

# 実験計画

奥屋 直己

2019 年 7 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。

この現象は古くから研究されてきた。Mito & Murao [1] はピアノ演奏を題材として「走る」現象を実験的に検証している。彼らは学習年数 5-7 年の小学生 6 名に課題曲(4 分の 4 拍子 16 小節)を 3 種の異なるテンポ(70, 100, 130 bpm)で演奏させ、演奏中のテンポ変化を計測した。その結果、平均小節長(1 小節の演奏に要する時間長)は演奏が進むとともに単調に減少し、70bpm の条件では、15 小節目の小節長が最初の小節の小節長の 85% 程度にまで短くなる(加速した)事が分かった。なお、加速の程度はテンポ条件により異なり、130 bpm の条件では目立った加速は観測されなかった。

同様の現象は、他にも実験的に検証されてきた。Collyer, C[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。また、荒生氏 [3] は演奏

から一貫した等テンポ性が感じられる場合であっても、微妙なテンポのゆらぎは常に存在するということを検証している。図 1 のような 4 分音符と 16 分音符からなるフレーズを使用し、16 分音符部分を 2%刻みで正負それぞれの方向に 10 段階に変化させ、被験者に「はい」「おそい」「どちらでもない」のいずれに感じられるかの判断を求めた。これをそれぞれ 400, 600, 800 ms(150, 100, 75 bpm)の 3 種類行い、それぞれで主観的等価点(PSE)を求めた。その結果を図 2 に示す。物理的等テンポによる値( $\pm 0$ )を比較対象とすると、1 拍あたり 400 ms の速い基本テンポにおける PSE の正方向へのズレが全般に躊躇に見られ、600 ms の中程度の基本テンポで PSE が府方向へ転換するが、目立ったものではない。そして、1 拍あたり 800 ms の遅い基本テンポにおいて PSE がさらに大きく負方向へ転換したという。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同期継続課題を被験者に課した。同期継続課題は Mito & Murao[1] の報告でテンポ変化が生じにくかった 130 bpm で行った。その結果、リズムパターンの異なる 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。このように、「走る」現象はさまざまな検討が行われてきた。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。例えば、同期継続課題を被験者に行ってもらう場合に、指を大きく振り上げることを指示した場合と、小さく振り上げることを指示した場合では、指が運動する範囲が異なることから、結果に何らかの違いが出るはずである。また、大きく振り上げた場合と小さく振り上げた場合では、タッピングに強弱が出るはずである。さ



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

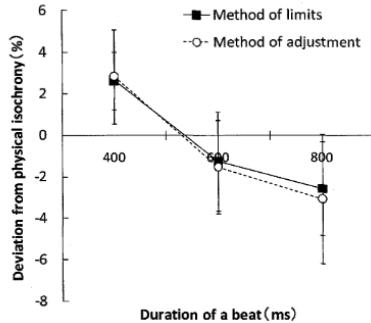


図 2: Deviation from physical isochrony as a function of the duration of a beat in the experiment using phrases with subdivisions. Error bars represent 95% confidence intervals.[3]

らに、休符による指の停止や8分音符による細かい指の動きをリズムパターンに組み込んだ場合、4分音符4つのリズムパターンに比べて、指の振り上げ幅に影響が出るはずである。永島氏と坂口氏[4]によると図の Expt.1 の条件 b-g で被験者が無意識のうちに、タッピングに強弱ができていたことを示しており、これからも指の振り上げ幅に関係しているのではないかと考える。また、図の強弱を含むリズムパターンである Expt.2 の条件 c,d では全体的に加速傾向がみられたが、被験者ごとのばらつきが大きかったことから、リズムキープをできた被験者とできなかった被験者がいたことが考えられ、この2者では何らかの違いがあるはずである。その1つに、強弱を行う際に、指の振り上げ幅に何らかの違いがあることが考えられる。

以上のことから、本実験ではリズムや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、タッピングする指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。同期継続課題のリズムパターンとしては永島氏と坂口氏[4]の研究から、テンポの減速観測されたリズムパターンである図の Expt.1 から条件 c,e、テンポが安定的に加速が観測された Expt.2 の条件 b、減速が観測された条件 g、加速傾向がみられたが被験者ごとのばらつきが大きかった条件 c,d を含む8種類のリズムパターンを対象として約3分間の同期継続課題を課し、テンポ変化の様子を観測した。

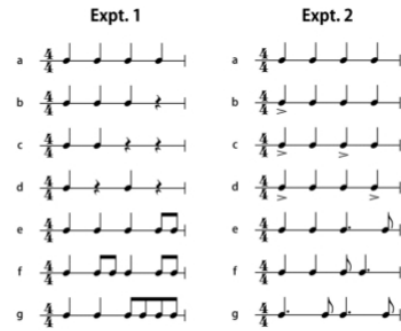


図 3: 実験で用いたリズムパターン.[4]

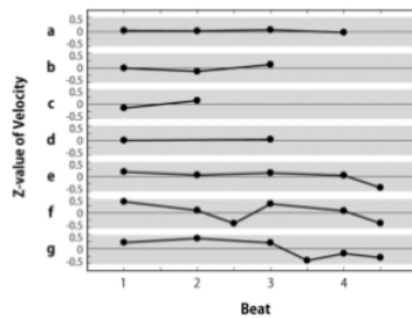


図 4: 打鍵速度のリズムパターン依存性.[4]

## 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ー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 課題

本実験には、従来の研究と同様に同期・継続課題を用いる。本実験では、同期区間を32拍分(4分の4拍子で8小節)、継続区間を拍分240(4分の4拍子で60小節)とした。

本研究では、Collyer, C 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。

### 2.3 装置

被験者のタッピング動作の記録には、Arduinoに圧力センサ、赤外線距離センサを組み合わせたスイッチを用いる。被験者はこのスイッチを人差

し指でタッピングすることにより課題を遂行する。Arduino 上で USB ケーブルを介してシリアル通信をデータ転送レート 9600 bps で行い、計測 PC 上で Processing にて作成したプログラムに随時転送し、テキストファイルとして出力した。時間はサンプリング周波数から割り出した値を後から追加した。同期時の基準テンポとしてはメトロノーム音源を mp3 形式のファイルとして作成し、Arduino DFPlayer にて計測開始から 24 拍 (4 分の 4 拍子で 8 小節) のみ再生した。再生にはスピーカー (なんかのやつ) を使用し、被験者ごとに快適な音量に調節した。

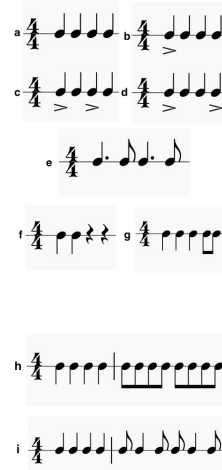
測定時、被験者には椅子に座り、机上のスイッチをタッピングするように指示した。タッピングをする際に使用する腕は、被験者に左右どちらがタッピングを行いやすいか確認をとり、被験者が選んだ腕でタッピングを行ってもらった。なお、被験者には腕の疲労が溜まりにくいように、高さ 7 cm のクッションを机上に設置し、肘から手首にかけてクッションにおいてもらい、手首を振り下ろす形でタッピングを行ってもらった。

## 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、他合計 8 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、c-d は (2. 永島 亮誠, 阪口 豊) の研究で加速が見られたパターン、e-f は同実験で減速が見られたパターン、g-h は 2 小節を 1 つとした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* No. 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*, pp. 51(2):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*, pp. Vol.28, No.2, 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*, pp. vol.117, no.508, NC2017–78, pp.63–68. 信学技報, 2018.