

楽器演奏におけるテンポ加速現象の解明

奥屋 直己

平成 31 年 12 月 12 日

1 はじめに

音楽の演奏において、テンポを一定に保ち続けることは最も重要なことのひとつである。しかし、演奏者の意図にかかわらずにテンポ変化が生じることがあり、そのような場合の多くは、テンポが加速する方向に変化する。このような意図しないテンポ変化は、演奏者の間で「走る」という表現で共有され、だれもがよく経験する現象である。「走る」ことは、事前に計画した表現の意識が弱まることや、合奏での演奏者間同期を妨げる要因となり、好ましくない現象とされる。この「走る」現象の原因としては、演奏者の心理的影響(不安や緊張、興奮など)が指摘されることが多いが、原因は定かではない。

Collyer [2] は、はじめはメトロノームと同期してレバーを押し、メトロノームが停止した後も同じテンポでレバー押しを継続する課題(同期継続課題:synchronization-continuation task)を用いた実験を報告している。彼は、27 種類の目標テンポ条件(タッピング間隔として、175-825 ms の範囲、テンポとして 73-343 bpm)において同期継続課題を被験者に課し、テンポが遅くなりがちなテンポ帯と速くなりがちなテンポ帯があることを見出している。これによると、タッピング間隔が 250-413 ms および 513-748 ms(80-117,145-240 bpm) の範囲でテンポが加速しやすく、それ以外の範囲では減速しやすかったという。さらに、永島氏と坂口氏 [4] はリズムや強弱といった実際の音楽演奏に含まれるリズムパターンでの同期継続課題を用いた実験を報告している。彼らは図の 12 種類(a は統制条件)のリズムパターンにおいて、130 bpm のテンポで同期継続課題を被験者に課した。その結果、リズムパターの異なる Expt.1 では条件 c および e で安定的にテンポが減速した。アクセントパターンが異なる Expt.2 では条件 b でテンポの加速、条件 g でテンポの減速がみられ(条件 c,d でも加速傾向がみられたが、被験者のばらつきが大きかった)、リズムパターンや強弱パターンがテンポ維持に影響を及ぼすことがわかったという。しかし、ほとんどが同期継続課題や主観的等価点から得たデータに焦

点を当てており、同期継続課題中の指の動き方などの身体に焦点を当てたものは少ない。

身体の動きはテンポを一定に保つための何らかの基幹に影響を与える事が考えられる。岡野氏の報告 [5] によれば、2 人同時に同期継続課題を行った際に、一人で同期継続課題を行った時に比べて、テンポが速くなりやすいことが示唆されている。この 2 人の間での相互作用は、身体の動きと被験者内のテンポを一定に保つための基幹の間で 1 人でも起こり得るのではないかと考える。つまり、身体の動き、例えば腕を大きくうごかした際に比べ小さく動かした際には、リズムを一定に保つための基幹への影響が小さく、よりテンポを一定に保てるのではないかと考える。古屋氏 [6] は、ピアノでオクターブ連打をする際に、上肢の各部位の運動域およびその速度は、音量の増大に伴って増加するが、テンポの増加に対しては肘の最大角速度を除いて減少することを示唆している。これらのことから、同期継続課題においてタッピング間隔の短い音符(8 分音符など)を含むリズムパターンで計測を行った際に、テンポ変化が起きづらいはずである。このことは永島氏と坂口氏 [4] の報告から図 3 の Expt.1 の f,g でテンポ変化が起きなかったことと一致する。またアクセントを含むリズムパターンでは、アクセント時に腕を大きく振り上げたことが予測され、この場合テンポは加速するはずであり図 3 の Expt.2 の b,c,d で加速傾向がみられたこととも一致する。

以上のことから、本実験ではリズムパターンとアクセントパターンを伴うタッピングの同期継続課題に対して、タッピングする腕の振り上げ幅がテンポ維持特性に与える影響を実験的に検討した。具体的には、被験者に 2 種類のリズムパターンを「何も指示しない場合」「腕を大きく振り上げるよう指示した場合」「腕を小さく振り上げるよう指示した場合」の 3 種類の合計 6 種類を対象として、約 2 分間のテンポ維持課題を課し、テンポ変化の様子を計測した。

2 実験方法

2.1 被験者

本実験には 10 名 (男性○、女性○) の被験者が参加した。楽器演奏経験の乏しい被験者では安定したリズムパタンの再生が困難である場合が多いため、本実験の被験者には何らかの楽器演奏経験がある被験者のみを対象に行った。被験者には謝礼として、図書カード 1000 円分を手渡した。

2.2 装置

被験者のタッピング動作の記録には、マイクロコンピュータである Arduino に圧力センサ (Interlink Electronics:FSR406) と赤外線距離センサ (STMicroelectronics:VL6180X) を組み合わせた装置を用いる (図 4a, 図 4b)。Arduino では圧力センサ、赤外線距離センサをサンプリングレート 200 Hz, 100 Hz で記録した。記録した値はシリアル通信 (ビットレートは 2000000 bps) を使い、PC 上の processing にて作成したプログラムで受信し、csv 形式で出力した。装置は上から圧力センサ、透明なアクリル板、赤外線距離センサの順に組み合わせた。また、装置内部の配線などが被験者に見えてしまうと被験者の意識が装置内部の配線に向いてしまわないように、ゴムシートをアクリル板上に貼り付けた。ただし、圧力センサ部分と赤外線距離センサの真上にはゴムシートを張り付けなかった。アクリル板が赤外線距離センサに及ぼす影響については、アクリル板がある場合とない場合で赤外線距離センサの値に違いがなかったことから赤外線距離センサがアクリル板に影響されないことを確認した。

図 5 はアクリル板から一定の高さの物に対し、2 秒間記録したときの実際の高さ (x 軸:TRUE) と赤外線距離センサが示した値 (y 軸:REAL) をプロットしたグラフである。実際の高さに対して赤外線距離センサの示した値は ± 2 mm ほどの誤差があるが 15 cm あたりまで比例関係が成り立っている。15 cm 以上のとき、センサの値は 180 mm に収束している。しかし、タッピング中の手の高さは最大 15 cm あたりまでだったので、実験には影響しないと言える。

2.3 課題

本実験には、従来の研究と同様に同期継続課題を用いた。従来の研究と異なる点は、被験者に腕の振り上げ方を指示した点である。本実験では、同



図 1: The phrase with subdivisions of veats used in the experiment[3].

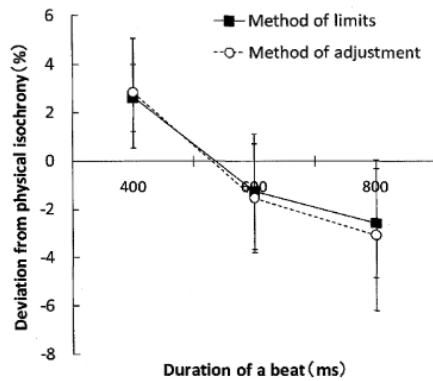


図 2: Deviation from physical isochrony as a function of the duration of a beat in the experiment using phrases with subdivisions. Error bars represent 95% confidence intervals[3].

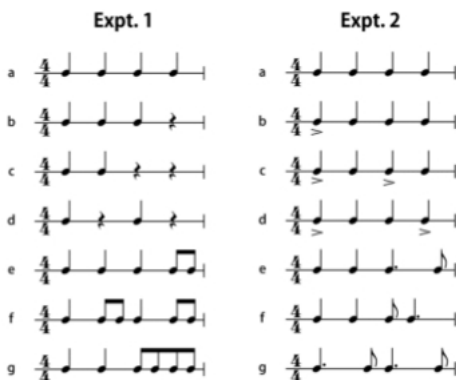
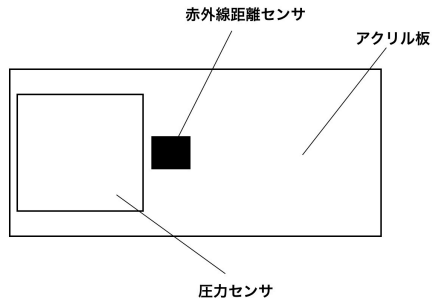
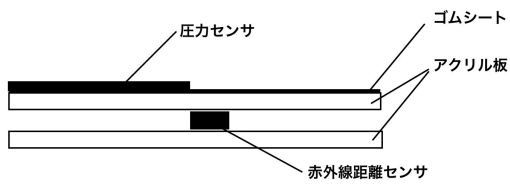


図 3: 実験で用いたリズムパターン [4].



(a) タッピング用の装置を上から見た図。



(b) タッピング用の装置を横から見た図。

図 4: タッピング用装置。被験者には装置の配線などが見えないようゴムシートを用いて隠した。

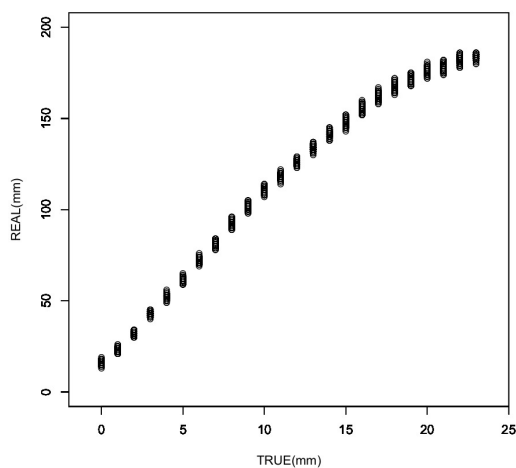


図 5: 実際の装置からの距離 (x 軸:TRUE(mm)) と装置の値 (y 軸:REAL(mm)).

期区間を 16 拍分 (4 分の 4 拍子で 4 小節) の 8 秒、継続区間を 120 拍分 (4 分の 4 拍子で 30 小節) の 1 分とした。

本研究では、Collyer の報告 [2] においてテンポ変化が生じにくかった 120 bpm を目標テンポに設定して目標リズム音を作成した。

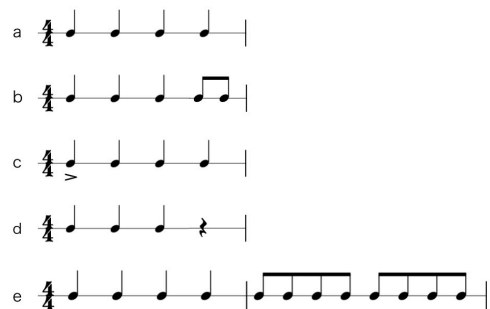
測定時、被験者には椅子に座り、机上のスイッチをタッピングするように指示した。タッピングをする際に使用する腕は、被験者に左右どちらがタッピングを行いやすいか確認をとり、被験者が選んだ腕でタッピングを行ってもらった。なお、被験者には腕の疲労が溜まりにくいように、高さ 7 cm のクッションを机上に設置し、肘から手首にかけてクッションにおいてもらい、手首を振り下ろす形でタッピングを行ってもらった。

2.4 条件

本実験では、タッピング間隔が一定である統制条件と、2 種類のリズムおよびアクセントパターンでタッピングを行う条件を設けた。条件 a は統制条件、b,c はそれぞれ永島氏と坂口氏 [4] の報告から、テンポ変化が起きなかったリズムパターンとテンポが安定的に加速したアクセントを含むリズムパターンである。

2.5 手続き

実験で使用するリズムに慣れるために、各リズムを使用した実験を行う前に、そのリズムで同期区間 8 小節、継続区間 8 小節の練習課題を課した。被験者が各リズムパターンを理解し、タッピングできることを確認した後、同期区間 32 拍分、継続区間 320 拍分の本試験を行った。1 試行に要した時間は 2 分弱である。したがって、実験全体で要した時間は、準備の時間も含めておよそ 1 時間だった。



2.6 解析

本実験の結果を統計的に検証するため、第2から第80までの各小節の小節長と第1小節の小節長との違いを順序尺度により検定した。

参考文献

- [1] Mito & Murao. Tsumari phenomenon and tempo acceleration appeared in keyboard performance of music beginners. In *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, Vol. 147, pp. 132–137. University of Illinois Press, 2000/2001.
- [2] Collyer C & Hilary A. Broadbent & Russell Church. Categorical time production: Evidence for discrete timing in motor control. In *Attention, Perception, & Psychophysics*, Vol. 51 of 2, pp. 134–144. the Psychonomic Society, 1992.
- [3] 荒生弘史. リズム・キープ感と時間知覚. In *The Japanese Journal of Psychonomic Science*, 第28巻 of 2, pp. 249–255. The Japanese Psychonomic Society, 2010.
- [4] 永島 亮誠 & 阪口豊. リズムパターンや強弱の時間パターンがテンポ維持特性に与える影響. In *IEICE Technical Report*, 第117巻 of 508, pp. 63–68. 信学技報, 2018.
- [5] 岡野 真裕 & 進矢 正宏 & 工藤和俊. 「走る」アンサンブル:2人組リズム維持タッピング課題におけるテンポ高速化. 研究報告音楽情報科学, 第111巻 of 58, pp. 1–3. 情報処理学会, 2016.
- [6] 古屋 晋一 & 青木 朋子 & 木下博. 熟練ピアニストによるピアノの鍵盤テンポと音量の調節に関わる運動制御. バイオメカニズム学会誌, 第30巻 of 3, pp. 151–155. バイオメカニズム学会, 2006.