

遷移確率を用いた自動作曲

藤原和弘^{†1} 高橋智一^{†1} 鈴木昌人^{†1} 青柳誠司^{†1}

楽曲から抽出した遷移確率を用いて旋律部分と伴奏部分を自動作曲する方法を提案する。遷移確率とは、音高、音長について、ある音高（音長）のつぎに、どのような音高（音長）が続くかの確率である。本稿では、実際の楽曲（アーティスト：バンブオブチキン、ラルクアンシエル）から遷移確率を抽出した。アンケート調査の結果、音楽的に悪くなく、アーティストらしい曲が作曲できている事が確認できた。

Automatic composition of using transition probability

KAZUHIRO FUJIWARA^{†1} TOMOKAZU TAKAHASHI^{†1}
MASATO SUZUKI^{†1} SEIJI AOYAGI^{†1}

A method for automatic composing both of accompaniment and melody parts is proposed, which is based on the transition probability from a pitch to the next pitch, and that from a length to the next length. The transition probability was extracted from real music, in this article songs composed by two artists, i.e., “Bump of Chicken” and “L’Arc en Ciel”. Questionnaire survey was conducted, which shows the resultant songs are satisfactory in the viewpoint of both music and similarity to the artist

1. はじめに

人間が作曲を行う場合、音楽理論、経験、センスなどを利用して行っていると思われる。自動作曲の研究は歴史が長く、多くの先行研究があり、そのアルゴリズムも進化的、確率的、知識ベースなど多くの分類がある。歌詞の韻律から旋律を作成する Olpheus¹⁾ という作曲ソフトもある。Olpheus は歌詞の他に、ユーザーは音域など多くの要素を選択でき、ユーザーの意向が反映されるようになっている。しかし、このソフトにおける作曲では歌詞を必要とし、多くの要素を作曲にあたり選択する必要があり、作曲の前準備が複雑である。

本研究では、実際に人間が作った楽曲からデータを抽出し、そのデータと音楽理論²⁾ を基に作曲を行う。楽曲から抽出されたデータを蓄積することで、擬似的な経験として、人間が作った曲に近づけることを目指している。また、特定の作曲家やアーティストだけのデータを用いることで、その作曲家やアーティストらしい曲を作成できると考え、その評価を行う。

本稿では、J-POP の中から筆者らが選択した、BUMP OF CHICKEN と L’Arc en Ciel の楽曲から抽出した音高と音長の遷移確率を用いて自動作曲した結果と評価を示す。

2. 遷移確率

遷移確率の概念図を図 1 に示す。図 1 において、数字が遷移確率を表している。また、ある事象からの遷移確率の合計は 1.0 となる。例えば、事象 A からは、0.4 の確率で事象 C、0.6 の確率で事象 D へ遷移する。事象 C からは、遷

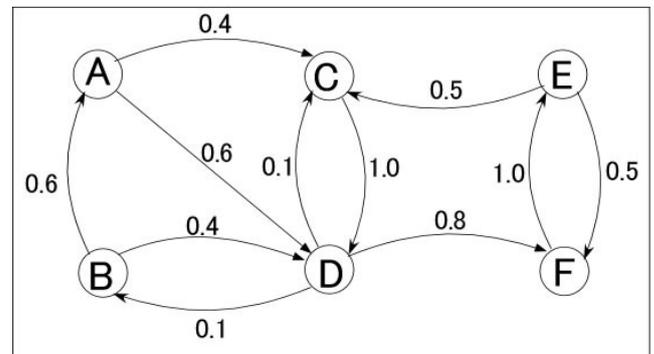


図 1 遷移確率の概念図

移先が事象 D しかないため、1.0 の確率となり、必ず事象 D へと遷移する。

本研究で使用した遷移確率は、百分率で少数第二位を四捨五入し少数第一位までの値を使用した。

3. 提案手法

提案手法による作曲過程を図 2 に示す。以下、各過程について詳しく述べる。

3.1 前準備

楽曲によって調は様々である。そのまま遷移確率の抽出に使用すると、作曲する際に好ましくない音高が使用される確率が高くなるため、前準備として、遷移確率の抽出に使用する楽曲をハ長調（半音を含まないドから始まる最も基本的な調）に移調しておく。

遷移確率を抽出しやすくするために、音高と音長をそれぞれ表 1 と表 2 に示すように対応させ、音高値と音長値に変換する。楽曲によっては、表に示していない音高や音長が使用されていることもあるが、音高の場合は、半音ごとに音高値を 1 増減させることで対応でき、音長の場合は、

^{†1} 関西大学システム理工学部

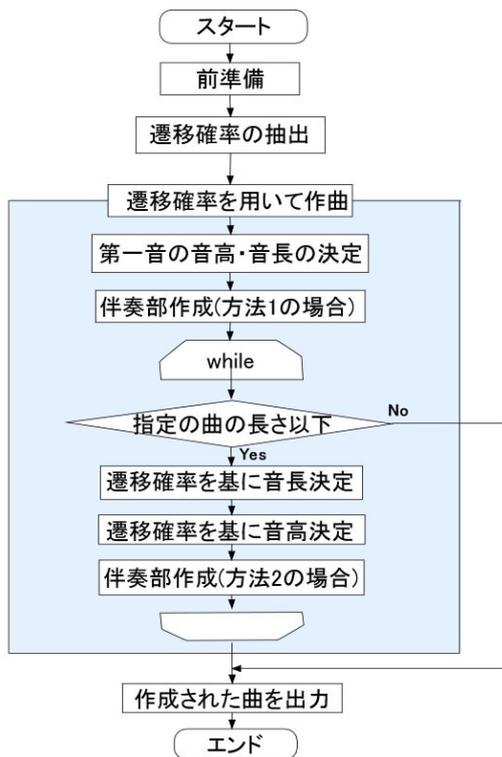


図 2 作曲過程

タイで結ばれているのであれば音長値を足し合わせ、付点であれば音長値を 1.5 倍すれば対応できる。休符は、長さに関係なく 0 とする。休符が複数連続している場合も、1 つの休符であると考え 0 とする。

表 1 音高対応表

C4	C#4	D4	D#4	E4	F4	F#4	G4
0	1	2	3	4	5	6	7
G#4	A4	A#4	B4	C5	C6
8	9	10	11	12	24

表 2 音長対応表

休符	16分	8分	4分	2分	全
0	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0

今回、作成した曲を出力するために、MIDI データ作成・編集用のオープンソースである MIDIData ライブラリ⁴⁾を利用した。音長は、4 分音符を 120 分割したものを基準として MIDI データを扱った。音長の基準を 8 分音符、音高の基準を C4 とするため、出力時には音長値に 60 を掛ける。音高は、C4 を 60 とし扱うため、出力時には音高値に 60 を加える。

3.2 遷移確率の抽出

ハ長調に移調した楽曲の旋律部分を楽曲ごとに音高、音長をそれぞれ音高値、音長値に変換し、以下の式(1)を用い

て遷移確率を導出する。

$$P_{ab} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{n_i-1} y \cdot z}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{n_i-1} y} \quad (1)$$

P_{ab} : a から b への遷移確率

式(1)の y , z は以下の式(2), (3)で求める。

$$y = \begin{cases} 1 & x_{i,j} = a \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (2)$$

$$z = \begin{cases} 1 & x_{i,j+1} = b \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (3)$$

N : 曲数

n : 曲の音数

a : 遷移前の音高値 (音長値)

b : 遷移後の音高値 (音長値)

x : 曲内の音高値 (音長値)

本稿では、BUMP OF CHICHEN と L'Arc~en~Ciel の楽曲のサビ部分からバンド別の遷移確率と両方のバンドを合わせた遷移確率を抽出した。使用した楽曲と遷移確率の一部を付録に示す。

3.3 遷移確率を使用した作曲

第一音の音高は、抽出元の楽曲のサビ部分の先頭に使用されている音高 (複数の楽曲のサビの先頭音) を選択できるようにし、選択した音高によって曲の調も決定されるようにする (作曲はハ長調で行うが最後にこの調に移調する)。

音長は、抽出元の楽曲のサビ部分の先頭に使用されている音長から確率を用いて選択されるようにする (例えば、学習に用いた 10 曲中 8 曲が 8 分音符から始まっていれば、80% の確率で 8 分音符からスタートするようにする)。

第二音以後の音高、音長については、それぞれの学習した遷移確率により決定される。

伴奏部分は、抽出元の楽曲で使用頻度の高いコード 5 つを確率で進行させる方法 (これを方法 1 とする) と旋律部分から最も適したコードを選択する方法 (これを方法 2 とする) の 2 通りの方法を試した。

方法 1 では、抽出元の楽曲のコードをコード毎に集計し、使用頻度の高いコード 5 つを使用する。この 5 つのコードを、トニック、ドミナント、サブドミナントに分け、ケーデンスの法則に従い進行させる。また、伴奏部分を旋律部分より先に作成し、コードと強く不協和音となるアヴォイドノートを旋律に使用しないように制限する。

方法 2 では、旋律部分の音階がアヴォイドノートになら

ず、コードの音階と最も一致するコードを選択する。選択肢となるコードは、基本となる三和音7種の他、各コードのセブンスコード7種、Cadd9, Fadd9, Csus4, Gsus4, Dm6の合計19種とした。

どちらの方法もハ長調で作曲した後、最初に決定した調には出力時に移調する。

4. 作成された曲の評価

表3に示す方法で作成した音源1~5を23人の被験者に聞いてもらい音源の評価と類似度についてアンケートを行った。音源の評価は良いと感じるか悪いと感じるかを1~5の5段階で評価してもらった。類似度は使用した遷移確率のアーティストに似ているか違っているかを、1~5の5段階で評価してもらった。ただし、アーティストの曲を知らない場合は0とした。

4.1 方法1と方法2の比較

図3に方法の違いによる楽曲の良し悪しの評価の比較結果、図4に方法の違いによるアーティスト類似度の比較結果を示す。

音源の評価については、全体的に方法2の方が好評価となっている。理由として、方法2の方は旋律と伴奏のコードの調和が高くなるようにコード進行が作成されているためと考えられる。

類似度については、無効票の0が多く有効な結果とは言いがたいが、方法2で作成した音源の方が似ていると感じられるようだ。

表3 評価に使用した音源一覧

音源	伴奏作成方法	使用遷移確率
音源1	方法1	BUMP OF CHICKEN
音源2	方法2	BUMP OF CHICKEN
音源3	方法1	L'Arc~en~Ciel
音源4	方法2	L'Arc~en~Ciel
音源5	方法2	複合

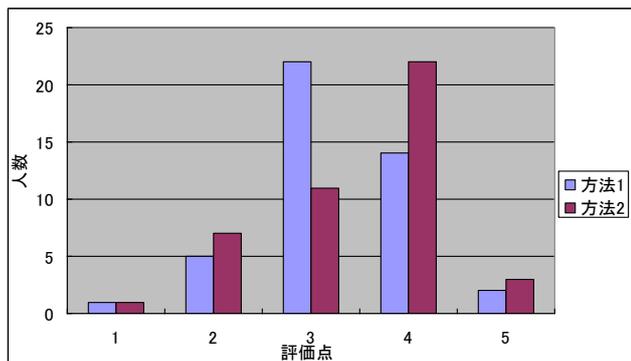


図3 方法の違いによる楽曲の良さの比較

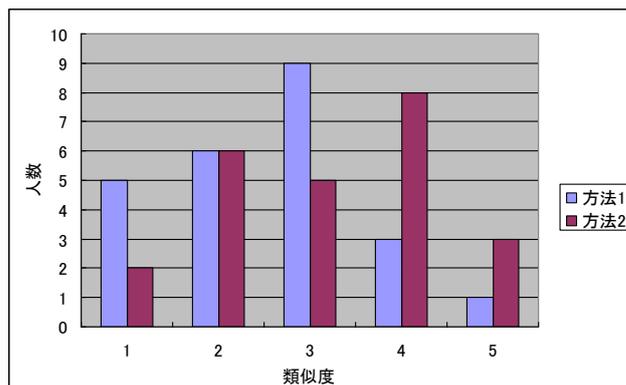


図4 方法の違いによるアーティスト類似度の比較

4.2 アーティスト別の比較

図5にアーティストの違いによる楽曲の良し悪しの評価の比較結果、図6にアーティストの違いによる類似度の比較結果を示す。

音源の評価については、BUMP OF CHICKENの方が、全体的に好評価となっている。理由として、抽出した楽曲数も多く遷移確率の蓄積量も多いため、音長や音高の遷移が良いものが選択されやすくなったためだと考えられる。

類似度については、どちらも0が多いため有効な結果とは言えず、どちらのアーティストについても、どちらかと言うと似ているといった程度のようなのだが、抽出した楽曲数の多いBUMP OF CHICKENの方がわずかに好評価となっている。

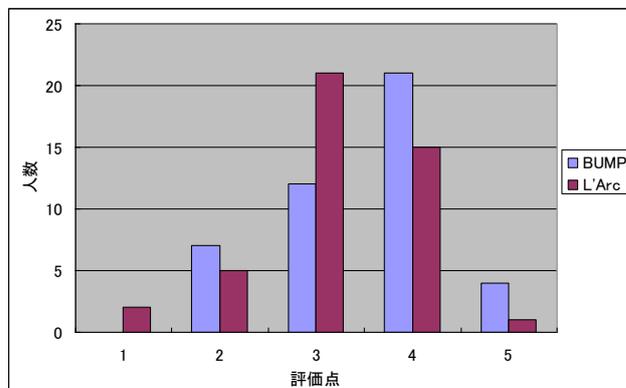


図5 アーティストの違いによる楽曲の良さの比較

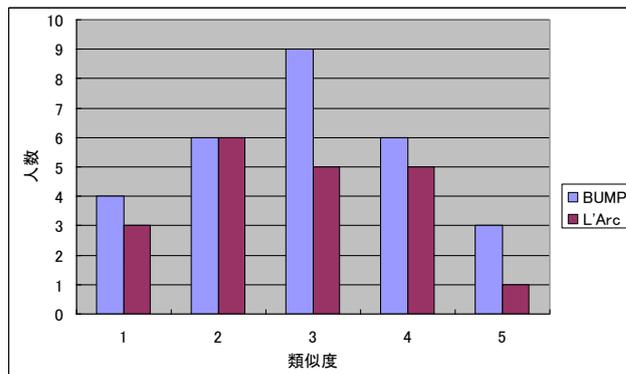


図6 アーティストの違いによる類似度の比較

4.3 音源5 (複数アーティストを混合して遷移確率を求め、これに従って作曲した結果) の評価

図7に両方のアーティストを合わせた遷移確率を使用して作成した音源5の評価と類似度を示す。図7の類似度はBUMP OF CHICKENに似ていれば5に近く、L'Arc~en~Cielに似ていれば1に近くなっている。両方のアーティストの曲を知らない場合は0とした。

両方のアーティストを合わせた遷移確率を使用して作成した音源5については、評価は低く、類似度はどちらのアーティストも同程度の類似度となった。

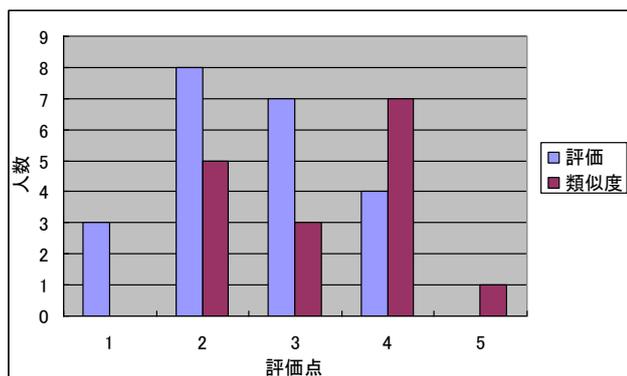


図7 音源5における楽曲の良さとの類似度の評価

5. まとめ

楽曲から抽出した遷移確率を用いて音源を作成し、23人の被験者に聞いてもらい評価してもらった。その結果から、自然な曲（人が良い曲だと感じる曲）を作成できたといえる。アーティスト別の遷移確率を用いることで、アーティストらしさの感じられる曲を作成することができたといえる。

今後の課題として、曲数を増やすことで作成された曲のアーティストらしさをより感じられるように目指す。また、アーティスト数を増やす事で、より様々なアーティストらしい曲を作成できるようにする予定である。人間のセンスの代わりとなるものを組み込むことで、さらに人間が作った曲に近い良い曲を自動作曲することを目指す。

参考文献

- 1) 嵯峨山茂樹, 酒向慎司, 堀玄ほか, 音楽要素の分解再構成に基づく日本語歌詞からの旋律自動作曲, 情報処理学会論文誌 vol. 54, no. 5, pp. 1-12, 2013
- 2) 石桁真礼生 他, “新装版 楽典 理論と実習,” 音楽之友社, 2012
- 3) MIDIData ライブラリ
<http://openmidiproject.sourceforge.jp/MIDIDataLibrary.html>

付録

付録A.1 使用楽曲一覧

アーティスト	タイトル
BUMP OF CHICKEN	天体観測
	ラブメイカー
	HAPPY
	K
	アルエ
	sailing day
	ガラスのブルース
	オンリーロンリーグローリー
	ダイヤモンド
	ダンデライオン
	カルマ
	ギルド
	車輪の唄
	グッドラック
L'Arc~en~Ciel	グングニル
	花の名
	ゼロ
	メーデー
	READY STEADY GO
	Driver's High
	GOOD LUCK MY WAY
	Pieces
	STAY AWAY
	snow drop
DAYBREAK'S BELL	
vivid colors	
winter fall	
花葬	
虹	

付録 A.2 BUMP OF CHICKEN の音高遷移確率 (表)

		前の音																								
		24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
後の音	24	16.7	25.0	0	0	0	1.4	0	0	0	0	0	0	1.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	23	33.3	0	0	9.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	22	0	0	33.3	0	0	0	0	0	0	6.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	21	0	50.0	0	9.1	0	5.8	0	0	1.1	0	0	0	1.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	0	0	33.3	0	14.3	5.8	0	0	0	0	0	0	0	0	16.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	19	16.7	0	33.3	63.6	71.4	39.1	75.0	24.0	3.3	3.1	5.8	0	3.7	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18	0	0	0	0	0	4.3	0	0	1.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	17.4	0	4.0	22.0	21.9	3.6	0	0.9	1.7	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0
	16	33.3	25.0	0.0	9.1	0	7.2	25.0	92.0	13.2	0	25.4	0	5.1	0	0	2.3	0	2.5	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	2.9	0	12.0	0	50.0	5.1	0	0	0	66.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	10.1	0	4.0	34.1	18.8	25.4	0	19.4	7.0	0	1.2	0	5.0	0	0	0	0	0	0	0
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	9.1	14.3	5.8	0	0	25.3	0	31.9	0	32.3	33.9	16.7	26.7	0	24.2	0	0	0	0	0	0	10.0
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7	0	20.3	28.7	0	27.9	0	3.3	0	0	0	1.5	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7	0	8.3	24.3	0	1.2	0	20.0	0	2.4	4.4	0	8.0	0	5.0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	0	6.0	3.5	0	33.7	0	20.0	100	54.8	19.1	0	0	0	15.0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.7	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.5	0	6.7	0	9.5	42.6	0	4.0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	2.3	0	9.2	0	33.3	16.2	0	40.0	0	10.0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.2	0	0	14.7	0	8.0	0	25.0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.2	0	2.5	0	0	1.5	0	32.0	0	20.0	
-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.0	0	15.0	

付録 A.3 BUMP OF CHICKEN の音高遷移確率 (図)

