

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12740

研究課題名(和文)「表現のうねり」を生み出す熟練ドラム奏者の全身協応 力学系理論による解明

研究課題名(英文)The whole body coordination of expert drummers from a dynamical systems approach

研究代表者

古山 宣洋 (Furuyama, Nobuhiro)

早稲田大学・人間科学学術院・教授

研究者番号：20333544

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、ドラム演奏の熟練者は非熟練者と比べて何が違うのか、特に局所的な打運動と大局的な全身運動の関係を明らかにすることであった。電子ドラムで8ビートを演奏する熟練者と初心者の演奏、ならびに課題遂行時の全身運動を代表する床反力中心(CoP)データに関する解析を行い、ドラム熟練者の方が、演奏時のCoPの面積が大きく、運動方向も安定しており、この特徴がバスドラムの踏み込み直後に顕著であるという結果を得た。また、このような局所的・大局的な運動の基礎となる手首における振り子運動と全身運動について分析し、局所的な振り子課題の達成に、大局的な協調構造が関与していることを示唆する結果が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

芸術や表現を生み出す身体運動における、表現に直接関わる手先などの局所的な身体部位と、姿勢の維持などに関わる大局的な全身協応との関連については、実践者の経験としてはしばしば語られてきたものの、これを定量的に捉えた研究は国内外に例がなく、本研究で得られた成果は、学術的な意義が極めて高いと考えられる。また、ドラム演奏に全身がどのように関わっているかを解明することで、楽器演奏一般、リトミックなど身体を用いた音楽教育、ドラム演奏ができるロボットの開発に有用なデータと知見になると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to clarify what makes skilled drummers different from unskilled drummers, especially the relationship between local beat movements and global whole-body movements. We analyzed the performance of skilled and novice drummers on the task of playing 1/8 note beats on an electronic drum, as well as the center of pressure (CoP) data, which is representative of whole-body motion during the performance of the task. This feature is more pronounced immediately after kicking the bass drum pedal. We also analyzed movement data of pendulum wiggling at the wrist and the whole-body, which are the basis of such local and global movements including drum-set playing. The results suggest that the global coordination structure is involved in the accomplishment of the local pendulum task.

研究分野：認知科学

キーワード：身体協応 熟達 力学系理論 ドラム

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

ペダルを足で踏んで叩くバスドラム、両手に握った撥で叩くハイハットとスネアを基本構成とし、ドラムスローンという専用の椅子に座って行うドラムセット演奏(以下、ドラム演奏)の熟練者は、非熟練者と比べ、何がどのように異なるのか?

Fujii らは、運動制御の観点から、片手に撥を持たせ、12 秒間最速(参加者で最速は約 600bpm)でドラムを叩くことを課題とした実験により、ドラム熟練者の速く正確な打を可能にしているのは、手首の屈曲筋・伸展筋が同時に収縮せず、互いの邪魔をしないこととした[1]。しかしながら、筆者らの研究では、演奏で通常用いられる、ゆったりとしたテンポ(120bpm など)で120 秒間片手打させたところ、プロ奏者の 2/3 が手首屈曲筋・伸展筋の同時収縮を呈した[2]。また、ハイスピードカメラ動画の仔細な観察により、プロ奏者は、片手打課題であっても、撥を握る手首だけではなく、肘・肩関節も含む両上肢、両下肢、体幹、頭部など全身を動かし、リズムを刻んでいることもわかった。未経験者が専ら片手のみで課題を遂行し、全身を静止させていたのとは対照的である。このことは、実際の演奏と同程度のテンポで正確にドラムを叩くには、手首の局所的な運動だけではなく、頭部・体幹・両上下肢の変位、重心動揺も含めた全身の協応が関わっている可能性を示している。

先行研究には、片手で安定的に叩ける最速周波数の左右差が小さいほど、両手で交互に叩く打の位相が安定するとの報告もあるが、その際の全身運動については明らかにされていない[3]。また、ドラムはしばしばバンド演奏で用いられるが、弦楽四重奏の奏者間で頭部や全身運動を用いてテンポの調整が行われていることを示す報告もある[4]。

これらのことから、楽器演奏における身体技術を、全身の協応との関連で解明することには学術的な意義がある。

2. 研究の目的

以上を踏まえ、本研究は、実際の演奏でも用いられる 8 ビートを課題とした実験データを集録し、認知科学における熟達研究・力学系理論の観点から、ドラム熟練者の巧さをあぶり出すことを目的として実施した。当初の計画では、得られた演奏の音声についてドラム教室講師に熟練度を定量的に評定させることで「熟練度評価データ」を取得し、それに基づいて実験参加者を熟練度別に 3 分類し、演奏の正確さと表現性については打間の時間構造・打圧の変動・音響的特徴などの「演奏データ」を、それらを成立させている身体協応については頭部・体幹・両上下肢、床反力中心の変位を含めた「運動データ」を取得し、力学系理論により分析した上で熟練度評価データ(または熟練度分類)との関係を解明し、研究目的を達成する予定であった。しかしながら、新型コロナウイルスの影響により、人を対象とする実験が実施できない時期が研究期間の大部分を占めたため、本研究の準備段階で取得していたデータを解析し、その成果を纏めることとした。

3. 研究の方法

- 1) 電子ドラムで 8 ビートを演奏することを課題とした熟練者と初心者の演奏、ならびに課題遂行時の全身運動を代表する床反力中心(CoP)データに関する解析した。その結果、ドラム熟練者の演奏が、正確かつ力強いことが明らかとなった。これは各楽器の演奏データから算出したタップ間隔の標準偏差、ピークタップ力の平均値・変動係数 CV の結果に基づいている。一方、熟練者間においても、スネアドラムやバスドラム演奏のピークタップ力やハイハットの強弱 アクセントに違いにあることが示された。こうした熟練者に一貫した特徴や、熟練者間での異なる特徴について運動としてどのように実現されたかを検討したところ、ドラム熟練者の方が、演奏時の CoP の面積が大きく、運動方向も安定しており、この特徴は特にバスドラムの踏み込み直後について顕著であった。
- 2) ドラム演奏を含めた身体協応の基礎となる体肢間協応については、体肢運動を同位相・逆位相で同期させることを課題とした実験が行われてきたが、その際、運動に直接関わらない身体部位からのノイズの影響を抑えるため、例えば、手指の同期課題であれば手首などは固定されてきた。しかし、ドラム演奏などの楽器演奏を含む実践的な活動では、目的動作を妨げないようかたちで全身の姿勢を調整し、そうすることで目的動作をより円滑に達成できるように調整している可能性が考えられる。そこで本研究では、全身協応と体肢間の協応について明らかにするために、参加者が、前腕固定条件と前腕非固定条件で、両手で把持した振り子をメトロノームのピープ音にあわせて同相または逆相で振ることを課題とする実験を実施し、前腕固定/非固定条件、位相モード、周波数によって課題達成の度合いが異なるか、協応構造がどのように異なるのかに注目して分析を行った。その結果、固定条件と非固定条件の両方で、課題固有の協応構造が出現することが示された。同位相の非固定条件では、左右の振り子の位相差に示されるように、出現した協応構造が課題達成度を向上させた可能性がある。これらの結果は、局所的な振り子課題の達成に、大局的な協応構造が関与

していることを示唆しており、局所的な運動と大局的な運動の関係について、基礎的な運動について示すことができた。この成果については、Plos One で論文として発表した (Yagai, Miura, Mishima, & Furuyama, 2022)。

4 . 研究成果

本研究を実施した結果、以下の2つの成果が得られた。

谷貝祐介, 古山宣洋, 三嶋博之, ドラムセット演奏を支える姿勢制御, 認知科学, 2019, 26 巻, 2 号, p. 197-218.

Yagai Y, Miura A, Mishima H, & Furuyama N (2022) Involvement of global coordinative structure in achieving the local pendulum swinging task. *PLoS ONE* 17(2): e0262525. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262525>

引用文献

- [1] Fujii, S., Kudo, K., Ohtsuki, T., & Oda, S. (2009). Tapping performance and underlying wrist muscle activity of non-drummers, drummers, and the world's fastest drummer. *Neuroscience letters*, 459(2), 69-73.
- [2] 谷貝祐介・古山宣洋. ドラム打叩動作における身体の協応と熟達に関する研究:表面筋電図を用いた演奏安定性の検討, 認知科学, 24(1), p136-p140, 2017.(2016年度第33回日本認知科学会大会発表賞受賞論文).
- [3] Fujii, S., Kudo, K., Ohtsuki, T. and Oda, S. (2010). Intrinsic Constraint of Asymmetry Acting as a Control Parameter on Rapid, Rhythmic Bimanual Coordination: A Study of Professional Drummers and Nondrummers, *J. Neurophysiol*, 104:2178-2186.
- [4] Badino, L., D'Ausilio, A., Glowinski, D., Camurri, A., and Fadiga, L.: Sensorimotor communication in professional quartets, *Neuropsychologia*, 55 (2014) 98-104.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 谷貝祐介, 古山宣洋, 三嶋博之	4. 巻 26
2. 論文標題 ドラムセット演奏を支える姿勢制御 打圧データと床反力中心データを用いた熟練者と初心者の比較	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 認知科学	6. 最初と最後の頁 197-218
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11225/jcss.26.197	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yagai Y, Miura A, Mishima H, & Furuyama N.	4. 巻 17(2):
2. 論文標題 Involvement of global coordinative structure in achieving the local pendulum swinging task	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PLoS ONE	6. 最初と最後の頁 e0262525.
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0262525	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 谷貝祐介, 三浦哲都, 三嶋博之, 古山宣洋
2. 発表標題 大局的な身体協応が達成する体肢間協応
3. 学会等名 日本生態心理学会第8回大会(2021年3月21日)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yusuke Yagai, Hiroyuki Mishima, Nobuhiro Furuyama
2. 発表標題 Phase Transitions in Coordination of the Wrist to Other Body Parts at Different Tempi in Professional Drum-set Players
3. 学会等名 the 20th International Conference on Perception and Action, Groningen, Netherlands. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷貝祐介・古山宣洋・三嶋博之
2. 発表標題 熟練ドラマーの動作解析：演奏速度の違いによる協応構造の変化
3. 学会等名 日本認知科学会第36回大会，P1-09，静岡，9月．
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	三浦 哲都 (Miura Akito) (80723668)	早稲田大学・人間科学学術院・准教授 (32689)	
研究分担者	三嶋 博之 (Mishima Hiroyuki) (90288051)	早稲田大学・人間科学学術院・教授 (32689)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------