

# 徳利の「トクトク感」のモデル化および再現

池野 早紀子<sup>\*1</sup> 岡崎 龍太<sup>\*1</sup> 蜂須 拓<sup>\*1 \*2</sup>

佐藤 未知<sup>\*1 \*2</sup> 福嶋 政期<sup>\*1 \*2</sup> 梶本 裕之<sup>\*1 \*3</sup>

## Model and Reproduce "Toku-toku" Sensation of Tokkuri

Sakiko Ikeno<sup>\*1</sup> Ryuta Okazaki<sup>\*1</sup> Taku Hachisu<sup>\*1 \*2</sup>  
Michi Sato<sup>\*1 \*2</sup> Shogo Fukushima<sup>\*1 \*2</sup> and Hiroyuki Kajimoto<sup>\*1 \*3</sup>

**Abstract** ー 飲食物を食べる、飲む際の音や触覚は対象の印象を大きく左右することが知られている。これに対して我々は、実際に口に運ぶ前の「演出」としての音や触覚が対象の印象を変えるのではないかと考えた。そこで本研究では液体に関する演出を目指し、徳利で液体を注ぐ際の振動に着目した。徳利は液体を注ぐ際の「トクトク」と言い表される振動で知られている。我々は、この振動を変調することでその液体の印象を変えることができるのではないかと考えた。本稿では、実際に記録された振動の解析に基づくモデル化を行い、これを人工的に再現するデバイスを製作する。

**Keywords** : auditory display, pouring liquids, tactile display, tang, vibrotactile

## 1. はじめに

飲食物を口にする際、食べ物の見た目や食感が飲食物の印象に影響を与えるということが知られている。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、橋本らは飲食物を吸う感覚を提示する Straw-like User Interface(SUI)を提案した[2]。これは、ストローを用いて飲食物を吸引する際に生じる圧力変化を記録・再生することで、ユーザに様々な飲食物を吸引した際の感覚を提示する装置である。これらの研究は、飲食物を食べる際、味そのものだけでなく、その食感や環境が飲食物の印象に影響を与えるということを示唆している。

これに対し、我々は口に運ぶ前の「演出」に着目した。飲食物を食べる際の環境が飲食物の印象に影響を与えるのであれば、実際に口に運ぶ前の環境も飲食物の印象に影響を与えるのではないかと考えられる。例えば、飲料容器として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いる。國安らは、この音と振動に着目し、実際に液体を注ぐ際の音を録音、再生す

ることで、液体を注ぐ際の振動触覚を提示する触覚デバイスを開発した[3]。我々はこの徳利から生じる振動触覚を変調することで徳利内部の液体の印象を操作することができるのではないかとこの着想に至った。

本研究では徳利で液体を注ぐ際の振動に着目し、その振動を変調させることで徳利内部にある液体の印象を変化させ、ひいてはその液体の味を主観的に変化させることを目的とする。本稿では徳利で液体を注いだときに生じる振動を複数の傾き角度で計測し、その振動をモデリングすることで、液体を注ぐ際の触覚を人工的に再現する。

## 2. 提案手法

液体を再現する手法として五十嵐らは、実際の液体にハプティックデバイスで力覚を重畳し、液体の感覚を変化させる手法を提案している[4]。また、Okamura らは物体を叩いたときに生じる振動波形を減衰正弦波でモデリングし、再現する手法を提案している[5]。

我々はこれらの研究を参考に徳利から液体を注ぐ際の振動を計測、モデリング、再生することで液体を注ぐ際の振動を人工的に再現することを試みた。

\*1:電気通信大学, {ikeno, okazaki, hachisu, michi, shogo, kajimoto}@kaji-lab.jp,

\*2: 日本学術振興会特別研究員,

\*3: 科学技術振興機構さきがけ

\*1: The University of Electro-Communications

\*2: JSPS Research Fellow

\*3: Japan Science and Technology Agency (JST)

### 3. 液体を注ぐ際の振動計測実験

本実験では徳利から液体を注いだときの振動の記録を行った。また徳利の傾きが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。実験に使用する液体のパラメータとして例えば液体の粘性が挙げられるが、今回は傾き角度によって液体の流れ方がどのように変化するかを検証するため水のみを使用した。実験では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。

#### 3.1. システム構成

システム構成を図 1 に示す。このシステムは加速度センサ(Kionix 社製, KXM52-1050), インタフェースボード(Interface 社製, PCI-3523A), PC, 徳利から成る。使用した徳利を図 2 に示す。徳利の容量は約 300ml である。加速度センサの x 軸と徳利の注ぎ口が平行になるように固定した。加速度センサの出力電圧は 25kHz(samples/sec)のサンプリングレートで AD 変換し, PC に記録した。

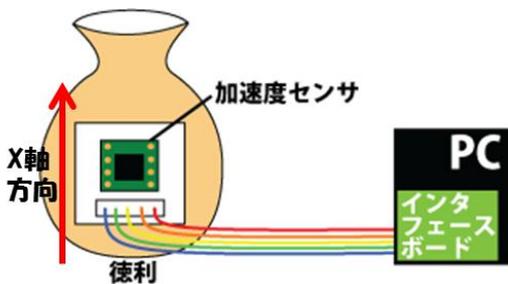


図 1 計測用デバイスのシステム構成



図 2 計測に使用した徳利

#### 3.2. 計測方法

実験風景を図 3 に示す。徳利の口を真上に向けた状態で台に固定し、水を満水になるまで注いだ。その後、徳利の口に蓋をして徳利を傾けた。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。蓋を外すと同時に計測を開始した。計測は、1 つの角度に対して、5 試行ずつ、計 25 試行行った。

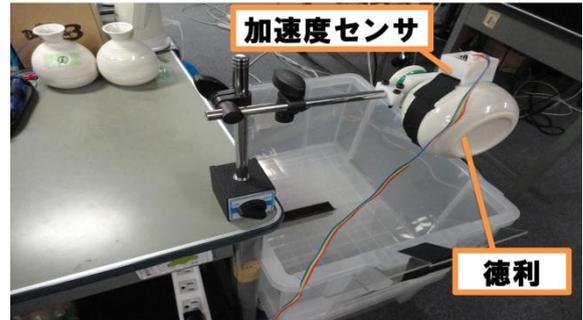


図 3 実験風景

#### 3.3. 計測結果

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図 4 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。

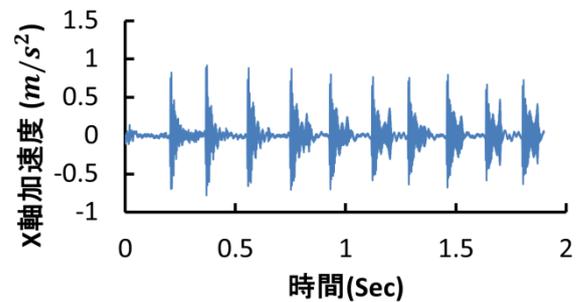


図 4 徳利から水を注いだ際の計測結果

(傾き角度 180 度)

## 4. モデリング

### 4.1. モデリング

図 4 より、計測結果は同一の波形が一定の間隔で出力されているため、ここでは、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。図 4 から 1 つの波形を取り出したものを図 5 に示す。

取り出した波形をモデリングするためフーリエ変換を行った。その結果を図 6 に示す。図 6 より、取り出した波形は 2 つの異なるピークを持つ正弦波の合成波であることがわかった。また図 5 の波形は徐々に減衰しているため、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波でモデリングが可能であると考えられる。同様の傾向は、角度の異なる計測結果からも観察されたため、他の角度の計測結果も同様の手法を用いてモデリングを行った。

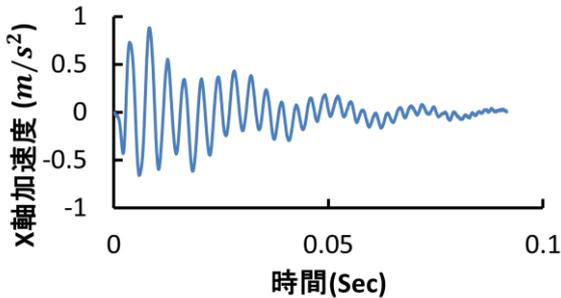


図 5 計測結果から取り出した波形(傾き角度 180 度)

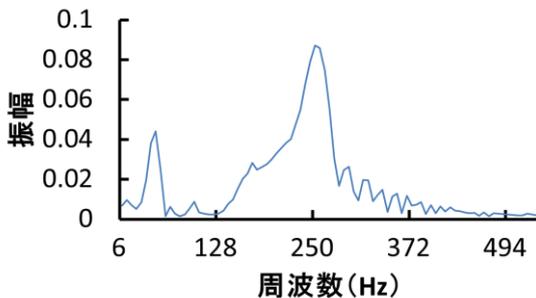


図 6 フーリエ変換の結果(傾き角度 180 度)

### 4.2. モデル式

計測結果とフーリエ変換の結果から、計測結果から取り出した波形を  $Q(t)$  とすると、その波形は 2 つの異なる周波数の減衰正弦波の合成波でモデリング可能であり、以下の式で表現可能であると考えられる。

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

ここで、 $A_1, A_2$  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。

### 4.3. モデリング結果

徳利を 180 度に傾けて水を注いだ場合の計測結果とモデリング結果を図 7 に示す ( $A_1=0.466335, A_2=0.197493, B_1=30.69846, B_2=21.60592, f_1=250.2441, f_2=48.828125, T=0.192$ )。ここで、 $T$  は取り出した波形の周期を示す。徳利の角度を変えた際の各パラメータの変化を表 1 に示す。

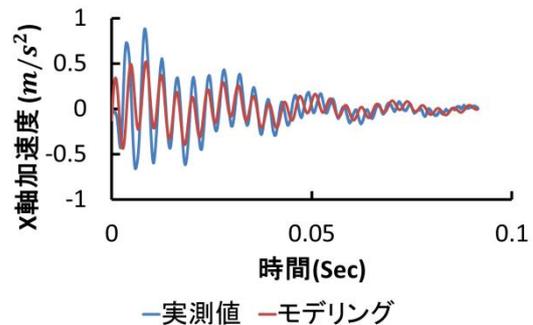


図 7 モデリングと実測値の波形(傾き角度 180 度)

表 1 各傾き角度のパラメータ

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

## 5. 触覚提示デバイス製作

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。本デバイスの構造を図 8 に示す。

本システムは、ボイスコイル型の触振動提示用アクチュエータ(TactileLabs 社製, Haptuator Mark II TL002-09-A)、加速度センサ(Kionix 社製, KXM52-1050)、デジタルステレオアンプ(RASTEME SYSTEMS CO,LTD. RSDA202)、インタフェースボード(Interface 社, PCI-3523A)、PC から構成される。ユーザが本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人工的に水を注ぐ際の触覚を再現する。

製作したデバイスでモデリングした振動を再生すると、水を注いでいるような感覚がしたという感想が得られた(図 9)。

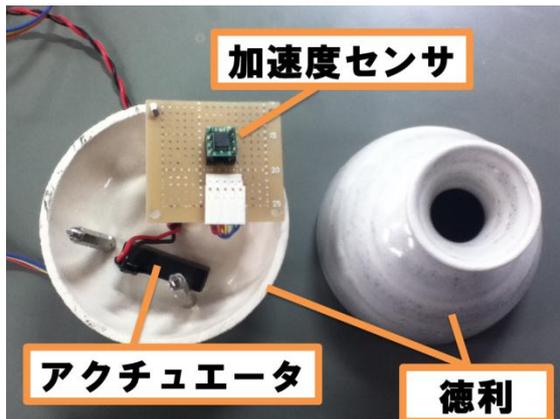


図 8 触覚提示デバイスの構造



図 9 本デバイスを体験している様子

## 6. 考察

### 6.1. 計測実験及びモデリング

本稿では、傾き角度ごとに徳利の振動を記録し、2つの減衰正弦波の合成波でフィッティングを行った。その結果、2つの減衰正弦波の各パラメータは徳利の傾き角度に依存して変化することが判明した。まず、徳利の傾き角度が大きくなるにつれて、2つの減衰正弦波の振幅 $A_1, A_2$ も大きくなる。同様に2つの減衰正弦波の周波数 $f_1, f_2$ は徳利の傾き角度が大きくなるほど低周波になる。これらの変化は徳利の傾き角度が大きくなるにつれて、徳利から一度に注がれる水の量が増加し、徳利に与えられる振動が大きくなったことによるものだと考えられる。今後の実験では、より細かい角度ごとに振動を計測することで、パラメータの変移を連続的に表現することを試みる。

また本稿では、得られた振動をモデリングする際、ある角度で水を注いでいる際の振動の振幅を一定として扱い、「永遠に水が流れ続ける徳利の振動」を再現したが、実際には時間経過とともに振幅などが変化していたことから、徳利内部の水量もパラメータの一つであると考えられる。今後は徳利の傾き角度だけではなく、徳利内部の水量を考慮したモデリングも必要だと思われる。

### 6.2. 触覚提示デバイス

製作したデバイスを傾けると、水を注いでいるような感覚がしたという感想が得られた一方で、徳利を 180 度傾けたときは水を注いでいるような感じがしないという感想も得られた。これは計測の際、徳利の首を固定したため、大きな振動が吸収され、実際の振動よりも弱い振動しか計測できなかったためだと考えられる。徳利が加速度センサの  $x$  軸方向に自由に動くように固定方法を改善することで、吸収された振動も計測することができ、徳利を 180 度に傾けた際の振動の再現が改善されると考えられる。

## 7. おわりに

本研究では、飲食物を口に運ぶ前の「演出」としての音や触覚に着目し、それらを用いて対象の印象を変調することを目的とした。本稿では飲食物の印象を左右する環境として、徳利から液体を注ぐ際の振動に着目し、その第一歩として徳利から水を注ぐ際の振動を人工的に再現した。実験結果より、徳利から水を注ぐ際の振動は減衰正弦波でモデリング可能であり、また減衰正弦波のパラ

メータは注ぐ際の角度によって変化することが判明した。

今後は、計測する角度を増やすことで角度パラメータ変化を連続的に再現することを試みるとともに、徳利内部にある水量の変化を考慮した再現を試みる。また、水以外の粘性の異なる液体の計測、モデリングを行い、様々な種類の液体が提示可能なデバイスの製作や、それを用いたユーザ評価などを行う。

## 参考文献

- [1] Robert L. Brown : Wrapper Influence on Perception of freshness in Bread, *Journal of Applied Psychology*, 42(4), pp. 257-260, 1958.
- [2] 橋本悠希, 小島稔, 永谷直久, 三谷知晴, 宮島悟, 稲見昌彦 : Straw-like User Interface(SUI) : 吸飲感覚提示装置, *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol.11 No.2, pp.347-356, 2006.
- [3] 國安裕生, 福嶋政期, 古川正紘, 梶本裕之 : 液体を注ぐ際の心地よさに着目した 触覚ディスプレイの提案, *エンタテインメントコンピューティング 2010*, 2010.
- [4] 五十嵐勇太, 玉置健, 池田篤俊, 正栗田雄一, 正永田和之, 正小笠原司 : 液体に対する力覚重畳による特性変化と水流提示法の提案, *ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2010, 1A1-B28*, 2010.
- [5] 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.