

合奏はなぜ速くなる？： 2人組でのリズム動作が シンクロのためのタイミング調節により高速化

1. 著者

岡野 真裕（東京大学大学院総合文化研究科・博士課程3年）

進矢 正宏（東京大学大学院総合文化研究科・助教）

工藤 和俊（東京大学大学院情報学環／総合文化研究科・准教授）

2. 発表のポイント

- ◆合奏のテンポがしばしば無意図的に速くなってしまふ（「走る」）原因は、演奏者の緊張や高揚よりも、タイミング調節メカニズムが一因であることを示しました。
- ◆2人組のタッピング課題を用いてこの現象を再現し、相手のタッピングに対して時間的に非対称なタイミング修正を行ったことによりテンポの高速化が起こることを明らかにしました。
- ◆この成果は、音楽パートナーの行動理解や合奏の練習を支援する環境の開発につながる可能性があると考えられます。

3. 発表概要

音楽を演奏する際、演奏のテンポはしばしば意図せず速くなってしまいます。この現象は演奏家の間ではよく知られており、演奏／テンポが「走る」と呼ばれています。この傾向は合奏ではより顕著になり、技術が必ずしも十分でないアマチュアの悩みの種の1つです。東京大学大学院情報学環／総合文化研究科の工藤和俊准教授および進矢正宏助教、岡野真裕（博士課程大学院生）の研究グループは、一定リズムを保つタッピング課題を2人組で行うと、単独で行った場合より動作テンポが速くなりやすいことを示し、このテンポの高速化は、ペアのうちタップが速くなりがちな方が一方的にリードしたためというより、2者のタップのうち、早いほうに対して優先的に修正するという、2人の間で起こる時間的に非対称なタイミング調節により起こり得ることを明らかにしました。

このテンポの高速化は演奏現場では、演奏者の緊張や高揚といった生理・心理的な要因によって起こると考えられていましたが、本研究の結果は、「他のメンバーとの同期（シンクロ）を維持する」という、合奏という演奏形態そのものが暗黙的に備えている制約下でのタイミング調節メカニズムが、テンポ高速化の一因になっていることを示しています。

今後、ペアごと・個人ごとの速くなりやすさの差を決める要因や、生理・心理的要因との相互作用についても詳しく解明していくことで、意図した通りのテンポでの安定した演奏を実現するための効率的な練習方法や、スキルを評価するための指標の開発につながります。これらのことは、演奏技能の向上や、才能の発掘に貢献できるものと期待されます。

4. 発表内容

実験では、メトロノームと同期させたリズムカルな指タッピングから始め、メトロノームが停止した後も同じテンポでタッピングを継続する「同期－継続課題」と呼ばれる課題を、一般成人 24 名（12 ペア）がソロ、ペアの 2 条件で実施しました。実験参加者には、ソロ条件ではメトロノームと同期して指タッピングを始め、10 秒後にメトロノームが停止されてからも、同じテンポでタッピングを 190 秒間続けることを求めました。ペア条件では初期テンポの維持に加え、パートナーとのシンクロの維持も求めました（図 1）。メトロノームで与えられる初期テンポは、タップ間隔にして 800、500、300 ミリ秒の 3 種類について検討しました（1 秒＝1000 ミリ秒）。これらは 1 分間あたりのタップ回数に換算すると、それぞれ 75、120、200 回に相当し、音楽の速度記号で言うと、それぞれ *Andante*（歩くような速さで）、*Allegro moderato*（ほどよく快速に）、*Prestissimo*（非常に速く）程度に相当します。実験では、ソロ条件で各テンポを 3 回ずつ、ペア条件で 2 回ずつ行ってもらいました（2 人組の参加者が、ソロ条件で 3 種類のテンポを 1 回ずつ交替で行い、続いてペア条件で 3 種類を 1 回ずつ行う。このソロ・ペア条件をもう 1 回行い、最後にもう一度ソロ条件を行う）。

その結果、ソロ条件では、徐々に速くなり続けた試行、遅くなり続けた試行、数十秒程度の周期で加速・減速を繰り返した試行とさまざまなパターンが見られましたが、ペア条件では、どの初期テンポでも 80%以上の試行で徐々に速くなり続けました。最終的にペア条件では、タップ間隔が平均で約 7～9%減少しました（図 2）。さらに、連続する 2 つのタップ間隔の差（タップ間隔の調整量）は、直前のパートナー間でのタップ間隔の差と相関し、タップ間隔の調節量のばらつきは、その直前のタップ間隔の差によって 36%～55%が決定していました。また、その決定力は、各ペアの中でソロを速く叩きがちな方の参加者でも、そうでない参加者でも、統計的に有意な違いはありませんでした。これらの結果は、ペア条件では参加者が互いのタップ間隔の差にもとづいて自身の次のタップ間隔を調節し、その結果としてタップ間隔の短縮、すなわち加速が起こったことを示しています。

本研究成果の学術的意義

同期－継続課題で最初のテンポを保ち続けるのは困難で、タッピングのテンポは時間と共にランダムな揺らぎを伴いながら、最初のテンポから逸脱していきます。単独で行う同期－継続課題（本研究のソロ条件）のテンポの揺らぎや逸脱に関しては、最初のテンポの設定によって、速く（遅く）なりやすさが異なるということや、数十～およそ 100 秒程度の長い周期で加速・減速の傾向が切り替わること、さらに、そのような加速・減速の振る舞いは試行間であまり一貫せず、偶然に左右される要素が大きいことがわかっていました。一方、2 人組での同期－継続課題をあつかったこれまでの研究では、リーダー・フォロワー関係と、シンクロのばらつきや、互いのタイミング調節のプロセスに焦点が当てられ、課題の 1 試行の時間は 30 秒程度までに限定されていました。そのため、単独での同期－継続課題で知られていたような、長い周期でのテンポの揺らぎや逸脱の性質については検討されていませんでした。

本研究は、2 人組でのタッピングのテンポの揺らぎが、互いのシンクロのためのタイミング調節の結果、高い確率で速くなるという、これまでに知られていなかった現象を報告しました。高速化の背景には、テンポ同期のためのタイミング調節における、時間の知覚や処理の非対称性があ

ることが考えられます。つまり、自身やパートナーのタップタイミング自体は早い／遅いという時間軸に対して対称的にばらつく一方で、タイミングの修正は早いタイミングに対して優先的に生じ、それが積み重なってタッピングが徐々に高速化したと考えられます。このような本研究の成果は将来的に、音楽パートナーの行動をアルゴリズムレベルで理解することにつながり、合奏の練習を支援する環境の開発につながる可能性があると考えられます。

本研究成果の社会的意義

音楽の合奏において、演奏のテンポが速くなりやすいということが演奏家の間では知られており、演奏指導などの現場では、その原因として緊張や高揚といった、演奏者内部の生理・心理的な要素が挙げられてきました。一方、本研究の結果は、合奏の高速化にはパートナー間のタイミング調節という、合奏という演奏形態そのものが持つ、演奏者の外部にある環境制約と言うべき要素も関係することを示唆しています。

本研究のように、環境制約が音楽演奏における身体運動の制御に与える影響を検討した研究はまだ少なく、今後の発展が期待されています。今後、ペアごと・個人ごとの速くなりやすさの差を決める要因や、生理・心理的要因との相互作用についても詳しく解明していくことで、意図した通りのテンポでの安定した演奏を実現するための効率的な練習方法や、スキルを評価するための指標の開発につながります。これらのことは、合奏練習の支援環境の開発と合わせ、演奏技能の向上や、才能の発掘に貢献できるものと期待されます。

5. 発表雑誌

雑誌名：*Scientific Reports*

論文タイトル：Paired Synchronous Rhythmic Finger Tapping without an External Timing Cue Shows Greater Speed Increases Relative to Those for Solo Tapping.

著者：Masahiro Okano, Masahiro Shinya, and Kazutoshi Kudo.

DOI番号：10.1038/srep43987

論文URL：www.nature.com/articles/srep43987

6. 注意事項

日本時間3月9日（木）午後7時（イギリス時間：9日（木）午前10時）以前の公表は禁じられています。

7. 問い合わせ先

東京大学大学院情報学環・学際情報学府／大学院総合文化研究科（兼任）

准教授 工藤 和俊（クドウ カズトシ）

〒153-8902 東京都目黒区駒場3-8-1

TEL：03-5454-6854 FAX：03-5454-4317

E-mail：kudo@idaten.c.tokyo.ac.jp

8. 添付資料

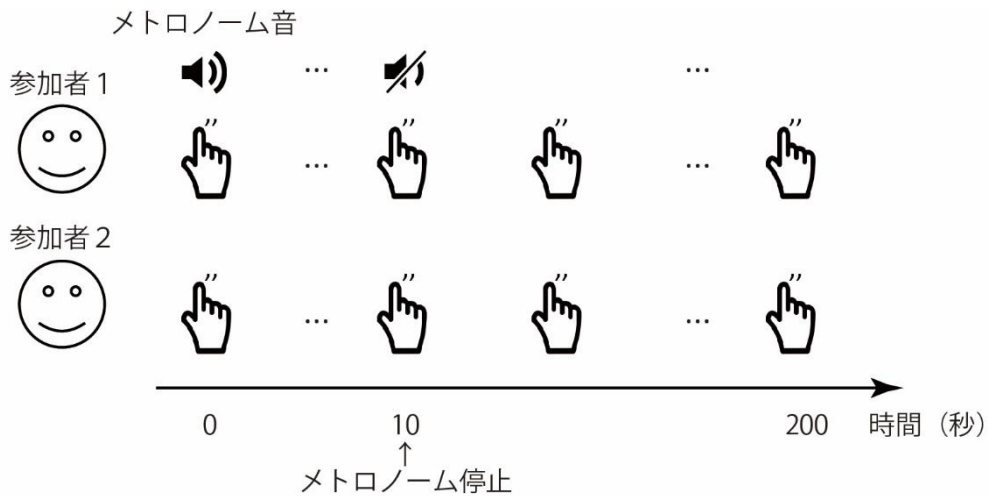


図1 ソロ・ペアでの同期一継続課題

ソロ条件では参加者は、最初の 10 秒間はメトロノームとシンクロして指タッピングを行った。課題開始後 10 秒でメトロノームは停止するが、参加者はそのままのテンポを維持してタッピングすることを求められた。ペア条件では参加者は元のテンポの維持に加え、パートナーとのシンクロの維持も求められた。

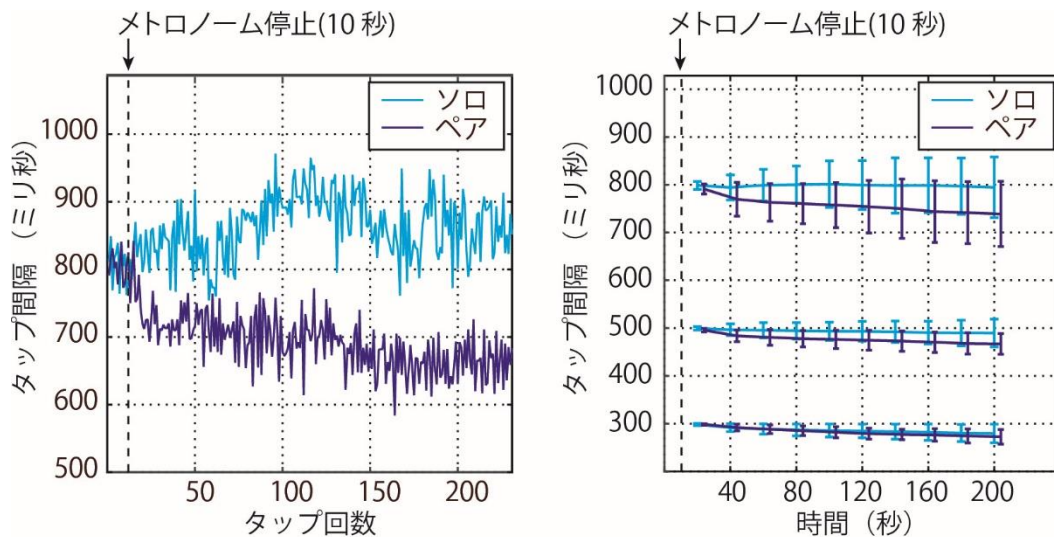


図2 タップ間隔の典型例と 20 秒ごとの参加者間平均

タップ間隔の時系列波形について、ペア条件では 80%以上の試行で徐々に加速していた一方で、ソロ条件では加速および減速両方のパターンが認められた (左図: 1000 ミリ秒=1 秒)。タップの初期テンポを変えたとき、いずれの条件においてもペア条件ではソロ条件よりタップ間隔が短くなった (右図: 縦の棒は標準偏差を表す)。