

# 多視点演奏映像を活用した ピアノ演奏指使い分析ツールの提案

長谷川 麻美<sup>1,a)</sup> 竹川 佳成<sup>2,b)</sup> 平田 圭二<sup>2,c)</sup> 兼重 直文<sup>3</sup>

概要：本研究の目的は、ピアノ教師のためのピアノ演奏指使い分析ツールの提案である。指使いは、繊細な打鍵の強弱や速弾きなど、高度な演奏技術の基礎として重要である。しかし、関節の柔らかさや、腱の結合の強さなど、手の構造は人によって異なる。演奏者によっては、打鍵時に力みがあったり、鍵盤から指が外れていたたり、指使いに悪癖が見られる。多くの対面レッスンの場合、ピアノ教師は一方からしか手指を見ることができないうえ、じっくり観察することはできない。また、悪癖があっても、一聴して上手く演奏できている場合もあり、一聴しただけでは悪癖の有無を判断できない。そのため、演奏中の生徒の指使いについて、ピアノ教師がすべての悪癖を指摘することは難しい。コンクール入賞実績をもつ被験者を対象にした指使いの観察実験を実施し、指使いの分析に必要な機能を洗い出した。提案するツールは、複数視点の演奏動画を同時に視聴できる機能や、譜面上の音符をクリックすることで再生位置を操作できる機能などをもつ。

キーワード：ピアノ演奏，指使い，分析支援，教授支援

## 1. はじめに

ピアノの演奏では、繊細な打鍵の強弱や速弾きなど、高度な演奏技術を求められる。指使いは、高度な演奏技術を実現するために必要な基礎能力である。本研究では、運指、指の独立性、手の形、3点の総称を指使いとして定義する。

- 運指：指番号と音符との対応を指す(図1)。手指の移動距離が短く、後の音をスムーズに打鍵できる運指がよい。図1の音列を下行の指番号で演奏する場合、小指-親指の順で打鍵する。その順では手指の移動距離が長くなるため、打鍵が遅れ、正確なリズムで演奏できなくなる。そのため、上行の指番号で演奏するほうがスムーズに打鍵できる。
- 指の独立性：各指を個々に動かせることを指す(図2)。

筋力の疲労を抑えるため、各指を連動せずに動かせる状態がよい。図2の小指が独立していない例では、小指が独立している例に比べ、薬指の打鍵時に、打鍵に使用しない小指が持ち上がっている。指を持ち上げる動作には筋力を使う。1度の打鍵にかかる筋疲労を少なくすることで、より多くの打鍵をこなすことができる。

- 手の形：打鍵時の各指の鍵盤に対する角度を指す(図3, 図4)。鍵盤に対して指先が垂直の状態がよい。図3のカエルの手の形や、図4の斜め状態では、鍵を押す力が弱くなる。そのため、強い音を弾くには、図3の卵をもつ形のように鍵盤に対して指先が垂直であるほうがよい。

指使いが未熟であると、無駄な動きとして演奏中の指使いに表れる。例えば、図2の小指が独立していない場合のように、打鍵に使わない指を持ち上げたままであったり、図4のように打鍵時に指が斜めになっていたりする。このような演奏中の無駄な動きは、偶発的に表れるわけではなく、悪癖として定着している。生来、人の手の構造、つまり関節の固さや腱の結合の強さなどにより、定着しやすい悪癖がある。生来の手の構造に加え、指使いが未熟な状態

<sup>1</sup> 公立はこだて未来大学大学院  
Graduate School of Future University Hakodate

<sup>2</sup> 公立はこだて未来大学  
Future University Hakodate

<sup>3</sup> 三重大学  
Mie University

a) g2117038@fun.ac.jp

b) yoshi@fun.ac.jp

c) hirata@fun.ac.jp

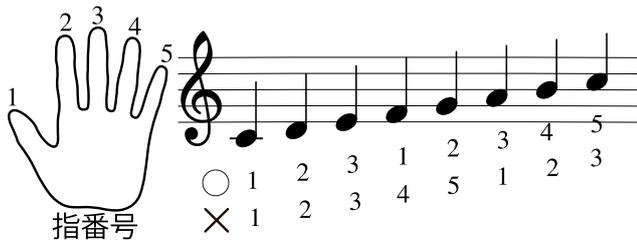


図 1 運指

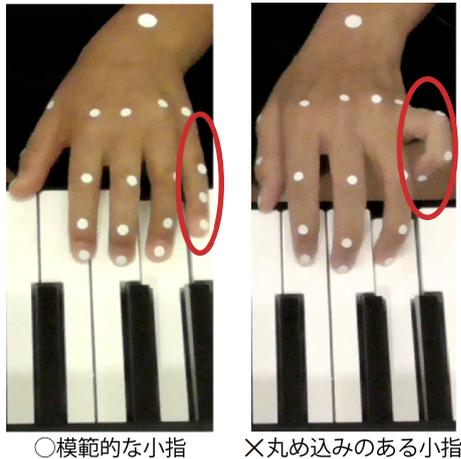


図 2 指の独立性



図 3 手の形



図 4 打鍵するとき斜めになっている中指

で、コンクールに向けて難易度の高い曲を練習するために、悪癖が定着する。悪癖が定着しているために、思うように指を動かすことができず、演奏者のイメージする演奏表現が困難となる。

悪癖を改善するためのトレーニング方法はすでに研究さ

れている [1]。しかし、ピアノ教師が、演奏中の生徒の悪癖をすべて発見することは、視認性の問題と、生徒の演奏に対する評価方法に問題があるために、困難である。視認性の問題点について 2 点挙げる。通常の対面レッスンでは、ピアノ教師は一度に一方からしか手指を見ることができない。また、楽曲によっては指 1 本 1 本の動作が速い場合があり、手指をじっくり見ることはできない、評価方法の問題について、ピアノ教師は生徒の演奏を音で評価する傾向にある。そのため、一聴して悪癖があっても上手く演奏できている場合があり、一聴しただけでは悪癖の有無を判断できない。

そこでこれらの問題を解決するために、本研究ではピアノ教師のための指使い分析支援ツールの提案を目的とする。

提案ツールにより、ピアノ教師による生徒の指使いの分析を支援し、悪癖発見の簡単化や悪癖発見にかかる時間の短縮化を目指す。まずは、ピアノ教育者の指使いの分析方法から、指使い分析支援ツールの提案機能を洗い出すため、ピアノ熟達者を対象とした指使いの観察実験を実施した。その後、ピアノ教育者である本論文の第 4 著者が実験データを分析したところ様々な悪癖が観測された。また、この分析方法について、第 4 著者に半構造化インタビューを実施し、言語報告を得た。これらの言語報告を元に、指使い分析ツールを設計した。

## 2. 関連研究

向井らは、苦手な運指を克服するためのピアノ独習支援システムを開発した [2]。提案システムは、ピアノ初心者の苦手な運指パターンを求め、個々に適したハノン風の練習フレーズを生成する。各運指ごとに打鍵時間間隔の分散を求め、分散値が最も大きい場合を苦手とみなしている。分散値が最大のときの運指を苦手なパターンとする方法は、本研究においても活用できる。しかし、指使いの分析においては、打鍵時間間隔だけでなく、打鍵強度についても分析する必要がある。

Rahman らは、モーションキャプチャーを用いてピアノ演奏を評価した [3]。グローブを装着したピアノ初心者に演奏してもらい、3 次元の手の動きの自由度を測定した。実験の結果、指を曲げた状態での打鍵はベロシティが増加し、指を平らにした状態での打鍵は、ベロシティが減少した。Rahman らにより、初心者は打鍵時の手の形によって、ベロシティが増減することが分かった。本研究では、分析支援ツールを提案している点で異なるが、1 章で述べたように、音として知覚され難い悪癖をモーションベースで観測することは有効な方法といえる。

## 3. ピアノ熟達者の指使い観察実験

提案ツールに必要な機能を見出すため、ピアノ熟達者の指使い観察実験を実施した。演奏時の手指の動作追尾のた

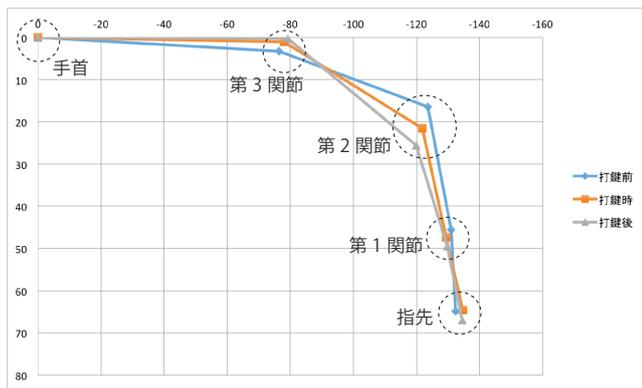


図 5 打鍵時のボーン

めにマーカーを付けた被験者が、課題曲を弾いている様子を3視点から撮影した。実験後、実験で得られた打鍵時間間隔と打鍵強度、手指のモーションデータ、演奏動画を元に、指使いを分析した。後述する打鍵時間間隔及び打鍵強度可視化ツールによって、打鍵時間間隔と打鍵強度を可視化した。演奏動画から、被験者の手に付けたマーカーを動作解析ソフトウェア (MOVIAS Neo)[4] で解析し、親指から小指、手首の関節の打鍵時の状態のボーン (図 5) を作成した。

### 3.1 被験者

7歳から13歳の小中学生6名。いずれの被験者も、ピアノコンクール入賞を実績にもつ。

### 3.2 課題曲

課題曲を図6に示す。C. Czernyが作曲した、30番練習曲第1番における第1小節から第8小節の上声部旋律である。5指をほぼ均等に使うため、指使いの独立性を養成するのに適していることから、採用した。また、親指を他の指の下に通して弾く奏法であるくぐりがなく、被験者の年齢差による、演奏の出来不出来の差異が少ないことも理由であった。

### 3.3 実験環境

演奏時の手指の動作を追尾するため、被験者の手に白いシールのマーカーを付けた。左右の手それぞれの各関節に白いマーカーを付けた (図7)。図8に示すように、実験時の配置はカメラ3台、被験者の左右正面に置き、MIDI鍵盤とパソコンを繋げた。

### 3.4 被験者への教示

被験者には、実験開始前に以下の教示をした

- 1分間に60拍から72拍のテンポで弾くこと
- 打鍵強度は一定で弾くこと
- 片手で演奏中は、もう一方の手を膝の上に置くこと
- 楽譜を見て演奏してもいいこと

### 3.5 実験の流れ

実験の流れは以下のとおりである。

- (1) 被験者に右手で課題曲を3回弾いてもらった。なお、打鍵ミスがあれば最初から弾き直してもらった。
- (2) (1)と同様に、被験者に左手で弾いてもらった。

### 3.6 分析ツール

実験データを分析するために、以下の3つのツールを用いた。

#### 3.6.1 打鍵時間間隔及び打鍵強度可視化ツール

このツールは、MIDI鍵盤から入力されたMIDIを記録し、図9に示すように、打鍵時間間隔や打鍵強度を楽譜上に表示することができる機能をもつ。グラフまたは、ヒートマップどちらの手法でも可視化が可能である。ヒートマップの場合は、打鍵時間間隔と打鍵強度を同時に可視化できるが、グラフの場合は、どちらか片方ずつのみの可視化となる。

#### 3.6.2 動画プレイヤー

演奏動画を視聴するための動画プレイヤーとして、動画編集ソフトウェアTMPGEnc Video Mastering Works 6[5]を用いた。このソフトウェアでは、通常再生のほか、シームレスな動画の拡大および縮小が可能である。動画を再生中に、拡大または縮小をすることもでき、これらの機能を分析で利用した。

#### 3.6.3 動作解析ツール

ピアノ熟達者の指使いの動作解析に、MOVIAS Neo[4]を用いた。このソフトウェアは、動作解析を行う対象にマーカーを付けることで、映像から動作を自動的に追尾することができる。本実験では、3次元で解析し、各関節ごとの動きを数値化している。

### 3.7 結果と考察

指使いの観察実験の結果としては、図4に示す中指の打鍵時に小指が伸びきっている悪癖や、図2に示す指を巻き込んだ状態で打鍵する悪癖が観測された。

ピアノ教育者である本論文の第4著者は、打鍵時間間隔または打鍵強度の歪み、グラフの中で突出している箇所を焦点を当て、演奏動画により目視で指使いを観察していた。演奏動画は、主に正面から撮影した視点を再生していた。観察の際には、何度も同じ演奏箇所を再生していた。また、打鍵時間間隔または打鍵強度の歪みがあった指について、演奏動画で確認後、モーションデータから打鍵時のボーンを作成し、客観的に悪癖が観測されるか分析していた。

悪癖は、正面から撮影した動画から確認できるが、左右から撮影した動画も視聴することで、より正確に判断できると考えられる。悪癖のある指は、打鍵時間間隔と打鍵強度から、目星をつけることができた。しかし、何度も同じ演奏箇所を再生していたことから、演奏を目視で分析する

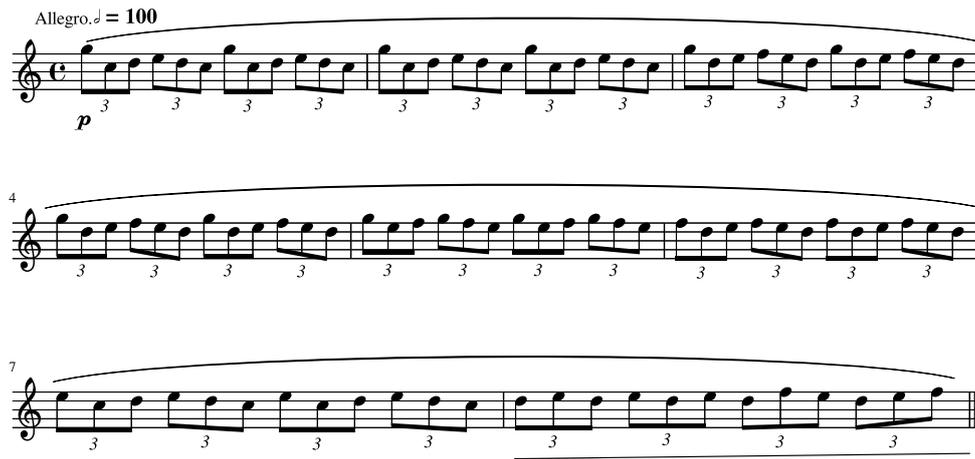


図 6 Czerny30 番練習曲第 1 番 第 1 小節から第 8 小節上声部旋律



図 7 被験者の手の各関節に付けた白いマーカー

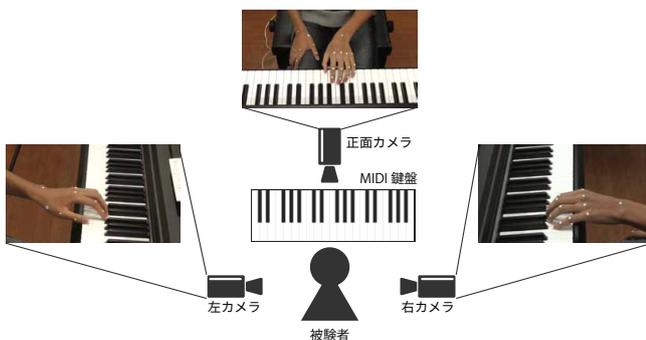


図 8 実験環境

ためには、コマ送りが有効と考えられる。また、1 回の操作で、同じ演奏箇所を再生を可能にすることで、分析にかかる時間の短縮に繋がると考えられる。

## 4. 提案ツール

### 4.1 提案機能

実験結果をもとに以下の 4 つの機能を提案する。図 10 は提案ツールをユーザが利用する時の全体像を示している。

### 複数視点の演奏動画を再生できる機能

これは、図 10(a) に示すように、3 視点から撮影した演奏動画を同期をとって再生する機能である。提案ツールを用いて、演奏動画を視聴する際は、この機能によって再生する。操作は、図 10(b) のように楽譜上の音符をクリック、または、再生ボタンをクリックする方法である。正面の動画のみで見るとより、左右の動画も併せて見たほうが、より正確に判断できる悪癖もあったため、複数視点の同時視聴は有効である。この機能により、視認性の問題解消を期待できる。

### 1 音ごとに再生できる機能

図 10(b) に示す各音符をクリックすると、当該音符を弾く指の接鍵から離鍵までを再生する機能である。本機能では、接鍵は鍵へアプローチする動作、離鍵は、鍵を離すときの動作を意味している。悪癖は打鍵時だけでなく、接鍵や離鍵のときにも現れるため、接鍵から離鍵までを観測できるように設計する。指使いの分析においては、何度も同じ箇所を見る必要があるため、動画プレイヤー上のシーカーを調整する手間を省く事ができ、作業の効率化を図れる。

### 再生速度調整機能

演奏動画の再生速度を遅く、または速くできる機能である。図 10(c) に示すスライダのつまみを、ユーザから見て左に移動すると再生速度が遅く、右に移動すると再生速度が速くなる。再生速度を遅くした場合は、じっくり観察することができる。再生速度を速くした場合は、演奏全体を何度も見直したいときに、時間短縮になる。視認性の問題の解消、および悪癖発見の時間短縮になる。

### コマ送り機能

静止状態の演奏動画を、25 ミリ秒ずつ戻す、または進める機能である。図 10(d) に示すユーザから見て左のボタンをクリックすると 25 ミリ秒戻り、右のボタンをクリックすると 25 ミリ秒進めることができる。ある再生時刻におけ

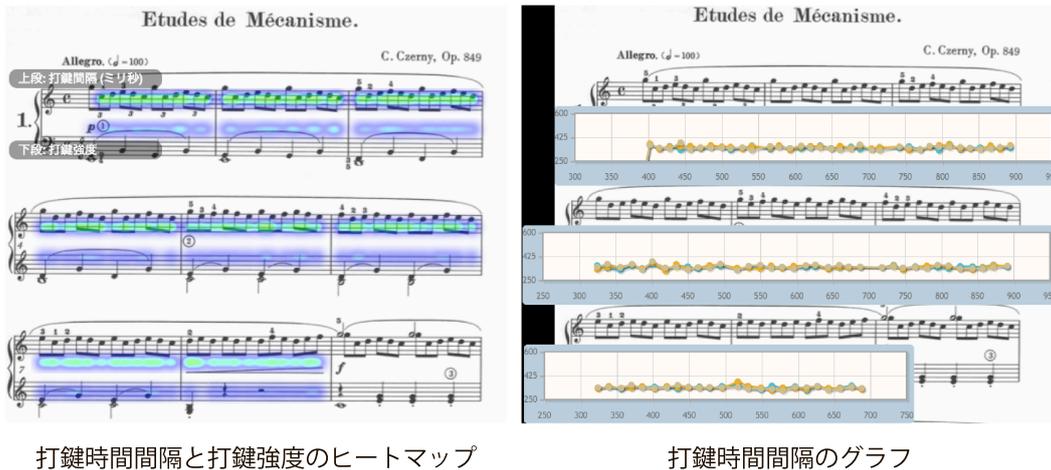


図 9 可視化手法

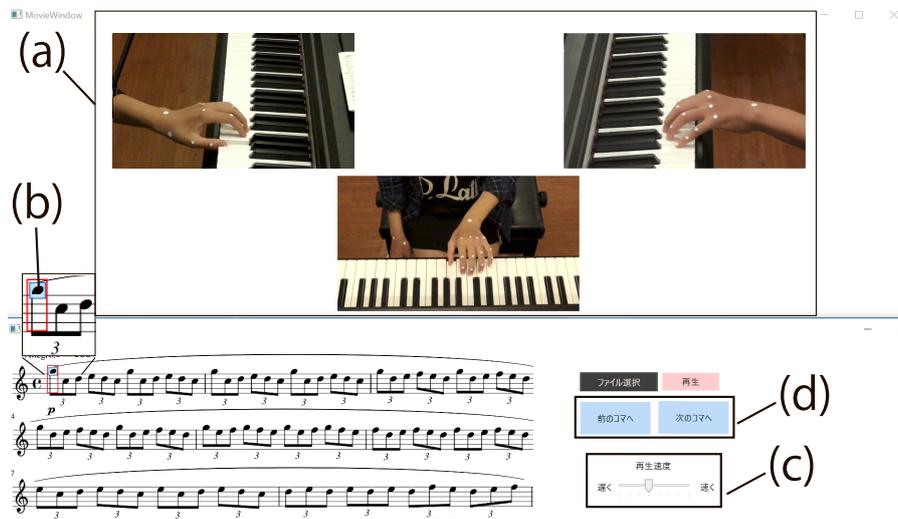


図 10 提案ツールのスクリーンショット

る指使いを，ボーンと併せて，静止した演奏動画から目視することで，二重の確認をすることができる．この機能により，悪癖の再確認と視認性の問題の解消を期待できる．

## 5. まとめ

本研究では，ピアノ教師のための指使い分析支援ツールを提案した．ピアノ熟達者の指使い観察実験を実施し，ピアノ教育者である本論文の第 4 著者による分析方法を半構造化インタビューすることで，指使いの分析を支援するための 4 つの機能を提案した．

今後は，機能の評価および改良を実施する予定である．

## 謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 16K12560, 15K00279 および 15K13226 の支援によるものである．ここに記して謝意を表す．

## 参考文献

- [1] 御木本澄子：正しいピアノ奏法，音楽之友社（2004）.
- [2] M. Mukai, N. Emura, M. Miura, and M. Yanagida.: Generation of suitable phrases for basic training to overcome - Technische Informationsbibliothek (TIB), (2007)
- [3] M. M. Rahman, A. B. M. A. Hossain, M. M. Rana, and K. Mitobe.: Hand motion capture system in piano playing, in 2013 International Conference on Informatics, Electronics Vision (ICIEV), pp. 1-5 (2013).
- [4] 株式会社ナックイメージテクノロジー: 動作解析ソフトウェア MOVIAS Neo, <https://www.nacinc.jp/analysis/software/movias-neo/>. (Accessed:2017.8.2)
- [5] 株式会社ペガシス: TMPGEnc Video Mastering Works 6, <http://tmpgenc.pegasys-inc.com/ja/product/tvmw6.html>. (Accessed:2017.8.2)