

令和 2 年 5 月 8 日現在

機関番号：32518

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00376

研究課題名（和文）可聴域をこえる超高周波成分の周波数が脳と心に及ぼす影響の研究

研究課題名（英文）Effects of frequencies of inaudible high-frequency sounds

研究代表者

福島 亜理子（Fukushima, Ariko）

江戸川大学・基礎・教養教育センター・講師

研究者番号：30523823

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：可聴域上限をこえる超高周波を豊富に含む音が間脳・中脳を含む基幹脳の活動を高め心身を賦活する現象（ハイパーソニック・エフェクト）の発現は、32kHz - 40kHz近辺を境に、それより高い周波数の超高周波が可聴音と共存すると基幹脳活性は高まる一方、それより低い高周波成分が共存すると基幹脳活性が低下する。本研究では、呈示音の超高周波帯域幅を、これまでの8kHz幅から4kHz幅に狭めた音源を作成し、基幹脳活性の向上・低下を導く周波数帯域の境界が何kHz程度にあるかを、基幹脳活性と正の相関をもつ脳波等を指標として検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

深部脳活性を高めうる周波数帯域を十分含み、その低下を導きうる周波数帯域をできるだけ抑制したデジタルオーディオコンテンツを実現することは、今後の音楽メディアにとって重要といえる。この基幹脳活性との関係で考慮すべき再生周波数帯域に関する研究成果は、音楽配信、放送、パッケージ・コンテンツおよびそれら音響の収録・編集・再生機材の仕様策定に直結する大きな学術的・応用的意義を有する。

研究成果の概要（英文）：Hypersonic effect is a phenomenon in which sounds rich in super high frequencies above the upper limit of the audible range enhance the activity of the basic brain including the interbrain and midbrain and activate the mind and body. In this phenomenon, the fundamental brain activity is enhanced when the super high frequency of higher frequency than the frequency at around 32 kHz to 40 kHz coexists with the audible sound, while the activity is decreased when the lower component coexists. In this research, we created a sound source for presentation in which the super-high frequency, making the bandwidth narrower from the previous 8 kHz width to 4 kHz width, and examined at what frequency the boundary of the frequency band that leads to improvement or decrease of the fundamental brain activity by observing EEG, which is considered as an index, showing a positive correlation with fundamental brain activity.

研究分野：情報環境学

キーワード：ハイパーソニック・エフェクト 超音波 自発脳波

機関番号：32518

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00376

研究課題名(和文) 可聴域をこえる超高周波成分の周波数が脳と心に及ぼす影響の研究

研究課題名(英文) Effects of frequencies of inaudible high-frequency sounds

研究代表者

福島 亜理子 (Fukushima, Ariko)

江戸川大学・基礎・教養教育センター・講師

研究者番号：30523823

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000 円

研究成果の概要(和文)：

可聴域上限をこえる超高周波を豊富に含む音が間脳・中脳を含む基幹脳の活動を高め心身を賦活する現象(ハイパーソニック・エフェクト)の発現は、32kHz-40kHz 近辺を境に、それより高い周波数の超高周波が可聴音と共存すると基幹脳活性は高まる一方、それより低い高周波成分が共存すると基幹脳活性が低下する。本研究では、呈示音の超高周波帯域幅を、これまでの8kHz 幅から4kHz 幅に狭めた音源を作成し、基幹脳活性の向上・低下を導く周波数帯域の境界が何kHz 程度にあるかを、基幹脳活性と正の相関をもつ脳波等を指標として検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

深部脳活性を高めうる周波数帯域を十分含み、その低下を導きうる周波数帯域をできるだけ抑制したデジタルオーディオコンテンツを実現することは、今後の音楽メディアにとって重要といえる。この基幹脳活性との関係で考慮すべき再生周波数帯域に関する研究成果は、音楽配信、放送、パッケージ・コンテンツおよびそれら音響の収録・編集・再生機材の仕様策定の手がかりとなる学術的・応用的意義を有する。

研究成果の概要(英文)：

Hypersonic effect is a phenomenon in which sounds rich in super high frequencies above the upper limit of the audible range enhance the activity of the basic brain including the interbrain and midbrain and activate the mind and body. In this phenomenon, the fundamental brain activity is enhanced when the super high frequency of higher frequency than the frequency at around 32 kHz to 40 kHz coexists with the audible sound, while the activity is decreased when the lower component coexists. In this research, we created a sound source for presentation in which the super-high frequency, making the bandwidth narrower from the previous 8 kHz width to 4 kHz width, and examined at what frequency the boundary of the frequency band that leads to improvement or decrease of the fundamental brain activity by observing EEG, which is considered as an index, showing a positive correlation with fundamental brain activity.

研究分野：情報環境学

キーワード：ハイパーソニック・エフェクト 超音波 自発脳波

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

ハイパーソニック・エフェクトの発現が超高周波成分の周波数に依存することを、脳波計測実験によって見出した。具体的には、超高周波成分を 8kHz ごとに分割してそれぞれを可聴音とともに呈示し、自発脳波 ( $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 、 $\beta$ 、 $\theta$ ) の活性の変化を計測した。その結果、基幹脳ネットワークの領域脳血流と有意に相関する脳波  $\alpha 2$  活性の変化を見出し、少なくとも 40kHz 以上、特に 80-96 kHz の超高周波成分が可聴音と共に呈示されるときに基幹脳活性は最も高まり、16-32 kHz の周波数成分が可聴音とともに呈示されると基幹脳活性は低下することを統計的に有意に見出した。

基幹脳は生命維持上、重要な機能を果たす部位であり、その活性が聴取する音の周波数帯域によって上昇・低下するという事象（これを本研究では「周波数依存性」と呼ぶことにする）は、より安全・快適なメディア規格を実現する上で看過できない事象であり、より詳細な検討が必要と考え、この研究を着想した。

### 2. 研究の目的

可聴域上限をこえる超高周波成分を豊富に含む音が間脳・中脳を含む深部脳の活動を高め心身を賦活する現象（ハイパーソニック・エフェクト）の発現強度は、超高周波成分の周波数に応じて変化する。すでに、32kHz 近辺～40kHz 近辺を境に、より高い周波数の超高周波が可聴音と共存すると深部脳活性は高まる一方、それより低い周波数成分が共存すると深部脳活性が低下することを研究者らは見出している。本研究はこれを発展させ、

- ① ネガティブな影響がポジティブな効果に転じる周波数の境界が何 kHz 程度にあるかを、深部脳活性と正の相関を有する脳波を指標としてより詳細に検討する。
- ② 異なる再生音源を用いて同様の効果の逆転現象や境界周波数が見いだされるかどうかを確認する。

### 3. 研究の方法

#### (1)

可聴域上限をこえる超高周波成分を豊富に含む音が間脳・中脳を含む深部脳の活動を高め心身を賦活する現象（ハイパーソニック・エフェクト）の発現強度が、超高周波成分の周波数に応じて変化する現象について、超高周波成分をこれまでよりも詳細な 4kHz の周波数帯域幅に分割して各効果を調べるためのシステム構築および予備研究を実施した。

すなわち、これまでに研究者らが見出した、32kHz 近辺～40kHz 近辺を境に、より高い周波数の超高周波が可聴音と共存すると深部脳活性は高まる一方、それより低い周波数成分が共存すると深部脳活性が低下することをふまえ、100kHz 前後に及ぶ超高周波成分を豊富に含む自然性の高い楽器音から、28-32kHz、32-36kHz、36-40kHz、40-44kHz 帯域幅の超高周波成分を抽出するデジタル、プログラム上のフィルターをソフトウェアを用いて作成した。それによって抽出し、これらの抽出した超高周波成分を、16kHz 以下の可聴音と同時にまたは個別に呈示し、被験者の脳波  $\alpha 2$  成分から基幹脳活性化指標を算出し比較した。

#### (2)

本研究では、可聴域上限をこえる超高周波成分を豊富に含む音が間脳・中脳を含む深部脳の活動を高め心身を賦活する現象（ハイパーソニック・エフェクト）の発現強度が、超高周波成分の周波数に応じて変化する現象について、16kHz～120kHz 以上の帯域を 8kHz ごとに分割して抽出した超高周波成分を、28～44kHz までの帯域を、それまでアナログフィルターを用いて 8kHz ごとに分割していたものを、ソフトウェアを用いて作成したデジタルフィルターを用いて 4kHz ごとに分割して抽出した超高周波成分を、16kHz 以下の可聴音と同時にまたは個別に呈示し、被験者の脳波  $\alpha 2$  成分から基幹脳活性化指標を算出し比較した。前年までに、可聴音と 28-32kHz の超高周波成分を同時に呈示した場合に、可聴音のみを呈示した場合よりも基幹脳活性化指標は低下する傾向を示したことを踏まえ、20kHz～52kHz までのより広い帯域を対象に、4kHz ごとに分割して抽出した超高周波成分を可聴音とともに呈示して検討を行った。

具体的には、100kHz 前後に及ぶ超高周波成分を豊富に含む自然性の高い楽器音から、20-24kHz、24-28kHz、28-32kHz、32-36kHz、36-40kHz、40-44kHz、44-48kHz、48-52kHz の帯域幅の超高周波成分を、デジタルフィルターによって抽出し、16kHz 以下の可聴音と同時にまたは個別に呈示し、被験者の脳波  $\alpha 2$  成分から基幹脳活性化指標を算出し比較した。

#### (3)

可聴域上限をこえる超高周波成分を豊富に含む音が間脳・中脳を含む深部脳の活動を高め心身を賦活する現象（ハイパーソニック・エフェクト）の発現強度が、超高周波成分の周波数に応じて変化する現象について検討する上で、より適切な情報構造を有する異なる音源においても同様に観察されるかどうかを確認するために、先行研究とは異なる音源を開発し、脳波計測実験を行った。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

具体的にはまず、超高周波成分が豊富に含まれることが多い熱帯雨林環境音に着目し、アフリカやボルネオの熱帯雨林で超高密度収録された数十に及ぶ音源アーカイブについて、録音状態や超高周波成分の含有状況を周波数分析を行って確認した。その結果、計画している分割帯域毎にほぼ同程度の信号強度を有する実験用音源に適すると判断された音源を見出し、200kHzに及ぶ超高周波成分を再生・編集可能な編集機器を用いて、100kHzを超える超高周波成分を豊富に含む実験用の自然環境音を実現した。

この音源によるハイパーソニック・エフェクト発現を確認するために、楽器音を用いた先行研究に準じて、48kHz以下の周波数成分と48kHz以上の周波数成分とに分割し、被験者の脳波 $\alpha 2$ 成分から基幹脳活性化指標を算出し比較した。

### 4. 研究成果

(1) 6名の被験者による予備実験の結果、可聴音と28-32kHzの超高周波成分を同時に呈示した場合に、可聴音のみを呈示した場合よりも基幹脳活性化指標は低下する傾向を示した( $p=0.056$ )。それに対して、32-36kHz、36-40kHz、40-44kHzの各超高周波成分を可聴音と同時に呈示した場合は、可聴音のみを呈示した場合と比較して、基幹脳活性化指標の低下や上昇などの明瞭な傾向は見出せなかった。

これらの結果は、先行研究において24-32kHzの超高周波成分が可聴音と共存し基幹脳活性化指標の明瞭な低下を示したこと、32-40kHzや40-48kHzではそれほど明瞭な傾向を示さなかったことと矛盾しない。デジタルフィルターによる音源の分割、音再生システム、手順などの方法が一定の妥当性を持つことが確認できた。

(2) 呈示する周波数帯域を増やし、予備実験で比較した28-32kHz、32-36kHz、36-40kHz、40-44kHzのほか、より低い20-24kHz、24-28kHzと、より高い44-48kHz、48-52kHzをそれぞれ可聴音とともに比較し、10名の被験者による本実験を行った結果、36-40kHzを可聴音と同時に呈示した場合に、基幹脳活性化指標が増大した( $p<0.01$ )。また、40-44kHzを呈示した場合にも増大の傾向が認められた( $p=0.062$ )。しかしながら、他の周波数帯域では基幹脳活性化指標の増大も低下も判然とした結果は得られなかった。予備実験では、可聴音と28-32kHzの超高周波成分を同時に呈示した場合に低下の傾向が見られたが、今回の実験では明瞭な傾向は見出せなかった。

これは、帯域幅が狭すぎたため、またはそのために呈示する超高周波のパワー総体が減少したことによって、安定的な効果を示すには十分ではなかった可能性がある。今後、被験者数を増加したり、呈示するパワーを強化したりすることで知見を積み重ねる必要がある。

(3) 環境音によるハイパーソニック・エフェクト発現を確認するために、楽器音を用いた先行研究に準じて、48kHz以下の周波数成分と48kHz以上の周波数成分とに分割し、被験者の脳波 $\alpha 2$ 成分から基幹脳活性化指標を算出し比較した。

48kHz以下の成分のみを呈示した場合に比べ、48kHz以上の超高周波成分を合わせて呈示した場合に、基幹脳活性化指標が増加する傾向を見いだした( $p=0.073$ )。このことは、楽器音を用いた先行研究において、48kHzより高い超高周波成分を用いた場合に、より低い超高周波成分を用いた場合に比較して基幹脳活性化指標が有意に増大したことと矛盾しない。

これによって、異なる音源をもちいた帯域分割実験においても、少なくとも超高周波成分を48kHzを境に大きく分割した場合に、ポジティブな効果とネガティブな効果を検出しうることや、呈示時間を楽器音よりも長く設定した方が安定した結果が得られることなどが示され、今後のより詳細な分析に向けた準備を整えることができた。

### <引用文献>

Fukushima A, Yagi R, Kawai N, Honda M, Nishina E, Oohashi T (2014) Frequencies of Inaudible High-Frequency Sounds Differentially Affect Brain Activity: Positive and Negative Hypersonic Effects. PLoS ONE 9(4): e95464. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095464>

### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

[その他]  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：仁科エミ

ローマ字氏名：Nishina Emi

所属研究機関名：放送大学

部局名：教養学部

職名：教授

研究者番号 (8桁)：20260010

### (2) 研究協力者

なし

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。