

様々な条件下での高周波音が脳波に与える影響

On the physiological effect of inaudible sound at some conditions

○川勝真喜, 村上謙吾 (東京電機大) 鈴木和憲 (竹中工務店)

Masaki KAWAKATSU, Kengo MURAKAMI, Tokyo Denki University.

Kazunori SUZUKI, Takenaka Corp.

Abstract: Some studies indicate that natural or musical sound containing a rich inaudible ultrasound evoke increasing the power of the alpha-band component of spontaneous electroencephalogram (EEG). This phenomenon is called “hypersonic effect”. We measured the alpha band of EEG power for musical sound with ultrasonic components (“Full Range Sound”) or the 20 kHz low-pass sound (“High Cut Sound”) at some conditions. As a result, the alpha band EEG was significantly increases for the full range sound (J. S. Bach BWM816) from the front speakers, but not significantly increases from the ceiling speakers. But in another full range sound with fewer inaudible ultrasound, the alpha band EEG was not significantly increases from the front speakers.

Key Words: High resolution sound, Hypersonic effect

1. はじめに

超音波を豊富に含む自然音や楽曲を聞くと脳深部血流量や自発脳波の α 波が増えることが報告され、ハイパーソニック・エフェクトと呼ばれている⁽¹⁻³⁾。例えば Oohashi らの実験ではガムランとよばれる音楽を被験者に聴かせた場合、超音波成分を含む音は可聴域である 20 kHz 以下に帯域制限された音と比較すると、脳深部の血流量、自発脳波の α 波 (8-13 Hz)に増加がみられることが報告されている。 α 波は被験者の覚醒、注意、緊張、不安等と関係していることが知られており、覚醒水準が高い場合、何かに注意を向けた場合、緊張や不安の状態の場合には α 波が出にくくなり、逆の場合には α 波が出やすくなる。我々はこれまでに人工超音波でもこの効果が見られること⁽⁴⁾、休憩時に超音波を含む音を聞いた場合と含まない音を聞いた場合には認知課題に差が現れることを報告した⁽⁵⁾。本報告ではどのような条件や音源で α 波帯域の脳波が増加するのかを調べた。

2. 実験 1 ハイパーソニック・エフェクトの確認

本実験環境で用いる超音波成分を含む音が HSE を発現することの確認のため予備実験を実施した。被験者は正常な聴力を持つ健康な成人 6 名 (年齢 19-21 歳) を対象に行った。音源はサンプリング周波数 192kHz で録音されたチェンバロソロの音楽 (J.S.Bach, フランス組曲第 5 番ト長調 BWM816~アルマンドの最初の 150 秒間) を用いた。呈示音源は原音信号 (FRS: Full Range Sound), 原音信号に 20kHz のローパス・フィルタを適用し可聴域だけを取り出した可聴域音のみ (HCS: High Cut Sound) の 2 種類とした。スピーカでの混変調を避けるため、20kHz までの音源とそれ以上の音源を分け、20kHz 以上の音源はスーパーツイータから出力した。スピーカから被験者頭部までの距離は約 2m 前方とした。音の呈示のパターンは 150 秒の安静時間の後、呈示音 A, 10 秒間の無音, 呈示音 B, 10 秒間の無音, 呈示音 A, 10 秒間の無音, 呈示音 B, 150 秒間の安静時間とした。呈示音 A を FRS, B を HCS, あるいはその逆として、その順番は被験者毎にランダムとした。呈示時間全体の A 特性等価音圧レベルの平均値は 60dB とした。実験時に呈示する音の種類 (超音波を含むか含まないか) や順番については実験者のうち呈示担当だけが知っているようにし、他の実験者にもわからないようにした。これは実験実施者のちょっとした素振り等から被験者に何らかの影響を与え

ないようにするためである。被験者は背もたれの無い布製ロビーチェアに座らせ、開眼状態で音を聞くように指示した。ヘルシンキ宣言にのっとり、十分な説明を行いいつでも撤回できることを伝えて参加の同意を得た。呈示した FRS 音源の周波数特性 (実測値) を Fig.1 に示す。但し、マイクの出力を A/D 変換した値の FFT の絶対値に対数を計算して 20 倍したものである。脳波は、各呈示音 2 回の後半 60 秒間のパワーを平均したものをを用いた。また、被験者毎の α 波の大きさには大きなばらつきがあるので、被験

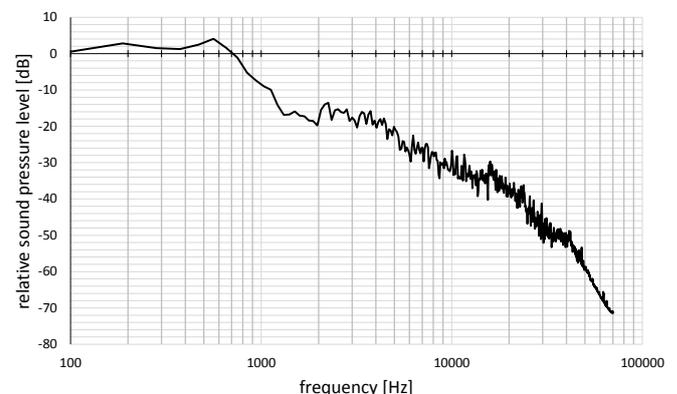


Fig. 1 The actual measurement value of averaged power spectrum of the ‘full range sound’

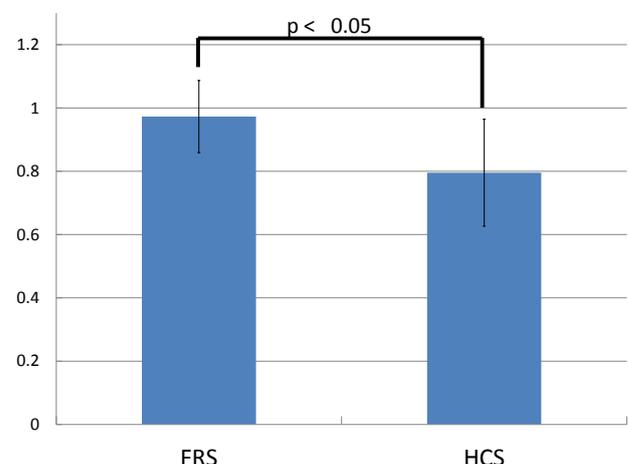


Fig. 2 The normalized alpha EEG power for Full Range Sound and High Cut Sound

者毎に測定開始から終了時までの全体の α 波のパワーの平均を1とする標準化を行った。Fig.2にPzで計測した脳波を正規化した α 波のパワーを示す。FRSを聞いているときの脳波の方がHCSに対する脳波よりも有意に大きかった。

3. 実験2 音源の方向による変化

ハイパーソニック・エフェクトに関する研究では耳ではなく体で超音波成分を受容しているという説がある⁽⁶⁾。上方向から音を流す場合、音が体表面に当たる面積は必然的に小さくなる。こうした場合に脳波に変化があるかを調べた。Fig.3に実験の様子を示す。被験者は正常な聴力を持つ健康な7名。スピーカの位置以外は実験1と同じ。Fig.4にPzでの α 波のパワーを示す。実験1とは異なり有意差はなかった。

4. 実験3 音源の変更

多くの市販のハイレゾ音源には20kHz以上の成分は非常に小さいことが多い。そこでハイレゾ音源の中で比較的多く20kHz以上の成分が含まれている音源(Niccolò Paganini - la Campanella, King Record, 2014)を用いて実験1と同様の実験を行った。Fig.5に実験1の音源との周波数特性の比較を示す。被験者は正常な聴力を持つ健康な7名。Fig.6に α 波のパワーを示す。実験2と同様に有意差はなかった。

5. 考察

超音波を含む音源に対しては α 波の増大が観察されたが、同じ音源を上から呈示した場合にはその α 波増大の効果は見られなくなった。この理由は体表面で感じている説を支持するものであるが更に検討する必要がある。また、市販の音源で比較的多く超音波を含む音源に対して同じ実験を行ったところ同じような効果は見られなかった。この事は音源の選択に注意が必要であることを示している。

参考文献

- (1) T. Oohashi, et. al., "Inaudible high-frequency sounds affect brain activity: hypersonic effect," J. Neurophysiol, 83, pp. 3548-3558, 2000.



Fig. 3 The measurement setup for the experiment 2. The subject was presented the sound from ceiling speakers.

- (2) 仁科エミ, "ハイパーソニック・エフェクトの発現メカニズムに関する研究の進展," 日本音響学会誌, 65, pp.40-45, 2009.
- (3) 山崎憲, 他, "溪流の音に含まれる超音波が人間の生理に与える影響について," 日本音響学会誌, 64, pp.545-550, 2008.
- (4) 鈴木和憲, 他, "楽曲の可聴音成分から人工的に作成した倍音の超音波成分が脳波 α 波へ与える影響", 音講論, 491-492, 2011
- (5) 鈴木和憲, 他, "休憩時に聞く楽曲に含まれる超音波の有無が認知活動へ与える影響", 音講論, 1253-1254, 2012
- (6) T. Oohashi, et. al., "The role of biological system other than auditory air-conduction in the emergence of the hypersonic effect", Brain Research, 1073-1074, pp. 339-347, 2006

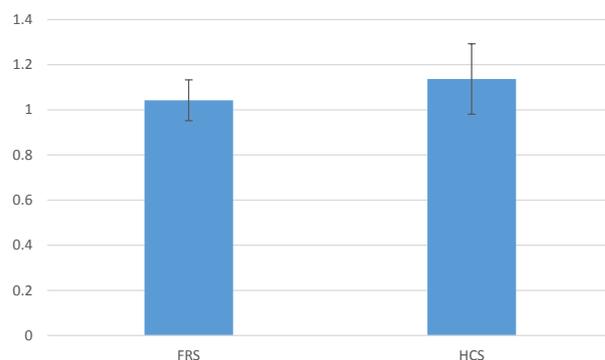


Fig. 4 The normalized alpha EEG power for Full Range Sound and High Cut Sound from Ceiling speakers.

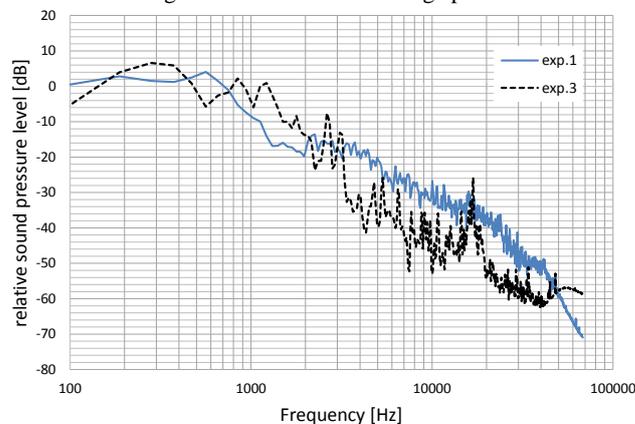


Fig. 5 The actual measurement value of averaged power spectrum of the sound of Exp.1 and Exp.3

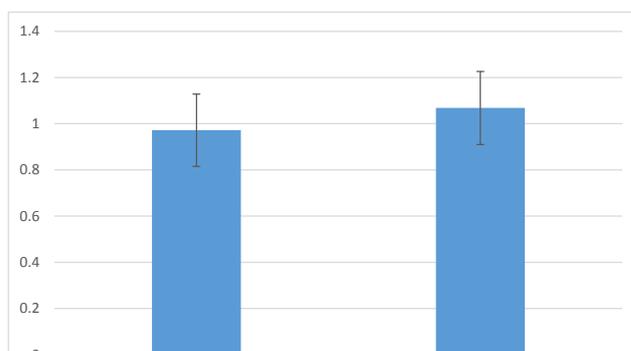


Fig. 6 The normalized alpha EEG power for Full Range Sound and High Cut Sound for Exp.3 sound.