

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成30年9月6日現在

機関番号：32689

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12053

研究課題名（和文）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

研究課題名（英文）A Study on Motor Coordination and Dexterity in Drumming

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） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、正確なドラム演奏を実現する、熟練者の身体運動の特徴を明らかにすることである。研究1では、片手による打叩動作を熟練者と初心者で比較した。その結果、最速打を課題とした先行研究とは異なり、熟練者に手首屈曲・伸展筋の同時収縮が起こらないということが必ずしも精確な打を意味しないことを示唆するデータを得た。研究2では、8ビートを課題とした実験で、ドラム熟練者のダイナミックな演奏は、身体全体の大きな動きにより実現されたこと、ドラム熟練者の正確な演奏は、運動の方向を一定に保つことにより実現された可能性があることを示した。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to understand the precise drumming performance in expert drummers. Study 1 compared the experts and the novices performing one hand drumming task, and showed that the precision in drumming does not necessarily entail that the relevant flexor and extensor of the wrist do not co-construct, unlike the previous studies looking at the fastest drumming task. Study 2 compared these two groups when they performed eight beat task, and showed that the center of pressure of the expert drummers' entire body is wider in area and more regularly oriented perhaps to the relevant instrument, such as bass drum, snare drum, and hi-hat, whereas no such tendencies were observed in the novice participants.

研究分野：認知科学

キーワード：ドラム 演奏 身体協応

## 1. 研究開始当初の背景

随意的運動の主要な筋肉である横紋筋は、その弾性特性ゆえ、同じ命令に対して必ずしも同じ実行結果を返さない。したがって、物体の把持といった比較的単純な動作であっても、手や腕の軌道そのものは多岐にわたるが、そのことゆえに、健常者では何度試みてもほぼ失敗なく達成される。背後には、命令-実行結果を1対1とする制御機構ではなく、逆に多様な命令を繰り出し、命令-実行の関係を多対1(ないしは多対少)に調整するシステムが存在し、また全身の環境への定位が調整の基盤になっている(ベルンシュタイン, 2003)。

このような指摘にもかかわらず、近年、活発に議論されているドラム演奏についての研究報告の多くは、いまだ、打圧の周期性、手首の屈伸に関わる拮抗筋群など、局所に限定された筋電データの周期性、ないしはそれらの相対的な位相などの検討にとどまっております(例: Fujii, et al., 2009; 次頁図1参照)。基本的には命令と実行結果の関係を1対1に最適化することを前提とした議論しか展開されていない。特に、報告されているような熟練者と非熟練者の違いが何によってもたらされているのかについては十分に明らかとはなっていない。

## 2. 研究の目的

本研究は、ドラムの打叩動作について熟練者と非熟練者の比較を行うことにより、正確な打叩動作を成立させている機序を明らかにすることを目的として実施した。

先行研究においては、打圧および手首の屈伸に関わる拮抗筋群の表面筋電など局所的なデータや、それらの位相の安定性などを検討するにとどまっている。しかし、巧みな目的動作の背後には、命令-実行結果を1対1とする制御機構ではなく、むしろ逆に多様な命令を繰り出し、命令-実行結果を多対1に調整するシステムが存在し、また局所ではなく全身の環境への定位が調整の基盤になっていると考えられる。

本研究では、熟練者が、環境(撥、打面、床面)への身体の定位を調整しながら協応させることで、撥のダイナミクスを殺さず、撥の周期・強度をより安定なものにしていることを実証することを目指した。

具体的には、熟練者の目的動作の調整は、非熟練者に比べ以下の点で異なることを実験的に検討した。

1. 上肢、体幹、下肢など身体全体の環境(撥、打面、床面)への定位を協応的に調整することで、撥のダイナミクスを殺さず、打叩周期・強度がより安定している

2. 撥を掴む手の位置、打面に対する腕の角度をシフトさせながら打叩課題を遂行しても、身体-環境系の調整・協応により、打叩周

期・強度がより安定している

本研究では、上記1と2についてデータを収集した。ただし、2については仮説通りの傾向を確認したものの、1の仮説を十全に実証するために、それ以上の分析は行っていない。かわりに、仮説1については、当初予定していた実験のみならず、研究を進めるなかで新たに構想した実験を実施した。そこで、本報告書では、それらの実験について概要を報告することとする。

## 3. 研究の方法

### 3-1. 【研究1】

#### 3-1-1. 研究目的

本研究では、ドラム演奏の熟練者が、局所的な筋肉の制御ではなく、様々な筋肉を協働させながら、打叩間隔(Inter-Tap Interval, 以下ITI)・打叩強度とともに安定した演奏を実現していることを、熟練者(n=3)・未経験者(n=4)の比較を通して検証する。

#### 3-1-2. 方法

打叩時の圧力データ、表面筋電データ(前腕の屈曲—伸展筋2セット)、手首関節データ、映像データを収集し、検討した。

実験1では、テンポ2水準(120 bpm, 160 bpm)について、それぞれ2分間打叩させた。グリップは仏式グリップとした。

実験2では、テンポ2水準について、3種類のグリップ(仏式→米式→独式)を変遷させながら、2分間打叩させた。

ITI・打叩強度の平均・SD、屈曲—伸展筋のRelative-Difference Signals (Fujii et al., 2009, 図1, 式(1), 以下RDS)、相互相関を算出し、熟練度(2)×テンポ(2)について、繰り返しのある2要因分散分析を行った。RDSは、1試行ごとにヒストグラムを作成し、実験参加者ごとに定性的に比較した(図2)。

$$RDS = (\text{屈筋} - \text{伸筋}) / (\text{屈筋} + \text{伸筋}) \quad \text{---(1)}$$

#### 3-1-3. 結果

実験1・2を通して、熟練者では、未経験者に比べて、ITI・打叩強度のSDが有意に小さかった(表1)。RDSのヒストグラムでは、Fujii et al. (2009)で提示された熟練者の例(図1:左)と同様のもの(図2:左)や、フラットなもの(図2:中央)が認められた。未経験者は、やや伸筋優勢の正規分布であった(図2:右)。

#### 3-1-4. 考察

ITI・打叩強度の結果から、熟練者は、長時間の打叩(実験1・2)や不安定な状態(実験2)においても、演奏安定性を維持できることが分かった。RDSのヒストグラムでは、熟練者群内にも個別性が認められたことから、Fujii et al. (2009)で対象とされた主働拮抗筋一対からの局所的な検討では捉えきれない、多様な筋活動が隠されている可能性が示唆された。

表 1: ITI・打叩強度のSD (上段: 実験1, 下段: 実験2)

	熟練者(n=3)	未経験者(n=4)
ITI SD(ms)	11.9***	34.94
強度 SD(mV)	0.12**	0.37
*p<.05, **p<.01, ***p<.001.		
	熟練者(n=3)	未経験者(n=4)
ITI SD(ms)	14.42**	60.16
強度 SD(mV)	0.1**	0.36
*p<.05, **p<.01, ***p<.001.		

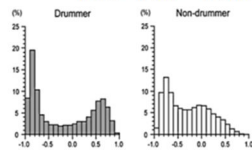


図 1: RDS(左: 熟練者, 右: 未経験者, Fujii et al., 2009 より転載)

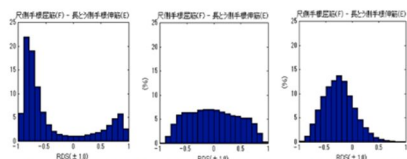


図 2: RDS(実験1, 120bpm, 縦軸: 1試行内のRDSの割合(%), 横軸: RDSの値(±1), 左: 熟練者1, 中央: 熟練者3, 右: 未経験者3)

## 【研究2】

### 3-2-1.研究目的

本研究の目的は、正確なドラム演奏を実現する、熟練者の身体運動の特徴を明らかにすることである。本研究では、ドラム熟練者・初心者における、演奏パフォーマンス、身体運動の比較を通して、この目的を達成する。

### 3-1-2.実験方法

実験参加者:ドラム熟練者(N=3)・初心者(N=4)

課題:両手足を用いた8ビート課題を実験課題とした(図1)。同課題は、半小節(4拍)を1ユニットとし、全ての拍でハイハット(HH)を叩き、最初の拍でバスドラム(BD)が、3拍目でスネアドラム(SN)が同期する課題である。本課題は、メトロノーム音に合わせて叩くことを課題とした。メトロノーム音は、3水準(60, 120, 180bpm)用意した。これら3水準を1ブロックとし、ブロック内で水準をランダム化、計3セット(計9試行)行った。データ計測は、叩き始めから4小節経過した後、30秒間行った。

### 3-1-2.計測データ

演奏時の打圧データ(HH, SN, BD)、床反力データ(CoPデータ)、身体変位データ(3次元動作解析)を計測した。本研究では、打圧データ、床反力データを用い、パフォーマンス分析、身体運動分析を実施した。

### 3-1-3.分析1:パフォーマンス分析

指標:各楽器(HH, SN, BD)について、各打の間隔(Inter-tap Interval, 以下 ITI)の平均値・SD、各打のピークタップ力の平均値・変動係数(CV)を算出した。

統計:熟練度(熟練者・初心者)×テンポ(60,120,180bpm)の繰り返しのある2要因分散分析を行った。正規性・等分散性を満たさなかった指標(SD, CV)には、ノンパラメトリック検定を適用した。

結果:ドラム熟練者は、演奏のばらつきを評価する指標(ITIのSD、ピークタップ力のCV)が有意に小さいことが示された。とりわけバスドラムでは、その傾向が顕著に表れた( $p<.001$ )。さらに、バスドラムのピークタップ力の平均値は、ドラム熟練者の方が有意に大きかった( $p=.032$ )。以上から、ドラム熟練者のバスドラムのタップ力は、出力が大きい上に、正確であることが明らかとなった。

### 3-1-4.分析2:身体運動分析

指標:身体運動の「大きさ」を評価するための指標として、CoP軌跡長・面積を、「正確性」を評価するための指標として、CoP主成分角のCircular SDを算出した。面積は、主成分分析をもとにCoPデータに楕円を当てはめ、その面積を求めた(図2)。CoP主成分角は、楕円の長半径(主成分分析における第1主成分)と原点からなる角度である。本分析では、この角度を、半小節毎(HH4打分のCoP)に計算し、計8ブロック(4小節分)算出した。最後に、角度統計(Batschelet, 1981)から、角度のばらつきを表すCircular SDを算出した。このCircular SDの値が小さいほど、1試行内の運動の方向が一定であることを意味する。

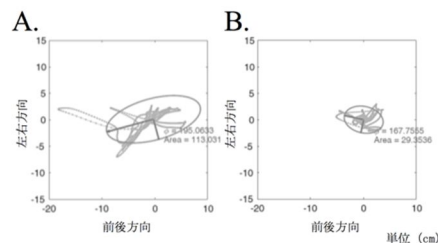


図 2: CoPデータへの楕円の当てはめ

Aはドラム熟練者、Bは初心者のCoP楕円である。楕円は主成分分析に基づいて算出した。本研究では、この楕円から、CoP面積(図中Area)、主成分角(図中 $\theta$ )を算出した。

統計:分析1と同一とした。

### 3-1-5.結果

CoP軌跡長は、60, 120bpmで、熟練者の方が有意に大きくなった(60bpm:  $p=.018$ ; 120bpm:  $p=.049$ )。CoP面積は、熟練者の方が有意に大きかった( $p=.041$ )。半小節当たりのCircular SDでは、熟練者の方が有意に小さかった( $p=.029$ ) (図3)。すなわち、運動方向のばらつきが、ドラム熟練者の方が小さいことが示された。

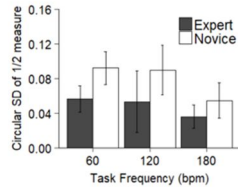


図3. 半小節を単位とした Circular SD の比較  
エラーバーは 95%信頼区間。Circular SD は、ドラム熟練者 (Expert) の方が有意に小さかった ( $p=.029$ )

### 3-1-6.考察:

パフォーマンス分析・身体運動分析から得られた結果は、次のように統合できる。第一に、ドラム熟練者のダイナミックな演奏は、身体全体の大きな動きにより実現されたこと、第二に、ドラム熟練者の正確な演奏は、運動の方向を一定に保つことにより実現された可能性があることある。

本研究では、2次元の身体運動データを、主成分分析により1次元のベクトルに縮約して検討した。これは、ドラム演奏時の方向の安定性のみに着目した分析であった。ここから示唆されたのは、ドラム熟練者の身体運動に隠された大局的な姿勢制御、である。ドラム演奏は両手両足で様々な運動をするため、初心者にとっては姿勢の維持自体が難しい。この困難さは、初心者の運動方向が熟練者と比較してばらばらであったことからも明らかであった。ドラム熟練者は、こうした困難さを克服するため、両手足で行うばらばらの運動を取りまとめるような身体運動(例えば、身体全体で運動方向を一定に保つような運動)により演奏していることが推察された。

### 4. 研究成果

研究1・研究2により、1)ドラム演奏の精度が極めて高い熟練者であっても、スティックを操作する手首の屈伸運動において屈曲筋と伸筋の同時収縮が観察されること、2)熟練者は、手首も含めた身体全体を環境(撥、打面、床面)へ安定的に定位させていることを示した。

これらの研究によってすべてが解明されたわけではないものの、体幹などを安定的にコントロールすることが、正確なドラム演奏にとって重要な役割を果たしている可能性を示した点で、本研究の成果の意義は大きいと考える。今後、さらに研究を進めて、残された課題を解決していきたい。

なお、発表論文等には含めていないが、査読付雑誌論文については、現在投稿中のものが1本あることを付記しておく。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

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,24巻(2017)1号 p.136-140.(大会発表賞受賞論文・査読なし)

〔学会発表〕(計2件)

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,2016年度日本認知科学会第33回大会論文集 pp.903-911(査読付)

谷貝祐介・古山宣洋・三嶋博之：ドラム演奏における身体協応に関する研究：身体一ステイック系を分析単位とした演奏安定性の検討,2017年度日本認知科学会第34回大会論文集 pp.1098-1101.(査読付)

谷貝祐介・古山宣洋・三嶋博之：「熟練ドラマーの正確な演奏はどのように実現されるのか―床反力データを用いた姿勢制御に関する検討―」,日本認知科学会研究分科会「間合い」研究会第10回研究会(2018年1月28日(日)10:30-17:30,慶應義塾大学三田キャンパス)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

特になし

### 6. 研究組織

(1)研究代表者

古山宣洋(早稲田大学人間科学学術院・教授)  
研究者番号：20333544

(2)研究分担者

なし( )

研究者番号：

(3)連携研究者

なし( )

研究者番号：

(4)研究協力者

谷貝祐介(早稲田大学大学院人間科学研究科・博士後期課程1年)