

# いきが合うインタラクティブミュージックシステム

東京工業大学大学院 総合理工学研究科

小林 洋平 山本 知仁 三宅 美博

## 1. はじめに

音楽を何人かの人と演奏するとき、またはコンサートなどで多くの人達と盛り上がる時、我々は一体感を感じたり同じ時間、同じ場所を共有している気持ちになることがある。しかし、カラオケで歌うときや、CDで音楽を聴くときにはそのような一体感や共有感を得ることは難しい。我々はその理由として、人間同士の演奏、生演奏による音楽は双方向的であるのにもかかわらず、カラオケやCDなどの人工システムはただ一方的に音楽を提供していることにあるのではないかと考えた。そこで、我々はそのような人工システムに双方向性を取り入れ、一体感や共有感を感じられるシステムの開発に取り組んでいる。ここで、一体感や共有感という主観的な体験を再現する場合、それをシステム上でどのように実現するかが問題になる。そして我々が注目したのは、音楽のリズム性と人間の持つリズム性である。特に人間の方に関しては呼吸に注目した。一体感や共有感が得られるときには音楽のリズムと人間の呼吸のリズムに何らかの一致、つまりいきが合うような現象が見られるのではないかということである。

## 2. いきが合う伴奏システムの開発

### 2.1 目的

いきが合った伴奏を目指すにあたり、その必要条件として我々は演奏者同士の演奏テンポの相互作用と、それによる演奏の同期が重要と考えた。この相互作用をモデル化して伴奏システムに実装し、これにより人間といきが合った演奏装置の実現を目指していく。

### 2.2 システムの実装

我々は人間の演奏と機械の演奏を下記のような位相振動子の相互引き込みモデルにより表現することとした。

$$\begin{aligned} \dot{\theta}_1 &= \omega_1 + \xi_1 \sin(\theta_2 - \theta_1), \\ \dot{\theta}_2 &= \omega_2 + \xi_2 \sin(\theta_1 - \theta_2), \end{aligned} \quad (1)$$

ここで  $\theta_1$  は機械の演奏者の位相、 $\theta_2$  は擬似的な人間の演奏者の位相であり演奏位置に対応する。 $\omega_1$ ,

$\omega_2$  はそれぞれの演奏者の固有のテンポであり機械側はあらかじめ設定されている。 $\xi_1$ ,  $\xi_2$  はそれぞれの結合係数であり他者の演奏からの影響の受けやすさを表す。これにより機械の演奏は人間の演奏とテンポを相互に対応させることができる。

我々は図1のような伴奏システムを開発し、このモデルを実装した。このアプリケーションはWindows上で動作しMIDIを用いて演奏を行なう。このアプリケーションはSMFフォーマットのデータを解析し再生する[1]。人間の演奏が入力されるとその時刻における演奏位置から対応する音符を検索し、それとのずれが位相差としてモデルに代入される。

このアプリケーションは図2のようなシステムで人間と演奏を行なう。アプリケーションが行なった演奏はMIDI信号として提出され、MIDI音源によりスピーカーから再生される。人間の入力とはさまざまな方法で認識することができ、MIDI信号による入力を解析したり、図3のようにWAVE入力を用いてリアルタイムの音入力に対してそのアタックとピッチを併用することにより認識することができる[3]。これらはすべてサウンドブラスターを介して行ない、他に

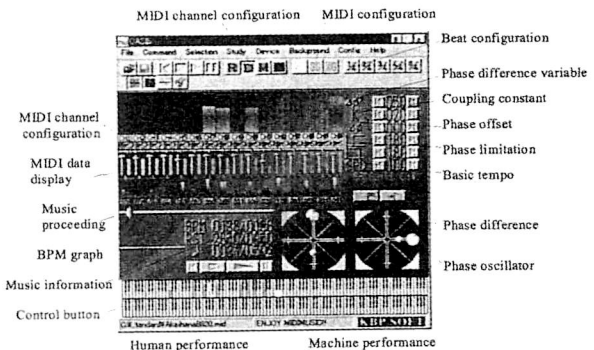


図1 アプリケーション

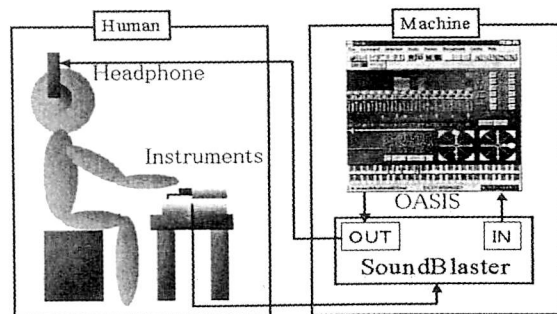


図2 システム構成

### Symphazized Interactive Music System,

Tokyo Institute of Technology, Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering,  
Yohei Kobayashi, Tomohito Yamamoto and Yoshihiro Miyake

特殊なインターフェースは必要としない。

このシステムを用いて人間と演奏を行なったところ、図4のように相互作用のある方が演奏のずれが少なくより同期した安定な演奏が実現できていることが分かった。

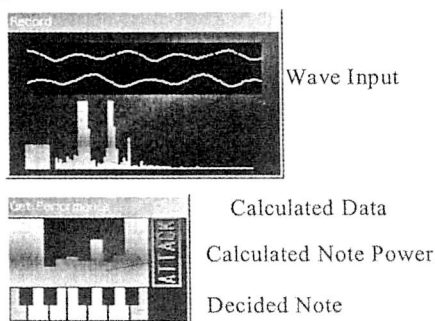


図3 WAVE入力

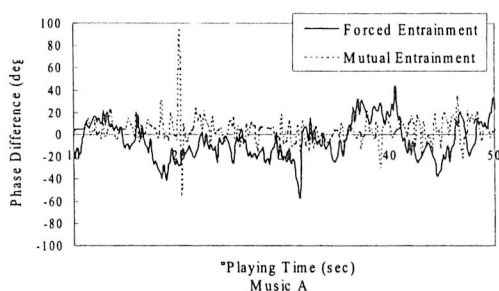


図4 演奏時のずれの時間発展

### 3. いきが合うメディアプレイヤーの開発

#### 3.1 目的

生演奏を良く感じる原因の一つとして、我々は演奏者の小節周期と聴取者の呼吸周期の相互作用に注目し解析を行ってきた[4]。その結果として、両リズムの間で相互引き込みが示唆され、図3のように両周期が引き込みことがわかった。我々はこの結果より、生演奏時における一体感や共有感が、音楽と呼吸の一致に関係があると仮説し、演奏者の音楽と聴取者の呼吸の一致を再現するシステムを構築することとした。

#### 3.2 システムの実装

我々は演奏者の小節周期と聴取者の呼吸周期の関係

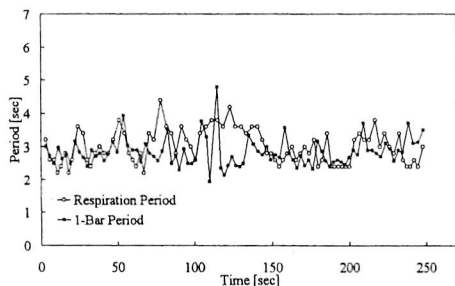


図5 生演奏時の呼吸周期と小節周期の時間発展

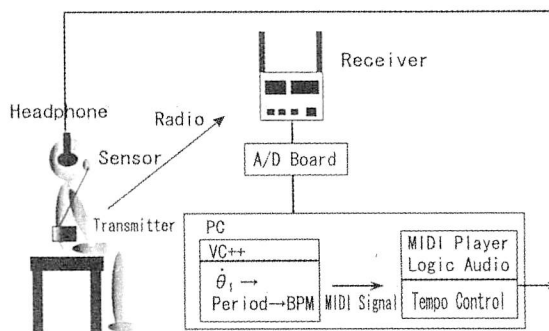


図6 システム構成

を近似するモデルとして、(1)式と同様の位相振動子の相互引き込み系を用いることとした。

ここで $\theta_1$ は擬似的な演奏者の位相である。 $\omega_1$ は固有のテンポであり、これは演奏する音楽から算出する。相互作用項にかかる $\xi_1$ は結合係数であり、この値を大きくすれば擬似的な演奏者は聴取者の呼吸に合わせようとし、小さくすればあらかじめ設定されたテンポで演奏しようとする。 $\theta_2$ は聴取者の呼吸の位相であり、これを計測データから算出する。 $\omega_2$ は聴取者の呼吸固有振動数、 $\xi_2$ は聴取者における結合係数であり、この二つは聴取者の内的なものである。

実装したシステムの概要が図5のようになる。聴取者の呼吸はサーミスタセンサを鼻腔に装着して計測され、得られたデータからその位相が算出される。その値と式(1)を用いて擬似的な演奏者側の位相、周期が計算される。音楽の演奏は別のMIDIプレイヤー(emagic:Logic Audio platinum Ver 3.5)を用いて演奏われ、システムは算出した周期をBPMデータに変換しリアルタイムにMIDIプレイヤーに送る。変化を加えられた音楽を聴取者が聴き、また呼吸が変化するというように相互作用し、両リズムの間で相互引き込みを生じさせることができる。

#### 参考文献

- [1] 新井純, "SMFリファレンスブック"リットーミュージック, 1996.
- [2] 蔵本由紀, 川崎恭治, 山田道夫, 甲斐昌一, 篠本修, "パターン形成" 朝倉書房, 1991.
- [3] 東英司, 橋本周司, "音声認識とピッチ検出を併用した歌声の自動伴奏" 音楽情報科学22-1, 1997
- [4] T. Yamamoto, and Y. Miyake, "Analysis of Interaction in Musical Communication and Its Modeling," Proc. of 2000 IEEE International Conf. on Systems, Man, and Cybernetics, pp.763-768, Nashville, U.S.A, 2000.
- [5] F. Haas, S. Distenfeld and K. Axen, "Effects of perceived musical rhythm on respiratory pattern," J. APPL. PHYSIOL., Vol.61, NO.3, pp.1185-1191, 1986.
- [6] 古浦一郎, 心理学的考察「いきが合う」, 北大路書房, 1990.
- [7] A.J. Bongers, "Interaction in multimedia art," Knowledge-Based Systems, Vol.13, pp.479-485, 2000.