

共同演奏における階層的コミュニケーションの解析

東京工業大学・総合理工学研究科 ○小林豊, 三宅美博

Analysis of Hierarchical Communication in Cooperated Performance

○ Yutaka KOBAYASHI, Yoshihiyo MIYAKE Tokyo Institute of Technology

Abstract: In this study, we measured the temporal development of hitting time and body motion of player to investigate the mechanism of interaction of cooperated musical performance. And we analyzed their dynamics as stationary process and as non-stationary process. The results revealed that Hitting lag and variation of hitting lag correlates with variation of hitting cycle. From this result, existence of hierarchy between short period and long period was suggested.

1. はじめに

人の内面から考えた時間における現在というものは、一時点あるいは過去と未来の境界線などではなく、今・現在として主観的なある程度の幅を持って進んでいる^[1]。このような心理的現在と呼ばれる、ある種曖昧とも取れる時間軸の上で、私たちは様々な時間を介した創出的なコミュニケーションを成し遂げている。

人間同士のコミュニケーションを科学的な立場から扱おうとすると、文脈依存性の問題や主観と客観の評価の違いなどの困難が常に存在するが、状態を定常と仮定したり、周期的な問題として扱うなどして解析が試みられている。例として、堀内ら^[4]は人間同士の演奏をずれからの影響に注目し解析を行っている。また小林ら^[5]は、非線形振動子を用いたモデルを計算機に実装し、人間との相互作用型の演奏を実現するシステムを構築した。

しかし、これらコミュニケーションの研究は解析において主観的な視点が不十分である。冒頭で述べたような、心理的現在における主観的なまとまり感の生成に注目されていない。

時間に注目した音楽の認知的な研究は以前から行われていて、リズムは時間上のゲシュタルトだと考えられている^[2]。また、人は音系列をいくつかに詳化して認識すると言われており、主観的リズムと呼ばれている^[3]。このように、知覚認知の研究では主観的な側面の重要性が示唆されてきた。コミュニケーションの解析においても主観的な側面を考えることがより本質であると考えられる。また、生成・創出という観点からも対象とする系が定常であるとは考えにくい。つまりは音楽コミュニケーションは何かしらの階層構造を持ち、その相互作用から非定常な系が生じると考える方が自然である。

本研究では解析対象として、音楽の共同演奏に注目する。客観的に設定する指標から、課題とする楽曲に明示されていない情報が抽出されたり、被験者毎の個体差が現れれば、より主観的な側面を捉えたといえるのではないだろうか。それにより、人間の音楽コミュニケーションにおける協調機構の時間的な創出過程を解析する。

2. 実験手法

2.1 手法概要

本研究では人間のコミュニケーションにおける協調機構を調べるため、2者の共同演奏の打鍵された時刻を計測し解析する。課題曲は平均率クラヴィア曲集第1巻第1曲プレリュード(BWV846, Bach)とする。演奏者は、ピアノ教育を15年以上受けた3名の学生(右利き)である。この3名を2人1組として3組で実験を行った。

2.2 実験システム

実験システムを図1に示す。演奏は2台の電子ピアノ(Roland:RD-600)を用い、音はスピーカー(ONKYO:GX-R3)を通じて両者に提示する。演奏はMIDI信号としてMIDIシーケンサ(PC)に記録する。

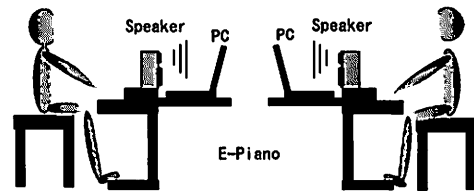


Fig.1 Experimental system

2.3 解析指標

計測は両奏者の n 番目の打鍵時刻 $t_A(n)$, $t_B(n)$ を計測する。そこから、打鍵間隔 $t_A(n+d)-t_A(n)$, $t_B(n+d)-t_B(n)$ より打鍵周期(Hitting cycle) $c_A(n)$, $c_B(n)$, さらにその変化量(Hitting cycle variation) $c_{vA}(n)$, $c_{vB}(n)$ を得る。また両者の打鍵時間差 $t_A(n)-t_B(n)$ から打鍵ずれ(Hitting Lag) $l_A(n)$, $l_B(n)$, その変化量(Hitting lag variation) $l_{vA}(n)$, $l_{vB}(n)$ を算出する。奏者が決定するのは打鍵周期であり、相手との関係より定まるのが打鍵ずれである。そこで打鍵ずれ、打鍵ずれの変化量と、打鍵周期の変化量との関係を相関解析する。

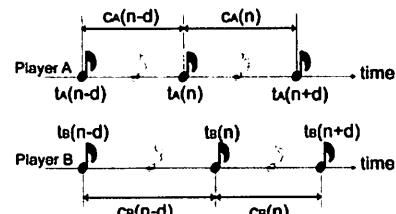


Fig.2 Definition of measurement indexes

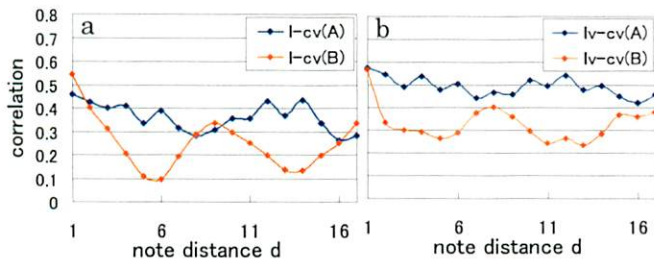


Fig.3 Correlation coefficient of each index at each d
 a. Hitting lag and variation of hitting cycle
 b. Variation of hitting lag and variation of hitting cycle

3. 結果

3.1 定常解析

相関の打鍵間隔 d への依存性を図 3 に示す。この結果より、打鍵ずれとの相関よりも打鍵ずれの変化量との相関の方が概して相関が高い。この結果は先行研究とも合致する^[3]。また奏者 B についてより顕著なのだが、打鍵間隔 d に対する依存性がはっきりと見えている。

またその依存性に関して長時間スケールで特徴的な d があると考えられる。これらの結果は、演奏位置の近傍を解析していた先行研究では報告されていない点である。

3.2 短時間相関解析

ここで示唆されたものがどのような振る舞いをするのかを調べるために、短時間相関解析を行った。

3.2.1 窓長の決定

時間窓を用いた解析を行うにあたり、窓長を適切に決めることが重要である^[6]。また一般的に、音楽には $1/f$ ゆらぎがあることが知られている。 $1/f^\beta$ 型のスペクトルを持つということは、周波数とパワーの構造が統計的な自己相似性を持つことでもある。そこで、少なくとも統計的自己相似性の破綻点まではなんらかの機構が存在すると考え、その破綻点を窓長とする。そこで、 $1/f$ 性が確認されている心拍揺らぎの解析^[6]で有効に用いられた例もある、Detrended Fluctuation Analysis(以下 DFA)を導入する。DFA を適用した結果、概ね $n \leq 90$ において統計的自己相似性を持つことがわかった。

3.2.2 窓を用いた解析結果

打鍵間隔 d による変化が考えられる打鍵ずれからの相

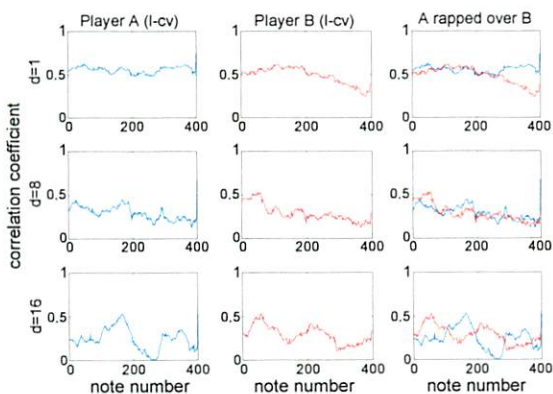


Fig.4 Temporal development of correlation

関の特徴を捉えるために、解析結果において打鍵間隔 d 方向での断面を図 4 に示す。打鍵間隔が小さい時は概して相関が強く、大きいときは相関に変動性が現れた。

4. 考察

曲全体について打鍵間隔を変えて時間スケールの異なる相関を解析した。その結果、打鍵間隔 d に依存した長周期でのまとまり感が現れた。さらにこの相関の変動は被験者個体間で差のある振る舞いを見せた。

また短時間相関解析より、打鍵ずれからの相関は打鍵間隔 d とともに振る舞いが変化していた。より短い周期での相関は安定していて、より長い周期での相関では時間に対する変動性が現れた。ここでさらに注目すべきは両奏者の相関の変動性で、図 4 からわかるように相互に振る舞いが反転しているのが伺える。ごく近い過去からの影響は、主観的な要素があまり見えず単純で自動的に働いており、比較的離れた過去からの影響は、主観的な要素が支配的となって 2 者間で創出的な振る舞いを見せていると考えられる。これらは、時間スケールでの短周期と長周期という階層性の存在を示唆するものである。

また、時間知覚の神経生理学的基盤に関する検討も行われている^[6]。最近では fMRI 等を用いて時間知覚に関係する脳の領域が示されてきた。Lewis(2003)は、時間知覚に関連した小脳の賦活は間隔の短い自動的処理によく報告されるとしている。このような知見から考えると、今回示唆された時間的階層性において、より短周期で自動的な働きは小脳に関係していると思われる。今後はこの結果を踏まえ、示唆された階層性に注目して解析を進めていきたい。

5. おわりに

本研究では、2 人の音楽コミュニケーション機構を調べるために協調演奏の解析を行った。結果、短・長周期という時間スケールでの階層性の存在が示唆された。また短時間相関解析の結果から、示唆された階層構造の動的な振る舞いが抽出された。今後は結果をより統合的に解釈し、協調演奏の内部モデルの構築を目指したい。

参考文献

- [1] 松田: 心理的時間; 北大路書房, (1996).
- [2] Frasse, P.: Rhythm and tempo; The Psychology of music, 149-180, In D. Deutsch, N.Y.: Academic Press, (1982).
- [3] 小林: 相互引き込みモデルを用いたアンサンブルシステムの開発; SICE 学会論文誌, vol.40, (2004).
- [4] 堀内靖雄: 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, (2004).
- [5] R. B. Ivry: The Cerebellum and Event Timing; Ann. N.Y. Acad. Sic. 978, 302-317, (2002)
- [6] P. Ch. Ivanov: From $1/f$ noise to multifractal cascades in heart beat dynamics; Chaos, 11-3, 641/652, (2001).