



空気噴流による音楽の低周波振動再現性の検証

Verification of low-frequency vibration reproducibility of music by air jet

柴尾 亮成¹⁾, 嵯峨 智²⁾

Akinari SHIBAO and Satoshi SAGA

- 1) 熊本大学 大学院自然科学教育部 (〒 860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2-30-1, shibao@saga-lab.org)
 2) 熊本大学 大学院先端科学研究部 (〒 860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2-30-1, saga@saga-lab.org)

概要: 音楽体験には、ライブ会場に足を運ばないと体験できないものがある。楽器から直接伝達される非可聴振動を感じる体験である。我々はこれまで空気噴流による振動提示手法によりこの体験を検討してきた。リズム感提示や音楽体験の主観的音楽体験の面白さの評価を得ることができた。今回は、実際にライブ会場で感じているウーファーの振動と比較し、本提案手法の有用性を検証する。

キーワード: 空気噴流, 振動提示, 低周波空気振動

1. はじめに

近年、ストリーミング配信や動画共有サイトの普及により、多様な音楽を聴く機会が圧倒的に増加し、音楽をいつでもどこでも楽しめるようになった。しかし、音楽体験には、通常のオーディオ機器では再現できず、ライブ会場に足を運ばないと体験できない要素がある。多人数でのグルーブ感や、大音量とともに楽器の演奏から直接伝わる非可聴域振動などである。

このように、音楽に振動を加えることで臨場感や迫力といった印象が強調されるという知見もあり [1], 音楽を振動と共に楽しむ装置はこれまでに様々なものが提案されてきた。

多数のスピーカをジャケットに取り付けた LIVE JACKET [2] や DC モータと高剛性の糸を用いてモータが発生させる張力で常に振動を与え続ける Hapbeat [3] などが挙げられる。

このように、音楽に振動を加える手法は、主に振動子やモータを用いるものが主流である。しかし、振動子やモータを用いると、装置の規模が大きくなり、体との接触面積が大きくなるといった課題が存在する。

我々は、音楽体験の向上を目的とし、空気噴流を用い、ユーザの身体に振動刺激を与える装置を提案、検討、評価してきた [4]。これまでの結果より、音楽体験の向上にリズム感提示や音楽体験の面白さの部分で有益であるという結果を示すことができた。そこで実際に、ライブ会場で音楽の低周波振動を提示しているウーファーと提案手法である空気噴流の周波数帯を計測、比較し本提案手法の有用性を検討していく。

2. 空気噴流による音楽の低周波振動提示手法

本説では、提案手法である空気噴流による音楽の低周波振動提示手法について述べる。空気噴流はエアコンプレッサから供給されチューブを介してユーザの身体へ提示す

る。音楽の低周波に合わせて、空気噴流刺激のオンオフを制御し、提示される仕組みである。音楽のマッピングは MIDI データの演奏情報を基に行い、ソレノイドバルブの開閉の制御情報に用いる。空気噴流の提示部位は、体幹に響くことを目的とし、胸部とする。

提案手法の装置の概要を図 1 に示す。

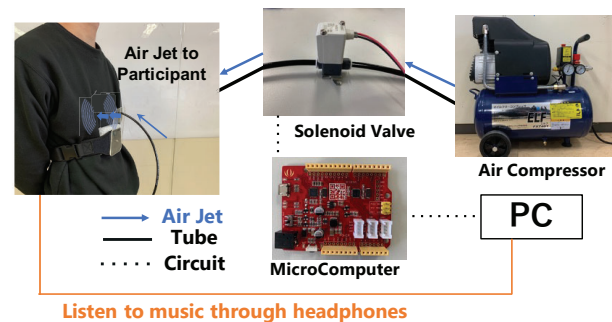


図 1: 提案手法の概要

3. 周波数計測実験

今回の実験では、空気噴流提示とウーファーからの振動それぞれを計測し、振動の違いを確認することが目的である。空気噴流の噴射時間は 0.05 sec に設定した。ウーファーは YST-SW015, YAMAHA を用い、デジタルドラムの音 1 回分を計測した。計測には、デジタル騒音計 (DT-8851, MK Scientific, Inc.) を用いた。デジタル騒音計の計測波形出力をオシロスコープに接続し、空気噴流提示とウーファーからの振動を計測した波形を Wavelet 変換した結果を比較する。計測実験の様子を、図 2, 3 に示す。ウーファーの計測結果を図 4, 空気噴流の計測結果を図 5 に示す。



図 2: ウーファースの計測



図 3: 空気噴流の計測

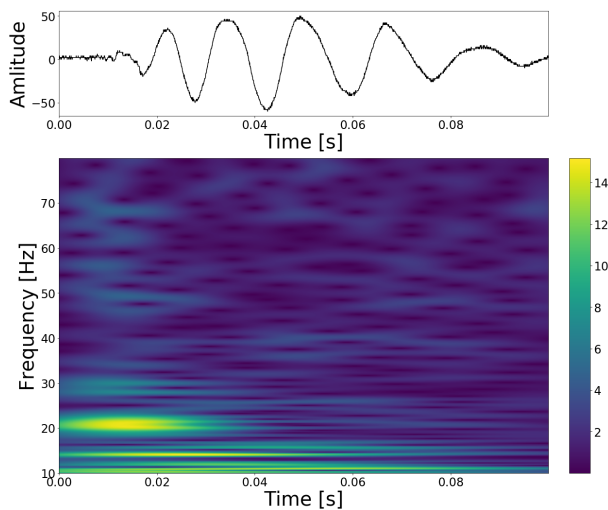


図 4: ウーファースの結果

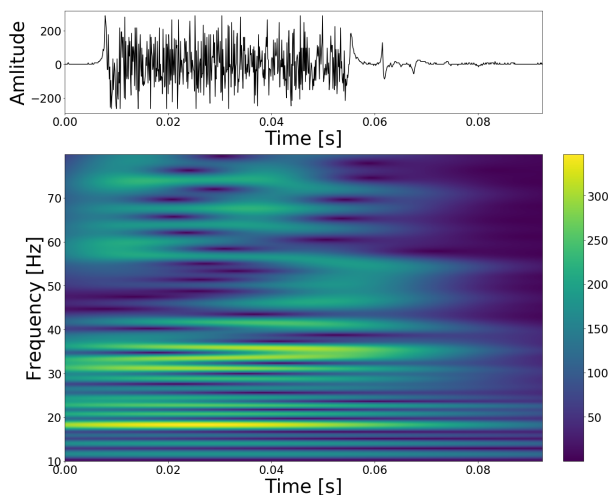


図 5: 空気噴流の結果

図 4 より、ウーファーでは、音の出始めに 20 Hz 付近で強いスペクトルが出ている。音楽ライブで感じている低周波の振動はこの音の出始めの 20 Hz 付近の振動だと考えられる。次に、図 5 より、空気噴流は 20 Hz 付近と 30 ~ 38 Hz 付近の周波数帯で強いスペクトルが出ている。このあたりの空気振動を提案手法である空気噴流提示でもユーザが感じている可能性がある。また、ウーファースの振動を計測し、1 回のドラム打音において、音の鳴り始めおおよそ 0.03 sec で 20 Hz 付近の振動が見られる。このことから、空気噴流の低周波空気振動提示も 0.03 sec に設定することでよりウーファースの振動に類似の振動提示ができると考えられる。

4. おわりに

今回は、提案している空気噴流と音楽ライブで振動を提示しているウーファースの振動を計測、比較をした。ウーファースを計測した結果、ドラムの音の鳴り始め 0.03 sec あたりに 20 Hz 付近の振動が見られた。空気噴流は、20 ~ 40 付近まで低周波振動が見られ、ウーファースに近い成分も見られた。今回は空気噴流の噴射時間を 0.05 sec にしたが、0.03 sec にすることで、ウーファースの振動に近づけることができると考えられる。

今後は、ユーザに使ってもらい、心理物理実験を通して、ウーファースと空気噴流の振動を比較していきたい。その際に、空気噴流の時間変化との関係性も見ていく。また、非可聴域である 20 Hz 以下の低周波成分を感じている可能性もあるため、20 Hz 以下の振動についても計測していきたい。

参考文献

- [1] 井手口健, 難波朋和, 古賀広昭. 音楽聴取時に振動触覚を付与することにより音楽の印象を強調する方法に関する検討. 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. 83, No. 7, pp. 924-927, 2000.
- [2] Satoshi Hashizume, Shinji Sakamoto, Kenta Suzuki, and Yoichi Ochiai. Livejacket: Wearable music experience device with multiple speakers. In *International Conference on Distributed, Ambient, and Pervasive Interactions*, pp. 359-371. Springer, 2018.
- [3] Yusuke Yamazaki, Hironori Mitake, Minatsu Takekoshi, Yuji Tsukamoto, Tetsuaki Baba, and Shoichi Hasegawa. Hapbeat: Tension-based wearable vibroacoustic device. In *International AsiaHaptics conference*, pp. 387-392. Springer, 2016.
- [4] 柴尾亮成, 嵯峨智. 揺動空気噴流を用いた臨場感再現手法の評価. ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, Vol. 2020, pp. 1P1-N07, 2020.