

隠れマルコフモデルを用いた変奏の伴う楽曲の自動生成
 高村 宏幸[†] 山上 信一[†] 柴原 一友[†] 但馬 康宏[†] 小谷 善行[†]
 東京農工大学工学部情報コミュニケーション工学科[†]

1. はじめに

楽曲は、繰り返しフレーズや変奏フレーズが存在することが重要であると考えられている。すなわち、繰り返しフレーズや変奏フレーズを構成を持って出現させることができれば、計算機がより人間に近い楽曲を生成することができると考えられる。本稿では変奏フレーズを出力可能な HMM を複数作成し、既存楽曲の曲構成を分析し利用することで自動作曲を行った。評価実験として、繰り返し・変奏の重要性を確かめる試聴実験を行い、システムの有効性を検証するために関連研究との試聴実験を行った。

2. 変奏フレーズを出力する HMM の作成

変奏を持った楽曲を作成するには、変奏フレーズを出力する生成器の作成が必要となる。本研究では、同楽曲内の類似したフレーズを集めて学習した生成器を用いることでそれを実現する。おおまかな手順は、以下のようになる。

- ・各小節の音符列から、HMM を作成する。
- ・各 HMM 間の類似性を計算し、類似性の高いものは同一の変奏フレーズに分類する。
- ・同楽曲内の変奏フレーズだけを学習データとして用いて、曲毎に変奏フレーズ出力 HMM を変奏フレーズ数で作成する。

2.1 HMM の初期値

HMM を用いて時系列データを分析する時には、left-to-right モデルが利用されることが多いが、音楽は繰り返しにより元の状態に戻ることがあると考えられるので、通常の left-to-right モデルの遷移に加え、ある状態より前の状態への遷移が可能であるとした。また、今回学習データとして扱ったデータはすべて 4 分の 4 拍子とし、HMM の状態は 4 つに固定し、学習には Baum-Welch のアルゴリズムを用いた。

2.2 HMM 間距離の定義

本研究では 1 小節の音高列を学習した HMM 間に類似性の尺度として距離を定義することで、楽曲構成を分析する。距離は音高の共起情報を利用し、HMM の各状態が時系列で対応しているものと考え、定義を行った。以下にその定義を示す。まず、音高の距離を

$$d_{pitch}(k,l) = \frac{\text{同小節内で}k,l\text{一方だけが出現する小節数}}{\text{同小節内で}k\text{か}l\text{が出現する小節数}}$$

k, l は、注目する音高 (休符を含む)

とする。こうすることで、周波数的には近いが、和声論的に遠い C と C#などは遠いものとなる。これを用い HMM 間の距離を、

$$d_{HMM} = \sum_i \sum_k \sum_l b1_i(k) * b2_i(l) * d_{pitch}(k,l)$$

とした。(ただし $b1, b2$ は、比較対象 HMM それぞれの記号出力確率を表す。)

2.3 曲構成の取得

各小節から作成された HMM と、2.2 で記述した距離を用い、変奏フレーズに分類するクラスタリング分析を行うことで曲構成を取得する。曲構成とは、クラスタリング分析を行って得られた変奏フレーズのクラスタ番号系列とする。同類として判断されたものには、それぞれ 1, 2, ... といった番号を割り当てる。さらに割り当てられたクラスタ番号に対し、同楽曲内で実際に音符列が異なっていたら 1, 1' のように異なりを表す記号を割り当てる。

3. 自動作曲システムの設計

学習データによって作成された変奏フレーズ出力 HMM と小節をクラスタリングした結果を利用して、繰り返しフレーズ・変奏フレーズの伴う楽曲を自動的に生成するシステムを構築する。本システムの構成を図 1 に示す。

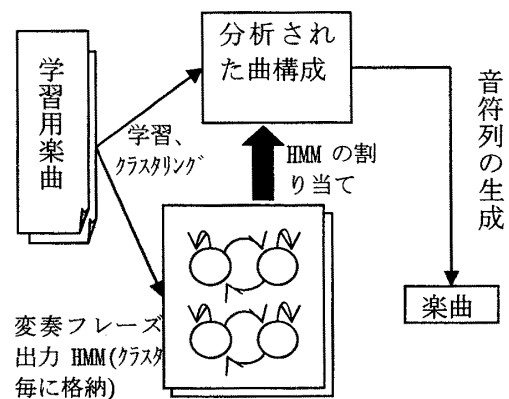


図 1. 自動作曲システムの構成

Automatic Composition of Music with variations using HMM
[†] Hiroyuki TAKAMURA, Shinichi Yamagami, Kazutomo Shibahara, Yasuhiro Tajima, Yoshiyuki Kotani, Department of Information and Communication Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

まず、学習データの各 1 小節から、HMM パラメータを求める。それらに対しクラスタリングを行い、各小節のクラスタ番号系列を求め、曲構

成を分析する。さらに、同楽曲内において同属と分類された音符列を用いて再度学習を行い、変奏フレーズ出力 HMM を作成しクラスタ毎に登録する。各曲において、変奏フレーズの種類分 HMM を作成する。

作曲の際には、楽曲の変奏フレーズクラスタ番号系列を入力とし、各クラスタ番号に同属の HMM をランダムに割り当てる。HMM からは乱数により音高列を出力させ、出力された音高列の個数に対して、それぞれ 1 小節分の長さになるように音価パターンを与える。入力には、完全な繰り返しか変奏繰り返しであるかといった情報も与え、変奏繰り返しの場合には音符列生成を行い、完全な繰り返しの場合には、一度生成された音符列をコピーすることで、変奏・繰り返しフレーズを伴う楽曲を生成する。

4. 評価実験

作成したシステムの評価実験として、変奏・繰り返し割合の異なる楽曲による試聴評価と、関連研究である [1] のシステムによる楽曲と本システムによる楽曲の試聴評価を行った。事前の調査実験から、クラスタ数が 200 程度になるように閾値を定め作曲を行った。

4.1 試聴評価実験 1

評価実験の 1 つ目として、変奏・繰り返しフレーズの割合を変えた楽曲を生成し、アンケート評価を行った。具体的には、

モデル A: すべての小節に対し、音符列を生成させるもの
 モデル B: 変奏・繰り返しを考慮し、音符列を生成するもの
 モデル C: 変奏フレーズはすべて繰り返しと考え、音符列を生成するもの

としたものの 3 つを用意した。A は変奏フレーズが多く、繰り返しフレーズが少ないもの。C は繰り返しフレーズが多いもの。B はその中間的なモデルである。アンケート項目は、

- ・ 自然と思う曲の順位

とし、自由項目として音楽経験の有無と曲を試聴した感想の項目を設けた。

実験結果は以下ようになった。

表 1. 実験 4.1 自然と思う曲の勝率

	モデルA	モデルB	モデルC
モデルA		30.7	41.5
モデルB	69.3		58.6
モデルC	58.5	41.4	

4.2 試聴評価実験 2

本システム、[1]によるシステムの HMM の学習

に用いる楽曲データとして、J-POP や童謡など 80 曲用いて自動作曲を行った。同じ曲を基にして作曲した曲をペアにして聴かせ、

- ・ どちらの曲が自然か
- ・ どちらの曲が好きか

というアンケート調査を行い、実験結果は以下のようになった。

表 2. 実験 4.2 自然と思う曲の勝率

	本システム	[1]のシステム
本システム		67.3
[1]のシステム	32.7	

表 3. 実験 4.2 好きと思う曲の勝率

	本システム	[1]のシステム
本システム		56.4
[1]のシステム	43.6	

5. 考察

4.1 の実験から、モデル B がより自然な曲を生成していることがわかる。つまり作曲において繰り返しや変奏繰り返しが適切に用いることが重要であるといえる。4.2 の実験では、どちらも同じ曲から抽出した曲構成を利用しているが、[1]のシステムで定義した曲構成は変奏を考慮しないものであるため、本システムがより自然な曲を生成していると考えられる。アンケートの感想には、本システムによる曲の方が曲のテーマが感じられるといったものがあり、人間の作曲に少し近づいたと言えるだろう。また関連研究ではコードを考慮しているが、それを考慮しない本システムがより自然な曲を生成していることは、有意義であると考えられる。

6. おわりに

本研究では、学習データとして一般的な音楽データ中にある情報だけを利用して楽曲を学習し、自動的に変奏の伴う楽曲を生成する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。しかし展開部において盛り上がりにかける、不自然なつながりが多いとの回答もみられ、それらを改善することでよりよい作曲ができると考えられる。

参考文献

- [1] 安孫子友美, 但馬康宏, 小谷善行, “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”, 情報処理学会全国大会投稿論文, 2007
 [2] 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”, 情報処理学会研究報告, No. 2006-MUS, pp17-22, 2006