

## 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。

○氏名	福井 勝宏 (ふくい まさひろ)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	乙 第 564 号
○授与年月日	2018 年 12 月 14 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 2 項 学位規則第 4 条第 2 項
○学位論文の題名	<b>Acoustic Echo Control for Improving Double-Talk Performance</b> (同時通話性能を改善するための音響エコー制御)
○審査委員	(主査) 山下 洋一 (立命館大学情報理工学部 教授) 西浦 敬信 (立命館大学情報理工学部 教授) 陳 延偉 (立命館大学情報理工学部 教授)

### <論文の内容の要旨>

テレビ会議で行われるような遠隔地との音声通話では、スピーカーから再生された遠隔話者の音声がマイクで集音され遠隔地へ折り返して転送される音響エコーの現象を取り除くことが非常に重要である。スピーカーから再生される音声が既知であるとする、スピーカーからマイクへの伝達関数を求めることで原理的には音響エコーを取り除くことができるが、伝達関数あるいは音響エコースペクトルの正確な推定は容易ではなく、遠隔話者と近接話者が同時に発声する同時通話の状況ではより困難となる。本論文では、同時通話においても音響エコーを精度良く制御する手法とその応用について述べている。

本論文は、第 1 章で研究の背景や意義を述べた後、音響エコー制御の精度を向上させる手法として、第 2 章では音響エコー経路の時間変化に対応する手法、第 3 章では遠隔話者音声と近接話者音声との相関を考慮する手法、第 4 章では残響時間が長い環境での手法について述べている。さらに、これらの音響エコー制御手法を組み込んだ実装例として、第 5 章では広帯域音声のビデオ会議システム、第 6 章および第 7 章ではインターネット上の音声通信 (VoIP: Voice over Internet Protocol) を利用したモバイル端末およびテレビ電話システムについて述べ、第 8 章で結論をまとめている。

本論文は大きく分けて、音響エコー制御の精度を向上させる新しい手法の提案と音響エコー制御を実装した応用システムの開発から構成されている。具体的には、音響エコー経路が時間的に変化した場合でも伝達関数を頑健に推定できる手法、ウィーナフィルタ法の最小平均二乗解を求めることによって遠隔話者音声と近接話者音声の相関を考慮する手法、

高速フーリエ変換のデータ長を超える後部残響成分を推定することによって長い残響時間の環境で音響エコー制御を行う手法を提案し、精度が改善されることを示している。さらに、ビデオ会議システムと組み合わせて利用する音響エコー制御を実装した装置の開発、モバイル端末用の VoIP ハンズフリー電話アプリケーションの開発、雑音削減に加えて音響エコー制御を組み込んだテレビ電話システムの開発について述べており、提案した音響エコー制御手法の実現可能性と有効性を示している。

#### <論文審査の結果の要旨>

本論文は、音響エコーを制御する新しい手法を提案するとともに、提案する音響エコー制御を組み込んだ実用的なシステム開発を行っている点に特徴がある。

また、本論文は以下の点で高く評価できる。

- (1) 遠隔地との音声通話においては、遠隔話者と近接話者が同時に発声する同時通話が少なからず発生する。スピーカーからマイクへの伝達関数を求めることがより困難である同時通話を想定して 3 つの新しい音響エコー制御手法を提案している。
- (2) 音響エコー経路が時間とともに変化する状況において、音響エコー経路の伝達関数における振幅特性を精度良く推定する手法を提案し、既存の手法よりも推定精度が向上することを示している。
- (3) 遠隔話者音声と近接話者音声の間での短時間区間での相関を考慮して、ウィーナフィルタ法の平均二乗誤差を最小化することによって音響エコーのパワースペクトルを推定する手法を提案し、音響エコー制御による音声歪を抑制し音声の品質が向上することを示している。
- (4) 近接話者の環境に長い残響時間がある場合に、有限非負畳み込みモデルを仮定することによって高速フーリエ変換のデータ長を超える後部残響成分を推定する手法を提案し、音声歪が抑制できることを示している。
- (5) 提案した 3 つの手法を組み込んで音響エコー制御を実装した例として機器やソフトウェアを開発し、提案手法の実現可能性と応用システムでの有効性を示している。開発事例は、実社会での利用へ容易につながると考えられ、その価値は高い。

公聴会での口頭試問結果を踏まえ、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審査委員会は一致して判断した。

#### <試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の審査に関して、2018年11月1日(木)16時20分から17時20分に公聴会を開催し、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、音響エコーにおける位相の推定、演算量の増加、提案手法のハードウェア依存性、音響エコーパワースペクトル推定におけ

る評価方法、他の最新の手法との比較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。

学位申請者は、本学学位規程第 18 条第 2 項該当者であり、本学学位規程第 23 条および第 24 条に基づき、学力確認のために専門科目（データ構造とアルゴリズム、デジタル信号処理、音声情報処理）および外国語（英語）の試験を行った。試験結果を主査、副査で検討した結果、本学大学院博士課程後期課程修了者と同等以上の学力を有することを確認した。

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 2 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。