

Jorro Beat: シャワーを用いた全身触覚刺激装置による 浴室内音楽体験の向上

星野圭祐^{†1} 高下昌裕^{†1} 蜂須拓^{†2} 小玉亮^{†1} 梶本裕之^{†1}

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、これまでにシャワーから出る水流を制御し、水流の強弱をすることによってユーザに触覚刺激を行い、その触覚刺激を音楽と同期させることを提案した。本稿では実際のシャワーシーンと同様に全身に本装置を用いた触覚刺激を提示することによる音楽体験への効果について検証した。特徴的なビートをもつ曲、特徴的なメロディをもつ曲、穏やかな曲という3種類の音楽を用意し、通常のシャワーと触覚刺激を付与したシャワーを比較した結果、全ての曲について通常シャワーに比べて音楽体験が向上する傾向にあることが判明し、特徴的なビート、メロディを持つ曲について特に音楽体験が向上することが明らかとなった。

Jorro Beat: User Study of Music Experience by Shower Tactile Stimulation

KEISUKE HOSHINO^{†1} MASAHIRO KOGE^{†1} TAKU HACHISU^{†2}
RYO KODAMA^{†1} HIROYUKI KAJIMOTO^{†1}

We have proposed and developed “Jorro Beat,” a system that provides tactile stimuli to enrich the music experience in the bathroom by controlling the water flow of the shower. This paper describes a user study conducted to verify the enhancement of the music experience by Jorro Beat. The results show that the music experience while taking a shower is enhanced, particularly when the music has characteristic beats or a characteristic melody.

1. はじめに

シャワーは世界中に普及しており、日本のほぼ全ての浴室にはシャワーが設置されている。一方、ポータブル音楽プレーヤーや防水機器の普及により浴室でも音楽を楽しむことが可能である。これによりシャワーを浴びながら音楽を聴くという行為は身近なものになっており、防水スピーカーと一体となっているシャワーヘッドも商品化されている。しかし一般的にシャワーを浴びながら音楽を聴く際には、シャワーは音楽に対するノイズでしかない。このシャワーと音楽に関する現状に対し、我々はシャワーを触覚提示手段ととらえなおし、音楽という聴覚体験にシャワーによる触覚刺激を同期させることで、シャワーを浴びながら音楽を聴く際の音楽体験の向上が可能ではないかと考えた。

本研究ではシャワーを浴びながら音楽を聴く際の音楽体験向上を目的として、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(図1)。我々はこれまでにシャワーを用いた触覚刺激装置の実装とその性能評価について[1][2][4]、また下腿への触覚提示における音楽体験への効果の検証について報告した[3]。本稿では実際のシャワーシーンと同様に全身に本装置を用いた触覚刺激を提示することによる音楽体験への

効果について検証し、その結果について報告する。



図1 Jorro Beat: シャワーを用いた全身触覚刺激装置

2. 先行研究

これまでに視聴覚コンテンツの臨場感向上を目的として全身に触覚を提示する数多くの手法が提案されてきた。主にジャケット型[5]、椅子型[6][7]、ブランケット型[8]などが挙げられ、これらは搭載された振動子によってコンテンツに時間的に同期させた振動を提示する手法を用いている。こうした成果から、視聴覚コンテンツの臨場感向上の手法として振動触覚刺激の有効性が示されてきたと言える。

一方、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いる。浴槽のフチを用いてDJのスクラッチ演奏を行うことができるBatheratch[9]や、水面をイン

^{†1} 電気通信大学
The University of Electro-Communications

^{†2} 筑波大学
University of Tsukuba

ターフェイスとして使用する Aqua Top Display[10]、浴室内でシャワーを浴びながらメディアやゲームの利用が可能なインタラクティブなシャワーカーテン[11]など、多くは主に視覚と聴覚によるものであった。浴室内で触覚提示により臨場感を高める試みも行われているが、水中電気刺激を用いたもの[12]など応用範囲は限定的であった。

シャワーを用いて触覚刺激を行う為に、水流の制御を行うことは自然な手法であると考えられる。水流を制御することによって触覚提示を行うシステムも数多く提案されており、ロボットアームに取り付けられたノズルから異なる圧力・周波数・リズムで液体を噴出することで指先への触覚提示を行う LiquiTouch[13]、格闘ゲームで攻撃の際の衝撃を水流によって再現した Water Ball Z[14]などが挙げられる。しかしこれらはいずれも大掛かりな機材を必要としており、浴室への設置を前提としたものではない。

3. デバイス構成

本装置はマイクロコントローラ（NXP Semiconductors, mbed NXP LPC1768）、モータドライバ（TOSHIBA, TA8429HQ）、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（ステンレス製、線径 1mm×外径 12mm×長さ 43mm、最大荷重 1.7kg、最大圧縮長さ 12mm）、アクリル製カムから構成される。作成したデバイスを図 2 に示す。

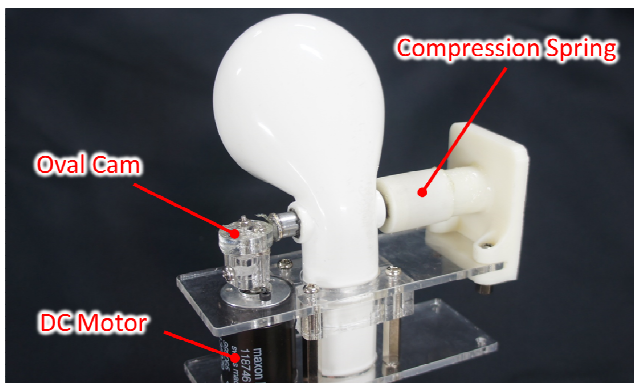


図 2 デバイス外観[4]

モータによる円運動をカム機構（図 3）により直線運動に変換することで、シャワーヘッドに搭載されている機械的スイッチに振幅 8mm の往復運動をさせ、シャワーヘッドから出る水流の OPEN/CLOSED の制御を行っている。この制御により、身体へ接触する水量の差を生み出し周期的な触覚刺激を提示する。また、モータの回転速度を制御することにより任意の周期で OPEN/CLOSED 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で触覚提示を行うことが可能である。

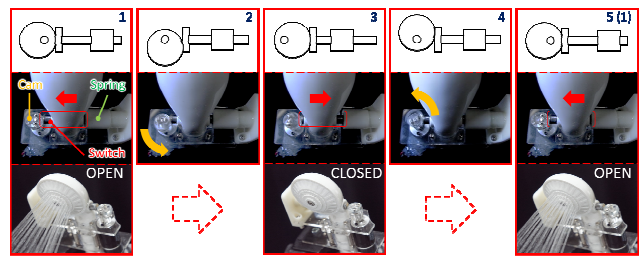


図 3 カム機構[3]

4. 浴室での音楽体験向上の評価実験

実際のシャワーシーンと同様に全身に本装置を用いた触覚刺激を提示することによる音楽体験への効果について検証した。

4.1 実験環境

シャワーヘッドを地上約 180cm の位置に固定し、被験者とシャワーヘッドの水平距離は約 40cm に設定した（図 4）。この位置を基準位置として、シャワーヘッドから出る水流が被験者の胸に当たるようにシャワーの高さを調整し、シャワーヘッドから胸までの距離を約 50cm とした。被験者は頭部を除いた身体に対して、普段と同様にシャワーを浴びたが、その際基準位置を変更しないよう指示した。被験者は裸になり、下半身には水着またはタオルを着用した。水温は約 41 度に設定した。

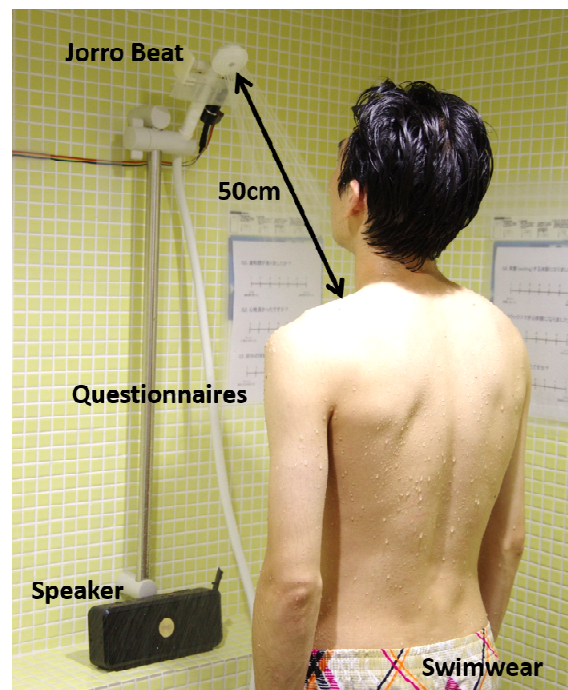


図 4 実験環境

4.2 実験条件

実験では表 1 に示す 3 種類の音楽を用意した。各曲ともに冒頭部分の約 30 秒を使用した。

4.2.1 触覚刺激のタイミングの生成

本実験では、音楽情報とデバイス制御情報を1つの wave ファイルに入れるという方法を使用した。制御信号には 21kHz の音声を使用し、MIDI ファイル上の触覚刺激を与えたい場所に 30ms 挿入することで、その音をトリガにしてデバイスが制御される仕組みである。21kHz は人間の可聴域外の周波数であるため、トリガとなる音声が聞こえることはなく、聴覚的には変化ない。これによって一度設定すれば何度も同じタイミングで制御を行うことが可能なファイルを生成することができる。各曲の制御タイミングは表 1 に示す楽器のパートに合わせた。

4.2.2 音楽と触覚の時間遅れの補償

各曲について『音楽と通常のシャワー』、『音楽と音楽に同期させた触覚刺激を付与したシャワー』の2つの条件を作成した。シャワーヘッドから噴出された水流が体表に到達するまでには時間がかかり、約 150ms の時間遅れを生じる[4]。この時間遅れを補償することは音楽との同期について大事な要素であることが判明している[3]。そのため本実験における触覚刺激を付与した条件は、この時間遅れを補償するために音楽の再生を遅らせることによって聴覚と触覚を同期させたものである。

表 1 使用した曲

Song Title	BPM	Features	Indication of Stimulation
We Will Rock You / QUEEN	162.5	Characteristic Beats	Beats (Bass Drums)
Imagine / John Lennon	152.65	Calm	Tempo (Piano)
From the New World -4th Movement- / Antonin Dvorak	144.0	Characteristic Melody	Melody (Bass and Strings)

4.3 実験手続

まず時間遅れ補償の調整を行った。60 Beats Per Minute (BPM) のメトロノームを再生し、それに同期させた触覚刺激を提示した。音楽の再生を 150ms 遅らせたものを提示し、音楽と触覚にズレがあるか確認させた。ズレがあると回答した場合はズレを感じなくなるまで 5ms 間隔で調整した。実験では被験者ごと調整した時間補正を使用した。結果として 140ms から 155ms の範囲内での補正が行われた (平均 150ms)。

各曲について、2 試行提示し質問に回答させた。1 試行目は通常シャワーの条件、2 試行目は触覚刺激を付与したシャワーの条件とした。質問は 1 試行目の体験を 4 としたときに 2 試行目が何点になるか 7 段階リッカートスケールで回答させた。質問項目は表 2 に示す。曲順はランダムに設定した。被験者は男性 11 名 (年齢 21~24 歳, 平均 22.8 歳, 身長 161~176cm, 平均 168.8cm) であった。

表 2 質問項目

Questions	seven-point Likert scales
Q1 Did you have a feeling of strangeness? (違和感がありましたか)	
Q2 Did you feel comfortable? (心地よかったですか)	
Q3 Did you like this experience? (好みの体験になりましたか)	
Q4 Did you excited? (興奮する体験になりましたか)	
Q5 Did you relax? (リラックスできる体験になりましたか)	
Q6 Did you feel good stimulation? (気持ちよかったですか)	

4.4 実験結果・考察

結果を図 5 に示す。1 試行目を 4 としたときの点数を回答させたため、全被験者の通常シャワーの条件の点数を 4 と仮定し、ウィルコクソンの符号順位検定を行った。質問ごとの結果について考察する。

違和感

Imagine 以外の曲について、通常シャワーに比べて有意差がみられた。これより特徴的なビート、メロディを持つ曲は触覚刺激を付与しても違和感が無いと言える。内観報告より、Imagine は穏やかな曲調に反してピアノのリズムが早いためゆったりとした曲のイメージと触覚に違和感が生じた、We will rock you と Imagine で曲調が異なるのに触覚の強度が等しいことに違和感を覚えたという回答が得られた。これらより、提示する触覚刺激が曲調に合わない違和感が生じると推測される。

心地よさ

すべての曲について通常シャワーに比べて有意差がみられた。これよりどの曲調の曲においても触覚刺激を付与することでシャワーの心地よさは向上するといえる。

好み

いずれの曲にも通常シャワーに比べて有意差がみられた。これより触覚刺激を付与することでどの曲調の曲についても好みの体験になると推測でき、特に特徴的なビートを持つ曲においては好みの度合いが大きく向上するといえる。

興奮度

Imagine 以外の曲について通常シャワーに比べて有意差がみられた。これより特徴的なビート、メロディを持つ曲は触覚刺激を付与することで興奮度が向上し、Imagine のような穏やかな曲は興奮する体験にはならないと推測される。

リラックス度

We will rock you のみ通常シャワーに比べ有意差がみられ、穏やかな曲の方が触覚刺激によってリラックス度が上昇するという予想に反した結果になった。違和感の項と同様の内観報告より、単に触覚刺激を付与することで穏やかな曲のリラックス度が増加するのではなく、曲の曲調にあった触覚刺激を与えることがリラックス度の向上につながる

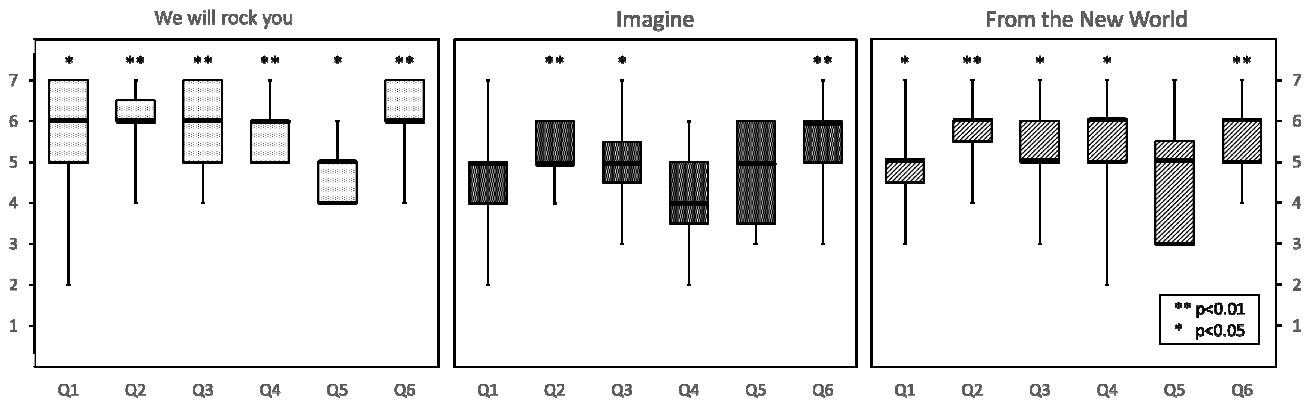


図 5 実験結果

ると推測される。

気持ちよさ

全ての曲において通常シャワーに比べて有意差がみられた。これより、どの曲調の曲であっても触覚刺激を付与することでシャワーを浴びる気持ちよさは向上するといえる。内観報告からも全身に触覚刺激を感じて気持ちよかったという意見がみられた。

まとめ

全ての曲について通常シャワーに比べて音楽体験が向上する傾向にあることが判明した。特に **We will rock you** は全ての質問項目、**From the New World** は5つの質問項目で有意差がみられたため、特徴的なビート、特徴的なメロディを持つ曲について音楽体験が特に向上することが明らかとなった。穏やかな曲についても、心地よさや気持ちよさの項目には有意差が見られたため、シャワーによる触覚刺激を付与することで体験は向上したといえる。

被験者の内観報告としては **From the New World** の一部、触覚が 16 分音符のタイミングで来るところが気になったという意見が複数見られた。このことから、触覚刺激と触覚刺激の間隔が狭すぎると違和感を覚えるということがわかった。したがって、触覚刺激によって早いメロディを提示するのは相応しくなく、曲のリズムを提示するのに適しているのではないかと推測される。また、ON/OFF の制御のみでなく水量変化を行うと良いのではないかと意見が複数みられ、水量を調整することで曲の印象を表現できる可能性があるかと推測できる。

本稿の被験者の中には前報で行った下腿への触覚刺激の実験[3]を行った被験者が6名存在したが、下腿のみよりも全身への触覚刺激のほうが楽しくなったと回答した。また、全身に触覚刺激を付与することによる部位ごとの時間遅れは気にならないという意見も得られたため、シャワー使用中の距離に応じて動的に時間遅れを変更する必要は今のところないと考えられる。

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て、シャワーにより触覚刺激を提示することを提案した。カム機構により水流を制御可能なデバイスを作成し、評価実験として実際のシャワーシーンを想定して全身へ触覚提示を行うことで音楽体験が向上するか検証した。

特徴的なビートをもつ曲、特徴的なメロディをもつ曲、穏やかな曲という3種類の音楽を用意し、通常シャワーと触覚刺激を付与したシャワーを比較した結果、全ての曲について通常シャワーに比べて音楽体験が向上する傾向にあることが判明した。特徴的なビート、特徴的なメロディを持つ曲について特に音楽体験が向上することが明らかとなった。

以上により本研究はシャワーによって生じる触覚刺激を音楽に同期させることで音楽体験を向上させることが可能であることを示した。

今後は、内観報告でもあったように、曲の印象を表現するために水量変化が可能なシステムの作成を行う予定である。また音楽と自動で同期できるシステムを製作する。

参考文献

- [1] 星野圭祐, 高下昌裕, 梶本裕之: 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, 2014.9, 明治大学 中野キャンパス.
- [2] 星野圭祐, 高下昌裕, 蜂須拓, 小玉亮, 梶本裕之: 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-, インタラクシオン, 2015.3, 日本科学未来館.
- [3] 星野圭祐, 高下昌裕, 小玉亮, 蜂須拓, 梶本裕之: シャワーを用いた浴室での触覚刺激装置(第3報)-音楽体験への寄与の検証-, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015, 2015.5, みやこめっせ.
- [4] Hoshino, K., Koge, M., Hachisu, T., Kodama, R., and Kajimoto, H.: Jorro Beat: Shower Tactile Stimulation Device in the Bathroom. In CHI 2015 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. ACM, (2015).
- [5] Lemmens, P., Crompvoets, F., Brokken, D., Eerenbeemd, J. and Vries, G. A Body-conforming Tactile Jacket to Enrich Movie Viewing, World Haptics 2009, Salt Lake City, UT, USA, March 18-20, 2009.

- [6] Karam, M., Branje, C., Nespoli, G., Thompson, N., Russo, F. A., and Fels, D. I. The emoti-chair: an interactive tactile music exhibit. In CHI 2010 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. ACM, (2010), 3069-3074.
- [7] Nanayakkara, S. C., Wyse, L., Ong, S. H., and Taylor, E. A. Enhancing musical experience for the hearing-impaired using visual and haptic displays. *Human-Computer Interaction*, (2013), 28(2), 115-160.
- [8] Dijk, O., Weffers A. and Zeeuw, T. A tactile actuation blanket to intensify movie experiences with personalised tactile effects. 3rd Int. Conf. on Intelligent Technologies for Interactive Entertainment, 2009.
- [9] Hirai, S., Sakakibara, Y. and Hayakawa, S. Bathcratch: Touch and Sound-Based DJ Controller Implemented on a Bathtub. 9th Int. Conf. of Advanced Computer Entertainment (ACE 2012), Springer Berlin Heidelberg, (2012), 44-56.
- [10] Koike, H., Matoba, Y. and Takahashi, Y. AquaTop display: interactive water surface for viewing and manipulating information in a bathroom. ACM SIGGRAPH 2013 Emerging Technologies. USA, (2013).
- [11] Funk, M., Schneegass, S., Behringer, M., Henze, N. and Schmidt, A.: An Interactive Curtain for Media Usage in the Shower. In the 4th International Symposium on Pervasive Displays, ACM, (2015).
- [12] Nakamura, T., Katoh, M., Hachisu, T., Okazaki, R., Sato, M. and Kajimoto, H. Localization Ability and Polarity Effect of Underwater Electro-Tactile Stimulation. EuroHaptics2014, Versailles, France, June 24-26, (2014).
- [13] Richter, H., Manke, F. and Seror, M. LiquiTouch: Liquid as a medium for versatile tactile feedback on touch surfaces. In Proc. of 7th Int. Conf. on Tangible, Embedded and Embodied Interaction. ACM, (2013), 315-318.
- [14] Hoste, L. and Signer, B. Water Ball Z: an augmented fighting game using water as tactile feedback. In Proc. of 8th Int. Conf. on Tangible, Embedded and Embodied Interaction. ACM, (2014), 173-176.