

氏名(本籍)	李 莉		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博 甲 第 9809 号		
学位授与年月日	令和 3 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	Study on audio source separation algorithms under various conditions, ranging from determined to more realistic conditions (優決定条件からより現実的な条件における音源分離アルゴリズムの研究)		
主 査	筑波大学 教授	博士(工学)	牧野 昭二
副 査	筑波大学 教授	博士(工学)	福井 和広
副 査	筑波大学 教授	博士(工学)	佐久間 淳
副 査	筑波大学 准教授	博士(工学)	山田 武志
副 査	筑波大学 社会工学専攻/NTT コミュニケーション科学基礎研究所 客員准教授	博士(工学)	亀岡 弘和

論 文 の 要 旨

人間は複雑な音響環境においても特定の音声に注意を向け、理解することができるが、雑音や干渉音の存在は発話の明瞭度や理解度を著しく低下させる。本研究では、ノイズな録音信号に含まれる目的の音声信号と非目的音声信号を分離することで、目的音声を強調する問題を取り扱っている。音源分離問題は音源とマイクロホンの数の関係性によって、優決定条件と劣決定条件に大別される。優決定条件は十分な数の観測信号が分離の手掛かりとして利用可能な良定義問題であるのに対し、シングルチャンネルを含む劣決定条件は問題を解くための情報が不足している悪定義問題である。優決定条件の手法は高い分離性能が得られて好ましい一方で、多くの場合では音源数よりマイクロホン数が多いという条件を満たすために多数のマイクロホンが必要である。そのため、実環境において適用可能なシーンが限られている。従って、より容易に条件を満たせる劣決定条件の手法が重要になる。更に、適用するデバイスやアプリケーションによってハードウェア構成、許容される計算コストや遅延が異なる。実環境において動作する手法を開発するためにそれらの制約を考慮しなければならない。本研究では、優決定条件からより現実的な条件で適用可能な手法までの音源分離手法群を提案している。

審査の要旨

【批評】

本研究では、優決定条件からより現実的な条件で適用可能な手法までの音源分離手法群を提案している。具体的には

1) 周波数領域の独立成分分析 (FDICA) に基づく優決定条件の手法を拡張し、分離性能を向上させている。FDICA の枠組における音源モデル部分の精緻化を実現するため、変分自己符号化器 (VAE) や敵対生成ネットワーク (GAN) と呼ばれる深層生成モデルを導入している。VAE を用いることでネットワーク学習と推論時に同一の最適化規準を用いることができ、GAN を用いた場合はより高精度な音源モデルが得られることが期待できる。これらの提案手法に対して、収束が保証されるパラメータ最適化アルゴリズムを提案している。更に、計算コストを削減するために、最大事後確率が得られるパラメータを近似計算する高速な最適化アルゴリズムを提案している。評価実験により、深層生成モデルを音源モデルに導入するアプローチが音源分離性能の向上に有効であることを示している。

2) 幾何的制約に基づく多チャンネル音源分離手法を提案している。提案手法として、ビームフォーミングに基づく幾何的制約と独立ベクトル分析 (IVA) の目的関数の組み合わせによって定式化され、補助関数法に基づいて収束性が保証されるパラメータ最適化アルゴリズムを導出している。更に、この提案手法をリアルタイムアプリケーションに適用するために、信号統計量の計算に自己回帰計算を適用することで、提案手法のオンライン化を実現している。評価実験により、提案した2つの手法の有効性を確認している。

3) シングルチャンネル音源分離手法は、マイク間の空間情報を利用できないため、多チャンネル手法に比べて高い分離性能の実現は困難であるが、空間特性が時変的なシーンにも適用可能で、最も幅広い場面に応用可能である。そこで、深層学習を用いない強力なシングルチャンネル音源分離手法である識別的非負値行列因子分解 (DNMF) のための基底学習アルゴリズムを提案している。提案手法は補助関数法に基づき導出された最適化アルゴリズムであるため、収束性が保証されている。評価実験により、提案手法で学習した基底行列はシングルチャンネル音源分離の性能向上に有効であることを明らかにしている。

研究の着眼点、新規性、有効性、実用性において極めて優れた研究であり、博士 (工学) の学位を受けるにふさわしい優れた論文と評価する。

【最終試験の結果】

令和3年2月10日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士 (工学) の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。