

## 倒立静止における事例的研究

### A case study of Handstand stationary

小島 正憲\* 小島 万弓\*\* 松尾 亜美\*\*

Masanori Kojima\* Mayumi Kojima\*\* Ami Matsuo\*\*

\*愛知東邦大学人間健康学部 \*\*World Vision Sports School

#### 要 旨

本研究の目的は、上級者における倒立静止が可能な傾斜角度の限界値をバイオメカニクスの観点と運動感覚的観点から抽出することで、その技術ポイントを明らかにすることである。

方法として、試技者は体操競技経験者1名、計測する試技の項目は「鉛直姿勢の倒立静止」「鉛直姿勢から腹側に0～5度以内、6～10度以内、11～15度以内に傾けた倒立静止」「鉛直姿勢から背中側に0～5度以内、6～10度以内、11～15度以内に傾けた倒立静止」「鉛直姿勢が崩れた状態（姿勢の変化）で腹側に限界まで傾けた倒立静止」「鉛直姿勢が崩れた状態（姿勢の変化）で背中側に限界まで傾けた倒立静止」を用いることとした。

結果として、倒立静止をする際は身体重心の調節が不可欠であり、傾斜角度の範囲（腹側・背中側を含む）は「鉛直姿勢の倒立角度0～5度以内」であれば、身体的にも感覚的にも倒立を止めることができると感じられた。しかし、傾斜角度が5度以上になると身体的にも感覚的にも倒立を止めることが難しくなる。特に、倒立静止の練習や指導をする際には非常に大切な技術ポイントとなり、倒立静止を習得するためには初心者であっても、鉛直線や基底面上内に収まるように意識して倒立の練習をしていくことが望ましいと考える。

#### I. 緒言

器械運動における「倒立」は非日常的な動作であり、その運動特性は鉛直姿勢を保持しつつ頭と足が逆位となり、両手で身体を支えて立つ動作である。加えて、器械運動は体操競技と同じ採点種目であることから、ただ単に技ができれば良いということではなく、「技がよりよくできること」の質的要素が求められている（文部科学省，2018）。また、倒立の応用技や発展技として「静止する、歩く、前転する」などが一般的に挙げられるが（小島，2014）、歩く及び前転する動作は倒立姿勢が少し崩れていても、自身の筋力や柔軟性を用いれば半ば強引に行うことができる。しかしながら、倒立静止については正しい姿勢が保持できないと静止することは難しい。

このことから倒立の正しい姿勢とは、ただ単に逆位で両手支持するだけではなく「手関節、肘関節、肩関節、股関節、膝関節、足関節」が一本の鉛直線上にすべて位置する姿勢であり、背中や腰が反る、肘や膝が曲がるなどの姿勢は正確な姿勢とは言えない。重要なことは、先に述べた各関節が真上に積み重なることであり、各関節のうちどれかが鉛直線上から外れた位置にあれば、それ以外の部位がバランスを保持しようとするために、鉛直線の反対側に位置しな

ければならなくなる。このような崩れた姿勢は、体操競技の採点規則上（日本体操協会，2017）からも正確な姿勢とは言わない。加えて、「正しい倒立静止」についてバイオメカニクスの観点からは、人間の身体は固い一本の棒ではなく、関節を持ち、筋肉によって支えられていて身体の重心は常に前後左右に動揺している。その重心が身体を支える基底面（着手した手の間からなる面）の上から外れてしまうと静止していられず、常に多くの筋肉が協働して姿勢を保持している。仮に、立位姿勢と倒立姿勢を比較すると、立位姿勢でつま先側に体重をかけて（足関節の背屈）足の指を屈曲させると、下腿三頭筋に力が入り立位姿勢を保持しようとする（足関節の底屈）動作が見られる。逆に、踵側に体重をかけると（足関節の底屈）、前脛骨筋に力が入り足関節を背屈させようとする。同様に倒立姿勢の静止状態においても、身体重心は前後左右に動揺し、体操選手のような上達者が倒立した際には、全く静止しているように見えるが実際にはそうではなく、姿勢を保持するために大変な努力をしている。最も行われる動作として、倒立姿勢で背中側に重心が動いたときには、重心の位置を腹側に戻すために手の指で床を押し返す動作を行っている。こうした動作がしやすいよう、倒立をするときには両手の指をやや開き、かつ床をつかむように指を曲げていることが多い。加えて、倒立時の基底面は床に着手した両手の囲まれた面であるが、手の大きさが足の大きさよりも大きいとは考えにくく、立位時の基底面と比較しても小さいことは容易に分かる。さらには、下肢の筋肉に比べて上肢の筋肉は小さいので発揮する筋力も小さく、基底面の上から身体重心が外れたときにそれを戻すことが難しくなる。このように、立位と比較して倒立は基底面が小さく、身体重心の動揺を制御する筋力発揮も小さいことが、倒立静止を困難にしている要因となる（土屋，2021）。

倒立静止については先に述べた通りであり、バイオメカニクスの観点の情報は数多くないものの研究はされている。しかしながら、その研究結果と指導法を鑑みた調査・検証は進んでない現状がある。また、本稿では課題技を倒立静止としたが、その経緯としては倒立の指導時に学生や生徒から「倒立で止まるためにはどうしたら良いですか？」という意見が多く寄せられたことも、この技を選定した理由である。

## II. 目的

本研究の目的は、上級者における倒立静止が可能な傾斜角度の限界値をバイオメカニクスの観点と運動感覚的観点から抽出することで、その技術ポイントを明らかにすることである。加えて、バイオメカニクスの観点は傾斜角度から求め、運動感覚的観点は主観的な評価を用いることとした。

## III. 方法

### 1. 試技者

試技者は、体操競技経験者1名（以下に試技者の情報を記す）とした。

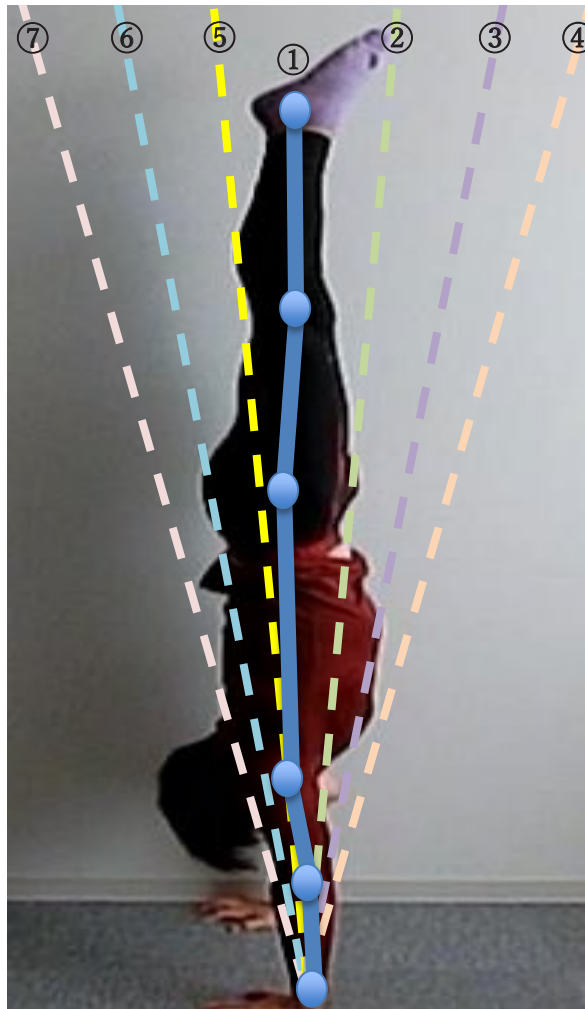
表1 試技者の情報

年齢	性別	体重 (kg)	身長 (cm)	体脂肪数 (kg)	競技年数	競技歴
45	男	56.0	161.0	4.0	20	世界選手権代表

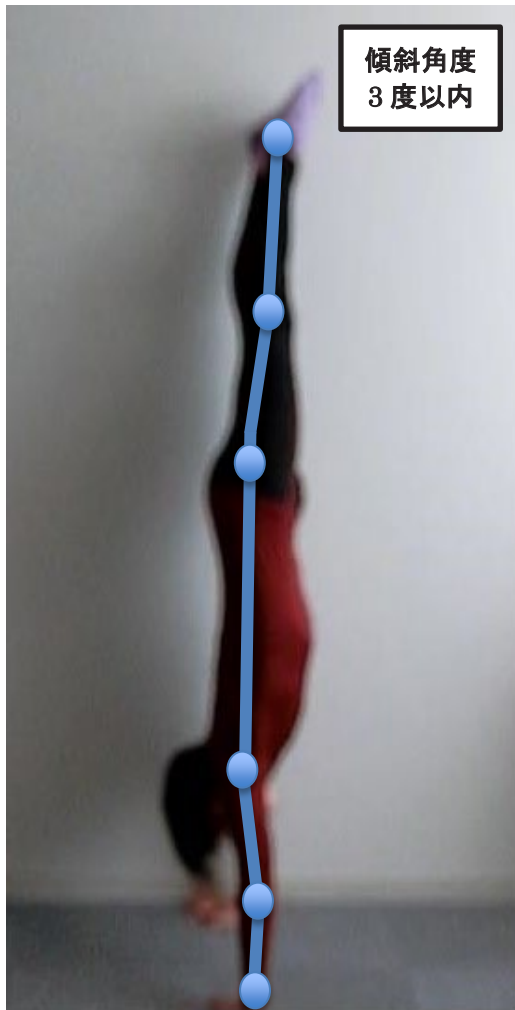
## 2. 試技の方法

計測する試技の項目は、「鉛直姿勢の倒立静止（画像1-①）」「鉛直姿勢から腹側に0～5度以内に傾けた倒立静止（画像1-②）」「鉛直姿勢から腹側に6～10度以内に傾けた倒立静止（画像1-③）」「鉛直姿勢から腹側に11～15度以内に傾けた倒立静止（画像1-④）」「鉛直姿勢から背中側に0～5度以内に傾けた倒立静止（画像1-⑤）」「鉛直姿勢から背中側に6～10度以内に傾けた倒立静止（画像1-⑥）」「鉛直姿勢から背中側に11～15度以内に傾けた倒立静止（画像1-⑦）」「鉛直姿勢が崩れた状態（姿勢の変化）で腹側に限界まで傾けた倒立静止（画像2）」「鉛直姿勢が崩れた状態（姿勢の変化）で背中側に限界まで傾けた倒立静止（画像3）」を用いることとし、全ての試技は各3回実施した。加えて、姿勢角度を15度までにした理由として、採点規則上では技術的欠点の小欠点は0～15度以内までとされている。この規則を踏まえて、本稿では欠点の少ない正しい倒立姿勢を基準としていることから、姿勢角度の判断基準は小欠点の範囲以内にあたる0～15度までとした。

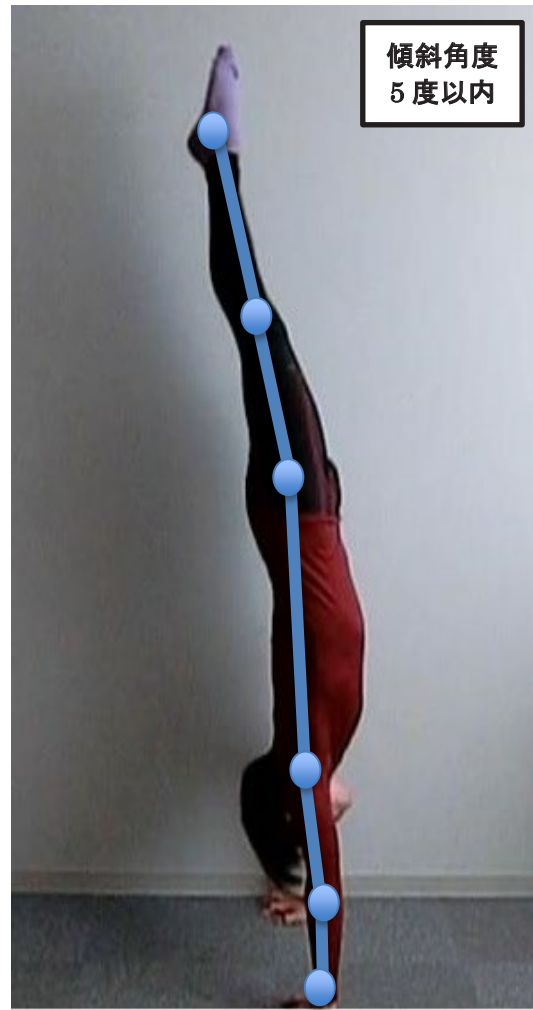
また、試技は3mmのジョイントマット上で行い、倫理的配慮として試技者は筆者本人であるため特段の許可は必要ないと考えた。



画像1 ①鉛直姿勢の基準とする倒立, ②⑤0～5度以内の直線, ③⑥6～10度以内直線, ④⑦11～15度以内の直線)



画像2 (倒立傾斜「腹側」の限界値)



画像3 (倒立傾斜「背中側」の限界値)

### 3. 測定方法

試技の評価は動画と静止画像を用いて行った。その際の留意点として、動画や静止画像は各試技の静止姿勢を基準にするため、確実に静止したと判断できる時間を採用し、その時間を3秒間とした。この3秒間とは、体操競技の採点規則上では倒立静止は2秒間としているが、便宜上その時間では静止有無の判断が難しいことから、本研究ではより厳格な時間設定をして試技を行うものとした。加えて、倒立静止とは「歩く」ことはなく、その場で止まっていることが前提条件であるため、歩くや何らかの着手の動きがあった試技は不可と判断した。

また、全ての試技は側方（10m内地点、20°範囲内）にデジタルビデオカメラ（EX-ZR3100, CASIO社製）を設置し、60fpsにて撮影をした。角度の判断は、デジタルビデオカメラの画像をパソコンに取り込み、その後にパソコンのモニター上で記録画像を映しながら分度器を用いて各画像の角度を計測した。加えて、角度の算出には鉛直姿勢の倒立が必須となるため、その倒立姿勢については「手関節中心、肘関節中心、肩関節中心、股関節中心、足関節中心を結んだ直線」を、姿勢角度を算出する際の基準とした（画像1）。

## Ⅲ. 結果

### 1. 各倒立の傾斜角度における静止時間

「鉛直姿勢の倒立角度0度（画像1-①）」における静止時間は49.1秒±1.7（平均値±標準偏差）、「鉛直姿勢から腹

側に5度以内に傾けた倒立（画像1-②）」「鉛直姿勢から腹側に6～10度以内に傾けた倒立静止（画像1-③）」「鉛直姿勢から腹側に11～15度以内に傾けた倒立（画像1-④）」における静止時間はいずれも0.0秒であった。

「鉛直姿勢から背中側に0～5度以内に傾けた倒立（画像1-⑤）」における静止時間は1.5秒±0.3, 「鉛直姿勢から背中側に6～10度以内に傾けた倒立（画像1-⑥）」「鉛直姿勢から背中側に11～15度以内に傾けた倒立（画像1-⑦）」における静止時間はいずれも0.0秒であった。

「鉛直姿勢が崩れた状態（姿勢の変化）で腹側に限界まで傾けた倒立（画像2）」における静止時間は9.7秒±0.4, 「鉛直姿勢が崩れた状態（姿勢の変化）で背中側に限界まで傾けた倒立（画像3）」における静止時間は3.3秒±0.2であった。

また、主観的な感覚として「鉛直姿勢の倒立角度0度」の場合は、止まることができると感覚的な判断をし、「鉛直姿勢から腹側に5度以内に傾けた倒立（画像1-②）」「鉛直姿勢から腹側に6～10度以内に傾けた倒立静止（画像1-③）」「鉛直姿勢から腹側に11～15度以内に傾けた倒立（画像1-④）」の場合はいずれも止まることができないと感覚的な判断をしている。次に、「鉛直姿勢から背中側に0～5度以内に傾けた倒立（画像1-⑤）」の場合は止まることができると感覚的な判断をし、「鉛直姿勢から背中側に6～10度以内に傾けた倒立（画像1-⑥）」「鉛直姿勢から背中側に11～15度以内に傾けた倒立（画像1-⑦）」の場合は、いずれも止まることができると感覚的な判断をしている。

「鉛直姿勢が崩れた状態（姿勢の変化）で腹側に限界まで傾けた倒立（画像2）」「鉛直姿勢が崩れた状態（姿勢の変化）で背中側に限界まで傾けた倒立（画像3）」の場合は止まることができると感覚的な判断をしている。

表2 倒立の傾斜角度における各パターンの静止時間と主観的な評価

パターン	傾斜方向	姿勢角度	1回目 (秒)	2回目 (秒)	3回目 (秒)	平均値 ± 標準偏差	主観的な感覚 1：止まれる 2：止まる気がする 3：止まらない
P1-①	鉛直	0度	47.5	50.8	48.9	49.1±1.7	1
P1-②	腹	0～5度以内	0.0	0.0	0.0	0.0	3
P1-③	腹	6～10度以内	0.0	0.0	0.0	0.0	3
P1-④	腹	11～15度以内	0.0	0.0	0.0	0.0	3
P1-⑤	背	0～5度以内	1.8	1.3	1.5	1.5±0.3	2
P1-⑥	背	6～10度以内	0.0	0.0	0.0	0.0	3
P1-⑦	背	11～15度以内	0.0	0.0	0.0	0.0	3
P2	腹	自己限界値 3度以内	9.3	10.1	9.8	9.7±0.4	1
P3	背	自己限界値 5度以内	3.3	3.5	3.1	3.3±0.2	1



#### IV. 考察

本研究の目的は、上級者における倒立静止が可能な傾斜角度の限界値をバイオメカニクスの観点と運動感覚的観点から抽出することで、その技術ポイントを明らかにすることであった。

表2から「鉛直姿勢の倒立角度0度」における静止時間は49.1秒±1.7であり、主観的な評価は倒立静止ができる判断していた。加えて、本研究で挙げた上級者としての判断についてであるが、概ね鉛直線上（0度に近い）の倒立姿勢を保持し、およそ50秒間の倒立静止ができていたため、十分に上級者としては認知できるレベルの被検者だと判断した。また、主観的にも倒立が止まるといった感覚を持って倒立を行い、静止することができていた。このことは、バイオメカニクスの観点からは身体重心が身体を支える鉛直線及び基底面上にあるため静止できており、それにより身体重心の調節ができ、倒立が止まると感覚的にも判断していると考えられる（土屋，2021）。この情報は非常に大切な技能ポイントであり、仮に自己練習や指導をする際においても倒立ができないからと言って、倒立姿勢を崩して鉛直線や基底面上から外れるような倒立をすると身体重心の調節ができないため、力が伝わらず身体を支えることは難しくなる。そのことから、倒立の練習や指導をする際には鉛直線及び基底面上内に収まるように意識をして、実施することが大切であると考えられる。次に、「鉛直姿勢から腹側に5度以内に傾けた倒立」「鉛直姿勢から腹側に6～10度以内に傾けた倒立静止」「鉛直姿勢から腹側に11～15度以内に傾けた倒立」における静止時間はいずれも0.0秒であり、主観的にも倒立静止ができる気がしないと判断していた。このことは、先に述べた身体重心の調節が上手くできないことが、倒立静止に負の影響を与える要因になっていると考えられる。

また、「鉛直姿勢から背中側に0～5度以内に傾けた倒立」における静止時間は1.5秒±0.3であり、主観的には倒立が止まれるかもしれないと判断していたが、0度の倒立とは大きく違い1.5秒間の静止時間しか認められず、主観的にも倒立静止できるかは微妙であると判断していた。「鉛直姿勢から背中側に6～10度以内に傾けた倒立」「鉛直姿勢から背中側に11～15度以内に傾けた倒立」はいずれも0.0秒であり、主観的にも倒立静止ができる気がないと判断していた。これらのことは、傾斜方向が腹側と同じく身体重心の調節が上手くできないことが、倒立静止に負の影響を与える要因になっていると考えられる。

最後に、「鉛直姿勢が崩れた状態（姿勢の変化）で腹側に限界まで傾けた倒立」における静止時間は9.7秒±0.4、「鉛直姿勢が崩れた状態（姿勢の変化）で背中側に限界まで傾けた倒立」における静止時間は3.3秒±0.2であり、主観的にも倒立静止ができる感覚を持っていた。この姿勢変化による倒立の保持は、上級者ではよく見られる倒立時の修正動作であり、倒立姿勢が崩れた際に各関節を微細に屈曲・伸展することで身体重心の調節を図り、倒立を基底面上に戻している。この動作をすることで倒立静止を保持・修正しているが、上級者であってもその範囲は腹側であれば0～3度以内、背中側であれば0～5度以内でなければ身体重心の調節が難しくなり、結果として倒立静止ができなくなる。

#### V. 結論

本研究は、上級者における倒立静止が可能な姿勢角度の限界値を見つけることで、倒立静止に不可欠なバイオメカニクスの観点と運動感覚的観点からの技術ポイントを抽出することであった。その結果、以下のことが明らかになった。

倒立静止をする際は身体重心の調節が不可欠であり、傾斜角度の範囲（腹側・背中側を含む）は「鉛直姿勢の倒立角度0～5度以内」であれば、身体的にも感覚的にも倒立を止めることができると感じられる。しかし、傾斜角度が5度以上になると身体的にも感覚的にも倒立を止めることが難しくなる。特に、倒立静止の練習や指導をする際には非常に大切な技術ポイントとなり、倒立静止を習得するためには初心者であっても、鉛直線や基底面上内に収まるように倒立の練習をしていくことが望ましいと考えられる。

今後の課題として、本研究では筆者自身を被検者とした研究であるため、被検者数が不足している。そのため、今後はできる限り被検者数を増やして研究を進めていきたいと考えている。

#### 【引用・参考文献】

- ・朝岡正雄（2019）指導者のためのスポーツ運動学. 大修館書店, pp.74-76, pp.171-174.
- ・金子明友（1974）体操競技のコーチング. 大修館書店, pp.171-172.
- ・加納實, 富田洋之（2011）体操競技におけるルールと技の発展性について. 順天堂スポーツ健康科学研究, 第3巻第1号（通巻59号）: pp.1～8.
- ・木野村, 小島正憲, 葛原憲治（2018）DARTFISHを用いて算出した上肢および下肢関節角度の信頼性と妥当性：倒立動作の2次元動作分析を事例として. Strength & Conditioning Journal Japan, 25（4）: pp.12-18.
- ・小島正憲（2014）大学授業における倒立前転の実態調査—自己評価表の理解度と完成度からみた授業効果—. 東海学院大学紀要8巻: pp.225-230.
- ・小島正憲（2015）マット運動における授業方法の一考察：学生のアンケート調査から. 東海学院大学紀要9巻: pp.137-144.
- ・小島正憲（2016）器械運動における指導法の一考察—マット運動【倒立編】—. 東邦学誌, 45（2）: pp.1-13.
- ・小島正憲（2017）倒立姿勢の「腰が反る」動作を改善するための事例的研究：マット運動から. 東邦学誌, 46（6）: pp.79-91.
- ・MASANORI KOJIMA, YOSHINORI KINOMURA, KENJI KUZUHARA（2021）Development of observational indicators for evaluating handstand posture in the mat exercise in physical education class: validity and reliability. Journal of Physical Education and Sport® (JPES) Vol21 (Suppl. issue 3): pp.2087-2096.
- ・マイネル, K. : 金子明友訳（1981）マイネルスポーツ運動学. 大修館書店, pp.146-149.
- ・松山尚道（2012）運動指導における事例的研究：倒立に学習における、直立形態の獲得をもとにして. びわこ成蹊スポーツ大学研究紀要, 9 : pp.83-91.
- ・文部科学省（2015）学校体育実技指導資料第10集器械運動指導の手引き. 東洋館出版, pp.16-20.
- ・文部科学省（2018）中学校学習指導要領（平成29年告示）解説保健体育編. 東山書房, p.63, pp.75-76.
- ・文部科学省（2019）高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説保健体育編. 東山書房, p.58, p.67.
- ・日本体操協会（2017）体操競技男子採点規則. 公益財団法人日本体操協会, pp.23-31.
- ・野田智洋, 朝岡正雄, 長谷川聖修, 加藤澤男（2009）映像情報の提示方法の違いが運動経過の把握に与える影響：器械運動の技を観察対象として. 体育学研究, 54（1）: pp.15-28.
- ・佐野淳（1990）運動学講義（運動観察と分析）. 大修館書店, pp.156-159.
- ・土屋純（2021）体操競技のバイオメカニクス. 講談社, pp.27-31.