

複雑系の生成システムを用いた 音響ソフトウェアの開発とインストール

大海悠太 渋谷慶一郎 江原寛人 池上高志
東京大学 ATAK ATAK/port 東京大学

ロジスティック写像の結合系やセルオートマトン、進化システムのシミュレーションなどを用いた複雑系の時間発展パターンによって制作する音響生成ソフトウェアの開発と、そのソフトウェアを用いたサウンドインストールについて報告する。

Development of Music Softwares and Installations Using Generators of Complexity System

Yuta Ogai Keiichiro Shibuya Hiroto Ebara Takashi Ikegami
University of Tokyo ATAK ATAK/port University of Tokyo

We report our development of music softwares using generators in complexity systems such as coupled logistic maps, cellular automaton and evolutionary system simulations. We also report sound installations produced with these music softwares.

1 導入

複雑系から音楽の生成をする研究は様々に行なわれており、例えばセルオートマトンによるパターンから楽器の音を組み合わせさせて全自動作曲を行う WolframTones<<http://tones.wolfram.com/>>などがある。しかし、音自体を複雑系のパターンによって生成したものはなかった。このような考え方は音をサイン波の重ね合わせとして捉えていることからきているのではないかと思う。

2005年12月、池上は音楽家の渋谷慶一郎と一緒に、「反復と差異という二項対立からつくられる既存の音楽に対する新しい挑戦」として、第三項音楽というものを開始した。これは音色というものをサイン・ウェーブに還元し、ドローンとリズムをもとに作り上げるこれまでの音楽に対し、パターン、変化、運動に基づいた音楽を指向する新しい展開である。この第三項音楽をもとにして、音楽と科学の境界をなくし、この20年間の非線形科学と複雑系のアイデアをもとに総合アートとして展開しよう、というのが大きなビジョンである [3]。

第三項音楽とは、反復と差異という二項対立からつくられる既存の作曲技法に対し、作曲者が非明示的に取り入れている第三項を明示的に取り扱おうというものである。その第三項の要素についての現象論を作り上げるために、複雑系の概念と手法を元にして実際に音を作り、第三項音楽の基本理論の構築を目指している。

著者の池上と大海が行なっているアクティブパーセプションの研究 [2] では、複雑系の理論を応用し運動し探索することで生まれる知覚について研究している。この理論の音楽制作への応用を考えている。

また、渋谷慶一郎の音作りは、ひとかたまりの音楽、つまり一定の長さを持った音の連続が出来たらそれをループさせて繰り返し聴きながら変えていく。そこにおいて音を足したり引いたり、もっと抜本的にそこから変化のバリエーションを作っていく。これは池上が複雑系という枠組みの中で行ってきた進化的シミュレーションという方法と非常に相性がいい。

本論文では第三項の要素の候補として、以下の3つを提案する。

1) 瞬間に動きのある音のパターン

複雑系で多く用いられるカオス力学系、セルオートマトンらの手法を用いて、非定期的な状態発展の時間系列を音に変換するソフトウェアを開発した。

2) オープンエンドな音の発展パターン

テープとマシンの共進化ダイナミクスを用いたサウンドファイルの書き換えと進化を開発した。

3) 運動と空間の入った音

音像を仮想空間の中で動かすことによって、立体音響という新しい聴覚の知覚体験を構成した。

本研究は未踏ソフトウェア創造事業 2006 年度上期「第三項音楽に関する総合的ソフトウェア群の開発」、2007 年度 I 期「第三項音楽展開のためのソフトウェア群の開発」に採択されソフトウェアの開発を行なっている。

2 音響ソフトウェア

図 1 は現在開発中のソフトウェアの外観である。「瞬間に動きのある音のパターン」、「オープンエンドな音の発展パターン」の機能が実装されている。

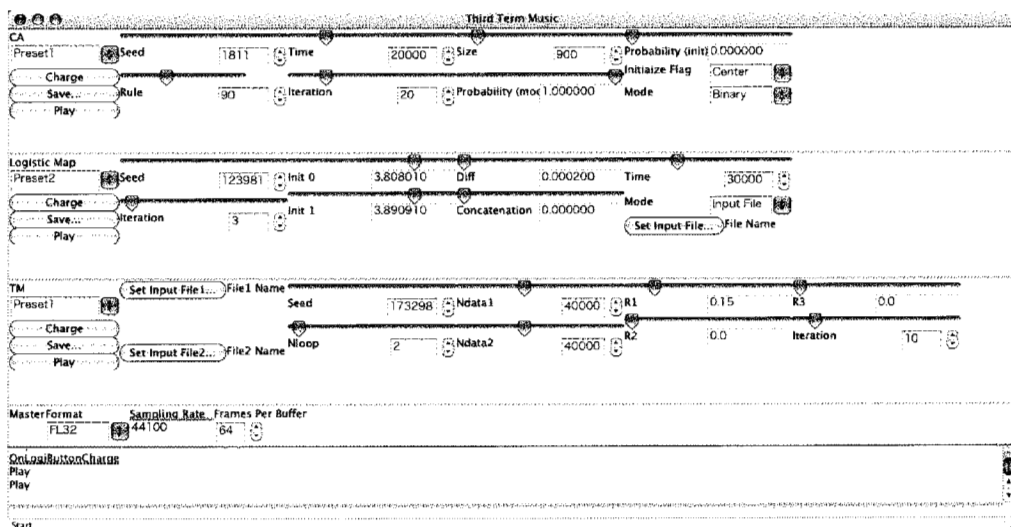


図 1: 開発中のソフトウェアの外観

2.1 sndchanger

今までテキストデータと音声ファイルを相互に変換するプログラムはいくつか存在していたが、主に研究用途のものであり、音質は PCM 16bit のものしかなかった。今回、複雑系のアルゴリズムから音楽制作に耐えうる質の音声ファイルを生成するために、Aiff Float 32bit に対応したアプリケーションを作成した。
<http://sacral.c.u-tokyo.ac.jp/~yuta/sndchanger/>

で公開している。以下のソフトウェアにはこの `sndchanger` が内部に組み込まれている。

2.2 瞬間に動きのある音のパターン

2.2.1 一次元セルオートマトン

一次元セルオートマトンを1ステップごとに値に変換し、そこから `sndchanger` を用いて音声ファイルに変換している。図2はルール90の一次元セルオートマトンのパターンを書いたものである。ここから生成された音の波形が図3である。具体的な処理としては、一次元セルオートマトンを中心で左右の値として分け、それぞれを2進数として読むことで数値化している。

また図4はルール110のセルオートマトンのパターンであり、ここから生成された音の波形が図5である。これは各層で平均を取ることで作られており、まるで弦楽器のような音を奏でることができる。

開発したアプリケーションではルールや幅、初期状態などをパラメータで与えることができ、様々な音を作り出すことができる。

2.2.2 ロジスティック写像

ロジスティック写像とは次の式1で表される写像であり、 α の値によって挙動が固定点からカオスまで変わる系として知られている。

$$X(n+1) = \alpha X(n)(1 - X(n)) \quad (1)$$

ロジスティック写像を音に変換すると、 α の値によって特殊なホワイトノイズの音を作ることができる。

入力された音声ファイルの値の間にこのロジスティック写像の構造を持たせるようなアルゴリズムを考えたい。図6はロジスティック写像の値の間にまたロジスティック写像が入っている入れ子構造になっている。これから生成された音の波形が図7である。これにより動くようなホワイトノイズを作ることができる。

2.3 オープンエンドな音の発展パターン

テープとマシンの共進化ダイナミクス (Ikegami, T., Hashimoto, T., [1]) を用いて、入力された音声ファイルの書き換えを行ない新しい音声ファイルを生成するアルゴリズムを作った。例えば、図8に示されている音と図9に示されている音のファイルの書き換えから図10の音が生成される。生成された音には入力された2つの音の様々な部分の複製と変異が見られる。

2.4 運動と空間の入った音

Huron<<http://www.timelord.co.jp/lake/bodyhuron.html>> とは Lake Technology 社開発、実時間の DSP 処理による音場生成を可能にするオーディオワークステーションであり、これによって立体音響システムを構築することができる。この Huron 用の立体音響をデザインするソフトウェアとして図11に示すものを開発した。図に示されている図形はラングフォードアトラクタであり、人が中心にいるものとする、まわりととりかむような運動をデザインすることができる。

3 インスタレーション

上に示した音響ソフトウェアを用いてインスタレーションを制作した。

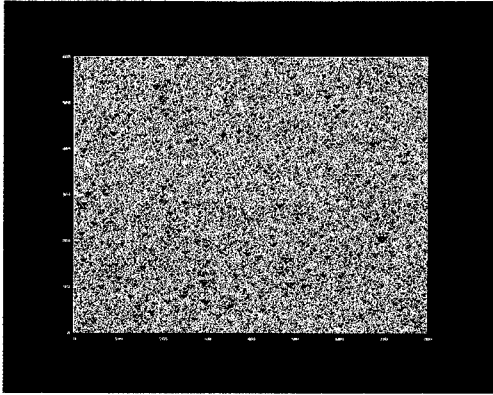


図 2: 一次元セルオートマトン、ルール 90 のパターン

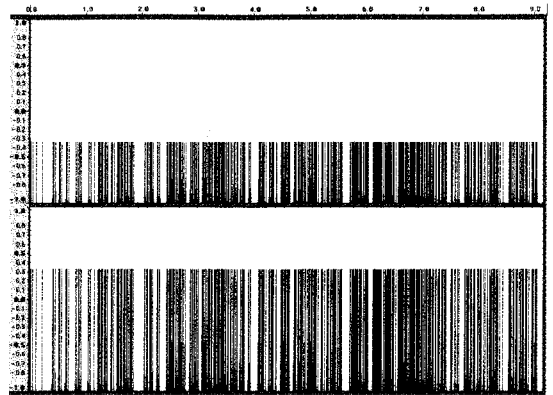


図 3: 左の図から作られた音の波形

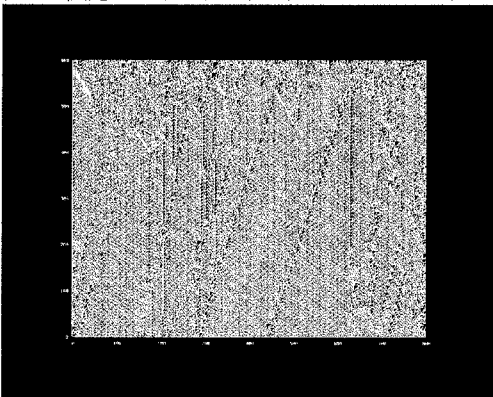


図 4: 一次元セルオートマトン、ルール 110 のパターン

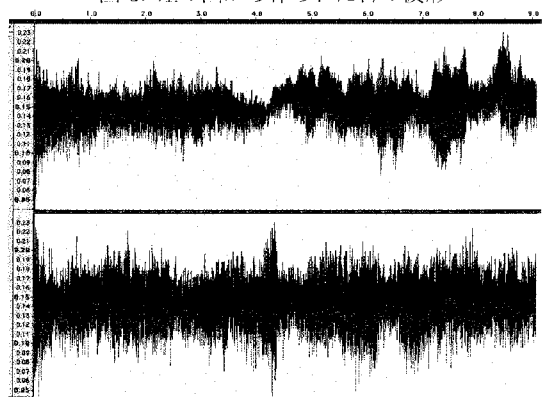


図 5: 左の図から作られた音の波形



図 6: 入れ子になった Logistic Map

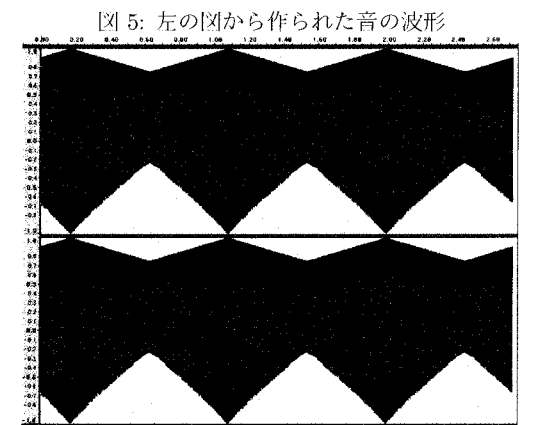


図 7: 左の図から作られた音の波形

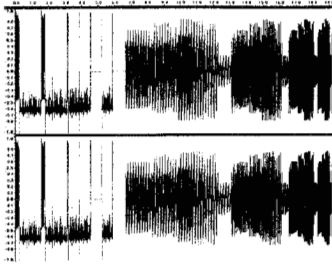


図 8: テープとマシンへ入力された音の波形 1

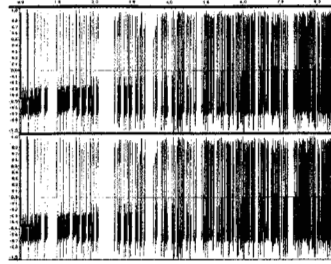


図 9: テープとマシンへ入力された音の波形 2

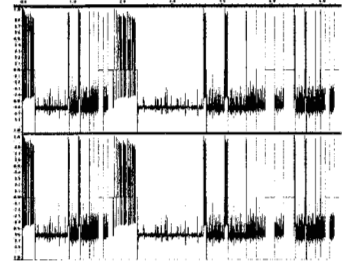


図 10: 左 2 つのファイルから生成された音の波形

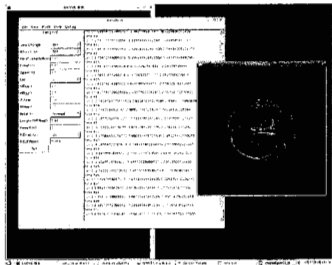


図 11: Huron 用立体音響デザインソフトウェア



図 12: filmachine の外観

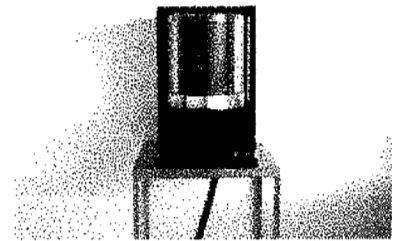


図 13: Taylor Couette Flow の外観

3.1 filemachine

2006 年の 8 月から 10 月に渡って山口情報芸術センター (YCAM) で発表された 24 チャンネルのマルチチャンネルによる立体音響作品「filmachine」(図 12) は、構成している音色全てが第三項音楽ソフトウェアによって生成されている。マルチチャンネルの歴史は比較的古く、これまでも様々な実験、創作が行われてきたが本作品が根本的に異なっているのはそれまでのマルチチャンネルが 2 つのスピーカー間の音の移動によって全体を構成していたことによって結果的にはある種の混沌とした音響状態に陥ることが殆どだったのに対して、建築音響のために開発された立体音響装置 Huron を駆使することによって音像の自由な移動、定位が可能になり、音が膜のように動く、線のように自分を通り過ぎる、といった人工的なプロセスによって言わばメタ自然的な知覚の生成によって全体が構成されていることである。

また 24 チャンネルのスピーカーは直径 7.5m の円周上に 8 個×3 層 (高さは約 5m) 配置されており三次元のカオスアトラクターを様々なバリエーションで採用していることから縦方向、斜め方向の音像、音響の運動が可能になっている。

縦方向の音の知覚は通常あまり経験しないもので、例えて言えば不可視な円柱状にコップから落とした水が落ちてコップに戻るようなある種の不規則性を音で生成することに成功している。第三項音楽ソフトウェアによる極めて複雑な構造を持った音色においては通常のステレオ LR2 チャンネルによる再生よりも縦方向の音の運動を含むこうした立体音響のほうが適していることは明らかであり、よってこの方向の研究、進化は今後も中心的課題として探求していくことになっている。また、音色生成では上記したセルオートマトン、ロジスティック写像、テープとマシン理論が展開されている。

2008 年 3 月に東京で再度展示を行う予定である。また、この作品はヘッドホンで聴く CD 作品としてもリリースされている。

山口情報芸術センターの「filemachine」サイト

<http://msi.ycam.jp/>

「ATAK010 filmachine phonics」のサイト

<http://atak.jp/shop/mp3/atak010.html>

3.2 Taylor Couette Flow

Taylor Couette Flow(図 13) は 2 重円筒に挟まれた流体が示す、秩序だった流れである。内側の円筒の回転速度をあげると流体は乱れ壊れていく。このプロセスは「T3 から Chaos へ至る道」といわれ、T3 は 3 つの独立な流れ、Chaos は数学的に定義される乱れの構造である。このインスタレーションでは Ruelle と Takens のシナリオを実際に流体実験装置で作り出すが、シナリオは完全に確認されていない。そこで 1 ~ 3 個の流れ (T1~T3)、乱流 (chaos) をコンピュータシミュレーションで作出し、その運動によって立体音響をつくると、視ることのできない流体の乱れのプロセスを聴覚的に再構成し、知覚できる。その音色はロジスティック写像で作られている。

この作品は山口情報芸術センター、東京 uplink ファクトリー、東京大学本郷キャンパスで展示された。

山口情報芸術センターの「Taylor Couette Flow」サイト

<http://www.ycam.jp/?module=event&action=show&id=523>

4 これからの展望

本論文で示したアルゴリズムによって新しい音が作れたと思うが、問題点もある。例えば、パターンは音のタイムスケールからすると激しく変化してしまうため低音が作りにくい。またシステムの非線形性によってパラメータを少し変えただけでも大きく音が変わってしまい、気にいった音のバリエーションを作ろうとしてもなかなかうまくいかないことがある。

低音についてはさらに多自由度な系を用いる、または探索するアルゴリズムを開発するなどを考えている。またパラメータ探索が難しい問題については、探索アルゴリズムを開発すると共に、例えばソフトウェアに入力したパラメータのログをとるなどのユーザインターフェースを改良することを考えている。

また、図 1 で示したソフトウェアを Web で公開する予定である。

参考文献

- [1] Ikegami, T. and Hashimoto, T.: Replication and Diversity in Machine-Tape Coevolutionary Systems, *Artificial Life V* (eds. C.Langton and K.Shimohara, MIT press), pp. 426-433 (1997).
- [2] Ogai, Y. and Ikegami, T.: MicroSlip as a Simulated Artificial Mind, *Adaptive Behavior(accepted)* (2007).
- [3] 池上高志: 動きが生命をつくる 生命と意識への構成論的アプローチ, 青土社 (2007).