



# ハイレゾリューション・オルゴール音の 量子化ビット数の違いが 自律神経機能に及ぼす影響

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

## Effects of Differences in the Number of Quantization Bits of High-resolution Music Box Sound on Autonomic Nervous System Function

Shoji ITO<sup>1)</sup> / Toshihide HARADA<sup>2)</sup> / Fumiko ISHIZAKI<sup>1)</sup> / Ryuta YAMAMOTO<sup>3)</sup> / Katsuyuki NIYADA<sup>1)</sup> /  
Hiroyuki MIYAZAKI<sup>1)</sup> / Mami NOZAKI<sup>1)</sup> / Nao TSUJIMICHI<sup>1)</sup> / Kenji SUEHIRO<sup>4)</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、多くの人がCDやMP3の音源から聴取している。しかし、最近ではより良質な音楽を聴きたいという音楽愛好家が増えている。そのような層では、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）音のほうが、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た）。すなわち、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る。山本ら<sup>1)</sup>は、ハイレゾ音とCD音などを音響工学的に比較したところ、ハイレゾ音の音質が優れていることを報告している。こうした背景から、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、われわれのグループや他のグループにおいて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。

われわれの先行研究では、音響室におけるスピー

**Key words** : ヘッドフォン (headphone), ハイレゾリューション音 (high-resolution sound), 自律神経機能 (autonomic nervous system function), 量子化精度 (quantization accuracies), ビット数 (numbers of bits)

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) 株式会社ディジフュージョン・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)

カー音聴取の実験やヘッドフォンからの音聴取の実験で、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。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)5)</sup>。しかし、これらの実験ではハイレゾ音とハイカット音ともに量子化精度は同じ 24 ビットであり、周波数方向のみが異なる音源としている（前者は 20 kHz を超えたもので、後者は 20 kHz 以下のものであった）。これらの結果を受けて、さらに 20 kHz を超えたフルレンジのハイレゾ音でも、量子化精度の異なる音源を聴取することによって自律神経機能への影響に違いが出るのかを検討する必要があると考えた。そこで今回われわれは、量子化精度の異なるハイレゾ音、すなわち 16 ビットと 24 ビットの音源を聴取することによって自律神経機能への影響に差異が出るのか、否かを検討した。

## 2. 対象と方法

### 1) 対象

被験者は聴覚障害のない大学生 30 名（男性 15 名、女性 15 名）であった。年齢は  $21.0 \pm 2.0$  (18 ~ 29) 歳であった。なお、本研究の趣旨を十分に説明し、同意を得た上で研究を実施した。

### 2) 使用した音源

広島市内のオルゴール・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 社製 4939-A-011 および B&K 社製 PULSE を用いて、192 kHz サンプリング、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」とした。

これらの音源を加工し、192 kHz サンプリング・24 ビット・フルレンジ音と、192 kHz サンプリング・16 ビット・フルレンジ音の 2 音源をハイレゾ対応の音楽プレーヤー（SONY NW-ZX1）に格納

し、プレーヤーと直結したヘッドフォン（SONY MDR-Z7）から出力した。

### 3) ヘッドフォンの特性

ハイレゾ対応のヘッドフォンを用いて実験を行った。使用したヘッドフォンは、ソニー製 MDR-Z7 である。このヘッドフォンは密閉ダイナミック型であり、口径 70 mm のドーム型ドライバーユニットを備え、再生周波数のカタログ値は 4 Hz ~ 100 kHz である。確認のため簡易測定として振動面中心から 5 cm のところに計測用マイクを置き、ホワイトノイズ特性を PULSE（B & K 社製）の音響振動解析プラットフォームで測定した。その結果、少なくとも 45 kHz までの帯域をカバーしていることが証明された。実験に用いるハイレゾ音源の最高周波数が 45 kHz 程度であるので、周波数特性としては条件を十分満たすと判断した。

### 4) 実験環境

静寂な研究室で行った。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 指の末端に装着した。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、頭部にはハイレゾ対応ソニー製 MDR-Z7 ヘッドフォンを装着した。オペレータは被験者の視線外でノートパソコンと音楽プレーヤーを操作した。収集した 1 分間の脈波データから高速フーリエ変換（FFT）を用いた心拍変動スペクトル解析により、低周波成分パワー値（LF）、高周波成分パワー値（HF）、LF と HF の比（LF/HF）と aa 間隔変動係数  $CV_{aa}$  を算出した。LF は交感神経と副交感神経の両方の自律神経機能を、HF は副交感神経機能を、また、LF/HF は交感神経機能をそれぞれ反映していると考えられている<sup>6)</sup>。 $CV_{aa}$  は心電図 RR 間隔変動係数  $CV_{RR}$  に匹敵しており、副交感神経機能の指標として広く臨床に用いられている<sup>7)</sup>。

### 5) 実験の手順

被験者には、14 分間の実験の中で 2 回オルゴール音が流れることを伝え、リラックスした状態で開眼安静座位をとってもらった。

実験の流れは、4 分間の無音 → ① 3 分間の 16 ビットハイレゾ・オルゴール音 → 2 分間の無音 → ② 3 分間の 24 ビットハイレゾ・オルゴール音とし

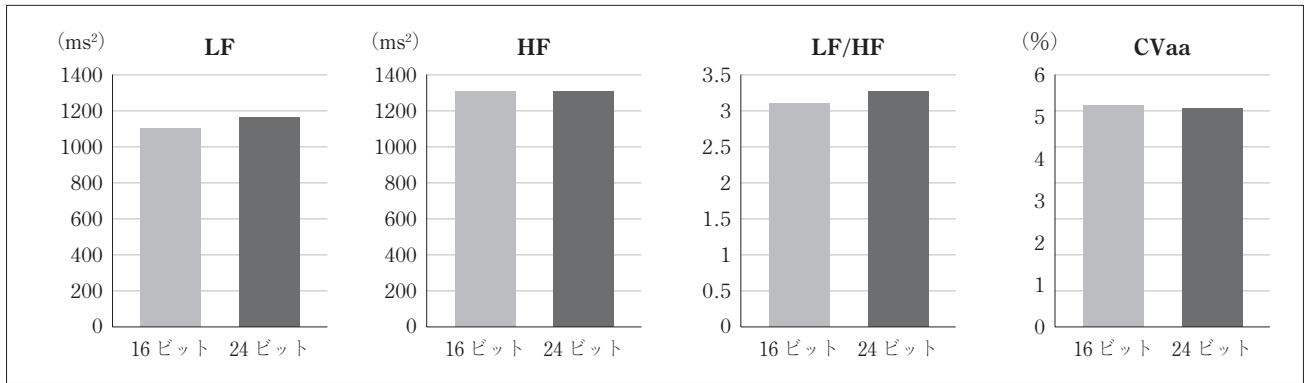


図1 16ビットと24ビットのハイレゾ・オルゴール音聴取中のLF, HF, LF/HF, CVaaの比較

た。

オペレータは被験者の視線に入らない位置で操作を行った。被験者は聴取位置に座り、アルテットCのセンサー部分は被験者の左手第2指の末端に装着された。両耳にヘッドフォンを装着し、開眼状態で音を聴いてもらった。

アルテットCによる脈波測定は、①3分間の16ビットハイレゾ・オルゴール音の聴取中と、②3分間の24ビットハイレゾ・オルゴール音聴取中に、それぞれ1分間行った。すなわち、①、②ともに音楽送信開始115秒後から1分間(175秒後まで)に計測を行った。

### 3. 結果

①16ビットハイレゾ・オルゴール音聴取中と、②24ビットハイレゾ・オルゴール音聴取中におけるLF, HF, LF/HF, CVaaを図1に示す。

LFは、16ビットで $1107.0 \pm 645.6 \text{ ms}^2$ 、24ビットで $1153.8 \pm 1297.4 \text{ ms}^2$ と、有意差を認めなかった( $p=0.962$ )。HFは、16ビットで $1314.6 \pm 962.9 \text{ ms}^2$ 、24ビットで $1326.4 \pm 962.2 \text{ ms}^2$ と、有意差を認めなかった( $p=0.233$ )。LF/HFは、16ビットで $3.13 \pm 2.53$ 、24ビットで $3.29 \pm 2.09$ と、有意差を認めなかった( $p=0.794$ )。CVaaは、16ビットで $5.23 \pm 1.23\%$ 、24ビットで $5.08 \pm 1.23\%$ と、有意差を認めなかった( $p=0.644$ )。

### 4. 考察

これまでのわれわれの研究<sup>2)5)</sup>では、出力がスピーカーであれ、ヘッドフォンであれ、量子化精度24ビット・周波数領域フルレンジのハイレゾ・オルゴール音聴取下では、量子化精度24ビット・周

波数領域20kHz以下のハイカット・オルゴール音聴取下よりも、LF, LF/HFやCVaaが高値であり、交感神経と副交感神経の両方の自律神経機能が活性化することが判明している。一方、今回の研究では、量子化精度24ビット・周波数領域フルレンジのオルゴール音聴取下と、量子化精度16ビット・周波数領域フルレンジのオルゴール音聴取下との間では、LF, HF, LF/HFやCVaaに有意な差異はみられなかった。したがって、量子化精度が16ビットであろうと24ビットであろうと周波数領域がフルレンジであれば、同様の自律神経活動を呈することが示唆された。すなわち、オルゴール音の自律神経活動への影響は、主に周波数領域の違い(20kHz以上のフルレンジ音か、20kHz以下のハイカット音か)によって左右され、周波数領域がフルレンジであれば、量子化精度の差異(16ビットか、24ビットか)に左右されないことが考えられた。さらに言えば、適度なりラックス状態を保ちつつ、注意力・集中力を維持するためには、周波数領域が20kHz以上のフルレンジ・オルゴール音聴取が適切であって、16ビットか、24ビットかの量子化精度の違いには影響されないことが推測された。これらの結果は、ハイレゾ音楽作成時のコスト・パフォーマンスに影響するかもしれない。

### 5. 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: ハイレゾリューション・オルゴール音の脳機能への影響. *診療と新薬* **52**: 387-390, 2015.
- 5) 伊藤祥史, 原田俊英, 山本竜太, 他: ヘッドフォンから出力した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. *自律神経* (印刷中)

- 6) 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.
  - 7) 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.
-