

審査の結果の要旨

氏名 福島 亜理子

メディア技術を人間の感覚感性とりわけ脳との適合性の観点から評価し適切な知見を提供することは、ますます重要になっている。特に音響メディア領域では、広帯域高品位のいわゆる“ハイレゾ”音源の配信の急速な進展・普及に伴い、多様な規格方式が並立し、客観性の高い生理的評価の本格的な適用と新たな知見の提出が求められている。

本論文は、広帯域音響規格実用化の学術的根拠となった知見、すなわち、可聴周波数上限（20 kHz）をこえ複雑に変化する超高周波成分がある種の可聴周波数成分と共存すると、人間の間脳・中脳を含む脳深部及びそこから脳全体に投射する神経ネットワークが活性化して心身が賦活される現象〈ハイパーソニック・エフェクト〉に注目している。そして、先行研究では超高周波成分の有無による生理的・心理的反応の相違が主に検討されてきたのに対し、超高周波成分の周波数と脳活動との関係について脳波を指標として詳細に検討している。

第1章「序論」では、本研究の着想に至った背景と研究の目的、論文の構成を述べている。ハイパーソニック・エフェクトが音質向上に限らず心身両面での多岐にわたるポジティブな効果を含み、芸術領域から医療・公衆衛生に及ぶ幅広い応用が期待される一方、呈示される超高周波成分の周波数と現象発現との関連という応用に必須な検討が未着手であることを指摘した。そして、この効果が周波数依存性を持ち、それを発現させる作用のより強い、またはより弱い、さらには負的作用をもつような特定周波数帯域が存在するかどうか、存在するとしたらその周波数と作用の度合いはどれほどかについて、音楽を試料として帯域を細かく分割し、脳波を評価指標として検討する本研究の意義目的を述べている。

第2章「関連領域の動向と先行研究」では、デジタル音響メディアの進展に呼応して行われてきた、超高周波成分が人間の感覚感性に及ぼす影響についての先行研究を整理し、本研究の位置付けを明らかにした。特に、主観的・心理学的音質評価実験に依拠した従来の知見に対し、生理学的評価指標の導入がもたらしたブレイクスルーに焦点を当てている。

第3章「脳活動に影響を及ぼす超高周波成分の特性について」では、研究対象である超高周波成分の諸特性とハイパーソニック・エフェクト発現との関係について、自然性の高い音源と人工的音源との信号構造の比較など、関連研究によって見出されている既知の知見を整理し、そこから導かれた本研究が取り組むべき課題と方略について述べている。

第4章「超高周波成分の周波数が脳活動に及ぼす影響を検討する実験手法の構築」では、本研究に必須でありながらこれまで実現していなかった、100 kHz を上回る超高周波成分を含む広帯域音源の収録、周波数可変音呈示システムの構築、感性反応の鋭敏な検出を実現する脳波計測分析手法の整備など、実験手法の構築について述べている。

第5章「超高周波成分の周波数が脳活動に及ぼす影響を検討する実験」では、3つの実験について述べている。第1の実験では、本研究のために開発した音源、呈示システム、評価手法を用いて、脳波を指標としてハイパーソニック・エフェクトの再現を確認している。第2の実験では、16 kHz 以上の超高周波成分を 48 kHz を境界として2分割し、16 kHz までの[可聴音]のみを呈示したコントロール条件に比較して 48 kHz 以上の帯域成分を共存させた条件が $\alpha 2$ ポテンシャルをより高め、48kHz 以下の成分を共存させた条件が $\alpha 2$ ポテンシャルをわずかながら低下させるという結果を見出している。第3の実験では、16 kHz 以上の超高周波帯域をおよそ 8 kHz 帯域ごとの 12 帯域に分割し、各帯域の超高周波成分を[可聴音]と同時に呈示する 12 条件それぞれを、[可聴音]のみのコントロール条件と比較している。この 12 セットの実験の結果、 $\alpha 2$ ポテンシャルは、周波数に応じて連続的に増減し、32-40 kHz 近辺よりも低い周波数帯域成分を共存させた時にはコントロール条件よりも減少し、それよりも高い帯域成分を共存させた時には周波数に対応して増大するという結果を見出している。また、80 - 88 kHz の帯域成分、および、88 - 96 kHz の帯域成分を付加した実験では、コントロール条件よりも $\alpha 2$ ポテンシャルが統計的有意に増大し、24 - 32 kHz 帯域成分を付加した実験では統計的有意に低下するという結果を見出している。

第6章「考察」では、先行研究における 26 kHz 以下の音楽の呈示条件下で得られた、間脳・中脳の領域脳血流および脳波 α 波がともに暗騒音条件よりも低下したという結果と、本研究で得られた結果との比較による解釈や、自発脳波の感覚感性反応の指標としての有効性と限界、メディア技術の生理的評価の意義について論じている。

第7章「結論」では本研究の成果をまとめ、異なる音源や他の評価指標を用いる検討など今後の課題と、コンテンツやシステム開発への応用などの展望を述べている。

筆者によって得られた実証的知見、すなわち、超高周波成分と可聴音との共存が脳活動に及ぼす影響は超高周波成分の周波数帯域に依存し、32-40 kHz 近辺よりも低い帯域成分の共存は脳波 $\alpha 2$ ポテンシャルを低下させ、それよりも高い帯域成分の共存は周波数に対応してさまざまな値に増大し 80 - 96 kHz 近辺で最大となるという知見は、いずれも新規性の高い知見である。音響再生システムやコンテンツ規格を、脳との適合性という観点から生理的客観的に評価する意義を具体的に示したもので、成果の応用も期待される。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。