

ピアノ譜のコード進行に基づいた合唱譜の自動編曲手法

The automatic arrangement technique of chorus music based on the chord progression of piano music

黒住 夏美

Natsumi KUROZUMI

法政大学情報科学部デジタルメディア学科

E-mail: natsumi.kurozumi.kq@stu.hosei.ac.jp

Abstract

A method of generating the chorus music of four copies of mixed voices is proposed by using the main melody, the code, the words, and the rhythm that are indicated to piano music. This is expected to the support to simplification to receiving and arrangement students. The existing piano music and corresponding chorus music are used. In addition, the process of arrangement is defined and solution of a melodic generation problem is tried. The rule was defined from the course determination by the change state of application and chord progression of the usage rate of a code notation pitch. It is necessary to verify the validity of a rule. Then, the degree of similarity in the outline of the melody of arrangement music and the conventional technique was measured to the existing chorus music. The conclusion of this investigation showed that the proposal technique obtained the degree of similar in distance and an angle highly rather than the conventional technique to the existing chorus music. Therefore, in generating the melody of chorus music, it was shown that the defined rule has validity.

1 まえがき

JPOPの流行りの曲には、たいていコード表記のあるピアノ譜が存在し、簡単に入手できる。それに比べ、合唱譜は出版されている楽曲に限りがありユーザの求める楽譜の入手は困難である。そこで、本研究ではピアノ譜に含まれている情報から合唱譜に編曲する手法を提案する。また合唱譜を自動生成することにより、音楽知識が十分でなくとも周りの人達と合唱を楽しむようになる。

合唱譜への編曲を行うにあたって、主旋律のパート分配・副旋律の演出効果・旋律の自動生成の3つに着目する。そこでピアノ譜に表記されているコード、主旋律をもとに旋律を生成することを考える。今回主旋律のパート分配・副旋律の演出効果ではフレーズ・歌詞単位で割り振り、手動で行う。また、旋律の自動生成では規則を定義する事で自動生成を試みる。

旋律の自動生成についての従来研究は対位法の規則に基づいた自動生成 [1],[2], 和声学を考慮した自動作曲 [3] などがある。従来手法では対位法・和声学など音楽理論に基づいて規則・傾向を定義し旋律の自動生成を実現した。音楽理論とは音・音楽そのものに関する理論体系である。しかし、音楽理論と既存のJPOPの合唱譜における和音構成では大きく異なる。

例えば、対位法では不協和音を使用することは好まれていない。また和声学におけるコード進行では次の進行がある程度決

まっている場合や、次の進行では使用しないコードがある場合もある。しかし、JPOPの合唱譜では音楽理論で使用されない音程が選出されていることが確認できる。さらに、不協和音程を使用する場合もしばしばみられる。したがってJPOPの楽曲の合唱用編曲は和声学・対位法の知識のみでは補うには不十分である。そこで、既存の合唱譜の旋律・和音構成に基づいた規則を定義することも考えていく。

また、評価を行う為に規則に基づいてコストの重みづけを行い動的計画法(DP)による最適な旋律の自動生成を試みる。評価方法として既存の合唱譜に近いほど良い編曲であるとする。そこで、既存の合唱譜との類似度を測定し、従来手法である対位法の規則に基づいた旋律生成と比較することで規則の有効性を検証する。

2 自動編曲

2.1 合唱譜への編曲

合唱譜を編曲するにあたって、考慮すべき点はどのパートが主旋律を奏でるか、副旋律がどのように変化していくのか、旋律をどのように自動生成するか等の3つである。本研究では主旋律のパート分配・副旋律の演出効果を考えるにあたって、合唱譜は必ず歌詞が存在し、言葉によって演奏法が変わることがある。例えば歌詞の中でレミオロメンの3月9日では「ひとりじゃないっ」、いきものがかりのありがとうでは「みつめる」の部分のみユニゾンで唄われている。この時、編曲者が歌詞の言葉を考慮に入れた上で編曲を行っていることが分かり、人間の感覚的な面が強調され現状での自動生成は難しい。したがって主旋律のパート分配区間の指定、副旋律の演出効果の決定を手動で行う。自動旋律生成に関しては、ピアノ譜コード表記に対して合唱譜の和音構成は約74.1%一致していることが分かった。そこで、まずはピアノ譜のコード表記に基づいて音高候補を選出する。しかし、ピアノ譜のコード表記を既存の合唱譜の和音構成が異なる場合や対位法・和声学では禁止とされている規則を用いる場合がある。その為に、既存の合唱譜から規則を定義することを考えていく。

2.2 編曲の流れ

合唱譜を生成するために、以下の4つの手順(図1)を行う。本研究では特に旋律の自動生成に関して着目する。以下にそれぞれの手順に関する定義・約束事を記述する。

2.2.1 副旋律の演出効果の決定

既存の楽譜を用いて主旋律と他パートに分け副旋律の演出効果に着目した。その結果、1. ユニゾン 2. スキャット(歌詞を用いないで奏でる) 3. 一部パートのハーモニー 4. 全パートのハーモニー 5. ソロ 6. 模倣旋律以上の6種類の効果に分けることが出来る。模倣旋律は旋律を自動生成することが可能である [4],[5]。しかし、歌詞の譜割を自動で行うことより現状での自動生成は

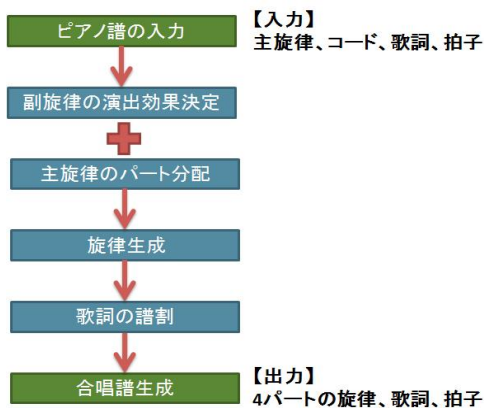


図 1. 編曲手順

難しいと考える。したがって、今回模倣旋律以外の 5 種類の演出効果を考える。

2.2.2 主旋律のパート分配

今回は混声四部の合唱譜に編曲することからソプラノ・アルト・テノールのパートに主旋律を割り振る。ここでは以下の 2 つ項目を行い、手動で操作する。

- (1) 与えられたメロディーをフレーズに分割する
- (2) どのパートが主旋律を唄うのか指定する

以上より指定した区間で主旋律を唄うパートの決定を行う。また副旋律の演出効果によって既に演出が決定されている為、主旋律以外のパートは副旋律とする。



図 2. 主旋律パート分配イメージ

2.2.3 旋律の自動生成

旋律自動生成に関する従来研究は様々あり、目的もそれぞれ異なる。対位法の規則に基づいて規則を定義し、旋律を自動生成する先行研究がある [1]。従来手法では旋律自動生成アルゴリズムを累積コスト最小の音列を探索する問題として捉えられている。規則を厳密に検証する為、対位法の規則が持つ数理的な性質に着目されている。この規則に基づいてコストの重みづけを行い、DP の適用を行うことで最適な旋律を選出した。以上の過程を行い、対位法の規則に即した旋律の自動生成が実現した。

本研究では副旋律の旋律生成を行うにあたっていくつか規則を定義する必要がある。そこで、まず和声学・対位法に基づいた規則・傾向を定義する。既存の合唱譜より和声学・対位法の適用の必要であれば規則とみなす。例えば 4 パートの和音生成について、和音が 3 音の場合はルートを重複すると良いといった規則がある。これは実際の合唱でも多くみられ、規則として適用するのに有効であると考えられる。今回、ルートの重複は許可出来るような規則としている。さらに、以上の規則・傾向での不足分を既存の合唱譜に基づいて規則・傾向を追加する。そこで主旋律・副旋律の演出による副旋律生成をするにあたって、それぞれ対応したパターンの旋律生成規則を考える。

2.2.4 歌詞の譜割

規則・傾向における旋律自動生成を行った後に、生成された旋律に対して歌詞をつける。そこで副旋律の演出効果に適した歌詞を割り振る必要がある。ユニゾン・一部パートのハーモニー・全パートのハーモニー・ソロパートに関しては主旋律を同じ音価で譜割を行う。スカットに関しては適用区間内の歌詞の譜

割をスカットとし、歌詞ではない方法で旋律を奏でることとする。

3 規則・傾向の定義

和声学・対位法・既存の合唱譜に基づいて規則・傾向を定義する。そこで、副旋律の演出効果が全パートのハーモニーの場合において規則・傾向の決定法を記述する。

3.1 音楽理論に基づいた規則

3.1.1 和声学の規則

合唱譜を生成する際に必要な和声学の規則を定義する [6]。
 和声学規則① 移調: ピアノ譜でソプラノの音域以上またはバスの音域以下の音程を使用していた場合移調を行うものとする。
 和声学規則② 構成音の重複: 本来三つの構成音からなる 3 和音を四つの声部に配置するためには、必ずどの音かを重複しても良い。原則として根音を重複するのが最も良好である。しかし、場合によっては 5 音または 3 音を重複してもさしつかえない。

3.2 対位法の規則

- 従来手法より対位法の規則を定義する [1]。
 対位法規則 1: 使用音程は不完全協和音程 (長短三, 六度) と完全協和音程 (完全五, 八度) で不完全協和音程を多く用いるようにする。
 対位法規則 2: 平行五, 八度や隠状五, 八度の使用は禁止する
 対位法規則 3: 旋律の増減音程による進行や七度, オクターブ以上の跳躍があってはならない
 対位法規則 4: 同音音程による四回以上の連続進行は禁止する

3.3 既存の合唱譜に基づいた規則・傾向

学習用の合唱譜は JPOP とし、ジャンルに統一性をなくすためランダムに選出する。これより、学習用合唱譜は樋口一「手紙」、レミオロメン「3月9日」、山本櫻子「あすという日が」、高橋洋子「残酷な天使のテーゼ」、いきものがかり「ありがとう」とする。

3.3.1 音程の使用率の決定

コードには使用する音程の和音構成情報が含まれている。そこで既存の合唱譜に基づいて、各パートのコード表記による和音構成の音程使用率を測定し音程の配置確率を求める。図 2 では各曲の使用音程のヒストグラムを示し、表 1 では 2 曲間におけるスピアマンの順位相関係数を示している。

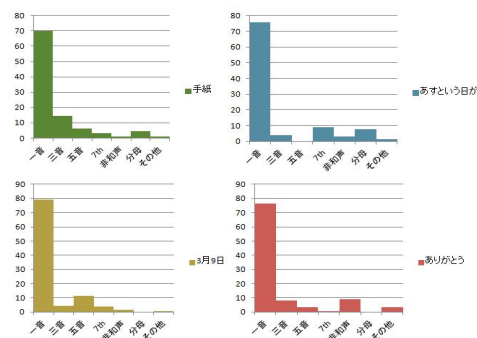


図 3. 全パートのハーモニー (バスのヒストグラム)

表 1. スピアマンの順位相関係数

タイトル	手紙	あす	残酷	3月9日	ありがとう
手紙	1				
あす	0.98	1			
残酷	0.99	0.96	1		
3月9日	0.98	0.98	0.96	1	
ありがとう	0.98	0.98	0.97	0.98	1

今回既存の合唱譜のうちランダムに選択した楽譜五つについてのヒストグラムを用いている。つまり各群ごとの母集団分布

について必ずしも正規分布を想定していない状態である。したがってノンパラメトリック法を用いてヒストグラムの類似度を検定する必要がある。この時、スピアマンの順位相関係数をもとめ、対応のある二つの合唱譜に相関があるかを検定する。検定の結果より、「手紙」、「あすという日が」、「3月9日」、「ありがとう」では全てのパートで帰無仮説を採択するので、母相関係数が0でないとはいえないことが分かる。しかし、「残酷な天使のテーゼ」ではアルト、テノールで帰無仮説が棄却されることがある。理由として、五つの合唱譜のうち「残酷な天使のテーゼ」のみ短調を使用しており、使用音程が異なることが考えられる。以上の結果より音程の使用率は「手紙」、「あすという日が」、「3月9日」、「ありがとう」の楽譜で学習を試みる。今回、相関がどの楽譜とも強かった「手紙」の使用率を参考に定義した。

3.3.2 コード表記と和音構成

全パートのハーモニーを生成する為に、和音構成を検討する必要がある。まず、ピアノ譜に用いられているコードと既存の合唱譜における和音構成が異なる場合がある。理由としてピアノ譜のコード表記は三和音が多いことに対して、混声四部の合唱より4和音を用いることが多い為であると考えられる。また、異なるコード表記でも和音構成が似ている場合があることも考えられる。例えば、CのコードがAmとして用いられることがある。Cがド・ミ・ソの和音に対してAmはラ・ド・ミである。ここでド・ミの音高が重複していることから、ド・ミが来た時にAmにもCにも行きやすいのではないかと考える。同様に他のコードでも変化がみられるか確認したところ、Fm7とAm7、BとG₇等が挙げられる。これより、コード表記に対してそれに近い和音が生成されることを考慮した音高候補を決定する必要がある。そこでピアノ譜のコード表記に対して、既存の合唱譜の和音構成と異なる場合を観察し、以下に傾向として定義を行う。コードにおける傾向1長調において長7の和音、自然7の和音、短7の和音[6]ではコード表記が三和音構成であったも、7度の音高を考慮する。

コードにおける傾向2コード表記に関して似ている可能性の高いコードは情報として音高候補に入れる。

3.3.3 コード進行におけるバスパートの決定

バスパートにおいて、主にコード表記における1度の音程を主に使用していることが音程の使用率から確認できる。しかし、コード進行では分数コードが使用される。分数コードには二つの意味があり、「G/C」を例に挙げる。一つ目は分母の「C」のコードが下であって上に分子のGをのせる考え方である。この場合、「GC」の構成音は低い音から順にD,E,G,G,B,Dとなる。二つ目は一番低い音(ベース音)を分母のドにして、上に乗せるコードが分子の「G」である考え方である。この場合、「G/C」の構成音はC,G,B,Dとなる。ポピュラーミュージックでは二つ目の意味で用いられることが多い。コード進行において低音パートが滑らかに旋律を奏することが可能となり、合唱譜においてもバスパートにみられる。これより分数コードを用いた、旋律の学習を行った。

3.4 全パートのハーモニーにおける規則の定義

音程の使用率、コードの和音構成、コード進行に基づいたバスパートの決定より全パートのハーモニーの規則を以下に定義する。和声学の知見より、旋律の生成順はバス・アルト・テノールとする[6]。

アルト

和声学的規則:

- ①:コードにおける傾向1,2を適用し、音程の使用率の高いものを選択する
- ②:和声学規則1,2を適用する

対位法的規則:

- ①:バスと同じ音高にならない
- ②:ソプラノよりも低い音高を使用する。
- ③:ソプラノと同じ音高をあまりとらない
- ④:ソプラノとの対位法の規則1,2,3を適用する

テノール

和声学的規則:

- ①コードにおける傾向1,2を適用し、音程の使用率の高いものを選択する

- ②:和声学規則1,2を適用する

対位法的規則:

- ①アルトと同じ音階を取らない
- ②バスよりも高い音高を使用する。

バス

和声学的規則:

- ①コードにおける傾向1,2を適用し、音程の使用率の高いものを選択する

- ②:和声学規則1,2を適用する

以上の規則を定義することで旋律自動生成を試みる。

4 実験と評価

本研究で定義した全パートのハーモニーにおける規則・傾向に基づいて旋律の自動生成を行う。さらに、規則の有効性を検証する為に、生成した旋律の評価を行う。

4.1 実験

規則に基づいて旋律の自動生成を行う。入力にはピアノ譜によるコード・歌詞・主旋律・拍子とし、主旋律・歌詞の関連したデータはあらかじめ用意する。というのは、主旋律を使用するパートは必ずピアノ譜と同様の譜割が行われているからである。まず、ピアノ譜の主旋律の音高をもとに移調を行う。主旋律のパート分配、副旋律の演出を決定し、定義した規則において以下のコストを用いて旋律自動生成を試みる。

4.1.1 和声学的規則のコスト

ヒストグラムの結果から音程の使用率において、1度、3度、5度、7度の比率をとり、逆数をコストとする。コードの和音構成における音程での適応率はどのパートでも90%を超えていることが分かった。したがって、和声学的コストはどのパートも適用することとする。

*Alto*のコードごとの相対頻度における逆数

1度:3度:5度:7度

3.7:3.1:2.9:15.2

*Tenor*のコードごとの相対頻度における逆数

1度:3度:5度:7度

3.8:2.8:4.1:7.6

*Bass*のコードごとの相対頻度における逆数

1度:3度:5度:7度

1.2:10:30:22.5

4.1.2 対位法的規則のコスト

ここでは各パートが他パートとの関わりに関する規則である。今回の対位法の規則では他パートとの完全協和音程、不完全協和音程、不協和音程についてコストとして決定する。そこで既存の合唱譜と対位法の規則との一致率を測定し、その結果を用いて以下に規則を定義する。

アルト

ソプラノとの対位法を用いる。

完全協和音程:1.6

不完全協和音程:0.2

不協和音程:3

テノール

アルトとの対位法を用いる。

完全協和音程:1.6
 不完全協和音程:0.2
 不協和音程:3

バス

連続同音使用率が高いため、対位法的規則を用いない。

全てのパターンにおいて、規則を違反する場合は100とする。条件に一致した場合は一つ前の音高差を含めコストが決定される。既存の合唱譜では連続同音使用率を求めたところ、アルトは68.32%、テノールは74.4%、バスは81.4%となった。これより、同音に留まることはあると考えそれぞれに対してコストをアルトでは2、テノールでは1、バスでは0とした。またアルトはソプラノと同音高を時々取る為、この時コストは3とする。

4.1.3 実験結果

定義したコストを用いて全パートのハーモニーの旋律生成を実現した。評価用の合唱譜はZARDの「負けないで」、DREAMSCOMETUREの「何度でも」、坂本九の「上を向いて歩こう」の三曲である。この曲は長調であること、サビの部分で全パートのハーモニー、ユニゾンが使用されていることから選出した。旋律生成結果を以下に示す。

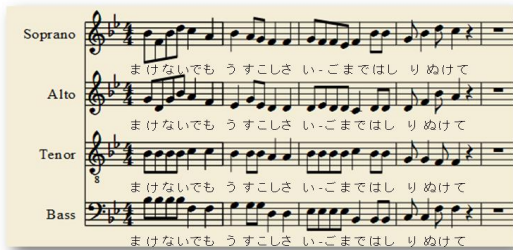


図 4. 旋律自動生成結果:全パートのハーモニー

4.2 評価

4.2.1 旋律の類似度判定

表 2. 旋律類似度結果 (アルトパート)

旋律生成法 \ 類似判定法	一致率 (%)	距離	$\cos \theta$
まけないで			
従来法	30.4	24.1	0.9416
今回	65.2	10.6	0.9878
何度でも			
従来法	4.5	11.6	0.1718
今回	54.5	9.7	0.4176
上を向いて歩こう			
従来法	21.9	26.2	0.9810
今回	65.2	10.3	0.9970

表 3. 曲別類似度結果

合唱曲 \ 類似判定法	パート	一致率 (%)	距離	$\cos \theta$
負けないで	アルト	65.2	10.6	0.9878
	テノール	34.8	14.6	0.9784
	バス	60.9	13.7	0.9799
何度でも	アルト	54.5	9.7	0.4176
	テノール	23.5	16.2	0.7148
	バス	100	0	1
上を向いて歩こう	アルト	65.6	10.3	0.9970
	テノール	65.6	23.3	0.9850
	バス	87.5	10.3	0.9971

旋律の類似度を測定する。ここでは、音列の並びを座標値として捉え、角度・距離からの測定を行った。既存の合唱譜・提案手法・従来手法の旋律結果を示す(表 2,3)。

表 2 において既存の合唱譜との音高一致率、距離では既存の合唱譜とのユークリッド距離を求めている。角度に関しては2間のコサインの値を示しており、1に近いほど既存の合唱譜に近い。これより、音高の一致率、ユークリッド距離、角度による類似性に関して従来手法よりも既存の合唱譜に類似しているという結果を得られた。以上より提案手法の方が従来手法よりも規則の有効性があることが分かる。

考察として「何度でも」ではアルト・テノールの一致率が低い。というのは主旋律が同音付近を連続で用いており、副旋律も同様に連続同音を用いていた。その結果、対位法を規則に取り入れたアルト・テノールの一致率が低く、和声学の規則のみ適用したバスが一致率100%を得た。「上を向いて歩こう」ではアルト・テノールの一致率が同じことに対して、距離が2倍近く異なっている。というのは、テノールは近くの音高を用いることで途中から低音に進む既存の合唱譜とは全く異なった音高にいつてしまった為と考えられる。「まけないで」ではアルトは和声学的・対位法的な規則で成り立っているのに対して、テノールは一部主旋律と並行して音高が取られていることが確認できた。この結果、テノールだけ一致率が低くなったと考えられる。

5 結論

音楽理論、コード入力による音高候補の選出、音程の使用率におけるコストの重みづけにおいて旋律の自動生成を実現した。また、従来手法よりも既存の合唱譜に近い旋律生成を行うことが出来た。

しかし「何度でも」の類似度が比較的低い数値を得ている。これは主旋律が同音付近を奏でていることから、既存の合唱譜では副旋律の対位法的規則が適用されていない。さらに、3曲で小節別で類似度を測ったところ一致率が低い旋律を確認できた。これは主旋律に対し、平行して旋律を奏でていることから今回使用した規則に適用されていない。そこで、主旋律と関連付けた規則を追加する必要があると考える。また合唱には小節内あるいはフレーズ内で、不協和音程になる場合と協和音程になる場合の使い分けがある。これに関しても、小節、フレーズにおける位置情報を追加したうえで適用規則の変更を行うことで解決できるのではないかと考える。

参考文献

- [1] 中瀧昌平, 西本卓也, 嵯峨山茂樹, “動的計画法と音列出現確率を用いた対位法の旋律の自動生成” 情報処理学会研究報告. [音楽情報科学] 2004(84), 65-70, 2004-08-02
- [2] 只野真奈美, 山崎直子, 高田正之, 小谷善行, 西村忍彦, “対位法による編曲システムの開発” 一般社団法人情報処理学会, 全国大会講演論文集 第38回平成元年前期(3), 1863-1864, 1989-03-15
- [3] 川上隆氏, “隠れマルコフモデルを用いた旋律への和声付けに関する研究” 北陸先端科学技術大学院大学情報科学系研究科情報処理学専攻, 修士論文, 2000
- [4] 伊藤響, 小澤玲子, 犬塚信博, 伊藤英則 “主旋律の特徴を生かした不干渉な対旋律の生成手法” 情報処理学会研究報告. [音楽情報科学] 99(68), 13-18, 1999-08-07
- [5] 田中翼, 西本卓也, 嵯峨山茂樹, “確率モデルを用いた対位法および模倣に基づく自動作曲, 1958 音楽音響研究会資料 2010(28), 8, PP13-18
- [6] 外崎幹二, 島岡譲, “和声の原理と実習”, 音楽之友社, 東京, 1958
- [7] 矢向正人, 土屋景一, 荒木敏規, “旋律パターンの分類: 類似性判断と分析例”, 音楽之友社, 東京, 1958 情報処理学会研究報告. [音楽情報科学] 96(75), 27-32, 1996-07-27