

ソプラノ課題を利用したポピュラー音楽向けハーモニー自動付与システム Automatic harmony arrangement system for popular music based on soprano challenge

八木若菜

法政大学情報科学部デジタルメディア学科

13k1039

Email:wakana.yagi.7c@stu.hosei.ac.jp

abstract

This paper proposes automatic assignment system of Harmony for popular music. In this research, the final goal is to sing the phrase made by this system. Therefore, this uses a solution of soprano challenge that is necessary for learning harmony method. By removing approach notes and making upper harmony phrases based on the characteristics of pops, it was improved the performance. Then, it is easy to use for beginners of composition by selecting the solution automatically. Subject experiment and musical score experiment evaluated this system. Subject experiment compared the system of making solutions for soprano challenge that is previous research and this system. Musical score experiment compared the musical score of pops music that arranged for chorus, and the musical score by this system. Both of the result were better. It turned out to give harmony phrases that is suitable for pops music by selecting the solution.

1 はじめに

ハーモニーとは日本語で和声のことで、音楽理論の用語の1つであり和音の進行、声部の導き方、配置の組み合わせのことである。合唱はもちろん、ポップスやロックにもハーモニーフレーズを与えることで曲が華やかになる。作曲の際、メロディーを考えた後にハーモニーフレーズも考えなければならないため手間がかかる。近年パソコンで簡単に作曲ができるソフトなどが多く存在するため、音楽知識がほとんどなくても作曲を試みる人が増えた。このような特に音楽理論を学んでいない作曲初心者にとっては、ハーモニーフレーズの作成方法がわからないため困難である場合が多い。これを自動生成することにより作曲の時間を短縮することができる。そこで本研究ではポップスやロックの作曲に使えるハーモニーフレーズの生成を目標とし、入力された旋律に対する上下のハーモニーの自動生成を行うシステムを作成する。

図1にハーモニーフレーズを付けたポップスの曲の例を示す。これはポップスの楽譜には多い3声の楽譜で、メロディーラインと2声のハーモニーフレーズによって作られている。一般的にハーモニーフレーズはきれいな響きになるとされている3度上か下でつけるが、度数には長と短があることや、コード

とハーモニーフレーズの音が合わない場合不協和音になることもあるので、それらを考慮しなければならない。

和声法において、和声法の学習に欠かせないソプラノ課題というものがある。ソプラノ課題とは与えられたソプラノに対してアルト、テノール、バスを与える課題である。本研究ではメロディーにハーモニーフレーズを付与するのがソプラノ課題を解くことと似ていることから、ソプラノ課題の正解生成システム [1] を利用した。最終的に歌唱を目的としていることから、ソプラノ課題の解法を使うのは妥当であると考えた。

まずユーザーにハーモニーフレーズを付けた部分のメロディーを入力してもらい、アプローチノートを判定する。アプローチノートとは、非和声音である装飾的隣接音のことである。これがあると和音を考える際にメロディーとコードが不協和となる場合があるため、先行研究を参考に省く処理を行う。その後入力された旋律の調を判定し、その調をもとにソプラノ課題を解いていく。これで求まる解は複数あり、この中から最適な解を厳選して結果を出力する。しかしソプラノ課題を最後まで解くだけでは下のハーモニーフレーズしか作成できないため、今回はこれを応用してポップスやロックに最も多いメロディーに対する上下のハーモニーフレーズを作成する。



図1 ハーモニーフレーズのついた楽譜例 (いきものがかりのyellのサビ)

2 関連研究

先行研究にソプラノ課題の正解を列挙するシステム [1] がある。ソプラノ課題を解く際、まずバスを決め、それからアルトとテノールを決めていく。はじめに音符1つ1つに対してその音を含む3音の和音を設定し、原則に従い和音進行を決定、その後3音のうちのどれをバス音に持っていくかを決めて和音を配置する。和声法の学習においてソプラノ課題、バス課題の勉強は必須であるが、これらには許容解が極めて多数存在するため独学で習得するのは困難である。そこで作成されたのがソプラノ課題の学習を目的とした正解の列挙システムである。今回はハーモニーフレーズの付与を目的としているため、すべての

解を列挙してしまうと解が多すぎる。また、ソプラノ課題を解くだけでは上のハーモニーフレーズは作成できない。そのため本研究ではポップス系の旋律に対する和声付与システム [4] も参考にする。この論文では入力された旋律に和音を付与している。付与可能な和音は多数存在するため、ポップスの特徴をとらえ、様々な工夫を用いて厳選したものをユーザーに提示している。

また、入力された旋律に対してハーモニーを付与するシステムは市販のもので存在するが、性能が悪く、ユーザーの期待しているレベルのものを提示できていない。これは可能な音符の組み合わせが多すぎるのに厳選していないためと考えられる。そこで本研究ではアプローチノートや和声法における和音進行の原則、禁則 [6] を考慮する。ポップスやロックにおける一般的なハーモニーフレーズの特徴も取り入れ、付与するハーモニーフレーズを厳選することにより性能の良いシステムを作成する。

3 ハーモニーフレーズ付与システム

3.1 処理手順

処理手順を以下の図 2 のフローチャートで示す。

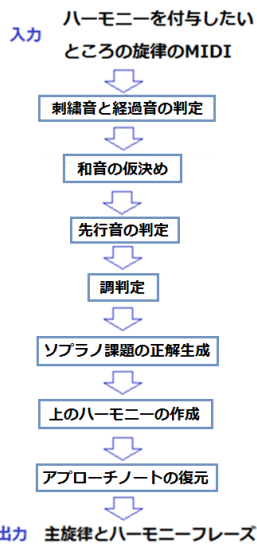


図 2 ハーモニーフレーズ付与のフローチャート

MATLAB で MIDItoolbox[7] を用いて実装した。MIDI-toolbox には音を処理する MATLAB 関数が多くあり、これにより MIDI データを分析して視覚化することができる。まずハーモニーフレーズを付与したい部分の旋律を MIDI のデータにしたものを入力として使用する。MIDI には小節、拍、タイミング、音高、強さ、長さという情報が入っており、これらを利用してハーモニーフレーズを作成する。Onset は開始からどれくらいか、duration は長さ、MIDIchannel はテレビのチャンネルのようなもので、指定したパートだけを演奏できる。midipitch は音高を 0~127 までの数値で表したもので、velocity は強さである。ここでは主に midipitch の値を使用していく。入力には主旋律の 1 旋律のみとする。次にアプローチノートを処理する。本研究では刺繍音、先行音、経過音の 3 種類のみを判定、除去する。その後アプローチノートを除去した旋律に対して、調を判定する。

入力からアプローチノートを除去した旋律をソプラノとし

てソプラノ課題を解き、多数の解の中からハーモニーフレーズに最適なものを自動で選択する。この過程の途中で上のハーモニーフレーズも作成する。その後除去したアプローチノートを元に戻し、それらにもハーモニーフレーズをつけ、メロディーを含む三声をまとめて 1 つの MIDI として出力する。

3.2 アプローチノートの判定

アプローチノートを判定する。これには様々な種類があるが、本研究では先行研究 [4] を参考にロック、ポップスに類出する刺繍音、経過音、先行音の 3 種類のみを判定する。先行音は小節の和音が決まらなると決められないため、まず刺繍音と経過音を判定する。その後それらを省いた旋律に対して小節ごとに和音を付与し、それをもとに先行音を判定、除去する。プログラムでは進行の度数を指定し、読み込んだ MIDI の情報と比較してその度数と一致する場合に判定するようにした。アプローチノートを理解する上で必要な用語を以下に示す。

進行 音楽理論で、ある音から次の音に移行すること

順次進行 2 度で進行すること

非和声音 その部分の和音の構成音以外の音のこと

図 3 は譜面例である。丸が刺繍音、三角が経過音、四角が先行音である。

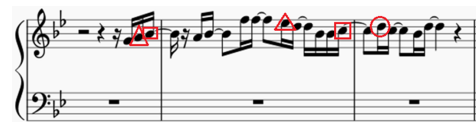


図 3 アプローチノート例

刺繍音とは、ある和音構成音から非和声音に順次進行していき、元の音に戻る、このときの非和声音のことである。連続する 3 音による上行下行（山型）もしくは下行上行（谷型）音群において、隣接音間の音程が 2 度関係にある場合に、2 番目の音を刺繍音であるとみなす。経過音とは、ある和音構成音から別の和音構成音へ順次進行でつなぐときに間に入る非和声音のことである。連続する奇数個の音による上行または下行音群において、隣接音間の音程が 2 度関係にある場合に、偶数番目の音を経過音であるとみなす。先行音とは、和音の変わる直前に次の和音の構成音を先取りして非和声音となり、新しい和音に入ったときに同じ音を打ち直すときの、非和声音のことである。あるコードブロックにおいてその 1 つ前のコードブロックから持続する音を先行音であるとみなす。

3.3 調の判定

krumhansl の key finding のアルゴリズム [5] を参考にし、調を判定する。これは長調、短調における各調性のプロファイルを統計により算出し、楽曲中の音高の中で最も長い時間になっている音高と一致する調を調性とするものである。そのため曲全体を入力とする必要はなく、ハーモニーを付与したい部分だけに付与することができる。

楽器の音高をある音律に調整する調律（チューニング）という作業がある。これには平均律と純正律があり、例としてピアノは平均律、合唱は純正律を用いている。表 1 にそれぞれのメリットとデメリットを示す。

表 1. 平均律、純正律のメリットデメリット

	平均律	純正律
メリット	何調でひいても比が変わらないためどのように転調しても均質な響きが得られる	すべて分数で表せて和音もきれいに響く
デメリット	ユニゾンとオクターブ間以外の和音は必ず喰りが生じてしまう	基準にする音によって数通りの音程ができてしまい転調ができない

調律は転調を行わないことやハモリの作成が目的であることより、純正律を採用することにした。

3.4 ソプラノ課題の解法を利用したハーモニー作成

まず判定した調の主音を i として、与えられたソプラノの音を含む和音を探し、候補を挙げる。それをもとに図 4 のような和音進行の原則に従って可能な和音の候補を絞っていく。和音には $i \sim vii$ までであるが、ポップスでは iii と vii はあまり使われないためここでは簡易化し、先行研究を参考にそれらを除いて進行を決定する。初めの和音の候補が複数ある場合は最初はランダムで決める。次に 1 つしか設定できないところのバスを決定し、残りのバスをソプラノの動きにできるだけ反進行するように選択する。反進行というのは対位法に基づくルールで、ソプラノが移行していく際の上下の動きに対して反対の動きをして進むことである。その規則を用いても決められなかったところはランダムに選択する処理を行う。2 回続けてランダムになることはほとんどないため、この方法でよいと考えられる。その後、和音の構成音の中から上のハーモニーフレーズを作成し、最終的な解を出力する。

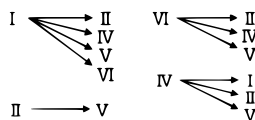


図 4 和音進行の原則

最適な和音遷移が複数求まった場合、参考論文ではその中からユーザーに選択してもらう方式を取っている。音楽知識のない人がその中からハーモニーフレーズに適切なものを選択するのは困難である。そのため、本研究では自動で解を厳選しユーザーに提示する。ソプラノ課題を解く過程で和声を配置する際に、音と音の開き具合を指定する部分がある。ソプラノからテノールが 8 度未満であることを密集配分、8 度であることをオクターブ、8 度より大きいことを開離配分という。ポップスは和音の音と音の間隔が狭いという特徴を持っていることから、密集配分を採用することによって減らしていく。

最後に省いたアプローチノートを復元する。このとき刺繍音と経過音に対しては直前の音を付与、先行音には直後の音を付与する。図 5 に例を示す。一番上の譜面が入力である。二番目がアプローチノートを省いた旋律にソプラノ課題の解法を用いてバスを付与したところで、三番目が上のハーモニーフレーズを付与したところである。一番下がアプローチノートを復元した譜面となっている。これが最終的な出力となる。



図 5 ハーモニー付与の処理例

4 評価実験

被験者を対象としたものと楽譜を用いたものの 2 種類の実験を行った。入力 MIDI データは自分で入力して作成したものとす。実際に使う際ハーモニーを付与したい部分のフレーズを入力とするため、どのような旋律にも対応できるようにものを JPOP の曲から 10 フレーズ用意した。長いもの、短いもの、A メロ、B メロ、サビ、全体のように様々な種類で実験を行う。どちらの実験にも使用するため、収集したポップスの合唱用楽譜 [8] の中からフレーズを選択した。1 回目の実験で 4~32 小節のフレーズを使用したが、短すぎるものは判別をしにくいということから、実験では最短のものを 8 小節とした。32 小節は曲の 1 番の部分となっている。以下に使用した曲を示す。

表 2. 使用した楽曲

手寫葵	明日への手紙
absorb	桜の雨
AKB48	365 日の紙飛行機
miwa	結-ゆい-
コブクロ	未来
夏川りみ	涙そうそう
スピッツ	チェリー
ゆず	栄光の架橋
一青窈	ハナミズキ
GReeeeN	キセキ

似たような先行研究では人間が作成したものと、既存のシステムと、提案手法を実装したシステムを比較して評価していた。本研究では人間が作成したものを市販の楽譜とし、既存のシステムをソプラノ課題の解法のみを利用して作成した解答とし、本研究のシステムと比較実験を行った。

4.1 主観評価実験

被験者を対象とした実験では、先行研究のソプラノ課題の解法を用いて作成したハーモニーフレーズのうち著者が最も良いと考えたものと、本研究のシステムを用いて作成したハーモニーフレーズを聴いて比較してもらう。普段ロックやポップスの音楽を聴く人が違和感がないと感じる程度のハーモニーフレーズの作成を目標としているため、専門的な音楽知識のない、

具体的には作曲経験のない大学生 10 名を被験者とした。評価は先行研究では -3~+3 の 7 段階で行っているが、同様の理由により本研究のシステムで作成したフレーズのが、ソプラノ課題の解法で作成したフレーズのうち最も良いと思われるものに比べて良い、同程度、悪いの 3 段階とする。本研究のシステムはソプラノ課題の解法を応用して作成しているが、悪くなることも考慮し、この 3 段階評価を用いた。実験結果は良いが 57.8 %、同程度が 30.3 %、悪いが 11.9 % となった。

4.2 市販の楽譜を用いた実験

楽譜を用いた実験では市販のポップスの合唱の楽譜を正解とし、本システムを使用して作成した結果と音符ごとに比較して正解率を評価した。ポップスやロックの一般的な楽譜はハーモニーのパートが表記されていないことが多く、そのような楽譜を収集するのは困難と考えられる。そこで今回、ポップスやロックを合唱用に編曲した楽譜を用いることにした。ポップスの合唱用楽譜はもともと合唱用に作られた曲よりメロディーとハーモニーフレーズの音の間隔が狭くなっているため、これを評価に用いてよいと考えられる。1320 音中 885 音が正解となったため、正解率は 67.0 % となった。

4.3 考察

実験の結果から、ソプラノ課題のみに比べて悪くなっている場合があったが、アプローチノートの処理に見落としがあったためと考えられる。刺繍音と経過音を判定できていない部分があり、その部分にも他の部分と同様の処理を行いハーモニーを付与してしまった。この付与した音がコードの音と不協和になったと思われる。これは長 2 度と短 2 度を区別することにより解決する。

楽譜との比較で正解率が低いことに関しては、バスを設定する際にアプローチノートを省いた部分に関する処理をランダムで決めていることが原因となっている。以下の図は AKB48 の「365 日の飛行機」のサビの一部であり、この部分にはアプローチノートが多く含まれている。図 6 が正解としている楽譜であり、図 7 が本システムで作成した結果である。これからわかるように、アプローチノートの前後の音が正解と違うものになったとき、連動してアプローチノートに付与される音も正解と違うものになり、正解率が下がってしまう。これはアプローチノートが含まれる小節の頭の音をコードトーンにすることによって解決する。頭にコードトーンを置くことで解決感を強調し、耳にコードの響きを覚えさせることができるため、実際作曲する際このようにすることが多い。



図 6 AKB48 の 365 日の紙飛行機 の正解楽譜



図 7 AKB48 の 365 日の紙飛行機の本システムの作成フレーズの楽譜

5 おわりに

本研究ではメロディーが与えられた時に自動でポップスやロックに適したハーモニーフレーズを付与するシステムを作成した。和声法のソプラノ課題の解法を利用し、歌唱に適したフレーズを作成した。性能を上げるためにアプローチノートを判定、除去し、不協和が起こらないように工夫した。また、ポップスの特徴である上のハーモニーフレーズも作成した。結果として、純粋なソプラノ課題の解よりよいハーモニーフレーズを作成することができた。

今後の課題としてまず、アプローチノートを含む小節の処理を変えることがあげられる。まずアプローチノートの判定で経過音と刺繍音の一部がうまくいっていない部分について、短 2 度に対応するようにプログラムを書く必要がある。また、現在アプローチノートがある小節もない小節も同じように、アプローチノートを省いたメロディーに和音進行を考えながら和音の候補を挙げていくという方法をとっているが、アプローチノートを省いただけでは性能が悪い。そのため、アプローチノートが含まれる小節の頭のバスの音を決定する際、候補にその小節のコードの構成音があればそれを選択することによってよりよいハーモニーフレーズを作成できると考えている。

参考文献

- [1] 三浦雅展, 柳田益造”ソプラノ課題の全許容解列挙システムの構築”, 音響誌 60 卷 3 号 (2004), pp.105-114
- [2] 三浦雅展他”和声学におけるバス課題についての回答確認システムの構築とその評価”Institute of Electronics, Information, and Communication Engineers
- [3] 池内友次郎他”和声理論と実習 I, II, III, 別巻”, 音楽之友社, 東京, 1964
- [4] 三浦雅展他”ポップス系の旋律に対する和声付与システム: AMOR”, 情処学論 Vol.46 No.5, May 2005
- [5] Carol L. Krumhansl 他”Cognitive Foundations Of Musical Pitch”, New York Oxford, OXFORD UNIVERSITY PRESS, 1990
- [6] 北川祐”コード進行ハンドブック”, リットーミュージック, 1988
- [7] Tuomas Eerola, Petri Toiviainen 他”MIDI Toolbox Manual”, University of Jyväskylä: Kopijyva, Jyväskylä, Finland, 2004
- [8] YAMAHA”絶対決まる! クラス合唱のザ・定番☆ベスト〜未来〜”, ヤマハミュージックメディア
- [9] 池内友次郎, 長谷川良夫他”真: 和声理論と実習 I, II, III, 別巻”音楽之友社, 東京, 1964
- [10] 池内友次郎”二声対位法”音楽之友社, 東京, 1965