

D1-3

コンサートホールにおける振動と音楽の同期性が音楽聴取に及ぼす影響を検討する実験装置

Experimental apparatus for studying influences of synchronism between music and vibration on music listening

○宮田岳学¹, 朝賀萌², 越前谷大志², 羽入敏樹³, 星和磨³*Takahisa Miyata¹, Moe Asaka², Taishi Echizenya², Toshiki Hanyu³, Kazuma Hoshi³

1. はじめに

コンサートホールにおいて、演奏音により振動が励起される場合がある[1]。またその音楽に同期した振動は音楽聴取時に様々な良い効果をもたらすことが示唆されている[2][3]。しかし、音楽による振動の効果に関する知見は乏しく、さらなる調査が必要であると考ええる。振動の持つ様々な効果を調査するための音源作成法、実験装置について検討したので報告する。

2. 振動音源の作成方法

現在音楽に同期した振動の影響や効果に関して調査を進めているが、振動が音楽に同期するという意味には、大きく二つの要素があると考えられる(Fig.1)。まず一つ目は音楽の時間的な周波数変化との同期である。二つ目は音楽の音圧変動との同期性があると考ええる。

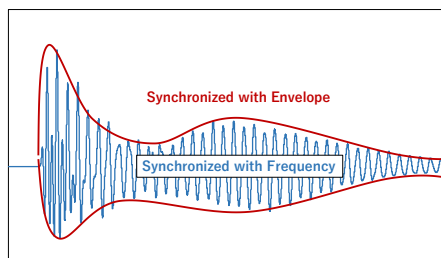


Figure 1. Concept of synchronism between music and vibration

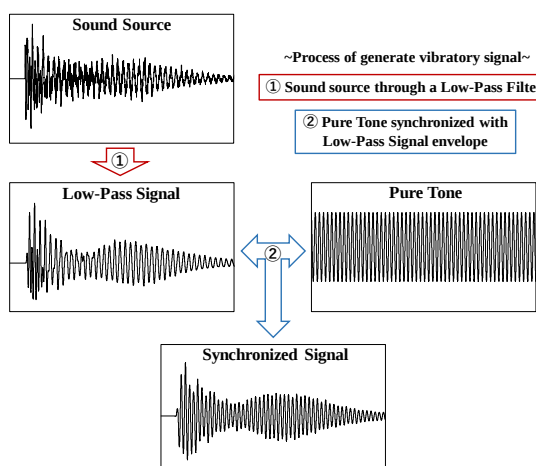


Figure 2. Process of generating vibratory signal

音楽に同期した振動が音楽聴取に良い効果を生む条件として、音楽の音圧変動だけに同期すれば良いのか

それとも音楽のもつ周波数の時間変化にも同期しなくてはならないのかを知る必要がある。

音楽の音圧振動だけに同期した振動は、正弦波の定常信号を、ローパスフィルタリングして抽出した音楽の音圧変動（エンベロープ）に合わせて同期（変調）させることによって作成した。音楽のもつ周波数の時間変化にも同期した振動としては、音楽にローパスフィルタを通した信号を振動子で再生したものを使用する。音源の変動と同期した信号の作成詳細を Fig.2 に示す。

3. 実験装置の検討

実験に用いる装置は、ホールの床振動が足に伝わる状況を再現している。装置概要図を Fig.3 に示す。

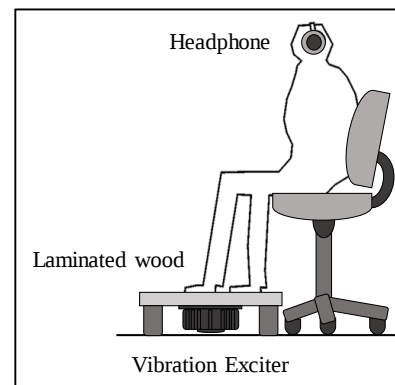


Figure 3. Experimental apparatus

音源はヘッドホンで再生する。それと同時に振動板（集成材：杉材 400mm × 400mm × 40mm）の下に付けられた振動子を通して出力され、音楽と同期した振動として足へ伝わる。この装置を実験に用いるために板がどのように振動しているかを測定する。測定図を Fig.4 に示す。

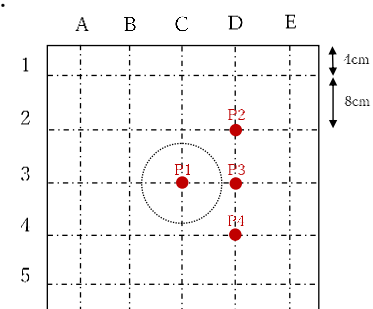


Figure 4. Measurement point

1 : 日大理工・院（前）・建築、2 : 日大理工・学部・建築、3 : 日大短大・教員・建築

一点鎖線の交点に加速度ピックアップを取り付け測定した（計 25 点）。測定にはピンクノイズを用いた。また図中の円は振動子である。そして振動加速度レベル(VAL)を算出し、等値線図として 1/3 オクターブバンドごとに作成した。等値線図を Fig.5 に示す。

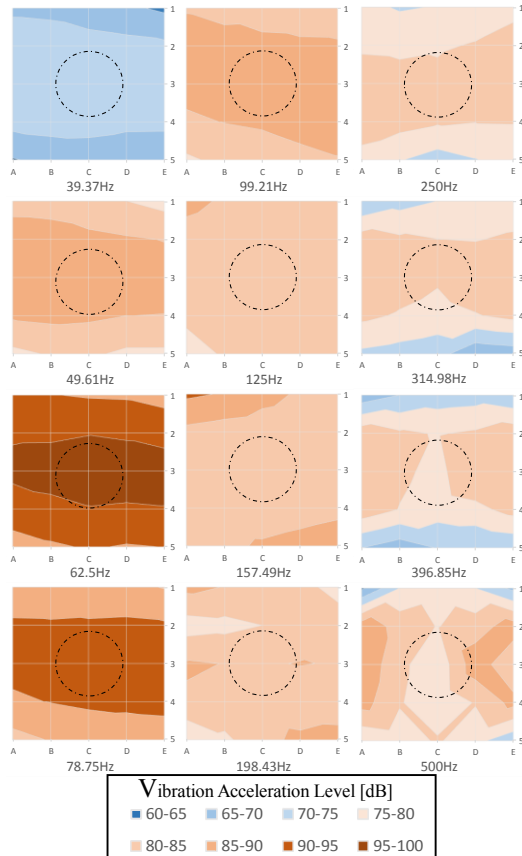


Figure 5. Contour map of laminated wood

振動加速度レベル(VAL)は以下の式(1)で算出した。

$$VAL = 10 \log_{10}(a^2/a_{ref}^2) \quad (1)$$

$a_{ref}: 10^{-5}(m/s^2)$

測定した振動加速度値は 30 秒間の平均値を用いている。今回振動板として使用されている集成材の長手方向は横向きである。長手方向に沿って縞型の振動分布になる傾向が確認できる。また長手方向に対し、直行した形で左右対称の形で振動の分布が表れていることもわかる。60Hz 付近にみられる縞状の振動加速度レベル差は足の配置位置によってはこの差が弁別できてしまう場合があった。そのため、被験者の両足に振動を均等に伝えるには、振動分布が左右対称の形になるよう、両足の位置を固定するなどの配慮が必要であると考えられる。

次に振動子への入力レベルの変化と実際の振動板の振動の強さの関係を確認した。入力信号は定常状態の

正弦波で 40Hz~300Hz の間で 7 種類測定した。正弦波の振動加速度レベル変化表を Fig.6 に示す。

入力レベルは DTM ソフト(Cubase)のミキサーで調整を行っている。Fig.6 では、Fig.4 の P1~P4 の 4 点の平均値を VAL としてプロットしている。

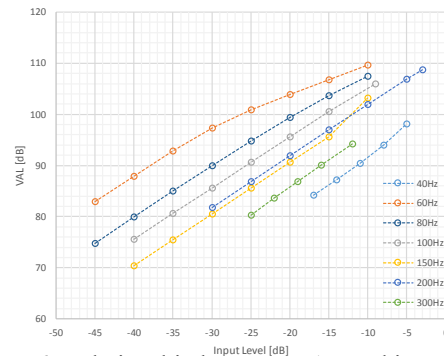


Figure 6. Relationship between VAL and input level

再生できる振動の大きさや範囲は周波数により異なるが、入力レベルと振動加速度レベルは概ねリニアな関係となっている。なお各周波数の入力レベルの最低値は実験者側で振動を感じ始める強さ、最大値は正弦波を歪みなく再生できる限界点である。Fig.6 にプロットした範囲内であれば、各正弦波を大きな歪み無く再生できる。得られた入力レベルと振動加速度レベルの関係をを用い、以下の補正を行った上で振動に関する心理実験を実施する。

- 1) 周波数が違ってても板上の振動加速度レベルが同じになるように補正（イコライジング）する。
- 2) 板上の振動加速度レベルが同じでも、振動の感覚は異なるため、三輪らの等感度曲線[4]を用いて、正弦波を人間の感覚的に等価な大きさとして、補正する。以上の補正により、周波数の異なる正弦波を人間の感覚上、等しい大きさを感じる振動として補正することができると考える。

4. まとめ

本論では主に振動が具体的に音楽とどのように同期すればよいのかを検証するための実験装置を検討した。この装置を用いて、振動を音楽とどのように同期させればよいのかを更に検討していく。

参考文献

- [1] 宮田岳学, 羽入敏樹, 星和磨, コンサートホールにおける演奏音と客席床の振動の相関に関する基礎的検討, 学術講演会, 2015
- [2] 宮田岳学, 羽入敏樹, 星和磨, 音楽聴取時の床振動が聴感印象に及ぼす影響, 日本建築学会, 2015
- [3] Sebastian Merchel, M. Ercan Altinsoy : Auditory-Tactile Music Perception, Proceedings of Meetings on Acoustics, vol. 19, 015030, 2013
- [4] 三輪俊輔, 米川善晴, 正弦振動の評価法, 日本音響学会誌, 27 巻, 1 号, 1971