

表面筋電位および記録映像を用いた

シングルストローク演奏時におけるドラムスティック制御動作の解析

Analysis of movements for drumstick control using the surface electromyogram and video recordings

藤沢 卓矢¹, 岩見 直樹¹, 寄能 雅文², 三浦 雅展²

Takuya FUJISAWA, Naoki IWAMI, Masafumi KINO and Masanobu MIURA

¹龍谷大学大学院理工学研究科, ²龍谷大学理工学部

¹Graduate school of Science and Technology, Ryukoku University

²Faculty of Science and Technology, Ryukoku University

ドラム演奏において正確なテンポ及び適切な強さで打叩するためには、ドラムスティックを制御する技術が必要である。ドラム演奏の練習において、ドラムスティックの制御を練習することを目的とした様々な演奏形態が存在し、そのような演奏形態において演奏される打叩パターンで用いられる奏法の一つにシングルストロークと呼ばれる奏法がある。シングルストロークはドラム演奏において最も単純かつ多用される奏法の一つである。これまでドラムスティックの制御に関する奏者の動作解析がドラムスティックの動作分析によって行なわれているが、奏者の生体的な情報を用いた解析はあまり行なわれていない。本研究では、筋肉が随意運動したときに発生する筋電位を表面筋電位として計測し、シングルストローク演奏時における奏者の腕及び手指の動作と演奏表現の関係について調査している。調査の結果、ドラム演奏者は十分なリラックスのもとに演奏を行なっていることが確認された。

キーワード：シングルストローク、表面筋電位、ドラム、リズム、動作パターン

1. はじめに

ドラムスティックを制御する技術はドラム演奏において重要な要素の一つである。ドラムスティックの制御を練習する演奏形態の一つに、両手のみを用いて（すなわち、足による演奏は行なわない）ドラムスティックの制御を練習するような演奏形態がある。このような演奏形態を本稿では「ドラムスティック基礎演奏」と呼ぶことにする。ドラムスティック基礎演奏において一般的に用いられる奏法に「シングルストローク」と呼ばれる奏法がある。シングルストロークは、ドラムスティック基礎演奏だけでなくドラムセットを用いた演奏においても多用される奏法である。これまでに、記録映像から奏者の手足動作の軌跡を抽出したもの[1]など、奏者の動作解析に関する研究が行なわれているが、生体的な情報に基づいた奏者の動作解析はあまり行なわれていない。そこで、本研究は、演奏時における奏者の腕の表面筋電位を用いてシングルストローク演奏時におけるドラムスティック制御について調査することを目的とする。

2. 対象とする演奏形態

2.1 ドラムスティック基礎演奏

シングルストロークについて説明する。腕を振り上げてから腕を振り下ろして打叩が行なわれるまでの動作を1回の打叩動作とし、1回の打叩動作において1打のみの打叩を行なう奏法を「シングルストローク」という。シングルストロークはドラムスティック基礎演奏において多用される基礎的な奏法の一つである。

2.2 本研究の目的

ドラムスティック基礎演奏は、ドラムスティックの制御を練習するための演奏形態であるが、ドラムセットを用いた実演奏においても多用される。ドラムセットを用いた演奏の多くはシングルストロークから構成されるため、ドラムスティック基礎演奏時における演奏動作を解析することはドラム演奏時における奏者の動作解析において重要な要素であると考えられる。本稿では、シングルストローク演奏時における奏者の手関節部

の表面筋電位及び奏者の手の高さを計測することにより、シングルストローク演奏時における奏者の腕によるドラムスティック制御の様子を調査する。

3. 計測環境

筋電位信号, ドラム及びメトロノームから出力される電気信号を, 演奏情報として記録する. サンプルング速度は 1 kHz, 量子化精度は 16 bit である. 本研究では対象となる信号を, National Instruments 社製のソフトウェア計測器「LabVIEW」を用いて計測する. LabVIEW を用いることで, 異なる特徴の異なる信号を一括して計測することが可能であるため, 本研究で用いている

奏者の手首の高さを解析対象とする。演奏時における奏者の動作を奏者の正面方向からビデオカメラを用いて撮影する。手首の高さを調査するために、「奏者がドラムスティックを持ち、打面に振り下ろして打面に触れた状態における奏者の肘の高さ」を基準の高さとし、課題演奏時において奏者の手首が基準の高さを越えた打叩の回数を計数し、解析に使用する。

4. 演奏の記録と解析

4.1 実験目的

ドラム演奏において適切なタイミング及び適切な強度で演奏を行なうには、適切なドラムスティック制御が必要である。また、ドラム演奏時には、奏者自らドラムスティックの動作を開始または停止させるドラムスティック制御だけでなく、ドラム打面からの反動を利用した制御も行なわれていることから、様々な演奏状況に即したドラムスティック制御が行なわれていると考えられるが、演奏状況とドラムスティック制御との関係は明らかではない。そこで本実験は、様々な演奏条件下における筋電位の大きさを比較することにより、ドラム演奏時における演奏状況とドラムスティック制御の関係を調査する。また、演奏時における奏者の手首の高さを調査することにより、筋電位の大きさと手首の高さの関係を調査する。

4.2 演奏課題

ドラムスティック制御時における腕の負荷量を調査するために、「通常連続シングルストロー

ク」(以降「R 条件 (Real playing)」), 「打面なし連続シングルストローク」(以降「S 条件 (Stick-only playing)」), 「短スティック連続シングルストローク」(以降「I 条件 (Imitative playing)」) の 3 種類の異なる演奏条件を持つ打叩パタンを演奏課題として用いた。以下に R 条件, S 条件, I 条件それぞれの概要について説明する。

• R 条件

R 条件は通常連続シングルストロークを行なう動作パターンである。

• S 条件

S 条件は、実際の演奏と異なり、ドラム打面を用いずに連続シングルストロークを行なう動作パタンである。S 条件は打面からの反動を利用せずに演奏しなければならないため、R 条件よりもドラムスティック動作の抑制を必要とされる動作パタンであると考えられる。

• I 条件

I 条件は、通常のドラムスティックを半分の長さで切断したものを用いて連続シングルストロークを行なう動作パターンである。また、S 条件と同様に、ドラム打面を用いない動作パターンである。ドラムスティックが通常のものより短いため、演奏時においてドラムスティックの重さ及び長さを利用することが困難になる。そのため、打叩の際に R 条件よりもドラムスティックを高い位置まで振り上げる動作を行なっているため、R 条件よりも身体的負担が大きい動作パターンであると考えられる。

各動作パターンにおける筋電位の高さを比較することにより、ドラム奏者のドラムスティック制御を調査することができると考えられる。実験で用いた演奏課題を表 1 に示す。

表1 実験で用いた演奏課題

動作ボタン	通常 (R条件)	打面なし (S条件)	短スティック (I条件)
演奏の様子			
打面	あり	なし	なし
スティック	通常	通常	短スティック
打叩ボタン			

4.3 実験概要

計測対象として、両腕の尺側手根屈筋の表面筋

電位, メトロノーム信号, 奏者の手首の高さを用いた。尺側手根屈筋の位置を図3に示す。

被験者として, ドラム演奏経験者 3 名 (S1: ドラム経験約 7 年, S2: ドラム経験約 8 年, S3: ドラム経験約 4 年) を用いた。表 1 に示す演奏課題をそれぞれ指定テンポ 80bpm, 100bpm, 120bpm のテンポ条件で 8 小節, それぞれランダムに被験者に演奏させた。

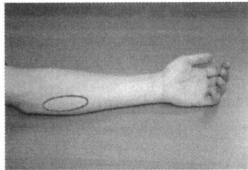


図1 尺側手根屈筋の位置

4.4 分析方法

実験の結果として表 1 に示す動作パターンに対応する両腕の尺側手根屈筋の表面筋電位信号が得られた。筋電位信号は, 各筋から得られた最大等尺性筋収縮時の筋活動量を用いて正規化した。解析の対象として筋電平均値を用いる。演奏開始 1 秒前から演奏終了 1 秒後までを 1 演奏全体の範囲として, 1 演奏あたりの筋電平均値 E_{ave} とし, E_{ave} を被験者間において各テンポ, 各演奏課題, 及び各測定部位について調査した。

また, 拍節に依存したドラムスティック制御の有無を調査するために, 拍頭における打叩を「1

打目」, それ以外の打叩を「2/3/4 打目」として, 1 演奏全体の打叩におけるそれぞれの筋電平均値 P_1, P_{234} を算出し, 各被験者間において各演奏課題について調査した。演奏課題において 1 打目及び 2/3/4 打目を示したものを図 4 に示す。

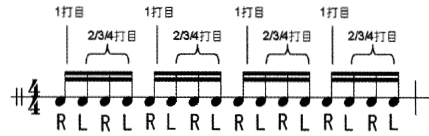


図2 演奏課題における 1 打目と 2/3/4 打目

4.5 実験結果の概要

動作パターン及びテンポ条件に対する筋電平均値をそれぞれ同一被験者内で比較した。それぞれの実験結果におけるテンポ条件 (80bpm, 100bpm, 120bpm) と動作パターン (R 条件, S 条件, I 条件) に対して 2 要因分散分析を行なった。被験者 S1, S2, S3 によって演奏された 3 種類の動作パターンにおいて得られた各計測部位における 1 演奏全体の筋電平均値をそれぞれ図 5 に示す。

また, 動作パターン (R 条件, S 条件, I 条件) と拍節条件 (1 打目, 2/3/4 打目) に対して 2 要因分散分析を行なった。

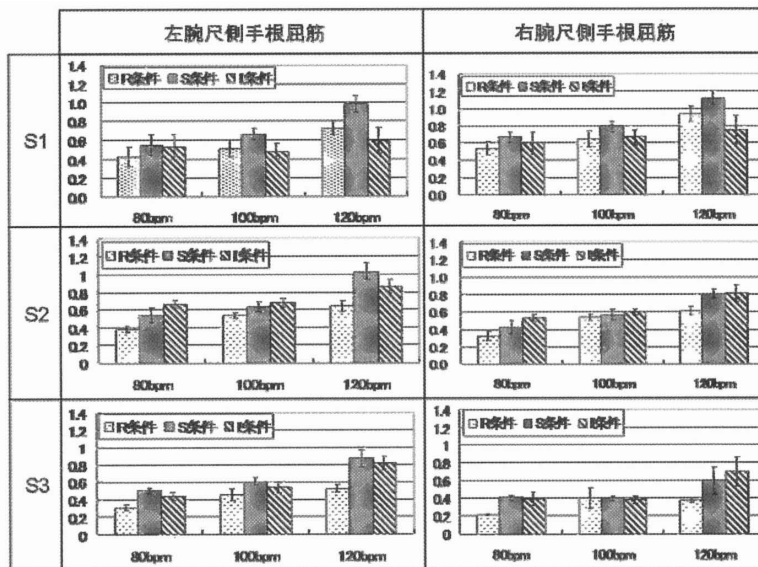


図3 被験者 S1~S3 における 1 演奏全体の筋電平均値

4.6 演奏全体における筋電平均値の比較

4.6.1 被験者 S1 における実験結果

被験者 S1 については、左腕尺側手根屈筋及び右腕尺側手根屈筋において動作パターン及びテンポ条件の主効果が有意であった。また、左腕尺側手根屈筋及び右腕尺側手根屈筋において動作パターン×テンポ条件の交互作用が有意であった（左腕尺側手根屈筋、右腕尺側手根屈筋の順に、 $F(4,135)=14.336$, $p<.01$; $F(4,135)=11.360$, $p<.01$ ）。交互作用が認められたため、信頼区間の調整に Bonferroni 法を用いてテンポ条件の水準別に動作パタンの単純主効果に対する検定を行なった。その結果、左腕尺側手根屈筋及び右腕尺側手根屈筋におけるすべてのテンポ条件において、R 条件よりも S 条件の方が筋電平均値が大きいことが確認された [$p<.01$]。また、左腕尺側手根屈筋におけるテンポ条件 80bpm において、R 条件よりも I 条件の方が筋電平均値が大きいことが確認された [$p<.05$]。

4.6.2 被験者 S2 における実験結果

被験者 S2 については、左腕尺側手根屈筋及び右腕尺側手根屈筋において動作パターン及びテンポ条件の主効果が有意であった。また、全ての部位において動作パターン×テンポ条件の交互作用が有意であった（左腕尺側手根屈筋、右腕尺側手根屈筋の順に、 $F(4,135)=35.741$, $p<.01$; $F(4,135)=13.588$, $p<.01$ ）。交互作用が認められたため、信頼区間の調整に Bonferroni 法を用いてテンポ条件の水準別に動作パタンの単純主効果に対する検定を行なった。その結果、右腕尺側手根屈筋のテンポ条件 80bpm の場合を除く全ての部位及び全てのテンポ条件において、R 条件よりも S 条件の方が筋電平均値が大きいことが確認された [$p<.01$]。また、全ての部位及び全てのテンポ条件において、R 条件よりも I 条件の方が筋電平均値が大きいことが確認された [$p<.01$]。

4.6.3 被験者 S3 における実験結果

被験者 S3 については、左腕尺側手根屈筋及び右腕尺側手根屈筋において動作パターン及びテンポ条件の主効果が有意であった。また、左腕尺側手根屈筋及び右腕尺側手根屈筋において動作パターン×テンポ条件の交互作用が有意であった（左腕尺側手根屈筋、右腕尺側手

根屈筋の順に、 $F(4,135)=15.535$, $p<.01$; $F(4,135)=15.770$, $p<.01$ ）。交互作用が認められたため、信頼区間の調整に Bonferroni 法を用いてテンポ条件の水準別に動作パタンの単純主効果に対する検定を行なった。その結果、右腕尺側手根屈筋におけるテンポ条件 100bpm を除く全ての部位及びテンポ条件において、R 条件よりも S 条件の方が筋電平均値が大きいことが確認された [$p<.01$]。また、右腕尺側手根屈筋におけるテンポ条件 100bpm を除く全ての部位及びテンポ条件において、R 条件よりも I 条件の方が筋電平均値が大きいことが確認された [$p<.01$]。

4.6.4 筋電平均値の比較結果のまとめ

被験者、テンポ条件及び測定部位の組み合わせを（被験者数：3 名）×（テンポ条件数 3 条件）×（測定部位数：2 ヶ所）=18 ケースとした場合、その 18 ケース中において、R 条件よりも S 条件の方が有意に大きいケースが 16 ケース（すなわち 88%）認められた。また、R 条件よりも I 条件の方が有意に大きいケースが 12 ケース（すなわち 66%）認められた。各被験者において R 条件よりも S 条件の方が筋電平均値が大きい場合及び R 条件よりも I 条件の方が筋電平均値が大きい場合それぞれに対する検定結果を表 2 に示す。

表 2 演奏全体における筋電平均値の比較結果
(左尺：左腕尺側手根屈筋, 右尺：右腕尺側手根屈筋)

被験者	テンポ	R < S		R < I	
		左尺	右尺	左尺	右尺
S1	80bpm	**	**	*	-
	100bpm	**	**	-	-
	120bpm	**	**	-	-
S2	80bpm	**	**	**	**
	100bpm	**	-	**	*
	120bpm	**	**	**	**
S3	80bpm	**	**	**	**
	100bpm	**	-	**	-
	120bpm	**	**	**	**
有意差が認められた割合		16/18(88%)		12/18(66%)	

(*: $p<.05$, **: $p<.01$, - : not significant)

4.7 1 打目及び 2/3/4 打目における筋電平均値の比較

被験者 S1 の実験結果については、動作パターン及び拍節条件の主効果が有意であった。また、動作パターン×拍節条件の交互作用が有意であった ($F(2,1146)=28.248$, $p<.01$)。交互作

用が認められたため、信頼区間の調整に Bonferroni 法を用いて動作パタンの水準別に拍節条件の単純主効果に対する検定を行なった。その結果、全ての動作パターンにおいて、2/3/4 拍目よりも 1 拍目の方が筋電平均値が大きいことが確認された [$p<.01$].

被験者 S2 の実験結果については、動作パターン及び拍節条件の主効果が有意であった。また、動作パターン×拍節条件の交互作用が有意であった ($F(2,1146)=5.738, p<.01$)。交互作用が認められたため、信頼区間の調整に Bonferroni 法を用いて動作パタンの水準別に拍節条件の単純主効果に対する検定を行なった。その結果、動作パターン S 条件及び I 条件において、1 拍目よりも 2/3/4 拍目の方が筋電平均値が大きいことが確認された [$p<.01$].

被験者 S3 の実験結果については、動作パターン及び拍節条件の主効果が有意であった。また、動作パターン×拍節条件の交互作用に有意な差は認められなかった ($F(2,1146)=2.410, n.s.$)。動作パターン及び拍節条件に対して 2 要因分散分析を行なった結果、全ての動作パターンにおいて、1 拍目よりも 2/3/4 拍目の方が筋電平均値が大きいことが確認された [$p<.01$].

4.8 記録映像から得られた実験結果

各被験者による演奏において、手首が基準の高さを越えた打叩の回数を表 3 に示す。全ての被験者について、R 条件において手首が基準の高さを越えた打叩は存在しなかった。また、被験者 S1 及び S3 については、全ての動作パターンにおいて基準の高さを越えた打叩は存在せず、被験者 S2 による S 条件及び I 条件の場合にのみ基準の高さを越えた打叩が存在した。

表 3 手首が基準の高さを越えた打叩の回数

		R条件		S条件		I条件	
被験者	テンポ	左腕	右腕	左腕	右腕	左腕	右腕
S1	80bpm	0	0	0	0	0	0
	100bpm	0	0	0	0	0	0
	120bpm	0	0	0	0	0	0
S2	80bpm	0	0	0	123	59	128
	100bpm	0	0	0	136	35	128
	120bpm	0	0	0	9	0	111
S3	80bpm	0	0	0	0	0	0
	100bpm	0	0	0	0	0	0
	120bpm	0	0	0	0	0	0

4.9 考察

4.9.1 S 条件及び I 条件を R 条件と比較した結果に対する考察

実験の結果、単一の演奏における筋電平均値について、全ての被験者において R 条件よりも S 条件の方が筋電平均値が大きいことが確認された。また、被験者 S1 を除く全ての被験者において、R 条件よりも I 条件の方が筋電平均値が大きいことが確認された。このことから、S 条件の場合、ドラムスティックの振り下げ時に打面からの反動を利用することができないため、R 条件と比べて振り下げたドラムスティックの動作を打面の位置あたりで止める制御がより多く必要とされていることが考えられる。つまり、実験結果より、ドラムスティックの制御には打面の反動が利用されていることが確認された。また、I 条件の場合、通常のドラムスティックよりも短いドラムスティックを使用しているため、ドラムスティックの重さ及び長さを利用することが困難となる。そのため、I 条件は R 条件と比べてより大きくドラムスティックを振り上げる動作が必要になると考えられる。つまり、実験結果より、ドラムスティックの制御にはスティックの重さ及び長さを利用していることが確認された。

4.9.2 S 条件及び I 条件の動作に対する考察

ドラムスティック制御に打面の反動を利用することにより、ドラムスティック制御における手指による制御の割合を減少させることとなり、奏者の身体的な負担を軽減することが可能になる。ドラム奏者は、S 条件においてシングルストロークを演奏する際にドラムスティックを振りすぎてしまうのを防ぐためにドラムスティックの動作を抑制していると考えられるため、打面がない状況においてもそのような状況に即したドラムスティック制御を行なっていると考えられる。また、ドラムスティック制御にドラムスティックの重さ及び長さを利用することはドラムスティックを振り下ろす際にドラムスティック先端に生じる打面方向のモーメントを利用することとなり、手指によるドラムスティックの制御の割合を減少させることで、奏者の身体的な負担を軽減することが可能になる。ドラム奏者は、I 条件において連続シングルストロークを

演奏する際にドラムスティックに生じる力を利用できないので、奏者自身の手指によるドラムスティック制御の割合が増加し、身体的負担が増加しているため、I条件の筋電平均値はR条件より大きい値になったと考えられる。

4.9.3 1打目と2/3/4打目の比較に対する考察

1打目と2/3/4打目における筋電平均値の比較の結果、被験者S1は全ての動作パターンにおいて2/3/4打目よりも1打目の方が筋電平均値が大きいことが確認された一方、被験者S2のR条件を除いた全ての動作パターン及び被験者S3の全ての動作パターンにおいて1打目よりも2/3/4打目の方が筋電平均値が大きいことが確認された。このことは、被験者によって1打目と2/3/4打目の大小関係は異なるが、全ての被験者において1打目と2/3/4打目では異なるドラムスティック制御が行なわれていると考えることができる。つまり、奏者ごとに演奏方略は異なるものの、ドラム奏者は意識的、あるいは無意識的に拍節に依存したドラムスティック制御を行なっていると考えられる。

4.9.4 ドラム奏者がR条件の場合に行なう演奏に対する考察

R条件よりもS条件及びI条件の方が筋電平均値が大きい結果が得られたことから、ドラム奏者は、演奏状況が通常と異なる場合において、通常の演奏状況を再現しようとする動作を行なっていると考えることができる。通常の演奏状況を再現しようとする動作の例としては、S条件においてドラムスティックを打面付近で停止させる動作が挙げられる。つまり、S条件及びI条件においてR条件よりも大きい筋電位が発生したのは、通常と異なる動作、すなわち、慣れていない動作を行なったからだけでなく、通常と異なる演奏状況でありながらも通常の演奏状況を再現しようとしたため、通常の演奏状況に比べて余分な動作を行なっているからであると考えられる。以上のことから、ドラム奏者による通常の演奏は十分なリラックスのもとに行なわれており、演奏状況が異なる場合においてもその状況に即した動作を行ない、身体的な負担を軽減した上で演奏を行なうためのドラムスティック制御を行なっていると予想される。

5 まとめと今後の課題

本研究では、表面筋電位を用いて、ドラム奏者によるドラムスティック制御を調査した。調査の結果、ドラム奏者は、様々な演奏条件に対応して身体的負担を軽減するドラムスティック制御を行なっていることが確認された。

表面筋電位を用いることにより、力の入れ具合を定量的に比較することが可能となった。また、記録映像を用いることによって奏者の手腕部の動作を解析に用いることができると考えられるが、今回用いた手法では解析に用いることができるデータは得られなかった。その理由としては、基準の高さの設定方法や、映像の記録方法に問題があったと考えられる。そのため、モーションキャプチャシステムなどを使用し、腕やドラムスティックの軌跡を採取することでさらに詳細な演奏解析の方法を提案できると考えられる。

謝辞

研究を進める上で貴重なご意見をいただき、日頃より多方面でご指導いただきました本学杉田繁治教授に感謝します。本研究の一部は文部科学省のハイテク事業による私学助成を得て行なわれた。

参考文献

- [1] S. Dahl, "Is the player more influenced by the auditory than the tactile feedback from the instrument?", Proc.DAFX-01(2001).
- [2] S. Dahl, "Movements and analysis of drumming", Music Motor Control And the Brain pp.125-138 (2006)
- [3] 藤沢卓矢, 岩見直樹, 寄能雅文, 三浦雅展, "腕の表面筋電位を用いたダブルストローク演奏の解析", 音楽音響研究会資料, MA2007-47, pp.127-130, (2007)
- [4] 藤原, 「筋電図・誘発電位マニュアル」, 金芳堂 (2004)
- [5] Aldo O.Perotto, 「筋電図のための解剖ガイド」, 西村書店 (2003)
- [6] 広瀬 和彦, 「筋電図判読テキスト」, 文光堂 (1992)