mar 2006.