

論文内容の要旨

博士論文題目

Musical-Noise-Free Speech Enhancement Based on Higher-Order Statistics Pursuit

(高次統計量追跡に基づくミュージカルノイズフリー音声強調)

氏名 宮崎亮一

本論文では、ミュージカルノイズが全く発生しない新たな非線形雑音抑圧手法を提案する。従来の単一チャンネル雑音抑圧手法は、高い雑音抑圧性能を有する一方、ミュージカルノイズと呼ばれる人工的な歪みが発生し、致命的な音質劣化を引き起こすことが知られている。そこで、ミュージカルノイズ発生量の少ない高品質な雑音抑圧を達成するために、弱い非線形雑音抑圧を反復的に行う反復型スペクトル減算法が提案されている。反復型スペクトル減算法において、ミュージカルノイズが全く発生しないパラメータの存在が実験的に発見されたが、理論的には明らかにされていない。そこで、本論文では反復型スペクトル減算法におけるミュージカルノイズを全く発生させない最適なパラメータを、高次統計量に基づいて数学的に導出し、「ミュージカルノイズフリー雑音抑圧」という新たな雑音抑圧手理論として提案する。提案手法の有効性を確認するために、従来の雑音抑圧手法との比較実験を行い、提案法が総合的な音質の面で優位であることを確認した。

続いて、上記の提案法をブラインド音声抽出に拡張した手法を提案する。従来の反復型スペクトル減算法では、雑音の定常性を仮定しており、非音声区間において雑音パワースペクトル密度を推定することが可能である。対照的に、非定常な雑音を含む実環境下では、動的な雑音の推定が必要であるが、これは非常に困難である。この問題を解決するために、Takahashiらは過去において、ブラインド空間的サブトラクションアレー (Blind spatial subtraction array: BSSA) を提案している。BSSAは非定常雑音を含む実環境において、高い雑音抑圧性能を有する一方、後段の非線形処理によって多量のミュージカルノイズが発生するという問題がある。そこで、本論文では、ミュージカルノイズフリー雑音抑圧と BSSA を

組み合わせた、「反復型 BSSA」という新たなブラインド音声抽出手法を提案する。反復型 BSSA は、独立成分分析 (Independent component analysis: ICA) を用いて非定常な雑音を動的に推定するため、非定常な雑音に適用可能である。さらに、ミュージカルノイズフリー雑音抑圧に準拠しているため、処理後の信号にミュージカルノイズが発生しないことを期待できる。しかし、反復型 BSSA では反復ごとに ICA による雑音推定精度が低下し、出力信号の音声歪みが増加する問題がある。そこで、反復ごとの雑音推定精度を向上させるために、ICA にチャンネルセレクションを導入した手法、マルチチャンネルウィーナフィルタに基づく事変雑音推定器を導入した。提案法の有効性を確認するために、従来の単一チャンネル・マルチチャンネル雑音抑圧手法との比較実験を行い、提案法は総合的な音質の面で優位であることを確認した。

氏名	宮崎 亮一
----	-------

(論文審査結果の要旨)

実環境における音声アプリケーションシステムにおいて、外乱に強い信号処理を確立することは急務の課題である。特に、背景雑音の混入は目的音声の品質を著しく劣化させ、その後に接続される音声コミュニケーションシステムの最終品質を大きく左右する。上記に対し、多くの非線形雑音抑圧処理手法が提案されているが、雑音の抑圧量の増加とともに、その非線形性に起因する不快な残留雑音「ミュージカルノイズ」発生の問題があった。そこで、本論文では、この問題を解決するため、大きく下記2つの研究課題に取り組んだ。

1. ミュージカルノイズフリー音声強調法の理論構築

先行研究において、ミュージカルノイズの知覚量は残留雑音の4次統計量(カートシス)の変化と強い相関があることが示されていた。本研究ではこれに着目し、典型的な非線形雑音抑圧系であるスペクトル減算(以下SS)法におけるカートシスの変動を数理的に解析したところ、その不動点が存在することが分かった。つまり、ミュージカルノイズを一切発生させずに雑音抑圧出来るパラメータの存在が示唆された。本論文ではこれを更に拡張し、カートシスが不動となる最適パラメータを閉形式で導出した。また、それを用いた反復型SS処理を提案し、実機実験によって提案法の有効性を確認した。

2. ブラインド音源分離とミュージカルノイズフリー音声強調との融合

前記のミュージカルノイズフリー理論は、定常雑音に対しては有効であったが、非定常な雑音に関してはその妥当性が成立しない。そこで、独立成分分析に基づく動的雑音パワースペクトル密度推定処理を導入し、多チャンネル信号処理へ拡張されたミュージカルノイズフリー理論を提案した。本処理における音声歪み量を数理的に解析した結果、反復に伴い歪みが増加する現象が確認された。これを緩和するため、歪み発生の可能性の少ないチャンネルを選択するスキームを提案し、実機実験によって有効性を確認した。

以上の成果は、従来から問題とされてきた「雑音抑圧」と「聴感品質向上」のトレードオフ問題を本質的に解決するものであり、大変有効性が高い。また、非線形系における高次統計量空間のヒステリシス現象を陽に利用するなど、世界的にも類を見ない研究成果であると言える。本研究成果は、2編の学術論文、7編の国際会議論文、多数の国内会議論文として発表され、IEEE SP Society Japan Chapter Student Paper Award等、多数の賞を受賞している。以上より、平成25年12月27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)として十分な価値があるものと判断した。