

【 論文 】

指揮動作に見られる右腕の動揺と拍間隔の不均一との相関

— モーションキャプチャシステムによる測定と分析の結果から —

河合 紳和

愛知教育大学大学院・静岡大学大学院教育学研究科共同教科開発学専攻

要約

本研究の目的は、モーションキャプチャシステムを用いた高校生の指揮動作の測定と分析を通して、右手首や右肘の関節の動揺と指揮図形の変形との相関を明らかにし、それらがテンポの不均一の一因となることを実証することである。

中学校でクラス合唱等の指揮者を経験した7人の高校生の4拍子の指揮軌道を座標値としてデータ化し、その数値から拍間時間を算出した。数値によって検出されたテンポの不均一を、指揮軌道を示す座標グラフと照合させたところ、手首の動揺や指揮図形の変形による指揮軌道の長さの不均一にその原因が認められた。また、手首の動揺や図形の変形は指揮者の右側で行われる第3拍及び第4拍の指揮動作において生じやすいことが分かった。

さらに本研究では、アニメーション画像や指揮軌道の静止画によって生徒に自己評価させるとともに、その評価に基づいて指揮図形を修正させた。指揮図形の変形については、4つの拍点をすべて指揮図形の中心に集めることによって大きく改善されることが確認できた。また、指揮図形の修正がテンポ不均一の改善にも一定の効果があることが認められた。

キーワード

モーションキャプチャシステム, 指揮図形, 拍点, 手首の動揺, 拍間時間

はじめに

平成20年3月に告示された現行の中学校学習指導要領では、第2章第5節「音楽」の「内容の取扱いと指導上の配慮事項」の中に、「各学年の『A表現』の指導に当たっては、指揮などの身体表現活動も取り上げるようにすること」という記述がある。これについて「中学校学習指導要領解説 音楽編」では、「指揮は、主体的に音楽を表現する手段の一つとして意味のある活動である。生徒が指揮を体験する機会を設けることは、音楽を形づくっている要素の働きを意識して表現を工夫する学習につながっていく」と、指揮を「表現」の学習の中に位置付けることの意義を説明している。

平成29年3月に告示された新しい中学校学習指導要領では、「知覚したことと感受したこととの関わりを基に音楽の特徴を捉えたり、思考、判断の過程や結果を表したり、それらについて他者と共有、共感したりする際には」と目的や意図を明記した上で「適宜、体を動かす活動も取り入れるようにすること」と記述されている。文言上「指揮などの」という明示はなくなったが、「同 解説」には、現行のものと同様の説明がある。

指揮が、「主体的に音楽を表現する手段の一つとして意味のある活動である」ことについて、手塚(2008)、藤本(2009)らは、「表現」の学習に「指揮的表現」¹⁾を取り入

れることの有効性を、また、桑原(2008)、山下・田村(2013)らは、同じく「鑑賞」の学習における有効性をそれぞれ報告している²⁾。しかしながら、これらはいずれも指揮の動きを部分的に用いることによって、子どもたちが音楽を形づくっている要素を知覚したり、その働きを感受したりする活動を補助することを実証しているに過ぎない。本来の意味での「指揮」を導入した学習の有効性については、十分な研究がなされていないのが現状である。

そこで筆者は、「指揮的表現」のように、すでに音として存在する音楽の特徴を捉えるための身体表現ではなく、演奏を進行したり決定づけたりする本来の「指揮」の学習効果を実証したいと考えた。

1 本研究の目的と意義

指揮の役割は多岐にわたるが、その第一は複数の演奏者の発する声や楽器の音を、時間的に統一させることである。したがって、指揮者の指揮動作には何よりも時間的な正確さが要求されることは言うまでもない。しかしながら、実際の子どもの指揮を観察すると、指揮動作の中に手首、肘、肩などの関節の不必要な動き(本稿ではこれを「動揺」と記す)が多く見られ、そのことが指揮図形を変形させ、見にくい指揮、合わせにくい指揮にしていることが多い。学習指導要領が示す「主体的に音楽を表現する学習」をよ

り効果的に行うためには、生徒が適切な指揮の基礎技能を身に付け、それによってテンポを正確に指示することができるようにすることが不可欠であるとする。

本研究では、中学生・高校生に多く見られる右腕各部位の関節の動揺と指揮図形の変形との相関を明らかにし、それが拍間時間の(すなわち、テンポの)不均一の一因となることを実証する。さらに、これらの動揺を取り除くことによって指揮図形が補修され、拍間時間の不均一が改善されることにも言及したい。

2 研究の方法

2-1 研究の概要

本研究は、(1) 指揮動作の測定とデータ分析、(2) 自己評価と修正学習の実施、(3) 修正後の指揮動作の測定とデータ分析、(4) 修正前と修正後のデータの比較と検証、(5) 考察の5段階で行う。このうち指揮動作の測定は、簡易型モーションキャプチャを使用して指揮動作を撮影し、そこで得られた指揮動作のアニメーション画像の分析と身体各部位の座標値の分析とを平行して行う。

使用する動作分析システムは、Microsoft社のKINECT for Windowsの機能を基に紅林ら(2013)が教育用機器として開発したもので、近赤外線を利用したセンサーによって、身体各部位(頭、首、胴、肩、肘、手首、腰、膝、足首)の関節位置を認識し、それを一定時間(1/30秒)間隔で座標値に変換(単位はmm)し、CSV形式でデータ保存する。また、本システムでは身体各部位ごとの動きをアニメーションによって再生したり、時間と変位、空間と変位の相関をグラフで表示したりすることができる。本システムで得られる座標値は、センサー位置を原点とする水平方向(x軸)、垂直方向(y軸)及びセンサーからの距離(z軸)で構成される。

紅林らは、中学校の技術科における木材加工の授業で本装置を用い、関節の動きをアニメーション画像によって再現したり、数値化によって比較したりすることが生徒の学習効果を高めたことを報告している。また、志民ら(2016)は、音楽教育を専攻する大学生を対象に、拍を明確に示す指揮技能の習得に本装置を活用した実践例を報告している。この中では、指揮動作を画像や数値によって客観的に分析することの有効性と併せて、本装置の実用性も言及されている。

2-2 指揮動作の測定方法

本研究に先立ち、筆者はS県S高等学校の高校1年生のうち「音楽I」を選択履修する生徒に、4拍子の指揮図形を描かせ、4つの拍点位置を記入させる簡単な事前調査を行った(図1)。対象とする生徒114人のうち、4拍子として認識できる図形を描くことができた生徒は72人(63.2%)いたが、拍点位置(①②③④で回答)を正確に記入できた生徒は、そのうちわずか26人(36.1%、全体の22.8%)に留まった。最も顕著に見られた傾向は、「拍点」³⁾という認

識がなく、各拍の指揮動作の始点に拍点番号を付す回答であった。

この結果を受けて本研究では、4拍子の指揮図形及び4つの拍点位置を正確に回答した生徒の中から、中学校でクラス合唱等の指揮者を経験した9人の生徒に測定への協力を依頼し、このうち同意を得られた7人の生徒を測定の対象者とする事とした。なお、対象生徒はいずれも男子生徒である。

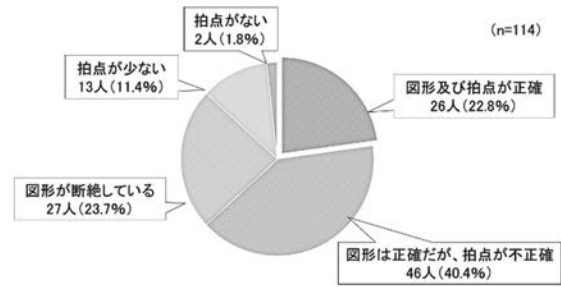


図1 指揮図形に関する事前調査の結果

測定は、以下の①②③の内容を実演しながら一斉に説明した後、一人ずつ行うこととする。

- ① 4拍のガイド音を聴き、5拍目からガイド音に合わせて、4拍子の指揮を2小節間(8拍間)振る。
- ② 3小節目からはガイド音を停止するが、そのまま同じテンポで4拍子の指揮を4小節間(16拍間)振り続ける。
- ③ 上記①②の指揮動作をモーションキャプチャで撮影する。

ガイド音には、正確な拍間時間を維持することができる電子メトロノームを用いる。振り子式のメトロノームのように、視覚による情報を与えないことも加味している。また、測定は♩=60のテンポで行う。これは、速いテンポで指揮をすると、指揮図形の変形と拍間時間の維持との相関が見えにくくなるからである。また、図形がおのずと小さくなることで、指揮動作の軌道分析を困難にすることも理由の一つである。テンポを「60」に設定したのは、拍間時間を「秒」単位に換算しやすくなることを考慮した。

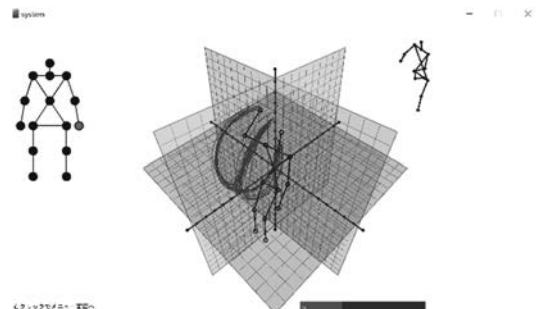


図2 指揮動作のアニメーション画像(右手首)

2-3 測定データの分析

前述のように、本測定で使用した KINECT センサーは、身体の 15 部位を認識し、それぞれの位置を座標値に変換して記録する。本研究では、指揮動作のうち右腕の運動に焦点を当てているため、右手首、右肘、右肩の 3 部位を分析の対象とする。

はじめに、指揮動作の測定データから各拍の拍点位置を特定する作業を行う。指揮の拍点は各拍の指揮軌道の最も低い位置で認識することから、保存されたアニメーション画像 (図 2) を再生して拍の周期を捉えながら、各拍における右手首の y 座標値 (図 3 の R_HAND (y)) の極小値を抽出し、拍点として決定する。測定は 4 拍×6 小節で行うため、小節番号と拍番号を「1-①」(第 1 小節の第 1 拍) のようにナンバリングする。

| S | T | U | V | W | X | Y | Z | AA | AB | AC | AD | AE | AF | AG | AH | AI | AJ | AK | AL | AM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|------------|-----------|---------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|---------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|-----|
| L_Shoulder(y) | L_Elbow(y) | L_Hand(y) | R_Shoulder(y) | R_Elbow(y) | R_Hand(y) | L_Hip(y) | L_Knee(y) | L_Foot(y) | R_Hip(y) | R_Knee(y) | R_Foot(y) | R_Hip(y) | R_Knee(y) | R_Foot(y) | R_Hip(y) | R_Knee(y) | R_Foot(y) | R_Hip(y) | R_Knee(y) | R_Foot(y) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -39.1225 | -242.262 | -524.73 | -3.65567 | -227.079 | -471.042 | -433.989 | -725.153 | -1029.79 | -416.616 | -663.486 | -98 | -44.4709 | -245.308 | -474.392 | -6.74957 | -255.102 | -502.321 | -435.755 | -728.725 | -1054.44 | -418.733 | -652.601 | -96 | -44.4101 | -263.326 | -509.186 | -4.43271 | -233.818 | -486.311 | -433.459 | -748.998 | -1052.91 | -414.382 | -653.886 | -96 | -59.0095 | -270.243 | -507.116 | 6.446671 | -226.389 | -499.061 | -441.042 | -774.269 | -1042.28 | -412.303 | -641.047 | -93 | -56.3317 | -277.919 | -449.816 | 19.43483 | -216.002 | -522.23 | -447.639 | -808.789 | -1089.41 | -399.06 | -655.947 | -94 | -57.0467 | -288.417 | -452.451 | 21.19246 | -211.892 | -512.227 | -444.516 | -784.561 | -1085.14 | -398.812 | -672.594 | -97 | -51.7203 | -278.365 | -367.796 | 27.9969 | -202.774 | -527.423 | -439.399 | -770.888 | -1042.82 | -397.034 | -676.963 | -98 | -19.3821 | -245.826 | -518.034 | -5.40962 | -236.779 | -528.091 | -418.581 | -755.929 | -1020.39 | -407.387 | -686.82 | -99 | -46.4033 | -240.327 | -506.003 | -20.7751 | -246.414 | -510.412 | -432.855 | -780.608 | -1047.14 | -412.91 | -702.416 | -10 |

図 3 CSV 形式で保存された身体各部位の座標値データ

ところで、本装置では撮影した動作を 3D による座標グラフでアニメーション再生したり、各部位の軌跡を静止画で表示したりすることができる。また、3D の座標グラフは “↑” “↓” “←” “→” キーの操作によって角度を調整し、任意の方向から見た動作を表示することが可能である。指揮図形を分析する際には、正面から見た動きを捉える必要があることから、x 軸と y 軸による平面座標グラフ (以下、「x-y 座標」と記す) に表示を設定する。

| X/拍 | 拍番号 | R_Shoulder(x) | R_Elbow(x) | R_Hand(x) | R_Shoulder(y) | R_Elbow(y) | R_Hand(y) | R_Shoulder(z) | R_Elbow(z) | R_Hand(z) | Interval(x/30) |
|-----|-----|---------------|------------|-----------|---------------|------------|-----------|---------------|------------|-----------|----------------|
| 17 | 1-① | 135.4043 | 133.6475 | 58.29675 | -33.8473 | -250.639 | -256.402 | 2567.447 | 2283.725 | 2022.079 | |
| 47 | 1-② | 156.0315 | 124.6966 | -60.5963 | -53.3885 | -270.439 | -358.491 | 2562.976 | 2303.662 | 2113.29 | 30 |
| 75 | 1-③ | 167.0375 | 185.0423 | 93.40308 | -61.0154 | -267.55 | -313.713 | 2384.607 | 2296.672 | 2057.165 | 28 |
| 107 | 1-④ | 141.9551 | 188.5689 | 197.1639 | -38.6681 | -303.75 | -345.262 | 2604.601 | 2344.177 | 2040.091 | 32 |
| 138 | 2-① | 142.6656 | 130.7202 | 78.60082 | -42.5849 | -296.62 | -316.884 | 2592.691 | 2315.813 | 2044.94 | 31 |
| 169 | 2-② | 139.3742 | 136.2916 | -48.4857 | -52.0871 | -295.764 | -387.666 | 2563.889 | 2329.801 | 2138.33 | 31 |
| 196 | 2-③ | 145.6882 | 200.4236 | 113.5192 | -38.3496 | -266.943 | -306.218 | 2589.331 | 2305.344 | 2055.569 | 27 |
| 227 | 2-④ | 156.0625 | 222.4059 | 224.9667 | -39.2742 | -310.26 | -310.808 | 2571.537 | 2299.218 | 2017.729 | 21 |
| 257 | 3-① | 141.8124 | 139.3467 | 64.56854 | -33.8219 | -279.759 | -314.198 | 2577.365 | 2317.088 | 2045.444 | 30 |
| 287 | 3-② | 136.1529 | 141.3751 | 57.3229 | -47.7381 | -270.447 | -334.887 | 2564.283 | 2314.021 | 2139.699 | 30 |
| 314 | 3-③ | 145.9208 | 208.4912 | 92.25914 | -45.7032 | -272.334 | -303.906 | 2582.297 | 2320.076 | 2083.316 | 27 |
| 347 | 3-④ | 152.1874 | 174.9513 | 140.5087 | -46.3726 | -267.231 | -238.87 | 2569.79 | 2328.41 | 2042.648 | 33 |
| 377 | 4-① | 135.9084 | 129.239 | 51.41113 | -40.9602 | -275.998 | -282.307 | 2585.415 | 2343.633 | 2061.712 | 30 |
| 409 | 4-② | 113.2362 | 109.9556 | -77.4046 | -40.4922 | -264.291 | -358.634 | 2561.402 | 2323.154 | 2131.063 | 32 |
| 437 | 4-③ | 136.5382 | 204.4735 | 104.7769 | -35.0391 | -284.518 | -313.8 | 2572.602 | 2308.295 | 2071.058 | 28 |
| 467 | 4-④ | 143.3826 | 216.7763 | 229.9144 | -34.534 | -285.562 | -254.554 | 2577.211 | 2326.043 | 2041.46 | 30 |
| 495 | 5-① | 132.1189 | 140.4493 | 62.06419 | -36.6118 | -295.01 | -345.447 | 2576.005 | 2332.435 | 2074.587 | 28 |
| 527 | 5-② | 116.9574 | 77.54688 | -121.072 | -53.1058 | -295.853 | -334.261 | 2564.562 | 2328.123 | 2154.645 | 32 |
| 555 | 5-③ | 141.361 | 197.0214 | 125.7159 | -38.5424 | -243.286 | -309.352 | 2575.288 | 2295.942 | 2053.032 | 28 |
| 586 | 5-④ | 120.7721 | 192.4037 | 184.0824 | -41.0813 | -283.612 | -269.098 | 2587.03 | 2351.76 | 2056.297 | 31 |
| 615 | 6-① | 139.7275 | 138.1879 | 58.76658 | -48.5626 | -283.51 | -323.646 | 2584.474 | 2328.233 | 2067.051 | 29 |
| 645 | 6-② | 148.2036 | 120.8188 | -94.0214 | -52.4897 | -282.784 | -363.31 | 2573.815 | 2322.822 | 2158.335 | 30 |
| 673 | 6-③ | 153.2142 | 199.0255 | 91.9196 | -53.4388 | -272.27 | -293.447 | 2570.913 | 2307.481 | 2072.161 | 28 |
| 704 | 6-④ | 158.6864 | 195.8576 | 183.4425 | -47.3055 | -269.338 | -250.904 | 2569.653 | 2317.282 | 2038.638 | 31 |

図 4 算出した拍間のインターバル数値(右列)

次に、各拍点間の時間を算出する (図 4)。電子メトロノームによるガイド音は ♩=60 のテンポで示しており、拍間時間はちょうど 1.00 秒である。使用した動作分析システム

は、1/30 秒 (0.0333...秒) ごとの座標値を記録するため、算出値 (以下、「インターバル数値」と記す) が 30 であれば、正確な拍間時間で指揮をしていることになる。ガイド音を停止した第 3 小節以降で、拍間時間が 1.00 秒 (すなわち、インターバル数値が 30) と大きく差異が生じた拍について、身体各部位の動揺や指揮図形の変形等をアニメーション画像によって確認し、その相関関係について検討する。

2-4 自己評価と修正学習の実施

本研究は、肩、肘、手首の動揺が指揮図形の変形をもたらし、結果として拍間時間の不均一を生じさせるという仮説に基づいて実施するものである。これを裏付けるために、検出された各部位の動揺や指揮図形の変形を修正するための学習を実施し、再度指揮動作をモーションキャプチャで撮影したものを、修正前の座標値と比較する。自己評価及び修正学習は、次のように実施する。

- (1) 撮影したアニメーション画像や指揮軌跡を示す座標グラフを見せ、「指揮チェックシート」(図 5) を用いながら各部位の動揺や指揮図形の変形を、生徒自身に自己評価させる。
- (2) 生徒の自己評価に基づき、具体的な改善方法を教師 (筆者) とディスカッションする。
- (3) 上記 (2) の内容を試行する。

指揮チェックシート

- A 右手首に動きの乱れや不要な動きがある
- I 右肘に動きの乱れや不要な動きがある
- W 右肩に動きの乱れや不要な動きがある
- E 指揮運動の軌道が小節によって大きく異なる
- O 指揮運動の長さが拍によって大きく異なる
- K 指揮図形の左右が大きく非対称である
- K 拍点の高さが全体的に高い
- K 拍点の高さが全体的に低い
- K 拍点の高さが拍によって大きく異なる
- O 拍点の位置が小節によって大きく異なる
- O 拍点の位置が拍によって大きく異なる

図 5 指揮チェックシート

なお、上記の仮説の因果関係が反転することを避けるために、自己評価及び修正学習の実施に際して、対象生徒にはインターバル数値 (拍間時間) は一切告知しないこととした。

3 研究の実際及び結果

第 1 回の測定は、2019 年 7 月 18 日及び 19 日の放課後に、また、自己評価及び修正学習の実施と第 2 回の測定は、夏期休業明けの 8 月 29 日及び 30 日の放課後に、いずれも S 県 S 高等学校の音楽室を使用して実施した。指揮者の位置を固定するために指揮台を設置し、指揮台前面から

150cm の地点に KINECT を設置した。KINECT は、測定対象との距離によってセンサーの感度が変化するため、距離を様々に変化させながら最も感度の優れている位置を選んだ。指揮台の高さは 25cm, KINECT の高さは 120cm とした (図 6)。測定対象の生徒には身長差があるが、本研究におけるデータ分析ではいずれも相対値で検証・比較するため、モーションキャプチャの高さは固定することとした。

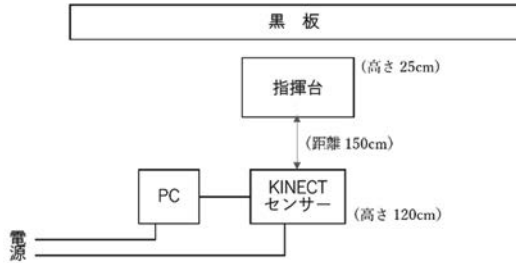


図 6 測定装置の配置図

以下に対象生徒一人一人の測定データの分析結果と、修正学習実施後の測定データの分析結果について検証する。

生徒 A

〔測定データの分析〕

生徒 A の拍間のインターバル数値を算出したところ、ガイド音を停止した第 3 小節以降の値は 29 から 31 の間で推移しており、振れ幅はわずか 2 (すなわち、2/30 秒) と、きわめて正確なテンポを維持して指揮をしていることが分かる (図 7)。なお、グラフの縦軸はインターバル数値を、横軸は小節番号と拍番号を示している。

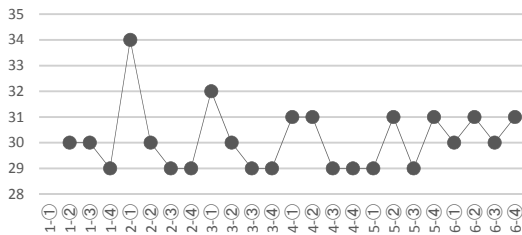


図 7 生徒 A のインターバル数値

ここで、生徒 A の指揮動作における右腕各部位の軌道を正面から見た図形 (x-y 座標グラフ) で確認すると、右肩にはほとんど動揺が見られなかった。また、右肘の動揺もきわめて少ないことが分かる (図 8)。右肩の動揺については、今回の測定対象としたすべての生徒において、指揮動作に支障を来すと考えられる動揺が認められなかったため、以下では説明を割愛することとする。

次に、右手首の x-y 座標グラフを見ると、図形全体が身体を中心から右側⁴⁾にずれてはいるものの、図形自体はきれいな左右対称形になっており、軌道のぶれも少ない。また、4 つの拍点位置が一致所に集中しており、拍点はきわめて明確に示されている (図 8 の○印)。

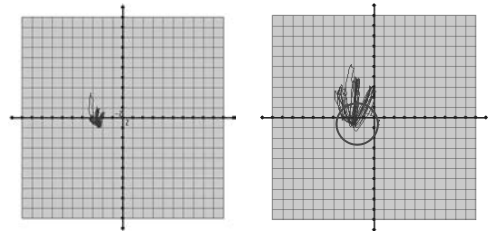


図 8 生徒 A の右腕関節の軌跡 (左:肘, 右:手首)

〔修正及び再測定データの分析〕

生徒 A は、自己評価において「指揮チェックシート」のいずれのチェック項目にも✓を記入しなかった。また、上記の分析結果からも、修正の余地が少ないと判断し、修正学習は必要ないと判断した。

生徒 B

〔測定データの分析〕

前述のように、本測定ではガイド音を $J=60$ のテンポで示しているため、インターバル数値が 30 を維持していれば、正確なテンポによって指揮していることになる。

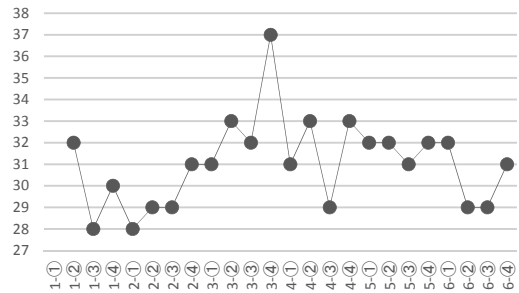


図 9 生徒 B のインターバル数値

生徒 B の第 3 小節以降の拍間時間を見ると、ほとんどのインターバル数値が 30 を超えていることから、テンポが $J=60$ より遅くなったと言える。とくに、いずれの小節も第 3 拍から第 4 拍のインターバル数値が、同一小節内の他の拍間よりも大きな値になっている (図 9)。原因として考えられることの一つとして、指揮動作が大きすぎることが挙げられる。具体的には、右肘が不必要に動きすぎることが指摘できる。

生徒 B の指揮軌道を x-y 座標グラフで見ると、第 3 拍の拍点後から第 4 拍の拍点前にかけて、指揮図形の乱れが確認できる (図 10 の○印を付した部分)。

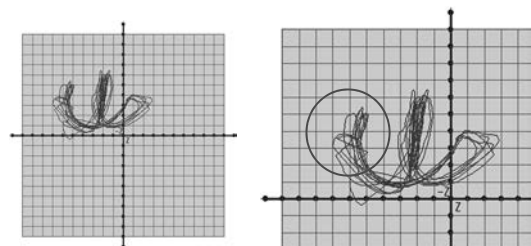


図 10 生徒 B の右手首の軌跡 (右は部分拡大)

〔修正及び再測定データの分析〕

生徒 B 自身、第3拍から第4拍にかけての折り返しの際に、手首を捻る癖があることを自覚しており、測定直後にそのことに言及していた。自己評価の際にも「指揮チェックシート」のチェック項目「右手首に動きの乱れや不要な動きがある」に✓を記入していた。

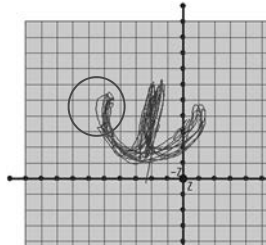


図 11 生徒 B の修正後の右手首の軌跡

そこで、これを修正するために、右腕の肘から指先までを一本の棒であることをイメージして指揮する練習を何回か行わせ、再度測定を行った。なお、チェック項目「右肘に運動の乱れや不要な動きがある」には✓がなかったことから、修正学習では、右手首の動揺を取り除くことに限定した。

修正後の指揮軌道では、第3拍の拍点後から第4拍の拍点前にかけての右手首の動揺が解消していることが確認できる(図11)。また、修正前後の指揮軌道を比較すると、修正後には指揮図形が全体的にコンパクトになり、各拍の軌道も安定した。

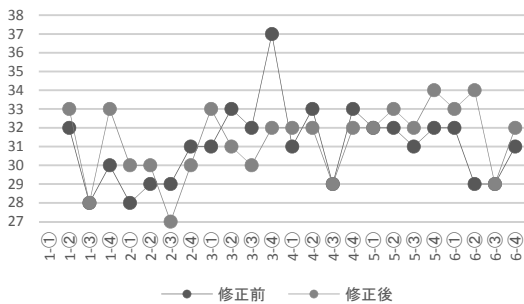


図 12 生徒 B の修正前後のインターバル数値の比較

一方、拍間時間については、修正学習の実施によって顕著な改善が認められなかった(図12)。ただし、第3拍から第4拍にかけての拍間時間が、他の拍間よりも常に長かった点については概ね改善されていると考えられる。

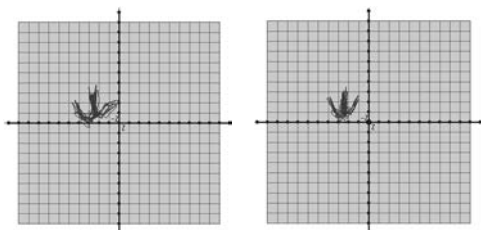


図 13 生徒 B の右肘の軌跡(左:修正前, 右:修正後)

また、第3小節以降のインターバル数値も、依然としてほとんどの拍間で30を超えており、テンポが緩化している。これは前述のように、右肘の不要な動きによるものであると考えられるが、右手首の動揺の修正に伴って、指揮図形が全体的にコンパクトになったことによって、右肘の動揺もそれに連動して小さくなっている(図13)。

生徒 C

〔測定データの分析〕

生徒 C のインターバル数値を折線グラフで表すと、拍間時間の不均一が顕著に認められる(図14)。また、拍間時間の振れ幅も大きく、最大値と最小値との間に10/30秒の差があった。中でも各小節の後半の拍(第3拍、第4拍)で拍間時間に大きな変化が生じている。

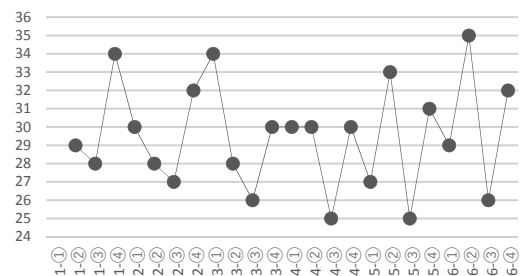


図 14 生徒 C のインターバル数値

これを座標グラフで見ると、指揮軌道のぶれが著しく、4拍子の図形として認識できないほど大きく乱れていることがはっきりと分かる。とくに第3拍、第4拍では手首の動揺が認められ、指揮図形が右方向に変形していることが確認できる(図15)。

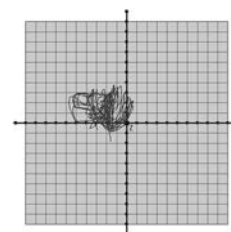


図 15 生徒 C の右手首の軌跡

測定時の観察で、この生徒が腕に力が入ったまま指揮をしているのが確認され、それが図形の乱れや拍間時間の不均一の原因となっていることが推測できた。このことを確認するため、ガイド音が停止した第3小節の第1拍(グラフでは「3-①」)の拍点前から拍点までの上下運動(y軸方向の運動)を抽出して、この値と時間との相関をグラフにし、筆者が同様に4拍子を指揮して測定したデータと比較してみた(図16)。

図16の縦軸はセンサー正面を「0」とした右手首の垂直方向(y軸方向)の位置を、横軸は抽出した第1拍の前半

(拍点前から拍点まで)の時間を表している。J=60のテンポによる指揮運動の1/2拍分を抽出しているため、15/30秒間(0.5秒間)のグラフになっている。腕の力が抜けていれば落下運動と同様にグラフは放物線を描くことになるが、生徒Cの腕の動きは直線に近く、自然な落下を妨げる方向に何らかの力が加わっていることを示している。

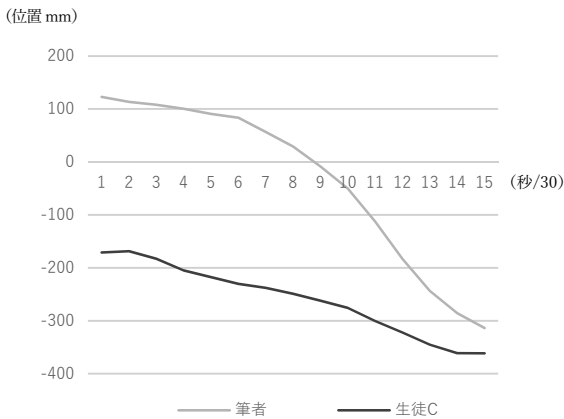


図16 第3小節第1拍(前半)の右手首の位置

〔修正及び再測定データの分析〕

生徒Cにアニメーション画像と座標グラフを見せて自己評価をさせたところ、「指揮チェックシート」のチェック項目ア「右手首に動きの乱れや不要な動きがある」、エ「指揮運動の軌道が小節によって大きく異なる」、オ「指揮運動の長さが拍によって大きく異なる」、カ「指揮図形の左右が大きく非対称である」の4項目に✓を記入した。上記の分析の結果から、これらは指揮動作の際に腕の力を抜くことによって改善が期待できると予測を立て、修正学習では腕の力を抜くことに焦点を絞ることとした。

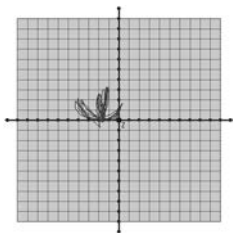


図17 生徒Cの修正後の右手首の軌跡

この生徒は、吹奏楽部に所属し打楽器を担当していることから、スティックの振り下ろし練習を日常的に行っており、腕の力を抜くことについてはスムーズに習得することができた。修正後の測定では、指揮図形に大きな改善が見られた。運動のぶれも少なく、拍点位置も指揮図形の中心に集中させることができた(図17)。

しかしながら、拍間時間については、振れ幅が12に増大してしまった。修正によって指揮図形がコンパクトになったため、とくにガイド音を停止した第3小節以降では、

拍間時間が短くなり、ほとんどの拍間で30を下回った(図18)。このことについて生徒Cは、打楽器と異なり、落下した先に何もないので、腕を落下から跳ね上げに移行するタイミングがうまく掴めなかったことを指摘した。これは、指揮法メソッドで「叩き」と呼ばれている指揮の基礎技法を習得する際にも、学習者が困難を感じることである。

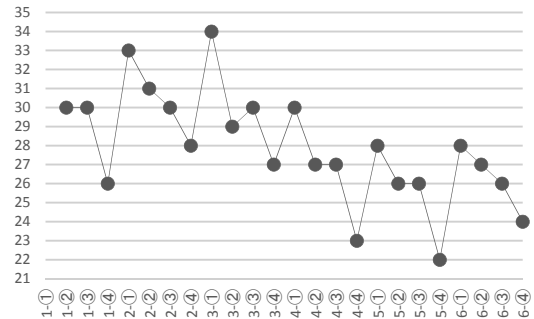


図18 生徒Cのインターバル数値

生徒D

〔測定データの分析〕

生徒Dも、前述の生徒Cと同様に、指揮図形に大きな乱れが見られる(図19)。また、右手首だけではなく、右肘にも大きな動揺が認められる。

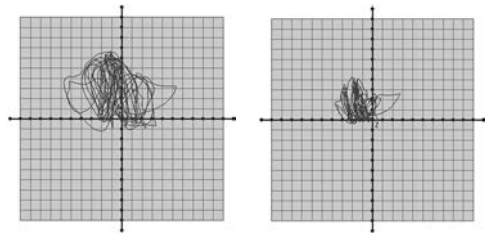


図19 生徒Dの右手首(左)及び右肘(右)の軌跡

静止図では判別が困難であるが、アニメーション画像で生徒Dの指揮動作を観察すると、第1拍の拍点後に指揮者から見て時計回りの円を描くように大きく旋回し、そこから左方向に曲線を描いて第2拍を打点していることが確認できた。その後、第3拍の拍点前後はほぼ直線運動で、第3拍の打点後に勢いよく跳ね上がり、再び時計回りの円を描くように旋回して第4拍を打点するという軌道をとっている(図20では、指揮図形の左側に2つの円が確認できる)。

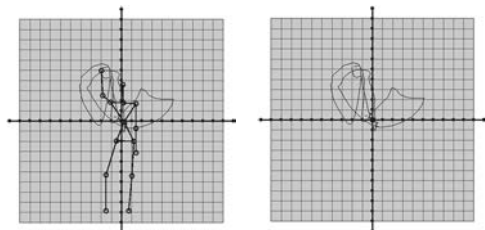


図20 生徒Dの第6小節における右手首の指揮軌道 (左:アニメーション画像 右:座標グラフ)

拍点時間を算出すると、第3小節を除くすべての小節で、

第2拍から第3拍までの拍間時間が、他の拍間よりも短いことが分かる(図21の○印)。これは、前述のように第3拍の拍点前後がほぼ直線運動であるために、他の拍に比べて右手首の移動距離が短いことによって生じている現象であると考えられる。これに加えて、第1拍点後と第3拍点後に、大きな円運動が行われるため、第2拍から第4拍にかけて鋭いV字状のグラフが形成されている。

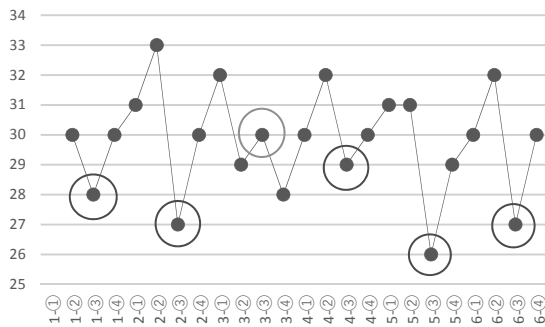


図21 生徒Dのインターバル数値

〔修正及び再測定データの分析〕

生徒Dは、アニメーション画像と座標グラフで指揮軌道を見た後の自己評価で、「指揮チェックシート」のチェック項目ア「右手首に動きの乱れや不要な動きがある」、エ「指揮運動の軌道が小節によって大きく異なる」及びオ「指揮運動の長さが拍によって大きく異なる」の3項目に✓を記入した。

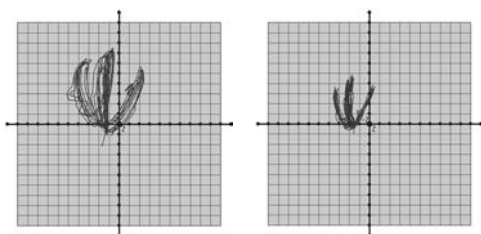


図22 生徒Dの修正後の右手首の軌跡

修正学習では、指揮図形の右側部分での円運動をなくすことによって図形が改善され、それに連動して拍間時間の不均一も解消するであろうという予測を立て、とくに第1拍点後の軌道を垂直方向に修正することと、第2拍点前から拍点後にかけて、同じ軌道を辿るように運動することを注意させた。

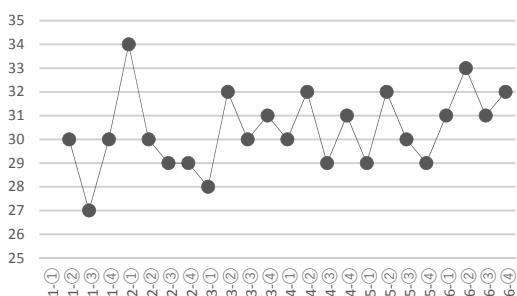


図23 生徒Dの修正後のインターバル数値

その結果、再測定では指揮図形が明解になるとともに、小節ごとの軌道のぶれも改善された(図22)。また、第2拍から第3拍にかけての鋭いV字も消失した(図23)。

生徒E

〔測定データの分析〕

生徒Eの指揮軌道を表す座標グラフから、2つの特徴的な動きが確認できる(図24)。ひとつは、第3拍の指揮軌道が右上がりになっていることである。このため、拍点前後の軌道の長さには偏りが生じ、拍点前の軌道の長さより拍点後の軌道の長さの方が明らかに長い。

もうひとつは、第4拍の拍点前に大きな動揺が見られることである。本来は、第3拍から第4拍への折り返した後、指揮軌道は再び指揮図形の中心に向かうが、生徒Eは第3拍の拍点後に腕が大きく動揺し、右下方向に動いて第4拍を打点している。このため、第4拍の拍点前の軌道が短くなるとともに、続く第1拍の拍点までの距離が長くなっている。

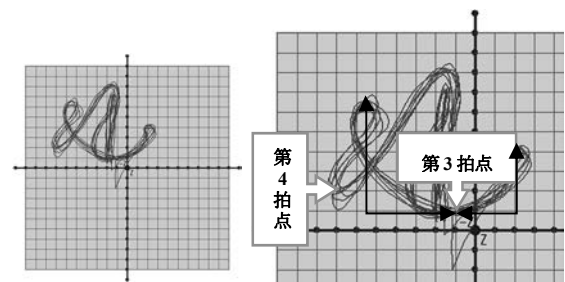


図24 生徒Eの右手首の軌跡(右は部分拡大)

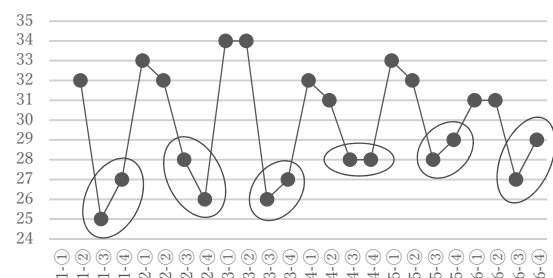


図25 生徒Eのインターバル数値

拍間時間の推移をグラフで見ると、いずれの小節においても第2拍から第3拍及び第3拍から第4拍のインターバル数値が、第4拍から第1拍及び第1拍から第2拍のインターバル数値よりも小さくなっており、第2拍点後から第4拍点後までの時間が短いことが分かる(図25の○印)。

〔修正及び再測定データの分析〕

生徒Eは、「指揮チェックシート」の項目ア「右手首に動きの乱れや不要な動きがある」、オ「指揮運動の長さが拍によって大きく異なる」、ケ「拍点の高さが拍によって大きく異なる」、サ「拍点の位置が拍によって大きく異なる」の

4項目に✓を記入した。修正学習では、第2拍から第3拍への折り返しの際に右上に上がらないこと、第4拍の拍点が指揮図形の中心に来るように振ること、の2点に注意して振るように指導した。

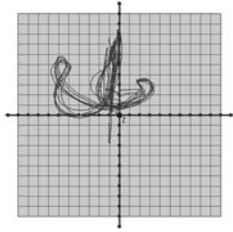


図26 生徒Eの修正後の指揮軌跡

再測定では、右方向への跳ね上がりはいくらか改善されたものの、拍点前後の軌道の長さは修正されなかった。また、右方向への運動の長さが第1回の測定時より長くなってしまった。第3拍から第4拍への折り返しの際に生ずる手首の動揺もそのまま残っているが、第4拍点は指揮図形の中心付近へと位置を修正することができた(図26)。

インターバル数値の推移では、依然としてほとんどの小節で、第2拍から第3拍の拍間時間が他の拍間よりも短いままであるが、図25のグラフに見られた二極化は緩和されている(図27)。

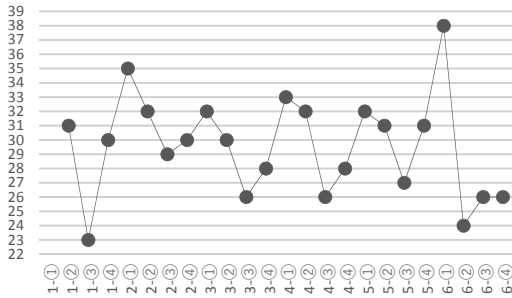


図27 生徒Eの修正後のインターバル数値

生徒F

〔測定データの分析〕

生徒Fのインターバル数値を見ると、前述の生徒Eと同様に、ほとんどの小節において第2拍から第3拍及び第3拍から第4拍の拍間時間が短くなっている。とくに、第2拍から第3拍の拍間が短い。一方、第4拍から第1拍までの拍間時間が長くなっている(図28)。

生徒Fの右手首の座標値グラフを見ると、指揮図形は整然としており、生徒Eのような動揺や図形の乱れは確認できない。しかしながら詳細に分析すると、第2拍の拍点後から折り返して第3拍の拍点に向かう際、第2拍の拍点前の軌道を折り返さず、近道をするように第3拍点に向かっていることが分かる。また、第4拍点の位置が指揮図形の中心より右側にある。その結果、次の第1拍への軌道が長くなり、それに伴って拍点時間が長くなっていると考えられる(図29)。

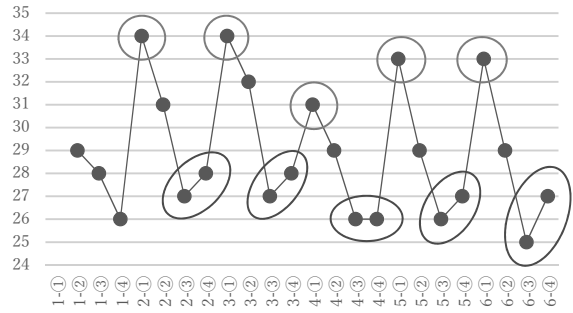


図28 生徒Fのインターバル数値

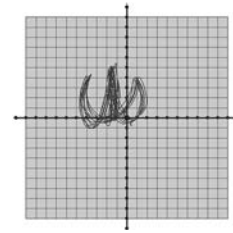


図29 生徒Fの指揮軌跡

〔修正及び再測定データの分析〕

生徒Fは自己評価の後、「指揮チェックシート」のチェック項目サ「拍点の位置が拍によって大きく異なる」に(✓ではなく)「?」を記入した。これは「大きく」の度合いが分からないから」とのことであった。そこで、拍点を指揮図形の中心に集めて振る修正を行い、その後に再測定を行った。

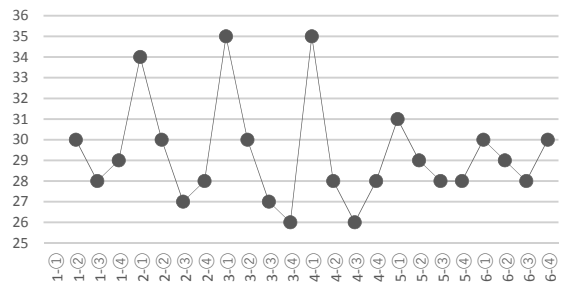


図30 生徒Fの修正後のインターバル数値

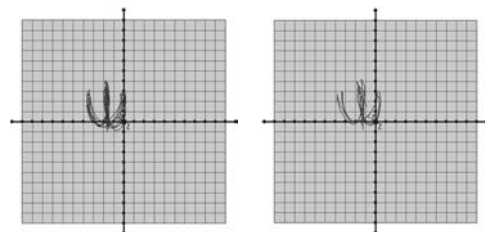


図31 生徒Fの修正後の指揮軌跡
(左:第1小節から第4小節, 右:第5,6小節)

第4小節までは、修正前のグラフと類似しているが、第5小節から振幅が小さくなっている(図30)。第4小節までの右手首の座標グラフと第5小節以降の座標グラフとを比較してみると、わずかではあるが拍点位置が高くなって

いることが分かる (図 31)。拍点位置の平均値を算出してこの高低差を比較すると、第 5 小節以降の拍点位置は、第 4 小節までの拍点位置より 11.39mm 高くなっていた。生徒が意識的に途中から拍点位置を上方修正したとは考えにくい、この変化によってテンポの均一性が改善されたことは明らかである。

生徒 G

〔測定データの分析〕

生徒 G は、今回の測定の対象とした生徒の中で、インターバル数値の振れ幅が最も大きかった生徒である。拍間時間に換算すると、その値は 18/30 秒になり、♩=60 のテンポにおいては 8 分音符ひとつ分の長さに相当する。これをインターバル数値の推移を表すグラフで見ると、第 3 拍から第 4 拍の拍間時間がいずれの小節においても短く、続く第 4 拍から第 1 拍の拍間時間が長い。このため、グラフでは図 31 の矢印で示したような急な傾斜が描かれる。これを、第 3 拍から第 1 拍という大きな括りで捉えると、その中間点に位置するはずの第 4 拍の拍点位置が、第 3 拍に大きく偏っていることになる (図 32)。

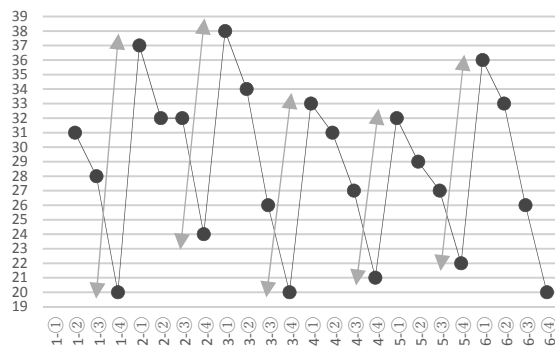


図 32 生徒 G のインターバル数値

生徒 G の指揮軌跡を座標グラフで見ると、第 1 拍点と第 2 拍点は指揮図形の中心にあるが、第 3 拍点は指揮図形から大きく右側に離れた位置にあり、折り返してすぐの場所に第 4 拍点が位置している。したがって、第 3 拍点から第 4 拍点までの軌道はとても短く、第 4 拍から第 1 拍までの軌道は長い (図 33)。

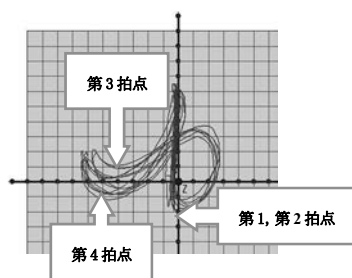


図 33 生徒 G の指揮軌跡

〔修正及び再測定データの分析〕

生徒 G は、自己分析後に「指揮チェックシート」のチェ

ック項目カ「指揮図形の左右が大きく非対称である」にのみ✓を記入し、オ「指揮運動の長さが拍によって大きく異なる」やサ「拍点の位置が拍によって大きく異なる」には✓を記入しなかった。

そこで、指揮図形の左右の非対称を修正する具体的な方法についてディスカッションを行い、第 2 拍の拍点後に左側で旋回しているのが原因であることに着目した。そして、これを解決する方法として、第 2 拍の拍点後に「ブランコのように」元の軌道を辿って第 3 拍点に向かえばよいことを発見した。

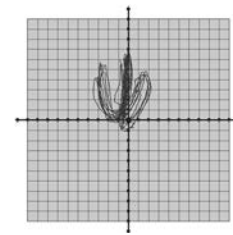


図 34 生徒 G の修正後の指揮軌跡

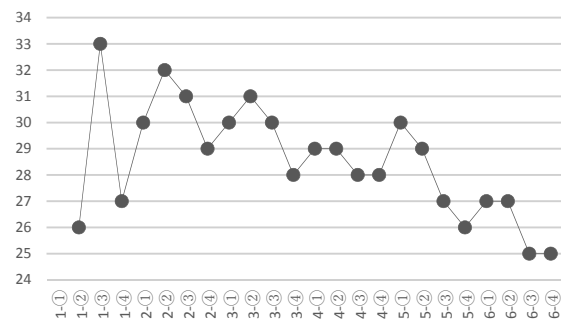


図 35 生徒 G の修正後のインターバル数値

この振り方を何度か試行した後に再測定を行ったところ、図 34 のように指揮図形が大きく改善された。また、インターバル数値を見ると、ガイド音を停止した第 3 小節以降の数値が第 1 回の測定と比較して大幅に改善されたことが認められる。第 4 拍から第 1 拍にかけての急な傾斜は見られず、全体を通して振れ幅は 3 (すなわち 3/30 秒) 以内になっている (図 35)。

4 考察とまとめ

以上、7 人の高校生の指揮動作測定結果から、ガイド音を停止した第 3 小節から第 6 小節までの拍間時間の揺れ幅、拍点位置の左右幅及び上下幅をまとめると図 36 の表のようになる。

修正学習を実施する前後を比較すると、指揮図形の修正によって拍間時間の不均一は必ずしも改善されるとは断定できないが、決まった拍が常に伸びたり縮んだりする癖や傾向を弱化させることは実証されたと言える。

志民ら (前掲) は、音楽教育を専攻する大学生を対象とした実践において、モーションキャプチャを活用しながら自らの指揮の「無駄な動き」を取り除く過程で、指揮図形そのものが全体的に小さくなることに言及しているが、本

測定及び分析では、指揮図形の修正によって図形がコンパクトになるばかりでなく、必然的に4つの拍点位置が指揮図形の中心に集まり、拍間時間の均一化に一定の効果を与えることが新たに分かった。

| 比較項目 | 修正学習 | 生徒 A | 生徒 B | 生徒 C | 生徒 D | 生徒 E | 生徒 F | 生徒 G |
|--------------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 拍間時間の揺れ幅(秒) | 前 | 2/30 | 8/30 | 10/30 | 6/30 | 8/30 | 9/30 | 18/30 |
| | 後 | - | 5/30 | 12/30 | 5/30 | 14/30 | 9/30 | 6/30 |
| 拍点位置の左右幅(mm) | 前 | 73.52 | 379.15 | 226.64 | 512.21 | 572.42 | 376.04 | 544.31 |
| | 後 | - | 217.39 | 128.19 | 204.14 | 465.63 | 185.95 | 143.32 |
| 拍点位置の上下幅(mm) | 前 | 80.28 | 123.44 | 115.38 | 140.85 | 141.24 | 145.84 | 251.49 |
| | 後 | - | 58.66 | 45.89 | 178.52 | 368.18 | 86.83 | 154.94 |

図 36 修正学習前後の拍間時間と拍点位置の変化

また、前章で報告した一人一人の生徒の詳細な分析結果と併せて、以下のことが明らかになった。

- (1) 右手首や右肘の動揺は、指揮図形の変形を生じさせる要因となる。
- (2) 指揮図形の変形は、拍間時間の不均一を生じさせる要因となる。
- (3) 4拍子の指揮において、右手首や右肘の動揺(すなわち、指揮図形の変形と言ってよい)は、第3拍及び第4拍(指揮図形の右側)で発生しやすい。
- (4) 4拍子の指揮において、4つの拍点を指揮図形の中心に集めることで、右手首や右肘の動揺(=指揮図形の変形)が生じにくくなる。

このうち(3)(4)は、生徒が指揮の基礎的な技能を習得する際に直面する具体的な問題点とその解消法を指摘してくれている。本研究では、中学校で指揮を経験した高校生のみを対象とし、「J=60」「4拍子」という条件を限定して測定を実施したが、指揮を経験しない生徒へと対象を広げるとともに、テンポや拍子を様々に変化させた測定と分析を蓄積し、運動生理学的な検証を加えることで、指揮図形と拍間時間の均一性との相関を理論化させることが可能になるのではないかと考える。

過去の先行研究には、指揮動作における筋肉運動と拍間時間との関連性に着目したものがいくつか報告されているが、指揮図形と拍間時間との関連性を、実際の測定に基づいて説明した研究報告は見られない。本研究は、生徒が自らの指揮をアニメーション画像、軌跡座標、数値によって自己評価し、課題を見つけ、修正学習を繰り返しながら技能を高めていくという、主体的な学習へと発展させる可能性を模索し、学校音楽教育における指揮学習の効率化と質的向上を導く一助となるものであると思われる。

さらに、指揮技能の向上がテンポ感覚やテンポ維持能力を高めるとする仮説を実証する手がかりの第一歩となることに期待したい。均一な拍感覚やテンポ維持能力を身に

付けることは、指揮をする場合に限らず、より質の高い音楽表現をする上で重要な課題であると言える。また、指揮の基礎的な技能を習得することは、生徒が「指揮を見て」「指揮に合わせて」歌ったり楽器を演奏したりする能力を向上させ、クラス合唱やクラス合奏の質を向上させるはずである。これは、単に時間的に統一感のある演奏を実現させるだけでなく、音楽表現を創意工夫する際にも有効に働き、より音楽的な表現を探究する態度や能力を育むことに繋がるに違いない。指揮の学習価値を多角的に実証し、その方法を提案することが本研究の最終的な到着点である。

5 註釈

- 1) 「指揮的表現」について山下(2013)は、「聴き取った演奏から思いのままに両手、両腕を動かす行為」と説明している。
- 2) 「指揮的表現」を用いたこれらの実践は、日本学校音楽実践学会誌『学校音楽教育研究』で報告されている。
- 3) 指揮法メソッドでは一般的に「打点」と呼ぶことが多いが、本稿では「拍点」で統一して表記する。
- 4) 本稿において「右」「左」は、いずれも指揮者から見た方向を表すこととする。したがって、表示する指揮図形における「右」「左」とは逆である。

6 謝辞

本研究にあたり、静岡大学の新保 淳教授、紅林秀治教授、吉田和人教授、愛知教育大学の古田真司教授、国立教育政策研究所の志民一成教育課程調査官よりご指導・ご助言をいただきました。また、査読者の先生方より、資料の提示方法や分析結果のまとめ方等の具体的なご教示をいただきました。記して謝意を示します。

7 参考文献

- 文部科学省：中学校学習指導要領解説 音楽編，教育芸術社，2008，p.78
- 文部科学省：中学校学習指導要領解説 音楽編，教育芸術社，2018，p.101
- 紅林秀治，小林健太，江口 啓，兼宗 進：KINECT センサーを用いた簡易動作システムの開発，日本産業技術教育学会誌第55巻3号，2013，pp.213-220
- 長谷川恭平，山崎智志，志民一成，紅林秀治：モーションキャプチャシステムを活用した授業の研究，静岡大学教育学部附属教育実践総合センター紀要 No.25，2016，pp.117-124
- 志民一成，耳塚日香里，大石幸史，小長谷恭平，紅林秀治：モーションキャプチャを活用した指揮法指導の可能性 KINECT センサーを用いた簡易動作分析システムを利用して，静岡大学教育学部研究報告(教科教育学篇)第43号，2016，pp.131-144

【連絡先】 E-mail : kawai.nobukazu.18@shizuoka.ac.jp

Correlation Between Instability in the Right Arm and Uneven Beat Intervals Observed in Conducting Gestures

— From measurement and analysis results using a motion capture system —

Nobukazu KAWAI

Cooperative Doctoral Course in Subject Development in the Graduate School of Education,
Aichi University of Education & Shizuoka University

Abstract

By measuring and analyzing the conducting gestures of senior high school students using a motion capture system, this study aims to identify the correlation between instability in the elbow or wrist and changing conducting patterns, and reveal how this contributes to an uneven tempo. The quadruple time baton paths of 7 senior high school students, who had conducting experience in junior high school class choirs, were digitized as coordinate values, and from these values, the time between beats was calculated. The uneven tempo detected from these values was collated with the coordinate graph displaying the baton paths, which showed that it was caused by the uneven length of the baton paths, due to instability in the wrist or changing conducting patterns. Moreover, it was revealed that the wrist instability and pattern changes were more likely to occur on the third and fourth beats of the conducting gesture of the conductor's right hand.

In addition to self-evaluation by the students, using animation images and freeze-frames of their baton paths, the study enabled them to correct their conducting patterns based on the evaluation. With regard to the changing conducting patterns, the study identified that a pattern could be significantly improved by bringing all 4 beat points toward its center. Moreover, the study found that correcting the conducting pattern yielded a degree of success in improving uneven tempo.

Keywords

motion capture system, conducting pattern, beat point, wrist instability, time between beats