原著論文

ソフトコンピューティング手法を用いた曲印象からの楽曲自動生成システムの構築†

秋口 俊輔 *

自動的な楽曲の生成という概念の歴史は古く、乱数の偶然性を利用したものでは18世紀のモーツァルトによる「音楽のサイコロ遊び」にまで遡る。これは、あらかじめ複数のフレーズを用意しておき、サイコロを転がすたびに目が出た目のフレーズを曲に付け加えていき、作曲をするものであった。現代においても、1957年イリノイ大学に導入された初期のコンピュータ「ILLIAC・I」を使った「弦楽四重奏のためのイリアック組曲」以降、様々な研究がなされ、多くの楽曲が作られてきた。しかしながら、人間の感性、特に各個人の感性を反映させた楽曲生成システムは未だ研究の途上にあり、様々な研究機関で開発が続けられている。代表的なものには、言葉の印象から楽曲構造を導き出し作曲するシステムや、対話型遺伝的アルゴリズムを利用したシステムが研究されている。本研究では人間の感性と楽曲構造の関係を可変化することによって各個人の感性に対応するシステムの構築を目指す。今回は、楽曲の印象を決定する曲全体の構造を数値化し、この楽曲構造要素と各個人の感性との関係をニューラルネットワークによってモデル化するという手法から、個人の感性を反映させた自動楽曲生成システムの構築を実現する。まず、楽曲の印象を決定する曲全体の構造を、「楽曲はリズム、メロディ、ハーモニーの三要素からなる」との考えをもとに、調、和声、旋律、音高、リズム、テンポなどの楽曲構造要素として数値化を行う。そして、楽曲と楽曲から感じられる印象との関係を、楽曲を数値的に表現した楽曲構造要素と印象をSD法により数値化した印象語対との関係に置き換えることで、ニューラルネットワークを用いて楽曲と楽曲から得られる曲印象との関係を学習する。次に、学習によって獲得された楽曲と曲印象との関係を利用し、逆方向、すなわち入力する印象の度合いに対応した楽曲構造要素を遺伝的アルゴリズムを用いて獲得する。これは楽曲構造要素を遺伝的アルゴリズムの個体とすることで学習済みニューラルネットワークの入力とし、入力楽曲の曲印象値が出力される。ここで得られた曲印象値と、作成したい曲印象値との差を評価関数として学習することで、印象に対応した楽曲が自動的に生成される。

キーワード：ソフトコンピューティング、楽曲自動生成システム、人間共生システム

1. はじめに

自動的な楽曲の生成という概念の歴史は古く、乱数の偶然性を利用したものでは18世紀のモーツァルトによる「音楽のサイコロ遊び」にまで遡る。これは、あらかじめ複数のフレーズを用意しておき、サイコロを転がすたびに目が出た目のフレーズを曲に付け加えていき、作曲をするものであった。現代においても、1957年イリノイ大学に導入された初期のコンピュータ「ILLIAC・I」を使った「弦楽四重奏のためのイリアック組曲」[1]以降、様々な研究がなされ、多くの楽曲が作られてきた。

その中には、ペンタブレットによって描かれた線の座標と長さを、音源の音程と持続時間へと変換することで発音するものや[2]、フラクタル図形であるマン

デルブロ集合を用いてサウンドを生成するマンデルブロ音楽[3]といった、グラフィックスを音に対応させる研究や、カオス理論を応用したコンピュータミュージックとして、ロジスティック写像によって発生されるメロディに様々な音楽的フィルタを適用したサウンドを生成する研究[4]、さらにはカオス理論を応用して作成したサウンドとグラフィックスを組み合わせることによって、聴覚的・視覚的效果を人間に与えることを目標とした研究も行われている[5]。

しかしながら、人間の感性、特に各個人の感性を反映させた楽曲生成システムは未だ研究の途上にあり、様々な研究機関で開発が続けられている。人間の感性を反映させた楽曲生成の分野では、人間の評価を遺伝的アルゴリズムの進化の過程に組み込み、人間の主観に対応した遺伝的操作を行う対話型遺伝的アルゴリズムが比較的良好に用いられる。このような対話型遺伝的アルゴリズムを用いた手法として、作曲および即興演奏エージェントを設計し、コンピュータと人間のジャズセッションを行うものや[6]、対話型遺伝的アルゴ

† Development of Melody Automatic Generation System from Music Impression Using Soft-Computing Method
Shunsuke AKIGUCHI

* 富山商船高等専門学校
Toyama National College of Maritime Technology

リズムの一種である模擬育種法を用いて音楽のフレーズを進化させる試み[7], ユーザのイメージを反映させたメロディーラインを生成するシステムの構築などの研究[8]が行われている. また対話型遺伝的アルゴリズムを用いたもの以外にも, 言葉やメディアデータ間などの意味的な関係を与えられた文脈や状況に応じて動的に計算することが可能である意味の数学モデルを用いることにより, 任意の言葉からの楽曲自動生成を実現する研究も行われている[9].

これらの研究によって生成された楽曲はどれも興味深く, 音楽の専門知識がなくとも, 楽曲を視聴して感じたイメージを評価に反映させたり, 用意された印象語を用いることで, 感性に沿った楽曲を自動的に生成することができる. しかしながら, 対話型遺伝的アルゴリズムを用いた場合, 楽曲生成の度に人間が評価を行わねばならず, 印象語を用いた場合は各個人の感性に的確に沿うことは難しい.

本研究では人間の感性と楽曲構造の関係を可変化することによって各個人の感性に対応するシステムの構築を目指す. 今回は, 楽曲の印象を決定する曲全体の構造を数値化し, この構造と各個人の感性との関係をニューラルネットワークによってモデル化するという手法から, 個人の感性を反映させた楽曲自動生成システムの構築を実現する.

2. 楽曲自動生成システム

ここでは楽曲自動生成システムの処理の流れと, 楽曲構造要素の定義・作曲時の利用方法の概要について述べる. また, 曲印象の計測とニューラルネットワークを用いた楽曲構造要素に対応した曲印象の学習手法についても述べる.

本研究では楽曲の自動生成に関して, まず最初に各個人がどのような楽曲からどのような印象を受けるかについて, その関連性を見出す. どのような楽曲であるかについては, 楽曲を後述する楽曲構造要素として分解し, 数値化を行う. また, どのような印象を受けるかについては印象語対とSD法を用い, 受ける印象を数値化する. このように1つの楽曲を楽曲構造要素と印象値という異なる観点から観察し, 楽曲構造要素を入力, 印象値を出力としたニューラルネットワークを用いて, どのような楽曲構造要素がどのような印象値となるかについて学習を行う. これにより, 楽曲が人間に与えるであろう印象を推測することができる.

次に, 楽しそうな楽曲, さみしそうな楽曲といった, 作成したい楽曲のイメージを印象値として入力し, それに沿うような楽曲を遺伝的アルゴリズムを用いて作成する. 遺伝的アルゴリズムの個体を楽曲構造

要素とし, ランダムに生成された各個体を上述の学習済みニューラルネットワークの入力とする. これまでの学習により獲得された楽曲構造要素と印象値との関連性を基に, 入力された楽曲構造要素が与えるであろう印象が出力される. 本研究では, ニューラルネットワークの出力値と, 作成したい楽曲のイメージである印象値とを比較し, これらの誤差を遺伝的アルゴリズムの適応度とすることで, 誤差が小さくなるように遺伝的アルゴリズムの学習を行い, 最終的に誤差が一番小さくなった楽曲構造要素で構成される個体から, 楽曲を生成する. このような手順により, 個人の感性に反映した楽曲を自動的に生成する. 次節からはより具体的な項目について説明する.

2.1 楽曲生成の流れ

図1は今回提案する楽曲自動生成システムの処理の流れである. 西洋音楽の世界では, 「楽曲はリズム, メロディ, ハーモニーの三要素からなる」と考えられており[10], 本システムにおいてもこれに準じて, 楽曲を3つの部位に分けて別々に生成する. 楽曲構造要素の決定方法については後述し, ここでは各要素の定義についてのみ触れる. また, 以降これら3つを総称して楽曲の三要素と呼称する.

2.1.1 楽曲構造要素の定義

音楽心理学者Hevnerは音楽の構成要素として調(長調/短調), 旋律(上昇/下降), 音高(高/低), 和声(単純/複雑), テンポ, リズム(固定/流動)の6つを定義している[11, 12, 13]. 本研究ではこの定義に基づき, 以下の5系統40項目にテンポを加えた計41項目を楽曲構造要素として音楽を数値化する.

図1 楽曲生成の流れ

- 調
C, C+, D, D+, E, F, F+, G, G+, A, A+, B, 長調, 短調
- 和声
2 和音, 3 和音, 4 和音それぞれの割合, 音符長平均, 音符長二乗平均
- 旋律
上昇音, 下降音, 水平音それぞれの割合, 音高平均, 音高二乗平均
- 音高
音高平均, 音高二乗平均, 主音以上の高音の割合, 主音未満の低音の割合
- リズム
2 分音符の割合, 付点 4 分音符の割合, 4 分音符の割合, 8 分音符の割合

今回提案する楽曲自動生成システムで生成される楽曲は図 2 のようにメロディ部分とハーモニー部分が明確に分かれている。また、文献[8]を参考に、使用する音符は「2 分音符」, 「付点 4 分音符」, 「4 分音符」, 「8 分音符」の 4 種類に限定している。本研究では、これらを利用して以下の定義・公式に基づき、各楽曲構造要素を算出・使用する。ただし、

- n 番目のメロディの構成音の音高: $Note(n)$
- n 番目のメロディの構成音の音符長: $Len(n)$ (4 分音符の音符長を 1 とする)
- メロディの音符数: N
- n 番目の和音の構成音数: $Code(n)$
- n 番目の和音の音符長: $CLen(n)$
- ハーモニーの和音数: M
- 主音の音高: $Note(0)$

と定義する。主音(中心音)とは音階の最初の音であ

図 2 生成される楽曲の例

り、主音で始まる楽曲や、主音で終わる楽曲が多く存在する[10]。そこで本研究では主音の音高を上記のように定義する。

音高を表す数値はMIDIフォーマットに準じており、ピアノの中央のC(ド)を番号60として、半音ごとに1つつ増減していき、一番低い音が0、一番高い音が127になる。以下に、調、和声、旋律、音高、テンポ、リズムについてそれぞれ説明する。

2.1.2 調

楽曲の調性を定義している。調性は楽曲の主音(中心音)と構成音を決定する際に使用する。例えば、Cと長調が1の場合はハ長調、Dと短調が1の場合はニ短調になる。

- C, C+, D, D+, E, F, F+, G, G+, A, A+, B
主音がどの音になるかを表す。必ずいずれか一つが1となり、残りの全てが0になる。
- 長調, 短調

長音階(全音-全音-半音-全音-全音-全音-半音の間隔で音が分布している音階)、短音階(全音-半音-全音-全音-半音-全音-全音の間隔で音が分布している音階)のいずれを使用するかを表す。

2.1.3 和声

ハーモニー(和声)がどのような和音によって構成されているかを表す。

$$2 \text{ 和音の割合} = \frac{\sum_{n=0}^{M-1} \delta(Code(n) - 2)}{M} \quad (1)$$

$$2 \text{ 和音の音符長平均} = \frac{\sum_{n=0}^{M-1} CLen(n) \delta(Code(n) - 2)}{M} \quad (2)$$

$$2 \text{ 和音の音符長二乗平均} = \frac{\sum_{n=0}^{M-1} CLen(n)^2 \delta(Code(n) - 2)}{M} \quad (3)$$

以下、3 和音, 4 和音共に同様である。

2.1.4 旋律

メロディ(旋律)内で、どのような音の変化が起こるかを表す。式中において、 $Note(n+1) - Note(n) = \Delta Note(n)$, $Len(n+1) - Len(n) = \Delta Len(n)$ であると

$$\text{上昇音の割合} = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} H_0(\Delta Note(n))}{N} \quad (4)$$

$$\text{下降音の割合} = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} (1 - U(\Delta Note(n)))}{N} \quad (5)$$

$$\text{水平音の割合} = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} \delta(\Delta Note(n))}{N} \quad (6)$$

$$\text{上昇音高平均} = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} H_0(\Delta Note(n)) \frac{\Delta Note(n)}{\Delta Len(n)}}{\sum_{n=0}^{N-1} H_0(\Delta Note(n))} \quad (7)$$

$$\text{下降音高平均} = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} (1 - U(\Delta Note(n))) \frac{-\Delta Note(n)}{\Delta Len(n)}}{\sum_{n=0}^{N-1} (1 - U(\Delta Note(n)))} \quad (8)$$

$$\text{水平音高平均} = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} \delta(\Delta Note(n)) Note(n)}{\sum_{n=0}^{N-1} \delta(\Delta Note(n))} \quad (9)$$

$$\text{上昇音高二乗平均} = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} H_0(\Delta Note(n)) \left(\frac{\Delta Note(n)}{\Delta Len(n)} \right)^2}{\sum_{n=0}^{N-1} H_0(\Delta Note(n))} \quad (10)$$

$$\text{下降音高二乗平均} = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} (1 - U(\Delta Note(n))) \left(\frac{-\Delta Note(n)}{\Delta Len(n)} \right)^2}{\sum_{n=0}^{N-1} (1 - U(\Delta Note(n)))} \quad (11)$$

$$\text{水平音高二乗平均} = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} \delta(\Delta Note(n)) Note(n)^2}{\sum_{n=0}^{N-1} \delta(\Delta Note(n))} \quad (12)$$

2.1.5 音高

楽曲全体の音の高さと、その分布を表す。

$$\text{音高平均} = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} Note(n)}{N} \quad (13)$$

$$\text{音高二乗平均} = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} Note(n)^2}{N} \quad (14)$$

$$\text{主音以上の高音の音符数の割合} = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} U(Note(n) - Note(0))}{N} \quad (15)$$

$$\text{主音未満の低音の音符数の割合} = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} (1 - U(Note(n) - Note(0)))}{N} \quad (16)$$

2.1.6 テンポ

一分間に含まれる拍の数を表す。通常MIDIフォーマットにおける一拍は4分音符1つ分の演奏時間に相当する。拍をどのくらいの速さで打つのかを表し、楽曲の速さを示す。数値が大きいほど速く、小さいほど遅くなる。テンポの数値が60の場合、一分間に4分音符を60回演奏できる。

2.1.7 リズム

メロディの中に含まれる音符の長さの割合を表す。

$$2 \text{ 分音符の割合} = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} \delta(Len(n) - 2.0)}{N} \quad (17)$$

$$\text{付点 4 分音符の割合} = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} \delta(Len(n) - 1.5)}{N} \quad (18)$$

$$4 \text{ 分音符の割合} = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} \delta(Len(n) - 1.0)}{N} \quad (19)$$

$$8 \text{ 分音符の割合} = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} \delta(Len(n) - 0.5)}{N} \quad (20)$$

2.2 楽曲構造要素からの楽曲固有情報の取得

リズム、メロディ、ハーモニーの「楽曲の三要素」以外にも、楽曲には様々な情報が存在している。ここでは、楽曲生成に使用する「主音(中心音)」と「曲の長さ(小節数)」を楽曲構造要素から求める方法について述べる。

2.2.1 主音(中心音)

主音とは音階の最初の音のことであり、調性のある楽曲では、この音に帰着しようとする力が働く。今回は楽曲構造要素の調のカテゴリから音階を導き出し、音高のカテゴリ内の平均音高と併用して主音の音高を決定する。これにより2.1.1節における $Note(0)$ が決定される。

主音の音高は

$$(60 + Key) + N * 12 (0 \leq N \leq 10) \quad (21)$$

で表現することができる候補のうち、最も平均音高に近いものを使用する。ここで、 Key は使用する調によって表1に準じて決定する。

表1 調の対応

C	0	C+	1	D	2	D+	3
E	4	F	5	F+	6	G	7
G+	8	A	9	A+	10	B	11

2.2.2 曲の長さ(小節数)

曲の長さには2種類の意味が存在する。一つは楽曲の演奏時間であり、もう一つは楽曲に含まれる小節の数である。演奏時間は通常、分単位もしくは秒単位で表現される。演奏時間と楽曲のテンポが一定で決まっている場合、この二つの情報から楽曲内の小節数は式(22)で算出できる。

$$\text{小節数} = \frac{25 * Time}{Tempo} \quad (22)$$

ここで、*Time*は演奏時間[秒]、*Tempo*は楽曲のテンポ[4分音符/分]である。

Time、*Tempo*の値によるが、式(22)は実数解になることが予測される。その場合、本研究では小数点以下切り捨てとして、楽曲に含まれる小節数を決定している。

2.3 音楽の三要素の生成

前述のように「楽曲はリズム、メロディ、ハーモニーの三要素からなる」と考えられており、今回提案するシステムでも、これに準じて楽曲の生成を行う。今回は各要素を異なった遺伝子型で表現し、遺伝的アルゴリズムを使用して解探索を行う。遺伝的アルゴリズムの評価関数は各要素から算出した楽曲構造要素と作曲したい曲の楽曲構造要素の差を取るものとする。音楽の三要素はそれぞれ異なる楽曲構造要素の系統と対応しており、実際に各要素で差を取るの是对応している系統のみである。

以下に、各要素の遺伝子型と対応する楽曲構造要素の系統を記す。

- リズム
 - － 染色体
 - 一小節ごとの音の並びとし、「2分音符」「付点4分音符」「4分音符」「8分音符」の4種類のみを使用するため、一小節内で表現できる音の並びは全108種類となる。一つの染色体はこのいずれを使用するかを表している。
 - － 個体の長さ
 - 楽曲に含まれる小節の数であり、式(22)から算出する。
 - － 対応する楽曲構造要素：リズム
- メロディ
 - － 染色体
 - 音符の度数であり、主音を中心に±VII度まで(−7〜+6の間で値を設定する)とする。ただし最初の音符は主音になるので常に0である。
 - － 個体の長さ
 - 楽曲に含まれる音符の数であり、リズムの生成で決定された音符数から個体の長さが決まる。
 - － 対応する楽曲構造要素：旋律、音高
- ハーモニー
 - － 染色体
 - 小節内で同時に演奏される和音の数と長さとする。長さは「全音符」「2分音符」「4分音符」「8分音符」の中から選ばれ、全音符の場合は1回、2分音符の場合は2回、4分音符の場合は

4回、8分音符の場合は8回、1小節中に同じ和音を演奏する

－ 個体の長さ

楽曲に含まれる小節の数。式22から算出する。

－ 対応する楽曲構造要素：和声

本研究では、遺伝的アルゴリズムで生成される染色体について、生成できる全範囲から一様にランダムで初期個体を生成し、個体数100、交叉率70%、突然変異率3%として、学習を行った。

3. 曲印象の計測と学習手法

今回提案する楽曲自動生成システムでは、人間の感性を楽曲生成に反映させるため、楽曲の生成とは別に、まず利用者の感性情報を入力する必要がある。今回はシステム側で用意したサンプル曲に対して、利用者がその曲から受ける印象を、表示される曲印象語の度合いとして−3〜+3の7段階で入力する。

3.1 曲印象語の定義

今回は入力する印象語として表2の8組の印象語対を使用した。この印象語は文献[14]において、「音楽に対しての情動的評価尺度項目」として使われた表3の64の形容詞のうち、反対語大辞典[15]によって対義語を断定することができた表4の23項目を使用し、ニューラルネットワークに学習させた場合の未知曲に対する正答率が高かった項目を選択・使用している。

表2 曲印象語

美しい	↔	醜い		軽い	↔	重い
騒がしい	↔	静かな		にぎやかな	↔	さびしい
明るい	↔	暗い		陽気な	↔	陰気な
うれしい	↔	かなしい		ゆるんだ	↔	はりつめた

表3 情動的評価尺度項目(文献[14]より参照)

快い弛緩	陽気さ	抑鬱	緊張・力動性
あたたかい	明るい	陰気な	勇ましい
安定した	あざりした	悲しい	緊張した
美しい	生き生きした	暗い	好き
おだやかな	うきうきした	さびしい	力強い
おちついた	うれしい	地味な	激しい
静かな	おもしろい	冷たい	はりつめた
素朴な	軽い	濁った	
なめらかな	元気な	にぶい	
のどかな	さっぱりした	ゆううつな	
のんびりした	楽しい		
優しい	にぎやかな		
やわらかい	ユーモラスな		
優雅な	陽気な		
ゆったりした			

表4 初期段階における曲印象語対

あたたかい	↔	つめたい
うきうきした	↔	しんみり
安定した	↔	動揺した
うれしい	↔	かなしい
美しい	↔	醜い
軽い	↔	重い
おだやかな	↔	激しい
元気な	↔	ぐったりした
おちついた	↔	うわついた
楽しい	↔	苦しい
静かな	↔	騒がしい
にぎやかな	↔	さびしい
なめらかな	↔	あらい
陽気な	↔	陰気な
優しい	↔	きびしい
地味な	↔	派手な
やわらかい	↔	かたい
濁った	↔	澄んだ
優雅な	↔	粗野な
勇ましい	↔	いくじない
明るい	↔	暗い
はりつめた	↔	ゆるんだ
あっさりした	↔	こってり

3.2 曲印象の計測

曲印象と楽曲構造要素の関係をニューラルネットワークによってモデル化するために、ニューラルネットワークの教師信号として使用する曲印象を計測した。曲印象の計測はSD法を用いて、対象となる楽曲を聴きながら、各項目(印象語対)に数値を入力する。作成した入力画面は図3のようになっており、各項目のスライダーコントロールを左右に動かし、-3～+3までの7段階で楽曲の印象を入力する。ここで、「美しい」や「嬉しい」などのポジティブな印象語の場合は正の値に、「醜い」や「寂しい」などのネガティブな印象語の場合は負の値となる。また「NEXT」ボタンをクリックすることで、現在の入力情報が記録され、次の楽曲の演奏が開始される。途中で中断した場合も、現

在入力中の楽曲から演奏が再開される。

計測用の練習曲として前述の楽曲生成システムを用いて120曲を生成・使用した。この120曲のうち、実際に教師信号として使用するのは100曲のみであり、残りの20曲はニューラルネットワークの性能評価のための未知曲として使用する。尚、楽曲を生成する際に使用する楽曲構造要素は乱数を用いて決定した。

3.3 ニューラルネットワークの学習

ここでは、以下の設定でニューラルネットワークの学習を行う。

表5 ニューラルネットワークの構造

入力信号	楽曲構造要素 (41 項目)
中間層	40-20
教師信号	曲印象 (8 項目)
終了判定	全ての 教師信号 - 出力信号 < 0.10

曲印象の計測を行った120曲中100曲を学習曲として使用し、各楽曲の楽曲構造要素からどのような曲の印象を受けるかについて学習する。これは同じ曲印象を受ける楽曲構造要素は一つではない、つまり楽曲構造要素：曲印象＝多：1の関係にあると考えられるためである。さらに、曲印象を計測した残り20曲を未知曲として使用し、学習済みのニューラルネットワークに楽曲構造要素を入力した場合の曲印象と実際に計測した曲印象の間にどの程度の誤差が生じるかについての実験を行った。実験の結果、平均誤差は0.93となり、図3の入力画面で、およそ1目盛り分程度の誤差となった。しかし、項目によっては3以上の誤差が出ているものもあり、この点に関しては印象語や楽曲構造要素の設定を見直す必要があると考えられる。

3.4 曲印象からの楽曲構造要素の算出

本研究で提案する楽曲生成システムは生成楽曲の曲印象を入力することで、楽曲構造要素を算出し、それに沿った楽曲を生成する。しかし、前項で述べたように本研究で使用するニューラルネットワークは楽曲構造要素から曲印象の導出を行うことはできるが、その逆の導出は行うことができない。これは前述のように同じ曲印象を受ける楽曲構造要素は一つではないためである。

そこで、本研究では楽曲構造要素を染色体とした、遺伝的アルゴリズムによって曲印象に最も一致した楽曲構造要素を導出する。これは遺伝的アルゴリズムの偶然性を利用して最適解と考えられる複数の解のうち一つを選ぶためであり、この楽曲構造要素の導出に限っては十分最適解に近いのであれば、ローカルミニ

図3 曲印象の入力画面

マムも一つの解であるとする。この遺伝的アルゴリズムの遺伝子型は、染色体は楽曲構造要素となり、評価関数はニューラルネットワークに個体を入力した場合の出力と生成したい楽曲の曲印象の差となる。

3.5 自動作曲シミュレーション

本研究で制作した楽曲自動生成システムを用いて、どれだけ人間の感性に沿った楽曲を生成することができるかについて実験を行った。全3曲生成し、入力曲印象と実際に生成された楽曲の聴取実験を行った曲印象との誤差を取得する。楽曲生成画面は図4のようになっている。ここで、図4の「楽曲構造要素段階」は図1における「楽曲構造要素の導出」で設定された楽曲構造要素を、「生成曲印象(予想)」は実際に生成された楽曲の楽曲構造要素をニューラルネットワークに入力した場合の出力(曲印象)を表している。

入力する曲印象は乱数を使用して、全3曲、各曲8項目の印象語にそれぞれ数値を割り当てる。各曲印象を表す数値は、-3～+3までの7段階で入力し、表6のようになっている。

表6の曲印象を実際に楽曲生成システムに入力することで生成された楽曲について、再度評価を行った印象をまとめたものを表7に示す。また、参考のために1番目の生成楽曲の譜面を図5示す。この図において、Mはメロディー、Hはハーモニーの譜面である。

さらに、作成したい楽曲の印象値を入力し、出力された楽曲について、どのような印象を受けるかについての評価を行った。評価方法としては、まず5人の被験者に3曲ずつ楽曲を作成してもらった。この生成された楽曲の他に、乱数によって決定した楽曲構造要素を基に生成した7曲を加え、計10個の楽曲を順不同で聴いてもらい、再度印象評価を行った。先に生成した3曲は生成された時点では被験者に聴かせていない。この評価結果から、被験者が作成した3曲の評価値を抜き出し、3曲の楽曲を生成する際に入力した印象値と、再度行った印象評価の結果との平均誤差についてまとめたものを表8に示す。

表6 入力曲印象

	1	2	3
美しい	-1	0	1
騒がしい	1	-2	-1
明るい	-2	-3	-1
うれしい	-3	2	2
軽い	1	-1	1
にぎやかな	2	-2	0
陽気な	1	3	0
ゆるんだ	-3	1	2

表7 生成楽曲曲印象

	1	2	3
美しい	-2	1	-1
騒がしい	2	-2	0
明るい	-3	-2	-1
うれしい	-3	2	1
軽い	2	-2	1
にぎやかな	1	2	1
陽気な	2	2	0
ゆるんだ	-3	2	3

図5 生成楽曲例

表8 生成楽曲の再評価

	1	2	3	4	5	平均誤差
美しい	0.67	1.00	0.67	0.67	0.33	0.67
騒がしい	1.67	1.33	1.33	1.67	1.67	1.53
明るい	1.00	1.33	1.33	1.00	1.00	1.13
うれしい	0.67	1.00	1.00	0.67	0.33	0.73
軽い	0.33	0.67	0.00	0.33	0.33	0.33
にぎやかな	2.00	1.67	1.33	1.33	2.00	1.67
陽気な	0.67	1.00	1.33	1.67	1.67	1.27
ゆるんだ	0.67	0.67	1.00	0.67	0.67	0.73
平均	0.96	1.08	1.00	1.00	1.00	1.01

図4 楽曲生成画面

4. 考察

表6, 7から, 「入力された曲印象」と「生成楽曲の曲印象」の間に誤差が0.86, 入力画面のおよそ1目盛り分に収まっていることがわかる。これは, その場の雰囲気や環境, 気分などによって生じる誤差(環境誤差)の範疇だと考えられる。実際に聞いてみた曲の印象も, 入力曲印象に近い雰囲気が出ていたように感じられた。しかしながら, 表に示したものの以外にもいくつか楽曲生成を行ったが, 楽曲によっては平均2以上の誤差を算出しており, 印象語によっては最大で4の誤差が生じているものもある。これは, 実際に作りたかった印象と真逆の曲印象であると言え, 環境誤差では説明がつかない。

これは楽曲構造要素の「二乗平均」の項目が含まれている事が原因の1つとして考えられる。各数値のばらつき具合を設定するために設けた項目だが, 同系統の「平均」と干渉し合い, 「音楽の三要素」を生成する段階で評価関数を一定方向に定め切れていない可能性がある。これによって, 楽曲の生成に大きな誤差が生じていると考えられる。

表8において, 各被験者ごとの平均誤差は1程度となっており, 比較的作成者の感性を反映した楽曲が生成できたと考えられる。しかしながら, 「騒がしい」, 「明るい」, 「にぎやかな」, 「陽気な」の項目の誤差が他の項目よりも大きい。これは生成された楽曲を再度評価する際に, 「騒がしい」と「にぎやかな」, 「明るい」と「陽気な」がそれぞれ分類し難いためと考えられる。例えば, 「騒がしい」の値が大きい楽曲は, 「にぎやかな」の値が大きい楽曲に比べ, 曲調は類似しているが, 使用される音の高さが平均的に低い楽曲となることが多かった。これら2つの楽曲を聴き比べれば違いが分かるが, 個別に聴くと曲調が類似しているため, 判別し難い。これについては, 使用する印象語対を再検討する必要があると考えられる。

また, 楽曲構造要素や曲印象の決定について, 特に楽曲構造要素は曲印象を判別するために必要な情報であり, 人間がどの程度音楽を細分化して認識しているかを表す指標とも言える。今回提案した楽曲構造要素は文献[2]で使用されていた項目に独自で追加した41項目であるが, 被験者によってはこれ以外の項目から曲の印象を感じ取っている可能性もある。また, 逆に不必要な項目が含まれているために, 正確に曲印象を導出できていない場合も考えられる。

5. まとめ

本研究では, 楽曲の印象を決定する曲全体の構造を数値化し, この構造と各個人の感性との関係をニューラルネットワークによってモデル化するという手法から, 個人の感性を反映させた自動楽曲生成システムを提案した。さらに, 遺伝的アルゴリズムを使用し, 数値化した曲構造(楽曲構造要素)から実際の音楽(楽譜)を生成することを可能とした。楽曲の自動生成に関する研究は多く存在するが, 本手法のようにニューラルネットワークと遺伝的アルゴリズムを併用した手法はあまり研究されていない。

聴取実験の結果, 入力曲印象と生成楽曲の曲印象が類似したものになり, 感性を反映した楽曲の生成が可能であることが確認できた。しかし, 一部の楽曲生成では曲印象に誤差が生じており, 楽曲構造要素の設定に疑問が残る結果となった。特に各項目の二乗平均については再考の余地があると思われる。また, 曲印象入力画面についても, その場の環境などによって生じる誤差を極力小さくし, かつ言葉に対する印象を一定方向に位置づけられるような方式を考案する必要がある。改良案として, 現在入力をSD法を利用した数値入力で行っているのに対して, 色や絵, 音などの視覚・聴覚情報を用いた入力方式を導入する事も考えられる。

本研究では入力に用いる印象語の選定を行った。これは印象語の数が多すぎると入力に手間がかかるために行ったが, 楽曲の印象を適切に表現するために必要な印象語がそもそも不確定であったため, 今回は未知曲に対する正答率が高い項目を8つ選んで使用した。これは未知曲に対する正答率が高い項目が楽曲の印象を適切に表現するために必要であろうという考えのもとに行った。このような考えによって選んだ印象語は, 楽曲印象を少ない項目で表現できる可能性があると考えられるが, 今後因子分析などの解析手法を用いた印象語の選定を行い, 両者で比較を行う必要があると考えられる。

参考文献

- [1] L.Hiller, L.Isaacson, "Experimental Music", MacGraw-Hill, 1959
- [2] G.Marino, M.Serra, J.Raczinski, "The UPIC System : Origins and Innovations", Perspectives of New Music, Vol.31, No.1, pp.258-269, 1993
- [3] 尾上文男, "Mandelbrot Set, Chaos, Fractal", <http://members.jcom.home.ne.jp/onoue/>
- [4] 長嶋洋一, "Chaos理論とComputer Music", 京都芸術短期大学紀要 [瓜生], Vol.16, pp.28-44, 1993
- [5] 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 (日本知能情報ファジィ学会誌), Vol.18, No.4, pp.507-518, 2006
- [6] J.A.Biles, “GenJam : A genetic algorithm for generating jazz solos,” in Int. Computer Music Conf. (ICMC '94), (Aarhus, Denmark), pp.131-137, 1994.
- [7] 畝見達夫, 中田詠一, “模擬育種法に基づく作曲支援システムの試み”, 計測自動制御学会 第28回 知能システムシンポジウム講演論文集, pp.141-146, 2001
- [8] 畦原宗之, 海老原祐, 鬼沢武久, “作り手のイメージを反映させた楽曲生成システムに関する研究”, 感性工学研究論文集, Vol.1, No.2, pp.66-72, 2001
- [9] 芳村亮, 中西崇, 北川高嗣, “任意の言葉の印象と音楽心理学に基づく楽曲自動生成方式”, 電子情報通信学会 DEWS2007 A3-3, 2007
- [10] 水野正敏, “水野式音楽理論解体新書”, 株式会社シンコーミュージック・エンタテイメント, 2006
- [11] K.Hevner, “Expression in music : A discussion of experimental studies and theories.” Psychological Review. Vol.42, pp.186-204, 1935
- [12] K.Hevner, “Experimental studies of the elements of expression in music.” American J. Psychology. Vol.48, pp.246-268, 1936
- [13] K.Hevner, “The affective value of pitch and tempo in music.” American J. Psychology, Vol.49, pp.621-630, 1937
- [14] 中村均, “音楽の情動的性格の評定と音楽によって生じる情動の評定の関係” 心理学研究, Vol.54, No.1, pp.54-57, 1983
- [15] 中村一男 編, “反対語大辞典”, 東京堂出版, 1965
- [16] 坂本崇, 梶川嘉延, 野村康雄, “音楽感性空間における非線形判別分析を用いた曲印象別グループの分割”, 情報処理学会論文誌 Vol.40, No.4 pp.1901-1909, 1999
- (2009年2月25日 受付)
(2009年8月1日 採録)
- [問い合わせ先]
〒934-0293 富山県射水市海老江練合1-2
富山商船高等専門学校
秋口 俊輔
TEL : 0766-86-5100
E-mail : akiguchi@toyama-cmt.ac.jp

著者紹介

あきぐち しゅんぽう
秋口 俊輔 [正会員]

鳥取県出身。2001年大阪電気通信大学情報工学部情報工学科卒業。2003年同大学院工学研究科修士課程修了。2007年福井大学大学院工学研究科博士後期課程修了。現在、富山商船高等専門学校助教。博士(工学)。知能ロボットの感情表現及び感性的創造物の自動生成システムに関する研究に従事。日本知能情報ファジィ学会、日本感性工学会、日本ロボット学会、バイオメディカルファジィシステム学会の会員。

Development of Melody Automatic Generation System from Music Impression Using Soft - Computing Method

by

Shunsuke AKIGUCHI

Abstract :

It is still in the way to make music generation system which reflects human sensitivity in various research organizations. Among systems which are studied, there are typical systems such as the system which composite music from the impression of words and the system which utilize Genetic Algorithm. The purposes of this study are to compose several music, to cope with the sensitivity of each individual by visualizing the relationship between human sensitivity and musical structure, quantify the whole musical structure which decides the impression of music and to realize the construction of the automatic musical creation system which reflects individual sensitivity by the method of modeling the relationship of this structure and each individual sensitivity by Neural Network. First of all, a whole musical structure to decide its impression shall be quantified as musical structure element such as key, harmony, melody, and pitch as well as rhythm and tempo based on the idea, "Music is composed of three elements such as rhythm, melody, and harmony". Then, the relationship between music and impression felt from the music shall be replaced by the followings: the relationship between musical structure element quantified music and impression words quantified impression by SD method. Therefore, the relationship between music and its impression from music shall be learned. Secondly, the relationship between music acquired through learning and its impression shall be used to acquire musical structure element of impression levels to enter by Genetic Algorithm. This regards musical structure element as the individual of genetic algorithm. Therefore, this regards musical structure element as entries of learned Neural Network to output the value of musical impression of input music. To learn the difference between the value of musical impression obtained here and the value of musical impression to compose as assessment function automatically generates music of its impression.

Keywords : Soft - Computing, Melody Automatic Generation System, Human Simbiotic System

Contact Address : **Shunsuke AKIGUCHI**

Toyama National College of Maritime Technology

1 - 2 Ebie - Neriya, Imizu, Toyama, JAPAN

TEL : 0766 - 86 - 5100

E - mail : akiguchi@toyama-cmt.ac.jp