

## 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<br>氏名 (姓、名) | サイ セイカイ<br>CAI Chengkai   | 授与番号 甲 1719 号            |
| 学位の種類            | 博士(工学)  | 授与年月日<br>2023 年 9 月 25 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          | 光レーザーマイクロホンを用いた音声強調システムに関する研究   |                          |
| 審査委員             | (主査) 西浦 敬信<br>(立命館大学情報理工学部教授)   | 山下 洋一<br>(立命館大学情報理工学部教授) |
|                  | 谷口 忠大<br>(立命館大学情報理工学部教授)  |                          |
| 論文内容の要旨          | <p>本論文は、レーザー光を活用した新しいマイクロホンシステムである光レーザーマイクロホンに着目し、その受音性能の改善および目的音声信号の強調手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 章にて光レーザーマイクロホンを用いた信号受音の仕組みと課題、第 3 章にて被照射物体既知条件における音声強調手法の提案、第 4 章にて被照射物体未知条件における音声強調手法の提案、最後に第 5 章にてまとめと今後の課題を示しており、全 5 章にて構成されている。</p> <p>音波は物体を振動させる力を持つ。一般的な気伝導マイクロホンは音波の発生に伴う空気(気体)の振動を検知するのに対して、本論文にて扱う光レーザーマイクロホンは音波の発生に伴う固形物の振動に着目した上で、固形物(被照射物体)にレーザー光を照射しその干渉を観測することで音波に変換する仕組みである。遠方音であっても音波を獲得できる一方で、音質は被照射物体の振動特性に強く依存する。さらに被照射物体の表面形状によっては、レーザー光の干渉観測に雑音が混入することから、光レーザーマイクロホンのための獲得音源の強調手法の開発が課題となっていた。</p> <p>そこで本論文では、対象音源を音声に限定した上で、深層学習を利用した光レーザーマイクロホンのための音声強調手法を提案した。特に特定の被照射物体に対して、スペクトルと時間波形の各々に基づく二段階処理深層学習手法を考案した。スペクトルに基づく手法では、パワーと位相の両スペクトル各々を復元する手法を提案した一方で、時間波形に基づく手法では、観測音声の低域および高域の歪みの差異に着目し、観測音声とクリーン音声の低域成分を学習し、二段階処理深層学習法にて最初に低域成分を強調した上で、復元した低域成分に基づき高域成分を推定する手法を考案し、限定的な被照射物体(ペットボトルのみ)ではあるものの、その有効性を客観評価実験により確認した。さらに未知の被照射物体に対しては、パワースペクトルのフレーム差分を利用して、獲得音声の包絡特性を補正・復元し、さらに補正・復元した包絡特性を基に位相スペクトルも復元することで、未知の被照射物体に対しても頑健なシステムを構築した。</p> |                          |

|                        |  |
|------------------------|--|
| <p>論文審査の結果の要旨</p>      | <p>本論文では、光レーザーマイクロホンによる音声獲得時の性能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。光レーザーマイクロホンはレーザー光を振動物体に照射して、振動を検知し音波に変える仕組みであるが、音質は被照射物体の振動特性に強く依存することから、獲得音波の強調や復元が必要不可欠となっていた。この問題に対して学位申請者は、対象音源を音声に限定した上で、被照射物体の振動特性に着目し、被照射物体が既知（特定）/未知の条件に分けて各々音声強調・復元手法を提案した。</p> <p>特定の被照射物体に対しては、スペクトルと時間波形の各々に基づく二段階処理深層学習手法を考案し、限定的な被照射物体（ペットボトルのみ）ではあるものの、その有効性を客観評価実験により確認した。さらに未知の被照射物体に対しては、被照射物体の振動特性の平坦化に向けて、パワースペクトルのフレーム差分に基づき獲得音声の包絡特性を補正・復元した上で、さらに補正・復元した包絡特性を基に位相スペクトルも復元することで、未知の被照射物体に対しても頑健な音声強調システムを構築した。</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、光レーザーマイクロホンを用いた獲得音声の音質に関してはまだ一般的なマイクロホンには及ばないものの、電気音響分野で古くから研究されてきた気伝導による音波のセンシング技術ではなく、物体の振動に着目した上で、光の干渉を使って振動をセンシングし音波に変換する技術は、今後大きな可能性を秘める基盤研究にもなりえる。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があったと高く評価できる。</p> <p>本論文の公聴会では、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、2023年7月31日（月曜日）11時00分から12時00分に公聴会を立命館大学びわこ・くさつキャンパスクリエーションコア5F画像・音メディアコース会議室にて開催し、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、未知条件にて提案手法が効果を発揮する理由、ピッチ抽出精度・手法、ピッチ抽出失敗時の音質、従来法として声質変換手法などと比較しない理由、レーザー計測時の環境ノイズの混入、被照射物体の識別手法、音声復元モデル数と mismatches モデルを用いた性能、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。</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>   |