

オノマトペの音韻を用いて粘性動画を推薦する手法の提案

A Method to Recommend Viscosity Animation Appropriate for Japanese Onomatopoeia Based on Sound Symbolism

鍵谷 龍樹^{*1} 白川 由貴^{*1} 土斐崎 龍一^{*1} 渡邊 淳司^{*2} 丸谷 和史 ^{*2} 河邊 隆寛^{*2} 坂本 真樹^{*1}
 Tatsuki Kagitani Yuki Shirakawa Ryuichi Doizaki Junji Watanabe Kazushi Maruya Takahiro Kawanabe Maki Sakamoto

^{*1} 電気通信大学大学院 情報理工学研究科

Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

^{*2} NTT コミュニケーション科学基礎研究所

NTT Communication Science Laboratories

Viscosity has long been a problem in texture perception. Viscosity perception is one of those frequently expressed by onomatopoeia—a set of words that are often used to express sensory experiences in Japanese. In this paper we investigate the associations between phonemes of Japanese onomatopoeia for expressing viscosities and subjective evaluations of viscosities. Additionally, we propose a system that can recommend viscosity animations consistent with onomatopoeic expressions based on Japanese sound symbolism. Our system estimates meanings evoked by a certain onomatopoeic expression quantitatively, and calculate the viscosity values from the meanings.

1. はじめに

近年、多くの質感認知に関する研究が行われている。例えば粗滑感、硬軟感、冷温感、凹凸感、摩擦感など、様々な特性に関して、触覚・視覚の両面からの定量化が行われており[永野 2011]、その成果は学術的な面だけでなく、新素材・新製品の開発や CG 制作など広い分野に応用されている。同様に、質感認知に重要な特性のひとつである粘性知覚についても、視触覚の両方で定量化が行われてきた[辻 2002, 大西 2005, 林 2008, 岡本 2011]。特に、視覚から知覚される粘性の定量化は心理物理学の観点から行われており[Kawabe 2012, Fleming 2012]、視覚的な粘性の知覚と物理量との間の関係が明らかとなっている。

また、人間は言語を利用して感覚入力をカテゴリ化することで素材の触覚特性やその感覚的印象の把握している[苅阪 1999]。そのため、粘性の知覚においても、視覚的に感じられる動粘性を言語でカテゴリ化していると考えられる。そこで、本研究では、質感を表現する際に頻繁に用いられるオノマトペ(擬音語と擬態語の総称)に注目し、粘性の主観的な評価とオノマトペの音韻との間の音象徴的な結びつきを明らかにすることを目的とする。また、工学的な応用として、ユーザの直感的なオノマトペ表現に適した動画を推薦するシステムを構築する。

人は質感を表現するときオノマトペを日常的に使用しており、特に粘性を表現するときは“どろどろ”、“じゃーっ”などの表現を用いる。オノマトペは五感に強く関連する語であり、人間の感性を直感的に表現した語である[矢口 2011]。また、オノマトペは、主観が入ることから人によって解釈が異なり、あいまいな表現とされていたが、近年では様々な工学的研究に用いられ、オノマトペの感覚イメージを定量化する試みが行われている。オノマトペの感覚イメージと、オノマトペを構成する音韻の間には強い結びつきがあるとされており[Hamano 1986]、例えば、/a/音は平らさや広がりといった平面的な意味を、/i/音は一直線に伸びるような線の意味を喚起しているとされている。[藤沢 2006]は、擬

音語を構成する音韻が擬音語の印象に与える影響を数量化し、それらの線形和で擬音語の印象評価値が予測されると仮定し、「パッ」「カン」などの 2 モーラ擬音語表現の音韻と印象評価値の関係をモデル化している。このモデルの拡張として、任意のモーラ数を持つオノマトペ表現に対して、その印象を予測するモデルを基にオノマトペの印象を定量的に評価するシステムが提案されている[清水 2014]。

以上から、本研究では、オノマトペを構成する音韻が質感知覚と強い結びつきが認められる[早川 2010]ことに着目し、粘性の評価手法として用いる。これにより、視覚刺激による直感的な質感の定量化を試みるとともに、分析結果を応用し、オノマトペの印象に適した粘性表現を提案するシステムを構築する。これにより、粘性感の視覚的な表現や『『どろどろ』した映像を作りたい』などの要望に対し、具体的な作成指針の提案が可能になると期待される。

2. 粘性の評価実験

本研究では、オノマトペを粘性の評価手法として用いることで、視覚から知覚される粘性の質感の定量化を行う。また、その結果を用いて、オノマトペの印象に適した粘性表現を提案できるシステムを構築し、粘性感の視覚的な表現や『『どろどろ』した映像を作りたい』などのよう要望に対し、具体的な作成指針の提案を可能にすることを目的とする。上記の目的を達成するため、心理実験を行い、オノマトペを構成する音韻と主観的な粘性評価値との関係を検討した。

2.1 実験素材の選定

本研究では、粘性の評価に適した(素材の動きを認識しやすい)素材を選び出すため、CG で作成した動画素材 50 種を被験者 3 名で評価する予備実験を行った。CG 動画は、異なる粘度の流体が流れる様子を表現しており、60 枚の画像を 30 枚/秒でつなぎ合わせ、2 秒間で再生される。また、流体の動きには 10 パターンが存在し、それぞれのパターンには 5 段階の粘度(10⁻⁰ m2/s: 粘度高 ~ 10⁻⁴ m2/s: 粘度低)が与えられている。予備実験は、各動画素材から知覚される粘性を点数(0 点 ~

連絡先: 坂本真樹, 電気通信大学大学院情報理工学研究科,
 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, Tel: 042-443-5535, FAX:
 042-443-5535, sakamoto@hc.uec.ac.jp

100 点)で評価し、その流体の動きから想起されたオノマトペを回答するという方法で行った。この結果から、5 個のパターン(Collision, Cream, Faucet, Overflow, Throw)が粘性評価に適した素材だと判断し、計 25 種の動画素材を実験刺激として本実験に使用することとした。以下に、選定した動画の一部画像(30 フレーム目/全 60 フレーム)を図 1 に示す。

2.2 実験方法

オノマトペを用いた評価により、視覚を通して知覚される粘性の質感の定量化を行うことを目的とし、以下の内容で行った。実験の被験者は 28 名。実験素材として、動画 25 種(粘度 5 段階×動作 5 パターン)と静止画 25 種(粘度 5 段階×動作 5 パターン)の計 50 種を用いた。人間は、視覚情報の処理を行う際、物体の動きや形状についての処理と位置や運動についての処理を別々の経路で行っているため、それぞれの処理経路による印象評価への影響をみるために、視覚刺激の素材として、静止画と動画の 2 パターンを用意した。実験は 50 素材をランダム順で複数回表示し、1 順目ではイメージされたオノマトペを回答、2~4 順目では粘性を 0~100 点で評価させる方法で行った。

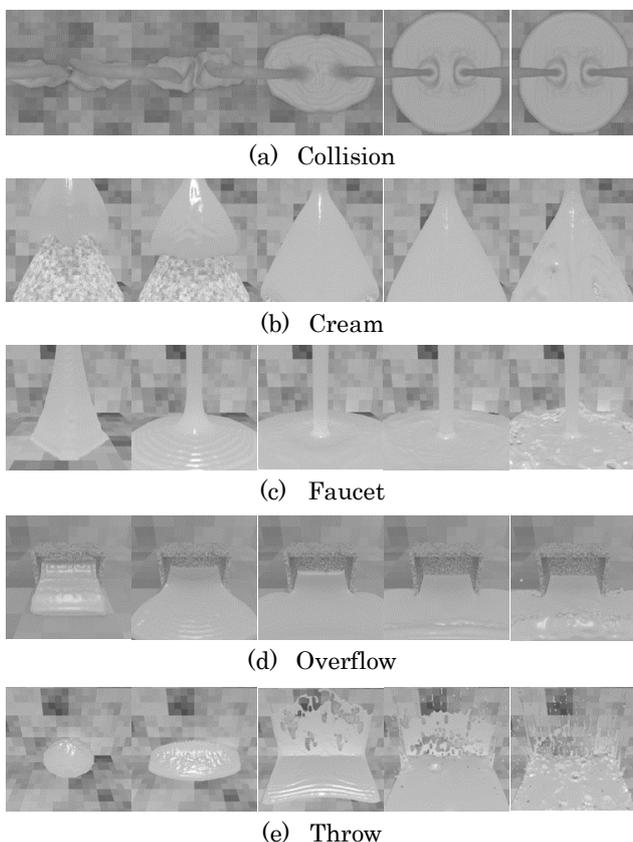


図 1 選定した粘性動画

2.3 結果

本実験の結果、回答が未完であった 3 名の結果を除いた、動画素材の粘性を表すオノマトペ素材 25 種×被験者 13 名 = 325 個、静止画素材の粘性を表すオノマトペ素材 25 種×被験者 12 名 = 300 個、および各素材の粘性を評価した値(粘性値)素材 50 種×被験者 25 名×3 回 = 3750 個のデータを得た。粘性値は、前後の回答の影響を抑えるため、各被験者の 3 回分の回答を平均して解析に用いた。解析では、各オノマトペを

第 1 モーラと第 2 モーラに分解し、それぞれのモーラにおいて、子音の種類(k,g,s,z,t,d,n,h,b,p,m,y,r,w)、母音の種類(a,i,u,e,o)、濁音、半濁音、拗音、長音、撥音、促音の有無、および型の種類を判別した。その後、全体の粘性値平均に対して、各要素の粘性値平均に有意差があるかどうかを調べるために、t 検定を行った。その結果、有意差が確認された音韻を表 1 及び表 2 に示す。

表 1 第 1 モーラの t 検定結果 (一部)

	音韻	個数	粘性値平均	優位水準
全体		652	39.4	
子音	g	32	56.0	***
	s	73	23.9	***
	z	74	25.7	***
	d	147	50.0	***
	n	40	57.2	***
母音	a	185	23.9	***
	i	56	20.2	***
	u	90	55.3	***
	e	58	51.4	**
	o	236	47.1	***

*p<0.1, **p<0.01, ***p<0.001

表 2 第 2 モーラの t 検定結果 (一部)

	音韻	個数	粘性値平均	優位水準
全体		325	39.4	
なし		34	18.7	***
子音	s	40	29.0	***
	n	21	67.5	***
	m	3	84.3	**
	y	5	71.0	***
	r	206	43.7	*
母音	a	162	32.5	*
	i	7	64.0	*
	e	2	84.2	*
	o	108	49.7	***

*p<0.1, **p<0.01, ***p<0.001

検定結果より、第 1 モーラでは、“ぐにやぐにや”などに用いられる“g”、“どろどろ”などに用いられる“d”、“ねばねば”などに用いられる“n”、“もりもり”などに用いられる“m”は、有意に高い粘性を表し、“さらさら”などに用いられる“s”、“じゃーじゃー”などに用いられる“z”は、有意に低い粘性を表す要素であると分かった。また、“さらさら”などに用いられる“a”、“びしゃびしゃ”などに用いられる“i”が、低い粘性を、“ぐにやぐにや”などに用いられる“u”、“ねばねば”などに用いられる“e”、“どろどろ”などに用いられる“o”が高い粘性を表していると分かった。[Hamano 1986]は、n は粘り気を、“s”は水しぶき、流れる液体、“z”は水しぶきを喚起すると論じており、本実験結果はこれらの結果と一致した。また、拗音、長音、促音は有無によって粘性値に有意差があった。拗音については“じゃばじゃば”など拗音の付属するオノマトペのほうが付属しないものに比べて粘性値が低くなる傾向見られ、長音、促音についても同様に、“どろーどろー”や“どろどろっ”といった要素の付属するオノマトペのほうが“どろどろ”などの何も付かないオノマトペよりも粘性値が低くなる傾向が見られた。

第2モーラでは5つの子音について有意差が認められた。「ばしゃばしゃ」などに用いられる“s”は第1モーラと同様に低い粘性を表していた。また、「ぐにやぐにや」などに用いられる“n”も第1モーラと同様の結果で、高い粘性を表していた。ほかに、「ぬめぬめ」などに用いられる“m”や、「ぼよぼよ」などに用いられる“y”が、非常に高い粘性を表していた。また、「どろどろ」など様々な粘性を表すオノマトペに用いられる“r”は平均よりやや高めの高い粘性を表していた。一方で、第2モーラ音韻なし、つまり1つのモーラだけで構成されるオノマトペ(“ジャー”, “ビー”)のほうが、複数のモーラで構成されるオノマトペよりも粘性が低く感じられることもわかった。また、第1モーラのみで構成されるオノマトペの方が、複数のモーラで構成されるオノマトペよりも粘性が低く感じられることがわかった。

このように、オノマトペの各要素と粘性との間には強い関係性が見られることから、オノマトペを粘性の評価手法として用いることで、粘性の質感の定量化が可能になると考えられる。そこで、この結果を利用して、粘性表現を提案するシステムを作成する。

3. システムの設計

本システムではオノマトペ質感評価システム[清水 2014]の一部をシステム内で利用する。この質感評価システムを利用することで、1度のオノマトペの入力で、複数の形容詞尺度が表現可能になる。また、新奇性のあるオノマトペ入力について対応することが可能になる。

3.1 オノマトペ印象評価システム

あらゆるオノマトペを対象としてその感性的印象を評価するため、オノマトペ印象評価システムでは、オノマトペを構成する子音・母音、濁音の有無などからオノマトペの印象を予測するモデルによって43対の形容詞尺度に定量化を行っている。その印象予測モデル、各音韻特性の印象を線形和で表した(1)式が提案されている。

$$\hat{V}_i = X_{i1} + X_{i2} + X_{i3} + \dots + X_{i13}$$

(1)式において、ある形容詞尺度($i = 1, 2, \dots, 43$)について、 \hat{V}_i はその尺度の印象予測値、 $X_{i1} \sim X_{i13}$ は各音韻要素のカテゴリ数(各音韻特性が印象に与える影響の大きさ)をし、 $X_{i1} \sim X_{i5}$ は第1モーラの子音行、濁音・半濁音、拗音、小母音、母音、語中標識の数を、 X_{i6} は第1モーラに付く特殊語尾(撥音「ん」・促音「っ」・長音「ー」)の数量である。また、 $X_{i7} \sim X_{i11}$ は第2モーラの子音行、濁音・半濁音、拗音、小母音、母音、語末標識の数量、 X_{i12} は第2モーラに付く特殊語尾であり、 X_{i13} は反復の数を表す。

数量化理論I類を用いて、各形容詞尺度に対するカテゴリ数を算出した。その結果の一部を表3に示す。このカテゴリ数によって音韻要素のオノマトペ全体に与える影響の大きさを計算できる。例えば、“ふわふわ”というオノマトペは「かたい・やわらかい」の評価尺度において、音韻特性は、ふわ(/h/ /u/ /w/ /a/)の反復であり、第1モーラは/h/ /u/、第2モーラは/w/ /a/なので、以下の式で印象が予測できる。

$$\begin{aligned} \hat{V}_i &= X_{i1} + X_{i5} + X_{i7} + X_{i11} + X_{i13} \\ &= (-0.1) + (2.54) + (1.37) + (1.64) + (0.72) = 6.17 \end{aligned}$$

本モデル式の印象予測値は、7段階カテゴリ尺度で設定されているため、予測値6.17は「かたい・やわらかい」(1~7)の評価尺度において、「やわらかい」印象が強いことが分かる。被験者による音韻の印象評価実験で、“ふわふわ”を同尺度で評価した実測値(被験者の回答した印象評価値の平均)は6.54であり、予測値と実測値が近い値となった。また、新奇性の高いオノマトペ

の印象推定においても、高い有効性が得られている。そのため、本研究では、このシステムを利用することで新奇性のあるオノマトペに対しても粘性値を推定することを可能とした。

表3 音韻要素のカテゴリ数(一部)

形容詞尺度	第1モーラ				
	子音行			濁音の有無	
	カ行	サ行	ハ行	濁音	半濁音
明るい-暗い	-2.11	-2.05	-2.36	1.09	-0.34
暖かい-冷たい	-1.15	0.52	-0.28	0.18	-0.13
固い-柔らかい	-0.82	-0.67	0.29	-0.39	0.48
湿った-乾いた	0.62	0.49	0.49	-0.46	-0.68
滑る-粘つく	-0.19	-0.5	-0.18	0.68	-0.15

3.2 音韻に適した粘性値印象予測モデル

実験より得られた625個(306種類)のオノマトペすべてをオノマトペ印象評価システムにかけ、それぞれについて43尺度の形容詞対での評価値を得た。これらの評価値について重回帰分析を行い、粘性を表す尺度のみで構成された以下の重回帰式($R^2=0.532$, $P<0.001$)を導出した。43尺度の中から特に粘性に深く関係する尺度は、変数増減法(ステップワイズ法)で求めた。この際 $P_{in}=0.5$, $P_{out}=1.0$ とした。導出された重回帰式および重回帰分析の結果は以下の数式のとおりである。なお、重回帰分析で目的変数として使用した動粘性の値は0~4で、素材の作成に使用したblenderのパラメータの一つである、動粘度(kinematic viscosity, 単位 $m^2 \cdot s^{-1}$)の底10のlogをとり、符号を反転させたものである

$$\begin{aligned} \text{動粘性} &= 0.3843 \times (\text{厚い} - \text{薄い}) - 0.9633 \\ &\quad \times (\text{自然な} - \text{人工的な}) + 0.2799 \\ &\quad \times (\text{滑る} - \text{粘つく}) - 0.7768 \\ &\quad \times (\text{鋭い} - \text{鈍い}) + 0.7142 \\ &\quad \times (\text{静的な} - \text{動的な}) + 3.4728 \end{aligned}$$

3.3 オノマトペ印象に適した粘性動画の推薦

粘性表現データベースには、本実験に使用した動画素材計25種を用いる。これらの素材はblenderを利用してそれぞれ1($\log_{10}1=0$)~0.0001($\log_{10}100.0001=-4$)の動粘度で作成されており、3.2で示された重回帰式の結果から最も近い値をとる動画素材を返す。

今回実装したシステムの実行画面が図2である。ウィンドウ上部のテキストボックスに、ユーザが任意の粘性を表すオノマトペを入力して判定ボタンを押すと、下部のフレーム右上に、4.4.2で導出した重回帰式の結果を、実際の動粘度にしたものが表示される。フレーム左上には、粘性に関する5尺度についての印象評価結果が表示される。そして、フレーム下部には粘性表現データベースより、導出された動粘性に最も近い値をもつ動画が、5つのパターンで表示される。図3に“どろどろ”を入力して得られた結果を示す。図のように画面上部の入力フォームにオノマトペを入力すると、そのオノマトペの喚起する感性的な印象をシステムにグラフとして提示し、3.2節で導出した式によって動粘性値が算出される(“どろどろ”を入力した場合、動粘性は10~1.39)。また、画面下部にその動粘性値に近い5個のパターン(Collision, Cream, Faucet, Overflow, Throw)の素材動画を推薦する。

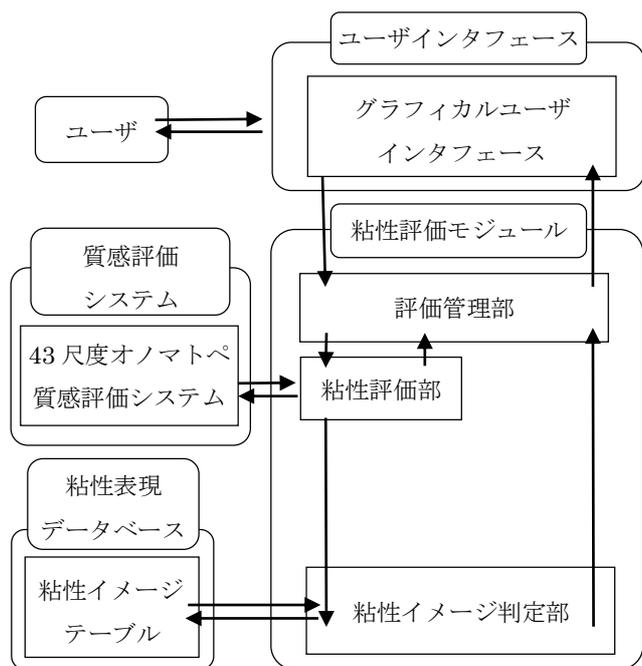


図2 システム概要

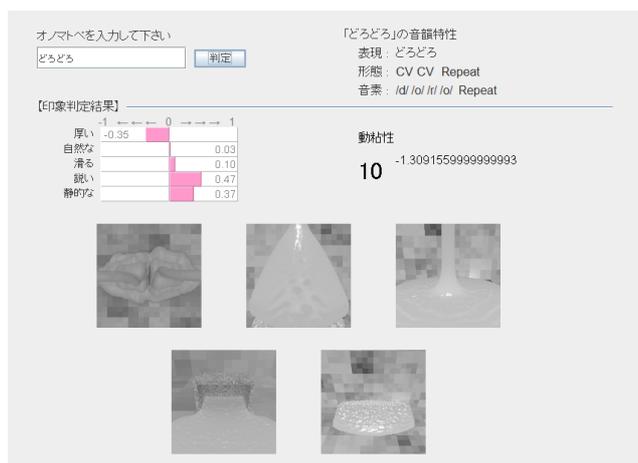


図3 “どろどろ”のシステム出力結果

4. おわりに

近年、さまざまな質感の認知に関する研究が行われ、粘性の定量化は心理物理的な観点から行われてきた[Kawabe 2012]. 本研究では、粘性の主観的な評価とオノマトペの音韻との間の音象徴的な結びつきを利用し、オノマトペで表される粘性を推定する手法を提案した. これにより、ユーザが直感的な粘性表現に適した動画を推薦するシステムを構築した.

具体的には、「どろどろ」などに用いられる“d”や「ねばねば」などに用いられる“n”のほか、“g”、“m”といった子音、母音の“u”や“e”、“o”が高い粘性を表し、「さらさら」などに用いられる“s”や「じゃーじゃー」などに用いられる“z”のほか、母音の“a”や“i”、また拗音や長音といった要素が低い粘性を表していることがわかった. また、子音“b”は粘性を直接表すのではなく、組み合わせさせた母音の粘性を強調する、特異な要素であることも判明した. これらの結果は、[Hamano 1986]のオノマトペの構成音とその意味の関係とも合致するところがあり、ヒトは他の質感と同じ感覚で、粘性についても表現することができているといえる.

さらに、これらの音韻と粘性との間の関係性を利用することで、オノマトペの印象に適した粘性表現を提案することのできるシステムを制作した. このシステムを活用することで、粘性感の視覚的な表現や「『どろどろ』した映像を作りたい」といったときに、具体的な作成指針の提案が可能になる. 今後はこのシステムの妥当性を検証する評価実験を行う.

参考文献

[永野 2011] 永野光, 岡本正吾, 山田陽滋: 触覚的テクスチャの材質感次元構成に関する研究動向, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 16(3), pp.343-353, 2011.

[辻 2002] 辻敏夫, 島崎知之, 金子真: ロボットインピーダンスに対する人間の知覚能力の解析, 日本ロボット学会誌, 20(2), pp.58-64, 2002.

[大西 2005] 大西仁, 望月要: 力覚ディスプレイがユーザに与える感覚の心理物理学的検討: 粘性知覚の遅延による影響, 電子情報通信学会技術研究報告, 105(406), pp.41-46, 2005.

[林 2008] 林大作, 大西仁, 中村直人: 粘性の触運動知覚に与える影響の検討, 電子情報通信学会技術研究報告, 108(137), pp.33-36, 2008.

[岡本 2011] 岡本正吾, 昆陽雅司, 田所諭: 力の錯覚: 指先への振動触刺激による質量・粘性知覚のバイアス, ロボティクスシンポジウム論文集, 16, pp.267-274, 2011.

[Kawabe 2012] Kawabe, T., Maruya, K., & Nishida, S. The role of dynamic visual information in the estimation of liquid viscosity. *Journal of Vision*, 12(9): 870, 2012.

[Fleming 2012] Fleming, R., & Paulun, V. Goop! On the visual perception of fluid viscosity. *Journal of Vision*, 12(9): 949, 2012.

[苧坂 1999] 苧坂直行: 感性のこぼれを研究する -擬音語・擬態語に読む心のありか, 新曜社, 1999.

[矢口 2011] 矢口幸康: オノマトペをもちいた共感的表現の意味理解構造, 認知心理学研究, 8(2), pp.119-129, 2011.

[Hamano 1986] Shoko Hamano: The Sound-symbolic System of Japanese, Doctoral dissertation, Gainesville, University of Florida, 1986.

[藤沢 2006] 藤沢望, 尾畑文野, 高田正幸, 岩宮真一郎: 2モーラの擬音語からイメージされる音の印象, 日本音響学会誌, 62(11), pp.774-783, 2006.

[清水 2014] 清水祐一郎, 土斐崎龍一, 坂本真樹: オノマトペごとの微細な印象を推定するシステム, 人工知能学会論文誌, 29(1), pp. 41-52, 2014.

[早川 2010] 早川智彦, 松井茂, 渡邊淳司: オノマトペを利用した触り心地の分類手法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 15(3), 2010.