

超高密度メディア視聴覚情報が脳深部活性に及ぼす影響の検討

Effect of audio-visual information through high definition media on the activity of deep brain structure

研究代表者 ATR人間情報科学研究所 招聘研究員 大橋 力
ATR Human Information Science Research Laboratories
Invited Researcher, Tsutomu OOHASHI

和文アブストラクト

本研究では、超高密度メディアによって呈示される映像音響情報のなかでも特に聴覚情報に着目して、その高密度複雑性成分が脳深部を活性化するメカニズムについて総合的な検討をおこなった。その結果、可聴域をこえる超高周波成分は、脳内の情動系あるいは感性系の神経ネットワークに作用し、快適性の増進や刺激受容行動の促進といったポジティブな心理的行動的效果を発揮することを明らかにした。さらに超高周波成分の信号強度と発揮される効果の間には、何らかの非線形な構造が存在することが示された。これらの成果は、次世代メディアの発展方向を模索する上で、有用な情報を提供するものと期待される。

Abstract

We have studied the neuronal mechanism of the hypersonic effect, that is audio-visual information with high-density and complex structure activated deep-brain structure, using multidisciplinary approach. We revealed that the inaudible high-frequency component of sounds activates reward-generating neuronal circuit, and thus introduces positive psychological and behavioral effects. In addition, such effects did not linearly increase as the intensity of the high-frequency component increased. These findings may provide useful information for the development of multimedia technology in the next generation.

1. 研究目的

メディアによって提供される人工的な視聴覚情報は、技術的あるいは経済的な制約により、人類が進化の過程で慣れ親しんできた自然環境のもつ極めて高密度複雑性の視聴覚信号情

報を、さまざまな度合いで切り捨て単純化することによってつくられることが一般的である。その結果、「ポケモン事件」で典型的にみられるように、自然の環境情報から大きく離れた信号構造をもつ人工的な視聴覚情報が、人間にさ

まざまな負の影響をおよぼす危険性が無視できないものになりつつある。今後、高速大容量通信技術や高密度映像音響記録再生技術に支えられたメディアの発展していくべき方向性を探る上で、人間と適合性の高い視聴覚情報を明らかにし科学的裏付けをもった指針をもつことが重要と考えられる。

こうした問題意識のもと、私たちは先に、可聴域上限をこえ非定常な超高周波成分を豊富に含む音が、脳深部を活性化するとともに快適性を向上させ、刺激受容行動を促進する効果をもつことを発見し、ハイパーソニック・エフェクト (HSE) として報告してきた。またフラクタル構造をもち視力限界をこえる超高精細視覚情報が、脳深部の活性と平行する脳波アルファ波を増強することを明らかにした。

本研究では、意識で明示的に捉えることが難しいがゆえに従来型メディアで捨象されることの多かった顕著な高密度性、複雑性、変容性の信号成分を豊富に含んだ視聴覚情報が人間に及ぼす影響について、多次元指標をもちいた総合的検討をおこなうことを目的とする。

2. 研究経過

2.1 実験系の確立

HSE を確実に誘起する実験系を確立するために、熱帯雨林の自然環境音、様々な民族楽器音、人間の音楽音声、電子楽器音、金属撥音など、可聴域上限を超える超高周波成分を豊富に含むさまざまな音源を超広帯域収録してパッケージ化し、多種類の実験に供することを可能にした。また高速標本化1ビット量子化音響信号記録方式を基本として、量子化ノイズを低減させるための改良をくわえた方式をもちいて、上

限が 100kHz を超える超広帯域の周波数特性を安定して確保するシステムを開発した。これらを用いてバイチャンネル再生系を構成し、生理的評価、心理的評価、行動的評価に使用可能なシステムを確立した (図1)。

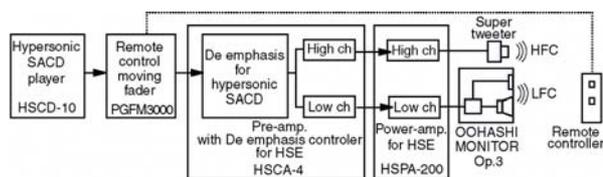


図1 実験系のブロックダイアグラム

2.2 音響信号の物理構造特性の分析

非定常成分を含んだ様々な音響信号の特性を解析するために、最大エントロピー・スペクトルアレイ法を開発した。この手法は、まず音信号の時系列データを高速サンプリングにより A/D 変換した後、多数の短い時間領域に分割してスペクトルを求め、3次元アレイ状に配列し、その変化を視覚的に精密観察可能にするものである。スペクトル同定に最大エントロピー法を使用することにより、きわめて短い時間領域から、安定したスペクトルを得ることができる。これによって、これまで広く用いられてきた高速フーリエ変換法と比較して、マイクロな時間領域で複雑に変容する音信号の視覚化を飛躍的に高い解像度で行うことが可能になった。

2.3 HSE 発現を担う神経ネットワークの同定

脳全体を対象として高い空間解像度で断層画像化することが可能なポジトロン断層撮像法をもちいて、超高周波成分を豊富に含む音を聴くとき、同じ音から超高周波成分のみを取り除いた音を聴くとき、暗騒音のみのベースラインの3つの条件で脳血流を測定した。得られたデータについて主成分分析を応用したネットワーク解析を適用することにより、互いに相関

して変化する時空間パターンを抽出し、HSE の発生にかかわる神経ネットワークの全体像の描出を試みた。

2.4 超高周波成分の信号強度の違いによる生理・心理・行動反応の検討

HSE をメディア視聴覚情報環境の改善に応用する場合に重要性の高い検討課題のひとつとして、可聴域上限をこえる超高周波成分のパワーを変化させて呈示した場合の影響があげられる。そこで、超高周波成分を豊富に含む音源を、原音のまま呈示する条件、22kHz 以下の可聴域成分を一定にして超高周波成分のみをプリアンプで 6dB と 12dB との 2 段階に増強して再生する呈示条件を設定して検討した (図 2)。

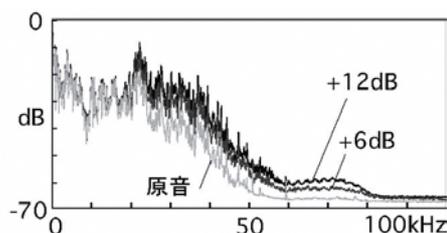


図2 呈示試料のパワースペクトル

これら 3 つの条件下で、被験者にもっとも快適な音量レベルを設定させる最適音量調整法をもちいた行動的評価、質問紙による心理的評価、脳波アルファ波をもちいた生理的評価を実施した。

2.5 磁気共鳴機能画像法をもちいた視聴覚メディア評価法の開発

磁気共鳴機能画像法は、脳全体を対象として高い空間解像度と時間分解能で神経活動を観察することが可能である。しかしその一方で、高レベルの騒音を発生するとともに、強い磁気を用いるために通常の映像音響呈示装置を用いることができない。そこで非磁性のセラミック振動体をもちいたヘッドフォンやリアプロ

ジェクション法を応用して、50kHz 以上の周波数特性をもった音響信号と HDTV フォーマットの映像信号を呈示するシステムの開発をおこない、パイロット実験を実施した。

3. 研究成果

3.1 環境音の信号特性

開発した最大エントロピー・スペクトルアレイ手法をもちいて、都市の屋外環境音、農村の環境音、熱帯雨林の環境音の信号構造の特性を分析した (図 3)。

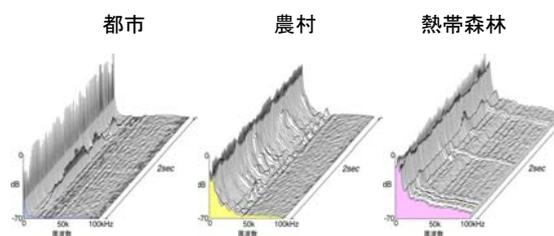


図3 環境音の分析結果

その結果、都市の屋外環境音は著しく低密度 (低周波) 領域に偏っており、またトラック通過音のような突発性の不連続な轟音以外は時間的な変化がきわめて乏しいのに対して、農村あるいは熱帯雨林の環境音は人間の可聴域上限の 20kHz を遙かに超え、農村の環境音では 50kHz、熱帯雨林の環境音では 100kHz に達し、また時間的にも連続的に豊かで複雑な変化を示すことが明らかとなった。

3.2 HSE を担う神経ネットワーク

互いに独立してふるまう 2 つのネットワークが描出された。第一は、両側の一次聴覚野を含み、可聴音が存在するときに強い活性を示す、聴覚神経系の機能ネットワークである。第二は、視床、視床下部および上部脳幹を中心として前頭前野や帯状回前部におよび、超高周波成分を含むときに最大、可聴域音のみの場合に最小の

活性を示すことから、情動系あるいは感性系のネットワークと考えられる (図5)。

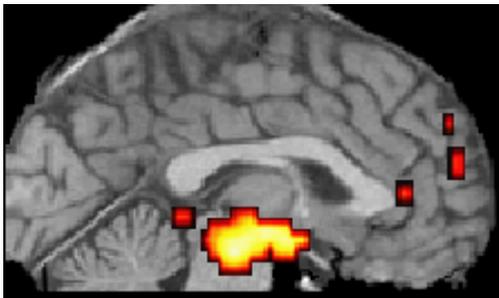


図5 HSEを担う情動系(感性系)神経ネットワーク

3.3 超高周波成分の信号強度の違いによる影響

被験者が調整した最適聴取音量の平均値を、呈示条件別に平均した結果を図6に示す。+6dBと+12dBでは原音に比べて聴取音量が有意な増大を示した。また、+6dBでは+12dBよりも聴取音量がやや増大する傾向を示した。

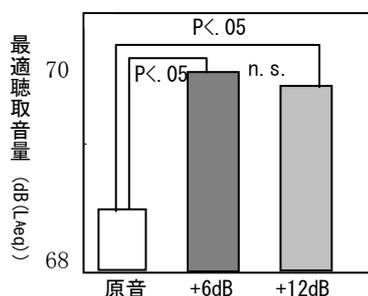


図6 超高周波成分の信号強度の違いと最適聴取音量

心理的評価では、主観的印象として、HFCを増強した音は、原音に較べて自然性に富み全体により好ましく快適な音として感受されることが、統計的有意に示された。また全体に+6dBがもっともポジティブな音として判断され、+12dBが+6dBと原音との間に位置していた。

各条件下での脳波アルファ波ポテンシャルを図7に示す。行動的評価、心理的評価と同様に、原音に較べHFCを増強した条件下ではα波パワーの増強が観察され、+6dBで最大を示した。

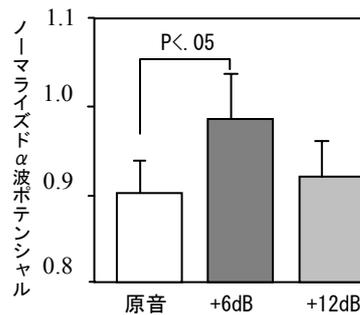


図7 超高周波成分の信号強度の違いと脳波アルファ波

4. 今後の課題と発展

本研究では、HSEを安定して確保する手法を開発するとともに、生理・心理・行動の多面的評価をもちいることにより超高密度メディアによる聴覚情報が人間の情動や感性系を司る神経系に作用することを高い信頼性のもとに示した。今後、空間解像度と時間分解能が優れた磁気共鳴機能画像法をもちいることにより視聴覚情報の協調的作用について明らかにすることをめざす。これらの成果により、超高密度メディアが人間の健康にとって安全かつ快適な方向に進むべきうえで必要な客観的指標を提供することが期待される。

5. 論文リスト

1. Yagi R et al., Auditory Display for Deep Brain Activation: Hypersonic Effect. The 8th International Conference on Auditory Display, pp. 248-253 (2002)
2. 八木ら、ハイパーソニック・サウンドの呈示条件が音の受容行動に及ぼす影響、日本音響学会春季大会論文集 721-722 (2003)
3. 本田ら、ポジトロン断層画像法によるハイパーソニック・エフェクトの神経生理学的検討、日本音響学会春季大会論文集 727-728 (2003)