

# 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 -

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、伸膝前転、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伸膝前転は、学校体育でも取り上げられやすい技であるが一般学生にとってはなかなか難しい技でもある。この技は教員志望の学生のみならず多くの学生が実技と指導法を身につけてほしいと考えている。

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されているものの、指導における言葉のかけ方を中心としたもの<sup>1)</sup>、指導者を対象とした工夫の紹介<sup>2-4)</sup>等が多く、イラスト、写真及び動画等により解説しているが、具体的な測定結果を示したものはない。土屋<sup>5)</sup>が著した「体操競技のバイオメカニクス」でも、バイオメカニクスの理論をもとに技の指導法を解説しているが、技に関する測定結果を示しているわけではない。その他に、日本トップクラスの高度な技について解説している書<sup>6,7)</sup>もあるが、課外活動の指導には役立つが、体育の授業では取り扱えない技が中心である。

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考え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伸膝前転の技について、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、その指導法を試案することである。

## 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。

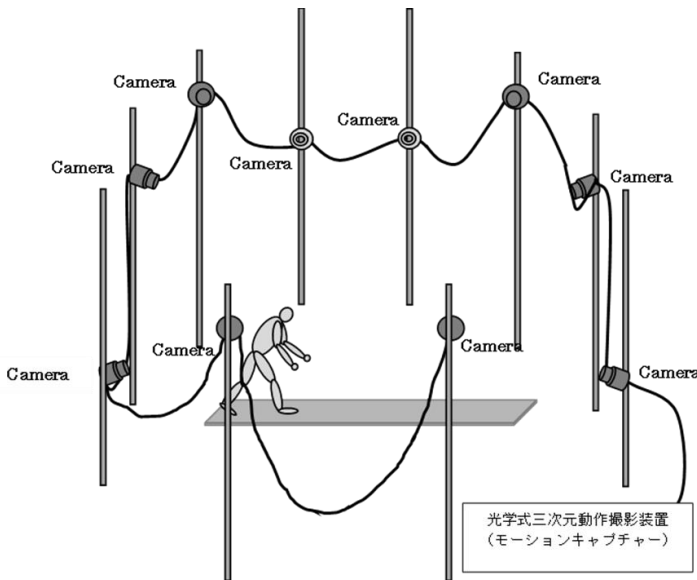


図 1. 三次元動作撮影の様子

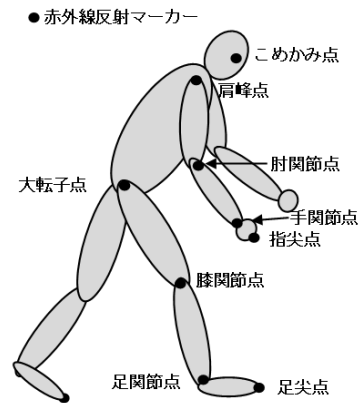


図 2. 赤外線反射マーカ－の装着

試技は、十分なウォーミングアップの後、伸膝前転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。

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）。

伸膝前転では手をマットに 2 回着く。1 回目は技の開始時で前転のため頭を下げて手をマットに着ける時、2 回目は前転した後に足を振り下ろして長座の姿勢になった頃で、臀部がマットに着く付近に手を着ける。この時間はモーションキャプチャーで測定した指尖点の高さが最低になっている時間から求めた。また、手を着いた位置は、長座の姿勢になった時点の足首中点から大転子中点までの長さに対する足首中点から手首中点までの長さの割合（%）で求めた。

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、角度に関する比較項目として体軸回転角度、体幹方向角度、身体屈伸角度、腋開角度、股関節開角度、肘関節角度、膝関節角度を、速度に関する比較項目として重心速度、上半身重心速度、下半身重心速度、肘速度、手首速度、膝速度、足首速度を算出した。

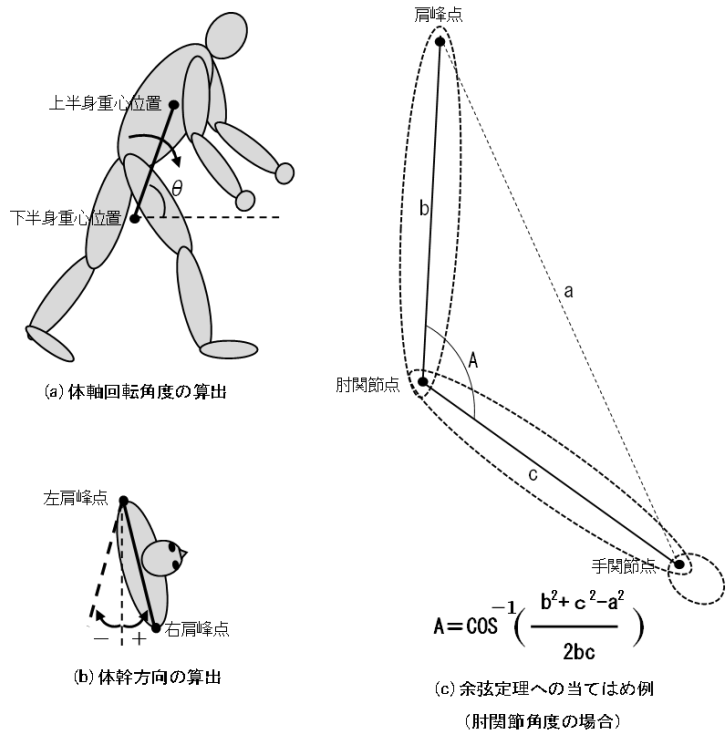


図 3. 角度の算出方法

これらの比較項目の中で体軸回転角度、体幹方向角度、身体屈伸角度、身体重心速度、上半身重心速度、下半身重心速度は、身体全体の動きを比較するための項目である。腋開角度、肘関節角度、肘速度、手首速度は、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、膝速度、足首速度は、脚の使い方を比較するため項目である。

体軸回転角度（以後、「体軸回転」と言う。）は、下半身重心位置座標を起点に上半身重心位置座標が回転して行く角度を求めた（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、右肩が前にでるとプラス、左肩が前にでるとマイナスとする。）を求めた（図 3-(b)）。

身体屈伸角度（以後、「身体屈伸」という。）は、両大転子点の midpoint、両肩峰点の midpoint、両膝関節点の midpoint でできる三角形について、両大転子点の midpoint を頂点として余弦定理に当てはめて求めた（図 3-(c)）。

身体重心速度は、身体重心座標（X,Y,Z 座標）が移動する距離をモーションキャプチャーによる撮影の時間間隔（1/120 秒）で除して求めた。速度は X,Y,Z の各方向別に求めているが、伸膝前転はほぼ直線的に前方に回って行く技であるため、X（左右）方向への動きはほとんどなく、グラフにすると 0 基線付近で小さな変化を示し、グラフが煩雑になるため表示しなかった（以後、速度のグラフはすべて Y の前後方向速度と Z の上下方向速度のみを表示した。）。

上半身重心速度は、頭部、体幹、左右の上腕・前腕・手の計 10 個の身体部分を合わせた重心を求め、その座標の移動距離を時間間隔で除して求めた。

下半身重心速度は、左右の大腿部・下腿部・足部の計 6 個の身体部分を合わせた重心を求め、その座標の移動距離を時間間隔で除して求めた。

腋開角度は、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左右それぞれについて求め、左右の腕が同じ動作をするため左右の平均値を求めた。

肘関節角度は、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、左右の平均値を求めた。

肘速度は、両肘関節点の midpoint を求め、その座標の移動距離を時間間隔で除して求めた。

手首速度は、同様に両手関節点の midpoint 座標の移動距離を時間間隔で除して求めた。

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求めた。

膝関節角度は、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、左右の脚が同じ動作をするため左右の平均値を求めた。

膝速度は、両膝関節点の midpoint 座標の移動距離を時間間隔で除して求めた。

足首速度は、両足関節点の midpoint 座標の移動距離を時間間隔で除して求めた。

本研究者は、被験者に対して各試技の前後で指導コメントを伝えた。

### 3. 結果

#### 3-1. 手がマットに着く時間・位置

熟練者は、1 回目が 1.48 秒から 1.61 秒の 0.13 秒間、2 回目が 2.07 秒から 2.13 秒の 0.06 秒間で手がマットに着いていた。1 回目の手がマットに着いてから 2 回目の手がマットから離れるまでの時間は、0.65 秒である。

未熟練者は、1 回目が 1.12 秒から 1.27 秒の 0.15 秒間、2 回目が 1.90 秒から 2.01 秒の 0.11 秒間で手がマットに着いていた。1 回目の手がマットに着いてから 2 回目の手がマットから離れるまでの時間は、0.89 秒である。

1 回目の手がマットに着いてから 2 回目の手がマットから離れるまでの時間の両者の差は 0.24 秒で、未熟練者の時間が全体的に長い。

手を着いた位置は、熟練者は脚長の 78%、未熟練者は 75% となり、両者に大きな違いはみられない。

#### 3-2. 身体全体の動きについて

身体全体の動きに関する測定結果は、図 4 に体軸回転、体幹方向、身体屈伸を、図 5 に身体重心速度、上半身重心速度、下半身重心速度をそれぞれまとめて示した。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、上から体軸回転、体幹方向、身体屈伸の折れ線グラフで、各グラフの

横軸が時間 (s)、縦軸が角度 (度) を表す。図 5 には、上から身体重心速度、上半身重心速度、下半身重心速度の折れ線グラフで、各グラフの横軸が時間 (s)、縦軸が速度 (m/s) を表す。速度の図では、黒実線が Y の前後方向速度、灰実線が Z の上下方向速度である。図 4 や図 5 の一番上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。折れ線グラフの中には、縦の薄灰色の縦帯があるが、これは手がマットに着いている時間である。(以後の角度変化に関する図や速度変化に関する図も、被験者の配置、縦・横の軸、スティックピクチャー、縦帯等は同じである。)

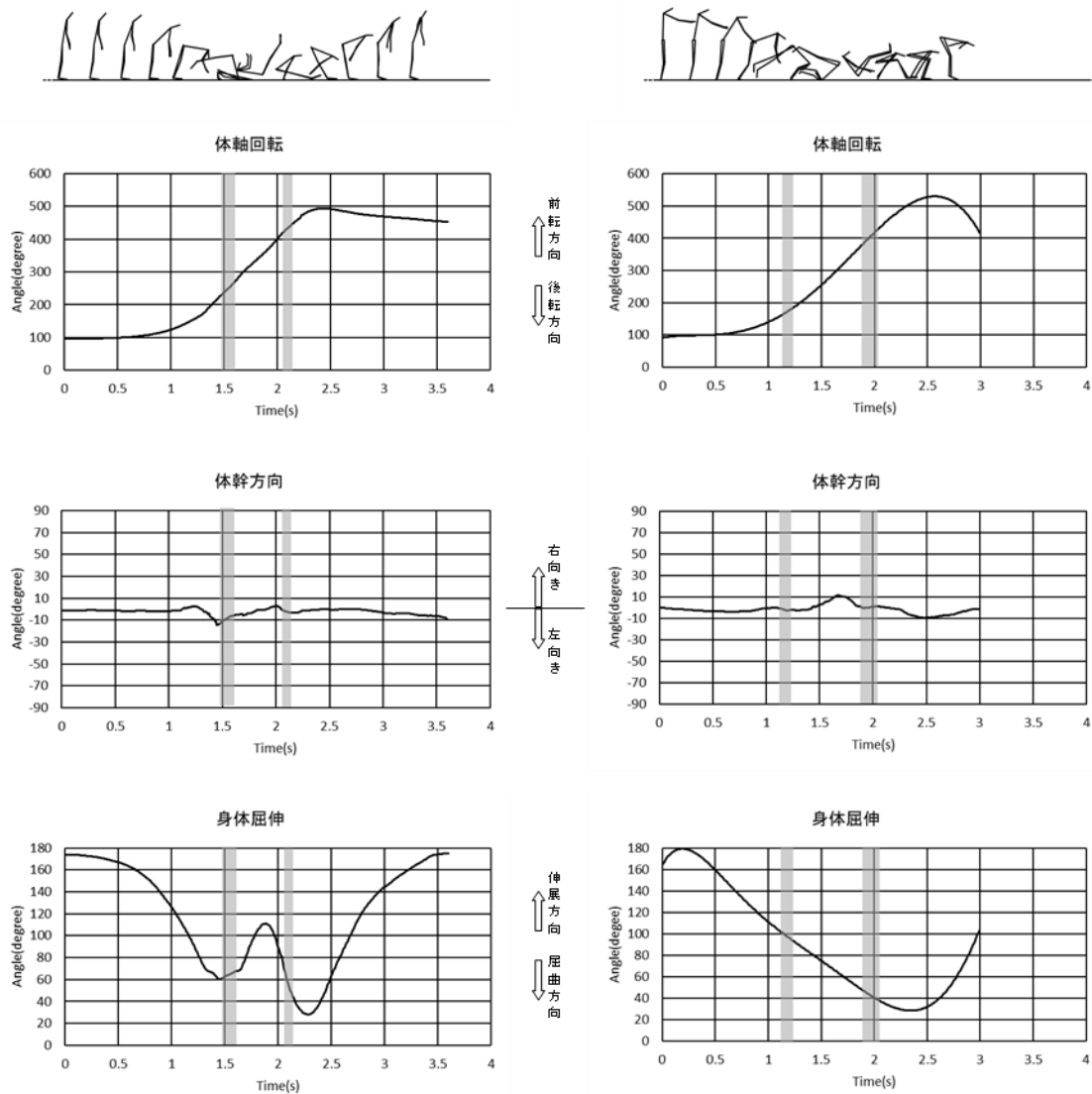


図 4. 身体全体の使い方 (角度変化)

図 4 上段の体軸回転をみると、立位 (約 100 度、やや前かがみ) から始まり、熟練者 (左) は未熟練者 (右) よりグラフの上がり方 (傾斜=回転速度) がやや急な傾斜で前転方向に変化している。また、未熟練者の角度変化はピークが高く、前転方向に大きな角度 (543 度) まで達している。体軸回転のグラフにおける傾斜から回転速度を計算すると、熟練者の最高速度 (最も傾斜が急な部分の回転速度) は 325 度/秒 (毎秒 0.90 回転の速さ)、未熟練者の最高速度は 293 度/秒 (毎秒 0.81 回転の速さ) である。

図 4 中段の体幹方向をみると、0 度付近 (正面を向いている) から始まり、両者とも小さく上下の変化がみられ、左右へ方向が変わり過ぎないように戻しながら行っている。

図 4 下段の身体屈伸の角度変化をみると、中盤で熟練者と未熟練者に大きな違いがみられる。熟練者は最初に手をマットに着く前で素早く屈曲 (0.2 秒から 1.5 秒) し、その後、手をマットに着けてから

伸展（1.5秒から1.8秒）に切り替わり、2度目の手をマットに着く前から再度屈曲（1.8秒から2.3秒）を強めている。未熟練者は開始後から2度目の手をマットに着く後まで（0.2秒から2.3秒）一貫して屈曲を強めている。

図5上段の重心速度をみると、未熟練者（右）の黒実線で示したYの前後方向速度（以後、単に「前後方向速度」という。）には中盤（1.5秒の前後）で速度停滞がみられるが、熟練者には停滞がみられない。熟練者の灰実線で示したZの上下方向速度（以後、単に「上下方向速度」という。）は一旦下降後に一貫して上昇傾向（1.2秒から2.5秒）にあるが、未熟練者は緩やかな階段状の変化（1.0秒から2.2秒）を繰り返している。

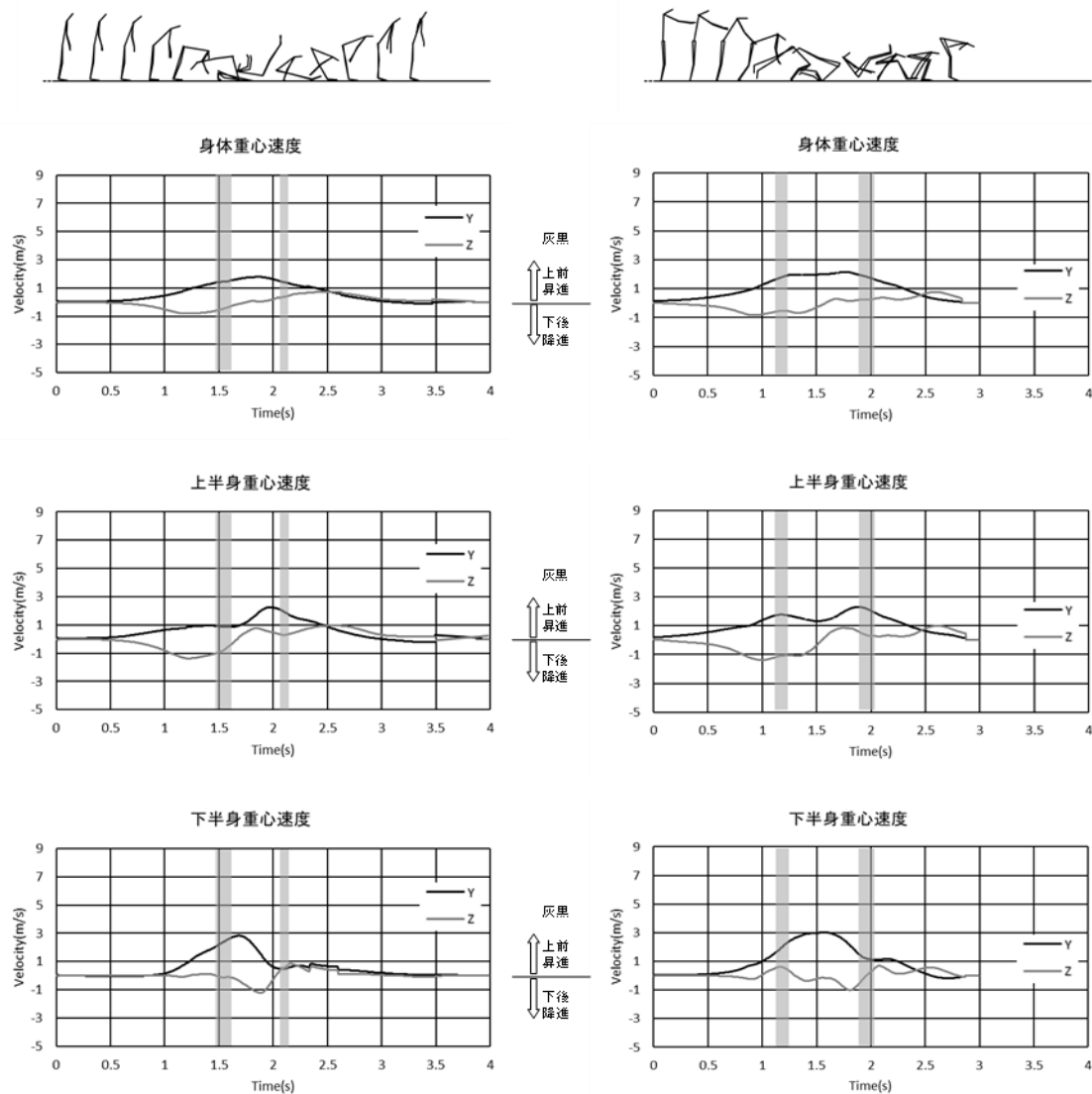


図5. 身体全体の使い方（速度変化）

図5中段の上半身重心速度をみると、熟練者の前後方向速度が2回目に手をマットに着く前（1.7秒から2秒）でやや急激にピークに達しているのに対して、未熟練者の前後方向速度は前進方向に2つのピーク（1.3秒と1.8秒）がみられる。両者の上下方向速度は、最初に下降方向の速度から始まるが、熟練者は1回目に手をマットに着いている間に上昇に転じ、未熟練者は手がマットから離れた後（1.4秒）から上昇している。

図5下段の下半身重心速度をみると、前後方向速度で、熟練者は最初の上昇（0.9秒から1.7秒）が急で、ピーク後にすぐ速度低下がみられるが、未熟練者の前後方向速度は早く（0.4秒）から緩やかに上昇を始め途中（1.4秒から1.7秒）に停滞がみられる。熟練者の上下方向速度は、0付近から始まり1回目の手をマットに着いた後（1.6秒）で下降し、その後2回目の手をマットに着く前（1.8秒）で上昇

に転じているが、未熟練者は1回目の手をマットに着く前（0.9秒）に一旦上昇した後、上下に変化しながら下降し、2度目の手をマットに着きながら上昇（1.8秒）に転じている。

身体全体の動きには、熟練者と未熟練者に以下のような違いがみられた。

- ① 体軸回転は、熟練者にやや急な傾斜がみられ、未熟練者は大きな角度まで回転していた。
- ② 身体屈伸は、熟練者が手をマットに着く1回目と2回目の間で身体の伸張がみられたが、未熟練者にはみられない。
- ③ 重心の前後方向速度について、熟練者のピークが1つであったのに対して、未熟練者は2つあった。
- ④ 重心の上下方向速度について、1回目の手をマットに着くまでに一旦下降するが、熟練者はその後滑らかな上昇傾向であったのに対して、未熟練者は緩やかな階段状に上昇していた。
- ⑤ 上半身重心の前後方向速度について、熟練者は2回目の手をマットに着く前にやや急激に上昇したが、未熟練者は1回目に手をマットに着く時と2回目に手をマットに着く前に2つのピークがみられた。
- ⑥ 上半身重心の上下方向速度は両者とも下降から始まり、熟練者は1回目の手を着いている間に上昇に転じ、未熟練者は1回目の手がマットから離れてから上昇に転じていた。
- ⑦ 下半身重心速度の前後方向速度で、熟練者は上昇が急で、ピーク後にすぐ速度低下がみられたが、未熟練者は緩やかに上昇を始め途中で停滞がみられた。
- ⑧ 下半身重心の上下方向速度について、熟練者は1回目の手をマットに着いた後に下降し、その後2回目の手をマットに着く前で上昇に転じていたが、未熟練者は1回目の手をマットに着く前に一旦上昇し、2度目の手をマットに着きながら上昇に転じていた。

### 3-3. 腕の使い方について

腕の使い方に関する測定結果は、図6に腋開角度と肘関節角度、図7に肘速度と手首速度をまとめて示した。図6は、上段が腋開角度、下段が肘関節角度で、横軸が時間、縦軸が角度である。図7は、上段が肘速度、下段が手首速度で、横軸が時間、縦軸が速度である。

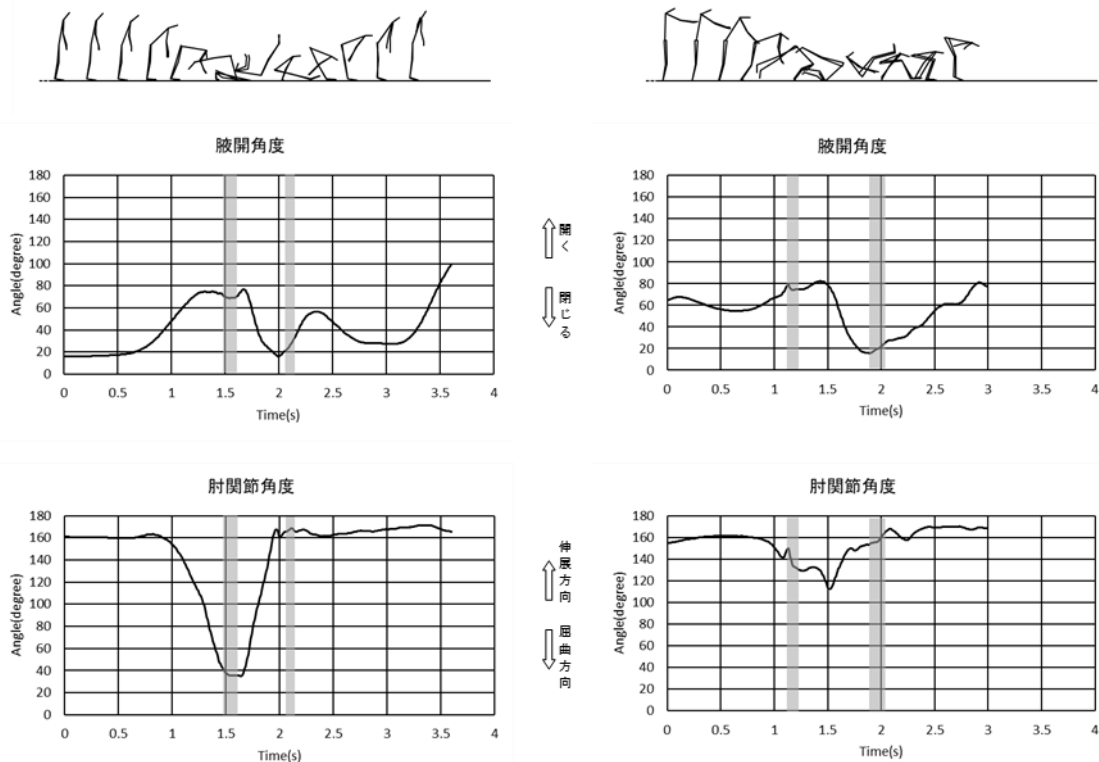


図6. 腕の使い方（角度変化）

図6上段の腋開角度をみると、開始後0.7秒付近で両者ともに腋を開き始め、熟練者のグラフの上

り方がやや急激で、1 回目の手をマットに着いた後、熟練者は急激に閉じる方向へ変化している。その後すぐに 2 度目の開閉（2 秒から 2.7 秒）がみられる。未熟練者は全体的に変化幅が小さく緩やかに開いて、緩やかに閉じる（0.7 秒から 1.8 秒）が、特に 2 回目の手をマットに着いたあと開き方（1.8 秒から 3 秒）が緩やかで閉じていない。

図 6 下段の肘関節角度の角度変化をみると、両者とも 1 秒から屈曲させているが、熟練者の速度変化は大きく、急激で 1 回目の手をマットに着くまでに 38 度まで曲げて、そこから一気に肘を 165 度まで伸展させている。未熟練者は手をマットに着くまでに 130 度まで屈曲し、その後 110 度までしか屈曲していない。特に、一番肘を屈曲させた時間は 1 回目の手をマットに着いてから遅れた時点（1.5 秒）になっている。

図 7 の肘速度（上段の図）と手首速度（下段の図）をみると、全体的に両者のグラフで上下に変化する様子は似ており、未熟練者のグラフが少し間延びしている。熟練者の手首の前後方向速度及び上下方向速度は、2 回目に手をマットに着いた時点で 0 付近、つまり手首がほぼ止まっているが、未熟練者の手首の Z（上下）方向速度は 2 回目の手をマットに着いている時間中も下降方向の速度が残っており、手首は下へ動いている。

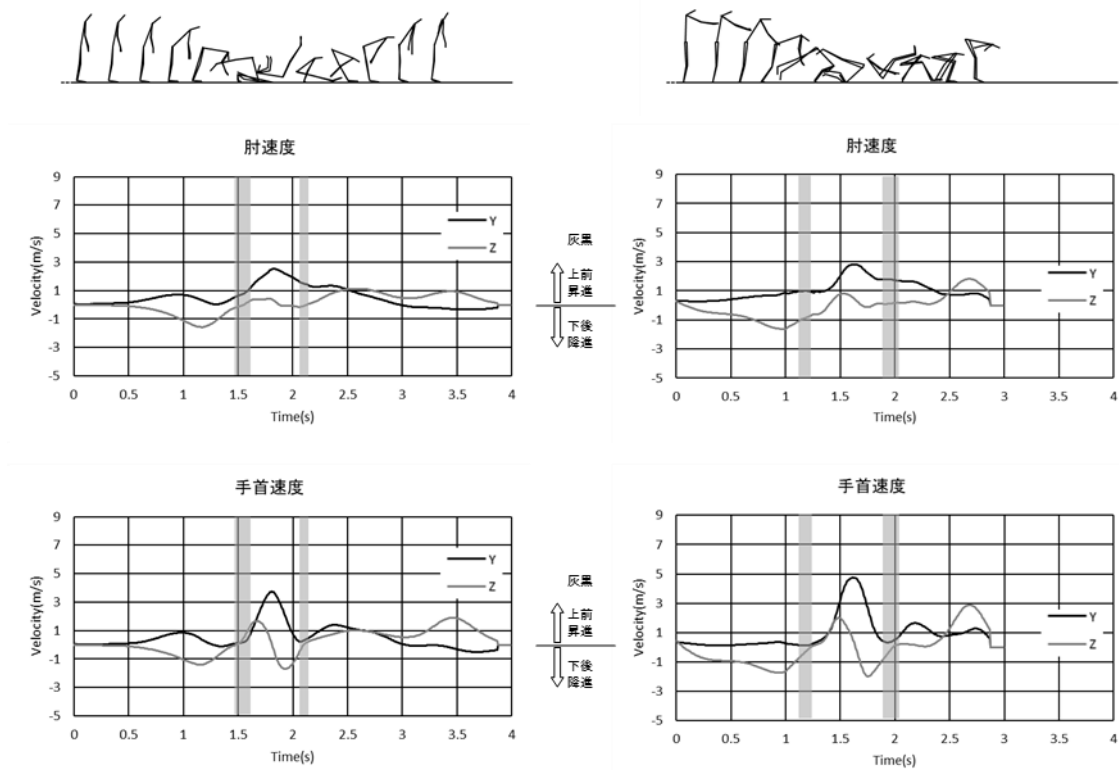


図 7. 腕の使い方（速度変化）

腕の使い方には、熟練者と未熟練者に以下のような違いがみられた。

- ① 腋開角度について、熟練者の腋の開閉が急激であり、未熟練者は緩やかであった。
- ② 腋の開閉が熟練者には 2 度みられるが、未熟練者は初めの 1 回のみであった。
- ③ 肘関節角度について、熟練者の屈曲・伸展は急激で、未熟練者は緩やかであった。
- ④ 2 回目に手をマットに着いた時点で、熟練者は手首がほぼ止まっているが、未熟練者は手首が下へ動いていた。

### 3-4. 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、図 9 に膝速度と足首速度を示した。

図 8 上段の股関節開角度をみると、膝を伸ばして足をそろえて前転する技であるため、両者とも股関節を閉じた状態で行っているが、未熟練者の方が大きな角度変化になっている。未熟練者は股関節を少

し開いたり閉じたりする動きが大きい。

図8下段の膝関節角度をみると、熟練者はしっかりと膝関節を伸ばしていることが分かるが、未熟練者の膝関節は屈曲・伸展を繰り返している。特に2回目の手をマットに着いたあとに膝が80度(2.3秒)まで曲がってから伸展させている。

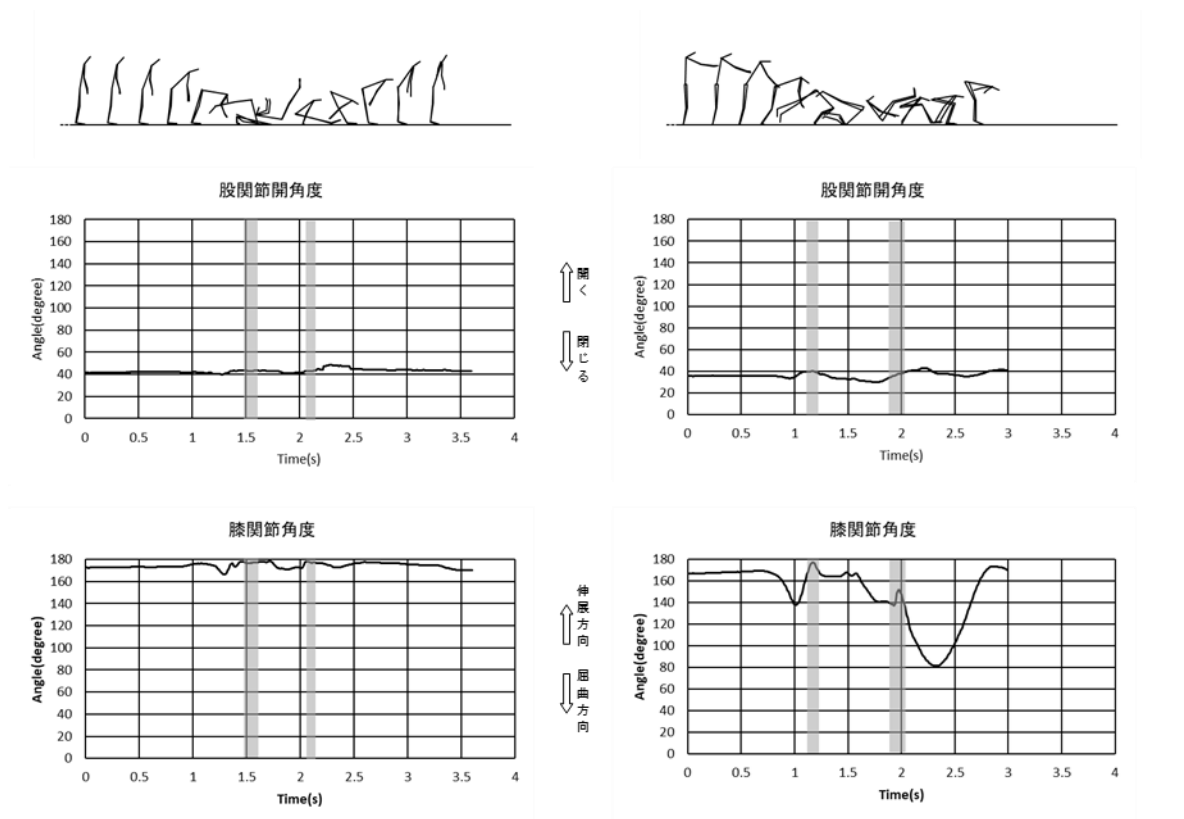


図8. 脚の使い方（角度変化）

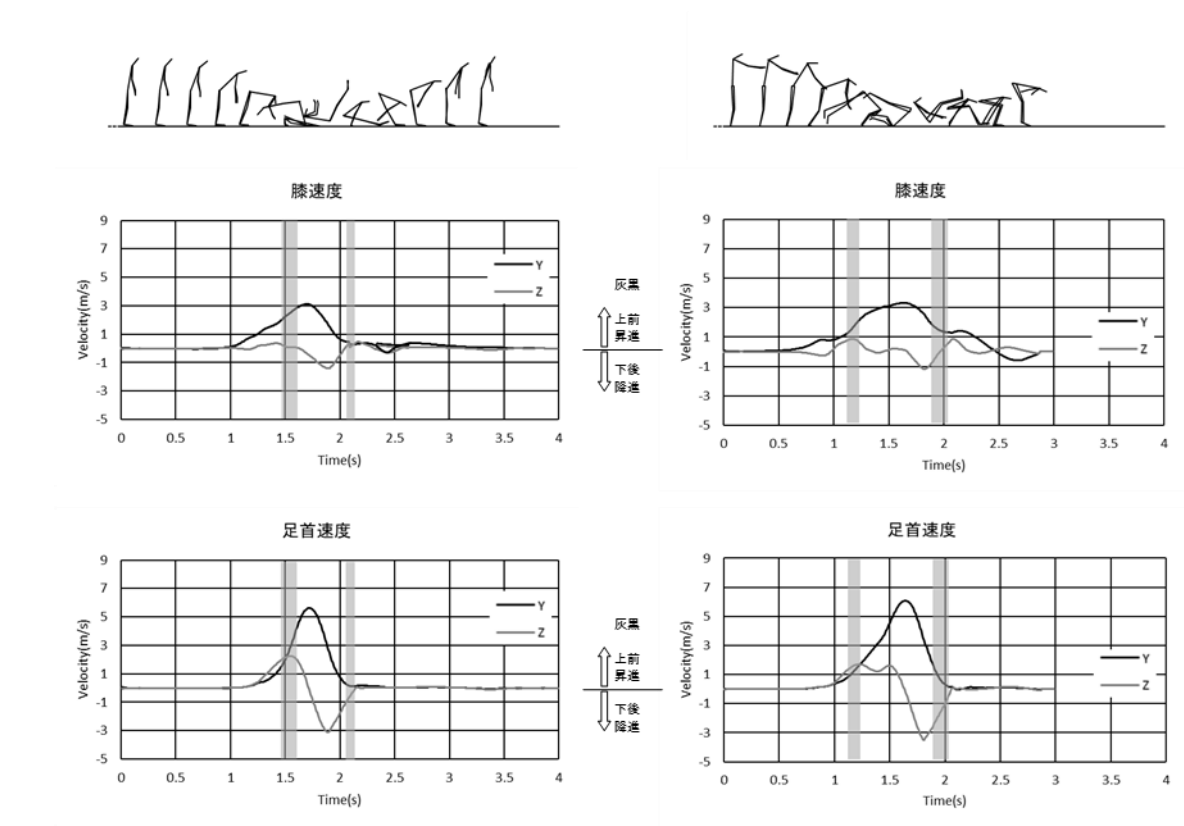


図9. 脚の使い方（速度変化）



図 9 上段の膝速度をみると、熟練者の波形は単純で、未熟練者の波形は小さな変化が多くみられる。伸膝前転の脚は振り上げて振り下ろすという単純な動きであるが、未熟練者の膝の動きには変化が多い。

図 9 下段の足首速度をみると、熟練者の前後方向速度は短時間に前進への加速・減速をするが、未熟練者は時間がかかっている。上下方向速度は熟練者が上昇・下降の単純な変化に対して、未熟練者は 1 回目の手をマットに着いた後の上昇時に 2 つのピーク（1 秒から 1.6 秒）がみられる。

脚の使い方には、熟練者と未熟練者に以下のような違いがみられた。

- ① 股関節開角度について、両者ともに閉じているが、未熟練者は少し開閉していた。
- ② 膝関節角度について、熟練者は伸展状態であるが、未熟練者は屈曲・伸展を繰り返していた。特に、技の終盤で立ち上がる時に 80 度まで膝を曲げていた。
- ③ 膝や足首の速度について、熟練者は単純な波形（振り上げて振り下ろす）になっているが、未熟練者は変化の多い波形で、特に 1 回目の手をマットに着いた後に 2 つのピークがみられた。

### 3-5. 被験者に与えた試技前後の指導コメント

実験撮影時に被験者に与えた指導コメントは、表 1 に示した。熟練者には、単純に伸膝前転を行うだけでなく、熟練者にとっては簡単な技なのでもっと上手に見せるような動きになって欲しいという意味で、「しなやかに」とコメントした。

未熟練者は、伸膝前転が膝を曲げずに行う技なのに膝が曲がってしまっていたため、膝を伸ばしてできるようにするための指導を行った。また、「技の最後に前屈して頭部を前に移動」と「回転中の長座体前時の手の押し方」については、膝を伸ばしながら立てるようになるための指導である。

表 1. 被験者への指導コメント

対 象	指導コメント
熟練者	・ しなやかに
未熟練者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 前半の膝曲がりを指摘 →伸膝という技の性質を伝え意識をさせた。</li> <li>・ 技の後半から最後にかけての膝の曲がりを指摘 →回転力をつけることによって膝の曲がりを緩和させた。</li> <li>・ 技の最後に前屈して頭部を前に移動 →体重移動の方法を指導することでスムーズな回転に結びつける。</li> <li>・ 回転中の長座体前時の手の押し方を指導 →手の押し方とタイミングの合わせ方を指導することで、スムーズな回転に結びつける。</li> </ul>

## 4. 考察

手をマットに着いていた時間や 1 回目に着いてからから 2 回目が離れるまでの時間などは、すべて未熟練者が長めになっていた。1 回目の手をマットに着いてから 2 回目の手がマットから離れるまでの時間差は、熟練者が 0.24 秒短く、全体的に動作が速いことが分かる。

熟練者の体軸回転のグラフは、未熟練者に比べて急な傾斜であったが、この傾斜は回転速度を表しており、熟練者の回転は速く、未熟練者が遅いことが分かる。未熟練者は回転速度が遅いことによって、手をマットに着く時間が長くなっていると考えられる。また、回転速度が遅いことは、一連の動作の連動性が損なわれ、技が途切れてしまうため身体重心、上半身重心、下半身重心、肘・手首・膝・足首の速度に停滞、ピーク数の多さ、階段状の変化等、未熟練者の速度波形に様々な変化が表れた原因と考えられる。回転速度が遅すぎると技の連動性が損なわれるため十分な回転速度にあることが重要で、今回

の熟練者の回転や手をマットに着く時間などは参考になると考えられる。

熟練者は2回手をマットに着く間で身体を伸展させる動きがみられた。未熟練者にはみられなかった。この身体を伸展する動きは1回目の手をマットに着く後の動作で、脚を振り出す局面である。この伸展は、身体をわざと伸展したのではなく、上半身よりも脚を先行して振り出すことで身体が一時的に伸展状態になったと考えられる。その後、上半身のY（前後）方向速度が2回目に手をマットに着く前で上昇することから、この伸展の動きは次の起き上がる動作のために上半身に勢いをつける反動動作になっていると考えられる。未熟練者はこの反動を利用できないため立ち上がれず膝を曲げてしまうと考えられる。回転中に身体を一時的に伸展状態にして脚を振り下ろす勢いを反動に変えることは、伸膝前転で立ち上がるために重要であると考えられる。

熟練者の腋の開閉や肘関節の屈曲伸展が大きく素早く行われていた。一方、未熟練者の腕は屈曲・伸展の可動域が狭く、速度が遅くなっていた。また、腋開角度と肘関節角度で2回目の手をマットに着く時間を表す縦帯の部分を見ると、腋開角度は両者ともに開く方向へ変化しているが、熟練者の肘関節は伸びた状態で、未熟練者は伸展途中にある。熟練者は肘を伸ばした棒状の腕で支えているが、未熟練者は肘の曲がりが残った状態で伸ばしてマットを押そうとしている。熟練者のしっかりと伸ばした棒状の腕は上半身が前・上方向に起き上がる時の支持軸になっていると考えられる。肘が曲がっていると体重が大きくかかると押せなくなるが、肘が棒状になっていると体重が大きくかかっても支えられる。腕を棒状にして支えるためには、熟練者のように素早く大きな腕の使い方が重要であると考えられる。熟練者は身体の伸展動作で反動をつけているので、腕を伸ばした状態で体重のかかる大きさがかなり大きいものと思われるが、今回は腕で押す力を計測していないため、今後はフォースプレートを使って確認する必要がある。

両者とも股関節は閉じていたが、未熟練者の膝関節は伸展・屈曲を繰り返し、特に、技の終盤で立ち上がる時に80度まで膝を曲げていた。未熟練者には、膝を曲げずに立ち上がる方法の指導が必要である。膝や足首の速度については、熟練者が単純な波形（振り上げて振り下ろす）になっていたが、未熟練者は変化の多い波形であった。回転速度を上げて技の運動性を高め、起き上がるための勢いを確保するために身体屈伸の反動を使いながら棒状の腕を支持軸にして上半身の勢いで立ちあがるための練習が必要である。

熟練者の身体重心速度のZ（上下）方向速度は1回目に手をマットに着けてから立ち上がるまで一貫して上昇傾向を示していたが、それは回転の開始から身体屈伸にみられた伸展の動きや腕を素早く大きく動かして棒状の腕で支える動作が連動しているためであり、これらの動きが伸膝前転の成立につながる重要ポイントであると考えられる。

改めて、試技の前後で未熟練者に伝えたコメントを振り返ると、回転中の手の押し方について指導した点はまさに一致する。また、最後に頭部を前に出して体重移動をスムーズな回転に結びつける点については、身体の伸展から屈曲の動きにつながる部分で身体の屈伸を反動として立ち上がることに共通する指導内容である。回転開始の膝の曲がりはずで改善されていることがスティックピクチャーからも確認できるが、立ち上がり時の膝の曲がりについては、今後の十分な練習での技の向上が必要である。よって、指導コメントの一部は本研究の科学的データで適切であることが裏付けられる。

さらに本研究者らは、以上のような結果及び考察をもとに指導方法を考案した。

伸膝前転の指導では、回転速度、腕の支持軸、脚の振り下ろしを活かす反動動作の修得が重要であることが分かった。そこで、以下のような練習方法を提案する。

- ① 回転速度を高めるためには、手を着く位置を前へ遠くにして勢いよく前転を開始させる練習を提案する。手を着く位置が前に出ることで自然に前進速度が高まり、それが回転速度の上昇につながるものと考えられる。
- ② 腕を支持軸にするためには、2回目に手を着くまでに肘を素早く伸展させることが必要であるが、支持する感覚も必要であることからイスで立ち上がる方法を提案する。これは、椅子に長座の姿勢で座り、床に足を振り下ろしながら前屈し、同時に上半身の勢いを利用しつつ肘を伸ばした（棒状にした）腕で椅子をしっかりと押し立て立ち上がる練習である。
- ③ 身体を伸展させて反動を利用するためには、背倒立から前転し、その動作スピードを高め、素早く立ち上がる練習を提案する。この動作スピードが高まると前・上方への勢いもでてくるので、立ち上がり勢いがつくと考えられる。

## 5. まとめ

本研究は、熟練者と未熟練者の伸膝前転を比較して、以下のような指導ポイント、及び今後の課題を考察した。

指導ポイントは以下のとおりである。

- ① 回転速度が重要である。
- ② 腕の使い方として、大きく肘を屈曲・伸展させて、2回目に手をマットに着く動作で支持軸を作る。(この時、腕でマットを押す。要確認。)
- ③ 回転中に脚を振り下ろすときに上半身を起こして反動をつける。

今後の課題は、以下の通りである。

- ① 腹筋の使い方をみるために筋電図を使う。
- ② 腕でマットを押す力をみるためにフォースプレートを使う。

本研究によって普段行っている伸膝前転の指導内容の一部は、科学的データに基づいて適切であることが裏付けられた。

また、本研究は次のような指導法を提案する。

- ① 回転速度を高めるために、手を着く位置を前へ遠く出す練習法
- ② 腕を支持軸にするために、イスに長座の姿勢で座り、足を振り下ろしながら前屈して、棒状の腕で椅子をしっかり押して立ち上がる練習法
- ③ 身体を伸展させて反動を使うために、背倒立から前転し、その動作スピードを高める練習法

## 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.