

補助運動はテンポの維持に貢献するか？

小西 慶治
門上 莉子
横澤 一彦

東京大学大学院人文社会系研究科
東京大学文学部
東京大学大学院人文社会系研究科

音楽の演奏場面では、しばしば頭部や前腕の揺動や足踏みなどの補助運動を伴う。これらは楽器の操作や発声とは直接関係ないように思えるが、音楽に不可欠な外部リズムへの同期や一定テンポの維持に対し貢献しているのだろうか。本研究では、音楽経験者及び未経験者を対象に、一定間隔の刺激列を先行提示し、心の中でカウントを維持し続ける課題を実施した。数カウント毎にキー押しを求め心内テンポを測定した。同時に、補助運動の有無を操作し、心内テンポへの影響を検討した。心内テンポの同期誤差は、経験者では補助運動によらず小さく、未経験者では補助運動によって大きくなった。変動性は、補助運動により小さく、音楽経験によらなかった。つまり、補助運動はばらつきを抑制すると同時に、未経験者のテンポ逸脱を助長した。経験者はこの弊害を克服していると考えられ、トレーニングにより補助運動を上手に利用できるようになる可能性がある。

Keywords: Rhythm reproduction, Musical expertise, Sensorymotor synchronization

問題・目的

本研究の目的は3つある。第一に補助運動（感覚同期運動）が、リズム維持に及ぼす影響を調べることである。音楽シーンではしばしば、アーティストが頭部や前腕部、あるいは全身を揺動させることでリズムを取っているところを見かける。これは、主たる演奏や歌唱を補助するための動作と考えられるが、意外にも感覚運動同期の文脈で議論は進んでいない（Repp & Su, 2013）。したがって、本研究では基本的なリズム生成課題を用いて、補助運動のテンポ維持成績への影響を検討した。

第二の目的は、音楽トレーニングと補助運動との関係性を調べることである。テンポ維持の正確性は音楽経験に影響を受けることが知られており（Repp, 2005）、初学者にとってテンポを正確に維持することは主たる課題の一つである。補助運動は日本の学校現場においてその有効性が議論に上がっているとの報告があり（千葉ら, 2018）、音楽未経験者にとって補助運動が有効かどうかは実践上重要な問いであろう。そこで、音楽経験と補助運動の交互作用に着目することで、間接的にこの問いについて議論することを試みた。

第三の目的は、テンポ維持における提示モダリティの影響である。従来からメトロノームなど音を手掛かりにテンポ維持のトレーニングが行われているが、これには演奏音や発声音との交絡が危惧される。この問題に呼応して近年、振動型の無音メトロノームデバイス（Soundbrenner Pulse, Soundbrenner社）が開発されている。感覚運動同期の研究では視覚または聴覚でリズム刺激を提示することが大半であるが、リズム知覚に運動野や聴覚野が関与するとの知見を反映して、視覚よりも聴覚の方で知覚安定性が高い（Repp, 2005）など提示モダリティの影響は無視できない。そこでリズムを聴覚で提示した場合に、聴覚で提示した場合と比べて同等のリズム維持が行えるかどうかを検討した。

方法

実験参加者 音楽経験者10名、音楽未経験者13名が参加した。すべての参加者が右利きであった。
刺激と装置 聴覚刺激としてブロック調の音をヘッドホンから、触覚刺激としてSoundbrenner Pulseを通じてそれぞれ提示した。Soundbrennerは腕時計型のデバイスで、補助運動を行う方の手首（後述）に装着した。

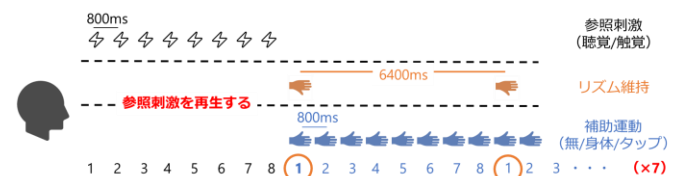


図1. 課題の模式図。

実験手続き 参照刺激の提示から開始した。聴覚または触覚に提示され、800ms間隔で8回であった。参加者の課題は参照刺激の提示終了後に引き続きその間隔を脳内で反芻し、8カウントごと（理想は6,400ms）に10度キーボードを押下することであった（図1）。このキーボード押下の時間間隔をPCで記録し、心内テンポとした。補助運動なし条件では、もう片方の手は膝の上に置き動かさないよう指示した。また、身体フィードバック条件では膝を叩く動作を、タップ条件ではタッチパッドをタップする動作を、心内テンポのカウントと同じタイミングで行うことを求めた。参照刺激と補助運動とを変え、さらにテンポ維持と補助運動の手を入れ替え、各2試行ずつ、計24試行を行った。

実験計画 従属変数は、心内テンポの平均間隔と標準偏差の二つであった。独立変数は、参加者内要因として、参照刺激のモダリティ（聴覚/触覚）、および補助運動の違い（無/右身体FB/左身体FB/右タップ/左タップ）、ならびに参加者間要因として音楽経験（有/無）の合計3要因であった。

結果

心内テンポの平均間隔について3要因混合計画分散分析を行ったところ、音楽経験の主効果が有意傾向 [$F(1, 18) = 3.72, p = .07, \mu_p^2 = .17$], 補助運動 [$F(1, 18) = 3.57, p = .02, \mu_p^2 = .17$], モダリティ [$F(1, 18) = 7.00, p = .01, \mu_p^2 = .28$]の主効果がそれぞれ有意であった。また、音楽経験と身体運動の交互作用も有意であり [$F(4, 72) = 2.95, p = .03, \mu_p^2 = .14$], 単純主効果の検定によると、左右の身体FB条件および左右のタッチパッド条件において、音楽経験なしの参加者の心内テンポが他の条件よりも短縮する傾向にあった。すなわち、音楽経験のある参加者は補助運動がある場合でもない場合と同様に参照刺激のテンポを維持することができている一方、音楽経験のない参加者は補助運動があることで、テンポが早まることがわかった。

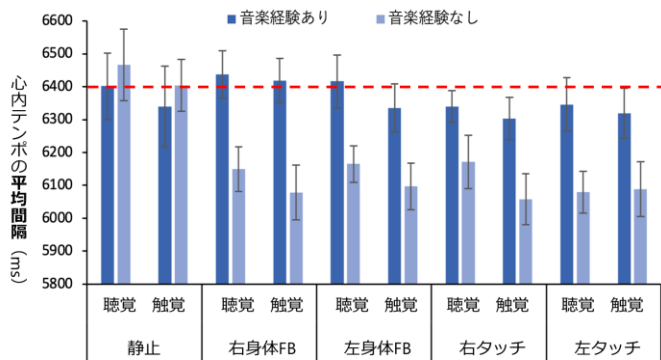


図2. 心内テンポの間隔の平均。参照刺激を完全にトレースすると、6400msである。エラーバーは標準誤差

また、心内テンポの標準偏差について3要因混合計画分散分析を行ったところ、音楽経験 [$F(1, 18) = 5.60, p = .03, \mu_p^2 = .24$], 補助運動 [$F(4, 72) = 23.85, p < .001, \mu_p^2 = .57$]の主効果が有意であった。多重比較によると、左右の身体FB条件および左右のタッチパッド条件において、補助運動のない条件と比べて標準偏差が小さかった。すなわち、音楽経験のある参加者の方が心内テンポの変動性が小さく、音楽経験の有無によらず、補助運動があることによって変動性が小さくなった。

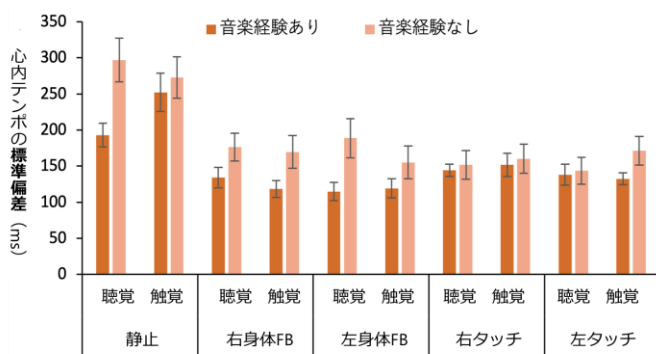


図3. 心内テンポの間隔の標準偏差。エラーバーは標準誤差

考察

補助運動がリズム維持に及ぼす効果については、心内テンポの標準偏差が小さくなったことから、補助運動を行うことは、カウントのばらつきを抑えることに貢献すると考えられる。これは、細分化利得 (subdivision benefit; Repp, 2003) と関係があると考えられる。これは、一定時間を知覚する際、定期的な外部刺激の挿入によって小さく分割されると、外部刺激のない場合と比べて変動性が小さくなる現象のことであるが、本研究の状況でも補助運動によってテンポ維持の間にイベントが挿入されることによって、反応間隔の安定化が生じた可能性がある。

一方で、心内テンポの平均間隔に対しては、補助運動は悪影響を及ぼし、本来維持すべきリズムよりも早くなっていた。これは、リズム維持とテンポ維持の二重課題による妨害効果と考えられ、音楽未経験者はリズム維持に慣れていないために負荷が大きい課題となり、不正確な心内テンポとなったと考えられる。逆に音楽経験者にとってはリズム維持の負荷が低いので、妨害効果は生じなかったのだろう。補助運動は音楽未経験者にとっては一長一短あるため、初学者のトレーニングに有効かどうかには慎重になる必要がある。

続いて、参照刺激の提示モダリティについては、触覚刺激を用いると、聴覚刺激を用いた場合よりも心内テンポの間隔が短くなるのが分かった。すなわち、触覚メトロノームとして利用するには注意が必要である。これは、単に聴覚刺激でテンポを聞くことが多いことによる慣れによって部分的に説明できるだろう。ただし、触覚刺激によるリズム知覚は刺激部位によって精度が異なるという報告もあるため (Keller et al., 2011), 通常用途を想定して手首に装着したが、装着部位によっては聴覚刺激と同等のテンポ指示器として利用できるかもしれない。

引用文献

- 千葉・芳賀・山内. (2018). 「揺れる合唱」に関する一考察：自然な演奏と学級経営の両立を図るために 北翔大学短期大学部研究紀要, 56.
- Keller, P. E., Ishihara, M., & Prinz, W. (2011). Effects of feedback from active and passive body parts on spatial and temporal parameters in sensorimotor synchronization. *Cognitive Processing, 12*, 127–133.
- Repp, B. H. (2003). Rate Limits in Sensorimotor Synchronization With Auditory and Visual Sequences: The Synchronization Threshold and the Benefits and Costs of Interval Subdivision. *Journal of Motor Behavior, 35*, 355–370.
- Repp. (2005). Sensorimotor synchronization: A review of the tapping literature. *Psychonomic Bulletin and Review, 12*, 969–992.
- Repp, & Su. (2013). Sensorimotor synchronization: A review of recent research (2006–2012). *Psychonomic Bulletin and Review, 20*, 403–452.