

# ネットワーク及びマルチエージェント環境における音響と楽曲の生成

小林良穂<sup>†</sup> 魚住勇太<sup>†</sup>  
<sup>†</sup>慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科  
ryo@sfk.keio.ac.jp isana137@sfk.keio.ac.jp

本稿では、コンピュータネットワーク上に構築されたマルチエージェントシステムと、独自の音響処理技術の適用によって実現する音響・音楽制作手法を提案する。従来のコンピュータを用いた音楽演奏環境では、動的な変化を持った音楽構造の生成は実現困難な課題であった。本稿で示されるマルチエージェントシステムを用いた音楽生成手法では、演奏者とエージェントとの関係及びエージェント間の相互作用により、これらを可能とする。また、このマルチエージェントシステムの拡張としてのコンピュータネットワークの利用、さらには、時間/周波数領域表現を用いた音響処理技術を利用した音響生成手法について述べる。

## Sound and Music Generation in Computer Network and Multi-Agent Environment

Ryoho Kobayashi<sup>†</sup> Yuta Uozumi<sup>†</sup>  
<sup>†</sup>Keio University Graduate School of Media and Governance

This paper presents a sound and music generation system realized by constructing multi-agent system on a computer network and using original sound synthesis techniques. For existing musical performances using computer, it is difficult to generate musical constructions involving dynamic transitions. The music generation method this paper proposes realizes these dynamic transitions, by utilizing the relationships between a performer and a virtual agent and the interactions between the agents of the multi-agent system. Moreover, as an extension for this multi-agent composition system, this paper presents applications using computer networks and original audio signal processing techniques.

### 1. はじめに

西洋調性音楽では、厳格な理論とコンセプトに基づいた、一人の作曲家による徹底したトップダウンのアプローチが歴史的に根幹を成している。しかし、近年のコンピュータサイエンスの発展は、音楽の分野にも様々なパラダイムシフトをもたらしている。

本稿では、複雑系科学におけるシミュレーション技法であるマルチエージェントシステムをコンピュータネットワーク経由で用い、そこに先端的な音響信号処理技術組み合わせることで、既存手法では実現困難であった動的なアプローチによる音響及び楽曲の生成手法を提案する。

マルチエージェントシステムでは、事前に音楽要素を定義し、エージェントとして相互作用させる。また、このシステムは複数人による実時間操作に適しているため、従来手法では難しかったコンピュータネットワーク上でのコラボレーションの実現の可能性が存在する。このフレームワークの中で、無数のパラメータやタイミングなどの複雑な文脈が生成

可能である。

これにより得られる種々の振舞いを、時間/周波数領域での音響信号処理に適用することにより、時間及び周波数領域で複雑な変化を持ちつつ、組織された音響の合成が可能となる。

本稿の提案するシステムは、Mac OS X上で動作するオリジナルのアプリケーションによるマルチエージェントシステムの構築と、Max/MSP/Jitterによる音響/画像処理によって実現されている。また、これらのパラメータの受け渡しにはOpenSound Control (OSC) [1] が用いられており、汎用のコンピュータ・ネットワーク上での自由な接続が可能である。

### 2. マルチエージェントシステムを用いた動的作曲

これまで、複雑で緻密なシステムは、複雑なオブジェクトや数式からのみ構成されうると考えられてきた。これは、高度に計算された複雑な設計を、時間をかけて行う必要がある、ということの意味する。しかし、クレイグ・レイノルズによるBoids[2]の例に

もあるように、実際には複雑で動的な振舞いをして  
いるシステムが、実は構成要素間の単純なアルゴリ  
ズムによって生み出せることが明らかになっている。

本稿の提案システムに用いられるマルチエージェント  
システムは、魚住の開発したアプリケーション  
ソフトウェア gismo[3]を利用したものである。この  
システムでは、楽曲の構成要素をエージェントとみ  
なし、それらを相互作用させ、その過程における創  
発や自己組織化を利用して、楽曲の全体構造を構成  
する。

## 2.1 モデルフレームワーク

マルチエージェントシステムの研究分野において、  
既に様々なモデルが提案されている[4]。本システム  
ではシンプルなモデルである簡易生態系モデルを採  
用し、状況を視覚情報によって直感的に理解でき  
るようユーザに提供する。これにより、ユーザの介  
入を容易にし、エージェント間の相互作用だけでなく、  
ユーザとシステム間の相互作用を可能としている。

採用モデルは、エージェント同士が「補食/非補  
食」の関係で結ばれ、追う、逃げるといったインタ  
ラクションが発生するという非常にシンプルなもの  
である。各エージェントは、それぞれ独自の視界、  
サイズ、移動速度を持ち、以下のルールに従って振  
舞う。

1. コンピュータ画面上の2次元仮想空間に投入さ  
れたエージェントはランダムに空間内を浮遊す  
る。
2. 視界内に別のエージェントを捉えたと、自分と  
相手の大きさを比較し、相手の方が小さければ  
追いかけて補食しようとする。逆に大きければ  
逃避し、生存を図る。
3. 追いついた場合、捕食者は対象をかじる。捕食  
者は相手をかじることでサイズが大きくなり、  
さらに多くのエージェントを補食することが可  
能になる。逆にかじられればサイズが小さくな  
り、補食対象の選択肢が減少する。一定サイズ  
以下になるとそのエージェントは死滅する。

非常にシンプルな構成であるものの、条件判断や  
ポジティブ・ネガティブフィードバック[5]、選択肢  
の増減など、必要な要素は保持されている。また、  
サイズ、移動速度、追跡/逃避といった視覚的な要  
素に基づく振舞いが起こるため、ユーザの直感的の  
状況把握と介入が可能となる。

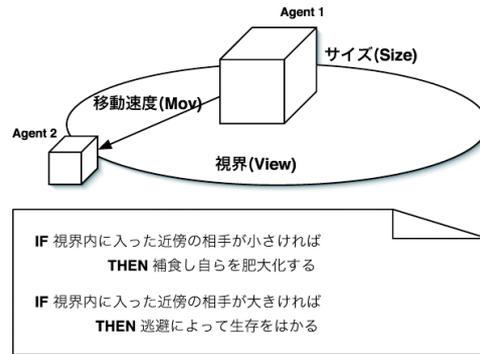


図 1 Multi-Agent Composition System (gismo)  
フレームワーク

## 2.2 インターフェイス及び操作方法

本システムの採用する Multi-Agent Composition  
System用のアプリケーション gismoのインターフェ  
イス構成及び基本的な操作方法是以下の通りである。

### 1. WorldView

ソフトウェア上の仮想空間の様子を表示する。  
この中でエージェント同士の様々な振舞いが視  
覚化されて表示される。

### 2. PaletteInterface

新しいエージェントの主な定義が簡便に行える  
ようになっている。「+」で示されたボタンをク  
リックすることで初期パラメータを格納したエ  
ージェントの種が自動的に追加される。ユーザ  
はこのパラメータを必要に応じて変更し、エ  
ージェントを自由に設計できる。また、定義した  
エージェントのパラメータはいつでも修正可能  
である。

### 3. AgentPutButton

PaletteInterfaceで設計したエージェントを仮想  
空間上に投入する。同じ定義を使用して複数の  
エージェントを投入することが可能で、ボタ  
ンを押した回数だけ、PaletteInterfaceで選択された  
エージェントが投入される。

### 4. AgentEditor

仮想空間上に投入されたエージェントは、  
PaletteInterface を用いずに、このAgentEditorを  
用いて個別に操作可能である。パラメータの  
変更は瞬時に仮想空間上のエージェントに反映  
される。

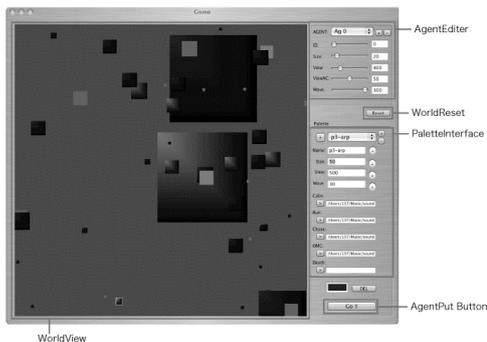


図 2 Multi-Agent Composition System (gismo) インターフェイス

### 2.3 コンピュータネットワークを介した通信機能

Multi-Agent Composition System用のソフトウェア gismoは、OSCを用いたパラメータの受け渡しが可能であり、コンピュータネットワークを介した複数台のコンピュータによるコラボレーションが実現する。

これにより、仮想空間上のエージェント間、エージェントと実空間のユーザ間だけでなく、複数のユーザ間のインタラクションが加わることにより、より複雑かつ動的な文脈の生成が可能となる。

また、本システムにおける音響合成部分との接続のために、以下のパラメータを、OSCを用いて送信する。

1. 各エージェントのID
2. 各エージェントの位置座標
3. 各エージェントのサイズ
4. 補食状態を示すトリガー信号

各エージェントの位置およびサイズは、エージェントの振舞う仮想空間の大きさとその比によって与えられる。これにより、パラメータの意味内容が抽象化され、音響合成部分での設計の自由度を高めている。

補食状態を示すトリガー信号は、エージェントが自分よりも小さなエージェントに追いついた場合(補食状態)を知らせるために送られる信号である。

## 3. 音響信号処理

gismoから送られたパラメータは音響信号処理プログラムに適用され、リアルタイムで音響を合成する。

音響信号処理及び、それらの制御用画像処理はMax/MSP/Jitter [6][7]によって実装されている。

### 3.1 周波数分析とソノグラム表示

本システムでは、Sonographic Transformations [8]に基づいた音響処理が用いられている。ユーザによって選ばれた任意の音響素材を短時間フーリエ変換(STFT) [9]によって分析し、時間/周波数領域での音響処理を行う。分析された音響素材はソノグラム表示によって画面上に示され、その上にgismoからの各エージェントの情報が重ねて表示される。

### 3.2 音響処理過程

1. マルチエージェントシステム(gismo)側で音響処理用コンピュータのIPアドレスを指定し、パラメータを送る。
2. 音響処理用コンピュータで動作しているMax/MSP/Jitterのプログラム上では、受信した各エージェントの位置(中心点)を球体で表示し、サイズを、球体を取り囲む円として表示する。また、補食状態を示すトリガー信号を受け取った場合には、該当するエージェントを明るく光らせる。
3. ユーザが選んだ音響素材をソノグラムに変換し、画面右から左へ連続的に移動させる。この際、画面右辺を現在の入力として、リアルタイム処理を行う。
4. 2及び3で得られる、エージェントの振舞いと移動するソノグラムを重ねて表示させる。
5. トリガー信号を受けた「補食状態」のエージェントの中心点を中心周波数とし、エージェントのサイズに対応する周波数範囲を合成し、出力する。

これらの処理によって得られる効果は、それぞれバンドパスフィルタによって加工された、複数のディレイラインの合成に相当する。

ただし、合成のためのパラメータがマルチエージェントシステムによって動的に変化しているため、激しい時間変化を伴った音響が合成される。

補食状態にあるエージェントの上下の移動は、バンドパスフィルタの中心周波数の変化を意味し、補食/非補食によるサイズの変化はバンド幅に対応している。

また、合成される時間位置(ディレイタイム)は、

移動するソノグラムとエージェントの位置によって決定される。

捕食状態のエージェントが横軸方向に対して静止している場合は、入力音響信号と同じ速さの音響が合成される。エージェントが左右に移動している場合は時間伸縮を起こし、ソノグラムと同方向に同じ速さで移動した場合には、入力音響信号の特定の時間位置を合成し続ける。また、エージェントの動きがソノグラムの移動よりも速い場合には、逆再生の効果が得られる。

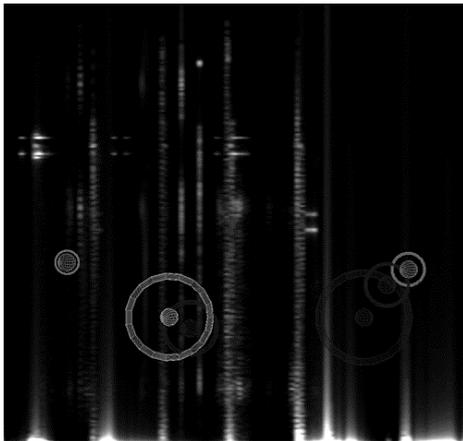


図 3 音響処理画面

#### 4. おわりに

本システムにより、マルチエージェントシステムを用いた音楽構造の生成と、それらを利用した時間／周波数領域でのリアルタイム音響信号処理が実現した。

これは、コンピュータネットワーク上でのマルチエージェントシステムの利用という、コンピュータサイエンス分野で注目される技術の、音響表現への応用の試みと考えられ、今後様々な発展が考えられる。

第一に検討されるのは、より高度な音響処理技術の適用である。

本システムに採用されたソノグラムを利用した音響処理は、小林の開発するリアルタイム音響処理ソフトウェアSquawk [10]に発想を得たものであり、このソフトウェアでは、8種類のエフェクトを利用したSonographic Transformationが利用可能であり、非常に柔軟な音響処理を実現している。

マルチエージェントシステムから送られる動的な

パラメータの処理や、処理の効率化などの問題を解決することで、本稿で提案した音響処理部分に代わり、より強力なツールとして機能することが期待される。

また、コンピュータの処理速度や実験環境の問題から、未だ十分に試みられていないが、多人数でのコラボレーションによる演奏や、多人数による遠隔地からの操作の可能性について検討することにより、本システムの有用性と、表現ツールとしての可能性を示すことができると考えられる。

#### 参考文献

- 1) Matthew Wright, Adrian Freed, Ali Momeni, "OpenSound Control: State of the Art 2003". In Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression 2003, pp. 153-159, 2003.
- 2) Craig W. Reynolds, "Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model". In SIGGRAPH 1987 Conference Proceedings, pp. 25-34, 1987.
- 3) Yuta Uozumi, "Gismo: An Application for Agent-Based Composition". In Proceedings of the International Computer Music Conference 2005, pp. 817-820, 2005.
- 4) 山影進, 服部正太編, "コンピュータのなかの人工社会 - マルチエージェントシミュレーションモデルと複雑系". 構造計画研究所, 2002.
- 5) 宮崎誠一, 宮崎仁, "パソコンで学ぶ自動制御の応用学 第2版". CQ出版株式会社, 1993.
- 6) Cycling '74 Max/MSP, <http://www.cycling74.com/products/maxmsp/>
- 7) Cycling '74 Jitter, <http://www.cycling74.com/products/jitter/>
- 8) Curtis Roads, "Microsound". MIT Press, 2001.
- 9) Jont B. Allen, "Short Term Spectral Analysis, Synthesis, Modification by Discrete Fourier Transform". IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol.ASSP-25, pp. 235-238, 1977.
- 10) Ryoho Kobayashi, "Squawk: A Graphical Software for Spectral Signal Processing". In Proceedings of the International Computer Music Conference 2006, pp. 724-727, 2006.