

## 2103 20kHz 以上の成分が金属衝撃音の知覚に及ぼす影響

## The effect of the component over 20kHz on the perception of the metallic impact sound

○鈴木脩平 (小山高専)

小林幸夫 (小山高専)

SUZUKI Shuhei, YUKIO Kobayashi  
Oyama National College of Technology*Key Words: audio frequency, tones above 20kHz, perception of metallic impact sound*

## 1. はじめに

これまで、人間の最高可聴周波数は 20kHz までとされ、それ以上の音はヒトの聴覚の上限周波数を越えた音とされてきた[1]。しかし、SACD や DVD-Audio の方式に見られるように、20kHz 以上の周波数成分が音質を向上させるといわれている[2]。また、大橋らの研究[3]をはじめとする、いくつかの研究では可聴周波数以上の周波数帯の音を知覚することが出来る可能性があると報告している。わが研究室でも昨年までに、20kHz 以上の周波数成分について主観的評価実験を行い、20kHz 以上の純音では知覚できなかった音が、衝撃音に含まれることで知覚される可能性を示唆した[4]。

本研究では、20kHz 以上の周波数成分が衝撃音の知覚、特に金属衝撃音の知覚に及ぼす影響を調べることを目的とし、20kHz 以上の成分を有する衝撃音について、二肢強制選択法を用いた主観的な音質の弁別実験を行った。

## 2. 実験

## 2.1 使用音源

本研究では、20kHz 以上の周波数成分を主として扱う。そのため、研究を行うにあたり、20Hz~100kHz の周波数帯域の収音が可能なコンデンサマイクrophon (Sanken 製 CO-100K) を用いた。レコーダーにはリニア PCM レコーダー (SONY 製 PCM-D1) を用い、サンプリング周波数 96kHz、量子化ビット数 24bit で録音した。音源とした金属には昨年までの研究[3]で 20kHz 以上の周波数成分を豊富に含むことが確認されているシンバル、新たに採用したサヌカイト、明珍火箸の三種を用いた。特に明珍火箸ではⅠ(連続音)とⅡ(単発音)の音源を用意した。

これらの録音した音を DigiOn 製 5.1 チャンネル マルチトラックサウンド編集ソフト DS DIGION SOUND5 を用いてダウンサンプリングし、元データとサンプリング周波数の異なる音源を作成した。作成した音源は、サンプリング周波数 48kHz と 96kHz の 2 種類、計 8 種類である。Fig.1 に明珍火箸(Ⅰ)のスペクトルを示す。これより、

96kHz サンプリングの音源には 20kHz 以上の成分が多く含まれており、48kHz サンプリングの音源には含まれていないことがわかる。

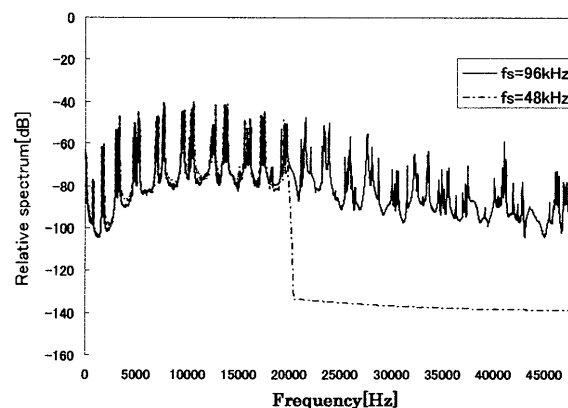


Fig.1 spectrum of myochin-hibashi

## 2.2 刺激

刺激パターンは Fig.2 に示すとおり、二つの衝撃音と無音時間によって構成した。一つの衝撃音の長さは 30 秒とし、無音時間は 5 秒とした。刺激パターンに用いた音源のパターンは、作成した音源のサンプリング周波数 96kHz の音源を A、48kHz の音源を B としたとき一音目→二音目を A→A、A→B、B→A、B→B のいずれかをランダムに選択して用いた。

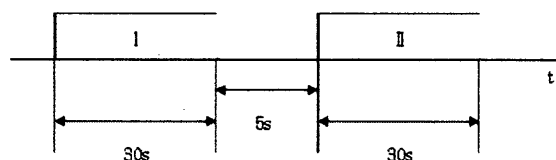


Fig.2 stimulation pattern

## 2.3 弁別実験

正常な聴力を有する 8 人の男性と 2 人の女性を対象に実験を行った。被験者には、作成した刺激パターンを用いて一つの音に対して二つの音がどのように聞こえたかを判断させた。判断の方法は、一つの音に対し、二つの音も同じに聞こえた場合は○を、違って聞こえた場合は

×の二択強制選択方式とし、被験者には一組聞き終わるとに回答用紙に記入するよう求めた。休憩などは被験者が自由に取れるようにした。4種類の各音源につき8回、全32回の比較を行った。

## 2.4 実験環境

研究を行うにあたり、広く用いられているフルレンジ型スピーカー単体では、高周波数領域において十分な出力の確保が見込めないため、高周波数領域再生用スピーカーであるスーパーツイータ（Fostex 製/GS90A）を北陸先端科学技術大学院大学宮原研究室で製作された本研究室所有のスピーカー（12cm フルレンジ、バスレフ型）に付加した。音源の再生にはリニア PCM レコーダー（SONY 製 PCM-D1）を用い、オーディオ増幅器（Panasonic 製 SUMA10：再生周波数帯域 DC～100kHz）を介してスピーカシステムに出力した。実験に使用したスピーカシステムの周波数特性を Fig.3 に示す。これより、実験に使用したオーディオシステムは 50kHz 付近まで再生可能であることがわかる。

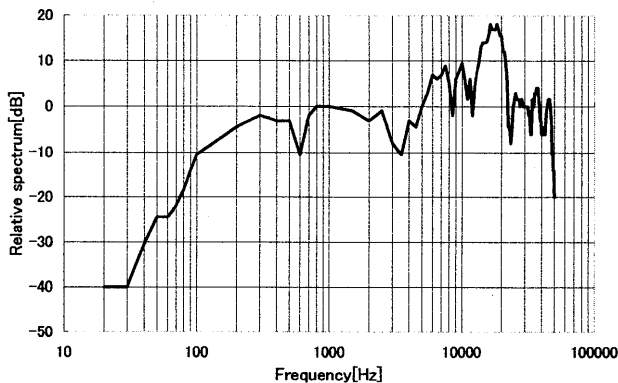


Fig.3 frequency response of speaker system

## 3. 結果と考察

実験結果を Table.1 に示す。統計学[5]から、 $n$  を試行回数、 $P_0$  を正答する確率としたとき、標準偏差  $\sigma$  は

$$\sigma = \sqrt{\frac{P_0(1-P)}{n}} \quad (1)$$

の正規分布で近似できる。二つの音源を 95% の確率で弁別できていると認めるためには、実験結果の弁別率  $P'$  が

$$P' = P_0 + 1.96\sigma \quad (2)$$

である必要がある。今回の実験では、試行回数は 32 回 ( $n=32$ ) 正答する確率は二択強制選択から 0.5 ( $P_0=0.5$ ) となり、弁別率が 65% 以上のとき弁別できているといえる。

この実験では、弁別率が 65% 以上の被験者が、明珍火箸 I で 5 人、シンバルで 5 人、サヌカイトで一人得られた。しかし、明珍火箸 II では弁別率 65% 以上のものが得

られなかった。この明珍火箸 II の結果に関しては実験開始から 30 分以上経過しており、被験者の疲労による判断力の低下が要因の一つとして考えられる。

被験者ごとの特徴として、弁別率が 65% 以上に達していないものの、ほとんどの被験者で明珍火箸 I とシンバルがサヌカイトの弁別率を上回る結果となった。また、サヌカイトでは他の音源に比べ、20kHz 以上の成分が周波数の増加に伴い減少する傾向が見られた。これらの結果から、20kHz 以上の周波数成分の知覚には衝撃音のスペクトル構造が大きく影響している可能性がある。

また、葦原ら[6]の実験でひずみの影響が懸念されており、周波数解析結果からは検出できないような低調波ひずみによる影響が弁別結果に現れている可能性がある。

Table.1 experimental result

	Myochin-Hibashi I	Sanukite	Cymbal	Myochin-Hibashi II
Listener1	* 87.5	37.5*	75	50
Listener2	62.5	25	62.5	62.5
Listener3	* 75	50	62.5	37.5
Listener4	* 87.5	37.5	25	50
Listener5	37.5	37.5	50	37.5
Listener6	* 100*	100*	100	25
Listener7	50	62.5*	75	25
Listener8	37.5	25	62.5	37.5
Listener9	50	50*	75	37.5
Listener10	* 87.5	25*	75	50
Average	* 67.5	45*	66.25	41.25

## 4. まとめ

本研究では、20kHz 以上の成分を含む衝撃音とそうでない衝撃音の弁別が可能な被験者が約半数いるという結果が得られた。また、20kHz 以上の成分の知覚は衝撃音のスペクトル構造の違いに大きく左右される可能性が考えられる。

今後は、被験者の数を増やし、結果の信頼性を高めるとともに、20kHz 以上の周波数成分の知覚のメカニズムについて検討を行っていく予定である。

また、音質について SD 法を用いて心理評価実験を行い、20kHz 以上の周波数成分が人間の感性に与える影響についても調べていく予定である。

## 参考文献

- [1] 西巻正郎：電気音響振動学，電子通信学会，pp.8(1960)
- [2] 葦原郁他：「音楽に含まれる超高周波数成分が知覚に及ぼす影響—主観弁別実験—」，AES 東京コンベンション 2001 予稿集(2001)
- [3] 大橋力他：「ハイパーソニック・エフェクトの生理学」，AES 東京コンベンション 2003 予稿集(2003)
- [4] 堀大輔，矢口裕，小林幸夫：電気学会研究発表会資料 ETT-06-12 (2007)
- [5] 鈴木義一郎：統計学へのいざない：データを活かして使う統計学，共立出版(1992)
- [6] Kaoru Ashihara, Kenji Kurakata, Tazu Mizunami, Kazuma Matsushita : Hearing threshold for pure tones above 20 kHz, Acoustical Science and Technology, Vol.27, No.1, pp.12-19(2006)