

令和 6 年 6 月 24 日現在

機関番号：32508

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H04276

研究課題名（和文）スマートフォンの負の影響を緩和するモバイルハイパーソニックシステムの開発と評価

研究課題名（英文）Development and evaluation of mobile hypersonic system to mitigate negative impact of smartphone

研究代表者

仁科 エミ（Nishina, Emi）

放送大学・教養学部・教授

研究者番号：20260010

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、ハイパーソニック・エフェクト（人間の可聴域上限をこえる超高周波を豊富に含む音が脳深部の領域血流量を高め、生理・心理・行動に及ぼすポジティブな効果）を応用し、スマートフォン等の情報機器の長時間使用による負の生理的影響を緩和するシステムを実現することを目的としている。そのために、超高周波再生素子、素子を駆動する回路、コンテンツを再生するモバイルプレーヤーを一体化した小型省電力かつ自立式のモバイル・ハイパーソニックシステムを試作した。現有する超高周波を豊富に含む複数の熱帯雨林自然環境音を比較分析し、このシステムに適合した超高周波コンテンツを開発し、評価実験によってその有効性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現代社会では、スマートフォン等の情報機器を長時間使用する傾向はますます強まっており、それによるストレスをはじめとする負の生理的影響が懸念されている。本研究は、そうした課題を情報学の知見を応用して解決しようという時宜を得た研究である。

研究成果の概要（英文）：We have developed a prototype of a compact, power-saving, stand-alone mobile hypersonic system that integrates an ultrahigh frequency reproduction element, a circuit to drive the element, and a mobile player to play the contents. By comparing and analyzing several rainforest natural environmental sounds rich in ultrahigh frequencies, we developed ultrahigh-frequency contents suitable for this system and confirmed their effectiveness through evaluation experiments.

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 超高周波

1. 研究開始当初の背景

(1)ハイパーソニック・エフェクトの発見

人間には、1秒間当たり2万回(20kHz)までの振動が音として聴こえ、それ以上の超高周波は聴こえない。しかし、可聴域を超え複雑に変化する超高周波が可聴音と共存すると、中脳・間脳・前頭前野などの血流を増大させ(図1、文献1)免疫活性の向上、ストレスホルモンの減少、音のより快適な知覚などをもたらすことを研究者らは発見し、<ハイパーソニック・エフェクト>と名付けた。こうした効果をもつ超高周波は40kHz以上であること(文献2)、超高周波をイヤフォンで聴覚系に呈示してもそうした効果は現れず、超高周波が体表面に到達する条件においてのみ効果が発現すること(文献3)そうした効果をもつ超高周波は人類進化の舞台である熱帯雨林の自然環境音に豊富に含まれ、都市環境音では大幅に欠乏していること(図2、文献4)、高周波をカットしたデジタル音では脳深部や前頭前野の血流は低下すること(文献1、5)も見出した。

(2)人工性の高い情報環境の増大

一方、インターネットをはじめとする高度に人工的な情報環境は、人類が進化の過程で遭遇したことの無い情報環境であるにも関わらず、人類の脳の情報処理との適合性について本格的に吟味検討されたとは言い難い。そのマイナスの影響が顕在化した典型例が、インターネットやスマートフォンに対する強い依存傾向とその負の生理的影響といえる。<ネット・スマホ・ゲーム依存>は子供の脳の発達の障害、記憶や意欲の低下、脳疲労、抑うつ傾向、学力低下などをもたらし、WHOがネットゲーム依存を精神疾患として認定するほど大きな社会問題となっている。こうしたデジタル機器で再生される音声のほとんどは可聴域成分のみを含むハイカット音で、研究者らの実験によれば基幹脳の血流低下、ストレスの増大、免疫活性の低下をもたらす(文献5)。換言すれば、スマートフォン等で使用される音声が高周波成分を欠乏させたハイパーソニック・エフェクトを発現させる超高周波を含むならば、スマートフォン等によるマイナスの生理的影響を緩和しうる可能性は高い。

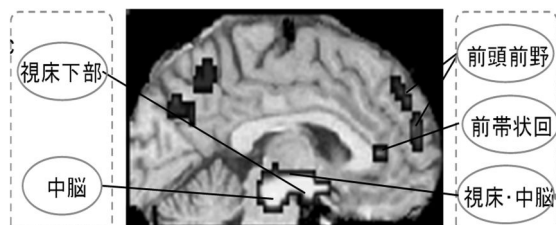


図1 超高周波によって活性化される脳の部位

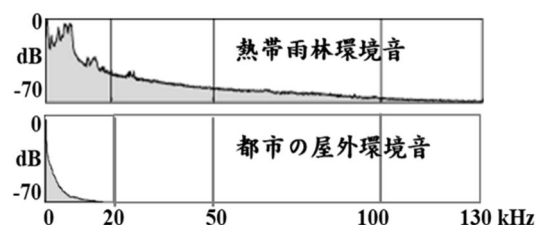


図2 熱帯雨林環境音に豊富な超高周波

【文献】

1. Inaudible high-frequency sounds affect brain activity, A hypersonic effect, Tsutomu Oohashi, Emi Nishina, Manabu Honda, Yoshiharu Yonekura, Yoshitaka Fuwamoto, Norie Kawai, Tadao Maekawa, Satoshi Nakamura, Hidenao Fukuyama, Hiroshi Shibasaki, Journal of Neurophysiology, 83, 3548-3558, 2000.
2. Frequencies of inaudible high-frequency sounds differentially affect brain activity: positive and negative hypersonic effects, Ariko Fukushima, Reiko Yagi, Norie Kawai, Manabu Honda, Emi Nishina, Tsutomu Oohashi, PLOS ONE, 9, e95464, 2014.
3. The role of biological system other than auditory air-conduction in the emergence of the hypersonic effect, Tsutomu Oohashi, Norie Kawai, Emi Nishina, Manabu Honda, Reiko Yagi, Satoshi Nakamura, Masako Morimoto, Tadao Maekawa, Yoshiharu Yonekura, Hiroshi Shibasaki, Brain Research 1073-1074, 339-347, 2006.
4. 超高密度高複雑性森林環境音の補完による都市音環境改善効果に関する研究 脳波・血中活性物質・主観的印象評価の組み合わせによる評価, 仁科エミ, 大橋力, 日本都市計画学会都市計画論文集, 40, 169-174, 2005.
5. 音と文明 音の環境学ことはじめ, 大橋力, 岩波書店, 2017.

2. 研究の目的

以上の背景を踏まえて研究者らは、ハイパーソニック・エフェクトを応用してスマートフォン等の利用によるマイナスの生理的影響を緩和することを目指し、これを実現するためのシステムとコンテンツを開発し、その効果を実証する研究を構想した。すなわち、スマートフォン等と組み合わせてデジタル機器使用中に超高周波を体表面に呈示する<モバイルハイパーソニックシステム>を開発し、それによる脳深部や前頭前野の血流の回復を生理的に明らかにす

ることによって、スマートフォンの負の影響を緩和する手法を実現することを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

(1) 超高周波体表面呈示を可能にする小型デバイスの開発

ハイパーソニック・エフェクトによる脳活性化効果は、超高周波をイヤフォンからのみに呈示しても発現せず、超高周波振動を体表面に呈示する必要がある。そのための小型・省電力のウェアラブル・デバイスを開発する必要がある。これまでの研究者らの検討により、ハイパーソニック・エフェクト発現に効果の高い周波数帯域は 80~88kHz であることが見出されているので、100kHz を超える超高周波の再生可能性を有する小型デバイスを探索した。異なる再生方式の複数のデバイス候補を見出すことができ、そのうち2種類について共同研究によって改造を施し、必要な性能を実現した。

また、それらデバイスを駆動するための小型アンプリファイアを設計し、試作した。

さらに、これらを搭載して電源を供給しつつ稼働させ超高周波成分を豊富に含むコンテンツを再生するために、小型軽量のハイレゾプレーヤー（既製品）を選定し、一部改造を加えて一体化した。

(2) モバイルハイパーソニックシステム用超高周波コンテンツの開発

効果的な脳活性化を導くためには、コンテンツに含まれる超高周波成分の周波数帯域や強度、カットオフ周波数、自己相関秩序等についての検討が必要となる。

そのために、ハイパーソニック・エフェクト発現の実績のある熱帯雨林自然環境音について、まず、周波数分析、自己相関秩序分析を行って複雑な構造をもつ豊富な超高周波成分を含む箇所を抽出した。それらを、200kHz までの超広帯域について良好な特性をもつ現有編集設備を用いて、複数のコンテンツ候補を編集し、11.2MHz1bit の DSD 形式のファイルを作成した。

(3) 超高周波再生用小型デバイスおよびコンテンツ候補の評価

(1)、(2)で開発したデバイスおよびコンテンツ候補についての課題の検討は、脳波計測によって行った。頭頂部・後頭部から抽出された 2 帯域の脳波ポテンシャルは、中脳・視床・視床下部などの脳深部の領域脳血流と相関があることを研究者らは見出している。この指標を用いて、効果的なデバイス、コンテンツの検討を行った。

(4) モバイルハイパーソニックシステムの生理的評価

(3)によって選定した再生デバイスとコンテンツを搭載したモバイルハイパーソニックシステムを稼働させ、生理学的評価実験を行ってその効果を確認した。指標は、脳波 2 ポテンシャルを指標とする基幹脳活性、心拍等の自律神経系指標、質問紙調査を組み合わせた。

4. 研究成果

(1) モバイルハイパーソニックシステムの開発

<モバイルハイパーソニックシステム>とは研究者らが独自に着想したもので、基幹脳活性化効果が確認されている熱帯雨林由来の天然の超高周波コンテンツ、それを再生するための小型ハイレゾプレーヤー、150 kHz に及ぶ超高周波を忠実に再生する小型デバイスとそれを駆動するアンプ等から構成される。

超高周波を再生するデバイスについて、原理の異なる複数の方式を比較検討し、生理学的評価実験を経て本システムに適合性の高いものを選択した。そしてそれを駆動する小型のアンプを開発した。これらを既存の小型ハイレゾプレーヤーと一体化し、モバイルハイパーソニックシステムを試作した。

(2) 超高周波コンテンツの開発

効果的な基幹脳活性化を導くために、超高周波成分の周波数帯域やゆらぎ構造、可聴域成分と超高周波成分との相関性などを最適化したコンテンツを開発した。

研究者が現有している豊富な熱帯雨林自然環境音のなかから、強力な超高周波を含み、可聴域の音質に優れている素材を選び、スマートフォン利用中に支障のないような編集加工を施した。

(3) モバイルハイパーソニックシステムの生理学的・心理学的評価

開発したシステムの効果の生理学的・心理学的評価を実施した。コロナ禍により評価実験の実施が遅れたが、脳波 2 ポテンシャルを指標とする深部脳活性の評価、心拍等の自律神経系指標、質問紙による主観的印象評価を行い、モバイルハイパーソニックシステムの有効性を確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kawai Norie, Honda Manabu, Nishina Emi, Ueno Osamu, Fukushima Arika, Ohmura Rikka, Fujita Nahiko, Oohashi Tsutomu	4. 巻 12
2. 論文標題 Positive effect of inaudible high-frequency components of sounds on glucose tolerance: a quasi-experimental crossover study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-022-23336-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------