

和音の類似度を用いた和音代用による ポピュラー音楽の手回しオルゴール編曲

久保 圭毅^{1,a)} 斎藤 博昭¹

概要: 本稿は、自作曲を演奏可能なオルゴールであるカード式 20 弁手回しオルゴールのために既存のポピュラー音楽を自動編曲する手法をまとめたものである。手回しオルゴールには構造上の制約があり、特に派生音がだせないこと及び同音連打ができないことを考慮した編曲が求められる。そこで本稿では、無調音楽の分析に用いられるピッチクラス・セット理論に基づいて和音間に類似度を設定することで、鳴らすことのできない和音を似た響きを持つ別の和音に置き換える方法を提案し、手回しオルゴール編曲システムの試作を行った。

キーワード: 自動編曲, 和音類似度, オルゴール

1. はじめに

オルゴールは、蓄音機とレコードが発明されるまで自動演奏機器として西洋で普及していたが、現在では発達した音楽の録音・再生技術にその役目を譲り、おもちゃや化粧箱に付属する小型のものが多く見られる。ピンをつけたシリンドラーで弁を弾くという構造上、一般に 1 台のオルゴールで演奏できるのは 1 曲であるが、オルゴールの中でもカード式手回し型のもは 1 台でも複数の曲を演奏することができる。カード式手回しオルゴール（以下、単に手回しオルゴール）は、パンチで穴を開けたカード（厚紙）を挿入してハンドルを回すと、穴の位置に対応した音が鳴るしくみで、カードを変えることにより異なる曲を演奏でき、また編曲済みのカードが売ってなくても自作することが可能である。しかし手回しオルゴールはその構造に起因する演奏上の制約が存在する。制約の詳細は第 2 章で扱うが、これらの制約を守った上で既存曲をオルゴール編曲するには音楽理論の知識が必要なため困難であり、またそもそもオルゴール編曲に向かない曲も存在する。商用のオルゴール編曲支援ソフトとして「音のキャンバス」[1]が挙げられるが、これは編曲の際に制約を守れていない部分を可視化する機能があるものの、ユーザに何度も試行錯誤を繰り返させることになるため、気軽に好きな曲を聴くための編曲ソフトとしては不十分である。

既存楽曲の編曲においては、藤田らが重要度の高い旋律

とベースパートを抽出する手法を用いたオーケストラからピアノへの編曲システム [2] を作成し、伊藤らは藤田らの手法をもとに旋律間の和声を考慮に加えたオーケストラからアンサンブルへの編曲システム [3] を作成した。しかし重要パートを横方向に抽出する手法では、原曲の縦の和声を残すことが難しく、また特に使用可能な和音に制約の強い手回しオルゴール編曲に応用すること自体困難である。そこで本稿では既存曲の和声進行の雰囲気を残しつつ使えない音を他の音で代用するため、和音間に類似度を設定する手法を提案し、それをもとにオルゴール編曲システムの試作を行った。以下、第 2 章では手回しオルゴールの具体的な制約を、第 3 章では和音代用のために導入する和音類似度の定義を、第 4 章では和音代用を取り入れた編曲システムの構成を述べ、第 5 章で本稿をまとめる。

2. 手回しオルゴール編曲の制約

手回しオルゴールには以下に挙げる制約がある。

- 音域は C3~A5 までの幹音のみ

20 弁手回しオルゴールの音域をピアノ上に表したものが図 1 である。3 オクターブ弱の広さではあるが、黒鍵に当たる音が存在しない。そのため編曲の際には調を C Major 或いは A Minor に移調する必要がある。そのうえ一切の借用和音の使用や一時的な転調が不可能であることを考慮しなければならない。

- 短時間の同音連打ができない

オルゴールは同音連打が苦手である。それは一度弁を弾いたスターホイールが再度弾けるようになるまでの時間が

¹ 慶應義塾大学大学院 理工学研究科

^{a)} kubo@nak.ics.keio.ac.jp

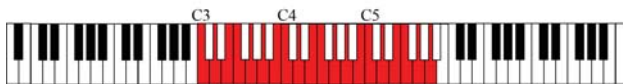


図 1 手回しオルゴールの音域 (赤い部分)



図 2 G Major コード (G4, B4, D5)

必要なため、また振動が十分に減衰していない状態で弁を弾くと雑音が混ざって汚くなってしまいうためである。[4] 一般的なオルゴールでは同じ音高の弁を複数用意し、交互に弾くことで同音連打を可能にしているが、手回しオルゴールでは複数の曲に対応するため各音高に割り当てられる弁は1つのみであり、短時間の同音連打は不可能である。具体的にはカードの穴どうしが0.7cm以上離れている必要があり、市販のカードは1.0cmが四分音符1拍分とされていることから、同音を使う場合は目安として付点八分音符分以上の間隔をあげなければならない。

- テンポに上限がある

手回しオルゴールは手でカード送りをするため、曲のテンポには限界がある。原曲のテンポが速すぎると全力でハンドルを回してもそのテンポに合わせられないことがあるが、その場合はカードに空ける穴の間隔を半分にしてテンポも半分にすることで対処する。しかし穴の間隔が小さくなる分、前述の同音連打が起こりやすくなってしまいうことも考慮しなければならない。

- 強弱がつけられない

オルゴールは弁の弾き方が一定のため、演奏に強弱をつけることができない。目立たせたい部分にはオクターブで同じ音を重ねたり、グリッサンドやアルペジオを用いることが求められる。

3. 類似度を用いた和音の代用

Forteは無調音楽の構造を分析する方法として、和音を音高や音程の集合或いはベクトルとして表現するピッチクラス・セット理論を提唱した。[5] 本稿ではピッチクラス・セット理論を調性音楽に適用し、和音の類似度を定義する。類似度を求めることで、原曲にある派生音を含んだ和音を似た響きの幹音のみからなる和音に置き換えることが可能になると考えられる。

3.1 和音のベクトル表現

和音は、音高の集合ピッチクラス・セット (以下、pcセット) と音程の集合インターバルクラス・セット (以下、icセット) の2つで表現できる。

pcセットは、和音に含まれる12半音の出現頻度をオクターブを無視して表す12次元のベクトルである。ベクトルは0番目の成分をCの頻度として順に半音ずつ上がり、11番目の成分はBの頻度となる。本来のピッチクラス・セット理論では、ベクトルの各成分を0~11半音ずらす転回処理、および全成分を逆順にする転置処理の一方或いは

両方を用いて一致するものはすべて同一のpcセットとして扱われる。しかし調性音楽においては絶対的な音高も重要であると考え、本稿では転回・転置処理で一致するものでも別扱いとする。

icセットは、和音に含まれる0~11半音分の音程の出現頻度をオクターブを無視して表す12次元のベクトルである。ベクトルは0番目の成分を1度またはオクターブにあたる0半音として順に半音ずつ上がり、11番目の成分は長7度にあたる11半音となる。本来のピッチクラス・セット理論ではオクターブの転回関係にある音程、たとえば長3度と短6度は同一視されており、かつ0半音の存在は考慮されていないため、icセットは1~6半音の6次元ベクトルである。しかし調性音楽において和音の転回形はもとの和音と異なるものとして扱われていることから、オクターブの転回関係にある音程は別扱いした方がよいと考えられる。

例えば図2のようなG Majorコードのpcベクトル pc とicベクトル ic は、以下のようになる。

$$pc = (0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1)$$

$$ic = (0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0)$$

3.2 和音の類似度

ある2つの和音について、pcセットやicセットが同一或いは類似しているとき、2つの和音は一致・類似していると言えるが、Forteは具体的な類似度の計算式を定義していない。本稿では和音 $C1, C2$ の類似度 $S_{C1, C2}$ は各pcセット・icセットを $pc_{C1}, ic_{C1}, pc_{C2}, ic_{C2}$ とし、式(1)のように定める。

$$S_{C1, C2} = \frac{pc_{C1} \cdot pc_{C2}}{|pc_{C1}| |pc_{C2}|} \cdot \frac{ic_{C1} \cdot ic_{C2}}{|ic_{C1}| |ic_{C2}|} \quad (1)$$

式(1)右辺の第1項は2和音のpcベクトルの、第2項はicベクトルのコサイン類似度と同一である。つまり、2和音の類似度はpcベクトルの類似度とicベクトルの類似度の積であり、どの要素も負の値はとらないため $0 \leq S_{C1, C2} \leq 1$ となる。

3.3 和音の代用

式(1)により、和音間の類似度が求められるため、和音を他の似た和音で置き換えることが可能になる。例えばある派生音あるいは音域外音を含む和音を別の3和音で置き換える際は、オルゴールの全20の弁から3つ選んだすべ

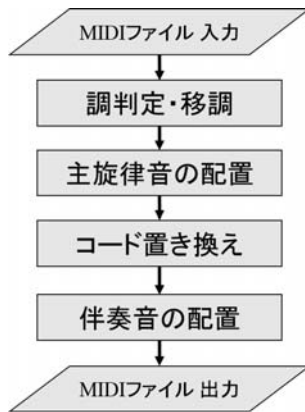


図 3 編曲システムの流れ

ての組み合わせでできる和音についてその pc ベクトル・ic ベクトルから元の和音との類似度を求め、その最大値をとる和音を採用すればよい。注意すべき点として、派生音だけからなる和音の場合、幹音だけからなる和音とは pc ベクトルの類似度が常に 0 になるため、他の和音で置き換えることができないという問題があるが、C Major や A Minor に移調してなおそのような和音を含む楽曲はそもそもがオルゴール編曲に向いていないと考えられるため、本稿では扱わないこととした。

4. 和音代用を取り入れた編曲システム

第 3 章で述べた類似度による和音代用手法を用いた編曲システムを構築した。本システムでの処理の流れを図 3 に示す。入力は MIDI ファイルとし、オーケストラやバンドなど複数のパートからなる楽曲に対応している。ただし本システムでは楽曲からの主旋律抽出処理は実装していないため、ポピュラー音楽のようにコード進行の中に 1 曲を通して主旋律が 1 パートに固定されている楽曲を前提とする。以下、各処理の詳細を述べる。

4.1 調判定・移調

手回しオルゴールは派生音を鳴らせないため、はじめに楽曲の調を判定し、長調ならば C Major、短調ならば A Minor に移調する必要がある。調の判定には宮下らの提唱したクロマプロファイル [6] を用いる。クロマプロファイルは楽曲全体における 12 半音の出現頻度をオクターブを無視して表した 12 次元のベクトルである。ポピュラー音楽などの調性音楽では調の主音と属音が高頻度で現れることから、完全 5 度である 7 半音分離れた音高どうしの頻度が最も高い組み合わせをその曲の主音・属音とする。長調と短調の判定は第 3 音で行う。設定した主音に対して長 3 度である 4 半音分離れた音と、短 3 度である 3 半音分離れた音の頻度を比較し、前者が高ければ長調、後者が高ければ短調と判定する。その後、楽曲全体を C Major または A Minor に移調する。

4.2 主旋律音の配置

楽曲において主旋律は特に重要なパートであるため、可能な限り手を加えずに出力することが求められるが、曲によってはそのままではどうしても演奏できない場合がある。それらは主旋律が音域外音を含む場合、派生音を含む場合、同音連打を含む場合の 3 つである。本システムでは音の置き換えによりこれらの問題を順番に解決していく。

はじめに前処理として、主旋律全体の平均音高を求め、平均音高が A4~A5 となるように主旋律全体をオクターブ移高させる。これは主旋律をオルゴールの高音域におくことで同一の音色でも聞こえやすくするためである。その後、主旋律のうち A5 を超える音をオクターブ下げることで、主旋律のすべての音を音域内に納める。

次に派生音の置き換え処理を行う。主旋律の音を前から順に見ていき、派生音が現れたときは直前の音との音程が大きくなる方に半音ずらす。直前が同じ音高の派生音だった場合は、その音と同じ音高とする。

最後に同音連打の回避処理を行う。主旋律の音を前から順に見ていき、不可能な同音連打が現れた際は 1 回目の音をその直前の音との音程が大きくなる方にオクターブ移高する。ただし移高したことで別の同音連打や音域外音が発生する場合は逆に移高する。それでも同音連打・音域外音が発生する場合はその音を消去する。

以上 3 つの処理を施したものを主旋律を編曲後の主旋律とする。

4.3 コード置き換え

第 3.3 項で述べたように、曲中で同時に 3 音以上が打音される拍で和音の pc ベクトルおよび ic ベクトルを計算し、C3 からその拍での主旋律の音高までの音域から選んだ 3 音からなる和音すべてのうち最も類似度の高いものでコードを置き換える。和音の音域の上限を主旋律の音高としたのは、複数の楽器のパートからなる楽曲がオルゴールの音色に集約されてしまうため、伴奏音が主旋律より高くなった場合には主旋律が目立たなくなってしまうからである。

4.4 伴奏音の配置

前項で置き換えたコードをもとに伴奏を再構成する。オルゴール編曲には決まった伴奏の形はないが、オルゴールは同音連打だけでなく音を伸ばし続けることもできないので、基本的に伴奏には分散和音を採用する。

まず分散和音を鳴らすリズムを決定する。本システムでは楽曲の各時刻における最低音を取り出し、それらの音が打音される拍で分散和音を鳴らす、つまりベースパートと同じリズムを刻むようにコードから分散和音による伴奏を作成する。和音の分散の順番は、小節の頭にコードの最低音を置き、次に真ん中の音、最高音、真ん中の音、...、と繰り返すように配置していく。ただしコードが変化する拍

で直前の音と同音連打になってしまう場合は、分散の順番をひとつずらすことで対応する。また次の最低音まで四分音符分以上の間がある場合は分散和音を感じにくくなるため、和音を分散させずにそのまま鳴らす。

作成した伴奏と、第 4.2 項の処理を行った主旋律を合わせることで手回しオルゴール編曲譜が完成し、これを出力とする。

5. まとめ

本稿ではピッチクラス・セット理論に基づく和音の類似度を提案した。それにより、和音を響きの似た別の和音で置き換える処理が可能になるため、使える音に制限のある手回しオルゴールへの編曲システムの試作を行った。しかしながら今回提案した和音類似度はオクターブの転回関係にある音程を完全に独立と見なしているため、響きの似具合を表現するにはまだ不十分なものであると考えられる。

今後は、ユーザ実験を通してより良い和音類似度を与える式の設定を中心に進めつつ、既存楽曲のオルゴール編曲システムの評価も行うことを考えているが、編曲システムにおける実験や評価に対する姿勢は先行研究でもばらばらで統一性がないため、具体的な実験・評価方法を模索する必要があるだろう。

参考文献

- [1] 原田敬:音のキャンバス, <http://www.01.246.ne.jp/ttha/>, 参照 2014-04-22.
- [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, 情報処理学会研究報告, 2008-MUS-77, Vol.2008, No.89, pp.47-52, 2008.
- [3] 伊藤悟, 酒向慎司, 北村正:パートの重要度を考慮したオーケストラ譜の縮約によるアンサンブル譜の自動編曲, 情報処理学会第 75 回全国大会論文集, pp.291-292, 2013.
- [4] 上島正, 永島ともえ:オルゴールのすべて, オーム社(1997).
- [5] Forte, A.: The Structure of Atonal Music, Yale University Press(1973).
- [6] 宮下芳明, 西本一志: MIDI データからのクロマプロファイルの抽出と分析, 情報処理学会研究報告, 2003-MUS-51, Vol.2003, No.82, pp.97-101, 2003.