

和太鼓のインパクト時の「脱力」技能の定量化

Quantification of the Datsuryoku skill in the impact for a Japanese drum

中塚智哉*¹

松田浩一*¹

Tomoya Nakatsuka,

Koichi Matsuda

*¹ 岩手県立大学ソフトウェア情報学研究科

Graduate School of Software and Information Science, IWATE Prefectural University

Abstract: In this study, we suggest Datsuryoku evaluation algorithm for the purpose of quantification of the Datsuryoku that is the important skill in the Japanese drum. By the suggestion technique, we measure angular velocity and the line electric potential of the Japanese drum player and evaluate the estimate of the element of the movement and the Datsuryoku. In the estimate of the element of the movement, we suggested algorithm using cross-correlation function and DTW(Dynamic Time Warping). In addition, in the evaluation of the Datsuryoku, we suggested technique with the maximum value of the line electric potential. As a result of experiment, we confirmed that an evaluation not to depend on the level of the player was possible using suggestion technique. In addition, we confirmed that we could quantify a part of the skill of the Datsuryoku using suggestion technique.

1. はじめに

現在、日本では様々な和太鼓団体が学校での講演や式典などのオープニングセレモニーで演奏を行っている[1]。また、ワークショップという形で全国を回り、和太鼓の稽古を行っている団体もある[2]。

しかし、和太鼓指導者の減少によって直接指導の機会が減り、将来的に和太鼓の技能継承が困難になることが危惧されている。また、和太鼓の技能の中には習得が難しいものがある。これらのことから、現在、和太鼓の技能の学習支援が求められている。

習得が難しい和太鼓の技能の1つに、「脱力」と呼ばれるものがある。脱力とは、「バチを和太鼓の面に当てる(以下、インパクト)」までに腕の力を抜く技能である。この脱力をする事で、演奏の音が良くなる事が経験的に分かっている。具体的には、脱力をする事でバチが太鼓に接する時間が短くなり、太鼓の振動を邪魔しないために、音に響きが生まれる(和太鼓において、音の響きは大事とされている)ということである。このため、和太鼓において脱力は重要な技能であるといえる。

しかし、前述した通り、脱力は習得が難しいとされている。その理由は二つある。一つ目は、力を入れて大きな音を出しつつ脱力をする事が難しいということが挙げられる。また二つ目は、脱力は技能の視認や言葉での表現が難しく、感覚的な要素が強いということが挙げられる。これらより、学習者は

手探りで技能の練習を行うことになってしまう。

近年、人間の動作に関する研究が多く行われており、動作に対する技術の有用性を調査するもの[3]、スキルを解明するもの[4][5]、動作の評価をするもの[6][7]などがある。その中で本研究では、先行研究として筆者ら[7]が行ったものに着目した。先行研究では、人間の筋活動を定量化できる筋電図法[8]を用いて、演奏中の筋電位を計測し、そのデータから脱力の可視化と評価を行っている。筋電位は被験者によって数値の出方が変わってしまうため、先行研究の脱力評価は筆者らの主観により行っていた。しかし、主観による評価は、評価者によって結果が変わってしまう可能性がある。

本研究では、脱力技能の定量化を目的とする。そのために、評価者に左右されない脱力評価アルゴリズムを提案する。

2. 和太鼓における脱力

2.1. 指導・評価の現状

共同研究先である岩手県洋野町の「種市海鳴太鼓保存会」の指導者へのヒアリング結果を以下に示す。

A) 和太鼓の演奏と評価

指導者は和太鼓の打撃技術を5段階の点数で評価していた。表1に打撃技術の評価内容を示す。指導者は、大きな音を出すことをまず学習者に意識させ、

3 点を目指させる。大きな音が出始めてから脱力の指導を行う。脱力ができることで4 点に到達し、そこから先は、腕のしなやかさといった熟練の技の到達域となる。

表 1：打撃技術の評価

点数	技術の内容
1	フォームができていない
2	フォームができています
3	大きな音が十分出ている
4	脱力ができている
5	しなやかさ、パチがしなるような動き

B) 脱力と音の良さ

脱力は、音の響きを生み出すための技能である。和太鼓の演奏は、手に持ったバチを振り下ろし太鼓の面に当てることで実現される。バチが太鼓の面に当たると、太鼓が振動して音を生み出す。このとき、腕に無駄な力が残っていると、バチが太鼓の面に接する時間が長くなり、振動を邪魔して音の響きが無くなってしまう。そのため、無駄な力を抜くために演奏者は脱力を行っている。

C) 脱力の流れと評価法

図 1 に、一打中の脱力の流れと評価法を示す。一打における動作要素（振り下ろし始め、肘の開き、インパクト）をもとに、脱力の流れを説明する。まず、「(1)振り下ろし始め～(2)肘の開き」は力を抜いた状態で腕を振り下ろす。次に、「(2)肘の開き」において小指でバチを握り込みながら手首を返し、バチを加速させる。最後に、バチが当たる「(3)インパクト」の直前で力を抜き、太鼓を叩く。

また、指導者は「(1)振り下ろし始め～(2)肘の開き」および「インパクト直前～(3)インパクト」の2 点で力が抜けているかを見て、脱力を評価していた。

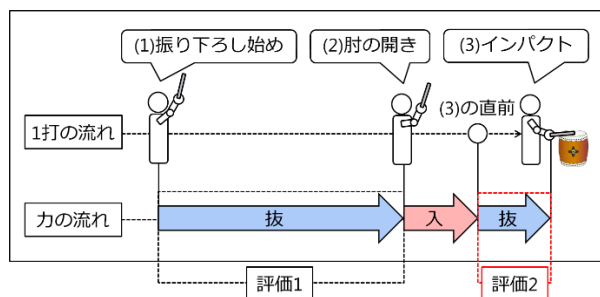


図 1：脱力の流れと評価法

本稿では「インパクト直前～(3)インパクト」を対象に、脱力の定量化を試みる。

2.2. 先行研究[7]

A) 筋電図法について

先行研究では、筋電図法を用いて演奏者の筋電位を計測し、脱力の可視化と評価を行っていた。筋電図法とは、皮膚上に電極を貼り付け、その電極を通して筋電位を導出し、それを筋電図として視覚化することで、筋肉がどの時点でどの程度活動しているかが分かる方法である。筋電位は、値が高いとその時点で大きな力を使っており、逆に低いと力を使っていないという意味となる。

B) 脱力の可視化と評価

先行研究では、和太鼓奏者の筋電位を計測し、「筋電位から分かる力の流れ」と「脱力の力の流れ」の対応を観察して脱力の可視化を行っていた。また、力の流れの対応から、筋電位を「脱力ができているパターン」と「脱力できていないパターン」に分け、それぞれのパターン数から脱力を評価していた。

C) 先行研究における課題

先行研究では、筋電位に動作要素を対応付けて脱力の評価を行っていた。対応付けは、筆者らの主観によるものだった。しかし、主観による動作要素の対応付けは、評価者によって対応位置が変わってしまい、評価結果が異なる可能性がある。そのため、評価者に左右されない、数値データを用いた脱力評価法が必要だと考えた。

アルゴリズムを検討するにあたって、脱力の評価には、一打の動作要素も関係していると考えた。そこで、和太鼓演奏者を対象に、モーションセンサを用いた予備実験を行った。

2.3. 予備実験

A) 実験環境

実験には、小型9 軸ワイヤレスモーションセンサー（スポーツセンシング社、小型9 軸ワイヤレスモーションセンサーLP-WSD1101、振幅率500 倍）を用いる。図 2 のように、モーションセンサは利き手の手の甲及び手首に設置した。また、演奏者の利き手側に200fps のカメラを設置し、映像を撮影した。データの取得は、筆者らが開発した、映像とデータを同期して記録再生できるシステムを用いて行った。



図 2：センサ設置位置

B) 実験内容

- 被験者：和太鼓演奏者 3 名
- 打ち方：「基本打ち」を左右 8 打ずつ交互に打つ
 - 基本打ち：共同研究先において、演奏の基本として初めに学習する打ち方

C) 結果

演奏者から計測したデータに動作要素の特徴が表れていないか分析を行った。手順を以下に示す。

1. 演奏の映像から目視で動作要素の位置を確認し、データの時系列波形上にマーク
2. マークした位置と波形の対応を観察
3. 対応に規則性がないか網羅的に検証

分析の結果、手の甲の角速度に動作要素の特徴が見られた。角速度の軸の方向は、振り下ろしで負の値を示す。図 3 に、映像を基に演奏者の一打の角速度波形と動作要素の対応図を示す。

図 3 を見ると、動作要素である「(2)肘の開き」及び「(3)インパクト」の位置が角速度のゼロ交差の位置付近であることが分かる。この特徴が、全被験者の 8 打の角速度全てで確認された。これより、角速度のゼロ交差から「(2)肘の開き」及び「(3)インパクト」の位置を推定できたとと言える。また、8 打全体の角速度波形を確認すると、図 3 のような一打の波形が周期的に繰り返されている特徴も確認された。

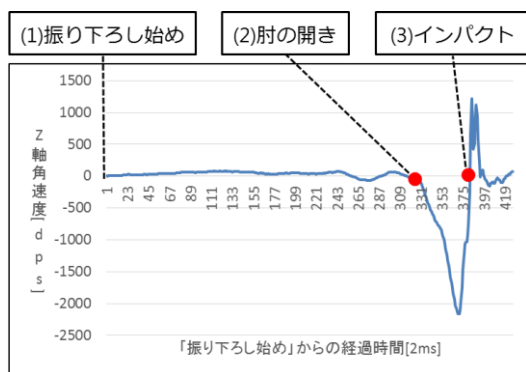


図 3：角速度と動作要素

D) 考察

予備実験から、演奏者の角速度を分析することで、三つの動作要素のうち二つを推定することができた。

図 4 に、一打の演奏の流れと実験における角速度の軸の方向を示す。和太鼓の演奏は、図 4 のように腕の回転運動によって実現される。手の甲は、バチの握り込みから大きく動くため、手の甲の角速度に動作要素の特徴が表れたのではないかと考えられる。

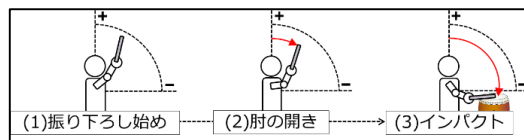


図 4：和太鼓演奏における腕の動き

3. 提案手法

指導者の脱力評価法を基にした脱力評価アルゴリズムについて述べる（図 5）。手順を以下に示す。

1. 一打中の動作要素である「(1)振り下ろし始め」「(2)肘の開き」「(3)インパクト」の時刻を角速度から推定
2. 1.で求めた時刻から筋電位の一打を抽出
3. 「(2)肘の開き～(3)インパクト」の範囲の筋電位から評価値を算出
4. 評価値を用いて脱力を評価

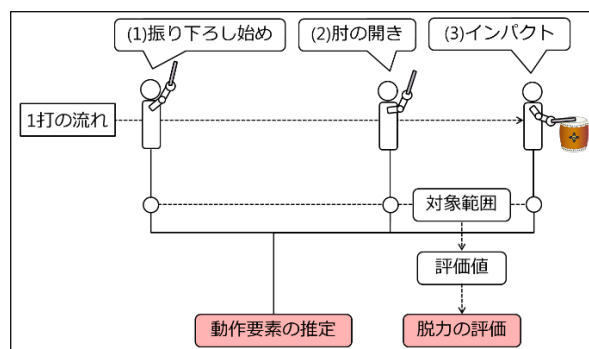


図 5：脱力評価アルゴリズム

アルゴリズムは、「動作要素の推定法」と「脱力の評価法」の二つにより構成されている。以下に、二つの手法の詳細を述べる。

3.1. 動作要素の推定法

予備実験の結果、角速度のゼロ交差から「(2)肘の開き」と「(3)インパクト」を推定できた。しかし、「(1)振り下ろし始め」の推定はできなかった。

角速度が周期的な変化をする特徴から、8 打全体の角速度データと角速度モデルデータを用いて相互相関関数をかけ、極大値により一打の始まり（すなわち「振り下ろし始め」）を推定する。また、相互相関関数の処理を後ろ方向から行ない、極大値により一打の終わり（すなわち「インパクト」）を推定する。角速度モデルデータとは、指導者から最も演奏が上手いと評価された被験者の一打の角速度である。

また、波形上のゼロ交差を確認すると、動作要素の位置とは異なる場所にもゼロ交差が存在していた。

ここでは、どのゼロ交差が動作要素に対応しているのか分からなる。そこで、二つの時系列データの類似度を求める DTW (Dynamic Time Warping) を用いる。角速度モデルデータを基準とし、DTW を用いて動作要素との対応点を求める。求まった対応点から最も近い位置のゼロ交差が動作要素の位置となる。以上の手順で、動作要素の推定 (図 6) を行う。

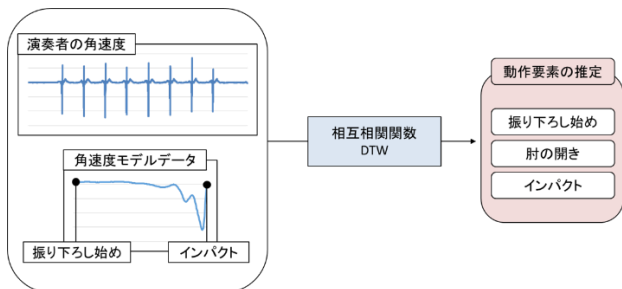


図 6：角速度を用いた動作要素の推定

3.2. 脱力の評価法

脱力の評価は、演奏者の筋電位を全データ中の最大値で正規化したのち、評価値を算出し、その評価値を用いて行う (図 7)。これは、筋電位が個人差の影響を強く受けてしまい、絶対評価が難しいという特徴があるためである。

また、評価値は、「(3)インパクト」から 10ms 前までの筋電位の最大値とした。これは、脱力を習得している演奏者の筋電位を観察した結果、平均的に「(3)インパクト」の 10ms 前で力を抜いていた特徴から決定した。

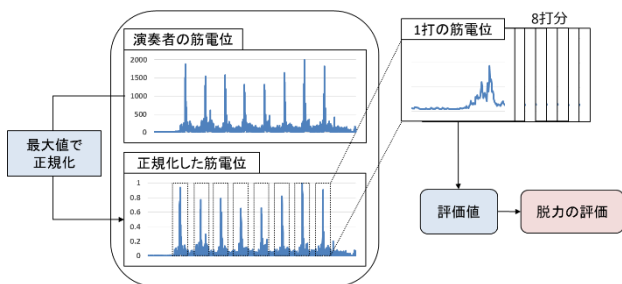


図 7：筋電位を用いた脱力の評価

動作要素の推定法と脱力の評価法を結びつけることで、脱力評価アルゴリズムとする。そのために、二つの手法の有用性を調査する実験を行った。

4. 実験と結果

本実験では、予備実験と同様に、共同研究先の協力を得て、和太鼓演奏者の角速度、筋電位及び演奏

映像を取得した。計測した角速度から、動作要素の時刻の推定を行い、筋電位から脱力評価を試みる。

4.1. 実験環境

和太鼓奏者の角速度及び筋電位を計測するために、予備実験で用いた小型 9 軸ワイヤレスモーションセンサーとカメラに加えて、ワイヤレス筋電位センサー (スポーツセンシング社製、ワイヤレス筋電位センサー (湿式) SS-WS1223, 振幅率 500 倍) を用いる。図 8 のように、筋電位センサーを尺側手根屈筋 (図 9) という筋肉の真上に設置した。尺側手根屈筋は、ハンマーや金槌を振り下ろす動作で働く筋肉 [9] であり、和太鼓の演奏動作と酷似しているために選定した。モーションセンサーとカメラの設置位置、データの計測方法は予備実験と同様である。



図 8：センサ設置位置

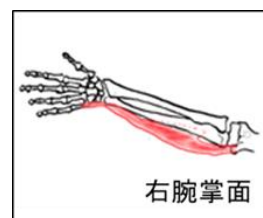


図 9：尺側手根屈筋

4.2. 実験内容

- 被験者：和太鼓演奏者 6 名 (A~F)
 - A：女性，和太鼓経験 2 年
 - B：女性，和太鼓経験 3 年
 - C：男性，和太鼓経験 4 年
 - D：女性，和太鼓経験 6 年
 - E：男性，和太鼓経験 17 年
 - F：男性，和太鼓経験 5 年
- 打ち方：「基本打ち」を左右 8 打ずつ交互に打つ
- 備考：被験者ごとに指導者が脱力評価を行う

4.3. 結果 (動作要素の推定)

A) 「振り下ろし始め」、「インパクト」の推定結果

相互相関関数による「(1)振り下ろし始め」と「(3)インパクト」の推定結果を図 10 (被験者 A の一打)、図 11 (被験者 A の全打) に示す。例として被験者 A の結果を示した。青色の波形が角速度波形、黄色の波形が相互相関関数、赤色の波形が処理を後ろ方向から計算を行った相互相関関数、波形上の赤色の丸が二つの相互相関関数の極大値である。本手法によって 8 打分すべての動作要素を推定できることを確認した。また、図示していない被験者も含め、全被験者において「(1)振り下ろし始め」と「(3)インパクト」の時刻を推定できた。

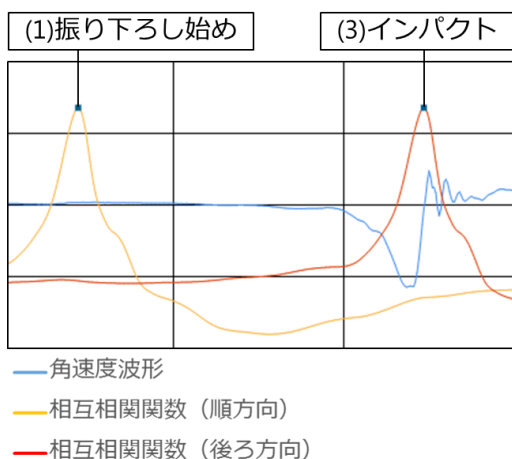


図 10: 相互相関の推定結果 (被験者 A の一打)

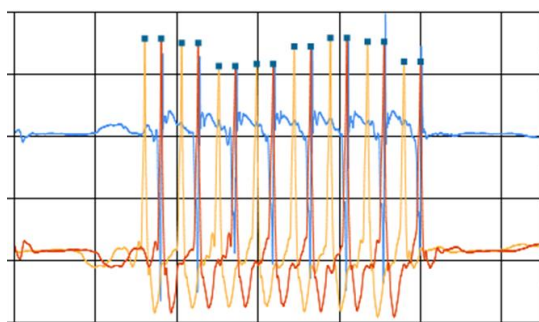


図 11: 相互相関の推定結果 (被験者 A の全打)

B) 「肘の開き」の推定結果

DTW による「(2)肘の開き」の推定結果を図 12 (被験者 A), 図 13 (被験者 F) に示す. 代表として 2 名の被験者の結果を示した. 赤色の波形が角速度モデルデータで, 赤波形上の黒点が「(2)肘の開き」の位置である. また, 黒色の波形が推定対象である一打の角速度で, 黒波形上の赤点がゼロ交差, 黒点がマッピング位置である. 結果, 図示していない被験者も含め, 全被験者において「(2)肘の開き」の時刻を推定できた.

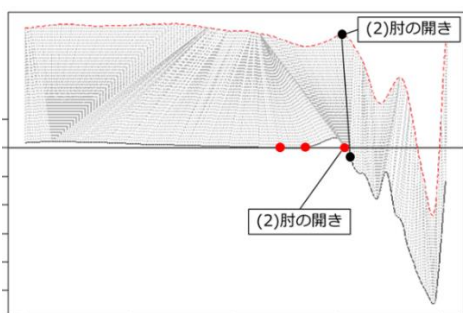


図 12: DTW の推定結果 (被験者 A)

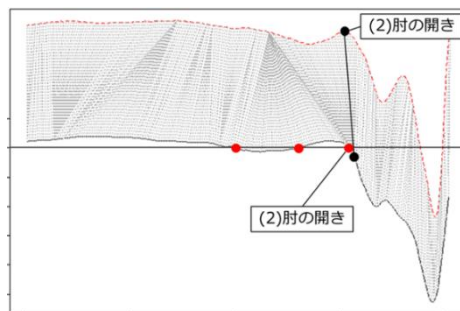


図 13: DTW の推定結果 (被験者 F)

4. 4. 結果 (脱力の評価)

A) 指導者の評価

筋電位から得られた評価値の結果と, 実験で得られた指導者の評価を対応させて観察する. 表 2 に, 各被験者における指導者の評価を示す. 脱力ができているという評価は○, できていないという評価は×としている.

表 2: 各被験者における指導者の評価

被験者	評価	指導者コメント
A (女性)	×	演奏の形は良い もっとスナップが欲しい
B (女性)	×	にぎりっぱなし 音が少し足りない
C (男性)	×	にぎりっぱなし 音は出ていた
D (女性)	×	にぎりっぱなし 小指の力が抜けている
E (男性)	○	脱力できている バチの倒れがもう少し欲しい
F (男性)	○	脱力できている 音も出ている

B) 評価結果と指導者評価の対応

表 2 の結果と, 筋電位から算出した評価値を対応付けてその結果を観察する. また, 評価値は, 値が低いほど”良い”と判定する.

図 14 に, 評価値を各被験者で 8 打計算し, それらの平均値と標準偏差を被験者ごとにまとめたものを示す. 評価が×であった被験者 A, B, C, D をみると, 4 名とも評価値が同程度に高く, 指導者の評価と評価値の結果が一致したと言える. また, 評価が○であった被験者 E, F をみると, 2 名とも被験者 A, B, C, D に比べて評価値が低く, こちらも指導者の評価と評価値の結果が一致したと言える. これより, 指導者の評価と評価値の結果が一致した.

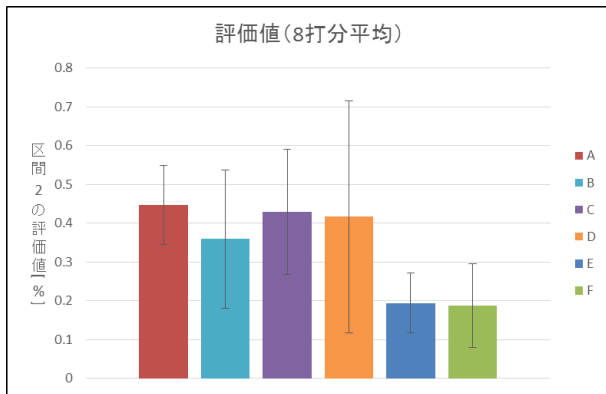


図 14: 区間 2 の評価値の平均と標準偏差

4.5. 考察

演奏者の角速度と相互相関関数を用いることで、動作要素の「(1)振り下ろし始め」と「(3)インパクト」の時刻を推定することができた。また、角速度と DTW を用いることで、動作要素の「(2)肘の開き」の時刻を推定できた。

演奏者の筋電位を用いて評価値を算出し、その結果と指導者の評価を比較した。その結果、全被験者で結果が一致し、評価値から脱力を評価できる可能性が示唆された。

5. おわりに

本研究では、脱力技能の定量化のために、和太鼓演奏者から計測したデータを用いて、評価者に左右されない脱力評価アルゴリズムの提案を試みた。

演奏者の角速度をパラメータとして、相互相関関数と DTW を用いることで、3つの動作要素の推定を行った。その結果、相互相関関数によって、動作要素のうち「(1)振り下ろし始め」と「(3)インパクト」の時刻を推定することができた。また、DTW を用いて、動作要素のうち「(2)肘の開き」の時刻を推定することができた。

指導者の評価と筋電位から算出した評価値を比較することで、脱力の評価法の提案を試みた。その結果、指導者の評価と評価値の結果が一致し、筋電位から脱力を評価できる可能性が示唆された。

今後の課題としては、今回検証できなかった「(1)振り下ろし始め～(2)肘の開き」の評価法の提案を検討する。

謝辞

本研究を行うにあたり、データ取得や和太鼓の知識の提供に対し、忙しい中時間を調整して多くのご協力をしていただいた岩手県洋野町種市の種市海鳴太鼓保存会の皆さまに深く感謝いたします。また、本研究の一部は、JSPS 科研費 JP26350280 の助成による。

参考文献

- [1] 和太鼓グループ 彩 -sai-, <http://wadaiko-sai.com/>, (2016/12/27 アクセス)
- [2] 三宅太鼓, <http://www.miyaketaiko.com/ja/>, (2016/12/27 アクセス)
- [3] 竹田陽子, “基本を伝える: 韓国伝統芸能伝承におけるモーションキャプチャの利用”, *じんもんこん 2010 論文集 2010(15)*, 279-284, 2010-12-04.
- [4] 山口真紀, 藤原素子, “和太鼓の打動作におけるテンポ保持および変更時の左右上肢協応運動”, *奈良女子大学スポーツ科学研究 14*, 1-11, 2012-03-31.
- [5] 藤沢卓矢, 岩見直樹, 奇能雅文, 三浦雅展, “表面筋電位及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”, *情報処理学会研究報告音楽情報科学 (MUS) 2008(78(2008-MUS-076))*, 161-166, 2008-07-30.
- [6] 中里直樹, 松田浩一, 中里利則, “和太鼓のバチさばきにおける技能の可視化”, *情報処理学会, 第 138 回グラフィクスと CAD 研究会, Vol.2010-CG-138, NO.8*, 2010.
- [7] 中塚智哉, 松田浩一, “筋電位センサを用いた和太鼓の「脱力」技能分析に関する一考察”, *人工知能学会全国大会論文集 29*, 1-4, 2015.
- [8] 木塚朝博, 増田正, 木竜徹, 佐渡山亜兵, “バイオメカニズム・ライブラリー 表面筋電図”, 東京電気大学出版局, P ii, 2006
- [9] 左 明, 山口典孝, “カラー図鑑 筋肉のしくみ・はたらき事典”, 株式会社 西東社, P56, 2011