

論文内容の要旨

博士論文題目 独立成分分析に基づくリアルタイムブラインド音源
分離マイクロホンに関する研究

氏名 稗方 孝之

(論文内容の要旨)

近年、機械装置の音響診断、携帯電話、ロボット音声対話、カーナビ等、多くの音声アプリケーションにおいて、「聞きたい音」だけを瞬時に取り出したいというニーズが高まっている。これらの背景から、近年、音源分離技術の研究が盛んに行われているが、実環境における不十分な分離性能や演算量増加に伴うリアルタイム実装の困難さなどの問題が指摘されている。本論文では、上記の問題を解決するための技術提案として、高速かつ高精度なブラインド音源分離処理手法の提案およびそのリアルタイム実装に関して論じている。

まずはじめに、雑音環境下で混合音を分離し目的の音声を強調する手法として、ブラインド音源分離マイクロホンを新たに提案・開発した。本マイクロホンは単一入力・複数出力型の独立成分分析とバイナリマスク手法を組み合わせたりリアルタイム処理向けのブラインド音源分離アルゴリズムを基礎としており、本アルゴリズムを改造して汎用ハードウェア (DSP: デジタルシグナルプロセッサ) 上にリアルタイム実装している。さらに、本マイクロホンへのリアルタイム実装上の問題を詳説し、本マイクロホンの実験的評価によって、本マイクロホンの有効性を評価した。本マイクロホンの基本性能を把握するために、NRR (noise reduction rate)、CD (cepstral distortion)、PESQ MOS-LQO の 3 種類の評価値で評価し、従来法より優れた性能であることと、分離性能と歪を調整することで人間の聴覚に最も適した性能を与えることができることを確認した。次に、移動音源を用いたリアルタイム音源処理による音源分離実験を行い、従来法より優れた性能であること、さらに、分離フィルタの推定に必要なバッファサイズについて考察した。最後に、本マイクロホンの分離性能のポーラパターンを計測し、その特性を評価した。

次に、本マイクロホンをさらに現実的な環境で使えるようにするために、拡散性雑音環境下で特に有効な新しいブラインド音源抽出法を提案している。本手法は、主マイクロホンと参照マイクロホンの各組の信号を基に並列に動作する複数の周波数領域独立成分分析法、逆投影法、スペクトル減算を組み合わせで構成されている。本論文では、これら手法の詳細について述べ、さらに提案法を実マイクロホン装置に実装して評価を行った結果を述べている。本評価においては、NRR、CD、PESQ MOS-LQO の 3 評価値を用い、評価環境として、白色雑音、音楽雑音、駅雑音といった性質の異なる 3 種類の拡散性雑音環境を用いた。その結果、提案法は拡散性雑音が劣悪になるほど従来法に比べて優れた性能を発揮することが確認された。

以上より、本論文においては、ポケットサイズにまで小型化された音源分離・音源抽出マイクロホンの実用性、および新たな音声入力フロントエンドとしての可能性を大いに示すことができたと言える。

(論文審査結果の要旨)

近年、携帯電話やカーナビ等、多くの音声アプリケーションにおいて、雑音の中から目的の音声信号だけを瞬時に取り出す技術が求められている。これらの背景から、近年、音源分離技術の研究が盛んに行われているが、実環境における不十分な分離性能や演算量増加に伴うリアルタイム実装の困難さなどの問題が指摘されている。これを解決するため、本研究では、以下で述べる新規理論提案およびハードウェア実装開発を行い、その有効性を実環境データによって検証している。

(1) リアルタイム・ブラインド音源分離マイクロホン

本マイクロホンは、単一入力・複数出力型の独立成分分析とバイナリマスク手法を組み合わせたブラインド音源分離アルゴリズムを基礎とし、本アルゴリズムを改造して DSP (デジタルシグナルプロセッサ) 上にリアルタイム実装したものである。実環境における固定・移動点音源を用いた実験によって本マイクロホンの有効性を評価した結果、従来のブラインド音源分離処理手法よりも優れた分離性能および移動音源追従性能が示された。

(2) リアルタイム・ブラインド音源抽出マイクロホン

前述のマイクロホンをさらに現実的な環境で使えるようにするために、拡散性雑音環境下で特に有効な新しいブラインド音源抽出法を提案した。本手法は主マイクロホンと参照マイクロホンの各組の信号を基に並列に動作する複数の周波数領域独立成分分析法、逆投影法、スペクトル減算を組み合わせる構成されており、目的音声のみを抽出することを主たる目的としている。提案法を DSP 上に実装したマイクロホンを用いて様々な実雑音環境下にて評価実験を行った結果、提案法が従来法に比べて優れた性能を有することが示された。

以上の理論提案およびそのハードウェア実装による実用性の検証により、様々な実雑音環境下における高精度な雑音抑圧の実現およびその音声処理への応用が示された。

本研究成果は、2 編の原著論文や多数の国際・国内会議にて発表され、日本音響学会技術開発賞をはじめとする多数の学術賞を受賞した。国内外で特許として成立している。また、本研究にて開発されたマイクロホンは既に、実用化され、警察等にて採用されるに至っている。つまり、本論文の音響・音声信号処理分野への貢献は極めて大きいといえる。以上より、平成 21 年 10 月 16 日に開催した公聴会の結果も参考にして、本博士論文の審査を行い、本論文は博士論文 (工学) の学位論文として十分な価値があるものと判断した。