

津軽三味線叩き動作における身体の協応と熟達に関する研究: モーションキャプチャを用いた熟練度による撥運動軌跡の比較 A study on motor coordination and its development in performance of *Tsugaru-Shamisen*

椰木 功介[†], 谷貝 祐介[‡], 古山 宣洋[§]
Kosuke Nagi, Yusuke Yagai, Nobuhiro Furuyama

[†] 早稲田大学人間科学部, [‡] 早稲田大学大学院人間科学研究科, [§] 早稲田大学人間科学学術院

[†] School of Human Sciences, Waseda University

[‡] Graduate School of Human Sciences, Waseda University

[§] Faculty of Human Sciences, Waseda University

1250rkou@ruri.waseda.jp

概要

津軽三味線演奏における「巧みさ」とは何か. 本稿では, モーションキャプチャを用いて津軽三味線演奏の叩き動作を, 熟練者・中級者・初心者・未経験者で比較した. 得られた各マーカーの位置変位の時系列を基に, 撥・三味線を含む全身運動アニメーションを作成, 視認した. その結果, 矢状面から見た撥運動軌跡について, 熟練者では楕円型, 中級者では三日月型, 初心者では直線型, 未経験者では特徴の解釈が難しい運動となることが観察された. 津軽三味線演奏の「巧みさ」の解明には, 本研究で観察された各群の運動特徴の信頼性の検証, 及びそうした撥運動軌跡を司る身体協応の差異に関する実証研究の必要が明らかになった.

キーワード: 巧みさ, モーションキャプチャ, 身体協応

1. 問題: 津軽三味線叩き動作の熟達

本研究の目的は, 「津軽三味線叩き動作の熟達メカニズム」を明らかにすることである. 本稿では, モーションキャプチャを用いて撮影した津軽三味線叩き動作について, 熟練者と初心者との間に見られた撥運動軌跡の外見的特徴について報告する.

先行研究としては小坂・柴田・玉本・桂・横山^[1]と Shibata, Mitobe, Miura, Fujiwara, Saito, and Tamamoto^[2], 柴田・水戸部・齋藤・藤原・玉本^[3]が挙げられる. 小坂ら^[1]は三味線演奏の基本的な撥遣い「ウチ」について, 熟練者では撥を振り上げてから三味線の胴皮に振り下ろすまでの軌道が直線的になっている一方, 学習者では直線的ではなく振り下ろした撥が三味線の胴皮で止まらず下方まで流れていると報告した. このような撥運動軌跡の差異を踏まえ, 小坂ら^[1]は撥の3次元位置変位に主成分分析を当てはめて熟練者と学習者の動作特徴を評価する指標を設定した. 具体的には, 直線度が高い動きでは3次元位置変位に対する第一主成分の寄与率が高くなることを利用し, その寄与率の値を指標とした. その上で, 小坂ら^[1]はこの第一主成分の寄与率

をリアルタイムで学習者に VR 表示する学習支援システムを開発した. また, Shibata et al.^[2], 柴田ら^[3]ではこうした主成分分析を用いたフィードバックシステムの有用性が検討された. 具体的には, 三味線未経験者を対象に, VR 学習支援システムによる学習者群と熟練者との対面教授による学習者群で当該指標の値の変化が比較された.

これら先行研究は, その分析において議論の余地を残している. 叩き一周期ごとの撥の3次元位置に対する主成分分析の当てはめでは, 第一主成分軸は当該周期における撥運動の最も顕著な運動方向と捉えることができるだろう. このとき, 第一主成分の寄与率は, その運動方向に撥の運動軌跡がどれだけ収束しているかについての指標と考えられる. 柴田ら^[3]では秋田の流派, 睦実流のある熟練者の「ウチ」動作が直線的であるように観察されたことを以って, 寄与率が1.0となることを模範的な動きと仮定している. しかし, 第一主成分の寄与率が1.0となるような動きとは, 3次元空間において完全に直線となるような動きであり, 多自由度な人間の運動として現実的な仮定ではない可能性がある.

本稿では, 津軽三味線演奏における撥を振り上げて三味線の胴皮に振り下ろす動作「叩き」について, 熟練度ごとの撥運動軌跡を観察した. さらに, 撥マーカーの重心の3次元位置変位に主成分分析を当てはめ, 算出された第一主成分の寄与率を撥運動の直線度とし, その指標としての妥当性を検討した.

2. 方法

実験計画: 実験参加者2要因(熟練度(4)・テンポ(3))混合計画であった. 具体的には, 実験参加者の熟練度4水準(熟練者・中級者・初心者・未経験者)とテンポ3水準(90bpm, 120bpm, 150bpm)を操作し, 検討した.

表1 各参加者と経験年数・熟練度の対応表

参加者ID	BE1	BE2	NO1	NO2	NO3	IN1	EX1
津軽三味線演奏経験年数	経験なし	経験なし	10ヶ月	10ヶ月	2年10ヶ月	2年10ヶ月	15年以上
熟練度カテゴリ	未経験者	未経験者	初心者	初心者	初心者	中級者	熟練者

実験参加者: 津軽三味線演奏の熟練者(n=1), 中級者(n=1), 初心者(n=3), 未経験者(n=2)を対象に実験を行った。本研究における熟練者は津軽三味線経験歴15年以上の者であり, 中級者・初心者は経験歴3年未満の者であった。本研究において未経験者は3年の津軽三味線演奏経験を持つ者(第一著者)から構え方や撥の握り方, 叩き方について15分程度のインストラクションを受けた後, 課題を行なった。なお, 本研究において設定した中級者は, 当該参加者のコンペティション入賞経験を踏まえてのことであった。各参加者と経験年数・熟練度について表1に示した。

取得データ: 身体各部の位置データは, モーションキャプチャによる光学式動作解析装置 OptiTrack (NaturalPoint 社, 12 カメラ仕様, Flex3, Motive: Tracker 1.10.2 Final)を用いた。動作解析装置の解析対象となるマーカーは, 頭頂部, 頸椎6番, 胸椎10番, 両肩, 両肘, 両手首, 腰椎3番, 両大転子, 両膝, 両足首の他, 津軽三味線棹部へ2箇所, 胴部2箇所, 撥へ3箇所貼付した。なお, 撥については貼付したマーカー位置の他, マーカーからなる重心位置を計測した。動作解析のサンプリング周波数は100Hzとした。

実験環境: 叩き動作は座位姿勢で行なった。参加者BE1, BE2については座面の高さ450mmのドラムスローン(Pearl 楽器製造株式会社, D-1000SN)を, その他の参加者については座面の高さ495mmのドラムスローン(Pearl 楽器製造株式会社, D-1000N)を使用した。地面に足がつく状況を確保するため, 参加者NO1, NO2, IN1について厚さ3cmの板を足元に設置した。

課題と教示: テンポ3水準(90bpm, 120bpm, 150bpm)について, ヘッドホンを通して参加者に提示し, それに合わせて20秒間, 最も細い弦である三の糸について開放弦を叩く課題を用いた。参加者ごとにこれら1セット, 計3試行を計測した。なお, 視線による姿勢の変化を統制するため, 座面中心部から2m先の壁に床下30cmの場所に目印を貼付し, 叩き動作中はその目印を注視しなるべく頭は揺らさないよう教示した。

3. 結果

実験の結果得られた各マーカーの変位の時系列データをもとに, 数値解析ソフトウェア Matlab を用いてそれらのアニメーションを作成した。それを基に, 図1~6として矢状面での静止面を作成し, そこへ撥の運動軌跡を散布図形式で重畳プロットした。なお, 図に表示した撥運動軌跡はフィルターを当てはめていない生データである。

作成したアニメーションを視認すると, 熟練者の撥の運動軌跡について, 撥の振り上げ・振り下ろしでの軌道が異なる楕円的な動作特徴が観察された。中級者では, 撥の振り上げ・振り下ろしの軌道が曲線的な歪みを呈した三日月型の動作特徴が観察された。初心者では, 撥の振り上げと振り下ろしの軌道が近似する直線的な動作特徴が見られた。未経験者では, 撥の振り上げ・振り下ろしが極めて小さい幅に限られた運動で, 外見から際立った特徴は解釈困難な運動軌跡が観察された。

また, 撥運動の直線度を定量評価するため, 先行研究^{[1][2][3]}にしたがって撥マーカーの重心の3次元位置変位に対して主成分分析を当てはめ, 第一主成分による寄与率を算出した。なお, 主成分分析を適応するにあたって, 撥マーカーの重心の3次元位置変位について高さ軸における局所的な最大値を用いて撥運動を一周期ごとに区分した。図7, 8に, 分析の結果導かれた第一主成分軸とその寄与率について一例を示した。また, 図中の第一主成分軸を30cm長で表示している。図9~11では, 上述の通り算出した第一主成分による寄与率の変位について箱ひげ図で表した。これらの結果より, 未経験者では他の熟練度カテゴリと比べて著しく寄与率の値が小さくなることが観察された。また, 熟練度カテゴリを通して概観すると, 初心者において最も寄与率が高くなる傾向が伺われた。さらに, 寄与率の分布で見たとき, 中級者と熟練者間に明瞭な差異は認められなかった。

4. 考察

本研究の目的は「津軽三味線演奏の熟達メカニズム」を明らかにすることであった。そのために先行研究^[1]で報告された熟練度による撥運動軌跡の直線度について、津軽三味線叩き動作で検証した。その結果、熟練者の撥運動の軌道は必ずしも先行研究で仮定された^[1]ような3次元空間上における完全な直線に近づくわけではないことが観察された。

しかし、本研究の結果は先行研究^[1]と矛盾するものではない。むしろ、熟練度カテゴリを広範に考慮したことで、津軽三味線叩き動作の熟達プロセスにおいて従来見落とされていた知見を示唆する結果であると考えられる。先行研究^[2]では、三味線熟練者の撥運動軌跡の特徴は直線度に焦点が当てられていたが、その実振り上げと振り下ろしとの軌道が異なる楕円特徴を呈していた。また、未経験者の振り上げと振り下ろしの運動距離がどちらも短く、形容しがたい運動特徴となっていた^[2]。これらは本研究の結果と一致している。一方、本研究ではこれまで未検討であった熟練度カテゴリを設定し、初心者では熟練者よりもむしろ直線的な軌跡であり、中級者では歪な三日月型の軌跡を呈することが観察された。これらを見るに、津軽三味線叩き動作の熟達において、先行研究^{[1][2]}で仮定された直線的な撥運動の獲得は熟達初期の課題であると考えられる。さらに、直線的な撥運動の獲得が達成されたのち、直線運動から脱却して楕円運動の獲得へと移行していく可能性が示唆された。

5. 展望

本研究では各熟練度についてサンプル数が少なく、津軽三味線叩き動作の各カテゴリの動作特徴について信頼性の保証の不十分が考えられる。今後の展望として、カテゴリごとに十分なサンプル数を確保した上で、それぞれの運動軌跡の動作特徴について検証し、定量評価を用いた統計比較による検討が求められるだろう。

さらに、本研究において中級者の撥運動では歪な三日月型の運動軌跡が観察された。これは初心者の直線型軌跡、熟練者の楕円型軌跡を踏まえると形態上は中間的であるようにも伺われた。しかし、本研究において中級者と分類した参加者の熟練度は、本研究の初心者と熟練者の中間に位置づけられるとは言いがたい。津軽三味線叩き動作の熟達一般について、そのプロセスを線型的と議論するには慎重な検討が必要だろう。ま

た、本研究における熟練者と中級者について、楕円型・三日月型のように撥運動軌跡の形態ではそれぞれの特徴が伺われた一方、撥3次元位置変位に対する第一主成分の寄与率の値に著しい違いは見られなかった。歪な三日月型の軌道が広く中級者の叩き動作の特徴として認められ、かつ熟練者の楕円的な撥運動の萌芽であるならば、先行研究^{[1][2]}のような直線度の定量評価だけでなく、楕円運動や三日月型運動の動作特徴を適切に評価できる指標が必要になるだろう。

本稿では津軽三味線叩き動作の撥の軌跡について熟練度ごとに比較した。しかし、撥の軌跡の異なりの背後には熟練度ごとの身体協応の異なりがあると考えられる。熟練度ごとの撥の動作特徴がどのような身体協応によって成立しているか(身体各部の位相関係の変位の時系列や姿勢・構え方による身体の空間定位、あるいは筋活動の有様)について今後究明することが求められるだろう。さらに、身体運動は楽器演奏の手段であることを踏まえると、熟練度ごとの自らの運動に対する内省や産出された音の音響特性も合わせて検討が必要だろう。

文献

- [1] 小坂 晋・柴田 傑・玉本 英夫・桂 博章・横山 洋之 (2011). 三味線演奏における基本動作習得のための特徴表示システムの提案(人文科学とコンピュータ, N 分野:教育・人文科学). 『情報科学技術フォーラム講演論文集』.FIT(電子情報通信学会・情報処理学会)運営委員会. (2011) vol.10, no.4, 421-426.
- [2] Shibata T., Mitobe K., Miura T., Fujiwara K., Saito M., Tamamoto H. (2016) Development of an Uchi Self-learning System for Mutsumi-ryu-style Shamisen Using VR Environment. In: Kubota N., Kiguchi K., Liu H., Obo T. (eds) *Intelligent Robotics and Applications*. ICIRA 2016. Lecture Notes in Computer Science, vol 9835. Springer, Cham
- [3] 柴田 傑・水戸部 一孝・斎藤 正規・藤原 克哉・玉本 英夫 (2014). VR 環境を活用した三味線の撥さばき自習システムの開発と学習者の評価. 『日本ヴァーチャルリアリティ学会大会論文集』. Vol.19, 216-219.

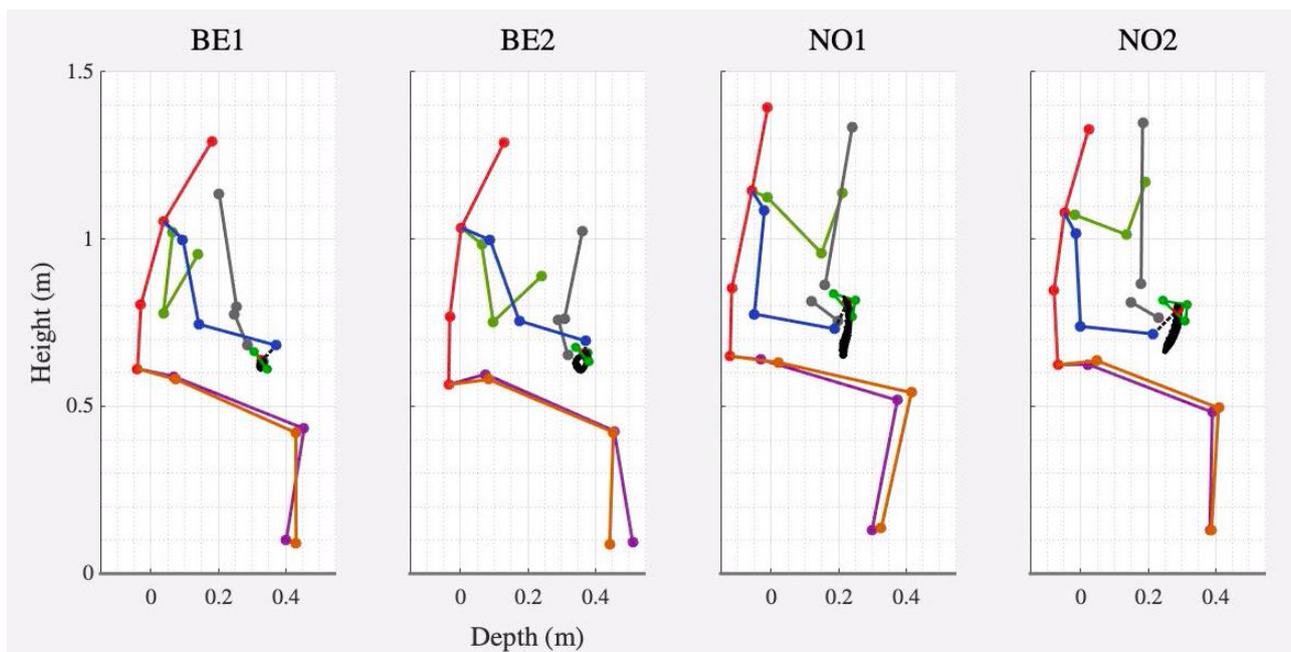


図1 90bpmでの矢状面から見た未経験者・初心者の叩き動作
 (黒点線は撥マーカークの重心(図中赤いマーカー)についての軌跡を表す)

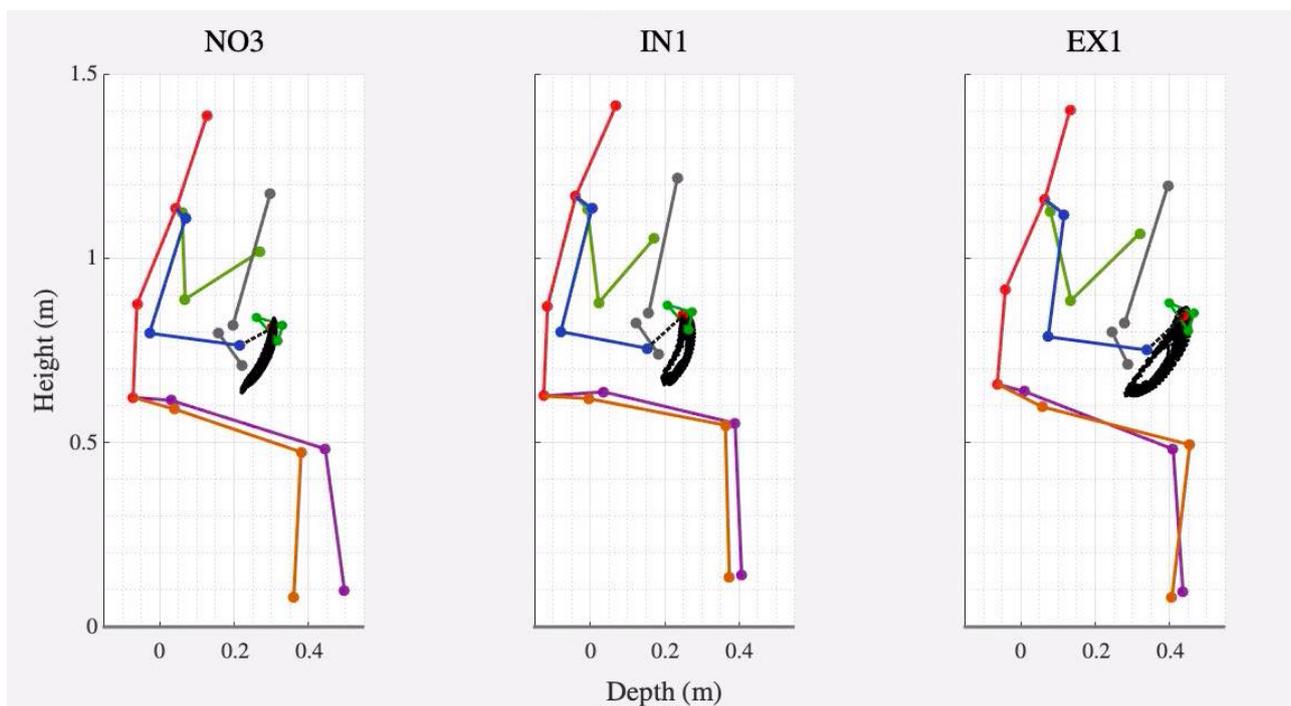


図2 90bpmでの矢状面から見た初心者・中級者・熟練者の叩き動作
 (黒点線は撥マーカークの重心(図中赤いマーカー)についての軌跡を表す)

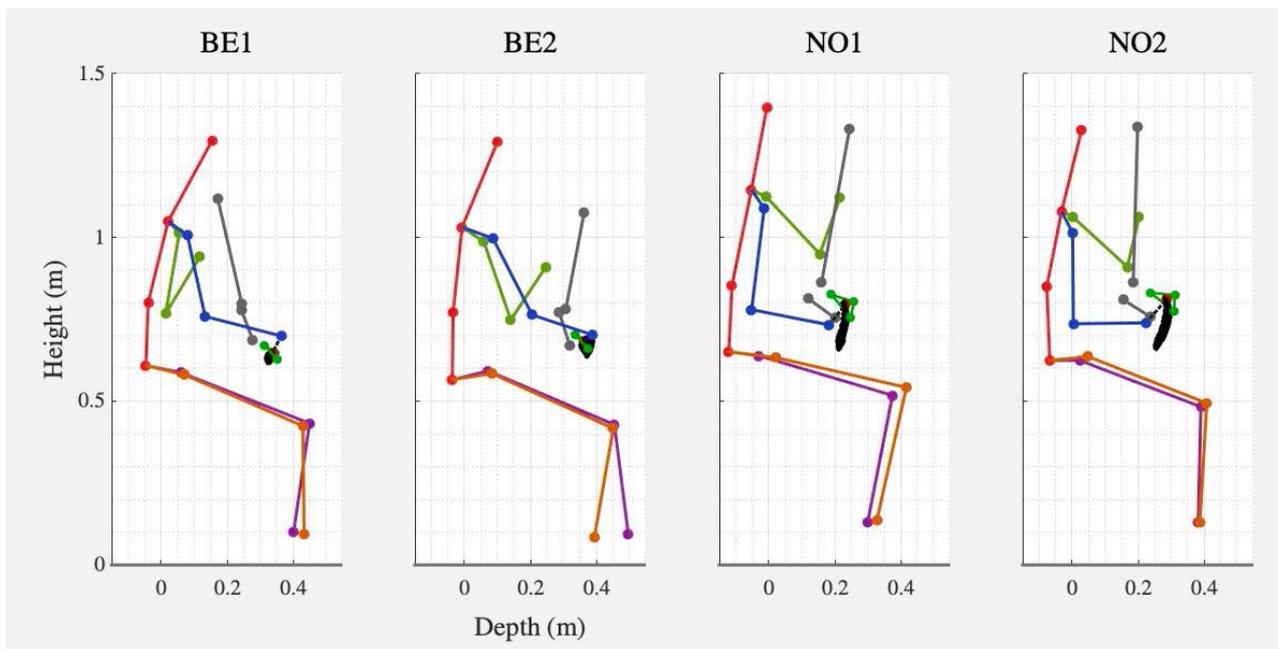


図3 120bpmでの矢状面から見た未経験者・初心者の叩き動作
 (黒点線は撥マーカークの重心(図中赤いマーカー)についての軌跡を表す)

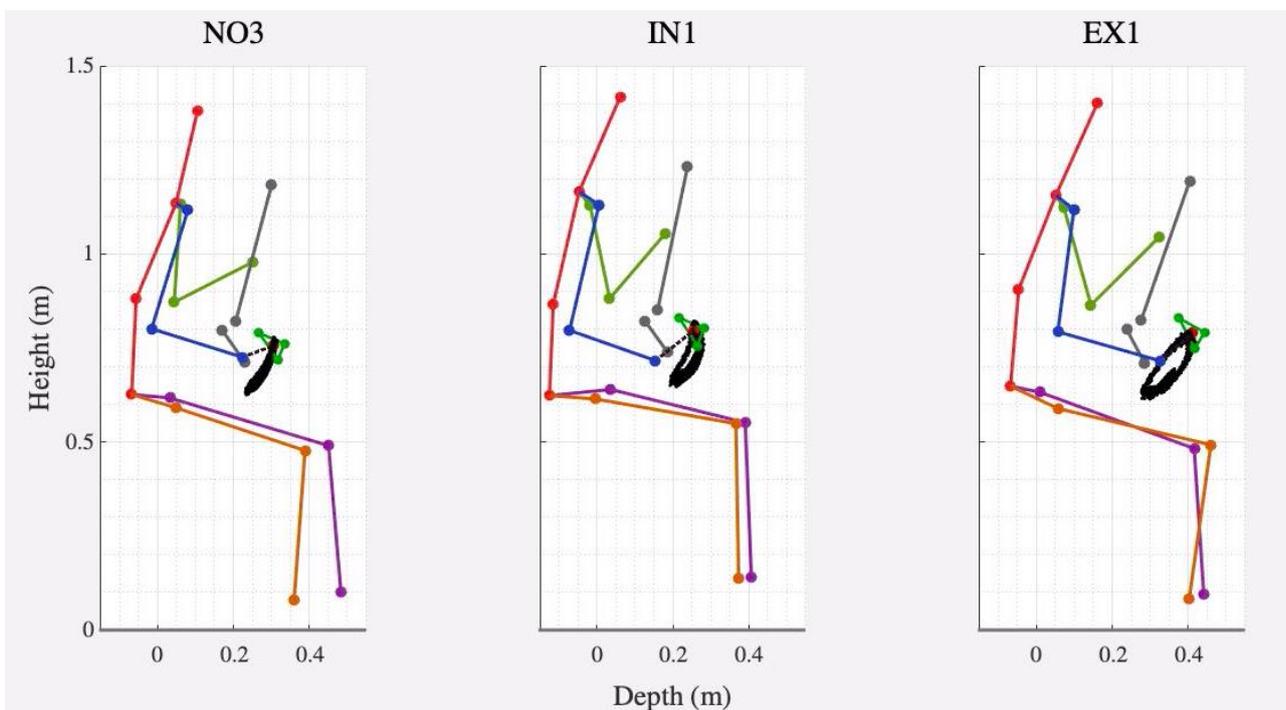


図4 120bpmでの矢状面から見た初心者・中級者・熟練者の叩き動作
 (黒点線は撥マーカークの重心(図中赤いマーカー)についての軌跡を表す)

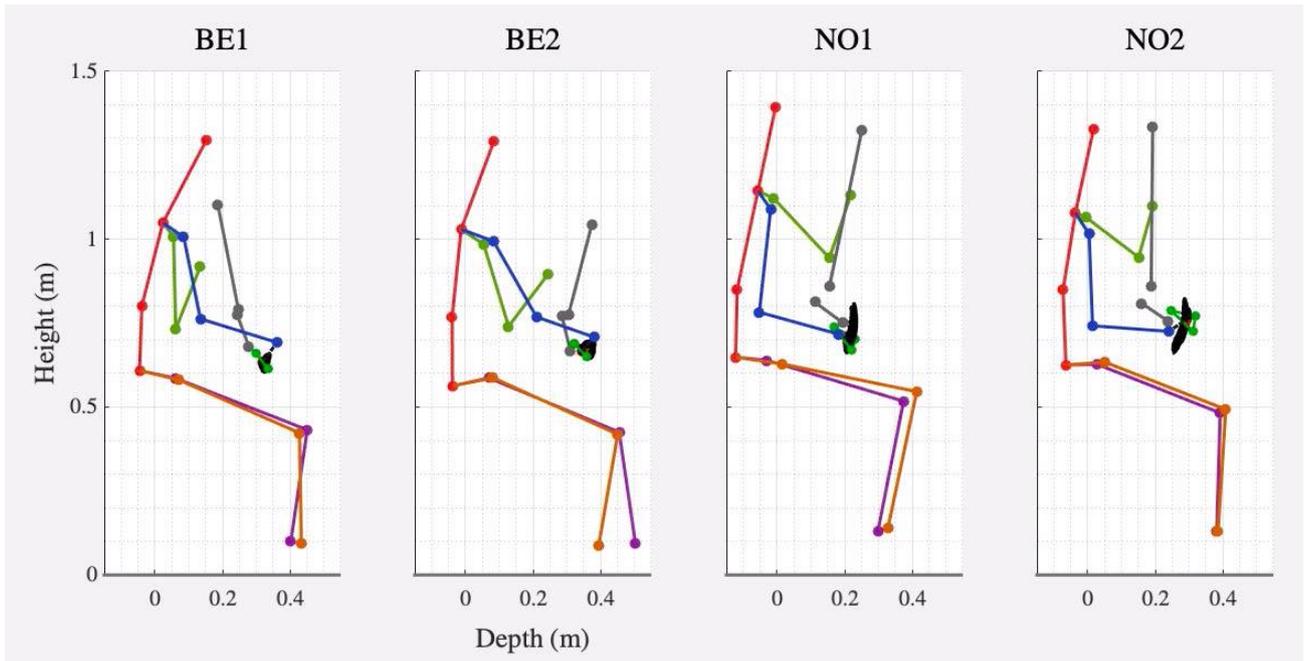


図5 150bpm での矢状面から見た未経験者・初心者の叩き動作
 (黒点線は撥マーカークの重心(図中赤いマーカー)についての軌跡を表す)

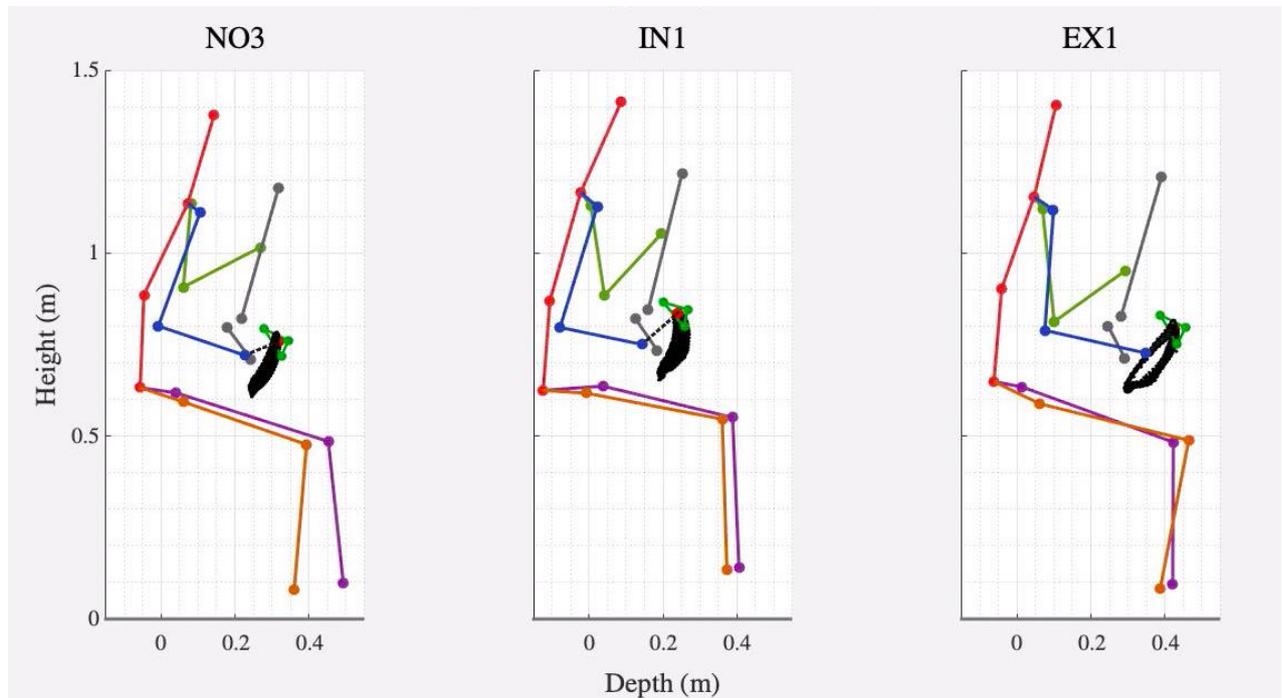


図6 150bpm での矢状面から見た初心者・中級者・熟練者の叩き動作
 (黒点線は撥マーカークの重心(図中赤いマーカー)についての軌跡を表す)

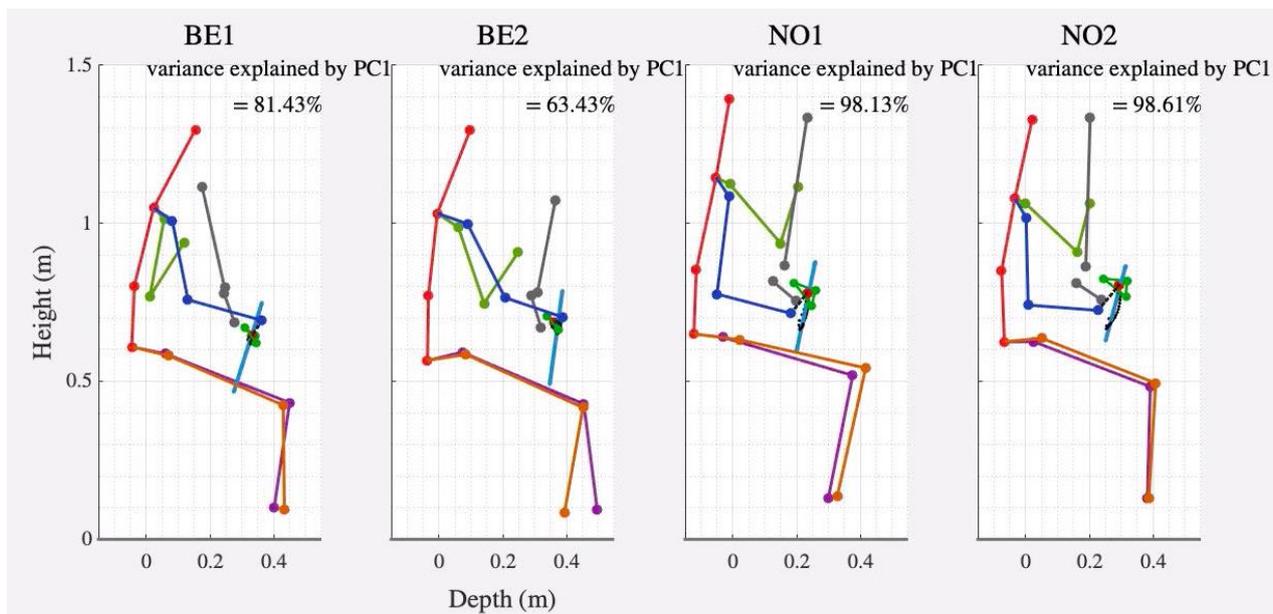


図7 120bpmでの未経験者・初心者の叩き一周期ごとへの主成分分析当てはめの一例
 (黒点線は撥マーカールの重心(図中赤いマーカール)についての軌跡を, 水色実線は撥の3次元位置変位の時系列に対する第一主成分軸(30cm長での表示)を表す)

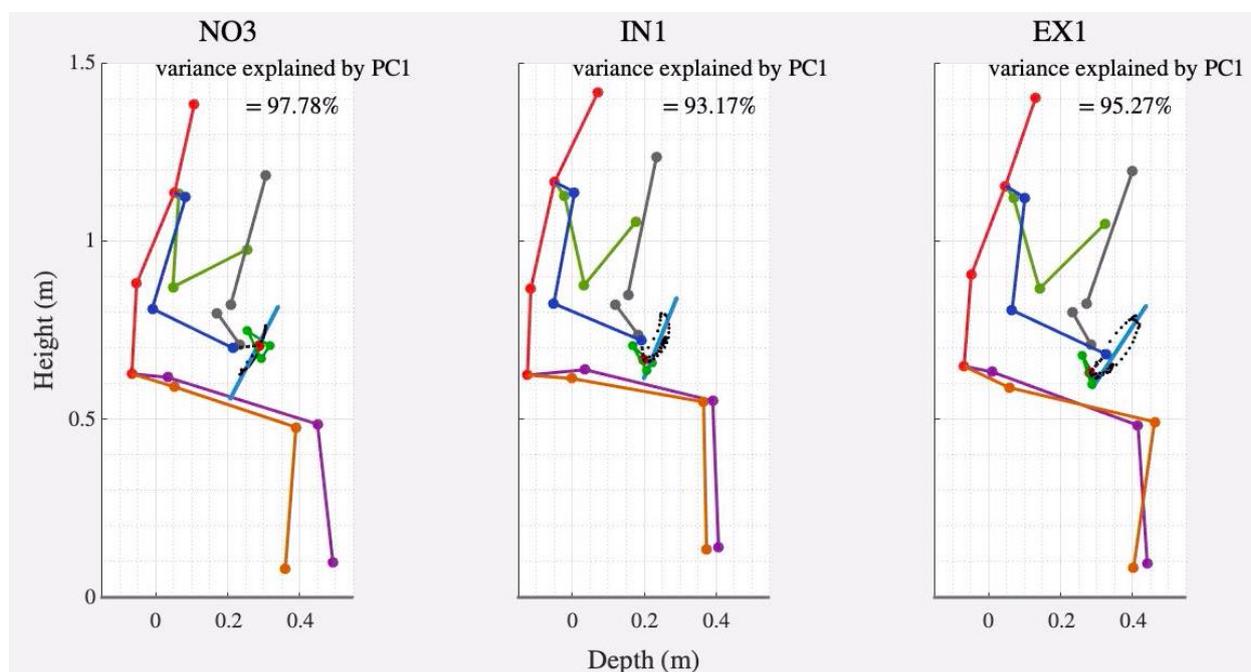


図8 120bpmでの初心者・中級者・熟練者の叩き一周期ごとへの主成分分析当てはめの一例
 (黒点線は撥マーカールの重心(図中赤いマーカール)についての軌跡を, 水色実線は撥の3次元位置変位の時系列に対する第一主成分軸(30cm長での表示)を表す)

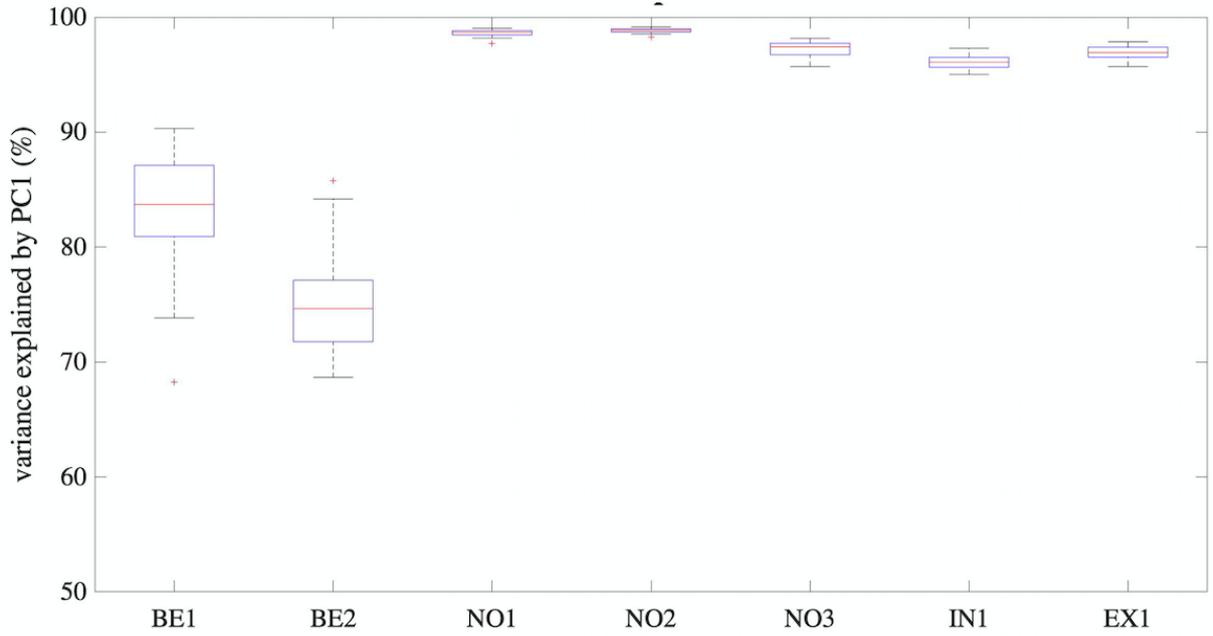


図9 90bpmにおける叩き一周期ごとの撥運動位置変位の時系列に対する第一主成分の寄与率についての箱ひげ図

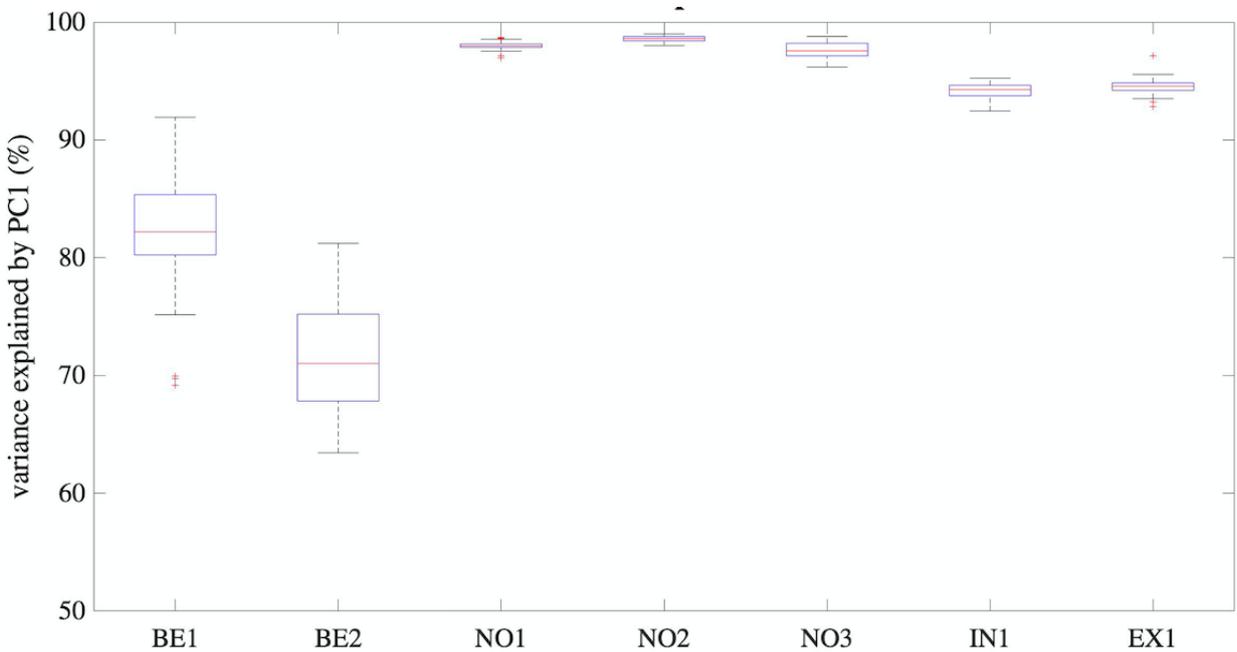


図10 120bpmにおける叩き一周期ごとの撥運動位置変位の時系列に対する第一主成分の寄与率についての箱ひげ図

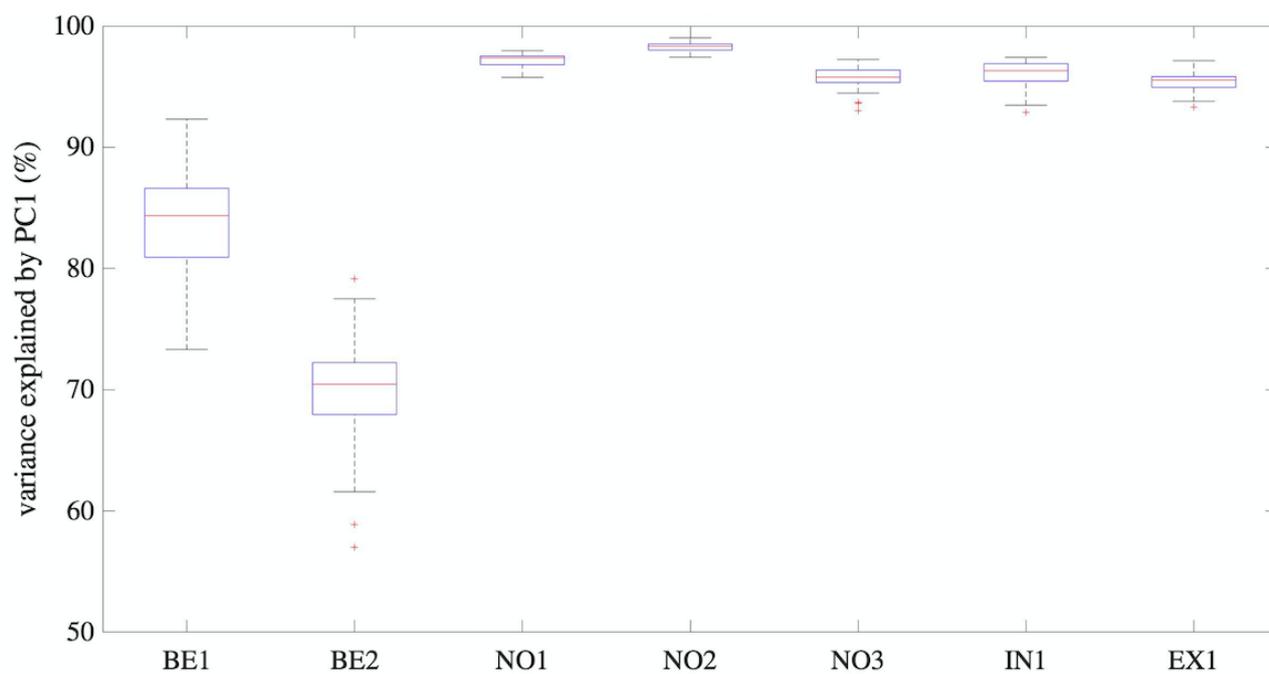


図 11 150bpm における叩き一周期ごとの搬運動位置変位の時系列に対する第一主成分の寄与率についての箱ひげ図