

ドラム基礎練習における周期性を考慮した チップの動作可視化システム

今村 航海¹ 新野 大輔¹ 井尻 敬¹

概要：

ドラム基礎練習では、打拍タイミングや演奏フォームを意識することが重要だと言われているが、奏者が自身の演奏を詳細に確認することは容易ではない。本研究では、演奏の周期性を考慮することで、奏者のくせや特徴をわかりやすく可視化するシステムを提案する。具体的には、高速度カメラを用いて撮影されたドラム基礎練習シーンの動画から、ドラムスティックのチップ位置を追跡し、チップの周期的な動作をまとめたレポートをhtml形式で出力する。提案法の有用性を確認するためにユーザスタディを行い、提案法による周期性を考慮した演奏動作の可視化結果から、チップの振り上げ方向、チップ軌跡のばらつき、2度打ちなどといった、単純な可視化手法では確認することが困難であった奏者のくせや特徴を観察できる事を確認した。

キーワード：ドラム練習，ドラム演奏解析，高速度動画画像処理

1. はじめに

ドラムの基礎練習では、打拍タイミングや自身の演奏フォームを意識することが重要だと言われている。しかし、実際の基礎練習では、奏者が自身の詳細な打拍タイミングや演奏フォームを客観的に確認することは容易ではない。練習シーンを動画撮影し自身の演奏を確認することも行われているが、一般的な30fps程度のカメラでは、腕やスティックの高速な動きを詳細にとらえることは困難である。また、動画のみからは、周期的に起こるくせや特徴を確認することも難しい。

そこで本研究では、ドラム基礎練習から奏者のくせ・特徴を手軽にわかりやすく可視化することを目的とし、ドラム基礎練習における周期性を考慮した可視化を行うシステムを提案する。具体的には、スマートフォンに搭載された高速度カメラを用いてドラム基礎練習シーンを撮影し(図1a)、得られた高速度動画からドラムスティックのチップ位置を追跡し、チップ動作をまとめたレポートをhtml形式で出力する(図1b)。特に本研究では、ドラム演奏の周期性に着目し、各ストロークを切り抜いて重ね合わせた可視化を行う。

提案システムの有用性を確認するため、実験協力者5名

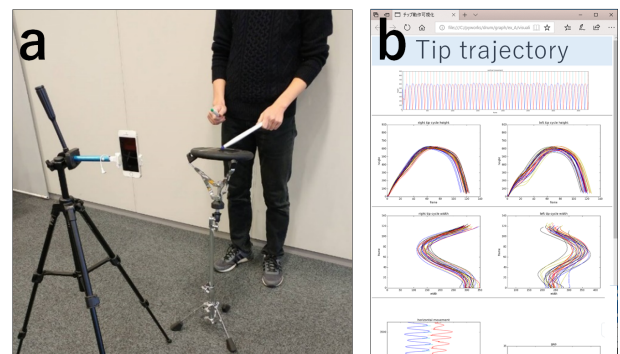


図1 提案法の概要。提案法では、ドラム練習シーンを高速度カメラにより撮影する(a)と、チップ動作をまとめたレポートを出力する(b)。

の基礎練習動画の解析を行った。結果、周期性を考慮することで、ストロークの軌跡や時間のばらつき、打点位置のばらつき、2度打ち、振り上げ方向など、単純な可視化からは観察しにくい奏者の特徴を可視化できることを確認した。提案システムは、スマートフォンに搭載された高速度カメラにより解析が行えるため、特殊機材を要せず幅広いユーザが利用できるという利点も持つ。

2. 関連研究

モーションキャプチャシステムを利用するもの。ドラム演奏時のチップや腕の正確な位置を追跡するためモーションキャプチャシステムが利用されている。Miuraはモー

¹ 芝浦工業大学 工学部 情報工学科
Shibaura Institute of Technology

ションキャプチャシステムと高速度カメラを用いてチップ位置を追跡し、プロのロールパフォーマンスにおけるチップ軌跡を可視化することにより、上級者でも叩き方に違いがあることを確認した [1]。またさらには、簡易モーションキャプチャシステムを用いて打拍フォームを追跡し、3種類の特徴量を抽出することで、打楽器経験者と未経験者のストロークの違いを分析した [2]。さらに、さらには、簡易モーションキャプチャシステムに加え MIDI ドラムを使用し、打拍時間や打拍の強さなどの演奏情報を同時に取得することで演奏データと打拍フォームとの関連性を調査した [3]。

高速度カメラを利用するもの。高速度カメラのみを用いてドラムの演奏動作を解析する研究も行われている。上遠野らは、高速度カメラのみを用いてテンプレートマッチング法により奏者の肘・手首・持ち手・チップ位置の追跡を行い、演奏の基本動作となるフルストローク・ダウンストローク・タップストローク・アップストロークの判別を行った [5]。また、山本らは、スティック領域部分のオブティカルフローを計算することによりチップ移動方向を予測し、高速度動画内のチップ追跡精度を向上した [6]。

ドラムの練習支援システム。練習支援のため演奏解析結果をユーザに提示できるシステムが提案されている。さらには、前述の研究 [2], [3] から得られた打拍フォームと演奏情報を用いて、打拍のずれや演奏フォームをユーザにフィードバックできる学習支援システムの開発をした [4]。他にも、MIDI ドラムを用いて欠落音の有無や打拍のズレを検出し、リアルタイムに情報をフィードバックするシステム [7] や、ストロークに対して音を遅延させることでスティックの制御を行う電子ドラムシステム [8]、ドラム熟練者の視線情報から得た 3D アニメーションを活用したドラム練習支援システム [9] に関する研究が行われている。

本研究でも、これらの研究と同様に、演奏動作を解析し結果をフィードバックすることで、練習を支援できるシステムの実現を目指す。本研究は、ストロークの周期性に注目した可視化を行う部分に新規性を有する。

3. 提案法

3.1 撮影環境

本研究における基礎練習シーンの撮影環境を (図 1a) に示す。奏者は黒い服を着て白い壁の前に立ち、チップ部分が緑色、青色にペイントされたスティックをそれぞれ右手、左手に持つ。奏者はトレーニングパッド (TAMA 社 TSP10) を専用スタンド (TAMA 社 HS30TP) に乗せ、その高さを叩きやすい位置へ調整し練習を行う。練習の様子は、奏者の前方約 0.6m・高さ約 1.0m の位置に三脚と自撮り棒で固定されたスマートフォン (Apple 社 iPhone6) により撮影される。本研究では、スマートフォンのカメラをスーパースローモード (240fps) に設定し、撮影を行う。また、奏者の見える位置にメトロノームを設置する。

3.2 動画画像解析

提案システムの入力は、高速度動画、撮影に用いたカメラのフレームレート f 、練習時のテンポ t (BPM) と音符長 $o \in \{8, 16\}$ である。これらが入力されると提案システムは、チップの軌跡、打点フレーム、目標打点とのずれを解析し、解析結果をグラフとして出力する。

チップ位置追跡。高速度動画が入力されると、システムはチップ位置の追跡を行う。まず、高速度動画の各フレーム画像とあらかじめ用意した背景画像を比較し、変化の十分大きな画素のみを抽出した前景画像を作成する。この時、モーフォロジー演算のひとつであるオープニング処理を施し、前景画像からノイズを除去する。次に、前景画像を照明の影響を受けにくい HSV 色空間に変換し、閾値処理によりチップ先端色に近い画素を抽出する。最後に、抽出された領域重心をチップ位置として検出する。

打点フレーム解析。チップ位置が検出されると、システムはチップがパッドを叩いた時のフレームである打点フレーム $h_i (i = 0, 1, \dots)$ を検出する。チップがパッドを叩いた前後のフレームではチップの移動方向が下方向から上方向へと変化する。そこで、各フレーム間においてチップの移動方向を計算し、事前に設定した高さよりも低い位置において、チップの移動方向が下方向から上方向に変わったフレームを打点フレームとして特定する。また、2度打ちの検出を避けるため、打点が検出された後、一定期間は打点フレームとして検出しないこととした。

目標打点とのずれ解析。最後に、システムは打点目標 $c_i (i = 0, 1, \dots)$ と実際の打点フレームとのずれ $(c_i - h_i)$ を計算する。ただし、打点目標は最初の打点フレーム h_0 を基準として、 i 回目に打点すべきタイミングであり、 $c_i = h_0 + \frac{240f}{t}i$ と計算できる。

3.3 周期性を考慮したチップ軌跡可視化

チップ位置や打点フレームなどが計算できると、システムは 5 種類のグラフを作成し、これらを html 形式でまとめたレポートを出力する。以下に出力されるグラフの詳細を説明する。

- Vertical motion graph (図 2a) - 両手チップの上下移動を表すグラフである。横軸は時間、縦軸はチップ位置、青線は右手チップの軌跡、赤線は左手チップの軌跡を表し、水色とオレンジ色の縦線はそれぞれ右、左の目標打点を示している。
- Horizontal motion graph (図 2b) - 両手チップの左右移動を表すグラフである。横軸はチップ位置、縦軸は時間、青線は右手チップの軌跡、赤線は左手チップの軌跡を表し、水色、オレンジ色の横線と右手、左手のチップ軌跡の交点はそれぞれ右、左の打点位置を示している。
- Error graph (図 2c) - 目標打点と実際の打点フレーム

ムとのタイミングのずれを表したグラフである。青線は右手チップのずれ、赤線は左手チップのずれを表す。グラフが負の値の時は打点フレームが目標打点よりも早いことを示し、グラフが正の値の時は打点フレームが目標打点より遅いことを示す。

- Stroke vertical motion graph (図 2d) - Vertical motion graph を 1 ストロークごとに切り取り、各ストロークを重ね合わせたグラフである。横軸が時間、縦軸がチップ位置である。各軌跡の終点はそのストロークにかかった時間を示すため、終点位置のばらつきはストローク時間のばらつきを示す。
- Stroke horizontal motion graph (図 2e) - Horizontal motion graph を 1 ストロークごとに切り取り、各ストロークを重ね合わせたグラフである。横軸はチップ位置、縦軸は時間である。各軌跡の終点はストロークの打点位置を示す。

Vertical motion graph と Horizontal motion graph は、全フレーム分のチップ軌跡を出力するが、本稿では紙面の都合上、開始 2 小節分のみチップ軌跡を表示する。

4. 結果と考察

提案法の有用性を確認するためユーザスタディを行った。本研究では、打楽器経験者 1 名 (奏者 A)、打楽器未経験者 4 名 (奏者 B~E) に実験協力を依頼し、実験協力者のドラム基礎練習シーンを撮影した。練習内容はテンポ 120BPM で譜面 1 (図 3a)、譜面 2 (図 3b) を叩いてもらうというもので、それぞれ 3 回ずつ練習を行いその様子を撮影した。ドラムスティックの持ち方はレギュラーグリップとマッチドグリップの 2 種類あるが、本実験では多くの人に馴染みの深いマッチドグリップで練習するよう実験協力者に指示した。スティックの持ち方や叩き方が分からない実験協力者には簡単に演奏法を説明し、撮影前に 5 分間の練習時間を設けた。途中でテンポについていけなくなる実験協力者がいたが練習は途中で中断せず、譜面が終わるまで練習を続けてもらった。

実験協力者の練習を解析した結果の一部を図 4, 5 に示す。図 4a は、上下方向のチップ動作を一続きに可視化したもの (Vertical motion graph) であり、左右チップ位置の最高点の違いや各ストロークの打点目標とのずれをある程度確認できる。

一方、図 4b は、本研究にて提案した周期性を考慮した可視化 (Stroke vertical motion graph) である。このグラフからは、演奏全体における、チップ軌跡の形状、そのばらつき、打点フレームのばらつきを明瞭に確認できる。例えば、打楽器経験者である奏者 A のグラフを見ると、他の奏者に比べチップ軌跡のばらつきが小さいことを確認できる。また、奏者 B は譜面 1 では比較的安定したストロークを行なっているが、速度が早くなる譜面 2 にてストローク

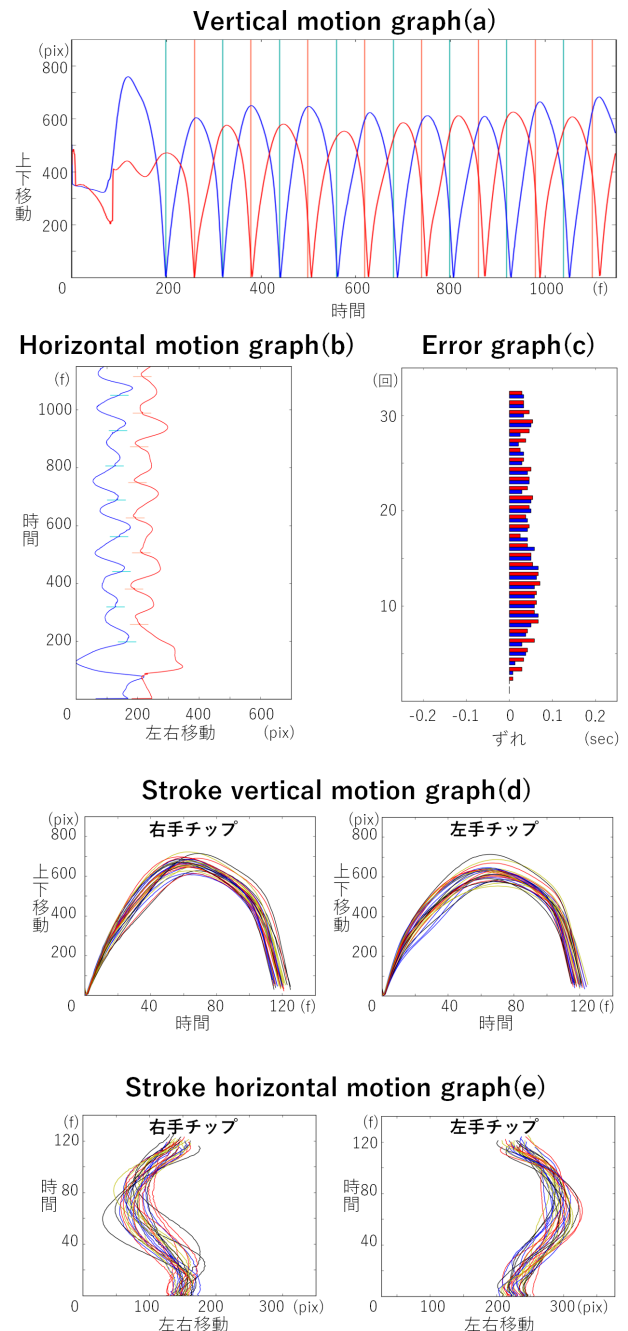


図 2 提案システムにより出力されるグラフ: Vertical motion graph (a), Horizontal motion graph (b), Error graph (c), Stroke vertical motion graph (d), Stroke horizontal motion graph (e).

のばらつきが目立っている。他にも、奏者 C の左手チップの振り上げがスムーズでないことや、1 回のストロークで 2 回打点する「2 度打ち」を行っていること等も観察できる。

図 5a は、左右方向のチップ動作を一続きに可視化したもの (Horizontal motion graph) である。演奏時にチップが左右に動いていることがわかり、奏者ごとのチップの動作範囲などが確認できる。

一方、図 5b は、本研究にて提案した周期性を考慮した可視化 (Stroke horizontal motion graph) である。このグ

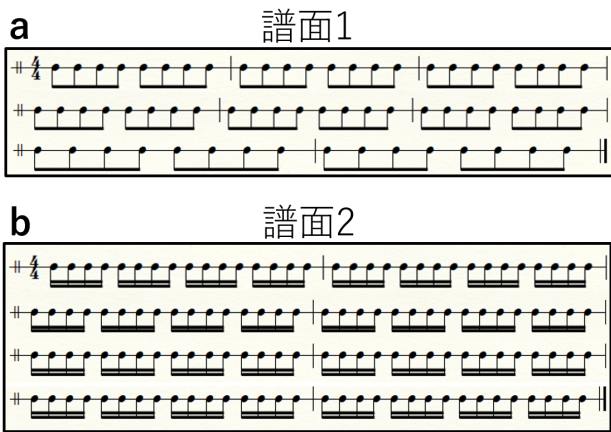


図 3 ユーザスタディで演奏した譜面. 譜面 1: 8 分音符 (a), 譜面 2: 16 分音符 (b).

ラフからは、図 5a からは観察できなかつた、チップ軌跡の形やそのばらつき、振り上げ方向、打点位置を確認できる。例えば、奏者 A のグラフを見ると、グラフ中の赤矢印で示す通り、チップ位置が高くなるにつれて外側に開いていく「逆ハの字」型の軌跡を描いていることがわかる (図 5b 奏者 A)。この奏者は、チップ軌跡と打点位置のばらつきも少なく、安定したストロークを行っていることがわかる。次に奏者 B のグラフを見ると、譜面 1 では奏者 A と同様にチップ軌跡は「逆ハの字」型を描いているが、譜面 2 ではグラフ中の青矢印で示す通り、左手が右手と同じ方向に振り上げられており、譜面 1 と譜面 2 で演奏フォームが変化していることを確認できる。

以上より、周期性を考慮したチップ動作の可視化をすることで、演奏全体を通したストロークの傾向を明瞭に確認出来ることがわかる。特に、Horizontal motion graph から得られる情報はほとんどなかつたが、Stroke horizontal motion graph からは、振り上げ方向の変化や打点位置の分布などを明瞭に確認することができた。

5. まとめ

本研究では、ドラム基礎練習シーンを解析し、奏者のくせ・特徴を分かりやすく確認できるシステムを提案した。特に、基礎練習シーンを高速度カメラにより撮影し、得られた練習動画を解析し、チップ動作の周期性に着目した可視化を行った。提案法のユーザスタディの結果、周期性を考慮し作成したグラフからは、チップ軌跡の形、チップ軌跡のばらつき、振り上げ方向、打点位置などが明瞭に観察できることを確認した。提案システムは、スマートフォンに搭載された高速度カメラでの撮影を想定しており、一般ユーザも利用できるという利点を持つ。

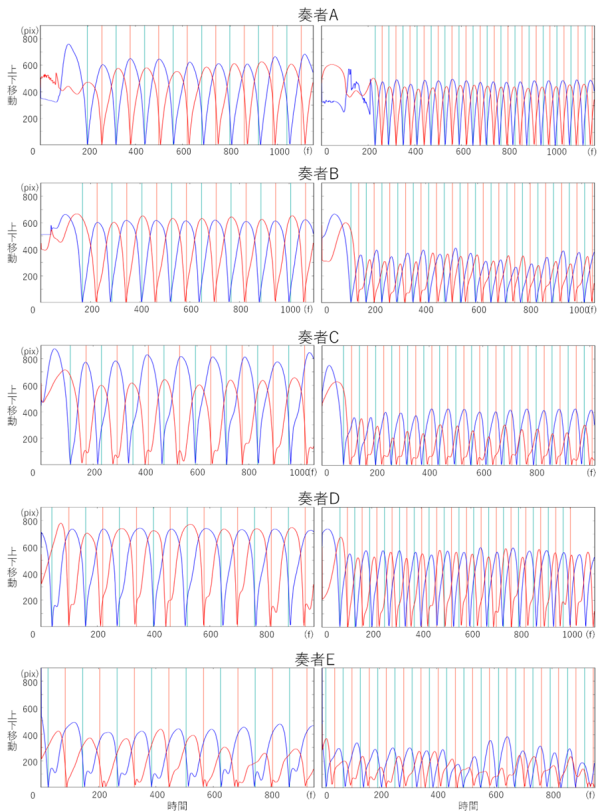
将来課題。本研究では基礎練習のひとつであるシングルストロークのみに注目したが、ドラムの基礎練習は様々な種類がある。今後提案システムを拡張し、様々な基礎練習に対応させたい。また、現在のシステムはグラフの出力し

か行わない。自動で演奏内容を評価し、アドバイスを提示するシステムを実現することも今後の課題のひとつである。

参考文献

- [1] M. Miura, "Inter-Player Variability of a Roll Performance on a Snare-Drum Performance", *In Proceedings of Forum Acusticum*, pp. 563-568, 2005.
- [2] 辻康彦, 西方敦博, "統計処理を用いた打楽器のフォーム分析", 情報処理学会研究報告音楽情報科学, 2002-MUS-047, pp. 13-18, 2002.
- [3] 辻康彦, 西方敦博, "リズムと打拍フォームの同時測定に基づく打楽器の演奏分析", 電子情報通信学会論文誌 D, Vol8, No2, pp. 99-107, 2005.
- [4] 辻康彦, 西方敦博, "リズムと打拍フォームに基づく打楽器学習支援システムの開発と評価", 電子情報処理学会論文誌 D, Vol8, No2, pp. 508-516, 2005.
- [5] 上遠野優, 子安大士, 前川仁, "画像によるドラムスティックの動作解析", 情報処理学会研究報告, MUS-72, pp. 61-66, 2007.
- [6] 山本真司, 子安大士, 前川仁, "動画像処理によるドラム演奏動作の抽出", 研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア, CVIM-25, pp. 1-8, 2010.
- [7] 岩見直樹, 三浦雅展, "MIDI 楽器を用いたドラム演奏練習支援システムの提案", 情報処理学会研究報告, 2007-MUS-72, pp. 85-90, 2007.
- [8] 池之上あかり, 小倉加奈代, 西本一志, "微小遅延聴覚フィードバックを用いたドラム演奏フォーム改善システム", 情報処理学会研究報告, 2012-HCI-147, pp. 1-8, 2012.
- [9] 早川和輝, 長谷川大, 佐久田博司, "主観視点の 3D 手本動作教材提示によるドラム演奏学習支援および熟練者視線情報を利用した教材による学習効果", 知能と情報, Vol28, No1, pp. 511-521, 2016.

Vertical motion graph(a)



Stroke vertical motion graph(b)

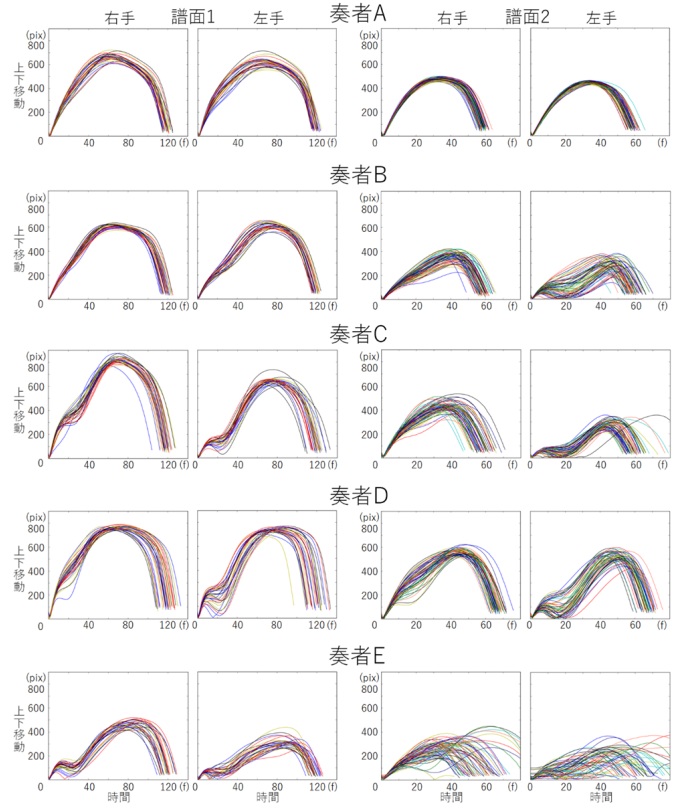
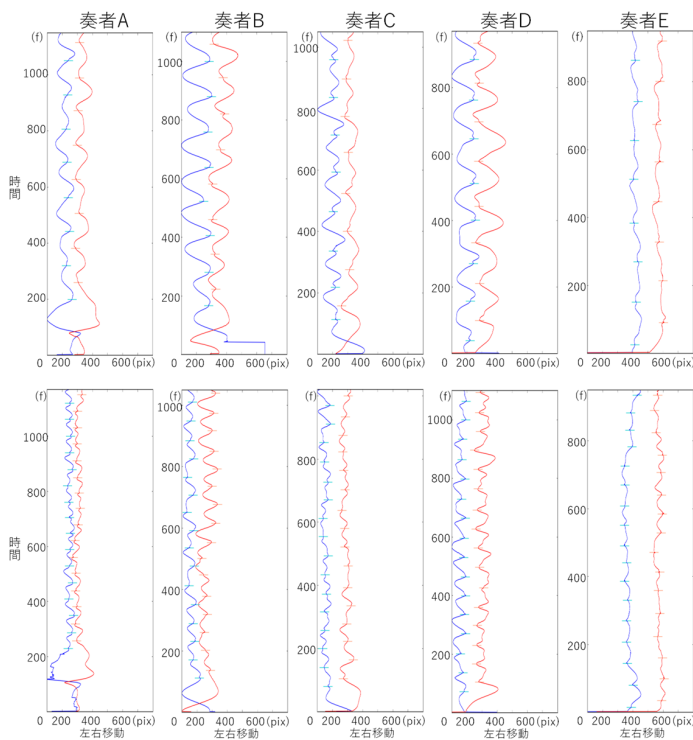


図4 実験協力者5名の Vertical motion graph (a) の譜面1 (左) と譜面2 (右), Horizontal motion graph (右) の譜面1 (上) と譜面2 (下).

Horizontal motion graph(a)



Stroke horizontal motion graph(b)

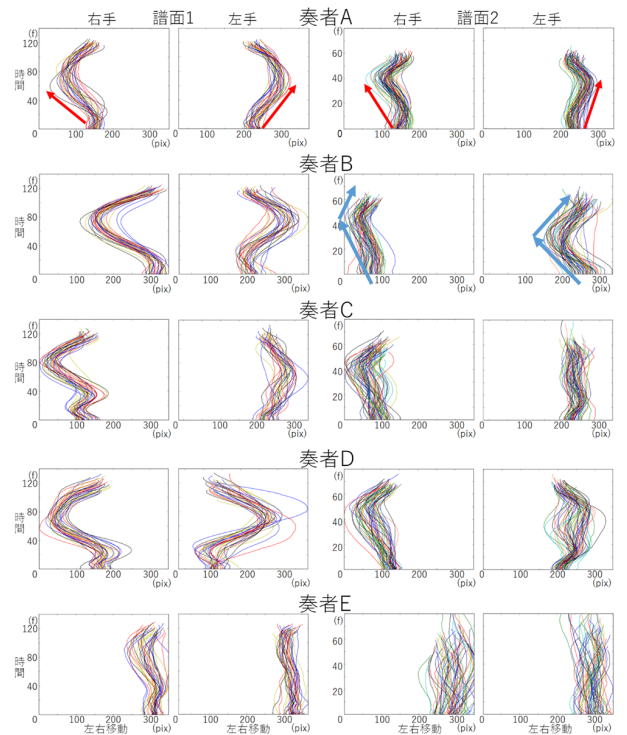


図5 実験協力者5名の Stroke vertical motion graph (左), Stroke horizontal motion graph (右).