

# Harmony Search Algorithm を用いたコード進行推薦による 作曲支援アプリケーションの開発

70710102 朴 成翼<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 静岡大学 情報学部 宮崎佳典研究室

あらまし: 作曲の初心者にとってはメロディーとリズムの生成は比較的簡単であるが, そこにハーモニー (以後, コード) を付すには相当量の知識が必要となる. これに対し, 本研究ではコード進行を推薦することで作曲をサポートするアプリケーション開発に取り組んでいる. 本発表では, コード推薦のためのアプリケーションについて紹介し, 既存の推薦アルゴリズムの問題を解決するために導入した Harmony Search Algorithm (以降, HS) とその応用について述べる.

キーワード: 作曲, コード進行, 推薦アルゴリズム, Harmony Search Algorithm

## 1. はじめに

音楽は人の心と体に様々な影響を及ぼす. 緊張緩和やストレスの解消は勿論, 合唱や合奏など共同で協調する行為による社会性の向上, 芸術活動としての美的感動体験など様々な効果が得られることが知られている<sup>(1)</sup>. 作曲した曲を聴いたり聴かせたりする行為を通じて上記のような様々な効果を楽しむことができると考え, 初心者を含め多くの人が比較的簡単に楽しく音楽を作ることができる方法について考究した. 曲を作るにはメロディー (単音を軸とした音の時間方向の動き), リズム (一定の間隔で刻んだ音), ハーモニー (和声. 多数の異なる音程の音が同時に鳴ることで起こる現象) の3要素が必要であり<sup>(2)</sup>, 本稿では上記の3要素の中で特にハーモニーに関するコードを主に扱う. コードとはハーモニーを起こす3つ以上の音の塊である. 作曲初心者にとってはメロディーとリズムは比較的簡単に作ることができるかもしれないが, そこにコードをつけるにはある程度の知識が必要となるため, コードは初心者が曲を作るとき直面する初めての難関とも言える. 本研究ではそのような悩みを解決するために, コード進行を推薦することで作曲活動をサポートするアプリケーションを開発している. 関連研究としては, HS を用いてオルガヌムというジャンル曲を自動生成した研究<sup>(3)</sup>と, 同じく HS を用いてコード進行の自動生成に応用した研究<sup>(4)</sup>がある. これらの研究は, あくまで自動で曲やコード進行を生成することが目的であり, 自分の力で自分の曲が作りたい人にとっては適していない. そこで, 本研究では, 自分で曲が作りたい人のために作曲を支援することが目的であり, 単純に曲を生成するのではなく, ユーザー自身の作曲能力の向上という効果も期待している.

## 2. 既存の推薦アルゴリズム

コード進行推薦の推薦アルゴリズムとして, 単純推定と多重推定がある. 単純推定では, 直前のコードだけを対象としてコードを推薦する. それに対し, 多重推定では作成されたコード進行についてデータベースからそのコード進行が存在するかをコード進行の最初から確認してゆき, 後続のコードが見つからなくなったところで探索を中止する. その時点の

コードをコード進行の最初のコードと仮定し, そのコードから再探索し, 作成された最終コードまで探索が終わった所で継続のコードを推薦する推薦アルゴリズムである. JSiSE 学生発表会で発表した内容通り<sup>(5)</sup>, 多重推定は単純推定より自然なコード進行を推薦することはできたが, データベースに深く依存するという致命的な問題があった. 従って, その根本的な問題を解決するために新しい推薦アルゴリズムを考案した.

## 3. Harmony Search Algorithm

Harmony Search Algorithm<sup>(6)</sup>とは, 音楽家の即興過程を模倣した最適解探索アルゴリズムである. HS は大きく5つのStepで構成される. まず, Step1では, 目的関数やHarmony Memory Size (HMS), Harmony Memory Considering Rate (HMCR), Pitch Adjusting Rate (PAR)などの初期値の設定を行う. Harmony Memory Sizeとは, Harmony Memoryという解ベクトルの最大の解の個数を意味する. この研究では解はコード進行なので, HMSはHM内に保存される最大にコード進行の数でもある. Step2は, Harmony Memory (HM)の初期化である. Step1で設定したHMSを基にランダム的にHMを初期化する. Step3では, 新しいハーモニーを生成する. Step1でHMCRとPARによって, ハーモニーの生成方法が変わる. Step4は, HMのアップデートである. HM内の最も目的関数の関数値が高いハーモニーは削除し, 新たに生成されたハーモニーをHMに入れる. そして, Step5で, 終了条件をチェックする. 終了条件を満たしたら終了するが, そうじゃない場合はStep3へ戻り, ハーモニーの生成を繰り返す.

#### 4. Harmony Search Algorithm の応用

HS は元々最適化探索のためのアルゴリズムであるが、本研究では、最適の解一つだけを残すという「結果」ではなく、最適の解を求めていく過程で得られる「最適解に近接した候補」を提示することを目標としている。本応用での目的関数は以下のように定義している。

$$f(x_i, x'_i) = \text{minimum distance between } x_i \text{ and } x'_i \text{ (} i \text{ は自然数)}$$

$$\text{harmony}(\text{current}) = \{x'_N, x'_{N-1}, x'_{N-2}, \dots, x'_1\}$$

$$\text{harmony}(\text{new}) = \{x_N, x_{N-1}, x_{N-2}, \dots, x_1\}$$

ここで、 $\text{harmony}(\text{current})$  は現在のコード進行、 $\text{harmony}(\text{new})$  は新たに生成されたコード進行を指す。 $x_i$  や  $x'_i$  などはそのコード進行の要素(つまり、コード)を表す。コード進行間の距離は、各コード進行の目的関数による各コード間の距離の総和とする。コード間の距離については、五度圏という音楽理論に基づいて計算する。五度圏は音楽におけるコード間の関を整理しておいたものである。五度圏を図 1 に示す。また、五度圏の各コードを頂点とすると、図 1 の右のようなグラフとなる。五度圏において、すぐ隣のコードへの進行は自然なコード進行になるので、グラフ上ではある点と点の距離が短いほど自然なコード進行といえる。よって、この理論を適用して 2 つのコード進行を比較すると、2 つのコード進行がどれだけ違うのかが分かる。これによって、現在のコード進行とどれだけ近いコード進行なのかを計算し、あまり遠くないコード進行を排除していくことで、現在のコード進行に近接した解を生成していきそこから次の推薦コードを決定する。また、グラフ上の最短距離は、ダイクストラ法 (Dijkstra's Algorithm) を用いて求めている。

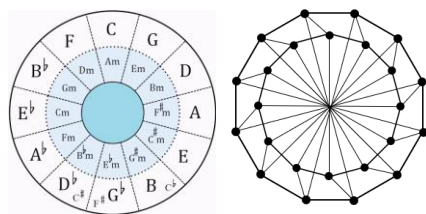


図 1: 五度圏(左)と五度圏によるグラフ(右)

#### 5. 今後の展望

今回実装した HS によるコード推薦の有効性を確認するために、多重推定, Harmony Search

Algorithm(HS), Genetic Algorithm(GA) 間の推薦性能比較する評価実験を計画している。GA は、今まで音楽・作曲に関する研究で多く使われてきたアルゴリズムなので<sup>(7)</sup>、本研究が HS を音楽に応用する研究である以上、GA との比較が必須だと考えられる。各評価基準については<sup>(8)</sup>を参考にして作成した。

- Coherent : 音楽的に感じるか
- Interesting : 気に入るか
- Independency : データからどれだけ独立か

単純推定と多重推定は、データベース上のコード進行しか推薦できない。それに対して、HS はデータベース上にないコード進行も推薦できるので、HS は Independency で高評価を得ることが予想される。よって、多重推定と単純推定に比べて、Coherent と Interesting の評価であまり大差ないことだけ示せば、Independency 項目で HS の方が優秀なので、HS が優れているという結論を出せる。なぜなら、曲の自然さは単純推定や多重推定とあまり変わらず、多重推定と単純推定にはない「データベースにあまり依存しない」というメリットがあるからである。

#### 6. おわりに

今回はコード進行推薦アプリケーションの開発及び HS を用いた推薦アルゴリズムの考案について報告した。7 月下旬まで、今後の展望で述べた評価実験を行い、その成果について報告することを目標とし、研究を続けていきたいと思う。

#### 参考文献

- (1) 谷口高士, 音楽を聴くということの心理的意味を考える : 心理学からのアプローチ, 日本音響学会誌 62(9), pp. 682-687 (2006).
- (2) 野口義修, 多田鏡子, 楽しく覚える楽譜の読み方入門—音符・リズム・メロディー・ハーモニーが基本からわかる, 日本文芸社, (1996).
- (3) ZW Geem, JY Choi, Music composition using harmony search algorithm, EvoWorkshops 2007: Applications of Evolutionary Computing, pp. 593-600 (2007).
- (4) Noriko Otani, Katsutoshi Tadokoro, Satoshi Kurihara, Masayuki Numao, Generation of Chord Progression Using Harmony Search Algorithm for a Constructive Adaptive User Interface, PRICAI 2012: Trends in Artificial Intelligence, pp. 400-410 (2012).
- (5) 朴成翼, 宮崎佳典, コード進行推薦による作曲支援アプリケーション試作の試み, 2020 年度 JSiSE 学生研究発表会 (東海地区), pp. 105-106 (2021).
- (6) Kang Seok Lee, Zong Woo Geem, A new structural optimization method based on the harmony search algorithm, Computers and Structures 82, pp. 781-798 (2004).
- (7) 田中健, 外山史, 東海林健二, 遺伝的アルゴリズムを用いたメロディー進行とリズムの組合わせによる自動作曲, 情報処理学会研究報告.MUS, 41, pp. 43-48, (2001).
- (8) Christoph M. Wilk, Shigeki Sagayama, Automatic Music Completion Based on Joint Optimization of Harmony Progression and Voicing, Journal of Information Processing Vol.27, pp. 693-700 (2019).