

階層化された相互引き込みモデルを用いたアンサンブルシステム

京都産業大学経済学部○小林洋平, 小田宗兵衛,
東京工業大学総合理工学研究科知能システム科学, 三宅義博

New Ensemble System Based on Hierarchical Mutual Entrainment Model

○ Yohei KOBAYASHI, Sobei H. ODA, Kyoto Sangyo Univ.
Yoshihiro MIYAKE, Tokyo Institute of Technology

Abstract: A realization of human like ensemble system is the complex problem. For example, the technique of human performer is not well known yet and therefore the application of such a technique to the machine is difficult. In this research, we use system based on hierarchical mutual entrainment model and show the effectiveness of our proposal, and show one of the solution of what is human like.

1. 研究背景

人間らしさを目指すアンサンブルシステムの開発には、さまざまな問題を総合的に解決することが求められる¹⁾。特に、単なるインタラクションだけでなく、音楽的コミュニケーションまで実現するのは非常に困難である。これらは大別すると、それは解析的な問題、実装の問題、そして評価の問題である。解析的な問題については、実際の人間同士の演奏を計測し、その演奏がどのような基盤にしたがって成り立っているかを調べたものや²⁾、さらにはモデル推定にまで踏み込んだものもある³⁾。しかしながら、人間はブラックボックスであるため、ここで得られる知見は推定や研究者自身の意味づけに頼るしかない。実装の問題については、解析結果をいかにシンプルなモデルとして縮約し、アンサンブルとして有効に機能するかを考えなければならぬ。しかし多くの場合は人間の演奏者を主体として考え、それに対していかにモデルが追従できるかが目的となっており、人間らしさという方向性とは異なっている^{4),5)}。同時に評価の問題についても、モデルがどの程度演奏の円滑さに寄与しているかはよく調べられているものの、人間らしさについては扱えていない現状にある⁶⁾。

2. 目的と方法

このようにアンサンブルシステムの現状は前途多難といわざるを得ないが、より最近の研究においては人間らしさを前面に押し出した研究もなされてきている^{7),8)}。我々もこれまで、人間らしさを目指すアンサンブルシステムの実現に向けて研究を続けてきた⁹⁾。本予稿では音楽演奏におけるリズムという観点から、その最新の研究結果を示すとともに、アンサンブルの人間らしさとは何かという問題の解答のひとつを示すものである。

我々は本研究において Fig.1 のような提案システムを用いる。このシステムを動作させるモデルは、短周期の相互作用を行う下位モデルと長周期の相互作用を行う上位モデルであり、それぞれ以下のような位相振動子の相互引き込みモデルとして用いる。

$$\dot{\theta}_m = \omega_{pm} = \omega_m(1 + K_m \sin \phi_m) \quad (1)$$

$$\omega_m = \omega_{0m} \left(1 + A_m \int_{t=0}^t \sigma \sin \phi_m dt\right) \quad (2)$$

このうち ω_p はみかけの振動数であり、実際の演奏速度

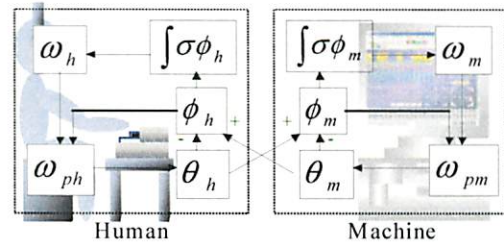


Fig.1 Our new proposal system.

である。つまり演奏位置である位相 θ は ω にしたがって単調増加する。一方、 ω_p は固有振動数であり、システムの内部状態である。 ω_0 は基準振動数であり、あらかじめ適切な数値を与える。 ϕ が外部から影響を受ける位相差であり、お互いの演奏者の位相差 $\theta - \theta$ が ϕ としてフィードバックされる。 K, A はそれぞれの結合係数である。つまり、お互いの演奏位置のずれが上記のモデルに従って K, A の割合で演奏速度に反映されると解釈すればよい。我々はこのモデルを Windows 上で動く MIDI アプリケーションソフトとして実装し、入力装置としては MIDI キーボードを、出力装置としてはステレオヘッドフォンからの音楽再生による提示を用いた。詳細は参考文献を参照していただきたい⁹⁾。

3. 実験

我々は、提案システムの人間らしさを評価するために、Fig.2 に示すような 4 種類の状況 A ~ 状況 D を設定し、チューリングテストをすることを試みた。まず状況 A では二人の人間が直接演奏を送り、一般的な人間同士のアンサンブルを行わせた。次に状況 B ではあらかじめ録音しておいた単独演奏を、別個に演奏者に提示してそれと共同演奏させた。我々の提案システムは状況 C と状況 D である。これらの状況では人間の演奏者は個別に我々の提案システムと演奏を行う。状況 C は $K_m=0.2, A_m=0$ で演奏を行い、状況 D は $K_m=0.1, A_m=0.1$ で演奏を行う。つまり、状況 C では下位モデルのみで動作し、状況 D では上位モデルも加える。

我々は 2 回のチューリングテストによってこれらの状況における相手演奏者の人間らしさを評価させた。これらのテストは、ピアノ演奏の特別な教育を 10 年以上受けた、20 歳代の女性音大生 4 人(右利き)が参加した。まず前半のテストでは、状況 A, 状況 B, 状況 C について順不同比較を

行った。それぞれ最も人間らしかったもの、中間、最も機械らしかったもの、に各状況を分類した。被験者は実験中も実験後も、自分がどの状況にあるかを知る方法をもたない。後半のテストでは同様の評価を状況A、状況C、状況Dについて行った。各演奏について、演奏者間の位相差の時間発展を記録した。

4. 結果

Fig.3に評価結果を示す。Fig.3aは前半の評価結果であり、Fig.3bは後半の評価結果である。これらと比較すると、まず前半後半を通して状況Aが最も人間らしかったことがわかる。また前半においては状況Bが最も悪く、後半においては状況Cが最も悪いことがわかる。つまり人間らしさの評価の順位付けはA>D>C>Bである。このうち有意に差があったのはAとBの間であり、AとCの差は後半の評価にのみ有意に認められた($p<0.05$,ANOVA)。また位相差の標準偏差を比較したところ、Fig.4のように状況Bだけが有意に大きな値を持つことがわかった($p<0.05$,ANOVA)。さらに、状況A,C,Dにおいて、位相差の標準偏差には有意な差はなかったものの、ゆらぎのフーリエ解析を行いスペクトルの傾向を調べたところ状況Cだけが有意にスペクトルの傾向がホワイトノイズに近く、他は1/fゆらぎに近くなっていることがわかった。

5. 考察

我々の提案システムは、実際の人間の演奏を録音したレコーダーよりも有意に人間らしさを演出することを可能にした。前半の結果から示されるように、状況Cのような下位モデルだけでも改善が見られ、相互引き込みのような比較的単純な力学モデルでも有効であることがわかる。さらに上位モデルを加えると有意に人間に近くなる。これは上位モデルが下位モデルではあつかいきれなかった作用関係を補っていると考えられる。客観的な指標から考察すると、まず状況Bのような場合では位相差の標準偏差が大きいことから、演奏者間の演奏の同期が比較的とれていないということになる。つまり、相手と同調できない演奏は、たとえそれが元々人間の演奏であっても人間らしさを失わ

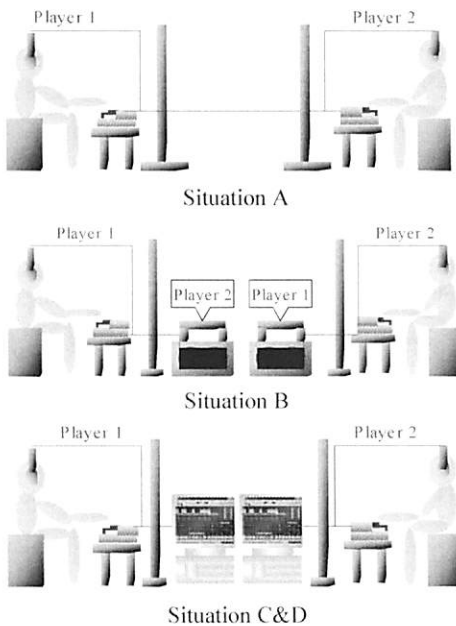


Fig.2 Our new proposal system.

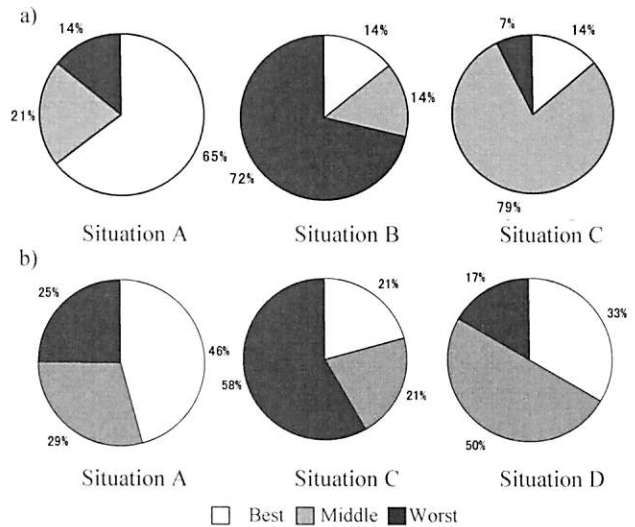


Fig.3 Ratio of evaluation in each situation.

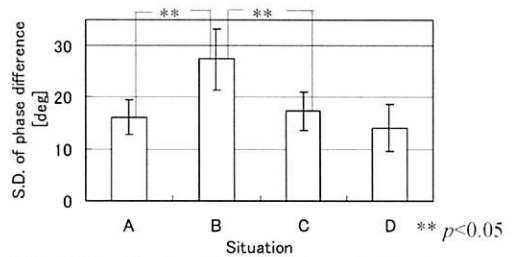


Fig.4 S.D. of phase difference in each situation.

せるようである。さらに残りの状況の中で、状況Cだけがスペクトルの形状が大きく異なっていた。つまり演奏のダイナミクスの差が人間らしさに関係し、1/fゆらぎのようなフラクタル性を持った複雑さが必要なのである。またこの結果は、下位モデル、上位モデルがそれぞれ短周期、長周期の相互作用を行うことからも裏付けられる。

6. 結論とまとめ

本研究では人間らしいアンサンブルシステムの開発と、その一つの方法および指標を提案した。我々の提案するシステムがより人間らしさを演出できたこと、そしてその背景には演奏者間の演奏が同期すること、なおかつそのダイナミクスに適度な複雑さが織り込まれている必要があることを示した。今後、この結果や方法が他の指標についても応用できることを期待する。

参考文献

- 1) 長島, 橋本, 平賀, 平田: コンピューターと音楽の世界, 共立出版 (1998)
- 2) 山本, 三宅: 共同演奏における演奏者間コミュニケーションの解析, SICE論文集, 40-5, 563/572 (2005)
- 3) 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, 43-2, 260/267 (2002)
- 4) P.Desain, H.Honing and H.Heijink: Robust Score-Performance Matching: Taking Advantage of Structural Information, Proc. of ICMC, 337/340 (1997)
- 5) L.Grubb and R.B.Dammenberg: A Stochastic Method of Tracking a Vocal Performer, Proc. of ICMC, 301/308 (1997)
- 6) 井上, 橋本, 大照: 適応型歌声自動伴奏システム, 情報処理学会論文誌, 37-1, 51/56 (1998)
- 7) 堀内靖雄, 坂本圭司, 市川稔: 合奏時の人間の演奏制御の分析・推定, 情報処理学会論文誌, 45-3, 690/697 (2004)
- 8) 瀧陽, 橋本: 一定の主従関係を持たないインタラクティブな自動伴奏システム, 情報処理学会第60回全国大会講演論文集, 243/244 (2000)
- 9) 小林, 三宅: 階層化された相互引き込みモデルに基づくアンサンブルシステム, SICE論文集, 41-8, 243/244 (2005)