

カオスニューラルネットワークにおけるパラメータの検討¹ ～自動作曲への応用を目指して～

杉井 ひかり² 石亀 昌明 伊藤 慶明 小嶋 和徳

岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科[†]

1. はじめに

音楽は誰にとっても身近なものであり、様々な楽しみ方がある。作曲も音楽の楽しみ方の一つであるが、多くの知識と経験が必要であり、誰でも気軽に楽しむという訳にはいかない。最近では自動作曲に関する研究が行われてきている。我々は、カオスニューラルネットワーク (以下 CNN) を用いたリズム生成の研究を行っている。これまでの我々の研究[4]により、想起されるリズムは、CNN に埋め込むパターン同士の似具合および埋め込むパターン数に左右されることが分かってきた。本研究では、CNN のパラメータ値の変化による CNN の想起の様子を観察し、カオスの想起の仕方と各パラメータとの関係を調べる。また、リズム生成における CNN のパラメータ値の検討を行う。音楽コードの自動生成を行った先行研究[3]にて使用されたパラメータ値が、本研究においても最適であるか調査実験を行う。モーツァルトのキラキラ星変奏曲のリズム想起実験についても報告する。

2. CNN について

本研究での CNN は相互結合型ホップフィールドネットワークにカオス動作として南雲・佐藤の神経モデルを取り入れたものになっている[1]。この CNN は初期値が未知パターンであれば埋め込むパターンと類似するパターンを次々想起する特徴を持つ。つまり、埋め込むパターンをユーザの意図を持ったものにする事で、その意図を反映したあらゆるパターンを得ることを期待し、本研究では CNN を使用する。

カオスニューロン (以下 CN) の出力は、外部入力の項 $\xi_i(t+1)$ 、ニューロンの相互結合の項 $\eta_i(t+1)$ 、ニューロン自身の不応性の項 $\zeta_i(t+1)$ の 3 項により、次式で定義される。

$$X_i(t+1) = f\{\xi_i(t+1) + \eta_i(t+1) + \zeta_i(t+1)\} \quad (1)$$

$$\xi_i(t+1) = \sum_{j=1}^N V_{ij} A_j(t) + Ke \xi_i(t) \quad (2)$$

$$\eta_i(t+1) = \sum_{j=1}^N W_{ij} h_j(X_j(t)) + Kf \eta_i(t) \quad (3)$$

$$\zeta_i(t+1) = -\alpha g_i(X_j(t)) + Kr \zeta_i(t) - \theta_i(1 - Kr) \quad (4)$$

ここで、 $X_i(t+1)$ はニューロンの時間 (t+1) における i 番目の出力、 f はシグモイド関数、 N はニューロン数、 $A_j(t)$ は t 時間における外部入力、 V_{ij} : j 番目の外部入力から i 番目の CN へのシナプス結合係数、 W_{ij} : j 番目の CN から i 番目の CN へのシナプス結合係数、 h_j は活動電位の伝播に関する変数関数、 g_i は i 番目の CN の不応性の特性を表す関数、 Ke, Kf, Kr : 時間的減衰定数、 α はニューロンの出力と不応性の大きさの関係を与えるパラメータ、 θ は閾値である。

以上のように、現在のネットワークの状態から次のネットワークの状態を計算することで、各ニューロンが変化する。本研究では式 (1) で定義される CN を相互に結合させた CNN を用いている。

3. キラキラ星変奏曲について

モーツァルト作曲の「キラキラ星変奏曲」は tema と 12 個のヴァリエーションを持つピアノ曲である。CNN を利用しての自動作曲は類似するパターンを想起するという点から、編曲と言うこともでき、本研究では「キラキラ星変奏曲」を例題に用いている。

4. 実験

4.1 実験概要

先行研究[3]にて使用されていたパラメータ値が、リズムの自動生成において最適であるかどうか、調査実験を行う。先行研究で使用されたパラメータ値は、 $Ke=0.1, Kf=0.2, Kr=0.9, \alpha=$

[†] Examination of Parameter in Chaos Neural Network~For application to the Automatic Composition~

² Hikari Sugii, Masaaki Ishigame, Yoshiaki Ito, Kazunori Kojima, Iwate Prefectural University Graduate School of Software and Information Science

9.01, $\theta=2.01$ である. 参考文献[2]から Ke, Kf, Kr のバランスが特に大事であることが分かる. 先行研究でのパラメータ値を元に, パラメータを 1 つずつ変化させていき, 想起の変化の様子を観察していく.

実験では, キラキラ星変奏曲の伴奏のリズムデータから 3~5 曲の組み合わせを用いる. 想起の様子を観察するためフィルタリング[4]は行わない. キラキラ星変奏曲のリズムパターンは横 192 個, 縦 2 個のニューロン数 384 個のデータである. 初期値で与えるパターンは想起の様子を比べやすくするためにランダムではなく, 固定のパターンを使用する. 想起は 100 回行う.

また, これまでキラキラ星変奏曲のリズムデータでは想起の様子が分かり難く, 想起数のみを観察してきた. ここで, 想起の様子を分かりやすくするために, 図 1 のような図形に見立てたパターンを埋め込むパターンに用いて実験を行う. この図形パターンは横 10 個, 縦 10 個のニューロン数 100 個のデータである.

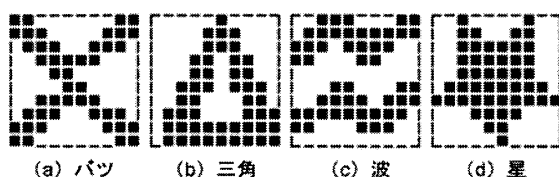


図 1. 埋め込む図形パターン

これまでの我々の研究[4]から, 埋め込むパターン同士の似具合 (ニューロン数のうち何個のニューロンが一致しているか) が想起数に影響していることがわかっている. 図形に見立てたパターン同士の似具合を調査したところ, 最大で 61%, 最小で 44% の似具合であることから, 今回の実験にはさほど影響はないと考える.

4.2 実験結果と考察

まず, キラキラ星変奏曲の伴奏のリズムデータを用いての実験結果から述べる. 先行研究のパラメータ値の時, 埋め込むパターン数が 3 個以上の場合から想起するため, 埋め込むパターン数 3 個の時に収束せずに想起しているかどうかを, 適したパラメータ値である 1 つの目安として考える.

Ke のみ変化させ, 他のパラメータ値は先行研究のもの時, Ke=0.0~0.33 の時収束せず想起し続けた. 同様に, Kf のみ変化させた時, Kf=0.0~0.28, Kr のみ変化させた時, Kr=0.9 以上, α のみ変化させた時, $\alpha=9.0$ 以上, θ のみ変化させた時, $\theta=0.0$ 以上の時, 収束せず想起し続

けた. α は大きければ大きいほど想起数が多くなる傾向にあると予測し, θ の値は Ke, Kf, Kr の値を適切に設定できれば, どの値の場合でも想起すると予測する.

ここまでの実験結果からは, 先行研究のパラメータ値は, リズムの自動生成の際にも適していると考えられる.

次に, 図形パターンを用いての実験結果について述べる. 先行研究のパラメータ値での想起の様子を見るため, 何か傾向が見られるか想起し続けた (想起数 700 回). すると埋め込むパターンも想起しつつ, 類似するパターンを想起した. この想起の様子を観察していると, 「バツ」から「波」, 「波」から「星」, 「星」から「三角」, 「三角」から「星」, 「星」から「波」, 「波」から「バツ」と変化しやすい傾向にあった. これは, 数値を変化して想起した時も, 同じ傾向にあった.

先程 α の値が大きければ大きいほど想起数が多くなる傾向にあると予測したが, 先行研究の約 2 倍の値である $\alpha=20$ の時, 埋め込む図形パターンからかけ離れた想起の様子が観察されたことから, 想起数が多いだけでは適したパラメータであると判断できないことが分かる.

埋め込むパターンから類似するパターンを想起するのが CNN の特徴であるが, 埋め込むパターンからかけ離れた想起パターンをフィルタリングした場合, 出力パターンを得られない (リズムデータとして成立しない) 恐れがある. よって, 図形パターンの実験からも, Ke=0.0~0.3, Kf=0.0~0.3, Kr=0.8~0.9 が良いと考えられる.

5. まとめ

本研究では, リズムの自動生成において適切なパラメータ値の検討を行った. 適切なパラメータの範囲があり, 先行研究のパラメータ値は, 本研究においても適していることが確認できた.

参考文献

- [1] 合原一幸: ニューラルシステムにおけるカオス, 東京電機大学出版局(1993)
- [2] 出口, 石井: カオスニューラルネットにおける特徴による連想ダイナミクスの制御, 電子情報通信学会論文誌 D-II Vol.J78-D-II No.8 pp.1223-1230(1995)
- [3] 原, 田頭, 石亀, 伊藤, 小嶋: カオスニューラルネットワークを用いた自動音楽コード生成の有効性について, 社団法人情報処理学会 全国大会講演論文集 第 70 回平成 20 年(2) pp."2-447"- "2-448" 20080313
- [4] 杉井, 石亀, 伊藤, 小嶋: カオスニューラルネットワークを用いたリズム生成におけるフィルタリングの効果, 電気関係学会東北支部連合大会 2B08