

円盤投げ動作における身体重心速度が円盤速度と 円盤+投擲者角運動量に及ぼす効果

松尾宣隆* 湯浅景元**

The Influence of the Linear Velocity of the Body Center of Mass of A Discus Thrower
on Discus Linear Velocity and Angular Momentum of Discus-and-Thrower-System

Noritaka MATSUO and Kagemoto YUASA

Abstract

The purpose of this study is to analyze the relationships for a discus thrower between:

- a) the linear velocity of the body center of mass of a discus thrower and discus linear velocity at the moment of release,
- b) the linear velocity of the body center of mass of a discus thrower and the angular momentum of the discus-and-thrower-system in relation to its vertical axis during discus throwing.

The subjects of this study were ten(right-handed) male track and field athletes. Two high speed video cameras operating at 250 fields per second were used to obtain three-dimensional data on the performances of the subjects for each trial. The trial in which each subject recorded his best throw in the test was selected for analysis.

A significant correlation ($r=0.699$, $p<0.05$) was found between the linear velocity of the body center of mass of a discus thrower with his left foot on the ground (L-on) and discus linear velocity at the moment of release (Rel).

The linear velocity of the body center of mass of a discus thrower and the angular momentum of the discus-and-thrower-system in relation to its vertical axis were not correlated significantly with each other during discus throwing.

These data provide evidence that the linear velocity of the body center of mass of a discus thrower should be increased as much as possible towards the delivery phase (DV) in order to obtain optimum discus linear velocity at the moment of release (Rel) during discus throwing.

1. はじめに

一般に円盤投げの飛距離は、円盤が手から離れる瞬間の円盤の速度、投射角と投射高、および飛行中の空気抵抗によって決定される。その

中でも、最も重要な要因は円盤が手から離れる時の円盤の速度¹⁾²⁾⁸⁾⁹⁾である。飛距離を伸ばすためには、円盤投げ動作中いかに円盤に速度を与えていくかが重要である。

円盤投げ動作は、腕を広げ円盤を振り回す回

*大学院生, **教授

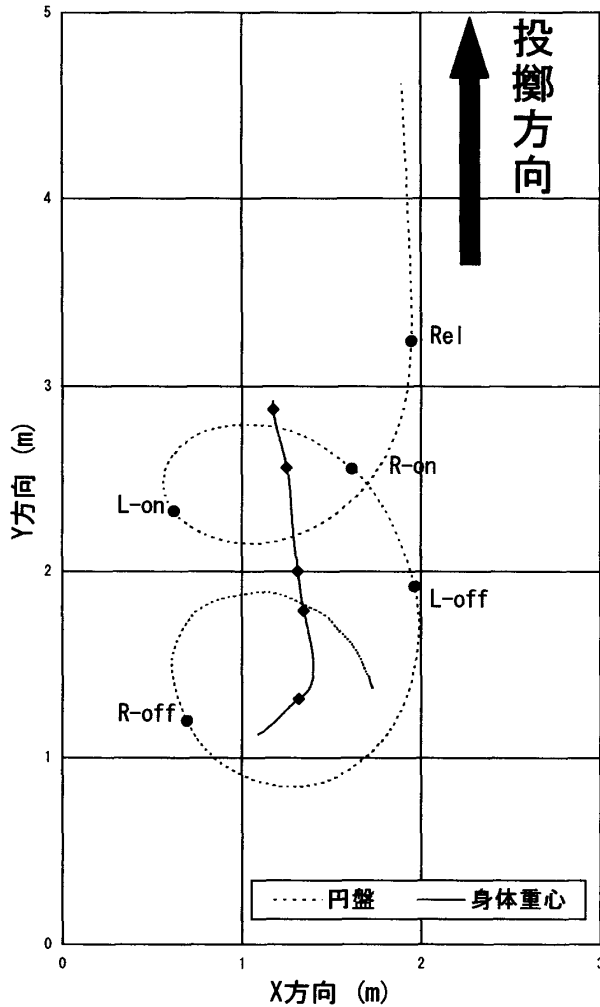


図1. 円盤投げ動作における身体重心と円盤の軌跡

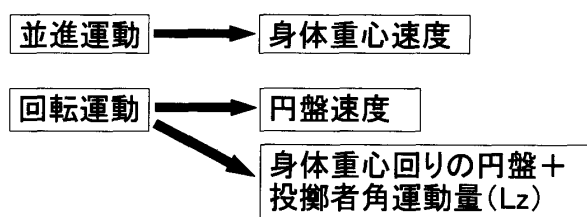


図2. 本研究の円盤投げ動作における並進運動と回転運動の定義

転運動と投擲方向に向かって身体を移動させる並進運動で主に構成されている(図1)。

実際の指導現場において、円盤の速度を高めるためには回転速度を増しながら、うまく投擲方向に対して身体を並進移動させていくことが重要だといわれている。

しかし、競技者の多くは円盤投げ動作における回転運動についてはその重要性を実感しているが、投擲方向に向かって身体を移動させる並進運動についてはそれほど重要視していない傾向が見られる。これは、円盤投げ動作を一見した場合どうしても腕を広げ円盤を振り回す回転運動に比べ、投擲方向に向かって身体を移動させる並進運動はあまり目立たないためだと考えられる。

そこで、本研究では円盤投げ動作における並進運動を身体重心速度で、回転運動を円盤速度と円盤+投擲者角運動量 L_z で表し(図2)、円盤投げ動作における並進運動に注目して研究を行った。

2. 目的

円盤投げ動作において、身体重心速度が円盤の速度にどのように関係しているか、そして身体重心速度が身体重心回りの円盤+投擲者角運動量 (L_z) にどのように関係しているのかを明らかにすること。

3. 方法

1) 被験者および実験試技

実験は中京大学豊田学舎陸上競技場の、第3コーナーに設置されている投擲サークルを使用した(図3)。被験者は大学陸上競技部投擲競技者9名と混成競技者1名の、合計10名(身長 1.81 ± 0.04 m, 身体質量 88.7 ± 12.8 kg, 年齢 19.8 ± 1.8 歳)であった(表1)。全員が右投げであり、被験者EとF、Jはリバース投げで、他の7名はノン・リバース投げであった。できるだけ正確な身体重心速度・身体重心回りの角運動量算出のため、被験者には身体各部分に発泡スチロール製の白いマークを付け試技を行わせた。マークを付けた部分は、胸骨上縁、左右肩峰点、左右肘関節、左右手関節、左右第3中手指関節、左右肋骨下端、左右大転子点、左右膝関節、左右足関節、左右踵骨隆起、左右つま先の計21点であった。

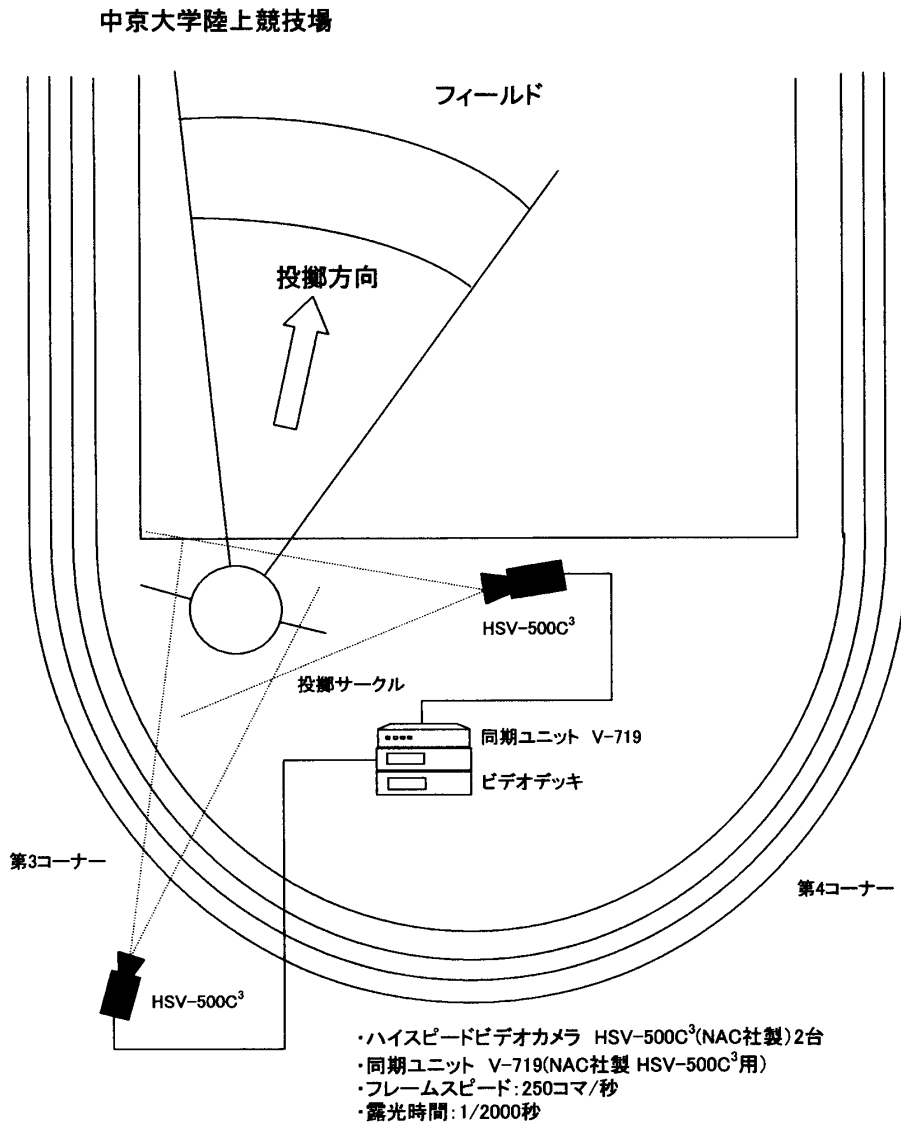


図 3. 実験場面の模式図

表 1. 各被験者の身体的特徴

	身長[m]	身体質量[kg]	年齢[歳]	所属	投げ方	自己ベスト記録[m]
被験者 A	1.82	83	23	投擲	ノン・リバース投げ	47m28
被験者 B	1.82	84	19	投擲	ノン・リバース投げ	43m33
被験者 C	1.807	83	19	投擲	ノン・リバース投げ	39m71
被験者 D	1.785	79	20	投擲	ノン・リバース投げ	43m53
被験者 E	1.78	93	18	投擲	リバース投げ	42m49
被験者 F	1.78	75	18	投擲	リバース投げ	38m06
被験者 G	1.75	88	22	投擲	ノン・リバース投げ	32m70
被験者 H	1.89	86	21	混成	ノン・リバース投げ	32m12
被験者 I	1.79	95	20	投擲	ノン・リバース投げ	35m77
被験者 J	1.86	121	18	投擲	リバース投げ	36m96
平均	1.8082	88.7	19.8			39m20
標準偏差 SD	0.04	12.82	1.75			4.97

2) 円盤投げ動作のVTR撮影、データ処理

(1) 投擲動作の3次元撮影

全試技の円盤投げ動作を2台の高速VTRカメラ(NAC社製、HSV-500C³)で撮影した。2台のカメラのシャッター開閉は、同期ユニットV-719(NAC社製、HSV-500C³用)で電氣的に同期し、撮影スピード毎秒250frames、露光時間1/2000秒で撮影した。図3に示すように1台のカメラをサークル後方に、もう1台のカメラをサークルの右側に設置した。カメラの画角をサークルを含む較正空間が十分に入るように調整し固定した。

(2) 分析試技の選定

本研究では1人8試技のうち最も飛距離のたもの1投を分析の対象試技とした。

(3) 座標系の定義

本研究では静止座標系を使用した。静止座標系は右手直交系とし、X軸の正は投擲方向に対して右方向、Y軸の正は投擲方向、Z軸の正は鉛直上方である。投擲サークル中心の座標は(X,Y,Z)=(1.202m, 2.253m, -0.015m)であった(図4)。

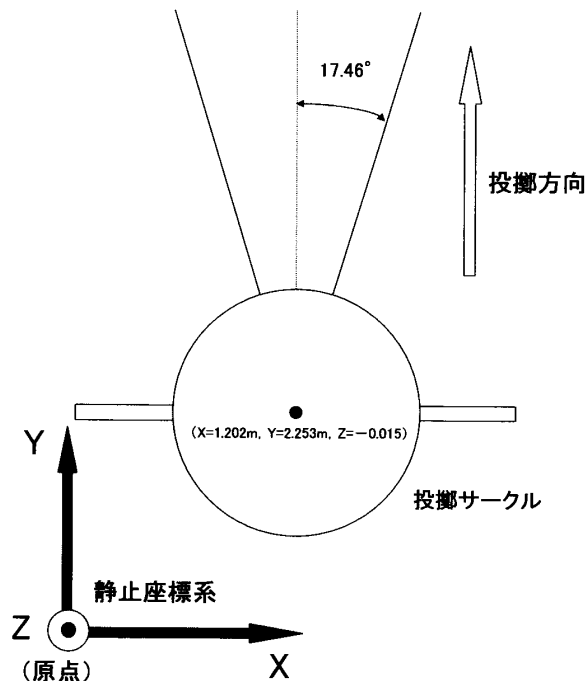


図4. 本研究における座標系の定義

(4) 各身体部分と円盤中心のデジタイジング

本研究では、円盤投げ動作の予備スイング動作が終了した時点から円盤のリリース時点(Rel)後約10framesまでを分析の対象とした。

ビデオ動作解析装置(DKH社製、FRAME-DIAS II)を用いて、円盤の中心点と身体各部分をデジタイズし、DLT法により円盤投げ動作中における円盤中心と身体各部分の3次元座標を算出した。デジタイズを行った身体部分は頭頂、頭部中心、胸骨上縁、左右肩峰点、左右肘関節中心、左右手関節中心、左右第3中手指節関節中心、左右肋骨下端、左右大転子点、左右膝関節中心、左右足関節中心、左右踵骨隆起、左右つま先の計23点であった。なお、実験を2回行ったときのコントロールポイント実測値と計算値の平均標準誤差はX方向： $X=0.005\text{ m}$ 、Y方向： $Y=0.013\text{ m}$ 、Z方向： $Z=0.004\text{ m}$ であった。

(5) データの平滑化

本研究において得られた、円盤の中心点と身体各部分の3次元座標データについて、3点移動平均法をおこない位置にフィルター処理をした。

3) 身体重心座標算出法

本研究における、円盤投げ動作中の身体重心の3次元座標算出のために用いたモデルは、足、下腿、大腿、手、前腕、上腕の左右12体節および頭部、胴体の2体節、計14体節で構成されているものとした。体節の質量比と質量中心は、阿江ら⁷⁾の係数を用いた。

4) 身体重心の合成速度、円盤の合成速度算出法

本研究における円盤投げ動作中の身体重心の合成速度(以下、身体重心速度と記す)、及び円盤の合成速度(以下、円盤速度と記す)は、FRAME-DIAS II(DKH社製)によって得られた3次元座標から変位を算出し、その変位を時間で微分し算出した。

5) 身体重心回りの円盤+投擲者角運動量算出法

本研究における円盤投げ動作中の身体重心回

りの円盤+投擲者角運動量の算出は、身体を頭部、胴体の2体節および足、下腿、大腿、手、前腕、上腕の左右12体節、そして円盤の計15個の部分から構成される剛体リンクモデルと仮定して先行研究⁴⁾に基づき行った。しかし、本研究においては、身体重心回りの円盤+投擲者角運動量の構成要素である transfer term 角運動

量と local term 角運動量において、local term 角運動量は transfer term 角運動量に比べはるかに値が小さいものなので transfer term 角運動量のみを算出することにした⁶⁾。

算出の基準座標系は、静止座標系 X,Y,Z の原点を身体重心に平行移動させたものある (図5)。身体重心回りの円盤+投擲者角運動量 (L) の算出式を以下に示す。

$$L = \sum_j m_j (r_j \times V_j) + m_D (r_D \times V_D) \quad [1]$$

ここで、 m_j は部分 j の質量、 $r_j = (x_j, y_j, z_j)$ は身体重心から部分 j の重心への位置ベクトル、 $V_j = (\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt})$ は身体重心に対する部分 j の重心の相対速度ベクトルである。 m_D は円盤の質量、 r_D は身体重心から円盤重心への位置ベクトル、 V_D は身体重心に対する円盤重心の相対速度ベクトルである。この角運動量 (L) を身体重心回りの円盤+投擲者角運動量と呼ぶことにする³⁾⁵⁾。

そして、本研究における身体重心回りの円盤+投擲者角運動量 (Lz) の算出式を以下に示す。

$$Lz = \sum_j m_j \left(x_j \frac{dy_j}{dt} - y_j \frac{dx_j}{dt} \right)$$

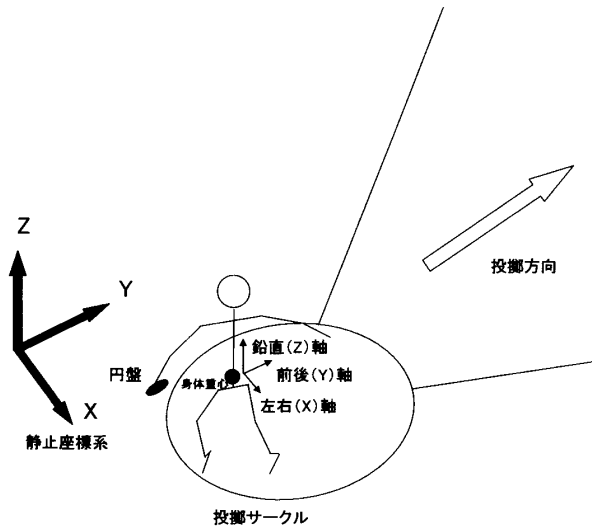
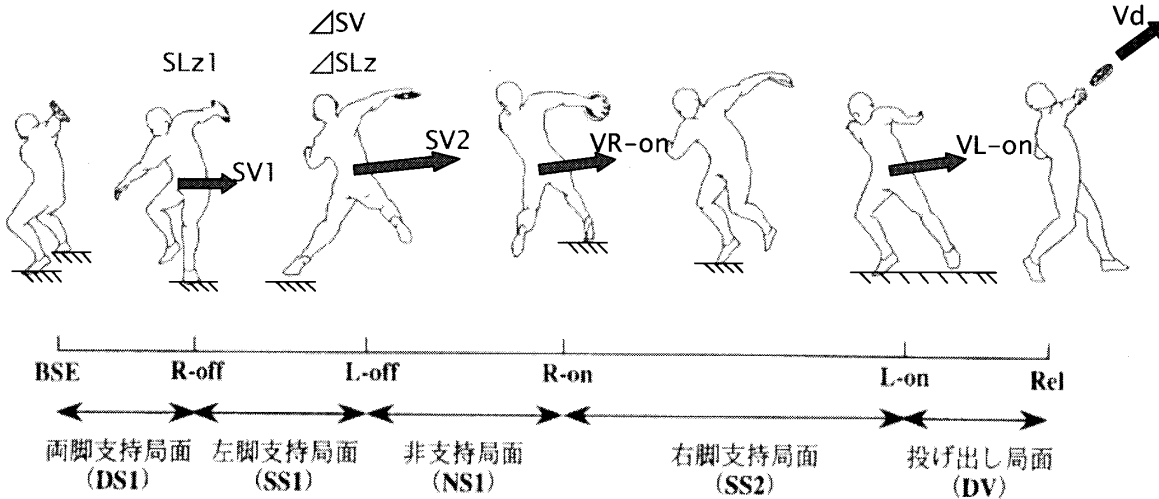


図5. 身体重心を通る X,Y,Z 軸回りの角運動量の定義



R-off:右足離地時 L-off:左足離地時 R-on:右足接地時 L-on:左足接地 Rel:リリース時
「アジア一流選手における円盤投げの角運動量の3次元解析」
宮西 智久 他 JJBSE 2 (1) 1998より引用。一部変更

図6. 円盤投げ動作の局面定義

$$+ m_D \left(x_D \frac{dy_D}{dt} - y_D \frac{dx_D}{dt} \right) [2]$$

6) 円盤投げ動作の局面定義

円盤投げ動作において、図6に示すように、バックスイング終了時から右足が地面から離れる時点 (R-off) までを両脚支持局面 (DS1)、R-off 時点から左足が地面から離れる時点 (L-off) までを左脚支持局面 (SS1)、L-off 時点から右足が接地する時点 (R-on) までを非支持局面 (NS1)、R-on 時点から左足が接地する時点 (L-on) までを右脚支持局面 (SS2)、L-on 時点から円盤をリリースする時点 (Rel) までを投げ出し局面 (DV) と定義した³⁾⁴⁾。

7) 本研究におけるパラメータの相関と検定

本研究では、円盤投げ動作において、身体重心速度が円盤の速度にどのように関係しているのかを見るため以下2つの相関をとった (図6)：

- ①右脚支持局面 (SS2) の R-on 時の身体重心速度と Rel 時の円盤速度との相関関係
- ②投げ出し局面 (DV) の L-on 時の身体重心速

度と Rel 時の円盤速度との相関関係

各被験者の R-on 時と L-on 時の身体重心速度、Rel 時の円盤速度の値は表2に記す。

そして、身体重心速度が身体重心回りの円盤+投擲者角運動量 (Lz) にどのように関係しているかを見るために以下2つの相関をとった (図6)：

- ④両脚支持局面 (DS1) における身体重心速度の増加分 SV1 と、身体重心回りの円盤+投擲者角運動量 (Lz) の増加分 SLz1 との相関関係
- ⑤左脚支持局面 (SS1) における身体重心速度の増加分 ΔSV と、身体重心回りの円盤+投擲者角運動量 (Lz) の増加分 ΔSLz との相関関係

ここで、5の左脚支持局面 (SS1) における身体重心速度の増加分 ΔSV とは L-off 時の身体重心速度 SV2 から R-off 時の身体重心速度 SV1 を引いた値である (図7)。各被験者の ΔSV の値は表2に記す。

左脚支持局面 (SS1) における身体重心回りの円盤+投擲者角運動量 (Lz) の増加分 ΔSLz とは、L-off 時の身体重心回りの円盤+投擲者角

表2. 各被験者の円盤速度、身体重心速度、円盤+投擲者角運動量 (Lz)

円盤速度 [m/s]	被験者A	被験者B	被験者C	被験者D	被験者E	被験者F	被験者G	被験者H	被験者I	被験者J
Rel (リリース時)	18.93	19.02	18.218	18.609	18.758	18.038	18.303	17.076	17.665	17.323

身体重心速度 [m/s]	被験者A	被験者B	被験者C	被験者D	被験者E	被験者F	被験者G	被験者H	被験者I	被験者J
R-on (右足接地時)	2.282	1.997	2.543	2.641	2.07	2.276	2.087	1.524	1.581	1.793
L-on (左足接地時)	2.48	2.168	1.995	2.568	2.361	2.474	2.262	1.895	1.718	1.908

身体重心速度 [m/s] の増加分	被験者A	被験者B	被験者C	被験者D	被験者E	被験者F	被験者G	被験者H	被験者I	被験者J
両脚支持局面 (DS1) SV1	0.788	0.919	1.058	0.79	0.864	0.385	0.845	0.725	0.73	0.67
左脚支持局面 (SS1) ΔSV	2.015	0.961	1.509	2.371	1.824	1.926	0.953	1.125	0.727	1.259

円盤+投擲者角運動量 (Lz) [kg·m ² /s] の増加分	被験者A	被験者B	被験者C	被験者D	被験者E	被験者F	被験者G	被験者H	被験者I	被験者J
両脚支持局面 (DS1) SLz1	35.997	31.650	31.431	26.994	36.962	36.377	31.334	35.309	34.341	35.665
左脚支持局面 (SS1) ΔSLz	-0.134	5.608	8.826	4.754	-0.763	2.278	6.351	1.558	2.274	1.247

運動量 (Lz) SLz 2 から R-off 時の身体重心回りの円盤+投擲者角運動量 (Lz) SLz 1 を引いた値である (図 8)。各被験者の SLz 1 と Δ SLz の値は表 2 に記す。

以上の、相関関係 1.2.3.4 全てにおいてピアソンの相関係数を求め、t 検定を行った。有意水準は 5% 未満とした¹⁰⁾¹¹⁾。

4. 結果

1) 円盤投げ動作中における身体重心速度の変化 (図 7)

円盤投げ動作中における身体重心速度は、円盤投げ動作開始時から両脚支持局面(DS1)と左脚支持局面(SS1)において速度を高め、円盤投げ動作中の身体重心速度の大部分を発生させる傾向が、ほぼ全ての被験者に見られた。

両脚支持局面(DS1)では最大 1.06 m/s 増加 (被験者 C)、平均 0.78 m/s 増加であった。

左脚支持局面(SS1)においては最大 2.37 m/s 増加 (被験者 D)、平均 1.47 m/s 増加であった。

非支持局面 (NS1) においては、身体重心速度が減速する傾向が見られたのが 7 名で、最大

-0.62 m/s (被験者 E)、平均 -0.31 m/s であった。身体重心速度が増加する傾向が見られたのが 3 名 (被験者 B, G, I) で、最大 0.29 m/s 増加 (被験者 G)、平均 0.18 m/s 増加であった。

右脚支持局面(SS2)において身体重心速度が増加する傾向が見られたのは 8 名で、最大 0.37 m/s 増加 (被験者 H)、平均 0.21 m/s 増加であった。身体重心速度が減速する傾向が見られたのが 2 名 (被験者 C, D)、最大 -0.55 m/s (被験者 C)、平均 -0.31 m/s であった。

投げ出し局面 (DV) においては、身体重心速度は減速する傾向が見られた。最大 -1.61 m/s (被験者 D)、平均 -0.98 m/s であった。

2) 円盤投げ動作中における円盤速度の変化 (図 7)

円盤投げ動作中における円盤速度は、円盤投げ動作開始時から、両脚支持局面(DS1)を経て左脚支持局面(SS1)後半 (L-off の前) までゆるやかに速度を高めるが、左脚支持局面(SS1)後半から右脚支持局面(SS2)前半 (R-on の後) にかけて減速し、右脚支持局面 (SS2) 後半 (L-on の前) から円盤をリリースする (Rel) まで一

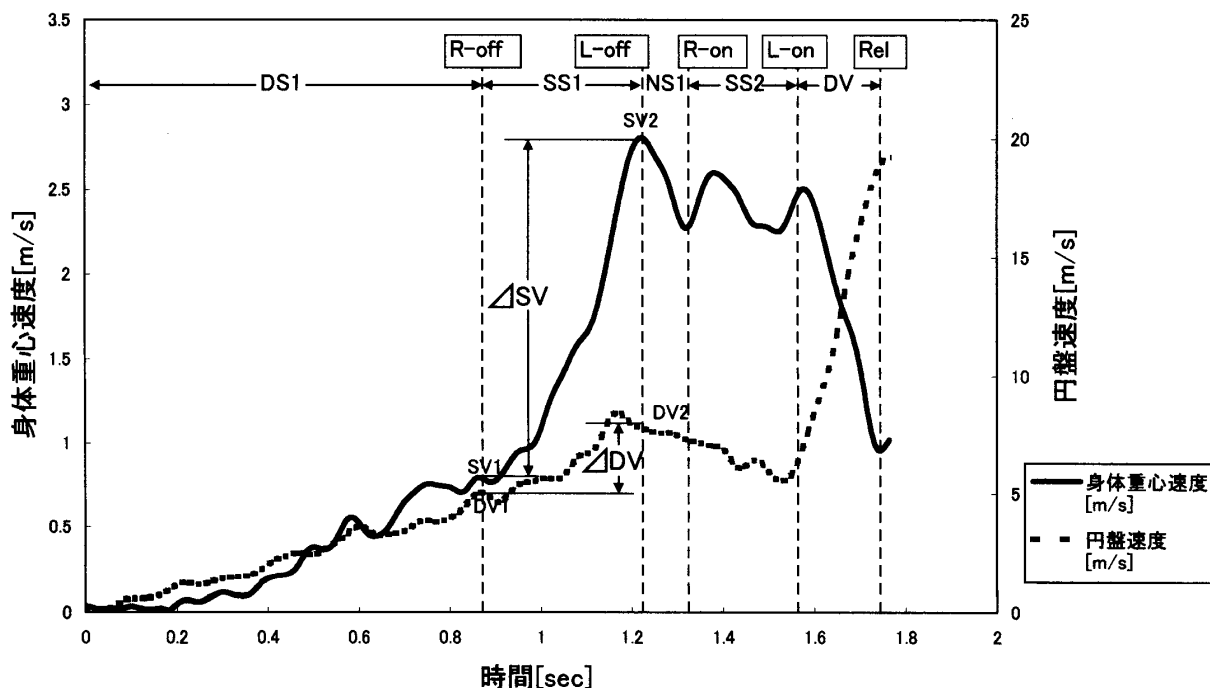


図 7. 円盤投げ動作における身体重心速度と円盤速度 (被験者 A)

気に速度を高める傾向が、ほぼ全ての被験者に見られた。

つまり、円盤投げ動作中における円盤速度の変化は左脚支持局面(SS1)後半で1度ピークをかえ、その後1度減速を経て、リリースまで急激にもう1度加速していた。円盤投げ動作中における円盤速度の1回目のピーク値は、最大9.13 m/s(被験者F、図9F)、平均7.90 m/sであった。リリース時の円盤速度は最大18.76 m/s(被験者E)、平均18.19 m/sであった。

3) 円盤投げ動作中における身体重心回りの円盤+投擲者角運動量(Lz)の変化(図8)

円盤投げ動作中における身体重心回りの正の円盤+投擲者角運動量(Lz)は両脚支持局面(DS1)から左脚支持局面(SS1)中盤において一気に増大し、円盤投げ動作中における円盤+投擲者角運動量(Lz)の大部分を発生させる傾向が、ほぼ全ての被験者に見られた。

非支持局面(NS1)において、身体重心回りの正の円盤+投擲者角運動量(Lz)が増加する傾向が見られたのは3名(被験者F、G、H)で、最大3.96 kgm²/s増加(被験者H)、平均2.26

kgm²/s増加であった。身体重心回りの正の円盤+投擲者角運動量(Lz)が減少する傾向が見られたのは7名で、最大-5.36 kgm²/s(被験者B)、平均-2.75 kgm²/sであった。

右脚支持局面(SS2)において、身体重心回りの正の円盤+投擲者角運動量(Lz)が増加する傾向が見られたのは9名で、最大7.08 kgm²/s増加(被験者B)、平均3.67 kgm²/s増加であった。身体重心回りの正の円盤+投擲者角運動量(Lz)が減少したのは被験者Cのみで-1.87 kgm²/sであった。

投げ出し局面(DV)において、身体重心回りの正の円盤+投擲者角運動量(Lz)が増加する傾向が見られたのは8名で、最大8.86 kgm²/s増加(被験者D)、平均5.01 kgm²/s増加であった。身体重心回りの正の円盤+投擲者角運動量(Lz)が減少する傾向が見られたのは2名で、-4.81 kgm²/s(被験者H)と-2.14 kgm²/s(被験者I)であった。投げ出し局面(DV)において、身体重心回りの投擲者角運動量(Lz)は減少し、身体重心回りの円盤の角運動量(Lz)は増加する傾向が全ての被験者に見られた。つまり、投げ出し局面(DV)では投擲者から円盤へ

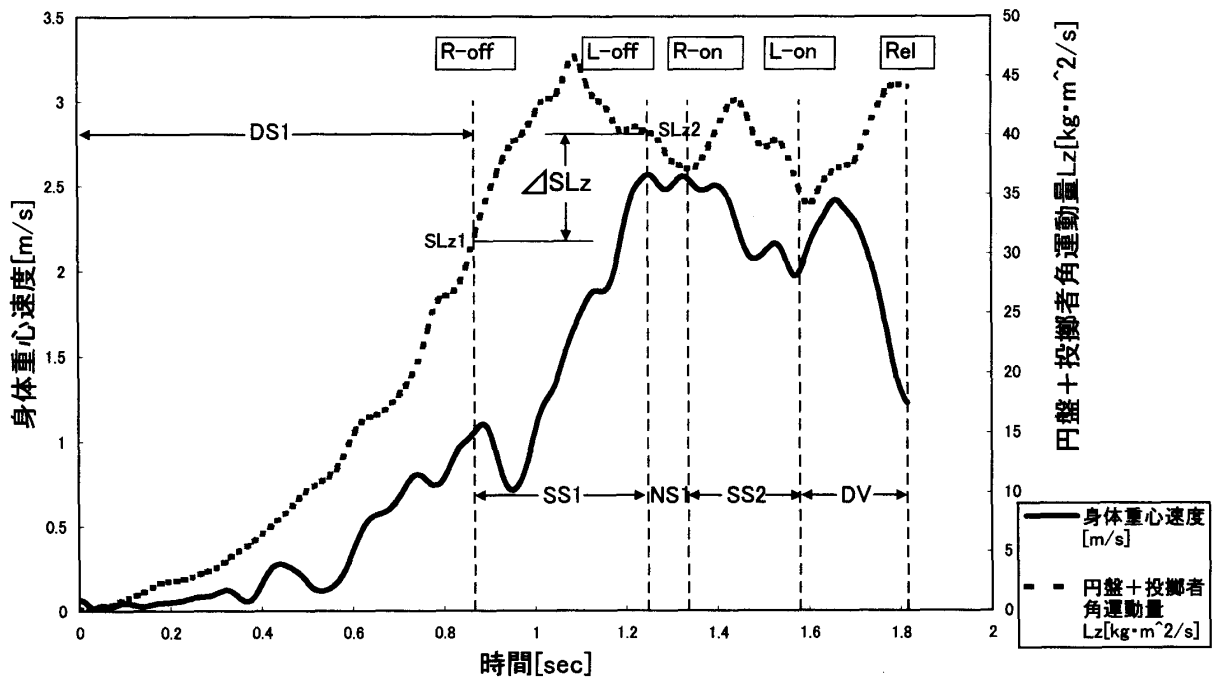


図8. 円盤投げ動作における身体重心速度と円盤+投擲者角運動量(Lz)(被験者C)

の角運動量の伝達が主に行われていた。

全体的に見て、左脚支持局面(SS1)中盤から円盤をリリースするまでに、身体重心回りの正の円盤+投擲者角運動量(Lz)が増加したのは被験者BとEであった。その他の被験者に関しては、非支持局面(NS1)、右脚支持局面(SS2)、投げ出し局面(DV)において僅かに増減するが最終的にはほぼ一定であった。

4) 円盤投げ動作中における身体重心速度と円盤速度の関係

相関関係1.2について：

1. 右脚支持局面(SS2)のR-on時の身体重心速度と円盤の速度との相関については有意な正の相関は見られなかったが、正相関の傾向が見られた(図9a)。
2. 投げ出し局面(DV)のL-on時の身体重心速度とRel時の円盤速度との相関については $r=0.699$ ($p<0.05$) となり、有意な正の相

関がみられた(図9b)。

相関2より、投げ出し局面(DV)のL-on時において、身体重心速度のより高いほうが、Rel時の円盤速度が高いという傾向がみられた。

5) 円盤投げ動作中における身体重心速度と身体重心回りの円盤+投擲者角運動量(Lz)の関係

相関関係3.4について：

3. 両脚支持局面(DS1)における身体重心速度の増加分SV1と、身体重心回りの円盤+投擲者角運動量(Lz)の増加分SLz1との相関関係について、有意な正の相関は見られなかった(図9c)。
4. 左脚支持局面(SS1)における身体重心速度の増加分 Δ SVと、身体重心回りの円盤+投擲者角運動量(Lz)の増加分 Δ SLzとの相関関係について、有意な正の相関は見られなかった(図9d)。

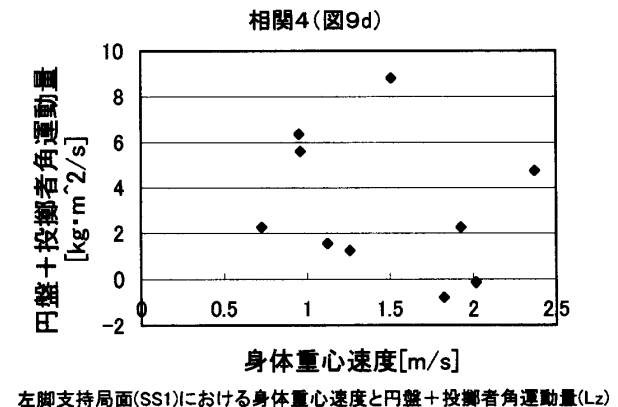
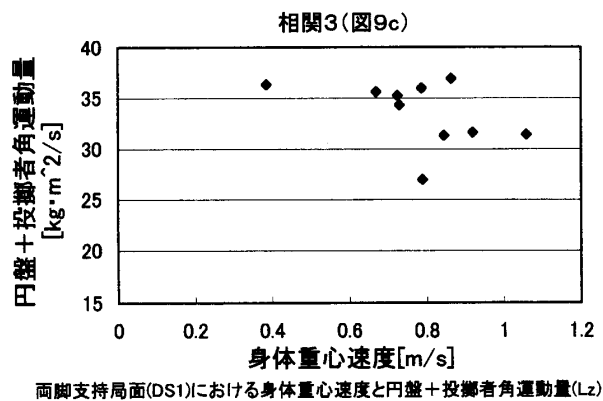
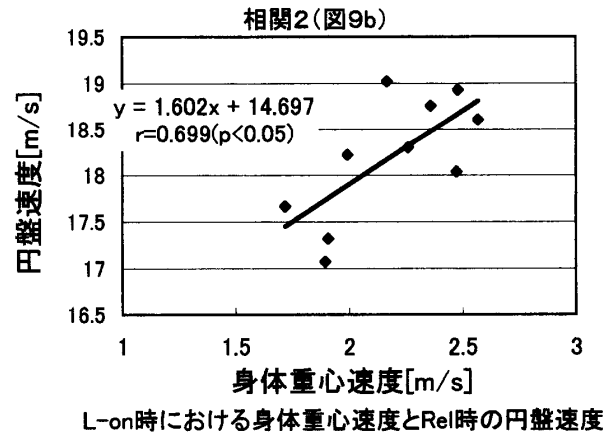
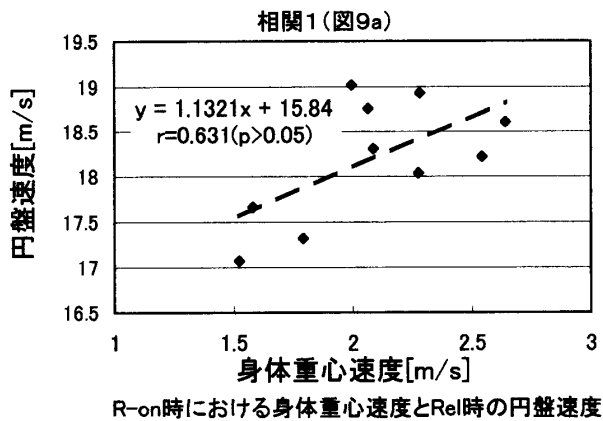


図9. 相関関係1.2.3.4.

相関3.4より、両脚支持局面(DS1)と左脚支持局面(SS1)において身体重心速度をより高めたほうが、身体重心回りの円盤+投擲者角運動量(Lz)も高まるという傾向はみられなかった。

5. 考察

本研究では、円盤投げ動作における並進運動を身体重心速度で表し、円盤投げ動作の並進運動に注目して研究を行った。

円盤投げ動作における身体重心速度と円盤速度の関係については相関2より、円盤の投げ出し局面直前(L-on時)までに投擲方向に対する身体重心速度を高めておくことが、Rel時の円盤速度を高める上で重要な要因の一つになっていると考えられる。

円盤投げ動作における身体重心速度は、左脚支持局面終了時(L-off時)において速度がほぼピークに達することから、R-on時においても有意な正の相関が見られると考えられる。しかし、各被験者の円盤投げ動作技術の違いにより、R-on時に高い身体重心速度を発生させていてもL-on時までの右脚支持局面(SS2)において身体重心速度を減速させてしまい、投げ出し局面(DV)で、十分に円盤に運動量を与えることができない被験者や、逆にR-on時にはそこまで身体重心速度を発生していなくても、L-on時までの右脚支持局面(SS2)に身体重心速度を減速させることなく高めている被験者が見られたことから、R-on時の身体重心速度とRel時の円盤速度との相関について有意な正の相関が見られなかったと考えられる。

投げ出し局面直前(L-on時)までに高い身体重心速度を発生させるためには、まず両脚支持局面(DS1)と左脚支持局面(SS1)でより高い身体重心速度を発生させ、左脚支持局面(SS1)のL-off時から投げ出し局面直前(L-on時)までに身体重心速度をなるべく減速させないようにする投擲技術が必要だと考えられる。

円盤投げ動作における身体重心速度と円盤+投擲者角運動量(Lz)については、両脚支持局面(DS1)と左脚支持局面(SS1)において上手く身

体重心速度を高めることで、身体重心回りの円盤+投擲者角運動量(Lz)を高めたりすることができるのではないかと考え、相関3, 4をとってみたが、有意な正の相関は見られなかった。

これらのことから、身体重心回りの円盤+投擲者角運動量(Lz)の発生方法には2種類の方法があるのではないかと考えられる。つまり円盤投げ動作開始時において2つのスタート技術があるのではないかと考えられる。

技術1. 両脚支持局面(DS1)と左脚支持局面(SS1)で身体重心回りの円盤+投擲者角運動量(Lz)だけを主に増大させ、投擲方向に対しての身体重心速度をあまり増大できない地面の蹴り方。

技術2. 両脚支持局面(DS1)と左脚支持局面(SS1)で身体重心回りの円盤+投擲者角運動量(Lz)を増大させながらも、投擲方向に対して身体重心速度を十分に増大することができる地面の蹴り方。

技術1, 2共に身体重心回りの円盤+投擲者角運動量(Lz)の値はあまり変わらないが、技術2の方が、円盤投げ動作において身体重心速度のピーク値を高めることができるので、最終的にRel時の円盤速度を高めることに貢献するのではないかと考えられる。

よって、両脚支持局面(DS1)と左脚支持局面(SS1)において、身体重心回りの円盤+投擲者角運動量(Lz)をいかに高めるかだけでなく、投擲方向に対しての身体重心速度をいかに上手く高めていくかが重要だと考えられる。

6. 結語

本研究では、円盤投げ動作における並進運動に注目して、円盤投げ動作における、身体重心速度が円盤の速度にどのように関係しているか、そして身体重心速度が身体重心回りの円盤+投擲者角運動量(Lz)にどのように関係しているかを明らかにするために実験、分析を行った。今回の研究結果を以下にまとめた。

①投げ出し局面(DV)のL-on時において、身体

- 重心速度のより高いほうが、Rel 時の円盤速度が高いという傾向がみられた。
- ②両脚支持局面(DS1)と左脚支持局面(SS1)において身体重心速度をより高めたほうが、身体重心回りの円盤+投擲者角運動量(Lz)も高まるという傾向はみられなかった。
- ③投げ出し局面(DV)の(L-on 時)までに、投擲方向に対する身体重心速度を高めておくことが、Rel 時の円盤の速度を高める上で重要な要因の一つになっていると考えられる。

7. 謝辞

本研究を行うにあたり、被験者と実験を許可していただいた中京大学体育学部教授 室伏重信先生、そして被験者の皆様、有益な助言を頂いた中京大学体育学部教授桜井伸二先生と応用スポーツ科学研究室の皆様に対し厚く感謝すると同時に謹んでお礼申し上げます。

引用および参考文献

1. 室伏重信, 齊藤昌久, 湯浅景元 (1982) : ハンマー投げのバイオメカニクス的研究—投射時におけるハンマー頭部の初速度・投射角・投射高が飛距離に及ぼす影響—。中京体育学研究 第二十三巻 第1号38—43中京大学学術研究会
2. 桜井伸二 (1992) : 投げる科学40—47, 大修館書店
3. Dapena J (1993) : New insights on discus throwing. Track Technique125 : 3977—3983
4. 宮西智久, 桜井伸二, 若山章信, 富樫時子, 川村卓 (1998) : アジア一流選手における円盤投げの角運動量の3次元解析. Jpn J Biomech Sports Exerc2(1) : 10—18
5. 原島鮮 (1968) : 基礎物理学選書3 質点系・剛体の力学52—62, 裳華房
6. Dapena J (1978) : A method to determine the angular momentum of a human body about three orthogonal axes passing through its center of gravity. J Biomech 11 : 251—256
7. 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 : 155—162
8. Dyson, G.H.G. (1972) : 陸上競技の力学. 金原勇, 洪川侃二, 古藤高良 (訳), 大修館書店
9. 室伏重信 (1999) : 投擲競技・競技力向上のしくみについて, 中京大学体育学論叢 第四十巻 第二号
10. 市原清志 (1989) : バイオサイエンスの統計学, 224—232, 南江堂
11. 出村慎一 (1996) : 健康・スポーツ科学のための統計学, 189—194, 大修館書店