

歩いて創る音楽

— 立体音響を活用した音の適応度地形上の歩行に基づく対話型進化計算 —

* 鈴木 麗壘† 三輪 真生‡ 有田 隆也†

名古屋大学 大学院情報科学研究科†

株式会社日立システムアンドサービス‡

〒464-8601 名古屋市千種区不老町

TEL/FAX: 052-789-4258

{reiji, arita}@nagoya-u.jp, masaki@alife.cs.is.nagoya-u.ac.jp

<http://www.alife.cs.is.nagoya-u.ac.jp/~reiji/>

Abstract: 生物の進化を理解するための概念である適応度地形に基づく適応進化のイメージに着想を得た, 立体音響と人間の音の同時知覚能力を活用した新しい対話型進化計算システムを提案する. 本手法では, ユーザは楽曲が無数に並べられた仮想的な音の適応度地形の上に立ち, 立体音響技術を用いて近傍の曲を同時に聴きながら望む楽曲の方向に歩くことを通して進化的な探索を行う. これにより, 従来の対話型進化計算の問題点であった評価時の時間的・精神的コストの軽減が可能になる. 本稿では提案システムの解説とプロトタイプの実装について述べたのち, 基本的な評価, および, 地形や縮尺の切り替え機能等の効果について検討を行う.

1. はじめに

対話型進化計算は, 進化計算の評価系に人間による直接の評価・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]. 対話型進化計算の流れは, Dawkins が考案した線画に関する人為選択ソフトウェアであるバイオモルフに端を発すると言える[2]. バイオモルフでは遺伝子表現に従って描かれた複数の図形をユーザが選択し, 選択された個体にコンピュータが変異を加えた複数の子個体の図形をユーザに提示することを繰り返すことによって図形が進化していく. 選択を繰り返していくとユーザの想像を超えるほど複雑で多様な図形が生じ, 選択と突然変異による累積的な進化が持つ潜在的な力をはっきりと示された.

フレーズなどの楽曲作成を支援するシステムとして, 畝見による複数パートのフレーズに関する模擬育種ソフトウェアであるSBEAT[3], Bilesによる対話形式によるジャズの即興演奏のためのソフトウェアであるGenJam[4], 安藤によるクラシック音楽のための作曲支援システム[4]など, 様々な対話型進化計算システムが提案されている. バイオモルフのように画像を評価対象とする場合には, 同時に多数の個体を並べて表示しても, ユーザが全体を同時に, 並列に評価することは容易である. しかし, 音やフレーズを評価対象とする場合, 単純に同時に多数の個体を提示すると, 音が重なり合ってしまう評価が困難となる. このため, 従来のシステムでは集団内の個体を逐次的に提示(演奏)して評価を行っており, 評価時間の増大やユーザの疲労という問題があった.

一方, 人は二つの耳で音を聞いた際の音圧や到達時間の差, 耳の形状の非対称性による反射の違いを利用して, その音の方向を特定することが可能である. また, 人は一般にカクテルパーティーとよばれる, 同時に聞こえる複数の発話から任意の発話を選択的に聞く能力を持っていることもよく知られている[6]. これらの人間の同時聴覚に関する能力を活用することで, 音やフレーズが評価対象であっても同時に提示された個体群をうまく聞き分け, 効率的に評価可能となることが期待できる.

以上を踏まえ, 本研究は, 生物の進化を理解するための概念である適応度地形[7]に基づく適応進化のイメージに着想を得た, ホームシアターなどの立体音響と人間の音の同時知覚能力を活用した新しい対話型進化計算システムを提案する. 具体的には, ユーザは楽曲が無数に並べられた仮想的な音の適応度地形の上に立ち, 立体音響技術を用いて近傍の曲を同時に聴きながら望む楽曲の方向に歩くことを通して進化的な探索を行う. これにより, 従来の対話型進化計算の問題点であった評価時の時間的・精神的コストの軽減が可能になる. また, 地形上の歩行という体験自体にもアートの要素を見出すことも

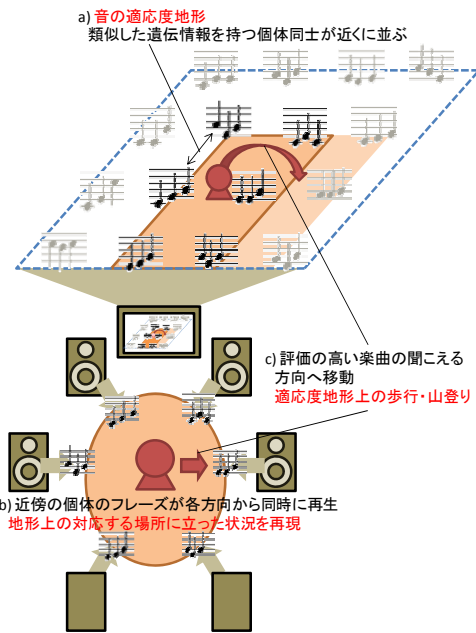


図 1：提案システム

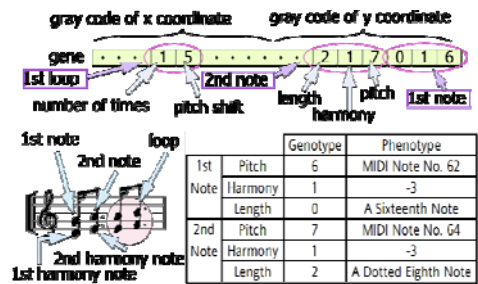


図 2：遺伝子表現

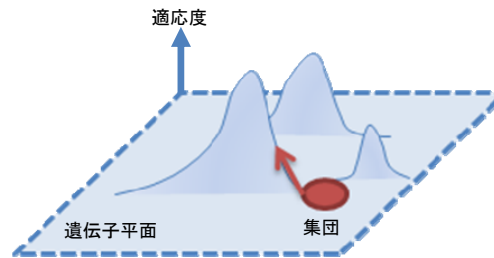


図 3：適応度地形

期待できる。本稿では提案システムの解説とプロタイプの実装について述べたのち、基本的な評価、および、地形や縮尺の切り替え機能等の効果について検討を行う。

2. 提案システム

2. 1 概要

図 1 に示されるような対話型進化的計算手法による音の探索手法を提案する。本手法では、仮想空間内に無数の音を遺伝子表現に基づいて配置することで音の地形を形成する (図 1a)。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 1b)、望む音の方向に移動 (図 1c) することにより探索する。移動は進化的計算における選択と突然変異に相当する。ユーザは仮想的な音の適応度地形の上を自由にさまよいながら、より適応度の高い地点へと登っていく過程を体験することができる。

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 和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付きやすい変化を表すことができる。

2. 3 音の適応度地形

適応度地形とは、Wright が提案した生物の適応進化を理解する上での概念 [7] である。似た遺伝子同士ほど近傍に位置するように平面上に遺伝子を配置し、各位置の高さを対応する遺伝子を持つ個体の適応度とすると、図 3 のような凸凹のある地形を描くことができる。これが適応度地形であり、生物 (集団) は地形上の一点もしくは領域で表すことができ、適応進化の過程はそのより高い方向への移動 (山登り) で表現することができる。

本手法では、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 上に示

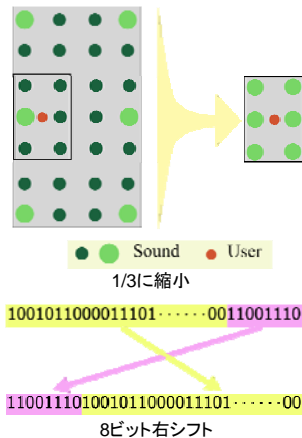


図 3: 縮尺の切り替え (上) と地形の切り替え (下)

す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 1a)、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 1b)。

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 つのフレーズを同時に聴いた上で、前後左右に一歩移動することができる。図 1c は右に一歩移動する例である。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いくことができる。

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あっ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 (図 3 上)。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、適応度の勾配がつきやすくなり、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 座標のグレー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ーコード化したものとみなす (図 3 下)。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聴き分けがしやすくなる。

3. 実装と基本的な評価

システムの実装には OpenAL¹を、また、音の生成に TiMidity++²を用いた。実装したプログラムは

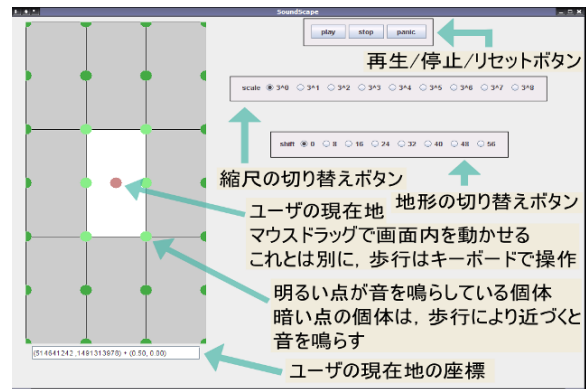


図 4: 作成したインターフェイス

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

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

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



図 5：初期のランダムなフレーズ（上）から 20 回の歩行を経て得られたフレーズ（下）
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。図 4 は作成したプロトタイプインターフェイスである。

図 5 は、本システムを用いて好みのフレーズを探索した一例である。上図のランダムなフレーズから縮尺・地形の切り替え機能を使いながら 20 回の歩行を行った結果、下図のフレーズにたどり着いた。不協和音を含むでたらめなフレーズから規則的で音楽的なフレーズへと進化したと言え、提案手法によって好みの楽曲を探索できることがわかった。試行を繰り返した結果、次のこともわかった。

縮尺切り替えを用いて序盤の広域的な探索から徐々に局所的な探索に切り替えたり、地形の切り替えによって局所解（近傍に良い個体がない状況）から抜け出したりしてうまく進化することが出来た。縮尺が大きすぎる場合、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を用いて適度に地形を縮小することで同時に聞こえる個体の評価がきちんと分かれ、うまく探索できた。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。2 種類の切り替え機能を活用することで、膨大な探索空間において効率的に探索できたとと言える。

音の聞き分けに関しては、スピーカを用いた場合では 6 つの音それぞれの方向がしっかりとわかり、臨場的に音を聴く事ができた。一方、ヘッドフォンでは前後の定位感が十分得られなかったが、フィルタリング機能により改善され、音の分離も良くなることが分かった。音色の使い分けは音の聞き分けに非常に効果的であったが、一方で個体の評価そのものにも影響を与えうることがわかった。

また、ユーザ自身が地形上に仮想的に立って音を聞くことは斬新な体験であり、地形上を歩行すること自体に楽しみを見出すことができた。探索結果としてできあがるフレーズだけでなく、探索過程そのもののアートとしての展開の可能性があることが示唆されたと言える。

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、実際に探索が可能であることを確認した。また、性能向上のためのいくつかの機能についても評価を行った。

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ることで楽曲を作ることや、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・カラオケ等での新しい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] Dawkins, R. *The Blind Watchmaker*, Longman (1986).
- [3] Unemi, T. SBEAT3: A tool for multi-part music composition by simulated breeding, *Proceedings of the Eighth International Conference on Artificial Life*, pp. 410-413 (2002).
- [4] Biles, J. GenJam: A genetic algorithm for generating jazz solos. *Proceedings of 1994 International Computer Music Conference* (1994).
- [5] 安藤 大地, Dahlstedt, P., Nordahl, M. G., 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).
- [6] Cherry, E. C. Some experiments on the recognition of speech with one and with two Ears, *Journal of the Acoustical Society of America*, 25: 975-979 (1953).
- [7] Wright, S. The roles of mutation, inbreeding, crossbreeding, and selection in evolution, *Proceedings of the Sixth International Congress on Genetics*, pp. 355-366 (1932).