

氏名	きた はら てつ ろう 北 原 鉄 朗
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学位記番号	情 博 第 242 号
学位授与の日付	平 成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	情 報 学 研 究 科 知 能 情 報 学 専 攻
学位論文題目	Computational Musical Instrument Recognition and Its Application to Content-based Music Information Retrieval (計算機による楽器音認識および内容に基づく音楽情報検索への応用)
論文調査委員	(主 査) 教 授 奥 乃 博 教 授 河 原 達 也 助 教 授 尾 形 哲 也

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、計算機による楽器音認識および内容に基づく音楽情報検索への応用に関する研究をまとめたものである。複数の楽器が演奏されるポリフォニー音楽では、単一楽器で有効なパワー関係の特徴がひずむので、単一楽器に対する手法だけでは性能が出ない問題点に対するアプローチが述べられている。

第1章は序論で、音楽情報処理の観点から楽器音認識について述べ、従来手法の楽器音認識の問題点を明らかにしている。

第2章では、音楽情報検索の研究動向、楽器音認識および内容に基づく音楽情報検索の従来研究について概観し、それらの問題点を解決するために4つの課題を提示している。第1の課題は、音高による音色の変化への対応である。第2の課題は、未学習の楽器が入力された場合の取り扱いである。第3の課題は、音の重なりによる影響の削減法である。第4の課題は、混合音中での単音推定処理の難しさへの対処法である。

第3章から第6章まで、4つの課題に対する本研究の詳細について述べている。第3章では、第1の課題を解決するために、音色の確率モデル「F0依存多次元正規分布」を提案し、特徴量の基本周波数(F0)に従った変化を表現することを可能にしている。この結果、19楽器6,247音からなる単一音データベースを用いた実験において、75.7%から79.7%への認識率の向上を達成している。

第4章では、第2の課題を解決するために、「未知楽器のカテゴリーレベルでの認識」を提案している。階層的クラスタリングを用いて、音響的類似性を反映した楽器の階層的分類を自動的に得ることにより、楽器カテゴリーを実現している。この結果、学習済みの楽器に対してはその楽器名を、未知楽器や認識がうまくいかないときにはカテゴリー名を出力することによって、従来扱えなかった未知楽器のカテゴリーレベルで77.3%の認識率を達成している。

第5章では、第3の課題を解決するために、音の重なりによる影響の度合いに基づいて特徴量を重みづけすることによって頑健性を改善する手法を提案している。音の重なりによる影響の度合いを定量化するために、学習データを混合音から抽出し、この度合いを混合音学習データにおけるクラス内分散・クラス間分散比として定量化し、特徴量の重みづけを線形判別分析に帰着させるとともに、音楽的文脈を用いて音楽的に不自然な誤りを防ぐ手法も組み込んでいる。この結果、二重奏では84.1%、三重奏では77.6%、四重奏では72.3%の認識率を達成し、特徴量の重み付けの有効性を確認している。

第6章では、第4の課題を解決するために、楽器音認識のための新たな表現法を提案している。各時刻・各F0において当該楽器が演奏されている確率(楽器存在確率)を、各時刻での不特定楽器存在確率と各F0での条件付き楽器存在確率の積として求め、Instrogramと呼ばれるグラフィカルな表現で可視化している。この結果、従来の単音での発音時刻とF0の推定誤りによる認識率低下を回避しており、合成された多重奏音響信号と実演奏の両方で有効性を確認している。

第7章では、第6章で提案したInstrogramの応用について述べている。1つは、楽器構成の似た楽曲を検索する類似楽曲検索である。類似度の計算のために、Instrogram間の類似度計算法を設計するとともに、MPEG-7による音楽アノテーションを行っている。

第8章では本研究のまとめを行い、音楽情報検索研究の今後の展開について述べている。

第9章は、結論である。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、計算機による楽器音の認識および内容に基づく音楽情報検索への応用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. 楽器音認識において、これまで無視されてきた特徴量が音高により変化するという事実に対して、特徴量を基本周波数の関数としてモデル化する F0 依存多次元正規分布を考案し、音色の特徴量を表現することにより、単一楽器音認識の向上を達成した。
2. 学習データに入っていない未知楽器の楽器音認識に対して、カテゴリ認識という考え方を考案し、学習データに基づいた階層的クラスタリングにより、音響的類似性を反映した楽器の階層的分類を自動的に得るとともに、それに基づいたカテゴリ認識を実現している。従来扱えなかった未知楽器に対してカテゴリ認識の有効性を確認した。
3. 複数の楽器が演奏されるポリフォニー音楽での楽器音認識において、他の楽器音の重量によって受ける特徴量への影響を定量化し、特徴量の信頼性を示す重みを自動獲得することによって、多重奏での楽器音認識の精度向上に有効であることを示した。
4. 楽器音の存在確率を発音時刻と基本周波数との双方についての確率として定義し、そのグラフィカル表現である *Instrogram* を考案し、個々の楽器音の存在確率を可視化するとともに、実演奏データに対して有効性を示した。
5. *Instrogram* を類似楽曲検索、および、MPEG-7 による音楽アノテーションに応用し、楽器音構成の似た楽曲を検索する類似楽曲検索システムを構築し、本手法の有効性を確認している。

以上本論文は、単一楽器音および複数楽器音に対する楽器音認識技術を確立するとともに、楽器音認識に基づいた類似楽曲検索システムのプロトタイプを開発することにより、その効果を具体的に示しており、学術上、実際上寄与するところが多い。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19年2月15日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。