



# ハイレゾリューション・オルゴール音による 自律神経機能への影響について

伊藤祥史<sup>1)</sup>／原田俊英<sup>2)</sup>／山本竜太<sup>3)</sup>／二矢田勝行<sup>1)</sup>／  
宮崎洋幸<sup>1)</sup>／末廣憲治<sup>4)</sup>／石崎文子<sup>1)</sup>

## Effects on the Autonomic Nervous System Function by the High-resolution Music Box Sound

Shoji Ito<sup>1)</sup>／Toshihide HARADA<sup>2)</sup>／Ryuta YAMAMOTO<sup>3)</sup>／Katsuyuki NIYADA<sup>1)</sup>／  
Hiroyuki MIYAZAKI<sup>1)</sup>／Kenji SUEHIRO<sup>1)</sup>／Fumiko ISHIZAKI<sup>1)</sup>

1) Faculty of Health Sciences, Hiroshima Cosmopolitan University,  
3-2-1 Otsuka-higashi, Asaminami-ku, Hiroshima 731-3166, Japan

2) Faculty of Health and Welfare, Prefectural University of Hiroshima,  
1-1 Gakuen-machi, Mihara, Hiroshima 723-0053, Japan

3) Digifusion Japan Co. Ltd, 1-1-68 Futabanosato, Higashi-ku, Hiroshima 732-0057, Japan

4) Center for Collaborative Research and Community Cooperation, Hiroshima University,  
1-2-3 Kasumi, Minami-ku, Hiroshima 734-8551, Japan

### 1. はじめに

現在、手軽に音楽鑑賞する場合、多くの人々がアナログレコードではなく、CDやMP3等のデジタル音源から聴取している。近年、デジタル音源でもより良質な音楽を聴きたいという音楽愛好家が増えており、CDよりも精細度の優れたハイレゾリューション（以下、ハイレゾと略す）音を、より生演奏に近い良質な音であるとして注目している。

ハイレゾ音とは、非可聴域（20 kHz以上）の成分を豊富に含む音源であり、量子化精度も16ビットよりも高いビット数の音のことである（我々の一連の研究では、周波数方向が可聴域の20 kHzをはるかに超える非可聴域を含み、振幅方向は24ビッ

トの精細度の高い音源をハイレゾ音として使用している）。すなわち、ハイレゾ音とは、CD音よりも周波数方向、振幅方向ともに精細度の高い音であり、山本ら<sup>1)</sup>は、このハイレゾ音とCD音等を音響工学的に比較した結果、ハイレゾ音の音質が優れていることを報告している。

ハイレゾ音源の普及に伴って、近年、可聴域を超える超高周波を含む音が及ぼす人間の生理機能<sup>2)3)</sup>や脳機能<sup>4)</sup>への影響に関する研究が、我々のグループも含め行われるようになった。これらの報告では、超高周波を含む音の効果はおおむね肯定的にとらえられている。我々の先行研究では、音響室におけるスピーカー音の実験で、ハイレゾ音とハイカット音（周波数方向のみ可聴域の20 kHz以下である

**Key words** : ハイレゾリューション音 (high-resolution sound), ハイカット音 (hi-cut sound), オルゴール音 (sound produced by a music box), 自律神経機能 (autonomic nervous system function)

1) 広島都市学園大学健康科学部 (〒731-3166 広島県広島市安佐南区大塚東 3-2-1)

2) 県立広島大学保健福祉学部 (〒723-0053 広島県三原市学園町 1-1)

3) 株式会社ディジフィージョン・ジャパン (〒732-0057 広島県広島市東区二葉の里 1-1-68)

4) 広島大学産学・地域連携センター (〒734-8551 広島県広島市南区霞 1-2-3)

が、振幅方向はハイレゾ音と同じ24ビットの音源)の聴取下での自律神経機能への影響を比較検討した結果、ハイレゾ音聴取下では、ハイカット音聴取下に比し交感神経機能と副交感神経機能がともに活性化されることが示された<sup>2)</sup>。しかし、この実験での音源聴取の順番は、“安静無音→ハイカット音→ハイレゾ音”であり、この実験結果の解釈には音源提示の順番による影響も考慮する必要があった。そこで今回の研究では、被験者に“ハイレゾ音→ハイカット音”の順に音源を聴取させた場合に、自律神経機能にどのような影響が起きるかを検討した。

## 2. 対象と方法

### 1) 対象

対象は、インフォームド・コンセントの得られた健康な大学生および社会人27名(男性16名、女性11名)で、年齢は $27.9 \pm 5.8$ 歳であった。

### 2) 使用した音源

広島市中区紙屋町星ビル、オルゴール・ティーサロンで収録したオルゴール音を使用した。オルゴールは独 Polyphone 製の円盤式アンティーク・オルゴール(約100年前に製作)で、楽曲はポーランドの作曲家モニューシコの歌劇“HALKA”の一部である。収録装置は、マイクロフォン B & K 4939-A-011 および B & K PULSE を用いて、192 kHz サンプルング、量子化精度24ビットのハイレゾ収録を行った。解析の結果、この音源は常時非可聴域の成分を豊富に含んでいることを確認し、この原音を「ハイレゾ音」として採用した。

ハイレゾ音に対して、カットオフ周波数20 kHzの急峻なローパスフィルタをかけて20 kHz以上の成分を除去した音を「ハイカット音」として採用した。したがって、このハイカット音は周波数方向のみ可聴域の20 kHz以下であるが、振幅方向はハイレゾ音と同じ24ビットの音源である。実験音の大きさは、聴取位置において65~70 dBAになるように調整した。

### 3) 実験環境

音響再生装置の構成は、メインアンプ(Accuphase P7100)、ネット・オーディオ(パイオニア N-50)、メインスピーカ(JBL K2-S9500)、スーパーツイータ(パイオニア PT-R100)とし、簡易防音室内に2.5 m 間隔で左右のメインスピーカ

を設置して、正三角形の頂点の位置に被験者を座らせて実験を行った。メインスピーカの内側には高周波用のスピーカ(スーパーツイータ)を床から1.2 mの高さに配置した。これは、被験者が椅子に座った時の耳の高さに相当する。各スピーカは、正面が被験者に向くよう調整した。音響測定装置は、計測用マイク(B & K 4939-A-011)、音響計測分析装置(B & K PULSE)から成り、分析結果は60インチプラズマディスプレイに表示した。以上のように厳密な音響調整を行いながら実験を行った。

被験者の前に小さい机を置き、その上に加速度脈波測定システム・アルテットC(株式会社ユメディカ製)を設置した。アルテットCのセンサー部分は被験者の左手第2指の末端に装着する。机の高さは、センサー部分が座位をとった被験者の心臓の位置にくるように調整した。

### 4) 実験手順

① 無音の状態、被験者は4分間の安静座位をとった。

② 3分間オルゴール音(ハイカット音)を流した。アルテットCによる脈波測定は、音提示後115秒後から175秒後までの1分間行った。

③ 2分間の無音状態で安静座位を保った。

④ 3分間オルゴール音(ハイレゾ音)を流した。アルテットCによる脈波測定は、音提示後115秒後から175秒後までの1分間行った。

⑤ 2分間の無音状態で安静座位を保った。

⑥ 3分間オルゴール音(ハイカット音)を流した。

⑦ 2分間の無音状態で安静座位を保った。

⑧ 3分間オルゴール音(ハイレゾ音)を流した。アルテットCによる脈波測定は、音提示後115秒後から175秒後までの1分間行った。

⑨ 2分間の無音状態で安静座位を保った。

⑩ 3分間オルゴール音(ハイカット音)を流した。アルテットCによる脈波測定は、音提示後115秒後から175秒後までの1分間行った。

なお、被験者には、実験開始前(①の前)に、「4分間の無音」→「3分間のオルゴール音」→「2分間の無音」→「3分間のオルゴール音」→「2分間の無音」→「3分間のオルゴール音」→「2分間の無音」→「3分間のオルゴール音」→「2分間の無音」→「3分間のオルゴール音」をリラックスした

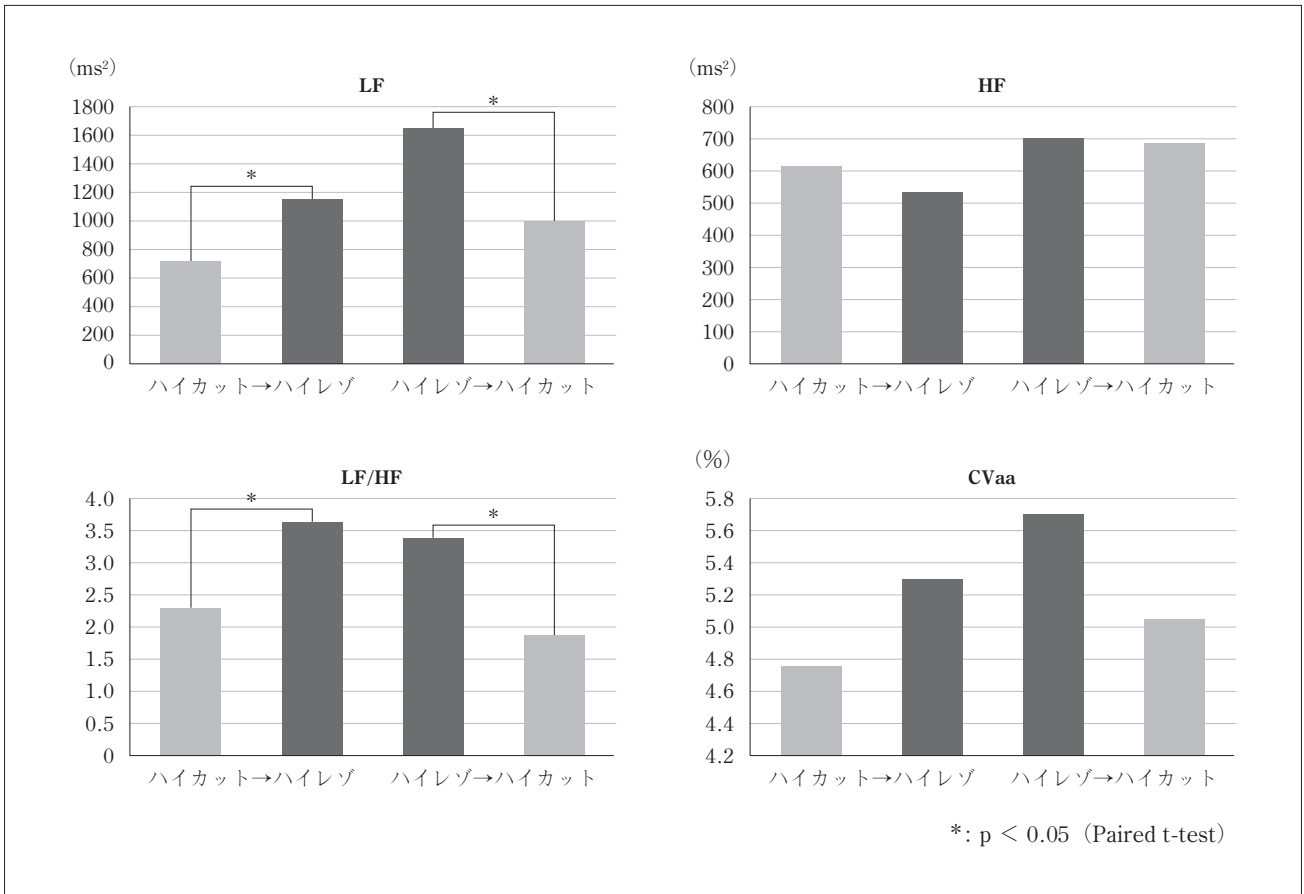


図1 「ハイカット音→ハイレゾ音」と「ハイレゾ音→ハイカット音」の順番で聴取した場合のLF, HF, LF/HF, CVaaの比較

状態で聴いてもらうことのみ伝えた。オルゴール音がハイカット音とハイレゾ音の2種類の音源であることは一切伝えなかった。したがって、被験者は「同じオルゴール音を5回聴いた」と認識していた。

アルテットCによる脈波測定から、心拍変動パワースペクトル解析(高速フーリエ変換:FFT)によって低周波成分パワー値(LF:単位はms<sup>2</sup>)、高周波成分パワー値(HF:単位はms<sup>2</sup>)およびその比LF/HFが算出され、また、R-R間隔変動係数(CV<sub>RR</sub>)に匹敵する脈波頂点aと脈波頂点aとの間隔の変動係数(CV<sub>aa</sub>:単位は%)が求められた。

### 3. 結 果

今回の実験結果である「②ハイカット音→④ハイレゾ音」において、また、「⑧ハイレゾ音→⑩ハイカット音」において、それぞれ、自律神経機能の指標であるLF, HF, LF/HF, CV<sub>aa</sub>を求め、「②ハイカット音と④ハイレゾ音」で比較し、「⑧ハイレゾ音と⑩ハイカット音」で比較した。それぞれPaired t-testで統計解析を行った(図1)。

#### 1) LF

②ハイカット音→④ハイレゾ音の順番では、②ハイカット: 726.4 ± 809.5 ms<sup>2</sup>, ④ハイレゾ: 1153.8 ± 1297.4 ms<sup>2</sup>と、ハイカット音聴取下よりハイレゾ音聴取下で有意にLFが高かった(p=0.044)。

⑧ハイレゾ音→⑩ハイカット音の順番では、ハイレゾ音: 1649.5 ± 1500.5 ms<sup>2</sup>, ハイカット: 993.2 ± 796.5 ms<sup>2</sup>と、ハイカット音聴取下よりハイレゾ音聴取下で有意にLFが高かった(p=0.035)。

#### 2) HF

②ハイカット音→④ハイレゾ音の順番では、②ハイカット: 627.6 ± 506.3 ms<sup>2</sup>, ④ハイレゾ: 538.4 ± 389.4 ms<sup>2</sup>と、ハイカット聴取下とハイレゾ音聴取下で有意差はなかった。

⑧ハイレゾ音→⑩ハイカット音の順番では、ハイレゾ音: 712.1 ± 588.0 ms<sup>2</sup>, ハイカット: 694.5 ± 624.5 ms<sup>2</sup>と、ハイレゾ音聴取下とハイカット音聴取下で有意差はなかった。

#### 3) LF/HF

②ハイカット音→④ハイレゾ音の順番では、②ハ

イカット：2.341±2.485, ④ハイレゾ：3.622±3.413と、ハイカット音聴取下よりハイレゾ音聴取下で有意にLF/HFが高かった ( $p=0.033$ )。

⑧ハイレゾ音→⑩ハイカット音の順番では、ハイレゾ：3.355±3.240, ハイカット：1.899±1.598と、ハイカット音聴取下よりハイレゾ音聴取下で有意にLF/HFが高かった ( $p=0.036$ )。

#### 4) CVaa

②ハイカット音→④ハイレゾ音の順番では、②ハイカット：4.754±2.262%, ④ハイレゾ：5.301±1.658%と、ハイカット音聴取下よりハイレゾ音聴取下でCVaaが高い傾向がみられた ( $p=0.107$ )。

⑧ハイレゾ音→⑩ハイカット音の順番では、ハイレゾ：5.698±2.026%, ハイカット：5.057±1.441%と、ハイカット音聴取下よりハイレゾ音聴取下でCVaaが高い傾向がみられた ( $p=0.098$ )。

### 4. 考 察

我々の先行研究では、音響室におけるスピーカー音の実験で、ハイレゾ音とハイカット音の聴取下での自律神経機能への影響を比較検討した。その結果、ハイレゾ音聴取下では、ハイカット音聴取下よりもLF, LF/HF, CVaaが有意に高いことが示された<sup>2)</sup>。脈波測定から高速フーリエ変換(FFT)を用いた心拍変動を周波数解析して得られるLFは交感神経と副交感神経両方の機能を総合した指標として、HFは副交感神経機能の指標として、またLF/HFは交感神経機能の指標として、それぞれ臨床的に用いられている<sup>5)</sup>。また、脈波a-a間隔変動係数CVaaはR-R間隔変動係数CV<sub>RR</sub>に匹敵おり、これは副交感神経機能の指標として用いられている<sup>6)</sup>。したがって、この先行研究の結果からハイレゾ音聴取下では、ハイカット音聴取下よりも交感神経機能と副交感神経機能がともに活性化されることが考えられた<sup>2)</sup>。しかし、この研究では音源聴取の順番が「安静無音→ハイカット音→ハイレゾ音」であった。この実験結果の解釈には音源提示の順番による影響も考慮しなければならない。そこで今回の研究では、被験者に「ハイレゾ音→ハイカット音」の順に音源を聴取させた場合、自律神経機能にどのような影響が起きるかを検討した。

今回の研究結果では、「ハイカット音→ハイレゾ音」の順であろうと「ハイレゾ音→ハイカット音」の順であろうと、我々の先行研究同様、ハイカット音聴取下よりもハイレゾ音聴取下の方がLF, LF/HFが有意に高く、CVaaが高い傾向であった。すなわち、ハイカット音聴取下よりもハイレゾ音聴取下のほうで交感神経機能が活性化し、副交感神経機能も活性化する傾向にあることが示唆された。したがって、2種類の音源の自律神経機能に対する影響は音源提示の順番によるものではないことが示唆された。

今回の結果から、ハイカット音・ハイレゾ音聴取の順序には関係なく、ハイレゾ音聴取では、ハイカット音聴取よりも有意に交感神経活動が活発化するが、過緊張状態ではなく、副交感神経活動も合わせた自律神経活動が全体的に活性化していることが考えられた。すなわち、ハイレゾ・オルゴール音聴取下では、ある程度のリラックス状態を保ちつつ、適度な緊張状態にあることがうかがわれた。また、リラックスし、落ち着いた心理状態を保ちつつ集中力や注意力が充実した状態にあることが推測された。

### 6. 文 献

- 1) 山本竜太, 金只直人, 水町光徳: ハイレゾリレーションオーディオの音質評価. 産業応用工学会論文誌 1: 52-57, 2013.
- 2) 原田俊英, 山本竜太, 伊藤祥史, 他: ハイレゾリレーション・オルゴール音による自律神経機能への影響. 診療と新薬 52: 382-386, 2015.
- 3) Oohashi T, Kawai N, Nishina E, et al: The role of biological system other than auditory air-conduction in the emergence of the hypersonic effect. Brain Research 1074: 339-347, 2006.
- 4) 宮口真梨菜, 原田俊英, 石崎文子, 他: ハイレゾリレーション・オルゴール音の脳機能への影響. 診療と新薬 52: 387-390, 2015.
- 5) Harada T, Ishizaki F, Hamada M, et al: Circadian rhythm of heart-rate variability and autonomic cardiovascular regulation in Parkinson's disease. Auton Nerv Syst 46: 333-340, 2009.
- 6) 景山 茂, 持尾総一郎, 阿部正和: 定量的自律神経機能検査法の提唱—心電図R-R間隔の変動係数を用いた非侵襲的検査法—. 神経内科 9: 594-596, 1978.