

# スマホ1台での撮影によるピアノのジェスチャー演奏

三田 ちひろ\* 伊藤 貴之\*

**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、左手親指の打鍵の判定基準の見直しや、右手中指から小指までの3本の指の離鍵判定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。巳波ら[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が異なる。

## 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搭載のカメラで両手の手首から指先まで映るように上から撮影し、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PythonのライブラリMediaPipe Handsを用いて実装し、Jupyter Notebook上で実行した。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、生野ら[6]のハンドトラッキング有効距離がMediaPipeの方が大きいからである。



図1. スマホ1台での撮影による10音のみ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、各指が以下のルールを満たしたときに打鍵したと判定する。**[親指:]** 図2より点2から点3までのベクトルと点0から点5までのベクトルの角度の余弦値を求め、求めた余弦値とそれまでの余弦値の最大値との差が右手は0.08以上、左手は0.1以上のとき。

**[人差し指:]** 図2より点0から点5までのベクトルと点5から点8までのベクトルの角度の余弦値を求め、求めた余弦値とそれまでの余弦値の最大値との差が右手は0.1以上、左手は0.4以上のとき。

**[中指:]** 図2より点0から点9までのベクトルと点9から点12までのベクトルの角度の余弦値を求め、求めた余弦値とそれまでの余弦値の最大値との差が

右手左手ともに 0.08 以上のとき。

[薬指:] 図 2 より点 0 から点 13 までのベクトルと点 13 から点 16 までのベクトルの角度の余弦値を求め、求めた余弦値とそれまでの余弦値の最大値との差が右手は 0.1 以上、左手は 0.4 以上のとき。

[小指:] 図 2 より点 0 から点 17 までのベクトルと点 17 から点 20 までのベクトルの角度の余弦値を求め、求めた余弦値とそれまでの余弦値の最大値との差が右手は 0.1 以上、左手は 0.4 以上のとき。

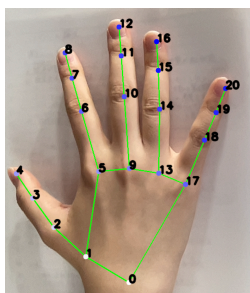


図 2. MediaPipe Hands でのハンドトラッキングで座標を取得するランドマーク

## 4 実行結果

本研究では以下の 2 種類の動作を対象として、打鍵のタイミングと音になるタイミングが適切であったかを調査した。

- ・ 右手の親指から小指まで順に曲げる
- ・ 左手の小指から親指まで順に曲げる

実験参加者 5 名を対象に、各指に対して、適切であった/反応が速かった/反応が遅かった、の 3 段階で評価を実施した。

### 4.1 左手について

Player 1 と Player 4 は各指全てに対して適切であったと評価した。Player 3 が人差し指と薬指に対して、Player 5 は小指に対して反応が遅かったと評価したが、それぞれの測定値は一定のまま変化がなかったため、指の曲げ方に問題があると考えられる。Player 2 は人差し指と薬指に対して反応が遅かったと評価した。図 3 より、人差し指に関しては測定値が一定のまま変化がなかったため、曲げ方に問題があると考えられる。一方で、薬指に関しては打鍵のタイミングで最大値と測定値の差に特徴が見られる。最大値と測定値の差が 0.400 以上のときに打鍵したと判定するように設定したが、図 3 より判定する基準を 0.200 以上に変更することを考慮する必要があるとわかった。

### 4.2 右手について

Player 1 は各指全てに対して適切であったと評価した。Player 2 と Player 3 は人差し指と中指に対して

反応が遅かったと評価したが、それぞれの測定値は一定のまま変化がなかったため、指の曲げ方に問題があると考えられる。Player 4 は親指の反応が遅かったと評価したが、図 4 より中指、薬指、小指の角度変化が類似していることがわかる。このことから、中指、薬指、小指をバラバラに動かすことが難しいために、3 つの中の 1 つの指が打鍵すると他の 2 つの音も鳴ってしまう可能性があることが考えられる。Player 5 については、薬指は反応が遅く、小指は反応が速いと評価した。この理由として、Player 4 と同様に、薬指と小指を独立に動かすことができていないためであると考えられる。

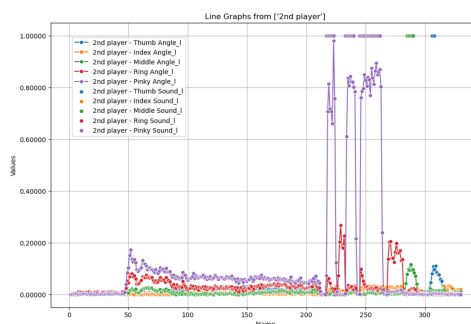


図 3. MediaPipe Hands でのハンドトラッキングで座標を取得するランドマーク

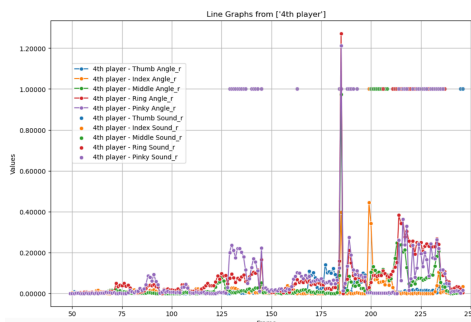


図 4. MediaPipe Hands でのハンドトラッキングで座標を取得するランドマーク

## 5 今後の展望

実行結果から、左手薬指の打鍵判定基準の見直しや、右手中指から小指までの 3 本の指の離鍵判定の見直しが必要であるとわかった。今回は各指ともに独立して条件を設定したが、今後は 5 つの指に対して優先順位を設定し、単音を鳴らすときと重音を鳴らすときを区別する条件を考えたい。また、ユーザが打鍵したつもりでも測定値が一定のまま変化がない状況に対しては、指の曲がり角度をより正確に計測できるようにベクトルの取り方を再度考え直すか、あるいは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改善したい。

## 謝辞

実験に参加して下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.

## 未来ビジョン

ピアノを簡易化するために、手の動きを認識しカメラから取得された運指等の情報から楽譜を推定することで、ピアノを弾くジェスチャーをするだけでピアノ演奏を可能にしようと考えている。本研究は手の動きを認識する部分の内容であり、カメラで撮影した手に関する情報から打鍵のタイミングを測る方法を検討し、親指から小指までそれぞれ特定の 1 音を割り振り、打鍵する動作をするだけで音が鳴るシステムを作成した。今後、打鍵した指番号や指間距離から隠れマルコフモデルを用いて音を推定するアルゴリズムを考え多様な音を出せるようにしようと考えている。

ピアノ本体を必要とせずジェスチャーで演奏ができるようにすることで保管場所や金銭的問題からピアノを保持できない人でも簡単

に演奏することができ、また複数人が同時に演奏することができるため集団での音楽療法も可能になる。また、ピアニストたちが新幹線での移動時間やバス停での待ち時間など、隙間時間に簡単に指の運動や演奏の確認ができるようになり QOL の向上につながると考える。音響データからの推定も用いることで、他楽器との急なセッションも対応できると考え、ピアノが無い場所では無力なピアニストたちがエアピアノの導入で弾きたいと思った時に演奏ができるようになると思う。