

B4-2 大規模カオスを用いたインタラクティブサウンド生成システムへのアミューズメント効果の導入

福井大学 工学部 知能システム工学科 進化ロボット研究室
宮下 滋 (指導教官：前田 陽一郎)

1 緒言

インタラクティブサウンドは、人工生命分野で行われているインタラクティブアートにおける研究の1つである [1, 2]。インタラクティブサウンドの研究目的は人間とシステムのインタラクション（相互作用）を軸に人間の予想を超える多様性と複雑さをもつサウンドを実現することである。ここにカオス理論を用いることで聞いたことのない新しいサウンドを生成することが期待できる。

本研究では、カオス性や同期性の制御が可能な大規模カオスを用いて音楽要素の一部を加え [3]、人間がインタラクティブに関与できるように画像情報を用いて、リアルタイムにカオス性や同期性を制御できるようなアミューズメントシステム ICAS(Interactive Chaotic Amusement System) の実現を目指す。本システムにより生成されたサウンドのアンケートによる感性評価を行い、そのアミューズメント効果についても検証した。

2 大域結合写像 (GCM) について

大域結合写像 (Globally Coupled Map:GCM) は、カオス要素を多数並べ、平均を通すことで全体を相互作用させることにより状態を遷移させていくモデルであり、金子らにより提唱されている [4]。本システムでは、GCM のカオス要素に (1) 式のロジスティック写像を GCM の結合式に (2) 式を用いた。GCM の重要なパラメータは個々の要素の非線形性を強める a と、全要素間の結合力を強める e の 2 つである。 a の値が大きければ各要素の振動は無秩序の状態（非同期相）となり、 e の値が大きければ全ての要素は同じような軌道をとる（同期相）。非同期相と同期相の間には秩序相や部分秩序相などがある。

本研究ではカオス要素が同期した後、非同期状態に戻るとき、同期相を脱出するために必要なノイズ成分を GCM に付加した。式 (2) はノイズ成分を付加した結合式である。 $x_i(t)$ が状態、 $f(x_i(t))$ がロジスティック写像、範囲 $[-\sigma, \sigma]$ からとった一様な乱数 η_n^i が雑音を示す。

$$f_i(x_i(t)) = 1 - ax_i^2(t) \quad [i = 1, \dots, n] \quad (1)$$

$$x_i(t+1) = [1 - e]f(x_i(t)) + \frac{e}{N} \sum_{j=1}^N f(x_j(t)) + \sigma \eta_n^i \quad (2)$$

3 ICAS の構築

カオスは簡単な規則に支配されながら不規則で予測できない挙動を示す。この特性を利用することで、既存の音楽では聴くことのできない新しいサウンドを生成することが期待できる。一方、複数のカオス要素をネットワーク状に結合する大規模カオスを用いることで個々のカオス性と全体の同期性を制御することができる。本研究では、大規模カオスのなかでも大域的に制御できる大域結合写像 (GCM) を用いてサウンド生成に重要な音高・音長・音量の制御を行う。また、音楽理論の一部を導入することで人間にとってより心地良いサウンド生成を行うことができる。

さらに本研究では、人間とシステムのインタラクションの向上を目指して、オペレータに不快感を与えず非接触で身体動作などを認識することができる画像情報

によるサウンド生成の入力インターフェイスを構築した。これにより、カメラを用いて人間の動きを画像情報として入力し、カオス理論を用いたサウンド生成、インタラクティブなアミューズメント効果を与えることが可能になる。図 1 に本研究で提案する ICAS の概念図を示す。CCD カメラで取り込んだ人間の動作を入力としてコンピュータに送り、そこで大規模カオスを用いた処理でサウンドを出力する。これを人間が聞いて修正動作を起こすことによって、好みの音を作るためのインタラクティブ生成支援システムである。

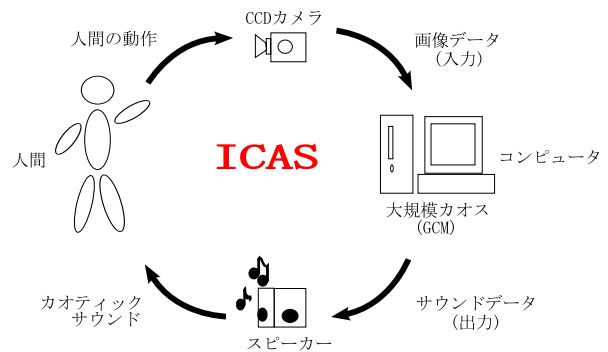


図 1: ICAS の概念図

3.1 GCM によるサウンド生成

図 2 に GCM によるサウンド生成システムを示す。生成されるサウンドは 1 から n まであり、同時に出力される。音高・音長・音量はそれぞれのカオス要素であるロジスティック写像 Lhn 、 Ltn 、 Lvn により生成される。また、GCM1 により音高は $Lh1$ から Lhn まで結合されており、音高の制御が可能である。同様に GCM2、GCM3 により音長、音量についても結合されている。

	GCM1	GCM2	GCM3
サウンド1	音高Lh1	音長Lt1	音量Lv1
サウンド2	音高Lh2	音長Lt2	音量Lv2
⋮	⋮	⋮	⋮
サウンドn	音高Lhn	音長Ltn	音量Lvn

図 2: GCM によるサウンド生成システム

本システムでは GCM の大域的な相互作用により、複数のサウンドによる旋律と音量の全体的な調和を実現し、オーケストラサウンドのような効果を得ることを目的としている。本研究では、同時に 4 つのサウンドを生成することを想定したため、GCM のカオス要素の総数は $n = 4$ となる。サウンドの生成は式 (2) の出力値 $x_i(t+1)$ の取り得る範囲を、ロジスティック写像 Lhi 、 Lti 、 Lvi の初期値によって $-1.0 \leq x_i(t) < 1.0$ で次のように分割した。

- 音高
0.1 刻みで分割し、その 20 の範囲にミドル C よ

り 1 オクターブ低い C から 2 オクターブ高い G # までの異なる高さの音を順に割り当てる。

- 音長
1 : 2 : 4 : 2 : 1 の割合で分割し、それを 125 : 250 : 500 : 1000 (msec) の音長を順に割り当てる。
- 音量
2 : 3 : 5 : 5 : 5 の割合で分割し、それを 0/127 : 70/127 : 85/127 : 100/127 : 120/127 (max : 127) の音量の値を順に割り当てる。

3.2 音楽的要素の導入

本研究では人間にとって聞き慣れたサウンドを生成するために、音楽理論の一部を取り込んでいる。以下にはこれらについて簡単に説明する。

- 小節
1 小節の長さは 4 拍子 (=2000msec) と設定し、2000 以上になると音を区切るように設定した。
- 調性
調性を長調と短調に分け、ハ長調からロ短調までの 14 調と通常の音調の 15 パターンを選択できるようにした。
- 休符
音量の値が 0 となる音符を休符とした。
- テンポ
4 分音符を 60~240 の範囲で操作できるようにした。
- エコー
生成したサウンドの音量を減衰させ、少し遅れて出力させるという操作をある一定時間再帰的に繰り返すようにした。
- 音色
MIDI 音源内に登録されている楽器は 128 種類あり、選択できるようにした。

4 ICAS シミュレータ

本研究では、サウンドの生成において重要な大規模カオスのパラメータをカメラを用いて人間の動きを画像情報として入力し、音高・音長・音量を自由に操作でき、人間とコンピュータのインタラクションを向上させた ICAS シミュレータを構築する。図 3 にシミュレータの外観を示す。

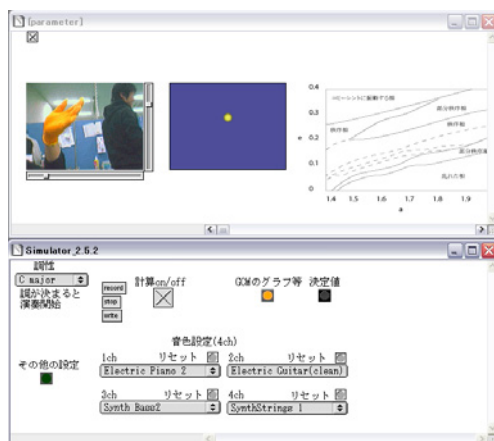


図 3: ICAS シミュレータ

本システムにおいては、人間の動きを映したカメラ画像から手の位置を色抽出により算出し、この値を各種パラメータの制御に用いた。オペレータが手を速く動かせばパラメータの変動を大きくし、動かさなければ変動しないようにし、オペレータに負荷のかからないインターフェイスとなるように工夫した。このアミューズメント効果を検証するために Cycling'74 社が開発した音楽プログラムソフト "MAX/MSP4.5 & Jitter" を用

いて ICAS シミュレータを作成し、音高・音長・音量のパラメータ a, e をリアルタイムにオペレータに操作させた。これにより生成されたサウンドを楽譜にしたものを図 4 に示す。楽譜を見る限りでは、比較的複雑な音楽のようなサウンドを生成できているといえる。しかしながら、今回の実験では、音高・音長・音量のカオス状態が常に同時に変動するようにしたため、あまり劇的なサウンドの変化を創り出すことができなかった。また、オペレータがパラメータを変化させることに意識が行き過ぎたため、生成されたサウンドを十分に聴くことができていなかったようで、思いどおりにサウンドを生成することは困難であることも分かった。



図 4: ICAS により生成されたサウンドの楽譜

5 結言

本研究では大規模カオスである GCM を用いて音高・音長・音量の同期・非同期制御が可能な ICAS を構築した。さらに画像情報を用いることで、人間とコンピュータのインタラクションを向上させ、パラメータ制御においてアミューズメント効果の導入を試みた。本システムにより比較的音楽に近いサウンドを生成することが可能になったことが分かった。

今後の課題として、現在のインターフェイスの改良や他のインターフェイスとの併用などで、さらなるインタラクション、アミューズメント効果の向上が期待できる。

参考文献

- [1] 平野 砂峰旅, "大域結合カオスのコンピューターミュージックへの応用," 音楽情報科学研究会, MUS-14-7 (1996)
- [2] 畝見 達夫, ダニエル・ビシグ, "群れオーケストラ: 群れ行動と鑑賞者の視覚的相互作用による音楽の試み," 計測自動制御学会 第 11 回創発システム・シンポジウム「創発夏の学校」ポスター発表 (2005)
- [3] 山本 昌幸, 前田 陽一郎, "大規模カオスを用いたインタラクティブ感性サウンド生成システムへの音楽的要素の導入," 第 21 回ファジィシステムシンポジウム, pp.280-285 (2005)
- [4] 金子 邦彦, "多様形を生み出すカオス," 日経サイエンス, pp.34-41 (1994)