

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 29 日現在

機関番号：34421

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2015

課題番号：24720082

研究課題名(和文)音楽演奏表現における人間-機械系として最適な演奏デザイン方法論の構築

研究課題名(英文)Methodology for optimization of human-machine interaction in music performance expression design

研究代表者

橋田 光代 (Hashida, Mitsuyo)

相愛大学・音楽学部・講師

研究者番号：20421282

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、「音楽の演奏表現」に焦点を当て、人間—機械系として最適な演奏デザインの方法論の構築を目指したものである。既存の演奏デザイン支援システムを用いたユーザ分析を通じて、音楽経験者の思考に配慮したインタフェースデザイン全般の再検討を要することとなり、演奏表情付与におけるユーザの自然な動作に関する広範囲の調査を進めつつ、研究領域全体に対し改めて、音楽の認知・演奏動作・生成演奏の聴取評価等に巻く問題意識を共有するためのワークショップやコンテスト、ディスカッションセッション、デモンストレーションを国内外で行った。

研究成果の概要(英文)：This research focused on music performance expression. Through analysis of user behaviors with a design supporting system of musical phrase expression, we need to reconstruct of an experienced music player's design process and thinking with the literacy of the information technology. We analyzed human listening behaviors based on cognitive music theories and provided several workshops to share the situation of the relationship between computer technology and music experience in human behavior at national/international conferences and meetings.

研究分野：音楽情報科学

キーワード：演奏デザイン支援 演奏表情付け 魅せるの工学 生成音楽の評価学 演奏インタフェース

1. 研究開始当初の背景

(1) 自動化による処理効率の向上はIT技術開発の主目的の一つであり、音楽制作を対象としたものとしては自動作曲や演奏の表情付け(performance rendering)などのシステムが開発されてきた。演奏の表情付け領域の研究は、1980年代のFrydén、Clynesらの演奏ルールに関する研究を起点に、1990年以降、GTTMやIRMなどの認知的音楽理論の利用、学習システムや事例ベース推論によるアプローチなど演奏生成処理の自動化を目指した研究が積極的に行われてきた。2000年以降は音楽構造解析の自動化研究も取り込まれるようになったが、実用レベルには至っていない。

自動処理は処理プロセスや出力が定型化されている場合には大きな力となるが、人間の意図が入るデザインタスクにおいては、かえって作業効率を落としてしまう。自動処理を利用しつつもデザイナー自身が生成物の結果に関与でき、デザイン試行、評価を繰り返すことができるプラットフォームデザインが音楽のみならず次世代のデザイン支援関連研究全般の重要研究課題として認識されている。

(2) 従来の演奏表情付け研究の多くは、人工知能の興味や処理の効率化といった観点から自動化技術による自律的な演奏表情の生成に焦点を当てており、人間主導型の演奏デザイン支援は主たる研究対象としてこなかった。計算機を音楽教育に応用しようとする研究も1980年代に盛んに行われたが、形式知しか扱えないことに起因し、普及するまでに至らなかった。

音楽のような芸術分野においては、暗黙知や経験知を扱うことが極めて重要である。和声分析ひとつとってみても、常に唯一解が存在するわけではなく、複数の妥当解が存在する。また、一つの評価軸を設定した場合には、妥当解間の優劣がつけられるという性質がある。楽典や和声法など音楽理論を導入して作曲を実施・支援するシステムは他にも多く存在するが、楽典や和声法で語られる一般規則を用いて説明・生成できる音楽対象は限定され、生成物にも面白みがでてこない。この問題を解決するためには、例えば、ある旋律においてどの部分が文節に成りやすいか、というような認知的音楽理論が必要となる。GTTMやIRMがその代表例であり、ゲシュタルト要因にまで掘り下げた新しい音楽構造解析理論が展開されているが、競合するゲシュタルト要因の優先度の取扱いなど明らかになっていないことも多い。

(3) 現在の計算機環境は、1980年代に実現できなかった「やってみて確認する」という表現系の教育環境を構築するのに極めて適したものになっている。[a] 学校教育機関等での利用を想定した無償アプリケーションを提供し、[b] 教師がアプリケーションを利用して行くための教育メソッド・サポート体制を

整備することにより、現代のIT技術の教育上望ましい方向での活用が可能となる。また、この環境に適した新たな音楽教育メソッドが構築できると期待される。

2. 研究の目的

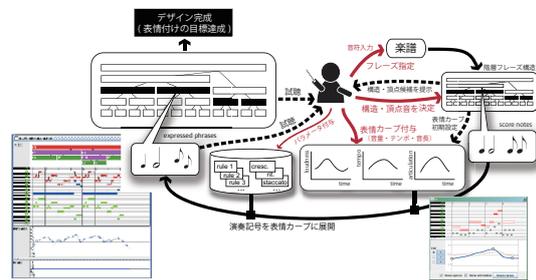
本研究では、「音楽の演奏表現」を題材に、音の並びに対して音楽的な構造を把握・構成する「音楽演奏解釈」「演奏意図の伝達・明確化」におけるインタラクションプロセスを対象として、人間・機械系として最適な演奏デザインの方法論の構築を目指す。いわゆるアプリケーション開発を主目的とするのではなく、既開発の演奏デザインシステムをベースとして、ユーザプリファレンスを獲得・再利用されるフレームワークを検討し、広く音楽演奏デザインが行われるようになる状況を作り出すことを第一の課題とする。

続いて、これらのデータ解析を起点として、サポートエージェントの機能を更新し、演奏デザイン現場にフィードバックしていく。あわせて、新しい音楽演奏解釈方法論の構築、音楽表現に関する高度な知識・技術を持ったデザイナーの育成を図る。これら一連のシステム開発、ユーザプリファレンスデータの取得、モデル更新の各ステップをスパイラル展開する研究方式の実践自体が本提案の大きな特徴となっている。

3. 研究の方法

(1) 本研究に先立つ基盤技術

筆者は、複数旋律音楽に対する自然な演奏の生成と、インタラクションプロセスを前提とした効率的な演奏デザインの支援とに焦点を当てた演奏表情付けシステム Mixtract の構築を進めてきた。



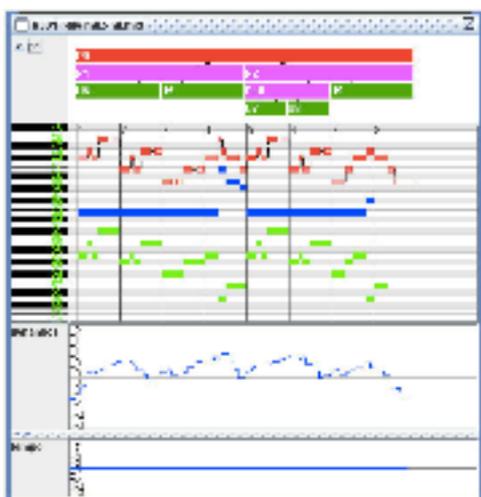
上図は、Mixtractにおける演奏デザインプロセスの全体像である。ユーザは入力情報として、音符と階層的フレーズ構造、各フレーズの演奏表情カーブ(音量、テンポ、音長)を与える。この作業を効率化するために、フレーズ構造の一部分をユーザが入力すると、その入力が成立するように残りの部分を補完する機能が用意されている。また、表情カーブの入力を支援するものとして、保科理論を定式化した手法によるフレーズの頂点音らしさ(そのフレーズにおいてもっとも強調すべき音)を提示する機能が用意されている。

本研究では、Mixtractをベースシステムと

して、多数の一般ユーザからの入力データを取得することを踏まえた機能拡張を行う。

(2) Mixtract をベースシステムとして、多数の一般ユーザからの入力データを取得することを踏まえた機能拡張を行う。

① 音楽構造プリファレンスおよび演奏デザインパラメータの取得収集機能の実装
本研究で扱うユーザデータは、前項に述べた階層的フレーズ構造ならびに各フレーズの演奏表情カーブ（音量、テンポ、音長）である。



これらのデータは、楽曲によって常に唯一解が存在するとは限らず、複数の妥当解が存在しうる。これらのデータをそれぞれ音楽構造プリファレンス、演奏デザインパラメータとし、対応する演奏をセットで集積する機能を追加する。

② 複数旋律楽曲への対応とマルチタッチ操作による表情付与

複数旋律（ポリフォニー）楽曲に対応できる機能を付加する。複数旋律を対象とする際、時間方向に複数のフレーズを選択し、各フレーズの演奏表情パラメータ設定用ウィンドウで、異なったテンポカーブを描くと、時間的な同期が取れなくなってしまうという問題が生じる。この問題に対しては、主要旋律の設定と、主要旋律の占有時間に他のフレーズの占有時間があうように調整するタイムラッピング処理によって対処する。

また、Mixtract のユーザ操作はマウスとキーボードを前提であるが、演奏デザイン実施における操作手段についても検討を行う必要がある。近年急速に普及しているマルチタッチデバイスへの拡張を行い、インタフェース評価を実施する。

(3) 一般ユーザデータの集積・分析を通じた音楽演奏デザイン方法論の構築

計算機は、音響メディアと紙メディア（楽譜）をつなぎ、さらに、楽器演奏の手段としての機能を併せもつ統合的な音デザイン環境として位置づけることができる。この環境は主と

してユーザの思考実験をサポートするものであり、Mixtract はその立場から開発されたものである。

一方で「体得」という言葉があるように、人間にとっては身体性を伴うデザイン行為が必要不可欠である。そこで、前節で述べた演奏デザインのスパイラル展開（演奏デザイン思考）と指揮演奏システムを組み合わせた演奏デザイン手法の策定を試みる。

4. 研究成果

(1) マルチタッチ操作による表情付与機能

Mixtract は、マウスとキーボードによる操作を前提に実装されたが、近年、マルチタッチデバイスが急速に普及しており、操作系の検討を行うためのインタフェースを拡張する必要が生じてきていた。そこで、演奏表情カーブの入力機能部分の実装を行った。(1) 開始-頂点-終点の3点をタップし、各間を二次曲線で補間する、(2) 手描きカーブを直接描く、の2つの入力方法を用意し、(1)から(2)へはモード切り替えで移行できるようにした。

(2) 音楽経験者の思考に配慮したインタフェースデザインの再検討

Mixtract をベースシステムとして、多数の一般ユーザからの入力データの取得を踏まえた機能拡張を行うにあたり、音楽学部在籍する大学生・教職員約30名のPC利用環境を調べたところ、音楽編集ソフトウェアの利用経験がなく、PC自体の操作にも慣れていない者が大半であった。Mixtract はPC上で動作するシステムとして実装されており、想定するユーザ層として、多少の楽器演奏経験があり、より深いフレーズ表現を検討する段階にある者としていたため、デザインプロセスを検討するには、あらためて、ユーザへより自然に音楽的思考を促すためのインタフェースデザインを再検討する必要性が浮上した。

そこで、既存システムの機能拡張を進めることは一旦断念し、代わりに、演奏表情付与におけるユーザの自然な動作に関する広範囲の調査を進めつつ、研究領域全体に対し改めて、音楽の認知・演奏動作・生成演奏の聴取評価等に巻く問題意識を共有するためのワークショップやコンテスト、ディスカッションセッション、デモンストレーションを国内外で行うこととした。音楽情報科学研究会（SIGMUS）を筆頭に、インタラクション、エンターテインメントコンピューティング、音楽教育学会、Sound and Music Computing (SMC) など、演奏デザイン支援研究を取り扱う各種の学会・研究会において実施した。

(3) 演奏生成システムの生成物評価に関する検討

デジタルデバイスを用いた演奏表情付与の入力手法の検討と並行して、システムの生成した音楽（出力）に対する評価手法についての検討を行った。生成音楽の評価は、入力手

法の設計においても密接な関係にあり、演奏デザインの理論化、開発、成果のスパイラル展開のために欠かせない検討項目である。この点に関して、SMAC/SMC2013 (<http://www.speech.kth.se/smac-smc-2013/>)において、演奏表情付けコンテスト Rencon を実施し、自律型システムおよびインタラクティブ演奏型システムそれぞれの生成演奏に対する聴き比べ評価を行った。合わせて、2014年2月に開催された音楽情報科学研究会 (SIGMUS, http://www.sigmus.jp/?page_id=2661)において、演奏生成システムにおける生成音楽の評価についてのディスカッション企画「生成音楽の評価学」を実施した。

(4) 自動演奏コンサートの実施と国際学会における問題意識の共有

SAMP14 (1st international workshop on computer and robotic Systems for Automatic Music Performance) (<http://samp.dei.unipd.it/>)において、自動ピアノによる演奏表情付けコンサートならびに研究発表とパネルディスカッションを行った。Mixtract その他によるシステム演奏と人間の演奏によるブラインド方式のチューリングテストも実施した(このため、Web ページ及び当日の配布資料において名称のクレジットはされていない)。会期を通じて、自動演奏システムにおける演奏学習処理には、自己組織化や評価系(耳)の組み込みが重要であり、演奏評価に当たっては共通のデータセットを用意する必要があるといった点が世界的に共通の課題であることが確認された。

(5) 「魅せる」ことに着目したシステムデザインの企画セッションの実施。

「魅せる」を設定目標とした際のシステムデザインやノウハウについて、音楽情報科学研究会 (SIGMUS, http://www.sigmus.jp/?page_id=2931)において議論するための企画セッションを実施した。

演奏生成システムにおいては、生成した演奏をどのように評価するかは重要課題のひとつである。筆者は、先行関連研究との関係を踏まえて、演者視点と観衆視点とにわけて、本番時のシステム操作に巻する効率化と、生成されたシステム演奏を聴き比べる Rencon コンテストを企画運営する上での試みについて紹介し、「ライブで“魅せる”」ということについて、本企画のデモンストレーション用に製作した一人合唱システムを用いて、本番で実際に起こる「不測の事態」とその対処についての実演をおこなった。当初の狙いとしては、「失敗に気付かせない」ことを意図していたが、本番の演奏中に実際に音響出力に関するエラーが起り、それに気づいた視聴者は演奏自体に集中し切れなくなるという状態を体験することとなった。そのこと自体が、「本番」で起こり得ることとして示されることで、実演の意図がよりよく伝わる結果となった。

(6) 認知的音楽理論に基づくフレーズ聴取分析

①□無伴奏チェロ組曲第1番の聴取
単一の楽器で演奏される無伴奏曲においては、その旋律中に、いわゆるメロディに加えて、ハーモニー、(広義の)リズムが内包されている。ここでは、代表的な無伴奏曲バッハ「無伴奏チェロ組曲第1番 Prelude」を題材にして、メロディの分析を行うものとして知られている GTTM と IRM を併用・拡張した理論での分析を試みた。聴取範囲を冒頭4~8小節に絞り、そこまでに聞き取れる範囲について、著者らの聴取可能性について事例候補を分析した。それを踏まえつつ、5名の被験者に対し、演奏速度と音源を変えた演奏を聴かせ、それぞれどのように聞こえるかを自由回答方式で答えてもらったところ、GTTM 分析に合致するような聴き方、あるいは、単旋律を複数声部に分かれるような聴き方をした被験者はいなかった。

音楽構造分析についてはかねてより多くの事例研究がなされているが、実際に人間が聴取しているものについて、実践的な調査を行った例はまだほとんど見られない。今後、聴取を通じての音符レベルでの認知について、継続的に調査を進めていく必要がある。

②ポピュラー音楽の頂点音における母音の出現頻度に関する分析

ポピュラー音楽の各メロディで最も目立つ音(メロディ頂点音)における母音の出現率を分析した結果について報告した。メロディ頂点音については、保科が提唱する楽譜情報から抽出される頂点音と、楽曲に対して知覚的に判定される頂点音の二種類がある。分析の結果、2005~2015年と1979~1980年で使用されている母音の頻度が変化していることが確認された。歌詞に頻出する単語の違いにより、「o」の母音の出現率が、二種の頂点音ともに最近の作品群より過去の作品群において上回った。また、楽譜情報から推定される頂点音と、楽曲聴取から知覚される頂点音の比較の結果、「a」の母音が付加された音を頂点音として知覚しやすい傾向が確認された。

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2件)

1. Haruhiro Katayose, Mitsuyo Hashida, Giovanni De Poli & Keiji Hirata: On Evaluating Systems for Generating Expressive Music Performance: The Rencon Experience, Journal of New Music Research, Volume 41, Issue 4, pp. 299-310 (2012)
2. 松原正樹, 深山覚, 奥村健太, 寺村佳子, 大村英史, 橋田光代, 北原鉄朗: 創作過程

の分類に基づく自動音楽生成研究のサーベイ, コンピュータソフトウェア「サーベイ論文」特集号, Vol. 30, No. 1, pp.1-18 (2013)

[学会発表] (計 11 件)

1. 橋田光代: 音楽演奏表情の生成技術と評価: 聴き比べコンテストRenconを通じて, エンタテインメントコンピューティング (EC) 2012, pp.209-212 (2012)
2. 馬場隆, 橋田光代, 片寄晴弘: 指揮システム: "VirtualPhilharmony" 楽器ごとの個別タイムラインによるスケジューラ管理, 情報処理学会研究報告 音楽情報科学, Vol. 2013-MUS-99, No. 49, pp.1-6 (2013)
3. 橋田光代, 松井淑恵, 北原鉄朗, 片寄晴弘: 定量的ピアノ演奏分析のための音楽演奏表情データベース, 情報処理学会研究報告 音楽情報科学, Vol. 2013-MUS-99, No. 54, pp.1-6 (2013)
4. Mitsuyo Hashida: Historical Overview of Rencon, Rencon Workshop 2013 in SMC/SMAC 2013 (position talk) (2013)
5. Takashi Baba, Mitsuyo Hashida, Haruhiro Katayose: VirtualPhilharmony: a conducting system focused on a sensation of conducting a real orchestra, Rencon Workshop 2013 in SMC/SMAC 2013 (system entry) (2013)
6. 土屋政人, 高宗典玄, 亀岡弘和, 堀内靖雄, 橋田光代, 嵯峨山茂樹: MIDI フィットティングシステム, 情報書来学会 音楽情報科学研究会 第100回研究会 (デモ発表) (2013)
7. 橋田光代: 音楽を「アタマで考える」ためのユーザ入力インタフェースの検討, 情報書来学会 音楽情報科学研究会 第100回研究会 (デモ発表) (2013)
8. 橋田光代, 鈴木泰山, 奥村健太, 馬場隆, 柴崎正浩: 生成音楽評価の20年, 情報処理学会研究報告 音楽情報科学, Vol. 2014-MUS-102, No. 18, pp.1-4 (2014)
9. 奥村健太, 竹川佳成, 堀内靖雄, 橋田光代: 評価のための問題設定: 演奏支援システムの事例から, 情報処理学会研究報告 音楽情報科学, Vol. 2014-MUS-102, No. 20, pp.1-6 (2014)
10. 橋田光代, 片寄晴弘: 認知的音楽理論を併用した無伴奏曲の聴取分析, 情報処理学会研究報告 音楽情報科学 Vol. 2015-MUS-106, No. 20, pp.1-4 (2015)
11. 片寄晴弘, 福地健太郎, 寺田努, 松浦昭洋, 橋田光代: 「魅せる」の工学, 情報処理学会研究報告 音楽情報科学 Vol. 2015-MUS-106, No. 1, pp.1-6 (2015)
12. 橋田光代: 聴取を通じた演奏表現の把握と楽譜アノテーション, 「デモンストラーション: 音楽情報処理の研究紹介 XIV」、情報処理学会研究報告 音楽情報科学 Vol. 2015-MUS-108, No. 3 (デモ発表) (2015)

13. 岩橋亮人, 橋田光代, 片寄晴弘: ポピュラー音楽の頂点音における母音の出現頻度に関する分析, 情報処理学会研究報告 音楽情報科学 Vol. 2016-MUS-110, No. 13, pp.1-6 (2016)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

橋田光代 (HASHIDA, Mitsuyo)

相愛大学・音楽学部・講師

研究者番号: 20421282

(2) 研究協力者

片寄 晴弘 (KATAYOSE, Haruhiro)

関西学院大学・理工学部・教授

研究者番号: 70294303