

旋律の役割を考慮した総譜から電子オルガン譜への編曲システム

An Arrangement System for Electronic Organ Scores from Multi-part Musical Scores Considering the Role of Melody

田中 大貴

Daiki Tanaka

法政大学情報科学部デジタルメディア学科

E-mail:daiki.tanaka.6y@stu.hosei.ac.jp

Abstract

There are many parts of wind orchestra's songs and orchestra's songs. Therefore, it is difficult to arrange on the electronic organ scores. This paper proposes a system for automatically arranging from multi-part musical scores to electronic organ scores. This system can make arranging easier. Music consists of melody, harmony and bass-line, etc. Melody search techniques have been proposed to search these elements from the score. However, most of these technologies search for the melody of one representative part. There is a problem that the harmony attached to the melody is lost. This study does clustering of melody of scores. By this method, it becomes possible to adopt multiple melodies as melody, harmony and bass-line. We conducted an experiment using one samples. The result of the objective evaluation, the correct answer average rate of the right hand part was 66%, left hand part was 56%, and foot part was 64%. The performance of this system is bad. Therefore, it is necessary to improve the performance in the future.

1 はじめに

電子オルガンは、様々な楽器の音色が出せ、一台でどんな曲でも演奏することが可能である。このような素晴らしい特徴を持つ楽器にもかかわらず、電子オルガンの楽譜が少ない現状がある。実際にどのくらい少ないのか、クラシックの曲を対象にヤマハの楽譜販売サイト [1] を使って調べた。その結果、ピアノ譜が 1909 曲に対して、電子オルガン譜が 243 曲であった。つまり、電子オルガン譜はピアノ譜の約 8 分の 1 しか楽譜がない状況だった。楽譜が少ない原因は、総譜のパート数が多く、必要な旋律を探して編曲することが困難であるからだと考えられる。

そこで、編曲する手間を容易にするために、図 1 のような複数楽器で構成されていて、楽曲情報を一番多く持つ総譜から、図 2 のような 3 段組みの電子オルガン譜へ編曲するシステムを提案する。図 1 と図 2 はどちらも同じ曲である。本研究では吹奏楽・クラシックの曲を対象とした編曲を行う。

図 1. 総譜

図 2. 電子オルガン譜

本研究では、総譜の各旋律をメロディ・ハーモニー・ベースラインなどの役割に分けるために旋律のクラスタリングを行う。クラスタリング後は、すると類似した役割をもつ旋律のグループに分かれるので、そこから電子オルガンの右手・左手・足に対応するグループの選択を行う。そして最後に、電子オルガンで演奏できるように修正を行う。

2 電子オルガン譜への自動編曲

2.1 電子オルガン

ピアノが 1 つの鍵盤を右手と左手で演奏するのに対し、電子オルガンは上鍵盤・下鍵盤・足鍵盤の 3 つの鍵盤を右手・左手・足を使って演奏する。3 つの鍵盤を使うことから、楽譜も 3 段組みになっている。図 2 にあるように、楽譜の上段・中段・下段は、上から順に上鍵盤・下鍵盤・足鍵盤を記した楽譜となっている。基本的には、上鍵盤は右手で演奏して、下鍵盤は左手、足鍵盤は足で演奏する。

基本的な演奏スタイルは、あらかじめ打ち込みで用意されているリズムに合わせて演奏する。リズムと同時に音色を設定しておくことで、演奏途中に音色が自動的に切り替わり弾くことができる。

これらの様々な特徴から、他の楽器と比べて演奏範囲がかなり広がる。そのため、様々なジャンルの音楽を元の曲に近いように演奏して楽しむことができる。また、本来複数人で演奏す

る曲を一人で演奏できるのも魅力の一つである。

2.2 関連研究

編曲に関する研究として藤田らは、総譜から一人で演奏可能なピアノ譜を作るシステムを提案している [2]。これは楽曲の中心となる旋律パートとベースパートを推定して集約を行うことで、再現度の高い楽譜を生成するというものである。主旋律パートは、平均音高が他のパートより高く、フレーズ内の音符を占める割合が多いという考えのもとで推定を行っている。ベースパートは主旋律パートの推定と逆で、平均音高が他のパートより低く、フレーズ内の音符を占める割合が低いという考えで推定をしている。推定した旋律パートはピアノ譜の右手、ベースパートは左手に配置するような楽譜を作成している。

他にも複数パートから構成される総譜から主旋律を推定する研究 [3] として Zhao らの研究がある。これは総譜の各パート間において、相対的に見たとき他のパートと不協和音が多く起きている音が主旋律であると判定し、各パートの音をランク付けする手法である。

これらの手法は代表するパート一つの旋律を探索するものがほとんどである。しかし、これでは旋律に付属するハーモニーが欠けてしまう。多くの楽譜では旋律にハーモニーをつけた編曲になっているので、ここではハーモニーをつける必要がある。本研究では複数の旋律を右手・左手・足パートとして採用して、編曲する手法を提案する。総譜の各旋律は様々な役割を持っている。そこで、類似した特徴を持つ旋律どうしまとめることで、役割ごとに旋律を分類する。重要な役割をもつ旋律のグループを選ぶことで、複数の旋律を選択することが可能になる。旋律のクラスタリングは松原らの研究 [4] を参考に行う。分類した旋律のグループから、電子オルガンの右手・左手・足パートに対応するものを選び、最後に電子オルガンで演奏できるように修正をすることで、電子オルガン譜に編曲される。

3 電子オルガン譜への編曲システム

本章では、総譜から電子オルガン譜への編曲システムについての詳細を述べる。

3.1 システムの概要

処理手順を図 3 のフローチャートで示す。まず、システムで処理するために総譜の情報を MusicXML ファイルの形式でデータ化を行う。データ化には楽譜作成インターフェースの MuseScore を利用する。

次に、図 3 の初めにあるように、MusicXML から楽譜情報を取得する。取得する情報は、楽器名・小節番号・オクターブ・音符の種類・音名・最小の音符に合わせた持続時間・調・拍子情報である。入力された情報を元に発音時刻・発音持続パターン・音高の変化・和声に関する特徴量を作成する。そして、これらの特徴量を用いて総譜の旋律のクラスタリングを行い、類似した特徴を持った旋律のグループを複数作成する。クラスタリング後は、電子オルガン譜の右手・左手・足に対応するグループを選択する。最後に、電子オルガンで演奏できるようにグループの音の修正を行う。

システムで作成された電子オルガン譜は 3 段組の楽譜情報として生成され、MusicXML で書き出しを行う。そして、出力で得られた MusicXML を入力の時と同様に楽譜作成インターフェースを利用する事で、楽譜として確認できるようになる。

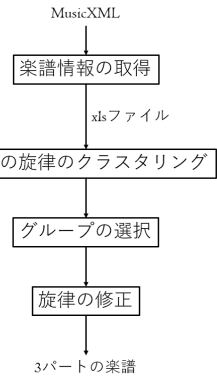


図 3. 処理手順

3.2 特徴量

MusicXML から得られた情報を用いて、クラスタリングする時の特徴量を用意する。ここでは、従来研究 [4] で提案されている 4 つの特徴量のベクトル、発音時刻 RA (Rhythmic Activity)・ SR 発音持続パターン (Sonic Richness)・ MA 音高の変化 (Melodic Activity)・ CA 和声 (Consonance Activity) に関するものを使用する。

まず、発音時刻に関する特徴量についてである。これはリズムを考慮した特徴量である。同じ時刻で発音されているフレーズは、同じようなリズムを持つ旋律として判断することができる。例えば、弱拍に休符を含む図 4(b) は 4(a) と同じリズムと見なすことができる。それに対し、図 4(c)(d) はリズムが違うフレーズとして区別することが可能である。一番短い音符の長さを基本単位として、単位時間ごとに音符が発音されたタイミングを 1、それ以外を 0 とし、要素数 n の特徴ベクトル RA を生成する。

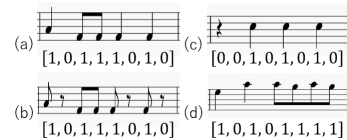


図 4. 発音時間の特徴ベクトル

次に発音持続パターンに関する特徴量についてである。これは楽器の響き方に関する特徴量である。響きを考慮することによって、楽器の種類の違いを認識できるようになる。長い音符を持つ図 5(a) は、分割した細かい音符を持つ図 5(b) や刻みを含む図 5(c) のようなフレーズを音が継続的に鳴っていることから同じ響き方とみなすことができる。それに対し、休符を含む図 5(d) は異なる響き方として区別することができる。単位時間ごとに音がなっている場合を 1、鳴っていない場合を 0 とし、要素数 n の特徴ベクトル SR を生成する。

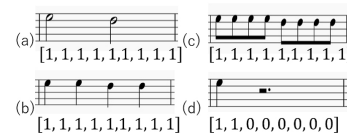


図 5. 発音持続パターンの特徴ベクトル

次は、音高の変化に関する特徴量についてである。旋律の多くは音高の上下が多いため、動きの少ない伴奏パートと旋律パートを別のフレーズとして扱うことが多い。従って、音高の上下が多い図 6(a) と動きが少ない図 6(c)(d) を区別することができる。また、旋律に対して似た動きをする和声が付けれられていることが多いので、図 6(a) と似た動きをしている図 6(b) を同

じフレーズとして扱うことができる。単位時間ごとに音符と音符の間の遷移について前の音符の高さよりも高い場合を1, 同じ場合を0, 下がった場合を-1として, 特徴ベクトル MA を生成する。ベクトル MA は前の音符との比較を行うため, 先頭の音は前の音がないことから比較することができないので, 次の音から比較を行う。そのため, ベクトルは $n-1$ の要素数である。

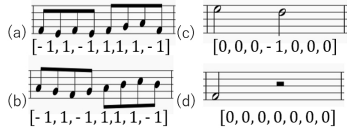


図 6. 音高の変化の特徴ベクトル

最後に和声に関する特徴量についてである。音高の動きがあっても旋律パートのように非和声音を多く含むパートと伴奏パートのように和音を多く含むパートを別のフレーズとして認識することが多い。そこで, 図 7(a) のように単位時間ごと, ここでは 2 拍単位に全パートが鳴らしている上位 3 つの音を求め, 近似的な和声音を作成する。単位時間ごとに和声音を含む場合を 1, 含まない場合を 0 として, 要素数 n の特徴ベクトル CA を生成する。これにより, 和声音をあまり含まない図 7(b) と和声音を多く含む (c) を区別することができる。

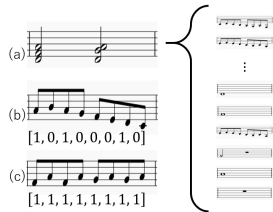


図 7. 和声の特徴ベクトル

3.3 類似度

各特徴ベクトルを使用してクラスタリングで用いる距離を定義する。ここでは似たような旋律にまとまるようにするために, 尺度にコサイン類似度を使用する。コサイン類似度は 1 に近くなればなるほど類似しているというものである。式 1 のように 1 からコサイン類似度の値を引いたのを分類の時に使用する。式 1 は発音時刻に関する特徴ベクトル RA の距離を定義したものである。

$$D_{RA}(i, j) = 1 - \cos(RA_i, RA_j) \quad (1)$$

全ての特徴ベクトルに関して, 式 1 を計算していく。そして, 式 2 のように足して 1 になるような重みを各距離にかけて, 一つの距離として表現を行う。

$$D(i, j) = w_1 D_{RA}(i, j) + w_2 D_{SR}(i, j) + w_3 D_{MA}(i, j) + w_4 D_{CA}(i, j) \quad (2)$$

実験的に重みを調べた結果, $w_1 = 0.4, w_2 = 0.1, w_3 = 0.3, w_4 = 0.2$ が最適だったので, この値を使用している。

3.4 旋律のクラスタリング

ここでは 3.2 で作成した特徴量をもとに, k-means 法でクラスタリングを行う。本研究では 1 小節単位にクラスタリングをしている。総譜の旋律のクラスタリングを以下の手順で行う。

- (1) クラスタ数 $K = 5$, パート数 N , 1 小節分の各パートの音符データを取り出す。
- (2) 取り出した各パートの音符データから特徴量を作り, 3.3 節で定義する距離を用いてクラスタ数 K の k-means 法を使用。

- (3) クラスタリングをした結果, 各グループで同時に異なる音名が 4 つ以下の場合, または $K = N$ であるときクラスタリングを終了。そうでなければ $K = K + 1$ して (1) に戻る。

初期値を初回のみランダムで決め, 2 回目以降は一つ前のクラスタリングした結果のラベル番号を初期値として使用する。また, クラスタ数に関しては小節ごとに旋律の役割の数が異なると考えられるので, クラスタ数 5 からパート数分を増やしてクラスタリングを行う。電子オルガンは右手・左手・足の 3 パートで演奏するので, 最低でもクラスタ数が 3 必要である。しかし, クラスタ数が少なすぎると分類しきれないことが考えられる。そこで, 妥当なクラスタ数を実験して調べたところ, 最低でもクラスタ数 5 であれば良い分類結果が得られた。クラスタリングの終了条件として, 各グループで同時に異なる音名が 4 つ以下であればクラスタリングを終了することにしている。

3.5 分類したグループの選択

3.5.1 グループの選択

分類したグループから電子オルガン譜の右手・左手・足に対応するものを選ぶ。

電子オルガン譜は右手, 左手, 足の順番で音の高さが低くなっている。この対応が取れるようにグループの選択を行っていく。選択順番は, 右手・左手パートと比べて, 足パートが一番異なる演奏法になっているので, 足パートに対応するグループの選択を初めに行い, 右手と左手に対応するグループの選択を次に行う。

まず, 足パートに対応するグループを選択する。足パートは主に曲全体を低音の旋律で支えている役割がある。そこで, 分類された各グループにおいて, 音高が C3 以下の音符の割合が一番大きいグループを足パートとして選択する。低音の割合 BV (Bass Value) は C3 以下の音数を単位時間あたりの音数で割って計算する。また, 足パートは主にベースラインに対応するような旋律を担当することが多いので, 和音の根音の割合が大きいグループを選択する。根音の割合 RV (Root Value) は根音の音数を単位時間あたりの音数で割って計算する。これら二つの割合を式 3 で計算をし, 値が最も大きいものを足パートとして採用する。

$$\text{足パートの評価値} = w_{BV} BV + w_{RV} RV \quad (3)$$

ただし, 誤った和音が推定されることがあるため, 低音の割合の重みを大きく, 根音の割合の方を小さく設定してかけ合わせる。この重みは足して 1 になるものを使用する。

次に右手に対応するグループを選択する。右手は他の鍵盤に比べて高い音が出せるので, 高音の割合を考える。また, 主旋律のような発音数が多い旋律を主に担当することが多いので, 発音数の割合も考慮する。音高の割合は, C5 以上の音符の割合が大きいグループ。発音数の割合は, 1 小節内の発音数を最小の音符を 1 としたときの持続時間で割って計算をする。以上の 2 つの割合を合計して, 一番割合が大きいグループを右手パートとして選択を行う。

最後に左手に対応するグループの選択を行う。左手は和音を奏でることが多いので, 和音の使用数の割合が大きいグループを選択する。和音の割合は, 和音に含まれている音数を音数で割って計算する。この割合が一番大きいものを左手パートとして選択する。

3.6 電子オルガンの制約に基づいた修正

クラスタリングされた各要素は各楽器に対応した音高のままであるため, 実際に鍵盤で演奏することができない場合がある。そこで, 電子オルガンで演奏できるように修正する。

まず、足パート旋律の修正を行う。足パートは2音同時に演奏することはないので、2音同時に音がある場合に修正を行う。2音が同じ音であるとき、一つの音へまとめる。この時、発音楽器数が多い音を基準にまとめる。例えば、図8(a)で上の旋律の発音楽器数が多い場合は図8(b)のように修正される。2音が異なる音の場合、足パートはベースラインを担当することが多いことから、推定した和音の根音に対応する音を残して、他の音を消すことにする。他にも足鍵盤はC2からG3までの約1.5オクターブしかないなので、その音域に入るように音高の修正をする。

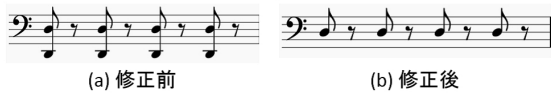


図8. 足パートの修正 ((a): 修正前, (b): 修正後)

次に右手と左手の修正である。右手と左手に関しては、同時に鳴っている最小の音高と最大の音高の差が1オクターブ以上ある場合、指が届かず演奏できないことがあるため、修正を行う。足パートと同様に、同じ音の場合は一つの音にまとめ、発音楽器数が多い音高を基準にする。これも、図8の例のように修正される。

異なる音で1オクターブ以上差が出たときは、1オクターブ未満になるように音の集約を行う。左手に関しては、右手と交差して演奏しにくいことがあるので、C3からC4の間の音域を基準に集約を行う。例えば、左手パートで1オクターブ以上差がある図9(a)をC3からC4の間の音域を基準に集約すると、図9(b)のように修正される。

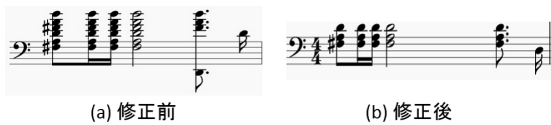


図9. 右手と左手の修正 ((a): 修正前, (b): 修正後)

4 実験

4.1 実験方法

実験には『エル・カミーノ・リアル』と『風紋』という曲の総譜の16小節分を利用して実験を行った。『エル・カミーノ・リアル』は31パート、『風紋』は27パートで構成されている。既存の電子オルガン譜にある右手・左手・足パートを正解として、本研究のシステムで編曲した楽譜に、適切な右手・左手・足パートが選択されているか見比べる。編曲した楽譜の各小節で右手・左手・足パートの旋律が完全一致したら評価値を+1、誤った旋律が選ばれていたら評価値を与えないこととする。この評価値を小節数で割って一致率を計算する。

4.2 結果

『エル・カミーノ・リアル』を編曲した結果を図10に示す。これは最初の4小節分の結果である。図10(a)は正解とした販売されている既存の電子オルガン譜で、図10(b)は編曲システムで編曲した楽譜である。赤色が右手の旋律で完全一致したもので、緑色が左手で完全一致した旋律で、青色が足パートの完全一致した旋律である。編曲した結果、右手パートの一致率は75%、左手パートは68%、足パートは87%となった。『風紋』を編曲した結果は、右手パートは56%、左手パートは44%、足パートは41%となった。これら2曲の結果を平均した結果、右手パートは66%、左手パートは56%、足パートは64%となった。

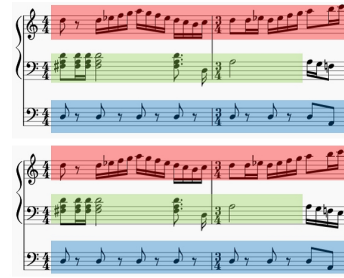


図10. 編曲結果 (上: 市販の電子オルガン譜, 下: 本システムでの編曲結果)

編曲結果より、元の曲を再現できていない編曲であることがわかる。一致率が低くなった原因として次のようなものが確認できた。図11(a)(b)のような二つの旋律が正解の楽譜では一つにまとまっていて図11(c)のような旋律になっている。しかし、本研究で編曲されたものは、二つの旋律がまとまらず、図11(a)の旋律のみで音数が足りない楽譜になっていた。

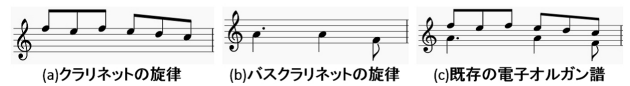


図11. 誤り例

この問題は、クラスタリングに原因があると考えられる。図11(a)(b)の旋律を担当している楽器を確認したところ、クラリネットとバスクラリネットで同じような音色の旋律であった。そこで、音色を考慮した特徴量として、例えばメル周波数ケプストラム係数(MFCC)を抽出して、似た音色を判断することが有効であろう。

5 おわりに

本研究では総譜から電子オルガン譜への編曲システムを提案した。旋律のクラスタリングを行うことで、複数の旋律をまとめて採用して、電子オルガン譜に編曲することができた。実験の結果、約60%既存の楽譜と一致した編曲ができた。一致率が低下したのは、必要な旋律が欠けていることが原因であった。既存の電子オルガン譜では、似た音色を持つ楽器をまとめて演奏しているが、本研究ではどちらか一方しか採用していない楽譜だった。電子オルガンの上鍵盤がクラリネットの音で設定されている場合、クラリネットとバスクラリネットの旋律を一緒に弾くといったように楽譜が作られているので、クラスタリングの特徴量に音色を考慮したものを使用することで改善できると考えられる。

参考文献

- [1] “ヤマハミュージックメディア”, <http://www.print-gakufu.com/>
- [2] 藤田顕次, 大野博之, 稲積宏誠, “習熟度を考慮した複数楽譜からのピアノ譜生成手法の提案”, 情処学音楽情報科学研報, 2008, pp.47-52.
- [3] Hanqing Zhao, Zengchang Qin, “TuneRank Model for Main Melody Extraction from Multi-part Musical Scores”, Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics, IEEE, 2014, pp.176-180.
- [4] 松原正樹, 岡本紘幸, 佐野智久, 鈴木宏哉, 延澤志保, 斉藤博昭, “ScoreIlluminator: スコア色付けによるオーケストラスコアリーディング支援システム”, 情処学論, 2009, pp.2937-2948.