

目 次

◆総説

- 競技用ヤリの特性評価に関する研究…………… 1
前田正登

◆原著論文

- ペース配分を実施しない全力疾走における速度低下率と疾走動作の変化率との関係…………… 13
石毛大輝, 藤林献明
- MCT-jump test で評価されるパワー発揮能力とスプリント走速度およびステップパラメータとの関係
ー最大跳躍高と最大 RDJ_{index} 時の跳躍高に着目してー …………… 25
梶谷亮輔, 石川稜将, 杉浦澄美, 村山凌一, 木越清信
- 50m 走を対象とした計測機器および計測方法の差異により生じる差の定量 …………… 33
前川斉幸, 庄司一眞, 中山滉一, 塩内裕与, 眞鍋芳明
- 投てき動作前半の円盤の速度はパフォーマンスと関係するのか? …………… 43
前田 奎, 加藤忠彦, 水島 淳, 山本大輔
- 次世代風速計の開発に向けた陸上競技場の基礎的風速分布特性の実測調査…………… 53
山本竜大, 千田陽介, 中嶋康博

◆研究資料

- 棒高跳競技者における踏み切れない症状の実態調査…………… 63
榎 将太, 村山凌一, 中山滉一
- 観察的動作評価法による円盤投動作の評価に関する研究…………… 69
菊池翔太, 富永翔太, 関慶太郎, 青山清英

◆事例報告

- 短距離競技者におけるパワー発揮能力の向上に向けた目標値の設定に関する一考察…………… 77
石川稜将, 木越清信

◆Round-up

- 陸上競技会におけるトレーナーステーションの利用実績と陸上競技者が保有する身体的トラブル…………… 87
加藤 基, 松尾信之介, 砂川祐輝, 松下美穂, 五味宏生, 廣重陽介

救護活動からみた陸上競技会中に発生する傷害の調査.....	96
廣重陽介，松尾信之介，富山信次，加藤 基	
◆日本陸上競技学会第 22 回大会	
基調講演.....	103
來田享子	
傍聴記（大会 1 日目）.....	108
牧野瑞輝	
傍聴記（大会 2 日目）.....	111
中山滉一	
◆日本陸上競技学会会則.....	114
◆陸上競技学会誌 投稿規程.....	115
◆陸上競技学会誌 執筆要項.....	116
◆日本陸上競技学会 学会賞・優秀発表賞規程.....	119

競技用ヤリの特性評価に関する研究

前田正登¹⁾

Measurement and evaluation of javelin characteristics

Masato MAEDA¹⁾

Abstract

This study reviews previous research on measurement and evaluation methods for various characteristics of javelins, applies those measurement and evaluation methods to various javelins made of different materials, and obtains basic data on the characteristics of the men's javelin.

For 20 types of men's javelins made of different materials, the following characteristics were measured and evaluated: the length and diameter of parts specified in regulations, the tip angle of the head, the mass, the position of the center of gravity, the centroid position of the longitudinal section, the position of the center of volume, and the surface area. In addition, previous research was reviewed on measurement and evaluation methods for moment of inertia, static bending stiffness, and vibration characteristics. These methods were applied to the sample javelins to measure and evaluate the moment of inertia around the short axis about the center of gravity, as well as the maximum deflection amount and its position when the javelin was supported at the 1/2L1 and 1/2L2 positions and a load was applied to the rear end of the grip. This deflection was taken as a measure of static bending stiffness. Furthermore, the following vibration characteristics of the sample javelins were measured and evaluated: the resonant frequency of the first vibrational mode, the loop position, and the compliance values at the loop and tail.

Different models of javelin from the same manufacturer showed different characteristics, which will influence athletes' choice of javelin to use. In order to improve performance in competitions, it is necessary to clarify the various characteristics of javelins.

キーワード：男子用やり、特性の測定、評価方法、材質、慣性モーメント、静的曲げ剛性

1. 緒言

1986年に当時のI.A.A.F（国際陸上競技連盟）は、それまでのやりが飛びすぎることや印跡判定が困難であったことを考慮し、男子のやりに関する規格を改定した。改定の主な内容は、重心位置の範囲の最大値を4cm前方へずらしたことであり、グリップより後方部分の直径の許容範囲を下限で設定したことであったが（日本陸上競技連盟, 1984; 1985）、それによって飛距離はおおむね減少

の傾向を示し（Borgstrom, 1988; Arbeit, 1990）、競技の様相は大きく変容したとされる。このことは、やりの形状や重心位置の設定が飛距離に極めて大きな影響をもたらす要因となること（Terauds, 1985）が実証されたものと考えられる。

規格が改定された結果、やりの構造は大きく変容し静特性が変化したことが確認されている（菅原, 1986; 前田ほか, 1990; 前田ほか, 1991）。さらに、このような形状及び重心位置についての規格変更は静特性の変化だけでなくとどまらず、競技成績に影響を及ぼす振動特性（動特性）においても大きな変化となったことが報告されている（Hubbard & Always, 1987; Hubbard & Bergman, 1989; 前田ほか, 1992a; 前田ほか, 1992b; 前田ほか, 1993a）。

一方、これら一連の形状や重心位置に関する規格改定とは別に、それまで「金属製穂先、柄、握り紐の3つの部分からなる」構造のうち「柄は金属製でなければならない」となっていた規定を、1997年から「金属または類似の物質」とし（日本陸上競技連盟, 1997）、SteelまたはDuraluminの単一材料に限られていたやり本体の材質に関して、C-FRPなどの複合材料を用いることを事実上認める規定に変更した。これらの規格改定後25年ほどが経過し、各競技会においては、単一材料のSteel製やDuralumin製のやりに加え、複合材料で製作されたやりを含め多種多様なやりが使用されるようになってきている。

本研究では、競技用やりの諸特性に関する評価方法について先行研究を概観し再検討するとともに、それら評価方法を材質が異なる様々なやりに適用することにより、男子の競技用やりの諸特性に関する基礎的資料を得ようとするものである。

1) 神戸大学大学院人間発達環境学研究科 Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University
〒657-8501 兵庫県神戸市灘区鶴甲3-11

2. 競技用ヤリの規格

毎年発行される陸上競技ルールブックによれば、競技用ヤリの規格は、1999年に女子用ヤリで「金属製穂先の先端から重心までの距離」が800mm～950mmから800mm～920mmに変更され（日本陸上競技連盟, 1997；1998），2004年に「柄（ヤリ本体）は中が詰まっていた中空でもよい」ことと「穂先（ヤリ先）は完全に金属製であること」が規定に加わったものの（日本陸上競技連盟, 2004），2000年以降は実質的には変わっていない（Fig.1）。

本研究で対象とした試料は Table1 に示す男子の競技用ヤリ 20 種類である。各ヤリは、いずれもヤリ本体（shaft）、ヤリ先（head）及びグリップ（cord grip）の3つの主要部分で構成され、2000年～2011年に発売されたモデルで日本陸上競技連盟の検定に合格しているものである。

本研究では、ヤリ本体の材質によって Steel 及び Duralumin の金属製、あるいは C-FRP や C-FRP を含む複数の材料からなる Composite タイプのいずれかで区分しており、Composite タイプのヤリ 6 種類、Steel 製のヤリ 5 種類、及び Duralumin 製のヤリ 9 種類の計 20 種類を試料とした。

ヤリ本体の材質については、元々、「木製でも金属製でもよい」とされていた規定が1985年に「金属製でなければならない」と変更され（日本陸上競技連盟, 1984；1985），1997年に「金属または類似の物質」となり（日本陸上競技連盟, 1997），現在のように C-FRP などのヤリが使用可能になった。ヤリは、全長と重量のほ

か、各部分の長さや直径、及び重心位置それぞれに規定があり、それらすべての規定を満たすと外形を特徴づけることや他のヤリとの差別化を図ることが困難となるが、使用が認められている材料はそれぞれで比重や剛性が異なることから、外形が同じであっても材質が異なることによってヤリについての諸特性は変わり得る（前田ほか, 1991；前田, 2014）ことになる。

3. 形状

3.1 各項目の計測方法と縦断面積、体積、表面積及び幾何学的中心位置の算出

規格で定められている箇所について、長さはスチール製の尺（最小目盛り：1.0mm）を用いて、直径はノギス（最小読み取り値：0.05mm）を用いて計測した。また、先端から4cmまでは5mmごと、以後2cmごとの直径を計測した。質量は、電子天秤（最小表示：10mg）を用いて計測した。重心位置は、槓杆法により計測し先端からの距離を示した。ヤリ先の先端の角度は、デジタルプロトラクター（最小表示：0.1°）を用いて計測した。

また、形状計測により得られたデータをもとに、 n 番目の計測箇所における直径 D_n と隣接する $n+1$ 番目の計測箇所までの距離 h_n 及び直径 D_{n+1} から、ヤリ全体を上底の直径が D_n 、下底の直径が D_{n+1} 及び高さが h_n となる円錐台の集合体とみなし、ヤリ全体の縦断面積、体積、及び表面積を算出した。

さらに、算出されたヤリ全体の縦断面積から縦断面における図心位置を、体積及び表面積からそれぞれの中心位置を算出し先端からの距離を示した。

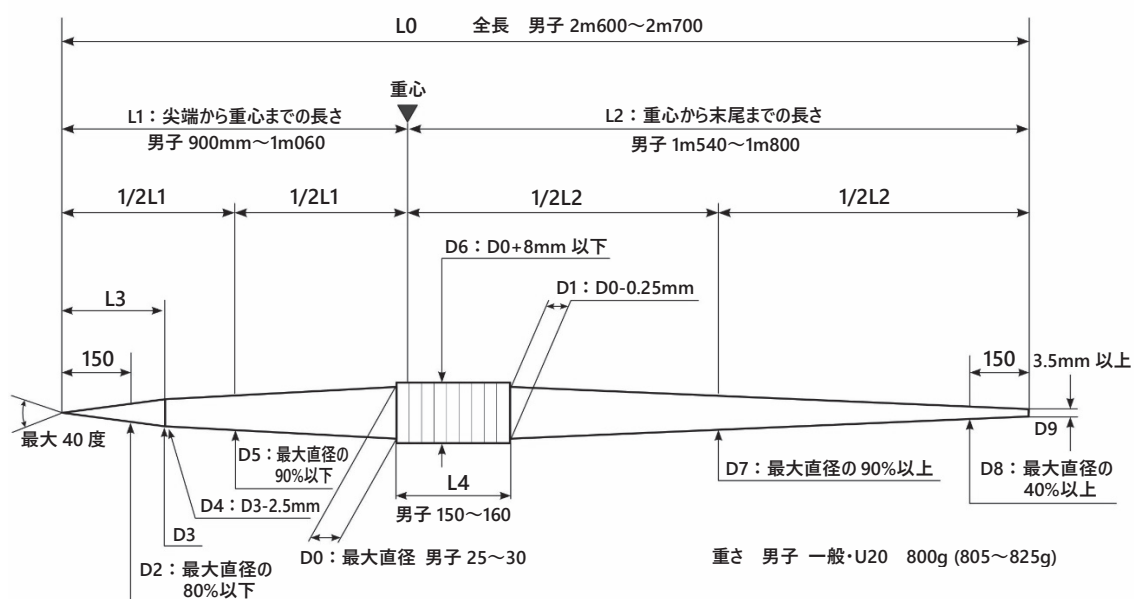


Fig.1 競技用ヤリの規格（日本陸上競技連盟, 2021）

Fig. 1 Standards for competition javelins (Japan Association of Athletics Federations, 2021)

3.2 競技用ヤリの形状評価

競技用ヤリは、規格として全長 (L0) と重量のほか各部の寸法 (L1~L4) 及び直径 (D0~D9)、ヤリ先の先端の角度にそれぞれ制約があるが、寸法にはいずれも許容幅が設けられており、直径の項目の多くは最大値に対する割合で規制され、中には一定量で規制されている項目もある (Fig.1)。また、ヤリ先の先端の角度は1987年に規格に加えられた項目である (日本陸上競技連盟, 1986; 1987)。Table 1 のとおり、すべての試料ヤリは規格に適合しているが、一方で、ヤリ先の先端の角度が5.0-39.8degで広範囲にわたってばらついているように、規格に適合させつつも特異な形状のヤリを設計することが可能である。

Terauds (1985) によって、競技用ヤリの plan form area の1例として Sandvik Super Elite の縦断面 (上半分) の形状が報告されている。また菅原 (1986) は、新規格のヤリ (1986年の規格改定以後のヤリ) 1種類と旧規格のヤリ3種類の計4種類のヤリの形状として、縦断面図とともに重心位置と幾何学的中心位置 (縦断面の図心位置及び体積の中心位置) を明らかにしている。前田ほか (1990) も、新規格のヤリ15種類と旧規格のヤリ1種類について、重心位置及び幾何学的中心位置を計測・算出方法とともに示しているが、縦断面図等で試料ヤリの形状が示されているわけではなく、形状の計測値から算出される幾何学的中心位置と重心位置との距離に注目し議論している。

Soong (1975) は、ヤリの弾道シミュレーションによって重心と図心との間隔を25.7cmから0.8cmに24.9cm縮めると飛行距離を16m余り伸ばすことができるとし、Red & Zogaib (1977) は、Soong (1975) の計算結果に

やり投げ選手が成し得る初速度と投射角度との関係の影響を考慮することを加えて、ヤリの重心と図心との間隔を25.7cmから0.8cmに縮めると飛行距離を約1m伸ばすことができると報告している。菅原 (1986) や前田ほか (1990) の競技用ヤリの形状に関する議論は Soong (1975) や Red & Zogaib (1977) が示した重心と図心との距離についての説を踏まえたものであり、算出される各幾何学的中心位置は、ヤリ全体に対する相対位置としてではなく重心位置との距離として注目する必要があると考えられる。

試料ヤリの重心位置と縦断面の図心位置、体積及び表面積の各中心位置をグリップの位置 (範囲) とともに Fig.2 に示す。図ではグリップの範囲を網掛けで示し、重心位置及び各幾何学的中心位置をそれぞれマークで示している。

試料ヤリの幾何学的中心位置は、いずれのヤリでも図心位置と表面積の中心位置はほぼ同じでグリップ部の後方 (ヤリの末端側) に位置し、体積の中心位置は図心位置の3-4cm程度先端寄りとなっている。重心と図心との距離は $13.2 \pm 1.0\text{cm}$ 、最大値はMEDの14.7cm、最小値はNCCの11.3cmであった。重心位置は、通常、規格範囲の最大値よりわずかに小さい値になるように設定されており、試料ヤリの重心位置も104.0-105.6cmでほとんど差はない (Table1)。したがって、重心と図心との距離のばらつきは図心位置の違いによるものと考えられるが、一方で、その距離を25.7cmから0.8cmに大幅に縮めても飛行距離への貢献は1m程度 (Red & Zogaib, 1977) に過ぎない。図心位置をより前方にするには、ヤリ的前方部をより太く後方部をより細くすることになるが、規格によりヤリ的前方部は1/2L1位置の

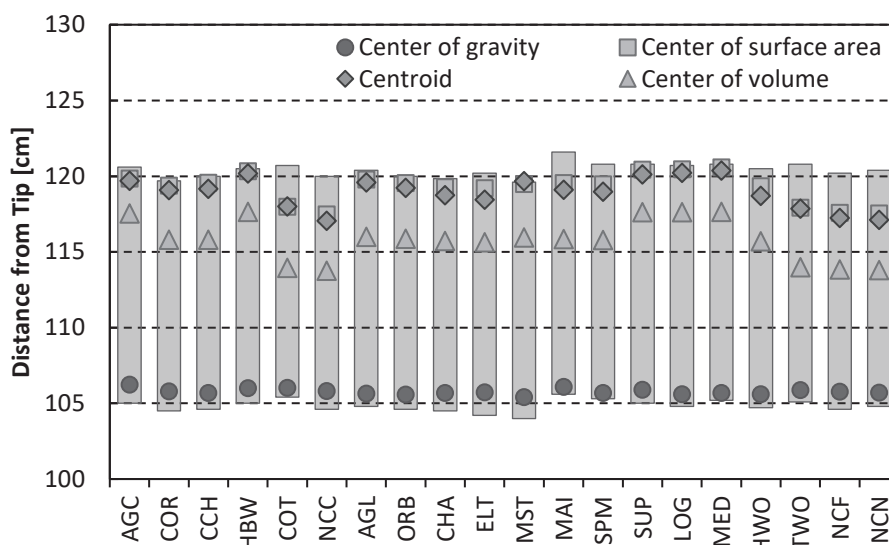


Fig.2 試料ヤリの重心位置と縦断面の図心位置、体積の中心位置及び表面積の中心位置

Fig. 2 Center of gravity position of sample javelin, centroid position of longitudinal section, center position of volume, and center position of surface area.

Table 1 試料ヤリの主な仕様
Table 1 Main specifications of the sample javelins.

<i>ID</i>	<i>Length</i>	<i>Mass</i>	<i>Head</i>	<i>Grip[†]</i>	<i>Width of grip</i>	<i>Center of gravity[†]</i>	<i>Angle of tip</i>	<i>Material</i>
	[cm]	[g]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[deg.]	
AGC	260.6	810.5	32.6	105.0	15.6	106.2	15.0	<i>C-FRP</i>
COR	261.4	810.8	32.6	104.5	15.2	105.8	38.5	<i>C-FRP</i>
CCH	261.5	806.1	26.8	104.6	15.4	105.7	15.4	<i>C-FRP</i>
HBW	260.4	810.2	31.9	105.0	15.5	106.0	20.0	<i>Duralumin/CFRP</i>
COT	261.6	817.7	32.8	105.4	15.3	106.0	39.2	<i>C-FRP</i>
NCC	261.2	812.2	33.0	104.6	15.4	105.8	37.3	<i>Composite</i>
AGL	260.5	806.3	32.8	104.8	15.6	105.6	16.0	<i>Steel</i>
ORB	261.4	807.1	32.5	104.6	15.4	105.6	38.4	<i>Steel</i>
CHA	260.8	807.2	26.9	104.5	15.4	105.7	15.1	<i>Steel</i>
ELT	261.3	808.2	27.2	104.2	16.0	105.7	39.5	<i>Steel</i>
MST	260.9	807.9	26.5	104.0	15.6	105.4	15.4	<i>Steel</i>
MAI	261.2	807.1	32.3	105.6	16.0	106.1	30.7	<i>Duralumin</i>
SPM	261.6	805.5	32.7	105.3	15.5	105.7	31.4	<i>Duralumin</i>
SUP	261.8	805.0	32.0	105.0	15.8	105.9	32.4	<i>Duralumin</i>
LOG	261.2	806.2	32.2	104.8	15.9	105.6	20.2	<i>Duralumin</i>
MED	261.2	807.0	32.1	105.2	15.6	105.7	20.0	<i>Duralumin</i>
HWO	260.6	809.7	28.4	104.7	15.8	105.6	5.0	<i>Duralumin</i>
TWO	260.9	807.6	32.8	105.1	15.7	105.9	39.8	<i>Duralumin</i>
NCF	260.6	812.1	33.0	104.6	15.6	105.8	39.2	<i>Duralumin</i>
NCN	260.7	809.4	33.0	104.8	15.6	105.7	39.2	<i>Duralumin</i>

[†] : Distance from tip

D5, 後方部は 1/2L2 位置の D7 によってそれぞれ最大値 (D0) に対する割合の上限値 (最大直径の 90%以下) と下限値 (最大直径の 90%以上) が定められており (Fig.1), ヤリ全体の形状に関しての改良・改善の余地はほとんど無いものと推察される。

4. 慣性モーメントと静的剛性及び振動特性

4.1 慣性モーメントの測定方法

試料ヤリについて, 重心を通る短軸まわりの慣性モーメント (以降, 短軸まわりの慣性モーメント) を物理振り子法により測定した。物理振り子における振り子周期の測定精度を高めるために, 振り子を 20 周期以上振らせ, デジタルビデオカメラ (XC-009 : SONY 社) を用いてその周期分に要したコマ数を測定し, 1 周期分に換算した値を短軸まわりの慣性モーメントの算出に用いた。

短軸まわりの慣性モーメントを測定するにはいくつかの方法があるが, Terauds (1985) はヤリを 2 本のワイヤーで上から吊るし, 水平位にしてヤリに微小な回転振動を与えてその振動周期から算出しており, 一方, Best et al. (1995) は, trifilar suspension と呼ばれるテーブルにヤリを固定し微小に回転振動させ 1 周期に要した時間から短軸まわりの慣性モーメントを算出している。これらはいずれも二本吊り法 (安田・富樫, 2017) を応用した

もので, ヤリの重心を通る短軸まわりの慣性モーメントを測定する有効な方法であるが, 回転振動の中心軸が重心を通る短軸と一致する必要がある, 測定には熟練が必要である。これらに対して, 前田ほか (1990) は, 自作の固定治具を用いた物理振り子法によってヤリの短軸まわりの慣性モーメントを測定するとともに, ねじれ振り子法によってヤリの長軸まわりの慣性モーメントを測定している。物理振り子法では, 物体 (ヤリ) の一端を支持しその位置を通る軸まわりの慣性モーメントを測定し, その軸まわりの慣性モーメント及び重心位置までの距離から平行軸の定理により重心を通る短軸まわりの慣性モーメントを求める手続きとなる。ねじれ振り子法は, 物体 (ヤリ) を吊るす針金の剛性率を事前に求めておく必要があることや, 試料数が多くなった場合に測定実験の頻度によっては針金の剛性率に変化が生じる可能性があることから, 測定の再現性がやや劣る方法である。

4.2 競技用ヤリの慣性モーメント

ヤリの短軸まわりの慣性モーメントは飛行軌道のシミュレーションには必要なパラメータとなることから, 先行研究では高い精度で測定された慣性モーメントが引用されている。Hubbard (1984) はヤリの飛行軌道のシミュレーションによりヤリの質量や慣性モーメント, あ

るいは、気圧や風向が飛距離に及ぼす影響を検討しているが、慣性モーメントは Terauds (1985) が報告した Held 90 meter の 0.4094 kgm^2 を引用し、その 10% 増の 0.4503 kgm^2 とした場合の計算結果をもとに慣性モーメントの影響を検討している。結果としては、慣性モーメントを 10% 増加させても飛距離は 4cm 増加するに過ぎず大幅な飛距離増大には繋がらないとしている。また、Chiu (2009) もヤリの最適投射条件探索のためにシミュレーションを行っているが、慣性モーメントは Best et al. (1995) が報告した値を引用している。

ヤリの短軸まわりの慣性モーメントは、Terauds (1985) が男子用 13 本 (いずれも 1986 年規格改定以前の旧規格のもの)、菅原 (1986) が男子用 4 本 (1986 年の規格改定前後の新規格 1 本と旧規格 3 本)、Best et al. (1995) が男子用 3 本 (新規格 2 本と旧規格 1 本) と女子用 2 本 (新規格と旧規格各 1 本)、前田ほか (1990) が男子用 16 本 (新規格 15 本と旧規格 1 本)、前田ほか (1992a) が男子用 8 本 (新規格 5 本と旧規格 3 本) と女子用 5 本 (1991 年の規格改定前後の新規格 3 本と旧規格 2 本)、前田 (2014) が男子用 29 本 (すべて新規格) について報告しており、ヤリの長軸まわりの慣性モーメントは前田ほか (1990) が報告している。

菅原 (1986) は、ヤリの短軸まわりの慣性モーメントと直径 30mm 長さ 2600mm 質量 800g の均一な棒の慣性モーメントとの比較から、ヤリの構造ともいえる長軸方向の質量分布について言及している。ヤリは規格によって長さや最大径及び最小重量が定められており、これらの値が同程度で慣性モーメントが異なることは長軸方向の質量分布が異なることを意味する。前田ほか (1991) は、材質が異なる 3 本のヤリを対象にヤリを縦割りに裁断し全体にわたって 2cm ごとに肉厚を測定して、ヤリごとに肉厚分布 (質量分布) が異なること、及び、それによって慣性モーメントも異なっていた結果から、形状に大きな違いが無くても材質や肉厚分布を変えることで特徴的なヤリの製作が可能であることを示唆している。実際、肉厚分布及び質量分布が異なる 3 種類のモデルを設計し、それら設計モデルの製品化後の特性を予測したうえで 1 種類のモデルに絞り込み、製品に至ったヤリの開発事例も報告されている (前田, 2000)。

試料ヤリの短軸まわりの慣性モーメントを Table 2 に示す。試料ヤリの慣性モーメントは、Composite タイプのヤリは広範囲に散らばっているものの、Steel 製のヤリはやや大きく Duralumin 製のヤリはやや小さかった。Composite タイプのヤリにはグリップの前方部分と後方部分とで材質が異なるものや前方部分と後方部分をグリップ部分内部で接合している可能性があるものがあり (Table 1 参照)、それらの慣性モーメント値からヤリの構造を推測することは困難であるが、Steel 製のヤリよりも Duralumin 製のヤリの方がやや中央部寄りの質量分

布で両端部よりも中央部の方が相対的に肉厚の構造 (前田ほか, 1991) になっているものと推察される。

4.3 曲げ剛性の測定

本研究ではヤリの静的剛性としての曲げ剛性を前田 (2014) の方法により次のように測定した。

ヤリに関する規定上の 1/2L1 及び 1/2L2 を支持位置とし (Fig. 1), グリップ後端から 10mm 先端寄りの位置に重りを吊り下げ、試料ヤリへの荷重とした。各試料ヤリについて、荷重に対する計 6 ヶ所の変位量からたわみ形状となる曲線式を求め、それらの曲線式をもとにたわみ量の最大値や最大値となる位置、及び先端部 (先端から 0.2cm の位置) と末端部 (先端から 260.2cm の位置) における各たわみ量を算出した。なお荷重にあたっては、トップレベルのやり投げ競技者が使用することを想定して最大荷重を 20kg とし、無荷重から 5kg ずつ荷重を漸増して各変位測定箇所について荷重あたりの変位 (たわみ) 量を測定した上で、3 次の多項式を適用して試料ヤリ全体のたわみ形状を求めるものとし、測定・算出方法を工夫することで精度を高めるよう配慮した。

ヤリの静的な剛性については、前田ほか (1992b) と前田 (2014)、前田 (2015) の報告に記述があるに過ぎない。後述するヤリの振動については、菅原 (1986) や前田ほか (1991, 1992a, 1992b, 1993a, 1993b)、あるいは、Hubbard & Always (1987; 1988) や Hubbard & Bergman (1989)、Hubbard & Laporte (1997) など数多く報告され、それら振動の発生源となるヤリに加えられる力についても、前田ほか (1994) をはじめ、前田ほか (1997a; 1997b) や Maeda et al. (1999) などの報告があるように、ヤリは剛体ではなくリリース時にはたわみ、リリース後の飛行中は振動する弾性体として認識されている。それでもヤリそのものの静的な剛性が測定されなかったのは、握っているグリップのほかには支持される箇所も無く自由状態であるヤリがリリース時にはたわむことを測定条件として反映することが難しいからであろうと推察される。ヤリのような棒状物体の曲げ剛性は「3 点曲げ」の方法により測定・評価するのが一般的であり、荷重する箇所は握り位置であるとしても、ヤリを支持する他の 2 箇所はそれらの位置によっては荷重負荷に対する各部の変位量が変わることになり、支持する 2 箇所の位置がヤリによって異なるとヤリ間の比較ができず評価項目にはなり難い。前田ほか (1992b) は、ヤリを支持する 2 箇所をそれぞれのヤリ固有の振動 1 次モードの node (節) の位置としている。競技用ヤリは 500Hz 以内で 6 つの固有振動モードを有しており 1 次モードは 2 節曲げのモードに相当する (前田ほか, 1991)。したがって、振動 1 次モードにおいて変位しない node の位置を支持してグリップに荷重することにより、変形したヤリのたわみ形状は振動 1 次モードの形状に酷似することが期待で

きる。しかし他方で、振動1次モードの node 位置はヤリによって異なる（前田ほか，1992b；1993a；1993b）ために、荷重に対する変位量（剛性）を各測定箇所でも求めてもそれらの測定値ではヤリ間の比較評価ができない。これに対して、前田（2014）は支持する2箇所を規格で定めている1/2L1及び1/2L2とすることを提案している（Fig.1 参照）。1/2L1と1/2L2の位置はいずれもそれらの箇所でも直径も規定されておりヤリ全体の形状を決定づける重要な箇所であること、及び、ほとんどのヤリの重心位置がほぼ同じ位置となっている実態からすれば、1/2L1と1/2L2のそれぞれがいずれの試料でもほぼ同一の位置となることから、ヤリの曲げ剛性を測定するには1/2L1と1/2L2を支持し握り位置に荷重してたわみの変位量を測定する方法（前田，2014）が適当であると考えられる。

4.4 ヤリの静的剛性の評価

試料ヤリについて最大たわみ量とその位置を Table 2 に示す。最大たわみ量が最も大きかったのは ORB の 0.069mm/N、最も小さかったのは NCC の 0.044mm/N であり、Steel 製ヤリの値が大きく Composite タイプの値

は小さかった。また、最大たわみ量となる位置については、先端からの距離が最も大きかったのは HWO の 120.3cm、最も小さかったのは COR の 115.0cm であったが、AGC (115.6cm) と COR (115.0cm)、CCH (115.7cm) の Composite タイプの3本以外は NCF の 117.6cm から HWO の 120.3cm まで 2.7cm の範囲内にすべて収まっており、最大たわみ量となる位置は多くのヤリでグリップ部後端寄りになっていた。たわみ量の測定はグリップ後端から 10mm 先端寄りの位置に荷重していたことから、多くの試料ヤリは荷重することによりグリップ後端部付近でたわみ量が最大となり、その位置より先端側と末端側に向かってほぼ均等にたわむものと推察される。これらに対して AGC と COR、CCH は、最大たわみ量が小さくたわみ量が最大となる位置が荷重する位置と一致しないことから、選手には数値以上に剛性が高い印象のヤリになるものと推察される。

4.5 競技用ヤリの振動試験

試料ヤリについての振動試験として、インパルス応答法による加振実験を次のように行った（前田ほか，1993a）。

Table 2 慣性モーメント，最大たわみ量とその位置，及び1次モードの共振周波数と loop 位置，各部の Compliance

Table 2 Moment of inertia, maximum deflection amount and its position, first-mode resonant frequency and loop position, and compliance of each part.

ID	Moment of inertia	Maximum deflection	Position [†] of maximum deflection	Resonant frequency	Position [†] of loop	Compliance (1st mode)	
	[kg·m ²]	[mm/N]	[cm]	[Hz]	[cm]	at loop	at tail
AGC	0.425	0.056	115.6	26.3	106.0	6.9	16.0
COR	0.398	0.045	115.0	29.1	107.9	7.4	22.1
CCH	0.408	0.045	115.7	28.4	107.0	7.5	21.3
HBW	0.475	0.059	118.6	26.9	109.1	5.8	19.3
COT	0.437	0.057	118.3	25.9	114.3	6.3	21.6
NCC	0.420	0.044	118.5	30.0	111.8	6.1	18.6
AGL	0.441	0.064	118.4	24.7	117.8	9.7	21.5
ORB	0.470	0.069	118.3	23.4	118.8	13.7	34.5
CHA	0.473	0.066	118.7	23.8	118.7	15.0	41.2
ELT	0.480	0.066	118.8	23.4	119.2	14.2	38.2
MST	0.476	0.065	118.4	23.8	119.6	15.2	39.8
MAI	0.423	0.058	119.0	24.4	116.5	13.1	40.1
SPM	0.409	0.059	119.4	25.3	115.7	11.9	45.1
SUP	0.425	0.064	118.0	24.1	115.4	12.7	40.9
LOG	0.405	0.062	118.8	24.7	119.7	10.4	31.9
MED	0.423	0.062	118.6	24.4	120.9	11.3	37.0
HWO	0.397	0.058	120.3	26.9	118.1	12.7	43.4
TWO	0.412	0.060	119.2	25.6	115.2	8.7	25.8
NCF	0.399	0.059	117.6	26.3	110.5	12.3	40.6
NCN	0.395	0.060	117.8	25.9	111.7	12.1	39.5

[†] : Distance from tip

ヤリの先端を上にして吊るし自由状態にした。ヤリを投げ出す際のヤリに力を加える部分をグリップ後端部（グリップ後端の5mm後方）と仮定し、その部分に加速度計（NP-3211, 感度:1.042mV/(m/s²), 小野測器）を取り付け、ロードセル（086M36A, 感度:10.51mV/lb, 小野測器）を備えたハンマーで、先端から全長の10%（26cm）ごと、計10箇所に対して加速度計の感度方向に沿って打撃した。加振力に対して生じる応答振動を加速度計で測定し、加振力と応答の加速度をマルチチャンネルデータステーション（DS-3100, 小野測器）を介してパソコンに入力した。インパルス加振実験により収集されたデータをもとに、音響振動解析ソフトウェア（Onosokki DS-3000, 小野測器）により、共振周波数及び各測定点における Compliance（変位/力）を算出した（加川・石川, 1989）。得られた共振周波数及び測定点の Compliance より、1次モードの振動形を求めた。

前田ほか（1993a）は、競技用ヤリを対象にインパルス応答法と周波数応答法の2種類の振動試験を行っている。いずれの方法も対象物を加振し対象物の応答振動を分析するものであるが、前者が力センサを備えたハンマーで加振するのに対して、後者は周波数を制御できる加振器を用いて正弦波加振する方法である。いずれの方法も各測定点での加振力に対する応答振動から伝達関数を得ることになるが、対象物について幅広い周波数帯域での振動特性を収集する場合にはインパルス応答法が、周波数帯域が限定的になるのであれば周波数応答法がより有効である（加川・石川, 1989）。インパルス応答法による競技用ヤリの振動特性は、前田ほか（1993a）をはじめいくつかの報告があるが（前田ほか, 1991; 1992a; 1992b; 1993b; 2000; 2015）、周波数応答法を適用した報告は前田ほか（1993a）以外は見あたらない。

Terauds（1985）は木製のヤリを含む14種類のヤリについて固有振動数を、菅原（1986）は新旧2種類のヤリについて200Hz以内の振動分析の結果を報告しているが、いずれの文献にも具体的な測定方法は示されていない。Hubbard & Always（1988）と Hubbard & Bergman（1989）の研究では、Held Custom IIIについて4つの固有振動数とモード形が示されているが、これらは振動試験によるものではなく、伝達マトリクス法と呼ばれる数値計算による方法で、対象物（ヤリ）をいくつかの要素に分割し各要素の特性（材質及び構造の数値データ）をマトリクスで表示して全体のマトリクスを求めていく方法により得たものである。伝達マトリクス法は対象物の材質及び構造の数値データが取得できれば実物が存在しなくても振動特性が予測できることから、設計開発の過程で用いられることがあるが、固有振動数はインパルス応答法による実測値と5%程度の違いが生じる可能性がある（前田, 2000）ことを踏まえておく必要がある。Held Custom IIIは Terauds（1985）においても測定値が25.3Hz（初期振動）と報告

されており、Hubbard & Always（1988）と Hubbard & Bergman（1989）では23.8Hz（1次モード）と Terauds（1985）の報告よりも6%程度低い値として報告されている。また、Hubbard & Always（1988）と Hubbard & Bergman（1989）では1次モードだけでなく2次～4次モードまでの振動数及びモード形が示されているが、インパルス応答法による測定によれば3節曲げの2次モードは中央の node（節）の位置がグリップ後端部、つまり、投射の際にヤリに力を加える箇所とほぼ同じ箇所になってしまい2次モードは励振されないと考えられ（前田ほか, 1991; 1993a）、5節曲げとなる4次モードとともに、偶数次の振動モードでの変位は極めて小さいと考えられている。

4.6 競技用ヤリの振動特性

試料ヤリの1次モードの共振周波数を Table2 に示す。試料ヤリのうち Steel 製ヤリの共振周波数は23.4-24.7Hzで全体の中では低く、Composite タイプのヤリは25.9-30.0Hzで高かった。

試料ヤリの重心を通る短軸まわりの慣性モーメントと共振周波数との関係を Fig.3 に示す。競技用ヤリは、ヤリ本体の材質が一樣であれば、短軸まわりの慣性モーメント値から質量分布や肉厚分布といった内部構造の推測が可能になる（前田ほか, 1991）。試料ヤリのうちの Duralumin 製のヤリについては、慣性モーメント値が大きいヤリより小さいヤリの方が、相対的に両端部よりも重心位置（中央部）周辺が肉厚で質量も集まる構造になっているものと推察される。また Duralumin 製ヤリでは、より重心位置（中央部）周辺が肉厚で質量が集まる構造になっているヤリほど周期が短い小刻みの振動になり共振周波数は高く、相対的に両端部が肉厚であるものほど振動の周期は長くなり共振周波数は低くなると考えられる。一方、Steel 製ヤリはヤリ本体の材質が一樣ではあるが、材料密度が Duralumin よりも大きく Duralumin 製ヤリのように本体の肉厚分布がヤリによって異なるとは考え難い（前田ほか, 1991; 1992b）。Fig.3 のように、AGLを除く Steel 製ヤリでは短軸まわりの慣性モーメントと共振周波数がいずれもほぼ同程度の値であることから、肉厚分布も同様になっているものと推察される。また、AGLについては、短軸まわりの慣性モーメントが小さく共振周波数はわずかに高いことから、他の Steel 製ヤリよりも質量が相対的に重心位置（中央部）周辺に集まっていると考えられ、握り位置の紐の下に重量及び重心位置の調整のための重りを付加している可能性が推察される。一方、Composite タイプのヤリは、本体の材質が一樣ではないものもあり金属製のヤリと同様にして肉厚分布を推定することはできないが、COR や CCH, NCC は HBW よりも短軸まわりの慣性モーメントが小さく共振周波数が高いことから、HBW と比較して重心位置（中央部）周辺に質量が集まる構造になっていると

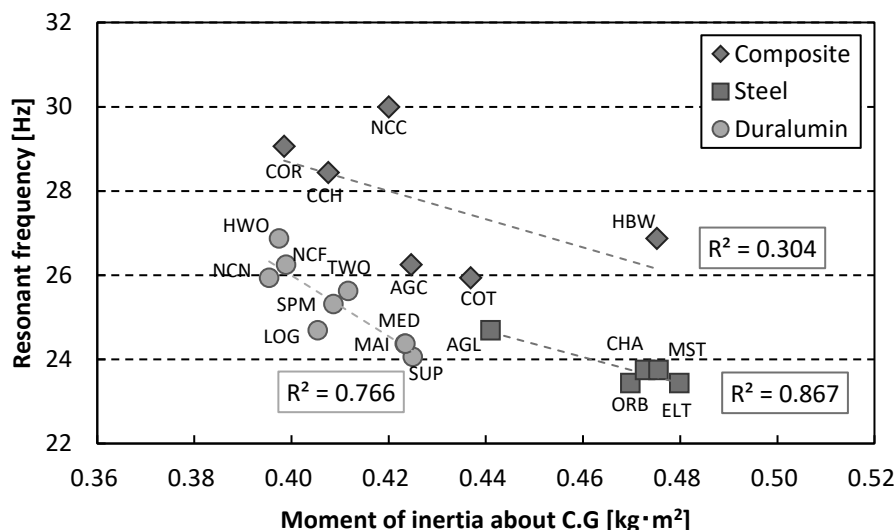


Fig.3 試料ヤリの重心まわりの慣性モーメントと共振周波数との関係

Fig. 3 Relationship between the moment of inertia around the center of gravity and the resonant frequency of the sample javelin.

推察される。このように、重心を通る短軸まわりの慣性モーメント及び共振周波数から、やり全体についての相対的な質量分布や肉厚分布といった内部の構造を推測することが可能であり、それら内部構造及び本体の材質の違いによって、様々に異なる特性を有するやりが製作可能となっている。

試料やりについて、1次モードのloop位置及びloopとtailでのComplianceをTable2に示す。1次モードは2節曲げのモードでありloopは2つのnode（節）の間で最も変位が大きい箇所となる（前田ほか，1993a）。Steel製やりはloop位置がほぼグリップの后端に相当しておりloopでのComplianceが大きいものが多かったの

に対し、Compositeタイプのやりはloopがグリップの中央から先端寄りの位置でloopのComplianceがかなり小さかった。Duralumin製やりのloop位置やloopでのComplianceはSteel製やりとCompositeタイプのやりの間の値となるものが多かったが、tailでのComplianceはCompositeタイプやSteel製のやりよりも大きいものが多かった。

試料やりのうち、CompositeタイプのNCCとHBW、Steel製のCHA、及びDuralumin製のNCFについて1次モードの形状をFig.4に、また、全試料やりについて、1次モードの共振周波数とloop位置のComplianceの関係をFig.5に、振動1次モードのloopでのCompliance

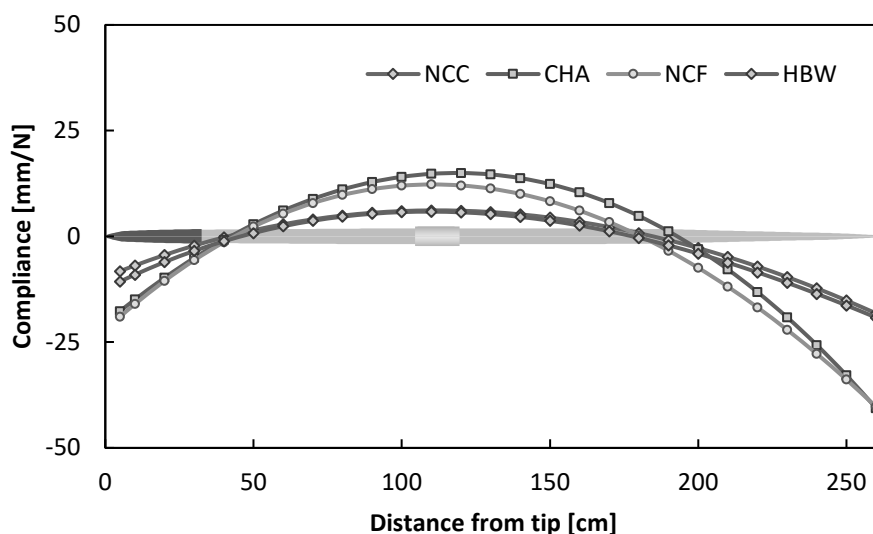


Fig.4 試料ヤリの振動1次モードの形状

Fig. 4 Shape of the first vibrational mode of the sample javelin.

と tail での Compliance の関係を Fig.6 にそれぞれ示す。Fig.4 の 4 本の試料ヤリは共振周波数が異なり、先端から loop 位置までの距離や loop と tail での Compliance も異なるヤリであるが、CHA 以外のヤリの 2 つの node の位置はほぼ同じで、CHA だけが後方の node が末端寄りの位置になっている。また、NCC と HBW の Compliance は loop では同程度の大きさであり両端部では NCC がわずかに小さく、他方、CHA と NCF の Compliance は両端部では同程度の大きさで loop では大きさも loop の位置も異なっている。Table2 にみられるように、試料ヤリのうち Steel 製及び Composite タイプのヤリはそれぞれで loop での Compliance がほぼ同程度の大きさであるものの、

試料ヤリ全体としては共振周波数が高いヤリほど loop での Compliance は小さく (Fig.5), loop での Compliance が大きいほど tail の Compliance も大きい (Fig.6)。つまり、ヤリの 1 次モードの振動は本体の材質によって loop や node の位置は異なることがあるものの、共振周波数が高いものは振幅 (振れ幅) が小さく、振幅が大きいヤリほど共振周波数は低いと考えることができる。

4.7 競技用ヤリの剛性

試料ヤリの最大たわみ量と振動 1 次モードの共振周波数の関係を Fig.7 に、最大たわみ量と loop 位置の Compliance の関係を Fig.8 に示す。試料ヤリは、最大た

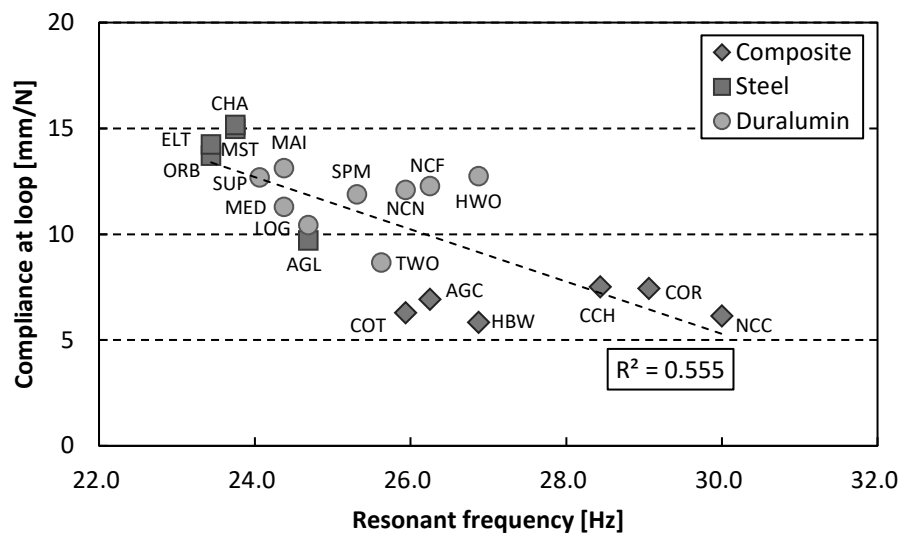


Fig.5 試料ヤリの 1 次モードの共振周波数と loop 位置の Compliance の関係

Fig. 5 Relationship between the resonant frequency of the first mode and the compliance of the loop position of the sample javelin.

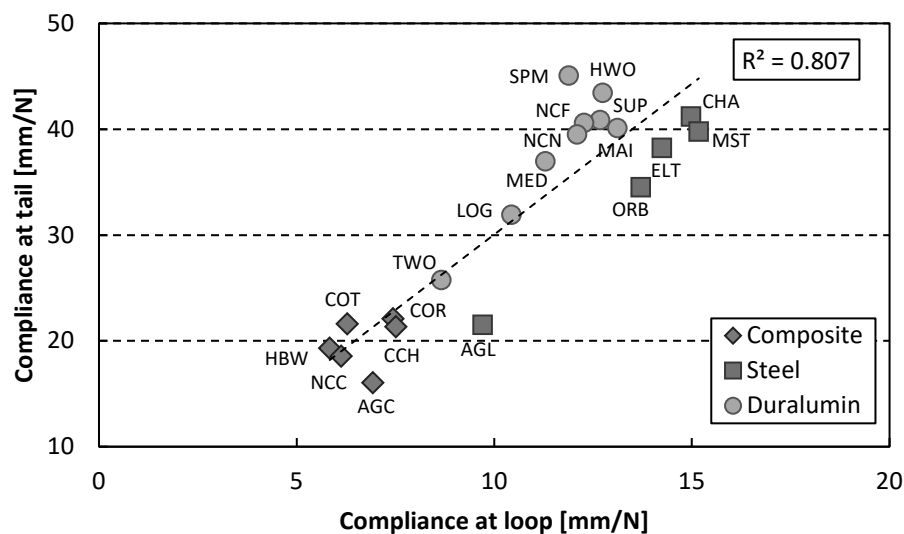


Fig.6 試料ヤリの loop 位置の Compliance と tail 位置の Compliance の関係

Fig. 6 Relationship between compliance at the loop position and compliance at the tail position of the sample javelin.

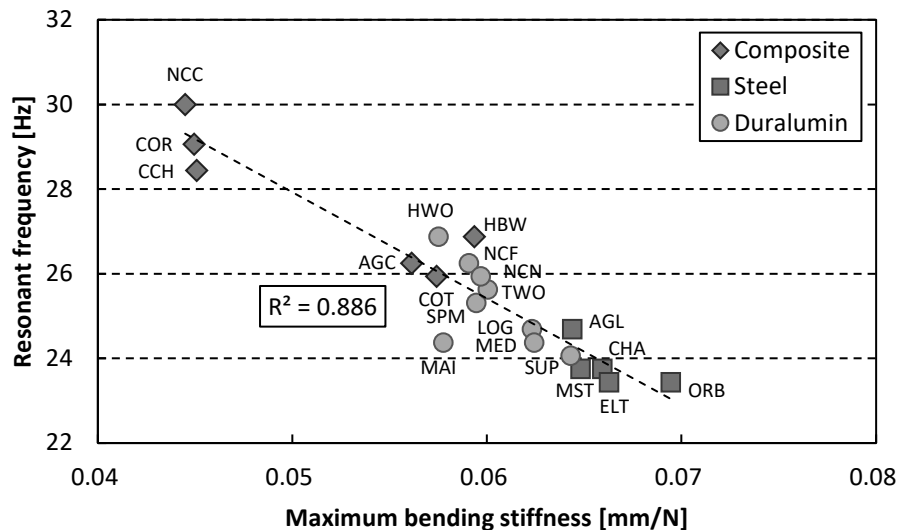


Fig.7 試料ヤリの最大たわみ量と振動 1 次モードの共振周波数の関係

Fig. 7 Relationship between the maximum deflection and the resonant frequency of the first vibrational mode of the sample javelins.

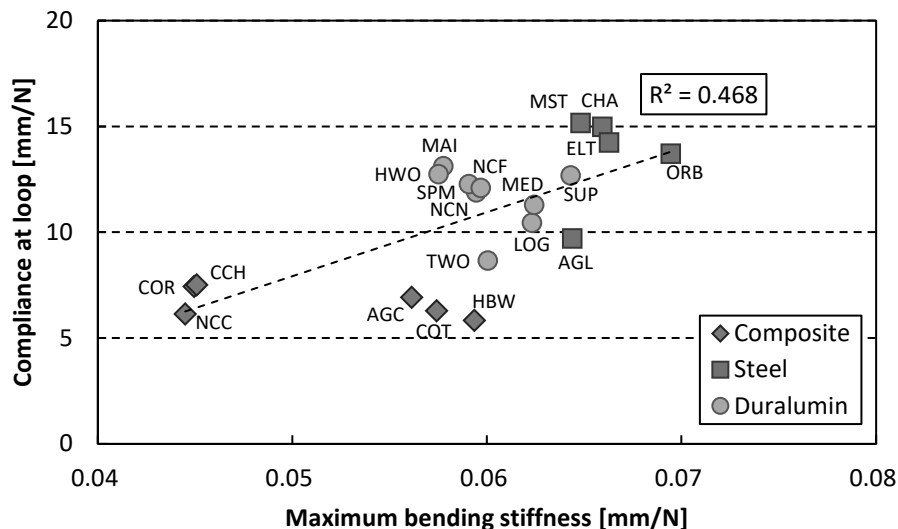


Fig.8 試料ヤリの最大たわみ量と loop 位置の Compliance (振動 1 次モード) の関係

Fig. 8 Relationship between maximum deflection and the compliance (first vibrational mode) at the loop position of the sample javelins.

わみ量が多いほど振動 1 次モードの共振周波数が低く (Fig.7), loop 位置での Compliance は大きかった (Fig.8)。先行研究によれば、やり投げの最高記録が 70m 前後の選手では、やりを投げる際には長軸方向に 200-260N 程度の力を加えながらも、リリース直前の 0.05 秒ほどの間に短軸方向に 200-240N 程度の力が加えられ、やりには 20-25mm 程度のたわみが生じ (前田ほか, 1997a; 前田ほか, 1997b; Maeda et al., 1999), リリース直後も 25mm 程度のたわみが残る (前田ほか, 1997b; Maeda et al., 1999) ことが報告されている。また、8 名のやり投げ選手を対象に剛性が異なる 4 種類のやりを投げさせた研究では、共振周波数が高くグリップ部の Compliance が小さい、剛性が高いやりよりも剛性が低いやりを使用

した方が記録は良かったとする報告や (前田ほか, 1993b), 剛性が著しく低い木製やりを製作し (前田, 2015), Duralumin 製やりとともに 6 名のやり投げ選手に投げさせた結果、やりの飛距離及び初速度の平均値は木製やりの方が低かったものの、それら及び投射角度などを含む各リリースパラメータにはいずれも有意な差が認められなかったとの報告もある (前田, 2016)。いずれにしても、やり投げでは投げ動作によってリリース時までの間にやりはたわみ、そのたわみが選手の手から離れた後の飛行中も振動となって残り、剛性が目視で確認できる状態になる。Fig.7 及び Fig.8 の結果から、試料やり全体としては静的な剛性が高ければ動的な剛性も高く、いずれも剛性として一意的に捉えても良いと考えら

れるが、一方で、Composite タイプのヤリでは loop 位置の Compliance に差が無いものの最大たわみ量が大きく異なる場合があり (Fig.8), 細かく振動しながら飛行しているヤリの振れ幅には大きな違いが無いように見えても、投げ動作中に選手が感じるヤリの剛性 (ヤリの使用感) は異なる可能性が考えられる。

4.8 ヤリの振動と長軸まわりの慣性モーメント

実際のやり投げ競技では、ヤリの短軸方向に力を加えることによって生じるたわみ振動とともにヤリの長軸まわりに回転が生じていることが報告されており (Terauds, 1985; 前田ほか, 1997a; 1997b; Maeda et al., 1999; 前田, 2018), リリース後のヤリは振動しながらも長軸まわりに回転していることが明らかになっている。前田ほか (1992b) や Hubbard & Laporte (1997) は、リリース後に生じるヤリのたわみ振動の減衰性に着目しているが、ヤリの長軸まわりに回転が生じていることは全く考慮していない。前田ほか (1992b) は 13 種類の男子用ヤリを対象に振動の減衰性を示す項目として、対数減衰率や 1/10 減衰時間、Q 値を報告しているが、リリース後のヤリが飛行する時間は記録が 70m 程度の場合で 4 秒前後であり (前田, 1996), 飛行する間に長軸まわりに回転することが振動し続けること (減衰性) に影響する可能性が考えられる。ヤリの長軸まわりの回転に関わる特性として長軸まわりの慣性モーメントが挙げられる。前田ほか (1990) は 15 種類の男子用ヤリについて長軸まわりの慣性モーメントが $1.22\text{--}1.33$ (1.26 ± 0.03) $\text{kg}\cdot\text{cm}^2$ であったことを報告しているが、15 種類の試料に Composite タイプのヤリは無く Steel 製や Duralumin 製以外のヤリについてもこの範囲に収まるかは不明である。

振動の減衰性に関わる項目や長軸まわりの慣性モーメントは、リリース後、選手の手から離れた後の飛行様態に影響する可能性はあるものの、短軸まわりの慣性モーメントや静的、動的剛性のようにヤリを特徴づける、あるいは、投げ動作に直接的に影響を及ぼす可能性がある項目とはなり難いものと考えられる。

5. 結言

本研究は、競技用ヤリの諸特性に関する評価方法について先行研究を概観し再検討するとともに、それらの評価方法を材質が異なる様々なヤリに適用することにより、男子の競技用ヤリの諸特性に関する基礎的資料を得るものであった。

材質が異なる計 20 種類の男子の競技用ヤリを試料として、規格で定められている箇所の長さや直径、ヤリ先の角度、質量、重心位置のほか、ヤリ縦断面の図心位置と体積及び表面積の中心位置を示した。また、慣性モーメント及び静的曲げ剛性、振動特性について、それらの測定評価方法に関する先行研究を概観し整理するとともに

に 20 種類の試料ヤリに適用した。各測定の結果、試料ヤリについて、重心を通る短軸まわりの慣性モーメント、及び静的曲げ剛性として、 $1/2L1$ と $1/2L2$ を支持位置としグリップ後端部に荷重したときの最大たわみ量及びその位置を示した。さらに、試料ヤリの振動特性として、振動 1 次モードの共振周波数と loop 位置、及び loop と tail での Compliance の各値を示した。

競技用ヤリは選手が直接使用するものであり、競技会ではわずか数 cm で勝敗が決する場合も多く、その性能が競技成績に大きく影響することは間違いない。メーカーが異なる場合はもちろんのこと、同一のメーカーのヤリでもモデルが異なればそれぞれのヤリで諸特性も異なるものと考えられ、競技者はいずれかのヤリを選択し使用することになる。競技成績向上のためには、競技用ヤリの諸特性を明らかにしておく必要があろう。

文献

- Arbeit, E. (1990) Three years of the new javelin, *Track Technique*, Vol.110, 3522.
- Best, R. J., Bartlett, R. M., and Sawyer R. A. (1995) Optimal Javelin Release, *Journal of Applied Biomechanics*, 11, 371-394.
- Borgstrom, A. (1988) Two years with the New Javelin, *New studies in ATHLETICS*, 1, 85-88.
- Chiu, C.H. (2009) Discovering Optimal Release Conditions for the Javelin World Record Holders by Using Computer Simulation, *International Journal of Sport and Exercise Science*, 1 (2), 41-50.
- Hubbard, M. (1984) Optimal javelin trajectories, *Journal of Biomechanics*, 17 (10), 777-787.
- Hubbard, M. and Always, L. W. (1987) Optimal release conditions for the new rules javelin, *International Journal of Sport Biomechanics*, 3, 207-221.
- Hubbard, M. and Always, L. W. (1988) Implementation of a javelin trajectory instrumentation system, *Biomechanics XI -B*, Amsterdam Free University Press, pp.972-977.
- Hubbard, M. and Bergman, C. D. (1989) Effect of vibrations on javelin lift and drag, *International Journal of Sport Biomechanics*, 5, 40-59.
- Hubbard, M. and Laporte, S. (1997) Damping of javelin vibrations in flight, *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 269-286.
- 加川幸雄, 石川正臣 (1989) モーダル解析入門, オーム社.
- 前田正登, 野村治夫, 宮垣盛男 (1990) 「やり」の静的特性－形状と慣性モーメント－, *陸上競技研究* (2), 18-28.
- 前田正登, 野村治夫, 宮垣盛男, 柳田泰義 (1991) 「やり」の構造と動特性, *体育学研究集録* (17), 13-20.

- 前田正登, 野村治夫, 柳田泰義 (1992a) 「やり」の振動特性－規格改訂の影響－, 体育・スポーツ科学 (1), 3-10.
- 前田正登, 野村治夫, 柳田泰義 (1992b) 競技用ヤリの減衰振動, 動きとスポーツの科学, 456-461.
- 前田正登, 野村治夫, 森脇俊道, 社本英二 (1993a) 競技用ヤリの動特性, Japanese Journal of Sports Science, 12 (2), 130-136.
- 前田正登, 野村治夫, 社本英二, 森脇俊道, 柳田泰義 (1993b) ヤリの動特性と競技成績, スポーツ産業学研究 3 (2), 15-20.
- 前田正登, 野村治夫, 社本英二, 森脇俊道 (1994) やり投におけるやりに加わる力の測定, 体育学研究, 39 (2), 109-117.
- 前田正登 (1996) やり投げにおけるヤリの飛行挙動, Japanese Journal of Sports Science, 15 (3), 207-213.
- 前田正登, 野村治夫, 社本英二, 森脇俊道 (1997a) ヤリの弾性を考慮に入れたやり投げの力学的解析, 体育学研究, 42 (4), 270-282.
- 前田正登, 野村治夫, 社本英二, 森脇俊道 (1997b) やり投げにおけるやりに加わる力とヤリのたわみの力学的解析, 身体運動のバイオメカニクス, pp.294-298.
- Maeda, M., Shamoto, E., Moriwaki, T., and Nomura, H. (1999) Measurement of applied force and deflection in javelin throw, Journal of Applied Biomechanics, 15 (4), 429-442.
- 前田正登 (2000) 競技用ヤリの設計・開発に関する研究, スポーツ産業学研究, 10 (2), 1-9.
- 前田正登 (2014) 競技用ヤリの静特性に関する評価研究－複合素材ヤリの曲げ剛性に着目して－, 身体行動研究, 3, 1-8.
- 前田正登 (2015) 復刻版木製やりにおける振動特性とたわみ剛性に関する研究, 身体行動研究, 4, 11-18.
- 前田正登 (2016) 木製やり投射時のリリースパラメータに関する実験研究, 身体行動研究, 5, 1-7.
- 前田正登 (2018) やり投げにおけるヤリの長軸まわりの回転に関する研究, スポーツ・アンド・ヒューマンダイナミクス 2018 講演論文集, D-5.
- 日本陸上競技連盟 (1984) 陸上競技ルールブック '84, あい出版株式会社, pp.286-292.
- 日本陸上競技連盟 (1985) 陸上競技ルールブック '85, あい出版株式会社, pp.302-308.
- 日本陸上競技連盟 (1986) 陸上競技ルールブック '86, あい出版株式会社, pp.302-308.
- 日本陸上競技連盟 (1987) 陸上競技ルールブック '87, あい出版株式会社, pp.312-318.
- 日本陸上競技連盟 (1997) 陸上競技ルールブック '97, あい出版株式会社, pp. 410-416.
- 日本陸上競技連盟 (1998) 陸上競技ルールブック '98, あい出版株式会社, pp. 413-419.
- 日本陸上競技連盟 (2004) 陸上競技ルールブック 2004 年度版, あい出版株式会社, pp. 470-473.
- 日本陸上競技連盟 (2021) 陸上競技ルールブック 2021 年度版, ベースボール・マガジン社, pp.285-290.
- Red, W. E. and Zogaib, A. J. (1977) Javelin dynamics including body interaction, Journal of Applied Mechanics, 44, 496-498.
- Soong, T. -C. (1975) The dynamics of javelin throw, Journal of Applied Mechanics, 42, 257-262.
- 菅原秀二 (1986) 槍の規格変更にもとむ特性と投技術, およびそのトレーニングに関する研究－槍の静特性の変化について－, 日本体育協会スポーツ科学研究報告, 日本体育協会, 357-363.
- Terauds, J. (1985) Biomechanics of the Javelin Throw, Academic Publishers.
- 安田萌, 富樫泰一 (2017) やり投げにおけるヤリの飛行経路シミュレーション, 茨城大学教育学部紀要 (自然科学) 66 号, 57-63.

Appendix 試料やりとメーカー, モデルの対照表

Appended note Correspondence table of sample javelins to manufacturers and models.

<i>ID</i>	<i>Supplier</i>	<i>Model</i>
AGC	NORDIC	AIRGLIDER CARBON
COR	NORDIC	ORBIT CARBON
CCH	NORDIC	CHAMPION CARBON
HBW	NISHI	HYBRID WING
COT	OTE	Carbon TAIL WIND
NCC	NEMETH	Classic 95 COMPOSITE
AGL	NORDIC	AIRGLIDER
ORB	NORDIC	ORBIT
CHA	NORDIC	CHAMPION
ELT	NORDIC	SUPER ELITE 90
MST	NORDIC	MASTER 70
MAI	NISHI	Ma·in
SPM	NISHI	Supreme
SUP	NISHI	Super
LOG	NISHI	Long
MED	NISHI	Medium
HWO	OTE	HEAD WIND
TWO	OTE	TAIL WIND
NCF	NEMETH	Classic 95
NCN	NEMETH	Classic 90

ペース配分を実施しない全力疾走における 速度低下率と疾走動作の変化率との関係

石毛大輝¹⁾, 藤林献明¹⁾

Relationship between the rate of decrease in speed and the rate of change in
sprinting movements in an all-out sprint without using pacing strategies

Taiki ISHIGE¹⁾, Nobuaki FUJIBAYASHI¹⁾

Abstract

The purpose of this study was to identify the sprinting movements that maintain running speed by comparing the rate of decrease in speed and the rate of change in sprinting movements during the final phase of a 200-m all-out sprint without a pacing strategy (limit-sprint). To achieve this purpose, a Limit-sprint was compared with a 60m sprint (Unique-sprint).

Fifteen male university sprinters performed Limit- and Unique-sprints at maximum effort. The times for each 20m section of the two races were measured using a photoelectric sensor. A high-speed camera filmed the sprinting movements of the 40-60m section (Max-phase) of the Limit-sprint and the 180-200m section (Dec-phase) of the Unique-sprint. From the measured data, maximum and minimum sprint velocities, spatiotemporal parameters, kinematic parameters, and the rate of change between the two intervals were calculated.

The main findings of the study were as follows.

- 1) Dec-phase had significantly lower running velocity, stride frequency (SF) and stride length (SL), and significantly longer ground contact time compared to Max-phase. The differences were due to the effect of the decreased plantar flexion angular velocity of the ankle and the delayed swing of the swing leg.
- 2) There was no significant correlation between the rate of change in running velocity and the rate of change in sprinting movement. This suggests that there are individual differences in sprinting movements to maintain running velocity during deceleration.
- 3) Sprinters with less deceleration in the last phase, maintained stride and ground contact time. These motions were consisted of maintaining high ankle plantar flexion and hip extension angular velocities.

This information may help to enhance performance in the deceleration phase.

キーワード：スプリントフォーム, 速度低下, 限界走, 固有走, スプリント持久力

1. 緒言

陸上競技のスプリント種目は、スタート局面、加速局面、最大速度局面、速度維持もしくは減速局面の4局面に大別できる (Mero et al., 1992; Richard, 1997; Simonsen et al., 1985). 競技パフォーマンスは、最大速度局面に

出現する最大疾走速度の影響を強く受ける (阿江ほか, 1994). そのために、スプリント研究の多くは、最大速度局面や速度獲得へと至る加速局面に着目されることが多い. 一方、減速局面は、パフォーマンスに与える影響が小さいことから (Slawinski et al., 2017), この局面において高い速度を獲得する、もしくは速度の低下を最小にする要因に関する研究は多くない. しかし、近年では同程度の競技レベルのスプリンターの記録や順位を決定する要因になり得ることから、減速局面が占める割合が最も小さい100m走であっても、減速局面は高いパフォーマンスを獲得するために無視できない局面であることが指摘されてきている (Nagahara and Girard, 2021).

スプリント種目において疾走速度が減速に転じる地点は、100m走で約60m前後、200m走で約90m前後、400m走で約100m前後 (Nagahara and Girard, 2021; 篠原・前田, 2019; 山元ほか, 2014) であり、それ以降の区間は減速局面と定義されている. そして、減速局面における疾走速度は最大速度局面と比較して、100m走で0.9~0.7%, 200m走で約5~10%, 400m走で15~20%程度が低下する (阿江ほか, 1994; Moravec et al., 1988; 高橋ほか, 2026; 2018; 2019; 2020; 山元ほか, 2016; 山中ほか, 2020). したがって、200m走や400m走のように疾走距離が長くなればなる程、減速局面における疾走速度を可能な限り高く維持することは、高いパフォーマンスの獲得要因として重要性が高まると考えられる.

スプリント種目における減速局面の疾走速度を高く維持する要因については、運動生理学の領域を中心に研究が実施されてきた (Hirvonen et al., 1992; 麻場ほか, 1990; 尾縣ほか, 1998a; 1998b; 2000; Paul and Ralph, 2013; 安井ほか, 1998). 一方、エネルギー供給系の機

1) 中京大学 Chukyo University
〒470-0393 愛知県豊田市貝津町床立 101

能低下は疾走動作にも変化を与えることから、疾走距離の増加が疾走動作に与える影響についても検討されている（遠藤ほか，2008；岩井ほか，1997；羽田ほか，2001；伊藤ほか，1997；Nagahara and Girard, 2021；中野ほか，1991；中野・尾縣，1995；尾縣ほか，2003）。しかし、疾走動作に生じた変化の大小が、速度低下の大小に与える影響については明らかにされていない。また、400m 走のように長い距離を疾走するレースにおける後半の疾走速度は、効率の良い疾走動作や高いエネルギー供給能力に加えて、各局面の疾走速度をコントロールするペース戦略（以下、ペース配分）が重要となることも指摘されている（山元ほか，2014）。したがって、疾走速度を可能な限り長く維持できる競技者の動作特徴を明らかにするためには、ペース配分を実施しない条件における試技を分析に用いる必要があると言える。

ペース配分を行わないという条件下で全力疾走を実施した研究において、ペース配分を行わずに疾走速度を維持できる距離は、最大でも 200m 程度であることが報告されている（小木曾ほか，1997；1998）。そこで本研究では、ペース配分を実施しない最大努力での 200m 走（以下、限界走）を用いて、速度の低下率と動作の変化率の関係性を明らかにすることで、速度の低下を抑制できる疾走動作の特徴を示すことを目的とした。

なお、疾走速度はピッチとストライドの積によって決定され、ピッチは接地時間と滞空時間、ストライドは支持距離と滞空距離の影響を受ける（Hunter, 2004）。100m 走における減速局面ではストライドは維持されたままピッチが低下し（遠藤ほか，2008；Nagahara and Girard, 2021）、400m 走ではピッチとストライドの両方が低下することが報告されている（持田・杉田，2011；平野，2014；Paul and Ralph, 2013；安井ほか，1998）。また、最大速度局面と比較した減速局面の動作は、膝および足関節において伸展および底屈角度が増大、伸展および底屈速度が低下、遊脚を前方へ引き戻す距離と速度が小さくなることなどが報告されている（遠藤ほか，2008；羽田ほか，2001；伊藤ほか，1997；小木曾ほか，1998；Paul and Ralph, 2013；安井ほか，1998）。そこで本研究では、限界走におけるピッチとストライド、支持脚下肢 3 関節および遊脚股関節の動作に着目した。そして、減速局面において速度低下が小さい競技者は、最大速度局面と比較して生じる、ピッチとストライド、支持脚下肢 3 関節および遊脚股関節角度と角速度の変化が小さいとの仮説を設定した。

なお、陸上競技場を用いて 100m 以上の試技を安全にかつ正確に測定するためには、いずれかの部分に曲走路を含める必要がある。しかし、直走路と曲走路では、曲走路の疾走速度が低い値を示し（Judson et al., 2019）、疾走動作も曲走路に対応するための変化を示すことが報告されている（石村，2020；Judson et al., 2020；Stoner

and Ben-Sira, 1979）。直線と曲線という異なる走路条件を用いて比較した疾走動作の変化は、疾走距離の増加によるものか、走路が異なることによる相違であるかの判断を困難にする。そこで、本研究では限界走において最大限に速度が低下する局面を直走路に設定するとともに、最大速度局面の速度および動作は、限界走とは異なる試技を直走路で実施したものをを用いることとした。この時の疾走距離は、直線走における最大疾走速度が 40～60m の間に出現することを考慮して（阿江ほか，1994）、60m の全力疾走（以下、固有走）とした。そして、固有走において最大速度が出現した局面（以下、最大速度局面）と、限界走において最も速度が低下した局面（以下、最大減速局面）の疾走速度と疾走動作を比較に用いることとした。

2. 方 法

2.1 対象者

対象者は、大学陸上競技部に所属する男子 15 名（年齢：20.8 ± 2.0 歳，身長：1.74 ± 0.07m，体重：65.6 ± 6.3kg）であった。対象者の専門種目は 9 名が 100m，1 名が 110m ハードル，2 名が 400m，3 名が 400m ハードルであった。全対象者は 100m と 400m レースの経験を有しており、100m の平均記録は 11.17 ± 0.25 秒（10.73～11.66 秒）、400m の平均記録は 53.19 ± 2.11 秒（49.58～56.82 秒）であった。本研究は、所属大学における倫理審査委員会の承認を得た上で行われた。研究実施時にはヘルシンキ宣言を遵守するとともに、全ての対象者に本実験の主旨、内容、リスクや安全性について事前に十分説明し、参加の同意を書面にて得た。

2.2 実験試技

対象者には、陸上競技大会に参加時と同様のウォーミングアップを実施させた後、屋外陸上競技場にて固有走（60m 走）と限界走（ペース配分を行わない 200m 走）を 1 回ずつ実施させた。試技はスタンディングスタートの姿勢で行い、対象者が大会参加時に着用しているスパイクを使用させた。60m 走はウォーミングアップに含まれるような内容であり、固有走を実施したことによる疲労が測定に与える影響は限りなく少ないと考えられる。したがって、固有走と限界走は、気象条件や体調が試技に与える影響を最小化することを優先し、同日で実施することとした。なお、限界走はオールアウトに近い状況に陥ることから、固有走を実施した後に限界走を実施する手順とした。なお、固有走と限界走の間には、対象者自身が十分と判断する休息時間を確保し、再度必要なウォーミングアップを実施させた上で限界走を実施した。対象者には、両試技に共通して「スタートから最大努力でのスプリントを行うこと」、「途中で速度を緩めることなく走り切ること」を指示した。限界走では、無意

識に速度を抑制してペース配分を実施してしまう可能性が否定できない。そこで、限界走におけるスタートから60mまでの20m毎の区間の疾走タイムを後記する光電管で計測し、固有走における最大疾走速度が出現した区間のタイムの105%を上回らないことを成功試技の条件に設定した（すなわち、5%以上の速度低下が生じた場合は無効試技とした）。なお、105%については、200m走における最大疾走速度が、100m走よりも5%程度低下するとした報告（貴嶋ほか、2005）や、400m走における最大疾走速度が60m走よりも5%程度低下するとした報告（尾縣ほか、1998b）を参考に設定した。0～20m地点はスタートの影響を受けることから、20～40mおよび40～60m区間のタイムが、固有走における最短区間タイムの105%を超えた際には、その時点で試技の中止を宣言して、十分な休息のもとに再測定を行うこととした。なお、本研究では再測定の実施が必要な対象者は存在しなかった。

2.3 測定項目および算出項目

固有走では、60mの距離を20m毎の3区間に分割し、各区間のタイムを光電管センサー（BoltOnoSprint, S-CADE 社製）を用いて測定した。光電管センサーの高さは、実験対象者の胸の位置にセンサーが当たるように調整した。スタートは、1台目の光電管センサーから1m後方に設置したスタートラインに片足を接触させたスタンディングスタートの姿勢から、任意のタイミングでスタートさせた。

限界走は、200mの距離を20m毎の10区間に分割し、各区間のタイム測定した。測定機器や測定の方法は固有走と同様であった。

本研究における疾走速度には各区間の平均速度を用いることとし、区間距離である20mを各区間タイムで除することで算出した。なお、本研究では、直走路と曲走路という走路の相違が与える影響を取り除いて疾走速度や疾走動作を比較するために、固有走における各区間の平均疾走速度の中で最大値を示した局面を最大疾走局面と定義し、その時の値を最大疾走速度とした。限界走では、区間速度が最小値を示した局面を最大減速局面と定義し、その時の値を最小疾走速度とした。なお、限界走における最大疾走速度を固有走の最大疾走速度と比較するために、限界走における平均区間速度の最大値も算出し、限界走最大速度として定義した。

疾走動作は、ハイスピードカメラ（スポーツコーティングカム、スポーツセンシング社製、240fps）を用いて撮影し2次元動作分析を実施した。予備実験の結果、固有走の速度が最も大きくなる区間が40～60m区間、限界走の速度が最も小さくなる区間は、180～200mの区間であった。したがって、動作分析の対象範囲は固有走の40～60m区間の中間となる50m地点、限界走の180～

200m区間の中間となる190m地点から前後3mの範囲とした。動作分析の対象範囲には、走路の両側地面に1m間隔で較正マークを設置した。

撮影されたビデオ画像をコンピューター（Supermicro 社製、SYS-5039A-1）に取り込み、動作分析ソフト（Frame-DIAS V For Windows, Q'sfix 社製）を用いて、左右のつま先、母指球、踝、膝、大転子、胸骨上縁と、対象者近傍4点の較正マークをデジタイズした。デジタイズは、左足の接地10コマ前から左足が離地した後、再度左足が接地した10コマ後までを実施し、分析区間は支持脚接地中の動作とした。画像から読み取った身体各部の座標は較正マークをもとに実長換算した後に、4次のバターワース型ローパスフィルタによって平滑化した。遮断周波数は、先行研究を参考に、6Hzとした（Toyoshima and Sakurai, 2016；豊嶋・桜井, 2018；渡邊ほか, 2003；矢田ほか, 2012）。

デジタイズデータを用いて、矢状面上の身下肢3関節の角度を算出した。下肢3関節の角度は、大転子と腓骨頭、大転子と胸骨上縁を結んだ線分がなす角度を股関節、踝と腓骨頭、腓骨頭と大転子を結んだ線分がなす角度を膝関節、母指球と外踝、踝と腓骨頭を結んだ線分がなす角度を足関節とした。股関節角度は、立位姿勢が180度、膝関節および足関節角度は、座位姿勢が90度となるように定義し、屈曲もしくは背屈するにつれて減少、伸展もしくは底屈するにつれて増加するものとした。下肢3関節の角速度は、それぞれの角度を数値微分することで算出し、伸展もしくは底屈を正、屈曲もしくは背屈を負の値として定義した。また、関節角度は接地と離地の角度および最小値を算出し、それぞれ接地角度、離地角度、最小角度として定義した。関節角速度は、それぞれの角度が最小値をした時点を基準として、接地から最小値に至るまでの平均値を屈曲もしくは背屈速度、最小値から離地に至るまでの平均値を伸展もしくは底屈速度として算出した。

地面に対する接地点は母指球であると定義し、母指球の鉛直加速度を基準として接地と離地のタイミングを定義した（Nagahara and Zushi, 2013）。

疾走中の時空間変数として、ピッチ、ストライド、接地時間、滞空時間、接地距離、滞空距離、離地距離を算出した。ストライドは、獲得した左右のつま先座標値の差分から矢状面の2歩移動距離を算出し、その1歩辺りの平均値をとした。ピッチは、疾走速度をストライドで除すことで算出した。接地時間は、足と地面が接地している時間、滞空時間は足が地面から離れてから次の足が地面と接地するまでの時間とした。接地距離と離地距離は、接地中の支持脚大転子と母指球の水平距離を算出し（Toyoshima and Sakurai, 2014）、接地時を接地距離、離地時を離地距離とした。また、ストライドから接地距離と離地距離を減算したものを滞空距離として算出した。

これらの時空間変数は身長の影響を受けることから身長で規格化し（豊嶋ほか，2018），それぞれピッチ指数，ストライド指数，接地時間指数，滞空時間指数，接地距離指数，滞空距離指数，離地距離指数として取り扱った。

上記全ての運動学的パラメーターは，限界走の値を固有走の値で除した値を100で乗ずることで変化率を算出した。

2.4 統計処理

測定値は全て平均値 ± 標準偏差で示した。固有走の最大疾走速度と限界走最大速度の差，および固有走の最大疾走速度と限界走の最小疾走速度の差の検定には，一元配置分散分析を用いた。分析の結果，F値が有意であると認められた項目には，Bonferroniの方法を用いて多重比較を実施した。

固有走における最大疾走速度が出現した局面と，限界走において最小疾走速度が出現した局面の下肢3関節の角度および角速度の比較には，対応のあるT検定を実施した。

さらに，速度の変化率と下肢関節角度および時空間変数の変化率との相関関係の検討には，ピアソンの積率相関係数を用いた。

全ての検定において有意水準は，5%未満とした。

3. 結 果

固有走における最大速度局面と限界走における最大速度および最大減速局面における疾走速度を図1に示した。限界走 ($9.51 \pm 0.21\text{m/s}$) と固有走 ($9.55 \pm 0.26\text{m/s}$) の最大速度局面の疾走速度には有意差が認められず，その比率は $99.7 \pm 2.6\%$ であった。一方，限界走の最大減速局面における最小疾走速度 ($7.99 \pm 0.23\text{m/s}$) と限界走および固有走の最大速度局面における疾走速度には有意差が認められ，固有走の最大速度に対する変化率は，

$83.7 \pm 2.6\%$ であった。

最大速度局面と最大減速局面における時空間変数，およびそれらの変化率を表1に示した。最大減速局面のピッチ指数とストライド指数は最大速度局面よりも有意に低い値を示した。また，最大減速局面の接地時間指数および接地距離指数は有意に高い値，滞空距離指数は最大減速局面が有意に低い値を示した。一方，滞空時間指数と離地距離指数には両局面において有意差は認められなかった。

最大速度局面と最大減速局面における下肢3関節の接地および離地時の角度，屈曲（背屈）および伸展（底屈）角速度と，それらの変化率を表2に示した。最大減速局面では最大速度局面よりも有意に大きな接地時および離地時の遊脚股関節角度，離地時の支持脚膝関節角度を示した。また，支持脚足関節の足関節底屈速度および遊脚股関節の屈曲角速度は最大減速局面が有意に低い値を示した。その他の項目には両局面において有意差は認められなかった。

最大速度局面に対する最大減速局面の，速度および時空間変数の変化率に関する相関係数を表3に示した。速度変化率は，ストライド変化率との間に有意な正の相関関係，接地時間変化率との間にのみ有意な負の相関関係が認められた。

最大速度局面に対する最大減速局面の，速度と下肢3関節の接地および離地時の角度，屈曲（背屈）および伸展（底屈）の角速度の変化率に関する相関係数を表4に示した。全ての項目において有意な相関関係は認められなかった。

最大速度局面に対する最大減速局面のストライド変化率と，下肢3関節の接地および離地時の角度，屈曲（背屈）および伸展（底屈）角速度の変化率に関する相関係数を表5に示した。ストライド変化率は，股関節伸展角速度変化率との間にのみ有意な正の相関関係が認められた。

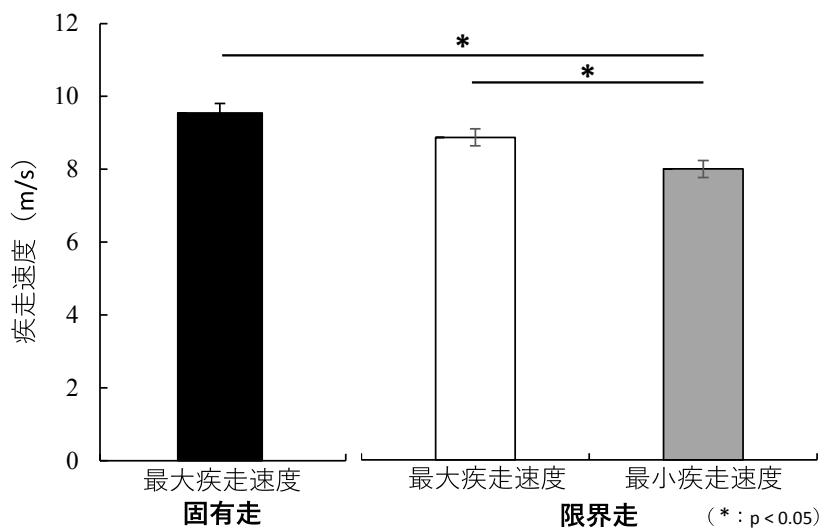


図1 固有走の最大疾走速度と限界走の最大疾走速度および最小疾走速度の比較

表1 最大速度局面と最大減速局面の時空間変数の比較

	最大速度局面	最大減速局面	変化率	P値
ピッチ指数	1.076 ± 0.074	0.940 ± 0.061*	87.3%	p < 0.000
ストライド指数	1.217 ± 0.046	1.167 ± 0.067*	95.9%	p = 0.002
接地時間指数	0.026 ± 0.002	0.030 ± 0.002*	117.0%	p < 0.001
滞空時間指数	0.030 ± 0.002	0.029 ± 0.001	98.9%	p = 0.645
接地距離指数	0.193 ± 0.026	0.205 ± 0.019*	106.6%	p = 0.018
滞空距離指数	0.671 ± 0.038	0.619 ± 0.055*	92.3%	p = 0.020
離地距離指数	0.354 ± 0.027	0.342 ± 0.023	96.8%	p = 0.116

*は最大速度局面に対する有意差を示している (p<0.05)

表2 最大疾走局面と最大減速局面の下肢関節角度, 角速度の比較

	最大速度局面	最大減速局面	変化率	P値
関節角度 (deg.)				
支持脚股関節				
接地時	171.0 ± 3.6	168.4 ± 3.9	98.5%	p = 0.084
離地時	223.2 ± 6.5	224.5 ± 6.3	100.6%	p = 0.301
支持脚膝関節				
接地時	153.9 ± 4.7	153.8 ± 4.6	99.9%	p = 0.949
離地時	154.8 ± 9.4	162.9 ± 7.2*	105.2%	p < 0.001
支持脚足関節				
接地時	135.2 ± 7.1	132.4 ± 5.8	97.9%	p = 0.217
離地時	154.4 ± 5.8	152.9 ± 4.6	99.0%	p = 0.321
遊脚股関節				
接地時	152.3 ± 11.3	164.2 ± 11.7*	107.8%	p = 0.003
離地時	100.0 ± 7.4	111.3 ± 5.4*	111.3%	p < 0.001
関節角速度 (deg./s)				
支持脚股関節				
伸展速度	479.6 ± 50.0	452.0 ± 51.5	94.2%	p = 0.098
支持脚膝関節				
屈曲速度	-293.9 ± 81.7	-247.9 ± 43.5	84.3%	p = 0.068
伸展速度	343.5 ± 120.9	356.8 ± 85.1	103.9%	p = 0.668
支持脚足関節				
背屈速度	-456.4 ± 117.0	-407.4 ± 85.7	89.3%	p = 0.156
底屈速度	766.9 ± 91.0	683.6 ± 96.3*	89.1%	p = 0.015
遊脚股関節				
屈曲速度	474.5 ± 57.2	407.8 ± 83.7*	85.9%	p = 0.042

*は最大速度局面に対する有意差を示している (p<0.05)

表 3 疾走速度変化率と時空間変数の変化率との相関関係

	相関係数	P値
ピッチ変化率 (%)	0.216	0.439
ストライド変化率 (%)	0.526 *	0.044
接地時間変化率 (%)	-0.599 *	0.018
滞空時間変化率 (%)	-0.259	0.351
接地距離変化率 (%)	0.445	0.096
離地距離変化率 (%)	0.176	0.530
滞空距離変化率 (%)	-0.429	0.111

*は有意な相関関係を示している (p<0.05)

表 4 疾走速度変化率と下肢関節角度および角速度変化率の相関関係

	相関係数	P値
関節角度変化率		
支持脚股関節		
接地時	-0.260	0.349
離地時	0.119	0.672
支持脚膝関節		
接地時	-0.329	0.231
離地時	-0.205	0.463
支持脚足関節		
接地時	-0.174	0.534
離地時	-0.273	0.326
遊脚股関節		
接地時	0.250	0.369
離地時	-0.271	0.328
関節角速度変化率		
支持脚股関節		
伸展速度	0.506	0.054
支持脚膝関節		
屈曲速度	-0.022	0.938
伸展速度	0.080	0.776
支持脚足関節		
背屈速度	0.199	0.477
底屈速度	0.433	0.107
遊脚股関節		
屈曲速度	0.081	0.773

表5 ストライド変化率と下肢関節角度および角速度変化率の相関関係

	相関係数	P値
関節角度変化率		
支持脚股関節		
接地時	-0.239	0.391
離地時	0.514	0.050
支持脚膝関節		
接地時	-0.231	0.407
離地時	-0.177	0.528
支持脚足関節		
接地時	-0.501	0.057
離地時	0.514	0.050
遊脚股関節		
接地時	-0.172	0.540
離地時	-0.172	0.539
関節角速度変化率		
支持脚股関節		
伸展速度	0.639*	0.010
支持脚膝関節		
屈曲速度	0.031	0.914
伸展速度	0.142	0.614
支持脚足関節		
背屈速度	0.142	0.614
底屈速度	-0.119	0.673
遊脚股関節		
屈曲速度	-0.100	0.723

*は有意な相関関係を示している ($p < 0.05$)

最大速度局面に対する最大減速局面の接地時間変化率と、下肢3関節の接地および離地時の角度、屈曲（背屈）および伸展（底屈）角速度の変化率に関する相関係数を表6に示した。接地時間変化率は、足関節底屈角速度変化率との間に有意な負の相関関係が認められた。

4. 考 察

本研究の目的は、ペース配分を実施しない最大努力での200m走である限界走と、競技者が最大速度を獲得できる60mの固有走を実施し、疾走速度と疾走動作の変化率の関係から、レース後半の速度低下を抑制できる疾走動作を明らかにすることであった。この目的を達成するために、①固有走の最大速度局面と限界走の最大減速局面に生じる全体的な変化傾向を明らかにした上で、②最大速度局面に対する最大減速局面の速度変化率と相関関係にある各種パラメーターの変化率を検討した。

4.1 限界走におけるレースペース

本研究の前提条件として、限界走がペース配分を実施しない全力での試技が実施できていたか否かを検討することが求められる。固有走における最大疾走速度と、限界走の最大疾走速度の間には有意差が認められなかった（図1）。さらに、限界走の最大疾走速度は固有走の $99.70 \pm 2.64\%$ であった。日本トップレベルの競技者における100m走と200m走の最大疾走速度を比較した報告では、200m走における最大疾走速度は100m走の95%程度であることが報告されている（貴嶋ほか、2005）。また、80m走と400m走における最大疾走速度を比較した報告では、400m走における最大疾走速度は80m走の95.2%（尾縣ほか、1998b）であることが報告されている。限界走における値は、これらの報告よりも高い値であり、先行研究よりも全速力に近い速度での試技が実施されていたと言える。したがって、限界走においてペース配分を実施しないという本研究の設定条件は

表 6 接地時間変化率と下肢関節角度および角速度変化率の相関関係

	相関係数	P値
関節角度変化率		
支持脚股関節		
接地時	0.236	0.396
離地時	0.437	0.103
支持脚膝関節		
接地時	0.341	0.214
離地時	0.011	0.969
支持脚足関節		
接地時	0.355	0.194
離地時	0.366	0.179
遊脚股関節		
接地時	-0.049	0.861
離地時	-0.101	0.719
関節角速度変化率		
支持脚股関節		
伸展速度	-0.247	0.374
支持脚膝関節		
屈曲速度	0.211	0.449
伸展速度	-0.413	0.126
支持脚足関節		
背屈速度	-0.202	0.471
底屈速度	-0.536*	0.039
遊脚股関節		
屈曲速度	-0.467	0.079

*は有意な相関関係を示している (p<0.05)

適切に遂行されていたと考えられる。

4.2 固有走における最大速度局面と限界走における最大減速局面の比較

次に、固有走の最大速度局面と限界走の最大減速局面における全体的な変化傾向を整理した。最大速度局面と比較して最大減速局面では、ピッチとストライドが共に有意に低下したことから（表 1）、有意に低い疾走速度を示した（図 1）。ピッチは接地時間と滞空時間の影響を受けるが（Hay, 1994; Hunter et al., 2004）、最大減速局面における接地時間は最大速度局面と比較して有意に長い値を示した（表 1）。一方、ストライドは接地および離地距離と滞空距離から決定されるが（Hunter et al., 2004）、最大減速局面では最大速度局面よりも有意に小さい滞空距離と有意に大きい接地距離を示した（表 1）。したがって、最大減速局面では、増加した接地時間がピッチを低下させ、減少した滞空距離がストライドを低下させたことで疾走速度が低下していたと考えられる。ピッ

チとストライドがともに低下する傾向は、400m 走の減速局面に認められる傾向と類似していた（持田・杉田, 2011; 平野, 2014; Paul and Ralph, 2013; 安井ほか, 1998）。なお、接地距離の増加は滞空距離の低下よりも小さい値であったことから、ストライドを増加させるに至らなかったと考えられる。さらに、接地距離の増加は疾走速度の減速を発生させる動作とされていることから（遠藤ほか, 2008; Hay, 1994; Hunter et al., 2005; Mero et al., 1992; Paul and Ralph, 2013）、疾走速度の低下に影響を与えていた可能性も考えられる。

この時の下肢動作に着目すると、支持脚では足関節の底屈角速度が有意に低下し、離地時の膝関節角度が有意に増加していた（表 2）。足関節底屈角速度の低下は 100m 走（遠藤ほか, 2008）や 400m 走（佐藤, 2022; 安井ほか, 1998）の減速局面において認められる動作変容である。また、足関節の底屈角速度が低下することは、足関節角度が最大背屈した後、底屈して離地するまでの時間を増加させることから、接地時間を増加させる動作

であることが推察できる。一方、疾走中における膝関節の伸展角度の大きさは400m走の後半に認められる動作変容であるとともに (Paul and Ralph, 2013; 佐藤, 2022), 疾走速度と負の相関関係が認められている (持田・杉田, 2011)。そして、過度に大きな伸展動作は、疾走速度の低い競技者の特徴的な動作であり (伊藤ほか, 1997), 支持脚を離地後に前方へと引き戻すタイミングを遅らせる動作である (羽田ほか, 2001)。実際に、遊脚股関節角度は接地と離地の両方で有意に大きな値 (すなわち後方に残された状態) を示し、角速度は有意に小さな値を示した (表2)。このような遊脚の動作変容も、400m走の減速局面に認められる典型例と類似していた (伊藤ほか, 1997; Paul and Ralph, 2013; 安井ほか, 1998)。

以上の動作変容は、疲労による身体機能の低下に対応しながらも、可能な限り高い速度を維持するために必然的に生じていた可能性がある。一方では、これらの動作変容を抑制できれば、速度低下の抑制につながるかもしれない。

そこで次には、本研究の主要課題である、固有走に対する限界走の速度変化率に対する時空間変数および疾走動作の変化率の相関関係に着目した分析を実施する。

4.3 固有走における最大速度局面と限界走の最大減速局面における速度変化率と時空間変数および疾走動作の変化率の相関関係

速度変化率と疾走動作の変化率には有意な相関関係にある項目が認められず、速度の変化に伴って生じる疾走動作の変容パターンは個人によって異なる可能性が示された (表4)。これらの結果は本研究の仮説とは異なり、最大速度局面と最大減速局面における動作変容は、疾走距離の増加に伴う身体機能の低下に対応するために必然的に生じている動作変容であったことが示唆された。一方、疾走速度は、ストライド変化率との間に有意な正の相関関係、接地時間変化率との間に有意な負の相関関係が認められた (表3)。最大減速局面では最大速度局面と比較して、ストライドは有意に低下、接地時間は有意に増加していた (表1)。すなわち、最大減速局面において速度の変化が少ない競技者は、ストライドの低下と接地時間の増加を抑制していることが示唆された。ストライドは疾走速度に直接影響を与える要因であり、接地時間はピッチを構成する下位要因の1つである。そこで、2つのレースにおけるストライドおよび接地時間の変化率と下肢動作の変化率の相関関係に着目し、これらの変容の小ささと相関関係のある疾走動作についての検討を加えることとした。

ストライド変化率は、股関節伸展角速度変化率との間に有意な正の相関関係が認められた (表6)。股関節伸展角速度は最大速度局面と最大減速局面において有意差が認められなかったが (表2, $p = 0.098$), 15名中13

名が最大減速局面において低下していた。したがって、股関節伸展角速度の低下を抑制することは、ストライドの低下抑制につながる可能性がある。股関節の伸展速度は膝や足関節の伸展動作と協調することで下肢の後方へのスイング速度を高める (伊藤, 1998)。また、股関節を進展させる股関節伸展筋群は、支持期後半での身体の加速に貢献するとともに (阿江ほか, 1986), 股関節伸展筋群の持久力が高いことは400m走後半における速度低下の抑制につながることを報告されている (尾縣ほか, 1998a; 安井ほか, 1998)。したがって、限界走では股関節伸展角速度の低下を抑制することでストライド低下を抑制し、間接的に速度低下を抑制できる可能性がある。

一方、接地時間の変化率は、足関節底屈角速度の変化率との間に有意な負の相関関係が認められた (表7)。本研究の結果から、最大減速局面における足関節底屈角速度は、最大速度局面よりも有意に低値を示した (表2)。したがって、最大減速局面では足関節の底屈角速度の低下が接地時間を増加させ、増加した接地時間がピッチを低下させることで、間接的に疾走速度の減速を促していた可能性がある。足関節の機能低下は、100m走や400m走における減速局面に認められる傾向である (遠藤ほか, 2008; 佐藤, 2022; 安井ほか, 1998)。足関節は短時間での力発揮に優れた機能・構造的特性を有しており (図子ほか, 1998), その機能の低下は支持時間の増加や加速力積の減少に影響を与える可能性が示されている (遠藤ほか, 2008)。そのために、足関節の底屈角速度の低下を抑制できれば、接地時間の増大を抑制するとともに、間接的に速度低下の抑制に寄与できるかもしれない。

5. トレーニング現場への応用と本研究の限界

本研究では、速度の変化率と有意な相関関係にある疾走動作が認められなかったことから、速度低下を抑制する疾走動作をストライドと接地時間という、疾走速度を構成する2要素から間接的に推察することしかできなかった。一方では、競技者の接地時間やストライドは比較的測定しやすい指標である。これらの低下率を測定して評価することで、動作や速度が遅くなりやすい部位を提示でき、トレーニング手段考案の一助となる可能性がある。また、限界走ではペース配分という戦略を考慮しないことから、減速局面における身体各部位の動作や機能に対してより限定した評価ができる。限界走で明らかになったトレーニング課題を解決した上で最適なペース配分を実施することで、レース後半における疾走タイムを高められる可能性がある。

なお、本研究では専門種目が複数にわたる男子大学生を対象としており、競技記録の水準も高い値ではなかった。したがって、得られた成果の適応範囲は限定的である。今後、対象者の増加や本研究から得られた知見に基づくトレーニング実験などの追加検討を実施すること

で、本研究の成果をより確かなものにできると考えられる。

6. 要 約

本研究の目的は、ペース配分を実施しない最大努力のスプリントにおけるレース終盤に生じる疾走動作の変容を明らかにするとともに、終盤での速度低下を最小化するための疾走動作を明らかにすることであった。目的達成のために、最大努力の60m走（固有走）における最大疾走速度が出現した局面と、ペース配分を実施しない最大努力の200m走（限界走）における速度が最大限低下した局面における疾走速度と疾走動作を比較し、2局面の速度と動作の変化率の関係について検討した。

主な結果は以下の通りである。

- 1) 200mの限界走を用いることで、ペース配分を実施しない最大疾走速度を維持できる能力を評価することができる。
- 2) 固有走の最大速度局面と限界走の最大減速局面では、速度が $83.7 \pm 2.6\%$ に変化する。この時、足関節底屈角速度の低下が接地時間を増大するとともに、過度に伸展された膝関節が遊脚の前方への振り戻しを遅らせることで、速度が低下する可能性が示された。
- 3) 固有走の最大速度局面と限界走の最大減速局面における、速度変化率と下肢3関節に関する動作変化率には有意な相関関係が認められなかったことから、減速局面での速度低下を抑制する下肢の動作は個人により傾向が異なることが示唆された。
- 4) 最大速度局面と比較して減速局面における速度変化率の低下が低い競技者は、最大速度局面から減速局面に至る際に生じるストライドの低下と接地時間の増加を抑制していることが明らかになった。これらの動作は、足関節底屈および股関節伸展角速度を高く維持することで達成できる可能性が示された。

以上の結果から、ペース配分を実施しない試技の減速局面において速度の変化を抑制するためには、股関節伸展および足関節の底屈角速度を高く維持することで、ストライドの低下と接地時間の増加を抑制することが有効となることが明らかになった。これらのことは、減速局面におけるパフォーマンス向上のためのトレーニングターゲットを明確にできる知見として実践現場に応用できる。

文献

阿江通良・宮下 憲・横井孝志・大木昭一郎・渋川侃二（1986）機械的パワーからみた疾走における下肢筋群の機能および貢献度。筑波大学体育科学系紀要, 9: 229-239.

阿江通良・鈴木美佐緒・宮西智久・岡田英孝・平野敬靖（1994）世界一流スプリンター100mレースパターンの分析：男子を中心に。世界一流競技者の技術。第3回世界陸上選手権大会バイオメカニクス班報告書。日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス班編。ベースボールマガジン社：東京, pp.14-28.

麻場一徳・勝田 茂・高松 薫・宮下 憲（1990）スプリンターの疾走能力と外側広筋の筋線維組成および筋毛細血管分布との関係。体育学研究, 35（3）, 253-260.

遠藤俊典・宮下 憲・尾縣 貢（2008）100m走後半の速度低下に対する下肢関節のキネティクスの要因の影響。体育学研究, 53(2), 477-490.

Hay, J. G. (1994) The Biomechanics of Sports Techniques, 4th Ed. London: Prentice Hall International, pp. 31-46, 396-423.

羽田雄一・阿江通良・榎本靖士（2001）400m走における疾走動作の変化。陸上競技紀要, 14, 3-13.

平野達也（2014）400m走の前・後半における疾走動態の変容。愛知教育大学保健体育研究紀要, 39: 65-68.

Hirvonen, J., Nummela, A., Rusko, H. Rehnun, S., and Häkkinen, M. (1992) Fatigue and changes of ATP, creatine phosphate, and lactate during the 400-m sprint. Can J Sport Sci, 17(2), 141-144.

Hunter, J. P., Marshall, R. N., and McNair, P. J. (2004) Interaction of step length and step rate during sprint running. Medicine and science in sports and exercise, 36(2), 261-271.

Hunter, J. P., Marshall, R. N., and McNair, P. J. (2005) Relationships between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration. Journal of applied biomechanics, 21(1), 31-43.

石村和博（2020）陸上競技短距離走における曲走路疾走のパフォーマンスと脚動作。陸上競技研究. 2020（1）, 2-10.

伊藤 章・市川博啓・斉藤昌久・伊藤道郎・佐川和則・加藤謙一（1997）アジア大会男子400mの動作分析。日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班編。アジア一流競技者の技術：第12回広島アジア大会陸上競技バイオメカニクス研究班報告。創文企画：東京, pp. 65-80.

岩井雅史・市川博啓・伊藤 章（1997）100m走における疾走速度逓減の要因。第13回バイオメカニクス学会大会編集委員会。身体運動のバイオメカニクス：173-177.

Judson, L. J., Churchill, S. M., Barnes, A., Stone, J. A., Brookes, I. G., and Wheat, J. (2019) Horizontal force production and multi - segment foot kinematics during the acceleration phase of bend sprinting. Scandinavian

- Journal of Medicine & Science in Sports, 29(10), 1563-1571.
- Judson, L. J., Churchill, S. M., Barnes, A., Stone, J. A., and Wheat, J. (2020) Joint moments and power in the acceleration phase of bend sprinting. *Journal of Biomechanics*, 101, 109632.
- 貴嶋孝太・福田厚治・伊藤 章 (2005) 末續慎吾選手の200m 走の特徴. 陸上競技学会誌, (3), 10-14.
- Mero, A., Komi, P. V., and Gregor, R. J. (1992). Biomechanics of sprint running. *Sports medicine*, 13(6), 376-392.
- Morin, J. B., Jeannin, T., Chevallier, B., and Belli, A. (2006) Spring-mass model characteristics during sprint running: correlation with performance and fatigue-induced changes. *International journal of sports medicine*, 27(02), 158-165.
- Moravec, P., Ruzicka, J., Susanka, P., Dostal, E., Kodejs, M., and Nosek, M. (1988) The 1987 International Amateur Athletic Federation/IAAF Scientific Project Report: Time analysis of the 100 Meters events at the II World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics* 1988; 3: 61-96.
- 持田 尚・杉田正明 (2011) 2007 世界陸上競技選手権大阪大会における決勝 400m 走レースのバイオメカニクス分析. 第11回世界陸上競技選手権大会 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書: 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術. 財団法人日本陸上競技連盟: 東京, pp. 51-75.
- Nagahara R., and Zushi K. (2013). Determination of foot strike and toe-off event timing during maximal sprint using kinematic data. *International Journal of Sport and Health Science* 11, 96-100.
- Nagahara, R., Matsubayashi, T., Matsuo, A., and Zushi, K. (2014). Kinematics of transition during human accelerated sprinting. *Biol. Open*, 3: 689-699.
- Nagahara, R. and Girard, O. (2021) Alterations of spatiotemporal and ground reaction force variables during decelerated sprinting. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31(3), 586-596.
- 中野正英・尾縣 貢・伊藤道郎・吉武信二 (1991) 100m レース後半の疾走速度逡減を規定する動作要因の検討. 陸上競技研究, 3 (6), 2-7.
- 中野正英・尾縣 貢 (1995) 疾走速度の低下に影響を及ぼすキック・フォームの変化について. 体育の科学, 45: 399-404.
- 尾縣 貢・福島洋樹・大山圭悟・安井年文・関岡康雄 (1998a) 筋疲労時の疾走能力と体力的要因との関係. 体力科学, 47 (5), 535-542.
- 尾縣 貢・福島洋樹・大山圭悟・安井年文・鍋倉賢治・宮下 憲・関岡康雄・永井 純 (1998b). 下肢の筋持久性と400m 走中の疾走速度逡減との関係. 体育学研究, 42 (5), 370-379.
- 尾縣 貢・安井年文・大山卞圭吾・山崎一彦・荻部俊二・高本恵美・伊藤 穰・森田正利・関岡康雄 (2000) 一流400m ランナーにおける体力特性とレースパターンとの関係. 体育学研究, 45 (3), 422-432.
- 尾縣 貢・真鍋芳明・高本恵美・木越清信 (2003) 400m 走中の下肢関節トルク持続能力と下肢の筋持久性との関係. 体力科学, 52 (4), 455-463.
- 小木曾一之・串間敦郎・安井年文・青山清英 (1997) 全力疾走時にみられる疾走スピードの変化特性. 体育学研究, 41 (6), 449-462.
- 小木曾一之・安井年文・青山清英・渡辺健二 (1998) 全力疾走時の速度変化に伴う支持脚各部の機能の変化. 体力科学, 47 (1), 143-154.
- Richard, L. (1997) Physiology and biophysics of the 100m sprint. *News. Physiol. Sci.*, 12: 131-136.
- 佐藤拳太郎 (2022) 400m レース展開のキネマティクス分析: 4つの局面の変容を比較して. https://www.waseda.jp/tokorozawa/kg/doc/50_ronbun/2022/5022A350.pdf (参照日 2023 年 12 月 18 日)
- Simonsen, E. B., Thomsen, L., and Klausen, K. (1985) Activity of mono- and biarticular leg muscle during sprint running. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 54(5), 524-532.
- 篠原康男・前田正登 (2019) 学生短距離選手における100m 走との比較からみた200m 走の疾走速度変化. 陸上競技学会誌, 17, 67-77.
- Slawinski, J., Termoz, N., Rabita, G., Guilhem, G., Dorel, S., Morin, J. B., and Samozino, P. (2017) How 100 - m event analyses improve our understanding of world - class men's and women's sprint performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 27(1), 45-54.
- Paul, S. and Ralph, V. M. (1983) The Effects of Muscular Fatigue on the Kinetics of Sprint Running, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 54(1) : 60-66.
- Stefanyshyn, D. J., and Nigg, B. M. (1998) Dynamic angular stiffness of the ankle joint during running and sprinting. *Journal of applied biomechanics*, 14(3), 292-299.
- Stoner L. J., AND Ben-Sira D. (1979) Sprinting on the curve. *Science in Athletics* 167-173.
- 高橋恭平・広川龍太郎・小林 海・渡辺圭祐・山中 亮・大沼勇人・松林武生 (2018) U20 世界選手権およびU20 日本選手権200m ファイナリストにおける走パフォーマンス. 陸上競技研究紀要, 14, 105-109.
- 高橋恭平・広川龍太郎・小林 海・山中 亮・大沼勇人・松林武生・渡辺圭祐 (2019) 一流200m 選手のレース分析: 2019 年シーズンの国内外主要競技会に着目して. 陸上競技研究紀要, 15, 148-157.

- 高橋恭平・広川龍太郎・小林 海・山中 亮・大沼勇人・松林武生・綿谷貴志 (2020) 国内トップスプリンターにおける 2020 年シーズンの 200m レース分析. 陸上競技研究紀要, 16, 88-96.
- 高橋恭平・広川龍太郎・松林武生・小林 海・松尾彰文・柳谷登志雄・山元康平・山中亮・大家利之・吉本隆哉・大沼勇人・輪島裕美 (2016) 2016 年国内外トップスプリンターの 200m における走パフォーマンス分析. 陸上競技研究紀要, 12, 84-91.
- Toyoshima, R., and Sakurai, S. (2016) Kinematic characteristics of high step frequency sprinters and long step length sprinters at top speed phase. *International Journal of Sport and Health Science*, 201515.
- 豊嶋陵司・桜井伸二 (2018) 短距離走の最大速度局面における遊脚キネティクスとピッチおよびストライドとの関係. 体育学研究, 63(2) : 479-493.
- 渡邊信晃・榎本靖士・大山卞圭悟・宮下 憲・尾懸 貢・勝田 茂 (2003) スプリント走時の疾走動作および関節トルクと等速性最大筋力との関係. 体育学研究, 48 (4), 405-419.
- 安井年文・尾県 貢・福島洋樹・宮下 憲・関岡康雄 (1998) 400m 疾走中の速度逡減に影響を及ぼす体力的要因について. 陸上競技研究, 35, 2-15.
- 矢田恵大・阿江通良・谷川 聡 (2012) 世界一流および学生短距離選手の回復脚におけるキネティクスの相違. 陸上競技研究, 90 : 9-16.
- 山元康平・宮代賢治・内藤 景・木越清信・谷川 聡・大山卞圭悟・宮下 憲・尾懸 貢 (2014) 陸上競技男子 400m 走におけるレースパターンとパフォーマンスとの関係. 体育学研究, 59 (1), 159-173.
- 山元康平・高橋恭平・広川龍太郎・松林武生・小林 海・松尾彰文・柳谷登志雄 (2016). 2016 年主要競技会における男女 400m 走のレース分析. 陸上競技研究紀要, 12, 98-103.
- 山中 亮・小林 海・高橋恭平・松林武生・綿谷貴志・大沼勇人・山本真帆・笠井信一・広川龍太郎 (2020) 2020 年度競技会における男女 400m のレース分析. 陸上競技研究紀要, 16, 114-121.
-

MCT-jump test で評価されるパワー発揮能力とスプリント走速度およびステップパラメータとの関係 —最大跳躍高と最大 RDJ_{index} 時の跳躍高に着目して—

梶谷亮輔¹⁾, 石川稜将²⁾, 杉浦澄美³⁾, 村山凌一⁴⁾, 木越清信³⁾

Relationship between power exertion ability and sprint running velocity and step parameters evaluated by MCT-jump test - Focusing on maximum jump height and jump height of maximum RDJ_{index}

Ryosuke KAJITANI¹⁾, Ryosuke ISHIKAWA²⁾, Kiyomi SUGIURA³⁾, Ryoichi MURAYAMAI⁴⁾, Kiyonobu KIGOSHI³⁾

Abstract

The purpose of this study was to examine the relationship between the maximum jumping height and jump height of maximum RDJ_{index} evaluated by the MCT-jump test and sprint running velocity and step parameters. In this study, we examined the relationship between sprinting velocity and step parameters and maximum jumping height and jump height of maximum RDJ_{index} in the MCT-jump test using 13 short-sprinters. The results showed that there was a significant correlation between sprinting velocity and maximum jump height in the MCT-jump test in the Max and Acc phases, and a significant correlation between sprinting velocity, flight time, and stride and maximum jump height in the MCT-jump test in the Acc phase. On the other hand, the correlation between running velocity, flight time, and stride in sprinting and maximum jump height in the MCT-jump test was significant. On the other hand, there was no significant correlation between sprinting velocity and step parameters and maximum RDJ_{index} in the sprinting phase.

These results suggest that the maximum jumping height evaluated by the MCT-jump test and the sprinting velocity and stride in the acc phase of sprint running have an influence on each other. These results suggest that the MCT-jump test is useful as a criterion for evaluating the power exertion ability required to increase the sprinting velocity during the acceleration phase of sprint running.

キーワード：スプリント、ジャンプ、ストライド、加速局面

1. 緒言

陸上競技のスプリント走では、高い疾走速度を獲得するために、0.1秒程度の接地時間で疾走することが求められることから大きなパワーの発揮が求められる (Bezodis et al., 2008). そして、そのパワー発揮能力の評価または向上を目指したトレーニング手段としてジャンプ運動が用いられてきた (岩竹, 2017; Kale et al., 2009; Nagahara et al., 2014). そのため、ジャンプ運動によって評価されたパワーとスプリント走能力との関係を論じた研究 (生田ほか, 1981; 岩竹ほか, 2002; Kariyama and Zushi, 2016; Nagahara et al., 2014) は非常に多く、また指導書では短距離競技者が用いるトレーニング手段としてジャンプ運動が推奨されている (土江, 2011).

ジャンプ運動によって評価されたパワーとスプリント走能力との関係を論じた研究を概観すると、1990年代に、それまで主流だった垂直跳によるパワー発揮能力の評価から、リバウンドドロップジャンプによって、跳躍高を接地時間で除すことで算出される RDJ_{index} をパワーの指標とする研究 (図子ほか, 1993) が発表されたことが当該研究領域における潮流の変換点であった。その後、この RDJ_{index} は、運動を5回連続ジャンプとするなどの工夫を経ながら、アスリートのパワー発揮能力の評価指標として、現時点ではゴールデンスタンダードである。なお、この指標は、海外においても Reactive strength index (以下、“RSI”と略す) と呼ばれており (Young et al., 1999), 同一の指標である。これらの指標は、跳躍高と接地時間を自由に選択することで、最大パワーを評価することが可能になった点において画期的であった。一方で、スプリント走能力と RDJ_{index} との関係については、両者の間に有意な相関関係を認めた研究 (Smirniotou et al., 2008) も、認めていない研究 (Nagahara et al., 2014) もみられ、一致した見解は得られていない。両者の間に

1) 環太平洋大学体育学部 International Pacific University, Department of Physical Education
〒709-0863 岡山県岡山市東区瀬戸町観音寺 721

2) 筑波大学大学院人間総合科学研究科 University of Tsukuba, Graduate School of Comprehensive Human Sciences
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1

3) 筑波大学体育系 University of Tsukuba, Institute of Health and Sport Sciences
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1

4) 国際武道大学体育学部 International Budo University, Faculty of Physical Education
〒299-5295 千葉県勝浦市新官 841

有意な相関関係が認められない理由の一つには、 RDJ_{index} が最大になるジャンプ運動とスプリント走とで主働関節からみた特異性が合致しないためであろう。つまり、スプリント走では股関節が大きな仕事をなしている（羽田ほか, 2003）にも関わらず、 RDJ_{index} が最大になるジャンプ運動では、接地時間を短くすることを特に強調することで、下肢の各関節の運動範囲を小さくし、大きな質量や慣性モーメントをもつ身体部位を動員しないことが求められる。このような理由から、 RDJ_{index} が最大となるジャンプ運動を用いて、股関節が主働関節となるスプリント走などについては、両者の相関係数の高低にかかわらず、その因果関係の解釈には十分な注意が必要であると指摘されている（深代, 2017; 木塚, 2017）。そして、これらの指摘を考慮して、梶谷ほか（2018, 2021）は、競技者のパワー発揮能力の評価方法として、接地時間を様々変えさせて跳躍高を測定する方法（Multi contact time-jump test；通称 MCT-jump test）を採用している。そして、梶谷ほか（2021）は、MCT-jump test における最大跳躍高が発揮された際の接地時間（最適反動動作時間と呼ばれることもある）とスプリント走の接地時間との間に有意な正の相関関係が認められたことを報告している。なお、このときスプリント走の疾走速度と接地時間との間に有意な相関関係が認められなかった。一方で、この報告では、MCT-jump test における最大跳躍高とスプリント走のステップパラメータやスプリント走能力との関係について論じられていない。

そこで、本研究では、MCT-jump test によって評価される最大跳躍高および最大 RDJ_{index} 時の跳躍高とスプリント走における疾走速度およびステップパラメータとの関係を検討することを目的とした。

2. 方法

2.1 対象者

対象者は、大学陸上競技部に所属し 100m 走を専門とする男性 13 名であった（身長： $1.72 \pm 0.04\text{m}$ 、体重： $62.8 \pm 4.2\text{kg}$ 、100m 走シーズンベスト記録： $11.16 \pm 0.32\text{s}$ ）。実験に先立ち、研究の目的および実験に伴う安全性と危険性を書面にて十分に説明し、参加同意を得た。なお、本研究は筑波大学大学院人間総合科学研究科倫理委員会の承認を得て行なわれた。なお、本研究の対象者は、梶谷ほか（2021）と同一の対象者で、スプリント走の疾走速度と接地時間との関係を検討したところ、有意な相関関係は認められなかった。

2.2 実験試技

実験試技は、以下に示したスプリント走と MCT-jump test（梶谷ほか, 2018）であった。

(1) スプリント走

スプリント走は、Nagahara et al. (2014) を参考にク

ラウチングスタートから 60m の全力疾走とした。このとき、対象者には実際の 100m 走のレースを想定して走することを口頭で指示した。なお、実験試技におけるスプリント走は、試合期における測定であったことから、対象者への身体的な負担を考慮し 100m 走ではなく 60m 走を用いた。

(2) MCT-jump test

MCT-jump test は、最も高く跳ぶための接地時間を判定するためのテストであった（梶谷ほか, 2018）。30cm の台上から跳び降りた後、再び跳び上がるジャンプ運動を 15–20 回程度繰り返して行わせた。このとき、極めて短い接地時間で高く跳ぶことを意識させた試技（以下、「リバウンドドロップジャンプ (RDJ)」と略す）から、比較的長い接地時間で高く跳ぶことを意識させた試技、そして完全に停止してから跳び上がる試技まで、接地時間を意識的に変化させて試技を行わせた。また、接地時間 (0.1 秒–1.0 秒) はおよそ 0.1 秒単位で変化させてジャンプを行わせた。さらに、順序効果を排除するため、接地時間の順序は無作為に行った。いずれの接地時間におけるジャンプもできる限り高く跳ぶことを口頭で指示して行わせたが、RDJ のみ、できる限り短い接地時間で高く跳ぶことを指示した。なお、試技の際に上肢の影響を排除するため、手を腰に当てた状態で行わせ、試技間は疲労の影響を無くするため休息を十分にとらせた。

2.3 データ収集およびデータ分析

(1) スプリント走

スプリント走は、対象者の側方から高速度ビデオカメラ（CASIO 社製、EX-F1）を用いて、毎秒 300 コマ、露出時間 1/2000 秒で撮影した。本研究では、100m 走の加速区間における疾走局面を区分した研究に基づき（金高ほか, 2005）、5–15m 地点を加速局面（以下、“Acc 局面”と略す）とした。また、45–55m 地点を最大疾走局面（以下、“Max 局面”と略す）とした（Delecluse et al., 1995）。そのため、10m 地点および 50m 地点に高速度ビデオカメラを設置し、撮影した。撮影されたビデオ画像をコンピュータに取り込み、Frame Dias For Windows（ディケイエイチ社製）を用いて、毎秒 150 コマで全身 23 点と走路の両側に 1m 間隔で設置した較正マーク 4 点の 2 次元座標を読み取った。分析は右足接地瞬間の 5 コマ前から、再び右足が接地する瞬間の 5 コマ後までの 1 サイクル（2 歩）にわたって行った。画像から読み取った身体各部の座標は較正マークをもとに実長換算した後、最適遮断周波数を Wells and Winter (1980) の方法に基づいて決定し（6.0–10.5Hz）、Butterworth Low-Pass Digital Filter を用いて平滑化した。

(2) MCT-jump test

MCT-jump test は、マットスイッチ（マルチジャンプテスト、ディケイエイチ社製）上で行わせ、接地時間お

および滞空時間を測定した。MCT-jump test は、接地時間をおおよそ 0.1 秒単位で変化させるため、対象者および験者が 1 回の試技ごとに接地時間を確認できるように、接地時間と跳躍高の関係図を示した。その際、プロジェクターを用いてスクリーン上に投影し、関係図を提示した。

2.4 算出項目

(1) スプリント走におけるステップパラメータ

分析を行った 1 サイクル (2 歩) におけるつま先の水平移動距離を 2 等分したものをストライド、1 サイクルに要した時間を 2 等分したものの逆数をピッチとし、両者の積を疾走速度として算出した (羽田ほか, 2003)。また、接地時間は左右の足の接地から離地までの時間を 2 等分し、滞空時間は、左右の離地から接地までの時間を 2 等分することによって算出した。

(2) MCT-jump test

マットスイッチから跳躍中の滞空時間 (s) と接地時間 (s) を求め、跳躍高 (m) を以下の式によって算出した。

$$\text{跳躍高 (m)} = 1/8 \cdot g \cdot (\text{滞空時間})^2$$

また、“RDJ_{index}” (図子ほか, 1993) を以下の式によって算出した。これは、できる限り短い接地時間で高い跳躍高を獲得する能力を示す指標であり、RDJ の評価指標である。

$$\text{RDJ}_{\text{index}} \text{ (m/s)} = \text{跳躍高 (m)} / \text{接地時間 (s)}$$

本研究において、最大跳躍高を発揮した試技における接地時間を個人の接地時間の最適値 (以下、「最適接地時間」と略す) とした。

2.5 統計処理

各測定項目の平均値および標準偏差を算出した。各測定項目間の関係を検討するために、Pearson の積率相関係数を算出した。また、MCT-jump test における最適接

地時間と最大 RDJ_{index} 時の接地時間、および MCT-jump test における最大跳躍高と最大 RDJ_{index} 時の跳躍高を対応のある t 検定を用いて有意差を検定した。なお、いずれの統計処理においても、有意性は危険率 5% 未満で判定した。

3. 結果

スプリント走における Max 局面および Acc 局面の疾走速度は、それぞれ $9.59 \pm 0.37 \text{ m/s}$ および $7.67 \pm 0.44 \text{ m/s}$ であった。また、接地時間はそれぞれ $0.100 \pm 0.004 \text{ s}$ および $0.131 \pm 0.008 \text{ s}$ であり、滞空時間はそれぞれ $0.111 \pm 0.006 \text{ s}$ および $0.090 \pm 0.009 \text{ s}$ であった (表 1)。

MCT-jump test における最適接地時間は $0.50 \pm 0.24 \text{ s}$ 、最大跳躍高は $0.50 \pm 0.07 \text{ m}$ であった。また、最大 RDJ_{index} は $2.76 \pm 0.41 \text{ m/s}$ 、そのときの接地時間は $0.16 \pm 0.03 \text{ s}$ 、および跳躍高は $0.43 \pm 0.05 \text{ m}$ であった (表 2)。なお、MCT-jump test における最大跳躍高は最大 RDJ_{index} 時の跳躍高と比較して有意に高い値 ($t=4.72, p<0.05$) を示した (図 1)。

スプリント走における Max 局面および Acc 局面における接地時間と疾走速度との間の相関関係を検討した。その結果、スプリント走における Max 局面の疾走速度と接地時間との間 ($r=-0.156, \text{n.s.}$)、Acc 局面の疾走速度と接地時間との間 ($r=-0.455, \text{n.s.}$) に有意な相関関係は認められなかった (図 2)。

スプリント走における Max 局面および Acc 局面における疾走速度と 100m 走シーズンベスト記録との間の相関関係を検討した (図 3)。その結果、100m 走シーズンベスト記録と Max 局面における疾走速度 ($r=-0.860, p<0.05$)、Acc 局面における疾走速度 ($r=-0.645, p<0.05$) との間に有意な相関関係が認められた。

MCT-jump test における最大跳躍高、および最大 RDJ_{index} 時の跳躍高とスプリント走のステップパラメータとの相関係数を示した (表 3)。その結果、MCT-jump

表 1 Max および Acc のステップパラメータ

		平均値±標準偏差	変動係数
Max	疾走速度 (m/s)	9.59 ± 0.37	3.88
	ストライド (m)	2.05 ± 0.10	4.66
	ピッチ (Hz)	4.67 ± 0.13	2.78
	接地時間 (s)	0.100 ± 0.004	4.20
	滞空時間 (s)	0.111 ± 0.006	5.39
Acc	疾走速度 (m/s)	7.67 ± 0.44	5.79
	ストライド (m)	1.65 ± 0.05	3.06
	ピッチ (Hz)	4.65 ± 0.18	3.80
	接地時間 (s)	0.131 ± 0.008	6.41
	滞空時間 (s)	0.090 ± 0.009	10.60

表2 MCT-jump test の最適接地時間, 最大跳躍高, および最大 RDJ_{index} とその時の接地時間と跳躍高

	平均値±標準偏差	変動係数
最適接地時間(s)	0.50±0.24	47.1
最大跳躍高(m)	0.50±0.07	13.7
MCT-jump test 最大RDJ _{index} (m/s)	2.76±0.41	14.9
最大RDJ _{index} 時の接地時間(s)	0.16±0.03	16.6
最大RDJ _{index} 時の跳躍高(m)	0.43±0.05	11.3

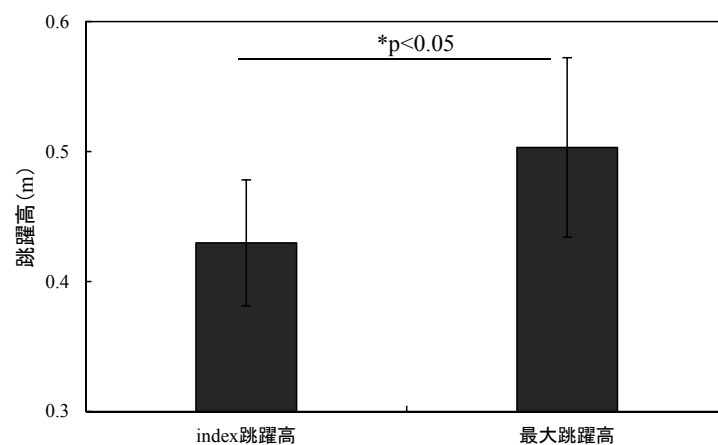


図1 最大跳躍高と最大 RDJ_{index} 時の跳躍高との比較

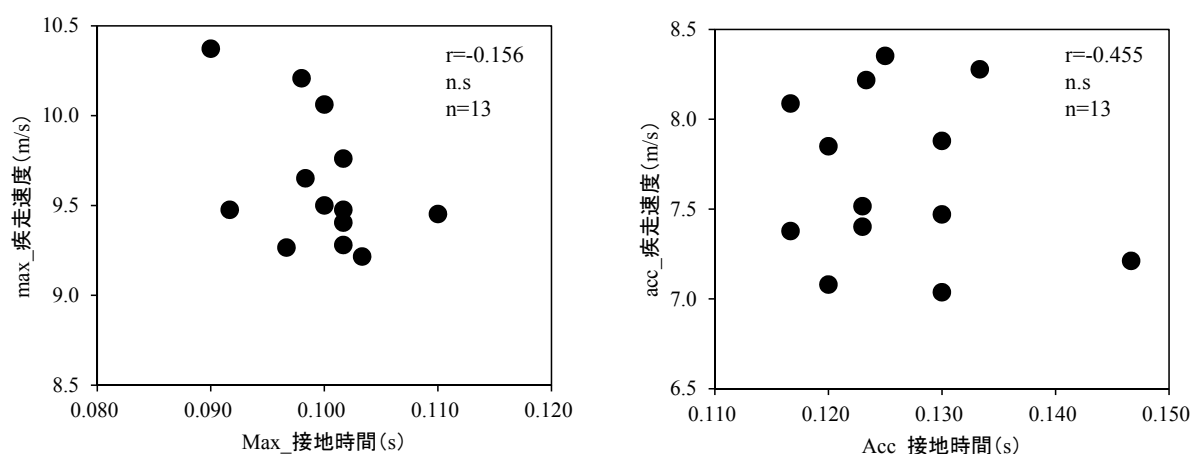


図2 スプリント走における接地時間と疾走速度との関係

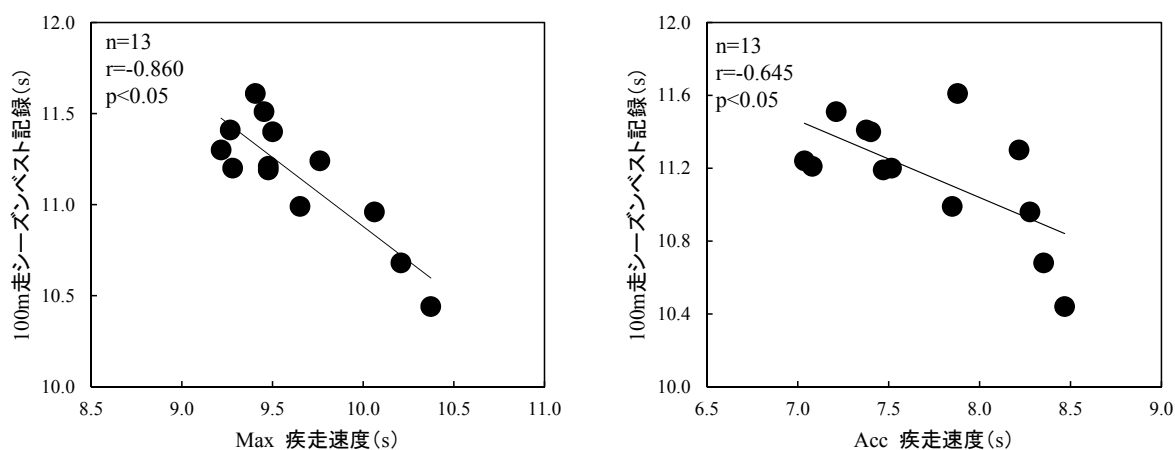


図3 100m 走シーズンベスト記録とスプリント走における疾走速度との関係

testにおける最大跳躍高とスプリント走のMax局面における疾走速度 ($r=0.576$, $p<0.05$), Acc局面における疾走速度 ($r=0.686$, $p<0.05$), ストライド ($r=0.866$, $p<0.05$), 滞空時間 ($r=0.795$, $p<0.05$) との間に有意な相関関係が認められた。

4. 考 察

短距離競技者にとって、ジャンプ運動による高い跳躍高を獲得する能力が求められるとすれば、それはスプリント走においてより高い疾走速度を発揮するために適切な滞空時間および滞空距離を獲得する必要があるためであろう。このことを裏付けるように、本研究の結果、MCT-jump testにおける最大跳躍高と疾走速度との間には、Acc局面およびMax局面ともに有意な正の相関関係が認められた(表3)。これまで用いられている最大跳躍高を発揮するための代表的なジャンプ運動としてCMJが挙げられる(Kale et al., 2009; Nagahara et al., 2014)。そして、CMJの跳躍高とスプリント走における疾走速度、もしくはストライドとの関係を論じた先行研究においても両者の間に有意な正の相関関係が認められたことが報告されている(Kale et al., 2009)。したがって本研究の結果は、この先行研究の知見を支持するものである。つまり、最大跳躍高の発揮はスプリント走能力を高めるために重要な要因であると考えられる。一方で、スプリント走の運動特性から、最大パワーを評価することの重要性が示唆され、その評価方法としてRDJおよびRJが用いられることが主流となった。そのため、本研究では、最大パワーを評価する代表的なジャンプ運動であるRDJを比較対象とした。これまで、RDJと同様の能力を評価しているRJを用いた研究では、最大RJ_{index}

とスプリント走能力との間に有意な相関関係は認められていない(Kariyama and Zushi, 2016; Nagahara et al., 2014)。さらに、最大RJ_{index}時の跳躍高とスプリント走能力との間にも有意な相関関係は認められておらず(Nagahara et al., 2014)、これは本研究においても同様の結果であった。(表3)。

また本研究では、最大跳躍高および最大RDJ_{index}時の跳躍高とステップパラメータとの関係も検討した(表3)。まず、最大跳躍高とステップパラメータとの関係においては、Acc局面とMax局面とで異なる傾向がみられた。それは、Acc局面では、最大跳躍高と滞空時間、ストライドおよび疾走速度との間に有意な相関関係が認められたものの、Max局面では最大跳躍高と疾走速度との間にのみ有意な相関関係が認められ、滞空時間およびストライドとの間に有意な相関関係が認められなかったことである(表3)。そのため、Acc局面では、MCT-jump testにおける最大跳躍高がスプリント走のストライドに影響を及ぼし、ストライドが疾走速度に影響を及ぼすという一連の因果を想定することが可能であろう。また、加速能力の評価にはCMJを用いることが有用であるとされており(Smirniotou et al., 2008)、5から11歩目の加速度とCMJの跳躍高の間にも有意な相関関係が認められている(Nagahara et al., 2014)。RDJやRJと比較して、接地時間の長いジャンプ運動である。これをスプリント走に当てはめると、Acc局面はMax局面と比較して接地時間が長く、大きな力積の獲得が求められることから、最大跳躍高を発揮することが目的であるCMJとの間に相関関係が認められていると考えられる。一方、Max局面においては、スプリント走のストライドに影響を及ぼす要因が多岐にわたるものと推察されるこ

表3 MCT-jump testの最大跳躍高, および最大RDJ_{index}時の跳躍高とスプリント走のステップパラメータとの関係

局面	パラメータ	相関係数	
		最大跳躍高(m)	最大RDJ _{index} 跳躍高(m)
Max	疾走速度(m/s)	0.576*	0.135
	ピッチ(Hz)	0.187	0.121
	ストライド(m)	0.359	0.038
	接地時間(s)	-0.340	-0.379
	滞空時間(s)	0.337	0.106
Acc	疾走速度(m/s)	0.686*	0.329
	ピッチ(Hz)	0.290	0.048
	ストライド(m)	0.866*	0.511
	接地時間(s)	-0.401	-0.368
	滞空時間(s)	0.795*	0.504

* $p<0.05$

とから、Max 局面では最大跳躍高とストライドとの間に有意な相関関係が認められなかったものと考えられる。これらのことから、MCT-jump test を用いて最大跳躍高をパワー発揮能力の指標とした場合、主に Acc 局面において疾走速度を高めるために求められるパワー発揮能力の評価基準として有用であることが示唆された。

また、最大 RDJ_{index} 時の跳躍高とステップパラメータとの間には有意な相関関係は認められなかった (表 3)。最大 RDJ_{index} は、個人の特性によって、最大 RDJ_{index} がより力優位型の組み合わせで発揮される場合と、より速度優位型の組み合わせで発揮される場合があるが、それらどちらか一方の指標、つまり接地時間、もしくは跳躍高だけでは判断できない。つまり、接地時間が長い対象者の跳躍高が高ければ、戦略として力型を選択していた可能性はあるが、跳躍高が低ければそれは単にパワー発揮能力として低いに過ぎない。したがって、どちらか一方を検討することに意味はない。そのため、本研究においてスプリント走の疾走速度およびステップパラメータと最大 RDJ_{index} が発揮された試技における跳躍高との間に有意な相関関係が認められなかったこと、および梶谷ほか (2021) の報告においてスプリント走の疾走速度およびステップパラメータと最大 RDJ_{index} が発揮された試技における接地時間との間に有意な相関関係が認められなかったことは、トレーニング論上の意味を有しているわけではない。一方で、スプリント走の疾走速度およびステップパラメータと最大 RDJ_{index} との間に有意な相関関係が認められなかった理由を検討する必要がある。そして、本研究では、その理由として、仮説の段階で、RDJ_{index} が最大になるジャンプ運動とスプリント走とで主働関節からみた特異性が合致しないことを挙げた。スプリント走のパフォーマンスの構造を考えた時に、RDJ_{index} を高くするような足関節周りの筋腱群の機能は、スプリント走のパフォーマンスを下支えていることは間違いない。つまり、膝関節や股関節で生み出されたトルクを、地面に力として伝える役割は足関節が担っており、その機能的な役割がスプリント走において高い疾走速度で疾走することに対して大きな貢献をしていることは疑いもない。そのため、スプリント走の疾走速度およびステップパラメータと最大 RDJ_{index} との間に有意な相関関係が認められないことを基に、足関節の機能を高めるトレーニングが必要ないといった短絡的な結論を導くべきではない。今後のジャンプ運動によるパワー評価の実践的な研究として、競技レベルとパワーとの関係を多面的に検討することや、スプリント走において求められる足関節の機能を適切に評価することのできる評価方法の検討を行う必要がある。

本研究で用いた対象者は、100m の記録が 11.16 ± 0.32 s であった。また、100m 走のシーズンベスト記録とスプリント走における疾走速度との関係を検討したところ、

両者の間には有意な相関関係が認められた (図 3)。このことは、実験試技における疾走速度は短距離競技者のスプリント走能力を反映していたことを示すものである。したがって、本研究の結果の応用可能な範囲としては、100m の記録は 11.16 ± 0.32 s といえる。また、求められるパワーが競技レベルごとで異なることも推察される。そのため、本研究の対象者と比較してスプリント走能力の高い短距離競技者や女子短距離競技者に当てはめる場合には注意が必要であり、今後検討していく必要がある。

5. 要 約

本研究の目的は、MCT-jump test によって評価される最大跳躍高および最大 RDJ_{index} 時の跳躍高とスプリント走における疾走速度およびステップパラメータとの関係を検討することであった。そこで、本研究では短距離競技者 13 名を用いて、スプリント走の疾走速度およびステップパラメータと MCT-jump test における最大跳躍高および最大 RDJ_{index} 時の跳躍高との関係を検討した。その結果、Max 局面および Acc 局面における疾走速度と MCT-jump test における最大跳躍高との間には有意な相関関係が認められ、Acc 局面では、疾走速度、滞空時間およびストライドと MCT-jump test における最大跳躍高との間に有意な相関関係が認められた。一方で、スプリント走の疾走速度およびステップパラメータと、最大 RDJ_{index} 時の跳躍高との間に有意な相関関係は認められなかった。

以上のことから、MCT-jump test によって評価される最大跳躍高とスプリント走の Acc 局面における疾走速度およびストライドとは互いに影響を及ぼし合う関係にあることが示唆された。これらのことから、MCT-jump test を用いて最大跳躍高をパワー発揮能力の指標とした場合、主に Acc 局面において疾走速度を高めるために求められるパワー発揮能力の評価基準として有用であることが示唆された。

参考文献

- Bezodis, I. N., Kerwin, D.G., and Salo, A. I. T. (2008) Lower-limb mechanics during the support phase of maximum-velocity sprint running. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 40 (4): 707-715.
- Delecluse, C.H., Coppenolle, H. V., Willems, E., Diels, R., Goris, M., and VZuyksteke, M. (1995) Analysis of 100 meter sprint performance as a multidimensional skill. *Journal of Human Movement Studies*, 28: 87-101.
- 深代千之 (2017) 瞬発性運動におけるパワー評価. *体育の科学*, 67 (4): 221-225.
- 羽田雄一・阿江通良・榎本靖士・法元康二・藤井範久 (2003) 100m 走における疾走スピードと下肢関節のキネティ

- クスの変化. バイオメカニクス研究, 7: 193-205.
- 生田香明・根木哲朗・栗原崇志・播本定彦 (1981) 敏捷性・筋力・パワーからみた短距離疾走能力. 体育学研究, 26: 111-117.
- 岩竹 淳 (2017) 疾走能力に対するリバウンドジャンプ能力の位置付け. 体育の科学, 67 (4): 232-237.
- 岩竹 淳・鈴木朋美・中村夏実・小田宏行・永澤 健・岩壁達男 (2002) 陸上競技選手のリバウンドジャンプにおける発揮パワーとスプリントパフォーマンスとの関係. 体育学研究, 47: 253-261.
- 梶谷亮輔・前村公彦・山元康平・水島 淳・尾縣 貢・木越清信 (2021) MCT-jump test で評価される反動動作特性とスプリント走の接地時間との関係. 陸上競技学会誌, 19: 1-10.
- 梶谷亮輔・前村公彦・山元康平・関慶太郎・尾縣 貢・木越清信 (2018) ジャンプ運動における個人の反動動作特性を評価する方法の開発. 体育学研究, 63 (1): 139-149.
- Kale, M., Asci, A., Bayrak, C., and Acikada, C. (2009) Relationships among jumping performances and sprint parameters during maximum speed phase in sprinters. J. Strength. Cond. Res., 23 (8): 2272-2279.
- Kariyama, Y. and Zushi, K. (2016) Relationships between lower-limb joint kinetic parameters of sprint running and rebound jump during the support phases. J. Phys Fitness Sports Med., 5(2): 187-193.
- 金高宏文・松村 勲・瓜田吉久 (2005) 100m 走の加速区間における局面区分の検討 - 疾走速度, ストライド及びピッチの1歩毎の連続変化を手がかりにして -. スプリント研究, 15: 89-99.
- 木塚朝博 (2017) リバウンドジャンプの測定評価法を整理しよう. 体育の科学, 67 (4): 218-220.
- Nagahara, R., Naito, H., Miyashiro, K., Morin, J. B., and Zushi, K. (2014) Traditional and ankle-specific vertical jumps as strength-power indicators for maximal sprint acceleration. J. Sports. Med. Phys. Fitness, 54: 691-699.
- Smirniotou, A., Katsikas, C., Paradisis, G., Argeitaki, P., Zacharogiannis, E., and Tziortzis, S. (2008) Strength-power parameters as predictors of sprinting performance. J. Sports. Med. Phys. Fitness, 48: 447-454.
- 土江寛裕 (2011) 陸上競技入門ブック 短距離・リレー・ベースボール・マガジン社: 東京, pp.126-130.
- Wells, R. P. and Winter, D. A. (1980) Assessment of signal and noise in the kinematics of normal, pathological and sporting gaits. Human Locomotion, I, 92-93.
- Young, W. B., Wilson, G. J., and Byrne, C. (1999) A comparison of drop jump training methods: effects on leg extensor strength qualities and jumping performance. Int. J. Sports Med., 20: 295-303.
- 図子浩二・高松 薫・古藤高良 (1993) 各種スポーツ選手における下肢の筋力およびパワー発揮に関する特性. 体育学研究, 38: 265-278.

50m 走を対象とした計測機器および計測方法の差異により 生じる差の定量

前川齊幸¹⁾, 庄司一眞¹⁾, 中山滉一^{1), 2)}, 塩内裕与¹⁾, 眞鍋芳明²⁾

The quantification of the differences caused by different measuring devices and methods
in the 50 m sprint test

Masayuki Maegawa¹⁾, Kazuma Shoji¹⁾, Koichi Nakayama^{1), 2)}, Masayo Shiouchi¹⁾, Yoshiaki Manabe²⁾

Abstract

The purpose of this study was to quantify the differences caused by different measuring devices and methods in the 50 m sprint test. 20 sprinters implemented four trials of the 50 m sprint tests in one day (a total of 80 times of tests were conducted). Eight examiners measured sprint time with their stopwatches every set, and in total 636 of results could be successfully obtained. Examiners took measurements using the 'touchdown method', where the runner's first step on the ground was the signal to start the measurement (manual TD measurements). Concurrently, the video-based sprint time measurements were carried out in order to obtain the true values of the 80 trials of sprints. (video measurements). From the video measurements, the time taken for the runner to take the first step on the ground was subtracted to obtain the video-based touchdown time (video TD measurements). In addition, sprint measurements using a photocell were performed simultaneously (height settings, low: 85 cm, high: 115 cm, phototube measured values). In addition, sprint measurements using a photocell were implemented simultaneously (set-up heights, low: 85 cm, high: 115 cm, photocell measurements). The results showed that the difference between manual TD measurements and true values (video measurements) was -0.85 s, the difference between manual and video TD measurements was -0.10 s and the difference between photocell measurements and video measurements was 0.01 s in both conditions correspondingly. The findings of this study suggest the need to assess sprint tests with a stopwatch, taking into account errors due to the measuring devices, measuring methods, and the starting position.

キーワード : 50m 走, 手動計測, 光電管計測, タッチ
ダウン方式, 差

1. 緒 言

スポーツの指導およびトレーニング現場では、疾走能力の重要性から、スプリントテストが行われることが多い。安部ら (2004) は簡易フィールドテストにて測定評価可能な基礎的体力要素のうち、短距離走スピードと立幅跳で測定された水平方向への発揮パワーが大学サッ

カー選手の競技パフォーマンスと有意に関連し得るとしている。こうした疾走能力を評価する場合においてスポーツ科学分野の研究 (中野ら, 2023; 吉本ら, 2015), 学校における授業および部活動など (長野ら, 2011; 鹿内ら, 2017), さらにプロを含めたアスリートのトレーニング現場 (安部ら, 2004; 高山ら, 2022; 蔭山ら, 2016) で多用されるのが 50m 走である。

疾走能力の計測の際に用いられる用器具には様々なものがあるが、ヒトを対象とした計測機器のなかで、最も厳密かつ精度が高いと思われるのが陸上競技の公認競技会において使用されている写真判定システムである。この写真判定システムは、フィニッシュラインの延長線上に設置されたカメラを通して走者のフィニッシュを記録して合成画像を生成できるもので、画像は 1/1000 秒毎に均等に目盛られた時間尺度と同期されている (日本陸上競技連盟 : JAAF, 2023)。Haugen ら (2012) は、陸上競技で使用される写真判定システムは、スプリント走パフォーマンスを正確かつ確実に定量化するためのゴールドスタンダードであると報告している。しかしながら、この写真判定システムは計測開始の合図に使用される専用のピストルから、フィニッシュを撮影する専用のカメラまでの全てが必要であり、かつ非常に高価であるため研究場面やスポーツの指導場面で用いられることはないと思われる。これに対し、計測者によって生じる記録の誤差が少なく、研究場面で標準的に用いられているのが、ビデオカメラ等を利用した映像をもとにした計測方法である。近年の技術進化から、上述の写真判定システムに匹敵する 1000fps での撮影を可能とするカメラも存在しており、陸上競技の公認競技会に類する精度で計測することも可能となっている。しかし、こうしたカメラは高

1) 中京大学大学院スポーツ科学研究科 Graduate School of Health and Sport Sciences of Chukyo university
〒470-0393 愛知県豊田市貝津町床立 101

2) 中京大学スポーツ科学部 School of Health and Sport Sciences of Chukyo university
〒470-0393 愛知県豊田市貝津町床立 101

価であること、ゴール判定が目視であること、さらにシャッタースピードも高くせざるを得ず、撮影範囲をより明るく照らす必要があるなどの問題点が挙げられる。その一方、昨今ではスマートフォンの普及に伴い、スマートフォンのカメラ機能を利用したビデオ計測アプリなども容易に入手、利用されており、陸上競技の記録会や研究などのような高い精度の記録が要求されない場面において、1/10 秒程度で記録を測定するのは非常に手軽になっている。ただし、その利用にはスマートフォンが別途必要であることは言うまでも無い。こうした機器よりも、さらにより簡便かつ一般的に走能力を評価するために用いられているのがストップウォッチであり、クラブチームや学校の部活動現場では最も多く使用されている(登藤ら, 2018)。このストップウォッチを用いた計測方法について、登藤ら(2018)は50m 走を対象にビデオ計測値に対してストップウォッチを用いた手動計測値との差は -0.27 ± 0.07 秒としており、それらは計測者の持つ単純反応時間の遅延や個人誤差、そして機器の構造に起因するとしている。

こうしたストップウォッチでの手動計測を行う際、陸上競技以外のトレーニング現場では計測開始の合図に専用のピストルやスタート合図を行う機器を使うことは稀であり、一般的には走者の1歩目接地を計測開始とするタッチダウン方式が採用される(山崎, 2018)。あわせて、こうしたストップウォッチを使用した手動計測では計測者の習熟度や疲労度、長期的な運動経験、さらに利き手と非利き手などの要因が記録に影響を与える(Funahashi et al, 1976; McMorris et al, 1994; Iwadate et al, 2005; 笠井, 1980) ことが知られている。これらの要因からストップウォッチを使用した手動計測では測定に計測値にばらつきが生じるため、正確なデータを収集することは困難である。さらに、先述の登藤ら(2018)の研究における計測開始の判断は、陸上競技界で多用されるスターティングピストル号砲時の煙を合図としているため、タッチダウン方式における計測誤差などは明らかになっていない。

また、近年では光電管システムの普及により、資金力のある大学やクラブチームなどでは光電管センサーを用いたシステムも構築されている。光電管を使用した計測システムはセンサーから照射される光や赤外線を人体が通過時に遮断することでタイマーが作動するものである。そのため、ストップウォッチを使った手動計測よりも精度が高いとされるが、その一方で身体の中の部位で遮断しても作動してしまうという問題点もある。走者のゴール判定はトルソーと呼ばれる胴体部分がゴールラインに到達したときとするのが一般的であるが、光電管システムで計測する場合のゴール判定では、必ずしも胴体による遮断では無いことが考えられることから、光電管システムにおいても全自動計時システムとは異なる値が

計測される可能性は十分に考えられる。しかしながら、こうした計測方法の差異によって生じる記録の差異がどれほどなのかは明確になっていない。

異なる計測機器および計測方法によって記録された値を直接比較することは適切ではないが、その一方でメディアなどではこれらの値を同等のものとしてあつかい、評価してしまうことは稀ではない。事実、球技系のプロチームが手動で計測した値を、陸上競技の公認競技会で計測された値と比較しているメディア記事は多数みとめられている(山崎, 2018)。本来、異なる計測機器および計測方法によって記録された値を比較する場合には、各種計測によって生じる誤差を含めた値の差の大きさを明確にしたうえで、補正して比較する必要がある。特にビデオカメラ等を利用した映像をもとにした計測方法以外の測定方法は、測定者による誤差や機器による誤差が生じることが考えられる。しかし、計測方法の差異により生じる値の差について言及し報告した研究は見当たらない。こうしたことから、異なる計測機器および計測方法により生じる差を明らかにすることは、疾走能力を正しく評価するという点で意義があると考ええる。

そこで本研究は、疾走能力の指標として用いられている50 m 走を対象に、ビデオ計測による測定記録を真の値とみなし、異なる計測機器および計測方法により生じる差の定量を目的とする。

2. 方 法

2.1. 被験者

走者は大学陸上競技部所属の男子20名とし、走者の特性を表1に示した。ストップウォッチを用いた手動での計測者は、大学陸上競技部に所属している男子8名とした。いずれの計測者も競技部でのトレーニングで日常的にストップウォッチを使用していた。走者および計測者ともに「中京大学研究倫理指針」に基づいて、本研究の目的、方法、および安全性についてあらかじめ説明を行い、参加への同意を得た。

2.2. 試技

試技は室内陸上競技場にて50mの全力疾走とした。室内陸上競技場は、公益財団法人日本陸上競技連盟の公認施設であり、ウレタン制ゴムが敷設された全長120mの走路である。室内走路で実施するため、風の影響は受けないものとした。走者が着用するシューズは日常的に

表1 走者の特性

	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	100mの自己最高記録 (秒)
平均値	19.3	170.0	63.6	11.10
標準偏差	1.2	5.1	5.3	0.18

走者が使用しているトレーニングシューズとし、服装は身体にフィットしたTシャツとした。スタート方法は静止状態からのスタンディングスタートを採用し、スターターが鳴らす多色刺激呈示器のホーン音を耳で聴くことでスタートするものとした(図1)。なお、多色刺激呈示器のホーン音開始と多色刺激呈示器の発光開始は同期している。フィニッシュは自然に駆け抜けるように指示をした。全ての試技は1名での単独走とし、1走者あたり4試技の50m走を実施し、試技間の休息は任意とした。合計80試技を計測した。なお、測定者の計測ミスによる無効試技が4試技あったことから、合計636試技を分析対象とした。また、本研究は手動計測における計測誤差を算出するものであるため、走者の疲労が疾



図1 試技開始図とスタートの様子

走パフォーマンスにおよぼす影響は本研究の結果に影響を与えるものではないため無視することとした。

2.3. 計測方法

(1) 手動計測

走者が実施した50m走の各試技において、8名の計測者による手動計測を行った。1走者あたり4試技の50m走を実施しており、走者は20名のため合計試技数は80試技であった。その全ての試技について、さらに8名の計測者が同時に手動で計測を行った(図2)。なお、計測者はゴールラインの左右に4名づつ位置し、前段2名が前にかがんだ状態、後段2名が立位とし、互いがやや左右にずれた状態に位置し、可能な限りゴールラインの真横からゴールの瞬間を目視判定できるようにした。

本研究のように試技間の測定誤差を検証する際にはデータ数が重要となる。少なすぎるデータ数では、母集団の傾向が反映されない可能性が考えられるため、現実的な範囲で可能な限りデータ数は多いことが望ましい(七堂, 1995)。しかしながら、本研究の走者および計測者は現役の陸上競技者であり、その身体的負担を考慮した結果、走者1人あたり4試技を限界とした。さらに測定にかかる時間および測定日が増加することによる外的環境の変化を考慮し、気温が安定している日中における室内走路での実施とした。

記録の計測にはスタンダードストップウォッチ(SVAJ001, SEIKO 社製)を用い、使用時には消音設定

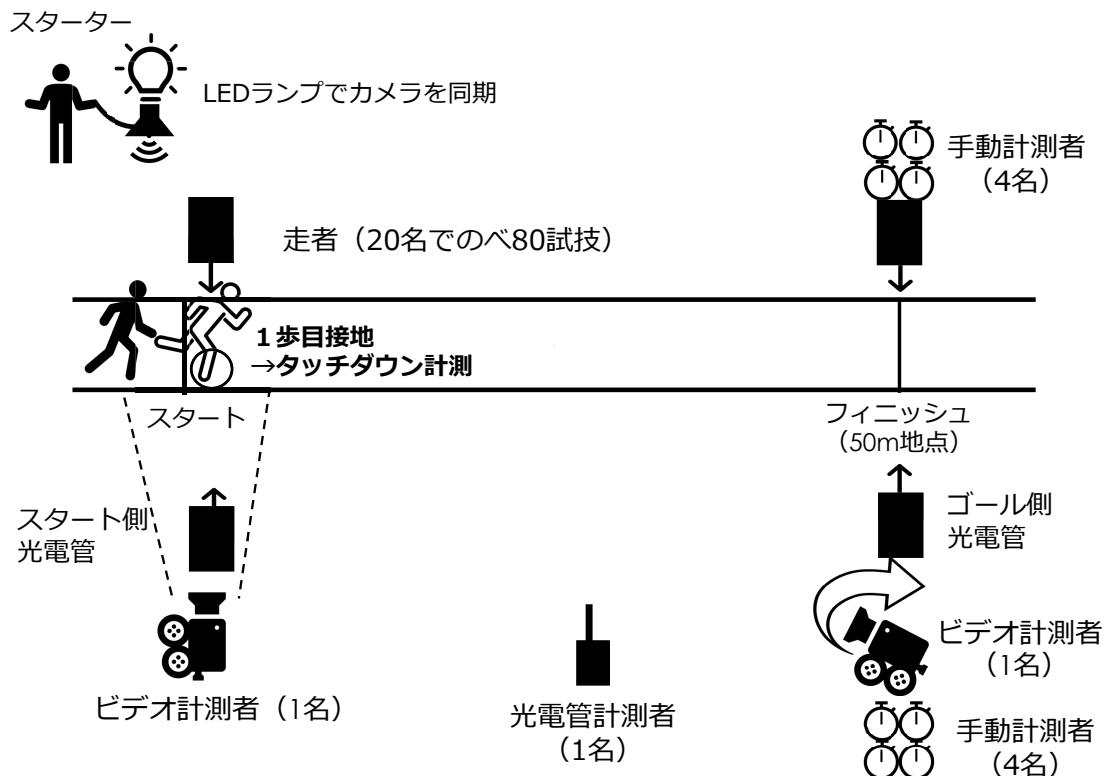


図2 実験設定模式図

とした。走者が走りだし、1歩目が接地したと判断した瞬間にスタートボタンを押して計測を開始し、走者の胴体部分がフィニッシュラインに到達したと判断した時点でストップボタンを押して計測終了とした。なお、計測者はフィニッシュラインと自身の目線の間にストップウォッチを片手で掲げ、その架空の線上にトルソーが到達した瞬間をゴールとして判定した。使用したストップウォッチの時間分解能は1/100秒であるため、1/100秒の位までを有効桁とした。ストップウォッチを操作する手は利き手とした。なお、8名の計測者の競技歴は 6.9 ± 2.3 年であった。

(2) ビデオ計測

50m走記録における真の値として定義したビデオ撮影から算出された記録を得るために、80試技全てをビデオカメラで撮影した(図2)。撮影に用いた機器はハイスピードカメラ(LJ25B, JVC社製)であり、撮影速度は300fpsとし、シャッタースピードは1/1000秒とした。陸上競技公認記録に採用される写真判定システム(10000fps)と比較すると、本実験の時間分解能はおおよそ33分の1となるが、本研究の手動計測における時間分解能は1/100秒であるため、撮影速度に問題は無いものと判断した。

撮影された動画はパーソナルコンピュータに保存し、ビデオ動作解析システムFrame-DIAS6(Q'sfix社製)を用いて記録を算出した。スタート合図である全周囲光呈示機の光が確認できたコマを計測開始時点とし、走者の胴体部分がフィニッシュラインのスタート側端に到達したコマを計測終了時点とした。手動計測タイムの精度における最小有効桁が1/100秒であるため、ビデオ計測の記録については1/1000秒未満を四捨五入し、1/100秒を最小有効桁とみなして評価した。

(3) 光電管計測

スタートラインからゴール側50cmの地点およびゴールライン上に光電管センサー(smart speed, fusion sport社製)を設置した(図2)。設定する高さによる影響を検討するために2条件(low:センサー部分地上85cm/high:センサー部分地上115cm)で試技を行った。

1走者あたり4試技中、前半2試技をlow設定とし、後半2試技をhigh設定とした。走者には光電管の位置にかかわらず、全力でスタートおよびフィニッシュを行うように指示した。

2.4. 測定項目

(1) 手動計測値(手動TD値)

走者が走りだし、1歩目を接地したと判断した瞬間にスタートボタンを押して計測を開始し、走者の胴体部分がフィニッシュラインに到達したと判断した時点でス

トップボタンを押して計測終了とした。これにより得られた値を『手動TD値』とした。

(2) ビデオ計測値(ビデオ計測値(真の値), ビデオTD値およびビデオ通過値)

ビデオにて撮影された映像から、スタート合図である全周囲光呈示機の光が確認できたコマから、走者の胴体部分がフィニッシュラインのスタート側端に到達したコマまでを『ビデオ計測値(真の値)』とした。また、スタート合図である全周囲光呈示機の光が確認できたコマから走者の1歩目の接地が確認できたコマまでを「1歩目接地タイム」として算出し、ビデオ計測値から上述の1歩目接地タイムを差し引くことで『ビデオTD値』を算出した。さらに、スタート側光電管の通過が確認できたコマからまでの走者の胴体部分がフィニッシュラインのスタート側端に到達したコマまでを『ビデオ通過値』として算出した。

(3) 光電管計測値(光電管通過値)

光電管計測によって得られた値を『光電管通過値』とした。

2.5. 統計処理

得られた値はSPSS(IBM社製)を使用して統計分析を行った。データの正規性を確認するためにShapiro-Wilk検定を行った。測定方法の違いによる差を比較するためにMann-Whitney U testを行った。手動計測の計測者間の信頼性を評価するために級内相関(ICC)を求めた。有意水準は $p < 0.05$ とした。

3. 結果

図3に本研究で得られた測定値における比較対象マトリックスを示した。以下、比較検討することに意義がある差について結果を記載する。

3.1. ビデオ計測値(真の値), ビデオTD値および手動計測値の比較

ビデオ計測における走者の1歩目接地までの平均時間は、 0.75 ± 0.07 秒という値であった。図4にビデオ計測、ビデオTD、手動TDにおける記録の平均値を示した。50m走の記録を計測した結果、ビデオ計測値(真の値)では 6.78 ± 0.25 秒、ビデオTD値では 6.04 ± 0.22 秒、手動TD値では 5.93 ± 0.21 秒という値が得られた。ビデオTD値と手動TD値の間に有意差($p < 0.001$)が認められた。なお、ビデオ計測値とビデオTD値および手動TD値との差異については統計処理は実施していない。

図5に手動TD値による全試技を対象とした真の値との記録の差に関するヒストグラムを示した。真の値と手

	真 ビデオ計測	ビデオTD	手動TD	光電管 low	ビデオ通過 low	光電管 high	ビデオ通過 high
真 ビデオ計測		A	B	—	—	—	—
ビデオTD			C	—	—	—	—
手動TD				—	—	—	—
光電管 low					D	—	—
ビデオ通過 low						—	—
光電管 high							D
ビデオ通過 high							

- A : スタート方式の違い（号砲とタッチダウン）による差
 B : スタートおよび計測機器の違いによる差（50m走の一般的測定方法と真の値との差）
 C : 計測機器の差異による差
 D : 計測機器の差異による差
 — : スタート方式，測定機器，測定距離等が異なるため，その差について本研究では言及せず

図3 本研究で得られた測定値における比較対象マトリックス

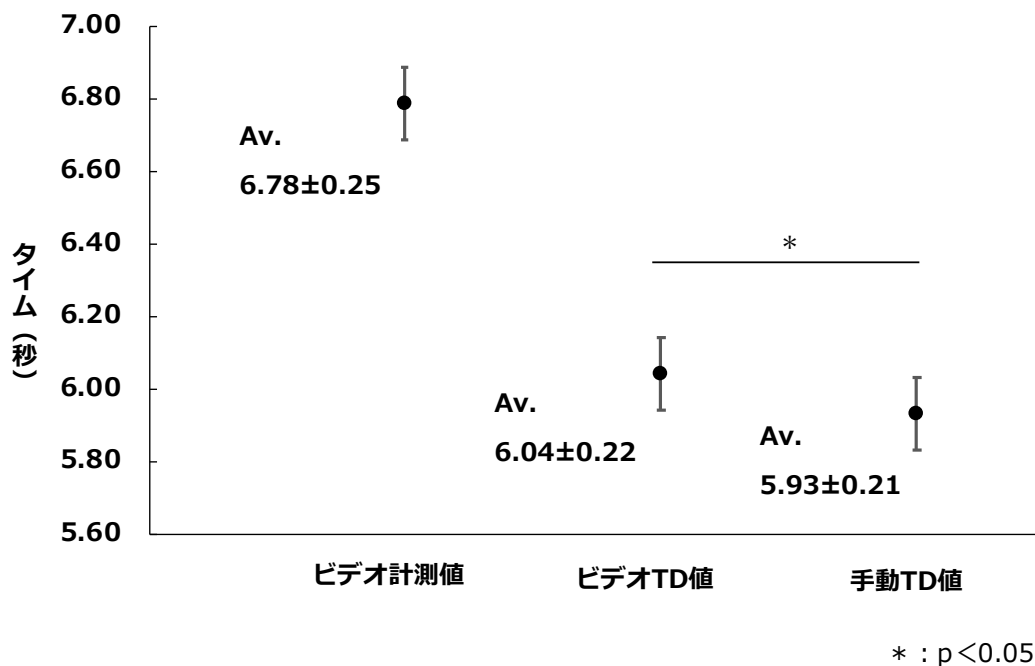


図4 ビデオ計測，ビデオTDおよび手動TDにおける記録

動TD値を比較したとき，その差が-0.85～-0.80秒の間となる回数が最も多い20.1%（128回/636回）という結果が得られた．ビデオTD値と手動TD値を比較したとき，8.3%（53回/636回）がビデオTD値の記録より手動TD値の記録が大きい値であった．表2に手動計測

における計測者間の級内相関を示した．級内相関は単一測定値で0.860，平均測定値で0.980であった．

3.2. ビデオ通過値と光電管計測値の比較

本研究では80試技のうち，low条件を40試技，high

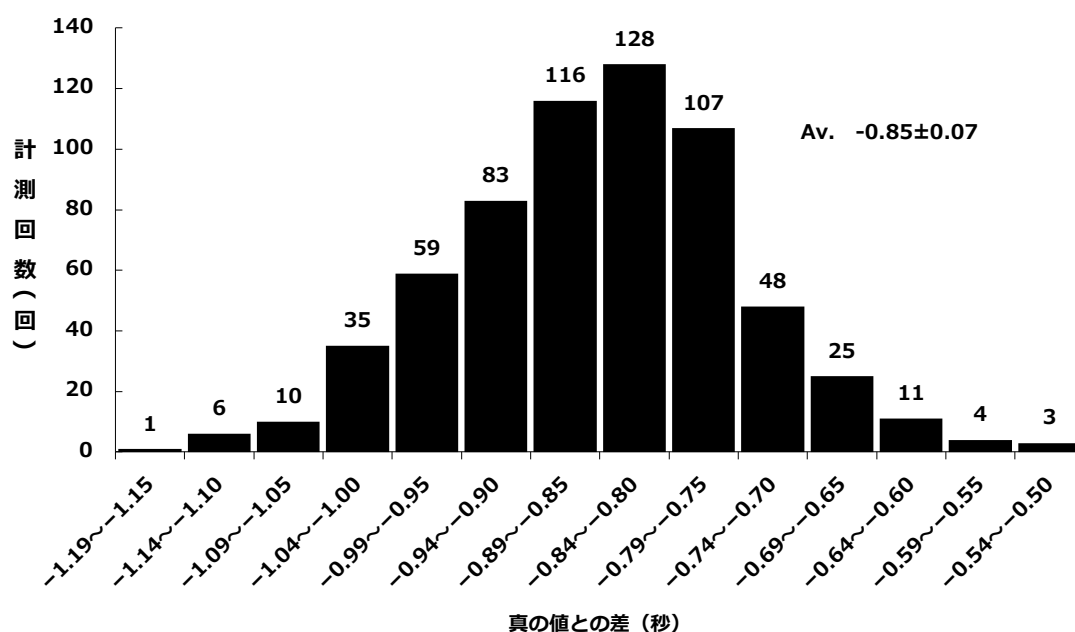
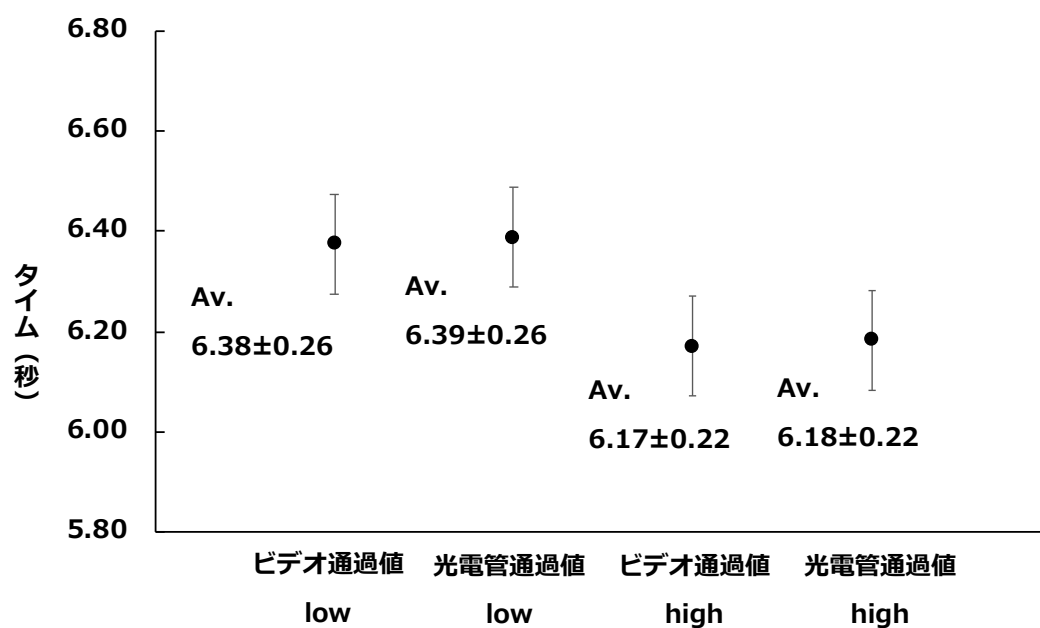


図5 50m 走におけると手動 TD 値と真の値との差に関するヒストグラム

表2 手動計測における級内相関 (2,1)

	級内相関	95% 信頼区間	
		下限	上限
単一測定値	0.860	0.805	0.903
平均測定値	0.980	0.971	0.987

条件を 40 試技行い記録が得られる予定であった。しかしながら high 条件のうち 4 試技にて光電管のセンサーが反応せず記録を取得できなかったため無効となった。その分を差し引いた 36 試技を high 条件の分析対象とした。ビデオ通過および光電管通過における記録の平均値を図 6 に示した。ビデオ通過値 low では 6.38 ± 0.26 秒, 光電管通過値 low では 6.39 ± 0.26 秒という値が得られ, ビデオ通過値 high では 6.17 ± 0.22 秒, 光電管通過値



* : $p < 0.05$

図6 ビデオ通過および光電管通過における記録

high では 6.18 ± 0.22 秒という値が得られた。両条件ともビデオ通過値との間に有意差は認められなかった。なお、光電管 high と光電管 low は試技が異なるため比較検討はしないものとした。

また、光電管計測値をビデオ計測値（真の値）との差異に言及しないのは、光電管はスタートから 50cm フィニッシュ側に設置、つまり光電管は 49.5m における計測値であり、50m の記録を計測したビデオ計測値（真の値）とは、そもそも異なる測定距離を計測していることが理由である。

4. 考 察

本研究は 50m 走を対象に、ビデオ計測による記録を真の値とみなし、異なる計測機器および計測方法により生じる差の定量を目的とした。大学陸上部に所属する 20 名の走者ならびに 8 名の計測者を対象とし、各計測方法で得られた値の比較を行った結果、手動 TD 値はビデオ計測値（真の値）と比較し -0.85 ± 0.07 秒の差が認められ、ビデオ TD 値と比較し -0.10 ± 0.05 秒の差が認められた。光電管計測は 2 条件ともビデオ計測と比較し、差はあったものの統計的に有意な差としては認められなかった。手動計測においてこうした差が生じた原因は、計測者の単純反応時間の誤差 (Iwadate et al, 2005 ; Funahashi et al, 1976 ; 笠井, 1980) や視力などの影響を含めた個人誤差が挙げられる。なお、本研究における手動計測者の計測方法は、走者の 1 歩目が接地したと判断した瞬間にスタートボタンを押して計測を開始し、走者の胴体部分がフィニッシュラインに到達したと判断した時点でストップボタンを押して計測終了としている。そのため、本研究ではビデオ計測と手動計測で生じた差が計測開始のタイミングで生じた差であるのか、計測終了のタイミングで生じた差であるのかを判別できない点を述べておく。

登藤ら (2018) は、疾走能力の指標として用いられている 50m 走を対象に、ビデオ計測による測定記録を真の値とみなし、手動計測で生ずる系統誤差（真の値に対する計測誤差の平均値）と偶然誤差（各被験者内における真の値との差の標準偏差）の定量を試みた。その結果、系統誤差は -0.27 秒、偶然誤差は ± 0.07 秒であると報告している。かつて日本陸上競技連盟が定めていた手動計時と電動計時との差の目安は 0.24 秒であり、登藤ら (2018) の研究結果はこれと近似していた。なお、これらの計測開始合図は、ビデオ計測ではピストルの撃鉄が降りた瞬間に生じる閃光を、手動計測では閃光直後に生じる白煙を合図としたものである。

家治川ら (1958) は、陸上競技におけるストップウォッチを使用した反応時間について光を合図とした場合、音を合図とした場合、スターティングピストル号砲時の煙を合図とした場合、走者がゴールした瞬間を合図とした

場合についてそれぞれ検証している。その結果、1m 先の光と音それぞれに対する反応時間は、光で 0.189 ± 0.020 秒、音で 0.115 ± 0.014 秒であった。20m・35m・50m・100m 先の音と煙に対する反応時間は、音に対する反応時間が 20m から順に 0.167 ± 0.013 秒、 0.217 ± 0.015 秒、 0.284 ± 0.024 秒、 0.442 ± 0.022 秒であり、煙に対する反応時間が 20m から順に 0.171 ± 0.013 秒、 0.193 ± 0.015 秒、 0.194 ± 0.026 秒、 0.205 ± 0.031 秒であった。ゴールに対する反応時間は 6m 離れた位置で 0.046 ± 0.032 秒であった。これらを組み合わせた結果、計時員相互の反応時間だけでも 0.20 秒台の誤差は常に生じるものとしている。さらに Hetzler et al. (2008) は、手動計測においてより疾走速度の高い走者を計測する時ほど計測誤差が大きくなる可能性があるとし唆しており、家治川ら (1958) の研究の走者の疾走速度は秒速 8m 前後であった。本研究の走者の 100m の自己最高記録の平均は 11.10 ± 0.18 秒であり (表 1)、最高疾走速度は秒速 10m 程度の被験者であった。松尾ら (2016) は、100m を 10.02 秒で走った選手の最高疾走速度が秒速 11.55m、11.23 秒で走った選手の最高疾走速度が秒速 10.29m と報告しており、速度の高い走者を手動計測で測定を行う場合、本研究の結果が適用できない可能性がある。

一方、Hetzler et al. (2008) はスプリントパフォーマンス測定における電子タイミグと手動ストップウォッチの信頼性を比較した研究で、200m スプリントの 25m ごとのラップタイムを計測し、級内相関係数 (ICC) を算出した。その結果 ICC は単一測定値で 0.917、平均測定値で 0.982 であった。本研究の手動計測における ICC は単一測定値で 0.860、平均測定値で 0.980 であり、手動計測の方法は異なるが本研究ではタッチダウン方式における手動計測の信頼性の高さが示唆された。

近年のスポーツ界では、様々な競技種目においてスプリントテストが実施されており、その計測方法や計測開始点、走者の開始姿勢などは競技種目によりそれぞれ異なる。例えば、陸上競技の 400m までの短距離走では両手両足を接地させた 4 点スタート、アメリカンフットボールでは片手と両足を接地させた 3 点スタート、サッカーやハンドボールのようなチームスポーツではさまざまな姿勢からスタンディングスタート (例：後傾姿勢から前方への重心移動を利用してスタート) が一般的に使用されている (Haugen et al, 2016)。このような計測方法の違いがあるにも関わらず、それぞれの競技種目において独自に計測された記録を厳密に測定された記録と比較する機会が数多く存在する。さらに多くのスポーツトレーニング現場では、手動でのスプリント測定の際にスターターを採用することは少ないと考えられ、走者は任意のタイミングで疾走を開始する。その場合、走者の 1 歩目を計測開始の合図とするタッチダウン方式が採用されることが多い。本研究も同様に、走者の走り出し 1 歩

目の接地瞬時を計測開始の合図として計測している。その場合、手動 TD 値はビデオ計測値（真の値）と比較し -0.85 ± 0.07 秒の差が認められ、ビデオ TD 値と比較し -0.10 ± 0.05 秒の差が認められた。手動計測のタッチダウン方式で得られた記録を、陸上競技トラック種目やスポーツ科学分野において採用されるビデオカメラを用いて測定される記録とは比較することはできず、仮に比較する際には、 0.85 秒（ ± 0.07 ）速く見積もっている可能性があることを理解しておくべきである。

次に光電管で計測された値について言及する。Chelly et al. (2009) はビデオ録画からの速度計算を光電管と比較して行い、ほぼ完全な相関 ($r=0.99$) があると報告している。光電管システムは、走者と光電管センサーまでの距離、足の位置、1 歩目のステップ戦略、設定するゲートの高さがスプリントパフォーマンスに影響を与える要因と報告されており (Cronin et al, 2008), Swift Performance 社 (2005) は、シングルビームシステムは腕振りによって早期にトリガーされた場合、最大 80 ミリ秒の差が生じる可能性があるとして報告している。なお、光電管におけるシングルビームシステムとは、一つのビームをひとつのセンサーが受光し、それを遮断することでセンサーが作動するタイプのシステムである。その一方、デュアルビームシステムという、ふたつのビームとセンサーで構成されるシステムもあり、これは同時に 2 本のビームが遮断されないとセンサーが作動しないため、腕振りなどによって胴体よりも早期にセンサーが遮断されることを防ぐようにできている。シングルビーム光電管とデュアルビーム光電管を比較した研究 (Haugen et al, 2014) では、20m のスプリントにおいて 2 つの機器の間に ± 0.06 秒の計測誤差があると報告されている。本研究ではシングルビーム光電管を採用したが、2 条件ともにビデオ計測と光電管計測で得られた値の差は 0.01 秒であり、高い精度が示された。先行研究では、シングルビーム計測の問題点を指摘しているが、本研究の実験設定ではシングルビーム計測でもかなりの実用性があることが認められた。ただし、この違いが機材の制度などの何によって生じていたかは検討できない。

5. 研究の限界と今後の展望

本研究の計測者は大学陸上競技部に所属し、短距離走におけるタッチダウン方式の手動計測を経験した機会が豊富な実験協力者である。そのため、ストップウォッチによる手動計測の経験が無い、もしくは少ない者に対して本研究結果を適用することはできない旨を追記しておく。他にも差が生じる要因には、測定環境や天候、電池電圧の差などの機器そのものによる誤差が考えられるが、本研究の結果から考察することはできない。

また、家治川ら (1958) や尾松ら (1960) の研究では、手動計測者は走者のゴール瞬時を捉える場合、走者の

ゴール以前に時計を停止することがあると報告しており、本研究では、計測開始と計測終了の 2 回分における瞬時を判断してボタンを押しているため、生じた差について何が要因であるかは考察できない。本来ならば、計測開始あるいは計測終了のどちらかのタイミングは統一しなければならないが、本研究は両者を含めた誤差の定量化が目的であったために実施しなかった。今後は計測開始あるいは計測終了のどちらかのタイミングを統一するなどの追加の検証が求められる。

さらに、本研究では光電管の高さを high と low の 2 種類設定し、それぞれ光電管計測値およびビデオ通過値として計測した。しかしながら、high と low は異なる試技であり、光電管の高さの差異だけでなく、走者の速度差までも、その値に含まれてしまっているため、その差異についての比較検討は行わなかった。今後は同じ試技で高さの異なる光電管を準備して同時に測定するなどの検討が期待される。

測定機器ならびに測定方法の差異によって生じる差に関する今後の展望としては、差は何が原因で生じているかを明らかにすること、使用する機器や方法により生じる差の補正係数を構築することが挙げられる。例えば、家治川ら (1958) や尾松ら (1960) のように使用する刺激による差、距離による差、ゴール瞬時の差についてそれぞれ明らかにすることや、各競技種目によって採用されている走者のスタート方法により生じる差を明らかにし、総合的にどの程度の差となるかを明らかにするなどが考えられる。

6. まとめ

本研究は 50m 走を対象に、ビデオ計測による記録を真の値とみなし、異なる計測機器および計測方法により生じる差の定量を目的とした。その結果、真の値とみなしたビデオ計測値と手動 TD 値の差が -0.85 秒 (± 0.07)、ビデオ通過値と光電管通過値の差が 0.01 秒 (± 0.02) という値が得られた。これらのことから、疾走能力を評価する際には、採用する計測機器、計測方法、走者のスタート方法などを踏まえて判断する必要があること、光電管計測はビデオ計測とほぼ同じ値であり、その精度は高いことが明らかとなった。

文献

- 安部久貴・藤枝賢晴 (2004) 大学サッカー選手に観る競技力と簡易体力テスト指標の関連性. 東京学芸大学紀要, 5 部門, 56:131-141.
- Chelly, Mohamed Souhail., Fathloun, Mourad., Cherif, Najet1., Amar, Mohamed Ben., Tabka, Zouhair1 and Van Praagh, Emmanue. (2009) Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. Journal of

- Strength and Conditioning Research, 23(8): 2241-2249.
- Funahashi, A., and Hagiwara, H. (1976) Effect of exercise on simple reaction time. Research Journal of Physical Education, 20 (6) : 315-320.
- Haugen, Thomas A., Tønnessen, Espen and Seiler, Stephen K. (2012) The difference is in the start : Impact of timing and start procedure on sprint running performance. Journal of strength and conditioning research, 26(2):473-479.
- Haugen, Thomas A., Tønnessen, Espen., Svendsen, Ida S. and Seiler, Stephen L. (2014) Sprint time differences between single-and dual-beam timing systems. Journal of Strength and Conditioning Research, 28(8)/2376-2379.
- Haugen Thomas. and Martin Buchheit. (2016) Sprint running performance monitoring: methodological and practical considerations. Sports Med, 46:641-656.
- Hetzler, Ronald K., Stickley, Christopher D., Lundquist, Kelly M and Kimura, Iris F (2008) : Reliability and accuracy of handheld stopwatches compared with electronic timing in measuring sprint performance. Journal of Strength and Conditioning Research. 22(6):1969-1976.
- Iwadate, M., Mori, A., Ashizuka, T., Takayose, M., and Ozawa, T. (2005) Long-term physical exercise and somatosensory event-related potentials. Exp Brain Res, 160: 528-532.
- John B. Cronin and Rebecca L. Templeton. (2008) Timing light height affects sprint times. Journal of Strength and Conditioning Research, 22(1) : 318-320.
- 家治川豊・和久田賢夫 (1958) : 陸上競技の計時に関する研究. 体育学研究, 第3巻, 第2号 : 1-7.
- 笠井達郎 (1982) 運動パターンの違いによる反応時間の変動量. - 利き手. 非利き手および肢位変化による影響 -. 体育学研究, 27 : 98-109.
- 蔭山雅洋・藤井雅文・土川千尋・鈴木智晴・前田 明 (2016) 大学野球選手における 30m 走タイムと跳躍能力との関係. トレーニング科学. 27 : 93-100.
- 松尾彰文・広川龍太郎・柳谷登志雄・松林武生・高橋恭平・小林 海・杉田正明 (2016) 2016 シーズンおよび全シーズンでみた男女の 100m の速度分析とピッチ・ストライド分析について. 陸上競技研究紀要, 第12巻, 74-83.
- McMorris, T., and Keen, P. (1994) Effect of exercise on simple reaction times of recreational athletes. Perceptual and Motor Skills. 78: 123-30.
- 長野敏晴・小磯 透・鈴木和弘 (2011) 走動作の基本的動作習得を目指した体育学習－低学年児童を対象とした授業実践を通して－. 発育発達研究. 53 : 1-11.
- 中野裕史・久家洸輝・萩尾耕太郎・田村孝洋 (2023) 大学生における 50m 疾走中のスピード変化. 中村学園大学・中村学園大学短期大学部, 研究紀要, 第55号 : 157-161.
- 日本陸上競技連盟 (2023) 陸上競技ルールブック 2023 (第1版). ベースボールマガジン社 : 東京, pp.154.
- 尾松芳男・越川裕正・飯塚恒雄・小野悌之助・美崎教正 (1960) 競技記録の計測誤差に関する研究. 体力科学, 9 : 69-74.
- 鹿内和也・尾田 敦・石川大瑛・川口陽亮・吉田深咲・横山寛子・前田健太郎・浦本史也・伊藤亮太・藤林直樹 (2017) 小学生の 50m 走のタイムとアーチ高率, 足趾把持力の関連. 東北理学療法学, 第29号 : 64-68.
- Swift Performance Equipment (2005) http://www.spe.com.au/swift_bu/speed-li.htm. (参照日 2023 年 12 月 22 日)
- 高山慎・早田 剛・堀田一彦・原田悠平 (2022) 大学生女子硬式野球選手におけるレギュラー選手と非レギュラー選手の体力レベルの比較. 環太平洋大学紀要, 第20号 : 161-165.
- 登藤大輔・眞鍋芳明・荒川裕志 (2018) ストップウォッチを用いた 50 m 走タイム手動計測における系統誤差・偶然誤差の定量. 体育測定評価研究, 第18巻 : 27-33.
- 山崎ダイ : 文春オンライン (2018) <https://bunshun.jp/articles/-/8621> (参照日 2023 年 12 月 20 日)
- 吉本隆哉・高井洋平・藤田英二・福永裕子・山本正嘉・金久博昭 (2015) 発育期男子における 50 m 走の疾走速度に与える身体組成, 力発揮能力および跳躍能力の影響. 体力科学, 第64巻, 第1号 : 155-164.

投てき動作前半の円盤の速度はパフォーマンスと関係するのか？

前田 奎¹⁾, 加藤忠彦²⁾, 水島 淳³⁾, 山本大輔⁴⁾

Dose the velocity of the discus in the first half of throwing motion relate to the discus throwing performance?

Kei Maeda¹⁾, Tadahiko Kato²⁾, Jun Mizushima³⁾, Daisuke Yamamoto⁴⁾

Abstract

The purpose of this study was to investigate the relationships between the velocity of the discus in the first half of throwing motion and discus throwing performance. The performances of 62 male discus throwers were analyzed.

The main results were as follows:

- 1) Change in the velocity of the discus during 1st double support phase (DSP1) and the velocity of the discus at right foot off the ground (R-off) were significantly positively correlated to the throwing distance for all participants. However, for the world elite throwers ($n = 12$), there were significantly negative correlations. On the other hand, for the Japanese throwers ($n = 50$), there were significantly positive correlation.
- 2) No significant relationships were not found between the path length of the center of gravity, arm-shoulder separation angle and the throwing distance.
- 3) Change in hip-shoulder separation angle during DSP1 was significantly negatively correlated to the throwing distance for all participants and the Japanese throwers. However, for the world elite throwers, there was no significant correlation.
- 4) The estimated arm span was significantly larger in the world elite throwers compared to that of Japanese.

These results suggest that 1) the strategy of accelerating the discus may vary between the world elite and Japanese throwers, and 2) utilizing trunk twist to accelerate the discus during DSP1 by could be an effective strategy for discus throwers. In coaching, it would be essential to develop individualized strategies for enhancing discus acceleration, rather than adopting a one-size-fits-all approach focused solely on increasing the velocity of the discus from DSP1.

キーワード：投てき競技，第一両脚支持局面，円盤の加速，3次元動作分析，キネマティクス

1. 緒言

円盤投の投てき距離には，リリース時の円盤の速度（以下「初速度」と略す）が最も大きな影響を与えることが明らかとなっている（Badura, 2010；Bartlett, 1992；Hay, 1985；Schlüter and Nixdorf, 1984）．一般に，円盤投競技者はより大きな初速度を獲得するために，投てき方向に背を向けた状態から1回転半のターン動作を行う．Fig. 1に示したように，ターン動作はバックスイングが最大の時点を動作の開始として，足が接地した時点，離地した時点および円盤をリリースした時点によって5つの局面に分けられる（前田ほか，2019）．以下，各局面およびイベントはFig. 1で示した略称を用いる．

多くの先行研究から，円盤の速度増加はDSP1およびDSP2において生じることが明らかとなっている（Schlüter and Nixdorf, 1984；Stepanek and Susanka, 1987）．Hay and Yu（1995）は，DSP1において初速度の30－34%が獲得されること，男子競技者ではDSP1の円盤の速度増加と投てき距離との間に有意な正の相関関係が認められたことを報告している．加えて，DSP1およびSSP1において円盤の速度を増加させることの重要性について指摘した文献（Hay, 1985）も見受けられる．一方で，Schlüter and Nixdorf（1984）の報告では，DSP1の円盤の速度増加と初速度との間に有意な相関関係は認められていない．また，山本ほか（2008）は，世界一流男子円盤投競技者と日本一流男子円盤投競技者の円盤の速度と投てき距離との関係について検討し，投てき動作

1) 京都先端科学大学 Kyoto University of Advanced Science
〒621-8555 京都府亀岡市曾我部町南条大谷 1-1
2) 湘南工科大学 Shonan Institute of Technology
〒251-8511 神奈川県藤沢市辻堂西海岸 1-1-25
3) 東洋大学 Toyo University
〒115-8650 東京都北区赤羽台 1-7-11
4) 天理大学 Tenri University
〒632-0071 奈良県天理市田井庄町 80

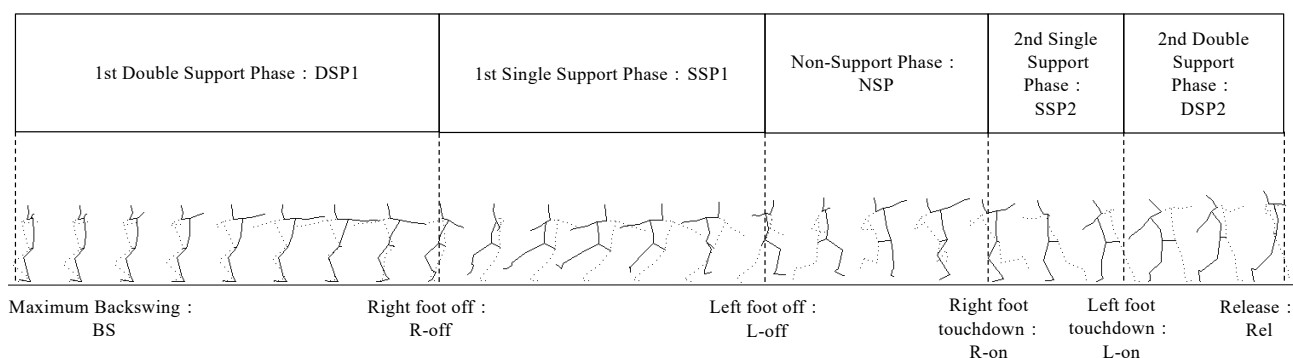


Fig.1 Definition of motion phases and events.

前半における円盤速度と投てき距離との間には有意な関係性は認められなかったことを報告している。さらに、Wang et al. (2022) は、中国女子一流円盤投競技者と、初速度が中国女子一流円盤投競技者よりも大きな世界の女子一流円盤投競技者を比較して、中国女子一流円盤投競技者の DSP1 における円盤の速度が有意に大きかったことを明らかにしている。このように、DSP1 の円盤の速度とパフォーマンスとの関係については、一貫した見解が得られていない。他方、同じ投てき種目である 4 回転のターン動作を行うハンマー投競技者を対象とした研究では、各ターンにおけるハンマーヘッドの最高速度は投てき距離との間に有意な正の相関関係が認められている(坂東ほか, 2006)。ハンマー投のコーチング現場では、最終的に初速度を高めるための戦略として、いくつかのパターンが推奨されている。例えば、1 ターン目は回転速度を低くし、2 ターン目から回転速度を上げていく事が望ましいとされているが (Koszewski, 2002), 坂東ほか (2006) の結果から、ターン開始前のスイングにおいてヘッド速度を十分高め、高い速度で 1 ターン目を開始することが高いパフォーマンスを発揮する上で必要になることが示唆されている。

円盤投のコーチング現場に目を向けると、DSP1 から DSP2 に至るまで円盤と円盤を保持する腕を両肩のラインより後ろに位置させた姿勢を維持する、“円盤を残す動作”の重要性が指摘されており(小野, 1973; 尾縣, 1990; 金子, 1988; 佐々木ほか, 1991), 円盤自体の加速には焦点が当てられていない (Judge, 2014; Silvester, 2003)。その一方で、投てき動作の前半に円盤あるいは円盤を保持する腕を積極的に加速させる動作、いわゆる“円盤を走らせる動作”に着目したコーチングも見受けられる。このように、投てき動作前半の円盤の加速に焦点を当てたコーチングのアプローチは複数見受けられるが、投てき動作前半に円盤を加速させることの是非について、先行研究において明確になっていないため、そのような指導が適切であるか、疑問の余地がある。先行研究では、ある程度競技レベルの高い競技者を対象とした

ものや事例的な比較を行ったものが中心であることも、一貫した見解が得られていないことの一つの要因であると考えられる。広範な競技レベルの競技者を対象に、あらためて円盤の速度とパフォーマンスとの関係について検証することができれば、一般化可能な知見を得ることができるだろう。以上のことから、本研究では投てき動作前半の円盤の速度とパフォーマンスとの関係について明らかにすることを目的とした。

2. 方 法

2.1 データ収集

(1) 分析対象者

男子円盤投競技者 62 名を分析対象者とした。記録の範囲は 38.05 – 68.94m, 平均値および標準偏差は 50.75 ± 7.98m であった。分析対象者のうち 60 名は右投げ、2 名は左投げ競技者であった。また、本研究では、11th IAAF World Championships in Athletics に出場した世界一流競技者 12 名とその他の日本人競技者 50 名に分けて、一部の分析を行った。

(2) 試技の撮影

対象となった競技会は、11th IAAF World Championships in Athletics (2007, 大阪), 第 82 回日本学生陸上競技対校選手権大会 (2013, 東京), 第 94 回関東学生陸上競技対校選手権大会 1 部・2 部・3 部 (2015, 神奈川), 第 95 回関東学生陸上競技対校選手権大会 1 部 (2016, 神奈川), 2016 年に A 大学で行われた競技会, 第 96 回関東学生陸上競技対校選手権大会 1 部 (2017, 神奈川) であった。11th IAAF World Championships in Athletics では、2 台の DV カメラ (HVR-AJ1, Sony) を用いて、投てき動作の撮影を行った。撮影コマ数は 60fps, 露出時間は 1/1000 であった。第 96 回関東学生陸上競技対校選手権大会 1 部 (2017, 神奈川) では、2 台のハイスピードカメラ (LUMIX FZ-300, Panasonic) を用いて、投てき動作の撮影を行った。撮影コマ数は 120fps, 露出時間は設定が不可能であったが、自動で 1/1000 – 1/4000 の範囲で調整された。その他の競技会については、3 台のハイ

スピードカメラ (EX-F1, Casio) を用いて、投てき動作の撮影を行った。撮影コマ数は 300fps, 露出時間は競技会時の天候に応じて $1/1000 - 1/4000$ に設定した。2 方向あるいは 3 方向からの画像の同期は、足の接地、離地、および円盤をリリースした時点のコマ数を合わせることで行った。なお、11th IAAF World Championships in Athletics の映像については、日本陸上競技連盟科学委員会バイオメカニクス班の活動によって得られたものである。

2.2 データ処理

撮影した 3 投あるいは 6 投の試技の中から、最も記録の良かった投てきを分析対象とした。撮影した VTR 画像を Frame-DIAS IV (Q'sfix) を用いて 1 コマおきに手動でデジタル化し、上肢 8 点 (左右の第三中手指節関節中心、手関節中心、肘関節中心、肩関節中心)、下肢 12 点 (左右のつま先、第三中足指節関節中心、踵点、足関節中心、膝関節中心、股関節中心)、頭部および体幹部 5 点 (頭頂、左右耳珠点を結ぶ線分の中心、胸骨上縁、左右の肋骨下端)、円盤中心 1 点の計 26 点の 2 次元座標値を得た。得られたそれぞれの VTR 画像の 2 次元座標値と、あらかじめ設定した実空間座標値が既知のコントロールポイントの座標値から、DLT 法を用いて分析点の 3 次元座標値を算出した。いずれの競技会においても、標準誤差の平均値は X 軸、Y 軸、Z 軸ともに 0.01m 未満であった。求めた 3 次元座標値は残差分析法 (Winter, 1990) によって最適遮断周波数 (3 - 9Hz) を決定し、Butterworth digital filter を用いて平滑化を行った。なお、投てき方向に正対したときに右方向を X 軸正方向、鉛直上方を Z 軸正方向、X 軸と Z 軸の外積によって得られる方向を Y 軸正方向とし、X 軸、Y 軸、Z 軸からなる右手系座標系を静止座標系と定義した。

2.3 投てき動作の局面定義

本研究においても、Fig. 1 に示したものと同一ように、投てき動作の局面を定義した。競技者は予備動作として、ターンで回転する方向と反対方向にバックスイングを行うが、競技者がターンで回転する方向へ円盤が移動する直前のコマを、撮影した複数方向の映像をもとに目視にて判定し、バックスイング最大の時点 (Maximum Backswing : BS) とした。BS 以降の局面定義について、右投げの競技者を例にすると、BS から右足が離地するまでを第一両脚支持局面 (1st Double Support Phase : DSP1)、右足が離地してから左足が離地するまでを第一片脚支持局面 (1st Single Support Phase : SSP1)、左足が離地してから右足が接地するまでを支持なし局面 (Non-Support Phase : NSP)、右足が接地してから左足が接地するまでを第二片脚支持局面 (2nd Single Support Phase : SSP2)、左足が接地してから円盤をリリースす

るまでを第二両脚支持局面 (2nd Double Support Phase : DSP1) とした。本研究では、投てき動作前半の円盤の速度とパフォーマンスの関係を明らかにするため、左足離地までの局面を主な分析区間とした。なお、円盤の速度については、変化パターンを確認するために動作全体のデータも算出した。

2.4 算出項目および方法

本研究では、円盤の速度と円盤の加速に関連すると考えられる体重移動、体幹および投てき腕に関するキネマティクス、指極の推定値を算出した。算出方法の詳細は下記の通りである。

(1) 円盤速度

円盤中心の 3 次元座標値を座標成分ごとに時間微分し、合成することにより円盤の速度を算出した。また、それぞれの局面が 100% になるように規格化したデータも算出した (DSP1 : 0 - 100%, SSP1 : 101 - 200%, NSP : 201 - 300%, SSP2 : 301 - 400%, DSP2 : 401 - 500%)。

(2) 重心移動距離

デジタル化によって得られた 26 点の分析点の 3 次元座標値から、阿江 (1996) の身体部分慣性係数を用いて、競技者+円盤系の合成重心を算出した。合成重心の 3 次元座標値をもとに、DSP1 における各コマ間の距離を積算することで重心移動距離を算出した。

(3) 各移動座標系の定義

体幹および投てき腕のキネマティクスの算出に先立ち、上腕および下腕の右手系移動座標系を以下のように定義した。Fig. 2 は各座標系の定義を図示したものである。

1) 上腕座標系

左右肋骨下端の midpoint から左右肩関節の midpoint へと向かう単位ベクトルを Z_{ut} とし、左肩関節から右肩関節へ向かう単位ベクトルを S_{ut} とした。次に、 Z_{ut} と S_{ut} の外積によって得られる単位ベクトルを Y_{ut} とし、さらに、 Y_{ut} と Z_{ut}

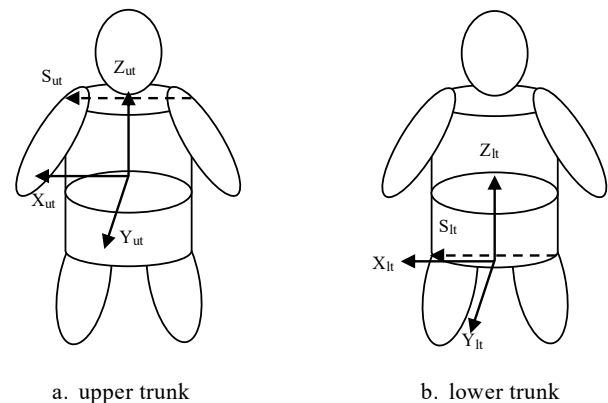


Fig.2 Definition of moving coordination systems.

との外積によって得られる方向の単位ベクトルを X_{ut} とした。そして、 X_{ut} 、 Y_{ut} および Z_{ut} を軸とする座標系を上胴座標系 Σ_{ut} と定義した。

2) 下胴座標系

左右股関節の midpoint から左右肋骨下端の midpoint へと向かう単位ベクトルを Z_{lt} とし、左股関節から右股関節へ向かう単位ベクトルを S_{lt} とした。次に、 Z_{lt} と S_{lt} の外積によって得られる単位ベクトルを Y_{lt} とし、さらに、 Y_{lt} と Z_{lt} との外積によって得られる方向の単位ベクトルを X_{lt} とした。そして、 X_{lt} 、 Y_{lt} 、 Z_{lt} を軸とする移動座標系を下胴座標系 Σ_{lt} と定義した。

(4) 体幹捻転角度

円盤投では、投てき動作中に体幹が前後傾することを考慮して、体幹捻転角度を次のように定義した。上胴座標系 Σ_{ut} と下胴座標系 Σ_{lt} の関係を以下の式のように示し、回転行列 R のカルダン角における 3 回転目 (Z 軸まわりの回転) の角度を体幹捻転角度とした。

$$\Sigma_{ut} = R \Sigma_{lt}$$

なお、腰が肩よりも回転方向に先行して体幹が捻転した状態を正、肩が腰よりも回転方向に先行した状態を負とした。

(5) 投てき腕-肩角度

投てき腕の肩関節中心から投てき腕の手関節中心に向かうベクトルを、上胴座標系に投影し、上胴座標系の X 軸とのなす角度を投てき腕-肩角度とした。投てき腕が水平外転した状態を正、水平内転した状態を負とした。

(6) 指極の推定値

左右の肩関節中心から肘関節中心に向かうベクトル、肘関節中心から手関節中心に向かうベクトル、手関節中心から第三中手指関節中心に向かうベクトル、右肩関節中心から左肩関節中心に向かうベクトルの長さをそれぞれ算出し、加算することで、指極の推定値とした。

2.5 統計処理

各項目と初速度との関係について検討するために、Pearson の積率相関係数を用いた。平均値の差の検定には、対応のない t -test を用いた。いずれも、有意性は危険率 5% 未満で判定した。

3. 結果

3.1 投てき距離と円盤速度との関係

Fig. 3 は投てき動作全体の円盤速度の変化を示したものである。全ての対象者、世界一流競技者、日本人競技者のいずれにおいても、円盤速度の変化パターンは類似していた。Fig. 4 は投てき動作前半の各イベント時 (BS, R-off および L-off) の円盤速度ならびに DSP1, SSP1 の円盤速度変化量と投てき距離との関係を示したものである。DSP1 の円盤速度変化量および R-off 時の円盤速度は、投てき距離との間に有意な正の相関関係が認められた

(それぞれ $r=0.34$, $p<0.01$; $r=0.30$, $p<0.05$)。一方で、一部の散布図を確認すると、60m 付近から相関関係の様相が異なるように見受けられた。そこで、11th IAAF World Championships in Athletics に出場した世界一流競技者 12 名とその他の日本人競技者 50 名に分けて、投てき距離との相関関係について確認し、その結果を Fig. 5 に示した。世界一流競技者では、DSP1 の円盤速度の変化量、R-off 時の円盤速度は、投てき距離との間に有意な負の相関関係が認められた (それぞれ $r=-0.75$, $p<0.01$; $r=-0.73$, $p<0.01$)。他方、日本人競技者では、DSP1 の円盤速度の変化量、R-off 時および L-off 時の円盤速度は、投てき距離との間に有意な正の相関関係が認められた (それぞれ $r=0.37$, $p<0.01$; $r=.32$, $p<0.05$; $r=0.29$, $p<0.05$)。

3.2 円盤の速度増加と各種キネマティクスとの関係

Fig. 6 は、DSP1 における重心移動距離と DSP1 の円盤速度の変化量および R-off 時の円盤速度との関係を示したものである。いずれの対象 (全対象者、世界一流および日本人競技者) においても、DSP1 における重心移動距離と DSP1 の円盤速度の変化量および R-off 時の円盤速度との間に有意な相関関係は認められなかった。また、Fig. 7 は DSP1 における体幹捻転角度の変化量と DSP1 の円盤速度の変化量および R-off 時の円盤速度との関係について示したものである。全ての対象者でみると、DSP1 における体幹捻転角度の変化量と DSP1 の円盤速度の変化量との間に有意な負の相関関係が認められた ($r=-0.35$, $p<0.01$)。体幹捻転角度についても、対象者を分けて相関関係を検討した。その結果、日本人競技者においては、DSP1 における体幹捻転角度の変化量は DSP1 の円盤速度の変化量と R-off 時の円盤速度との間に有意な負の相関関係が認められたが (それぞれ $r=-0.37$, $p<0.01$; $r=-0.36$, $p<0.05$)、世界一流競技者では有意な相関関係は認められなかった。Fig. 8 は DSP1 における投てき腕-肩角度の変化量と DSP1 の円盤速度の変化量および R-off 時の円盤速度との関係について示したものである。投てき腕-肩角度は、いずれの対象 (全対象者、世界一流および日本人競技者) においても、DSP1 の円盤速度の変化量および R-off 時の円盤速度との間に有意な相関関係は認められなかった。指極の推定値は、全ての対象者では $1.65 \pm 0.10m$ 、世界一流競技者では $1.81 \pm 0.07m$ 、日本人競技者では $1.61 \pm 0.05m$ であり、世界一流競技者が日本人競技者よりも有意に長かった ($p<0.01$)。

4. 考察

投てき動作全体における円盤速度は、全ての対象者、世界一流競技者、日本人競技者のいずれも同様のパターンを示した。また、世界一流競技者は投てき動作全

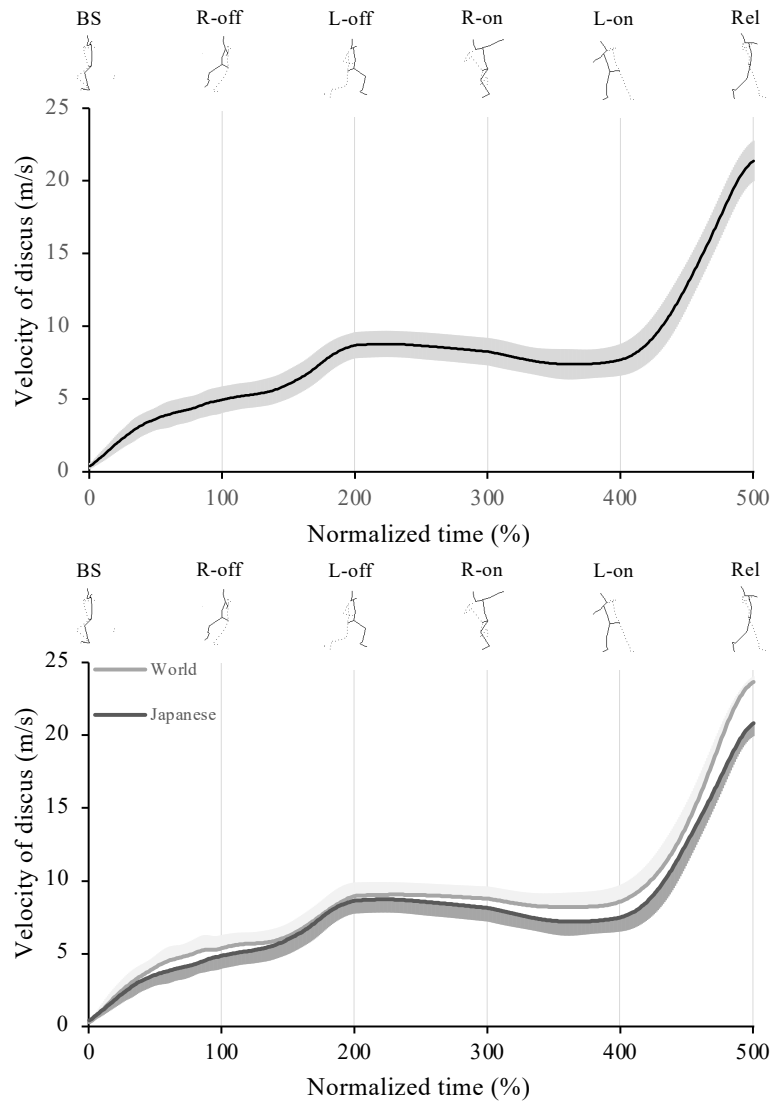


Fig.3 Velocity of discus through throwing motion.
(above: All participants, below: World elite and Japanese)

体を通して、日本人競技者よりも高い速度で推移していることがわかる。投てき動作前半における円盤速度と投てき距離との関係について、本研究では投てき距離が大きな競技者ほど、DSP1の円盤速度の変化量およびR-off時の円盤速度が有意に大きかった。これらの結果は、先行研究 (Hay and Yu, 1995) や DSP1での円盤の速度増加の重要性を指摘している指導書 (Hay, 1985) を支持するものである。一方で、Schlüter and Nixdorf (1984) や山本ほか (2008) の報告とは異なる結果となった。これらの先行研究では、比較的競技レベルの高い競技者のみを対象としており、本研究のように幅広い競技レベルの競技者を対象とした場合には、DSP1で円盤を加速させ、R-off時に円盤の速度を高めておくことが、高いパフォーマンスと関係することが示唆された。しかしながら、本研究において、世界一流競技者12名とその他の日本人競技者50名に分けた場合、相関関係の様相が異

なることも明らかとなった。世界一流競技者では、投てき距離の大きな競技者ほど、DSP1の円盤速度の変化量およびR-off時の円盤速度が有意に小さく、日本人競技者では、投てき距離の大きな競技者ほど、DSP1の円盤速度の変化量、R-off時およびL-off時の円盤速度が有意に大きかった。すなわち、世界一流競技者では、投てき距離の大きな競技者ほどDSP1で円盤速度が増加しておらず、日本人競技者では、投てき距離の大きな競技者ほどDSP1で円盤速度が増加していることが明らかとなった。この結果は、Wang et al. (2022) の中国における女子一流円盤投競技者は、世界の女子一流円盤投競技者と比較して、DSP1の円盤速度が有意に大きかったという報告と同様である。さらに、山本ほか (2020) は、日本人女子一流競技者3名と世界一流女子競技者3名の円盤速度を比較した結果、日本人競技者は動作開始時からL-offにかけて速度が増加しているのに対して、世界一

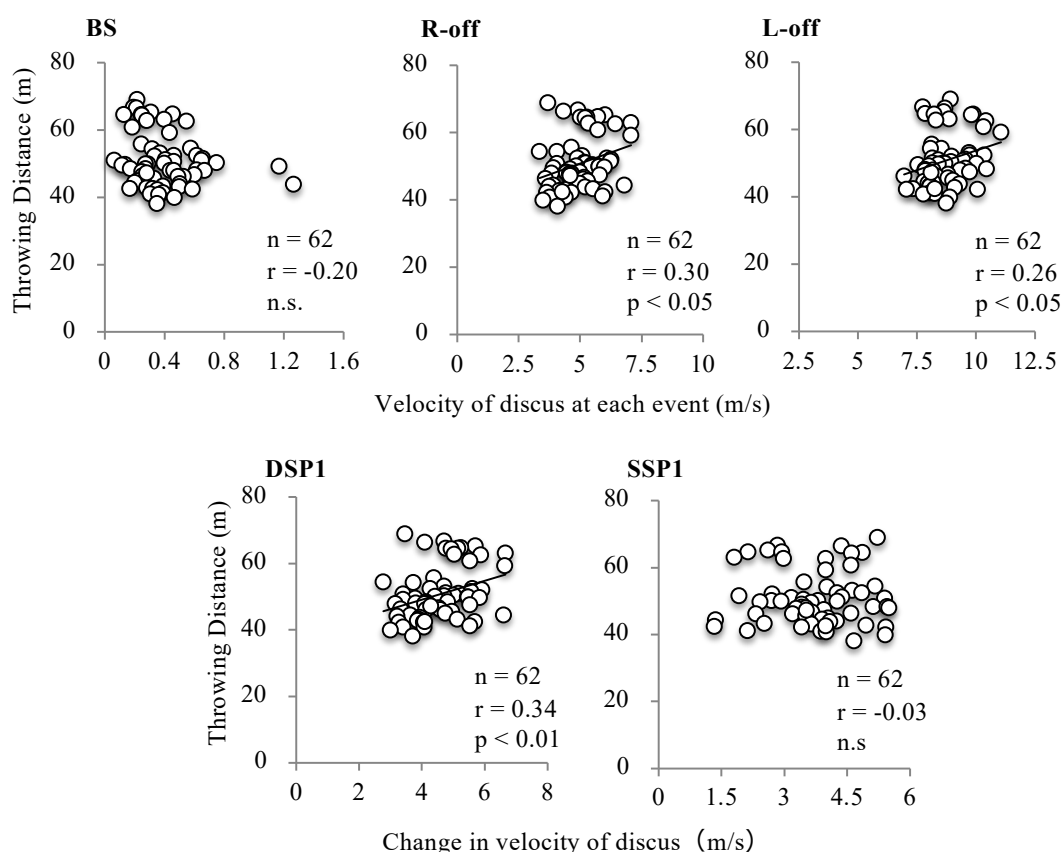


Fig.4 Relationships between throwing distance and discus velocity (All participants).

流競技者は主に DSP2 での速度増加が大きかったことを報告している。これらのことから、あくまで推測の域を出ないが、中国や日本といった東アジアとその他（主に欧米）の国では、円盤を加速させる戦略が異なる可能性も考えられる。本研究で算出した指極の推定値は、世界一流競技者が日本人競技者よりも有意に高値であった。円盤投において、投てき距離に最も大きな影響を与える要因である初速度を高めるためには、競技者はより大きな角運動量を獲得する必要があるが (Dapena, 1993)、指極の大きな世界一流競技者は、積極的に円盤の速度を高めようとしなくても、大きな角運動量を獲得できる。このことも、投てき距離と円盤の速度との関係性が、世界一流競技者と日本人競技者で異なったことの一つの要因であると考えられる。

次に、円盤の速度増加に関するキネマティクスに着目する。本研究では、重心移動距離に関しては、投てき動作前半の円盤の速度との間に有意な関係性は認められなかった。室伏 (1982) は、投てき動作前半に（右投げの場合）右脚から左脚に身体の移動をして円盤に力を作用させると述べているが、本研究の結果から、重心移動を大きくすることは円盤の速度増加に関与していないことが示唆された。体幹捻転角度に関して、全ての対象者で

みると、DSP1 で円盤の速度が増加している競技者ほど、DSP1 において有意に体幹を捻り戻していた。これは、DSP1 における体幹の捻り戻し動作が円盤の加速に関与していることを示唆するものである。さらに、投てき腕一肩角度の結果から、投てき腕の水平内転動作は投てき動作前半の円盤の速度、加速とは関係しないことも明らかになった。室伏 (1982) は、予備動作のスウィングからターンに移行する際、上体を十分に捻り、その捻りを戻す間、円盤に力を作用させると述べている。また、Leigh et al. (2008) は、円盤の水平面での移動距離には体幹捻転角度および投てき腕一肩角度による影響を受けると指摘している。本研究では、円盤の移動距離との関係について検証はしていないが、投てき動作前半において、円盤の速度を高めるという観点では、投てき腕を動かすというよりは、体幹を大きく捻り戻すことが重要になることが示唆された。一方、対象者を分けると、日本人競技者では、DSP1 の円盤速度の変化量および R-off 時の円盤速度が大きな競技者ほど、DSP1 で有意に大きく体幹を捻り戻していたが、世界一流競技者では、有意な関係性は認められなかった。これらの結果から、日本人競技者は、DSP1 における体幹の捻り戻し動作を利用して、円盤に力を作用させて加速する戦略をとっていた

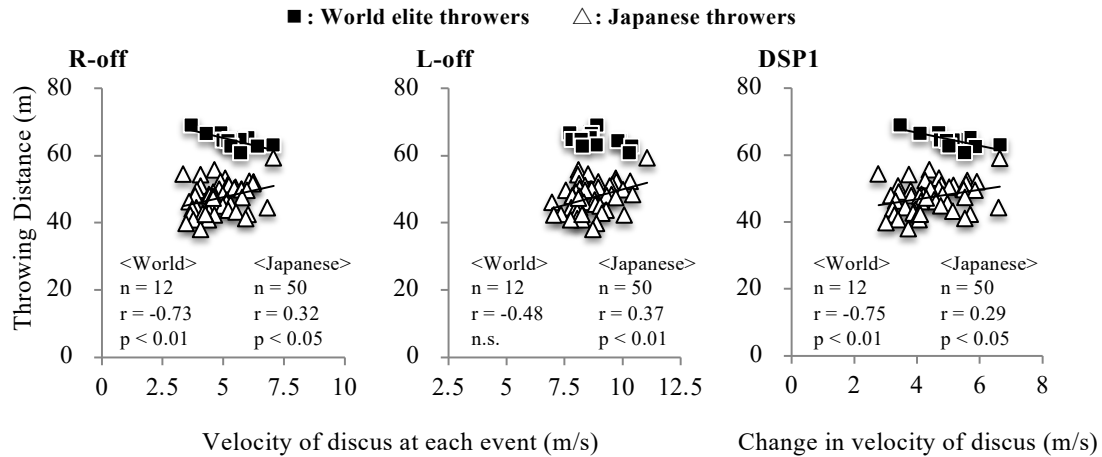


Fig.5 Relationships between throwing distance and discus velocity in two groups: World elite and Japanese throwers.

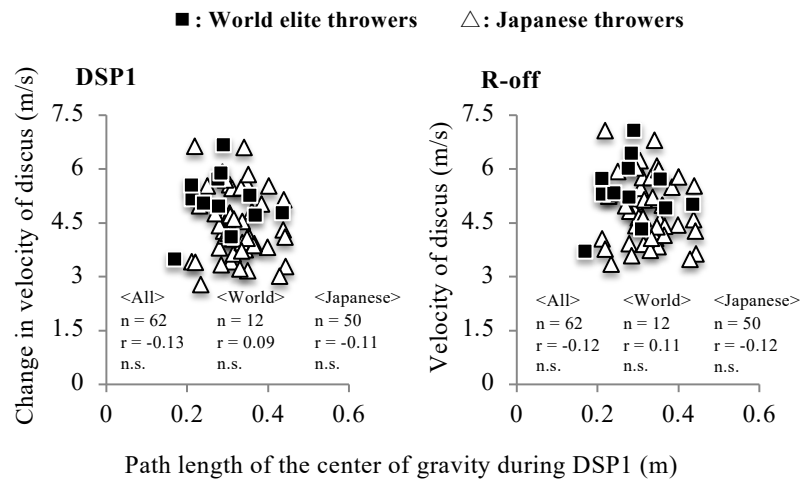


Fig.6 Relationships between velocity of discus and path length of the center of gravity.

と考えられるが、このことは世界一流競技者には当てはまらないことが示された。

本研究の結果から、投てき動作前半に体幹の捻り戻しを利用して、円盤の速度を高めることは、投てき距離を高めるために有効であることが示唆された。一方、DSP1における動作時間の変動が競技者間で大きかったということも報告されており (Bartlett, 1990), DSP1で最適な動作は競技者によって異なることも推察される。また、本研究の結果からも、指極が大きな競技者は、積極的に円盤の速度を高めなくても、高いパフォーマンスを発揮できる可能性もある。したがって、コーチングを行ううえで、一様に DSP1 から円盤の速度を高めるよう働きかけるといよりは、個々人にとって最適な DSP1 の円盤の速度、速度増加量を探ることに留意すべきであると考えられる。

最後に、本研究の限界と今後の課題について確認する。本研究の対象者は、男子円盤投競技者であり、本研究の

結果をそのまま女子競技者に適用できるとは限らない。また、本研究では、対象者の体格に関するデータ (身長、体重など) や体力に関するデータは収集できていない。円盤投のパフォーマンスには、本研究で扱ったようなバイオメカニク的要因に加えて、体格や体力的要因が影響を与える (ボンパ, 2006; 石河, 1977; 前田ほか, 2018; シュモリンスキー, 1982; 植屋ほか, 1994; 山崎, 1993)。競技者の体格および体力が円盤の速度にも影響を及ぼす可能性があるが、本研究では詳細に検討することができなかった。また、投てき動作前半の円盤の速度と投てき距離との間に有意な相関関係は認められたものの、同程度の競技水準でも投てき動作前半に円盤の速度が高い競技者と低い競技者が存在したのも事実である。つまり、投てき動作前半に円盤の速度を高めるタイプ、投てき動作前半に円盤の速度を抑えるタイプが存在する可能性もあるだろう。これらのことを踏まえ、円盤の速度と体格や体力との関係について調査を進めること、投

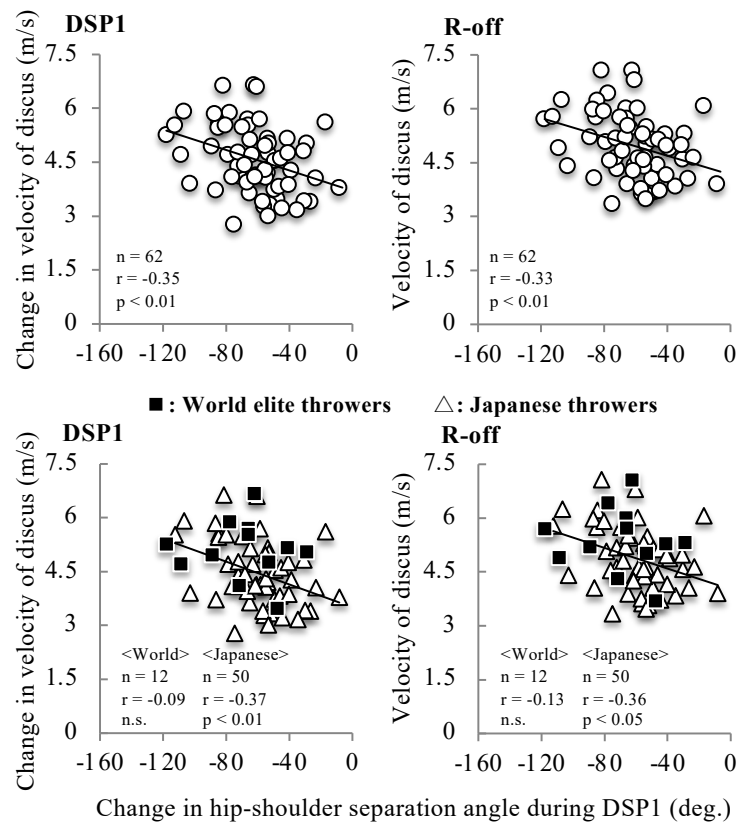


Fig.7 Relationships between velocity of discus and hip-shoulder separation angle.

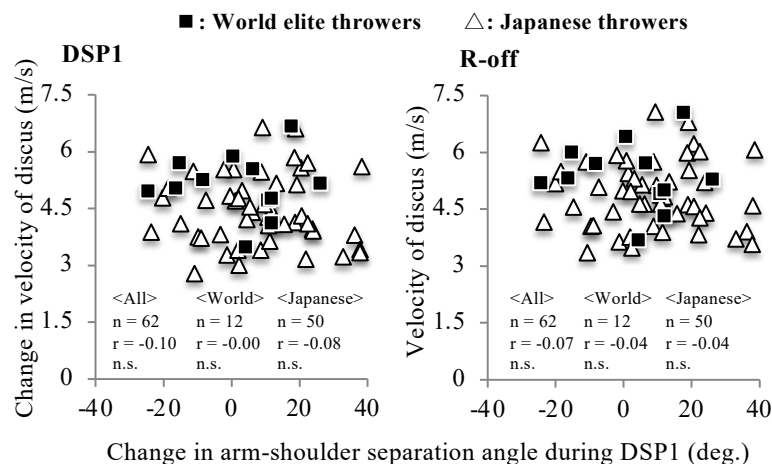


Fig.8 Relationships between velocity of discus and arm-shoulder separation angle.

てき動作前半の円盤の速度による競技者の類型化を試みることなどが今後の課題として挙げられる。

5. まとめ

本研究の目的は、投てき動作前半の円盤の速度とパフォーマンスとの関係について明らかにすることであった。そのために、公式競技会に出場した62名の男子円盤投競技者を対象に動作分析を行った。

主な結果は以下の通りである。

- 第一両脚支持局面の円盤速度変化量および右足離地時の円盤速度は、投てき距離との間に有意な正の相

関関係が認められた。一方、世界一流競技者12名とその他の日本人競技者50名に分けて分析したところ、世界一流競技者では、第一両脚支持局面の円盤速度変化量および右足離地時の円盤速度は投てき距離との間に有意な負の相関関係が認められた。他方、日本人競技者では、第一両脚支持局面の円盤速度変化量、右足離地時および左足離地時の円盤速度は投てき距離との間に有意な正の相関関係が認められた。

- 重心移動距離および投てき腕一肩角度は、全対象者、世界一流競技者、日本人競技者のいずれにおいても

投てき距離との間に有意な相関関係は認められなかった。

- ・体幹捻転角度は、第一両脚支持局面における体幹捻転角度の変化量と第一両脚支持局面の円盤速度変化量との間に有意な負の相関関係が認められた。体幹捻転角度についても、対象者を分けて分析したところ、日本人競技者においては、第一両脚支持局面における体幹捻転角度の変化量は、第一両脚支持局面の円盤速度変化量と R-off 時の円盤速度との間に有意な負の相関関係が認められたが、世界一流競技者では有意な相関関係は認められなかった。
- ・指極の推定値は、世界一流競技者が日本人競技者よりも有意に高値であった。

これらの結果から、円盤の加速に関する戦略が指極の大きな世界一流競技者と日本人競技者で異なること、投てき動作前半に体幹の捻り戻しを利用して、円盤の速度を高めることは有効であることが示唆された。一方で、コーチングを行ううえで、一様に DSP1 から円盤の速度を高めるよう働きかけるというよりは、個々人にとって最適な DSP1 の円盤の速度、速度増加量を探ることに留意すべきであると考えられる。

謝辞

本研究におけるデータの一部は、日本陸上競技連盟科学委員会バイオメカニクス班の活動によって得られたものである。また、データ収集に際し、益社団法人日本学生陸上競技連合、関東学生陸上競技連盟ならびに A 大学陸上競技部に多大なご高配を賜った。ここに記し謹んで深謝申し上げます。

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. *Japanese Journal of Sports Science*, 15 : 155-162.
- Badura, M. (2010) Biomechanical Analysis of the Discus at the 2009 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*, 25 : 23-35.
- 坂東美和子・田辺 智・伊藤 章 (2006) ハンマー投げ記録とハンマーヘッド速度の関係. *体育学研究*, 51 : 505-514.
- Bartlett, R. M. (1990) The biomechanics of the discus throw: Temporal considerations. *Communication to the Sports Biomechanics Section of the British Association of Sports Sciences*, Bedford, March.
- Bartlett, R. M. (1992) The biomechanics of the discus throw: A review. *Journal of Sports Science*, 10 : 467-510.
- ボンパ：尾縣 貢・青山清英監訳 (2006) 競技力向上のトレーニング戦略. 大修館書店, p.216.
- Dapena, J. (1993) New Insights on Discus Throwing. *Track*

Technique, 125 : 3977-3983.

- 原 信一・有吉正博・繁田 進 (1994) 円盤投競技者の体格・体力に関する調査研究. *陸上競技研究*, 46 : 36 - 39.
- Hay, J. G. (1985) *The Biomechanics of Sports Techniques* (3rd Edition). Prentice-Hall : Englewood Cliffs, pp.481-495.
- Hay, J. G. and Yu, B. (1995) Critical characteristics of technique in throwing the discus. *Journal of Sports Sciences*, 13 : 125-140.
- 石河利寛 (1977) 日本人体力とスポーツ体力. 杏林書院：東京, pp.278-295.
- Judge, L. W. (2014) Discus. In: USA Track & Field (eds.) *Track & Field Coaching Essentials*. Human Kinetics, pp.277-297.
- 金子今朝秋 (1988) 投てき競技総論, 円盤投. 陸上競技指導教本. 日本陸上競技連盟編, 大修館書店, pp.221-234.
- Koszewski, D (2002) Hacke ballen hacke ballen hacke. *Leichtathletic*, 26 : 27 - 28.
- Leigh, S., Gross, M. T., Li Li. and Yu, B. (2008) The relationship between discus throwing performance and combinations of selected technical parameters. *Sports Biomechanics*, 7 (2) : 173-193.
- 前田 奎・大山卞圭悟・広瀬健一・尾縣 貢 (2018) 男子円盤投における記録と形態および体力要因との関係ー記録に応じた体力基準の推定ー. *コーチング学研究*, 31 (2) : 175-184.
- 前田 奎・大山卞圭悟・関慶太郎・水島 淳・広瀬健一・尾縣 貢 (2019) 円盤投における高い初速度獲得のための動作要因間の因果関係. *体育学研究*, 64 (1) : 21-36.
- 松尾宣隆・湯浅景元 (2005) 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. *中京大学体育学論叢*, 46 (2) : 33-43.
- 宮西智久・桜井伸二・若山章信・岡本 敦・只左一也 (1998) アジア一流競技者における円盤投げの角運動量の3次元解析. *バイオメカニクス研究*, 2 (1) : 10-18.
- 室伏重信 (1982) 円盤投の運動特性. 大石三四郎・浅田隆夫編, 現代スポーツコーチ実践講座2 陸上競技(フィールド). ぎょうせい, pp.536-552.
- 尾縣 貢 (1990) 円盤投. 佐々木秀幸ほか編 *スポーツQ&A シリーズ 実践陸上競技ーフィールド編ー*. 大修館書店, pp.173-183.
- 小野勝次 (1973) 円盤投げ. *陸上競技の技術*. 講談社, pp.189-199.
- 佐々木秀幸・岡野 進・恩田 実 (1991) 円盤投げ. *シリーズ絵で見るスポーツ 17 陸上競技*. ベースボールマガジン社, 141-154.

- Schlüter, W. and Nixdorf, E. (1984) Kinematische Beschreibung und Analyse der Diskuswurftechnik. *Leistungssport*, 6 : 17-22.
- シュモリンスキー：成田十次郎・関岡康雄訳（1982）ドイツ民主共和国の陸上競技教程. ベースボールマガジン社：東京, pp.411-424.
- Silvester, L. J. (2003) Discus. In: Silvester, L. J. (eds.) *Complete Book of Throws. Human Kinetics*, pp.65-97.
- Stepanek, J. and Susanka, P. (1987) Discus Throw: Results of A Biomechanic Study. *New Studies in Athletics* , 2 (1) : 25-36.
- 植屋清見・池上康男・中村和彦・桜井伸二・岡本 敦・池川哲史 (1994) 円盤投げのバイオメカニクス的研究. 日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班編, 佐々木秀幸ほか監, 世界一流競技者の技術ー第3回世界陸上競技選手権大会バイオメカニクス研究班報告書ー. ベースボールマガジン社, pp.257-271.
- Wang, L., Hao, L. and Zhang, B. (2022) Kinematic Diagnosis of Throwing Motion of the Chinese Elite Female Discus Athletes Who Are Preparing for the Tokyo Olympic Games. *Journal of Environmental and Public Health*, 2022: 3334225.
- Winter, D. A. (1990) *Biomechanics and motor control of human movement*. John Wiley and Sons: New Jersey, pp.41-43.
- 山本大輔・伊藤 章・田内健二・村上雅俊・淵本隆文・田邊 智 (2008) 世界 1 位と日本 1 位の男子円盤投選手の円盤加速動作の比較. *陸上競技研究紀要*, 4 : 124-127.
- 山本大輔・伊藤 章・田内健二・村上雅俊・淵本隆文・田邊 智・遠藤俊典・竹迫 寿・五味宏生 (2010) 円盤投のキネマティクスの分析. 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班編, 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術：第 11 回世界陸上競技選手権大阪大会：日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書. 日本陸上競技連盟, pp.189-200.
- 山本大輔・瀧川寛子・野中愛里・村上雅俊 (2020) 2020 年日本選手権大会における女子円盤投げ上位 3 名のキネマティクス. *陸上競技研究紀要*, 16 : 207-212.
- 山崎祐司 (1993) 円盤投げ (最新陸上競技入門シリーズ 12). ベースボールマガジン社.
-

次世代風速計の開発に向けた陸上競技場の 基礎的風速分布特性の実測調査

山本竜大¹⁾, 千田陽介²⁾, 中嶋康博³⁾

Measurement Investigation of Fundamental Wind Speed Distribution Characteristics
of Athletics Stadium Toward Development of Next-Gen Anemometers

Tatsuhiro YAMAMOTO¹⁾, Yosuke SENTA²⁾, Yasuhiro NAKASHIMA³⁾

要旨

陸上競技における風速の測定基準は WA (World Athletics) および前身である IAAF (International Association of Athletics Federations) で規定されているが、測定位置は 1 レーン内側の 100m の中間地点で風速測定が代表されている。本来、人体にかかる風圧力はレーンごとに異なる事が予想される。風速分布の偏在は陸上競技において非常に重要であると考えられる。風速測定は建築都市環境工学分野の領域ではあるが、模型実験とシミュレーションによる検討が主流であり、微気候の実測は殆ど行われていないのが実情である。本研究は、そのような背景から陸上競技場の微気候を明らかにする目的で実測および統計解析を行った。風向は考慮できていないものの、各時刻での測定点に関する統計的処理から、風速の不均一性が示唆された。これは、陸上競技内で微気候が発生している証明にもなり、将来風速測定方法を考えるのに有益なデータを取得することができた。これらのデータは、選手にとって公平な次世代風速計の開発に向けた第一歩となる。

キーワード：風速分布，風速計，統計分析，短距離走

1. 緒 言

陸上競技におけるスプリント種目 (100m と 200m) の風速の測定方法は WA により定められている (WA, 2022)。風速の計測方法として、スプリント種目は 1 か所の 10 秒平均の風速で代表している。都市環境工学の視点から考えれば、競技場内の風速分布は微気候の範囲ではあるが、一様であるとは考えにくい。このような微気候を解明する事が出来れば陸上競技の指針に関して一定のインパクトが得られると考えられる。また、平均風速の抜き出し方に関しても 10 秒が望ましいのか解明することには価値があると想像できる。過去の超音波式風速計がない時代に風向に関しての知見が得られており

(Dieter von Dreshe, 1994)、それを受けて現在の超音波式風速計の形状に変容している。Dieter von Dreshe らの研究では、チューブを 8 か所に設置して風速と風向に関して実測調査を行っているが、空間的な風速分布や測定精度に関する言及はなされておらず、1994 年に公表された古い論文である関係からも、科学技術の発達した現代より精緻な実測はなされていないと予想される。

風速とスプリントのパフォーマンスの研究に関する知見が存在し (Janjic N et al, 2017)、競技者の運動に対して微分方程式を立式して風速と風圧力の関係を導き出している。微分方程式のパラメータがどの程度世界記録の風速に影響を及ぼしているのかまで分析されており、精度の高い研究成果であると言える。しかし人体にかかる空気抵抗に関連する風速分布 (都市スケールの視点では微気候)、風向および風速が疾走時のパフォーマンスに与える影響度までは知見が集積されていない。その前段階として、陸上競技場の風速分布の知見を集積する必要がある。

一見すると、陸上競技とは関係の無い様に見受けられる都市環境工学分野では、都市スケールでの微気候が近年注目を浴びている。例えば、気象データの都市街区版を作成する事によって精緻に街区の環境情報を表現する研究が行われている (Yihao T et al, 2021)。都市環境工学の分野では、街区の微気候の実測結果は殆ど存在しないことから、一方向流れの実測条件として余計なノイズを削除した理想的な環境における風洞実験や Computational Fluid Dynamics (CFD) の活用が主たる知見として集積されている (小林ほか, 2009)。しかしな

1) 久留米工業大学建築・設備工学科
〒 830-0052 福岡県久留米市上津町 2228-66
2) 久留米工業大学情報ネットワーク工学科
〒 830-0052 福岡県久留米市上津町 2228-66
3) 久留米工業大学教育創造工学科
〒 830-0052 福岡県久留米市上津町 2228-66

がら、スプリント種目にとって重要な微気候の影響の実験および解析データは蓄積されていない。陸上競技場の解析に関する事例はあるが、スプリント種目に焦点を当てた非定常な変動を解析するものではないため、焦点の異なる研究成果である (Alday, V. & Frantz, M, 2010)。余計な乱流や突風などの発生しない、過度に一般化された環境での解析では、陸上競技場内の微気候を精緻に再現する事は難しいと考えられる。従って、スプリント種目への微気候の影響を解析するのに必要な観測方法として適しているのは実測であると考えられる。

微気候を対象とした実測は、多く行われていないのが実情である。陸上競技場に限った研究成果としても、データベース化可能なレベルでの実測は行われておらず、未知の知見が存在する事は想像するに容易い。データベース化を可能とするには計測方法を確立する必要がある。計測方法を確立するにあたり、超音波式風速計を利用するのが望ましいが、安価に大量生産するには一定の技術力が必要である。即ち、簡易に実測する方法と詳細に実測する方法を段階的に確立していく必要がある。現行の超音波式風速計では、10秒平均で測定地点が一点しか無いのが課題となる可能性がある。そこで、測定点を増やす事が方策として考えられる。分布特性を把握する方法として、クリギング補間などの方法でスカラー量を補間する事が可能である (横山ほか, 2017)。この統計的手法を用いれば、風速のスカラー量に対する分布特性の把握は可能となる。

そこで本研究では、将来的な詳細計測に基づく陸上競技場の風速分布のデータベース化に向けた段階的な検討の第一段階目として、風速の大きさに着目した検討を行うこととした。具体的には、陸上競技において計測が行われる「走路に平行な方向への風速成分」のみを抽出した計測ではなく、任意向きへの風速 (スカラー量) を計測し、その分布の不均一性を検討した。

この際、利用した測定機器の仕様などから勘案し、スカラー量として風速の分析を行った。また、クリギング補間により測定点間の風速を予測した。しかし、本研究では、標準計測方法とスカラー量の比較を行っているものの、両計測方法に差異があるため、比較は参考にしかならないことに留意されたい。

なお、本研究では、このような事例的研究を積み重ねる事によって将来必要とされるデータベースの定義に近づいていくと考えている。本研究の内容は「事例的研究」に含まれるためデータベースを定義するものでない。特に、本研究では、そのようなフレームワークを構築する事を目的としており、本研究はその「過程」の第一報として位置付けられる。

2. 方 法

2.1. 対象敷地

実測の対象敷地は、代表性の高い実測結果を得るために、福岡県福岡市に位置する博多の森陸上競技場とした。博多の森陸上競技場は日本選手権を開催する事が可能とされる「IAAF CLASS 2 認証」(改修が2018年3月であり、認証を受けている (IAAF, 2022))。なお、博多の森陸上競技場は競技場の認証が2018年であり、WAがIAAFに名称変更される前に認証を得たため表記がIAAFのままである。代表性の高い実測結果を得る事を目的として対象敷地を選定した。空港が近くに存在するため、一般的な街区とは異なる場所に存在する。しかし、東平尾公園という公園内に博多の森陸上競技場は存在するため、樹木が存在する事から風通しは複雑であると予想して実測を行った。

2.2. 測定機器

今回の実験ではWA公認の超音波式風速計と市販のベーン (羽根車) 式風速計の二種類を測定機器として用いた。超音波式風速計の仕様を表1に示す。この測定機は、日本選手権などでも利用される校正済の超音波式風速計である。超音波式風速計は、実際の陸上競技場で利用される地点に設置して計測を行った。なお、超音波式風速計では、ある一方向の風の成分に関して風速を計測する仕様となっている。

超音波式風速計は、5秒または10秒のどちらかを測定間隔として指定する仕様である。測定ボタンを押下後に、指定した測定間隔を経て、その間の平均風速のみが出力される。データの自動保存ができないため、人の手による記録が必要であり、今回は測定間隔を5秒とした。また測定される風速は走路に平行な成分に関して正負の値をとり、今回は追い風を正、向かい風を負となるよう設置した。

市販のベーン式風速計の仕様を表2に示す。この風速計の分解能は0.01m/sであり、陸上競技の風速規格と対応する機器を選定した。これは軸方向の風速を測定するもので、軸に対し角度 θ で風が侵入すると、理論上 $\cos \theta$ 倍に減衰する。今回、測定を始めるにあたって、垂らし

表 1 超音波式風速計の仕様

型番	NISHI NMS200
風速測定範囲	- 19.9 ~ 19.9m/s
表示上の分解能	0.1m/s
風向計測	なし
測定方法	超音波の飛行時間による計測
備考	陸上競技用 (短距離走, 跳躍競技) 計測のボタンを押下後, 5秒または10秒の平均風速のみを出力

表2 ベーン式風速計の仕様

型番	Wintact WT8907
風速測定範囲	0 ~ 45 m/s
表示上の分解能	0.01 m/s
風向計測	地磁気を用いた八方位で計測可能（今回は未使用）
測定方法	羽根車（ベーン）の回転速度による計測
備考	汎用（空調の調査など）、パソコンに一秒ごとの計測値を記録可能 設置方向の向きによらず正の値を出力

た糸で風向を確認しそれに羽根車の回転軸を合わせた
が、計測中に風向が変わると測定誤差になる可能性はあ
る。

以後の議論では、表1に示した超音波式風速計を超音
波式風速計、表2に示したベーン式風速計を単に風速計
と表現する。

2.3. 測定方法

博多の森陸上競技場における風速計および超音波式風
速計による風速の測定点を図1に示す。風速計の測定点

である地点1～地点4は、100m 走における0m および
25m の、第1レーンと第9レーンの走路中央にそれぞ
れ設置しており、09:43:55～09:46:55を1秒毎に181件
を計測した。超音波式風速計に関しては、WAの測定基
準に則り100m 走路の中央部（50m 地点）第1レーン内
側に設置した（設置位置は図1に示されている）。この
理由として、WAの測定基準に準拠して比較する事を目
的として測定している事が挙げられる。風速計と同時刻
の180秒間において、5秒間の平均風速を10秒ごとに
18件計測した。どちらのデータに関しても、分析では、
09:43:55からの1秒ごとの経過時間を時刻と扱った。

2.4. クリギング補間

本研究では風速分布の推定を目指し、限られた地点に
おける風速からレーンごとの風速を推定するためにクリ
ギング補間を利用した。クリギング補間は地球統計学な
いし空間統計学に分類される手法であるが、様々な自然
環境データを扱う分野でも応用されている（正路他、
2007）。一般的には2次元平面上でのスカラー値の予測
のために用いられ、平面上にある複数地点での実測値に
基づき、実測地点の内部にある任意の点に対して推定値
を得る。

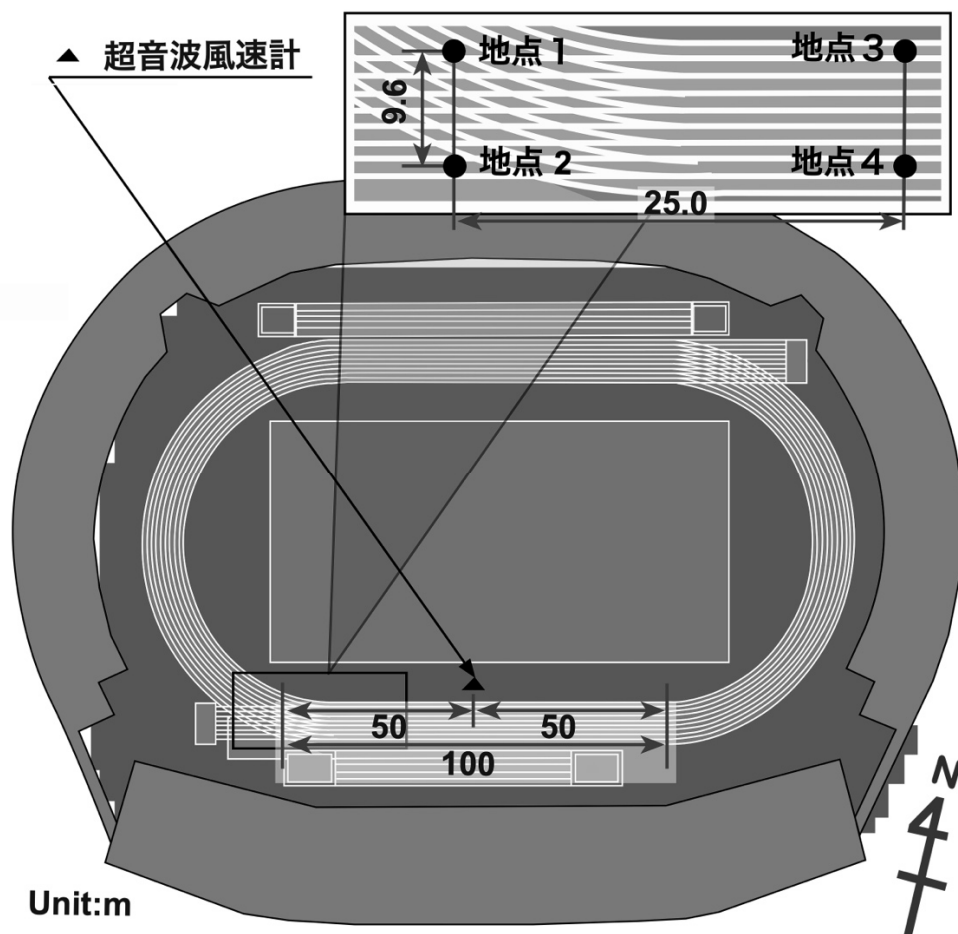


図1 風速の測定点（博多の森陸上競技場）

クリギング補間の具体的な処理には R 言語の `sp` パッケージおよび `gstat` パッケージを利用した (古谷, 2010)。`sp` パッケージは位置データの処理に、`gstat` パッケージはバリオグラム等と呼ばれるクリギング補間に必要なパラメータ値の処理に、それぞれ必要となる。処理は、時刻 (1 秒) ごとに行った。例えば図 2 は、ある時刻 (後述の図 7 における 15 秒時点) におけるクリギング補間による風速の推定値を可視化した図 (ヒートマップ) である。この図を得たデータ加工の手順を以下に記載する。

R 言語で処理する対象は順に、推定する地点の位置情報、測定値に基づくバリオグラムおよび理論バリオグラム、そして推定値、となる。推定する地点は予測する時刻によらず定まるものであるため、あらかじめ次のように指定した。4 つの測定点のなす長方形の位置情報は横方向 25m 縦方向 9.76m であるが、地点 2 が原点となるような座標を設定するために、地点 1 を $(x, y) = (0, 9.76)$ 、地点 2 を $(x, y) = (0, 0)$ 、地点 3 を $(x, y) = (25, 9.76)$ 、地点 4 を $(x, y) = (25, 0)$ とした。

ただしこの設定での縦幅は、2 ~ 8 レーンでは 1.22m、1 レーンと 9 レーンは 0.61m になっており、統一的な推定値を得られない。この回避のために、1 レーンの上側と 9 レーンの下側にそれぞれ 0.61m ずつ追加し、拡張した長方形を設定した。つまり推定値を求めるために利用する長方形のサイズは 25×10.98 で、左下点と右上点の座標がそれぞれ $(0, -0.61)$ および $(25, 10.37)$ となり、各レーンの中央の y 座標がちょうど 1.22 の倍数となっている。この長方形を、横方向には 1m 刻みで 25 個に、縦方向には 1.22m 刻みで 9 個に区切り、都合 $25 \times 9 = 225$ 個の格子に分割した。そして各領域の中央の座標の情報を `sp` パッケージの `coordinates` 関数により位置情報として入力して風速の推定値を算出し、その領域の代表値と扱った。

続いて予測したい時刻に関する 4 地点の測定値に対して前述の `coordinates` 関数で位置情報を付与し、`gstat` パッケージの `variogram` 関数によってバリオグラムを計算した。そのオプションの 1 つ `cutoff` は、データが 4 件しか

ないこともあり 100 とした。同様に `alpha` は指定せず、等方性を仮定した。理論バリオグラムについては、`gstat` パッケージの `fit.variogram` 関数および `vgm` 関数で、球形モデルを適用した。作成された理論バリオグラムを用いて、`gstat` パッケージの `krige` 関数で推定値を求めた。

2.5. 選手が受ける風速のシミュレーション

図 2 のような 1 秒ごとの推定値を利用しレーン走行中の選手が実際に受けたであろう風速の平均速度をシミュレーションした。シミュレーションにあたりヒートマップをできるだけ多くの時刻分を活用したいと考えた。時刻 T (秒) のヒートマップが $T \sim T + 1$ (秒) の範囲の風速を表すとする、選手は任意の時刻 $T + 0.5$ でスタートし $T + 1$, $T + 2$, $T + 3$, $T + 3.5$ 時点でそれぞれ 5m, 13m, 21m, 25m ラインを通過するような加速を仮定した。これにより 3 秒間に 4 枚のヒートマップが活用された。

このような条件の下、選手が受ける風速をシミュレーションした。図 3 にその概要を示す。図で一枚目のヒートマップは時刻 09:41:10 の物である。選手は時刻 09:41:10.50 にスタートをしたことを想定するので、スタート後 0.5 秒までは一枚目のヒートマップの推定値を

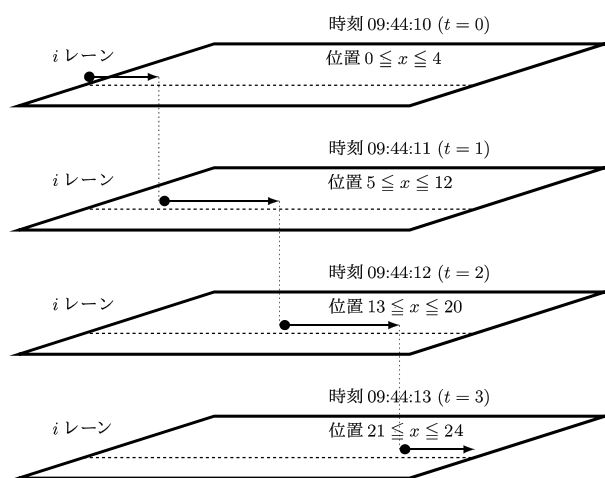


図 3 シミュレーションの概略図

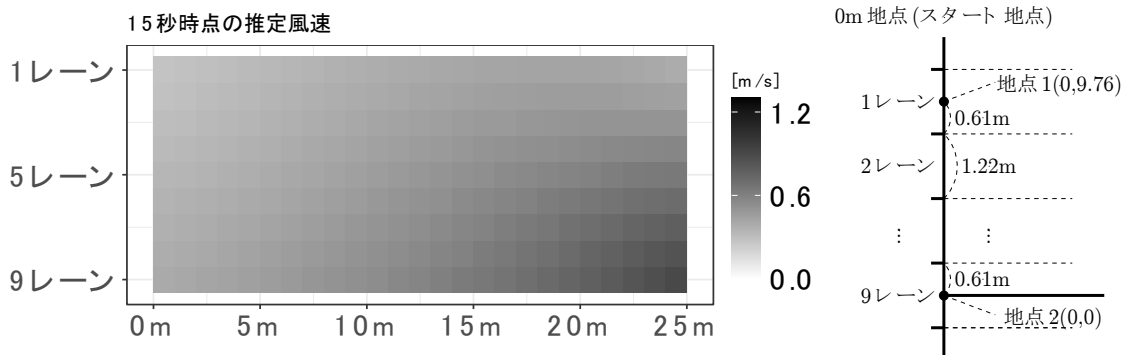


図 2 クリギング補間を利用した風速の推定

活用することになる。同様に続く1.5秒までは二枚目（時刻09:41:11）、さらに2.5秒、3秒まではそれぞれ三枚目（時刻09:41:12）四枚目（時刻09:41:13）のヒートマップを活用した。ヒートマップの横方向は0～25mまでの1m刻みで求めている。想定した選手の加速では、一枚目は左から0～4番目までの5個、二枚目は5～12番目までの8個、三枚目は13～20番目までの8個、四枚目は21～24番目までの4個の区画の平均風速を用いて、3秒間の平均風速を求めた。1枚目と4枚目のヒートマップは0.5秒間ずつの走行になるため、これらには時間による重みをつけて、平均風速の推定に利用した。具体的には、 i レーンの選手が時刻 $T + 0.5$ にスタートを切った後の3秒間に受けた推定風速を $\bar{V}_{T,i}$ は次(式1)のようになると考えた。

$$\begin{aligned} \text{式1.} \quad \bar{V}_{T,i} = & \frac{1}{3} \left\{ \frac{1}{5} (v_T^{i,0} + v_T^{i,1} + v_T^{i,2} + v_T^{i,3} + v_T^{i,4}) \times \frac{1}{2} \right. \\ & + \frac{1}{8} (v_{T+1}^{i,5} + v_{T+1}^{i,6} + v_{T+1}^{i,7} + v_{T+1}^{i,8} + v_{T+1}^{i,9} + v_{T+1}^{i,10} + v_{T+1}^{i,11} + v_{T+1}^{i,12}) \\ & + \frac{1}{8} (v_{T+2}^{i,13} + v_{T+2}^{i,14} + v_{T+2}^{i,15} + v_{T+2}^{i,16} + v_{T+2}^{i,17} + v_{T+2}^{i,18} + v_{T+2}^{i,19} + v_{T+2}^{i,20}) \\ & \left. + \frac{1}{4} (v_{T+3}^{i,21} + v_{T+3}^{i,22} + v_{T+3}^{i,23} + v_{T+3}^{i,24}) \times \frac{1}{2} \right\} \end{aligned}$$

となると考えた。ここで $v_T^{i,L}$ は時刻 T のヒートマップにおける i レーン、 L m地点の値とした。

2.6. 統計的検討

風速計を設置した4地点の風速に関して、その不均一性の評価のために、各時刻における風速差異の最大値を算出しヒストグラムを作成した。その理由は、風速がほぼ均一であれば差異0に集中し、逆に不均一であれば0より大きい数値に集中すると考えられるためである。さらにその代表値によって差異の大きさへの言及が可能となる。

参考結果として、2.6節でのシミュレーションによる風速推定値 v_1 と超音波式風速計による実測値 v_2 に対して、 $v_1 - |v_2|$ という値を処理し図示した。参考と扱う理由は、 v_1 は風向を考慮しないスカラー値で正の値のみをとる一方、 v_2 は風向を考慮したベクトル値で負の値も取りうる点、および平均風速を取る時間範囲も v_1 が3秒間で v_2 は5秒間と異なる点、の2点があるためである。

また、 v_2 の絶対値を取った理由は、 v_2 で負の値を示す方向に向かって v_1 が吹いている場合に、実質は0に近いのに大きな値を取るという結果を避けるためであ

る。処理を施す時刻に関しては、 v_1 は欠損のない任意の時刻で取得できるが、 v_2 は10秒ごとにしか存在しないため、 v_2 が存在する時刻に関してのみ $v_1 - |v_2|$ を計算した。なお、この処理において平均する開始時刻は揃っている。

3. 結果

3.1. 風速計および超音波式風速計による測定結果

測定したデータの概略を図4および表3に示す。図4に示すように、地点3において103秒で1件のデータ欠損が存在していた。また超音波式風速計では130～145秒の区間で15秒間の飛びがあった。その他の時刻では10秒ごとに5秒平均の風速を取得した。例えば、10秒時点の値は10秒～15秒の5秒平均風速である。

続いて2.6節で言及した統計処理結果を示す。図5は風速差異の最大値のヒストグラムである。最小値は0.07、中央値は0.76、平均値は0.77、最大値は1.51であり、分散は0.10であった。Shapiro.testによる正規性の検定結果は $p=0.01$ であり、正規性は認められなかった。また母平均を0とした1標本 t 検定を施すと、 $p<0.01$ で有意であり、95%信頼区間は0.72～0.82であった。平均値および中央値から、4地点における風速は均一であるとは考えづらく、信頼区間からも、小さくない差異であった。

3.2. クリギング補間による分布特性の評価

2.4節で述べたクリギング補間のヒートマップに関して、時刻15～18秒の4枚を図6に示す。15秒時点と比べて16秒では左下（地点2）や左上（地点1）が白くなり風速が小さくなっており、17,18秒と進むと右下（地点4）から左下（地点2）にかけて黒い領域が増え風速が大きくなっていった。4秒間という限られた時間の中でも変化する風速の様子を認識できる。また図6のような、ある時刻から連続した3秒間に存在する4枚のヒートマップに対して、2.5節で述べたその時点でスタートを切った選手が受ける3秒間の平均風速をシミュレーションした。

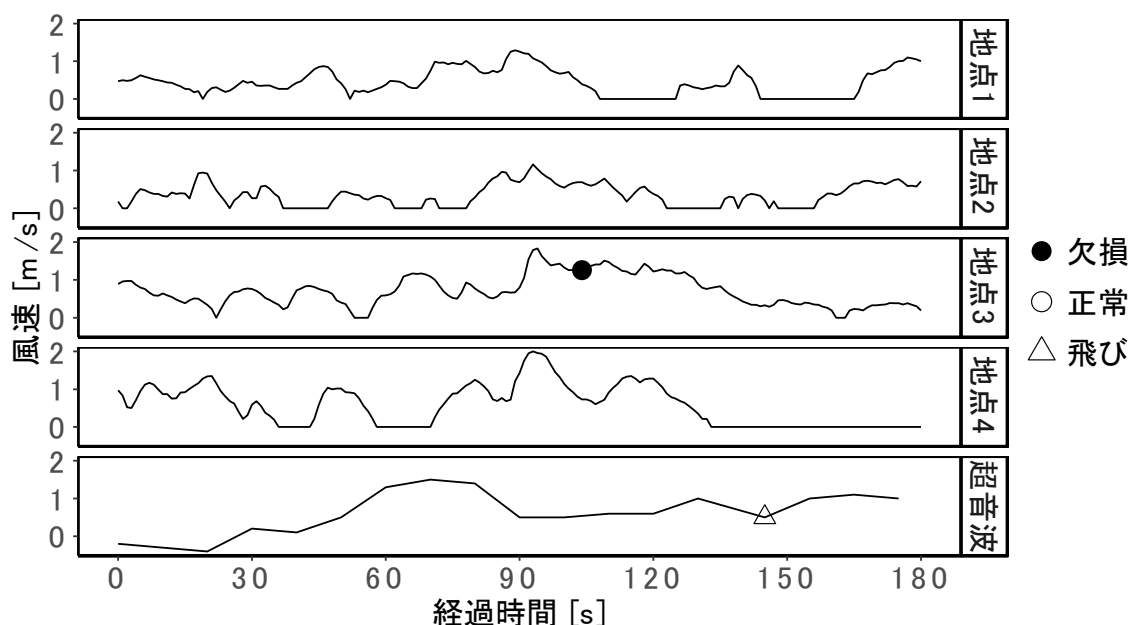


図4 測定結果の概要

表3 測定結果の代表値等

観測点	平均 [m/s]	SD [m/s]	件数	欠損等
地点1	0.441	0.351	181	なし
地点2	0.356	0.296	181	なし
地点3	0.706	0.414	180	1件欠損 (103秒時点)
地点4	0.565	0.543	181	なし
超音波	0.606	0.572	18	1件飛び (130～145秒間)

各レーン、各スタート時刻における、シミュレーション結果と超音波式風速計による計測結果の比較を図7に示す。ただしこれは2.6節で述べたとおり、それぞれ3秒平均のスカラー値と5秒平均のベクトル値であるため、あくまで参考である。図7では1レーンから9レーン

ンに向かって線の色を濃くしており、破線は超音波式風速計の測定開始時刻を表す。図7から、線の濃淡がきれいに並んでいること、すなわちレーン方向の順序が保持されることを視認出来た。図7では、経過時間が60秒時点の値は、推定値は60～63秒の3秒間の平均風速を、また超音波式風速計は60～65秒間の5秒間の平均風速を用い、その差が-1.0m/s前後であったことを表す。特に70秒ではレーンごとの差も大きく、超音波式風速計からより遠い9レーンが最も差が大きくなった。

4. 考 察

本研究は、陸上競技場の風速分布の調査に基づき、空間分布の特性の偏在を明らかにし、基礎的なデータ分析

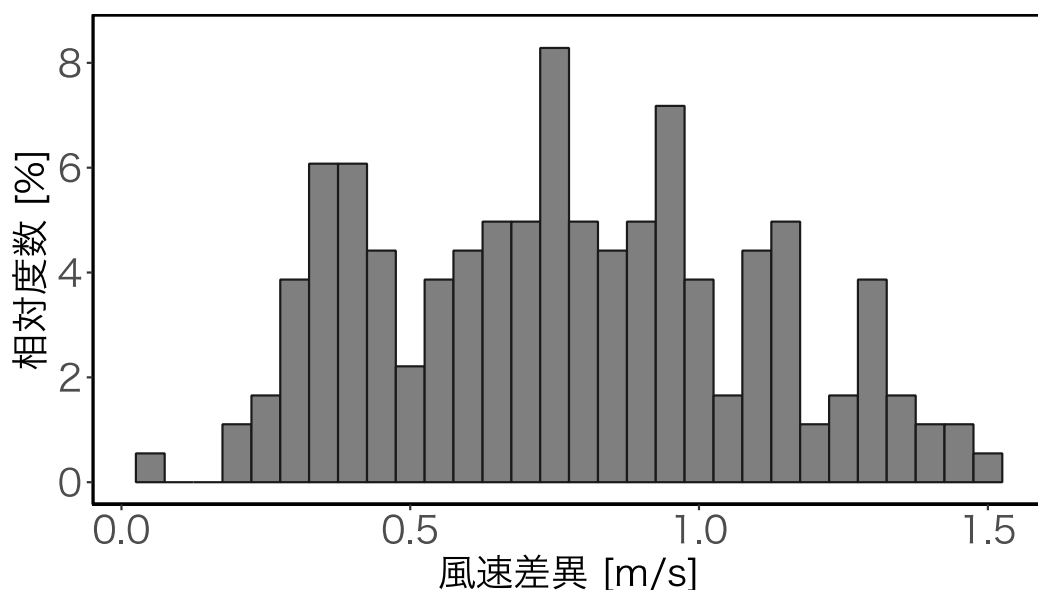


図5 4地点の風速差異の最大値

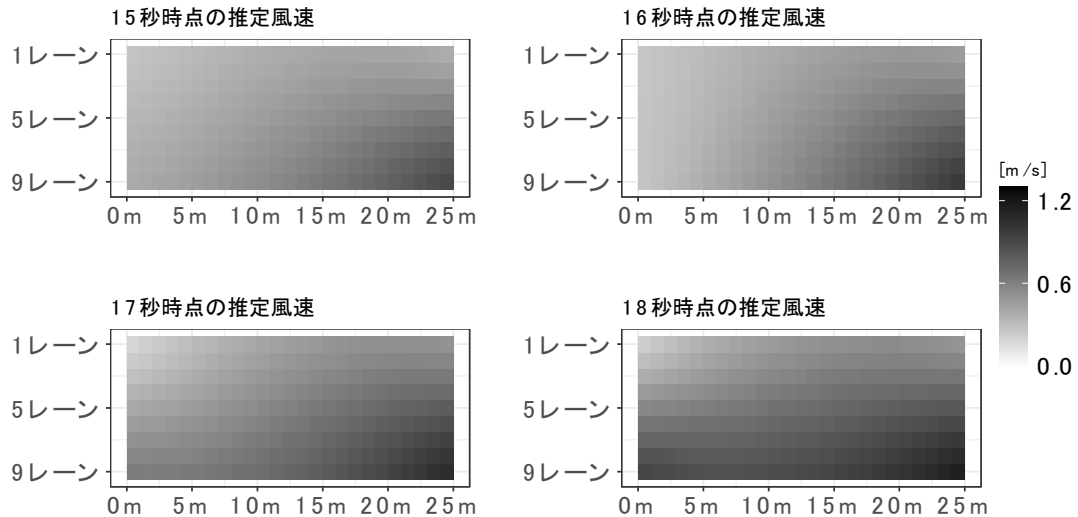


図6 時刻15～18秒におけるヒートマップ

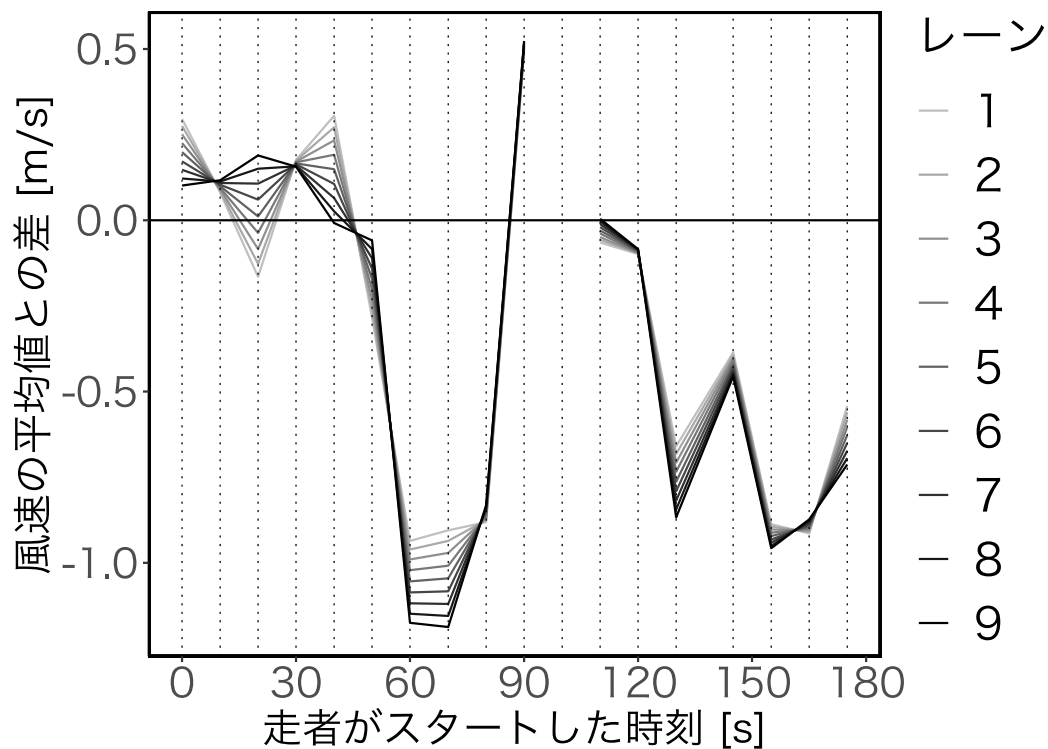


図7 レーンごとのシミュレーション結果と超音波風速計の比較（参考として記載）

による考察から次世代風速計の開発の必要性を訴えかけるものであった。本稿で訴えたいことは、フレームワークの提案を行い、実際に検討した、という部分である。

4地点の風速差異に関する3章の結果を受けて、その最大値の平均は0.75m/s前後であり、ヒストグラムからも風速分布の不均一性が確認された。一方で、本稿が風向を考慮しないスカラー値であり、陸上競技で影響の大きい走行方向（追い風、向かい風）での考察ではない点にも注意が必要である。

図5や図6などから、微小な空間においても風速分布

の偏在が確認され、100mを走行する時間の中では断続的に風圧力が変化する可能性がある。しかし現行の風速測定基準に関して疑問を投げかけるには、さらなるデータの収集や慎重な議論が必要である。

なお、これらの結果に関しては、気候条件、敷地配置の影響を強く受けていることが予想され、今後多くのデータを取得することによって、新たな知見が生まれることが見込まれる。更に言えば、本研究ではWAの定めた超音波風速計の対象範囲である200mに対しての実測が含まれていないため、今後の計画に基づくデータの取

得により、実測結果に基づく効果的な分析が期待される。

本質的な議論として、風速の大きさは都市街区や気象変動の影響を多大に受ける。しかし、陸上競技場の様な微小空間（都市環境工学の立場から）の偏在を精緻に計測する技術は未だ開発されておらず、まずはデータベースを作成する必要がある事が本研究の結果から示唆される。

これらの結果は、100m 走タイムに対する風圧力の影響を検討した研究結果（Nicholas P Linthorne, 1994）と照らし合わせて考えると重要であると考えられる。この報告では、数式を用いて人体にかかる風圧力を計算している。結果として、2m/s の風速が吹いた際には男性では、タイムに $0.10 \pm 0.01s$ 、女性では $0.12 \pm 0.02s$ の影響がある事が明らかとなっている。人体にかかる風圧力には風速が大きく関係している。本研究の結果では、レーンごとの分析結果として 2m/s まではいかなるまでも、0.5 ~ 1m/s の風速差異は無視できない頻度で生じていた。本稿では、風向を考慮していないため断定できないが、選手の公平なスプリントタイムの評価に関して無視できないと考えられる。本研究ではスカラー量で捉えた風速に差異があることまでが確認できたので、次の段階として風向を考慮することが必要である。

また、これらの結果などを勘案しても 0.01 秒で勝敗が決まる陸上競技において、風速分布の精緻な測定は必要な要素である。特に、200m のコーナーの風速分布は風向と合わせて考える必要があるが、今後の課題として取り扱う。本研究では、得られたデータに対して実施できる範囲として、風速の大きさに焦点を絞り検討を行っている。今後のアプローチとしては、風向を考慮する事がまず挙げられる。そして、センサーの数を増やし、競技場内の分布を統計的手法に基づき定量化する事が必要となると考えた。

将来的な展望として、IoT を用いた大量のセンサーを導入した風速分布の計測と統計的手法を用いた風速分布の予測手法の開発を行う必要性が示唆された。従って、本研究では、測定点も少ない事からクリギング補間の精度に関しては言及しない。次世代的な風速の予測手法の確立を目指すものとして段階的な検討を指向している。

400m 走などでは「400 風」と呼ばれる一周追い風であったり、向かい風であったりする場合もある。これらの影響は現状国際基準では考慮されていない。今後の検討では、このような現状の課題に対しても疑問を投げかけるだけではなく、その解決策も示していく必要があることを、仮説に基づいた方法論により得られたデータから主張していきたい。

これらの基礎的データベースを蓄積していき、例えば、IoT などの技術を用いてデジタルツインで流入風速が分かれば風速分布を推定できるシステムの構築など、将来の技術革新を達成するための第一歩となった。本研究で

は、現行基準の風速計測では不十分である可能性を示した。今後の展望として、風向を考慮した（ベクトル値としての）測定などが挙げられる。

今後も研究を継続して、仮説に基づいて有益なデータを取得し、発展させていく予定である。

5. まとめ

本研究では、「IAAF CLASS 2 認証」を受けている博多の森を対象として、各測定点で得られた観測値を統計的手法によって分析した。実測調査は、将来的な次世代風速計の開発に向けた段階的な第一歩として、基礎的な分析から現行の風速測定基準の妥当性を検討した。

その結果として、各測定点における風速差異の度数分布から風速分布の非均一性が確認でき、推定値に基づくヒートマップからも短時間で変化する様子が視認された。これらは風向を考慮しないスカラー量としての結果ではあるが、競技場内の局所的な偏りを示唆する。また、参考結果ではあるがクリギング補間に基づくシミュレーションを提案し、微気候の影響力の視覚化を図った。

風向を考慮した分析は今回出来なかったため、次回の実測では風向も考慮し、統計的手法を用いて測定点間の補間方法を模索する。最終的には、例えば超音波センサーを大量に用意し、400m トラック全体の風速を統計的手法で風向・風速ともに補間するなど、より発展的な手法を用いてデータを蓄積していくことでデータベース化することが望ましい。

文献

- Alday, V., & Frantz, M. (2010). The Effects of Wind and Altitude in the 400m Sprint with Various IAAF Track Geometries. In J. Gallian (Ed.), *Mathematics and Sports* (pp. 259-278). Mathematical Association of America. doi: 10.5948/UPO9781614442004.022
- Dieter von Dreshe (1994) Problems in wind measurement, NSD by IAAF, 9;4:45-54
- JAAF 日本陸上競技連盟サイト < <https://www.jaaf.or.jp/news/article/13372/?category=99> >, 最終アクセス日 2022 年 8 月 8 日
- 風速規定 JAAF < <https://www.Jaaf.Or.jp/about/rule/> > 最終アクセス日 2022 年 6 月 6 日
- 小林知広・相良和伸・山中敏夫・甲谷寿史・武田尚吾・西本真道 (2009) 通風時の建物周辺気流に関する風洞実験及び CFD 解析精度の検証, 日本建築学会環境系論文集, 第 74 巻, 第 638 号, 481-488
- 博多の森 IAAF CLASS 2 認証 < <https://www.Hasetai.com/example/detail/1537/?category=2> > 最終アクセス日, 2022 年 6 月 6 日
- Janjic N., Kapor D., Doder D., etrovic A. and Doder R. (2017) A Model for Determining the Effect of the Wind

- Velocity on 100 M Sprinting Performance. *Journal of Human Kinetics*, Vol. 57 (Issue 1), pp. 159-167. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0057>
- Nicholas P. Linthorne, (1994) The Effect of Wind on 100-m Sprint Times, 10 (2) : 110-131
- Yihao T, Ting S, Zhiwen L, Hamidreza O, Natalie T, Xiaoxiong X, Jie X, Runming Y, Sue G, Urban meteorological forcing data for building energy simulation, In Press, (2021), 108088
- 横山広樹・大岡龍三・菊本英紀 (2017) 移動計測による都市大気環境の高解像度観測 その2 通常型クリギングによる気温と粒子状物質濃度の空間分布推定, 日本建築学会学術講演梗概集, 667-668
- 正路徹也・小池克明 (2007) 講座「地球統計学」クリギング: 誤差を考慮した空間データの補間, 日本地熱学会誌, 第29巻, 第4号, 183-194.
- 古谷知之, 空間の統計学 (6): バリオグラムと空間的補間, ESTARELA, 2010年1月 (No.190)
-

棒高跳競技者における踏み切れない症状の実態調査

榎 将太^{1, 2)}, 村山凌一^{2, 3)}, 中山滉一^{1, 2, 4)}

Investigation about symptoms of inability to take off in pole vaulters

Shota ENOKI^{1,2)}, Ryoichi MURAYAMA^{2,3)}, Koichi NAKAYAMA^{1,2,4)}

要旨

本研究は、棒高跳においてイップスと類似した症状である「踏み切れない病」の既往歴の有無および有病率を明らかにすることで実態を把握することを目的とした。本邦で活動する棒高跳競技者および指導者を対象としてアンケート調査を行い、112名から有効な回答を得た。また、踏み切れない病の定義・発生機序については、2名の検者が独立して回答に共通する単語を抽出した。棒高跳の競技経験のある111名中90名(81.1%)が踏み切れない病の既往歴を有しており、21名(18.9%)は既往歴がなかった。現役競技者のみで集計すると、92名中73名(79.4%)が既往歴を有しており、そのうち現在も踏み切れない病であると回答した競技者は23名(31.5%)であった。踏み切れない病が発症し、復帰にかかるまでに要した期間で最も多かった回答は、29日-6ヶ月の40件(40.4%)であった。踏み切れない病を構成する要素では、7つのカテゴリ(心理的要因、助走歩数、場面、パフォーマンス局面、期間、踏み切ることのできる割合、曲げられない)が抽出された。踏み切れない病の発生要因は13種類の要因が抽出され、最も多かった回答が「特に理由がない」の26件であり、次いで「地面に落ちる等の事故」が24件であった。棒高跳は先行研究にて調査されている他のスポーツと同等もしくはそれ以上にイップスの既往歴がある割合や有病率が高く、競技続行や向上の弊害となっている危険性がある。踏み切れない病を構成する要素として挙げられたカテゴリ内で最も回答の多かった要因をまとめると「踏切直前で感じた恐怖や不安によって通常練習の全助走においてポールを曲げて踏み切ることが全くできないが続く状態」となる。しかし、カテゴリ内にいくつかの回答があることから踏み切れない病に段階があることが推察される。

キーワード：踏み切れない病、イップス、心的外傷後ストレス障害

1. 緒言

陸上競技の跳躍種目である棒高跳において、世界トップ競技者は男性で6m付近、女性で5m付近のバーを越

えている。そのため、跳躍時の事故により障害が残る、もしくは死に至るほどの重篤な傷害が発生することが報告されている(Boden et al., 2001; 2012)。棒高跳では、高所からの落下およびそれに類する事故を起こすことや、目撃することでトラウマを経験することがある。実際に多くの指導現場では、棒高跳において地面から離地し、ポールのみによる身体の支えに移行することができない症例を「踏み切れない病」と呼ぶ場合がある。スポーツにおいてパフォーマンスを最大限発揮するためには、身体的、技術的および心理的に優れている必要があり、このうち心理的な側面は、変動しやすく、安定的にパフォーマンスを発揮させるために必要不可欠であるといえる。特に競技者は競技中に不安や緊張に直面する機会が多く、過度な緊張や不安はパフォーマンスの低下を引き起こすことがある。心理的な影響から競技者のパフォーマンスを低下させる問題の1つとしてイップスがあり、踏み切れない病は類似した症状だと考えられる。

イップスという用語はゴルフにおいて初めて提唱され、ゴルフ競技者に影響を及ぼす不随意運動障害と定義されている(McDaniel et al., 1989)。その後、イップスは様々なスポーツにおいて生じるものとして扱われるようになり、大脳基底核障害による骨格筋の異常収縮である神経学的問題と、プレッシャーによるパフォーマンス低下である心理学的問題であると考えられている(Smith et al., 2003)。また、この両方にあてはまる競技者も存在することから(Bawden & Maynard, 2001)、明確に区別することはできないとされている。これまでイップス

1) 中京大学スポーツ科学部 School of Health and Sport Sciences, Chukyo University
〒470-0393 愛知県豊田市貝津町床立 101

2) 特定非営利活動法人ボウタカ Specified Nonprofit Corporation BOUTAKA
〒305-0005 茨城県つくば市天久保 2-2-32-107

3) 国際武道大学体育学部 Faculty of Physical Education, International Budo University
〒299-5295 千葉県勝浦市新官 841

4) 中京大学大学院スポーツ科学研究科 Graduate School of Health and Sport Sciences, Chukyo University
〒470-0393 愛知県豊田市貝津町床立 101

については、既往歴がある割合や有病率についての調査がいくつかのスポーツにおいて報告されている。McDaniel, Cummings, & Shain (1989) は、1050 名のゴルファーを対象とした質問紙調査を行い、回答が得られた 441 名 (42%) のうち 294 名 (67%) がイップスの経験があったことを報告した。また、2630 名のゴルファーを対象とした質問紙調査では、回答が得られた 1031 名のうち 541 名 (52%) にイップスの経験があったことが報告されている (Smith et al., 2000)。有病率では、大学生の硬式野球部員 1541 名を対象とした質問紙調査において、回答が得られた 1497 名のうち 263 名 (18%) の競技者にイップス経験があり、そのうち 101 名 (38%) が調査時点でイップスであると回答したことが報告されている (松田・相羽・須崎, 2020)。また、賀川ら (2013) は、野球競技者のイップス症状予備軍ともいべき「投・送球障がい兆候を示す者」への対策が必要であると述べている。イップス症状予備軍が存在するとして行われた大学生の女子ソフトボール部員 325 名を対象とした質問紙調査では、回答を得た 287 名のうち 19 名 (7%) の競技者が「イップスである」と回答し、78 名 (27%) が「イップス傾向である」と回答した (稲田・田中, 2019)。その他にも、大学生の硬式テニス部員 50 名を対象とした質問紙調査においても、50 名中 31 名 (62%) の競技者にイップス経験があり、イップス経験者のうち 12 名 (39%) が調査時点においてイップスが継続していることが報告されている (安田・坂中, 2019)。

このように多くの競技者が思い通りに体を動かせないイップスを経験しているが、いまだにその実態や発生機序の調査は進んでおらず問題が特定されていない競技も多い。棒高跳においてもどの程度の競技者が踏み切れない病を経験しているかは不明であり、問題の実態を把握できていない。踏み切れない病に関する実態について把握することは、今後棒高跳における踏み切れない病の発生機序や、克服過程を調査する際に有用な知見となる。

そこで本研究は、棒高跳における踏み切れない病の既往歴の割合および有病率を明らかにすることで実態を把握することを目的とした。

2. 方 法

2.1 対象者とデータ収集方法

本邦で活動する棒高跳競技者および指導者を対象としてアンケート調査を行った。アンケートを回答する際に、アンケート結果の研究利用に関する説明を文書にて行い、同意が得られた者の回答をデータとして用いた。アンケートの回答を 133 名から得られ、そのうち回答に欠損があった 21 名を除いた 112 名を本研究の対象者とした。調査項目は以下のとおりとした (<https://forms.gle/WZL84V2yNNzvbmBK6>)。

- ・性別 (選択)

- ・生年月 (記述)
- ・棒高跳の競技歴 (記述)
- ・棒高跳の自己最高記録 (記述)
- ・踏み切れない病の既往歴 (選択)
- ・踏み切れない病の定義 (記述)
- ・踏み切れない病の発生要因 (記述)
- ・踏み切れない病からの復帰期間 (記述)
- ・現在の踏み切れない病の有無 (選択)

2.2 データの集計

収集したデータのうち、年齢、競技歴、自己最高記録の 3 項目については、平均値±標準偏差 (最小 - 最大) で示した。踏み切れない病の既往歴の割合および有病率については、人数およびその割合を示した。踏み切れない病からの復帰に要した期間は、傷害調査における分類 (Timpka et al., 2014) を参考に、0 日、1 日、2-3 日、4-7 日、8-28 日、29 日 - 6 ヶ月、6 ヶ月以上、不明、引退に分類した。また、踏み切れない病の定義および発生機序については、自由記述の回答を質的データ分析法 SCAT (大谷, 2007) を用いて 2 名の検者が独立してコーディングし、カテゴリ化した。2 名の検者における分析に不一致が生じた場合、3 人目の検者が独立して分析し、協議することで回答を一致させた。

3. 結 果

本研究の対象者のうち 92 名 (82.1%) が現役競技者、9 名 (8.0%) が引退した競技者、10 名 (8.9%) が棒高跳経験のある指導者、1 名 (0.9%) が棒高跳経験のない指導者であった。棒高跳の競技経験がある 111 名中 90 名 (81.1%) が踏み切れない病の既往歴を有しており、21 名 (18.9%) は既往歴が無かった。現役競技者のみで集計すると、92 名中 73 名 (79.4%) が既往歴を有しており、そのうち現在も踏み切れない病であると回答した競技者は 23 名 (31.5%) であった。現役競技者の年齢、競技歴、自己最高記録を表 1 に示した。

踏み切れない病が発症し、復帰に要した期間を表 2 に示した。最も多かった回答は、29 日 - 6 ヶ月の 40 件 (40.4%) であった。次いで不明が 15 件 (15.2%)、8-28 日が 13 件 (13.1%) であった。

踏み切れない病を構成する要素には、心理的要因、助走歩数、場面、パフォーマンス局面、期間、踏み切ることのできる割合、曲げられないの 7 つのカテゴリが抽出され、各カテゴリの内訳を表 3 に示した。心理的要因は「恐怖や不安」が 40 件、助走歩数は「全助走」が 6 件、場面は「練習」が 47 件、パフォーマンス局面は「踏切直前」が 7 件、期間は「不明」が 15 件、踏み切ることのできる割合は「全く」が 23 件と最も多かった。また、踏み切れない病の発生要因は、13 種類の要因が抽出された (表 4)。最も多かった回答は「特に理由がない」

の26件であり、次いで「地面に落ちる等の事故」が24件、「ブランク」および「技術の変化」が同数で11件であった。

表1 現役競技者の基本情報

変数	男性 (n=81)						女性 (n=11)					
	平均	±	標準偏差	最小	-	最大	平均	±	標準偏差	最小	-	最大
年齢(歳)	20.19	±	14.61	10.00	-	58.00	15.00	±	3.29	11.00	-	20.00
競技歴(年)	7.93	±	6.51	0.25	-	40.00	4.66	±	2.05	0.75	-	8.08
自己最高記録(m)	4.38	±	0.68	2.70	-	5.70	3.39	±	0.45	2.70	-	4.09

表2 復帰までに要した期間

期間	n	%
0日	1	1.0
1日	1	1.0
2 - 3日	1	1.0
4 - 7日	6	6.1
8 - 28日	13	13.1
29日 - 6ヶ月	40	40.4
6ヶ月以上	10	10.1
不明	15	15.2
引退	12	12.1
総計	99	100.0

表3 踏み切れない病の定義を構成するコード

変数	件数
心理的要因	
恐怖・不安	40
イメージの欠如	8
感覚の欠如	7
助走歩数	
全助走	6
中助走	4
短助走	1
ある歩数	3
場面	
試合	10
練習	47
パフォーマンス局面	
助走する前	6
助走の途中	6
踏切直前	7
期間	
不明	15
2回以上	1
何日も	1
1週間以上	1
1ヵ月以上	1
数か月	1
踏切の割合	
低い	9
全く	23
曲げられない	9

表4 踏み切れない病の発生要因

発生要因	件数
特になし	26
地面に落ちる等の事故	24
ブランク	11
技術の変化	11
ポールの変更	9
雨風等の環境	6
疲労感	5
イメージの欠如	4
練習環境の変化	3
練習内容の変化	3
悪い試合結果	2
体格の変化	1
試合のプレッシャー	1

4. 考 察

本研究は、棒高跳における踏み切れない病の既往歴の割合および有病率を明らかにすることで実態を把握することを目的に本邦で活動する棒高跳競技者および指導者を対象としてアンケート調査を行った。その結果、111名中90名(81.1%)が踏み切れない病の既往歴を有しており、現役競技者では92名中23名(31.5%)が現在も踏み切れない病だと回答した。また、踏み切れない病の定義として7つのカテゴリが抽出された。

棒高跳における踏み切れない病の既往歴があると回答した対象者は、111名中90名(81.1%)であった。この結果は、前述したいくつかの先行研究(ゴルフ:52%および67%, 野球:18%, ソフトボール:7%, 硬式テニス:62%)と比較すると高い割合であると考えられる。また、現在も踏み切れない病だと回答した現役競技者は92名中23名(31.5%)であり、イップスの報告が多くされている硬式野球や硬式テニスと同様の割合であると考えられる。そのため、棒高跳は他のスポーツと同等もしくはそれ以上にイップスの既往歴の割合や有病率が高く、競技続行や向上の弊害となっている危険性がある。イップスは神経学的問題と心理学的問題として捉えられるとされている(Smith et al., 2003)。神経学的側面から見ると、棒高跳はクローズドスキルが求められる種目であることから同じ動作を繰り返し行っており、音楽家や外科医などの精密な動作を反復して行う職種に多く見られる局所性ジストニアとなる可能性がある。ジストニアとは、大脳基底核障害による骨格筋の異常収縮によって生じる、四肢や体幹の捻転、屈曲などの緩徐な運動(ジストニア運動)を指しており、イップスの原因の一つに局所性ジストニアがあると指摘されている(堀内ほか, 2008; 八木, 2011)。堀内ほか(2008)は同じ動作を繰り返すスポーツ競技者においてもジストニアを起こしやすいと指摘している。本研究の踏み切れない病の定義についての設問において、「力みすぎ」との回答が1件得られた。このように、少数であるものの自身の思い通りに身体を動かすことができていない症例があると推察される。他方で、心理学的な観点から棒高跳を概観すると、地面に落下する事例や棒が折れる等の事故が発生し、それを経験または目撃することにより心的外傷後ストレス障害やその他のトラウマを経験することで過度なプレッシャーがかかってしまう可能性がある。先行研究においてエリートアスリートはスポーツ特有の誘因となる出来事を含むトラウマに起因する心的外傷後ストレス障害やその他のトラウマ関連障害の割合が一般集団よりも高い可能性があることが報告されている(Aron et al., 2019)。本研究において踏み切れない病の発生要因についても記述形式で回答を収集しており、13種類の発生要因が抽出されている。その結果、最も多かった回答は「特に理由

がない」であり、次いで「地面に落ちる等の事故」であった。本研究の回答にある通り、踏み切れない病の発症は特異的な出来事により発症する場合とそうでない場合が混在していると考えられる。これはイップスが神経学的問題と心理学的問題から発生するといった考え方を支持している。また、踏み切れない病から復帰するまでに要した期間は29日-6ヶ月が40件(40.4%)と最も多かった。加えて、6ヶ月以上要した場合が10件(10.1%)であり、踏み切れない病が発症してしまうと半数以上が復帰までに1ヶ月以上の期間を有してしまうことがうかがえる。さらに、様々な状況があるが、12件(12.1%)が競技に復帰することができなかったと回答したことは重大な問題だと考えられる。

踏み切れない病を構成する要素には、7つのカテゴリ(心理的要因、助走歩数、場面、パフォーマンス局面、期間、踏み切ることのできる割合、曲げられない)が抽出された。実際の回答には、「ポールを曲げると恐怖があり踏み切れないこと」や「数ヶ月に及んで中助走から全助走にかけて全く踏み切れなくなること」、「練習で一度も踏み切れず、助走中に踏み切れないと感ずること」、「半分以上の跳躍で踏み切れないことが続く場合」などが挙げられた。それぞれのカテゴリ内において、複数のコードが抽出された。そのため、カテゴリ内で最も回答の多かった要因をまとめると、踏み切れない病は「踏切直前で感じた恐怖や不安によって通常練習の全助走においてポールを曲げて踏み切ることが全くできないことが続く状態」をさすと考えられる。しかし、カテゴリ内にいくつかの回答があることから踏み切れない病に段階があることが推察される。運動遂行中には速度と正確性のトレードオフ関係が存在することが先行研究(Fitts, 1954)にて明らかにされており、棒高跳では助走速度が高い全助走での跳躍が困難となると考えられる。しかしながら、重症な事例だと短い助走においてもポールを曲げて踏み切ることができない場合や、助走路に立った時点で踏み切ることができないと感じてしまう場合がある。そのため、ほとんどの事例を包含する定義は、「心理的要因によってポールを曲げて踏み切ることができないことが続く状態」となると考えられる。今後の研究においては、これらの定義を用いて調査することで正確な既往歴の割合や有病率を把握することが可能であると考ええる。

本研究にはいくつかの限界がある。1つ目は、選択バイアスである。本研究の対象者は、自らが踏み切れない病を経験したことから本研究に参加した可能性がある。そのため、既往歴の割合や有病率が高く表れる危険性がある。2つ目は思い出しバイアスである。本研究は横断研究であり、対象者は思い出しによってアンケートを回答しているため、結果に影響を与えている可能性がある。加えて、踏み切れない病を複数回経験している対象者は

経験した中で最も重症度が高かった事例のみを回答している可能性がある。そのため、復帰までに要した期間の回答が過大評価されている可能性がある。3つ目として本研究の踏み切れない病の既往歴の割合や有病率、復帰までに要した期間は対象者個人の踏み切れない病の認識に影響されていることである。そのため、今後の研究では我々が提案した定義を用いた調査によって正確な既往歴の割合や有病率、復帰までに要した期間を特定することが可能となる。

5. まとめ

本研究は、棒高跳における「踏み切れない病」の既往歴の割合および有病率を明らかにすることで実態を把握することを目的に本邦で活動する棒高跳競技者および指導者を対象としてアンケート調査を行った。その結果、111名中90名(81.1%)が踏み切れない病の既往歴を有しており、現役競技者では92名中23名(31.5%)が現在も踏み切れない病だと回答した。また、復帰までに要した期間は29日-6ヶ月が最も多かった。そのため、棒高跳競技者における踏み切れない病は重大な問題であり、早急な予防および治療方法の確立が求められることが示唆された。加えて、踏み切れない病の定義として7つのカテゴリが抽出された。本研究は、抽出したカテゴリより「踏切直前で感じた恐怖や不安によって通常練習の全助走においてポールを曲げて踏み切ることが全くできないことが続く状態」を踏み切れない病の定義として提案する。

文献

Aron, C. M., Harvey, S., Hainline, B., Hitchcock, M. E., and Reardon, C. L. (2019) Post-traumatic stress disorder (PTSD) and other trauma-related mental disorders in elite athletes: a narrative review. *British journal of sports medicine*, 53 (12) : 779-784.

Bawden, M., and Maynard, I. (2001) Towards an understanding of the personal experience of the yips in cricketers. *Journal of Sports Sciences*, 19(12):937-953.

Boden, B. P., Boden, M. G., Peter, R. G., Mueller, F. O., and Johnson, J. E. (2012) Catastrophic injuries in pole vaulters: a prospective 9-year follow-up study. *The American Journal of Sports Medicine*, 40(7):1488-1494.

Boden, B. P., Pasquina, P., Johnson, J., and Mueller, F. O. (2001) Catastrophic injuries in pole-vaulters. *The American Journal of Sports Medicine*, 29(1):50-54.

Fitts, P.M. (1954) The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement.

Journal of Experimental Psychology, 47(6):381-391.

堀内正浩・塩原紀久子・片岡亜紀子・長谷川泰弘 (2008) スポーツ痙攣 (sport's cramp) についての検討. *臨床スポーツ医学 = The journal of clinical sports medicine*, 25 (1) : 63-66.

稲田愛子・田中美吏 (2019) ソフトボールのイップス—選手の主観に関する実情調査—. *健康運動科学*, 9(1) : 1-11.

賀川昌明・深江 守 (2013) 投・送球障がい兆候を示す中学校野球部員の心理的特性. *鳴門教育大学研究紀要*, 28 : 440-453.

松田晃二郎・相羽枝莉子・須崎康臣 (2020) 野球におけるイップスの実態—イップスの経験者の割合、症状、発症要因、対処方法に着目して—. *九州栄養福祉大学研究紀要*, 17 : 39-54.

McDaniel, K. D., Cummings, J. L., and Shain, S. (1989) The "yips": A focal dystonia of golfers. *Neurology*, 39 (2): 192-195.

大谷 尚 (2007) 4ステップコーディングによる質的データ分析手法 SCAT の提案—着手しやすく小規模データにも適用可能な理論家の手続き—. *名古屋大学大学院教育発達科学研究紀要 (教育科学)*, 54 (2) : 27-44.

Smith, A. M., Adler, C. H., Crews, D., Wharen, R. E., Laskowski, E. R., Barnes, K., Bell, C. V.V., Pelz, D., Brennan, R. D., Smith, J., Sorenson, M. C., and Kaufman, K. R. (2003) The yips in Golf: A Continuum Between a Focal Dystonia and C hoking. *Sports Medicine*, 33 (1): 13-31.

Smith, A. M., Malo, S. A., Laskowski, E. R., Sabick, M., Cooney, W. P., Finnie, S. B., Crews, D. J., Eischen, J. J., Hay, I. D., Detling, N. J., and Others. (2000) A multidisciplinary study of the 'yips' phenomenon in golf. *Sports medicine*, 30 (6): 423-437.

Timpka, T., Alonso, J. M., Jacobsson, J., Junge, A., Branco, P., Clarsen, B., Kowalski, J., Mountjoy, M., Nilsson, S., Pluim, B., Renström, P., Rønsen, O., Steffen, K., and Edouard, P. (2014) Injury and illness definitions and data collection procedures for use in epidemiological studies in Athletics (track and field): consensus statement. *British journal of sports medicine*, 48 (7): 483-490.

八木孝彦 (2011) イップスの心理学: その病態と心理療法. *中央学院大学人間・自然論叢*, 32 : 51-77.

安田朱里・坂中尚哉 (2019) イップス経験を有する大学生テニス競技者の心理的要因に関する研究. *関西国際大学心理臨床研究*, 2 : 1-17.

観察的動作評価法による円盤投動作の評価に関する研究

菊池翔太¹⁾, 富永翔太²⁾, 関慶太郎²⁾, 青山清英²⁾

Evaluation of discus throw motion using an observational achievement evaluation standard

Shota KIKUCHI¹⁾, Shota TOMINAGA²⁾, Keitaro SEKI²⁾, Kiyohide AOYAMA²⁾

Abstract

This study examined the efficacy of the achievement evaluation standard for men's discus throw (Ono et al., 2015) in detecting differences in a thrower's motion as he improved his throw from 46.15 m to 51.15 m. Fourteen discus throwers, including four ex-discus throwers, served as evaluators. Key findings included significant improvements in scores related to "keep twist on trunk in preparation phase", "higher center of gravity in preparation phase", "rotate the hip before the shoulder in first turn", "push the ground with the left leg in first turn", "stabilize the trunk in delivery phase", and "raise the trunk in delivery phase" as the throwing distance increased. The discriminations of these significantly improved items varied from low to high. These results suggest that the evaluation standard (Ono et al., 2015) can identify intra-individual motion changes when evaluators are well-acquainted with discus throwing. However, it is unclear if evaluators with limited discus knowledge can detect such changes. Future research should focus on how evaluator knowledge impacts discus throw motion assessment.

キーワード：評価規準，運動観察，技能，投動作

1. 緒 言

競技力の向上には適切な計画に基づいた体力トレーニング、技術トレーニング、戦術トレーニングが必要不可欠である(朝岡, 1989a). 特に、円盤投では優れたパフォーマンスを達成するための技術習得が重要であることから、技術トレーニングは欠かせない。したがって、技術トレーニングの経過において競技者の動作を評価する必要が求められる。このような技術トレーニングにおける動作変容の評価は、量的・質的両面から行われている。このうち質的な動作の分析には、「質的運動分析」(クヌッソン・モリソン, 2007), 「現象学的運動分析」(朝岡, 2019) などがある。このなかで質的運動分析に「観察的動作評価法」という動作評価法がある。この観察的動作

評価法は、「動作様式の質的な変容過程を観察的に評価する方法」(中村ほか, 2011)であり、特別な装置やソフトウェアなどを必要とせず、広く普及しているビデオなどの機器を用いることで何回でも実施できる観察方法で、実践的に極めて有用である(高本ほか, 2003)。これまで観察的動作評価法を用いた動作評価の研究は、走・跳・投といった基本運動を中心に数多く行われてきた(宮丸, 1980; 中村ほか, 2011; 尾縣ほか, 1996; 高本ほか, 2003)。

本研究の対象となる円盤投の動作評価では、多くの場合バイオメカニクス的手法を用いてデータを収集し、量的な観点から動作が評価されてきた(Dapena, 1993; Yu et al., 2002; ヘイ, 2011)。しかし、バイオメカニクスデータの収集には、測定機材を取り扱うための専門的知識が必要である。また、バイオメカニクスデータの中でも関節角度や重心速度といったキネマティクスデータの解釈は比較的容易である一方で、関節トルクや力学的仕事といったキネティクスデータの解釈には一定の専門的知識が必要であることから、コーチングの現場で用いることは難しい。近年、スマートフォンアプリや人工知能(Artificial Intelligence: AI) 技術を活用した簡便な測定手法が発表されているものの、円盤投のように複雑な動作を正確に捉えるのは現時点では難しい。さらに、中村ほか(2011)は、量的に評価する方法は、結果や成果が生じた運動のしかたそのものをとらえる指標にはなりえないと指摘している。したがって、これまでに得られた量的・質的知見を基に観察的動作評価によってコーチングを行うことができれば、実践において極めて有益と考えられる。

1) 日本大学大学院文学研究科 Graduate School of Literature and Social Sciences, Nihon University
〒156-8550 東京都世田谷区桜上水 3-25-40

2) 日本大学文理学部 College of Humanities and Sciences, Nihon University
〒156-8550 東京都世田谷区桜上水 3-25-40

これらの状況を鑑み、小野ほか（2015）は、これまでに蓄積された知見を基に、円盤投動作技能の達成度評価規準（以下、円盤投評価規準と表記する）を提案している。円盤投評価規準（小野ほか、2015）は、幅広い競技レベルの競技者の動作を撮影し、8名の円盤投競技者の反復型アンケートを用いたデルファイ法を伴う特性要因分析によって作成された。岡室ほか（2019）は、円盤投評価規準（小野ほか、2015）を用いて円盤投のパフォーマンスが同程度の十種競技者と円盤投競技者の投てき動作を評価した結果、技術的課題に差異があることを報告している。この結果は、この円盤投評価規準（小野ほか、2015）を用いて投てき動作の評価を行った場合、投てき動作の質的な差異を横断的に捉えられる可能性を示唆するものである。しかし、指導現場では横断的な相違に加えて、シーズン内での個人内の投てき動作の変化を評価することも求められる。

そこで、本研究では1名の円盤投競技者を対象に、2021年に出場した3つの公認競技会での投てき動作を、小野ほか（2015）の円盤投評価規準を用いて観察的動作評価法により評価し、個人内での投てき動作の変化を吟味することにより、適切な技術トレーニングを選択するための知見を得ることを目的とした。

2. 方 法

2.1 対象者および分析試技

本研究の対象者は、円盤投を専門とする男子大学生1名（年齢：21歳、競技歴：10年）である。対象者の2021年シーズン終了時点の自己最高記録は、51.15mであり、日本選手権および日本学生陸上競技対校選手権に出場経験のある競技者である。本研究では、対象者が2021年シーズンに出場した3つの公認競技会で撮影した動画を分析試技とした。1つ目の競技会は、3月20日に行われたシーズン初戦の競技会であり、最高記録であった46.10mの試技を対象とした（以下、S（Short）試技と表記する）。2つ目の競技会は、5月3日に行われた競技会であり、最高記録であった50.48mの試技を対象とした（以下、M（Middle）試技と表記する）。この記録はこの時点での自己最高記録であり、初めて50mを突破した記録であった。3つ目の競技会は、8月10日に行われ、最高記録であった51.15mの試技を対象とした（以下、L（Long）試技と表記する）。この記録は2つ目の競技会で更新した自己最高記録をさらに更新するものであり、2021年シーズン終了時点における対象者の自己最高記録であった。以上、3つの試技を対象に観察的動作評価を行った。なお、本研究の実施にあたり日本大学文理学部研究倫理審査委員会の承認を得た（承認番号：05-72）。

2.2 データ収集

投てき動作は、小野ほか（2015）と同様に投てきサークルの後方および右側方の2か所に設置したハイスピードカメラ（ILCE-6500, SONY社製）を用いて撮影した。ハイスピードカメラは、撮影スピード120 fps、シャッタースピード1/2000s、絞りF6.3、ISO感度AUTOに設定した。

2.3 評価者および評価方法

本研究の評価者は、現役の円盤投競技者である男子大学生10名と、元円盤投競技者の男性4名の合計14名（年齢：21.79 ± 0.94歳、競技歴：7.57 ± 1.80年）とした。なお、評価者はいずれも自己最高記録が40m以上であり、円盤投に関する知見を十分に有していると考えられる。評価者には、37項目からなる円盤投評価規準（小野ほか、2015）を4件法によって評価させた（表1）。なお、Semantic Differential法を用いて1が低評価、4が高評価とした。評価者には、公認競技会で撮影した動画を送付し、各自で動画を視聴させた。評価者には投てき記録を伝えているが、評価に影響を及ぼす可能性があることから、それぞれの動画がどの試技であったかは明かしていない。なお、動画を用いた運動観察における動画の再生スピードについては、さまざまな留意点があるが（朝岡、1989b；佐藤、2001）、小野ほか（2015）に倣い動画を視聴する際のコマ送りや一時停止、スロー再生などは自由とした。

また、評価結果についてより詳細に検討するために、小野ほか（2015）が示している円盤投動作技能の項目特性を参考にした（表2）。円盤投動作技能の項目特性は、小野ほか（2015）の被験者の円盤投動作技能の達成率に基づいて、項目反応理論分析によって算出された。項目反応理論分析とは、課題項目を作成・実施・評価・運用するための実践的な数値モデルであり、課題項目に対する反応（回答結果）から、各課題項目における特性を算出するものであり（豊田、2012）、あらゆるスポーツにおいて達成度評価規準（松岡ほか、2017；大澤ほか、2021；横尾ほか、2021）を作成する際に使用される手法である。課題項目特性として、困難度、識別力、能力値が算出された。困難度とは、各項目の達成確率が50%のときの能力値を示しており、値が大きい場合はその項目を達成するために高い技能が必要であることを意味する。識別力とは、能力の差によって達成確率に与える影響を示しており、値が大きい場合は能力の差を区別しやすく、評価が容易であることを意味する。能力値とは、各項目において小野ほか（2015）の被験者が有する能力の度合いを意味する。なお、達成率が100%であった項目については、除外されている。

表1 円盤投評価規準 (小野ほか (2015) をもとに一部改変)

動作	下位動作	項目	番号	時点	合否判定規準	評価
準備動作	回転準備	体幹のため	1	最大バックスイング時	下体を止めて上体を捻ることで、大きな反動のエネルギーを蓄えている	1・2・3・4
		上半身と下半身の捻り	2	最大バックスイング時	上半身と下半身が捻転している	1・2・3・4
		重心移動	3	準備動作局面	最大バックスイングに至るまでに円盤を右⇒左⇒右へスイングし、身体重心を左右に移動させている	1・2・3・4
	姿勢保持	高い重心	4	最大バックスイング時	最大バックスイング時に身体重心位置を高く保持している	1・2・3・4
		上半身の起こし	5	最大バックスイング時	骨盤が前傾した状態で上半身が起きている	1・2・3・4
		体幹の安定 (軸)	6	準備動作局面	回転の中心となる身体のを保っている	1・2・3・4
投てき方向への推進		重心の落とし込み	7	最大バックスイング～右足離地	最大バックスイングから右足離地に於いて、投てき方向へ重心の落とし込みでいる	1・2・3・4
		重心の水平移動	8	右足離地～左足離地	腰の位置が上下動なく地面と水平に移動している	1・2・3・4
		腰の先行	9	ファーストターン局面	上半身を腰が先行している	1・2・3・4
	回転	左脚の押し込み	10	ファーストターン局面	左脚が屈曲した状態から伸展している	1・2・3・4
		右脚の振り込み	11	ファーストターン局面	右足踵が右膝水平よりも高い位置まであがり右足を幅広く振り込んでいる	1・2・3・4
		左軸回転	12	ファーストターン局面	左脚に体重が十分乗り、身体のを保ったまま回転ができている	1・2・3・4
セカンドターン	姿勢保持	股関節の開き	13	右足離地時	右足離地寸前に左つま先が開き左半身は進んでいるが右半身は残っており両者の間で股関節が開いている	1・2・3・4
		体幹の安定 (軸)	14	ファーストターン局面	体幹の安定を保ち、円盤を肩より後方に保持している	1・2・3・4
		左手のリード	15	ファーストターン局面	地面と水平方向に体をリードし上部が開いていない	1・2・3・4
	投てき方向への推進	腰の先行	16	セカンドターン局面	上部よりも腰が先行している	1・2・3・4
		左足の畳み込み	17	セカンドターン局面	左足が間延びせずコンパクトに接地している	1・2・3・4
		右足の方向付け	18	左足離地～右足接地	振り込んだ右脚を投てき方向に回しこみ方向付けしている	1・2・3・4
セカンドターン	回転	右足の回し込み	19	右足接地～左足接地	右足が接地してから左足が接地するまでの間、投てき方向に右足が回り続けている	1・2・3・4
		左足の振り込み	20	セカンドターン局面	右半身先行で左足踵が左膝水平よりも高い位置まであがった状態で振り込んでいる	1・2・3・4
		左手のリード	21	左足離地～右足接地	円盤の軌道を先行し上部が開かないように左手のリードが行われている	1・2・3・4
	姿勢保持	体幹の安定 (軸)	22	セカンドターン局面	体幹の安定を保ち、円盤を肩より後方に保持している	1・2・3・4
		体幹のひねり (ため)	23	左足接地時	体幹を中心に腰と肩のひねり姿勢ができている	1・2・3・4
		円盤の位置	24	左足接地時	円盤が肩と水平かやや後方の位置に保たれている	1・2・3・4
投げ	パワーポジション (左足接地時姿勢)	地面に対する軸の後傾	25	左足接地時	地面に対して身体のを軸が後傾している	1・2・3・4
		右足の重心	26	左足接地時	右足の重心が乗っている	1・2・3・4
		腰の先行 (投てき方向)	27	投げ局面前半	腰が円盤よりも投てき方向に先行している	1・2・3・4
	投てき方向への推進	右足の捻じり込み	28	投げ局面前半	右膝関節、右足関節の角度を変えずに倒しこむようにして右足が投てき方向に捻じ込んでいる	1・2・3・4
		左足のブロック	29	投げ局面	左腕でブロック動作ができている	1・2・3・4
		軸の安定 (縦方向)	30	投げ局面	パワーポジションから円盤を投げるまで身体のを縦方向の軸を保っている	1・2・3・4
回転		軸の起こし	31	投げ局面	左足接地から円盤をリリースするまでに、投てき方向へ身体のを起こし動作を行っている	1・2・3・4
		左手のブロック	32	円盤リリース直前	左腕を引き付けながらかたまたまブロック動作ができている	1・2・3・4
		腰の先行 (回転方向)	33	投げ局面前半	腰が円盤よりも回転方向に先行している	1・2・3・4
	回転	円盤の軌道	34	リリース時	体幹と右腕が直交 (90°) した状態で、円盤の投射角度は35 - 40°で円盤の姿勢角が負になるように投げ出している	1・2・3・4
		軸の安定 (横方向)	35	投げ局面	右腕-肩-左腕の軸を保ち、投てき方向に対して左右の傾きがない状態で円盤を振り切っている	1・2・3・4
		左手のリード	36	投げ局面	身体のを縦方向の軸を中心にして、左手を大きくリードできている	1・2・3・4
指先のスナップ		指先のスナップ	37	円盤リリース直前	円盤を投げ出す瞬間に、指先で円盤に回転を加えている	1・2・3・4

表 2 円盤投技能の項目特性 (小野ほか (2015) をもとに一部改変)

局面	動作	番号	測定項目	達成率 (%)	困難度 (50%)	識別力	能力値
準備動作	回転準備	1	体幹のため	80.2	-1.13	1.31	-0.14
		4	高い重心	51.0	-0.06	0.87	1.43
		5	上半身の起こし	76.0	-0.92	1.51	-0.06
	姿勢保持	6	体幹の安定 (軸)	80.2	-1.05	1.76	-0.32
		7	重心の落とし込み	43.8	0.25	0.77	1.92
		8	重心の水平移動	63.5	-0.47	1.96	0.19
	投てき方向への推進	9	腰の先行	39.6	0.36	1.10	1.54
		10	左足の押し込み	47.9	0.05	1.26	1.07
		11	右足の振り込み	26.0	0.81	1.80	1.53
ファースト ターン	回転	12	左軸回転	86.5	-1.27	2.14	-0.66
		13	股関節の開き	17.7	1.27	1.20	2.35
		14	体幹の安定 (軸)	82.3	-1.14	1.71	-0.38
	姿勢保持	15	左手のリード	76.0	-0.97	1.25	0.07
		16	腰の先行	74.0	-0.81	1.94	-0.14
		17	左足の畳み込み	46.9	0.09	1.15	1.22
	投てき方向への推進	18	右足の方向付け	59.4	-0.38	0.93	1.01
		19	右足の回し込み	40.6	0.33	1.09	1.51
		20	左足の振り込み	30.2	0.68	1.49	1.54
セカンド ターン	姿勢保持	21	左手のリード	76.0	-0.94	1.37	0.00
		22	体幹の安定 (軸)	79.2	-1.01	1.73	-0.27
		23	体幹のひねり (ため)	51.0	-0.07	1.37	0.88
	パワーポジション	24	円盤の位置	49.0	-0.01	1.79	0.72
		25	地面に対する軸の後傾	44.8	0.16	1.24	1.20
		26	右足重心	70.8	-0.78	1.17	0.33
	投てき方向への推進	27	腰の先行 (投てき方向)	63.1	-0.14	1.18	0.96
		28	右足の捻じり込み	51.0	-0.07	1.40	0.86
		29	左足のブロック	86.5	-1.33	1.67	-0.56
投げ	投てき方向への推進	30	軸の安定 (縦方向)	43.8	0.23	0.88	1.70
		31	軸の起こし	14.6	1.32	1.62	2.12
		32	左手のブロック	74.0	-0.91	1.14	0.23
	回転	33	腰の先行 (回転方向)	26.0	0.90	1.14	2.04
		34	円盤の軌道	22.9	0.94	1.76	1.67
		35	軸の安定 (横方向)	50.0	-0.02	1.07	1.19
	投てき方向への推進	36	左手のリード	75.0	-0.91	1.31	0.07

2.4 統計処理

本研究で示す値は、すべて平均値±標準偏差で示した。Shapiro-Wilkの正規性の検定の結果、サンプルに正規性が見られなかったことから、試技間の比較には、対応のある3群以上のノンパラメトリック検定(Friedman検定)を行った。また、多重比較にはWilcoxonの順位検定を行った。さらに、水本・竹内(2008)を参考に、算出された検定統計量 z 値を用いて効果量 r を以下の式で算出した(式1)。これらの分析には統計処理ソフトSPSS Statistics ver29 (IBM社製, USA)を用いた。なお、有意確率は5%未満とした。

$$r = \frac{z}{\sqrt{n}} \quad (\text{式1})$$

3. 結果および考察

表3には、14名の評価者の回答およびノンパラメトリック検定の結果を示した。試技間に有意差が認められた項目は準備動作で2項目、ファーストターンで2項目、セカンドターンで0項目、投げで2項目の計6項目であった。いずれの項目においても、記録の低い試技と比較して高い試技で高評価になる傾向が認められた。また、有意差が認められた項目の識別力は低いもの(0.87)から高いもの(1.62)まであり、円盤投に関する十分な知識を有する者が評価者である場合、円盤投評価規準(小野ほか, 2015)を用いて個人内の縦断的な変化を捉えることができることが示唆された。ここからは、有意差が認められた項目について局面ごとに検討する。

準備動作では、「体幹のため」($p = 0.005$)と「高い重心」($p = 0.040$)に有意差が認められ、「体幹のため」は、S試技と比較してM試技およびL試技で有意に高値を示した。小野ほか(2015)は、体幹の大きさが大きな反動エネルギーの獲得につながると述べている。また、山崎(1973)は、上体を大きく捻ることによって円盤を加速させ、ターンの速度の増加を目指すべきであると述べていることから、記録の高い試技では体幹を大きく捻ることで大きな反動エネルギーを蓄積していたと考えられる。円盤投評価規準(小野ほか, 2015)では、「体幹のため」は困難度の低い項目であるが、山崎(1973)は、この局面において競技力の向上につれて徐々に上体の捻りを大きくしていくべきであることを指摘している。本研究の評価は4件法であり、本研究の対象者の動作が山崎(1973)の指摘のように、記録の向上とともに上体の捻りが大きくなっていたことが評価に現れていたと考えられる。また、「高い重心」は、S試技と比較して、M試技およびL試技で有意に高値を示しており、記録の高い試技では最大バックスイング時に重心が高い姿勢を保持していたと考えられる。円盤投評価規準(小野ほか, 2015)では、「高い重心」の困難度と能力値は準備動作

の他の項目と比較して高い値となっており、この局面において最も重要な項目と考えられる。このことから、本研究の対象者は記録の向上とともにこの局面の重要な動作をより正確に遂行できるようになったことが示唆された。一方で、「高い重心」は、本研究の有意差が認められた項目の中で最も識別力の低い項目であり、円盤投評価規準(小野ほか, 2015)の全項目の中でも識別力の低い項目であったが、円盤投に関する十分な知識を有する者であれば、円盤投評価規準(小野ほか, 2015)に基づいて評価できる可能性が示された。

次に、ファーストターンでは「腰の先行」($p=0.045$)と「左脚の押し込み」($p=0.006$)に有意差が認められた。「腰の先行」は、S試技およびM試技と比較してL試技で有意に高値を示しており、記録の高い試技において腰が上半身をより先行していたと考えられる。「腰の先行」は、ファーストターン中の滞空期において円盤の速度が著しく減少することから(松尾・湯浅, 2005)、滞空期の動作時間を短くするためにみられる動作である(ヘイ, 2011)。したがって、L試技においては、腰をより先行させて、円盤の減速を抑制しようとした可能性がある。また、「左脚の押し込み」は、S試技と比較してM試技およびL試技で有意に高値を示した。「左脚の押し込み」は、左脚が屈曲した状態から伸展する動作のことであり(小野ほか, 2015)、記録の高い試技において左脚の膝関節の伸展が顕著にみられたと考えられる。ファーストターンは、右下肢による体幹長軸まわりの回転運動と左足で地面を押すことで投てき方向へ移動する並進運動が組み合わさった動作(ヘイ, 2011)であり、左右下肢の運動の調和が求められる。左脚の押し込み動作は、投てき方向への並進運動に寄与しており、左脚の押し込み動作の重要性は、多くの先行研究で指摘されている(前田ほか, 2017; 山本・伊藤, 2018; 前田ほか, 2019; 鈴木, 2020)。前田ほか(2017)は、左脚離地時の重心速度および並進運動量は、投射速度と相関関係にあると報告しており、「左脚の押し込み」の改善は、投てき距離の向上に貢献したと考えられる。

投げ動作では、「軸の安定(縦方向)」($p=0.010$)と「軸の起こし」($p=0.024$)に有意差が認められた。「軸の安定(縦方向)」は、S試技と比較してM試技およびL試技で有意に高値を示しており、記録の高い試技では体幹軸の左右方向への揺れが少なかったと考えられる。また、「軸の起こし」は、S試技およびM試技と比較してL試技で有意に高値を示しており、投てき方向へ身体を立ち上げていたと考えられる。「軸の起こし」は、困難度が最も高い項目である(小野ほか, 2015)。投げ動作は、予備動作によって獲得した角運動量を円盤に転移する重要な局面であり(鈴木, 2020; 宮崎ほか, 2016)、体幹部の捻り戻し動作、右脚の内旋動作、左脚のブロック動作などによって、投てき方向への起こし回転を誘発する。

表 3 円盤投動作の評価結果 (n = 14)

動作	下位動作	項目	番号	S 条件		M 条件		L 条件		p	多重比較	r	
				mean ± SD	mean ± SD	mean ± SD	mean ± SD	S vs M	M vs L			S vs L	
準備動作	回転準備	体幹のため	1	3.00 ± 0.78	3.36 ± 0.63	3.64 ± 0.63	3.64 ± 0.63	0.005	S < M・L	0.60	0.34	0.52	
		上半身と下半身の捻り	2	3.14 ± 0.86	3.43 ± 0.64	3.36 ± 0.63	3.36 ± 0.63	0.223	-	-	-	-	
		重心移動	3	3.43 ± 0.65	3.71 ± 0.47	3.57 ± 0.65	3.57 ± 0.65	0.289	-	-	-	-	
	姿勢保持	高い重心	4	3.00 ± 0.68	3.57 ± 0.51	3.50 ± 0.65	3.50 ± 0.65	0.040	S < M・L	0.61	0.12	0.48	
		上半身の起こし	5	3.14 ± 0.63	3.36 ± 0.50	3.36 ± 0.75	3.36 ± 0.75	0.422	-	-	-	-	
		体幹の安定（軸）	6	3.57 ± 0.76	3.86 ± 0.36	3.64 ± 0.63	3.64 ± 0.63	0.422	-	-	-	-	
	投てき方向への推進	重心の落とし込み	7	2.79 ± 0.98	3.07 ± 0.92	3.21 ± 0.89	3.21 ± 0.89	0.159	-	-	-	-	
		重心の水平移動	8	3.36 ± 0.84	3.64 ± 0.50	3.50 ± 0.65	3.50 ± 0.65	0.350	-	-	-	-	
		腰の先行	9	3.29 ± 0.61	3.50 ± 0.65	3.79 ± 0.43	3.79 ± 0.43	0.045	S・M < L	0.24	0.53	0.62	
		左足の押し込み	10	2.50 ± 0.65	3.14 ± 0.54	2.86 ± 0.54	2.86 ± 0.54	0.006	S < M・L	0.66	0.44	0.60	
フリースト ターン	回転	右足の振り込み	11	2.29 ± 0.61	2.14 ± 0.66	2.50 ± 0.94	2.50 ± 0.94	0.331	-	-	-	-	
		左軸回転	12	3.14 ± 0.77	3.43 ± 0.76	3.29 ± 0.91	3.29 ± 0.91	0.446	-	-	-	-	
		股関節の開き	13	2.64 ± 0.84	2.86 ± 0.77	2.93 ± 0.83	2.93 ± 0.83	0.228	-	-	-	-	
	姿勢保持	体幹の安定（軸）	14	3.64 ± 0.50	3.71 ± 0.47	3.64 ± 0.50	3.64 ± 0.50	0.717	-	-	-	-	
		左手のリード	15	3.14 ± 0.77	3.50 ± 0.76	3.21 ± 0.80	3.21 ± 0.80	0.254	-	-	-	-	
		腰の先行	16	3.50 ± 0.65	3.50 ± 0.65	3.34 ± 0.76	3.34 ± 0.76	0.565	-	-	-	-	
	投てき方向への推進	左足の畳み込み	17	3.36 ± 0.63	3.71 ± 0.47	3.36 ± 0.63	3.36 ± 0.63	0.124	-	-	-	-	
		右足の方向付け	18	3.57 ± 0.65	3.79 ± 0.43	3.64 ± 0.50	3.64 ± 0.50	0.196	-	-	-	-	
		右足の回し込み	19	3.64 ± 0.75	3.64 ± 0.50	3.57 ± 0.65	3.57 ± 0.65	0.949	-	-	-	-	
		左足の振り込み	20	3.21 ± 0.58	3.50 ± 0.65	3.29 ± 0.73	3.29 ± 0.73	0.279	-	-	-	-	
セカンド ターン	姿勢保持	左手のリード	21	3.00 ± 0.68	3.36 ± 0.76	3.29 ± 0.91	3.29 ± 0.91	0.337	-	-	-	-	
		体幹の安定（軸）	22	3.50 ± 0.76	3.79 ± 0.43	3.71 ± 0.61	3.71 ± 0.61	0.116	-	-	-	-	
		体幹のひねり（ため）	23	3.21 ± 0.58	3.50 ± 0.52	3.34 ± 0.76	3.34 ± 0.76	0.303	-	-	-	-	
	パワーポジション （左足接地時姿勢）	円盤の位置	24	3.57 ± 0.76	3.64 ± 0.50	3.57 ± 0.65	3.57 ± 0.65	0.819	-	-	-	-	
		地面に対する軸の後傾	25	3.57 ± 0.76	3.64 ± 0.75	3.86 ± 0.54	3.86 ± 0.54	0.305	-	-	-	-	
		右側重心	26	3.50 ± 0.65	3.50 ± 0.76	3.29 ± 0.83	3.29 ± 0.83	0.276	-	-	-	-	
	投てき方向への推進	腰の先行（投てき方向）	27	3.36 ± 0.75	3.71 ± 0.61	3.71 ± 0.61	3.71 ± 0.61	0.115	-	-	-	-	
		右足の捻じり込み	28	3.14 ± 0.86	3.43 ± 0.76	3.14 ± 0.77	3.14 ± 0.77	0.405	-	-	-	-	
		左足のブロック	29	3.21 ± 0.70	3.71 ± 0.47	3.29 ± 0.91	3.29 ± 0.91	0.061	-	-	-	-	
		軸の安定（縦方向）	30	3.14 ± 0.95	3.64 ± 0.50	3.57 ± 0.65	3.57 ± 0.65	0.010	S < M・L	0.62	0.15	0.57	
投げ	軸の起こし	軸の起こし	31	2.86 ± 0.66	2.86 ± 0.66	3.43 ± 0.65	3.43 ± 0.65	0.024	S・M < L	0.00	0.57	0.57	
		左手のブロック	32	2.79 ± 0.70	2.86 ± 0.77	3.07 ± 1.00	3.07 ± 1.00	0.280	-	-	-	-	
		腰の先行（回転方向）	33	3.43 ± 0.65	3.29 ± 0.91	3.50 ± 0.76	3.50 ± 0.76	0.444	-	-	-	-	
	回転	円盤の軌道	34	3.07 ± 0.83	3.36 ± 0.63	2.86 ± 0.86	2.86 ± 0.86	0.055	-	-	-	-	
		軸の安定（横方向）	35	3.21 ± 0.70	3.21 ± 0.70	3.29 ± 0.83	3.29 ± 0.83	0.779	-	-	-	-	
		左手のリード	36	3.43 ± 0.76	3.57 ± 0.76	3.34 ± 0.65	3.34 ± 0.65	0.607	-	-	-	-	
		指先のスナップ	37	3.50 ± 0.76	3.79 ± 0.58	3.64 ± 0.63	3.64 ± 0.63	0.350	-	-	-	-	

したがって、L 試技では体幹部の安定性を保ち、起こし回転の誘発によって効率よく角運動量を円盤に伝達していたと考えられ、M 試技から L 試技の記録の向上に貢献していた可能性がある。

ここまで、有意差が認められた項目について考察を進めてきたが、有意差が認められなかった項目も数多くみられた。そこで、有意差が認められなかった項目についてみると、ファーストターンでは、試技間に有意差が認められなかった項目のうち「重心の落とし込み」、「右脚の振り込み」、「股関節の開き」が3 試技とも低評価となっていた。特に、「右脚の振り込み」は、投てき方向に向けて移動するための動作であり、～角運動量や重心速度の獲得に寄与する重要な動作であることから(前田ほか, 2019)、早急に改善すべき点であると言えよう。また、セカンドターンでは、すべての項目について試技間に有意差が認められなかった。いずれの項目も、高評価となっているが、特に困難度が高い「右足の回しこみ」、「左脚の振り込み」については高評価になっていることから、対象者は優れた投てき動作を有していた可能性がある。さらに、投げ動作では、試技間に有意差が認められなかった項目のうち「左手のブロック」、「円盤の軌跡」が3 試技とも低評価となっていた。「左手のブロック」は、ブロック動作時にブロック動作を助長する重要な動作で、左腕をコンパクトに折りたたむことを指す(山崎, 1993)。ブロック動作について、山崎(1993)は、ターンで得たスピードを急激にストップさせて、そのエネルギーを円盤に移し換える技術と述べている。ブロック動作は、円盤投をはじめとした多くの投てき種目で重要な技術であることから、改善することによってより良い投動作になると考えられる。

4. 本研究の限界

本研究は、複数の評価者が円盤投評価規準(小野ほか, 2015)に基づいて評価を行った。1名の円盤投競技者を対象に、公認競技会で撮影されたものであるため、小野ほか(2015)が指摘している体格や服装が評価に与えた影響は小さいと考えられる。ただし、本研究は日本選手権に出場経験のある競技レベルの高い競技者を対象に、短い期間での投てき動作の変化を評価しており、技術的な変化が小さい可能性があった。そのため、小野ほか(2015)と同様に適切な評価を実施するために、動画の再生方法については自由とし、評価する時間も十分に確保した。しかし、映像データから評価を行っていることから、これらの影響を完全に排除することはできない。また、初学者や経験の浅い競技者の場合、本研究と同様に評価をすることができるかは不明瞭である。

また、円盤投動作の技術的ポイントは、本研究で用いた円盤投評価規準(小野ほか, 2015)で示された以外にもみられる。しかし、本研究は円盤投評価規準(小野ほ

か, 2015)の範囲内における考察にとどめており、円盤投動作の縦断的な変化を網羅的に示しているわけではない。以上が本研究の限界であると言える。

5. まとめ

本研究の目的は、円盤投評価規準(小野ほか, 2015)を用いて、1名の対象者の円盤投動作を評価し、記録の向上に貢献した動作を明らかにするとともに、縦断的な変化を捉えることができるか検証することであった。本研究の結果は、以下のようにまとめることができる。

- (1) 37 項目の評価項目のうち、準備局面では「体幹のため」、「高い重心」に、ファーストターンでは「腰の先行」、「左脚の押し込み」に、投げ動作では「軸の安定」、「軸の起こし」に、それぞれ試技間に有意差が認められ、S 試技と比較して M 試技、M 試技と比較して L 試技において高い評価を受けたことが確認された。
- (2) 有意差が認められた項目の識別力は高いものから低いものまで含まれていた。

以上の結果から、円盤投評価規準(小野ほか, 2015)を用いることで、円盤投に関する十分な知識を有する者であれば個人内の投てき動作の変化を捉えることができる可能性が示された。ただし、本研究の評価者は、円盤投の知識を十分に有しており、小野ほか(2015)が目指す「誰もが目で見て判断できる一貫した指標」になりうるかは、不明瞭である。今後は、円盤投の知識を有していない評価者に評価を実施させ、投てき動作を適切に評価できるか検証する必要があるだろう。また、本研究の対象者は日本選手権に出場経験のある競技レベルの高い競技者を対象としており、初学者や経験の浅い競技者を対象とした場合に同様の評価を行うことができるかは不明瞭であり、今後の課題と言えよう。

文献

- 朝岡正雄(1989a) わが国における体力トレーニングの現状と課題. スポーツ運動学研究, 2: 13-21.
- 朝岡正雄(1989b) 講座 運動学 運動の他者観察. 学校体育. 日本体育社: 東京, 8月号: 140-145.
- 朝岡正雄(2019) 指導者のためのスポーツ運動学. 大修館書店: 東京.
- Dapena J. (1993) New Insights on Discus Throwing. Track Technique, 125: 3977-3983.
- ヘイ: 植屋清見・阿江通良・丸山剛生監修(2011) スポーツ技術のバイオメカニクス. ブックハウス HD: 東京.
- 〈Hay, J. G. (1993) Biomechanics of Sports Techniques, 4th Edition. Prentice Hall: NJ.〉
- クヌッソン・モリソン: 阿江通良監訳(2007) 体育・スポーツ指導のための動きの質的分析入門. ナップ: 東京.
- 〈Knudon, D.V. and Morrison, C.S. (1997) Qualitative

- analysis of human movement, second edition. Human Kinetics: Champaign.)
- 前田 奎・大山下圭悟・関慶太郎・水島 淳・広瀬健一・尾縣 貢 (2019) 円盤投における高い初速度獲得のための動作要因間の因果関係. 体育学研究, 64 (1) : 21-36.
- 前田 奎・大山下圭悟・広瀬健一・尾縣 貢 (2017) 円盤投における並進運動に関するパラメータと円盤の初速度との関係. 陸上競技学会誌, 15 (1) : 35-46.
- 水本 篤・竹内 理 (2008) 研究論文における効果量の報告のために—基礎的概念と注意点—. 英語教育研究, 31 : 57-66.
- 宮丸凱史 (1980) 投げの動作の発達. 体育の科学, 30 : 463-471.
- 宮崎利勝・高橋和将・平山大作・内藤 景・阿江通良・大山下圭悟 (2016) 円盤投げにおける体幹の捻転動作が円盤の初速度に与える影響. 陸上競技学会誌, 14 : 19-26.
- 松尾宣隆・湯浅景元 (2005) 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. 中京大学体育学論叢, 46 (2) : 33-43.
- 松岡弘樹・田原康寛・中村 環・猶本 光・安藤 梢・見汐翔太・山守杏奈・西嶋尚彦 (2017) サッカーのトラッキングデータからの守備戦術プレーの達成度評価. 統計数理研究所共同研究リポート, 380 : 95-104.
- 中村和彦・武長理栄・川路昌寛・川添公仁・篠原俊明・山本敏之・山縣然太朗・宮丸凱史 (2011) 観察的評価法による幼児の基本的動作様式の発達. 発育発達研究, 51 : 1-18.
- 尾縣 貢・関岡康雄・飯田 捻 (1996) 成人女性における投能力向上の可能性. 体育学研究, 41 : 11-22.
- 岡室憲明・前田 奎・大山下圭悟・松林武生・水島 淳・木越清信 (2019) 観察的動作評価法を用いた十種競技者における円盤投の技術的課題の検討. コーチング学研究, 33 (1) : 31-41.
- 小野真弘・徐 広孝・大山下圭悟・西嶋尚彦 (2015) 円盤投動作技能の評価規準. 体育測定評価研究, 14 : 1-10.
- 大澤啓亮・徐 広孝・三橋大輔・松岡弘樹・安藤 梢・西嶋尚彦 (2021) 一流選手のテニスゲームのプレー分析のための達成度評価項目の開発. 教育医学, 66 (3) : 162-177.
- 佐藤 徹 (2001) 運動観察のトレーニングに関する基礎的研究. スポーツ運動学研究, 14 : 15-25.
- 鈴木佑弥 (2020) 円盤投げの角運動量に関する研究—身体各部位の貢献と水平初速度に与える影響—. 仙台大学大学院スポーツ科学研究科修士論文集, 21 : 87-96.
- 高本恵美・出井雄二・尾縣 貢 (2003) 小学校児童における走, 跳および投動作の発達: 全学年を対象として. スポーツ教育学研究, 23 (1) : 1-15.
- 豊田秀樹 (2012) 項目反応理論 [入門編] (第2版). 朝倉書店: 東京.
- 山本大輔・伊藤 章 (2018) 円盤投げにおける身体合成重心速度が投てき記録と動作に及ぼす影響. 大阪体育学研究, 48 : 119-127.
- 山崎祐司 (1973) 最新陸上競技入門シリーズ⑫ 円盤投げ. ベースボールマガジン社: 東京.
- 横尾智治・松岡弘樹・安藤 梢・西嶋尚彦 (2021) 高校体育における主体的問題解決能力の育成のための達成度評価テスト項目の開発—国立大学付属学校の事例—. 身体運動文化研究, 26 : 1-14.
- Yu, B., Broker, J., and Silvester, L. J. (2002) A kinetic analysis on discus throwing techniques. Sports Biomechanics, 1 (1) : 25-46.

短距離競技者におけるパワー発揮能力の向上に向けた 目標値の設定に関する一考察

石川稜将¹⁾, 木越清信²⁾

A study on the setting of goals for the power exertion ability of sprinters

Ryosuke ISHIKAWA¹⁾, Kiyonobu KIGOSHI²⁾

Abstract

The purpose of this study was to construct an ideal model based on the findings and data obtained in previous studies and to examine the direction for improving the power exertion ability of sprinters. A literature review on the appropriate jump tests to evaluate the power exertion ability of sprinters revealed that jump tests such as CMJ, DJ, and RJ cannot adequately reflect the specificity of sprint running. On the other hand, the newly devised Multi contact time-jump test (MCT-jump test) appeared to be a promising solution to these limitations. Therefore, the MCT-jump test was used in this study to evaluate the power exertion ability of the sprinters. The subjects of this study were 10 male sprinters (season best time: 11.23 ± 0.37 s). As a result of the examination of the direction of improvement of the power exertion ability of sprinters in this study, it was found that the targets were 0.40 s in optimum contact time and 0.60 m in maximum jump height to run 100 m in 10.80 s. These findings suggest that sprinters need to shorten the optimum contact time and improve the maximum jump height to improve their performance.

キーワード：ジャンプ, 接地時間, 跳躍高, MCT-jump test

1. 短距離競技者を対象としたパワー発揮能力の評価に関する問題の所在

下肢におけるパワー発揮能力の向上は、陸上競技を含む多くのスポーツ競技において、優れたパフォーマンスを達成するための重要な課題である（荏山・図子, 2013）。この課題を解決するために、陸上競技者の多くがレジスタンストレーニングやプライオメトリクスなどのトレーニングに取り組んでいるが、そのトレーニング効果を競技パフォーマンスの向上につなげるためには、自身の専門種目で求められるパワー発揮能力について理解し、自らが高めるべきパワー発揮能力を明確にしておく必要がある。これまで、体育・スポーツ科学では、自

転車ペダリング運動をはじめ、様々な手段で競技者の有するパワー発揮能力を評価してきた。ジャンプ運動もその一つであり、陸上競技者のパワー発揮能力を評価する手段としてトレーニング現場などでも広く用いられている。しかし、先行研究を概観すると、ジャンプ運動を用いたパワー発揮能力の評価には問題点が散見される。また、最近では新たな評価法も検討されているが、これらの整理も十分になされていない。そこで、以降では、これらの点、つまり既存のパワー発揮能力の評価法や評価指標にみられる問題点や新たな評価法について文献研究を行い、ジャンプ運動を用いたパワー発揮能力の評価における問題の所在を明確にすることを目指す。

これまで、陸上競技者のパワー発揮能力は、Countermovement jump（以下、CMJ とする）、Drop jump（以下、DJ とする）、Rebound jump（以下、RJ とする）などのジャンプ運動を用いて評価されてきた。パワー発揮能力の評価指標として、CMJ では跳躍高、DJ および RJ では Reactive strength index（以下、RSI とする）が採用される場合が多く、いずれも高値を示した際に大きなパワーが発揮されたと解釈される。特に、RSI では、極めて短い時間で大きな力を発揮する能力が評価されており、跳躍高を接地時間で除すことで算出される（Young et al., 1999）という点においては、仕事率としてのパワーに類似している。なお、RSI は、国内において DJ-index（図子ほか, 1993）あるいは RJ 指数（図子ほか, 2017）などの呼称で普及している（以下、DJ または RJ を実験試技として、前述の式によって算出された指標は全て RSI と呼ぶ）。

CMJ の跳躍高や RSI を用いて、陸上競技の各種目で

1) 筑波大学大学院人間総合科学研究群 Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1

2) 筑波大学体育系 Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1

求められるパワー発揮能力を評価した研究は散見される。Nagahara et al. (2014) は、短距離競技者を対象として、スプリント能力と各種ジャンプ能力との関係について検討し、スプリント走の加速局面前半では CMJ や Squat jump で必要とされるパワー発揮能力が重要であることを示唆している。また、図子ほか (2017) は、跳躍競技者を対象に RJ を実施し、RSI と競技パフォーマンスとの間に有意な正の相関関係が認められたことを報告している。これらのことから、CMJ の跳躍高や RSI は、短距離や跳躍種目で求められるパワー発揮能力を反映していると推測できる。しかしながら、短距離種目に関しては、実際のスプリント走における特異性に着目すると、CMJ や DJ, RJ といったジャンプ運動において測定されるパワーの指標値を短距離競技者のパワー発揮能力の評価にそのまま用いることについては問題性も指摘できる。例えば、スプリント走の接地時間が 0.1 秒程度 (福田ほか, 2013; 梶谷ほか, 2021) と報告されているのに対し、CMJ の運動遂行時間は 0.6–0.8 秒程度 (Krzyszowski et al., 2020; McMahon et al., 2021) と、5 倍以上の時間を要する。このようなゆっくりとした運動と 0.2 秒以内で行われる素早い運動とでは、神経系の制御機構が異なることが指摘されており (米田, 1989)、CMJ では短距離種目で求められるパワー発揮能力を適切に評価できていない可能性がある。一方、RSI を高めようと意識した DJ または RJ では、足関節を中心とした運動様式となるため、股関節が主動関節となるスプリント走などは相関の高低にかかわらず、その評価には十分な注意が必要となる (深代, 2017)。また、木塚 (2017) は、足関節以外の出力貢献が大きい動きを扱う場合には、指標の値を慎重に解釈すべきであると指摘している。既出の評価指標にこれらの問題点や課題が内在していることを考えると、短距離競技者のパワー発揮能力を評価する際には、スプリント走の特異性を十分に考慮した上で、測定に用いる評価法や評価指標を選択する必要がある。

ここまでの議論をまとめると、陸上競技者 (特に、短距離競技者) におけるパワー発揮能力の評価に向けた各ジャンプ運動の取り入れ方に関して、運動遂行時間や下肢三関節の総仕事に対する各関節の貢献度の観点から論じられている。そのため、短距離競技者におけるパワー発揮能力の評価に用いられる評価指標の合目的性に関する主な論点は、運動遂行時間と下肢三関節の貢献度のようである。そこで、以下では、短距離種目で求められるパワー発揮能力を適切に評価するための方法論を明確にするために、スプリント走の特異性に焦点を当てながら、既存のパワー発揮能力の評価指標にみられる課題について運動遂行時間と下肢三関節の貢献度からさらなる検討を加えたい。

短距離種目では、最大疾走速度と競技記録との間に有

意な相関関係が認められており (松尾ほか, 2014; 大沼ほか, 2020)、短距離競技者にとって最大疾走速度を高めることは重要な課題である (大島・藤井, 2016)。また、スプリント走における疾走速度 (福田ほか, 2013; Mattes et al., 2021) および疾走タイム (谷川ほか, 2008) と接地時間との関係を見ると、前者では負、後者では正の相関関係が認められていることから、スプリント能力が高い者ほど接地時間が短い傾向にある。このような関係については、接地時間を短くすることによって疾走速度が高まったと考える場合や、疾走速度が高くなることで結果的に接地時間が短くなった (小林ほか, 2009) と考える場合がある。接地時間を短くすることで疾走速度が高くなるか否かは疑問であるが、1 サイクルタイムに限定して、ピッチを維持してストライドを長くすることを考えれば、必要な鉛直力積が獲得できる範囲で接地時間を短くし、その分を滞空時間に充てることで、ストライドを長くすることは可能であるかもしれない。また、指導書のなかには、接地時間が長くなることによって支持期中のブレーキ (水平速度の減少) が大きくなることを想定し、接地時間を短くすることを短距離競技者の課題として紹介しているもの (大村, 2010) も見受けられる。一方で、疾走速度が増加すると、支持期における重心の水平移動に要する時間が短縮し、結果的に接地時間が短くなる (小林ほか, 2009) と考えることもできる。この場合、短くさせられる接地時間に応じて適切な鉛直力積を稼ぐことができる能力を備えておく必要がある。この両者の点において、短距離競技者は必要な鉛直力積を獲得できる範囲で接地時間を短くすることをトレーニングの課題とすべきだろう。下肢三関節の総仕事に対する各関節の貢献度について、スプリント走では、疾走局面によって若干の変動はあるものの足関節と比較して股関節や膝関節の貢献が大きいことが報告されている (羽田, 2008)。これと同様に、CMJ は膝関節や股関節の貢献が大きな運動であることが報告されている (Bobbett et al., 1986; Fukashiro and Komi, 1987; Hubley and Wells, 1983) が、先述したようにその運動遂行時間はスプリント走の接地時間と比較して長い。一方、RJ や DJ において、RSI を最大限に高めようと意識した試技では、足関節の貢献が最も大きな運動となる (図子ほか, 2017) が、その際の接地時間はスプリント走の接地時間と同程度である。つまり、鉛直系ジャンプ運動では、接地時間を短くしようと意識することで足関節優位な運動に変化すると考えられ、短距離競技者のパワー発揮能力を評価する場合、運動遂行時間の点からみると CMJ よりも DJ や RJ、下肢三関節の貢献度の点からみると DJ や RJ よりも CMJ の方がスプリント走の特異性をより反映していると推察される。これらを踏まえると、短距離種目で求められるパワー発揮能力をより良く評価するためには、運動遂行時間、下肢三関節の貢献度の両者の点から見て

スプリント走の特異性が反映されたテストを用いることが望まれるが、CMJ もしくは DJ, RJ のどちらか一方の手段で、両者の特異性を反映することは困難である。

運動遂行時間や下肢三関節の貢献度の点から、既存のジャンプ運動における課題点が指摘されるなか、最近では、これらの課題解決が期待できるジャンプテストが考案されている。Multi contact time-jump test (以下、MCT-jump test とする) と呼ばれるこのテストは、30 cm の台上から跳び降りた後、様々な接地時間で跳び上がるジャンプ運動を 15–20 回程度行う (梶谷ほか, 2018)。接地時間の範囲は、約 0.1 秒–1.0 秒程度と幅広く設定されており、ジャンプ運動における沈み込みの深さは接地時間の長短によって変化する。また、接地時間が短い場合には足関節の貢献が大きく、接地時間が長い場合には股関節の貢献が大きくなる (梶谷ほか, 2019) ことを踏まえると、MCT-jump test では、足関節の貢献が大きなジャンプから膝関節や股関節の貢献が大きなジャンプまで幅広く網羅されており、下肢における各関節の貢献度は接地時間の長短によって変動すると推測できる。このように考えると、MCT-jump test は CMJ や DJ, RJ といった各ジャンプ運動を含むジャンプテストであるとの見方ができ、これを用いることによって、運動遂行時間と下肢三関節の貢献度のどちらの点から見てもスプリント走の特異性をバランス良く反映した上で、短距離競技者のパワー発揮能力を評価できる可能性がある。MCT-jump test を用いた先行研究 (梶谷ほか, 2018, 2021) では、主要な評価指標として、最大跳躍高と最適反動動作時間が用いられており、前者は各試技で発揮された跳躍高の最大値 (最大仕事)、後者は最大跳躍高を発揮した試技における接地時間 (最大仕事をなすのに要した時間) とされている。また、梶谷ほか (2021) の報告によれば、スプリント走の接地時間と MCT-jump test において最大 RSI を発揮した試技における接地時間との間に有意な相関関係は認められなかったが、最適反動動作時間との間には有意な正の相関関係が認められている。したがって、MCT-jump test における最適反動動作時間とスプリント走の接地時間は、相互に影響を及ぼし合う関係にあると考えられる。

2. 本研究の射程

ここまで述べてきたように、ジャンプ運動は陸上競技の短距離や跳躍種目で求められるパワー発揮能力について検討する際にも用いられてきた。しかし、現状のパワー発揮能力の評価指標の中で最も代表的というべき RSI を取ってみても、スプリント能力との間に有意な相関関係が認められたとする報告 (Smirniotou et al., 2008) と、認められないとする報告 (Healy et al., 2019; Nagahara et al., 2014) がみられ、一致した見解が得られていない。両者の間に相関関係が認められたとする報告は散見され

るものの、RSI による評価に注意を求める意見 (深代, 2017; 木塚, 2017) もあることを考えれば、RSI が短距離種目におけるパワー発揮能力の評価指標として最適であるとは言い難い。以上のことから、本研究では、短距離競技者におけるパワー発揮能力の評価法として、MCT-jump test を用いる。しかし、MCT-jump test を用いた論文は少なく、現状では MCT-jump test を日々のトレーニングに取り入れたとしても、他者との相対的な比較による現状把握や適切な目標設定は困難である。トレーニング計画を適切に立案するためには、正確な現状把握と適切な目標設定が必要であることを鑑みれば、現状の情報量では、MCT-jump test を日々のトレーニングに取り入れることは困難であるといえる。そこで、本研究では、文献研究および実際に測定された MCT-jump test のデータを参考に、短距離競技者における今後のパワー発揮能力向上の方向性について検討する。

3. 研究デザイン

図子 (2016) は、「トレーニングサイクルの循環を開始する場合には、選手・チームの現在とこれまでの経過を振り返りながら分析し、現状把握を行うとともに、未来を見据えて目標を設定する」と述べている。その未来を見据えて目標を設定するための方法として最も一般的なものは、自分自身が目標とするパフォーマンスレベルを既に獲得している競技者を対象に測定されたデータをもとに、理想モデルを構築する方法であろう。しかし、目標とするパフォーマンスが高くなればなるほど、そのパフォーマンスを有する競技者の数は減り、またデータを収集することも困難になる。したがって、コーチングの現場では、仮想の理想モデルを構築することになるが、その際に手掛かりとなる情報は、これまでに報告された先行研究の知見、そこで発表されたデータ、その種目のパフォーマンス構造の体力学的または力学的な解釈、測定可能な競技者から得られたデータなどであろう。本研究で用いる MCT-jump test は、近年考案されたばかりのテストであり、これまでに最大跳躍高あるいは最適反動動作時間と短距離種目の競技パフォーマンスとの関係について検討した研究はない。つまり、後述する本研究の対象者らが目指すべき理想モデルが存在しない。そこで、本研究では、先述したコーチング現場の営みに鑑みて、先行研究によって得られた知見やデータ、スプリント走のパフォーマンス構造の力学的な解釈をもとに仮想の理想モデルを構築し、本研究の対象者におけるパワー発揮能力向上の方向性について考察を試みる。

4. 短距離競技者を対象としたデータ収集

4.1 対象者

本研究では、大学陸上競技部に所属し、100 m 走を専門とする男性競技者 10 名を対象とした (身長: 1.73 ±

0.04 m, 体重: 67.50 ± 4.86 kg, シーズンベスト記録: 11.23 ± 0.37 秒)。対象者には、本研究の内容や目的、方法、実験における安全性について十分に説明し、実験参加の同意を得た。

4.2 実験試技

対象者には、腰に手を当てた状態で高さ 30 cm の台上から跳び降りた後、様々な接地時間で跳び上がるジャンプテスト (MCT-jump test) を行わせた。接地時間 (約 0.1 秒から 1.0 秒程度) はおおよそ 0.1 秒単位で変化させ、15 回程度ジャンプを行わせた。このとき、試技間には、「今の試技よりも少し短く」、「停止するくらいまで長く」といった声掛けを行った。また、順序効果による影響を除くために、接地時間の順序は無作為に行った。さらに、接地時間を調節させるために、試技直前に接地時間の目安となる電子音を流し対象者に聞かせた。いずれの試技も「全力で高く跳び上がるように」と指示したが、接地時間が最短の試技のみ「できる限り短い接地時間で、できる限り高く跳び上がるように」と指示した。

4.3 測定方法および算出項目

全ての跳躍は、2 枚のフォースプレート (Kistler 社製, 9281B ; 9281E) 上で実施し、接地時間 (秒) および滞空時間 (秒) を計測した。滞空時間から跳躍高 (m) を以下の式を用いて算出した。

$$H = \frac{g \cdot t^2}{8}$$

H は跳躍高, g は重力加速度 (9.81 m/s²), t は滞空時

間を示す。本研究では、跳躍高が最大であったものを最大跳躍高とした。また、最大跳躍高を示した試技における接地時間について、梶谷ほか (2018) は最適反動動作時間と定義しているが、以下では最適接地時間と呼ぶこととする。なお、接地時間が 1.0 秒を超えた試技は分析対象から除外した。接地時間が長い試技、特に身体が完全に静止するような時間がみられる試技では、伸張-短縮サイクル運動が認められなくなる可能性がある。この点を踏まえ、実験終了後にフォースプレートで計測された地面反力 (カー時間曲線) の確認を行ったところ、各対象者が最大跳躍高を発揮した試技については身体が完全に静止していないことが確認された。

4.4 統計処理

各測定項目の値は、平均値 ± 標準偏差で示した。MCT-jump test における最適接地時間と最大跳躍高との関係性については、Pearson の積率相関係数を算出した。統計的有意性は危険率 5 % 未満で判定した。

4.5 収集されたデータの結果

MCT-jump test の最適接地時間および最大跳躍高はそれぞれ、0.81 ± 0.09 秒, 0.48 ± 0.05 m であった。図 1 に、最適接地時間における対象者の分布を示した。最適接地時間は、0.1-0.6 秒の間は 0 名であったが、0.6-0.7 秒の間に 1 名、0.7-0.8 秒の間に 3 名、0.8-0.9 秒の間に 5 名、0.9-1.0 秒の間に 1 名であった。

図 2 に、最適接地時間と最大跳躍高との関係を示した。最適接地時間と最大跳躍高との間に有意な相関関係は認められなかった ($r = 0.206$, n.s.).

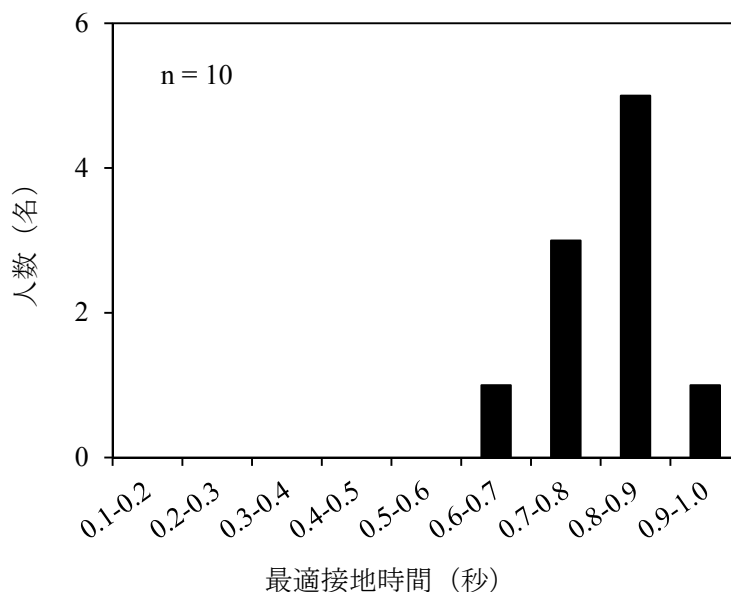


図 1 最適接地時間における対象者の分布

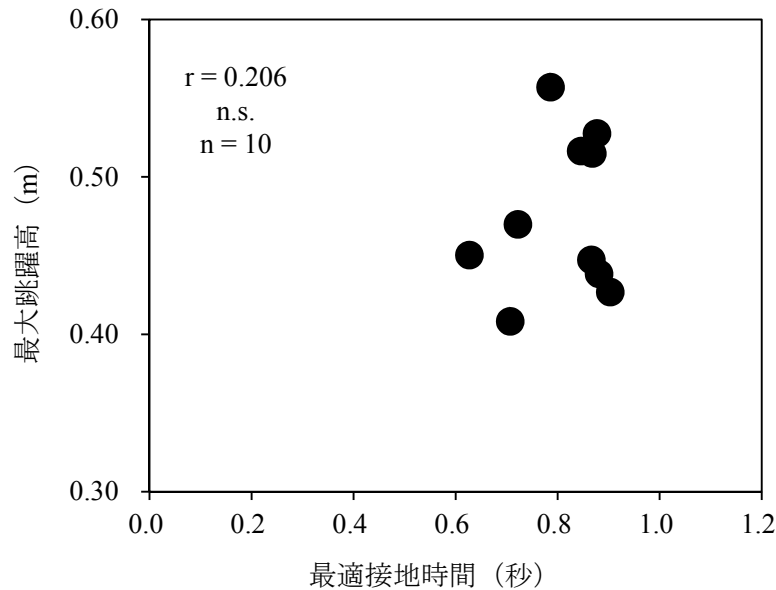


図2 最適接地時間と最大跳躍高との関係

5. 短距離競技者におけるパワー発揮能力向上の方向性に関する考察

5.1 対象者のパワー発揮能力

本研究では、MCT-jump test を用いて短距離競技者のパワー発揮能力を評価した。その結果、全ての対象者が最適接地時間において0.60秒以上の値を示した（図1）。また、先行研究（梶谷ほか，2018，2021）と比較して、本研究の対象者は、最適接地時間では高値、最大跳躍高では低値を示した。最適接地時間と最大跳躍高との関係について検討したところ、両者間に有意な相関関係は認められなかった（図2）。これは、MCT-jump test において、最大仕事にあたる最大跳躍高とそれをなすのに要する時間にあたる最適接地時間が互いに独立した能力、特性であることを示しており、先行研究（梶谷ほか，2018）の結果と一致している。

5.2 短距離競技者におけるパワー発揮能力向上の方向性

本研究の対象者に対して今後のパワー発揮能力向上の方向性を示すためには、目標とするパフォーマンスレベルをあらかじめ明確にしておく必要がある。そこで、本研究では、シーズンベスト記録の平均値が11.23秒の短距離競技者を対象として、10.80秒を目指す際に求められるパワー発揮能力について検討することとした。目標記録として設定した10.80秒は、第102回関東学生陸上競技対校選手権大会における参加標準記録（B標準）にあたる（関東学生陸上競技連盟，2022）。多くの学生競技者にとって、インカレの出場は一つの目標または通過点であることから、本研究の短距離競技者が掲げる目標としても妥当であろう。したがって、以下では、先行研

究で得られた知見やデータ、スプリント走のパフォーマンス構造の力学的な解釈をもとに、本研究の短距離競技者が10.80秒を達成するために求められるパワー発揮能力の目安として、MCT-jump test における最適接地時間と最大跳躍高の目標値を設定することを目指す。

100 m 走の記録と最大疾走速度との関係（小林ほか，2018；松尾ほか，2014，2016；大沼ほか，2020）から、10.80秒で走るためには最大疾走速度として10.52–10.58 m/s 程度が必要となる。そして、福田ほか（2013）が示した最大疾走速度と接地時間との関係のグラフから、10.52–10.58 m/s で疾走する場合、接地時間は0.097–0.098秒程度になることが予想される。さらに、梶谷ほか（2021）が示したスプリント走における最大速度局面の接地時間とMCT-jump test における最適接地時間との関係から、スプリント走において0.097秒程度で接地する競技者のMCT-jump test における最適接地時間は、0.40秒程度になることがうかがえる。梶谷ほか（2021）では、スプリント走における疾走速度と接地時間との間に有意な相関関係が認められない母集団、つまり100 m 走の記録が似通った競技者を対象としている。これは、接地時間の長短に対する疾走速度の影響を可能な限り排除するためであろう。そして、この報告以外にスプリント走における接地時間とMCT-jump test における最適接地時間との関係を検討した研究は見当たらない。しかし、一般的に疾走速度と接地時間との間には、有意な相関関係を認める報告が多く、疾走速度が増加することによって支持期における重心の水平移動に要する時間が短くなることを考慮すれば、両者の間に有意な相関関係が認められることも理解できる。もし、疾走速度と接地時間との間に有意な相関関係が認められるような競技レベルの幅が広い

母集団を対象にして、MCT-jump test における最適接地時間とスプリント走の接地時間との関係を検討したとすると、両者の関係、つまり梶谷ほか (2021) が示した回帰直線との差はどうなるだろうか。これについては、疾走速度と接地時間との間に有意な相関関係が認められるような競技レベルの幅が広い母集団を対象にした場合、相関係数が小さくなる、または有意な相関関係が認められなくなるといった可能性は考えられるものの、両者間に有意な相関関係が認められると仮定すれば、梶谷ほか (2021) の回帰直線と比較して、両者の回帰直線の傾きは小さくなり、切片がより大きくなると推測することができる。先行研究がないため、実際のデータをここで提示することはできないが、梶谷ほか (2021) が示したグラフにおいて、より幅広い競技レベルの競技者、例えばスプリント走の接地時間が 0.08 秒程度のトップスプリンター (福田ほか, 2013) や 0.15 秒程度の児童 (信岡ほか, 2015) を含む大きな母集団が 0.1–1.0 秒の最適接地時間に点在するような場合、回帰直線が先述したような変化をみせると予想を立てることは自然である。以上を踏まえると、100 m 走の記録として 10.80 秒を目指す場合、MCT-jump test において、最適接地時間として 0.40 秒を目指す必要があろう。

これまで、MCT-jump test を用いた研究は筆者が調べた限り 2 本 (梶谷ほか, 2018, 2021) ある。梶谷ほか (2021) は、男性短距離競技者を対象にしており、彼らの報告によると、対象者のパフォーマンスレベルは本研究の短距離競技者に比べて高いようである。そして、本研究の短距離競技者と比較して、先行研究の方が最大跳躍高では高い値 (0.53 ± 0.07 m) を示している。さらに、本研究よりも高いパフォーマンスレベルの短距離競技者を対象とした先行研究において報告された CMJ (腕振りなし) の跳躍高をみると、Čoh and Mackala (2013) のサブエリート群 (100 m 走: 10.96 ± 0.16 秒) は 0.58 ± 0.02 m であった。つまり、本研究よりもパフォーマンスレベルの高い対象者では、本研究の対象者と比較して MCT-jump test の最大跳躍高あるいは CMJ の跳躍高が大きい。CMJ の跳躍高と MCT-jump test の最大跳躍高を同一視することはできないが、DJ または RJ において RSI を高めることを意識した試技と比較すると、どちらも運動遂行時間は長く、跳躍高の最大化を目指した点で参考にすることは可能だろう。実際、梶谷ほか (2018) の報告では、CMJ の跳躍高と MCT-jump test の最大跳躍高との間に有意な差は認められておらず、CMJ の跳躍高と高く跳び上がることを意識させた DJ の跳躍高との間には高い相関関係が認められている (Young et al., 1995) ことから、CMJ の跳躍高と MCT-jump test の最大跳躍高は同程度の値を示すと予想される。このように考えると、100 m 走の記録として 10.80 秒を目指す場合、MCT-jump test において、最大跳躍高として 0.60 m

の獲得を目指す必要があろう。

以上のことから、本研究の短距離競技者が 10.80 秒を達成するためには、MCT-jump test において、最適接地時間では 0.40 秒、最大跳躍高では 0.60 m を目標値として設定することが妥当であると考えられる。これらの目標値と現在の値を比較すると、本研究の短距離競技者は今後、最適接地時間において 0.4 秒程度の短縮、最大跳躍高において 0.1 m 程度の向上を図ることになるが、鉛直系ジャンプ運動において、より短い接地時間でより大きな跳躍高を獲得することは容易ではない。これについては、スプリント走も同様であるが、小林ほか (2009) の報告では、一流短距離選手群はコントロール群との比較において、スプリント走における疾走速度が高く接地時間が短かったにも関わらず、加速局面において身体質量あたりの力積の鉛直成分に有意差が認められていない。このような結果は、パフォーマンスレベルの高い短距離競技者は、必要な鉛直力積をより短い接地時間で獲得できる能力を有していることを示唆しているといえよう。また、Douglas et al. (2019) は、スプリント走において、鉛直方向に大きな力を発揮しながらも接地時間を短くすることは、ピッチの向上や最大疾走速度の向上につながると述べている。これらの報告をもとに考えると、MCT-jump test において、最大跳躍高を維持または向上させながら最適接地時間を短縮することは、短距離競技者がパフォーマンスを高める上で重要な課題の一つであると考えられる。今後の課題として、スプリント走の記録と接地時間、および MCT-jump test における最大跳躍高と最適接地時間のデータの蓄積が必要であるが、スプリント走のタイムが並外れて速くなったとしても、接地時間はある短さで頭打ちになることが予想される。例えば、最大速度局面における接地時間について、タイソン・ゲイが 2007 年の世界選手権で 9.85 秒を記録した際には 0.083 秒 (福田ほか, 2013)、ウサイン・ボルトが 2011 年に 9.85 秒を記録した際には 0.086 秒 (Čoh et al., 2018) だったが、今回の対象者が目指す 10.80 秒の時の推定接地時間は 0.097 秒でその差は大きくない。仮に 1 サイクルタイムを維持することができれば、接地時間を短くすることで、滞空時間を長くする戦略を選択することができるが、先述のように接地時間もある一定以上には短くならないことを考えれば、それ以上に 100 m 走の記録を上げるためには、その接地時間で作用させることのできる力を大きくする必要がある。ジャンプ運動における力の大きさの指標ともいえる跳躍高について、国立スポーツ科学センターが公表したデータ (2001 年から 2020 年まで、国立スポーツ科学センターのフィットネスチェックなどで得られたもの) によれば、国内トップレベルの短距離競技者における CMJ の跳躍高の過去最高値は 0.67 m (松林, 2020) であった。このようなことを考慮すると、よりステップ長を伸ばすことで 10.80

秒を目指す場合には、現状の接地時間を維持したまま力積を大きくする必要があるので、MCT-jump test では、最適接地時間を維持したままでも0.60 mよりもさらに大きな最大跳躍高の獲得を目指し、よりステップ頻度を高めることで10.80秒を目指す場合には、最大跳躍高を維持したままでも0.40秒よりもさらに短い最適接地時間を目指す必要があろう。

5.3 本研究の限界と今後の課題

本研究では、必要とされる最大疾走速度で疾走する際の接地時間について、目標よりもさらに高いパフォーマンスレベルの短距離競技者を対象とした先行研究を引用し、そこで示されたスプリント走における最大疾走速度と接地時間との関係のグラフに外挿することで推定した。この点は、本研究の限界として考えられる。また、本研究では、MCT-jump test における最大跳躍高の目標値について検討する際にCMJの跳躍高を参考にしたが、より正確な目標設定を可能にするためには、今後、幅広いパフォーマンスレベルの短距離競技者を対象にMCT-jump test を実施し、最大跳躍高や最適接地時間のデータを蓄積していく必要がある。

最後に、MCT-jump test に関する今後の検討課題についてまとめる。本研究で用いたMCT-jump test の問題点として、以下の3つが挙げられる。1つ目は、MCT-jump test には身体が完全に静止するような試技が含まれる可能性がある点である。このような試技では、下肢において伸張-短縮サイクル運動が認められず、他の試技とは性質が大きく異なるジャンプ運動となる可能性がある。また、静止している間、地面に対して身体質量分の力が作用し続けたとしても、それが跳躍高の獲得に有効な鉛直力積には結び付かない。そのため、身体が完全に静止するような試技は、分析対象から除外することが望ましく、今後、MCT-jump test における接地時間の範囲については再検討する必要がある。2つ目は、MCT-jump test において、跳躍高がピークに達する接地時間が個人間で異なる理由について明らかになっていない点である。本研究の対象者のように、今後、最適接地時間をより望ましい方向へと移行させていくことを考えれば、最適接地時間の長短に影響を及ぼす要因について明らかにしておく必要がある。3つ目は、MCT-jump test における接地時間と跳躍高との関係の散布図が示す波形が持つ意味について明らかになっていない点である。これについて、梶谷ほか(2018)は、多くの対象者が逆U字の波形を示したことを報告しており、接地時間が短い場合は十分な力積を獲得できないこと、接地時間が長い場合は反動の効果が薄れることによって両者の跳躍高が相対的に低くなったと推察している。一方、当該波形はその形状に基づいて複数のパターンに分類されている(梶谷ほか, 2018)ことから、波形の形状は個人のパワー

発揮特性を反映している可能性があると考えられるが、この点について検討した研究はない。したがって、今後、接地時間ごとの跳躍高にどのようなパワー発揮能力が反映されているかについて検討する必要がある。

6. 要約

本研究では、先行研究で得られた知見やデータ、スプリント走のパフォーマンス構造の力学的な解釈をもとに仮想の理想モデルを構築し、短距離競技者におけるパワー発揮能力向上の方向性について考察を試みた。これに先立って、短距離競技者におけるパワー発揮能力の評価に向けてジャンプ運動に関する文献研究を行ったところ、CMJやDJ、RJといった既存のジャンプ運動には運動遂行時間と下肢三関節の貢献度の点においていくつかの課題が見つかった。一方、これらの解決が期待できるジャンプテストとしてMCT-jump test が挙げられたため、本研究では短距離競技者におけるパワー発揮能力の評価法としてMCT-jump test を採用した。本研究の短距離競技者におけるパワー発揮能力向上の方向性について検討したところ、100mを10.80秒で走るためには、MCT-jump test における目標値として、最適接地時間では0.40秒、最大跳躍高では0.60mが妥当であるとの結論に至った。

文献

- Bobbert, M. F., Mackay, M., Schinkelshoek, D., Huijing, P. A., and van Ingen Schenau, G. J. (1986) Biomechanical analysis of drop and countermovement jumps. *Eur. J. Appl. Physiol*, 54: 566-573.
- Čoh, M., Hébert-Losier, K., Štuhec, S., Babić, V., and Supej, M. (2018) Kinematics of Usain Bolt's maximal sprint velocity. *Kinesiology*, 50(2): 172-180.
- Čoh, M. and Mackala, K. (2013) Differences between the elite and subelite sprinters in kinematic and dynamic determinations of countermovement jump and drop jump. *J. Strength. Cond. Res*, 27(11): 3021-3027.
- Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., and McGuigan, M. (2019) Reactive and eccentric strength contribute to stiffness regulation during maximum velocity sprinting in team sport athletes and highly trained sprinters. *J. Sports. Sci*, 38(1): 29-37.
- 深代千之 (2017) 瞬発性運動におけるパワー評価. *体育の科学*, 67 (4) : 221-225.
- Fukashiro, S. and Komi, P. V. (1987) Joint moment and mechanical power flow of the lower limb during vertical jump. *Int. J. Sports Med*, 8: 15-21.
- 福田厚治・貴嶋孝太・浦田達也・中村 力・山本 篤・八木一平・伊藤 章 (2013) 一流短距離選手の接地期および滞空期における身体移動に関する分析. *陸上競*

- 技研究紀要, 9 : 56-60.
- 羽田雄一 (2008) 100 m 走における下肢関節の貢献度の変化. 学習院大学スポーツ・健康科学センター紀要, 16 : 9-14.
- Healy, R., Smyth, C., Kenny, I. C., and Harrison, A. J. (2019) Influence of reactive and maximum strength indicators on sprint performance. *J. Strength. Cond. Res.*, 33(11): 3039-3048.
- Hubley, C. L. and Wells, R. P. (1983) A work-energy approach to determine individual joint contributions to vertical jump performance. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 50: 247-254.
- 梶谷亮輔・前村公彦・木越清信 (2019) MCT-jump test におけるばね的特性の力学的特徴. 日本体育学会第 70 回大会号, p.275.
- 梶谷亮輔・前村公彦・山元康平・水島 淳・尾縣 貢・木越清信 (2021) MCT-jump test で評価される反動動作特性とスプリント走の接地時間との関係. 陸上競技学会誌, 19 (1) : 1-10.
- 梶谷亮輔・前村公彦・山元康平・関慶太郎・尾縣 貢・木越清信 (2018) ジャンプ運動における個人の反動動作特性を評価する方法の開発. 体育学研究, 63 : 139-149.
- 関東学生陸上競技連盟 (2022) 第 102 回関東学生陸上競技対校選手権大会参加標準記録. <https://www.kgrr.org/event/2023/kgrr/102ic/hyojun.pdf>, (参照日 2023 年 2 月 9 日).
- 荻山 靖・岡子浩二 (2013) プライオメトリックトレーニング手段としての各種リバウンドジャンプの用い方—両脚型と片脚型および鉛直型と水平型の相違に着目して—. 陸上競技研究, 92 (1) : 2-14.
- 木塚朝博 (2017) リバウンドジャンプの測定評価法を整理しよう. 体育の科学, 67 (4) : 218-220.
- 小林 海・高橋恭平・山中 亮・渡辺圭祐・大沼勇人・松林武生・広川龍太郎・松尾彰文 (2018) 2018 年シーズンにおける男子 100m のレース分析結果. 陸上競技研究紀要, 14 : 89-93.
- 小林 海・土江寛裕・松尾彰文・彼末一之・磯 繁雄・矢内利政・金久博昭・福永哲夫・川上泰雄 (2009) スプリント走の加速局面における一流短距離選手のキネティクスに関する研究. スポーツ科学研究, 6 : 119-130.
- Krzyszowski, J., Chowning, L. D., and Harry, J. R. (2020) Phase-specific predictors of countermovement jump performance that distinguish good from poor jumpers. *J. Strength. Cond. Res.*, 36(5): 1257-1263.
- 松林武生編 (2020) 日本人トップアスリートのフィットネスチェックデータ. 国立スポーツ科学センター監修 フィットネスチェックハンドブック—体力測定に基づいたアスリートへの科学的支援—. 大修館書店:東京, pp.163-277.
- 松尾彰文・広川龍太郎・柳谷登志雄・松林武生・高橋恭平・小林 海・杉田正明 (2016) 2016 シーズンおよび全シーズンでみた男女 100m の速度分析とピッチ・ストライド分析について. 陸上競技研究紀要, 12 : 74-83.
- 松尾彰文・広川龍太郎・柳谷登志雄・松林武生・山本真帆・高橋恭平・小林 海・杉田正明 (2014) 男女 100 m レースにおける記録と, スピード, ピッチおよびストライドの関係について. 陸上競技研究紀要, 10 : 64-74.
- Mattes, K., Wolff, S., and Alizadeh, S. (2021) Kinematic stride characteristics of maximal sprint running of elite sprinters-verification of the “swing-pull technique”. *J. Hum. Kinet.*, 77: 15-24.
- McMahon, J. J., Suchomel, T. J., Lake, J. P., and Comfort, P. (2021) Relationship between reactive strength index variants in rugby league players. *J. Strength. Cond. Res.*, 35(1): 280-285.
- Nagahara, R., Naito, H., Miyashiro, K., Morin, J. B., and Zushi, K. (2014) Traditional and ankle-specific vertical jumps as strength-power indicators for maximal sprint acceleration. *J. Med. Phys. Fitness*, 54: 691-699.
- 信岡沙希重・樋口貴俊・中田大貴・小川哲也・加藤孝基・中川剣人・土江寛裕・磯 繁雄・彼末一之 (2015) 児童の疾走速度とピッチ・ストライド・接地時間・滞空時間の関係. 体育学研究, 60 : 497-510.
- 大村邦英 (2010) もっとうまくなる! 陸上競技. ナツメ社 : 東京, pp.40-47.
- 大沼勇人・小林 海・松林武生・高橋恭平・山中 亮・綿谷貴志・広川龍太郎 (2020) 2020 年度主要競技会における男子 100 m のレース分析. 陸上競技研究紀要, 16 : 82-87.
- 大島雄治・藤井範久 (2016) 水平面における下胴の動きに着目した疾走動作の三次元動力学. 体育学研究, 61 : 115-131.
- Smirniotou, A., Katsikas, C., Paradisis, G., Argeitaki, P., Zacharogiannis, E., and Tziortzis, S. (2008) Strength-power parameters as predictors of sprinting performance. *J. Sports. Med. Phys. Fitness*, 48: 447-454.
- 谷川 聡・宮代賢治・阿江通良・白木 仁・西嶋尚彦・尾縣 貢 (2008) 100 m パフォーマンスの科学データ利用モデルと発達過程に関する研究. 一般財団法人上月財団第 6 回スポーツ研究助成事業研究論文.
- 米田継武 (1989) すばやい力発揮の制御. *J. J. Sports Sci.*, 10 : 657-662.
- Young, W. B., Pryor, J. E., and Wilson, G. J. (1995) Effect of instructions on characteristics of countermovement and

- drop jump performance. J. Strength. Cond. Res, 9(4): 232-236.
- Young, W. B., Wilson, G. J., and Byrne, C. (1999) A comparison of drop jump training methods: effects on leg extensor strength qualities and jumping performance. Int. J. Sports Med, 20(5): 295-303.
- 関子あまね・荏山 靖・関子浩二 (2017) リバウンドジャンプテストを用いた跳躍選手の専門的な下肢筋力・パワーに関する評価. 体力科学, 66 (1) : 79-86.
- 関子浩二 (2016) コーチングモデルと体育系大学で行うべき一般コーチング学の内容. コーチング学研究, 29 : 21-33.
- 関子浩二・高松 薫・古藤高良 (1993) 各種スポーツ選手における下肢の筋力およびパワー発揮に関する特性. 体育学研究, 38 : 265-278.
-

陸上競技会におけるトレーナーステーションの利用実績と 陸上競技者が保有する身体的トラブル

加藤 基（帝京大学）

松尾信之介（大阪学院大学，日本陸上競技連盟トレーナー部）

砂川祐輝（Well 鍼灸整体，日本陸上競技連盟トレーナー部）

松下美穂（森ノ宮医療学園専門学校，日本陸上競技連盟トレーナー部）

五味宏生（五味トレ，日本陸上競技連盟トレーナー部）

廣重陽介（帝京大学，日本陸上競技連盟トレーナー部）

1. スポーツ外傷・障害調査の必要性

スポーツ外傷・傷害の予防は、スポーツ活動を普及するために重要な観点である。また、競技力向上を考える意味でも、トレーニングの継続のためにスポーツ外傷・傷害を予防することは重要である。公益財団法人日本陸上競技連盟（以下、日本陸連）が2017年に発表した『JAAF VISION 2017』（日本陸連，2017）にも、国際競技力の向上「トップアスリートが活躍し、国民に夢と希望を与える」と、ウェルネス陸上の実現「すべての人がすべてのライフステージにおいて陸上競技を楽しめる環境をつくる」というミッションが掲げられており、陸上競技会で発生するスポーツ外傷・障害の予防は重要な課題であるといえる。

スポーツ外傷・障害の予防を適切に行うためには、図1に示すように、対象競技におけるスポーツ外傷・障害の発生率や重症度を調査することが必要であるといわれている（van Mechelen et al., 1992; Finch, 2006）。国際的には、2010年代からスポーツ外傷・障害調査に関するガイドラインが整備されており（Bahr et al., 2020; Clarsen et al., 2014; Kerr et al., 2018），本邦でも2022年に日本臨床スポーツ医学会と日本アスレティックトレーニング学会の共同声明として、『スポーツ外傷・障害および疾病調査に関する提言書』（砂川ら，2022）が公表された。特定の対象競技のみだけでなく、多競技間、競技レベル間などの比較が可能な調査の実施が目指されて

いるところである。

2. 陸上競技におけるスポーツ外傷・障害調査

陸上競技に関するスポーツ外傷・障害調査も国内外で多数行われている。さまざまな種目で構成される陸上競技では、本邦においても他国においても、種目によってスポーツ外傷・障害の発生率やパターン、リスク要因も多様であることが示唆されており（山本，2014；Zemper, 2005），陸上競技の現場で活動するものとしての実感とも一致している。しかし、陸上競技に関するスポーツ外傷・障害調査は調査数自体が他の競技に比べて少なく、単一チームやある地域に限定されたもの（布袋屋ら，2019；三宅ら，2020），陸上競技会開催時に限定したもの（Edouard et al., 2014）や既往歴に関する後ろ向き研究（田原ら，2021）がほとんどである。また、重症度を記述したものは少ない。その背景には、他の競技に比べてチームでの活動が少なく記録をしにくいことや、リーグなどによる外傷・障害発生報告に関する定めがないことなどがあると考えられる。日本陸連医事委員会の取り組みとしてもいくつかの調査が行われている（日本陸連ジュニアアスリート障害調査委員会，2017）が、横断的かつ複数年に渡る調査は実施されていない。トップアスリートだけでなくアスレティックファミリーにも効果的なスポーツ外傷・障害予防を行うために、今後横断的かつ縦断的なスポーツ外傷・障害調査の体制づくり

The sequence of prevention (van Mechelen et al., 1992)		TRIPP (Translating Research into Injury Prevention Practice) (Finch, 2006)	
		Step	
(外傷・障害の) 問題の (程度) の 認識	1	1	外傷・障害調査
外傷・障害の原因とメカニズムの特定	2	2	外傷・障害の病態とメカニズムの特定
予防策の開発	3	3	予防策の開発
効果検証	4	4	整えられた環境での科学的検証
		5	予防策の導入計画の作成
		6	導入計画に沿った予防策の有効性検証

→Step1へ

→Step1へ

図1 スポーツ外傷・障害予防に必要な取り組み

が必要になるといえる。

3. さまざまなスポーツ外傷・障害記録の活用可能性

陸上競技の環境の特殊性によって、横断的かつ複数年に渡るスポーツ外傷・障害調査は実施しにくく、現状では陸上競技における外傷・障害発生リスクに関するエビデンスは十分とはいえない。しかし、別の方法でスポーツ外傷・障害の実態を把握することでも、安全な陸上競技環境作りに活用することができる。例えば、廣重ら(2023)は、安全な競技会運営に必要な救護活動の実施や普及のために、陸上競技会中のスポーツ外傷・障害の記録の必要性を示している。日本陸連医事委員会トレーナー部（以下、日本陸連トレーナー部）では、救護活動に加え、陸上競技会開催時にトレーナーステーションを開設し、競技者へのケアやコンディショニングを提供している。このトレーナーステーションの利用記録からも、競技者がどのような身体的トラブルによってどのようなケアやコンディショニングを必要としているかを知ることができる。トレーナーステーションの利用記録をもとに、必要と思われるケア・コンディショニング情報を発信したり、トレーナーの研鑽に繋げたりすることも、スポーツ外傷・障害の記録の活用法の1つであると考えられる。エビデンスのあるスポーツ外傷・障害調査の実施の体制整備を目指しつつ、現在でも実施可能なこのような記録の活用を積極的に行うことが有効だと考えられる。

以上の背景から、競技者の抱える身体的トラブルや必要とするケアやコンディショニングを明らかにする目的で、日本陸連トレーナー部が運営しているトレーナーステーションの利用記録の報告をする。

4. トレーナーステーションの利用実態

4.1. 調査対象

本調査の対象は、2023年度に開催された日本陸連主催競技会のうち、日本陸連トレーナー部がトレーナーステーションを運営した5競技会のトレーナーステーション利用者のべ340名とした。調査対象競技会は、セイコーゴールデングランプリ陸上2023横浜（以下、GGP）、第107回日本陸上競技選手権大会（以下、日本選手権）、

第107回日本陸上競技選手権大会・混成競技（以下、日本選手権混成）、第76回全国高等学校陸上競技対校選手権大会（以下、インターハイ）、特別国民体育大会（以下、国体）の5競技会とした。なお、調査対象競技会の概要およびトレーナーステーション設置に関する備考は表1のとおりである。

4.2. 調査方法

トレーナーステーションの利用に関する記録として、表2の項目をGoogle Formsを利用して記録した。記録は、トレーナーステーションにおいて競技者に対応した日本陸連トレーナー部登録トレーナーが実施した。なお、記録者は活動前に記録方法について説明を受けた。

4.3. 集計方法

各記録の実数を集計した。種目は、各競技会で実施種目が異なっていたため、5つの種目群（短距離・ハードル種目：≤400m・≤400mハードル・4×100mリレー・4×400mリレー、中・長距離・競歩種目：≥800m・3000m障害・競歩、跳躍種目：走高跳・棒高跳・走幅跳・三段跳、投擲種目：砲丸投・円盤投・ハンマー投・やり投、混成種目：十種競技・八種競技・七種競技）に分けた。各競技会の特徴を示すため、競技会別に利用件数および利用者の種目を集計した。

利用目的を「痛み等の明らかな問題に対処したい」（以下、痛み等への対処）と「競技前後間の調整・疲労回復をしたい」（以下、調整・疲労回復）に分け、それぞれで以下の項目を集計した。痛み等への対処では、問題のあった身体部位、種目別の問題部位、発症タイミング、受診の有無と受診先、実施した対応を集計した。また、調整・疲労回復では、対応部位、実施した対応を集計した。

記録項目に欠損があった場合も、記録からは除外せず、記録のあった部分のみを集計した。

4.4. 集計結果

(1) 利用件数

トレーナーステーションの利用件数を表3に示した。総利用件数は340件で、男性149件（43.8%）、女性191件（56.2%）だった。

表1 調査対象競技会の概要とトレーナーステーション設置に関する備考

競技会名	競技会概要	種別	トレーナーステーション設置に関する備考
GGP	男子9種目、女子6種目が実施された。海外招待選手含む。	—	トレーナー23名 競技会場以外に、選手村でも開設
日本選手権	日本選手権として、男女各17種目が実施された。 U20日本選手権として、男女各8種目が実施された。	日本選手権、U20日本選手権	トレーナー20名
日本選手権混成	日本選手権、U20日本選手権でそれぞれ男女1種目ずつ実施された。 混成種目のみ実施された。	日本選手権、U20日本選手権	トレーナー10名
インターハイ	男子21種目、女子20種目が実施された。	—	トレーナー8名 原則として、痛み等への対処目的にのみ対応
国体	男子28種目、女子27種目、混合1種目が実施された。	成年、少年A、少年B、少年共通	トレーナー8名

表2 記録項目

1. 競技者に関する情報						
①カテゴリー						
②種目（その競技会での参加種目）						
③競技会参加の性	男	女				
2. 利用に関する情報						
①利用日						
②利用のタイミング	競技出場前	ラウンド間、種目間	競技終了後	競技のない練習日		
③初回利用・再利用の別	初回	再利用				
④利用目的	痛み等への対処	調整・疲労回復				
3. 痛み等への対処目的での利用の場合						
①問題のあった身体部位数	1部位	2部位	3部位以上			
②問題のあった身体部位	表5の通りに分類					
③主訴	痛み	違和感	動作不良	体調不良	出血、傷	その他
④発症タイミング	競技中	競技会以前	不明			
⑤受診の有無と受診先	病院	治療院	未受診	不明		
⑥行った対応	表5の通りに分類					
4. 調整・疲労回復目的での利用の場合						
①対応部位	表5の通りに分類					
②行った対応	表7の通りに分類					

初回の利用が197件（57.9％）で、同一競技会内で2回目以降の利用が143件（42.1％）であった。性別にみると、男性では初回の利用が102件（68.5％）、2回目以降の利用が47件（31.5％）、女性では初回の利用が95件（49.7％）、2回目以降の利用が96件（50.3％）であった。

(2) 利用のタイミング

利用のタイミングは、競技出場前が114件（33.5％）、ラウンド間、種目間が40件（11.8％）、競技終了後が84件（24.7％）、競技のない練習日が102件（30.0％）であっ

た（表3）。

(3) 利用者の種目

利用者の種目は、短距離・ハードル種目179件（52.6％）、中・長距離・競歩種目59件（17.4％）、跳躍種目54件（15.9％）、投擲種目21件（6.2％）、混成種目27件（7.9％）であった（表4）。

(4) 利用目的

利用目的は、痛み等への対処が213件であり、全体の62.6％であった。その男女比は、男性81件（38.0％）、

表3 トレーナーステーションの利用件数と利用タイミング

		競技会名																	
		全体			GGP			日本選手権			日本選手権混成			インターハイ			国体		
		合計	男	女	合計	男	女	合計	男	女	合計	男	女	合計	男	女	合計	男	女
利用件数		340	149	191	10	7	3	99	44	55	18	10	8	185	68	117	28	20	8
	初回	197	102	95	8	6	2	62	31	31	10	5	5	103	51	52	14	9	5
	2回目以降	143	47	96	2	1	1	37	13	24	8	5	3	82	17	65	14	11	3
利用目的別件数	痛みなどへの対処	213	81	132	2	2	0	41	14	27	7	2	5	159	60	99	4	3	1
	調整・疲労回復	114	62	52	8	5	3	56	28	28	11	8	3	18	7	11	21	14	7
	不明・記録なし	13	6	7	0	0	0	2	2	0	0	0	0	8	1	7	3	3	0
利用タイミング別件数	競技出場前	114	45	69	6	4	2	28	9	19	5	2	3	60	19	41	15	11	4
	ラウンド間、種目間	40	19	21	0	0	0	10	7	3	9	6	3	21	6	15	0	0	0
	競技終了後	84	37	47	4	3	1	37	15	22	4	2	2	31	11	20	8	6	2
	練習日	102	48	54	0	0	0	24	13	11	0	0	0	73	32	41	5	3	2

表4 利用者の出場種目

		競技会名																	
		全体			GGP			日本選手権			日本選手権混成			インターハイ			国体		
種目群		合計	男	女	合計	男	女	合計	男	女	合計	男	女	合計	男	女	合計	男	女
短距離・ハードル種目		179	88	91	5	4	1	59	24	35	0	0	0	90	42	48	25	18	7
中・長距離・競歩種目		59	10	49	1	1	0	16	4	12	0	0	0	41	5	36	1	0	1
跳躍種目		54	23	31	2	2	0	20	12	8	0	0	0	30	7	23	2	2	0
投擲種目		21	14	7	2	0	2	4	4	0	0	0	0	15	10	5	0	0	0
混成種目		27	14	13	0	0	0	0	0	0	18	10	8	9	4	5	0	0	0
合計		340	149	191	10	7	3	99	44	55	18	10	8	185	68	117	28	20	8

女性 132 件 (68.0%) であった。また、調整・疲労回復が 114 件であり、全体の 33.5% であった。その男女比は、男性 62 件 (54.4%)、女性 52 件 (45.6%) であった。不明が 13 件あった (表 3)。

(5) 痛み等への対処目的での利用の詳細

痛み等への対処目的での利用があった 213 件のうち、問題のあった身体部位の数が 1 部位のものは 181 件 (85.0%)、2 部位のものは 28 件 (13.1%)、3 部位以上のものは 4 件 (1.9%) であった。

問題のあった身体部位は合計 249 件あり、大腿部が 91 件 (36.5%) で最も多く、次いで腰椎・腰部 34 件 (13.7%)、下腿 24 件 (9.6%)、膝関節 (前側・後側) 17 件 (6.8%)、足部・足趾 (前側・後側) 15 件 (6.0%) であった (表 5)。

問題のあった身体部位を種目別にみると、短距離・ハードル種目では、大腿部 (前側・後側) が 52 件 (41.9%)、鼠径部が 19 件 (15.3%)、膝関節 (前側・後側) が 14

件 (11.3%) (表 6A)、中・長距離・競歩種目では腰椎・腰部が 13 件 (25.0%)、下腿 (前側・後側) が 11 件 (21.2%)、骨盤・仙骨・殿部が 7 件 (13.5%) (表 6B)、跳躍種目では、大腿部 (前側・後側) が 8 件 (22.9%)、鼠径部が 5 件 (14.3%)、足関節 (前側・後側) が 5 件 (14.3%) (表 6C)、投擲種目では、肘関節 (内側・外側) が 8 件 (30.8%)、腰椎・腰部が 8 件 (30.8%) (表 6D)、混成種目では、大腿部 (前側・後側) が 5 件 (29.4%)、アキレス腱が 3 件 (17.6%)、腰椎・腰部が 3 件 (17.6%) であった (表 6E)。なお、種目別の問題のあった身体部位の集計では、複数種目群に出場する競技者がいたため、種目群を越えて重複して集計されているものがあり、合計が問題となった身体部位のみでの集計の合計と一致しなかった。

問題となった身体部位 249 件のうち、発症タイミングを聴取できた 192 件で、競技会中の発症が 44 件 (22.9%)、競技会以前の発症が 144 件 (75.0%) であった。4 件 (2.1%) は発症タイミングが不明であった (図 2A)。性別にみる

表 5 利用目的別の問題のあった身体部位

問題のあった身体部位	利用目的								
	合計			痛み等への対処			調整・疲労回復		
	全体	男	女	全体	男	女	全体	男	女
不明	20	9	11	2	1	1	18	8	10
全身的な問題	0	0	0	0	0	0	0	0	0
全身	20	9	11	-	-	-	20	9	11
下肢全体	29	18	11	2	2	0	27	16	11
股関節	22	9	13	6	4	2	16	5	11
鼠径部	5	5	0	3	3	0	2	2	0
大腿部 (前側・後側)	120	52	68	91	40	51	29	12	17
膝関節 (前側・後側)	19	3	16	17	2	15	2	1	1
膝関節 (内側・外側)	10	3	7	4	0	4	6	3	3
下腿 (前側・後側)	32	9	23	24	4	20	8	5	3
アキレス腱	10	4	6	6	1	5	4	3	1
足関節 (前側・後側)	8	4	4	6	2	4	2	2	0
足関節 (内側・外側)	16	8	8	11	4	7	5	4	1
足部・足趾 (前側・後側)	19	7	12	15	5	10	4	2	2
上肢全体	1	1	0	1	1	0	0	0	0
肩関節・鎖骨	6	4	2	5	3	2	1	1	0
上腕部 (前側・後側)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
肘関節 (前側・後側)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
肘関節 (内側・外側)	9	6	3	9	6	3	0	0	0
前腕部 (前側・後側)	1	1	0	0	0	0	1	1	0
手関節 (前側・後側)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
手部 (前側・後側)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
手指 (前側・後側)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
母指 (前側・後側)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
頭部・体幹全体	0	0	0	0	0	0	0	0	0
顔 (目・鼻・耳含む)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
頭部	0	0	0	0	0	0	0	0	0
頸部・頸椎	1	0	1	0	0	0	1	0	1
胸椎・背部	8	4	4	0	0	0	8	4	4
胸骨・肋骨	1	1	0	0	0	0	1	1	0
腰椎・腰部	52	21	31	34	13	21	18	8	10
腹部	1	1	0	0	0	0	1	1	0
骨盤・仙骨・殿部	20	7	13	13	3	10	7	4	3
その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	428	185	243	249	94	155	179	91	88

表6 種目別の問題のあった身体部位
(A: 短距離・ハードル種目, B: 中・長距離・競歩種目, C: 跳躍種目, D: 投擲種目, E: 混成種目)

順位	部位	件数	%
1	大腿部（前側・後側）	52	41.9%
2	鼠径部	19	15.3%
3	膝関節（前側・後側）	14	11.3%
4	下腿（前側・後側）	11	8.9%
5	足関節（内側・外側）	7	5.6%
6	腰椎・腰部	5	4.0%
7	骨盤・仙骨・殿部	4	3.2%
8	股関節	3	2.4%
9	アキレス腱	3	2.4%
10	膝関節（内側・外側）	2	1.6%
11	足部・足趾（前側・後側）	2	1.6%
12	不明	1	0.8%
13	胸骨・肋骨	1	0.8%
		計	124

順位	部位	件数	%
1	腰椎・腰部	13	25.0%
2	下腿（前側・後側）	11	21.2%
3	骨盤・仙骨・殿部	7	13.5%
4	大腿部（前側・後側）	6	11.5%
5	膝関節（内側・外側）	4	7.7%
6	足関節（内側・外側）	3	5.8%
7	上肢全体	3	5.8%
8	不明	1	1.9%
9	股関節	1	1.9%
10	鼠径部	1	1.9%
11	アキレス腱	1	1.9%
12	足部・足趾（前側・後側）	1	1.9%
		計	52

順位	部位	件数	%
1	大腿部（前側・後側）	8	22.9%
2	鼠径部	5	14.3%
3	足関節（内側・外側）	5	14.3%
4	膝関節（前側・後側）	4	11.4%
5	足部・足趾（前側・後側）	4	11.4%
6	腰椎・腰部	4	11.4%
7	アキレス腱	2	5.7%
8	下肢全体	1	2.9%
9	足関節（前側・後側）	1	2.9%
10	腹部	1	2.9%
		計	35

順位	部位	件数	%
1	肘関節（内側・外側）	8	30.8%
2	腰椎・腰部	8	30.8%
3	肩関節・鎖骨	2	7.7%
4	下肢全体	1	3.8%
5	股関節	1	3.8%
6	大腿部（前側・後側）	1	3.8%
7	膝関節（内側・外側）	1	3.8%
8	足部・足趾（前側・後側）	1	3.8%
9	上肢全体	1	3.8%
10	胸骨・肋骨	1	3.8%
11	骨盤・仙骨・殿部	1	3.8%
		計	26

順位	部位	件数	%
1	大腿部（前側・後側）	5	29.4%
2	アキレス腱	3	17.6%
3	腰椎・腰部	3	17.6%
4	足関節（内側・外側）	2	11.8%
5	股関節	1	5.9%
6	下腿（前側・後側）	1	5.9%
7	足部・足趾（前側・後側）	1	5.9%
8	肘関節（内側・外側）	1	5.9%
		計	17

と、男性では、競技会中の発症が25件（34.7%）、競技会以前の発症が45件（62.5%）であった。2件（2.8%）は発症タイミングが不明であった（図2B）。女性では、競技会中の発症が19件（15.8%）、競技会以前の発症が99件（82.5%）であった。2件（1.7%）は発症タイミングが不明であった（図2C）。利用者数の多かった日本選手権とインターハイにおける発症タイミングを集計したところ、どちらも男性で競技会中の発症が多く、女性で競技会以前の発症が多かった（図3）。

トレーナーステーション利用時の主訴は、痛みが159件（55.2%）、違和感が102件（35.4%）、動作不良が27件（9.4%）であった。

医療機関等の受診の有無と受診先については、242件の回答があり、病院26件（10.7%）、治療院73件（30.2%）、未受診98件（40.5%）、不明が45件（18.6%）であった。競技会以前の発症であった144件に限定した場合、受診に関して147件の回答があり、病院が23件（15.6%）、治療院56件（38.1%）、未受診48件（32.7%）、不明が20件（13.6%）であった（図4A）。これを性別でみると男性では、病院10件（21.3%）、治療院15件（31.9%）、未受診15件（31.9%）、不明が7件（14.9%）であった（図4B）。女性では、病院13件（13.0%）、治療院41件（41.0%）、未受診33件（33.0%）、不明が13件（13.0%）であった（図4C）。なお、病院と治療院に両方に受診したという回答が3件あり、それぞれに重複して集計した。

痛み等への対処目的での利用者に対し、トレーナーステーションでトレーナーが行った対応は合計535件あり、マッサージ198件（37.0%）、ストレッチ174件（32.5%）、テーピング76件（14.2%）、電気刺激療法51件（9.5%）などであった（表7）。

(6) 調整・疲労回復目的での利用の詳細

調整・疲労回復目的での利用があった114件のうち、対応が行われた部位は、大腿部（前側・後側）29件（16.2%）、下肢全体27件（15.1%）、全身20件（11.2%）、腰椎・腰部18件（10.1%）であった（表5）。

トレーナーステーションでトレーナーが行った対応は合計172件あり、マッサージ64件（37.2%）、ストレッチ54件（31.4%）、アイシング40件（23.3%）などであった（表7）。

4.5. 考察

調査対象競技会でのトレーナーステーション利用件数は、女性のほうが多かった。Edouard et al. (2015) は国際陸上競技会においては、男性に比べ、女性の外傷・障害発生リスクは低いと報告している。本調査は、外傷・障害の発生を調査したものではなく、本調査の結果から、女性の外傷・障害発生リスクが高いということを説明するものではない。先行研究をもとに、女性のほうが外傷・障害発生リスクが低いと考え、競技会のトレーナー

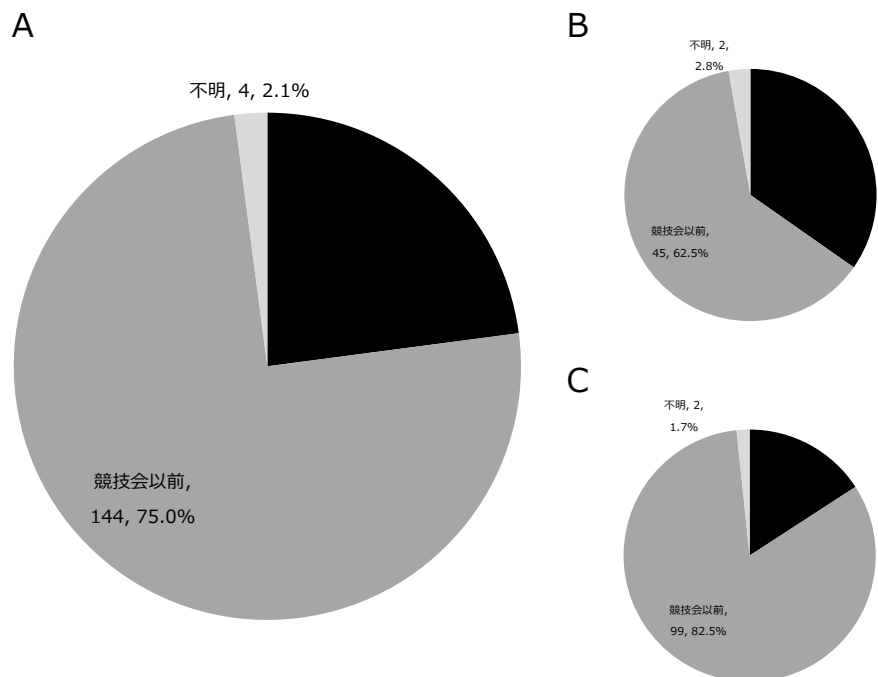


図2 発症タイミング (A : 全体 (n=192), B : 男性 (n=72), C : 女性 (n=120))

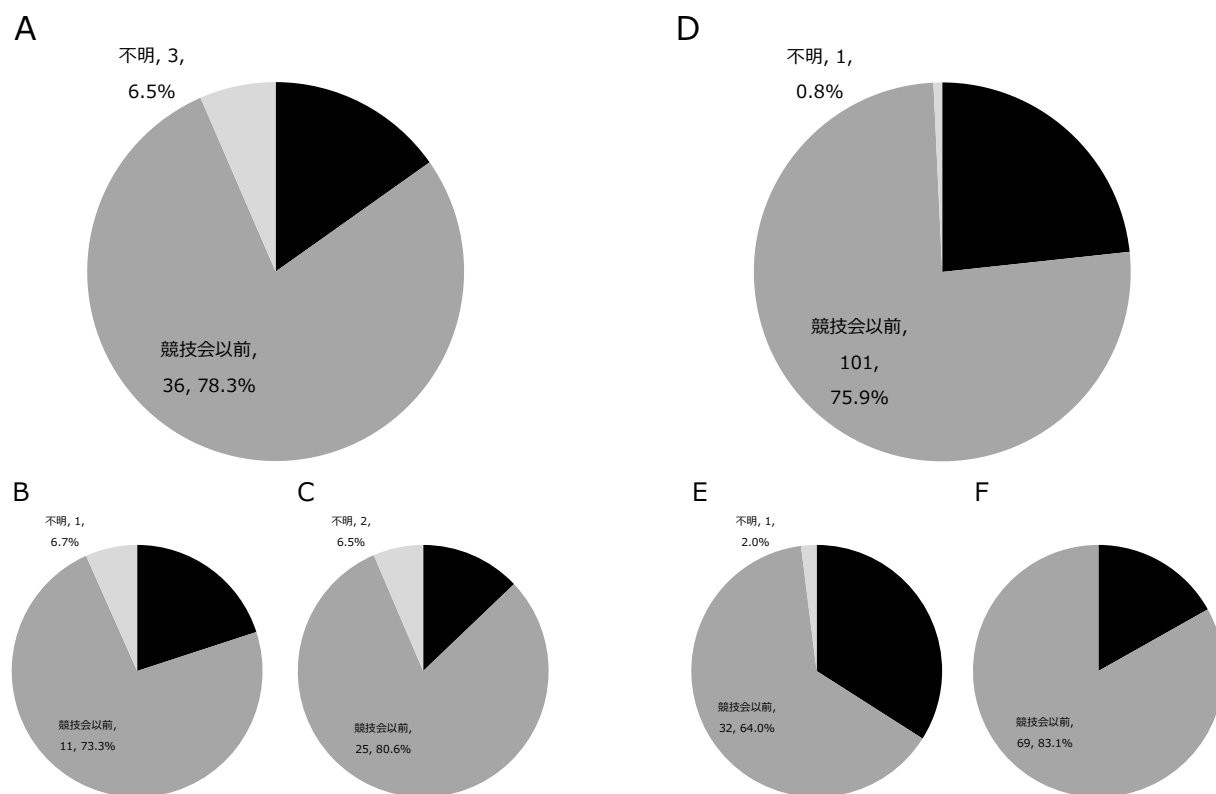


図3 発症タイミング(日本選手権とインターハイ)
(A : 日本選手権・全体 (n=46), B : 日本選手権・男性 (n=15), C : 日本選手権・女性 (n=31),
D : インターハイ全体 (n=133), E : インターハイ・男性 (n=50), F : インターハイ・女性 (n=83))

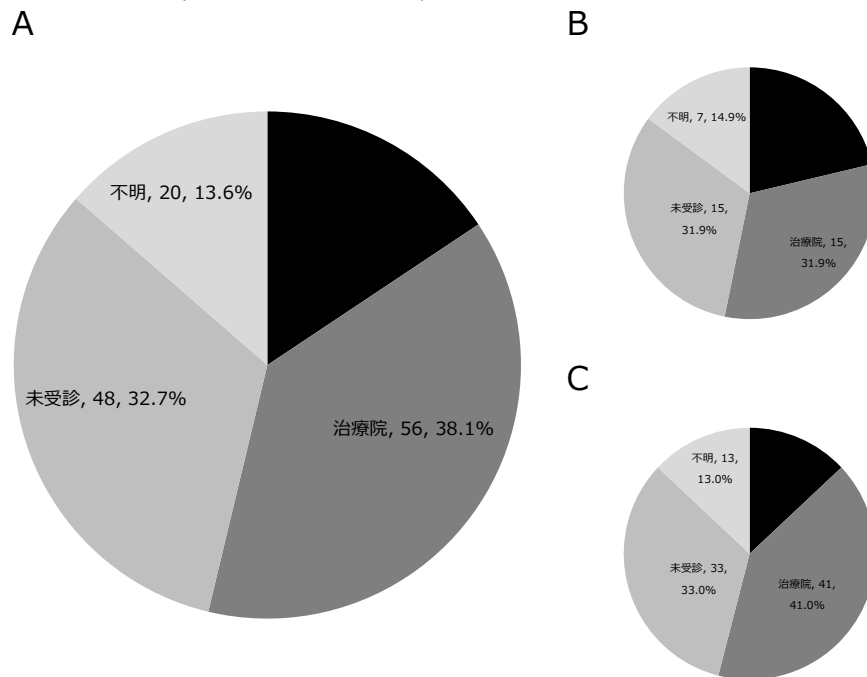


図4 競技会以前に発症した場合の受診の有無と受診先
(A: 全体 (n=147), B: 男性 (n=47), C: 女性 (n=100))

表7 利用目的別の対応

	全体	利用目的	
		痛み等への対処	調整・疲労回復
マッサージ	262	198	64
ストレッチ	228	174	54
テーピング	83	76	7
アイシング	58	18	40
電気刺激療法	53	51	2
その他物理療法	9	9	0
鍼治療	12	8	4
運動療法	1	0	1
創処置	0	0	-
その他	1	1	0
合計	707	535	172

ステーションに対する需要が男性選手に比して、女性選手で高いといえる。その背景には、女性選手に帯同するパーソナルトレーナーやチームトレーナーが少ないことがあると推察される。女性選手に帯同するトレーナーが必ずしも女性でなくてはならないわけではないが、日本陸連トレーナー部登録トレーナー789名のうち、女性は207名(26.2%)であり、女性トレーナーの普及や活動支援が必要とも考えられる。また、競技会の参加選手やチームがトレーナーを帯同させているかどうかや、帯同させていないとしたら必要性は感じるのか、帯同させていない理由はあるのか、などの調査をすることで、トレーナー側が準備すべきものを明らかにすることができるかもしれない。

利用者の出場種目は短距離・ハードル種目が最も多かった。これは調査対象競技会での短距離・ハードル種目の開催種目数が最も多かったことに関連しているといえる。種目別のトレーナーステーションの需要を考察するためには、エントリー人数を踏まえた検討が必要であり、今後の課題である。

利用の目的は痛み等への対処が全体の62.6%であった。三宅ら(2020)は、高校生陸上競技者の75%がスポーツ外傷・障害の既往があると報告しており、トレーナーステーション利用者のうち、痛み等への対処を目的とする選手の割合もそれに近い数値となった。調査対象競技会の多くは、年齢に対する競技会のレベルなどから推察するに、競技者にとって最大目標に近い競技会である。

そのため、痛み等を感じながらも競技会に参加していた競技者が多いことが推察される。このような競技会ではトレーナーステーションの需要があるといえるが、そもそも痛み等を抱えながら競技活動を行うことが望ましいとはいえず、日常的にできるコンディショニング方法についての情報発信をしていく必要がある。痛み等の発症タイミングは、75.0%で競技会以前であったが、男性では競技会以前が62.5%、競技会中が34.7%の発症であり、女性と比べて競技会中の発症が多かった。トレーナーステーションの利用者の多かった競技会に限定して集計したところ（図3）、日本選手権、インターハイともに競技会中の問題発生は男性で多く、競技会以前の発症は女性で多かった。本調査の結果だけでは断定できないが、男性で競技会中の外傷・障害発生が多いとすると、Edouard et al. (2015) などの先行研究を支持する結果となる。一方、女性で競技会以前の発症が多いとすると、トレーナーステーションの利用件数と同様に、女性競技者が日常的にコンディショニングについて相談することができていない可能性がある。このことから、女性競技者のコンディショニング環境については調査が必要である。

競技会以前から問題を感じていたにも関わらず、医療機関などを未受診の競技者が32.7%もいた。また、病院を受診していたのは、わずか15.6%だけであった。痛み等が発症していたにも関わらず、病院を未受診や専門家に相談していない割合の多さには驚かされた。山元ら(2016)も肉離れ受傷後の受診率の低さを報告しているが、適切な受診の必要性を強く発信する必要があると感じた。

種目別の問題のあった身体部位は、山本(2014)が示しているとおり、種目によって特徴が異なっていた。これは、陸上競技の現場で活動している実感としても理解できるものであった。ただし、種目や性別によってはトレーナーステーションの利用者自体が少なく、個人の問題を反映しているように感じることもあり、調査対象競技会数を増やしていく必要がある。

5. まとめと展望

本調査は、日本陸連主催競技会でのトレーナーステーションの利用実績から陸上競技者が抱えている身体的トラブルについて考察し、その結果、以下のことが明らかとなった。

- ①トレーナーステーションの利用件数は女性が多かった。
- ②利用目的は痛み等への対処が多かった。
- ③痛み等の発生は競技会以前に起こっており、その多くは病院未受診であった。

本調査の結果から、継続した調査の必要性を感じると

ともに、トレーナーの帯同状況などの周辺の調査の実施が必要であると示唆された。また、陸上競技者のスポーツ外傷・障害発生リスクを正しく把握し、適切に活用するためにも、日常的かつ継続的なスポーツ外傷・障害の調査を横断的に実施する必要がある。

COI 関係の申告

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

謝辞

本調査の実施にあたり、調査対象競技会で活動し、記録にご協力くださった日本陸連トレーナー部部員の皆様に深謝いたします。

文献

- Bahr R., Clarsen B., Derman W., Dvorak J., Emery CA., Finch CF., Häggglund M., Junge A., Kemp S., Khan KM., Marshall SW., Meeuwisse W., Mountjoy M., Orchard JW., Pluim B., Quarrie KL., Reider B., Schwellnus M., Soligard T., Stokes KA., Timpka T., Verhagen E., Bindra A., Budgett R., Engebretsen L., Erdener U. and Chamari K. (2020) International Olympic Committee consensus statement : methods for recording and reporting of epidemiological data on injury and illness in sport 2020 (including STROBE Extension for Sport Injury and Illness Surveillance (STROBE-SIIS)) . Br J Sports Med, 54 (7) : 372-389.
- Clarsen B., Rønsen O., Myklebust G., Flørenes TW. and Bahr R. (2014) The Oslo Sports Trauma Research Center questionnaire on health problems : a new approach to prospective monitoring of illness and injury in elite athletes. Br J Sports Med, 48 (9) : 754-760.
- Edouard P., Alonso J., Depiesse F. and Branco P. (2014) Understanding Injuries During the European Athletics Championships : An Epidemiological Injury Surveillance Study. New Studies in Athletics, 4 : 7-9.
- Edouard P., Feddermann-Demont N., Alonso JM., Branco P. and Junge A. (2015) Sex differences in injury during top-level international athletics championships: surveillance data from 14 championships between 2007 and 2014. Br J Sports Med, 49 (7) : 472-477.
- Finch C. (2006) A new framework for research leading to sports injury prevention. J Sci Med Sport, 9: 3-9.
- 廣重陽介・加藤基 (2023) 陸上競技における競技エリアの救護活動の展望. 陸上競技学会誌, 21 : 69-76.
- 布袋屋浩・加藤幸真・宮内育大・澤野大地・森長正樹・小山裕三 (2019) 大学陸上競技部員におけるスポーツ傷害の疫学的研究. スポーツ科学研究, 3 : 11-17.
- Kerr ZY., Comstock RD., Dompier TP. and Marshall SW.

- (2018) The First Decade of Web-Based Sports Injury Surveillance (2004-2005 Through 2013-2014) : Methods of the National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance Program and High School Reporting Information Online. *J Athl Train*, 53 : 729-737.
- 三宅秀俊・杉山貴哉・石川徹也 (2020) 高校陸上競技選手におけるスポーツ傷害アンケート調査. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 28 (1) : 154-159.
- 砂川憲彦・真鍋知宏・半谷美夏・細川由梨・奥脇透・広瀬統一・中山晴雄・武富修治・笠原政志・眞下苑子・増島篤 (2022) スポーツ外傷・障害および疾病調査に関する提言書: 日本臨床スポーツ医学会・日本アスレティックトレーニング学会共同声明. *日本アスレティックトレーニング学会誌*, 7 (2) : 155-171.
- 日本陸上競技連盟 (2017) : JAAF VISION 2017. (参照用 HP : <https://www.jaaf.or.jp/pdf/about/jaaf-vision-2017.pdf>)
- 日本陸上競技連盟ジュニアアスリート障害調査委員会 (2017) 陸上競技ジュニア選手のスポーツ外傷・障害調査～第2報 (2016 年度版) ～インターハイ出場選手・全国高校駅伝出場選手調査. (参照用 HP : <https://www.jaaf.or.jp/pdf/about/jaaf-vision-2017.pdf>)
- 田原圭太郎・鎌田浩史・山澤文裕 (2021) 高校陸上競技選手のスポーツ外傷・障害調査における疲労骨折に関する検討: 全国高等学校総合体育大会・全国高等学校駅伝競走大会の調査. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 29 (3) : 372-379.
- van Mechelen W., Hlobil H. and Kemper HC. (1992) Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. a review of concepts. *Sports Med*, 14 (2) : 82-99.
- 山本利春 (2014) 陸上競技①総論. 山本利春 (編) 競技特性からみたりハビリテーションとリコンディショニングーリスクマネジメントに基づいたアプローチ. 文光堂: 東京, pp.213.
- 山元勇樹・加藤基・福田崇・大垣亮・宮川俊平 (2016) 大学新入生アスリートの大腿部肉離れ既往における整形外科受診の有無. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 24 (2) : 289-299.
- Zemper ED. (2005) Track and field injuries. *Med Sport Sci*, 48: 138-151.

救護活動からみた陸上競技会中に発生する傷害の調査

廣重陽介（帝京大学）

松尾信之介（大阪学院大学）

富山信次（Athlete ST）

加藤 基（帝京大学）

1. 陸上競技における競技会中の安全管理

日本陸上競技連盟（以下、日本陸連）は、トップアスリートが活躍し、国民に夢と希望を与える「国際競技力の向上」およびすべての人がすべてのライフステージにおいて陸上競技を楽しめる環境をつくる「ウェルネス陸上の実現」をミッションとして掲げている（公益財団法人日本陸上競技連盟, 2017）。トップアスリートの育成・強化において、傷害予防、傷害からの早期復帰は不可欠である。また、陸上競技を通じたスポーツ参加は、短・長期的に多くの健康に関連した利益につながりうるため、傷害発生を最小限にしつつ、参加機会を継続的に確保することは公衆衛生上の重要な目標といえる。

陸上競技の様々な場面、例えば陸上競技会（以下、競技会）においても、傷害や病気などの事故が一定数起こることが知られている。例えば、五輪や世界選手権などのハイレベルな国際競技会における調査は多く、参加選手の10%程度の傷害発生率が報告されている（Edouard et al., 2020）。一方で、本邦の競技会における傷害調査は極めて少ない。

陸上競技は多様な種目から構成されるため、傷害の発生率やパターン、リスク要因も多様であることが示唆されている（Zemper, 2005）。この多様な傷害発生に関する情報を整理することは、適切な傷害予防への取り組みを促す。加えて、競技会における傷害調査は、救護者の配置、準備資器材や教育方法などを決定し、競技会の安全運営に重要な示唆を与える（廣重ら, 2023）。以上の背景から、日本陸連医事委員会トレーナー部（以下、トレーナー部）は、Timpka et al. (2014) のコンセンサスステートメントを参考に、競技会の救護活動の記録方法を改訂した（廣重ら, 2023）。ここでは、競技会中に発生する傷害発生率や特徴、救護活動の傾向を明らかにし、効果的、効率的な救護活動の一助とすることを目的とし、日本陸連トレーナー部が救護活動を実施した大会における救護記録を報告、分析する。

2. 傷害記録を用いた傷害発生の調査

2.1 調査対象

本調査の対象は、2023年度に開催された日本陸連主催大会のうち、日本陸連トレーナー部が救護活動を実施した5大会の出場者延べ5,978名とした。調査対象大会は2023年度に開催された、第77回出雲陸上競技大会（出雲陸上）、セイコーゴールデングラプリ陸上2023横浜（ゴールデングラプリ）、第107回日本陸上競技選手権大会（日本選手権）、第107回日本陸上競技選手権大会・混成競技（日本選手権混成）、第17回U18・第54回U16陸上競技大会（U18U16）とした。

2.2 調査方法

本研究デザインは競技会における傷害および傷害発生数、傷害発生率を調査した観察研究であった。調査における傷害の定義は、競技中または競技終了後、ポストイベントコントロールエリアを出るまでに救護活動に至ったケースとした。本調査での救護活動とは、救護観察者が事故を「認知」、「接近し声かけ」、「処置」、「医務室へ搬送」を行ったケース（Any complaint）とした（Bahr et al., 2020）。救護活動および救護記録は競技会の救護活動について教育を受け、経験豊富な日本陸連トレーナー部員が行った。救護記録にはGoogle formsを用いて行い、記録内容は表1に示す通りであった。

2.3 調査分析方法

傷害データから傷害発生件数と傷害発生率を示した。傷害発生率は1名の競技者が1回の競技出場を1 Athlete-Exposure (AE) とし、1,000AEsあたりの傷害発生件数とした。また、全大会における性別、競技種目別の傷害発生件数と傷害発生率を求めた。競技種目は5群（短距離・ハードル種目：≤ 400m・≤ 400mハードル・4 × 100mリレー・4 × 400mリレー、中・長距離種目：≥ 800m・3000m障害・競歩、跳躍種目：走高跳・走幅跳・三段跳・棒高跳、投擲種目：砲丸投・円盤投・やり投・ハンマー投、混成競技：十種競技・七種競技）に分けた。性別、種目別の傷害発生率の差をカイ二乗検定、効果量

表1 救護記録, 傷害記録内容

1. 競技会情報の記録
(ア) カテゴリー
(イ) 参加人数
(ウ) 実施種目・実施エリア・実施時間
2. 傷害発生の記録
(ア) 日時情報
① 日付
② 時刻
(イ) 天候情報
(ウ) 競技種目情報・発生種目情報
① 種目
② 発生地点
(エ) 対応情報
① 対応救護地点
② 対応内容（認知・接近と声掛け・処置とその内容・搬送とその方法 など）
③ 問題点
④ 備考
(オ) 傷害・疾病情報
① 外科的問題（傷害） or 内科的問題（疾病）
② （自覚的）症状
③ （外科的問題の場合）部位
④ 既往や予兆の有無

をCramer's Vによって分析し、有意な差異が認められた場合、事後検定として残差分析を行った。有意水準は5%とし、残差分析の結果において、調整済み残差の絶対値が1.96以上であれば、5%水準で有意であるとみなされた。さらに、Timpka et al. (2014)を参考に、運動器傷害における部位別傷害発生数、全傷害の対応救護地点および医務室搬送件数と搬送実施率、救護処置件数と処置実施率も観察項目とした。同一選手の2地点以上の

救護対応例については、救護対応数は実回数でカウントし、傷害発生件数は最も重症度が高い対応のみをカウントした。統計解析にはSPSS for Windows version 29 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)を用いた。

3. 集計結果

全傷害における傷害発生地点と対応地点について表2に示した。傷害発生件数(発生率)は94件(15.7/1,000AEs),

表2 全傷害における傷害発生地点と対応地点

発生地点	件数	発生地点	件数	発生地点	件数
第一曲走路（前半）	1	ホームストレート（0m~25m）	2	ホームストレート（76~100m）	12
不明	1	ホームストレート（26~50m）	1	第二曲走路（後半）	1
対応地点	件数	ホームストレート（76~100m）	9	トラック種目ゴール後~ミックス前	12
ゴール	2	ホームストレート（ゴール後）	1	ミックスゾーン	2
発生地点	件数	第一曲走路（後半）	1	走幅跳ビット（助走）	1
ホームストレート（51~75m）	3	第二曲走路（後半）	1	走幅跳ビット（踏切・砂場）	4
ホームストレート（76~100m）	1	走高跳ビット（踏切・着地）	1	走高跳ビット（踏切・着地）	2
第二曲走路（前半）	1	棒高跳ビット（踏切・着地）	2	棒高跳ビット（踏切・着地）	8
やり投ビット	2	走幅跳ビット（助走）	1	対応地点	件数
ミックスゾーン	2	走幅跳ビット（踏切・砂場）	3	第2コーナー	2
ポストイベントコントロールエリア	3	走幅跳ビット（待機場所）	1	バックストレート	1
その他	1	やり投ビット	1	第3コーナー	1
対応地点	件数	ハンマー投ビット	1	100mスタート	4
ゴール	7	ミックスゾーン	4	ゴール	29
第2コーナー	1	ポストイベントコントロールエリア	8	医務室	1
ポストイベントコントロールエリア	5	雨天練習場	1	棒高跳	2
発生地点	件数	対応地点	件数	その他	2
ホームストレート（0m~25m）	1	ゴール	29		
ホームストレート（76~100m）	2	バックストレート	4		
棒高跳ビット（助走）	1	第3コーナー	3		
やり投ビット	1	棒高跳	2		
対応地点	件数				
ゴール	3				
第3コーナー	1				
棒高跳	1				

出雲陸上	日本選手権	U18U16 日本選手権
ゴールデン グランプリ		
日本選手権 混成		

表3 各競技会における傷害発生件数と傷害発生率

競技会名	種目数	救護件数	処置件数	搬送件数	出場者 合計	救護発生率 (/1,000AEs)	処置実施率 (/1,000AEs)	搬送実施率 (/1,000AEs)
出雲陸上	72	2	0	0	1326	1.5	0.0	0.0
ゴールデングランプリ	16	11	3	1	178	61.8	16.9	5.6
日本選手権混成	48	5	2	1	756	6.6	2.6	1.3
日本選手権	110	35	10	5	1730	20.2	5.8	2.9
U18U16日本選手権	86	41	0	12	1988	20.6	0.0	6.0
合計	332	94	15	19	5978	15.7	2.5	3.2

救護件数：救護者が行った全救護（認知，接近し声掛け，処置，医務室へ搬送）件数

処置件数：救護者が行った処置件数

搬送件数：救護者が行った搬送件数

救護発生率，処置実施率，搬送実施率は救護，処置，搬送件数を1000競技出場者あたりで示した

表4 性別における傷害発生率

	性別		合計
	男性	女性	
度数	67	27	94
傷害発生あり %	2.1	1.0	1.6
調整済み残差	3.4*	-3.4*	
度数	3199	2685	5884
傷害発生なし %	97.9	99.0	98.4
調整済み残差	-3.4*	3.4*	
合計 度数	3266	2712	5978
合計 %	100.0	100.0	100.0

* p<0.05

救護対応数は100回であった。そのうち処置件数（処置実施率）は15件（2.5/1,000AEs），搬送件数（搬送実施率）は19件（3.2/1,000AEs）であった（表3）。傷害発生件数のうち，運動器傷害の発生件数（発生率）は80件（13.4/1,000AEs），86部位であった。性別の傷害発生傾向について，男性選手の傷害発生件数（発生率）は67件（20.5/1,000AEs），女性選手は27件（10.0/1,000AEs）で性別の傷害発生数には有意な差異が認められた（ $\chi^2(1)=11.552$, $p<0.01$, $V=0.05$ ）（表4）。競技種目別の傷害発生傾向について，短距離・ハードル種目の傷害発生件数（発生率）は39件（13.7/1,000AEs），中・長距離種目は23件（25.4/1,000AEs），跳躍種目は21件（21.8/1,000AEs），投擲種目は7件（9.2/1,000AEs），混成種目は4件（7.8/1,000AEs）で競技種目別の傷害発生率には有意な差異が認められた（ $\chi^2(4)=12.634$, $p=0.01$, $V=0.05$ ）。残差分析により，中・長距離種目の傷害発生率が高いことが明らかとなった（表5）。運動器傷害における発生部位は多い順に，大腿部および下腿部（各19件，22.1%），膝関節（7件，8.1%）であった（表6）。また，重篤な症状に発展しうる頭部の傷害発生も3件（い

表5 競技種目別における傷害発生率

		競技種目別					合計
		短距離・ハードル	中・長距離	跳躍	投擲	混成	
傷害発生あり	度数	39	23	21	7	4	94
	%	1.4	2.5	2.2	0.9	0.8	1.6
	調整済み残差	-1.2	2.5*	1.7	-1.5	-1.5	
傷害発生なし	度数	2800	882	943	752	507	5884
	%	98.6	97.5	97.8	99.1	99.2	98.4
	調整済み残差	1.2	-2.5*	-1.7	1.5	1.5	
合計	度数	2839	905	964	759	511	5978
	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

* p<0.05

表6 運動器傷害における傷害発生部位 (Timpka et al., 2014 を参考に分類)

	件数	割合 (%)
大腿部 (前・後面)	19	22.1
下腿部 (前・後面)	19	22.1
膝関節 (前・後面)	5	5.8
足関節 (内・外側)	5	5.8
肘関節 (内・外側)	4	4.7
頭部	3	3.5
手指 (前・後面)	3	3.5
肩・鎖骨	2	2.3
肘関節 (前・後面)	2	2.3
手関節 (前・後面)	2	2.3
膝関節 (内・外側)	2	2.3
足部・足趾	2	2.3
顔面	1	1.2
腰椎・腰部	1	1.2
腹部	1	1.2
骨盤・仙骨・殿部	1	1.2
上腕部 (前・後面)	1	1.2
手部 (前・後面)	1	1.2
母指 (前・後面)	1	1.2
アキレス腱	1	1.2
足関節 (前・後面)	1	1.2
不明	9	10.5
合計	86	100

ずれも棒高跳競技中) 報告された。対応救護地点は多い順にゴール地点 (70 件, 70.0%), ゴール後のミックスゾーン～ポストイベントコントロールエリア, 第3コーナー, バックストレート, 棒高跳ピット (各 5 件, 5.0%) であった (表7)。搬送したケースにおいて, 搬送手段は車いす (10 件), ヒューマンキャリー (8 件) が多かった。

4. 考 察

本研究は, 2023 年度日本陸連主催の5大会における救護活動報告より, 競技会時に発生する傷害発生傾向について調査した。得られた主要な結果は, 1) 男性で傷害発生が多かったこと, 2) 中・長距離種目で傷害発生が多かったこと, 3) 大腿部・下腿部の傷害が多く, 下肢の傷害が多かったこと, 4) 対応救護地点の7割はゴール地点の救護者であったことである。

先行研究の多くは, 医務室を受診した選手の対応件数を調査したものであり, 競技会中の傷害全体を網羅していない可能性を有する。一方で, 本研究で用いた方法はスタジアム内の救護観察により傷害集計を行ったため, 競技会時のほとんどの傷害を集計できていることが考えられる。

本研究で示したような傷害調査は, 当該スポーツに発生しうる問題・トラブルの傾向を特定し, 有効な対策に役立てるため, 予防の取り組みの第一ステップとして古くから重要視されている (van Mechelen et al., 1992)。加えて, 救護活動における対応地点, 対応内容など救護対応に至った事例の傾向も示し, 用意されるべき救護活動や救護活動者に対して必要な教育の資料においても提供可能となる。

本研究で示した傷害発生率は, 世界選手権やオリンピックにおける傷害発生率と比較して低いものであった。Edouard et al. (2014) は, ヨーロッパ陸上競技選手権大会における傷害発生率は世界選手権と比較して低かったことを示している。また, サッカーにおいてもワールドカップと比較してヨーロッパ選手権では傷害リスクが低いことも示されている (Dvorak et al., 2011)。棒高跳選手の傷害調査によると, 4年以上の競技経験がある選手の方が, それ以下の経験をもつ選手と比べて傷害発生の確率が約2倍となることを示した (Rabella et al., 2015)。Almeida et al. (1999) は, スポーツ傷害の危険因子としてトレーニング量が重要な危険因子であると述べている。これらを踏まえると, この発生率の差は競技レ

表7 対応救護地点

	件数	割合 (%)
ゴール地点	70	70.0
ミックスゾーン～ポストイベントコントロールエリア	5	5.0
第3コーナー	5	5.0
バックストレート	5	5.0
棒高跳びピット	5	5.0
第4コーナー	4	4.0
第2コーナー	3	3.0
その他	3	3.0
合計	100	100

ベルにより一部は説明できるのかもしれない。本結果においても、最も高い競技レベルの選手が出場したゴールデングランプリ陸上において最も高い傷害発生率を示している(表3)。

医務室への搬送を伴う傷害が19件あった。陸上競技における競技場内救護者は、傷害発生をすばやく認知する視点、起こった傷害に対して応急処置を行う能力に加え、医務室へ安全に搬送する能力が必要であることが示された。搬送手段は近距離の搬送手段として用いられるヒューマンキャリーや座位保持可能な場合に長距離の搬送手段として用いられる車いす搬送が主であり、それらを中心に救護者は安全に確実に搬送できる方法をトレーニングしたい。

男性、中・長距離種目における高い傷害発生率は、国際競技会における報告(Edouard et al., 2020)と同様の結果であった。傷害予防の観点から考えた場合、特に傷害発生率が多い競技種目については、トレーニング期間から傷害予防戦略、トレーニング負荷や傷害のリスクとなりうる選手の訴え、動作の質などについて注意深くモニターしていくべきである。一方で、混成競技については、先行研究と異なり、傷害発生率が高い種目とはみなされなかった。これには、調査方法の違いが一因として挙げられる。先行研究(Edouard et al., 2020)は1参加者あたりの傷害発生率を調査している。本研究は1参加者の1レース参加あたりの傷害発生率としているため、混成競技の結果には差異が出た可能性がある。本来、傷害統計はすべて同じ方法で進めるべきだが、本調査はその目的として、「傷害に関係する救護活動の傾向」を探ることを主眼としているため、前述した違いの下に調査を行っている。どちらにせよ、少ない参加選手で行われるとしても、混成競技では傷害が発生する可能性が高いことを考慮しておくことは必要である。

傷害発生に伴い、全体の7割の傷害においてゴール地点の救護者が対応していることが分かった。複数の競技が同一時間帯で行われる競技会の特殊性の中で、どのあたりで傷害発生が起きているのかを把握することは、効率的な救護体制を探究する上で重要である。特に、本調査対象となった大会は、すべて各コーナー付近、4か所で救護観察を実施しているが、本結果はそのような体制で行えない場合の優先すべき配置の目安となりうる。

本研究データは、我々が作成した救護記録、データ分析方法(廣重ら, 2023)にて、本邦の競技会でのデータ収集を行った初めての報告である。今後は、本システムでのデータ収集を重ね、多くのデータから傷害予防への知見の提供、救護傾向の把握による安心・安全な競技会運営につなげていく必要がある。

5. まとめ

傷害予防はパフォーマンスの向上に寄与するため、傷

害予防は、すべての陸上競技者にとって重要なテーマである。本研究結果は、安全な陸上競技の実践に有用であることが示された。また、本研究から、今後の傷害予防調査は以下の点を重要視する必要があると示唆された。

- 1) 男性競技者で多い傷害の分析とその対応
- 2) 中・長距離種目で多い傷害の分析とその対応
- 3) 大腿部や下腿部傷害として多いと考えられるハムストリングや下腿筋肉ばなれの危険因子やメカニズム
- 4) ゴール地点における救護活動の充実と教育

これらの解決および本研究分野の発展には、アスリート、コーチ、科学者、メディカルスタッフなどによる、より密接な連携が必要となる。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はない。

文献

- Almeida SA., Williams KM., Shaffer RA. and Brodine SK. (1999) Epidemiological patterns of musculoskeletal injuries and physical training. *Med Sci Sports Exerc*, 31(8): 1176-1182.
- Bahr R., Clarsen B., Derman W., Dvorak J., Emery CA., Finch CF., Häggglund M., Junge A., Kemp S., Khan KM., Marshall SW., Meeuwisse W., Mountjoy M., Orchard JW., Pluim B., Quarrie KL., Reider B., Schwellnus M., Soligard T., Stokes KA., Timpka T., Verhagen E., Bindra A., Budgett R., Engebretsen L., Erdener U. and Chamari K. (2020) International Olympic Committee consensus statement : methods for recording and reporting of epidemiological data on injury and illness in sport 2020 (including STROBE Extension for Sport Injury and Illness Surveillance (STROBE-SIIS)). *Br J Sports Med*, 54(7): 372-389.
- Dvorak J., Junge A., Derman W. and Schwellnus M. (2011) Injuries and illnesses of football players during the 2010 FIFA World Cup. *Br J Sports Med*, 45 (8): 626-630.
- Edouard P., Alonso JM., Depiesse F. and Branco P. (2014) Understanding Injuries During the European Athletics Championships: An Epidemiological Injury Surveillance Study. *New Studies in Athletics*, 29(4): 7-16.
- Edouard P., Navarro L., Branco P., Gremeaux V., Timpka T. and Junge A. (2020) Injury frequency and characteristics (location, type, cause and severity) differed significantly among athletics ('track and field') disciplines during 14 international championships (2007–2018): implications for medical service planning. *Br J Sports Med*, 54(3):159-167.
- 廣重陽介・加藤 基 (2023) 陸上競技における競技エリアの救護活動の展望. 陸上競技学会誌, 21 : 69-76.

日本陸上競技連盟 (2017) : JAAF VISION 2017. (参照用
HP : <https://www.jaaf.or.jp/pdf/about/jaaf-vision-2017.pdf>)
Rebella G. (2015) A prospective study of injury patterns in
collegiate pole vaulters. *Am J Sports Med*, 43(4): 808-
815.

van Mechelen W., Hlobil H. and Kemper HC. (1992)
Incidence, severity, aetiology and prevention of sports
injuries. a review of concepts. *Sports Med*, 14(2): 82-99.
Zemper ED. (2005) Track and field injuries. *Med Sport Sci*,
48: 138-151.

〔日本陸上競技学会第 22 回大会〕

共催：公益社団法人日本学生陸上競技連合・関東学生陸上競技連盟・中京大学スポーツ科学部

テーマ：「日本陸上競技学会の歩みと発展」

■大会主管校 中京大学

■大会共催 公益財団法人日本陸上競技連合、関東学生陸上競技連盟、中京大学スポーツ科学部

■開催日程 2024 年 2 月 22 日（木）～ 23 日（金・祝）

開会挨拶

会長 青木和浩（順天堂大学）
大会実行委員長 眞鍋芳明（中京大学）
学校法人梅村学園総長・理事長 梅村清英（中京大学）

基調講演：人権の尊重に責任あるスポーツの未来に向けてーオリンピック・ムーブメントにおける過去と現在を手がかりにー
來田享子（中京大学スポーツ科学部）

一般研究発表＜ポスター発表＞

ワークショップ：オリンピックの肺活トレーニング
市川華菜（中京大学スポーツ振興部）
川端魁人（中京大学スポーツ振興部）

キーノートレクチャー：スポーツと脳科学

荒牧 勇（中京大学スポーツ科学部）

シンポジウムⅠ：陸上競技×マーケティング

「稼ぐチカラ」と「活かす技術」の可能性をめぐって

芦塚倫史（中京大学スポーツ科学部）

シンポジウムⅡ：日本陸上競技学会誌の歴史と今後

青木和浩

（順天堂大学スポーツ健康科学部）

青山清英（日本大学文理学部）

木越清信（筑波大学体育系）

眞鍋芳明（中京大学スポーツ科学部）

閉会：優秀発表賞・優秀論文賞・特別発表賞表彰

基調講演

人権の尊重に責任あるスポーツの未来に向けて ～オリンピックムーブメントにおける過去と現在を手がかりに～

登壇者 来田 享子（中京大学 スポーツ科学部 教授）

1. はじめに

本日は「人権の尊重に責任あるスポーツの未来に向けて」というテーマでお話をさせていただきます。この学会の開会時に、実行委員長の高鍋先生が「今回の学会の内容は一つの挑戦」とお話をされました。私が選択したテーマでの講演はあまりなかったのではないかと、いう意味では、これもひとつの挑戦になるかと思えます。「なかった」ということにも意味があるだろうと考え、過去の陸上競技学会誌にすべて目を通させていただき、私なりにその理由についても考えてみました。そうした作業を通して、参加されている先生方と共に、学会が将来向かう先について考え、議論できることがあればという思いで準備しましたので、よろしくお願いいたします。

2. この報告の問題意識と概要

最初にこの報告における問題意識をお伝えします。それは「社会がグローバル化し、価値観が多様化する中で、スポーツにおける／スポーツを通じた人権の尊重・保護に関する要請は高まっているのですが、陸上競技の“学”はこの要請にどのように応えるべきだろうか」ということです。

この報告では、最初に抄録にも示したように、陸上競技がオリンピックにおいて人権課題を可視化する最前線の舞台になってきたことを示す事例を紹介します。この内容はオリンピック史研究ではよく取り上げられる事例ですが、もしかしたら若い先生方の中にはご存知ない方もいらっしゃるかもしれません。

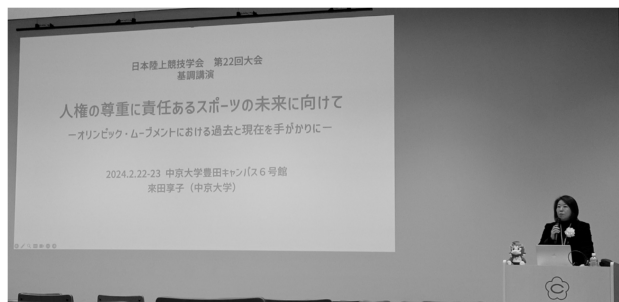
次に、陸上競技学会誌に掲載された過去の論考を検討

することにより、「陸上競技学会で人権に関するテーマを議論する機会はありませんでしたのか」という印象は正しいのかを確認し、たまたまそうであればその理由を私なりに探ってみます。そのことは、この学会で提案されてきた“学”とは何かということを考えることにつながるのではないかと考えています。陸上競技の“学”は、これまでどのように人権の尊重、あるいは保護というような問題と接続されてきたのか、ということが浮かび上がるだろうと思えます。

この検討を踏まえ、人権の尊重に責任あるスポーツの未来に向け、国際動向や課題への戦略的な取り組みの事例を紹介することにより、「陸上競技学」が果たす役割を検討するための材料を提示したいと思います。スポーツそのものがグローバル化し、スポーツを取り巻く環境も複雑になっています。様々な要因が絡み合いながら、個人や集団に対する排除や差別が起きている社会の中で、現在、スポーツは人権の尊重・保護を促進する分野として国際社会から大いに期待されています。その期待に対して、陸上競技学はどのように応えるのか、これについて考えたいと思います。国際動向の事例としてはIOCの対応を、また戦略的取り組みの事例としては、私がスポーツとジェンダーを専門としている関係から、女性コーチを育成する戦略を、それぞれ紹介します。

3. 人権課題を可視化する場としてのオリンピックにおける陸上競技

それでは、人権課題を陸上競技の“学”を通して考える背景になるような歴史的事例をオリンピック史上の出来事からいくつかご紹介します。最も古い時代の出来事でよく取り上げられる出来事は、「炎のランナー」という映画に描かれています。この映画はユダヤ系イギリス人陸上選手の話です。戦前の1924年頃が描かれており、ユダヤ人に対する差別、偏見、抑圧があったことがわかります。この選手は、1920年アントワープ大会に出場しましたが、この大会では結果を残せませんでした。その後、当時としては非常に異例であったプロコーチの指導を受ける道を選択します。その結果、1924年パリ大



会 100m 走では金メダルを獲得しました。当時の彼の行動は、金にものを言わせ、マチュアリズムに反するやり方で勝利を得たということで強く批判されました。その批判には、いわゆるイギリス人ではない者はイギリスの伝統や慣習に従わず、異質な行動をする人間である、という文化的抑圧が含まれていました。

この大会から約4年後に生じるのが女性の参加への抑圧です。国際女子スポーツ連盟が1921年に設立され、女子だけのオリンピックを開催します。なぜそのような大会を開催しなければならなかったのでしょうか。それは当時の陸上競技界では、女性は陸上競技をするものではないという根強い偏見があり、女子陸上競技のオリンピック大会での実施に批判的であったためです。女性たちと彼女たちに賛同した男性たちが設立した組織は、参加の権利を求め、10年以上にわたってIOCや国際陸上競技連盟、現在の世界陸上(WA)と議論をしなければならませんでした。この背景には、当時のIOCが主としてヨーロッパにルーツを持つ男性を中心とするサロンのようなものであり、彼らの考え方、あるいはオリンピックの創始者であるクーベルタンの考え方がありました。女性たちの交渉が一定の成果を得て、女子陸上競技が「試験的に」実施されたのは、1928年のことでした。現在の私たちにとっては、陸上競技に女子の種目があって当たり前としか思えないわけですが、このときは「試験的」であったということに注目する必要があります。

この時のオリンピックでの女子陸上競技の採用には大きな意味がありました。というのは、これにより女性の参加割合が10%を超えるようになったからです。オリンピックでは1900年のパリ大会で初めて女性が参加しましたが、このときの女性選手数は22人、2.2%に過ぎませんでした。そこから25年ほど経ても3%、4%台にとどまっていた。女子陸上競技の採用は、オリンピック史上の女性割合を押し上げた何段階かの変化のうちの最初のものとなりました。しかし、この陸上競技に関する議論を経て浮き彫りになったのは、女性にふさわしい競技とは何か、という問いかけがなされ、女性にふさわしいとIOCの男性たちが認めたものだけがオリンピックで採用されるという構図でもありました。

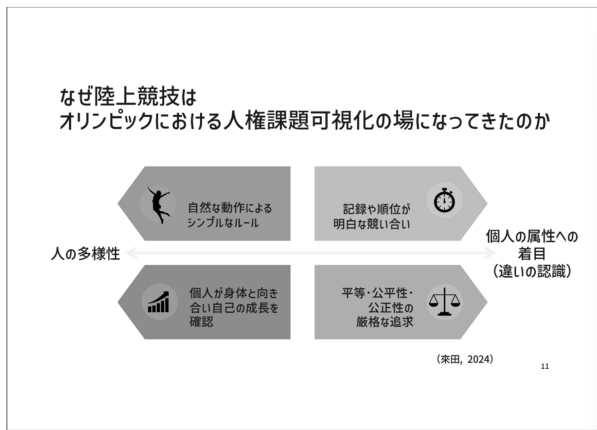
次に陸上競技が人権侵害を可視化する舞台となったのは、人種差別をめぐる1968年メキシコ大会の事例、良く知られている、ジョン・カルロスとトミー・スミスによるブラック・パワーサリュートです。彼らは表彰式で黒い手袋をはめた片方の手を挙げています。足元は黒いソックスを履き、靴は履いていません。アフリカなどにルーツを持つ人々が劣悪な地位に置かれていることを黒いソックスで示し、そのことへの抗議の意思を黒い手袋をはめた拳を突き上げるパフォーマンスで表しました。

近年では人種差別に対する選手たちの抗議行動は、東京2020大会でも見られたように、グラウンドなどで片

膝をついて選手が並び、正面を向いて抗議するというパフォーマンスで知られています。ブラックパワー・サリュートは、こうした抗議パフォーマンスの原点ともいえます。当時、IOCは選手に対し、いかなる政治的あるいは商業的なパフォーマンスも行ってはならないことを厳格に守っていました。米国オリンピック委員会(USOC)もまた非常に強い嫌悪感、批判を示したとする米国のメディア報道は、現在もYouTube上で確認することができます。代表選手が自分の国のあり方に異を唱えたと受け止められたわけです。IOCはUSOCに彼らを米国代表選手団から除名し、追放するよう指示しました。

このとき第2位になったのは、ピーター・ノーマンというオーストラリアの選手でした。この選手は、表彰式で抗議行動を行うことを2人の選手から打ち明けられ、人種差別への反対を表わすバッジを渡されます。彼はいわゆる「白人」社会で生きてきたわけですが、表彰台に上がる仲間の主張が正当であると考え、同じバッジをつけて表彰式に出ました。そのことによって、彼は人種差別に異を唱えた者たちの仲間であるという扱いを受けることになります。代表選手として選出される十分な競技成績があつたにも関わらず、彼は次のオリンピック大会の代表選手から外されました。その後、2012年になってから、当時のあのときのノーマン選手に対する扱いに対し、オーストラリア政府が正式に謝罪を行っています。政府が謝罪をするというのは、とても大きなことだと思います。

では最後にごく最近の事例を紹介します。2008年頃から検討されるようになったDSDs(Differences of Sex Development, からだの性の多様なあり方)の選手の参加をめぐる問題です。医学的には性分化疾患とされています。このDSDsの選手をめぐるのは、競技の公平性を保ちながら、人権侵害をなくし、どのようにして参加の権利を守るかという議論の最前線にいるのが陸上競技界です。具体的にはキャスター・セメンヤ選手を起点に始まった議論ですが、多くの選手が可視化されるようになっていきます。パヨシュニ・ミトラ氏による2021年の論考¹⁾では「グローバルサウスの女性たちの身体に対して規制をすることになっている」という指摘が行われるほど、可視化されるようになっていきます。さらに、性別をめぐる問題としてもう一つ起きているのが、トランスジェンダー選手をめぐる参加問題です。WAはエリートレベルの大会においてはトランスジェンダー女性選手の出場を禁じる規定を出しました。この規定が定められる議論では、WAが当初、女性競技に出場する選手の血清中テストステロンの上限を2.5mol/lとする原案を提示しました。しかし、関係者の理解を得ることができなかつたとして、出場を禁じることになってしまいました。現在、自分らしく生きることを選択したトランスジェンダー女



性的場合, エリートレベルの陸上競技には参加できない, ということです。

このように陸上競技は様々な人権課題が可視化される場, 最初に光が当たる場になってきましたが, それはなぜなのでしょう。

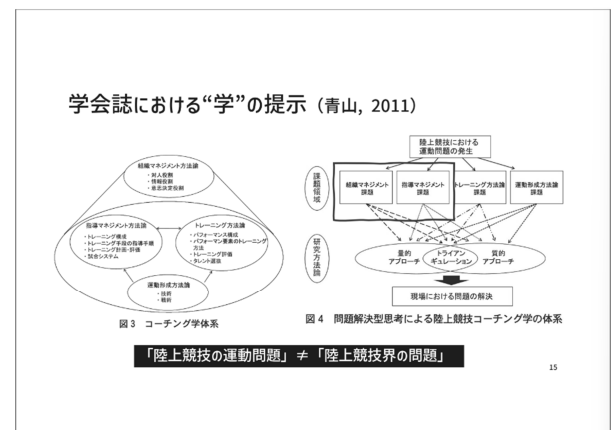
陸上競技は, 多くの人にとってごく自然な「走る」「投げる」「跳ぶ」などの動作を通して, 非常にシンプルなルールで実施される競技です。その自然さやシンプルさゆえに, 陸上競技では個人が自分の身体と向き合い, 自己の成長を確認することができます。この広い意味での教育機能や価値に言及する論考は, 陸上競技学会誌にもみられました。

一方で, 記録や順位が明白で, 結果がはっきりと示されます。そのため平等な参加, 公平性や公正性がルールによって厳格に定められている必要があります。どのような人でも受け入れることができる一方で, 個人の属性への着目, すなわち異なる人間がシンプルな競技を共に競うことによる「違い」が強く認識されることになる, という側面があるのではないかと、そのことがオリンピックにおける人権課題の可視化の場としての陸上競技の特徴ではないかと私は捉えています。

4. 陸上競技学会で提案されてきた“学”—人権の尊重・保護との接続—

陸上競技学会では, 陸上競技の価値を大切にし, 探求し, 伝達してきたと考えられます。そのような学会では, 陸上競技の“学”がどのように捉えられているのでしょうか。この問いに答えるいくつかの論考が「陸上競技学会誌（以下, 学会誌）」には掲載されています。

今日の私の報告テーマである人権の尊重・保護という問題との接続の観点からのみの引用となりますが, いくつかの先行研究を紹介します。まず, 青山先生が2003年の研究誌の中で, 陸上競技の研究が体力論的観点と力学的生理学的観点で集約されてしまうことは, 実践の現場で指導を行っている指導者や選手から見ると戸惑いである²⁾, と述べています。また, 青山先生は「陸上競技のコーチング学とは何か」という学術的な問いを立てた

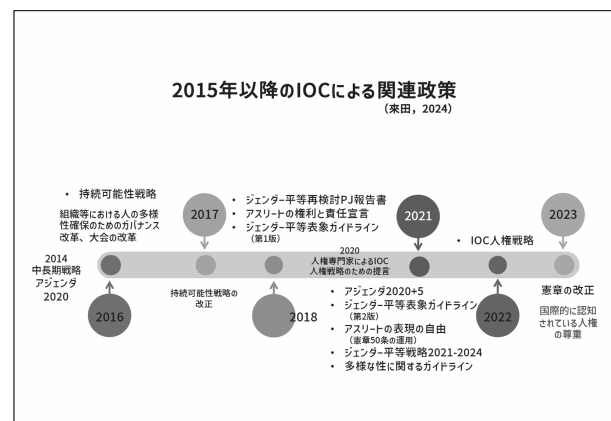


論考³⁾を投稿されています。そして陸上競技のコーチング学は, 基本的には, 運動形成方法論, 指導マネジメント方法論, トレーニング方法論, 組織マネジメント方法論。この4つから成り立つ“学”であると結論づけています。今日の私のテーマとの関係では, この4つのうち組織マネジメントや指導マネジメントの課題に近接するのではないかと思います。ただし, 今日の私のテーマは「陸上競技界」の問題を捉えたものですので, 陸上競技の運動動作だけでなく, 陸上競技という世界そのものが抱える課題について, 陸上競技の“学”がどのような対応を行っていくのかを探求することになるため, 射程を広げる必要があるかもしれません。

5. 必要とされる戦略的取組の全体像から“学”の未来への示唆を得る—女性コーチの育成・支援を事例に考える—

近年, 国際的に着目されている人権問題には, 1) 大規模スポーツイベントの開催がもたらす人権侵害, 2) 子どもの権利, 3) 多様な性のあり方へのスポーツの対応, などがあります。これらをスポーツにおいて解決することを通して, 社会全体の人権の尊重と保護につなげる, ということが期待されています。

こうした期待に対し, 国際オリンピック委員会 (IOC) は2015年にユネスコ総会で採択された「体育・身体活動・スポーツ国際憲章」にもとづきながら, 体育・スポーツ



担当大臣等国際会議（MINEPS）や WHO とも協調しながら、取り組んでいます。

今日の報告では、IOC やヨーロッパのスポーツ先進国、オーストラリアなどで進められている女性コーチを育成支援するための戦略的取り組みについて、紹介します。その全体像は、3つの戦略的な取り組みで構成されていると考えられます。

一つは、1人の女性コーチを育てる、という分野に視点を置いた戦略です。これはロードマップ型と表現できるかもしれません。具体的に示してみましょう。オリンピック大会の選手の割合は次のパリ大会で男女半数ずつになります。ところが女性コーチの割合を大会全体で見ると、この約20年ずっと変化しておらず、10%から13%の間に留まっています。では、女性コーチは育っていないのか、といえ、そういうわけではないという国でも現状が変化していないのです。こうしたケースでは、帯同するコーチを誰がどのように選ぶのかという選出プロセスに偏りがある、というような可能性が考えられます。そのことを示すデータがなければ、現状が維持されてしまいます。また、ライフステージやキャリアトランジションを意識した育成方法が実践されているか、という視点を持つことは、実は男性コーチを育成する場合でも重要であるはずです。

この戦略のためには、ジェンダー統計や不平等・障壁の確認といった現状の把握、課題を明らかにするためのエビデンスの生成、政策の策定、さらには政策の効果を測定するためのモニタリングが必要です。これらはいずれも研究によって支えられるため、学会ではこうした研究が求められていくことになります。

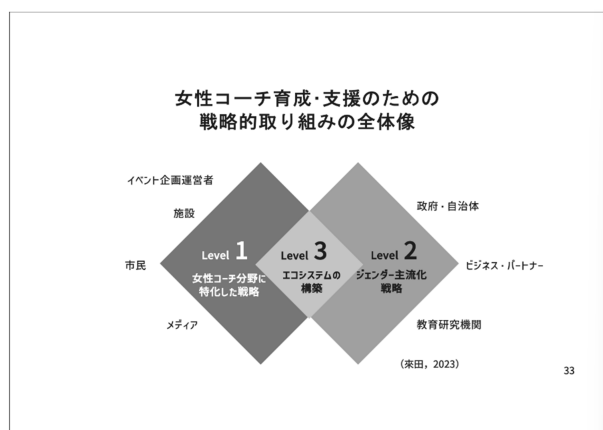
しかし、いくら女性コーチが育っても、組織全体の中で女性コーチに対する視点が変化しなければ、実際には課題は解決できません。これに対応するために二つめの政策があります。それはジェンダー主流化戦略といわれるものです。コーチの育成制度だけでなく、組織の意思決定、環境整備、企画デザイン、広報戦略に至るまで、女性コーチを育成するという価値観を浸透させ、幅広く課題解決を図る戦略です。

この報告では、コーチが存在するクラブ、あるいはスポーツ組織の運営をイメージした図で示しました。ジェンダー平等という価値を中核に置き、クラブやスポーツ組織のあらゆる側面において、中核に置いた価値を高めるための取り組みが行われるようにしていきます。これも先ほどのロードマップ型と同様に、現状把握、課題の分析、施策の効果検証のための学術的な支援があれば、円滑に進めることが可能になります。

さらには、陸上競技界全体を取り巻く関係者全体がその価値や戦略を共有する必要があります。社会の一部である。陸上競技界が、変化する社会に対応し、容易にアクセスができ、注目され、つながりの深いコミュニティとして持続するためには、スポーツ関係者だけが取り組むよりも効果的な方法をとることが求められます。身近な例をあげれば、せっかく陸上競技界で女性コーチの育成に取り組み、ジェンダー平等の達成に力を入れたとしても、スポンサーとの間で感覚がずれてしまっていれば、それが陸上競技のブランドになっていきません。逆に、社会の側でジェンダー平等の達成に関心が高まっているにもかかわらず、陸上競技界が女性コーチの育成にすら取り組んでいない、ということになれば、スポンサーを引きつける力を発揮することができない、といった事象が起きてしまいます。

このような、より広い視点で課題解決を図るために提案されている戦略のひとつがエコシステムといわれるものであり、競技に関わるあらゆるステークホルダーを視野に入れ、それらを一つの構造体として捉える考え方で、スライドではCenter for Sport and Human Right (CSHR) がモデル的に提示しているスポーツ・エコシステム⁴⁾を示しました。CSHRは、3年間に渡る「人権のためのメガ・スポーツイベント・プラットフォーム (Mega Sporting Events Platform for Human Rights (MSE Platform))」の活動を契機に2018年に設立された組織です。

このモデルでは、アスリートをセンターにおき、その周囲を家族、市民、ボランティア、指導者、各種の労働者、役員、ジャーナリストなどの関係者が取り巻いていることが図で示されています。さらに、それらの人々はみな、女性と少女、社会における少数者集団、歴史的・構造的に不利益を被る人、障害のある人、子供、難民、先住民など、差別や不平等を被る何らかの属性を有している可能性があることも示されています。これらの人々に対し、人権を尊重・保護する責任を負う機関や組織として、スポーツ組織、大会企画者、物資の提供者、教育・研究機関、メディア、人権団体、スポンサー、プロスポーツ界などが描かれています。たとえばプロスポーツの場合では、株主や個人投資家に至るまで、その責任を負っていることになります。そして、これらの機関や組織がそれぞれの立場を活かしながら連携し、領域や組織を横



断する考え方（価値観）の下で調査や実践がなされることにより、多角的な視点で人権侵害をなくす努力が可能になるという考え方が提示されています。先ほどのジェンダー主流化政策を更に拡大させ、人権課題への取り組みがスポーツ界を起点に社会全体に広がるような取り組みが構想されているといえます。

6. まとめ

最後に、今日の報告のポイントをまとめ、いくつかの提案をしたいと思います。人権の尊重に責任あるスポーツの未来に向け、陸上競技の“学”には何が求められるでしょうか。陸上競技学会誌をみる限り、体罰や暴力のない陸上競技界、そのための質の高い指導者像の構築については議論が行われてきました。第一に提案したいのは、これらこれまでの議論を発展させ、より広い射程で陸上競技のステークホルダーを捉えること、すなわちまだ「陸上競技への参加」という舞台に上がることができていない人を視野に含めた議論を促進することです。こうした議論の促進は、競技人口の減少への対応や運動部活動の社会教育化への対応などの目の前に迫っている他の課題解決にとっても必須だと考えられます。

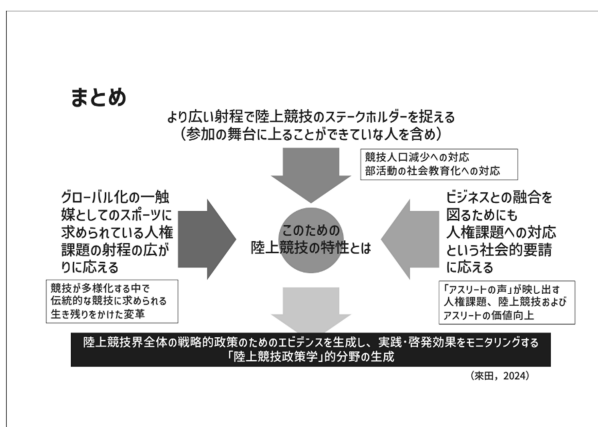
第二の提案は、スポーツはすでにグローバル化の一触媒となっており、それゆえにスポーツにはグローバル化し、複雑化する人権課題に対して一定の役割を果たすことが求められていることを踏まえ、その社会的要請に陸上競技の“学”として応えることです。陸上競技界全体が発展するための政策・戦略を策定するためには、現状を把握し、戦略に説得力を持たせるエビデンスが必要です。また、継続的に政策や戦略を見直すためには、それ

らの実効性を測定する必要があります。つまりは「陸上競技界の政策学」のような分野を促進する必要があるのではないのでしょうか。

多様化するスポーツの中では、陸上競技は伝統的な競技に位置づきます。その伝統的な競技が21世紀の社会で生き残るためには、19世紀末頃からの伝統を変化させる“学”が求められます。冒頭で、陸上競技において人権侵害が可視化された歴史的事例を紹介しました。こうした事例が存在することは、裏を返せば、陸上競技は社会的な抑圧や不平等に抵抗するアスリートの声と闘い物語を記録する場でもあるということです。より多くの注意を彼／彼女らの物語に傾ける機会が陸上競技にはあるということです。そこに陸上競技学の新たな可能性を見出すことができるのではないのでしょうか。

注

- 1) パヨシュニ・ミトラ（2021）世界陸上と誤った優先順位—より安全な場か、公平な競走の場か—, スポーツとジェンダー研究 Vol.19:27-35
- 2) 青山清英（2003）我が国の陸上競技研究における現象学的・人間学的研究の動向, 陸上競技学会誌 Vol.1:18
- 3) 青山清英（2011）「実践の学」としての陸上競技コーチング学の今日的課題とテーゼ, 陸上競技学会誌 vol.9:15-19
- 4) <https://www.sporhumanrights.org/what-we-do/sports-ecosystem>



《登壇者プロフィール》

来田 享子

現 職：中京大学スポーツ科学部教授 博士（体育学）、日本体育・スポーツ・健康学会、日本スポーツとジェンダー学会会長、日本オリンピック委員会理事、日本陸上競技連盟常務理事など。

編 著 書：『ジェンダー事典』（丸善出版、2024年）、『東京オリンピック1964の遺産、成功神話と記憶のはざま』（青弓社、2021年）、『よくわかるスポーツとジェンダー』（ミネルヴァ書房、2018年）、共著に『つなぐ世界史3 近現代／SDGsの歴史的文脈を探る』（清水書院、2023年）などがある。

〔日本陸上競技学会第22回大会〕

共催：公益社団法人日本学生陸上競技連合・関東学生陸上競技連盟・中京大学スポーツ科学部

傍聴記（大会1日目）

牧野 瑞輝（中京大学大学院スポーツ科学研究科）

I. はじめに

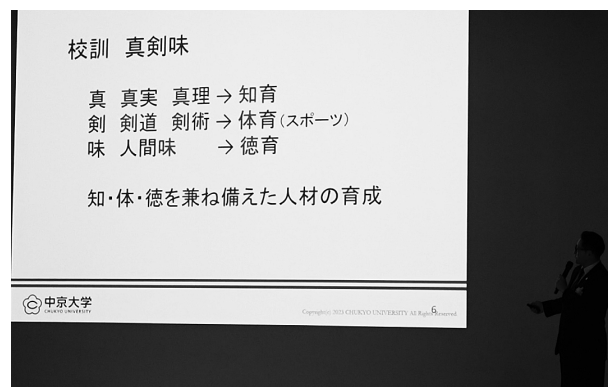
日本陸上競技学会第22回大会は2024年2月22日および23日に中京大学豊田キャンパスにて開催された。本大会のテーマは「日本陸上競技学会の歩みと発展」ということで、従来の学会大会でみられるような競技力の向上に焦点を当てた内容にとどまらず、今後のわが国における陸上競技の発展や、陸上競技を科学する学会としての在り方など、広い視野から議論されるプログラムとなっていた。そのなかでも、本稿では1日目における学会大会の内容およびその様子について報告する。

II. 開会挨拶

本学会大会の開会挨拶には、学校法人梅村学園の総長および理事長、学長を務められている梅村清英先生がご登壇された。冒頭に本学会会長の青木和浩先生がお話されたように、学会大会の開会挨拶に学校法人の理事長がご登壇されることは大変珍しく、どのような話が聞けるのか強い興味を持って拝聴した。その内容は主に、中京大学の歴史と陸上競技部の歴史についてであった。以下には特に印象に残った内容について報告する。

梅村先生は中京大学の創立に関する経緯について説明されるなかで、中京大学の校訓および建学の精神についてのお話をいただいた。中京大学は「学術とスポーツの真剣味の殿堂たれ」という建学の精神を掲げており、“真剣味”という語にはそれぞれの意味があることのことであった。具体的には、真には真実および真理、すなわち“知育”、剣には剣道、剣術、すなわち“体育（スポーツ）”、味には人間味、すなわち“徳育”といったように、知・体・徳をそなえた人材の育成を目指しているとのことであった。また、この建学の精神は、水戸藩の藩校である弘道館の精神「文武不岐」を踏襲しているとのことをお話をいただいた。この語は、「文無き武は愚であり、武無き文は弱である。したがって、文武は不岐でなければならない。」という意味を持つものであった。これを聞いて私は、この語が本学会の在り方にも共通するのではないかと考えた。本学会の達成すべき目的をホームページから確認してみると、「トレーニングやコーチング現場で生じる諸問題について科学的解明とその研究成果を活動現場に還元するということで、競技力の向上に資すること」が掲げられている。ここで、文を研究者によって明らかにさ

れた科学的知見、武を選手の競技力とすれば、両者の協力関係をより強固にすることが、競技力向上に不可欠であるとも捉えられる。以上のことから、中京大学の掲げる建学の精神は、理論と実践の双方に立場を持つ者としても大切にすべきものであると感じた。



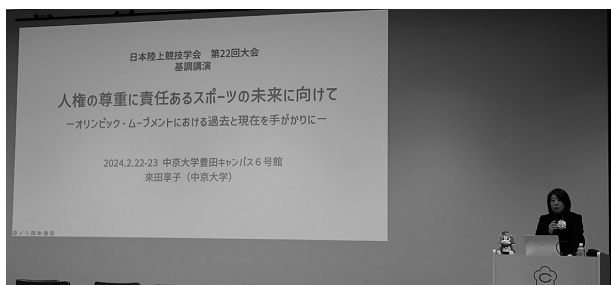
III. 基調講演

基調講演は「人権の尊重に責任あるスポーツの未来に向けて ～オリンピックムーブメントにおける過去と現在を手がかりに～」というテーマのもと、中京大学スポーツ科学部教授の来田享子先生よりご講演をいただいた。昨今の国際社会では、人種間や性別間での差別について取りざたされることが多く、このことは陸上競技においても例外ではない。冒頭でも述べたように、従来の学会大会では競技力向上に焦点を当てた講演が多いが、本学会大会にてこのような議題が設けられることはあまり前例のないことではないかと思う。

来田先生のお話でまず印象に残った点は、陸上競技は人権問題を可視化する場として、いくつかの事例があったことである。そのなかでは、映画「炎のランナー」における主人公であるユダヤ系イギリス人の陸上競技選手の例や、1968年オリンピックメキシコ大会におけるジョン・カルロスとトミー・スミスによるブラック・パワー・サリュート（表彰式において黒人の劣悪な地位を主張した例）、性分化疾患選手をめぐる競技の公平性の保持などをご紹介いただいた。また、上記のように人権問題の可視化の場として陸上競技が多く取り上げられることには、陸上競技の競技特性が関係しているとのことであった。このことには、陸上競技は自然な動作による非常に

シンプルなルールが設けられていることや、記録や順位が明確に示されることなどが挙げられるようである。さらに、この人権問題に関して特に印象に残った内容として、オリンピックにおける女子選手の参加割合に関する点が挙げられる。この内容は、陸上競技の女子種目がオリンピックに加わる以前における女性選手のオリンピック参加割合が全体のおよそ2-4%程度であったのに対して、陸上競技が入ることによって10%を超えるようになったというお話であった。従って、陸上競技は女性のオリンピック参加割合を大きく押し上げる一因となったということが事実として残っており、今日の女子スポーツの基礎を築くものであったようである。また、女性選手の参加割合が低かったことの背景には、陸上競技界が女性は陸上競技をするものではないというような主張があったことや、当時のIOC委員には白人男性が多かったこと、創始者のクーベルタンの考え方などが関係していたと述べられていた。

また、来田先生からは女性コーチの育成・支援に関するお話もいただいた。女性コーチの育成支援に関する海外の取り組みを俯瞰した結果、先生は主に3つの取り組みが行われると述べられていた。一つ目は「女性コーチ分野に特化した戦略」、二つ目は「ジェンダー主流化政策」、三つ目は「エコシステムの構築」であった。この詳細については本誌において詳細を記載したものがあるため、そちらを参照されたい。わが国において、スポーツ現場で活動されるコーチの多くは男性であり、女性の数は少ないように感じる。このことには、女性が男性と比較してスポーツ現場におけるコーチ業を志望する母数がそもそも少ない可能性や、ライフプランなどが関係しているものと考えられるが、いずれにしても女性コーチの人数を増やすといった目的を達成するためには、女性コーチに対する育成・支援を充実させることが不可欠であると感じた。



IV. ポスター発表

来田先生の基調講演の後には、本会場である隣室にてポスターの研究発表が行われた。今年の学会大会では、昨年の37演題を上回る47演題の発表があった。また、今年の学会大会では従来の学会と大きく異なる点として、口頭による数分間の発表がなかったことが挙げられ

る。本学会大会の研究発表に設けられた時間は通常一時間ほどであるが、口頭発表を行う場合にはそれを行うだけで30分ほどの時間を要してしまう。つまり、従来の学会大会では全ての参加者がフリーで動き、自由に討論できる時間は残りの30分程度しかなかったのに対して、今回の学会大会では、1時間の全ての時間を自由に討論できる形がとられていた。筆者は、おおよそ毎年本学会大会において自身の研究を発表しているが、今年の学会大会では例年よりも多くの人と会話することが出来たと感じた。また、自由に動ける時間が多いことから、発表者は自身の研究に関する質問を受け付けるだけでなく、他の研究者の発表を見に行くこともできたため、参加者の多くは充実した時間を過ごすことができたのではないかと考えている。

また、研究内容については走・跳・投種目における競技力向上に関するバイオメカニクス研究が多くを占めていたが、それ以外にも運動生理学やトレーニング学に関する研究、事例報告、さらには質的分析の手法を用いた研究についても散見された。このように、陸上競技を研究対象とする本学会大会では、用いられる研究手法が多彩であることも特徴の一つであろう。また、研究発表には多くの大学院生が参加しており、若手の研究者と指導現場で活躍される先生方と意見を交換する場面が多くみられた。こうした交流を通して新たな研究アイデアを創出することや、指導現場での新たなトレーニングおよびコーチング法の利用、共同研究の実施などに繋げることも、フリーなポスター発表の持つ魅力であるのではないかと感じた。

V. ワークショップ

ポスター発表会場での議論が冷めやらぬなか、参加者は再度611教室に移動し、ワークショップが開催された。ここでは、中京大学陸上競技部でコーチを務めている川端魁人先生、および市川華菜先生によって「オリンピックの肺活トレーニング ～コンディショニング・トレーニング・ケア法～」が紹介された。このワークショップでは、前半では肺活トレーニングに関する経験や理論、効果などについて説明を受けたあと、参加者も自身の身体を使って実践するといった形がとられた。

理論の部分については、肺活トレーニングが呼吸筋および自律神経を鍛えるトレーニングであることが説明された。具体的には、呼吸筋の筋力強化、呼吸法による自律神経の調整、胸郭の拡大ストレッチといったような、3つの効果があるとのことであった。そのなかでも特に印象的だったのは、肺活トレーニングの前後において、ガスの交換量が倍以上になる(350mLから850mLに向上する)とのことであった。この詳細については原著にあたってみる必要があると思うが、実際にそれだけの向上が見込めるのであれば、中・長距離種目に取り組む陸

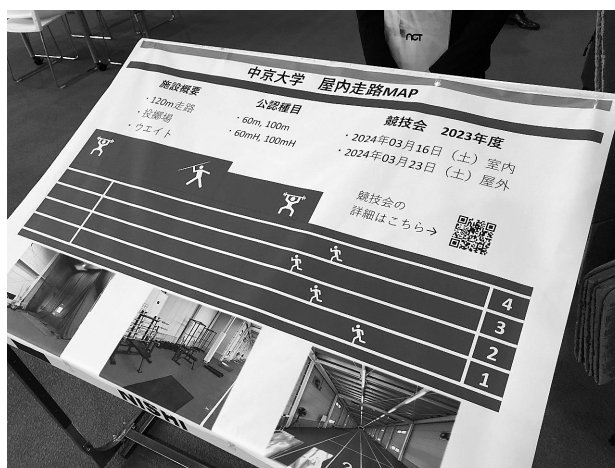
上競技者にとって、肺活トレーニングが有益な手段の一つとなるのではないかと感じた。

理論に関するお話をいただいた後、我々参加者は登壇者のレクチャーを受けながら、実際にトレーニングを行った。肺活トレーニングにおける重要なポイントは、鼻からの吸気と口からの呼気、最大限の呼吸をすること、息を吸った時間の倍の時間をかけて息を吐くことなどであった。その後、こうしたポイントを抑えながら参加者は実際に肺活トレーニングを実践した。そこでご紹介いただいたトレーニングをいざ行ってみると、トレーニング自体はそれほどキツイと感じるものではなかったものの、前後の変化は感覚として容易に実感することができた。主観的には、呼吸が楽になったことや、換気量の増大が感覚として得られたこと、腕振りが楽になったことなどが挙げられた。加えて、実際に私の周りで肺活トレーニングを実践していた参加者との会話を通して、効果を実感した方が多くみられた。私自身は肺活トレーニングに明るいわけではないものの、こうした実感が確認されたことからトレーニングとしての効果は少なからずあるのではないかと感じさせられるワークショップであった。



Ⅵ. おわりに

以上のように、本学会大会の一日目のプログラムは競技パフォーマンスに焦点を当てたセッションや研究発表のみならず、昨今の人権問題についても議論されるような斬新なものもあった。また、本学会大会におけるプログラム以外の側面について特筆すべき点を挙げるとすれば、企業展示会場に無料のコーヒーマシーナーやお菓子が置かれていることや、室内走路がフリースペースとして開放されていること、参加者へのノベルティとしてトートバッグが配られるなど、ホスピタリティに溢れる学会大会が運営されていたことである。個人的には、学会大会などの場における議論および意見交換は、快適な環境で行われることによってより充実したものになると思う。こうした快適な環境のもとで本学会に参加した研究者が得た知見をもとに、今後の陸上競技の研究が一層発展すること、およびそれらの知見がより多くの競技者や陸上競技に関係する人びとのウェルビーイングに活かされることを期待して本稿を締めくくる。



[日本陸上競技学会第22回大会]

共催：公益社団法人日本学生陸上競技連合・関東学生陸上競技連盟・中京大学スポーツ科学部

傍聴記（大会2日目）

中山 滉一（中京大学大学院スポーツ科学研究科）

1. はじめに

本稿は、前項に続き学会大会2日目における講演内容、大会の様子や所感について報告させていただく。



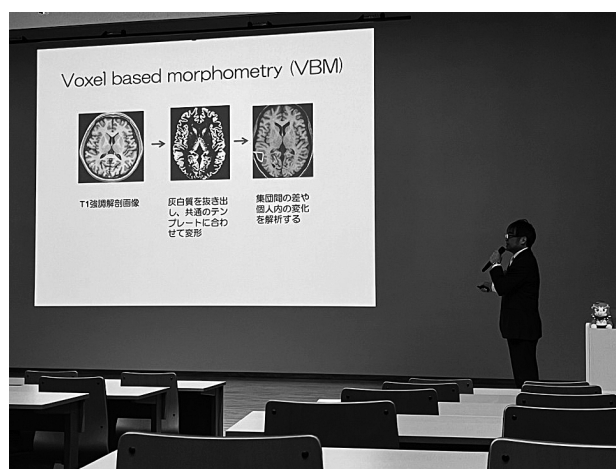
2. キーノートレクチャー：スポーツと脳科学

2日目は、中京大学荒牧教授より「スポーツと脳科学」をテーマに講演が行われた。3つのコンテンツの「アスリートの脳構造解析」、「経頭蓋直流電気刺激による身体パフォーマンス向上」、「両手同時操作の運動制御」について紹介された。荒牧教授は、これまでにアスリートの脳をMRIで撮影し、トレーニングが脳に与える効果や一流選手の脳構造について研究をされてきた。私は、以下の内容が印象に残っている。

MRIで撮影されたデータをVoxel based morphometry (VBM) という手法で、脳を比較したものである。例に、タクシー運転手の脳では、空間の認知能力に関わる海馬の灰白質の体積が大きく、ベテラン運転手ほど大きいことである。また、ジャグリングの訓練を行うと、物の動きをとらえるMT/5が発達していた。さらに、陸上競技の短距離競技者と長距離競技者の脳構造を比較すると、長距離選手は短距離選手よりも大脳基底核の中心にある尾状核が発達していた。これは、価値の評価やモチベーションに関連する部位であり、損失を回避するのに重要な機能であるとのことであった。これらの話を聞いて、私は陸上競技を専門にしているが、常々種目によって人の特徴や性格が異なるように感じていた。タクシー運転手の認知能力や長距離選手の価値の評価などに関連する

変化を見ると長年のトレーニングや活動が、その人の脳を変化させることがわかり、個人の特徴とも言える特技や性格に変わっているとも思った。これらの、脳の変化はジャグリングにおいては後天的に獲得されたものであったが、タクシーや長距離選手が仮に先天的なものであった場合には一般的に才能と呼ばれるもの明らかになるのではないかと思った。

次に、tDCS (Transcranial Direct Current Stimulation) と呼ばれる経頭蓋直流電気刺激による身体パフォーマンスの向上である。頭皮上に固定した2つの電極から電気刺激をすることで、上肢の筋持久力や足関節の可動域が向上していた。また、両手運動においてもtDCSにて両側とも握力の向上が認められ、多肢の運動への影響が確認された。荒牧教授が述べていた「パフォーマンスの向上は小さいものの、0.01秒や1cmを競う競技スポーツでは実践的な価値があるかもしれない」という言葉が印象に残った。陸上競技では、0.01秒で勝敗が分かれる。特にトップアスリートになればなるほど、0.01秒を縮めるために年単位でのトレーニングを重ねる。パフォーマンスを向上させるきっかけとして、利用することは有益であると感じた。しかし、注意としてドーピングに対する議論もあることから、今後tDCSが確立された時に再考する必要があると感じた。



3. シンポジウムⅠ：陸上×マーケティング

次に、中京大学芦塚准教授より「陸上×マーケティング：稼ぐチカラと活かす技術の可能性をめぐって」をテー

マに講演が行われた。講演は、「東京 2020 後のスポーツ界全体の現状：陸上競技が実現したい未来」、「2つのスポーツマーケティング：スポーツテックとスポーツSDGs」、「事例から考える今後の陸上×マーケティングへの示唆」について紹介された。

初めに、「陸上競技が実現したい未来」として提示されている JAAF REFORM 中長期計画というのが紹介された。これは、東京 2020 後に発表された中長期計画であり、重要なポイントに「国際競技力の向上のみならず、ウェルネス陸上の実現、身近で幅広い陸上に親しんでもらうことも理想とし、社会に対して良い影響を与えることを目標としている。さらに目標を達成するための人材の育成を追加」を提示している。私は普段、陸上競技の研究者およびコーチとして関わり、競技力の向上に注目して活動していたが、陸上競技連盟から計画が発表されていることを初めて知った。また、数値目標としてのロードマップが明確に提示され、競技の育成強化面の目標、陸上愛好者の目標が示されていた。実際に JAAF REFORM を調べてみると、その取り組みのひとつとして、リレーフェスティバルが挙げられていた。昨年度、開催の様態を動画等で見ていたがリレーを通じて様々なカテゴリー、年代の愛好者が楽しんでいる光景を見た。その時は、いままでになかった試合であり、不思議に思っていたが、いま理解をした。従来の大会では、短距離はチャンピオンスポーツの側面が高く、特に短距離ではあまり、アマチュアおよび愛好者の参加は難しい現状があったと思う。しかし、このような取り組みは、リレーを通じて陸上競技を楽しむという根本に気づかせられる大会と感じた。

次に、スポーツテックとスポーツ SDGs の例として、陸上競技の電子ペースメーカーである。昨年の 1 万 m において導入されたものであり、その目的は「良い記録を出すために」であった。その一方で、海外では「Wave Light」という名称で導入されており、目的は「記録+記録を可視化し、観客にストーリーを共有することとしている。これは、初めてスタジアムに来て観戦する人をターゲットとして、観戦の最初の体験価値を重要としている試みである。確かに思い返せば、陸上競技を始めた頃は試合を見ていてもなんとなく、速いや遅くに跳んでいると思っていたぐらいであまり記録の良し悪しが分からなかった。陸上競技を経験していくなかで記録の凄さや選手の特徴を知り、試合の面白さが増えていった。昨年、オレゴンの世界陸上競技選手権を観戦しにいったが、競技中の種目に関する情報が伝言掲示板に常に流れており、投擲の初速度や棒高跳のクリアランスの軌道などが移され、様々な見方があり、非常に楽しかったことを覚えている。このことから、陸上競技の新たなファンの獲得や継続的な観戦者の獲得には、競技の凄さを体験価値の共有は重要な観点であると感じた。



4. シンポジウムⅡ：陸上競技学会誌の歴史と今後

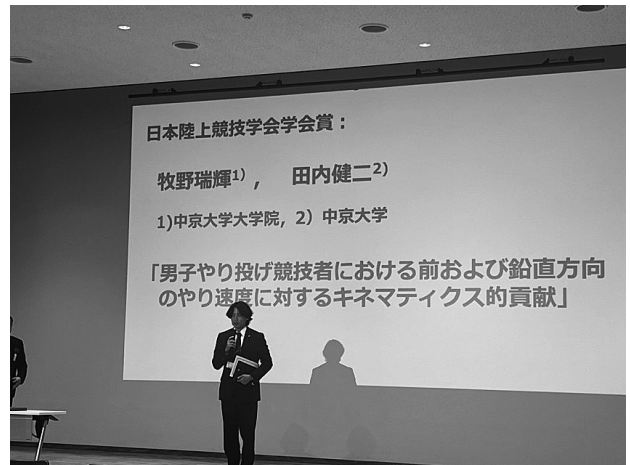
次に、青木教授（順天堂大学）、青山教授（日本大学）、木越准教授（筑波大学）、眞鍋教授（中京大学）の4名のシンポジストから、陸上競技学会誌の歴史と学会誌の今後について講演された。陸上競技学会誌において、これまでに投稿された論文の種類や手法の学問や性別について提示された。本シンポジウムの主な主題では、「実践研究のあり方」について議論され、従来ではエビデンス（普遍性）に対する研究がなされていたが、実際の現場では個別性への対応が必要になることが事実であり、ナラティブ（個別性）に注目した実践研究が必要ではないかと提案された。なかでも、実践研究の査読および論文文化の形や方向性について多くの議論がされた。これまでの研究では数字が共通言語であり、特に陸上競技は数値でパフォーマンスが表現されるため、統計解析を主たる結果とした科学とされてきた。実践研究では、結果の解釈を様々な研究者による論じた積み重ねによって、個別性を解釈していくことにつながると述べられた。確かに、スポーツ現場においてコーチをしていくなかで、論文の結果の全てに当てはまる者はおらず、例外なパターンがあることは感じていた。具体的な案では、実践研究の特集として web 上に様々な実践研究の種類や形を公開することで、その内容を議論することで実践研究の形のようなものを模索していくことが必要ではないかと論じられていた。確かに、実践研究のいわゆる論文になる形というのは、p 値で論じることができない科学を示すことであり、何が実践研究であるかを模索する必要がある。



と感じた。今後、学会誌の実践研究の特集号が準備されるが、その時に私も日々のコーチング活動を実践研究にまとめ、陸上競技の科学に貢献できるよう準備を進めていきたい。

5. 閉会

今年度の学会賞は、牧野先生（中京大学大学院）「男子やり投げ競技者における前および鉛直方向のやり速度に対するキネマティクスの貢献」が受賞した。また、本大会の最優秀発表賞には、岩崎先生（順天堂大学大学院）「アシステッド・バウンディングにおける牽引力の相違によるキネマティクスの差異」が受賞した。また、本大会では発表特別賞があり、廣重先生（帝京大学）「陸上競技短距離選手の高強度トレーニング後の筋疲労は48時間の休息で回復するか？」、中山先生（中京大学大学院）「異なる区間の追い風がスプリントの最大速度とステップに与える影響」の二つが受賞した。最後に次年度の学会大会は、仙台大学で開催される。東北の地で陸上競技の発展と普及の多くの議論なされることを期待し、本稿を締めくくる。



日本陸上競技学会会則

平成14年10月26日制定

平成16年8月8日改正

平成20年8月31日改正

第1章 総則

- 第1条** 本会を日本陸上競技学会と称する。
(英文名: Japan Society of Athletics).
- 第2条** 本会は、陸上競技に関する理論的・実践的研究の発展をはかり、会員相互の交流を促し、これによって実践に資することを目的とする。

第2章 事業

- 第3条** 本会は、第2条の目的を達成するために、次の事業を行う。
- (1) 学会大会の開催
 - (2) 学会誌「陸上競技学会誌」(英文名: Japan Journal of Studies in Athletics) 及び会員名簿の刊行
 - (3) 研究会、講演会、講習会の開催
 - (4) 研究の国際的交流
 - (5) その他本会の目的に資する事業
- 第4条** 学会大会は、毎年1回以上開催する。

第3章 会員

- 第5条** 会員の種別は次の通りとする。
- (1) 正会員: 陸上競技、あるいはこれに関連する諸科学の研究者、指導者で正会員が推薦し、理事会で承認された者
 - (2) 名誉会員: 本会に多大な貢献のあった個人で、理事会が推薦し、総会で承認された者
 - (3) 賛助会員: 本会の目的に賛同する個人あるいは団体で、理事会で承認を受けた者
- 第6条** 会員は会費を納入しなければならない。
- (1) 正会員: 年額 5,000 円
 - (2) 名誉会員: 徴収しない
 - (3) 賛助会員: 年額 10 万円以上
- 第7条** 会に入会を希望するものは、所定の手続きを経て、入会申込書、会費を添えて本会事務局に申し込むものとする。
- 第8条** 会員は、本会の学会誌「陸上競技学会誌」その他研究情報に関する刊行物の配布を受けることができる。
- 第9条** 原則として2年間会費を滞納したものは退会したものとみなす。なお退会に際しては、滞納分の会費を支払うものとする。

第4章 役員

- 第10条** 本会に次の役員をおく。
- | | |
|-----|------|
| 会 長 | 1 名 |
| 副会長 | 若干名 |
| 理事長 | 1 名 |
| 理 事 | 15 名 |
| 監 事 | 2 名 |

- 第11条** 役員は次の各項により選任される。
- (1) 会長、副会長、理事長は理事の互選により選出し、総会において決定する。
 - (2) 理事は正会員の投票により決定する。
 - (3) 理事につきさらに若干名は会長が推薦することができる。
 - (4) 監事は会長が委嘱する。
- 第12条** 役員の職務は次の通りとする。
- (1) 会長は本会を代表し、会務を総括する。
 - (2) 副会長は、会長を補佐し、会長事故ある時はこれを代行する。
 - (3) 理事長は理事会を招集し、会務を統括する。
 - (4) 理事は理事会を構成し、会務を処理して本会運営の任にあたる。
 - (5) 監事は本会の会務を監査する。
- 第13条** 役員の任期は次の通りである。
- (1) 会長・副会長・理事長・理事・監事は1期3年とし、再任を妨げない。

第5章 会議

- 第14条** 本会の会議は、総会及び理事会とする。
- 第15条** 総会は本会の最高議決機関であり、会長が招集し、次の事項を審議決定する。
- (1) 役員の選定
 - (2) 事業報告及び収支決算
 - (3) 事業計画及び収支予算
 - (4) 会則及び諸規定の改正
 - (5) その他の重要事項
- 第16条** 理事会は、理事長が招集し、会務を処理し、本会運営の任にあたる。
- (1) 会長及び副会長の推薦
 - (2) 総会に対する提案事項の審議
 - (3) 総会から委任された事項の審議・処理
 - (4) 運営の効率化を図るために専門委員会を置くことができる。
 - (5) その他本会の目的に資する事業の運営

第6章 会計

- 第17条** 本会の経費は次の収入による。
- (1) 会員の会費
 - (2) 事業収入
 - (3) 助成金及び寄付金
- 第18条** 本会の会計年度は毎年4月より翌年3月までとする。

第7章 顧問

- 第19条** 本会に顧問及び参与をおくことができる。

第8章 付則

- 第20条** 事務局は当分の間、順天堂大学に置く。
- 第21条** 本会則は平成20年8月31日より施行する。

陸上競技学会誌 投稿規程

〈投稿資格〉

- ・本誌に投稿できるのは、原則として日本陸上競技学会会員とする。
- ・大学院生の投稿に際しては、投稿の前後いずれかにおいて本学会での発表を原則とする。
- ・編集委員会が認めた場合には、会員以外へ投稿を依頼する場合がある。

〈著作権〉

- ・会員の権利保護のため、掲載された原稿の著作権は本会に属するものとする。
- ・投稿論文において他者の著作権に帰属する資料等を引用するときは、著者がその許可申請手続きを行う。

〈原稿の送付〉

- ・原稿は付則に記された日本陸上競技学会編集委員会事務局宛に電子メールに原稿ファイルを添付して投稿する。受諾決定後には電子メールにて完成原稿電子媒体を提出する。

〈原稿の種類と内容〉

- ・原稿の内容は、陸上競技の理論と実践に関するものとする。
 - ・本会誌の読者は陸上競技に関する広い分野にわたるので、高度な専門的知識のない読者にも理解できるよう配慮する。
 - ・原稿の種類は、「原著論文」、「事例報告（ケース・レポート）」、「研究資料」、「解説」、「陸上競技 Round-up」、「キーノートレクチャー」、「その他」とし、それぞれ以下のようなものである。
- ①「総説」陸上競技およびこれに関連する分野に関する先行研究を集め、体系立ててまとめ、その分野の概説や研究動向、今後の展望を示した論文。
 - ②「原著論文」陸上競技およびこれに関連する分野の学術上および指導・実践上価値のある新しい研究成果を記述した原著論文。
 - ③「事例報告（ケース・レポート）」陸上競技の実践において、現場で実際に行った事実（コーチングやトレーニングの活動）を事例として正確に記述し報告したレポートであり、指導者や選手の活動実践に直接役立つもの。
 - ④「研究資料」陸上競技に関連する理論的、実践的、事例的な問題について、原著論文としての体裁になるほどまとまっていないが、新規性があり早く発表する価値のある論文。または、コーチング実践への示唆の無い基礎的な研究論文。
 - ⑤「解説」陸上競技に関連する新知見、他の競技種目やトレーニング法など、多数の学会員にとって未知であり、これ

を知らせることの意義のある記事、論文紹介や指導法の提示などもこれに含まれる。

⑥「陸上競技 Round-up」

陸上競技に関連する国内外の情報、学会員相互の問題提起や話題の提供、対談など。

⑦「キーノートレクチャー」

陸上競技の指導者、選手として身につけておきたいスポーツ科学における各専門領域に知見を分かりやすくまとめた依頼原稿。

⑧「その他」

学会大会における研究発表抄録、学会および学会誌の運営や内容などに関する自由な意見、希望など。

〈倫理規定〉

- ・ヒトを対象とする医学的・生物学的研究はヘルシンキ宣言の趣旨に則り、また、動物実験は各所属機関の規定に従い、適切に対応する。

〈掲載の採否〉

- ・原稿の掲載の採否は、本会誌編集委員会が決定する。
- ・原稿の選択、校正、追加・短縮、掲載順序などは、編集委員会が決定する。
- ・著者に承認を求めた上で、原稿の種類を変更する場合がある。

〈著作権〉

本誌に掲載された論文の著作権の一切（著作権法第27条及び第28条の権利を含む）は、本学会誌に帰属又は譲渡されるものとする。ただし、論文の内容に関する責任は当該論文の著者が負う。

〈利益相反について〉

筆頭著者は当該論文にかかる著者全員の COI 状態に関して、所定の書式（様式1）にて論文投稿時に自己申告し、記載内容について責任を負う。

〈その他〉

- ・原稿執筆にあたっては、「執筆要項」にしたがって作成する。
- ・投稿についての問い合わせは、付則に記した問い合わせ先まで連絡する。

〈付則〉

原稿の送付先、問い合わせ先は、下記の通りである。

〒470-0393 愛知県豊田市貝津町床立 101
中京大学
スポーツ科学部 競技スポーツ科学科
眞鍋芳明
TEL : 0565-46-1211（代表）
E-mail : manabe@sass.chukyo-u.ac.jp

1. 原稿の作成

原稿はワードプロセッサで作成するものとし、A4版縦置き横書きとし、全角40字30行（英文綴りおよび数値は半角）で、上下左右に約3cmの余白をとり、フォントは10.5ポイントとする。本文は現代かなづかいとし、外国語をかな書きする場合は、カタカナで表記すること。本文および文献表にはページ下部中央に通し番号をつけること。また、審査員が要修正事項や照会事項を指摘しやすくし、また著者が修正対応表（回答コメント）で修正・対応箇所を明示するために、本文および文献表の左側に行番号（ページごとに振り直し）を付加すること。

原稿の長さは、刷り上がり8ページを超過しないように配慮すること。原稿2枚が刷り上がり約1ページに相当する。なお、このページ数には、表紙や要旨、図表など一切含むものとする。

また、原稿ファイルはファイル展開の不具合を防ぐために下記の拡張子を持つファイル形式とする。

- （1）表紙、要旨、英文抄録、本文、文献：doc, docx および pdf
 - （2）図表：ppt, pptx, xls, xlsx, jpg, tiff, gif および pdf
- いずれも原稿ファイルと pdf 形式のファイルの2種類を送付すること。

2. 原稿の構成

2.1 表紙

原稿の1枚目に、下記のものを記入する。

- ①原稿の種類（原著論文、事例報告（ケース・レポート）、研究資料、解説、陸上競技 Round-up、キーノートレクチャー、その他）
- ②題目
- ③著者名
- ④所属機関
- ⑤所在地
- ⑥連絡先電話番号（および E-mail）
- ⑥キーワード（5個程度）

上記のうち、題目、著者名、所属機関については、日本語と英語の両方を書くこと。

2.2 要旨

「原著論文」、「事例報告（ケース・レポート）」、「研究資料」には、和文もしくは英文の要旨を付す。英文原稿の場合には、和文および英文の要旨を付す。

2.3 本文

本文は理解しやすいように章立てする。本文には、表題、著者氏名、所属、および所在地は記入しない。

2.4 図表

- （1）図表は1つずつA4用紙または原稿用紙に配置し、それぞれに通し番号を付して図1、表1などと記す。また、これにタイトルや説明文をつける
- （2）図表は提出された原図をそのままオフセット印刷するので、図表の大きさは刷り上り寸法の2倍程度で印刷するのが望ましい。
- （3）写真は図に含めるものとし、濃淡のはっきりしたものとする。
- （4）図表を原稿に挿入する個所は、本文の右側余白に図表番号によって明示する。
- （5）図表の数は、刷り上り2ページ以内を目安とする。

2.5 文献

見出し語は「文献」とする。本文中での文献引用時の記載は、原則として著者・出版年方式（author-date method）とする。文献一覧はファースト・オーサーのアルファベット順とし、下記の形式で本文の末尾にまとめて記載する。

（1）定期刊行物（雑誌）

原則として、次に示す形式で記載する。

著者名（発行年）論文名、誌名、巻（号）：始ページ－終ページ。

共著の論文について、著者名が漢字の場合には中黒（・）でつなぎ、英字の場合には and で続ける。ただし、英字で3人以上の場合にはカンマ（,）でつなぎ、最後の著者の前のみ to を入れる。発行年は西暦で記入するものとし、同一著者で同じ発行年の複数の論文を記載する場合には年号の後に a, b, c, … を付ける。雑誌名の省略方法は、原則として和文は「日本医学雑誌略名表」、欧文は「Index Medicus」に従う。

－例－

陸上太郎・跳躍二郎（2001）100km ランニング中のβエンドルフィン濃度変化. 日本陸上競技学会誌, 12 (2) : 56-61.

Lewis, C., Johnson, B., and Johnson, M. (1999) Problems of traditional sprint techniques. New Studies in Track and Field, 35(3) : 135-142.

（2）書籍

原則として、次に示す3つのいずれか当てはまる形式で記載する。書籍では、引用個所が特定できない場合には引用ページの部分を省略する。

①単行本の場合

著者名(発行年) 書名(版数). 発行所: 発行地,
引用ページ.

ー例ー

小野勝次(1963) 陸上競技の力学(第7版). 同文書院:
東京, pp.76-78.

O'Brien, D. (1998) Dan O'Brien's Ultimate Workout.
Hyperion: New York, pp.3-11.

日本陸上競技連盟編(1992) 陸上競技指導教本(基礎
理論編). 大修館書店: 東京, pp.22-26.

②編著の一部の場合

著者名(発行年) 表題. 編集者名(編) 書名(版数).
発行所: 発行地, 引用ページ

英文の場合には, "In:"をつけたあと編集(監修)者名と"
(ed.);"もしくは"(eds.);"をつける.

ー例ー

尾縣貢(1990) 混成競技の学習指導. 関岡康雄 編
著 陸上競技の方法. 同和書院: 東京, pp.167-
176.

Lundberg, A. (1997) Functional Anatomy. In: Allard, P.,
Cappozzo, A., Lundberg, A., and Vaughan, C.L. (Eds.)
Three-dimensional analysis of human locomotion.
John Wiley & Sons: New York, pp.27-48.

③翻訳書の場合

著者名(発行年) 書名(版数). 発行所: 発行地,
引用ページ. 〈英文書誌データ〉

原著者の姓をカタカナ表記し, その後にコロンの(:)
をつけて訳者の姓名を記入する. 訳者が3人以上の場合,
筆頭訳者のみ記入して「・・・ほか訳」と略記する. 原
著の書誌データは執筆者が必要性を判断して〈 〉内に
付記する.

ー例ー

エッカー: 澤村博監訳(1999) 基礎からの陸上競技
バイオメカニクス. ベースボール・マガジン
社: 東京. < Ecker, T. (1985) Basic track & field
biomechanics. Tafnews Press: Los Altos. >

3. 原稿の書き方

原稿は, 十分推敲し, 簡潔かつわかりやすいように重
点を強調して記述する. 謝辞, 付記などは原稿の採択決
定後に書き加えること. なお, 英文の場合には, ダブル
スペースで原稿を作成する.

(1) 原稿の言語

原稿は日本語を用いることを原則とするが, 英語を用
いてもよい. 以下, 日本語を用いる場合の規定であるが,
英語を用いる場合はこれに順ずるものとする.

(2) 用語・単位・記号

文章は「である調」の現代文表記とし, 原則として当
用漢字・新かなづかいを用いる. 文章中の外国語は原語
表記またはカタカナを用いる.

単位は国際単位系(SI)に従うものとする. 量および
単位をあらわす記号は, なるべくJIS規格で制定された
ものを用い, 必要があれば記号一覧表をつける.

(3) 章立てと見出し

本文は, 章, 節, 項に区切る. 章の見出し番号は, 1.,
2., ..., 節の見出しは, 1.1, 1.2, ..., 項の見
出しは (1), (2), ...とし, 行の左端から書く. 本文は
これと行を変えて書く.

(4) こまどり

本文は, 書き出しおよび改行後の書き出し部分を1こ
まあける. また, 見出し番号の次も1こまあける. 句点
は「.」, 読点は「,」とし, 1こまを占める.

(5) 脚注

脚注は, 文末に一覧表としてまとめる. 本文では,
右側に(注1)などをつける.

(6) 文字指定

本文, 数式, 図, 表などに記入される文字は, 字体が
明確にわかるように書く. 紛らわしい文字は, 赤字で字
体を指定する.

大文字, 小文字で紛らわしいもの(例えば, Cとc,
Kとk, Oとo), 混同の恐れがあるもの(例えば, rと
γ, kとκ, wとω), その他, O(オー)と0(ゼロ),
1(エル)と1(イチ)などは, その区別を赤字で添書
きする. 上付き文字, 下付き文字などの文字飾りにつ
いても赤字で添書きして指示する.

英字の変数は, 原則としてイタリックとし, 「イタ」
を○で囲んだ赤字で添書きする. その他の英字, すなわ
ち単位(kgなど), 演算子(sinなど), 一般用語, 固
有名詞はローマンとする.

(7) 数式

数式は改行して2行取りとし, 上付き, 下付きなどを
赤字で添書きする. 分数式は, 原則として, $\frac{a}{b}$ のよう
に書くが, 簡単な数式などを本文中に入れる場合には,
 $(a-1)/(b+2)$ のようにして1行に書く.

4. 掲載料と別刷り

掲載料は当分の間無料とするが, 特殊な印刷を必要と
したり, ページ数の超過などがある場合には, 別途著者
負担額を申し受けることがある.

別刷りが必要な場合は, 著者校正の際に必要な部数を申
し出る. これに要する費用は著者負担とする.

(様式1)

日本陸上競技学会誌 COI自己申告書

著者名：_____

論文題目：_____

(著者全員について、投稿時から遡って過去2年間以内での発表内容に関する企業・組織または団体とのCOI状態を記載)(本COI自己申告書は論文掲載後2年間保管されます)

項 目	該当の状況	有であれば、著者名：企業名などの記載
① 報酬額 1つの企業・団体から年間100万円以上	有 ・ 無	
② 株式の利益 1つの企業から年間100万円以上、 あるいは当該株式の5%以上保有	有 ・ 無	
③ 特許使用料 1つにつき年間100万円以上	有 ・ 無	
④ 講演料 1つの企業・団体からの年間合計50万円以上	有 ・ 無	
⑤ 原稿料 1つの企業・団体から年間合計50万円以上	有 ・ 無	
⑥ 研究費・助成金などの総額 1つの企業・団体からの研究経費を共有する所属部局（講座、分野あるいは研究室など）に支払われた年間総額が200万円以上	有 ・ 無	
⑦ 奨学（奨励）寄付などの総額 1つの企業・団体からの奨学寄付金を共有する所属部局（講座、分野あるいは研究室など）に支払われた年間総額が100万円以上	有 ・ 無	
⑧ 企業などが提供する寄付講座 (企業などからの寄付講座に所属している場合に記載)	有 ・ 無	
⑨ 旅費、贈答品などの受領 1つの企業・団体から年間5万円以上	有 ・ 無	

誓約:私の利益相反に関する状況は上記のとおりであることに相違ありません。なお、本申告書の内容は、社会的・法的な要請があった場合は、公開することを承認します。また本申告書を電磁的に本学会事務局にて保管することに承認し、電磁的に保管されたものを正本とすることに同意します。

(申告日)西暦 年 月 日

論文筆頭者(署名): _____

日本陸上競技学会 学会賞・優秀発表賞規程

本規程は、日本陸上競技学会（以下「本学会」という）が、本学会会員（以下「会員」という）のより一層の研究・実践活動を奨励し、本学会の質的向上をはかるため、会員の顕著な研究・実践活動等の業績に対し顕彰をおこなうための事項を取り決めたものである。

第1条（名称）本賞は、優れた論文・著書等に対して授与する「学会賞」および学会大会における優れた一般発表に授与する「優秀発表賞」とする。

第2条（学会賞の選考）本会に「学会賞」に関する選考委員会（以下「学会賞委員会」という）を設ける。

- 1.（学会賞委員会の設置）学会賞委員会は、会長が委嘱する編集委員長および副委員長を含む本会理事若干名をもって構成される（委員の任期は3年とし、再選は妨げない）。委員会は、互選により委員長を選出する。
- 2.（学会賞の選考基準）学会賞は、筆頭著者が会員で、原則としてその前年度に刊行された「陸上競技学会誌」に掲載された論文および学術・啓蒙的著書等を対象として、最も優れた論文・著書等に対して授与する。
- 3.（受賞対象者）受賞対象者は、筆頭著者及びその共著者すべてとする。なお、筆頭著者以外は、会員、非会員を問わない。
4. 本学会賞制定後、数年は創立年度まで遡った業績も対象とする。
- 5.（学会賞候補の推薦）会長、副会長および理事は、学会賞の候補となりうる論文・著書等一篇を推薦することができる。また、会員は、2名以上の連名により、学会賞の候補になりうる論文・著書等一篇を推薦することができる。候補論文・著書等の推薦は、毎年度第1回の理事会より大会前1ヶ月までの期間とし、会長宛に文書で提出する。

第3条（優秀発表賞の選考）本会に「優秀発表賞」に関する選考委員会（以下「発表賞委員会」という）を設ける。

- 1.（発表賞委員会の設置）発表賞委員会は、当該大会に出席している、大会会長から委嘱された理事若干名をもって構成する。なお、委員長は大会会長とする。
- 2.（優秀発表賞候補の選考基準と推薦）発表賞委員会は、当該大会における一般発表（口頭およびポ

スター発表）において優れた発表一件を、所定の様式にしたがって記名式での推薦を行うよう会員に依頼する。

- 3.（受賞対象者）受賞対象者は、満35歳未満（当該年度4月1日現在）の会員（筆頭著者）で、受賞は1人に対して原則1回とする。

第4条（受賞候補者の決定）各委員会は、推薦された論文等・著書および一般発表を参考にしながら、「学会賞」候補論文・著書等を各一篇および「優秀発表賞」候補一件を決定し、理事会に報告する（ただし「該当なし」も可）。

第5条（受賞者の決定と表彰）受賞者の最終決定は、理事会において行う。なお、表彰は、筆頭著者へのみとし、「学会賞」については総会時、「優秀発表賞」については当該大会の閉会宣言時に授与する。

第6条（受賞者の貢献）受賞者は、次のいくつかの方法により、本学会会員の相互啓発に協力することとする。

- 1) 論文等の寄稿（本学会誌に未掲載の場合）
- 2) 本学会での講演等

第7条（規程改廃）本規程の改廃は、理事会において決定する。

附則

- 1 本規定は、平成21年11月14日から施行する。

陸上競技学会誌編集委員会 委員名簿

委員長 眞鍋 芳明
委員 伊藤 信之
委員 鯉川なつえ
委員 大橋 祐二
委員 藤林 献明

※敬称略

編集後記

2023 年における国際競技会は、まさに盛況の一文字でした。2 月のアジア室内選手権大会（アスタナ）を皮切りに、7 月のワールドユニバーシティーズゲームズ（成都）とアジア選手権大会（バンコク）、8 月の世界陸上競技選手権大会（ブダペスト）、9 月のアジア大会（杭州）と、コロナ禍による延期などを受けた結果、世界選手権とアジア大会までが同時開催されるという年になりました。

同時に世界における日本の活躍も目立ちました。特筆すべきはやはり女子やり投げ北口榛花選手の金メダルと、ダイヤモンドリーグの年間女王獲得でしょうか。その偉業の積み重ねは、コロナ禍と不況にあえぐ日本に対して大きな太陽のように明るい話題を提供してくれました。また、男子 110mH の泉谷選手、男子 3000mSC の三浦選手など、これまで世界の壁を感じざるを得なかった種目においても、まさにブレイクスルーを達成した記念すべき年になりました。

そんな中、日本陸上競技学会大会第 21 回大会が中京大学豊田キャンパスで対面開催されました。コロナ禍に開催された学会としては 2 回目になりますが、何も制限がかかっていないという意味では、初めてコロナ禍前における通常の開催となったことも明るい話題か

と思います。学会のテーマであった「日本陸上競技学会の歩みと発展」に則り、基調講演では来田先生から人権の尊重に責任あるスポーツの未来に向けたお話を、キーノートレクチャーでは荒牧先生からスポーツと脳科学に関するお話、シンポジウムⅠでは芦塚先生から陸上競技におけるマーケティングについてのお話を、そしてシンポジウムⅡでは本学会の理事を筆頭に学会のあり方についての議論を頂きました。これまでの学会内容とはやや趣旨が異なり、あえて陸上競技ではない方面から陸上競技を捉えた内容は、まさに今後の陸上競技界の発展に寄与するものであったのではないのでしょうか。

今年はいよいよパリ五輪、そして来年には東京世界陸上が待ち構えています。競技分野でも研究分野でも、過去をしのぐ結果を出すために様々な準備が必要です。その一つに我々学会員の力を結集した研究活動があるはずです。本号では総説 1 編、原著論文 5 編、研究資料 2 編、事例報告 1 編、そして陸上競技 Round-up が 2 編と、こちらも近年稀にみる盛況さでの発刊となりました。今後も学会員の皆様には、更なる実践と研究の架け橋となる論文投稿をお待ちしております。

（編集委員長 眞鍋芳明）

陸上競技学会誌 第 22 巻（Vol.22, 2024）

2024 年 3 月 31 日発行

発行人 澤村 博

編集人 青山清英

発行所 日本陸上競技学会

〒150-8366 東京都渋谷区渋谷 4-4-25

青山学院大学教育人間科学部

小木曽研究室内

日本陸上競技学会事務局

TEL：03-3409-8579

E-Mail: info@jsa-web.com

製作 株式会社 文成印刷

印刷 株式会社 文成印刷