

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

伊藤 悟<sup>†</sup>, 酒向 慎司<sup>†</sup>, 北村 正<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 名古屋工業大学

1 はじめに

音楽の演奏形態の一つであるアンサンブルは、楽器編成の自由度が大きい反面、希望の編成の楽譜が存在しない場合が多い。この問題を解決する手法の一つとして、既存のオーケストラ譜をアンサンブル譜へ編曲する方法がある。しかし、オーケストラ譜からの編曲は多大な時間や音楽知識を必要とするため、一般の演奏者にとって容易な作業ではない。したがって、この作業を自動化することができれば有用であると考えられる。

関連研究として、吹奏楽譜の大編成から小編成への編曲 [1] や、オーケストラ譜からピアノ譜への編曲システム [2] が提案されているが、パート抽出の精度に問題があり、また抽出したパート間の和声も考慮されていなかった。

そこで本稿では、音響心理学と和声の観点からオーケストラ譜の重要パート抽出法を提案し、その結果によってアンサンブル譜を生成するシステムを提案する。そして、生成された楽譜を人手による編曲楽譜と比較し、提案手法の有効性を確認する。

2 自動編曲システムの概要

Maekawa らの提案した編曲システムでは、主にフレーズ分割、パート抽出、楽器割り当ての3つのプロセスによって構成されている。本稿もこれに倣い、ユーザが楽譜 (MusicXML) と楽器編成を与えると、アンサンブル譜が出力されるシステムを構築する。個々のプロセスについては次節で説明する。

2.1 フレーズ分割

楽曲はいくつかのフレーズによって、構成されている。フレーズでは主旋律や伴奏など、各パートの役割が変わることが少ないため、フレーズ単位でパート抽出や楽器割り当てを行う。フレーズ分割は [3] の手法を参考に行った。

フレーズの切れ目では新たな楽器が加わったり、旋律が伴奏に代わるなどして、前の音符との音高差と発音の間隔が長くなる。よって以下の処理を行う。

1. 各パートに対して、隣接する2音の「音高差 × 発音間隔」を求め、その値を全パート足し合わせ、最大値となる点をフレーズの区切れとする。
2. 全ての区切りが4小節以下となるまで (1) の処理を再帰的に行う。

2.2 パート抽出

パート抽出プロセスでは、入力された楽器の数だけオーケストラ譜からパートを抽出する。

2.2.1 クラスタリングによる類似パートの集約

オーケストラ譜は多数のパートが存在するが、役割が同じいくつかの声部にまとめることができる。そこで、図1のようにフレーズ内の一番短い音符を基本単位として、オクターブを無視した音名のベクトルを作成し、正規化したハミング距離 (= ハミング距離/ベクトル長) が  $\theta$  以下となるパートを最短距離法でクラスタリングする。パート抽出はこのクラスタ単位で行う。今回  $\theta$  の値は 0.1 とした。



図1: 音名のベクトル

2.2.2 スコアリングによる重要パートの推定

集約したクラスタの重要度を、以下の4つの観点からスコアリングすることにより求める。

ベースパート

ベースは楽曲の低音を支える重要なパートである。そこで、フレーズ内の音符長を考慮した平均音高が最も低いパートを求め、このパートを含むクラスタを後述のスコアとは独立に、ベースパートとして抽出する。

$$\text{平均音高} = \frac{\text{音符長} \times \text{音高}}{\text{音符長の総和}} \quad (1)$$

音響スコア

オーケストラ曲は一般的に、重要な声部を複数のパートで演奏したり、あるときは木管ソロでも十分に聞こえるように、音量バランスが考慮されている。また、音程差の少ない2つの音が同時になる場合、上の音を強く感じたり [4]、他のパートと比べて発音時間が短いパートを主旋律と感ずることは少ないと考えられる。このような特性を考慮するため、A 特性時間平均音圧レベルを導入する。

新たな強弱記号が出現するまでその効果が持続すると考え、各パートの楽器情報から取得した音圧レベル [5] を、パートを演奏する人数、フレーズ内発音率 (= 発音時間/フレーズ長)・平均音高 ((1) 式) から変換した周波数より A 特性時間平均音圧レベル  $L_{Aeq}$  を求める。

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} (10^{\frac{\text{音圧レベル}}{10}} \times \text{発音率} \times \text{演奏人数}) + A \text{ 特性補正值} \quad (2)$$

各パートの音圧レベル  $L_{Aeq}$  をクラスタリング結果に従い、各クラスタの合成音圧レベルを求め、最大値 1、最小値 0 で正規化した値を音響スコア  $s_p$  とする。

リズムスコア

音符のリズムの変化が単調でないほど、主旋律である傾向がある [6]。よって各パートに対して、フレーズ内の隣接する2音 (休符を除く) の絶対値をとった音符長の差を加算していき、総和  $d_r$  を求める。その値をクラスタリング結果に従い、各クラスタの平均  $\bar{d}_r$  を求め、最大値 1、最小値 0 で正規化した値  $s_r$  をリズムスコアとする。

和声スコア

楽器数が少ないアンサンブルの場合、少ない音で効率よく響かせるために和声が特に考慮される。よって既選択のクラスタと調和するクラスタを選ばれやすくするために、和声スコア  $s_h$  を設定する。図2のように、基本単位ごとに計算した音程スコア (表1) の総和をベクトル長で割り、この値を和声スコアとして、未選択クラスタ全てに対し既選択クラスタとのスコアを付与する。既選択のクラスタがない場合、必然的に和声スコアは 0 になり、既に  $k$  個のクラスタが選ばれている場合は、0 ~ 1 の値にするため  $k$  で割る。このスコアはパート抽出を1回行う毎に更新される。

表1: 音程スコア

音程 (度)	値
完全 1,5, 休符	0
完全 4	0.2
長短 3,6	0.4
長 2, 短 7	0.6
長 7, 短 2	0.8
増 4, 減 5	1.0



図2: 和声スコアの計算

2.2.3 パート構成の変化を考慮したパート抽出

先に述べたフレーズ分割法では、理想的なフレーズ長より短く分割されやすく、前述のスコアだけでは、不自然なパート遷移のある旋律が抽出される場合がある。そこで、前のフレーズにも現在とパート構成が同じクラスタが存在する場合、同じ役割が続いていると考え、そのクラスタに遷移スコア  $s_t$  を加算する、先頭のフレーズから順に、重みをつけた3スコア ( $s_p, s_r, s_h$ ) と遷移スコア  $s_t$  の累積スコアが最大となるパスを探索し、パスに含まれるクラスタを抽出する。このパスは動的計画法により、効率的に解くことが出来る。

2.3 楽器割り当て

フレーズ毎に、抽出したクラスタをアンサンブル楽器に割り当てる。原曲の雰囲気を保つためには、編曲後でも似たような音色、音域でフレーズを演奏する必要がある。

そこで、各クラスタの楽器とアンサンブル楽器の楽器類似度(音色距離 + オクターブ評価)を最短距離法で計算し、この距離が最も小さくなる組合せを求める。そして、割り当てたクラスタ内の最短距離のパートをオーケストラ譜から抽出し、アンサンブル譜で使用する。音色距離は [7] の音色非類似度行列から、オクターブ評価は演奏に必要なオクターブ移高数  $\times 30$  とした。

3 パート抽出の評価とアンサンブル生成実験

3.1 実験条件

人手によって編曲されたアンサンブル譜と比較を行うため、[8] から選んだ5曲(表2)を対象に、パート抽出の実験を行った。この楽譜は短く編曲されているため、オーケストラ譜と対応している部分のみ、同じ調に移調して使用した。また、オクターブ移高されている場合があったため、編曲楽譜の中に抽出したパートと2.2.1節のハミング距離が0.1以下になるパートが含まれていれば、そのフレーズを正解とみなした。一致率を次式で評価する。

$$\text{一致率}(\%) = \frac{\text{正解フレーズ長の総和}}{\text{フレーズ長の総和}} \times 100 \quad (3)$$

2.2.2節のスコアリングの際に、弦楽器は重音奏法により同時に複数の音を出すことが出来るため、ベースパート推定の際のみ和音の最低音を使用し、それ以外は最高音を対象とした。音響スコアは、弦五部の人数を1st.Violinから順に12, 10, 8, 6, 4人、ピアノの中央ド音の上のラ音を440Hzとして求めた。和声スコアは各クラスタから選択するパートによって値が変わる可能性があるが、その影響は小さいため、ランダムに選択したパートを使用した。また、[5][7]に載っていない一部の楽器については、楽器群 [4] を参考に経験的に値を入力した。

3.2 実験方法

2.2節で定義したスコアの効果を調べるため、以下の2種類に対して1, 2パート抽出した場合でそれぞれ実験を行った。

- A:  $s_p, s_r, s_c$  のみを用いる。重み 1.0, 0.5, 0.1
- B:  $s_p, s_r, s_h, s_c$  全てを用いる。重み 1.0, 0.5, 4.0, 0.1

また、編曲楽譜の2パート目でオーケストラ譜からパート抽出を行っていないフレーズを一致率の計算から除外した場合も実験を行った。アンサンブル譜の編曲実験として、楽器をFlute, Oboe, Cello, Bの条件で、ベース1声、旋律2声の順にパート抽出を行い楽譜を生成した。

3.3 実験結果

表3にパート一致率を示す。正解率が低い楽曲2は、複数の声部が対等に組み合わせられた曲であり、重要な声部を一意に決定することが難しかったと考えられる。また、人手による編曲楽譜は、主旋律相当の1パート以外はベースを含め独自にアレンジされていることが多く、2パート目の一致率が大幅に低下してしまった。和声スコアは全体の一致率にあまり影響を与えなかったが、一部の曲で一致率が向上し、調和するパートが選ばれやすくなる傾向が見られた。アンサンブル譜の生成結果を図3に示す。

表2: 実験に使用した楽曲

	楽曲名	小節数
1	W.A. Mozart, Symphony No.40 1st mov.	42
2	W.A. Mozart, Symphony No.40 3rd mov.	85
3	A.L. Dvorak, Symphony No.9 4th mov.	34
4	L.v. Beethoven, Symphony No.6 1st mov.	36
5	P.I. Tchaikovsky, Swan Lake "Scene"	20

表3: 各楽曲でのパート一致率

楽曲	パート抽出していない フレーズを除外しない			パート抽出していない フレーズを除外する		
	1パート		2パート	1パート		2パート
	A	A	B	A	A	B
1	91.1	48.8	57.4	91.1	66.5	78.2
2	61.6	53.7	57.1	61.6	61.3	65.1
3	100	75.7	67.3	100	78.3	69.6
4	91.7	62.8	65.3	91.7	74.2	77.0
5	100	50.0	50.0	100	87.0	87.0



図3: 自動編曲システムにより生成されたアンサンブル譜(楽曲1)

4 結論

本稿では、音響心理学や和声の観点から、オーケストラ譜の重要パートを抽出する手法を提案し、その結果をもとにアンサンブル譜の生成するシステムを提案した。パート抽出の実験の結果、2パートの場合は約59.4%と一致率が低くなったものの、主旋律相当の1パートの場合は約88.9%と高い一致率を示し、本手法の有効性が確認できた。そして、その結果に基づきアンサンブル譜を生成することが可能であると確認できた。

今後の課題として、現在フレーズ毎に楽器の割り当てを行っており、また楽器の音域内であれば演奏可能としているため、不自然な位置でパート切り替えが起きたり、楽器の音域が一般的でない楽譜が出力される場合がある。よって、この問題をフレーズ分割の精度向上や、パートの遷移、楽器の特性などを考慮し改善する必要がある。

参考文献

- [1] H. Maekawa, et al.: On machine arrangement for smaller wind-orchestras based on scores for standard wind-orchestras, Proc. ICMPC9, 2006.
- [2] 藤田 他: 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, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.5, pp.1176-1187, 2008.
- [3] 芹澤 他: 複数のパートに分散したメロディを抽出するための手法, 情報処理学会第65回全国大会論文集, pp.191-192, 2003.
- [4] 伊福部 昭: 完本 管絃楽法, 音楽之友社, 2008.
- [5] 安藤 由典: 新版 楽器の音響学, 音楽之友社, 1996.
- [6] 関本 他: 楽譜情報からの主旋律判定関数の生成, 情報処理学会第52回全国大会論文集, pp.435-436, 1996.
- [7] 大串 他: 画質と音質の評価技術, 昭晃堂, 1991.
- [8] 豊田 倫子: New ジョイフル 木管 アンサンブル 1A, 2A, 共同音楽出版社, 2008.