

# コードと音高情報による隠れマルコフモデルを使用した 曲構造を持つ楽曲の自動生成

安孫子 友美<sup>†</sup> 但馬 康宏<sup>†</sup> 小谷 善行<sup>†</sup>

東京農工大学工学部情報コミュニケーション工学科<sup>†</sup>

## 1. はじめに

本研究では、コンピュータに自動的に楽曲を生成させることを目的とする。コード進行がメロディの背後に隠れていることに着目し、1小節のコード、および最初と最後の音高を隠れ状態、1小節の音符列を出力記号とした隠れマルコフモデル (Hidden Markov Model, HMM) を用いる。状態遷移確率と出力確率を基にし、さらに曲中の繰り返しを定義した構造を利用することで、メロディを生成することができる。

## 2. コードと音高情報による HMM

### 2.1 コードとメロディの関係

1小節に1つのコードが入るとき、一般的には、その小節のメロディは半分以上の長さ以上がコードの構成音(内音)になる。よって、コードからメロディが生成されると考えるのが自然である。

本研究では、このようなコードとメロディの関係に着目し、既存の楽曲を学習データとした HMM を使用して自動作曲システムを構築する。

### 2.2 コード進行とメロディのモデル化

HMM の状態を 1小節のコード、および最初と最後の音高(以降、音高ペアと記述)とする。調によって使用されるコードは異なるが、これらを流動的に使用できるように統一してモデル化する。例えばキーが C(八長調)の場合、

C Dm Em F G Am Bm-5

というコードは

m m m m-5

となる。状態は 1小節単位で遷移すると考える。

音高ペア、0~127 までの数値で表現し、ピアノの鍵盤上における中央のドは 60 とする。これらは、八長調に合わせて数値をシフトさせる。

また、出力記号は音符列(音高列および音価列)とする。音価は、1拍の長さを 240 とし、数値化する。休符の場合は音程を 0 として扱っている。

## 3. 自動作曲システムの設計

### 3.1 曲の繰り返し構造の定義

本研究では、繰り返しのある曲を作成するために、既存の楽曲から曲の繰り返し構造をあらかじめ

め定義しておく。この構造では、1小節ごとに1つの番号を付与する。1曲の中でコードと音符列が一致する小節は、同じ番号となる。コードが同じでも音符列が異なれば違う番号となる。こうすることで、全く同じフレーズの繰り返しというものを表現することが可能となる。

### 3.2 曲の繰り返し構造に対応した割当表

曲の繰り返し構造に付与された番号ごとに状態(コード、音高ペア)、および出力記号(音符列)を割り当てるための表を割当表と呼ぶ。

### 3.3 自動作曲システムの構成

本システムの構成を図 1 に示し、以下にその説明をする。

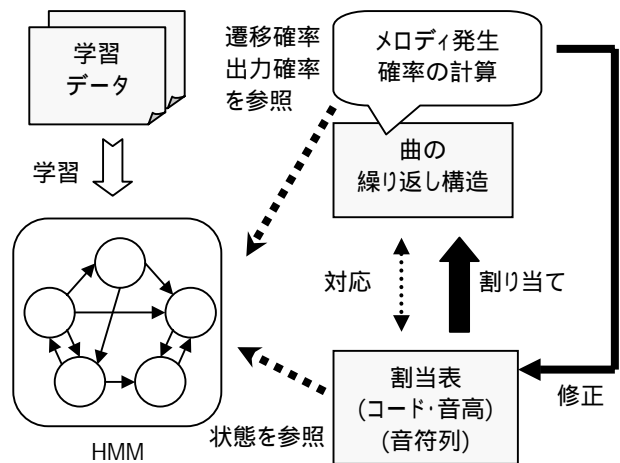


図 1. 自動作曲システムの構成

まず、学習データから状態遷移確率、出力確率を求め、HMM を生成する。

次に、あらかじめ定義されている曲の繰り返し構造に対応した割当表へ、番号ごとに状態(コード、音高ペア)と、その状態から出力される音符列を登録する。最初に割当てるコードと音高ペアは、HMM の状態の中からランダムに選択する。音符列は、その状態から出力される音符列で最も確率の高いものを選択する。

割当表に登録した後、曲の繰り返し構造へ対応している割当表の番号のコード、音高ペア、音符列を当てはめ、1曲を通してのメロディ発生確率を計算する。

コードの遷移を  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_T\}$ 、1小節の最初の音高の遷移を  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_T\}$ 、最後の音高の

Automatic Composition of Music with music structure using HMM by Chords and Pitch Information

<sup>†</sup> Tomomi Abiko, Yasuhiro Tajima, Yoshiyuki Kotani, Department of Information and Communication Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

遷移を  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_T\}$  , 音符列を  $N = \{n_1, n_2, \dots, n_T\}$  , 時刻を  $t$  とすると, メロディ発生確率  $P(C, S, E, N)$  は

$$\begin{aligned} P(C, S, E, N) &= \prod_{t=1}^T P(c_t, s_t, e_t | c_{t-1}, s_{t-1}, e_{t-1}) \cdot P(n_t | c_t, s_t, e_t) \\ &= \prod_{t=1}^T P(c_t | c_{t-1}, s_{t-1}, e_{t-1}) \cdot P(s_t, e_t | c_{t-1}, s_{t-1}, e_{t-1}) \cdot P(n_t | c_t, s_t, e_t) \\ &= \prod_{t=1}^T P(c_t | c_{t-1}) \cdot P(s_t, e_t | e_{t-1}) \cdot P(n_t | c_t, s_t, e_t) \end{aligned}$$

によって求められる。

求めたメロディ発生確率をもとにし, 山登り法によって累積確率が高くなるように割当表を修正する。累積確率が高いということは, その曲が実際に起こりやすいコード進行, あるいはメロディラインになっているということである。しかし, 累積確率が高くなりすぎると, 同じ音符列が続いてしまうということが起きる。これを防ぐため, 山登りの修正の回数をあらかじめ決定しておく。

割当表の番号をランダムに 1 つ選択し, その番号に入るコード, 音高, 音符列を変更する。そして, 変更後の累積確率を計算する。この確率が変更前の累積確率よりも大きければその割当表に修正し, 小さければ変更前の状態に戻す。

## 4. 評価実験

### 4.1 学習データ

HMM の学習に用いる楽曲データとして, J-POP のヒット曲の MIDI データ 80 曲, および, それぞれの曲のコード・音高ペアのデータ 80 曲分を用意する。学習データは全て 4 分の 4 拍子とする。

### 4.2 曲の繰り返し構造

曲の繰り返し構造は, 学習データに用いたものから 10 曲, それ以外から 10 曲を用いて定義する。

### 4.3 実験項目

3 で述べた本システムとその比較のため, 以下の 5 つの項目で楽曲を生成する。各項目で曲構造を 20 個ずつ使用し, 1 つの曲構造からそれぞれ 2 曲ずつ曲を生成する。したがって計 200 曲を生成する。

- (a) 1 小節単位で遷移する HMM
- (b) 2 拍単位で遷移する HMM
- (c) (b) でコードの遷移確率のみを計算
- (d) (b) で音高の遷移確率のみを計算
- (e) (b) で状態はランダムに選択

### 4.4 評価方法

同じ曲構造から生成された a から e の 5 曲を試聴させ, 質問に対して 1 位から 5 位までの順位を決めてもらうというアンケートを行う。質問項目は

- ・ 気に入った順位
- ・ 音楽的に自然と思う順位

の 2 つとする。また, 曲の感想も自由に記述してもらう。その後, 一対比較評価法のサーストン法

を利用して a から e までの順位を 1 次元に尺度化する。

### 4.5 実験結果

アンケートの回答件数は, 「気に入った順位」が 36 件, 「音楽的に自然だと思う順位」が 38 件であった。実験の結果, 図 2, 3 に示す順位が得られた。右へ行くほど勝率が高いことを表している。

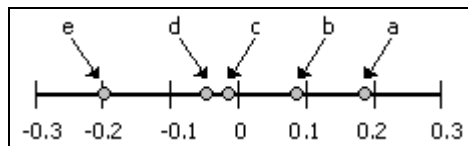


図 2. 気に入った順位

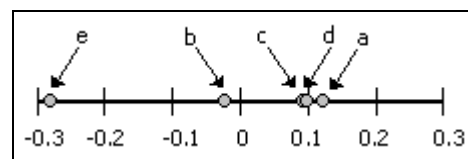


図 3. 音楽的に自然だと思う順位

## 5. 考察

4.5 より, a の方が, b より良い結果であった。これは, 1 小節で遷移した方がまとまりのあるフレーズとして聴こえるためと考えられる。さらに, b の累積確率が高くなり, 単調になってしまったことも関係している。また, 「気に入った順位」の 3 位が c であることから, コード進行を考慮した方が好まれるといえる。逆に, 「音楽的に自然だと思う順位」では d の方がわずかだが順位が高いことから, 音符のつながりを考慮した方が自然な曲になるといえる。

アンケートでは, a に関して「自然で繰り返しが曲らしい」という意見が多くあった。b に関しては「ところどころに人間らしいメロディが流れている」という意見もあった。しかし, 全体的に不自然であるという意見が多く, 作曲における要素不足が指摘されているので, 検討が必要である。

## 6. おわりに

本研究では, HMM を用いた自動作曲システムを構築した。評価実験により, 本システムが有効であるという結果が得られた。不自然さをなくし, 曲にテーマを持たせることが今後の課題である。

## 参考文献

- [1] 田村理遊, 池田剛, 但馬康宏, 小谷善行, “隠れマルコフモデルを用いた副旋律推定”, 情報処理学会研究会報告, No.2006-MUS, pp17-22, 2006
- [2] 志田裕樹, HMM を用いたベースラインからのコード進行の推定, 東京農工大学大学院工学研究科, 電子情報工学専攻 2001 年度修士学位論文, 2002