

# シャワーを用いた浴室での触覚刺激装置 (第2報) -振動知覚実験および静音化-

星野 圭祐<sup>†1</sup> 高下 昌裕<sup>†1</sup> 蜂須 拓<sup>†1†2</sup> 小玉 亮<sup>†1</sup> 梶本 裕之<sup>†1†3</sup>

**概要:** シャワーを浴びながら音楽を聴く際の音楽体験の向上を目的として、これまでに我々はシャワーの水流を制御することによってユーザーに触覚刺激を与えるシステムを提案した。本稿では本研究の第2報として、シャワーを用いた振動触覚刺激装置の身体での振動知覚強度の検証、動作音の静音化について報告する。本装置を体験させた結果、明瞭な振動知覚が可能であることがわかった。また、本稿で作成したカム機構を用いた装置の動作音は、前報で作成した装置と比べ約 20dBa 減少した。

## Shower Tactile Stimulation device in the Bathroom( II ) -Preliminary User Study and Noise Reduction-

KEISUKE HOSHINO<sup>†1</sup> MASAHIRO KOGE<sup>†1</sup> TAKU HACHISU<sup>†1†2</sup>  
RYO KODAMA<sup>†1</sup> HIROYUKI KAJIMOTO<sup>†1†3</sup>

**Abstract:** We previously proposed and developed a system to provide tactile stimulus to enrich music experience in the bathroom by controlling the water flow of the shower. In this study, we conducted a user study to verify the intensity of the tactile stimulus on the body by the Shower Tactile Stimulation device and noise reduction of operation sound. The user study showed that we can stably perceive the tactile stimulus. The sound of the device using a cam mechanism was reduced driving noise by 20dBa.

### 1. はじめに

視聴覚コンテンツの臨場感向上を目的としてこれまで数多くの手法が提案されてきた。それらの多くは視聴覚コンテンツに時間的に同期させた振動触覚刺激を提示しており[1][2][3]、これらの成果から、臨場感向上の手法として振動触覚刺激の有効性は示されてきたといえる。

一方、防水機器の普及により浴室で視聴覚コンテンツを楽しむ機会は多くなっている。浴室を利用したエンタテインメントに関する研究も数多く行われており、浴槽を用いて DJ のスクラッチ演奏を行うもの[4]、浴槽の水面をインタフェースとして用いるもの[5]などが挙げられる。しかし浴室で振動触覚提示により臨場感を高める試みは、電気刺激を用いた水中電気刺激[6]など限定的であった。そこで我々は振動触覚提示を行う方法としてシャワーに着目した。シャワーからは勢い良く水流が発射され、身体の広範囲に触覚提示を行うことが可能である。

シャワーを浴びながら音楽を聴く際の音楽体験の向上を目的として、シャワーヘッドから出る水流を制御し、水流の強弱をすることによって身体の広範囲に振動触覚刺激を行い、その触覚刺激を音楽と同期させることを提案する。我々はこれまでにシャワーを用いた振動触覚刺激装置の実装について報告した[7]。本稿では装置を利用した予備実験

(図 1) と、体験の際に問題となった装置の騒音を解決するための、装置の静音化について報告する。



図 1 装置の使用風景

### 2. 音楽との同期に関する検討

#### 2.1 振動触覚刺激装置

我々はこれまでにシャワーによる振動触覚刺激装置の実装を行った[7]。前報で報告した装置は、シャワーヘッド(株式会社タスクスリー, PTB2902)、ロータリーエンコーダ搭載の DC モータ (maxon 社, 10W, RE 25) から構成される。図 2 に示すように、本シャワーヘッドは機械的スイッチを左右に 8mm 動かすことで水流の ON/OFF を切り替えることが可能となっている。

<sup>†1</sup> 電気通信大学  
The University of Electro-communications

<sup>†2</sup> 日本学術振興会 特別研究員  
JSPS Research Fellow

<sup>†3</sup> 科学技術振興機構さきがけ  
Japan Science and Technology Agency



図 2 シャワーヘッドのスイッチ[7]

作成した装置を図 3 に示す。直径 8mm の円運動をクラック機構 (図 4) により直進運動に変換することで、スイッチに振幅 8mm の直進運動をさせ、ON/OFF の制御を行っている。モータの回転角度を制御することによって任意の周期で ON/OFF を切り替えることが可能であり、これにより任意の周波数の振動触覚提示を行う。

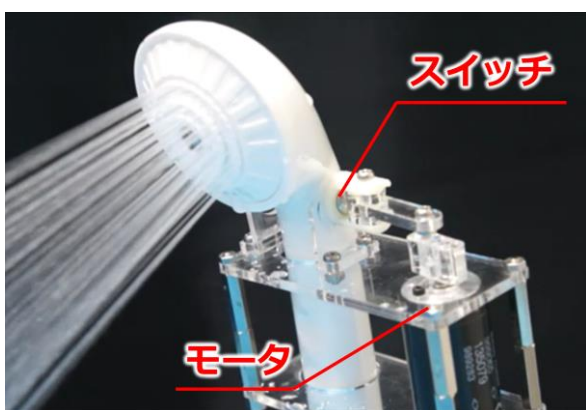


図 3 装置の構造 (クラック機構)

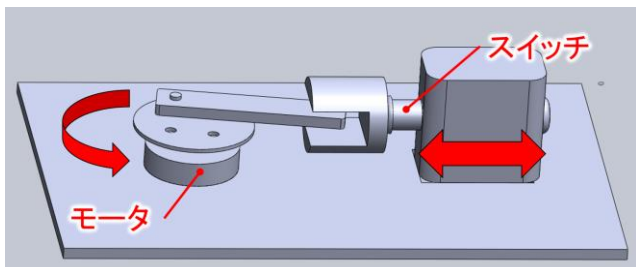


図 4 クラック機構

## 2.2 デモンストレーション

図 1 に示すように 20~30 代の男性 6 名に本装置を体験させ、感想を募った。また、本装置による振動触覚刺激強度の評価を行った。体験後、体験者に本装置による振動触覚刺激強度について 7 段階リッカート尺度 (1: ととても弱い, 7: ととても強い) で回答させた。体験では三種類の音楽を用意し、振動触覚刺激はそれぞれ音楽の BPM (Beats Per Minute) に従い提示した。使用した曲と BPM を表 1 に示す。

表 1 曲名と BPM

曲名	BPM
We Will Rock You	162.5
Imagine	152.65
From the New World -4th Movement-	144.0

振動触覚刺激強度について、体験者 6 名の回答の中央値は 4 (最大値: 5, 最小値: 2) となった。これより、シャワーによる振動触覚刺激は知覚でき、強度適切であったといえる。

体験後のコメントとして、5 名の体験者から音楽と振動がずれている感じがしたと報告された。また、3 名の体験者からスイッチを動かす動作音が気になる、1 名の体験者からはその動作音と触覚に時間差があることが気になるとの報告が得られた。前報で行った応答速度の実験より、シャワーヘッドから発射された水流が体表に到達するまでには約 100ms の時間遅れが発生する。つまり、体表に到達するタイミングを曲に合わせてと動作音は曲より約 100ms 早く発生する。動作音が曲の音量よりも大きいため、音楽と同期させたときに音楽と動作音に時間差を感じ、音楽と振動がずれているという報告になったと考えられる。よって、スイッチを動かすときの動作音がより小さい装置設計が必要であることがわかった。

また、3 名の体験者から音楽の BPM に合わせるのではなく各音楽特有のメロディに合わせて触覚刺激があったほうが良い、1 名の体験者から単調なリズムの触覚刺激ではなく盛り上がりや欲しいと報告された。これより、音楽との同期は BPM のような一定なリズムに合わせた同期では不十分であると考えられる。音楽ごとのメロディに合わせた同期方法を考案する必要がある。

## 3. 振動触覚刺激装置の静音化

ここでは前報の装置の騒音の発生理由を考察し、静音のための新たな機構について述べる。

### 3.1 騒音の発生原因

前報で作成した装置はクラック機構 (図 4) を用いて円運動を直線運動に変換させていた。装置を観察した結果、リンクとモータを接続する部分で騒音が発生していた。リンクの長さが短いため、スイッチに対して垂直方向に生じる力が大きくなり、スイッチとシャワーヘッドの間に生じる摩擦力が大きくなってしまった。その結果、モータの回転速度が一定でなくなったことが騒音の原因と考えられる。この騒音はリンクを長くすることで解消可能であると考えられるが、装置が大きくなってしまったため、クラック機構に代わる、大きさを維持したまま騒音が少なくなる機構が必要である。

### 3.2 新たな機構

円運動を直線運動に変換させる新たな機構としてカム機構（図 5）を採用した。カム機構とは、回転軸に中心からの距離が一定ではない円板を取り付けることによって円運動を直進運動に変換する機構であり、前述のクランク機構よりも速度変化を緩やかに設計できるため静音化が期待できる。

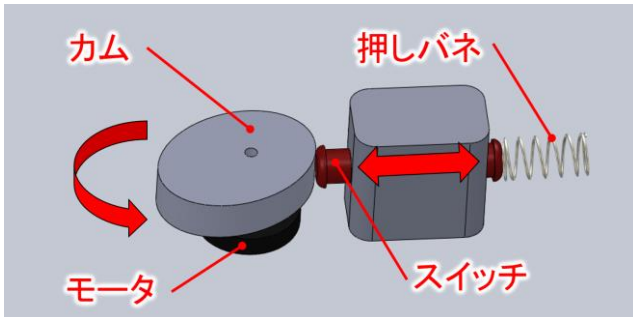


図 5 カム機構

### 3.3 装置の構成

新たに作成した装置はシャワーヘッド（株式会社タスクスリー、PTB2902）、ロータリーエンコーダ搭載の DC モータ（maxon 社、10W、RE 25）、押しバネ（線径 1mm×外径 12mm×長さ 43mm、最大荷重 1.7kg、最大圧縮長さ 12mm）から構成される。作成した装置を図 6 に示す。カム機構により、スイッチを振幅 8mm の直進運動に変換することで、ON/OFF の制御を行う。モータの回転角度を制御することにより任意の周期で ON/OFF を切り替えることが可能であり、これにより任意の周波数の触覚提示を行う。

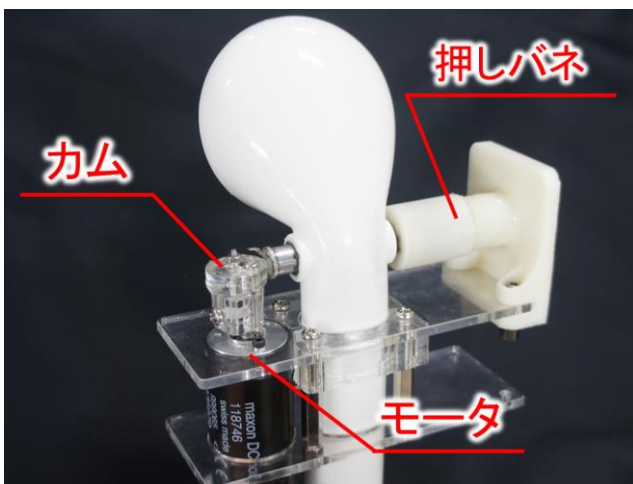


図 6 装置の構造（カム機構）

## 4. 静音性能評価実験

本稿で作成したカム機構を用いた振動触覚刺激装置と、前報で作成したクランク機構を用いた振動触覚刺激装置の動作音の比較を行った。

### 4.1 実験環境

静かな部屋（30.0dBA）において、2つの装置の動作音の比較実験を行った。動作音の測定にはサウンドレベルメーター（TENMARS, TM-102）を使用した。シャワーヘッドからサウンドレベルメーターの直線距離はシャワーを浴びる位置を想定し 50cm に設定した（図 7）。



図 7 静音評価実験環境

### 4.2 実験条件

装置の動きを 1~20Hz（60~1200bpm）まで 1Hz ごとに変化させて、その際に発生する動作音を 5 秒間測定し、最大値を記録した。サウンドレベルメーターの応答速度は 125ms であった。

### 4.3 実験結果

2つの装置の周波数ごとの動作音を図 8 に示す。周波数による音量の変化は殆ど見られなかった。2つの装置の動作音を比較すると、前報のクランク機構を用いた装置は平均約 73.6dBA、本稿のカム機構を用いた装置は平均約 53.8dBA であった。カム機構を採用することによって、装置の動作音は約 20dBA 減少した。

シャワーのみを動作させた際の環境音を測定すると 63.9dBA であった。つまり、本稿で作成した装置による動作音はシャワーによる環境音よりも小さい。2.2 項のデモンストレーション体験者 6 名のうち 3 名に実際に動作音を聴いてもらったところ、3 名すべてが動作音は小さくなった、動作音は意識して聴かないと気にならないと回答した。音楽と同期させた際は環境音に加えて音楽が流れること、また装置を頑丈なケースで覆うことを考えると動作音はさらに気にならなくなると考えられる。

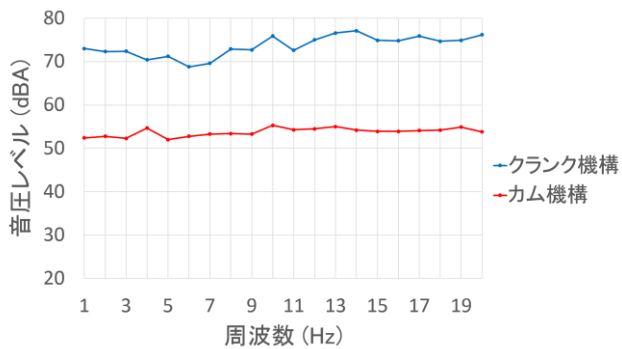


図 8 周波数変化における音量の比較

## 5. おわりに

本稿では、シャワーを浴びながら音楽を聴く際の音楽体験の向上を目的としたシャワーによる振動触覚刺激提示の第2報として、身体での振動触覚刺激強度の検証と動作音の静音化を行った。まず6名に実際に装置を体験させた結果、振動知覚は安定して可能であることがわかった。この際に問題となった騒音を解決するためにカム機構を用いた新たな試作を行った。前報と本稿で作成した装置の動作音の比較を行った結果、本稿で作成した装置の動作音は前報に比べ約20dB(A)減少していることが確認された。

今後は、シャワーを用いた振動触覚刺激装置の音楽体験への寄与を実験によって検証する予定である。

## 参考文献

- [1] Lemmens, P., Crompvoets, F., Brokken, D., Eerenbeemd, J., Vries, G.: A Body-conforming Tactile Jacket to Enrich Movie Viewing, WorldHaptics2009, Salt Lake City, UT, USA, March 18-20, 2009
- [2] Israr, A., Poupyrev, I., Ioffreda, C., Cox, J., Gouveia, N., Bowles, H., Brakis, A., Knight, B., Mitchell, K., Williams, T.: Surround Haptics: Sending Shivers Down Your Spine, ACM SIGGRAPH 2011 Emerging Technologies, New York City, New York, USA, 2011.
- [3] Dijk, O., Weffers A., Zeeuw, T. : A tactile actuation blanket to intensify movie experiences with personalised tactile effects, 3rd International Conference on Intelligent Technologies for Interactive Entertainment, 2009.
- [4] Hirai, S., Sakakibara, Y. and Hayakawa, S.: Bathcratch: Touch and Sound-Based DJ Controller Implemented on a Bathtub, 9th International Conference of Advanced Computer Entertainment (ACE 2012), pp.44-56, Springer Berlin Heidelberg, 2012
- [5] Koike, H., Matoba, Y., Takahashi, Y.: AquaTop display: interactive water surface for viewing and manipulating information in a bathroom, ACM SIGGRAPH 2013 Emerging Technologies. USA, 2013.
- [6] Nakamura, T., Katoh, M., Hachisu, T., Okazaki, R., Sato, M., Kajimoto, H.: Localization Ability and Polarity Effect of Underwater Electro-Tactile Stimulation, EuroHaptics2014, Versailles, France, June 24-26, 2014
- [7] 星野, 高下, 梶本 : シャワーを用いた浴室での触覚刺激装置の提案, エンタテインメントコンピューティング 2014 (2014年9月 明治大学 中野キャンパス)