

手拍子を付加した場合の演奏者-聴取者間相互作用の解析[†]

山本 知 仁*・藤 井 倫 雅*・三 宅 美 博*

Analysis of Interaction between a Player and a Listener with Handclap[†]

Tomohito YAMAMOTO*, Norimasa FUJII and Yoshihiro MIYAKE*

In this study, to investigate the mechanism of interaction between a player and a listener, we measured the performance and respiration of a player and the handclap and respiration of a listener. The results suggested that synchronization between music rhythm and handclap rhythm and synchronization between both respiration rhythms were changed by tempo structure of music. From the results, we proposed the new model that consisted of double control loop.

Key Words: music, respiration, handclap, live performance, interaction

1. はじめに

人と人とのコミュニケーションにおけるリズムの同期現象は、Condonらの研究¹⁾を始めこれまで研究されている。われわれはその中でも、音楽を介するコミュニケーションにおける同期現象にこれまで注目し解析してきた^{2),3)}。本稿では、新しく行なった演奏者-聴取者間コミュニケーションに関する実験結果について報告する。先行研究²⁾では、演奏者と聴取者の間の作用関係が双方向的であること、演奏者の演奏リズムと聴取者の呼吸リズムに間の相互引きこみ現象があることが示唆された。しかしながら、その研究では演奏者の演奏と聴取者の呼吸のみを計測したため、演奏者-聴取者間の相互作用の仕組みについては言及することができなかった。そこで本研究ではその仕組みを具体的に調べるために、聴取者の手拍子と演奏者の呼吸の計測を追加し、また楽譜情報が違う二つの曲を用いて、生演奏における演奏者-聴取者間の相互作用の解析を行なった。

2. 実験手法

2.1 実験手順

演奏者にはピアノ歴15年以上の大学院生2人(25,27歳,男性)、聴取者には大学院生3人(22~23歳,男性)が参加した。使用した楽曲は以下の2曲である。

- ・曲A: 平均率ピアノ曲集第一集1番(J.S.Bach作曲,33小節)
- ・曲B: Energy Flow(坂本龍一作曲,36小節:実験用に原曲の形を崩さない程度に楽譜を操作してある)

演奏、呼吸の計測は前回の実験²⁾と同じ形式で行なった。聴取者の手拍子は電極線を手に貼り付けて検出した。実験は、聴取者が演奏に対して伴奏の1,3拍目に手拍子を入れるという形式で、一曲につき3回連続して行なった。また、呼吸と手拍子の計測精度は0.02sec、演奏の計測精度は0.04secである。

[†] SICE 学術講演会(SICE 2002)で発表(2002・8)

* 東京工業大学総合理工学研究科 横浜市緑区長津田町 4259

* Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, 4259 Ngatsuda, Midori, Yokohama (Received July 22, 2003)

(Revised November 17, 2003)

2.2 解析指標

解析に用いる指標は演奏者-聴取者間では、演奏-手拍子の位相差、呼吸-呼吸の位相差、演奏者内では1小節周期、呼吸周期、演奏-呼吸の位相差、聴取者内では手拍子周期、呼吸周期、手拍子-呼吸の位相差である。これらの値の算出法をFig.1に示す。

また、本実験では曲A,Bの楽譜情報として音符のばらつき度合いを用いた。値は楽譜上の4分音符を1,8分音符を0.5というように換算し、それらの3小節分の標準偏差より算出した。この値は、音符のばらつき度が低い(打鍵のリズムが安定している)箇所では小さくなり、音符のばらつき度が高い(打鍵のリズムが安定していない)箇所では大きくなる。

3. 結果

3.1 演奏者-聴取者間の解析

この節では演奏者-聴取者間の関係を、演奏-手拍子の位相差、呼吸-呼吸の位相差を用いて解析する。

Fig.2a,bに曲A,Bにおける演奏者の1小節周期と聴取者の手拍子周期の時間変動の一例を示す。Fig.3a,bはFig.2a,bに示した例における、演奏-手拍子の位相差の時間変動である。ここで、演奏-手拍子の位相差の時間発展についての特徴を調べるために、つぎのような計算を行なった。各試行における、3小節ごとの位相差変動の標準偏差を算出し、すべての曲、すべての演奏者-聴取者の組み合わせについて(全18試行)平均値を算出した。Fig.4a,bの実線がその値を、破線は曲の音符のば

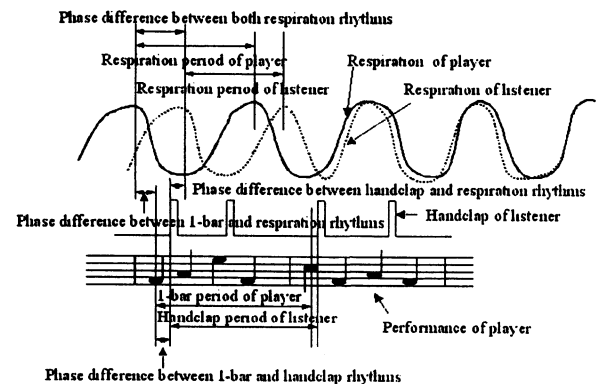
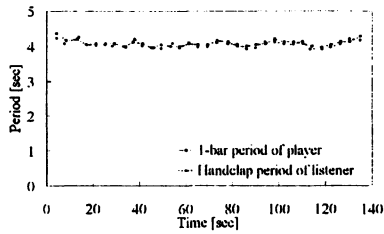
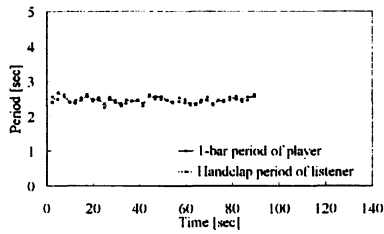


Fig. 1 Indices for analysis

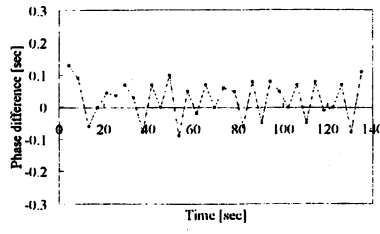


(a) Music A

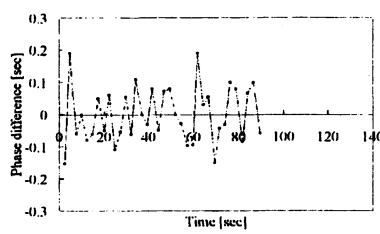


(b) Music B

Fig. 2 Time course of 1-bar and handclap period

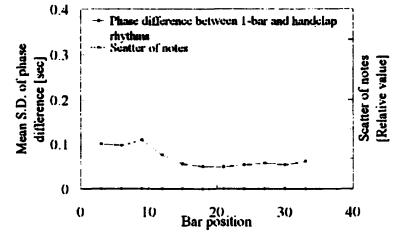


(a) Music A

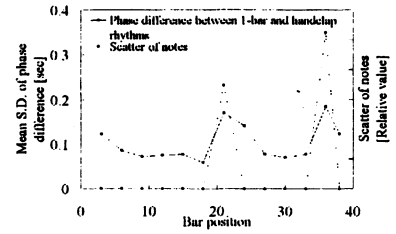


(b) Music B

Fig. 3 Time course of phase difference between 1-bar and handclap rhythms

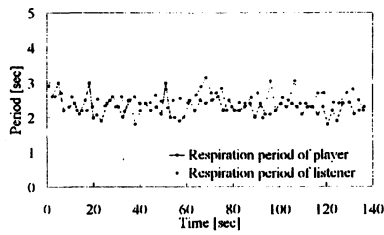


(a) Music A

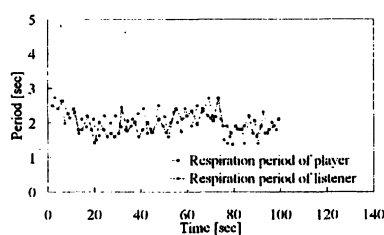


(b) Music B

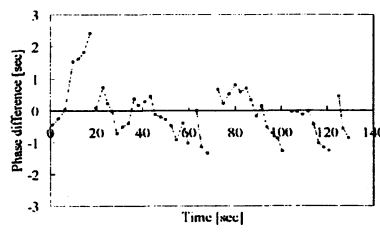
Fig. 4 Time course of mean S.D. of phase difference and scatter of notes



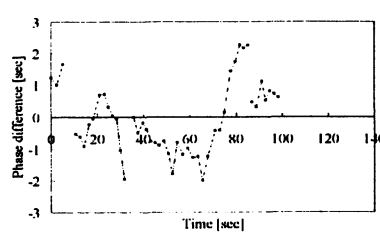
(a) Music A



(b) Music B

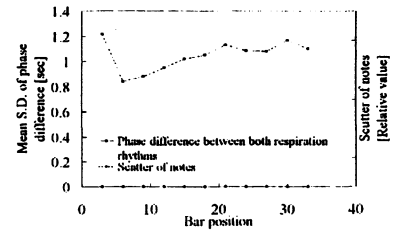


(a) Music A

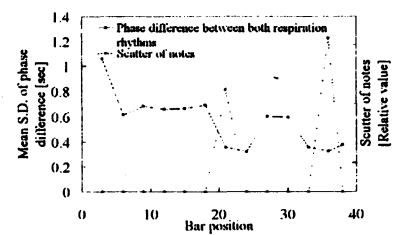


(b) Music B

Fig. 6 Time course of phase difference between both respiration rhythms



(a) Music A



(b) Music B

Fig. 7 Time course of mean S.D. of phase difference and scatter of notes

らつき度合いを示している。図より、曲Aは全く音符のばらつきがなく、曲Bは2箇所まで音符がばらついているのがわかる。また、曲Aでは位相差の標準偏差の平均値が比較的平坦な時間変動をするのに対し、曲Bでは、音符のばらつき度が高いところで、値が大きくなっているのがわかる。Fig.4bにおける、2つの時間変動の相関係数は、0.796である。この結果は、楽譜のばらつき度が低い箇所では演奏者と手拍子が同期しやすく、高い箇所では同期しにくくなることを示唆している。

Fig.5a,bに曲A,Bにおける演奏者と聴取者の呼吸周期の時間変動の一例を示す。Fig.6a,bはFig.5a,bに示した例における、呼吸-呼吸の位相差の時間変動である。Fig.7a,bは呼吸-呼吸の位相差についてFig.4a,bと同様の計算を行なった結果である。図中の実線が標準偏差の平均値の値、破線が音符のばらつき度合いを示している。曲Aについては位相差の標準偏差の平均値が6小節位置のところで、値が小さくなっているが比較的平坦な時間変動をするのに対し、曲Bでは、音符のばらつき度

が高いところで、値が小さくなっているのがわかる。Fig.4cにおける、2つの時間変動の相関係数は、-0.460である。この結果は、楽譜のばらつき度が低い箇所では演奏者と聴取者の呼吸が同期しにくく、高い箇所では同期しやすくなることを示唆している。これら2つの結果は、手拍子と演奏が相対的に合っている箇所では両者の呼吸が合っておらず、逆に手拍子と演奏が相対的に合っていない箇所では両者の呼吸が合っていることを示唆している。

3.2 演奏者内、聴取者内の解析

この節では演奏者内、聴取者内の関係を、演奏者の演奏-呼吸の位相差、聴取者の手拍子-呼吸の位相差を用いて解析する。

Fig.8a,bは曲A,Bにおける、演奏者の演奏-呼吸の位相差について、3.1節のFig.4a,bと同様の操作を行なった結果である。また、Fig.9a,bは曲A,Bにおいて、聴取者の手拍子-呼吸の位相差について同様の計算を行なった結果である。すべての図に

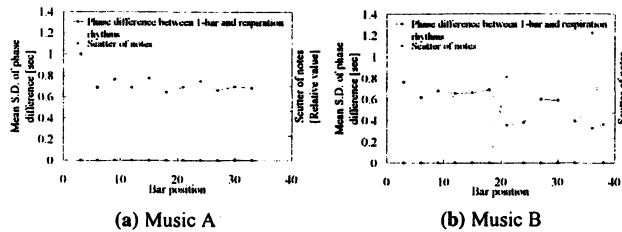


Fig. 8 Time course of mean S.D. of phase difference between 1-bar and respiration rhythms and scatter of notes

において、実線は位相差の標準偏差の平均値を示し、破線は音符のばらつき度合いを示している。曲Aにおいては、位相差の標準偏差の平均値が比較的平坦な時間変動を示していることが、Fig.8a, Fig.9aよりわかる。それに対し曲Bにおいては、音符のばらつき度が高いところで値が小さくなる傾向があるのが、Fig.8b, Fig.9bよりわかる。Fig.8bにおける両時間変動の相関係数は、 -0.577 であり、Fig.9bにおけるそれは、 -0.374 である。これらの結果は、音符のばらつきが高いところにおいて、演奏者の演奏リズムと呼吸リズム、聴取者の手拍子リズムと呼吸リズムが同期しやすいことを示唆している。

4. 考察

3.1節の結果より、演奏リズムと手拍子リズムは音符のばらつき度が低いところで同期しやすく、ばらつき度が高いところで同期しにくいこと、また、演奏者と聴取者の呼吸リズムは音符のばらつき度が高いところで同期しやすく、ばらつき度が低いところで同期しにくいことが示唆された。3.2節の結果より、音符のばらつき度が低いところでは演奏者の演奏リズムと呼吸リズム、聴取者の手拍子リズムと呼吸リズムが同期しにくく、高いところではそれらが同期しやすくなることが示唆された。ここで、音符のばらつき度が低いところでは、演奏リズムと手拍子リズムのずれが小さいため、演奏者と聴取者はそれらを合わせるのにあまり注意を必要とせず、音符のばらつき度が高いところでは、演奏リズムと手拍子リズムのずれが大きいため注意を必要とすると仮定する。このとき実験結果はつぎのように解釈される。

音符のばらつき度が低く、注意を要しないときは、音響リズムが単純な感覚運動連関で制御され、演奏者と聴取者は演奏と手拍子を合わせていると考えられる。このような同期の機構についてはTapping課題などを用いてこれまで研究されている⁴⁾。それに対し、音符のばらつき度が高く、音響リズムを合わせる

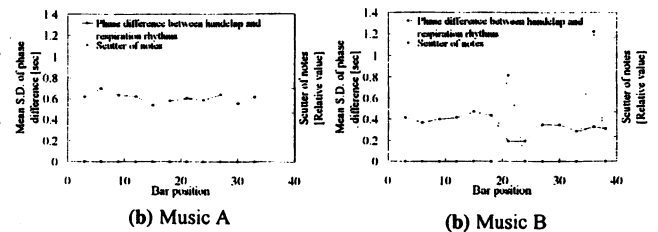


Fig. 9 Time course of mean S.D. of phase difference between handclap and respiration rhythms and scatter of notes

ために注意が必要などころでは、拍単位のリズム情報だけでなく、メロディ単位のリズム情報も考慮して合わせる必要があると考えられる。このような音楽情報の処理は言語中枢で処理されることがすでに示唆されている⁵⁾。さらに、音楽的なリズムを生み出す身体リズムと呼吸リズムには相関があることが知られており⁶⁾、それらは結合系にあることも推測できる。これらのことから、注意が必要なときには、まずメロディ単位のリズム情報が言語中枢で処理され、これに伴って、言語中枢から影響を受ける呼吸リズムが身体リズムとの結合を強くすることによって、音響リズムが制御され、結果的に演奏者と聴取者は演奏と手拍子を合わせていると考えられる。

これらの考察から得られる演奏者-聴取者間コミュニケーションのモデルをFig.10に示す。演奏者、聴取者はそれぞれ、注意を要する上位の制御ループと要さない下位の制御ループの二重のループから成り立っており、それらが音響的なレベルを通じて結合している。音楽の生演奏では、この2つの制御ループが動的に協調しながら、演奏者と聴取者は相互作用すると考えられる。このとき、上位のループのサイクルが演奏者と聴取者で同期するときは互いの注意が共有される状態に対応する。

5. おわりに

本研究では、演奏者-聴取者間のコミュニケーションモデルとして、二重のループを持つモデルを提案した。このようなループが結合する系において、お互いの注意が共有される状態は音響的な協調関係だけでなく、“一体感”のような心理的な協調関係を生成する一つの要因になっていると考えられる。したがって、このような注意の共有を呼吸の変化として計測できる可能性があり、また、呼吸に介入することで、一体感が創出される演奏システムの構築も可能になるだろう。

参考文献

- 1) W.S. Condon and L.W. Sander: Neonate Movement is Synchronized with Adult Speech, *Science*, **183**, 99/101 (1974)
- 2) 山本, 三宅: 生演奏時における演奏者と聴取者の相互作用の解析, 計測自動制御学会論文集, **38-9**, 800/805 (2002)
- 3) 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, 計測自動制御学会論文集 (Submitted)
- 4) P. Fraisse: The sensorimotor synchronization of rhythms, In J. Requin (Ed.), *Anticipation et comportement*, Centre National, 233/257 (1980)
- 5) S. Koelsch, T.C. Gunter, D.Y. Cramon, S. Zysset, G. Lohmann and A.D. Friederici: Bach Speaks: A Cortical "Language-Network" Serves the Processing of Music, *NeuroImage*, **17**, 956/966 (2002)
- 6) F. Haas, S. Distenfeld and K. Axen: Effects of perceived musical rhythm on respiratory pattern, *J. APPL. PHYSIOL.*, **61-3**, 1185/1191 (1986)

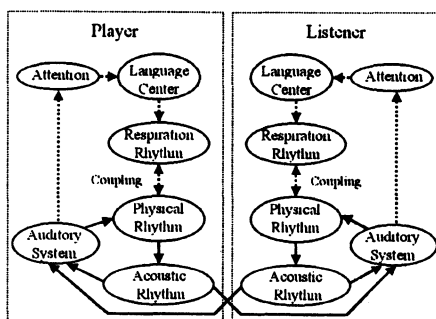


Fig. 10 The communication model of a player and a listener