原著論文

「記憶と忘却」を繰り返し発想し続けるシステム - 記憶パターン更新型カオスニューラルネット ワークと作曲システムへの応用 - †

徳丸 正孝*1・村中 徳明*1・今西 茂*2

カオスニューラルネットワークは連想記憶の能力を持つことが知られており、想起過程において複数の記憶パターンの特徴を併せ持つような新たなパターンが想起されるなどの興味深い振る舞いを示すことが知られている。本研究では、カオスニューラルネットワークの新たな分野への応用の試みとして、記憶と忘却を繰り返すことにより徐々に変化するパターンを発想し続けるシステムを提案する。本システムでは、複数の記憶パターンを記憶したニューラルネットワークにより新たなパターンの想起を行うが、記憶パターンの1つを忘却し、新たに出現したパターンを記憶して想起を続ける。これにより、本システムは想起パターンの特徴を徐々に変化させながらも新たなパターンを次々と想起し続けることができる。このようなシステムはエンターテインメント分野などへの応用が期待できるが、本論文では応用例として、雰囲気を徐々に変化させながら楽曲を奏で続けるシステムを作成した。実験の結果、本システムが記憶と忘却を繰り返しながら新たな楽曲を生成していることが確認された。また、聴取実験により、本システムの奏でる音楽は、数小節のメロディを繰り返すような単純な音楽よりも飽きないものであり、また心地よいものであることが確認された。

キーワード：カオスニューラルネットワーク、連想記憶、記憶と忘却、自動作曲

1. はじめに

カオスの持つ複雑なダイナミクスを知的情報処理に応用する研究は、古くから盛んに行われている[1][2]。代表的な研究として、カオスニューラルネットワークの連想記憶能力を利用したダイナミカルメモリやパターン認識がある。これらの多くは、リカレント型ニューラルネットワークを用いており、ネットワークを構成するニューロンにカオスの性質を持たせたものである。ニューラルネットワークがカオスのダイナミクスを持つことにより、ネットワークの出力は単一の記憶パターンに収束することなく、状態空間に存在する様々なパターンを連想想起することが可能となる。このようなカオスニューラルネットワークの持つ興味深い性質は、様々な分野での応用が期待できる[3]。しかし、これまで行われてきたカオスニューラ

ルネットワークに関する研究は、その多くがネットワークモデルの提案に関するものであり、応用システムに関する研究はほとんど報告されていない。

カオスニューラルネットワークの、連想想起における興味深い振る舞いを分析した例として、奈良らはカオスニューラルネットワークに複数の顔画像を記憶させ、記憶させた顔画像の1つにノイズを加えたものを初期パターンとして記憶のサーチを行った[1][3]。この結果、カオスニューラルネットワークが、記憶した顔画像に収束するまでの中間ステップにおいて、複数の記憶画像の特徴を併せ持ったものや、全く新しい特徴を含む新たな顔画像パターンが想起させるという興味深い振る舞いを示すことがわかった。このようなカオスニューラルネットワークの振る舞いを利用して、著者らは前報において、初心者者の作曲を支援するシステムを構築し、その有効性を示した[4]。本システムは、ユーザがデータベースから気に入ったメロディを複数選択してシステムに入力すると、カオスニューラルネットワークがそのメロディを記憶し、連想想起により新たなメロディを次々と生成してユーザに示すものである。しかし、カオスニューラルネットワークは周期的に記憶パターンを推移し、やがては特定の記憶パターンに収束してしまうことから、連想される新た

† Continuous Expression System Repeating "Memory and Forgetfulness" - Application to A Music Composition System Using Chaotic Neural Network with Rememorizing Patterns - Masataka TOKUMARU, Noriaki MURANAKA and Shigeru IMANISHI

*1 関西大学システム理工学部
Faculty of Engineering Science, Kansai University

*2 神戸情報大学院大学
Kobe Institute of Computing / College of Information Technology

なパターンの数には限界がある。システムのカオス性を強めれば想起されるパターン数は飛躍的に増大するが、それらのパターンの多くは記憶パターンの特徴からかけ離れたものであり、ランダムパターンに近いものとなる。

そこで本研究では、カオスニューラルネットワークの興味深い特徴を維持しつつ、次々と新たな特徴を持つパターンを発想し続けるシステムを構築するために、記憶と忘却の繰り返しによる連想想起を提案する。本手法では、複数のパターンを記憶したカオスニューラルネットワークが、有効なパターンを新たに想起した場合、記憶パターンの一部を忘却し、想起された新たなパターンを記憶する。つまり、記憶パターンの一部が更新されることにより、更新前とは若干異なるパターンを想起するようになる。この記憶と忘却を繰り返すことにより、カオスニューラルネットワークは徐々に特徴を変化しながら新たなパターンを想起し続けると考えられる。このようなシステムは、本来のカオスニューラルネットワークの用途として期待されているダイナミカルメモリやパターン認識には適さないが、人間の記憶と発想に近いふるまいを示すシステムとして、エンターテインメント分野などに応用が期待できると考えられる。そこで本論文では、提案手法を音楽システムに応用し、徐々に雰囲気を変化させながら音楽を奏で続けるシステムを構築する。コンピュータが自動的に奏でる音楽は、ある一定のフレーズを繰り返すような比較的単純なものが多い。しかし、単純で短いメロディの繰り返しや、数小節のメロディが延々と繰り返されるような音楽は、聴き手に不快感を与えたり、飽きさせてしまう可能性がある。本研究では、カオスニューラルネットワークの持つ連想想起能力を利用して次々と新たなフレーズを生み出すことで、聴いていて心地よく、飽きない音楽を生成するシステムの構築を試みる。

本作曲システムは、あらかじめネットワークに記憶させた幾つかの演奏情報を手がかりにして、次々と新たな音楽を自動的に作成し演奏を行うものである[4]。また、ネットワークに記憶する演奏パターンを、新たに作成された演奏情報によって更新することにより、徐々に雰囲気を変えつつ音楽を奏で続けることが可能になると考えられる。提案手法をこのようなシステムに応用する場合、記憶と忘却をシステムが自動的に行う必要がある。しかし、次々と想起されるパターンの中で、どのパターンが有効なものであるかを判断するのは困難である。つまり、作曲システムの場合は、システム自身が新たに記憶したいメロディを選択することになるため、メロディの良さを自動的に評

価する機能などが必要となる。本研究では、本システムが記憶と忘却を繰り返すことにより音楽を奏で続けることを確認することが目的であり、生成される音楽の良さや芸術的価値については言及しない。しかし、聴取実験により提案手法の有効性を確認する都合上、簡単な音楽的制約によって耳障りな音楽が作成されないようにした。また、忘却と記憶は定期的に行うものとし、記憶メロディの選択にはメロディにデコード可能なパターンを選択することにした。

以上のことから、本論文では、提案手法の有効性および有用性を次の3点により確認する。

- (1) カオスニューラルネットワークが、記憶したパターンの特徴の一部を維持した新たなパターンを想起していること。
- (2) 提案手法による記憶と忘却が効果的に機能し、本システムが雰囲気を徐々に変化させながら楽曲を奏で続けること。
- (3) 提案システムの奏でる音楽が、単純に繰り返される音楽と比較して、聴いていて心地よく、また飽きないものであること。

本論文では、まず(1)について確認するために、耳なじみのある童謡のフレーズを記憶させたカオスニューラルネットワークから新たなメロディを作成する。そして、新たに作成されたメロディが、あらかじめ記憶した童謡のメロディの印象を保持しているかを、被験者による聴取実験により確認する。

次に、(2)について確認するために、記憶と忘却を繰り返しながら音楽を奏で続けるシステムを構築し、楽曲生成実験によりその有効性を確認する。

(3)については、提案手法の有用性を確認するための補足的な検証とする。ここでは、本システムによって奏で続けられる音楽が、数小節の長さのフレーズを繰り返す音楽と比較して、心地よく飽きないものであるかどうかを、聴取実験により確認する。

2. 提案システム

2.1 カオスニューラルネットワークによる記憶パターンの連想想起

本論文で提案する記憶と忘却の繰り返しにより発想を続けるシステムでは、パターンの発想にカオスニューラルネットワーク(以下CNN)が有する連想想起機能を用いている。ここでは、CNNの連想想起機能について述べる。

まず、リカレント型CNNに複数の特徴的なパターンを記憶させる。CNNの詳細やパターンの記憶方法については、2.3節で述べる。次に、複数のパターンを記憶したCNNに、初期条件としてランダムパター

ンや、任意の記憶パターンにノイズを加えたものを与えて時間発展させる。すると、CNNは状態空間を探索して様々なパターンを次々と出力し、やがては記憶パターンの1つに収束する。ネットワークがカオス状態にある場合は、特定のパターンに収束することなく、複数の記憶パターン間を周期的に推移する。この際、複数の記憶パターンの特徴を併せ持ったものや、新たな特徴が加えられたパターンを出力するという興味深い振るまいを示すことが知られている[1][3]。ただし、ネットワークのカオス性が高くなると、想起されるパターンはランダムパターンに近いものとなり、記憶パターンの特徴をほとんど含まないパターンばかりが出現することになる。一方、記憶パターン数が少ない場合や、ネットワークのカオス性が低い場合には、数ステップで記憶パターンの1つに収束してしまい、新たなパターンの出現は期待できない。したがって、CNNを用いて新たな興味深いパターンを得ようとする場合、ネットワークのカオス性をうまく調整することが必要である。

奈良らは、パラメータを調整したCNNに複数の顔画像を記憶させ、記憶パターンの1つにノイズを加えたものを初期値とするネットワークの出力を数10ステップにわたり観測した。その結果、想起過程において全く顔とは認識できないパターンが多数出現したが、記憶した顔画像が周期的に想起されることを確認している[3]。このことから、カオス状態をうまく保ったネットワークは、記憶パターンを連想想起する能力を有しているといえる。さらに、その想起過程において、記憶した複数の顔画像の特徴を併せ持つものや、部分的に全く新しい特徴を持つ顔画像などが出現することも確認されている。

このような興味深い振る舞いが確認されているにも関わらず、CNNを用いて新たなパターンを得ようとする試みは、これまでにほとんど行われていない。この原因としては、カオス性をコントロールするパラメータをうまく調整しないと有効なパターンが得られないことや、記憶パターン同士の類似性が高い場合には、複数の出力パターンを推移するのみで、新たなパターンが得られにくいなどの問題が考えられる。また、カオスパラメータや記憶パターンの選択がうまくいった場合でも、数10ステップの想起において興味深い新たなパターンが出現する頻度は数パーセント程度とそれほど高くない。さらに、ネットワークが収束するにつれて、類似したパターンを周期的に想起するなど、実システムに応用しにくい特徴がある。この問題を解決するために、本論文では記憶パターン更新型CNNを提案し、記憶と忘却を繰り返すことにより

パターンを発想し続けるシステムを構築する。

2.2 記憶パターン更新型CNN

CNNでは、ネットワークがカオス状態にある場合に、記憶パターンの特徴を保持しつつ、新たな特徴を持つパターンが想起される。このふるまいは、記憶をサーチする過程において、ネットワークが1つの状態に単純に収束せず、カオス性によって別の状態へと推移することに起因している。つまり、ネットワークの状態が、ある記憶パターンに類似したパターンを想起している状態でも、別の記憶パターンに引張られる形で別の状態に推移するのである。この過程において、探索空間に存在する別のパターン(局所解)に引張られることもあり、その結果として様々な新たなパターンが出現することになる。しかし、ネットワークは基本的に記憶パターンに収束する方向で推移することから、生成されるパターンの種類は必然的に限られたものとなる。したがって、次々と新たなパターンを発想し続けるネットワークを構成するためには、ネットワークの状態を異なった方向へと推移させるための手がかりが必要となる。

そこで本研究では、記憶パターンの1部を忘却し、想起過程において得られた新たなパターンを記憶し直すことで、記憶を更新するCNNを提案する。提案手法の概要を図1に示す。まず、記憶パターンを複数用意し、CNNに記憶させる。そして、初期値としてランダムパターンを与え、ネットワークを時間発展させる。連想想起には合原らのCNN[5]を用いている。CNNの構成については2.3節で述べる。ネットワークを時間発展させると、システムがカオス状態にある場

図1 記憶パターン更新型CNN

合には、ランダムパターンに近い状態を出力しながら、やがて複数の記憶パターンに引っ張られるように推移するようになる。この過程において、記憶パターンに類似した新たなパターンや、複数のパターンの特徴が混ざったようなパターンが出力される。本システムでは、このようなパターンが出力された場合に、このパターンを新たな記憶パターンとしてネットワークに埋め込む。ネットワークに記憶させるパターンに偏りが生じたり、パターン数が増加すると、ネットワークの連想想起能力が落ち、有効なパターンが出力されにくくなるなどの問題が生じる。そこで、本システムでは新たなパターンを記憶する際に、これまで記憶していたパターンの中から1つを選択し、これを忘却する。忘却するパターンは、新たに記憶するパターンと最も類似したパターンとした。つまり、ネットワークが記憶したパターンのうちの1つが少し変化することになる。この記憶と忘却を繰り返すことにより、ネットワークは少しずつ状態を変えながら、新たなパターンを想起し続けることができると考えられる。

2.3 カオスニューラルネットワークの構成

本システムでは、新たなパターンを発想するためのCNNとして、合原らのカオスニューロンモデルを用いている[5]。本モデルはN個のカオスニューロン(以下CN)の相互結合型である。CNの出力は、ネットワーク外部からの入力に関する内部状態項 $\xi_i(t+1)$ 、ネットワーク内の他のCNからのフィードバックに関する内部状態項 $\eta_i(t+1)$ 、CNの不应性に関する内部状態項である $\zeta_i(t+1)$ の3項により、次式で定義される。

$$x_i(t+1) = f_i\{\xi_i(t+1) + \eta_i(t+1) + \zeta_i(t+1)\} \quad (1)$$

$$x_i(t+1) : i\text{番目のCNの時間}(t+1)\text{における出力値} \\ (x_i \in [0, 1])$$

f_i : i 番目のCNの出力関数

(通常はシグモイド関数 $f_i(y) = 1/(1 + \exp(-y/\epsilon))$)

また、 $\xi_i(t+1)$ 、 $\eta_i(t+1)$ および $\zeta_i(t+1)$ は、時刻 t におけるCNの出力 $x_i(t)$ と内部状態項を用いて、次式で定義される。

$$\xi_i(t+1) = \sum_{j=1}^m v_{ij} a_j(t) + k_e \xi_i(t) \quad (2)$$

$$\eta_i(t+1) = \sum_{j=1}^n w_{ij} h_{ij}(x_j(t)) + k_f \eta_i(t) \quad (3)$$

$$\zeta_i(t+1) = -\alpha g_i(x_i(t)) + k_r \zeta_i(t) - \theta_i(1 - k_r) \quad (4)$$

- m : 外部からの入力の総数
- v_{ij} : j 番目の外部入力線から i 番目のCNへのシナプス結合係数
- $a_j(t-d)$: 時間 $(t-d)$ における j 番目の外部入力値
- n : CNNを構成するCNの総数
- w_{ij} : j 番目のCNから i 番目のCNのシナプス結合係数
- h_{ij} : j 番目のCNから i 番目のCNに結線する軸索が有する、活動電位の伝搬に関する変換関数
- α : 不应性項をスケールリングするパラメータ ($\alpha \geq 0$)
- g_i : i 番目のCNの不应性の特性を表す関数
- k_e : 外部入力効果の時間的減衰定数 ($0 \leq k_e \leq 1$)
- k_f : フィードバック入力効果の時間的減衰定数 ($0 \leq k_f \leq 1$)
- k_r : 不应性効果の時間的減衰定数 ($0 \leq k_r \leq 1$)
- θ_i : i 番目のCNの閾値

式の定義についての説明はここでは省略するが、詳しくは文献[5]を参照されたい。

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。CNNのダイナミクスは、次式で与えられる。

$$y_i(n+1) = \sum_{j=1}^N w_{ij} x_j(n) z_{ij} \quad (5)$$

$$x_i(n+1) = f_i(y_i(n+1)) \quad (6)$$

ここで、 $y_i(n)$ と $x_i(n)$ はそれぞれ i 番目のニューロンの内部状態と出力、 N はニューロン総数、 w_{ij} はニューロン i に対するニューロン j の結合荷重、 z_{ij} はニューロン i に対するニューロン j の結合状態を示す結合パラメータである。

本研究では、幾つかのパターンをCNNに記憶させ、新たなパターンをCNNの自己想起能力により出力する。記憶パターンは扱う対象によって異なるが、通常は0、1の2値状態を取るCNを2次元状に配置したものとなる。図1では、各パターンが 6×14 のCNで表現されており、0が非発火状態(白)、1が発火状態(黒)を表している。CNの数は、パターンの複雑性や記憶パターン数に応じて決定される。CNNでは、ネットワークを構成する各CNの結合の状態を表す結合荷重により、複数のパターンを記憶することができる。CNNの各CNの結合荷重は次式で与えられる。

$$w_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N (2x_i^p - 1)(2x_j^p - 1) \quad (7)$$

x_i^p : p 番目パターンの第 i 番目成分 (0 もしくは 1)
 N : パターンの総数

3. 作曲システムへの応用

3.1 音楽を奏で続けるシステムの構築

提案システムの有効性を確認するためには、奈良らが実施した顔画像のサーチと同様に、何らかの応用システムへと実装して実験を行う必要がある。なぜなら、一般化したモデルで実験を行う場合には、システムが出力するパターンの中で、有効なパターンと無効なパターンを区別することが難しく、記憶と忘却の際にパターンを選択することが困難だからである。また、記憶の更新が適切に動作しているかを確認することも困難となる。そこで、本論文では、これまで著者らが作成した作曲システムを応用し、記憶と忘却を繰り返しながら楽曲を生成し続けるシステムの構築を行った。

自動作曲や自動演奏に関する研究は、これまで様々なものが行われてきたが、それらの多くは音楽家の作曲作業を支援することが目的である [6]~[9]。自動作曲の試みでは、確率遷移に基づくものや、遺伝的アルゴリズムを用いたものなど、これまで数多く提案されてきた [10]~[16]。これらの手法では、システムの利用者が制御パラメータを変更したり、作成されたメロディの評価を行うなど、システムに何らかのフィードバックを与えることで、多彩なメロディを作成することが可能である。しかし、システム自らが作成する曲想を変化させることは困難であり、定常状態では比較的類似したメロディに収束してしまうことが多い。また、制御パラメータを変更することにより、作成される音楽の雰囲気が大きく変化することから、音楽的な繋がりを損なうなどの問題がある。

そこで、本論文で提案している記憶パターン更新型カオスニューラルネットワークを作曲システムに応用すれば、徐々に変化しながら音楽を奏で続けるシステムが実現できると考えられる。本研究では、カオスニューラルネットワークに記憶する演奏情報を定期的に更新することにより、次々と新しい音楽を作成し、徐々に雰囲気を変化させつつ演奏し続けるシステムを試作する。ここでは、本システムが奏でる音楽を聴取することにより、記憶と忘却により発想し続けるシステムの有効性を確認することが目的である。したがって、本システムが奏で続ける音楽が聴取を妨げるような違和感のあるものになることを避けるために、演奏情報に複数の制約を設けた。次節で、演奏情報の自動生成方法について述べる。

3.2 演奏情報の自動作成

本システムで自動作成される演奏情報は、単音によるメロディパートと、アルペジオによる伴奏パートで構成される。本システムでは、複数の演奏情報を記憶パターンとしてCNNに記憶させ、CNNが出力する新たなパターンに基づいて演奏情報を作成し、演奏を行う。このとき、CNNが出力するパターンには様々なものが含まれるが、システムはこれらのパターンの中から“良い演奏”を選択し、記憶と忘却を行わなくてはならない。演奏の良さを評価する試みは、音楽情報科学の研究分野でも盛んに行われている興味深い研究対象である。しかし、本論文では、提案システムが雰囲気を変化させながら音楽を発想し続けることを確認することが目的であるので、生成される音楽の芸術的価値については言及しない。ただし、システムが出力する音楽が、人々に不快感を与えるものになることは避けられるべきである。したがって、本システムでは、演奏情報を以下に述べる制約により単純化し、不協和音などの違和感のある演奏が行われることを回避している。

1. メロディ、伴奏ともに、ハ調の長音階で構成される。
2. メロディ、伴奏ともに、音域は2オクターブ。
3. メロディ、伴奏ともに、音楽はすべて8分音符と8分休符で構成される。
4. 伴奏はダイアトニック3和音による分散和音(アルペジオ)で構成される。
5. 伴奏の同時発音最大数は3音とする。

つまり、本システムの奏でる音楽は、市販されているオルゴールのような、比較的単純な演奏である。これらの制約は、作成される演奏情報にある程度制限し、提案システムの動作を検証しやすくするためのものである。

本システムでは、メロディパートと伴奏パートをそれぞれ独立したCNNにより自動作成している。図2に、メロディパート部のCNNによるメロディ作成の概要を示す。まず、システムに記憶させる複数のメロディを用意する。本システムでは、メロディ長は任意に設定可能であり、1回の想起により記憶メロディと同じ長さのメロディが作成される。記憶メロディは0/1コーディングされ、CNNの埋め込みパターンとして用いられる。メロディのコーディング方法については3.3節で述べる。

次に、複数のメロディを記憶したCNNに対し、記憶したメロディから1個のパターンをランダムに選択し、一定割合でノイズを加えたものを初期パターンとして与える。そして、CNNを時間発展させ、次々と出力さ

図2 CNNによるメロディ作成の概要

れるパターンをデコードしてメロディを作成する。

CNNがカオス状態にある場合、初期値にランダムパターンを与えているために、CNNが次々と出力するパターンは、ランダムパターンに近いものとなる。このようなパターンは、図3に示したような音高グラフ式のメロディに復元することができないために破棄される。想起が進むにつれて、CNNは状態空間内を推移し、その過程において、単数または複数の記憶パターンの特徴を併せ持つ新たなパターンを出力する。メロディに復元可能なパターンが出現した場合、システムは出力パターンをメロディに復元する。

CNNが状態空間を探索する範囲は埋め込みパターンに依存するため、CNNは時間発展とともに収束方向に向かい、過去に出力したパターンと類似したパターンを頻繁に出力するようになる。そこで、図1に示した記憶パターン更新型CNNを用いて、本システムでは一定周期ごとに記憶パターンの更新を行う。これにより、状態空間におけるCNNの探索範囲を徐々に推移させ、CNNが出力するメロディの雰囲気徐々に変化させることができると考えられる。記憶パ

図3 メロディ高音のコーディング方法

ターンの更新方法については3.5節で述べる。

伴奏パートの作成は、伴奏情報のコーディング方法が異なることを除き、基本的にはメロディパートの作成と同様の手法で行われている。伴奏情報のコーディング方法については3.4節で述べる。

3.3 メロディ情報のコーディング

本研究で用いるCNは、基本的に発火、非発火の2種類の状態を取る。このとき、記憶パターンおよび初期パターンの発火ニューロンと非発火ニューロンの割合が著しく偏っている場合、CNNの持つ自己想起能力がうまく機能しないことが知られている。したがって本研究では、メロディをどのようにパターン化し、CNNの各入力ユニットに割り当てることが重要となる。CNNが埋め込みパターンの特徴を持つ新たなパターンを作成するには、埋め込みパターンの発火・非発火ニューロンのバランスを考慮したコーディング方法を採用する必要がある。本システムでは、演奏される音はすべて8分音符であるから、音の長さの情報は必要ない。したがって、メロディのコーディングでは、音の高さと発音のタイミングの情報を保持すればよい。そこで本システムでは、図3に示す音高グラフ式のコーディング方法を採用している。図3に示されているメロディ例では、メロディ長は4/4拍子の1小節で、メロディの音域を1オクターブとしている。メロディに半音階は含まれないので、メロディは音高8段階、発音タイミングが8段階となる。したがって、全部で64個のCNによりメロディのコーディングが行われる。ここでは音符の長さ情報は保持されないため、譜面上の4分音符は8分音符+8分休符として扱われている。この場合、全ての音が低音であったり、休符ばかりの場合には発火ニューロンが極端に少なくなる。また、全ての音が高音の場合には、ほぼ全てのニューロンが発火することになる。しかしなが

ら、本システムでは比較的単純なBGM音楽の作成を想定しているため、このように偏ったメロディを記憶したり作成する必要が無い。したがって、発火・非発火ニューロンのバランスが極端に偏ることは少ないと考えられる。なお、本システムでは、2オクターブの範囲でメロディを作成するので、音高が15段となり、120個のCNによりメロディのコーディングが行われる。

3.4 伴奏情報のコーディング

本システムにおける伴奏情報は、和音に基づいて作成される。伴奏の基本となる和音は、自然長音階(ハ長調の場合、ド、レ、ミ、ファ、ソ、ラ、シ)にそれぞれ3度および5度の音を積み重ねて出来るダイアトニック3和音である。ハ長調のダイアトニック3和音を図4に示す。本システムでは、作成されたメロディ1小節につき、1個の和音を選択して伴奏を作成している。例えば、図4におけるCの和音が選択された場合、伴奏はド、ミ、ソの3個の音で構成される。この時、伴奏は図5に示すような分散和音(アルペジオ)で演奏される。したがって、伴奏情報の作成は、伴奏コード選択とアルペジオパターンの作成の2つの問題に分けられる。

図4 ハ長調のダイアトニック3和音

図5 分散和音(アルペジオ)の例

3.4.1 伴奏コードの選択

伴奏を行うための和音情報を記号化したものが伴奏コードである。一般に伴奏は、伴奏コードに基づいて行われる。したがって、伴奏コードは演奏の全体的な雰囲気を決める重要な要素の1つとなっている。伴奏コードは通常、1小節に1~2個用いられ、複数の伴奏コードの繋がりが、曲の雰囲気に大きな影響を与える。伴奏コードの中には、接続性の悪いペアが存在し、これらが連続して存在すると、不自然な響きの伴奏になることが多い。メロディに自然な伴奏コードを

付加する問題は、高度な音楽知識を必要とする難しい問題であり、音楽情報処理の中でも興味深い研究対象の1つとなっている[6]。しかし、本システムではこの問題には言及せずに、ごく簡単な音楽知識に基づいて伴奏コードの選択を行っている。表1は、文献[17]のpp.27より引用したものであり、図4に示したダイアトニック・コードにおけるコードの接続性に関する相性を示している。表中で○印が記されているコード進行は、通常用いられる安全な進行である。×印のコード進行は、違和感を生むために通常は用いられない進行である。?印は、条件により使用可能である特殊なコード進行である。ここでは、Bm(-5)のコードは他のコードに比べて使うことが少ないという理由で省略されている。本システムでは、表1における○印のコード進行のみを許可する形で、ランダムに伴奏コードを選択している。例えば、Gが選択されている場合、次の伴奏コードはC、EmおよびAmからランダムに選択される。

表1 コードの相性

		後のコード					
		C	Dm	Em	F	G	Am
前のコード	C	○	○	○	○	○	○
	Dm	×	?	×	○	×	×
	Em	×	?	○	?	○	○
	F	○	○	?	×	○	×
	G	○	×	○	×	○	○
	Am	×	○	○	○	○	×

3.4.2 アルペジオパターンの作成

選択された伴奏コードに基づいて演奏を行うためには、図5に示したような分散和音のパターン(以下、アルペジオパターン)を作成する必要がある。アルペジオパターンの作成は、基本的にメロディ作成と同じ構造のCNNによって行われる。ここでは、アルペジオパターンのコーディング方法について述べる。2.3節で述べたとおり、伴奏は3和音のアルペジオで、音域は2オクターブである。したがって、伴奏コードの構成音(1, 3, 5度の音)のうち、どの音を選択して演奏するかを示す情報と、音域の高低を示す情報があればよい。これらの情報は、図3に示したメロディのコーディングに用いられた音高グラフと同様に、音の高さを表す6個のCNで表される。図6に、図5で示したアルペジオパターンのコーディング例を示す。最下段のCNのみが発火している場合は1度の音(コードがCの場合は「ド」)を表し、下から2段目までのCNが発火している状態では、3度の音(コードがCの場合

図6 アルペジオのコーディング例

は「ミ」を表す。下から4段目までのCNが発火した場合は、1オクターブ上の1度の音を表している。また、同時発音の最大数は3音であるので、同一時刻に発音する音の情報を3列のCNで表している。図5に示したアルペジオパターンにおいて、1拍目は低音の「ド」のみが演奏されている。1拍目の演奏を表す3列のCNのうち、1列目の最下段のCNのみが発火し、2列目および3列目のCNは全て非発火となる。それぞれの拍において、複数の音が同時に演奏される場合は、2列目および3列目のCNが発火し、音の高さを表している。以上のコーディングにより、1小節の伴奏情報は、6段×24列のCNで表される。

3.5 記憶パターンの更新

CNNにより作成されるメロディが、CNNの時間発展に伴い類似パターンに収束することを防ぐために、本システムでは図1に示した記憶パターン更新型CNNを用いて記憶パターンの更新を行っている。記憶パターンの1部を忘却し、新たなパターンを記憶することにより、CNNの探索領域が変化する。この時、忘却するパターンと、新たに記憶するパターンの類似性が低い場合は、CNNの探索領域の変化が大きくなり、想起されるパターンは大きく異なったものになる可能性が高い。つまり、本システムにおいて忘却するメロディと新たに記憶するメロディが全くかけ離れたものであった場合には、これまでに作成された音楽の流れを断ち切るようなメロディが出現することになり、徐々に変化する音楽にならない可能性がある。このことから、忘却するメロディと新たに記憶するメロディは、ある程度似たものであることが望ましいと考えられる。

一方、忘却するメロディと極端に類似したメロディが新たに記憶された場合、CNNの探索領域はほとんど変化しないため、似通ったメロディが出力され続け

ることになる。したがって、忘却するメロディと新たに記憶するメロディとの類似性は、極端な類似性を避けつつ、かけ離れ過ぎないものであることが望ましい。また、CNNの探索領域を徐々に変化させ続けるためには、更新パターンが偏らないようにするべきである。そこで本システムでは、1回のパターン更新(記憶と忘却)ではCNNの探索領域の変化量は少ないが、複数回のパターン更新を重ねることで、CNNの探索領域を変化させる方法を考案した。

本システムでは、複数のメロディを記憶したCNNを時間発展させ、メロディに復元不可能な出力パターンを破棄し、メロディに復元可能なものを出力する。この時、メロディに復元可能なパターンを保持し、5個のメロディが得られた段階で、その中からランダムに1個を選択して出力する。つまり、5個のメロディが想起された段階で1小節のメロディが作成されることになる。これは、CNNの収束状態における各段階で得られるメロディを音楽に反映させることを目的としている。次に、同様の処理を繰り返し、2小節目のメロディが作成される。したがって、CNNが想起を開始し、10ステップ(メロディに復元不可能なパターン想起を除く)のメロディ想起によって、2小節のメロディが作成される。

10ステップのメロディ想起の後に、初期状態において用いられている記憶パターンは、CNNの時間発展により出力されるパターンとの類似度に基づいて、出力パターンと差し替えられる。まず、CNNの時間発展における各ステップごとに出力されるパターンと、初期状態に用いられた各記憶パターンを比較し、パターン間の類似度を求める。パターンの類似度は、CNの発火、非発火によるハミング距離で求められる。類似度を計算した結果、出力パターンと最も類似度の高い記憶パターンを差し替え候補パターンとする。以上の計算を10ステップ繰り返し、10組の出力パターンと、差し替え候補の記憶パターンのペアを作る。そして、それぞれのパターン・ペアの中で、出力パターンと差し替え候補パターンの類似度が最も低いペアを選択する。選択されたペアの出力パターンを差し替え候補の記憶パターンと入れ替え、新たな記憶パターンとする。これにより、複数の記憶パターンのうち、1個の記憶パターンが新たなパターンに更新される。以上の処理を10ステップごとに繰り返すことにより、CNNの探索範囲を徐々に移動させ、新たなメロディを作成することが可能となる。

3.4.2項で述べたアルペジオパターンの作成についても、同様の手順で記憶パターンの差し替えが行われる。

4. 実験と考察

4.1 作成メロディの印象に関する検討

作成した自動演奏システムを用いて、演奏情報の作成実験を行った。初めに、本システムの中核をなすCNNが、記憶パターンの印象を保持した新しいメロディを作成していることを確認するために、被験者による聴取実験を実施した。

まず、CNNに記憶させるサンプルメロディ群を2個用意し、これをA、Bとする。これらのサンプルを別々のCNNに記憶させてメロディ作成を行う。ここで、メロディ群Aを記憶させたCNNを時間発展させて得られた複数のメロディをメロディ群A'、メロディ群Bを記憶させたCNNを時間発展させて得られた複数のメロディをメロディ群B'とする。次に、メロディ群A'とB'からメロディを1個ずつランダムに選択し、2個のメロディを続けて被験者に聴取してもらう。そして、どちらのメロディがサンプルメロディ群Aの印象を引き継いでいるかを回答してもらった。メロディ群A'のメロディの方がサンプルメロディ群Aの印象をより引き継いでいると回答されたものを正解として、被験者ごとの正解数を集計した。聴取実験では、被験者がサンプルメロディ群Aの印象を記憶し易いことが前提となる。したがって、サンプルメロディ群Aには、「どんぐりころころ」の冒頭4小節を1小節ずつ分解した4個のメロディを用いた。また、サンプルメロディ群Bには、「どんぐりころころ」の冒頭4小節と和声進行が類似している「犬のお巡りさん」、「メダカの学校」、「富士山」、「春が来た」の4個の童謡を用いた。記憶メロディ数を統一するために、それぞれの童謡の冒頭4小節を1小節ずつ分解し、分割された4個のメロディからランダムに1個選び、サンプルメロディとした。つまり、サンプルメロディ群Bには、4種類の童謡の冒頭4小節から、それぞれ1小節ずつメロディが選択されている。「どんぐりころころ」を含む5種類の童謡はいずれもハ長調とし、冒頭の4小節は似たような雰囲気を持っている。このため、これらのメロディを記憶したCNNが出力するメロディは、いずれの童謡のどの小節と入れ替えてもそれほど違和感の無いものとなる。したがって、記憶パターンの調性やリズムの違いが出力パターンに与える影響は最小限となる。

被験者は、大学の軽音楽部に所属しており、本格的な作曲経験は無いが多少の楽器演奏経験がある学生15名である。実験では、初めに「どんぐりころころ」の冒頭4小節を被験者に聴いてもらい、メロディの印象を覚えてもらった。そして、各被験者ごとに、サンプル

群A'およびB'からランダムに選択されたメロディ対を続けて聴取し、「どんぐりころころ」と印象が近いのは前者と後者のどちらのメロディかを回答してもらった。各被験者とも、10個のメロディ対について回答を行った。アンケートに作成されるメロディ対は被験者ごとに異なり、A'とB'のどちらのメロディ群から選出されたメロディが先に流れるかは被験者には知らされていない。メロディの再生順序もランダムに決定した。A'に含まれるメロディは14個、B'に含まれるメロディは17個である。聴取実験に用いたA'およびB'のメロディ例を図7に示す。

被験者によるメロディ聴取実験の結果を図8に示す。横軸に個々の被験者の正解回答数、縦軸に人数を示している。10個のメロディのうち8個を正解した被験者が5名おり、8個以上を正解した被験者は9名と、全体の半数以上であった。また、回答総数150のうち正解数は107であり、被験者の平均正解数は7.13となった。このことから、メロディサンプル群Aを記憶したCNNにより作成されたメロディ群A'は、記憶メロディの印象をよく引き継いでいることが確認された。

図7 実験メロディの例

図8 アンケート結果

4.2 音楽を奏で続ける実験

メロディとアルペジオパターンをシステムに入力し、記憶パターンを差し替えながら長時間にわたる音楽生成実験を行った。本実験では、1小節のメロディとアルペジオパターンをそれぞれ5個作成し、CNNの記憶パターンとして用いた。メロディとアルペジオのパターンは独立したCNNにより記憶およびパターン作成を行うものとした。

実験により作成された演奏の一部を図9に示す。ハ長調の2オクターブという15個の音による演奏という制約があるため、あまり抑揚の無い単純な演奏になっているが、時間の経過とともに徐々に演奏の雰囲気が変化していることがわかる。例えば、5小節目(図中※A)と6小節目のメロディ部分では、類似したリズムのメロディが作成されており、9小節目(※B)と10小節目のメロディ部分では、ほぼ同じようなメロディが作成されている。このとき、5～6小節目および9～10小節目あたりでCNNが収束に向かっていることがわかる。しかし、7小節目および11小節目以降では雰囲気の異なる新たなメロディが作成されており、CNNが収束せずに、新たなパターンの発想を行っていることがわかる。12小節目(※C)では、再び5小節目(※A)と類似したメロディが作成されており、CNNは5小節目や6小節目を作成する元となったメロディを12小節目でも記憶していることがわかる。しかし、13小節目以降は新たなリズムのメロディが次々と出現しており、以降は5小節目(※A)や12小節目(※C)に類似したメロディは出現しなかった。このことから、CNNは記憶と忘却を繰り返しながら新たなパターンを作成し続けていることがわかる。

次に、記憶パターンの更新による演奏情報の変化についての効果を調べるために、記憶パターンの更新を行わずに演奏情報の作成を行った。図10に、作成された演奏情報の一部を示す。4小節目(図中※E)あたりからメロディの変化が少なくなり、CNNが収束方向に向かっていることがわかる。また、7小節目(※F)からは極めて類似した2種類のメロディが繰り返し作成されるのみとなっており、CNNが収束していることがわかる。図9の演奏と比較すると、時間経過とともに、過去の演奏と極めて類似した演奏がたびたび作成され、単調な音楽となっていることがわかる。また、アルペジオパターンにおいても、図9の演奏では様々なパターンが作成されているのに対し、図10の演奏では数種類の似通ったパターンの繰り返しとなっていることがわかる。このことから、記憶パターン更新型CNNの記憶と忘却の繰り返しによるパターン想起が、本システムの演奏作成に有効に働いていることが

図9 作成された楽曲例 (記憶パターン更新あり)

図10 作成された楽曲例2 (記憶パターン更新なし)

わかる。

次に、記憶パターンの更新が効果的に働いていることを確認するために、CNNの時間発展における記憶パターン更新処理の追跡を行った。本システムでは、初期状態に採用された複数の記憶パターンのうち、1つのパターンが10サイクルごとに忘却され、新たなパターンが記憶される。この際、更新されるパターンに偏りが生じた場合、CNNの探索範囲があまり変化せず、作成される演奏情報に変化が生じにくくなる。そ

ここで、200ステップの演奏情報作成を行い、10ステップごとに行われる20回のパターン差し替え処理において、CNNに記憶された5個のパターンa～eのうち、どのパターンが更新されているかを追跡した。

表2に、200ステップの演奏情報作成実験を10回行った際の、差し替えパターンの推移の様子を示す。10回の実験では、それぞれ初期状態に異なった記憶パターンを用いた。数回連続して同一の記憶パターンが更新される場合が見られるが、全体的に偏ることなく記憶パターンの更新が行われていることがわかる。また、4ステップ以上連続して同一の記憶パターンが更新されている箇所では、残りの4個の記憶パターンが数ステップにわたりCNNに記憶されるため、CNNの探索範囲の変化が制限されると考えられる。CNNの探索範囲の変化が制限された場合、生成されるパターン間のハミング距離が小さくなるために、類似したパターンがたびたび出現することになる。したがって、本システムにおいても、更新される記憶パターンに偏りが生じた場合、生成される演奏情報に変化が生じにくくなることが推定される。しかしながら、提案システムにより生成された楽曲を聴取した結果、最大7ステップ連続して同一の記憶パターンが更新された場合においても、図10に示したような記憶パターンの更新を行わないシステムが生成する演奏のような単調な演奏の繰り返しにはならず、比較的多様な楽曲が生成されていることが確認された。3.5節で述べたとおり、提案システムでは、出力パターンの中から更新パターンとのハミング距離が最も大きいものが新たな記憶パ

ターンとなる。このため、更新される記憶パターンに偏りが生じた場合においても、出力パターンが単調にならない程度の探索範囲の変化が生じているものと推定される。このことから、記憶パターン更新型CNNによる記憶と忘却の繰り返しが効果的に働いていると考えられる。

4.3 聴取実験によるアンケート調査

変化し続ける音楽を奏でることの有効性について、聴取実験によるアンケート調査を実施した。提案システムの記憶と忘却の繰り返しがうまく機能していることを確認するためには、記憶パターンの更新の有無によって生成される楽曲に対する比較アンケートを行う必要があると考えられる。しかしながら、記憶パターンの更新を行わないCNNが作成する音楽は、図10に示したように、数小節経過後に同じパターンを繰り返すようになり、明らかに不快で耳障りな音楽であることが、予備調査によって明らかとなっている。そこで、数小節を繰り返す比較用楽曲を用いて聴取実験を行った。

まず、本システムにより48小節の楽曲を10個生成した。これらをサンプルCとする。次に、サンプルCの各楽曲について冒頭8小節のみを繰り返して演奏する48小節の楽曲を作成した。これらをサンプルDとする。つまり、サンプルDの楽曲は、サンプルCの楽曲と同じ48小節の長さを持つが、8小節の楽曲を6回繰り返すことになる。繰り返し小節数を8小節としたのは、オルゴールや電話の保留音などによく使用される音楽の長さであることが主な理由である。そして、サンプルCおよびサンプルDの楽曲を続けて聴取した後

にアンケートを実施し、「どちらが聴いていて飽きない音楽であるか」、「どちらが聴いていてリラックスできるか」について回答してもらった。

本実験における被験者は、18～22歳の大学生30名である。まず、30名の被験者を3名ずつに分け、10個のグループを作った。そして、グループごとに聴取実験を実施した。聴取実験では、サンプルCおよびサンプルDからランダムに1曲ずつ楽曲を選択し、2曲続けて聴取してもらった。1曲あたりの演奏時間は3分間とした。1グループの実験は1回で終了し、他のグループに対しても同様の実験を繰り返した。ただし、1回実験に使用された楽曲は、他のグループの実験では使用しないようにし、サンプルCおよびDのそれぞれに含まれる10曲の楽曲は、いずれかのグループで1回のみ聴取されるものとした。なお、実験における楽曲の聴取順序はランダムに決定した。演奏には、オルゴールなどに近いピブラフォンのPCM音源を用

表2 更新パターンの追跡結果

いた。

30名の被験者に対するアンケート調査の結果、22名の被験者が、「サンプルCの方が聴いていて飽きないし、リラックスできる」と回答した。これに対し、4名の被験者が、「サンプルDの方が聴いていて飽きないし、リラックスできる」と回答した。残りの4名の被験者については、2名が「サンプルCの方が聴いていて飽きないが、サンプルDの方がリラックスできる」と回答し、2名が「サンプルDの方が聴いていて飽きないが、サンプルCの方がリラックスできる」と回答した。

アンケートの項目別に見ると、30名の被験者のうち24名がサンプルCを「聴いていて飽きない」と回答している。また、同じく24名がサンプルCを「リラックスできる」と回答している。このことから、数小節を単純に繰り返すBGMよりも、少しずつ変化しながら音楽を奏でるBGMの方が、聴いていて飽きが来にくく、比較的リラックスできるものであることがわかった。以上により、少しずつ変化しながら新たなパターンを発想し続けるシステムは、エンターテインメントの側面から見ても、有用である可能性が高いと考えられる。

5. まとめ

本論文では、カオスニューラルネットワーク(CNN)の持つ連想記憶および自己想起の能力を利用して、忘却と記憶を繰り返しながら新たなパターンを次々と発想するシステムを提案した。また、本システムの応用例として、新たな演奏を作成し、終わりのない音楽を奏でるシステムを試作した。実験の結果、カオスニューラルネットワークが、記憶した音楽の特徴の一部を維持した新たな音楽を作成可能であることが確認された。また、記憶パターン更新型CNNによる楽曲生成は、音楽の記憶と更新を繰り返しながら、次々と新たな音楽を奏で続けることが確認された。さらに、このように徐々に雰囲気を変化させながら続く音楽は、数小節のメロディが繰り返される音楽に比べて、聴いていて心地よく、また飽きない音楽であることが確認された。

本システムでは、ごく単純な音楽的制約によって演奏が破綻することを防いでおり、生成される音楽が芸術的に良いものであるとは言い難い。しかしながら、本研究ではこれまであまり応用例のなかったカオスニューラルネットワークを、エンタテインメントコンピューティングに応用する可能性を示すことができたと考えられる。今回作成した楽曲を奏で続けるシステムに関しても、出力されるパターンの音楽的価値や印

象などを評価することができれば、より良い楽曲を奏で続けるシステムへと発展することができると考えられる。音楽の構造解釈や印象評価は音楽情報科学の分野などで盛んに研究されているので、これらの研究との融合などが期待できる。

また、本論文において提案した記憶と忘却の繰り返しにより発想し続けるシステムは、様々なシステムへ応用できる可能性がある。例えば、バイオモーフによるグラフィクスの生成など、徐々に変化しながら幾何学模様を描き続けるシステムや、物語の自動生成、照明効果による空間演出などに応用できると考えられる。今後は、これらの分野への応用についても検討する予定である。

謝辞

本研究の一部は、平成18年度関西大学学術研究助成基金(奨励研究)による補助を受けている。

参考文献

- [1] 奈良重俊, Peter Davis, カオスと知的情報処理 ～カオスは本当に役に立つのか～, ジャストシステム, 1994.
- [2] 津田一郎, カオスの現状と最近の動向, システム/制御/情報, Vol.37, No.11, pp.641-646, 1993.
- [3] 奈良重俊, Peter Davis, カオスによるパターン発生とその適応制御, システム/制御/情報, Vol.37, No.11, pp.654-660, 1993.
- [4] 徳丸正孝, 大竹孝昌, 村中徳明, 今西茂, “音楽で「遊ぶ」ことを目的とした作曲システムの構築に関する検討”, 日本感性工学会 感性工学研究論文集, Vol.5, No.4, pp.45-52, 2005.8
- [5] 合原一幸, ニューラルシステムにおけるカオス, 東京電気大学出版部, 1993.
- [6] 長島洋一, 橋本周司, 平賀譲, 平田圭二, コンピュータと音楽の世界, 共立出版, 1998.
- [7] Curis Roads, Representations and Strategies for Algorithmic Composition, The Computer Music Tutorial, V-19, pp.853-909, MIT Press, 1996.
- [8] 堀内靖雄, 演奏するコンピュータ, システム/制御/情報, Vol.46, No.11, pp.671-676, 2002.
- [9] 岩竹徹, コンピュータがもたらす音楽の変容とその将来, システム/制御/情報, Vol.46, No.11, pp.683-689, 2002.
- [10] 藤原豊, 塩田哲也, カオスによる自動作曲システム, 松江高専研究紀要, Vol.32, pp.55-62, 1997.
- [11] 三重野芳典, 椎塚久雄, 楽譜情報解析法及び最急勾配法を応用した作曲技法, 工学院大学研究報告第92号, pp.149-161, 2002.
- [12] 田中健, 外山史, 東海林健二, 遺伝的アルゴリズムを用いたメロディ進行とリズムの組合せによる自動作曲, 情処技報, MUS41-8, pp.43-48, 2001.
- [13] 沼尾正行, 高木将一, 中村啓佑, ユーザの感性に合わせた自動編曲及び作曲, 情処技報, MUS41-9, pp.49-54, 2001.

- [14] M.C.Mozer, Neural network music composition by prediction, Exploring the benefits of psychoacoustic constraints and multiscale processing, Connection Science, 1994.
- [15] 梅本あずさ, 内山幹乃扶, 河合敦夫, 椎野努, 音楽理論と経験的知識を整合活用した作曲支援システム, 情報処理, MUS23-11, pp.57-62, 1997.
- [16] 畦原宗之, 海老原祐, 鬼沢武久, 作りのイメージを反映させた楽曲生成システムに関する研究, 感性工学研究論文集, Vol.1, No.2, pp.66-72, 2001.
- [17] 藤井英一, コード進行が分かる本, ヤマハミュージックメディア, 1997.

(2006年8月19日 受付)

(2007年4月24日 採録)

[問い合わせ先]

〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35

関西大学システム理工学部電気電子情報工学科

徳丸 正孝

TEL: 06-6368-0883

FAX: 06-6388-8843

E-mail: toku@ipcku.kansai-u.ac.jp

著者紹介

 とくまる まさたか
 徳丸 正孝 [正会員]

1995年関西大学工学部電子工学科卒業。1997年同大学院工学研究科博士課程前期課程了。同年同大工学部電子工学科助手。2003年同専任講師。工博。感性情報処理, 対話型進化計算の応用システムの研究に従事。人工知能学会, 電子情報通信学会, 日本知能情報ファジィ学会, 日本感性工学会, ヒューマンインタフェース学会各会員。

 むらなか のりあき
 村中 徳明 [正会員]

1949年12月17生まれ。1972年3月関西大学工学部電子工学科卒業。1974年3月同大学大学院工学研究科修士課程電気工学専攻修了。同年同大学工学部電子工学科助手。専任講師, 助教授を経て, 現在同大学教授。主に, 多値・ファジィ論理回路, VR技術の応用, 画像処理に関する研究に従事。工学博士。電子情報通信学会, 情報処理学会, 日本知能情報ファジィ学会, 映像情報メディア学会, 日本感性工学会, IEEE各会員。

 いまにし しげお
 今西 茂 [非会員]

1934生。1960.3大阪市立大学大学院工学研究科修士課程終了。1960.4関西大学助手。専任講師, 助教授, 教授を経て, 2005.3退職。2005.4神戸情報大学院大学教授, 現在に至る。大阪大学工学博士。多値論理, 多値情報処理, 感性情報処理, 学習支援などの研究に従事。電子情報通信学会, 電気学会, 情報処理学会, システム制御情報学会の各会員。

Continuous Expression System Repeating "Memory and Forgetfulness"
- Application to A Music Composition System Using Chaotic Neural Network with
Rememorizing Patterns -

by

Masataka TOKUMARU, Noriaki MURANAKA and Shigeru IMANISHI

Abstract :

Chaotic Neural Network is well known as associative memory. In addition, it has an interesting behavior that it outputs some new interesting patterns with characteristics of multiple memorized patterns during remembrance process. This paper proposes a system that continues expressing new pattern which continue changing gradually while repeating memory and forgetfulness using the chaotic neural network. This system continues outputting new patterns by a rememorizing algorithm that replaces one of memorized patterns with new interesting pattern output by the system. In this way, the system continues remembering new patterns in sequence while changing characteristics of remembrance patterns gradually. It is expected to apply the system to the field of entertainment. In this paper, we make an application system that continues composing and playing music whose atmosphere has gradual change automatically. Some questionnaire results show that the system can compose music that is more interesting and more comfortable to some people than a simple music played repeating several measures melody.

Keywords : Chaotic Neural Network, Associative Memory, Memory and Forgetfulness, Automatic Music Composition

Contact Address : **Masataka TOKUMARU**

Faculty of Engineering Science, Kansai University

3-3-35, Yamate-cho, Suita, Osaka, 564-8680, JAPAN

TEL : 06-6368-0883

FAX : 06-6388-8843

E-mail : toku@ipcku.kansai-u.ac.jp