

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：32508

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K12607

研究課題名（和文）骨伝導を利用した超広帯域音響による深部脳賦活法の研究と実用検討

研究課題名（英文）Study of deep brain activation method using bone conducted wide band sound

研究代表者

川原 靖弘（Yasuhiro, Kawahara）

放送大学・教養学部・准教授

研究者番号：10422403

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：超広帯域音響の頭部骨伝導による深部脳活性を確認するため、可聴帯域から100kHz帯域の超音波の発生も可能な頭部に接触させることができる慶所のトランスデューサを用い、側頭部から入力する骨伝導刺激により数種の帯域の超広帯域音響の提示と同時に脳機能計測を行った。音響提示開始後及び音響提示終了後の、後頭部の脳波 2帯域パワーに着目することにより深部脳活性の観点から考察を行った。音響提示開始にこの脳波帯域のパワーを増大させる傾向があり音響提示終了後に同大を停止させる傾向は、ガンマ波帯域音及び30kHzを中心とした帯域の超音波、非可聴高周波帯域を含む自然音それぞれにおいて観察された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、聴覚でもなく体性感覚でもない骨伝導を活用した、非可聴域高周波を含む超広帯域音響の頭部入力による深部脳活性の効果について、深部脳活性指標とされている脳波帯域パワー解析手法を用いて検証を行った。脳幹部に効率的に音波を伝達させるための音波トランスデューサを使用し、脳深部神経の賦活を測定し、深部脳を活性化させる効果があることを確認することで、日常生活で利用できる健康増進装置としての応用を見込むことのできる脳幹部への超広帯域音響（振動）刺激の入力による深部脳賦活の可能性を示した。

研究成果の概要（英文）：To confirm the deep brain activity induced by bone conduction in the head, transducers that can be placed in contact with the head and can generate ultrasonic waves in the audible to 100 kHz range were used to present several bands of ultrawideband sounds and simultaneously measure brain functions by bone conduction stimulation input from the temporal region. The results were discussed from the viewpoint of deep brain activity by focusing on the EEG alpha 2 band power in the occipital region after the start and end of acoustic presentation. The tendency to increase the power in this EEG band at the beginning of the presentation and to stop the increase after the end of the presentation was observed for gamma-wave band sounds, ultrasonic sounds in the band around 30 kHz, and natural sounds including non-audible high frequency bands.

研究分野：ヒューマンインターフェース

キーワード：環境音 脳機能

### 1. 研究開始当初の背景

うつをはじめとする精神疾患や BPSD (行動・心理症状) の非薬物療法として、音や超音波の聴取による療法の可能性が検討されている[1][2]。可聴域～200kHz の超広帯域音響で、モノアミン神経系が賦活されることを示した報告もあり[3]、この手法でも精神疾患の非薬物療法としての可能性が検討されている[4]。しかし、これらの深部脳賦活の神経生理学基盤は未だ不明である。環境音や非可聴帯域を含む広帯域音響による深部脳賦活について複数の知見があるが、いずれの研究も、空中伝搬による音刺激による基幹脳の活性を検証しており、その中には、聴覚神経刺激による非可聴域高周波のみの聴取や皮膚を覆った場合の広帯域音響の聴取では、深部脳の活性が起こらないという報告もある[5]。そこで、非可聴帯域を含む音波の脳幹への骨伝導入力により深部脳賦活効果が効率的に生じることを、トランスデューサを用いた広帯域音響の頭部入力による深部脳活性の計測により示した。

### 2. 研究の目的

聴覚でもなく体性感覚でもない骨伝導を活用した、非可聴域高周波を含む超広帯域音響の頭部入力による深部脳活性の効果について、深部脳活性指標とされている脳波帯域パワー解析手法を用いて検証を行った。脳深部への骨伝導による超広帯域音響の音波伝搬により脳深部が活性化する効果を実験協力者の協力により確かめ、日常生活で利用できる健康増進装置としての応用について考察した。

### 3. 研究の方法

非可聴帯域高周波含有音の骨伝導提示を行うため、図 1 のような非可聴帯域の出力が可能な骨伝導音波トランスデューサ(骨伝導イヤホン)を用いた。脳深部への骨伝導による超広帯域音響の音波伝搬により脳深部が活性化する効果を実験協力者の協力により確かめた。脳幹部に効率的に音波を伝達させるための音波トランスデューサを使用し、脳深部神経の賦活を測定した。超広帯域音響の頭部骨伝導による深部脳活性を確認するため、可聴帯域から 100kHz 帯域の超音波の発生も可能な頭部に接触させることができる慶所のトランスデューサを用い、側頭部から入力する骨伝導刺激により数種の帯域の超広帯域音響の提示と同時に脳波の計測を行った。このトランスデューサを頭部に装着する仕様の広帯域音提示装置の音響提示開始後及び音響提示終了後の、後頭部の脳波 2 帯域パワーに着目することにより深部脳活性の観点から考察を行った。

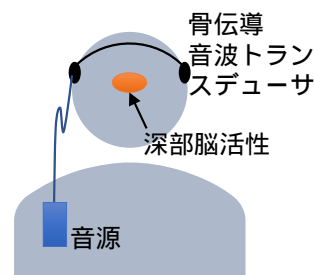


図 1

### 4. 研究成果

(1) 非可聴帯域高周波含有音の骨伝導による深部脳活性において、非可聴帯域高周波含振動が、深部脳活性に影響を及ぼすか検証するために、非可聴帯域のカットされた自然音の提示中の脳波 2 帯域パワーの変化を解析した。脳波 2 帯域パワーは、音波の提示数秒後から徐々に増大し音の提示数秒後からこの増大が止まる傾向があることを確認した。音響提示開始にこの脳波帯域のパワーを増大させる傾向があり音響提示終了後に同大を停止させる傾向は、ガンマ波帯域音及び 30kHz を中心とした帯域の超音波、非可聴高周波帯域を含む自然音それぞれにおいて観察された。

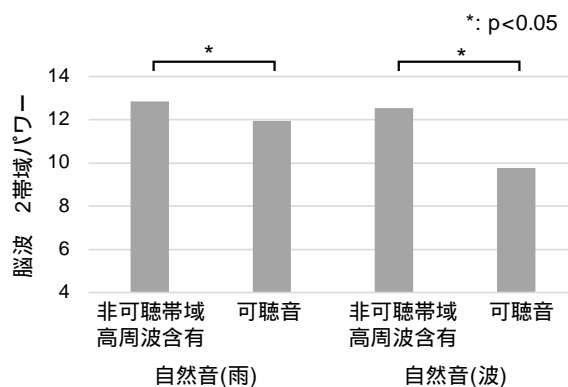


図 2

非可聴高周波帯域を含む自然音においては、超音波のみ、自然音(可聴域)のみ、自然音(可聴域)+超音波、無音のそれぞれの刺激を提示し、提示開始から 3 分間における脳波 2 帯域パワーの変化を解析した。それぞれの音を提示時 1 分間の 2 帯域パワーの平均値を図 2 に示す。2 種類の自然音双方において、非可聴高周波帯域を含む音は、含まない音に対して、深部脳活性の指標となる脳波 2 パワーの平均値が有意に高かった(有意水準 5%)。

(2) 非可聴帯域高周波含振動の骨伝導による深部脳活性効果において、それぞれの刺激の組合せの提示時3分間における、脳波2帯域パワーの変化を、線形近似したときの係数を表1に示す。可聴域の自然音と超音波を組み合わせたときの値が最も大きくなっていることが確認できる結果となった。この結果は、体表のハプティックな受容体からの振動享受ではなく、脳内の振動受容体により深部脳活性が生じている可能性も示している。また、非可聴帯域高周波による深部脳賦活効果は、可聴域の音とともに高周波が提示されたときのみ生じるが、提示された可聴域の音と関係のない非可聴帯域高周波を提示しても深部脳賦活効果が得られることが確認できた。

表1

Sound	Slope
超音波のみ	-1.47
自然音（可聴域）のみ	0.84
自然音 + 超音波	2.94
無音	0.47

この聴覚受容体を介さず音波伝搬により直接脳中枢を活性化させる手法は、高音域の聴覚感度が下がっている高齢者に対しても深部脳を活性化させる効果があることが見込まれ、より多くの人に対する非薬物療法への応用可能性を有するものである。

<参考文献>

- [1] Hsu WY, Ku Y, Zanto TP et al: Effects of noninvasive brain stimulation on cognitive function in healthy aging and Alzheimer's disease: a systematic review and meta-analysis. *Neurobiol. Aging* 36:2348-2359, 2015
- [2] McDermott O, Crellin N, Ridder HM, Orrell M. Music therapy in dementia: a narrative synthesis systematic review. *Int J Geriatr Psychiatry*. 2013 Aug;28(8):781-94.
- [3] Oohashi T, Nishina E, Honda M, Yonekura Y, Fuwamoto Y, Kawai N, Maekawa T, Nakamura S, Fukuyama H, Shibasaki H. Inaudible high-frequency sounds affect brain activity: hypersonic effect. *J Neurophysiol*. 2000 Jun;83(6):3548-58
- [4] M. Honda, Y. Yamashita, M. Miyamae, O. Ueno, C. Oshiyama, S. Yoshida, N. Kawai, T. Oohashi, Non-pharmacological therapy for behavior and psychological symptoms of dementia (BPSD) utilizing the hypersonic effect: A pilot study, *Journal of the Neurological Sciences*, Volume 381, Supplement, 2017, Pages 661-662
- [5] Tsutomu Oohashi, Norie Kawai, Emi Nishina, Manabu Honda, Hiroshi Shibasaki, et al., The role of biological system other than auditory air-conduction in the emergence of the hypersonic effect, *Brain Research*. 2006; 1073-1074, pp.339-347

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 植村真帆、今井絵美子、川原靖弘、望月圭子、古和久朋、小作浩美、片桐祥雅
2. 発表標題 外部リズムに対する同期タッピングにおける背側前部帯状回の役割
3. 学会等名 第24回日本ヒト脳機能マッピング学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川原靖弘、野口なつ美、今井絵美子、植村真帆、大谷啓尊、望月圭子、片桐祥雅
2. 発表標題 事象関連深部脳活動法によるEriksen-Franker-like Go/Nogoタスク遂行の神経科学基盤
3. 学会等名 第24回日本ヒト脳機能マッピング学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野口なつ美、植村真帆、川原靖弘、今井絵美子、望月圭子、片桐祥雅
2. 発表標題 食刺激が認知機能に及ぼす影響：事象関連深部脳活動法による神経基盤の解明
3. 学会等名 第24回日本ヒト脳機能マッピング学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 杉浦朋伽、古崎未来、望月圭子、川原靖弘、野口なつ美、植村真帆、今井絵美子、小作浩美、片桐祥雅
2. 発表標題 表情による表情による感情認知と共感性醸成のメカニズムの深部脳活動法による解明
3. 学会等名 第24回日本ヒト脳機能マッピング学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川原靖弘
2. 発表標題 非可聴域音響の骨伝導による深部脳賦活
3. 学会等名 HCGシンポジウム2023
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 共著、板生 清(監修)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 近代科学社	5. 総ページ数 252
3. 書名 人間情報学 : 快適を科学する	

〔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
研究 分 担 者	片桐 祥雅  (Yoshitada Katagiri)  (60462876)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・上席研究員   (12601)	

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
---------	---------