

女子選手における腰の回旋動作に着目したグライド投法の比較 —世界トップ選手と日本トップ選手を対象として—

野口安忠¹⁾, 山本大輔²⁾

A study on comparison of the glide shot put techniques focusing on the rotational motion of the pelvis between female top shot put throwers in Japan and in the world

Yasutada NOGUCHI¹⁾, Daisuke YAMAMOTO²⁾

Abstract

The purpose of this research was to clarify and compare, by the biomechanics method and the movement of the pelvic rotation by world-top throwers and by Japanese-top throwers using glide technique. Moreover it was to consider the rational technique from the glide phase to the release phase.

When both of the thrower groups were compared, some noticeable differences were found in the start and the release phase. In the start phase, the trunk of the world-top throwers was more closed, while the Japanese-top throwers started their movements with their pelvis more rotated to open toward throwing direction. Moreover, in the middle of the phase, the velocity of the trunk rotation by world-top throwers was clearly faster than that of Japanese. The world-level athletes rotated their trunk rapidly toward the glide phase.

In the release phase, Japanese-top throwers increased the velocity of the trunk rotation rapidly right after their left foot landed, when they started the release phase. On the other hand, world-top throwers gradually accelerated the velocity of the rotation toward the release, so that their rotation in the end of the phase was clearly high-velocity.

Hence, the trunk movement of the world-top throwers and that of Japanese turned out to be different in the start and the release phases. Japanese technique regarding the shot put needed to be reconsidered.

キーワード：砲丸投げ, グライド投法, 腰, 回旋

1. 緒言

女子砲丸投げは、世界的に見てもグライド投法が主流と言える。国内の投法も同様であるが、競技実績では世界レベルの大会において未だ入賞者を輩出しておらず、世界レベルとの競技力の差は埋まっていない。この状況を打破し、国内の競技力を向上させていくための有効な方法の一つとしては、グライド投法を用いる世界レベルの選手と国内選手の技術を比較し、より効果的な技術を模索していくことが挙げられる。

砲丸投げにおけるグライド投法は、1920年代にスタ

ンフォード大学のコーチであったテンブルトンが、力学的原理の応用から「サークルを直線的に移動し、徐々に加速して砲丸が手から離れるときに最大スピードに達するようにせよ」と唱えたことがルーツだと言われている（日本陸上競技連盟, 1988）。この理論は、砲丸の飛距離を得るために手から砲丸が離れる瞬間の初速度を向上させる方法として、長い距離および時間にわたって砲丸を加速させることの必要性を説いており、「サークル後方から投てき方向に背を向けて動作を開始する」点に体现化され、現代のグライド投法にも受け継がれている（植屋, 1988）。そして、国内のグライド投法に関する研究では、加藤ら（1960）のグライド動作時の重心速度と砲丸の初速度との間にある高い正の相関関係に端を発し、グライド動作における効果的な並進運動の方法が検討されてきた（西藤, 1969；古谷・畑, 1989；小山・青山, 1999）。

しかし、グライド投法では投てき方向へ身体を並進運動させるエネルギーを拡大させることだけではなく、「サークル後方から投てき方向に背を向けて動作を開始する」ため、砲丸を投げ出すには身体を投てき方向へ回旋させる動作を行わなければならない。身体を回旋させる動作については、田内ら（2006）が女子砲丸投げのグライド投法を用いる世界レベル上位選手と日本レベル上位選手の砲丸速度に対する身体部位の貢献度について比較している。その結果、競技レベルの間で身体を回旋させる動作に相違点が確認され、世界レベル上位選手は体幹の長軸周りの回転（両肩の midpoint から右肩峰で算出）を砲丸の突き出し動作に利用できる技術と体力を獲得しているといった競技パフォーマンスの向上に有益な知見が得られている。

1) 福岡大学スポーツ科学部 Faculty of Sports and Health Science, Fukuoka University
〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈 8-19-1

2) 天理大学体育学部 Faculty of Budo and Sport Studies, Tenri University
〒632-0071 奈良県天理市田井庄町 80

一方、指導書（日本陸上競技連盟，1988）によれば、全身の力を投てき物に伝えるには下半身から上半身へと一定の順序と適当なタイミングが大切であると記されている。植屋ら（1992）によると投げ動作で右腰の回し込みが始まる時点がグライド投法の動作中で最も大きな力が発現すると報告している。また、Ohyama Byun et al. (2008) も体幹のひねりが腹部や腰背部の筋肉を投げ前に伸張し、投げの最終局面における上体の強い回旋を確保すると報告をしており、投げ動作における腰の回旋動作が体幹の捻転を生み出し、爆発的な投げ動作に結びついていることが裏付けられている。つまり、腰の回旋動作は体幹の長軸周りの回旋動作に大きな影響を与える要因として考えられ、グライド投法の技術向上を目指すならば、競技レベルの間で腰の回旋動作についても時間的要因や局面構造を踏まえて関係性を明らかにしていくことが必要と言える。

さらに、投げ動作だけでなく、浅見ら（1976）が「予備動作は主動作の効果をより大きくするために伴われるもの」と述べており、グライド動作も投げ動作と同様に投てき方向へ腰を回旋させる動作を考慮して構築されなければならないものと考えられる。これに関して、野口（2012）は、あらかじめ骨盤を回旋させる動作を想定したグライド動作の検証を実践的にを行い、骨盤を水平回転させる動作がグライド投法の技術の改善と競技パフォーマンスの向上に有効な視点となることを示唆している。

これらのことから、グライド投法で腰を中心とした動きは、身体の回旋動作に主導的な役割を持ち、競技パフォーマンスの向上に貢献するものと考えられるが、投てき動作中における腰の回旋動作を客観的に検証した先行研究は見当たらず、効果的な腰の回旋動作については追求されていない。

そこで、本研究では女子砲丸投げのグライド投法を用いる世界トップ選手と日本トップ選手を対象として、主に腰（両大転子を結ぶ線）の回旋動作を比較し、グライド投法の技術向上に貢献する有益な知見を得ることを目的とした。

2. 方法

2.1 対象者

分析対象は、2005年に開催された日本陸上競技選手権大会の女子砲丸投げにおける上位6名（J群；13.98m～16.69m）と2007年に開催された世界陸上競技選手権大阪大会の映像データより分析が可能であった1位から3位、7位、9位、11位の6名（W群；18.14m～20.54m）の計12選手（右投げ、グライド投法）である。対象者の身体特性は、W群が身長 $184 \pm 6.84\text{cm}$ 、体重 $101 \pm 12.67\text{kg}$ 、J群が身長 $167 \pm 3.13\text{cm}$ 、体重 $79 \pm 11.05\text{kg}$ である。

2.2 データ収集・処理

砲丸投げの試技を、サークル後方および右側方に設置した2台のデジタルビデオカメラ（DCR-VX2000, Sony）を用いて、毎秒60コマ、露出時間1/1000秒で撮影した。また、サークルの中心を原点として、前方2m、後方1.5m、左右方向1.5mの9ヵ所にあらかじめ較正点間の距離が分かっているキャリブレーションポール（高さ2m、マーク間隔0.4m）を立てて撮影した。本研究では、投てき方向をY軸、Y軸に対して左右方向をX軸、鉛直方向をZ軸とした右手系の静止座標系を設定した。なお、本研究におけるデータ収集は日本陸上競技連盟科学委員会の活動の一環である。各選手の最も記録の良かった試技の映像から、左右の大転子および砲丸中心に対して動作解析システム（Frame-DIAS II, DKH）によって毎秒60コマでデジタイズし、3次元DLT法を用いて3次元座標値を算出した。これらの3次元座標値は、4次のButterworthを用いて、残差分析法（Winter, 1990）で決定した最適遮断周波数（3-7Hz）により平滑化しデータとして用いた。また、2005年日本陸上競技選手権大会および2007年世界陸上競技選手権大会における較正点の実測値と計算値との平均誤差範囲は、X軸が0.005-0.006m、Y軸が0.005-0.006m、Z軸は0.007mであった。

2.3 局面定義と算出項目

砲丸投げにおけるグライド投法は、投てき方向に背を向けた状態より、投てき方向への並進移動と回旋動作を行いながら投てき方向へほぼ正対した状態で投てき動作を終える。このグライド投法について、本研究では田内ら（2006）を参考に投てき動作を時系列順に砲丸最下点（Mid）、右足離地（R-off）、右足接地（R-on）、左足接地（L-on）およびリリース（Rel）と5つの時点を設定し、それぞれの時点間を順に、スタート局面、グライド局面、移行局面、突き出し局面の4つの局面に分けて分析を行った。分析項目は、MidからRelまでの砲丸の合成速度、腰の回旋角度および回旋速度とした。腰の回旋角度は右大転子と左大転子を結ぶ線（腰ライン）とX軸とのなす角度とし、動作開始時が約180度、投てき方向に正対した状態を0度とした。腰の回旋速度は、腰の回旋角度の変化を時間微分して求めた、XY平面における反時計回りの回旋速度を正值とした（図1）。

2.4 統計処理

本研究ではW群とJ群における投てき動作中の群間差を明らかにするために、各4局面の動作時間を規格化（0 - 100%）し、1%毎に検定を行った。検定には、対応のないT検定を用い、危険率5%未満をもって有意と判定した。

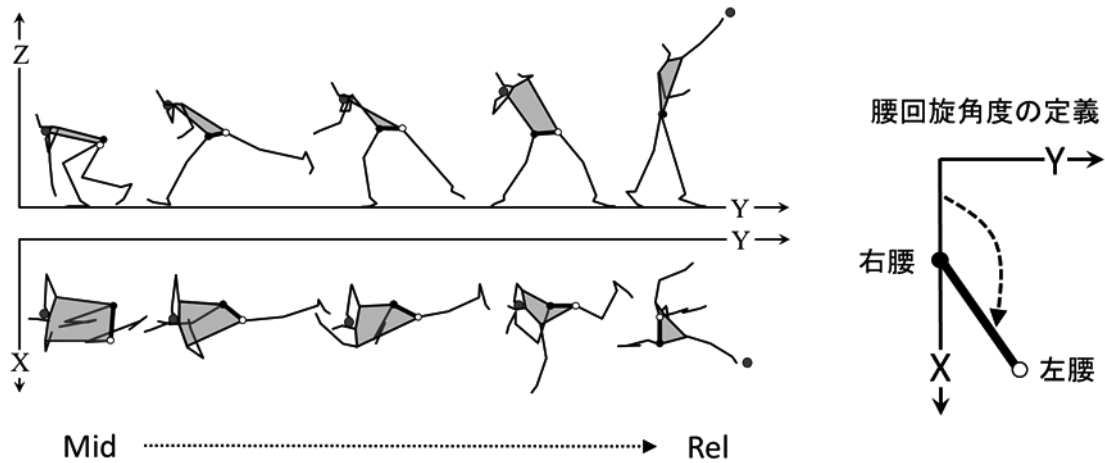


図1 投てき動作中における腰ラインのスティックピクチャーと角度定義

3. 結果

投てき記録および初速度についてW群とJ群の平均値を比較した結果、投てき記録ではおよそ4.48m、初速度では1.15m/sの差がみられ、両項目ともにW群が有意に高い値を示していた(表1)。このことからJ群に比べてW群はより高い競技パフォーマンスを発揮していることが明らかである。

図2および図3は、投てき動作中の腰の回旋角度および回旋速度の変化を示している。両項目とも、特にスタート局面と突き出し局面において有意差が認められた。W

群における腰の回旋角度は、Mid直後からJ群に比べて高い値で推移していることから、J群はやや投てき方向に腰を開いたような半身の状態から動作を開始していることが分かる。その後、スタート局面中盤における腰の回旋速度では、W群がJ群に比べて有意に高い値を示していたことから、W群は投てき方向に対して腰を閉じた状態より動作を開始し、R-offに向けて急激に腰を回旋させながらグライド局面へ移行していることが明らかとなった。

また、Rel直前の突き出し局面においても、W群における腰の回旋角度は中盤で、腰の回旋速度は後半でJ群に比べて高い値を示していた。つまり、W群の腰の角度は突き出し局面中盤でJ群に比べて開かないように保持されており、リリースに向けて腰の回旋速度を高めていることが明らかとなった。

このように、スタート局面と突き出し局面においてW群とJ群に有意差が認められたことから、これら2つ

表1 投てき記録および砲丸初速度の比較

	投てき記録(m)	初速度(m/s)
W群	19.30 ± 1.11 *	12.65 ± 0.41 *
J群	14.82 ± 0.95	11.50 ± 0.50
	W群 > J群	W群 > J群

* p < 0.05

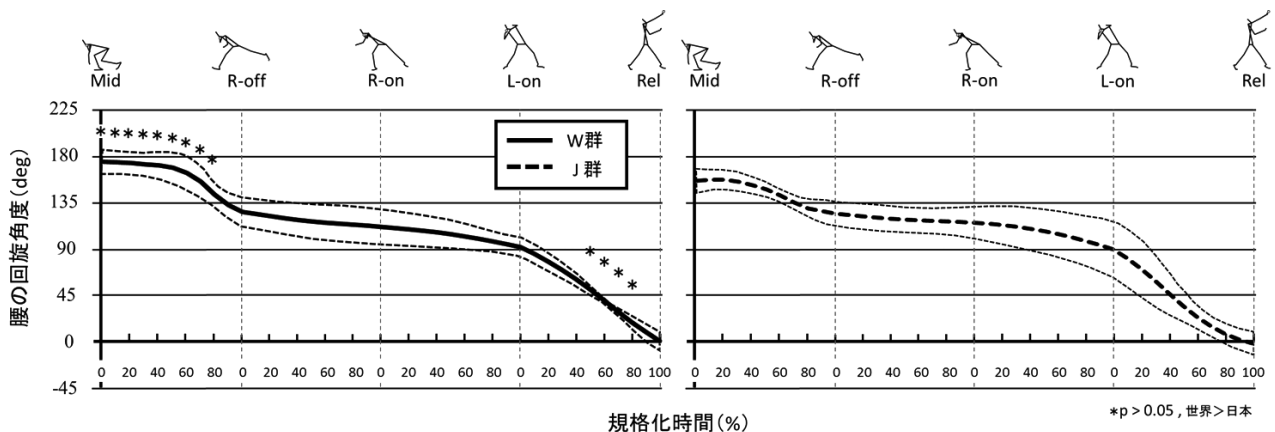


図2 世界および日本のトップ選手における腰の回旋角度の変化

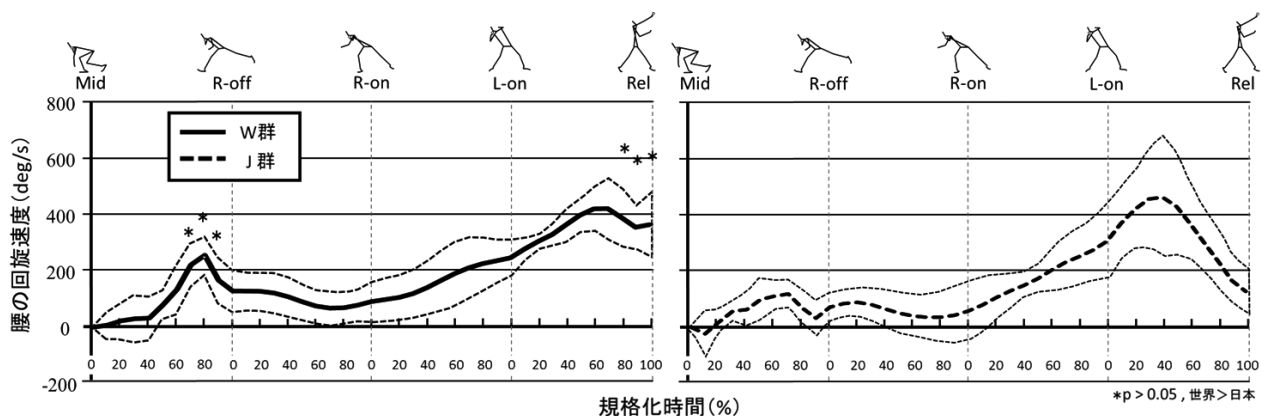


図3 世界および日本のトップ選手における腰の回旋速度の変化

の局面における腰の回旋角度と回旋速度の最大値とその最大値が出現した時点(%)の出現タイミングについても比較検討した。その結果、スタート局面における腰の回旋角度の最大値はW群がJ群に比べて有意に高い値であり、より投てき方向に対して腰を閉じた状態から動作を行っていることが明らかとなった。突き出し局面の最大値と出現タイミングおよびRel時の腰の回旋角度については、どれもW群とJ群で有意差は認められず、突き出し局面中の腰の回旋角度の変化パターンがW群とJ群の差であることが分かった(表2)。

腰の回旋速度については、スタート局面の最大値とRel時の値についてW群がJ群に比べ有意に高い値を示していた。また、突き出し局面では最大値の出現タイミングについて有意差が認められ、W群がJ群より遅い時点で発揮していることが明らかとなった。このことから、スタート局面やRel時では腰の回旋速度の高さ、突き出し局面中では最大値ではなく、その出現タイミングがW群とJ群の大きな違いであることが分かった(表3)。

表2 スタート局面と突き出し局面における腰の回旋角度の最大値と出現タイミング、およびリリース時の比較

	スタート局面		突き出し局面		リリース時(deg)
	最大値(deg)	最大値 出現タイミング(%)	最大値(deg)	最大値 出現タイミング(%)	
W群	177.2 ± 11.9 *	19 ± 22	91.3 ± 8.8	1 ± 0	1.0 ± 7.9
J群	161.0 ± 10.3	14 ± 11	89.5 ± 25.7	1 ± 0	-0.2 ± 10.2
	W群 > J群	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

* p < 0.05

表3 スタート局面と突き出し局面における腰の回旋速度の最大値と出現タイミング、およびリリース時の比較

	スタート局面		突き出し局面		リリース時(deg/s)
	最大値(deg/s)	最大値 出現タイミング(%)	最大値(deg/s)	最大値 出現タイミング(%)	
W群	301.0 ± 75.8 *	76 ± 9	471.7 ± 50.6	69 ± 19 *	361.4 ± 110.0 *
J群	164.4 ± 44.0	74 ± 16	532.3 ± 191.5	25 ± 13	128.9 ± 75.4
	W群 > J群	n.s.	n.s.	W群 > J群	W群 > J群

* p < 0.05

4. 考察

本研究では、女子砲丸投げのグライド投法を用いる世界トップ選手（W群）と日本トップ選手（J群）の投てき動作中における腰（両大転子を結ぶ線）の回旋動作を比較することで、グライド投法の技術向上に貢献できる有益な知見を得ることを目的とした。

データはW群が2007年の世界陸上競技選手権大阪大会、J群が2005年の日本陸上競技選手権大会と時間は経過しているが、世界と国内のトップ選手におけるデータを収集することは極めて困難であり、本研究では入手可能であった両群の大会データを使用した。なお、両群の平均記録（W群 $19.30 \pm 1.11\text{m}$ 、J群 $14.82 \pm 0.95\text{m}$ ）は近年の競技レベルと比較しても何ら遜色はなく、グライド投法の技術向上に有益な知見が得られる貴重なデータであると考えられる。

さらに、投てき動作は、下半身から上半身への動作によって力を砲丸に伝達させることが重要であり（日本陸上競技連盟, 1988）、先行研究においても腰の回旋動作が競技パフォーマンスに大きく貢献する要素であることが報告されている（植屋, 1992; Ohyama Byun et al, 2008）。

しかし、これまでの先行研究では投てき動作中における腰の回旋動作に着目して時間的要因や局面構造を踏まえ、競技レベルの間で比較した検証はされていない。

田内ら（2006）の研究結果では、競技レベルの間で体幹の長軸周りの回転（両肩の midpoint から右肩峰で算出）させる動作に相違点も確認され、競技パフォーマンス向上に有益な知見が報告されているが、腰の回旋動作については検証されておらず、体幹の長軸周りの回転が発生する要因までは追求されていない。つまり、本研究で着目した腰の回旋動作が競技レベルの間で明らかになれば、田内ら（2006）の研究結果も含め、グライド投法における身体を回旋させる動作の全容に近づくことから、実践現場にも活かせる知見として還元できるものと考えられる。

そして、前述したデータを用いてグライド投法の投てき動作中における腰の回旋角度ならびに回旋速度の分析を行い、両群で比較した結果、スタート局面と突き出し局面において顕著な相違点が認められた。

4.1 スタート局面について

スタート局面では、J群がやや投てき方向に腰を開いたような半分の状態であったが、W群はより投てき方向に対して腰を閉じた状態から動作が開始され、スタート局面中盤より R-off に向けて急激に腰を回旋させる動作を行いながらグライド局面へ移行していた。

W群が、投てき方向に対して腰を閉じた状態であったのは、R-off までの腰の回旋速度がJ群よりも有意に

高い値を示していることから分かるように、腰の回旋速度を高めるための準備であったと考えられる。また、マイネル（1981）は運動の先取りについて「組み合わせ運動系がスムーズに行われる時のもっとも基本的な特徴である」と述べている。このことから、W群がスタート局面中盤より R-off に向けて急激に腰の回旋速度を高めていた理由として、スタート局面以降の投てき動作で腰の回旋動作を流動的かつ効率よく行うために運動の先取りを行っていたものと捉えることができる。さらに、これはスタート局面以降のグライド局面で体幹を中心に下半身が先行されることによって体幹の捻転を生み出し、下半身からの力の伝達と体幹の捻転を利用した爆発的な投げ動作に結びつくといった利点としても考えられる。

なお、本研究でW群における腰の回旋速度が最大値となったスタート局面に関わる動作としては、投てき方向に対する「左脚の送り出し動作」が挙げられる。これは、骨盤の回旋角度を見てもスタート局面で投てき方向に骨盤が開いてきていることから分かる。左脚の送り出し動作については、先行研究で投てき方向へ効果的な並進運動をするための方法として検討されてきている（西藤, 1969; 古谷・畑, 1989; 小山・青山, 1999）。つまり、本研究でスタート局面時に腰の回旋速度が高まり、回旋角度も変化していたことから、「左脚の送り出し動作」というのはグライド動作で効果的に並進運動をするためだけではなく、腰を中心とした身体を回旋させる動作や勢いなどを発生させる役割を果たしていることが考えられる。

一方、J群の投てき方向に対して腰が開いた状態であったことは、両群ともにグライド動作後の L-on 時に腰が左回旋位の状態を迎えているように、突き出し局面における身体の回旋動作を効率よく行うための角度を確保しているものと考えられる。したがって、J群は投げ動作に効率の良い腰の角度を確保し、腰の回旋動作よりも投てき方向に身体の前進運動を中心としたグライド動作を行っていたものと考えられ、スタート局面における両群の比較からグライド動作の技術的な相違点が示唆できる内容となった。

4.2 突き出し局面について

突き出し局面では、腰の回旋速度における最大値だけを見ると、有意差は認められなかったが、J群がW群をやや上回る値を示している。しかし、腰の回旋速度における最大値の出現タイミングでは、J群が突き出し局面を開始する L-on 直後で急激に腰の回旋速度を高めていたが、W群はより Rel に近い時点へ向けて徐々に腰の回旋速度を高めていた。その結果、Rel で腰の回旋速度を比較してもJ群がW群より大きく低下していることが分かるように、J群は突き出し局面の早い時点から腰

が投てき方向に振り向き、突き出し局面後半では腰の回旋速度を十分に利用できていない。これに対して W 群は、突き出し局面後半まで腰の回旋速度を保ち、突き出し動作を行っている。植屋ら（1992）によると投げ動作で右腰の回し込みが始まる時点がグライド投法の動作中で最も大きな力が発現すると報告している。さらに、渋川ら（1969）は、「砲丸に対して大きなエネルギーを与えるためには、先ず、身体の中で発生するエネルギーが大きくなければならない」と述べている。

つまり、W 群は砲丸の初速度を高めるために、Rel に近い時点で腰の回旋動作を利用して砲丸に与える身体のエネルギーを大きくしていたものと考えられ、この Rel における腰の回旋速度の違いが、両群の競技パフォーマンスへ影響を与えている一つの要因になっているものと言える。

一方、田内ら（2006）の研究でも、女子砲丸投げのグライド投法を用いる世界レベル上位選手と日本レベル上位選手の砲丸速度に対する身体部位の貢献度の比較から世界レベル上位選手は体幹の長軸周りの回転（両肩の中点から右肩峰で算出）を砲丸の突き出しに利用できる技術と体力を獲得していることを示唆している。そして、本研究においても、W 群は Rel の近い時点で腰の回旋動作を利用して突き出し動作を行っていることから、田内ら（2006）の体幹の長軸周りの回転を発生させる要因と捉えることができる。

このようなことから、腰の回旋速度は単に最大値を高めるのではなく、その出現タイミングが重要であり、「Rel に近い時点」で身体を回旋させる動作は技術の構成を評価する上で重要な指標になるものと示唆できる内容となった。

なお、「Rel に近い時点」で腰を回旋させる動作の技術については、本研究では腰（左右の大転子）以外の分析を行っていないため、客観的なデータに基づいた詳細な指摘をすることはできない。ただし、本研究の結果では W 群の腰の回旋角度は突き出し局面中盤で J 群に比べて投てき方向へ開かないように保持され、リリースに向けて腰の回旋速度が高まっている。したがって、Rel に近い時点で腰を回旋させる動作を追求していくためには、突き出し局面中盤まで腰が投てき方向へ開かないように保持される方法を身体部位の測定項目を増やし、更なる検証をしていく必要があるものと考えられる。

5. 世界トップ選手と日本トップ選手の技術について

スタート局面と突き出し局面の比較から、世界トップ選手はスタート局面と突き出し局面の Rel に近い時点で腰の回旋速度が高まっていたのに対し、日本トップ選手は突き出し局面の L-on 直後で急激に腰の回旋速度を高めていた。したがって、本研究の結果から世界トップ選

手と日本トップ選手はスタート局面と突き出し局面における腰の回旋動作で異なる運動を行っているということが明らかとなった。

これまでも述べてきたように、競技パフォーマンスを高めていくためには、砲丸の初速度を高めていくことが重要であり、各局面の技術というのは砲丸の初速度を高めていくことに集約されるべきである。世界トップ選手は、日本トップ選手に比べてスタート局面から突き出し局面に至るまで腰の回旋動作を先取りし、投てき動作中で腰を中心としたより一連の流れができていたり、砲丸の初速度を高めなければならない Rel に近い時点で突き出し動作に合わせて腰の回旋動作を利用し、砲丸に与える身体のエネルギーを大きくしていることから、世界トップ選手の腰の回旋動作は競技パフォーマンスを高める上で理に適っているものと言える。一方、日本トップ選手は砲丸の初速度を高めなければならない Rel に近い時点で腰の回旋速度が大きく減速しており、突き出し動作を優先した、いわゆる「手投げ」に近い状態であったことから、Rel でより砲丸に与える身体のエネルギーを大きくするためにも腰の回旋動作を中心にグライド投法の技術を再検討していく必要があると考えられる。

また、相違点だけではなく、世界トップ選手と日本トップ選手の共通点としてグライド動作後の L-on 時に腰が左回旋位の状態で迎えていたことが挙げられる。Ohyama Byun et al. (2008) は、「体幹のひねりが腹部や腰背部の筋肉を投げの前に伸張し、投げの最終局面における上体の強い回旋を確保する」と報告している。この報告からも、L-on 時に腰が左回旋位の状態を作るということは、どのようなグライド動作を行うにしても突き出し局面で体幹の捻転を生み出し、爆発的な突き出し動作を得るために重要であると同時に、体幹の捻転に耐える強化トレーニングの重要性を示唆するものと言える。

6. まとめ

本研究では、女子砲丸投げのグライド投法を用いる世界トップ選手と日本トップ選手の投てき動作中における腰（両大転子を結ぶ線）の回旋動作を比較することで、グライド投法の技術向上に貢献できる有益な知見を得ることを目的とした。分析対象は、2005 年に開催された日本陸上競技選手権大会の女子砲丸投げにおける上位 6 名（J 群平均記録； $14.82 \pm 0.95\text{m}$ ）と 2007 年に開催された世界陸上競技選手権大阪大会における映像データより分析が可能であった 1 位から 3 位、7 位、9 位、11 位の 6 名（W 群平均記録； $19.30 \pm 1.11\text{m}$ ）の計 12 選手（右投げ、グライド投法）である。両群間における腰の回旋角度および回旋速度の分析を比較した結果は次の通りである。

①スタート局面における腰の回旋角度の違いから、投

てき方向に対して世界トップ選手はより腰を閉じており、日本トップ選手はやや投てき方向に対して腰が開いた状態であった。

②スタート局面における腰の回旋速度の違いから、世界トップ選手は R-off までに腰の回旋速度を急激に高めながらグライド局面に移行していた。

③腰の回旋角度から、両群ともに L-on 時では腰が左回旋位の状態であった。

④突き出し局面における腰の回旋角度および回旋速度が最大値となる出現タイミングの違いから、日本トップ選手は L-on 時のより早い段階で腰の回旋が開始されていた。

⑤突き出し局面における腰の回旋角度および回旋速度が最大値となる出現タイミングの違いから、世界トップ選手はより遅い時点で腰の回旋速度が最大値となり、その結果 Rel に近い時点で腰の回旋速度を維持していた。

これらの結果より、スタート局面と突き出し局面で腰の回旋角度と回旋速度に有意差が認められ、両局面で世界トップ選手と日本トップ選手は異なる運動を行っていることから、日本の技術は腰の回旋動作を中心に再検討していく必要があるものと考えられた。また、本研究では、腰の回旋角度と回旋速度に着目しており、腰の回旋動作を発生させる要因は追求できていない。今後、腰の回旋動作を追求していくためには、スタート局面の「左脚の送り出し動作」との関連性や突き出し局面中盤まで腰が投てき方向へ開かないように保持される方法を身体部位の測定項目を増やし、更なる検証をしていくことが課題となった。

謝辞

本研究の分析をするにあたり、多大なご協力をいただきました中京大学の田内健二先生に深く感謝申し上げます。

参考文献

浅見俊雄・石井喜八・宮下充正・浅見高明・小林寛道(1976) 身体運動学概論. 大修館書店: 東京, pp.234-235.
加藤博夫(1960) 連続写真による砲丸投げの分析的研究.

体育の科学 10 (5): pp.277-279.

小山裕三・青山清英(1999) 砲丸投げの運動修正に関するモルフォロギー的考察. スポーツ方法学研究 12: pp.79-86.

古谷嘉邦・畑康太郎(1989) 砲丸投げのグライド動作に関する実験的研究: 主として振り出し脚について. 東海大学スポーツ医科学雑誌 1: pp.72-78.

クルト・マイネル: 金子明友訳(1981) マイネル・スポーツ運動学. 大修館書店: 東京, p.229.

野口安忠(2012) 砲丸投げにおける新たなグライド動作の視点とその技術および習得方法. スポーツパフォーマンス研究 4: pp.171-191.

Ohyama Byun K, Fujii H, Murakami M, Endo T, Takesako H, Gomi K, and Tauchi K (2008) A biomechanical analysis of the men's shot put at the 2007 World Championships in Athletics. New Studies in Athletics, 23: pp.53-62.

渋川侃二・吉本 修・植屋清見(1968) 砲丸投のエネルギーの考察. 東京教育大学体育学部スポーツ研究所報 6: pp.63-68.

西藤宏司(1969) 砲丸投の投てき技術に関する研究: グライド動作について. 中京体育学論叢 11: pp.309-325.

田内健二・村上雅俊・高松潤二・阿江通良(2006) 砲丸投における砲丸速度に対する身体各部位の貢献度—世界レベル選手と日本レベル選手との比較—. 陸上競技研究紀要 2: pp.65-73.

植屋清美(1988) 砲丸投げの動作学とその指導. 体育の科学 38 (2): pp.112-118.

植屋清見・中村和彦・浅場一徳・池川哲史(1992) 砲丸投の投フォームとパフォーマンス—世界と日本との差異—. 第11回バイオメカニクス学会大会論集: pp.437-443.

Winter, D. A. (1990) Biomechanics and motor control of human movement (2nd ed.) John Wiley and Sons. Inc., Toronto: pp.65-83.

財団法人日本陸上競技連盟(1988) 陸上競技指導教本—種目別実技編—. 大修館書店: 東京, pp.189-204.

男子 400m 走におけるパフォーマンス向上に伴う レースパターンの変化

山元康平^{1), 2)}, 内藤 景³⁾, 宮代賢治²⁾, 関慶太郎²⁾, 上田美鈴⁴⁾,
木越清信³⁾, 大山卞圭悟³⁾, 宮下 憲⁵⁾, 尾縣 貢³⁾

Changes in the race pattern associated with improvement in performance
in the men's 400-m running race

Kohei YAMAMOTO^{1), 2)}, Hikari NAITO³⁾, Kenji MIYASHIRO²⁾, Keitaro SEKI²⁾, Misuzu UETA⁴⁾,
Kiyonobu KIGOSHI³⁾, Keigo OHYAMA BYUN³⁾, Ken MIYASHITA⁵⁾, Mitsugi OGATA³⁾

Abstract

This study was conducted to investigate the changes in race pattern associated with improvement in performance in the men's 400-m running race. Using several video cameras, 13 male 400-m sprinters (400m time : 46.46 ± 0.55 s) were videotaped at a sampling rate of 59.94Hz from the start to the finish in official competitions more than 2 times which they mark their personal best record. The split time of every 50m from the start was calculated using the Overlay method, which analyzes the split time by superimposing an image of the 400-m race onto an image of the hurdles in a 400-m hurdle race. The average running speed, step frequency, and step length of 8 sections (50m each) were calculated. Subjects were divided to two types which the Low deceleration type ($n=7$) and the High deceleration type ($n=6$) according to the deceleration index (the slope of the liner relationship between running speed and the number of sections from the peak running speed to the finish). Associated with improvement in performance, the running speed from 50m to 200m was increased significantly ($p<0.05$) in the Low deceleration type. On the other hand, in the High deceleration type, the running speed from 250m to 350m was increased ($p<0.05$). These results suggest that the changes in race pattern associated with improvement in performance in the men's 400-m running race are different for different types of race pattern.

キーワード：走スピード，ステップ頻度，ステップ長，
タイプ，縦断的研究

1. 緒言

400m 走は，陸上競技短距離種目の中でも最も走行距

離が長い種目であり，スタートからゴールまで，レース全体にわたって全力疾走を維持することは不可能である．したがって，400m 走において，高いパフォーマンスを達成するためには，適切なペース配分（レースパターン）が重要となる（Hart, 1993 ; Schiffer, 2008）．

これまでに，400m 走のレースパターンとパフォーマンスとの関係について横断的な調査が行われてきた（Hanon and Gajer, 2009 ; 伊藤ほか, 1997 ; van Coppenolle, 1980 ; 尾縣ほか, 1998 ; 尾縣ほか, 2003）．中でも山元ほか（2014）は，国内の幅広い競技レベルにある多数の競技者のパフォーマンス（記録）とレースパターンを評価する種々の指標との関係について検討し，パフォーマンスの高い競技者は，レースの中盤区間において高い走スピードを維持していること，同時に，同等のパフォーマンスレベルであっても，レースパターンの個人差（タイプ）が顕著であることを指摘している．一方で，競技者のパフォーマンス向上に伴う縦断的な変化については，事例的な報告がわずかに見られるのみである（高野, 1993）．縦断的研究は，競技者のパフォーマンスが実際に向上する際に生じる変化を示すという点において，競技スポーツのコーチング実践に資する専門的な知見を得る上で重要である．伊藤（2003）は，短距離走に関する今後の研究課題として縦断的な研究の必要性を指摘して

-
- 1) 筑波大学大学院人間総合科学研究科 University of Tsukuba, Graduate School of Comprehensive Human Science
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1
 - 2) 日本学術振興会特別研究員 DC Research Fellow of Japan Society for the Promotion of Science
〒102-0083 東京都千代田区麹町 5-3-1
 - 3) 筑波大学 University of Tsukuba, Faculty of Health and Sport Science
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1
 - 4) 敦賀市立栗野小学校 Awano Elementary School
〒914-0141 福井県敦賀市萌生野 47 - 11
 - 5) 帝京大学医療技術学部 Teikyo of University, Faculty of Medical Technology
〒320-8551 栃木県宇都宮市豊郷台 1-1

おり、また谷川ほか (2011) は、国内のスプリントに関する研究について、横断的・基礎的な報告が充実している一方で、パフォーマンス向上に伴う変化に関する縦断的な変化が示されてこなかったことが、現場のトレーニングに活かす知見を提供するという点において問題であると述べている。

これらのことに鑑み、本研究では、400m 走競技者のパフォーマンスが向上する際に生じるレースパターンの変化についての縦断的な検討を試みる。具体的には、競技者が自己最高記録を更新したレースにおけるレースパターンを、それ以前の当該競技者のレースパターンと比較することで、パフォーマンスが向上する際に多くの競技者に共通して生じるレースパターンの変化の傾向を明らかにする。このようなアプローチは、パフォーマンスの変化という結果と、それを生じさせた競技者やコーチの意図やトレーニング内容といった原因の対応関係は必ずしも明らかにできないが、実際のパフォーマンスの向上に伴うレースパターンの変化という客観的事実を示すことで、そのような変化を生じさせるためのトレーニングやコーチング法を考案するための方向性を示すという点で意義深いものであると考えられる。例えば内藤ほか (2014) は、専門的準備期から試合期にかけてのスプリントパフォーマンスの変化を検討し、試合期において高いパフォーマンスを達成した競技者に共通した特徴を示すことで、高い疾走能力を獲得する上で重要となる技術やトレーニングの方向性を示している。さらに、山元ほか (2014) の指摘に鑑みると、400m 走のレースパターンは個人差が顕著であることから、レースパターンのタイプによってパフォーマンス向上に伴うレースパターンの変化の傾向が異なる可能性が考えられる。そのため、タイプ別に変化の傾向を見ることにより、個々人の特性に応じたコーチングに資するより実践的な示唆を引き出すことが期待できる。近年、スポーツパフォーマンス・コーチング分野において、競技者個々人の特性 (タイプ) に着目した研究や実践報告が多数行われていることもこれを支持するものであるといえる (川本, 2014; 内藤ほか, 2013; Salo et al., 2011)。

これらのことから、本研究の目的は、男子 400m 走におけるパフォーマンス向上に伴うレースパターンの変化について検討することで、パフォーマンス向上を目指したトレーニングならびにコーチングに資する知見を得ることとした。

2. 方法

2.1 データ収集

(1) 分析対象者および分析対象レースの選定

分析対象者は、国内の公式競技会に出場した男子 400m 走競技者 13 名とした。

分析対象レースは、対象者が自己最高記録またはそれ

に近い記録を達成したレース (pre) および、その記録を更新し自己最高記録を達成したレース (post) とした。なお、pre がその時点での自己最高記録でなかった対象者は 7 名であったが、いずれも自己最高記録達成率は 99% 以上 ($99.8 \pm 0.2\%$) であり、十分にその時点での実力を発揮したレースであったと判断した。

また、pre のレースパターンに着目し、後述する走スピード逓減指標の平均値 (0.27) をもとに、対象者をタイプ分けした。タイプの名称について、指導現場で一般的に利用されている名称にならい (荻部, 2009), 走スピード逓減が小さいタイプを「後半型」($n=7$)、走スピード逓減が大きいタイプを「前半型」($n=6$) とした。対象者全体および各タイプの pre および post における 400m 走タイムはそれぞれ、全体: pre 47.04 ± 0.72 秒; post 46.46 ± 0.55 秒, 後半型: pre 46.90 ± 0.68 秒; post 46.30 ± 0.48 秒, 前半型: pre 47.20 ± 0.73 秒; post 46.65 ± 0.57 秒であった。400m 走タイムは、タイプ間に有意差は認められなかった (Mann-Whitney の U 検定, pre : $p=0.534$; post : $p=0.295$)。

なお、本研究では、複数の公式競技会におけるレースを撮影したため、競技者が走行するレーンや、風向風速や気温などの気象条件を統一することはできなかった。これらの外的条件がパフォーマンスやレースパターンに影響を及ぼす可能性は考えられるものの、方法上の限界として、本研究ではそれらの影響を考慮したデータの補正等は行わなかった。

(2) レースの撮影

2 - 3 台の VTR カメラ (SONY 社製, DCR-VX2000) を、陸上競技場ホームストレートおよびバックストレートのスタンドに設置し、レースを撮影した。スタートピストルの閃光を撮影した後、59.94field/秒で選手を追従撮影した。露出時間は、スタートピストルの閃光撮影時が 1/60 秒、それ以降が 1/500-1/2000 秒であった。

2.2 データ処理

(1) 通過タイムの算出

各地点の通過タイムは、Overlay 方式を用いて算出した (持田ほか, 2007)。Overlay 方式とは、対象とする 400m 走レースの VTR 画像と、距離較正用の VTR 画像を、ソフトウェア上で合成表示し、任意の地点を対象者が通過した時刻を読み取る方法である。距離の較正には、400m ハードル走のハードル設置位置を用い、レース撮影時と同じ位置からハードルが設置された状況を撮影した。

ビデオ編集ソフト (Corel 社製, VideoStudio12) を用いて、画像を合成表示し、グラウンド上のラインや観客席などを手掛かりに、二つの映像を重ね合わせた後、400m ハードル走のハードル設置位置である 10 地点 (45,

80, 115, 150, 185, 220, 255, 290, 325 および 360m 地点)の通過タイムを, 29.97 コマ/秒で読み取った(分解能: 0.033 秒). そして, 50m 毎の各地点の通過タイムを, 各地点を挟む前後2地点, すなわち, 50m 地点では 45m および 80m 地点, 100m 地点では 80m および 115m 地点, 以降同様に, 350m 地点では 325m および 360m 地点の通過タイムを基に, 時間と距離の直線回帰式に距離を内挿することによって推定した(持田ほか, 2007; 持田・杉田, 2010; 山元ほか, 2014). 150m 地点の通過タイムは, 400m ハードル走の4台目のハードル設置位置の通過タイムを, 400m 地点の通過タイムは, 公式記録を, それぞれ用いた. なお, Overlay 方式による通過タイムの算出誤差は 0.5%以下と極めて小さく, 競技会におけるレース分析として妥当な方法であることが先行研究において確認されている(持田ほか, 2007; 山元ほか, 2014).

(2) 算出項目および方法

1) 走スピード

各地点の通過タイムから, 50m 毎の各区間に要した時間を算出し, 区間距離を区間に要した時間で除すことにより, 区間平均走スピード(以下, 走スピード)を算出した.

2) 区間タイム

400mを100m 毎の4つの区間に区分し(以下, それぞれ 0 - 100m 区間: 1st 100m, 100-200m 区間: 2nd 100m, 200-300m 区間: 3rd 100m, 300-400m 区間: 4th 100m), 各区間に要した時間を区間タイムとして算出した(以下, それぞれ $T_{1st100m}$, $T_{2nd100m}$, $T_{3rd100m}$, $T_{4th100m}$).

3) 走スピード変化率

2nd 100m, 3rd 100m および 4th 100m における, 前の区間からの走スピード変化率を, 以下の式により算出した(以下, それぞれ $\angle S_{2nd100m}$, $\angle S_{3rd100m}$, $\angle S_{4th100m}$).

走スピード変化率 = $[1 - (\text{前の区間の走スピード} / \text{後の区間の走スピード})] \times 100$

なお, 走スピード変化率は, 正の値が前の区間からの走スピードの増加を, 負の値が減少を示す.

4) 走スピード逓減指標

尾縣ほか(1998)の方法を参考に, レース全体での走スピード逓減指標を算出した. すなわち, 走スピードが最高に達する 50-100m 区間を第1区間, 100-150m 区間を第2区間, 以降同様に, 350-400m 区間を第7区間とし, 区間数を独立変数, 走スピードを従属変数として直線回帰式を算出し, その回帰式の傾きを, 各対象者の走スピード逓減指標とした. なお, 回帰式の相関係数は -0.908 から -0.994 の範囲であり, 全ての回帰式が 1%水準で有意であった. この指標は, 値が小さいほど, レース全体での走スピードの逓減が緩やかであることを示す.

5) ステップ頻度およびステップ長

50m 毎の各区間において, 10-13 サイクル (20-26 歩)に要した時間を 59.94 コマ/秒で読み取り(分解能: 0.017 秒), 歩数をその間に要した時間で除すことで1歩の平均時間を算出し, その逆数をとることによって区間平均ステップ頻度(以下, ステップ頻度)を算出した. また, 走スピードをステップ頻度で除すことにより, 区間平均ステップ長(以下, ステップ長)を算出した.

(3) 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. pre-post 間の有意差について, ノンパラメトリック検定である Wilcoxon の符号順位検定を用いて検討した. 有意性は危険率 5%未満で判定した. また, 10%未満を有意傾向として扱い, 考察の一助とした.

3. 結果

図1は, pre における対象者全体および両タイプの走スピードの推移を示したものである. 150-200m 区間までは, 前半型の走スピードが高い傾向にあり, 200-250m 区間以降は, 後半型の走スピードが高い傾向が見られた. また, 全体の平均値は, 両タイプの中間的な値を示した.

図2は, 対象者全体の pre および post における走スピード (A), ステップ頻度 (B) およびステップ長 (C) の推移の比較を示したものである. また図3は, 後半型, 図4は, 前半型の, pre および post における走スピード (A), ステップ頻度 (B) およびステップ長 (C) の推移の比較を示したものである. さらに表1は, 対象者全体および両タイプの pre および post における区間タイム, 走スピード変化率および走スピード逓減指標を示したものである.

対象者全体では, 走スピードは, 50-100m 区間から

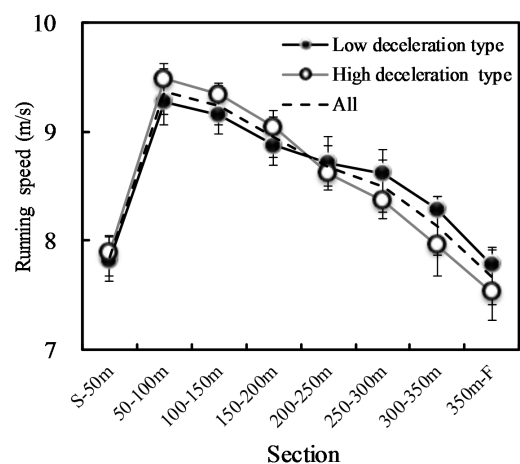


Fig. 1 Changes in running speed during pre race of all subjects and each type.

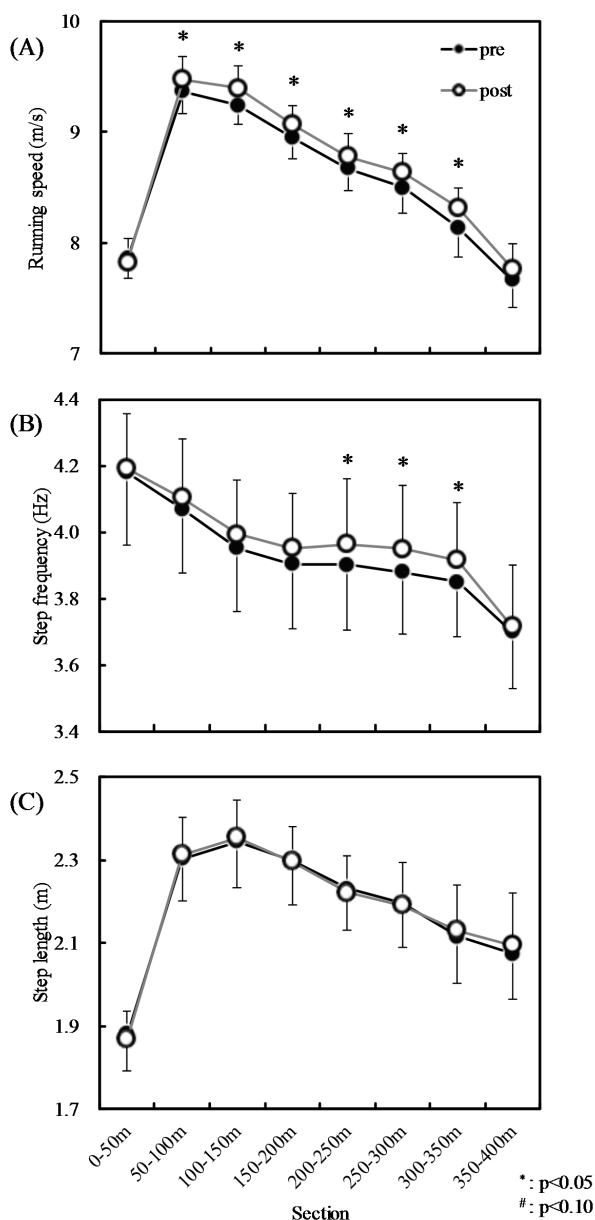


Fig. 2 Changes in running speed (A), step frequency (B) and step length (C) during pre and postraces of all subjects.

300-350m 区間において有意差が認められ, post が高値を示した (図 2A). また, post において, $T_{2nd100m}$ および $T_{3rd100m}$ が有意に短縮されていた (表 1). ステップ頻度については, 200-250m 区間から 300m-350m 区間において有意な差が認められ, いずれも post が高値を示した (図 2B, C). 一方, ステップ長については, いずれの区間においても有意な差は認められなかった.

タイプ別の傾向については, まず後半型では, 50-100m 区間から 150-200m 区間の走スピードに有意差が認められ, post が高値を示した (図 3A). また, post において, $T_{2nd100m}$ が有意に短縮するとともに, $\Delta S_{3rd100m}$ が有意に減少 (低下率が增加) していた (表 1). ステップ頻度およびステップ長については, ステップ頻度が,

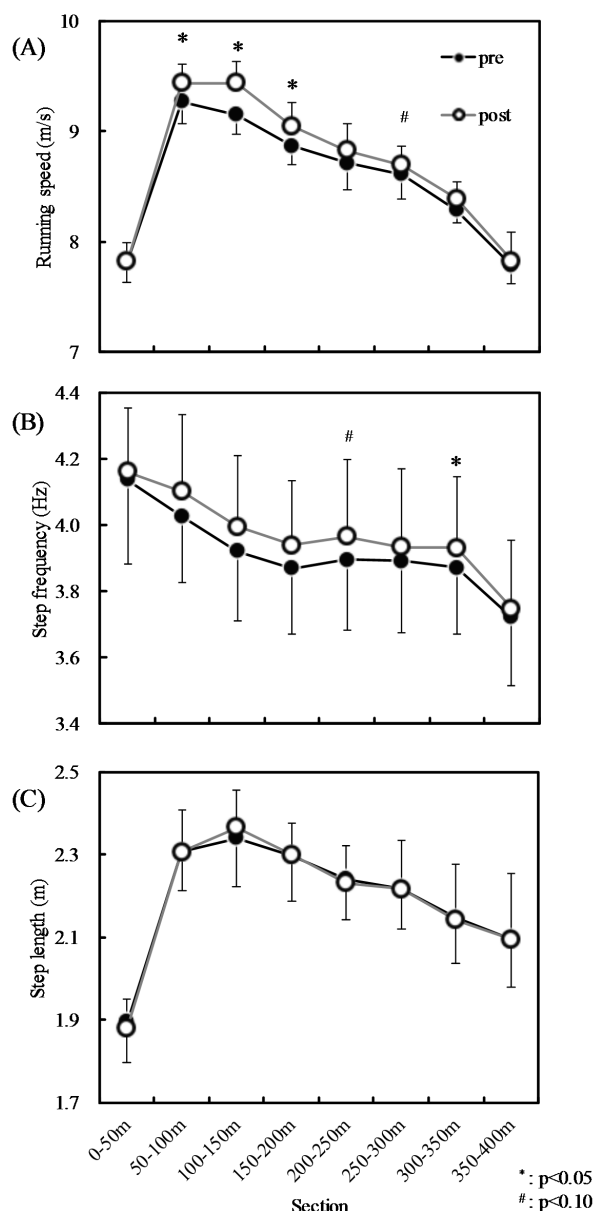


Fig. 3 Changes in running speed (A), step frequency (B) and step length (C) during pre and postraces of the Low deceleration type.

レース全体にわたって post において高値を示す傾向が見られ, 300-350m 区間においては有意な差が認められた. 一方, 前半型では, 走スピードについては, 250-300m および 300-350m 区間において有意差が認められ, post が高値を示した (図 4A). また, post において, $T_{3rd100m}$ が有意に短縮していた (表 1). ステップ頻度およびステップ長については, 250-300m 区間および 300-350m 区間におけるステップ頻度, また, 300-350m 区間から 350-400m 区間におけるステップ長に有意な差が認められ, いずれも post が高値を示した. 走スピード遞減指標については, 対象者全体および両タイプにおいて, 有意な変化は認められなかった (表 1).

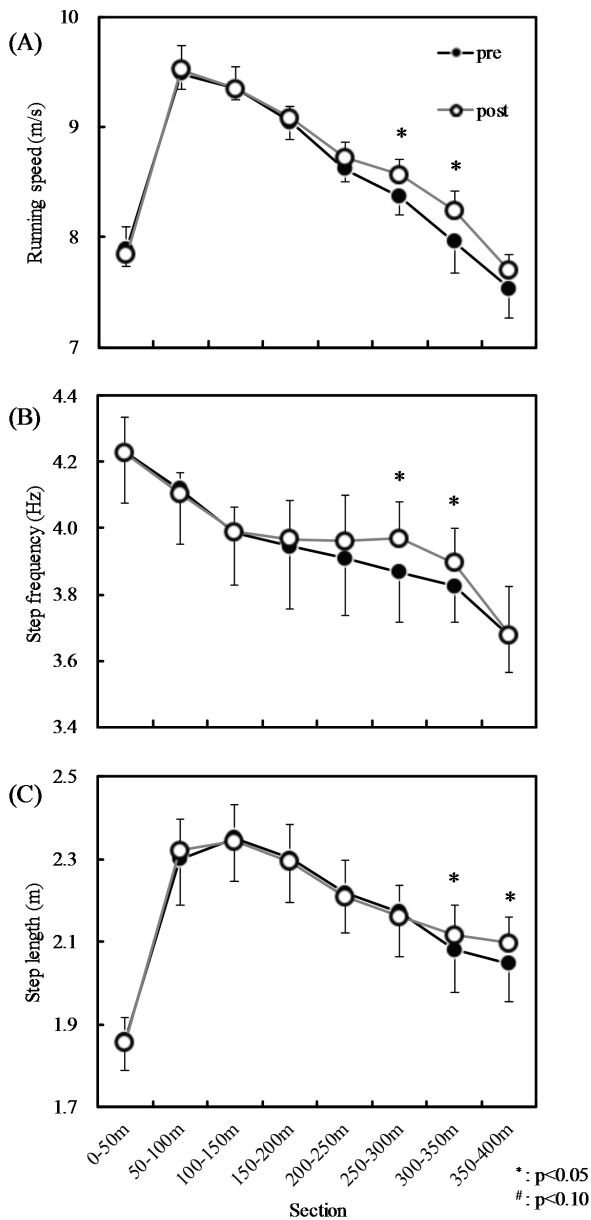


Fig. 4 Changes in running speed (A), step frequency (B) and step length (C) during pre and postraces of the High deceleration type.

4. 考察

本研究の目的は、男子 400m 走におけるパフォーマンス向上に伴うレースパターンの変化について縦断的に検討することで、パフォーマンス向上を目指した合理的なコーチングに資する基礎的知見を得ることであった。そのために、競技者が自己最高記録を達成したレース (post) におけるレースパターンを、それ以前の自己最高またはそれに近い記録を達成したレース (pre) におけるレースパターンと比較した。400m 走タイムは、pre から post へ 47.04 ± 0.72 秒から 46.46 ± 0.55 秒に、 0.58 ± 0.29 秒 ($1.2 \pm 0.6\%$) 向上しており、pre から post への期間は 11.8 ± 7.7 か月であった。また、post のタイムである 46.46 秒は、2015 年度の日本ランキングでは 15 位に相当していた。以上のことを踏まえると、本研究では、日本上位レベルにある競技者のパフォーマンスが向上する際に生じるレースパターンの変化の傾向について検討できたものと考えられる。

本研究では、400m 走パフォーマンス向上に伴うレースパターンの変化の対象者全体の傾向と、レースパターンのタイプに応じた特徴的な傾向について検討した。以下では、このような対象者全体の傾向とタイプ別の傾向に分けて考察を進める。

4.1 400m 走パフォーマンス向上に伴うレースパターンの変化の対象者全体の傾向

全対象者の pre から post への変化の傾向を見ると、post において、レースの最初と最後の区間である 0-50m 区間および 350-400m 区間を除く全ての区間における走スピードが向上し (図 2A)、区間タイムである $T_{2nd100m}$ および $T_{3rd100m}$ が短縮していた (表 1)。一方で、走スピード減速指標に有意な変化は認められなかった (表 1)。これらのことは、自己記録が更新されたレースにおいては、スタート直後の加速や、フィニッシュ直前の区間における走スピード、さらにはレース全体の走スピードの減速度合ではなく、最高走スピードの大きさおよびその

Table1 Segment time, Rate of change of running speed and the deceleration index of the subjects.

		Total n = 13			Low deceleration type n = 7			High deceleration type n = 6		
		pre	post	Dif.	pre	post	Dif.	pre	post	Dif.
$T_{1st100m}$	(s)	11.71 ± 0.25	11.67 ± 0.27	0.04 ± 0.17	11.79 ± 0.26	11.70 ± 0.22	0.09 ± 0.17	11.61 ± 0.19	11.64 ± 0.32	-0.03 ± 0.14
$T_{2nd100m}$	(s)	11.00 ± 0.21	10.84 ± 0.21	$0.16 \pm 0.23^*$	11.10 ± 0.22	10.83 ± 0.24	$0.27 \pm 0.20^*$	10.88 ± 0.13	10.86 ± 0.17	0.02 ± 0.18
$T_{3rd100m}$	(s)	11.66 ± 0.27	11.49 ± 0.24	$0.17 \pm 0.14^*$	11.55 ± 0.30	11.42 ± 0.26	$0.13 \pm 0.14^{\#}$	11.78 ± 0.14	11.57 ± 0.19	$0.21 \pm 0.12^*$
$T_{4th100m}$	(s)	12.68 ± 0.42	12.46 ± 0.27	$0.22 \pm 0.38^{\#}$	12.46 ± 0.20	12.36 ± 0.28	0.10 ± 0.31	12.94 ± 0.46	12.57 ± 0.20	0.37 ± 0.41
$\angle S_{2nd100m}$	(%)	6.0 ± 1.7	7.1 ± 1.6	$-1.1 \pm 1.7^{\#}$	5.8 ± 1.8	7.4 ± 1.7	$-1.6 \pm 1.8^{\#}$	6.2 ± 1.5	6.7 ± 1.4	-0.5 ± 1.4
$\angle S_{3rd100m}$	(%)	-6.0 ± 2.6	-6.0 ± 1.9	0.0 ± 2.0	-4.0 ± 1.7	-5.5 ± 1.8	$1.5 \pm 0.9^*$	-8.3 ± 1.3	-6.6 ± 1.8	$-1.7 \pm 1.6^{\#}$
$\angle S_{4th100m}$	(%)	-8.8 ± 3.5	-8.5 ± 3.0	-0.3 ± 3.9	-8.0 ± 3.4	-8.3 ± 3.5	0.3 ± 3.8	-9.8 ± 3.4	-8.6 ± 2.1	-1.2 ± 3.8
Deceleration index		0.27 ± 0.07	0.28 ± 0.06	-0.01 ± 0.08	0.22 ± 0.04	0.26 ± 0.07	-0.04 ± 0.07	0.33 ± 0.05	0.29 ± 0.05	0.04 ± 0.07

[†] Values show mean $\pm$ standard deviation.

^{††} Dif.: pre - post

^{†††} * or #: Significant difference (*: $p < 0.05$, #: $p < 0.10$, respectively) between pre and post.

^{††††} Deceleration index is the slope of the liner relationship between running speed and the number of the sections from the peak running speed to the finish.

中盤までの維持に変化が生じていたことを示している。

400m 走において、パフォーマンスの高い競技者のレースパターンの特徴について検討した先行研究では、レース後半における走スピード低下の抑制の重要性を示唆するものが多く (van Coppenolle, 1980; 尾縣ほか, 1998; 尾縣ほか, 2003; Saraslanidis et al., 2010), レースの前半や中盤区間の重要性を指摘した研究は、我々の知る限り比較的少ないようである (Hanon and Gajer, 2009; 伊藤ほか, 1997)。一方で、山元ほか (2014) は、国内の幅広い競技レベルにある多数の競技者のパフォーマンス (記録) とレースパターンとの関係について検討し、パフォーマンスの高い競技者の特徴として、レースの中盤区間において高い走スピードを維持していることを挙げている。また、400m 走と走行距離が同じ 400m ハードル走では、レース序盤に獲得した走スピードを中盤 (本研究での 2nd 100m および 3rd 100m 付近) において維持するペース配分が、高いパフォーマンスを達成するために有効であることが示唆されている (森丘ほか, 2005)。さらに、400m 走と同等の 50 秒程度の自転車ペダリング運動において高いパフォーマンスを得るためには、試技の中盤区間において回転数や努力感を維持することが有効であることが報告されている (金原ほか, 1971; 山本ほか, 2009)。400m 走は、スタートから 50-100m 程度で最高走スピードに到達した後、ゴールまで走スピードが顕著に減速する (Hanon and Gajer, 2009; 尾縣ほか, 1998), 典型的な「漸減型ペース (Positive pacing strategy)」が特徴であるが (Abbiss and Laursen, 2008), 上述した先行研究の結果は (金原ほか, 1971; ; 森丘ほか, 2005; 山本ほか, 2009; 山元ほか, 2014), そのような漸減型ペースの中でも、レースの中盤区間において高い走スピードを維持することの重要性を示唆するものであり、本研究の結果を支持するものである。

また、走スピードは、単位時間あたりの歩数であるステップ頻度と、1 ステップの歩幅であるステップ長の積算であるため、ステップ頻度およびステップ長について、走スピードの推移と対比させて検討することは、競技者の技術的・戦術的課題を推察し、トレーニングへの示唆を得る上で有益な手掛かりとなる (持田ほか, 2007)。そこで本研究では、pre と post におけるステップ頻度およびステップ長の推移の比較を試みた (図 2B, C)。その結果、ステップ長については、両レースでほぼ同等の値を示したものの、ステップ頻度は、走スピードに有意差が認められた 50-350m 区間において、いずれも post が高値を示す傾向にあり、特に 200-350m 区間において有意差が認められた。すなわち、自己記録が更新されたレースにおいては、ステップ長ではなくステップ頻度に変化が生じており、最高走スピード到達以降の局面、特に、第 3 曲走路から第 4 曲走路にあたる 200-300m 付近において、ステップ頻度が高値を示していた。

400m 走パフォーマンスとステップ頻度およびステップ長の関係について検討した先行研究では、ステップ長の大きさの重要性を示唆したものが多い (Hanon and Gajer, 2009; 斎藤・橋本, 1982)。一方で、ステップ頻度については、その絶対値の大きさについては、パフォーマンスと直接的な関係が認められないものの、パフォーマンスの高い競技者は、レースの前半から後半にかけての低下が少ないことが示唆されている (尾縣ほか, 2003)。さらに、本研究において、pre と post のステップ頻度に統計的有意差が認められた 200m から 350m 付近は、ステップ長が顕著に低下することによって走スピードが低下する局面であることが報告されている (Nummela et al., 1992; Hanon and Gajer, 2009)。これらのことから、この局面における走スピード低下の主たる原因となるステップ長の低下を、ステップ頻度を維持することによって相殺および補償することが、高いパフォーマンスの達成に繋がる可能性が推察できる。なお、レース中盤から後半区間における走スピード、ステップ頻度およびステップ長の変化は、それ以前の区間からの影響を受けている可能性がある。そのため、走スピード、ステップ頻度およびステップ長について、最高走スピードが出現する 50-100m 区間の値を 100% とした相対値を算出したところ、両レースにおける各変数の変化の様相は類似しており、統計的な有意差も多くの区間で認められなかった。このことから、前提としてレース前半の区間において高い走スピードやステップ頻度、ステップ長を発揮し、それらを中盤以降も維持することが重要であると考えられる。

4.2 レースパターンのタイプによるパフォーマンス向上に伴うレースパターンの変化傾向の相違

ここまでは、対象者全体の pre から post への変化の傾向を見ることで、400m 走のパフォーマンス向上に伴うレースパターンの変化の対象者全体の傾向を明らかにしてきた。一方で、400m 走では、レース前半のスピードが高く、スピードの減速が大きい者や、反対にレース前半のスピードは低いものの、スピードの減速が小さい者など、様々なレースパターンを示す競技者が見られること、すなわち、レースパターンの個人差 (タイプ) が顕著であることが指摘されている (Hart, 1981; 尾縣ほか, 2000; Scheffer, 2008; 山元ほか, 2014)。このことから、パフォーマンス向上に伴うレースパターンの変化の傾向が、レースパターンのタイプによって異なるのかを検討することにより、競技者個々人の特性に応じたコーチング実践に資する基礎的な知見を得ることが期待できる。そこで本研究では、pre のレースパターンをもとに対象者をタイプ分けし、パフォーマンス向上に伴うレースパターンの変化の傾向について比較を試みた。

先行研究や指導書においては、レース全体での走ス

ピードの通減に着目しレースパターンのタイプを評価したことが多い(荻部, 2009; 尾縣ほか, 2000; 土江, 2011)。本研究では, これらの指摘にならない, pre のレースの走スピード通減指標の平均値(0.27)をもとに, 走スピード通減の小さい「後半型」と, 通減の大きい「前半型」に, 対象者を分類した。なお, 山元ほか(2014)は, 本研究の対象者と近い競技レベルにある45-46秒台の競技者の走スピード通減指標は 0.31 ± 0.05 であったと報告している。本研究の対象者の値はやや小さく, すなわち, スピード通減が小さい傾向があるものの, 本研究の値と山元ほか(2014)の45-46秒台競技者の値との間には, 有意な差は認められなかった。したがって, 本研究の対象者が母集団を大きく逸脱するものではなく, 本研究の結果は, スピード通減の大きいタイプの競技者, 小さいタイプの競技者それぞれの特性を反映していると考えられる。両タイプは, パフォーマンスに有意な差は認められなかったものの, レースパターンを比較すると, 後半型は, レース前半の走スピードは低いものの, 後半の走スピードの低下が小さく, 反対に前半型は, レース前半の走スピードは高いものの, 後半の走スピードの低下が大きいという, 両タイプの特性をよく反映した顕著に異なるレースパターンを示していた(図1)。そして, 両タイプのパフォーマンス向上に伴うレースパターンの変化は, 対照的な傾向を示した。すなわち, 自己記録を更新したレースにおいて, 後半型は, レース前半から中盤における走スピードが, 前半型は, レース中盤から後半における走スピードが, それぞれ高値を示した(図3, 4)。このことは, 換言すれば, レースパターンのタイプに応じて, レース全体の中で相対的に劣る局面が改善される形でレースパターンが変化し, パフォーマンスが向上していく可能性を示すものである。

森丘ほか(2002)は, レースパターンから見たパフォーマンス向上の方向性として, 個々の選手の特性, 具体的には, 大きく走スピードが低下する区間などを把握し, その改善に取り組むことによってレースパターンを最適化していく短期的な方略と, より高いパフォーマンスレベルにある競技者の特徴を目標としてトレーニングに取り組む中長期的な方略を挙げている。本研究のpreからpostへの変化は, 多くの競技者で概ね1年程度の比較的短期間の変化であり, 森丘ほか(2002)が指摘している短期的な方略によく一致したレースパターンの変化の傾向を示した。一方で, 森丘ほか(2002)の指摘に従えば, より長期的なトレーニングによってパフォーマンスが大きく向上する際には, 本研究の結果とは異なるレースパターンの変化, 具体的には, 横断的研究によって示されているパフォーマンスの高い400m走競技者のレースパターンの特徴(Hanon and Gajer 2009; 山元ほか, 2014), すなわち, レースの前半から中盤において顕著に高い走スピードを発揮するようなレースパターンに近

づくような変化が生じる可能性も考えられる。また, 本研究は被検者数が少なく, スピード通減の大小という2つのタイプのみでの比較であったため, 今後は対象者数を増やし, 様々なレースパターンを示す競技者のパフォーマンス向上に伴う変化を明らかにすること, さらにそれらと競技者の技術的・体力的特性やトレーニング内容とを関連付けて検討することで, 本研究で示されたパフォーマンス向上の特徴をもとにしたトレーニングおよびコーチングの有効性について検証する必要があるだろう。

4.3 パフォーマンス向上に伴うレースパターンの変化と競技者のペース配分についての意識の変化に関する事例

本研究では, 400m走の自己最高記録を更新した際に多くの競技者に共通して生じるレースパターンの変化の特徴を示すことで, パフォーマンス向上を目指したトレーニングならびにコーチングの方向性を示すことを試みてきた。しかしながら, パフォーマンスが向上する過程での競技者・コーチの意図やトレーニング内容については調査しておらず, トレーニング内容とパフォーマンスの変化の対応関係が明らかでないことが本研究の限界であり, 今後の大きな課題である。そこでここでは, 1人の対象者の大学4年間でのパフォーマンスおよびレースパターンの変化と, その間の対象者の意識の変化やトレーニングコンセプトの一端について事例的に紹介し, 今後の研究の方向性を探ってみたい。図5は, 対象者Jの各年度の年度内最高記録を達成したレースにおける走スピードの変化を示したものであり, また表2は, 各年度の400mおよび200mの年度内最高記録およびレースパターンを評価するための各種指標を示したものである。対象者Jは, 高校時代から200mおよび400mに取り組んでいたが, 大学2年時までは高校時代の最高記録を更新できずにいた。大学2年時の年度内最高記録を達成したレースにおけるレースパターンは, レース前半の走スピードが高く, 後半のスピード低下が大きい典型的な「前半型」のレースパターンであり, 対象者J自身も高校時代から, 前半, 特にバックストレートにおいて高い走スピードを獲得することを意図して取り組んでいた。ところが, 対象者Jは, 大学2年から3年への準備期のトレーニングにおいて実施した200mを短い休息で2回走るインターバルトレーニングにおいて, 1回目の200mを従来よりも抑えたタイムで取り組んだところ, 400m走タイムとの関連が指摘されている2回の200mの合計タイムが顕著に良かったことをきっかけにして(木越ほか, 2011), 翌シーズンでは, レース前半の主観的努力度を抑え, 走スピードの通減を抑制することを意図し, レースパターンの改善を試みた。その結果, 大学3年時および4年時には自己最高記録を更新し, このと

きのレースパターンは、レース前半の走スピードには従来と大きな変化は見られないものの、レース後半の走スピードが高まり、走スピードの逓減が小さくなっており、対象者Jが意図したとおりの変化が生じていた（図5、表2）。これらの変化は、本研究で示された前半型の競技者の傾向とよく一致するものであると言える。また、400m 走パフォーマンスが向上するに伴い、200m 走の記録も著しく改善されており、このように絶対スピードが改善されたことで、従来よりも相対的に主観的努力度を抑制したにも関わらず、レース前半を従来と同程度のスピードで走ることができ、レース後半の走スピードの低下が抑制できたものと推察できる。一方で、持続的な能力や技術的要因を評価するための測定等は行っていないので、スピード持久能力等の他の要因が改善されていたか否かについては明らかでない。今後はこのようなパフォーマンス、スピードや持久力といった基礎的能力およびレースパターンの変化と、その間のトレーニングや

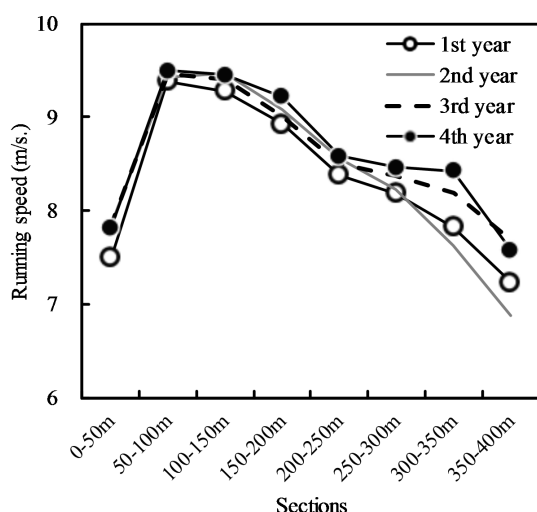


Fig. 5 Changes in running speed subjects J.

Table2 Segment time, Rate of change of running speed and the deceleration index of subject J.

	1st year	2nd year	3rd year	4th year
400mSB	48.36	48.20	46.98	46.64
200mSB	21.64	21.59	21.12	21.02
T _{1st100m}	12.00	11.67	11.67	11.66
T _{2nd100m}	10.99	10.78	10.86	10.72
T _{3rd100m}	12.07	11.92	11.86	11.73
T _{4th100m}	13.30	13.82	12.59	12.53
ΔS _{2nd100m}	-8.42	-7.64	-6.87	-8.09
ΔS _{3rd100m}	9.89	10.57	9.13	9.48
ΔS _{4th100m}	10.16	15.95	6.23	6.85
Deceleration index	0.36	0.44	0.30	0.31

†SB : Seasonal best record

†† Deceleration index is the slope of the liner relationship between running speed and the number of the sections from the peak running speed to the finish.

競技者・コーチの意図や意識についての多数の事例を集積することで、トレーニングおよびコーチング法を帰納的に理論構築することが必要である。

5. 要約

本研究の目的は、男子 400m 走のパフォーマンス向上に伴うレースパターンの変化について縦断的に検討し、パフォーマンス向上を目指した合理的なコーチングに資する知見を得ることであった。そのために、男子 400m 走競技者 13 名を対象に、自己最高記録を達成したレース (post) におけるレースパターンを、それ以前の自己最高またはそれに近い記録を達成したレース (pre) におけるレースパターンと比較した。さらに、pre における走スピード逓減指標をもとに、スピード低下の小さい「後半型」と、スピード低下の大きい「前半型」に競技者を分類し、タイプ別にレースパターンの変化の傾向が異なるのかについても検討を試みた。

主な結果は以下のとおりである。

- 1) 対象者全体では、pre から post において、400m 走タイムが 47.04 ± 0.72 秒から 46.46 ± 0.55 秒に向上していた。
- 2) 後半型は、後半の走スピード逓減が小さく、前半型は、後半の走スピード逓減が大きい傾向があり、タイプの特徴を反映した顕著に異なるレースパターンを示した。
- 3) 対象者全体の傾向では、走スピードは、50-350m 区間において post が高値を示した一方で、走スピード逓減指標には変化が見られなかった。また、ステップ頻度は、200-350m 区間において post が有意に高値を示した。
- 4) タイプ別の比較では、後半型は、レース前半から中盤における走スピードが、前半型は、レース中盤から後半における走スピードが、それぞれ post において高値を示した。

これらのことから、男子 400m 走において、47 秒台前半から 46 秒台中盤へ記録が向上する際に生じる平均的なレースパターンの変化として、100-300m 付近の走スピードおよび 200-300m 付近のステップ頻度の向上が生じることが示された。また、レースパターンのタイプによって、パフォーマンス向上の際に生じる変化は顕著に異なり、タイプに応じたレース全体の中で相対的に劣る局面が改善される形でレースパターンが変化し、パフォーマンスが向上することが示された。

文献

- Abbiss, C. R. and Laursen, P. B. (2008) Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. *Sports Med.*, 38 (3): 239-252.
- Hanon, C. and Gajer, B. (2009) Velocity and stride

- parameters of world-class 400-meter athletes compared with less experienced runners. *J. Strength Cond. Res.*, 23 (2): 524 - 531.
- Hart, C. (1993) 400 meters training. *Track & Field Quarterly Review*, 93: 23-28.
- 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. 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一. 財団法人日本陸上競技連盟: 東京, pp. 65 - 80.
- 伊藤 章 (2003) 短距離走に関する研究: コーチングに役立つ科学的根拠を求めて. *体育学研究*, 48 : 355-367.
- 荻部俊二 (2009) ペース配分で記録は大幅にアップする. *陸上競技クリニック*, 1 : 32-34.
- 川本和久 (2014) 福島大学のトレーニングの歩み. *スプリント研究*, 23 : 43-49.
- 木越清信・加藤彰浩・前村公彦 (2011) 間欠的スプリントトレーニングの負荷特性 —休息時間と 400m 走能力に着目して—. *陸上競技学会誌*, 9 : 7-14.
- 金原 勇・高松 薫・辺土名博司・阿江通良 (1971) ハイスピードの持続能力が高まるペースとフォームに関する実験的研究. 昭和 46 年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 No. II, ハイスピードの持続能力の研究—第一年研究—: 30-46.
- 持田 尚・松尾彰文・柳谷登志雄・矢野隆照・杉田正明・阿江通良 (2007) Overlay 表示技術を用いた陸上競技 400m 走レースの時間分析. *陸上競技研究紀要*, 3 : 9 - 15.
- 持田 尚・杉田正明 (2010) 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. 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班編第 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.
- 森丘保典・榎本靖士・杉田正明・阿江通良・小林寛道 (2002) 一流男子 400m ハードル走におけるレースパターンと記録との関係 —5 台目および 8 台目のハードル通過時刻に注目して—. *スプリント研究*, 12 : 20-27.
- 森丘保典・榎本靖士・杉田正明・松尾彰文・阿江通良・小林寛道 (2005) 陸上競技 400m ハードル走における一流男子選手のレースパターン分析. *バイオメカニクス研究*, 9 (4) : 196-204.
- 内藤 景・荻山 靖・宮代賢治・山元康平・尾縣 貢・谷川 聡 (2013) 短距離走競技者のステップタイプに応じた 100 m レース中の加速局面の疾走動態. *体育学研究*, 58 : 523-538.
- 内藤 景・山元康平・荻山 靖・谷川 聡 (2014) 専門的準備期から試合期への加速局面におけるスプリント走パフォーマンスの縦断的变化. *陸上競技研究*, 98 : 16-27.
- Nummela, A., Vuorimaa, T., and Rusko, H. (1992) Changes in force production, blood lactate and EMG activity in the 400-m sprint. *J. Sports. Sci.*, 10 (3): 217-228.
- 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 (1998) 下肢の筋持久性と 400m 走中の疾走速度逓減との関係. *体育学研究*, 42 : 370-379.
- 尾縣 貢・安井年文・大山圭悟・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 : 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 : 455-463.
- 斉藤 満・橋本 勲 (1982) トップスプリンターの走速度と歩幅と歩数頻度—日本と世界との一流選手の比較—. *Jpn. J. sports sci*, 1 : 237-241.
- Saraslanidis, P. J., Panoutsakopoulos, V., Tsalis, G. A., and Kyprianou, E (2010) The effect of different first 200-m pacing strategies on blood lactate and biomechanical parameters of the 400-m sprint. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 111 (8): 1579-1590.
- Salo, A. I. T., Bezodis, I. N., Batterham, A. M., and Kerwin, D. G. (2011) Elite sprinting : are athletes individually step frequency or step length reliant? *Med. Sci. Sports Exerc.*, 43 (6): 1055-1062.
- Schiffer, J. (2008) The 400 metres. *New Studies in Athletics*, 23 (2): 7-13.
- 高野 進 (1993) 私の 400m. *スプリント研究*, 3 : 57-69.
- 谷川 聡・宮代賢治・阿江通良・白木 仁・西嶋尚彦・尾縣 貢 (2011) 100m 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. 財団法人上月スポーツ・教育財団 第 6 回 (2008 年度) スポーツ研究助成事業研究論文.
- 土江寛裕 (2011) 400m のレースパターン. *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. 52-53.
- van Coppenolle, H. (1980) Analysis of 200-meters intermediate times for 400-meters world-class runners. *Track & Field Quarterly Review*, 80 (2): 37-39.
- 山本昌三・金高宏文・松村 勲・井上修平・桃原 亮 (2009) 400m 走を模した 50 秒間のペダリング運動における効果的なペース配分. *陸上競技研究*, 76 : 20-24.

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・尾縣 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.

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

宮崎利勝¹⁾, 高橋和将²⁾, 平山大作³⁾, 内藤 景³⁾, 阿江通良³⁾, 大山卞圭悟³⁾

The influence of the trunk twist on the initial velocity of discus in the discus throw

Toshikatsu MIYAZAKI¹⁾, Kazumasa TAKAHASHI²⁾, Daisaku HIRAYAMA³⁾, Hikari NAITO³⁾,
Michiyoshi AE³⁾, Keigo OHYAMA BYUN³⁾

Abstract

The purpose of this study was to investigate the influence of the trunk twist on performance in the discus throw. The maximal throwing motion of eight elite male athletes (best record of the present season: 49.47 ± 2.46 m) were analyzed using a three dimensional motion analysis system and the electrical activity (EMG) of M. obliquus abdominis externus (OAE) was measured. There was a significant positive correlation between best record and release velocity ($r=0.895$, $p<0.01$). The transition of angular momentum about vertical axis from lower body to upper body were shown along with the trunk twist. The trunk twist angle and OAE length were increased in the transition phase because of the overriding hip rotation relative to the shoulder rotation and decreased in the delivery phase with the relative increase of shoulder rotation. There was a significant positive correlation between release velocity and average twist angular velocity during transition phase ($r=0.734$, $p<0.05$), delivery phase ($r=0.729$, $p<0.05$). There was a significant positive correlation between average twist angular velocity during delivery phase and muscle activity of OAE ($r=0.763$, $p<0.05$). In addition, muscle activity and the length change of OAE indicates the utilization of stretch-shortening cycle (SSC). These results suggested that the trunk twist of discus throw induces the SSC on OAE. It subsequently increases the twist angular velocity, finally raising release velocity.

キーワード：三次元動作解析, 外腹斜筋, SSC

I. 緒 言

円盤投げにおける投擲距離は、円盤が飛行する姿勢などの空気力学的要因、投げ出される際の円盤の初期条件である初速度、投射角、投射高によって決定される (Hubbard, 2007; Bartlett, 1992)。これらのなかで最も投擲距離に影響する要因は初速度である。(Hay, 1985; Hay and Yu, 1995)。

大きな初速度を獲得するために用いられているのがターン動作である。図1にターン動作の局面分けを示す。

Hay (1985) はターン動作を用いないスタンディングでの投擲とターン動作での投擲を比較した結果、ターン動作を用いることでより大きな円盤初速度が得られたと報告している。また、ターン動作中に最も円盤の速度が増加した局面は Preparation 局面と局面であり、特に投げ Delivery 局面での速度増加が大きいことが明らかになっている (Schluter and Nixdorf, 1984; Stepanek, 1986; Steanek and Susanka, 1986)。

Delivery 局面に関する先行研究では、Schluter and Nixdorf (1984) は、Delivery 局面中の円盤の速度変化 (速度増加)、加速の持続時間、円盤の加速軌道の長さをどのようにして獲得するかが重要であると報告している。また、Lindsay (1991) は Transition 局面から Delivery 局面において肩回転と腰回転の位相ずれが起こっていることを報告し、円盤に対するそのような身体の先行によって筋の伸張反射を有効に活用できると示唆している。さらに、Susanka et al. (1988) は Delivery 局面中に円盤の加速距離を長くするために、素早く両足支持局面を作り、円盤をできるだけ後方へ残すことを推奨している。この残しを作るためには、右投げの場合、左足が右足よりも投擲方向に対してより回転していることが重要であり、適度な下半身の開きは最適な体幹筋群の活動を可能にするだろうと述べている。体幹部は下肢と上肢の中間に位置しており、体幹部の捻転動作や、その背景にある体幹筋群の筋活動が運動量の伝達や増幅に影響していることが予想される。この点について、田内 (2009) は、体幹の捻転動作が、投擲におけるより大きなエネルギー発揮の前提となる動作であることを示唆している。

1) 宮城県立船岡支援学校 Funaoka school for handicapped

〒989-1605 宮城県柴田郡田町船岡南 2-3-1

2) 新潟医療福祉大学 Department health and sports, Niigata university of health and welfare

〒950-3102 新潟県新潟市北区島見町 1398

3) 筑波大学 Faculty of health and sport sciences, University of Tsukuba

〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1

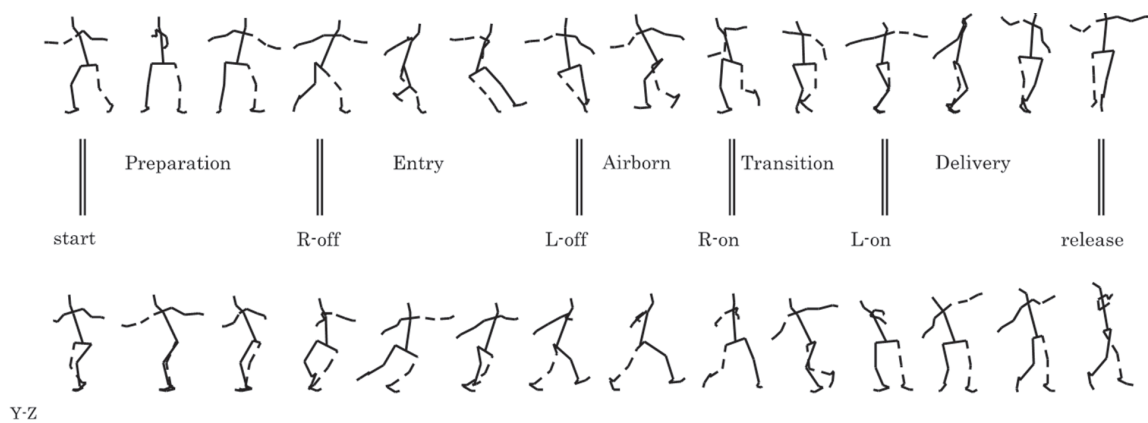


Fig. 1 Motion phase of the discus throw

その一方で、Leigh et al. (2008) は、男子円盤投げ競技者に関して、肩回転と腰回転の位相ずれ望ましいのはターンの前半部分に関してのみで、Delivery 局面での重要性については指摘していない。これらのことから、Delivery 局面における肩の回転に対する腰の回転の先行がどのように円盤投げのパフォーマンスに関わっているのか、またそのメカニズムがどのようなものであるのかについては、十分に検討されているとはいえない。このような背景から、捻転動作の円盤加速への関与を筋の動態とともに明らかにすることは、より効果的な円盤投げの動作技術を知る上で有益な課題であると考えられる。

そこで本研究では、三次元動作計測システムを用いた動作解析と筋活動の分析により、1) 円盤投げにおける Transition, Delivery 局面における体幹の捻転動作とその背景にある筋活動の様相を明らかにすること、2) 円盤投げにおける捻転動作および筋活動と円盤の初速度との関係性を明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者には国内トップレベルの競技者 8 名 (年齢 23.0 ± 4.1 歳, 身長 183.5 ± 5.8 cm, 体重 94.8 ± 9.4 kg, 年度最高記録 49.47 ± 2.46 m, 8 名中 5 名が同年日本ランキング 10 位以内) を用いた。なお全員が右投げであった。すべての被験者に事前に本研究の目的、方法および実験にともなう危険性などを十分に説明し、文書により実験参加に対する同意を得た。

2. 実験試技

被験者には、屋内用サークルから防護ネットへ向けて、競技会同様にターン動作を用いて最大努力で投擲を行わせた。試技回数は 3 回から 5 回とし、試技間には十分な休憩を確保した。成功試技のうち、初速度が最も高い試技を分析試技として選定した。

3. 分析項目および分析方法

1) 動作計測

動作計測には光学式三次元位置計測システム (VICON612: Oxford Metrics 社製) を用いた。投擲方向に向かって前方を Y 軸, 右方を X 軸, 鉛直上方を Z 軸とする右手系直交静止座標系を設定し、サンプリング周波数 250Hz にて身体各部位の位置座標を得た (図 2)。動作計測から得られた 3 次元座標値は、遮断周波数 (20Hz) にて、Butterworth digital filter (Winter, 1990) を用いて平滑化した。平滑化した位置座標から、阿江 (1996) の身体部分慣性係数を用いて重心位置座標、速度、並進運動量、角運動量を算出した。さらに、捻転動作を表すパラメータとして、両肩、両腰を結ぶベクトルをそれぞれ水平面に投影し (図 3)、肩、腰、および捻転の角度、角速度を算出した。肩の角度については、左肩を前方にして、両肩を結んだ軸がサークルの前後方向と一致した位置を起点として、上から見て反時計回りの回転角度とした。R-on 時については、肩の回転が少なく、両肩を結んだ軸がサークルの前後方向と平行になるまでに至っていない試技に限って、肩の回転角度を負の値で示した。

2) 筋活動量

本研究では、体幹捻転において大きなトルクを発揮する (大久保と金岡, 2009) 外腹斜筋の動態に特に注目した。

体幹部の捻転、前後屈、左右屈および脊柱の運動と関係ない腹壁の伸張を反映できるよう、右肋骨下端から臍、臍から左上前腸骨棘までの距離の和を外腹斜筋長と定義し、静止立位時の値をもとに規格化した。

体幹捻転に関わる筋の活動を観察するために、外腹斜筋について、ターン動作中の筋活動電位をマルチテレメータシステム WEB5000 (日本光電社製) により表面双極誘導法にて導出した。表面電極は導出部の直径 4mm, 電極間隔は 1.5cm とし、腋窩中線上の筋腹に筋束の走行に沿うように電極を配置した。motion artifact の影響を最小にするため、導出部の角質を一部剥離した。導出された筋活動電位信号は、サンプリング周波数 1KHz で AD 変換後、パーソナルコンピュータ (Apple,

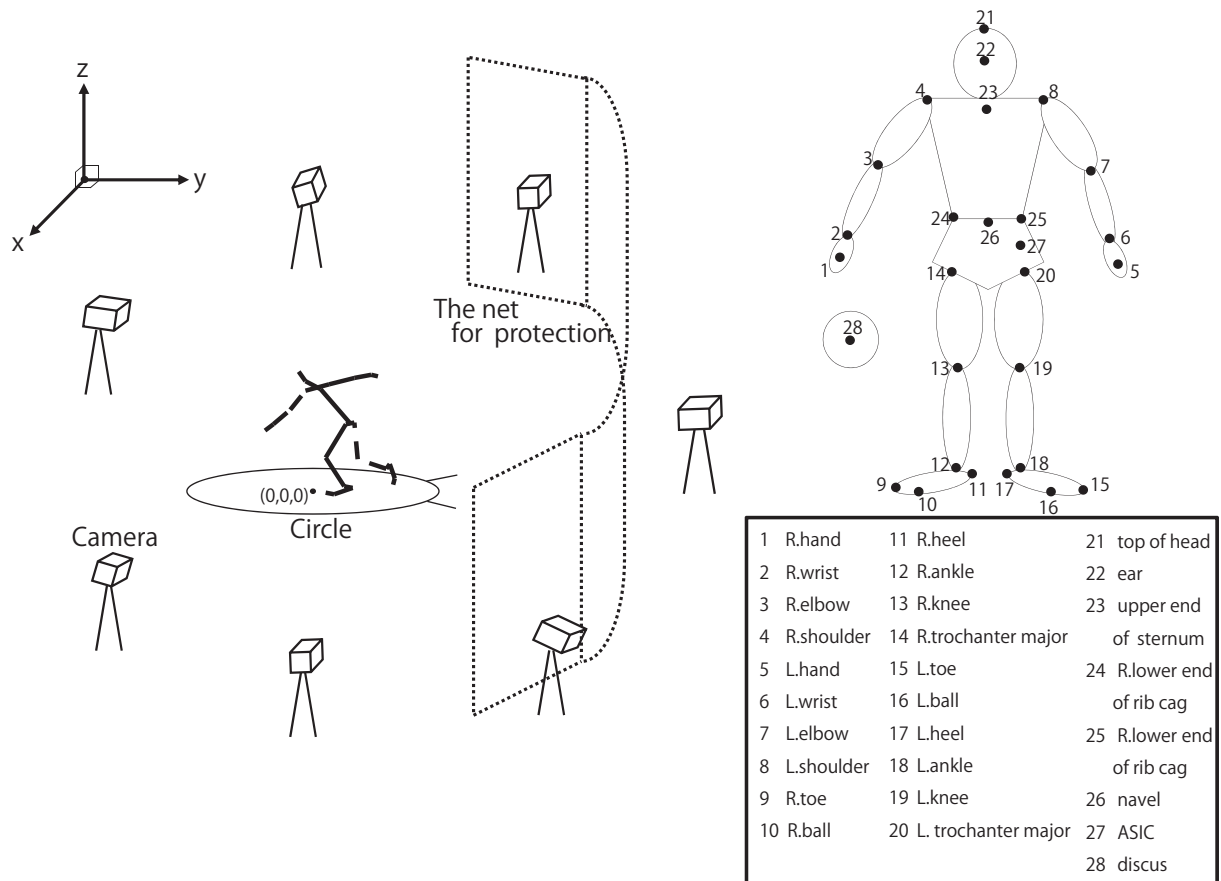


Fig. 2 Experiment set up and points of digitizing

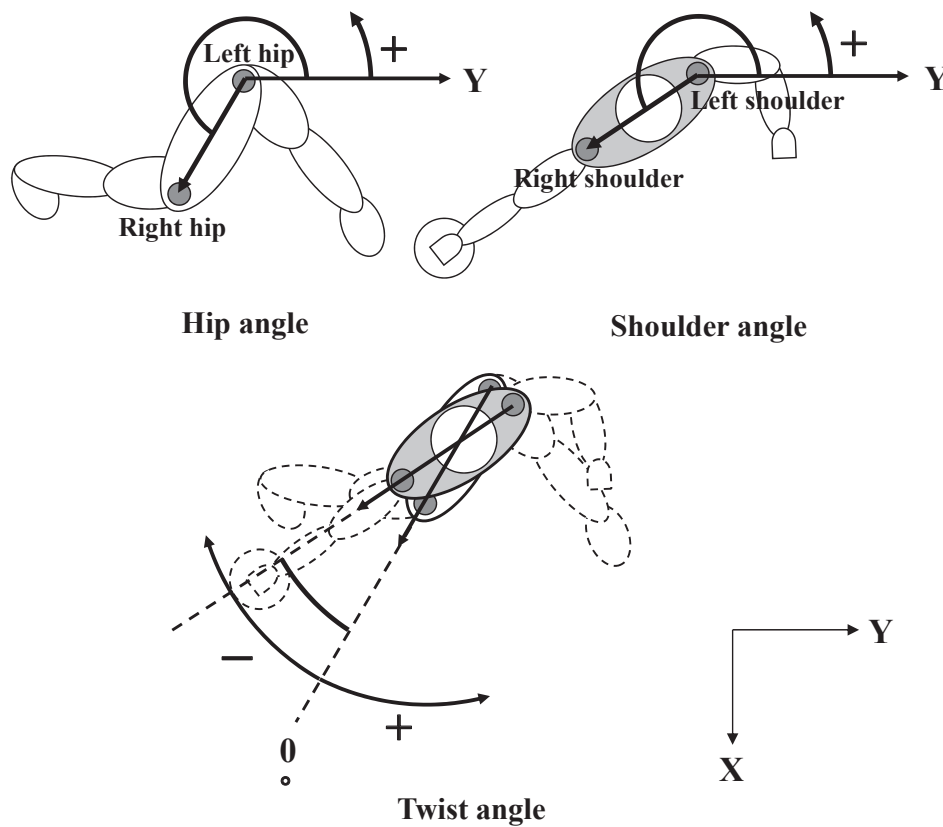


Fig. 3 The definition of hip, shoulder and twist angle

Macintosh G3) に取り込んだ。被験側は右側とした。動作計測との同期をはかるために、動作計測開始時の電気信号を筋活動電位と同時に取り込んだ。筋活動電位は低周波ノイズ成分を遮断周波数 10Hz の Butterworth 型デジタルローパスフィルタで抽出し、原信号から差し引きした。ノイズ除去後の信号を全波整流後、遮断周波数 15Hz のローパスフィルタにて包絡線を得た。生波形から包絡線を得る一連の筋活動電位信号の処理過程について、一例を図示した (図 4)。

各被験者の等尺性最大随意収縮 (MVC) 時の筋活動電位をもとに筋活動量を規格化した。外腹斜筋の MVC を得る試技として、被験者を仰臥位にて、股関節膝関節を固定し、被験者を固定した状態で、全力の体幹前屈と

左回旋を同時に行わせた。この際、被験者には筋活動の波形を同時にフィードバックし、最大収縮が得られるよう指導した。

4. 統計処理

各測定項目の値は、平均値±標準偏差で示した。年度最高記録とリリースパラメータ、円盤初速度と体幹のキネマティクスの変量、筋活動との関係については、ピアソンの積率相関を用いて算出した。また、Transition 局面と Delivery 局面での角運動量、外腹斜筋の活動量の差の検定は、対応のある t 検定を用いた。いずれも危険率 5% 以下で有意差ありと判定した。

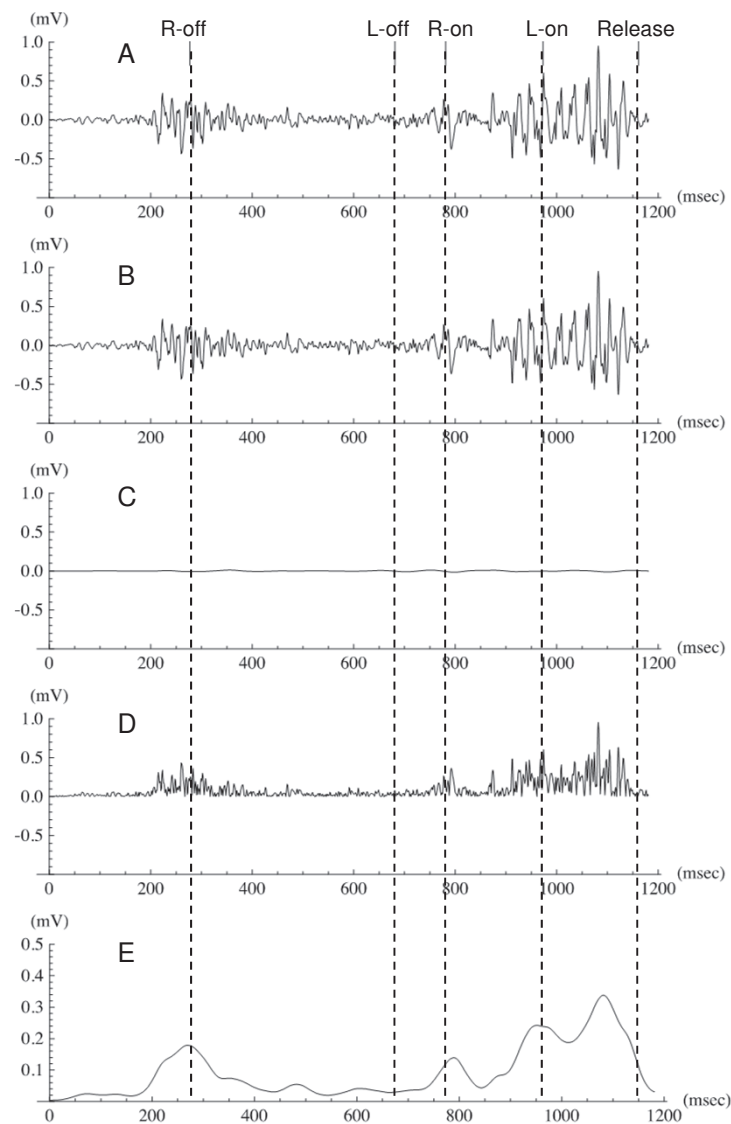


Fig. 4 An example of EMG processing
A: raw EMG from M. obliquus abdominis externus
B: high pass (10Hz) filtered EMG
C: subtracted low frequency component
D: full wave rectified B signal
E: linear envelope: low pass (15Hz) filtered D signal

Ⅲ. 結 果

円盤のリリースパラメータは、初速度 $20.45 \pm 2.13\text{m/s}$ 、投射角 $34.61 \pm 4.46\text{deg}$ 、投射高 $1.30 \pm 0.17\text{m}$ であった。本研究は屋内での動作計測のため、試技が防護ネットへ向けての投擲となった。そのため実験時の投擲に代わる指標として投射初速度を用いた。年度最高記録と初速度との間に有意な正の相関関係が認められた ($r=0.895$, $p<0.01$) (表 1)。

表 2 に Transition, Delivery 局面における肩、腰、および捻転のキネマティクスを示した。角度について、肩の角度は R-on 時に負の値を示し、それ以降は正の値を示した。腰の角度は常に正の値を示した。捻転の角度は R-on, L-on 時は負の値、リリース時は正の値を示した。平均角速度は、肩、腰ともに Transition, Delivery 局面において正の値を示した。捻転の平均角速度は Transition 局面で負の値、投げ局面では正の値を示した。Transition 局面では肩よりも腰の平均角速度が大きく、捻転の平均角速度は負の値を示した。Delivery 局面では腰よりも肩の平均角速度が大きく、捻転の平均角速度は正の値を示した。最大角速度は肩が腰よりも大きな値を示した。肩と捻転（正）の最大速度は腰と捻転（負）の最大速度出現時刻よりも、リリース時に近い時刻において出現していた。

図 5 に Preparation 局面から Delivery 局面までの全身、上半身、および下半身の重心を通る鉛直軸まわりの角運動量、および並進の運動量の変化の典型例を示した。全身の角運動量は Preparation 局面から増加し、Airborn 局

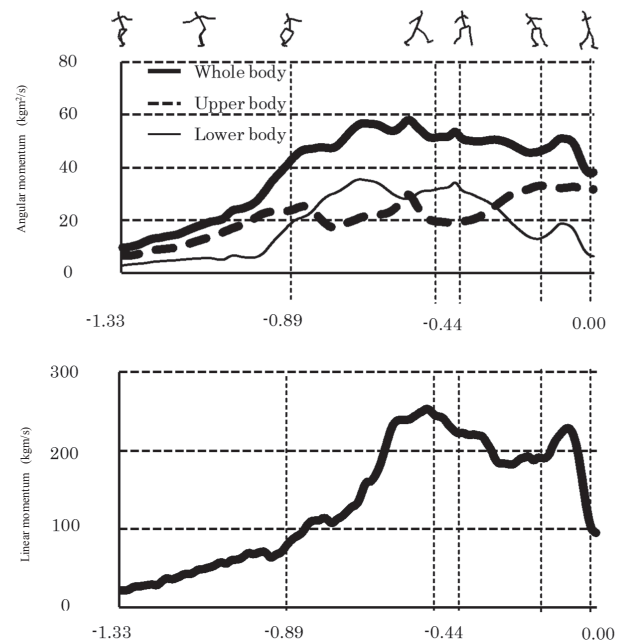


Fig. 5 A typical example of angular momentum (upper) and linear momentum (lower) about the whole body

面以後は維持された。上半身の角運動量と下半身の角運動量は、8 名中 6 名の被験者において Transition 局面で下半身優位から上半身優位へ大きさが入れ替わることが示された。それ以外の 2 名においては R-on 直前と R-on 時に入れ替わりが認められた。

表 3 に Transition 局面と Delivery 局面における上半身角運動量の比較を示した。全身角運動量に対する上半身の角運動量の割合は、両局面の平均値の差から、上半身角運動量は Delivery 局面の方が有意に大きかった ($p<0.01$)。並進の運動量はすべての被験者について Preparation 局面から増加し、Preparation 局面以後は高い値で維持され、リリース直前に急激に減少した。

図 6 に Transition, Delivery 局面における外腹斜筋長変化、および外腹斜筋の筋活動の典型例を示した。すべての被験者において Transition 局面で外腹斜筋長が増加し、Delivery 局面で減少していた。また、外腹斜筋の筋活動

Table1 Correlation coefficient between season best record and release parameter

season best record	
release velocity	0.895 **
release height	0.520
release angle	-0.220

** : $p<0.01$

Table2 Kinematic parameters of shoulder, hip and trunk twist

		R-on	L-on	Release
Angle (deg)	Shoulder	-7.1±24.4	102.9±14.6	287.6±15.6
	Hip	24.0±22.3	159.1±16.0	280.3±12.5
	Twist	-31.2±9.4	-59.6±17.7	7.3±9.3
		Transition	Delivery	
Average angular velocity (deg/s)	Shoulder	577.6±35.6	920.8±85.8	
	Hip	705.4±55.9	603.9±64.5	
	Twist	-127.5±82.5	233.9±86.4	
Maximum angular velocity (deg/s)	Shoulder	1237.6±119.6	(-0.090±0.021)	
	Hip	959.0±117.8	(-0.303±0.132)	
	Twist (-)	-434.4±141.3	(-0.374±0.025)	
	Twist (+)	521.0±96.6	(-0.105±0.033)	

The inside of parenthesis indicates appearance time point relative to the release (s)

Table3 Comparison of the angular momentum of transition and delivery phase

Angular momentum (kgm²/s)	Transition	Delivery	
Whole body	48.01±9.70	45.17±6.06	n.s.
Upper body	26.43±6.71	32.94±4.98	**
Lower body	21.28±4.29	11.59±2.60	**

** : $p<0.01$

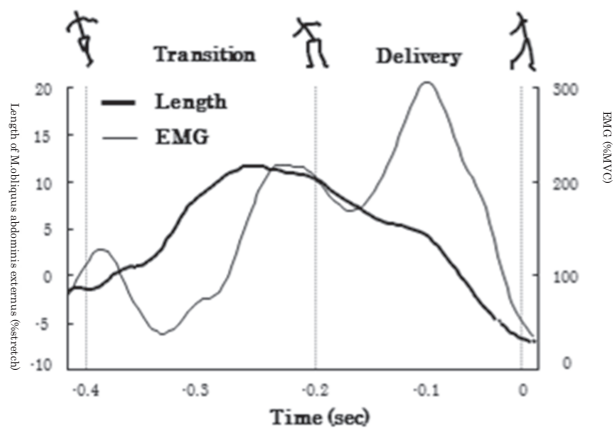


Fig. 6 Typical example of muscle length change and EMG M.obliquus abdominis externus

については、全ての被験者において両局面で持続的な活動が見られた。

表4に円盤初速度と体幹のキネマティクスパラメータとの間の相関係数を示した。角度では、L-on時の腰の

Table4 Correlation coefficient between discus velocity and trunk kinematics

Release velocity			
Angle	R-on	Shoulder	0.001
		Hip	0.208
		Twist	-0.485
	L-on	Shoulder	-0.348
		Hip	-0.783 *
		Twist	0.446
	Release	Shoulder	0.089
		Hip	-0.417
		Twist	0.711 *
Average angular velocity	Transition	Shoulder	0.589
		Hip	-0.709 *
		Twist	0.734 *
	Delivery	Shoulder	0.225
		Hip	0.409
		Twist	0.729 *
Maximum angular velocity		Shoulder	0.065
		Hip	-0.418
		Twist (-)	0.367
		Twist (+)	-0.250

* : $p < 0.05$

角度との間に有意な負の相関関係が認められ、リリース時の捻転角度との間に、有意な正の相関関係が認められた。平均角速度では、Transition局面における腰の平均角速度との間に、有意な負の相関関係が認められ、捻転の平均角速度との間に有意な正の相関関係が認められた。また、Delivery局面における捻転との間に、有意な正の相関関係が認められた。円盤初速度と肩、腰、捻転それぞれの最大角速度との間には、有意な相関関係は認められなかった。

表5に肩、腰、および捻転の平均角速度と外腹斜筋の筋活動の相関係数を示した。Delivery局面中において、平均捻転角速度と外腹斜筋の平均筋活動との間に有意な正の相関関係が認められた。

外腹斜筋長の変化は静止立位時 $38.39 \pm 2.81\text{cm}$ 、最大伸張時 $42.91 \pm 3.87\text{cm}$ 、最大短縮時 $37.05 \pm 3.68\text{cm}$ であった。最大伸張時の外腹斜筋長は静止立位時に比べ有意に大きく ($p < 0.01$)、最大短縮時は有意に小さかった ($p < 0.05$)。外腹斜筋の筋活動は、Transition局面 $81.14 \pm 45.43\%$ MVC、Delivery局面 $107.59 \pm 45.06\%$ MVCであった。局面間の筋活動に有意差は認められず、外腹斜筋は持続的に活動していた。

IV. 考 察

本研究における年度最高記録とリリースパラメータの関係について、円盤初速度との間に有意な正の相関関係が認められた (表1)。このことから、本研究における実験試技におけるパフォーマンスは、実際の競技力と対応していたと考えられる。先行研究 (Hay, 1985; Hay and Yu, 1995) においては、初速度と飛距離との間に相関関係があることが示されていることから、本研究では円盤初速度をパフォーマンスの指標とし、各動作パラメータと円盤初速度との関係を検討した。

上半身角運動量と下半身角運動量の関係

本研究では最初に、ターン動作において捻転動作に関連が深いと考えられる鉛直軸まわりの角運動量の変化について検討した。まず、ターン動作の前半、特にEntry局面において、下半身の角運動量が大きく増加していた

Table5 Correlation coefficient between trunk kinematics and EMG activity

			mEMG of OAE	
			Transition	Delivery
Average angular velocity	Transition	Shoulder	0.086	0.166
		Hip	-0.084	0.165
		Twist	0.093	-0.039
	Delivery	Shoulder	0.523	0.636
		Hip	0.200	0.208
		Twist	0.434	0.763 *

* : $p < 0.05$

OAE : Obliquus abdominis externus

(図5). これは、右脚の振り込み動作を中心とする下半身の回転動作によって作り出されたものと考えられ、ターン前半で大きな角運動量を獲得しているという報告(Dapena, 1993; 宮西, 2000)を支持するものであった。

Transition局面における腰の平均角速度と円盤初速度との間に有意な負の相関関係が認められたが、先行研究においても、リリース速度とTransition局面終末の腰、肩の角速度との間にそれぞれ有意な負の相関関係が認められたことが報告されている(Shluter and Nixdorf, 1984). 腰の角速度減少に伴って円盤の速度増加が起こっていたことから、上半身と下半身の角運動量のやりとり注目すると、Transition局面と比較してDelivery局面では、下半身の角運動量減少に伴って、上半身の角運動量が増加していた。Dapena (1993)は、投擲距離を決定づける角運動量のほとんどはターン前半で作られ、ターン後半の主な動作はその角運動量を上肢へ伝達することであると報告している。本研究で観察された下半身の角運動量減少に伴う上半身の角運動量増大、腰角速度の減少にともなう円盤速度の増大は、下半身で作られた角運動量の上半身への伝達を示唆するものである。

円盤初速度と体幹のキネマティクスパラメータの関係

Transition, Delivery局面において、体幹の捻転動作が円盤初速度に与える影響を明らかにするために、円盤初速度と肩、腰、および捻転の角度、角速度との関係を検討した。

まず、円盤初速度と肩、腰、および捻転の角度の関係をみると、捻転の角度について、円盤初速度とリリース時の捻転角度との間に有意な正の相関関係が認められた(表4)。つまり、肩が腰を追い抜く度合いが大きいほど円盤初速度が大きかったといえる。リリース時の捻転の角度についてLindsay (1991)は国内の競技会を対象にした研究において、肩が腰を追い越した状態、すなわち捻転角度が正の状態での投げを好ましくない技術としている。本研究の結果は、この報告とは異なるものである。本研究の被験者となった日本人競技者は、欧米の自由上肢の長い競技者にとって望ましい技術とは異なり、より体幹の捻転を強調することで上肢の運動範囲を補う技術を用いていたと推察される。

また、Transition局面とDelivery局面の平均捻転角速度と円盤初速度との間に、それぞれ有意な正の相関関係が認められた(表4)。Delivery局面については、平均捻転角速度の値が正を示したことから、捻り戻しの速度が大きければ、直接初速度へ結びつく要因となり得る。しかし、平均捻転角速度が負の値を示したTransition局面についても、初速度との間に有意な正の相関関係が認められたことは注目すべき点である。これに関しては、初速度の高い競技者は、体幹の筋の働きによって体幹の捻転が抑えられているために平均捻転角速度が小さく

なっていたと推察される。

肩、腰、および捻転の角度変化について、肩と腰の回転角度から、L-onに至るまで腰のほうが肩よりも回転量が多いが、リリース直前においてその量的な関係は逆転していた。Burden et al. (1998)は、ゴルフスウィングにおいて、腰がダウンスウィング方向に回転し始めても、肩はバックスウィング方向へ回転するという、肩と腰の逆方向の回転によって体幹筋群にSSC (Stretch-shortening Cycle: SSC)が生じていたと報告している。それに対して本研究においては、Transition局面において肩と腰は同方向へ回転しているものの、肩よりも腰の平均角速度が大きく、投げ局面では逆に肩の平均角速度が大きくなっていた(表2)。このことから、円盤投げにおいては腰と肩が同方向の回転ながら、腰の回転が先行する位相ずれによって体幹筋群にSSCを生じている可能性が示唆された。

体幹の捻転と外腹斜筋の伸張-短縮サイクル運動の効果

下半身から上半身への角運動量の伝達の背景に、上半身と下半身を繋ぐ体幹筋群がどのように関わっているかは非常に興味深い。本研究では、体幹の捻転動作を行う主働筋として外腹斜筋に着目し、その筋長変化と外腹斜筋の筋活動を計測することによって、腹斜筋の筋活動様式についての検証を行った。その結果、外腹斜筋長はTransition局面で増加し、Delivery局面で減少していた。また、その間には外腹斜筋に持続的な活動がみられた。このことは、Transition局面からDelivery局面にかけて外腹斜筋において伸張-短縮サイクル(SSC)が生じていることを明確に表すものである(図6)。筋活動量について、Transition, Delivery局面間で外腹斜筋の活動量に有意差は見られず、両局面を通じて持続的に活動していたことが示された。また、Delivery局面における平均捻転角速度と外腹斜筋の平均筋活動との間に有意な正の相関関係が認められた(表5)。このことは、移行、投げ局面では、それまでの角運動量加えて、外腹斜筋の作用を背景とした積極的な捻り戻し動作によって、角運動量を伝達、あるいは増幅する効果を示唆している。

これらのことから、肩、腰回転の位相ずれから生じる体幹捻転動作が初速度に影響を与えること、捻転動作には外腹斜筋の活動が影響すること、そして、外腹斜筋にSSCが生じ、投げに利用されていたことが示された。よって、円盤投げにおいてはTransition, Delivery局面における外腹斜筋におけるSSCの利用が、円盤の初速度の向上に関与していることが明らかとなった。

まとめ

これまで、ターン前半に生成された全身の角運動量が、最終的に円盤に伝達されることは知られていたものの、実際に下半身と上半身の間の角運動量のやりとりや、そ

の背景にある筋の動態については十分に検証されていなかった。本研究によって得られた主な知見は以下のとおりである。

- ・ターン動作によって下半身で生成された鉛直軸周りの角運動量は、Delivery 局面において上半身へ伝達されていた。
- ・円盤投げにおいては腰と肩が同方向の回転ながら、腰の回転が先行する位相ずれによって体幹筋群に伸張－短縮サイクル（SSC）を生じている可能性が示唆された。
- ・下半身から上半身への角運動量の伝達に関わって、外腹斜筋は Transition 局面から Delivery 局面にかけて持続的に活動しながら SSC を示し、積極的な捻り戻し動作に関与することが示唆された。
- ・Transition 局面および Delivery 局面における平均捻転角速度と円盤初速度との間、Delivery 局面における体幹の捻転角速度と外腹斜筋の筋活動量との間にそれぞれ有意な正の相関関係が認められた

以上のことから、円盤投げにおいては Transition、Delivery 局面における外腹斜筋における SSC の利用が、円盤の初速度の向上に関与していることが明らかとなった。

引用文献

- 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特性. *Japanese Journal of Sport Sciences* 15: 155-162.
- Bartlett, R.M. (1992) The biomechanics of the discus throw: a review. *Journal of Sports Sciences* 10: 467-510.
- Burden, A. M., Grimshaw, P. N. and Wallace, E. S. (1998) Hip and shoulder rotation during the golf swing of sub-10 handicap players. *Journal of Sports Sciences* 16: 165-176.
- Cavagna, G.A., Dusman, B. and Margaria, R. (1968) Positive work done by a previously stretched muscle. *Journal of Applied Physiology* 24: 21-32.
- Dapena, J. (1993) New insights on discus throwing. *Track Technique* 125: 3977-3983.
- Hay, J. G. (1985) *The biomechanics of sports techniques* (Fourth edition). pp. 483. Prentice-hall. Englewood Cliffs.
- Hay, J. G. and Yu, B. (1995) Critical characteristics of technique in throwing the discus. *Journal of Sports Sciences* 13: 125-140.
- Hubbard, M. and Cheng, K. B. (2007) Optimal discus trajectories. *Journal of Biomechanics* 40: 3650-3659
- 小林寛道（2001）スポーツにおける体幹の働き. *体育の科学* 51: 412-413.
- Komi, P.V. (1983) Elastic potentiation of muscles and its influence on sport performance. In: Baumann, W. (Ed.) *Biomechanik und sportliche Leistung*, Verlag Karl Hofmann, Schorndorf: pp. 59-70.
- Leigh, S, Gross, M. T., Li, L. and Yu B. (2008) The relationship between discus throwing performance and combinations of selected technical parameters. *Sports Biomechanics* 7: 173-193.
- Lindsay, M. (1991) Biomechanical analysis of the discus. In: Bartlett, R. M. (Ed.) *Report on the 1990 AAA/WAAA National championships*, Vol. 1: The Throws. Crewe & Alsager College of Higher Education, Alsager: pp. 47-53.
- 宮西智久（2000）円盤の速度増大メカニズム－角運動量からみた2つの仮説：Dapena 説と宮西・桜井説（“ジャイロモデル”）－. *陸上競技研究* 43: 29-36.
- 大久保雄, 金岡恒治（2009）体幹の捻転動作の医学的基礎. *バイオメカニクス研究* 13: 125-129.
- Schluter, W. and Nixdorf, E. (1984) *Kinematische beschreibung und analyse der diskuswurftechnik*. *Leistungssport* 6: 17-22.
- Stepanek, J. (1986) Discus throw. In: Susanka, P. Bruggemann, G. P. and Tsarouchas, E. (Eds.) *ISSF 1st World junior championships, Athens 1986 scientific report*. International amateur athletic federation, Athens: pp.1-11.
- Stepanek, J. and Susanka, P. (1986) Discus throw : Results of a biomechanic study. *New Studies in Athletics* 1:25-36.
- Susanka, P., Dumbrovsky, M., Barak, F., Stepanek, J. and Nosek, M. (1988) Biomechanical analysis of the discus throw. In: Bruggemann, G. P. and Susanka, P. (Eds.) *Scientific report on the 2nd world championships in athletics, Roma 1987, Book3, Biomechanical analysis of the throwing events*, International amateur athletic federation, England: pp. I/1-61.
- 田内健二（2009）陸上競技の投擲種目における体幹の捻転動作の役割. *バイオメカニクス研究* 13: 170-178.
- Winter, D. A. (1990) *Biomechanics and motor control of human movement*. Wiley and Sons, New York. pp. 41-43.

走幅跳選手における最高疾走速度と助走速度及び 走幅跳記録の関係

熊野陽人¹⁾, 大沼勇人¹⁾, 平野裕一²⁾

The relationship between maximal sprint velocity and run-up velocity and long jump record
in long jumpers

Akihito KUMANO¹⁾, Hayato OHNUMA¹⁾, Yuichi HIRANO²⁾

Abstract

The purpose of this study was to compare maximal sprint velocity (MSV) with maximal run-up velocity (MRV), and to determine the room for improvement on run-up velocity. A secondary purpose was to clarify the relationships between MSV, variables of run-up velocity and long jump record (LJR). The subjects were eleven male student long jumpers. Run-up velocity was measured at an official athletic competition. After measuring all trials, the best record jump was selected for analysis. Sprint velocity was measured under the experimental condition. After completing their own warm-up, all participants performed one maximal 100m sprint from standing start style. Participants were directed to run as fast as possible. Athlete's velocity data were collected at 100Hz with a laser velocity measurement device. The results were summarized as follows:

1. MRV (9.66 ± 0.28 m/s) was significantly lower than MSV (10.02 ± 0.36 m/s) ($p < 0.01$). The ratio of MRV to MSV was $96.4 \pm 1.9\%$.
2. There were significant correlation between LJR and takeoff line velocity (TLV) ($r = 0.789$, $p < 0.01$), LJR and MRV ($r = 0.902$, $p < 0.01$), LJR and MSV ($r = 0.784$, $p < 0.01$), TLV and MRV ($r = 0.891$, $p < 0.01$), TLV and MSV ($r = 0.862$, $p < 0.01$), MRV and MSV ($r = 0.846$, $p < 0.01$), distance from takeoff board at MRV and changing rate of run-up velocity ($r = 0.764$, $p < 0.01$) and changing rate of run-up velocity and distance from start at MSV ($r = 0.651$, $p < 0.05$).
3. There were no significant partial correlation between LJR and TLV (using MRV as a control variable), TLV and LJR (using MSV as a control variable).

Consequently, it was clarified that MRV was significantly lower than MSV, and there was the room of improvement on run-up velocity by utilizing the current sprint ability. Moreover, it was revealed that MRV affected the relationship between TLV and LJR, and MSV affected the relationship between MRV and TLV. After all, it was indicated that improvement of sprint ability might affect improvement of MRV, TLV and LJR.

From these results, it was suggested that there were two ways to improve LJR: (1) utilizing the current sprint ability on run-up, (2) improving the sprint ability.

キーワード：走幅跳, 助走最高速度, 最高疾走速度

1. 緒言

走幅跳は、助走、踏切準備、踏切、空中動作、着地の5つの運動局面から構成され(森長ほか, 2003; 清水ほか, 2011), 助走で高めたスピードを基に踏切によって可能な限り遠くへ跳躍し、その跳躍距離を競う種目である。高めた助走速度を最大限に活用し、跳躍距離を獲得するためには踏切局面において適切な技術が要求され、それはこれまで多くのスポーツバイオメカニクス的研究の対象となってきた(Hay and Miller, 1985)。したがって、走幅跳に関する研究は、踏切準備及び踏切局面におけるキネマティクスに焦点を当てているものが大半を占めている(Hay and Miller, 1985; 伊藤ほか, 2009; Koyama et al., 2007; Lees et al., 1993; Lees et al., 1994; Miladinov, 2006; Muraki et al., 2005; Panoutsakopoulos and Kollias, 2009; Panoutsakopoulos et al., 2010; 清水ほか, 2011)。

一方、跳躍距離の大部分は、助走の終末局面において高い水平速度を獲得することのできる選手の能力によって決定づけられる(Bridgett and Linthorne, 2006)。踏切時の速度を含む助走速度と走幅跳の記録には、有意な正の相関関係がみとめられ(浅見, 1988; Hay et al., 1986; Hay and Miller, 1985; 熊野ほか, 2014; Lees et al., 1994; Moura, 2005; 太田ほか, 2010), 最高疾走速度の獲得は走幅跳の記録を伸ばす上で最も重要度の高い課題である(吉田ほか, 2014)。しかし、走幅跳に関する研究は、前述したような踏切準備及び踏切局面における動作を分析したものが多く、走幅跳選手の助走及び疾走能力については未だ十分に検討されていない。そこで、本研究では、走幅跳選手の全力疾走中の最高速度を測定し、最高疾走

1) 鹿屋体育大学大学院体育学研究科 博士後期課程

Doctor's Course, Graduate school of physical education, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

〒893-2393 鹿児島県鹿屋市白水町1番地

2) 国立スポーツ科学センター スポーツ科学研究部 Department of Sports Science, Japan Institute of Sports Sciences

〒115-0056 東京都北区西が丘3-15-1

速度に対してどの程度の速度が助走において発揮されているかを明らかにすることで、助走速度向上の余地があるかどうかを検討することを目的とした。同時に、最高疾走速度と助走速度パラメーター及び走幅跳記録の関係を検討することも目的とした。

2. 方法

2.1 被験者

被験者は、大学陸上競技部に所属する男子走幅跳選手 11 名（年齢：20.5 ± 0.9 歳，身長：1.72 ± 0.04m，体重：66.1 ± 5.3kg，自己最高記録：6.99 ± 0.32m）であった。なお、被験者には事前に本研究の目的、内容、安全性について説明し、研究協力の同意を得た。

2.2 データ測定・処理

助走速度は、T 大学競技会（2013 年 8 月）男子走幅跳の試技において測定した。被験者の行った全ての試技を測定し、最も公認記録が良かった試技を分析対象とした。疾走速度については、上記競技会と同月に、実験環境下での測定を行った。被験者には任意で十分なウォームアップを行わせた後、直線 100m の全力走を 1 試技行わせた。全力走のスタート様式は走幅跳の助走と同様のスタンディングスタートとし、「スタートから可能な限り全力で走り、自身の発揮できる最高のスピードが出るように走る」との指示を口頭で与えた。

助走速度、疾走速度ともに、被験者の後方 10m の地点、1m の高さにレーザー式速度測定装置（Laveg LDM300C, JENOPTIK 社製、100Hz）を設置し、不可視レーザービームを被験者の腰背部に照射して被験者の疾走中の時間一位置情報を得た。得られた位置情報を Butterworth low-pass digital filter（Winter, 1990）を用いて遮断周波数 1Hz（金高, 1999）で平滑化し、処理後の位置情報を時間微分することで走速度を算出した。

2.3 分析項目及び統計処理

先行研究（小山ほか, 2011；太田ほか, 2010）を参考に、以下の（1）～（8）を分析項目とした。

- （1）走幅跳記録：競技会での公認記録
- （2）踏切線地点速度：踏切線地点での水平速度
- （3）助走最高速度：助走開始から踏切までの間における水平最高速度
- （4）助走最高速度出現地点：助走最高速度の出現地点（踏切線の手前何 m 地点で出現したか）
- （5）助走速度変化率：（踏切線地点速度－助走最高速度）／助走最高速度 × 100
- （6）最高疾走速度：100m 走のスタートからゴールまでの間における最高水平速度
- （7）最高疾走速度出現地点：最高疾走速度の出現地点（スタート後の何 m 地点で出現したか）
- （8）助走最高速度の最高疾走速度に対する割合：（助走最高速度／最高疾走速度）× 100

助走最高速度と最高疾走速度の大きさを比較するために、対応のある t 検定を用いた。走幅跳記録、助走および疾走における各パラメーター間の関係を検討するためには、Pearson の積率相関係数、偏相関係数を用いた。なお、全ての統計処理において、有意水準を危険率 5% とした。

3. 結果

Fig.1 は、助走最高速度（MRV）と最高疾走速度（MSV）の比較であり、Table 1 は、助走と全力疾走における各パラメーターの値である。助走最高速度（9.66 ± 0.28m/s）は最高疾走速度（10.02 ± 0.36m/s）よりも有意に低く（ $p < 0.01$ ）、助走最高速度の最高疾走速度に対する割合は 96.4 ± 1.9% であった。

Table 2 は、走幅跳記録と各速度パラメーター間の相関係数及び偏相関係数を表したものである。走幅跳記録と踏切線地点速度の間（ $r = 0.789$, $p < 0.01$ ）、走幅跳記録と助走最高速度の間（ $r = 0.902$, $p < 0.01$ ）、走幅跳記録と最高疾走速度の間（ $r = 0.784$, $p < 0.01$ ）、踏切線地点速度と助走最高速度の間（ $r = 0.891$, $p < 0.01$ ）、踏切線地点速度と最高疾走速度の間（ $r = 0.862$, $p < 0.01$ ）、助走最高速度と最高疾走速度の間（ $r = 0.846$, $p < 0.01$ ）、助走最高速度出現地点と助走速度変化率の間（ $r = 0.764$, $p < 0.01$ ）、助走速度変化率と最高疾走速度出現地点の間（ $r = 0.651$, $p < 0.05$ ）において、それぞれ有意な正の相関関係がみとめられた。助走最高速度を制御変数とした走幅跳記録と踏切線地点速度の偏相関係数には、有意な相関関係はみとめられなかった。また、最高疾走速度を制御変数とした踏切線地点速度と助走最高速度の偏相関係数にも、有意な相関関係はみとめられなかった。

4. 考察

4.1 助走最高速度と最高疾走速度の比較

走幅跳や三段跳の助走は、その疾走速度が 100% 出力されるスプリントではなく（青山ほか, 2014）、やや余裕を持ってコントロールされたスプリント（岡野, 1988）である。伊藤ほか（2006）の報告では、走幅跳・三段跳選手の 60m 走中の最高速度に対する助走中の最高速度の割合は、95.3 ± 2.2% であった。これらの報告は走幅跳選手と三段跳選手を一括して扱っているが、走幅跳選手のみ分析した本研究の結果では、その助走最高速度（9.66 ± 0.28m/s）が最高疾走速度（10.02 ± 0.36m/s）よりも有意に低く（ $p < 0.01$ ）、助走最高速度の最高疾走速度に対する割合は 96.4 ± 1.9% であった。なお、本研究では競技会の試技における助走速度と実験環境下での最高疾走速度を比較しているため、実際の助走速度と競技会時、例えば 100m 走中の最高疾走速度とを比較すると、その割合は 96% よりも低い値となる可能性も考えられる。しかし、どちらの場合においても、最高疾走速

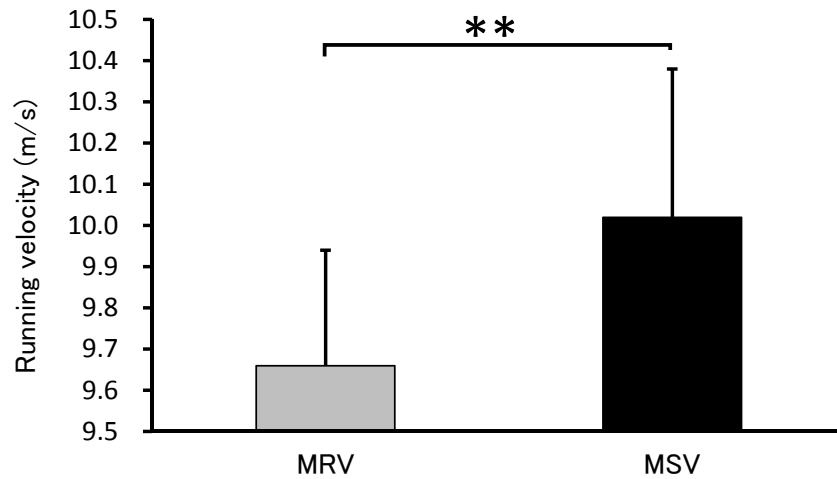


Fig. 1 Comparison between MRV and MSV

(MRV : Maximal run-up velocity, MSV : Maximal sprint velocity, * * : $p < 0.01$)

Table 1 Variables of long jump and sprint

Variables	n = 11	
	Mean	SD
Long jump record (m)	6.68	0.38
TLV (m/s)	9.31	0.26
MRV (m/s)	9.66	0.28
Distance from takeoff board at MRV (m)	-6.2	3.7
Changing rate of run-up velocity (%)	-3.5	1.3
MSV (m/s)	10.02	0.36
Distance from start at MSV (m)	49.0	9.2
%MSV (%)	96.4	1.9

TLV: Takeoff line velocity

MRV: Maximal run-up velocity

MSV: Maximal sprint velocity

%MSV: the percentage of MRV to MSV

Table 2 Correlation coefficients and partial correlation coefficients (pr) between variables

	n = 11							
	Long jump record	TLV	MRV	Distance at MRV	Changing rate	MSV	Distance at MSV	%MSV
Long jump record	—	0.789 ** (pr : -0.077)	0.902 **	0.357	0.312	0.784 **	0.023	-0.105
TLV		—	0.891 ** (pr : 0.598)	0.049	0.153	0.862 **	0.540	-0.264
MRV			—	-0.304	-0.313	0.846 **	0.218	-0.069
Distance at MRV				—	0.764 **	0.052	0.500	-0.560
Changing rate					—	-0.038	0.651 *	-0.405
MSV						—	0.317	-0.590
Distance at MSV							—	-0.251
%MSV								—

Partial correlation between long jump record and TLV, using MRV as a control variable

Partial correlation between TLV and MRV, using MSV as a control variable

TLV: Takeoff line velocity

MRV: Maximal run-up velocity

Distance at MRV: Distance from takeoff board at MRV

Changing rate: Changing rate of run-up velocity

MSV: Maximal sprint velocity

Distance at MSV: Distance from start at MSV

%MSV: the percentage of MRV to MSV

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

度に対する助走最高速度は、少なくとも約4%はその速度を向上させられる可能性があると考えられる。

走幅跳では可能な限り高い助走スピードを得たうえで、踏切で効率的に鉛直速度を獲得するところがより良いパフォーマンスの条件となる(志賀ほか, 2002)。鉛直速度の獲得には適切な踏切および踏切準備の技術が要求される(伊藤ほか, 2006)ため、助走では助走速度をコントロールした走りが必要となる(青木, 2009)。したがって、選手が発揮する最高疾走速度よりも助走最高速度が数%低い速度となるのは、踏切準備および踏切動作を効果的に行うために生じる現象であるとも考えられる。しかし、走幅跳の跳躍距離と助走速度の大きさは強く関係しており(浅見, 1988; Hay et al., 1986; Hay and Miller, 1985; 熊野ほか, 2014; Lees et al., 1994; Moura, 2005; 太田ほか, 2010)、選手の自己記録を突破するような高いパフォーマンスを目指す上では、例えば合理的な踏切準備および踏切動作を行って鉛直速度を効率的に獲得したとしても、その助走速度の絶対値が高くなければ大きな跳躍距離の獲得は難しい。それゆえ、現有する疾走能力をさらに活用し(松林ほか, 2012)、助走最高速度を向上させることが、走幅跳の記録向上に必要な不可欠なアプローチであると考えられる。一方、助走最高速度を最高疾走速度に近づけようとする場合、選手の主観的努力度が大きくなることが考えられる。主観的努力度90~100%という高強度領域においても、選手の努力度に応じて出力される疾走速度は増加するが(村木ほか, 1999)、努力度が高くなるとストライドは頭打ちになると同時にピッチの変化が大きくなる(伊藤ほか, 1997)。つまり、助走速度を向上させようとして、単に主観的努力度を高めるだけではストライドやピッチのコントロールが難しく、適切な助走りズムや踏切準備・踏切動作が行えない可能性がある。また、全力に近い最大化努力度(90%以上)でパフォーマンスの最大出力が達成される場合が多いことから(村木ほか, 1996)、選手の主観的努力度を単に100%にするのではなく、助走をコントロールできる努力度の範囲内の助走最高速度向上を図る必要がある。走幅跳の記録と跳躍距離の関係から見ると、助走最高速度を最高疾走速度に近い値まで高めることは記録向上の可能性を高めるが、単に主観的努力度を100%にするだけでは記録向上に結びつかない可能性があることに留意すべきである。

4.2 走幅跳記録、助走速度パラメーター、最高疾走速度の関係

走幅跳記録と踏切線地点速度($r=0.789$, $p<0.01$)及び助走最高速度($r=0.902$, $p<0.01$)の間には、有意な正の相関関係がみとめられた(Table 2)。この結果は、先行研究(浅見, 1988; Hay et al., 1986; Hay and Miller, 1985; 熊野ほか, 2014; Lees et al., 1994; Moura, 2005; 太田ほか, 2010)と同様に、走幅跳の跳躍距離は助走速

度によって強く規定される(深代, 1990)ことを示している。また、最高疾走速度と走幅跳記録の間にも有意な正の相関関係($r=0.784$, $p<0.01$)がみとめられ、全力疾走および助走における走速度が高いほど走幅跳記録も高くなることが示された。さらに、最高疾走速度と助走最高速度の間($r=0.846$, $p<0.01$)、助走最高速度と踏切線地点速度の間($r=0.891$, $p<0.01$)にも有意な正の相関関係がみとめられており、最高疾走速度が高いほど助走速度パラメーターも高くなる傾向にあった。なお、助走最高速度出現地点と助走速度変化率の間には有意な正の相関関係($r=0.764$, $p<0.01$)がみとめられ、これは助走最高速度出現地点が踏切に近いほど助走速度の減少が小さいことを表している。

次に、助走最高速度を制御変数として、走幅跳記録と踏切線地点速度の偏相関係数を算出したところ、その間には有意な相関関係はみとめられなかった。これは、走幅跳記録と踏切線地点速度の間に存在する相関関係には助走最高速度の値が大きく影響している可能性を示している。また、最高疾走速度を制御変数として、踏切線地点速度と助走最高速度の偏相関係数を算出したところ、両者の間にも有意な相関関係はみとめられなかった。すなわち、踏切線地点速度と助走最高速度の間に存在する相関関係は最高疾走速度の値に大きく影響される可能性がある。以上のことから、最高疾走速度に表される疾走能力の向上が、助走最高速度や踏切線地点速度の向上、走幅跳記録の向上へと繋がる可能性が示唆された。

5. まとめ及び実践への示唆

本研究の目的は、走幅跳選手の全力疾走中の最高疾走速度に対してどの程度の速度が助走において発揮されているかを明らかにし、助走速度向上の余地があるかどうかを検討することを目的とした。同時に、最高疾走速度と助走速度パラメーター及び走幅跳記録の係数性を検討することも目的とした。主な結果は以下の通りである。

- ①助走最高速度($9.66 \pm 0.28\text{m/s}$)は最高疾走速度($10.02 \pm 0.36\text{m/s}$)よりも有意に低く($p<0.01$)、助走最高速度の最高疾走速度に対する割合は $96.4 \pm 1.9\%$ であった。
- ②走幅跳記録と踏切線地点速度の間($r=0.789$, $p<0.01$)、走幅跳記録と助走最高速度の間($r=0.902$, $p<0.01$)、走幅跳記録と最高疾走速度の間($r=0.784$, $p<0.01$)、踏切線地点速度と助走最高速度の間($r=0.891$, $p<0.01$)、踏切線地点速度と最高疾走速度の間($r=0.862$, $p<0.01$)、助走最高速度と最高疾走速度の間($r=0.846$, $p<0.01$)、助走最高速度出現地点と助走速度変化率の間($r=0.764$, $p<0.01$)、助走速度変化率と最高疾走速度出現地点の間($r=0.651$, $p<0.05$)に、それぞれ有意な正の相関関係がみとめられた。

③助走最高速度を制御変数として算出した走幅跳記録と踏切線地点速度の偏相関係数には、有意な相関係数はみとめられなかった。最高疾走速度を制御変数として算出した踏切線地点速度と助走最高速度の偏相関係数にも有意な関係はみとめられなかった。

以上の結果から、助走最高速度は最高疾走速度よりも4%ほど有意に低く、このことは、現有する疾走能力をさらに活用し（松林ほか，2012），助走速度を向上させる余地があることを示すと考えられた。また、踏切線地点速度が高くなるほど走幅跳記録が高くなる関係には助走最高速度が、助走最高速度が高くなるほど踏切線地点速度が高くなる関係には最高疾走速度が大きく影響しており、最高疾走速度に表される疾走能力の向上が、助走最高速度や踏切線地点速度の向上そして走幅跳記録の向上へと繋がる可能性が示唆された。したがって、走幅跳の記録を向上させるには、「現有する疾走能力を最大限に活用し、助走においてより高い速度を発揮する」こと、および「疾走能力そのものを向上させる」ことの二つのアプローチが考えられるだろう。

文献

- 青木和浩 (2009) 順天堂メソッド 勝つための陸上競技。順天堂大学陸上競技研究室編著。澤木啓祐監修。ベースボール・マガジン社：東京，pp.101-106。
- 青山清英・森長正樹・澤野大地・村越雄太・宮内育大 (2014) 主観的努力度の変化が走幅跳・三段跳の助走に及ぼす影響に関するコーチング学的考察ー助走速度の変化を中心にー。陸上競技研究，97 (2)：41-46。
- 浅見美弥子 (1988) 走幅跳、三段跳における助走速度が跳躍距離におよぼす影響について。東京女子体育大学紀要，23：69-75。
- Bridgett, L. A. and Linthorne, N. P. (2006) Changes in long jump take-off technique with increasing run-up speed. *Journal of Sports Sciences*, 24 (8): 889-897.
- 深代千之 (1990) 跳ぶ科学。宮下充正編。大修館書店：東京，pp33-46。
- Hay, J. G. and Miller, J. A. Jr. (1985) Techniques used in the transition from approach to takeoff in the long jump. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1: 174-184.
- Hay, J. G., Miller, J. A. and Canterna, R. A. (1986) The techniques of elite male long jumpers. *Journal of Biomechanics*, 19 (10): 855-866.
- 伊藤浩志・村木征人 (1997) 走、跳、投動作のグレーディング能力に関する研究。スポーツ方法学研究，10 (1)：17-24。
- 伊藤信之・阿江通良・小山宏之・村木有也・図子浩二・松尾彰文・山田真由美・平野裕一 (2009) 日本一流走幅跳選手における踏切準備動作。陸上競技学会誌，7 (1)：8-17。
- 伊藤信之・阿江通良・村木有也・小山宏之 (2006) 水平跳躍種目の助走における疾走動作の特徴について：日本一流走幅跳及び三段跳選手の場合。スプリント研究，16：60-71。
- 金高宏文 (1999) レーザー速度測定器を用いた疾走速度測定におけるデータ処理の検討。鹿屋体育大学学術研究紀要，22：99-108。
- 小山宏之・阿江通良・藤井範久・宮下 憲 (2011) 競技レベル別に見た走幅跳の助走スピードの定量化ートレーニングで簡便に利用できる指標の提案ー。筑波大学体育科学系紀要，34：169-173。
- Koyama, H., Muraki, Y. and Ae, M. (2007) Immediate effects of the use of modified take-off boards on the take-off motion of the long jump during training. *Sports Biomechanics*, 5 (2): 139-153.
- 熊野陽人・植田恭史 (2014) 学生走幅跳競技者における助走ラスト2歩の変化パターンと跳躍距離の関係に関する分析報告。陸上競技研究，96 (1)：32-38。
- Lees, A., Derby, D. and Fowler, N. (1993) A biomechanical analysis of the last stride, touch-down and take-off characteristics of the women's long jump. *Journal of Sports Sciences*, 11: 303-314.
- Lees, A., Graham-Smith, P. and Fowler, N. (1994) A biomechanical analysis of the last stride, touchdown, and takeoff characteristics of the men's long jump. *Journal of Applied Biomechanics*, 10: 61-78.
- 松林武生・持田尚・本田陽・松田克彦 (2012) 陸上競技・混成選手のパフォーマンス分析。トレーニング科学，24 (1)：27-35。
- Miladinov, O. (2006) New aspects in perfecting the long jump technique. *New Studies in Athletics*, 21 (4): 7-25.
- 森長正樹・安井年文・重城 哲・加藤弘一・岡野雄司・小山裕三・澤村 博 (2003) 走幅跳の成功試技と失敗試技における踏切および踏切準備動作の相違。陸上競技研究，52 (1)：12-21。
- Moura, N. A., Paula Moura, T. F. and Borin, J. P. (2005) Approach speed and performance in the horizontal jumps : What do Brazilian athletes do ?. *New Studies in Athletics*, 20 (3): 43-48.
- Muraki, A., Ae, M., Yokozawa, T. and Koyama, H. (2005) Mechanical properties of the take-off leg as a support mechanism in the long jump. *Sports Biomechanics*, 4: 1-16.
- 村木征人・稲岡純史 (1996) 跳躍運動における主観的強度（努力度合）と客観的出力との対応関係。スポーツ方法学研究，9 (1)：73-79。
- 村木征人・伊藤浩志・半田佳之・金子元彦・成万 祥 (1999) 高強度領域での主観的努力度の変化がスプリント・パフォーマンスに与える影響。スポーツ方法学研究，12

- (1) : 59-67.
- 岡野 進 (1988) 陸上競技指導教本 (種目別実技編).
日本陸上競技連盟編. 大修館書店: 東京, pp.148-149.
- 太田洋一・中村 力・浦田達也・伊藤 章 (2010) 簡易な測定法を用いた走幅跳におけるパフォーマンスと助走・踏切速度の関係. コーチング学研究, 24 (1) : 27-33.
- Panoutsakopoulos, V. and Kollias, I. A. (2009) Biomechanical analysis of the last strides, the touchdown and the takeoff of top greek male and female long jumpers. Hellenic Journal of Physical Education & Sport Science, 29 (2): 218-223.
- Panoutsakopoulos, V., Papaiaikovou, G. I., Katsikas, F. S. and Kollias, I. A. (2010) 3D biomechanical analysis of the preparation of the long jump take-off. New Studies in Athletics, 25 (1): 55-68.
- 志賀 充・永井 純・尾縣 貢・宮下 憲・大山下圭悟 (2002) 走幅跳における踏切準備及び踏切局面の身体動作と記録の関係. 陸上競技研究, 51 (4) : 9-17.
- 清水 悠・阿江通良・小山宏之・村木有也 (2011) 標準動作モデルからみた一流走幅跳選手の踏切準備および踏切動作の特徴. 陸上競技研究, 85 (2) : 23-30.
- Winter, D.A. (1990) Biomechanics and motor control of human movement (2nd ed). John Wiley & Sons. Inc.: Tronto, pp.65-83.
- 吉田孝久・石塚 浩・松尾彰文・松林武生・荻部俊二 (2014) 水平跳躍種目における加速局面の走り方がパフォーマンスに及ぼす影響. 陸上競技研究, 97 (2) : 17-26.
-

直走路と曲走路における 100m 走の疾走速度と ステップ頻度およびステップ長の差異

大沼勇人¹⁾, 立 正伸²⁾, 熊野陽人¹⁾, 平野裕一³⁾

The difference of running velocity, step frequency and length in 100m sprint running in straight and curved path

Hayato OHNUMA¹⁾, Masanobu TACHI²⁾, Akihito KUMANO¹⁾, Yuichi HIRANO³⁾

Abstract

The purpose of this study was to clarify the difference of running velocity, step frequency and step length on straight and curved path. Subjects were 8 male sprinters (age 21.6 ± 1.9 years, height 1.70 ± 0.05 m, weight 60.7 ± 3.6 kg, personal best for 100m 11.74 ± 0.65 sec). The subjects performed 100m sprint running with maximal effort in the 1st lane on the straight and curved path of an outdoor track. Trials were recorded with high-speed video cameras. Running velocity, step frequency and step length were analyzed to be compared between straight and curved path. The total time for 100m was longer on curved path than on straight path. Maximum running velocity and %decrease of running velocity were significantly lower on curved path than straight path, but the point of maximal running velocity was not significantly different between both paths. The average running velocity was significantly lower on curved path than straight path for every section except for the 0-10m section. The step frequency of the left leg after the 10-20m section was significantly lower on curved path than straight path. Also, the contact time of the left leg and step length of the right leg after the 10-20m section was significantly longer and lower on curved path than straight path, respectively. These results demonstrated that differences of running velocity, step frequency and step length exists in 100m sprint running on straight and curved path. Furthermore, the factor affecting the decrease of the running velocity in curved path were suggested to be the step frequency and contact time of the left leg and the step length of the right leg.

キーワード：曲走路, 疾走速度, ステップ頻度, ステップ長, 変化

1. 緒 言

陸上競技短距離種目では、高い疾走速度の獲得および維持がパフォーマンスの結果に影響を及ぼす。そのため、疾走速度を獲得するための要因について、バイオメカニク的手法を用いて多く検討されてきた。それらの研究

は、加速局面、中間疾走局面、減速局面におけるランニングサイクル（接地から次の同脚の接地まで）を抽出して疾走動作を分析した研究と、レース全体にわたる疾走速度や動作を分析した研究に大きく区分される（阿江ほか, 1994）。後者の研究では、映像を用いたレースパターンや疾走速度および動作（阿江ほか, 1994; Gajer et al., 1999; Mackala, 2007）、レーザ式速度計測機器を用いた疾走速度（松尾ほか; 2008, 広川ほか; 2010）について分析が行われてきた。それらの先行研究において、レース全体のパフォーマンスに影響を及ぼすのは、レース中盤に出現する最高疾走速度であり、レース後半における疾走速度減速率は大きく影響しないことが報告されている。これらの知見は、レース全体にわたって分析を行なった結果、得られたものであり、陸上競技短距離種目のパフォーマンス向上に重要な知見になり得るものである。

陸上競技トラック種目のうち、100m 走、100m および 110m ハードルを除く種目では、レース中に曲走路を疾走する。曲走路では直走路と異なり、接地期中に進行方向の変更、曲走路内側に対する内傾動作を行なう必要がある。そのため、最大努力で疾走した場合、曲走路では直走路よりも速度が低下すると考えられる。また、曲走路における疾走動作には左右差が生じることが報告されている。Ryan and Harrison (2003) は、200m 走の曲走路における支持期中の膝関節動作に左右脚で差異があることを報告している。一方、石村・桜井 (2011) は、男子大学生選手を対象に、全力疾走中の曲走路における下肢動作の左右差について検討し、下肢動作では左右差はないものの、疾走速度、求心力、支持時間には左右差

1) 鹿屋体育大学大学院 Graduate School, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya
〒 891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町 1 番地
2) 奈良教育大学 Nara University of Education
〒 630-8528 奈良県奈良市高畑町
3) 国立スポーツ科学センター Japan Institute of Sports Science
〒 115-0056 東京都北区西が丘 3-15-1

があるとしている。また、広田・湯田（2014）は、女子大学生選手を対象に、全力疾走中の曲走路における支持期中の上肢および下肢動作の左右差について検討し、支持期中における動作変化は左右脚で異なり、左脚支持期における動作が右脚支持期よりもカーブ内側への方向転換に貢献している可能性を示唆している。しかしながら、疾走速度に影響を及ぼす要因を検討するためには、下肢動作の左右差ではなく、直走路との差異について検討する必要があると考えられる。Stoner and Ben-sira（1979）は、加速局面における直走路と曲走路の疾走動作の差異について比較した。その結果、左脚ステップでは疾走速度の低下が生じ、右脚ステップでは生じなかったことを報告している。一方、Churchill et al.（2011）は、両脚ステップともに疾走速度の低下が生じることを報告している。また、Chang and Kram（2007）は、曲走路の疾走速度は直走路より低く、これは左脚で発揮する力積の減少によるものであることを示唆している。一方、Hamill et al.（1987）は、水平軸および鉛直軸方向の地面反力および力積に直走路と曲走路で差異はなく、曲走路における左右方向の地面反力が直走路より大きかったことを報告している。これらの先行研究より、曲走路における疾走動作および力発揮は左右脚で異なることが報告されている。

疾走速度の増加および減少に伴い、疾走動作および力発揮が変化する（羽田ほか：2003）。そのため、疾走動作および力発揮に左右差がある曲走路では、疾走速度の変化に伴う動作の変化も左右脚で異なっていると考えられる。しかし、前述した直走路と曲走路の差異に関する研究は、ランニングサイクルを抽出して分析したものであり、曲走路全体における疾走速度および動作の変化について検討した報告はない。

そこで、本研究では、直走路と曲走路において実施した100m走中の疾走速度とステップ頻度およびステップ長の変化を比較し、その差異を明らかにすることを目的とした。

2. 方 法

2.1. 被験者

被験者は、大学陸上競技部に所属する男子8名（年齢：21.6 ± 1.9 歳，身長：1.70 ± 0.05 m，体重：60.7 ± 3.6 kg，100m ベスト記録：11.74 ± 0.65 sec）とした。また、実験にあたって、被験者には実験の趣旨、内容を説明し、実験参加の同意を得た。

2.2. 実験試技

測定前に十分なウォーミングアップを行った後、直走路と曲走路において、スターティングブロックを用いた100m 走の全力疾走を各1回ずつ実施した。先に直走路試技を行なう者4名、曲走路試技を行なう者4名に無作為に分け、試技順による影響を配慮した。また試技間には10分以上の休憩時間を確保した。試技は、両走路ともに屋外トラックの最内側となる第1レーンで行なった。

2.3. 測定方法および測定項目

直走路においては、レーンから30m離れた地点にハイスピードカメラ（EXLIM EX-F1，CASIO 社製）、を設置し、300fpsで撮影を行なった。曲走路においては、曲走路円弧中心にカメラを設置し、撮影を行なった。測定を行なうにあたって、直走路においては10m毎にレーンの両側、曲走路においては10m毎に内圏縁石上に球体のマーカーを設置した。両走路ともに撮影範囲は、試技全体とした。

スタートシグナル発光をスタートとし、ゴールまでの試技全体を分析対象とした。土江ら（2010）の分析手法をもとに、両走路における試技を撮影した映像から、以下の分析項目を算出した。左右脚ステップの定義は、Stoner and Ben-sira（1979）を元に、左脚接地までを右脚ステップ、左脚接地から右脚接地までを左脚ステップとした（図1）。分析項目として、100m 所要時間（スタートシグナル発光からゴールまでに要した時間）、10m 毎の疾走速度（区間距離（10m）を所要時間で除した値）、最高疾走速度（10m 毎の平均疾走速度の中で最高の値）、最高疾走速度到達地点（最高疾走速度が出現した区間の中間地点）、疾走速度逓減率（最高疾走速度と最高疾走

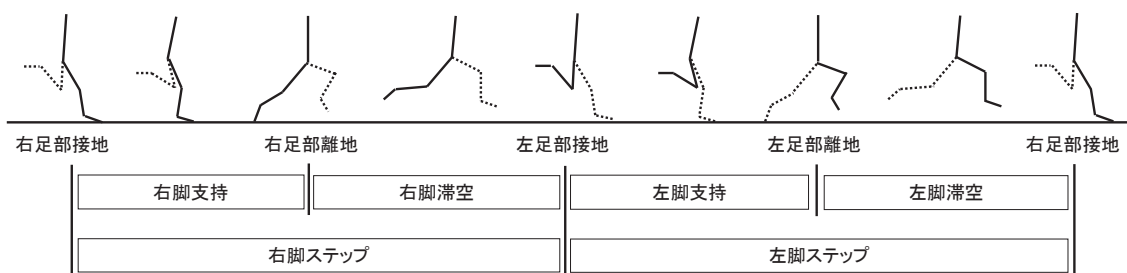


図1 左右脚ステップの定義

速度出現以降の最低疾走速度の差を最高疾走速度で除した値の百分率) 10m 毎の左右脚それぞれの平均ステップ頻度 (各区分における左右脚それぞれの支持時間と滞空時間の和の逆数), 10m 毎の左右脚の平均ステップ長 (各区分における疾走速度を左右脚の平均ステップ頻度で除した値), 平均支持時間, 平均滞空時間を設定した. 支持・滞空時間については, 2 ランニングサイクルの平均値とした.

2.4. 統計処理

100m 所要時間, 最高疾走速度, 最高疾走速度到達地点, 疾走速度逓減率では, 対応のある t 検定を用いて, 直走路と曲走路における平均値の差について検討した. さらに, 10m 区分毎の分析項目では, 区分と両走路における平均値の差について, 二元配置分散分析を用いて, 統計処理を行なった. 交互作用が認められた場合, 各区分における両走路の平均値の差の検定には, 対応のない t 検定を行なった. また, 各走路における区分の平均値の差の検定には一元配置分散分析を行なった. 有意な差が見られた項目については Bonferroni 法を用いて, 多重比較を行なった. 有意水準はそれぞれ 5% 未満とした. また, 統計処理には SPSS Statics Version 22.0 (IBM 社製) を用いた.

3. 結果

図 2 は, 100m 所要時間, 最高疾走速度, 最高疾走速度到達地点, 疾走速度逓減率を示したものである. 100m 所要時間は, 直走路より曲走路で長かった. また, 最高疾走速度, 疾走速度逓減率は, 直走路より曲走路で有意に低かった. しかし, 最高疾走速度到達地点については有意な差は見られなかった.

図 3 は, 10m 毎の平均疾走速度について示したものである. 平均疾走速度について, 有意な交互作用が認められた. 走路間では, 20m 区分以降のいずれの区分においても, 直走路より曲走路で有意に低かった. 区分では, 直走路において, 10m 区分より 20m 区分以降, 20m 区分より 30-60m 区分, 90m 区分より 60m 区分で有意に高かった. 一方, 曲走路においては, 10m 区分より 20m 区分以降, 20m 区分より 30-50m 区分で有意に高かった.

図 4 は 10m 毎のステップ頻度, 図 5 は 10m 毎のステッ

プ長について示したものである. ステップ頻度について, 右脚では, 有意な主効果および交互作用は認められなかった. 一方, 左脚では, 有意な交互作用が認められた. 走路間では, 20m 区分以降のいずれの区分においても, 直走路より曲走路で有意に低かった. 区分では, 直走路において, 20-80m 区分より 100m 区分で有意に低かった. 曲走路においては, 40m 区分より 100m で有意に低かった. ステップ長について, 右脚では, 有意な交互作用が認められた. 走路では, 20-90m 区分において, 曲走路より直走路で有意に長かった. 区分では, 直走路において, 10m 区分より 20-100m 区分, 20m 区分より 30-100m 区分, 30m 区分より 50, 70, 90m 区分, 40m 区分より 70m 区分で有意に長かった. 曲走路においては, 10m 区分より 20-100m 区分, 20-30m 区分より 100m 区分で有意に長かった. 一方, 左脚では, 区分で有意な主効果が認められ, 10m 区分より 20-100m 区分, 20m 区分より 40-100m 区分, 30m 区分より 50m 区分で有意に長かった.

図 6 は 10m 毎の支持時間, 図 7 は 10m 毎の滞空時間について示したものである. 支持時間について, 右脚では, 走路および区分で有意な主効果が認められたが, 有意な交互作用が認められなかった. 走路では, 直走路より曲走路で有意に長かった. 区分では 10m 区分より 20m 区分以降で有意に短かった. 一方, 左脚では, 有意な交互作用が認められた. 走路間では, 20m 区分以降のいずれの区分においても, 直走路より曲走路で有意に長かった. 区分では, 直走路において, 10m 区分より 20m 区分以降, 20m 区分より 30, 70, 80m 区分, 100m 区分より 70-90m 区分で有意に短かった. 曲走路においては, 20m 区分以降より 10m 区分で有意に長かった. 滞空時間について, 右脚では, 有意な交互作用が認められた. 走路では, 50-90m 区分において, 曲走路より直走路で有意に長かった. 区分では, 直走路において, 10m 区分より 20m 区分以降より, 20m 区分より 40-60m 区分で有意に長かった. 曲走路においては, 10m 区分より 20m 区分以降で有意に長かった. 一方, 左脚では, 区分で有意な主効果が認められ, 10m 区分より 20m 区分以降で有意に長かった.

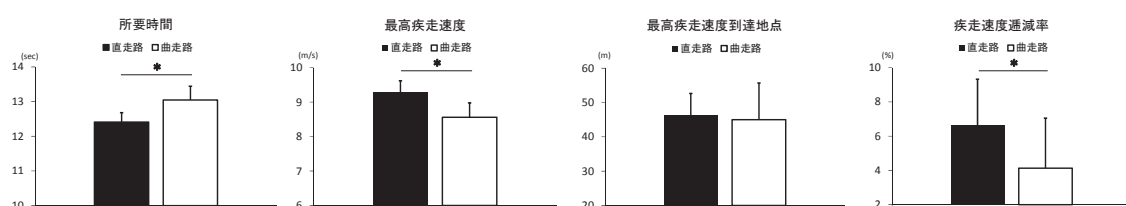


図 2 直走路と曲走路における所要時間, 最高疾走速度, 最高疾走速度到達地点および疾走速度逓減率

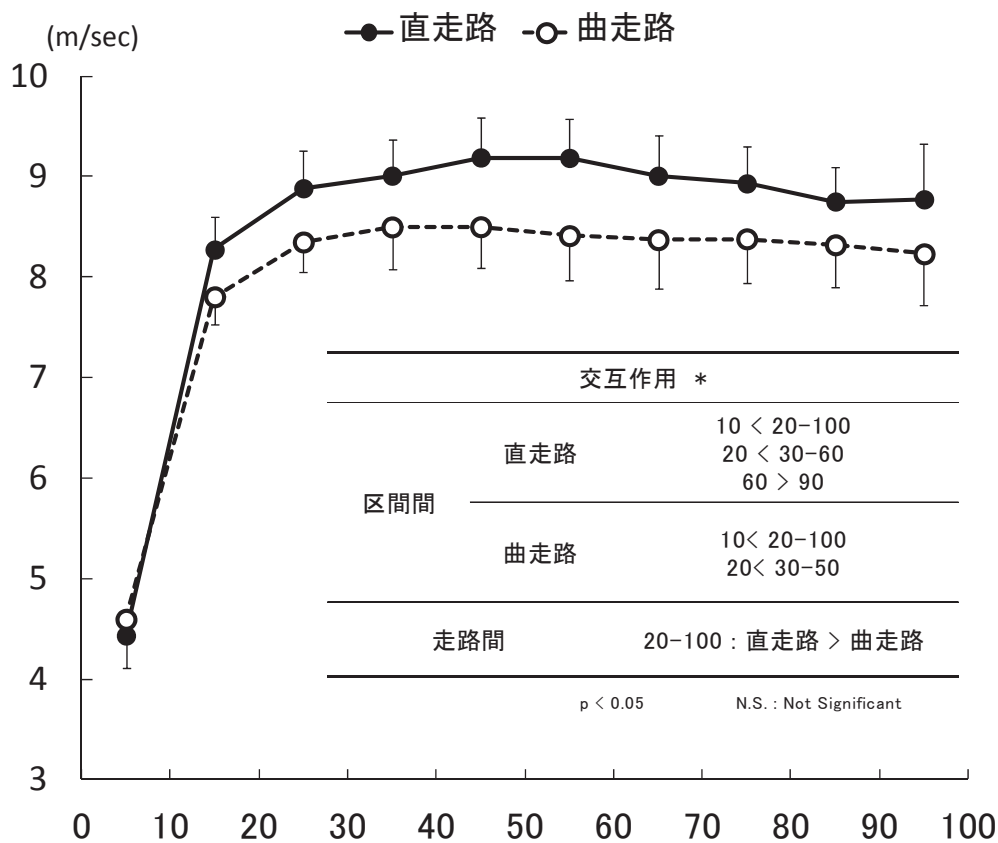


図3 直走路と曲走路における 10m 毎の平均疾走速度の変化

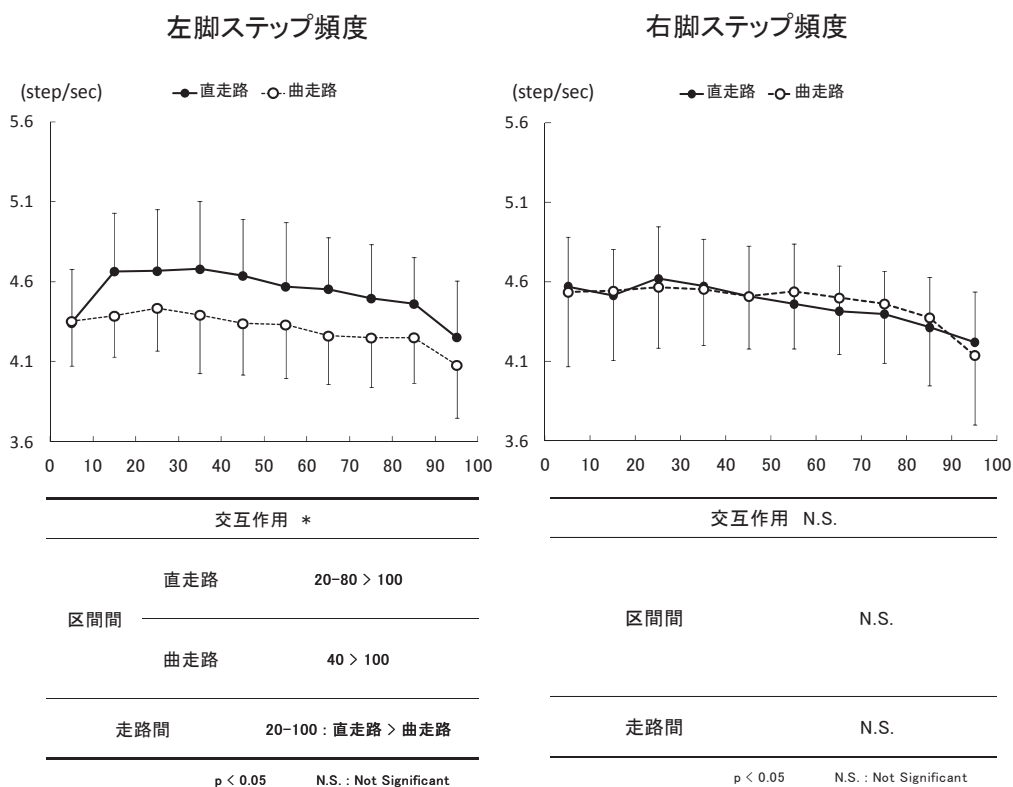


図4 直走路と曲走路における 10m 毎の左右脚ステップ頻度の変化

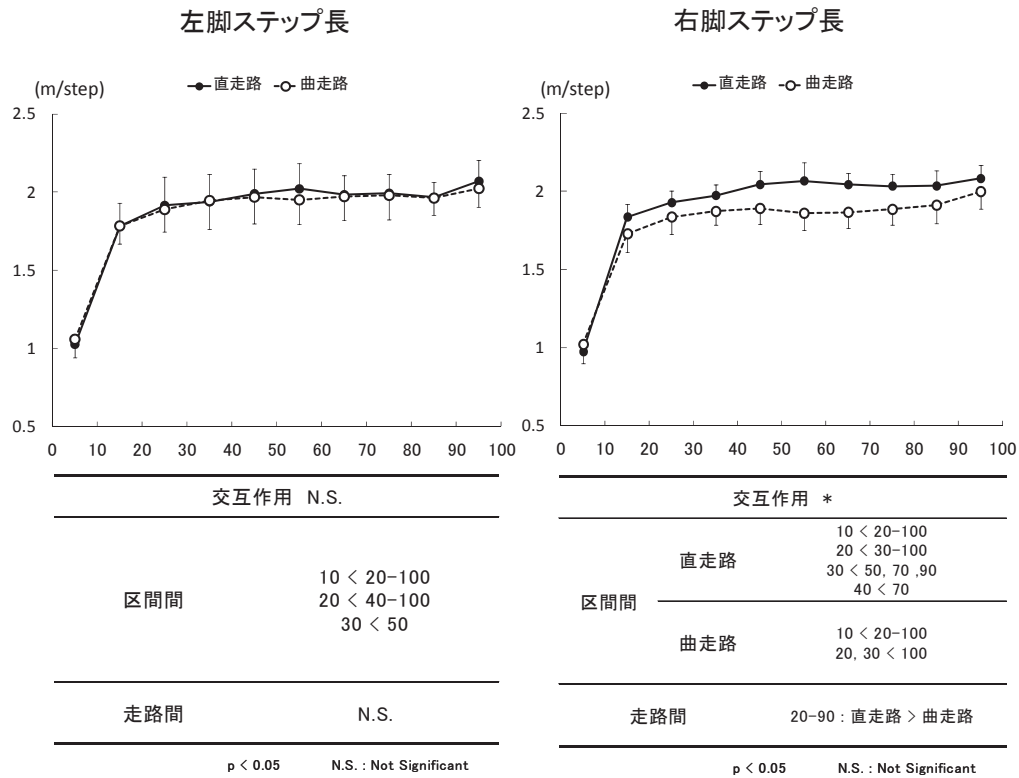


図5 直走路と曲走路における10m毎の左右脚ステップ長の変化

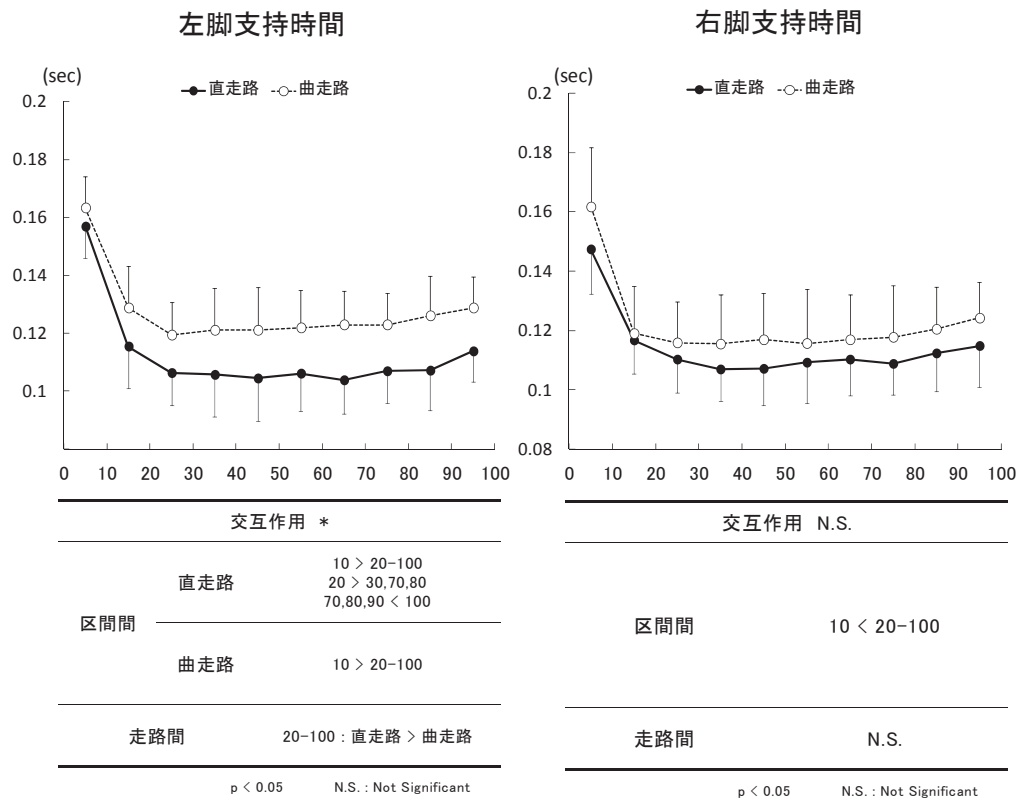


図6 直走路と曲走路における10m毎の左右脚支持時間の変化

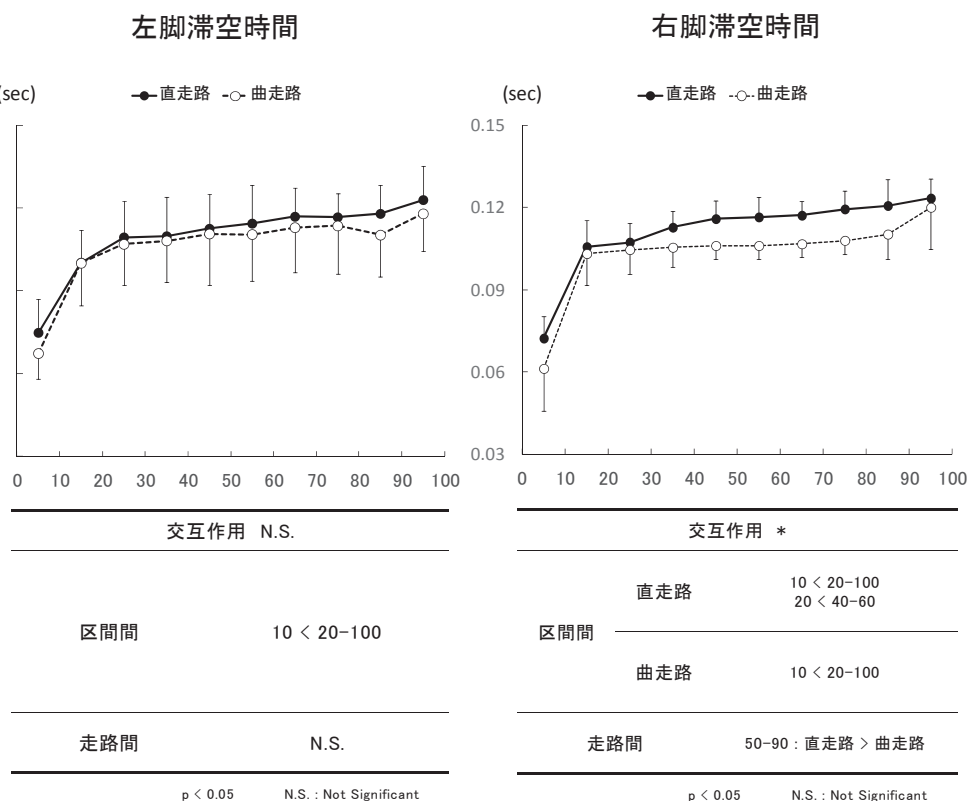


図7 直走路と曲走路における10m毎の左右脚滞空時間の変化

4. 考 察

4.1. 疾走速度の変化

曲走路における所要時間の増加は、20m以降における低い疾走速度によるものであることが明らかとなった。これまでの先行研究において、最高疾走速度がパフォーマンスに影響を及ぼすことが報告されている（阿江ほか，1994; Gajer et al., 1999; Mackala, 2007; 松尾ほか，2008; ； 広川ほか，2010）。本研究においても、最高疾走速度は直走路より曲走路で有意に低かった。また、最高疾走速度到達までの疾走速度について、直走路と曲走路では類似した変化パターンを示した。これまでの先行研究において、曲走路では直走路より、疾走速度が低いことが報告されている（Stoner and Ben-sira, 1979; Churchill et al., 2011; Chang and Kram, 2007）。曲走路における求心力は、身体質量、曲走路半径、移動速度によって決定される。そのため、求心力の増大に伴って、左右方向の地面反力および力積が増加することが推察される。Tukuafu and Hunter (2010) は、曲走路における疾走速度の減少には、左右方向の力積の増大が影響を及ぼすことを示唆している。20m 区間以降では、左右方向の力積が増加したことが曲走路における疾走速度の低下に影響を及ぼしたと考えられた。

曲走路における疾走速度通減率は直走路より有意に低かった。直走路では、6.5%の疾走速度の通減が見られ、

60m 区間の疾走速度は 90m 区間よりも有意に低かった。一方、曲走路では、4.1%の疾走速度の通減が見られたが、10m 毎の疾走速度には 100m 中間区間と後半区間との間で有意な差は見られなかった。阿江ら（1994）は、世界一流の短距離走者の 100m 走における疾走速度通減率は、おおむね 6～7%であることを報告している。本研究において、直走路では先行研究と同様の結果が得られたが、曲走路では異なる結果が得られた。曲走路における 100m 所要時間および最高疾走速度の直走路に対する割合は、それぞれ 105.1%と 92.3%であった。Delecluse et al. (1995) は、最高疾走速度が高くなると、疾走速度通減率が大きくなることを報告し、疾走速度通減率は最高疾走速度に影響を受けることを示唆している。これらの結果より、被験者は、曲走路においても直走路と同様の主観的な最大努力で走行したが、左右方向の力積を発揮する必要がある曲走路では、最高疾走速度が低下して最大下の速度での走行となったことで 100m 走後半の疾走速度の通減率が小さくなった可能性が考えられた。

4.2. 疾走速度に影響を及ぼすステップ頻度およびステップ長の変化

曲走路では直走路と比較して、右脚のステップ長と滞空時間が低下した。羽田ほか（2003）は、最高疾走速度到達までの加速局面における疾走速度の獲得には、ステップ頻度の変化よりステップ長の変化が大きく影響を及ぼしていることを報告している。また、Hunter et al.,

(2004) は、ステップ長の大きさには、支持距離よりも滞空距離が大きく影響していることを報告している。さらに、Deterministic model を用いて分析することで、滞空距離は水平方向および鉛直方向の力積によって決定され、鉛直方向の力積は滞空距離だけでなく滞空時間の決定要因となることを示している。これらの結果より、本研究における右脚ステップでは、鉛直方向の力積が減少したことが、滞空距離および滞空時間の低下を引き起こし、ステップ長の低下につながった可能性がある。曲走路走行では、内傾動作が生じることによって左右方向の地面反力が增大するため、曲走路における疾走速度は直走路より低くなると考えられる。石村・桜井 (2011) は、身体内傾角度について、右脚支持期では接地から離地にかけて内傾角度を保持していたことを報告している。本研究においても、身体内傾動作によって、鉛直方向の地面反力の減少が生じ、滞空時間およびステップ長の低下が引き起こされたと考えられた。滞空時間が短縮されることによって、1 ステップに要する時間が減少するため、ステップ頻度は向上すると考えられる。しかし、右脚のステップ頻度については、直走路と曲走路で有意な差は見られなかった。この要因として、右脚においても、直走路より曲走路で支持時間が長い傾向にあったため、右脚ステップ頻度に差異が生じなかったと推察された。

一方、直走路と比較して、左脚では支持時間の延長によるステップ頻度の低下が見られた。小林ほか (2009) は、疾走速度の増加に伴って、支持時間が短くなることを報告している。しかし、左脚支持時間について、曲走路では、10m 区間以降で有意な短縮は見られなかった。曲走路走行中において、右脚支持期より左脚支持期で、カーブ内側に対する方向転換がより顕著に行われていることが報告されている (Churchill et al., 2011; 広田・湯田, 2014)。本研究においても、左脚支持期において右脚よりカーブ内側に対する方向転換が行われていたため、支持時間の短縮が困難であった可能性がある。その結果、加速局面における支持時間の短縮が見られなかったと推察された。一方、曲走路における疾走動作の特徴として、曲走路外脚となる右脚より内脚となる左脚の地面反力が小さいことが報告されている (Smith et al., 2006; Chang and Kram, 2007)。また、Weyand et al. (2000) は、疾走速度を高めるには、より大きな力積を獲得することが必要であることを報告している。これらの報告より、地面反力の低下が顕著に生じる左脚では、より大きな力積を獲得するために、支持時間を長くしていた可能性も考えられた。その結果として、左脚ステップ長では直走路と差異が生じなかったと推察された。

また、前述したように、曲走路では最高疾走速度の獲得が困難であったため、結果として最大下の速度での走行となり、100m 走後半で生じる疾走速度の通減に影響を及ぼしたと考えられた。すなわち、最大疾走速度を獲

得する中間疾走局面における走動作が制限されたことによって、疾走速度通減率が影響を受けた可能性がある。また、本研究では、曲走路における左脚のステップ頻度は直走路より低く、100m 後半にかけての変化も小さかった。この結果から、曲走路において疾走速度が維持された要因として、100m 後半で左脚のステップ頻度の通減が生じなかったことが影響している可能性があるという推察された。

曲走路では直走路と比較して、左脚では支持時間の延長によるステップ頻度の低下、右脚ではステップ長の減少と滞空時間の短縮が見られ、その差異が左右脚で異なっていた。疾走速度には動作的要因だけでなく、形態および筋力といった他の要因も影響を及ぼす。今後の課題として、走者の身体的特性が曲走路における疾走速度にどのような影響を及ぼすかについて検討する余地があると考えられる。

本研究の結果より、直走路よりも曲走路において 100m 所要時間が増大する要因は、20m 以降の疾走速度の低下であることが明らかとなった。また、曲走路では、右脚のステップ長および滞空時間の減少、左脚の支持時間の延長が加速局面の疾走速度のパターンに影響を及ぼしたと考えられた。また、曲走路において疾走速度が維持された要因として、100m 後半で左脚のステップ頻度の通減が生じなかったことが影響している可能性があるという推察された。

5. 結 語

本研究は、直走路と曲走路において実施した 100m 走中の疾走速度とステップ頻度およびステップ長の変化を比較し、その差異を明らかにすることを目的とした。その結果、以下の知見が得られた。

1. 曲走路では直走路と比較して、所要時間が延長した。その要因として、20m 以降の区間で、曲走路における疾走速度が直走路よりも低いことが影響していた。
2. 曲走路では直走路と比較して、最大疾走速度が低く、後半にかけての速度通減が小さい傾向が見られた。
3. 直走路と曲走路における 100m 走中の疾走速度とステップ頻度およびステップ長の変化は左右脚で異なっていた。直走路と曲走路において、右脚のステップ頻度および左脚のステップ長の変化には違いは見られなかった。一方、曲走路では直走路よりも、右脚のステップ長および滞空時間の低下、左脚のステップ頻度の低下および支持時間の延長が見られ、100m 走中のそれらの変化は小さくなった。

引用・参考文献

阿江通良・鈴木美佐緒・宮西智久・岡田英考・平野敬靖 (1994) 世界一流スプリンターの 100m のレースパ

- 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編. ベースボール・マガジン社, 東京, 15-28.
- Chang YH., Kram R. (2007) Limitations to maximum running speed on flat curves. *The Journal of Experimental Biology* 210: 971-982.
- Churchill SM., Salo AIT., and Trewartha G. (2011) The effect of the bend on technique and performance during maximal speed sprinting. *Portuguese Journal of Sport Sciences*, 11, 471-474.
- Delecluse C., Van CH., Willems E., and Van LM., Diels R., and Goris M. (1995) influence of high-resistance and high-velocity training on sprint performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 27 (8): 1203-9.
- Gajer B., Thepaut-Mathieu C., and Lehenaff D. (1999) Evolution of stride and amplitude during course of the 100m event in athletics. *New Studies in Athletics* 14 (1): 43-50.
- Hamill J., Murphy M., and Sussman D. (1987) The Effects of Track Turns on Lower Extremity Function. *International Journal of Biomechanics* 3: 276-286.
- 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 (3) : 193-205
- 広川龍太郎・松尾彰文・柳谷登志雄・土江寛裕・杉田正明 (2010) 男子 100m 決勝進出者 5 名の予選から決勝におけるレースパターン分析. 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術, 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書, 18-23.
- 広野泰子・湯田 淳 (2014) 大学女子短距離競技者におけるカーブ疾走動作のキネマティクスの特徴: 支持期における左右差に着目して. *陸上競技研究* 10-19.
- Hunter JP, Marshall RN, McNair PJ. (2004) Interaction of step length and step rate during sprint running. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 36 (2): 261-271.
- 石村和博・桜井伸二 (2011) 陸上競技場曲走路における最大努力走時の接地期の左右比較. *中京大学体育学論叢* 52 (1) : 7-12.
- 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.
- Mackala K (2007) Optimisation of performance through kinematic analysis of the different phases of the 100 metres. *N Stud Athletics* 22: 7-16
- 松尾彰文・広川龍太郎・柳谷登志雄・土江寛裕・杉田正明 (2008) 男女 100m レースのスピード変化. *バイオメカニクス研究* 12 (2) : 74-83.
- Ryan GJ. and Harrison AJ. (2003) Technical adaptations of competitive sprinters induced by bend running. *New Studies in Athletics* 18: 57-67.
- Smith N., Dyson R., Hale T. and Janaway L. (2006) Contributions of the inside and outside leg to maintenance of curvilinear motion on a natural turf surface. *Gait & Posture*, 24, 453-458.
- Stoner LJ and Ben-Sira D. (1979) Sprinting on the curve. *Science in Athletics*, 167-173
- 土江寛裕・小林 海・持田 尚・杉田正明・柳谷登志雄・広川龍太郎・松尾彰文 (2010) 世界選手権 Osaka 2007 における男子 200m の走速度およびステップ頻度・ステップ長の分析. *陸上競技研究紀要* 6 : 72-84.
- Tukuafu J. and Hunter I. (2010) The effects of indoor track curve radius on sprint speed and ground reaction forces. *Conference Proceedings of the Annual Meeting of the American Society of Biomechanics*, 936-937.
- Weyand PG., Sternlight DB., Bellizzi MJ., and Wright S. (2000) Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *Journal of Applied Physiology* 89: 1991-9.

東京オリンピックを成功へ導くためのトレーニング学的戦略 —年間トレーニングのピリオダイゼーションとオリンピックサイクルを考える—

青山 亜紀（青山学院大学非常勤講師）

1. はじめに

現代の競技スポーツでは、4年に一度開催されるオリンピックでの成功は、ほかのさまざまな試合における結果とは比較にならないほど、社会的・政治的価値および意義が大きくなっている。また、トップアスリートの競技キャリアは著しく長くなり、複数回のオリンピックに出場するアスリートも珍しいことではなくなった（Платонов, 2013）。このような状況から、トップアスリートのトレーニング構造を年間単位で検討するだけではなく、オリンピックが終了した瞬間から次のオリンピックまでの4年間をひとつのサイクルとし、次のオリンピックに向けての合理的なトレーニングが実施できるよう、長期的なサイクルでトレーニング構造を組織する必要性が益々増加している（Платонов, 2013）。プラトノフ（2013）は、さまざまな競技レベルや発育発達段階によって、オリンピックサイクルの戦略的方向性が大きく変化すると述べている。つまり、個々の状況に適したオリンピックサイクルを検討するためには、各自が目指す戦略的方向性を見極めたうえで、オリンピックサイクルの各年度に最適な年間トレーニングのピリオダイゼーションを選択する必要性が生じることになる。

現在、年間トレーニングのピリオダイゼーション理論においては、競技スポーツの現状に即した新たな理論が提示されるようになってきた（青山, 2014, 2015）。そのなかで、ウラジミール・イスリン（Issurin, V）のブロック・ピリオダイゼーション理論は、伝統的なピリオダイゼーション理論に内在する問題を克服するために開発された（Issurin, 2008a, 2008b, 2010）ものである。また、マトヴェイエフ理論をベースに現代の競技スポーツの状況に適応するようにアレンジした方法が、プラトノフのマルチサイクルのピリオダイゼーション理論（Платонов, 2009, 2013）である。それぞれのピリオダイゼーション理論は、『何に基づいて期分けを行うのか』という本質的な問題によって、それぞれに異なる特性を有している。そのため、それぞれのピリオダイゼーション理論に関する深い理解がないと、各自に適した戦略的方向性に応じたオリンピックサイクルの完成は困難となる。したがって本論では、新たに開発された①イスリンのブロック・ピリオダイゼーション理論、②プラトノフのマルチサイクルのピリオダイゼーション理論について紹介し、オ

リンピックサイクルでの適用における方法論的可能性について検討する。

2016年はオリンピックイヤーである。今年開催されるリオデジャネイロオリンピックが終了した瞬間から、東京オリンピックに向けたトレーニングの新たなオリンピックサイクルが開始される。自国開催となるわが国にとって、非常に重要となるこのオリンピックサイクルのピリオダイゼーションを検討することは、東京オリンピックを成功へ導くための重要なトレーニング学的戦略のひとつとなりえるのではないだろうか。オリンピックサイクルのピリオダイゼーション、そして年間トレーニングのピリオダイゼーション、両者の理論を検討することにより、多くのトップアスリートおよびコーチたちが各自の状況を踏まえながら、東京オリンピックへ向けた最適なオリンピックサイクルを検討するための契機となることを願いたい。

2. イスリンのブロック・ピリオダイゼーション理論について

イスリンのブロック・ピリオダイゼーション理論を一言で表現するならば、『目標とする複数の試合に焦点を当てたスポーツトレーニングの周期的構造化』（青山, 2012）ということができる。すなわち、年間を通して行われる複数の試合に対応してのトレーニング構造となる。

その構造は非常にシンプルである。表1に示したように、トレーニング構造の基本単位は、蓄積（Accumulation）、転換（Transmutation）、現実化（Realization）の3つの種類のブロックの組み合わせによる中間的なサイクルである（Issurin, 2008a, 2008b, 2010）。

イスリン（2008）は、ブロック・ピリオダイゼーションを構成する際の一般的なアプローチの特徴を以下のように述べている。

- ①各ブロックの期間は、過度の疲労の蓄積なしに生化学的・形態的に望ましい変化を引き起こすことのできる2～4週間とする。
- ②3つのブロックを連結させることにより、約2か月である1つの『トレーニングステージ』を構成する。
- ③残存トレーニング効果の日数を考慮して、各ブロックにおけるトレーニング要素を決定する（図1）。

表1 “ブロック”の種類 (Issurin, 2008a より作表, 青山, 2014 より引用)

種 類	特 徴
蓄積ブロック (Accumulation)	基礎的な体力的要因 (有酸素性持久力や筋力など) と技術を改善するブロック 比較的量が多く、強度が低いトレーニング負荷を用いる
転換ブロック (Transmutation)	蓄積ブロックにおいて向上した一般的な体力的要因を専門的な競技の準備 (無酸素性 持久力や専門的な筋持久力など) に転換するブロック
現実化ブロック (Realization)	特定の瞬間に最高のコンディションを引き出す (ピーキング) ためのブロック 完全回復、最大スピードや敏捷性の獲得、各種目の専門的な準備などが含まれる

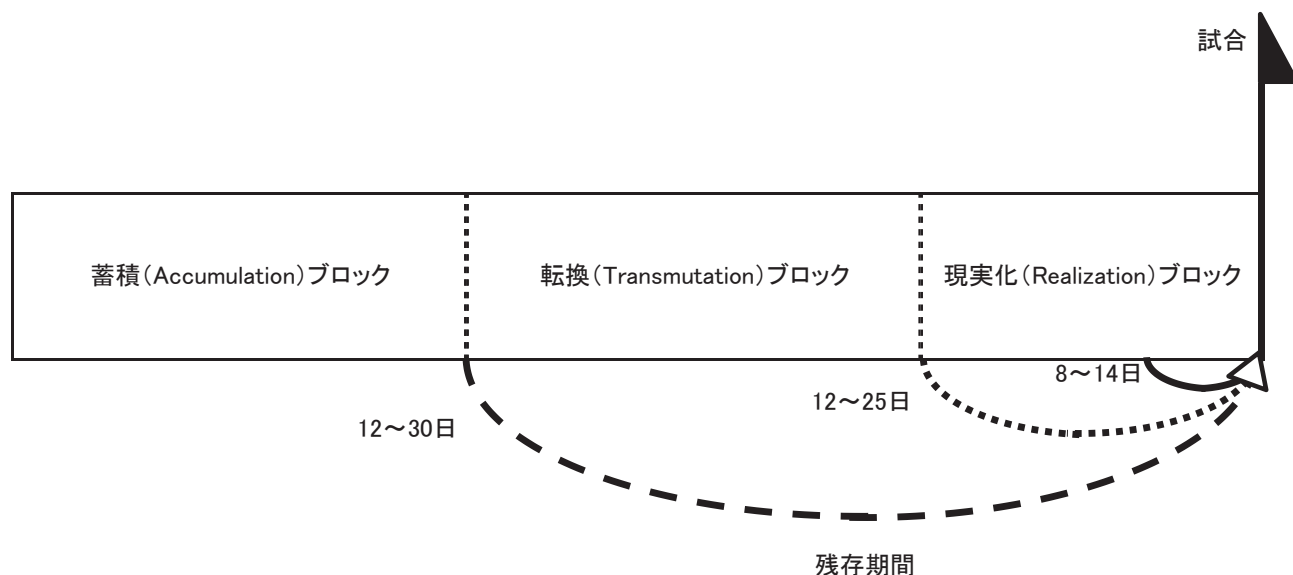


図1 残存トレーニング効果 (Residual training effects) の重ね合わせ (Issurin, 2008a 改変, 青山, 2012 より引用)

④各トレーニングステージの最後に、試合 (テスト試合も含む) を配置し、複数のトレーニングステージの連結により、年間サイクルを構成する。そして、最後のトレーニングステージの終わりに、最重要試合を配置する (図2)。

⑤プレシーズンのトレーニングステージは長くなり (約3か月)、重要な試合が頻繁となるシーズン後半ではそれは短くなる (25日程度)。

⑥年間サイクルにおけるトレーニングステージの総数は、4〜7つまでとなる。

以上のようにイスリンのブロック・ピリオダイゼーション理論は、年間を通して行われる目標とする複数の試合に焦点をあて、それに基づいてトレーニングの周期的構造化を行ったものである。そしてこの理論の特徴は、『残存トレーニング効果』を合理的に利用し、3つの連続的なブロックを構成して、トレーニングステージの最後に配置された目標となる試合において最終的に各運動能力の総合的な向上を目指すもの (Issurin, 2008a, 2008b, 2010) である。

3. プラトノフのマルチサイクルのピリオダイゼーション理論

プラトノフのマルチサイクルのピリオダイゼーショ

ン理論を一言で表現するならば、『スポーツフォーム形成に関わる法則と、試合に向けた直接準備の原則に基づいたスポーツトレーニングの周期的構造化』ということができる (Платонов, 2009)。

『スポーツトレーニングの各マクロサイクルにおいて合理的なトレーニングを行い、最高の記録を出し得る程度に身につけた、アスリートの身体的・技術的・精神的・戦術的要素が包括された、総合的な最高の準備状態』と定義された『スポーツフォーム』 (マトヴェイエフ, 1981, 1985) は、良い記録 (パフォーマンス) を生み出す母体である。したがって、アスリートが優れた競技パフォーマンスを発揮するためにはこの『スポーツフォーム』を獲得する必要がある。

試合において最高のパフォーマンスを発揮するためには、以下の二つのプロセスを経過しなければならない。またこれらの二つのプロセスは、相互に関連しているものの、それと同時に個々に経過してゆくプロセスでもある。

一つ目は、『スポーツフォーム』の『土台』となる部分、すなわちアスリートの準備の基礎的・専門的要素の長期にわたる形成プロセスである。この部分は主にアスリートの『準備度合い』または『鍛錬度』などに関わり、非常に安定的で、一旦形成されると急激に変動しない性質

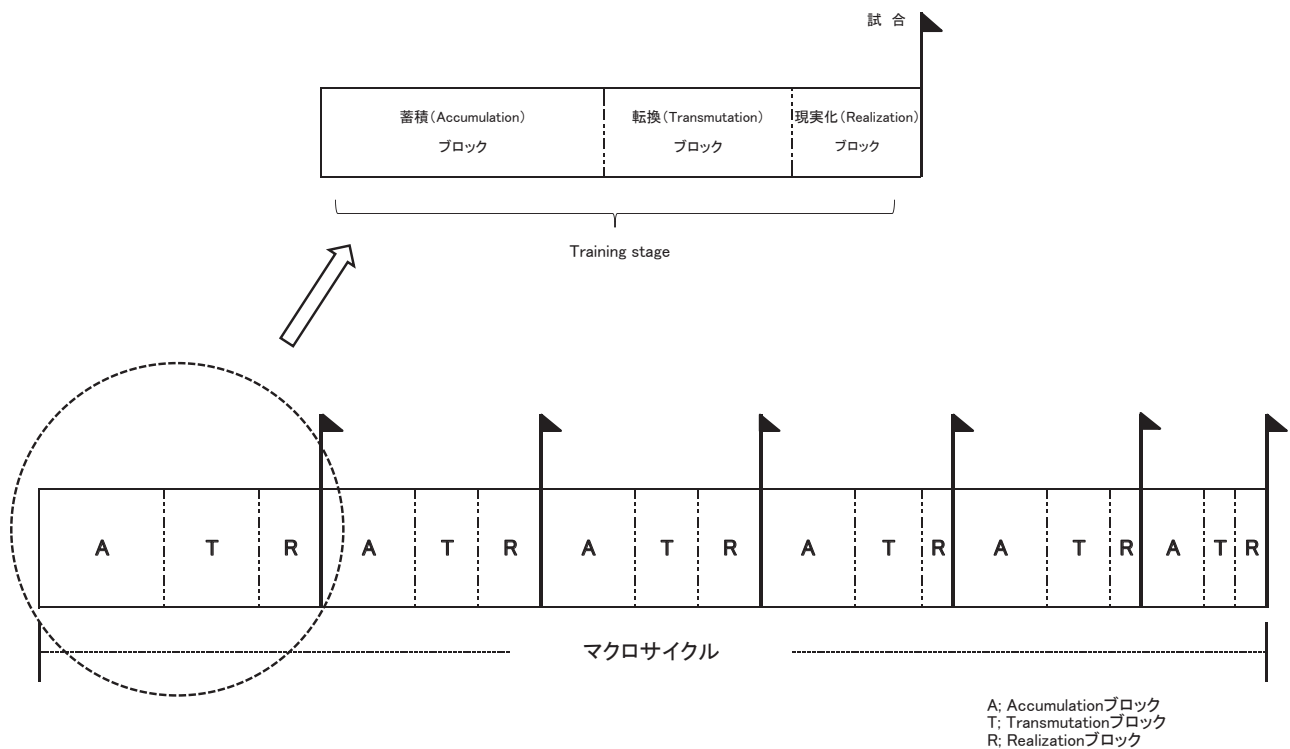


図2 ブロック・ピリオダイゼーションの構造の模式図 (Issurin, 2008a 改変, 青山, 2012 より引用)

を持つ (Платонов, 2009)。

二つ目は、長期的なプロセスで形成されたアスリートの基礎的・専門的要素をベースに、アスリートの準備のさまざまな面 (体力的, 技術的, 精神的, 戦術的) を実際の試合に向けて具体的な状況と有機的に結びつけるプロセスである。これは比較的迅速に形成されるが、さまざまな要因の影響を受けやすく非常に不安定な要素であると考えられている。特に重要な試合の前の『直接準備』段階は非常に重要なプロセスであり、試合に向けての完全回復やトレーニングの遅延効果を引き出す生体の条件を整えるだけでなく、試合に向けてアスリートの準備のすべての要素を総合的にまとめ上げる複雑なプロセスとなる (Платонов, 2013)。

一つ目のプロセスを完璧にこなし、アスリートの『準備度合い』のレベルがどんなに高いものであっても、二つ目のプロセスをうまく経過しないと『スポーツフォーム』は形成されず、結果として最高のパフォーマンスを発揮することは不可能となる。また同様に、一つ目のプロセスが不完全のまま二つ目のプロセスを経過しても、試合でのパフォーマンスレベルが伸び悩む可能性が否めない。

プラトノフ (2009) は、最高のパフォーマンスを発揮するためのこれら二つのプロセスに基づいて、現代の競技スポーツの実情から生み出される要求を満たすための新たなトレーニング構造を作り出すことが可能であると述べている。具体的には、オリンピックや世界選手権

等、年間の最重要試合で最高のパフォーマンスを発揮するために、基礎的・専門的要素の『準備度合い』を長年にわたり計画的に形成する。それと並行して、年間にわたって開催される各試合に出場することを可能にするため、試合ごとに『直接準備』の原則に基づいたマクロサイクルの特徴をもつ特殊なトレーニング構造を年間数回配置するというトレーニング構造となる (Платонов, 2009)。

このトレーニング構造の機能的な面での最大の特徴は、さまざまなトレーニング要素を、連続的・同時進行的に形成することである。これにより、一般的トレーニングと専門的トレーニングをうまく結合させること、そしてトレーニングを構成している一部要素を形成するための個別的効果を、総合的なまとまりとして完成するようによりよくつなげていくことが可能となる。

以上のように、プラトノフによるマルチサイクルのピリオダイゼーション理論は、シングル・ダブルサイクルのトレーニング構造を基本とした伝統的なピリオダイゼーション理論でのスポーツフォーム形成に関わる法則性を守りつつ、年間にわたり独立したマクロサイクルを複数配置するものであるが、以下のように、伝統的な方法であるシングル・ダブルサイクルの年間トレーニング構造から本質的に異なる原則についても述べられている (Платонов, 2009)。

① トップアスリートのトレーニングシステムから、一般的準備の性質を有するトレーニングを排除する。

- ②トレーニングの基盤となる構成要素（期、段階、メゾサイクル）内に、試合活動の構造と有機的にかかわっているスキルや能力の発達を直接的または間接的に促すような課業を配置する。
- ③年間トレーニングプロセス全体の戦略的方向性は、専門的準備の基盤を造る一部のメゾサイクルを除き、さまざまな運動の質、技術―戦術的能力、精神面の質を向上させること、それと同時に、それら要素の総合的なまとまりを創り上げていくことができるような広範囲にわたる応用能力の要求である。
- ④マクロサイクルの一部構造（期、段階、メゾサイクル）において、適応状態を飛躍的に引き起こすために、トレーニングの重要な要素に対して単一的な方向性の負荷を集中的に与える。このことは、総合的性質の効果的トレーニングと有機的に結びつく。
- ④回復・レクリエーション的性質をもつ構造の期間と内容（回復ミクロサイクル、移行期）は、到達した『準備度合い』のレベルを決定づけている要素全体において、脱適応プロセスが著しく進行することがないようにする。

このような原則に従うことにより、さまざまなバリエーションの年間トレーニング構造を実現することが可能と考えられている。

4. ブロック・ピリオダイゼーション理論 VS マルチサイクルのピリオダイゼーション理論

前述した二つのピリオダイゼーション理論は、どちらも現代の競技スポーツの実情から生み出される要求を満たすために開発されたものであるため、両者の共通点は、複数の試合に参加することが可能なトレーニング構造で

あるといえる。したがって、これら二つの方法は一見すると非常に似通った方法であると思われるが、実際には、両者には根本的な違いが存在するのである。

ブロック・ピリオダイゼーション理論は、年間を通して開催される複数の試合ごとにトレーニングステージという短期的プロセスを繰り返すトレーニング構造であった（Issurin, 2008a, 2008b, 2010）。一方、マルチサイクルのピリオダイゼーション理論は、アスリートの準備の基礎的・専門的要素の長期にわたるスポーツフォーム形成に関わるプロセスをベースに、アスリートの準備のさまざまな面（体力的、技術的、精神的、戦術的）を実際の試合に向けて具体的な状況と有機的に結びつけるプロセスを経過することが基本となるトレーニング構造であった（Платонов, 2009）。すなわち、マルチサイクルのピリオダイゼーション理論は、伝統的なピリオダイゼーション理論の主要概念である『スポーツフォーム』を主軸に構成されたものであるといえる。

図3に示したようにマトヴェイエフ（2003）は、1つのマクロサイクル中における複数のピークの達成を、『疑似スポーツフォーム』という現象としてとらえ以下のような見解を示している。『疑似スポーツフォーム』は『スポーツフォーム』の形成構造と異なり、アスリートの準備状態が最大下レベルで繰り返し更新されていくものであるという点で、『スポーツフォーム』とは大きく異なる。したがって、『疑似スポーツフォーム』を獲得したアスリートの達成可能なパフォーマンスのレベルは、『スポーツフォーム』獲得しているアスリートの場合より、はるかに下回ることとなる。」このような点から、複数の試合ごとに短期的プロセスを繰り返すブロック・ピリオダイゼーション理論では、年間を通して複数のピーク達成が可能であることから、シーズンを通して複数の試合に

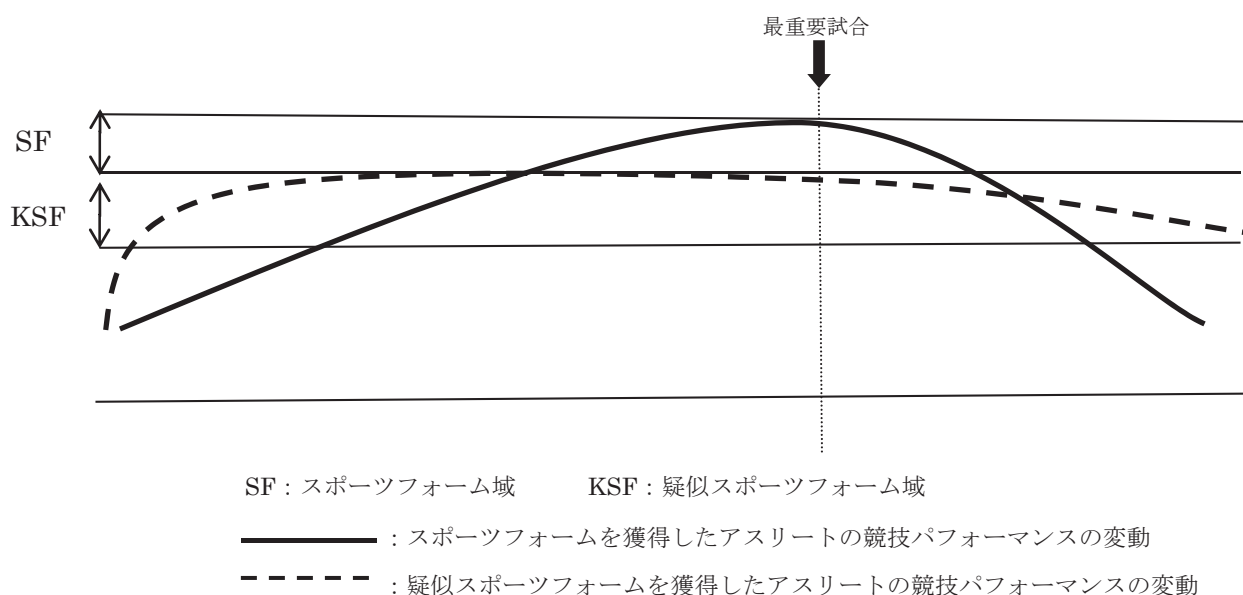


図3 競技パフォーマンスの変動とスポーツフォーム域と疑似スポーツフォーム域との関係の模式図

参加をする必要性のある種目で適用することは、効果的である可能性が高い。しかし、そのパフォーマンスのレベルは『疑似スポーツフォーム』の範囲内にとどまることとなり、年間の最後のトレーニングステージの終わりに配置される主要試合や、競技的発達過程の高次活動期間の初期の段階にある（村木，1994）若いアスリートに適用することは、アスリートのさまざまな能力を長期的・継続的に発達させるというトレーニングの一般原理の見地から推奨できない（青山，2012，2013）。一方、主要試合に向けて長期的なプロセスを経過し、真の『スポーツフォーム』を形成した場合は、高いレベルのパフォーマンスを達成することが期待できることになる。したがって、マルチサイクルのピリオダイゼーション理論では、複数の試合に参加をしつつも、年間の主要試合でのパフォーマンスレベルを高くできる可能性がある。

しかしプラトノフ（2009）は、年間におけるトレーニングのマクロサイクルの数と、それに伴う試合数は、主要試合で最高のパフォーマンスを達成する確率と反比例すると指摘し、オリンピックサイクルの最終年にマルチサイクルのピリオダイゼーションを選択することは推奨できないとしている。そして表2に示したような、年間トレーニングのピリオダイゼーションのモデルを提唱した。これは、2008年第29回オリンピック大会に向けた準備の最終年に、ウクライナの中距離走（1500m）選手に実際に推奨されたもので、スポーツフォーム形成の基礎的法則性を基盤とした、マルチサイクルの特殊な特徴が付加されるトリプルサイクルの年間トレーニングのピリオダイゼーションとなっている。

5. 終わりに

本論では、オリンピックサイクルのトレーニング構造を合理的に組織するために、有益な情報となり得る新たな年間トレーニングのピリオダイゼーション理論を紹介してきた。しかし、オリンピックサイクルの戦略的方向性は個々のケースによってかなりの相違がみられる可能性が高く、必然的に、各年度の年間トレーニングのピリオダイゼーションの選択は、十分な検討が必要となる。各理論の特徴を理解することにより、年間トレーニングのピリオダイゼーション理論を単独で適用するだけでなく、各自の状況に応じて『部分的な適用』あるいは『他の方法との組み合わせ』なども視野に入れた方法論的可能性が広がることになるだろう。

文献

- 青山亜紀（2012）ブロック・ピリオダイゼーションとは何か。陸上競技学会誌，10（1）：36-43。
 青山亜紀（2013）トップアスリートの試合に向けた準備システムを考えるーブロック・ピリオダイゼーションとはー。陸上競技研究紀要，9：27-31。
 青山亜紀（2014）トップアスリートとコーチのための“ブロック・ピリオダイゼーション”のモデルプラン。陸上競技学会誌，12（1）：98-103。
 青山亜紀（2015）最重要試合での達成力形成における今日の課題。陸上競技学会誌，13（1）：53-62。
 Issurin, V. (2008a) Block periodization versus traditional theory : a review. Journal of Sports Medicine and

表2 中距離走（1500m）選手のためのオリンピックサイクル最終年の年間トレーニングのピリオダイゼーションモデル（各マクロサイクルのトレーニング要素の割合）（Платонов, 2013より作表）

	第1マクロサイクル	第2マクロサイクル	第3マクロサイクル
期 間	2007年10月5日～ 2008年3月2日	2008年3月3日～ 6月22日	2008年6月23日～ 8月23日
日 数	150日	112日	61日
総トレーニング時間	660時間	500時間	240時間
総トレーニング課業数	276課業	200課業	90課業
各トレーニング要素の総時間数 （ ）内はその割合			
1 基礎的筋力とスピード筋力	70時間（10.6%）	25時間（5.0%）	13時間（5.4%）
2 柔軟性と調整能力の向上	70時間（10.6%）	25時間（5.0%）	10時間（4.2%）
3 有酸素エネルギー供給システム能力の向上	200時間（30.3%）	115時間（23.0%）	40時間（16.7%）
4 乳酸性無酸素性エネルギー供給システム能力の向上	50時間（7.6%）	35時間（7.0%）	14時間（5.8%）
5 非乳酸性エネルギー供給システム能力の向上	25時間（3.8%）	25時間（5.0%）	8時間（3.3%）
6 補償一回復	60時間（9.0%）	50時間（10%）	30時間（12.5%）
7 専門的スピードとスピード筋力のトレーニング スピード持久力の発達	45時間（6.8%）	45時間（9.0%）	24時間（10.0%）
8 専門的持久力の発達	60時間（9.1%）	70時間（14.0%）	40時間（16.7%）
9 総合的トレーニングと試合形式のトレーニング	30時間（4.5%）	50時間（10%）	31時間（12.9%）
10 レクリエーション的回復方法	50時間（7.6%）	60時間（12.0%）	30時間（12.5%）

- Physical Fitness, 48 (1) : 65-75.
- Issurin, V. (2008b) Block periodization Breakthrough in Sports Training, Ultimate Athlete Concepts, 1-32,37-72, 78-123.
- Issurin, V. (2010) New Horizons for the Methodology and Physiology of Training Periodization. Sports Medicine, 40 (3) : 189-206.
- MATWEJEW, L.P. (1981) Grundlagen des Sportlichen Trainings. Sportverlag Berlin, pp. 220-241.
- マトヴェイエフ：江上修代訳（1985）ソビエトスポーツトレーニングの原理. 白帝社：東京, pp.316-345.
- マトヴェイエフ：渡邊謙監訳・魚住廣信訳（2003）スポーツ競技学. ナッブ：東京, pp.260-265.
- 村木征人（1994）スポーツトレーニング理論. ブックハウスHD：東京, pp.39-49.
- Платонов, В.Н. (2009) Теория периодизации спортивной тренировки в течение года: история, вопроса, состояние, дискуссии, пути модернизации. Теория и практика физической культуры. 9:18-34.
- Платонов, В.Н. (2013) Периодизация спортивной тренировки. Общая теория и её практическое применение. Олимпийская литература. : Киев, pp.247-251.
-

コーチの資質・能力の向上に関する政策動向： 東京オリンピックの強化へと関連づけて

尾縣 貢（筑波大学体育系／公益財団法人日本陸上競技連盟）

1. はじめに

「人間力なくして、競技力の向上なし」これは、2014年ソチ・オリンピック日本選手団のスローガンである。このスローガンは、今年のリオデジャネイロ・オリンピックに引き継がれ、人間力と競技力の向上を合い言葉に日本オリンピック委員会の強化活動が推進されている。

人間力が求められるのは、アスリートのみではない。アスリートを育成・強化していくコーチには、さらに高い人間力が必要とされる。2020東京オリンピック・パラリンピックという世紀の大イベントに向かっている日本のスポーツ界には、優れたコーチが必要とされ、その育成にはこれまで以上の力が注がれるべきである。優れたコーチの育成は、アスリートの強化育成に対してのみ有効に作用するものではなく、現在、国際的な問題となっているドーピングを根絶することにもつながる。また、競技団体のガバナンスの強化やコンプライアンスの遵守などの取り組みを推進する競技団体の運営の担い手を育成することにも相成る。すなわち、2020年に向けて強く求められているスポーツ・インテグリティの強化をスポーツの現場レベルから推進することにつながるのである。

本稿では、わが国のコーチおよびコーチ育成の現状と課題を踏まえた上で、コーチの資質能力の向上に関する政策動向を紹介しつつ、陸上競技界として進むべき方向について論じたい。

2. わが国のスポーツ界の現状と課題および政策動向

(1) 史上最大の危機に陥った我が国のスポーツ界

2012年あたりから高校運動部における体罰、柔道女子日本代表チームにおける暴力行使などの問題が次々と明るみになり、スポーツ現場における暴力が重大な社会問題にまで発展した。2013年2月5日、下村博文文部科学大臣は、この状況を「国のスポーツ史上最大の危機」とであると憂い、「スポーツ指導における暴力根絶へ向けてのメッセージ」を広く国民に対して発信をした（文部科学省、2013a）。ここでは、「暴力を根絶すること」「新しい時代に相応しいスポーツの指導法を確立すること」を強く訴えた。

教育再生実行会議の第一次提言では、運動部活動指導

のガイドラインの作成が述べられ、「運動部活動の在り方に関する調査研究協力者会議」が設置された。2013年5月27日に「運動部活動での指導のガイドライン」（文部科学省、2013b）が発表され、「運動部指導での体罰の根絶」「運動部の指導者の支援」が目指された。

また、同時に、「スポーツ指導者の資質能力向上のための有識者会議（タスクフォース）」が設置され、「新しい時代にふさわしいコーチング」についての論議がなされた。なお、この有識者会議では、競技者やチームを育成し目標達成のための最大限のサポート活動を「コーチング」、全ての競技者やチームに対してコーチングを行う人材を「コーチ」という定義がなされたので、本稿でもそれに従って用語を統一する。このタスクフォースでは、2013年7月に「私たちは未来から『スポーツ』託されている――新しい時代にふさわしいコーチング――」をスローガンとした報告書を公表した。表1は、その報告書のアウトラインを示したものである（文部科学省、2013c）。この中で、コーチングに「社会の目」やグローバルな動向を反映させる仕組みを検討するため、国、独法、スポーツ団体、大学等による「コーチング推進コンソーシアム」の設置を提案した。この提案を受けて、2014年に設置されたコンソーシアムでは、「最適なコーチングを行うために必要な知識・技能の明確化とその活用を図るための方策としてのコアカリキュラムの作成」「アスリート・アントラージュが連携したコーチング環境改善」を課題としてあげた。

これらの課題を達成するために、以下の3事業が採択され、オールジャパン体制でコーチの育成、コーチング環境の改善に取り組むことになった。

- ① International Council for Coach Education (ICCE) との連携のもとに、スポーツ分野におけるコーチやコーチングの国際的な動向の把握および評価の方法や指標の開発を行う。（担当：独立行政法人日本スポーツ振興センター）
- ② コーチ育成のための「モデル・コア・カリキュラム」の作成を行う。（担当：公益財団法人日本体育協会）
- ③ 「アスリート・アントラージュ」の連携協力の推進に取り組む。（担当：公益財団法人日本オリンピック委員会）

また、2015年3月には「新しい時代にふさわしいコー

表1 スポーツ指導者の資質能力向上のための有識者会議の報告書のアウトライン

新しい時代にふさわしいコーチング及びコーチ ○スポーツにおけるコーチング及びコーチとは何か ○スポーツを取り巻く環境の変化 ○新しい時代にふさわしいコーチング及びコーチ コーチング及びコーチの現状と課題 ○コーチングの現状と課題 ◇社会及び世界の中のコーチング ◇コーチングに必要な知識・技能 ◇子供に対するコーチング ◇コーチングの環境 ○コーチの現状と課題 ◇コーチの質の保証 ◇コーチの継続的かつ競技横断的な学習 ◇コーチの有効な活用 ◇グローバル化への対応 新時代にふさわしいコーチング及びコーチの確立に向けて ○コーチングの改善方策 ◇コーチングに「社会の目」やグローバルな動向を反映させる仕組み ◇最適なコーチングを行うために必要な知識・技能の明確化とその活用を図るための方策 ◇子供の発達段階に応じ長期的な視野をもったコーチングの実現方策 ◇コーチング環境のオープン化 ○コーチの資質能力向上方策 ◇コーチの質の保証を図るためのスキーム ◇コーチの継続的かつ競技横断的な学習のための方法・体制の開発・整備 ◇コーチの活用のための方策 ◇スポーツにおけるグローバル人材の輩出

コーチング確立に向けて ～グッドコーチに向けた『7つの提言』(文部科学省, 2015) がコーチング推進コンソーシアムから発表された(表2)。これら7つの提言をコンソーシアムの構成団体を通じて、広く関係者に呼びかけ、コーチング環境の改善・充実を図っていこうという試みである。

(2) スポーツ基本法におけるコーチ育成の扱い

第177回国会にてスポーツ基本法(文部科学省, 2012a) が成立し、2011年6月24日に公布され、同年8月24日から施行された。この法は、1961年制定のスポーツ振興法を50年ぶりに全面改正し、スポーツの基本理念を定めるとともに、国及び地方公共団体の責務およびス

ポーツ団体の努力等を明らかにし、スポーツに関する施策の基本となる事項を定めたものである。この法には、コーチおよびコーチ育成に関しても定められている(表3)。そして、スポーツ基本法に基づき、スポーツに関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るために定められたのがスポーツ基本計画(文部科学省, 2012b)である。すなわち、スポーツ基本計画は、スポーツ基本法の理念を具体化し、国、地方公共団体及びスポーツ団体等の関係者が施策を推進していくための重要な指針を示したものであると言える。スポーツ界の一連の不祥事が明るみになった後に展開された施策は、スポーツ基本計画に謳われているコーチ育成に関連する主たる具体的施策を実

表2 グッドコーチに向けた「7つの提言」

グッドコーチに向けた「7つの提言」 新しい時代にふさわしいコーチングの確立に向けて 1 暴力やあらゆるハラスメントの根絶に全力を尽くしましょう。 2 自らの「人間力」を高めましょう。 3 常に学び続けましょう。 4 プレーヤーのことを最優先に考えましょう。 5 自立したプレーヤーを育てましょう。 6 社会に開かれたコーチングに努めましょう。 7 コーチの社会的信頼を高めましょう。 (2015年3月13日 コーチング推進コンソーシアム)

表3 スポーツ基本法におけるスポーツ人材育成に関する記述の抜粋

第三章 基本的施策

第一節 スポーツの推進のための基礎的条件の整備等

（指導者等の養成等）**第十一条** 国及び地方公共団体は、スポーツの指導者その他スポーツの推進に寄与する人材（以下「指導者等」という。）の養成及び資質の向上並びにその活用のため、系統的な養成システムの開発又は利用への支援、研究集会又は講習会（以下「研究集会等」という。）の開催その他の必要な施策を講ずるよう努めなければならない。

（学校における体育の充実）**第十七条** 国及び地方公共団体は、学校における体育が青少年の心身の健全な発達に資するものであり、かつ、スポーツに関する技能及び生涯にわたってスポーツに親しむ態度を養う上で重要な役割を果たすものであることに鑑み、・・・・・・地域におけるスポーツの指導者等の活用その他の必要な施策を講ずるよう努めなければならない。

第三節 競技水準の向上等

（優秀なスポーツ選手の育成等）

第二十五条 2 国は、優秀なスポーツ選手及び指導者等が、生涯にわたりその有する能力を幅広く社会に生かすことができるよう、社会の各分野で活躍できる知識及び技能の習得に対する支援並びに活躍できる環境の整備の促進その他の必要な施策を講ずるものとする。

施に移したものであることがわかる。すなわち、国は、既に新しい時代のスポーツを構築するためのスポーツ法を整備していたが、それらの実施のスタートは、一連の不祥事に対する危機感が引き金になったと言える。これは、「スポーツ界史上最大の危機」が「スポーツ界の抜本改革をスタートする好機」に転じたことを意味する。

(3) わが国のスポーツを支えている学校の運動部活動

多くのスポーツ競技における普及・育成・強化は、中学校および高等学校の運動部活動に支えられているというのがわが国の現状である。文部科学省が1995年から地域コミュニティとしてのスポーツクラブづくりに向けたモデル事業として始めた「総合型地域スポーツクラブ育成モデル事業」を展開する中で、学校運動部へ依存している中・高校生のスポーツ活動を、ヨーロッパ型を目指し、地域スポーツクラブに移行していこうとする試みも見られた。しかしながら、2008年公示の中学校学習指導要領解説および2009年公示の高等学校学習指導要領解説の総則に、表4の部活動に関する記述が加えられ、

運動部活動が中学および高等学校の教育で変わらず大きな役割を期待されていることがわかる（文部科学省、2008；文部科学省、2009）。

しかしながら、指導者数の不足が深刻な問題となっており、これが子どもたちの運動部活動を制限する原因の一つとなっているのが現状である。スポーツ基本法では、第11条で「スポーツ指導者等の養成及び資質の向上並びにその活用」、第17条で「学校体育における地域のスポーツ指導者等の活用」が謳われており、国レベルの取り組みが示されている（表3）。また、28年度スポーツ庁事業概算要求予算のスポーツ関連予算（スポーツ庁、2015）では、「運動部活動指導の工夫・改善支援事業」を拡充し、311,449千円が都道府県・市区町村教育委員会、民間団体へ委託される予定である。これは、「スポーツ医・科学等を活用した運動部活動指導体制の構築や、中学校女子のおよそ5分の1が運動をしていない現状に鑑み、女子生徒の参加しやすい運動部活動づくり等の多様な指導内容・方法の工夫改善を推進する。さらに、体系的な

表4 学習指導要領解説における部活動に関する記述

部活動の意義と留意点など（第1章総則第4の2）

生徒の自主的、自発的参加により行なわれる部活動については、スポーツや文化及び科学等に親しませ、学習意欲の向上や責任感、連帯感の涵養などに資するものであり、学校教育の一貫として、教育課程とも関連が図られるよう留意すること。その際、施設や学校の実態に応じ、地域の人々の協力、社会教育施設や社会教育関係団体等との連携などの運営上の工夫を行なうようにすること。

資質向上のための研究協議や研修等の場の整備を行うこと等により、体罰根絶や指導体制の充実を図り指導者の資質向上を推進する」ことをねらいとしている。この予算に加え、新規で「学校・地域スポーツ人材派遣支援事業」として139,724千円が要求されている。これは、都道府県教育委員会へ委託するもので、「学校や地域におけるスポーツ活動を一層活性化させるため、地域の人材や民間企業、大学と連携した推進委員会により、地域における様々なスポーツ活動に関する課題に対応する知・徳・体を集結したスポーツ人材バンクを構築し、学校・地域スポーツソーシャルワーカーを配置する」という内容の事業である。子どものスポーツ活動に対する取り組みを活発化するためには、スポーツ庁、都道府県および市町村の教育委員会、学校現場との連携を進め、さらなる積極的かつ具体的な施策の展開が求められることになる。

3. 東京オリンピック・パラリンピックに向けた日本陸上競技連盟の取り組み

(1) コーチの資質能力向上のための取り組み

日本陸上競技連盟では、コーチングに関わる体罰やパワハラなどの問題を未然に防止したり、起こった問題の解決を図っていくために、事務局に専用の電話回線を設置するとともに、専用メールのフォームを作成した。また、本連盟にコンプライアンス委員会を立ち上げ、その活動を開始した。これらに加え、啓蒙・啓発を進めるために、競技者育成プログラムの改訂版（2015年4月1日発行）（尾縣，2015）には、新たな章として『コーチ

ングにおける体罰、暴力の根絶』を設けたり、本連盟発行の書籍「陸上競技指導教本アンダー16・19基礎から身につく陸上競技」（尾縣，2014）「陸上競技指導教本アンダー16・19レベルアップの陸上競技」（尾縣，2014）に、体罰撲滅に関する記述を加えた。

しかしながら、これらの活動は社会問題化したスポーツ活動における体罰に対する対処療法に過ぎず、そもそもはコーチの資質能力の向上を図ることが、体罰撲滅などの問題解決を推進するだけではなく、長い目で見ると、スポーツ界の改革につながるであろう。そのためには、先述の「グッドコーチに求められる資質能力」を高めることを目指したコーチ教育そのものの見直しが必要である。具体的には、コーチの哲学およびコーチングに対する理念を育てた上で、コーチングの際に必要な人間力を高めていく教育を推進することある。哲学と理念、人間力は、どのレベルのアスリートを対象としたコーチングにおいても必須の要素であり、言わば礎である。この礎の上に、スポーツ医・科学やマネジメントなどの知識、そして根拠に裏付けられた実践経験を積み上げることで、コーチの成長が期待できるのである。理念や哲学、人間力は、全ての種別のコーチに共通して求められるもので、その上に積み上げる専門的知識や経験などはコーチの種別によって、少しずつ異なってくるものである。表5は、「スポーツ指導者の資質能力向上のための有識者会議」が明らかにした種別別コーチが目指すコーチ像であるが、これは、それぞれの種類のコーチに求められるものを示していると言える（文部科学省，2013d）。

本来、哲学、理念、人間力の原型は、アスリート自身

表5 種別毎のコーチに求められるもの

全てのコーチ 社会におけるスポーツそのものの価値や健全性を高めることを忘れずに行動する。人格、主体的な判断や行動、社会の規範を遵守する。
地域スポーツ少年団のコーチ スポーツの楽しさを伝え、発達段階に応じて特定のスポーツ種目に偏らない様々な動きを教えたり、ケガをしにくいトレーニング方法を工夫する。
運動部活動のコーチ 学校教育の一環であることを認識した上で、しっかりとした管理運営体制を構築し、生徒の様々なキャリアや志向などを念頭に教育課程との関係を工夫したり、目先の競技成績にとらわれず、生徒の長期的なスポーツキャリア全体を視野に入れたコーチングをする。
総合型地域スポーツクラブのコーチ 年齢、性別、障害の有無や志向が様々な参加者を対象にコーチングを行なえるよう、指導者資格の取得や研修会やセミナーへの参加を通じて資質能力の維持向上を図ったり、他のクラブチームのコーチと共同して学習を進めるネットワークを作っていく。
ナショナルチームのコーチ 競技者や自身のグローバルな活動を視野にいれ、その社会的影響力から多様な立場にあるコーチのロールモデルとなるよう勤めること、スポーツに関する最新の知見を収集し、国際社会で通用する人間性や言動、コーチングスキルなどを磨いていく。

が中学や高校でのスポーツ活動の中で受けるコーチングの中で自然に形づくられるものである。すなわち、グッドコーチに教わることで、将来コーチとして活動していくための礎も築かれるべきなのである。そして、大学の授業やコーチ養成の研修の場などで専門的にコーチングを学ぶことで、より洗練された、そしてコーチングの場に求められる「倫理観」「人間力」を養成し、より効果的なコーチングを推進する為の「医・科学、マネジメント」などの知識を獲得する。これらの一連のカリキュラムの作成を、先述のように日本体育協会、日本スポーツ振興センターが進めているので、そのカリキュラムと連動させ、本連盟のコーチ養成のあり方も検討していく必要がある。

(2) コーチを増やすことへの取り組み

コーチひとり一人の資質能力の向上を進める方策と同時に、多くのコーチを育成することを推進していくことは重要である。表6は、各競技団体の体育協会公認コーチ、指導員の数を示している（日本体育協会、2015）。陸上競技のコーチ、指導員の数は、サッカー、水泳等に比較すると極めて少ない。陸上競技においては、コーチの質を高めることともに、その数を増やしていく事は急務であることは明白である。日本陸連普及育成委員会では、コーチ育成を重要課題として掲げ、2021年までにコーチを5000人に増やすことを目標に活動を行っている。そして、指導員に日本陸連ジュニアコーチという名称を付与し、小学生や中学生などのグラスルーツの活動

を支えるコーチとしての認定を2012年から始めた。全国小学生陸上競技交流大会の都道府県引率者が満たすべき条件の一つに、この資格を有していることをあげること、そのプレゼンスを高めている。そして、この資格を取得するための講習会の開催については、新たな取り組みを展開している。それぞれの地域で講習会を開催することを勧め、開催にあたっては、開催地助成金の交付、必要に応じた講師派遣を行うというものである。その成果が現れ、2015年は、14箇所で開催され、600名を超えるジュニアコーチが誕生した。もう一つのコーチ資格である公認コーチは、日本体育協会のルールに則り、国体の監督の必要条件としているが、さらなるコーチングのスキルアップを目指したりカレント教育の機会を増やす必要があろう。

(3) ハイパフォーマンスコーチ育成への取り組み

国際競技大会などで活躍をするコーチの養成は、2008年から始まったJOCナショナルコーチアカデミーが担っている。これは、各競技団体から推薦された強化関係者が味の素ナショナルトレーニングセンターで10週間程度（月～木曜日講習）の宿泊研修と修了のための検定を受けるというものである。講習は、コーチング、マネジメント、コミュニケーションの3つの柱からなり、トップアスリートのコーチングやナショナルチームのマネジメントを担当する競技団体スタッフを養成する内容となっている。また、JOC専任スタッフ制度の専任コーチ（有給）として活動するためには、本アカデミーを修了

表6 日本体育協会公認スポーツ指導者登録状況：登録者数上位20団体

2015年10月現在

順位	競技団体	コーチ& 公認コーチ	指導者& 上級指導者	合計
1	サッカー	28,279	5,975	34,254
2	バレーボール	14,061	967	15,028
3	水泳	11,647	3,171	14,818
4	ソフトボール	12,080	258	12,338
5	バスケットボール	7,277	726	8,003
6	弓道	4,641	83	4,724
7	テニス	3,728	526	4,254
8	空手道	2,890	903	3,793
9	スキー	3,879	106	3,985
10	卓球	2,519	610	3,129
11	ソフトテニス	2,808	281	3,089
12	陸上競技	1,865	1,038	2,903
13	バドミントン	2,519	371	2,890
14	山岳	2,232	146	2,378
15	軟式野球	1,732	167	1,899
16	ラグビー	1,005	789	1,794
17	体操	819	948	1,767
18	剣道	1,679	0	1,679
19	ハンドボール	1,050	523	1,573
20	なぎなた	1,016	157	1,173

単位：名

することが条件となっている。

また、日本陸連としても、2020年東京オリンピックに向けたコーチ養成の新たな取り組みを始めた。それは、2020東京オリンピックプロジェクトのミッションの一つである「ハイパフォーマンスコーチ養成」である。これは、JOC ナショナルコーチアカデミーと同様、国際競技大会で活躍できるコーチを養成するものである。具体的な活動は、2016年度から開始される予定であり、東京オリンピックをターゲットとするものであるとともに、育成されたコーチやその制度がオリンピックのレガシーとして残っていくことを期待するものである。

4. おわりに

東京オリンピック・パラリンピック開催決定から2年半の時間が経過した。昨年10月には、スポーツ庁が設置され、東京オリンピック・パラリンピックに向けての種々の活動が加速されている。このようなスポーツ界の激動の中、陸上競技はしっかりとしたコンセプトとプランを持って活動を進めていかなければならない。2020年に至るプロセスで、コーチの育成には最重点課題の一つと位置付けたい。コーチ育成のシステム、そして育成されたコーチは、間違いなく東京オリンピックのレガシーに位置づくことであろう。

文 献

文部科学省 (2008) 中学校学習指導要領解説総則編。
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afiedfile/2011/01/05/1234912_001.pdf, (参照日 2016 年 1 月 14 日)。
文部科学省 (2009) 高等学校保健体育指導要領解説総則。
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afiedfile/2010/12/28/1282000_01.pdf, (参照日 2016 年 1 月 14 日)。
文部科学省 (2012a) スポーツ基本法。 http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/kihonhou/attach/1307658.htm, (参照日 2016 年 1 月 16 日)。
文部科学省 (2012b) スポーツ基本計画。 http://www.mext.go.jp/component/a_menu/sports/detail/_icsFiles/afiedfile/2012/04/02/1319359_3_1.pdf, (参照日 2016 年 1

月 16 日)。

文部科学省 (2013a) スポーツ指導における暴力根絶へ向けて～文部科学大臣メッセージ～。 http://www.mext.go.jp/b_menu/daijin/detail/1330634.htm, (参照日 2016 年 1 月 16 日)。

文部科学省 (2013b) 運動部活動での指導のガイドライン。
<http://www.pref.shiga.lg.jp/edu/sogo/kakuka/ma08/file/tyutairen/files/gaidorain.pdf>, (参照日 2016 年 1 月 18 日)。
文部科学省 (2013c) スポーツ指導者の資質能力向上のための有識者会議 (タスクフォース) 報告書。 http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/sports/017/toushin/_icsFiles/afiedfile/2014/06/12/1337250_01.pdf, (参照日 2016 年 1 月 18 日)。

文部科学省 (2013d) 私たちは未来から「スポーツ」を託されている新しい時代にふさわしいコーチング。学研：東京。

文部科学省 (2015) 新しい時代にふさわしいコーチングの確立に向けて～グッドコーチに向けた「7つの提言」～。 http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/27/03/attach/1355875.htm, (参照日 2016 年 1 月 20 日)

日本体育協会 (2015) 日本体育協会公認スポーツ指導者登録状況。 http://www.japan-sports.or.jp/Portals/0/data/katsudousuishin/doc/20151001_tourokusha_events.pdf, (参照日 2016 年 1 月 23 日)。

尾縣 貢 (2014) 指導におけるコーチ哲学。日本陸上競技陸上競技連盟編, 指導教本アンダー 16・19 基礎から身につく陸上競技。大修館書店：東京, pp.4-5。

尾縣 貢 (2014) コーチングスタイル。日本陸上競技陸上競技連盟編, 陸上競技指導教本アンダー 16・19 レベルアップの陸上競技。大修館書店：東京, pp.116-118。

尾縣 貢 (2015) コーチングにおける体罰, 暴力の根絶。尾縣 貢監修, 競技者育成プログラム。日本陸上競技連盟, pp.77-78。

スポーツ庁 (2015) 平成 28 年度概算要求主要事項＜スポーツ庁＞ http://www.mext.go.jp/component/b_menu/other/_icsFiles/afiedfile/2015/08/27/1361293_1.pdf, (参照日 1 月 20 日)。

投擲競技の安全管理

— 一事故事例の分析から見る問題の所在と対策の方向性 —

大山 卞 圭悟（筑波大学体育系）

はじめに

陸上競技における授業、部活動、競技会いずれにおいても、安全管理の重要性は、種目の如何を問わず、何事にも優先するべきものである。しかしながら投擲競技の実施においては、競技の特殊性から、安全管理については特段の配慮が必要となり、特に労力も大きく気を使うというのが多くの指導者・競技者の印象であろう。その背景には、相当の高いエネルギーを持った物体が、人のコントロールを離れて移動し、一歩間違えば人を傷つける可能性があるという種目特性が影響していると言えるだろう。

陸上競技の中でも特に危険であるとされる投擲競技であるが、少なくとも国内において投擲競技の事故を取り扱い、複数の事例について詳細な分析を行った研究は見当たらない。これまで投擲競技の事故防止についての取り組みに関する先行研究は、ハンマー投げの防護ネットについて、安全確保と競技者の利益との間の軋轢を解消しようとする研究（Umegaki et al., 2009）、競技団体の発行する事故防止のハンドブックやガイドライン（日本陸上競技連盟, 2013；東京都教育委員会, 2008；神奈川県教育委員会, 2009）などが見られるものの、実際に多くの事故事例を網羅的に分析したものは見当たらない。他方、これらの事故防止のための努力が実効を発揮するためにも、理想型としてのガイドラインが形として存在することとともに、投擲競技について、事例の分析に基づいた常に維持すべき安全管理に関する視点の整理が求められている。

そこで本稿では、文献的に存在する近年の統計や報道の情報をもとに、国内の投擲競技における事故の実態を把握し、今後投擲競技の安全管理がいかにあるべきかについての議論が進む足がかりとなる情報を提示する。本稿をもって、決定的な管理基準を提示することは尚早と言わざるを得ないが、範囲は限定的であっても国内の現状把握と問題点の洗い出しによって、今後の活動における安全管理に資する情報を提供することを目的とする。

投擲競技は本当に危険か

陸上競技の中で投擲種目は特に危険とされることが多いが、実際そうなのであろうか。ここでは、他の陸上競技種目と死亡・障害に関わる事故の発生件数を比較する

ことで、各種目の危険度を検討してみたい。過去 10 年間の日本での小中高における陸上競技の授業、部活中に起きた事故の発生数を「学校の管理下の死亡・障害事例と事故防止の留意点」および「学校の管理下の災害」（独立行政法人日本スポーツ振興センターが年度ごとに「死亡見舞金」「障害見舞金」「供花料」を支給した全事例を整理、分類し、統計的に死亡、障害の発生の傾向を示すとともに、発生状況を掲載したもの）に記載された災害共済給付にかかわるデータをもとに整理し、種目ごとの比較を行った。

種目間での比較の結果、死亡事故に関して最も件数が多かったのは長距離（24 件 / 35 件中）であった（図 1）。その内訳を見てみると、半数以上は心血管系の問題によって起こる突然死であった。それに対して投擲競技は熱中症によるもの 1 件であった。障害事故に関して最も多かったのは長距離（27 件 / 104 件中）であり、跳躍（23 件）がそれに続いた（図 2）。一方投擲は 12 件で、短距離よりも少数であった。

以上の結果から、件数に関しては必ずしも投擲競技の事故が、他の種目に比して著しく多いとは言えないということが明らかとなった。しかしながら、この議論において競技人口の考慮は避けては通れない点である。陸上競技の種目別競技人口に関しては、正確な統計が見あらず、競技人口の問題を正確に考慮に入れて事故発生率の分析を行うことは難しい。しかし常識的に考えて部活動における一般的な人員構成や授業で上げられる頻度等を考慮に入れても、長距離に触れる児童生徒の母集団は、少なく見積もっても投擲に関わる者の 10 倍以上と言ってよいであろう。このような背景から、競技人口比を考慮した事故の発生件数から見たとき、投擲競技は事故の発生が相対的に多い種目、危険な種目と見られていると推察される。さらに、投擲物の衝突が、投擲者の技量とともに、競技現場の安全管理体制に特に大きな影響を受けることも、長距離種目に多く見られる突然死に代表される事故死とは異なった受け取られ方をする要因としてあげられる。

国内事故事例とその状況・原因の分析

競技・学校教育の現場において、事故につながるような、あるいは運良く事故を免れた問題は遍在しているも

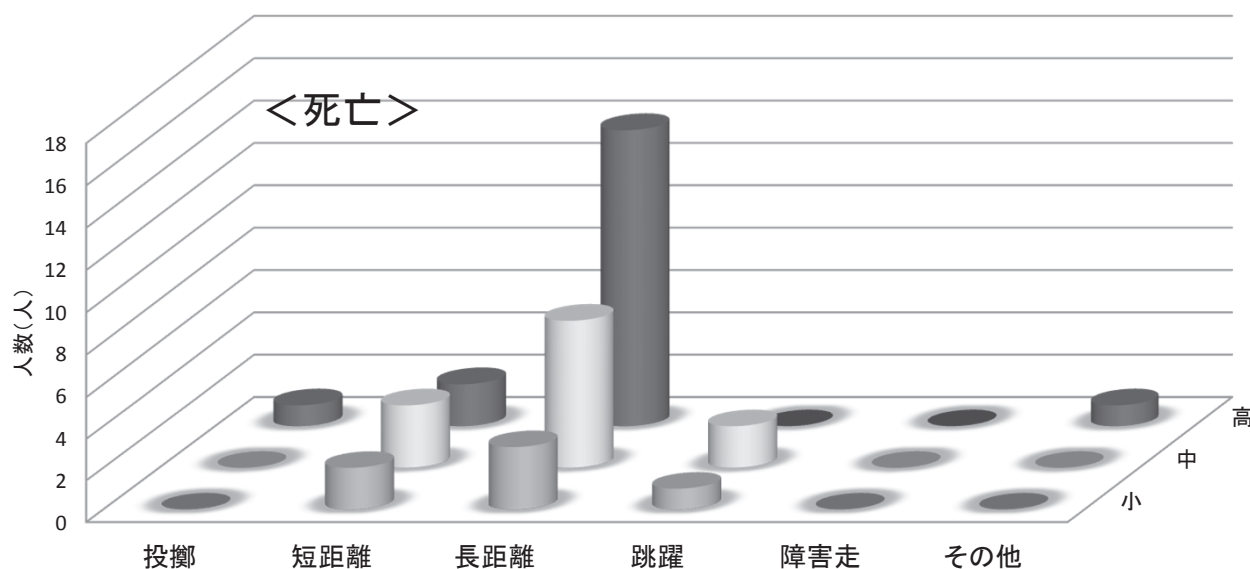


図1. 過去10年間の日本での小中高における陸上競技の授業、部活動中に起きた死亡事故の数
 (「学校の管理下の死亡・障害事例と事故防止の留意点」および「学校の管理下の災害」のデータより作成)

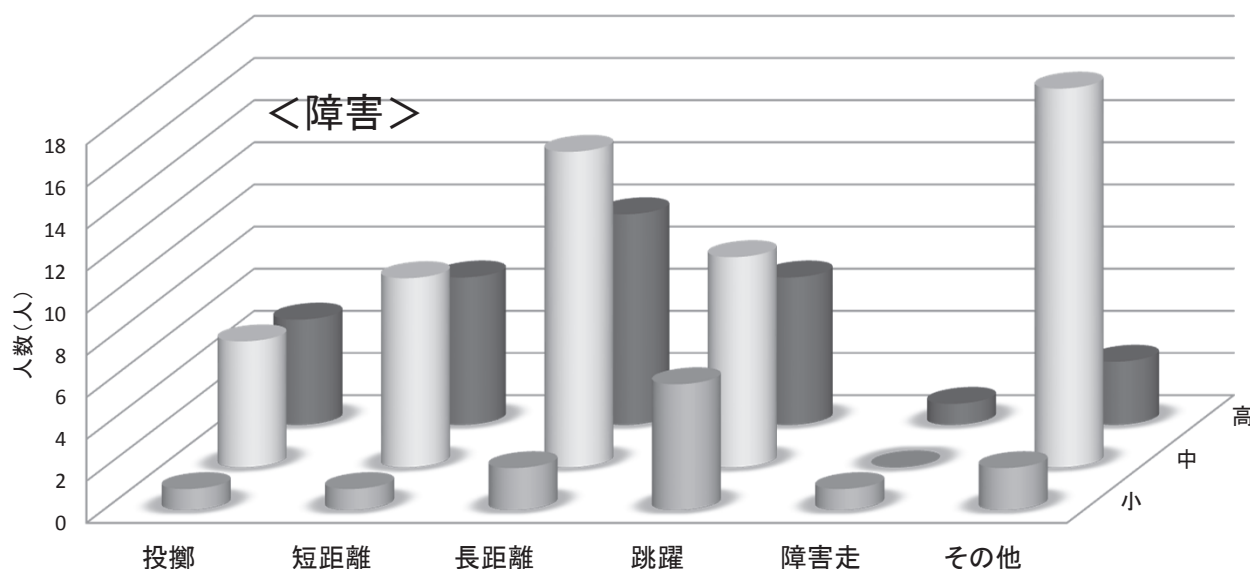


図2. 過去10年間の日本での小中高における陸上競技の授業、部活動中に起きた障害事故の数
 (「学校の管理下の死亡・障害事例と事故防止の留意点」および「学校の管理下の災害」のデータより作成)

のと思われるが、本稿では特に重大事故例を中心に分析し、それを防止する視点から、対策につなげていきたい。

表1は、近年、新聞およびインターネット上に取り上げられた、投擲に関わる事故の記事のうち、比較的事故の状況が詳細に記載されたもの11件をもとに、その内容について分析を行ったものである。表に記載された内容は、報道後のより詳細な検証の結果、現在では報道時点とは事実関係の認識が異なっている可能性があるが、ここでは掲載時点で確認できた内容を記載した。表への記載にあたって、学校名・個人名・自治体名等は削除し、複数の報道内容を統合する等、事故内容の情報を保ったまま必要に応じて編集を行った。状況の分析についても、

記事で得られた情報のみからの状況推察をもとに行う。したがって、本稿における事故内容の記載と問題点の分析は、必ずしも事故そのものの実態を正確に反映したものではない可能性があることを申し添えたい。表中には、事故の状況から、1) 練習・待機場所設定、2) フェンス等の設置、3) 行動手順、4) 安全確認(投げ手)、5) 安全確認(周囲)、6) 投擲の失敗の6つの視点で筆者の判断によって事故につながる問題の所在の可能性を示した。

個々の事故事例を詳しく見てみると、種目は様々であるが、地面に刺さったやりで受傷した例を除いて、直接の事故原因は投擲者の手からエネルギーを持って離れ、

表 1. 近年の国内の投擲事故報道のまとめ

		事実			著者の解釈
	種目	状況	結果	参照記事	問題の所在
事例 1	砲丸 (授業)	中学校の運動場で、体育の授業で砲丸投げの練習をしていた3年生の男子生徒(14)の後頭部に、別の生徒が投げた砲丸(2.72キロ)が直撃した。市教委などによると、授業は2学級の3年生男子36人が12組に分かれ、投げ手側と拾う側が15メートル離れて向き合って2列に並んでいた。重傷の男子生徒は拾う側にいて、大きくそれた隣の組の砲丸を拾うため、約5メートル前に出て、投げ手に背を向ける格好でしゃがんだところ、自分の組の生徒が投げた砲丸が左後頭部に当たったという。	男子生徒は頭の骨が折れる重傷だが意識はあり、命に別条はないという。	朝日新聞 2007.10.2	●練習・待機場所設定 ? フェンス等の設置 ●行動手順 ? 安全確認(投げ手) ▲安全確認(周囲) ? 投擲の失敗
事例 2	砲丸 (部活動)	高校3年の男子生徒(17)の右側頭部に、別の3年の男子生徒(17)が投げた重さ6キロの砲丸が当たった。警察や学校によると、2人は陸上部員。投げ手は「いきます」と掛け声で合図してから投げたが、数メートル離れた位置でその直前に投げられた砲丸の飛距離を計測していた生徒の頭を直撃した。投げ手は投てき姿勢に入って生徒に背を向けており、砲丸が当たった生徒も投げ手に背を向けてしゃがんでいたという。掛け声に気がついた生徒がよけようとしたものの、間に合わなかったとみられる。陸上部は学校横の堤防の空き地を普段から練習に使っており、当時は男子生徒を含め、部員4〜5人が練習していた。学校は春休み中で、陸上部顧問の男性教諭3人のうち2人は学校に来ていたが、いずれも校内におり、練習を監督していなかったという。部員が近くの別の教諭に知らせて救急車を要請した。	生徒は病院に運ばれたが、頭の骨を折る重傷。意識はあり、命に別条はない。	北日本新聞 2013.4.5 日本経済新聞 2013.4.4	●練習・待機場所設定 ? フェンス等の設置 ●行動手順 ▲安全確認(投げ手) ▲安全確認(周囲) ? 投擲の失敗
事例 3	砲丸 (部活動)	中学校のグラウンドで、陸上部の練習中の3年生の男子生徒(14)の右頭部に、2年生の女子生徒(13)が投げた砲丸(直径9センチ、重さ約2.7キロ)が当たった。同市によると、生徒4人が2人ずつペアになって砲丸投げの練習をしていた。男子生徒が練習相手が投げた砲丸を取るため、前屈みになったところ、近くで練習していた別のペアの女子生徒が投げた砲丸が当たったという。男子生徒は約25メートル離れたところで別の競技の指導をしていた女性顧問(35)らに付き添われて病院に向かった。	男子生徒は頭蓋骨を折る重傷を負ったが意識はあり、命に別条はないという。顧問らに付き添われて自力でタクシーに乗り込み、病院に向かった。頭蓋骨骨折のほか硬膜外血腫と診断され、同日夜に手術を行った。	産経 West 2013.5.10	●練習・待機場所設定 ? フェンス等の設置 ●行動手順 ▲安全確認(投げ手) ▲安全確認(周囲) ? 投擲の失敗
事例 4	砲丸 (部活動)	学校のグラウンドで、砲丸投げの練習をしていた中学校陸上部の2年の男子生徒(14)の頭に、別の部員が投げた重さ約5キロの砲丸が当たった。同署と同校によると、男子生徒は部員が投げた1投目の着地点を確認していた際、2投目の砲丸が左の側頭部に当たった。当時は陸上部26人が練習中で、このうちけがをした男子生徒を含む3人は、ほかの部員から離れた場所で砲丸投げを練習していたという。陸上部顧問の教諭2人は校外の大会に出場する他の部員を引率していたため不在で、併設の市立小学校の男性教諭(61)が1人で練習を監督していた。けがをした生徒は直前に自分が投げた砲丸の落下地点を確認中で、投げた生徒は投てき前に声掛けを行ったという。	警察によると、男子生徒は11針を縫って全治1〜2週間のけがだが、命に別条はない。	産経新聞 2014.6.28 京都新聞 2014.6.28	●練習・待機場所設定 ? フェンス等の設置 ●行動手順 ▲安全確認(投げ手) ▲安全確認(周囲) ? 投擲の失敗
事例 5	円盤 (部活動)	手が滑って投げ損ねた鉄製の円盤が、右側方に飛び、約4メートル離れたところで順番待ちしていた別の男子生徒を直撃した。円盤は鉄製で直径約20センチ、重さ約1.5キロで、囲いは設置していなかった。午前8時半ごろから練習を始め、教員2人が立ち会っていた。	生徒は頭蓋骨を骨折。	MSN 産経 2012.8.24	●練習・待機場所設定 ●フェンス等の設置 ? 行動手順 ? 安全確認(投げ手) ? 安全確認(周囲) ●投擲の失敗
事例 6	ハンマー (部活動)	校庭で19日午後、陸上部の3年生の男子生徒(17)の投げたハンマー(重さ約6キロ)が、約40メートル先にいた2年生の男子部員(16)の頭に当たった事故が起きたことが分かった。当時、校庭には顧問教諭と陸上部の投擲(とうてき)部門の生徒4人がおり、教諭は被害生徒の近くにいた。被害生徒もハンマー投げの練習をしており、フェアグラウンド内にいたという。投げる生徒が「ハンマー行きます」と知らせる決まりだったが、教諭はこの声を確認できていないと話している。3年生の男子生徒がハンマーを投げた直後、「危ない」という叫び声を聞いて教諭が振り向いた直後、被害生徒にハンマーが当たったという。	男性顧問教諭(54)が119番通報、生徒は病院に運ばれたが、頭蓋骨(ずがいこつ)骨折と脳挫傷で意識不明の重体。	MSN 産経 2008.4.21	●練習・待機場所設定 ? フェンス等の設置 ? 行動手順 ▲安全確認(投げ手) ▲安全確認(周囲) ? 投擲の失敗
事例 7	ハンマー (部活動)	高校のグラウンドで、陸上部の練習中だった高校1年の男子生徒(15)の後頭部付近に、飛んできたハンマー投げのハンマー(重さ約6キロ)が当たった。警察などによると、別の男子部員がハンマーを投げた際、約10メートル離れたところでハードル走の練習をしていたこの生徒に当たったという。顧問はグラウンドにはいなかったという。警察が詳しい状況を調べている。同校の教頭は「(周囲にハンマーが飛ばないよう)金網を設置するべきだった。金銭的余裕があれば購入していた」と話している。	生徒は病院に運ばれたが軽傷。	日刊スポーツ 2008.6.2	●練習・待機場所設定 ●フェンス等の設置 ? 行動手順 ●安全確認(投げ手) ●安全確認(周囲) △投擲の失敗
事例 8	ハンマー (部活動)	高校で陸上部の部活動中、男子生徒が投げたハンマーが敷地内で取材していたテレビ放送の男性スタッフ(37)を直撃。同校は警察に事故を届け出ておらず、警察が7日に、校長から事情を聴いた。高校によると、午前10時半ごろ、陸上部1年の男子生徒が投げたハンマーがそれ、約20メートル離れた場所で、他のスタッフ2人とともに女子サッカー部の取材をしていた男性スタッフを直撃した。練習には陸上部の男性顧問が立ち会っていたが、ハンマーなどが飛び出すのを防ぐためのケージは設置していなかった。県教育委員会によると、投てき競技の部活動練習中、ケージの設置は義務付けていないという。	男性が右腕を骨折する重傷。	産経新聞 2011.9.8	●練習・待機場所設定 ●フェンス等の設置 ? 練習行動手順 ▲安全確認(投げ手) ▲安全確認(周囲) △投擲の失敗
事例 9	ハンマー (部活動)	陸上部の練習中に、グラウンドのトラックで長距離走後のクールダウンをしていた女子生徒の頭に、約20メートル離れた地点から別の部員が投げたハンマー(4kg)が直撃。投げた地点とトラックの間にはフェンス(高さ約3.1m、幅約9.6m。)があったが、ハンマーはその横を抜けたという。事故当時男性教諭はグラウンドにおり、重傷を負った女子生徒を指導していたという。送検容疑を認めているという。	女子生徒は頭の骨を折るなどの重傷。安全確保に問題があったとして、業務上過失傷害の疑いで顧問を書類送検。高次脳機能障害などの後遺症があり、現在は通院を続けながら通学しているという。検察は業務上過失傷害の罪で、陸上部顧問の男性教諭(36)を略式起訴した。簡裁は同日、罰金50万円の略式命令を出し教諭は即日納付した。	神奈川新聞 2011.11.21 スポニチ アネックス 2012.5.24	▲練習・待機場所設定 ▲フェンス等の設置 ? 行動手順 ? 安全確認(投げ手) ? 安全確認(周囲) △投擲の失敗
事例 10	やり (部活動)	やり投げの練習をしていた男子学生が投げたやりが、部活動を終え大学グラウンドから帰る途中だった女子生徒の左のこめかみ付近を直撃した。女子生徒は近くの高校の陸上部マネジャーで、重傷。男子学生は約60メートル離れた砂場を目標に投げたが、やりがそれ砂場の近くの女子生徒に当たった。男子学生はやりを投げる前に「やり投げます」と大声で言っていた。	女子生徒は右手足のしびれや言語障害などの後遺症。やりを投げた男子学生と監督は書類送検。送検容疑は着地点周辺の安全を十分に確認せず、やりを投げた疑い。監督は練習場所近くに高校生が頻繁に入り出す用具庫があったのに、安全措置を怠った疑い。大学はグラウンド内での投てき競技の練習を禁止へ。	MSN 産経 2012.7.17 スポニチ アネックス 2013.5.20	●練習・待機場所設定 ? フェンス等の設置 ? 行動手順 ▲安全確認(投げ手) ▲安全確認(周囲) ●投擲の失敗
事例 11	やり (部活動)	グラウンドでやり投げの練習をしていた、大学陸上競技部の3年生の男子部員(21)の腹部にやりが刺さる事故があった。朝日新聞の報道などによると、自分が投げて地面に刺さったやりを取りに行く際、誤ってやりの先端とは反対側の柄のところが刺さり、下腹部から背中に貫通した。	部員は重傷を負ったが、命に別条はないという。	J-CAST ニュース 2013.5.21	? 練習・待機場所設定 ? フェンス等の設置 ●行動手順 ●安全確認(投げ手) ? 安全確認(周囲) ? 投擲の失敗

<●：問題あり ▲：状況から問題があった可能性が高い △：状況から問題が疑われる ？：不明>

<現在では報道時点とは事実関係の確認が異なっている可能性があるが、ここでは掲載時点で確認できた内容を記載。一部改変し学校名・個人名・自治体名等は削除した。>

エネルギーを失うまでの投擲物が人に衝突することであった。その中でも事故が起こる特徴的と言える状況として、以下に事例を整理する。

1. 全ての衝突事例において投擲物の衝突を受けた人は投擲物の飛来に気付くことなく、あるいは気づいた場合も、衝突回避のために必要な時間がほとんど無い状況であった。その背景には、他種目の練習や記録の計測、投擲物の回収、指導を受けるなど、投擲時、本来投擲者に向けられるべき注意が分散、あるいは投擲が全く注意の対象となっていなかったことが推察された。

2. ほとんどの事例において投擲を行う際のかけ声等の注意喚起が成されていないか、周囲に到達していなかった。投擲者は声をかけたが、周囲にその認識が無い事例も見受けられた。投擲前の注意喚起のための、「投げます」「いきます」等のかけ声は、投擲者と周囲の人の間で、双方向の確認が成されなければ無意味である。しかし、事故の事例においては意味のある安全確認が欠如していた可能性がある。前述した周囲の注意分散も安全確認を不十分なものにした大きな要因であると考えられる。

3. フェンス等の不備や人の配置の問題は多くの事故の要因であったが、投擲者の失敗が重なることでさらに危険な状況が生じていた。表1にあげた事例の中には、フェンスの設置によって防げた可能性があるものも見られた。その一方で、フェンスが設置されていたものの、設置位置の問題や失敗投擲が原因となって、投擲物の飛行経路内にネットが存在しない状態が生じていたと推察される事例も見られた（事例9）。

4. 砲丸投げにおいては、すべての事例で投擲動作中に砲丸回収や記録計測、着地点の確認が行われた際に衝突が発生していた。砲丸投げは比較的飛距離が小さいため、授業や練習において、複数の投擲者とパートナーが向かい合って平行に配置されることがあるが、投擲のタイミングや回収のタイミングをコントロールしないと、投擲方向の交錯が生じたり、落下点で回収が行われる可能性が生じ、事故につながる。複数の投擲者が並んで投擲を行う際は、まず向かい合うパートナー間の距離、隣り合う投擲者間の距離を十分に確保し、投擲、回収を安全確認後に一斉に行うことが必須である。それとともに、砲丸投げに限らず絶対に忘れてならないのは、投擲が行われているその時に、投擲者に対して背を向ける状況を作ってはならないということである。この点についてはHeckel & NTCA (2011)においても忘れてはならないルールとして繰り返して述べられている。砲丸投げの事故事例においては、投擲物の落下の可能性のある区域で、投擲

者に背を向けて他の対象に注意を向けていた事例もあった（事例1、事例2）。

5. 投擲物は投擲していない場合でも保管の状況等により人を傷つける可能性がある。投擲物は大きな質量を持ち、尖った部分を持つものもある。その形状や重量から取り扱いに特別な注意が要求されることがある。地面に刺さったやりによる事故例（事例11）に見られるように、保管・待機中の投擲物でも、その特徴を理解し常に安全な取り扱いを怠ると事故発生の原因となりうる。

国内事例の分析に基づく事故防止の留意点

投擲競技における事故防止対策については、アメリカの投擲コーチ協会が作成したハンドブック（Heckel & NTCA, 2011）が非常に網羅的であり、競技者、コーチ、競技役員それぞれに合わせたチェックポイントや種目ごとのチェックポイントにおいても詳細に記されており参考にするべきである。内容についてはアメリカの国内事情に配慮して作成されているため、かならずしも日本国内の事情と完全に適合しない点も見受けられる。日本での現状に配慮するためにここでは前項の国内事故の事例研究に基づいた安全管理のための環境づくりの留意点について整理し述べることにする。

a. 練習区域の安全確保

投擲物の人への衝突を想定する場合、まず投擲練習が行われる区域に不意に人が侵入することを避けなければならない。そのためには、投擲練習場には、周囲からの人の侵入を防止する防護柵等が設置されることが望ましい。具体的には、グラウンドの全周を杭とロープで囲う、あるいはグラウンドへの入り口を制限する等の方法である。とはいえ、通常は他種目や他競技との共用が避けられない現実が存在するのも事実である。このような共用が余儀なくされる場合は、「投擲練習中立ち入り禁止」等の注意書きを設置することも有効であろう。この点についてはすでに存在するガイドライン等でも投擲区域がわかるようにコーン・ネット等を設置することが取り上げられている（日本陸連, 2013；東京都教育委員会, 2008）。投擲競技以外の種目への参加者の事故を防ぐという観点からは、各競技場・グラウンドにおいて、利用者に対して危険な箇所を事前に知らせるハザードマップを提示することも有効な手段であろう。

b. 危険な投擲の遮断

特に回転系の種目については、投射方向が定まらない可能性があるため、投擲サークル周囲に防護ネットを設置することによって意図しない区域への投擲物の到達を防ぐ。跳躍の助走路や、他種目の練習場所が落下区域と重なる可能性がある場合には、状況に応じた防護ネット

等の設置を行うことが望ましい。この点については、競技会においてはルールに定められる設置を最低限のものとして設置する必要があるが、それとともに練習場所としては、練習参加者の技量や、環境に配慮した最善の配置を考慮する必要がある。防護ネットの設置方法によっては、ネットの隙間から投擲物が外部へ出てしまったり、ネットを突き破ったりネットへの衝突によって方向が変わった投擲物が危険を及ぼすことが無いよう配慮すべきである。なお防護ネットの設置にあたっては種目特性や投擲者の特性を良く理解したうえで投擲物の飛行経路について十分に予測し状況に応じて適切に行うことが必要である。例えば、右利きの投擲者と左利きの投擲者とは、同じ種目であっても適切なネットの配置は異なる可能性がある。技能が未習熟で投擲方向が定まらない競技者による投擲は、競技会、練習環境の状況によっては、制限する必要もあるだろう。

c. 投擲練習における声かけ

投擲競技練習においては、安全確保のため (1) 投擲者および周囲で待機している者による「投げます」「いきます」のかけ声・合図、(2) 落下可能性のある区域にいる者によるかけ声確認の意思表示と投擲者による確認、(3) 万が一危険な状況が生じた場合の緊急のかけ声、これら三者が徹底して行われなければならない。練習中は常に (1) (2) によって安全の確保がなされることが理想的である。日本陸連のガイドブック (2013) においても、「投げる前に声で知らせる」「聞こえているかしっかり確認」が特に重要な項目として取り上げられている。しかし、投擲動作開始から投擲物の投げ出しまでの動作中に安全確認のかけ声を出すことは実質不可能であるため、安全確認時から投げ出しの間に起こる状況の変化に備えるセーフティーネットとしての意味でも (3) を確保する態度・準備は必要である。(3) の確保には、特に投擲者以外の全ての周囲の者が積極的に関わらなければならない。

d. やりの一時的な保管について

やりはその形状から先端はもちろん細く尖った尾部も人を傷つける可能性がある (日本陸連, 2013)。NTCA の安全に関するハンドブックにおいては、やりを移動する際は入れ物に入れるか、そうでない場合は先端を地面に向け垂直に立てて運ぶことを推奨している (Heckel & NTCA, 2011)。やりは浅い入射角で地面に刺さっている状態で後方から目視すると「点」としてしか認識されないことがあり、危険である。やりの尾部による刺傷に対する注意が必要である。具体的な対策としては、投擲者については、刺さったやりを (1) 回り込んで横から回収すること、(2) 走って回収に行かないこと、(3) 回収しながら脇見をしないこと (4) 刺さったやりは力任せ

に抜くのではなく長軸周りに回しながら抜く 等があげられる。さらに、投げを行うにあたって、やりをグラウンド上で一時的に保管する場合に (1) やりはなるべく地面に置くこと、(2) やむを得ずやりを地面に刺して保管する場合はかならず垂直に立て、倒れないように配慮することが重要である。特に浅い角度で地面に刺したやりは、周囲から見えにくく事故の原因となりうるものである。授業や競技会等、同時に多数のやりを多人数で扱う場合は特に配慮が必要である。

おわりに

図3は、投擲における危険回避・安全確保の段階を模式図に示したものである。ここでは投擲物を雨に見立て、それが建物 (A: 投擲が行われる場所における人や物の配置、フェンス等防護設備の配置)、傘 (B: 投擲前に行われる、投擲者と投擲によって危険にさらされる可能性のある人、周囲から状況を確認できる当事者間での双方向の安全確認)、帽子 (C: 緊急時の投擲者・周囲による危険回避を促すかけ声) によって遮断される構造を示した。投擲が行われる場合は、本来適切な場の配置やフェンス等によって危険が遮断されることが望ましい。やむを得ず投擲区域に人が入るときは必ず投擲者・待機者双方の安全確認が必要である。緊急時も投擲者・待機者の注意で即時に危険が知らされる体勢にもとづいた危険回避が必要である。投擲前の安全確認や場の設定がいくら万全であってもこれに安心せず、緊急時にそなえて周囲の全ての者が投擲者や投擲物に注意を払うことが求められる。このような観点からも、事故防止のためには練習パートナー等、周囲で見守る者の果たす役割も非常に大きいと言えるだろう。

投擲競技は、日常的でない動作の関与が大きいこともあり、パフォーマンスの向上に技術の改善が及ぼす影響が大きく、適切な技術を用いて安全に行えば非常に楽しいものである。体育の授業や部活動においても、走種目や跳躍種目での活躍が難しかった人が、しっかり技術を身につけることで記録を伸ばし、投擲種目で活躍する事例を多く目にする。しかし、活動の場の安全確保が不十分な状態が改善されなければ、事故を誘発する可能性が高いことは否定されず、様々な場において種目の実施自体が回避されてしまう事態にもなりかねない。現場の努力と理解によってそのような事態はなんとしても避けたいところである。

今回は限られた事例分析による限定的な提案に留まった。今後は、さらに多数の事故事例分析はもとより、実際の競技現場の実態に関する調査を進めていくことで、投擲競技・教材利用の安全な実施に資する基準やルールづくりに取り組んでいく必要がある。本稿を端緒として、指導者、競技者、競技役員や施設管理者等の間で事例や情報の共有が進むことを期待したい。

(A) 投擲物の遮断

- ・ 投擲区域に入らない・投擲者との距離を確保
- ・ フェンス等防護設備設置および適切な配置
- ・ 練習時間の工夫

(B) 投擲前の確認

- ・ 人・物の安全な配置確認
- 「投げます」「いきます」「はい」

(C) 緊急対応

危ない！
かけ声

危険回避
行動

図 3. 安全確保の段階の模式図

- A: 本来適切な場の配置やフェンス等によって危険が遮断されることが望ましい
B: やむを得ず投擲区域に入るときは必ず投擲者・待機者双方方向の確認
C: 緊急時も投擲者・待機者の注意で即時に危険が知らされる体勢が必要

謝辞

本稿を執筆するにあたり、筑波大学体育専門学群の松山隆史氏にデータ収集や分析に関して多大な貢献をいただいた。ここに記し謝意を表します。

文献

- 独立行政法人日本スポーツ振興センター（2006）「学校の管理下の死亡・障害事例と事故防止の留意点」平成17年版。
- 独立行政法人日本スポーツ振興センター（2007）「学校の管理下の死亡・障害事例と事故防止の留意点」平成18年版。
- 独立行政法人日本スポーツ振興センター（2008）「学校の管理下の死亡・障害事例と事故防止の留意点」平成19年版。

- 独立行政法人日本スポーツ振興センター（2009）「学校の管理下の死亡・障害事例と事故防止の留意点」平成20年版。
- 独立行政法人日本スポーツ振興センター（2010）「学校の管理下の死亡・障害事例と事故防止の留意点」平成21年版。
- 独立行政法人日本スポーツ振興センター（2011）「学校の管理下の死亡・障害事例と事故防止の留意点」平成22年版。
- 独立行政法人日本スポーツ振興センター（2012）「学校の管理下の死亡・障害事例と事故防止の留意点」平成23年版。
- 独立行政法人日本スポーツ振興センター（2013）「学校の管理下の死亡・障害事例と事故防止の留意点」平成24年版。
- 独立行政法人日本スポーツ振興センター（2014）「学校

の管理下の災害」平成25年版.
独立行政法人日本スポーツ振興センター(2015)「学校の管理下の災害」平成26年版.
Heckel, M., The national throws coaches association (2011) Throws safety certification handbook. 3rd Edition. The national throws coaches association.
URL: <http://www.mach2k.net/ntca/safety/>
神奈川県教育委員会(2009)「部活動における事故防止のガイドライン」
URL: <http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f6476/>
日本陸上競技連盟(2013)陸上競技安全対策ガイドブック.

URL: <http://www.jaaf.or.jp/rikuren/pdf/safety.pdf>
東京都教育委員会(2008)「部活動中の重大事故防止のためのガイドライン」
URL: http://www.kyoiku.metro.tokyo.jp/pickup/seisaku/sport_guidelines.pdf
Umegaki, K., Murofushi, K., Murofushi, S., Sakurai, S., Seki, Y., Kimura, Y. (2009) Reducing the dead zone in the hammer landing sector. New Studies in Athletics 24, 35-41.

跳躍競技のバイオメカニクス

木越 清信（筑波大学体育系）

1. はじめに

2014年2月、ウクライナのドネツクで行われた室内競技会においてフランスのルノー・ラビレニが6m16の室内世界新記録を樹立したというニュースが飛び込んできた。我々世代にとって世界の鳥と呼ばれたセルゲイ・ブブカの記録が塗り替えられるなど、夢にも思わなかった。しかも、身長177cmで体重69kgという棒高跳びの選手としては小柄といえる若者が、である。このように体格に恵まれない者が、世界記録を樹立するに至る背景には、ラビレニ本人とコーチとの様々な試行錯誤があったであろうことは、想像に難くない。

ところで、このような競技パフォーマンスの向上にスポーツサイエンスというツールはどのような役割を演じるべきで、どの程度の貢献をなすのであろうか。筆者個人としては、少なくとも、Evidence basedな理想像を提示したいと考えていて、この際にスポーツサイエンスの知識が重要な役割を演じ、少なくない貢献をしていると考えている。しかし、特に跳躍競技において、このEvidence basedな理想像を提示することが困難なのである。筆者も大学において混成種目の指導を行っており、跳躍種目を含めた様々な種目を指導する機会に恵まれているし、授業において陸上競技コーチング論なる科目を担当しており、陸上競技のすべての種目について科学的に解釈して指導している。そんな実践に身を置く人間の一人として感じることは、跳躍競技の指導が非常に困難であるということである。具体的には、短距離走種目の指導と比較して、跳躍種目には、「どうしたら高いパフォーマンスを獲得することができるか？」という問いに応えるような形で科学的な示唆を与える論文が少ないように感じる。これは、跳躍種目の競技人口が短距離走種目とそれと比較して少なく、これに伴って跳躍種目をテーマに研究を行う研究者が少ないことに起因しているとすれば、仕方がないことかもしれない。一方で、跳躍種目特有の事情も影響している。例えば、走高跳では、片脚で踏切するという点について制限が加えられているのみで、自由度は非常に高い。これに伴って走高跳では技術として取り上げることのできる仕方を規定することは難しいという旨の主張がなされている（Viitasalo u. a., 1982）という。我々指導者のもやもやを代弁してくれたこの一言に共感してしまうほど、跳躍種目の指導におい

て目指すべき姿が明確でない。しかし、そんな中であっても、勇猛果敢にパフォーマンスに直結するような技術的および体力的要因を明らかにしようとした研究が散見される。本稿では、これらの研究において得られた知見をまとめて、競技現場への実践的な情報提供ができればと考えている。なお、ヒューマンロコモーションとしての跳躍競技の特徴などについては、これまでも非常に多くの著書、原著論文、先行研究のレビュー等が執筆されている。例えば、走り高跳びでは、背面跳のクリアランス効率、つまり背面跳びでは身体重心高よりも高く跳べるといった知見については、先行研究に論を譲りたい。本稿では、理論と実践、研究と現場の融合をスローガンに掲げ、競技現場への実践的な情報提供を目指す本学会誌らしく、それぞれの競技種目においてパフォーマンスを高めるための情報提供を目指そうと思う。

2. 跳躍競技に共通する課題

村木（1982）は、跳躍競技の課題として、①利用可能な最大のスピードを生み出すこと、および踏切のために必要な姿勢に導くこと、②目的に応じた至適な方向への初速を作り出すこと、③踏切においてその後に控える空中または着地での運動課題に最適な運動の遂行のための種々の条件を保障することとしている。ここで注目すべきは、①にある「利用可能な」という限定条件であろう。

跳躍競技における踏切を広義のバネと解釈すれば、式1が成立することから、従属変数である出力は、独立変数である入力に比例する。

$$y=kx \cdots (1)$$

kが定まらないことから、入力に対する出力の大きさを明らかにすることは困難であるが、いずれにしても入力が大きいということには力学的な利点は大きいものと考えられる。しかし、問題はばね定数「k」である。水平方向の減速量と鉛直方向の速度との間に有意な相関関係が認められていることから、適切な角度で踏切を遂行するために水平方向の速度にブレーキをかけることが要求され、このブレーキの大きさは脚筋群の耐える伸張負荷の大きさ、つまり伸張性の筋力に依存する。つまり、伸張性の筋力が大きければ、踏切脚を広義のバネと見立

てた場合のばね定数は大きくなるといえる。これが、「スピード」という単語の前に「利用可能な」と限定条件が付いている理由であろう。ただ、踏切脚の機能を広義のバネと解釈することにも疑問は残る。つまり、ばねという弾性体の特性だけで踏切脚の機能を説明することは困難であるとも考えられる。そこで、踏切という運動を、単なる速度ベクトルの変化、または速度の変換効率と解釈する論も存在する。例えば、Hay (1978) は以下のようなインデックスを示している。

Efficiency index = 垂直初速度 / 助走速度 - 水平初速度

一方で、これまでの報告で、踏切角度と跳躍距離および跳躍高との間に有意な相関関係を認めた研究は見当たらない。唯一、棒高跳びでは、競技力の高い者は踏切角度が低かったことが報告されている(武田ほか, 2005)が、これは棒高跳び特有の種目特性が影響しているためであって、基本的には、競技力に関わらず踏切角度はほぼ一定といえる。しかし、利用可能なスピードを超えると、この踏切角度を維持することが困難になり、「抜けた」と表現されるような踏切になってしまうことが考えられる。いずれにせよ、「利用可能な」という限定条件が付いていることについては、踏切離地時の初速を可能な限り高くしながらも、適切な踏切角度で踏切を遂行するという運動課題の達成可能な範囲で、可能な限り高い助走速度を生み出すことと理解できる。つまり、助走速度を高めたことによって、踏切において脚筋群がその伸張負荷に耐え切れず踏切が潰れてしまうようでは、利用可能な速度とは言えない。

そこで、これらのことをまとめて、本稿では、跳躍競技に共通する課題について村木 (1982) が示した課題を参考にしながら、本質を見誤ることのない範囲で可能な限り単純化を試みた。その結果、以下のような課題を設定したい。

- a: 踏切接地時の速度を高くすること
- b: 高い速度であっても適切な踏切角度で踏切を遂行することができる
- c: 踏切離地時の身体重心位置を高くすること

なお、bには、踏切角度を維持するために高い伸張負荷に耐えることのできる筋力的要因と技術的要因とわけて考えることができる可能性も考えられるが、どちらか一方が他方に影響を及ぼす可能性も考えられることから、分けて考えるべきものではない可能性もある。これについては後に触れることとする。以降では、これらの課題について、それぞれの競技種目ごとに検討していきたい。

3. 走幅跳

3.1 踏切接地時の速度を高くする

これまでに検討してきたように「利用可能な」とは言いながらも、跳躍競技において跳躍距離や跳躍高を生み出す絶対的な要因であることは疑う余地もなく、これは助走スピードを跳躍の原動力とする跳躍競技に共通する究極の絶対的条件である(村木, 1982)。例えば、走り幅跳びにおいて、跳躍距離 (Xmax) を推定する式は以下の通りである(阿江と藤井, 2003)。

$$x_{max} = x_0 + \frac{v_0^2 \sin \theta \cos \theta + v_0 \cos \theta \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gy_0}}{g} \dots (2)$$

したがって、走り幅跳びの跳躍距離は踏切離地時の身体重心高 (h)、踏切初速度 (v)、踏切角度 (θ) で規定されるが、踏切時初速度の影響は非常に大きい。Hey (1986) によれば、跳躍距離全体には空中距離が大きな影響を及ぼし、その空中距離と跳躍速度との間には高い有意な正の相関関係が認められている一方、跳躍角との間には有意な相関関係は認められていない。このように、跳躍距離と踏切離地時の初速との間に有意な相関関係を認めた研究は非常に多い。古くは松井ほか (1973) によって、走り幅跳びの跳躍距離と踏切時の水平速度と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し、村木 (1982) は、スプリント能力の発達はジャンパーの最も基本的な課題の一つであるとしている。さらには、世界選手権東京大会における分析でも、跳躍距離と踏切接地時及び離地時の身体重心水平速度との間に有意な正の相関関係が認められている(深代ほか, 1994)。一方、世界選手権大阪大会における分析では、決勝に進出した選手を対象として、水平速度と跳躍距離との間に有意な関係は見られなかったと報告されている(小山ほか, 2008)が、これは大阪大会において東京大会と比較して極めて大きい水平速度を発揮する選手がいなかったためであったとされており、これまでに認められた跳躍距離と助走速度との間の有意な相関関係を否定しているものではない。

一方で、跳躍競技の指導現場では、最大助走速度の出現地点を問題とする場合がある。つまり、踏切位置に近い地点において最大助走速度を出現させることを課題に挙げている場合がある。これについて、小山 (2012) は、走幅跳において、出現地点と跳躍距離との間に有意な相関関係は認められなかったことを報告しており、村木も、一流選手では踏切前2歩で助走スピードの最高値に達しているとしている。一方で、村木は、一流選手と対比する形で一般選手と表現して、一般選手では踏切前5から6歩前でピークに達してしまうケースがみられるとしている。つまり、現場において「踏切位置に近い地点において最大助走速度を出現させること」が課題となる選手は、

村木（1982）のいう踏切前5から6歩前でピークに達している競技者であって、その競技者にとって理想像とは、踏切時に最大助走速度を出現させることなく、踏切2歩前に最大助走速度を出現させることといえる。

3.2 高い速度であっても適切な踏切角度で踏切を遂行することができること

最大助走スピードが踏切2歩前に出現するのであれば、踏切に向かって一定の減速がみられるのは必要悪であるといえる（村木, 1982）。この点について、小山（2012）も平均して7%前後の減速がみられると報告している。踏切前2歩における課題は、踏切に向かって身体重心の移動コースを滑らかにすること、地面上の踏切接地点を中心とする身体長軸の前方回転運動を有効かつ最適なものにするための身体の踏み込み態勢をつくること、筋の内的および心理的な先取りを実施することとされている。つまり、踏切2歩前において最大助走速度が出現して、その後7%程度の減速を許容してでも、この3点について準備を整える必要があるといえる。特に、身体重心の移動コースを滑らかにすることについては、跳躍種目の課題bと合致し、これにより脚筋群に作用する伸張負荷を軽減することができることから、体力要因にも影響を及ぼす。これが、先に述べた、「高い速度であっても適切な踏切角度で踏切を遂行することができること」について、体力要因と技術要因が互いに影響しあっている点であろう。Phillips and Lees（2005）は複数の変数を用いた重相関分析を行い、鉛直速度の獲得には、踏切接地時の低い身体重心高、踏切脚膝関節をより伸展して接地すること、接地後の膝関節の屈曲を小さくすることが重要であると報告している。つまり、踏切前の準備局面において、あらかじめ身体重心を低くし、その移動コースを滑らかにすることによって、踏み込み角度を小さくすることおよび踏切接地時の身体重心を低くすることにつながり、次にこれが踏切脚筋群にかかる伸張負荷を軽減することにつながり、さらにこれが踏切脚膝関節をより伸展して接地すること、および接地後の膝関節の屈曲を小さくすることにつながる。そして最終的にこれが適切な鉛直速度の獲得、つまり適切な角度での踏切の遂行を可能にするものと考えられる。

一方で、走幅跳において、踏切に関する技術要因を世界一流競技者と日本人競技者とで比較した研究では、両者の間に目立った差は認められないことが報告されている（伊藤, 2012）。ただ、両者の間に目立った差が認められていない理由は、両者が「利用可能な」助走速度で跳躍を行っていたためであることも考えられ、日本人競技者が利用可能な範囲を逸脱した速度で跳躍を行うと、踏切の技術レベルは低下するものと考えられる。つまり、助走速度と踏切技術とはセットで考える必要がある。つまり、強化の方向としては、個人の中で利用可能な範囲

を逸脱しても、先述のような踏切における技術的な課題を達成することを目指すことになる。一方で、踏切脚が耐えうる伸張負荷の閾値を大きくするために、専門的な体力トレーニングを積極的に実施する必要もある。

3.3 踏切離地時の身体重心位置を高くすること

走幅跳では踏み切って以降、身体には外力が作用しないために、踏切脚離地時の身体重心速度および身体重心高の二つの要因によって、着地点がおおよそ決まること（式2）については、これまで述べてきたとおりである。ここでは、後者が跳躍距離に及ぼす影響を検討する。踏切時の身体重心高に影響を及ぼす要因として、そもそも身長が高いことと身体重心を高くするための特別な技術が挙げられるが、後者についてはこれまでに言及した文献は見当たらない。小山（2012）によれば、離地時の身体重心高の身長に対する比率を、大阪世界選手権のファイナリストと2009年日本選手権のファイナリストとで比較した結果、日本人選手はわずかに小さい値を示したものの、ほぼ同じ値であったことを報告している。つまり、踏切離地時の身体重心高を高めるために、走幅跳の競技者が特別なことをしているわけではなく、これについて優劣も認められないようである。一方、身長については、下肢長が同じであれば、身体重心高は身長に依存するが、同じ身長であっても下肢長に差が認められれば、身体重心高は異なる。つまり、下肢長が長い者ほど、身体重心高は相対的に高くなるものと考えられる。

次に、踏切離地時の身体重心高が跳躍距離に及ぼす影響の大きさについて検討する。これは式2の y_0 に様々な値を代入して計算することによって得られるのだが、小山（2012）によれば、大阪世界選手権のファイナリストの値は1m23～24cm、菅井選手では1m17～18cmであり、両者の間には10cm程度の差が認められたとしている。そして、仮に日本選手権のファイナリストの身体重心高を10cm高かったと仮定すると、着地点は15cm程度伸びると述べている。このように、跳躍距離に及ぼす身長の影響も少なくない。しかし、これについては競技者やコーチの努力で高められる要因ではない。したがって、現場において役立てるとすると、タレント発掘の際に、高身長さらには長い下肢といった要因を見極める必要があるといったことであろう。

4. 走高跳

4.1 踏切接地時の速度を高くする

他の跳躍種目と比較してその踏切角度が大きい走り高跳びでは、踏切の角度を大きくするために、主に下肢の筋群ではより大きな伸張負荷にさらされることになり、これへの対応が不十分であると、適切な踏切角度に至らない「抜けた踏切」になってしまう可能性がある。

したがって、利用可能な助走速度の閾値は、他の跳躍

競技と比較して極めて低い。一方で、この利用可能な助走速度を高める方向で強化することが重要なことは、他の跳躍種目と同様である。ただ、走高跳の場合は、他の跳躍競技とは事情が異なり、競技者自身の特徴によって、選択する助走速度や踏切の動きが異なることが報告されている。

4.2 高い速度であっても適切な踏切角度で踏切を遂行することができること

踏切における課題についても、他の跳躍競技と概ね同様である。つまり、踏切前の準備局面において、あらかじめ身体重心を低くし、その移動コースを滑らかにすることによって、踏み込み角度を小さくすることである。さらに、これが課題とされる理由やメカニズムも他の跳躍競技と同様である。

しかし、走高跳では、身体重心を低くする手段について、競技者ごとに異なることが認められていて、それは、他の跳躍競技と同様に支持脚の屈曲動作によって沈み込む手段と、走高跳において特有の曲線助走による内傾動作によって沈み込む手段であり、それぞれの手段の貢献は、選手の特性に依存する（阿江, 1988）とされている。また、このような沈み込みの相違は、用いる助走速度にも依存するものと考えられる。つまり、相対的に高い助走速度を用いる競技者は内傾動作に依存し、低い助走速度を用いる競技者は脚の屈曲に依存する可能性がある。さらに、渡辺（2007）および渡辺ほか（2009）は、日本人競技者に多いとされるスピードフロップを用いる競技者を対象として、踏切動作を類型化している。その中で、全身で地面をダイナミックに踏みしめるようにして支持する「踏みしめ型」と、全身で地面を突っ張るようにして支持する「つっぱり型」とに分けた結果、踏みしめ型ではつっぱり型と比較して有意に接地時間が長かったことを報告している。

このように、走高跳では、技術として取り上げることのできる仕方を規定することは難しいという旨の主張（Viitasalo u. a., 1982）がなされている一方で、「仕方」の類型化の試みが積極的に行われている。このように類型化されて目指すべき理想像が提示されたとして、指導の現場における次の興味は、個人のどのような特性を基準として、目指すべき方向を判断すべきか？ということである。これについて、渡辺ら（2009）は、個人の力発揮の特性を知る手がかりとして reactive strength による接地時間を参考にすることを推奨している。これは、「可能な限り短い接地時間で、可能な限り高く跳ぶように」と指示して行わせたデプス・ジャンプの接地時間が、個人の特性を把握するうえで手がかりとなる可能性を示すものである。

4.3 踏切離地時の身体重心位置を高くすること

走高跳の跳躍高を構成する要因をみると、Hay（1973）によればそれぞれは以下のように報告されている。

なお、H1は68.8%、H2は36.3%、H3は5.1%であったと報告されており、H2が意外に小さい。例えば、跳躍高を2mとすると、H2は73cm程度である。そして、さらに特徴的なのは、H1の貢献が非常に大きいことである。このことから、ハイジャンパーには、先天的な要素として、高身長および長い脚であることが求められる。しかし、踏切時における動作でも、踏切時のH1を高くすることが可能である。つまり、離地時に身体のある部位を可能な限り高く挙げておくことによってH1を大きくすることができる。しかし、助走速度を高くすることが利点とされる曲線助走を用いる場合、その助走速度が高くなればなるほど、動作の先取りが困難になり、結果として振込脚および腕の振込み動作が遅れてしまい、さらにH1が小さくなる可能性がある。このように、曲線助走を用いる背面跳びにおいてH1を高めるということは、基本的で、さらに地味でありながら、重要な技術的ポイントといえる。

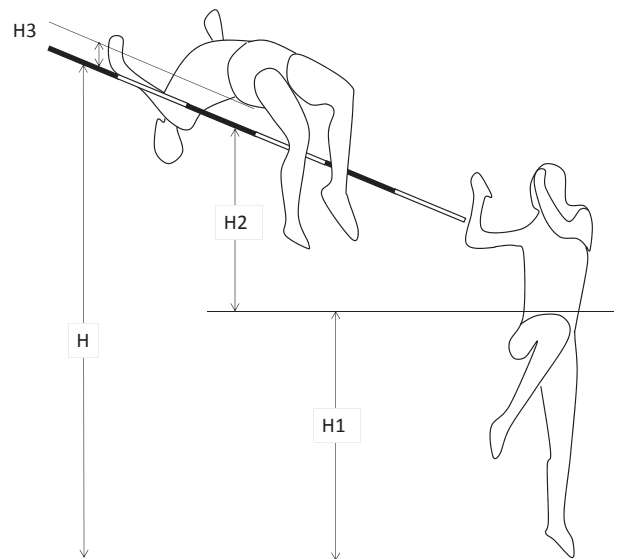


図1 走高跳における跳躍高の構成要素

5. 三段跳び

5.1 踏切接地時の速度を高くする

前述のように、スプリント能力の発達はジャンパーの最も基本的な課題の一つであるとされていて、これは三段跳として例外ではない。例えば、三段跳においても、跳躍距離と踏切時の助走速度、および最大助走速度との間に有意な正の相関関係が認められている（Muraki et al., 2010）。これは、男女ともに認められる傾向である。また、ホップ、ステップおよびジャンプそれぞれの踏切におい

て、水平速度の減少量と鉛直速度の獲得量との間に有意な正の相関関係が認められることも、他の跳躍競技の踏切と類似した傾向である。

一方で、三段跳では、跳躍技術の習熟性に劣る者ほど、助走スピードの貢献性は低くなり、よりコントロールされた助走スピードが必要となる（村木、1982）という見解もみられる。このように、三段跳では、走幅跳と比較して、助走速度の跳躍距離への貢献が限定的に表現される理由は、三段跳においてはブラックボックス（深代、1990）たる踏切がホップ・ステップ・ジャンプと3回行われるためであろう。つまり、これは、ステップまたはジャンプの踏切において、着地の衝撃による伸張負荷に耐えて、踏切で潰れることなく跳躍が成立させることのできる利用可能な助走速度の閾値が低いことを示している。

5.2 高い速度であっても適切な踏切角度で踏切を遂行することができること

三段跳では、踏切角度が走幅跳のそれと比較して小さくなることから、三段跳のホップにおける踏切は、走幅跳の踏切と比較して無理に鉛直方向の初速度を獲得する必要がなく、水平速度のロスも極めて少ない。このことから、いわばランニングに近い形の踏切であることが知られている（深代、1990）。これは、ホップにおいて踏切角度を高くすることでホップの距離を稼ぐことができたとしても、その跳躍高の高さによってステップの踏み込み角度が大きくなってしまい、結果としてステップで潰れてしまうためであると考えられる。

5.3 踏切離地時の身体重心位置を高くすること

走幅跳と同様に、ホップ、ステップおよびジャンプの距離にそれぞれの踏切時身体重心高が影響を及ぼすことから、身長に対して下肢長が長いといった身体的な特徴を有する競技者が有利であることは間違いない。さらに、三段跳の場合は、ホップ、ステップおよびジャンプの距離が下肢長の影響を受けることから、このような身体的な特徴を有することは有利に働くものと考えられる。

6. 棒高跳

6.1 踏切接地時の速度を高くする

他の跳躍競技と同様に、棒高跳においても、助走速度と最大重心高との間には、有意な相関関係が認められている。このように、高い助走速度を得ることは、棒高跳において重要な課題である。一方、棒高跳は高さを競う競技でありながら、高さを獲得するために必要とされる助走で得た水平方向の速度を鉛直方向に変換する作業を踏切脚が担っていない。踏切脚に代わり棒（ポール）がそれを担っている。つまり、踏切脚の機能によって踏切角度をつける必要はない。そのため、跳躍高と踏切角度

との間に有意な負の相関関係が認められて（武田ほか、2005）、踏切角度を可能な限り水平に近づけて、踏切における水平方向の減速量を少なくすることが、棒高跳における踏切の大きな課題であるといえる。そして棒高跳の踏切においては、可能な限り大きなエネルギーをポールに蓄えることが主目的となる。また、棒高跳が他の跳躍競技とは異なる点は、踏切における減速に影響を及ぼす要因が踏切脚の機能以外にも多岐にわたる点である。つまり、ポールを使用する競技であることから、ボックスによるポールの支持開始と踏切とのタイミングや、ボックスによるポールの支持が開始された時点におけるポールと地面とがなす角度などが挙げられる。しかし、未だ明らかにされていない技術的なポイントも多いものと推測され、今後のさらなる研究に期待したい。

6.2 高い速度であっても適切な踏切角度で踏切を遂行することができること

先述のとおり、棒高跳は他の跳躍競技とは異なり、踏切において鉛直方向の速度を獲得する必要はなく、踏切脚接地直前に身体が有する水平方向の速度を、踏切脚離地またはボックスによる支持開始時まで維持することに主眼が置かれる。そのため、接地中の過度な膝関節屈曲角度変位は、避けるべきであろう。これについて、澤野ら（2007）は、踏切時における身体重心の水平速度の減少率に、踏切脚膝関節角度および踏切脚膝関節屈曲量が影響している可能性を示唆している。したがって、棒高跳の踏切における技術的な課題は、他の跳躍種目とは大きく異なり、踏み切らないこと、言い換えると走り抜けるように踏切ることと言えそうである。

6.3 踏切離地時の身体重心位置を高くすること

これについても、棒高跳では他の跳躍競技とは事情が異なる。つまり、身体重心高が高いことと、身長が高いことがそれぞれ別の利点を生み出している可能性がある。まず、身体重心高が高いことについてである。これは、走高跳と同様に、最大重心高に踏切時の身体重心高が含まれるという点で、踏切脚離地時もしくはボックスによるポールの支持開始時に、身体重心高が高いということは有利に働く可能性がある。これは、高身長であることの間接的な影響といえる。次に、身長が高いことの直接的な利点である。棒高跳において、ボックスによるポールの支持開始時でのポールと地面とがなす角度が大きいことには力学的なメリットは大きいものと考えられる。つまり、これにより、ポールのボックスとの衝撃時に生じる水平方向のブレーキ成分を小さくすることができる可能性がある。そして、この角度に影響を及ぼす要因として、身長の高さ、腕の長さ、およびボックスによるポールの支持開始時において四肢が伸展していることが挙げられる。このように、棒高跳では、高身長および

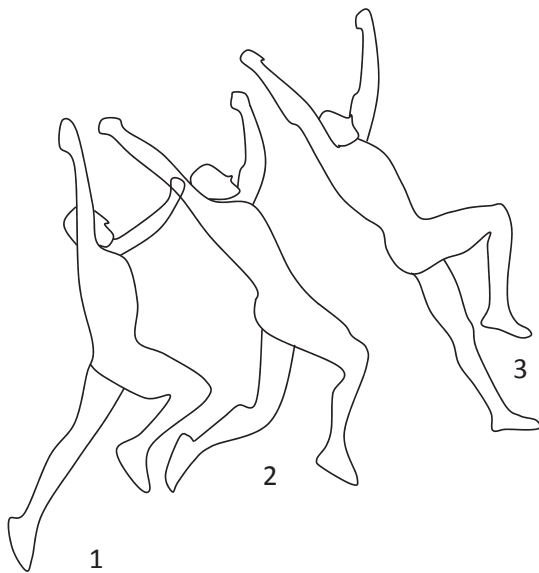


図2 棒高跳における踏切およびペネトレーション局面における動作

1において高く上がったリードレッグを、2においてやや下げている。なお、3ではショーツウィング局面に向けて、再び高く上げている。このように、踏切において高く上げたリードレッグを一旦下げる動作を採用する競技者は少ない。

踏切時に四肢を伸展させておくことは、重心高を高くすること以外に、それそのものが力学的なメリットを有する可能性がある点において、他の跳躍競技とは事情が異なる。

また、踏み切った後のペネトレーションと呼ばれる局面において推奨されるべき動作は、踏切局面とは異なる。棒高跳において効果的にポールを垂直に立たせるために、踏切した後、右のグリッパ（左脚踏切の場合）回りに身体が回転してしまうこと（図2では反時計回り）は避けた。これは、ポールが垂直まで起き上がるために使うべきエネルギーを身体の回転に使用してしまうためである。そのために、右手のグリッパを中心とした身体の慣性を大きくすることに力学的な意味があり、このために右手のグリッパと身体重心との距離をなるべく長くする必要がある。そのため、棒高跳では、踏切において上げたリードレッグを、踏切後のペネトレーション局面において一旦下げるといった技術を用いる競技者がみられる（図2）。このような点についても、棒高跳は他の跳躍競技とは事情が異なる。ただ、本稿では、すべての跳躍種目に共通した課題について検討を加えることを目的としているので、棒高跳に特有の技術については、他の論文に論を譲りたい。

7. 跳躍競技の競技力向上を目指したトレーニングの方向性

村木（1982）は三段跳びのステップとジャンプの踏切について、両者では空中から跳び込んでくることによ

て踏み込み角度が大きくなることから、これらを“いわゆるデプス・ジャンプ（depth jump）”の典型であるとしている。デプス・ジャンプとは、リバウンドジャンプとも呼ばれ、ある台高から跳び下りて、即座に跳ね返るジャンプ運動であり、バリスティックな伸張-短縮サイクルを用いたジャンプ運動である。そして、三段跳のステップおよびジャンプがこれと類似していることから、三段跳の踏切における特異的な筋力・パワートレーニング手段として、デプス・ジャンプが用いられている。しかし、このバリスティックなデプス・ジャンプにおいて「即座に跳ね返す」ことを強調しすぎて、これを遂行することが可能な範囲の台高を選択する場合がある。しかし、このことには注意が必要である。なぜなら、これによって必然的に30cm程度の低い台高を選択することになり、このような台高では、跳躍競技の踏切時に脚筋群にかかる伸張負荷の特性を反映できていない可能性がある。松島（2013）は、台高30cm、60cm、90cmでのリバウンドジャンプにおける遂行能力（跳躍高を接地時間で除した値）と跳躍競技の競技力との間に有意な相関関係は認められなかったことを報告し、台高120cmでのリバウンドジャンプにおける遂行能力との間に有意な相関関係が認められたことを報告している。台高120cmでは、相対的に下肢関節の屈曲も大きくなり、接地時間も長くなる可能性があることから、我々が持つバリスティックなリバウンドジャンプの動きのイメージからは離れていく可能性があるが、それでも台高120cmでのデプス・ジャンプにおける遂行能力との間に有意な相関関係が認められたこと（松島、2013）は事実である。このようなことから、跳躍競技のための専門的な筋力・パワートレーニングとして、またはコントロールテスト項目として、かなり高い台高から跳び下り、接地時間が長くなったとしてもしっかりと沈み込んで、その伸張負荷を受け止めて、可能な限り高く跳び上がるジャンプ運動を積極的に取り入れる必要があるものと考えられる。

一方で、前述のように、走高跳の踏切には「つっぱり型」と「踏みしめ型」がみられ、個人に適したタイプの踏切を選択させるときに、reactive strengthによる接地時間を参考にしている報告があることを紹介した。つまり、「可能な限り短い接地時間で、可能な限り高く跳ぶように」と指示して行わせたデプス・ジャンプの接地時間が、個人に適したタイプの踏切を選択させる時の手がかりとなる可能性を示している。しかし、この際にも、接地時間を短くすることを強調しすぎて、跳躍高を犠牲にしている場合もある。これは、5回連続のデプス・ジャンプと比較して、垂直跳でより高い跳躍高が発揮されること（遠藤ほか、2007）からも見受けられる。これらのことから、個人の力発揮特性をジャンプ運動における接地時間から見極めようとするのは妥当であるものと考えられる。しかし、その接地時間の判定には今後さらに

検討が必要であろう。つまり、垂直跳よりも、またはそれと同程度の跳躍高を確保した上で、選択される接地時間の長短を検討するようなことも考えていく必要がある。

8. 競技力向上に資する跳躍競技に関する研究の方向性

渡辺（2010）は、走高跳における研究の動向について報告した論文のなかで、走高跳の踏切で鉛直速度が獲得されるメカニズムとして広く知られている「身体の起こし回転」について、あらゆる踏切において「身体の起こし回転」による鉛直速度の獲得は生じるとして、トレーニングで取り上げることのできる理想モデルではないとしている。これはつまり、跳躍距離や跳躍高への貢献は大きいものの、ある程度のパフォーマンスレベルにある競技者集団では、全員に共通して「できている」課題であって、この母集団のなかでパフォーマンスの差を規定する要因ではない可能性を示している。他方で、貢献度は少ない要因であったとしても、ある母集団の中で他者とのパフォーマンスの差を生み出す。しかし、指導の現場では、研究において「パフォーマンスへの貢献が大きい」と知られると、それがあたかもパフォーマンスの差を規定する要因であるかのように指導される場合も多いように見受けられる。したがって、「貢献は大きいもののパフォーマンスを規定しない要因」と、「貢献は小さいものの、パフォーマンスを規定する要因」とを区別する必要がある。これらのことについて研究側は考慮する必要がある。自戒の念を込めて、ここに記したい。可能性のある要因も在存するものと考えられる。

9. まとめ

個別の競技種目について、詳細に紹介することは紙面の関係上困難であるし、それぞれの種目については、過去において優れたレビューおよび書籍が多数存在している。今更筆者が、跳躍競技のバイオメカニクスと題して紹介するまでもない。これについては、前述の通りである。そこで、本稿では、跳躍競技すべてに共通する課題の抽出を試みた。その結果、助走において身体重心が有する水平方向の速度は、跳躍競技においてエネルギー源であり、このことについては今更疑う余地もない。しかし、過去の文献を調べてみると、三段跳が日本のお家芸と呼ばれたところの偉大な先輩方の有するスプリント力には、改めて脱帽する。例えば、ベルリン・オリンピックの三段跳金メダリストである田島直人氏の100mの自己記録は10秒5だったそうである。1930年代の記録であるから、現代の競技環境に置き換えると、一体どの程度の記録になるのか恐ろしさすら覚える。

また、偉大な先輩方は、種目を超えて「良いジャンパー」であった。例えば、南部忠平氏は、走幅跳と三段跳の両

方で世界記録を樹立した唯一のジャンパーであり、それぞれの記録は7m98と15m72である。さらに、織田幹雄氏の走高跳の記録は1m92である。当然、背面跳ではない。このような先輩方の残した種目を超えた素晴らしい記録をみると、跳躍競技には共通する課題があり、さまざまな競技種目への応用可能なトレーニングが存在するものと考えられる。これについて本稿では、踏切における踏み込み角度を小さくすること、および大きな伸張負荷に耐えうる筋力を挙げた。特に、後者では120cm程度の台高から跳び下りて、可能な限り高く跳び上がるようなトレーニングを取り入れる必要があるそうである。先人たちが、三段跳の脚の動作をピストン型と誤って認識していたことが事実だとしても、ピストン型のトレーニング手段が積極的に取り入れていたであろう先輩方が、現代ですら日本選手権で表彰台に上がることができそうな記録を有していたのである。高いところから跳び下りることによって、下肢筋群が耐えうる伸張負荷を高めることは、一周回って新鮮に感じる。

引用・参考文献

- 阿江通良（1988）跳躍競技とバイオメカニクスの貢献。
Japanese Journal of Sports Sciences, 7(2):76-81.
- 阿江と藤井（2003）スポーツバイオメカニクス 20 講、
朝倉書店：東京。
- 遠藤俊典，田内健二，木越清信，尾縣 貢（2007）リバウンドジャンプと垂直跳の遂行能力の発達に関する横断的研究。体育学研究，52(2)：149-159.
- 深代千之（1990）跳ぶ科学，大修館書店：東京。
- 深代千之，若山章信，小嶋俊久，新井健之，飯干明，淵本隆文，湯海鵬（1994）走幅跳のバイオメカニクス，世界一流陸上競技者の技術。日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班編。ベースボールマガジン社：東京。Pp.135-151.
- Hey, J. G. (1978) The identification and ordering of the technical factors limiting performance. A paper presented to the XXI World Congress in Sport Medicine, Brasilia, Brasil, September.
- Hey, J. G., Miller, J. A., Canterna, R. W. (1986) The techniques of elite male long jumpers. Journal of Biomechanics. 1:185-196.
- 伊藤信之（2012）走り幅跳びにおける動作評価システムの提案，日本陸上競技学会第10回大会（東海大学），シンポジウムⅡ「科学的サポートからの提案」。日本陸上競技学会誌，10(1)：76-79.
- 小山宏之，村木有也，吉原 礼，永原 隆，柴山一仁，大島雄治，高本恵美，阿江通良（2010）走幅跳のバイオメカニクスの分析，世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術。日本陸上競技連，154-164
- 小山宏之（2012）跳躍の競技力向上をバイオメカニクス

- の視点から考える. 日本陸上競技学会第10回大会(東海大学), シンポジウムⅡ「科学的サポートからの提案」. 日本陸上競技学会誌, 10(1): 80-82.
- 松井秀治, 三浦望慶, 袖山紘, 小栗達也(1973) 走り幅跳びの踏切における速度変化. 昭和48年度日本体育協会スポーツ科学研究報告, No. VI跳能力の向上一第1次研究報告一, Pp.20-26.
- 松島一司(2013)数種類の台高を利用した多段階式ドロップジャンプテスト法の開発. 筑波大学体育系修士研究論集, 35: 385-388.
- 村木征人(1982)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: 東京.
- Muraki, Y., Koyama, H., Ae, M. Shibayama, K. Yoshihara, A. (2009) Run-up velocity in the men's and women's triple jump at the 2007 IAAF World Championships in Athletics in Osaka. Bulletin of studies in athletics of JAAF, 5:119-124.
- Phillips, G. and Lee, A. (2005) A three-dimensional kinematic analysis of the long jump take-off. Journal of Sport Sciences, 23(9):891-903.
- 武田 理, 村木有也, 小山宏之, 阿江通良(2005) 身体重心速度およびボール湾曲度からみた男子棒高跳選手のバイオメカニクスの分析. 陸上競技研究紀要, 1: 30-35.
- 澤野大地, 本道慎吾, 田端健児(2008) 棒高跳の踏切動作に関する研究, 一身体重心の速度変化を中心に一. 陸上競技研究, 72(1): 22-31.
- Viitasalo, J.T., Aura, O., und Luhtanen, P. (1982) Biomechanische und anthropometrische aspekte des Hochsprungs. Leistungssport, 12(2):146-151.
- 渡辺輝也(2007) 背面跳の技術類型に関する運動学的考察. 陸上競技学会誌, 5(1): 1-11.
- 渡辺輝也, 朝岡正雄, 宮下 憲, 佐野 淳(2009) 走高跳におけるスピードフロップの類型化に関する運動学的考察. 体育学研究, 54(2): 327-342.
- 渡辺輝也(2010) 走高跳におけるバイオメカニクス技術分析の研究動向の批判的検討. 陸上競技研究, 81(2): 2-16.

記念講演

【世界陸上競技選手権北京大会に見る世界の陸上界の動向】

石塚 浩（日本女子体育大学）

1. 国別対抗得点について

陸上競技界において世界的な規模で開催される競技会は、オリンピック大会（以下：五輪）と世界陸上競技選手権大会（以下：世界陸上）が挙げられるであろう。このような競技会で、メダリストや入賞者の輩出は、その国の陸上競技連盟の競技力を示すものである。この競技力を具体的に示すには、日本国内の競技会において学校対校形式で行われている得点システムがもっとも理解しやすい方法であり、得点配分は、1 位 8 点、2 位 7 点、……7 位 2 点、8 位 1 点である。この得点システムを用いて、各国の得点ランキングを示したのが表 1 である。この表は、2009 年のベルリン世界陸上から 2015 年北京世界陸上までの得点ランキングを示したものである。表中の推移を見ると、ロシアの急激な得点低下が明かである。ロシアは、2001 年エドモントン世界陸上、2003 年パリ世界陸上では米国を押さえて 1 位となり、2004 年

アテネ五輪から 2013 年モスクワ世界陸上までの間は、常に米国に次いで 2 位の位置を保持していた。しかし、2015 年北京世界陸上では 60 点と 10 位まで陥落し、得点数でも 3 分の 1 まで低下した。これは、2014 年末のドーピング問題に端を発し、2015 年北京世界陸上に有力なトップ選手が参加しなかったことが一つの原因と考えられる。また、日本陸上競技連盟による派遣で筆者が視察をした 2014 年ヨーロッパ陸上競技選手権大会（スイス・チューリッヒ）の際にも、ロシア選手の活躍が見られなかったことから、競技力の低下を感じさせるものであった。結果的に、このヨーロッパ選手権での得点ランキングでロシアは 1 位ではあったが、金メダルは 3 個と、イギリスの 8 個、フランスの 9 個との比較をすると、地域の選手権においても低迷したと言える。一方で、このような結果は、女子棒高跳のイシノブアエヴァに代表されるようなスター選手が存在しないことも、大きな要因と考えられる。

表 1 2009 ～ 2015 年の世界選手権・オリンピックにおける国別対抗得点の変化

09ベルリンWCH			11大邱WCH			12ロンドン五輪			13モスクワWCH			15北京WCH		
順位	国名	得点	順位	国名	得点	順位	国名	得点	順位	国名	得点	順位	国名	得点
1	米国	231	1	米国	251	1	米国	304	1	米国	282	1	米国	214
2	ロシア	154	2	ロシア	202	2	ロシア	179	2	ロシア	183	2	ケニア	173
3	ジャマイカ	136	3	ケニア	174	3	ケニア	112	3	ケニア	139	3	ジャマイカ	132
4	ケニア	120	4	ジャマイカ	101	4	ジャマイカ	107	4	ドイツ	102	4	ドイツ	113
5	ドイツ	104	5	ドイツ	83	5	ドイツ	95	5	ジャマイカ	100	5	イギリス	94
6	エチオピア	88	6	イギリス	70	6	エチオピア	90	6	エチオピア	97	5	中国	94
7	イギリス	87	7	エチオピア	66	7	イギリス	85	7	イギリス	79	7	エチオピア	83
8	ポーランド	73	8	中国	61	8	中国	73	8	ウクライナ	51	8	ポーランド	68
9	キューバ	51	9	キューバ	48	9	ウクライナ	47	9	フランス	50	9	カナダ	65
10	中国	50	10	フランス	46	10	フランス	39	10	ポーランド	44	10	ロシア	60
11	オーストラリア	45	11	ポーランド	44	11	トリニ・トバコ	35	11	中国	42	11	フランス	42
12	フランス	41	12	オーストラリア	34	12	チェコ	30	12	カナダ	41	12	キューバ	30
13	トリニ・トバコ	32	13	南アフリカ	34	13	オーストラリア	27	13	チェコ	38	13	ウクライナ	29
14	スペイン	29	14	ウクライナ	29	14	キューバ	25	14	キューバ	32	14	オランダ	28
15	ウクライナ	29	15	ベラルーシ	26	15	カナダ	22	15	日本	31	15	南アフリカ	22
16	バハマ	27	16	チェコ	25	16	ポーランド	21	16	オーストラリア	27	15	トリニ・トバコ	22
17	日本	27	17	モロッコ	23	17	トルコ	20	17	スペイン	24	17	ベラルーシ	20
18	南アフリカ	23	18	日本	18	18	ベルギー	19	17	オランダ	24	18	オーストラリア	19
19	バーレーン	22	19	イタリア	17	18	バハマ	19	19	ナイジェリア	19	19	バハマ	16
20	イタリア	22	20	ノルエー	15	20	南アフリカ	17	19	イタリア	19	20	モロッコ	15
21	ポルトガル	19	21	ブラジル	14	21	イタリア	15	19	ブラジル	19	21	チェコ	14
22	ノルウェー	17	22	ベルギー	14	21	ドミニカ	15	22	南アフリカ	18	21	クロアチア	14
23	アイルランド	15	23	ポルトガル	13	23	日本	13	23	コートジボワール	14	21	スウェーデン	14
24	チェコ	14	24	エストニア	12	23	オランダ	13	24	トリニ・トバコ	13	24	ハンガリー	13
25	ルーマニア	14	25	カナダ	12	25	スペイン	12	25	セルビア	12	24	フィンランド	13
						25	ボツワナ	12	25	スウェーデン	12	24	ブラジル	13
												24	日本	13
49	ギリシャ	5	36	ギリシャ	8	55	ギリシャ	4	—	ギリシャ	0	49	ギリシャ	6

※WCH: 世界選手権 ※トリニ・トバコ: トリニダード・トバコ
 ※五輪: オリンピック
 ※同点の場合は、より上位の入賞順位を獲得した国が、国別対抗得点の順位は上となる

一方で、競技力を維持していると思われるのが、イギリスとフランスである。特にイギリスは、2012年にロンドン五輪を開催し、男子長距離のファラー、男子走幅跳のラザフォード、女子混成競技のエニスの3選手で金メダル4個を獲得し、その後も、このようなスター選手の活躍を基盤としながら若手選手も育成し、競技力の維持を図っており、常に70～80点台を獲得し、6～7位にランクされている。

次に、イギリス以外の五輪開催国について見ていきたい。これは、五輪という大会が、特別な存在として位置づけられており、開催国は五輪に向けての強化策を立案して大会に臨むことが通例となっているためである。2008年に北京五輪を開催した中華人民共和国（以下：中国）の場合は、2015年北京世界陸上に向けて2013年頃からダイヤモンドリーグ等の海外の試合へ積極的に選手を派遣し、今回94点を獲得し、前回の2013年モスクワ大会での得点を2倍以上増加させた。このような中国の結果は、得点獲得には至らなかったが、アジア人として初めて世界陸上の男子100m決勝進出、男子400mリレーで銀メダル、さらには、男子走幅跳では全員が入賞（銅メダル・4・5位）という快挙を次々と繰り広げたことから明らかである。一方、2004年にアテネ五輪を開催したギリシャは、1999年セビリヤ世界陸上から自国開催となった2004年アテネ五輪までの間、常に40点台の得点を獲得し12～13位の位置を占めていた。翌年の2005年ヘルシンキ世界陸上では8点のみで42位に沈み、それ以後は一桁台の得点が続く、ついには、モスクワ世界陸上で入賞者すら輩出できず0点となった。2015年北京世界陸上では、女子棒高跳で銅メダルを獲得したキリアコプローの6点のみで、世界的なレベルで活躍している選手は男女の棒高跳だけで、陸上競技全体の競技力を引き上げているとはいえない状況にある。経済的な問題を国内に抱えている影響もあるが、アテネ五輪に向けて築きあげた財産、言い換えれば、若手選手の育成を怠ったために競技力を食い潰したとも表現できるであろう。

次に、2000年にシドニー五輪を開催したオーストラリアは、順位の低下とともに、獲得する点数は微減が続いている。ギリシャの急激な低下と比較すると、競技力の低下を最小限に留めていると言えよう。これは、AIS (Australian Institute of Sport: オーストラリア国立スポーツ研究所)を中心とした競技力向上の施策が的確であり、また現場の指導者の努力によって維持がなされていると指摘できるであろう(石塚浩ほか, 2012)。

一方、日本の得点の多くは、長距離・マラソンを中心とした得点がほとんどである。近年は、長距離種目だけでなく、マラソンに進出してきているアフリカ勢の台頭により、2011年大邱世界陸上、2012年ロンドン五輪、2015年北京世界陸上と10点台に留まっている。一方で、日本が20～30点台を獲得した2009年ベルリン世界陸

上、2013年モスクワ世界陸上大会は、女子マラソンでのメダリストが輩出されていることから、得点獲得には、マラソンの重要性が非常に際立つものであると言える。ちなみに、日本が男子三段跳で五輪3連覇を成し遂げた時代となる1936年ベルリン五輪では、メダルを7個獲得し、長距離マラソンで24点、跳躍で44.5点、投てきで13点で、81.5点と国別対抗得点では、米国、ドイツ、フィンランドに次ぎ4位にランクされていた。今後、この国別得点対抗を考えての強化策を展開するに当たっては、競技種目の特性や日本人の持つ様々な特徴から、強化対象とする種目のさらなる選別が必要となろう。これは、同じアジア人である中国の強化策が、北京世界陸上で結実している点からも明かであろう。但し、このような強化策は、近視眼的に各大会での結果に左右されるのではなく、中長期的な強化策の立案に委ねられるものであることは明白である。そのためには、競技者育成プログラム等で強化策に関する内容が活字媒体となる前段階での、厳密な考量が必須と言える。

2. 走高跳と三段跳における腕の動作について

(1) 走高跳

現在、走高跳の跳躍スタイルとして主流となっている背面跳は、1968年メキシコ五輪でフォズベリー（米国）が優勝し、瞬く間に、誰もが、この跳躍スタイルを用いるようになった。当時のフォズベリーの腕の動作は、助走での走動作のままで踏切りに移行するランニングタイプであった（写真1参照）。当時、他の選手が用いていた跳躍のスタイルは、空中でバーに対して腹ばいの姿勢になるベリーロールであった。このベリーロールの踏切りで用いられていた両腕振込み動作や、振上げ脚のつま先を地面すれすれに通過させて膝を伸ばした状態で振り上げる動作を背面跳に組み込むことで、更なる記録向上を指摘する文献や指導書が散見されていた。1968年のメキシコ五輪でフォズベリーが背面跳で当時の世界的なレベルの記録を樹立（2m24で金メダル獲得）して約50



写真1 1968年メキシコ五輪 男子走高跳優勝（2m24）フォズベリー（USA）のランニングスタイルの腕の動作（国際オリンピック委員会の映像より筆者が加工）

年が過ぎ、背面跳の踏切り時のスタイルにも変化が現れていることは、これまでの世界記録を更新した選手のスタイルからも明らかであろう。そこで、2015年北京世界陸上で入賞した男女走高跳選手の踏切りでの腕の動作について注目し、タイプ分けを映像から行ったところ表2のようになった。

両腕振込みだけを用いている男子が66.67%、女子では75.00%であり、男女とも3分の2以上の選手が用いている。男子の両腕振込みをしながらも、最終的な踏切り時には片腕だけを頭上に挙げるタイプであるダブル＋シングルをも含めて両腕振込みとしたならば88.89%となった。したがって相当数の選手が、男女とも踏切り時に両腕振込みを用いていると言える。本稿では世界陸上での入賞者を対象としたが、男女走高跳出場者を全員を調査したとしても、両腕振込みの腕の動きを使う選手の割合が少なくなることはないと考えられる。

一方で、日本国内で女子走高跳選手が、踏切り時に両腕振込み動作を行っているのは、ほぼ皆無と言える。北京世界陸上の入賞者の多くが両腕振込み動作を用いていることから（写真2参照）、特に、日本の女子選手には、両腕振込み動作を導入する必要性が考えられであろう。しかし、両腕振込みでない踏切りをしていた競技者が、



写真2 2015年北京世界陸上 女子走高跳優勝（2m01）
クチナ（RUS）の両腕振込みの腕の動作
（TBSの映像より筆者が加工）

この両腕振込みを踏切りに組み込もうとした場合、当然のように助走の走動作のなかで、両腕を一旦揃えることが要求される。この結果、助走のリズムやテンポを崩すことになり、適切な踏切り動作を行えなくなる可能性がある。走高跳を志向する競技者の若年層時代から、つまり初心者段階から、走高跳での踏切りに限らず、種々の跳躍運動（バウンディング、ホッピングなど）をする際には、両腕振込みを用いた踏切りを行うようにしていくことが鍵と思われる。日本でも男子走高跳の戸邊直人（自己記録2m31）のように、20代になってから踏切りで両腕振込みへ変更する場合には、時間をかけて一旦覚えた動きを覚え直すという、根気のいる作業になり、競技力の向上という視点からすると遠回りをせざるを得ないためである。また、こういった動きの修正には、スポーツ運動学領域で用いられる「運動記憶」という用語に代表される、自らの身体に染み込んだ身体の動かし方（運動記憶）を獲得するという前に、一旦、染みついてしまった身体の動かし方（運動記憶）を忘れなければならないという難しい過程が含まれるからである。

(2) 三段跳

現在の男子三段跳の世界記録保持者であるエドワーズは、1995年にホップ、ステップ、ジャンプの各踏切りとも両腕振込みで18m29cmを樹立した。しかし、その翌年からは両腕振込みでの跳躍ではバランスを取りづらくなり、特にホップに関してはランニングスタイルの跳躍へと跳躍スタイルを戻した。世界のトップクラスの選手でもこういった状況に陥る中で、2015年北京世界陸上三段跳での腕の動作を観察すると表3のようになる。男子では、各踏切りでホップ＜ステップ＜ジャンプというように、両腕振込みを用いる割合が大きくなっていく傾向にある。特にジャンプの踏切りでは87.50%と、ルーマニアのオブレア以外は全員両腕振込みを用いている。さらに、ステップの踏切りでも、ランニングスタイルと両腕振込みを合わせて用いている選手が多く、全ての踏

Table 2 : Arm Action in take-off for Men & Women High Jump on 15th IAAF World Championships (Beijing)

High Jump Men

POSITION	ATHLETE	COUNTRY	MARK (cm)	Arm Action ※
1	DROUIN	CAN	234	D + S
2	BONDARENKO	UKR	233	D
2	ZHANG	CHN	233	D
4	BARSHIM	QAT	233	D
5	TSYPLAKOV	RUS	229	D
6	THOMAS	BAH	229	D + S
7	BÁBA	CZE	229	D
8	TAMBERI	ITA	225	S
8	KYNARD	USA	225	D

Type	Arm Action (%) ※
D	66.67
D+S	22.22
S	11.11

High Jump Women

POSITION	ATHLETE	COUNTRY	MARK (cm)	Arm Action ※
1	KUCHINA	RUS	201	D
2	VLAŠIĆ	CRO	201	D
3	CHICHEROVA	RUS	201	D
4	LICWINKO	POL	199	D
5	BEITIA	ESP	199	S
6	JUNGFLEISCH	GER	199	D
7	SCHEPER	LCA	192	D
8	PATTERSON	AUS	192	S

Type	Arm Action (%) ※
D	75.00
S	25.00

Arm Action ※ : R : Running Arm, S : Single Arm, D : Double Arm

Table 3 : Arm Action in take-off for Men & Women Triple Jump on 15th IAAF World Championships (Beijing)

Triple Jump Men				Arm Action ※		
POSITION	ATHLETE	COUNTRY	MARK(cm)	Hop	Step	Jump
1	TAYLOR	USA	1821	D	D	D
2	PICHARDO	CUB	1773	D	D	D
2	ÉVORA	POR	1752	R	D	D
4	CRADDOCK	USA	1737	D	D	D
5	ADAMS	RUS	1728	R	D	D
6	OPREA	ROU	1706	R	R	R
7	SOROKIN	RUS	1699	R	R+D	D
8	OKE	NGR	1681	R	R+D	D

Arm Action (%) ※			
	Hop	Step	Jump
D	37.50	62.50	87.50
R	62.50	12.50	12.50
R+D	0.00	25.00	0.00

Triple Jump Women				Arm Action ※		
POSITION	ATHLETE	COUNTRY	MARK(cm)	Hop	Step	Jump
1	IBARGÜEN	COL	1490	R	R	R
2	MINENKO	ISR	1478	R	R	R
3	RYPAKOVA	KAZ	1477	R	R	R
4	PETROVA	BUL	1466	R	R	R
5	WILLIAMS	JAM	1445	R	R	R
6	SALADUKHA	UKR	1441	R	R	R
7	KONEVA	RUS	1437	R	R	R
8	GIERISCH	GER	1425	R	R	R

Arm Action (%) ※			
	Hop	Step	Jump
R	100.0	100.0	100.0

Arm Action ※ : R : Running Arm, D : Double Arm

切りでランニングスタイルを用いているのは、オブレアのみである（写真3参照）。

これに対して、女子選手は全員ランニング式の腕の使い方である。男子三段跳では、完全に両腕振込みが主流と言えるが、反対に女子はランニング式が主流という傾向にある。女子に関しては、三段跳が国際的な大規模競技会に導入されたのが、1993年シュトゥットガルト世界陸上、1996年アトランタ五輪からで、約20年を経過したところである。今後、女子三段跳選手も男子同様に両腕振込みを踏切りで用いるようになるのは明白であろう。



写真 3-2 2015 年北京世界陸上 男子三段跳優勝（18m21）テイラー（USA）のステップの踏切りにおける両腕振込み動作（TBS の映像より筆者が加工）



写真 3-1 2015 年北京世界陸上 男子三段跳優勝（18m21）テイラー（USA）のホップの踏切りにおける両腕振込み動作（TBS の映像より筆者が加工）



写真 3-3 2015 年北京世界陸上 男子三段跳優勝（18m21）テイラー（USA）のジャンプの踏切りにおける両腕振込み動作（TBS の映像より筆者が加工）

この両腕振込みという動作について考察すると、次のようなことも指摘できる。それは、1985年に旧ソ連・モスクワで跳躍選手の合宿が行われ、その際に筆者も同行した。モスクワ市内のクラブが練習会場となり、そこではジュニアの競技者から一般の愛好家、そして、クラブに所属している世界のトップ選手がトレーニングを行う施設であった。当然のようにバウンディングやホッピングという練習手段は、どの種目の選手も何らかの形式で用いており、ジュニアの選手であっても、ほぼ全員と言って良いぐらいに両腕振込みを用いていた。各種の跳躍運動をする際に、これほどまでに両腕振込みが浸透していると言うことは、ある意味では文化として根付いていると言えるであろう。女子走高跳でも指摘したように、競技者を育成するシステムのなかで、両腕振込みの重要性を今以上に指摘し、トレーニング現場で展開することが、今後の競技力を左右する面が多々あると考える。

参考文献

- 1) 石塚 浩, 梶原道明 (2012) オーストラリアにおけるスポーツと陸上競技の強化に関わる基底と展開について～スポーツトレーニング学的視点から～. 陸上競技学会誌, 10 (1) : 48 - 54 頁

《演者プロフィール》

石塚 浩 (いしづか ひろし)

1955 年生まれ

現職 日本女子体育大学教授
日本陸上競技連盟強化委員会医科学情報サポート情報部長

学位 体育学修士

専門分野 スポーツ運動学
スポーツトレーニング学

指導歴 女子三段跳 日本記録樹立, 日本選手権優勝
女子 100mH アジア選手権優勝, 日本選手権優勝
女子走幅跳 日本学生陸上競技対校選手権大会優勝

資格 国際陸上競技連盟コーチ資格レベルV取得
日本オリンピック委員会ナショナルコーチアカデミー修了
日本体育協会上級コーチ (陸上競技) 取得

記念講演

【世界陸上競技選手権北京大会に見る世界の陸上界の動向】

小山 裕三（日本大学）

1. はじめに

私が投擲を見て常々感じることだが、世界選手権の投擲（砲丸投、円盤投、ハンマー投、やり投）に出てくる選手をみていると、これは全くタレントが違うという点である。この学会では本来、技術論などを話すことが一番だろうが、それよりも世界で戦うための戦略というものをついていけばもっとチャンスが出てくるのではないかと思う。そのひとつとして体型の違いを参考までにお話させていただきたい。

2. 身長・体重にみる世界の一流投擲競技者

砲丸投、円盤投、ハンマー投、やり投の中で今回の世界選手権を振り返ってみる。

まず、男子砲丸投選手の最高身長は 2m04cm、最高体重が 154kg、平均身長が 191.2cm、平均体重が 127.8kg である。相撲取りのような選手が集まってやっているわけだが、身長が 190cm を切っているものは、26 名中わずか 6 名である。ただし 180cm を切っているものが 1 名いる。今回銅メダルを獲得したジャマイカのオデイン・リチャーズという 26 歳の選手である。この選手は 178cm、117kg であり、日本人選手の中でもそれほど大きく見られない選手である。回転投げを用い 21m69 という記録で 3 番に入っているが、ただ身長と体重だけでこの選手を判断するには多少無理がある。180cm 以下はわずか 1 名ということで、あとは平均身長が 191cm という世界で戦っているからである。

男子円盤投を見ると最高身長は 2m07cm、平均体重は 135kg、指極で 2m40cm あるというような体格である。円盤投においては、190cm 以下は出場選手の中で 2 名しかいない。平均身長が 194cm、指極は 2m45cm という世界で円盤投は行われている。

一方、ハンマー投においては、190cm 以下は 11 名いたが 180cm 以下はわずか 2 名しかいない。平均身長は 186.6cm、平均体重が 105.9kg である。この体型こそまさに室伏広治選手（以下、室伏選手）である。著者は室伏選手を 15 歳の時からずっと見ているが、彼はただの 186cm の選手ではない。室伏選手は、体重が少なく、細くて筋力もない高校 2 年生の時に立幅跳で 3m60 跳び、立五段跳では 18m を越えていた。将来この男が世界に出て活躍しなかったら、世界でメダルを獲り、活躍して

いる人たちはどんな人なのだろうと思い浮かべたことがある。体育の授業の中で 60m ハードルをやったことがあった。インターバルが 8m50cm、高さ 85cm での記録であるが、室伏選手はなんと 8 秒 4 で走ってきた。やったこともないにも関わらずにである。そういうような男だからこそ、平均的な体格でも世界に通用しているのである。確かに室伏選手は技術がすごい。世界で室伏選手以上に技術を持っている選手はいないだろうということで、日本で評価されている以上にヨーロッパで評価されている。

そして、やり投では 190cm を切る選手が 8 名、180cm を切る選手が 1 名という状況である。平均身長は 187.5cm、平均体重 92kg である。やはり一般的な日本人とは比較にならない。何を言いたいかと言うとやはりタレント発掘、こういうところから始めていかないと日本人選手が世界で活躍することは難しいのではないかと思われる。

3. 他の競技における一流競技者

日本にそういう選手はいないのかと振り返ってみると、野球に一番能力の高い選手が集まっているように思う。今年日本シリーズに出場したソフトバンクおよびヤクルトの選手の身長を見てみると、ソフトバンクは、180cm 以上はスターティングメンバー 9 名のうち 4 名。一番高い選手は 194cm である。ヤクルトでは 180cm 以上が 9 名のうち 5 名である。180cm は投擲種目の世界でも低い身長ではあるが、プロ野球選手の運動神経は極めて高いわけで、100m を走らせたなら朝の 9 時半に手動とはいえ 10 秒 7 で走ったり、アップシューズで 1m95 跳んだりもする。そのような野球選手がたくさんいるということである。ちなみに村上選手もディーン選手も野球経験者である。

世界で活躍している日本の野球選手は、まずダルビッシュ選手があげられる。そしてイチロー選手や松坂選手と続く。そして今日本にいて活躍しているのは大谷選手である。ダルビッシュ選手は身長 195.6cm、体重 99.8kg と公表されている。おそらく体重はもっと重いと推察する。では松坂選手はどうかというとやや小さく見えるが、身長は 183cm で、体重は 93kg ある。イチロー選手もあれだけ俊敏な速さであれだけの動きをしながら、身長は 180cm を越えている。そして、大谷選手は身長 193cm である。そういうことを見てみると、日本

に素材がないのか、また投擲は無理なのかということ、そうではないのである。日本でもこういう子どもたちを陸上界に引っ張り込むことができれば、何とか世界に太刀打ちできるのではないと思われる。

4. オリンピックにおけるメダル獲得競技

今日、各メディアでオリンピックが多く取り上げられている。オリンピックで日本がどの種目で活躍しているか過去3大会をみると、アテネオリンピックでは陸上競技で室伏選手と野口みずき選手（マラソン）が金メダルを獲得している。他の競技を見てみると、アテネオリンピックでは柔道、競泳、体操、レスリング、アーチェリー、自転車、シンクロナイズドスイミング、セーリング、野球がメダルを獲得している。

次に北京オリンピックを見ると、陸上では4×100mRにおける銅メダル獲得、そして柔道、競泳、レスリング、ソフトボール、体操、フェンシング、自転車、シンクロナイズドスイミングでメダルを獲得している。

次にロンドンオリンピックを見てみると、男子ハンマー投で室伏選手が入っているが、柔道、体操、レスリング、女子ウェイトリフティング、競泳、アーチェリー、バドミントン、フェンシング、卓球、サッカー、バレーボールというようになっている。

つまり、クラブチームなどが地域に多く存在するスポーツが活躍しているということで、学校の体育だけに頼ってやっているわけではないのである。

陸上界における中学・高校の先生は非常に優秀である。技術の指導、教育方法、また技術を考える力というのは世界の中でも一流だと思われる。しかし、それにもかかわらずタレントがいない。優秀なタレントは野球であったりサッカーであったり。その地域に有名な指導者がいるということで柔道であったり、アーチェリーであったり、レスリングだったりというような競技に行ってしまう。どうしたら早いうちに、将来メダルとはいかなくても、オリンピックで活躍できるような選手を獲得できるかということを考えなければいけないと思う。

5. タレント発掘の重要性

どうしたら大谷選手のような、ダルビッシュ選手のようなタレントが陸上界にきて槍を投げてくれるだろうか。相撲取りでいう千代の富士クラスが砲丸投をやってくれるか。

陸上競技の世界にはプロがいない。勧誘するにしても大学へ行かせてあげるといのが一番甘い汁だと思いがそれでは他のスポーツに負けてしまうのではないかとと思われる。「どうしたら戦略的にタレントが発掘できるか」ということが将来、陸上競技選手として強くなるか、ならないかという一番大きな鍵になってくるのではないかとと思われる。中学・高校の先生からは、野球部に入った

A君は非常に優秀だった。他の部活にはもっといい選手がいたという話はよく聞く。ある中学の非常に指導熱心な先生は、各地域の小学校の運動会に行つてビデオを撮りながら身体の大きい子ども、足の速い子どもをビデオに撮つてきて、後でビデオを見ながら、その選手をスカウトしに行ったところ、ほとんどが野球選手だったそうである。ちょっと体が小さい子どもはサッカー選手が多かったそうだ。陸上競技もその辺のところをどうすれば上手くできるか考える必要がある。ただ単にクラブチームを作ればいいのか、クラブチームを作つて足が速くなつても、野球に流れていくなつてということが決していい結果ではないとも思うし、中学、高校の先生の責任ではないと思う。大学に行つたら、大した指導者がいないと言われることもそんなに大きな責任ではないのではないかと思う。責任問題ではないのだが、純粋に日本の陸上競技を強くするというのであれば、この学会で陸上競技の技術を語っていくだけではなく、何かこの学会が現場と研究者とのいい具合のつなぎになって、一番は現場に返つて、それが現場のプラスになり、将来オリンピックで活躍できる力につなげていくことが必要ではないだろうか。

第1回学会大会だったと思うが、その時にタレント発掘について発表させていただいたが、そういう中で私も皆さんもタレント発掘の重要性はわかつていたと思う。今から30年近く前に、石塚先生もタレント発掘のことについて東ドイツについて論文を書いていてすごいなと思ったし、楽しみだなとも思ったがなかなか先に進まない。どうしたらいいのか。何か良い案が合つたら日本陸連にぜひ持って行って、こういうかたちが一番良いと、「野球に勝てる」、「サッカーに勝てるよ」と提案して欲しい。

水泳は、運のいいことに習い事として盛んである。どの地方にもスイミングスクールがあつて小さいうちから水泳をやらせることが多い。やはり命に関わることと水泳は後で覚えるのは大変だからというのが理由であろう。その中で良いタレントを残して、アスリートコースなどと言つてうまく育ててきているのが水泳の世界である。だから陸上競技でも何かいい方法があればと思う。そこが解決できれば、世界のこともこれだけ一所懸命研究しながら真面目に取り組んでいる先生ばかりなので、世界に引けを取らない立派な結果が出るのではないかとと思われる。

私も世界チャンピオン、世界記録を作つた選手のコーチと話をし、「なぜあの選手が踵をつかずに踵をつく寸前で跳ね返つて、切り返して突き出しに移ることができるのですか」と質問したことがある。日本の人たちは真面目にあそこで切り返すためにはどのようなテクニックがあり、バイオメカニク的な知識を使ってどのようにしたらあのような切り返しができるのかということを実

面目に考えているのだと説明したところ、そのコーチは「これってすごいのか」と言うのである。それほど日本人は、きめ細かいということなのだろうか。

6. まとめ

最後にまとめとなるが、この辺のところを皆さんで考えていけばバイオメカニクスも絶対に生きてくるし、もしかしら無形文化財みたいな形で、何かしらの広告塔となってくるかもしれない。私が教える砲丸投が世界で金メダルを獲れるなんていうことになれば、これは黙っていないでしょう。どうかそういう場面を作ってもらえるように、日本陸上競技連盟が先頭に立って戦略を練っていただきたい。私たちはそういうものを一所懸命、戦術を練りながら頑張っていきたいと思う。これは2001年から真面目にテレビ解説をして世界を見てきているものとしてお願いである。

《演者プロフィール》

小山 裕三（こやま ゆうぞう）

1956年生まれ

現職 日本大学教授
日本大学陸上競技部監督
日本学生陸上競技連合強化委員（副委員長）
関東学生陸上競技連盟評議委員
日本陸上競技学会理事（副会長）

最終学歴 日本大学

研究分野 スポーツ運動学
スポーツコーチング学

競技歴 砲丸投 日本選手権優勝2回
アジア大会6位
アジア選手権4位

指導歴 砲丸投
日本選手権優勝20回（日本人1位23回）
日本学生陸上競技対校選手権大会優勝10回

基調講演

【婦人科医から見た女性アスリートの現状と将来】

難波 聡（埼玉医科大学）

1. はじめに

私がスポーツドクターとして、国立スポーツ科学センターの外来をやるように呼ばれたとき、女子長距離選手などに無月経が多いというのは周知の事実ではあった。そして、女子選手たちの治療担当ということでホルモン療法を始めたが、比較的最初は単純に考えていた。長距離などの無月経の選手たちのエストロゲン値を測ると極めて低い。そこだけ見ると、閉経期の女性と同じなので低エストロゲン性の無月経であり、本来女性としてあるべきエストロゲン値より低いことから、ホルモン補充療法をして正常に近づければいいではないかというように単純に考えていた。

当時、中用量ピルという、相当ホルモン量の多いものを出す先生方が産婦人科医の中でも多く、それを飲んだ結果、体重が急に増えたとか身体が重くて走れなくなったとか気持ち悪くて体調を崩したとか、現場の選手やコーチからは不評であった。そういうホルモン療法ではなく更年期女性に出すような比較的マイルドなエストロゲン製剤を、最近では皮膚から吸収させるエストロゲン製剤が主流となっているが、こういうものを処方しておけば、無月経のランナーにとっても十分だろうと単純に考えていた。これによって閉経後の女性が問題となる骨密度の低下などは防げるはずであろうし、子宮内膜の萎縮なども防げるので、将来の妊娠出産にもとりあえずは問題なくなるはずだ、とこのように考えていた。

ところが、実際に無月経の選手たちにホルモン補充療法などを行ってみても、出血を起こすことはできても、骨密度は増えない。疲労骨折も減らない。こんなことをしていて自分自身、何の役に立っているのかわからなくなった。その後、引退した選手たちの調査などをしてみても、特に不妊で悩んだ選手が多いというデータも上がってこない。一生懸命、選手にホルモン補充療法をしている意味がわからなくなった。実際に見てみると、ジュニアの時期、中学生・高校生の時期に適切に骨密度が増加しないまま大学、実業団に入ってきた選手たち、こういった選手たちに婦人科医が一生懸命ホルモン補充療法をしてもなかなか骨密度が増えない。まさにどうしようもない。では、ターゲットにすべきは中高生なのではないか。どうすれば心肺機能あるいは筋肉の柔軟性を維持・

向上しながら、才能あるジュニアの選手たちの骨密度を増やしてあげられるのか、10年かかって、問題提起はここに移ってきた。単にホルモン補充療法をして婦人科医の役割は終わりだと10年前は考えていたが、やはりより現場に則したことがスポーツドクターにも求められるようになるようになった。

2. 月経があるということはどういうことか

そもそも月経があるということはどういうことか。陸上競技は男女別に競技が分かれているが、なぜ分かれているのだろうか。全ての競技で男性が有利だからである。その多くは男性が精巣で作っているテストステロンの作用による筋力の差、あるいは骨格の差といったものに由来すると考えられているが、では女性機能は競技の邪魔になるのか。多くの人はどちらかと言うとマイナスになると考えているだろうし、それは一面否定できないところがある。では、アスリートにとって月経があるということはどういう意味があるのかということを考えてもらいたい。

月経があるということは、すなわち排卵があるということの意味する。排卵があって妊娠が成立しなかった場合に、約2週間後に黄体ホルモンの低下と共に子宮から出血する。これが月経の定義であり、排卵がある、すなわちいつでも妊娠が可能な状態であると言い換えられる。妊娠は女性にとって一大事である。1年弱の期間をお腹の中に別の生命体を抱えて、自分の行動は極端に制限されて、自分の取ったエネルギーのほとんどは赤ちゃんに取られて、そういうある意味危険な妊娠期間を過ごす。そういう期間を過ごすだけの身体にエネルギーの貯蓄がある状態、まだまだ身体に余裕がある状態でないと、排卵して妊娠することは危険だろうと脳の一部が判断することは、生物として合目的なことである。したがって、アスリートにとって月経があるということとは、身体の余裕度の指標になっているというように考える。だから、月経の出血があるなしということよりも、その選手の身体の余裕のあるなしのひとつの指標であって、ホルモン療法で出血だけをおこされるのは疑問に思う。

月経異常の発現率というのは、競技種目によって異なるということは昔から知られている。やはり長距離走、

器械体操、新体操、この3つの競技が多いということがわかっていて、無月経の種目の御三家と言われているが、体脂肪率の低いことが求められる競技であるというふうに見える。具体的な数値としては、体脂肪率が15%になると半分の人が月経異常をおこす。体脂肪率が10%を切るとほとんどが無月経となる。いろんなメディカルチェックで女子実業団長距離ランナーの体脂肪率を見ると、だいたい15%前後、12～17%くらいまでが多いと思われる、約半数が無月経あるいは稀発月経という状態になっていると考えられる。無月経になると血中のエストロゲン値は下がってくる。その結果、骨量も下がるということは昔からわかっていて、低エストロゲン状態に伴う低骨密度、これこそが無月経に伴う問題の一番と考えられる。オリンピック強化指定選手のようなトップアスリートも同様であり、ロンドンオリンピックの強化指定選手683名を調べたアンケートでは、無月経の選手の半数以上は、やはり新体操と陸上長距離と体操競技の3種目で占められている。しかも、無月経の選手の中でもエストラジオール値20pg/ml未満で疲労骨折のリスクが高いことも示されている。

3. アスリートの無月経と疲労骨折について

昨年から一昨年にかけて日本産婦人科学会がかなり予算を費やして、女子大学生アスリート2000人に対してアンケート研究を行い、今無月経かどうか、あるいは疲労骨折の既往があるかどうか、その他の多岐にわたる産婦人科関連の項目を調査した。その中で陸上競技の種目別にみると、今の時点で無月経であると答えたのは、中長距離・競歩が21.9%、体操・新体操で23.2%であり、やはりこの2種目が突出していた。短距離・障害は5.8%であった。

疲労骨折既往の頻度も無月経のデータと似ており、中長距離・競歩は51%、そして中長距離・競歩の半数は疲労骨折の既往があるということがわかった。跳躍選手は新体操・体操と同じか、短距離・障害よりも多いところにランクしていて、37%くらいであった。しかし、無月経に主に関連した疲労骨折というのは中長距離・競歩、新体操・体操の選手に多いだろうと考えられる。跳躍選手や短距離・障害の選手にも少なからず疲労骨折を起こした選手はいるが、それは必ずしも無月経と関連しているとは限らず、衝撃の加わり方、あるいは練習量などの様々な要素で疲労骨折は起こるので、無月経だけに着目していると見誤ることがあり一概には言えない。しかし、少なくとも中長距離・競歩、体操・新体操は、無月経に関連した疲労骨折が多そうということがわかる。

さらに体型別、BMI別の無月経、疲労骨折の頻度を同様に示したところ、まず無月経の頻度を見てみると、BMIが17.5～18.5、これは一般人からすると相当の痩せであり、このクラスでアスリートの20.3%が無月経、それからさらに痩せて17.5未満だと26.5%が無月経である。ここでコントロール群はスポーツを専門にしていない一般人である。この人たちが痩せたらどうなるのかということも興味深い、見事なまでに無月経は多くない。単に痩せているだけで月経が止まるというわけではなく、それに加えて運動をしていることが無月経の要因になっていると考えられる。疲労骨折の頻度をみると、コントロール群が疲労骨折をしないというはある程度当然だが、やはりBMI18.5未満のアスリートで疲労骨折の頻度が4割近くと高いことがわかる。

2002年から2011年にかけて国立スポーツ科学センターで受診した女子長距離ランナー63人の腰椎骨密度を調べたところ（図1）、横軸（%YAM：若年の平均、

日本のトップ女子長距離ランナーの腰椎骨密度

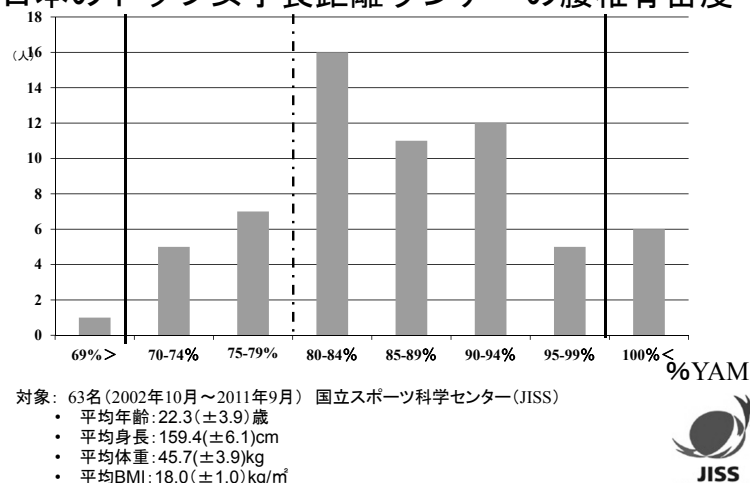


図1

人が一生でピークを迎えるはずの腰椎骨密度の平均値の何％か？という指標）を見ると、世の中の女性の平均以上に腰椎骨密度を有している選手が右端の6人だけであり、その他全員が平均以下であった。骨粗鬆症学会では、80％未満を低下状態と定義するが、これに当てはまる選手も多い。さらに、骨粗鬆症としか言いようがない70％未満の選手というのも1人、実業団で走っている中にも70％未満という非常に低い値を示す選手がいるということも驚きであった。こうした選手の初経年齢を見ると平均13.9歳であり、日本の平均初経年齢というのが12.4歳と言われているので、この時点で1年半くらい遅くなっているということもわかる。やはり多くの選手は、中学時代から長距離の才能を見出されている場合が多いので、それなりに走っていた経験者が多いと推測される。そうすると初経年齢が1.5歳くらい遅くなる。15歳以上は、産婦人科学会では遅発思春期症と呼ばれ、検査や治療の対象と考えられている。月経の有無と腰椎骨密度との関係は強いということになる。

4. ホルモン補充療法について

こういった選手たちにホルモン補充療法を一生懸命した結果がどうなるかという、増えた選手と減った選手と同じくらい傾向が一定ではない。むしろ、ホルモン補充療法の効果よりも何よりも、体重の増減だけに骨密度が比例しているのではないかと印象を与えるような結果となり、産婦人科医としては非常に残念であった。こういう事実自体は、2002年の「The Female Athlete」という分厚いスポーツ医学のテキストにも書いてある。若年アスリートの無月経に伴う骨粗鬆症にはホルモン補充療法の効果は確認されない、これは主に高齢者では骨量低下の機序は骨吸収後進であるのに対して、若年者では骨形成自体が低下しているので、その機序が違ふと。閉経期の女性に対するホルモン補充療法と同じ考え方で若年者にホルモン補充をしても骨密度が増えないことはすでに教科書に書いてあったのである。アスリートの骨量の増加や維持を目的に、ホルモン補充療法や、OC（Oral Contraceptives）という経口避妊薬が、これはエストロゲンが入っているという意味でホルモン補充に使われることもあるのだが、こうしたものを使うことに関しては、必ずしも効果は認められていない。

ホルモン補充に使われる薬は主に2つある。ひとつはエストラジオール製剤と言って、更年期女性に使われるものである。今はほとんど皮膚から吸収させる塗り薬または貼り薬を使っている。これはアスリートに処方しても案外嫌がられることなく、べたついたり、いつの間にか剥がれたり、被れたり痒くなったりということもほとんどなく、案外みんな喜んで使ってくれる。もうひとつは経口避妊薬（OC）である。以前と違って中用量ピルを処方することはほとんどなくなり、低用量ピルを基本

的に出しているが、それでも不眠、体重増加、吐き気などの副作用を訴える選手はいて、もともと体重が軽い選手ほどこういう副作用を訴えるような気がしている。私もこういった薬を骨量増加のために処方してきたが、どうも効果は上がっていない。ちなみにビルの中にもエストロゲンの量がいくつか違うものがあり、ヤーズ、ルナベル、マーベロンというのはそれぞれエストロゲンの量が違う。なるべくエストロゲンを大量に投与したい場合に私もルナベルを処方するなどの工夫をしていた。

5. “エネルギー収支の余裕度”という概念について

ところで、Low energy availability 仮説というのが2000年前後から広く言われるようになってきた。今では、アメリカのスポーツ医学会だけでなく日本でもLow energy availability について語られるようになってきたが、これには良い日本語訳がない。energy availabilityというのは、日々のエネルギー摂取から運動で消費するエネルギーを差し引いたもの、言い換えるならば日々のエネルギー収支の余裕度という概念である。これが理論上、一日当たり25から30Kcal/除脂肪体重kgが維持されないと、視床下部からのホルモン分泌が抑制されて月経異常につながるという仮説がある。したがって、適切な摂取エネルギーの増量によって、アスリートであっても月経異常の予防が可能であるという考え方である。

これに従うと、例えば除脂肪体重40Kgぐらいならば、energy availabilityの1000～1200kcalを確保するために、もし1日25Km走って1000Kcal消費するならば食事摂取は2000～2200Kcalくらいとなり、そんなに突飛な高いカロリーを摂取しろと言っているわけではない。最低限のカロリーをイメージしているに過ぎない。この仮説に関しては、栄養の先生方も必ずしも手を挙げて賛成というわけではない。そもそも摂取エネルギーの測定というのが正確ではない、消費エネルギーも正確ではないという問題もある。本当にこの25から30kcalくらいの具体的な数字が正しいかは検討されている途中ということである。ただし、この考え方自体は完全に根付いており、女性アスリートの三主徴というものにかつては摂食障害が入っていたが、今や、そのメンタル的背景は関係なく、単にエネルギーが足りている、足りていないということだけをもって三主徴の原因というふうに考えられている。これが無月経を引き起こし、かつ骨粗鬆症も引き起こす、最終結果は骨粗鬆症であるという三主徴が、2007年以降は提唱されるに至っている（図2）。日本ではエネルギー不足としか訳しようがないのでそう呼ばれることもあるが、energy availabilityというのは日々のエネルギー収支が、月単位では無月経に影響して、最終的には年単位で骨密度の低下に結びつくという考え方である。

新・女性アスリートの三主徴 Female Athlete Triad

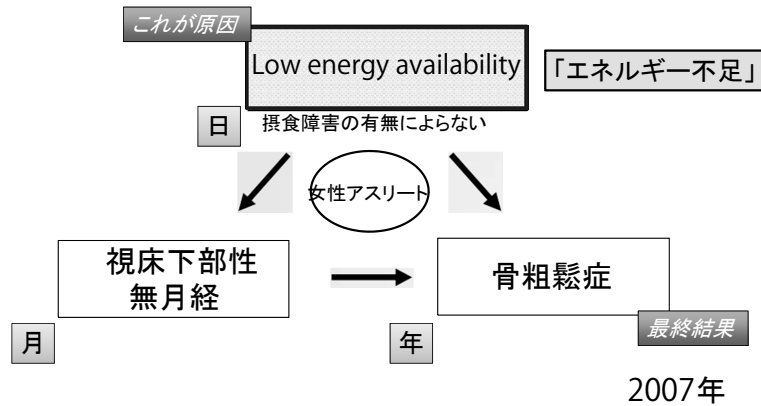


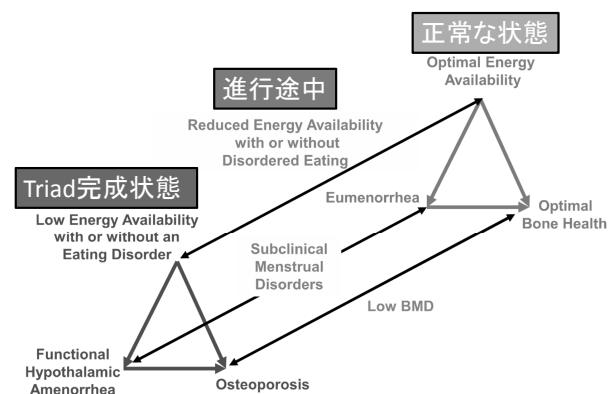
図2

昨年、アメリカのスポーツ医学会が女性アスリートの三主徴に対する対応指針を出した。図3のように、正常な月経があり、エネルギー代謝が正常であって、骨密度が正しい状態から徐々にエネルギー代謝が乱れ、月経が乱れ、骨密度が下がりというところを経て、最終的に三主徴の完成状態に到達してしまう。その途中の段階を見つけてエネルギー状態を改善することが必要という考え方が提唱されている。つまり、最終完成状態になってからでは遅い、その前に発見して予防せよと言われている。その対応策については（図4）、まずエネルギー状態の余裕度の改善ということがある。それに続いて自然と月経状態が改善してきて、最終的には年単位で骨密度が復活してくるであろうということが期待するという考え方

である。

アメリカの consensus statement には、事細かに競技に復帰してよい条件なども記されている。例えばハイリスク2ポイントというところを見ると、BMIが17.5未満というのはこれだけで2ポイントとなる。合計6ポイントになると競技復帰はまかりならんということになるので17.5未満ではだめ、初経がそもそも16歳以降の選手もだめで2ポイント、月経の回数が1年間に6回未満は2ポイントというように、無月経で痩せが改善されていない選手は復帰してはならないことになってしまう。これに対してアメリカでは、選手とスポーツドクターが契約書を交わしてサインをしている。どんなことが選手に要求されているかというと、心理療法士と週1回会い

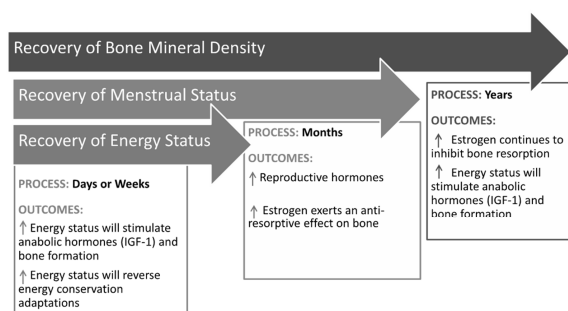
Spectrums of the Triad



2014 Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and Return to Play of the Female Athlete Triad

図3

競技復帰への道筋 まずはエネルギー状態の改善から



2014 Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and Return to Play of the Female Athlete Triad

図 4

なさい、栄養士とも週1回会って食事なりをチェックしてもらいなさい、それから体重増加を週当たり何Kg、最終的にいつのいつまでに目標体重、これを達成しなさい、これを守らなければチームへの活動は当然禁止であって、チームの施設利用さえ禁止しますという契約書がスポーツドクターと選手の間で交わされている。チームの監督やコーチの意向を飛び越えて、選手の健康を守るということが重視されるということもできるし、スポーツドクターの権限が強い国だということも言える。あるいは訴訟社会であるアメリカなので、スポーツドクターがこれだけ言いましたよというような責任回避の面など、いろんな面が考えられるが、日本とだいぶ風土が違う考え方ではある。

さて、アメリカのスポーツ医学会は骨粗鬆症に対して骨を増やす薬について、無月経のアスリートにおいてはそもそもいかなる薬物療法も無効だと考えている。薬物療法以外の対策を少なくとも1年間実施し、それでもまだ骨折を生じるような場合には、しょうがないのでやってみたらどうかというように書かれており、経口避妊薬は骨形成に必要なIGF-1というシグナルを抑制するものであり、薬物療法をやるならばエストロゲン製剤であると書かれている。ビスフォスフォネートというのは骨粗鬆症に使われる製剤で、直接、骨密度を増やすとされている。これも、ゆくゆく妊娠などを考える若い女性に使うのは危険であるから慎重にせよ、とされていて、あまり薬物療法に積極的なことは書かれていない。

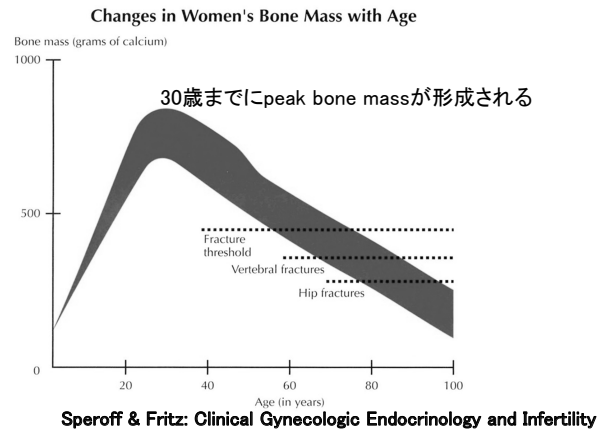
6. 日本の女子中長距離走者について

長距離選手をたくさん見てきた中で、ある程度骨ができてきたのにその後減ってきてしまっている選手ばかりではなく、むしろ中学・高校という本来骨ができるべき

時期（15歳から25歳、30歳前後まで急激に増える）（図5）に、この増加が十分でないような、思春期に十分に骨が形成されていないような選手の方がむしろ問題ではないかというふうに思い至ることになった。

日本陸連の一員として海外遠征に帯同することがあり、そのときのメディカルアンケートを見ると、2006年の世界ジュニア陸上の時には、中長距離選手の8人中7人が無月経であった。2008年の世界ジュニアの時は5人中4人が無月経であった。一方、シニアの日本代表選手では、オリンピックの時は7人中6人に月経があり、世界陸上の時は6人中5人に月経があり、ジュニアとは比率が逆転していた。これが何を意味するのかということ考えた。競技レベル別の無月経や疲労骨折の頻度という今回の日本産婦人科学会のデータも、日本代表レベルの選手は、全国大会出場レベルではあるが日本代表には選ばれたことがない選手たちよりも、無月経の頻度も疲労骨折の頻度も少なかった。これをどう解釈するか。日本代表レベルであれば、それだけメディカルの手当てが行き届いているからと考える人もいるだろうし、そもそも疲労骨折なんかをしているようでは継続的な練習ができないからだとも考えることもできる。そして、もう1歩で日本代表になれるという選手たちが一番無理をしている可能性も考えられる。

ここでいろいろと問題になるのが全国高校女子駅伝という大会である。今年で女子は27回、男子は66回になり、NHKの全国生中継もあって、特に中学生のモチベーションになって、スピードランナーの発掘の場というメリットなどのあることは否定しないが、やや高校野球化しているのではないかと。私立高校などの指導者は、全国大会に行けないとクビが飛ぶという事情があり、成績を追求せざるを得ない。そして、本人も親も選手に選ばれ



低骨密度のアスリートは、いったん形成された骨が減っているというより、そもそも思春期に形成されていないのではないか？

図5

て都大路を走りたいという一心で活動している。そういう長距離ランナーも疲労骨折が多発している。

極端な例ではあるが、高校卒業に至るまで1回も月経がきたことのない選手の例を紹介する。身長が最も伸びた時期は中学1年から2年であり、その1年後に初経を迎えるはずだが、この選手はその初経がきていない。中学の時から全国大会出場レベルであり、駅伝強豪校に進学した。高校進学後は、最初の半年で、体重は47kgから42.5kgへ、BMIで15.1まで減らしたという。高校時代に十分に活躍していた選手であったが、高3で疲労骨折を起こし、全国高校女子駅伝には出場できなかった。性発育については、乳房の発育では最近わずかに出てきたと言っていて、子宮の大きさは極めて小さく、ホルモン採血などではやはりエストラジオールのレベルは非常に低い値であった。この選手の骨密度は、成長スパート前の骨密度とほぼ同じであり、大人の60%程度である。これから大学で走ろうとしていたが、それはすぐには無理だということで、今はホルモン補充療法とリハビリを行っている。女子長距離ランナーの中にはこれだけ極端な選手もいる。

日本陸連でインターハイに出場した選手たちにもアンケートを取っているが、やはり中長距離の選手というのは初経の初来が全体的に遅い。中2、中3あたりになってこれは他の種目と全然違う。例えば、投擲では小5から小6のところであって、むしろ全国平均よりも早いくらいであり、身体の発育が通常よりも早いということにもなるだろう。図6の横軸は初経年齢であり、ある女性は何歳で月経がきたかということを横軸にとって、その時の体重を示している。平均9歳から15歳までで初経がきている選手の中で、平均値が43kgくらいでいたい初経がきている。もう一つの注目点として、16

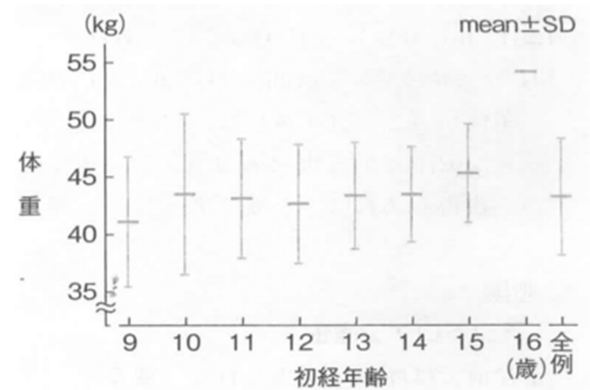


図6

歳のところを見ると43kgであっても月経がきていないことがある。このように、中学卒業までに月経がこないような人は43kgを越えていても月経がこず、もっと高い体重が必要となる場合が多い。中学で月経がきていない選手は特別な対応が必要であるということを示唆している。

さらに、このアンケート結果を見ると、中長距離・競歩の選手の47%に無月経だった既往がある。無月経になった時期は、高校1年、2年あたりが最も多い。やはり高校に入って練習量がアップした結果だと思われる。疲労骨折を起こした時期も高校2年が多く、骨がなかなかで上がらなかったつげがきて、この時期に一番発症しやすいことが考えられる。これは、日本郵政の監督である高橋昌彦さんが早稲田で研究されたアンケート結果とも関連するものである。その一部を紹介すると、実業団所属の現役女子マラソン選手を、日本代表の経験がある実績を残している人たちとそれほどでもない人たちに分けた時に、代表経験群の方は非代表経験群と比べて、

中学時代に全国大会の出場経験が少なく、朝練習を実施していた者が少なく、平日の練習走行距離が少なく、無月経の経験者が少なく、部活動が楽しかったと答えた者が多い、というものであった。このような結果からも、中学駅伝の存在意義なども問われることになるかもしれない。日本の金メダリストも中学時代から全国的に活躍していた選手ではない。

7. 成長スパートと骨密度について

本来、成長スパートの翌年くらいで初経がくるのが正常である（図7）。そこから3年くらいして、身長が1年に1cmほどの伸びへと鈍化してくる。通常、ここまでの間に骨密度が増えるので、この時期を逃してしまうと骨密度が全然でき上がらず、先ほどのような選手が出てきてしまうことになる。すなわち12歳から16歳に骨密度が急上昇する（図8）。中学生年代で骨密度を増やすための注意事項として、やはり成長スパート期や身長増加に見合った体重増加が必須である。そして、体重が成長期であるにもかかわらず減っているということは、やはり著しい異常事態であり、摂取カロリー不足、オーバートレーニングを疑うものである。ひとつの結果として、15歳ころに初経を迎えるということが正常であると考えられる。このように、中学生の時に骨密度をとにかく増やしていかないと、後になっていくら増やそうとしてもなかなか難しいことが多い。

疲労骨折の発生頻度は、16歳、高校1年あたりがピークとなり、日本産婦人科学会のデータでも16から17歳、高校1年から2年がピークと考えられている。疲労骨折が多発している例で成長曲線をつけさせると、本来予想される成長スパートが全く見られず、体重が減っているところがある（図9）。こういう選手が疲労骨折を多発

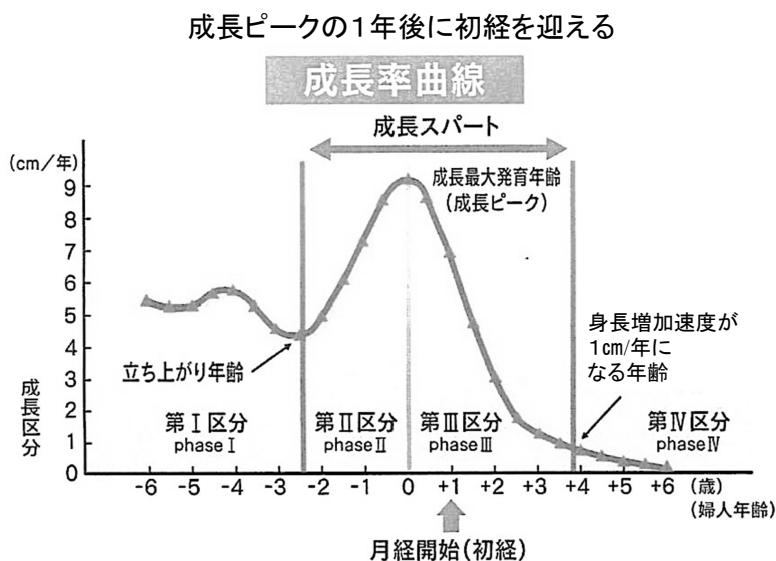
するということになる。

8. 婦人科医ができることは何か？

婦人科医は何ができるのか。中学生・高校生の世代に練習をしすぎるなというだけならば産婦人科医は必要ないかもしれない。女性ホルモンの値をみると、初経がくる前後、血中のエストラジオール濃度は15から20pg/ml程度に増え始める。20から30pg/mlに上がったところで身長の伸びが鈍り始める。そしていよいよ50pg/mlに上がって骨密度が増え始めるので、20程度に止まっている選手は身長の伸びは止まるがその後の骨はなかなか増えない。この50pg/mlという女性ホルモン値を達成するために、産婦人科医は手助けができると考える。要するに、低エストロゲンのままカルシウムばかりをどんどん摂らせても骨量は増加しないということが分かっている。思春期の選手に限って言うならば、ある程度のエストロゲンの補充というのは骨密度を作る上で役に立つ可能性がある。ここに産婦人科医の存在意義があると考ええる。

女性アスリートが三主徴に陥ることを防ぐためには、早期発見、数値化、早期介入、この3つが大事である（図10）。しかし、医者だけがバタバタしてもしようがない。結局は指導者や親への啓蒙が必要であって、栄養士、心理士、トレーナー、そうした多職種のチームワークで管理することが望ましいであろう。

臨床スポーツ医学会が無月経に対する指針を出しているが、やはりエストラジオール濃度を測っている。30pg/mlを下回ること、さらには20pg/mlを下回ると相当なハイリスクであると提示されているので、採血の度にエストラジオールを測ってみれば、どの程度の骨密度かということが推測できる。



成長スパートと骨強度

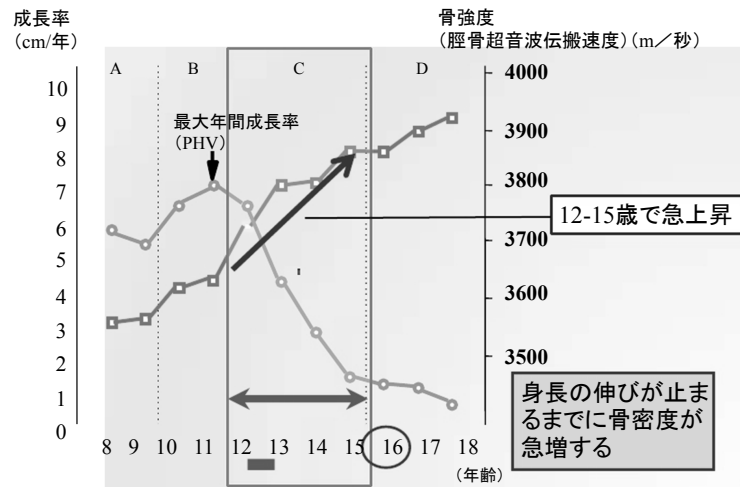
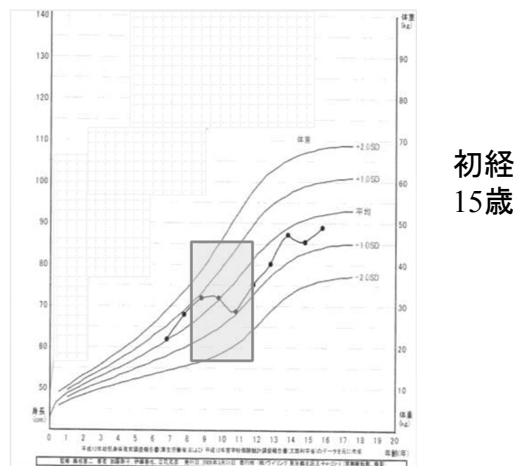


図 8

体重曲線

症例



国立病院機構西別府病院 松田貴雄先生より提供

図 9

女性アスリートが三主徴に陥るのを防ぐために

- 早期発見
(コーチ、トレーナー、栄養士、チームドクター、親)
- 数値化
(体重、摂取カロリー、血中 E_2 値、下垂体ホルモン値、骨密度)
- 早期介入
(トレーニング強度、栄養摂取量、ホルモン補充療法)

指導者、親への啓蒙がもっと必要！
チームワークで管理

図 10

9. 無月経と妊娠について

本学会のシンポジウムでは妊娠ということもテーマになっているので、無月経選手においてその後の妊娠がどうなっているのかというデータを示したい。古いデータではあるが、1964年の東京オリンピックに出場した女子選手たちが、その後の妊娠回数、分娩回数が一般人との比較でどうかということが検討されていて、基本的には妊娠回数、分娩回数は変わらないことが示されている。いかに激しくトレーニングをしてオリンピックで活躍したとしても、その後の妊娠、出産回数は変わらない。

ところがこの時代は、マラソンも新体操もない。無月経御三家と呼ばれるような種目がない時代である。増田明美さんは「私は日本記録を作っているときは体脂肪7～8%ありました。ただ時代が時代で生理があるようではまだ練習が足りないと言われていました。先輩方には今はハードにやっているから生理はないけど、現役が終わればすぐ来るからと言われて安心していた」とインタビューに答えているが、競技が終わればすぐ月経は再開するという、ある意味、真実をささやかれていたんだなという気もする。

実際に引退した実業団選手にアンケートを依頼し、70の回答を得た結果について紹介したい(図11)。現役中に順調に月経がきていた選手はおよそ3分の1であり、月経が不順だったという選手が24%、無月経の期間が多かった選手が42%というものであった。その後の経妊、経産回数については、月経が順調だった群と不順だった群、そして無月経だった群の3つに有意差はなかった。有意差があったのは、もともと無月経だった選手の実業

団在籍年数が低いという結果のみであった。その後の妊娠出産というところでは差が出なかったけれど、少なくとも実業団に長くはいらなかった選手たちがいて、無月経だった選手ほど競技生活が短い、実業団での活躍年数は短かったということがわかる。

引退時期に無月経だった選手が、その後月経再開にかかった期間についての回答は、半数が1、2か月で再開、そして半年以内におよそ7割が再開していた。予想外に月経再開まではスムーズであったと言える。この間に体重変化がどのくらいあったかを見ると、およそ6kg増えている。無月経のままの1人は、もともと現役で38kgだった体重がまだ40kgにしか増えていなくて、まだ市民ランナーとして頑張っている。こういう特別な人では月経がこないということもありうるわけである。

不妊治療歴という質問項目もあったが、引退の時に無月経だった群では16人中1人が不妊治療を要していた。引退の時に月経があったという群では39人中3人が何らかの不妊治療をしており、これには差がないことになる。原発性無月経だった選手は別として、続発性無月経のアスリートの引退後の妊娠性ということはあまり問題にならないといえる。選手の将来の妊娠が心配であるという証拠はなさそうである。これは陸上だけではなく新体操選手についても、不妊で悩んだ割合も、排卵誘発剤を使用した割合も、現役中の月経の有り無しで差はないことが示されている。

10. 競技と女性機能について

生物というのは本来、自分の身体を保持するというの

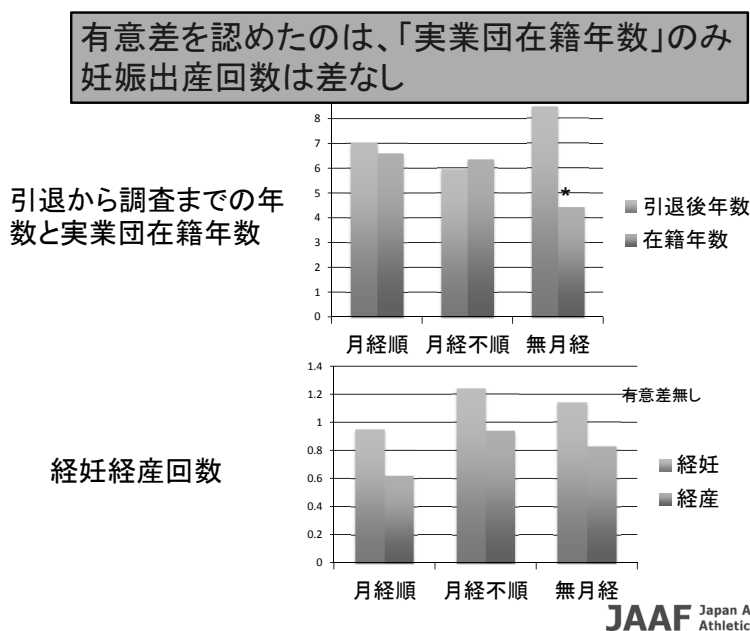


図 11

が一番である。男性のフルマラソン後の血中テストステロン濃度を調べると、極端に男性ホルモンの濃度は下がり、約1週間かかって回復してくることが示されている。いわゆる性機能というのは、身体が疲労困憊状態になるとまず後回しにされるのが通常である。「種の保存よりもまず個体の保存」である。だいたい生物はこのルールを守っていると考えられるが、女性アスリートの場合、時々そうでもないということがある。新体操の指導者が「男ができる」と脂肪がついて生理がきて、体形が崩れるから男女交際禁止」、マラソン選手が「3年間無月経だったのに彼氏ができた」とたん生理がきた」などといった事例は多々ある。「彼氏がいる方が、月経がある場合が多いからうちでは交際を奨励している」という開けた指導者もいる。これはある意味、女性の生殖本能は極めて強力であって、付き合う相手ができたら排卵まではじまってしまう。場合によると個体の保存に優先することさえ、女性は少し特別なかもしれない。一方で精神的ストレスの軽減ということも重要であり、実業団に所属していたこと自体がストレスになり、退部、休部ですぐ月経が再開した、ということアンケートに書いた選手も複数いた。

少し古いが、世界的な女子マラソン選手であるコンスタンティナ・ディタ選手、ヌデレバ選手、ラドクリフ選手は、みんな競技生活の中に、あるいはその前に妊娠出産が入っている。ヌデレバ選手は出産後にダイエットでランニングを開始して、その後2回のメダルを獲っている。ラドクリフ選手は世界記録をシカゴで作って、比較的この人は計画的に長女の出産をしたと考えられ、妊娠中のトレーニング内容なども公開されている。出産後なるべく早く復帰をと考えていたようだが、骨盤の疲労骨折などがあり思ったような出産後のキャリアを築けていない。しかし、競技生活のライフサイクルの中に妊娠出産を入れていこうという意欲は見て取れる。

ところで陸上競技の選手は、新体操やフィギュアスケートの選手たちと比べると、活躍できる年齢とその幅というのは違うと思っている。新体操のフェアリージャパンなどは、高校生を集団生活させてチームとして鍛え上げて出場している。つまり、高校生世代が日本代表に

なり、一般社会人がこのチームに入ってくることは極めてまれなわけである。また、フィギュアスケートの浅田真央選手が競技生活の中断を経て復帰してきたが、基本的には20代前半までのスポーツと考えられている。陸上競技の場合は、技術を伸ばし、経験を積んで20代後半、30代でも活躍できるスポーツだと我々は考えているはずで、もし、若いころに燃え尽きてそのころ無月経であっても1年だからいいじゃないかというような短期の、賞味期間の短い競技という考えがあるとしたら、そのような考え方を変えていくべきである。

11. おわりに

無月経が悪いというよりは、続発する骨粗鬆症が問題であり、選手生命そのものを短くする。そして、ホルモン補充療法よりもまずはenergy availabilityの改善が必要である。さらに、思春期に骨密度を増加させないと手遅れになりかねないので、適切な体重増加とエストロゲン補充をジュニア期にするということが重要である。

女性のライフスタイルを豊かにするべきスポーツは、適切に実施されれば逆に生殖機能を損なってしまうような事例は減らせるはずである。女性機能を保持した成熟した女性アスリートが増えることで、日本がスポーツ大国へと歩んでいくことを、婦人科医の立場として強く望んでいる。

《演者プロフィール》

難波 聡（なんば さとし）

1970年生まれ

現職

埼玉医科大学産婦人科学講師
日本陸上競技連盟医事委員会
日本オリンピック協会医学サポート部会員
臨床スポーツ医学会評議員
日本体育協会公認スポーツドクター
臨床遺伝専門医
埼玉医科大学陸上競技部監督

最終学歴 東京大学大学院医学系研究科生殖・発達・加齢医学専攻 終了

略歴

千葉大学付属中、東京学芸大学付属高、東京大学を通じての専門種目は800m
フルマラソン2時間46分38秒

「女性としてのアスリート活動」

コーディネーター 鯉川なつえ（順天堂大学／女性スポーツ研究センター）

1. はじめに

我が国の女性アスリートの活躍はめざましく、夏季オリンピックにおける日本の「女性アスリート」のメダル獲得数は、シドニー大会は13個と男性アスリートを上回り、アテネ大会17個、北京大会12個、ロンドン大会17個と、アメリカには及ばないものの他のスポーツ先進国と拮抗している。しかし、日本の女子メダリストの年齢分布を世界的女子選手と比較してみると、世界的女子メダリストは幅広い年代で分布しているのに対し、日本の女子メダリストは15歳から18歳までの若年層でメダルを獲得できていない。また、30歳代前半におけるメダル獲得数が伸び悩んでいることがわかる（図1）。その理由について順天堂大学では2011年から文部科学省マルチサポート事業を受託して検討した。そして、「女性アスリートが直面しやすい3つの課題」として2013年にまとめた。

1つめは、選手自身が月経の理解や身体特性の変化に対応できていなかったり、親やコーチなど周囲の理解が不足してしまったりする「身体生理的課題」が挙げられ

る。これは、若年女性アスリートに多くみられる。2つめは、ライフスタイルに合った支援がなくやる気が落ちてしまうという「心理・社会的課題」、3つめは女性アスリートを仕事として行うことに対して社会的な評価が得られにくいという「組織環境的課題」である。特に長期的に競技力の高いトップアスリートほど、結婚、妊娠、出産、子育てなどの女性特有のライフイベントによって、「心理・社会的課題」と「組織環境的課題」が同時多発的に起こってしまうということもわかっている。最も重大な問題は、これまで構築してきたアスリートとしての、トレーニングやライフスタイルを変更しなければならないところにある。

そこで本シンポジウムでは、競技生活とライフイベントを両立させ、ママさんアスリートとして活躍する現役アスリートおよび元アスリートの皆さんをお招きし、妊娠中や出産後のトレーニング内容、子育てと競技生活を両立するための工夫と課題等についてご紹介いただく。そして、様々な「適齢期」にさしかかった有望な女性アスリート達が、長期の中断をせずに、安心してライフイ

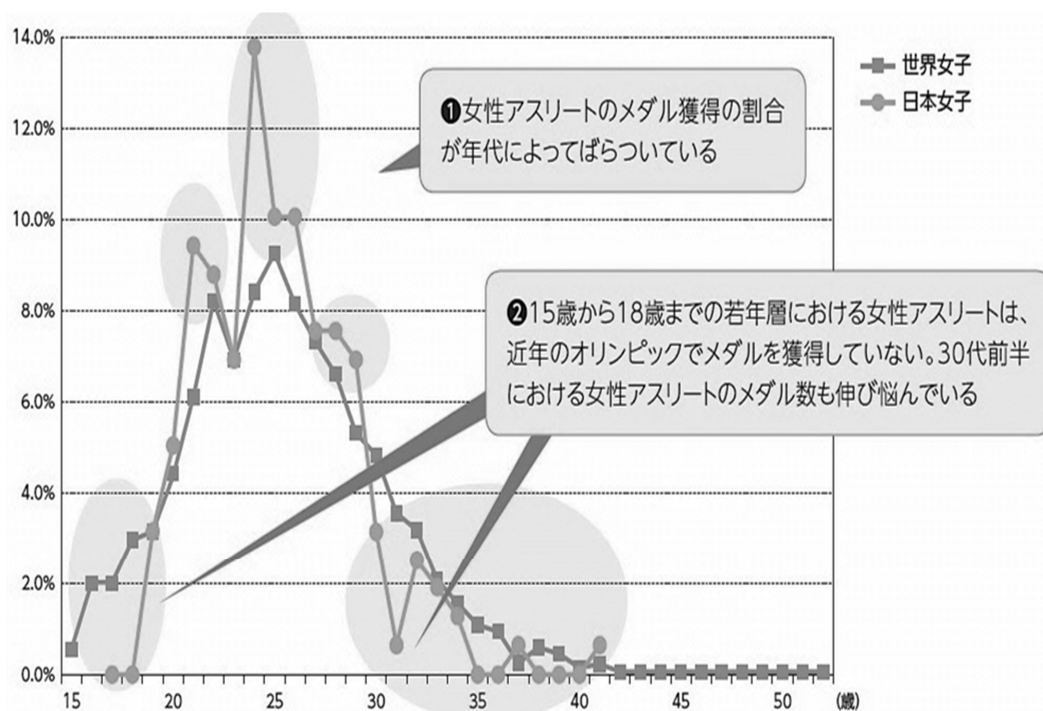


図1. 夏季オリンピック過去4大会における女性メダリストの年齢分布（JISS,2012）

ベントに応じた競技生活を送り、より一層活躍できる環境づくりについて議論する。

2. 日本における妊婦スポーツの指針

妊婦運動の効果については数多く研究がなされており、最近ではアスリートに限らず妊婦は妊娠中に体を動かす方がよいとされている。特に妊娠中や授乳中に運動を続けた人は運動を続けなかった人に比べ、体重・体脂肪の増加を抑制（肥満予防）、快適な状態で分娩時間を短縮、合併症の軽減、産後の回復が早い、などの効果が明らかにされている。しかし、すべての妊婦に運動が許可されているわけではない。2002年、アメリカ産婦人科学会が妊娠中の運動のためのガイドラインを発表し、日本では2005年に日本臨床スポーツ医学会が、妊婦スポーツの安全基準を設けた（表1、2）。それによると、絶対的禁忌と相対的禁忌として、特定の症状が認められる妊婦には運動を禁止している。

また、運動が可能な時期に関しては原則として特別な異常をみとめなければ妊娠12週ころから出産直前までとなっている。昔は妊娠16週（4か月）から35週（9か月）までが目安となっていたものが大きく変更された。胎児に悪影響がないとされる運動の目安は、心拍数は150bpm、（ややきつい）以下であり、連続運動の場合は

表1. 妊婦スポーツの禁忌日本臨床スポーツ医学会：妊婦スポーツの安全基準（2005）

絶対的禁忌	相対的禁忌
心疾患	高血圧
破水	貧血または他の血液疾患
早期の陣痛	甲状腺疾患
多胎	糖尿病
出血	動悸または不整脈
前置胎盤	妊娠末期の骨盤位
頸管無力症	極端な肥満
3回以上の自然流産	極端なやせ
	早産の既往
	子宮内発育遅延の既往
	妊娠中出血の既往
	極端に非活動的な生活習慣

表2. 妊婦スポーツの安全基準

■運動可能な時期
原則として、特別な異常が認められない場合・・・
妊娠12週以降～出産直前まで

■胎児に悪影響がないとされる運動の目安
1.母体の心拍数は150拍/分（ややきつい）以下にする
2.連続運動の場合は135拍/分（楽である）以下にする
3.午前10時～午後2時の間が望ましい
4.週2～3回、1回の運動時間は60分以内

日本臨床スポーツ医学会：妊婦スポーツの安全基準
2005より抜粋

135bpm（楽である）を越えてはいけない。この範囲を越えると胎児の心拍数が上がりすぎたり逆に下がったりする恐れがあるため、運動中に自分で心拍数をチェックしてほしい。

運動をする時間帯は、できるだけ午前中の10時から午後2時の間が望ましく、週に2、3回程度1日の運動時間は60分以内としている。

基本的には、脱水や体温上昇を防ぐために真夏の炎天下での户外运动は避けなければならない。妊婦に適した運動はエアロビクス、水泳、ウォーキング、ジョギングなどの有酸素運動や、最近ではヨガも推奨されている。適さない運動は、激しい無酸素運動や、急に止まったり跳びあがったりするような瞬発系の運動、人やモノと衝突して転んだりする可能性のある運動、そして勝敗を争う性格の運動である。

3. トップアスリートの出産前後トレーニングとNCAAの取り組み

2014年6月、アメリカ女子800mの第一人者であるアリシア・モンタノ選手が、妊娠8ヶ月で全米選手権に出場し話題となった。観客たちは、彼女の走りに惜しめない拍手を送った（写真1）。これが日本選手権だったらどうなるだろうか。おそらく、「医師の診断書」や「本人の同意書」などを作成させ、自己責任の元でなければ出場を許可しないのではないだろうか。

さらに彼女は、出産後6週間でトレーニングを開始し、出産半年後に全米インドア選手権の600mで優勝して産後の初戦を飾った。そして、2015年の全米選手権800mで優勝し、同年の北京世界陸上に出場している。

このことから、当然のことながら一般人とトップアスリートでは、出産前後のトレーニング内容は大きく異なることは想像に難くない。

2011年から2013年までナショナルレベルのトップラ



Alysia Montano was all smiles as she competed in the 800 meters at the USATF Outdoor Championships in Sacramento last year while 8 months pregnant with her daughter, Linnea.
(Photo courtesy of USATF)

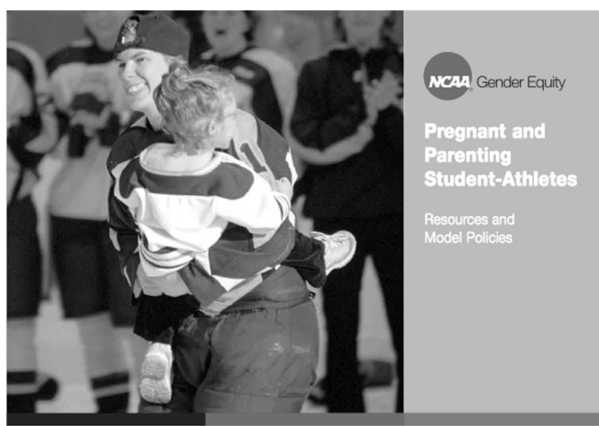
写真1

ンナー 10 名を対象に、出産前後トレーニングについて調査をした。その結果の一部を紹介すると、対象者の多くは目標のレースの 2 年前に出産しその後選手として復帰を果たし、出産前のトレーニングは出産の直前まで継続しても何ら問題なく、逆に出産後のトレーニングを早く開始しすぎてしまうと怪我のリスクが高まる可能性があることが示唆された。

しかし、いわゆる「アスリート」として生計が立てられるトップアスリートであれば、妊娠や出産が許されるが、ナショナルチームに入れないようなアスリートの場合は、妊娠出産の期間を許容してくれないのでは、という疑問が残る。しかし世界は決してそうではない。

NCAA（全米大学体育協会）は、学生アスリートの妊娠や育児に関するガイドラインを作成し、実施している（資料 1）。このガイドラインは、男女平等の理念の下、勉強と大学での競技スポーツを両立させる学生アスリートを効果的にサポートするために作られたものである。

内容は、このガイドラインを作成した背景（いわゆる 1972 年に制定されたタイトルナインを遵守していること）が明記され、次に、単位が取れるように相談できる窓口を設置すること、適切な休暇を取らせること、また可能であればトレーニングにも参加でき、奨学金も継続され、（妊娠出産で休むので）NCAA の試合に追加で出場可能にすること、などが認められている。またスポーツドクターやアスレチックトレーナーは、対象者に適切な処置やトレーニングをサポートしなければならない、



資料 1. 学生アスリートの妊娠&育児に関する指針

という詳細なルールが定められている。

これを見ると、日本のスポーツ界が非常に遅れているのがわかるだろう。

4. 今後の課題

長期的に高い競技力を維持するには、「出産できる丈夫な身体であること（つまり、月経があること）」が大前提であり、それに加え「自分の将来設計が確立されている」ということが重要である。また、この時期にさしかかった有望な女性アスリートのために、長期の中断なく競技生活が送れるような環境を整える必要がある。特に 20 代後半から 30 代以降の女性アスリートの強化においては、常に競技生活とライフイベントを両立する選択肢を持つことができてこそ、女性はアスリートとして高いモチベーションを維持することが可能となるだろう。

そして、女性アスリート自身が、結婚、妊娠、出産、育児等のライフイベントは「特殊で、大変で、難しい」とネガティブに捉えるのではなく、アスリート人生のプロセスと捉え、「楽しみで、周囲が協力してくれる」というポジティブな思想が持てるような環境やムードが、もっと陸上競技界にも広まってほしいと切に願う。

《コーディネータープロフィール》

鯉川 なつえ（こいかわ なつえ）

1972 年生まれ

順天堂大学スポーツ健康科学部准教授

同大学陸上競技部女子監督

女性スポーツ研究センター 副センター長

学 位：順天堂大学スポーツ健康科学研究科 終了

研究分野 コーチング科学

女性トレーニング

所属学会 日本陸上競技学会

日本臨床スポーツ医学会

日本体力医学会 他

競技歴 第一回全国高校女子駅伝（5 区）、第二回全国高校女子駅伝（1 区）区間賞

世界大会クロスカントリー日本代表（2 回）

日本学生陸上競技対校選手権大会 3000m、

10000 m 優勝

ハーフマラソン学生日本新記録樹立

シンポジウム

「女性としてのアスリート活動」 「短距離選手の妊娠・出産・競技復帰」

パネリスト 千葉 麻美（東邦銀行）

1. キッカケは北京五輪

2005 年（当時 20 歳）に初めて世界選手権に出場したのがヘルシンキ大会である。そこから世界選手権やアジア大会などを経て、念願の北京オリンピックに出場することができた。

一番初めに出産後も競技を続けたいと思ったのは 2008 年の北京オリンピックである。実際にオリンピックに出場した時、世界の選手には出産をして競技復帰し、メダルを獲る選手をたくさんみてきた。そのような選手をたくさん見てきた中で自分もいつか挑戦してみたいと思うようになった。年齢的にも早く出産をしたいという思いもあり、何とか出産をしてもう一度オリンピックに出たいという考えの中、競技を続けてきた。

2010 年 2 月に結婚し、その年のアジア大会が終わったところで出産をして競技を続けようと思決意した。運よくすぐに妊娠することができた。何とか 2012 年のロンドンオリンピックに間に合うようにトレーニングができればと考えていた。そこで、監督に相談したところ、妊娠中もトレーニングをするということに決めた。

2. 出産前のトレーニング

妊娠中のトレーニングは、監督の知人である産婦人科医の先生にいろいろ相談しながら始めた。

2011 年 1 月に妊娠がわかり安定期になるまでは主にチューブトレーニングなど軽いトレーニングのみであった。その間に東日本大震災が起きた。福島県は問題がたくさんあり、なかなか思い通りにトレーニングができなかった。

4 月からチームが NTC でトレーニングをしていたので、合流し NTC でトレーニングを再開した。NTC にいるころから安定期になったので、軽い流し程度の運動を始めた。

5 月からは走るトレーニングやエアロバイクなどを中心に、監督と相談しながらトレーニングを行った。その時、医師に相談したところ、心拍数 160 拍以内のトレーニングであれば大丈夫だとアドバイスをもらった。そのため、毎日 HR モニターをつけ、心拍数を見ながらトレーニングを続けてきた。

妊娠中は主人をはじめ、家族・監督・チームのみんなにたくさん協力してもらったので順調にトレーニングを

することができた。実際に出産するまでのトレーニングとしては、34 週まで走り、ドリルは 38 週までできた（表 1）。

32 週まではお腹もそんなに大きくなり、ドリルの中でも脚を大きく動かす運動も比較的できていた。全力で走ることはできないので流し程度のスピードで何本か走るということを繰り返して行った。走る練習の主な距離と本数・セットをまとめてみた（表 2）。距離は 200m もあるが、流し程度のスピードで 200m を 4 本 2 セット、間を 200m ウォークでつないで行った。ウェーブ走は 50m 少しスピード上げて走り、50m ジョッグを行った。後半になるにつれて段々お腹も大きくなり、距離をたくさん走ってしまうとお腹が張ってしまうので、基本的には距離を少なくし、本数を減らすという方向で監督と相談しながら進めた。この時に一番気をつけなければいけな

表 1. 妊娠中のトレーニング概略 (2011.5 ~ 2011.9)

• 2011.1	妊娠2ヶ月 安定に入るまでチューブトレーニングのみ
• 2011.3	震災・・・2週間の避難(米沢)
• 2011.4	NTCでトレーニング(流し程度)
• 2011.5	5ヶ月目 安定期 走トレーニング・エアロバイクなどのトレーニング再開
• 2011.6	水泳トレーニング開始
• 2011.8上旬	流し(100m×2)は34週まで
• 2011.8下旬	走トレーニング中止
• 2011.9上旬	バイクトレーニング・水泳トレーニング終了(出産1週間前)
• 2011.9.16	出産
※トレーニングは医師との相談	

表 2. 走練習（スプリント）

週	種類	距離(m)	本数	セット
23	インターバル	200	4	2
24	ウェーブ走	350	4	1
25	ビルドアップ	80	3	3
26	ウェーブ走	80	3	3
27	スプリント	50	6	2
28	スプリント	120	6	1
29	スプリント	80	4	2
30	スプリント	50	4	3
31	スプリント	80	2	3
32	スプリント	50	3	2
33	スプリント	40	3	3
34	スプリント	40	2	4

いのが、やはり自分の身体は自分でしかわからないということである。少しでもお腹や骨盤が痛むときにはすぐに練習を中断、もしくは走るスピードを調整した。

短距離で出産後競技復帰をした例が今までなかったで、全力で走るということもどのくらいまで走っていいのかということもわからなかった。そのため、自分で体感し監督と相談しながらトレーニングを進めていった。

6月から水泳トレーニングも開始した(図1)。水中ではいろいろな筋力のできる、水中トレーニングも併せて行うようにした。8月下旬あたりからおなかも大きくなったので、走ることでお腹が張ってしまうということがあった。そのため、走るトレーニングはやめ、バイクトレーニングと水中トレーニングを中心に出産1週間前までトレーニングを行った。

水中トレーニングは普通に軽く泳ぐことをイメージしていたが、実際は個人メドレーをしようとコーチに言われ驚いた。50mずつの個人メドレーを2セットから3セットと、走るよりも厳しいトレーニングメニューであった。水中ということもあり、普段なかなかできないような伏せができ、すごく良い練習ができた。水中トレーニングは、出産一週間前まで続けた。出産一週間前からは家で簡単にできるスクワットや、ウォーキングなどのトレーニングを行った。

3. 出産後のトレーニング

2011年9月16日に無事、女の子を出産した。

しかし、出産時に吸引分娩になり、出血量が多く貧血になってしまった。復帰後も貧血がなかなか治らず苦労した。トレーニングを再開したいと医師に相談したところ、断乳したほうが良いとアドバイスをもらった。産後

1か月後からジョグなどのトレーニングを開始したので、子供にはとても可哀想な思いをさせてしまったが産後1か月で断乳し、トレーニングを再開した。1か月後の10月下旬くらいからジョグなどを開始したが、やはり妊娠中よりも産後の方がトレーニングは難しいと感じた。身体もなかなか自分の思うようにいかず、出産のときの貧血も出産後、半年ほど治らなかったのでトレーニングが十分にできなかった。12月に入ってからには福島大学からパワープレートという振動のトレーニング機器を借りて、自宅でこの機器で腹筋やスクワットなどのトレーニングを主に行った。

2012年の1月にチームメイトと一緒にトレーニングができるようになった。この後2月、3月とチームメイトと一緒に練習を重ねて4月に試合復帰となった(表3)。今思い返してみると少し焦りすぎて競技復帰してしまったと思う。産後一番つらかったのは、骨盤が開いてしまって今まで自分が走っていた感覚と同じように走っていても全然動きが違ってしまい、スピードが全然上がらず思

表3. 出産後のトレーニング概略(2011.9～2012.4)

2011. 9. 16	出産
*産後のトレーニング開始条件→断乳	
2011. 10下旬	ジョグ再開
2011. 12月	筋力回復 …パワープレート
2012. 1月	トレーニング再開 (出産前と同じ内容)
2012. 4月	競技復帰

泳距離(m)

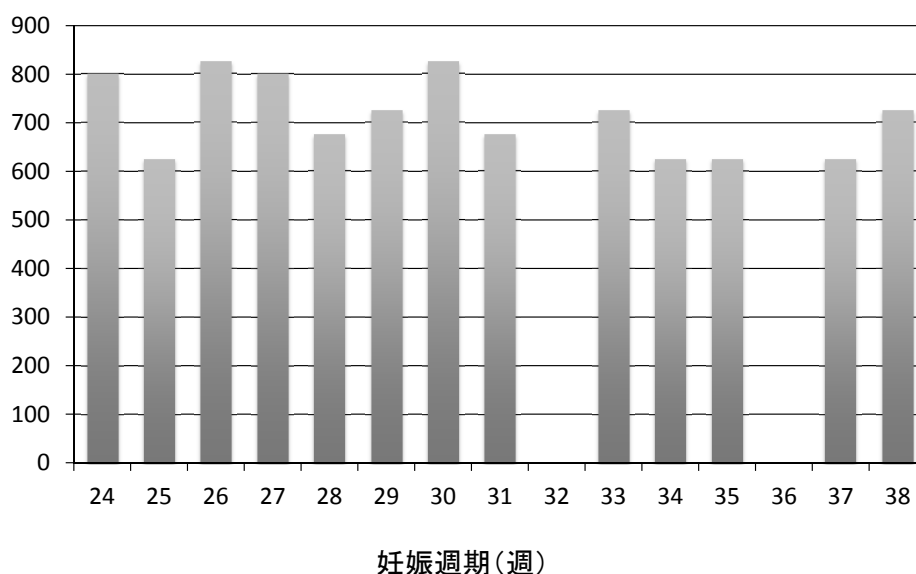


図1. マタニティスイミング(1回/週)

い通りの走りができなかった。その部分を改善することに時間がかかってしまった。短距離選手にとって骨盤は走りの中心にしている部分なので、その感覚のズレは大きく、もどかしい時期が続いた。感覚を少しずつ自分の感覚にしていかなければならなかったのに、そこに時間がかかってしまった。

結果的に、2011年に出産後2012年の4月にレースに復帰したが、残念ながら2012年のロンドンオリンピックには出場できなかった。しかし、もう一度オリンピックに出て娘を連れていきたいという気持ちがあり、現在も競技を続けている。

現在は、基本的には子供中心の生活となってしまう、出産する前とは全然違っている。昔と比べてどこが違うかといえば、練習時間を集中してできるようになったことである。今までは練習が終わってその後、補強などをするとときに少しゆったりとして、練習時間自体が長くなってしまっていた。しかし、子供がいるとなかなかそういうわけにもいかないの、今は練習時間を集中して行うようにしている。

私はたくさんの人に協力してもらっている。娘は主に実家の母が面倒をみてくれている。朝通勤する前に母が自宅に来てくれ、その後幼稚園の送迎を母がしてくれている。家族が娘の面倒をみてくれているおかげで、仕事・トレーニングができ、こうやって出産後も競技を続けることができています。大変なことはたくさんあるが、娘が現在4歳になって私が陸上競技をしているということをわかってくれるようになったので、練習や試合に連れて行き、私の走っている姿を見せられることができています。来年のオリンピックに向けて娘をオリンピックに連れていけるように頑張っていきたい。

家族のサポートがないと競技はできない。また、なかなか一般企業で妊婦のアスリートを陸上選手として受け入れてくれるところは少ないと思う。1年間試合に出られないということを全て理解してもらい、出産後も競技に復帰することを応援してくれる会社にとっても感謝している。私の所属している東邦銀行は、女性行員もすごく多い会社なので女性に対する子育てしやすい環境を整えてくれていることにとても助けられている。子供がいると突然の病気や幼稚園の行事などで会社を休まなければならないケースがたくさんあるが、会社が理解を示してくれている。そのような環境の中で自分が陸上競技をできているのは幸せなことだと思う。

自分は恵まれている環境の中で出産をし、競技ができているので来年のオリンピックに向けて頑張れる。この冬にしっかりと冬季練習をして娘をオリンピックに連れていきたい。これから少しでも出産をして競技に復帰する選手が増えてくれると嬉しい。そのためにも、まずは自分がしっかり頑張りたい。

《パネリストプロフィール》

千葉 麻美（ちば あさみ）

1985年生まれ

所属 東邦銀行

専門種目 200 m

400 m

自己最高記録 23 秒 65

51 秒 75（日本記録）

競技歴 北京オリンピック

（400 m, 4 × 400 m R）日本代表

北京世界陸上（4 × 400 m R）日本代表

シンポジウム

「女性としてのアスリート活動」 「跳躍選手の出産前後トレーニング」

パネリスト 福本 幸（甲南学園 AC）

1. はじめに

私の競技歴を表 1 に示した。

私が陸上競技の走り高跳びという競技を始めたのは中学 1 年生である。そこから現在も現役を続けさせていただいており、競技歴 27 年が過ぎた。中学時のベスト記録は 173cm、高校では 181cm、大学で 184cm、大学院生の時に 185cm を跳んだ。

大学卒業後はなかなか順調に伸びているとはいえない結果になっており、その原因を考えると、高校 3 年生の 11 月に盲腸の手術をし、その後 1 月に阪神淡路大震災を経験した。その際に大学の入学自体も遅れてしまい、5 か月間練習がきちんとできない状態と、女性ホルモンの働きからか体重が急激に増えたことが原因ではないかと考える。そんなに太ったことがなかったのに 7kg 増えて、簡単に痩せられるだろうと思っていたが、大学、大学院生の 7 年間は本当にウェイトコントロールがうまくいかなかったで悩んでいた。

その頃、栄養学を勉強し始め栄養バランスの取れた食事を実践していた。病気もしにくく、疲れにくく集中持続時間も長く保てるようになった。しかし、質の高い練習はしっかりできていたと思っているが、筋肥大してしまい全然体重が落ちないというのが自信につながらないところがあった。せっかく得た技術も生かしきれず、記録が伸びないという状況が続いた。

ウェイトコントロールがうまくいき始めたのは就職してからだ。中学校の教員をしていたが、仕事が忙しすぎて練習量が本当に減り普段はほとんどジョギングと補強

運動、体操くらいしかできていないような状態だった。週末に部活の指導が終わってから専門練習をするというような形で練習をしていた。その練習スタイルに変わり、どんどん体重が落ち筋肥大していたのが改善された。食生活の面でも学生時にあまりにも栄養管理を徹底しすぎていたということもあり、忙しいのでそんなにしっかりバランスを考えて食べるということもなく、食べたいときに食べたいものを食べるという生活に変わったことで、体重の方も順調に落ち始めたのではないかと考える。

社会人 1 年目の 25 歳の時に 187cm、2 年目の 26 歳で 190cm、27 歳の時に 192cm をクリアできた。体重と筋力と技術がうまくバランスをとれ出したのだと思っている。

2. 妊娠に気づかず試合に出場

結婚を意識したのは夫と出会ってから 5 年経った 30 歳の時である。20 代の時は引退をしてから結婚をしたと思っていたが、陸上が楽しくてなかなか引退できず競技を続けていた。そろそろ本当に結婚もしたいなと思い、夫が結婚しても競技を続けていいよと言ってくれたのと、夫も現在も現役で競技をやっていたことから結婚しても競技に支障はないのではないかと考えるようになった。

2007 年の 30 歳の時に世界陸上大阪大会に出場し、翌年の 2 月に結婚し競技を継続した。世界陸上にも出場できたということもあり、そろそろ子供が欲しいと考え、結婚した翌年の 2009 年に引退を考えた。その時はちょうど 12 月にアジア選手権があるという年で、記録も上がりだし選出していただいたアジア選手権でしっかり戦い引退をしようと考えていた。

しかしその当時に交流人事という制度で高校に勤務しており、勤務先の校長に公務に専念してほしいので出てはいけないと言われてしまい、アジア選手権に出ることができなかった。引退を考えていたので、すぐ落ち込んだ。アジア選手権に出られないのなら早く子供が欲しいなと、8 月頃から考え始めていた。

ただ 10 月の国体に選ばれていたもので、精神的にしんどい中で練習を続けていた。そのころ、アキレス腱を痛めてしまった。アキレス腱痛と戦いながら国体を含む 3 試合に出場した。優勝はできたものの辛い試合となった。

表 1. 競技歴

1989年12歳	競技を始める
中学時のベスト	は173cm
高校時のベスト	は181cm
大学時のベスト	は184cm
大学院生時	は185cm
2003年26歳	で190cm
2004年27歳	192cmの現在のベスト記録をクリアー
2007年30歳	世界陸上大阪大会出場
2008年31歳	2月に結婚
2010年33歳	6月に娘を出産
2013年36歳	192cmの自己ベストタイ記録を跳ぶ 世界陸上モスクワ大会出場

10月の試合が終了し、アキレス腱痛で歩くのも痛い状態で試合をしていたのでホッとしたところ、そういえばちょっと身体がおかしいな、ということで産婦人科に検査に行った。そこで妊娠がわかった。妊娠したまま3試合ぐらい出場していたということが判明し、よく子供がくっついていてくれていたと、今でも娘には非常に感謝している。

3. 競技継続の決め手は“仕事と周囲の理解”

引退を考えながら引退する場所を失い、思うように競技ができない状態でシーズンオフし、子供も授かり、これから競技はどうしようかと、考えが巡っていた。せっかく夫もハイジャンパーであるし、子供に夢を託して走高跳をやってくれないかなとちょっと考えた。しかし、私自身も夫も自分たちの両親が高跳びをやりなさいと言って始めたわけではない。自分の子供にも好きなことをやらせてあげたいと考え、「自分の夢は自分でしっかりとけりをつけよう」と、出産した後に競技復帰したいと思うようになった。

所属先の学校長に相談したところ、「もし出産して競技復帰したとしても、うちの高校にいる間はオリンピックに出れても出してあげられない」と言われてしまう。

競技をするか、仕事を辞めるか、という選択になった。

その時、現在所属している甲南大学の伊東浩司先生に相談した。私は当時31歳だったので、年齢が上がった状態で世界を目指すのは無謀かな、という思いもあった。しかし、伊東先生は「うちでコーチが空くので、コーチをしながら競技に出ていただいても結構ですよ」と言われた。今の仕事を辞め母校のコーチというポジションが見つかり、家族にも相談し、「人生は一度きりなんだからやりたいようにやったら」と背中を押してもらえた。子供を無事に出産できたら仕事を辞めて競技復帰をしようという決断ができた。

4. 出産前のトレーニング

12月になり、シーズンオフが10月後半で2か月経ったところアキレス腱痛も改善が見られた。ちょうど競技も復帰しようという考えにも至り、そこから練習を再開することになった。

初めての出産ということでわからないことも多く、初めに取り組んだことは妊娠・出産について書かれた本をしっかりと読むことだった。妊婦として気をつけなければならないこと、妊婦によくあるトラブルということをよく理解したうえで、産婦人科のドクターにも出産後に競技に復帰したいと相談した。ドクターからのアドバイスは、「体重を増やしすぎない」、「無理のないようにトレーニングを行う」という二点だった。

体重を増やしすぎないということについては、自分でも競技記録と体重の関係は大きいと思っていたので、ド

クターに言われたとおり、バスト体重から6～8kg増くらいで出産できたらいいなと思っていた。

産婦人科のドクターは、「競技復帰をするアスリートの妊婦さんに会ったことがないのであまりトレーニングについてわからない」と言われ、ならば自身の身体と向き合ってトレーニングを工夫し、体調管理をしようと考えた。実際に、妊娠中に気を付けることが、アスリートとして気を付けることと重なっていることが非常に多く、特別妊婦だから気をつけなければいけないということが私にはなかった。強いて言えば、コーヒーを我慢するということぐらいだった。そのコーヒーもノンカフェインコーヒーを探して飲んでいたのでストレスも少なくすんでいたように思う。あとは、規則正しい生活をしようということを書いているぐらいだったので、普段アスリートとしてやっていることと変わらないなと思った。

アキレス腱も完治し、妊娠4ヶ月くらいからジョギングを始めた。そのころ、日本陸連の跳躍合宿に呼ばれた際、「来年出産をして復帰するつもりである」ということと、「できれば産んだらすぐ跳びたい」という話を跳躍部長の日本女子体育大学の吉田先生にした覚えがある。吉田さんは、「そんなにすぐ跳べるものではないよ、僕は女性ではないからわからないけれど。」と言われ、産んだらすぐに試合に出ようかと考えていた私は、出産した後にその意味がよく理解できたのはいうまでもない。

そこで、私は6月に出産予定だったので、9月の全日本実業団には最低でも出場したいと考え、出産した後はその試合から逆算をして予定を立てた。

妊娠中は、やるべきトレーニングの中から、あれはできるかな、これはどうかな、とトレーニング内容を自分の身体と相談しながら行っていた。12月末には高校生の合宿に指導に行かせて頂き、できる練習は一緒にしていた。高校生には妊娠していることは言っていなかった。おそらく普通に練習しているんだな、と思われていた。1月末には安定期に入ったということもあり、大阪の強化合宿に沖縄に指導に行き、走り高跳びの中高生の2人と一緒に、跳ぶ、速く走る以外のトレーニングはほぼこなしていた。

妊娠中はつわりもなく、特に気をつけることもなかった。1か月に1回の定期検診では、血圧や子供の状態は常に正常であると言われ、「やはり大丈夫だったな」と確認をしながら、ちょっとした異変には気をつけながらトレーニングを進めるようにしていた(表2)。

妊娠中のトレーニング目標を4つ挙げてみた(表3)。

自分の中では妊婦は病気ではない、と自分自身に言いかけ、「妊婦なので」と人にはあまり言わず、周囲からも「あの妊婦で大変なんだ」と思われたいような生活ができるよう自分の健康状態をしっかり維持したいと

表 2. 出産前のトレーニング

- 1か月に1度の検診で母子の健康状態を確認しながらトレーニングを行う。
- 2009年10月末妊娠が判明 2か月(9-10月とお腹に子供がいる状態で試合をしていた)
- アキレス腱炎を治すためにも、出来るだけ安静を心がける。
- 取り組んだトレーニングはウォーキング・ストレッチ運動・補強運動・半身浴・軽めのウエイトトレーニング。
- 2009年12月 妊娠4カ月 アキレス腱炎治まる。ジョギングに加え、筋可動域を落とさないように意識したトレーニングも導入。
- 2010年1月 妊娠5カ月 安定期に入り、更にスキップ運動やラダートレーニングなども加える。

表 3. 妊娠中のトレーニングの目標

- 心がけ:妊婦は病気ではない。
- 1.体力の維持(心肺機能を落とさないように考えて行動する)
 - 2.体脂肪量の増量に気をつける。
 - 3.柔軟性を高める
 - 4.関節可動域・筋可動域が下がらないように無理のない範囲でトレーニングをする。

考えていた。

目標の1つ目は体力の維持である。特に心肺機能を落とさないように考えて行動すること。ウォーキングやジョギング、自転車をこいだり、お風呂で半身浴をしたりそういった簡単なことを取り組んだ。2つ目は体脂肪の増量に気をつけること。妊婦で赤ちゃんは大きくなってくるが、関係のない部分に体脂肪がつかないようにトレーニングをしようと考えた。3つ目はできれば普段できていない柔軟性を高めようと考えた。こちらはストレッチやマタニティヨガのDVDを買い、私自身幼少期から身体が硬かったのでいつもよりは時間をかけたが、こちらは残念ながらあまり効果はなかったように思う。4つ目は関節可動域、筋可動域が下がらないよう、無理のない範囲でトレーニングすることを頭において取り組んだ。ハードルをくぐったり、またいだりというようなトレーニングをしたり、ラダートレーニングもあまり振動のないように気をつけて取り組んだ。

子供が順調に大きくなりすぎており、予定日1か月前には推定3kgと言われた。予定日1か月前からは週に1度検診に行くのだが、毎週200gずつ大きくなり、予定日2週間前に3600gになり、このままいくと予定日までに4kg超えてしまうのではないかという不安がよぎった。初めての出産なので、小さく産んで大きく育てるとお医者さんに言われていたが、どうも大きいなということで、本当にちゃんと産めるのかと心配になり、出産前の1ヶ月くらいというのは少しトレーニング量を増やしてみたり、強度を上げたりして取り組んだ。自宅の階段

を2階までダッシュしたり、出産前日には自宅の床の掃除を3時間も必死で磨いたりしていた。結局予定日より5日早く、3724gの女の子を自然分娩で産むことができた(表4)。

5. 出産後のトレーニング

出産後は、すぐに動けるだろうと思っていた。

私の場合は1年間授乳をしながらトレーニングをしていたのであるが、9月に試合に出たいという思いがあり、今考えると本当に無理をしたなと思う。

出産後2週間してジョギングを始め、3週目にトレーニングメニューを組んで筋トレを始めた。前年の9月に、アキレス腱を痛めながらも178cmを跳んで優勝した全日本実業団大会に出場し、できたら優勝したいなという思いがあった。そのためには、7月末には170cmは越えておかなければその目標は達成できないと考え、7月31日に170cmを必死で跳躍した。しかし、意地になって跳んでいたのもオーバーワークがたり、乳腺炎になり高熱が出て、胸がついたみたいにカチカチになってしまった。出産も陣痛も痛かったと思うが、乳腺炎は自分になってみると本当に辛かった。

結局、9月の全日本実業団大会では178cmをなんとか跳んだが、試技数差で2番という結果で9連覇は成し遂げることができなかった(表5)。

出産翌年の5月、180cmをやっと跳び、日本選手権で優勝することができた。その後187cmまで記録が伸び

表 4. 出産前のトレーニング

- 2010年2-4月 お腹がどんどん大きくなり動きづらくなる。体重だけは良く増えたものの、母子ともに健康状態は良好
- 2010年5月から出産まで
- 子供が3KGを越え出し、早く出産出来るように、トレーニングを増やす。
- 5月末には階段ダッシュも取り入れる。
- 2010年6月3日 自転車で産婦人科へ。予定より5日早く3724gの元気な娘が産まれる。

表 5. 出産後のトレーニングと試合復帰

- 2010年6月 1週間安静にし、1週間後にウォーキングや補強運動、ストレッチを行う。
- 2010年6月 2週間後にジョギングを様子を見ながら始める。
- 2010年6月 3週目にトレーニングメニューを組み筋力を回復させるようにトレーニングを行う。
- 2010年7月に入ってからすぐ中学生の練習指導を頼まれ、一緒に跳躍を行う。150cmも跳べない。
- 2010年7月31日170cmを必死にクリアー、その後も復帰に向けてトレーニングを継続。
- 2010年9月11日に大阪の茨木市の大会に出場。170cmをクリアーする。
- 2010年9月末 全日本実業団選手権に2連覇を狙い出場。178cmで2位

たので2012年のオリンピックを目指せる位置まではなんとか戻せたかなと思って頑張っていた。しかしなかなかうまくいかず、オリンピック選考が終わった後の8月に190cmをクリアした。そのまま引退も考えたが、もうちょっと挑戦をしたいなと考えた。

そして出産から3年後の4月、自己ベストタイである192cmをクリアし、2013年の世界陸上モスクワ大会に36歳で出場した(表6)。

6. 女性アスリートとして果たすべき思い

育児とトレーニング、コーチングの両立は、「夫の理解と協力」、「両親の協力」、「娘の良好な健康状態」、「周囲の理解と協力」、「女性アスリートとしての覚悟」が重要であり、私はこれらがすべて揃ったことから両立できたのだと考える。

もしも、走高跳で日本のトップにいる自分が出産後に復帰して全然跳べなくなってしまうたら、「出産したら跳べなくなる」と世間に思われ、自分の後続く女性がいなくなってしまう。それは良くないことだと考えていた。

私は競技を続ける限りは、そこは腹をくくって絶対に結果を出そうと強く思っていた。後輩アスリート達には、

できれば若いうちに子供が欲しい人は産んで、また陸上をやりたいかったらやれる環境を作ってあげたい。また、後輩アスリート達に「出産しても競技を続けたい」と思ってもらうためにも、自分自身が根性を出して、結果にかなげないといけないという思いにも支えられていた。このような気持ちで復帰をしたおかげで、私は36歳でも自己ベストタイをもう一度跳ぶことができ、世界陸上にも出場することができたと思う。

今は、まだずるずると毎年競技を続けようか、やめようか迷いながら、また2人目が欲しいなと思いながらも、走り高跳びが大好きでなかなか辞めることが難しい状態である。しかし、どこまでできるか分からないが、2016年のオリンピックが最後のチャンスだと思って、必死でトレーニングを積んでいるところである。

自分が競技を続けることで、世間が「30歳ぐらいならばまだまだ頑張れる」という温かい目で見えてくれるような環境になれば、もっと女性の競技活動の可能性が広がり、少しでも競技を続けやすい環境づくりに役に立てればと思う。

日本には、跳躍選手で、しかも30歳を超えて出産後に競技復帰する選手はほとんどいないので、私の経験が少しでも後輩アスリートの参考になれば幸いである。

表6. 出産後、日本代表復帰まで

- 2011年5月の関西実業団で180cmクリアー。
- 2011年6月 出産後1年後の日本選手権で優勝。
- 2011年のシーズンは187cmがベスト記録。2012年のオリンピックを目指す。
- 2012年オリンピックには出場できず、8月に190cmをクリアー。
- 2013年4月オーストラリア選手権で192cmをクリアー。
- 2013年6月日本選手権で190cmをクリアー。世界陸上モスクワ大会に出場。

《パネリストプロフィール》

福本 幸(ふくもと みゆき)

1977年生まれ

所属 甲南学園 AC

専門種目 走高跳

自己最高記録 1 m 92 (日本歴代5位)

競技歴 大阪世界陸上(走高跳) 日本代表
モスクワ世界陸上(走高跳) 日本代表

シンポジウム

「女性としてのアスリート活動」 「ママさんランナーと呼ばれて」

パネリスト 赤羽 有紀子（ホクレンスポーツアンバサダー）

1. ママさんランナーを目指すまで

私は、実は節目、節目で競技をやめようと思っていた。こんな私が34歳まで競技を続けられたことを走り始めたきっかけからお話する。

私が走ることに目覚めたのは、小学校1年生の時である。当時5つ上の姉が大好きでいつも姉と同じことをしていた。そんな時期に地元でマラソン大会が開催され、姉が出場するというので母に私も「マラソン大会に出たい」と言ったそうである。結果は4位で、始めから一番だったわけではない。この大会には中学1年生まで毎年出場し続け、小学校2年生以降、優勝し続けることができた。小学校の卒業文集に書いた将来の夢は、「大学に進学して全国大会の駅伝を走ること。できれば先頭で渡してチームも優勝すること」だった。

中学・高校と陸上部に所属し、長距離選手として頑張ったが、全国大会に出場したことは一度もない。いわゆるインターハイに出場したこともない。この頃は、まだ自分から何かをするということができなかった。そして、高校を卒業する時に競技を続けるかどうか進路に迷った。私は練習量が多かったわけではないのに怪我も多く、貧血にもよくなっていたので、スポーツトレーナーを目指そうと思い、都内の専門学校に見学に行ったこともある。そんな私が、競技を続けようと思ったのは、小学生の頃に書いた将来の夢を思い出したからである。また、当時全国一を目指していた城西大学の監督からの勧誘もあり、「どうせやるなら全国一を目指す大学で競技を続けてみよう」と思い、城西大学に入学した。

城西大学に入学後は、自分でも驚くほどの成績を残すことができた。全日本大学女子駅伝では、個人的には4年連続区間賞、チームも優勝、準優勝を繰り返した。この時に、小学生の頃に書いた将来の夢を実現することができた。また、個人的にもユニバーシアードという世界大会で銀メダル、銅メダルを獲得することができた。

大学を卒業後、ホクレンという実業団チームに所属するが、最初の3年間は大学に残り、鈴木監督の指導のもと競技を続けた。そして、結婚を機に引退するつもりだった。夫とは、学生時代からの付き合いだったので、大学を卒業する時に「お互い3年間しっかり働いてお金を貯めて3年後に結婚しよう」という約束をし、結婚する1年前に婚約をしていた。

引退の時期が近づいてきた時、当時のホクレンの監督に「夫をコーチにして栃木で競技を続けてみてはどうか」というお話を頂いた。正直言って、とても迷った。結婚をして栃木に戻るということは、実家の農業を継ぐためであり、果たして一人のできるのだろうかと思った。しかし、こうして続けたということは、まだまだ陸上競技に未練があったからだと思う。

当初、夫は実家の農業を継ぐということもあり、農業の傍ら専任コーチだったが、そのうちコーチ業に専念することになった。そこから色々なことが変わった。まず、全部の食事を作ってくれるようになり、栄養のバランスを考え、いろいろな食材を使って料理をしてくれた。二人で取り組み始めて半年が過ぎた頃、5000mで6年ぶりに自己ベストを更新することができた。この記録は、当時の世界選手権やオリンピックに出場するための参加標準記録にととても近い記録だったので、この時初めて、夫についていけば、世界選手権やオリンピックに出場できるかもしれないと思うようになった。

しかし、結婚をしたのはお互いに子供が欲しかったからである。「子供も欲しい、競技も続けたい」。この時私は26歳だった。私たち夫婦が出した結論は、「子供を出産してからオリンピックを目指す」だった（図1）。

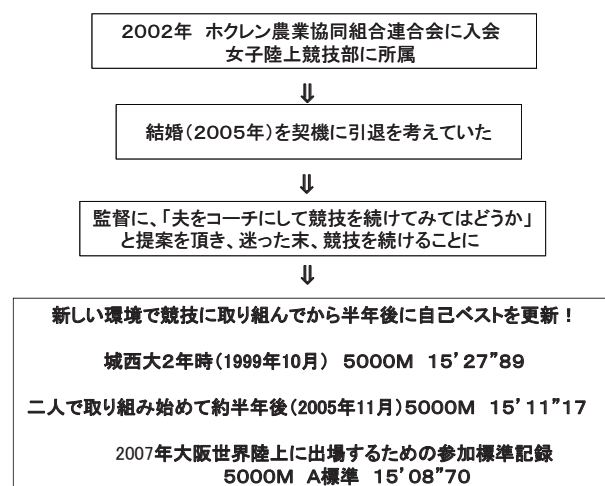


図1. 実業団入り～結婚～夫が専任コーチへ

2. 出産前のトレーニング

これまで日本陸上界のトップ選手で出産をして競技を続けるのは前例がなく、普通は不安になるところだが、海外の選手では出産をして競技を続けることは当たり前のことであり、むしろ出産前よりも強くなっている選手がたくさんいた。まだまだ若かった私たちは、「自分たちも必ずできる」と思っていた。

実はこの時、所属先であるホクレンから一つだけお願いされたことがある。それは、「駅伝を2年連続走れないということにはなって欲しくないので、もし8月までに妊娠が確認できない時には、駅伝が終わるまで待って欲しい」というものであった。私たち長距離実業団選手は、いかにメディアに多く露出し、企業名を映してもらうか、テレビでチーム名を呼んでもらうか、が仕事だと思っているので、テレビ中継がある駅伝はとても大切である。だからこそ、出産のタイミングによっては、2年連続出場できない可能性もあるわけで、私たちはそのことに対して納得した。

そして、運よく良いタイミングで妊娠した。また、私がお世話になった産婦人科の先生は「今まで激しいトレーニングをしてきたのですから、あなたが軽いジョギングをすることは、普通の妊婦さんがお散歩をすることと一緒にです」と私がアスリートであることを理解してくれたことで、妊娠中もとってもゆっくりだが、ジョギングを続けることができた。何かあってはいけないということで、ジョギング中は夫と一緒に走ってくれた。先生からは、「心拍数が上がりすぎないように」と言われていたので、たぶんペースは1kmを6分半～7分ぐらいの本当にゆっくりのジョギングだったと思う。週3,4日、時間は30分ウォーク＋30分～40分のジョギングを実施した(表1)。

3. 出産してオリンピックを目指す

2006年8月に長女を出産してからママさんランナーと呼ばれ競技を続けてきたわけだが、母親になってこれほどと大きく変わったことは、自分中心だった生活が子供中心の生活に変わったことである。

娘が幼稚園に上がるまでは、試合や合宿なども一緒に

行っていた。練習の時には、娘も一緒に連れて行っていた。一番大変だったのは夫だったと思う。夫は、私が競技に集中できるように産後1か月過ぎぐらいから娘の面倒をよく見てくれていた。夜はしっかり眠れるようにと部屋を別々にした。正直、始めの頃は寂しかったし、母親になったのだから自分できちんと子育てをしたいと思った。隣の部屋から泣き声が聞こえ、心配になり夫と娘が寝ている部屋に行くと「俺がやるから大丈夫、寝て。」と言われ、なんだか寂しくなったことを思い出す。

ならば、自分で子育てしたらいいじゃないか、と思われるだろうが、私は2つのことを同時にやるという器用さがなく、子育てに集中すると競技の方が中途半端になってしまうということを私たち二人はよく理解していた。だから、お互いによく協力し合って子育てをすることにしていた。

これは、自分で決めた道である。「子供を出産してオリンピックを目指す」という目標があるからこそ、すべてが中途半端になってはいけなかったと思っていた。これまで支えてきてくれた方々に恩返しをするには、結果を残すことがすべてだと思っていた。だからこそ、できないことはお願いする、できることはきちんとする、と割り切って、お互いがお互いを思いやる気持ちが必要であり、協力しながらの子育てだった。

当時を振り返ると、一般家庭の父親と母親の役割が我が家では正反対だったように思う。お風呂に入れるのは私だったし、夜寝かしつけるのは夫だったので、まさに夫は今で言うイクメンパパだった。本当に感謝している。また、お互いの両親も協力的でどうしても連れていけない練習や試合の時には快く娘を預かってくれた。

子育てというのは、家族全員が思いやりをもって協力し合いながら行っていくことが大切なのではないかと思う。本当に私は恵まれた環境で競技を続けることができていたのだと、今になって思う。

出産から1年間は体調の面で苦勞した。産後1か月後から徐々にトレーニングを再開したが、恥骨がジンジン痛く、眠れない日々が続いた。出産によって骨盤が緩むそうである。以前、私は恥骨と座骨の疲労骨折を経験していたので「ここでまた折れてしまったら3か月は動けなくなる」と思い、学生時代からお世話になっている治療院へ通い、絶対に無理はしないと決めていた。だから、始めの頃は15分ウォーク＋5分ジョグというように本当に軽く身体を動かす程度にした。始めの1週間は、30分～40分のウォーク＋5分～20分の軽いジョグ、2週間から3週間後には20分～30分のウォーク＋20分～50分のジョグであった。練習再開から1か月後ぐらいに40分～60分のジョグができるようになり、8kmのロード走、1km4分～4分20秒のペース走ができるようになった。1か月半過ぎぐらいに軽いインターバルトレーニング、6000mのビルドアップや400m×

表1. 妊娠中の練習内容

- | |
|---|
| <p>○妊娠5ヶ月頃までは、60分～90分の散歩</p> <p>○妊娠5ヶ月頃から軽いジョギングを始める</p> <p>・週4日～5日 40分～50分歩き＋20分～60分ジョグ
(平均45分歩き＋45分ジョグ)</p> <p>○注意点</p> <p>・心拍数が上がり過ぎないように気をつける</p> <p>・お腹に張りが感じた時にはすぐやめる</p> |
|---|

12本などがやっとなぜできるようになった（表2）。

そして、産後3か月後に記録会で3000mを走り、翌月の全日本実業団対抗女子駅伝に出場した。自分でも驚くほどに早いレース復帰だった。しかし、その後が大変だった。2007年の大阪世界陸上に5000mで出場することを目標にトレーニングを続けてきたが、体調が安定しない。どんな時に体調が良くて、どんな時に体調が悪くなるのか、自分でもわからなかった。その結果、4月の織田記念陸上では5000mを15分27秒95で優勝したのに、6月の日本選手権では5000mを15分57秒01で15位になってしまった。今でもあの時の体調の変化はなぜ起きたのかわからない（表3）。

そんな何をどうしていいかわからなかった状態も、産後1年を迎えた8月頃からは出産前と同じように戻りつつあった。むしろ出産前より良くなったことがある。それは呼吸である。出産前と同じ強度の練習をしても苦しくなかった。当時は、私がなんとなく感じていたことなのだが、出産後にはよくそういうことがあるようである。

また精神的にも強くなったように思う。出産して競技を続け、オリンピックを目標に決めた時から、私は迷いがなくなった。娘を出産してからこんなにたくさんの人に支えられて競技を続けることができていると実感し、私は結果を残すことが恩返しだと思い、陸上競技に本気で向き合うようになった。

その結果、2008年の北京オリンピックに5000m、10000mで出場することができたし、マラソンでも2009年ベルリン世界陸上と2011年の大邱世界陸上に出場することができた。2011年の大邱世界陸上では女子マラソンで日本人トップの5位入賞という結果も残すことが

表2. 産後の練習内容

○産後1ヶ月後から練習再開
○始めの1週間 30分～40分歩き＋5分～20分ジョグ（体慣らし）
○2～3週間後 20分～30分歩き＋20分～50分ジョグ （この頃から、恥骨周辺部がジンジンと痛み、眠れない）
○練習再開から1ヶ月後 40分～60分ジョグ & 8kロード走（4分～4分20秒/km）
○練習再開から1ヶ月半後 軽いインターバルトレーニング（6000mビルドアップ走、400m×12本など）

表3. 産後のレース結果

○産後3ヶ月（11月25日） 日体大記録会 3000m 9分27秒67
○産後約4ヶ月（12月17日） 全日本実業団対抗女子駅伝 1区（6.6k）21分10秒（区間14位）
○その翌週（12月23日） 日体大記録会 5000m 15分51秒01

できた。

母親になって競技を続けて見えてきたものは、目標を持つ、ぶれない強い心、意志があれば周りのみんなも理解してくれる、動いてくれる、ということである。

私が出産した頃は、「ママになって第一線で競技が続けられるわけがない」と思った方がたくさんいたはずだ。今でも、母親になってから競技を続けられる、より良い環境が整ったとはいえないかもしれない。それでも当時よりは、2012年にナショナルトレーニングセンターアスリートビレッジ内に託児所が設けられ、少しずつ変わりつつあると思う。

今後、母親になっても競技を続ける選手がたくさん出てきてくれるといいなと思う。強い意志があれば周りのみんなも理解してくれる、協力してくれる、動いてくれる、私はそう信じている。また、私が中学生の頃から今もずっと大切にしている「笑顔と素直な心」を忘れずに、人と人との出会いに感謝し、これからも大切にしていきたいと思う。

《パネリストプロフィール》

赤羽 有紀子（あかば ゆきこ）
1979年生まれ
所属 ホクレンスポーツアンバサダー
専門種目 5000m
10000m
マラソン
自己最高記録 5000m 15分6秒07
10000m 31分15秒34
マラソン 2時間24分08
競技歴 北京オリンピック（5000m、10000m）
日本代表
ベルリン世界陸上（マラソン）日本代表
大邱世界陸上（マラソン）日本代表
ユニバーシアード・マヨルカ
（ハーフマラソン）銀メダル

〔日本陸上競技学会第 14 回大会（日本女子体育大学）〕

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

キーノートレクチャー

「ジャンプス・カンファレンス ー走幅跳ー」

コーディネーター 広川龍太郎（東海大北海道）

演 者 小山 宏之（京都教育大学）

森長 正樹（日本大学）

越川 一紀（順天堂大学）

花岡 麻帆（幕張総合高等学校）

コーディネーター

●広川龍太郎（東海大北海道）

【趣旨説明】

「日本の跳躍チームの競技力向上や国際競争力向上の方法は何か？トレーニングの方法や方向性などは個人やチームのやり方があるとしても、パーソナルコーチ、ナショナルコーチともに共通認識や共通理解を持ち、一丸となって戦って行ければより強固な日本跳躍チームが出来上がるのではないかと。そしてリオ五輪へ挑むのと同時に東京五輪へ繋げたい。」との思いにより、2014 年度より“ジャンプス・カンファレンス”の開催に至っている。

今回のカンファレンスでは、走幅跳について議論を深めたいと考えている。近年は男子の 8m ジャンパーが複数出てきており、今年は菅井洋平選手が世界選手権に出場するなど活気を帯びている。しかし、なかなか到達できないのが「日本記録」である。また近年では日本記録あたりが、オリンピックや世界選手権でのメダル獲得のラインとなりつつある。そこで「日本記録」に焦点を当てたいと考えた。

日本記録に至った経緯、また日本記録後に挑戦したこと、オリンピックや世界選手権に向けて取り組んだ事などを、成功例や失敗例、トレーニングの方法や生活面も交えて聞き出せたらと考えている。我々指導者だけではなく現役選手や研究者にも有用な情報であろう。

パネリストは、日本記録保持者としてだけでなく、長らく日本の跳躍界を率いてこられた森長正樹氏（日本大学）、そして選手・コーチの二人三脚で歩んでこられた花岡麻帆氏（県立幕張総合高校）と越川一紀氏（順天堂大学）、蓄積された科学的データを紐解く視点から小山宏之氏（京都教育大学 / 日本陸連科学委員）にお願いした。

これにより各地で活躍する指導者が今後さまざまな選手と試行錯誤を行っていくためのヒントおよび相互の情報交換の場を提供することが今回のカンファレンスのねらいである。

演者

●小山宏之（京都教育大学）

1. はじめに

今日は走幅跳の助走スピードの重要性について、これまで 15 年間にわたって科学委員会が蓄積したデータを使って考えていきたいと思う。

助走スピードを考える前に確認として、跳躍距離の大部分を占める空中距離は、空中では加速することができないので基本的に離地時の重心速度によって決まる。図 1 は踏切中の水平方向の地面反力を示しており、マイナスの値がブレーキの力である。この図を見ると、踏切りでは大部分にわたってブレーキの力が作用している。そして踏切の離地前で小さいが加速の力を作用させている。つまり、踏切りでは基本的に減速し、水平速度は増えないわけである。したがって、踏切に入る時にどれだけ大きなスピードをもって入るかが重要な要素になる。助走を考える観点是指導者・選手によって様々であると思うが、今日はスピードの大きさに焦点を当てて展開したいと思う。

今日の内容は 4 つある。1 つ目は、これまで言われてきていることの再確認で走幅跳の記録と助走スピードの関係である。2 つ目は、国内選手の助走スピードと記録の関係の事例である。3 つ目は、今年の北京世界選手権では中国選手が活躍したが、日本選手と中国選手について助走スピードから見た相違をみていく。4 つ目は、助走スピードの大きさと疾走能力の関係を考えるために、100m 走のタイムと助走スピードの関係を考えたいと思う。

今回示すデータについて簡単に説明する。データはレーザー式測定器を助走路の前方もしくは後方に設置し、測定している。分析対象は私が科学委員会に関わってきた 2001 年から 2015 年の 15 年間のデータで、男子は 780 試技、7m01 から 8m57 までの記録の範囲のものである。女子は 1191 試技で、5m40 から 7m18 までの記録の範囲のものである。各試技の記録は、ファールライ

ンと踏切脚のつま先の距離の情報収集ができなかったため、基本的に公式記録を使っている。図2の右下の曲線は、この機器を使って測定した助走スピードの変化のグラフである。助走のスタートからスピードは徐々に増加し、踏切の少し手前で最高スピードに出現している。今日示すスピードデータは、全てこの最高スピードのデータである。

2. 助走スピードと記録との関係

1つ目の内容として、走幅跳の記録と助走スピードの関係を早速見ていく。図3は跳躍記録と最高スピードの関係を示している。横軸は跳躍記録、縦軸は最高スピードを示している。一般的に言われているとおり助走スピードが高いほど記録が高いという非常にシンプルな関係が見て取れる。また、女子選手と男子選手はほぼ一直線上に並び、女子選手の関係の延長線上に男子選手の関係がある。そして、非常に相関の強い右上がりの直線となっており、記録を高めるためには最高スピードが必要ということが分かる。これをより詳細に見るために、記録別にグループ分けをしてその関係を見やすくしてみた。図4は20cmごとの記録でグループ分けをしたものである。例えば男子を見ると、7mから7m20、7m20から7m40というように20cmごとにグループ分けをしている。各グループの真ん中にプロットしている丸が平均値で、上にプロットしている丸がそのグループ内で最もスピードが高かった試技のスピード、下にプロットしている丸がそのグループで最もスピードが遅かった試技のスピードである。これを見るとやはり先ほどのグラフと同様に右上がりになっている。したがって、記録を高めるためにはスピードが必要だということがわかるが個人的には各グループの最小値が重要だと考えている。図を見ると、この最小値も右上がりになっている。各グループには100試技以上のデータを含み、過去にこの最小値より低いスピードで跳んだ選手はこの15年間でいないことを示している。最小値も平均値と同様に右上がりになることは重要なことで、このスピード以上は少なからず必要と考えた方がよいことが予測される。以上のことから、1つ目の目安は平均値であり、その平均値を各グループの範囲の記録を目標にした場合の目標スピードとし、そして最低スピードは少なからず超えなければいけないスピードであると考えられる。

3. 国内選手の事例から

次に2つ目の内容である国内選手の助走スピードと記録の関係の事例について、数名の選手をピックアップし紹介する。図5は男子選手のものである。各選手のオレンジの色の丸は先ほど示した全試技のデータで、その上に個々のデータを重ねている。これらを見て分かるのは、同程度でのスピードでも記録に幅はあるが、全体の傾向

としていずれの選手においても右上がりの直線の関係になるということである。他に見られる特徴は、右上がりの直線の位置に個人差があることだ。例えば、S選手は他の選手に比べて低いスピードでも跳躍距離は大きいことがわかる。各選手の回帰直線は現時点での記録までで作ったが、これを延長した線を点線で示している。つまり、この回帰直線の点線部分は各選手が今以上の記録を跳ぶために、どの程度のスピードが必要になるかということの目安になると考えられる。また、S選手については、緑色でプロットした点がある。これは、高校のインターハイの時のデータである。すなわち、高校からの記録の向上にはスピードの向上も伴っていたことが読み取れる。

次に国内の女子選手についてである(図6)。女子についても同様に右上がりの直線の関係になっている。個々で見ると男子選手と同様に回帰直線の位置には個人差があり、I選手の例であれば、この3選手の中で回帰直線が最も上にきている。なお、日本記録の跳躍の助走スピードはこれまでに測定した日本選手のデータで最も大きい助走スピードの跳躍であった。

4. 世界選手権での結果から

ここからは3つ目の内容として、北京世界選手権で3人が入賞した中国選手と日本選手の助走スピードからみた違いを見ていく。1人目は3位の選手で2014年の世界ジュニアで優勝した19歳の選手である。2人目は4位の選手で21歳である。3人目は5位の選手でアジア記録の8m47のベスト記録を持っている選手である。中国選手ではないが優勝したラザフォード選手も示した。パーソナルベストは8m51で、100mでは10秒26という記録を持っている。では、これらの選手が日本の選手のスピードとどのような違いがあったかについて見ていくことにする。比較のために、これまで示した記録とスピードの関係から日本選手だけを取り出した(図7)。ここにまず北京3位の選手のデータを重ねる。これを見ると日本選手の回帰直線の延長上に位置している。次に北京4位の選手のデータを重ねる。この選手は日本の選手で同程度の記録のスピードとほぼ重なる。次にアジア記録の選手を重ねる。これも日本選手の同程度の記録のスピードに重なる。これら3選手に加え、過去に測定した他の中国選手で、2011年アジア選手権(神戸)の優勝者(8m19)と2002年静岡国際に出場した中国選手のデータも重ね、最後に北京優勝のラザフォード選手のスピードを重ねると綺麗に回帰直線の先にくる。様々な技術的要素もあると考えられるが、入賞した中国選手の助走スピードと記録の関係は日本選手と同様の関係にあり、3位の選手は日本選手よりも高いスピードの位置にいたということである。そして、世界大会の場でもそれだけのスピードを出して跳躍が出来ているということだ。

5. 走幅跳と100m走との疾走スピードの関係

最後の内容である。助走スピードを考える一つの目安として100mの記録との関係を考えていきたい。ここまで示したスピードのデータだけでは、測定が難しい現場では使いにくいと考えている。そこで今回は十種競技を担当する科学委員会の先生が測定してきたデータを頂き資料を作ってきた。十種競技は100m後に走幅跳を続けて行うので両種目のデータを同日で測定でき、両種目のスピードを比較することができる。図8は、100mの最高スピードとその日の走幅跳の助走スピードの関係を示している。横軸は100mの最高スピード、縦軸は走幅跳の助走スピードである。試合では100mと走幅跳の風の状況が異なるが今回はその影響は考慮していない。ただし、風の影響で助走スピードの方が速い(100%を超える)選手については省いた。図中の中央ラインが100%のラインで100mと走幅跳のスピードが一緒であったことを示すラインである。そして、右下の方向に順に進み98%、95%、90%のラインとなっている。このプロットを1%ごとの人数の度数分布でみると、95～96%付近が多いことがわかる。これをひとつの目安として、100mの最高スピードに対して助走スピードは90%中盤になると考えられる。なお、走幅跳の選手が十種競技選手よりも技術的に優れているとすれば90%台後半の方にシフトするかもしれない。

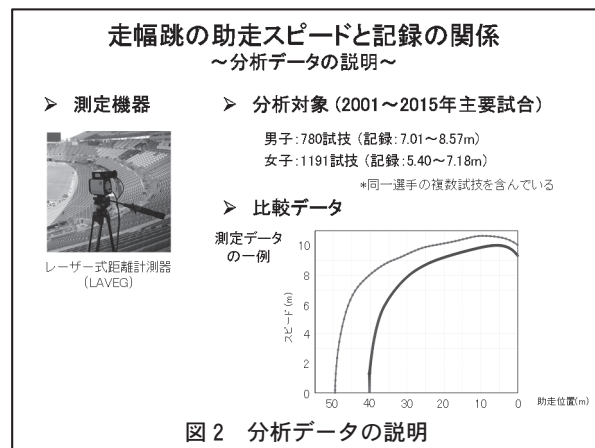
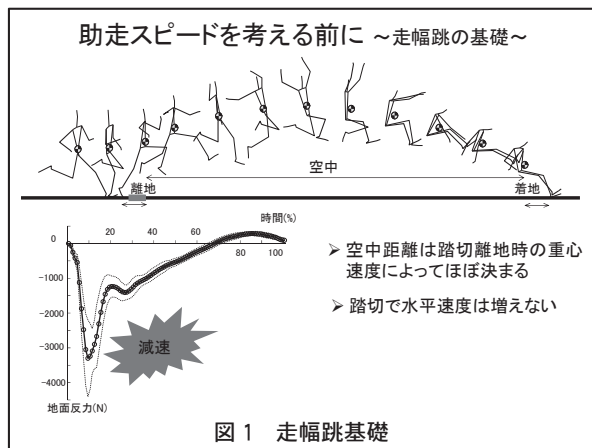
ここからはデータからの仮説で考えを提示していく。図9は、走幅跳の記録とその記録を達成するのに必要となるであろう100mのタイムとの関係を示している。このグラフの見方として、まず右上がりのオレンジの直線がある。これは、走幅跳と助走最高スピードの関係について、これまでに示したグループ別の助走最高スピードの平均値から作ったものである。これはグラフの右軸と下軸の値から数値を読み取れる。例えば8mから8m20の間のグループの最高スピードの平均値を読み取ると10.6～7m/sになる。次に、100m走中の最高スピード

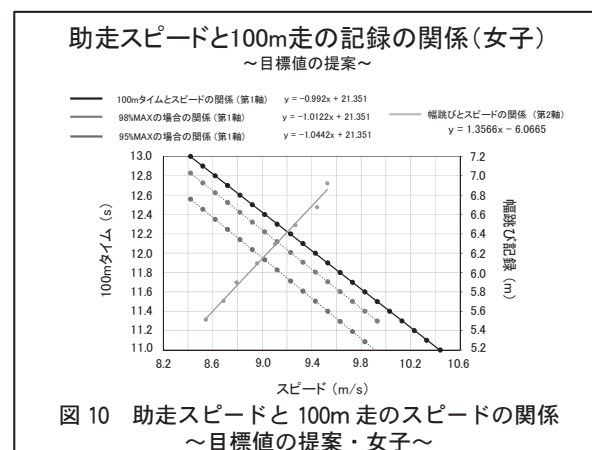
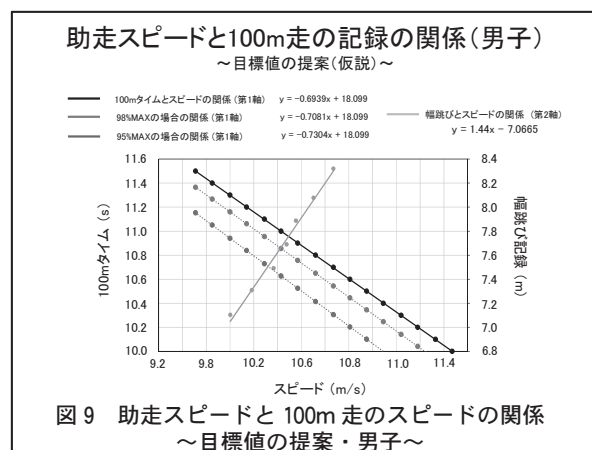
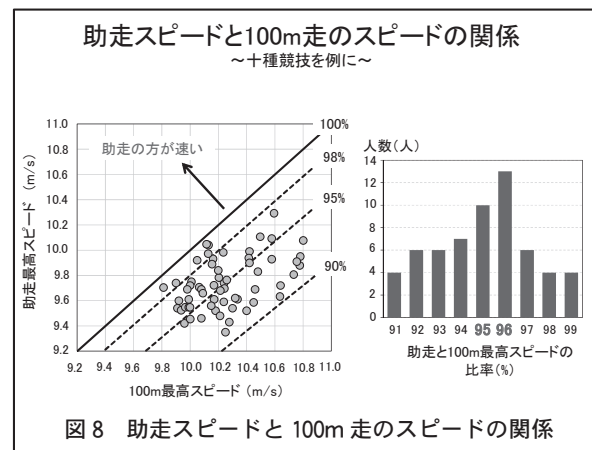
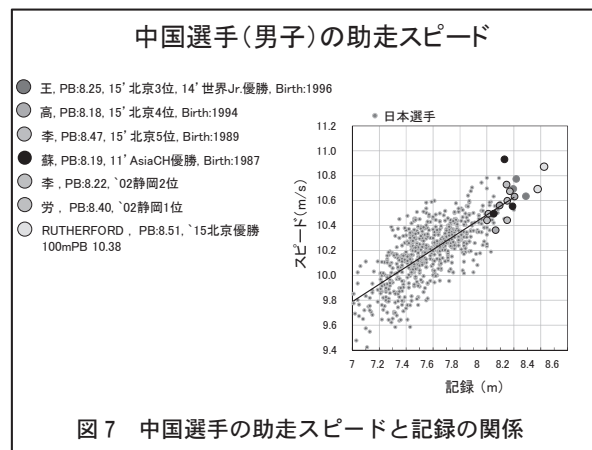
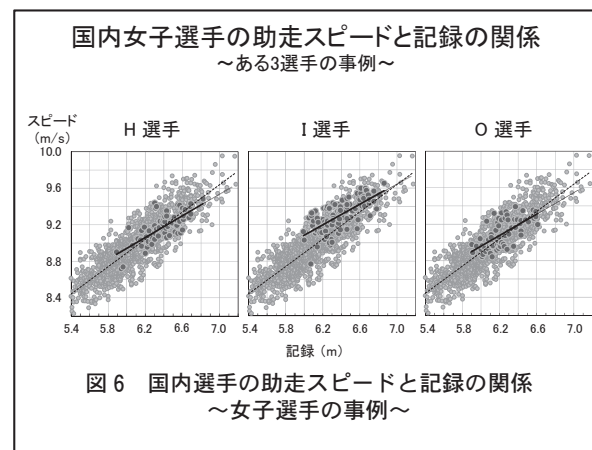
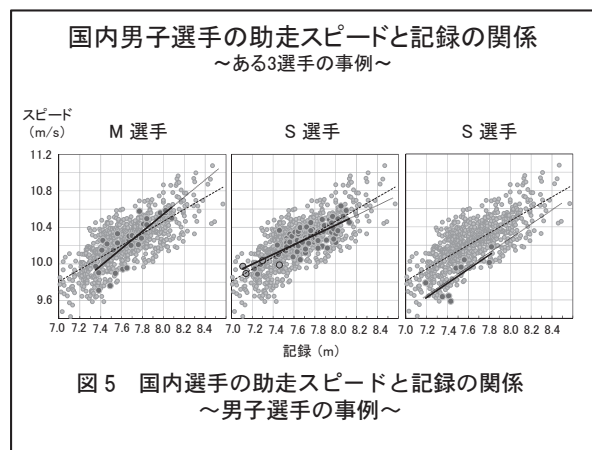
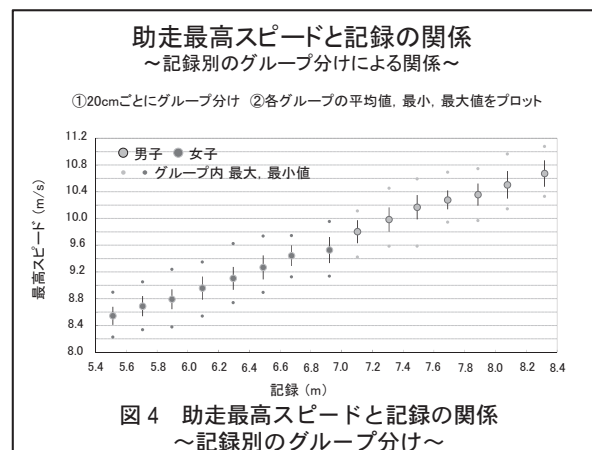
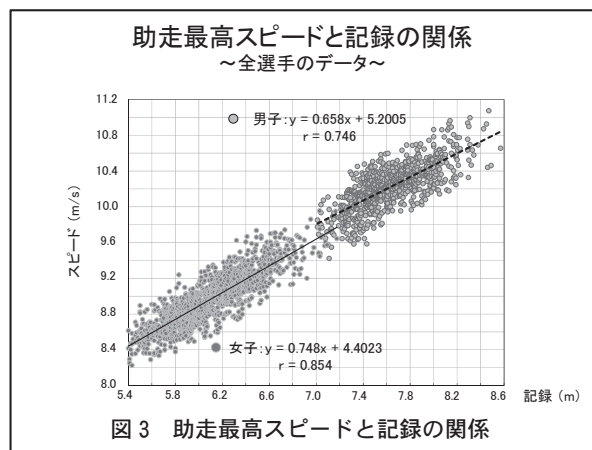
との関係を考えてみる。この関係は短距離科学委員の松尾先生(鹿屋体育大学)が収集し、土江先生(東洋大学)が作成した一覧表(短距離・リレー、ベースボールマガジン社)を基にしている。これを参考に作成した最大スピードと100m走のタイムの関係が図内の右下がりの直線である(3本の上線)。この直線は左軸と下軸の値で読み取れる。例えば、8mから8m20を目標にする選手は最大スピードが10.7m/s程度必要となり、その時の100mの関係では10秒8程度のタイムの最高スピードになるわけである。しかし、先ほど述べたように助走では100mの最高スピードの100%にはならないので、98%および95%マックスの場合の関係を図示した。これが右下がりの直線の残り2本である。そして98%マックス(真中の線)の場合は10秒6、95%マックスの場合(下線)は10秒4程度の最大スピードが必要になる。つまり、平均的に考えた場合8mから8m20の間の跳躍をするには、100mを10秒4～6程度で走ることが必要になると考えられる。走幅跳の記録に対して必要となる最高スピードの関係は、過去のデータから平均として明らかである。そのスピードに対して100mのタイムがどれくらい必要かを可視化することで、トレーニングの目標値として活用できる。100mの最高スピードに対する助走最高スピードの比率は十分なデータがないので仮定であるが、上記に示した95%から98%の間に入ってくると現時点では予想している。なお、女子選手での関係は参考資料に載せている(図10)。

6. まとめとして

1つ目として跳躍記録は助走最高スピードと非常に大きな関係がある。これは変えようがない事実である。

2つ目として、個別に見ると跳躍記録と最高スピードの関係は全員が同じラインに乗ってくるわけではなく個人の特性に応じて異なる。しかし、縦断的なスプリント能力の向上は走幅跳の記録の向上に必要な不可欠な要素であると考えられる。助走の走り方には色々あると思うが、





それぞれの走り方の中でスピードが上がっていくことが非常に重要である。

3つ目として、スプリント練習とスプリント種目の位置付けについて考え直す必要がある。高校時代にはスプリント種目に積極的に出ていた選手も大学生になるとスプリント種目に挑戦しなくなる傾向がある。シニア世代の頭打ち、特に女子選手に顕著だという印象があるが、スプリント能力の停滞が関係している。

4つ目として、選手の思考を変える指導、ジュニア時代からシニア世代に進んでいく時のスプリントの重要性を選手がしっかりと認識しているかが重要である。ジュニア時代から選手の思考の中にスプリント能力の重要性を認識させ、シニア世代でのスプリント能力の縦断的向上につながる思考の指導をしておかなければいけないと考えられる。そして、スプリンターとジャンパーの種目間のトランスファーも考えていく必要がデータから想像できる。

●森長正樹（日本大学）

1. はじめに

近年、本国では菅井選手が非常に良いジャンプをしており、また8mジャンパーも数名出てきていることから、走幅跳もようやく世界に近づいてきたかなと感じる。しかし、私が実際に現場で経験したことからの感想では、まだまだやるべき事がたくさんあるのではないかと感じている。

特に現状では日本記録である8m25cmを世界大会で跳躍すると、入賞または、大会によってはメダルも獲得が可能であるとも言われているが、先ほどの小山先生も過去のデータから、世界の一流選手と比べ助走速度がまだまだ日本の選手には足りないのが現状だと説明があった。私も長年競技を続けていた経験から一番必要であると感じた部分は助走スピードだと感じている。

以上の事も含め、私が日本記録を樹立した後、どのようなことを考え競技生活を続けていたのかを紹介したい。

2. 記録の変遷とその背景

表1は89年に高校記録を樹立した後の記載である。中学時は兵庫県で6位(6m69cm)で、平均では6m20～30cmであった。

高校に進学してからは、基礎体力の向上に重点を置き、特に上半身の筋力を中心に鉄棒等のトレーニングと、踏切基礎技術の習得に時間を割いた。

大学では重要な課題である助走速度の向上のために走技術を変更した。

高校時は、踏切技術に重点をおいたトレーニングをお

こなっていたことから、自然と走り自体も踏切をおこなうやすい脚を大きく前方に振り出して地面をキャッチするフォームになっていた。そのフォームではピッチが上らず、当然助走速度も上がらない状態であった。

大学入学と同時に当時、世界で活躍していたカール・ルイス選手のもとに行き、トム・テレッツ師に指導を受けた時、「このままでは8mを越えるのは厳しい」もう少し走力を上げていく必要があるとのことから、記録向上に向けての第一段階として走り方を変更した。

これまでの腿上げをしながら脚を振り出して地面をキャッチするフォームから、腿をあまり上げずに素早く地面に下ろすフォームへの変更であった。

この取り組み後、ピッチが上がりやすくなったことも影響して助走速度が大幅に上がった。

しかし、ピッチの上昇によりリズムが変わり、また接地での感覚の違いから本来私が得意としている踏切のタイミングが合わなくなってしまった。

年表で見ると90年からこれに取り組み初め初め、91年には効果が出ているようになっているが、実際には91年の記録を出した時期は9月以降のシーズン終盤での成績で、感覚が合うまで実質1シーズンと半シーズンの期間が必要となった。技術の変更部分が意識をしないでスムーズにおこなえるようになった段階で記録が安定してきた。トレーニング全般も順調に進み、基礎体力、特に筋力が増えたことが日本記録樹立に結びついた。そして次の年に跳躍技術の変更をおこなった。ここにおられる数名の方に止めた方が良いと助言を頂いたが、いくつかの理由からそれまでのシザースからダブルシザースに変更した。変更した理由は、当時、世界のトップで活躍していたカール・ルイス選手やパウエル選手など数名の選手達はその技術を使用しており、助走の速度を生かせる効率の良い技術ということからであった。自分のタイプにこの技術は合わないのではと少し感じていたが日本記録(8m25cm)を跳び、次の目標を8m50cmでのオリンピックや世界選手権でのメダル獲得に置いたのでこの目標達成には大きくもう一段階何かを変えていかなければとの思いもあった。

実はテレッツコーチには90年に最初に出会った時、すぐにでも技術を変更するよう提案されてはいた。しかし、走技術の変更も重なったこともあり、当時の日本記録は8m10cmで8m20cmを跳んだら考えるという理由で逃げていた。92年の日本記録樹立後にテレッツコーチに言われたことは「8m25cm跳んだのだから変更してみよう」ということでチャレンジするに至った。

次の年に8m06cmを記録しているが、私の跳躍の良い部分でもある助走から砂場に向け勢いのある跳び出しができなくなり、また、ダブルシザースに変更した影響から踏切のイメージが「跳び上がる」から「走り抜ける」感覚に変わってしまった。空中では着地の態勢に気を取

られ、手脚を急いで回してしまうため、一番重要な踏切準備から踏切のところではなく他の部分に意識が向いて良い感覚での跳躍がおこなえなくなった。それでも8m06cmの跳躍や、実験の被験者としての跳躍時に1回だけ自分が理想とする技術ができ実測で8m15cm付近まで跳躍をしたことから希望を捨てきれずにダブルシザースのチャレンジに見切りをつけずにいた。

96年はアトランタオリンピックの年となるが、92年のオリンピックに出場してから次の目標を大きく持っていたにも関わらずいろいろなことが重なり出場の機会を逃した。このままでは終わりたいくないとの思いから、もう一度原点に戻り基礎から見直す必要があると感じ再び元の跳び方に戻すための跳躍技術の変更をした。その後、徐々に感覚も戻り8mが安定して跳べるようになった。

3. オリンピック・世界選手権で活躍するために

表2は五輪の優勝と入賞の平均記録である。1位が8m50cm以上、3位では8m34cm、24cm、31cmとなっていて日本記録を更新できれば十分にメダル獲得のチャンスがあるということが分かる。そして確実に8mを越えられれば入賞および予選を通過するチャンスがある。

続いて世界選手権での優勝と入賞の平均記録を見ても同じく、優勝は8m50cmを越える跳躍が必要で、3位の記録を見てもやはり日本記録を更新する跳躍がおこなえると十分に可能性が出てくる(表3)。また、8位入賞と予選通過も8mを超えればチャンスはある。

各記録の風速も入れましたが、実は日本での試合では追風が1m～2mくらいのかかなり良い条件で試合をすることが多いが、海外での国際大会では私の経験から向風1mなどの悪条件での試合が多くあった。

97年の世界選手権では7m93cm(－0.7)の記録で12番目に拾われ、何とか予選通過できた。決勝では惜しくも7m86cmということで8位に2cm足りずとても残念な思いで帰ってきた。この予選時の風も向かい風で非常に悪いコンディションに加え、予選開始時間が朝の8時30分ということ、そして世界大会ではコール開始時間も通常より早く、その時間に合わせてウォーミングアップを開始しますので、国内ではあまり経験できない悪条件で、8m近くの跳躍をしなければいけないというのが現状である。

表の数字で見えてみると、8mまたは8m25cmの日本記録を越えると入賞できるが、悪条件の予選での8mを越えるパフォーマンス、そして、次の日もしくは1日空けての日程で連続してこの記録を跳べることが条件となる。以前、跳躍選手(走幅跳・三段跳)の世界大会でのパフォーマンスが自己ベストの96%前後の記録であるとのデータを見せてもらったが、自分の経験からも自己ベストからマイナス30cmくらい記録しか大きな大会では出せないと感じていた。中には、本番に強い選手や、

自己ベストを軒並み更新して勢いに乗っている選手はこの枠に当てはまらない場合もあると思うが、世界記録保持者8m95cmのパウエル選手で8m60cm前後、8m87cmの自己ベストのカール・ルイスでは8m50～60cmであった。彼らのような世界大会での経験豊富な選手でも8m50～60cmが安定して出せる記録かと感じる。

これらのことを踏まえて世界選手権の入賞を考えてみると、試合本番で8m50cmを跳ぶには8m80cmの自己ベストがないと厳しいということである。また、3位を目指すために8m25cmの日本記録を本番で跳ぶには8m50cmの自己ベストを跳ぶ力がないと簡単ではないと思う。

もう少し目標を下げると、試合本番で8mを超えるには、私の記録でもある8m25cmの自己記録を持っていないと難しいということになってくる。

最近、日本の選手も8mまたは8m付近の跳躍をおこなえる選手が増えてきた。しかし、彼らがその現状で世界大会に挑むとおそらく7m70cm前後の記録になってしまうということである。したがって、自己ベストの記録を基準にして表の記録と照らし合わせて判断する考えでは厳しいかと考える。

4. トレーニングでの取り組み

私は、これらのことから92年のバルセロナオリンピックから、今回のアトランタオリンピックまでの目標を8m50cmとメダル獲得及び入賞というところを目標にやってきたが、残念ながらそのチャンスを逃したことでもう一度、目標設定の見直しが必要と考えた。

実際に経験された選手はわかると思いますが、日本の代表選手としての試合で予選落ち、またふがいない結果に終わり帰ってきますと周りからの風当たりも厳しくなる。予選通過をすれば周りの方にも示しがつく。次に向けてのモチベーションにも影響する。

これらのことからアトランタオリンピックを起点として、メダル獲得および入賞から予選通過に目標の変更をした。

この目標達成に向けて必要な部分であるが、まずは助走速度の低下を抑えた踏切技術の習得で、幸い私の場合は高校時に徹底して技術の習得をおこなったこともあり、他の選手と比べて速度の低下の少ない踏切技術というものを習得はしていたがさらに上を目指した。

先ほど小山先生の話の中で踏切動作では助走速度は必ず減速するものと説明があったが、私は加速を続けながら踏切に入っていくイメージに変更をした。具体的には、それまでは助走の最後の踏切前の数歩の部分で踏み切りをおこないやすいリズムで踏切動作に移行していた。しかし、それではなかなかスピードが増さないということで最後の3歩の部分で身体をより前方方向へ進めていく

技術に変更した。

この技術はアメリカで教わった技術であり、踏切2歩前から1歩前の部分で前方方向に思い切って突っ込んでいく。タイミングが取れなくなる不安感のため、少し恐い気持ちになるが踏切に向けての勢いが増す。

詳細を説明すると、私は左脚踏切だが踏切2歩前の左脚から右脚の接地に向けて少しストライドが大きくなるように周りにはわからない範囲内で前方にジャンプをするくらいの気持ちで踏み込んでいく。次に踏切1歩前の右脚接地では踵よりのフラット気味に接地し、その後踏切動作に移っていく。これまでの技術では、踏切をおこなうやすくするために左脚から右脚の部分で少し重心を上げた後、踏切動作に移る技術であった。この技術では、追風などの良い条件でスピードに乗りやすい状況では良いのだが、例えば悪条件の場合に踏切2歩前で助走の推進力を前方ではなく上方向に向けてしまうと跳躍角度は得やすく高い跳躍はできるが着地位置が自分の跳躍した感覚よりかなり手前になる。これらのことから踏切においては前方方向への移動を得るための踏切2歩前から1歩前の部分の修正をした。

助走においては安定させることが重要であり、助走を安定させるにはどんな条件であっても常に同じような加速感を得られるように助走中間局面の加速力の強化をすることが必要となる。実際に力強い中間加速を得るために必要なことは、まず接地技術の改善で、以前は少し重心を高くするため、常に母指球の部分での接地し地面を蹴り出していくイメージであった。実際の動作はどのようなになっているのかは、データを取って見てみないとわかりませんがそのような感覚で走っていた。しかし、このような接地では、その日の感覚や筋肉の状態により、接地後から蹴り出しまでの局面で踵の沈み込み（足首の動作）量や追・向風やグランドコンディション等の違いで助走速度の上昇に差が出やすくなる。

この課題の克服のヒントになったのがバウンディングやホッピングである。これらの動作はつま先からの接地ではつぶれやすく、フラットで接地することにより臀部の筋肉とハムストリングスの間の筋肉を使い力強く進むことが可能となる。

これらを助走の前半から中間での加速局面で利用できれば安定した力強い加速が得られるのではと考え、これまで母指球1点での接地から範囲を少し広げ、踵付近から接地し母指球で蹴り出して行くイメージのフラット接地に近い接地の方法に変更した。接地技術を変更し、さらに上を目指すのに必要となるのが大腿部のスイング強化で、大腿部を力強く振り下ろすことが走りにおいて一番重要な部分とした。大腿部を振り下ろす途中で足裏が地面に接地したときに地面反力が衝撃となり身体に伝わってくる。多くの選手がその衝撃に筋力が負けてしまうが、そのまま負けずに最後まで押し切れるとより強い

推進力が得られるのではないかと考えて、大腿部のスイングの強化に重点を置いて取り組んだ。

具体的なトレーニングとしてウェイトトレーニングを行った。以前はベンチ、クリーン、スクワットの基本的な種目を重点的におこなっていたのですが、台を上り下りする片脚スクワット、また、レッグプレスマシーンを利用し、普通のスクワットでは担げない重量で強度の負荷を大腿部に与えるようにした。

2つ目のトレーニングはバウンディングである。走幅跳はしっかり走り、最後は片脚で跳び上がって遠くに跳ぶ競技である。要するに片脚での跳躍力やパワーが必要となるため、バウンディングの記録が良くなれば単純に1歩で身体を前に跳ばす距離が伸びてくる。このことはどんな技術より走幅跳の記録向上には有効ではないかと考えられる。

具体的には、多くの選手が行う立ち五段跳、歩数短縮には効率の良い接地技術が必要となる100mおよび200mのバウンディングも取り入れ、定期的に歩数を記録し目標距離や歩数を明確にしトレーニング計画に取り入れていた。

3つ目のトレーニングはパワーマックスという固定式自転車である。

パワーマックストレーニングを取り入れる理由は、常に暖かい環境でのトレーニングが可能であれば、年間を通してスピードを上げた質の高いトレーニングをおこなうことができるが、通常だと11月頃から気温も下がり、質の高い思い切った動作ができる環境が得られなくなる。固定式自転車は室内の温かい施設に設置してあることが多く、ペダルにより動作の範囲も決められ、走トレーニング時のように脚が後方に流れる心配もないことから怪我の心配もなく真冬でも軽い負荷での早い動き、重たい負荷に対しても思い切った動作が可能となり年間を通して実際の競技のパフォーマンスに近いような出力を出すことができる。

しかし、このトレーニングでの注意点は漕ぐときに回転数を気にしすぎ自転車競技のような漕ぎ方になりやすいので、常に走動作のイメージを持つ事に注意し取り入れることが重要となる。

5. コントロールテストの結果から

次に、コントロールテストの結果の表を見てみると、トレーニング取り組み以降の結果に変化が出てきた。92年、94年、96年と黄色い部分がトレーニング方法を変更したことにより得られた値である。

詳細を説明するとバウンディングでは接地から蹴り出しの局面での技術の変更により、常に臀部から太腿の部分を利用する意識が持てるようになった結果、立5段跳の記録は16m台から17mくらいに1m以上も伸びた。

砲丸後ろ投げでは瞬発系と身体の連動、上半身だけで

はなく、下半身の力と体重を上手く利用しタイミングを合わせるにより投擲距離が伸びた。このタイミングが合うことにより踏切時の前身の力の入れ方やバウンディング時における力の伝達感覚を得ることが出来るようになった。

パワーマックスでは1kp、10kpの負荷の数値を記載している。実際のトレーニングでは様々な負荷を利用していますが、実施しているトレーニング負荷のそれぞれ一番軽い負荷と思い負荷の数値を基準に測定していた。

1kpの負荷は非常に軽く開始からペダルは空回りの状態で、数値には筋力よりも神経系の部分が左右している。私の経験ではこの数値が良い状態では踏切前等の脚さばきがおこないやすくなる。

10kpは非常に重い負荷で、私が特に重視してトレーニングをおこなったのがこの重さである。この負荷に負けず思い切って回せることにより、バウンディングや助走のスタートから中間加速部分の強化に繋がりパフォーマンスが相当上がるのではないかと思います。

これらのトレーニング方法での取り組みによる効果が、このコントロールテスト結果として表れた。

また、この結果が実際に走幅跳に与えた影響は、96年に20歩の助走距離が41m20cmを基準にその日の風等のコンディションによって前後していたが、97年あたりからは42m50cmが基準になり、2000年には追風参考で8m34cmを記録した年であるが、44m20cmが基準となり、この数年でストライドが大きく伸びたことである。

また、私は踏切前4歩前にコーチ用のチェックマークを置いているが、96年では9m20～30cmが、97年より9m45cmの位置に伸びました。2000年あたりでは9m45cmでは少し狭く感じるようになり、調子にもよりますが9m60cmからラスト4歩を走り込んでいけるように変化が出た。その結果、自分でも体感できるほど中間での加速力と助走後半から踏切に向けての勢いが増したことで8mの跳躍が安定してきたのではないかと感じていた。

カール・ルイス選手は踏切4歩前のチェックマークが10m～10m13cmの位置に置いていた。私と同年代のストリート・トンプソン選手も8m50～60cmを跳んでいた時期は9m80cmの位置より走り込んでいた。

最近の日本選手達ではインカレや日本選手権、国体で確認したが、菅井選手で9m30cm前後を踏んでいました。

表1 記録の変遷

年	記録	取り組み
1989	7m96	
1990	7m73	走技術変更
1991	8m09 (8m21w)	
1992	8m25	
1993	7m90	跳躍技術変更
1994	8m06	
1995	7m82	
1996	7m83	跳躍技術変更
1997	8m13	目標再設定
1998	8m08	
1999	8m10	
2000	8m05 (8m34w)	
2001	8m06	

表2 五輪の記録 入賞等

年	1位記録	風	3位記録	風	8位記録	風	予選通過	風
1992	8m67	-0.7	8m34	0	7m87	0.1	7m90	0.6
1996	8m50	-1.3	8m24	0	8m06	-0.5	8m00	0.2
							8m00	1.9
2000	8m55	0.4	8m31	0	8m06	-0.1	8m00	1.0

表3 世界選手権の記録 入賞等

年	1位記録	風	3位記録	風	8位記録	風	予選通過	風
1991	8m95	0.3	8m42	0.8	7m99	2.1	8m01	0.2
1993	8m59	0.4	8m15	1.0	7m93	0.5	7m91	0.9
1995	8m70	1.6	8m29	-0.3	7m93	-1.6	7m91	1.1
1997	8m42	0.1	8m18	0.9	7m88	-0.4	7m93	-0.7
1999	8m56	1.1	8m36	1.6	7m99	1.6	7m90	0
2001	8m40	1.2	8m21	1.1	7m92	0.8	7m83	-0.1
2003	8m32	0.5	8m22	0.5	7m93	0.5	7m97	-0.3

表4 コントロールテストの結果

年	記録	クリーン	砲丸4K (前)	砲丸4K (後)	立五段跳び	(1kp)	(10kp)
1992	8m25	110kg	16m50	18m53	16m90	248	121
1994	8m06	110kg	16m56	18m62	16m60	250	123
1996	7m83	110kg	16m80	18m50	16m30	250	118
1997	8m13	120kg	18m66	20m67	17m60	253	142
1998	8m10	130kg	19m55	21m80	17m90	263	147
2000	8m05 (8m34w)	135kg	20m10	22m50	17m95	266	158

峰村選手も9mを越えた位置を踏んでいるようであるが、他の選手では9mより近い位置を踏んでいるのが現状で、最近の日本選手の走能力は高いのだが、その速度の内容にも注意する必要があると感じる。例えば100mにおいてタイムを短縮するには60m以降にトップスピードに乗ってからスムーズに足を動かす動作が重要かと思う。しかし、走幅跳で踏切前の局面でリラックスし足を回す動作では、コンディションが良くタイミングが合えば良いのだが、例えば向風や雨の中での試合などでは、踏切前の勢いを得ることが難しくなり、踏切後の跳び出しの勢いが弱まり跳躍距離を得ることが難しくなってしまう。

今後、日本の選手たちが世界の舞台で活躍するためには、私は踏切前の助走の勢いが必要であると考え、跳躍の技術的には世界と日本のトップ選手では大きな違いはないと感じている。差を感じる部分は踏切前の勢いであり、この課題を克服出来れば日本でも、中国選手のように世界大会でメダルが獲得できる選手が出てくるのではと感じている。しかし、現状で菅井選手以外そのような力強い助走をおこなえる選手は見られない状況である。是非、東京五輪ではこれらの課題を克服し、日本チームも中国チーム同様に地元開催でメダル獲得および入賞3人となることを祈っている。

●越川一紀（順天堂大学）

1. 走幅跳における「踏切」と「抜け」について

現在、順天堂大学陸上競技部で監督をしているが、以前は成田高校で指導していた。花岡選手とは中学生の3年生の時に出会い、高校での指導を経て現在に至っている。

これから話題にするのは、「踏切」と「抜け」という技術についてである。踏切の練習は、私はハイジャンプが専門なので、どうしても動作を強調して“ダンダダン”というのを意識してやるタイプだったため、花岡を指導するときも（元々ある程度は踏切れる選手だったことありますが）「踏切をしっかり踏切る」ことを意識していた。それが今では、しっかり踏切って高く跳んで、跳んだなという感じの跳躍をした選手を見ると「踏切って

上に跳び過ぎている」と感じる様になった。「前に抜けて凄く良い」という選手を偶に見かける。選手はそれをやろうと思ってやっているのか、偶々スピードが増してそうってしまったのか、分からない所はありますが「抜けよう」としている跳躍の方が記録的には良いと感じている。

指導における「抜けの感覚」が分かったのが、花岡が高校3年の関東大会の6m40の跳躍である。追い風参考であったが当時の高校記録を破った。跳躍直後、私は「失敗だな」と思った。ところが実際には6m40の高校記録であった。この経験が「抜けたら跳べる」ということを私自身に分からせる出来事であった。もしこの跳躍を見て、私がビデオを撮っていなかったら、今の花岡や菅井、それ以外の選手達も育てられなかったと思う。

2. 花岡選手の指導を通じて

高校時代の花岡はアジア選手権出場、日本選手権優勝、国体優勝、などの結果を残した。毎日の練習は走りの基本の練習をしっかりとやっていた。走りの基本をきちんとやってきた事で100mの記録が12秒21、200mが25秒32になった。走種目の記録が伸びて、跳躍の踏切がしっかりできたことで6m27まで記録を伸ばすことが出来た。

それから大学に入ると怪我の連続であった。自宅から大学が近くだったということもあり、個人に任せる部分は高校時代よりも増えた。ただ練習にくる度にハーフパンツの幅が広くなり「少し太ったのでは？」と話をしたら、1年間で8kgも体重が増えていた。大学行って太って結果を残せない選手が多い。花岡も太ったことが原因で幾つもの怪我や骨折などを繰り返した。その結果、大学3年の時に6m22を跳んで復活するまでに2年半も掛かった。大学3年の時は日本インカレ、日本選手権、国体の3試合しか出ていない。たった3試合でも、全試合で自己タイまで持ってくる事が出来た。

この怪我の多い状況から、当時は走幅跳よりも三段跳に気持ちが傾いていた。なぜ三段跳に気持ちが傾いたかについては走幅跳はいい踏切をしているのに全く跳べないという状況が続いたためである。それで中学3年の頃から少しずつ練習を行っている三段跳をやってみようということになった。そうしたら三段跳で大学4年の時に

日本新記録を出し、大学を卒業して1年目に14mを跳ぶという結果を残せた。

ところが三段跳をやっていると、跳躍動作で叩いてしまう動きから、どうしても踵を痛めやすくなった。記録もオリンピック標準記録も近くまで延ばしてきたが、やはり怪我で続けられなかった。

そこでまた走幅跳の練習に戻った。三段跳で作った「走って抜ける」技術が、走幅跳の踏切技術の改善に生きてきたのである。三段跳の助走から踏切において抜ける動作を会得したことにより、その2年後に走幅跳で6m82を跳んで日本記録を出せた。しかし、6m82を出した時は、その前までに6m61を2回跳んでいましたが、平均すると記録が6m30～40跳べば良い方であった。

6m82を跳んだ前日、宿泊先にて高校生と一緒に食事をしてきた出来事があった。その時に花岡が「跳躍や投擲はオリンピックの標準記録は非常に高い。世界の30%くらいに入らないと出られない。ところが短距離の標準記録は非常に低くて弱い人でも出られる。どうして私達が出られないのか」という話になった。私は「一生懸命やっているから出たいという気持ちもわかるが、その考え方は違うのではないかと」と、少々言い合いになってその晩は別れたのを覚えている。試合当日になり、精神的に絶対に跳んでやるという気持ちで短距離的なウォーミングアップをして走る練習をしっかりとやっていこうと話し合いをして試合に臨んだ。その結果、1回目の跳躍で、6m82を出し、従来の日本記録を21cm破るとんでもない記録を出した。当時の世界ランキングは確か5番だったと思う。

3. トレーニングの観点から

「踏み切る跳躍」と「抜ける跳躍」、「走幅跳」と「三段跳」のようにこれらは対極にあるように思う。振り子で例えれば、踏切れればどんどん踏み切る方向にベクトルが向いてスピードが出てこなくなる。そうすると今度はスピード練習をしてまた振り子に戻して真ん中にする。スピードを出してくると今度は踏切りが弱くなる。弱くなると今度は反対方向に振り子が振れる。この振り子が振れる状態を踏切る、走るということをうまく合わせていくと、いい踏切りしたけどどんどんスピードが上がっていくと踏切がちょっと踏切れなくなってちょうど真ん中にきたときに記録が出るということで、その振りの方向をよく考えながら練習をやっていい踏切をして、さらにスピードをつけて踏切れなくてちょうど抜けていくというような感じのことをやって記録を出したと思う。

100m、200mは、試合として参加しているのは1年間に1～2回で、200mは向かい風で23秒91であった。スプリンターではなかったが、走種目もある程度は速かったと思う。練習を見ていても、短いダッシュ系は勿

論のこと、ダッシュ系よりも「動きが乗って」くるような走り、つまり200mや300m、400mなどもある程度は走れるという感覚があった。表現すると「ピッチが上がってガーッと走る」のではなく、「タイミングでのせて足首でつかんで走る」感じである。

ミニハードルの練習映像では、まるでゴムで引っ張られているかのような走りをしている。この足首の使い方、前に進む感じをすごく大事にしていた。

またその他の練習では、森長選手と同様に、バウンディング、ホッピング、パワーマックスなどを行っていた。特にパワーマックスは私のチームも非常によくやっている。まだ話したいことは山ほどあるが、ここで花岡に変わりたいと思う。

●花岡麻帆（幕張総合高等学校）

1. 越川先生との出会い

演者のお話をいただいた時に「いったい私は何を話し出来たら良いのかな？」と思って、殆どを越川先生に丸投げの状態でごここまで来てしまった。越川先生に丸投げというのはどういうことかと言うと、自分自身が日本記録の6m82それから三段跳でも14mを越えるジャンプをしたが、一から指導を受けて、どちらかというと「自分で考えて」というかたちではなく、常に越川先生の頭の中のイメージにある動きに添って自分が練習をしてきたと思っている。私自身が自分の性格を分析すると、私は非常に負けず嫌いで負けたくないという気持ちが常に強くある。これは陸上競技だけではなく、勉強も、くだらないちょっとしたゲームでもすぐムキになるタイプである。こうした性格もプラスに影響して、越川先生の中にあるイメージや技術と、私の性格がうまく重なって、競技者として成功したのではないかなと思っている。

中学校時代は反り跳びをしていた。手が全く上に上がらない完全な反り跳びであった。中学校3年生で越川先生に教わるようになってからシザーズに変更した。しかし中々上手く修正出来ず、中学校3年間やっていた癖（左手がかなり低めに反る）を直すのに苦労し、本当に時間が掛かったことが高校時代の思い出である。高校時代は走る練習やミニハードルの練習もよくやったが、私の中では跳躍技術を変更するための3年間だったかなと今になって思っています。ミニハードルと言えば、同じ成田高校だった澤野選手と話していた時に「私達の練習は、年から年中ミニハードルしかなかったですね？」という話をした記憶がある。越川先生が「今日はフリーね。」なんて言うので、皆で「何やる？」と言いながらミニハードルを準備するみたいな感じであった。

高校3年生の時の日本選手権で初優勝した。この年は日本選手権、インターハイ、国体、日本ジュニアと4冠

を達成した。ジュニアの大会には日の丸をつけたことがなかったのに、シニアのアジア大会に出場し、順天堂大学に進学した。だから、先ほど越川先生からも指摘があったように少し解き放たれて楽しい大学生活を送ったためウェイトオーバーの時期もあった。ただ、先ほどの負けず嫌いとは繋がりますが一応プライドはあった。

私の中で「オリンピック、世界陸上の出場」を意識したのは大学4年になってからである。高校で日本選手権に優勝した時も「オリンピックや世界陸上は本当に凄い人が出る大会であって、私みたいな選手が出る試合ではない、夢のような試合だ。」と解釈していた。大学時代は日本インカレの優勝、これを自分のプライドの最低ラインとしていた。大学1年から3年の走幅跳で優勝し、4年時は負けてしまったのだが、三段跳では優勝して自分のプライドをぎりぎり保ちながら4年間過ごした。

大学4年間は、増えてしまった体重を減らすことに精一杯であった。大学時代の練習は「特にたくさん練習をした」「走る練習を中心にやった」「技術を変えた」などは全くない。「とにかく怪我を治すこと、それからインカレで勝つこと。」が全てであった。今になって考えるともう少し中身を考えなければいけない時期だったかと思うが、これも私にとっては後に繋がる勉強になった大事な大学4年間だったのかなと思っている。

途中で三段跳もやりながら、また怪我もしていたので思うような結果も出ず、それから就職も厳しい時代で、卒業式の3月19日の時もまだ内定がないというような状態であった。ただ「陸上が好きだ」ということと「負けず嫌い」の事もあり、どんな状況であろうと陸上は続けようと心に決めていたので、そんなに心配もせずに卒業して社会人となった。

社会人になって心に余裕が出てきた事もあり、少しずつスプリントに力を入れ始めて走る方もよくなってきた。そして跳躍記録も安定していった。

2. 日本記録更新までの経緯

日本記録までの経緯については、先程もお話したとおり「世界大会は遠い」と思っていたが記録の出始めた99年辺りから「世界大会に自分も出られるじゃないか？」という気持ちに変わってきてぜひ出たいと思うようになった。しかし、なかなか標準記録が遠くて苦しい時期を送っていたこともあり、越川先生のお話にもあったように「何でフィールドはこんなに頑張っているのに世界はこんなに遠いのだろう。」ということを悶々と感じていた。

日本記録を出す前日の晩に私の発言に対して越川先生がものすごく怒ったことがあった。「そんなことを言っているからお前はダメなのだ。」と高校生達を前にしてかなり厳しく言われた。私も悔しくて涙を流し、非常に嫌な気持ちのまま寝たのだが逆にそのことで肩の力が抜

けたのだと思う。そして日本記録を出すことが出来た。

常に越川先生と二人三脚でやってきて「非常にいいな」と思ったことは、何歳になっても本気で私を怒ってくれる事である。私も良い年齢になり、教員にもなったが、それでも本気で私のことを怒ってくれるのは越川先生と親くらいかなと思う。何歳になっても本気で私を叱ってくれていたのも、自分自身も素直になれて、要所要所で肩の力が抜けたりして日本記録が出たり、良い結果を出せるようになったと感じている。

先程もお伝えしたが、越川先生の頭の中にある技術、イメージと自分の感覚が重なった時に記録が出ている。助走練習の時、また試合中の試技が終わった後にアドバイスを頂く時に、自分の思っていることと先生の言っていることが同一だという時はほとんどの大会で良い記録が出たと記憶している。逆に、自分では良い助走したつもりでも「今の押し過ぎだよ。」と言われると「今の良い感じだったのに押し過ぎか、じゃあどうしたらいいのだろう？」という様なこともあった。

2001年の日本選手権で6m82を跳んだ時は、その前年にジャカルタのアジア選手権に行った。そこで6m61で3位になり、その年の5月にも6m61を跳びました。三段跳は13m60位を跳んだと思うが3位であった。初めて海外で良い結果が出たということもひとつ自分の自信に繋がった。何となく自分の中で整理がついてきて様々な事が上手く行ったことで高松仁美さんが持っていた日本記録6m61を21cm更新する6m82という記録が出たと思う。

また、森長選手の話にもあったように「日本記録を出してからの方が良い練習をしていたということ、それからコントロールテストも数値が上がっていた。だけどそれは記録には結びつかない」と言う点に同感する。私自身も2001年に日本記録を出した後、更にスプリント力が上がり、立5段跳が14m50まで伸ばせたなど、成長はしたと思うのだが、あまり跳躍記録には結びつかなかったように思う。アテネの選考会では6m90くらい跳んでいるのではないかと跳躍もファールであった。このように良い具合に記録には結びつかなかったというのを感じている。2004年の選考会で標準記録を突破して優勝しアテネオリンピックに行ったが、オリンピックはあまり良い思い出はなく、力を出し切れなかったと思っている。

3. スプリントと助走の違い

スプリント力が上がって100mのベストが11秒72、200mが23秒91をマークしたが、日本のトップと走ってその記録が出せるかという点と出せない点である。当時強かった新井初佳さんと同走したら12秒0とか12秒1のタイムでしか走れなかった。200mは辛うじて走れたが100mは上手く走れなかった。つまり、スプリントと

助走では走り方が違い、100mを11秒5前後の選手はピッチが非常に速いのだと思う。また、私の特徴はストライドが大きい事である。先ほど森長選手が20歩で44mと言っていたが、私は20歩で調子がいいと41m60位まで下げていったので、かなりストライドが自分でも大きいのではないかと考えている。そして最後に詰まって「ちょこちょこ」とピッチを上げているイメージはあるが、中間はかなりストライドが大きいと思う。

先ほどのミニハードル練習では、私の足の大きさ(25cm)で8.5足間隔にミニハードルを置いて練習していた。この間隔は広い方だと思うが、これをする時は足首を使った走りを意識して行っていた。動きがダメな時は足首が使えていないので「足首をもっと使ってごらん」というアドバイスをよく頂いた。

また100mを速く走ることについての私の中での感触は「ピッチを速くして100mを速く走ることと、走幅跳の助走は全く違うものだ」という感覚でやっていた。小山先生から「100mの90%くらいのスピード」という話もあったが、私は「スタートダッシュが速い、ダッシュが速い、ピッチが速い、これが直接的に助走に結びつくかということではない。」と考えているので、現在の指導現場では同じような感覚で生徒には伝えていません。感覚の問題なのかもしれないので選手達には伝わりにくいとは思っているが、私の感覚としては伸び伸びとした助走ができる選手の方が助走から踏切に入ることが非常に結び付けやすいのではないかと解釈している。

4. 競技生活を振り返って

私の競技生活を全体的に振り返ると、越川先生から当時のビデオを見せて頂いても私の練習はロクな跳躍練習をしていないのである。試合で6m60など跳んでいたとしてもその直前の練習は酷いもので「走れていない、跳べない、踏切れていない」といった練習が非常に多い。それを先生に伝えたら「そうだよ、花岡はそういう選手だよ。」と言われた。これを先ほどのインカレ優勝に結びつけて考えると、練習では出来ていなくても「ここぞ!」と決めた試合に関しては、自分の力をしっかり引き出せる選手だったのではないかなと思う。

さらにもうひとつ付け加えると、皆さんもご存じの通り、越川先生は非常にポジティブシンキングで、思考が非常に積極的である。オリンピックにも出られたのは越川先生のポジティブな考え方が私に上手くハマったからだと思う。例えば30cm、40cmの差をつけられてボロ負けし、がっかり落ち込んで「ああもうダメだな」と思う時がある。落ち込んで寝て朝に先生に会ったら「なんかすごく良いこと思いついちゃった、この練習やったら絶対跳べるから!」という言葉に何十回も良い意味で騙された。「そうなのかな、もしかしたらまた跳べるかな。」という繰り返しであった。本当に結果が出ずに、ものに

当たり散らしているときでも「すごく良いことを思いついた」とか「ここを直せば絶対跳べるから」というような絶対に跳べるという言葉に勇気を貰っていた。

競技に集中が出来る生活も長くやらせて頂いた。私が教員になってからも競技を続けていく中で、忙しい中、時間を見つけて練習を見て頂いた。「今は全然ダメだけど、ポイントはここだけ」とか「今日ここだけできたらもうオッケーだから」と言う様なことは常にあった。自分でもぞっとするくらい練習ではダメなのだが、それでもそれなりに試合で跳べていたのは、やはり私の性格と越川先生の言葉かけがあったからだと思う。そしてこれが20数年間競技生活を頑張れた理由ではないか?とと思っている。

とにかく言えることは、私が「できる、やれる」と思えた環境を越川先生に作って頂いた事だったと思っている。「もう一回できる、もう一回頑張れる」ということの連続で競技生活を全うできたのだと思っている。

《コーディネータープロフィール》

広川龍太郎 (ひろかわ りょうたろう)

1970年生まれ

現職 東海大学国際文化学部准教授
東海大学北海道陸上競技部監督
日本陸上競技連盟強化委員会跳躍部委員
日本陸上競技連盟強化育成部委員 (U23)
日本陸上競技連盟科学委員会委員
北海道学生陸上競技連盟強化コーチ

最終学歴 東海大学大学院 (修士)

研究分野 体育方法学
スポーツバイオメカニクス

所属学会 日本体育学会
日本バイオメカニクス学会
日本陸上競技学会
日本スプリント学会
日本コーチング学会

《演者プロフィール》

小山 宏之 (こやま ひろゆき)

1956年生まれ

現職 京都教育大学教育学部体育学科准教授
日本陸上競技連盟科学委員
日本陸上競技連盟強化委員会科学スタッフ委員

最終学歴 筑波大学大学院人間総合科学研究科体育科学専攻 単位所得退学

研究分野 バイオメカニクス

所属学会 日本体育学会
日本バイオメカニクス学会
日本陸上競技学会
日本コーチング学会

指導歴 日本学生陸上競技対校選手権大会 (女子走幅跳) 優勝

《演者プロフィール》

森長 正樹（もりなが まさき）

1972年生まれ

現職 日本大学准教授
同大学 跳躍コーチ

最終学歴 日本大学大学院

研究分野 運動学

所属学会 日本陸上競技学会

競技歴 走幅跳 日本記録（8 m 25）
アジア大会 優勝
アジア選手権 優勝
東アジア大会 優勝
世界室内・前橋 7位
バルセロナオリンピック日本代表
シドニーオリンピック日本代表
アテネ世界陸上 日本代表

《演者プロフィール》

越川 一紀（こしかわ かずのり）

1956年生まれ

現職 順天堂大学スポーツ健康科学部准教授
同大学陸上競技部監督

最終学歴 順天堂大学体育学部卒業

専門種目 走高跳

競技歴 モントリオールオリンピック 日本代表

指導歴 インターハイ男子総合優勝 3回

日本インカレ男子総合優勝 4回

アジア大会・ドーハ 日本代表コーチ

アテネオリンピック 日本代表コーチ

大坂世界陸上 日本代表コーチ

北京オリンピック 日本代表コーチ

《演者プロフィール》

花岡 麻帆（はなおか まほ）

1976年生まれ

現職 千葉県立幕張総合高等学校教員

最終学歴 順天堂大学スポーツ健康科学科卒業

専門種目 走幅跳, 三段跳

競技歴 日本選手権優勝5回（走幅跳および三段跳）

アテネオリンピック（走幅跳） 日本代表

ユニバーシアード・マヨルカ（走幅跳, 三段跳） 日本代表

エドモントン世界陸上（走幅跳） 日本代表

アジア大会・バンコク（三段跳） 7位

アジア大会・釜山（走幅跳）2位, （三段跳）

5位

第 14 回日本陸上競技学会大会 発表演題一覧

女子スプリンターにおける走力・身長別の標準ステップ変数

宮代賢治（筑波大学大学院）

谷川 聡（筑波大学）

山元康平（筑波大学大学院）

西嶋尚彦（筑波大学）

女子やり投げ競技者の体力水準

中野美沙（筑波大学体育系）

Hoang The Nguyen（筑波大学大学院）

中嶋善寛（茶の木村園）

大山卞圭悟（筑波大学体育系）

尾縣 貢（筑波大学体育系）

オーバーハンドスローにおけるステップの発達と投動作の関係

比留間浩介（山形県立米沢女子短期大学）

渡邊信晃（山形大学）

陸上競技経験者と非経験者間の観察的動作評価能力の相違

早狩成美（筑波大学大学院）

木越清信（筑波大学）

陸上競技の Performance Factor (PF) に関する検討

長野史尚（九州共立大学）

三原徹治（九州共立大学）

磯貝浩久（九州工業大学）

ハンマー投におけるレジスティッドトレーニングの事例的研究

広瀬健一（筑波大学大学院）

大山卞圭悟（筑波大学体育系）

尾縣 貢（筑波大学体育系）

クラウチングスタートのブロッククリアランスにおける学生女子短距離選手の特徴

篠原康男（神戸大学大学院）

前田正登（神戸大学）

男子 20kmW におけるロス・オブ・コンタクトタイムの変化と力学的仕事・パワーの関係

三浦康二（成蹊大学）

広川龍太郎（東海大学）

杉田正明（三重大学）

男子児童の走幅跳動作の横断的発達

尾崎 大（宇都宮大学大学院）

加藤謙一（宇都宮大学）

阿江通良（筑波大学）

世界一流 100m 選手におけるスポーツフォームとパフォーマンスに関する研究

川口逸人（日本大学大学院）

青山亜紀（青山学院大学）

青山清英（日本大学）

高校生 400mH 選手における 300mH のレースパターン分析

久保理英（京都教育大学大学院）

小山宏之（京都教育大学）

柴田篤志（京都教育大学大学院）

主観的努力度の変化がドロップジャンプの力学的仕事に与える影響

小林靖典（日本大学大学院）

村越雄太（日本大学）

青山清英（日本大学）

シーズンを通じた身体意識の変化が投てき動作に与える影響

Hoang The Nguyen（筑波大学大学院）

前田 奎（筑波大学大学院）

広瀬健一（筑波大学大学院）

中野美沙（筑波大学）

大山 卞 圭悟（筑波大学）

日本学生トップレベル投てき種目の試合展開に関するトレーニング学的考察

宮内育大（日本大学）

澤野大地（日本大学）

小山裕三（日本大学）

青山清英（日本大学）

走幅跳における重心速度および跳躍角の簡易的な推定方法に関する検討

柴田篤志（京都教育大学大学院）

小山宏之（京都教育大学）

男子円盤投の記録と体力との関係

前田 奎（筑波大学大学院）

大山卞圭悟（筑波大学）

尾縣 貢（筑波大学）

砲丸投におけるスローイングベンチプレスの有効性

黒田章裕（順天堂大学大学院）

坂本彰宏（順天堂大学）

高梨雄太（順天堂大学）

佐久間和彦（順天堂大学）

円盤投げ競技者のチューブトレーニングに関する研究

中津川真一（東海大学大学院）

内山秀一（東海大学）

與名本稔（東海大学）

日本におけるやり投の導入とその後の発展

鈴木愛勇（日本大学）

村上幸史（日本大学）

小山裕三（日本大学）

澤村 博（日本大学）

大学女子駅伝ランナーにおける Female Athlete Triad のリスク調査

平尾朋美（順天堂大学）

鯉川なつえ（順天堂大学）

鈴木志保子（神奈川県立保健福祉大学）

桜庭景植（順天堂大学）

4 × 100m リレーにおける走者の疾走能力および走者間の間合いの評価

伊藤信之（横浜国立大学）

走高跳の助走における視線行動

東中友哉（順天堂大学大学院）

河村剛光（順天堂大学）

越川一紀（順天堂大学）

青木和浩（順天堂大学）

キッズアスレティックス指導者講習会に関するアンケート調査結果

泉水朝宏（東京都スポーツ文化事業団）

永島昇太郎（帝京大学）

田中悠士郎（流通経済大学）

小林敬和（中央学院大学）

大きな力発揮を目的とした個人の反動動作特性

梶谷亮輔（筑波大学大学院）

前村公彦（環太平洋大学）

山元康平（筑波大学大学院）

関慶太郎（筑波大学大学院）

木越清信（筑波大学）

試技前に行う全力疾走が走幅跳の助走および跳躍距離に与える影響

熊野陽人（鹿屋体育大学大学院）

大沼勇人（鹿屋体育大学大学院）

平野裕一（国立スポーツ科学センター）

円盤投における成功試技と失敗試技の比較

河合郁実（筑波大学大学院）

前田 奎（筑波大学大学院）

水島 淳（筑波大学大学院）

大山卞圭悟（筑波大学）

「かけっこ」の動きのポイントを明確にした走運動授業の検討

陳 洋明（大阪体育大学）

池田延行（国士舘大学）

早期の競技歴が十種競技の成績に及ぼす影響

岡室憲明（金沢星稷大学）

齊藤陽子（金沢星稷大学）

杉林孝法（金沢星稷大学）

大森重宜（金沢星稷大学）

男子やり投における試技開始前準備動作の調査

山瀬貴雅（順天堂大学大学院）

女子 100m ハードル走におけるハードリング距離およびインターバルラン距離の変化

高橋和将（新潟医療福祉大学）

宮下 憲（帝京大学）

ジュニア走幅跳選手における技術指導のための経験知モデル

大枝優介（筑波大学大学院）

北崎悦子（筑波大学大学院）

荏山 靖（筑波大学）

図子浩二（筑波大学）

陸上競技選手における自己調整学習について

須崎康臣（九州大学大学院）

兄井 彰（福岡教育大学）

女子 400m 走におけるモデルレースパターンの作成と活用

山元康平（筑波大学大学院）

関慶太郎（筑波大学大学院）

宮代賢治（筑波大学大学院）

梶谷亮輔（筑波大学大学院）

内藤 景（筑波大学）

木越清信（筑波大学）

尾縣 貢（筑波大学）

「足が速くなる授業」についての研究～一般高校生と小学生を対象として～

田邊 潤（早稲田大学本庄高等学院）

3000m 障害物競走における障害物越えが走動作に及ぼす影響に関する検討

－ 3000m 障害物競走と 5000m 競走の比較から －

城田真裕（神戸大学大学院）

前田正登（神戸大学）

長距離選手における異なる走速度が走動作に与える影響―接地動作に着目して―

岡野達哉（神戸大学大学院）

前田正登（神戸大学）

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1口2万円以上
- 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〉

- ・提出する原稿は、原稿の種類が「原著論文」、「事例報告（ケース・レポート）」、「研究資料」の場合はオリジナル原稿1部とコピー2部を、それ以外の原稿についてはオリジナル原稿1部とコピー1部とし、簡易書留として付則に記された送付先へ送付する。
- ・原稿受付日は、送付先に到着した日とする。著しく執筆要項を逸脱した原稿は事務的に返却し、形式が整った原稿の到着日を受付日とする。
- ・掲載が採択された原稿については、原則として返却しない。

〈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「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。

②「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。

③「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。

④「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。

⑤「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。

⑥「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。

⑦「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。

〈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、下記のとおりである。

〒156-8550 東京都世田谷区桜上水3丁目25番40号
日本大学文理学部体育学研究室内
日本陸上競技学会編集委員会事務局
TEL：03-5317-9717
FAX：03-5317-9426
E-mail：kaoyama@chs.nihon-u.ac.jp

1. 原稿用紙および原稿の長さ

原稿は、ワードプロセッサで作成するものとし、A4版縦置き白紙に横書きで、1ページにつき全角40字30行で（英文綴りおよび数値は半角）、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、刷り上り8ページを超過しないように配慮すること。原稿4枚が刷り上り約1ページに相当する。なお、このページ数には、表紙や要旨、図表など一切を含むものとする。

2. 原稿の構成

2.1 表紙

原稿の1枚目に、下記のを記入する。

- 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に and 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。

－例－

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 (:) 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. >

2.6 CD-R

パーソナルコンピュータのワードプロセッサなどを用いて原稿を作成した場合, 原稿のテキストデータ及び図表を記録した CD-R を添付する. 添付する CD-R のラベルには, 著者名, 表題, オペレーティングシステムの種別 (Windows2000, MacOS X 10.2 など) を明記すること.

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) などとつける.

(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.

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 投稿申込用紙（表紙）

① 投稿原稿の種類	原著論文 ・ 事例報告 ・ 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 ・ (English)	
③ 著 者 名 ・ (English)	
④ 所 属 機 関 名 ・ (English)	
⑤ 所 在 地	〒
⑥ 連絡先電話番号	
⑥ E-mail アドレス	
⑦ K e y w o r d (5 個程度)	
※投稿の際は、上記情報を記載した著者作成表紙を添付してください。 原稿は原則電子データとして下記に E メールにて送付してください。 kaoyama@chs.nihon-u.ac.jp	

陸上競技学会誌編集委員会 委員名簿

委員長 青山 清英 日本大学
副委員長 眞鍋 芳明 国際武道大学
委員 加藤 基 帝京大学
委員 木越 清信 筑波大学
委員 近藤 克之 日本大学
委員 佐伯 徹郎 日本女子体育大学

委員 櫻井 健一 国際武道大学
委員 柴山 一仁 仙台大学
委員 田原 陽介 環太平洋大学
委員 前村 公彦 環太平洋大学
委員 吉田 孝久 日本女子体育大学

※ 50 音順、敬称略

編集後記

2020 年の東京オリンピック・パラリンピックへ向けて、選手強化の面から様々な施策が実施されています。特にジュニア世代を対象とした普及活動、タレント発掘、ならびに強化育成活動はオリンピック・パラリンピックのみならず、未来の日本陸上競技界を背負って立ってくれるような選手育成を目指した長期的視野をもって実施されています。そして選手の強化育成を車の車輪とするならば、もう片方の車輪として指導者、コーチの育成が挙げられます。単純な指導経験を積み上げるのみでなく、本学会誌が推奨する理論的背景を有したコーチング・ティーチングができる指導者の育成は、いつの時代においても急務であると言えます。

こうした指導者育成の理念について、本学会誌の陸

上競技 Round-up において、青山先生および尾縣先生が非常に興味深い内容とともに述べられています。また、同時に日本陸上競技学会第 14 回大会においても、女性アスリートの将来についてシンポジウムが開催されるなど、指導者の実践知を積み上げる試みが継続的に実施されています。

優れた指導者あってはじめて優れたタレントを発掘・育成できるという考えのもとで走る、選手強化と指導者育成の両輪を本学会誌も後押ししていきたいと考えます。皆様におかれましては、今後もお一層のご尽力とお引き立てを賜りますよう、お願い申し上げます。

(編集副委員長 眞鍋芳明)

陸上競技学会誌 第 14 巻 (Vol.14, 2016)

2016 年 3 月 31 日発行

発行人 澤木啓祐

編集人 石塚 浩

発行所 日本陸上競技学会

〒270-1695 千葉県印旛郡印旛村平賀学園台 1-1

順天堂大学スポーツ健康科学部

陸上競技研究室内

日本陸上競技学会事務局

TEL: 0476-98-1001 (代)

製作 株式会社 文成印刷

印刷 株式会社 文成印刷