

器械体操マット運動「水平バランス」の指導法に関する一考察

- 熟練者と未熟練者の比較による指導法の試案 -

至学館大学健康科学部体育科学科

寺本 明日香

日本大学スポーツ科学部競技スポーツ学科

久保 賢志

至学館大学健康科学部健康スポーツ科学科

飯本 雄二

キーワード：器械体操、マット運動、水平バランス、指導法

1. 目的

本学健康スポーツ科学科は、体育実技Ⅰ指導法（1年次）から体育実技Ⅳ指導法（4年次）までの各授業に4つの運動種目を組み合わせることにより計16種目、及び水泳・水中運動の実技・指導法を取り扱う体育実技Ⅴ指導法（1年次）を加えて合計18種目の実技・指導法が履修できるようになっている。中でも体育実技Ⅰ指導法（1年次）と体育実技Ⅱ指導法（2年次）は器械体操が組み込まれており、「マット運動」、「跳び箱」、「鉄棒」、「平均台」を取り扱っている。

本研究で取り上げるマット運動の水平バランスは、多数の技の中でも安全で誰もが挑戦できるため、学校体育でも取り上げられやすい技である。また、この技は姿勢を保持することや姿勢を美しく見せることが重要な技である。

実際の指導においては、本学でも同様であるが指導書を参考にしたり、他の指導者のやり方を取り入れられたりしながら行われている。器械体操マット運動の指導法に関する書は多数発行¹⁾されているものの、イラスト、写真及び動画等により解説されており、具体的な測定結果を示したものはない。

一方、バイオメカニクス分野の研究では動作分析が行われている。動作分析は技の中で行われる様々な動きを分析し、動きの意味や技の成立にどのような動きがどのような役割を果たすか等を考えることが目的である。動作分析は、その結果をもとに、できない人にその動きを指導する方法を考えることが最終目的と言える。

学校体育の現場では、上述したような書を参考にしながら生徒の技量・発育発達段階等を考慮して様々な工夫を凝らしながら授業を展開している。そのために各書はそれぞれ大変役立っていると言えるが、イラスト、写真、動画で見ただけでは分からないことや錯覚している場合も考えられる。

本研究者は、動作分析で得られた結果をもとに指導法を考えて今後の指導に役立てたいということ、単発的な研究に留まらず継続的にいろいろな技について研究を重ね、科学的根拠に基づく指導法を開発して行こうとしている。

本研究の目的は、器械体操のマット運動で取り上げられている水平バランスの技について、熟練者と未熟練者の動作を比較検討し、技の上達につながる科学的な根拠を追究して、その指導法を開発することである。

2. 方法

本研究は、至学館大学研究倫理審査委員会の「ヒトを対象とした研究倫理」に関する審査（受付番号203）を受け、承認を得て実施した。

被験者は、S大学体操競技部の選手1名（21歳、女子、体操競技歴12年、身長155cm）を熟練者、一般学生1名（21歳、女子、陸上競技部ハードル選手、身長170cm）を未熟練者とした。

試技は、十分なウォーミングアップの後、水平バランスを各自自由練習させてから3回ずつ行わせた。そのうちの比較対象試技は、指導コメントを伝えながら行ったので両者とも3回目の試技とした。試技間の休憩時間は被験者に決めさせた。

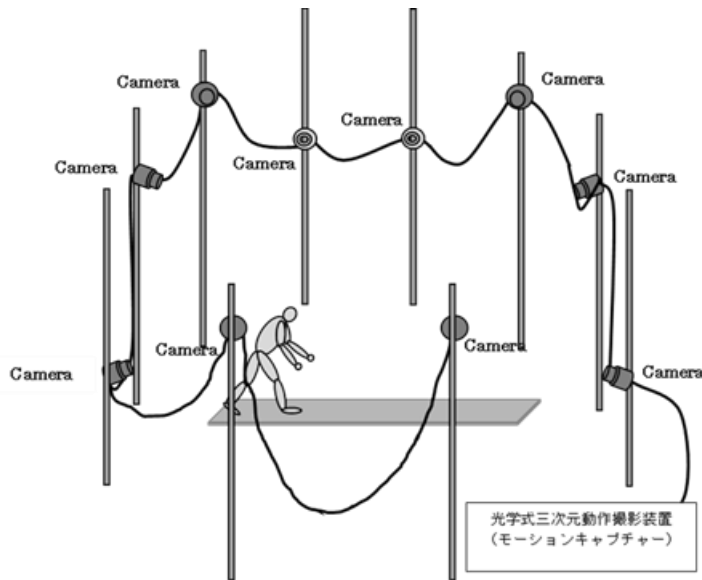


図 1. 三次元動作撮影の様子

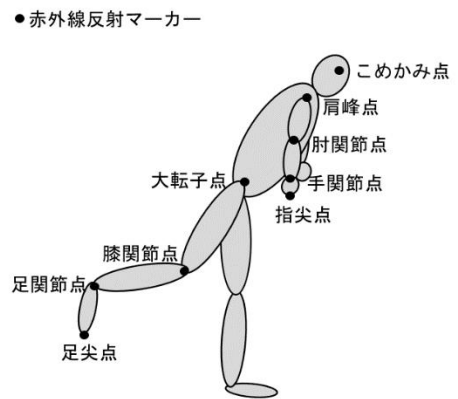


図 2. 赤外線反射マーカの装着

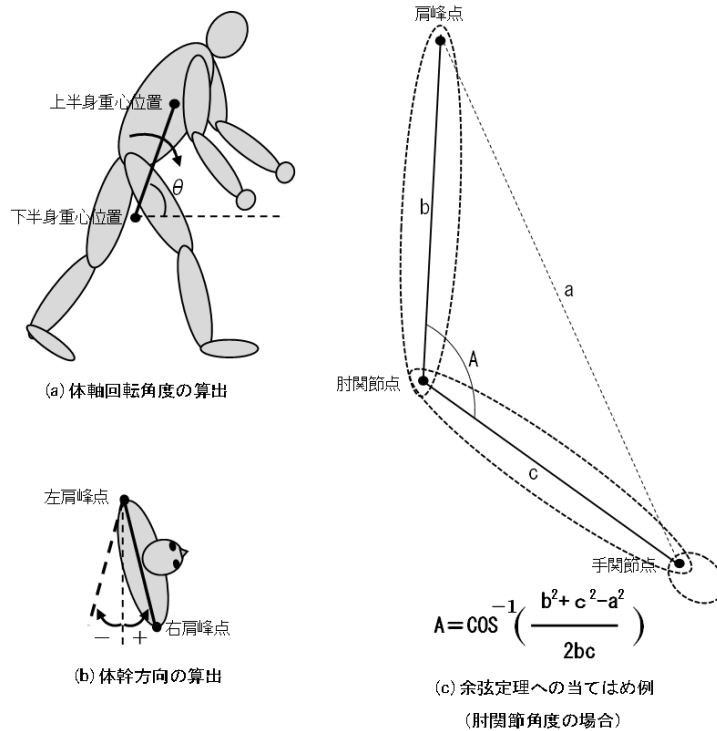


図 3. 角度の算出方法

動作は光学式動作撮影装置 (Qualisys 社製モーションキャプチャー、以後、「モーションキャプチャー」という。) を用いて撮影した。モーションキャプチャーのカメラは 10 台で、図 1 のようにマットの周囲から取り囲むように配置して撮影した。その際、撮影対象となる赤外線反射マーカは、人体測定点の計 18 か所 (左右のこめかみ点・肩峰点・肘関節点・手関節点・指尖点・大転子点・膝関節点・足関節点・足尖点) に取り付けた (図 2)。

モーションキャプチャーで得られる赤外線反射マーカの三次元座標 (X,Y,Z 座標) からは、身体重心位置座標、上半身重心位置座標、下半身重心位置座標を求めた。これらの重心に関する座標と赤外線反射マーカの座標からは、体軸傾斜角度、体幹方向角度、左右の身体屈伸角度、左右の腋開角度、左右の肘関節角度、股関節開角度、左右の膝関節角度、及び水平面上での重心移動軌跡を求めた。これらの中で体軸傾斜角度、体幹方向角度、左右の身体屈伸角度、重心移動軌跡は、身体全体の使い方を比較

するための項目である。腋開角度、肘関節角度は、腕の使い方を比較するための項目である。股関節開角度、膝関節角度は、脚の使い方を比較するため項目である。

体軸傾斜角度（以後、「体軸傾斜」という。）は、下半身重心位置座標を起点に上半身重心位置座標が前傾して行く角度を直立から前傾方向をプラス方向として求めた（図 3-(a)）。

体幹方向角度（以後、「体幹方向」という。）は、左右の肩峰点を結ぶ線が向いている方向（正面を向くと 0 度、右肩が前にできるとプラス、左肩が前にできるとマイナスとする。）を求めた（図 3-(b)）。

左右の身体屈伸角度（以後、「身体屈伸」という。）は、右または左の大転子点、肩峰点、膝関節点でできる三角形について、大転子点を頂点として余弦定理に当てはめて、左右それぞれの胴体と大腿部が屈伸する角度を求めた（図 3-(c)）。

重心移動軌跡（以後、「重心軌跡」という。）は、モーションキャプター（120fps）で計測した 3 次元座標（X,Y,Z 座標）の内、X 座標と Y 座標で水平面上における重心位置が移動して行く軌跡を求めた。

左右の腋開角度は、右または左の肩峰点、肘関節点、大転子点でできる三角形について、肩峰点を頂点として余弦定理に当てはめて、左右それぞれの腋が開く角度を求めた。

左右の肘関節角度は、右または左の肘関節点、肩峰点、手関節点でできる三角形について、肘関節点を頂点として余弦定理に当てはめて、左右それぞれの肘関節の角度を求めた。

股関節開角度は、両大転子点の midpoint と左及び右の膝関節点でできる三角形について、両大転子の midpoint を頂点として余弦定理に当てはめて股関節が開く角度を求めた。

左右の膝関節角度は、右または左の膝関節点、大転子点、足関節点でできる三角形について、膝関節点を頂点として余弦定理に当てはめて、左右それぞれの膝関節の角度を求めた。

本研究では、被験者に対して各試技の前後で指導コメントを伝えた。

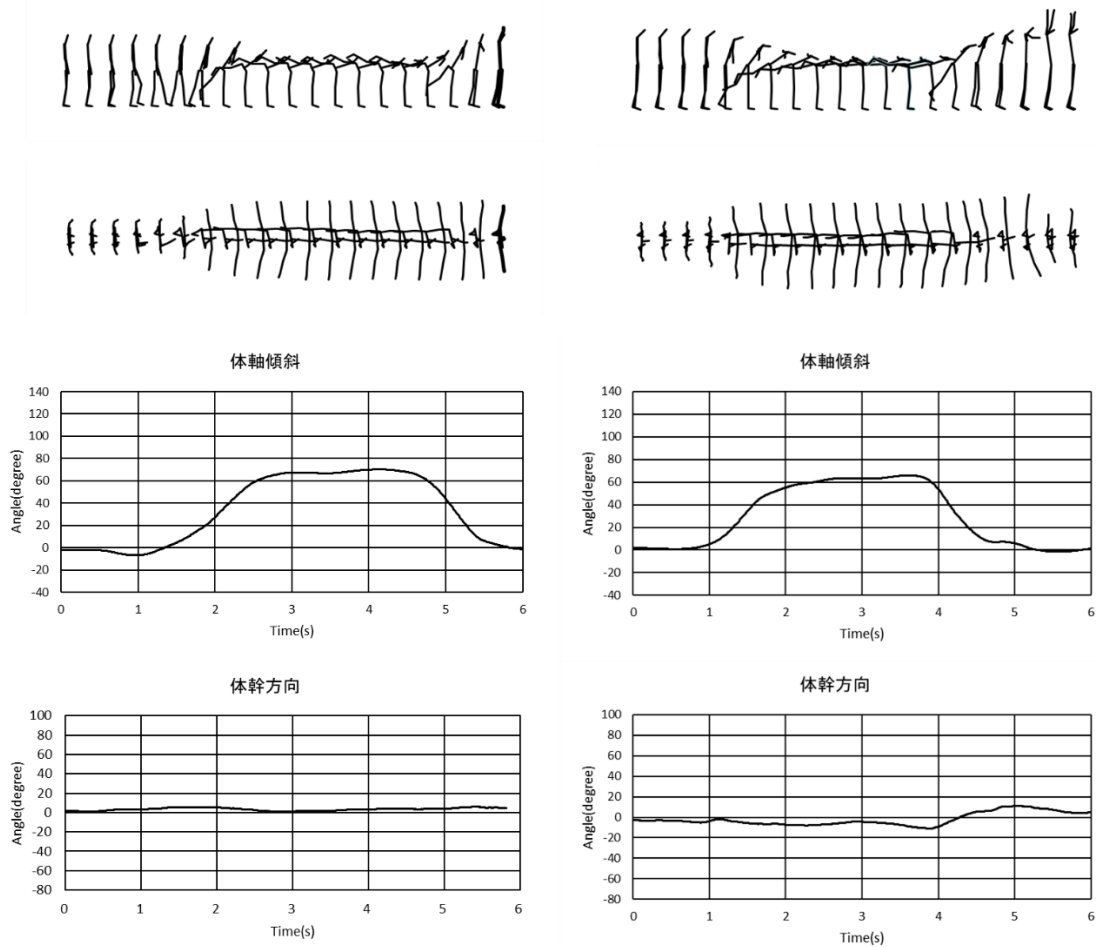


図 4. 身体全体の使い方（体軸傾斜と体幹方向）

3. 結果

3-1. 身体全体の使い方について

身体全体の動きに関する測定結果は、図4に体軸傾斜、体幹方向を、図5に左右の身体屈伸を、図6に重心軌跡を示した。それぞれの図の左側が熟練者、右側が未熟練者のものである。図4には、上に体軸傾斜、下に体幹方向を折れ線グラフで示し、各グラフの横軸が時間 (s)、縦軸が角度 (度) を表している。図5には、上に右身体屈伸、下に左身体屈伸の折れ線グラフを示し、それぞれ横軸が時間 (s)、縦軸が角度 (度) を表す。各図の最上部にある人の動きを描いたスティックピクチャーは、0.3秒間隔で各図の時間軸に合わせて図示し、それぞれの時間の姿勢を表している。スティックピクチャーは、上段に右横から見た図 (右側面) を、下段に上から見た図 (上面) を示した。図6の重心軌跡は、横軸が左右方向距離 (X座標 : m)、縦軸が前後方向距離 (Y座標 : m) である。

図4上の体軸傾斜をみると、両者のグラフは直立 (0度) から60度以上の傾斜を示し、その後直立へ戻る台形の変化を示すが、熟練者は一旦少し後傾 (1秒付近) してから前傾が始まっている。熟練者の前傾は3秒から4.6秒の1.6秒間角度変化の少ない安定状態になっているが、未熟練者は安状態が2.5秒から3.8秒の1.3秒間とやや短い。また、熟練者の前傾は70度付近まで傾くが、未熟練者は傾斜が少ない。体軸傾斜では、熟練者の水平バランスの安定状態がやや長く、また、体軸の傾斜の仕方が大きい。

図4下の体幹方向をみると、熟練者は1度から7度の小さな範囲で緩やかに増減する安定した状態であるが、未熟練者は-11度から12度の範囲で細かく何度も方向を変えている。特に後半 (3.5秒以降) は左向きから右向きの大きな方向変えを行っている。体幹方向は、熟練者の角度範囲が小さく変動も小さい安定した状態であるが、未熟練者の角度範囲は大きく、特に後半で大きく方向が変わっている。

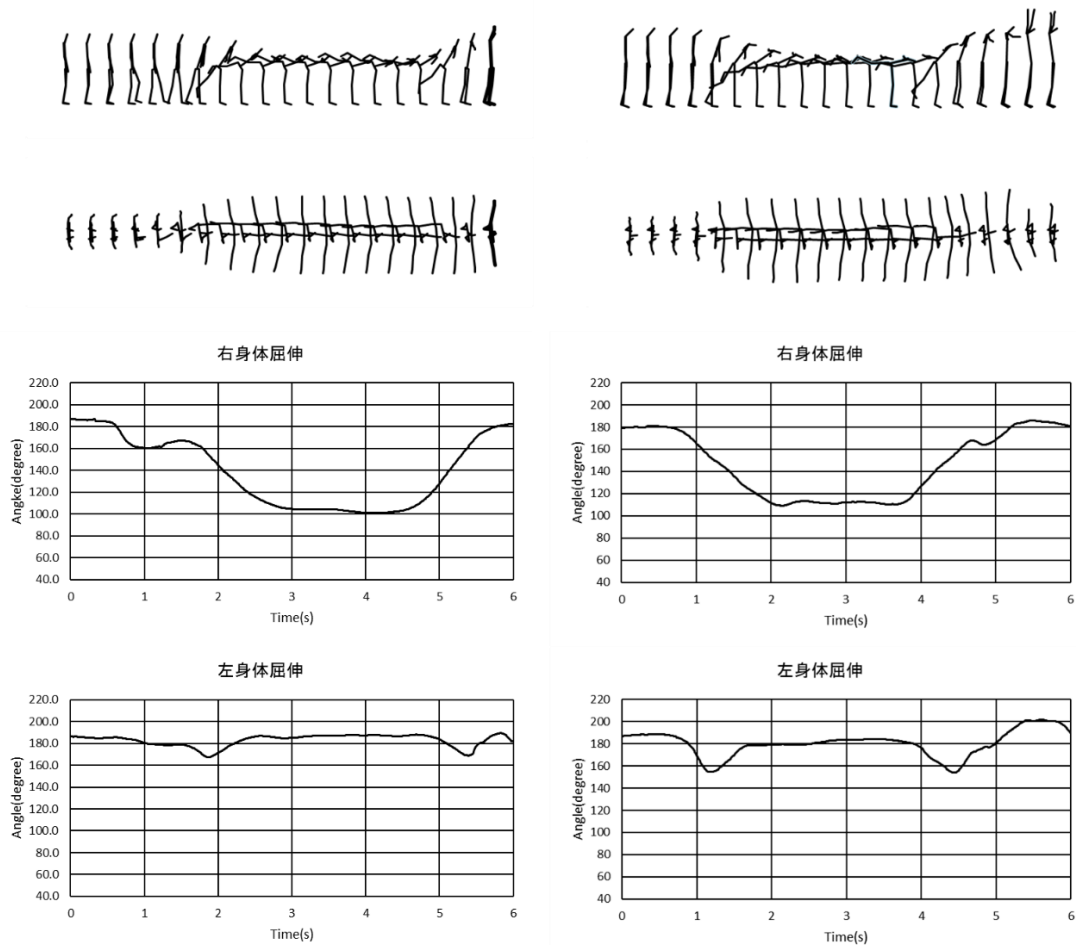


図5. 身体全体の使い方 (身体屈伸)

図5上の右身体屈伸を見ると、熟練者は0.6秒から1.8秒の間に屈曲方向の小さな変化を示している。これは、右足 (支持脚) を1歩前に出す動きにより生じたものである。その後、熟練者は上半身を前傾

し水平バランスの体勢に移るため屈曲方向の大きな変化がみられる。未熟練者の右身体屈伸は技の開始(0.7秒)から、一貫して屈曲方向に変化して水平バランスの体勢に入っている。熟練者の身体屈曲は100度まで下がっているが、未熟練者は110度までである。右身体屈伸には、熟練者が技の準備として支持脚を1歩前に出す動作による屈曲があるが、未熟練者にはみられず、開始後すぐに水平バランスの技に入っている。また、水平バランスの姿勢として、熟練者は右身体をよく屈曲させているが、未熟練者は屈曲の仕方が小さい。

図5下の左身体屈伸を見ると、両者ともに屈曲状態が2か所みられ、熟練者は1.8秒前後と5.3秒前後に下に凸の波形が、未熟練者は1.2秒前後と4.4秒前後に下に凸の波形がみられる。この部分は、左身体が一旦屈曲し伸展して戻っていることを表している。水平バランスでは左脚を後方に振上げて戻す動作があるが、熟練者は体軸傾斜でみられた安定状態が長いので、左身体屈伸に表れた2回の下に凸の波形の時間間隔が長くなっている。また、未熟練者が屈曲する角度は大きく変化している。

図6の重心軌跡をみると、熟練者は縦長の軌跡を辿り、未熟練者は半円を描くように横長の軌跡を辿っている。熟練者の移動距離は0.641m、未熟練者は0.206mで、熟練者の方が大きく動いている。左右方向の範囲は熟練者が0.073m、未熟練者が0.102mで未熟練者が大きい。前後方向の範囲は熟練者が0.401m、未熟練者が0.062mで熟練者が大きい。熟練者の重心は前後方向に大きく動いているが、左右へはあまり動いていない。未熟練者は前後にはあまり動かさず左右にやや大きく動いている。

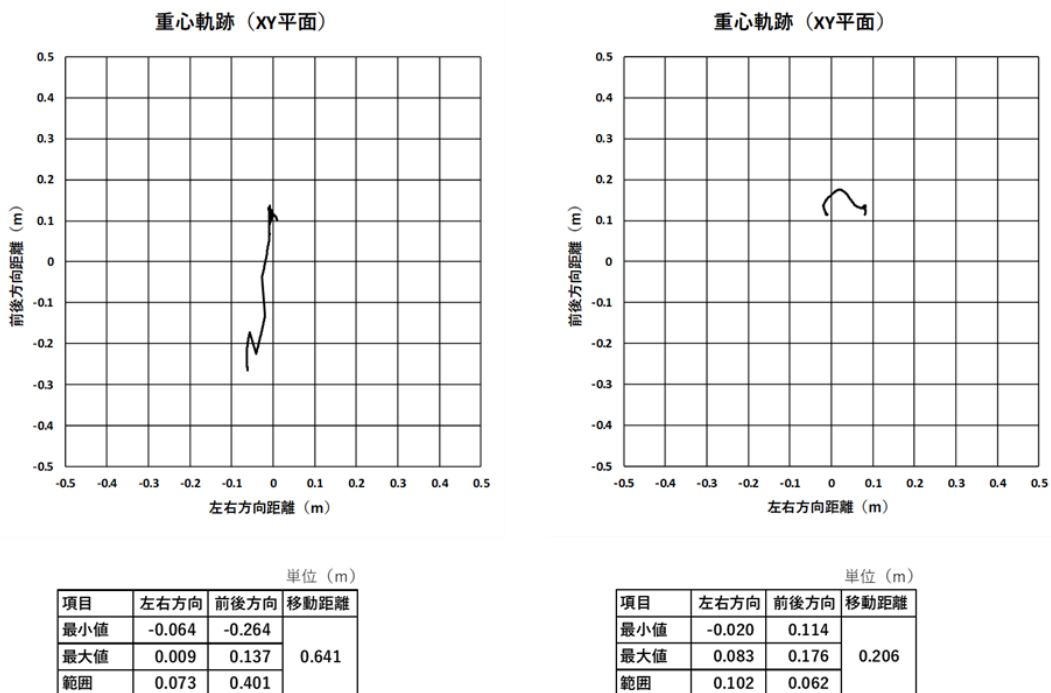


図6. 身体全体の使い方(重心軌跡)

3-2. 腕の使い方について

腕の使い方に関する測定結果は、図7に腋開角度と肘関節角度を示した。図7は、上が腋開角度、下が肘関節角度で、横軸が時間、縦軸が角度を表し、右側を実線、左側を点線で示した。

図7上の腋開角度をみると、両者とも実線(右)と点線(左)がほぼ平行な変化で両腕を広げていることが分かる。熟練者は最初の開き(1.3秒から3秒)で右が83度まで開き、その後変化の少ない安定状態から終盤(5.4秒以降)で再度大きく開いて終わっている。未熟練者は最初の開き(0.7秒から2秒)で右が80度まで開きその後70度付近で安定した後(4.3秒以降)で閉じて開く大きな変化が見られる。両者とも右の開きがやや大きい。腋開角度では、両者とも右の開きがやや大きく、熟練者の開き方は未熟練者よりも大きい。未熟練者は終盤で閉じて開く大きな変化があり、バランスを崩している。

図7下の肘関節角度を見ると、熟練者の初期(0.5秒から1.2秒)に右肘(実線)の屈曲-伸展がみられる。これは、右足を前に1歩出す動きに伴う肘を引く動作である。熟練者の右肘はその後、180度~170度の伸展状態で安定し、終盤のポーズでしっかりと伸展させている。熟練者の左肘は170度~

160度の範囲で安定した状態を保っている。未熟練者の膝関節角度は両肘ともに170度～160度でほぼ重なったグラフになっている。ただし、終盤（4.7秒以降）で右にやや急な伸展—屈曲がみられること、左右の線が交差（右が4.9秒から屈曲、左が5.2秒から伸展）している。

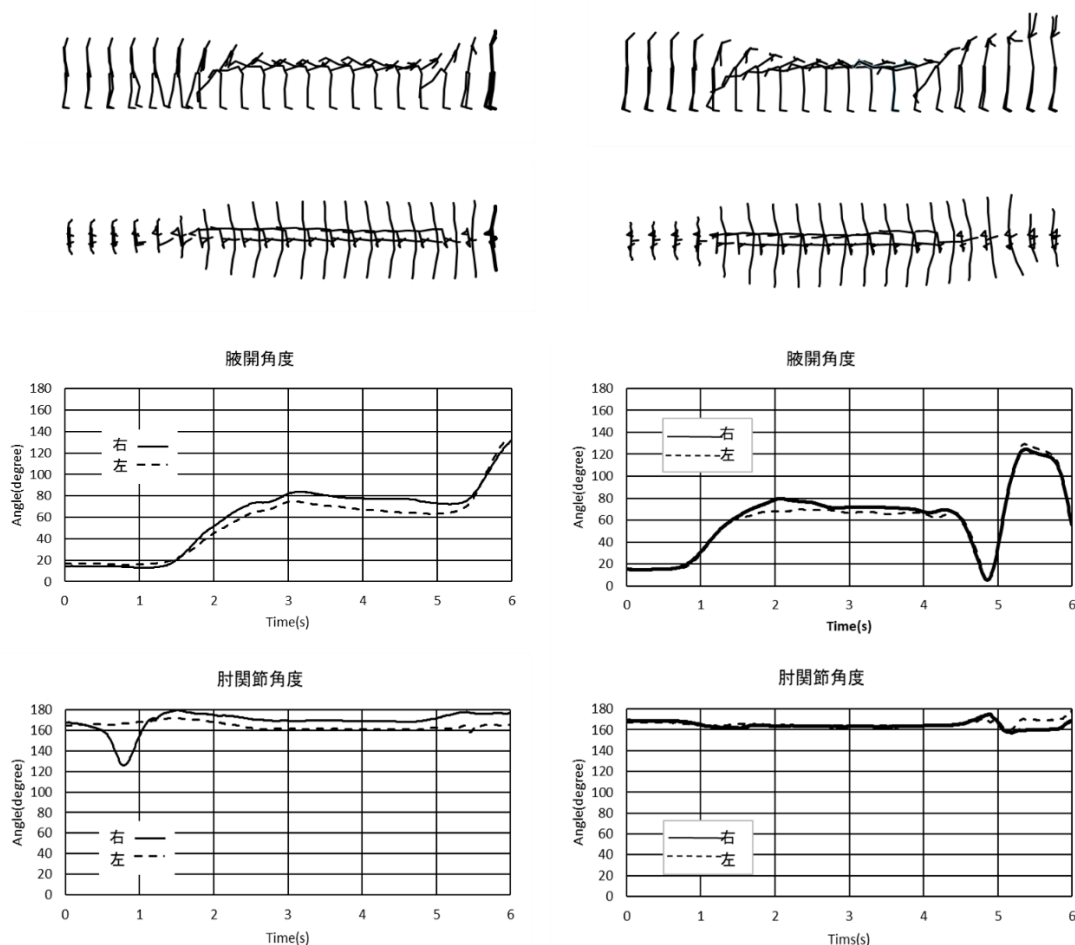


図 7. 腕の使い方（肘関節角度と肘開角度）

3-3. 脚の使い方について

脚の使い方に関する測定結果は、図 8 に股関節開角度と膝関節角度を示した。

図 8 上の股関節開角度をみると、熟練者は右足を 1 歩前を出す（0.6 秒から）ため階段状の角度変化がみられるが、左足を後方に振上げる時点（1.8 秒）から一気に股関節を 110 度まで開き、その後、もう一度股関節を開いて（3.6 秒から 4.5 秒）から閉じている。熟練者の股関節は 115 度まで大きく開かれている。未熟練者は開始（1.3 秒）から一旦左足を振上げ（1.8 秒まで）、その後緩やかに開き方を広げ（3.2 秒）、さらにもう一度開いて（3.2 秒から 3.8 秒）閉じている。未熟練者の股関節角度は 106 度までの開きとなっている。股関節角度は、熟練者が一気に大きく開かれ、大きな角度まで開いているが、未熟練者小さく開いてから徐々に大きくし、開き方がやや小さい。

図 8 下の膝関節角度をみると、右足を 1 歩前を出す動き（0.4 秒から 1.1 秒）で右膝（実線）の屈曲—伸展が行われているが、その後は 170 度前後の伸展状態を保っている。左膝（点線）は終始 160 度から 175 度の範囲で伸展を保っている。未熟練者の右膝（実線）は、小さな屈曲—伸展による変化がみられる（0.8 秒伸展へ、1.7 秒屈曲へ、3.8 秒屈曲へ、4.0 秒伸展へ、4.3 秒屈曲へ、4.7 秒伸展へ、5.3 秒屈曲へ）。未熟練者の左膝（点線）は、振上げ時（1.0 秒から 1.8 秒）で屈曲—伸展がみられ、膝を曲げて振上げている。膝関節では熟練者が支持脚を 1 歩前に踏み出すための右膝の屈曲—伸展がみられる以外は、左右の膝を伸展させた状態で水平バランスを行っているが、未熟練者は支持脚（右）も振上げ足（左）も屈曲—伸展をしながら行っている。

3-4. 被験者に伝えた試技前後の指導コメント

実験撮影時に被験者に伝えた指導コメントは、表 1 に示した。

熟練者には、手の動き方が学校体育で行う水平バランスの動きではなく、器械体操の競技会で行うような動きになっていたため、手の位置について指導した。

未熟練者には、顔が下を向いたままであったので顔を上げるように指導した。また、振上げる足が足先まで伸ばしていなかったのつま先を伸ばすように指導した。未熟練者には、いずれもより美しい水平バランスになるようにという意図があった。

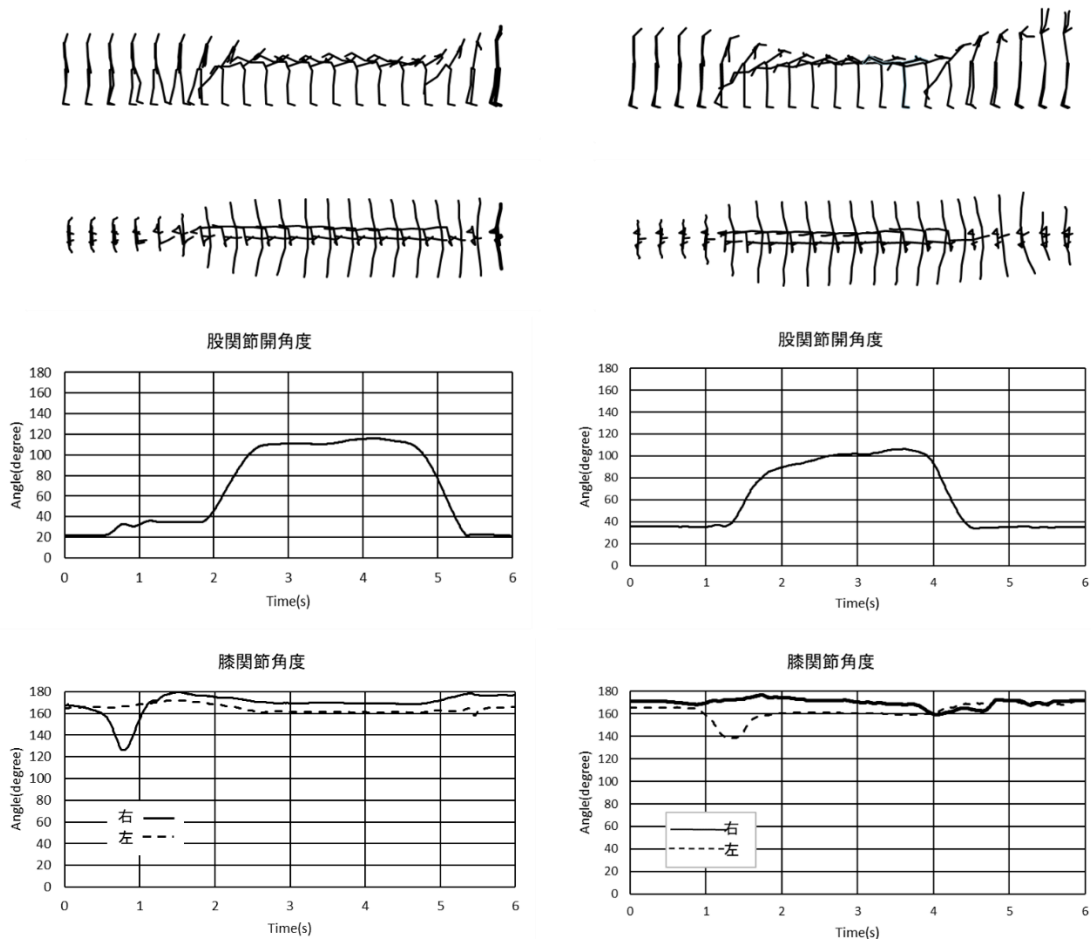


図 8. 脚の使い方（膝関節角度と股関節開角度）

表 1. 被験者への指導コメント

熟練者	非熟練者
<ul style="list-style-type: none"> ・手の位置 →競技特性から通常の器械運動で行う水平バランスとは異なっていたため 	<ul style="list-style-type: none"> ・顔を上げる、左足のつま先を伸ばす →美しさを意識させるため。

4. 考察

体軸傾斜では、熟練者の水平バランスの安定状態がやや長く、また、体軸の傾斜の仕方が大きかった。体軸が大きく傾きそれを時間的に長くすることは、水平バランスの姿勢を美しく見せるために重要なポイントと考えられる。

体幹方向は、熟練者の角度範囲が小さく変動も小さい安定した状態であったが、未熟練者の角度範囲は大きく、特に後半で大きく方向が変わっており、熟練者の水平バランスが安定状態で行われていたのに対して、未熟練者はバランスを崩していたと考えられる。

右身体屈伸には、熟練者が技の準備として支持脚を1歩前に出す動作による屈曲がみられたが、未熟練者にはみられなかった。未熟練者には準備動作がない。未熟練者は開始後すぐに水平バランスの技に入るが、右身体屈伸が小さいため水平バランスの姿勢が十分でないと考えられる。熟練者は右身体をよく屈曲させて、水平バランスの姿勢が美しく見えるようにしていると考えられる。

左身体屈伸には、両者ともに屈曲状態（下に凸の波形）が2回みられたが、1回目は上半身の前傾からやや遅れて左足を振上げ始めるためと考えられる。未熟練者は上半身の傾斜よりも大きく遅れて振上げるために屈曲が大きくなったと考えられる。屈曲状態の2回目は左脚を下すときに上半身の起こしよりも左脚の振り下ろしが先行するためと考えられる。未熟練者は熟練者よりも早く左脚を振り下ろすために波形が大きくなったと考えられる。左身体屈伸の屈曲状態の1回目から2回までの時間間隔が熟練者の方が長くなっていたが、熟練者の体軸傾斜で見られた安定状態の長さが反映していると考えられる。水平バランスでは左脚を後方に振上げて戻す動作があるが、振上げてから降ろすまでの時間が姿勢をみせていることになるので、この時間（左足を上げている時間）は重要と考えられる。

重心軌跡では、熟練者が前後方向に大きく動き左右へはあまり動いていなかった。一方、未熟練者は前後にはあまり動かさず左右にやや大きく動いていた。熟練者の重心軌跡の前後方向への移動距離は長く、前後方向の動きでバランスを取っていると考えられる。未熟練者は左右へのバランスを崩しやすいと考えられる。

ところで、熟練者には1歩前に踏み出す準備動作がみられたが、この1歩前に踏み出すことによって、重心には前向き速度が生まれ、前方への速度をもって重心が移動してゆくことになると考えられる。自転車を考えてみると進んでいる時はバランスを取りやすいが、止まると左右へのバランスが取れなくなり倒れる。水平バランスでも前方への速度がある状態であれば左右のバランスがとりやすくなると考えられる。このことから、1歩踏み出す準備動作は重心に前方向への速度をつけて左右へのバランスを取りやすくする動きと考えられる。同時に、熟練者が水平バランスの姿勢を長く維持できることも、この準備動作が関係していると考えられる。

肘関節角度は、両者とも右の開きがやや大きかった。左脚を振上げた状態でバランスを取るため、右腕の肘関節角度が大きくなったと考えられる。未熟練者は終盤で閉じて開く大きな変化があったが、この部分では肘を閉じる必要はなくそのままポーズをとるために肘をさらに開く方が技として完成度が高いので、肘を一旦閉じる動きはバランスを崩すことによる影響と考えられる。

肘関節角度は、熟練者の右足を前に1歩出す準備動作に合わせて肘を引く動作以外に変化が少ないのに対して、未熟練者には小さいながら屈曲―伸展の動きが多くみられた。未熟練者は肘の屈曲・伸展の動きでバランスを取っていたと考えられる。

脚の使い方に関する測定結果は、図8に股関節開角度と膝関節角度を示した。

股関節開角度をみると、熟練者の準備動作で右足を出すために階段状の角度変化がみられたが、その後は一気に股関節を開き、115度まで大きく開かれていた。未熟練者は準備動作が無く全体的に緩やかに開いて、開き方が小さかった。

膝関節角度は、熟練者は準備動作で右膝を屈曲―伸展させる以外、左右とも伸展状態を保っていたが、未熟練者は左右とも屈曲―伸展をしながら行っていた。未熟練者はバランスを取るために膝の屈伸・伸展を行っていたと考えられる。

以上から、水平バランスの指導における重要ポイントとしては、次のようなものが挙げられる。

- ① 熟練者には準備動作として支持脚を1歩前に踏み出す動きがある。
- ② この準備動作で重心に前へ進む速度を付けることがバランスを取りやすくしている。
- ③ 熟練者は前後方向へ重心を動かしてバランスをとっている。
- ④ 未熟練者は左右へのバランスを取るため肘関節及び膝関節を屈曲―伸展させている。
- ⑤ 熟練者の肘や股関節は大きく開かれており、それが水平バランスの姿勢を美しく見せるために重要である

試技中に行った指導コメントを振り返ると、未熟練者は顔の位置やつま先を伸ばすことについては改善できていたが、バランスを取りやすくなることはなかったと考えられる。特に顔を上げることで目線を体と水平にし、バランスを整える指導は一般的であると捉えていたが、本研究の動作分析では有効な指導方法ではなかったと考えられる。そこで、本研究は以下のような指導ポイントを考えた。

- ① 準備動作として1歩踏み出してから水平バランスに入る。
- ② 支持脚と反対の腕をやや大きめに開いてバランスをとる。

③ 振上げる高さまで脚をスムーズに振上げて一定時間保持させる。

そのための指導法としては、次のような方法が考えられる。

① 1歩踏み出してから振上げ足を上げながら上半身を前傾させる指導

② 振上げる足の高さを観察者にみてもらって覚える指導

③ 両手を左右に大きく広げ、片足立ちをしたうえで、前後でバランスを取るよう促し感覚を変化させる指導

④ うつ伏せになった状態で右または左の前腕と肘、左または右のつま先を地面につき、その姿勢を保持する片手片足のプランクトレーニングによって体幹を刺激し、バランス感覚を整えた後、実際に水平バランスを実施して腕や脚を開いている時間を計る指導

5. まとめ

本研究は、熟練者と未熟練者の水平バランスを比較して、以下のような指導ポイントを考察した。指導ポイントは以下のとおりである。

① 準備動作として1歩踏み出してから水平バランスに入る。

② 支持脚と反対の腕をやや大きめに開いてバランスをとる。

③ 振上げる高さまで脚をスムーズに振上げて一定時間保持させる。

そのための指導法は、以下のとおりである。

① 1歩踏み出してから振上げ足を上げながら上半身を前傾させる指導

② 振上げる足の高さを観察者にみてもらって覚える指導

③ 両手を左右に大きく広げ、片足立ちをしたうえで、前後でバランスを取るよう促し感覚を変化させる指導

④ うつ伏せになった状態で右または左の前腕と肘、左または右のつま先を地面につき、その姿勢を保持する片手片足のプランクトレーニングによって体幹を刺激し、バランス感覚を整えた後、実際に水平バランスを実施して腕や脚を開いている時間を計る指導

付記

本研究は、「器械体操マット運動の指導法に関する研究」を継続的に行う中で「水平バランス」を取り上げてまとめたもので、本学教育紀要に投稿した「器械体操マット運動「伸膝前転」の指導法に関する一考察 - 熟練者と未熟練者の比較による指導法の試案 -」に続くものである。

参考文献

- 1 下山真二 (2010) 逆上がり とびばこ マット運動がたった一言であつというまにできる！. 日東書院, 東京, pp.10-36.
- 2 三好真史 (2018) 体育が苦手な教師でも必ずうまく行く！マット 鉄棒 跳び箱指導の教科書. 学陽書房, 東京, pp.42-69.
- 3 戸田克, 川野幸一, 桜井昇一 (2010) よくわかる DVD シリーズ新学習指導要領対応マット運動の指導法. 小学館, 東京, pp.12-13.
- 4 松本格之祐, 齊藤直人 (2017) <小学校体育>写真でわかる運動と指導のポイント マット. 大修館書店, 東京, p.22.
- 5 土屋純 (2021) 体操競技のバイオメカニクス. 講談社, 東京, pp.46-47.
- 6 坂本周次監修 (2018) 「正確性と美しさを磨く」女子体操競技 上達のポイント 50. メイツ出版, 東京, pp.72-89.
- 7 鼻田好章監修 (2018) 技術と安定性を磨く！男子体操競技上達のポイント 50. メイツ出版, 東京, pp.30-41.