

徳利内部の水量に応じた振動の変調

Changing the Vibration Depending on the Quantity of Water in the Sake Bottle

池野早紀子¹⁾, 渡辺亮^{1), 2)}, 岡崎龍太^{1), 2)}, 蜂須拓^{1), 2)}, 佐藤未知¹⁾, 梶本裕之^{1), 3)}

Sakiko IKENO, Ryo WATANABE, Ryuta OKAZAKI, Taku HACHISU, Michi SATO and Hiroyuki KAJIMOTO

1)電気通信大学 情報理工学研究科

(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {ikeno, r.watanabe, okazaki, hachisu, michi, 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

概要: 飲食物を盛り付ける容器などが飲食体験に影響を与えることは広く知られている。我々は飲食体験に影響を与えるものとして、飲料を注ぐ際の振動に着目した。徳利で液体を注ぐ際、独特の「トクトク」という音と振動が生じる。このトクトク音とトクトク振動は、徳利内部の液体の印象を飲む前に左右する重要な要素と考えられる。我々は前報にてトクトク振動の計測とモデル化を行い、無限にトクトク振動を提示する徳利型デバイスを開発した。本稿では、徳利内部の水量とトクトク振動の関係に着目し、再現を試みた。

キーワード: 振動フィードバック, 流動感

1. はじめに

飲食体験において、食べ物の見た目や味だけではなく、容器の違いによっても食べ物の印象が変化することは広く知られている。Wansink らは、皿の大きさやスプーンが大きいと、皿に入れる食べ物の量が増加して感じられることを示した[1]。また固形物だけではなく飲料も形状の異なるコップに飲料を注ぐとき、背の低いコップに注ぐ方が高いコップに比べて多く注ぐ傾向にあることも報告している[2]。こうした視覚的な刺激だけではなく、聴覚的、触覚的な刺激によっても飲食物の印象に影響を与えることができる。Brown は、被験者に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させて鮮度を比較させた際、被験者は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ている[3]。

拡張現実感技術を用いることで自由に容器の見た目を変化させ、飲食物の消費量を調節する研究も報告されている。Sakurai, Suzuki らの研究グループは、CG を容器に重畳させ、皿の大きさやコップの大きさを視覚的に変化させることで人の満腹度や飲食物の味の評価を変えることなく、実際に飲食した消費量のみが変化するシステムを提案している [4][5]。

我々は飲食体験の触覚的な要素として、徳利で飲料を注ぐ際の振動に着目した。徳利はワインボトルなどと同じく、液体を注ぐ際に独特の「トクトク」という音と振動が生じることで知られている。この「トクトク」という音と振動

が徳利の中にある液体の印象に影響しているのではないかと考えた。

本研究は徳利で液体を注ぐ際の振動(トクトク振動)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、ひいては飲食体験をより豊かなものにするを目的とする。我々はこれまでに水を注いだ時の振動を実際に計測、モデリングすることで水を注いだ時の感覚を再現するモデルを構築し、無限にトクトク振動を提示する徳利型デバイスを開発した[6]。図 1 は徳利型デバイスを体験している様子である。本稿では、徳利内部の水量に応じて提示する振動を変調させることで、より自然なトクトク振動の提示を試みた。

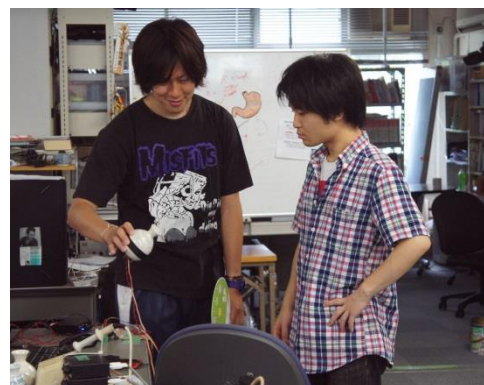


図 1 徳利型デバイスでの体験の様子

2. 液体を注ぐ際の振動及び徳利内部の水量の計測

本実験では徳利から液体を注いだときの振動と徳利内部に存在する水量の記録を行った。徳利の傾きと振動および徳利内部の水量変化(流出速度)との関係を知るため、複数の傾き角度において振動と徳利内部の水量変化を計測した。

2.1 システム構成

システム構成を図 2 に示す。本システムは加速度センサ(Kionix, KXM52-1050), インタフェースボード(Interface, PCI-3523A), 電子天秤(EK-6100i, A&D), PC, 徳利から構成される。徳利の容量は約 300ml である。徳利内部の水量は、徳利を支える台と共に電子天秤に載せ、そのときの重量から計測した。加速度センサの x 軸が徳利の注ぎ口と平行になるように加速度センサを徳利に固定した。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、電子天秤は 5Hz(samples/sec)で PC に記録した。

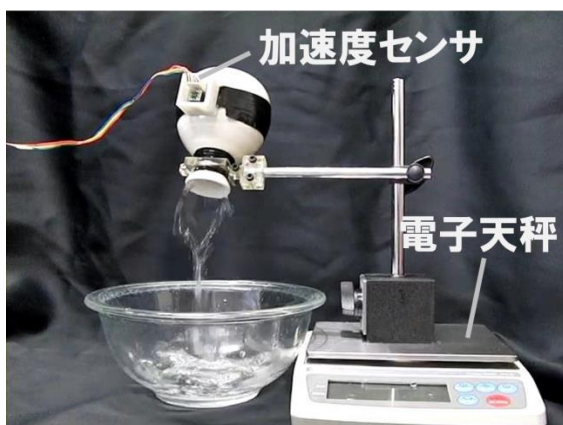


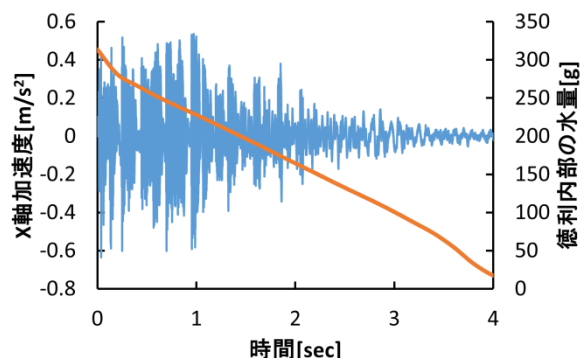
図 2 システム構成

2.2 計測方法

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 試行を行った。

2.3 計測結果

計測結果の一例として、徳利を 135 度傾けて水を注いだ場合の計測結果を図 3 に示す。振動波形に関して、前報と同様の減衰正弦波が観測された。傾き角度によって、流出速度および最終的に徳利内部に残る水量に差が生じた。一方で、流出速度は時間によらずほぼ一定であり、傾き角度に関わらず共通であった。



— 徳利内部の水量 — 振動波形

図 3 水を注いだ際の振動と徳利内部の水量の計測結果 (傾き角度 135 度)

3. モデリング

3.1 徳利内部の水量

計測結果から、流出速度は傾き角度に依存し、時間に依存しないことが明らかとなった。そこで、徳利内部の水量を以下の式(1)で求めた。 V_0 は初期水量、 $v(\theta)$ は徳利の傾き角度 θ に応じた流出速度、 t は時刻を表す。

$$V(\theta, t) = V_0 - \int_0^t v(\theta) dt \quad (1)$$

3.2 液体を注ぐ際の振動

計測の結果、周期的に同様の減衰正弦波が観測された。計測結果より 1 つずつ波形を取り出して解析、モデリングを行った。式(2)に示すように、徳利から水を注ぐ際の振動を周波数の異なる 2 つの減衰正弦波の合成波でモデリングした。

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

ここで、 A_n は初期振幅係数、 B_n は減衰係数、 f_n は振動周波数、 t は時刻を表す。また $n=1$ は低周波の減衰正弦波、 $n=2$ は高周波の減衰正弦波である。

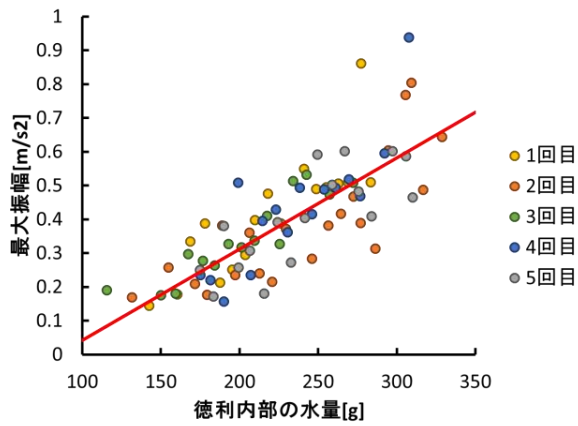


図 4 最大振幅値と徳利内部の水量の変化 (傾き角度 135 度)

図 4 に示すように、徳利内部の水量が減少していくに従い、最大振幅も減少した。本結果に対して線形近似を行ったところ、高い相関が見られた ($y=0.0027x-0.2277$; $R^2=0.6358$)。また、前報より振幅は傾き角度に依存し、さらに、 A_1, A_2 の比率は粘性に依存したほぼ一定である[7]。これらの結果より、 A_1, A_2 は式(3) より表わされる。

$$A_1 = cA_{max}(\theta, V), A_2 = (1 - c)A_{max}(\theta, V) \quad (3)$$

ただし、 c は液体の粘性によって決まる 2 つの減衰正弦波の振幅の比率である。なお水の場合の c は 1/3 である。

3.3 モデリング結果

徳利を 135 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 5 に示す。本モデリングは計測結果と同様に、時間変化(徳利内部の水量の減少)に伴って振幅が減衰していることがわかる。

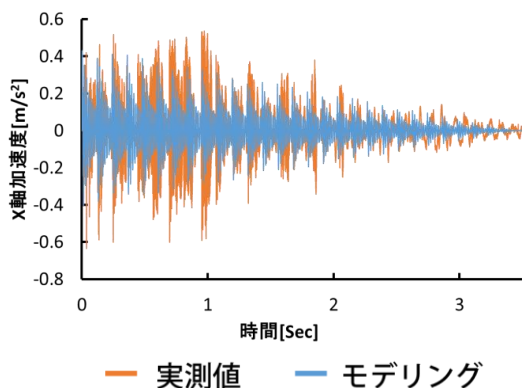


図 5 実測値とモデリングの波形 (傾き角度 135 度)

4. 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、徳利型デバイスによりモデリングした振動を提示した。デバイスの構造及び外観を図 6 に示す。本デバイスはボイスコイル型の触振動提示用アクチュエータ (TactileLabs, Haptuator Mark II TL002-09-A)、加速度センサ (Kionix, KXM52-1050)、デジタルオーディオアンプ (RASTEME SYSTEMS CO, LTD. RSDA202)、マイクロコントローラ (Arduino, Arduino Duemilanova)、スピーカー (AURASOUND, NSW1-205-8A)、PC から構成される。ユーザが本デバイスを傾けた際、傾き角度と傾けている時間に応じてモデリングした振動を提示することで水を注ぎ、水量が減少していく感覚を触覚的に再現した。

7 名に体験してもらったところ、従来の徳利内部の水量に応じた変化を考慮していないものと比べて、より自然な感じがしたという感想を得ることができた。一方で、傾けた瞬間に想起した水量よりも水が少ないと感じたという報告もあり、今後は主観的なマッチングを行う必要がある。



図 6 徳利型デバイス

5. 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、注ぐ際の振動と徳利内部の水量の関係性について調べた。その結果、水量が減少するに従って、波形全体の振幅が徐々に小さくなっていくことが明らかとなった。そこで、徳利内部の水量と徳利の傾き角度に応じて振幅値を決定し、振動の再現を行った。

今回のモデリングでは振動の周波数を一定と仮定してモデリングを行っている。しかし実際の観測結果によると水が徳利から無くなる瞬間に 2 つの周波数が大きく変化していることが観察された。この周波数変化は水が無くなったことを体験者に知覚させる重要な要素となっている可能性があり、再現する必要があると考えられる。

今後は、こうしたモデリングの精緻化を行うとともに、ユーザ評価によって主観的に説得力のある提示を行うための最適値選定を行う予定である。

参考文献

- [1] Wansink, B., Ittersum, K. V., and Painter, J. E. Ice Cream Illusions Bowls, Spoons, and Self-Served Portion Sizes. *American Journal of Preventive Medicine*, 31 (2006), 240-243.
- [2] Wansink, B. and Ittersum, K. V. Bottoms Up! The Influence of Elongation on Pouring and Consumption Volume. *J Consumer Res*, 30 (2003), 455-463.
- [3] Brown, R. L. Wrapper Influence on the Perception of Freshness in Bread. *Journal of Applied Psychology*, 42 (1958), 257-260.
- [4] Sakurai, S., Narumi, T., Ban, Y., Kajinami, T., Tanikawa, T. and Hirose, M. Affecting Our Perception of Satiety by Changing the Size of Virtual Dishes Displayed with a Tabletop Display. *Virtual, Augmented and Mixed Reality*, 8022 (2013), 90-99.
- [5] Suzuki, E., Narumi, T., Sakurai, S., Tanikawa, T. and Hirose, M. Illusion Cup: Interactive Controlling of Beverage Consumption Based on an Illusion of Volume Perception. *Proceedings of the 5th Augmented Human International Conference*, (2014).
- [6] Ikeno, S., Okazaki, R., Hachisu, T., Sato, M. and Kajimoto, H. Audio-Haptic Rendering of Water Being Poured from Sake Bottle. *Advances in Computer Entertainment*, 8253 (2013), 548-551.
- [7] 池野早紀子, 岡崎龍太, 蜂須拓, 佐藤未知, 福嶋政期, 梶本裕之: 徳利振動の変調による液体の粘性感操作, ロボティクス・メカトロニクス講演会, (2013).