

機関番号：82611

研究種目：新学術領域研究

研究期間：2008～2010

課題番号：20200008

研究課題名(和文) 基幹脳ネットワーク活性化効果をもつ超高周波成分の帯域構成に関する検討

研究課題名(英文) A study about band composition of high frequency components with effect of fundamental brain network activation

研究代表者

森本 雅子 (MORIMOTO MASAKO)

独立行政法人国立精神・神経医療研究センター 神経研究所 疾病研究第七部 室長

研究者番号：50312210

研究成果の概要(和文)：この研究ではまず、100kHz を超える超高周波成分を豊富に含み感性的にも優れた実験用音源を開発し、その超高周波帯域成分を損なうことなく呈示しうるシステムを構成した。次に、基幹脳ネットワーク活性指標をもちいた実験によって、とくに顕著な基幹脳ネットワーク活性化を導く周波数帯域が存在すること、逆に基幹脳ネットワーク活性を抑制する作用をもつ周波数帯域が存在する可能性を示唆した。また、現代都市環境に存在する人工的な超高周波成分の特徴抽出を行うとともに、人工的な超高周波成分では基幹脳ネットワーク活性化が十分に導かれないことを示唆した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed the experimental sound source which contain rich high frequency components above 100kHz, and also, is excellent at sensibility feeling. Then we developed the presentation system that is able to present the high frequency components without loss. Next, we conducted the experiments using the fundamental brain network activity index. These results suggested that the frequency bands which evoke remarkable positive fundamental brain network activation exist. Conversely, these results suggested the potential exist of the frequency bands which reduce the fundamental brain network activation. Moreover, we extracted the features of artificial high frequency components in the modern urban environment, and suggested that these artificial high frequency components not evoke enough the fundamental brain network activation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
20年度	8,700,000	2,610,000	11,310,000
21年度	8,200,000	2,460,000	10,660,000
22年度	8,200,000	2,460,000	10,660,000
年度			
年度			
総計	25,100,000	7,530,000	32,630,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：神経科学・神経科学一般, 人間医工学・医用システム

キーワード：非侵襲的脳活動計測, 低侵襲治療システム, ハイパーソニック・エフェクト

1. 研究開始当初の背景

人間の可聴域上限は20kHzを超えない。しかし、人類の遺伝子が進化的に形成された熱帯雨林の自然環境音や一部の民族楽器音の中には、100kHzを超えときとして200kHzに

及ぶ豊富な高周波成分が含まれるものがあることを研究者らは見出した。そこで研究者らは、ポジトロン断層法(PET)により、超高周波成分が脳に及ぼす影響を検討した。その結果、可聴域をこえ非定常的な揺らぎをも

つ高周波成分が可聴音と共存すると、基幹脳（脳幹・視床・視床下部など、美しさ・快さ・感動を司る報酬系の拠点となるとともに体の恒常性や防御体制を司る自律神経系・免疫系・内分泌系の最高中枢をなす領域）と、そこから投射する神経ネットワークを統計的に有意に活性化する現象を見出した。この複合的な心身賦活反応は、領域脳血流の増大、脳波α波の増強、免疫活性の上昇、ストレス性ホルモンの減少、音のより快く美しい受容の誘起、音をより大きく聴く行動の誘導などに及び、〈ハイパーソニック・エフェクト〉と総称されている。

この研究は、国際的にみても高い関心を集め、日本国内でも、追試研究が開始され始めた状況にあり、研究者らはその先導的な立場にある。この研究は、スーパーオーディオCDやDVDオーディオなど、広帯域の信号を記録再生できる次世代デジタルメディアの実用化を促してきた。しかし、超高周波成分の効果に関する研究はきわめて新規性の高い研究課題であるがゆえに、多くの研究課題が未着手のまま残されており、中でも基幹脳ネットワークの活性化を導く超高周波成分そのものについての研究の立ち遅れは否めない状況にあった。

超高周波成分によって活性化される基幹脳は、身体の恒常性や防御体制を司る自律神経系・免疫系・内分泌系の最高中枢をなす重要な領域である。そのため、高周波成分による基幹脳ネットワーク活性化を応用し、基幹脳の活性低下に関連し薬品による治療が限界を見せている生活習慣病、発達障害、精神と行動の異常などの防御に貢献することが各方面から期待されている。こうした応用への要請に応えるためには、基幹脳ネットワークの活性化効果をもつ超高周波成分について、より詳細な特徴抽出が必要不可欠である。また、自然環境に超高周波成分は存在しているとはいえ、これを人工的に供給する上では、安全性に対する配慮も欠かすことはできない。

にもかかわらずそうした超高周波成分を対象にした研究は、いまだ立ち遅れを認めない状況にあった。その理由は、第一に100kHzを超える超高周波成分を豊富に含み反復呈示に耐える感性的にも優れた呈示用音源が得られなかったことと、そして、100kHzを超える成分を高忠実度で空気振動に変換しうる十分な性能をもった再生装置が得られなかったことにあった。研究者らは、この2つの限界を克服する方途を見出したため、この課題に取り組むことが可能になった。

2. 研究の目的

この研究では、まずこの研究に必須の、100kHzを超える超高周波成分を豊富に含み

感性的にも優れた実験用音源を開発し、その超高周波帯域成分を損なうことなく呈示しうるシステムを構成した。次に、基幹脳ネットワーク活性指標をもちいた実験を行うことによって、とくに顕著な基幹脳ネットワーク活性化を導く周波数帯域は存在するか、逆に基幹脳ネットワーク活性を抑制する作用をもつ周波数帯域は存在するかどうかについて検討を行った。また、現代都市環境に存在する人工性の高い超高周波成分について特徴抽出を行うとともに、安全性の面で問題がないかについて検討を行った。

3. 研究の方法

①実験用音源の開発

有効な超高周波帯域の上限を探索するための実験用音源は、その上限が150kHzをこえ望ましくは200kHzに達する豊富な超高周波成分を含んでいる必要がある。さらに、被験者に相当回数の反復呈示をして実験データを蓄積する必要があるため、これを何十回反復試聴しても倦むことのない、感性的に優れたものでなければならない。このような実験用音源はこれまで存在せず、研究実施の大きな障害となっていた。研究者らは、こうした超高周波成分を豊富に含む音源として、200kHzに達する自然の動植物由来の高周波成分を豊富に含む自然性の高い熱帯雨林（ボルネオ）の環境音と、地球上の数多くの楽器の中でおそらく最も豊富に高周波成分を含んでいると推定されるインドネシアバリ島のガムラン音楽の高忠実度の録音素材を用いて両者を混合した。そして実験の時間構成にあわせて編集し、実験用音源を開発した。

②超高周波再生システムの構築

実験用音源に含まれている超高周波成分を忠実に再生し確実に被験者に到達させるために、新しく開発されたプリンテッド・リボン型高周波帯域専用再生端末（いわゆるスーパーツイーター）を導入した。これにより、時間平均にして150kHz、瞬間的には200kHzに及ぶ周波数帯域の再生が可能となった。

③基幹脳ネットワーク活性を推定する評価指標の検討

研究者らはさきに、ポジトロン断層法による脳血流計測と脳波計測とを同時に実施し、基幹脳ネットワーク全体の活性が、頭皮上特定の領域から抽出される特定周波数帯域の脳波α2波のパワーと高度に有意に関連していることを見出し、DBA-Index（Deep Brain Activity Index）として活用している。この研究でも、脳波計測を行いDBA-Indexを求め、基幹脳ネットワーク活性指標とした。

また、従来の医療現場で行われてきた脳波計測では、健常者の感性反応に関わる配慮が

ほとんど認められず、緊張や恐怖などのネガティブな情動反応が超高周波成分によって生じる報酬系の活性化を妨げる可能性が濃厚だった。そこで、こうした影響を排除し、快適な環境で音楽を楽しむことができる脳波計測実験環境を特別に構築した。さらに、従来の医療用脳波計測手法を抜本的に見直し、FM多重送信によってワイアレスでデータを送信するテレメトリー・システムの導入・改良により、ノイズ発生を避けるとともに被験者の行動を計測時の拘束から解放するなど、実験条件に細かい工夫を重ねてきた。このシステムをこの研究で用いた。

④とくに顕著な基幹脳ネットワーク活性化を導く周波数帯域の検討

健康な成人男女18名を対象として以下の実験を行った。

まず、超高周波成分を大きく2つの帯域に分割し、可聴音とともに呈示した場合に、被験者から計測される基幹脳ネットワーク活性指標の増大の程度に違いがあるかどうかを検討した。

つぎに、さらに詳しく調べるため、超高周波成分を8kHz幅の帯域のバンドパスフィルタによって帯域制限した。それぞれの帯域について、可聴音に超高周波成分を付加した場合と、可聴音のみを呈示した場合とで、被験者から計測される基幹脳ネットワーク活性指標にどの程度の違いが生じるかを検討した。

⑤基幹脳活性を抑制する作用をもつ周波数帯域の検討

自然性の高い熱帯雨林には200kHzに達する高周波成分が含まれているとはいえ、超高周波帯域の中にはマイナスの影響を及ぼす帯域が含まれていないかどうかについては、念のための確認を要する。そこで、④の結果をもとに基幹脳ネットワーク活性を抑制する可能性のある周波数帯域があるかどうかを検討し、可能性のある周波数帯域について実験を行った。可聴音に8kHz幅のバンドパスフィルタによって抽出した帯域制限した超高周波成分を付加した場合と、可聴音のみを呈示した場合とで、被験者から計測される基幹脳ネットワーク活性指標に統計的有意な差が生じるかどうかを検討した。

⑥人工高周波成分の特徴抽出と効果に関する検討

これまでの研究では、自然性の高い環境に存在する超高周波成分を極力忠実に収録し、これを実験用音源として実験に用いてきた。一方、現代都市の環境音には、インバーターや電子機器に由来するピークをもった超高周波ノイズ、ホワイトノイズやピンクノイズ

状の定常性の高い超高周波ノイズが存在している。周波数構造が自然の動植物由来のものとは大いに異なるそうした人工高周波成分が、人間にどのような影響を及ぼすかについても検討が必要といえる。

そこで、まず、人工的な超高周波成分について、複雑性に着目して定量化し、特徴抽出を行った。まず、超高周波成分の周波数構造の複雑性を定量化するために、振動信号の20kHzをこえる成分の三次元パワースペクトルアレイのフラクタル性に着目し、フラクタル次元局所指数を求めた。つぎに、空気振動の時間構造に注目し、信号の不規則性の指標である「情報エントロピー密度」とその時間的変化量を求めた。

つぎに、人工的な超高周波成分を電子的に合成して、可聴音にその超高周波成分を付加した場合と、可聴音のみを呈示した場合とで、被験者から計測される基幹脳ネットワーク活性指標に統計的有意な差が生じるかどうかを検討した。

4. 研究成果

①とくに顕著な基幹脳活性化を導く周波数帯域の検討

基幹脳ネットワークの活性化を効果的かつ安全に導く超高周波成分の特性のうち、とくに顕著な基幹脳活性化を導く周波数帯域を検討した。まず、超高周波成分を大きく2つの帯域に分割して検討した結果、より高い周波数帯域成分の場合に基幹脳ネットワーク活性指標の増加分が大きいことを、統計的有意性をもって見出した。さらに、8kHz幅に帯域制限した超高周波成分を用いて検討した結果、とくに顕著に基幹脳ネットワーク活性指標を増加させる周波数帯域が存在することを見出した。

②基幹脳活性を抑制する作用をもつ周波数帯域の検討

基幹脳ネットワーク活性を抑制する可能性のある周波数帯域があるかどうかを検討した結果、基幹脳活性を抑制する傾向を示す周波数帯域が存在することを見出した。

③人工高周波成分の特徴抽出と効果に関する検討

まず、基幹脳ネットワークの活性化を導く天然の超高周波成分は、フラクタル次元局所指数が一定の範囲内の値をとり、かつ、その変動幅は一定の範囲内に収まっていることが示された(図1)。一方、人工的な超高周波成分は、これらの条件を満たさないことが明らかとなった(図2)。

また、基幹脳ネットワークの活性化を導く天然の超高周波成分を含む音は、情報エントロピー密度が一定の範囲内の値をとり、時間

的变化量が一定の値をとることが明らかとなった(図3)。一方、人工的な超高周波成分を含む音は、これらの条件を満たさないことが明らかとなった(図4)。

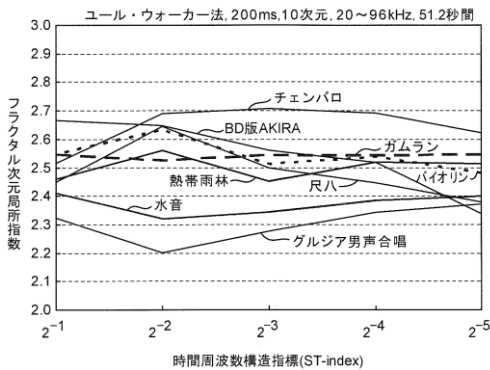


図1 天然の超高周波成分のフラクタル次元局所指数

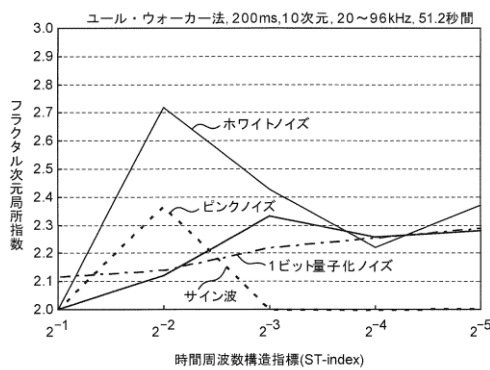


図2 人工的な超高周波成分のフラクタル次元局所指数

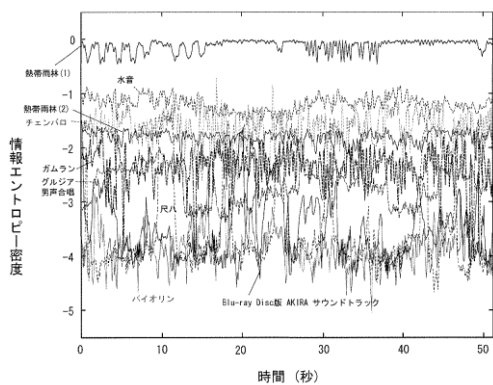


図3 天然の超高周波成分を含む音の情報エントロピー密度

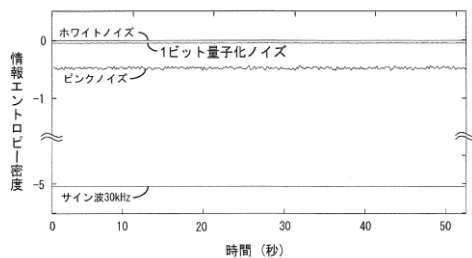


図4 人工的な超高周波成分を含む音の情報エントロピー密度

つぎに、天然の超高周波成分を電子的に合成した人工超高周波成分に置きかえて被験者に呈示する実験を行った結果、天然の超高周波成分によって導かれた基幹脳ネットワーク活性化効果が、人工超高周波成分に置き換えた場合には十分に発現しないことが示された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- 1) Nishina E., Morimoto M., Fukushima A., Yagi R.: Hypersonic sound track for Blu-ray Disc "AKIRA", ASIAGRAPH Journal, 4(1), 53-58, 2010. (査読有)

[学会発表] (計4件)

- 1) 森本雅子, 河合徳枝: グルジア伝統ポリフォニーの音響構造について—西欧圏の合唱音楽との比較を通して—, 民族芸術学会第26回大会, 江戸東京博物館, 東京, 2010年4月24日.
- 2) Osu R., Morimoto M., Honda M., Ohashi T.: Hypersonic effect - Inaudible high-frequency sounds activate deep brain structure, ASIAGRAPH 2010 in Shanghai, Shanghai Changning Culture & Art Center, China, 6.12, 2010.
- 3) Nishina E., Morimoto M., Kawai N., Yagi R., Honda M., Ohashi T.: Hypersonic Sounds a New Dimension of Digital Acoustics Indicated by Balinese Traditional Gamelan Music, International Joint conference APCHI-ERGOFUTURE 2010, Hotel Sanur Paradise Plaza & Suites, Indonesia, 8.2, 2010.
- 4) Morimoto M., Honda M., Nishina E., Kawai N., Ohashi T.: Study on the Sound Structure of Georgian Traditional Polyphony (2): Quantitative Analysis of Fluctuation Structure. The Fifth International Symposium of Traditional Polyphony, Conference Hall of Conservatoire, Tbilisi, Georgia, 10.6, 2010.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称: 振動発生装置及び方法

発明者：大橋 力，河合徳枝，仁科エミ，本田学，前川督雄，森本雅子，八木玲子，上野 修
権利者：株式会社アクション・リサーチ
種類：特許
番号：PCT/JP2009/063880
出願年月日：2009年8月5日
国内外の別：国外

○取得状況（計1件）

名称：振動発生装置及び方法
発明者：大橋 力，河合徳枝，仁科エミ，本田学，前川督雄，森本雅子，八木玲子，上野 修
権利者：株式会社アクション・リサーチ
種類：特許
番号：第4663034号
取得年月日：2011年1月4日
国内外の別：国内

〔その他〕
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森本雅子 (MORIMOTO MASAKO)
独立行政法人国立精神・神経医療研究センター 神経研究所 疾病研究第七部 室長
研究者番号：50312210

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

本田 学 (HONDA MANABU)
独立行政法人国立精神・神経医療研究センター 神経研究所 疾病研究第七部 部長
研究者番号：40321608

上野 修 (UENO OSAMU)
独立行政法人国立精神・神経医療研究センター 神経研究所 疾病研究第七部 科研費
研究員
研究者番号：90261130

仁科 エミ (NISHINA EMI)
放送大学 ICT活用・遠隔教育センター
教授
研究者番号：20260010