

## 複数旋律音楽のための演奏表情付け支援システム jPop-E

橋田 光代<sup>†</sup> 長田 典子<sup>†</sup> 片寄 晴弘<sup>†</sup>

本稿では、複数旋律楽曲のための演奏表現モデル Pop-E (Polyphrase Ensemble) による演奏デザイン支援システム jPop-E (Java-based Polyphrase Ensemble) について述べる。入力された楽譜から計算機を用いて表情豊かな音楽演奏を生成するには、ユーザは演奏生成に必要な音楽情報を入力した上で、演奏生成・聴取・制御パラメータの調整・必要に応じ音楽構造を再調整するという演奏生成-聴取のプロセスを何度も繰り返す必要がある。システムで構築されているモデルを知らないユーザでも、用いられている手法を活かして演奏表情豊かな演奏を生成できるようにするためには、制御パラメータや音楽構造を調整するために操作性の良い GUI を備えた音楽作成支援システムが必要である。本稿では、Pop-E を操作するための GUI に関する議論を通じて、ユーザの演奏デザイン支援を重視して作成した jPop-E について報告する。

### jPop-E: An Assistant System for Performance Rendering of Ensemble Music

MITSUYO HASHIDA,<sup>†</sup> NORIKO NAGATA<sup>†</sup> and HARUHIRO KATAYOSE<sup>†</sup>

This paper introduces a newly developed assistant system for performance rendering system, jPop-E (java-based Poly-Phrase Ensemble). With using this system, MIDI data including expressive tempo change or velocity control can be created based on user's musical intention. Among enormous existing efforts devoted to create expressive musical performance by machine, Pop-E (PolyPhrase Ensemble) is one of the few systems that can deal with the structure of polyphonic music and user's interpretation of music. To make full use of the potential ability of Pop-E, well-designed graphical user interface for Pop-E is required. In this paper, we discuss the necessary elements of user interface for Pop-E with its overview, and describe the implemented system, jPop-E.

#### 1. Introduction

演奏表情付け (Performance rendering) に関する研究は、音楽情報処理の中でも中心的な研究領域の一つである<sup>1)</sup>。演奏の表情付けシステムのさきがけとしての取り組みは、1980年代の Frydén<sup>2)</sup>, Clynes<sup>3)</sup> らの研究にさかのぼる。1990年以降は、GTTM<sup>4)</sup> や IRM<sup>5)</sup> などの認知的音楽理論の利用、学習システム<sup>6),7)</sup> や事例ベース推論によるアプローチ<sup>8)</sup> も見られるようになったのに加え、2002年度からはシステム生成演奏の聴き比べコンテスト (Rencon<sup>\*</sup>) が開催されている<sup>9)</sup>。

これまでの表情付けシステムの多くは、演奏生成過程における処理の自動化に焦点が当てられてきた。中でも、演奏生成の前処理にあたる音楽構造解析処理の自動化は、システムが情緒豊かな演奏表現を自律的に行うための最重要課題として積極的に取り組まれている<sup>10)</sup>。しかしながら、楽曲に対する音楽構造や演奏表現には、部分的に複数の選択肢が存在

する場合が多いために、システムが一意の音楽構造を同定するのは現実的に難しいのが現状である。

ここで、表情付けシステムを使うユーザの立場について考えてみる必要がある。ユーザは、(1) 前処理の段階で、上記の事情を踏まえて、音楽構造や制御パラメータなどの入力を行う。その上で、以下の (2) 上記の設定情報に基づいた演奏の生成、(3) 演奏の聴取、(4) 制御パラメータの調整、必要に応じ音楽構造の再調整、という演奏生成-聴取のプロセスを何度も繰り返さなければならない。この演奏生成-聴取のプロセスは、どのようなシステムを使おうとユーザが自身の満足する演奏を得るために欠かせない手続きである<sup>11)</sup>。演奏生成の効率化をはかるためには、処理の自動化だけでなく、上記プロセスをユーザの演奏デザインとみなして、一サイクルにかかる時間を短縮する支援を行うことも重要であろう。

演奏生成-聴取にかかる時間を極限まで短くすることを目指す場合、そのシステムの実装形態は演奏インタフェースになる。Radio-Baton<sup>12)</sup> や orchestra in a box<sup>13)</sup>, iFP<sup>14)</sup> は、演奏の制御に必要なパラメータを音量とテンポのふたつに集約しており、ユーザが自身の演奏表現を実施することを可能とする。ただし、拍内の微妙な表現の制御に対しては限定的にならざるを得ない。Coloring-in Piano<sup>15)</sup> は拍内の微妙な表現の制御を重視したシステムであり、ユーザは演奏時の音高ミスに気にならずに拍内の微妙な表現に集中できる。しかしながら、ユーザ自身のリアルタイム演奏を利用しているために、入力された音量やテンポと、楽曲やフレーズに対

<sup>†</sup> 関西学院大学理工学研究科/ヒューマンメディア研究センター  
Research Center for Human Media, Kwansai Gakuin University

<sup>\*</sup> Rencon (Performance Rendering Contest) は、演奏表情付け研究におけるシステムや生成演奏に対する評価基盤の構築を目的として 2002 年より始動したプロジェクトである。

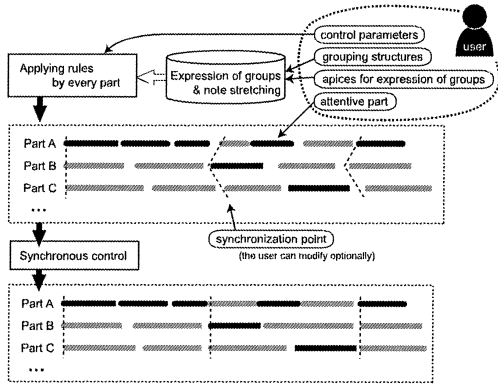


図1 Concept of Pop-E

する演奏表現との対応を取ることが難しい。演奏生成一聴取のプロセスは、ユーザが演奏表現そのものを吟味し、推敲する過程である。この過程を重視したシステムはこれまでほとんど作られていない。

本研究が提案する **jPop-E** (Java-based Polyphrase Ensemble) は、複数旋律楽曲を対象としたルールベース型の演奏表現モデル Pop-E<sup>16)</sup> を、システムとして実現するものである。拍内の微妙な表現やフレージングに関する細かい設定が可能である。その上で、jPop-E の実装においては、演奏生成一聴取のプロセスのサイクルを短縮するためのいくつかの UI 上の工夫を進めてきた。以下、第2章で演奏生成モデル Pop-E の概要、第3章で演奏デザイン支援インタフェース jPop-E の構成について述べ、第4章で演奏生成一聴取のプロセスに関して議論する。

## 2. 演奏表現モデル Pop-E

### 2.1 概要

Pop-E は、複数旋律音楽に対する自然な演奏の生成と、演奏デザインの効率的な支援に焦点をあてたルールベース型の演奏表現モデルである。

Pop-E では、まず演奏ルールの適用を通じて声部別の表情付けを行う。この処理により、複数の声部で独立した演奏表現ができ、音量やテンポに対する声部間の微細な発音タイミングのずれを生成できるようになる。ただし、この処理だけでは、そのずれが時間進行に沿って必要以上に蓄積し、演奏として成り立たなくなってしまう。そこで、蓄積したタイミングのずれを解消する手法として声部間同期処理を導入し、声部間の微細なずれを保ちつつ演奏全体のテンポ統制を図る。以上の演奏生成の流れを図1に示す。

### 2.2 入力情報

Pop-E においてはルール適用の対象となる音楽構造はユーザが与える。ユーザがシステムに与える入力情報は、グループ構造（階層的に構成された複数のグループ）、グループの頂点音（グループの中でもっとも強調したい音）、アテンションパート（複数旋律を伴う楽曲において、声部の役割にかかわらず断続的に目立って聞こえてくる音の並び）、演奏ルールに対する制御パラメータの4項目である。ひとつの声部は単旋律からなる。各声部のグループ構造は、グループ表現に関する演奏ルールの適用、および声部間同期処理における同期点の算出に利用される。アテンションパートは、声部間同期処理の基準パートとなるほか、タメの表現に関する演奏

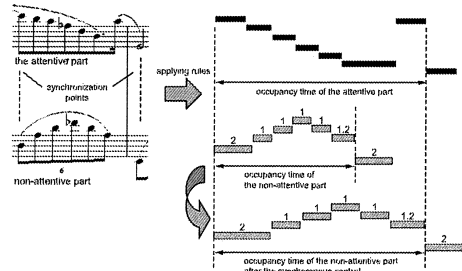


図2 Scaling occupancy time of non-attentive parts.

ルールの適用時に利用される。

Pop-E の演奏ルールは、主旋律や伴奏といった声部の役割に関わらず、条件に一致したすべての要素に適用される。本モデルでは、標準ルールとして山型表現とタメの表現に関する2種類の演奏ルールを用意している。

### 2.3 演奏ルールの適用

Pop-E では、ルールの条件節に適合した音符、もしくは、グループ中の音符の各制御変数に、ルールで指定した演奏制御パラメータを段階的に乗算する形式で演奏ルールを適用し、演奏表情を付与していく。ここで制御変数は各声部中の音符  $n$  に対する音量  $v_n$  と音長  $l_n$  であり、休符についても音符として取り扱う。

$v_n$  については、MIDI での velocity として扱い、すべての音符に対して同一の初期値を与える。 $l_n$  については、音符  $n$  の音価に楽曲全体の BPM (beat per minute) を掛けたものを初期値として与える。 $v_n, l_n$  は、当該音符に関連づけられた構造情報に適合する演奏ルール  $R_{1,2,\dots,i}$  を全て探索し、 $v_n, l_n$  のそれぞれに対して  $R_i$  が規定する音高・音長に関する拡大比率  $P_{v,n}(R_i), P_{l,n}(R_i)$  を逐次乗算することで得られる。

$$v_n \text{ または } l_n = v_n \text{ または } l_n \text{ の初期値} \times \prod_{i=0}^r P_{*,n}(R_i)$$

$$(P_{*,n} \text{ は } P_v \text{ または } P_l \text{ であり, } P_{*,n}(R_i) \geq 1)$$

$P_{v,n}(R_i), P_{l,n}(R_i)$  は、各ルールに記載される演奏制御パラメータである。

山形表現のルール  $R_m$  における各音の拡大比率  $P_{v,n}(R_m), P_{l,n}(R_m)$  は線形補間値を用いる。頂点となる音符を  $a$ 、各音の発音時刻  $t_n$ 、当該グループの頂点時刻  $t_a$ 、当該グループ裾野の時刻  $t_f$  ( $t_n \leq t_a$  の時はグループ開始音の発音時刻、 $t_n \leq t_a$  の時はグループ終了音の発音時刻を表す。時刻はいずれも楽譜上でのもの) として、以下の式で計算される。

$$P_{*,n}(R_m) = \frac{(t_n - t_f) \times P_{*,a} + (t_a - t_n)}{t_a - t_f}$$

( $P_{*,n}$  は  $P_v$  または  $P_l$ )

### 2.4 声部間同期処理

Pop-E では、メロディや伴奏といった声部の役割にかかわらず、すべての構成要素に対して声部ごとに演奏ルールをまず適用する。この処理によって、異なる声部間における発音タイミングのずれが、時間進行に伴って必要以上に蓄積されるため、楽曲全体の統制を取るには、適宜声部間のタイミングをあわせる同期時刻を算定する必要がある。そこで、アテンションパートの占有時間を基準として、非アテンション

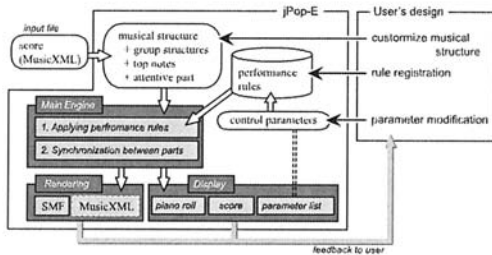


図 3 Outline of jPop-E

パートの占有時間をスケールリングすることによって、全体の演奏時間推移を調整する。この様子を図 2 に示す。図の左側上部に示された声部がアテンションパートであった場合、スケールリングの対象は下側の声部となる。図の右上側上段・中段は、アテンションパート・非アテンションパートそれぞれに対して演奏ルールを適用した結果、下段は、声部間同期処理を施した後の非アテンションパートである。なお、同期時刻については、複数の声部において、グループの開始音もしくは終了音のいずれかが楽譜の時間軸上で一致する音符の発音時刻によって与える。同期時刻上にある音符は、同時に発音させる。

### 3. 演奏デザイン支援システム jPop-E

本章では、Pop-E に基づいた演奏デザイン支援インタフェース jPop-E について述べる。

図 3 にシステムの概要を示す。システムへの入力は、MusicXML 形式<sup>☆</sup>で記述された楽譜と、条件節と演奏制御パラメータからなる演奏ルールのリストである。楽譜には、各音符の音高と音価のほか、音楽構造情報（グループ構造、頂点音、アテンションパート）が記述されている。システムは、楽譜から音楽構造を抽出した上で、演奏ルールを適用し、声部間同期処理を行ったのち、生成された演奏をユーザに提示する。

第 1 章で述べたように、本システムの運用にあたっては、演奏生成一聴取のプロセスが繰り返行われる。演奏生成処理の前では、主に演奏ルールの適用対象となる音楽構造の編集が行われる。演奏生成処理の後では、ユーザは生成された演奏を評価し、演奏ルールの適用加減を調節するパラメータを更新する。また、ユーザは、必要に応じて演奏ルールそのものを新たに登録することもできる。これらの手続きは、楽曲に適切なルールを適用させ、ユーザが納得できる演奏を生成する上で重要である。

そこで、本システムでは、音楽構造や演奏制御パラメータの繰り返し調整作業を支援するためのいくつかの GUI 機能を用意してきた。本システムは、OS 互換性、MusicXML パーサの存在、クラス設計に基づく演奏ルールの拡張性の 3 点から、Java 上で実装している。以下、基本的な操作について述べた上で、音楽構造、演奏ルール、演奏制御パラメータに対するユーザの演奏デザインについて述べる。

#### 3.1 基本操作

図 4 に jPop-E のメイン画面を示す。jPop-E の使用にあたってユーザが主に行う作業は、(1) 演奏生成の開始と (2) 生成された演奏の聴取、それに基づいて (3) 制御パラメータの調整 (3.2 節)、(4) 音楽構造の編集 (3.3 節) の 4 点である。図 4 の画面上では、(1)(2)(4) の操作が可能である。

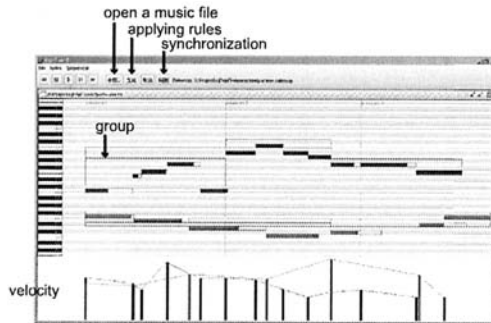


図 4 Main display of Pop-E

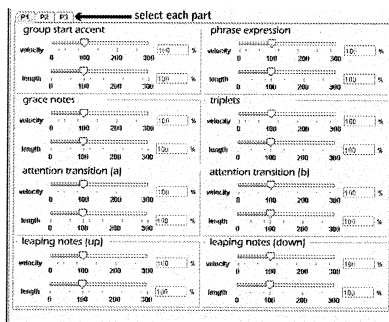


図 5 Control parameters display of the preset rules.

(1) は、楽譜と制御パラメータが読み込まれた時点からいつでも実行でき、画面上部の生成ボタンを押した時点での制御パラメータに基づいて演奏表情が付与される。(2) は楽譜が読み込まれた時点で実行可能となり、画面中央のピアノロールに表示された演奏データが再生される。ピアノロール画面上で、ユーザはマウス操作により任意の音符を選択することができ、選択した音符のみ聴取することもできる。(4) はメインメニューから編集モードを切り替えることで実行可能となる。

#### 3.2 制御パラメータの調整

制御パラメータは、演奏ルールが一致したときに、音符の音量やテンポに対して与える具体的な値である。jPop-E では、表情なしの場合を 100% として、音量やテンポを拡大する比率を制御パラメータとして用いる。

図 5 に、制御パラメータの調整画面を示す。ユーザは、それぞれのパラメータに割り当てられたスライダを動かすことでパラメータを個別に変更することができる。本システムでは、ある楽曲に対して調整された制御パラメータは、そのままパラメータセットとして外部ファイルに保存できる。

#### 3.3 音楽構造の編集

前述したように、jPop-E で扱う音楽構造は、グループ構造、頂点、アテンションパートの 3 項目である。これらの情報は、あらかじめ MusicXML 形式の楽譜に記述しておく (3.3.4 節) か、本システム画面上で以下の入力操作を通じて付与する。MusicXML 形式の楽譜は、Finale をはじめとする市販の記譜ソフトを通じて出力することができる。

音楽構造の情報は、演奏ルールの適用条件として用いられるため、精緻な表情付けを行うためには十分に付与されてい

<sup>☆</sup> <http://www.recordare.com/xml.html>

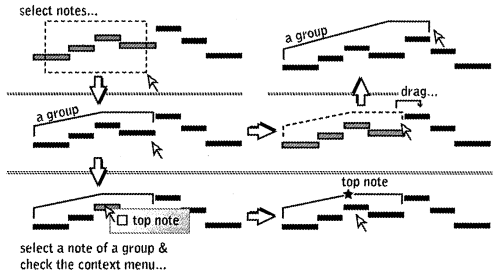


図 6 Editing a group and a top note

るのが望ましい☆。演奏生成と試聴を繰り返すうちに、音楽構造を変更したいというユーザからの要請があがることもある。この要請に対処するため jPop-E では、音楽構造を編集する機能を用意している。以下、入力する各音楽構造について述べる。

### 3.3.1 グループ構造

グループとは、ひとつの声部内において、フレーズなどの音楽的なまとまりを構成する隣接した音列を指す。隣接するグループが連結し、階層的な構成になることも多い。同一声部内で隣接するグループに関しては、作曲者の意図として両グループの境界が重複する場合を考慮し、先行グループの開始音と後続グループの終了音を重複させてもよい。同じ理由で、グループ構造は声部別に階層的に与えることができ、声部間では異なってもよい。

jPop-E で音符にグループを割り当てる場合、メインメニューから編集モードを「グルーピング」に設定した上で、図 6 に示すようなマウス操作で音符を選択する。すると画面には、選択されたグループの範囲が表示される。表示されたグループ部分を選択し、マウスで新しい範囲をドラッグすることでグループ範囲を変更できる。

### 3.3.2 グループの頂点音

グループの頂点音は、標準ルール (3.4.1 節) のうち、グループの山型表現に必要な情報であり、グループの中であっても演奏表情を強調させたい音符である。グループ構造と同じく、編集モードを「グルーピング」に設定した状態で、グループが割り当てられている音符の上でマウスの右ボタンを押すと、図 6 左下のようなコンテキストメニューが現れる。このチェックボックスにマークをつけることで、その音符がグループの頂点音となる。

### 3.3.3 アテンションパート

アテンションパートとは、基本的には、その楽曲を余すことなく口ずさむ際の音列として考えてよい。図 7 は、主旋律と他声部との掛け合いが行われている譜例である。ここでは、四角で囲まれた音符の並びのそれぞれがアテンションパートである。jPop-E では、メインメニューから編集モードを「アテンションパート」に切り替え、マウス操作で必要な音符を選択していくことで編集できる。

### 3.3.4 楽譜ファイルへの記述

MusicXML 形式への出力ができる市販の記譜ソフトを用いて、上記の音楽構造を楽譜ファイルに直接埋め込むことも可能である。ここでは Finale で作業する場合について述べる。グループ構造はスラーツールを用いて、各グループの範囲を点線スラーで書き込む。スラーを階層的に与えてもよい。

☆ ただし、jPop-E で用意している標準ルール (3.4.1 節) のうちのいくつかは、Pop-E モデルが扱う音楽構造に関係なく適用されるので、簡易な表情付けを行いたい場合はその限りではない。

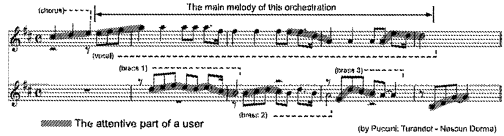


図 7 An example of the attentive part of a user.

グループの頂点音はアーティキュレーションツールのアクセント記号 (^) を用いて、各音符に付与する。アテンションパートについては、五線譜の最上段にアテンションパート専用の五線を作成し、該当する音符を入力する。

## 3.4 演奏ルールの編集

### 3.4.1 標準ルールの利用

本システムでは、Pop-E モデルにて提案した 2 種類の演奏ルールを標準ルールとして用意している。

#### (1) グループの表現ルール

グループを対象とした表現ルールである。以下の 2 種類がある。

- (a) グループ先頭音へのアクセント付け グループの開始音に対し、音量を強め、音長を伸ばす。
- (b) 山型表現 グループ中、3.3.2 節で指定された頂点音をもっとも強調されるように、グループの開始音から頂点までに音量と演奏速度を増加させ、頂点音を過ぎればそれらを減少させる。演奏制御パラメータはまず頂点音に付与される。頂点音以外の音符それぞれの音量・音長を拡大する比率は、グループ両端の音符 (初期値) から頂点音に至るまでの直線補間によって与えられる。グループ構造の階層ごとに個別の制御パラメータを割り当てることができる。

#### (2) タメの表現ルール☆☆

音符を対象とした表現ルールである。以下の 3 種類が用意されている。なお、(c) と (d) については楽譜から、(e) については楽譜の声部とアテンションパートにより自動的に検出される。

- (c) 装飾音・連符音☆☆☆ 演奏制御パラメータは、該当するすべての音符に付与される。ただし、連符音は旋律中単発的に現れるものを対象とする。
- (d) 跳躍音程 同一声部内において、隣接する 2 音の音程が大きく離れている場合、跳躍先行音に演奏制御パラメータを付与する。
- (e) アテンションの声部移動音 アテンションパートが別の声部に移動する際、移動先の音符の直前に発音された音符に演奏制御パラメータを付与する。制御パラメータは、声部の組み合わせやグループの階層レベル別に設定してもよい。

### 3.4.2 新規ルールの登録

前述の標準ルールは、演奏生成における経験則のうち、最も本質的と考えられるもののルール化を進めたものである。これだけは不十分であるという場合を想定し、システムには演奏ルールの新規登録機能を用意している。

☆☆ 演奏家がタメという言葉を用いる場合、当該の音符の音長を伸ばすのと、当該の音符の発音直前に時間的な間隙 (間) を挿入する二つの場合がある。本研究では、前者をタメとして取り扱う。  
☆☆☆ 装飾音は、旋律上のある音符に付け加えられた音価の短い音符を指す。通常、楽譜には被装飾音符の直前に小さく描画される。連符音は、ある音符の時価を分割するのに特殊な方法をとった一連の音符を指す。たとえば、四分音符を三等分する場合、三連符という。



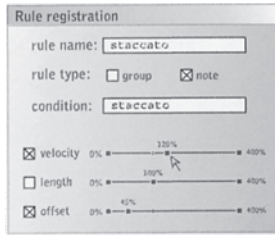


図 8 An example of rule registration.

図 8 は、スタカートに対する演奏表現ルールを登録する場合の例である。登録できる演奏ルールは、音符を対象にしたものと、グループを対象にしたものと 2 種類があり、ユーザはまずそのタイプを選択する。次に、ルールが適用される条件を記述する。その後、対象音に付与する制御パラメータを設定し、登録ボタンを押す。

#### 4. 検 討

jPop-E を通じて、我々はユーザの演奏デザインを支援する演奏表情付システムを提案した。本システムの目的は、具体的にはユーザの演奏生成—聴取のプロセスの効率化を図ることである。本章では、演奏生成のための作業の簡略化、ユーザの演奏デザインの具体化という 2 つの視点から議論する。

##### 4.1 演奏生成のための作業の簡略化

jPop-E の使用にあたって、ユーザが実施すべき作業は、(1) 制御パラメータの調整、(2) 音楽構造の編集の 2 点である。本システムでは、標準の演奏ルールとデフォルトのパラメータセットを用意している。標準ルールの一部は、Pop-E モデルで扱う音楽構造の有無にかかわらず適用することができるので、本システムを初めて使うユーザでも、前処理の入力作業を行うことなく、簡易な表情のついた演奏をいきなり生成することができる。

##### (1) 制御パラメータの調整

制御パラメータの設定画面を用意し、ユーザが必要に応じて各パラメータを個別に変更できる。GUI 上で制御パラメータを調整することで即座に演奏を生成できるという利点を活かせるソフトウェアとしては、cycling'74 社の Max/MSP<sup>☆</sup>が挙げられる。Max/MSP では生成結果の表示を基本的にユーザが自力でプログラミングして作成しなければならないが、jPop-E では、演奏生成の結果をピアノロール画面上で即座に確認することができる。また、制御パラメータを一括して外部ファイルに保存することにより、次回以降の演奏生成におけるテンプレートとして用いることも可能である。

##### (2) 音楽構造の編集

システムの編集モードを切り替えることにより、jPop-E で用いる音楽構造 (グループ構造、頂点音、アテンションパート) のすべてを、ひとつのピアノロール画面上で簡単に編集できるようにした。このことにより、制御パラメータだけでなく、音楽構造を変更することによる表情付けの変化についても簡単にテストできるようになる。

音楽構造のアノテーションを行うツールとしては、平田らが GTTM<sup>4)</sup> に基づく音楽要約システム「バビアーン」<sup>17)</sup> の中で実装している専用の GUI ツール TS-Editor が挙げられる。TS-Editor では、ユーザがタイムスパン構造と時間構造 (前後の音符に対する接続関係) のアノテーションを行

う。機械的に構築された TS 構造を初期値とした上で、修正すべき部分をユーザが変更する。この作業について、平田らは、「1 小節当たり平均 12.8 個の音符が含まれるトルコ行進曲<sup>☆☆</sup>を TS-Editor を用いて入力する場合、平均 3 時間で 4 小節分の入力ができる」と報告している。この作業時間は、ユーザがタイムスパン簡約による楽曲分析を行う必要があるために、思考時間を含めた長さであると思われる。

jPop-E では、ユーザは専門的な音楽理論による楽曲分析手法を行う必要は必ずしもなく、ユーザ自身の判断による音楽構造をピアノロール画面上で直接入力することができる<sup>☆☆☆</sup>。さらに、音楽構造は演奏生成処理の前後に関わらずいつでも変更できるので、前処理として必要な時間は TS-Editor よりさらに短縮することが期待できる。参考までに、同じトルコ行進曲に対し筆者が jPop-E を用いてアノテーションを一から行った場合、4 小節分の入力作業は 15 分程度である。

#### 4.2 ユーザの演奏デザイン的具体化

##### (1) 制御パラメータの集約

より精緻な演奏表現を行うために演奏ルールを充実させると、ユーザが制御すべき演奏ルールやパラメータの数が飛躍的に増大してしまう。このことは、ルールベース型の演奏生成システムが抱える難点であり、制御パラメータをいかに集約するかが大きな課題となっている。

Bresin らは、彼らが実装した演奏生成システム Director Musices<sup>18)</sup> をベースに演奏表現にかかわるルールを整理し、「楽しい」「悲しい」など代表的な形容詞をキーワードにして、演奏表現を感情空間上で制御するシステムを開発した<sup>19),20)</sup>。制御パラメータに形容詞を用いることは、ユーザに直感的な演奏表現を実現させるひとつの手法として有効である。ただし、この手法は、形容詞のニュアンスと演奏表現のニュアンスとの対応が取れていることの保証が必要である。

本研究は、Pop-E モデルの中で、形容詞による比喻ではなく、演奏表現そのものを単純なモデルに落とし込むことでパラメータの抑制を図っている。Pop-E モデルによって生成された演奏が 2 度の聴き比べコンテスト<sup>21),22)</sup> において優勝するという実績があり、モデルが有効に働いていることを支持する結果を得ている。

##### (2) 演奏ルールの追加登録

前項で、制御パラメータを抑制すべきであると述べたが、それを実現しようとするとはユーザにとって必要な演奏ルール・パラメータがシステムに実装されないというジレンマに陥る。そこで jPop-E では、Pop-E モデルで提案した演奏ルールを標準ルールとして組み込んでおき、必要に応じてユーザが独自の演奏ルールを追加できる機能を持たせた。

ルールベースの演奏生成システムにおいて、演奏ルールの構築はシステムのアーキテクチャにも関わる部分でもある。第 1 章でも述べたように、従来の研究ではすべての処理を自動化することに焦点が当てられていたため、ユーザが演奏ルール自体をカスタマイズできるようにしたシステムは現在のところ見当たらないと思われる。ユーザの演奏デザイン支援という立場から、この機能を積極的に実装するのは本研究が初めてであることを期待したい。

##### (3) 演奏表現に関する思考実験の支援

前節でも述べたように、音楽構造の編集を GUI 上で実行に行えるようにすることで、ユーザの経験則に基づく思考実

☆☆ モーツァルト作曲「ピアノソナタ第 11 番 K.331, 第 3 楽章。

☆☆☆ 複数グループが重複したり、同時に複数の声部でアテンションパートが選ばれたりした場合など、jPop-E 上での禁止事項に触れた場合は、ユーザに修正を促すメッセージを表示する予定である。

☆ <http://www.cycling74.com/>

験を実際の試験として実施できるようになる。これは演奏生成-聴取のプロセスにおける繰り返しの手続きそのものである。このプロセスをさらに発展させていくと、演奏ルールに関する思考実験も簡単にテストできるようになる。たとえば、本稿では山型表現の制御パラメータは頂点音で最大になるように設定されているが、「音量は頂点で最大に、テンポは頂点より手前で最大にしたらどうか？」という場合が考えられる。また、制御パラメータの調整を続けるうちに、複数のパラメータを一括して制御したい場合も考えられる。このような思考実験への対応については今後の課題としたい。

## 5. まとめと今後の課題

本稿では、複数旋律楽曲のための演奏表現モデル Pop-E に基づいて、ユーザの演奏デザイン支援に重点を置いたシステム jPop-E について述べた。

演奏生成システムの運用においては、演奏生成-聴取のプロセスはユーザが満足する演奏を得るために欠かせない手続きである。その手続きを簡略化・充実化を図ることで、システムが目指す生成処理の自動化と演奏デザイン支援が、互いの長所・短所を補いつつ統合的な演奏生成システムの構築に貢献できるものとする。

今後は、ユーザテストを通じて、jPop-E を一般向けに公開することを予定している。そのためにも、本システムを通じて、より直感的なデザイン支援について検討することが課題である。

謝辞 本研究は、科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 CREST「デジタルメディア」領域研究として実施されました。

## 参 考 文 献

- 1) 片寄晴弘: 音楽生成と AI, 人工知能学会誌, Vol. 19, No. 1, pp. 21-28 (2004).
- 2) Frydén, L. and Sundberg, J.: Performance Rules for Melodies. Origin, Functions, Purposes, *Proc. of Intl. Computer Music Conf. (ICMC)*, pp. 221-224 (1984).
- 3) Clynes, M.: A Composing Program Incorporating Microstructure, *Proc. of International Computer Music Conference (ICMC)*, pp. 225-232 (1984).
- 4) Lerdahl, F. and Jackendoff, R.: *A Generative Theory of Tonal Music*, MIT Press (1983).
- 5) Narmour, E.: *Beyond Schenkerism: The Need for Alternatives in Music Analysis*, Univ. of Chicago (1977).
- 6) Widmer, G.: Learning Expressive Performance: The Structure-Level Approach, *Journal of New Music Research*, Vol. 25, No. 2, pp. 179-205 (1996).
- 7) 石川修, 片寄晴弘, 井口征士: 重回帰分析のイタレーションによる演奏ルールの抽出と解析, 情報処理学会論文誌, Vol. 43, No. 2, pp. 268-276 (2002).
- 8) Arcos, J., de Mantaras, R. and Serra, X.: SaxEx: A Case-Based Reasoning System for Generating Expressive Musical Performances, *Journal of New Music Research*, Vol. 27, No. 3 (1998).
- 9) 平賀瑠美, 平田圭二, 片寄晴弘: 蓮根: めざせ世界一のピアニスト, 情報処理, Vol. 43, No. 2, pp. 136-141 (2002).
- 10) 浜中雅俊, 平田圭二, 東条敏: 音楽理論 GTTM に基づくグルーピング構造獲得システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 1, pp. 284-299 (2007).
- 11) 片寄晴弘, 小坂直敏, 長嶋洋一, 平賀譲, 松島俊明, 菜孝之: 音楽情報科学研究会はどこへ行く-聴いていますよ, 僕にも言わせて下さいな-「音楽制作と教育(菜)」, 情報処理学会研究報告 2003-MUS-50, Vol. 2003, No. 48, pp. 55-60 (2003).
- 12) Boulanger, R. and Mathews, M.: The 1997 Mathews Radio-Batton and Improvisation Modes, *Proc. of International Computer Music Conference (ICMC)*, pp. 395-398 (1997).
- 13) Raphael, C.: Orchestra in a Box: A System for Real-Time Musical Accompaniment, *Working Notes of IJCAI-03 Rencon Workshop* (2003).
- 14) Katayose, H. and Okudaira, K.: sfp/punin: A Performance Rendering Interface using Expression Model, *Working Notes of IJCAI-03 Rencon Workshop* (2003).
- 15) 大島千佳, 西本一志, 宮川洋平, 白崎隆史: 音楽表情を担う要素と音高の分割入力による容易な MIDI シーケンスデータ作成システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 7, pp. 1778-1790 (2003).
- 16) 橋田光代, 長田典子, 河原英紀, 片寄晴弘: 複数旋律音楽に対する演奏表情付けモデルの構築, 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 1, pp. 248-257 (2007).
- 17) Hirata, K. and Matsuda, S.: Interactive Music Summarization based on Generative Theory of Tonal Music, *Journal of New Music Research*, Vol. 32, No. 2, pp. 165-177 (2003).
- 18) Friberg, A., Colombo, V., Frydén, L. and Sundberg, J.: Generating Musical Performances with Director Musices, *Computer Music Journal*, Vol. 24, No. 3, pp. 23-29 (2000).
- 19) Bresin, R. and Friberg, A.: Rule-based Emotional Colouring of Music Performance, *Proc. of Intl. Computer Music Conf. (ICMC)*, pp. 364-367 (2000).
- 20) Friberg, A.: pDM: an expressive sequencer with real-time control of the KTH music performance rules movements, *Computer Music Journal*, Vol. 30, No. 1, pp. 37-48 (2006).
- 21) 野池賢二, 橋田光代, 平田圭二, 片寄晴弘, 平賀瑠美: NIME04 RENCON 開催報告と次回への課題, 情報処理学会研究報告 音楽情報科学 2005-MUS-59, Vol. 14, pp. 71-76 (2005).
- 22) Dixon, S.(ed.): *Expression in Music*, Panel discussion in ISMIR 2006 (2006).