

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

フリガナ 氏名 (姓、名)	コウ イクテイ GENG Yuting	授与番号 甲 1593 号
学位の種類	博士(工学)	授与年月日 2022 年 3 月 31 日
学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項該当者 [学位規則第 4 条第 1 項]	
博士論文の題名	Sound Quality Improvement and Directivity Control for Parametric Array Loudspeaker (パラメトリックスピーカにおける音質改善および指向性制御)	
審査委員	(主査) 西浦 敬信 (立命館大学情報理工学部教授)	谷口 忠大 (立命館大学情報理工学部教授)
	山下 洋一 (立命館大学情報理工学部教授)	中山 雅人 (大阪産業大学デザイン工学部准教授)
論文内容の要旨	<p>本論文は、超音波を活用したスピーカシステムであるパラメトリックスピーカに着目し、その音質改善と指向性制御法について記述されている。第 1 章にて研究背景および目的、第 2 章にて従来研究の動向、第 3 章にてマルチウェイ構造による音質改善の提案、第 4 章にてオーバーブースト時のひずみ改善による高音質化と大音圧化の提案、第 5 章にて位相反転制御に基づく急峻な超指向特性の提案、最後に第 6 章にてまとめと今後の課題を示しており、全 6 章にて構成されている。</p> <p>パラメトリックスピーカは超音波を可聴音に変調し、空気中に大音圧にて放射することで、空気の重さや粘性によりパラメトリック効果が生じ、可聴音が空気中にて復調するという仕組みである。高い直進性を持つ超音波を利用するため、特定の方向にのみ音を伝達できるという画期的なスピーカシステムであるが、低域再生性能の改善（平坦な周波数特性の実現）および指向特性のさらなる急峻化が課題であった。</p> <p>そこで本論文では、一般的な動電形スピーカにて採用されているマルチウェイ構造の考え方をパラメトリックスピーカ (PAL) にも取り入れ、1 台の PAL を Woofer PAL (低域再生用) と Tweeter PAL (中高域再生用) にて構成し、さらに低域再生音を強調するために高調波歪みを有効活用する手法も取り入れることで、低域再生性能の改善手法を考案した。一方で、低域再生性能を改善し平坦な周波数特性を追求すると全体的な可聴音の音圧低下が懸念され、その対策として印加電圧を上げるなどオーバーブーストが必要不可欠となるが、併せて非線形ひずみが増加し新たな問題となる。この問題の解決に向けて、復調信号のひずみを考慮して変調信号を事前設計することで、復調時の大音圧化と高音質化の両立を目指した。最後に PAL 最端部から放射する変調信号の位相特性を反転し、放射特性における音響ビームのエッジ部でのパラメトリック効果を部分的に弱めることで、急峻な超指向特性を実現する手法も考案し、各々の有効性を評価実験により確認した。</p>	

<p>論文審査の結果の要旨</p>	<p>本論文では、PALの音質と指向特性の改善に着目して研究を推進し、その有効性を評価実験により確認した。これまでPALの音質改善に向けて多数の取り組みが提案されているが、低域専用PALを用いたマルチウェイ構造に関する試みは例がなく、実用化という観点からも注目度の高い研究といえる。また、PALのオーバースト時の非線形ひずみ補償についても、高音質と大音圧の両立という観点において非常に重要な研究といえる。最後にPALの指向特性の急峻化に向けて、PAL最端部から放射する信号のみ位相反転し指向特性を高める技術は、非常に単純な手法にも関わらず有効性が非常に高く、今後新しい研究トレンドとなりうる可能性を秘めている。</p> <p>特に本論文では、技術提案に留まらず理論構築から実環境における評価実験まで行っており、学術的にも高く評価できる。また、PALの音質に関してはまだ一般的な動電形スピーカには及ばないものの、従来のスピーカでは成し得なかった超指向性の更なる急峻化を達成しており、電気音響分野で古くから研究されてきた非線形音響技術に対して超音波の性質や特性を積極的に活用することで、新しい音響再生システムの可能性を見出した。さらに本論文では、実用化についても一定の道筋を立てることに成功しており、特に音情報処理分野に多大な貢献をしたと高く評価できる。</p> <p>本論文の公聴会は、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者に対する口頭試問を行った。</p> <p>以上により、審査委員会は一致して、本論文は本研究科の博士学位論文審査基準を満たしており、博士学位を授与するに相応しいものと判断した。</p>
<p>試験または学力確認の結果の要旨</p>	<p>本論文の審査に関して、2022年2月7日(月)9時30分～10時30分に公聴会をオンライン(zoom)にて開催し、学位申請者による論文要旨の説明後、審査委員は学位申請者に対する口頭試問を行った。審査委員および公聴会参加者より、マルチウェイ構造の効果、PAL指向特性内外の音質、PALの環境依存性、PALの形状、PALの周波数特性の平坦化、PAL指向性制御の仕組み、主観的な音質評価に対する考察、Woofers PALの音圧増大の仕組み、音楽コンテンツへの応用、他音響デバイスに対する優位性、などについて質問がなされたが、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。主査および副査は、公聴会の質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい能力を有することを確認した。また、学位申請者は国際的に高く評価される研究を行っており、学術雑誌論文2編(すべて筆頭)、国際会議論文5編(すべて筆頭)を発表しただけでなく、難易度の高い国際学術雑誌論文(IF: 2.639)にも採択されたことから、「優れた研究業績に該当する」ことを確認し、博士課程後期課程2年在学での学位審査申請が適当と判断した。</p> <p>以上の諸点を総合し、審査委員会は、本学学位規程第18条第1項に基づいて、学位申請者に対し「博士(工学 立命館大学)」の学位を授与することが適当であると判断する。</p>