

鉄棒の前方支持回転のバイオメカニクス

岡本 敦*・市川真澄**

1. はじめに

学校体育における器械運動では、小学校の第5学年及び第6学年の鉄棒運動に「前方支持回転」が教材として取り上げられている。そして「前方支持回転」は、中学校、高等学校の学習指導要領でも鉄棒運動の基本的な技として例示されている³⁾。しかし、学校体育の限られた授業時間数の中で、この「前方支持回転」を生徒に習熟させることは非常に困難である。そこで本研究では、鉄棒運動における「前方支持回転」をバイオメカニクスの観点から検討し、そのメカニズムを明らかにすることによって「前方支持回転」の指導方法を力学的観点から解説することを目的とした。

2. 方法

本研究の被験者は体操競技の熟練者と初心者各1名であった。熟練者は全国大会にも出場経験のある指導者で、現在もジュニア選手の指導や、大学での器械運動の授業も行っている女性であった（年齢：49歳、身長：1.54m、体重：57kg）。また初心者は、本学のスポーツ方法学実習（器械運動）を受講しており、鉄棒の「前方支持回転」ができない男子学生であった（年齢：21歳、身長：1.73m、体重：70kg）。被験者に反射マーカ―49個を貼付し実験室に設置した鉄棒で「前方支持回転」を行う動作をVICON社製モーションキャプチャーシステム（カメラ10台、毎秒250コマ）によって記録した。記録した身体各部の座標から阿江らの身体部分係数¹⁾によって身体重心を算出した。

前方支持回転中の頭頂点、肩峰点、身体重心の鉄棒からの距離を求めた。また、鉄棒からの距離への被験者の身長による影響を除去する為に、鉄棒からの距離を被験者の身長で除して相対距離を求めた。

3. 結果と考察

熟練者と初心者の前方支持回転中の頭頂点、肩峰点、身体重心の鉄棒からの距離を図1、2に示した。いずれも前方支持回転開始から終了までを示しており、熟練者は前方回転して鉄棒上で再び支持になったが、初心者は前方回転をして支持になることができなかった。前方回転中に身体重心が鉄棒の真下に来た時を0秒として示した。

図1の熟練者では、頭頂点と肩峰点の距離は前方支持回転の前半で殆ど回転開始時の値を維持していたが図2の初心者では、回転開始と同時に減少した。

前方支持回転で鉄棒周りに身体が重力による回転トルクの影響を最も大きく受けると考えられる身体重心と鉄棒が水平になった時点の頭頂点と肩峰点の鉄棒からの距離を回転開始時と比較してみると、熟練者ではそれぞれ、98.7%、101.3%であったのに対して、初心者ではそれぞれ、86.7%、90.9%と大きく減少していた。身体が水平になった時の重力による回転トルクは身体の部分質量と回転半径の積で決定されるので、熟練者は回転開始時の回転半径をほぼ維持していたのに対して、初心者では回転半径が

*東海学園大学スポーツ健康科学部、**東海学園大学非常勤講師

大きく減少し、前方支持回転の加速に重要な重力による回転トルクを利用できていないことを示す結果であった。

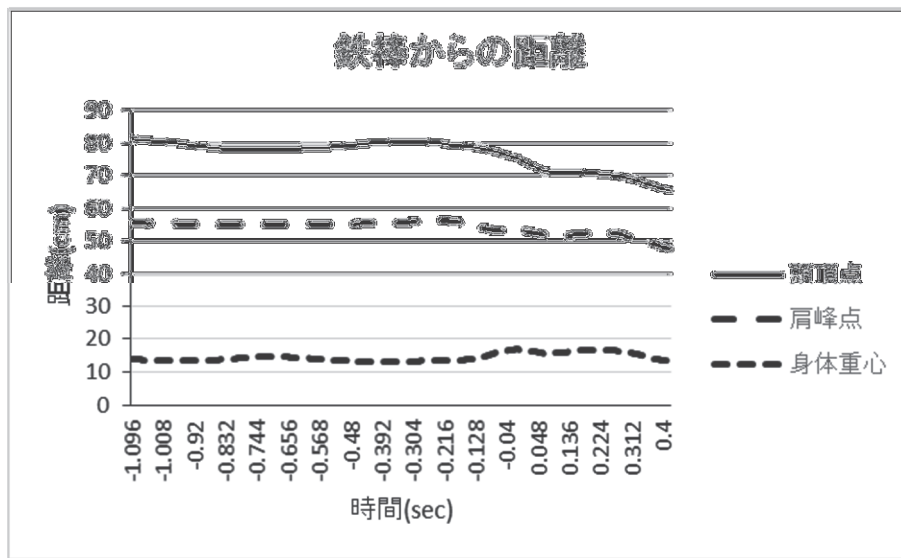


図1 前方支持回転中の熟練者の頭頂点、肩峰点、身体重心の鉄棒からの距離

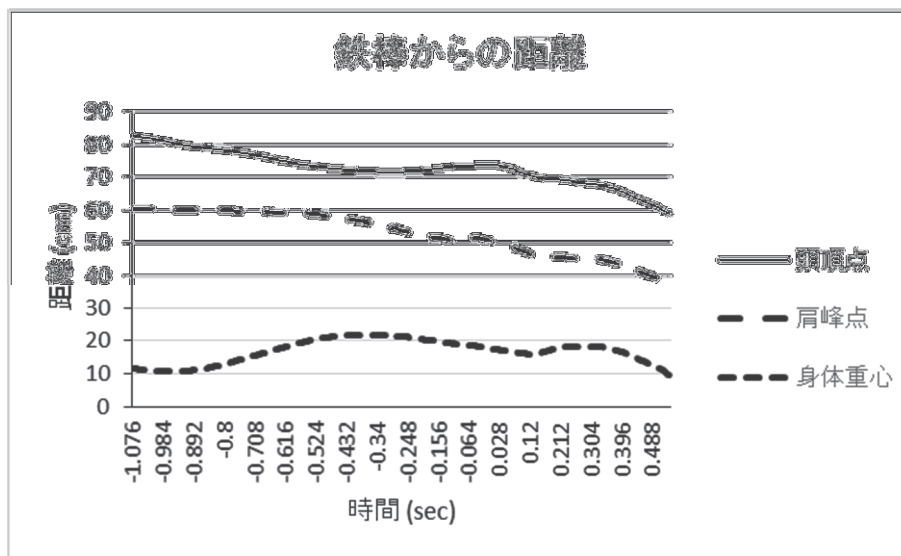


図2 前方支持回転中の初心者の頭頂点、肩峰点、身体重心の鉄棒からの距離

次に、鉄棒からの身体各部の距離は被験者の身長の影響を受けると考えられるので、熟練者、初心者それぞれの頭頂点、肩峰点、身体重心と鉄棒からの距離をそれぞれの身長で除して相対距離で現したものを図3、図4に示した。

また、熟練者と初心者の頭頂点、肩峰点、身体重心の相対距離の経時的変化を図5、図6、図7にそれぞれ示した。

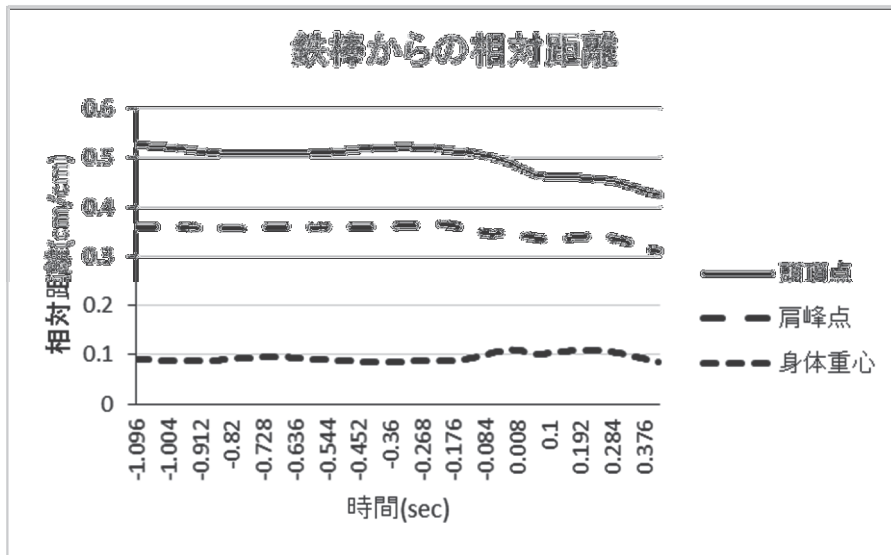


図3 熟練者の頭頂点、肩峰点、身体重心の相対距離の経時的変化

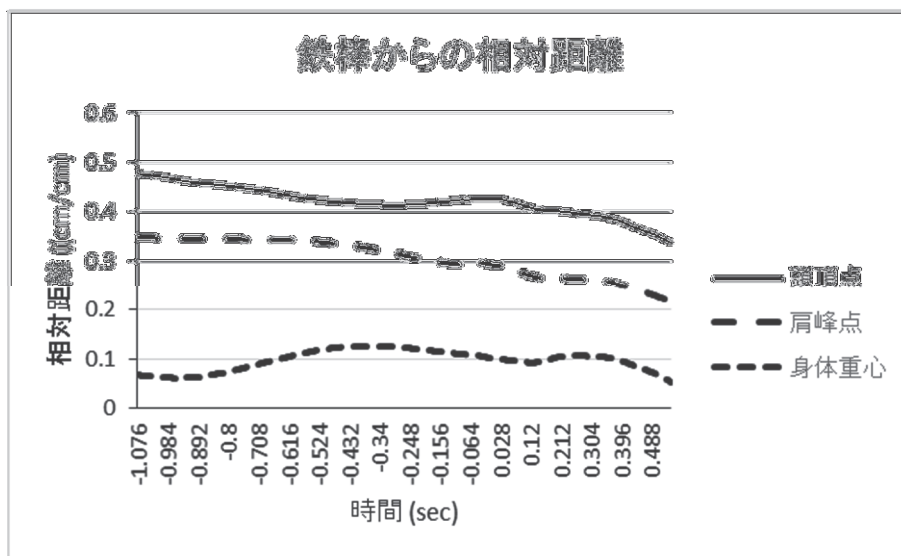


図4 初心者の頭頂点、肩峰点、身体重心の相対距離の経時的変化

回転開始時の肩峰点の相対距離は熟練者と初心者ではほぼ同じ値を示しているのに対して、頭頂点は熟練者が大きな値を示した。これは、回転開始時に熟練者、初心者共に腕はしっかりと伸ばしているのに対して、初心者は下を向き、腕の延長線上から前屈した姿勢をとっていた為に相対距離が小さくなった（図8）。また、熟練者で前方回転の後半で肩峰点の距離が短くなったのは、腕もやや曲がるが、それ以上に体幹の屈曲も大きく影響していると考えられた（図8）。

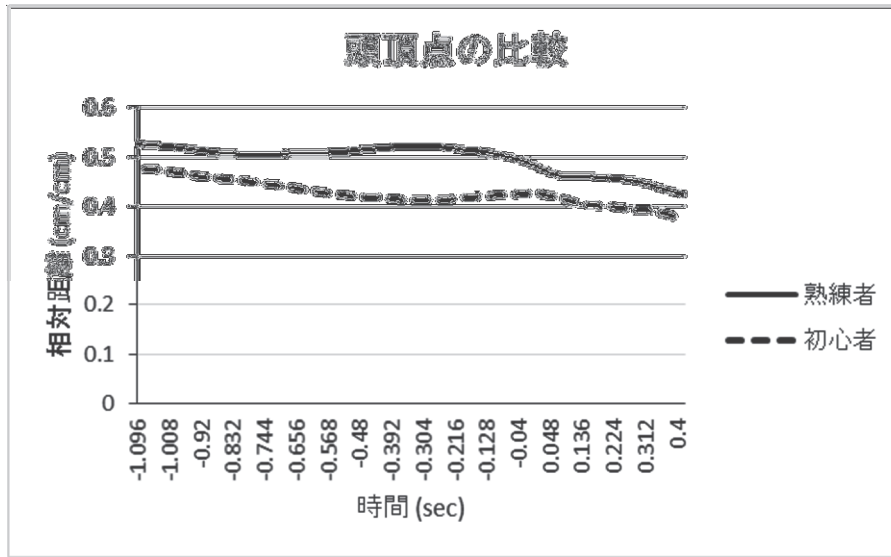


図5 熟練者と初心者の頭頂点の相対距離の経時的変化

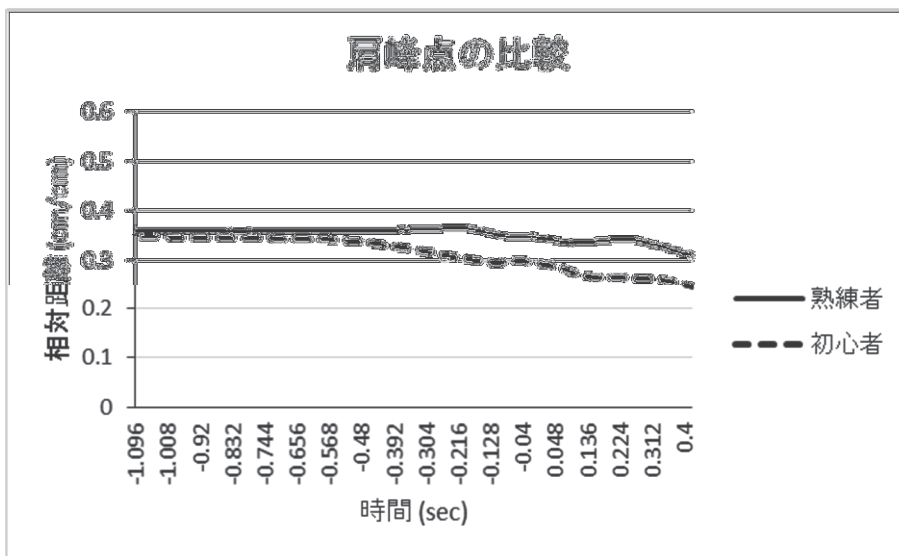


図6 熟練者と初心者の肩峰点の相対距離の経時的変化

身体重心の相対距離の経時的変化を見ると、前半に比べて後半の相対距離が小さくなっておらず、身体重心が振り子となってパラメーター励振によって前方回転の加速をしているとは言えない結果であった。これらの事から、鉄棒の前方回転では上半身が重力による回転トルクによって効率よく加速され、その運動量を全身に伝達することによって前方回転を行っている事が示唆された。

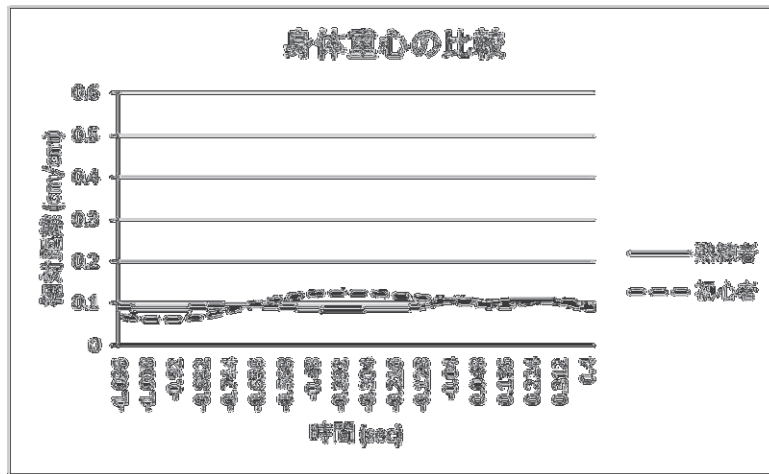


図7 熟練者と初心者の身体重心の相対距離の経時的変化

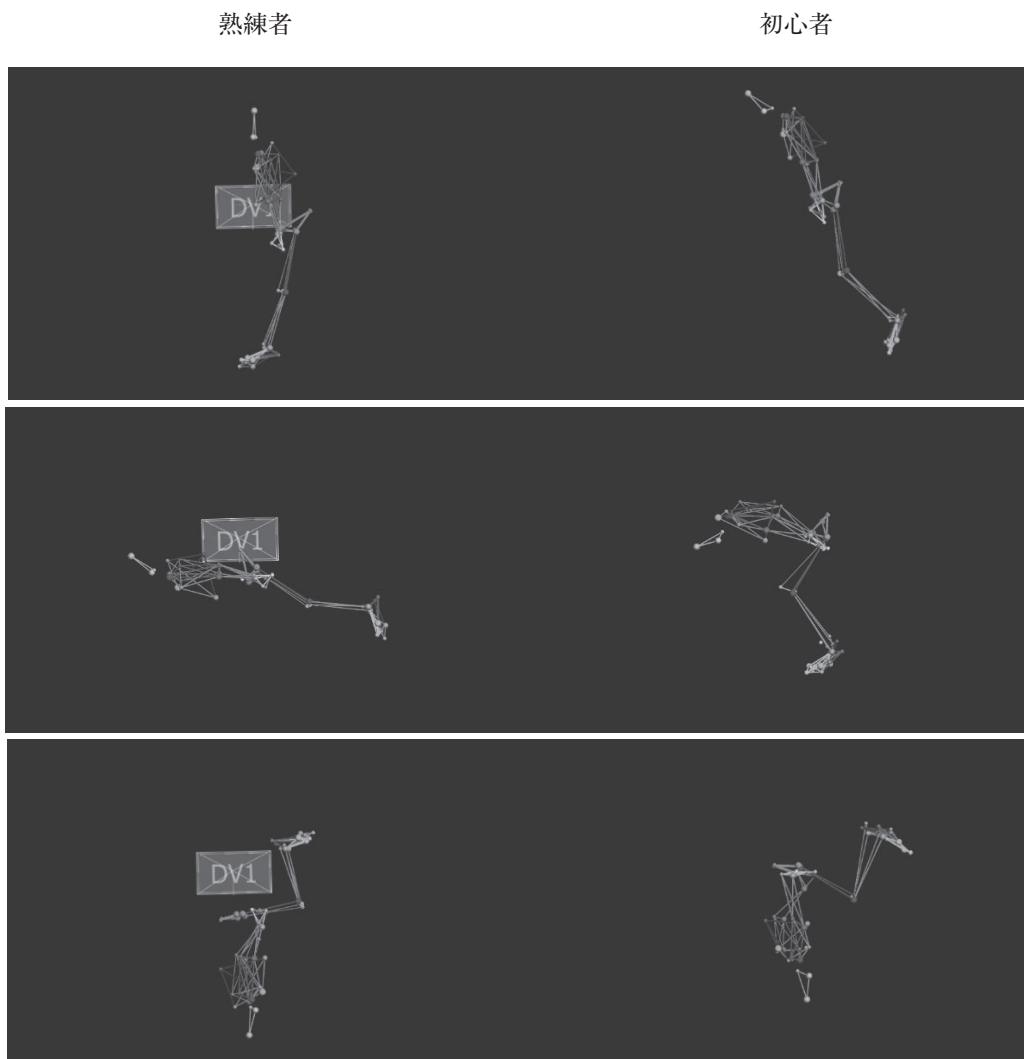


図8 熟練者と初心者の前方支持回転前半の姿勢変化 (左：熟練者、右：初心者)
上段、中段、下段はそれぞれ身体重心が鉄棒の真上、真横、真下を示している。

図9に鉄棒の前方支持回転の指導法の一例²⁾を示した。左から2番目の図で頭の起しを指導するのは本研究の結果をでも支持される指導である。しかし、初心者が前方支持回転を成功するためには、頭

が真下に来た部分での頭の前屈や体幹の屈曲など、加速に関する動作をさらに強調する必要があると思われる。特に体幹の屈曲に関しては学校体育の指導場面で殆ど触れられることは無いので、今後、前方支持回転の指導では、体幹の屈曲（胸を丸くする）などの体幹の使い方を強調することが重要であると考えられた。

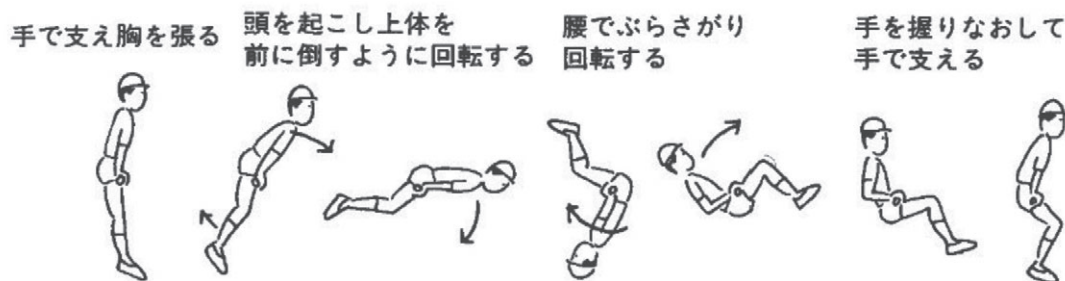


図9 鉄棒の前方支持回転の指導法の一例

4. まとめ

鉄棒の前方支持回転をバイオメカニクスの観点から検討した結果、前方支持回転を成功させるためには、頭の前屈や体幹の屈曲など、前方回転の加速メカニズムにかかわる技術指導が重要であると考えられた。特に体幹の屈曲に関しては学校体育の指導場面で殆ど触れられることは無いので、今後、前方支持回転の指導では、体幹の屈曲（胸を丸くする）などの体幹の使い方を強調することが重要であると考えられた。

5. 文献

- 1) 阿江通良, 湯海鵬, 横井孝志 (1992) 日本人アスリートの身体部分慣性特性の推定, バイオメカニクス, 11, 23-33.
- 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, 148-151.
- 3) 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. 体育論, http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2017/07/25/1387018_8_1., 189-197.