

# 器械運動の「コツ」をバイオメカニクスの観点から探る

岡本 敦\*

## 1. はじめに

スポーツの指導場面では、動きの「コツ」と言ったものがしばしば使用される。これは初心者経験者が運動経験に基づき指導する場面で、どのようにしたら上手くできるのかを伝える技術のポイントと言ったものである。これらの中には経験的に積み上げられた中で広く一般化した表現もある。しかし、これらの用語をバイオメカニクスの観点から検証した研究は少ない。そこで、本項では器械運動の指導場面で用いられる運動の「コツ」をバイオメカニクスの観点から検証し、器械運動の指導にバイオメカニクスを活用する方法を探るものである。

## 2. 方法

器械運動の指導の「コツ」として広く用いられる用語は、器械運動の指導書などから、指導のポイントとして挙げられているものとし、これらの指導ポイントによるバイオメカニクスの利点を運動力学的に検証した。

## 3. 結果

### 3-1 身体重心とバランス

バイオメカニクスの講義では、身体が安定するためには基底面の中に重心があることが必要であると説明されている。このことは器械運動でのバランスにもあてはまるものである。そこで、まず三点倒立について見てみる。

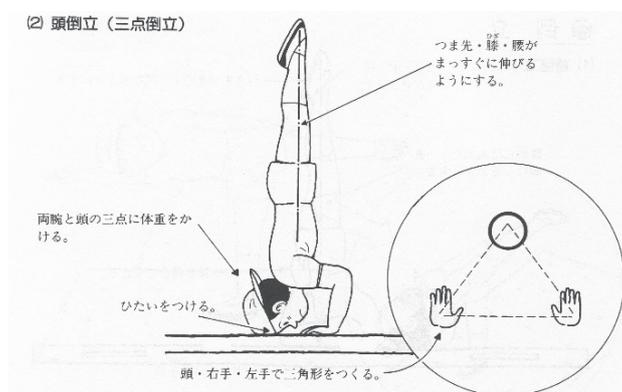


図1 三点倒立の解説例<sup>1)</sup>

三点倒立の指導では、頭と両手で正三角形を作るように指導することが多い。多くの初心者は頭と両手が横一直線に着いてしまう場合が多い。頭と両手が横一直線に着いてしまうと規定面の面積が小さく

\* 東海学園大学スポーツ健康科学部

なり、重心を規定面の中に収めることができなくなり三点倒立で静止することができなくなってしまうのである。また、頭を着く時に頭頂部で着くのではなく、オデコで着くように指導する。これは、頭頂部で着いた状態で前に倒れそうになると、それにブレーキをかけることが全くできなくなってしまうが、オデコを着くことによって、首を前屈させる力（トルク）を首で発揮すると、この力は前方へ倒れるのにブレーキをかける作用を持つ。したがって、前に倒れそうになった時にはオデコでブレーキをかけ、手前に戻りそうになった時には手で押すことによって調整が可能となるのである。

次に倒立についてみる。

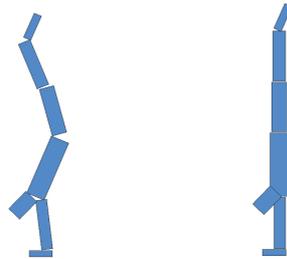


図2 倒立（左図：初心者 右図：上級者）

倒立では、基底面が両手で作られるため、三点倒立のように前後方向の大きさを変えることは出来ない。その為、倒立は三点倒立よりもバランスをとることが難しくなる。そして、多くの初心者では身体が反ってしまうことが多い（図2左図）が、そうすると肩や腰に余分な負担をかけることになる（肩や腰の関節で常にトルクを発揮していなければならない）。バイオメカニクス的には、身体各部を積み木（剛体）と考えてやれば、積み木を縦に積み上げることによって余分な力のいらぬ安定した倒立が可能となる（図2右図：肩や腰の関節でトルクを発揮する必要はない）。

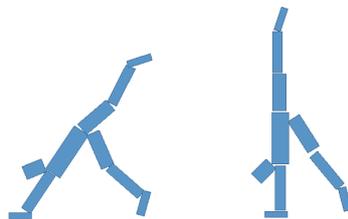


図3 倒立静止を行う際の初心者と上級者のイメージの違い  
（左図：初心 右図：上級者）

また、倒立静止を行う際にも初心者と上級者では大きな違いがみられる。初心者では左図に見られるように、斜めの棒を立てる用に足で一生懸命蹴り上げて倒立のなろうとする実施が多い。しかし、これでは棒が立って止まる確率が低いのは当然の結果である。一方、上級者では、腕、胴体、下肢（片側）を一直線に積み上げて置き、その上にもう一方の足を、静かに積み木を積み上げるかのように載せてゆくのである。このイメージの違いによって、倒立静止の確率は格段に上がるのである。しかし、右図のイメージで倒立静止を実施する為には、柔軟性が必要であることは言うまでも無い。

### 3-2 伸膝前転と力学的エネルギー

図4に伸膝前転の解説を示した。伸膝前転は中学校、高等学校の学習指導要領では、発展技として例示されているが、初心者にはなかなか習熟の難しい技である。



図4 伸膝前転の解説例<sup>2)</sup>

この技の練習方法を調べてみると多くの指導書で、次の2つの練習方法が示されている。一つ目は落差を利用した方法である(図5 a)。二つ目は助走(勢い)を利用した練習方法である(図5 b)。

⑦ a. 落差を利用した伸膝前転

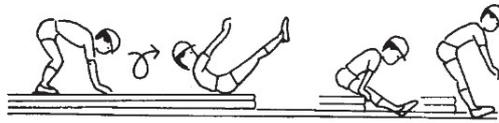


図5 a 伸膝前転の練習方法(落差を利用した練習方法)<sup>2)</sup>

⑧ 2, 3歩助走からの伸膝前転

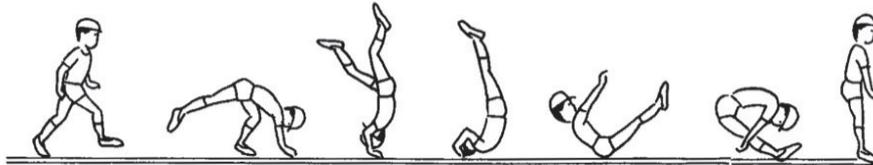


図5 b 伸膝前転の練習方法(勢いを利用した練習方法)<sup>2)</sup>

伸膝前転は前転に比べて、膝を伸ばしたままで高い姿勢に立ち上がることが難しい技である。この最終的に立ち上がった姿勢と前転の抱え込んだ最終姿勢の違いを重心の位置エネルギーの差と考えると、伸膝前転では前転に比べて最終的に大きな位置エネルギーの獲得が必要と考えることができる。そして、この大きな位置エネルギーを獲得する方法をエネルギー論の立場から考えると、落差を利用した練習方法では、運動の開始時にあらかじめ身体の高さを高くして位置エネルギーを大きくしておき、それを一旦、運動エネルギーに変換した後に、さらに運動エネルギーを位置エネルギーに変換することによって、最終的に大きな位置エネルギーを獲得していることになる。また、助走の勢いを使う練習方法では、助走することによって運動エネルギーを大きくし、それを前転の回転の運動エネルギーに変換した後に、さらに位置エネルギーに変換することによって、最終的に大きな位置エネルギーを獲得しているのである。

伸膝前転を力学的エネルギーの観点から考える<sup>3)</sup>と、前転で踵が接地するまでは大きなエネルギーを獲得する部分であり、それ以降は獲得した運動エネルギーを位置エネルギーに変換する局面と考える事ができる。したがって、ここでの落差を利用する方法と助走の勢いを使う練習方法ともに、大きなエネルギーを獲得する為の練習方法と言える。これらの動作は伸膝前転の補助動作として有効であるが、踵接地後の運動エネルギーを位置エネルギーに変換する局面の動作の練習も別途考える必要がある。

### 3-3 重力による回転トルクの獲得

鉄棒運動では、身体を回転させる原動力に重力を利用する場合が多い。その一例として鉄棒の前方支持回転について検討する。

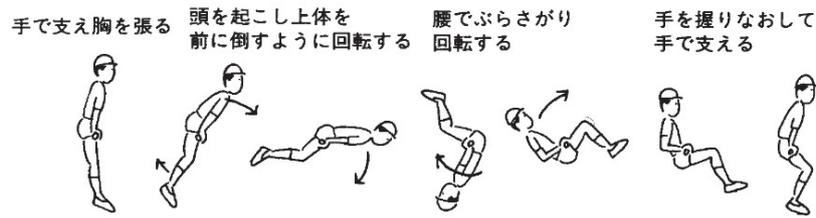


図6 鉄棒の前方支持回転の解説例<sup>4)</sup>

図6に鉄棒の前方支持回転の解説例を示した。鉄棒の前方支持回転では、鉄棒を回転の中心軸として身体重心に作用する重力によって生じる回転トルクの大小が技の成否のポイントとなる。前方支持回転を図6の左から1枚目から4枚目を前半、4枚目から7枚目を後半として考える。すると前半部分は重力による回転の加速局面であり、後半は重力による回転の減速局面となる。前半局面では身体重心を鉄棒から遠ざけ重力による回転トルクを大きくして前半局面の正の角力積を大きくする必要がある。他方、後半局面では身体重心を鉄棒に近づけ重力による負の回転トルクを小さくすることによって後半局面の負の角力積を小さくする必要がある。最終的には前半局面の正の角力積と後半局面の負の角力積の差によって、差が大きければ前方支持回転に成功できるが、小さいか負になってしまうと前方支持回転は失敗に終わるのである。このように前方支持回転では鉄棒と身体重心の位置関係が問題となるが、指導局面では頭部の位置で指導する場合が多い。例えば図6の左から3枚目と5枚目で、前半局面の3枚目では胸を張って背中を丸くしないや、顎を出して前方を見るなどの指導によって頭部をできるだけ鉄棒から遠ざけることによって回転半径 $r$ を大きくすることによって角力積を大きくするのである。また、後半局面である5枚目では、背中を丸くし頭を前へ倒すことによって頭部を鉄棒に近づけることによって回転半径 $r'$ を小さくすることによって角力積を小さくするのである(図7)。



図7 前方支持回転の前半局面と後半局面の姿勢の違いと回転半径( $r$ )の関係<sup>4)</sup>筆者加筆

次に鉄棒の逆上がりと後方支持回転について考える。図8に鉄棒の逆上がりの解説例を示した。また図9に逆上がりの代表的な欠点例を示した。



図8 鉄棒の逆上がりの解説例<sup>5)</sup>

代表的な欠点例

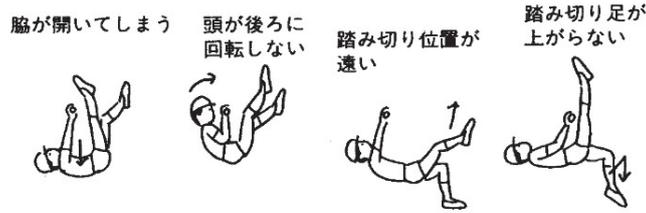


図9 逆上がりの代表的な欠点例<sup>5)</sup>

鉄棒の逆上がりでは図9のような欠点が多くみられるが、最近の逆上がりの指導では図10のような姿勢で鉄棒に5秒以上ぶら下がることのできるかどうかの問題にされることが多くなっている。



図10 肘を曲げ、膝を抱え込んだ姿勢でのぶら下がり<sup>5)</sup>

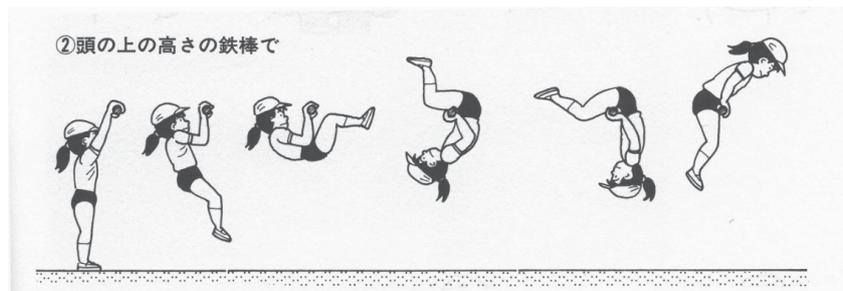


図11 高鉄棒での懸垂逆上がり<sup>6)</sup>

この図10の姿勢は図11の懸垂逆上がり（左から3枚目）に必要な姿勢である。懸垂逆上がりでは、低鉄棒の逆上がりで行われる足の振り込みによる回転ができないので、重力の利用がポイントとなる。図12の左から2枚目のようにまず懸垂し身体重心を①の方向に引き上げ膝を抱え込むと、3枚目のような姿勢になり、身体重心は鉄棒の真下より左側に位置することになり、身体は重力によって鉄棒を中心として左回転を始める。この重力による左回りの回転トルクが、逆上がりの回転のきっかけを作っているのである。

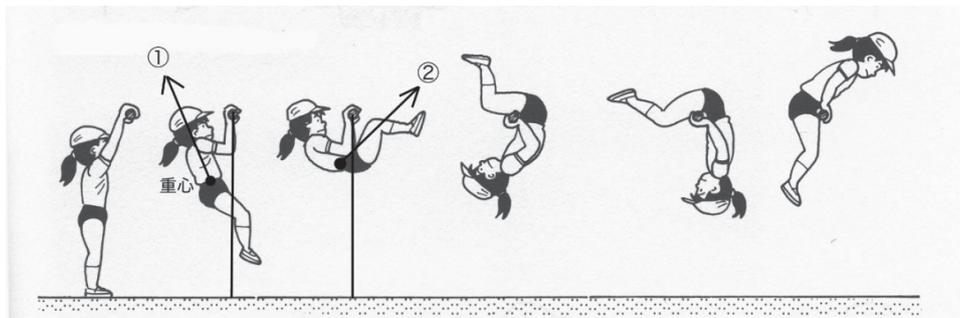


図12 高鉄棒の懸垂逆上がりの重力による回転のきっかけづくり<sup>6)</sup> 筆者加筆

また、同様に低鉄棒の逆上がりでも図9の代表的な欠点例の左から3枚目のように身体重心が鉄棒の真下より前方（図では右側）に位置してしまうと身体重心に作用する重力のトルクは逆上りの逆方向となってしまいます。したがって図13のような足の位置の姿勢をとれば、身体重心は鉄棒の後方（図の左側）に位置し、重力によって身体重心は逆上がりと同じ回転方向のトルクを受け、それによって逆上りの回転のきっかけを作ることが可能となる。

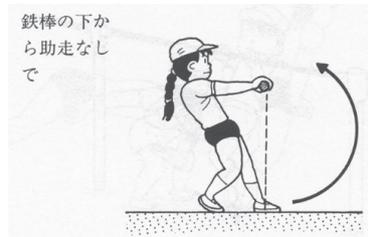


図13 低鉄棒の逆上りの足の位置<sup>6)</sup>

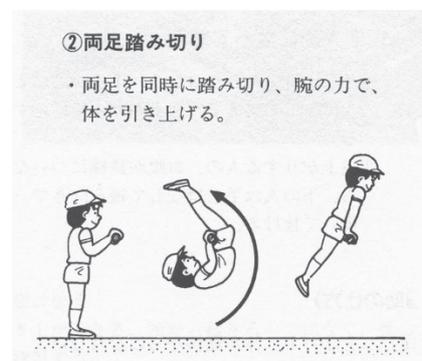


図14 両足踏み切りによる逆上がり<sup>6)</sup>

従来、逆上りの初心者指導では足の振り込みに力点が置かれることが多かったが、図10のぶら下がり姿勢を継続する筋力トレーニングと図13あるいは図14のような重力による回転のきっかけを利用した逆上りの練習も有益であると考えられる。特に大学の教職課程での器械運動の授業では、無駄な力を使わない効率の良い逆上りの学習指導としてこの練習方法を取り入れることは有意義であると考えられる。

#### 4. 考察

文部科学省が平成29年7月公示した新学習指導要領の中学校学習指導要領保健体育編<sup>7)</sup>のH. 体育理論(2) 運動やスポーツの意義や効果と学び方や安全な行い方の中で、(イ) 運動やスポーツの学び方として、「運動やスポーツの課題を解決するための合理的な体の動かし方などを技術といい、技能とは、合理的な練習によって身に付けた状態であること、技能は個人の体力と関連していることについて理解できるようにする。各種の運動の技能を効果的に獲得するためには、その領域や種目に応じて、よい動き方を見付けること、合理的な練習の目標や計画を立てること、実行した技術や戦術、表現がうまくできたかを確認すること新たな課題を設定することなどの運動の課題を合理的に解決する学び方があることを理解できるようにする。」としている。したがって器械運動では、よい動き方を見付けることや運動やスポーツの課題を解決するための合理的な体の動かし方を理解する上で、バイオメカニクスなどの知識が重要になる。なぜその技ができるのかを合理的に説明し、それを合理的に練習するためにはバイオメカニクスの知見が不可欠である。

本学では1年生でバイオメカニクスが必修となっており、バイオメカニクスの理論を学習した後に保健体育科教育法（器械運動）を学習することになる。したがって、保健体育科教育法（器械運動）の学習過程で、ある技ができるか否かを各個々人がバイオメカニクスの理論に基づき運動構造を検討すること、そして力学的観点から合理的な練習方法を考えることは、保健体育科教育法（器械運動）とバイオメカニクスを複合して学習することになり、新学習指導要領で求められている、運動やスポーツを科学的に理解し実践する能力を高めることに大きく貢献すると考えられる。

## 5. まとめ

本稿では器械運動の指導場面で用いられる運動の「コツ」をバイオメカニクスの観点から検証し、器械運動の指導にバイオメカニクスを活用する方法を探った。その結果、保健体育科教育法（器械運動）の学習過程で、ある技ができるか否かを各個々人がバイオメカニクスの理論に基づき運動構造を検討すること、そして力学的観点から合理的な練習方法を考えることは、保健体育科教育法（器械運動）とバイオメカニクスを複合して学習することになり、新学習指導要領で求められている、運動やスポーツを科学的に理解し実践する能力を高めることに大きく貢献すると考えられた。

## 6. 参考文献

- 1) 立木 正監修 (1995) マット遊び・マット運動, 小学館, 120.
- 2) 高橋健夫, 三木四郎, 長野淳次郎, 三上 肇 (1992) 器械運動の授業づくり, 大修館書店, 36-39.
- 3) 岡本 敦 (2016) バイオメカニクスの観点からみたマット運動の伸膝前転の指導法 —伸膝前転ができない原因の男女差を探る—, 東海学園大学教育研究紀要 第2号, 28-33.
- 4) 高橋健夫, 三木四郎, 長野淳次郎, 三上 肇 (1992) 器械運動の授業づくり, 大修館書店, 148-151.
- 5) 高橋健夫, 三木四郎, 長野淳次郎, 三上 肇 (1992) 器械運動の授業づくり, 大修館書店, 130-133.
- 6) 立木 正監修 (1995) 鉄棒遊び・鉄棒運動, 小学館, 68-73.
- 7) 文部科学省 (2020) 新学習指導要領 中学校学習指導要領解説 保健体育編 H. 体育理論, [http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_\\_icsFiles/afieldfile/2017/07/25/1387018\\_8\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2017/07/25/1387018_8_1.pdf), 189-197.