

徳利振動の変調による液体の粘性感操作

Operation of Liquid Viscous Feeling

by Modulating the Vibration of Being Poured from a Japanese Sake Bottle

- 池野 早紀子 (電通大) 岡崎 龍太 (電通大) 蜂須 拓 (電通大, 日本学術振興会)
佐藤 未知 (電通大, 日本学術振興会) 福嶋 政期 (電通大, 日本学術振興会)
梶本 裕之 (電通大, 科学技術振興機構)

Sakiko IKENO, The University of Electro-Communications, ikeno@kaji-lab.jp
Ryuta OKAZAKI, The University of Electro-Communications, okazaki@kaji-lab.jp
Taku HACHISU, The University of Electro-Communications, JSPS, hachisu@kaji-lab.jp
Michi SATO, The University of Electro-Communications, JSPS, michi@kaji-lab.jp
Shogo FUKUSHIMA, The University of Electro-Communications, JSPS, shogo@kaji-lab.jp
Hiroyuki KAJIMOTO, The University of Electro-Communications, JST, kajimoto@kaji-lab.jp

The impression of food can be affected by “rendition”—i.e., the surrounding environment such as the appearance of the food and the dish—not just by its taste. We focused on the sound and vibration of liquid being poured from a Japanese Sake bottle as a haptic rendition of liquid. We expect that these sounds and vibrations affect the subjective impression of the liquid in the bottle. To examine this idea, we propose a method that reproduces the vibration of being poured liquid from a Japanese Sake bottle by measuring and modeling real vibrations. We measured the vibration of water by tilting a Sake bottle, and created a model consisting of two decaying sinusoidal waves with different frequencies. By measuring and modeling the vibration of different liquids with various viscosities, we found that subjective viscosity can be represented by modulating amplitudes of the two decaying waves.

Key Words: Haptic, Virtual Reality, Pouring liquids

1. はじめに

飲食物の飲食体験は、味や食感といった飲食物の直接的な刺激以外に、飲食物を盛り付ける容器や周りの環境などにも影響を受けることが知られている。例えば Brown はラップに包んだ状態とワックスペーパーに包んだ状態のパンを把持して鮮度を比較した際、同じ鮮度のパンでも包材のテクスチャによってラップで包んだパンの方が新鮮であると知覚することを示した[1]。また鳴海らは飲食物の視覚的な大きさを変えることで満腹感を制御できることを示している[2]。

こうした飲食物自体以外からの刺激を「演出」と呼ぶことにする。飲食物を食べる際の「演出」には、視覚的演出だけでなく、必ず手で持つという触覚的演出が存在する。本研究では、この飲食体験における触覚的演出として、徳利で液体を注ぐ際の音と振動に着目した。徳利は注ぐ際に生じる独特の「トクトク」という音と振動で知られており、優れた音と振動を生み出す徳利の特許も存在する[3] など、徳利から液体を注ぐ際の音と振動は飲食体験の重要な触覚的演出であると考えられる。このことから、著者らはこの「トクトク」という音と振動に徳利内部の液体の印象を決定づける要因があるのではないかと考え、記録した振動のモデリング・再現によりその要因を特定することを試みた。

2. 提案手法

振動触覚を再現する手法として、記録された振動からモデリングを行い、再現するという手法が提案されている。Okamura らは物体を叩いた時の感覚を再現するために実際に物体を叩いた際に生じる振動波形を計測し、その結果を用いてモデル化を行い、主観的評価により式のパラメータを設定している[3]。

本手法ではこのモデリング手法を応用し、徳利から液体を注ぐ際の振動を計測し、モデリングを行い、液体を注ぐ際の振動を再現した。

まず徳利で水を注いだときの振動を再現し、これを基礎モデルとした。水を注いだときの振動は徳利を傾けた角度によって変化すると考えられるため、徳利から水を注いだときの振動を複数の傾き角度ごとに計測し、計測結果を元にモデリングを行った。その後、モデル式の正当性を確かめるためにデバイスを製作し、モデリングした波形を提示した。

次に徳利内部の液体の印象を変化させることを試みた。本論文では、液体の質感が変化するとき、最も言葉として表現されやすい液体の性質として「粘性」に着目し、液体の粘性の再現を行った。まず液体の粘性が注ぐ際の振動にどのような影響を与えているのかを調べるため、粘性の異なる液体を用いた際の振動を測定し、モデリングを行った。その後、水で注いだ際の基礎モデルと粘性の異なる液体のモデルを比較し、粘性によって変化するパラメータを抽出した。抽出したパラメータを変化させることで、徳利内部の液体の主観的な印象にどのような変化があるのか調べた。

3. 水の振動計測およびモデリング

3.1 水の振動の計測

徳利の傾きが注ぐ際の振動にどのような影響を与えるのかを調べるため、複数の傾き角度における振動を記録した。水を満たした徳利に蓋をして傾け、固定した後に蓋を外して水を注ぎ、その時の振動を計測した。徳利を傾ける角度は、徳利の口を真上にした状態を 0 度とし、90 度、115 度、135 度、155 度、180 度の 5 種類を用意した。計測は、1 つの角度に対して、5 試行ずつ、計 25 試行を行った。計測結果の一例として、徳利を 180 度傾けて水を注いだ場合の計測結果を Fig. 1 に示す。5 試行とも同じ形の波形が一定の間隔で現れる振動が計測された。また傾き角度を変えた場合、角度に応じて振幅などに変化はあるものの同様の波形が計測された。

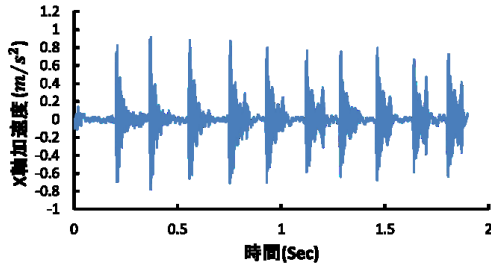


Fig. 1 Vibration of bottle being poured water (Bottle angle 180)

3.2 モデリング

計測結果は類似の波形が一定間隔で出力されているため、その内の1つの波形を取り出して解析、モデリングを行った。Fig. 1から1つの波形を取り出したものをFig. 2に示す。波形は徐々に減衰しているため、取り出した波形のモデリングには減衰項が必要であると考えられる。取り出した波形の周波数成分を求めるため、フーリエ変換した結果をFig. 3に示す。2つの異なる周波数ピークが観察された。

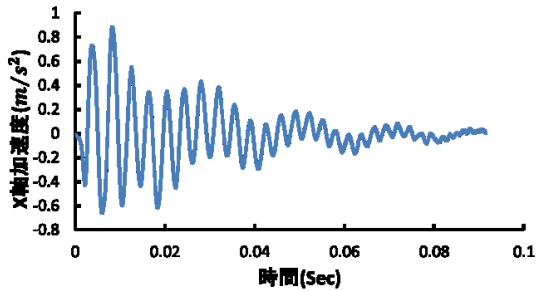


Fig. 2 One wave pattern extracted from measuring result (Bottle angle 180)

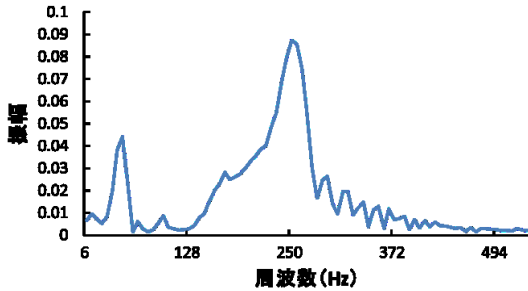


Fig. 3 The result of FFT (Bottle angle 180)

以上より、取り出した波形は2つの異なる周波数の減衰正弦波の合成、すなわち以下の式(1)で表現可能であると考えられる。

$$Q(t) = \sum_{n=1}^2 A_n \exp(-B_n t) \sin(2\pi f_n t) \quad (1)$$

ここで $Q(t)$ は計測結果から取り出された一波形、 A_1 、 A_2 は初期振幅係数、 B_1 、 B_2 は減衰係数、 f_1 、 f_2 は振動周波数、 t は継続時間を表す。これらをパラメータとして、最小二乗法を用いてモデル式の計測結果へのフィッティングを行った。ま

た各パラメータの角度依存性を調べるため、各角度で同様のフィッティングを行った。その結果をTable 1に示す。ここでは、 T は取り出した波形の周期を示す。

Table 1 Fitted parameters for each angle

角度	$A_1(m/s^2)$	$A_2(m/s^2)$	$B_1(s^{-1})$	$B_2(s^{-1})$	$f_1(Hz)$	$f_2(Hz)$	$T(s)$
90	0.135	0.034	15.686	3.463	354.004	73.242	0.124
115	0.339	0.132	15.415	5.228	305.176	61.035	0.092
135	0.442	0.095	20.036	1.747	268.555	61.035	0.116
155	0.339	0.232	10.415	16.228	256.348	48.828	0.116
180	0.466	0.197	30.698	21.606	250.244	48.828	0.192

3.3 振動波形の再現

得られたモデル式を用いて、徳利から液体を注いだ際の振動を人工的に再現できるかを確認するため、徳利型の触覚提示デバイスを製作し、モデリングした振動を提示した。デバイスの構成をFig. 4に示す。ユーザがデバイスを傾けた時、その傾きに応じてモデリングした振動を周期 T で繰り返し提示することで水を注ぐ際の触覚を再現した。デバイスの傾き角度に応じた振動を提示するために、角度ごとのパラメータは線形補間によって得られた近似式を用いて振動波形を提示した。複数の展示会において、モデリング波形をデモしたところ、水が注がれているような感覚がしたという感想を得ることができた。

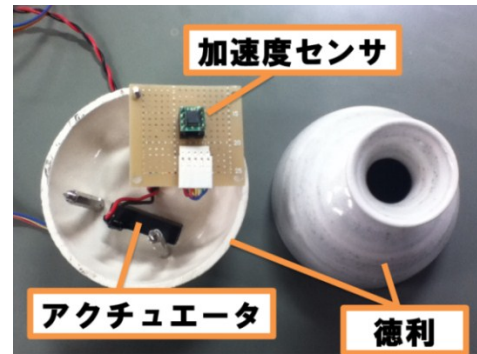


Fig. 4 Structure of output device

4. 粘性の異なる液体の振動の計測

次に注ぐ際の振動を変調させることで、徳利内部の液体の印象を変化させることを試みた。液体の印象操作の事例として液体の粘性に着目した。水とは異なる液体は数多く存在するが、液体の質感に関する言葉は少ない。しかし、「ドロリとした液体」「ドロドロ」等と代表されるように液体の粘性感は言葉でもよく表現される。そこで、水とは異なる液体として徳利から粘度の異なる液体を注いだ際の振動を計測、モデリングを行い、これらの液体を注いだ際の振動を再現した。また、振動を変調させることで液体の粘性の判別ができるかどうか主観的評価を行なった。

4.1 実験条件

粘性の異なる液体を徳利から注いだ時の振動がどのように変化するかを調べるため、複数の粘性の異なる液体を注いだときの振動を記録した。水の計測実験と同様に振動の計測を行った。徳利を傾ける角度は、水の計測実験と同様の5種類を用意し、液体は3種類の粘性の異なる液体(1000(mPa·s),

2000(mPa·s), 4000(mPa·s))を用意した。粘度の調整には、ソフティア S(ニュートリー株式会社)を用い、水と混ぜて使用した。計測は、3種類の液体をそれぞれ1つの角度に対して、5試行ずつ、計75試行を行った。

4.2 計測結果

計測したデータは水の計測結果と同様に類似した波形が繰り返し現れていた。計測したデータから取り出した波形を Fig. 5 に示す。液体の粘性が高くなるにつれて全体の振幅は小さくなることが判明した。

また、周波数特性を調べるため、フーリエ変換を行った。その結果を Fig. 6 に示す。水の計測結果と同様、周波数の異なる2つのピークが現れたが、液体の粘性が高くなると、低周波に比べて高周波のパワースペクトルの小さくなる変化の比率が大きかった。このことから、低周波と高周波の出力の割合も液体の粘性と関わりがあるのではないかと考えられる。以上のことから液体の粘性感を再現するには、波形全体の振幅を小さくする方法と、低周波と高周波の波の振幅、 A_1 , A_2 を変化させる方法が考えられる。

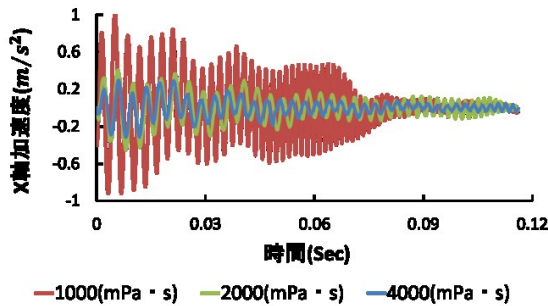


Fig. 5 One wave pattern extracted from measuring result of being poured different liquids (Bottle angle 135)

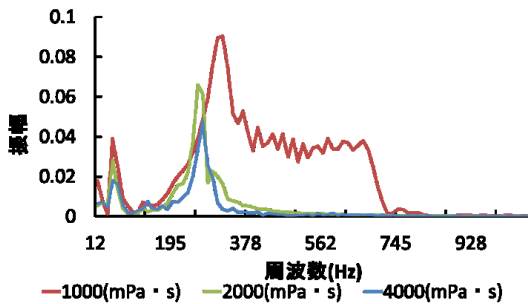


Fig. 6 The result of FFT (Bottle angle 135)

5. 液体の粘性感の主観的評価実験

粘性のある液体を注いだときの振動は、波形全体の振幅の大きさと低周波と高周波の波の出力の割合が影響していた。水を注いだときの振動と比較したとき、液体を注ぐ際の波形全体の振幅を小さくした場合と低周波と高周波の振幅の大きさの割合を変化させた場合、どちらがより液体の印象を変化させることができるのか、またこの印象の変化は粘性のある液体だと知覚できるのか調べた。

5.1 実験手順

実験に参加した被験者は、21歳から22歳の男女5名(男性2

名、女性3名)であった。聴覚の手がかりを遮断するため、被験者にはホワイトノイズがヘッドホンより提示した。水を注ぐ際の振動を再現した基礎モデルと波形全体の振幅を小さくしたモデル(振幅モデル)を交互に提示し、同様に印象の変化について自由回答させた。次に基礎モデルと、低周波と高周波の振幅の提示する出力の割合を変化させたモデル(周波数モデル)を同様に基礎モデルと交互に提示し、基礎モデルに対して周波数モデルの印象はどのように変化したかを自由回答させた。このとき、基礎モデルと周波数モデルで提示する振動波形全体の振幅の大きさは同じになるように、低周波の振幅を増やした変化量と同じ量、高周波の振幅を減らして調整した。

5.2 実験結果

振幅モデルを提示したときは、基礎モデルに比べて「軽い」「なめらか」などの回答を得た。

周波数モデルを提示したときは、「ポコポコしている」「泡の粒が小さい」「粘性が高くてゆっくり出ている気がする」等の回答を得た。

5.3 考察

実験結果から、振幅モデルを提示したときは「軽い」「なめらか」等の回答から、液体の種類は同じでも流れ方や量が変わったという回答が多かった。一方、周波数モデルを提示したときは「ポコポコ」、「泡の粒が小さい」等の回答のように中の液体が違う性質の液体に変化したといった回答が多かった。このことから周波数モデルの方が液体の質感変化の知覚に有効であり、また「粘性のある液体」という回答も得られたことから液体の質感変化の一つとして液体の粘性感を知覚させることができるのではないかと考えられる。

6. おわりに

本研究では、「トクトク」という音と振動に徳利の中にある液体の印象を決定づける要因があると考え、記録した振動のモデリングと再生実験によりその要因を特定することを試みた。まず徳利を傾ける角度での振動の違いを調べ、水を注ぐ際の振動を再現した。徳利から水を注ぐ際の振動は傾ける角度により変化すると考えられるため、傾き角度を変えて計測し、その計測結果を元に2つの異なる周波数の減衰正弦波を合成した波でモデリングを行った。その後、デバイスを製作してモデリングした波を提示し、モデリングの正当性を確かめた。

次に、液体の印象変化の一例として液体の粘性感の再現を行った。粘度の異なる液体を徳利から注いだときの振動を複数の傾き角度で測定したところ、波形全体の振幅が小さくなっていることが分かった。またフーリエ変換を行ったところ、2つの波形の振幅の大きさが影響していることが分かった。そこで、波形全体の振幅を小さくした振幅モデルと低周波と高周波のそれぞれの波の振幅の出力の割合を変えた周波数モデルを比較し、どちらがより液体の粘性感の知覚に影響を与えているのかを調べた。その結果、周波数モデルの方が液体の質感変化の知覚に有効であるということが分かった。周波数モデルを利用することで液体の粘性感を知覚させることができるのではないかと考えられる。

今後は、触覚情報だけではなく、視覚や聴覚などの情報を付加することで、液体の粘性感の違いを感じられるようなシステムを構築していく予定である。

文 献

- [1] Robert L. Brown : Wrapper Influence on Perception of freshness in Bread, *Journal of Applied Psychology*, 42(4), pp. 257-260, 1958.
- [2] 鳴海拓志, 伴祐樹, 梶波崇, 谷川智洋, 廣瀬通孝 : 拡張満腹感 : 拡張現実感を利用した食品の見た目の操作による満腹感のコントロール, *インタラクション 2012*, 2012.
- [3] 広瀬正美 : 快音発生酒トックリ, 特開平 9-28541
- [4] Okamura, A.M., Cutkosky, M. R., and Dennerlein, J. T. : Reality-Based Models for Vibration Feedback in Virtual Environments, *IEEE/ASME Transaction on Mechatronics*, 6(3), pp.245-252, 2001.