

筋電センサでの筋電計測を用いたドラム演奏上達をサポートする 筋力トレーニング

Muscle Training to Support Drumming Skill Improvement Using Electromyographic Measurements with Myoelectric Sensors

高島真優 (Mayu Takabatake)*

法政大学 情報科学部 デジタルメディア学科
mayu.takabatake.9p@stu.hosei.ac.jp

Abstract

This study proposes a new practice method for drummers who have difficulty securing practice spaces. It introduces a training method that incorporates muscle-strengthening exercises that can be done at home. By measuring which muscles are used during drumming in experienced drummers, it was found that the tibialis anterior muscle is used the most. The study focused on two muscles: the vastus medialis, which was identified in previous research, and the tibialis anterior. Participants performed muscle training for both of these muscles. As a result of the muscle training, at BPM = 80, the average velocity of the drumming increased by 42.50, and the standard deviation decreased to -0.48. These findings suggest that muscle training for both the tibialis anterior and vastus medialis is an effective new method for improving drumming performance.

1 はじめに

今回の研究で使用するドラムとは、ジャズやロックなどのポピュラー音楽において最もよく使用される楽器の1つである。そのため、ドラムの演奏技術を習得したいと願う人が多い。しかし、いざドラムの演奏技術を習得するとなったとき、演奏練習における課題が出てくる。課題の1つ目として、ドラムは実際にその場にドラムセットがないと練習することができないため、ドラムが家にはない人はレンタルスタジオを借りて練習する必要がある。そのため、ドラムを練習するまでに時間とコストがかかる。また、課題の2つ目として、音を立てずに行える基礎練習がないという問題がある。バスドラムを用いたドラム練習の際には電子ドラムを使うが、パタパタと大きな音が鳴るため時間と場所を選ぶ。こういった問題に対するサポート方法として、基礎練習の方法がまとめられたテキストなどの教材や、楽曲の譜面解説を行う動画サイトでの自主練習支援がある。谷貝らは、ドラム演奏の熟達メカニズムを筋肉の運動制御に焦点を当て明らかにした。筋制御を調べる際に、表面筋電計

(Biometrics 社,SX230) を用いて、時系列データ内の屈曲筋・伸筋の出力の差分を両者の和で除した値を全て求めることで、試行内で屈曲筋・伸筋の共収縮がどれほどの割合で起こっているか、またどちらが優勢であるかを検討した。そして谷貝らは、ドラム熟練者が局所的な筋制御ではなく、様々な筋を共働させながら、打叩間隔・打叩強度ともに安定した演奏を実現していることを、熟練者・未経験者・経験者の比較を通して検証した [1]。しかし、一般的にはドラマーはドラム練習のために筋力トレーニングを行わない。

2 関連研究

ドラムと筋肉の関係を調べた研究として、以下の研究がある。

能智らは、表面筋電位を用いたバスドラム演奏時における脚部動作の解析を行った。未経験者に対して、ロックやメタルを演奏するときに用いられるヒールアップ奏法で、バスドラからビーターを離さず演奏するクローズ奏法で実験を行った。足関節の背屈に関わる前頸骨筋、膝関節の下腿の伸展に関わる内側広筋、股関節の屈曲に関わる大腿直筋、長腓骨筋、ヒラメ筋の5か所を選定し、それぞれの筋に表面電極を貼り付けた。そして、筋肉の使い方として、内側広筋が緊張したという結果が得られた [2]。

筋力には、3つの定義がある。1つ目は、重い物を持ち上げる際に必要な能力である筋力、2つ目は長時間動き続ける能力である筋持久力、3つ目は、素早く動く能力である瞬発力である。ドラム演奏上達には、2つ目の筋持久力が大きく関わる。ドラム演奏上達には、筋肉が大きく関わる。理由はドラム演奏において持久力を求められるためである。実際にドラム演奏を行うシーンでは、曲を演奏することが基本的である。基本的な曲の1曲の長さは、3~4分ほどである。また、バンド演奏でドラムを叩くことになると、30分のライブを通して行うことが基本となる。十分に筋持久力が鍛えられておらず、ライブ後半になり疲れてしまうとドラムのテンポが乱れ、演奏にばらつきが生まれる。また、バスドラム(足)とシンバル類(手)のタイミングがずれ、一体感のない演奏となる。よって、長い時間継続して叩くことのできる力、筋持久力が必要となる [3]。十分に筋力が鍛えられていない演奏では、以下の図2のように音の強さを示すベロシティの平均が小さく、標準偏差が大きく演奏

* 指導教員：伊藤 克亘 教授

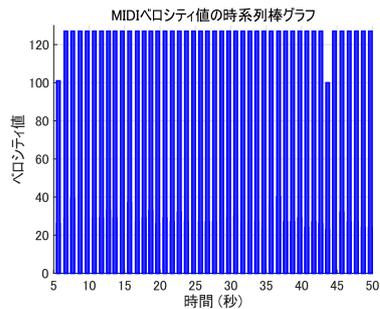


図1 十分に筋力が鍛えられており安定している例

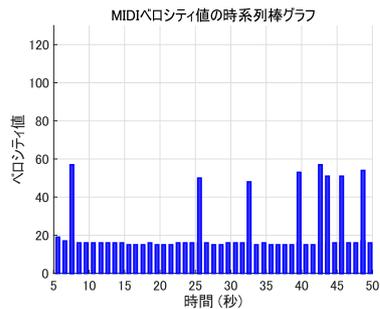


図2 十分に筋力が鍛えられておらず疲れてしまった例

音にばらつきが生まれる。熟達度の高い筋力の鍛えられている演奏では、図1のようにベロシティの平均が高く、標準偏差が小さい。

3 研究内容

本研究では、ドラム演奏上達をサポートする効果的な筋力トレーニングの提案を行う。バスドラム演奏時に主に使われる足首周りの筋肉の筋力トレーニングをすることによってバスドラムの打叩強度、音圧を挙げ、ドラム演奏上達へつなげる。ドラムがなくても場所と時間を選ばず練習できる方法として提案する。谷井らは、筋制御について検証したが、筋肉を鍛えたことによる筋肉量による変化、音の違いは検証していない。また、体のどこの筋肉をどのように鍛えればよいのかについては明記されていない。

小西らは、システムによる学習支援の1つとして、ドラム基礎演奏における熟達度の自動評価手法を提案している[4]。評価指標としてドラムを演奏した際の、奏音の欠落、演奏音の挿入、打叩時刻ずれ、打叩強度を挙げている。特に、打叩時刻ずれ、打叩強度を指標に演奏熟達度の評価を行った。最終的に、熟達度の評価として、ループ演奏での打叩強度、打叩時刻ずれの周期性を仮定し、特徴パラメータを求め、特徴パラメータを演奏熟達度の評価とした。打叩強度はMIDIデータから得られたヴェロシティ値をそのまま採用している。しかし、一定の間隔で変化する、いわゆる「ノリ」による打叩強度があると客観的熟達度が高いという結果を得た。しかし、筋力トレーニングによって増加する打叩強度自体が客観的熟達度に与える影響については調べていないため、打叩強度が客観的熟達度に与える影響について調べる。

本研究では、筋肉量の違い、筋肉の使い方の違いによる音の

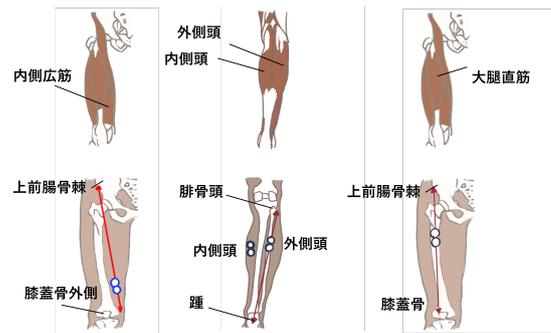


図3 内側広筋、腓骨筋の外側頭、腓骨筋の内側頭、大腿直筋の貼付図

変化について検証する。能智らは、内側広筋が緊張したという結果を得たが、被験者が未経験者のみであったため、経験者と未経験者での筋肉の使い方が違った場合の検証は行えていない。本研究では未経験者、経験者、熟練者の3つのグループ分けを行い、それぞれ2人の計6人で検証を行う。バスドラムがリズムキープに重要であるため、本研究ではバスドラム演奏時に使用している筋肉に着目する。3つのグループにおいて、バスドラム演奏時にどこの筋肉が使用されているのか調べる。熟練者がバスドラム演奏時に使用している筋肉を筋力トレーニングで鍛える筋肉とする。熟練者と未経験者で使用している筋肉が異なった場合、未経験者にバスドラム演奏時に熟練者が使用している筋肉を使うように指示する。そうして使用する筋肉の違いによる音の変化について検証する。筋力トレーニング後、各グループの演奏を比較し打叩強度と音圧の変化を測定する。

本実験ではトランクソリューション株式会社製の表面筋電位測定装置:TS-MYOを用いて下肢部筋電位を測定する。TS-MYOから測定した筋電位はTS-MYO付属のアプリケーションを用いてPCに取り込み、MATLABを用いて解析を行う。なお、値を取り込む際のサンプリング周波数は1kHzである。

熟練者2名を対象として実験を行う。計測する筋肉については、SENIAMに記載されている膝より下の下肢の筋肉である、前脛骨筋、ヒラメ筋、長腓骨筋に加え、能智らの研究結果より未経験者が使用していた内側広筋、腓骨筋の外側頭、腓骨筋の内側頭、大腿直筋の計7つの筋について行う。電極は以下の2つの図3,4のように貼付する。ライブでの疲労を再現するため、30分間、電子ドラムを体の全体、特に足を使うように意識して全力で演奏してもらい、その後、8ビートを演奏してもらい、筋電の値を測る。

3.1 実験

TS-MYO センサはゼロのズレ(オフセット、時間とともにズレる場合はドリフトという)に関する仕様の規定がないため、センサが0からどれだけ離れているかを計測し、それを全体のデータから引く必要がある。そうして得られた値を数値として使用する。表の項目で見られるMVCとは、100%MVC法のことであり、筋電図で得られる波形の振幅は、空気抵抗、電極の貼付位置によって大きく異なる。複数ある筋の筋電図を定量的に比較する場合には、何らかの方法でこれらの差異を排除しなければならない。よって、正規化を用いてある筋活動量を基準となる筋活動に対する割合で示す。個人のMVC値の違

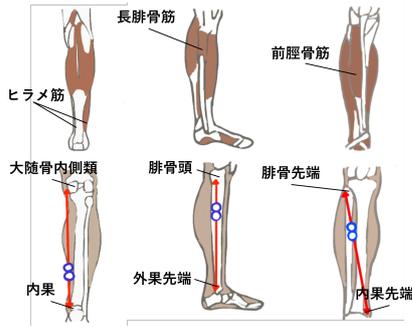


図4 前脛骨筋, ヒラメ筋, 長腓骨筋の貼付図



図5 電子ドラムに取り付けたウレタンフォームのスポンジ

いにより生データの筋電値が高い故演奏時の筋肉の使用量が多いとは限らないため、相対評価に100%MVC法が必要代表的な正規化法として、最大随意筋収縮時(MVC)の筋電活動量を100%とした相対値を求めるこの100%MVC法(%MVC)を用いた。予備実験において、表1,2のように、熟練者2名は共に最も前脛骨筋を使用しているという結果が得られた。よって、内側広筋と前脛骨筋を鍛える筋力トレーニングを実施する。熟練者が最も活用していた筋肉は前脛骨筋であった。また、能智らは、筋肉の使い方として、内側広筋が緊張したという結果を得た。筋力トレーニングでは、前脛骨筋を鍛える筋力トレーニングと、内側広筋両方を鍛える筋力トレーニングを行う。筋電の値に関して、有効数字は5桁である。

表1 熟練者1の使用筋肉

筋肉	補正後平均	100%MVC	mvc
長腓骨筋	0.0372	1.9988	0.3626
前脛骨筋	0.0183	3.2572	0.5633
内側広筋	0.0109	20.876	0.0522
腓腹筋	0.0070	1.5160	0.4643
大腿直筋	0.0170	1.6646	1.0237
外側筋	0.0034	1.7920	0.1870

表2 熟練者2の使用筋肉

筋肉	補正後平均	100%MVC	mvc
長腓骨筋	0.0142	2.2934	0.6222
前脛骨筋	0.0223	3.0213	0.7374
ヒラメ筋	0.0015	1.6580	0.0880
内側広筋	0.0058	22.946	0.0254
腓腹筋	0.0012	1.8780	0.0633
大腿直筋	0.0039	1.4630	0.2679
外側筋	0.0015	1.6580	0.0880

抵抗を与えていない素の電子ドラムのバスドラムでは、ある一定以上の強さでバスドラムを踏んだ際にすぐペロシティ値の上限である127に達してしまい、強さが記録されないため、バスドラムの抵抗を増やす必要がある。そこで、バスドラムの抵抗を増やし、強さをより正しく記録するために、以下の図5のように、ウレタンフォームのスポンジを適切な大きさにカットし、バスドラムの打叩部分に取り付けた。

ウレタンフォームのスポンジ以外にも、発泡スチロールを試したが、発泡スチロールの場合、バスドラム部分に何も装着していない時と変化がなかった。具体的には、弱い力で叩いてもすぐペロシティ最大値である127に達してしまい、計測に不向きであった。

MIDIの規格により127以上の値が制限されている問題に対し、その真の値を推定する手法を提案する。MIDIは1983年に制定された電子楽器間の通信規格であり、音の強さを示すペロシティ値を含む多くのデータが7ビット(0~127)で表現される。これは通信効率を考慮した設計であり、現在も標準として広く採用されている[5]。

本研究では、127未満のペロシティデータを基に分布を推定し、127以上のデータを推定する方法を採用した。この手法により、127未満の計測データの値は変わらずに、127以上のデータの真の値を推定することが可能となる。

- データ補正: 現在のモデルパラメータを使用して、観測データの分布から127未満のデータ範囲の分布を推定し、127以上の真の値を補正・推定するための期待値を計算する。
- データ更新: 補正ステップで得られた期待値を用いて、127以上のデータをランダムに生成し、生成データと観測データを統合した新たなモデルパラメータを更新する。

これらの2つの手順を繰り返すことで、127以上のデータの真の値を推定する。収束条件が満たされるまで反復を続ける。今回、収束条件は積分値と合計面積の差が0.005以下になることである。

1. モデルの初期化

- 計測データのうち127未満のデータに対して平均値 μ_A と標準偏差 σ_A を計算する。
- 平均値 μ_A と標準偏差 σ_A を基に正規分布の確率密度関数を生成し、積分値 S_A を計算する。

2. データの補正

- 計測データのヒストグラムに基づき、127未満の範囲での合計面積 S_A を求める。
- 積分値 S_A と合計面積 S_A の差を計算し、その差が収束条件(0.05以下)を満たすように、積分値を調整する。
 - 差が正の場合は、正規分布の平均を右側にずらし、127未満の積分値を小さくする。

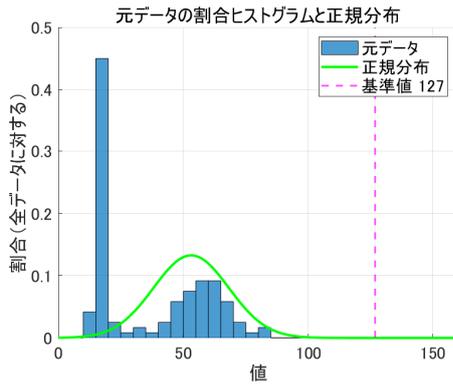


図6 前脛骨筋を鍛えた未経験者の補正前

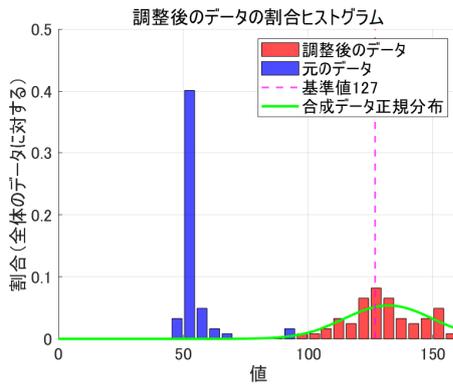


図7 前脛骨筋を鍛えた未経験者の補正後

- 差が負の場合は、正規分布の平均を左側にずらし、127未滿の積分値を大きくする。

3. 127以上のデータの推定

- 調整後の平均値を μ'_A とし、標準偏差 σ_A と平均値 μ'_A を基に 127 以上のデータをランダム生成する。
- 生成された 127 以上のデータと、127 未滿の計測データを統合して合成データを作成する。
- 合成データから新しい平均値 μ_B と標準偏差 σ_B を算出する。

4. 反復による補正

- 平均値 μ_B と標準偏差 σ_B を基に正規分布の確率密度関数を生成し、その積分値 S_B を計算する。
- 積分値 S_B と 127 未滿データの合計面積 S_A の差が収束条件 (0.05 以下) を満たすまで、データの補正と 127 以上のデータの推定を繰り返す。

5. 127以上の真の値とされるデータを最終的な推定値として取得する。

この際、127の個数を数えてその個数だけのデータを取れるまでランダムに生成する。127未滿の値は除外し、127以上のデータだけを残すことで、既存の127未滿のデータに影響を及ぼすことなく、127以上の真の値を推定できる。

最後に、元データと新しい推定したデータを比較する。また、元データと新しいデータの平均値や広がりの違いを数値として出力する。図6がプログラムによって補正を行う前、図7

がプログラムによって補正を行った後である。127以上の真の値を推定できていることがわかる。実験結果では、127の値が含まれているデータに対して補正を行い、補正後の標準偏差と平均の値を用いる。

具体的な実験方法について述べる。BPM=80,120,160で、3種類のテンポでそれぞれヒールアップ奏法を使用してドラムにおいて最も基礎的な演奏であるバスドラムが4分音符の8ビートを演奏する。未経験者、経験者(ここでは1~3年)、ドラム熟練者(ここでは3年以上)それぞれ2人の計6人を被験者とする。初心者の場合には筋力トレーニングを行ってから効果を感じるまでに2~4週間かかるため、2週間ほど筋力トレーニングを行う。筋持久力を図るため、30分自由にドラムを演奏した後、電子ドラムで実験をし、録音する。筋力トレーニングでは、筋繊維が微細に損傷する筋損傷が起きる。この損傷は筋肉に、筋肥大のトリガーを与える。筋肉が損傷すると、損傷した筋繊維を修復するため、身体は筋衛星細胞(筋肉の幹細胞)を活性化させる。この再生から破壊という流れによって、筋肥大が起こり、筋力が付く。この修復には時間がかかり、筋トレ直後はまだ破壊状態に近い。筋肉を鍛えた後すぐに測定すると、筋肉が疲労や損傷状態にあるため、測定値が不安定になる[6]。筋力トレーニング終了後、2~3日時間を置いて測定することで、筋肉の回復が進んだ状態により正確にパフォーマンスやトレーニングの効果を評価できる。よって、計測は筋力トレーニング終了後から2~3日時間を置いて測定する。筋力トレーニングを行う前、行った後の計2回実験を行い、筋肉の値がどれほど変化したのか、ベロシティの値の変化について記録する。

電子ドラムにて録音された演奏データに対して、先述したベロシティを用いて仮想正規分布を作成する手法で評価を行う。熟練した演奏者は安定した力加減でバスドラムやスネアを叩くため、音量のばらつきが小さくなりデータが平均に近い範囲へ集中する傾向がある。このような演奏の安定性により、混合ガウス分布の1つの成分が大きく割合を占め、もう一方の成分はデータに対する割合が小さくなる。また、筋持久力が高いため、長い演奏の後でも強い力でバスドラムを踏むことができる。よって、他のデータと比較して、混合ガウス分布の平均が127に近いガウス成分の全体に示す割合と、平均が大きく、標準偏差が小さいものを熟練度の高いドラム演奏データとする。

3.2 結果

被験者6名に対して、筋力トレーニング前と後の差の平均を求めた。結果は以下の表3,4のようになった。

表3 被験者の筋肉の変化

補正後平均差分	100%MVC 差分	mvc 差分
0.0291	2.8805	0.2902

表4 被験者のベロシティの変化

BPM	平均差分	標準偏差差分	混合比率差分
80	42.5	-0.5	0.14
120	37.3	-0.1	0.09
160	21.3	-0.1	0.03

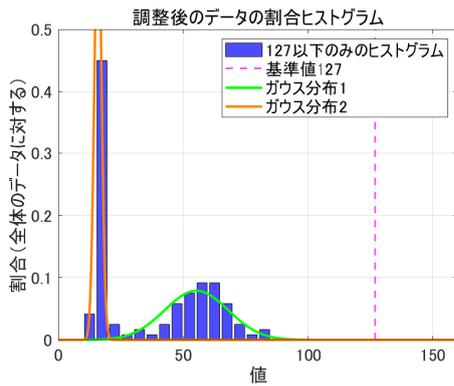


図8 未経験者1名の筋力トレーニング前

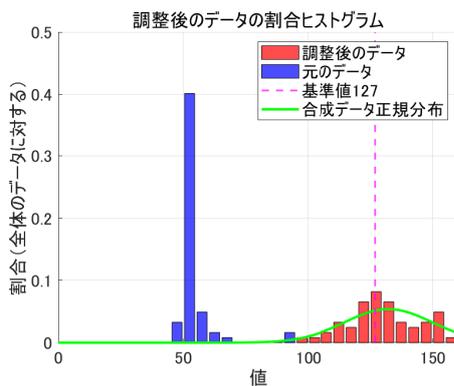


図9 未経験者1名の筋力トレーニング後

MVCの値が初期値に比べ、トレーニング終了後の値が増えている。筋力トレーニングには成功しているといえる。全体的にペロシティのMVCの値はトレーニング後に増加し、筋力トレーニングが成功したといえる。また、ペロシティの平均値と混合比率が上昇し、バスドラムの打叩強度の向上が確認された。これにより、熟練度の向上につながったと考えられる。しかし、一部の被験者では100%MVCの値が上昇せず、演奏時に鍛えた筋肉を意識的に使うトレーニングが必要である。また、標準偏差が増加したのは、音の強弱の幅が広がったためと考えられる。これは、ペロシティの平均が小さいガウス成分のほうが平均が大きいガウス成分より混合比率が大きい筋力トレーニング前に比べて、平均が大きいガウス成分の混合比率が高まったこと、平均が高くなったことにより、バスドラムを叩いて出すことのできる音の大きさの幅が広がったからであると考えられる。図8は未経験者1名の筋力トレーニングを行う前、図9は筋力トレーニングを行った後の補正後のグラフである。

具体的には、平均値が高くなるほど計測値のばらつきが増大する「相対的変動の拡大」が標準偏差の増大に関係していると考えられる。高い打叩強度を維持するには、素早く精密な筋制御が求められるが、筋力が大きいほどタイミングや力のズレが影響しやすくなるため、演奏のばらつきが増大する。このため、単に筋力を向上させるだけでなく、高い強度でも再現性の高い動作制御を習得するトレーニングが重要である。

具体的には、バスドラムを踏む際と同じ力や筋肉の使い方を

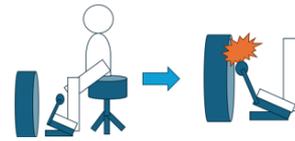


図10 動作制御を高める練習

繰り返し、誤差を最小限に抑える練習が求められる。また、メトロノームやフィードバックを活用し、安定した打叩強度やタイミングを維持できるかを確認することが効果的である。さらに、足裏の接地感覚や関節角度の認識を活用することで、動作精度が向上し、安定したリズムが維持できると考えられる。図3のように前脛骨筋の場合、バスドラムのペダルのねじを緩め、ペダルにぴったりと足裏をつけて、通常通りバスドラムを踏む、といった練習をしてもらう。内側広筋の場合、バスドラムを踏む際、内ももに握りこぶしを当て、握りこぶしを押し出すような力を加えながら踏むといった練習を行う。

演奏時に鍛えた筋肉を意識的に使うことにより、これまで使っていなかった筋群への負荷が増し、初期段階ではばらつきが生じる可能性がある。そのため、高い打叩強度でも安定したリズムを維持できるよう、細かな動作の再現性を高める練習を取り入れることが求められる。結果として、強度や速度を高めながらもばらつきを抑えることで、熟達度の向上が期待できる。

4 おわりに

本研究では、ドラム演奏の上達をサポートする効果的な筋力トレーニングとして、内側広筋および前脛骨筋を鍛える方法を推奨する。今回の実験では、熟練者がバスドラム演奏時に主に使用していた筋肉として確認された前脛骨筋と、従来研究で使用実績がある内側広筋の2つを対象に筋力トレーニングを実施した。その結果、筋力トレーニングによって熟練度の向上に寄与する可能性が示唆された。演奏時のペロシティ平均値が向上し、打撃強度の向上が確認されたことは、バスドラム演奏における筋力トレーニングの有効性を裏付けるものである。

今後の展望としては、筋力トレーニング中に鍛えた筋肉をバスドラム演奏時に意識的に活用するよう指導するトレーニングを組み合わせることで、演奏動作への筋力の活かし方を最適化することを目指す。さらに、今回対象とした2つの筋肉に加え、下肢にある他の5種類の筋肉についても筋力トレーニングを行い、どの筋肉を鍛えることで最も効率的に熟練度を向上できるのかを明らかにすることが課題となる。

本研究の知見は、バスドラム演奏のみにとどまらず、パーカッションにおける合わせシンバルなどの打楽器演奏や、他の運動スキルの向上にも応用可能であると考えられる。最終的には、個々の演奏者や学習者に適した筋力トレーニング法を提案し、より効果的かつ実践的な演奏指導法の確立につながることを期待される。

参考文献

- [1] 谷貝祐介 and 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, vol. 24, no. 1, pp. 136–140, 2017.

- [2] 能智崇徳, 米山淳, and 内田ゆず, “表面筋電位を用いたバスドラム演奏時における脚部動作の解析,” 第 11 回情報科学技術フォーラム講演論文集, pp. 11–2, 2012.
- [3] Y. M. School, “長時間の演奏で鍛えられる音楽家の持久力,” 2025. アクセス日:2025 年 1 月 27 日.
- [4] 小西夕貴, 岩見直樹, and 三浦雅展, “練習支援を目的としたドラム基礎演奏における熟達度の自動評価手法,” 電子情報通信学会論文誌 *D*, vol. 94, no. 3, pp. 549–559, 2011.
- [5] 三浦雅展, “Midi 規格の問題点と今後の展望 (j 小特集, midi 規格がもたらしたものと今後の展望),” 日本音響学会誌, vol. 64, no. 3, pp. 171–176, 2008.
- [6] 前大純朗, 山本正嘉, and 金久博昭, “筋損傷を伴わない伸張性筋力トレーニング方法の確立,” デサントスポーツ科学, vol. 36, pp. 68–77, 2015.