

令和 4 年 5 月 26 日現在

機関番号：33917

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K19987

研究課題名（和文）フライングディスクの姿勢を安定させる投てき動作の運動学

研究課題名（英文）Kinematics of throwing motion for attitude stabilization of the flying disc

研究代表者

笹川 慶（Sasakawa, Kei）

南山大学・人文学部・准教授

研究者番号：70646851

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：熟練者のフォアハンドショートパスによって投げ出されたディスクの姿勢は変化しない。しかし、初心者の場合ディスクの姿勢が安定せずすぐに落下してしまう。何故、未熟練者に限って大きな姿勢の変化が生じるのか、未熟練者のディスクの姿勢を安定させる方法については明らかになっていない。本研究はディスクのNose-up/down角速度を生成している投擲腕の各関節角速度を熟練者群と未熟練者群で比較した。その結果、リリース直前にさらに手掌を投方向に向けること、掌屈角速度を増加すること、および手に対してディスクを後方傾斜することが未熟練者群の投擲時のディスクNose-down角速度を減少させると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

初心者のフォアハンドショートスローにおける技術的な問題点をバイオメカニクスの観点から明らかにした本研究成果は初心者に対する新たな指導方法の構築や改善を可能にし、初心者のフォアハンドスローの習得をよりスムーズすることが期待される。また、これによってより多くの人々がディスクスポーツに親しみやすくなり、身体を動かす楽しさの発見や再認識、生涯を通じたスポーツ活動への参加機会を増やすことになると考えられる。

研究成果の概要（英文）：A short pass by the forehand of a skilled thrower shows no changes in the attitude of the thrown disc and flies smoothly. However, with a beginner, the attitude of the disc does not stabilize in the air (flying and wobbling) and immediately falls down. Why the large changes in the attitude of the disc at release occurs only for unskilled throwers and how stabilizing the disc's attitude in the unskilled throwers has not been clarified. This study compared each nose-up/down angular velocity of the disc produced by each joint angular velocity of the throwing arm of skilled and unskilled throwers during the forehand short-throw. As result, among unskilled throwers, further facing the palm to throwing direction, increasing magnitude of palmar flexion velocity and adjusting the disc movement relative to the hands in the posterior tilt direction immediately before release could be the important factors for reducing the nose-down angular velocity of the disc at release.

研究分野：スポーツバイオメカニクス

キーワード：フライングディスク 運動学 姿勢 角速度 フォアハンドスロー

### 1. 研究開始当初の背景

ディスクを利き手側から投げ出すフォアハンドスロー(図1)は、ディスクスポーツでよく使用される重要な基本技術のひとつである一方、初心者ばかりでなく競技経験の長い選手でも不得意とする者が多い。熟練者のフォアハンドスローによる10m前後のショートパスでは、投げ出されたディスクの姿勢に変化はみられずスムーズに飛行する。しかし初心者の場合、ディスクは空中でその姿勢が安定せずにバタバタと揺れながら飛行し、距離が伸びずに落下する。ディスクの進行方向側のエッジが上下するように回転するNose-up/down運動は迎え角を増加させる主要

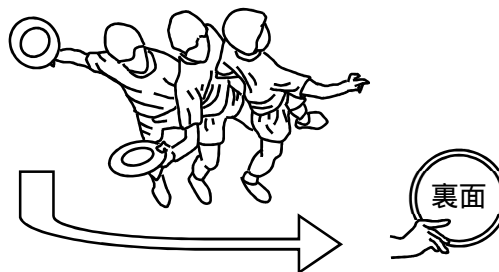


図1 フォアハンドスロー

因のひとつである(Potts and Crowther, 2002)。この迎え角の増加はディスク進行方向からの空気抵抗を増加させ、飛行の正確性と距離を低下させる(Potts and Crowther, 2002)。このNose-up/down軸まわりにおける不安定なディスク姿勢が飛行中の空気抵抗を大きくし、初心者の投てき距離を大きく減少させていると推測される。しかし、初心者にかぎってなぜこのような現象が生じるのか明らかではない。その原因の一つとして、科学的サポートが普及していないことが挙げられる。この投てき動作の技術的な問題点をバイオメカニクスの観点から明らかにし、新たな指導方法を構築・改善できれば、技術の習得や競技特性の理解をよりスムーズにでき、さらに多くの人に対してディスクスポーツに参加しやすい環境をつくることができると考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、フォアハンド・ショートスロー時における、熟練者と未熟練者の投てき腕各関節角速度によって生成されたディスクのNose-up/down角速度をそれぞれ比較することである。

### 3. 研究の方法

本研究は、熟練者群と未熟練者群各11名を対象とした。各被験者にはディスクをフォアハンドスローによって助走なしで、前方8m高さ1mの位置に設置された0.5m四方の的に投げるように指示した。ディスクと各被験者の投てき腕と体幹部の各特徴点に反射マーカを装着し各マーカ-の3次元座標は光学式3次元自動動作分析装置(Optitrack Prime13, Natural Point Inc., Corvallis, USA)を用いて計測された。それらの3次元座標を用いて、リリース時のディスクの運動学的変量と投てき腕の各関節角速度、それぞれの関節角速度によって生成されたディスクのNose-up/down角速度、およびディスク座標系内におけるそのZ軸(ディスクスピン軸)と各関節角速度ベクトルのなす角度、X軸(Nose-up/down軸)と各関節角速度ベクトルのディスク平面に対する正射影ベクトルのなす角度を求めた。各群におけるこれらの変数を比較することによって未熟練者のディスクNose-up/down軸まわりの不安定性を高める主な運動学的要因を明らかにした。

### 4. 研究成果

熟練者群によって投げ出されたディスクは低いNose-up角速度であったのに対し、未熟練者群では高いNose-down角速度を示した(表1)。また、熟練者群の未熟練者群のリリース時のディスクはそれぞれ小さな上向きと大きな下向きの迎え角を示した。

図2は分析区間(MER:肩最大外旋~DRL:リリース)における各関節角速度から求めたディスクのNose-up/down角速度(Nose up-down/joint)の合計値の変化を表している。関節角速度由来のディスクの合計Nose-up/down角速度において、熟練者群では-0.04s付近で生じていた大きなNose-down角速度がリリース直前(JBDR)およびリリース(0s)に向かって急速に低下していたのに対し、未熟練者群ではNose-down角速度が増加傾向のままリリースに達していた。

表1 リリース時におけるディスクの運動学的変数の比較

Variables	DRL		Effect size (d)
	Skilled (n=11)	Unskilled (n=11)	
Linear Velocity (m/s)	15.8±0.4	15.6±0.8	0.6
Nose-Up (+)/Down (-) Angle (deg)	7.4±3.3	-2.1±8.0*	6.1
Right (-)/Left (-) Bank Angle (deg)	12.2±3.6	16.0±10.3	7.7
Angle of Attack (deg)	2.7±3.8	-8.8±6.6*	5.4
$\theta$ Nose up-down, disc/Rdisc (rad/s)	2.1±4.4	-16.2±7.1*	5.9
$\theta$ Right-left bank, disc/Rdisc (rad/s)	1.1±2.8	-7.6±6.9*	5.2
$\theta$ CCW-CW spin, disc/Rdisc (rad/s)	61.6±3.4	42.0±9.9	7.4

Values are expressed as mean ± SD for each group.

Statistical significance was set at  $P < 0.01$ . \* Significant difference according to the *t*-test.

CCW, counterclockwise; CW, clockwise; DRL, disc release

図3は掌屈 (Palmar flexion)・背屈 (Dorsi flexion) 角速度の変化 (左) と掌屈角速度由来の Nose-up/down 角速度の変化 (右) を表している。リリース直前において手首の掌屈角速度由来の Nose-up 角速度は未熟練者群に比べて熟練者群で高い値を示した。この違いを引き起こした要因は主に未熟練者群の掌屈速度が熟練者群よりも小さく、かつ未熟練者群のディスク平面に正射影した掌屈角速度ベクトルとディスクの Nose-up/down 軸のなす角度 ( ) が熟練者群に比べて大きかったことであった (表2)。また、フォアハンドスローにおいてリリース直前の手部遠位端は下向きである (Sasakawa & Sakurai, 2008)。

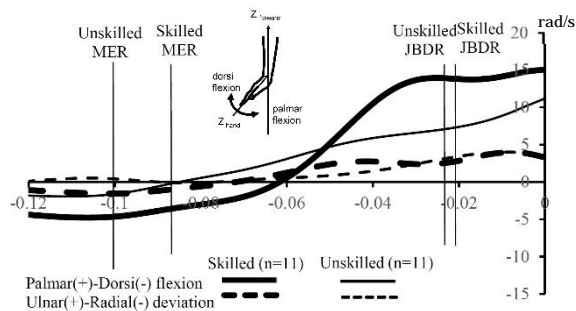


図3 掌屈 (Palmar flexion)・背屈 (Dorsi flexion) 角速度の変化 (左) と掌屈・背屈角速度由来の Nose-up/down 角速度の変化 (右)

図4は手-ディスク関節の前方傾斜 (Anterior tilt)・後方傾斜 (Posterior tilt) 角速度の変化 (左) と前方・後方傾斜角速度由来の Nose-up/down 角速度の変化 (右) を表している。リリース直前において、熟練者群は手-ディスク関節の Posterior tilt 角速度由来の Nose-up 角速度を示したのに対し、未熟練者群では Anterior tilt 角速度由来の Nose-down 角速度を示した。手に対するディスクの運動が両群で逆方向であったことが、この違いを引き起こした主要因であった (表2)。

以上の結果から、未熟練者群はリリース直前に手掌をよりリリース方向に向け、より素早く掌屈すること、および手に対するディスクの運動を後方傾斜にすることによって、リリース時のディスクの Nose-down 角速度を減少させディスク姿勢の安定性を高めることが可能となるだろう。

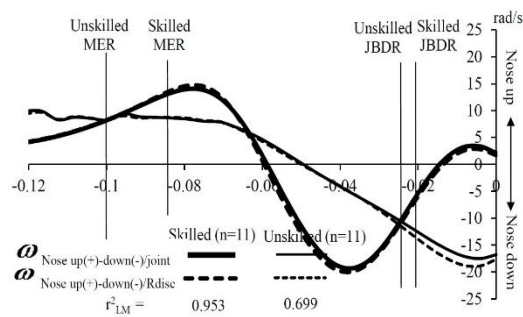
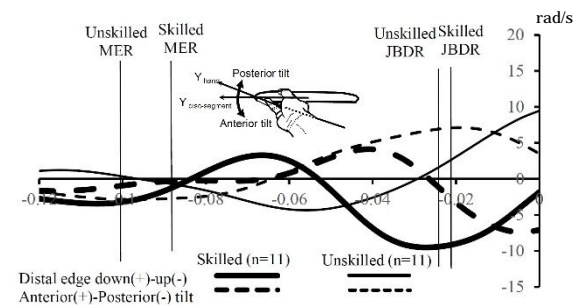


図2 各関節角速度から求めたディスクの Nose-up/down 角速度 ( Nose up-down/joint ) の合計値の変化

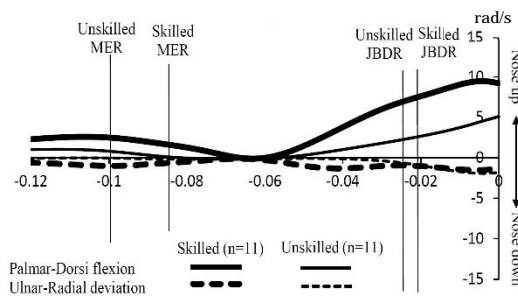


表2 リリース直前の Nose-up/down 角速度を構成する運動学的変数の比較

Variables	JBDR		Effect size (d)
	Skilled (n=11)	Unskilled (n=11)	
<b>Wrist</b>			
$\omega_{nose\ up(+)-down(-)joint/Rdisc}$ (rad/s)	7.4±2.8	2.0±0.8*	2.1
$ \omega_{palmar\ flexion} $ (rad/s)	13.7±3.6	7.0±3.0*	3.3
$\theta_{\omega\ palmar\ flexion}$ (deg)	46.3±10.9	47.1±15.7	13.5
$\varphi_{\omega\ palmar\ flexion}$ (deg)	-39.5±9.6	-61.9±10.5*	10.0
<b>Hand-disc joint</b>			
$\omega_{nose\ up(+)-down(-)Anterior-Posterior\ tilt/Rdisc}$ (rad/s)	2.7±6.0 <sub>pos</sub>	-6.3±2.4 <sub>un*</sub>	4.7
$ \omega_{Anterior-Posterior\ tilt} $ (rad/s)	5.2±4.0	6.8±2.4	3.3
$\theta_{\omega\ Anterior-Posterior\ tilt}$ (deg)	90	90	0
$\varphi_{\omega\ Anterior-Posterior\ tilt}$ (deg)	11.4±54.7	158.5±7.2*	39.0

Values are expressed as mean ±SD for each group. Positive and negative values at  $\omega_{nose\ up(+)-down(-)joint/Rdisc}$  indicate the nose-up and nose-down angular velocities of the disc, respectively. The subscripts of hand-disc joint express joint motions at selected JBDR instants. Statistical significance was set at  $P < 0.01$ . \*Significant difference according to the *t*-test. JBDR<sub>just before disc release</sub>.



図4 手-ディスク関節の前方傾斜 (Anterior tilt)・後方傾斜 (Posterior tilt) 角速度の変化 (左) と前方・後方傾斜角速度由来の Nose-up/down 角速度の変化 (右)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 笹川慶、中島大貴、桜井伸二
2. 発表標題 フライングディスクのフォアハンド投擲動作におけるディスク姿勢の変化を抑制する運動学的要因：熟練者と未熟練者の体幹部および投擲腕各関節運動に着目して
3. 学会等名 日本体育・スポーツ・健康学会第71回大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------