

アンサンブルシステムにおける共創的インタラクションの再構成

東京工業大学 総合理工学研究科 知能システム科学 ○小林 洋平, 三宅 美博

Reconstruction of Co-create Interaction in Ensemble System

○Yohei KOBAYASHI and Yoshihiro MIYAKE Tokyo Institute of Technology

Abstract: The ensemble between humans is better than that of machine. Humana Co-Create new performance through the ensemble. However, the ensemble between human and machine is always the same. The one of the reason of above mentioned is, the existence of an interaction between performers. There is the interaction between humans, but there is only one-sided effect from machine to human. In this research, we use mutual entrainment between human and machine to realize human like ensemble, and evaluate the importance of interaction and effectiveness of mutual entrainment.

1. はじめに

近年の音楽機器の発達により、人間の演奏が機械に置き換えられることが多くなりつつある。例えばカラオケのような機材は、人間の伴奏を機械が行なうことにより手軽に演奏を楽しめるようにしたものである。しかし、人間同士のアンサンブルと人間と機械の演奏を比較すると、人間同士の演奏が優れており、いかに機械の演奏を人間に近づけるかが課題となっている。

機械の演奏が人間に及ばない一つの理由として、相互作用の有無が考えられる。人間同士のアンサンブルでは演奏者間に相互作用が存在するため、お互いが相手の演奏を聞きながら協調することができる。しかし、機械と演奏する場合では、機械の演奏が変化しないため人間が一方向的にその演奏にあわせなければならず、協調した演奏が困難になる場合がある。特に創出性という点に着目した場合、人間同士のアンサンブルではお互いの演奏が変化するために新しい演奏が生み出されることがあるが、機械と人間の演奏では機械の演奏が常に一定であるため創出性に乏しいという問題がある。

2. 目的

前章の問題を解決する方法として、人間と機械の間に相互作用系を構成することが考えられる。先行研究においても、人間の演奏モデルを推定するなどして機械に応用し、相互作用系を構築し人間同士のアンサンブルに近づけるといことも提案されている。¹⁾このような方法が有効という報告もあるが、実際人間同士のアンサンブルをどこまで再現できたのか、また創出的な演奏が行なわれたのか、など相互作用系の有効性までについては検証されていない。²⁾

そこで我々は、相互作用系の構築の有効性を検証すると共に、どのような相互作用が人間らしい創出的なアンサンブルに有効であるかを調べるため、人間同士の演奏、従来までの機械演奏、相互作用系を構成した演奏を比較し、今後のアンサンブルシステムの構築への指針とする。

3. 実験方法

我々は簡単な相互作用系として、人間側と機械側の演奏の時間発展を以下のような位相振動子を用いた引き込みによってモデル化する。³⁾

$$\dot{\theta}_m = \omega_m + K_m \cdot \sin(\theta_h - \theta_m) \quad (1)$$

$$\dot{\theta}_h = \omega_h + K_h \cdot \sin(\theta_m - \theta_h) \quad (2)$$

ただし、 ω_m と ω_h は、それぞれ機械側と人間側の固有振動数であり、 θ_m と θ_h は、それぞれ機械側と人間側の位相である。また、 K_m と K_h は、それぞれ機械側と人間側における、相手側の振動子との結合強度を表わしている。このとき、固有振動数 ω が大きいほど演奏されるテンポは速くなり、小さいほどテンポは遅くなる。位相 θ は、楽譜上の演奏位置に対応するものとし、 θ の値が増えると演奏が進行する。さらに、結合強度 K は共同演奏における位相差からの影響のされやすさに対応している。カラオケのような一方向的な演奏機器では $K=0$ であり、常に固有振動数と同じ一定の基本テンポで演奏が行なわれるが、双方向的システムでは $K_m > 0$ を用いることにより、時々刻々と相互適応しつつみかけの演奏テンポが時間発展することに特徴がある。

我々は人間同士の演奏、従来までの機械演奏、相互作用系を構成した演奏を比較するため以下のような実験状況を設定した。一つはお互いの演奏が直接相手に送られる状況である(状況A)。もう一つはそれぞれの演奏者が個別に我々の構築したシステムと演奏される状況である(状況B)。最後にそれぞれの演奏者が相手の単独演奏を録音したものと個別に演奏するものである(状況C)。我々は音楽演奏で10年以上の経験がある4人の被験者のすべての組み合わせにおいて上記の実験を行ない、客観的な計測としてお互いの位相差の時間発展を記録し、主観的な計測として以下のような指標でアンケートを行なった。

- a): 相手と同期して演奏できたか?
- b): 相手の演奏が人間らしかったか?
- c): 即興性、創出性はあったか?

これらの指標で各状況について最もよかったもの、悪かったもの、中間として3種類の順位付けを行なわせた。

4. 実験結果

Fig. 1はそれぞれの状況における演奏者間の位相差の時間発展であり、時間の進行とともに位相差が変動していることが分かる。Fig. 2はこれらの変動を評価するために標準偏差を算出しまとめたものである。グラフ中のA, B, Cはそれぞれ状況A, 状況B, 状況Cに対応している。これらの状況の間に有意な差が認められた($p < 0.05$, ANOVA)。各状況間では状況Cとほかの状況間について有意な差が見られ($p < 0.05$, LSD)。状況Aと状況Bの間には有意な差は見られなかった($p > 0.5$)、このことは、状況Cのみ演奏があまり同期していないことを示している。

一方、Fig. 3はアンケートの各項目に対する演奏者から

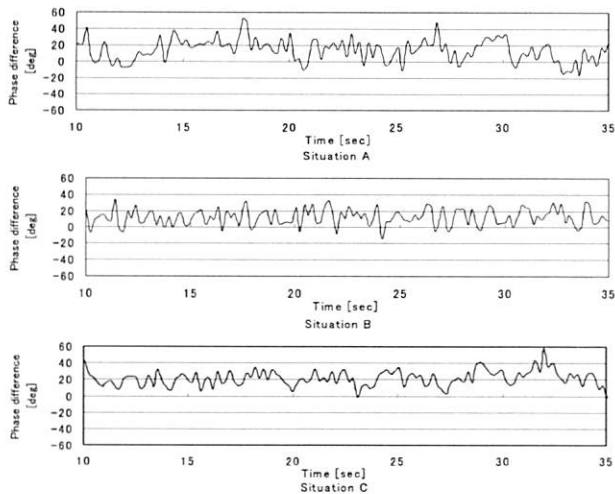


Fig.1 Temporal development of phase difference in each situation

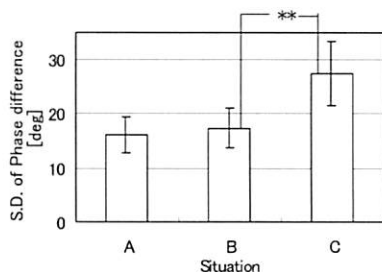


Fig.2 S.D. of phase difference in each situation

得られた解答を各項目ごとにまとめたものである。それぞれの状況のうち、状況Aと状況Cの間に有意な差が見られ($p < 0.05$)、状況Aと状況Bの間では有意な差が見られなかった($p > 0.5$)。

5. 考察

実験結果より、従来までの機械演奏に相互引き込みを用いた相互作用を適用することによって、従来より人間同士のアンサンブルに近づくことができたことが分かる。特に位相差の結果から、このような相互作用が協調した演奏を行なう上で不可欠であることが示されている。このことは演奏者の主観にも反映されており、同期ばかりでなく人間らしさや創出性についても相互作用の有効性が示されている。しかし、相互作用を適用することによって人間の演奏に近づけることはできたものの、完全に人間の演奏を再現するまでには至っていない。特に、位相差の結果では状況Aと状況Bはほぼ同じであるのに対して、主観的結果ではやはり人間同士のアンサンブルが最もよく、相互作用を適用しただけではそれに及ばないことが分かる。

今回このような差が出た理由として、適用した相互作用系の有効性の問題が考えられる。今回我々が使用した相互作用が引き込みという単純なものであるため、人間の演奏を再現しきれていない可能性がある。このような違いは位相差の標準偏差というような統計量だけではなく、時間発展などによっても評価する必要があると考えられる。Fig. 1の我々のシステムと人間同士の時間発展をスペクトル解析するとFig. 4のような結果を得ることができるが、人間同士の演奏では低周波成分ほど強いパワーを持つフラクタル性を持ったスペクトル成分を示すのに対して、我々の用いたシステムではこのフラクタル性が

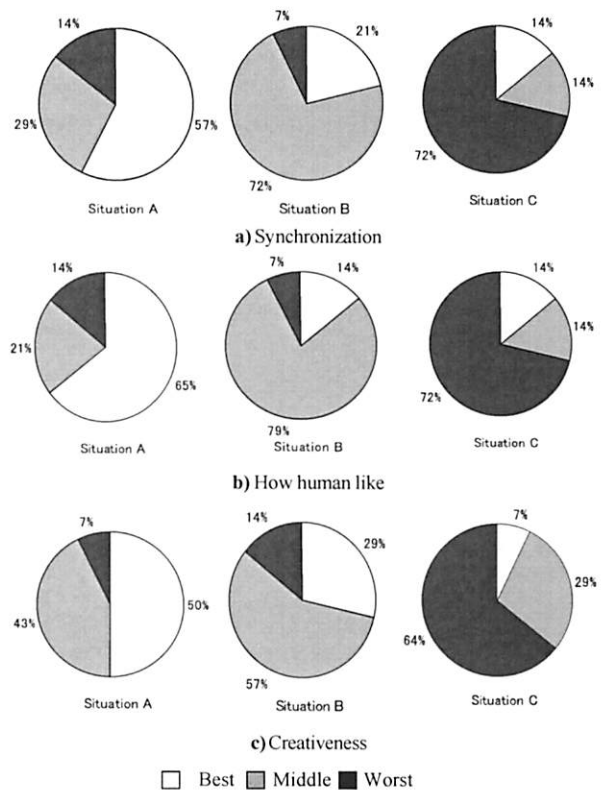


Fig.3 Ratio of evaluation

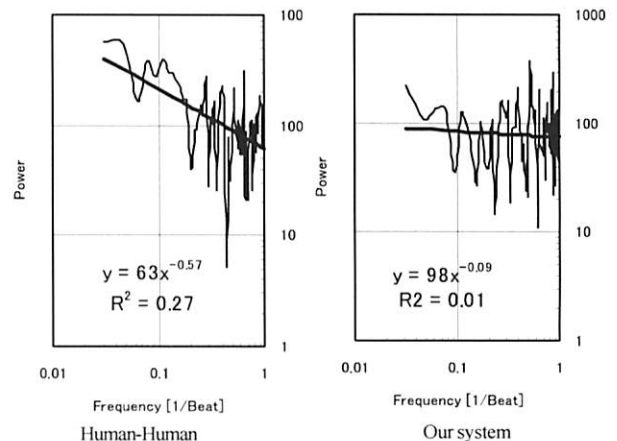


Fig.4 Power spectrum of phase difference

失われている。この問題は、我々の構築した相互作用系の特性に起因するものであり、今後は単純に相互作用を適用するだけでなく、その時間発展などのダイナミクスも考慮した上での改善が必要と考えられる。

参考文献

- 堀内, 坂本, 市川: 合奏における人間の発音時刻制御モデルの推定, 情報処理学会論文誌, Vol. 43, No. 2, 260/267 (2002)
- Y. Kobayashi and Y. Miyake: New Ensemble System based on Mutual Entrainment, Proc. of 2002 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2002), Hammamet, Tunisia, 1045/1048(2002)
- 蔵本, 川崎, 山田, 甲斐, 篠本: パターン形成, 朝倉書房 (1991)