

長距離走者における急勾配条件下の上り坂走の バイオメカニクス的研究

神谷泰光¹⁾, 桜井伸二²⁾

Biomechanical analysis of steep uphill running for distance runners

Hiromitsu KAMIYA¹⁾, Shinji SAKURAI²⁾

Abstract

The purpose of this study was to investigate the biomechanical characteristics of strong uphill runners to provide a basis of proper coaching of uphill running. Fourteen male distance runners performed a 5km time trial on an uphill road (average gradient: 6.6%). "An uphill running index" was obtained as a value expressed by dividing the uphill 5km time trial speed by the 5000m competition speed. The subjects ran on a treadmill under two conditions (333m/min, level and 250m/min, 6.5% uphill), and their running motions were recorded using a 10-camera VICON Motion Capture system operating at 250Hz.

The range of vertical motion of CG and the maximal shoulder extension angle during the foot swing phase showed a significant positive correlation with the uphill running index. The ankle angle at the moment of foot contact showed a significant negative correlation with the uphill running index.

From these results, it is suggested that the most effective uphill running runner's running motion should feature a considerable CG motions, swinging the arms backward widely. Proper coaching of uphill running will emphasize swinging the arms backwards and maintaining a small angle of the ankle at the moment of foot contact.

キーワード：上り坂走率，上り坂走，平地走

1. 緒言

1.1 陸上競技における上り坂走

駅伝やマラソンを始めとする陸上競技のロードレースでは，陸上競技場内を走るトラック種目とは異なり，上り坂を走ることがある。

上り坂で活躍する選手，活躍できない選手がいることから，上り坂を得意とする選手，不得意とする選手があり，体格や体力や走動作に上り坂走の競技成績を決定づける特性があると考えられる。これらの特性を明らかにすることは，上り坂走の記録向上に役立つと考えられる。

Paradisis et al. (2001) は，全力で斜度 3° の上り坂と下

り坂，また平地を走らせ，平地走と上り坂走，平地走と下り坂走の比較をしている。その結果，上り坂走はストライドが減少し，体幹が前傾すると報告している。

Swanson et al. (2000) は，トレッドミル上で，斜度 30% で 4.5m/s の上り坂走と，同速度の平地走および上り坂走とピッチが同じになる速度での平地走との比較をした。その結果，上り坂走は，ストライドが減少し，ピッチが遅くなる，接地時の股関節，膝関節，足関節の関節角度が大きくなる，ヒラメ筋，大腿直筋，外側広筋，大殿筋の筋活動が大きくなると報告している。

横澤 (2005) は，3.3m/s, 4.2m/s, 5.0m/s の速度で，斜度 8.7%, 5.9%, 2.6%, 0%, -2.6%, -5.9%, -8.7% の傾斜地および平地を走らせ，平地走と傾斜地走の比較をした。その結果，上り坂走は，ストライドが小さく，ピッチが速くなる，接地時間が長く，滞空時間が短くなる，身体重心の上昇が大きくなる，もも上げ角度が大きくなる，体幹が前傾する，と報告している。また，大きな走速度の上り坂走では，滞空期において，腸腰筋の筋活動が重要な役割を果たすと報告している。

安ら (2007) は，2.8m/s で平地，右下がり，左下がり，上り，下り（傾斜地の斜度は全て 14%）のトレッドミル上を走らせた。その結果，上り坂走は大殿筋，大腿二頭筋，大腿直筋，外側広筋，前脛骨筋，腓腹筋，ヒラメ筋の筋活動が大きくなると報告している。

しかし，これらの研究は上り坂走の特性を明らかにしたものであり，上り坂を速く走るということに焦点を当てた研究はあまりされてきていない。

指導書，実践書で見られる上り坂走法は，平地走と比較して，「ストライドを小さくする」，「ピッチを速くする」，「体幹を前傾する」，「腕を大きく振る」，「膝を上げ

1) 中京大学大学院体育学研究科 Graduate School of Health and Sport Sciences, Chukyo University

〒470-0393 愛知県豊田市市貝津町床立 101

2) 中京大学スポーツ科学部 School of Health and Sport Sciences, Chukyo University

〒470-0393 愛知県豊田市市貝津町床立 101

る」という記述が多かった（浅井 1997, 有吉 1981, シティランナー特別編集 2001, ドライヤーら 2008, グリーンら 1999, ジョーダンら 1970, 小出 2002, 美山 1960, 大島 1971, ショーター 2005, スタジオタッククリエイティブ編集部 2008, 豊岡 2001, 内山 2008, 宇佐美 1979, 山地ら 1983, 山際 2002）。しかし, 中には「前傾姿勢をとらない」, 「腕をコンパクトに振る」, 「膝を上げすぎない」という反対の指導をしている文献もあり（シティランナー特別編集 2001, 仲村・鯉川 2009, スタジオタッククリエイティブ編集部 2008, 内山 2008）。一致した見解は得られていない。また, これらの多くは必ずしも学術的な裏付けを伴っているものではなく, 記述されていることが速く走るためにすべき動作なのか, 上り坂を走る際に平地走の動作から自然と変化する動作なのかは明らかでない。

本研究の第 1 の目的は, 長距離選手の走動作と上り坂走能力との関係进行分析することにより, 上り坂走を得意とする選手の走動作の特性を明らかにすることである。また, 上り坂走の得意な選手の走動作の特性を明らかにすることで, 不得意な選手のパフォーマンス向上につなげる知見を得ることである。

本研究の第 2 の目的は, 一般に上り坂走の動作に関する指導としてなされていることが, 上り坂走を得意とする選手に見られる特徴なのか, 全ての選手に共通して見られる特徴なのかを明らかにすることである。

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長距離選手 14 名(年齢:20.4 ± 1.3 歳, 身長:170.9 ± 4.8cm, 体重:57.9

± 3.6kg) であった。被験者の競技会での 5000m のベスト記録は 14 分 59 秒 ± 24 秒(範囲:14 分 16 秒~15 分 57 秒) であった。表 1 に被験者の身体特性と競技特性を示した。

実験に先立ち, 中京大学大学院体育学研究科倫理委員会規定の「人を対象とする実験・調査に関する倫理指針」に基づき, 被験者には本実験の研究目的, 方法, 安全性などに関して十分に説明し, 実験参加の同意を得た。

2.2 上り坂走能力

上り坂走能力を測るために, 箱根駅伝の平均斜度(約 6.2%)を参考に, 上り坂が続くロード(平均斜度約 6.6%)で 5km のタイムトライアルを実施した。この時, 被験者の感覚およびコーチの評価から, 全力で走れたと思われる被験者のデータは採用しなかった。この時の平均走速度(上り坂 5km 走速度)をトラック 5000m ベスト記録の平均走速度で除すことによって「上り坂走率」を算出した。

$$\text{上り坂走率}(\%) = \frac{\text{上り坂 5km 走速度}}{\text{5000m ベスト記録走速度}} \times 100$$

本研究では, この上り坂走率を上り坂走の得意不得意の指標とした。

2.3 走動作

(1) 実験試技

本研究は, トレッドミル(BM-1200, エスアンドエムイー)を用いて平地環境と上り坂環境を再現した。斜度と走速度は, 斜度 0%(平地)で 333m/min(20km/h), 斜度 6.5%で 250m/min(15km/h)とした。斜度は使用

表 1. 被験者の身体特性・競技特性

被験者	年齢	身長 (m)	身体質量 (kg)	BMI (kg/m ²)	上り坂5kmタイムトライアル タイム (min:s)	走速度 (m/s)	平地走5000m タイム (min:s)	走速度 (m/s)	上り坂走率 (%)
A	19	1.73	54.4	18.3	20:47	4.01	15:57	5.22	76.76
B	21	1.72	56.1	19.1	20:11	4.13	15:15	5.47	75.55
C	19	1.69	53.3	18.6	19:33	4.26	14:38	5.69	74.89
D	19	1.69	60.1	21.0	19:59	4.17	14:53	5.60	74.49
E	21	1.68	56.0	20.0	20:19	4.10	15:06	5.52	74.33
F	24	1.71	58.3	20.0	19:49	4.20	14:34	5.72	73.51
G	20	1.74	59.3	19.5	20:08	4.14	14:43	5.66	73.07
H	22	1.69	55.3	19.3	19:44	4.22	14:17	5.84	72.38
I	20	1.62	59.6	22.9	20:35	4.05	14:54	5.59	72.36
J	19	1.81	62.7	19.2	20:46	4.01	15:01	5.55	72.28
K	20	1.68	55.7	19.8	20:59	3.97	15:09	5.50	72.20
L	20	1.66	54.3	19.6	20:28	4.07	14:47	5.64	72.19
M	19	1.73	61.7	20.6	21:42	3.84	15:25	5.41	71.03
N	21	1.80	61.5	19.1	21:13	3.93	14:59	5.56	70.67
O	19	1.69	61.7	21.6	22:11	3.76	15:42	5.31	70.79
P	21	1.74	59.2	19.6	21:17	3.92	14:47	5.64	69.50
Q	21	1.74	61.9	20.4	22:29	3.71	15:31	5.37	68.99
R	20	1.72	61.4	20.8	22:30	3.70	14:51	5.61	66.03
平均値	20.3	1.71	58.5	19.9	20:49	4.01	15:02	5.55	72.28
標準偏差	1.3	0.04	3.0	1.1	53.7	0.17	24.3	0.15	2.50

したトレッドミルが0.5%毎に斜度を設定できることから、タイムトライアルを実施した上り坂の斜度（平均斜度約6.6%）に最も近い6.5%とした。走速度は、競技会とタイムトライアルの走速度、普段のトレーニングで重視しているペース感覚をもとに決めた。平地と上り坂の試技の順番はランダムとした。被験者に各自のシューズを着用させトレッドミル上を走らせた。被験者には十分なウォーミングアップを行わせた。また、試技の間には十分な休憩を与え、疲労の影響が出ないように考慮した。

トレッドミル上での走行は、設定速度に走行を適応させなければならない。しかし、その適応は練習をすることで簡単に行われる（星川ら 1971）。そこで、トレッドミル走に適応させるため、測定日と異なる日にトレッドミル走の練習日を2日間設けた。

被験者には身体の37箇所の身体特徴点に反射マーカを貼付した。その貼付位置は、頭頂、両耳珠点、第7頸椎、胸骨上縁、両肩峰、両上後腸骨棘、両肋骨下端、両上前腸骨棘、両大転子、両肘関節内側果、両肘関節外側果、両手関節内側果、両手関節外側果、両第三中指節関節、両膝関節内側果、両膝関節外側果、両足内果、両足外果、両踵骨隆起、両つま先とした。

(2) カメラ撮影

10台の光学式カメラを接続した3次元モーションキャプチャシステム（VICON Nexus, Oxford Metrics）によって、被験者に貼付したマーカの3次元座標を取得した。実走行時間約1分間のうち、走行動作が安定したと思われる後半の10秒間について撮影した。実走行時間が約1分間のため、競技会とタイムトライアルの走速度が遅かった被験者でも十分適応することができた。サンプリング周波数は250Hzとした。

欠損がみられた座標データは、3次元モーションキャプチャシステム内の3次のスプライン関数を用いて補間した。得られた3次元座標値の各要素に対して残差分析を行い、最適遮断周波数（8-31Hz）を決定し、4次の双方向バターワースタイプローパスデジタルフィルタを用いて時系列データを平滑化した（Winter 2009）。

(3) 座標系の定義

トレッドミルのベルトの右端最前部を原点とし、被験者から見て右から左に水平に向かうベクトルをX軸、進行方向と反対方向で水平に向かうベクトル（後方に向かうベクトル）をY軸、下から上に鉛直に向かうベクトルをZ軸として静止座標系 $R_g(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z})$ を定義した。

(4) 算出項目と算出方法

(a) ピッチ・ストライド・接地時間・滞空時間

- ①ピッチ：1秒間の歩数。1歩あたりに要した時間の逆数とした。
- ②ストライド：走速度をピッチで除したものとした。
- ③接地時間および滞空時間：接地、離地の判断は踵とつま先のマーカの高さを基準として算出した。静

止立位時のマーカの高さに5mm プラスした高さを基準とし、踵もしくはつま先がこの基準となる高さを下回った時を接地、踵とつま先がこの基準となる高さを越えた時を離地とした。

上り坂では、トレッドミルのベルトに貼付したマーカからベルト平面を算出した。そして、そのベルトと踵、つま先のマーカとの距離が、静止立位時のマーカの高さに5mm プラスした距離を下回った時を接地、踵とつま先のマーカの両方がこの基準となる距離を超えた時を離地とした。

(b) キネマティクスの項目

① 身体重心の鉛直変位

阿江（1996）の身体部分慣性係数を用いて、図1に示したように、接地の瞬間および離地の瞬間の身体重心高および走動作1サイクル内での身体重心最下点（接地中）および身体重心最高点（離地中）を算出した。身体重心の鉛直変位は、斜面に垂直な成分ではなく、重力方向の変位の絶対値とした。身体重心の接地から最下点までの鉛直変位をH1、最下点から離地までの鉛直変位をH2、最下点から最上点までの鉛直変位をHwとした。

② 動作項目

榎本（2004）を参考に図2のように以下の関節角度および部分角度を定義した。

- ・接地時の股関節、膝関節、足関節の関節角度
- ・接地期における膝関節、足関節の最小角度
- ・離地時の股関節、膝関節、足関節の関節角度
- ・引き付け角度：滞空期における膝関節の最小角度
- ・もも上げ角度：滞空期における大腿と鉛直線のなす最大角度
- ・腕振り角度：肩関節の最大伸展角度
- ・体幹角度：1サイクル内における体幹の平均前傾角度
- ・接地時から身体重心最下点における体幹の前傾角度変位

股関節、膝関節、足関節、肩関節、大腿は右脚・右肩

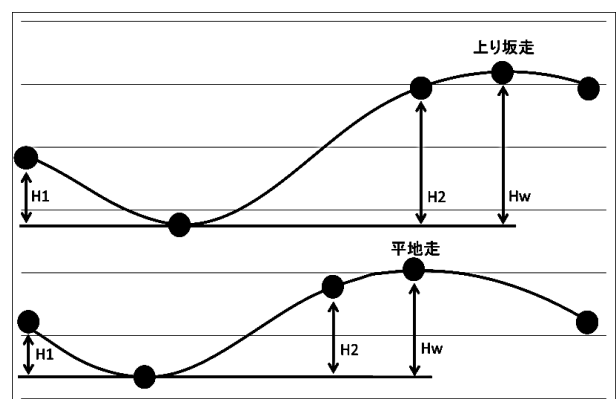


図1. 身体重心の鉛直変位の定義

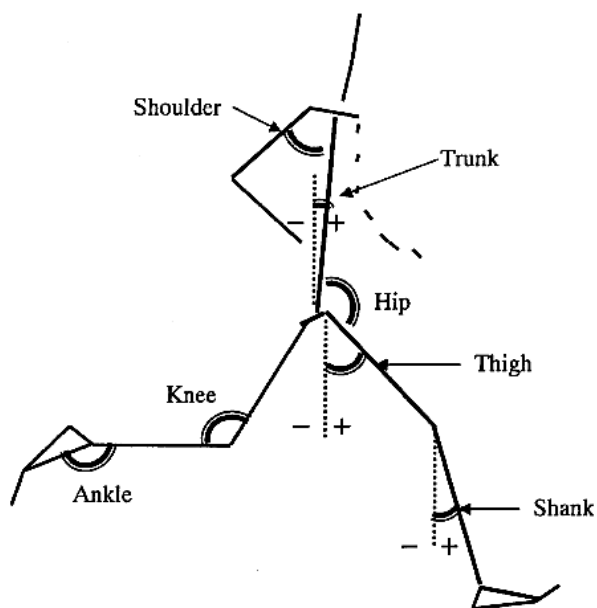


図2. 関節角度, 部分角度の定義

を分析脚・分析肩とした。股関節角度, 足関節角度はオイラー角を用いて算出した。解剖学的な関節の動きに置き換えると, 第1回転が屈曲/伸展, 第2回転が内転/外転, 第3回転が内旋/外旋に相当するとした。本研究では, このうち屈曲伸展角度を分析対象とした。肩関節伸展角度は体幹長軸と上腕長軸のなす角度とした。体幹および分析脚の大腿の部分角度はそれぞれの部分が矢状面内で鉛直線となす角度とした。部分が鉛直線より後方に位置している場合を負, 前方にある場合を正とした。

2.4 上り坂走と平地走の差

平地走との比較により上り坂走の特性は明らかにされている。しかし, 上り坂走と平地走の差が上り坂走を得意とする選手ほど大きいのか小さいのかということは明らかになっていない。そこで, 上り坂走と平地走の差と上り坂走能力との関係を明らかにするために, 2.3 (4) で算出したデータの上り坂走の値から平地走の値を引いた値を算出した。

2.5 統計処理

統計処理には統計処理ソフト (SPSS 18.0 for windows) を用いた。

上り坂走率と各分析項目との間のピアソンの積率相関係数を算出した。また相関の有意性検定を行なった。有意水準は5%, 1%および0.1%未満とした。

全ての被験者の上り坂走における算出したそれぞれのデータの平均値と平地走における平均値の比較は対応のあるt検定を用いて評価した。有意水準は5%, 1%および0.1%未満とした。

3. 結果および考察

3.1 上り坂タイムトライアル

上り坂タイムトライアルの平均タイムは20分49秒±54秒で, 最も速かった被験者のタイムは19分33秒であった。最も遅かった被験者のタイムは22分29秒であり, そのタイム差は2分56秒であった。競技会での5000mの平均タイムは15分02秒±24秒で, 最も速い自己記録を持つ被験者のタイムは14分16秒であった。最も遅い自己記録を持つ被験者のタイムは15分57秒であり, そのタイム差は1分41秒であった。1位と最下位のタイム差, 全体の標準偏差とともに上り坂の方が大きい結果になった。

図3に上り坂走速度と平地走速度との関係を示した。上り坂走速度と平地走速度の間には有意な相関が認められた ($r=0.58$, $p<0.05$)。また上り坂走率は66.0%~76.8% ($72.3 \pm 2.5\%$) となった。

3.2 上り坂走動作と平地走動作の比較

実際のレースでは, 平地走と比較して, 上り坂走の方が遅かった。そこで, 本研究では異なる速度の平地走と上り坂走を比較した。

表2に上り坂走と平地走のピッチ, ストライド, 接地時間, 滞空時間を示した。

全ての項目で有意な差が認められた ($p<0.001$)。平地走と比較した際, 全ての被験者において, 上り坂走では接地時間は長く, 滞空時間は短かった。また, ピッチは低く, ストライドは短かった。

身体重心の鉛直変位は, H1, H2, Hwに有意な差が

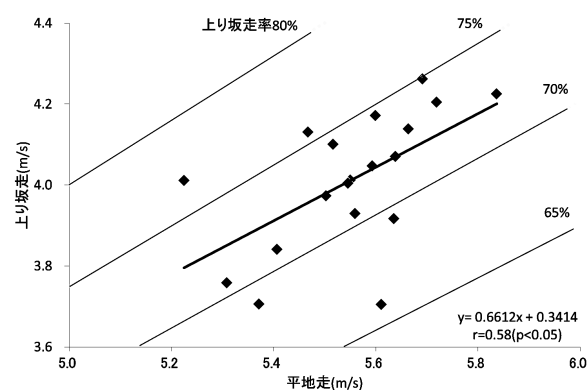


図3. 上り坂走と平地走の走速度の関係

表2. 上り坂走と平地走におけるピッチ・ストライド・接地時間および滞空時間

	上り坂走		平地走		
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
ピッチ (steps/s)	3.09	0.10	3.29	0.12	$p<0.001$
ストライド (m)	1.35	0.43	1.69	0.06	$p<0.001$
接地時間 (ms)	235	19	188	18	$p<0.001$
滞空時間 (ms)	90	25	116	26	$p<0.001$

表3. 上り坂走と平地走における関節角度・角速度, 部分角度

関節角度・角速度、部分角度	上り坂走		平地走		
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
接地時の股関節角度(deg)	137.5	5.9	139.1	6.2	p<0.01
接地時の膝関節角度(deg)	153.4	4.8	156.1	4.2	p<0.01
接地時の足関節角度(deg)	83.9	8.1	89.2	10.3	p<0.01
接地期における膝関節の最小角度(deg)	135.2	2.0	135.1	2.3	n.s.
接地期における足関節の最小角度(deg)	59.3	2.5	62.1	2.7	p<0.001
離地時の股関節角度(deg)	185.0	5.8	187.9	6.0	p<0.001
離地時の膝関節角度(deg)	153.9	5.1	153.0	5.0	n.s.
離地時の足関節角度(deg)	117.0	4.3	119.0	5.1	p<0.05
引き付け角度(deg)	63.0	10.3	54.9	11.5	p<0.001
もも上げ角度(deg)	45.8	4.3	46.7	4.5	n.s.
腕振り角度(deg)	56.6	6.2	59.4	5.6	p<0.01
体幹の平均前傾角度(deg)	14.8	3.6	11.4	3.2	p<0.001

認められた ($p<0.001$). 全ての項目において, 平地走よりも上り坂走の際に大きな上下動を示した.

表3に上り坂走と平地走の関節角度, 部分角度を示した.

関節角度, 部分角度は, 接地時の股関節, 膝関節, 足関節角度 ($p<0.01$), 接地期における足関節の最小角度 ($p<0.001$), 離地時の股関節角度 ($p<0.001$), 離地時の足関節角度 ($p<0.05$), 引き付け角度 ($p<0.001$), 腕振り角度 ($p<0.01$), 体幹の平均前傾角度 ($p<0.001$) に有意な差がみられた. このうち, 上り坂走における体幹の平均前傾角度は全ての被験者において平地走に対して大きくなった. 反対に, 上り坂走において離地時の股関節角度, 接地期における足関節の最小角度は全ての被験者において平地走に対して小さくなった. したがって, 本研究では平地走と比較して, 上り坂走では, 自然とストライドが小さくなること, ピッチが遅くなること, 体幹が前傾し, 腕振りが大きくなることが明らかとなった. また, もも上げ角度は上り坂走と平地走において有意な差がみられなかったことから, 膝の上がり具合は上り坂走と平地走で差がないと考えられる.

3.3 上り坂走率と走動作の関係

上り坂走率と上り坂走のピッチ, ストライド, 接地時間, 滞空時間との間に有意な相関関係は認められなかった.

図4~7に上り坂走率とキネマティクス項目との関係を示した.

上り坂走率とキネマティクス項目との関係のうち, 上り坂走率と身体重心の鉛直変位 H1 ($0.669, p<0.01$), 上り坂走における鉛直変位 H2 と平地走における身体重心の鉛直変位 H2 の差 ($0.567, p<0.05$), 接地時における足関節角度 ($-0.538, p<0.05$), 腕振り角度 ($0.542, p<0.05$) との間に有意な相関関係が認められた.

上り坂走率と接地時における足関節角度 ($r = -0.538$,

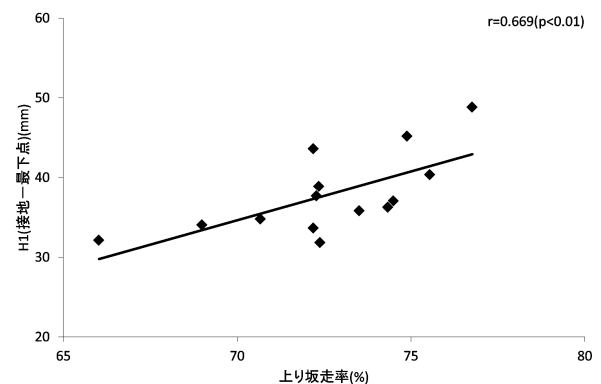


図4. 上り坂走率と身体重心の鉛直変位 H1 の関係

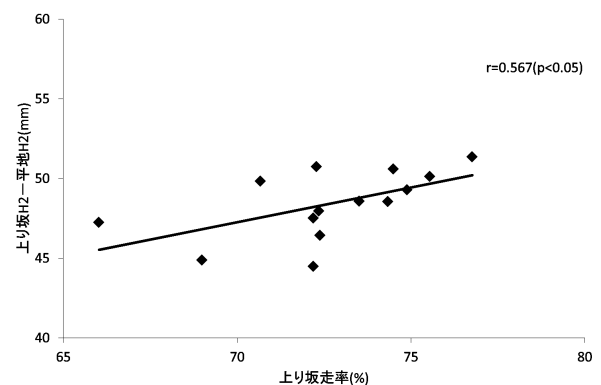


図5. 上り坂走率と上り坂走における H2 鉛直変位と平地走における身体重心の鉛直変位の差の関係

$p<0.05$) との間に有意な相関がみられた. 上り坂走率と接地期における足関節最小角度 (平均 $59.3^\circ \pm 2.4$) との間には有意な相関がみられなかった. 接地期における足関節最小角度が一定であることから, 上り坂走を得意とする選手は接地時の足関節角度を小さくし, 接地期における足関節角度変位を小さくしていた.

上り坂を走行するためには, 1 サイクルの中で身体重

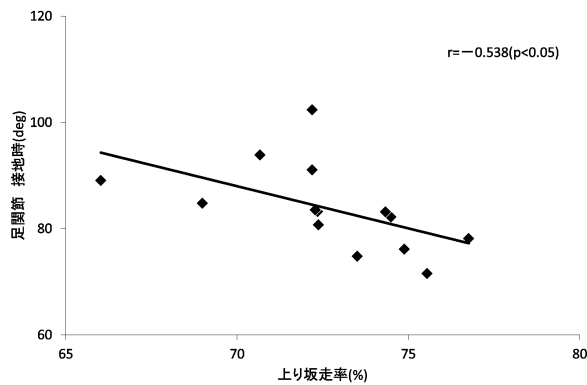


図 6. 上り坂走率と接地時における足関節角度の関係

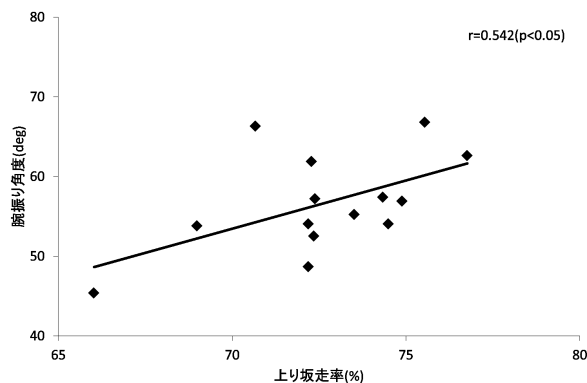


図 7. 上り坂走率と腕振り角度の関係

心を上昇させなければならない。しかし、上り坂走率の高い選手は、接地期における足関節角度変位が小さかったにも関わらず、身体重心の鉛直変位 H1 が大きいという傾向がみられた。有意な相関関係は認められなかったが、身体重心の鉛直変位 H1 と体幹の前傾角度変位 ($3.0^\circ \pm 1.3$) との間の相関係数は $r=0.514$ ($p=0.06$) であった。このことから、接地から身体重心最下点の区間における体幹の前傾によって、H1 が大きくなったと考えられる。そして、上り坂を走るには身体重心を上昇させなければならないので、その後の H2 が大きくなったと考えられる。

上り坂走率と腕振り角度 ($r=0.542, p<0.05$) との間に有意な相関が見られた。長距離走のラストスパートの腕振りについて、腕を強く振ることによって、鉛直地面反力を大きくし、ストライドやピッチを増すことにつながっていると考えられている (阿江 2004)。本研究で、上り坂走を得意とする選手にみられた大きな腕振りは、結果的に、阿江の述べるようなメカニズムで、ストライドを大きくすることにつながっていると考えられる。

4. まとめ

本研究では、上り坂でのタイムトライアルと競技会の結果を元に「上り坂走率」という指標を算出し、上り坂走率とトレッドミル上での走動作との関係を分析するこ

とで、上り坂走を得意とする選手の特徴を明らかにすることを第 1 の目的とした。上り坂における走動作では、身体重心の鉛直変位 H1、上り坂走における鉛直変位 H2 と平地走における身体重心の鉛直変位 H2 の差、腕振り角度、接地時の足関節角度と上り坂走率との間に有意な関係が認められた。したがって、本研究による上り坂走を得意とする選手は、腕を後方に大きく振り、接地の際に足関節角度が小さい状態で接地し、身体重心の上下動の大きい走りをしていった。

また、一般に行われている上り坂走の指導が上り坂走を得意とする選手に見られる特徴なのか、全ての選手に共通して見られる特徴なのかを明らかにすることを第 2 の目的とした。

指導書、実践書に記述されている一般的な指導は、「ストライドを小さくする」、「ピッチを速くする」、「体幹を前傾する、させない」、「腕を大きく振る、コンパクトに振る」、「膝を上げる、上げすぎない」ということであった。本研究においては、上り坂走を行うことで全ての選手においてみられる特徴として、自然とストライドが小さくなること、ピッチが遅くなること、体幹が前傾し、腕振りが大きくなることが明らかとなった。これらのことから、上り坂走の得意な選手の特徴を考慮すると、上り坂走の指導として、大きな腕振りが効果的であると考えられる。

本研究では、上り坂走と平地走の比較において、接地時の足関節角度に有意な差が認められたが、もも上げ角度には有意な差が認められなかった。このことから、接地時の足関節角度の差が地面反力の獲得に影響を与え、もも上げ角度の差をなくしていることが考えられる。よって、今後の課題として地面反力の分析が挙げられる。

文献

- 阿江通良 (1996) 日本人幼少年およびアスリートの身体部分係数. Jpn. J. Sports Sci, 15: 155-162.
- 阿江通良 (2004) 走動作. 金子公宥・福永哲夫 編 バイオメカニクス 身体運動の科学的基礎. 杏林書院: 東京, pp. 176-177.
- 浅井えり子 (1997) 浅井えり子の「新・ゆっくり走れば速くなる」マラソン・トレーニング改革. ランナーズ: 東京, pp. 105.
- 安裁漢・桜井伸二・金興烈 (2007) さまざまな傾斜の路面を走るときの下肢筋活動の差異〜平地, 上り, 下り, 左右斜面について〜. 体力科学, 56: 167-178.
- 有吉正博 (1981) ランニングへの招待. ランナーズ: 東京, pp. 112.
- シティランナー特別編集 (2001) ゼロからのマラソン. 学研: 東京, pp. 98-99.
- ドライヤー D・ドライヤー K (2008) 無理なく走れる〈気〉ランニング. 大修館書店: 東京, pp. 159-160.

- 榎本靖士 (2004) 長距離走動作のバイオメカニクスの評価法に関する研究. 筑波大学人間総合科学研究科博士論文
- グリーン・パティ: 山西哲郎ほか訳 (1999) 中・高校生の中長距離走トレーニング. 大修館書店: 東京, pp. 81.
- 星川 保・宮下充正・松井秀治 (1971) 歩及び走における歩幅と歩数に関する研究 各種速度における歩巾と歩数の関係. 体育学研究, 16 (3): 157-162.
- 石井友保・谷代一哉・森 貴・木村直人・伊藤 孝 (2002) 箱根駅伝における5区山登り走について—ラップタイムおよび心拍数からの検討—. 日本体育大学紀要, 32 (1): 9-15.
- 伊藤 章・市川博啓・斎藤昌久・佐川和則・伊藤道郎・小林寛道 (1998) 100m 中間疾走局面における疾走動作と速度との関係. 体育学研究, 43: 260-273.
- ジョーダン・スペンサー: 小田海平訳 (1970) アメリカ陸上競技の技術. 講談社: 東京, pp.88-90.
- 小出義雄 (2002) 知識ゼロからのジョギング & マラソン入門. 幻冬舎: 東京, pp. 48-49.
- 美山 豊 (1960) 駅伝. 不昧堂書店: 東京, pp. 42-43.
- 仲村 明・鯉川なつえ (2009) 中・長距離, 駅伝. 順天堂大学陸上競技研究室 編著 順天堂メソッド勝つための陸上競技. ベースボール・マガジン社: 東京, pp. 77-78.
- 大島鎌吉・金原 勇・福岡孝行・釜本文男 (1971) 図説陸上競技事典〈上巻〉総論編・トラック編. 講談社: 東京, pp. 371.
- Paradisis, P. and Cooke, B. (2001) Kinematic and postural characteristics of sprint running on sloping surfaces. *Journal of Sports Sciences* 19: 149-159.
- 豊岡示朗 (2001) ヒルトレーニング. ランニング学会 編著 今日からはじめる実践ランニング読本 ビギナー & 市民ランナーのための「理論」と「雑学」. 山海堂: 東京, pp. 88-89.
- ショーター: 日向やよい訳 (2005) 走りを極める. 産調出版: 東京, pp. 116.
- スタジオ タック クリエイティブ編集部 (2008) HOW TO トレイルランニング. スタジオタック クリエイティブ: 東京, pp. 26-27.
- Swanson, C. and Caldwell, E. (2000) An integrated biomechanical analysis of high speed incline and level treadmill running. *Medicine and Science in Sports & Medicine*. 32 (6): 1146-1155.
- 内山雅博 (2008) 歩くからはじめる 42.195km 内山式「知的」フルマラソン完走術. 講談社: 東京, pp. 56-57.
- 宇佐美彰朗 (1979) 宇佐美彰朗のランニング教室. 実業之日本社: 東京, pp. 134-135.
- 山地啓司・山西哲郎・有吉正博 (1983) スポーツ Q&A シリーズ ランニング ワンポイント・コーチ. 大修館書店: 東京, pp. 172.
- Winter D A (2009) Biomechanics and motor control of human movement. John Wiley and Sons: New York.
- 山際哲夫 (2002) 初心者から中級ランナーまでマラソン・ジョギング Q&A. ミネルヴァ書房: 東京, pp. 70-71.
- 横澤俊治 (2005) 傾斜地における長距離走動作のバイオメカニクスの特性. 筑波大学体育科学研究科博士論文.

スプリントトレーニング手段としての 300m 走における主観的 努力度の変化が疾走動作に与える影響について

本道慎吾¹⁾, 青山清英²⁾, 安井年文¹⁾

The influence of sprint motions to change of subjective effort levels in 300m run training

Shingo HONDO¹⁾, Kiyohide AOYAMA²⁾, Toshihumi YASUI¹⁾

Abstract

The purpose of this study is to clarify from the kinematic point of view, at 300m long-sprint, how the change of subjective effort levels influences the running motion of the 300m, dividing the 300m into two phases of the first and the latter.

Subjects were 15 male student sprinters and jumpers. They did 300m running with the subjective effort degrees levels changed (70%-80%-90%-100%). Running motion were recoded with a digital video camera. The measurement items were calculated from these images.

The major results are as follow.

In both the first half and the latter half, the motion factors that changed corresponding with the change of the stride frequency resembled the motion factors that changed corresponding with the change of the running speed (according to the subjective effort levels). Those factor are maximal flexion velocity during the recovery phase, maximal lifting velocity of the thigh during the recovery phase, maximal leg velocity during the forward reach phase, and maximal swing back velocity of the leg. It is to say, during the support phase, maximal swing back velocity of the leg and the motion speed of the leg in the first half of the swing phase changed corresponding with the change of the subjective effort levels. The change raised stride frequency, and as a result, raised the running speed.

At each stage of the subjective effort degree, the running motion factors common to both the first half and the latter half are mainly in the support phase: maximal leg angle during forward reach phase, knee and ankle joint angle at the moment of foot release respectively, touch down velocity of the leg, maximal extension velocity of hip, and maximal swing back velocity of the leg.

キーワード：スプリントトレーニング, 300m 走, 疾走動作, 主観的努力度

1. 緒 言

陸上競技のスプリントトレーニングでは、常に全力疾走を行うことだけがトレーニングではない。ザチオルスキー (1972) は技術トレーニングにおいて、「最大速度に近いがそれよりやや低い (9/10 の力) 速度では、最大

速度とほとんど変わらないスピードー筋力機構が現出されると同時に、技術習得に気を配る余裕もある」と述べている。また、村木ら (1995) は、最大下努力と全力では心的な緊張状態が異なっており、全力マイナス数%の余裕が緊張の汎化と運動抑制現象を防止するということを示唆している。このようにトレーニングの目的に応じてスピードを変化させ、全力の何割、何%で走れというような具体的な値での指示をトレーニングの現場で聞くことは少なくない。

このような指示を競技者はあくまでも自分の感性や感覚で調節をしている場合が多い。これは競技者のスピードの変化はその一個人の主観で調節しているということを示している。このことは主観的努力度、主観的強度などといわれておりしばしばトレーニングの強度を設定する上で利用される。

これまで身体運動における主観的努力度についての研究は、水泳 (大庭ら, 2010) や、ゴルフ (小河原ら, 2008) など様々なスポーツにおいて研究されており、陸上競技においても、走・跳・投のどの分野においても研究が行われているのが現状である。(定本ら; 1977; 村木ら, 1995; 伊藤ら, 1997; 村木ら, 1999; 青山ら, 2005; 岡野ら, 2005 本道ら; 2007)。

スプリント走を対象とした研究に関しては、様々な対象者で研究が行われており、村木ら (1999) や伊藤ら (1997) の研究では大学生競技者を対象に、また陸上競技経験のない対象者のスプリント走に関する検討もされており、小倉ら (1997) は中学生、太田ら (1998) は小学生から大学生をそれぞれ対象としてスプリント走に対する主観的努力度と客観的出力の関係性を検討しているが、その両者の対応関係は、陸上競技経験者であっても

1) 青山学院大学 Aoyama Gakuin University
〒 252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1

2) 日本大学 Nihon University
〒 156-8550 東京都世田谷区桜上水 3-25-40

なくともおよそ同様の結果を示しており、これまでのスプリント走における検討では、疾走速度やタイムといった客観的計測値と主観的努力度との間に、ある一定の対応関係が認められている。

しかしいずれの研究においても、スプリント走の中でも短い距離での検討が多く、伊藤ら（2007）、や村木ら（1999）における研究ではスタートから 50m までの距離で検討されているが、それより長い距離のスプリント走で検討された報告は少ない。

本道ら（2007）は、300m 走における主観的努力度の変化と客観的出力に与える影響について検討しており、主観的努力度の段階毎に疾走速度は変化し、その変化は主にピッチによって変化していることを報告しているが、その疾走速度やピッチの変化と疾走動作との関係は検討されていない。300m 走におけるトレーニングは、スプリントトレーニングの中でも負荷の高いトレーニングの一つであると考えられ、各努力度での疾走動作の特徴を把握し、その変化を検討することは、効率的なトレーニングを行う上で重要であると考えられる。特に 300m 走では、疲労等による影響でその 300m 走中に疾走動作が大きく変化することが考えられる。

そこで本研究は、400m を専門としている競技者だけでなく 100m や 200m、跳躍種目を専門とする競技者にも幅広くトレーニング手段として用いられており、多くの指導書（阿部，2004；尾縣，2007；土江，2011）にも記載されている 300m 走に着目し、その特性や、今後トレーニングの現場で具体的な指示をする際の客観的指標を得るために、300m 走を前半、後半という 2 局面に分け、300m 走全体のパフォーマンスとして主観的努力度を変化させ、その主観的努力度の変化が疾走動作にどのような影響を与えるのか、また筋疲労などの影響による前半、及び後半の疾走動作の相違をキネマティクスの観点から明らかにすることを目的とした。

2. 研究方法

2.1. 実験

被験者は陸上競技部に所属する短距離種目、跳躍種目を専門とする男子学生競技者 15 名（身長 173.37 ± 5.65 cm、体重 64.70 ± 6.61 kg）とした。実験に先立ち、被験者には本研究の趣旨、内容を説明し、実験参加への同意を得た。

実験は陸上競技場にて実施した。実験試技状況は図 1 に示した。実験試技は 300m のスタート地点よりスタンディングスタートでピストルの合図により 300m を 70% から 100% まで 10% 刻みの強度で、環境や体調の変化、疲労の影響を考慮し、同日に合計 4 試技行った。その際、先行研究（村木，1983）を参考に漸増試技で行い、完全に回復させるために休憩は 1 本につき 40 分以上取り「300m 走全体で、タイムはあまり意識せずあくまでも

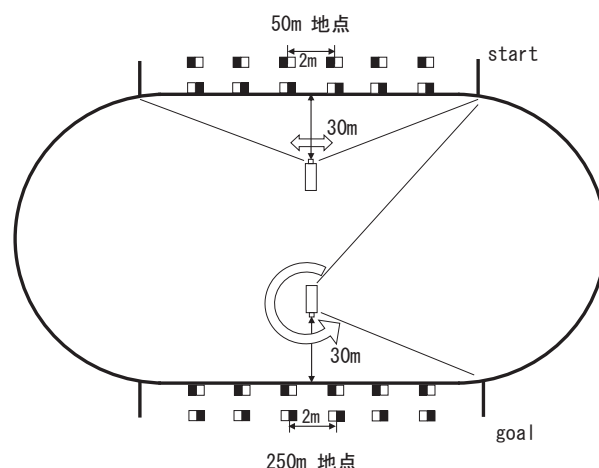


図 1. 実験試技撮影状況

自分の感覚で自分の力の〇%で走ってください。」と指示した。300m 走の前半 50m 地点、後半 250m 地点の 1 サイクルを分析対象とし、スタートからゴールまで全体と、各 50m 地点、250m 地点の進行方向に対して左側方 30m の地点より、それぞれデジタルビデオカメラ（Sony 社製 DCR-HC62）を用いて毎秒 60 コマでパンニング撮影を行った。また、後に実長換算を行うためにそれぞれの地点の前後 2m 間隔で 6ヶ所に較正点を設置した。

2.2. データ処理

上記の方法で得られた映像から動作分析システム（Frame - DIAS II）を用いて身体測定点 23 点及び較正点 4 点の位置座標を読み取り、4 点実長換算法により二次元座標を算出した。この際、位相ずれのない 4 次の Butterworth digital filter を用いて 6Hz で平滑化した。

2.3. 算出項目

先行研究（伊藤ら，1997；伊藤ら，2005）を参考にスプリント走の特性を示す以下の測定項目を算出した

- (1) 各地点のピッチ：1 サイクル中に要した時間の 1/2 とした。
- (2) 各地点のストライド：1 サイクル中における身体重心の水平移動距離 1/2 とした。
- (3) 各地点の疾走速度：ピッチとストライドの積を求めて算出した。
- (4) 動作要因（図 2 参照）

スウィング脚

- ・引き付け角度（ $\theta 1$ ）：膝関節の最小角度
- ・もも上げ角度（ $\theta 2$ ）：鉛直線と大腿のなす角の最大角度
- ・振り出し角度（ $\theta 3$ ）：鉛直線と脚全体（大転子と外果を結んだ線分）がなす角の最大角度
- ・引き付け速度（ $\omega 1$ ）：膝関節の最大屈曲速度
- ・もも上げ速度（ $\omega 2$ ）：鉛直線と大腿のなす角度

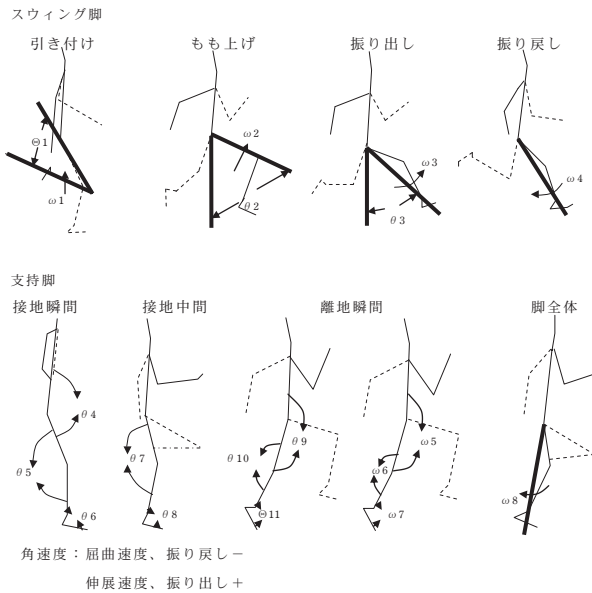


図2. 測定した動作要因

の最大角速度

- ・ 振り出し速度 ($\omega 3$) : 膝関節の最大伸張速度
- ・ 振り戻し速度 ($\omega 4$) : 接地の直前の脚全体（大転子と外果を結んだ線分）を後方にスウィングする最大速度

支持脚

- ・ 接地瞬間の股関節 ($\theta 4$)、膝関節 ($\theta 5$)、足関節 ($\theta 6$) の関節角度
- ・ 支持脚の膝関節 ($\theta 7$)、足関節 ($\theta 8$) の最小角度
- ・ 離地瞬間の股関節 ($\theta 9$)、膝関節 ($\theta 10$)、足関節 ($\theta 11$) の関節角度
- ・ 支持脚中の膝関節、足関節の屈曲伸張の動作範囲
- ・ 支持脚の股関節 ($\omega 5$)、膝関節 ($\omega 6$)、足関節 ($\omega 7$) の最大伸張速度
- ・ 支持脚（大転子と外果を結んだ線分）の後方スウィングの最大速度 ($\omega 8$)

2.4. 統計処理

各地点の疾走速度、ピッチ、ストライド及び動作要因に関して、主観的努力度の段階間での各測定項目の客観的出力との関係を見るためには相関分析を行い、その統計的な有意差の検定には SPSS (ver 11.5 for windows) を用いて一元置分散分析を行い、有意水準に達したものについては LSD 法を用いて多重比較を行った。また前半 50m 地点、後半 250m 地点の相違の検討については対応のある t 検定を行った。なお、いずれの検定も有意水準は 5% とした。

3. 結果

3.1. 300m 走全体のパフォーマンス及び各地点の疾走速度、ピッチ、ストライドにおける主観的努力度の段階間の関係

表 1 は主観的努力度の段階毎の 300m 走の平均疾走速度、及び各地点の疾走速度、ピッチ、ストライドの値を示したものである。300m 走の平均疾走速度は主観的努力度段階の変化に伴って変化しており、全ての段階間において有意に差があった ($70\% < 80\% < 90\% < 100\%$)。また各地点の疾走速度、ピッチ、ストライドの値は、前半 50m 地点における疾走速度 ($70\% = 80\% < 90\% < 100\%$)、ピッチ ($70\% < 80\% < 90\% < 100\%$)、後半 250m 地点における疾走速度 ($70\% < 80\% < 90\% = 100\%$)、ピッチ ($70\% < 80\% = 90\% < 100\%$) において有意に段階間に差が見られたが、いずれの地点もストライドには、見られなかった。上記のことから主観的努力度の段階を変化させると疾走速度、及びピッチが変化し、それに伴って疾走動作にも何らかの相違が存在すると考えられるため以下検討することとする。

3.2. 300m 走前半 50m 地点における主観的努力度の変化に伴う疾走動作の変容と疾走速度、ピッチ、ストライドの関係

表 2 は、300m 走前半 50m 地点の動作要因について各試技間の平均値を比較したものである。

表 1. 各測定項目の主観的努力度段階と客観的出力の関係（上段：平均値、下段：標準偏差）

	300m平均	前半	前半	前半	後半	後半	後半
	疾走速度 (m/s)	疾走速度 (m/s)	ピッチ (Hz)	ストライド (m)	疾走速度 (m/s)	ピッチ (Hz)	ストライド (m)
70%	7.13	8.02	3.54	2.27	7.05	3.30	2.14
	0.27	0.38	0.17	0.11	0.32	0.14	0.10
80%	7.47	8.40	3.64	2.28	7.42	3.48	2.13
	0.27	0.42	0.17	0.10	0.31	0.19	0.10
90%	7.90	8.85	3.92	2.26	7.75	3.63	2.14
	0.25	0.38	0.20	0.12	0.32	0.20	0.10
100%	8.21	9.24	4.11	2.25	7.98	3.82	2.10
	0.29	0.38	0.22	0.12	0.35	0.26	0.15
分散分析	**	**	**	ns	**	**	ns
多重比較	70%<80%<90%<100%	70%=80%<90%<100%	70%<80%<90%<100%	—	70%<80%<90%=100%	70%<80%=90%<100%	—

**: $p < 0.01$ ns: non significant

表 2. 前半の動作要因の主観的努力度段階と動作要因の関係及び各試技間の比較

分析項目	主観的努力度段階				分散分析	多重比較	相関関係
	70%	80%	90%	100%			
スイング脚							
引き付け角度 (deg)	37.01	37.46	37.05	37.56	ns		ns
	4.78	4.78	3.59	3.96			
もも上げ角度 (deg)	65.53	66.95	68.88	66.95	ns		ns
	3.91	6.26	3.89	3.77			
振り出し角度 (deg)	34.91	35.87	37.15	36.73	ns		r=0.30
	2.88	3.54	3.35	3.33			
引き付け速度 (rad/s)	-13.66	-14.02	-15.46	-16.20	**	70=80>90>100	r=-0.73
	0.93	0.53	1.01	0.88			
もも上げ速度 (rad/s)	11.96	12.26	12.62	13.07	**	70<90, 80=90<100	r=0.45
	0.86	1.05	0.77	0.87			
振り出し速度 (rad/s)	10.18	10.87	11.56	11.83	**	70<90, 80=90<100	r=0.51
	1.02	1.27	1.37	1.04			
振り戻し速度 (rad/s)	-6.66	-6.85	-7.25	-7.60	ns		r=-0.28
	1.00	1.02	0.99	1.10			
支持脚							
接地時股関節角度 (deg)	137.40	138.05	135.98	135.28	ns		ns
	4.55	6.56	8.22	6.42			
接地時膝関節角度 (deg)	151.87	152.96	149.82	150.14	ns		ns
	5.26	4.47	6.77	5.46			
接地時足関節角度 (deg)	110.53	112.13	108.46	108.97	ns		ns
	4.22	6.89	5.30	8.08			
膝関節最小角度 (deg)	140.98	142.23	140.79	141.24	ns		ns
	3.85	5.37	6.25	6.52			
足関節最小角度 (deg)	91.36	94.03	93.34	92.52	ns		ns
	2.73	9.07	5.81	7.61			
離地時股関節角度 (deg)	203.04	203.06	203.69	202.22	ns		ns
	5.01	3.64	5.24	6.41			
離地時膝関節角度 (deg)	156.28	153.60	153.57	151.35	*	70=80=90>100	r=-0.44
	4.77	3.92	5.55	3.92			
離地時足関節角度 (deg)	132.69	133.42	132.20	130.80	ns		ns
	3.14	5.47	5.81	6.78			
膝関節動作要因 (deg)	26.19	22.10	21.81	19.01	ns		r=-0.33
	5.69	8.31	9.66	8.48			
足関節動作要因 (deg)	60.50	57.49	53.99	54.74	ns		ns
	5.46	11.83	9.45	10.62			
股関節最大伸展速度 (rad/s)	10.79	10.72	11.32	11.43	ns		ns
	1.00	1.13	1.11	1.38			
膝関節最大伸展速度 (rad/s)	4.06	3.54	3.51	2.82	*	70=80=90>100	r=-0.37
	0.87	1.19	1.40	1.19			
足関節最大伸展速度 (rad/s)	10.44	9.50	9.49	9.83	ns		ns
	1.19	2.42	1.55	1.51			
脚最大スウィング速度 (rad/s)	-9.59	-9.73	-10.33	-10.67	**	70=80>90=100	r=-0.65
	0.61	0.56	0.56	0.58			
**:p<0.01 *:p<0.05 ns:non significant					上段：平均値 下段：標準偏差		

**: $p<0.01$ *: $p<0.05$ ns:non significant

上段: 平均値

下段: 標準偏差

スウィング脚に関する項目について分散分析を行った結果、有意差が認められたのは、引き付け速度 ($p<0.01$)、もも上げ速度 ($p<0.01$)、振り出し速度 ($p<0.01$) であった。それらの項目について多重比較を行った結果、引き付け速度においては 70%試技 = 80%試技 > 90%試技 > 100%試技、もも上げ速度においては 70%試技 < 90%試技

技、80%試技 = 90%試技 < 100%試技、振り出し速度においては 70%試技 < 90%試技、80%試技 = 90%試技 < 100%試技という結果を示した。

支持脚に関する項目で有意差が認められたのは、離地時膝関節角度 ($p<0.05$)、膝関節最大伸展速度 ($p<0.05$)、脚の最大後方スウィング速度 ($p<0.01$) であった。そ

これらの項目について多重比較を行った結果、離地時膝関節においては70%試技=80%試技=90%試技>100%試技、膝関節最大伸展速度においては70%試技=80%試技=90%試技>100%試技、脚の最大後方スウィング速度においては70%試技=80%試技>90%試技=100%試技という結果を示した。

また、各主観的努力度段階における疾走速度の客観的出力と各動作要因の値との間の相関分析を行った結果、スウィング脚においては、振り出し角度 ($r=0.30$, $p<0.05$), 引き付け速度 ($r=-0.73$, $p<0.01$), もも上げ速度 ($r=0.45$, $p<0.01$), 振り出し速度 ($r=0.51$, $p<0.01$), 振り戻し速度 ($r=-0.28$, $p<0.05$) の項目に主観的努力度段階との間に有意な相関関係が認められた。支持脚においては、離地時膝関節角度 ($r=-0.44$, $p<0.01$), 膝関節動作範囲 ($r=-0.33$, $p<0.05$), 膝関節最大伸展速度 ($r=-0.37$, $p<0.01$), 脚の最大後方スウィング速度 ($r=-0.65$, $p<0.01$) の項目に主観的努力度段階との間に有意な相関関係が認められた。

表3は、前半50m地点の各主観的努力度段階におけるピッチの客観的出力と各動作要因の関係である。各主観的努力度段階におけるピッチの客観的出力と各動作要因の値との間の相関分析を行った結果、スウィング脚において引き付け速度 ($r=-0.77$, $p<0.01$), もも上げ速度 ($r=0.44$, $p<0.01$), 振り出し速度 ($r=0.42$, $p<0.01$), 支持脚においては離地時膝関節角度 ($r=-0.31$, $p<0.05$), 股関節最大伸展速度 ($r=0.30$, $p<0.05$), 脚の最大後方スウィング速度 ($r=-0.57$, $p<0.01$) の項目に主観的努力度段階との間に有意な相関関係が認められた。

また各主観的努力段階におけるストライドの客観的出力と各動作要因の関係は見られなかった。

3.3.300m 走後半 250m 地点における主観的努力度の変化に伴う疾走動作の変容と疾走速度、ピッチ、ストライドの関係

表4は、300m 走後半 250m 地点の動作要因について各試技間の平均値を比較したものである。

スウィング脚に関する項目について分散分析を行った結果、有意差が認められたのは、引き付け速度 ($p<0.01$), 振り出し速度 ($p<0.05$), 振り戻し速度 ($p<0.05$) であった。それらの項目につき多重比較を行った結果、引き付け速度においては、70%試技>80%試技=90%試技>100%試技、振り出し速度においては70%試技<90%試技=100%試技、振り戻し速度は70%試技<90%試技=100%試技であった。支持脚に関する項目で有意差が認められたのは、膝関節動作範囲 ($p<0.01$), 脚の最大後方スウィング速度 ($p<0.01$) であった。それらの項目につき多重比較を行った結果、膝関節動作範囲においては、70%試技>80%試技=90%試技=100%試技、

表3. 前半及び後半におけるピッチの変化と疾走動作の関係

分析項目	前半	後半
スウィング脚		
引き付け角度(deg)	ns	ns
もも上げ角度(deg)	ns	ns
振り出し角度(deg)	ns	ns
引き付け速度(rad/s)	$r=-0.77$ **	$r=-0.66$ **
もも上げ速度(rad/s)	$r=0.44$ **	ns
振り出し速度(rad/s)	$r=0.42$ **	$r=0.40$ **
振り戻し速度(rad/s)	ns	ns
支持脚		
接地時股関節角度(deg)	ns	ns
接地時膝関節角度(deg)	ns	$r=-0.25$ *
接地時足関節角度(deg)	ns	ns
膝関節最小角度(deg)	ns	ns
足関節最小角度(deg)	ns	ns
離地時股関節角度(deg)	ns	ns
離地時膝関節角度(deg)	$r=-0.31$ *	ns
離地時足関節角度(deg)	ns	ns
膝関節屈伸量(deg)	ns	$r=-0.35$ **
足関節屈伸量(deg)	ns	ns
股関節最大伸展速度(rad/s)	$r=0.30$ *	ns
膝関節最大伸展速度(rad/s)	ns	$r=-0.26$ *
足関節最大伸展速度(rad/s)	ns	ns
脚最大スウィング速度(rad/s)	$r=-0.57$ **	$r=-0.43$ **
**: $p<0.01$ *: $p<0.05$ ns:non significant 上段:平均値 下段:標準偏差		

脚の最大後方スウィング速度においては70%試技>90%試技=100%試技, 80%試技>100%試技であった。

また各主観的努力度段階における疾走速度の客観的出力と各動作要因の値との間の相関分析を行った結果、ス

表 4. 後半の動作要因の主観的努力度段階と動作要因の関係及び各試技間の比較

分析項目	主観的努力度段階				分散分析	多重比較	相関関係
	70%	80%	90%	100%			
スイング脚							
引き付け角度(deg)	36.45	35.99	36.72	35.81	ns		ns
	4.16	3.78	3.61	5.41			
もも上げ角度(deg)	63.06	63.31	63.28	64.29	ns		ns
	4.43	4.29	3.39	4.40			
振り出し角度(deg)	33.45	33.94	33.96	33.94	ns		ns
	2.88	2.76	3.34	3.03			
引き付け速度(rad/s)	-12.64	-13.91	-14.59	-15.73	**	70>80=90>100	r=-0.60
	1.19	0.96	1.07	1.02			
もも上げ速度(rad/s)	11.57	11.89	12.06	12.17	ns		ns
	0.64	0.87	0.72	0.91			
振り出し速度(rad/s)	9.88	10.56	10.69	11.00	*	70<90=100	r=0.43
	0.87	0.97	1.21	1.10			
振り戻し速度(rad/s)	-5.79	-6.14	-6.44	-6.51	*	70>90=100	r=-0.30
	0.75	0.58	0.54	1.07			
支持脚							
接地時股関節角度(deg)	137.86	139.06	139.34	140.30	ns		ns
	4.62	3.75	5.00	6.99			
接地時膝関節角度(deg)	154.38	152.68	151.37	149.61	ns		ns
	8.50	3.86	3.32	4.95			
接地時足関節角度(deg)	110.95	112.81	112.54	108.85	ns		ns
	5.83	4.67	5.35	5.81			
膝関節最小角度(deg)	140.26	142.70	143.33	143.55	ns		r=0.33
	5.21	4.06	5.77	5.85			
足関節最小角度(deg)	95.04	97.28	98.21	97.35	ns		r=0.28
	6.85	4.30	2.84	5.44			
離地時股関節角度(deg)	201.75	202.36	203.44	204.35	ns		ns
	4.00	4.60	6.38	5.09			
離地時膝関節角度(deg)	158.93	158.84	158.95	159.47	ns		ns
	3.52	4.33	3.87	4.00			
離地時足関節角度(deg)	137.16	137.28	137.52	135.84	ns		ns
	6.80	5.69	3.69	8.14			
膝関節動作範囲(deg)	32.78	26.13	23.66	21.98	**	70>80=90=100	r=-0.39
	8.69	6.18	10.12	9.22			
足関節動作範囲(deg)	58.02	55.52	53.64	49.98	ns		r=-0.41
	12.08	8.98	6.91	8.78			
股関節最大伸展速度(rad/s)	9.67	9.64	9.99	10.13	ns		ns
	0.91	1.12	1.10	1.01			
膝関節最大伸展速度(rad/s)	4.81	3.91	4.03	3.89	ns		r=-0.25
	1.00	1.22	1.39	1.46			
足関節最大伸展速度(rad/s)	9.79	9.87	9.79	9.88	ns		ns
	1.58	1.06	0.77	1.37			
脚最大スウィング速度(rad/s)	-8.49	-8.87	-9.21	-9.45	**	70>90=100,80>100	r=-0.46
	0.62	0.50	0.52	0.57			
**: $p<0.01$ *: $p<0.05$ ns:non significant					上段: 平均値 下段: 標準偏差		

ウィング脚においては引き付け速度 ($r=-0.60$, $p<0.01$), もも上げ速度 ($r=0.27$, $p<0.05$), 振り出し速度 ($r=0.40$, $p<0.01$), 振り戻し速度 ($r=-0.33$, $p<0.01$) の項目に主観的努力度段階との間に有意な相

関関係が認められた。支持脚においては膝関節最小角度 ($r=0.33$, $p<0.01$), 足関節最小角度 ($r=0.28$, $p<0.05$), 膝関節動作範囲 ($r=-0.39$, $p<0.01$), 足関節動作範囲 ($r=-0.41$, $p<0.01$), 膝関節最大伸展速度 ($r=-0.25$,

$p<0.05$), 脚の最大後方スウィング速度 ($r=-0.46$, $p<0.01$) の項目に主観的努力度段階との間に有意な相関関係が認められた。

表5は、後半250m地点の各主観的努力度段階におけるピッチの客観的出力と各動作要因の関係である。スウィング脚においては引き付け速度 ($r=-0.66$, $p<0.01$), 振り出し速度 ($r=0.40$, $p<0.01$), 支持脚において接地時膝関節角度 ($r=-0.25$, $p<0.05$), 膝関節動作範囲 ($r=-0.35$, $p<0.01$), 膝関節最大伸展速度 ($r=-0.26$, $p<0.05$), 脚の最大後方スウィング速度 ($r=-0.43$, $p<0.01$) であった。

3.4. 主観的努力度の変化に伴う前半、後半の疾走動作の差異

表6は、前半50m地点と後半250m地点の各試技における動作要因の比較である（前は前半を、後は後半を示す）

前半と後半の各段階における比較は70%試技では振り出し角度（前>後, $p<0.05$), 離地時膝関節角度（前<後, $p<0.05$), 離地時足関節角度（前<後, $p<0.05$), 引き付け速度（前<後, $p<0.05$), 振り戻し速度（前<後, $p<0.05$), 股関節最大伸展速度（前>後, $p<0.01$), 膝関節最大伸展速度（前<後, $p<0.01$), 脚全体の最大後方スウィング速度（前>後, $p<0.01$), 膝関節屈伸量（前<後, $p<0.05$) の項目に有意差が見られた。80%試技においてはもも上げ角度（前>後, $p<0.05$), 振り出し角度（前>後, $p<0.05$), 離地時膝関節角度（前<後, $p<0.01$), 離地時足関節角度（前<後, $p<0.05$), 振り戻し速度（前<後, $p<0.01$), 股関節最大伸展速度（前>後, $p<0.01$), 脚全体の最大後方スウィング速度（前>後, $p<0.01$) の項目に有意差が見られた。90%試技ではもも上げ角度（前>後, $p<0.01$), 振り出し角度（前>後, $p<0.01$), 接地時足関節角度（前<後, $p<0.01$), 支持脚足関節最小角度（前<後, $p<0.01$), 離地時膝関節角度（前<後, $p<0.01$), 離地時足関節角度（前<後, $p<0.05$), 引き付け速度（前<後, $p<0.01$), 振り戻し速度（前<後, $p<0.05$), 股関節最大伸展速度（前>後, $p<0.01$), 膝関節最大伸展速度（前<後, $p<0.01$), 脚全体の最大後方スウィング速度（前<後, $p<0.01$) の項目に有意差が見られた。

表5. 前半と後半の各試技における動作要因の比較

分析項目	70%	80%	90%	100%
スウィング脚				
引き付け角度 (deg)	ns	ns	ns	ns
もも上げ角度 (deg)	ns	前>後 *	前>後 **	前>後 *
振り出し角度 (deg)	前>後 *	前>後 *	前>後 **	前>後 **
引き付け速度 (rad/s)	前<後 *	ns	前<後 **	
もも上げ速度 (rad/s)	ns	ns	ns	前>後 *
振り出し速度 (rad/s)	ns	ns	ns	前>後 *
振り戻し速度 (rad/s)	前<後 *	前<後 **	前<後 *	前<後 **
支持脚				
接地時股関節角度 (deg)	ns	ns	ns	前<後 **
接地時膝関節角度 (deg)	ns	ns	ns	ns
接地時足関節角度 (deg)	ns	ns	前<後 **	ns
膝関節最小角度 (deg)	ns	ns	ns	ns
足関節最小角度 (deg)	ns	ns	前<後 **	ns
離地時股関節角度 (deg)	ns	ns	ns	ns
離地時膝関節角度 (deg)	前<後 *	前<後 **	前<後 **	前<後 **
離地時足関節角度 (deg)	前<後 *	前<後 *	前<後 *	前<後 *
膝関節屈伸量 (deg)	前<後 *	ns	ns	ns
足関節屈伸量 (deg)	ns	ns	ns	ns
股関節最大伸展速度 (rad/s)	前>後 **	前>後 **	前>後 **	前>後 **
膝関節最大伸展速度 (rad/s)	前<後 **	ns	ns	前<後 **
足関節最大伸展速度 (rad/s)	ns	ns	ns	ns
脚最大スウィング速度 (rad/s)	前>後 **	前>後 **	前>後 **	前>後 **

**: $p<0.01$ *: $p<0.05$ ns:non significant

前:前半 後:後半

4. 考 察

4.1. 300m 走全体のパフォーマンスにおける主観的努力度の段階間関係

300m 走の平均疾走速度における主観的努力度100%時の疾走速度8.21m/sを100%とした際に、90%における疾走速度の相対値は96.22%, 80%では90.98%, 70%では86.84%という値であった。さらに全ての主観的努力度の段階間に有意差があったことは、300m 走での検討において、主観的努力度と客観的出力との間に一次直線的な対応関係が認められるということを示唆している。さらに、主観的努力度として設定した強度よりも客観的出力は過剰出力するということが明らかとなり、これまでのスプリント走での研究（小倉ら, 1997; 太田ら, 1998; 村木ら, 1998; 伊藤ら, 2005）と同様の結果を得たが、その相対値には、相違があり、本研究の知見の一般化にはさらなる検討の必要性が示唆された。

4.2. 前半 50m 地点の主観的努力度の段階間における 各種客観的出力の相違

前半 50m 地点の主観的努力度の段階間の疾走速度、ピッチ、ストライドの関係は、疾走速度、ピッチにおいては、段階間に有意差が認められ、一次直線的な対応関係が見られたが、ストライドに関しては認められなかった。このことは 300m 走の前半において、疾走速度の変化がピッチによって変化していると考えられる。この結果は、伊藤ら（2005）における研究と同様の結果を得ているが、他のスプリント走での研究（伊藤ら、1997；太田ら；1998；村木ら 1998）では、いずれも主観的努力度の低下に伴って、ストライドは段階的に増加する傾向が示されていることから、このことに関しても、この知見の一般化にはさらなる検討の必要性が示唆された。

動作要因に関しては、スウィング脚において、振り出し角度、引き付け速度、もも上げ速度、振り出し速度、振り戻し速度の項目に主観的努力度の段階間の疾走速度との、相関関係または段階間での有意差が見られた。この中でも、他の項目と比較し、高い相関係数を示した引き付け速度に関しては、矢田ら（2011）が標準動作モデルによる世界一流および学生短距離選手の疾走動作の比較において、疾走速度の高い世界一流選手は、スウィング脚の引き付けが早く、そのことが接地時の力発揮に影響していることを報告しており、本研究では、主観的努力度の段階間のストライドに変化が無く、ピッチが上昇していることから、脚の引き付けを素早く行うことにより、ピッチが上昇し、疾走速度が上昇していると考えられる。この項目に関しては、伊藤ら（2005）のスプリント走において主観的努力度を変化させた時の疾走動作の相違での検討と、同様の結果を示しており、300m 走の前半においても同様に出現する疾走動作の変化であるということが示唆された。また、もも上げ速度に関しては、伊藤ら（1998）が疾走速度と正の相関関係を示すが、脚全体のスウィング速度に対応してなされるものであると報告している。さらに振り戻し速度に関しては、この後に続く支持局面のための脚のスウィング速度を予め高めておくためのものであるという報告（伊藤ら、1998）があることから、この引き付け速度、もも上げ速度、及び振り戻し速度の変化は、主にスウィング脚の支持脚の最大後方スウィング速度の変化につながるものと考えられる。

支持脚では脚の最大後方スウィング速度の相関係数が大きな値を示している。伊藤ら（1994）は、世界一流競技者の技術分析から支持脚の膝関節の屈曲や伸展が少ないほうが、大腿の伸展速度は脚全体の後方スウィング速度に効率よく転換されると示唆している。本研究でも各関節の接地時、離地時の角度の値に大きな相違はないものの、主観的努力度が増加するごとに、膝関節動作範囲、膝関節伸展速度がともに減少している傾向にあり、この

ことが脚全体の後方へのスウィング速度につながり、疾走速度を変化させるひとつの要因になっていると考えられる。また伊藤ら（2005）は、接地直前の脚全体の後方スウィング速度の最大値は、主観的努力度との間に正の相関関係があることを報告している。300m 走においてもこれまでのスプリント走での報告と同様の傾向を示し、この変量は、疾走速度発揮との関係性が強い（伊藤ら、1998）と考えられていることから、主観的努力度を変化させることにより、疾走速度が変化する動作要因の一つであることが示唆された。

さらにピッチの増加に伴って引き付け速度、もも上げ速度、振り出し速度が増加している傾向にあるが、このことは、先述した脚の引き付け動作の速度変化によって生じていると考えられ、スウィング脚の前方へのリカバリーの速度によってピッチが変化する可能性が考えられる。また、支持脚では離地時膝関節角度、股関節最大伸展速度、脚の最大スウィング速度にピッチとの相関関係が見られたことから、支持中に屈曲した膝関節をあまり伸展させることなく股関節を素早く伸展させて身体重心を前方に移動させ、鉛直方向への移動を少なくし、脚をあまり後ろに残すことなく素早く前方へ運ぶ動作（宮下ら、1990）をしていると考えられる。このようなスウィング脚と支持脚の動作がピッチを調整し、高めていると考えられる。

以上のことから前半 50m 地点における主観的努力度の変化に伴った疾走動作の変容と疾走速度、ピッチ、ストライドの関係は、支持脚の脚全体のスウィング速度とそれに影響する動作、スウィング脚の動作速度がピッチを高め、その結果、疾走速度を高めているということが明らかになった。

4.3. 後半 250m 地点の主観的努力度の段階間における 各種客観的出力の相違

後半 250m 地点の主観的努力度の段階間の疾走速度、ピッチ、ストライドの関係は、前半 50m 地点と同様な結果を示し、疾走速度、ピッチにおいては、段階間に有意差が認められ、一定の一次直線的な対応関係が見られたが、ストライドに関しては認められなかった（表 1）。このことは、300m 走の後半においても、疾走速度の変化がピッチによって変化していると考えられ、300m 走全体のパフォーマンスとして主観的努力度を変化させると、前半、後半にかかわらず、疾走速度、及びピッチが変化し、ストライドは変化しないということが明らかとなった。

動作要因に関しては、スウィング脚において、引き付け速度、もも上げ速度、振り出し速度、振り戻し速度と主観的努力度段階間の疾走速度との間に相関関係または有意差が見られたが、この項目は前半と同様であり、後半においても主観的努力度段階の増加とともに引き付け

速度、もも上げ速度、振り出し速度といったスウィング脚の動作速度が変化することで疾走速度が変化している。また振り戻し速度においても前半と同様に主観的努力度段階の増加とともに速度が増す傾向が見られる。

支持脚においても前半と同様に脚の最大後方スウィング速度が大きな相関係数を示している。また、主観的努力度が増加するごとに、膝関節最小角度、足関節最小角度は大きくなり、膝関節動作範囲、足関節動作範囲は小さくなる傾向を示している。つまり後半においても前半における膝関節の屈伸動作を少なくし効率のよいキック動作をすることにより脚のスウィング速度が上昇していることが考えられる。加えて後半では足関節を固定することにより、股関節伸筋群によって発揮された力をより効率よく地面に伝えている（伊藤ら, 1997）。しかしこれは70%, 80%の努力度における疾走速度がかなり低く、顕著にその効率の悪さが足関節の屈伸運動の増加に影響を受けるためであると考えられる。

またピッチの変化に伴って、スウィング期においては引き付け速度、振り出し速度、支持期において接地時膝関節角度、膝関節動作範囲、膝関節最大伸展速度、脚の最大後方スウィング速度に相関関係が見られた。

スウィング期においては前半と大きな相違はなく、脚の引き付け速度の変化がピッチの変化として出現していると考えられるが、支持期においては、膝関節に関する項目に多くの相関関係がみられ、主観的努力度が増加する毎に、膝関節を屈伸させることなく効率のよい疾走動作をしており、支持期をよりすばやい動きにすることで、ピッチを調節し高めていると考えられる。

以上のことから前半同様、後半においても主観的努力度段階の疾走速度の変化に伴って変化している動作要因の項目とピッチの変化に伴って変化している動作要因の項目が類似している。このことから、主観的努力度段階の変化に伴って、疾走動作が変化し、その変化はピッチを高める動作となり、さらに疾走速度の変化を生み出しているということが考えられる。

4.4. 前半 50m 地点と後半 250m 地点の疾走動作の相違

前半 50m 地点と後半 250m 地点との比較を行った結果、共通して全主観的努力度段階で有意差が見られた項目は振り出し角度、離地時膝関節角度、離地時足関節角度、振り戻し速度、股関節最大伸展速度、脚全体の最大後方スウィング速度であった。

この結果から主観的努力度の各段階において、前半と後半の疾走動作の比較において共通していることは、前半と後半の動作の相違は、離地時膝関節角度、離地時足関節角度、股関節最大伸展速度、脚全体の最大後方スウィング速度など主に支持脚にあり、前半では後半と比べて、離地時膝関節角度、離地時足関節角度が小さく、膝関節、足関節を屈伸させずに支持脚のブレーキを少なくし、そ

の結果、股関節最大伸展速度も高くなり、脚全体の最大後方スウィング速度が上昇し効率よく前方に進むことのできる合理的なキック動作（伊藤ら, 1998）を行っているのに対し、後半では疲労によるものと考えられる脚全体の振り出し角度が小さくなる（伊藤ら, 1995）ということに加えて、キック中の脚全体のスウィング速度も低下するということが起きている。

これは400m 走における前半と後半の比較におけるこれまでの報告（市川ら, 1995）を支持する結果となり、300m 走における主観的努力度を変化させた場合でも同様に発現する動作であるということが明らかとなった。

5. トレーニング現場への示唆

- ・300m 走におけるスプリントトレーニングでは、その目的にあわせたスピードや強度を設定することが非常に重要である。本研究では、300m 走全体でのパフォーマンスを意識させたが、どの段階間でも前半よりも後半の疾走速度が低下しており、前半の速度の低下は、全体のパフォーマンスの低下に大きく影響することが考えられ、コーチングの現場においては前半の速度低下に留意する必要があると考えられる。
- ・疾走動作において、主観的努力度の段階が低下する毎に、スウィング脚の動作速度及び支持脚の脚全体の最大スウィング速度が低下するという傾向にあった。また各努力度での前半と後半の疾走動作を比較すると、努力度の低い段階を含めた全ての段階において支持脚において変化があり、後半では非合理的な疾走動作が出現する可能性が示唆された。このことから300m 走でのトレーニングを努力度の低い段階で行う際には、100%での疾走とは異なるということを考慮し、反復する際のトレーニング強度として選択する必要があると考えられる。さらに70%, 80%の主観的努力度での疾走時に、特に後半において顕著に効率の悪い疾走動作が出現していた。これは、疾走速度が低くなり過ぎてしまうことから出現してくるものと考えられ、この努力度での疾走時には後半の疾走動作が著しく変化しないように留意する必要があると考えられる。

6. 要 約

本研究の目的は、スプリントトレーニング手段として一般的に用いられている300m 走において、300m を前半、後半という局面に分け主観的努力度の変化が疾走動作にどのような影響を与えるのかをキネマティクスの観点から明らかにすることであった。

被験者は陸上競技部に所属する短距離、跳躍の男子学生競技者15名を用いた。実験試技として300m を70%から100%まで10%刻みの強度で合計4本行わせ、撮影した。この画像を用いて各測定項目を算出した。得られた結果は以下の通りである。

- (1) 前半、後半のいずれでも主観的努力度段階の疾走速度の変化に伴って変化している動作要因の項目とピッチの変化に伴って変化している動作要因の項目が類似していた。それらの項目は引きつけ速度、もも上げ速度、振り出し速度、脚全体の最大後方スウィング速度であった。このことから、主観的努力度の変化に伴って支持脚の脚全体のスウィング速度とスウィング脚の動作速度が変化し、その変化がピッチを高め、その結果、疾走速度を高めているということが明らかとなった。
- (2) 主観的努力度の各段階で前半と後半の疾走動作の比較において、前半と後半の動作で共通していることは、主に支持脚にあり、それは、振り出し角度、離地時膝関節角度、離地時足関節角度、振り戻し速度、股関節最大伸展速度、脚全体の最大後方スウィング速度であった。

参考文献

- 阿部征次 (2004) 改訂版 スプリント・トレーニング・マニュアル (第1版). 株式会社ベースボールマガジン社: 東京, p57, 73.
- 青山清英, 重城 哲, 澤野大地, 青山亜紀, 安井年文 (2005) 主観的努力度合いの変化がボール走の客観的出力に与える影響. スプリント研究, 15: 70-78.
- 本道慎吾, 安井年文, 澤村 博, 青山清英 (2007) ロングスプリント (300m) における主観的努力度合いが客観的出力に与える影響に関する研究—疾走速度, ピッチ, ストライドの変化から—. 陸上競技研究, 70: 30-36
- 市川博啓, 伊藤 章, 斉藤昌久, 佐川和則, 伊藤道朗, 加藤謙一, 阿江通良, 小林寛道 (1995) アジア大会 400m 決勝ランナーの動作分析. 日本体育学会大会号, 46: 378
- 伊藤 章 (1995) 400m 走の前半と後半の走動作の変化, スプリント学会.
- 伊藤 章, 市川博啓, 斉藤昌久, 佐川和則, 伊藤道朗, 小林寛道 (1998) 100m 中間疾走局面における疾走動作と速度との関係. 体育学研究, 43: 260-273.
- 伊藤 章, 斉藤昌久, 淵本隆文 (1997) スタートダッシュにおける下肢関節のピークトルクとピークパワー, 及び筋放電パターンの変化. 体育学研究, 42: 71-83.
- 伊藤 章, 斉藤昌久, 佐川和則, 加藤謙一, 森田正利, 小木曾一之 (1994) 世界一流スプリンターの技術分析, 世界一流陸上競技社の技術. 株式会社ベースボールマガジン社: pp31-49.
- 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: 17-24.
- 伊藤浩志, 村木征人 (2005) スプリント走における主観的努力度の違いが疾走速度, ピッチ, ストライド, 下肢動作に及ぼす影響. スポーツ方法学研究, 18: 61-73.
- 村木征人 (1983) スプリント走における速度強度および歩幅と歩数に関する研究—スプリント走の各種客観速度と主観速度および歩幅との関係—. 日本バイオメカニクス学会 (編) 「身体運動の科学V」. 杏林書院: 東京, pp76-83.
- 村木征人 (1995) 助走跳躍における運動抑制現象の運動方法論的解釈とコーチング. スポーツ方法学研究, 8: 129-138.
- 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: 59-67.
- 尾縣 貢 (2007) ぐんぐん強くなる陸上競技 (第1版). 株式会社ベースボールマガジン社: 東京, pp50-52.
- 小倉幸雄, 清水茂吉, 尾縣 貢, 関岡康雄, 永井 純, 宮下 憲 (1997) 短距離走における主観的強度と客観的強度の対応性—中学生男子を対象にして—. スポーツ教育学研究, 17: 29-36.
- 岡野雄司, 小山裕三, 村上幸史, 田端健児, 安井年文, 青山亜紀, 青山清英, 澤村博 (2005) 主観的努力度合いが砲丸の立ち投げ動作に及ぼす影響. 陸上競技研究, 62: 28-37.
- 小河原慶太, 了海論, 光本健次 (2008) ゴルフスイングの主観的努力度とパフォーマンスの関係. 東海大学紀要体育学部, 38: 21-28.
- 大庭昌昭, 佐藤慎哉, 佐藤大輔, 下山好充 (2010) 主観的努力度の変化が平泳ぎキック動作に与える影響について. 日本体育学会大会予稿集, 61: 217.
- 太田 涼, 有川秀之 (1998) 短距離走における主観的強度と客観的強度の対応関係に関する研究—小学生から大学生を対象に—. 陸上競技研究, 32: 2-14.
- 定本朋子, 大築立志 (1977) 跳躍運動における出力制御の正確性—跳躍距離の grading および再現の特性. 体育学研究, 22: 191-203.
- 土江寛裕 (2011) 陸上競技入門ブック 短距離・リレー (第1版). 株式会社ベースボールマガジン社: 東京, pp139-143.
- 矢田恵大, 阿江通良, 谷川聡, 伊藤 章, 福田厚治, 貴嶋孝太 (2011) 標準動作モデルによる世界一流および学生短距離競技者の疾走動作の特徴. 陸上競技研究, 87: 10-16.
- Zatsiorsky, V. M: 渡辺謙訳 (1972) スポーツマンと体力. 株式会社ベースボールマガジン社, 東京: pp129-130.

棒高跳びにおける力学的エネルギーからみた適切なポールセッティングの検討

木越清信¹⁾, 丹羽みなみ²⁾, 澤野大地³⁾, 下嶽進一郎⁴⁾, 小林史明⁵⁾

The study of appropriate pole setting into consideration of the mechanical energy on pole vaulters

Kiyonobu KIGOSHI¹⁾, Minami NIWA²⁾, Daichi SAWANO³⁾, Shinichiro SHIMOTAKE⁴⁾, Fumiaki KOBAYASHI⁵⁾

Abstract

The purpose of this study was examination of appropriate pole setting into consideration of mechanical energy on the pole vaulter. We calculated elastics energy by using pole stress by measured by pole testing machine. And twelve male high school and collegiate pole vaulters performed pole vaulting, and we estimated elastics energy by 2 types of methods from results of motion analysis. The main results were follows:

1. The elastics energy is measured by pole testing machine change linearly with grip height.
2. Measured value of elastics energy is 1014 ± 113 J, estimated elastics energy by motion analysis is 1046 ± 156 J, and estimated elastics energy by easy to access information is 954 ± 193 J. There is no significant difference between measured value of elastics energy and estimated elastics energy by motion analysis, and between measured value of elastics energy and estimated elastics energy by easy to access information.

These results make it possible to change pole setting based on quick reference table created by required elastics energy for 30% pole bend. And these results make it possible to know appropriate pole setting based on the estimated elastics energy calculated from physical characteristics (body height, body weight) and fitness level (horizontal velocity at take-off, chord length, grip height and maximum pole bent ratio) for each athlete.

キーワード：棒高跳, 弾性エネルギー, ポールのセッティング

1. 緒言

棒高跳びにおいて、使用するポールの素材、長さ、硬さおよび握る位置（高さ）等に関してルール上制限されていることは何もない。どのような素材のポールを用いても構わないし、いかなる硬さおよび長さのポールのどの位置（高さ）を握って跳躍をしても構わない。したがって、より高いバーを越えようと思えば、可能な限り長く硬いポールを、可能な限り高く握って跳躍を行えばよいことは容易に想像できる。しかし、これまでに行われた

先行研究から、跳躍によって獲得された位置エネルギー（跳躍高）のほとんどが助走において得られた運動エネルギーによるものであることや、記録の高い選手ほど体重の割に応力の大きなポールを使用し、多くの弾性エネルギーをポールに蓄えていることが報告されている（Dillman et al.1968；淵本ら、1990）。したがって、これらのことを考えれば、硬くそして長いポールを高い位置を握って跳躍をするためには、それなりの身体的および体力的なリソースが必要であり、その選手の身体的および体力的な特性からみた適切なポールの長さ、硬さおよび握る位置は必然的に決まるものと言える。

一方、矢状面において踏切から着地までに身体が描く放物線の頂点の位置（高さとお行き）は、使用するポールの硬さ、長さ、握る位置（高さ）等の設定によって決まることから、適切な設定で跳躍を行うことは、安全に跳躍を行う上でも非常に重要である。つまり、不適切な設定で跳躍を行うと、ボックスや助走路への落下という大事故につながる可能性がある。村木（1992）が、十種競技者のボックスへの落下事故の多くは、ポールや握り位置の選択に関する適切な知識の不足、ポールと選手の特性に関する一致した見解が得られていないことに起因していると報告しているのは、このためである。したがって、棒高跳びでは、高く跳ぶことと安全とのバランスをとることが必要であり、棒高跳びの競技者は、最低限の安全を確保したうえで、可能な限り高く跳べる設定を選択して跳躍を行っているとして理解することができる。しかも、跳躍に関する技術および助走速度が毎跳躍ごとに一定であるはずがないことを考えれば、これらのバランス

1) 筑波大学体育系 University of Tsukuba, Faculty of Health and Sport Science
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1
2) 岐阜県立羽島北高等学校
〒501-6112 岐阜県岐阜市柳津町北塚 3-110
3) 富士通株式会社 Fujitsu Limited
〒157-0067 東京都世田谷区喜多見 9-14-3-103
4) 中京大学スポーツ科学部 School of Health and Sport Sciences, Chukyo University
〒470-0393 愛知県豊田市貝津町床立 101
5) 日本体育大学体育学部 Nippon Sport Science University, Faculty of Sport Science
〒158-8508 東京都世田谷区深沢 7-1-1

は1本の跳躍ごとに変化し、使用するボールの設定は、跳躍ごとに変わることが考えられ、実際に棒高跳びの競技者およびそのコーチは、握る高さを1cm単位で調整している。

しかし、使用するボールの適切な設定の選択については、これまでにその早見表のようなものの作成が試みられたことはなく、棒高跳の指導書でさえも適正ボールの選択について、「深く入りすぎて90度以上に曲がる場合：より固いボールにかえる。深く入りすぎてしかも曲がりが少ない場合：握りの位置を上げる。入り込みが不足していて90度以上曲がる場合：握る位置を低くする」（広田，1989）といった目安を示すに留まっている。また、広田（1989）は、長さ1f切り替える場合は10lbs下げたボールを選択すると報告しているが、グリップ高については言及しておらず、またその根拠も示されていない。そのために、使用するボールの適切な選択は、選手の間や指導者の経験に頼っていると言える。特に、より長いボールに変更する際には、短いボールを使用していた時と同じグリップ高を使用して跳躍すると、安全性が損なわれる可能性もあり、経験者でもその選択は困難を極める。さらに、棒高跳びの競技者を指導しようとする指導者の全てが棒高跳びの経験者であるわけではなく、むしろ経験に頼らざるを得ない状況が、棒高跳びの競技人口を減らすことにもなりかねない。このことから、使用ボールの設定を変更する際の一助となるような基準を作成することは、競技力の向上とともに、競技の安全面においても非常に重要なことであると考えられる。

そこで、本研究では、棒高跳びにおける力学的エネルギーからみた適切なボールセッティングを検討することを目的とした。

2. 方法

2.1 ポール応力の測定

(1) 測定方法

ボール試験機（図1）を用いて、ボールの応力を測定した。ボールの下端をソケットにはめ込み、上端をグリップで固定し、コンプレッサーでグリップを動か

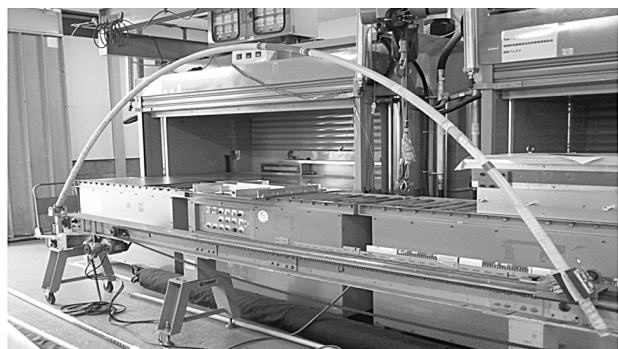


図1. ポール試験機

すことで長軸方向にボールを圧縮し湾曲させた。応力は、ボールの下端とグリップまでの長さに対して、20%の湾曲量までボールを湾曲させた時点の応力を、ストレングス計で計測した。なお、この力をボール応力と呼ぶ。

この計測を、ボール上端を0cmとし上端から30cmの位置まで、5cm刻みにグリップの位置を変化させ、各ボールにつき計7回応力を計測した。測定に用いたボールは、15ft-140lbs, -150lbs, -160lbs, 170lbs, 15.7ft-160lbs, -170lbs, -180lbsの計7本であった。なお、本実験に用いたボールは全てUSC社製Sprit poleであった。

(2) 弾性エネルギーの計測

ボールの湾曲によって蓄えられる弾性エネルギーは、ボール応力（N）をボールの両作用点の距離、つまりグリップで挟まれたボールの下端とその上端との距離（以下、ボール弦長）の変化量で積分することによって求められる（淵本，1992）。結果として、ボールを湾曲させるために必要な力はボールの湾曲にともないほぼ直線的に変化したことから、ボール応力とボール弦長の変化量で作られる台形の面積を弾性エネルギーとして算出した。

ボールの湾曲量について、実際の跳躍における平均最大湾曲率は約28%と報告されている（淵本ら，1990；高松，1997；武田，2005）が、本研究では、実験環境の限界としてボールを20%までしか湾曲させることができなかった。しかし、前述のとおりボール応力は湾曲とともに直線的に増加したことから、その増加率は7.69N/cmと報告されている（淵本，1992）ことから、本研究では実験によって得られた湾曲率20%時のボール応力を基準に、湾曲率を30%まで増加させた場合の弾性エネルギーを推定することとした。

2.2 跳躍動作の撮影及び50m走タイムの測定

(1) 被験者

被験者は、高校、大学陸上競技部に所属する棒高跳を専門とする男子12名（身長：1.73m ± 0.04m，身体質量：63.50 ± 4.58kg，自己記録：4.74 ± 0.18m）であった（表1）。いずれも計画的にトレーニングを行っている競技者であった。なお、被験者は全員右利きで、上側の握り手は右手であった。

なお、すべての被験者には実験に先立って、本研究の目的、内容および手順について説明を行い、研究の主旨を十分に理解した上で、実験に参加することへの同意を得た。

(2) 実験運動

本研究課題では、全助走（16－18歩）による跳躍を行わせた。実験にはゴムバーを用い、4.40mを開始の高

表1 被験者の身体特性と自己記録

被験者	身長 (m)	身体質量 (kg)	自己最高記録 (m)
A	1.71	59.50	4.40
B	1.67	59.00	4.60
C	1.81	67.00	4.70
D	1.73	67.00	4.60
E	1.74	64.00	4.70
F	1.70	64.00	4.60
G	1.75	64.00	4.70
H	1.75	60.00	4.90
I	1.70	55.50	4.90
J	1.78	73.00	4.90
K	1.74	65.00	5.00
L	1.72	64.00	4.90
Mean	1.73	63.50	4.74
S.D.	0.04	4.58	0.18

さとし、20cm 刻みで 4.80m まで上昇させた。

跳躍開始の高さおよび使用するボールは被験者の任意とし、競技会と同様のルールを用い、指定の高さを3度失敗した時点で実験終了とした。跳躍運動終了後、より高いバーをクリアした試技で、被験者本人の主観的な評価が高かった試技を分析対象試技とし、この試技において使用したボール、グリップ高を調査した。

なお、走能力として、主観的努力度 100%による 50m 走を行わせ、光電管（フィットネスアポロ社製スピードトラップ）を用いて 20m から 50m 区間タイムを測定した。

(3) データ処理

本研究では、ボックスから助走路に向かって 3m 地点から、左側方 30m の地点に SONY 社製デジタルビデオカメラを設置し、跳躍動作の撮影を行った。カメラの撮影速度は 60fps、シャッタースピードは 1/1000s とした。画角は踏切一歩前の足が接地して上側の手がボールを突き放すまでとした。計測点の二次元座標を算出するため、実験前にボックスから助走路に向かって 3m 地点から 7m 地点まで 1m おきに較正マークを設置し撮影した。各被験者について、それぞれ最も高いバーをクリアした試技を分析試技とし選択し、得られた映像からビデオ分析ソフト（DKH 社製、Frame - DIAS IV）を用いて、身体分析点（23 点）、較正点（4 点）をデジタイズし 4 点実長換算法により 2 次元座標を算出した。Wells and Winter (1980) の方法により、分析点の座標成分ごとに実長換算したデータの最適遮断周波数（2 - 6Hz）を決定し、Butterworth low-pass digital filter を用いて平滑化した。平滑化したデータから、阿江ら（1996）の身体部分慣性係数を用いて、身体各部および全身の重心位置を算出した。

(4) 算出項目

算出された身体重心の位置から、踏切における身体重心の平均水平速度を算出した。また、右手部の位置とボックスの底までの距離をボールの弦長とし、この距離が最少となった時点を最大ボール湾曲とした。そして、グリップ高とボール最大湾曲時のボール弦長との差をグリップ高で除することによって最大ボール湾曲率を算出した。

ボール試験機によって得られた弾性エネルギーの実測値とは別に、動作分析の結果から、分析対象試技において使用したボールに蓄えられた弾性エネルギーを 2 つの異なる方法によって算出した。以下、ボール試験機によって得られた弾性エネルギーの実測値との混同を避けるために、算出した弾性エネルギーを弾性エネルギーの算出値と示す。

本研究では、棒高跳びにおける力学的エネルギーについて、以下のような式【1】およびさらに変形した式【2】が成立すると仮定した。

$$\begin{aligned} & \text{ボールに蓄えた弾性エネルギー} + \text{ボール最大湾曲時の} \\ & \text{身体重心の位置エネルギー} \\ & = \text{踏切における身体重心の運動エネルギー} \\ & \quad + \text{踏切離地時における身体の位置エネルギー} \quad \text{【1】} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{ボールに蓄えた弾性エネルギー} = \\ & (\text{踏切における身体重心の運動エネルギー} + \\ & \text{踏切における身体の位置エネルギー}) - \\ & \text{ボール最大湾曲時の身体重心の位置エネルギー} \quad \text{【2】} \end{aligned}$$

なお、本研究では、ボールが最大湾曲を迎える位置を弦が鉛直になった地点、つまり身体重心がボックスの真上に来たときと仮定した。また、このときの頭頂からグリップまでの距離を 0.25m と仮定し、最大湾曲時における片脚および両腕を挙げた姿勢での身体重心位置を身長 67% の位置、踏切足接地中における身体重心位置を身長 55%（阿江・藤井，2002）と仮定とした。そして、この仮定を基に、弦長から腕の長さ（0.25m）および身長 33% 分の長さを減じ、さらにボックスの深さである 0.2m を減じたものを、ボール最大湾曲時の身体重心高とした。さらに、弦長は、グリップ高に最大湾曲率を乗じたものを用いた。

式【2】から、身長、身体質量、踏切における身体重心の速度、弦長（グリップ高および最大湾曲率）の 4 変数から、弾性エネルギーを推定することが可能になる。なお、この 4 変数のうち、動作分析からのみ知ることができる変数は踏切における身体重心の水平速度および弦長である。そこで、まずは、動作分析から得られた実測値により弾性エネルギーを推定した（以下、動作分析による実測値を用いた弾性エネルギーの算出値とする）。

また、動作分析からのみ知ることのできる値を推定す

ることによって、これを基に弾性エネルギーを推定することも試みた。まず、50m 走中の 20m-50m 区間タイムを測定して、これと実際の跳躍における踏切における平均水平速度との差を、20m-50m 区間速度から踏切速度への減速率とした。これを基に踏切における水平速度を推定した。さらに、動作分析の結果から得られた最大湾曲率の被験者全員の平均値をグリップ高に乗ずることで弦長を推定した。これにより、推定値による弾性エネルギーの算出値を算出した。踏切における水平速度の推定値および弦長の推定値による弾性エネルギーの算出値を算出した（以下、推定値を用いた弾性エネルギーの算出値とする）。

2.3 統計処理

弾性エネルギーの実測値に対する推定値を用いた弾性エネルギーの算出値および動作分析による実測値を用いた弾性エネルギーの算出値の精度を、対応のある t 検定および Pearson の積率相関係数を算出しそれをもとに検討した。有意性は危険率 5% 未満で判定した。

3. 結 果

3.1 ポール応力の測定と弾性エネルギーの算出

グリップ位置ごとの 20% 湾曲時におけるポール応力を測定した結果、15f-140lbs のグリップトップにおいて湾曲させた時の力が 57.00kgf と最も低い値を示し、15.7f-180lbs のグリップトップから 30cm の位置において湾曲時の力が 99.00kgf と最も高い値を示した。また、

いずれのポールにおいてもグリップ位置を 5cm ポール下端方向へ変化させる（以下、下げると示す）ごとに応力が 2kgf 増加し、ポールを 10lbs 硬くするごとに応力が 9kgf 増加した。なお、いずれのポールにおいてもグリップ位置の変化にともない応力は直線的に増加した。図 2 は、グリップ位置ごとの 30% 湾曲時におけるポール応力から算出した弾性エネルギーの変化を示したものである。弾性エネルギーの実測値は 15f-140lbs のグリップトップにおいて湾曲させた時が 746.50J と最も低い値を示し、15.7f-180lbs のグリップトップから 30cm の位置において湾曲させた時が 1272.38J と最も高い値を示した。また、いずれのポールにおいてもグリップ位置を 5cm 下げると弾性エネルギーは約 17J 増加し、硬さを 10lbs 硬くするごとに約 120J 増加した。いずれのポールにおいてもグリップ位置の変化にともない弾性エネルギーは直線的に増加していた。本研究では、ポールの応力の測定を 10lbs ごとに行ったが、実際には 5lbs ごとに市販されているために、10lbs ごとに測定した弾性エネルギーの測定結果を基に 5lbs の弾性エネルギーを推定した。そして、その結果、グリップ位置を 5cm 下げると弾性エネルギーは約 17J 増加し、硬さを 5lbs 硬くするごとに約 60J 増加するものとした。

表 2 は、グリップトップからの距離を、ポール下端からグリップまでの長さ（以下、グリップ高）に換算し、そのグリップ高、30% 湾曲させるために必要とされる弾性エネルギー、ポールの硬さとの三者の関係を示した早見表である。

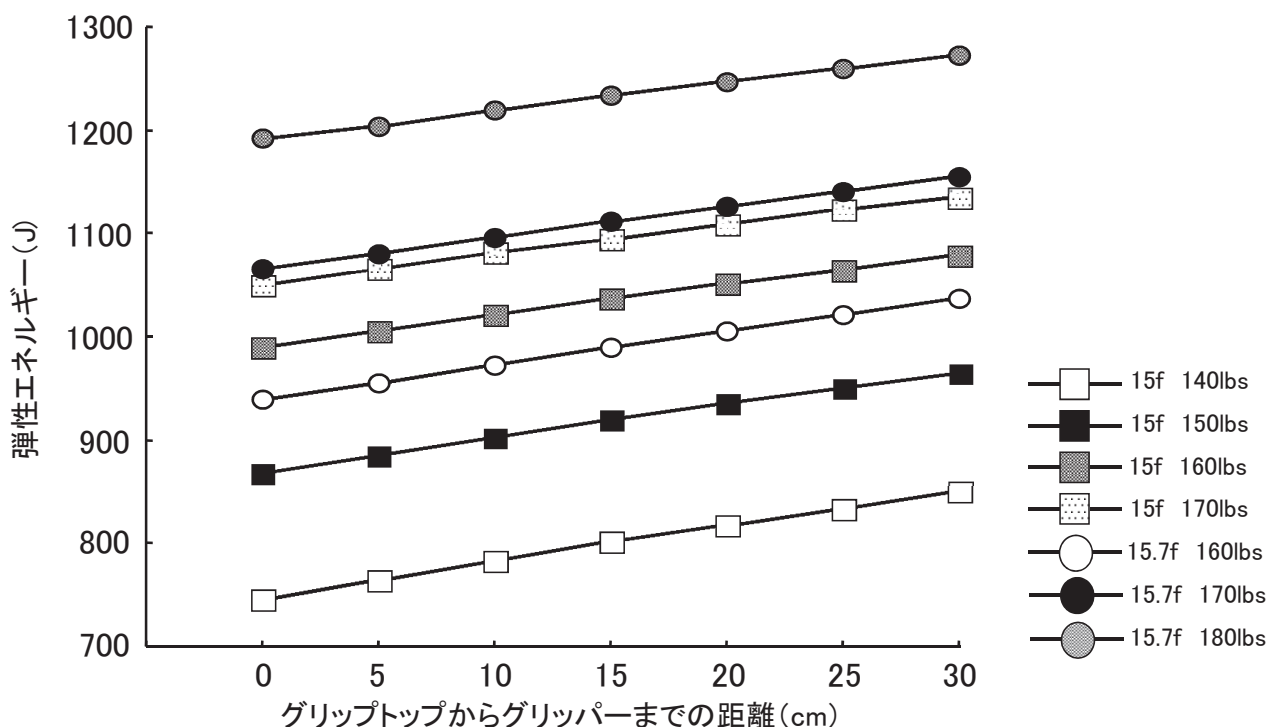


図 2. 30% ポール湾曲時のポール応力から算出した弾性エネルギーの変化

表2 ポール仕様（硬さと長さ）およびグリップ高からみた30%湾曲させるために必要とされる弾性エネルギー

	4.75	4.70	4.65	4.60	4.55	4.50	4.45	4.40	4.35	4.30
1250							15.7-180			
						15.7-180				
					15.7-180					15-175
				15.7-180					15-175	
1200			15.7-180				15.7-175/15-175			
	15.7-180	15.7-180				15.7-175/15-175				15-170
				15.7-175/15-175					15-170	
								15-170		
1150			15.7-175				15.7-170/15-170			
		15.7-175				15.7-170/15-170				15-165
	15.7-175			15.7-170/15-170						
				15.7-170/15-170					15-165	
1100			15.7-170				15.7-165			
		15.7-170				15.7-165	15-165			
										15-160
	15.7-170			15.7-165	15-165			15-160		
1050			15.7-165	15-165			15.7-160/15-160			
						15.7-160/15-160				15-155
		15.7-165			15.7-160/15-160				15-155	
	15.7-165			15.7-160/15-160				15-155		
1000			15.7-160				15-155			
		15.7-160							15-150	15-150
	15.7-160				15-155					
				15-155			15-150			
900						15-150				15-145
	4.75	4.70	4.65	4.60	4.55	4.50	4.45	4.40	4.35	4.30

3.2 実験跳躍における各分析項目の算出結果

表3は、跳躍実験および50m走において測定した各種パラメーターの結果を示したものである。グリップ高は $4.42 \pm 0.11\text{m}$ で、20-50m区間走速度における平均値は $9.33 \pm 0.30\text{m/s}$ であった。踏切における平均水平速度は $7.49 \pm 0.30\text{m/s}$ で、最大ポール湾曲時における弦長の平均値は $3.16 \pm 0.06\text{m}$ で、最大ポール湾曲率は $28.58 \pm 1.51\%$ であった。また、20m-50m区間速度から踏切における平均水平速度への減速率は $-19.73 \pm 2.98\%$ であった。

実験試技において用いたポールのセッティング（硬さとグリップ高）での弾性エネルギーの実測値を表2の早見表から得た結果、 $1014 \pm 113\text{J}$ であった（表4）。また、式【2】によって推定された動作分析による実測値を用いた弾性エネルギーの算出値は、 $1046 \pm 156\text{J}$ であった。さらに、弦長と踏切における水平速度の推定値を用いた弾性エネルギーの算出値は、 $1079 \pm 200\text{J}$ であった。弾性エネルギーの実測値と両算出値とは有意な差は認められず（実測値 vs 動作分析の結果からの弾性エネルギーの算出値； $t=0.988$, N.S., 実測値 vs 踏切における水平速度および弦長の推定値を用いた弾性エネルギーの算出

表 3 各種パラメーターの測定結果

被験者	グリップ高	20m-50m 区間速度 (m/ 秒)	踏切における 平均水平速度 (m/ 秒)	減速率 (%)	ボール弦長 (m)	最大ボール湾曲率 (%)
A	4.45	8.75	6.88	-21.34	3.16	29.0
B	4.50	9.23	7.71	-16.48	3.20	29.0
C	4.45	9.46	7.25	-23.39	3.29	26.0
D	4.40	9.74	7.83	-19.61	3.12	29.0
E	4.40	9.12	7.47	-18.08	3.12	29.0
F	4.45	9.20	7.65	-16.87	3.20	28.0
G	4.60	9.17	7.60	-17.16	3.17	31.0
H	4.60	9.65	7.96	-17.48	3.17	31.0
I	4.30	9.35	7.49	-19.86	3.10	28.0
J	4.30	9.80	7.24	-26.15	3.14	27.0
K	4.30	9.23	7.54	-18.32	3.05	29.0
L	4.30	9.23	7.20	-22.00	3.14	27.0
Mean	4.42	9.33	7.49	-19.73	3.16	28.58
S.D.	0.11	0.30	0.30	2.98	0.06	1.51

表 4 実測した弾性エネルギーおよび二つの異なる方法で推定した弾性エネルギーの比較

被験者	グリップ高 (m)	使用ボール (ft) (lbs)		(1) 使用したボールの 弾性エネルギーの実測値 (J)	(2) 動作分析の結果を用いた 弾性エネルギーの推定値 (J)	(3) 推定値を用いた 弾性エネルギーの推定値 (J)	(1)-(2)	(2)-(3)
A	4.45	15	135	730	706	780	24	-74
B	4.50	15	160	1020	1016	897	4	119
C	4.45	15.7	160	1030	940	1216	90	-276
D	4.40	15	165	1100	1298	1307	-198	-9
E	4.40	15	160	1050	1069	1014	-19	55
F	4.45	15	160	1030	1084	1001	-54	83
G	4.60	15.7	160	990	1106	952	-116	153
H	4.60	15.7	160	990	1205	1063	-215	141
I	4.30	15	145	900	931	973	-31	-41
J	4.30	15	170	1190	1110	1534	80	-424
K	4.30	15	160	1070	1165	1117	-95	48
L	4.30	15	160	1070	922	1089	148	-167
Mean	4.42	15.2	158	1014	1046	1079	-32	-33
S.D.	0.11	0.32	9	113	156	200	112	178

値； $t=-1.742$, N.S.), 弾性エネルギーの実測値と両算出値との間には有意な正の相関関係が認められた（実測値 vs 動作分析の結果からの弾性エネルギーの算出値； $r=0.701$, $p<0.01$, 実測値 vs 踏切における水平速度および弦長の推定値を用いた弾性エネルギーの算出値； $r=0.804$, $p<0.001$).

4. 考察

4.1 早見表の作成とその活用方法

各グリップ位置の変化によるボール応力はいずれのボールにおいてもほぼ直線的に増加した。また、応力に伴い弾性エネルギーも同様に増加した。このことから、ボールの応力は湾曲量にともない直線的に増加する傾向にある（淵本, 1992）という特徴とともに、グリップ高を下げることにしても応力は直線的に増加するという

特徴がみられた。また、当然ではあるが、表記された制限体重が重いほど、ボールの応力が大きな値を示した。一般的に、ボールの切り替えの目安として、広田（1989）は長さを 1f 切り替える場合は 10lbs 下げたボールを選択することを推奨している。これについて、本研究で得られた結果を基に検証する。例えば、15ft-165lbs から 0.7ft 長い 15.7ft に切り替える場合、広田（1989）の目安を基にすると、7lbs 下げたボールを選択することとなる。しかし、市場では 5lbs ごとでしかボールは市販されていないために、今回は 15.7ft-160lbs を選択することと仮定する。そして、15ft-165lbs と 15.7ft-160lbs を 30% 曲げるための弾性エネルギーをみると、15ft-165lbs を 4.55m のグリップ高で使用する場合に必要な弾性エネルギーが約 1050J であるのに対して、15.7ft-160lbs を 4.45 のグリップ高で使用する場合に必要な弾性エネルギーが

約 1030J であり、ほぼ類似した値を示した。したがって、広田 (1989) の示した目安は科学的に妥当であると判断することができる。これに付け加えて、本研究の結果から、15ft から 15.7ft への変更の場合、15ft よりも 10cm 程度低いグリップから使用をし始めることが推奨される。このように本研究において、ボールのセッティング変更の際して、グリップ高の変更の目安も示したことは意義があることと考えられる。

また、表 2 に示したボールセッティングの早見表から同じ長さおよび硬さのボールを使用する際、同じ硬さのボールであればグリップ高を高くした方がより少ない弾性エネルギーで曲げることができること、またはより硬いボールを使用してもグリップ高を上げれば同じ弾性エネルギーで曲げることができることがわかる。つまり、前者のことを考慮すれば、指導の現場において「ボールの立ち具合が悪い」と表現されるようなボールの弦が鉛直まで立っていない状態、言い換えると矢状面上でみて身体重心の頂点がバーの手前にあるときに、弦を鉛直よりも立った状態、言い換えると頂点をバーよりにしようとする場合には、グリップを高くすると「ボールの立ちが良く」なる場合があることを示している。このことは、グリップ高を高くすることによって力点と作用点の距離が長くなることを考えれば当然である。しかし、指導の現場では、グリップを挙げることは多くのエネルギーを必要とするという先入観のために、受け入れられていない場合が多いようである。確かに、先に示した式【1】および【2】を考慮すると、ボールを立たせるためには、ボールを 30% 湾曲させるために必要な弾性エネルギーに加えて、ボールが立った状態での身体の位置エネルギーを獲得する必要がある。グリップ高を高くした場合、同じ湾曲率（本研究では 30%）でボールを曲げれば、グリップ高が低い場合と比較して、ボールが立った状態での身体重心高は高くなるため、必要とされる位置エネルギーが増大し、結果としてグリップ高を挙げたことによって踏切において必要とされる運動エネルギーが増大する可能性もある。この点についての注意が必要であるが、指導の現場ではこの分のエネルギーを過剰に見積もっている可能性が考えられる。

4.2 早見表の他の活用方法

ボールの硬さの変更に伴うグリップ高の調整およびボールの長さの変更に伴うボールの硬さおよびグリップ高の調整に関しては、表 2 に示した早見表をその目安を知るために活用することには意義があるものと考えられる。さらに、別の活用方法として、コントロールテストによる現状の競技的状态を知る手段としての活用方法も考えられる。そのために、【2】式から動作分析によって得られた実測値を用いて弾性エネルギーを推定した。この式では、踏切において身体重心が持つ運動エネルギー

とその時点で身体重心が持つ位置エネルギーとの和が、ボールが曲がることによって蓄えられる弾性エネルギーと、ボールが最大湾曲を迎えて鉛直まで立った状態での身体重心の位置エネルギーとの和と等しいと仮定した。これは、ボールが最大湾曲を迎えて鉛直まで立った状態で、身体の運動エネルギーは 0 になる、つまり身体重心は一旦静止するものと仮定しているが、実際にはボールが最大湾曲を迎えて鉛直まで立った状態でも身体重心は前方方向への速度を有しているものと考えられる。したがって、これを考慮して、全被験者に共通して最大湾曲時に 1m/秒の水平方向の速度を有するものと仮定することは可能であるが、それを 1m/秒にすることの理由を説明することも困難である。そのため、ボールが最大湾曲を迎えた時点で身体の運動エネルギーは 0 になると仮定した。これは、本研究の限界であろう。

また、本研究では、踏切時点で身体のもつ力学的エネルギーのうち、運動エネルギーを算出する際、身体重心の速度として、踏切における平均水平速度を用いた。棒高跳びの踏切では、同じ高さを競う種目である走り高跳びとは異なり、助走で得た水平方向の速度を鉛直方向に変換する仕事を身体が行う必要がなく、それをボールが行う。そのために、棒高跳びの踏切では、踏切角度を大きくして水平方向の速度にブレーキをかけながら、鉛直方向の速度を獲得する必要はなく、如何にロスを少なくしてボールに大きなエネルギーを加えることができるかがポイントとなる。先行研究において、身体重心高と踏切における平均水平速度との間には有意な正の相関関係が認められているのはこのためであろう (Hey, 1967)。このように、棒高跳びの踏切においてボールに蓄える弾性エネルギーに影響を及ぼしているのは、踏切における水平方向の速度であることが推測される。

一方、【2】式に代入する必要がある踏切水平速度やボール弦長は動作分析の結果からしか得ることができず、指導現場において容易に知ることのできない情報である。そのために、測定実験において、50m 走タイムを計測し、そのうちの 20m から 50m までの区間速度から踏切における水平速度への平均減少率を算出することで、20m から 50m までの区間速度から踏切における平均水平速度を推定することができるようにした。その結果、平均減少率は約 20% であった。なお、この方法で踏切における水平速度を推定する際に、その基準を 50m 走速度とせず、あえて 20m から 50m までの区間速度としたことは、50m 走タイムから算出される平均走速度には、スタートからの加速区間におけるタイムが含まれ、これと跳躍種目における踏切速度とは、それぞれを構成する体力的な特徴が異なることが考えられるためである。そこで、推定される弾性エネルギーの精度を高めるために、指導の現場では測定の手間がかかったとしても、踏切速度と同じような要因で構成される局面として 20m から 50m

区間速度を基準とした。

また、弦長についても、算出された最大湾曲率を基に推定することを試みた。その結果、最大ボール湾曲率は $28.58 \pm 1.51\%$ であり、弦長はグリップ高からグリップ高に最大湾曲率（約 30% とする）を乗じたものを減ずること、つまりグリップ高の約 70% と仮定した。なお、本研究において算出された最大湾曲率は先行研究の値と類似した値であった（淵本ら、1992）。

その結果、得られた式は以下である。

$$\begin{aligned} \text{弾性エネルギー} = & \{1/2 \times \text{体重} \times (20\text{m}-50\text{m} \text{ 区間速度} \\ & \times 0.802)^2\} \\ & + \{ \text{身体質量} \times 9.8 \times (\text{身長} \times 0.55) \} \\ & - \{ \text{身体質量} \times 9.8 \times \{ (\text{グリップ高} \times 0.7) - (0.25 + \\ & \text{身長} \times 0.33) - 0.2 \} \} \end{aligned}$$

この式によって得られた弾性エネルギーを、使用ボールの弾性エネルギーの実測値、動作分析による実測値を用いた弾性エネルギーの算出値、および推定値を用いた弾性エネルギーの算出値のそれぞれに分けて示した（表 4）。その結果として、使用ボールの弾性エネルギーの実測値と、動作分析による実測値を用いた弾性エネルギーの算出値、および推定値を用いた弾性エネルギーの算出値とに有意な差は認められなかった。一方で、使用ボールの弾性エネルギーの実測値と、動作分析による実測値を用いた弾性エネルギーの算出値、および推定値を用いた弾性エネルギーの算出値との間に有意な正の相関関係が認められた。これは、使用ボールの弾性エネルギーの実測値を基準として作成した早見表（表 2）を、動作分析による実測値を用いた弾性エネルギーの算出値および推定値を用いた弾性エネルギーの算出値をもとに利用することが可能であることを示している。特に、動作分析を行わなくても現場で容易に知ることのできる値を用いて推定した弾性エネルギーが、弾性エネルギーの実測値との間に大きな誤差なく推定することができたことは意義深い。

なお、動作分析による実測値を用いた弾性エネルギーの算出値が使用ボールの弾性エネルギーの実測値を上回る場合（被験者 C, D, J）は、個人の体力的および身体的特徴からみてより硬いボールを高いグリップ高で利用できる資質があることを示している。また、言い方を変えれば、これは技術的には劣っている可能性のあることを示している。一方で、動作分析による実測値を用いた弾性エネルギーの算出値が使用ボールの弾性エネルギーの実測値を下回る場合（被験者 C, D, J 以外）は、個人の体力的および身体的特徴は劣っているものの、優れた技術でこれをカバーしていると言える。さらに、動作分析による実測値を用いた弾性エネルギーの算出値と、推定値を用いた弾性エネルギーの算出値との差について後者

が前者を上回った場合は、推定された水平速度が実際の水平速度を上回っている、つまり個人の減速率が平均値を上回っているか、個人のボール湾曲率が平均値を上回っているかのどちらかである。なお、これが顕著な被験者 J をみると、最大ボール湾曲率は 27% と平均値と大きな差は認められないものの、減速率は -26.15%（平均値は約 -20%）と平均値を大きく上回った。

このような推定値の誤差を排除しなければ、早見表から得られるボールのセッティングを見誤る可能性があり、弾性エネルギーを個人の身体的および体力的レベルに対して過大に見誤った場合は、より長く硬いボールを高いグリップでの使用を推奨することになるために非常に危険である。一方で、誤差を排除しようとする動作分析が必要となり、指導現場には不向きである。したがって、本研究で示した早見表および式を用いながらも、ボールの硬さ、長さおよびグリップ高の変更には細心の注意が必要であり、極端なセッティングの変更は避ける必要がある。

5. 要約

本研究の目的は、棒高跳びにおける力学的エネルギーからみた適切なボールセッティングを検討することであった。ボール試験器を用いてボールの応力を測定し、これを用いてボールの弾性エネルギーを算出した。さらに、高校、大学陸上競技部に所属する棒高跳を専門とする男子 12 名（身長： $1.73\text{m} \pm 0.04\text{m}$ 、身体質量： $63.50 \pm 4.58\text{kg}$ 、自己記録： $4.74 \pm 0.18\text{m}$ ）を用いて、棒高跳びの跳躍の動作分析を行い、ボールに蓄えられた弾性エネルギーを推定した。

主な結果は以下のとおりである。

1. ボール試験機によって計測した弾性エネルギーの実測値は、グリップ高の変化によってほぼ直線的に変化した。
2. 弾性エネルギーの実測値は $1014 \pm 113\text{J}$ 、動作分析による実測値を用いた弾性エネルギーの算出値は $1079 \pm 200\text{J}$ 、および推定値を用いた弾性エネルギーの算出値は $1046 \pm 156\text{J}$ であり、弾性エネルギーの実測値と動作分析による実測値を用いた弾性エネルギーの算出値および推定値を用いた弾性エネルギーの算出値との間に有意な差は認められなかった。

以上の結果は、ボールのセッティング（硬さ、長さおよびグリップ高）からみたボールを 30% 湾曲させるために必要とされる弾性エネルギーの早見表を作成し、これを基にボールのセッティングの変更を行うことが可能であることを示唆している。また、これらの結果は、身長、身体質量、踏切における身体重心の水平速度、弦長（グリップ高および最大湾曲率）から推定された弾性エネルギーを早見表に当てはめて、選手の身体的および体力的特性からみた適切なボールのセッティングを知るこ

とを可能にした。

参考文献

- 阿江通良・藤井範久 (2002) スポーツバイオメカニクス 20 講. 朝倉書店: 東京 pp.34-43
- 阿江通良 (1996) 日本人幼少年およびアスリートの身体部分係数. *Jpn J Sports Sci.* 15 (3): 155-162
- Dillman, C. J. and Nelson, R. C. (1968) The mechanical energy transformations of pole vaulting with a fiberglass pole. *J. Biomechanics* 1: 175-183
- 淵本隆文・伊藤 章・金子公宥 (1990) 棒高跳のバイオメカニクスの分析—競技会における一流選手の試技について—. *ジャンプ研究: 日本バイオメカニクス学会: 東京*, pp.25-30
- 淵本隆文 (1992) スポーツ用具に注入されるエネルギーを測る—棒高跳ポールの場合—. *Jpn J Sports Sci.* 11 (3): 188-193.
- ダイソン: 金原 勇・渋川侃二・古藤高良訳 (1972) 陸上競技の力学. 大修館書店: 東京, pp.193-208
- Hay, J. G (1967) Pole vaulting: a mechanical analysis of factors influencing pole-bend. *The Res. Quart.*, 38: 34-40.
- 広田哲夫 (1989) 陸上競技入門シリーズ 6・棒高跳. ベースボールマガジン社: 東京
- 村木征人・阿江通良・繁田 進 (1992) 十種競技における棒高跳での重大事故事例検証による安全指導のためのガイドライン試案. *陸上競技研究*, 13 (2): 36-45.
- 高松潤二・阿江通良・飯干 明・藤井範久・金高宏文・結城匡啓・森丘保典 (1997) アジア大会における棒高跳のバイオメカニクスの分析. *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*. 財団法人日本陸上競技連盟: 東京, pp.137-146
- 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ポ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.
- Wells, R. P. and Winter, D. A. (1980) Assessment of signal and noise in the kinematics of normal, pathological and sporting gaits. In. *Human Locomotion I (Proceedings of the first biannual conference of the Canadian Society of Biomechanics)*: 92-93.

児童期の子どもにおける曲走路疾走の特徴

杉本祐太¹⁾, 篠原康男¹⁾, 前田正登²⁾

Curved track sprint characteristics in elementary school children

Yuta SUGIMOTO¹⁾, Yasuo SHINOHARA¹⁾, Masato MAEDA²⁾

Abstract

This study investigated the sprint characteristics of elementary school children when on a curved running track by comparing the sprint motion between 20 elementary school children and 10 university students. The participants performed 50 m sprints on a curved running track with radius 12.5 m (counterclockwise) and on a straight track. Here, the school children were equally divided into those with high and low sprint ability based on straight track sprint times. During both sprints, each participant's motion was videotaped by either two video cameras (elementary school children) or four video cameras (university students). This video footage was subsequently analyzed by the three-dimensional direct linear transformation - method.

The main results are summarized as follows:

- 1) All groups maintained their step frequency when sprinting on the curved track. Both groups of children correctly inclined their body during motion according to their sprinting ability and the centripetal force affecting their center of gravity when sprinting on a curved track.
- 2) The inclined motion of elementary school children sprinting on the curved track was not determined by cornering skill. However, direction change during left foot contact was considered to be determined by cornering skill, and children with superior cornering skill were able to perform correct directional changes during curved track sprints, matching the motion of the university students.

キーワード：曲走路, 疾走動作, 児童期の子ども, 進行方向変更

1. 緒言

走運動は人間の基本的な運動の一つであり、児童期の子どもにあっては「走る」ことはごく日常的に行われている運動である。その走運動には、単に直線的に疾走することばかりではなく、運動会での徒競走やリレー種目においてみられるように、直走路ではない曲走路での疾走が求められることも少なくない。しかも、学校現場では運動場が狭い等の理由から、一般的な陸上競技場の曲

走路と比較するとはるかに急な曲走路での疾走を余儀なくされているのが現状である。曲走路では内傾動作など直走路とは異なる走動作技術が求められることから、発達段階かつ疾走動作が未習熟である児童期の子どもにおいては、急な曲走路での疾走は容易ではないと考えられ、ともすれば疾走中の転倒などにつながる危険性もある。しかし、曲走路での疾走は、主に徒競走やリレー種目などの学校行事に限られることもあり、その疾走の困難さに関わらず直走路での疾走ほど重要視されておらず、また指導上の留意点も明確にあるわけではない。したがって、学校現場でみられる急な曲走路での疾走動作を明らかにすることは、発達段階にある児童期の子どもの曲走路での指導に役立つと考えられる。

児童期の子どもの疾走動作に関する研究は数多く行われており、川本（1987）は疾走能力が高い小学生は回復局面前半での足首の最高点が高く、かつ、より身体に近く引き付けられていると報告している。また、小学生高学年男子児童（5・6年生）の疾走動作を調査した研究（伊藤，1984；1986）では、小学生男子児童は回復局面前半において足首を十分に腰に引き付け、より大きな走りを示すようになると報告している。さらに、優れた疾走能力を持つ小学生男子児童の疾走動作の特徴をみた研究（加藤ほか，2001）では、優れた疾走能力を持つ児童は脚の後方スイング速度が高く、疾走能力の高い成人と一致した特徴を持つことを報告している。このように、児童期の子どもの疾走動作の特徴が明らかになってきているが、これらの研究はすべて直走路での疾走を検討したものであり、曲走路での疾走動作を検討した研究はほとんど見られない。曲走路での疾走は、進行方向を変更し続けることが求められることから、その疾走動作は直走

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

2) 神戸大学 Kobe University
〒657-8501 兵庫県神戸市灘区鶴甲 3-11

路のものとは異なると考えられる。

疾走能力は年齢とともに発達していくことが知られており、宮丸（2002）は6・7歳頃までに基本的な走運動形態が獲得されると報告し、斉藤・伊藤（1995）は、走運動の加齢に伴う発達が①下肢長の増加に伴ってストライドが増加するという形態的な発達と②下肢長が増加しても同じピッチを維持するという機能的な発達があることを報告している。また、小学生男子児童と成人男性の直走路での疾走動作を比較した研究（山田ほか，2010）によれば、児童は成人男性と比較して、足部が体幹のより前方で接地し、さらに接地直後に股関節が一時的に屈曲するといった特徴を持つと報告している。以上のように、児童期の子どもでも成人に近い走運動を行うことが可能であるが、動作に習熟している成人と比較すると下肢長によるストライドの差や、接地時の動作など明らかな違いが認められている。成人男性の陸上競技選手の曲走路疾走に関する研究（勝俣ほか，1975；1976；加藤ほか，1987；1989；横川，1976；加賀・高戸，1992；石村・桜井，2011）はいくつかみられるが、疾走動作が未習熟な児童期の子どもでは、曲走路疾走においても成人とは異なる特徴を有すると考えられる。つまり児童期の子どもの曲走路での疾走動作の特徴は、成人によるそれとの比較、さらには直走路疾走との比較から得ることができると考えられる。

本研究では、直走路疾走と曲走路疾走の比較および小学生男子児童と成人である大学生男子の疾走動作の比較から、発達段階である児童期の子どもにおける曲走路疾走動作の特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 方 法

(1) 被験者

被験者は全力疾走に支障のない健常な小学生5、6年生の男子児童20名および健常な一般の男子大学生10名とした。児童は直走路での50m疾走タイムから上位群（ $n=10$ ）および下位群（ $n=10$ ）に分けた。被験者群をそれぞれ児童上位群、児童下位群および大学生群とし、その身長、体重および直走路での50m疾走タイムを表1に示す。なお本研究は、神戸大学大学院人間発達環境学研究科研究倫理委員会の承認を得て行われた。

表 1. 被験者の身長、体重および 50m 疾走タイム

	身長 (cm)	体重 (kg)	50m 疾走タイム (s)
児童上位群 ($n=10$)	143.6 ± 7.4	34.4 ± 5.3	8.51 ± 0.17
児童下位群 ($n=10$)	137.9 ± 5.6	36.9 ± 14.3	9.91 ± 0.44
大学生群 ($n=10$)	170.4 ± 6.1	63.1 ± 5.1	6.75 ± 0.23
身長：大学生群>児童上位群，児童下位群 ($p<0.01$)			
体重：大学生群>児童上位群，児童下位群 ($p<0.01$)			
50m 疾走タイム：大学生群>児童上位群>児童下位群 ($p<0.01$)			

(2) 実験試技

本研究では、曲走路（曲率半径 12.5m）および直走路での疾走を各試技1本ずつ行わせた。曲走路での疾走は、曲走路外側に大きくふくらまないよう指示した。各試技の疾走距離は 50m であるが、曲走路は直走路部分 10m に続き、曲走路部分 39.25m と最終の直走路部分 0.75m の計 50m となっている。また試技は、全被験者共通して曲走路、直走路の順に行わせた。さらに、疲労の影響が出ないように試技間には十分な休息を取らせた。なお、児童対象と大学生対象の実験は日を分けて行った。

(3) 撮影方法

試技の撮影には、曲走路および直走路疾走とも完全に同期された2台のビデオカメラ（XC-009:SONY）を用い、疾走している被験者の左斜め前方および左斜め後方から毎秒 60 コマの撮影速度、シャッタースピード 250 分の 1 秒で疾走動作を撮影した。なお、大学生を対象とした撮影には、被験者の右前方1台および右後方1台のビデオカメラを配置し計4台で撮影した。撮影範囲として、曲走路は曲走路の頂上付近の 10m 区間で曲走路のレーン幅 1.2m の範囲をカバーできるように（図1）、また、直走路はスタートラインから 20m ～ 30m 区間の 10m 間でレーン幅 1.2m の範囲をカバーできるように設定した。

撮影された画像から、走動作2サイクル（連続した4歩）とその前後 10 コマの身体 21 測定点（頭頂、頭中心、胸骨上縁、左右肩峰、左右肘関節中心、左右手関節中心、左右第三中手指関節、左右大転子、左右膝関節中心、左右足関節中心、左右つま先、左右踵骨隆起）を、三次元動作解析ソフト（Frame-DIAS IV, DKH 社）を用いてデジタイズを行った。これらの座標値から3次元 DLT 法

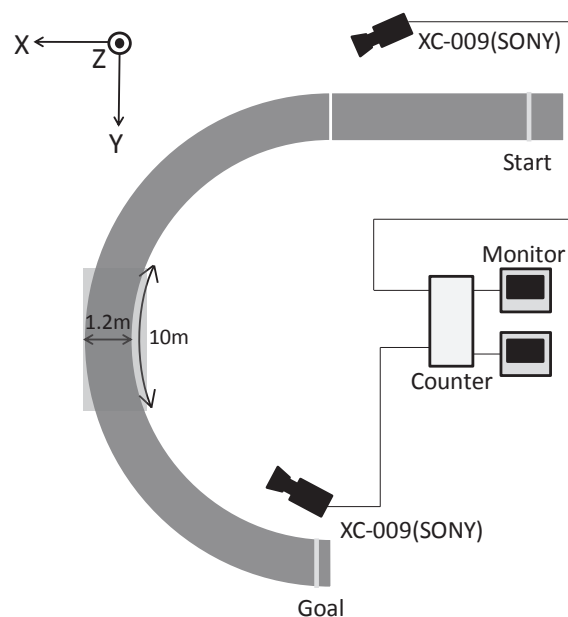


図 1. 曲走路の撮影範囲

により、実空間座標における身体各部および身体重心の位置座標を算出した。身体重心の位置座標算出に必要な身体部分慣性係数は、児童については横井（1986）が報告した日本人幼少年の値を、大学生は阿江（1996）が報告した日本人アスリートの値をそれぞれ用いた。なお、3次元実座標構築に必要なキャリブレーションボールは、直走路は、撮影区間進行方向に2m間隔、左右方向に0.5m間隔の計18本、曲走路は、撮影区間の曲走路に沿って2m間隔、左右方向に0.5m間隔で、計18本をそれぞれ設置した。本実験における実測値とDLT法による推定値との誤差は、児童での実験においては、曲走路ではX軸（左右）方向が0.98cm、Y軸（前後）方向が0.92cm、Z軸（鉛直）方向が0.98cmであり、直走路ではX軸（左右）方向が0.99cm、Y軸（前後）方向が0.87cm、Z軸（鉛直）方向が0.82cmであった。大学生の実験においては、曲走路、直走路ともX軸（左右）方向が1.19cm、Y軸（前後）方向が2.07cm、Z軸（鉛直）方向が0.69cmであった。

（4）分析項目

遮断周波数6Hzでのバターワース法によるデータの平滑化処理を行った後、児童上位群、児童下位群および大学生群それぞれで以下の分析項目を算出した。また本研究では、児童上位群および大学生群それぞれの群内での曲走路疾走の技術を検討するために、両群それぞれで相対疾走速度（左右の平均値）が高い被験者をskilled群（5名）、低い被験者をpoor群（5名）として、各分析項目の値を算出した。

疾走速度：左足離地時（右足離地時）の合成身体重心速度を左疾走速度（右疾走速度）と定義した。

ストライド：左足離地時（右足離地時）の左足のつま先（右足のつま先）から右足接地時（左足接地時）の右足のつま先（左足のつま先）までの距離の、疾走2サイクル（各足2歩分）における平均値を左ストライド（右ストライド）と定義した。

ピッチ：左足接地（右足接地）から次の左足接地（右足接地）までかかる時間の逆数の1/2を左ピッチ（右ピッチ）と定義し、疾走2サイクル（各足2歩分）における平均値をそれぞれ算出した。

相対値：曲走路での疾走速度およびストライド、ピッチについてそれぞれ直走路での値を100%とした時の相対値を左右それぞれ算出した。

接地時間および滞空時間：左足（右足）が地面に接地してから離地するまでの時間を左接地時間（右接地時間）、左足離地時（右足離地時）から右足接地時（左足接地時）までの時間を左滞空時間（右滞空時間）と定義し、映像のコマ数からそれぞれ算出した。

内傾角度：左つま先（右つま先）と身体重心を結ぶ線とZ軸（上下方向）とがなす角で、左つま先（右つま先）

が接地中に重心の真下に来た時点の角度を左（右）内傾角度としてそれぞれ求めた。なお、接地中に身体重心と各つま先の距離が最小になった時を各つま先が重心の真下に来た時点とした。

接地中の進行方向変更角度：水平面（XY平面）での身体重心速度ベクトル（XY成分の合成ベクトル）の方向の時間変化を算出し、左足（右足）接地時と左足（右足）離地時の差分を左足（右足）接地中の進行方向変更角度としてそれぞれ算出した。

（5）統計分析

各分析項目の3群間の比較には一元配置分散分析を用いた。分散分析で有意差が認められた項目に関してはTukey-Kramer法を用いて多重比較検定を行った。また、各群内での各分析項目の左右間、試技間の有意差の検定には対応のあるt検定を、各群内のskilled群とpoor群の各分析項目の有意差の検定には対応の無いt検定をそれぞれ用いた。なお、本研究における統計処理の有意水準はすべて5%未満とした。

3. 結 果

（1）疾走速度、ストライドおよびピッチ

児童群と大学生群の疾走速度、ストライドおよびピッチを図2に示す。

曲走路での疾走速度は左右とも大学生、児童上位群、児童下位群の順で高く、直走路での疾走速度も同様であった。試技間についてみると、全群で曲走路の疾走速度が直走路のものより有意に遅かった。左右差についてみると、児童上位群の曲走路および直走路、児童下位群の直走路での左疾走速度が右疾走速度よりも有意に高かった。

曲走路でのストライドは、大学生群の左ストライドが児童両群よりも有意に大きく、右ストライドは児童下位群よりも有意に大きかった。直走路でのストライドは左右とも大学生群が児童の両群よりも有意に大きく、児童上位群の右ストライドは児童下位群よりも有意に大きかった。試技間についてみると、児童上位群および大学生群の曲走路での左右のストライドは直走路のものより有意に小さく、児童下位群は左ストライドのみ有意に小さかった。ストライドの左右差はすべての群でみられなかった。

曲走路でのピッチは左右とも大学生群が児童両群よりも有意に高く、直走路でのピッチも同様であった。試技間についてみると、全群で曲走路と直走路で有意な差は認められなかった。また、ピッチの左右差もすべての群で認められなかった。

（2）疾走速度、ストライドおよびピッチの相対値

児童群と大学生群の疾走速度、ストライドおよびピッ

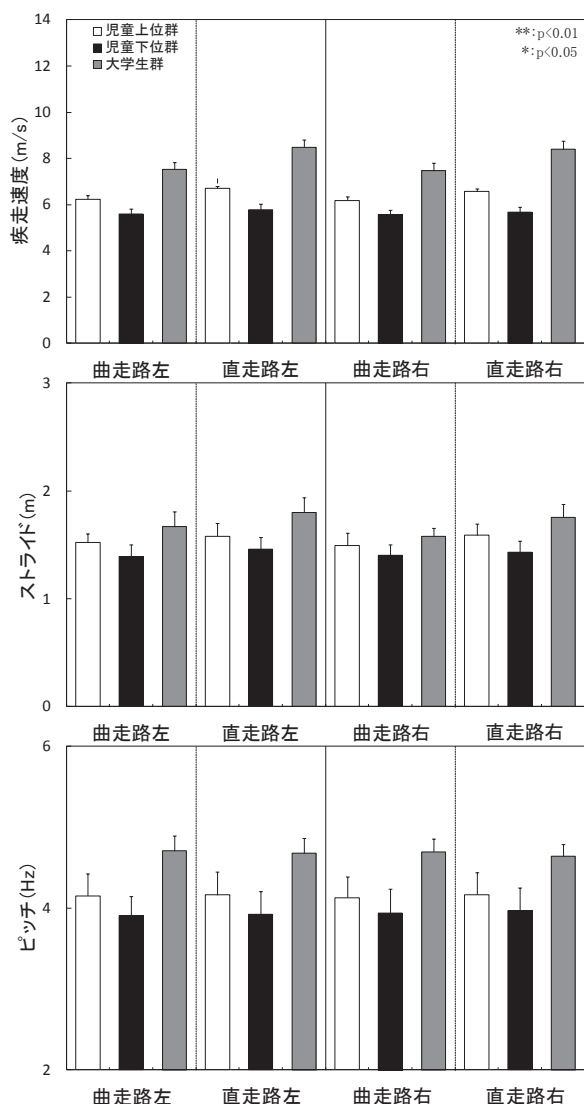


図 2. 疾走速度, ストライドおよびピッチ

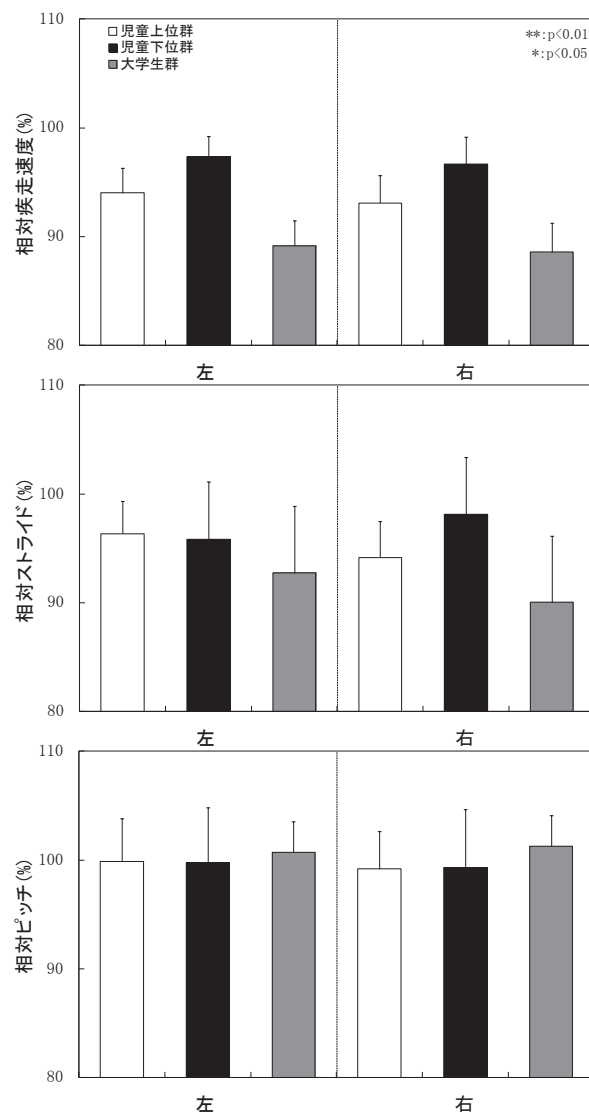


図 3. 相対疾走速度, 相対ピッチおよび相対ストライド

チの相対値を図 3 に示す。

相対疾走速度は左右とも児童下位群, 児童上位群, 大学生の順で高かった。相対ストライドは大学生群の右が児童下位群よりも有意に低かった。相対ピッチは全群で有意な差が認められなかった。

(3) 接地時間および滞空時間

児童群と大学生群の接地時間および滞空時間を図 4 に示す。

接地時間は、曲走路では、右接地時間は直走路と同様であったが、左接地時間は群間で有意な差が認められなかった。直走路では児童上位群および大学生群の左右の接地時間が児童下位群よりも有意に短かった。試技間についてみると、児童上位群は曲走路では直走路よりも左接地時間のみ有意に増加し、大学生群は左右の接地時間が有意に増加した。児童下位群は変化が認められなかった。接地時間の左右差はすべての群で認められなかった。

滞空時間は、曲走路では左右とも大学生群が児童両群よりも有意に短かった。直走路では大学生群の右滞空時間が児童両群よりも有意に短かった。試技間についてみると、大学生群および児童上位群において、右滞空時間が曲走路では直走路よりも有意に減少した。滞空時間の左右差はすべての群で認められなかった。

(4) 曲走路疾走における内傾角度

児童群と大学生群の曲走路疾走時の内傾角度を図 5 に示す。

内傾角度は左右とも大学生, 児童上位群, 児童下位群の順で大きかった。また、全群で左よりも右内傾角度が大きかった。

(5) 曲走路疾走における接地期の進行方向変更角度

児童群と大学生群の曲走路疾走時の接地期の進行方向変更角度を図 6 に示す。

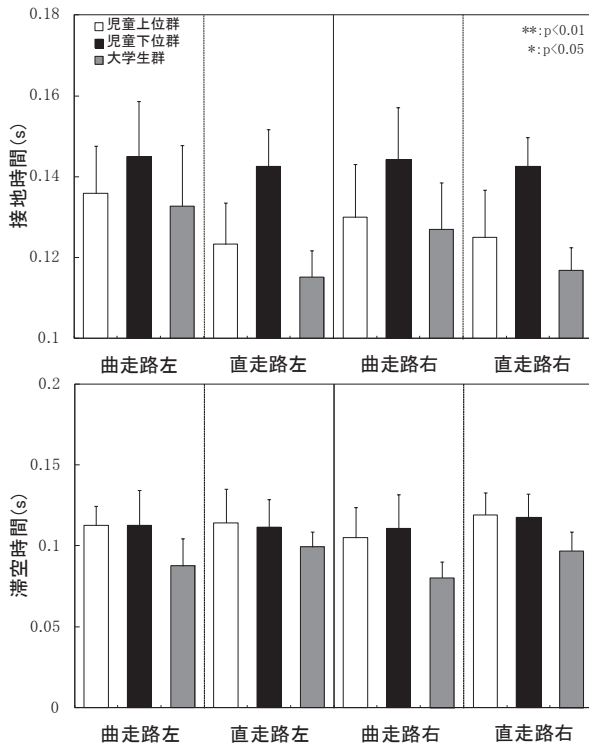


図4. 接地時間および滞空時間

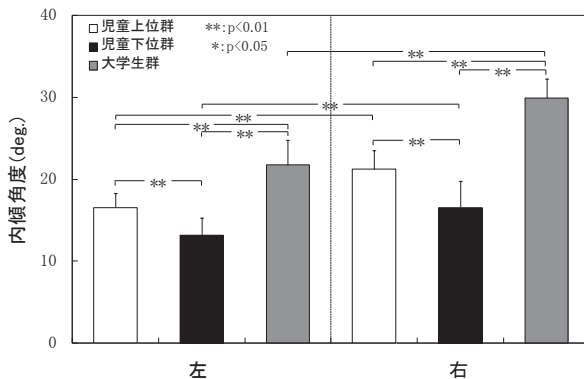


図5. 内傾角度

児童（上位群）の左足接地中の進行方向変更角度は、大学生群より有意に大きかった。

(6) skilled 群と poor 群の曲走路疾走における各分析項目値

児童上位群における skilled 群と poor 群の各分析項目の値を表 2-1 に、大学生群における skilled 群と poor 群の各分析項目の値を表 2-2 に、それぞれ示す。相対疾走速度（左右の平均値）は、両群とも skilled 群が poor 群よりも有意に大きかったが、直走路での疾走速度、ストライドおよびピッチは両群の skilled 群と poor 群の間で有意差は認められなかった。また、曲走路での左疾走速度および右疾走速度は、児童上位群では skilled 群が有

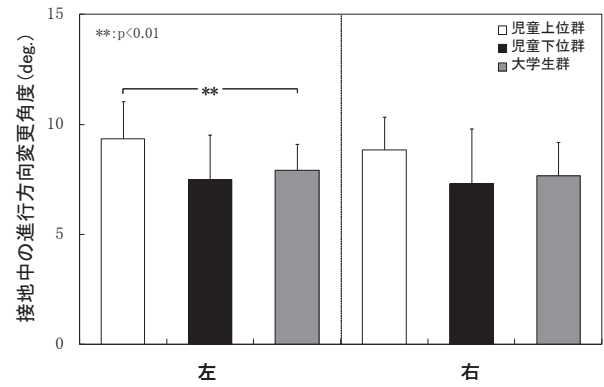


図6. 接地中の進行方向変更角度

表 2-1. 児童上位群の skilled 群と poor 群の各分析項目の値

	skilled 群 (n=5)	poor 群 (n=5)	
相対疾走速度 (%)	95.5 ± 1.1	91.8 ± 1.6	** : s > p
直走路左疾走速度 (m/s)	6.65 ± 0.11	6.77 ± 0.08	
直走路右疾走速度 (m/s)	6.54 ± 0.11	6.58 ± 0.13	
直走路左ストライド (m)	1.57 ± 0.12	1.59 ± 0.13	
直走路右ストライド (m)	1.58 ± 0.09	1.60 ± 0.13	
直走路左ピッチ (Hz)	4.12 ± 0.28	4.20 ± 0.33	
直走路右ピッチ (Hz)	4.15 ± 0.27	4.18 ± 0.30	
曲走路左疾走速度 (m/s)	6.32 ± 0.10	6.17 ± 0.12	* : s > p
曲走路右疾走速度 (m/s)	6.27 ± 0.11	6.09 ± 0.11	* : s > p
曲走路左ストライド (m)	1.53 ± 0.09	1.51 ± 0.09	
曲走路右ストライド (m)	1.50 ± 0.11	1.49 ± 0.13	
ストライド左右差 (m)	0.02 ± 0.05	0.02 ± 0.07	
曲走路左ピッチ (Hz)	4.19 ± 0.27	4.11 ± 0.30	
曲走路右ピッチ (Hz)	4.18 ± 0.26	4.08 ± 0.28	
左内傾角度 (deg.)	17.2 ± 0.9	15.9 ± 2.3	
右内傾角度 (deg.)	22.9 ± 2.3	20.6 ± 2.3	
左足接地中の進行方向変更角度 (deg.)	8.62 ± 1.42	10.09 ± 1.74	
右足接地中の進行方向変更角度 (deg.)	8.70 ± 0.88	8.98 ± 2.07	

* : p > 0.05, ** : p > 0.01

表 2-2. 大学生群の skilled 群と poor 群の各分析項目の値

	skilled 群 (n=5)	poor 群 (n=5)	
相対疾走速度 (%)	90.9 ± 1.3	86.9 ± 1.2	** : s > p
直走路左疾走速度 (m/s)	8.44 ± 0.30	8.53 ± 0.40	
直走路右疾走速度 (m/s)	8.35 ± 0.35	8.45 ± 0.41	
直走路左ストライド (m)	1.78 ± 0.07	1.82 ± 0.19	
直走路右ストライド (m)	1.74 ± 0.12	1.77 ± 0.13	
直走路左ピッチ (Hz)	4.70 ± 0.20	4.66 ± 0.19	
直走路右ピッチ (Hz)	4.66 ± 0.18	4.62 ± 0.13	
曲走路左疾走速度 (m/s)	7.63 ± 0.20	7.41 ± 0.40	
曲走路右疾走速度 (m/s)	7.62 ± 0.24	7.33 ± 0.38	
曲走路左ストライド (m)	1.62 ± 0.14	1.71 ± 0.13	
曲走路右ストライド (m)	1.63 ± 0.03	1.52 ± 0.08	* : s > p
ストライド左右差 (m)	-0.01 ± 0.15	0.20 ± 0.12	* : s < p
曲走路左ピッチ (Hz)	4.79 ± 0.22	4.62 ± 0.11	
曲走路右ピッチ (Hz)	4.72 ± 0.19	4.67 ± 0.14	
左内傾角度 (deg.)	24.2 ± 1.5	19.3 ± 2.0	* : s > p
右内傾角度 (deg.)	30.0 ± 3.1	29.9 ± 1.7	
左足接地中の進行方向変更角度 (deg.)	7.99 ± 1.61	7.89 ± 1.45	
右足接地中の進行方向変更角度 (deg.)	7.89 ± 1.45	7.44 ± 1.73	

* : p > 0.05, ** : p > 0.01

意に高く、右ストライドは、大学生群では skilled 群が有意に大きかった (図 7)。そのほか、曲走路でのストライドの左右差は、大学生群では skilled 群が有意に小さく (図 8)、左内傾角度は、大学生群では skilled 群が有意に大きかった (図 9)。

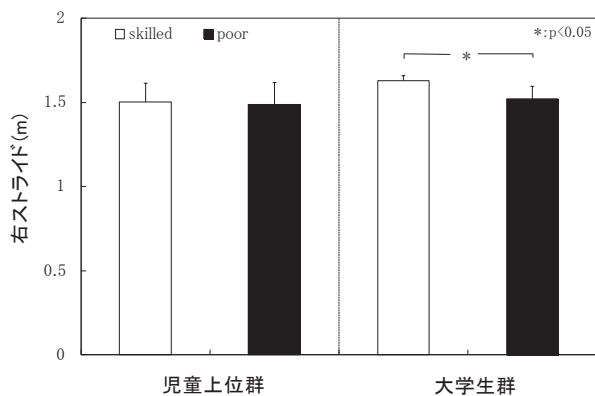


図 7. 右ストライド

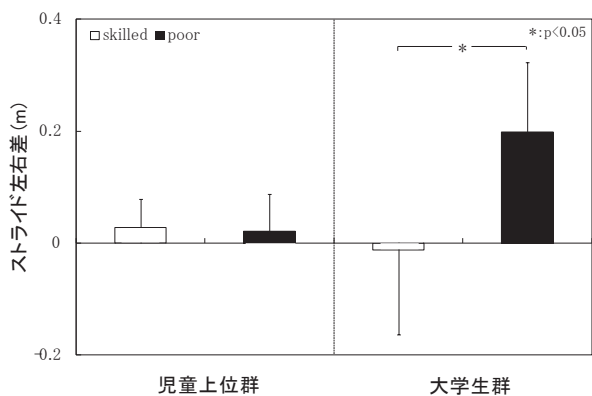


図 8. ストライドの左右差

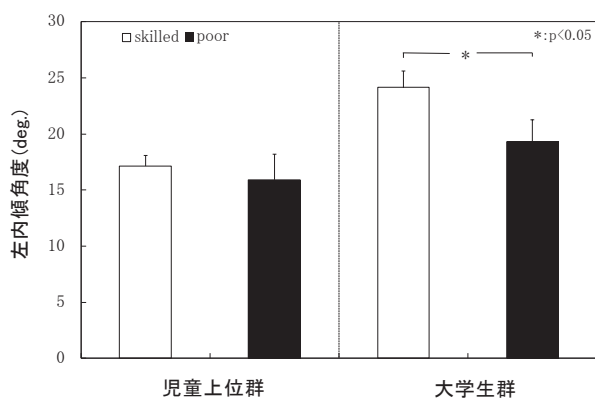


図 9. 左内傾角度

4. 考 察

(1) 児童期の子どもの曲走路疾走の特徴

曲走路疾走時には、身体を曲走路内側に内傾させることで遠心力に抗しながら疾走することが求められる。本研究ではすべての群の被験者で曲走路疾走時に内傾動作がみられ、その角度は左右とも大学生、児童（上位群）、児童（下位群）の順に大きくなっていった (図 5)。遠心力は、

$$F = \frac{mV^2}{R} \quad (m: \text{質量}, V: \text{疾走速度}, R: \text{曲走路の半径}) \cdots \textcircled{1}$$

で表されるので、疾走速度が高い被験者ほど曲走路疾走時により大きな遠心力が作用し、曲走路を疾走するにはその遠心力に応じた内傾動作が必要になる。つまり、疾走速度が低い児童群では大学生ほどの内傾動作を必要としなかったと考えられる。また、児童上位群と下位群の内傾角度の違いから、走運動に熟練しているとは言えない児童期の子どもであっても、作用する遠心力に応じた内傾角度で疾走していることがわかった。さらに、内傾角度はすべての群で左よりも右の角度が大きい結果になったが、これは曲走路疾走において、曲走路の外側となる右足が内側となる左足よりも、身体重心の外側に接地しているからであろうと考えられる。

曲走路での疾走速度は、いずれの群で直走路疾走時のものより有意に低かった (図 2)。この時、ストライドおよびピッチの変化をみると、すべての群においてピッチは直走路疾走から曲走路疾走にかけて変化はみられなかったが、ストライドは有意に減少していた。したがって、曲走路での疾走速度の低下は主にストライドの減少によるものであり、また、児童群も大学生と同様にストライドは減少させながらもピッチは維持することで曲走路の疾走に対応していたことが分かった。

曲走路疾走時の動作の左右差について着目すると、すべての群においてピッチおよびストライドに左右の差は認められなかった (図 2)。しかし、大学生群においては、左ストライドが右ストライドよりも 30cm (右ストライドの 120%) 以上長い被験者もあり、ストライドの左右差は個人差が著しく大きかった。勝俣ほか (1976) によれば、曲走路疾走においては、遊脚期の右脚は膝を内側前方へ大きく動かしており、右脚の動作範囲は大きいと言う。本研究の大学生は、児童群よりも内傾動作が大きく曲走路内側に体が傾いており (図 5)、それに伴い骨盤も大きく曲走路内側に傾いているものと考えられる。そして、骨盤が曲走路内側に大きく傾いたままで曲走路に沿って疾走するために、曲走路外側の右脚は遊脚期には膝を内側前方へ大きく動かしているものとみられ、そのことがストライドの左右差の要因となっているのではないかと考えられる。他方、児童群ではストライドの左右差が最も大きい被験者でも 10cm 程度 (右ストライド

の107%)であり、大学生群ほど左右差が顕著に大きい被験者はみられなかった。児童群では、疾走速度が低く大学生ほどの内傾動作が必要ではないことから、遊脚期における脚の動作に大学生群ほどの左右差はないものと考えられ、そのことが大学生のような顕著なストライドの左右差が表れなかった原因ではないかと考えられる。

図2の疾走速度の左右差についてみると、児童上位群および児童下位群では、直走路において疾走速度の左右差が認められた。したがって児童群では、わずかながら、疾走速度に元々左右差があったことになるが、児童下位群では、曲走路で疾走速度の左右差がみられなくなっていた。これは、児童下位群の曲走路疾走では、左疾走速度の低下が右疾走速度の低下よりも大きかったためであると考えられる。加賀・高戸(1992)は、曲走路では求心力を発揮するために接地中は右方向(曲走路外側)への力発揮がみられ、その右方向への力発揮は左足接地中が右足接地中よりも大きいと報告していることから、本研究の下位群児童も曲走路疾走時の左足接地中の右方向への力発揮が右足接地時よりも大きかったと推察される。したがって、下位群は左足接地中の右方向への力発揮が大きくなることで、疾走速度獲得に必要な進行方向への力積の減少が右足接地中よりも大きくなり、元々あった疾走速度の左右差が曲走路では小さくなったのではないかと考えられる。他方、上位群の児童は曲走路でも疾走速度の左右差が認められていた。児童上位群の曲走路では、直走路疾走時よりも左接地時間のみが有意に増加している(図4)ことから、曲走路疾走時の左足は、直走路疾走時よりも地面への力発揮は長い時間行っているものと推察される。陸上競技短距離走選手を対象とした石村・桜井(2011)の報告によれば、曲走路疾走時には左疾走速度が右疾走速度よりも有意に高く、それは左足接地時間が右足接地時間よりも長く、かつ、左足接地中に獲得される進行方向成分の力積が右足接地中のものよりも大きいことが要因であるという。本研究の児童上位群も児童下位群と同様、右方向への力発揮が大きくなっていったと考えられるが、接地時間が増加した分、左足接地中に右足接地中よりも大きな進行方向への力積を得、そのことが曲走路においても疾走速度に左右差がみられた要因であると考えられる。

曲走路での疾走は直走路での疾走と異なり、曲走路に沿って走るためには常に進行方向を少しずつ変えながら疾走しなければならない。図6の結果からも曲走路疾走時には曲走路に沿って進行していることが窺える。接地中の進行方向変更角度を各群間で比較すると、児童下位群と大学生群では同程度の値を示し、児童上位群と大学生群では、児童上位群の左足接地中の進行方向変更角度が大学生群のものよりも有意に大きい結果であった(図6)。曲走路疾走時のストライドは大学生群が児童群よりも有意に大きいことから、同じ区間の曲走路を疾走する

際の必要歩数は、大学生群が児童群よりも少ないことになる。したがって、1歩あたりの進行方向変更角度は大学生群が児童群よりも大きくなるはずであるが、本研究では逆の結果が認められた。これには大学生群と児童上位群の疾走速度の違いに伴う内傾動作の大小が関係していると考えられる。鈴木・阿江(2010)によれば、できるだけ疾走速度を維持しながら身体重心速度の方向を変えるには、進行していこうとする方向とは反対方向に地面反力の成分を大きくする必要があり、そのためには身体を進行していこうとする側に傾けることが重要であるという。つまり、疾走速度の高い大学生群は、その速度に合った大きさの内傾動作により進行方向(身体重心速度の向き)を変えながら曲走路を疾走しているのに対し、児童上位群は、大学生群よりも疾走速度が低いために内傾角度が小さく疾走時の姿勢が直立位に近くなっていたと考えられる。曲走路疾走では求心力を発揮するために右方向(曲走路外側)への力発揮がみられる(加賀・高戸, 1992)と報告されており、また堀川・藤原(2012)は、方向変更角度が増加すると進行しようとする方向と反対方向(本研究では曲走路外側方向)への力発揮が大きくなると報告している。このように、児童上位群は内傾動作を行うことなく、接地中に右方向(曲走路外側)への力発揮を大きくすることで、1歩ごとに大きな進行方向の変更を行いながら曲走路を疾走していたのではないかと推察される。

以上のことから、児童期の子どもの曲走路疾走の特徴についてまとめると、曲走路での疾走速度の違いから、児童期の子どもでは大学生ほど内傾動作は大きくないが、大学生と同様に直走路疾走でのピッチを維持することで曲走路疾走に対応していることがわかった。また、児童期の子どもでは接地中の進行方向の変化が大学生群よりも大きくなっていったが、これは内傾動作を大きくすることなく一歩ごとに大きく進行方向を変更しながら曲走路疾走がなされていたからではないかと考えられた。

(2) 曲走路疾走の巧拙にみる児童期の子どもの特徴

図2および図3からわかるように、直走路の疾走速度が高い大学生群は、相対疾走速度が児童上位群よりも低かった。これは、直走路での疾走速度が高いと、曲走路での疾走速度の低下が大きいことを示している。しかし、各群のskilled群とpoor群の間では、直走路の疾走速度に有意差はなく(表2-1および表2-2)、群内のskilled群とpoor群の相対疾走速度の差に、直走路での疾走速度が与える影響は小さいと考えられる。したがって、群内のskilled群とpoor群の相対疾走速度の差を曲走路疾走の技術の差とみなして、skilled群とpoor群との比較から、児童期の子どもの曲走路疾走の巧拙について、以下に検討していく。

大学生群では、曲走路の右ストライドはskilled群が

有意に大きく（表 2-2 および図 7）、かつ、ストライドの左右差は skilled 群が有意に小さかった（表 2-2 および図 8）。前述したように大学生群は内傾動作が大きいいため右ストライドが獲得しにくいと考えられるが、本研究の結果からは、曲走路疾走に優れている大学生は、大きな内傾動作でありながらも右ストライドを獲得し曲走路での左右差を少なくして疾走していると考えられる。さらに左内傾角度についてみると、大学生群では skilled 群が有意に大きかった（表 2-2 および図 9）。疾走速度が高い大学生ではより大きな遠心力が身体重心に作用し、その分内傾角度を大きくする動作が一層必要となることから、曲走路疾走においてできる限り疾走速度を低下させることなく、かつ、その速度にみあった内傾動作を行うことは、児童よりも困難なことであると考えられる。したがって、より高い疾走速度で疾走するためには、その疾走速度にみあった内傾動作を行えることが曲走路疾走の動作技術となると考えられる。他方、児童上位群では、skilled 群と poor 群でストライドの左右差および左内傾角度に有意差は認められなかった（表 2-1、図 8 および 9）。児童上位群は、大学生群と比較して直走路での疾走速度が低く、曲走路での疾走速度の低下も少ない。そのため、児童上位群では、ストライドの左右差を少なくすることや内傾角度といった要因が、曲走路の疾走技術に求められなかったと考えられる。

図 6 に示したとおり、児童上位群は大学生群よりも左足接地中の進行方向変更角度が大きいことがわかっていいる。その左足接地中の進行方向変更角度をみると、児童上位群では、有意な差ではないものの poor 群が大きい値を示した（表 2-1）。前述したように児童上位群は、内傾動作を大きくすることなく、曲走路外側への力発揮を大きくし進行方向を変更していたと考えられる。進行方向変更角度が大きい児童上位群の poor 群は、左足接地中にその傾向が強い可能性があり、そのため進行方向への力積の減少が大きくなり、曲走路疾走での疾走速度が獲得できなかったのではないかと推察される。

以上のことから、疾走速度が低い児童期の子どもは、成人と比較して曲走路での速度低下が少ないだけでなく、曲走路疾走に求められる技術が異なることがわかった。児童期の子どもの曲走路疾走の巧拙は、ストライドの左右差や内傾角度の大小が影響するのではなく、曲走路外側への力発揮を過度に大きくすることなく、進行方向への疾走速度を獲得できるかどうかに関わっている可能性があるといえる。

5. 総 括

本研究では小学生男子児童と大学生の比較から、児童期の子どもの曲走路疾走時の疾走動作の特徴を明らかにすることを目的とした。20 名の小学生男子児童（上位群 10 名、下位群 10 名）と男子大学生 10 名を対象に、

曲走路（曲率半径 12.5m）と直走路（いずれも 50m）のそれぞれを用いて全力疾走を行わせ、その疾走動作を複数のビデオカメラで撮影し、3 次元動作分析を行った。

その結果、児童群も大学生群と同様にストライドは低下させながらもピッチを維持することで曲走路を疾走していることがわかった。また、内傾動作を大きくすることなく 1 歩ごとの進行方向を大きく変更することにより曲走路を疾走していることがわかった。さらに曲走路疾走の巧拙という観点からみると、成人よりも疾走速度が低い児童期の子どもの曲走路疾走の巧拙には、ストライドの左右差や内傾動作の大小は大きく影響しておらず、曲走路外側への力発揮を大きくし過ぎることなく、疾走速度を獲得できるかどうか曲走路疾走の巧拙に大きく関わっているといえる。

以上の結果をまとめると、児童期の子どもの曲走路疾走の指導においては、内傾動作は無理なく自然に行える範囲で良いものと考えられ、その程度の内傾動作をしながら曲走路外側への力発揮を過度に大きくすることなく曲走路に沿って疾走することが児童期の子どもの曲走路疾走に求められるものと考えられる。

文献

- 阿江通良（1996）日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数, Jpn. J. Sports. Science 15 : 155-162.
- 堀川麻那・藤原素子（2012）サイドステップからの素早い走方向変更動作, 奈良女子大学スポーツ科学研究 14 : 13-23.
- 伊藤宏（1984）小学校 5 年生における走運動の分析, 静岡大学教育学部研究報告. 自然科学篇 35 : 67-75.
- 伊藤宏（1986）小学校 6 年生における走運動の分析, 静岡大学教育学部研究報告. 自然科学篇 36 : 9-17.
- 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.
- 加賀勝・高戸仁朗（1992）カーブ走に関する力学的研究, 岡山大学教育学部研究抄録, 89（1）: 91-95.
- 加藤謙一・宮丸凱史・阿江通良・横井孝志・中村和彦（1987）疾走能力の発達に関する縦断的研究（1）, 日本体育学会大会号（38A）: 391.
- 加藤謙一・宮丸凱史・阿江通良・横井孝志・中村和彦（1989）疾走能力の発達に関する縦断的研究（2）, 日本体育学会大会号（40A）: 389.
- 加藤謙一・宮丸凱史・松本剛（2001）優れた小学生スプリンターにおける疾走動作の特徴, 体育学研究 46（2）: 179-194.
- 勝俣紘一・小林一敏・金子今朝秋・菅原秀二（1975）曲走路における走法のキネオロジー的研究: 6. キネオロジーに関する研究, 日本体育学会大会号（26）: 366.
- 勝俣紘一・小林一敏・金子今朝秋（1976）曲走路におけ

- る走法のキネオロジー的研究－2 報－, 日本体育学会大会号 (27) : 313.
- 川本和久 (1987) 小学生の疾走動作に関する研究, 福島大学教育学部論集第41号 : 1-13.
- 宮丸凱史 (2002) 疾走能力の発達: 走り始めから成人まで, 体育学研究 47 (6) : 607-614.
- 斉藤昌久・伊藤章 (1995) 2歳児から世界一流短距離選手までの疾走能力の変化, 体育学研究 40 : 104-111.
- 鈴木雄太・阿江通良 (2010) スポーツにおける方向転換方向転換走における地面反力および支持脚関節トルク, 体育の科学 60 (11) : 751-755.
- 山田敦志・村木里志・古達浩志・濱中伸介・平田靖幸 (2010) 小学生男子と成人男性との全力疾走時における動作の違い, 第31回バイオメカニズム学術講演会予稿集 31, 235-238.
- 横井孝志・渋谷侃二・阿江通良 (1986) 日本人幼少年の身体部分係数, 体育学研究 31 (1) : 53-66.
- 横川和幸 (1976) 直走路・曲走路におけるスピードおよびストライドに関する一考察, 仙台大学紀要 8 : 79-84.
-

筋力・パワー集中負荷方式およびプライオメトリクス強調方式の トレーナビリティに関するトレーニング学的研究 ～跳躍競技者のプレシーズンにおけるトレーニング経過を手がかりにして～

図子 浩二¹⁾

Practical training research on the differences of training effects between
the concentration load method of strength and power and the plyometrics emphasis method
— With special reference to the sequences of training for collage jumpers of track and field during preseason —

Koji ZUSHI¹⁾

Abstract

The purpose of this study was to determine the differences of the effect with the two types of training model on strength, speed and jumping power during three months of the preseason in winter. One type was the standard model which is characterized the concentration load method of strength and power, the other was the specific model which is characterized the plyometrics emphasis method. The subjects were ten college athletes of track and field events. The subjects carried out a control test to consist of 30m run with start dash, counter movement jump, rebound drop jump, five steps jump from stand point, five steps jump with approach run, maximum squat exercise in every month from December to March. Results were summarized as follows ; 1) The maximum strength continued increasing throughout the preseason, but jump power decreased once and increased again with the two types of training model. This tendency shows that this supercompensation with a delay effects was provided from the plyometrics emphasis method not the concentration load method of strength and power. 2) The plyometrics emphasis method improved the maximum strength approximately likewise and the jump power remarkably in comparison with the concentration load method of strength and power. 3) There was significant correlation between % records and the jump power. But there was not significant correlation between % records and the maximum strength. This % records means the relative values that divided the records of test trials in March into in best records of the last year. There were significant correlation between all of the parameters except maximum strength. But there were not significant correlation between the maximum strength and all of the parameters except rebound drop jump. These results suggest that the weight training is effective in increasing the maximum strength itself but not effective in improving speed and jump power directly, in contrast the plyometrics is effective in improving maximum strength, speed and jump power directly. These finding seem to clear that plyometrics is very effective training method to improve the specific jump performance of track and fields.

キーワード：トレーニング効果，筋力・パワー集中負荷方式，
プライオメトリクス，トレーニング学的研究

1. 緒 言

スポーツトレーニングを効果的に推進するためには、目指すスポーツのパフォーマンス構造を設計し、その構成要素を構造的に把握することが出発点となる。その上で、明確な目標と課題を設定し、それを効果的に達成するための計画を立案するとともに、日々のトレーニングを適切に実践する。得られたトレーニング効果は適時に評価・診断し、進行状況が目標達成に対して不適であると判断された場合には、進行中の計画を見直し、より合理的な計画へと再編する。優れたコーチや選手は、この一連のトレーニングサイクルを適切に循環させながら、パフォーマンスを向上させ続けている（図子，1999；2002）。上述のようなトレーニングを合理的かつ効果的に実践するために役立つ研究を推進することは、体育科学およびスポーツ科学にとって極めて重要なことである。一方、これまでのトレーニングにおける研究の多くは、ある仮説を設定しそれを検証するために、トレーニング群とコントロール群に分けた上で、一定の期間に渡ってトレーニング負荷を与えると同時に、それら効果の相違を定量的に計測し、統計手法を使ってその差を検定するという方法が一般的であった（田路と金子，2002；金子，1993；フレックとクレマー，2007）。しかし、トレーニング過程の中で生じる様々な問題は、一定の実験条件として設定可能である単純系の出来事ではなく、多事象が絡み合って生じる複雑系の出来事である場合がほとんどである。そのために、一つの手段や方法のみで問題を解決するのではなく、1日、1週間、1ヶ月、あるいは数ヶ月の時間の流れの中で、様々な手段を組み合わせ、修正および改善を繰り返しながら成果を収めている。さらに、多様に組み合わせた各種トレーニングにおける効果は、遅延したり（遅延効果）、相殺し合ったり、

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

あるいは相乗的な効果を発揮しながら表出されている。これらのことから、トレーニングの研究では、これまでに行われてきた実験型の研究だけでは限界があり、実験という仮想現実ではなく、コーチと選手が実際に実践した事実としてトレーニング経過から結果を得て、それを手がかりにして論考する実践研究の発展が必要不可欠になってくる(図子, 2011, 2012b)。

陸上競技の跳躍選手が高いパフォーマンスを獲得するためには、優れた筋力、スピード、ジャンプパワーが要求される。この跳躍種目のパフォーマンスは、図1に示されるような多事象から成る構造体として記述できる(図子, 2006)。時系列的な流れからみると、跳躍種目は、助走局面、踏切局面、空中局面、着地局面によって構成される。また、助走局面は、スタート局面、加速局面、加速慣性(フロート)局面、踏切準備局面で構成される。一方、踏切局面は、先取りのための乗り込み局面、踏切前半の受け動作局面、踏切後半の爆発的な跳び出し局面で構成される。したがって、跳躍選手はトレーニングを通して筋力やスピード、ジャンプパワーを高めることを目指し、その効果のすべては、跳躍種目のパフォーマンス構造を構成する要素へと転移させなくてはならない。しかし、前述したように、これまでの研究のほとんどは実験型の研究であり、各要素の単独の変化を実験的に検討したものである。そのために、最終的なパフォーマンス構造との繋がりの中で、高められた各要素がどのように影響し、相互に関連し合うのかについては論じられていない。したがって、一定の期間に渡るトレーニング経過の過程を記述して残し、事実としての結果を得ること

ができれば、各種のトレーニング手段が組み合わさった場合の効果やその相互関連性を明らかにする実践研究が展開できると考えられる。このタイプの実践研究を実践するためには、多数の事項を総合的に判断して思考し、トレーニングを実践する当事者であるコーチ自身が研究主体者となって、研究を展開していくことが重要な条件になる。これによって、実験のように厳格な統制ができない条件、あるいは選手をトレーニング群とコントロール群に分けられないという条件であっても、実際のトレーニング経過から得られた結果を正確に解釈し読み解いていくことができる。このような実践研究が展開できれば、これまでの実験型の研究では不可能であった実践に役立つ知見を提供できるようになる。そこで本研究では、主体者がコーチとして指導した体育系大学跳躍選手を対象として、跳躍種目のパフォーマンス向上を目指した冬期プレシーズンにおけるトレーニング経過を検討することによって、トレーニング方法の相違が筋力やスピード、ジャンプパワーのトレーナビリティにどのような変化を与え、パフォーマンスが向上していくのかについて明らかにした。

2. 方 法

(1) 対象者

表1に対象選手の特性と競技記録を示した。対象選手は本研究の主体者がコーチとして指導した体育系大学跳躍選手10名(男子8名、女子2名)であった。いずれも常にパフォーマンスの向上を目指して専門的なトレーニングを遂行している選手であった。なお、競技記録が

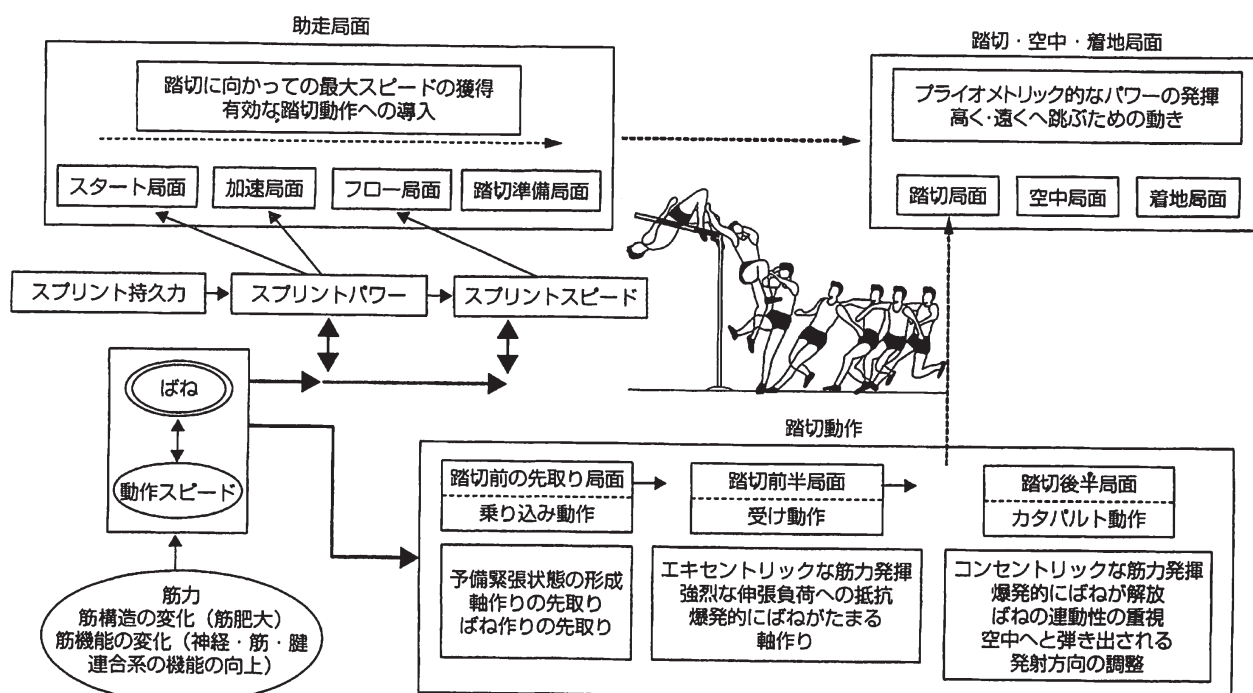


Figure 1. The structural models of performances in athletic jump events (図子, 2006).

Table 1. PB/ JNR (%) and types of training that the subjects practiced during preseason.

Subjects	Sex	PB/ JNR (%)	Types of training
A	Male	86.2	Standard Training
B	Male	95.3	Only Plyometrics
C	Male	81.4	Only Plyometrics
D	Male	83.5	Standard Training+Plyometrics
E	Male	85.2	Standard Training+Plyometrics
F	Female	84.9	Standard Training
G	Female	90.6	Only Plyometrics
H	Male	90.7	Standard Training
I	Male	91.1	Standard Training
J	Male	82.1	Standard Training

* PB/ JNR (%) means the relative values that divided the personal best records into in Japanese national records.

らみると、日本記録に対する割合が81.1%のレベルの選手から95.3%のトップレベル選手が含まれていた。

(2) トレーニング

1) 実施期間

チームの年間トレーニング構成は、5～6月の試合期と9～10月の試合期を配置した年2周期のサイクル構成となっていた。本研究が対象としたトレーニング期間は、ある年の12月から翌年の3月初旬までの3ヶ月間とした。この時期は試合期に向かって基礎基本的な資質を養成するための一般的準備期であった。

2) トレーニング構成およびトレーニング手段

対象期間における主なトレーニング構成は、用いる運動の相違にもとづいて、ウェイト系 (Weight events), ジャンプ系 (Jump events), スプリント系 (Sprint events), テクニック系 (Technique events), 積極的休息 (Active rest), 完全休息 (Rest) に類型化した。ウェイト系については、負荷のかけ方 (挙上重量・挙上回数・セット数・休息时间) の相違にもとづいて、主に筋の肥大を目指すバルクアップ法 (最大反復法) と神経系の改善を目指すパワーアップ法 (最大筋力法) に類型化して行われた。ジャンプ系については、接地時間の長さや力と速度の関係にもとづいて、接地時間が比較的長く、下肢各関節の可動域が大きなジャンプ運動を用いるジャンプパワー法と、接地時間が短く、爆発反動的な力を発揮するジャンプ運動を用いるプライオメトリック法に類型化して行われた。スプリント系については、走る距離と速度および力と速度との関係にもとづいて、スプリントパワー法 (ローギア型スプリント), スプリントスピード法, スプリントエンデュランス法に類型化して行われた。さらに、スプリントパワー法は、レジステッド法 (負荷重量物を引きながらスプリント, 傾斜のある地形を上に向かってスプリント) と、スタートダッシュ法 (加速経過を用いたスプリント) に分類して行われた。スプリントスピード法は、加速走法 (加速から最大速度に至る経過を用いたスプリント), ウェーブ走法 (細かな加速および減速を繰り返して最大速度に至るスプリント),

あるいはアシステッド法 (牽引装置などによって引かれながら、最大努力によって発揮される以上の速度を生むスプリント, 傾斜のある地形を下に向かってスプリント) に分類して行われた。スプリントエンデュランス法は、150m 以上 (200m・300m・400m) の距離の最大下スプリントを行われた。なお、いずれの方法も、セットの組み方はインターバル法とレベティション法に類型化して用いた。テクニック系については、基本的な技術構造を分習的に習得するためのテクニック基礎法と、実際の跳躍技術の習熟を目指すテクニック専門法に類型化して行われた。これらのトレーニング手段を、筋力・パワー集中方式によるピリオダイゼーションモデル (村木 1985a, 1985b, 1994) の構成に準じて計画の中に取り入れた。

3) トレーニングによる実践経過

スポーツ選手が行うトレーニングでは、最終的には自らのパフォーマンスを向上させて、目指す試合で勝利を収めることが目標になる。したがって、個別性を重視した計画の立案、あるいはトレーニング経過に伴って生じる様々な問題に対応するために、計画に変更を加えながら漸進していくことになる。本研究におけるトレーニング経過においても、実験のように、すべての選手に対して同じ期間に同じトレーニング内容を課すことはできず、当初から少し内容が異なる選手や途中で生じた問題や個別性に対応するために、トレーニング計画を再構成した選手が出現した (表1)。

前述した当初計画に則って、筋力・パワー集中方式によるピリオダイゼーションモデルによるスタンダードなトレーニングを行った選手は5名であった。また、このスタンダードなトレーニングに加えて、12月から積極的にプライオメトリックスを導入した選手が2名存在した。この2名に関しては、跳躍選手でありながら、各種のジャンプにおける接地時間が長く、爆発反動的な力の発揮能力に劣る特徴があったことによるものである。そのために、各種のドロップジャンプ (台上から跳び下り、その反動を利用して再び台に跳び上がるジャンプ運動) を実施させて、正しく安全な着地動作や着地前の先取り動作、短時間の爆発的な踏切動作を学習させるとともに、下肢の筋・腱系が高強度の伸張負荷 (エキセントリックな筋収縮による力発揮) に抗するようにさせた。一方、スタンダードなトレーニングは実施せずに、上述のプライオメトリックスのみを導入した選手が3名存在した。その中の1名は、スクワットなどの種目を実施すると、膝に痛みが生じるが、プライオメトリックスの各手段では生じないことが主な理由であった。また、他の1名は来期が最終学年であり、ウェイト系はかなり高い水準にまで発達させることができており、春のインカレ選考会への意欲が高く、そこにピークを置いたトレーニング構成を選択したことが理由であった。最後の1名は、プラ

イオメトリクスによる各種の手段を多彩に用いるトレーニング構成を強く望んでいたことから、相互の話し合いの中でプライオメトリクス中心のトレーニングを再構成した。以上のことから、トレーニング経過の中で選手ごとに細かく異なったトレーニングがなされることになった。このことは実践の場では不可欠な経過であり、実験研究とは大きく異なる点であった。しかし、このことを納得した上で、トレーニング経過を理解しやすくするために、実施したトレーニング構成を大別すると、筋力・パワー集中方式によるピリオダイゼーションモデルを行った選手群と、プライオメトリクスを強制的に取り入れた構成モデルを行った選手群に分類するに至った。なお、それ以外のスプリント系などのトレーニングについては、いずれの選手もほぼ同様な手段を計画的に推進した。

(3) コントロールテスト

トレーニングの効果を評価診断するためのコントロールテストは、1回目（12月2日・3日）、2回目（1月7日・8日）、3回目（2月3日・4日）、4回目（3月6日・7日）に行った。また、4回目には短・中助走を用いた跳躍競技会を開催し、各跳躍種目のパフォーマンスについても評価した。実施したコントロールテストの項目についてはいずれも、前述したトレーニング構成における内容に準じた項目とした。スプリント系については、加速スピードについて評価するために、30 mの距離をクラウチングによってスタートさせ、足が離れた瞬間から光電管を切るまでの区間タイムを計測し、平均速度を算出した。ウェイト系については、最大筋力について評価するために、クリーン・スナッチ・ベンチプレス・スクワットの各エクササイズにおける最大挙上重量を測定した。ジャンプ系については、基礎的なジャンプと専門的なジャンプに類型化して評価した。前者としては、垂直跳の跳躍高と台高60cmからのリバウンドドロップジャンプを行わせ、マットスイッチ計測システム（マルチジャンプテスター；DKH社製）を用いて、跳躍高、接地時間、リバウンドドロップジャンプ指数（跳躍高／接地時間；パワーを意味する指数）を測定した。台高60cmを選択した理由は、予備的な実験の結果、跳躍選手にとっては30cmの台高から30cmずつ150cmまで高さを上げていくと、60cmの台高が最も高い指数を示すことが認められたからであった。また、後者としては、立五段跳、助走付き（五歩助走）五段跳の跳躍距離を測定した。なお、これらのコントロールテストの項目は、日本の国内では頻繁に利用されているものであるとともに、ドイツ（field, 1989）やイタリア（Elio, 1986）、オーストラリア（Wilson, 1995）でも実践されているものであった。

(4) 統計処理

本研究では、前述したようなトレーニング経過に関する特徴があるために、統計処理が必ずしも意味を持たない結果も存在している。しかし、これに配慮しながら、統計処理ができる結果について、測定項目の差の検定には一元配置の分散分析を用い、F値が有意であった項目については、Tukey-Kramerの方法を用いて多重比較を行った。また、項目間の相関関係については、ピアソンの積率相関係数を算出した。なお、有意性は5%未満とした。

3. 結 果

(1) 筋力・スピード・ジャンプパワーのトレーナビリティ

1) 対象選手における全体傾向

図2はトレーニングに伴う結果の変化について、各値はトレーニング初期値に対する相対値で示してある。対象選手全体で評価した結果である。いずれも統計的に有意な差は認められなかった。一方、トレーニングに伴う変化の傾向についてみると、スクワットエクササイズで評価した下肢の最大筋力に関しては、一貫して向上する傾向が認められた。しかし、その他のスピードやジャンプパワーに関する項目については、1月には初期値よりも一旦低下するが、2月には回復し3月になると著しく上昇する傾向が認められた。

2) 2つの群に分けてみた場合の傾向と評価

トレーニング経過によって、対象選手をスタンダード群とプライオメトリクス群に分けることができた。図3は2つの群に分けて、トレーニング経過に伴う変化を比較した結果である。スタートダッシュによるスピードに関しては、2群でほぼ同様の傾向を示し、1月には初期値よりも一旦低下するが、2月には回復し3月になると上昇する傾向が認められた。また、スクワットエクササイズで評価した下肢の最大筋力に関しては、2群とも同様に向上する傾向が認められた。これに対して、垂直跳の跳躍高、ドロップジャンプの指数、立五段跳および助走付き五段跳（五歩助走）の跳躍距離に関しては、スタンダード群では変化がみられないが、プライオメトリクス群では2月以降に上昇する傾向があり、特に垂直跳の跳躍高とドロップジャンプの指数には顕著な上昇が認められた。

(2) 筋力・スピード・ジャンプパワーの相互関係

表2は4回目のコントロールテストを対象にして、スタートダッシュによるスピード、ドロップジャンプの指数、スクワットエクササイズで評価した下肢の最大筋力、それぞれの相互の相関係数を示した結果である。スタートダッシュによるスピードおよびドロップジャンプの指数は、下肢の最大筋力を除いたすべての項目との間に有

意な正の相関関係のあることが認められた。しかし、スクワットエクササイズで評価した下肢の最大筋力は、ドロップジャンプの指数を除いたすべての項目との間に有意な相関関係は認められなかった。

(3) 筋力およびジャンプ力のトレーナビリティとパフォーマンスの向上との関連性

図4はトレーニングに伴う立五段跳の跳躍距離、ドロップジャンプの指数、スクワットエクササイズで評価した下肢の最大筋力に注目し、これらの値の初期値からの変化率と、跳躍種目の競技記録との関係について示した結果である。競技記録の値は、この対象年の前年の最高記録（全助走跳躍）に対する3月の競技会の記録（短・中助走跳躍）の割合を用いた。ドロップジャンプの指数 ($r = 0.856$, $p < 0.001$)、立五段跳の跳躍距離 ($r = 0.751$, $p < 0.05$) と記録率との間には有意な正の相関関係が認められたが、スクワットエクササイズで評価した下肢の最大筋力 ($r = 0.316$, ns) との間には有意な相関関係は認められなかった。

4. 考 察

(1) 2種類のトレーニング構成におけるトレーナビリティの相違点

本研究において対象とした期間は、年2周期の試合構成における1周期目の一般的な準備期であった。そのために、スタンダードなトレーニングには、筋力・パワー集中負荷方式によるモデルに則った内容を計画した。3ヶ月間における第1段階では、主に筋の肥大を目指すバルクアップ法、次いで神経系の改善を目指すパワーアップ法、さらに爆発反動的なジャンプ運動を用いたプライオメトリック法を重ね合わせながら導入した。その結果、全体的な特徴についてみると、統計的な差は認められないものの、最大筋力はトレーニングの初期段階から一貫して向上し、基礎的なジャンプ力である垂直跳やドロップジャンプ、専門的なジャンプ力である立五段跳、助走付き五段跳は、第1段階では低下するが、プライオメトリック法が導入された第2段階から第3段階にかけて向上する傾向が認められた（図2）。筋力・パワー集中負荷方式の有効性は、トレーニングによる過負荷が適切に課されれば、遅延現象を伴って超過回復が出現することにある（村木, 1994; ザチオルスキーとクレマー, 2009）。したがって、スタートダッシュによるスピード

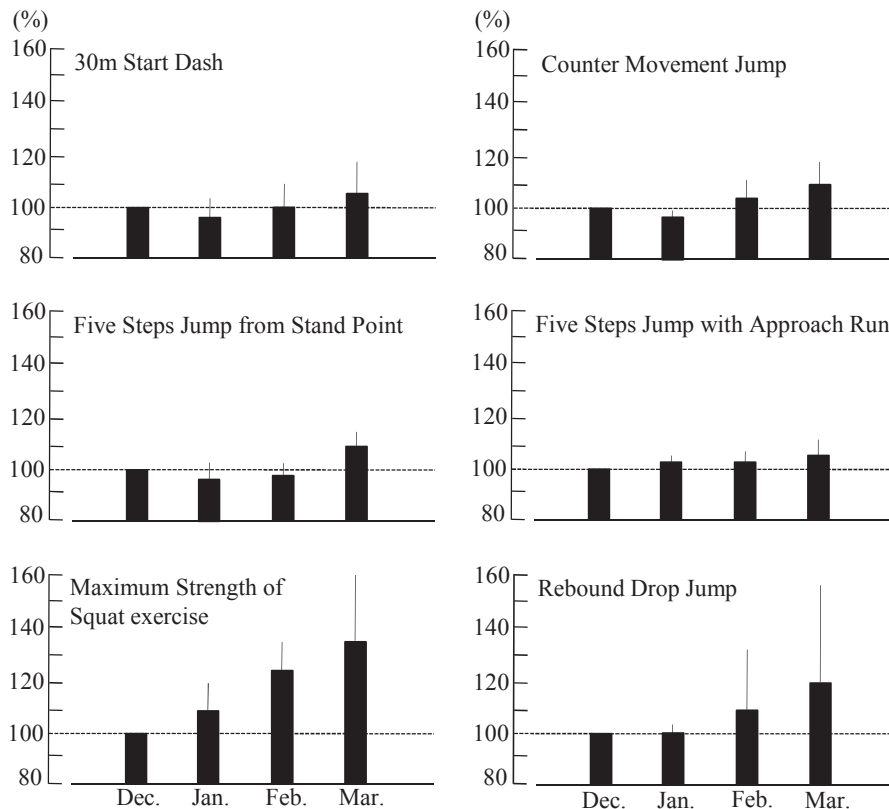


Figure 2. Training effects of maximum strength, speed and jump power that was evaluated in relation to altogether of the subjects.

* % values means the relative values of that divided the values of December tests into in the values of each tests in every months.

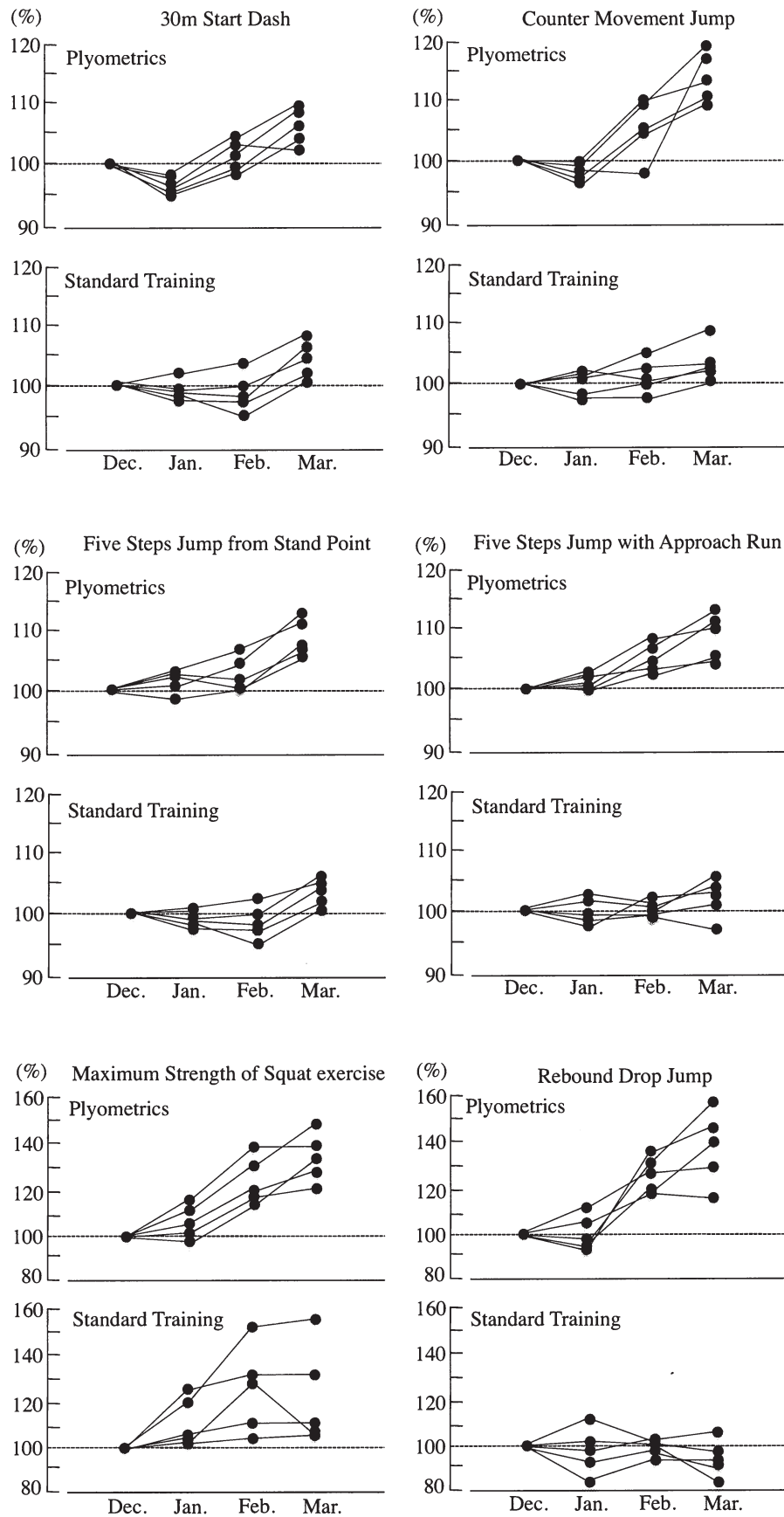


Figure 3. Differences of training effects between the types of standard training and the plyometric training during preseason.

Table 2. Interrelationships among maximum strength of squat exercise, 30m start dash and rebound drop jump.

VS Maximum Strength of Squat Exercise		
Parameters	Correlation Coefficients	Difference
30m Start Dash	0.173	ns
Five Steps Jump form Stand Point	0.259	ns
Five Step Jump with Approach Run	0.173	ns
Counter Movement Jump	0.140	ns
Rebound Drop Jump	0.597	P < 0.05
VS 30m Start Dash		
Parameters	Correlation Coefficients	Difference
Five Steps Jump form Stand Point	0.860	P < 0.001
Five Step Jump with Approach Run	0.807	P < 0.001
Counter Movement Jump	0.803	P < 0.001
Rebound Drop Jump	0.659	P < 0.05
Maximum Strength of Squat Exercise	0.173	ns
VS Rebound Drop Jump		
Parameters	Correlation Coefficients	Difference
30m Start Dash	0.659	P < 0.05
Five Steps Jump form Stand Point	0.835	P < 0.001
Five Step Jump with Approach Run	0.782	P < 0.001
Counter Movement Jump	0.585	P < 0.05
Maximum Strength of Squat Exercise	0.597	P < 0.05

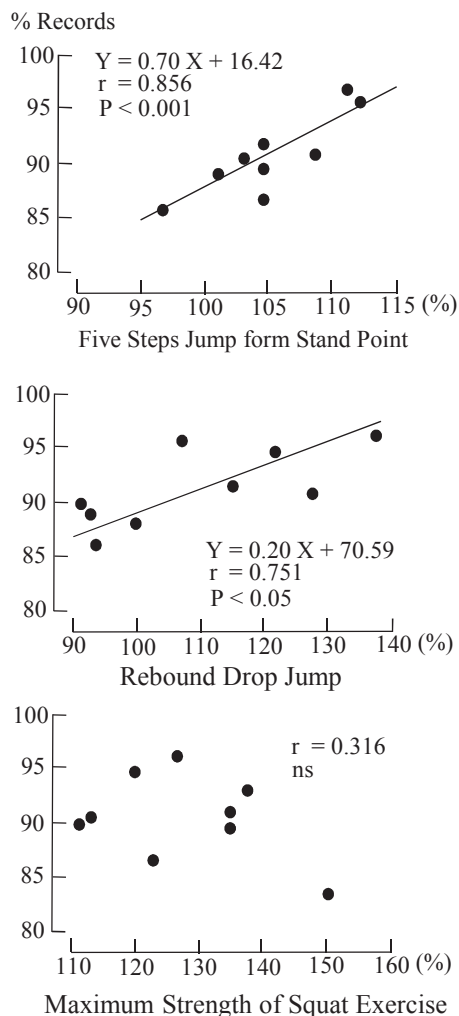


Figure 4. Relationships between % Records and % control test's parameters.

- 1) % Records means the relative values that divided the records of test trials in march into in best records of the last years.
- 2) % control test's parameters means the relative values of that divided the values of December tests into in the values of March tests.

やジャンプパワーが一旦低下しても、パフォーマンス構造との関係から判断すると、より基礎に位置づく筋力を集中的に強化しておけば、筋力による超過回復の効果が転移し、その後大きな向上が起きると考えられている。しかし、ここまでの結果からは、スタートダッシュによるスピードやジャンプパワーにおける変化傾向（一旦低下した後に上昇する）が、筋力を集中的に強化したことによる超過回復によるものか、あるいはプライオメトリック法が導入されたことの直接的な効果なのかについて判断することはできない。

トレーニング経過には個性への対応が必要とされるために、本研究では上述のスタンダードなトレーニングとは異なる計画を再構成した選手が存在した。そのために、スタンダードなトレーニング群と、スタンダードなトレーニングに加えて初期からプライオメトリクスを導入した選手、あるいはプライオメトリクスのみを重点的に実施した選手による群の2つが存在することになった。図3に示すように、これらの2つの群に分けて、トレーニング経過における結果について検討すると、スタートダッシュによるスピードと最大筋力については、2つの群の選手の変化傾向に差のないことが認められた。また、最大筋力に関しては、スタンダードなトレーニング群では大きく向上する選手とそうでない選手の個人差が大きい、プライオメトリクス群ではいずれの選手も大きく向上することが認められた。これらのことは、プライオメトリクスを初期から導入し続けることは、筋力・パワー集中負荷方式の場合と同様に、最大筋力を大きく向上させることを示している。プライオメトリクスの手段は、非常に短時間に大きな力を爆発反動的に発揮する運動特性を有しており、その際に発揮される瞬間的な力は、ウェイトトレーニングの手段による力に比較して、著しく大きいことが認められている（図子, 2005, 2007）。したがって、瞬間的に発揮される力の大きさという観点からすると、プライオメトリクスは、十分に過負荷の原則に則ったものであることが考えられる。これに加えて、プライオメトリクスには神経系の要因を改善させる効果のあることが明らかにされており（Komi et al., 1986a, 1986b; Hakkinen et al., 1985, 1986; Sale, 1988; Schmidtbleicher, 1992）、筋の肥大ではなく、神経系要因の改善によって最大筋力が向上していることも考えられる。また、図3の結果は、スタンダードなトレーニング群に比較して、プライオメトリクス群では、基礎的なジャンプ力である垂直跳やドロップジャンプ、専門的なジャンプ力である立五段跳や助走付き五段跳が著しく向上することを示している。これらのことから、プライオメトリクスの導入は、ジャンプパワーを向上させるためには非常に効果的であることが理解できる。したがって、跳躍競技者に要求される筋力やジャンプパワーを効果的に向上させるためには、筋力・パワー集中負荷方式による

トレーニング構成よりも、プライオメトリクス強調型のトレーニング構成のほうが有益である可能性が示唆された。一方、プライオメトリクス群における垂直跳やドロップジャンプ、立五段跳や助走付き五段跳の変化について検討すると、第1段階では変化はなく、第2段階から第3段階にかけて著しく向上する遅延現象が認められた。これらの傾向は30mスタートダッシュについても認められた。これらのことは、プライオメトリクスの場合についても、スピードやジャンプパワーに遅延現象と超過回復が生じることを示すものである。したがって、スピードやジャンプパワーにおける遅延現象と超過回復は、筋力・パワー集中負荷方式の中のウェイトトレーニングによる筋力へ効果が転移したものではなく、プライオメトリクスによる効果である可能性が考えられる。

これまでに示した内容から判断すると、跳躍競技者に要求される筋力やスピード、ジャンプパワーを効果的に向上させて優れた競技成績を獲得するためには、プライオメトリクス強調型のトレーニング構成は非常に効果的であるとともに、プライオメトリクスにも遅延現象を伴った超過回復が生じることに留意した計画の立案が必要になることが指摘できる。

(2) 筋力・スピード・ジャンプパワーのトレーナビリティーの相互関連性

図4に示すように、競技記録の変化率と立五段跳およびドロップジャンプとの間には有意な正の相関関係があるが、最大筋力との間には有意な相関関係はないことが認められた。跳躍競技では、高い助走スピードと極めて短時間の爆発反動的なパワー発揮による踏切動作が要求される。この跳躍種目におけるパフォーマンス構造に準じて考えると、上述した相関係数の結果は、立五段跳の跳躍距離が上位に、次いでドロップジャンプ指数、その下位にスクワットエクササイズで評価した下肢の最大筋力という階層構造性があることを間接的に示唆するものであると考えられる。次に、筋力、スピード、ジャンプパワーの相互関係についてみると、表2に示したように、スタートダッシュによるスピードおよびドロップジャンプの指数には、下肢の最大筋力を除いたすべての項目との間に有意な正の相関関係があったが、スクワットエクササイズで評価した下肢の最大筋力には、ドロップジャンプの指数以外のすべての項目との間に有意な相関関係のないことが認められた。したがって、最大筋力はスピードやジャンプパワーに直接的に大きく影響しないが、スピードとジャンプパワーは、相互に影響し合う関係にあることが推察できる。

これまでに示した筋力・パワー集中負荷方式とプライオメトリクス強調方式によるトレーナビリティーの相違、筋力、スピード、ジャンプパワーの相互関係から判断すると、ウェイトトレーニングなどの筋力トレーニン

グは、筋力そのものの向上に大きな効果があるが、実際の跳躍種目のパフォーマンス、より上位の階層に位置づくスピードおよびジャンプパワーの向上には、直接的な効果は小さい可能性を示唆することができる。これに対して、プライオメトリクスは、スピードとジャンプパワーの向上に直接的な効果を発揮し、跳躍競技者のパフォーマンスを向上させるための非常に強力なトレーニング法になることが考えられる。

なお、プライオメトリクスは、筋力トレーニングによって最大筋力を自らの体重の2倍以上に高めた選手が導入することを推奨されているトレーニング法である(村木, 1985b, 1994; 岡野, 1994)。しかし、本研究から得られた結果から判断すると、プライオメトリクスは筋力トレーニングを基礎として、その上に積み上げられるものではなく、平行して導入することが期待されるトレーニング法であることを示唆することができる。また、その場合には、プライオメトリクス導入に関しての導入手順や原則があることから(図子, 2012a)、それらへの十分な配慮をしながら実践することが要求される。

これまでに示した知見は、一連のトレーニングサイクルを循環させていく経過の中で得られたものであった。そして、これまでの筋力・パワートレーニングの理論および方法論を再考する必要性を示唆するものであった。本研究のようにトレーニングサイクルを循環させていく経過の中での研究を推進することによって、より実質的な理論および方法の確立が可能になると考えられる。なお、本研究の知見は、対象選手の競技レベルや特性などが大きく反映したものである可能性もあり、異なる特徴を持つ選手についても同様な取り組みを行い、その成果を比較し整理していく必要があると考えられる。

(3) トレーニング学における実践研究の意味と方法

トレーニング学における実践研究には、大きくは2つに分けて考えることができる。その一つは、数量化できない情報を言葉で記述していく方法であり、臨床心理学、文化人類学、動物や生物の行動生体の観察学、あるいは介護学や看護学の分野における中核的な方法である。この場合には、選手やコーチがトレーニング実践の場で生じた種々の重要な出来事を所見として記述し、これを手がかりにしてトレーニング実践を論考していくことになる。スポーツにおける技術や戦術についての研究には、この方法が不可欠になってくることが予想できる。他の一つは、本研究で取り組んだ方法、すなわちトレーニングサイクルを循環させていく経過の中で、数量化できるものはデータとして残し、できるだけ客観性および信頼性の高い結果を手がかりにしてトレーニング実践を論考していく方法である。これらの2つの方法論は大きく異なったものであるが、いずれも実験を主体とした方法ではなく、実際に行われた事実から結果を得ることに大き

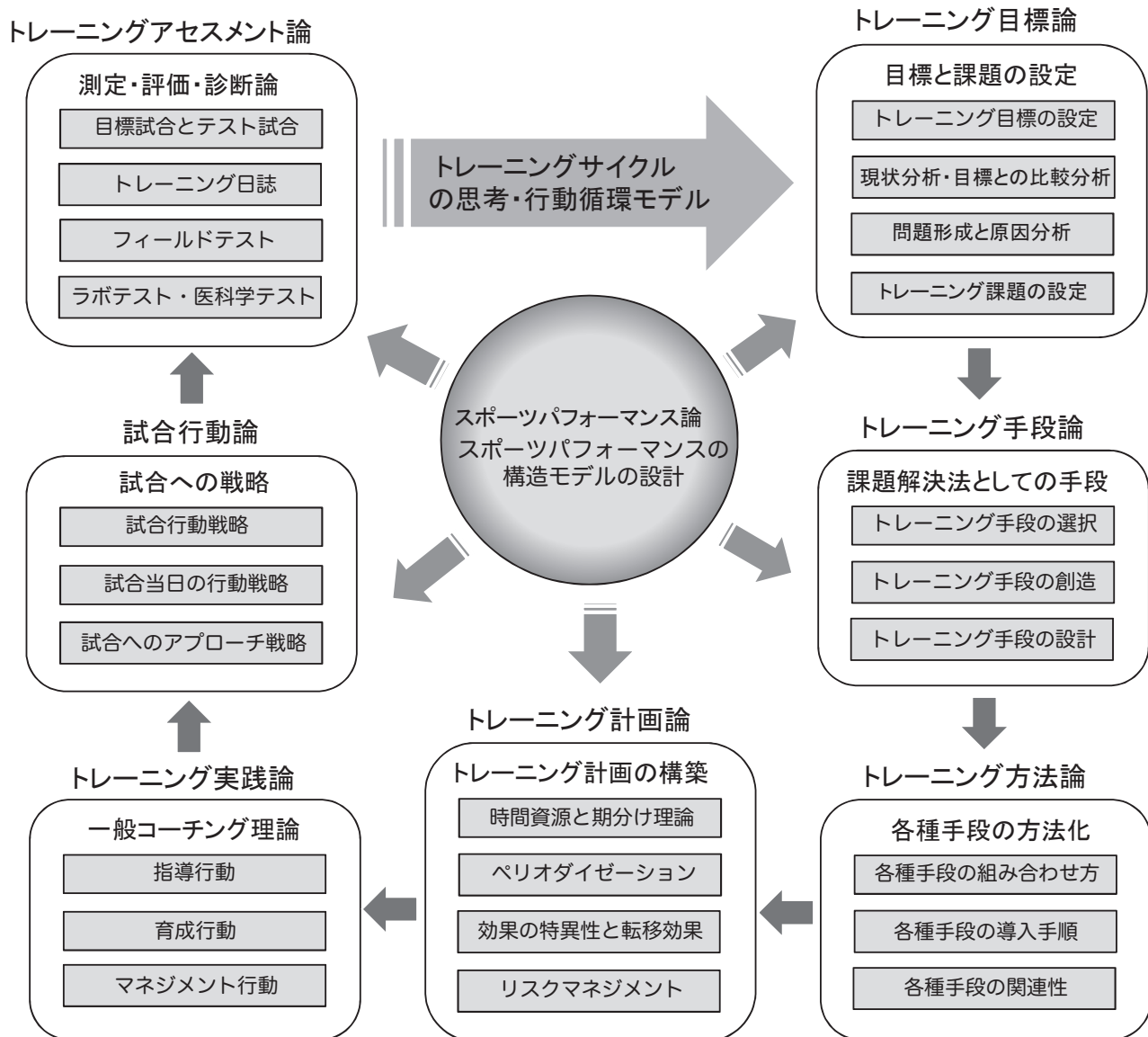


Figure 5. The models of problem solving sequences that an excellent coaches practices to gain success during training (図子, 1999 ; 2002).

な特徴と価値がある。この際に、図5に示したトレーニングサイクルにおける思考・行動循環モデルは大いに役立つ。この手順に則ってトレーニングは遂行されるべきであることから、この一連の経過の出来事や記録などを記述してデータ化し、それをもとにした論考を行うことが大きな手助けとなる。今後、このような実践研究が、トレーニング学の研究として発展すれば、「選手を強くしたい」、「選手を勝たせたい」という切迫性を持って指導に取り組むコーチの実践に役立つトレーニング理論および方法論の構築ができるようになる。なお、この種の実践研究では、選手とコーチが実践したトレーニング経過とその試みの正否について公表することになってしまう。したがって、経過中のある時点では最善であると判断したことも、振り返ると適切ではなかったと判断できることもあり、選手にはこれが受け入れ難い事実とな

る場合もある。したがって、トレーニング経過が終了した時点で、即座に研究論文としてまとめることは避けるべきであり、選手がその事実を認め受け入れられるようになるまで、ある程度の年限（5年以上）を経過することが不可欠であることを指摘しておきたい。

5. 要約

本研究では、研究の主体者がコーチとして指導した体育系大学跳躍選手10名を対象にして、跳躍種目のパフォーマンス向上を目指した冬期プレシーズンにおける3ヶ月間のトレーニング経過を手がかりにしながら、筋力やスピード、ジャンプパワーがどのようなトレーニングリティーを示しながら、パフォーマンスが向上していくのかについて検討した。主なトレーニングの構成は、筋力・パワー集中負荷方式の構成とプライオメトリクス強

調方式の構成の2種類に大別した。トレーニング効果を評価するためには、スプリント系、ウェイト系、ジャンプ系からなるコントロールテストを約1ヶ月ごとに4回実施し、4回目にはパフォーマンスを評価するための試合を実施した。

本研究によって得られた結果は、以下の通りとなった。

1. 筋力・パワー集中負荷方式の構成とプライオメトリクス強調方式の構成ともに、筋力は連続的に向上するが、ジャンプパワーは一旦低下した後には向上するという遅延現象を伴った超過回復が出現することが認められた。この現象は筋力・パワー集中負荷方式によるものではなく、プライオメトリクスの効果によるものである可能性が認められた。
2. プライオメトリクス強調方式は筋力・パワー集中負荷方式に比較して、筋力は同様に向上し、ジャンプパワーについてはより顕著に向上することが認められた。
3. 跳躍競技記録の変化率とジャンプパワーとの間には有意な正の相関関係があるが、筋力との間には有意な相関関係はないことが認められた。また、スピードとジャンプパワーの間には、それぞれの項目間に有意な正の相関関係があるが、筋力については他の要因との間に関係がないことが認められた。

これらのことから、ウェイトトレーニングなどの筋力トレーニングは、筋力そのものの向上には大きな効果があるが、実際のパフォーマンスとの階層構造関係からみて、より上位に位置付けられるスピードとジャンプパワーの向上には、直接的な効果を発揮しないことが明らかになった。これに対して、プライオメトリクスは、スピードとジャンプパワーの向上に直接的に効果を発揮することから、跳躍競技者のパフォーマンスを向上させるための非常に有効なトレーニング法であることが示唆された。

文献

Elio Locatelli (1986) Strength control and development in young jumpers (16-19yrs) when they move up to high level training. IAAF New Studies in Athletics, 71-80.

Field, W. (1989) Control tests for explosive events. Nat. Strength Cod.Assoc.J. 11: 63.

フレック, S.J・クレマー, W.J (長谷川裕 監訳) (2007) レジスタンストレーニングのプログラムデザイン. ブックハウス・エイチディ.

Hakkinen, K., Alen, M., Komi.P.V. (1985) Changes in isometric force and relaxation time, electromyographic and muscle fiber characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. Acta Physiol. Scand. 125: 573-585.

Hakkinen, K.and Komi, P.V. (1986) Effects of fatigue and

recovery on electromyographic and isometric force and relaxation time characteristics of human skeletal muscle. Eur.J.Appl.Physiol. 55: 588-596.

金子公宥 (1993) パワーアップの原則再考. Jpn J Sports Sci.12: 160-164.

Komi, P.V.and Bosco, C. (1986a) Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. Med. Sci.Sports Exerc. 10: 261-265.

Komi, P.V. (1986b) Training of muscle strength and power. Interction of neuromotoric, hypertrophic, and mechanical factors, Int.J.Sports Med.7 (suppl) : 10-15.

村木征人 (1985a) 上級ジャンパーのトレーニングの合理化, 筋力集中方式トレーニングの理論と実際. JJ.Sports Sci. 4 (11) : 797-802.

村木征人 (1985b) 爆発的・反動的筋力と衝撃法トレーニング. Training Journal 68: 20-21.

村木征人 (1994) スポーツトレーニング理論. ブックハウス・エイチディ.

岡野 進 (1994) プライオメトリックジャンプの方法, 陸上競技ジャンプトレーニングマニュアル. ベースボールマガジン社.

ザチオルスキー, B・クレマー, M 著 (高松 薫 監訳, 図子浩二 訳) (2009) 筋力トレーニングの理論と実践. 大修館書店.

Sale, D.G. (1988) Neural adaptation to resistance training. Med.Sci.Sports Exerc. 20 : 135-145.

Schmidtbleicher, D. (1992) Training for power events. In komi P.V. (Ed), Strength and power for sports, Oxford:Blackwell Scientific. pp.381-395.

田路秀樹, 金子公宥 (2002) 筋パワーに及ぼす複合トレーニングの効果: 特にカー速度関係に及ぼす静的筋力トレーニングの影響について. トレーニング科学, 13:127-136.

Wilson, G.J., Lyttle, A.D., Ostrowski, K.J.and Murphy, A.J. (1995) Assessing dynamic performance : A comparison of rate of force development tests. J.Strength Cond. Res.9: 176-181.

図子浩二 (1999) トレーニングマネジメント・スキルアップ革命 ―スポーツトレーニングの計画がわかる― ～問題解決型思考によるトレーニング計画の勧め～. コーチングクリニック 14 (1) ～ 14 (7) 連載.

図子浩二 (2002) 体力測定 1: 競技スポーツの場合. 臨床スポーツ医学, 19 (12) : 1461-1472.

図子浩二 (2005) スポーツアスリートにおけるばねに関する理論とその可能性. 陸上競技研究 60 (1) : 2-17.

図子浩二 (2006) 陸上競技・跳躍. 体育の科学 56 (2) : 127-133.

図子浩二・永原 隆・石井泰光 (2007) スプリントパフォー

- マンスの向上に対するプライオメトリクスの可能性.
スプリント研究 17 : 21-31.
- 図子浩二 (2011) スポーツ選手や指導者に役立つ実践の
学としてのコーチング学の一つの方向性. 日本体育学
会体育方法専門分科会会報 36 : 99-104.
- 図子浩二 (2012a) プライオメトリクス. 体育の科学 62
(1) : 44-50.
- 図子浩二 (2012b) 体育方法学研究およびコーチング学
研究が目指す研究のすがた. コーチング学研究 25 (2) :
203-209.
-

陸上競技スピード筋力系種目の世界陸上競技選手権大会におけるパフォーマンス動態に関するトレーニング学的研究

— オリンピック競技大会の前後大会に着目して —

藤光健司¹⁾・青山亜紀²⁾・青山清英³⁾

A Studies on Performance Dynamics in World Athletics Championships
in Athletics event speed-muscle system

— Focusing on the tournament before and after the Olympic Games —

Kenji FUJIMITSU¹⁾, Aki AOYAMA²⁾ and Kiyohide AOYAMA³⁾

Abstract

The purpose of this study is to examine whether the athletes' performance has difference at the world athletics championships held before and after the Olympics Games, taking examples of single structured speed-strength events.

The obtained results are as follows;

1) In terms of record achievement rate, athletes stayed in sports-form and showed high performance at every competition, in all the events.

2) On event basis, 100-meter dash is the event which might be considered to have differences in performances. The performances of the 100-meter dash were higher than those of the long jump and the shot put.

3) Peak occurrence ratios were low in all the events at every competition.

4) The athletes' performances had no differences at the world athletics championships held before and after the Olympics Games.

キーワード: トレーニング学, スポーツフォーム,
ピーク, パフォーマンス

はじめに

競技スポーツにおいて最重要競技会で最高のパフォーマンスを発揮することは、最大の目標であり、最も困難な問題のひとつでもある。多くの競技スポーツの中で陸上競技はパフォーマンスが記録によって評価される客観的計測競技の代表的な種目であることから、陸上競技における最高のパフォーマンスとは、自己最高記録および年間最高記録としてとらえることができる(青山, 2010)。

近年、社会的にスポーツへの関心が非常に高まり、競技水準の著しい高度化と競技の専門化によって、競技スポーツの指導と実践に際して、従来の体育の理論や個々の基礎科学の範疇を越えた、複合的・総合的なスポーツの理論の必要性が生まれた(村木, 1994)。このような影響もあり、様々なスポーツ科学が発展し、競技力が向上してきているのは周知の事実ではあるが、その一方で、パフォーマンスの進歩を妨げるような深刻な問題が生じ、その代償として最重要競技会において自己記録の更新を達成する競技者の割合が非常に少ない(村木, 1994)という現象を生み出している。このように、いくら競技力が向上したとしても自分が目標とした競技会において、最高のパフォーマンスを発揮することができなければ意味がない。また、他にも試合の長期化・過密化に伴うトレーニング計画の不適正など様々な問題があげられる。これについては、マトヴェイエフ(1985)や村木(1994)、青山(2009a)などによって、パフォーマンス発揮に関する試合配置の問題やトレーニング計画についての研究が数多くなされている。このような研究動向からスポーツ科学において、最重要競技会に最高のパフォーマンスを発揮するための方略が課題となっていることがわかる。

陸上競技における最重要競技会としてオリンピック競技大会、世界陸上競技選手権大会が位置づけられる。第1回世界陸上競技選手権大会が行われたのは1983年のヘルシンキ大会である。その後、1991年の第3回東京大会まで4年ごとに行われていた。現在のように2年ご

1) 日本大学大学院 Graduate School of Literature and Social Science, Nihon University

〒156-8550 東京都世田谷区桜上水 3-25-40

2) 日本女子体育大学スポーツトレーニングセンター Japan Women's College of Physical Education Sports Training Center

〒157-8565 東京都世田谷区北烏山 8-19-1

3) 日本大学文理学部 College of Humanities and Sciences, Nihon University

〒156-8550 東京都世田谷区桜上水 3-25-40

とに開催されるようになったのは1993年の第4回シュトゥットガルト大会からである。2年ごとに開催されるようになった結果、世界陸上競技選手権大会はオリンピック年の前年・後年に配置されることとなった。競技スポーツとしての陸上競技においては、世界陸上競技選手権大会は大変重要な競技会として位置づけられていることは明らかではあるが、オリンピック競技大会は最も重要な競技会であると考えられている。したがって、オリンピック競技大会に出場した上級競技者は次年度の活動を控えることが少なくなく、最近では北京オリンピックで活躍したハンマー投げの室伏広治選手が、次年度に行われた世界陸上競技選手権大会ベルリン大会に参加しなかったということが記憶に新しいものとしてあげられる。

オリンピック年には陸上競技の世界ランキングの記録水準が他の年に比較して高い傾向にある様に、目標とすべき競技会の年こそ競技パフォーマンス向上のチャンスであることが明らかであるが、その反動として、特にそれらの翌年には記録水準の低下が顕著である（村木，1994）。このような事例からも印象としてオリンピック競技大会をはさんだ前後の世界陸上競技選手権大会において、後年の世界陸上競技選手権大会の方がパフォーマンスレベルの低下が起きているのではないかと考えられる。このように上級競技者において同じ世界陸上競技選手権大会であっても、オリンピック競技大会をはさむことで、その位置づけに相違がみられると仮定すれば競技パフォーマンスにも相違がみられることが推測される。しかし、その点について検討したものはみられない。

そこで本研究では、スピード筋力系種目^{2,1)}を対象としてオリンピック競技大会をはさんだ前年・後年の世界陸上競技選手権大会において競技パフォーマンスに相違がみられるかという点について検討することを目的とした。

方 法

2.1 分析対象

(1) 対象とする競技会

陸上競技の競技者として、年間に開催される競技会は数多くあるが、出場した全ての競技会においてピークを形成することは不可能である（青山，2009b）。したがって競技者は、現状と可能性を踏まえた上で競技会の重要度を決めて、それにあわせてピークを形成することとなる（Bompa, 1999）。陸上競技における最重要競技会とはオリンピック競技大会、世界陸上競技選手権大会と考えられ、そのうちオリンピック競技大会は最も重要な競技会であると考えられている。したがって、オリンピック競技大会に出場した競技者は次年度の活動を控え、次年度に行われる世界陸上競技選手権大会に参加しないことがある。このようにトップアスリートにおいて同じ世界

陸上競技選手権大会であっても、オリンピック競技大会をはさむことで、その位置づけに相違がみられると仮定すれば競技パフォーマンスにも相違がみられることが推測される。したがって、本研究ではオリンピック年の前年・後年に配置されるようになった第3回東京大会から第12回のベルリン大会の世界陸上競技選手権大会を分析対象競技会とした。

(2) 分析対象種目および分析対象者

本研究では人間の基本的な運動である「走」「跳」「投」に着目し、陸上競技のスピード筋力系に分類される種目の中から代表して「走」については100mを、「跳」については走幅跳を、そして「投」については砲丸投を分析対象種目とした。そして、これらの分析対象種目において決勝に進出し、記録を残している競技者を抽出し、計474名の競技者を分析対象者とした。

(3) 分析対象記録

前述した条件を満たしている対象者の世界陸上競技選手権大会の競技記録を分析対象記録とした。なおこの分析に用いた記録は、国際陸上競技連盟が運営する公式サイトに掲載されたものを利用した。また、研究の限界として先行研究（Krüger, 1973・青山，2009b）にならい、ここでの検討は競技結果（記録）のみであり、そのときのコンディション（天候、風速など）や、各競技者側の要素（トレーニング内容など）は考慮していない。

2.2 分析項目

本研究では分析対象の競技記録を元に、以下の項目について青山（2010）の定義に従い、分析を行った。

①記録達成率

最重要競技会において発揮されたパフォーマンスのレベルについて検討するため、年間最高記録に対する最重要競技会における記録の割合を次式により算出し、記録達成率とした。

分析対象競技会の競技記録

$$\text{／年間最高記録} \times 100 = \text{記録達成率（\%）}$$

②ピーク出現率

最重要競技会にピークを合わせることに成功しているか否かについて検討するため、分析対象競技会の決勝での年間最高記録および自己最高記録の出現の割合を次式により算出し、ピーク出現率とした。

分析対象競技会での年間最高記録出現の人数

$$\text{／被験者数} \times 100 = \text{ピーク出現率（\%）}$$

2.3 統計処理

各種目について、オリンピック競技大会前年・後年の世界陸上競技選手権大会の相違による最重要競技会のパ

パフォーマンスに及ぼす影響を検討するため、記録達成率については2元配置の分散分析[競技会(オリンピック前年・オリンピック後年)×種目(100m・走幅跳・砲丸投)]を行った。その結果、交互作用(競技会×種目)に有意差がみられた場合には、単純主効果の検定を行った。

また、各種目におけるオリンピック競技大会前年および後年の世界陸上競技選手権大会において、種目の相違とピーク出現率との間に関係性があるのかを検討するため、Fisherの直接法を用いて検定を行った。なお、各項目とも統計処理の有意性は、危険度5%水準で判断した。また、オリンピック競技大会前年および後年の両競技会に参加した競技者を対象に同様の検定を行った。

結 果

3.1 記録達成率について

表1にオリンピック競技大会前年・後年の世界陸上競技選手権大会の記録達成率を各種目ごとに平均値および標準偏差で示した。

オリンピック競技大会前年の世界陸上競技選手権大会の記録達成率については、100mでは99.28%、走幅跳では98.52%、砲丸投では98.40%、3種目の合計の平均では98.73%であった。オリンピック競技大会後年の世界陸上競技選手権大会については、100mでは99.40%、走幅跳では98.45%、砲丸投では98.22%、3種目の合計の平均では98.68%であった。2元配置の分散分析(対応なし)の結果、有意な交互作用が認められず、種目のみ有意な主効果が認められた。多重比較検定の結果、100mの99.34%が走幅跳98.49%、砲丸投98.31%よりも有意に高い記録達成率を示した。

3.2 ピーク出現率について

表2・3は、オリンピック競技大会前年・後年の世界陸上競技選手権大会ごとに各種目の年間最高記録および自己最高記録をマークした人数とその割合であるピーク出現率を示したものである。

オリンピック競技大会前年においては、100mで24名、走幅跳で23名、砲丸投で29名が年間最高記録をマークし、ピーク出現率は100mで31.17%、走幅跳で28.75%、砲丸投で36.25%、3種目の合計の平均で32.07%であった。オリンピック競技大会後年においては、100mで29名、走幅跳で22名、砲丸投で19名が

表2 オリンピック競技大会前の世界陸上競技選手権大会における各種目のピーク出現率

種 目	ピークあり	ピークなし	Fisherの直接法
100m n=77	31.17 (24)	68.83 (53)	ns P=0.620812
走幅跳 n=80	28.75 (23)	71.25 (57)	
砲丸投 n=80	36.25 (29)	63.75 (51)	
全 体 n=237	32.07 (76)	67.92 (161)	

*p<0.05

単位：% 括弧内：人数

表1 オリンピック競技大会前年・後年の世界陸上競技選手権大会の記録達成率(3種目全体)

	オリンピック前 記録達成率 (%)	オリンピック後 記録達成率 (%)	各試合の平均	分散分析	多重比較
100m n=154	99.28±0.92	99.40±.89	99.34±0.90	*	100m>走幅跳 100m>砲丸投
走幅跳 n=160	98.52±1.58	98.45±1.58	98.49±1.57		
砲丸投 n=160	98.40±1.96	98.22±1.97	98.31±1.96		
各種目の平均	98.73±0.10	98.68±0.10			
分散分析	ns				

*p<0.05

表 3 オリンピック競技大会後の世界陸上競技選手権大会における各種目のピーク出現率

種 目	ピークあり	ピークなし	Fisherの直接法
100m n=77	37.66 (29)	62.34 (48)	ns P=0.15415
走幅跳 n=80	27.50 (22)	72.50 (58)	
砲丸投 n=80	23.75 (19)	76.25 (61)	
全 体 n=237	29.54 (70)	70.46 (167)	
* p<0.05 単位：％ 括弧内：人数			

表 4 100m における各世界陸上競技選手権大会のピーク出現率

種 目	ピークあり	ピークなし	Fisherの直接法
五輪前 n=77	31.17 (24)	68.83 (53)	ns
五輪後 n=77	37.66 (29)	62.34 (48)	
全 体 n=154	34.42 (53)	65.58 (101)	P=0.497679
*p<0.05 単位：％ 括弧内：人数			

年間最高記録をマークし、ピーク出現率は 100m で 37.66%，走幅跳で 27.50%，砲丸投で 23.75%，3 種目の合計の平均で 29.54%であった。オリンピック競技大会前年および後年の世界陸上競技選手権大会において、種目の相違とピーク出現率との間に関係性があるのかを検討するため、Fisher の直接法を用いて検定を行った結果、有意な差は認められなかった。

表 4・5・6 は、各種目ごとにオリンピック競技大会前年・後年の世界陸上競技選手権大会の年間最高記録および自己最高記録をマークした人数とその割合であるピーク出現率を示したものである。各種目において、オリンピック競技大会前年と後年の相違と、ピーク出現との間

表 5 走幅跳における各世界陸上競技選手権大会のピーク出現率

種 目	ピークあり	ピークなし	Fisherの直接法
五輪前 n=80	28.75 (23)	71.25 (57)	ns
五輪後 n=80	27.50 (22)	72.50 (58)	
全 体 n=160	28.13 (45)	71.87 (115)	P=1
*p<0.05 単位：％ 括弧内：人数			

表 6 砲丸投における各世界陸上競技選手権大会のピーク出現率

種 目	ピークあり	ピークなし	Fisherの直接法
五輪前 n=80	36.25 (29)	63.75 (51)	ns
五輪後 n=80	23.75 (19)	76.25 (61)	
全 体 n=160	30.00 (48)	70.00 (112)	P=0.0885907
*p<0.05 単位：％ 括弧内：人数			

に関係性があるのかを検討するため、Fisher の直接法を用いて検定を行った結果、有意な差は認められなかった。

3.3 オリンピック競技大会前年および後年の世界陸上競技選手権大会の両競技会に参加した競技者の記録達成率について

各種目について、オリンピック競技大会前年および後年の世界陸上競技選手権大会の相違による最重要競技会のパフォーマンスに及ぼす影響について検討するため、2 元配置の分散分析を行った結果、有意な交互作用が認められなかった。そこで次に、各種目においてオリンピック競技大会をはさんだ前年・後年の世界陸上競技選手権

表7 オリンピック競技大会前年・後年の世界陸上競技選手権大会の記録達成率（両競技会に参加した競技者）

	オリンピック前 記録達成率 (%)	オリンピック後 記録達成率 (%)	各試合の平均	分散分析	多重比較
100m n=34	99.35±0.73	99.43±0.98	99.39±0.86	}	100m > 走幅跳
走幅跳 n=26	98.44±1.71	98.49±1.63	98.46±1.66		
砲丸投 n=38	98.67±1.74	98.47±1.66	98.57±1.70		100m > 砲丸投
各種目の平均	98.85±1.50	98.81±1.51			
分散分析	ns				

*p<0.05

表8 オリンピック競技大会前の世界陸上競技選手権大会における各種目のピーク出現率

種 目	ピークあり	ピークなし	Fisherの直接法
100m n=34	26.47 (9)	73.53 (25)	ns P=0.51501
走幅跳 n=26	23.08 (6)	76.92 (20)	
砲丸投 n=38	36.84 (14)	63.16 (24)	
全 体 n=98	29.59 (29)	70.41 (69)	

*p<0.05

単位：% 括弧内：人数

表9 オリンピック競技大会後の世界陸上競技選手権大会における各種目のピーク出現率

種 目	ピークあり	ピークなし	Fisherの直接法
100m n=34	47.06 (16)	52.94 (18)	ns P=0.195944
走幅跳 n=26	34.62 (9)	65.38 (17)	
砲丸投 n=38	26.32 (10)	73.68 (28)	
全 体 n=98	35.71 (35)	64.29 (63)	

*p<0.05

単位：% 括弧内：人数

大会の両方に参加した競技者を対象に2元配置の分散分析を行った。オリンピック競技大会前年と後年の両方に参加していた競技者は、100mで34名、走幅跳で26名、砲丸投で38名であった。表7に両競技会に参加した競技者におけるオリンピック競技大会前年・後年の世界陸上競技選手権大会の記録達成率を各種目ごとに平均値および標準偏差で示した。

オリンピック競技大会前年の世界陸上競技選手権大会の記録達成率については、100mでは99.35%、走幅跳では98.44%、砲丸投では98.67%、3種目の合計の平均では98.85%であった。オリンピック競技大会後年の世界陸上競技選手権大会については、100mでは99.43、

走幅跳では98.49、砲丸投では98.47、3種目の合計の平均では98.81%であった。2元配置の分散分析（対応あり×対応なし）の結果、有意な交互作用はみられず、種目のみ有意な主効果が認められた。多重比較検定の結果、100mの99.39%が走幅跳の98.46%、砲丸投の98.57%より有意に高い記録達成率を示した。

3.4 オリンピック競技大会前年および後年の世界陸上競技選手権大会の両競技会に参加した競技者のピーク出現率について

次に、各種目においてオリンピック競技大会をはさんだ両世界陸上競技選手権大会に参加した競技者を抽出し

表 10 100m における各世界陸上競技選手権大会のピーク出現率

種 目	ピークあり	ピークなし	Fisherの直接法
五輪前 n=34	26.47 (9)	73.53 (25)	ns P=0.130556
五輪後 n=34	47.06 (16)	52.94 (18)	
全 体 n=68	36.76 (25)	63.24 (43)	

*p<0.05

単位：％ 括弧内：人数

表 11 走幅跳における各世界陸上競技選手権大会のピーク出現率

種 目	ピークあり	ピークなし	Fisherの直接法
五輪前 n=26	23.08 (6)	76.92 (20)	ns P=0.541363
五輪後 n=26	34.62 (9)	65.38 (17)	
全 体 n=52	28.85 (15)	71.15 (37)	

*p<0.05

単位：％ 括弧内：人数

て検討を行った。オリンピック競技大会をはさんだ両世界陸上競技選手権大会に参加した競技者は、100m で 34 名、走幅跳で 26 名、砲丸投で 38 名であった。表 8・9 にオリンピック競技大会前年および後年ごとに各種目の年間最高記録および自己最高記録をマークした人数とその割合であるピーク出現率を示した。

オリンピック競技大会前年においては、100m で 9 名、走幅跳で 6 名、砲丸投で 14 名が年間最高記録をマークし、ピーク出現率は 100m で 26.47％、走幅跳で 23.08％、砲丸投で 36.84％、3 種目の合計の平均で 29.59％であった。オリンピック競技大会後年においては、100m で 16 名、走幅跳で 9 名、砲丸投で 10 名が年間最高記録をマークし、ピーク出現率は 100m で 47.06％、走幅跳で 34.62％、砲丸投で 26.32％、3 種目の合計の平均で 35.71％であった。オリンピック競技大会前年では砲丸投、オリンピック後

表 12 砲丸投における各世界陸上競技選手権大会のピーク出現率

種 目	ピークあり	ピークなし	Fisherの直接法
五輪前 n=38	36.84 (14)	63.16 (24)	ns P=0.45955
五輪後 n=38	26.32 (10)	73.68 (28)	
全 体 n=76	31.58 (24)	68.42 (52)	

*p<0.05

単位：％ 括弧内：人数

年では 100m、3 種目の合計の平均ではオリンピック競技大会後年が高い値を示したが、Fisher の直接法を用いて検定を行った結果、種目の相違とピークの出現との間に有意な差は認められなかった。

表 10・11・12 は、各種目ごとに、オリンピック競技大会前年と後年の世界陸上競技選手権大会における年間最高記録および自己最高記録をマークした人数とその割合であるピーク出現率を示したものである。各種目において、オリンピック競技大会前年と後年の相違と、ピーク出現率との間に関係性があるのかを検討するため、Fisher の直接法を用いて検定を行った結果、有意な差は認められなかった。

考 察

4.1 各種目における世界陸上競技選手権大会のパフォーマンス発揮レベルについて

試合期は、準備期を経て形成された競技会への最良の準備状態としてのスポーツフォームを、主要な競技会の行われる全期間を通して維持し、その状態をパフォーマンスに結びつける期間である（村木, 1994）。そのトレーニング状態については、スポーツフォームにあるか否かの判断基準も設けられており、トラック種目では年間ベストのマイナス 2％、比較的技術性の高いフィールド種目ではそれぞれ跳躍種目はマイナス 3％、投てき種目はマイナス 4％であるとされている（村木, 1994）。本研究の分析の結果、記録達成率はすべての種目においてオリンピック競技大会前年および後年の世界陸上競技選手権大会でスポーツフォームの範囲内の高いパフォーマンスを示した。つまり、最重要競技会においてスポーツフォームを作り上げる方法はほぼ確立できていると考えられる。

また、最重要競技会で自己最高記録を更新することの

困難さは以前から指摘されており（村木，1989），オリンピックや世界選手権などの重要な競技会における自己記録更新者の割合がわずか15～25%であったという客観的データが示されている（村木，1994）．本研究においても，すべての世界陸上競技選手権大会における分析対象種目のピーク出現率において，半数以上の競技者がピークを出現させることに失敗していることから先行研究と同様の低い結果であったといえる．世界トップレベルの競技者であっても，最重要競技会でピークを出現させることは困難であり，今後もピーキング^{註2)}については研究を進めていく必要があることが示唆される．

オリンピック競技大会前年の世界陸上競技選手権大会の記録達成率については，100mでは99.28%，走幅跳では98.52%，砲丸投では98.40%，3種目の合計の平均では98.73%であり，オリンピック競技大会後年の世界陸上競技選手権大会については，100mでは99.40%，走幅跳では98.45%，砲丸投では98.22%，3種目の合計の平均では98.68%であることから，トラック種目がフィールド種目に比べて高いパフォーマンスを発揮していることがわかる．また，記録達成率の2元配置の分散分析において，種目のみ有意な主効果が認められていることから，競技会配置ではなく，種目の相違がパフォーマンスに影響を及ぼしている可能性があることが示唆される．これは，陸上競技のように，種目間によって競技特性の違いが顕著な競技は，パフォーマンスを達成させるための要素やそのレベルについても，種目間によって大きく異なることがある（村木，1994）ことから，種目の相違がパフォーマンスに影響を与えていると考えられる．

4.2 オリンピック競技大会前年および後年の世界陸上競技選手権大会の配置が競技パフォーマンスに及ぼす影響について

最重要競技会において最高のパフォーマンスを発揮する際に，そのパフォーマンスに影響を与える要因は数多く存在するが，競技会の配置の相違はその中のひとつの要因として考えられる（青山，2010）．本研究では過去の事例からトップアスリートにおいて同じ世界陸上競技選手権大会であっても，オリンピック競技大会をはさむことで，その位置づけに相違がみられ，競技パフォーマンスにも相違がみられると仮説を立て分析した．

村木（1994）の研究から推測すると，オリンピック競技大会前年の世界陸上競技選手権大会のパフォーマンスが高いことが予想されたが，本研究の結果，交互作用および競技会において有意差は見られず，種目のみ有意差が見られた．多重比較検定を行った結果，100mが走幅跳，砲丸投と比較し，有意に高い記録達成率を示したことから，競技パフォーマンスに種目による影響が及ぼされたことが明らかとなった．先行研究においても，技術

性の高いフィールド種目では記録達成率が低く，トラック種目では顕著に高い結果が示されている（村木，1994）ことから，本研究の結果はこれを追認するものであった．

陸上競技に限らず競技スポーツにおいては，世界選手権大会よりもオリンピック競技大会が最も重要な競技会と考えられていることから，オリンピック競技大会では体力的要素や精神的要素など多くの面において高いレベルが要求され，競技者にとって試合負荷はかなり大きなものであり，その後の疲労の回復に十分な時間がとれずにトレーニングを再開しなければならなかったり，超回復が見込めるだけのトレーニング負荷が得られないということも考えられる．村木（1992）はトレーニングの計画化について，その目的を主要な競技会日程やトレーニング諸条件を考慮しながら試合期に向かってスポーツフォームを形成し，主要な試合期間にわたってその状態を維持し，目標とする主要な競技会でのピークパフォーマンスの実現を目指すためとしている．そして，その中でも最重要競技会に対しては，さらに特別な準備期間を設けて取り組む場合が多いという（村木，2002）．また，高度な緊張と意志高揚，強固な意志および闘志を毎年同じ様に持続するのはあまり得策ではなく，動機づけを強めるためにも3～4年毎の集中と，相対的にリラックスさせる周期が計画されるべきである（村木，1994）．このようなことからオリンピック競技大会という競技会の前後に高いパフォーマンスを発揮することは難しいと考えられる．しかし，本研究の結果では，世界トップレベルの競技者においてはオリンピック競技大会の前後に関係なく，高いパフォーマンスを発揮していることが明らかとなった．このことは，適切なトレーニング計画を立案し，実施することで主要な競技会にスポーツフォームを形成することが可能なのではないかと示唆される．

ピーク出現率に関しては，オリンピック競技大会前年においては，100mで31.17%，走幅跳で28.75%，砲丸投で36.25%，3種目の合計の平均で32.07%であった．オリンピック競技大会後年においては，100mで37.66%，走幅跳で27.50%，砲丸投で23.75%，3種目の合計の平均で29.54%であった．オリンピック競技大会前年では砲丸投，オリンピック競技大会後年では100mが高い値を示したものの有意な差は認められなかった．種目ごとにおいても，オリンピック競技大会前年と後年に有意な差は認められなかった．村木（1994）や青山（2010）の研究に比べると比較的高いデータを示しているものの，オリンピック競技大会後年の100mにおいての37.66%が最高で，半数以上の競技者がピークを出現させることに失敗していることがわかる．また，両競技会に参加した競技者を対象とした場合についても，ほぼ同様の結果を示した．記録達成率では，すべての種目，すべての競技会において，スポーツフォームの範囲内で

高いパフォーマンスを発揮できているのに対して、半数以上の競技者が主要競技会においてピークを出現させることに失敗していることから、主要競技会においてピークを作り上げる方法については、トップレベルの競技者とはいえども困難な課題であることを示しているといえる。村木（1994）によると、最高の競技パフォーマンスには最適な興奮水準が存在することを示している。従って、適度な精神的興奮は、最高の競技パフォーマンスの不可欠な条件であると同時に、その過不足な状態は、共にマイナスにも作用する両刃の剣でもあることから、オリンピック競技大会という最重要競技会に比べると世界陸上競技選手権大会はパフォーマンスを高める興奮水準が低いことから、ピークを出現させるにくくしている可能性があると考えられる。そして、スポーツフォームを形成する技術はほぼ確立されているのに対して、ピークを出現させることが困難だということは記録達成率とピーク出現率には関連性がない可能性があると考えられる。

4.3 オリンピック競技大会をはさむ前年と後年の世界陸上競技選手権大会の競技パフォーマンスの相違について

本研究の結果から、世界のトップアスリートにおける世界陸上競技選手権大会の競技パフォーマンスに相違があることが推測されたが、オリンピックをはさむ前年と後年の世界陸上競技選手権大会の競技パフォーマンスには差がないと考えられる。村木（1994）の研究からも、オリンピック競技大会後年に最高のパフォーマンスを発揮することが困難であると考えられ、オリンピック競技大会後年の世界陸上競技選手権大会が低いパフォーマンスを示すと推測されたが、それは主観的な印象にすぎないものだと考えられる。本研究では、オリンピック競技大会をはさむ前年と後年の世界陸上競技選手権大会を全体でみた場合と両競技会に参加した競技者を対象にみた場合の結果を受け、次のようなことが示唆された。

記録達成率については、すべての種目、すべての世界陸上競技選手権大会において、スポーツフォームの範囲内の高いパフォーマンスを発揮できていることから、スポーツフォームを形成する技術はほぼ完成しているといえる。現在、スポーツフォームの維持期間については、準備期に適切なトレーニングを行った場合、スポーツフォームの維持期間は平均1～2.5ヶ月になるといわれている。そして、スポーツフォームの維持期間は試合期の前に行う準備期におけるトレーニングによって左右される（ボンパ、2006）。このようなことから、オリンピックをはさむ前年と後年の世界陸上競技選手権大会の両競技会で高いパフォーマンスを発揮しているのは、オリンピック競技大会の前年・後年に関係なく準備期に適切なトレーニングを行うことができているからではないかと推測される。しかし、未熟な競技者は、競技力の違いか

らオリンピック年のシーズンの疲労などにより次年度に必要な準備期の適切なトレーニングが消化することが困難になる可能性もある。その結果、オリンピック競技大会終了後の次年度においてスポーツフォームの維持期間に影響を及ぼす可能性があり、世界陸上競技選手権大会のパフォーマンスが低下する可能性のあることが推測される。したがって、世界トップレベルの競技者はオリンピックという試合負荷の大きな試合に耐えうる様々な要素の問題を解決し、適切な形で準備期にトレーニングを行うことで、試合の位置づけに相違がみられない高いパフォーマンスを発揮し続けることができているのではないかと推測される。しかし、村木（1994）の研究から推測すると、技術性の高いフィールド種目よりもトラック種目の方がパフォーマンスを発揮しやすい可能性はあると考えられる。目標とする主要な大会で自己の最高業績を達成することは、種目差も大きいと同時に、今なおもスポーツトレーニング理論が実践に対して十分貢献しているとはいい難く（村木、1994）、種目によってパフォーマンスの発揮のしやすさは異なると考えられる。

ピーク出現率については、すべての種目、すべての世界陸上競技選手権大会において低い値を示しており、いまだにピークを出現させる方法は確立されていないことを再認識せられることになった。ピーキングには様々な要素が複雑に関係しているため、独立した要素や局面だけを取り上げて進めていくことはできない（ボンパ、2006）ことや、オリンピック競技大会という最重要競技会に比べると、世界陸上競技選手権大会では興奮水準が過不足な可能性があり、他にも失敗不安や緊張性不安、情緒的ストレス等が競技パフォーマンスへのマイナス因子である（村木、1994）ことから、技術的・心理的側面も少なからず関係していることが考えられる。いくらトップレベルの競技者が準備期に適切なトレーニングを行ったとしても、ピークを出現させることは困難な問題であり、今後の課題として検討を進めていかなければならないだろう。また、本研究の結果から、オリンピック競技大会をはさむ前年と後年の世界陸上競技選手権大会の競技パフォーマンスには差がないと考え、記録達成率やピーク出現率ではなく、他の視点からパフォーマンスの相違の検討をしていく必要があるだろう。

まとめ

本研究は、陸上競技のスピード筋力系に分類される種目の中の走種目から100m、跳躍種目から走幅跳、投てき種目から砲丸投を分析対象種目として、オリンピック競技大会をはさんだ前年・後年の世界陸上競技選手権大会において競技パフォーマンスに相違がみられるかという点について検討することを目的とした。その結果、以下のような知見が得られた。

記録達成率はすべての種目におけるすべての競技会に

において、スポーツフォームの範囲内にある高い値を示していた。

各種目について、パフォーマンスに相違がみられると推測される種目は100mであり、走幅跳、砲丸投と比較して記録達成率が高かった。

ピーク出現率については、すべての種目、すべての競技会において低い値を示した。

オリンピック競技大会をはさんだ前年・後年の世界陸上競技選手権大会において競技パフォーマンスに相違はみられなかった。

注記

- 1) 代表的なスポーツ種目を、運動構造と競技特性から分類することができる。まず、運動の構造の観点からスポーツ運動を単構造種目、複構造種目、複合構造種目の3つに大別し、更に、それぞれの特徴的な要素的諸細目にいくつかに分類できる。単構造種目では、その身体的・体力的側面の競技パフォーマンスに対する強い影響から、スピード筋力系種目、制御運動系種目、持久運動系種目の3つに区別される。そのなかのスピード筋力系種目とは、運動の体力面での主要な筋力発揮の特徴の種目である。最大筋力系、爆発筋力系などとも言われる場合もある。
- 2) 目標とする最重要競技会に想定し得るすべての条件（競技会日時、競技会配置、地理的、気象条件等々）が細部にわたってシュミレーションされ、コンディショニングを最高の状態にもっていけるように準備すること。また、その調整法。

参考文献

青山亜紀（2008）学生上級競技者の主要試合におけるパフォーマンスの動態に関する研究 — 陸上競技の

スピード・筋力運動系種目における近年の動向から—。陸上競技研究 74：11-17。

青山亜紀（2009a）学生上級競技者の主要競技会におけるパフォーマンス達成に関する研究—トラック種目における近年の動向から—。陸上競技学会誌 7（1）：1-7。

青山亜紀（2009b）学生上級競技者の主要競技会におけるパフォーマンス達成に関するスポーツトレーニング学的研究—跳躍種目における近年の動向から—。陸上競技研究 78：10-12。

青山亜紀（2010）学生上級競技者の主要競技会におけるパフォーマンス達成に関するスポーツトレーニング学的研究。陸上競技学会誌 7（1）：12-21。

Bompa, T. (1999) PERIODIZATION Theory and Methodology of Training. HUMAN KINETICS: Champaign, pp.193-195.

ボンパ：尾縣貢・青山清英監訳（2006）競技力向上のトレーニング戦略。大修館書店：東京，pp.142-238。

Krüger, A. (1973) Periodization, or peaking at the right time. Track Technique 54：1720-1724。

金子朋友（1974）体操競技のコーチング。大修館書店：東京，pp.134-142。

MATBEEB, Л. П (1975) : Основы Спортивной. Москва。

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。

村木征人（1992）トレーニング計画—期分けとピーキング—。コーチング・クリニック，6（5）：6-10。

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.75-83

村木征人（2002）ピーキングとペリオダイゼーション。体育の科学 52（7）：522-527。

陸上運動・競技の授業に関する一考察

伊佐野龍司（東京都立美原高等学校）

1. 問題提起

陸上競技は、走る・跳ぶ・投げるといった幼児から自然と身につけてきた身体操作による運動である（清水、2008）。結果はともあれ基本的には、容易に取り組むことができる運動が多い。それゆえ、タイムや距離など、「記録の計測」に従事した授業を観ることが珍しくない。また、学校によっては「スポーツテスト」と合わせて当該単元を設定しているため、結果を前面に出さざるを得ない状況を作り出している。したがって、結果の出せない生徒たちにとっては、陸上競技の授業となれば顔色は暗くなるばかりである。このような出来事は、筆者のみならず多くの教員が目にしたことのある光景ではないだろうか。

しかしながら、生徒の自得に任せた成果主義の授業から生徒が何かを学習するのであろうか。否、そこでは教員が、「走る・跳ぶ・投げる」という自然な身体動作に、学習という介入を施す意味や価値の説明責任を果たす必要があり、授業を通じてそれらを児童・生徒に伝えなければならない。

そこで本稿では、上記の説明責任を果たすために、陸上運動・競技の授業に関する一考察を、陸上競技の授業実践を通じて述べることにする。

2. 陸上競技・運動の学習内容

我々の目の前で行われる「走・跳・投」の運動は、外側から見れば、それぞれ異なる動作を行っているように見える。しかし、他領域、とりわけ器械運動のように運動（技術）の構造化が周到になされている領域にあっては、さまざまな技として具象化された外延を頼りに当の運動の内包へと至ることは、十分に可能である（鈴木、2010）。すなわち、器械運動のように名前のついた技の組み合わせを「身体の回転運動の制御」というメタ的な視座から捉えることで、それらを「学びの手がかり」として機能させるのである。例えば、「栓抜きを使ってビンの蓋を開ける」という理科の実験を通して、「てこの原理」を学ぶように、器械運動においても「技で回転（とは何か）を教える」とことと同型の道筋を辿ることができる。

これを本稿に引き寄せ、陸上運動・競技（走・跳・投

運動）を抽象化すれば、それらは「最良な物質（身体・道具）の位置移動を目指した身体動作」と表現することができるであろう。しかし、そこでは「位置移動の方法」に焦点があてられるべきではない。すなわち、陸上運動・競技の授業では、外側から見た記録の結果ではなく、「物質の位置移動を通じた身体のあり方」を中核に据える必要がある。言い換えれば、児童・生徒たちが運動の習得に向けて努力・探究する過程を重視することへのパラダイムシフトである。そうした過程を通じて、運動に埋め込まれる意味や価値を彼／彼女らが拓いていくのである。

上記に重きを置いた授業は、現象学的人間学や社会構成主義などの理論的立場をとり、近年、これらを採用した実践が数多く報告されている。以下、その報告事例を取り上げる。

3. 授業実践

3.1 指導観・教材観

筆者の勤務校では、スポーツテストが5月に設定されることから、陸上競技の単元が4月当初に設定される。「先生、今日の授業は何するんですか?」、新学期が始まり期待に溢れる生徒の耳に「短距離走」のワードが入ると、しだいに浮かない顔に変化する。生徒たちが答えるように、短距離走（本校では100m、200m走）は「苦しい」、「キツイ」といったネガティブな印象を持たれている。生徒たちに「なぜキツイの?」と再び問いかけると、「最後まで（スピード、体力）が持たない」、「足が重くなる」と話す。授業者が「100mを全力で走ろうとしている?」と返すと、これまで当たり前のことだと思っていた生徒は、少し不安になりながらも首を縦に振る。確かに「ベストタイム＝全力疾走」という印象は、メディアを通じた競技者のパフォーマンスから刷り込まれてもおかしくない。しかしながら、スピード曲線を見れば、たとえオリンピックで金メダルを獲得するような一流選手であっても後半の失速は避けることができない。つまり短距離走は、最高速度と減速があることを理解し、距離に応じて計画的に走ることが求められるのである。ここに「生徒たちが短距離走に抱く『常識的知識』を、身体による試行錯誤を通じることで解体し、再構築させたい」という筆者の思いが芽生えたのである。上記の思い

を授業として展開する上で、授業者は以下の研究を参考とした。

青山（2001）は、戦術的側面を重視して100mのレース構造を検討し、トレーニングによってレース中の「加速感」の変化を意識的に変化させることに成功している。そこでは、疾走距離を3段階に分節し、各段階における課題（ラビット走者との距離調節）を遂行することで、100m走のレース構造を運動感や運動感覚を基底とした「加速感」として把握することを可能としたのである。しかしながら、授業者の受け持つ生徒たちは、さまざまな運動経験・感覚を持ち合わせるため、上記の実践をそのまま採用することはできない。そこで授業者は、運動感覚を基底としながら計画的に短距離を走るために、「目的に合わせ発揮する力を調節する能力（伊藤・村木, 1997）」すなわち、「グレーディング能力」に着目した。これを採用することで、ラビット走者との距離調節によって得られていた加速感を、分節された段階に応じた主観的努力度の出力調整によって得ようとしたのである。

以上の通り、「加速感」、「作戦（レース展開）」、「グレーディング能力」の三つの知見・概念を参考に、短距離走の授業を実践した。

3.2 短距離走(100m・200走 2011年4月 男子28名)

授業が始まり生徒たちには体操後のウォーミングアップの意味合いを含めて30mを「30%、50%、80%、100%」の出力別に走るように指示した。生徒たちは周辺の仲間がどれくらいの出力で走っているか確認しながら取り組んでいる。低出力の発揮に難しさを感じる生徒が多い一方で、80%、100%になれば得意気な顔して走る生徒が多く、如何に「100%で走る」ことが刷り込まれているかが見受けられる。

努力度調節の感覚を体験した後、「100mってどうやって走っている？」と問いかけると、全力疾走が当たり前だと思っていた生徒は、「えっ、全力じゃないの？」と面食らったように返答する。「全部（スピード、体力）もつ？」と再び問いかけると、生徒はただ首を横に振るだけであった。それを受け、授業者は日本記録のスピード曲線を提示し、「一流選手であっても終盤はスピードが落ちてくる。全力が持たないのであれば、100m走を上手く走れるように作戦を立てないといけないね」と伝えた。筆者が担当する授業では、生徒との対話を通して意見を引き出すことを念頭においているので、これらのやり取りを続け、「100m走を2～3分割にして考える。すべて100%の力で走るのではなく、部分によって力を使い分けること」が取り決められた。作戦タイムが設定されると、「さっきやったやつを使えばいいんだよね」と事前に行った活動を援用しながら生徒たちは計画を立てていった。また、他の生徒は授業者が常に準備している教具に目をつけ「マーカー使っていいですか？」と目印として上手く活用し練習を始めた。生徒たちが一番真剣な眼差しとなる「タイム測定」になると、冷静になりきれず作戦が上手くいかない生徒Aがいた。「あー！」と叫びながら悔しがるAは100mを「スタート100%－中間80%－最後70～60%」と計画していた。とくに中間のグレーディングに難しさを感じたようで、1本目は出力を抑えすぎてしまったようだ。修正の結果、最後を落とすすぎないレース展開を企てたAは、結果と共に満足気な顔をしていた。作戦を立てての授業で、出力ペース配分の運動感覚を身に付けた生徒たちは、200m走においても同様に仲間と相談や協力しながら練習に取り組んでいる。特に200mでは終盤の失速を避けるためにも、仲間から「いいペースだよ!」、「落とすな!」など

表1 授業展開

時 間	学習内容及び学習活動
第1時	【学習内容】「C 陸上競技 短距離 (100m 走)」 「中間走へのつなぎを滑らかにするなどして速く走ることを」を目指す。とくに、スタートダッシュからの加速に伴って動きを変化させ滑らかに中間走につなげる努力度調節ができるようにする。 【学習活動】 1：感覚運動「30%、50%、80%、100%」の出力別疾走 2：100m 走のレース展開（作戦）を考える。 3：作戦に基づいた練習 4：タイム測定と反省
第2時	【学習内容】「C 陸上競技 短距離 (200m 走)」 100m 走で経験した運動感覚（努力度調整）を応用して200m 走に取り組む。スピードをできる限りフィニッシュ近くまで保つことが求められるが、後半でスピードが著しく低下しないようにするための、ペース配分やそれに応じた動きに切り替えられるようにする。 【学習活動】 1：200m 走のレース展開を考える。 2：作戦に基づいた練習（ペース配分、コーナー侵入時の動きの切り替え） 3：タイム測定と反省

100mにはなかった掛け声が多々出てきた。仲間と共有された努力度や作戦から理解されるように、生徒たちの関心事は、結果にもましてレース展開や努力度配分などの身体性に焦点化されていた。

4. おわりに

本稿では、結果のみに着目されることの多かった陸上運動・競技に、身体感覚の調整・獲得に焦点を当てた短距離走の授業実践を提示した。そこでは疾走時の加速感のグレーディングを試みることで「できたり、できなかったり」というパトス的な志向体験の過程を通して、常に全力であった感覚から、新たな運動感覚の獲得に触れることができた。それだけではなく、生徒が主体的に授業に参加し、課題解決に向けて自己や他者（仲間、教員）、場の状況との相互作用を行うことによって、生徒の持つ「常識的知識」を解体し、新たな短距離走の意味を生成したのである。これらの過程も生徒の自得に任せるのではなく、自己の身体感覚が探られるのと同時に、他者との相互作用の中で学習者自身の世界が揺さぶられる経験を味わうことができる（石塚、2010）ように設定された「作戦タイム」が有効に機能したと考えられる。文頭に記した「走る・跳ぶ・投げる」といった自然な身体動作に学習という介入を施す意味や価値は、まさに、こうした教材を通して「新たな運動の意味や感覚の獲得」ではないだろうか。

教員による一方的な指導から、生徒が主体的に取り組むことのできる場を設定し支援することが、「タイム測定」に留まっていた授業からの脱却へと前進し、学習指導要領（文部科学省、2009）における「思考力、判断力、表現力の育成」に繋がると考える。

参考文献

- 青山清英（2001）短距離走における加速感に基づく戦術トレーニングに関する運動学的考察 スポーツ運動学 14, 27-36.
- 石塚 浩（2010）新学習指導要領解説における陸上運動・陸上競技の授業展開のあり方 ― 純粋運動学を基にしたスポーツ運動学的な視座より 陸上競技学会誌(8), 49-55.
- 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.
- 文部科学省（2009）高等学校学習指導要領解説 保健体育編 東山書房
- 清水 由（2008）写真でわかる運動と指導のポイント 陸上 大修館書店, 2
- 鈴木 理・青山清英・岡村幸恵・伊佐野龍司（2010）価値体系論的構造分析に基づく球技の分類 体育学研究 55：137-146.

中長距離走能力向上に対する準高地トレーニングの可能性について ～無酸素性トレーニングが有酸素性能力を高める効果に着目して～

佐伯徹郎（日本女子体育大学 体育学部 スポーツ健康学科）

1. はじめに

世界の長距離・マラソンの高速化に対して、いかに日本が追いつき、勝負していくか。実践・研究の両面から議論が活発になっていると思われる（日本陸上競技学会、2012）。これまで、豊富な練習量で世界レベルを達成してきた日本のランナーたちも、トレーニング量は限界近くにきているという考えもある中で、世界と勝負するためには、選手も指導者も発想の転換が必要かもしれない。

高い標高（2000m 以上）に対する適応を利用し、様々な生理学的効果およびパフォーマンスの向上が期待できる高地トレーニングは、長距離・マラソンにとって質・量ともに高いレベルの練習を可能とすることから、実践・研究ともに、有用な情報・知見が多く提示されている。しかし、日本国内においては、生活環境に恵まれた高地環境（標高 2000m 以上）は少なく、また、その成功・失敗にも個人差があり、より多くの選手が取り組める方法ではないといえる。

一方で、長野県・菅平高原をはじめ、国内の多くの準高地（標高 1000 ～ 1500m）といわれる地域での合宿は、高校・大学・実業団を問わずにとっても盛んである。これらの準高地での合宿は、高地トレーニングの効果を強く意図したものではなく、夏季において、平地に比べれば涼しい気候条件のもと、じっくり走り込むことをねらいとしていることが多いと思われる。しかし、準高地であっても高地に準じる生理的応答および適応が期待され（加藤、2008）、また、平地に近い質（スピード）と量（距離）の練習もこなせること、さらには、少ない空気抵抗により短い距離であれば平地以上のスピード感を体感できる可能性のあること、などの面から、一般に考えられている以上に、準高地としてのトレーニング効果が大きい可能性もある。

また、長距離走のスピード化への対応について、エネルギー供給系の面から考えると、高地に準じる効果の期待できる低酸素環境においてスピードの出せるトレーニングができることは、無酸素性能力も効果的に高める可能性がある。そして、佐伯ら（2004）が提示している「無酸素性エネルギーの動員が有酸素性エネルギーを高める

可能性」をもとにすると、準高地という環境を利用して、より質の高い無酸素性トレーニングが実施できるとしたら、無酸素性能力だけでなく、間接的・直接的に有酸素性能力を高めることにもつながり、中長距離走者にとって非常に有効なトレーニング環境となりうるのではないかと考えた。

そこで本報告では、中長距離走の競技力向上のための準高地トレーニングについて、無酸素性トレーニングが有酸素性能力を高める効果にも着目して、その有用性の検討を試みた。

2. 準高地トレーニングについて

高地トレーニングの効果としては、一般的には、血液の酸素運搬機能の向上、有気的作業能の向上と乳酸生成の抑制、最大有気的作業能および血液量の増大、筋の酸化的代謝能と緩衝能の亢進などが期待される（浅野、1999）。また、近年では、無酸素性能力向上の効果についても研究・実践の両面から検討・報告されている（JISS、2011）。

準高地トレーニングについては、研究、実践報告ともに情報が少ないように思われるが、小林（1999）は、高地トレーニングに適する標高は 1800m ～ 2000m であるとしながらも、標高 1000m でも初期効果が得られると述べている。また、ジュニア選手については、クロスカントリーとして芝生で起伏に富むコースと、1000m という準高所の影響が適度な刺激を与えると述べている。また、水泳競技の場合ではあるが、加藤ら（2008）は、標高 1280m の準高地における短期間の競泳トレーニングにおいて高地と同様の生理的応答が確認されたことを報告し、過度の低圧・低酸素負荷によるトレーニング強度の低下、高山病などによる体調低下などのリスクを軽減しながら、呼吸循環機能の適応を促進するトレーニングとしての有効性を示唆している。

山本（2012）は、従来の長期間滞在する高地トレーニングの基本スタイルを「合宿型（増血型）」の高地トレーニングと呼び、それに対して、低酸素室の利用などによる「ワンポイント型（非増血型）」という発想を紹介している。「ワンポイント型」では、有酸素性能力の向上

につながるような血液性状の改善はみられないが、乳酸閾値、運動効率、無酸素性能力などの多様な能力が改善すると述べている。そのような効果とともに、自然の高地トレーニング環境に恵まれない日本において、トレーニングの質・量を保ち、低地での運動感覚を狂わせることもなく、体調に応じて変更しやすく、個人差を考慮して多様な負荷条件が設定できることなどから、「ワンポイント型」を「人間本位」の負荷法であると表現している。

これらの知見をもとにすると、低酸素室ほどの多様な負荷条件の設定はできないが、準高地トレーニングは、従来の高地トレーニングに近い生理応答の恩恵を受けつつ、リスクが少なく（体調管理がしやすく）、個人差（レベルやタイプ）に応じたトレーニング内容（有酸素性・無酸素性トレーニングの割合や組み合わせ方など）を選択・決定できる、非常に有効なトレーニング環境であるといえるのではないだろうか。特に、「ワンポイント型」のトレーニング効果の一つとしても挙げられている無酸素性能力の向上に着目すると、準高地であれば、平地に近いスピードレベルでのインターバルやレペティションを可能とし、平地以上の無酸素性能力の向上、さらには、少ない空気抵抗によるスピードの出しやすさもあれば、スピードを出せる走動作の獲得といった効果も期待できるのではないだろうか。

次に、クロストレーニング、そして無酸素性トレーニングの考え方から、ランナーの準高地トレーニングの有用性について考えてみたい。日本選手権女子 800m において、2010-2011 年と 2 連覇を果たした岸川朱里選手を指導している上野敬裕氏（NPO 法人湘南トラッククラブ・インターナショナル代表）は、標高 1700m の長野県・志賀高原にてクロスカントリースキー合宿を行い、有酸素性能力、体幹強化、高地トレーニング効果など、至れりつくせりのトレーニングだと思う、と述べている。クロスカントリースキーの 13.75km の模擬レースでは、10.6mmol/L（スケATING）、9.2mmol/L（クラシカル）という高い血中乳酸値が報告されており（Mygind ら、1994）、持久的競技であるが無酸素性エネルギーの貢献も大きいことが示されている。このようなクロスカントリースキーのエネルギー代謝特性と、上野氏の実践感覚や上述の準高地トレーニングでの無酸素性能力向上の効果を考えると、ランナーの冬季トレーニングの一つとして、有酸素性および無酸素性の両エネルギー系能力を効率的、効果的に高めることを意図してクロスカントリースキーに取り組むことは非常に有効であると考えられる。

以上のように、準高地トレーニングは、一般的な高地トレーニングほどの増血型の効果は得られないが、それに順ずる効果は期待でき、また、体調を崩さず、平地に近い負荷設定のトレーニングができること、そして、例

表 1 高地と準高地トレーニングの比較

	高 地	準高地
標 高	2000m 以上	1000 ～ 1500m
増血効果	○	△
練習の質	△	○
練習の量	○	○
体調管理	△	□

※効果大○—□—△効果小（筆者の私見）

えばクロスカントリースキーのような無酸素性負荷も高いトレーニングへの取り組み、などの面から、これまで考えられている以上に多様で大きな効果が期待できるのではないだろうか（表 1）。

次に、無酸素性トレーニングが、無酸素性能力だけでなく、有酸素性能力を高める可能性について紹介し、準高地における無酸素性トレーニングの有用性について検討したい。

3. 無酸素性トレーニングが有酸素性能力を高める可能性について

一般的に長距離走では、LT（乳酸性代謝閾値）や VO2max（最大酸素摂取量）などを指標とした有酸素性能力に優れることが重要である。これに加えて、持久的パフォーマンスと考えられるクロスカントリースキーが高い血中乳酸濃度を示していること（Mygid ら、1994）、10000m 走のレース記録とレース後の血中乳酸濃度との間に有意な負の関係が認められていること（黄ら、2011）、などからも、長距離走における無酸素性能力の重要性が考えられる。また、佐伯（2004）は、長距離走においても無酸素性エネルギー動員の高いこと、長距離走パフォーマンスに対して無酸素性能力が貢献する可能性を示し、無酸素性エネルギーの動員が有酸素性エネルギーを高めるプラスの影響も加えて、長距離走者の無酸素性トレーニングの意義を提示している（図 1）。

また、高強度短時間トレーニング（スプリントトレーニング）が解糖系などの無酸素性能力だけでなく、最大運動時の有酸素性能力の指標である VO2max も高めるという報告がある（Dawson ら、1998）。さらに、最近では、このようなトレーニングが最大下運動時の有酸素性能力の指標である LT を高めるという研究も報告されている。

これらのことは、スピードが出せる動きも身につけて、無酸素性能力を高めることにより、無酸素性エネルギー供給量を増やすだけでなく、有酸素性能力をも高め、結果として、無酸素、有酸素の両エネルギー系からより多くのエネルギーを獲得することになり、長距離走のパフォーマンスを高めることが期待できることを示唆する

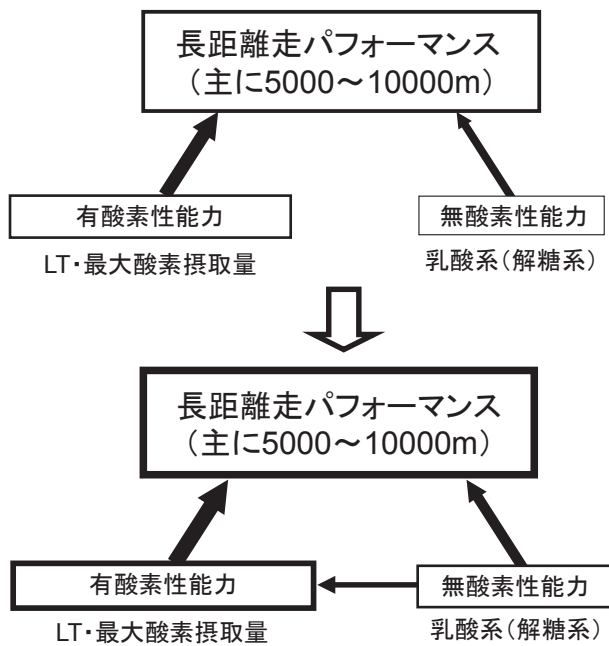


図1 無酸素性能力の長距離走パフォーマンスに対する貢献の仕方について

ものである(佐伯, 2006)。

以上のように、無酸素性トレーニングが有酸素性能力も高める可能性のあることを考慮すると、2で述べたように、準高地においては両エネルギー系に高いレベルで負荷をかけられることから、より無酸素性トレーニングに着目した準高地トレーニング法について、実践・研究の両面から検討することは有意義であるといえるのではないだろうか。

4. 準高地における無酸素性トレーニングが有酸素性能力を効果的に高める可能性について

ここまで述べてきたことをまとめると、高地トレーニングに準じる効果が期待でき、かつ、平地に近いトレーニング負荷がかけられる、さらには、空気抵抗が少ないことによるスピード感を体感できるなどの有用性がある準高地で、無酸素性トレーニングが有酸素性能力も高める可能性を根拠としたトレーニング方法を試みることを提案したい。

従来の走り込み中心の合宿であっても、男子でいえば10000m28分台を上位レベルとして、例えば、箱根駅伝で勝負するためには十分なレベルのランナーを輩出するかもしれない。しかし、箱根駅伝上位ランナーの遺伝子特性がスピード型であったという研究報告(黄ら, 2011)もあることから、もともとスピードが出せる、無酸素性能力に優れるランナーが、低強度長時間のトレーニングによる有酸素性能力の向上によって成果を出しているに過ぎない可能性がある。また、本来長距離を得意

表2 準高地トレーニングに対する考え方の比較

	従 来	本報告
気象条件	○	○
練習の質	□	○
練習の量	○	□
スピード感 (空気抵抗)	△	○
有酸素性負荷	○	□
無酸素性負荷	△	○

※重視○ー□ー△軽視(筆者の私見)

とするはずの持久的能力に優れる遺伝子タイプを有するランナーは、スピードが出せる動きができずに、また無酸素性能力も開発されずに、長所である有酸素性能力をフル発揮できなかったり、さらに高めることができずに、低いレベルにとどまっている可能性も考えられる。そして、スピード型の遺伝子タイプのランナーが、その長所をさらに伸ばすようなトレーニング(スピード系、無酸素系)をすることによって、箱根駅伝レベルにとどまることなく、世界で戦えるランナーに成長することも考えられるのではないだろうか。

また、冬季であれば、クロスカントリースキーによる準高地トレーニングも有効であると考えられる。これは、単にクロストレーニングの効果だけでなく、無酸素性エネルギーの動員が高い中での持久的トレーニングになるので、無酸素性エネルギーの動員による有酸素性能力の向上も期待できるからである。このことは、ランナーであればマラソン選手よりもトラック選手が、そして世界レベルのランナーよりもクロスカントリースキー選手が、それぞれより高いVO2maxを示すことから考えられる。

このように考えると、準高地での合宿について、従来の走り込み中心だけではなく、短期でもスピード練習(無酸素性トレーニング)を中心とした合宿を計画・実行してはどうだろうか(表2)。このような合宿により、スピードが出せるランナーは、ますます自分の長所に磨きをかけつつ、無酸素性負荷による有酸素性能力向上の恩恵もより受けるようになることが期待される。また、スタミナ型のランナーでは、苦手と考えられるスピードや無酸素性能力に対して、少ない空気抵抗によるスピード感覚(スピードが出せる動きの獲得)、準高地トレーニングによる高い効果が期待できる無酸素性能力の向上、さらに、それらによって自分の長所である有酸素性能力に対して無酸素性負荷による更なる強化が期待できるのではないだろうか。つまり、スピード型、スタミナ型のいずれにも有効なトレーニングになると考えられる。

本稿では、準高地トレーニングが、平地と変わらない質・量のトレーニングが可能であり、そのことによって

無酸素性, 有酸素性の両エネルギー系能力をともに高め, かつ無酸素性トレーニングが有酸素性能力も高める可能性から, 相乗効果の期待できるトレーニング法となる可能性を提示した。無酸素性トレーニングは, 有酸素性トレーニング以上に, 負荷や休息の設定法, 疲労回復, 個人差への留意などが必要になり, 現場での工夫と試行錯誤, 研究での検証が, より重要になるものと考えられる。しかし, このような考えによるトレーニングについて, 実践および研究の両面から報告や知見が多くなされ, 情報共有, 意見交換されれば, 世界の長距離・マラソンの高速化への対応だけでなく, 中距離走あるいはロングスプリントのレベルアップにも貢献し, さまざまな成果が期待できるのではないだろうか。

5. おわりに

本報告では, 中長距離走能力向上に対する準高地トレーニングについて, 無酸素性トレーニングが有酸素性能力も高める効果に着目することが有用である可能性について提示した。

今後, このような考え方をもとにした準高地トレーニングの実践報告, あるいはそのような実践の研究による検証, さらに, その検証から得られた仮説にもとづく実践によって, 日本の狭い国土であっても, 豊かな自然環境に恵まれた準高地におけるトレーニング法が確立され, 普及することによって, 世界で戦えるランナーの輩出につながることを期待して稿を締めた。

※本報告では, NPO 法人湘南トラッククラブインターナショナル (STCI) 代表の上野敬裕氏のご協力により, 実践の立場からのコメントを頂きました。ここに記して謝意とさせていただきます。

文献

浅野勝巳 (1999) 高所トレーニングの生理的意義と最近の動向. 臨床スポーツ医学, 16(5): 505-516.

Dawson, B., Fitzsimous, M.m Green, S., Goodman, C.,

Carey, M. and Cole, K. (1998) Changes in performance, muscle metabolites, enzymes and fibre types after short sprint training. Eur. J. Appl. Physiol., 78: 163-169.

独立行政法人日本スポーツ振興センター国立スポーツ科学センター (2011) JISS における低酸素トレーニング. ニュースレター JISS, 第 21 号.

加藤健志・横山貴・今村貴幸・春日井亮太・塚田将吾・酒井健介・杉浦克己・寺尾保 (2008) 準高地における短期間の競泳トレーニングが血液性状等の生理的応答に及ぼす影響. 東海大学スポーツ医科学雑誌, 20: 23-32.

小林寛道 (1999) 日本陸上競技連盟の高所トレーニングへの取り組みの現在・過去・未来ー競技力向上の観点からー. 臨床スポーツ医学, 16 (5): 517-523.

黄仁官・別府健至・大本洋嗣・石井隆士・水野増彦・上田大 (2011) 大学長距離ランナーにおける α -アクチニン 3 (ACTN3) 遺伝子多型と 10,000m 走レース時の血中乳酸濃度およびレース記録との関連性についての検討. 体力・栄養・免疫学雑誌, 21 (3): 208-214.

日本陸上競技学会 (2012) 平成 24 年度日本陸上競技学会第 11 回大会テーマ「日本長距離界これまで・これから」.

佐伯徹郎・三本木温・鍋倉賢治・高松薫 (2004) 長距離走における無氣的トレーニングの役割についてー有気的能力を高める可能性に着目してー. 陸上競技研究, 59: 2-12.

佐伯徹郎 (2006) 特集 運動の効率: 長距離走パフォーマンスとエネルギー代謝からみた「効率」との関係ー効率の追求とより多くのエネルギー獲得の両立を考えるー. バイオメカニクス研究, 10 (4): 253-261.

上野敬裕 (2012) NPO 法人湘南トラッククラブ・インターナショナル (STCI) ブログ. <http://happy.ap.teacup.com/wako5ac/1386.html>. 2012/12/18 アクセス.

山本正嘉 (2012) 低酸素室を利用したトレーニングー競技力向上ー. 体育の科学, 62(9): 711-717.

スポーツフォーム・疑似スポーツフォーム・トップフォーム

青山亜紀（日本女子体育大学スポーツトレーニングセンター）

1. はじめに

競技スポーツにおける最も重要な課題とは、目標とする試合において「最高の競技パフォーマンスを発揮すること」にあるだろう。スポーツトレーニング学においては、この課題に対して長きに渡り数多くの研究が行われてきたが、その大きな転換期となったのは、1960年代から始められた旧ソ連の研究者であるマトヴェイエフ（Matveyev, L. P.）らによる、スポーツトレーニングのピリオダイゼーションに関する一連の研究の成果によるものといえる（村木, 1994, pp.50-74）。

それ以前のスポーツトレーニングのピリオダイゼーション、すなわち期分けの原因は、季節・気候的条件や試合日程が中心であるとみなされていたが、マトヴェイエフは、競技パフォーマンスの動態に関する詳細な研究によって、スポーツトレーニングのピリオダイゼーションについての本質的な概念である《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ（スポーツフォーム）》という現象を導き出し、これに関する客観的な原理・原則を確立した。この研究成果は、トレーニング実践に適用され、数々のトップアスリート達の成功を導いてきた（村木, 1994, pp.50-74；魚住, 2001）ことは周知の事実である。

しかし、マトヴェイエフ理論とも呼ばれるこの伝統的なピリオダイゼーションが確立された1960年代と比較し、現代における競技スポーツを取り巻く環境は大きく変化した。その中の最も大きな要因のひとつとしてあげられることは、国際的な競技スポーツの発展に伴う試合数の劇的な増加である（Verchoshanskij, 1999）。このことにより、一つのトレーニングサイクルの中に複数の目標を設定しなくてはならず、その結果、シーズン中に多くの競技パフォーマンスのピークを達成させなければならない状況となった。このようなことから、現代の競技スポーツのトップアスリートにとって、マトヴェイエフによる伝統的なピリオダイゼーションに基づく、目標とする試合のためのアスリートの準備および管理方法は、もはや通用しないのではないかと考えられるようになってきた（Verchoshanskij, 1999）。このような現状から現在、現代のスポーツ実践に対応するよう考案された、新たなスポーツトレーニングのピリオダイゼーションの存在も見受けられるようになってきた（Issurin, 2008,

2010；Platonov, 2009）。このことは、現代のスポーツ実践において、マトヴェイエフ理論の主要概念である《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ（スポーツフォーム）》がどのような意義を持ち、どのように機能しているのかを見直す必要性が生じてきたことを示していると考えることができる。

したがって本稿では、現代のスポーツ実践において《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ（スポーツフォーム）》はどのような意義を持ち、どのように機能しているのかについて、ロシアの研究者であるスースロフ（Suslov, F. P.）による最新の研究（Suslov, 2010）を紹介しながら、試合数の増加に伴う現代の競技スポーツにおいて、「最高の競技パフォーマンスを発揮すること」をどのように考えたら良いのかを検討する。

2. マトヴェイエフによる伝統的なピリオダイゼーションとは何か

マトヴェイエフによる“伝統的なピリオダイゼーション”の特徴は、「スポーツフォームの発達周期特性に基づいたスポーツトレーニングの周期的構造化」である。では、この“伝統的なピリオダイゼーション”の主要概念となる《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ（スポーツフォーム）》とはいったい何か。

国際競技スポーツが急速に発展した第2次世界大戦後、オリンピックでの国家間のメダル争いが激化し、旧ソ連ではスポーツ科学の研究が国家を挙げて行われるようになった（村木, 1994, pp.11-23）。様々な研究の中でマトヴェイエフは、数多くのトップアスリートの競技記録の動態の分析を行った結果、記録の現れ方にはある決まった周期が存在していることを見出した。すなわちこの周期とは、良い記録を出すための準備の期間があり、良い記録を維持する期間へとつながり、良い記録が失われる期間がおとずれるといった周期である。そしてこの現象について、良い記録（パフォーマンス）を生み出す母体を《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ（スポーツフォーム）》と呼び、スポーツフォームの発達周期特性を概念化した（マトヴェイエフ, 1962；1964；1972；1981, pp.220-241；1985, pp.316-345）。

《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ（スポーツフォーム）》はパフォーマンスを生み出す母体であるため、アスリートは

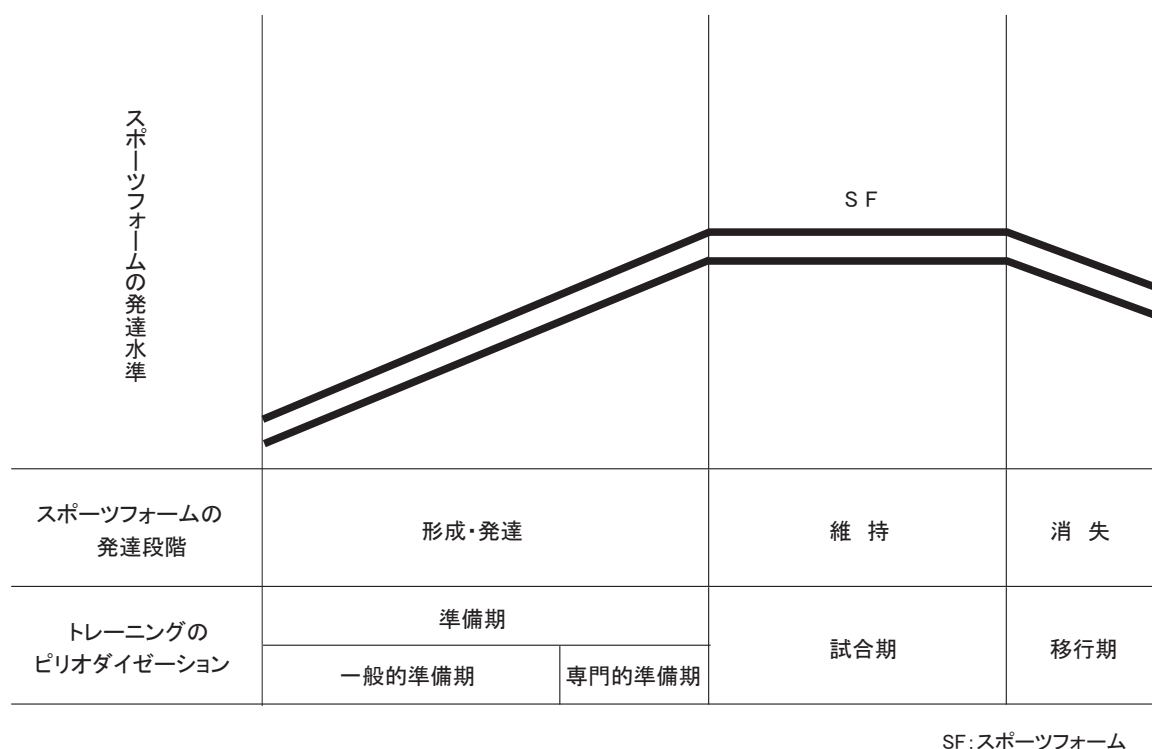


図1 “伝統的なピリオダイゼーション”の構造の模式図

表1 スポーツフォームの発達段階における有効期間（青山，2012a より転載）

周期	スポーツフォーム形成の段階 準備期＋試合準備期	スポーツフォーム維持の段階 試合期	スポーツフォーム一時喪失の段階 移行期
1年周期	6ヶ月まで	4～5ヶ月	2ヶ月まで
半年周期	4ヶ月まで	2～2.5ヶ月	3～4週間

《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ（スポーツフォーム）》を獲得することができなければ良い記録を出すことは不可能である。したがってマトヴェイエフは、この《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ（スポーツフォーム）》を合理的に獲得するためのコントロール法として、スポーツトレーニングの構成及び内容の周期化を行った。そして1965年にその成果として、『スポーツトレーニングにおける周期化の諸問題』を発表し（魚住，2001），この理論は競技スポーツの世界に周知されることとなった。

先述したように，“伝統的なピリオダイゼーション”の特徴は、「スポーツフォームの発達周期特性」が基本となる。したがってスポーツトレーニングの周期的構造は、スポーツフォームの発達周期である「形成・維持・消失」の各段階に対応して、図1に示したように準備期・試合期・移行期の3つに区分される。この中で準備期は、さらに一般的準備期と専門的準備期に分けられ、一般的準備期では《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ（スポーツフォーム）》の前

提条件を形成することが目指され全面的な体力の発達を中心に行い、専門的準備期では高められた全面的な体力を土台に、専門的運動によるトレーニングを行って《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ（スポーツフォーム）》の形成を目指す。試合期では、準備期で形成された《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ（スポーツフォーム）》を維持し、試合に臨む。そして移行期では、積極的休養を行い、心身ともに回復を図ることを目的とする（村木，1994，pp.62-74）。この《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ（スポーツフォーム）》の発達過程における各段階の有効期間は表1に示した通りである。この《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ（スポーツフォーム）》の形成のためには、準備期での適切なトレーニングが大変重要であると考えられている（マトヴェイエフ，1985，pp.316-345）。

また、トレーニングの構造レベルの基本単位は、表2のような階層性を成しており、各レベルでトレーニングを管理していくこととなる。

表2 “伝統的なピリオダイゼーション”における トレーニングの構造レベルの階層性 (青山, 2012 a より転載)

トレーニングの構造レベル	期 間	特 徴
多年次の発達過程	2年～4年	長期にわたる体系的なトレーニングサイクル
マクロ周期	1年または半年	準備期・試合期・移行期を含む
メゾ周期	約1カ月	複数のミクロ周期の連結から構成される
ミクロ周期	約1週間	複数のトレーニング課業が相互に関連しあい連続する
トレーニング課業	1日	1日の主なトレーニング

トレーニング過程全体を構成する最小の基本単位は「トレーニング課業」と呼ばれ、1日の主なトレーニングを形成し、導入部・主要部・終結部の3つに区分される。

そして複数のトレーニング課業が相互に関連しあって連続し、トレーニング過程の中で最小の周期的性格を持つ基本単位である「ミクロ周期」を形成する。1週間を基本単位とする「ミクロ周期」の基本的な機能は、周期を更新する過程で重要となるトレーニング課業を消化するまでに、主要な生体機能が超回復する条件を作り出すことである(村木, 1994, pp.172-190)。

「メゾ周期」は、複数のミクロ周期の連結から構成され、基本的に1カ月をその単位とする。メゾ周期レベルでトレーニングを管理する意義は、トレーニングの遅延効果および累積トレーニング効果を最大限に利用することと同時に、オーバートレーニングを防止するために負荷を調節するところにある。メゾ周期はその目的に応じ複数のタイプが存在する(村木, 1992)。

「マクロ周期」は、スポーツフォームの発達周期特性に基づいて、準備期、試合期、移行期の3つが区分される最大の期分けレベルであり、基本的な単位は1年及び半年となる。

以上述べてきたように“伝統的なピリオダイゼーション”では、目標とする試合にパフォーマンス(記録)のピークが来るように«СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ (スポーツフォーム)»を作り上げること、そして、1つのマクロサイクルの«СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ (スポーツフォーム)»が次のマクロサイクルへ継続して上昇することができるように、トレーニング過程全体をコントロール(管理)していくことが中心となっている(村木, 1992)。

3. 新しいスポーツトレーニングのピリオダイゼーションと«疑似スポーツフォーム»との関係

近年の国際的な競技スポーツの発展に伴い、競技スポーツを取り巻く環境が大きく変化した。国際的な試合日程が拡大し、グランプリシリーズや経済的な価値の高い試合などを含め、試合数は劇的な増加の道を辿る一方

となってきた(Suslov, 2001)。このように、現代のスポーツ実践においては、一つのシーズン中に複数の競技パフォーマンスのピークを発揮しなくてはならない状況が避けられず、この状況に対応するよう新しいスポーツトレーニングのピリオダイゼーションの開発がおこなわれている(Issurin, 2008, 2010)。

それらの中で、近年体系化されたものとしてイスラエルの研究者であるイスリン(Issurin, V.)によるブロックピリオダイゼーションが挙げられる。マトヴェイエフによる“伝統的なピリオダイゼーション”は、「スポーツフォームの発達周期特性に基づいたもの」であり、年間における多くのパフォーマンスのピークを作ることができないという問題点(Issurin, 2008, 2010)があったが、ブロックピリオダイゼーションは、この問題点を克服するために改良され、「目標とする多くの試合に焦点を当てたもの」となっている。

“ブロック・ピリオダイゼーション”の構造は非常にシンプルである。図2に示したように3つの“ブロック”と呼ばれる「非常に集中し専門化された作業負荷を用いてのトレーニングを行う中間的なサイクル(メゾサイクル)」の連結から構成される(Issurin, 2008)。

1つのブロック(メゾサイクル)の期間は2～4週間とし、単一のブロック(メゾサイクル)の連結が1つのトレーニングステージを構成し、各トレーニングステージの最後に、試合が来るように配置する。そして、複数のトレーニングステージが連続することにより年間サイクルが構成される(Issurin, 2008, 2010)。

単純に計算すると、1つのトレーニングステージの期間は約2カ月となるが、実際はこれらのブロックの単なる羅列ではなく、形態的および有機的な適応が比較的多くの時間を必要とするプレシーズンにおけるトレーニングステージは約3カ月と長くなり、重要な試合がより頻繁に配置されるシーズンの後半においては短く、25日程度となる。最終的に、年間サイクルにおけるトレーニングステージの総数は、通常、当該スポーツの特徴、試合カレンダー、重要な試合の頻度などに従って、4つから7つまでと変化に富む(Issurin, 2008, 2010)。

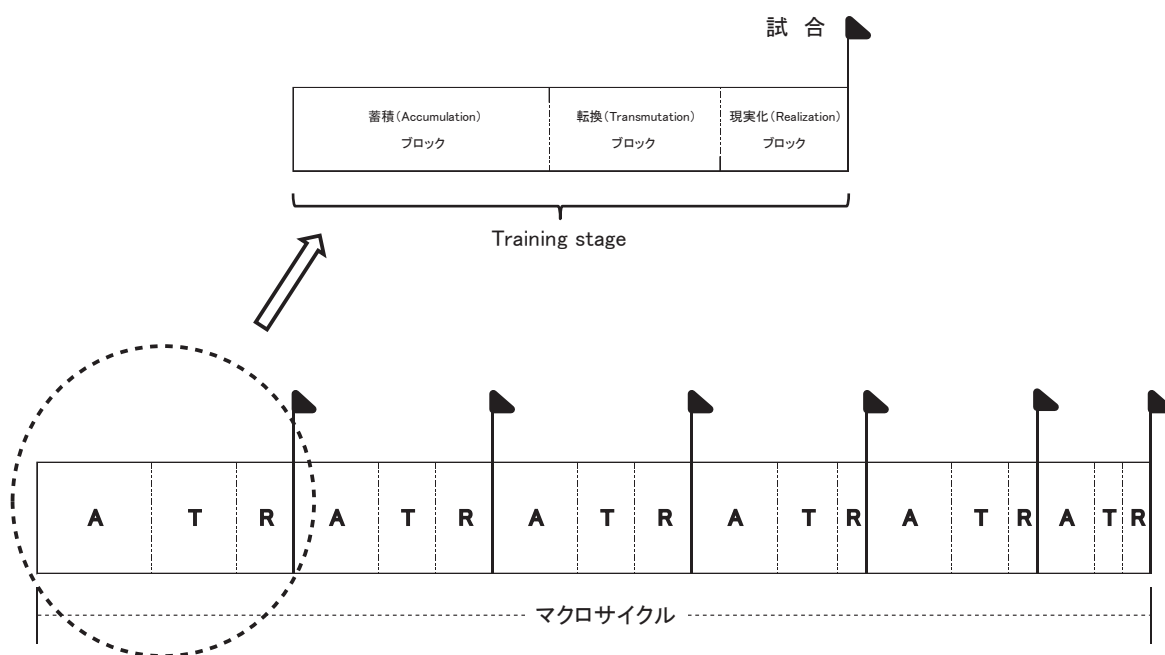


図2 ブロック・ピリオダイゼーションの構造の模式図（青山，2012a より転載）

このように、新しいスポーツトレーニングのピリオダイゼーションの特徴は、複数の試合に合わせてトレーニングのサイクルが作られているということであるが、同じように、ウクライナの研究者であるプラトノフ (Platonov, V. N) も、年間4～5サイクルから成る年間構造が非常に効果的であると述べている (Platonov, 2009)。しかし、この点に関連してマトヴェイエフは、年間に多くの競技パフォーマンスのピークを求めて真の《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ (スポーツフォーム)》を形成することはできないとし、近年発達してきた商業スポーツにおける多くの競技パフォーマンスのピークの達成については、《疑似スポーツフォーム》という現象としてとらえ、その在り方に対しては批判的な考えを示している (マトヴェイエフ, 2003, pp.260-272; Матвеев, 2010, pp.264-268)。《疑似スポーツフォーム》とは、《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ (スポーツフォーム)》と大変近い現象でありながら、それは似て非なるものである。《疑似スポーツフォーム》は《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ (スポーツフォーム)》と同じく、アスリートの準備態勢の向上を目的としているが、新しい段階に進歩することなく、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、《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ (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競技パフォーマンスのレベルは、《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ (スポーツフォーム)》を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 (マトヴェイエフ, 2003, pp.260-272; Матвеев, 2010, pp.264-268)。この現象

について、我が国の学生競技者における二つの主要試合 (5月の地区インカレおよび9月の全日本インカレ) を例として競技パフォーマンスの変動を模式化し図3に示した。図中の実線は、準備期による適切なトレーニングにより《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ (スポーツフォーム)》を獲得したアスリートの競技パフォーマンスの変動を示したものであり、二つの主要試合において達成することの可能な競技パフォーマンスのレベルは大変高くなる。これに対し点線は、《疑似スポーツフォーム》を獲得したアスリートの競技パフォーマンスの変動を示したものであるが、長い期間ある一定水準の競技パフォーマンスを発現させることは可能となるが、二つの主要試合での達成可能な競技パフォーマンスのレベルは《疑似スポーツフォーム》の範囲にとどまり、《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ (スポーツフォーム)》を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。

以上のように、新しいスポーツトレーニングのピリオダイゼーションに従って《疑似スポーツフォーム》を獲得することにより、多数の試合において、ある程度の成功を収めることのできるアスリートの存在はあるかもしれないし、また、多数の試合を経済的繁栄の目的に使用するには都合がよいと考えることもできるかもしれない。しかし、自己最高記録または世界最高記録として示されるような、《最高の競技パフォーマンスを発揮する》ためには、この新しいスポーツトレーニングのピリオダイゼーションに基づくトレーニングを行うことには疑問が残る、この点については慎重な対応が必要となるだろう。

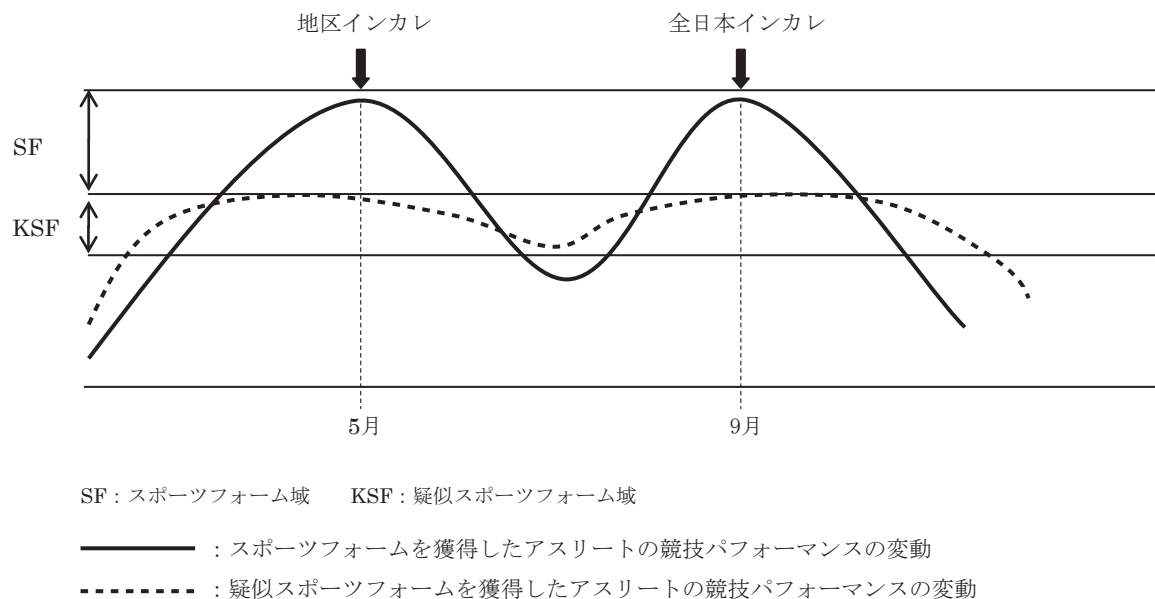


図3 競技パフォーマンスの変動とスポーツフォーム域と疑似スポーツフォーム域との関係の模式図

プラトノフが提唱した年間4～5サイクル構造についてスースロフは、準備期が大変短くなるため、完全なトレーニングと試合の準備を行うことはできないと批判的な見解を示している。そしてこれらのことを実証するため、陸上競技における数名の世界のトップアスリート（オリンピック優勝者10名、世界選手権覇者5名、IAAF ゴールデンリーグ・グランプリの勝者3名）のデータを用いて、1992年から1999年の年間トレーニング構成について調査を行った。その結果、分析対象とされた19の年間トレーニングサイクルのうち、12のケースは半年周期のダブルサイクルを採用し、7つのケースではトレーニングサイクルが1つであったことを明らかにした。また、2004年のアテネオリンピック大会に出場した、個人種目の主要なチームにおける年間のトレーニング構成についての調査の結果においても、その年において4～5サイクルからなる年間構造のトレーニングを採用しているチームは見られなかったことを示している（Suslov, 2001, 2010）。

以上述べてきたように、新しいスポーツトレーニングのピリオダイゼーションの根底には、真の《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ（スポーツフォーム）》の概念が欠落しているのではないかと考えられる。《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ（スポーツフォーム）》は形成と安定の段階を経なければ獲得することはできないため、準備期の短いスポーツトレーニングのピリオダイゼーションでは、新しい記録達成の可能性は望めない（Suslov, 2010）ことに対し、我々は当然の事実として受け止めるべきではないだろうか。しかしその一方で、伝統的なピリオダイゼーションをそのまま実施していくだけでは発展性が期待できないことも、

十分に理解しておかなければならない。したがって、新しいスポーツトレーニングのピリオダイゼーションの部分的使用などを含めた様々な可能性についても視野に入れながら、現代のスポーツ実践に対応するため検討していく必要がある。

4. 現代のスポーツ実践で《最高の競技パフォーマンスを発揮すること》をどのように考えたら良いのか？

4.1 議論の対象となる用語にかかわる問題

一般的にマトヴェイエフ理論とも呼ばれる、このスポーツトレーニング学のピリオダイゼーションは、現在に至るまでに様々な国で翻訳された。しかし、ロシア語による原著版において厳密に使用されていた規定概念や理論構築にかかわる術語の多くが、翻訳される過程においてその厳密性がしだいに薄れてしまい、原著版での本質的な術語の意味から乖離し、我が国においても様々な矛盾が生じている現状にある（村木, 2002）。

マトヴェイエフ理論の主要概念に関して、ロシア語では《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ（スポーツフォーム）》および《ПИК СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ》の二つの用語が存在していたにもかかわらず、マトヴェイエフ理論導入当初、日本語ではそれらを明確に区別せず、すべて《トップコンディション》と翻訳してしまった経緯がある（青山, 2010b, 2012b）。この訳語として用いられた《トップコンディション》は、日本ではマトヴェイエフ理論導入以前からすでに存在しており、トレーニングの現場において、「競技力の1つの点（瞬間）の状態」を表す際に一般的に用いられていた、体力的な要素の強い用語で

あった。すなわち、マトヴェイエフによる《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ (スポーツフォーム)》の定義とも《ПИК СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ》とも異なる用語であった。なぜこのような混乱が生じたのか。この原因は、当時《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ (スポーツフォーム)》の、「競技者の総合的な準備状態」という概念が日本には存在していなかったこと、そして、《フォーム》という用語自体、トレーニングの現場用語として用いられている運動のフォームと混同される可能性があり(村木, 2002)、日本において《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ (スポーツフォーム)》という用語は、術語として正確に定着されにくかったことが推測される。したがって《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ》という用語自体を、日本において「競技力の1つの点(瞬間)の状態」を表す際に一般的に用いられていた、トレーニングの現場用語である《トップコンディション》と混同して使用してしまったのではないかと考えられる(青山, 2010b, 2012b)。そして我が国では今もなお、マトヴェイエフ理論に関わるこれらの概念について、正確な理解がされていないのではないかという危惧がある。

これに対してロシアのスースロフは、現代のスポーツ実践において《最高の競技パフォーマンスを発揮すること》を考える際、《ПИК СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ》の概念を取り入れた最新の見解を示している(Suslov, 2010)。また、ドイツの研究者であるチーネ(Tschine, P.)も、『Leistungs sport』(2011)において、「Sportliche Form order Topform?」と題した論文のなかで、《Topform (ПИК СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ のドイツ語訳)》について言及している(Tschine, 2011)。スースロフはスポーツトレーニング学においては、この《ПИК СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ》という用語は明確に定義されていないが、ロシアにおける現代のスポーツの現場では、この用語を使用することがほぼ定着していることから、現代のスポーツ実践においてこの概念を無視することは今や不可能であるとしている(Suslov, 2010)。

では、現代のスポーツ実践において《最高の競技パフォーマンスを発揮すること》を考えていくにあたり、重要な鍵となるであろう《ПИК СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ》とは、いったい何か。この議論を展開する前に、明確にしておかなければならないことがある。それは、議論の中心となる用語である《ПИК СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ》を本稿においてどのように翻訳し、使用するかということである。なぜなら《ПИК СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ》について、先述してきた《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ (スポーツフォーム)》との明確な違い、そして日本語における《トップコンディション》との違いを正確に理解することができなければ、今までと同様の混乱が生じる危険性があり、有意義な議論を展開することが不可能となるからである。すなわち、《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ》と《ПИК СПОРТИВНОЙ

ФОРМЕ》との関係、そして《ПИК СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ》と日本語の意味での《トップコンディション》との明確な違いといった、各用語にかかわる翻訳上の混乱を避けなくてはならない。そして、議論を国際的な視点で行うことを想定するならば、使用する用語に統一性を持たせることが要求される。

《СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ》の訳語として、《スポーツフォーム》(英訳では Sportform, ドイツ語では Sportliche Form)が国際的な術語としてほぼ定着されつつあると思われる。そして露和辞典によるとロシア語の「пик」とは、日本語において「最高・最上・頂点・ピーク」の意味を持つことから、《ПИК СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ》を日本語に翻訳した場合、「最高・最上・頂点・ピーク」の《スポーツフォーム》となるだろう。また独露スポーツ用語辞典によると《ПИК СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ》に対応するドイツ語は《Topform》であるとしている。したがって、これらのことを踏まえ本稿では《ПИК СПОРТИВНОЙ ФОРМЕ》を《トップフォーム》と翻訳し議論を進めることとする。

4.2 《スポーツフォーム》と《トップフォーム》の関係性

近年の世界のトップアスリートにおける、試合時の競技パフォーマンス動態の研究の結果、目標とする試合において、アスリートはほぼスポーツフォームの状態にあったことが示された(Suslov, 2001)。また我が国における学生競技者を対象とした研究においても、同様の結果が示された(青山, 2008, 2009, 2010a, 2011, 2012b; 青山・石塚, 2009; 青山・小山, 2009)。すなわちこのことは、競技力のレベルにかかわらず《スポーツフォーム》を獲得する方法はすでに確立されており、現代のスポーツ実践において《スポーツフォーム》の形成に関する方法論は定着していると考えられる。しかしこの現象とは対照的に、目標とする試合時に、競技パフォーマンスのピークを達成することのできるアスリートは大変少ない現状にある(青山, 2008, 2009, 2010a, 2011, 2012b; 青山・石塚, 2009; 青山・小山, 2009; Suslov, 2010)。《スポーツフォーム》とは、競技力のある一つの点(ポイント)の状態のことを表すものではなく、下限を持ったある一定のゾーンを持つものであるため、《スポーツフォーム》を示す競技パフォーマンス(記録)もそのゾーン(範囲)の中で変化する。村木の提唱した《スポーツフォーム》の判定基準では、トラック種目において自己最高記録の98%、跳躍種目では97%、投てき種目では96%以上の競技パフォーマンスを発揮した場合良い結果であるとみなされ(村木, 2002, 2008)、自己最高記録等の《最高の競技パフォーマンス》の出現は、その範囲の中での確率的な問題であり、これを検討することは非常に困難であると考えられ

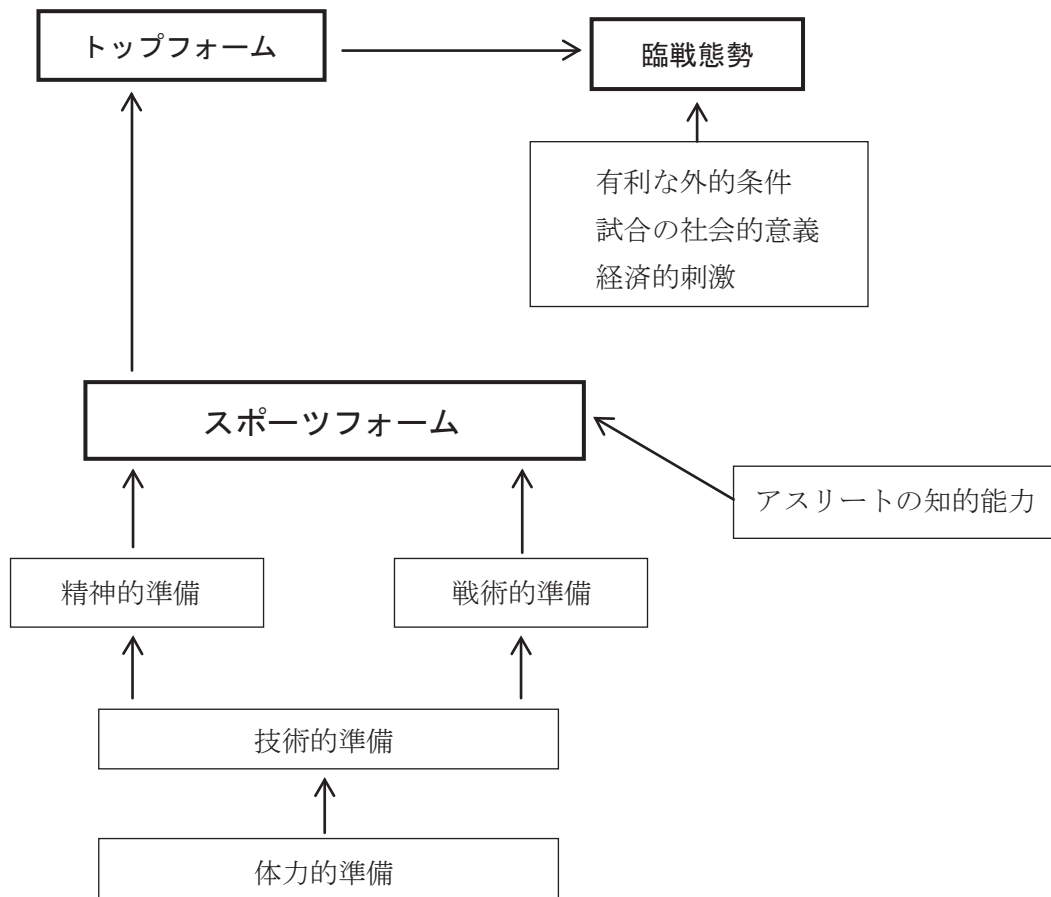


図4 アスリートの《スポーツフォーム》の構造（スースロフ、2010より改変）

ていた（村木、2002）。しかし、《スポーツフォーム》の形成に関する方法論が確立している現代において、《最高の競技パフォーマンス》についてこのような確率的な考え方では、ある意味での思考停止状態といえる。したがって、《スポーツフォーム》を獲得する方法について議論をする必要はすでになく、そこから一步前進するためには、獲得された《スポーツフォーム》をコントロールし、目標とする試合において《最高の競技パフォーマンスを発揮すること》を議論の中心としていかななくてはならないだろう。この点についてスースロフは、以下のような《トップフォーム》の概念を取り入れた見解を示している。

《スポーツフォーム》の構造についてスースロフは、図4に示したような非常に複雑な階層性を持つとしている。この《スポーツフォーム》は、アスリートのすべての準備（体力的・技術的・戦術的・精神的）の調和のとれたまとまりであり、一度獲得されるとある程度の期間維持することが可能である。これに対して《トップフォーム》は、試合当日のアスリートの『臨戦態勢（Оперативное состояние）』という「状態」に関連付けられ、《最高の競技パフォーマンス》というパフォー

マンスの結果の総合体として発現される。したがって、この《トップフォーム》は、アスリートの内的および外的要因（気象条件・健康状態・試合環境・観客のサポート・ビジネスチャンスなど）に影響されるため、試合当日、これらの要因のうち一つ以上不十分な状態であった場合、競技パフォーマンスが低下する可能性がある。すなわち、アスリートは高い準備状態にあっても、試合当日の『臨戦態勢』により《最高の競技パフォーマンス》が出現したりあるいは失敗するという状況が生じる（Suslov, 2010）。この現象について、スースロフは以上のような《スポーツフォーム》と《トップフォーム》の関係性によって結論付けている。

5. 終わりに

アスリートが達成する《競技パフォーマンス》は、非常に多くの要因により影響を受けるため、スポーツ科学はそれに追随するよう発展し、現在に至るまで様々な分野で多くの研究が行われ、実践に寄与してきた。しかし、目標とする試合に《最高の競技パフォーマンスを発揮すること》という、競技スポーツにとって最大の課題に対する方法論が解決されていないという深刻な状況が、マ

トヴェイエフの時代より続いている（青山，2008，2009，2010a，2011，2012b；青山・石塚，2009；青山・小山，2009；Suslov，2010）。この課題を解決するために欠落している研究とは何だろうか。

スースロフは，すでに《スポーツフォーム》を獲得したアスリートならば，試合当日の『臨戦態勢』に影響を及ぼす内的および外的要因の有利なものをうまく組み合わせることにより，《トップフォーム》を発現させることが理論上可能となる（Suslov，2010）と述べている。すなわち，アスリートが《トップフォーム》の状態に至るまでのトレーニングの内容・方法論に関する知見は集積されているが，《トップフォーム》が発現するための，試合当日のアスリートの『臨戦態勢』に関する研究においては，ほとんど手つかずの状態にある。

試合当日のアスリートの『臨戦態勢』に影響を及ぼす，内的および外的要因など多くの不安定要因の中で，特に「試合負荷」と呼ばれる試合での心理的な緊張および不安に関する問題は重要である（村木，1994，pp.152-160）。このような，過酷な「試合負荷」を克服するためには，特別なトレーニングを行う必要があると考えられ，他種目の取り組みが参考となる場合がある。たとえば体操競技では，試合期のトレーニングにおいて重要な役割を果たす，質的トレーニングというものが存在し，以下に挙げる3つの負荷トレーニングを行うとしている（金子，1974，pp.134-142）。それは，体調の乱れを意図的に作り出し，その状態で演技遂行力の確実性を磨くトレーニング形態である体調負荷トレーニング，試合で遭遇するあらゆる環境条件の変化を与え，それに対して試技遂行が左右されないように行う環境負荷トレーニング，最終選考試合やオリンピック大会など重要試合での試技などの不安や緊張状態を，自己の内部的な心理負荷として与え，その心理的条件下で試技遂行をモデル的に取り組むトレーニング的な試合形態の心的負荷トレーニングである。これらのトレーニングに用いられている3つの負荷は，「試合負荷」に該当すると考えられ（村木，1994，pp.75-83），それぞれについてトレーニングを行い，これらを統合的視点からとらえ直すことによって，「試合負荷」を一定程度克服することができる可能性があると考えられる。したがって，このようなトレーニングを陸上競技においても実践する価値があるのではないだろうか。

また，このような「試合負荷」以外にも，試合当日のアスリートの『臨戦態勢』に影響を及ぼす内的および外的要因は非常に多く存在し，これらは試合当日のアスリートの行動を様々な面から詳細に調査することにより，一定程度モデル化することが可能となるだろう（村木，1994，pp.137-151）。村木は，陸上競技における水平跳躍種目での試合当日の試合準備・試合行動についてのモデルを示しているが，その内容は，例えば実際に試合

が行われるピット（跳躍場）での気象状況（天候・気温・湿度・風速・風向等）の確認や，ウォームアップ場への移動と内容・手順の確認など，非常に詳細なものとなっている（村木，1994，pp.137-151）。このような内容は職人的なコーチの実践知として，今までは各コーチとアスリートの間においてのみ，やり取りが行われていたにすぎないであろう。しかし，試合当日の『臨戦態勢』に影響を及ぼす内的および外的要因の有利なものをうまく組み合わせ，《最高の競技パフォーマンスを発揮する》という課題を解決するためには，前述したような，職人的なコーチの実践知として取り扱われていた内容を学問的に検討し，客観的な知見を一つでも多く得ることが非常に重要となると考えられる。

文 献

- 青山亜紀（2008）学生上級競技者の主要試合におけるパフォーマンスの動態に関する研究—陸上競技のスピード・筋力運動系種目における近年の動向から—。陸上競技研究，74（3）：11-17。
- 青山亜紀（2009）学生上級競技者の主要競技会におけるパフォーマンス達成に関する研究—トラック種目における近年の動向から—。陸上競技学会誌，7（1）：1-7。
- 青山亜紀・石塚浩（2009）学生上級競技者の主要競技会におけるパフォーマンス達成に関するスポーツトレーニング学的研究—跳躍種目における近年の動向から—。陸上競技研究，78：10-20。
- 青山亜紀・小山裕三（2009）学生上級競技者の主要競技会におけるパフォーマンス達成に関するスポーツトレーニング学的研究—投てき種目における近年の動向から—。陸上競技研究，79：39-50。
- 青山亜紀（2010a）学生上級競技者の主要競技会におけるパフォーマンス達成に関するスポーツトレーニング学的研究。陸上競技学会誌8（1）：12-21。
- 青山亜紀（2010b）スポーツトレーニング学におけるピリオダイゼーションに関わる主要概念の問題性—マトヴェイエフ理論による基礎づけと発展に関する再考—。陸上競技研究，83：2-10。
- 青山亜紀（2011）陸上競技・跳躍種目の主要競技会でのパフォーマンス達成と競技会配置との関係に関するスポーツトレーニング学的研究—学生競技者の競技力レベルの相違に着目して—。コーチング学研究，25（1）：21-32。
- 青山亜紀（2012a）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（2012b）主要競技会における競技パフォーマンスの動態に関するスポーツトレーニング学的研究～客観的計測競技・陸上競技の場合～。日本大学文学研究科学学位論文。

- Вайцеховский (1989) НЕМЕЦКО-РУССКИЙ СПОРТИВНЫЙ СЛОВАРЬ. Москва, p.352.
- 金子明友 (1974) 体操競技のコーチング. 大修館書店: 東京, pp.134-142.
- Issurin, V. (2008) Block periodization versus traditional theory: a review. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48 (1): 65-75.
- Issurin, V. (2010) New Horizons for the Methodology and Physiology of Training Periodization. *Sports Medicine*, 40 (3): 189-206.
- МАТВЕЕВ, Л.П (1962) Спортсменам о Спортивной Форме. Москва.
- マトヴェイエフ (1964) トップコンディションとは何か. *OLYMPIA*, 5 (3): 3-19, 5 (4): 28-41, 5 (5): 14-20.
- MATWEJEW, L.P (1972) Periodisierung des Sportlichen Trainings. Bartels & Wernitz.
- MATWEJEW, L.P (1981) Grundlagen des Sportlichen Trainings. Sportverlag Berlin, pp.220-241.
- MATVEJEV, L.P (1981) Fundamentals of Sports Trainings. Publishers Moscow, pp.259-288.
- 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. ナッパ: 東京, pp.260-265.
- マトヴェイエフ: 魚住廣信監訳・佐藤雄亮訳 (2008) ロシア体育・スポーツトレーニングの理論と実際. ナッパ: 東京, pp.513-568.
- Матвеев, Л.П (2010) Теория и методика физической культуры. советский спорт: Москва, pp.264-268.
- 村木征人 (1992) トレーニング計画—期分けとピーキング—. *コーチング・クリニック*, 6 (5): 6-10.
- 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
- 村木征人 (1999) トレーニング期分け論の形成・発展と今日的課題. *体育学研究*, 44 (3): 227-240.
- 村木征人 (2002) ピーキングとペリオダイゼーション. *体育の科学*, 52 (7): 522-527.
- 村木征人 (2008) 体力・技術の相補性からみたトレーニング期分け論の再考. *スプリント研究*, 18 (20): 20-32.
- Platonov, V. N (2009) Theory of Periodization of Sports Training Within a Year: History of Problem, Status, Discussions, Ways of Modernization. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury*, 9: 18-34.
- Susulov, F. (2001) Annual training programmes and the sport specific fitness levels of world class athletes. *New Studies Athletics*, 16: 63-70.
- Susulov, F. (2010) On the Structure (Periodization) of Year Training Cycle and Fitness in Modern Sport. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury*, 4: 11-15.
- Tschine, P. (2011) Sportliche Form order Topform? *Leistungs sport*, 41 (1): 7-8.
- 魚住廣信 (2001) スポーツトレーニング理論の構築 —マトヴェイエフ理論の本質を探る—. *兵庫大学附属研究所研究所報*, 5: 1-19.
- Verchoshanskij, J. V. (1999) The end of "periodization" of training in Top-class sport. *New Studies in Athletics*, 14 (2): 47-58.

日本男子三段跳における競技力の 再考と世界と戦うための今日的課題

松下翔一（筑波大学大学院博士前期課程）

関子浩二（筑波大学体育系）

I. 問題提起

日本陸上競技の跳躍部門は、北京オリンピックおよびロンドンオリンピックと2大会連続して、男子三段跳の代表選手を送り出すことができない状況にある。男子三段跳は1980年頃まではオリンピック3連覇や世界新記録樹立を始めとした優れた成果を挙げており、「日本のお家芸」の種目として位置付けられていた。しかし、その後は世界との差が広がり、2008年からは世界大会への出場が達成できない状況になっている（表1）。そして、「日本の三段跳は弱くなった」といった評価がなされている。一方、本当にそうであるか、そうであるな

らば、どのように世界との差が広がったのか、また何が原因で日本三段跳の競技力が低迷したのかについて検討した知見は存在せず、世間一般で行われる噂話の域での推測にすぎないことも確かである。したがって、これらを明らかにし、日本三段跳における今日的課題や問題点、その具体的な解決策について論考することは大きな意味があると考えられる。

そこで本稿では、1980年から現在にかけて、世界および日本国内における三段跳の記録がどのような変遷を遂げてきたのか、また近年の国内外における優れた競技者の個人記録がどのように発達しているのかについて検討し、日本男子三段跳における今日的課題とその改善策について論考する。

表1 最近30年間（1983～2012）の世界大会における男子三段跳日本代表選手における成績の変遷

年	大会名	選手名	結果
1983	世界選手権	出場者なし	
1984	オリンピック	植田恭史	予選敗退
1987	世界選手権	山下訓史	決勝進出
1988	オリンピック	山下訓史	12位
1991	世界選手権	山下訓史	11位
1992	オリンピック	山下訓史	予選敗退
1993	世界選手権	出場者なし	
1995	世界選手権	出場者なし	
1996	オリンピック	出場者なし	
1997	世界選手権	出場者なし	
1999	世界選手権	出場者なし	
2000	オリンピック	杉林孝法	予選敗退
2001	世界選手権	杉林孝法	予選敗退
2003	世界選手権	杉林孝法	予選敗退
2004	オリンピック	杉林孝法	予選敗退
2005	世界選手権	石川和義	予選敗退
2007	世界選手権	杉林孝法	予選敗退
2008	オリンピック	出場者なし	
2009	世界選手権	出場者なし	
2011	世界選手権	出場者なし	
2012	オリンピック	出場者なし	

II. 世界における三段跳の競技力に関する状況

図1は36年間に渡る男子三段跳における世界ランキング（屋外、屋内混合）、日本ランキング、日本高校ランキングをオリンピックサイクル（4年周期）ごとに平均し、その記録の推移を示したものである。世界の男子三段跳における競技水準は、世界の5～30位平均でみると1988年頃まで大きく向上しているが、それ以降20年間以上に渡って停滞が続いている。一方、図2は1960年以降の男子三段跳における世界記録および日本記録の変遷を示したものである。世界ランキングと同様に世界記録についても、18mを突破する1995年までは順調に発達しているが、それ以降17年近く記録は更新されていない。また、同様に日本記録も、1985年頃から現在に至るまで記録は更新されていない。図3は36年間に渡る世界大会における優勝者、3位および8位、入賞者の記録をオリンピックサイクルごとに平均し、その記録の推移を示したものである。世界ランキングや世界記録の変遷と同様に、世界大会の競技水準についても1992年頃までは向上しているが、それ以降にほとんど変化はないことが理解できる。

1990年頃までに世界の男子三段跳における競技水準が大きく向上した背景には、走路の材質による変化とも合い俟った技術進歩が影響していることが考えられる。

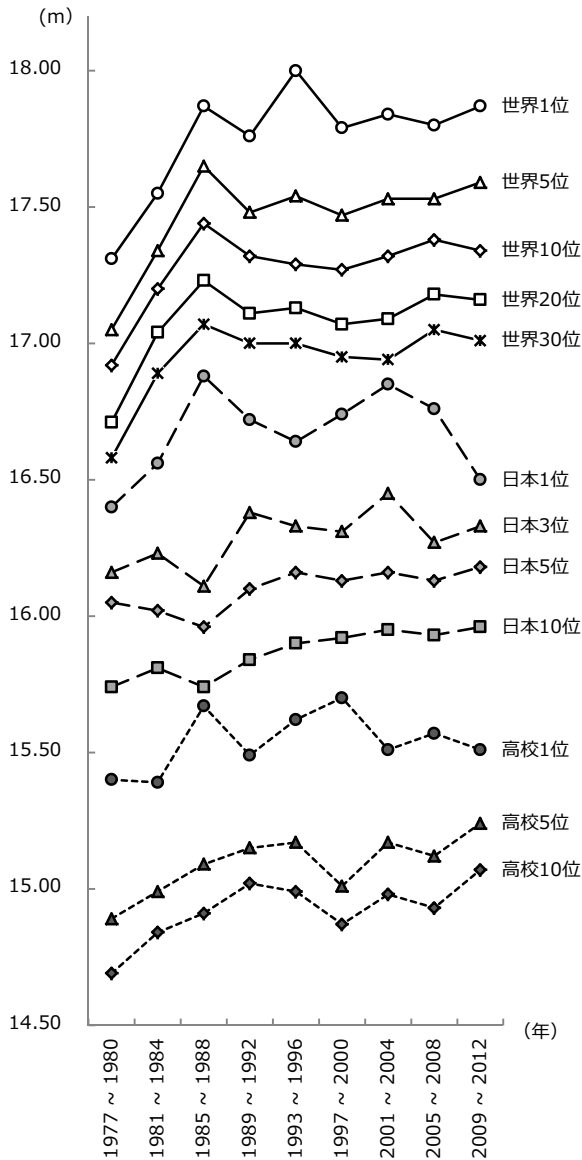


図1 男子三段跳における最近36年間(1977~2012)の世界ランキング(屋外・屋内混合)、日本ランキングおよび日本高校ランキングの推移

世界記録が17mを突破した1960年頃は土の走路の時代であり、比較的大きく高く弾むホップ技術が利用されており、ピストン・タイプの脚の運びが主流となる技術が普及していた。その後、1968年のメキシコオリンピックにおいて走路がオールウェザーに変わると、それを契機にしてオールウェザー走路に順応したスウィング・タイプの跳躍技術への移行が起り、現在のスピード跳躍の技術へと進化した(村木1996)。しかし、それ以降20年近くに渡って、世界の男子三段跳における競技水準は変化していないことから、技術の革命的な進歩やトレーニングにおけるイノベーションは生じていないことが推察できる。

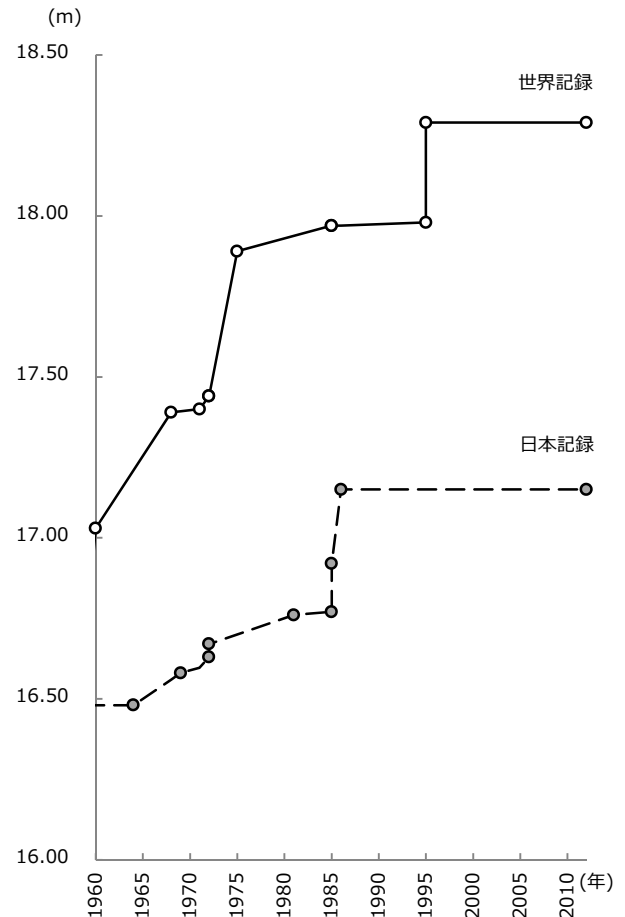


図2 男子三段跳における世界記録および日本記録の変遷

Ⅲ. 日本国内における三段跳の競技力に関する状況

世界が大きな発達を遂げている1990年頃までの変化についてみると、日本の1位は世界の変化と平行線をたどりながら同様な発達を遂げているが、日本3位、日本5位、日本10位平均に関しては異なり、すでに全体的に停滞しており(図1)、この時期に日本の男子三段跳と世界との差が一層大きくなっていることが認められた。なお、1985~1988年にかけて、日本1位は日本記録保持者(17m15)の山下訓史選手であった。山下選手は日本人で初めて17mを突破し、1986年のアジア大会で金メダル獲得、1988年のソウルオリンピックで決勝進出(12位)などを果たしている。山下選手の活躍によって日本の男子三段跳が発達しているように感じられる。しかし、実際にはこの時期の全体的な競技水準は上がっておらず、すでに1990年頃までに日本の男子三段跳は世界から大きく遅れを取ってしまったことが考えられる。

1990年以降については、世界の三段跳が大きな発達のないことに対して、日本の3位、日本5位、日本10位平均は、徐々に発達している傾向が認められる。しかし、変化が低いことから、世界との差は広がることも縮

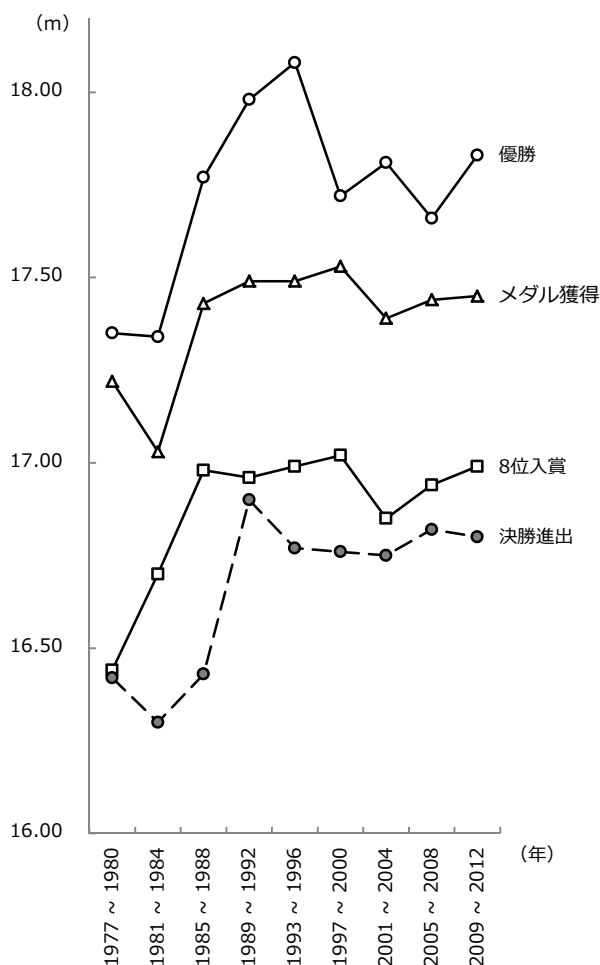


図3 男子三段跳の最近36年間（1977～2012）における世界大会での記録の推移

まることもなく、停滞状態が継続されている。また、日本の1位については、日本歴代2位（17.02m）の記録を持つ杉林孝法選手、日本歴代3位（16.98m）の記録を持つ石川和義選手らが活躍した2001～2004年には、再び世界30位へと上昇したが、それ以降10年以上に渡って彼らに続く日本歴代10位に残る競技水準の選手が出現していないことが認められた。

したがって、日本の男子三段跳における全体的な競技水準は徐々に向上しているが、日本1位の選手の記録が低迷しているために、世界選手権やオリンピックへの参加記録が回を重ねるごとに高められていく状況（メディアやテレビ放映の関係）に対応することができず、世界大会への出場が果たせなくなっていることが、近年「日本の男子三段跳が弱くなった」と評価される理由である。

IV. 世界と日本国内における三段跳選手の個人記録の変遷からみた縦断的变化

表3は、日本歴代5傑の選手、現在の日本における現役トップ選手、ロンドンオリンピック入賞者、最近10年間で17mを突破した中国選手に注目し、個人記録の

年齢別変化を示したものである。日本歴代5傑の選手や現在の日本現役トップ選手の多くが高校時代には15m50前後の記録、ジュニア時代には16m前後の記録を残しており、その後大学時代にも記録を更新し、大学最終学年から大学卒業後2～3年で生涯記録を達成している。しかし、その後のシニア時代にほとんど記録を更新できず、むしろ徐々に低下し続けながら引退に至るケースが多く、20歳代の後半まで記録を更新した選手は1名しか存在しない。これに対してロンドンオリンピック入賞者の多くは、ジュニア時代には16m中盤から17mを越える記録を残しており、この時点ですでに日本歴代10位に残る選手と同等の記録まで向上させている。表3に示した選手は現在でもすべて現役選手であることから、これらの選手の生涯記録の達成年について断言することはできないが、日本選手とは大きく異なり、20歳代の後半まで記録を更新し続ける選手が8名中4名も存在していることが認められた。

したがって、日本の男子三段跳における問題点は、選手の育成とそのコーチング法、選手とコーチを取り巻く物的および人的環境条件が、継続的にシニアの時代になっても記録を更新し続けることのできるものになっていないことであると考えられる。そして、これらの問題を解決することが、近未来に日本の男子三段跳が世界に通じるようになるための課題である。

表4は、最近10年間の男子三段跳における屋外シーズンにおいて、16m85以上を記録した選手（世界大会出場レベル）と16m30以上を記録した選手（国内トップレベル）に注目し、各国における毎年ごとの平均人数を示したものである。男子三段跳の競技水準が高い国は、キューバ、ロシア、アメリカ、フランス、中国などであることが認められた。その中でも中国は、日本と同じ東洋人でありながらも、男子三段跳の競技水準は非常に高く、最近10年間で7人もの17mジャンパーを誕生させている。これらのことから、日本の男子三段跳が世界に通じるようになるための課題を明確にするためには、中国選手との比較を行うことが有益であると考えられる。そこで、日本と中国の選手を比較してみると、最近10年間で17mを突破した中国選手の多くは、前述したロンドンオリンピック入賞者と同様に、ジュニア時代からすでに16m中盤から17mを越える記録を残していることが認められた。一方では、中国選手が欧米諸外国の選手のようにシニアまで記録を伸ばすことはなく、生涯記録の達成年は日本選手とほぼ同じ25歳前後であることが認められた。

したがって、日本の男子三段跳選手が中国選手と異なる点は、ジュニア時代の記録であることが明らかになった。日本歴代5傑の選手および現在の日本における現役トップ選手と、ロンドンオリンピック入賞者および最近10年間で17mを突破した中国選手との違いは、ジュ

表3 日本歴代5傑、現役日本トップ選手、ロンドンオリンピック入賞者および最近10年間で17mを越えた中国選手の年齢に伴う記録の変化

年齢	日本歴代5傑					現役トップ選手		ロンドン五輪入賞者								最近10年間で17mを越えた中国の選手						
	山下訓史	杉林孝法	石川和義	小松隆志	中西正美	十亀慎也	岡部優典	Taylor	Claye	Donato	Greco	Sands	Compaore	Oke	Copello	Li	Zhu	Dong	Cao	Zhong	Gu	Wu
15	13.76	14.50					13.94				15.01											16.89
16	14.38	14.96	13.85	14.00	13.46	14.95	14.46				15.45								15.82			16.56
17	14.98	15.31	14.81	14.94	15.17	15.68	15.65	15.98		14.36	15.72	15.70	15.48			16.13			16.42	15.73		16.73
18	15.49	15.82	15.58	15.81	15.38	15.82	15.35	16.05	17.19	15.27	16.41	-	16.00		16.34	16.78	16.22		17.13	16.11	16.92	16.37
19	15.49	16.17	16.17	15.57	16.29	15.55	16.18	16.98	16.30	15.81	17.20	16.22	16.61	16.57	16.90	16.66	16.83	16.25	16.85	16.34	17.23	16.62
20	15.69	16.61	16.50	16.04	16.52	16.04	16.23	17.18	17.50	16.35	16.95	16.39	16.62	-	16.95	16.46	16.78	16.54	16.86	17.27	16.44	16.79
21	15.89	16.61	16.84	16.12	16.30	16.34	16.48	17.96	17.70	16.40	16.95	17.50	17.05	-	17.38	17.09	17.03	16.89	17.35	16.36	16.50	16.35
22	16.50	16.52	16.98	16.58	16.40	16.18	16.54	17.81	↓	16.73	17.47	17.40	16.98	16.65	16.87	17.15	17.01	16.86	↓	*	17.11	16.90
23	16.92	16.78	16.92	15.76	16.76	16.17	↓	↓		16.66	↓	17.41	17.21	16.61	17.50	17.12	16.48	17.01			16.63	17.03
24	17.15	17.02	16.13	16.30	16.00	16.59		17.60		17.30	17.31	16.49	17.65			16.84	17.41	17.38			16.83	17.10
25	16.86	16.46	16.01	16.76	16.09	15.81				17.05	16.99	17.17	16.50	17.55		17.30	*	↓			-	17.06
26	16.59	16.80	16.79	16.14	15.80	↓				17.17		17.23	↓	15.80	17.68	17.59					16.78	16.92
27	16.36	16.96	16.39	16.88	15.94					17.16		17.59		16.86	17.17	16.94					-	16.79
28	16.58	16.77	16.24	16.40	15.89					16.90		17.32		16.47	↓	16.74					↓	16.58
29	16.95	16.27	16.54	16.39	15.65					16.65		17.21		16.87		16.84						↓
30	16.57	16.43	15.94	16.39	15.81					17.33		17.21		17.22		↓						
31	16.18	16.90	↓	16.38	*					16.97		↓		17.21								
32	16.20	15.83		16.32						17.27				17.23						ジュニア時の記録		
33	16.79	16.03		16.41						17.59				↓						自己記録		
34	16.31	*		16.37						17.39												
35	15.31			16.37						17.73												
36	15.96			16.65						17.53									↓	現役選手		
37	15.00			16.10						↓									*	引退		

ニア時代までに0.5～1.0mほど高い記録まで到達していることにあることが明らかになった。

この現象が他種目でも生じているかについて検討するために、跳躍競技4種目と短距離における日本歴代上位者および日本の現役トップ選手、ロンドンオリンピック入賞者に注目し、それぞれのジュニア時代の記録、自己記録、ジュニア時代からの自己記録達成率を算出し、その結果を表5に示した。前述の男子三段跳における特徴は、他の走高跳、走幅跳、棒高跳、短距離(100m)には存在しないことが認められた。以上のことから、この特徴は男子三段跳特有のものであることが推察できる。他国のトップ選手と日本の男子三段跳選手を比較すると、ジュニア時代の記録には大きな差が出現しているが、それ以降の変化率には差はなく、ジュニア時代の記録の差が平行線を辿りシニアでの差を作り出している。逆に、他の跳躍種目の選手と短距離選手についてみると、ジュニア時代の記録にほとんど差はないが、ジュニア時代からの自己達成率には大きな差があり、ジュニア時代以降からシニアにかけての発達の度合いが著しく異なっていることが認められた。

したがって、他の跳躍種目の選手と短距離選手は、ジュニア時代以降からシニアにかけての出来事に問題があり、逆に男子三段跳選手はジュニア時代までにすでに問題が生じていることが推察できる。なお、現在のジュニア日本記録は、中西正美選手が1977年に樹立した16.29mとなっており、日本最古のジュニア日本記録として今も残っている。ジュニア日本記録が35年以上も更新されていないことから判断すると、ジュニア時代お

表4 最近10年間(2003~2012)の男子三段跳で16.85m以上および16.30m以上を記録した各国における毎年当りの平均人数

順位	16.85m以上		16.30m以上	
	人数	国名	人数	国名
1	5.7	キューバ	13.1	アメリカ
2	4.4	ロシア	12.5	ロシア
3	4.2	アメリカ	9.7	中国
4	2.9	フランス	8.8	キューバ
5	2.7	中国	8.2	フランス
6	2.5	ウクライナ	5.6	ウクライナ
7	2.2	ブラジル	4.9	ブラジル
8	2.1	イギリス	4.1	イギリス
9	1.6	イタリア	3.7	イタリア
-	0.4	日本	2.3	日本

よびそれ以前の選手の育成とそのコーチング法、選手とコーチを取り巻く物的および人的環境条件に大きな問題があることが十分推察できる。これらの問題を解決することが、近未来に日本の男子三段跳が世界に通じるようになるための課題である。

V. 日本国内における三段跳選手育成に関する状況と問題点

日本の男子三段跳が他の種目と大きく異なる点は、中学生のための全国大会、すなわち全国中学校陸上競技選手権大会およびジュニアオリンピックに種目が存在しな

表5 跳躍競技4種目と短距離競技における日本歴代上位者、日本現役トップ選手およびロンドンオリンピック入賞者のジュニア時代の記録、自己記録およびジュニア時代からの達成率

	三段跳				走高跳				走幅跳				棒高跳				100m			
	選手名	ジュニア	自己記録	達成率	選手名	ジュニア	自己記録	達成率	選手名	ジュニア	自己記録	達成率	選手名	ジュニア	自己記録	達成率	選手名	ジュニア	自己記録	達成率
日本歴代・現役トップ選手	山下訓史	15.49	17.15	110.7	齋藤直幸	2.21	2.33	105.4	森長正樹	7.96	8.25	103.6	沢野大地	5.50	5.83	106.0	伊東浩司	10.6	10.00	106.0
	杉林孝法	16.17	17.02	105.3	君野貴弘	2.29	2.32	101.3	寺野伸一	7.68	8.20	106.8	小林史明	5.00	5.71	114.2	朝原宣治	10.49	10.02	104.7
	石川和義	16.17	16.98	105.0	吉田孝久	2.25	2.31	102.7	田川茂	7.82	8.15	104.2	横山学	5.25	5.70	108.6	末續慎吾	10.37	10.03	103.4
	小松隆志	15.81	16.88	106.8	阪本孝男	2.20	2.30	104.5	朝原宣治	7.76	8.13	104.8	荻田大樹	5.20	5.65	108.7	江里口匠史	10.36	10.07	102.9
	中西正美	16.29	16.76	102.9	高張広海	2.18	2.24	102.8	渡辺大輔	7.85	8.12	103.4	山本聖途	5.35	5.65	105.6	山縣亮太	10.23	10.07	101.6
	十亀慎也	15.82	16.59	104.9	戸辺直人	2.24	2.24	100.0	菅井洋平	7.66	8.10	105.7	米倉照恭	5.15	5.60	108.7	塚原直貴	10.32	10.08	102.4
	岡部優真	16.18	16.54	102.2	衛藤昂	2.19	2.24	102.3	荒川大輔	7.77	8.09	104.1	鈴木崇文	5.25	5.55	105.7	川畑伸吾	10.29	10.11	101.8
	平均	15.99	16.85	105.4	平均	2.22	2.28	102.7	平均	7.79	8.15	104.7	平均	5.24	5.68	108.3	平均	10.38	10.05	103.2
ロンドン五輪入賞者	Taylor	16.98	17.96	105.8	Ukhov	2.30	2.40	104.3	Rutherford	8.14	8.35	102.6	Lavillenie	4.70	6.03	128.3	Bolt	- (19.93)	9.58(19.19)	103.9
	Claye	17.19	17.70	103.0	Kynard	2.25	2.34	104.0	Watt	-	8.54	-	Otto	5.30	6.01	113.4	Blake	10.11	9.69	104.3
	Donato	15.81	17.73	112.1	Drouin	2.27	2.33	102.6	Claye	7.89	8.25	104.6	Holzdeppe	5.80	5.91	101.9	Gatlin	10.08	9.79	103.0
	Greco	17.20	17.47	101.6	Grabarz	2.20	2.37	107.7	Torneus	7.94	8.22	103.5	Starodubtsev	5.50	5.90	107.3	Gay	10.28	9.69	106.1
	Sands	16.22	17.59	108.4	Barshim	2.30	2.39	103.9	Bayer	7.73	8.71	112.7	Lewis	5.35	5.82	108.8	Bailey	10.28	9.88	104.0
	Compaore	16.61	17.31	104.2	Nieto	2.13	2.34	109.9	Tomlinson	7.62	8.35	109.6	Lukyanenko	5.50	6.01	109.3	Martina	10.29	9.91	103.8
	Oke	16.57	17.23	104.0	Bondarenko	2.26	2.31	102.2	da Silva	7.39	8.28	112.0	Filippidis	5.75	5.80	100.9	Thompson	10.55	9.85	107.1
	Coppello	16.90	17.68	104.6	Mason	2.20	2.31	105.0	Mokoena	8.09	8.50	105.1	Kudlicka	5.61	5.73	102.1	Powell	10.50	9.72	108.0
	平均	16.69	17.58	105.4	平均	2.24	2.35	104.9	平均	7.83	8.38	107.0	平均	5.44	5.89	108.2	平均	10.30	9.76	105.0

達成率 { (跳躍競技) 自己記録/ジュニア時代の記録 (%)
(短距離競技) ジュニア時代の記録/自己記録 (%)

※ 100m Bolt はジュニア時代の記録が無いため、参考に200mの記録を示した。

いことである。このために、県大会や地区大会では三段跳が実施されているが、中学生で三段跳を専門にする選手はほとんどおらず、三段跳が専門的に指導できるジュニアのコーチや指導者は極めて少ない。そのために、走幅跳や走高跳などの選手が、高校1～2年になって、初めて三段跳を開始するケースが多く、サブの種目として三段跳を位置付けていることも特徴的である。

一方、中国では日本の中学生に相当する14～15歳を対象にした全国大会（全国少年（14-15歳）田徑錦標賽）が実施されている。中国田徑協会（中国の陸上競技協会）公式ホームページでは（<http://www.athletics.org.cn/index.html>）、河北省承德市で行われたこの大会における男子三段跳の優勝記録は14.51mであり、4位までの選手が14m以上を記録している。しかし、日本では過去10年間で14mを越えた中学生はわずか2人であったことから、この年齢の選手における記録の差は歴然としていることが理解できる。そして、16m以上を跳ぶ高校生選手が毎年のように輩出されており、その中には17m以上もの記録を達成するジュニア選手も存在する。現在の日本における高校記録が15.84mであることを考慮すると、この記録の持つ意味が理解できる。中国選手のジュニア時代における競技水準は、ロンドンオリンピック入賞者と同様のものであり、中国の男子三段跳における成功を導くものであると考えられる。

したがって、三段跳では専門的なトレーニングを行いながら技術を習得する時期が、他の種目よりも遅いことが推察できる。三段跳という種目には高度な助走および

跳躍技術が要求されるにもかかわらず、現在の日本の育成システムでは、専門的に取り掛かる年代が遅すぎるために、ジュニア時代までに高度な助走および跳躍技術の習得ができず、それがジュニア時代のところまでに、すでに世界に遅れを取っている原因になっていることが考えられる。

中学校の全国大会が行われないことは、三段跳における指導体制にも大きく影響していることが考えられる。三段跳には高度な助走および跳躍技術が要求されるにも係わらず、専門的な知識や指導法が普及しておらず、三段跳を専門的に指導できるコーチや指導者が極めて少ないのが現状である。一方、高度な跳躍技術を必要とする棒高跳に関しては、専門的な知識や指導法を理解している熱心なコーチや指導者が多く、そのためにジュニア時代から優れた技術を身に付けている選手も多く、棒高跳が世界で戦うことができている理由でもあると考えられる。

したがって、日本においても中学校の全国大会に三段跳を導入することかできれば、中学校の段階で三段跳を専門的に指導できるコーチや指導者が増えることにもなり、ジュニア時代から優れた技術を身に付けることのできる選手を多数輩出することができる可能性もある。近年では、世界ジュニア陸上競技選手権、世界ユース陸上競技選手権、ユースオリンピックなど、ジュニアやユース世代の世界大会も積極的に開催されるようになっていくことから、旧態依然の日本の三段跳における育成システムを変えていくことは、近未来に日本の男子三段跳が

世界に通じるようになるための最も大切な課題であるかも知れない。なお、早期専門化によって初期発達段階の発達勾配が急激になりすぎると、高次発達段階の成長を阻害することになる可能性もあることも認識しておく必要がある。

Ⅵ. 日本の男子三段跳が世界と戦うための今日的課題

1990年以降の世界大会の決勝進出記録は平均で16.79m、入賞記録は平均で16.96mであり、表2に示した日本歴代10傑の競技水準を有する選手であれば、世界大会での決勝進出や入賞の可能性は十分に存在する。しかし、2013年の世界選手権の参加資格Aは17m20、Bは16m85と非常に高く設定されており、決勝進出記録よりも、またAは日本記録よりも高いことが理解できる。したがって、これまでの状況を打開して大きなイノベーションを起こす変革を起こさなければ、図1で見える1980年当初からの平行線の間を埋めることができないまま、変わらない実状が継続されることは想像に難くない。

そこで本稿では1980年から現在にかけて、世界および日本国内における三段跳の記録がどのような変遷を遂げてきたのか、また近年の国内外における優れた競技者の個人記録がどのように発達しているのかについて検討し、近未来に日本の男子三段跳が世界と戦えるようになるための今日的課題について次のことを提案したい。

- (1) 日本の男子三段跳における課題は、継続的にシニアの時代になっても記録を更新し続けることのできる選手育成とそのコーチング法を確立し実践すること、また選手とコーチを取り巻く物的および人的環境条件の整備を行うことである。これには欧米諸外国の現状やシステムを参考にすべきである。
- (2) 日本の男子三段跳における課題は、ジュニア時代およびそれより前の発育発達段階にある選手の育成とそのコーチング法を確立し実践すること、また選手とコーチを取り巻く物的および人的環境条件の整備を行うことである。さらにそのためには、中学校から全国大会に三段跳を導入し、中学校の段階で三段跳を専門的に指導できるコーチや指導者を養成することによって、ジュニア時代から優れた技術を身に付けた選手を多数輩出する。そして、ジュニア時代の記録を世界および中国選手と同様な水準にまで高めることである。これには欧米諸外国および中国の現状やシステムを参考にすべきである。

表2 男子三段跳の日本歴代10傑

歴代	記録(m)	選手名	年
1	17.15	山下訓史	1986
2	17.02	杉林孝法	2000
3	16.98	石川和義	2004
4	16.88	小松隆志	1994
5	16.76	中西正美	1981
6	16.71	植田恭史	1984
7	16.67	井上敏明	1972
8	16.67	渡辺容史	2001
9	16.66	安西啓	1991
10	16.63	村木征人	1972

上述の提案を推進するためには、日本の三段跳における試合設定や試合配置も含めた育成システム、指導者養成システムを革新的に変えていくが必要になる。そのためには、日本の男子三段跳における進歩・発展を目指し、目の前の状況や世間の風評にとらわれず、論理的な枠組みを構築ながら事実を収集し、重要となる問題を設定し、それを解決するためには新しいことにチャレンジしながらトライ＆エラーを繰り返し成長する選手、コーチ、指導者、組織運営を行う人々が増えていくことこそ、最も効果的な解決策になるに違いない。そして、このことは多くの選手や指導者を教育し輩出する体育系大学教員、特に陸上競技の授業を担当し、跳躍種目の選手や指導者を養成する専門教員に付された使命と役割であることを強く認識すべきである。本研究の内容が、これからの日本三段跳界の発展に寄与できれば望外の喜びである。

参考文献および参考サイト

- 村木征人：エドワーズの夢の18mジャンプに寄せて。
 陸上競技マガジン 46 (1) : 230-233, 1996
 陸上競技マガジン 各年 記録集計号
 IAAF Toplists, <http://www.iaaf.org/records/toplists/>
 中国田徑協会(中国の陸上競技協会) 公式ホームページ,
<http://www.athletics.org.cn/index.html>

近年のパラリンピックにおける陸上競技の動向

近藤克之（日本大学）

I. はじめに

今日のパラリンピックにおける陸上競技では、競技形式を2つに分けることができる。すなわち、立位競技（視覚障がい、肢体切断、脳性麻痺、知的障がい）と車いす競技である。そして、これらの競技に参加する競技者は、競技者間の障がいによる競技能力の差異を調整し可能な限り対等な立場で競技を行えるように「クラス分け」を受け、該当するクラスで競技を行うこととなる（飛松、2003）。表1は、国際パラリンピック委員会（IPC）が定めるクラス分けのルール及び規約に基づいて作成されたクラス分けの説明表である。このようにクラス分けが行われた上に、性別毎にトラック種目（短距離、長距離）とフィールド種目（跳躍、投擲）が実施されるために、競技種目は非常に細分化されていると言える。実際に、表2はロンドン2012パラリンピック大会（以下、ロンドン）における陸上競技の競技種目一覧であるが、これらが10日間の日程で実施された。北京2008パラリンピック大会（以下、北京）からは正式にオリンピックと同じ組織委員会の下で大会運営されるようになり（IPC, online 1）、競技種目（こん棒投は独自種目）や日程（午前と午後の部に分かれて実施）もオリンピックとほぼ同様になってきている。このように捉えるとパラリンピックは、「競技大会」としての性格を急速に成長させ、参加選手に対してより一層の「競技力」向上を求めているようにさえ感じる。

世界の有力国はこの流れに身を置き、国を挙げてパラリンピック選手の育成、強化に力を注いでいる。例えば、イギリスでは競技スポーツを戦略的手法で支援する「UK Sport」と呼ばれる組織があるが、UK Sportはオリンピック選手とパラリンピック選手を同一に強化する方針を掲げ、着実に成果を上げてきている（UK Sport, online 1）。つまり、オリンピックとパラリンピックを1つの組織で担っていく姿勢が明確になっている。このようなオリンピックとパラリンピックを分け隔てなく1つの組織が担う取り組みは、アメリカ、カナダ、オーストラリアなどの国でもみられる。他方で、スポーツ装具（義手、義足）やレーサーと呼ばれる車いすの性能の向上の為に試行錯

誤が重ねられ、選手の競技力を左右する程の影響が出る可能性を指摘する声も聞かれる。有力国が最新の技術を選手に適応させようと試みるのに対して、競技規則が十分整備されていないことも指摘できる。

本稿では、上記のような近年のパラリンピックにおける陸上競技の国際的な動向と我が国のパラリンピックに向けた取り組みを概観する。国際的なパラリンピックの競技性を伴う発展に対して、我が国における現状を踏まえ、より実践的立場に立った検討課題を明確にしておくことは今後の我が国のパラリンピック選手の育成や強化に有益なことであると思われる。

II. 世界の有力国のパラリンピックに向けた組織的取り組み

イギリスがパラリンピック発祥の地であり多くの国民のパラリンピックに対する理解度が高いことは周知のことであるが、非常に高い組織力を構成し、着実に選手の競技力向上を実現させてきていることも事実である。前述のUK Sportは、パラリンピックに向けた強化費を公表している。陸上競技に対しては、ロンドンに向けて673万ポンド（約9億4千万円：1ポンド140円換算、2009年から2013年の4年間）を支出し、リオデジャネイロ2016パラリンピック大会（以下、リオ）に向けては1,070万ポンド（約15億円：1ポンド140円換算、2013年から2017年までの4年間）と大幅に増額となった（UK Sport, online 4, 5）。図1のように、オリンピックと比較するとその差は歴然であるが、シドニー2000オリンピック・パラリンピック（以下、シドニー）やアテネ2004オリンピック・パラリンピック（以下、アテネ）を基準とした場合に北京以降、オリンピックではほぼ横ばいなのに対してパラリンピックでは着実に増加している。このような多額の強化費が充てられていることは特徴的なことの1つである。その強化費は、「British Athletics」によって運用され、World Class Performance Programme（WCPP）と呼ばれる強化事業などに使用されている（IPC, online 7；British Athletics, online 2）。

WCPPは、1997年5月から始まった強化プログラムであり、夏季冬季を問わずオリンピック・パラリンピッ

表1 IPCによるクラス分け説明表

競技形式	障がい名	クラス	クラス内容
立位	視覚	T/F11	光覚無しから光覚まで。しかし、どの距離や方向からでも手の形を認知できないもの。
		T/F12	手の形を認知できるものから、視力0.03まで、または視野が5度以内のもの。
		T/F13	視力は0.03から0.1、または視野20度以内で視力も0.03から0.1のもの。
	知的	T/F20	IQテスト得点が75以下のもの。
車いす	脳原性麻痺	F31	電動車椅子常用者。または普通型車椅子操作不可で介助にて移動。重度の痙直型またはアテトーゼ型四肢麻痺。
		F32	四肢麻痺。片手または両手で車椅子を駆動。上肢の痙性の程度が3+から3の痙直型またはアテトーゼ型四肢麻痺。四肢麻痺。片足または両足で地面を蹴って移動可能。装具や介助付きで、短い距離の歩行可能。
		F33	中程度四肢麻痺か三肢麻痺か重度な片麻痺(座位バランス不良)の車椅子使用。上肢のみで車椅子駆動。利き腕はほぼ正常である。上肢の痙性の程度は2+である。
		T34	両麻痺(diplegia)で車椅子を上肢で駆動する。体幹のバランスや上肢機能良好。体幹の痙性の程度は2から1。上肢は正常に見える。
		F34	両麻痺(diplegia)で車椅子を上肢で駆動する。体幹のバランスや上肢機能良好。体幹の痙性の程度は2から1。上肢は正常に見える。座位バランス良い片麻痺車椅子利用者。
立位		T/F35	両麻痺(diplegia)で、上肢はほぼ正常。下肢の痙性の程度が3から2。
		T/F36	歩行または走可能なアテトーゼか失調型の四肢麻痺。
		T/F37	歩行または走可能な片麻痺。
		T/F38	極めて軽度な麻痺。痙性の程度が1程度あるいは単肢麻痺のもの。
	低身長	F40	18歳以上で、身長発育が正常より著しく遅延するか、過小のまま停止したもの(男性145cm、女性140cm以下)。
	切断機能障がい	T/F42	片大腿切断(膝関節離断含む)または片側下肢の膝関節と足関節の機能の全廃したもの。
		T/F43	両下腿切断(足関節離断含む)または両足関節の機能の全廃したもの。
		T/F44	片下腿切断(足関節離断含む)または片足関節の機能の全廃したもの。
		T/F45	両上肢切断(両手関節離断含む)または上肢の両肘関節あるいは両手関節の機能を全廃したもの。
	T/F46	片上肢切断(片手関節離断含む)または上肢の片肘関節あるいは片手関節の機能を全廃したもの。	
車いす又は投てき台	頸髄損傷 脊髄損傷 切断機能障がい	T51	肘の屈筋および手首の背屈筋が機能する。肘の伸筋は機能するが(筋力3以下)手首の掌屈筋は機能しない。肩関節が弱い場合がある(神経機能残存レベルC6)。
		F51	肘の屈筋および手首の背屈筋が機能する。肘の伸筋は機能するが(筋力3以下)手首の掌屈筋は機能しない。肩関節が弱い場合がある。座位バランス不良(神経機能残存レベルC6)。 車椅子常用。投げる腕に痙性が見られ、筋力、運動性の機能低下。座位バランス不良。
		T52	肘の屈筋と伸筋、手首の背屈筋および手の掌屈筋が機能する。大胸筋が機能する(神経機能残存レベルC7/8)。 車椅子常用。筋力や運動性の低下。片上肢または両上肢に痙性あり。
		F52	肘の屈筋と伸筋、手首の背屈筋および手の掌屈筋が機能する。肩の筋肉機能は弱い場合がある。指の屈伸は筋力3以下(神経機能残存レベルC7)。車椅子常用。投げる腕に痙性が見られ、筋力、運動性の機能低下。座位バランス不良。
		T53	両上肢機能正常またはほぼ正常。腹筋と下部背筋の機能がない(神経機能残存レベルT1-T7)。
		F53	肘と手首の関節が十分強い。指の屈伸は筋力4または5。手の内在筋肉が機能するが正常ではない(神経機能残存レベルC8)。車椅子常用。投げる腕の機能良好。座位バランス不良。または、投げる腕の機能は劣るが座位バランスは良好。
		T54	両上肢正常。通常体幹の回旋ができ、腹筋が機能する(神経機能残存レベルT8-S2)。または準ずる機能障害のあるもの。両下肢の筋力が合計70点以下。両大腿切断・片大腿切断・両下腿切断・片下腿切断(足関節離断含む)。
		F54	両上肢機能正常またはほぼ正常。腹筋と下部背筋の機能がない(神経機能残存レベルT1-T7)。 車椅子常用。座位バランス不良。両下肢は機能しない。
		F55	両上肢機能正常。腹筋および背筋が機能し、部分的あるいは正常な体幹機能をもつ。股関節屈筋のわずかな収縮がみられる場合がある(神経機能残存レベルT8-L1)。車椅子常用。両股関節離断。
		F56	両上肢機能正常。体幹の回旋と座位バランス良好。車椅子から大腿部を上げることができる(股関節の屈筋)。膝を合わせることができる(股関節の内転)。 膝を伸ばすことができる場合もある(膝関節の伸展)。膝を多少曲げることができる場合もある(膝関節の屈曲、筋力3以下)。座位バランス良好。 股関節の外側への開閉(股関節の外転)ができない(神経機能残存レベルL2-L5)。 車椅子常用。両大腿切断(1/2以上)。
		F57	両上肢と体幹機能が正常。座位バランスが良好。股関節屈曲と内転と外転、膝関節屈曲と伸展の機能をもつ。足関節背屈と底屈は弱い。両大腿切断(1/2より長いものから膝関節離断含む)。片股関節離断。
		F58	両上肢と体幹機能が正常。両下肢の筋力が合計70点以下。歩行可能だが、投てき時は車椅子または投てき台を使用する。片大腿切断・両下腿切断(足関節離断含む)。

※詳細はIPC online 2およびINAS online 1を参照。

表2 ロンドン 2012 パラリンピック大会における実施種目と日本選手出場種目

クラス	性別	T(トラック種目: マラソン含む)									F(フィールド種目)							
		100m	200m	400m	800m	1500m	5000m	400m Relay	1600m Relay	マラソン	走幅跳	三段跳	走高跳	砲丸投	円盤投	やり投	こん棒投	
11	男	◆	◆	◆		◆	◆	◇1			◆	◆		■6	◆			
	女	◆	◆	◆						■26			■29	■35				
12	男	◆	◆	◆	◆		◆	◇1		◆		◆		■6		◇19		
	女	◆	◆	◆		◆				■26			■29	■35	◇39			
13	男	◆	◆	◆	◆	◆		◇1			◆					◇19		
	女	◆		◆						◆					◇39			
20	男					◆					◆			◆				
	女					◆					◆			◆				
31	男																■24	
	女																■44	
32	男													■7	■13		■24	
	女													■30			■44	
33	男													■7	■13	◇20		
	女													■30		◇40		
34	男	◆	◆											◆	■13	◇20		
	女	◆	◆											■30		◇40		
35	男	◆	◆															
	女	◆	◆					◇25						■31	■36			
36	男	◆	◆	◆	◆						◆				◇14			
	女	◆	◆	◆				◇25						■31	■36			
37	男	◆	◆		◆	◆					◇4			◇8	■15	◇41		
	女	◆	◆	◆				◇25			◇27			◆				
38	男	◆	◆	◆							◇4			◇8	■15	◇41		
	女	◆	◆					◇25			◇27							
40	男													◆	◆	◆		
	女													◆	◆			
42	男	◆	◆					◇2			■5		◆	■9	◆	◆		
	女	◆	◆								■28			■32				
44	男	◆	◆	◆				◇2			■5			■9	◆	◆		
	女	◆	◆								■28			■32				
46	男	◆	◆	◆	◆	◆		◇2		◆	◆	◆	◆					
	女	◆	◆	◆							◆					◆		
51	男	◆													■16		■24	
	女														■37		■44	
52	男	◆	◆	◆	◆									■10	■16	■21		
	女	◆	◆												■37	◇40		
53	男	◆	◆	◆	◆				◇3					■10	■16	■21		
	女	◆	◆	◆	◆									■37	◇40			
54	男	◆		◆	◆	◆	◆		◇3	◆				■11	■17	◇22		
	女	◆		◆	◆	◆	◆			◆				■33		◇42		
55	男													■11	■17	◇22		
	女													■33		◇42		
56	男													■11	■17	◇22		
	女													■33		◇42		
57	男													■12	■18	■23		
	女													■34	■38	■43		
58	男													■12	■18	■23		
	女													■34	■38	■43		

※1 ◆は単独で実施される種目。

※2 ◇は複数のクラスを合同して実施される種目。

※3 ■はPoint Scoreシステム(IPC online 3,4,5,6を参照)を使用し、複数のクラスを合同して実施される種目。

※4 記号の後の数字は順不同でどのクラスが合同して実施されるかを示している。

※5 記号および数字の右側の黒色による塗りつぶしは日本選手出場種目。

ク（世界選手権も含む）で活躍（メダル獲得）が期待される選手を対象に、スポーツ医科学（バイオメカニクス、栄養学、メンタルトレーニング、形態測定など）によるサポートをはじめ、例えば優秀なコーチの提供や温暖な気候でのトレーニング（その気候への順応を含めて）、理学療法の利用、国際競技会に対する調整、記録の分析や戦略の立案、練習拠点の設置など、選手の様々な要求に対応できる体制を提供している。また WCPP 内では、選手の競技水準によって「Podium」、「Development」と呼ばれるステージ分けがある。「Podium」は、パラリンピック（世界選手権）においてメダル獲得の可能性が非常に高い選手（金メダル獲得者含む）のステージであり、「Development」はパラリンピック（世界選手権）に出場でき入賞もしくはメダル獲得の可能性のある選手のステージである（UK Sport, online 7）。「Podium」においては、1 選手につき 1 年間で約 5.5 万ポンド（約 770 万円：1 ポンド 140 円換算）、「Development」においては、同様に約 3 万ポンド（約 420 万円：1 ポンド 140 円換算）に値するサポートを受けることが可能とされている。そして、1 年ごとに競技成績に従ってステージの見直しがあるため、下位ステージ（「Development」）の選手は上位ステージ（「Podium」）を目指すことにモチベーションを高めることもあるであろう。ロンドンで活躍した、David Weir 選手（T54 クラス 800m, 1500m, 5000m, マラソン：4 種目とも金メダル）や Stefanie Reid 選手（F44 クラス走幅跳：銀メダル）、Jonnie Peacock 選手（T44 クラス 100m：金メダル）らは、2013 年シーズンも「podium」レベルの選手として名を連ねている（British Athletics, online 1）。このような資金的な充実度を高めることは、選手が競技に専念することを可能としているように思える。ただし、豊富な資金をむやみに配分するのではなく、競技能力の高い（競技結果を残している）選手を手厚く支援する姿勢を明示していることは重要なことであろう。

この他にも、ロンドンに向けては自国開催ということもあり、「Team 2012」と称した特別な選手強化プログラムが 2009 年に設立され、企業や国民から寄付を募り、選手強化に必要となる資金が調達された。これらの資金は、コーチや選手のマネジメント、海外大会や合宿の遠征費、メディカルサポート（スポーツ心理学、理学療法、栄養学、多様なリハビリテーション設備による支援を含む）、スポーツ装具等の購入や修繕、大会直前合宿の実施に充てられた（UK Sport, online 6）。我が国においては、欧米に比較して寄付文化が育っていないと言われてきたが、阪神淡路大震災や東日本大震災などの時に見られた活発な寄付活動は、寄付（寄付税制や寄付手段など）について再考させられるものであった。我が国のパラリンピックスポーツ界においても、寄付活動を通じて選手を支援しようとする雰囲気が更に高まれば、選手自身の

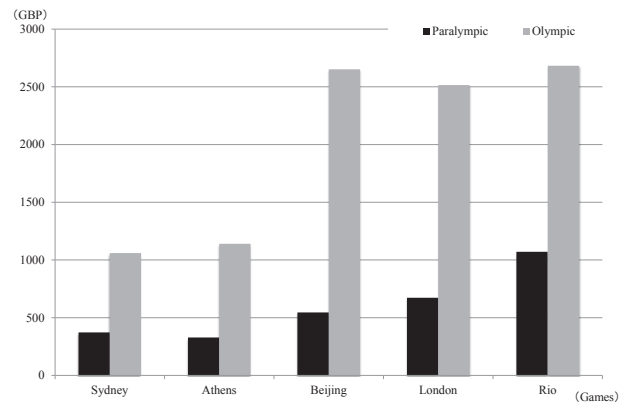


図1 イギリスにおける UK Sports の陸上競技に対する強化費の推移

モチベーションを高めることにつながり、選手の活動の幅が広がる要因にもなると思われる。

結果的にロンドンにおける、イギリス陸上競技チームの獲得メダル数は、計 29 個（金メダル 11 個、銀メダル 7 個、銅メダル 11 個）であり、北京時の計 17 個（金メダル 2 個、銀メダル 7 個、銅メダル 8 個）から大幅に増加した。この結果は、前述したように選手を取り巻く環境を総合的に整備（支援）しようとした結果であり、今日の世界においてイギリスは、随一のパラリンピアン強化システムを誇ると言っても過言ではないと思われる。

ところで、世界の有力国は次々と競技力の高い選手を輩出しているが、どのような選手発掘がなされているのか、いくつかの国の事例を見てみたい。アメリカの取り組みにおいて特徴的なことは、軍隊（退役兵士）との連携を強化していることである（US Paralympics, online 1）。軍事に関わる人々は、戦場などへ赴くことによって負傷するリスクが高まるが、負傷した兵士が身体機能を回復させるためにスポーツを利用することは、いわゆるリハビリテーションの考えの由来となったものである。元兵士である選手は、負傷前から厳しい訓練に耐え、自己の身体能力を高める努力をしてきた可能性が高く、彼らがリハビリテーションの過程を終えパラリンピックスポーツに取り組むようになれば、高いパフォーマンスを発揮できるようになると思われる。ロンドンでは、Angela Madsen 選手（F56 クラス砲丸投：銅メダル、Marine Corps；元海兵隊）や Scot Severn 選手（F53 クラス砲丸投：銅メダル、Army；元陸軍）、Christopher Clemens 選手（F36 クラス走幅跳：6 位、Navy；元海軍特殊部隊）などが結果を残しており、今後も諸軍隊との連携によって有望な選手が現れる可能性が高い。また、病院などの医療機関との連携によっても、パラリンピックを目指す（パラリンピックスポーツを始める）道標を示すことができるかもしれない。

オーストラリアでは、APC（オーストラリアパラリン

ピック委員会)が「Paralympic Talent Search」というプログラムを2005年から展開し、全国的にパラリンピックを目指す選手の発掘を行っている(APC, online 1, 2)。このプログラムは、インターネット上から、自身の障がいの状態とどのようなパラリンピック競技があるのかを照らし合わせることから始まる。該当する競技のコーチは、体力テストの実施によって身体能力を測定し、可能性のある種目への参加を促していく。もちろんその後、選手がクラス分けを受け、トレーニング計画を立案し、競技会へ参加をしていく流れ作りがなされている。これまでにオーストラリア各州において1800人以上がこのプログラムによって選出されている。ロンドンではオーストラリア代表選手でこのプログラムによって選出された選手は全競技を通じて43名おり、28個のメダルを獲得(金メダル10個)した(APC, online 1)。身体にどのような障がいがあるのかによって、パラリンピックにあるどの競技を目指すのかを戦略的に選別していく狙いを明確にし、非常に高い効果を得ていると言える。

上述したような内容は、パラリンピックを目指す実践現場で、世界各国の動向として度々話題になることであるが、改めて整理すると世界の有力国においては、組織的な取り組みを垣間みることができる。我が国のパラリンピックにおける陸上競技においては、上述した内容については年々改善されてきているが已然として十分であるとは言いがたい。パラリンピック選手を対象とした調査においても、競技にかかる費用の問題、競技環境(利用施設)の問題、医科学サポート支援の充実などを求める声が多い(一般社団法人日本パラリンピアンズ協会, 2012)。北京以降のパラリンピックの発展は我々の想像以上に目覚ましいものがあり、選手の競技力向上の為に官民を挙げて支援体制を整備することは急務である。まずは、日本障害者スポーツ協会(JSAD)内に日本パラリンピック委員会(JPC)が設置されている(障がい者スポーツ全般とパラリンピックを兼務している)現状を改善し、JPCが独立して(ただし、JSADとの相互関係を保ちつつ)専門的にパラリンピックに対する策を練って実行して行く必要があると思われる。

Ⅲ. 我が国のパラリンピックにおける成績と今後の課題

これまで、パラリンピックにおける我が国の陸上競技代表選手たちは多くのメダルを獲得してきたが、北京、ロンドンと減少傾向が見られる(図2)。ロンドンでは、車いす競技選手が18名(男子6名、女子4名)、切断選手が8名(男子5名、女子3名)、視覚障がい選手が6名(男子4名、女子2名)、知的障がい長距離選手が3名(男子2名、女子1名;ロンドンから知的障がい選手の参加が再開された)、脳性麻痺選手が女子1名の計36名が各クラスに分かれて競技を行ったが、メダルを

獲得したのは伊藤智也選手(T52クラス200m, 400m, 800m:3種目とも銀メダル)と和田伸也選手(T11クラス5000m:銅メダル)の2名であった。

ロンドンでは、車いす投擲種目(男子)や視覚障がい短距離種目(女子)、知的障がい長距離種目(男子)で入賞することができなかったが、特に男女を通じて視覚障がい短距離種目は、北京から2大会続けて入賞者を出すことができていない。視覚障がい種目においては、重度の場合、伴走者と呼ばれる並走者が必要となる。重度の視覚障がいのある選手が競技を目指す際には、各自で伴走者を依頼しなければならず、見つけることができない場合は競技に参加できない事態となるため、先ずはこの問題を改善する必要がある。そして伴走者には、選手とともに日頃のトレーニングを行い、選手以上の基礎体力や走力が求められ、さらにトレーニング計画の立案などの役割を担う必要がある。このような視覚障がい選手と伴走者の関係を考慮した支援が選手の競技力向上には欠かせないと思われる。

車いす競技(トラック種目、マラソン)ではこれまで多くのメダルを獲得してきたが、ロンドンの結果は前述の通りである。近年は、レーサーと呼ばれる車いすの進歩やその扱い方が競技結果を左右する場合があるが、日本選手が使用しているレーサー(オーエックスや日進医療器など)は世界の有力選手が使用しているものと比較しても全く劣らない性能があるにも関わらずメダル獲得者が伊藤選手のみであったことは、レーサーの性能の差で勝敗が分かれたとは思えない。ロンドンで活躍した選手を見ると、800mから、1500m, 5000m, マラソンまでをこなしてしまう高い疾走速度と一定の持続的能力を兼ね備えている選手が多かった。前述のDavid Weir選手やMarcel Hug選手(T54クラス800m, マラソン:2種目とも銀メダル)はその典型的な例であった。健常者の陸上競技において仮に800mとマラソンに出場できたとしても、メダルを獲得することはほとんどないと言える。しかしながら、パラリンピックで勝負する為にはそのような距離の幅に対応できる能力を身につける必要があると思われる。そしてまた、T52クラスのRaymond Martin選手(100m, 200m, 400m, 800m:4種目とも金メダル)のように、細身で軽量の身体ながら素早いピッチで高い疾走速度を出力できる能力があるかどうか世界で活躍する為の条件であるように思われる。ただし、マラソンのように多くの選手が一斉に疾走するような場合には、転倒の可能性が高まるし、チームワークで集団走をする必要も生まれるであろう。また、手に装着するグローブの素材によってレーサーに力を伝える効率が変わってくるのではないかとことも指摘されている。これらの点については、個人種目でありながら、チームとしての戦略が求められているところである。

このように車いす選手においては、レーサーやグロー

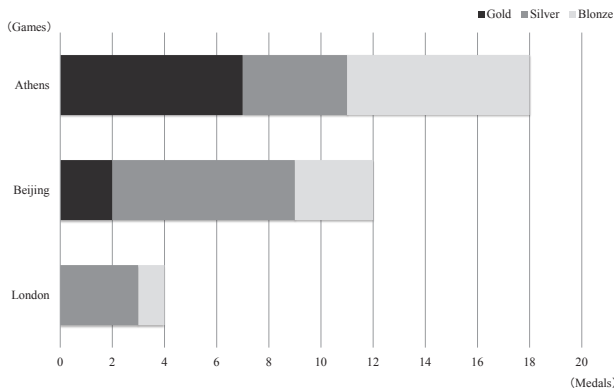


図2 近年のパラリンピックにおける日本代表選手の獲得メダル数の推移

ブなどの用具を用いて競技を行うが、切断選手ではスポーツ装具（義手、義足）を装着して行う。パラリンピックに出場する選手が使用する用具や装具（義手、義足、車いす、伴走ロープなど）はIPCの規定の元に製作され、パラリンピックでは許可を得たものが使用されている。中でもスポーツ装具の企業としてOtto Bock社やOSSUR社はパラリンピックにおいて、多くの選手の装具の制作に携わり、その性能を世界に向けて発信しようとしているようにも見える。度々話題になることは、切断（義足）選手のスポーツ義足の長さや硬さ、形状である。ロンドンでは、OLIVEIRA Alan選手（T44クラス200m：金メダル、BRA）やLEEPER Blake選手（T44クラス200m：銅メダル、USA）などの義足の長さ（形状）が及ぼす影響については様々な議論（例えば、レース後半での驚異的な加速についてなど）があった。このことについてPISTORIUS Oscar（T44クラス400m：金メダル等、RSA）は、常に矢面に立たされてきているが、CAS（スポーツ仲裁裁判所）によるIAAF（国際陸上競技連盟）に対する裁定（誰もが義足を用いて走れば速く走れるというわけではない旨）はPISTORIUS Oscar選手がオリンピックに出場することを可能にした（Pistorius, 2012）。今後、義足選手がオリンピックに参加し、仮に決勝へ進出しメダルを獲得していくようなことが起きた場合に、どのような議論が起こるのであろうか。今日、身体になんらかの障がいがあるために、オリンピックを目指したくても競技水準があまりにも違いすぎる為にパラリンピックを目指すという事例は多数あると思われるが、将来、パラリンピック選手の記録の方が高い水準にあるという事態も起こる可能性は否めないであろう。

日本人選手では、山本篤選手（T/F42クラス100m, 200m, 走幅跳）が北京の走幅跳で銀メダルを獲得し、今回も期待されていたが、5位（5m95cm）という結果であった。山本選手が報告しているように、ここ数年で実力を急速に伸ばした選手が多く（Paraphoto, online

1), 今回のF42/44クラスの走幅跳では7m35cmの世界記録（REHM Markus, GER）が記録される程であった。また、世界の多くの跳躍選手が、義足で踏切を行っていることは興味深いことである。この他、鈴木徹選手（F44クラス走高跳：1m98cm, 4位）や義手選手である多川知希選手（F46クラス100m：5位）も上位入賞を果たしている。しかしながら、大会ごとに競技水準が高まってきた中で、いかにメダル獲得を果たすかということについては、早急に対策を講じる必要があると思われる。北京以降ロンドンにむけて陸上競技チームでは、選手を支援する体制としてスポーツ医科学の重要性を理解し実践してきた。特に、コーチ、チームドクター、トレーナー、栄養といった分野からの支援は活発に行われた。また、ロンドン直前には初めてNTC（ナショナルトレーニングセンター）の陸上競技場および宿泊施設を利用することもできた。結果としてメダル獲得に直結しなかったが、地道な強化というものの始まりとして重要な一歩であったと思われる。今後も継続していくためには、日本身体障害者陸上競技連盟（JAAFD）として、日本陸上競技連盟や国立スポーツ科学センター、NTCなど日本の競技力向上を担う組織や施設に積極的に協力や理解を求めていく姿勢が重要であると思われる。

IV. 実践現場への示唆

実践現場においては、リハビリテーションやレクリエーションの一貫としてパラリンピックを目指すところから陸上競技としての専門性を高めていくという一連の流れを再考しなければならない。例えば、有望な選手の発掘には、病院や自衛隊、特別支援学校などを通じた全国的なネットワークを構築するだけでなく、パラリンピックがどのような大会であるかを詳細に説明する必要があるかもしれない。それは、全国障害者スポーツ大会に参加している選手でも、パラリンピックの存在を知らない（どのように参加していけば良いのか分からない）という選手がいるからである。日本国内の競技会における投擲種目や脳性麻痺種目への参加選手が少ない現状に対しても、障がいの状態に合わせた種目選択が可能であるということを踏まえて、投擲種目への参加を促していく必要があると思われる。

また、日本においては障がいのある人が参加できる様々なスポーツが整備されてきているが、諸外国の事例を見ていると陸上競技と車いすラグビー、陸上競技とハンドサイクルといったように、異なる競技を並立させている選手もいる。陸上競技のみに留まらず、他の競技にも目を向けて選手の発掘を行っていく必要もあるであろう。

一方で、パラリンピック選手の選考は、IPCから日本パラリンピック委員会（JPC）及びJAAFDに対して参加選手枠が呈示され、JAAFD内の各種目において派遣

標準 A (B) 記録突破者を対象に世界ランキング等を考慮しながら選考が行われる為に、仮に A 標準を突破していても選出されない場合もある。このような現状であるために、選考に対するもどかしさが選手はもとより選考する側にも存在する。前述してきたように、近年のパラリンピックの競技性の発展を考慮すれば、IPC の呈示する派遣標準記録以外に、国内における派遣標準記録(メダル獲得または入賞に準じる記録)を設けることはこの現状を改善する提案になると思われる。そのために競技力の高い選手を手厚く支援することも議論しなければならず、普及と強化におけるジレンマが存在することも事実である。

最後に日本においては、パラリンピックが高い競技性を持ち影響力の大きい大会であるという認識が浸透しているわけではない。しかしながら、例えば T13 クラス(表 1 参照)の男子 100 m の世界記録は 10 秒 46 (SMYTH Jason, IRL) であるように、今後 9 秒台で走るパラリンピック選手が出てくる可能性もある。このような可能性がパラリンピックには多数存在しており、身体に何らかの障がいがあるということが決して「不利」ではなくなる。ロンドンの閉会式においてセバスチャン・コー大会組織委員長は、「We will never think of sport the same way, and we will never think of disability the same way.」と語った。障がいやスポーツ(それ以上に)に対する考え方の根底を覆すような影響を与える大会であるという意味において、今後ますますパラリンピックの規模は拡大していくものと思われる。

※障「害」としているのは、法人等の固有名の場合であり、その他の場合は障「がい」としている。

文献

- APC (online 1). Paralympic Talent Search. <http://www.paralympic.org.au/talentsearch/>, (参照日 2012 年 12 月 26 日).
- APC (online 2). Select-A-Sport. <http://www.paralympic.org.au/sports-and-classifications/wizard/>, (参照日 2012 年 12 月 26 日).
- INAS (online 1). An Introduction to Eligibility and Classification. <http://www.inas.org/wp-content/uploads/2010/11/Introduction-to-eligibility-and-classification.pps/>, (参照日 2013 年 1 月 15 日).
- British Athletics (online 1). 2012/2013 Funded Athletes. <http://www.britishathletics.org.uk/world-class/2012-2013-funded-athletes/>, (参照日 2012 年 12 月 26 日).
- British Athletics (online 2). World Class Performance Programme Guide. <http://www.britishathletics.org.uk/EasySiteWeb/getresource.axd?AssetID=51565&type=fu>

ll&servicetype=Attachment/, (参照日 2012 年 12 月 26 日).

- IPC (online 1). IOC and IPC Sign Co-operation Agreement Until 2020. <http://www.paralympic.org/news/ioc-and-ipc-sign-co-operation-agreement-until-2020/>, (参照日 2012 年 11 月 29 日).
- IPC (online 2). IPC Athletics Classification Project for Physical Impairments. http://www.paralympic.org/sites/default/files/document/120725114512622_2010_07_16_Stage_1-Classification_Project_Final_report_for_2012_forward.pdf, (参照日 2012 年 11 月 29 日).
- IPC (online 3). IPC Athletics Points Score System Explanatory Paper 1. http://www.paralympic.org/sites/default/files/document/120719101048917_2010_03_02_Point_Score_table_Explanatory_Paper.pdf, (参照日 2012 年 11 月 29 日).
- IPC (online 4). IPC Athletics Points Score System Explanatory Paper 2. http://www.paralympic.org/sites/default/files/document/120719101234998_2011_01_20_Raza_Point_score_table_for_IPC_Athletics_2011_-_Explanation.pdf, (参照日 2012 年 11 月 29 日).
- IPC (online 5). Points Score Calculator. http://www.paralympic.org/sites/default/files/document/120719101525506_IPC%2BAthletics%2BRaza%2BCalculator%2BPSSV62.xls/, (参照日 2012 年 11 月 29 日).
- IPC (online 6). Points Score Coefficients. http://www.paralympic.org/sites/default/files/document/120719101706594_2012_02_14_IPC_Athletics_Raza_Coefficients_PSSV62.pdf, (参照日 2012 年 11 月 29 日).
- IPC (online 7). UKA Announces Athletes Invited to World-Class Performance Programme. <http://www.paralympic.org/news/uka-announces-athletes-invited-world-class-performance-programme/>, (参照日 2012 年 11 月 29 日).
- 一般社団法人日本パラリンピアンズ協会(2012) パラリンピック選手の競技環境 その意識と実態調査報告書.
- Oscar Pistorius (2012) Blade Runner My Story, Virgin Books.
- 飛松好子(2003) 障害者スポーツのクラス分け, 臨床スポーツ医学, 20 (10), 1117-1126.
- Paraphoto (online 1). 山本篤 (F42) 走り幅跳びメダルならず. <http://www.paraphoto.org/london2012/report/article/?id=796/>, (参照日 2012 年 11 月 29 日).
- UK Sport (online 1). About UK Sport. <http://www.ukssport.gov.uk/pages/about-uk-sport/>, (参照日 2012 年 10 月 31 日).
- UK Sport (online 2). Disability Athletics. <http://www.ukssport.gov.uk/sport/summer/disability-athletics/>, (参照日 2012 年 12 月 1 日).

UK Sport (online3). How the funding works. <http://www.uk sport.gov.uk/pages/how-the-funding-works/>, (参照日 2012 年 12 月 18 日).

UK Sport (online 4). London 2012. <http://www.uk sport.gov.uk/sport/summer/>, (参照日 2012 年 12 月 20 日).

UK Sport (online 5). Rio 2016. <http://www.uk sport.gov.uk/sport/summer-2016/>, (参照日 2012 年 12 月 20 日).

UK Sport (online 6). Team 2012. [http://www.uk sport.gov.](http://www.uk sport.gov.uk/pages/team-2012/)

[uk/pages/team-2012/](http://www.uk sport.gov.uk/pages/team-2012/), (参照日 2012 年 11 月 30 日).

UK Sport (online 7). World Class Performance Programme. <http://www.uk sport.gov.uk/pages/wc-performance-programme/>, (参照日 2012 年 12 月 20 日).

US Paralympics (online 1). Veteran and Community Programs. <http://www.teamusa.org/US-Paralympics/Military/Veteran-and-Community-Programs.aspx>, (参照日 2012 年 11 月 30 日).

基調講演

【日本長距離界のこれまで・これから】

講師 澤木啓祐（順天堂大学 名誉教授・特任教授）

I. はじめに

現在、長距離種目においては、男女ともにアフリカ勢の台頭により我が国のランナーは太刀打ちができない状況が続いている。本講演では、日本長距離界のこれまでを振り返り、スポーツ医科学、トレーニング科学、およびコンディショニングの側面から、日本長距離界の成績不振の問題を提起し、今後の改善策について考察する。

II. マラソン大国日本

かつての日本はマラソン大国といわれていた。男子は 1964 年東京オリンピックで円谷幸吉が銅メダルを獲得、1968 年メキシコで君原健二が銀メダルを獲得した。選手の世代交代後、1984 年ロサンゼルスで宗猛が、1988 年ソウルでは中山竹通がそれぞれ 4 位に入賞したことが

らも、1980 年モスクワのボイコットがなければ、瀬古利彦、宗茂、宗猛のいずれかが金メダルを獲得していたかもしれない。そして、1992 年バルセロナでは、森下広一が銀メダルを獲得、中山竹通が 4 位、谷口浩美が 8 位と日本代表の 3 名全員が入賞を果たした。しかし、その後は 2 大会連続で入賞を逃し、2004 年アテネで油谷繁が 5 位、諏訪利成が 6 位、2012 年ロンドンで中本健太郎が 6 位と、かろうじて下位入賞を果たしているもののメダルからは遠ざかっている（図 1）。

女子は、マラソンがオリンピックの正式種目として採用された 1984 年から出場し、1992 年バルセロナオリンピックで有森裕子が銀メダルを獲得、山下佐知子が 4 位に入賞を果たした。1996 年アトランタでも有森裕子が銅メダルを獲得、そして 2000 年シドニーにおいて高橋

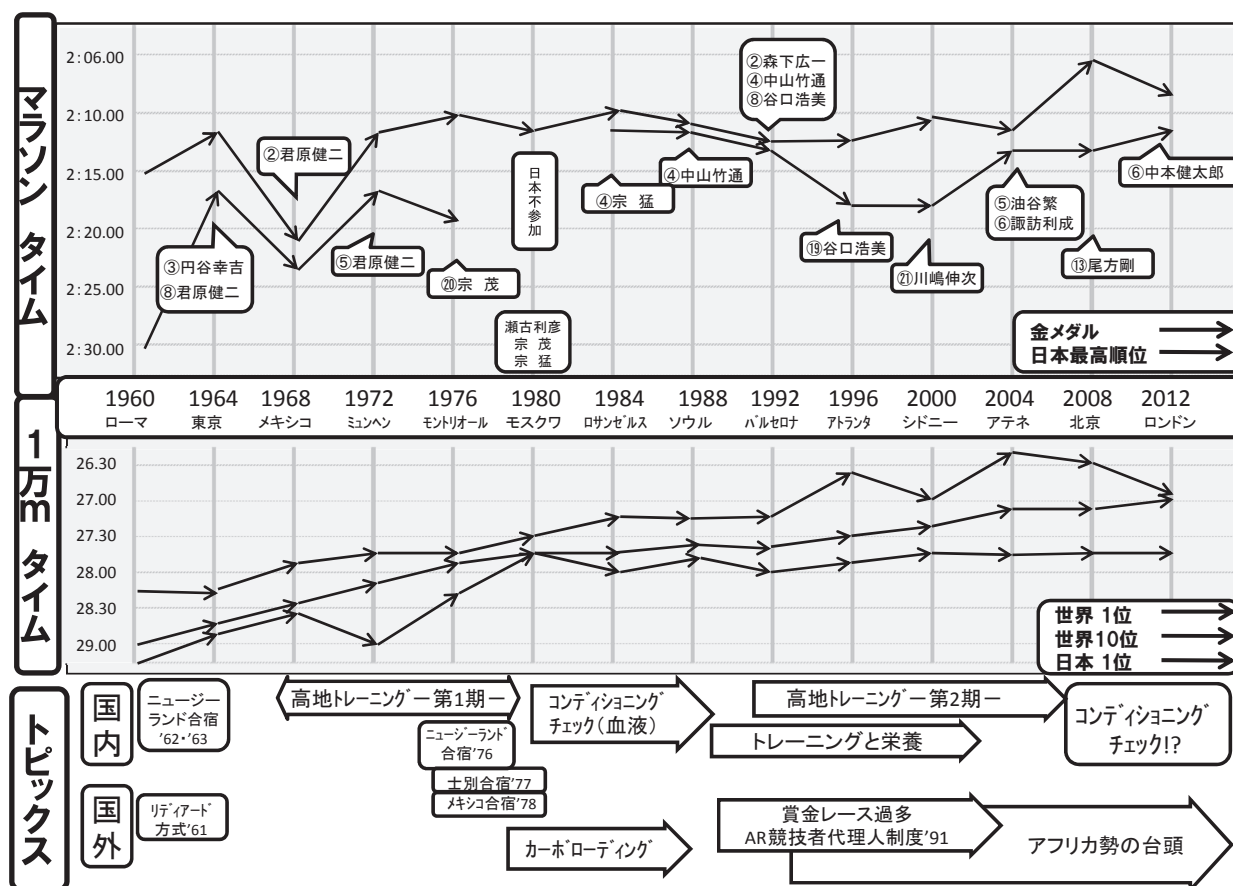


図 1. 男子オリンピックマラソンの成績と 10,000m の比較

尚子が悲願の金メダル獲得し、山口衛里が7位入賞を果たした。次ぐ2004年アテネでも野口みずきが金メダルを獲得したことで、女子マラソンは2大会連続金メダル獲得を含む、4大会連続メダル獲得という快挙を成し遂げた。また、同大会で土佐礼子が5位、坂本直子が7位に入り、日本の女子マラソンの強さを印象づけた。しかし、2008年北京、2012年ロンドンではメダルの獲得はおろか入賞もできていない(図2)。

Ⅲ. マラソンのスピード化

オリンピックにおけるマラソンの優勝タイムと日本人最高順位者のタイムを比較してみると、男子は1984年ロサンゼルスから1992年バルセロナまで、優勝タイムと日本人最高順位者のタイムは僅差で推移している。しかし、1996年アトランタ以降は優勝タイムとの間に大きな差がみられる。女子においても、世界のトップを走り続けていた2004年アテネ以降は、タイムの上でも世界と大きく水をあけられている。その理由は、オリンピックは夏季の暑熱環境下で行われることから、スローペースでレースが進む傾向が高く、暑さに強く我慢強い日本人ランナーの粘り強い特性を生かしてメダルを獲得してきたが、2000年以降は日本人よりもはるかに暑さへの適応能力が高く、スピードランナー揃いのアフリカ勢がハイスピードでマラソンを走破するようになったことが

挙げられる。

10,000mの世界の年度最高および10位のタイムと、日本の年度最高タイムを比較してみると、男子はマラソンのタイムと同様に、1992年バルセロナ以降に世界最高タイムとの差が広がり、2004年アテネからは世界10位のタイムにも近づけない状況となっている。また、近年ではマラソンの賞金レースが多数開催されており、アフリカ勢の10,000mのランナー達が、一攫千金を狙い次から次へとマラソンに挑戦している。このことから、日本の男子ランナーがスピードマラソンに対応するには、10,000mの走力を磨くことは必要不可欠である(図3)。

実業団ランナーの10,000mの年度5位相当のタイムと学生最高タイムおよび高校男子5,000mの年度最高タイムを比較してみると、10,000mは2000年以降において、学生最高タイムが実業団ランナーのタイムに接近し、上回っている年度もみられる。また、5000mの高校最高タイムも2000年以降に著しく向上し、高校生が14分を切るのは珍しいことではなくなった(図3)。

このように大学生や高校生のトラックのタイムが年々向上しているにもかかわらず、その延長線上にあるべきマラソンの成績に直結しないのは、①実業団における科学的データを駆使したコーチングの衰退、と考えられるが、一方で②ジュニア期における「トレーニングの先取り」、が問題として考えられる。学生駅伝として確固た

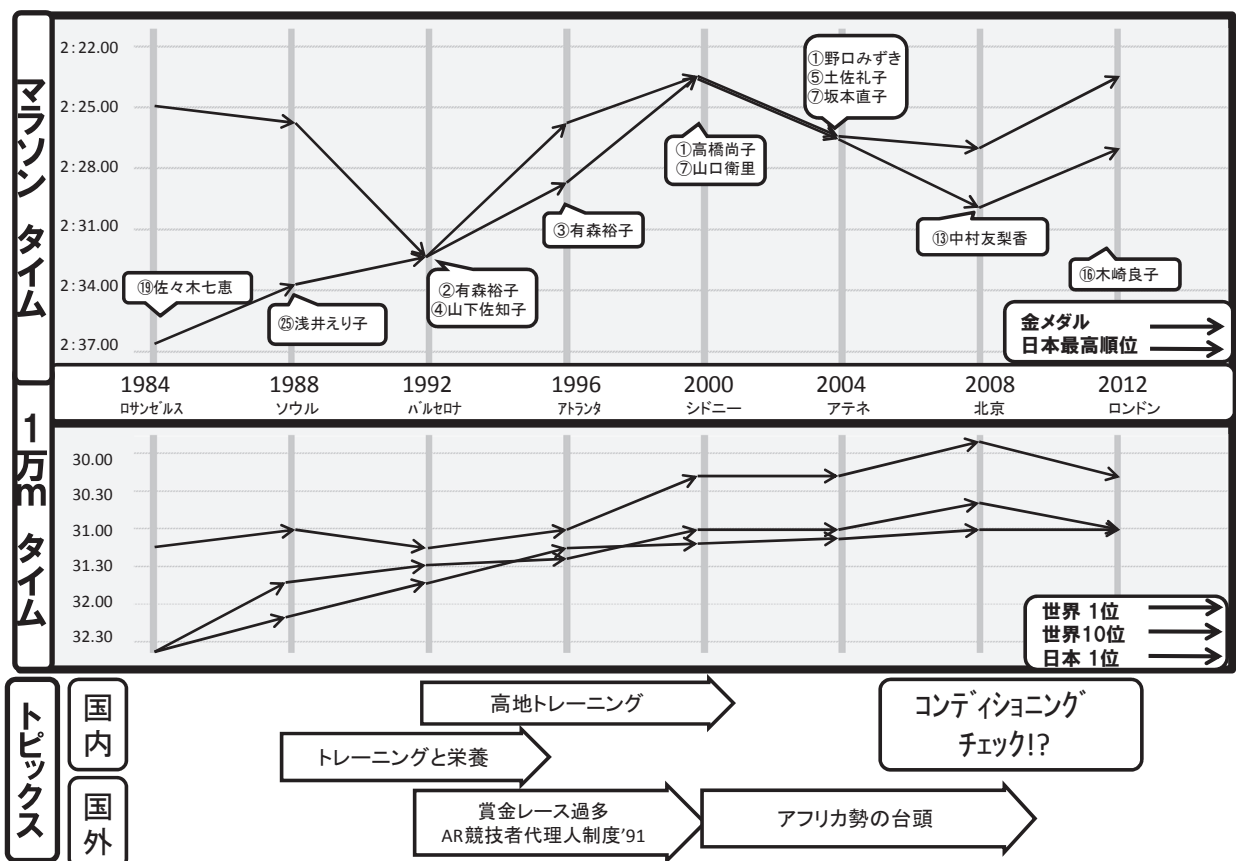


図2. 女子オリンピックマラソンの成績と10,000mの比較

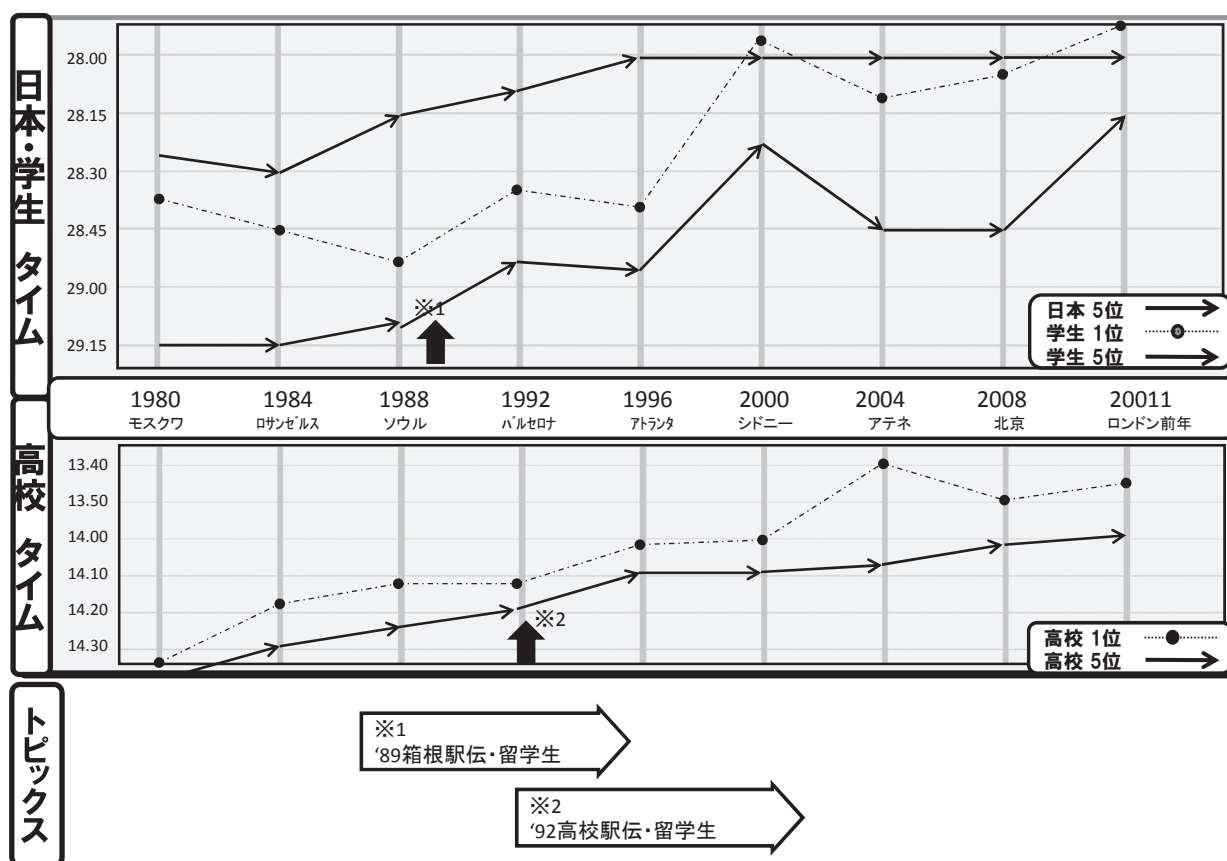


図 3. 男子 10,000m 実業団・学生・高校（5000m）の比較

る地位を築いた「箱根駅伝」や、都大路を駆け抜ける全国高校駅伝の活性化により、1990年代以降には大学や高校もケニア人ランナーを留学生として受け入れるようになった。そして、留学生達がトラックレースで日本人ランナーを牽引し、トラックのタイムが向上していった。記録の向上は喜ばしい結果であるが、質の高いスピード練習（技術練習）ばかりを行ったことで、本来ジュニア期に高めておかねばならない、専門種目に対応するための身体づくりが疎かになっている可能性が考えられる。そして、シニア期に入り、いざマラソンに必要な走り込み練習を始める時に、トレーニングの質と量の増加に身体が耐えられず怪我を誘発し、マラソンまで辿り着けないランナーもみうけられる。トップレベル選手の低年齢化は、あらゆる競技にみられる傾向ではあるが、発育発達段階に応じたトレーニングをしっかりと行い身体の土台を作ることが、スピードマラソンに対応するための近道かもしれない。

女子においては、2000年シドニー頃から世界最高タイムと日本最高タイムに大きな差が生じている。しかし、世界10位のタイムと日本最高タイムの差はほとんどなく、2012年では世界10位相当の10,000mのスピードを保持している。このことから、10,000mのランナーが今後マラソンに転向することで、マラソンのスピード化に対応できる可能性は残されているといえよう（図2）。

しかし、女子もジュニア期の身体作りの不足があることから、男子同様にジュニア期のトレーニングの先取り現象に警鐘を鳴らしたい。

IV. 高地トレーニングと低酸素トレーニング

1960年代に入り、高橋進ら日本の長距離コーチ達は、ニュージーランドで合宿をする等、有酸素レベルのランニングを基礎とし、それを土台にしながらヒルトレーニンングや無酸素トレーニングを行う「リディアード方式」を導入していた。そして1968年メキシコオリンピックの対策として、1964年頃から長野県乗鞍岳や富士山麓において高地トレーニングが実施された。当時は高地に2～3週間滞在し、生理学的応答から高地馴化を判定することが主たる目的であった。しかし、諸外国の高地トレーニングは2～3ヶ月単位で行われており、高地トレーニング研究が出遅れてしまったことは言うまでもない。特に男子マラソンにおいては、高地トレーニングでの成功例は1968年メキシコオリンピックの君原健二のみであり、他のランナーの多くは失敗に終わっている。その理由は、高地において平地と同様、トレーニングの負荷強度を追求し、また高地馴化を待たずに実施したことが要因であると思われる。宗茂、宗猛および高岡寿成らによる高地トレーニングの失敗経験は、その後の男子長距離界における高地トレーニングの導入を妨げることとな

り、高地民族であるアフリカ勢に差をあげられた原因の一つになったと考えられる。ただし、故中村清コーチ率いるSB食品チームは高地トレーニングには目を向けず、リディアード方式を追求したのも事実である。

一方、女子マラソンにおいては高地トレーニングの経験がない指導者達が、先入観を抱くことなく諸外国のランナー達の高地トレーニングの成功例を模倣し、日本人ランナーに合った高地トレーニングの手法を確立していったことで、1992年バルセロナオリンピックから2004年アテネオリンピックまでの好成績につながったと考えられる。我が国の女子マラソンの栄光は、高地トレーニングの成果と言っても過言ではない。

このことから、男子長距離界においても高地トレーニング、低酸素トレーニングの導入は不可欠であり、早急に取り組むべき課題である。

V. ピーキングとコンディショニング

日本の女子マラソンは、高地における豊富な練習量によって鍛え上げられた。2004年アテネオリンピックで金メダルを獲得した野口みずき選手の月間走行距離は、1200kmを超えていた。しかし、それは怪我と隣り合わせであることも事実である。2008年北京オリンピックでマラソン2大会連続金メダルを目指していた野口みずき選手は、大会直前に大腿二頭筋の筋膜炎のため欠場となった。また同大会に出場した土佐礼子選手も右足外反母趾痛によりレース途中で棄権した。また、男子においても2012年ロンドンオリンピックで期待の高かった藤原新が失速している。

日本陸連では、野口みずきの棄権を契機に、実業団チームで独自のトレーニングを行っている長距離、マラソン選手については、定期的にコンディショニングチェックを実施するようになった。

また、日本の長距離界の成功事例を振り返ってみると、4年に一度のオリンピックにピークを合わせるために、選手やコーチはトレーニングの量と質を大きく調節し、

ピーキングのための「大きな山」を作っていた。これは、調子が悪くなる、いわゆる谷の部分の部分を許容していたともいえる。しかし、現在はオリンピックの選考レースで力を使い果たしたり、オリンピックの本番前に行う調整のためのレースで頑張りすぎたり、小手先だけの調整でオリンピックを迎えてしまい、ピーキングの山が小さくなっているのではないだろうか。ピーキングやコンディショニングを見直すことも、日本長距離界の復活に必要だと思われる。

VI. 世界を目指す

コーチングは芸術である。アスリートという作品を作り上げるには時間をかけてゆっくりやることが大事である。

日本長距離界は、男子は20年前、女子は10年前まで世界を牽引していた。その成功体験から学ぶことは多い。ジュニア期にやるべきトレーニングをしっかりと行い、身体の土台をつくり、医科学的なデータを利用しながら高地トレーニングおよび低酸素トレーニングを活用すべきである。このように技術（コーチの眼力）と科学（データ）の調和により、無駄のない合理的なトレーニングが実践できるだろう。そして、4年に一度の大舞台であるオリンピックでメダルを獲得するために、月単位ではなく年単位でそれぞれの時期をどのように過ごすべきか、綿密な長期計画を立てて取り組むべきであろう。

《講師プロフィール》

澤木啓祐（さわき けいすけ）

1943年生まれ

現 職：順天堂大学 名誉教授・特任教授

学 歴：順天堂大学（医学博士）

シンポジウム I 「アメリカの長距離事情」

パネリスト 高岡 寿成（カネボウ化粧品陸上競技部）

近年力をつけてきているアメリカの長距離事情について発表を行う。アメリカの長距離事情を調べる理由としては、現在の長距離界で最も活躍しているのはケニアやエチオピア、アフリカ系の選手である。しかし、その中でアメリカの白人選手の活躍も目立ってきており、その点に非常に興味を持った。

そこで感じた点として、アメリカには多くの強化システムが存在している。日本では実業団システムが確立されているが、アメリカではいくつものシステムが存在している。その中でも世界大会などでメダルを多く獲得するチームとして、オレゴントラッククラブ、マンモストラッククラブ、USA ミネソタ、USA アリゾナといったチームが挙げられる。

オレゴントラッククラブは、スポーツメーカーのナイキがスポンサーで、3 名の指導者がいる。

マンモストラッククラブは町が支援しているチームである。USA ミネソタや USA アリゾナはアメリカ陸連の支援で成り立っているチームである。

アメリカにはアメリカ人のチームだけでなく、ニュージーランドからアメリカに渡ったロレイン・モラー、イギリスからアメリカに渡ったスティーブ・ジョーンズがチームを作っていた。その時々でチームができたり、なくなったり、強い選手が存在したりいなかったりによってチームが左右されていた。

個人では、世界陸上競技選手権大阪大会の金メダルのバーナード・ラガト選手は個人のパーソナルコーチをつけて競技を続けている。

選手はシューズメーカーやスポーツメーカーのバックアップを得てプロとして競技を続ける競技者や、他の仕事をしながら競技を続ける競技者に分かれ多種多様に競技活動を行っている。その中でも結果を残しているチームにはスポンサーがついて、チーム運営や選手個々をしっかりとサポートしている。

1. マンモストラッククラブについて

マンモストラッククラブはカリフォルニア州のマンモスレックス（ネバダ州の境に位置するシエラ山脈の麓）という場所で活動しており、標高は 2400m である。

ここを選んだ理由として、自身にとって高地トレーニングの経験が少ないため高地トレーニングの方法やその特性を学ぶためこの地を選択をした。クラブは 2001

年設立。創設者はアメリカ陸連のコーチでもあったジョー・ヴィヒルさんとボブ・ラーソンさん、選手指導はテレンス・マホーンコーチ。選手は 10 名程度。ロンドン五輪後、テレンスマホーンコーチはイギリスのナショナルコーチとなり、選手を連れて指導にあたっている。

1 日の生活パターンとしては、日本のような朝練習はなく 7 時に起床して食事を摂り、午前中にポイント練習を実施する（表 1）。午後は、昼食を取り補強を中心に行う。走りのメニューは 8km 走などを行う。クラブには寮はなく各個人が自炊をして自己管理に努めている。寮などが完備されていることが多いという点では日本の方が優れた環境にある。

2. トレーニング方法

インターバルトレーニングは日本の内容とほぼ変わりはないが、選手個々のレベルが高い分ハートレートモニターを使用し、2 本目以降のスタート時間は脈拍の状態により決めている。日本では集団で実施することが多く、脈拍の安定しない状態でトレーニングを行うことが多く、この点が日本とアメリカで違っていると感じた。

テンポ走やインターバル以外のトレーニングは山道を利用して起伏の激しいところでトレーニングを行って

表 1 トレーニングメニュー（1 週間固定型）

曜日	AM	PM
月	軽い Jog	5 マイル Jog
		ドリル
火	インターバル	5 マイル Jog
	1 マイル or 400m	
水	ミドルラン	5 マイル Jog, ヒルスプリント
	20km 強の Jog	50m ~ 150m
木	Jog	5 マイル Jog
	10 マイル目安	
金	テンポ走	5 マイル Jog
	5km × 3, 4km × 4, 10km × 1	
土	Jog	5 マイル Jog
	10 マイル 4min/km	
日	Long Run	休養
	20 マイル ~ 22 マイル	

* カリフォルニアは天気の良いためメニューの変更は少ない

た。

補強に関しては週6日実施し、そのうちの3日は体幹トレーニング（月・水・金）、残りの3日はシャフトトレーニング（火・木・土）を実施し、その負荷は大きかった。この点は日本よりも多く行っていた。

冬季は積雪が多いため、トレッドミルを利用して10マイルなどの距離を走っていた。

全体的に質の高いトレーニングが多く1000mを10本走るトレーニングでは2分40秒のペースで走り、5000mであれば14分弱で3本揃えていた。もともと標高が高いところに住んでいるので、高地でのトレーニングへの順応性は高く通常のトレーニングではあるのだが、必然的にトレーニングの質は高まり効果的にトレーニングを行っていた。

レース期間では、いつコース（低地）に降りるのが気になるようになっていたが、意外と科学的ではなく招待側の対応に合わせた調整を行っていた。

ランニングトレーニング以外に関しては、ダイナミック・エクスピリティやハードル・モビリティなど、色々な種目を体育館で行っていた。また、外出先でも行えるよう、組み立て式の機材を車に常備していた（10種類近くあった）。

トレーニング効果についての測定は、乳酸値・ Vo_2MAX ・ジャンプ・尿検査・接地方法の測定・Dual Energy X-Rayなどを用いてトレーニング種目の判断に活かしていた。乳酸値の測定に関してはトレーニングの途中でも血液の採取を平気で行っていた。こういった測定結果もトレーニングに活かして実施をしていた。

3. 結 論

日本とアメリカを比較してみて、日本の良さは実業団システムが確立され、寮があり給料がもらえ、終身雇用があるということは良い点であり、今後も重要だといえる。また、そういったチームシステムがしっかりと

いることで、トレーニング中におけるタイムや距離を正確に測定しトレーニングの質が守られている。長距離駅伝に関しては、チーム一丸となれることで、自身の限界を超えることができチームのためという精神的強化も図れるという点で考えれば大きな利点である。

対するアメリカは通常のトレーニング環境を高地とすることが多く、日常的に心肺機能の強化ができるということ、また補強など土台強化を重視しており、ジムなどに通う期間も設けている。大会に関しては、ペースメーカーに頼ることなく世界選手権や五輪を模したレースを行えることが多い。さらに英語は世界的な共通語でもあることから、ヨーロッパや他国の情報が入りやすく知識が豊富である。そして、アメリカは国土の広さから移民も多く、外国人に抵抗を感じにくい点も大きな利点といえる。ただ、トレーニングにおける距離やタイムが違っていることが頻繁にあり、これはお国柄といったところか。

日本が世界と戦っていくためには、1年間の中で継続したトレーニングを積み重ねることが重要であり、その中で補助的なトレーニングを取り入れて土台強化を図ることも必要と感じる。そして高地トレーニングに関する知識と効果的方法を研究し、どんどん普及させていくことで日本人も世界と戦えるだろう。

《パネリストプロフィール》

高岡 寿成（たかおか としなり）

1970年生まれ

現 職：カネボウ化粧品陸上競技部

学 歴：龍谷大学経営学部

シンポジウム I 「日本長距離会のこれまで・これから」

パネリスト 長沼 祥吾 (日本陸上競技連盟強化委員)

日本陸上競技連盟強化委員として、2008 年の北京五輪からロンドン五輪にかけて女子マラソンのマルチサポート事業を担当してきた。今回は日本陸上競技連盟(以下、陸連)の強化委員長距離マラソンプロック(以下、強化)がどのような取り組みをしてきたかと現状を報告する。

1. 北京五輪から得たもの

2008 年の北京五輪では出場した長距離・マラソン種目では入賞できずに惨敗をした。強化としては、その現状を踏まえた強化方法の構築から現在に向けてスタートをした。

強化委員会のスタンスは 2 つあり、1 つは「個別チームでの強化を陸連強化がサポートをする」。これは長距離種目の主な代表選手は実業団チームに所属をしている。強化の拠点は各チームであり、代表選手をチームから外して 4 年間ナショナルチームとして徹底的に強化ができるのかと問われたら、現実的には難しい問題である。今の日本の強化システムは、それぞれのチームが行う強化策を陸連の強化が色々な意味でサポートをしているというのが現状である。

2 つ目は「北京五輪で惨敗したことを教訓として活かしていく」ことであり、この点を十分に検討しながら 4 年間の取り組みをしてきた。

その結果として、男子のマラソンでは 6 位入賞、女子 10000m でも自己記録更新など健闘することができた。しかし男子 10000m や女子マラソンに関しては結果が出せなかった。この点からの 4 年間の評価として考えることは実際にどのような強化をしてきたかということである。

北京五輪終了後に新しい強化体制となり、まず取り組んだことは女子の合同合宿をすることである。これはそれぞれのチームで行っているトレーニング方法を共有し、より効果的な強化方法の模索とチームとしての意識の共有を目的として実施した。

女子の合宿に関しては、ロンドン五輪に向けての代表合宿を 10000m とマラソンの代表選手合同で行った。これは選手の状態把握、情報共有とコンディショニング管理を徹底的に行うために実施した。

男子は、今や世界的に主流となっている高地トレーニングを積極的に行うことで、高地トレーニングを行う場、

高地トレーニングを行う際の方法論など、高地トレーニングに対する知識と意識を共有する場を設けるために実施し、取り組んだ。

マラソンナショナルチームは、男女ともに年 2 回夏にポウルダーでの高地トレーニングを行い、2 月～3 月はニュージーランドに拠点を置き女子はプライストチャーチー、男子ネルソンでそれぞれマラソントレーニング合宿を行ってきた。この流れをロンドン五輪までの期間継続して実施した。そして、ロンドン五輪に向けての最終調整地をロンドン近郊の大学に設置し、本大会にディスタンス系の選手達がいいコンディションで臨めるよう実施した。

それ以外で取り組んできたことは、強化選手の状態や世界的状況の情報把握と意識の共有についてである。陸連の強化選手、代表選手の状態をどのように把握していくのか、またトレーニングに関する海外からの情報をどのように仕入れるのかの検討を行ってきた。選手の強化と結果を出すために必要な情報を強化に関係する選手・スタッフ全員で共有していくことを目指した。

さらに、選手のコンディショニング管理をどのようにしていくかを北京五輪からの教訓として取り組んできた。この取り組みは 2011 年 2 月から文部科学省のマルチサポート事業に女子マラソンが該当種目となったことで実施しやすくなった。マルチサポートはスポーツ医科学を現場でのトレーニング活動に活用して競技成績につなげていくことが事業の目的であった。この点は強化と専任コーチとの情報共有が密になり、双方にとってよかったという意見が多かった。以上の取り組みを北京五輪からロンドン五輪に向けての 4 年間で行った。

2. 女子マラソン強化に関するマルチサポート事業の柱

1. コンディショニングデータベースシステム

このデータベースシステムは筑波大学と共同で開発し、Apple 社の iPhone や iPad を活用してコンディショニング情報を共有するためのシステムである。選手は自身のコンディショニングに関する情報となる朝の体温、心拍数、体調の 10 段階評価、起床時の尿検査、酸素フォード、脈拍を必ず入力する。また、練習前後の疲労度、練習内容、就寝前の疲労度も入力を必須とした。情報に関するセキュリティは厳重にしてあり、サーバーへのアク

セス権は指導者、選手、スタッフ、そして選手スタッフが了解した人しか確認はすることができないようにした。

指導者、スタッフはiPadを活用して選手が入力した情報を、いつでも確認できるようにし、データは数値以外にグラフなどで確認しやすくすることもできるようにした。何度も試行錯誤を繰り返し、サポートとしての必要性を吟味して、ロンドン五輪前に実用を決めて五輪に臨んだ。

2. 陸連合宿への専門スタッフ帯同

ロンドン五輪に向けた強化合宿には、強化に関連する分野の専門スタッフにも帯同していただき、強化の連携も図った。主に、コンディショニングを専門とするスタッフ、国立スポーツ医科学センターからの女性スタッフ、女性選手に対するケアを担当する女性スタッフ、そして動作解析を専門とするスタッフに参加をしていただいた。専門スタッフと指導者、強化スタッフとが意見交換をしやすいようにするため、研究スタッフにも参加をしていただき連携を図った。こういった形で強化を進め、トレーニング現場での即時フィードバックを行い物事の解決策課題の理解度を深め専門的な知識・知見を現場での強化に活かした。さらに合宿生活の中での会話を積極的に行い、相互の信頼関係を築くことも行った。

3. 情報収集・提供

女子マラソンへの強化に関する情報収集で得た情報は、他の種目の選手、スタッフにも提供をした。ロンドン五輪でのマラソンコースに関しては特異性の高いコースであったので、トータル12回の視察から路面状況、気象状況を確認するごとに現場の監督に報告を行った。

また、外国人選手とどのように戦えば良いのかの戦略を検討するため、世界の主要マラソン大会を視察しタイムだけでなく走り、大会に関係しているエージェントやコーチとコミュニケーションをとることで選手のコンディショニングを細かく把握し、状況や情報を現場にフィードバックした。

コンディショニングに関する情報として、サッカー代表が使用しているコンディショニングチェックの中で活用できる内容の項目を検討し、現場に逐一報告した。この点は筑波大学などで開発している測定機器を実際に使用した。しかし、現場でのコンディショニング機器を使い込む時間が少なかったという現実があった。さらに現場では本番が近づくにつれて新たな機材を取り入れることへの抵抗もあり、確証のある機器中心に使用することになったことが課題であった。簡単に測定が行えると

はいえ、測定を行うことは選手への負担となるのである。今後に向けては、今回開発された機器などが、次のリオデジャネイロ五輪に向けての強化に活かせるだろうと考えている。

このようなサポートを行ったことで、選手のコンディショニングに関しての環境整備ができ、選手を良い状態でスタートラインに立たせるができたと感じる。この点は各代表の専任コーチに直接意見を確認し良かったという評価を得ることができた。情報共有といった点でも良かったという評価をいただいた。

合宿に関しては合同で実施したことで、日本代表選手が丸丸となって戦う意識をつくることができた。これまで各チームの強化だったことを一つのチームジャパンとすることでメンタル面や情報の共有をすることができた。今後は良かった点と課題を確認し、より効果的なサポートができるようにしていきたい。

今後求められるものとしては、「世界基準」を知る・味わう・具現化することが重要だろう。近年はIAAFグランプリシリーズやワールドメジャーマラソンなどの世界と戦う大会に出て行く競技者が減少している。要するに世界で戦う基準に達していないといった状況となっている。この点は早急に強化を進める必要がある。

また、現場サイドとスポーツ医科学サポートがお互いに敬意を持って接し、お互いが心を開き、責任を持って取り組める環境整備をしていくことが大切になる。この点は、今回できた点を見直し、よりいい形としていきたい。

最後に、「世界で戦う指導者」の出現を望む。自分のチームだけではなく、絶対に世界と戦う、メダルを取ってやる、という高い意識を持った指導者の出現が重要だろう。今の現実の中で、世界で戦うためのトレーニング論を考え、実践していく指導者がどれだけいるのか、その人数を増やしていかなければならないことが今の日本の現状であり、増やしていくことが今後、日本長距離界の復活、発展につながるだろう。

《パネリストプロフィール》

長沼 祥吾（ながぬま しょうご）

1968年生まれ

現 職：日本陸上競技連盟強化委員

学 歴：筑波大学大学院体育研究科

コーチ学（修士課程）

シンポジウムⅠ 「日本長距離会のこれまで・これから」

コーディネーター	豊岡	示朗（大阪体育大学）
	澤木	啓祐（順天堂大学）
シンポジスト	藤田	信之（F・R・A 藤田ランニングアカデミー）
	長沼	祥吾（日本陸上競技連盟強化委員）
	高岡	寿成（カネボウ化粧品陸上競技部）

かつて日本長距離種目は、10000m 走や 5000m 走での世界選手権やオリンピック入賞をすることも多かった。そしてマラソンにおいてはオリンピック二大会連続の金メダルを獲得するなど長距離・ロード種目をお家芸としてきた。しかし、レースのハイスピード化に伴い徐々に世界から遅れをとり、直近のロンドンオリンピックでは入賞者がマラソンの1名に留まっている。日本が長距離・ロード種目において再び世界を牽引する強さを獲得するためには何が必要なのか、何が足りないのか、その原因や今後に向けた強化策について日本を代表する指導者の方々に討論をし、様々な意見を伺いたい。

1. 高地トレーニングについて

高岡：高地トレーニングについて自分自身は取り組んでこなかったが、アメリカなどで成功している選手の多くは実施をしている。実際にアメリカで合宿を行った際に自分自身の目で見て実感した。そういった経験を生かし、チームにおいても昨年9月にボルダー（アメリカ）にて2週間から1ヶ月ほど強化合宿を行ってきた。今後も高地トレーニングについては勉強をして、より質の高い方法を学びながら実施をしていきたい。

長沼：高地トレーニングについては大学時代に研究したことをきっかけとして始め、実業団で指導をする際にも取り入れて実施をしていた。女子の世界では当たり前のように行われており、今では高地トレーニングは世界標準のトレーニングとして定着している。しかし、選手に対して個別性の高いトレーニングとして気を配って行わなければならない点もあり、その点をこれからも追求していくことが必要であると感じる。

藤田：高地トレーニングというのは、目標とする試合から逆算をしていき実施をするトレーニングとして考えている。通常のトレーニングという認識はしておらず、1989年に実施したのがきっかけで、

そこからボルダーなどに行きその環境でトレーニングを行い対応できるかどうか見極めるようにしている。

高地でのトレーニングでは基本的に、生産と損失をつかって生活をさせどんな効果があるのか、具体的にはヘモグロビンの量がどのように変化するのか注目していたが、過去に実施した選手間では大きな差はなかった。しかし低地に降りて実施したトレーニングでは普段よりも余力があり効果的なトレーニングが行えた実感している。

豊岡：野口みずき選手がアテネ五輪で金メダルを獲得した際のサンモリッツでの高地トレーニングは必須だったのではないのでしょうか。

藤田：サンモリッツでの合宿は6月末から7月までだったので、大会に合わせて場所は考えて実施している。アメリカでの合宿は好きではなかったが、結果としていい形でトレーニングが行えたと感じている。

豊岡：高地トレーニングにおける個人差について、数多くの選手を育ててきた藤田監督に意見を伺いたい。

藤田：男女においても選手においても、高地でのトレーニングが適しているか差があるが、日数が経つほど走れなくなってくることが顕著に見られた。

澤木：初めて高地トレーニングを体験したのは大学2年生の時で、そのトレーニング効果は大きくその後の大会では自己記録を大きく更新することができた。しかし、その後の1968年メキシコ五輪前に実施したが本大会では全く身体が動かなかった。この結果として、当時は高地トレーニングにおける理論的なものさしが解明されていなかったからと考えられる。高岡氏が高地トレーニングを取り

入れなかった背景については、以前ユニバシアードに向けての合宿において高地トレーニングを実施し指導した際に、結果が伴わなかったことで嫌いになったことが理由ではないか。

豊岡：高地トレーニングの強度と量の組み合わせについてのご意見を伺いたい

高岡：自身の体験から、高地トレーニングをベースとしている選手は何年も前から住んでおり、ほぼ平地と変わらないタイムで走っていた。平地では1000mを2分45秒だが、高地でも同じく2分50秒くらいでは走れており、本数も平地と同様のレベルでトレーニングを実施していたことから、高地でもトレーニングの質と量を追及できるものなのだと感じた。

永沼：一番気にしたのは、高地民族でないのでトレーニングの順番をしっかりと計算して実施するということ。低酸素の状況なので身体には負担がくるものは当然だと捉えて実施する。特に最初の1週間に関してはジョグだけにするなど慎重にトレーニングを行った。インターバルなどはプラス10秒と考え、リカバリーを長く取るようにする。そうしないと身体への負担が強すぎることから、全く動かなくなりトレーニングにならない。

藤田：最終的に平地でできるトレーニングを実施し、これからもそのつもりで取り組んでいく。高地では本数は走れるのだが、質が下がる傾向があった。400mであれば84秒位のタイムであった。またどのくらいで回復するのかも確認し、レストを1本ずつとらせて120%位回復したらスタートするよう指示した。そうすることで徐々に順応してくるので、少しずつ平地で行う内容を実施していった。

フロア：マルチサポートについて教えてほしい。

永沼：マルチサポートとしては2011年の2月から女子のマラソンのサポートを始め、ロンドン五輪までは1年半の期間行った。内容としてコンディショニングデータベースシステム、免疫機能の強化などのサポートを行ったが、五輪までの期間が短く使い込みができなかった。使い込みによる効果を検証し、公表していくことがこれからのテーマである。次の五輪に向けて、最初の2年でサポートシステムを形とし、残りの2年間で効果的なサポートができるように準備を進めていく。

藤田：マルチサポート事業について、例えば血液検査などはチームで実施している、マルチサポートを利用して、ことさらに報告までする必要はないのでは？

永沼：チーム内で一緒にいるときの必要性は低いですが、チームジャパンのスタッフとして代表選手の状態をデータとして知っておく必要性が一つある。また、現場での見落としを防ぎ選手の状態をより良くして大会に出場させるためのものだと思っていただけだと思う。

フロア：男子競技者に対するマルチサポートの効果について教えてほしい。

高岡：男子選手にも必要性はあるという考えから、大きな大会の前にはチェックを行っている。特に貧血になりやすい選手の頻度は増やして実施をしている。また合宿前後など、大きな大会や節々にはチェックを行っている。

澤木：高地トレーニング実施前には必ず血液検査を実施する。高地（酸素の薄いところ）では造血作用が活発になり鉄分不足になりやすい。また、最初から鉄分不足状態で合宿に入るとあっという間に貧血状態となるので、ドクターとの相談を密に行い検討を行う。以前合宿を行った際に、貧血状態となった選手がいたことから合宿前の血液検査を徹底するようにした。

永沼：方針として実施。現場が気付かないものを専門家からのアドバイスを受け考察する。こういったシステムは非常に良い点であると感じる。1週間単位で選手の状況をフィードバックし合い、この点は選手の状況を把握しやすく良かったという意見が多かった。ロンドン五輪に向けての調整については、選手は様々な環境で調整してきているので、調整合宿地は7月25日からオープンにし、専任コーチが出入りしやすい状況を作った。

澤木：アテネ五輪では出場選手6名中、金メダルを含む4名が入賞を果たした。そのアテネ五輪では直前に集合しており、管理体制がしっかりととれていたと感じる。

永沼：今回の五輪では、安全な練習環境を準備することが難しかったので、こういった場所を準備するという形にしたことで皆が使用する形となった。宿舎は学生寮であったが個室にすることができ、ま

た管理栄養士を帯同することで食事面でのサポートも十分に行えた。

豊岡：マルチサポートのような取り組みの積み重ねをすることで、より効果的な方法を解明し将来的な成果が出ることを期待したい。

フロア：強化に向けた将来構想と、高校生、大学生のレベルアップについてどう考えているか。

藤田：記録の停滞と関連して、ここ10年のトレーニング内容に変化が見られる。2000年ごろのトレーニングは今の選手にはこなせないという現状が見られ、選手の練習量が落ちている。指導者がやらせないのか、やれないのか、個々の目標設定などが見えないようにも感じる。それが近年世界では戦えない原因の一つではないか。世界で戦うにはそのためのトレーニングが必要であり、果たしてそういった目線でトレーニング、指導ができているのだろうか。アトランタ五輪で有森裕子選手が銀メダルを獲得した際には、次はマラソンだと思ったが短い時間の中で戦えるほど甘い種目ではない。また、早い段階でマラソン中心にトレーニングを行うと選手としての寿命が短くなるようにも感じた。選手はマラソンの準備をしながら5000mや10000mの記録を1秒でも短縮して準備をしていくことが大事だと感じた。マラソンは長期的な目線でトレーニングを行い、しっかりと準備をして試合に臨むことが大事になる。

高岡：トラック種目中心の競技活動からマラソンに転向したきっかけとしては、マラソンは走りたかったが、自分自身の身体がマラソントレーニングをできる身体ではなかったことから、30歳まではトラック中心のトレーニングを行い、土台と基礎を作った。基礎的身体作りができたことでマラソンが走れるようになったと実感している。

澤木：高岡君はマラソンに転向した際のトレーニングとして40km以上のトレーニングは年会何回行ったのか？

高岡：一回のトレーニングでの最大距離が40kmで、40km以上のトレーニングは行わなかった。

澤木：有森裕子選手や高橋尚子選手は年間40～50回40km以上の距離を走り、かなりの量の走り込みをしていた。対して高岡選手や野口みずき選手は積みあげをしてきた。どちらも正しいが、高岡さ

んの身体が持ったならもっと練習できただろう。

フロア：トップ競技者の伸び悩みについてどう考えているか。

高岡：目的意識という点で感じるのが、世界選手権や五輪で戦い本当にメダルを取りたいのかといった気持ちの弱さを感じる。そういった気持ちがないと、トレーニングの質も量も上げる事はできないし積み重ねもできない。指導者も選手も高い目的意識を持って、そこに向けてのトレーニングを行える環境を作る必要がある。

永沼：私自身、日本の長距離競技力が伸びているとは思えないし、下も育っていないと考えている。理由としては競技者として長持ちしていない点が挙げられる。実業団にきたときにはすでに故障していたり、練習が積めていないなどの理由で体力が足りない。根本的に子供の体力低下が原因なのか、高校でのトレーニングに問題があるのか、何かしらの原因によってマラソントレーニングができないことが多い。要因は一つではないが、その原因を解明していかないと結果としてマラソンをする競技者が減少してしまうのではと感じる。そういった危機感を感じ、共通認識としていい方向に向かうよう取り組んでいきたい。

フロア：体幹トレーニングや土台のトレーニングについて教えて欲しい。

高岡：日本の選手は早朝トレーニングから走る距離を長くすることを中心にトレーニングを行う。アメリカ選手からは冗談交じりに日本人はたくさん走るだけという捕らえ方もされたことがある。アメリカ選手は長く走ることは少なく、補強などを充実させて身体の土台を作る。それがいいとはいえないが、そういった点も生かすことは必要ではないかを感じる。ラドクリフなどはスクワット80kgを行う。そんな重量上げる必要があるのかと感ずることもあるが、世界的に見ても筋力トレーニングは行われているといえる。

藤田：長距離とはいえスピードは求められるので筋力トレーニングは行うべき。補強などの筋力トレーニングは7日間で6日間ほど行っていた。記録に対応、向上させるためには全身強化ができていないと厳しいものがある。多くの指導者、選手には実施して欲しい。

永沼：補強や動き作りは積極的に実施していた。記録を向上させるためにはトレーニングの質を向上させる必要があり、そのためには土台の強化は必要となる。そういった取り組みができる選手はトレーニングが積めるし、記録も向上する。

フロア：短距離のトレーニングの量、ハイスピードのトレーニングと補強などの強化についての関連性について教えてほしい。

高岡：長距離的なトレーニングにプラスして、短距離トレーニングを加えて実施していた。レースでのスピード対応やラストスパートに生かすために実施していた。スピードを出すためには土台が必要であることから、関連させて補強も行っていた。

豊岡：高地トレーニングは有効ではあるが、個別性の原則があるので取り入れる際には特性を見極める必要があるだろう。また、平地のトレーニングと同

様の速度で走れることでその特性が生きてくると考えられる。マルチサポートシステムの重要性は高く、活用することにより日本長距離会のレベルアップに役立つだろう。今後の成果に期待したい。長距離選手でも身体の土台作りは重要であり、土台がしっかりしているからこそスピードを高めたスプリントトレーニングも積むことができる。そうしてトレーニングの質を高めていくことが将来的にパフォーマンス向上につながるだろう。

《パネリストプロフィール》

藤田 信之（ふじた のぶゆき）

1940 年生まれ

現 職：藤田ランニングアカデミー（F・R・A）主催

学 歴：京都府立洛北高等学校

特別講演

【私の指標 ～調子の把握方法～】

講師 中村明彦（ロンドンオリンピック日本代表 中京大学）

トレーニング現場で戦う指導者は、練習時における選手の状況から、試合ではどれくらいのパフォーマンスが期待できるのか、常に自分の中にある指標と照らし合わせている。そして、その指標をもって競技結果を評価し、トレーニング内容を再構築しながら経験を積み重ね、先へと進んでいく。

ロンドンオリンピック陸上競技 400mH に出場した中村明彦選手（以下、中村選手）の専門種目は十種競技である。事実、2011 年のアジア選手権大会においては、十種競技で銀メダルを獲得しており、複数の種目でアジア、世界で戦うことができるマルチな能力を有している（表 1）。

その中村選手が自らの調子を判断する指標として用いているトレーニング方法があるという。全面的な体力強化を行っており、日本国内レベルであれば様々な種目で戦うことができる中村選手が実践している方法は、我々にとって非常に有益な情報になると確信している。

以下に、日本陸上競技学会第 11 回大会特別講演「私の指標～調子の把握方法～」をまとめたものである。

1. ロンドンオリンピックについて

ロンドンオリンピックの選考競技会である第 96 回日本陸上競技選手権大会（以下、日本選手権）を 400mH で 2 位（参加標準記録 A 突破）で終えた後、周囲からは日本代表に選出されるのは間違いないと言われていた。しかし、自分自身は十種競技を専門としていること、

400mH は日本選手権でしか主立った記録を残していないことなどから、本当に選出されるのだろうかという疑問と、専門種目でない 400mH で日本代表に選出されたらどうしようという不安があった。

選考会議の結果、正式にロンドンオリンピック陸上競技日本代表に選考されたとき、喜びと共に、400mH 専門の選手としてではなく、十種競技者、つまりデカスリートとしてオリンピックを戦ってこようという決意がわいた。

そして、初めて参加したオリンピックは本当に貴重な経験であった。参加するまでは、オリンピックはテレビのなかでの世界であり、他のどの国際試合と比較してもオリンピックだけは特別という周囲の声も、どこか信じられないような気持ちでいた。しかし、いざ選手として参加すると、過去に出場したどの試合とも比較することができず、本当に競技のことだけを考えて生活し、スポーツのためだけに舞台が準備されていることに感動した。今回、日本代表として走った 400mH ももちろんであるが、この舞台で十種競技ができればどれだけ楽しいのだろうかという感じ、デカスリートとして再度この舞台に戻ってきたいという強い決意を抱いた。

2. 400mH に対する思いについて

多くの専門家、コーチからは、そろそろ十種競技ではなく、400mH を専門としてはどうかという意見をいた

表 1. 中村明彦選手の競技成績

自己最高記録		競技成績			
種目	記録	西暦	大会名	出場種目	競技成績
十種競技	7710pt	2007 年	世界ユース選手権大会	走高跳	出場
400mH	49"38	2008 年	全国高等学校総合体育大会	八種競技	優勝
400m	47"18	2010 年	日本学生陸上競技対校選手権大会	十種競技	2 位
110mH	14"16	2011 年	日本学生陸上競技対校選手権大会	十種競技	2 位
走高跳	2m10		日本陸上競技選手権大会	十種競技	5 位
走幅跳	7m47			400mH	5 位
			アジア選手権大会	十種競技	2 位
		2012 年	日本学生陸上競技対校選手権大会	十種競技	優勝
			日本陸上競技選手権大会	十種競技	2 位
				400mH	2 位
			ロンドンオリンピック	400mH	出場

だいている。400mHの適性があると評価してくれることは嬉しく思うが、自分自身は十種競技を専門としてきたからこそ、ここまでのレベルに到達できたと確信している。そして、競技者としての目標は、あくまで十種競技で8000点を超えることであり、その過程で、400mHや110mHの記録も向上させるべきだと考えている。また、今は三段跳びや800mといった競技種目にも興味を持っている。十種競技を行いながら、いろいろな競技種目で戦ってみたいと感じている。

3. 十種競技と400mHとの関係について

自分が所属している中京大学の混成ブロックは、大学4年生に競技パフォーマンスのピークがくるのではなく、20歳後半にピークを迎えられるようなトレーニング設計がなされている。そのため、大学4年間はジュニア期間の延長というイメージで、トレーニングの殆どが走り込みなどの基礎体力づくりに割り当てられている。その結果、十種競技者ではあるが、400mを専門とする競技者達にも引けをとらないようなトレーニングを行ってきていると自負している。

また、個人的ではあるが400mHで高い競技パフォーマンスを発揮するには、400mの走力と、それに匹敵する程度の競技パフォーマンスを110mHでも有していることが重要だと感じている。それに加え、400mHに求められる視覚的情報を頼りに足を合わせにいくというコーディネーション能力は、走幅跳や棒高跳においても必須の能力である。特に走幅跳においては、400mHよりも高い速度で踏み切り板に足を合わせにいく能力が求められるため、走幅跳が得意な自分にとっては、400mHでハードルに対して踏切脚を合わせにいくことは、それほど困難なことではなかった。

4. 私の指標～助走付き十段跳び～

十種競技に限らず、混成競技を専門とする競技者は、ある特定の種目を重視してトレーニングに励むことが多い。十種競技は極めて複合的な種目であるため、個人的には特定の種目というよりは、コントロールテストとして実施している助走付き十段跳びとメディシンボール投げを重視している。特に助走付き十段跳びは、私にとってその日の調子を把握するに非常に重要な種目である。その日の練習におけるウォーミングアップ時に必ず実施しており、一般的にはシングルアーム（ランニングアーム）で行われるものを、十歩全てダブルアームで行うようにしている。ダブルアームで行うことにより上肢の扱い方はもちろん、上半身と下半身のタイミングのとり方、そして空中でのタメなどを意識しやすくなる。もちろん、シングルアームより上肢のパワーが必要とされ、技術的にも難しくなるが、その分マスターすることで得られる効果、測れる身体的要素は増えると考えている。

この助走付き十段跳びは、基本的にはどれだけ遠くに跳べるかを重視して行っており、400mHのインターバル区間である35mを基準として行っている。自然と距離が伸びていけば調子が良いだろうし、十歩跳んでも35mに到達できない時は何か欠けていると判断するようにしている。なお、最も調子が良かった時は38m付近まで到達できたことがあった。

また、調子が悪いときなどは、距離についてはそれほど気にせず、助走スピードを落として手足のタイミングを合わせるように再度行うようにしている。調子が良いときには自分を鼓舞する材料として扱い、調子が悪いときは何が悪いかをチェックするためのスクリーニングテストとして捉えるようにしている。

5. 質疑応答

フロアからの質問（以下、フロア）：

日本選手権混成から日本選手権までは僅な期間しかなかったが、どのようなコンディショニングを行ったのか？

中村選手（以下、中村）：

日本選手権混成が終わってから、一般種目の日本選手権におけるレースまで4日間しか無かったため、基本的には疲労を抜くことと治療に専念し、ジョギングや流しなどで走る感覚は忘れないようにしただけであった。

フロア：

日本選手権混成と、一般種目の日本選手権ではどちらが調子良かったのか？

中村：

比較はしにくいですが、どちらも調子は良かった。ただ、400mHの予選は、やはり走る感覚がまとまらずに思うような結果は出せなかった（50"67にて通過）。しかし、そのレースが心身に対して良い刺激となり、準決勝では納得いく走りができた（49"48の自己記録で通過。ロンドンオリンピック参加標準記録Aを突破）。そして、ラスト10台目を越えてから追いつけることができ、最高の結果を残すことができた（49"38で再度自己記録更新、ロンドンオリンピック参加標準記録Aを突破）。

調整をするということは、その分練習ができないということになる。なので、日本学生陸上競技対校選手権大会（以下、日本インカレ）と、日本選手権以外の大会は、出来るだけ調整期間を設けないようにして戦ってきた。そうしたことも、大舞台でピークを合わせることに繋がったのではないかと感じている。

フロア：

十種競技と平行して、400mHのトレーニングも積ん

でいるのか？

中村：

400mH にターゲットを絞るような専門的練習は実施していない。400mH のアプローチ練習や、インターバルを 35 m に設定した練習などは試合直前しか実施しない。ただし、日常のトレーニングでは走トレーニングと体力トレーニングがメインなので、400m 系の能力については常に自信を持っている。また、ハードルや踏み切り板などに対して足を合わせにいく能力は、110mH や走幅跳を通して磨いているので、400mH で求められるハードルに足を合わせにいく能力についても問題がなかった。

フロア：

普段から実施しているコントロールテストの内容を教えてほしい。

中村：

特別なことは実施していない。立幅跳、立三段跳、立五段跳、そして助走付きの十段跳といった各種バウンディングに加え、3kg のメディシンボールによるフロント投げ、バック投げ、7kg の砲丸によるフロント投げ、バック投げ、スタンディングスロー、そして 300 m のタイムトライアルを主に行っている。

フロア：

コントロールテストの数値は 4 年間でどれだけ伸びたのか。

中村：

最も変わったのはバウンディングの能力だと思っている。1～2 年生のころは、立五段跳だと 15m 程度が精一杯であったが、身体の使い方や、空中での間のとり方を覚えた 3 年生の時点で急激に記録が向上し、16m を楽に越えるようになった。また、砲丸のフロント投げも 3 年次に急激に伸びた。入学当初は 10m 程度であった記録が、現在は 13m、バック投げは 14m を越えるようになった。

フロア：

ウェイトトレーニングは実施しているのか。

中村：

実施はしているが、それほど重視はしていない。最大挙上重量はベンチプレスで 95kg、クリーンで 110kg、ハーフスクワットで 200kg という程度。比較的下半身の方が強いと感じている。

フロア：

今後、十種競技での総合得点を伸ばすためには何が鍵となるのか。

中村：

自分が苦手とする投擲種目の底上げが大前提にはなるのだろうが、自分の構想としては、20 歳中頃まではスプリント系の種目にこだわり続けたい。スプリント系の各種目で、それぞれを専門とする競技者に匹敵するほどの能力を身につけたい。それだけで 8000 点は超えることが可能だと考えている。また、現在の十種競技における世界記録保持者である A・イートン選手は、自分が理想とするスプリントタイプのデカスリート。歴代の世界記録保持者であった D・オブライエンや R・シェブレレといった選手達は、皆バランスタイプであったが、スプリント系の種目に特化しても世界記録を出すことができるというのは大いに励みになっている。A・イートン選手のように、弱い部分があっても、圧倒的にアドバンテージが取れる種目で他者を突き放せるような選手になりたい。

フロア：

得点配分的に投擲種目を強化したほうが、短期間で 8000 点を超えるのではないかな？

中村：

確かに、私自身そう感じることも少なくない。しかし、それでは 8000 点までの選手で終わってしまうと考えている。現在の各種目における自己最高記録を合計すると 8100 点を超える。バランス良くトレーニングするのは、短期間で 8000 点を超えるためには良いかもしれないが、私自身はもっと先を見据えている。走種目を中心とした強化で 8000 点を越えることができれば、最終的には 8200、8300 点という記録に到達し、世界大会での入賞も確実に becoming。そうしたことを見据えてトレーニングをおこなっている。

フロア：

十種競技は文字通り十種目の積み重ねだが、途中で失敗したときにどうやって精神的にリカバリーするのか？

中村：

十種競技を行う上で一番重要なのは気持ちの切り替えだと教わった。それ以来、悪いことはできるだけ引きずらないように心がけている。自分はトラック種目が得点源となっているため、最初の 100m で一気に他者を突き放さないといけない。しかし勝負だと考えるほど緊張してしまい、これまで多くの大会で失敗してきた。そうした失敗の積み重ねが、現在の我慢強い私を作っている。これからもトレーニングを続けて、十種競技でも 400mH でも日本一になれるように頑張りたい。

《講師プロフィール》

中村明彦（なかむら あきひこ）

1990年生まれ

現 職：ロンドンオリンピック日本代表 中京大学

学 歴：中京大学（学）

シンポジウムⅡ 「陸上競技界の指標 ～研究者の立場から～」

パネリスト 森丘 保典（日本体育協会）

私に与えられた課題は、研究者の立場からの「指標」ということですが、これまで私が取り組んでまいりました 400mH へのサポート内容をご紹介します。問題意識の一端をご披露させていただきたいと思います。

まず「指標」という言葉を辞書で調べてみますと、物事を判断したり評価したりするための目印となるものとあり、英語で言うと Index、類義語には「手がかり、目標、目安、目当て」などがあります。400mH のサポートでは、レース分析のデータをレースパターン改善への手がかりや目標値として活用してきました。

指標の全体像として、私が選手にフィードバックするデータはこのように（区間タイムの表とそれをグラフにプロットしたものを示したスライド）なっています。これは、昨年（2005 年）の日本選手権前に春季サーキットのデータを為末大さんにフィードバックしたときのものです。データを返す際には、これまでの特徴的なレースパターンやモデルと比較しながら、私が感じたことなどをコメントしています。私の PC のなかには、このような体裁（データ整理用のフォーマットとなる表を示したスライド）のデータベースがありまして、分析された数値データに加えて、競技場のコンディションやレースの流れ、実際にレースで起こった出来事や分析をしていて感じたことなどを備考欄に書いております。これは、先日の実学対抗で野沢選手が 49.15 秒で走ったレースのデータです。彼は今回 8 台目まで非常にいいペースで来ていたのですが、その後ガクッと速度が落ちてしまっています。実は 8 台目のハードルを引っ掛けて大きく減速してしまったのですが、これがなければ 48 秒台が出ていたのではないかと思います。

日本の 400mH は現在、世界で戦える種目であると言われておりますが、30 年ほど前は日本ランキングの 10 傑平均で 51 秒を切れないような時代でした。10 傑平均が今までで最も高かったのは 2005 年で、この年は 48 秒台が 4 名、49 秒台が 5 名、その平均は 49 秒 2 台まで上がりました。私が初めて 400mH のレース分析を手掛けたのは、日本人初の 48 秒台レースの徹底分析と題した雑誌原稿を書かせていただいた 1993 年に遡りますが、それ以来多くの選手達と交流させていただき、特に山崎一彦さんと為末さんとの関わりでは非常に多くのことを学ばせていただきました。ここで山崎一彦さんのレースを見ていただきます（48.37 秒の当時の日本記録を樹立

した世界選手権イエテボリ大会の予選レースの動画）。このレースの翌年の 1996 年のアトランタオリンピックの前に直接ご本人とお話をする機会がありまして、1993 年頃のレースパターンとの比較しながら、全体的に大きく改善されているけれども、いずれもレース中盤での速度低下が大きいことを指摘しました。当時の山崎さんからは、ここは 13 歩から 14 歩に歩数を切り替えるところなので、ある程度の速度低下はやむを得ないし、このあたりで少し休んで後半に備えたいといったコメントもありました。

当時の私自身の関心は、一流選手の中でもより速い選手に一定の傾向があるのか、関連して 400mH をより速く走るための最適なペース配分があるのかにあり、50 秒を切る一流選手達のデータを用いた傾向分析を行っていました。スタートから 5 台目までを前半、5 台目から 8 台目までを中盤、8 台目からフィニッシュまでを後半と 3 つの局面に分けてみていきますと、特に中盤の平均速度と 400mH のレースタイムとの間の相関関係が非常に強いことが分かりました。また、速度低下率をみますと、前半から中盤の速度低下率と 400mH のレースタイムとの間に有意な正の相関関係が認められました。さらに相対的なペース配分、つまり全体のレースタイムに占めるそれぞれそれぞれの局面のタイムの割合についてみると、中盤の比率と 400mH のレースタイムとの間にのみ有意な正の相関関係が認められ、より速い選手は中盤のペースが相対的に速い傾向にあることも分かりました。そこで、47 秒台から 49 秒台の選手について、縦軸に前半の速度、横軸に前半から中盤の速度の低下率をプロットしてみると、前半の速度が速い人ほど、前半から中盤の速度低下が大きい傾向にあります。47 秒台を出す選手は、5 台目の通過が 21 秒 5 以内、前半から中盤の低下率は 5% 以内に集中していたので「このエリアが目標になる」のではないかと提案しました。これらの点を踏まえ、山崎さんはレース中盤の改善に向けた仮説として「レース中盤で必要以上に速度を低下させることにメリットはない。中盤で休まないことでリスクを背負ってもトータルで記録は縮まる」とし、課題として「上げた速度を維持する部分を増やしてレースパターンの効率化を行う」ことを挙げました。さらに、モデルとなるレースパターンのイメージとして、速度が直線的に「きれい」に落ちていくパターンを目指すこととしました。

ここでまた動画をみていただきます（48.26秒の日本記録樹立の動画）。これが先ほどのイエテボリの世界選手権から4年後のIAAF大阪グランプリのレースです。そのレースパターンをみてみると、中盤の速度低下が明らかに抑えられていることがわかります。そして、縦軸に前半の速度、横軸に前半から中盤の速度の低下率を示した先ほどのグラフにプロットしてみると、見事に「5台目の通過が21秒5以内、前半から中盤の低下率は5%以内」の枠に収まっております。結局、山崎さんは47秒台を出せずに引退されましたが、その後を継いだのが為末さんでした。彼が大学3年くらいでやっと高校の記録に近づいてきて、これからさらに上を目指そうとしている時期と、山崎さんが中盤の速度を低下させない技術をマスターした時期が重なり合うのですが、一緒にレースを走るといつも中盤で一気に差をつけられてしまい、これを改善するために陸連合宿などで山崎さんが何をしているのかをしきりに観察していたと言っています。その後、為末さんは、山崎さんが4年をかけて身につけた技術を、2年あまりでマスターしていきます。そして、見事に2001年のエドモントンで最初の銅メダルを獲得するわけですが、その時のレースパターンを見ると、まさに「速度が直線的にきれいに落ちていくパターン」というモデルに重なり合っていることが分かります。また、縦軸に前半の速度、横軸に前半から中盤の速度の低下率を示した先ほどのグラフに1998年のころのレース結果と2001年の世界選手権エドモントン大会のレース結果をプロットしてみると、後者は「5台目の通過が21秒5以内、前半から中盤の低下率は5%以内」の枠に収まっております。

現在、日本ランキング1位の岸本選手を先ほどのグラフに当てはめてみますと、まだ「5台目の通過が21秒5以内、前半から中盤の低下率は5%以内」の枠に収まったレースは見られませんが、徐々に前半速度が速くなっており、今年の日本選手権では21.5秒を切ってきました。実際には、岸本選手のようなレースパターンでも47秒台を出している選手も見受けられますので、今後は前半から中盤の低下率を低く抑えていく方向性もあるでしょうし、前半の速度をさらに高めていくという方向性もあると考えられます。

これまではレース分析に代表されるような量的指標についてお話をさせていただきましたが、もう一つ重視し

ていることとして質的指標（プロセス分析）が挙げられます。実際、選手たちは様々なことを考え、失敗と成功を繰り返しながら、積み重ねてきた経験をベースにトレーニングを行っていきませんが、このとき選手達が何を考えて何を感じていたのか、そしてどのようなトレーニングを構想し、それによってパフォーマンスは改善されたのか否か…というプロセスを質的な指標として活用する必要があると考えております。

Narrative Based medicineと言われる質的研究では、対話を様々な背景を含めて記述しながら個別性を明らかにすることにより、仮説の生成や前提（モデル）自体の問い直しと再構築が可能になります。陸連の研修合宿などでは、かなりの時間を割いて選手達からのヒアリングなども行っておりますが、選手達の内面世界やトレーニングのプロセスを理解することで、コーチングやトレーニングの効果を上げていきたいという関心のもとでは有効な枠組みになると考えています。そして、量的研究（指標）とこの質的研究（指標）の両者を循環的な関係で統合することにより個別性と一般性（普遍性）の両眼視が可能になります。量的指標は一つの情報には違いないのですが、これを選手個々の物語（ナラティブ）の中に落とし込んでいかなければ有効な活用には至らないと考えます。

私たちは様々な「切り口」でパフォーマンスを分析し「指標」なるものを提示します。いずれも「事実」には違いないのですが、それらを「真実」に近づくための「指標」として洗練化し有効に活用するためには、「問題の共有」つまり「何が、どちらが正しいか」から「解決の共有」つまり「どうすればお互いに満足する結果が得られるか」にシフトしていくことが求められるのではないのでしょうか。

《パネリストプロフィール》

森丘 保典（もりおか やすのり）

1969年生まれ

現 職：日本体育協会スポーツ科学研究室 室長代理
学 歴：筑波大学大学院体育研究科コーチ学専攻修了
研究分野：コーチング学、トレーニング科学

シンポジウムⅡ 「陸上競技界の指標 ～トレーナーの立場から～」

パネリスト 山本 利春（国際武道大学）

私は高校時代は選手として、大学時代は選手兼学生トレーナーとして、そして社会人となってからは日本陸上競技連盟医事委員会トレーナー部委員（現在は退任）として陸上競技に携わっており、現在は同大学において学生トレーナーの指導にあたっている。今回のシンポジウムでは、陸上競技界の指標をトレーナーの立場から話題提供したいと思う。

我々がトレーナーとして選手をサポートする際、身体的に筋力、柔軟性、心拍数、近年では唾液、血液、心拍数変動などで身体のコンディションをチェックすることが徐々に浸透してきた。しかし、この中の一つだけ取り上げて、これが一番重要ということではなく、こうした各要因を総合してみていかななくてはならない。また競技特性や場合によっては地域性、国民性によってもその重要性や捉え方は変化する。

例えば、アメリカにおいてはスポーツイベント時には必ず WBGT（湿球黒球温度）を用いて計測し、熱中症の危険性があるような環境の場合に試合は中止となる。しかしながら、わが国では、各種マラソン大会や真夏のインターハイなどの様に熱中症や痙攣が多発するような場合でも、環境に関係なく試合は行われる。

陸上競技選手の怪我について多くのトレーナーが難渋しているのは、ハムストリングスをはじめとした肉離れである。筑波大学の向井らの報告にあるように陸上競技における傷害の約 1/4 を占めている。今回はこの肉離れについてどのような着眼点で再発を予防すれば良いのか、何か目安は無いのかという点を中心に述べてみたい。

ハムストリングス肉離れの発症要因として、柔軟性、筋力、筋力バランス、ウォーミングアップやクーリングダウンの不足等が古くから挙げられている。しかし、この発症要因一つひとつに十分なエビデンスがあるのかというと必ずしもそうではない。私自身の研究でも、筋力を測定し、左右差や、大腿前面後面のバランス等をチェックし、追跡調査も行ったが、確かに筋力の低下、あるいはバランスの悪さが肉離れの発生に関連していることは事実である。しかしながら、その中には筋力が十分であっても絶好調の時に肉離れをする選手もいたり、牽引走や下り坂走などで肉離れをするケースもあるため、必ずしも筋力が低い、柔軟性が低下している、疲労しているという要因のみにて肉離れが発症するわけではない。そのため、肉離れをどうやって防いでいくかという事は大変

奥が深いものである。

また、発症要因の中にも記載されているが、肉離れは再発が多く、競技復帰をしてトレーニングを積んだつもりでも、再発をしているというケースが非常に多い。こうした再発によって、競技を断念したり、目標となる試合に全力を尽くせなかったりした競技者は少なくないだろう。何故、こんなに再発が多発するのか、不十分なりハビリ、不適切なりハビリといっても、何がいけないのだろうか。その背景の一つには、リハビリテーション時のトレーニングの種目選択があるのではないかと考えられる。例えば、大腿四頭筋のトレーニングにはスクワット、レッグランジ、ニーエクステンションなど様々なバリエーションが挙げられる。その一方で肉離れが頻発するハムストリングスにおいては、意外とトレーニングバリエーションが知られておらず、昔ながらのレッグカールを用いている場合が多いように思う。

また、神経筋協調性の不足や、ランニング中に膝下を振り出す時に筋肉にかかる伸張性収縮（エキセントリック）の負荷による影響が主に考えられる。しかし実際のトレーニング現場では、チューブを利用したり、マシンを使用したりすることが殆どであり、エキセントリックな負荷を十分につけないまま、通常練習に復帰してしまう例が少なくないように感じる。さらに走練習に関しても、単純に走る量を徐々に増やせばいいのか、走る速度を遅いスピードから速いスピードにすればいいのかということだけではなく、質的な問題が何か絡んでいるのではないかと考えられる。

これらのことを踏まえて、肉離れの再発をどうやって予防したらよいか考えてみると、リハビリにおいて筋力強化とストレッチは有効であるということは明らかであるが、コーチングにおいてどのようなトレーニングをして、どのように鍛え上げれば良いのかという目安を知ることが、再発の予防につながるのではないかと考えている。そのためには、疾走時のハムストリングスの役割を知らなければならず、解剖学的知識やバイオメカニクスの知識が必須となるのはいうまでもない。

ハムストリングスは太ももの裏側の筋肉で、股関節と膝関節にまたがった二関節筋であり、膝を曲げるという動作と、脚を振り下ろす動作において、膝関節の屈曲と股関節の伸展に関与する。ランニングの場面では 1991 年の世界陸上東京大会の際に阿江らをはじめとしたパイ

オメカニクス班が、一流選手の動作分析をした際に「股関節の伸展トルクが一流選手は素晴らしい」と、当時画期的な指針を示した。カール・ルイス選手（米国）、リロイ・バレル選手（米国）などの世界一流競技者は日本人競技者と比べて、疾走時における脚の後方スイング速度が高く、股関節の伸展力こそが推進力の源であることが明らかになった。

こうした事実を考えると、レッグカールのようなトレーニングは膝関節屈曲の単関節運動であり、ハムストリングスの肥大という面では効果的かもしれないが、疾走という動作に対する適合性を考えると、不十分であることがわかる。もしハムストリングス肉離れのリハビリテーションの過程でレッグカールだけをやって、そのまま全力疾走に移行してしまった場合は、股関節伸展動作を含めた複合関節運動の学習効果が十分でないため、疾走時に何かしらのトラブルが生じやすいことは容易に想像がつく。

疾走時におけるハムストリングス肉離れの受傷機転としては、遊脚期後半と接地期が多いと報告されている。脚の振り下ろし動作時にはハムストリングスが収縮して股関節の伸展筋力が働いている。その際に同時に膝を伸ばすことで大腿四頭筋は収縮するが、拮抗筋であるハムストリングスも弛緩せずに収縮している。主動筋と拮抗筋がタイミングよく収縮弛緩を繰り返さなければ、スピーディーな動作は出来ない。もちろん同時収縮の場面はあるが、速いスピードで収縮弛緩が繰り返され、なおかつ、ハムストリングスは二関節筋で股関節側の伸展、膝関節側の屈曲動作の両方を行う役割を持っているので、その動作の中で、股関節の伸展動作と膝関節の伸展動作が同時に行われると、ハムストリングスは股関節側では収縮、膝関節側ではストレッチという命令が生じ、ハムストリングスは複雑な運動制御となる。スピーディーな切り替え動作が、もし例え一回でも間違ってしまったら、つまり弛緩しなければいけない筋肉が収縮してしまったらどうなるであろうか。例えば全力疾走中に大腿四頭筋に収縮するように、同時にハムストリングスには弛緩するように命令がいったとして、その動作を素早く繰り返している時に間違えてしまい、そのエラーが出た時に肉離れを起こしてしまうのではないかと考えられる。エラーとは神経筋協調性の不適應で、筋力不足、バランスの不足、およびウォーミングアップの不足が、エラーを助長していると考えられる。

こうした疾走時におけるハムストリングスの機能や実際のスプリント動作をふまえると、二関節筋であることを十分に考慮し、さらにエキセントリックな負荷を中心としたトレーニング方法をリハビリテーション後半には

実施する必要がある。さらに実際のスプリント動作を考えたら、立位で行う、重心移動を考えて行う、連続動作なども考慮することが重要である。

一方、ハムストリングス強化の指標として、筋力測定値からみた H （ハムストリングス）/ Q （大腿四頭筋）比がハムストリングス肉離れの復帰目安として挙げられている。

アスレティックトレーナーのテキストにハムストリングス肉離れの復帰目安に関して、柔軟性は80%～90%、筋力は H/Q 比 0.6 という数字が好ましいと書いてある。そして、復帰に関してはドクターの最終判断を仰ぐように、また H/Q 比は、いつも 0.6 前後に保つようにと記載がある。しかしながら、我々トレーナーおよびコーチがこうした情報を鵜呑みにして、単純な指標として扱うには疑問が残る。例えば、実際には大腿四頭筋が強すぎれば、当然のことながら分子と分母の関係でハムストリングスの筋力が、通常通りあっても低くなってしまうことは明白であり、その逆も同様である。さらにいえば、測定時の角速度や角度などによっても、こうした値は大きな影響を受けることを知っておかねばならない。さらに現場レベルではしっかりと段階を踏んでトレーニングが積めていないにもかかわらず、ドクターの「走っていいよ」の一言によって、監督やコーチを振り切って試合に出てしまうというケースも少なくない。本来はしっかりと運動機能の評価に基づいて復帰していく必要があると警鐘を鳴らしておきたい。

このように、ハムストリングスの肉離れだけをとっても、競技復帰にむけた指標は単一であってはならない。筋力はもちろん、柔軟性、神経筋協調性、高速での出力発揮特性から、収縮様式への対応など、チェックリストで実際に関与するような内容の一つひとつを確認をしていき、数字をあまりにも過大評価せずに、一つの目安として、ドクターの判断、科学者の数値をコーチの方々と連携し、総合的に考えていく姿勢こそが重要である。

《パネリストプロフィール》

山本 利春（やまもと としはる）

1961年生まれ

現 職：国際武道大学体育学部 / 大学院 教授

学 歴：順天堂大学大学院体育学研究科

博士（医学）（昭和大学）

研究分野：コンディショニング科学、アスレティックトレーニング

日本陸上競技学会会則

平成14年10月26日制定

平成16年8月8日改正

平成20年8月31日改正

第1章 総則

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

第2章 事業

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

第3章 会員

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

第4章 役員

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

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

第5章 会議

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

第6章 会計

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

第7章 顧問

- 第19条** 本会に顧問及び参与をおくことができる。

第8章 付則

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

陸上競技学会誌 投稿規程

〈投稿資格〉

- ・本誌に投稿できるのは、原則として日本陸上競技学会会員とする。
- ・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「研究」、「ショートペーパー」、「報告」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、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、「研究」、「ショートペーパー」、「報告」、「解説」、「陸上競技 Round-up」、「その他」とし、それぞれ以下のようなものである。

①「研究」

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「ショートペーパー」

研究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。

③「報告」

陸上競技に関連する理論的、実践的、事例的な問題に

についての調査・実験など、有用な結果の報告、トレーニングの実践報告などもこれに含まれる。

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「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。

〈倫理規程〉

- ・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（参考までに、日本医師会による和訳の Web ページを示します。 <http://www.med.or.jp/wma/helsinki.html>）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、現行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、別に定める「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、付記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
陸上競技学会誌編集委員会事務局
TEL：03-5317-9717
FAX：03-5317-9426

1. 原稿書式および原稿の長さ

原稿は、原則としてワードプロセッサで作成したものとし、A4版縦置き白紙に横書きで、1ページにつき全角40字20行とする（手書きの場合は400字詰め横書き原稿用紙に黒インク書きとする）。原稿3枚（手書きの場合原稿8枚）が刷り上がり約1ページに相当する。原稿の上下左右の余白は3cm以上とする。

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。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。なお、大きさにもよるが、図表は1枚が400字に相当するとして換算する。

2. 原稿の構成

2.1 表紙

原稿の1枚目に、下記のものを記入する。

- ①原稿の種類（研究、ショートペーパー、報告、解説、陸上競技 Round-up、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）
- ⑦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、和文と英文の両方を書くこと。

2.2 要旨

和文の「研究」、「ショートペーパー」、「報告」には、200語程度の英文の要旨を付す。英文原稿の場合には、400字程度の和文の要旨を付す。

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。

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。

—例—

「・・・・・・ストライドが大きかったと報告されている（陸上太郎ほか、1994）。」

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、次の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つのいずれかに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。

—例—

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., Cappelz, 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。

—例—

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 フロッピーディスク

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を記録したフロッピーディスクを添付する。添付するフロッピーディスクは，原則として2HDの1.44MBフォーマット（MS - DOS形式）とし，図表を除くすべてのテキスト書類を保存する。なお，フロッピーディスクのラベルには，著者名，表題，オペレーティングシステムの種別（Windows 2000, 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，付記などの著者が特定できる情報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）段落どりなど

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

（5）脚注

脚注は，文末に一覧表としてまとめる。本文では，右側に（注1）などをつける。

（6）文字指定

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

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，その区別を朱書きで添書きする。上付き文字，下付き文字などの文字飾りについても朱書き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○で囲んだ朱書きで添書きする。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，下付きなどを朱書きで添書きする。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の経費は著者負担とする。

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	研 究 ・ ショートペーパー ・ 報 告 解 説 ・ 陸上競技 Round-up ・ 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)		
・ 送付内容	研究・ショートペーパー・報告	・ オリジナル原稿 1 部 ・ コピー 2 部 ・ 電子データ（テキストデータ） CD-R
	解説・陸上競技 Round-up・その他	・ オリジナル原稿 1 部 ・ コピー 2 部 ・ 電子データ（テキストデータ） CD-R

※ 投稿の際は、著者作成の表紙でも結構です。

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 愛知教育大学
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 筑波大学
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 筑波大学

※ 50 音順、敬称略

編集後記

ロンドンオリンピックにおける陸上競技日本代表は「メダル1、入賞2」という結果であり、世界で戦うことの厳しさを改めて実感させられる内容でした。その一方で、今回のオリンピック日本代表は戦後最年少出場（16歳）となる土井杏南選手を筆頭に、初出場者の多い非常にフレッシュなチームでした。新たな世代の、これからの躍動を大いに期待させてくれるオリンピックでもあったと思います。

日本代表が残した結果に対しては賛否両論ありますが、今後日本が世界で活躍していくには、より一層、理論と現場、科学と経験の融合が求められるのは間違いないと思います。こうした機運に恵まれてか、この第11号は多くのご投稿により、近年でも稀に見る充実した内容となっております。これも陸上競技界を支えて下さる会員の皆様のおかげです。この場をお借りしてお礼申し上げます。

また、公益社団法人日本学生陸上競技連合ならびに

関東学生陸上競技連盟との共同開催のもと、国際武道大学において開催されました第11回学会大会は「日本長距離界のこれまで・これから」そして「陸上競技界の指標」という2つのテーマを掲げさせていただきました。基調講演として澤木啓祐先生に、記念講演として中村明彦選手にお話頂き、さらにシンポジウムⅠでは長距離界において日本を代表する指導者の皆様に今後の長距離界の展望についてお話頂き、シンポジウムⅡでは陸上競技界の指標についてアカデミックおよびメディカルな視点から諸先生にお話を頂きました。いずれも本冊子に掲載されておりますので、ぜひご覧ください。

会員の皆様には、引き続き多くのご投稿ならびに情報提供を頂きますようお願いするとともに、次なるモスクワでの世界陸上競技選手権大会ならびにカザンでのユニバーシアードにおいてTeam Japanが活躍できることを願って編集後記とさせていただきます。

（編集副委員長 眞鍋芳明）

陸上競技学会誌 第11巻（Vol.11, 2013）

2013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

世界標準

super X



味の素ナショナルトレーニングセンター



世界標準！

「スポーツフレックス・スーパーX」

表面はエンボス仕上で滑りにくく、

下層ハニカム構造が生み出す反発弾性により、

競技者に安全性を確保し、

最大限のパワーとスピードを

与えることが出来る全天候舗装材です。

総輸入発売元



クリヤマ株式会社

スポーツ・フロア事業部

URL <http://www.kuriyama.co.jp/sports/>

- 本社 TEL.06-6305-1812代表 FAX.06-6886-3750
- 東京支社 TEL.03-5298-7885直通 FAX.03-5298-7887
- 九州支店 TEL.092-413-5510代表 FAX.092-413-5530
- 名古屋支店 TEL.052-586-1313代表 FAX.052-586-1369
- 仙台営業所 TEL.022-218-2341 FAX.022-218-2343



クリヤマグループが送るイタリア最強のクライミングウェア
「モンチュラ」 <http://www.montura.jp/>

遅延画像フィードバックシステム

siliconcoach TimeWarp4 ¥41,000- (税込 ¥43,050-)

デジタルビデオカメラとパソコンだけで遅延画像フィードバックシステムを実現！

- ◇ ハードディスクに画像を記録しながら遅延画像を表示し続けます。
- ◇ 遅延時間、繰返し再生時間をプロジェクトとして保存可能。
- ◇ クリックするだけで繰返し再生、スロー再生に変えることができます。
- ◇ タギング機能で、素早く各選手にフィードバックすることが出来ます。
- ◇ ビデオカメラの AV 出力から USB コンバータ経由 (別売り) で使用可能。



コーチング & 画像解析ソフトウェア

siliconcoach Pro7 ¥144,000- (税込 ¥151,200-)

『動きの違い』を簡単にプレゼンテーションできる。

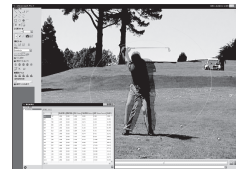
- ◇ 現場へのフィードバックが目的なので、とにかく簡単。
- ◇ DV カメラとパソコンを接続するだけのシンプル構成。

【その他の Siliconcoach シリーズ商品】

- Siliconcoach Student Pro7 の機能限定版
- Siliconcoach Digitiser 60コマ/秒 単位でシンプルデジタイズ

Siliconcoach Pro7

- ・ビデオカメラ2台同時キャプチャ
- ・独自のプレゼンテーション機能 (同期を合わせて再生、コマ送り、解析)
- ・数値データ (角度、距離、速度、加速度等) のテキスト保存
- ・動画ファイル作成 (AVI、WMV) CD、DVD iPod へのエクスポート



GPS システム

SPI Pro X ¥330,000- (税込 ¥346,500-)

GPS(15Hz)・3軸加速度センサ・心拍センサのデータを一括収集出来るシステムです。

- ◇ プレーヤーのデータベース化により管理しやすく、ゲーム分析やトレーニングにも最適です。
- ◇ 豊富な解析機能。スピード・心拍数 (Minimum, Maximum, Average), 距離 (Total, Zonal, MSPD, MHR), Graph, Sprint, MAP, Zone
- ◇ 移動軌跡、スピードゾーン軌跡、Google Earth への重畳。
- ◇ データのテキスト出力、PDF 出力、E メール添付など多彩な出力形式があります。



その他リアルタイムユニットも揃えています、お気軽にお問い合わせください。



株式会社 フォーアシスト
スポーツの発展のため全力でアシストします

〒101-0054 東京都千代田区神田錦町 3-17-14 北の丸ビル 2F
TEL 03-3293-7555 E-mail info@4assist.co.jp
FAX 03-3293-7556 URL http://www.4assist.co.jp

陸上競技入門ブックシリーズ

<全4巻>

中長距離・駅伝

両角 速 著

(東海大学陸上競技部中長距離・駅伝監督)

A5判 / 160頁 / 2色刷 / 定価1,575円 (税込)

好評発売中!

技術習得から戦略までやさしく解説!!
身近で実践しやすい練習方法!!



跳躍

吉田孝久 著

(日本陸上競技連盟強化委員会跳躍部部長)

走高跳 / 走幅跳 / 三段跳

A5判 / 160頁 / 2色刷 / 定価1,575円 (税込)

好評発売中!

跳躍強化のスペシャリストが様々な疑問
に答えてくれる、ジャンパー必携の1冊!!



その他のシリーズも好評発売中!! ハードル 谷川 聡 著 / 短距離・リレー 土江 寛裕 著 各・定価1,575円 (税込)

ベースボール・マガジン社
〒101-8381 東京都千代田区三崎町3-10-10

お近くに書店がない場合、当社ホームページからもご購入いただけます。
<http://bookcart.sportsclick.jp/>

電話でのご注文は▶ ☎ 025-780-1231
ベースボール・マガジン社 受注センター
(月~金 10:00 ~ 12:00 / 13:00 ~ 17:00 ※除・祝祭日)

楽しい

陸上競技指導教本アンダー12

キッズの陸上競技

財団法人 日本陸上競技連盟〔編〕 ●B5変型判・128頁 定価1,890円(本体1,800円)

楽しく陸上競技を行うためのヒントが満載!



“楽しむことで子ども達は上達していく!” 小学生に対する陸上競技の指導のあり方をあらためて説いた一冊。子どもの発育・発達を踏まえた指導、指導者や親のあり方、色々な遊びや練習方法、子ども達が身に付けるべき技術、練習計画の立て方など、子ども達を伸ばすノウハウをわかりやすく解説している。

主要目次 第1章 発育・発達とスポーツ・運動(陸上競技)の指導/第2章 子どもを伸ばす良い指導者と理解ある親/第3章 陸上競技・運動の楽しい練習方法と指導/第4章 走る・跳ぶ・投げる(運動)の合理的な技術/第5章 正しい・楽しい練習計画の立て方



銅メダリスト
朝原宣治氏も
ご推薦!



大修館書店

■ご注文は… ☎03-3868-2651(販売部) <http://www.taishukan.co.jp>



東海教育産業株式会社

本 社	神奈川県伊勢原市下粕屋164番地	TEL.0463-92-1881(代)
千葉営業所	千葉県勝浦市新官1434-1	TEL.0470-70-2099(代)
東京営業所	東京都渋谷区富ヶ谷1丁目36番6号	TEL.03-3469-2171(代)
湘南旅行センター	神奈川県秦野市南矢名3-10-35 東海大学同窓会館内	TEL.0463-77-3522(代)
伊勢原旅行センター	神奈川県伊勢原市下粕屋143番地 東海大学病院内	TEL.0463-93-3980(代)
ホームページ	http://www.tokai-eic.co.jp/	