

## エージェントを用いた感性協調型合奏システム

川端純一 才脇直樹 辻本浩章 西田正吾

大阪大学基礎工学部システム工学科

〒560 豊中市待兼山町1-3

Tel.(06)853-6382

E-mail:kawabata@nishilab.sys.es.osaka-u.ac.jp

本論文ではエージェントを用いた感性協調型合奏システムについて述べる。本研究は演奏に含まれる感性的情報をコンピュータに扱わせ、人間-コンピュータ間のより深い協調を目指す試みである。より親密な協調を実現するためにユーザの好みや心理状態のような感性的情報に注目し、それらを考慮に入れた感性協調モデルを構築した。このモデルにおけるエージェントの心理状態は「心理的ポテンシャル」という意図と状況の関係から算出されるパラメータで表現される。プロトタイプシステムとして人間とエージェントが合奏するシステムを構築し、評価実験によりユーザはエージェントとの競演を楽しむことができた。

## Cooperative Performance System based on Agents

Jun'ichi Kawabata, Naoki Saiwaki, Hiroaki Tsujimoto, Shogo Nishida

Department of System Engineering, Faculty of Engineering Science, Osaka University

1-3, Machikaneyama, Toyonaka, Osaka 560 JAPAN

Tel.(06)853-6383

E-mail:kawabata@nishilab.sys.es.osaka-u.ac.jp

This paper describes the cooperative performance system based on agents. We aim more intimate cooperation between human and the computer by getting it to deal with the information on feelings which is included in the concert. To realize such cooperation, we take notice of the information on feelings, such as user's personal taste and mental state, and then propose the model of cooperation considering those feelings. In this model, emotional factors of agents are expressed by mental potential, which is estimated based on the relation between the agent's behavior and the situation. The prototype system of creating a musical ensemble was developed and it was confirmed that users were satisfied with playing together with agents.

### 1. はじめに

近年、コンピュータが個々の人間の個性や独自性を尊重しつつ、ユーザをサポートすることが求められている[1]。またこれとは別に、システムをより知的にふるまわせるためのエージェ

ントに関する研究も活発に行われている[2][3][4]。そこで本研究では、エージェントを用いて人間とシステムのより自然な協調の実現を目指している。そのためにはルールと知識に基づいた

論理的情報だけでなく、ユーザの好みや心理状態などの感性的情報も考慮する必要がある。前者についてはこれまで多くの研究がなされてきたが、後者は注目されることが少なかった。本研究では特に後者に注目し、感性的情報を用いたモデルを提案する。このモデルでは各エージェントに「心理的ポテンシャル」と名付けた仮想的心理状態を表現するパラメータを持たせた。それは各エージェントの意図と外界の状況の関係から動的に算出され、協調意思決定に寄与する。

ここでは感性的協調作業の一例として音楽をとりあげ、人間とエージェントが合奏を行うプロトタイプシステムを構築し、感性協調型エージェントの有効性を検証した。

## 2. 感性協調系のモデリング

### 2.1 感性協調モデル

感性的情報には以下のような特徴がある。

- ・個人差
- ・あいまい性
- ・多義性
- ・状況依存性

従来のコンピュータが扱ってきた情報の多くは論理的推論の対象であり、このような性質を持つものは除外されてきた。

しかし、協調をより自然なものにするためには、ルールと知識に基づいた論理的情報のみならず、ユーザの好みや心理状態などを表す感性的情報も考慮しなければならない。ところが先に挙げたような感性的情報の特性から、論理的操作のみによって客観的かつ合理的な整合結果を得るのは難しい。そこで次の三つの概念を用いて感性協調系をモデリングする。

#### 1) パラレルな状況認識及び各々の満足度

人やそれぞれのエージェントが客観的に見てそれぞれがどのような状況にあるかを、外部か

ら一元的に評価するのではなく各々が自分自身どのような状況にあると認識しているのか。

#### 2) 各々の意図

各々が、認識した状況をどのように変化させることを望んでいるのか。

#### 3) 各々の状況操作

2) で望む変化を引き起こすために、それぞれがどのような意思表示手段を用いるか。

このモデルにおける協調は、異なる複数の意図によって与えられる状況操作から生じるコンフリクトを、各々の満足度がバランスよく増大するように状況そのものを変化させることによって整合・解消することで実現される。以上の概念に基づいて構築した感性協調モデルを図1に示す。

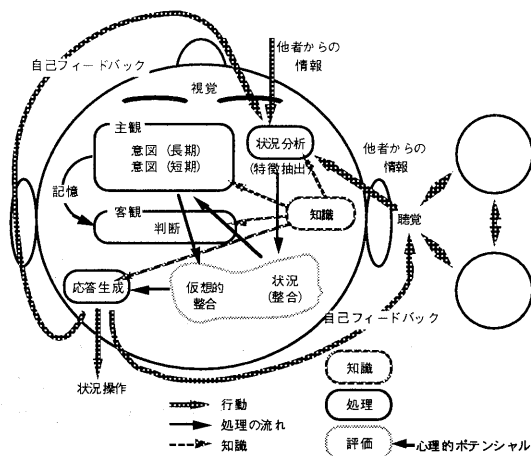


図1 感性協調モデル

まず外部から来る他者のふるまいに関する情報と、自己のふるまいとの相互関係を分析し、その特徴を抽出することを状況認識と定義する。その状況に対して次にどのような応答するかを心理的ポテンシャルを用いて各々が主観的に決定する。この主観的意図の決定に際しては、現在の状況に対する他者の次の行動が予測され、考慮される。そして各々のふるまいが仮想的に整合された結果をもたらすような応答が生成される。ここで状況分析、主観的意図決

定、客観的行動判断、応答生成の処理は自身の知識に基づいて行われる。

こうした感性協調モデルは、最終的に一意で静的な解（状況）に安定するわけではなく、刻々変化しながら局所的に協調の実現した安定状況が出現することが予測される。つまりリアルタイム性やインタラクションを持つことが特徴であり、これらが個人差や状況依存性を吸収してシステムを安定させつつ、次の変化の引き金になるというダイナミックな協調を行うところが従来の協調型システムとは大きく異なるところである。

## 2.2 心理的ポテンシャル

感性協調系における心的状況は、各々のエージェントの中に仮想的に構築される。その一手法として、自身の振るまい（意図）と状況の関係から算出される「心理的ポテンシャル」を提案する。感性協調モデルにおける状況評価や整合のとれた意思決定は、心理的ポテンシャルを用いて行われる（図2）。

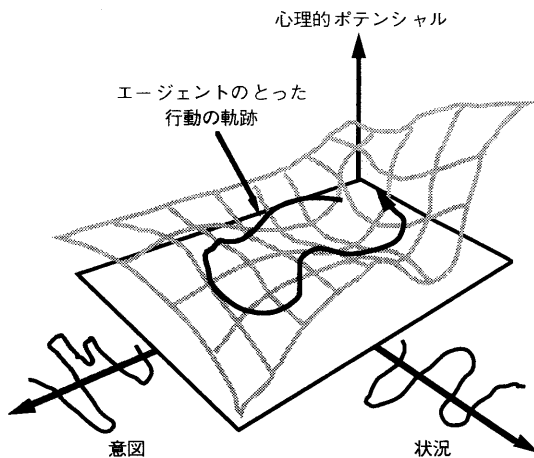


図2 心理的ポテンシャル

心理的ポテンシャルには「ストレス」と「盛り上がり」の二つの側面がある。ストレスは状況に対する満足度であり、状況が予想されたもの、つまり起こる確率が高いものならばストレスは小さくなり、逆に予想外で確率の低いもの

では大きくなる。盛り上がりはテンションの高低を表すもので、理論的に盛り上がると考えられるときにプラスされ、盛り下がるときにマイナスされる。この二つの組合せで心理状態が表現され、それを具体的に計算した値が心理的ポテンシャルである。

## 3. エージェントの構成

各エージェントは図3のように三部から構成されている。

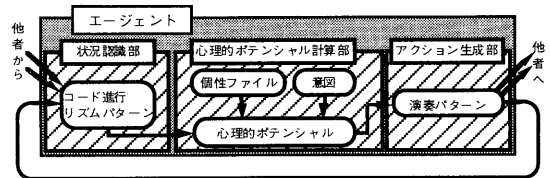


図3 エージェントの構成

### 1) 状況認識部

ここではエージェントに入力された情報の特徴を抽出することで、そのエージェントがおかれている状況を認識する。合奏における状況を表すものにはコード進行やリズムパターンなどがある。

### 2) 心理的ポテンシャル計算部

状況認識部で得られた状況をもとに心理的ポテンシャルの値が計算される。合奏における心理的ポテンシャルは、例えばリズムを変えるときの人間のフィーリングの役割を果たす。

また心理的ポテンシャルの計算におけるその他のパラメータの値、各要素の重み付けを「個性ファイル」と呼び、エージェント毎に異なったものが与えられている。それらの値は音楽理論をもとに決定する。個性ファイルの違いにより同じ状況に対する応答に違いが生じるため、この部分でエージェントの個性が実現される。

### 3) アクション生成部

エージェントが次にとるアクションは、この部分で心理的ポテンシャルを閾値として用いて

リアルタイムで決定，生成される．閾値により生成されるリズムパターンやフレーズが変わる．

#### 4. システム構成

エージェントの有効性を検証するため，ユーザとエージェントが合奏を行うプロトタイプシステムを構築した．システムの概要を図4に示す．ここではピアノ，ドラム，ベースという3人によるセッションを取り上げ，ユーザがシンセサイザを演奏し，二つのエージェントはドラム（エージェント1）とベース（エージェント2）を担当する．そして合奏時におけるユーザーエージェント間，エージェントーエージェント間の協調を目指す．

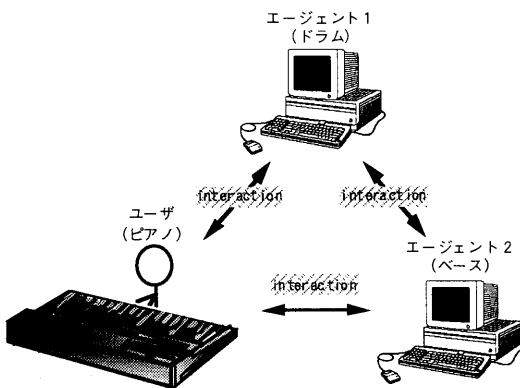


図4 システムの概要

エージェントはユーザの演奏からコードとコード進行を抽出することでユーザの心理状態を認識する．その結果に応じて出力をリアルタイムに生成し，それがエージェントの演奏となってユーザに与えられる．またエージェントどうしでは，ベースはドラムの演奏からフィルインの長さを抽出し，それに応じて自身のストレスを解消し，出力を生成する．またドラムはベースの演奏から1小節内の音数を抽出し，それに応じた出力を生成し演奏する．このような三者の相互関係を図5に示す．ベースは，心理

的ポテンシャルのストレス度が小さく盛り上がり度が大きいときは音数の多い激しい演奏をし，逆の場合は音数の少ない静かな演奏をする．またドラムは，ストレス度が小さく盛り上がり度が大きいときは短いフィルイン，逆の場合は長めのフィルインを入れる．

このように，ユーザ，ドラム，ベースの三者間に相互関係があり，それらが他者の演奏を聴いて独立に自分の演奏を決定し，互いに影響を与えることで演奏の雰囲気さまざまに移り変わっていき，それに応じて再び三者が協調して演奏が進められていく．

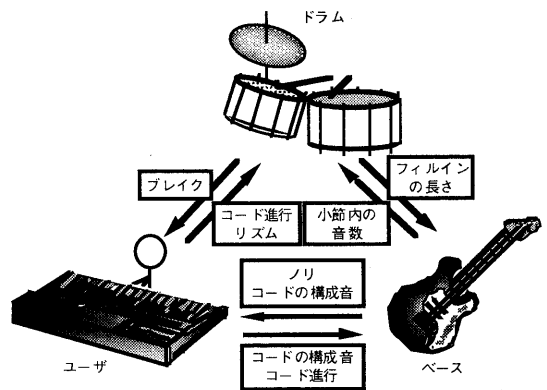


図5 三者の相互関係

#### 5. 実験と結果

前節で構築したシステムを用いて評価実験を行った．例として「C-G-Am-F-C-G-F-C-Am-Em-F-C-C-G-F-C」というコード進行を与え，それに対して各パートがどのような応答を返すかを調べた．

各パートの感情は演奏を通して伝わるため，協調の完成度も全体としての演奏の雰囲気から判断される．しかし，それだけでは客観的評価が難しい．そこでベースの感情は小節内の音数，ドラムの感情はフィルインの長さに表れていることに注目し，演奏の雰囲気に対するそれらの時間的推移を用いて定量的評価を試みた．

### 条件1) 三者間とも協調がない場合

この条件では各パートは状況判断を行わず自身の知識のみに基づいて演奏する。従ってユーザの演奏の雰囲気に変化があっても、ベースの演奏に変化がつきにくく、小節内の音数の変化も少ない(図6)。またドラムに関しては機械的に同じ長さのフィルインを入れるだけになっている。さらにドラムのフィルインによるベースラインの変化や、ベースの音数増減によるドラムのフィルインの変化もない。そのため演奏に面白味がなく、ユーザの飽きも早い。

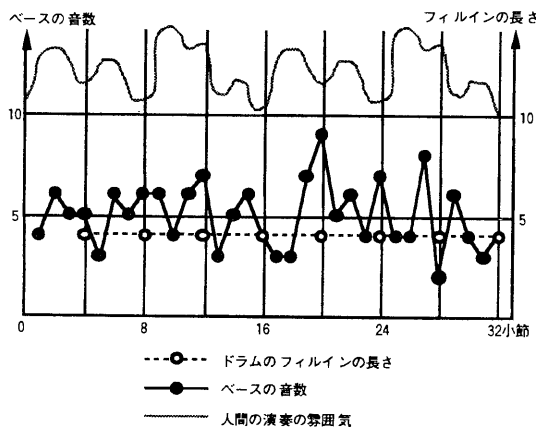


図6 条件1の結果

### 条件2) ユーザーエージェント間のみ協調をさせた場合

エージェントどうしの協調は考えないため、図7に示されるようにベースは自身のストレスを解消することができず、演奏が進むにつれて音数の少ない状態に陥る。また、ドラムもベースの演奏を聴かないため、ユーザの演奏の雰囲気にあった長さのフィルインしか実行しない。従ってベースの単調な演奏のブレイクを喚起する長めのフィルインを入れない。このような場合、演奏の初期はユーザも楽しめるが、演奏が長くなると雰囲気に変化がつきにくくなり飽きが来る。

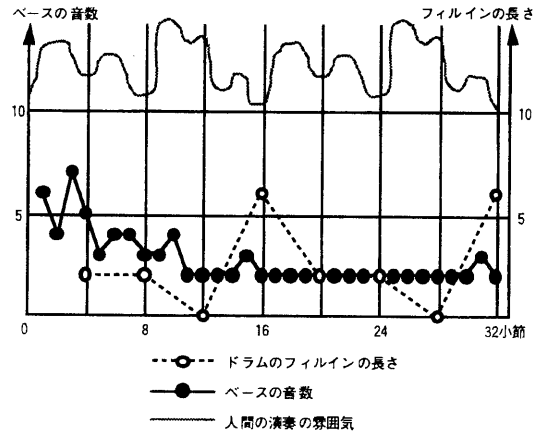


図7 条件2の結果

### 条件3) 三者間の協調を実現した場合

ベースはユーザの演奏の雰囲気が盛り上がるところで音数の多い激しい演奏をし、逆に雰囲気が盛り下がるところでは音数の少ない落ち着いた演奏をしている(図8)。またドラムも同様に、ユーザの演奏が盛り上がるところでは短めのフィルイン、盛り下がるところでは長めのフィルインを入れている。ドラムの長めのフィルインのあとにはベースの演奏に顕著な音数の変化が見られる。またドラムはベースの音数が少なくなると長めのフィルインを入れていることがわかる。このように三者が相互に影響を与えあうことにより、同じような演奏パターン

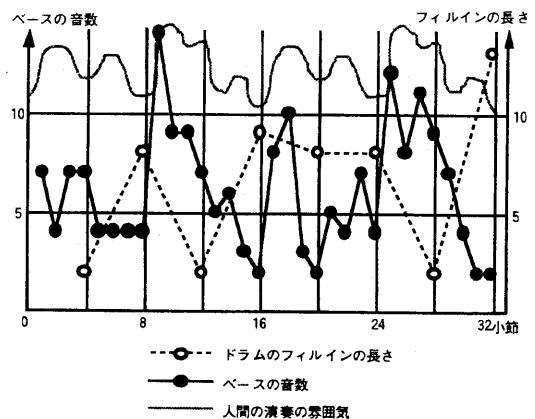


図8 条件3の結果

でも雰囲気はさまざまに変わり、それによってユーザの興味が刺激されて、長時間の演奏を楽しむことができる。

以上の三つの実験から、三者間の協調を考えた場合が優れていると考えられる。

## 6. まとめ

本研究では、エージェントを用いた感性協調型合奏システムを構築した。プロトタイプシステムを用いて実験を行ったところ、ユーザはエージェントとの競演を楽しめたことが確認された。

以下は実験から得られた結果である。

- 初心者はエージェントとの合奏を楽しむことができた。
- 演奏に熟練した人は、最初のうちはエージェントとの合奏を楽しめるが、10分ぐらいで興味を失ってしまう。なぜならエージェントの演奏パターンが予測できるようになるからである。
- ベースはドラムよりも興味深い演奏パターンを生成させるのが難しい。ベースにはさまざまな音楽的側面があり、今回のように演奏生成に簡単なルールしか用いていない場合、ユーザに与える満足度はベースよりもドラムのほうが高い。

またより良い協調を実現するための課題を挙げる。

### 1) 状況を表すパラメータの増加

現在のシステムでは状況を表すパラメータとして、ユーザの各コード間のつながりの強さ、ドラムの4小節毎にはさまれるフィルインの長さ、ベースの小節内の音数しか考慮していない。しかし他にも状況を表す要素は多い。例えば音量やテンポの速さなどが挙げられる。このような要素を増やすことでより現実に近い状況

が得られる。

### 2) 動的に変化する個性の実現

現在のシステムは個性ファイルで個性を与えているが、これはあらかじめ値を与えておく必要がある、またシステムが演奏している間に変更することができない。しかし、これらを状況からのフィードバックでリアルタイムに改変できるようにすれば、状況に応じて変化する心理状態やさまざまな個性ををより適切に表現することができる。

### 3) 評価方法の検討

協調の完成度は演奏を通してしか判断できないため、その判断にも感性が大きく関与している。感性による評価では個人差が大きく、客観的な判断ができない。そこで、定量的な評価法確立する必要がある。

## 参考文献

- [1]井口他:"感性情報処理", 1章, オーム社 (1994).
- [2]石田他:"特集「エージェントの基礎と応用」にあたって", 人工知能学会誌, Vol.10, No.5 (September 1995).
- [3]M. Minsky:"The Society of Mind", Simon and Schuster, New York (1987).
- [4]M. R. Genesereth, S. P. Ketchpel:"Software Agents", Communication of the ACM, Vol.37, No.7, pp48-53 (July 1994).
- [5]和氣他.: "テンションパラメータを用いた協調型自動演奏システム: JASPER", 情報処理学会論文誌, Vol.35, No.7 (July 1994).
- [6]R. Rowe:"Interactive Music System", The MIT, Press (1993).