

# 大域結合写像を用いた、音楽理論に基づく インタラクティブ自動作曲システムの開発と評価

渋谷 光<sup>†1</sup> 大倉 典子<sup>†1</sup>

大域結合写像を用いた自動作曲システムがある。しかしこのシステムはヒーリングミュージックのようなサウンドの生成を目的としており、調性などの最低限の音楽的要素しか考慮されていないため、音楽理論に基づいた楽曲は生成していない。そこで本研究では、大域結合写像による自動作曲システムに和音進行などのアルゴリズムを導入し、より音楽理論に基づいた楽曲の生成を可能にすることを目的とする。また、音楽初心者でも使用できるように、ユーザーが操作するパラメータとして、音楽に対する印象を表した形容詞対を採用し、開発、評価実験を行った。本報では、アンケートとログデータを用いて、さらに解析を行った結果について報告する。

## 1. はじめに

近年、様々な自動作曲システムが開発されている。それらは特に、音楽的知識や楽器演奏経験に乏しく作曲がしたくてもできない人から注目されている。

自動作曲の研究の中に、大域結合写像(GCM)による自動作曲システムの研究がある[1]。このシステムはヒーリングミュージックのようなサウンドの生成を目的としており、調性などの最低限の音楽的要素しか考慮されていない。そのため、音楽理論に基づいた楽曲は生成できない。

そこで前報[2]では、GCM による自動作曲システムに和音進行などのアルゴリズムを導入し、より音楽理論に基づいた楽曲の生成を可能にする。また、作曲の知識が無い人でも気軽に作曲ができるインタフェースを持つシステムの開発を行い、アンケートによるシステム評価を行った。

本報では、アンケートとログデータを用いて、さらに解析を行った結果を報告する。2章の大部分と、4章については前報[2]の内容を再度掲載し、3章ではシステムの実装について、5章では追加した解析結果について報告する。

## 2. システムの構築

### 2.1 関連研究の調査

大域結合写像(GCM)とは、金子らによって提唱されたカオス理論のモデルである大規模カオスのひとつで、カオス要素として複数のロジスティック写像を大域的に複数結合させることで、写像全体の挙動を複雑かつ多様化させることを可能としている[2]。本研究では、先行研究[1]で用いられていた GCM による自動作曲システムを参考にした。

### 2.2 システムの機能設計

本システムでは、GCM から出力されるカオス要素にメロディとベースの音高と音長、和音進行の音高を対応させ、GCM への入力値の変更によって生成される音が変化する。その他の制御可能な要素として、メロディ、ベース、和音の音色と音量、調性、ドラムパターン、テンポを導入する。また録音機能を備え、生成された音楽を MIDI データとし

て残せるようにする。

以下、本システムに関して前報[2]には記載していなかった点を2点補足する。

- (1) 本システムでは、メロディ、ベース、和音、ドラムの4つの音が同時に発音される。また今回生成する音楽は4/4拍子に限定し、1つの和音の長さは1小節分に固定することとした。
- (2) 本システムに導入した「カオス要素に対応していない他制御可能な要素」の値の説明を、表1に示す。このうちドラムパターンはドラムパターン集[3]を参考にし、ロックやジャズ、ハウスなどのジャンルに偏らないように導入した。

表1 本システムに導入したその他制御可能な要素の説明

その他制御可能な要素	値の説明
音色	MIDI 音源内に登録されている 128 音色
音量	MIDI で設定されている最大 127、最小 0
調性	長調と短調にわけ、ハ長調からロ短調までの 14 種類
ドラムパターン	2 小節のものを 12 種類
テンポ	60bpm から 240bpm

### 2.3 システムのインタフェース設計

本システムは、音楽的知識や楽器演奏経験に乏しいユーザーが使用することを前提とし、ユーザーが操作するパラメータとして、音楽に対する印象を表した形容詞対を使用した。形容詞対は、印象語に基づく楽曲検索の研究[4]を参考に決定した(表2)。

表2 本システムで使用した形容詞対

#	形容詞対	#	形容詞対
1	静かな-激しい	6	ゆったりとした-窮屈な
2	落ち着いた-忙しい	7	綺麗な-綺麗でない
3	爽やかな-重苦しい	8	楽しい-悲しい
4	明るい-暗い	9	気持ちが落ちつく-気持ちが高揚する
5	荘厳な-軽々しい	10	心が癒される-心が傷つく

<sup>†1</sup> 芝浦工業大学  
Shibaura Institute Technology

本システムのインターフェースは、ユーザーが作曲したい楽曲のイメージについて 10 種類の形容詞対それぞれを 5 段階で設定する形式とした。また、「最も重視する形容詞対」を選択してもらい、システムがその形容詞対の選択値を最優先するようにした。さらに、ユーザーがインタラクティブに思い通りの曲を作れるように、楽曲をリアルタイムに生成し、ユーザーがそれを聞きながら形容詞対の選択値を変更することができるようにした。

## 2.4 システムの構成

図 1 にシステム構成図を示す。システムの流れは以下のようになっている。

- 1.ユーザーは、形容詞対の初期値を選択する
- 2.カオス生成部は、入力値から計算を行い、連続的に値を出力し、楽曲生成部に渡す
- 3.楽曲生成部は、受け取った値から音を生成し、ヘッドホンでユーザーに提示する
- 4.ユーザーは、提示された曲を聴きながら、自由に形容詞対の選択値を変更する
- 5.2~4 を、思い通りの曲になるまで繰り返す
- 6.楽曲録音部は、楽曲生成部からログを取得し MIDI データを生成する

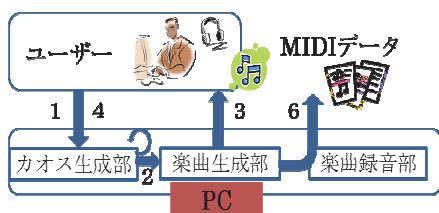


図 1 システム構成図

図 2 にシステムの操作画面を示す。形容詞対の値は縦に配置されたラジオボタンを選択する形式、最も重視する形容詞対はプルダウンメニューから選択する形式とした。

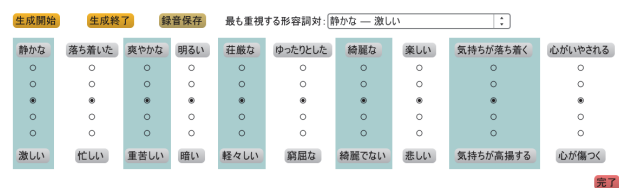


図 2 システムの操作画面

## 3. システムの実装

2章で提案したシステムを、Cycling' 74 社が開発した音楽用グラフィックプログラミングソフト MAX6(Version 6.1.3)を用いて実装した。今回は試作段階のため、形容詞対の選択値を変更したときに変化する音楽的要素の値と GCM への入力値は、著者がそれぞれ決定した。

## 4. 評価実験

### 4.1 実験方法

開発したシステムで、楽器演奏未経験者でも思い通りの曲を作ることができるかどうか、またシステムの操作はわかりやすいかどうかを検証する目的で評価実験を行った。

実験の手順は以下の通りである。

- ① 被験者に対して、事前アンケートとして本システムと同じ形容詞対をそれぞれ 5 段階で選択することで、作りたい楽曲の印象を決定してもらう
- ② 事前アンケート通りに初期値を設定し、楽曲を作曲してもらう
- ③ 生成されている楽曲を聞きながら、より思い通りの楽曲になるよう形容詞対の選択値を変更してもらう
- ④ 形容詞対の選択値を変更する度に、それによる曲調の変化が思い通りであったかを両側 5 段階で評価してもらう
- ⑤ 楽曲が完成したと判断したら、アンケートに回答してもらう

アンケートは、最終的に生成された曲の印象を、本システムと同じ形容詞対 5 段階で評価してもらう。また、思い通りの曲が作曲できたか、及びシステムの使いやすさを両側 5 段階評価と自由記述で回答してもらう。

また、被験者の選択値(初期値および変更値)、完成までの時間、選択値変更回数をログデータとして取得した。

### 4.2 実験結果と考察

実験は、楽器演奏未経験の本学男子学生 6 名に対して行った。

前節の④における評価について、それぞれの形容詞対の評価結果を図 3 に示す。ここで横軸は表 2 に示した形容詞対の番号である。この図から、被験者が値を変更しても、思い通りに曲調が変化しない形容詞対のあることがわかった(例えば 10、6)。これは、形容詞対の選択値に対して変化する音楽的要素の種類や変化量の設定が適切でなかったためと考えられる。

しかし、被験者が最終的に思い通りの楽曲を作成できたかについては、全員が「できた」と回答したため、途中で思い通りの曲調に変更できない時もあったが、最終的には概ね満足できる楽曲を作曲できたと考えられる。

図 4 は、システムの使いやすさと形容詞対のラジオボタンの配置についてのアンケート結果である。どちらも比較的高い評価を得る傾向があった。また、図 5 の形容詞対の種類と段階数については、段階数で半数が「2:少なかった」という回答であった。以上から、本システムは使いやすいと評価されたが、形容詞対の段階数を増やす必要があることがわかった。

作成にかかった時間は、最短 2 分 56 秒、最長 8 分 11 秒、平均 4 分 43 秒であった。このことから、個人差はあるが、

およそ5分程度でイメージ通りの曲が作成できることがわかった。

また、よりユーザーが使いやすいシステムに必要な機能として、「ある時点での曲調を保存しておき、戻すことができる機能が欲しい」という回答があった。

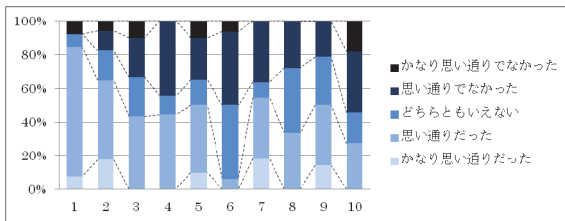


図3 曲調変化に対する評価結果

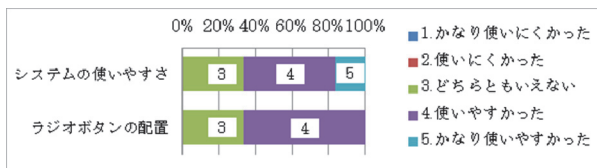


図4 システムの使いやすさとラジオボタンの配置の評価結果

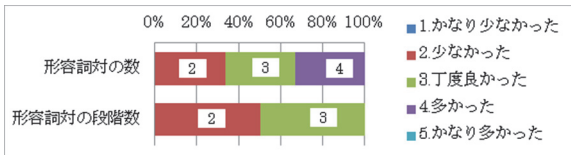


図5 形容詞対の数と段階数に対する評価結果

## 5. 追加解析

(1) 「最終的に生成された曲の印象評価の値」と「その際に選択されていた形容詞対の値」の比較

図6に、形容詞対「心が癒される-心が傷つく」の最終的に生成された曲の印象の評価値とその際に選択されていた値を被験者ごとに示す。ここで横軸は被験者番号、縦軸は各被験者の印象評価値・選択値で、1が「心が癒される」、5が「心が傷つく」である。被験者p1、p4は印象評価値と選択値が一致しているが、被験者p2、p3は差があり、被験者p5、p6は選択値と逆の印象評価になってしまっている。

これらの印象評価値と選択値を10種類の形容詞対すべてについて被験者ごとにまとめたところ(表3)、全ての形容詞対で印象評価値と選択値に差のある被験者がみられた。

そこで、印象評価値と選択値の差の絶対値について、被験者6名の平均を求めた。結果を図7に示す。ここで横軸は表2に示した形容詞対の番号である。5、6、7、9、10の値が大きいことから、実際に生成される曲の印象と選択し

表3 A:「最終的に生成された曲の印象の評価値」とB:「その際に選択されていた値」の一覧

	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
p1	4	4	3	4	4	3	2	1	2	1	3	3	2	2	3	3	4	5	3	3
p2	4	5	4	5	2	2	1	1	2	2	3	3	2	5	2	2	5	5	3	5
p3	4	3	4	5	1	1	1	1	3	1	3	5	2	1	1	1	5	5	1	3
p4	1	1	1	1	4	5	5	4	2	2	1	1	2	2	2	5	1	1	1	1
p5	4	5	4	5	1	2	2	2	5	1	2	4	1	3	1	1	2	5	1	5
p6	4	2	5	5	2	1	1	1	2	5	4	1	2	1	1	1	5	2	4	1

た値とに差の大きい形容詞対とそうでない形容詞対があることがわかった。

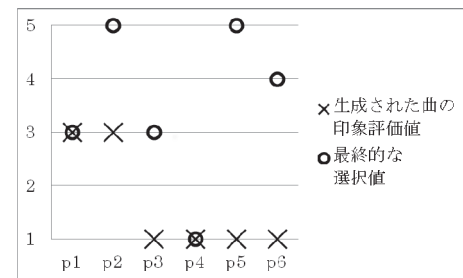


図6 生成された曲の印象評価値と最終的な選択値の被験者ごとの比較(「心が癒される-心が傷つく」の場合)

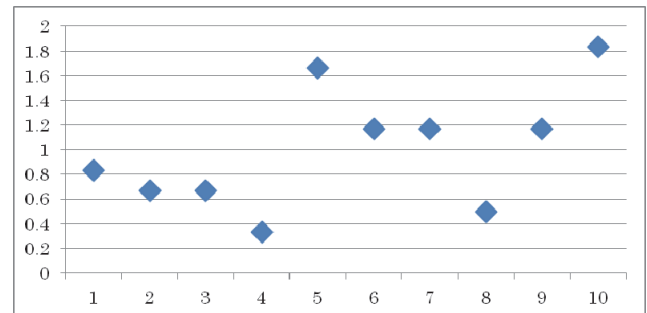


図7 生成された曲の印象評価値と選択値の差の絶対値平均

## (2) 形容詞対間の類似性について

図5において形容詞対の数についての意見が分かれていたため、形容詞対間に類似性があるかを確認する目的で、生成された曲に対する印象の評価値を用いて、形容詞対間の相関分析を行った。その結果、「静かな-激しい」「落ち着いた-忙しい」間(0.907,  $p < 0.01(**)$ )と、「ゆったりとした-窮屈な」「気持ちが落ち着く-気持ちが高揚する」間(0.922,  $p < 0.01(**)$ )に強い正の相関があった。そこで、これらの形容詞対はどちらか片方で良いと考えられる。

## 6. システムの問題点と今後の対応

今回、評価実験を通して、本システムが抱える問題点がいくつかわかった。

- 3章で述べたとおり、今回は選択値を変更したときに変化する音楽的要素の値とGCMへの入力値は著者がそれぞれ決定した。そこで、著者の主観的な思惑が色濃く反映されている可能性が高い。実際図3に示されたとおり、被験者が値を変更しても思い通りに曲調が変化しない形容詞対があった。そこで実験によりこれらの値を客観的に決定することで、よりユーザーの意図を反映できるシステムに改良できると考えられる。

- ② 図5で示した通り、「形容詞対の数が10対では多い」という意見の割合が多かった。また、5章で相関が強い形容詞対の存在が明らかになったため、これらの形容詞対を片方にすることで、よりユーザーフレンドリーなシステムに改良されると考えられる。

## 7. まとめ

本研究では、大域結合写像を用いた自動作曲に音楽理論を導入し、初心者でも直感的にイメージ通りの楽曲が作成できることを目指し、自動作曲システムを開発した。評価実験の結果、ユーザーのイメージを概ね反映した楽曲を生成するシステムを開発できたことが確認された。

今回は、さらなる解析を行った結果、以下がわかった。

- ① 実際に生成される曲の印象と選択した値との差のある形容詞対があった
- ② 相関が強い形容詞対の存在が明らかになった

今後は、6章で挙げた問題点を解決し、システムの改良を行っていく。

## 参考文献

- 1) 前田陽一郎, 丹羽俊明, 山本昌幸: 大域結合写像によるインタラクティブカオティックサウンド生成システムおよび音楽的要素の導入, 知能と情報, Vol.18, No.4, pp.507-518, (2006).
- 2) 渋谷光, 大倉典子: 大域結合写像を用いたインタラクティブ自動作曲システム -音楽理論に基づいた楽曲生成アルゴリズム-, 情報処理学会第76回全国大会, 2R-4, (2014).
- 3) 金子邦彦, 津田一郎: 複雑系のカオスのシナリオ, 朝倉書店, p134, (1996).
- 4) 長野祐亮: ドラム・パターン大辞典 326, リットー・ミュージック, (2008).
- 5) 熊本忠彦, 太田公子: 印象に基づく楽曲検索: システムの実装と評価, 情報処理学会研究報告, 2002-MUS-046, Vol.2002, No.63, pp.37-42 (2002).