

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 31 日現在

機関番号：13903

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26730182

研究課題名(和文)演奏者の個人性を転写する演奏生成と協調演奏システムの研究

研究課題名(英文)A research on automatic music performance rendering system and automatic accompaniment system

研究代表者

酒向 慎司(SAKO, SHINJI)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：30396791

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、楽器演奏における個人性を演奏データから学習し、その演奏スタイルを再現(転写)する表情付き演奏の自動生成技術と、その演奏データを自動生成するための楽譜と音響信号との同期(楽譜アライメント)の二つに焦点を当てて研究に取り組んだ。表情付き演奏生成技術については、再現性の改善などの演奏生成モデルの高度化に取り組むとともに、人間の特徴的な演奏の分析や可視化が可能であることを示した。演奏追跡技術については、主に楽譜アライメント技術の高度化について取り組み、基本的な音符情報だけでなく演奏上重要な楽器種やメロディパートといった高次な楽譜情報を活用することで性能を向上させることができることを示した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we propose a framework for expressive performance rendering system that learns characteristics in musical instrument performance from real performance data, reproduces (transfers) their performance style. In other side, we also proposed advanced technique for automatic alignment between acoustic signal and music score (score following). This technique also would be useful in the research on expressive performance rendering by generating the dataset. Regarding the expressive performance rendering system we demonstrated that it is possible to analyze and visualize the characteristic performances as well as work on improving the performance generation model such as improvement of reproducibility. Regarding score alignment, we mainly work on improving the accuracy of score alignment. Our results shows an effectiveness of the use of higher order musical information in music score in addition to the basic information such as note sequence.

研究分野：音楽情報科学

キーワード：演奏表情生成 演奏追跡 楽譜アライメント 条件付き確率場 演奏分析 自動伴奏再生

1. 研究開始当初の背景

楽器演奏における演奏技法や個人性の表出は、その芸術的観点からみて重要な要素である。これらの個人性は絶対的な評価尺度を持つものではないが、特定の個性を備えた演奏を人工的に再現する技術は、ある人物の演奏を自動再生するコンテンツ制作分野に留まらず、演奏のアノテーション、経験知や身体知のモデル化など、演奏指導の支援ツールなどへの応用が考えられる。

計算機による演奏表情生成に関する試みとしては、特定の音符のつながりやフレーズに応じた演奏パターンをルール化するものや、音符パタンの演奏表現を既知の演奏事例から探すものが提案されている。演奏システムのコンクール(技術コンペティション)では人間らしく演奏することについては一定の成果が示されている。一方で、特に個人性の違いの再現に重きを置いた研究は少なく、大規模な実演奏データを扱った研究はまだ行われていない。

また、これらの研究では主にピアノを対象として行われており、演奏表情に起因する鍵盤操作が直接的に取得しやすい楽器であることが考えられる。様々な楽器に対応させるためには、テンポや音量、発音タイミングなどの揺らぎを個々の演奏から取得する必要があり、特定の楽器に依存しないという観点では、音響信号に対応することが望ましい。このような技術は、主に演奏追跡(Score Following)と呼ばれる人間の演奏と楽譜のマッチング(アライメント)の問題として研究されてきた。人間の演奏はある意味で楽譜に忠実ではなく、テンポの揺れや装飾音の付加や省略、場合によっては演奏ミスも含まれたため、演奏される楽譜が既知であっても、単純な系列マッチングでは対処できない難しい問題である。これまでに、隠れマルコフモデル(hidden Markov models; HMMs)や条件付き確率場(Conditional Random Field; CRF)などを用いた演奏の揺らぎに頑健な手法が提案され、近年では電子楽器だけでなく音響信号を直接扱う手法も検討されている。

2. 研究の目的

(1) 個人性を備えた演奏生成モデル

本研究では音符系列(楽譜)が与えられたときに、個人性を備えた演奏情報(楽譜の指示からの逸脱)がどのように生じるかを説明する確率モデルについて考える。このような個人性を備えた演奏生成モデルを用い、任意の楽譜から特定の人物の演奏を再現する演奏生成を行うためのモデル学習法と生成手法を定式化し、実演奏データベースに基づいて演奏生成モデルの学習・評価を行う。また、演奏生成モデルを用いた演奏の特徴や演奏者の個性に関した分析手法について検討する。

(2) 音響信号に対応した楽譜アライメント

上記の演奏生成モデルの学習には、一定量

の実演奏データが必要だが、現状では人手によって整備された小規模なものしか存在しない。様々な楽器への対応も不十分である。そのため、実演奏に含まれる多様な揺らぎに頑健で、かつ音響信号にも対応する実時間楽譜アライメント技術に取り組む。

3. 協調演奏システムの開発

ここでの協調演奏とは、アンサンブルのように複数のパートが相互干渉する演奏形態を指す。人間と機械との協調演奏において、演奏者(ユーザ)の演奏表情に応じて、個性を備えた他パートの演奏を自動演奏するシステムの開発を行う。楽譜アライメント技術を実時間処理に対応させ、ユーザの演奏箇所を取得する一方で、演奏表情を演奏者モデルによって認識し、他パートの表情付き演奏を自動生成する技術など、楽譜アライメント技術の応用システムについて検討する。

3. 研究の方法

(1) 表情付き演奏生成技術では、演奏者モデルの構築には、演奏情報(打鍵のタイミングや強さ)と楽譜情報の対応関係を確率モデルで記述するために、複雑な楽譜情報を簡単な表現(コンテキスト)に分解する必要がある。本研究ではその効率的な表現方法について検討し、CRESETMuse データベースを用いて限られた演奏データから効率よく演奏者モデルを学習する手法について検討した。また、生成された演奏者モデルは演奏者の特徴が何等かの統計量によって表現されているものの、演奏者の違いや特徴を明確な形で読み取れるものでは無かった。そのため、生成されたモデル間の比較や可視化を行えるようにするために、モデルパラメータの統計処理を行うことで演奏者の特徴や違いについて分析する手法を開発した。

(2) 楽譜アライメント技術については、楽譜に記載されている基本的な情報(音符列)に加え、演奏者が読み取ることでできる様々な情報を利用することで演奏追跡の精度向上を試みた。楽譜上の記号列に対して様々な素性を導入できるよう、従来手法で用いられてきたCRFに基づいた演奏追跡手法を拡張した。広く利用されているRWC音楽データベースを用いて、音符系列のみを用いたモデルより、楽譜のパート情報やメロディ情報といった演奏者が着目する高次の楽譜情報を考慮したモデルのほうが演奏追跡の精度が高いことをシミュレーション実験により示した。また、演奏追跡技術の応用として、演奏追跡結果をロボットの制御に利用することで、演奏に対してリアルタイムに追従してダンスをするロボットを企業と共同研究の一環で開発し、デモンストレーションを行った。

4. 研究成果

本研究では、楽器演奏における個人性を演奏データそのものから統計モデルとして学習し、その演奏スタイルを再現(転写)する

表情付き演奏の自動生成技術と、その演奏データを自動生成するための楽譜と音響信号との同期（楽譜アライメント）の二つに焦点を当てて研究に取り組んだ。

これらの研究の狙いは、豊かな個性を備えた自動演奏システムを、人手による演奏特徴の抽出や規則の作りこみを伴わず、一定の実演奏データから半自動的に獲得する枠組みを実現することである。また、このような演奏生成システムには大規模な実演奏データベースが不可欠であるが、従来技術では電子楽器のように演奏情報（鍵盤楽器であれば打鍵タイミングや強弱などの数値情報）が容易に取得できるものに限られてしまう。音響信号から演奏情報を直接取得することができれば、電子楽器に限定されない多様な楽器に対応した自動演奏生成を実現することが可能となる。

(1) 表情付き演奏生成技術については、再現性の改善などの演奏生成モデルの高度化に取り組むとともに、演奏生成モデルを介した人間の特徴的な演奏の自動分析や可視化が可能であることを示した。演奏追跡技術については、主に楽譜アライメント技術の高度化について取組み、基本的な音符系列の情報だけでなく演奏上重要と考えられる楽器種やメロディパートといったより高次の楽譜情報を活用することで、従来のリアルタイム性能を維持しつつ演奏追跡性能を向上させることができることを示した。

(2) 楽譜アライメント技術を応用した自動伴奏システムについては企業との共同研究を行い、ピアノ演奏に同期して緩急のついたダンスを踊るロボットの開発を行い、その成果は国際ロボット展に出展され好評を博した。その他には、演奏生成技術に関わる人間の楽器操作に関連する研究としてバイオリン演奏時における熟練度に対応した運指推定の研究、ならびに演奏生成の研究に関連してメロディの変形を含んだジャズアレンジ楽譜の自動生成、制御性の高い自動作曲に関する研究を行った。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計3件)

奥村 健太, 酒向 慎司, 北村 正, 統計モデルと楽譜情報に基づく使用を用いた演奏表情の比較分析, 感性工学会論文誌, Vol.15, pp.255-263, 2016. DOI:10.5057/jjske.TJSKE-D-15-00061

奥村 健太, 酒向 慎司, 北村 正, 楽譜と表情を関連付けた統計モデルに基づく鍵盤楽器の自動生成手法, 日本知能情報学会誌, Vol.28, pp.557-569, 2016. DOI:10.3156/jsoft.28.557

長田 若奈, 酒向 慎司, 北村 正, 音符長の考慮による習熟度に応じたパイオ

リン運指の推定, 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), Vol. 134, No. 4, pp. 581-586, 2014. DOI:10.1541/ieejeiss.134.581

〔学会発表〕(計18件)

野口 綾子, 酒向 慎司, 北村 正, 楽譜情報を考慮した SCRF に基づく音響信号と楽譜のアライメント, 日本音響学会 2017 年春季研究発表会, 3-4-7, 2017 年 3 月 15~17 日, 明治大学 (川崎)

S. Awata, S. Sako, T. Kitamura, Vowel duration dependent hidden Markov model for automatic lyrics recognition, 5th Joint Meeting of the Acoustical Society of America and Acoustical Society of Japan, 2016 年 11 月 28 日~12 月 2 日, ホノルル (アメリカ合衆国)

A. Noguchi, S. Sako, T. Kitamura, Segmental Conditional Random Fields based Audio-to-Score Alignment Distinguishing Percussion Sounds from other Instruments, 5th Joint Meeting of the Acoustical Society of America and Acoustical Society of Japan, 2016 年 11 月 28 日~12 月 2 日, ホノルル (アメリカ合衆国)

S. Sako, M. Hatano, T. Kitamura, Real-time Japanese Sign Recognition Based on Three Phonological Elements of Sign, International Conference on Human-Computer Interaction, 2016 年 7 月 17~22 日, トロント (カナダ)

林 勇佑, 酒向 慎司, 北村 正, 旋律の特徴を反映した自動メロディ生成における特徴量の検討, 情報処理学会第 109 回音楽情報処理研究会, 2015 年 11 月 7 日~8 日, 近江町交流プラザ集会室 (金沢)

野口 綾子, 酒向 慎司, 北村 正, 打楽器音を考慮した音響信号と楽譜のアライメント, 情報処理学会第 109 回音楽情報処理研究会, 2015 年 11 月 7 日~8 日, 近江町交流プラザ集会室 (金沢)

S. Sako, W. Nagata, T. Kitamura, Violin Fingering Estimation According to the Performer's Skill level based on Conditional Random Field, Proc. Of Human-Computer Interaction (HCI2015), LNCS 9170, pp.485-494, 2015 年 8 月 2~7 日, ロサンゼルス (アメリカ合衆国) DOI:10.1007/978-3-319-20916-6_45

奥村 健太, 酒向 慎司, 北村 正, 楽譜と表情を関連付けた統計モデルに基づく楽器演奏の類似性指標, 人工知能学会第 29 回全国大会, 2015 年 5 月 30 日~6 月 2 日, はこだて未来大学 (函館)

奥村 健太, 酒向 慎司, 北村 正, 楽譜と表情を関連付けた統計モデルに基づ

く楽器演奏の比較分析の検討, 情報処理学会第 107 回音楽情報処理研究会, 2015年5月23~24日, 電気通信大学(調布)

佐藤 直人, 酒向 慎司, 北村正, 自動ジャズアレンジのための事例に基づくリズム転写, 情報処理学会第107回音楽情報処理研究会, 2015年5月23~24日, 電気通信大学(調布)

林 勇佑, 酒向 慎司, 北村 正, 旋律の特徴を反映した GA による自動メロディ生成, 情報処理学会第107回音楽情報処理研究会, 2015年5月23~24日, 電気通信大学(調布)

W. Nagata, S. Sako, and T. Kitamura, Violin Fingering Estimation According to Skill Level based on Hidden Markov Model, Joint conference of 40th ICMC (International Computer Music Conference) and 11th SMC (Sound & Music Computing conference), pp.1233-1238, 2014年10月15~19日, アテネ(ギリシア)

K. Okumura, S. Sako, and T. Kitamura, Laminae: A stochastic modeling-based autonomous performance rendering system that elucidates performer characteristics, Joint conference of 40th ICMC (International Computer Music Conference) and 11th SMC (Sound & Music Computing conference), pp.1271-1276, 2014年10月15~19日, アテネ(ギリシア)

佐藤 直人, 酒向 慎司, 北村 正, 自動ジャズアレンジにおける曲の統一性を考慮したリズム転写, 日本音響学会秋季研究発表会, 2-4-19, pp.945-946, 2014年9月3~4日, 北海学園(札幌)

長田 若奈, 酒向 慎司, 北村 正, 条件付き確率場に基づくバイオリン運指推定のための教本からのパラメータ学習, 2014年日本音響学会秋季研究発表会, 2-4-5, pp.909-912, 2014年9月3~4日, 北海学園(札幌)

奥村 健太, 酒向 慎司, 北村 正, Laminae: 演奏表情と楽譜情報を関連付けた統計モデルに基づく自動鍵盤楽器演奏表情付けシステム, 2014年日本音響学会秋季研究発表会, 2-4-18, pp.941-944, 2014年9月3~4日, 北海学園(札幌)

S. Sako, R. Yamamoto, and T. Kitamura, Rry: A Real-Time Score-Following Automatic Accompaniment Playback System Capable of Real Performances with Errors, Repeats and, Active Media Technology Lecture Notes in Computer Science, LNCS 8610, pp.134-145, 2014年7月22~27日, クレタ島(ギリシア)

奥村 健太, 酒向 慎司, 北村 正,

Laminae: 演奏表情と楽譜情報を関連付けた統計モデルに基づく自動鍵盤楽器演奏表情付けシステム, 情報処理学会第 103 回音楽情報処理研究会, Vol.2014-MUS-103, No.50, pp.1-6, 2014年5月24~25日, 日本大学 文理学部(東京)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.mmsp.nitech.ac.jp/>

<http://sakoweb.net/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

酒向 慎司 (SAKO, Shinji)

名古屋工業大学大学院工学研究科・助教

研究者番号: 30396791

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号:

(4) 研究協力者

()