

氏 名 八 木 玲 子

学位（専攻分野） 博士（学術）

学 位 記 番 号 総研大甲第714号

学位授与の日付 平成15年9月30日

学位授与の要件 文化科学研究科 メディア社会文化専攻
学位規則第4条第1項該当

学 位 論 文 題 目 可聴域上限をこえる超高周波成分の信号
強度差が音の受容反応に及ぼす影響

論 文 審 査 委 員 主 査 教授 黒須 正明
教授 大森 康宏
教授 永岡 慶三
教授 山田 恒夫
教授 佐賀 啓男
助教授 仁科 エミ
教授 中村 敏枝（大阪大学）
助教授 本田 学（岡崎国立共同研究機構生理学研究
所）

論文内容の要旨

人間の可聴域上限周波数は一般に 20kHz 以下であるため、それを超え音としては知覚できない 22kHz 以上の超高周波成分は、従来のメディア技術では事実上捨象されてきた。しかし最近、超高周波成分を豊富に含む音が人間の脳深部を活性化し、音の快適感を高めると同時に、心身との適合性を総合的に向上させる効果“ハイパーソニック・エフェクト (Hypersonic Effect=HSE)”が発見され、超可聴域成分の効果とその応用に対する学術的・技術的・社会的関心が高まりをみせている。この新規性の高い現象を対象とした本格的な研究は現在萌芽的な段階にあり、より厳密な実験環境の構築、優れた実験装置群や音源の開発、人間への影響を鋭敏に検出する信頼性の高い強力な評価方法の開発、発生機構の解明など、多くの課題を導き出している。

そこで本論文は、未知の部分が大きいこの HSE を研究対象とし、特にその応用に直結する優先性の高い課題を解決するために、超高周波成分の信号強度の違いが人間の音の受容反応に及ぼす影響を、複数の指標を用いて多元的に検討した。

研究にあたり、申請者はまず研究基盤の強化をはかり、超高周波成分に対する人間の反応を簡便かつ鋭敏にとらえうる新たな研究手法と、近年のオーディオ技術環境に適合させた複製可能な実験システムとを開発し、その有効性を検証した。続いて、この基盤の上に、HSE の応用上検討が必須であり、かつその作用機構の解明に資する知見を導くための研究課題を設定した。すなわち、人間の心身により適合性の高い音の受容環境を構築するにあたり「聴覚で音量を知覚できる可聴域成分に対して、それを知覚することのできない超高周波成分の強さ(信号強度)をどう設定すべきか」という問題に関する知見を得ることを目的とし、超高周波成分の信号強度を変化させた場合に現れる呈示音に対する受容応答を、複数の指標を用いて検討した。その結果、超高周波成分の信号強度の変化にとまって HSE の発現状態に明らかな変化が現れることを見出した。あわせて、可聴域成分と超高周波成分との信号強度比に何らかの最適領域が存在する可能性を示唆する傾向が、複数の指標上に共通して認められることを明らかにした。

本論文は、以下の全 7 章から構成される。

第 1 章では、この研究の背景、目的、対象を述べた。まず、電子メディアが人間に及ぼす影響について、近年、社会的に注目されているふたつの側面、すなわち、心身への侵害的な影響を誘起しうるネガティブな面と、心身との適合性を向上させうるポジティブな効果との両面がありうることを示した。そして、後者のポジティブな効果に注目し、具体的な対象として HSE をとりあげる理由を述べた。さらに、従来の研究手法と、この研究で新たに開発した手法とを組み合わせさせた評価実験により、超高周波成分が人間に及ぼす影響について、応用を視野にいたしたより総合的な知見を得ることを目的に設定した。

第 2 章では、超高周波成分が人間に及ぼす影響に関する関連研究および芸術・技術領域の動向を概観した。先行諸研究とそれらにより得られた結果について検討を加えると同時に、HSE 研究の動機を形成し、近年の音響メディア環境の高密度化を導いてきた芸術・技術領域における流れを示した。

第 3 章では、本研究で開発した、超高周波成分が人間に及ぼす影響の行動学的評価方法について述べた。まず、HSE の応用にあって必要となる探索的研究に良好に対応する簡便な手法として、非言語的受容反応を指標とした行動学的評価法の応用可能性を指摘した。ついで、複数の指標、呈示装置、呈示試料、呈示条件、手続きについて検討を重ね、HSE を再現性よく安定して検出することのできる手法を開発した。この評価手法は、今後、HSE の探索的研究だけでなく、知覚と非知覚、意識と無意識との境界に位置する微妙な感性反応を検出するための簡便な実験手法として応用可能性が高く、幅広い有効性を発揮するものと考えられる。

第 4 章では、開発した HSE の行動学的評価実験に良好に機能する超高密度音響呈示システムの開発について述べた。仕様の策定、基本設計、試作、評価、製造の工程を経て、100kHz をこえる超高周波成分を高忠実度で再生可能な音響呈示システムが構築されたことを示した。最先端のオーディオ技術を駆使した複製可能なこのシステムは、従来の実験システムよりも簡潔で実用性が高く、HSE 関連の研究領域で待望されている

ものであり、未知の部分の多いこの現象の解明に寄与するものと期待される。さらにこのシステムに適合した超高周波成分を豊富に含む音源を地球規模で収集し、実用可能にした。

第5章では、超高密度音響呈示システムの有効性を検証した。開発したシステムを用いて、呈示装置、呈示音源、被験者とも厳密に統制された同一の条件下で、音の受容行動を指標とした行動学的評価、主観的印象を指標とした心理学的評価、脳波を指標とした生理学的評価という三種の指標を複合したHSEの評価を初めて実現した。その結果、すべての指標上でHSEの発生が有意に認められ、開発したシステムがHSEの関連実験に良好に対応することが検証された。また、本研究で新たな評価指標として設定した行動的応答が、心理・生理両反応の統合出力の指標として有効性を発揮する可能性が示された。

第6章では、超高周波分の信号強度の差が音の受容反応に及ぼす影響の評価を行った。この新しいテーマの検討にあたり、第5章同様3つの指標を組み合わせた多面的な評価の枠組みを構築し、できる限り包括的な理解を得ることをめざした。これらの検討の結果、超高周波成分の信号強度差が音の受容反応に及ぼす影響について新たな知見を得た。すなわち、超高周波成分を電子的に増強した音が、原音に較べて被験者の刺激受容行動を促進させると同時に、音の好ましき、快適性を高める作用をもつこと、脳波 α 波を増大させる効果をもつことを、いずれも統計的有意に見出した。また、この増強効果は超高周波成分をある程度以上増強すると頭打ちないし低減傾向を示すことを、複数の指標上で共通に見出した。これらの知見は、メディア音響情報と人間の心身との適合性を向上させる上で超高周波成分を増強することの有効性を示唆している。加えて、呈示条件とこれらの作用の発現状態との関係から、超高周波成分の効果が何らかの非線形的な特性を有し、可聴域成分と超高周波成分との信号強度比に最適領域が存在する可能性を指摘した。これらの結果は、HSEの応用上有効な知見として、また超高周波成分の作用機構を解明する材料として注目される。

第7章では、以上の研究の成果を整理し、今後の展望を述べた。また、一連の実験結果と、関連する知見とにもとづいて、超高周波成分が音の受容反応に及ぼす影響の発生機構について考察を加え、HSEの発生に何らかの非線形な応答特性を有するモジュレーション型神経ネットワークの関与を想定するモデルを提出した。

この研究の成果は、人間の心身との適合性の高いメディア情報環境の構築に寄与し、メディア社会文化の将来に少なからず貢献するものと期待される。

論文の審査結果の要旨

本論文は、電子メディアが供給する音響情報と人間の情報処理との関係解明を主目的にしている。すなわち、超高周波空気振動の効果を行動・心理・生理の3側面から計測評価する具体的方法論および実験システムを著者自らが開発するとともに、それらを用いた実証的研究により、応用上の有効性を伴う新規な知見を得たことを報告したものである。

人間の可聴域上限は20kHzを超えないとして、音として知覚できない22kHz以上の超高周波成分は、従来のメディア技術では事実上捨象されてきた。しかし最近、超高周波成分を豊富に含む音が人間の脳深部を活性化し、音の快適感を高めると同時に、心身との適合性を全般的に向上させる“ハイパーソニック・エフェクト”が発見され、超高周波成分の効果とその応用に対する学術的・技術的・社会的関心が高まっている。ただし新規性の高いこの現象に関する研究は未だ萌芽段階にあり、より厳密な実験環境の構築や優れた実験装置群・音源の開発、人間への影響を鋭敏に検出する強力な評価手法の開発、発生機構の解明等、多くの課題が存在している(第1章、第2章)。

そこで本論文は未知の部分が大きいこの現象を研究対象とし、まず、超高周波成分に対する人間の反応を簡便・鋭敏にとらえうる新たな独創的研究手法として、音量調整行動を指標とする行動学的評価法を開発し、主観的印象を指標とする心理学的評価、脳波を指標とする生理学的評価との高い整合性を見出した(第3章)。次に、この研究領域で待望されている、100kHzをこえる超高周波成分を高い忠実度で再生可能な超高密度音響呈示システムを開発するとともに、脳活性化効果の高い音源を人間生態学的な視点に立って国内外で収集し(第4章)、あわせてそれらの有効性を検証した(第5章)。

そのうえで、人間の心身に適合性の高いメディア環境の構築にあたり「聴覚で音量を知覚できる可聴域成分に対して、知覚できない超高周波成分の強さ(信号強度)はどう設定すべきか」という超高周波成分の応用において必須な問題を取り上げ、超高周波成分の信号強度を変化させた場合の音の受容応答を行動・心理・生理の3指標を用いて検討した。その結果、超高周波成分を電子的に増強した音が、原音に較べて被験者の刺激受容行動を促進させると同時に、音の好ましさ・快適性を高める作用をもつこと、および脳波(α 波)を増大させる効果をもつことを統計的に有意に見出した。また、この増強効果は超高周波成分をある程度以上増強すると頭打ちないし低減傾向を示すことを発見し、超高周波成分の効果が何らかの非線形的な特性を有し、可聴域成分と超高周波成分との信号強度比に最適領域が存在する可能性を指摘した(第6章)。さらに、一連の実験結果と関連する知見ともとづき、超高周波成分が音の受容反応に及ぼす影響の発生機構について考察を加え、非線形的な応答特性をもつ神経ネットワークの関与を想定するモデルを提出した(第7章)。

本論文は、人間に適合したメディア情報環境を開発する方法論を構築するとともに、その有効性を示す実証的研究を成し遂げた点がまず注目される。特に刺激受容行動の促進作用に着目した実験パラダイムは、人間行動学、人類学等に新たな研究分野を萌芽させる上でも意義深い。また、研究結果は応用的意義に富んでおり、今後の研究開発への直接的波及効果が予測される。将来的には、超高周波成分が極度に少ない環境で生活する人々の受容反応の研究等、文化と行動の本質に迫る基礎研究や、メディア規格の策定等の応用領域にも貢献するものと期待される。実験は精緻を極めたものであり、その実行と、準備段階での大規模な実験システムの開発を同一人が極めて短い期間に成し遂げていることは、高い研究能力の証左に他ならない。さらに本論文は、知覚・意識の領域と非知覚・無意識の領

域とを架橋する点において、理工系の技術開発と社会・文化的洞察との両側面を結びつける成果をあげていることが注目に値する。本格的な高度情報社会への移行を技術が先導するという万人にとって未経験の社会的潮流を、電子技術の側からは無視されがちな人間・コミュニケーションの視点からとらえ、社会・文化の進むべき方向性と将来的ビジョンへの示唆を与えるものとして、本論文の成果の持つ意義は大きい。

以上によって、本論文は、学位を授与するに値すると認める。