

# ピアノ演奏の初期教育における指の構えに関する考察

## A guide to proper piano hand position for beginners

三浦 雅展

Masanobu MIURA

国立音楽大学 〒190-8520 東京都立川市柏町5丁目5-1

Kunitachi College of Music, Kashiwa-Cho 5-5-1, Tachikawa-shi, Tokyo, 190-8520 Japan

E-mail: miura.masanobu@kunitachi.ac.jp

**あらまし** ピアノの初期教育では、ピアノ経験が浅く、打鍵する手指の形状についての教示では、その構えや動きといった側面が重視される。この種の教示は、後のピアノ演奏全般に関わる重要な科目であり、訓練の初期段階にて妥当な形状の習得が望まれるが、指の構えに関する基礎データが現状であまりないため、指の構えに関する教示の妥当性を検討することが困難である。この報告では、初心者と上級者1名ずつにおける打鍵の指の構えをモーションキャプチャで測定し、打鍵時の動きから熟練度に関係する特徴量について考察する。

**キーワード** ピアノ、構え、初期教育、訓練、モーションキャプチャ

### 1. はじめに

ピアノ教育はわが国の音楽教育を支えており、音楽大学における演奏家教育だけでなく、音楽教育や幼児教育においても用いられている。また、ピアノ専門家養成の目的だけでなく、音楽愛好家やアマチュアを含めた広い意味でのミュージシャンにとって、鍵盤楽器の教育としての位置づけも大きいと言える。さらに義務教育や高等教育の期間だけでなく、生涯教育として音楽の演奏を学ぶ場合もあり、特定の年齢や専門だけでなく、広く普及している楽器といっても過言ではないであろう。

本研究ではピアノ演奏に関する教育における初期段階を考える。初期段階において、ピアノの鍵盤に指を配置する訓練を行なうが、

その際の手の形について考える。手の形とは、具体的には、鍵盤と手の位置、および手指の角度を指すものとする。ピアノの演奏において身体に関する点で考えるべき点は、着座位置、上半身の姿勢、腕の位置、足の位置などが考えられるが、特に腕から手の位置が不適切な状態のまま長期間練習すると、怪我などの危険性もある[1]ため、正しい姿勢での訓練が望ましい。

本研究では、演奏者の経験による指の構えについて検証するために、ピアノ熟練者と初心者による指の構えの違いを調査する。特にモーションキャプチャシステムを用いて手指の動作を分析し、手指のどの特徴に顕著な差が見られるのかについて検討する。

## 2. ピアノ演奏時の手指に関する研究

ピアニストの手指の動作については多くの研究において注目されてきた。例えばピアノ熟練者と初心者の筋活動を比較した研究[2]では、握力についてはスキルによる差が見られなかったものの、モノをつかむ力である「ピンチ力」と手内筋力についてはピアノ経験者の方が非経験者よりも有意に高いことが示されており、ピアノ経験によって培われた力として考えられている。ピアノ経験者の指の動きについては、加速度センサを用いた検討[3]や、モーションキャプチャを用いた検討がある[4]。さらにモーションキャプチャによって得られたデータから熟達度を推定する研究もある[5]が、手指のどのような動きが熟達度に影響しているのかについては言及されていない。

一方、手指の動作をリアルタイムに認識できる技術を目指した報告もある[6,7]。ここでは手指の細やかな動作については記録が難しいものの、カメラや画像認識精度を高めることで高度化が望まれる。それらが実用化されることで、ピアノ演奏の自動教育システムの実現に向けて、手指の動作を考慮したシステムへとつながることが期待される[8]。

以上のようにピアノ演奏時の手指については多方面の研究がなされており、ピアノ教育への適用が期待される。特に手指の構えについては初期的段階での教示が望ましく、その後の長期にわたる訓練における怪我のリスクを軽減し、様々な表現が可能な演奏に向けた教育の準備として重要といえる。

## 3. ピアノ演奏の調査

### 3.1. 方針

本研究ではピアノ演奏時の指の構えに着目し、初期的段階でのピアノ教育における手指の構えについて検討するため、熟練者と初心者における手指の構えについて検証し、手指のどのような点が重要となりえるのかについて検討する。

### 3.2. 実験参加者

今回はピアノ経験者1名（以後、被験者 E）、およびピアノ未経験者1名（以後、被験者 B）を対象とした。被験者 E は 20 代女性、幼少期からピアノを学び、音楽大学の学部および大学院においてピアノ専攻として学んでいた経験を持つ。一方被験者 B は 20 代女性、ピアノに関する専門教育をこれまで受けたことがない者である。

### 3.3. 記録環境

実験環境を図 1 に示す。国立音楽大学 4 号館内の静かな部屋に配置されたアコースティックピアノ (YAMAHA C3) を用いた。記録システムには、OptiTrack 社の光学式モーションキャプチャを用いた。用いたカメラは 8 台であり、記録速度は 60Hz であった。演奏音は 1 本の接近用マイクロフォンをピアノの蓋を開けて弦の手前に設置し、もう 1 本のアンビエント用マイクロフォンはピアノ奏者の後方約 1.5m の位置に配置した。用いたマイクロフォンはいずれも RODE 社 NT2A であった。2 本のマイクロフォンは、パソコンに接続されたオーディオインターフェイス (Roland 社 QuadCapture) を用いて記録した。

演奏者の耳にはスマートフォン (iphone8) で再生されたメトロノーム音をアナログ接続したイヤホンから被験者に提示した。



図1 記録環境の外観

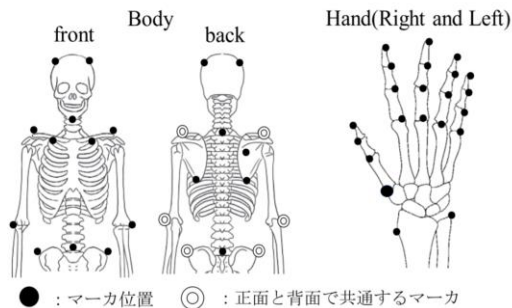


図2 装着した反射マーカの位置

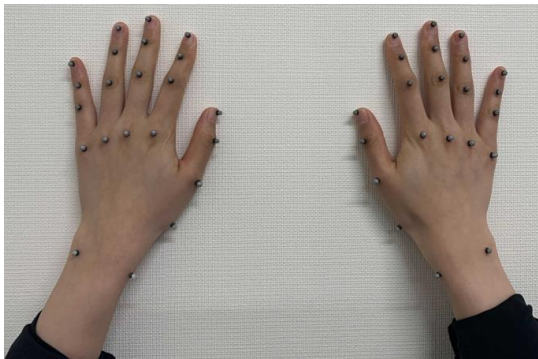


図3 手指の反射マーカの装着状況

### 3.4. 反射マーカの装着

反射マーカの装着位置を図2，手指のマーカ装着位置を図3に示す。上半身と頭部，および手腕に装着した。合計63通りのマーカを装着した。ほとんどの装着位置は先行研究[4,5]に従って決定したが，拇指の付け根にあたる「CM 関節」というマーカを今回は新たに追加した。CM 関節は親指の付

け根にあたる位置であるが，ピアノ教育現場ではその位置の動きの重要性を教示する場合もあるため，今回追加した。

手指に付着したマーカは直径4mmの球場のマーカとした。なお身体には専用のスーツに直径1cm程度の反射マーカを配置した。このマーカ装着による演奏への不具合等については両演奏者ともに問題ないという認識であった。

### 3.5. 演奏課題

被験者にはC3, G3, E4, G4, C5の計5音から成る和音を同時に打鍵させた。運指は下から順に左手小指，左手親指，右手親指，右手人差し指，右手小指とした。テンポ120bpmの4/4拍子で2拍の長さで打鍵し，2拍休止する，という演奏を繰り返させた。打鍵する音はmf(メゾフォルテ)と，mp(メゾピアノ)を繰り返すように指示した。打鍵の回数は合計10回とした。

## 4. 実験結果と考察

### 4.1. 記録データ

演奏データはすべてのマーカのXYZ座標が得られ，c3d形式で記録される。記録されたデータは，各マーカのラベリングを行なう必要がある。被験者EとBのそれぞれの動画の約20秒程度の動画それぞれに対して，おおよそ4.5時間程度のラベリング時間が必要であった。その後，Matlabで利用可能なモーション解析用ツールボックスの「MocapToolbox[9]」を用いてデータを読み込み，ワイヤフレーム動画を作成した。作成したワイヤフレームの動画の例を図4と図5に示す。それぞれ被験者EとBに対応する。

### 4.2. 被験者間の差異の可視化

被験者間では身体形状も異なればその動

作も異なるため、被験者 E と B の間の全ての差異について検証することは望ましくない。ピアノ演奏の分析において、特に姿勢に関する研究は教育現場では重要視されることがあるものの、モーションキャプチャを用いた研究としてはこれまであまり見られない。著者の共同研究による先行研究[4,5]においても、指の構えについての考察はあまり行なっていなかった。今回は特に手指のモーションに注目した。

図4と5に、被験者 E と B の動作例を示す。いずれも mf 演奏時の打鍵直前と直後の例である。静止した図では多少理解しづらいが、手指の形状が明確に異なる様子がわかった。その様子を可視化するために、手指の関節の曲がりを求める。

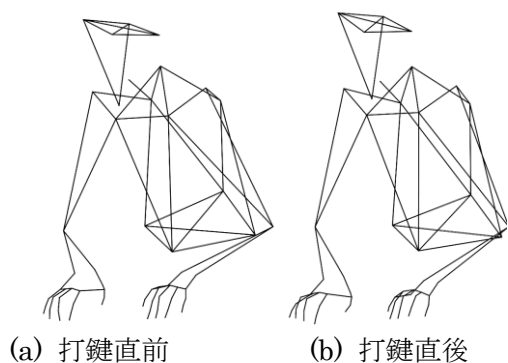


図4 被験者 E の動作例

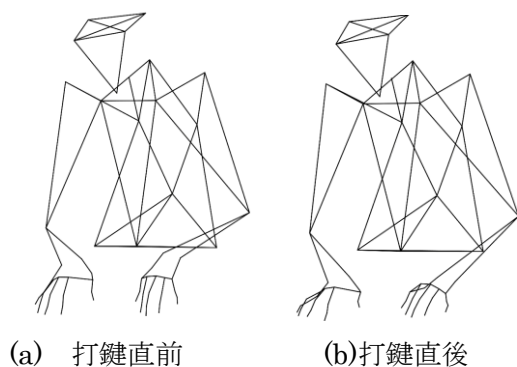


図5 被験者 B の動作例

### 4.3. 角度の算出

手指の関節からピアノの構え方を考察する。手指の関節図[10]を図6に示す。図6より、ピアノの構えに関係する角度は、次の通りであると考えてよい。

- 親指：指先-IP と IP-MCP  $\theta(L,1,1)$
- IP-MCP と MCP-TM  $\theta(L,1,2)$
- MCP-TM と TM-Wrist  $\theta(L,1,3)$
- 他指：指先-DIP と DIP-PIP  $\theta(L,n,1)$
- DIP-PIP と PIP-MCP  $\theta(L,n,2)$
- PIP-MCP と MCP-HM  $\theta(L,n,3)$
- MCP-HM と HM-Wrist  $\theta(L,n,4)$

(Lは左手,  $n=\{2,3,4,5\}$ ,指番号に対応)

つまり、片手の親指に3通り、残りの4本にそれぞれ4通りの合計 19 通りの角度が関係していると考えられる。これが両手にわたるため、合計 38 通りの角度が求められる。これらを被験者間で比較する。

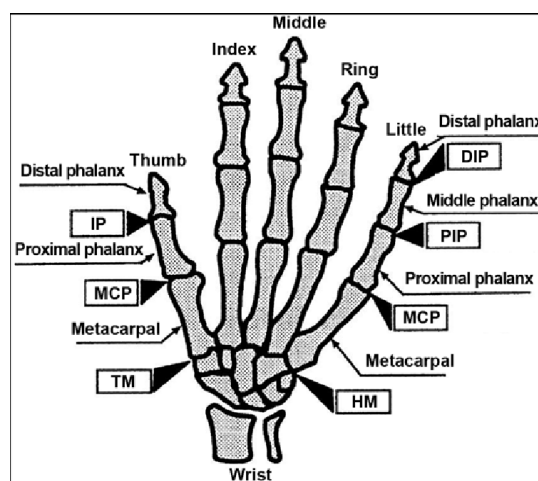
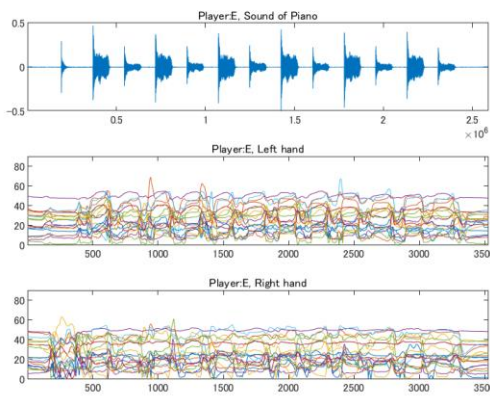
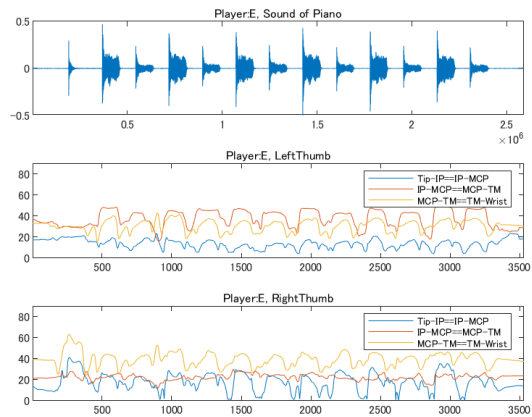


図6 手指の関節[10]

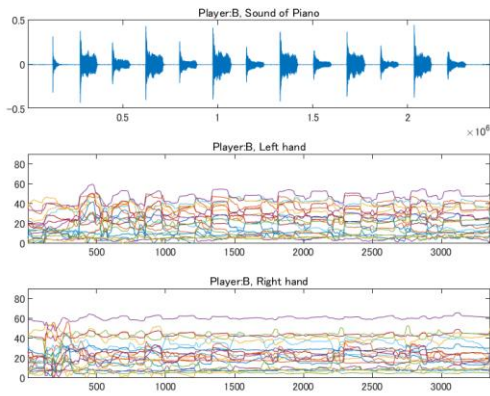


(a) 手全体

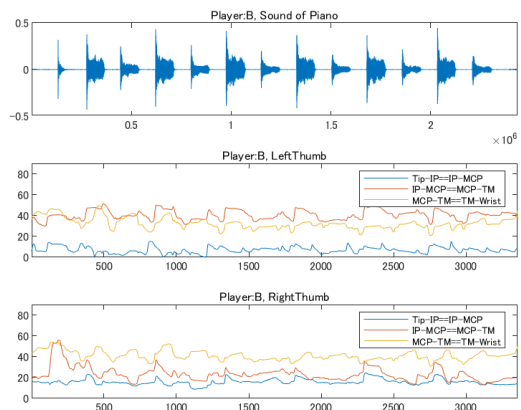


(b) 親指

図7 被験者 E における指の角度



(a) 手全体



(b) 親指

図8 被験者 B における指の角度

#### 4.4. 角度の算出方法

2本のベクトル  $\mathbf{a}$ ,  $\mathbf{b}$  について、それらのなす角度は以下で求められる。

$$\theta = \cos^{-1}(\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} / (|\mathbf{a}| |\mathbf{b}|)) \quad (1)$$

ここで  $\theta$  は求める角度、 $\cdot$  は内積、 $||$  はベクトルのノルムを表す。今回のベクトルは指の関節回りであるため、回転による影響を考慮せずに角度を算出した。

#### 4.5. 結果と考察

図7と8に角度の算出結果を示す。いずれも横軸は記録単位時刻(1/60秒)であり、縦軸は角度である。図7ではピアノの打鍵に合わせた指の動作が見える。特に図7を見ると、繰り返し打鍵を行なう上で、ほぼ同じ動きが繰り返されていることがわかる。一方、図8の被験者Bの場合は、左右手の違いが大きくわかる。また図8(b)より、親指の動作に繰り返しの要素に乏しく、打鍵のたびに異なる動作を行なっていることが

わかる。さらに親指の角度変化も乏しく、動画を見ると手のひらの上下運動によって打鍵操作をしていることから、指の構えが形成されていない様子がわかる。演奏において理想的な構え方を論ずることは容易ではないが、今回の比較より、次のことが見いだされる。

- ・熟練者は同じ打鍵操作を同じ指の動作によって実現しているが、初心者にはその動作が見られない。

- ・時間系列で見ると熟練者の動きはなめらかに変化しているが、初心者は急峻な動きやほとんど動いていない様子が見られる。

熟練した演奏者の場合、繰り返し動作においても同じ動作を繰り返すことと、その動きが全体的になめらかで急峻な動きがみられない。ピアノ初期段階における指の構えについて考えると、図8に示した結果が教育の対象となる。つまり、図4と5を比較すると、手指の構えが熟練者においては計画的に構成されており、この違いが図8、9の結果に現れた可能性がある。

## 5. おわりに

本研究では、ピアノ演奏時における手指の構えに関する効果を検証するために、ピアノ経験者1名と非経験者1名の動作をモーションキャプチャで記録し、手指の動作の際を可視化した。その結果、親指の角度における繰り返し構造の点から言って繰り返し性が保たれた演奏がなされているという結果が得られた。この差が手指に構えに関する指導からの直接的な結果とは言い切れないものの、熟練度によって大きく異なる動作が確認された。よってピアノ演奏の初期段階教育における手指の構えに関する教育の有用性が考えられ、実際の音楽現場での教育現場での指導において重

要視されるべき項目の1つであるといえる。今後は被験者数を増やし、手指の構えの違いの経験による差と個人差の影響について検討する予定である。

**謝辞** データの記録と整理、特にモーションデータのハンドラベリングなどにおいて献身的に協力いただいた本学大学院博士後期課程桶本まどか女史、本学大学院器楽専攻修士課程竹下和秀氏、学部生久保寺早紀女史、本学聴講生高倉怜花女史、および本学修士課程修了生岩崎愛女史に感謝する。本研究は、国立音楽大学学長裁量経費の助成を受けて実施された。

## 参考文献

- [1] 姫野 雅子, "ピアノ演奏時の肩の不調と体幹部位の姿勢制御との関係の分析", 桐朋学園大学研究紀要 (46), 19-28, (2020)
- [2] 玉 珍, 及川 直樹, 千見寺 貴子, 青木 光広, 坪田 貞子, "手内筋筋力測定-女性ピアノ演奏者と非演奏者との比較", 臨床整形外科 51 巻 4 号, pp.353-358(2016).
- [3] 植野 洋美, 柴 建次, "ピアノ打鍵時における熟達度の違いによる手指の動きの検証: 加速度センサを用いて", 音楽音響研究会資料 34(6), 31-36, (2015)
- [4] 西森 佑実, 山口 翔也, 三浦 雅展, "ピアノ奏者の手指および上半身の動作と演奏熟達度の関係", 音楽音響研究会資料 35(4), 47-52, (2016)
- [5] 山口 翔也, 三浦 雅展, "ピアノ演奏の動作パラメータに基づいた熟達度推定", 日本音響学会誌, Vol.75,12, pp.659-662 (2019).
- [6] 八坂 駿輝, 小室 孝, 子安 大士, 前川 仁, "ピアノ演奏支援のためのリアルタイム 3 次元手指追跡", 映像情報メディア学会 2015 年冬季大会講演予稿集, p. 13B-5 (2015)
- [7] David Johnson, Isavelle Dufour, Daniela Damian, and George Tzanetakis, "Detecting Pianist Hand Posture Mistakes for Virtual Piano Tutoring", Proc.of ICMC, pp.167-170 (2016)
- [8] David Johnson, Daniela Damian, and George Tzanetakis, "Detecting Hand Posture in Piano Playing Using Depth Data", Computer Music Journal, Volume: 43, Issue: 1, pp. 59-78 (2020)
- [9] Burger, B. & Toiviainen, P. (2013). MoCap Toolbox - A Matlab toolbox for computational analysis of movement data. In R. Bresin (Ed.), Proceedings of the 10th Sound and Music Computing Conference, (SMC). Stockholm, Sweden: KTH Royal Institute of Technology.
- [10] Li, Kang & Chen, I-Ming & Yeo, Song & Lim, Chee. (2011). Development of finger-motion capturing device based on optical linear encoder. Journal of rehabilitation research and development. 48. 69-82. 10.1682/JRRD.2010.02.0013.