

## 音の適応度地形上の同時聴覚を用いた歩行に基づく対話型進化的計算

三輪 真生<sup>†</sup>鈴木 麗璽<sup>‡</sup>有田 隆也<sup>‡</sup>名古屋大学情報文化学部<sup>†</sup> 名古屋大学大学院情報科学研究科<sup>‡</sup> 名古屋大学大学院情報科学研究科<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

対話型進化的計算は、進化的計算の評価系に人間による直接の判断を組み込むことによって、機械的な評価の難しい対象、たとえば、創造的な芸術作品などを進化的に探索する手法である[1]。フレーズなどの楽曲の作成を行う手法として、敏見による SBEAT[2]など、いくつかの対話型進化的計算システムが提案されている。しかし、従来のシステムでは、集団内の各個体が表す楽曲を一つずつ逐次的に再生して評価を行うため、評価時間の増加やユーザの疲労という大きな問題があった。

一方、人間は二つの耳で音を聞き、音の方向を特定することができる。さらに、カクテルパーティー効果[3]のように、同時に鳴る複数の音から任意の音を選択的に聴くことができる。また、ホームシアターなどの立体音響機器の普及により、手頃に臨場感のある音環境を構築できるようになっている。

そこで、本研究では、人間の同時聴覚に関する能力と立体音響技術を活用した、新しい対話型進化的計算手法による音の探索手法を提案し、そのプロトタイプの実装と評価を行った。

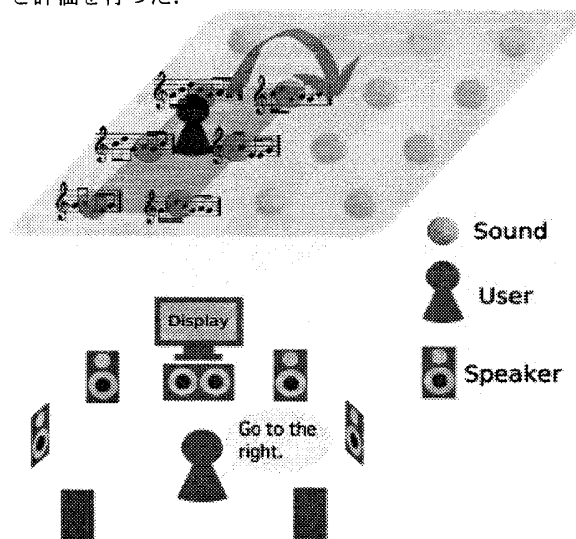


図 1: システム概念図

## 2 提案システム

## 2.1 概要

対話型進化的計算手法による音の探索手法を提案する。手法では、仮想空間内に無数の音が遺伝子表現に基づいて配置され、音の地形を形成する(図 1 上部)。ユーザは立体音響を用いて近傍の音を同時に聴き比べながら(図 1 下部)望む音の方向に移動することにより探索する。ユーザの移動は進化的計算における選択と突然変異に相当する。同時評価を行うため、従来の逐次的な評価より効

率的に行えると同時に、地形上の歩行自体にアートの要素を見いだすことが可能である。

## 2.2 音の遺伝子表現

図 2 に示すような遺伝情報で表されるフレーズの進化を考える。単音色、最大同時発音数 2 の音のフレーズを生成する。遺伝子は大きく分けて音を表す部分と、その音を展開させる部分に分かれる。音を表す部分は、6~12 個の音の高さと長さを決定する。不協和音などを減らすために、音の高さは、ピアノの白鍵部分に相当するもののみ用いる。まず、6 つの音の高さと長さを決定し、次に、この 6 つの音それぞれに付加する和音の高さを、先に決定された 6 つの音それぞれの高さに対して相対的に決定する。ただし、遺伝子の値によっては和音を付加しない場合もある。付加する音の長さは先に決定された 6 つの音と同じとする。展開させる部分は、すでに決定された音を、最初の 2 つの和音とそれ以降の 4 つの和音とに分けて、それぞれを数回繰り返させる。また、繰り返すたびに、音の高さをある幅ずつずらしていく。ループの回数とずらす幅は遺伝子によって決定される。図 2 に最初の 2 和音を高い方に 1 ずらしながら 1 回繰り返した場合の例を示した。このような変化を交えたループを行うことによって、遺伝子長に対するフレーズの複雑さが増す。また、遺伝子のわずかな違いで、似た構造を持ちながらも聴感上の区別がつきやすい変化を表すことができる。

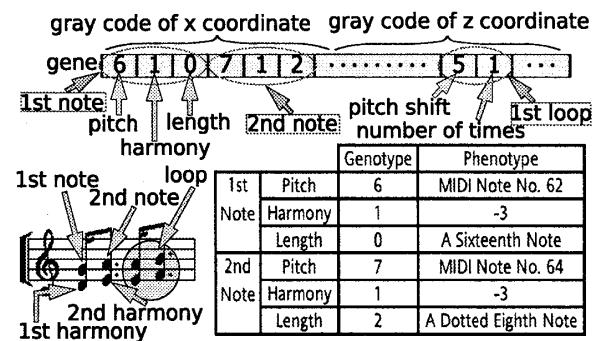


図 2: 遺伝子表現の例

## 2.3 音の適応度地形

上記のような遺伝情報を持つ音の個体群からなる適応度地形を形成する。図 2 上部のように各個体の遺伝情報のうち、前半分のビットをグレーコードとみなし対応する整数値を X 座標、同様に後半部分を Y 座標とすることで、個体の遺伝情報と二次元平面上の位置を対応づける。各位置には対応する遺伝情報を持った個体が存在し、その場所から音を発している状態を考える。ユーザは適応度地形上のある地点に存在し(図 1 上部)、そこを中心とした近傍の 6 個体がそれぞれの方向から発する音を、立体音響を用いて同時に聴くことができる(図 1 下部)。

## 2.4 地形上の歩行

ユーザは、現在の地点において聞こえている 6 つのフ

Interactive evolutionary computation based on the adaptive walk on the fitness landscape of sounds

Masaki Miwa<sup>†</sup>, Reiji Suzuki<sup>‡</sup> and Takata Arita<sup>‡</sup>

School of Informatics and Sciences, Nagoya University<sup>†</sup>,

Graduate School of Information Science, Nagoya University<sup>‡</sup>

レーズを同時に聴いた上で、前後左右に一步移動することができる。右に一步移動する例を図 1 に示した。これは進化計算における選択操作に相当する。移動後はその場所に対応する位置の近傍 6 個体の音が鳴り、さらに歩行することができる。好みに近い音の鳴る方向へと移動を続けることで、好みのフレーズを探索してゆくことができる。

## 2. 5 探索性能向上のための機能

地形上の探索性能を向上させるため、次の 4 つの機能をもたせた。

### 1) 縮尺の切り替え

ユーザの近傍のある個体を中心に、互いに前後左右一定距離離れた個体で地形を再構成する。具体的には、間の個体が間引かれ、残った個体はその分互いに距離を詰める。この間引きの間隔を変えることにより、縮尺を切り替える。これにより変異が大きくなり、適応度の勾配が付きやすくなり、評価がしやすくなる。

### 2) 地形の切り替え

遺伝子の前後半部分それぞれを、そのまま X,Y 座標のグレイコードとみなすのではなく、座標値をビットシフトしグレイコード化したものとみなす。このシフトの幅を複数切り替えることにより、個体の配置方法が切り替わる。これにより移動による変異が遺伝子の特定の箇所に集中することがなくなる。また、局所解に陥りにくくなる。

### 3) 音のフィルタリング

ローパスフィルタを用い、リスナーから見て特定の方向にある個体ほどこもった音になるようにした。これにより音の定位感の弱い環境でも音源の方向を特定しやすくなる。

### 4) 音色の使い分け

各個体の音色を予め用意したいくつかの音色からランダムに決める。音色毎のスペクトル分布の違いにより聞分けがしやすくなる。

## 3. 実装と評価

システムの実装には OpenAL<sup>1</sup>を、また、音の生成に TiMidity++<sup>2</sup>を用いた。実装したプログラムはマルチチャンネル出力が可能なサウンドデバイスを用いて再生した。これをハウジング内に複数のスピーカを配置したリアルサラウンドヘッドフォンと、7 チャンネルのスピーカの二通りの方法で鳴らした。

縮尺がほぼ最大の場合、近傍の個体の表現型の差は小さいため、聞き比べてもほとんど評価に差がつかなかったが、縮尺の切り替え機能によりある程度地形を縮小すれば同時に聞こえる個体の評価がきちんと分かれ、探索できた。

地形の切り替え機能は地形がある程度縮小されている状態でその効果が顕著に見られた。

スピーカを用いた場合は前後左右の音の定位感がきちんと得られ、思った音の方向に進むことができた。特に、リスナーの近傍 6 個体の方向それぞれにスピーカが存在するため、音像がはっきりとしていた。

一方、ヘッドフォン使用時は前後の音の定位感が悪く、

音の方向の把握が困難だったが、フィルタリングを用いることにより改善した。

また、フィルタリングにより、音の方向がわかりやすくなるだけでなく、各音同士の分離もよくなった。ただし、フィルタのかかっている音は定位感が下にずれてしまった。これは低い音の定位は下に感じられるためと考えられる。

音色の使い分けは音の聞き分けに非常に効果的だったが、音色の違いが個体の評価に影響を与えてしまった。

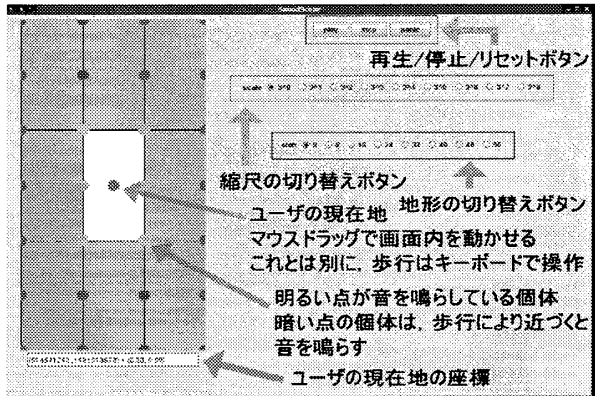


図 3: 作成したインターフェース

## 4. おわりに

複数の音を同時に聞き比べながら音の適応度地形上を歩行することによって対話型進化計算を行うシステムのプロトタイプの実装を行い、性能向上のためのいくつかの機能を用いることで実際に評価が可能であることを確認した。

今回のように人間が評価するまでもないような個体が多数現れてしまう遺伝子表現を用いる場合は、非対話型の進化計算により予め個体数を減らしてから地形を構成するなどすればさらに効率化できる。

本システムは対話型進化計算手法の新しい可能性を検討するために提案したものであるが、用意されたフレーズを組み合わせて楽曲を作ることや、地形上の歩行そのものにアートの要素を見出すことも可能である。さらに、音楽プレイヤーやカラオケシステムでのフレキシブルな選曲方式としての応用も期待できる。

## 参考文献

- [1] 高木 英行, 畝見 達夫, 寺野 隆雄, 対話型進化計算法の研究動向, 人工知能学会誌, Vol. 13, No. 5, pp. 692-703 (1998).
- [2] T. Unemi, SBEAT3: A Tool for Multi-part Music Composition by Simulated Breeding, Proceedings of the Eighth International Conference on Artificial Life, pp. 410-413 (2002).
- [3] E. C. Cherry, Some Experiments on the Recognition of Speech with One and with Two Ears, Journal of the Acoustical Society of America, 25, pp. 975-979 (1953).
- [4] 日吉 孝行, 有田 隆也, インタラクティブな音楽進化システムのための音楽情報の表現と進化の手法, 情報処理学会第 64 回全国大会, 4P-4 (2002).
- [5] 安藤 大地, P. Dahlstedt, M. G. Nordahl, 伊庭 斉志, 対話型 GP を用いたクラシック音楽のための作曲支援システム, 芸術科学会論文誌, Vol. 4, No. 2, pp. 77-87 (2005).

<sup>1</sup> クロスプラットフォームの 3D サウンド API (<http://www.openal.org/>)

<sup>2</sup> WAVE ファイル出力の可能なソフトウェア MIDI 音源 (<http://timidity.sourceforge.net/>)