

# 脳基幹部ネットワークを活性化する超高密度音の収集と分析

## Recording and analysis of ultra high density sounds activating fundamental brain network

研究代表者 国立精神・神経センター神経研究所 流動研究員 八木玲子  
National Institute of Neuroscience, Researcher, Reiko YAGI

### 和文アブストラクト

近年、可聴域上限を超える高密度高複雑性の音が視床・脳幹を含む脳基幹部ネットワークを活性化することが明らかにされ、脳基幹部の活性低下に起因する現代病の克服に資することが期待されている。しかし、その関連研究のために必要とされる超高密度音源は未だ十分に確保されているとはいえない。この研究では、優れた脳基幹部活性化効果をもつと推定される超高密度音を、超広帯域マルチ・チャンネル録音システムを用いて高忠実度で記録し、その音響物理構造の解析を行った。また、脳波を指標とした生理学的評価実験によって、得られた超高密度音源が脳基幹部活性化効果をもつことが確認された。

### Abstract

Sounds containing a wealth of inaudible high-frequency component with a complex structure induce activation of the fundamental brain network. However, the materials containing such ultra high density sounds have not yet been collected adequately.

In this study, I recorded and analyzed of ultra high density sounds which are considered to activate fundamental brain network. I also investigated the effect of the recorded sound using electroencephalogram(EEG). The results showed that the recorded sound indeed activated human fundamental brain network.

### 1. 研究目的

近年、「物質・エネルギー環境」のみならず、「情報環境」においても深刻な環境破壊が懸念されている。なかでも電子メディアによって提供される音情報の低密度化は著しく、これまで自然界に存在しなかったような特異な情報構造をもつ場合が少なくない。これら人工的な情報環境は人間の心身の健康と深く関わっていることが、先端的な脳科学により明らかになりつつある。一方、可聴域

上限を超える高密度高複雑性の音が視床・脳幹を含む脳基幹部ネットワークを活性化することが明らかにされ、精神・行動障害、発達障害、生活習慣病など、脳基幹部の活性低下に起因する現代病の克服に資することが期待されている。

これら超高密度音に関する研究を行う上で、可聴域上限を超える超高周波成分を豊富に含む音源の確保は必要不可欠である。しかしながら、従来は、収録のためのハードウエ

アの限界、高周波成分の分析手法の未整備などによって、効果の保証された呈示用音源はきわめて稀少で、明瞭な実験結果がえられにくい一因となっていた。

この研究では、優れた脳基幹部活性化効果をもつと推定される超高密度音を、超広帯域マルチ・チャンネル録音システムを用いて高忠実度で記録し、関連研究のための音源ソフトウェアを作成するための素材として確保することを目的とする。また、得られた音響試料について、生理学的指標を用いた評価実験を行い、その脳基幹部活性化効果を検証する。

## 2. 研究経過

### 2.1 超高密度音収集のためのマルチ・チャンネル超広帯域録音システムの整備

脳基幹部ネットワークを活性化する超高密度音は、その構造上の特徴として、周波数分布の上限が平均値で 50kHz 以上、瞬間的には 100kHz に及ぶとともに、数ミリ秒またはそれ以下のマイクロな時間領域で複雑に変化する非定常なゆらぎをともなうことが必要である。

そこで、こうした時間密度のきわめて高い音源を高忠実度で記録するための広帯域録音システムを整備した。高速標本化 1 ビット量子化方式（標本化周波数 3.072MHz）によるデジタル・ハードディスクレコーダを中心に、最新の超広帯域マイクロフォンを導入して、100kHz までほぼ平坦な記録再生周波数特性を有するマルチ・チャンネル超広帯域録音システムを構築した。

### 2.2 超高密度音のマルチ・チャンネル超広帯域録音

脳基幹部ネットワークを活性化するためには、可聴域においても快適で高度な感性反応を誘起するものであるとともに、個人の好き嫌いに左右されず、生活環境の背景音として存在していても気にならないものであることが望ましい。そうした条件を満たす音素材の有力な候補のひとつとして、人類の遺伝子が進化的に形成された環境といわれる熱帯雨林や、自然と人為とが高度に融合した里山の自然環境音、また、永年にわたり受け継がれてきた伝統的な民族楽器音などが考えられる。そこで、多様性に富んだ生態系を有するマレー半島のボルネオ熱帯雨林（マレーシア共和国サバ州ダナム・ヴァレー）およびスダ列島の伝統的村落（インドネシア共和国バリ州ウブド郡）に赴き、構築したマルチ・チャンネル超広帯域録音システムを用いて、複数種の自然環境音および伝統的民族楽器音のデジタル録音を行った。

### 2.3 マルチ・チャンネル超広帯域音響記録物の音響物理構造解析

収録したマルチ・チャンネル超広帯域音響記録物について、高速フーリエ解析および最大エントロピースペクトルアレイ法（maximum entropy spectra array method = MESAM）を用いた解析を行い、周波数パワースペクトル分布、超高周波成分の上限、マイクロな時間領域におけるスペクトルの経時変化などの音響物理構造を明らかにした。その結果、収録した音響試料の周波数帯域は、100kHz を上回り 150kHz に及ぶ広がりをもっていること、また、数ミリ秒以下のマイクロな時間領域で複雑に変化するゆらぎ構造を具えていることが明らかになった（図 1）。

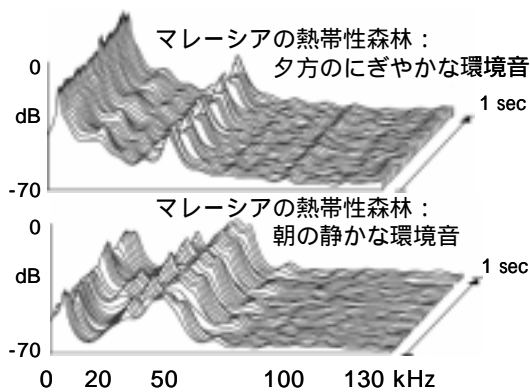


図 1

## 2.4 脳基幹部活性化効果検証用超高密度呈示音源の作成

音響物理構造の解析結果にもとづき、収録した音響記録物の中でも、脳基幹部ネットワークの活性化に特に優れた効果を発揮すると考えられる物理構造特性を具えた音素材の候補を選択し、脳基幹部活性化効果検証用のマルチ・チャンネル呈示音源を作成した。

そのために、記録された超高密度録音物を一旦デジタル アナログ変換し、100kHz 超まで平坦な特性を有する超広帯域マルチ・チャンネル編集システムを用いて編集し、高速標本化 1bit 量子化方式によってデジタル・メディアとしてパッケージ化した。

## 2.5 超高密度呈示音源の脳基幹部活性化効果の検証

開発した超高密度呈示音源を用いて、人間の可聴域上限をこえる成分 (high frequency components: HFC) が共存した超高密度音 (full range sound: FRS) と、そこから HFC を取り除いた低密度音 (high cut sound: HCS) とを呈示したときの反応を調べる生理学的評価実験を行い、脳基幹部活性化効果の予備的な検証を行った。

評価実験では、時間分解能に優れ、脳の全

体的な活動状態を反映しうる自発脳波 波を指標として用いた。脳波 波は、被験者が精神的・肉体的負荷 (ストレス) から解放されリラックスし、かつ覚醒している状態のときに強く発生する。また、脳波 波のパワーは、脳基幹部の血流量と高い正の相関を示すことが報告されている。したがって 波の増強が認められた音の呈示下においては、脳基幹部ネットワークが活性化していると判断しうる。脳波計測装置には、快適性評価や感性情報研究において実績を有するテレメトリ・システムを用いた。

その結果、人間の可聴域上限をこえる成分が共存する高密度音 (FRS) を呈示した時に、そこから HFC を取り除いた低密度音 (HCS) の呈示下に比べて脳波 波パワーが増大する傾向が認められ、脳基幹部ネットワークが活性化していることが示唆された (図 2)。

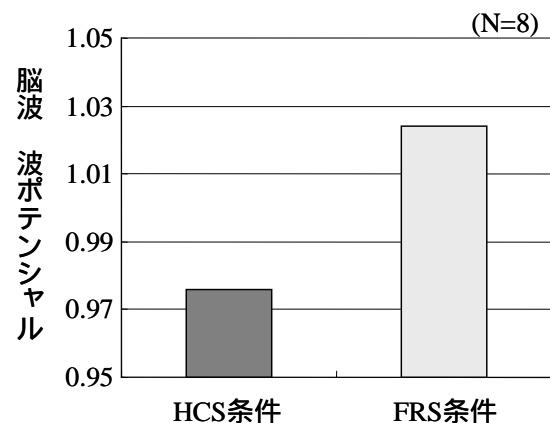


図 2

## 3. 研究成果

本研究を通じて、世界に例のないマルチ・チャンネル超広帯域音響記録物を、複数種類得ることができた。とくに、森林資源の伐採にとまらぬ、その保全が危ぶまれているボルネオ熱帯雨林の稀少な自然環境音をマル

チ・チャンネルで高忠実度に記録した音源ソフトウェアは、今後、特定の研究分野に留まらない社会的・歴史的価値をもちうると考えている。

また、音響物理構造解析の結果、これらの音響記録物が、脳基幹部ネットワークの活性化に効果を発揮する物理構造特性を具えていることが明らかになるとともに、脳波を指標とした生理学的評価実験から、実際に脳基幹部活性化効果をもつ可能性が示唆され、今後、さまざまな応用可能性の高い超高密度音源ソフトウェアとしての活用が期待される。

#### 4．今後の課題と発展

本研究を通じて得られたマルチ・チャンネル超広帯域音響記録物について、さらに詳細な音響物理解析を行い、脳基幹部ネットワークを活性化する超高密度音の音響物理構造を明らかにしていく予定である。また、マルチ・チャンネル超広帯域音響記録物の編集と、その脳基幹部ネットワーク活性化効果を検証するための評価実験を引き続き行い、人の脳基幹部ネットワークの活性化に優れた効果を発揮する音源ソフトウェアの開発を継続する。その結果、高い脳基幹部活性化効果が認められた音源ソフトウェアについては、その社会的・臨床的応用も視野にいれていきたいと考えている。

「物質・エネルギー環境」のみならず「情報環境」が人間の心身の健康と深く関わっていることが明らかになりつつも、人工性の高い情報環境と人間との適合性に関する自然科学的な検討は、例えば薬剤や合成食品などにおける検討と比べて著しく立ち遅れていることは否めない。本研究で得られた成果にもとづく今後のさらなる検討により、そうし

た情報環境対策の立ち遅れを克服し、人間にとって安全・安心・快適な情報環境構築のための方途を明らかにするための知見を得ていきたいと考えている。

#### 5．発表論文リスト

Structural Analysis of Musical Instrumental Sounds Based on a Biological Concept of Music, Nishina, E., Morimoto, M., Yagi R., Kawai, N., Nakamura, S., Honda, M., Maekawa, T., and Oohashi T., Proceedings of the 18<sup>th</sup> International Congress on Acoustics 2004, -55-58, 2004.

Transcultural study on frequency and fluctuation structure of singing voices, Morimoto M., Nishina, E., Yagi, R., Kawai, N., Nakamura, S., Honda, M., Maekawa, T., and Oohashi, T., Proceedings of the 18<sup>th</sup> International Congress on Acoustics 2004, -493-494, 2004.

Functional neuronal network subserving the hypersonic effect, Honda, M., Nakamura, S., Yagi, R., Morimoto M., Maekawa, T., Nishina, E., Kawai, N., and Oohashi, T., Proceedings of the 18<sup>th</sup> International Congress on Acoustics 2004, -1751-1754, 2004.

The role of biological system other than auditory air-conduction in the emergence of the hypersonic effect, Oohashi T., Kawai N., Nishina E., Honda M., Yagi R., Nakamura S., Morimoto M., Maekawa T., Yonekura Y., Shibasaki H., Brain Research, 1073-1074: 339-347, 2006.