

# インタラクティブ作曲支援システム –ユーザの負担の軽減– Interactive Music Composition Support System –Reduction of User's Load–

畦原 宗之\*<sup>1</sup>  
Muneyuki UNEHARA

鬼沢 武久\*<sup>2</sup>  
Takehisa ONISAWA

\*<sup>1</sup> 筑波大学システム情報工学研究科  
Graduate School of Systems and Information Engineering,  
University of Tsukuba

\*<sup>2</sup> 筑波大学機能工学系  
Institute of Engineering Mechanics and Systems,  
University of Tsukuba

The study aims at constructing a music composition support system which reflects user's subjective evaluation toward music. The Interactive Genetic Algorithm is used and the interaction between a user and the system is performed through evaluations of composed 16-bars music. The following are considered in order to reduce the user's load. (1) The system has the visually understandable user interface. (2) Two hundred musical works are generated based on the music theory automatically and 12 musical works with high fitness value are presented to a user. (3) Parts of chromosomes encoding musical works are adjusted by some operations based on music theory. From experimental results it is found that the system evolves and composes musical works reflecting user's feeling. Furthermore, from questionnaire results it is also found that user's load in the present system is not so heavy as the one in our previous system.

## 1. はじめに

人間は音楽を聴くとき、少なからず感情に影響を受ける。このような音楽と感情の関わりについて、様々な角度から研究、実践が行われている。音楽療法による患者の心のケアやバックグラウンドミュージックによる生活空間のムード作りなどの研究分野がある。コンピュータによる自動作曲に関する研究も、コンピュータが開発された当初から活発に行われている。作曲という行為は本来、作り手の音楽的知識や経験に頼って行われており、音楽的知識を持たない人々には難しい専門的行為であるといえる。一方、楽曲を聴いた際に受け取る印象が人によって異なることがあるという事は、音楽の持つ重要な特徴といえる[谷口98]。本研究では、音楽理論等の専門的知識はコンピュータ側である程度サポートし、作り手に作曲のための専門的知識や経験がなくても簡単な操作で作曲することができる作曲支援システムの構築を第一の目標とし、この支援システムの構築に際し、この作曲者の楽曲に対する主観を特に重視する。システムの構築には対話型遺伝的アルゴリズム(対話型 GA)の手法を適用する。対話型 GA は、対話型進化計算手法の一つであり、GA で染色体の評価の際に通常用いられる適応度関数を人間の評価で代用する手法である。この手法は適応度関数のモデル化が難しい楽曲や絵などの様々な芸術的作品の生成に適用されている[Takagi 01]。本システムによる作曲の流れでは、システムが自動生成した楽曲に対してユーザが自分自身の主観で評価を行い、システムがその評価をもとにした修正を加え、再び楽曲を自動生成する。この流れをユーザが満足する楽曲が得られるまで繰り返して行い、システムとユーザが楽曲の評価を通じて対話を行いながら楽曲を作曲していくシステムとなっている。

これまでの研究では、童謡などで一般的な長さとして、音楽作品として成立する 16 小節の楽曲を作り手の感性を反映しながら作曲するシステムを構築している[畦原 02][Unehara 02]。本稿では、対話型 GA を用いる際に評価するユーザにかかる負

連絡先: 畦原宗之, 筑波大学システム情報工学研究科,  
〒305-8573, 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学機能  
工学系鬼沢研究室, TEL:029-853-6188, FAX:029-853-  
5207, e-mail:une@fhuman.esys.tsukuba.ac.jp

担を軽減することを考える。つまり、早く良い楽曲を提示し生成するために、音楽理論を基に構築した適応度関数による適応度評価を行い、適応度の高い楽曲を優先的にユーザに提示すること、音楽理論を基にした突然変異によって染色体の一部を調整すること、視覚的に楽曲の把握が可能なユーザーインタフェースを構築することなどによって、ユーザにかかる負担を軽減しながら作曲を支援する。最後にシステムの評価実験を行い、ユーザの負担を軽減しながら個人の主観を反映した楽曲生成が行われているかどうかを検証する。

## 2. システム構成

### 2.1 作曲のながれ

本研究では、童謡などで一般的な長さとして、作品として成立する 16 小節の楽曲を作り手の感性を反映しながら作曲するシステムを構築する。図1に示すような流れで、システムとユーザが対話を繰り返しながら作曲を行う。(1)作曲者であるユーザは自分自身が作りたい楽曲のイメージを思い浮かべながら楽曲生成システムを起動する。(2)システムは4小節の楽曲を1本の染色体として 200 本の染色体をシステム内に自動生成し、そのうち 12 種類をインタフェースでユーザに提示する。(3)ユーザはそれらを聴き、個人の主観で評価する。(4)システムは、このユー

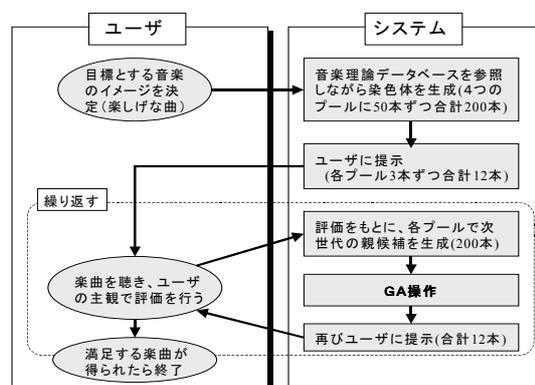


図1: ユーザとシステムの対話による作曲のながれ

ザの評価をもとにシステム内の染色体群に対して GA 操作を行う。そして自動生成された楽曲を再びユーザに提示する。ユーザは、提示された曲のなかに自分が気に入ったものがあれば「ユーザのお気に入り」としてインタフェース下部にそのままの形で保存することができる。この流れをユーザが満足する楽曲ができるまで繰り返し行い、ユーザはこの「ユーザのお気に入り」に保存された 4 小節ずつを 4 種類繋げてできる合計 16 小節の楽曲を最終的に作曲する。

## 2.2 負担の軽減を目標としたシステムの変更

本稿では対話型 GA の手法により、自動生成された楽曲に対してユーザの行う評価を基に、楽曲に修正・変更を加えてより良い楽曲を生成していく形をとる。対話型 GA ではユーザの評価の繰り返しによってユーザにかかる疲労が無視できない問題がある。そこで本稿ではこの対話型 GA を用いる際に評価するユーザにかかる負担を軽減するために以下の項目を考える。

- より良い楽曲生成のために、自動生成した楽曲に対して音楽理論を基にした突然変異を加え、染色体群を調整する。
- 多数生成した楽曲の中でより良い楽曲をユーザに提示するために、音楽理論を基に構築した適応度関数による適応度評価を行い、適応度の高い楽曲を優先的にユーザに提示する。
- 視覚的に楽曲の把握が可能なユーザーインタフェースを構築し、ユーザが楽曲を聴かなくても曲の様子を把握できるようにする。
- 「良い」という評価ばかりでなく、メロディーラインの一部に対する「良くない」という評価を行うことができるようにする。またこの評価をシステムの GA 操作に反映する。

## 2.3 楽曲の生成と提示

本稿では、表現力に富み、聴き手に様々な印象を与える楽曲生成を目指し、音階構造や音程の協和・不協和など作曲にかかわる様々な音楽的知識を体系化している音楽理論を楽曲生成に用いる。初期に生成される楽曲の生成・調整・評価は以下のような順で行われ、200 種類自動生成される楽曲の中から 12 種類をユーザに提示する。

(1)コード進行理論等の音楽理論によりシステムが初期楽曲を 200 種類自動生成する。(2)ランダムに自動生成された楽曲のメロディーラインに音楽理論を基にした突然変異を行い、聞き苦しい点を調整する。(3)音楽理論を基に適応度関数を構築し、メロディーラインに対して評価を行い、評価の高いものをユーザに提示する。

(2)の手順を加えることでより良い楽曲生成を行い、(3)の手順を加えることでより良い形質を持った楽曲を優先的にユーザに提示することとする。

### (1) 初期楽曲の生成

本稿ではシステムが生成する楽曲の構成はメロディーを演奏するメロディーパートが 1 パート、伴奏を担当するバックギンパートは 4 パートとする。各パートで使用する音高は、C メジャースケール(ハ長調)内の音から選ぶこととする。本稿で生成する楽曲は 4 分の 4 拍子、曲の速度(テンポ)は 4 分音符を 1 分間に 120 回打つ速さとする。初期楽曲は、メロディーパート各音の音長の決定、音高の決定、伴奏であるバックギンパート各音の決定という順で生成される。バックギンパートのパターンは、本稿では[矢萩 96]を参考にした Rock'n Roll#1 のパターンに固定す

る。こうして各曲に定められたコード進行を基にコード進行に合ったメロディーパート、バックギンパート自動生成する。

### (2) 音楽理論を基にした突然変異

自動生成された楽曲に対し、聞き苦しいメロディーパートの音の配置について音楽理論を基にした突然変異を行い、以下のような調整を加える。

- 最終音の音高の突然変異:曲の最終音の音高がその位置のコードから外れた音である場合、音高をコード内音に変更することにより、楽曲中でも特に重要視される最終音についての違和感を軽減する。
- 各音の音高の突然変異:音楽理論ではメロディー中で隣り合う2音の音高の差が 6 度または 8 度である組み合わせは好ましくないとしている。この事にに基づき、突然変異により隣り合う 2 音の差が不適切なものがあつた場合、適切なものに変更する。

### (3) 音楽理論を基にした適応度評価

自動生成され調整された楽曲に対し、音楽理論を基に構築した適応度関数を用いて各染色体の適応度評価を行う。なお適応度関数には以下のようなもの考える。適応度が高い染色体 12 本を選択し、ユーザに提示する。

- コード内音の占める割合:評価対象染色体の各音がコード内音である割合が多い程正の評価
- 拍位置と音高の関係:評価対象音が強拍位置でコード内音である場合は正の評価、逆なら負の評価
- 経過音の有無:評価対象音がコード内音の場合、次の音が 1 度上行または下行し、更に次の音で順次上行または下行してコード内音になる場合は正の評価
- 刺繍音の有無:評価対象音がコード内音の場合、次の音が 1 度上行または下行し、更に次の音で上行または下行してもとの音に戻る場合は正の評価
- 倚音(いおん)の有無:評価対象音が弱い拍位置でありかつコード外音の場合、次の音が 1 度上行または下行し、次の音でコード内音になる場合は正の評価
- 直接倚音の有無:評価対象音が強い拍位置でありかつコード外音の場合、次の音が 1 度上行または下行し、次の音でコード内音になる場合は正の評価
- 先取音・掛留音(けいりゅうおん)の有無:次の音が違うコードである場合(小節の最初の音である場合)評価対象音が次のコードの構成音であつた場合は正の評価
- コード外音の占める割合:評価対象染色体の各音がコード外音である割合が多い程負の評価

各染色体の適応度はこれらの各適応度関数の値の総和となる。

## 2.4 ユーザーインタフェースと評価

以上のようにして生成・選択された 4 小節の楽曲 12 曲は図 2 のようなユーザーインタフェースを通じユーザに提示される。以前のシステムではユーザは楽曲を聴くまで楽曲の様子を把握することができなかつたが、本システムのインタフェースは、ユーザが視覚的にメロディーラインの様子を把握できるように、メロディーの各音が長方形として表示される。各音の長方形は上下の位置で音の高低の程度を、横の幅で音の長さを表現する。ユーザはシステムが生成した楽曲について「短い・長い音が続く曲」「以前に聴いたことがある曲」等の情報を一見して把握することができる。また、楽曲に修正や変更が加えられる 2 世代目以降は、システムによって GA 操作が加えられた部分は色を付けて

表示されるため、どの部分に変更されたかを聴かなくても把握することができる。このインタフェースによって、従来のシステムのように、楽曲のどの部分に変更が加えられたかを聴くことのみで判断することなどが無くなり、ユーザの視聴の際にかかる負担が軽減される効果が期待される。

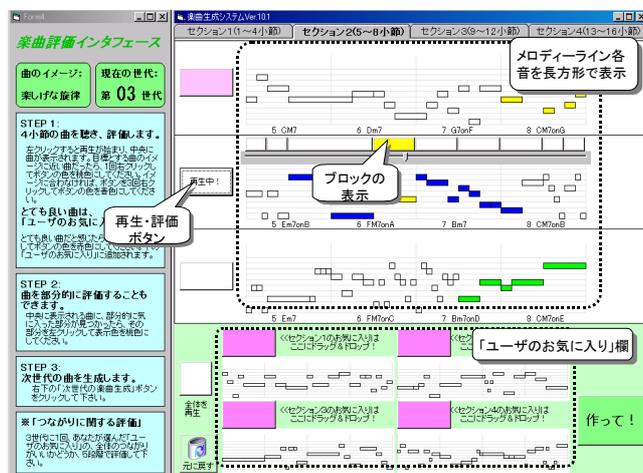


図2: ユーザーインタフェース

ユーザはインタフェースで提示された楽曲を聴き、以下のよう  
な評価・指定を行う。以下のうち(1)(2)(4)がユーザの行う評価と  
なる。(2)の部分的評価については、ユーザが「良い」と感じる部  
分ばかりでなく「悪い」と感じる部分も指定することができる。これ  
らのユーザの評価は次世代の楽曲生成の工程の中で反映される。

#### (1) 各曲の総合評価

ユーザは提示された各楽曲について、目標としている楽曲イ  
メージに近いかどうか、「とても良い」「良い」「どちらともいえない」  
「良くない」の4段階で評価する。

#### (2) 曲内の部分的評価

曲内の部分的評価:メロディーの一部に部分的に「良い」「悪  
い」と感じる部分をユーザが発見した場合は、その位置を指定し  
て評価することができる。

#### (3) お気に入りの指定

ユーザは提示された 4 小節の楽曲の中で特に気に入った楽  
曲をインタフェース下部の「ユーザーのお気に入り」欄にコピーす  
ることができる。この欄は、より気に入った楽曲がユーザによって  
書き込まれるまではそのままの形で保存される。この欄に、ユー  
ザの気に入った 4 小節の楽曲を 4 つ繋げた 16 小節の楽曲が  
作曲されることとなる。

#### (4) 16 小節全体の評価

16 小節全体の評価:3世代に1回、(3)でユーザが選択した  
「ユーザーのお気に入り」の曲に対して、16 小節全体のつながり  
はいいかどうか、つながりが良い～つながりが悪いの 5 段階で  
評価する。

### 2.5 GA 操作による次世代の楽曲の生成

ユーザの評価の後、システムは評価をもとにプール内の染色  
体群にGA操作を行い、次世代の染色体群を以下の流れで生  
成する。

#### (1) ウイルスの生成

ユーザに部分的に良いと評価された染色体の一部は「ウイル  
ス」として生成し保存する。ウイルスにはユーザが指定したメロデ  
ィーラインの一部がブロックの形で保存される。

#### (2) 染色体の部分的修正

ユーザから部分的に「悪い」と評価された染色体の一部を修  
正する。具体的には、ユーザに悪いと評価されたブロックに対  
して、①ウイルスを当てはめる、②良い・とても良いと評価された楽  
曲の一部をランダムに選択し当てはめる、③ランダムに選択さ  
れた楽曲の一部を当てはめる、④突然変異によって新しく作り  
変える。これらの操作は、①、②、③、④の優先順位で行われる。  
例えば、もし①でうまく当てはまるウイルスが無かったら②へ、と  
いった手順となる。

#### (3) 次世代の親候補染色体群の決定

ユーザから「とても良い」「良い」「普通」と評価された染色体を  
次世代の親候補染色体として選ぶ。「良くない」と評価された染  
色体は淘汰する。また、多様性の維持のために各プールにつき  
8本の染色体を新規生成し次世代の親候補とする。

#### (4) 交叉

70%の次世代の親候補染色体に関してランダムに選んだ染  
色体のメロディーラインの一部を他の染色体にコピーする。

#### (5) 突然変異

30%の次世代の親候補染色体に関してメロディーラインの一  
部をランダムに作り変える。

#### (6) ウイルス感染

保存されているウイルスを親候補染色体群のメロディーライン  
の一部にコピーする。

#### (7) 染色体の調整

音楽理論を基にした突然変異によりメロディーラインの一部  
の音高を調整する。

#### (8) 染色体の調整

音楽理論を基に構築した適応度関数により生成された次世  
代の染色体群を評価し、適応度の高い染色体をユーザに提示  
する。

### 3. システムの評価実験

#### 3.1 実験内容

本システムの作曲支援の性能を検討するために、20代の  
男女の被験者 6名に「楽しい曲」を目標とする楽曲イメージと  
して、システムを用いて作曲を行ってもらおう。第 1 世代目の染色  
体群データと提示する楽曲 12 種類は全ての被験者で同じもの  
とする。まず、被験者にシステムを用いて 15 世代目まで実験を  
行ってもらおう。次に、被験者自身が第 3, 6, 9, 12, 15 世代の時  
点で保存していた 16 小節の「ユーザーのお気に入り」をランダム  
な順序で被験者に提示する。被験者はそれらを聴き、どの楽曲  
が目標とするイメージに近い比較評価して 1 位～5 位の順位  
付けを行う。被験者 6 名のうち 4 名は、筆者らが以前に開発し  
たシステム[哇原 02][Unchara 02]を用いて作曲を行った事のある  
被験者であり、この 4 名には実験終了後に以前のシステムと  
比較してどちらのほうが負担を感じずに楽曲を作曲できたかを  
回答してもらおう。

### 3.2 結果と考察

各世代のユーザのお気に入りへの評価結果(1位の楽曲を5ポイント, 5位の楽曲を1ポイントとする)を図3に示す。図の横軸は世代を表す。縦軸はユーザが付けた評価値を表す。「Average」は自分が作曲した楽曲に行った評価の平均を示す。図をみると、被験者が行った評価は世代を経るごとに上昇していることがわかる。この結果からシステムはユーザの評価を反映した楽曲生成が行えているといえる。

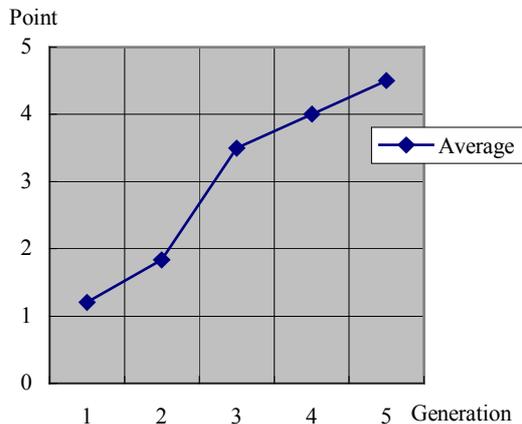


図3: 被験者の評価結果

図4と図5は被験者2名が「ユーザのお気に入り」として作曲した楽曲のメロディーパートの楽譜である。被験者は同じデータから実験を開始し、同じ「楽しい曲」を目標に楽曲生成に取り組んだが、図のように被験者間で異なる楽曲が生成されていることが分かる。この結果から、ユーザの楽曲に対する主観を反映し、システムが様々な楽曲生成を行えているといえる。

以前のシステムを用いて作曲を行ったことのある被験者4名へのアンケートでは、ユーザーインターフェースで楽曲のメロディーラインが視覚的に理解しやすい形となっているため、4名とも本稿のシステムの方が簡単に作曲が行えたと回答している。このことから、本システムの視覚的にメロディーラインを表示することによってユーザにかかる負担を軽減する効果があるといえる。また4名のうち2名は以前のシステムと比較してより満足する楽曲を作曲することができたと回答し、2名はどちらとも言えないと回答している。ユーザの部分的に良くないという箇所を指定する評価で、評価が反映されていると感じられたと回答した2名は以前のシステムより満足する楽曲を得られたと回答しており、本システムで追加された部分的に悪いという評価によって楽曲生成能力が向上しているといえる。適応度関数による評価によって提示されている楽曲に良いものが増えているかどうかという問いに対してはどの被験者も分からないと回答した。このことから違和感なく自然に良い楽曲が優先的にユーザに提示されている事がわかる。

### 4. おわりに

本稿では対話型GAの手法によって、人間の作曲を支援する楽曲生成システムを構築した。楽曲4小節分の情報を染色体1本として生成した染色体群に、ユーザが主観で行う3種類の



図4: 作曲された楽曲のメロディーライン (1)



図5: 作曲された楽曲のメロディーライン (2)

評価に基づいたGA操作を行う。そしてユーザそれぞれが納得する16小節の楽曲の作曲を支援する。システムの評価実験の結果からは、生成された楽曲に対するユーザの評価が世代を経るごとに上昇していることがわかった。また被験者の楽曲に対する主観を反映し、様々な楽曲が生成された。また以前のシステムと比較して、視覚的にメロディーを表示するユーザーインターフェースとしたためにユーザにかかる負担が軽減され、また楽曲生成能力も上がっていることがわかった。

今後の研究では伴奏の感性語による生成・変更などによる更なる楽曲生成の能力の向上を目指す予定である。

### 参考文献

[畦原 02] 畦原宗之, 鬼沢武久: 人間の評価を用いた楽曲の生成, 第16回人工知能学会全国大会, 3F2-06, 2002.  
 [谷口 98] 谷口高士: 音楽と感情, 北大路書房, 1998.  
 [矢萩 96] 矢萩英明ら: Electone Backing Pattern Book, YAMAHA Music Media Co., 1999.  
 [Takagi 01] H Takagi: Interactive Evolutionary Computation: Fusion of the Capabilities of EC Optimization and Human Evaluation, Proc. of the IEEE, vol.89, No.9, pp.1275- 1296, 2001.  
 [Unehara 02] M.Unehara and T.Onisawa: Interactive Music Composition System, Proc. of 2002 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, Hammamet, Tunisia, 2002.