

## 男子跳馬における Yurchenko とびのバイオメカニクスの特徴と そのコーチングへの提言

### Suggestions for coaching Yurchenko Vault based on biomechanical characteristics

土屋純<sup>1)</sup>, 森泉貴博<sup>2)</sup>

Jun Tsuchiya<sup>1)</sup>, Takahiro Moriizumi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 早稲田大学スポーツ科学学術院

<sup>2)</sup> KONAMI

<sup>1)</sup> Faculty of Sport Sciences, Waseda University

<sup>2)</sup> KONAMI

キーワード: 体操競技, 跳馬, Yurchenko, バイオメカニクス, コーチング

Keyword: Gymnastics, Vault, Yurchenko, Biomechanics, Coaching

#### 抄 録

体操競技の国内トップレベルの競技会において、Yurchenko とび 2 回ひねりまたは Yurchenko とび 2-1/2 ひねりを実施した男子選手 12 名を対象とした動作分析の結果、以下のバイオメカニクスの特徴が明らかとなった。

- 1) 踏み切り局面中、身体重心の水平速度は低下し、鉛直速度が増大しており、水平速度の一部が鉛直速度へと変換されていると考えられた。鉛直速度の増大は踏み切り局面中にのみなされていた。
- 2) 着手局面中、身体重心の鉛直速度は維持されていた。この際身体重心の水平速度は低下しており、水平速度の一部が鉛直速度の維持のために変換されていると考えられた。
- 3) 身体重心まわりの角運動量は踏み切り局面前の値が踏み切り局面で低下し、着手局面ではほぼ維持されていた。

こうした結果から、Yurchenko とびの宙返りの回転の勢いを決定する角運動量は踏み切り局面前のロンダートによって獲得され、踏み切り局面では上方への踏み切りによる大きな鉛直速度の獲得が重要であることが示唆され、以下のようなトレーニングが提案された。

- 4) 導入トレーニングとしては、跳馬を用いずに、助走からロンダートを行い、跳躍板を踏み切って、跳馬と同じ高さに着手できるだけの高さを伴った伸身 2 回宙返りを行うトレーニングが有効であろう。その踏み切り局面では腕を大きく後方に振ることが重要である。
- 5) 十分な回転と高さのある伸身 2 回宙返りが実施できるようになってから、着手のトレーニングとしては跳馬を用いるのではなく、より安全な跳馬と同じ高さの補助台を用いるトレーニングを行う。身体重心と左右手指先の中点を結んだ線分が水平線となす角度は、跳馬への着手時には 36° 程度、離手時には 100° 程度を目安とする。着手から離手の間には下肢の振り込みを十分意識する。

スポーツ科学研究, 6, 69-78, 2009 年, 受付日: 2009 年 9 月 17 日, 受理日: 2009 年 11 月 12 日

連絡先: 土屋純 〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島 2-579-15 早稲田大学スポーツ科学学術院

e-mail: [tsuchiya@waseda.jp](mailto:tsuchiya@waseda.jp)

## I. 緒言

体操競技の跳馬における Yurchenko とびは、助走から側転とび 1/4 ひねり(ロンダート)を行って跳躍板上に着足し、そのまま跳躍板を踏み切って後転とびを行い、跳馬に着手した後 1-1/2 回転の後方宙返りを行う技である。この技は 1980 年代初頭にソビエト連邦の Yurchenko 選手

が世界で初めて国際競技会で発表したため、彼女の名を冠して呼ばれている。現在この技は、女子選手だけではなく男子選手によっても頻繁に実施され、国際競技会の上位選手では宙返りの間にひねりを加える実施が一般化しており、男女ともこれまでに 2-1/2 ひねりが加えられた跳躍が発表されている(図 1)。



図1 Yurchenkoとび2-1/2ひねり  
(左右反転)

多くの選手によって行われるようになった Yurchenko とびであるが、この技に関する研究は多くはない。Kwon, Y.H.ら(1990)は、1988 年のオリンピック競技会で Yurchenko とびと Yurchenko とび 1 回ひねりを実施した 18 名の女子選手について分析し、Yurchenko とび 1 回ひねりはひねりなしに比べて跳躍板と跳馬への接触時間が短いこと、跳馬からの飛び出し時の身体重心の鉛直速度が大きいことを報告している。また、Elliott, B. と J. Mitchell(1991)は、オーストラリア国内女子選手 6 名に、Yurchenko とびと 2 つの練習用ドリルを行わせてバイオメカニカルなデータの比較を行い、練習用ドリルでの計測データは実際の跳馬におけるそれと若干の差があり、跳馬でのデータと比較して違いがあるドリル

は効果的ではない、あるいは修正されて用いられる必要があると結論付けている。また中島と牧内(1994)は、女子選手の Yurchenko とびを分析し、パフォーマンスに影響する跳躍板の踏み切り時と跳馬への着手時の動作について検討している。

これらの研究は 1990 年代初めから中ごろに行われたものであり、現在では跳馬の形状が当時とは異なる、男子選手によっても頻繁に行われるようになってきている、より多くのひねりが加えられるようになってきているという変化が見られるにもかかわらず、最近のパフォーマンスについて分析した研究はない。

実際の選手指導に際して、この技のバイオメカニカルな特徴を把握しておくことは非常に重

要である。それによってこの技の運動技術が明らかになり、そこから望ましい習得トレーニングの方法が検討できると考えられるからである。本研究の目的は、男子選手によって競技会で実施された多くのひねりを伴う Yurchenko とびを分析対象として、そのバイオメカニカルな特徴を明らかにし、それらからこの技の習得トレーニングについて考察することである。

## II. 方法

### 1. 被験者

本研究の被験者は、2007 年全日本体操競技選手権大会に出場し、跳馬において Yurchenko とび 2 回ひねりまたは 2-1/2 ひねりを実施した男子選手 12 名 (2 回ひねり実施 10 名、2-1/2 ひねり実施 2 名、身長平均±標準偏差: 1.63 ± 0.039m, 体重平均±標準偏差: 58.4 ± 4.36Kg)

であった。彼らに事前に本研究の被験者となることの同意を得たうえでビデオを撮影した。

### 2. ビデオ撮影

跳馬の左側方 10m、高さ 1.5m にデジタルビデオカメラ (SONY 社製、HDR-FX7) を設置し、毎秒 240 コマ、シャッタースピード 1/500 で被験者の演技を撮影した。また、後の実長換算のためのキャリブレーションバーを競技会後に撮影した。

### 3. 運動の局面分け

本研究では、Yurchenko とびの局面を、跳躍板への踏み込み (BTD) から跳躍板からの踏み切り (BTO) までを踏み切り局面、BTO から跳馬への着手 (HTD) までを第 1 空中局面、HTD から跳馬からの離手 (HTO) までを着手局面、それ以降の空中局面を第 2 空中局面と定義した (図 2)。

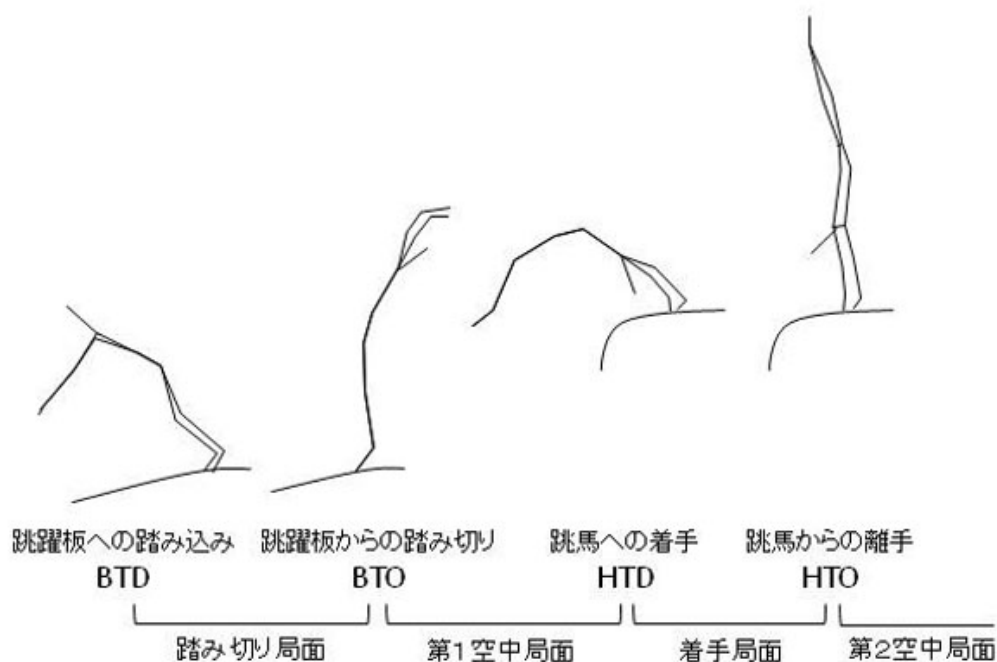


図2 運動の局面分け

#### 4. 分析

撮影されたビデオ画像より、BTD 前約 20 コマから HTO 後約 10 コマにわたって、身体計測点 19 点(左右手指先、左右手首、左右肘、左右肩峰、頭頂、左右肋骨下点、左右大転子、左右膝、左右外踝、左右つま先)の 2 次元座標値を動作解析ソフト Frame-DiasII (DKH 社製)を用いて求めた。得られた 2 次元座標値は、遮断周波数 10Hz の Butterworth デジタルフィルタ (Winter,1990)を用いて平滑化した。平滑化された身体計測点の 2 次元座標値より、肩関節、胴体、股関節の屈曲伸展位度、BTD と BTO 時に

おいては身体重心と左右足先の中点を結んだ線分が水平線となす角度、HTD と HTO 時は身体重心と左右手指先の中点を結んだ線分が水平線となす角度を、それぞれ踏み込み角度、踏み切り角度、着手角度、離手角度として図 3 のように定義して算出した。さらに、阿江ら(1996)の身体部分係数を用いて身体重心とその速度を、Hay ら(1977)の方法を用いて身体重心まわりの角運動量を算出した。なお、身体重心まわりの角運動量は時計回り方向をマイナスとし、各被験者の身長<sup>2</sup>と体重の積で除すことによって標準化した。

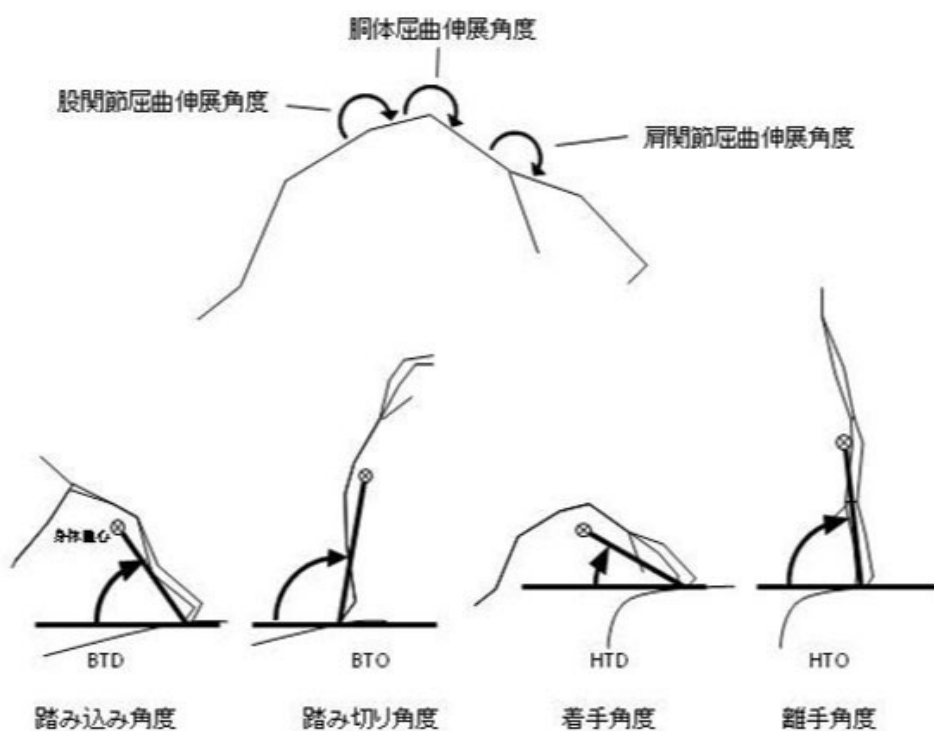


図3 角度の定義

#### 5. データ処理

各被験者の BTD、BTO、HTD、HTO 各時点の身体重心の水平・鉛直速度と身体重心まわりの角運動量、各関節角度を求めた。値はすべて平均値±標準偏差で示した。それぞれのパラメ

ータの時系列変化の比較には一元配置の分散分析を用い、有意差が認められたパラメータには Bonferoni 法による多重比較を行った。有意水準は 5%以下とした。

### Ⅲ. 結果

#### 1. 角度

図 4 に各肩関節屈曲伸展角度の変化を示した。

肩関節屈曲伸展角度は、踏み切り局面中 (BTD:  $125.3 \pm 17.45^\circ \rightarrow$  BTO:  $168.1 \pm 7.89^\circ$ ,  $p < 0.01$ ) に有意に増加し、着手局面中 (HTD:  $181.0 \pm 10.67^\circ \rightarrow$  HTO:  $152.9 \pm 10.22^\circ$ ,  $p < 0.01$ ) に有意に低下していた。

胴体屈曲伸展角度は、踏み切り局面中 (BTD:  $166.2 \pm 4.63^\circ \rightarrow$  BTO:  $203.7 \pm 6.40^\circ$ ,  $p < 0.01$ )、第 1 空中局面中 (BTO:  $203.7 \pm 6.40^\circ \rightarrow$  HTD:  $223.9 \pm 8.62^\circ$ ,  $p < 0.01$ ) ともに有意に増

加し、着手局面中 (HTD:  $223.9 \pm 8.62^\circ \rightarrow$  HTO:  $194.5 \pm 8.85^\circ$ ,  $p < 0.01$ ) に有意に低下していた。

股関節屈曲伸展角度は、踏み切り局面中 (BTD:  $128.5 \pm 6.32^\circ \rightarrow$  BTO:  $190.6 \pm 5.05^\circ$ ,  $p < 0.01$ )、第 1 空中局面中 (BTO:  $190.6 \pm 5.05^\circ \rightarrow$  HTD:  $201.8 \pm 7.25^\circ$ ,  $p < 0.01$ ) ともに有意に増加し、着手局面中 (HTD:  $201.8 \pm 7.25^\circ \rightarrow$  HTO:  $174.46 \pm 9.75^\circ$ ,  $p < 0.01$ ) に有意に低下していた。

踏み込み角度は  $55.6 \pm 3.31^\circ$ 、踏み切り角度は  $98.6 \pm 3.02^\circ$ 、着手角度は  $36.0 \pm 6.63^\circ$ 、離手角度は  $81.2 \pm 3.02^\circ$  であった。

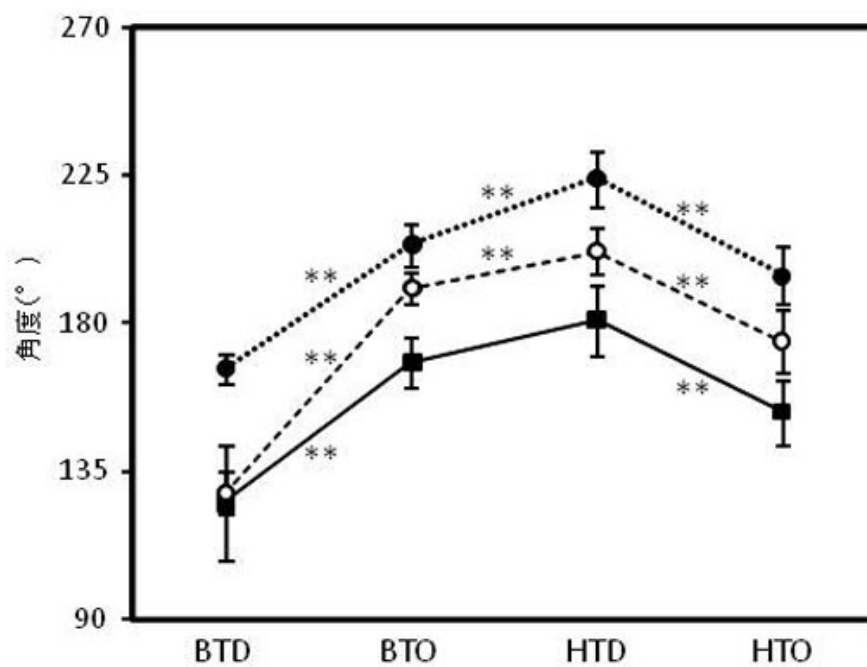


図4 関節屈曲伸展角度の変化

■—肩関節    ●·····胴体    ○- - -股関節

\*\* :  $p < 0.01$

#### 2. 身体重心の速度

図 5 に身体重心の水平速度の変化を破線で、鉛直速度の変化を実線で示した。

身体重心の水平速度は、踏み切り局面中

(BTD:  $6.17 \pm 0.279\text{m/s} \rightarrow$  BTO:  $4.13 \pm 0.221\text{m/s}$ ,  $p < 0.01$ )、着手局面中 (HTD:  $4.20 \pm 0.336\text{m/s} \rightarrow$  HTO:  $2.91 \pm 0.164\text{m/s}$ ,  $p < 0.01$ ) ともに有意に低下していた。

身体重心の鉛直速度は、踏み切り局面中に有意に増大し(BTD: $-0.25 \pm 0.243\text{m/s} \rightarrow \text{BTO}: 4.39 \pm 0.354\text{m/s}$ ,  $p < 0.01$ )、第1空中局面中

(BTO: $4.39 \pm 0.354\text{m/s} \rightarrow \text{HTD}: 3.21 \pm 0.328\text{m/s}$ ,  $p < 0.01$ )に有意に低下していた。着手局面中には有意な変化は認められなかった(図3)。

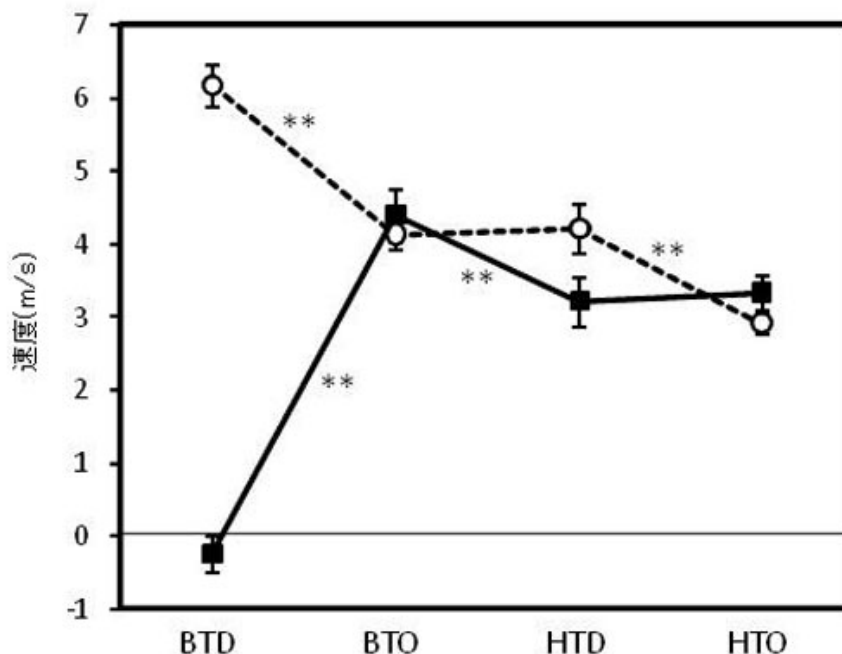


図5 身体重心の水平・鉛直方向速度の変化

○--- 水平方向    ■--- 鉛直方向

\*\*: $p < 0.01$

### 3. 身体重心まわりの角運動量

図6に身体重心まわりの角運動量の変化を、全身、上肢、頭+胴、下肢それぞれについて示した。

身体重心まわりの全身の角運動量は、踏み切り局面中(BTD: $-0.64 \pm 0.049\text{/s} \rightarrow \text{BTO}: -0.58 \pm 0.042\text{/s}$ ,  $p < 0.01$ )に、有意に負の値が小さくなっていた。着手局面中(HTD: $-0.56 \pm 0.037\text{/s} \rightarrow \text{HTO}: -0.52 \pm 0.036\text{/s}$ )は負の値が小さくなっていたものの、有意差は認められなかった。角運動量の変化を身体部位別にみると、踏み切り局面中には頭+胴(BTD: $-0.18 \pm 0.024\text{/s} \rightarrow \text{BTO}: -0.14 \pm 0.020\text{/s}$ ,  $p < 0.01$ )と下肢(BTD: $-0.29 \pm 0.030\text{/s} \rightarrow \text{BTO}: -0.23 \pm 0.019\text{/s}$ ,  $p < 0.01$ )で負

の値が有意に小さくなっていたが、上肢(BTD: $-0.17 \pm 0.029 \rightarrow \text{BTO}: -0.21 \pm 0.020\text{/s}$ ,  $p < 0.01$ )は負の値が有意に大きくなっていた。第1空中局面中には、頭+胴ではほぼ変化がなかったものの、上肢(BTO: $-0.21 \pm 0.020\text{/s} \rightarrow \text{HTD}: -0.10 \pm 0.014\text{/s}$ ,  $p < 0.01$ )は負の値が有意に小さく、下肢(BTO: $-0.23 \pm 0.019\text{/s} \rightarrow \text{HTD}: -0.32 \pm 0.029\text{/s}$ ,  $p < 0.01$ )で負の値が有意に大きくなっていた。また、着手局面中には、上肢(HTD: $-0.10 \pm 0.014\text{/s} \rightarrow \text{HTO}: -0.07 \pm 0.011\text{/s}$ ,  $p < 0.01$ )と頭+胴(HTD: $-0.15 \pm 0.015\text{/s} \rightarrow \text{HTO}: -0.12 \pm 0.015\text{/s}$ ,  $p < 0.01$ )で負の値が有意に小さくなっていた。この局面で下肢の角運動量はやや負の値が大きくなっているものの、有

意な差は認められなかった。

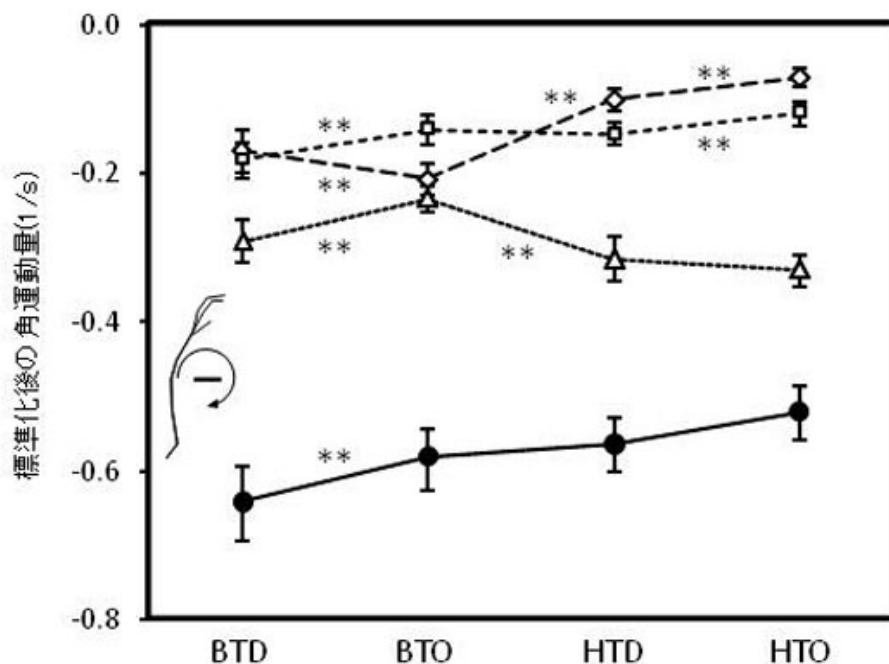


図6 身体重心まわりの角運動量の変化

● 全身    ◊ 上肢    ◻ 頭・胸    △ 下肢

\*\* :  $p < 0.01$

#### IV. 考察

Yurchenko とび 2 回ひねりもしくは 2-1/2 ひねりの踏み切り局面では身体重心の水平速度は低下し、鉛直速度が増大しており、この局面で水平速度の一部が鉛直速度へと変換されていると考えられる。身体重心の鉛直速度は BTO 後身体重心の放物線運動に従って HTD までに低下するが、着手局面中は維持されていた。着手局面中、身体重心の水平速度は低下しており、ここでも水平速度の一部が鉛直速度に変換されていると思われるが、鉛直速度を高めるほどではなかった。こうしたことから、鉛直速度の増大は踏み切り局面中のみ行われており、着手時には鉛直速度の増大は望めないため、HTO 後にひねりを完了できる大きな空間すなわち高さのある

跳躍をするためにも、踏み切り局面での鉛直速度の獲得が重要であることが示唆された。

身体重心まわりの角運動量は、BTD から HTO までの間、BTD 前の値を上回ることにはなかった。すなわちこれは、BTD 前のロンダートによってこの技の実施に必要な全身の角運動量の獲得は終了していることを示していると考えられる。したがって、HTO 後に慣性モーメントが最も大きな伸身姿勢をとり、さらにひねりを加えるのに十分な角運動量をロンダートによって獲得することが重要であると考えられる。本研究ではロンダートについて解析していないので、大きな角運動量を獲得するためのロンダートの動作について研究がなされる必要があろう。

身体重心まわりの角運動量は、踏み切り局面

では有意に減少し、着手局面中では有意ではないが減少する傾向にあった。これは両局面での身体重心の一部の水平速度を鉛直速度へと変換することと対応していると考えられる。すなわち、身体重心の水平速度の一部を鉛直方向へと変換するためには、踏み切り時には跳躍板に、着手時には跳馬に身体重心よりも進行方向前方に脚もしくは手を接地する、いわゆるブロック動作を行う必要があり、この動作が角運動量を減少させることになると思われる。もしも、十分な角運動量を BTD 前のロンダートによって得られていない場合には、こうしたブロック動作によって、伸身姿勢でひねりを加えるのに十分な角運動量を保持できなくなる可能性が高くなる。トレーニングの現場で HTO 後に十分な伸身姿勢を維持できない選手が多くみられるが、この問題の解決には十分な角運動量を獲得することができるロンダートを習得することが必要であると考えられ、そのためにも大きな角運動量を獲得するためのロンダートについて研究がなされる必要がある。

また、離手後の宙返りを伸身姿勢で行ってひねりを加え、かつ着地まで回転が失速せずに実施することが必要であることを考えれば、踏み切り局面と着手局面でできるだけ角運動量を低下させずに水平速度の一部を鉛直速度に変換することが望まれる。身体各部の角運動量の変化をみると、踏み切り局面では下肢と頭+胴の角運動量が減少しているのに対して上肢の角運動量が増大しており、上肢すなわち腕の後方への振り込み動作が、全身の角運動量の減少を大きくしないことに寄与している可能性がある。このことは肩関節の屈曲伸張角度の変化からもうかがえる。この腕の後方への振り込み動作とは、肩関節のすばやい屈曲動作を意味している。踏み切り局面では胴や股関節も大きく伸展していることが各関節の角度変化から認められるが、胴体や

下肢の角運動量はこの局面で減少していることから、この動作は水平速度の一部を鉛直方向へと変換するための動作であると思われる。また、着手局面では上肢と頭+胴の角運動量がわずかではあるが有意に減少しているのに対し、下肢のそれは有意ではないもののやや増加していたことから、この局面では下肢の振り込み動作が全身の角運動量を大きく減少させないことにつながっていると思われる。関節角度の変化からは、HTD 時には肩関節が大きく屈曲され、胴体、股関節が大きく伸展された姿勢から、HTO までに肩関節が伸展、胴体、股関節が屈曲されている様子がみとれる。ただし、下肢の振り込み動作に伴うこうした各関節の伸展と屈曲は、特に股関節や胴体で  $180^\circ$  を大きく下回るように行うわけではないことを指摘しておかなければならない。もしも股関節を大きく屈曲させすぎると、身体重心速度の水平方向の一部成分を鉛直方向へと変換することがうまくなされない上に、第2空中局面で伸身姿勢をとることが難しくなってしまうと思われる。

このように、身体重心の水平速度の一部を鉛直方向へと変換することと、角運動量の減少の抑制は相反する動作であり、一方をどの程度犠牲にして他方を高めるのかを吟味しなければならない。踏み切り局面では身体重心の鉛直速度を高めるためにブロック動作を必要以上に大きくすれば、角運動量を大きく減少させてしまう上に、HTD 時に身体重心が高すぎて手が浮いてしまい、着手時に効果的なブロック動作ができなくなる。また逆に、角運動量の減少を抑えようとして踏み切り局面で不十分なブロック動作しか行わないと、十分な身体重心の鉛直速度が得られず、HTD 時に頭が跳馬についたり肘が大きく曲がった、いわゆる「突っ込んだ」あるいは「つぶれた」姿勢となって、着手局面中に身体重心の鉛直速度の維持がなされないばかりか水平速度も大き



く減少させてしまうことになり、結果的に HTO 後の身体重心の描く放物線が小さくなってしまうことになる。踏み切り局面と着手局面では、効果的なブロック動作によって、角運動量の減少を最小限に抑え、なおかつ水平速度の一部を適切に鉛直速度に変換することが求められる。こうした条件を満たすための BTD、HTD 時の身体の突入角度や BTO、HTO 時の飛び出し角度は、本研究で示された値が参考となる。

さらにここでは、こうしたバイオメカニカルな特徴を踏まえて、この技の習得トレーニングについて言及しておきたい。一般に、日本国内の Yurchenko とびの指導においては、後ろ向きでの跳馬への着手という特殊な動作にばかり目が向けられ、まずは BTO 後の後転とびの回転の勢いをつけずにゆっくりと着手をするトレーニングがこの技を指導する導入時になされている。確かにこのトレーニングは踏切板を確実に踏み込む、あるいは後方へ回転しながら着手する恐怖心を抑えるといった点においては有効な方法であろう。しかしながら、本研究によって示されたように、Yurchenko とびの宙返りの回転の勢いを決定する角運動量はロンダートによって獲得され、踏み切り局面では上方への踏み切りによる大きな鉛直速度の獲得が重要である。本研究ではロンダートについては分析の対象としていないため、大きな角運動量を獲得するためのロンダートの技術については言及できないが、ロンダートで得られた角運動量をできるだけ低下させずに鉛直速度を獲得できる踏み切りが重要であろう。この点を考慮した効果的な踏み切りのための導入トレーニングとしては、跳馬を用いずに、助走からロンダートを行い、跳躍板を踏み切って、跳馬と同じ高さに着手できるだけの高さを伴った伸身 2 回宙返りを行うトレーニングが有効であると考えられる。このことは、中島と牧内(1994)がその論文の中で、「諸外国の選手の中には(中略)、

跳馬上に手を触れているだけで突きの局面が見られない選手が(中略)1 回ひねりを実施し着地に持ち込んでいる(中略)。すなわち、ゆか運動の後転とびを行うように着手を迎えるのではなく、後方伸身 2 回宙返り 1 回ひねりの実施の中で着手を迎える実施である」と指摘した点と矛盾はない。Yurchenko とびのトレーニングにおいて、跳躍板を用いたロンダートからの後方伸身 2 回宙返りが有効であることは、すでに濱崎(2009)が事例研究の中で報告している。しかしながら、濱崎(2009)の指摘は、すでに Yurchenko とびを習得した選手の修正トレーニングにおける有効性であって、この技を新たに習得するトレーニングに対してなされたものではない。さらにその踏み切り局面では腕を大きく後方に振ることが重要であることが本研究の結果から示唆された。

このトレーニングによって十分な回転と高さのある伸身 2 回宙返りが実施できるようになってから、着手のトレーニングとしては跳馬を用いるのではなく、より安全な跳馬と同じ高さの補助台を用いるなどの方法が次のトレーニングとして推奨される。その際、HTD は着手角度が  $36^{\circ}$  程度、離手角度は  $100^{\circ}$  程度を目安とし、肩関節、腰、股関節を大きく伸展させて反らせた姿勢で着手し、着手局面中にそれらの角度を  $180^{\circ}$  程度とするよう各関節を屈曲させるようにして、下肢の振り込みを十分意識することが重要である。

## V. 結論

体操競技の国内トップレベルの競技会において、Yurchenko とび 2 回ひねりまたは 2-1/2 ひねりを実施した男子選手 12 名を対象とした動作分析の結果、以下のバイオメカニクスの特徴が明らかとなった。

- 1) 踏み切り局面中、身体重心の水平速度は低下し、鉛直速度が増大しており、水平速度の一部が鉛直速度へと変換されていると考えら

れた。鉛直速度の増大は踏み切り局面中  
のみなされていた。

- 2) 着手局面中、身体重心の鉛直速度は維持されて  
いた。この際身体重心の水平速度は低下して  
おり、水平速度の一部が鉛直速度の維持のた  
めに変換されていると考えられた。
- 3) 身体重心まわりの角運動量は踏み切り局面  
前の値が踏み切り局面で低下し、着手局面  
ではほぼ維持されていた。\*\*\*こうした結果か  
ら、Yurchenko とびの宙返りの回転の勢いを  
決定する角運動量は踏み切り局面前のロン  
ダートによって獲得され、踏み切り局面では  
上方への踏み切りによる大きな鉛直速度の  
獲得が重要であることが示唆され、以下のよ  
うなトレーニングが提案された。
- 4) 導入トレーニングとしては、跳馬を用いず  
に、助走からロンダートを行い、跳躍板を踏み  
切って、跳馬と同じ高さに着手できるだけの  
高さを伴った伸身 2 回宙返りを行うトレー  
ニングが有効であろう。その踏み切り局面  
では腕を大きく後方に振ることが重要である。
- 5) 十分な回転と高さのある伸身 2 回宙返り  
が実施できるようになってから、着手のトレ  
ニングとしては跳馬を用いるのではなく、よ  
り安全な跳馬と同じ高さの補助台を用いる  
トレーニングを行う。HTD は着手角度が 36°  
程度、離手角度は 100° 程度を目安とする。  
着手局面では下肢の振り込みを十分意識す  
る。

## 文献

- 阿江通良(1996): 日本人幼少年およびアスリート  
の身体部分慣性係数. Jpn.J.Sports Sci.,  
15(3):155-162.
- Elliott,B. and J.Mitchell ( 1991 ) : A  
biomechanical comparison of the Yurchenko  
vault and two associated teaching drills. Int.  
J. Sport Biomech., 7:91-107.
- 濱崎裕介(2009): 跳馬における「側転とび 1/4  
ひねり、後転とび後方宙返り」技群の練習方  
法に関する一考察. 体操競技・器械運動研  
究, 17:23-31.
- Hay,J.G, D.B.Wilson, J.Dapena and  
G.G.Woodworth(1977) : A computational  
technique to determine the angular  
momentum of a human body. J.Biomech.  
10:269-277.
- Kwon,Y.H.,V.L.Fortney and I.S.Shin ( 1990 ) :  
3-D analysis of Yurchenko vaults performed  
by female gymnasts during the 1988 Seoul  
Olympic Games. Int. J. Sport Biomech.,  
6:157-176.
- 中島武文, 牧内邦夫(1994): 女子跳馬における  
ロンダート後ろとび後方伸身宙返りに関する  
研究. 体操競技研究, 2:25-35.
- Winter,D.A.(1990) : Biomechanics and motor  
control of human movement 2nd.ed.. John  
Wiley & Sons Inc, New York, 1990.