

スマホ 1 台での下方からの撮影による ピアノ演奏ジェスチャーの打鍵判定

三田ちひろ^{†1} 伊藤貴之^{†1}

概要：ピアノ演奏をどこでも簡易的に楽しむことを目的として、鍵盤表示を必要としないジェスチャーのみでのピアノ演奏を可能にするために、手の動作から打鍵のタイミングを判定する方法を検討する。本研究では1台のiPhoneを用いて MediaPipe Hands によるハンドトラッキングを適用し、指を曲げたタイミングで音が鳴るシステムを開発し、評価実験を実施した。実験の結果から、親指の打鍵判定の際に用いる2つのベクトルの取り方の見直しや人差し指の打鍵判定基準値の見直しが必要であるとわかった。

1. はじめに

昨今需要を高めている音楽療法の一つに能動的音楽療法があり、患者が楽器を演奏するセラピーがある。しかし、楽器は高価であり保管する場所を取るため1人1台用意することは難しい。特にピアノは身近な楽器であるが1人1台用意するのは困難である。そこで本研究では、ピアノ本体を必要とせずジェスチャーで演奏できるようなシステムの開発を考える。このシステムは、手の動作を認識する処理と、手の動作から音列を推定する処理に分けられる。本稿では手の様子を認識する部分に着目し、打鍵のタイミングを適切に判定できるか実験を通して検討する。なお音列の推定は、米林ら[1,2]の隠れマルコフモデルを用いた楽譜からの自動運指推定を参考に、運指から楽譜をリアルタイムで採譜するアルゴリズムを考案する予定である。

2. 関連研究

岩谷ら[3]はVR楽器演奏のために Leap Motions や触覚グローブを用いてハンドトラッキングを適用しているが、本研究はスマートフォン1台のみを利用している点で異なる。五十嵐ら[4]は MediaPipe を利用して運指検出システムを開発しているが、楽器実物を利用しない点、演奏者が鍵盤を視覚的に認識しない点で異なる。已波ら[5]はピアノ演奏のCGアニメーションを作成しているが、演奏の様子から打鍵のタイミングを判定する点で異なる。

3. デモシステム

3.1 手の動きの計測

図1に示すように、iPhone搭載のカメラで手首から指先まで映るように下から撮影し、MediaPipe Hands を利用してリアルタイムでハンドトラッキングを行う。非接触のハンドトラッキングに LeapMotion ではなく MediaPipe Hands を用いた理由は2点あり、LeapMotion よりも iPhone の方が

人々の身近にある点と生野ら[6]のハンドトラッキング有効距離が MediaPipe Hands 方が大きい点である。



図1 スマホ1台での撮影による右手の
ピアノジェスチャー演奏の様子

3.2 打鍵の判定

本研究でのピアノ演奏のジェスチャーは、水平面に指を押し付けるのではなく、空中で指を曲げることで表現することを想定する。そのため、手の形は本来の楽器演奏時とは異なると考えられるため、ピアノ演奏動作のオープンデータを用いて深層学習により打鍵を推測するのは難しいと考えた。そこで代わりに、我々の現在の実装では、各指に対して2つのベクトルを設定しベクトルの角度の余弦値を計測し、最大値との差が0.030以上になった場合に打鍵していると判定する。各指における2種類のベクトルは表1でまとめた。表1の点の番号は図2で記されている関節のランドマークのことである。

表1 各指に設定したベクトル

指名	第1ベクトル	第2ベクトル
親指	点2から点3	点0から点5
人差し指	点0から点5	点5から点8
中指	点0から点9	点9から点12
薬指	点0から点13	点13から点16
小指	点0から点17	点17から点20

^{†1} お茶の水女子大学

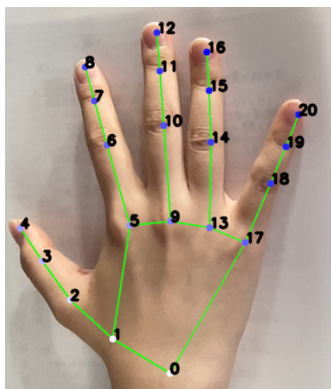


図 2 MediaPipe Hands でのハンドトラッキングで座標を取得するランドマーク

4. 実行結果

本研究では実験参加者 4 名を対象に以下の 2 種類の動作について、打鍵のタイミングと音がなるタイミングが適切であったかを調査した。

- 右手で親指から小指まで順に曲げる
- 右手で小指から親指まで順に曲げる

鍵盤を押すジェスチャーをした際に各指に対応づけた 1 音が鳴るように、実験者に対して打鍵するジェスチャーをするタイミングと音が鳴るタイミングが適切であったかを調査した。Python のライブラリ MediaPipe Hands を用いて実装し、Jupyter Notebook 上で実行した。

ピアノ経験者である Player 1 と Player 2 は全ての指に対して打鍵判定は適切であったと評価した。一方で、ピアノ未経験者である Player 2 は、中指、薬指、小指の打鍵判定は適切であったと評価しつつも、親指は音が鳴りやすく人差し指は音が鳴りにくいと評価した。また、ピアノ未経験者である Player 3 は右手で小指から親指まで順に曲げたジェスチャーをした時は全ての指に対して打鍵判定は適切であったと評価したが、右手で小指から親指まで順に曲げるジェスチャーをした際は、親指と人差し指の打鍵判定は適切でないと評価した。

4.1 下からの撮影について

過去の研究において[7]、手の動きを上から撮影する方法を採用していたが、本研究では下から撮影する方法を採用した。下からの撮影は、三脚を用いた上からの撮影に比べると撮影が手軽になったという利点がある。また、運指判定をする際に親指を用いたポジション移動をより正確に判別できると考えられる。

4.2 考察

実験参加者 4 名の動作について、打鍵判定基準となる 2 つのベクトルの余弦値の最大値との差の時系列変化を折れ線グラフにし、打鍵していると判定されたタイミングは y 軸が 1.0 の箇所でプロットすることで可視化し分析した。

図 3 は Player 1 が右手で親指から小指まで順に曲げたジェスチャーをした時の各指の 2 つのベクトルの余弦値の最大値との差と音が鳴ったタイミングを示したものである。図 3 から各指に対して適切に打鍵状態が判定されていることがわかる。図 4 は Player 2 が右手で小指から親指まで順に曲げたジェスチャーをした時の各指の 2 つのベクトルの余弦値の最大値との差と音が鳴ったタイミングを示したものである。図 4 から Frame 数が 90 の付近で人差し指の折れ線グラフに特徴が見られるが判定の基準値に満たない変化であったため打鍵していると判定されなかった。このことから人差し指に関して、判定基準値を見直す必要があると考えられる。親指は手の構造上、手首から人差し指の第 3 関節までのベクトルと親指の第 2 関節から第 3 関節までのベクトルの角度を用いて打鍵判定を行ったが、2 つのベクトルの角度は手を広げる動作をすることでも大きく変化を示すため打鍵するジェスチャーをしなくても打鍵していると判定されたと考えられる。したがって、親指の打鍵判定に用いる 2 つのベクトルの取り方について考え直す必要があると思われる。図 5 は Player 3 が右手で親指から小指まで順に曲げたジェスチャーをした時の各指の 2 つのベクトルの余弦値の最大値との差と音が鳴ったタイミングを示したものである。Player 2 と同様に人差し指は打鍵判定の基準値の見直しが必要であるとわかった。また、親指は打鍵判定に用いる 2 つのベクトルの取り方について考え直す必要があるとわかった。

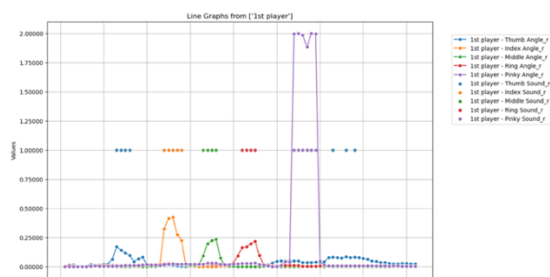


図 3 player 1 の右手で親指から小指まで順に曲げた時の様子

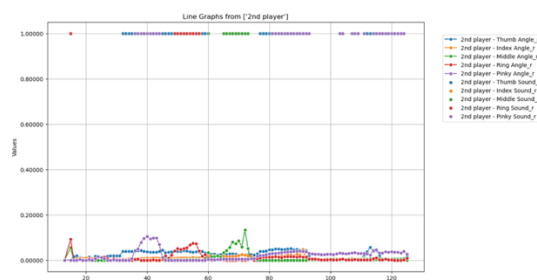


図 4 player 2 の右手で小指から親指まで順に曲げた時の様子

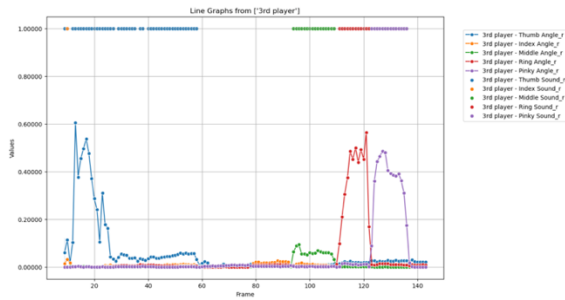


図 5 player 3 の右手で親指から小指まで順に曲げた時の様子

5. 今後の展望

実行結果から，親指と人差し指の打鍵判定について見直しが必要であるとわかった．親指は打鍵判定に用いる 2 つのベクトルの取り方を見直す必要がある．人差し指については打鍵判定の基準値の見直しが必要である．また，ピアノ経験者と未経験者で差が出る結果になったことを受け，空中でピアノのジェスチャー演奏を行い打鍵の判定を行う上でピアノ経験の有無が結果に影響を与えることがわかり，未経験者に対応するために，使用開始時にテストプレイとして，適切に反応する指の曲げ方をユーザが模索する時間を設定することで打鍵判定の精度を改善する方法も考えていきたい．

謝辞 実験に参加してくださった方々に深く感謝いたします．

参考文献

- [1] 米林裕一郎，亀岡弘和，嵯峨山茂樹．隠れマルコフモデルに基づくピアノ運指の自動決定，情報処理学会 研究報告書，2006.
- [2] 米林裕一郎，亀岡弘和，嵯峨山茂樹．手の自然な動きを考慮した隠れ変数付き隠れマルコフモデルに基づくピアノ運指決定，情報処理学会 研究報告書，2007.
- [3] 岩谷亮明，澤田秀之．AR Piano Playing Using Real-Time Hand Tracking，情報処理学会 インタラクシオン 2014，2014.
- [4] 五十嵐 元樹，饗庭 絵里子．ピアノ演奏時の運指検出システムの作成、およびプロとアマチュアの運指の比較による検証，情報処理学会第 85 回全国大会，2023.
- [5] 巳波 弘佳，古屋 晋一，長田 典子．ピアノ演奏コンピュータグラフィックス制作技術，日本オペレーションズ・リサーチ学会 2013 年 3 月号，2023.
- [6] 生野 優輝，外村 佳伸．手指ジェスチャー認識に向けた Leap Motion と MediaPipe の比較検討，2020 年度情報処理学会関西支部 支部大会，2020.
- [7] 三田ちひろ，伊藤貴之．スマホ 1 台での撮影によるピアノのジェスチャー演奏，第 32 回インタラクティブシステムとソ