

(続紙 1)

京都大学	博士 (情報学)	氏名	糸山 克寿
論文題目	Source Separation of Musical Instrument Sounds in Polyphonic Musical Audio Signal and Its Application (多重奏音楽音響信号に対する楽器音の分離とその応用)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、楽譜情報を援用して音楽演奏からすべての楽器パートを分離し、それらの音量バランスを操作する技術に関する研究をまとめたものである。多重奏音楽音響信号から楽器音を分離し、自由に楽器間音量バランスの操作を可能にするオーディオプレーヤの実現は、「高忠実再生音を聴く」という受動的音楽鑑賞ではなく、「好みの音を聴く」という能動的音楽鑑賞を普及させていく上での不可欠の技術である。本論文では、多重奏音楽音響信号の音源分離についての確率的アプローチが述べられている。</p> <p>第1章は序論で、本研究の背景として、能動的音楽鑑賞のための多重奏音楽音響信号の音源分離の研究背景について述べ、混合音を解析・分離し、楽曲中の音楽的要素を自由に操作できるオーディオプレーヤを実現するためには、楽器音の表現法の設計、多重奏音楽音響信号からの楽器音表現パラメータ推定と楽器音分離、及び、分離された楽器音を使った様々な音響的操作、を可能にする分析合成系アプローチが必要であることを述べている。</p> <p>第2章では、多重奏音楽音響信号からの音源分離とそのための信号処理に関する文献、特に、確率的アプローチについて従来研究を概観し、そこで得られた知見を基に、確率的アプローチが妥当であることを述べ、(1) 調波・非調波を問わず、あらゆる楽器音が表現可能なスペクトロモデリング、(2) 個々の楽器音モデルの楽器音響特性の維持、(3) 多重奏音楽音響信号の分離、という3つの課題の解決が不可欠であることを指摘している。</p> <p>第3章では、モノラル音響信号に対して適用可能な楽器音のスペクトロモデリングとして、調波・非調波統合モデルについて述べている。本モデル化では、音源分離問題を振幅スペクトルの分解と定義し、分解のための分配関数を目的関数の最大化から導出している。また、本統合モデルに対する最尤推定に基づくパラメータ推定法、及び、音源分離法について述べている。評価実験により、調波・非調波統合モデルを使うと、様々な楽器音が適切にモデル化でき、2楽器混合音での楽器音分離の性能が調波モデル、非調波モデル単独よりも各々0.9dB, 6.9dB向上することを確認している。</p> <p>第4章では、調波・非調波統合モデルに対して、楽譜を援用した最大事後確率推定に基づいた多重奏音楽音響信号の音源分離法について述べている。ここで、楽器ごとの音響特性を維持するために、楽器音データベースを用いて楽器ごとに学習した楽器音モデルパラメータの事前分布を、楽器ごとの音色制約として使用している。楽譜中の音符を1つずつ演奏することで得られる音のサンプルであるテンプレート音を用いた音源分離法よりも、本手法により20曲における楽器音の平均分離性能が3.7dB向上することを確認している。</p> <p>第5章では、前章で提示した音源分離法により得られる音源分離結果を応用した2つのシステムについて述べている。最初の応用は、楽器音量バランスをリアルタイム</p>			

に操作可能なオーディオプレーヤである楽器音イコライザINTER (INstrument Equalizer) であり, INTER の楽器音量バランスの操作によって, 1パートだけの演奏, 1パートだけ落としたカラオケ演奏などがGUIやミキサーを使って容易に実現できることを実証している. もう1つの応用は, 楽器音イコライザINTERを用いた類似楽曲検索である. 適切なクエリを選択するという類似楽曲検索での問題点に対して, ある楽曲をクエリとして用い, さらに, そのクエリ楽曲を楽器音イコライザでカスタマイズすることで, 既存楽曲だけをクエリとして用いる場合よりも多様な検索結果を得ることができることを示している. 評価実験により, 歌声パート, ギターパート, ドラムパートの音量バランスを操作することで検索結果が変化し, かつその変化が楽曲分類ジャンルの変化に対応することを確認している.

第6章では, 本研究のまとめを行い, 多重奏音楽音響信号の音源分離, 及び, 楽器音認識に関する関連研究に対する, 本研究の主要な貢献について述べるとともに, 残された課題や今後の方向性についても考察を行っている.

第7章では, 本論文の結論を述べている.

付録では, 調波・非調波統合モデルに対する, 楽譜を援用したベイズ推定に基づいた多重奏音楽音響信号の音源分離法について述べている.

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、楽譜情報を援用して多重奏音楽音響信号からすべての楽器パートを分離し、それらの音量バランスを操作する技術に関する研究をまとめたものである。得られた主な成果は次の通りである。

1. 楽器音が調波・非調波であるかを問わず、あらゆる楽器音が表現可能な楽器音のスペクトロモデリングとして調波・非調波統合モデルを考案し、多重奏音楽音響信号の音源分離を、振幅スペクトルの分解と定義し、分解のための分配関数を目的関数の最大化として導出し、分離音操作をスペクトロモデリングのパラメータ操作として実現することにより、楽器音イコライザを楽器音の分析合成系として統一的に取り扱っていること。
2. 楽器ごとの音響特性を維持するために、楽器音データベースを用いて楽器ごとに学習した楽器音モデルパラメータの事前分布を、楽器ごとの音色制約として使用し、最大事後確率推定による多重奏音楽音響信号の音源分離法を考案していること。さらに、単一楽器音より得られるテンプレート音を用いた音源分離法よりも、提案手法が分離性能を平均3.7dB向上させることを確認していること。
3. 調波・非調波統合モデルに基づいて得られた分離音を用いて、自由に楽器音量バランスを変化させることができる楽器音イコライザ INTER (INstrument Equalizer) を開発し、INTERの音量バランスをGUIやハードウェアミキサを使用して変化させることにより、1パートだけの演奏、特定パートを落としたカラオケ演奏などが容易に実現できることを実証したこと。
4. 類似楽曲検索において、クエリ楽曲だけで満足できるような検索結果が得られない場合には、楽器音イコライザ INTER でクエリ楽曲の楽器音音量バランスを変化させることにより、多様な検索結果が得られることを示し、さらに、検索結果の楽曲分類ジャンルが変化することを実証していること。従来、楽器音音量バランスを変化させると音の雰囲気が変わるということが知られていたが、それを類似楽曲検索という枠組みで確認したこと。

以上本論文は、多重奏音楽音響信号の音源分離法と分離音操作に対して、調波・非調波統合モデルを考案し、さらに、楽譜情報を援用した最大事後確率による音源分離法を考案したことに意義がある。特に、楽器音イコライザという応用の観点から楽器音表現と楽器音分離・操作に解決策を与えたことは重要な成果と考えられる。さらに、楽器音イコライザを開発し、類似楽曲検索に応用し、その有効性を具体的に示しており、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成23年2月24日実施した論文内容とそれに関連した口頭試問の結果合格と認めた。