

CPPN 表現と Neuro-Evolution を用いた エレクトロニカのためのノイズ音素材制作

安藤 大地^{1,a)}

概要: 本稿では、著者自身の音楽作品のために構築し実際に作品制作に用いた、1.CPPN 表現によるノイズ音素材合成と、2. アート作品制作のための CPPN 表現の対話型・非対話型ハイブリッドの Neuro-Evolution 最適化システム、3. システムを用いての作品制作、について述べる。CPPN は周期関数や窓関数をニューラルネットワークのように接続することにより波形を生成するネットワークを表現する手法であり、アニメーション生成などに実験的に使われている。これを Neuro-Evolution と組み合わせ、具体音をターゲットとして音響合成に用いることで、既存の音素材制作手法では実現が難しかった「なんとなくピッチ感を持った」エレクトロニカ音楽に適した音素材の生成を行った。また Neuro-Evolution の特性を活かし、対話型学習による「波形」の生成が可能であることがわかった。

Noise Sound Synthesis for Electronica Music by means of CPPN Representation and Neuro-Evolution

DAICHI ANDO^{1,a)}

Abstract: This paper reports trial that adopting Compositional Pattern Producing Networks(CPPN) into sound synthesis for “electronica” sound material. For learning the networks, we adopted Neuro-Evolution that provides non-interactive and interactive machine-learning. The sound synthesis system has been actually used for the electro-acoustic musical pieces. As a result, the proposed system generates noise sounds that feel the pitch such like the sound of electronica.

1. はじめに

1.1 CPPN

Compositional Pattern Producing Networks(CPPN)[1]とは、周期関数やエンベロープ関数をノードとし、再帰ニューラルネットワーク (RNN) に類似する形で各ノードを接続するというアイデアである。通常 RNN の学習ではモデルとして発火関数は固定するが、CPPN では様々な発火関数が存在しその接続方法を学習していくものと捉えることができる (図 1)。

応用分野や学習手法、実装など様々な方法が考えられるが、著者はこれをアナログタイプのシンセサイザにおける波形合成と同じであると捉え、これによりオリジナルの音

色が生成できないかと考えた。

通常、CPU で実行される不特定数のプリミティブなオシレータから構成されるアナログタイプのシンセサイザの接続を記述しリアルタイムに実行するためには、あらかじめ記述された複合オシレータをコンパイルしておく (SC3) 方法の他に、その表現を最初から可変長として重い処理系を実装するか (RTCMix)、もしくは1つのオシレータなどのノードを経由するごとに入力出力窓をかけることで1オシレータごとに遅延させる (Max 系言語) などの処理方法が考えられる。

しかし CPPN の場合はニューラルネットワークの研究で提案されている GPGPU での実装をそのまま利用する、つまり繋がっていない場所も重みゼロのコネクションとして全て接続しておくという手法を用いて実装を行うことができるため、固定長表現が可能である。結果として GPGPU

¹ 首都大学東京システムデザイン学部

^{a)} dandou@tmu.ac.jp

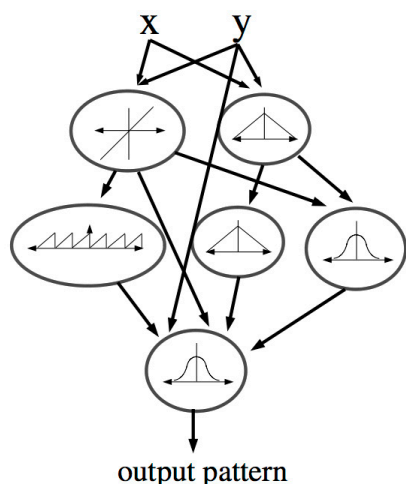


図 1 CPPN の概略図. [1] より.

を容易に用いることができ、ネットワークが複雑化したり、処理するサンプル数が増えるなどの状態でも、リアルタイム処理を保つことができるようになっていく。

1.2 Neuro-Evolution

Neuro-Evolution (Neuroevolution と呼ぶ) とは、ニューラルネットワークの接続や重みを、遺伝的アルゴリズムを代表とする進化論的計算のプロシージャにより探索・学習する手法群である [2]。近年の複雑なニューラルネットワークであれば通常の教師あり学習や強化学習として研究が進められている手法群の方がはるかに学習効率が良いためあまり用いられないが、

- (1) シンプルなネットワーク構成
- (2) ある程度の近似解が求まればそこで探索を打ち切ることができる

が両立している場合には、進化論的計算の多点同時探索のメリットを最大限に生かし、少ない処理コストで近似解にたどり着くことができる、と著者は考えている。

さらに Neuro-Evolution は進化論的計算のプロシージャにをそのまま利用するため、対話型機械学習システムをダイレクトに実現することができる。

対象が対話型学習により生成される、つまり評価関数を設計しない「アート」作品であり、探索対象がロジックを記述している時、システムが求めるのは近似解でよい、と著者は主張しており [3], [4], 対話型学習を含め Neuro-Evolution のメリットのみを享受することが可能であると考え。

2. 非対話側学習による「なんとなくピッチ感を持ったノイズ」の生成

エレクトロニカで好んで用いられている音色は、アナログシンセサイザもしくはその物理モデル音源から生成され

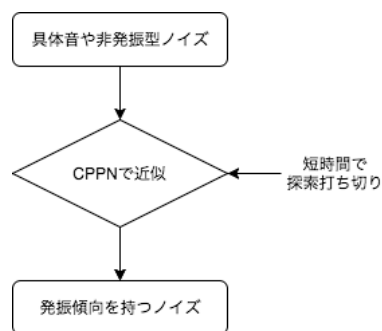


図 2 「粗い」CPPN によるピッチ感を持ったノイズの生成

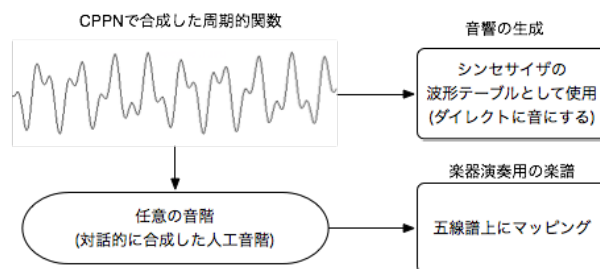


図 3 対話型で生成した CPPN で出力した周期的関数である「波形」のマッピング。

たものが多い。アナログシンセサイザで作られる音響は基本的に発振を利用したものである。明らかにノイズに分類される音素材でも発振から生成されておりそれを感じさせるものが多い。

その一方でミュージックコンクレートのようにアカデミックな電子音響音楽では具体音を音素材として用いることが多い。ピッチ感を持たせた具体音の生成手法の例としてデジタル信号処理によるクロスシンセシス (フェイズボコーダ) がよく利用されているが、エレクトロニカというジャンルではあまり用いられていない現状がある。

そこで非対話型学習により、具体音や素材となる非発振型ノイズをターゲットとして、ノード数や再帰を制限することで小規模にした、つまり「粗い」CPPN で「近似」し、さらに探索を短時間で打ち切ることで、発振傾向をもたせたノイズを生成した (図 2)。

3. 対話型学習の活用

さらに、対話型進化計算プロシージャを用いて、入力を外部から取らない CPPN の周期的関数つまり「波形」を学習するシステムも構築した。これはそのまま音素材として用いる他に、音高へのマッピング関数、例えば任意のスケールへのマッピングを定義することで、楽器演奏のための楽譜情報も生成することができる (図 3)。クラシック音楽、ポピュラー音楽問わず一般的にの旋律の音高配列は全体が山形かつ周期的であり、特に音数が多くなるジャズ即興演奏ではこの傾向が強くなるため、ジャズ系の演奏の音色との相性がいいと考えた。

4. 実際の作曲への活用

著者は実際にこれまで述べてきた、2 節:非対話型 CPPN による発振的なノイズによる音素材, 3 節:対話型 CPPN による波形生成とアルトサックスへの音高へのマッピングの両方を用いた *Thimbletail for alto-saxophone and electro-acoustic* を作曲し、国際会議 EMS2017 のコンサートにて上演された [5].

前述の通り波形の音高配列へのマッピングはジャズ系の音色がよいと想像していたため、ジャズアルトサックスの奏法にて演奏された。

なお作曲のために用いた実装は Python と PyCUDA を用いて記述した。今後 Web ブラウザで実行できるように WebAudio API のフロントエンドの UI を制作する予定である。

5. 提案手法の効果に関する作曲中の考察

これまで著者は、非発振型ノイズ音素材から「なんとなくピッチ感をもつ」音素材を生成するために、クロスシンセシスやグラニューカーサンプリングをサイン波でコントロールする等の試みを行ってきたが、いわゆるエレクトロニカの音が生えてきているとは言い難かった。エレクトロニカの分野では既存のアナログ回路をシミュレートした発振系エフェクタなどを具体音の音素材加工に用いている作曲家は多いが、似たような音色ばかりになってしまっている現状がある。

提案した手法は、ノード数や再帰の制限などを用いて「荒さ」を自在にコントロールできるという利点があり、一つの入力音素材から多様な音色を生成することができ、また極めてプリミティブな関数ノードの接続に乱数要素を取り入れていることで、実行するたびに出力傾向が変わる Generative-Art 的な側面を持っていると感じられた。

新たな音色合成手法の一つとして、DAW とシームレスに連携させるためのプラグイン化やユーザインタフェース、Max 系言語のパッチ生成として機能させるなども含め、今後積極的に検討していく価値がある、と著者は感じている。

6. おわりに

本稿では、CPPN 表現とそれを扱うための Neuro-Evolution による非対話型・対話型学習システム、音素材を与えて非対話型探索探索によりエレクトロニカに見られる発振回路を用いた「なんとなくピッチ感を持つ」音素材を具体音を素材にして生成する手法、波形の生成とマッピングによる音高配列の生成する手法について述べ、実際にコンサートで上演された曲の作曲に用いての考察を行った。

参考文献

- [1] Stanley, K. O.: Compositional Pattern Producing Networks: A Novel Abstraction of Development, *Genetic Programming and Evolvable Machines Special Issue on Developmental Systems*, Springer, NY (2007).
- [2] Xin, Y.: Evolving Artificial Neural Networks, *Proceedings of the IEEE*, Vol. 87, No. 9, pp. 1423–1447 (1999).
- [3] 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. 77–86 (2005).
- [4] Ando, D.: Efficiency of adopting Interactive Machine Learning into Electro-Acoustic Composition, *Electro-Acoustic Music Studies (EMS) 2017 Nagoya*, Electro-Acoustic Music Studies Network (2017).
- [5] Ando, D.: *Thimbletail for alto-saxophone and electro-acoustic*, In Premier EMS2017 Concert, Nagoya (2017).